



ภาควิชาวิศวกรรม  
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ                   หุ่นยนต์แมลงหกขา  
 Hexapod Robot

ชื่อนักศึกษา               1. นายธราคร                   จันทร์แสง                   รหัสประจำตัว 43035413  
                                   2. นายบุญยม                   สายบุตร                   รหัสประจำตัว 43035420  
                                   3. นายพิทยา                   สุกแก้ว                   รหัสประจำตัว 43035423

หลักสูตร                   ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา           อาจารย์สุรพงษ์                   สิริพงศ์ดี

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม      อาจารย์สุชิน                   อาจหาญ

| คณะกรรมการสอบปริญญาโท                     | ลายมือชื่อ |
|---|------------|
| 1. อาจารย์สุรพงษ์           สิริพงศ์ดี    |            |
| 2. อาจารย์สุชิน               อาจหาญ      |            |
| 3. อาจารย์ไพบุลย์           พวงวงศ์ตระกูล |            |
| 4. อาจารย์สุระชัย           พิมพ์สาตี     |            |
| 5. อาจารย์อมรชัย           ชัยชนะ         |            |

วัน/เดือน/ปีที่สอบ       วันพฤหัสบดีที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 เวลา 15.00 น.

สถานที่สอบ               ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว  
 ลงนาม.....   
 (ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)  
 หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
 วันที่ 19 เดือน no..... พ.ศ. 2544



<BT4403012>

หุ่นยนต์แมลงหกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ปริญญานิพนธ์

หุ่นยนต์แมลงหกขา

HEXAPOD ROBOT



นายธราดร จันทร์แสง  
นายบุญยม สายบุตร  
นายพิทยา สุขแก้ว

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....44221  
วัน, เดือน, ปี..... 4 พ.ย. 2545

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9112 5154

# ปริญญานิพนธ์

เรื่อง หุ่นยนต์แมลงหกขา  
Hexapod Robot

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบเซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มอเตอร์ และรีโมตคอนโทรล
2. เพื่อออกแบบหุ่นยนต์แมลงหกขา
3. เพื่อสร้างหุ่นยนต์แมลงหกขา
4. เพื่อทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แมลงหกขา
5. เพื่อนำหุ่นยนต์แมลงหกขาทำการเก็บวัตถุหรือชิ้นงานตามต้องการ

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้และความเข้าใจในหลักการทำงานของระบบเซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มอเตอร์ และรีโมตคอนโทรล
2. เพื่อสามารถออกแบบหุ่นยนต์แมลงหกขาต้นแบบได้
3. เพื่อสามารถสร้างหุ่นยนต์แมลงหกขาต้นแบบได้
4. เพื่อสามารถทดลองการทำงานของหุ่นยนต์แมลงหกขาได้
5. เพื่อสามารถนำหุ่นยนต์แมลงหกขามาใช้เก็บวัตถุหรือชิ้นงานตามต้องการได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                      |  |
|----------------------|--|
| ชื่อหัวข้อ           | หุ่นยนต์แมลงหกขา   |
| นักศึกษา             | นายธราธร จันทร์แสง<br>นายบุญยม สายบุตร<br>นายพิทยา สุกแก้ว |
| อาจารย์ที่ปรึกษา     | อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงษ์ดี                                  |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | อาจารย์สุชิน อาจหาญ  |
| หลักสูตร             | ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต                                  |
| สาขาวิชา             | เทคโนโลยีการควบคุมทางอุตสาหกรรม                            |
| ปีการศึกษา           | 2544   |

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการออกแบบและการสร้างหุ่นยนต์แมลงหกขา โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาควบคุมการทำงาน ซึ่งหุ่นยนต์แมลงหกขาที่สร้างขึ้นนี้ สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ และการควบคุมจากรีโมตคอนโทรลแบบมีสาย การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในแต่ละขาที่มีความเป็นอิสระต่อกัน พร้อมทั้งยังมีปากจับชิ้นงานเพื่อทำการเก็บสิ่งของหรือวัตถุต่างๆ ที่เราต้องการได้ สามารถนำไปปรับปรุงหรือพัฒนาให้สามารถเก็บวัตถุที่เป็นอันตราย หรือใช้ในการสำรวจในสถานที่ที่เป็นทางขรุขระ แทนหุ่นยนต์ที่ใช้ล้อได้

## II

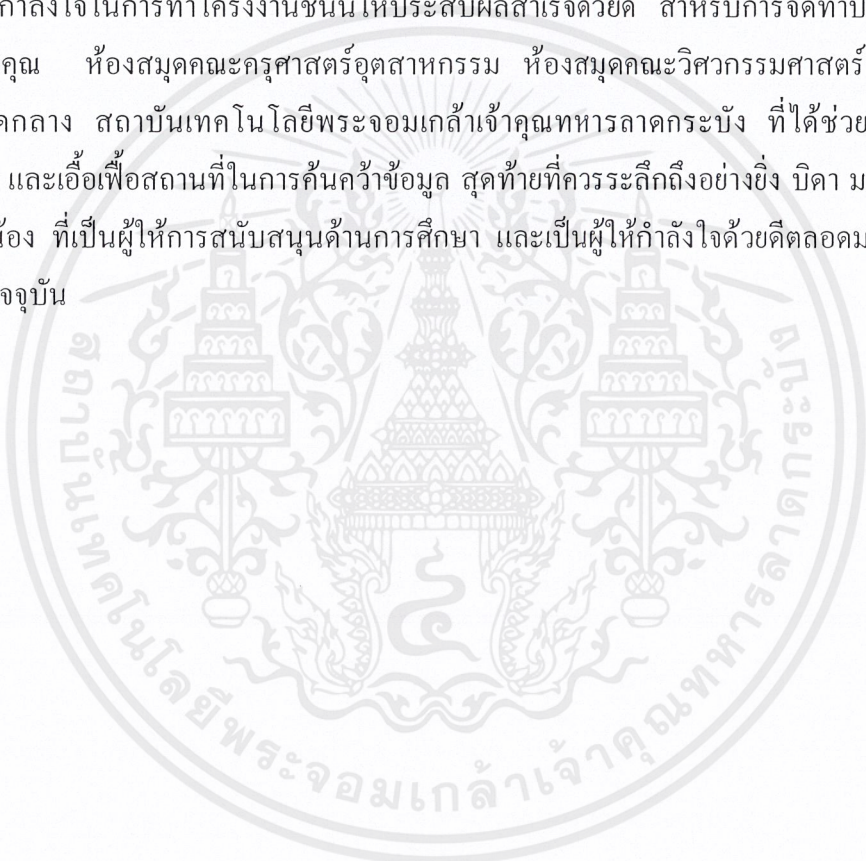
|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Thesis Title</b>    | Hexapod Robot   |
| <b>Students</b>        | Mr.Tharadon Junshang<br>Mr.Boonyom Sayboot<br>Mr.Phitthaya Sukkao |
| <b>Advisor</b>         | Mr.Surapong Siripongdee   |
| <b>Co- Advisor</b>     | Mr.Suchin Adhan   |
| <b>Education Level</b> | Bachelor of Science in Industrial Education                       |
| <b>Program in</b>      | Industrial Instrumentation Technology                             |
| <b>Academic Year</b>   | 2001  |

### ABSTRACT

This thesis is presented for designing and building hexapod robot which is controled by microcontroller MCS-51. This robot can be operated automatic and forced by remote control. There is free for walking of robot in each leg and there is a clipper for keeping some materials. This robot can be modified or develop for keeping some dangerous materials or use for searching materials at rough place in place roller robot.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ถูกล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณอาจารย์สุรพงษ์ สิริพงษ์ดี อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์สุชิน อาจหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ไขปัญหา รวมถึงขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้ยืมวัสดุอุปกรณ์ ให้คำปรึกษา และให้กำลังใจในการทำโครงการชิ้นนี้ให้ประสบผลสำเร็จด้วยดี สำหรับการจัดทำปริญญานิพนธ์ขอขอบคุณ ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวก และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล สุดท้ายที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดา มารดา รวมทั้งญาติพี่น้อง ที่เป็นผู้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา และเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน



## สารบัญ

| เรื่อง  | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                                     | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                                  | II   |
| กิตติกรรมประกาศ                                     | III  |
| สารบัญ  | IV   |
| สารบัญตาราง   | VII  |
| สารบัญรูป   | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ  | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์           | 1    |
| 1.2 ซีดความสามารถของโครงการ                         | 1    |
| 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป                                | 1    |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ                             | 3    |
| 2.1 กล่าวนำ   | 3    |
| 2.2 ลักษณะการเดินของหุ่นยนต์แมลงหกขา                | 3    |
| 2.2.1 การเดินที่ละ 3 ขา ( Tripod Gait )             | 3    |
| 2.2.2 การเดินที่ละ 2 ขา ( Dual-Leg Gait )           | 4    |
| 2.2.3 การเดินที่ละขา ( Single-leg Gait )            | 5    |
| 2.3 การออกแบบขาหุ่นยนต์                             | 6    |
| 2.3.1 ขาสองข้อต่ออย่างง่าย (Simple Two Ling Leg)    | 6    |
| 2.3.2 ขาเพนโทกราฟ (Pentograph Leg)                  | 7    |
| 2.4 วงจรเซนเซอร์อิเล็กทรอนิกส์                      | 9    |
| 2.4.1 วงจรเซนเซอร์แบบ See-Through                   | 9    |
| 2.4.2 วงจรเซนเซอร์แบบ Light-Block                   | 10   |
| 2.4.3 วงจรเซนเซอร์แบบใช้การสะท้อนกลับ               | 11   |
| 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51                  | 12   |
| 2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 | 12   |
| 2.5.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51     | 13   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง  | หน้า |
|---|------|
| 2.5.3 สัญญาณต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51            | 14   |
| 2.5.4 โครงสร้างหน่วยความจำ                                | 16   |
| 2.5.5 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register) | 19   |
| 2.6 มอเตอร์กระแสตรง                                       | 23   |
| 2.6.1 ประเภทของมอเตอร์กระแสตรง                            | 23   |
| 2.6.2 ระบบการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบพื้นฐาน              | 25   |
| 2.6.3 การทำงานของแอมพลิไฟร์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชัน         | 26   |
| 2.6.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง                    | 27   |
| บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน                    | 29   |
| 3.1 การออกแบบทางด้าน Hardware                             | 29   |
| 3.1.1 การออกแบบขาตัวหุ่นยนต์แมลงหกขา                      | 29   |
| 3.1.2 การออกแบบโครงสร้างตัวหุ่นยนต์                       | 30   |
| 3.1.3 การออกแบบฝาครอบตัวหุ่นยนต์                          | 32   |
| 3.1.4 การออกแบบปากจับชิ้นงาน                              | 32   |
| 3.1.5 วงจรตรวจจับการชน ( Sensor )                         | 33   |
| 3.1.6 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง ( DC Motor Driver )          | 35   |
| 3.1.7 วงจรการควบคุมระยะไกล ( Remote Control )             | 37   |
| 3.1.8 วงจรควบคุมการทำงาน                                  | 38   |
| 3.2 การออกแบบทางด้าน Software                             | 39   |
| 3.2.1 การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์                        | 39   |
| บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง                            | 42   |
| 4.1 การเดินของตัวหุ่นยนต์                                 | 42   |
| 4.1.1 การเดินไปข้างหน้า                                   | 42   |
| 4.1.2 การเดินถอยหลัง                                      | 43   |
| 4.1.3 การเดินเลี้ยวซ้าย                                   | 44   |
| 4.1.4 การเดินเลี้ยวขวา                                    | 46   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง  | หน้า |
|---|------|
| 4.2 การหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยอัตโนมัติ                 | 47   |
| 4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง                               | 47   |
| 4.2.2 ผลการทดลอง                                      | 47   |
| 4.3 การจับชิ้นงาน                                     | 47   |
| 4.3.1 ลักษณะของชิ้นงานที่สามารถจับได้                 | 47   |
| 4.3.2 ลำดับขั้นการทดลอง                               | 48   |
| 4.3.3 ผลการทดลอง                                      | 48   |
| บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา             | 49   |
| 5.1 สรุป  | 49   |
| 5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข                              | 49   |
| 5.2.1 ปัญหาในการสร้างตัวหุ่นยนต์                      | 49   |
| 5.2.2 ปัญหาทางด้านการควบคุมการทำงาน                   | 50   |
| 5.3 แนวทางการพัฒนา                                    | 51   |
| 5.3.1 พัฒนาทางด้านการควบคุมระยะทางไกล (รีโมตคอนโทรล)  | 51   |
| 5.3.2 พัฒนาทางด้านปากจับชิ้นงาน                       | 51   |
| 5.3.3 พัฒนาทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์                  | 51   |
| 5.3.4 พัฒนาทางด้านระบบการจ่ายพลังงานให้กับตัวหุ่นยนต์ | 51   |
| ภาคผนวก ก หุ่นยนต์แมลงหกขาต้นแบบ                      | 52   |
| ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์ของหุ่นยนต์แมลงหกขา    | 56   |
| ภาคผนวก ค ผังการทำงานและโปรแกรม                       | 63   |
| ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์            | 73   |
| บรรณานุกรม  | 110  |
| ประวัติผู้แต่ง  | 111  |

## สารบัญตาราง

| ตาราง   | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 2.1 ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS – 51 เบอร์ต่างๆ | 13   |
| ตารางที่ 2.2 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3          | 16   |
| ตารางที่ 2.3 บิตและหน้าที่ต่างๆ ใน PSW                  | 20   |
| ตารางที่ 3.1 ค่าความจริงของวงจรรูปที่ 3.8               | 35   |



## สารบัญรูป

| รูป  | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 2.1 การเดินทีละ 3 ขา แบบที่ 1                                   | 3    |
| รูปที่ 2.2 การเดินทีละ 3 ขา แบบที่ 2                                   | 4    |
| รูปที่ 2.3 การเดินทีละ 3 ขา แบบที่ 3                                   | 4    |
| รูปที่ 2.4 การเดินทีละ 2 ขา แบบที่ 1                                   | 5    |
| รูปที่ 2.5 การเดินทีละ 2 ขา แบบที่ 2                                   | 5    |
| รูปที่ 2.6 การเดินทีละขา   | 6    |
| รูปที่ 2.7 ลักษณะขาสองข้อต่ออย่างง่าย                                  | 6    |
| รูปที่ 2.8 ลักษณะขาเพนโทกราฟ   | 7    |
| รูปที่ 2.9 การเคลื่อนที่ของขาแบบเพนโทกราฟ                              | 8    |
| รูปที่ 2.10 วงจรเซนเซอร์แบบ See-Through                                | 9    |
| รูปที่ 2.11 วงจรเซนเซอร์แบบ Light-Block                                | 10   |
| รูปที่ 2.12 วงจรเซนเซอร์แบบใช้การสะท้อนกลับ                            | 11   |
| รูปที่ 2.13 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051 | 13   |
| รูปที่ 2.14 สัญญาณต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8051        | 15   |
| รูปที่ 2.15 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51                                | 17   |
| รูปที่ 2.16 ตำแหน่งของหน่วยความจำทั้งแบบไบต์และแบบบิต                  | 18   |
| รูปที่ 2.17 ลักษณะ โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน                  | 24   |
| รูปที่ 2.18 ลักษณะ โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม                | 24   |
| รูปที่ 2.19 ลักษณะ โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบสนามแม่เหล็กถาวร      | 25   |
| รูปที่ 2.20 ระบบการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบพื้นฐาน                     | 25   |
| รูปที่ 2.21 วงจรพื้นฐานของแอมพลิไฟร์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชัน             | 26   |
| รูปที่ 2.22 การควบคุมแรงดันไฟตรงของอาร์เมเจอร์                         | 27   |
| รูปที่ 2.23 การควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็ก ( Field Control )         | 28   |
| รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของขาหุ่นยนต์                                     | 29   |
| รูปที่ 3.2 ส่วนที่ใช้ยึดขากับตัวหุ่นยนต์                               | 30   |
| รูปที่ 3.3 ด้านบนของตัวหุ่นยนต์  | 31   |
| รูปที่ 3.4 การยึดขาเข้ากับลำตัวของหุ่นยนต์                             | 31   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูป   | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 3.5 ฝาครอบตัวหุ่นยนต์  | 32   |
| รูปที่ 3.6 ปากจับชิ้นงานของตัวหุ่นยนต์                              | 33   |
| รูปที่ 3.7 วงจรตรวจจับการชน   | 34   |
| รูปที่ 3.8 วงจรพื้นฐานของ IC เบอร์ L293 สำหรับการควบคุมแบบ H-Bridge | 35   |
| รูปที่ 3.9 วงจรขับมอเตอร์   | 36   |
| รูปที่ 3.10 วงจรการควบคุมระยะไกล                                    | 37   |
| รูปที่ 3.11 วงจรควบคุมการทำงาน                                      | 38   |
| รูปที่ 3.12 ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม                             | 40   |
| รูปที่ 3.12 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม                       | 41   |
| รูปที่ 4.1 การอ้างอิงขาของหุ่นยนต์                                  | 42   |
| รูปที่ 4.2 การเดินไปข้างหน้า 1 ครั้ง                                | 43   |
| รูปที่ 4.3 การเดินถอยหลัง 1 ครั้ง                                   | 44   |
| รูปที่ 4.4 การเดินเลี้ยวซ้าย 1 ครั้ง                                | 45   |
| รูปที่ 4.5 การเดินเลี้ยวขวา 1 ครั้ง                                 | 46   |
| รูปที่ 4.6 การจับชิ้นงาน  | 48   |
| รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์แมลงหกขา                              | 53   |
| รูปที่ ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์แมลงหกขา                              | 53   |
| รูปที่ ก.3 ด้านซ้ายของหุ่นยนต์แมลงหกขา                              | 54   |
| รูปที่ ก.4 ด้านขวาของหุ่นยนต์แมลงหกขา                               | 54   |
| รูปที่ ก.5 หุ่นยนต์แมลงหกขาต้นแบบ                                   | 55   |
| รูปที่ ข.1 วงจรตรวจจับการชน   | 57   |
| รูปที่ ข.2 ลายทองแดงของวงจรตรวจจับการชน                             | 57   |
| รูปที่ ข.3 การวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรตรวจจับการชน        | 58   |
| รูปที่ ข.4 วงจรขับมอเตอร์   | 58   |
| รูปที่ ข.5 ลายทองแดงของวงจรขับมอเตอร์                               | 59   |
| รูปที่ ข.6 การวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรขับมอเตอร์          | 59   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูป   | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ ข.7 วงจรการควบคุมระยะไกล                                 | 60   |
| รูปที่ ข.8 ลายทองแดงของวงจรควบคุมระยะไกล                        | 60   |
| รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมระยะไกล   | 61   |
| รูปที่ ข.10 วงจรควบคุมการทำงาน                                  | 61   |
| รูปที่ ข.11 ลายทองแดงของวงจรควบคุมการทำงาน                      | 62   |
| รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมการทำงาน | 62   |
| รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม                          | 64   |
| รูปที่ ค.1 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม                    | 65   |
| รูปที่ ค.2 โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แมลงหกขา                        | 72   |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันได้มีการสร้างและพัฒนาหุ่นยนต์ในรูปแบบต่างๆ มากมาย โดยรูปแบบของตัวหุ่นยนต์มีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของงานนั้นๆ ซึ่งทางบริษัทหรือองค์กรต่างๆ ได้มีการแข่งขันการผลิตหุ่นยนต์กันมากขึ้น เพื่อที่จะนำหุ่นยนต์มาช่วยในการทำงานต่างๆ แทนมนุษย์

หุ่นยนต์แมลงหกขาที่จัดทำขึ้นนี้เป็นอีกลักษณะหนึ่งของการนำหุ่นยนต์แมลงหกขามาประยุกต์ใช้งาน โดยสามารถควบคุมหุ่นยนต์แมลงหกขาให้สามารถเก็บวัตถุหรือชิ้นงานตามต้องการซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเก็บวัตถุที่เป็นอันตราย เช่น ระเบิดหรือวัตถุที่มีพิษได้

### 1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

หุ่นยนต์แมลงหกขามีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

- 1) หุ่นยนต์แมลงหกขาสามารถเคลื่อนที่และหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้โดยอัตโนมัติ
- 2) สามารถควบคุมหุ่นยนต์แมลงหกขาให้สามารถเก็บวัตถุหรือชิ้นงานตามต้องการโดยใช้

รีโมตคอนโทรล

### 1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆ มีหัวข้อดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ กล่าวถึง ลักษณะการเดินของหุ่นยนต์แมลงหกขาในรูปแบบต่างๆ การออกแบบขาหุ่นยนต์ วงจรเซนเซอร์อัลตราโซนิกส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และมอเตอร์กระแสตรง

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน กล่าวถึง การออกแบบตัวหุ่นยนต์ และการทำงานของวงจรต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์แมลงหกขา

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึง วิธีการทดลองและผลที่ได้จากการทดลองของหุ่นยนต์แมลงหกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา กล่าวถึง สรุปการทำโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงการ รวมถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งได้เสนอแนะแนวทางในการพัฒนาต่อไป

ในภาคผนวก แสดงรายละเอียดของการทำหุ่นยนต์แมลงหกขา รวมถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำโครงการดังนี้

ภาคผนวก ก หุ่นยนต์แมลงหกขาค้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์ของหุ่นยนต์แมลงหกขา

ภาคผนวก ค ผังการทำงานและโปรแกรม

ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์



## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญาบัตรฉบับนี้ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงการ โดยประกอบไปด้วยเรื่องของ ลักษณะการเดินของหุ่นยนต์แมลงหกขา, การออกแบบขาหุ่นยนต์, วงจรเซนเซอร์อิเล็กทรอนิกส์, ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

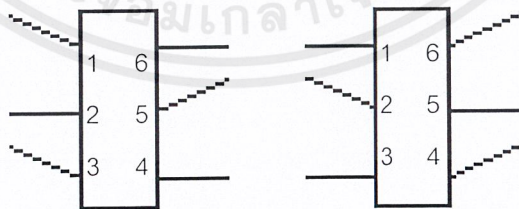
#### 2.2 ลักษณะการเดินของหุ่นยนต์แมลงหกขา

ลักษณะการเดินของหุ่นยนต์แมลงหกขานั้นมีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะใหญ่ๆ ด้วยกันคือ

##### 2.2.1 การเดินทีละ 3 ขา ( Tripod Gait )

การเดินในลักษณะนี้จะแบ่งออกเป็น 3 แบบ

1) แบบที่ 1 จะแบ่งการทำงานเป็น 2 สเต็ป โดยขาข้างหนึ่งจะยก 2 ขา คือ ขาที่ 1 และขาที่ 3 ส่วนขาที่ 2 จะอยู่กับที่ และขาอีกข้างหนึ่งจะยก 1 ขา คือ ขา 5 ส่วนขาที่ 4 และขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็น 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 2 จะทำการยกขาที่ 2 ส่วนอีกข้างหนึ่ง จะยกขาที่ 4 และขาที่ 6 เป็นการครบรอบการทำงาน 1 ครั้ง หลังจากนั้นก็จะกระทำแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.1



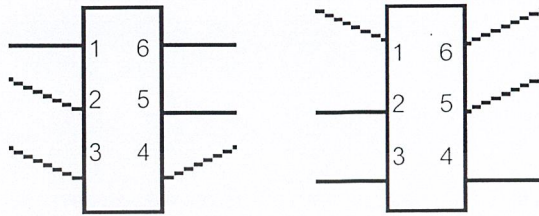
รูปที่ 2.1 การเดินทีละ 3 ขา แบบที่ 1

2) แบบที่ 2 จะแบ่งการทำงานเป็น 2 สเต็ป โดยขาข้างหนึ่งจะยก 2 ขา คือ ขาที่ 2 และขาที่ 3 ส่วนขาที่ 1 จะอยู่กับที่ และขาอีกข้างหนึ่งจะยก 1 ขา คือ ขา 4 ส่วนขาที่ 5 และขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็น 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 2 จะทำการยกขาที่ 1 ส่วนขาที่ 2 และ ขาที่ 3 จะอยู่กับที่ อีกข้างหนึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ยกขาที่ 5 และขาที่ 6 ส่วนขาที่ 4 จะอยู่กับที่ เป็นการครบรอบการทำงาน 1 ครั้ง หลังจากนั้นก็กระทำแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเดินที่ละ 3 ขา แบบที่ 2

3) **แบบที่ 3** จะแบ่งการทำงานเป็น 2 สเต็ป โดยขาด้านหนึ่งจะยก 3 ขา คือ ขาที่ 1 ขาที่ 2 และขาที่ 3 อีกด้านหนึ่งจะทำการอยู่กับที่ 3 ขา คือ ขาที่ 4 ขาที่ 5 และขาที่ 6 เป็น 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 2 จะทำการยกขา 3 ขา คือ ขาที่ 4 ขาที่ 5 และ ขาที่ 6 ส่วนอีกด้านหนึ่ง จะทำการอยู่กับที่ 3 ขา คือ ขาที่ 1 ขาที่ 2 และ ขาที่ 3 เป็นการครบรอบการทำงาน 1 ครั้ง หลังจากนั้นก็กระทำแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.3



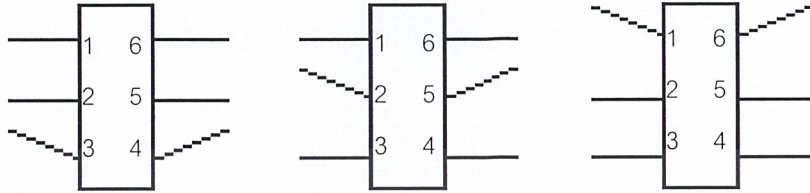
รูปที่ 2.3 การเดินที่ละ 3 ขา แบบที่ 3

### 2.2.2 การเดินที่ละ 2 ขา (Dual-Leg Gait)

การเดินในลักษณะนี้จะแบ่งออกเป็น 2 แบบ

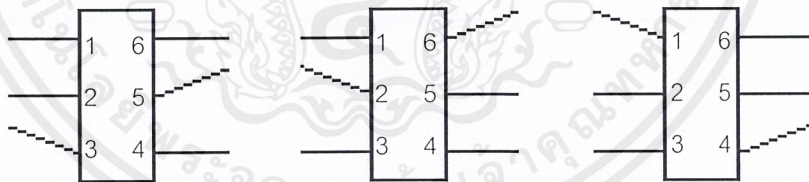
1) **แบบที่ 1** จะแบ่งการทำงานเป็น 3 สเต็ป โดยขาด้านหนึ่งจะยก 1 ขา คือ ขาที่ 3 ส่วนขาที่ 1 และขาที่ 2 จะอยู่กับที่ และอีกด้านหนึ่งจะยกขา 1 ขา คือ ขาที่ 4 ส่วนขาที่ 5 และขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็น 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 2 ทำได้โดยให้ขาด้านหนึ่งยก 1 ขา คือ ขาที่ 2 ส่วนขาที่ 1 และขาที่ 3 จะอยู่กับที่ และอีกด้านหนึ่งจะยกขา 1 ขา คือ ขาที่ 5 ส่วนขาที่ 4 และขาที่ 6 จะอยู่กับที่เป็นอีก 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 3 ทำได้โดยให้ขาด้านหนึ่งยก 1 ขา คือ ขาที่ 1 ส่วนขาที่ 2 และขาที่ 3 จะอยู่กับที่ และ

อีกด้านหนึ่งจะยกขา 1 ขา คือ ขาที่ 6 ส่วนขาที่ 4 และขาที่ 5 จะอยู่กับที่ เป็นอีก 1 สเต็ป เป็นการครบรอบการทำงาน 1 ครั้ง หลังจากนั้นก็จะกระทำแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเดินที่ละ 2 ขา แบบที่ 1

2) แบบที่ 2 จะแบ่งการทำงานเป็น 3 สเต็ป โดยขาข้างหนึ่งจะยก 1 ขา คือ ขาที่ 3 ส่วนขาที่ 1 และขาที่ 2 จะอยู่กับที่ และอีกด้านหนึ่งจะยกขา 1 ขา คือ ขาที่ 5 ส่วนขาที่ 4 และ ขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็น 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 2 ทำได้โดยให้ขาข้างหนึ่งยก 1 ขา คือ ขาที่ 2 ส่วนขาที่ 1 และขาที่ 3 จะอยู่กับที่ และอีกด้านหนึ่งจะยกขา 1 ขา คือ ขาที่ 6 ส่วนขาที่ 4 และขาที่ 5 จะอยู่กับที่ เป็นอีก 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 3 ทำได้โดยให้ขาข้างหนึ่งยก 1 ขา คือ ขาที่ 1 ส่วนขาที่ 2 และขาที่ 3 จะอยู่กับที่ และอีกด้านหนึ่งจะยกขา 1 ขา คือ ขาที่ 4 ส่วนขาที่ 5 และ ขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็น อีก 1 สเต็ป เป็นการครบรอบการทำงาน 1 ครั้ง หลังจากนั้นก็จะกระทำแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.5

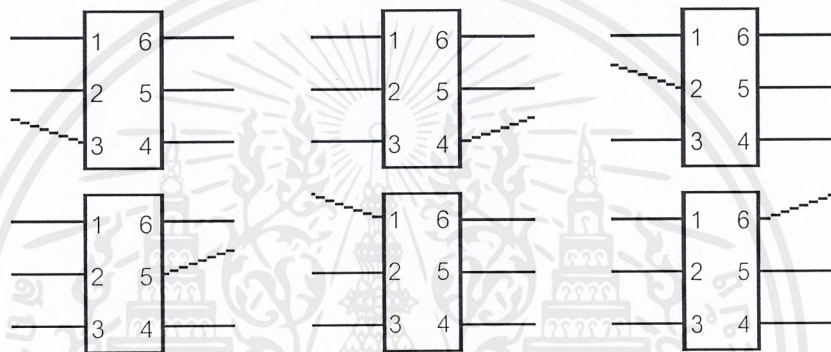


รูปที่ 2.5 การเดินที่ละ 2 ขา แบบที่ 2

### 2.2.3 การเดินที่ละขา ( Single-leg Gait )

การเดินในลักษณะนี้จะแบ่งการทำงานเป็น 6 สเต็ป โดยขาข้างหนึ่งจะยก 1 ขา คือ ขาที่ 3 ส่วนขาที่ 1 และขาที่ 2 จะอยู่กับที่ ส่วนขาอีกด้านหนึ่ง คือ ขาที่ 4 ขาที่ 5 และ ขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็น 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 2 ทำได้โดยให้ขาข้างหนึ่งจะยก 1 ขา คือ ขาที่ 4 ส่วนขาที่ 5 และขาที่ 6 จะอยู่กับที่ ส่วนขาอีกด้านหนึ่ง คือ ขาที่ 1 ขาที่ 2 และขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็นอีก 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 3 ทำได้โดยให้ขาข้างหนึ่งจะยก 1 ขา คือ ขาที่ 2 ส่วนขาที่ 1 และขาที่ 3 จะอยู่กับที่ ส่วนขาข้างหนึ่ง

คือ ขาที่ 4 ขาที่ 5 และขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็นอีก 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 4 ทำได้โดยให้ขาด้านหนึ่งจะยก 1 ขา คือ ขาที่ 5 ส่วนขาที่ 4 และขาที่ 6 จะอยู่กับที่ ส่วนขาอีกด้านหนึ่ง คือ ขาที่ 1 ขาที่ 2 และขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็นอีก 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 5 ทำได้โดยให้ขาด้านหนึ่งจะยก 1 ขา คือ ขาที่ 1 ส่วนขาที่ 2 และขาที่ 3 จะอยู่กับที่ ส่วนขาอีกด้านหนึ่ง คือ ขาที่ 4 ขาที่ 5 และขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็นอีก 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 6 ทำได้โดยให้ขาด้านหนึ่งจะยก 1 ขา คือ ขาที่ 6 ส่วนขาที่ 4 และขาที่ 5 จะอยู่กับที่ ส่วนขาอีกด้านหนึ่ง คือ ขาที่ 1 ขาที่ 2 และ ขาที่ 6 จะอยู่กับที่ เป็นอีก 1 สเต็ป เป็นการครบรอบการทำงาน 1 ครั้ง หลังจากนั้นก็จะกระทำแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.6



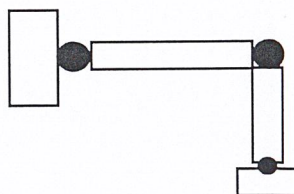
รูปที่ 2.6 การเดินทีละขา

### 2.3 การออกแบบขาหุ่นยนต์

ปัจจุบันมีการออกแบบขาหุ่นยนต์อยู่หลายชนิด แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะแบบดังนี้

#### 2.3.1 ขาสองข้อต่ออย่างง่าย (Simple Two Ling Leg)

ขาชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นสองท่อน แต่ละท่อนจะต่อผ่านข้อต่อ ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งสามารถควบคุมลักษณะการเดินได้โดยการควบคุมมุมของขาแต่ละท่อน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งปลายขาของหุ่นยนต์ ส่วนของขาทั้งหมดจะต่อเข้ากับเดือยที่โคนขาเพื่อใช้ในการก้าวขาและบีดขา



รูปที่ 2.7 ลักษณะขาสองข้อต่ออย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

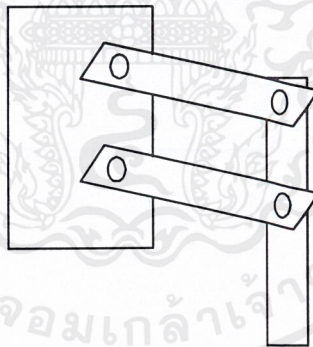
### 1) วิธีการทำงานของข้อต่อ

มีหลายวิธีที่จะทำให้ข้อต่อทำงานได้ โดยใช้ลักษณะการขับเคลื่อนของข้อต่อ สำหรับแบบนี้อาจติดตั้งมอเตอร์เข้าที่ข้อต่อโดยตรงหรือใช้โซ่ สายพาน สกรู และส่งกำลังจากมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในลำตัวบริเวณ โคนขา เพื่อกำหนดมุมที่ข้อต่อในการก้าวเดินของขาหุ่น

จุดด้อยประการสำคัญของขาแบบนี้คือ เราจำเป็นต้องให้ตัวขับเคลื่อนอยู่ใกล้กับข้อต่อมากที่สุด การติดตั้งตัวขับเคลื่อนเข้าที่ข้อต่อเข้าทำให้เกิดผลกระทบทางไดนามิกต่อขาหุ่นยนต์ ซึ่งต้องมีการชดเชยโดยใช้ตัวควบคุม ซึ่งจะทำได้ต้องเพิ่มความซับซ้อนให้กับอัลกอริทึมในการเคลื่อนที่ของขา รวมทั้งยังต้องการมอเตอร์ที่มีกำลังสูงที่ข้อต่อส่วนสะโพก เพื่อใช้ในการเคลื่อนขาที่มีมวลมาก ซึ่งเราก็สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้โดยการติดตั้งตัวขับเคลื่อนที่ฐานของขาแต่จะเป็นการเพิ่มความซับซ้อนทางแมคคานิกส์

### 2.3.2 ขาเพนโทกราฟ (Pentograph Leg)

ขาแบบนี้จะประกอบด้วยคานสี่เหลี่ยมขนานกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ดังรูปที่ 2.8 เป็นแบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นการควบคุมและระบบทางแมคคานิกส์ของขาทำได้ง่าย ซึ่งลดการประมวลผลที่ซับซ้อนในการควบคุมลงได้

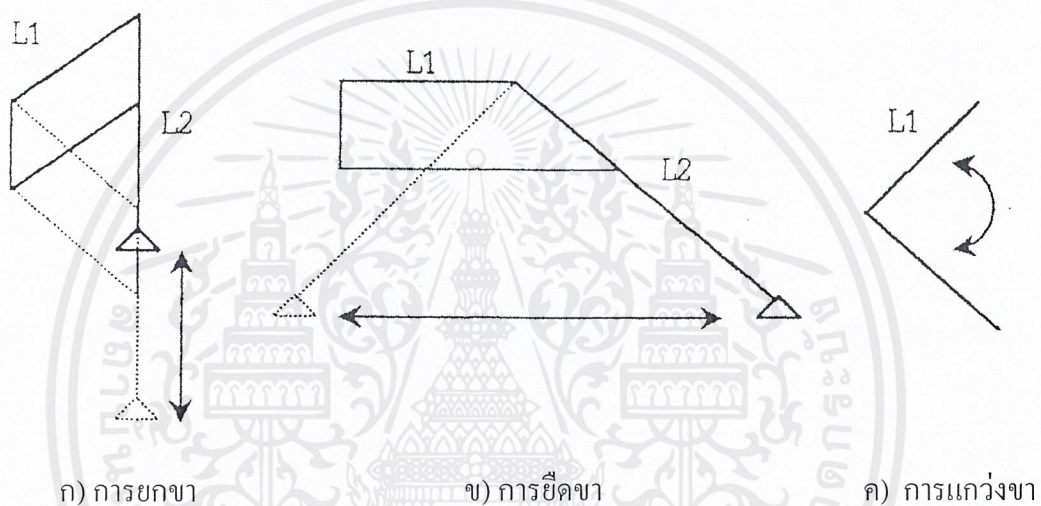


รูปที่ 2.8 ลักษณะขาเพนโทกราฟ

ขอบเขตการเคลื่อนไหวของขา (Workspace) แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างแบบนี้ยังคงมีการคับปิ้ง (Coupling) ของข้อต่อเกิดขึ้นในการเคลื่อนปลายขา ทำให้ปลายขาเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง เนื่องจากว่าขาแบบนี้เป็นแบบที่มีลักษณะทางเรขาคณิตอย่างง่าย ๆ ทำให้ผู้ออกแบบมักเลือกขาในแบบนี้มาใช้ก่อนแบบอื่น แต่ปัญหาทางแมคคานิกส์ที่พบระหว่างการสร้างขาต้นแบบ ทำให้เราต้องดัดแปลงขาแบบนี้อีกครั้งก่อนที่จะตัดสินใจใช้ขาแบบนี้ให้เป็นขาที่จะนำไปใช้งาน

### 1) วิธีการทำงานของข้อต่อ

ส่วนประกอบที่ใช้ในการควบคุมเพื่อให้ขาเกิดการเคลื่อนที่อาจใช้ระบบอกสูบ ในระบบไฮดรอลิกส์ นิวแมตริกส์ หรือมอเตอร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความต้องการที่จะนำไปใช้ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นแบบใด ข้อควรพิจารณาที่สำคัญในระหว่างการออกแบบขา คือขนาดของขอบเขตการเคลื่อนไหวของขา (Workspace) ที่ต้องการ คือ การยกขา (Lifting) และการแกว่งขา (Rotating) ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเคลื่อนที่ของขาแบบเพนโทกราฟ

การเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของแต่ละส่วนของขา ทำให้ความสูงที่หุ่นยนต์สามารถยกขาได้หรือระยะที่หุ่นยนต์สามารถยืดขาได้เปลี่ยนไป ซึ่งส่งผลให้ขนาดของการก้าวแต่ละก้าวเปลี่ยนแปลงไปด้วย

ดังนั้น ในการออกแบบสิ่งที่สำคัญที่ควรพิจารณาอีกประการหนึ่งก็คือ การพยายามให้ ตัวขับเคลื่อนอยู่ติดกับฐานของขา การติดตั้งตัวขับเคลื่อนให้อยู่ที่จุดศูนย์กลางนี้จะทำให้ผลกระทบทางไดนามิคลดลง ทั้งยังลดภาระทางไดนามิคของขาแต่ละขาอีกด้วย เพราะไม่ต้องเคลื่อนมวลของตัวขับเคลื่อนที่ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ห่างออกไปตามข้อต่อต่างๆ อีกทั้งวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างหุ่นยนต์นั้นมีอยู่หลายชนิด ซึ่งราคาก็เป็นปัจจัยอีกอย่างหนึ่ง แต่อย่างไรก็ดีนักกีฬาก็มีบทบาทสำคัญกว่าที่จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อประสิทธิภาพโดยรวมของหุ่นยนต์

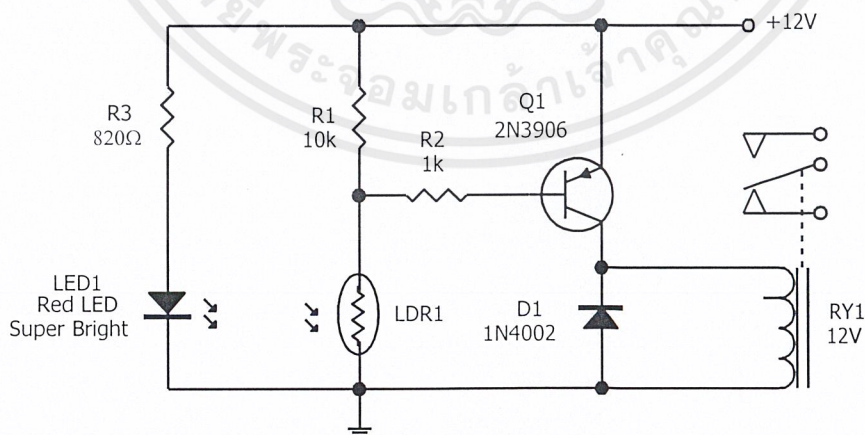
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 วงจรเซนเซอร์อิเล็กทรอนิกส์

เซนเซอร์ (Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่มีใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยส่วนใหญ่แล้ว ตัวเซนเซอร์ที่ใช้มีหลักการทำงาน โดยการตรวจจับทางแสง แสงที่นิยมตรวจจับมักเป็นแสงอินฟราเรด เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะสามารถออกแบบวงจรได้ง่ายและการทำงานก็ไม่ยุ่งยากซับซ้อน อุปกรณ์สามารถหาได้ง่ายราคาถูก เซนเซอร์อินฟราเรดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้มากมายหลายอย่างเซนเซอร์อินฟราเรดเป็นเซนเซอร์จะมึการทำงาน ถ้าหากได้รับแสงที่ตรวจจับได้เข้ามาเหมือนเป็นสวิตช์ตัวหนึ่งที่สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ อุปกรณ์เซนเซอร์ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้มีการใช้อุปกรณ์ทางกลร่วมอยู่ด้วยน้อยที่สุดหรือใช้เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกือบทั้งหมด การนำเซนเซอร์ไปประยุกต์ใช้งานนั้นทำได้มากมาย เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับระบบการผลิตอัตโนมัติ ระบบควบคุมต่าง ๆ ระบบป้องกันภัย หรือเครื่องมืออำนวยความสะดวกต่าง ๆ

### 2.4.1 วงจรเซนเซอร์แบบ See-Through

จากวงจรในรูปที่ 2.10 สภาวะการทำงานปกติ Red LED Super Bright หรือ LED1 จะส่งแสงผ่านไปยัง LDR ทำให้ LDR1ทำงาน เมื่อ LDR1 ทำงานจะทำให้ Q1และรีเลย์ทำงานตามไปด้วย หน้าสัมผัสของรีเลย์จึงทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด แต่เมื่อใดที่มีสิ่งกีดขวางหรือวัตถุมากระหว่าง LED1 และ LDR1จะทำให้ LDR1 หยุดทำงาน ดังนั้น Q1 และรีเลย์จึงหยุดทำงานตาม หน้าสัมผัสของรีเลย์จึงทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด จากการทำงานของวงจรจะเห็นได้ว่าเราสามารถนำเซนเซอร์ไปใช้ในการควบคุมวงจรอื่น ๆ ได้โดยผ่านหน้าสัมผัสของรีเลย์

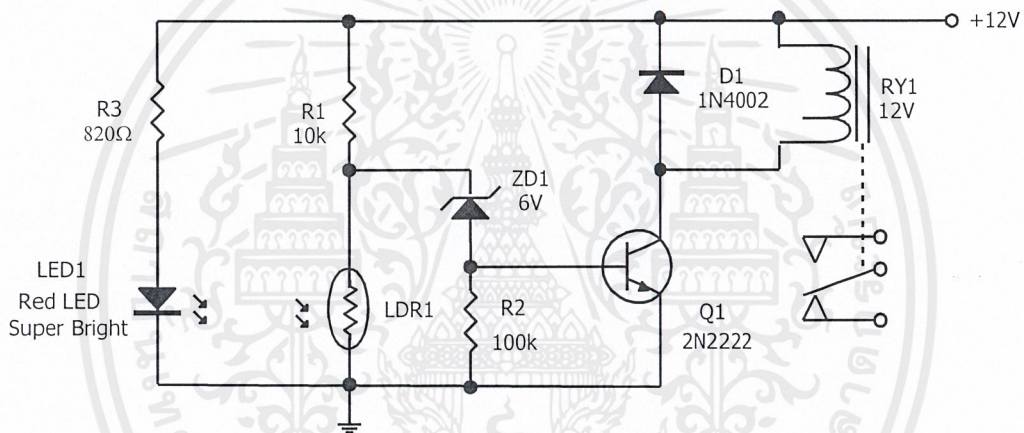


รูปที่ 2.10 วงจรเซนเซอร์แบบ See-Through

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2 วงจรเซนเซอร์แบบ Light-Block

วงจรเซนเซอร์แบบ Light-Block ในรูปที่ 2.11 นี้จะมีการทำงานในลักษณะตรงข้ามกับวงจรในรูปที่ 2.10 นั่นคือหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเปิดวงจรจนกระทั่งมีวัตถุมากั้นระหว่าง LDR1 และ LED1 หน้าสัมผัสของรีเลย์จึงปิดวงจรสำหรับการทำงานของวงจรมันเมื่อไม่มีวัตถุมากั้นระหว่าง Q1 และ LED1 จะทำให้ LDR1 ทำงานเมื่อ LDR1 ทำงานจะทำให้ซีเนอร์ไดโอด ZD1 หยุดทำงานเป็นผลให้ Q1 และรีเลย์หยุดทำงาน หน้าสัมผัสของรีเลย์จึงเปิดวงจร และเมื่อมีวัตถุมากั้นระหว่าง LED1 และ LDR1 จะทำให้ LDR1 หยุดทำงาน ทำให้ ZD1 ทำงาน เป็นผลให้ Q1 และรีเลย์ทำงาน หน้าสัมผัสของรีเลย์จึงปิดวงจร



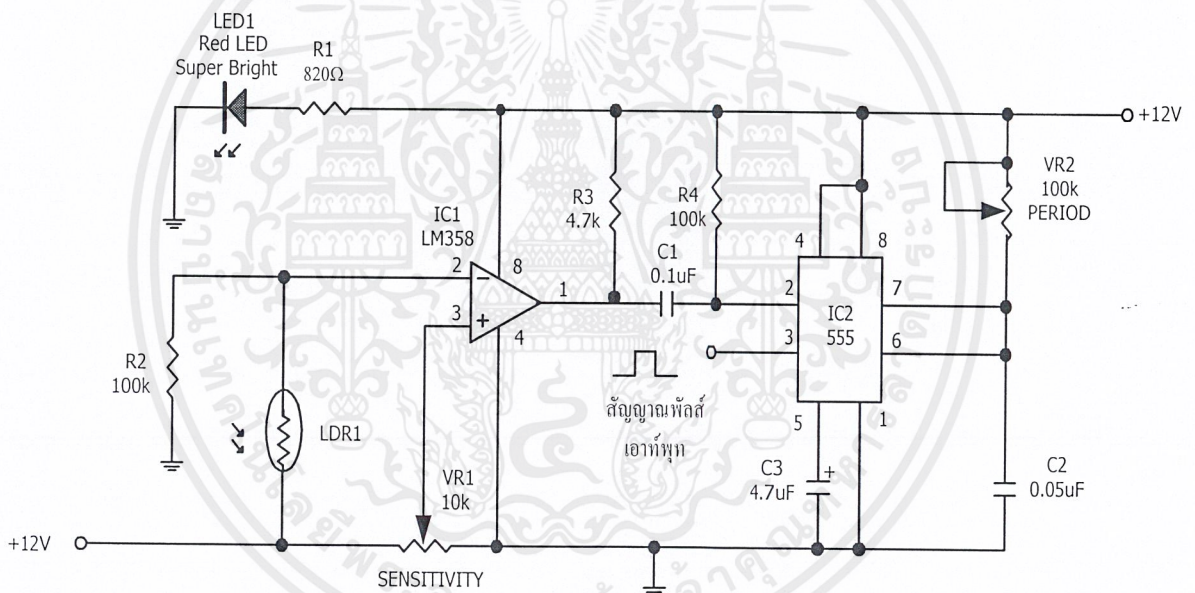
รูปที่ 2.11 วงจรเซนเซอร์แบบ Light-Block

วงจรเซนเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ 2 แบบแรกที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้นเป็นวงจรเซนเซอร์เบื้องต้นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในระบบที่ไม่ต้องการความสามารถในการสวิตช์ที่รวดเร็วนัก เนื่องจากเป็นวงจรที่ใช้รีเลย์ทางเอาต์พุต ทำให้มีการทำงานช้ากว่าเซนเซอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นถ้ามีวัตถุเคลื่อนผ่านเซนเซอร์ด้วยความเร็วสูงจะทำให้รีเลย์ไม่สามารถทำงานได้ทัน ถึงแม้ว่าเซนเซอร์จะสามารถตรวจจับได้ก็ตาม สำหรับการแก้ปัญหาเบื้องต้นนั้นอาจทำได้โดยการใช้ทรานซิสเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์แทนรีเลย์ และนำเอาสัญญาณเอาต์พุตของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้น ไปป้อนเป็นอินพุตให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลเลอร์ (Electronic Controller) เพื่อควบคุมอุปกรณ์อื่น ๆ ต่อไป

### 2.4.3 วงจรเซนเซอร์แบบใช้การสะท้อนกลับ

อินฟราเรดเซนเซอร์ในวงจรรูปที่ 2.12 นั้น LED1 และ LDR1 จะถูกจัดวางให้ออกมาเมื่อแสงของ LED1 สะท้อนวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในระยะทำให้เกิดการสะท้อนไปยัง LDR1

ขณะที่ไม่มีการสะท้อนกลับของแสงแรงดันที่ขา 2 ของ IC1 เบอร์ LM 358 ซึ่งจัดวงจรเป็นคอมพาราเตอร์ (Comparator) จะมีค่าใกล้เคียงศูนย์โวลต์ เป็นผลให้แรงดันเอาต์พุตที่ขา 1 ของ IC1 มีค่าใกล้เคียงแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงหรือส่งลอจิก “ 1 ” ไปยัง IC2 เนื่องจากเป็นลอจิก “ 1 ” จึงทำให้ IC2 ไม่สร้างพัลส์บวกมาทางเอาต์พุต แต่เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านมาในระยะและสะท้อนแสงจาก LED1 มายัง LDR1 จะทำให้แรงดันที่ขา 2 ของ IC1 มีค่าเป็นไฟบวกสูงขึ้น เอาต์พุตของ IC1 จึงเปลี่ยนค่าเป็น 0 โวลต์หรือส่งลอจิก “ 0 ” ไปยัง IC2 ทำให้ IC2 สร้างพัลส์บวกออกมาทางเอาต์พุต



รูปที่ 2.12 วงจรเซนเซอร์แบบใช้การสะท้อนกลับ

สำหรับความไวในการทำงานของวงจรสามารถเปลี่ยนได้โดยการปรับค่าของ VR1 และปรับคาบเวลาของสัญญาณพัลส์เอาต์พุตของวงจรได้โดยการปรับค่า VR2



## 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

### 2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051

- 1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
- 2) มีวงจรรอสซิลเลเตอร์และวงจรถอดสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี
- 3) มีขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตจำนวน 32 บิต
- 4) สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ( External Data Memory ) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 K
- 5) สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ( External Program Memory ) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 K
- 6) มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว ( On-Chip Program Memory ) ขนาด 4 K โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 8 K สำหรับเบอร์ 8031 และ 8032 จะไม่มีความจำในส่วนนี้
- 7) มีหน่วยความจำข้อมูลภายในตัว ( On-Chip Data Memory ) ขนาด 128 ไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 ไบต์
- 8) หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วน สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย ทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น
- 9) มีไทเมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/Counter) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 หรือ 8052 จะมีไทเมอร์/เคาน์เตอร์จำนวน 3 ตัว
- 10) การอินเทอร์รัพต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิด โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำการอินเทอร์รัพต์ได้ 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเทอร์รัพต์ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ
- 11) มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)
- 12) มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์
- 13) คำสั่งโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์
- 14) ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว

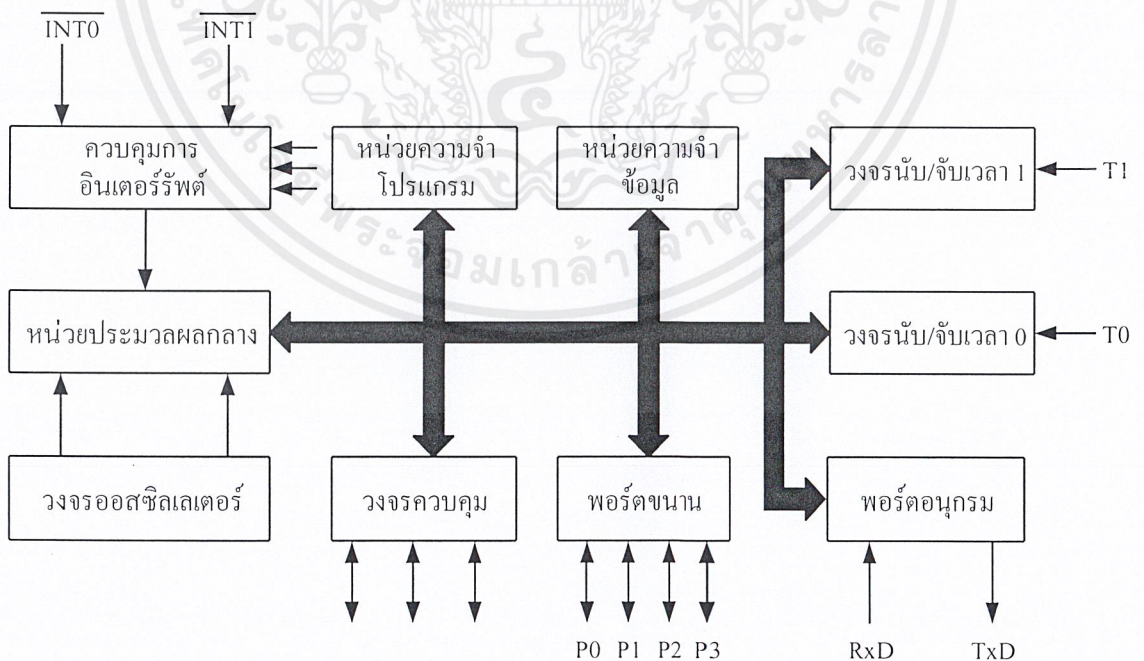
ตัวอย่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 และลักษณะต่าง ๆ สามารถแสดงได้ดัง ตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS – 51 เบอร์ต่าง ๆ

| เบอร์ | หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ | หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ | TIMERS |
|-------|-------------------------|------------------------|--------|
| 8051  | 4K ROM                  | 128 Bytes              | 2      |
| 8031  | -                       | 128 Bytes              | 2      |
| 8751  | 4K EPROM                | 128 Bytes              | 2      |
| 8052  | 8K ROM                  | 256 Bytes              | 3      |
| 8032  | -                       | 256 Bytes              | 3      |
| 8752  | 8K EPROM                | 256 Bytes              | 3      |

### 2.5.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051 แสดงใน รูป 2.13 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 2.13 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

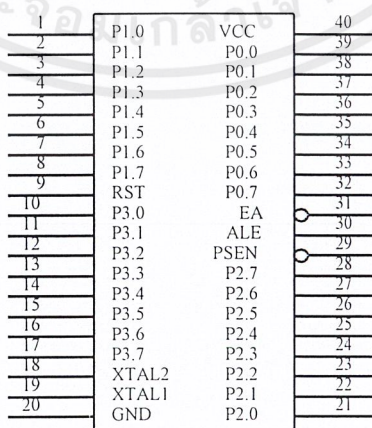
- 1) หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 128 ไบต์ (Internal Data Memory 128 byte)
- 2) หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ (Internal Program Memory 4 Kbyte)
- 3) อุปกรณ์ควบคุมการอินเทอร์รัพต์ (Interrupt Control Unit)
- 4) ตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 16 บิต 2 ชุด (Time/Counter 0 and Time/Counter 1)
- 5) พอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมแบบ Full Duplex ซึ่งสามารถรับและส่งข้อมูลพร้อมกันได้
- 6) พอร์ตขนานสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจำนวน 4 พอร์ตๆ ละ 8 บิต
- 7) วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน

### 2.5.3 สัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถจำแนกตามการทำงานเป็น 3 กลุ่มคือ

- 1) กลุ่มสัญญาณตำแหน่ง เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำ
- 2) กลุ่มสัญญาณควบคุม เป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3) กลุ่มสัญญาณของข้อมูล เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไอซีขนาด 40 ขา ซึ่งมีสัญญาณต่างๆ แสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 สัญญาณต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่และการใช้งานของสัญญาณต่างๆ เป็นดังนี้

- 1) ขา VCC เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์
- 2) ขา GND เป็นขาราวด์
- 3) ขารีสต (RST) ใช้สำหรับการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซ็ตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 เมกซีคิลในไซเคิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่
- 4) ขา  $\overline{\text{ALE/PROG}}$  เป็นขาสัญญาณทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลส์ในการโปรแกรม (Program Pulse Input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำภายในเป็น EPROM
- 5) ขา  $\overline{\text{PSEN}}$  (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละเมกซีคิลในไซเคิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มี การส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด
- 6) ขา  $\overline{\text{EA/VPP}}$  (External Access Enable/VPP) เป็นขาสำหรับเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือจากภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0-0FFFH (0-1FFFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตาม ถ้าบิตป้องกัน (Security Bit) ในหน่วยความจำของ EPROM ถูกโปรแกรมไว้แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (VPP) ขนาด 21 โวลต์เพื่อใช้ในการโปรแกรม EPROM
- 7) ขาพอร์ต 0 (Port 0) มี 8 ขา ได้แก่ ขา P0.0 – P0.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0-D7)
- 8) ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ ขา P1.0-P1.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้สำหรับเบอร์ 8032 และ 8052 ขาพอร์ต P1.1 และ P1.0 จะถูกนำมาใช้งานเป็นขา T2 และ T2EX ตามลำดับด้วย

9) ขาพอร์ต 2 (Port 2) มีขา 8 ขา ได้แก่ ขา P2.0-P2.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากพอร์ตนี้จะถูกใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตแล้วยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15)

10) ขาพอร์ต 3 (Port 3) มีขา 8 ขา ได้แก่ ขา P3.0-P3.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากพอร์ตนี้จะถูกใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตแล้วยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

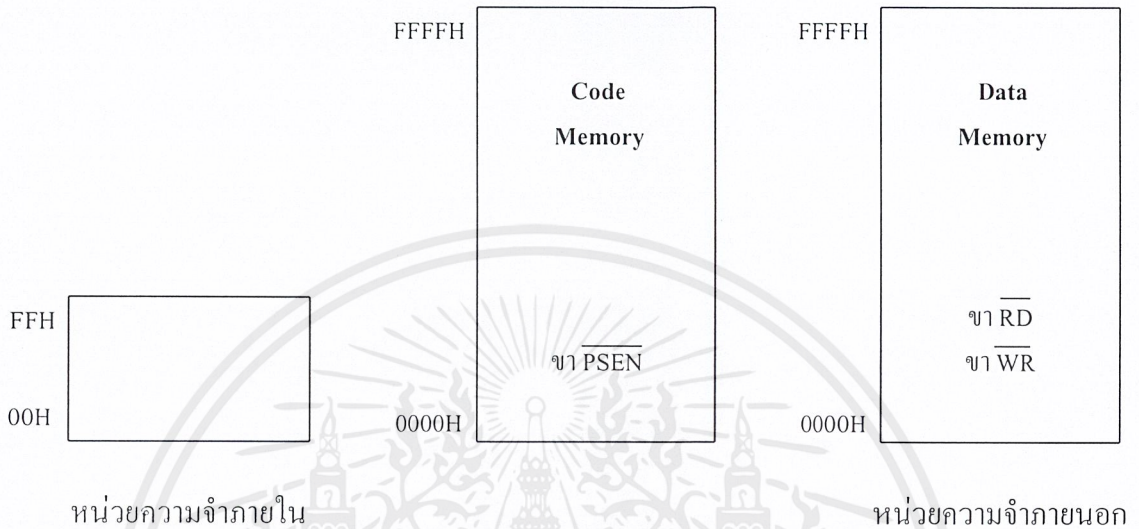
ตารางที่ 2.2 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3

| บิต  | ชื่อ                     | หน้าที่พิเศษ                       |
|------|--------------------------|------------------------------------|
| P3.0 | RXD                      | ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม         |
| P3.1 | TXD                      | ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม         |
| P3.2 | $\overline{\text{INT0}}$ | อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0       |
| P3.3 | $\overline{\text{INT1}}$ | อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1       |
| P3.4 | T0                       | ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 0       |
| P3.5 | T1                       | ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 1       |
| P3.6 | $\overline{\text{WR}}$   | สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก |
| P3.7 | $\overline{\text{RD}}$   | สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก  |

#### 2.5.4 โครงสร้างหน่วยความจำ

หน่วยความจำสำหรับ MCS-51 จะมี 2 ชนิดคือ หน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรม (ROM) กับหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลในการประมวลผล (RAM) MCS-51 บางเบอร์เช่น 8051, 8052 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในชิพ และ MCS-51 ทุกเบอร์ สามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้มากที่สุด 64K และอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้มากที่สุด 64K สำหรับหน่วยความจำ RAM ภายใน จะประกอบไปด้วย พื้นที่ใช้งานทั่วไป รีจิสเตอร์แบงก์ พื้นที่ใช้งานระดับบิต

และรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษเราอาจเขียนโคแอมของหน่วยความจำของ 8051 ได้ ดังรูปที่ 2.15 โดยในรูปจะบอกด้วยว่าขาโคแอมคือ



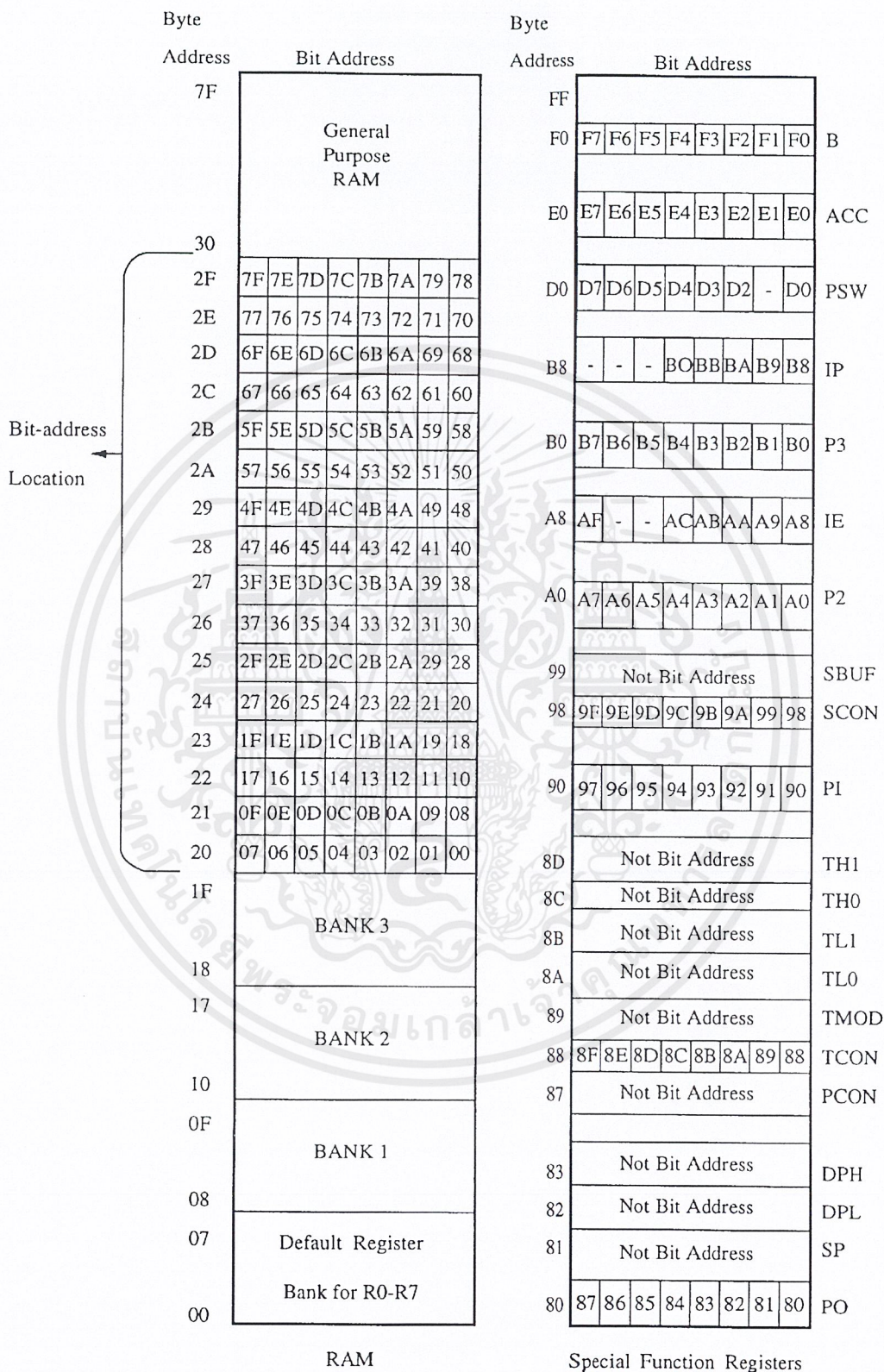
รูปที่ 2.15 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51

ใน 8031 จะมีหน่วยความจำภายในตั้งแต่ตำแหน่ง 00H ถึง FFH และสามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64K ตำแหน่ง ถ้าอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมขา  $\overline{PSEN}$  จะแอกทีฟ นอกจากนี้ 8031 สามารถอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64K ตำแหน่ง โดยการติดต่อกับหน่วยความจำนี้ขา  $\overline{RD}$  และ  $\overline{WR}$  จะแอกทีฟ สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายในนั้นจะแบ่งออกได้ดังนี้

- 1) ชุดรีจิสเตอร์ 4 ชุด แต่ละชุดถูกเรียกว่า รีจิสเตอร์แบงก์ ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 1FH โดยแต่ละชุดจะประกอบด้วยรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7
- 2) หน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ตำแหน่ง 20H ถึง 2FH
- 3) หน่วยความจำใช้งานทั่วไปตำแหน่ง 30H ถึง 7FH
- 4) รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษตำแหน่ง 80H ถึง FFH

แผนผังการจัดหน่วยความจำข้อมูลภายในแสดงได้ดังรูปที่ 2.16 จากแผนผังจะเห็นได้ว่าการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำภายในจะอ้างได้สองแบบคือ การอ้างไปที่ตำแหน่งของไบต์ (เขียนหมายเลขตำแหน่งด้านนอก) หรือการอ้างไปที่ตำแหน่งของบิต (เขียนหมายเลขตำแหน่งด้านใน) โดยตำแหน่งของหน่วยความจำที่อ้างเป็นแบบบิตได้จะมีตำแหน่งบิตที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ตำแหน่งของหน่วยความจำทั้งแบบไบต์และแบบบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1) หน่วยความจำใช้งานทั่วไป

จากรูปที่ 2.16 จะเห็นได้ว่า 8031 จะมีหน่วยความจำ RAM สำหรับใช้งานทั่วไปจำนวน 80 ไบต์ตั้งแต่ตำแหน่ง 30H ถึง 7FH ตำแหน่งเหล่านี้สามารถอ้างตำแหน่งแบบ Direct Addressing Mode หรือ Indirect Addressing Mode ได้

การย้ายข้อมูลแบบนี้เป็นการย้ายข้อมูลจากตำแหน่งที่เก็บโดยตรง (ตำแหน่ง 5FH) เรียกว่าการอ้างตำแหน่งแบบ Direct Addressing Mode นอกจากนี้ยังสามารถอ่านข้อมูลโดยใช้รีจิสเตอร์ R0 หรือ R1 เป็นตัวชี้ตำแหน่งได้เรียกว่าการอ้างตำแหน่งแบบ Indirect Addressing Mode

### 2) Bit-addressable RAM

ใน MCS-51 จะมีหน่วยความจำที่สามารถอ้างข้อมูลในระดับบิตได้ตั้งแต่ตำแหน่ง 20H ถึง 2FH รวม 16 ไบต์ โดยสามารถ SET, CLEAR, AND, OR ทางลอจิกได้จำนวนบิตที่ใช้งานได้ทั้งหมดมีจำนวน 128 บิต (8 บิต  $\times$  16 ไบต์) จากรูป 2.16 จะเห็นได้ว่าบิตที่ 67H จะอยู่ในตำแหน่งไบต์ที่ 2CH

### 3) Register Banks

หน่วยความจำข้อมูลภายในที่ใช้เป็นชุดรีจิสเตอร์มีทั้งหมด 32 ตำแหน่ง โดยจะมี 4 ชุด แต่ละชุดมีรีจิสเตอร์ 8 ตัวคือ R0 ถึง R7 โดยชุดแรกจะอยู่ในตำแหน่ง 00H - 07H

การอ้างตำแหน่งจะใช้แบบ Regis Addressing ซึ่งขนาดของรหัสคำสั่งจะมี 1 ไบต์ แต่ถ้าเขียนคำสั่งเป็น MOV A,05H ผลที่ได้จะเหมือนกันแต่การเขียนแบบนี้ถ้าแปลงรหัสคำสั่งจะมีขนาด 2 ไบต์ ซึ่งจะทำให้โปรแกรมยาวกว่าแบบแรกในการติดต่อกับ Register Bank นั้นเราสามารถเลือกให้ Bank ไคแอกทีฟได้โดยเขียนข้อมูลไปที่ Program Status Word ซึ่งอยู่ในส่วนของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ ถ้าไม่มีการเลือก Bank จะเป็นการติดต่อกับรีจิสเตอร์ Bank แรกเสมอ

### 2.5.5 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register)

ใน MCS-51 รีจิสเตอร์จะใช้หน่วยความจำ RAM ภายในชิพโดยส่วนหนึ่งเป็นรีจิสเตอร์พิเศษ (Special Function Register : SFR) ซึ่งมีทั้งหมด 21 ตัวโดยรีจิสเตอร์พิเศษต่างๆจะเริ่มที่หน่วยความจำตั้งแต่ 80H ถึง FFH ซึ่งมีทั้งหมด 128 ตำแหน่ง แต่จะเป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษเพียง 21 ตำแหน่ง แต่ถ้าเป็น 8032, 8051 จะใช้ 26 ตำแหน่งหรือมี SFR 26 ตัว

จากรูปที่ 2.16 จะแสดงตำแหน่งหน่วยความจำของรีจิสเตอร์บางตัวสามารถเข้าถึงข้อมูลแบบบิตได้อีกด้วย



รีจิสเตอร์ในกลุ่ม Special Function Register มีดังนี้

### 1) Program Status Word

รีจิสเตอร์ตัวนี้เรียกย่อ ๆ ว่า PSW จะอยู่ในตำแหน่ง D0H ซึ่งสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ โดยรีจิสเตอร์นี้จะเป็นตัวบอกสถานะต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ความหมายของแต่ละบิตแสดงได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 บิตและหน้าที่ต่างๆ ใน PSW

| CY    | AC      | F0      | RS1  | RS2 | OV | - | P |
|-------|---------|---------|--|-----|----|---|---|
| บิต   | ชื่อบิต | ตำแหน่ง | ความหมาย   |     |    |   |   |
| PSW.7 | CY      | D7H     | Carry Flag   |     |    |   |   |
| PSW.6 | AC      | D6H     | Auxiliary Carry Flag   |     |    |   |   |
| PSW.5 | F0      | D5H     | Flag 0   |     |    |   |   |
| PSW.4 | RS1     | D4H     | บิตสำหรับเลือก Register Bank 1   |     |    |   |   |
| PSW.3 | RS0     | D3H     | บิตสำหรับเลือก Register Bank 0   |     |    |   |   |
|       |         |         | 00 = Bank 0 ; Address 00H - 07H<br>01 = Bank 1 ; Address 08H - 0FH<br>10 = Bank 2 ; Address 10H - 17H<br>11 = Bank 3 ; Address 18H - 1FH |     |    |   |   |
| PSW.2 | OV      | D2H     | Overflow Flag  |     |    |   |   |
| PSW.1 | -       | D1H     | Reserved   |     |    |   |   |
| PSW.0 | P       | D0H     | Even Parity Flag   |     |    |   |   |

### 1.1) แฟล็กตัวทศ Carry Flag (CF)

บิตนี้เป็นบิตที่ 7 ของ PSW บิตนี้มีความสำคัญหากมีการกระทำทางคณิตศาสตร์โดยบิตนี้จะ Set เมื่อเกิดการทศของบิตที่ 7 ขณะทำการบวก หรือ Set เมื่อเกิดการยืมของบิตที่ 7 เมื่อเกิดการลบเลข

ค่าใน Accumulator จะเปลี่ยนเป็น 00H และบิต CY ใน PSW จะถูกเซตนอกจากนี้บิต CY สามารถใช้เป็น "Boolean Accumulator" ได้ซึ่งอาจเรียกได้เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 1 บิตได้

### 1.2) แฟล็กตัวช่วยทศ Auxiliary Carry Flag

เมื่อมีการบวกแบบ Binary-Code-Decimal (BCD) บิต Auxiliary Carry Flag (AC) หรือบิตตัวช่วยทศจะถูก Set เมื่อมีการทศจากบิตที่ 3 ไปบิตที่ 4 หรือถ้าใน Lower Nibble มีค่าระหว่าง 0AH- 0FH เนื่องจากรหัส BCD นี้มีค่าได้มากที่สุดแค่ 9 ถ้าหากมีการบวกเลขแบบ BCD จะต้องตามด้วยคำสั่ง DAA (Decimal Adjust Accumulator) เพื่อปรับค่าที่มีค่าเกิน 9 โดยบวกเลข 6 เข้าไปจะทำให้เป็นรหัส BCD ที่แทนเลขฐานสิบได้

### 1.3) แฟล็กศูนย์ Flag 0 เป็น Flag

ที่ผู้ใช้สามารถใช้งานทั่วไปได้

### 1.4) บิตเลือกรีจิสเตอร์แบงค์ (Register Bank Select Bits)

ตามที่ได้ทราบมาแล้วว่าใน MCS-51 จะมีชุดรีจิสเตอร์อยู่ 4 ชุดถ้าจะเลือกให้ชุดใดแอกทีฟจะกำหนดได้ในบิต RS1 และ RS2 ของ PSW และจะ Clear ตัวเองเมื่อระบบถูกรีเซต

### 1.5) แฟล็กโอเวอร์โฟลว์ Overflow Flag

แฟล็ก OV จะถูก Set หลังจากการกระทำทางคณิตศาสตร์แล้วเกิด Overflow คือจำนวนที่เกิดจากการบวกหรือการลบมีค่าเกินกว่าที่จำนวนไบต์จะเป็นไปได้คือมากกว่า +128 หรือน้อยกว่า -128

### 1.6) บิตพาริตี (Parity Bit)

พาริตีบิต (P) เป็นบิตที่บอกค่าพาริตีของรีจิสเตอร์ Accumulator ซึ่งอาจเป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลได้โดยจะเซตและเคลียร์ขึ้นกับผลที่เกิดขึ้นกับ Accumulator

## 2) รีจิสเตอร์ B (B Register)

รีจิสเตอร์ B อยู่ในตำแหน่ง FOH ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน เป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถใช้งานทั่วไปได้ โดยทั่วไปรีจิสเตอร์นี้จะใช้คูณหรือหารกับรีจิสเตอร์ Accumulator เช่นการทำคำสั่ง MUL AB ซึ่งเป็นการคูณแบบ 8 บิตโดยผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาด 16 บิต ซึ่งรีจิสเตอร์ A จะเก็บค่า 8 บิตต่ำ และรีจิสเตอร์ B จะเก็บค่า 8 บิตสูง สำหรับการหารโดยการทำคำสั่ง DIV AB โดยค่าใน A จะถูกหารด้วย B ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกเก็บไว้ใน รีจิสเตอร์ AB โดย B จะเก็บค่า 8 บิตต่ำและ

A จะเก็บค่า 8 บิตสูง รีจิสเตอร์ B นี้สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ โดยตำแหน่งของบิตคือ ตำแหน่ง F0H ถึง F7H

### 3) ตัวชี้สแตค (Stack Pointer)

Stack Pointer (SP) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ตำแหน่ง 81H การเขียนค่าเข้าไปในตำแหน่งที่ SP ซึ่อยู่เรียกว่า "Pushing" สำหรับการอ่านค่าที่ SP ซึ่อยู่ เรียกว่า "Popping" ค่าของ SP จะเพิ่มขึ้นหนึ่งก่อนที่จะเขียนข้อมูลลงไป และจะลดลงหนึ่งเมื่ออ่านข้อมูลออกมาแล้ว หากโปรแกรมทำคำสั่ง CALL จะใช้รีจิสเตอร์สแตคนี้เก็บค่าตำแหน่งเดิมของโปรแกรม (PC) ก่อนที่จะทำโปรแกรมย่อยเมื่อทำโปรแกรมย่อยเสร็จแล้วจะคืนค่าในสแตคให้กับ PC ตามเดิม โดยปกติค่า PC จะกำหนดให้อยู่ใน RAM ภายใน

ถ้าใช้กับเบอร์ 8031, 8051 จะเก็บค่าสแตคได้ 32 byte เพราะหน่วยความจำของ RAM ภายในจะสิ้นสุดที่ 7FH แต่เรากำหนดให้ SP มีค่าเท่ากับ 5FH ซึ่งจะเริ่มใช้งานที่ตำแหน่ง 60H ถ้าหาก MCS-51 ถูกรีเซ็ต ค่า SP จะถูกกำหนดเองเป็น 07H ซึ่งจะเห็นว่าทับกับ Register Bank 1 ถ้าหากงานที่ออกแบบขึ้น จะต้องใช้ Register Bank 1 ด้วยควรกำหนดค่า SP เสียก่อน

### 4) รีจิสเตอร์ Data Pointer (DPTR)

รีจิสเตอร์นี้ใช้สำหรับเป็นตัวชี้ตำแหน่งรหัสโปรแกรมหรือข้อมูลในหน่วยความจำ โดยเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งประกอบด้วยรีจิสเตอร์ 2 ตัว คือ DPL ตำแหน่งที่ 82H โดยเก็บเป็น 8 บิตต่ำและ DPH ตำแหน่งที่ 83H โดยจะเก็บค่า 8 บิตสูง ถ้ารีจิสเตอร์ทั้งสองตัวนี้จะรวมตัวกันกลายเป็นรีจิสเตอร์ 16 บิต

### 5) รีจิสเตอร์พอร์ต (Port Registers)

ใน MCS-51 ค่าของพอร์ตจะหมายถึง ค่าของหน่วยความจำด้วย หากต้องการส่งข้อมูลออกไปที่พอร์ต ก็เพียงแต่เขียนข้อมูลไปที่หน่วยความจำตำแหน่งที่พอร์ตนั้นอยู่ และถ้าหากจะอ่านข้อมูลจากพอร์ต ก็เพียงอ่านค่าจากตำแหน่งที่หน่วยความจำที่พอร์ตนั้นอยู่ ใน MCS-51 พอร์ต 0 จะอยู่ที่ตำแหน่ง 80H , พอร์ต 1 จะอยู่ที่ตำแหน่ง 90H , พอร์ต 2 จะอยู่ที่ตำแหน่ง A0H และพอร์ต 3 จะอยู่ที่ตำแหน่ง B0H พอร์ต 0 , 2 และ 3 โดยทั่วไปแล้วจะไม่ใช่ ถ้ามีการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นพอร์ตพิเศษ (เช่น Interrupts , Serial Port ฯลฯ) โดยปกติแล้วจะใช้พอร์ต 1 ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกพอร์ตทุกพอร์ตสามารถอ้างข้อมูลในระดับบิตได้

### 6) รีจิสเตอร์เวลา (Timer Registers)

ใน MCS-51 เบอร์ 8051 จะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้นับและจับเวลาขนาด 16 บิต 2 ตัวคือ Timer 0 อยู่ที่ตำแหน่ง 8AH และ 8CH โดยตำแหน่ง 8AH หมายถึง TLO ซึ่งจะเป็น 8 ไบต์ต่ำ และ 8CH หมายถึง 8 ไบต์สูง TH0 รีจิสเตอร์อีกตัวคือ Timer 1 โดยแบ่งเป็น TL1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8BH เป็น ไบต์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ TH1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8DH เป็นไบต์สูง การใช้ Timer จะกำหนดทำงานในรีจิสเตอร์ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) ซึ่งจะอยู่ที่ตำแหน่ง 88H

#### 7) รีจิสเตอร์พอร์ตอนุกรม (Serial Port Registers)

MCS-51 จะมีพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port) อยู่ภายในชิพซึ่งสามารถจะรับหรือส่งข้อมูลได้โดยติดต่อผ่านรีจิสเตอร์ SBUF (Serial Data Buffer) ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 99H โดยถ้าต้องการส่งข้อมูลแบบอนุกรมให้เขียนข้อมูลไปที่รีจิสเตอร์นี้ ตัว Serial Port สามารถโปรแกรมให้ทำงานได้ 4 โหมด โดยโปรแกรมผ่านรีจิสเตอร์ SCON (Serial Port Control Register) ตำแหน่ง 98H

#### 8) รีจิสเตอร์อินเทอร์รัพท์ (Interrupt Port Registers)

MCS-51 สามารถ Interrupt ได้ 5 ตำแหน่ง โดยมี 2-Priority ตัว Interrupt นี้จะถูก Disable หลังจากระบบถูกรีเซต และจะ Enabled หลังจากเขียนข้อมูลไปที่รีจิสเตอร์ IE หรือตำแหน่ง A8H ลำดับความสำคัญสามารถเซตได้ที่รีจิสเตอร์ IP หรือตำแหน่ง B8H

#### 9) Power Control Register (PCON)

รีจิสเตอร์ PCON อยู่ที่ตำแหน่ง 87H ใช้หยุดการทำงานของ MCS-51 โดยจะหยุดจ่ายสัญญาณนาฬิกาให้ระบบ ทำให้ข้อมูลต่าง ๆ ภายใน MCS-51 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนอกจากนี้ยังลดพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้ MCS-51 ลงด้วย

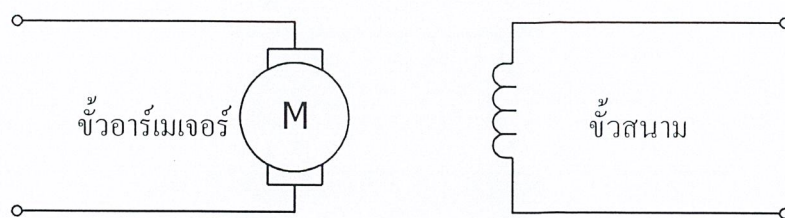
## 2.6 มอเตอร์กระแสตรง

### 2.6.1 ประเภทของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรง ( DC Motor ) นั้น สามารถจำแนกออกได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับวิธีการสร้างที่รู้จักกันเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบันคือ มอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor), แบบอนุกรม (Series), แบบผสม (Compound), และแบบแม่เหล็กถาวร (PM Motor หรือ Permanent Magnet Motor )

#### 1) มอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor )

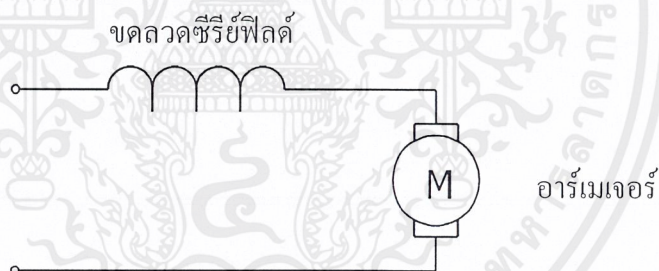
มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสอาร์เมเจอร์ เป็นผลให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ ตลอดช่วงพิสัยที่กว้างมอเตอร์ชนิดนี้จึงมักใช้ในงานระบบควบคุมการเคลื่อนที่ที่ต้องการแรงบิดสูง ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน แสดงได้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ลักษณะ โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน

## 2) มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม ( Series Motor )

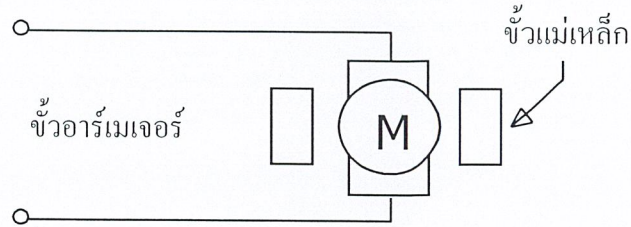
มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแส ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ซึ่งเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดเป็นนอนลิเนียร์ จึงเหมาะที่จะนำไปใช้งานในภาวะเฉพาะ คือ เมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ และแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูง เช่นระบบการขับเคลื่อนของรถลาก ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม แสดงได้ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ลักษณะ โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม

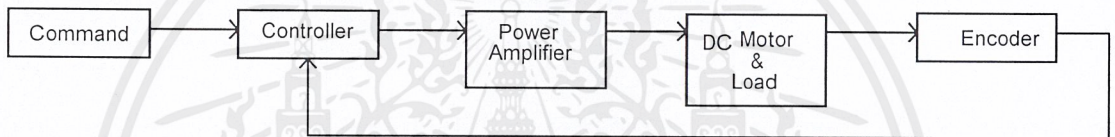
## 3) มอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Motor)

มอเตอร์แบบนี้จะใช้การกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร ซึ่งต่างจากที่กล่าวมาข้างต้นที่ใช้ขดลวด ซึ่งแบบนี้จะให้เส้นแรงของฟิลด์มีค่าคงที่ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ด้วย ซึ่งมีข้อดีคือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟิลด์ มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่า เมื่อเทียบกับแบบใช้ขดลวดในการกระตุ้นที่มีขนาดกำลังม้าเท่ากัน จึงเหมาะกับงานที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร แสดงได้ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ลักษณะ โครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร

### 2.6.2 ระบบการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบพื้นฐาน



รูปที่ 2.20 ระบบการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบพื้นฐาน

#### 1) ตัวควบคุม (Controller)

เป็นส่วนของระบบ ที่ทำให้เกิดสัญญาณควบคุมไปบังคับให้กับมอเตอร์กระแสตรงและโหลด ซึ่งอาจจะเป็นอนาล็อกหรือดิจิตอลก็ได้

#### 2) Power Amplifier หรือส่วนตัวขับ

จะทำหน้าที่ปรับปรุงและขยายสัญญาณให้เหมาะสม ก่อนที่จะทำการป้อนไปขับมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งอาจจะแยกเป็นลิเนียร์เพาเวอร์แอมพลิไฟร์และพัลส์วิดท์โมดูเลชั่น

#### 3) ลิเนียร์เพาเวอร์แอมพลิไฟร์

เป็นการควบคุมมอเตอร์แบบต่อเนื่อง แต่จะมีความสูญเสียทางกำลังงานสูงมาก เนื่องจากกำลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียในทางเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์เป็นจำนวนมาก เพราะขณะมอเตอร์ไม่ทำงานทรานซิสเตอร์ส่วนนี้ก็ต้องแบกรับภาระเนื่องจากมีกระแสไหลผ่านตัวมัน

#### 4) พัลส์วิดท์โมดูเลชั่น

เป็นสวิตชิ่งแอมพลิไฟร์ คือ การควบคุมโวลต์เตจของมอเตอร์ โดยการปรับ Duty Cycle ของโวลต์เตจที่จ่ายให้กับมอเตอร์ และให้มันทำงานทุกๆ ภาวะอิมตัว (ON) หรือภาวะไม่นำกระแส (OFF) ด้วยเหตุนี้กำลังสูญเสียน้อย เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแส แรงดันตกคร่อมตัวมันจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยจนตัดทิ้งได้ และเมื่อหยุดนำกระแส แรงดันตกคร่อมจะประมาณเท่ากับ VCC ดังนั้นกระแสไหลผ่านจึงน้อยมาก ประมาณศูนย์ แต่จะใช้กับความถี่สูงได้ไม่ดีและความถี่ต้องคงที่ ไม่เช่นนั้นอาจเกิดออสซิลเลชันได้

### 5) มอเตอร์กระแสตรงและโหลด

คือ ระบบที่ถูกคอนโทรลหรือส่วนที่ออกแรงทำงาน ซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกล

### 6) Encoder หรือฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์

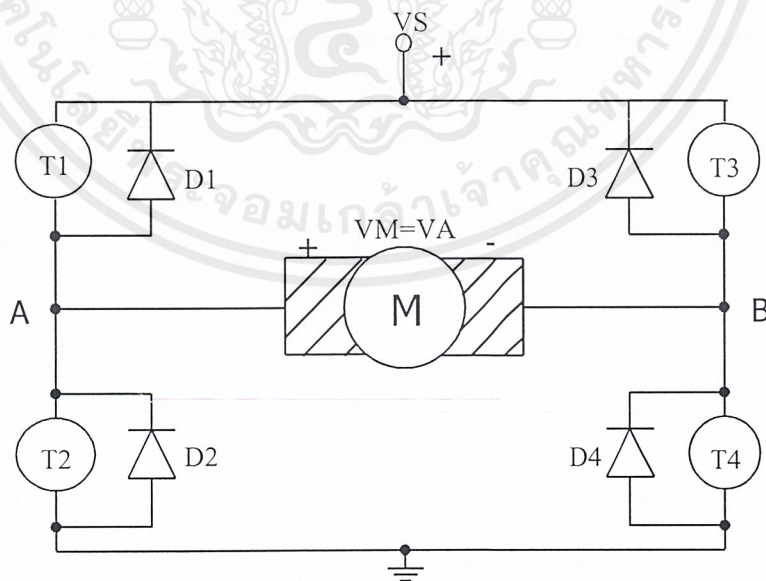
ใช้รับรู้หรือตรวจจับสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการ โดยไม่มีผลของการโหลดดึง (Loading) สัญญาณที่ตรวจจับได้นี้จะป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงเพื่อควบคุมมอเตอร์อีกที ซึ่งฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์นี้จะแบ่งเป็นอนาล็อกและดิจิทัล

## 2.6.3 การทำงานของแอมพลิไฟต์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชัน

แอมพลิไฟต์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชัน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะการทำงานคือ

- 1) ไบโพลาร์
- 2) ยูนิโพลาร์
- 3) ลิมิตยูนิโพลาร์

ซึ่งวงจรพื้นฐานจะเป็นดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 วงจรพื้นฐานของแอมพลิไฟต์แบบพัลส์วิดท์โมดูเลชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

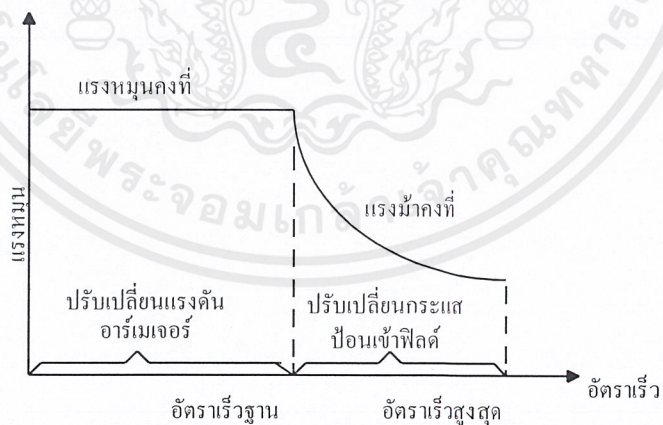
ซึ่งทั้ง 3 ชนิดสามารถอธิบายด้วยวงจรมอเตอร์พื้นฐานนี้ได้ ต่างกันตรงการควบคุม ON, OFF ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะแบบไฟโบลาร์ เพราะแบบที่ควบคุมและเข้าใจง่ายคือ เมื่อให้มอเตอร์อยู่ในเฟส ON ก็ให้ T1 กับ T4 ON และ T2 กับ T3 OFF ดังนั้นกระแสจะไหลจาก VS ผ่าน T1 , มอเตอร์ และ T4 ลงกราวด์ ดังนั้น  $V_m = V_s$  ( มอเตอร์หมุนตามเข็ม ) เมื่อให้มอเตอร์อยู่ในเฟส OFF ให้ T2 กับ T3 ON และ T1 กับ T4 OFF ดังนั้นกระแสจะไหลจาก VS ผ่าน T3 ขั้วลบมอเตอร์ T2 และลงกราวด์ ดังนั้น  $V_m = V_s$  ( มอเตอร์หมุนทวนเข็ม )

### 2.6.4 การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง

การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงทำได้ 2 วิธีคือ

#### 1) การควบคุมแรงดันไฟตรงของอาร์เมเจอร์ ( Armature Voltage Control )

เนื่องจากความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง จะแปรผันตรงกับแรงดันที่ได้ให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยการควบคุมแรงดันของอาร์เมเจอร์ วิธีการนี้จะใช้ในช่วงความเร็วที่ต่ำกว่าความเร็วที่กำหนด (Base Speed) หรือ  $n_{base}$  การควบคุมแบบนี้จะทำให้แรงบิดสูงสุด (Maximum Torque) ของมอเตอร์มีค่าคงที่ตลอดช่วงความเร็วเมื่อกระแสอาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับค่าสูงสุด ส่วนกำลังออกของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วที่เป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 2.22 โดยจะมีกำลังออกสูงสุดที่ความเร็วที่กำหนด (Base Speed) การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงโดยทั่วไปจะใช้วิธีนี้เพราะให้แรงบิดสูง

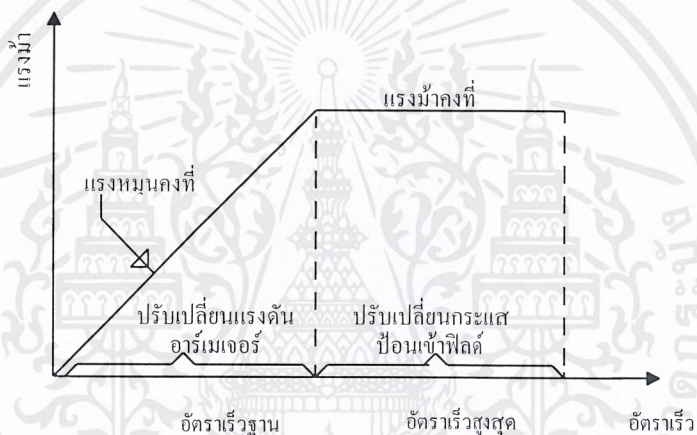


รูปที่ 2.22 การควบคุมแรงดันไฟตรงของอาร์เมเจอร์



## 2) การควบคุมความเร็วของสนามแม่เหล็ก ( Field Control )

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงในย่านความเร็วที่สูงกว่าความเร็วที่กำหนด จะทำได้โดยการควบคุมกระแสของขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ เมื่อเราต้องการเพิ่มความเร็ว เราจะต้องลดขนาดของกระแสของขดลวดลง การลดความเข้มของสนามแม่เหล็กของมอเตอร์จะมีผลทำให้แรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ลดลง ขณะที่กำลังออกสูงสุดของมอเตอร์จะไม่เปลี่ยนแปลง ดังแสดงในรูปที่ 2.23 วิธีนี้จะใช้กับโหลดที่ต้องการความเร็วสูง โดยที่แรงบิดของโหลดจะต้องลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ไม่เช่นนั้นจะเป็นการโอเวอร์โหลดมอเตอร์ ( Over Load Motor )



รูปที่ 2.23 การควบคุมความเร็วของสนามแม่เหล็ก ( Field Control )

## บทที่ 3

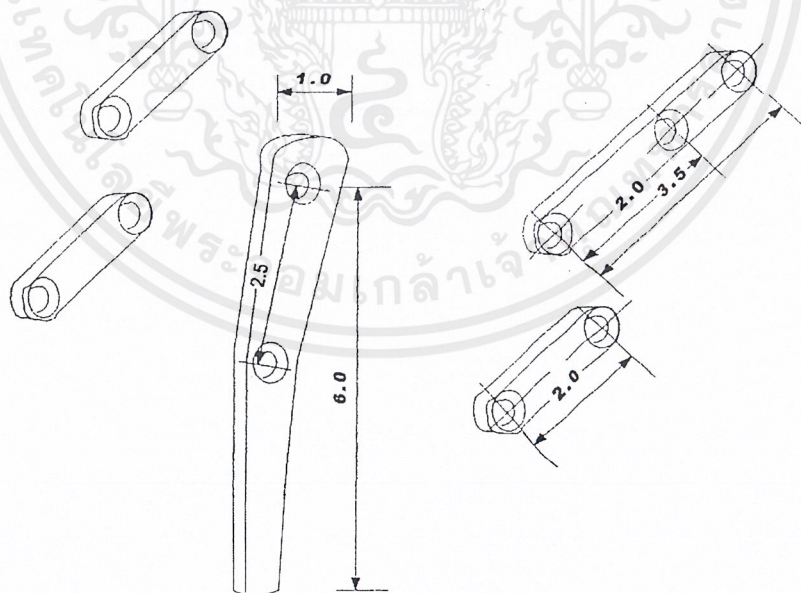
### การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

การออกแบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การออกแบบทางด้าน Hardware และ Software ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 การออกแบบทางด้าน Hardware

##### 3.1.1 การออกแบบขาตัวหุ่นยนต์แมลงหกขา

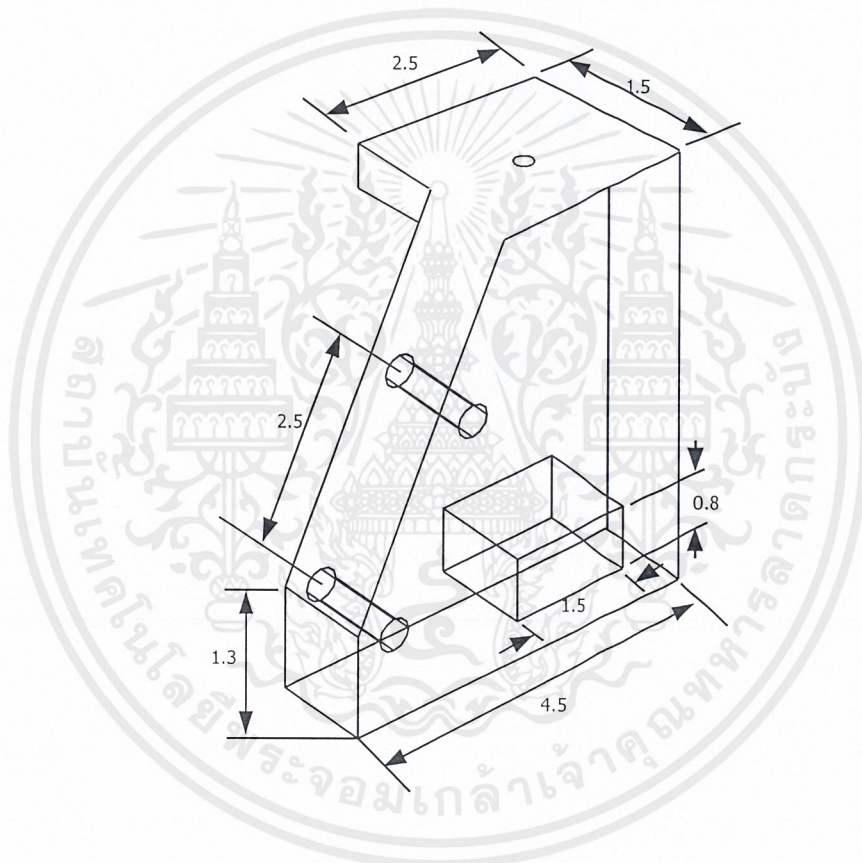
ขาของหุ่นยนต์แมลงหกขาถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะถ้าส่วนนี้ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว แม้ว่าส่วนควบคุมจะดีเพียงใด หุ่นยนต์แมลงหกขา也不能ทำงานตามขอบเขตที่กำหนดไว้ได้ ในการสร้างเลือกใช้แบบ Pentograph Leg เพราะโครงสร้างของขาต่อการสร้าง ไม่ซับซ้อนยุ่งยากในระบบแมคคานิกส์ ซึ่งจะมีส่วนประกอบดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของขาหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

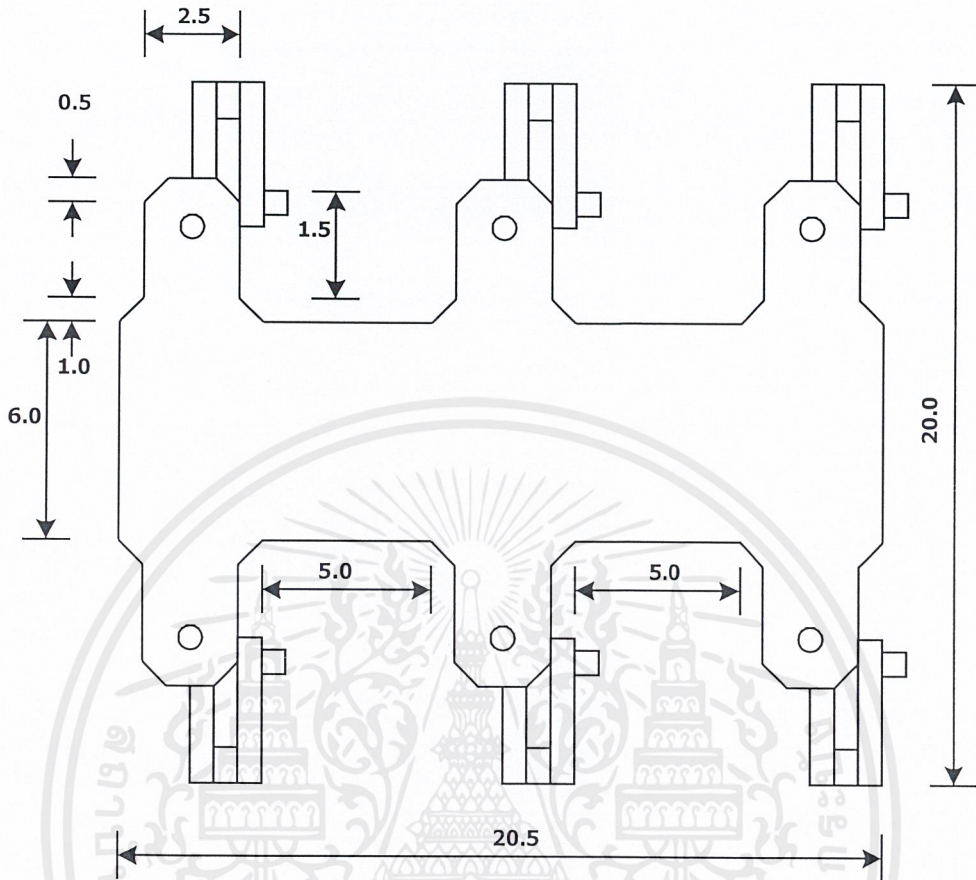
ส่วนประกอบของขาและโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์นี้จะทำมาจากแผ่นอะคริลิก ซึ่งสามารถตัดเป็นชิ้นส่วนเพื่อประกอบได้ง่าย โดยขาจะประกอบไปด้วยจุดหมุน 4 จุด โดยจะยึดติดกับส่วนขา 2 จุด และส่วนแท่นยึดแกนหมุนอีก 2 จุด โดยใช้ดีซีมอเตอร์ตัวหนึ่งทำหน้าที่ยกขาให้ลอยขาขึ้น และดีซีมอเตอร์อีกตัวหนึ่งทำการหมุนขาเพื่อเคลื่อนย้ายตำแหน่งเท้าของหุ่นยนต์ สำหรับดีซีมอเตอร์ที่ทำหน้าที่หมุนส่วนขา นั้นจะหมุนอยู่บนแกนที่ยึดติดกับตัวหุ่น ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งดีซีมอเตอร์ทั้งสองจะถูกยึดอยู่กับส่วนที่ใช้ยึดขา และส่วนดังกล่าวจะมีด้วยกัน 6 ชุด



รูปที่ 3.2 ส่วนที่ใช้ยึดขา กับตัวหุ่นยนต์

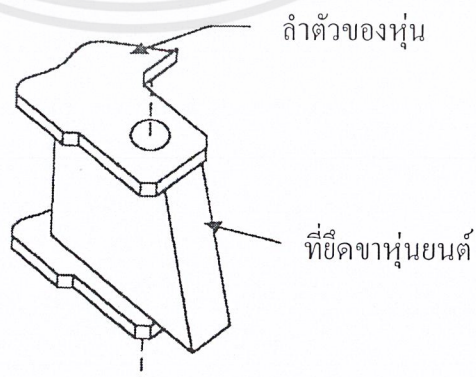
### 3.1.2 การออกแบบโครงสร้างตัวหุ่นยนต์

ในส่วนของโครงสร้างตัวหุ่นยนต์มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำหน้าที่ยึดขาทั้งหมดเข้าด้วยกัน ซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด คือด้านบนและด้านล่าง ในส่วนด้านบนของลำตัวมีพื้นที่สำหรับวางอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ด้านบนของตัวหุ่นยนต์

การยึดขาเข้ากับลำตัวของหุ่นยนต์จะใช้แผ่นยึดลำตัวสองแผ่นประกบด้านบนและด้านล่าง เพื่อยึดจุดหมุนส่วนขาให้มีความคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 3.4

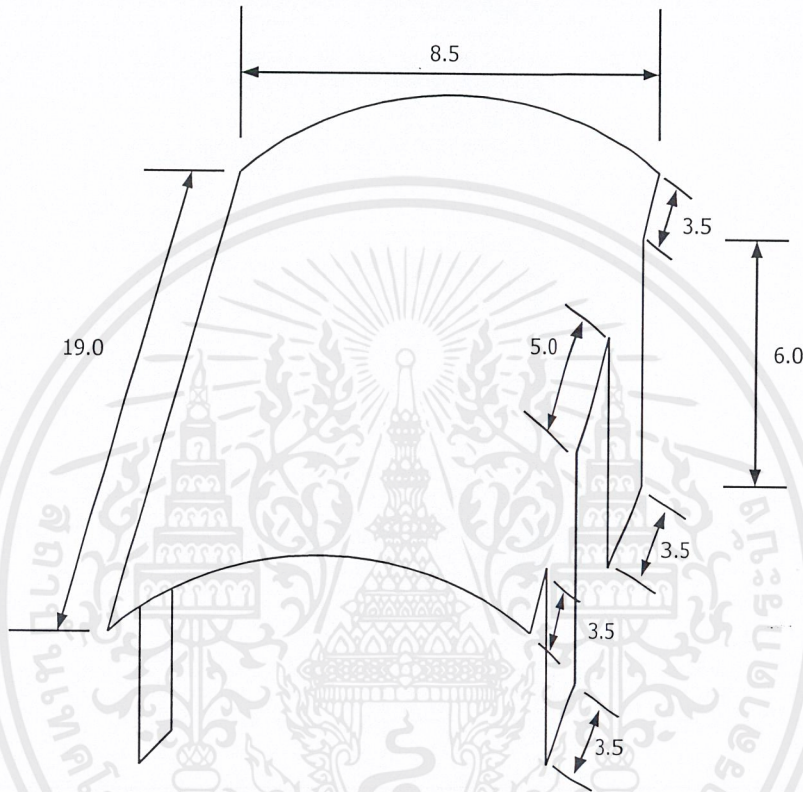


รูปที่ 3.4 การยึดขาเข้ากับลำตัวของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.3 การออกแบบฝากรอบตัวหุ่นยนต์

ฝากรอบตัวหุ่นยนต์ใช้แผ่นอะคริลิกตัดโค้งเป็นรูปครึ่งวงกลม เพื่อปกป้องชุดควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ฝากรอบตัวหุ่นยนต์

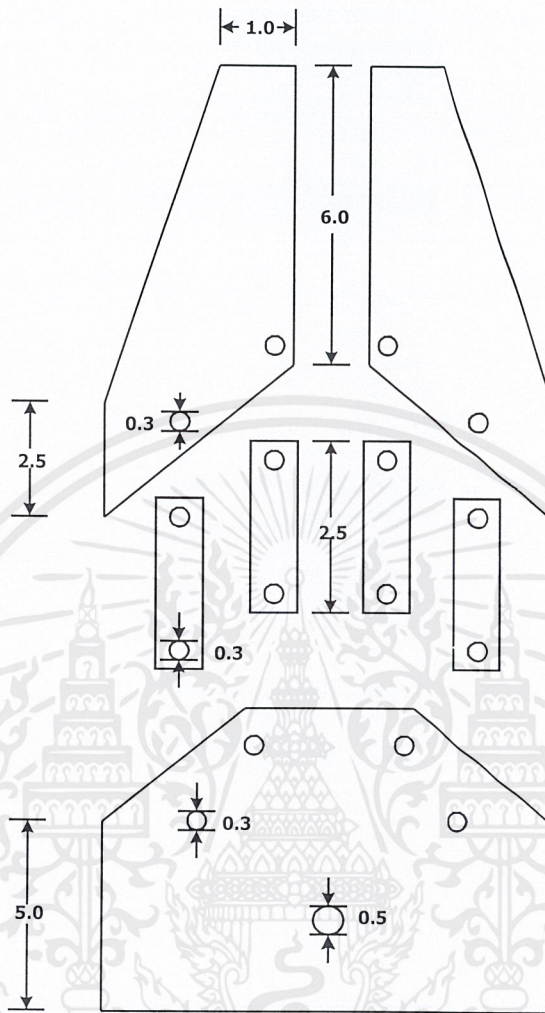
### 3.1.4 การออกแบบปากจับชิ้นงาน

ปากจับชิ้นงานนี้จะมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ

1) ส่วนการเคลื่อนที่ด้านซ้ายและด้านขวา จะประกอบด้วยเฟือง 4 ตัว โดยจะมีเฟืองยึดติดกับแผ่นอะคริลิก 2 ตัว และมีเฟืองที่ยึดติดกับมอเตอร์อีก 2 ตัว โดยมอเตอร์แต่ละตัวจะมีเฟืองยึดติดกับแกนตัวละ 1 เฟือง เพื่อทำการขับเฟืองที่แยกจากกันได้โดยอิสระ เพื่อลดปัญหาทางด้านเมคคานิกส์ที่ขบเฟืองไม่เท่ากัน

2) ส่วนการเคลื่อนที่ยกขึ้นและยกลง อาศัยหลักการคลายแกนของน็อต โดยทำการยึดเฟืองไว้ที่แกนของน็อต แล้วนำมอเตอร์มาใส่กับเฟือง เพื่อทำการเคลื่อนที่ให้แกนของน็อตคลายเข้าคลายออก ก็สามารถที่จะทำการเคลื่อนที่ยกขึ้นหรือยกลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ปากจับชิ้นงานของตัวหุ่นยนต์

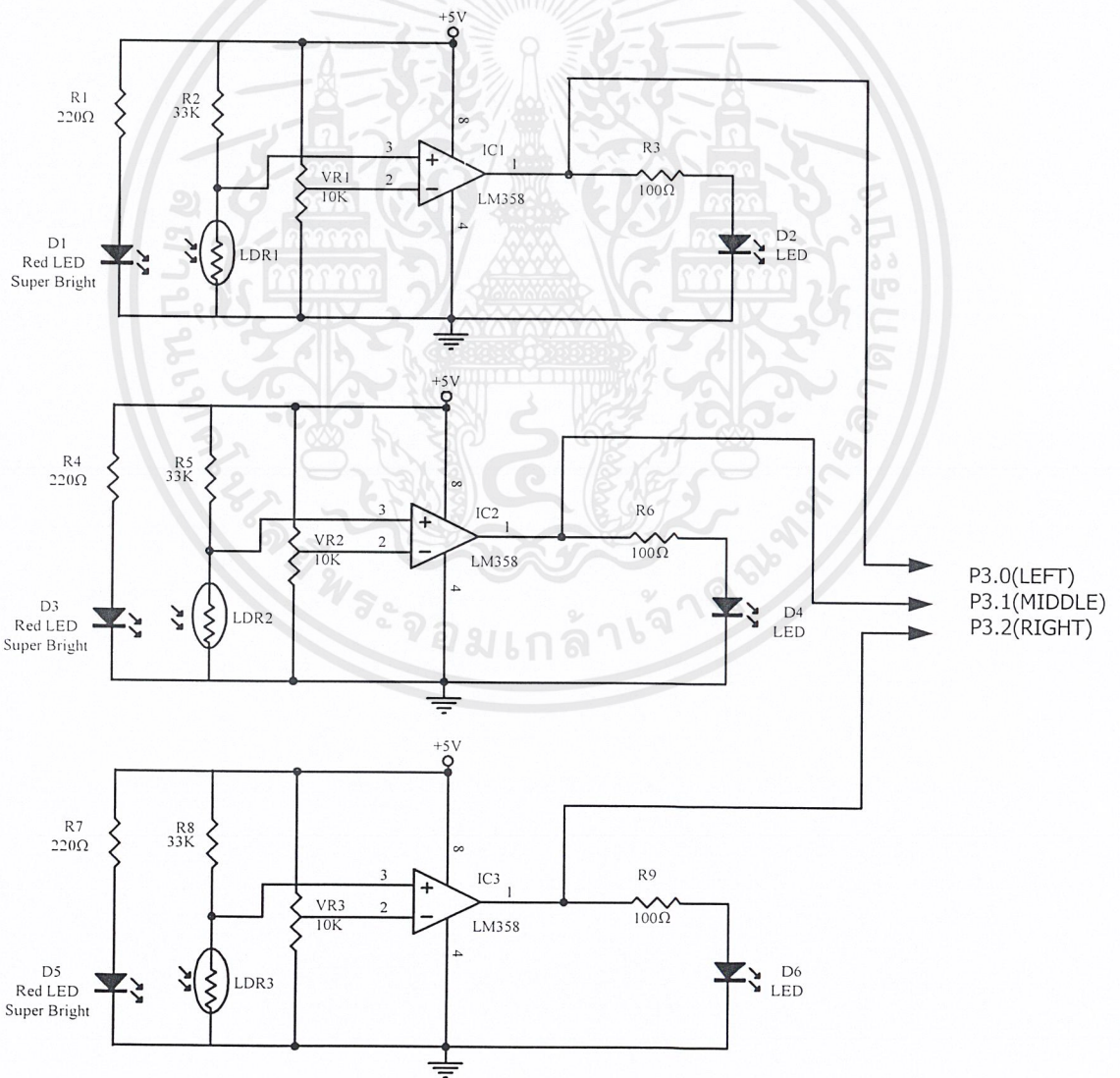
### 3.1.5 วงจรตรวจจับการชน ( Sensor )

เป็นวงจรที่นำมาใช้เพื่อควบคุมการนำทางหรือการเคลื่อนที่อัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยในการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง หัวใจหลักของวงจรตรวจจับการชนนี้คือ จะใช้เซนเซอร์แบบ LDR มาเป็นตัวตรวจจับความแตกต่างของแสงที่มาตกกระทบเซนเซอร์โดยจะใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานวงจรเซนเซอร์ จะมีส่วนประกอบอยู่สองส่วน คือ ใช้ตัว LED เป็นตัวส่ง และใช้ตัว LDR เป็นตัวรับ ถ้ามีแสงตกกระทบตัวมาก LDR จะมีค่าความต้านทานต่ำ ในทางตรงกันข้ามถ้ามีแสงตกกระทบตัวมันน้อย LDR จะมีค่าความต้านทานสูง ดังนั้นจึงนำ LDR มาเป็นตัวตรวจจับความแตกต่างของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ไม่มีวัตถุมาบังหรือมาเกิดขวางจะทำให้เกิดการสะท้อนแสงจาก LED มาตกกระทบกับ LDR ทำให้ค่าความต้านทานของ LDR ลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้าไม่มีวัตถุมาบังจะทำให้ค่าความต้านทานของ LDR สูงขึ้น แล้วนำสัญญาณนี้มาเปรียบเทียบกับ Op-Amp เบอร์ LM358 ถ้ามีวัตถุมาบังจะส่งสัญญาณออกมาเป็น 0 แล้วทำการส่งสัญญาณให้ MCS-51 ทำงานโดยสังเกตได้จากหลอด LED จะดับ แต่ถ้าไม่มีวัตถุมาบังสัญญาณที่นำมาเปรียบเทียบกับ Op-Amp เบอร์ LM358 ก็ส่งสัญญาณลอจิกออกมาเป็น 1 โดยสังเกตได้จากหลอด LED จะสว่าง ดังที่แสดงดังรูปที่ 3.7

ถ้าต้องการให้เซนเซอร์ LDR ทำงานตรงกันข้ามกัน กล่าวคือ เมื่อมีวัตถุมาบังแล้วส่งลอจิก 1 ให้ทำงาน แต่ถ้าไม่มีวัตถุมาบังแล้วส่งลอจิก 0 ไม่มีการทำงาน ทำได้โดยการกลับขั้วของ Op-Amp ที่ขา 2 และ 3 โดยให้ตรงกันข้ามกับแบบแรก

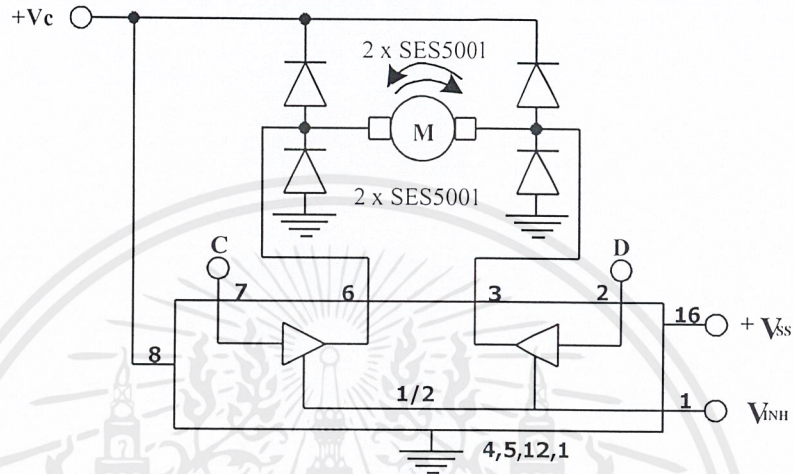


รูปที่ 3.7 วงจรตรวจจับการชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.6 วงจรขับมอเตอร์กระแสตรง ( DC Motor Driver )

ในส่วนของวงจรขับมอเตอร์ ใช้ IC เบอร์ L293 มาใช้ในการขับ ซึ่งมีหลักการทำงานแบบ H-Bridge สำหรับการควบคุมมอเตอร์ให้หมุนได้สองทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 3. 8



รูปที่ 3.8 วงจรพื้นฐานของ IC เบอร์ L293 สำหรับการควบคุมแบบ H-Bridge

จากวงจรพื้นฐานในรูปที่ 3.8 จะเห็นได้ว่า สามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนไปในทิศทางที่ต้องการได้ โดยการควบคุมที่ขา C และ D ส่วน  $V_{INH}$  จะเป็นตัว Enable/Disable เพื่อจ่ายกำลังให้แก่มอเตอร์ ตัวอย่างเช่น หากต้องการให้มอเตอร์หมุนทางขวา จะต้องให้ขา  $V_{INH}$  เป็นลอจิก High ขา C ต้องป้อนลอจิก High และขา D ต้องป้อนลอจิก Low มอเตอร์ก็จะหมุนไปทางขวา ซึ่งแสดงเป็นค่าความจริงได้ดังตารางที่ 3.1

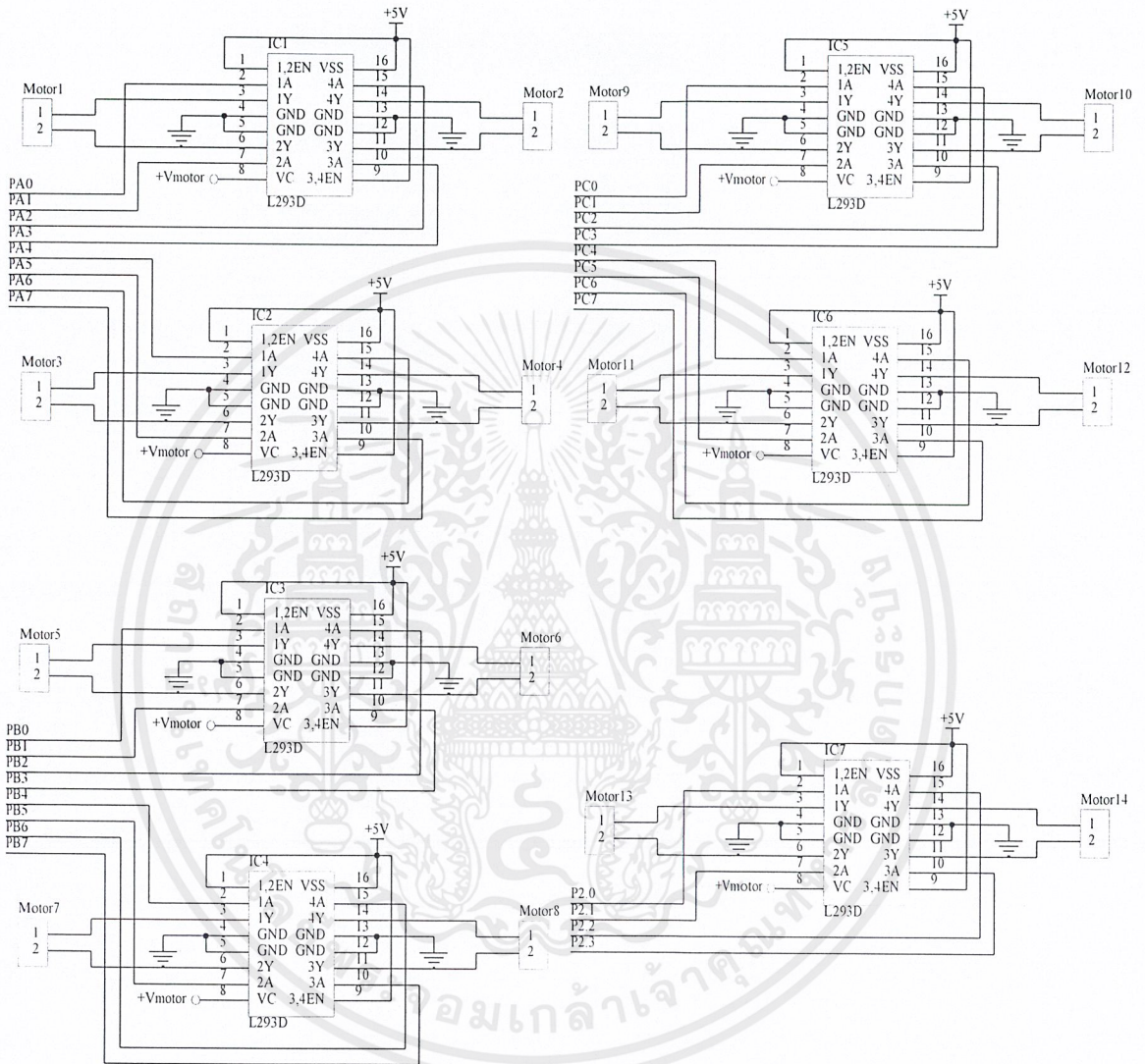
ตารางที่ 3.1 ค่าความจริงของวงจรในรูปที่ 3.8

| Input         |                                       | Function                |
|---------------|---------------------------------------|-------------------------|
| $V_{INH} = H$ | C = H; D = L                          | Turn Right              |
|               | C = L; D = H                          | Turn Left               |
|               | C = D                                 | Fast Motor              |
| $V_{INH} = L$ | C = X; D = X                          | Free Running Motor Stop |
| หมายเหตุ      | L = Low    H = High    X = Don't Care |                         |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากวงจรพื้นฐานในรูปที่ 3.8 สามารถที่จะนำมาออกแบบเป็นวงจรขับมอเตอร์สำหรับใช้กับหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรขับมอเตอร์

จากวงจรในรูปที่ 3.9 จะต่อขา 1 และขา 9 เข้ากับไฟ 5V ซึ่งเป็นการ Enable อยู่ตลอดเวลา พร้อมทั้งจะจ่ายกำลังให้กับมอเตอร์ รอเพียงลอจิกที่จะเข้ามาทางขา 2 , 7, 9 และ 15 จาก Port ของวงจรควบคุม มอเตอร์ก็จะหมุนไปในทิศทางที่ต้องการตามลอจิกที่ป้อนเข้ามาทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

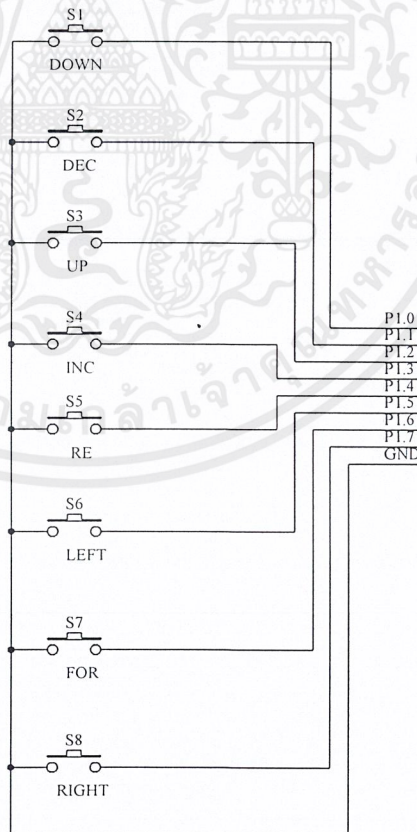
### 3.1.7 วงจรการควบคุมระยะไกล ( Remote Control )

ในส่วนของวงจรการควบคุมระยะไกลนี้ ใช้สวิทช์เป็นตัวตัดต่อวงจร โดยสวิทช์ที่ใช้มีอยู่ 2 แบบ คือ สวิทช์แบบกดติดปล่อยดับ และสวิทช์แบบกดติดกดดับ โดยสวิทช์แบบกดติดปล่อยดับนี้จะใช้ 6 ตัว สำหรับควบคุมการเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ยกขึ้นงานขึ้น ยกขึ้นงานลง จับขึ้นงานเข้าและคลายขึ้นงานออก ส่วนแบบกดติดกดดับนี้จะใช้สวิทช์ 2 ตัว สำหรับควบคุมการเดินหน้า และถอยหลัง จะได้ไม่ต้องทำการกดสวิทช์แช่หรือค้างไว้นานเพียงแค่กดสวิทช์ครั้งเดียวแล้วทำการลือกตัวมันเองโดยอัตโนมัติ

หลักการทำงานจะอาศัยหลักการการอ่านค่าหรือการรับค่าจากการกดสวิทช์ วงจรของสวิทช์มีด้วยกันอยู่ 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

- 1) การต่อเข้ากับไฟเลี้ยงหรือการต่อกราวด์โดยตรง
- 2) การต่อวงจรสวิทช์แบบเมตริกซ์

สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นี้ได้ใช้หลักการต่อในลักษณะ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.10



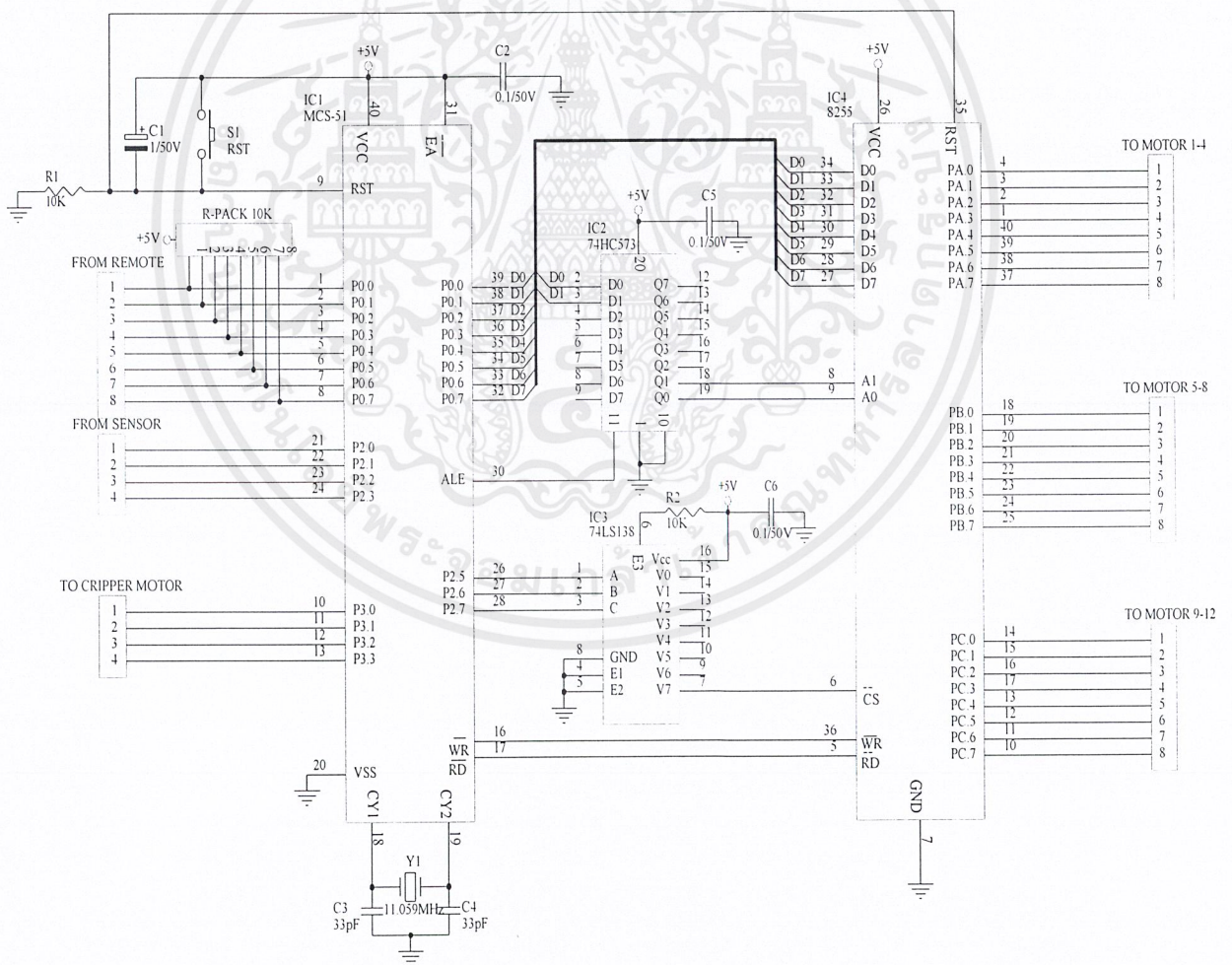
รูปที่ 3.10 วงจรการควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 จะนำสัญญาณที่ได้จาก Remote Control นี้ไปเข้าวงจรควบคุม โดยส่งเข้าทาง Port 1 ถ้าไม่มีการกดสวิตช์จะมีค่าลอจิกเป็น 1 เสมอ ทำให้ไม่มีการอ่านค่าหรือการรับค่าจากสวิตช์ ในทางตรงกันข้ามถ้ามีการกดสวิตช์จะมีค่าลอจิกเป็น 0 ทำให้มีการอ่านค่าหรือการรับค่าของสวิตช์ แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และปากจับขึ้นงานตามต้องการ

### 3.1.8 วงจรควบคุมการทำงาน

ในการออกแบบวงจรควบคุมนั้น จำเป็นจะต้องมีบิตเอาต์พุต 28 บิต สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์ และมีบิตอินพุต 11 บิต สำหรับรับค่าจาก Sensor และ Remote Control ดังนั้น จำเป็นจะต้องมีการขยายพอร์ต ซึ่งในการออกแบบจะใช้ไอซีเบอร์ 8255 ในการขยายพอร์ต เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการ รูปที่ 3.11 แสดงวงจรควบคุมการทำงาน ซึ่งต่อ 8051 กับ 8255 โดย 8255 อยู่ในตำแหน่ง E000H-E0003H

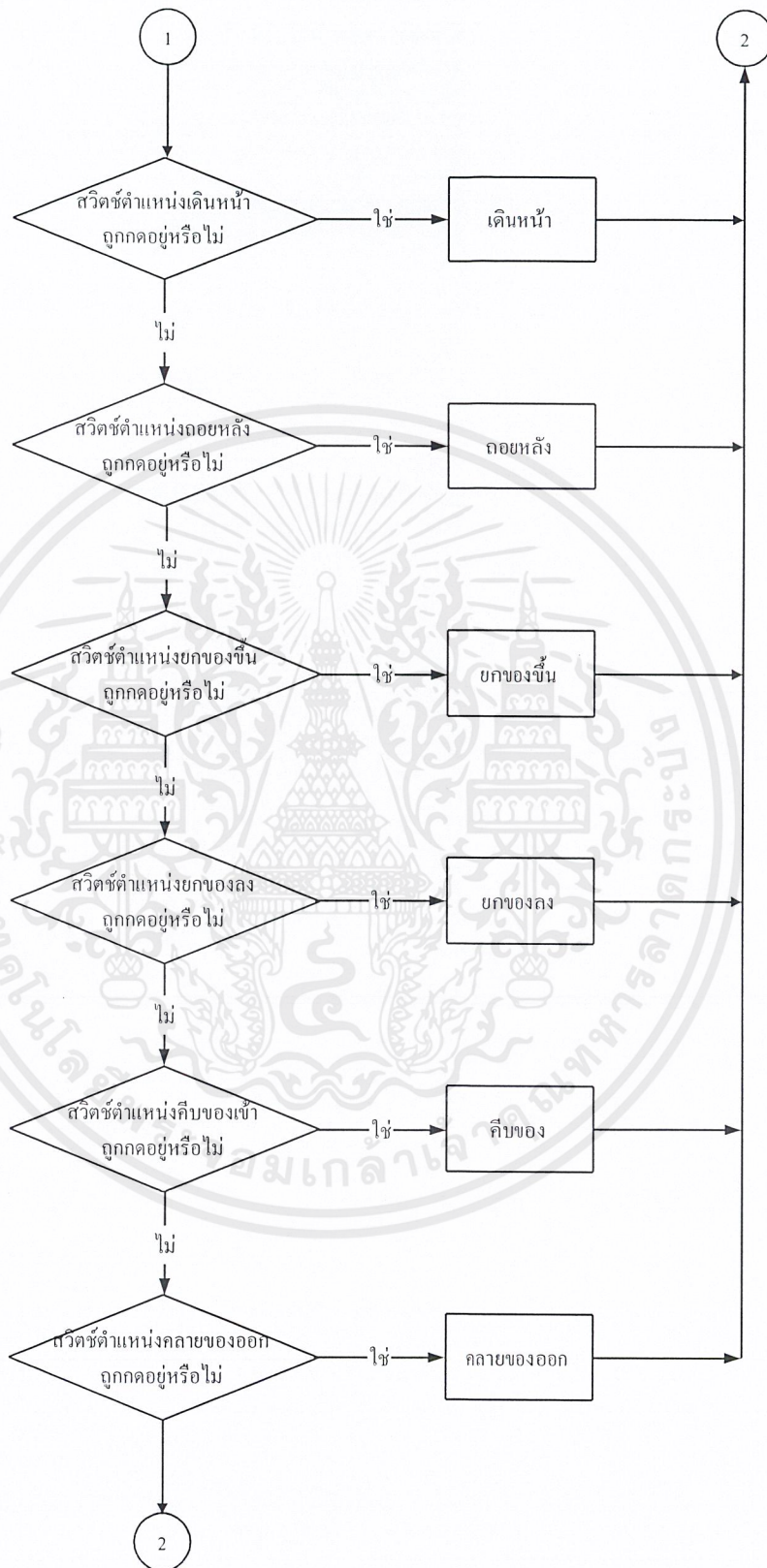


รูปที่ 3.11 วงจรควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







รูปที่ 3.12 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

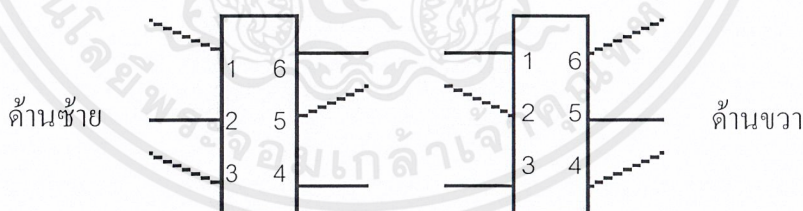
### การทดลอง และผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองของตัวหุ่นยนต์ ที่ได้จากการประกอบวงจรต่างๆ ในบทที่ 3 คือ ส่วนประกอบของตัวหุ่นยนต์ ปากจับชิ้นงาน รวมทั้งส่วนของแผงวงจรควบคุมต่างๆ ที่นำมาประกอบเข้าด้วยกันทั้งหมด เพื่อทำการทดลองโดยมีผลการทดลองดังนี้

#### 4.1 การเดินของตัวหุ่นยนต์

##### 4.1.1 การเดินไปข้างหน้า

สำหรับการทดลองการเดินไปข้างหน้า นั้น จะอาศัยหลักการเดินทีละ 3 ขา กล่าวคือ จะแบ่งการทำงานเป็น 3 สเต็ป โดยสเต็ปที่ 1 ขาซ้ายจะยก 2 ขา ซึ่งจะอ้างอิงจากรูปที่ 4.1 คือ ขาที่ 1 และขาที่ 3 และขาซ้ายขวาจะยก 1 ขา คือ ขาที่ 5 ซึ่งทั้งสามขาจะยกขึ้นและดันไปข้างหน้าพร้อมกัน หลังจากนั้นจึงวางลง เป็น 1 สเต็ป ส่วนสเต็ปที่ 2 ขาซ้ายจะยก 1 ขาคือขาที่ 2 ส่วนขาซ้ายขวาจะยก 2 ขา คือขาที่ 4 และขาที่ 6 ซึ่งทั้งสามขาจะยกขึ้นและดันไปข้างหน้าพร้อมกัน หลังจากนั้นจึงวางลง เหมือนสเต็ปที่ 1 หลังจากนั้นจะเป็นสเต็ปที่ 3 ซึ่งขาทั้งหกขาจะดันกลับหลังพร้อมกัน ทำให้หุ่นยนต์เดินไปข้างหน้าได้ หลังจากนั้นก็จะทำงานแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ



รูปที่ 4.1 การอ้างอิงขาของหุ่นยนต์

#### 1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ตรวจสอบว่าสวิตช์ ON/OFF หลังตัวหุ่นยนต์ว่าอยู่ในตำแหน่ง OFF หรือไม่ ถ้าไม่ ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ตำแหน่ง OFF ก่อนจ่ายไฟเสมอ

1.2) ต่อ Supply แรงดัน 5 โวลต์ เข้ากับตัวหุ่นยนต์

1.3) กดสวิตช์ ON หลังตัวหุ่นยนต์

1.4) กดสวิตช์เดินหน้า (FOR) จาก Remote Control

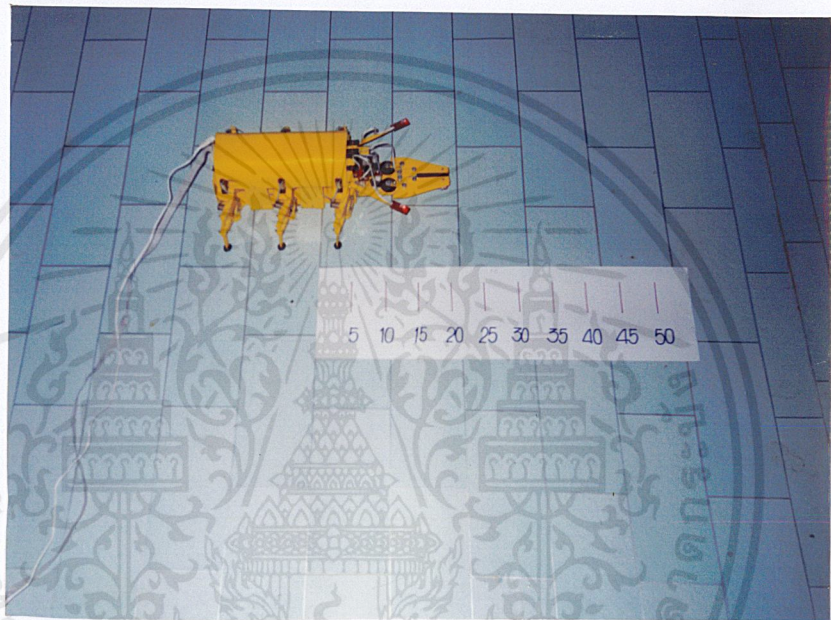
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5) สังเกตการเดินของหุ่นยนต์ และทำการบันทึกการทดลอง

## 2) ผลการทดลอง

2.1) ในการเดินไปข้างหน้าหนึ่งครั้ง จะได้ระยะทาง 2.5 เซนติเมตร จะใช้เวลาในการเดิน 2.20 วินาที

2.2) ในการเดินไปข้างหน้า ระยะทาง 50 เซนติเมตร จะใช้เวลาในการเดิน 45 วินาที



รูปที่ 4.2 การเดินไปข้างหน้า 1 ครั้ง

### 4.1.2 การเดินถอยหลัง

สำหรับการทดลองการเดินถอยหลังนั้น จะอาศัยหลักการเดินทีละ 3 ขาเหมือนกับการเดินไปข้างหน้า แต่จะทำงานสลับกัน กล่าวคือ จะแบ่งการทำงานเป็น 3 สเต็ป โดยสเต็ปที่ 1 ขาทั้งหกขาจะดันไปข้างหน้าพร้อมกัน ต่อมาเป็นสเต็ปที่ 2 ขาด้านซ้ายจะยก 2 ขา คือ ขาที่ 1 และขาที่ 3 และขาด้านขวาจะยก 1 ขา คือ ขา 5 ซึ่งทั้งสามขาจะยกขึ้นและดันกลับหลังพร้อมกัน หลังจากนั้นจึงวางลง หลังจากนั้นเป็นสเต็ปที่ 3 ขาด้านซ้ายจะยก 1 ขา คือขาที่ 2 และขาด้านขวาจะยก 2 ขา คือขาที่ 4 และ 5 ซึ่งทั้งสามขาจะยกขึ้นและดันกลับหลังพร้อมกัน หลังจากนั้นจึงวางลง หลังจากนั้นก็จะทำงานแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

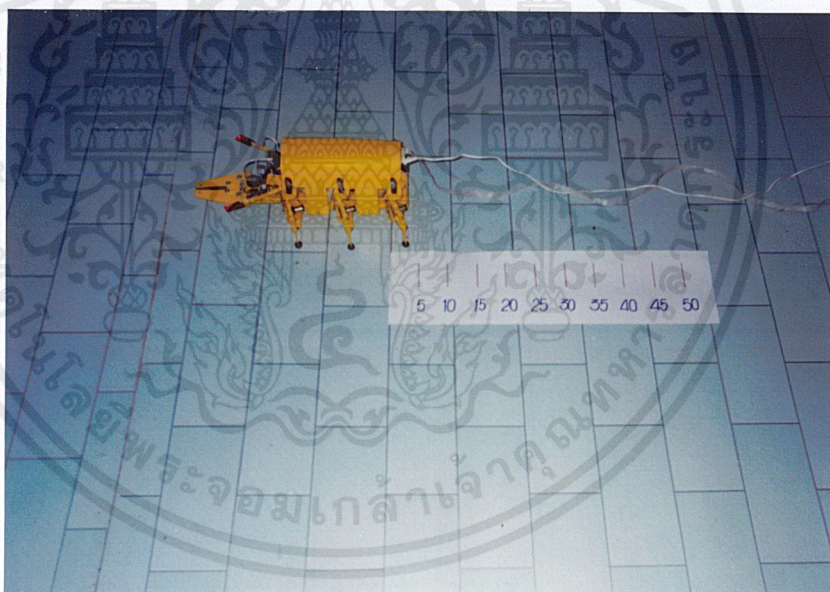


### 1) ลำดับขั้นการทดลอง

- 1.1) ตรวจสอบว่าสวิตช์ ON/OFF หลังตัวหุ่นยนต์ว่าอยู่ในตำแหน่ง OFF หรือไม่ ถ้าไม่  
ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ตำแหน่ง OFF ก่อนจ่ายไฟเสมอ
- 1.2) ต่อ Supply แรงดัน 5 โวลต์ เข้ากับตัวหุ่นยนต์
- 1.3) กดสวิตช์ ON หลังตัวหุ่นยนต์
- 1.4) กดสวิตช์เดินถอยหลัง (RE) จาก Remote Control
- 1.5) สังเกตการเดินของหุ่นยนต์ และทำการบันทึกผลการทดลอง

### 2) ผลการทดลอง

- 2.1) ในการเดินถอยหลังหนึ่งครั้ง จะได้ระยะทาง 2.5 เซนติเมตร จะใช้เวลาในการเดิน  
2.30 วินาที
- 2.2) ในการเดินถอยหลัง ระยะทาง 50 เซนติเมตร จะใช้เวลาในการเดิน 55 วินาที



รูปที่ 4.3 การเดินถอยหลัง 1 ครั้ง

#### 4.1.3 การเดินเลี้ยวซ้าย

สำหรับการทดลองการเดินเลี้ยวซ้ายนั้น จะแบ่งการทำงานเป็น 3 สเต็ป โดยสเต็ปที่ 1 ขาด้านขวาจะยก 2 ขา คือ ขาที่ 4 และขาที่ 6 ซึ่งทั้งสองขาจะยกขึ้นและดันไปข้างหน้าพร้อมกัน หลังจากนั้นจึงวางลง ต่อมาสเต็ปที่ 2 ขาด้านขวาจะยกอีก 1 ขา คือ ขาที่ 5 ซึ่งขานี้จะยกขึ้นและดันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้างหน้าเช่นกัน หลังจากนั้นจึงวางลง หลังจากนั้นเป็นสแต็ปที่ 3 ซึ่งขาที่ 4, 5 และ 6 ทั้งสามขาจะดันกลับหลังพร้อมกัน ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนเลี้ยวซ้ายได้ หลังจากนั้นก็จะกระทำแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ

### 1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ตรวจสอบว่าสวิตช์ ON/OFF หลังตัวหุ่นยนต์ว่าอยู่ในตำแหน่ง OFF หรือไม่ ถ้าไม่ ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ตำแหน่ง OFF ก่อนจ่ายไฟเสมอ

1.2) ต่อ Supply แรงดัน 5 โวลต์ เข้ากับตัวหุ่นยนต์

1.3) กดสวิตช์ ON หลังตัวหุ่นยนต์

1.4) กดสวิตช์เคลื่อนเลี้ยวซ้าย (LEFT) จาก Remote Control

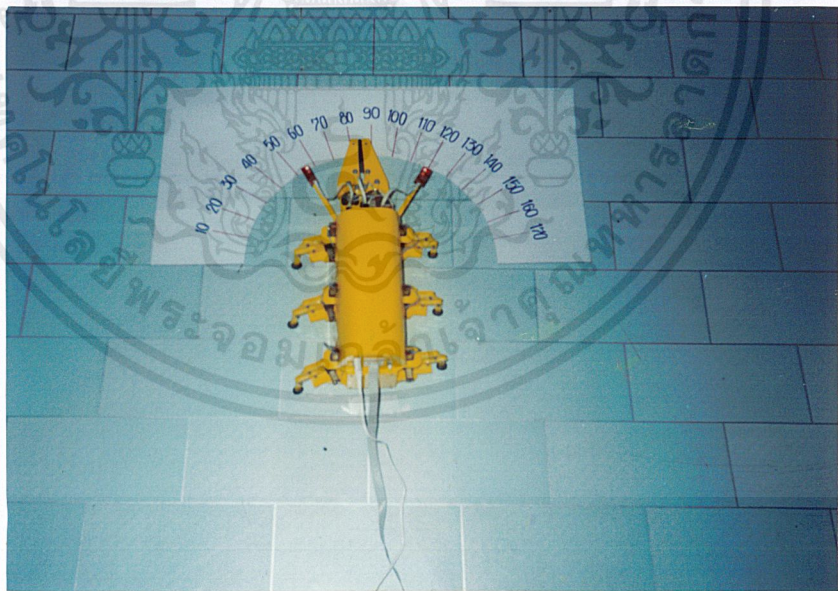
1.5) สังเกตการเคลื่อนของหุ่นยนต์ และทำการบันทึกผลการทดลอง

### 2) ผลการทดลอง

2.1) ในการเคลื่อนเลี้ยวซ้าย 1 ครั้ง จะได้มุมในการเลี้ยว  $8^{\circ}$  จะใช้เวลา 2.30 วินาที

2.2) ในการเคลื่อนเลี้ยวซ้ายเพื่อให้ได้มุมในการเลี้ยว  $45^{\circ}$  จะใช้เวลา 27 วินาที

2.3) ในการเคลื่อนเลี้ยวซ้ายเพื่อให้ได้มุมในการเลี้ยว  $90^{\circ}$  จะใช้เวลา 1.10 นาที



รูปที่ 4.4 การเคลื่อนเลี้ยวซ้าย 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4 การเดินเลี้ยวขวา

สำหรับการทดลองการเดินเลี้ยวขวานั้น จะแบ่งการทำงานเป็น 3 สเต็ป โดยสเต็ปที่ 1 ขาด้านซ้ายจะยก 2 ขา คือ ขาที่ 1 และขาที่ 3 ซึ่งทั้งสองขาจะยกขึ้นและดันไปข้างหน้าพร้อมกัน หลังจากนั้นจึงวางลง ต่อมาสเต็ปที่ 2 ขาด้านซ้ายจะยกอีก 1 ขา คือ ขาที่ 2 ซึ่งขานี้จะยกขึ้นและดันไปข้างหน้าเช่นกัน หลังจากนั้นจึงวางลง หลังจากนั้นเป็นสเต็ปที่ 3 ซึ่งขาที่ 1, 2 และ 3 ทั้งสามขาจะดันกลับหลังพร้อมกัน ทำให้หุ่นยนต์เดินเลี้ยวขวาได้ หลังจากนั้นก็กระทำแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ

##### 1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ตรวจสอบว่าสวิตช์ ON/OFF หลังตัวหุ่นยนต์ว่าอยู่ในตำแหน่ง OFF หรือไม่ ถ้าไม่ ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ตำแหน่ง OFF ก่อนจ่ายไฟเสมอ

1.2) ต่อ Supply แรงดัน 5 โวลต์ เข้ากับตัวหุ่นยนต์

1.3) กดสวิตช์ ON หลังตัวหุ่นยนต์

1.4) กดสวิตช์เดินเลี้ยวขวา (RIGHT) จาก Remote Control

1.5) สังเกตการเดินของหุ่นยนต์ และทำการบันทึกการทดลอง

##### 2) ผลการทดลอง

2.1) ในการเดินเลี้ยวขวา 1 ครั้ง จะได้มุมในการเลี้ยว  $8^{\circ}$  จะใช้เวลา 2.30 วินาที

2.2) ในการเดินเลี้ยวขวาเพื่อให้ได้มุมในการเลี้ยว  $45^{\circ}$  จะใช้เวลา 30 วินาที

2.3) ในการเดินเลี้ยวซ้ายเพื่อให้ได้มุมในการเลี้ยว  $90^{\circ}$  จะใช้เวลา 1.15 นาที



รูปที่ 4.5 การเดินเลี้ยวขวา 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยอัตโนมัติ

ในส่วนของการหลบหลีกสิ่งกีดขวางอัตโนมัติ จะอาศัยการตรวจจับของเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ทางด้านหน้า ด้านซ้าย และด้านขวาของหุ่นยนต์ ซึ่งการทำงานของโปรแกรมในส่วนของการหลบหลีกสิ่งกีดขวางนั้นมีการทำงานคือ ถ้าหากเซนเซอร์ตรวจจับเจอสิ่งกีดขวางทางด้านหน้า จะสั่งให้หุ่นยนต์เดินถอยหลังก่อน 1 ครั้ง หลังจากนั้นจะสั่งให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้ายอีก 3 ครั้ง ถ้าหากเซนเซอร์ตรวจจับเจอสิ่งกีดขวางทางด้านซ้าย ก็จะสั่งให้หุ่นยนต์เลี้ยวขวา 2 ครั้ง และถ้าหากเซนเซอร์ตรวจจับเจอสิ่งกีดขวางทางด้านขวา ก็จะสั่งให้หุ่นยนต์เลี้ยวซ้าย 2 ครั้งเช่นกัน

### 4.2.1 ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ตรวจสอบว่าสวิตช์ ON/OFF หลังตัวหุ่นยนต์ว่าอยู่ในตำแหน่ง OFF หรือไม่ ถ้าไม่ ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ตำแหน่ง OFF ก่อนจ่ายไฟเสมอ
- 2) ต่อ Supply แรงดัน 5 โวลต์ เข้ากับตัวหุ่นยนต์
- 3) กดสวิตช์ ON หลังตัวหุ่นยนต์
- 4) กดสวิตช์เดินหน้า (FOR) จาก Remote Control
- 5) สังเกตการเดินของหุ่นยนต์ และทำการบันทึกการทดลอง

### 4.2.2 ผลการทดลอง

- 1) หุ่นยนต์สามารถหลบหลีกก่อนจะถึงสิ่งกีดขวางได้เป็นระยะทาง 5 เซนติเมตร
- 2) ในการหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่อยู่ทางด้านหน้าของตัวหุ่นยนต์ จะใช้เวลา 1.15 นาที จึงสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางพ้น
- 3) ในการหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่อยู่ทางด้านซ้ายของตัวหุ่นยนต์ (ทำมุม  $45^{\circ}$ ) จะใช้เวลา 29 วินาที จึงสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางพ้น
- 4) ในการหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่อยู่ทางด้านขวาของตัวหุ่นยนต์ (ทำมุม  $45^{\circ}$ ) จะใช้เวลา 27 วินาที จึงสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางพ้น

## 4.3 การจับชิ้นงาน

### 4.3.1 ลักษณะของชิ้นงานที่สามารถจับได้

ลักษณะของชิ้นงานจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 1) ชิ้นงานจะต้องสูงกว่า 5 เซนติเมตร
- 2) ชิ้นงานจะต้องมีความกว้างน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร
- 3) ชิ้นงานจะต้องมีน้ำหนักน้อยกว่า 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ตรวจสอบว่าสวิตช์ ON/OFF หลังตัวหุ่นยนต์ว่าอยู่ในตำแหน่ง OFF หรือไม่ ถ้าไม่ ต้องกดสวิตช์ให้อยู่ตำแหน่ง OFF ก่อนจ่ายไฟเสมอ
- 2) ต่อ Supply แรงดัน 5 โวลต์ เข้ากับตัวหุ่นยนต์
- 3) กดสวิตช์ ON หลังตัวหุ่นยนต์
- 4) กดสวิตช์คืบเข้า (DEC) คืบออก (INC) ยกขึ้นงานขึ้น (UP) ยกขึ้นงานลงจาก Remote Control จนได้ตำแหน่งที่ต้องการ
- 5) สังเกตการคืบขึ้นงานและการยกขึ้นลงของปากคืบ และทำการบันทึกการทดลอง

### 4.3.3 ผลการทดลอง

- 1) ในกรณีไม่มีขึ้นงาน การยกลงจากตำแหน่งสูงสุดถึงต่ำสุด จะใช้เวลา 1.35 นาที
- 2) ในกรณีไม่มีขึ้นงาน การยกลงจากตำแหน่งต่ำสุดถึงสูงสุด จะใช้เวลา 1.40 นาที



รูปที่ 4.6 การจับขึ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

#### 5.1 สรุป

หุ่นยนต์แมลงหกขาที่สร้างขึ้นมีลักษณะขาแบบเพนโทกราฟ ในแต่ละขาประกอบด้วยดีซีมอเตอร์ 2 ตัว ตัวแรกทำหน้าที่ยกขาขึ้นในแนวระดับ สำหรับดีซีมอเตอร์อีกตัวทำหน้าที่หมุนเพื่อควบคุมในการก้าวเดิน โดยที่ดีซีมอเตอร์ทั้งหมดถูกสั่งการด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตัวหุ่นยนต์ที่สร้างมีความกว้าง 20 เซนติเมตร มีความยาว 20.5 เซนติเมตร และมีความสูง 12.5 เซนติเมตร มีน้ำหนักรวมทั้งสิ้น 600 กรัม แต่ละขามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกัน มีระบบตรวจจับสิ่งกีดขวาง โดยมีระยะการตรวจจับได้ไกล 5 เซนติเมตร

จากการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์แมลงหกขา สามารถเคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวาได้ โดยการควบคุมจาก Remote Control แบบมีสาย และยังสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติอีกด้วย

ซึ่งในจุดที่ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข คือ ระบบแมคคานิกส์ ในส่วนของโครงสร้าง ส่วนประกอบของขาหุ่นยนต์ รวมถึงระบบการตรวจจับสิ่งกีดขวางที่ยังไม่ค่อยเสถียรมากนัก การควบคุมความเร็ว และการควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งยังคงช้าอยู่ ต้องปรับปรุงให้คล่องตัว และเดินได้รวดเร็วกว่านี้

#### 5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

##### 5.2.1. ปัญหาในการสร้างตัวหุ่นยนต์

1) การสร้างขาของหุ่นยนต์ เนื่องจากในการทำขาของหุ่นยนต์ค่อนข้างมีความละเอียดและซับซ้อนมาก ขนาดของทุกส่วนจะต้องมีความถูกต้องและสัมพันธ์กัน ไม่เช่นนั้นจะทำให้การทำงานไม่สัมพันธ์กันได้

แนวทางแก้ไข ทำการศึกษาจากปริญญาานิพนธ์ที่เคยทำโครงการแบบเดียวกัน และหาข้อมูลการออกแบบทางด้านแมคคานิกส์ จากวารสารเกี่ยวกับการสร้างหุ่นยนต์ ทางอินเทอร์เน็ต และสอบถามจากผู้มีประสบการณ์เกี่ยวกับการสร้างหุ่นยนต์ และในการสร้างหุ่นยนต์แมลงหกขานี้จะใช้แผ่นอะคริลิกในการสร้าง เนื่องจากสามารถตัดแต่งได้ง่าย

2) การสร้างปากจับชิ้นงาน เนื่องจากจะต้องออกแบบปากจับชิ้นงานให้มีความเบามากที่สุด เพื่อให้ตัวหุ่นยนต์รับน้ำหนักน้อยที่สุด พื้นที่ในการสร้างจึงมีความจำกัด ทำให้การออกแบบค่อนข้างยุ่งยากมากยิ่งขึ้น สำหรับในการออกแบบส่วนของยกชิ้นงานขึ้นและลง จะใช้แกนหมุนเพื่อเลื่อนชิ้นงานขึ้นลง ซึ่งการทำในลักษณะนี้ทำให้เลื่อนขึ้นและลงมีความช้ามาก

**แนวทางแก้ไข** สำหรับหุ่นยนต์แมลงหกขาตัวนี้ จะใช้เวลาในการยกขึ้นและลงประมาณ 1.40 นาที ซึ่งจะใช้เวลาค่อนข้างนาน เนื่องจากเกลิยวที่นำมาใช้ทำในส่วนของยกขึ้นและลงนั้นมีความละเอียดเกินไป ทำให้การยกขึ้นและลงช้าไปด้วย ดังนั้นแกนหมุนที่นำมาใช้จะต้องเป็นเกลิยวหยาบ เพื่อให้การยกขึ้นและลงมีความเร็วมากยิ่งขึ้น

### 5.2.2 ปัญหาทางด้านการควบคุมการทำงาน

1) วงจรตรวจจับสิ่งกีดขวาง จากที่ได้ทำการทดลองวงจรเซนเซอร์แบบต่างๆ ปัญหาที่พบได้บ่อย คือระยะทางในการตรวจจับมีระยะทางค่อนข้างสั้น และแสงจากภายนอกมีผลต่อการทำงานของวงจร ทำให้การทำงานผิดพลาดไป โดยเฉพาะวงจรที่ใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางกับหุ่นยนต์นี้ ซึ่งใช้ LDR ในการรับแสงจากการสะท้อน ดังนั้นในเวลากลางวันกับกลางคืน ผลที่ได้จะมีค่าต่างกัน กลางแดดกับในห้องก็ให้ผลต่างกันด้วย

**แนวทางแก้ไข** ในการติดตั้ง LDR จะต้องติดตั้งให้ขนานกับพื้น เพื่อไม่ให้รับแสงสว่างจากภายนอกได้ รวมทั้งระหว่างตัวส่ง (LED) และตัวรับ (LDR) จะต้องมีย่านกัน เพื่อไม่ให้แสงสว่างจาก LED มากระทบกับ LDR โดยตรง แต่จะให้ LDR รับแสงจากการสะท้อน เมื่อเจอวัตถุกีดขวาง

2) การควบคุมมอเตอร์ เริ่มแรกจะใช้สเต็ปปีงมอเตอร์ (Stepping Motor) ในการขับเคลื่อน เนื่องจากสามารถควบคุมตำแหน่งได้ แต่มีปัญหาทางด้านทอร์กไม่ดี เมื่อมีการรับโหลดจำนวนมากๆ ไม่สามารถทำการเคลื่อนที่ได้ และสเต็ปปีงมอเตอร์ยังมีน้ำหนักมากเกินไป หลังจากนั้นได้ทำการศึกษาและจะใช้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์นี้มีทอร์กที่ดี และสามารถควบคุมองศาการหมุนไปได้ แต่เนื่องจากเซอร์โวมอเตอร์มีราคาแพง ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการสร้างสูงมาก จึงหลีกเลี่ยงมาใช้ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) แทน โดยดีซีมอเตอร์ชนิดที่ใช้มีทอร์กสูง และมีขนาดเล็ก ทำให้น้ำหนักเบาด้วย

เนื่องจากในการสร้างหุ่นยนต์แมลงหกขานี้ใช้ดีซีมอเตอร์ในการขับเคลื่อน ทำให้การควบคุมตำแหน่งค่อนข้างยาก เนื่องจากเกิดแรงเฉื่อย ไม่เหมือนกับสเต็ปปีงมอเตอร์ และเซอร์โวมอเตอร์

**แนวทางการแก้ไข** ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของดีซีมอเตอร์ จะต้องหาช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้ได้การทำงานเป็นไปตามต้องการ รวมทั้งต้องออกแบบแมคคานิกส์ให้มีความสัมพันธ์กันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการพัฒนาหุ่นยนต์แมลงหกขาให้มีความสามารถในการทำงานได้ดีขึ้นจำเป็นต้องพัฒนาส่วนต่างๆดังนี้

#### 5.3.1 พัฒนาการด้านการควบคุมระยะทางไกล (รีโมตคอนโทรล)

การควบคุมระยะไกล ควรจะเป็นรีโมตคอนโทรลแบบไร้สาย

#### 5.3.2 พัฒนาการด้านปากจับชิ้นงาน

ปากจับชิ้นงาน ควรออกแบบให้มีความสามารถยกของหรือวัตถุได้มากกว่านี้ และมีความรวดเร็วในการจับและยกชิ้นงานด้วย

#### 5.3.3 พัฒนาการด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

โดยการติดตั้งกล้องสำรวจเพื่อทำการประมวลผลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ จะได้ทำการตรวจสอบวัตถุต่างๆ ที่เป็นอันตราย เช่น การตรวจสอบวัตถุระเบิด การเข้าไปสำรวจในที่แคบๆ และอันตราย เป็นต้น ซึ่งสามารถสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายได้โดยทำการชี้เป้าหมายบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

#### 5.3.4 พัฒนาการด้านระบบการจ่ายพลังงานให้กับตัวหุ่นยนต์

การจ่ายพลังงานให้กับตัวหุ่นยนต์ ควรใช้แบตเตอรี่แทนในการจ่ายพลังงานให้แก่หุ่นยนต์

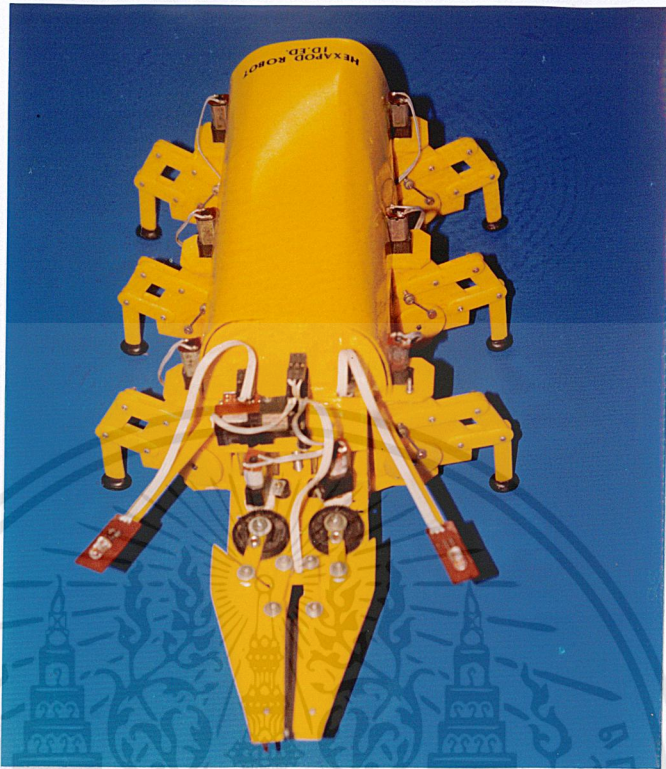




ภาคผนวก ก

หุ่นยนต์แมลงหกขาต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

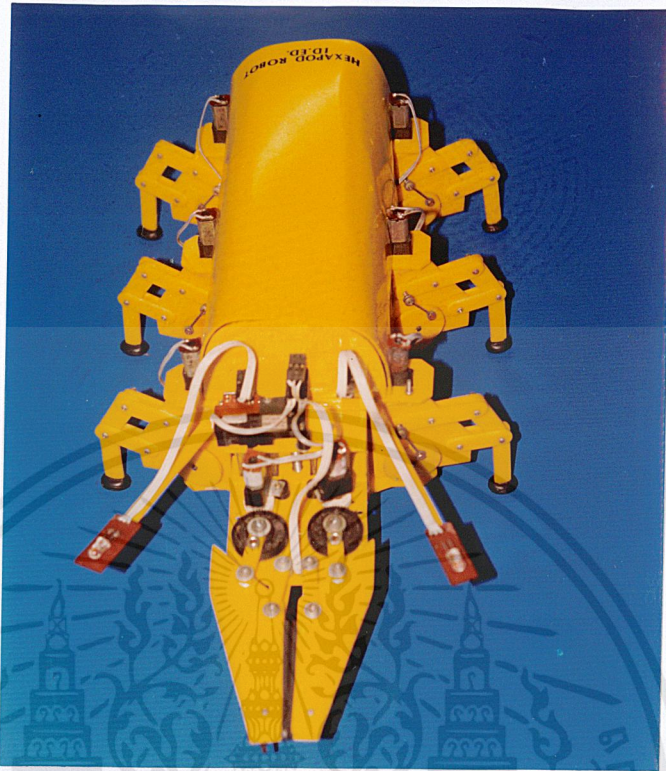


รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์แมลงหกขา



รูปที่ ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์แมลงหกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

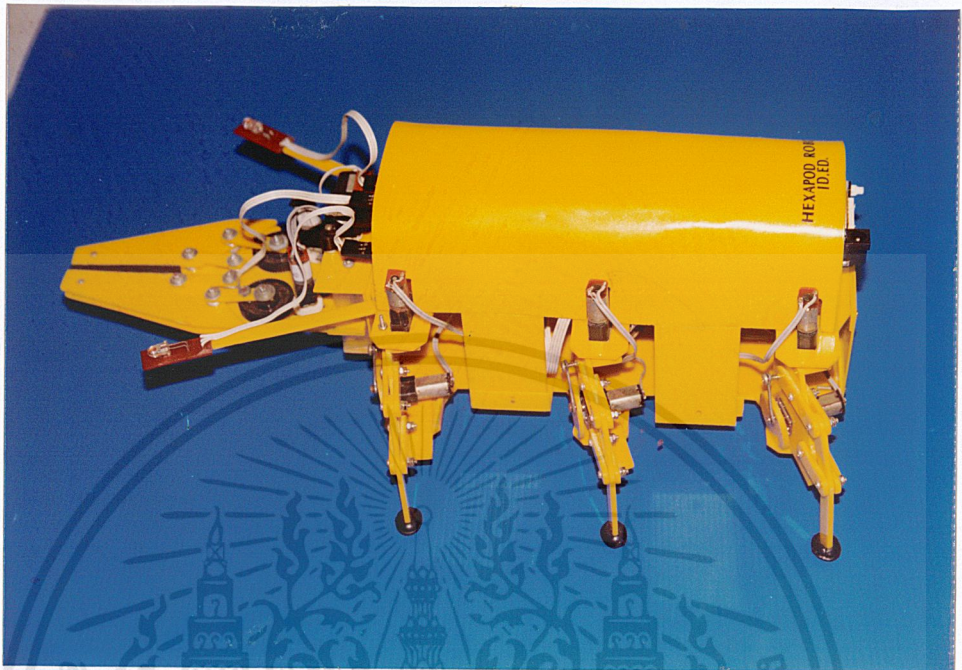


รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของหุ่นยนต์แมลงหกขา

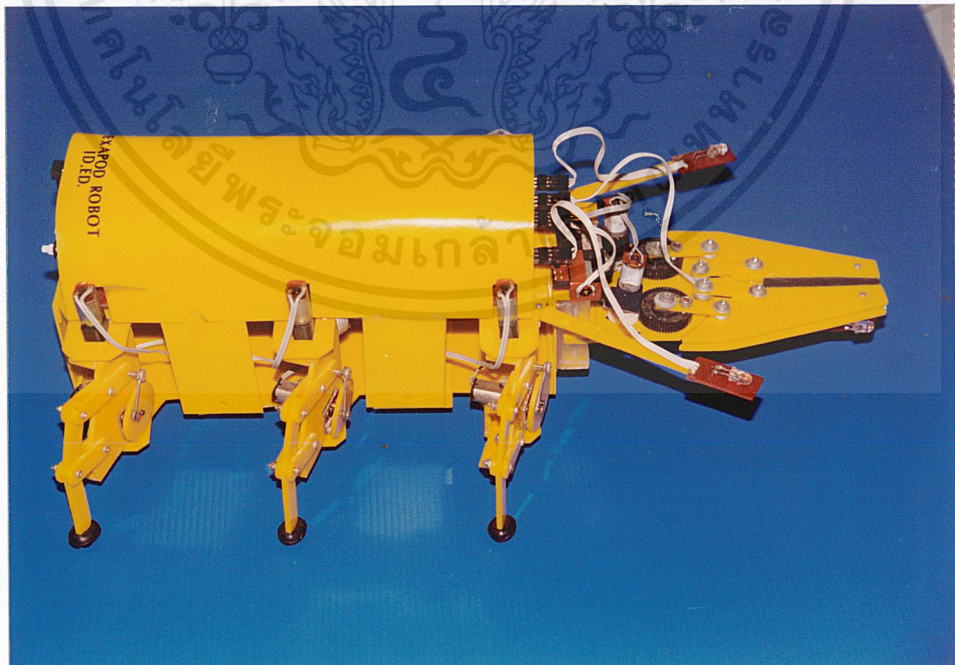


รูปที่ ก.2 ด้านหลังของหุ่นยนต์แมลงหกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

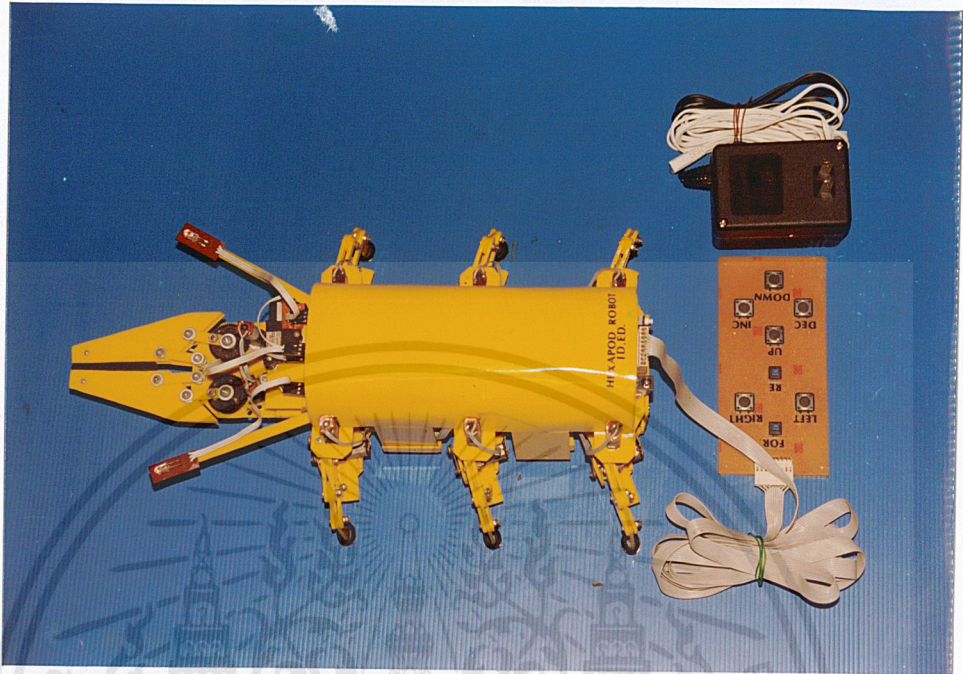


รูปที่ ก.3 ด้านซ้ายของหุ่นยนต์แมลงหกขา



รูปที่ ก.4 ด้านขวาของหุ่นยนต์แมลงหกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



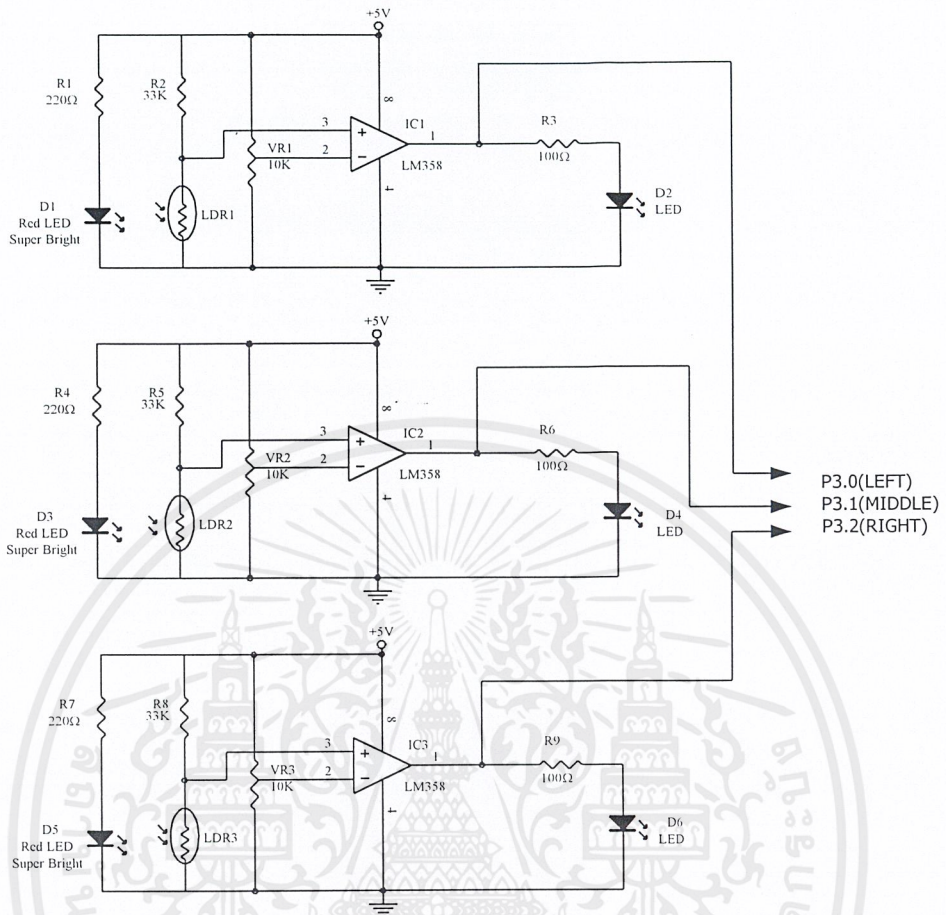
รูปที่ ก.5 หุ่นยนต์แมลงหกขาต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

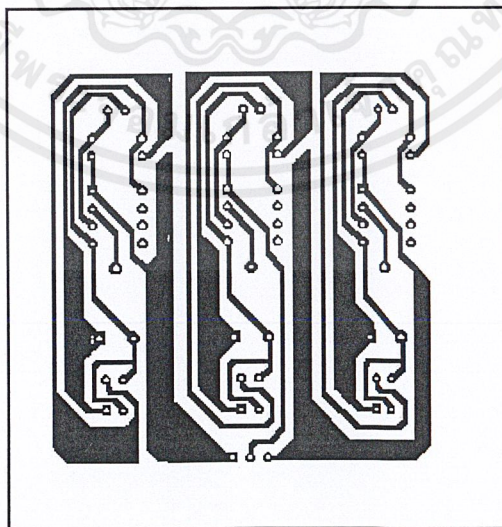


ภาคผนวก ข  
วงจร และแผนวงจรพิมพ์ของหุ่นยนต์แมลงหกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

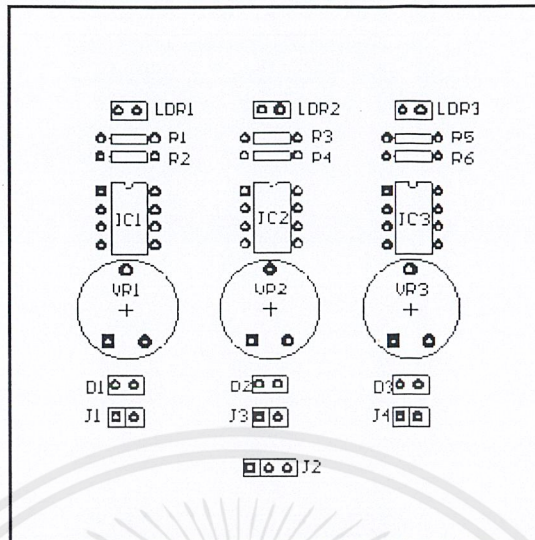


รูปที่ ข.1 วงจรตรวจจับการชน

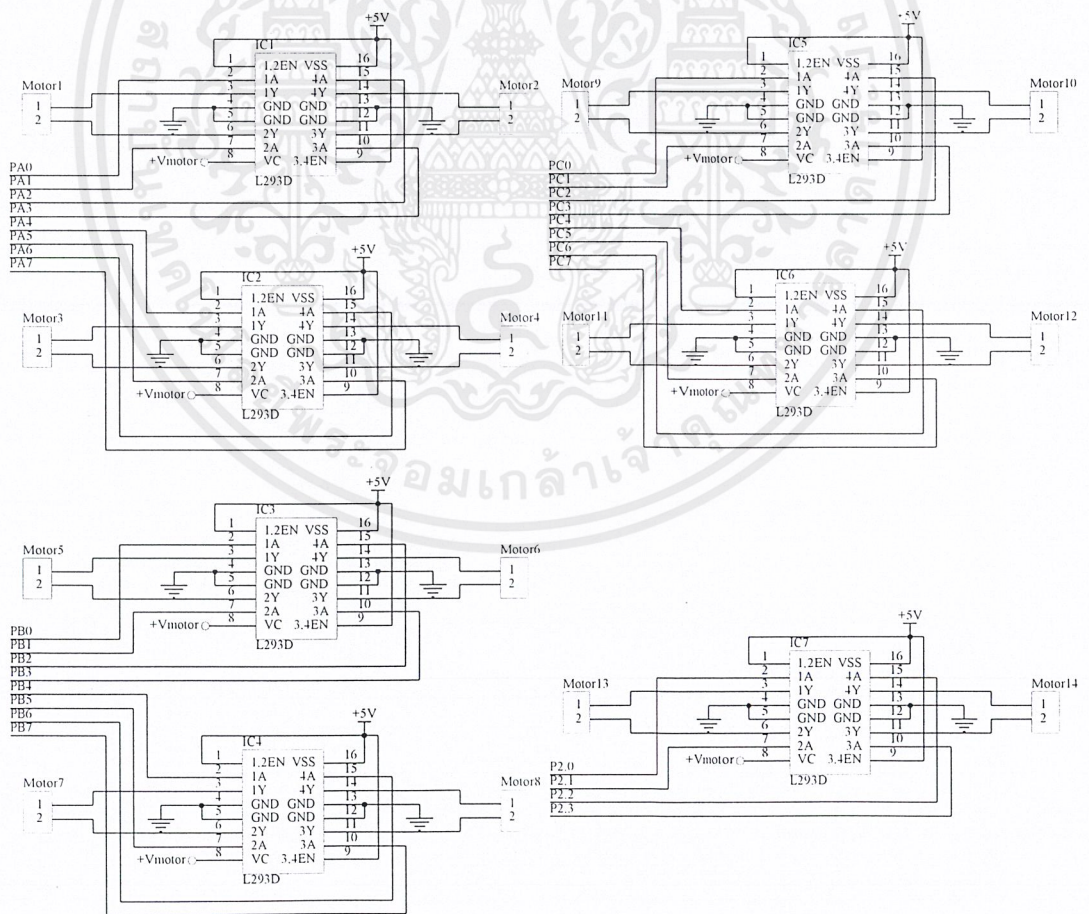


รูปที่ ข.2 ลายทองแดงของวงจรตรวจจับการชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



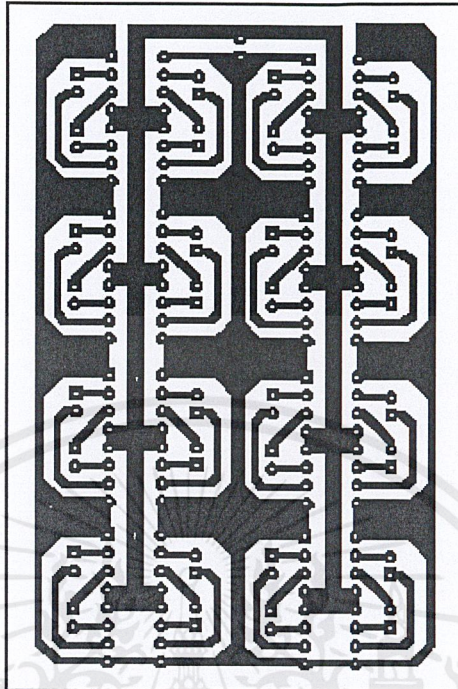
รูปที่ ข.3 การวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรตรวจจับการชน



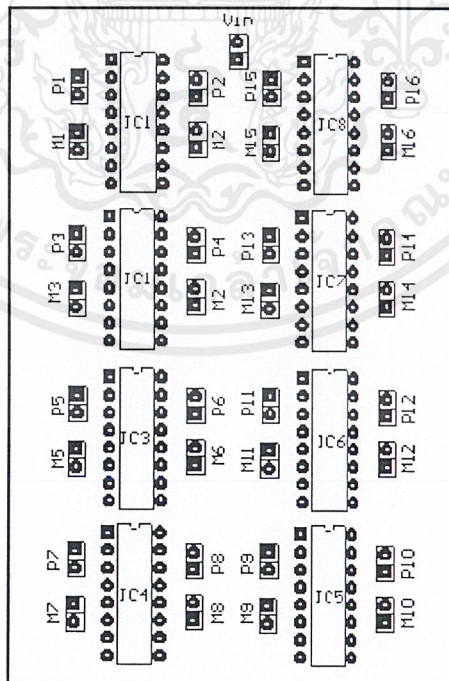
รูปที่ ข.4 วงจรขับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



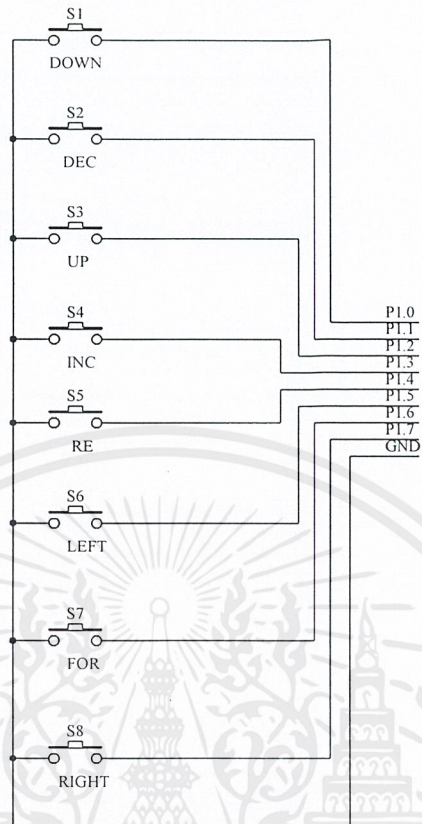


รูปที่ ข.5 ภายทองแดงของวงจรขั้วมอเตอร์

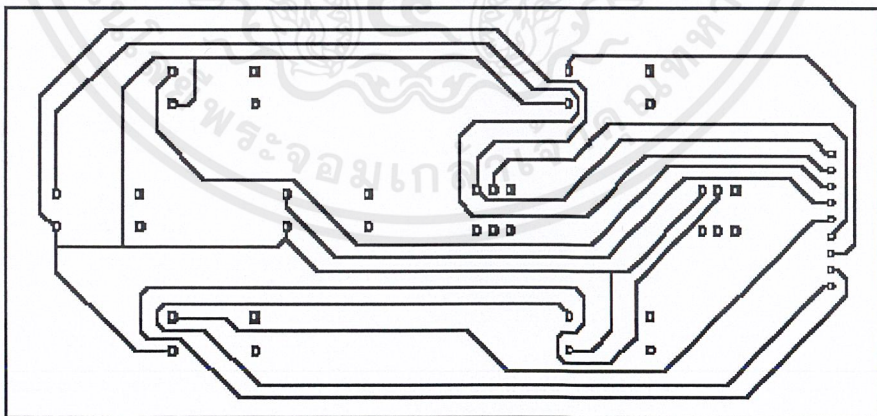


รูปที่ ข.6 การวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรขั้วมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

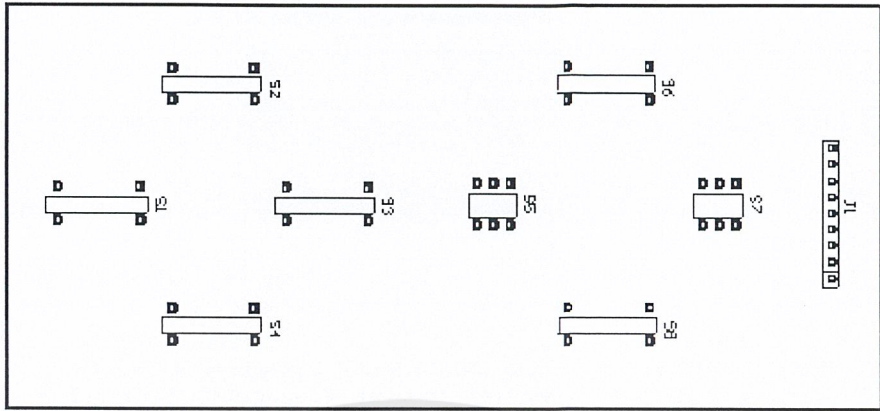


รูปที่ ข.7 วงจรการควบคุมระยะไกล

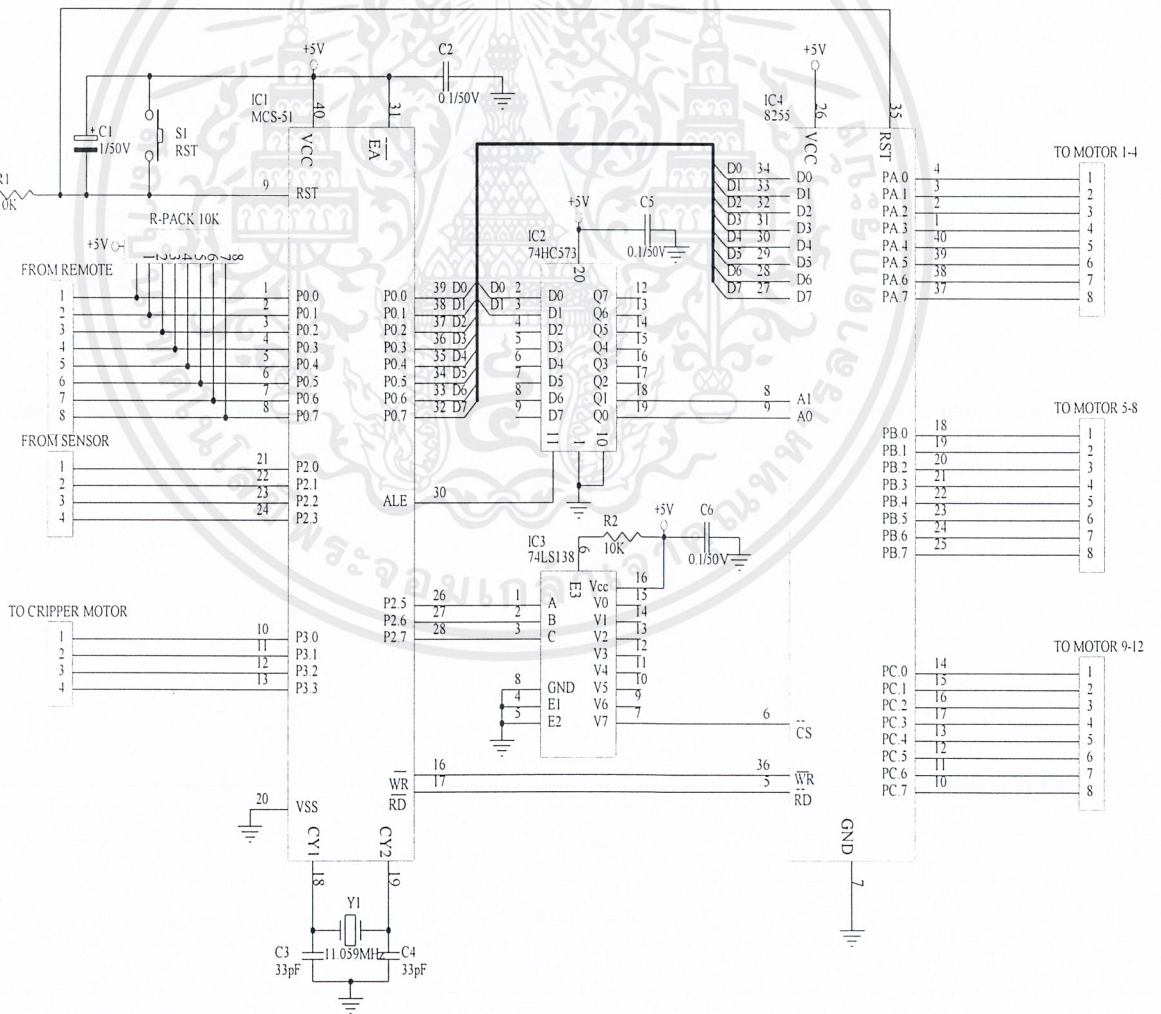


รูปที่ ข.8 ลายทองแดงของวงจรควบคุมระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

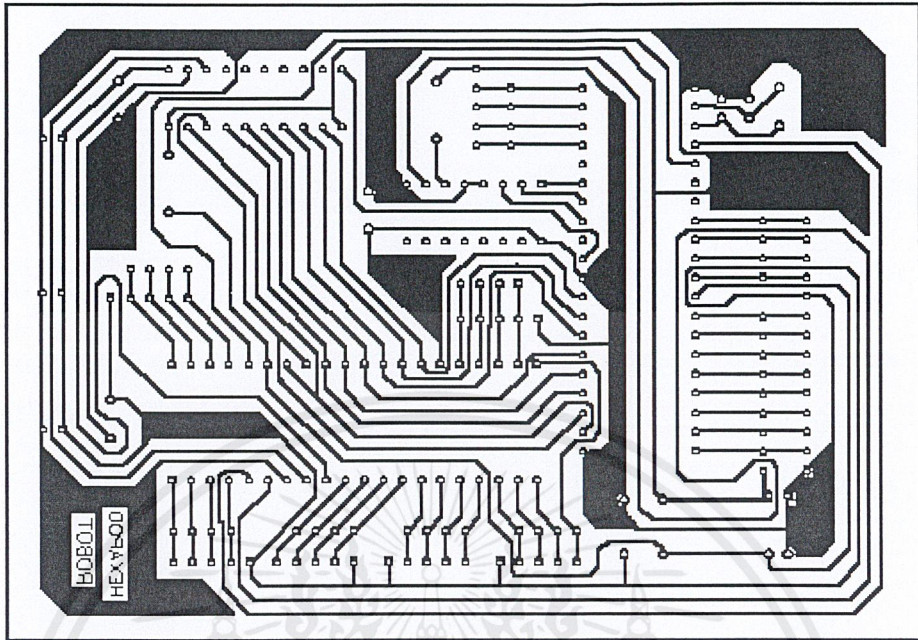


รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมระยะไกล

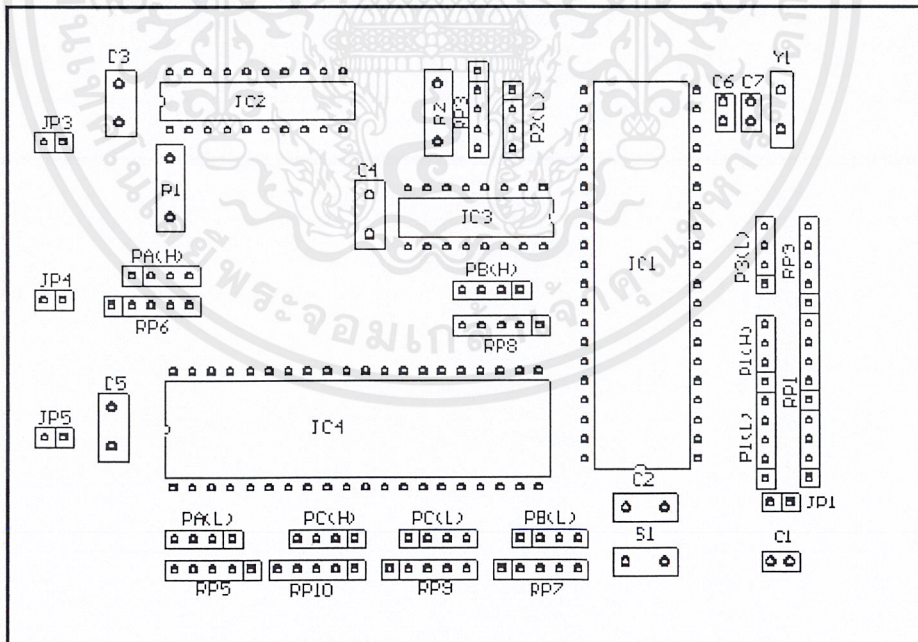


รูปที่ ข.10 วงจรควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.11 ลายทองแดงของวงจรควบคุมการทำงาน



รูปที่ ข.12 การวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมการทำงาน

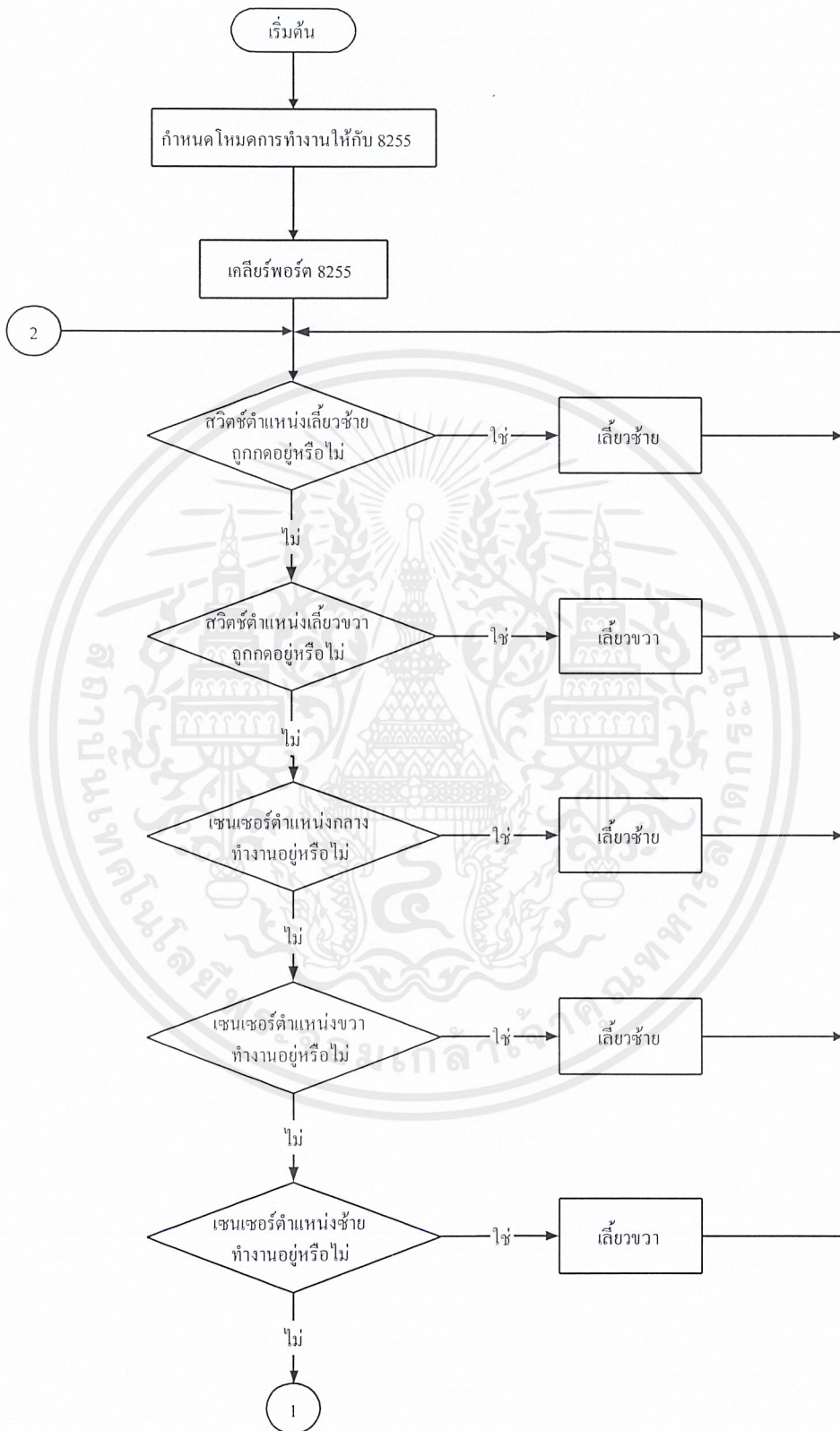
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

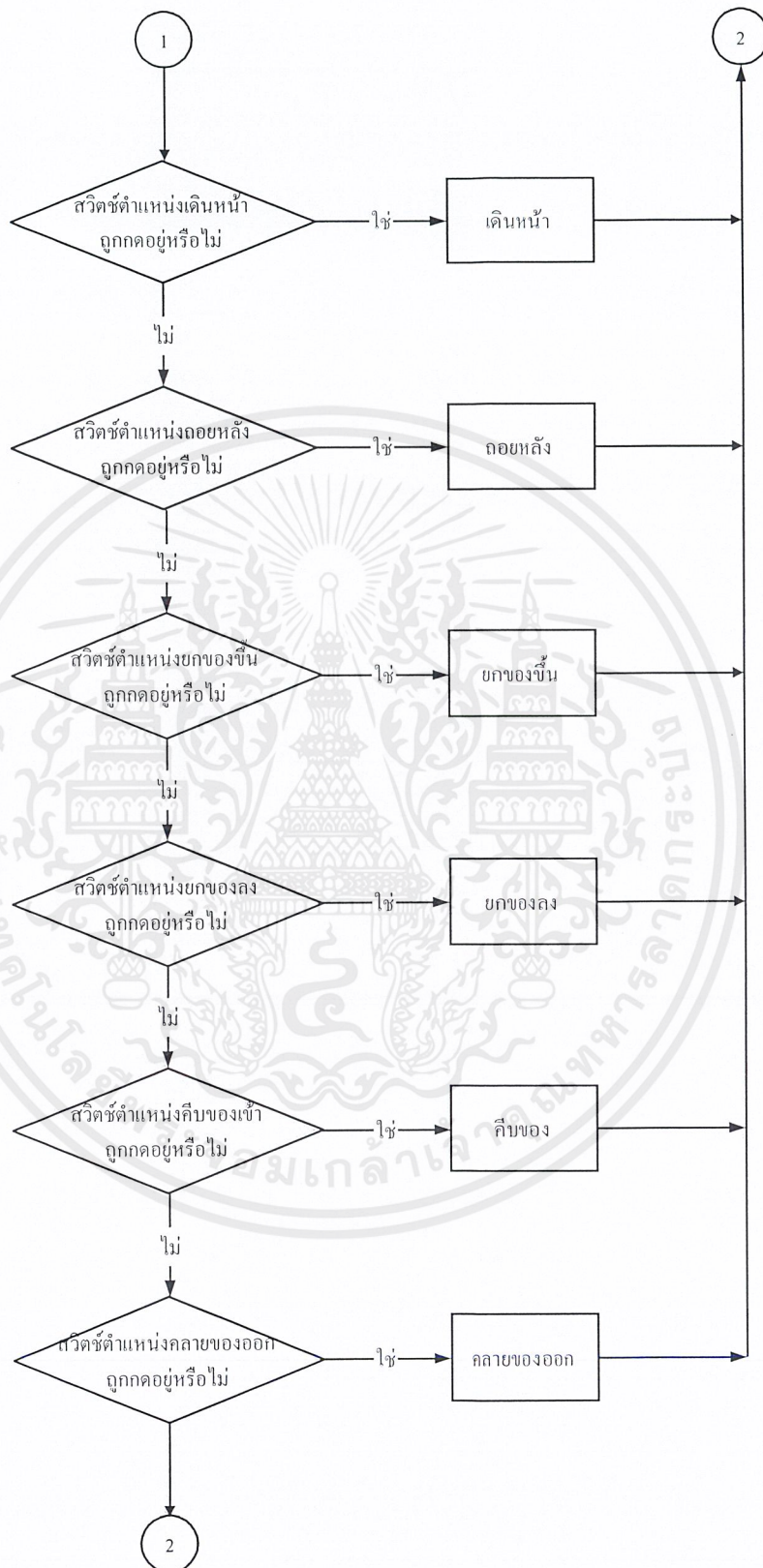
ผังการทำงานและโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 ฟังก์การทำงานของโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
;
;          PROGRAM      :  HEXAPOD ROBOT PROJECT
;          ASSEMBLER    :  SXA51
;*****

PORT_A      EQU      0E000H
PORT_B      EQU      0E001H
PORT_C      EQU      0E002H
PORT_CON    EQU      0E003H
DOWN_SW     BIT      P1.0
DEC_SW      BIT      P1.1
UP_SW       BIT      P1.2
INC_SW      BIT      P1.3
RE_SW       BIT      P1.4
LEFT_SW     BIT      P1.5
FOR_SW      BIT      P1.6
RIGHT_SW    BIT      P1.7
RIGHT_SEN   BIT      P3.0
MID_SEN     BIT      P3.1
LEFT_SEN    BIT      P3.2

                ORG      0000H
                MOV      A, #80H
                MOV      DPTR, #PORT_CON
                MOVX     @DPTR, A
                CALL    CLR_PORT
LOOP:          JB      LEFT_SW,CHK_RIGHT_SW
                CALL    DELAY_10ms
                JB      LEFT_SW,CHK_RIGHT_SW
                CALL    MOV_LEFT
                JMP     LOOP
CHK_RIGHT_SW: JB      RIGHT_SW,CHK_MID_SEN
                CALL    DELAY_10ms
                JB      RIGHT_SW,CHK_MID_SEN
                CALL    MOV_RIGHT
                JMP     LOOP
CHK_MID_SEN:  JB      MID_SEN,CHK_RIGHT_SEN
                CALL    DELAY_10ms
                JB      MID_SEN,CHK_RIGHT_SEN
                ALL    REWARD_1
                CALL    MOV_LEFT
                CALL    MOV_LEFT
                CALL    MOV_LEFT
                JMP     LOOP
CHK_RIGHT_SEN: JB      RIGHT_SEN,CHK_LEFT_SEN
                CALL    DELAY_10ms
                JB      RIGHT_SEN,CHK_LEFT_SEN
                CALL    MOV_RIGHT
                CALL    MOV_RIGHT
                JMP     LOOP
CHK_LEFT_SEN: JB      LEFT_SEN,CHK_FOR_SW
                CALL    DELAY_10ms
                JB      LEFT_SEN,CHK_FOR_SW
                CALL    MOV_LEFT
                CALL    MOV_LEFT
                JMP     LOOP
CHK_FOR_SW:   JB      FOR_SW,CHK_RE_SW
                CALL    DELAY_10ms
                JB      FOR_SW,CHK_RE_SW
                CALL    FORWARD
                JMP     LOOP
CHK_RE_SW:    JB      RE_SW,CHK_UP_SW
                CALL    DELAY_10ms
                JB      RE_SW,CHK_UP_SW
                CALL    REWARD
                JMP     LOOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

CHK_UP_SW:      JB      UP_SW,CHK_DOWN_SW
                CALL    DELAY_10ms
                JB      UP_SW,CHK_DOWN_SW
                CALL    UP
                JMP     LOOP

CHK_DOWN_SW:    JB      DOWN_SW,CHK_INC_SW
                CALL    DELAY_10ms
                JB      DOWN_SW,CHK_INC_SW
                CALL    DOWN
                JMP     LOOP

CHK_INC_SW:     JB      INC_SW,CHK_DEC_SW
                CALL    DELAY_10ms
                JB      INC_SW,CHK_DEC_SW
                CALL    INC
                JMP     LOOP

CHK_DEC_SW:     JB      DEC_SW,LOOP1
                CALL    DELAY_10ms
                JB      DEC_SW,LOOP1
                CALL    DEC
                JMP     LOOP

LOOP1:         JMP     LOOP

;*****
;
;                MOVE FORWARD
;*****

FORWARD:       CALL    SET1_UP
                CALL    SET1_FOR
                CALL    SET1_DOWN
                CALL    SET2_UP
                CALL    SET2_FOR
                CALL    SET2_DOWN
                CALL    MOV_RE
                JMP     LOOP

;*****
;
;                MOVE REWARD
;*****

REWARD:        CALL    MOV_FOR
                CALL    SET1_UP
                CALL    SET1_RE
                CALL    SET1_DOWN
                CALL    SET2_UP
                CALL    SET2_RE
                CALL    SET2_DOWN
                JMP     LOOP

REWARD_1:      CALL    MOV_FOR
                CALL    SET1_UP
                CALL    SET1_RE
                CALL    SET1_DOWN
                CALL    SET2_UP
                CALL    SET2_RE
                CALL    SET2_DOWN
                RET

;*****
;
;                MOVE LEFT
;*****

MOV_LEFT:      MOV     A,#010H
                MOV     DPTR,#PORT_B
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     DPTR,#PORT_C
                MOVX    @DPTR,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL    DELAY_500ms
CALL    CLR_PORT
MOV     A, #040H
MOV     DPTR, #PORT_B
MOVX    @DPTR, A
MOV     DPTR, #PORT_C
MOVX    @DPTR, A
CALL    DELAY_300ms
CALL    CLR_PORT
MOV     A, #020H
MOV     DPTR, #PORT_B
MOVX    @DPTR, A
MOV     DPTR, #PORT_C
MOVX    @DPTR, A
CALL    DELAY_400ms
CALL    CLR_PORT
MOV     A, #01H
MOV     DPTR, #PORT_C
MOVX    @DPTR, A
CALL    DELAY_500ms
CALL    CLR_PORT
MOV     A, #04H
MOV     DPTR, #PORT_C
MOVX    @DPTR, A
CALL    DELAY_300ms
CALL    CLR_PORT
MOV     A, #02H
MOV     DPTR, #PORT_C
MOVX    @DPTR, A
CALL    DELAY_400ms
CALL    CLR_PORT
MOV     A, #080H
MOV     DPTR, #PORT_B
MOVX    @DPTR, A
MOV     A, #088H
MOV     DPTR, #PORT_C
MOVX    @DPTR, A
CALL    DELAY_300ms
CALL    CLR_PORT
RET

;*****
;                               MOVE RIGHT
;*****
MOV_RIGHT:    MOV     A, #01H
               MOV     DPTR, #PORT_A
               MOVX    @DPTR, A
               MOV     DPTR, #PORT_B
               MOVX    @DPTR, A
               CALL    DELAY_500ms
               CALL    CLR_PORT
               MOV     A, #04H
               MOV     DPTR, #PORT_A
               MOVX    @DPTR, A
               MOV     DPTR, #PORT_B
               MOVX    @DPTR, A
               CALL    DELAY_300ms
               CALL    CLR_PORT
               MOV     A, #02H
               MOV     DPTR, #PORT_A
               MOVX    @DPTR, A
               MOV     DPTR, #PORT_B
               MOVX    @DPTR, A
               CALL    DELAY_400ms
               CALL    CLR_PORT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV    A, #010H
MOV    DPTR, #PORT_A
MOVX   @DPTR, A
CALL   DELAY_500ms
CALL   CLR_PORT
MOV    A, #040H
MOV    DPTR, #PORT_A
MOVX   @DPTR, A
CALL   DELAY_300ms
CALL   CLR_PORT
MOV    A, #020H
MOV    DPTR, #PORT_A
MOVX   @DPTR, A
CALL   DELAY_400ms
CALL   CLR_PORT
MOV    A, #08H
MOV    DPTR, #PORT_B
MOVX   @DPTR, A
MOV    A, #088H
MOV    DPTR, #PORT_A
MOVX   @DPTR, A
CALL   DELAY_300ms
CALL   CLR_PORT
RET

;*****
;
;                               CRIPPER UP
;*****
UP:   CLR    A
      MOV    P2, A
      SETB   P2.0
      CALL   DELAY_100ms
      CLR    A
      MOV    P2, A
      RET

;*****
;
;                               CRIPPER DOWN
;*****
DOWN: CLR    A
      MOV    P2, A
      SETB   P2.1
      CALL   DELAY_100ms
      CLR    A
      MOV    P2, A
      RET

;*****
;
;                               CRIPPER INCREASE
;*****
INC:  CLR    A
      MOV    P2, A
      SETB   P2.2
      CALL   DELAY_100ms
      CLR    A
      MOV    P2, A
      RET

;*****
;
;                               CRIPPER DECREASE
;*****
DEC:  CLR    A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     P2,A
SETB   P2.3
CALL   DELAY_100ms
CLR    A
MOV    P2,A
RET

;*****
;
;               MOVE 3 LEGS PER STEP
;*****

SET1_UP:      MOV     A,#01H
              MOV     DPTR,#PORT_A
              MOVX   @DPTR,A
              MOV     DPTR,#PORT_B
              MOVX   @DPTR,A
              MOV     DPTR,#PORT_C
              MOVX   @DPTR,A
              CALL   DELAY_500ms
              CALL   CLR_PORT
              RET

SET1_DOWN:    MOV     A,#02H
              MOV     DPTR,#PORT_A
              MOVX   @DPTR,A
              MOV     DPTR,#PORT_B
              MOVX   @DPTR,A
              MOV     DPTR,#PORT_C
              MOVX   @DPTR,A
              CALL   DELAY_400ms
              CALL   CLR_PORT
              RET

SET1_FOR:     MOV     A,#04H
              MOV     DPTR,#PORT_A
              MOVX   @DPTR,A
              MOV     DPTR,#PORT_B
              MOVX   @DPTR,A
              MOV     DPTR,#PORT_C
              MOVX   @DPTR,A
              CALL   DELAY_300ms
              CALL   CLR_PORT
              RET

SET1_RE:     MOV     A,#08H
              MOV     DPTR,#PORT_A
              MOVX   @DPTR,A
              MOV     DPTR,#PORT_B
              MOVX   @DPTR,A
              MOV     DPTR,#PORT_C
              MOVX   @DPTR,A
              CALL   DELAY_300ms
              CALL   CLR_PORT
              RET

SET2_UP:     MOV     A,#010H
              MOV     DPTR,#PORT_A
              MOVX   @DPTR,A
              MOV     DPTR,#PORT_B
              MOVX   @DPTR,A
              MOV     DPTR,#PORT_C
              MOVX   @DPTR,A
              CALL   DELAY_500ms
              CALL   CLR_PORT
              RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SET2_DOWN:      MOV     A, #020H
                 MOV     DPTR, #PORT_A
                 MOVX    @DPTR, A
                 MOV     DPTR, #PORT_B
                 MOVX    @DPTR, A
                 MOV     DPTR, #PORT_C
                 MOVX    @DPTR, A
                 CALL    DELAY_400ms
                 CALL    CLR_PORT
                 RET

SET2_FOR:        MOV     A, #040H
                 MOV     DPTR, #PORT_A
                 MOVX    @DPTR, A
                 MOV     DPTR, #PORT_B
                 MOVX    @DPTR, A
                 MOV     DPTR, #PORT_C
                 MOVX    @DPTR, A
                 CALL    DELAY_300ms
                 CALL    CLR_PORT
                 RET

SET2_RE:         MOV     A, #080H
                 MOV     DPTR, #PORT_A
                 MOVX    @DPTR, A
                 MOV     DPTR, #PORT_B
                 MOVX    @DPTR, A
                 MOV     DPTR, #PORT_C
                 MOVX    @DPTR, A
                 CALL    DELAY_300ms
                 CALL    CLR_PORT
                 RET

;*****
;
;                               SUB MOVE FOR
;*****

MOV_FOR:         MOV     A, #044H
                 MOV     DPTR, #PORT_A
                 MOVX    @DPTR, A
                 MOV     DPTR, #PORT_B
                 MOVX    @DPTR, A
                 MOV     DPTR, #PORT_C
                 MOVX    @DPTR, A
                 CALL    DELAY_300ms
                 CALL    CLR_PORT
                 RET

;*****
;
;                               SUB MOVE RE
;*****

MOV_RE:          MOV     A, #088H
                 MOV     DPTR, #PORT_A
                 MOVX    @DPTR, A
                 MOV     DPTR, #PORT_B
                 MOVX    @DPTR, A
                 MOV     DPTR, #PORT_C
                 MOVX    @DPTR, A
                 CALL    DELAY_300ms
                 CALL    CLR_PORT
                 RET

;*****
;
;                               CLEAR PORT
;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR_PORT:          CLR    A
                  MOV    DPTR,#PORT_A
                  MOVX   @DPTR,A
                  MOV    DPTR,#PORT_B
                  MOVX   @DPTR,A
                  MOV    DPTR,#PORT_C
                  MOVX   @DPTR,A
                  RET

;*****
;
;                               TIME DELAY
;*****

DELAY_10ms:       MOV    R7,#010
DELAY_10ms_1:     MOV    R6,#0E6H
DELAY_10ms_2:     NOP
                  NOP
                  DJNZ   R6,DELAY_10ms_2
                  DJNZ   R7,DELAY_10ms_1
                  RET

DELAY_100ms:      MOV    R7,#100
DELAY_100ms_1:    MOV    R6,#0E6H
DELAY_100ms_2:    NOP
                  NOP
                  DJNZ   R6,DELAY_100ms_2
                  DJNZ   R7,DELAY_100ms_1
                  RET

DELAY_300ms:      MOV    R5,#030
DELAY_300ms_1:    CALL   DELAY_10ms
                  DJNZ   R5,DELAY_300ms_1
                  RET

DELAY_350ms:      MOV    R5,#035
DELAY_350ms_1:    CALL   DELAY_10ms
                  DJNZ   R5,DELAY_350ms_1
                  RET

DELAY_400ms:      MOV    R5,#040
DELAY_400ms_1:    CALL   DELAY_10ms
                  DJNZ   R5,DELAY_400ms_1
                  RET

DELAY_500ms:      MOV    R5,#050
DELAY_500ms_1:    CALL   DELAY_10ms
                  DJNZ   R5,DELAY_500ms_1
                  RET

DELAY_1s:         MOV    R5,#100
DELAY_1s_1:       CALL   DELAY_10ms
                  DJNZ   R5,DELAY_1s_1
                  RET

                  END

;*****
;
;                               END PROGRAM
;*****

```

## รูปที่ ค.2 โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แมลงหกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Push-Pull Four Channel Driver

## FEATURES

- Output Current 1A Per Channel (600mA for L293D)
- Peak Output Current 2A Per Channel (1.2A for L293D)
- Inhibit Facility
- High Noise Immunity
- Separate Logic Supply
- Over-Temperature Protection

## DESCRIPTION

The L293 and L293D are quad push-pull drivers capable of delivering output currents to 1A or 600mA per channel respectively. Each channel is controlled by a TTL-compatible logic input and each pair of drivers (a full bridge) is equipped with an inhibit input which turns off all four transistors. A separate supply input is provided for the logic so that it may be run off a lower voltage to reduce dissipation.

Additionally the L293D includes the output clamping diodes within the IC for complete interfacing with inductive loads.

Both devices are available in 16-pin Batwing DIP packages. They are also available in Power SOIC and Hermetic DIL packages.

## TRUTH TABLE

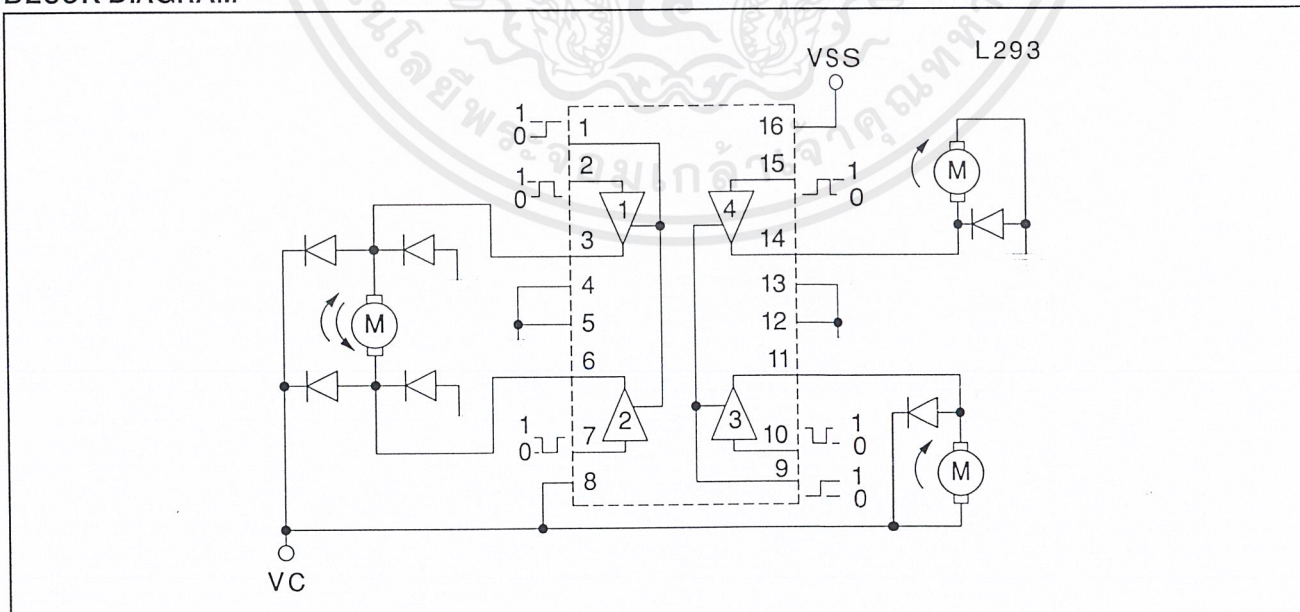
| V <sub>i</sub><br>(each channel) | V <sub>INH</sub> * | V <sub>o</sub> |
|----------------------------------|--------------------|----------------|
| H                                | H                  | H              |
| L                                | H                  | L              |
| H                                | L                  | X**            |
| L                                | L                  | X**            |

\*Relative to the considered channel  
\*\*High output impedance

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Collector Supply Voltage, V<sub>C</sub> . . . . . 36V  
 Logic Supply Voltage, V<sub>SS</sub> . . . . . 36V  
 Input Voltage, V<sub>i</sub> . . . . . 7V  
 Inhibit Voltage, V<sub>INH</sub> . . . . . 7V  
 Peak Output Current (Non-Repetitive), I<sub>out</sub> (L293) . . . . . 2A  
 I<sub>out</sub> (L293D) . . . . . 1.2A  
 Total Power Dissipation  
 at T<sub>ground</sub>-pins = 80°C, N Batwing pkg, (Note) . . . . . 5W  
 Storage and Junction Temperature, T<sub>stg</sub>, T<sub>J</sub> . . . . . -40 to +150°C  
 Note: Consult packaging section of Databook for thermal limitations and considerations of packages.

## BLOCK DIAGRAM

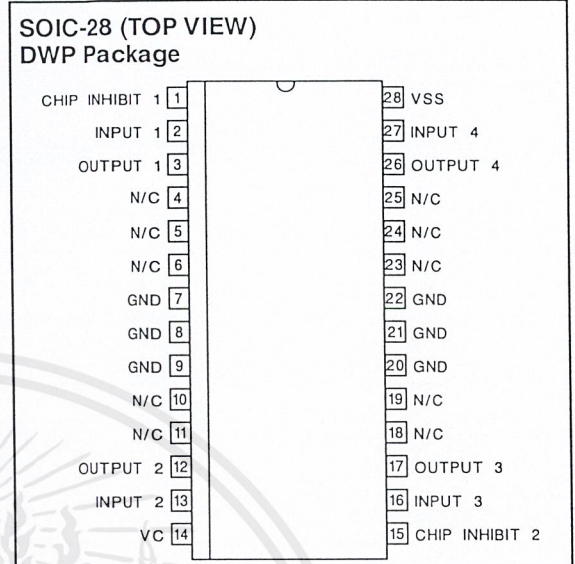
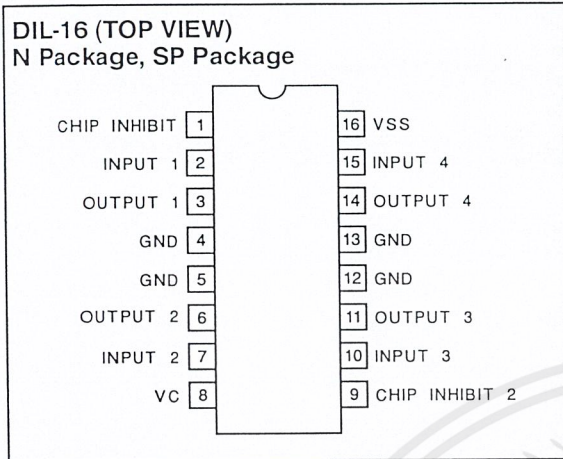


Note: Output diodes are internal in L293D.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## CONNECTION DIAGRAMS

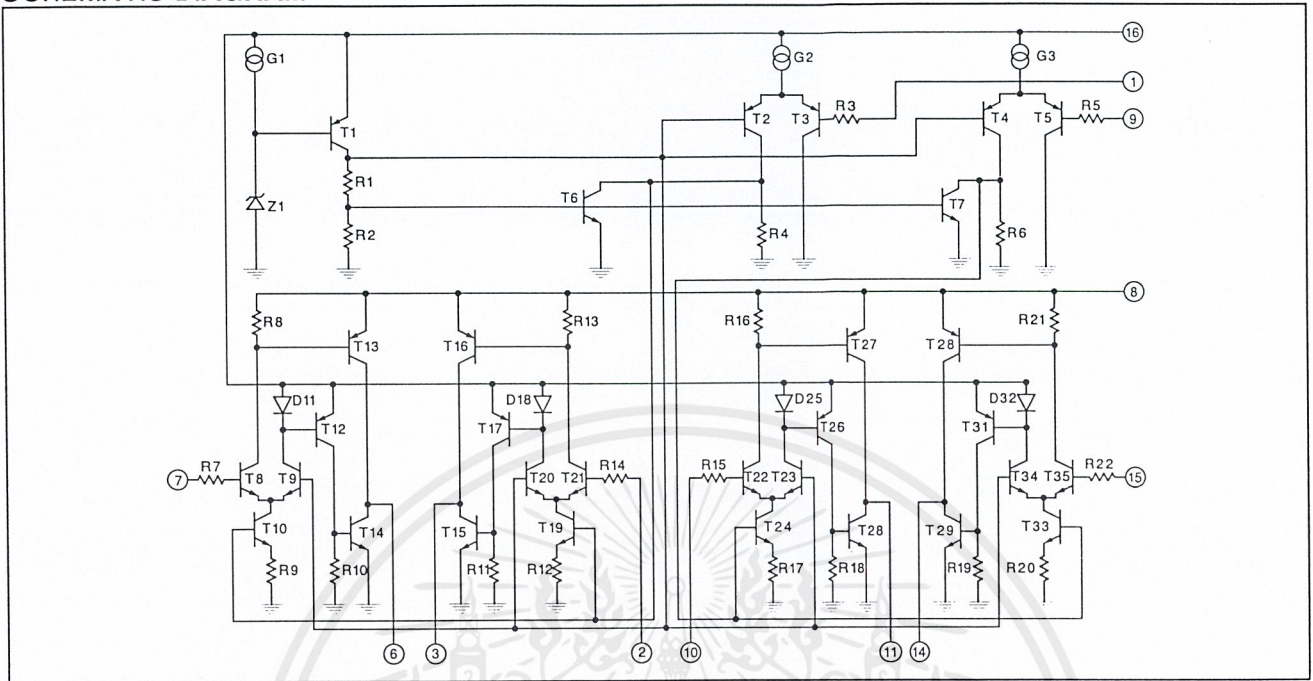


**ELECTRICAL CHARACTERISTICS:** (For each channel,  $V_C = 24V$ ,  $V_{SS} = 5V$ ,  $T_{AMB} = 25^\circ C$ , unless otherwise specified;  $T_A = T_J$ )

| PARAMETER                                | SYMBOL       | TEST CONDITION                        | MIN. | TYP. | MAX.     | UNITS   |
|--|--------------|---------------------------------------|------|------|----------|---------|
| Collector Supply Voltage                 | $V_C$        |                                       |      |      | 36       | V       |
| Logic Supply Voltage                     | $V_{SS}$     |                                       | 4.5  |      | 36       | V       |
| Collector Supply Current                 | $I_C$        | $V_I = L, I_O = 0, V_{INH} = H$       |      | 2    | 6        | mA      |
|  |              | $V_I = H, I_O = 0, V_{INH} = H$       |      | 16   | 24       | mA      |
|  |              | $V_{INH} = L$                         |      |      | 4        | mA      |
| Total Quiescent Logic Supply Current     | $I_{SS}$     | $V_I = L, I_O = 0, V_{INH} = H$       |      | 44   | 60       | mA      |
|  |              | $V_I = H, I_O = 0, V_{INH} = H$       |      | 16   | 22       | mA      |
|  |              | $V_{INH} = L$                         |      | 16   | 24       | mA      |
| Input Low Voltage                        | $V_{IL}$     |                                       | -0.3 |      | 1.5      | V       |
| Input High Voltage                       | $V_{IH}$     | $V_{SS} \leq 7V$                      | 2.3  |      | $V_{SS}$ | V       |
|  |              | $V_{SS} \geq 7V$                      | 2.3  |      | 7        | V       |
| Low Voltage Input Current                | $I_{IL}$     | $V_I = 0V$                            |      |      | -10      | $\mu A$ |
| High Voltage Input Current               | $I_{IH}$     | $V_I = 4.5V$                          |      | 30   | 100      | $\mu A$ |
| Inhibit Low Voltage                      | $V_{INH, L}$ |                                       | -0.3 |      | 1.5      | V       |
| Inhibit High Voltage                     | $V_{INH, H}$ | $V_{SS} \leq 7V$                      | 2.3  |      | $V_{SS}$ | V       |
|  |              | $V_{SS} > 7V$                         | 2.3  |      | 7        | V       |
| Low Voltage Inhibit Current              | $V_{INH, L}$ |                                       |      | -30  | -100     | $\mu A$ |
| High Voltage Inhibit Current             | $V_{INH, H}$ |                                       |      |      | 10       | $\mu A$ |
| Source Output Saturation Voltage         | $V_{CEsatH}$ | $I_O = -1A$ (-0.6A for L293D)         |      | 1.4  | 1.8      | V       |
| Sink Output Saturation Voltage           | $V_{CEsatL}$ | $I_O = 1A$ (0.6A for L293D)           |      | 1.2  | 1.8      | V       |
| Clamp Diode Forward Voltage (L293D only) | $V_F$        | $I_F = 0.6A$                          |      | 1.3  |          | V       |
| Rise Time                                | $T_R$        | 0.1 to 0.9 $V_O$ (See Figure 1)       |      | 100  |          | ns      |
| Fall Time                                | $T_F$        | 0.9 to 0.1 $V_O$ (See Figure 1)       |      | 350  |          | ns      |
| Turn-on Delay                            | $T_{ON}$     | 0.5 $V_I$ to 0.5 $V_O$ (See Figure 1) |      | 750  |          | ns      |
| Turn-off Delay                           | $T_{OFF}$    | 0.5 $V_I$ to 0.5 $V_O$ (See Figure 1) |      | 200  |          | ns      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SCHEMATIC DIAGRAM**



**APPLICATION INFORMATION**

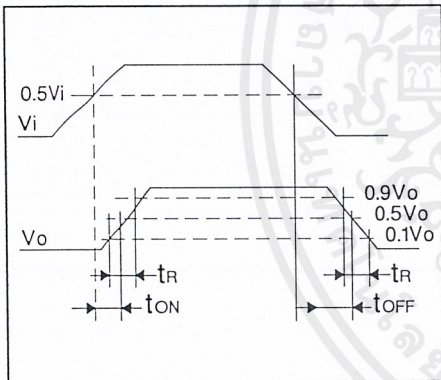


Figure 1: Switching Times

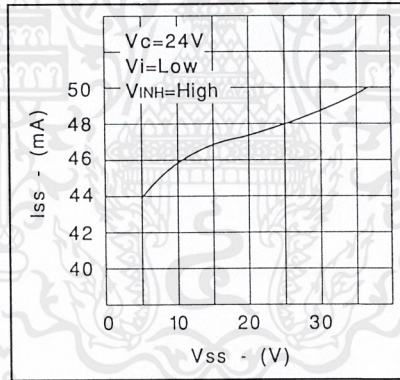


Figure 2: Quiescent Logic Supply Current vs Logic Supply Voltage

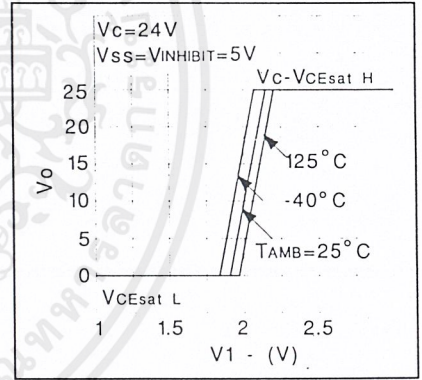


Figure 3: Output Voltage vs Input Voltage

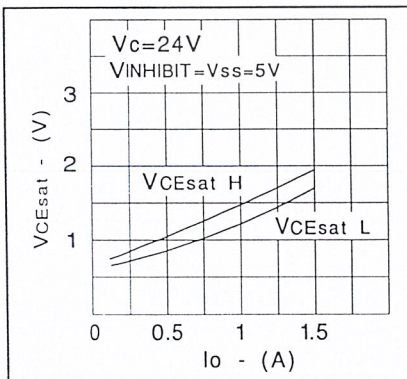


Figure 4: L293 Saturation vs Output Current

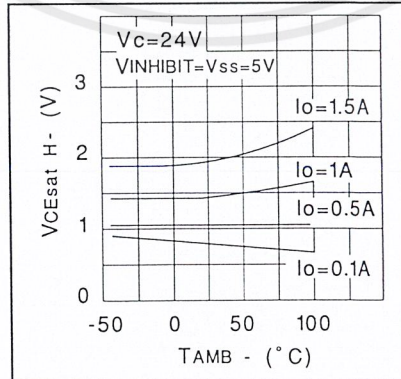


Figure 5: L293 Source Saturation vs Ambient Temperature

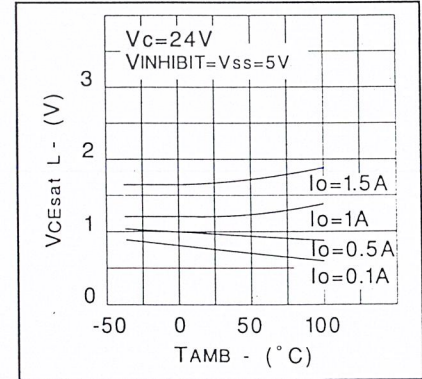


Figure 6: L293 Sink Saturation Voltage vs Ambient Temperature

NOTE: For L293D curves, multiply output current by 0.6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION (Cont.)

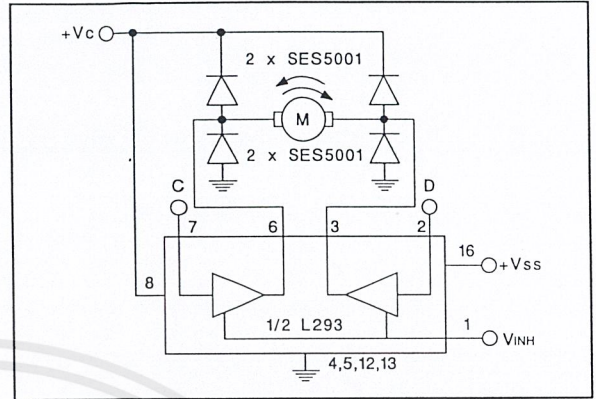
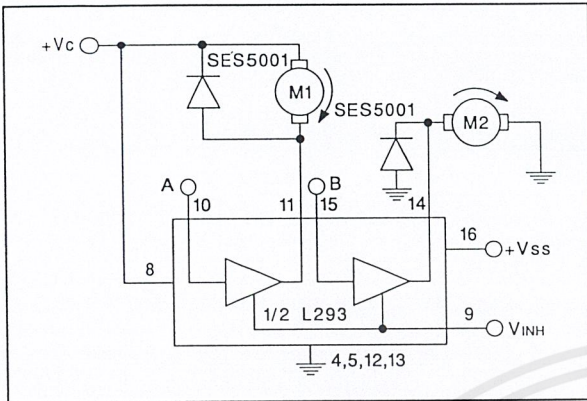


Figure 7: DC Motor Controls (with Connection to Ground and to Supply Voltage)

Figure 8: Bidirectional DC Motor Control

| V <sub>INH</sub> | A | M1                      | B | M2                      |
|------------------|---|-------------------------|---|-------------------------|
| H                | H | Fast Motor Stop         | H | Run                     |
| H                | L | Run                     | L | Fast Motor Stop         |
| L                | X | Free Running Motor Stop | X | Free Running Motor Stop |

L = Low H = High X = Don't Care

| V <sub>INH</sub> | INPUTS       |                         | FUNCTION   |
|------------------|--------------|-------------------------|------------|
|                  | H            | C = H; D = L            | Turn Right |
| H                | C = L; D = H | Turn Left               |            |
| L                | C = D        | Fast Motor Stop         |            |
| L                | C = X; D = X | Free Running Motor Stop |            |

L = Low H = High X = Don't Care

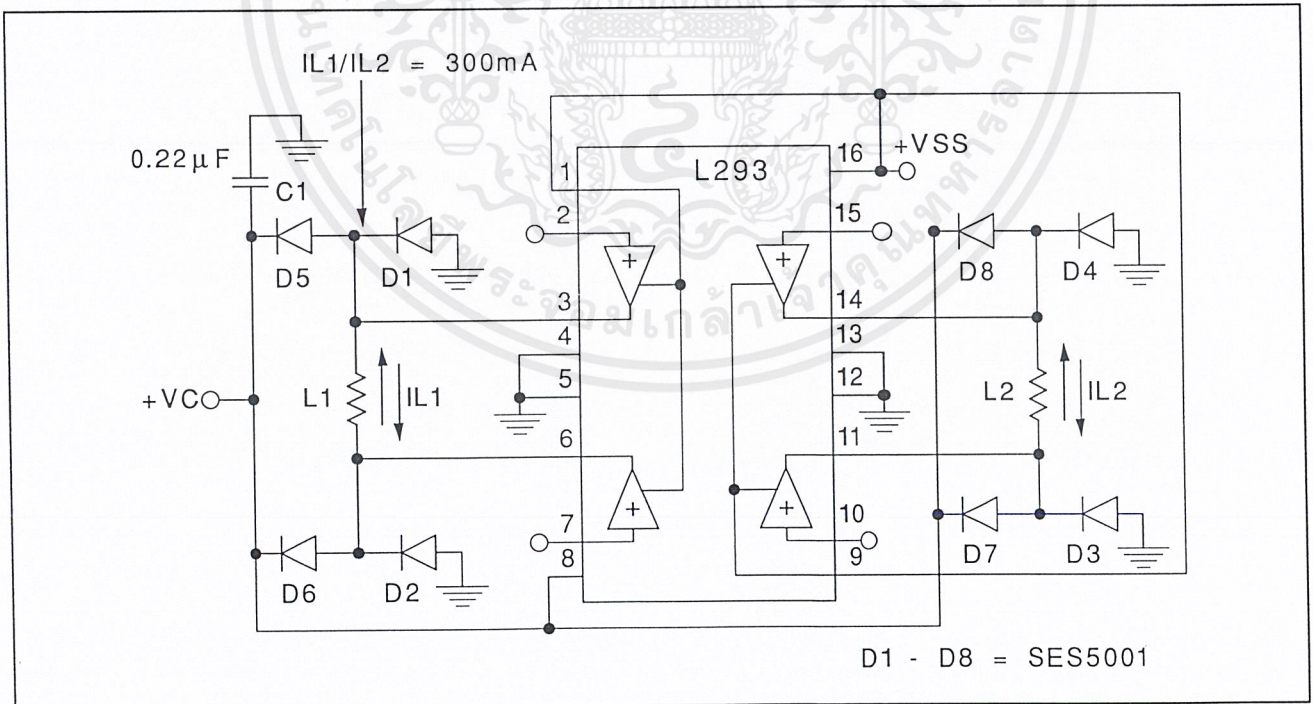


Figure 9: Bipolar Stepping Motor Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**MOUNTING INSTRUCTIONS**

The  $R_{thj-amp}$  of the L293 can be reduced by soldering the GND pins to a suitable copper area of the printed circuit board or to an external heatsink.

The diagram of Figure 13 shows the maximum package power  $P_{tot}$  and the  $\theta_{JA}$  as a function of the side "l" of two equal square copper areas having a thickness of  $35\mu$  (see

Figure 10). In addition, it is possible to use an external heatsink (see Figure 11).

During soldering the pins' temperature must not exceed  $260^{\circ}\text{C}$  and the soldering time must not be longer than 12 seconds.

The external heatsink or printed circuit copper area must be connected to electrical ground.

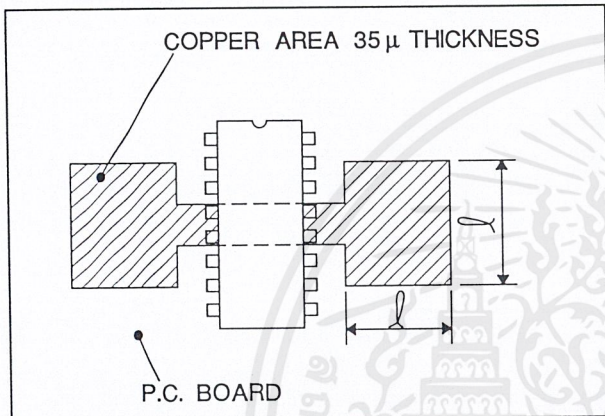


Figure 10: Example of P.C. Board Copper Area which is used as Heatsink

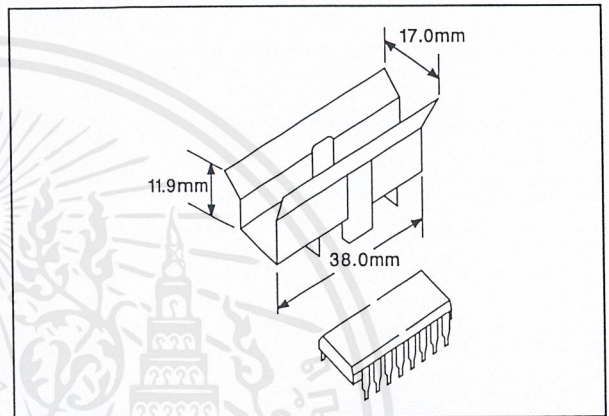


Figure 11: External Heatsink Mounting Example ( $\theta_{JA} = 25^{\circ}\text{C/W}$ )

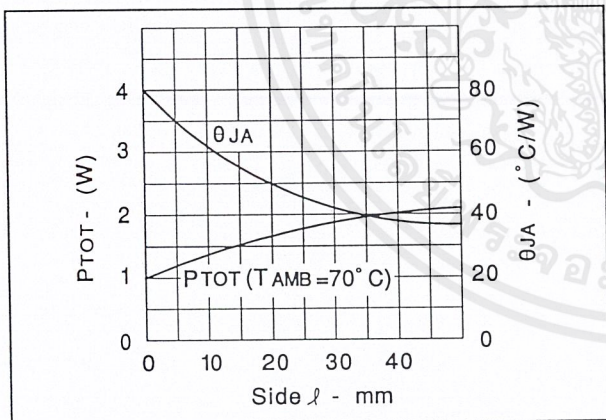


Figure 12: Maximum Package Power and Junction to Ambient Thermal Resistance

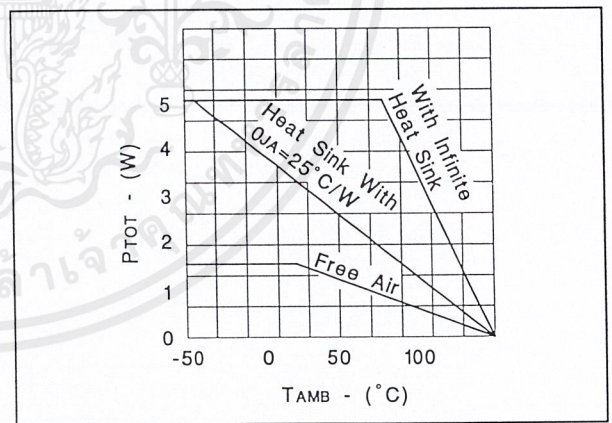


Figure 13: Maximum Allowable Power Dissipation vs Ambient Temperature

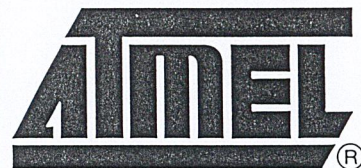
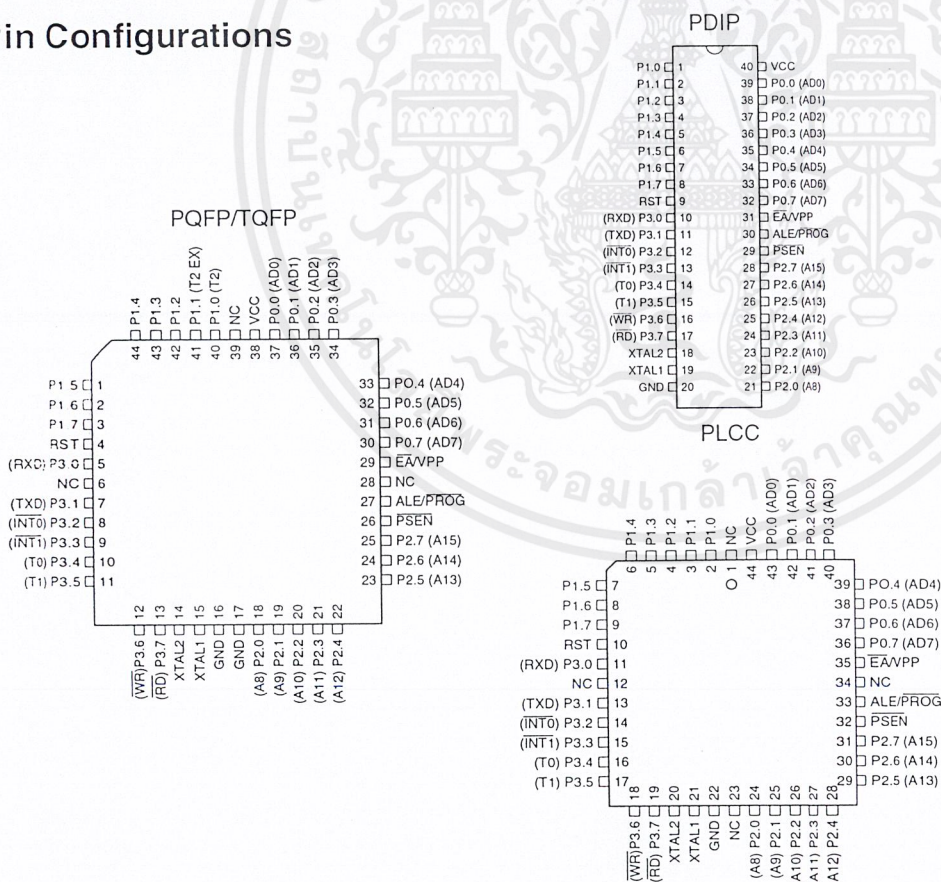
## Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

## Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

## Pin Configurations



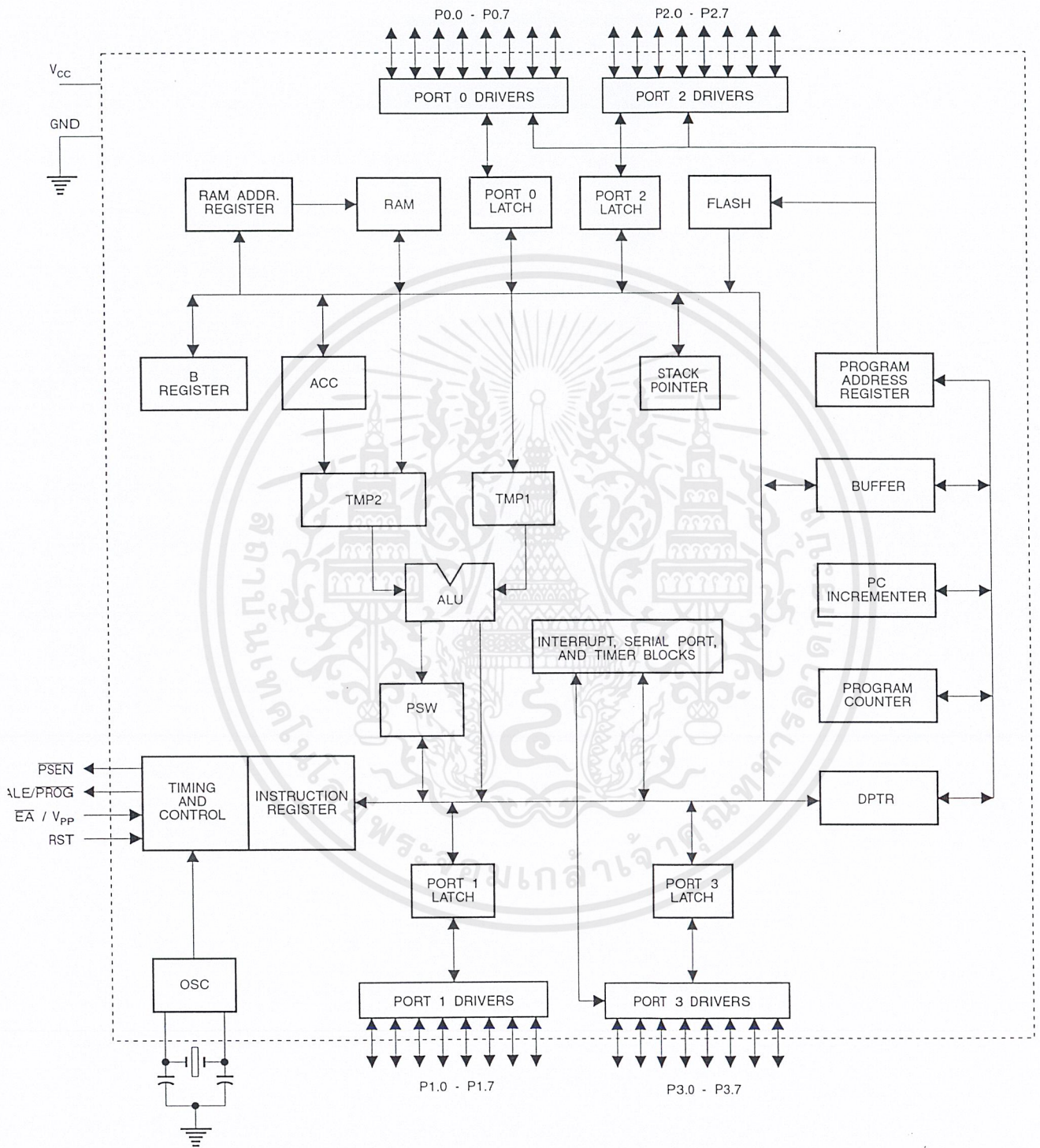
# 8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

## AT89C51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power-down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

## Pin Description

### VCC

Supply voltage.

### GND

Ground.

### Port 0

Port 0 is an 8-bit open-drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

### Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

### Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs,

Port 2 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

### Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

| Port Pin | Alternate Functions                                 |
|----------|---|
| P3.0     | RXD (serial input port)                             |
| P3.1     | TXD (serial output port)                            |
| P3.2     | $\overline{INT0}$ (external interrupt 0)            |
| P3.3     | $\overline{INT1}$ (external interrupt 1)            |
| P3.4     | T0 (timer 0 external input)                         |
| P3.5     | T1 (timer 1 external input)                         |
| P3.6     | $\overline{WR}$ (external data memory write strobe) |
| P3.7     | $\overline{RD}$ (external data memory read strobe)  |

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

### RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

### ALE/PROG

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ( $\overline{PROG}$ ) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE



pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

**PSEN**

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C51 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.

**EA/VPP**

External Access Enable. EA must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, EA will be internally latched on reset.

EA should be strapped to VCC for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (VPP) during Flash programming, for parts that require 12-volt VPP.

**XTAL1**

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

**XTAL2**

Output from the inverting oscillator amplifier.

**Oscillator Characteristics**

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left

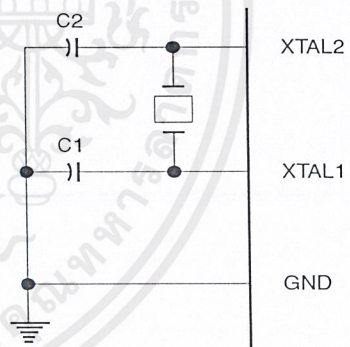
unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

**Idle Mode**

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals  
 = 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

**Status of External Pins During Idle and Power-down Modes**

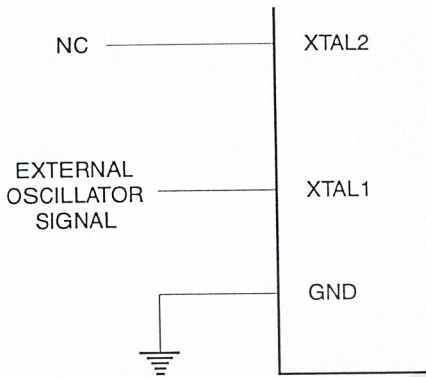
| Mode       | Program Memory | ALE | PSEN | PORT0 | PORT1 | PORT2   | PORT3 |
|------------|----------------|-----|------|-------|-------|---------|-------|
| Idle       | Internal       | 1   | 1    | Data  | Data  | Data    | Data  |
| Idle       | External       | 1   | 1    | Float | Data  | Address | Data  |
| Power-down | Internal       | 0   | 0    | Data  | Data  | Data    | Data  |
| Power-down | External       | 0   | 0    | Float | Data  | Data    | Data  |

**AT89C51**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Figure 2. External Clock Drive Configuration



## Power-down Mode

In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Regis-

ters retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before  $V_{CC}$  is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

## Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the  $\overline{EA}$  pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of  $\overline{EA}$  be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

## Lock Bit Protection Modes

|   | Program Lock Bits |     |     | Protection Type   |
|---|-------------------|-----|-----|---|
|   | LB1               | LB2 | LB3 |   |
| 1 | U                 | U   | U   | No program lock features  |
| 2 | P                 | U   | U   | MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled |
| 3 | P                 | P   | U   | Same as mode 2, also verify is disabled   |
| 4 | P                 | P   | P   | Same as mode 3, also external execution is disabled   |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage ( $V_{CC}$ ) program enable signal. The low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

|               | $V_{PP} = 12V$                               | $V_{PP} = 5V$                                |
|---------------|--|--|
| Top-Side Mark | AT89C51<br>xxxx<br>yyww                      | AT89C51<br>xxxx-5<br>yyww                    |
| Signature     | (030H) = 1EH<br>(031H) = 51H<br>(032H) = FFH | (030H) = 1EH<br>(031H) = 51H<br>(032H) = 05H |

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

**Programming Algorithm:** Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 3 and Figure 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise  $\overline{EA}/V_{PP}$  to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse  $\overline{ALE}/\overline{PROG}$  once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address

and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

**Data Polling:** The AT89C51 features  $\overline{Data}$  Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

**Ready/Busy:** The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

**Program Verify:** If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

**Chip Erase:** The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding  $\overline{ALE}/\overline{PROG}$  low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel

(031H) = 51H indicates 89C51

(032H) = FFH indicates 12V programming

(032H) = 05H indicates 5V programming

## Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

## AT89C51

### Flash Programming Modes

| Mode                | RST | PSEN | ALE/PROG | EA/V <sub>PP</sub> | P2.6 | P2.7 | P3.6 | P3.7 |
|---------------------|-----|------|----------|--------------------|------|------|------|------|
| Write Code Data     | H   | L    |          | H/12V              | L    | H    | H    | H    |
| Read Code Data      | H   | L    | H        | H                  | L    | L    | H    | H    |
| Write Lock          | H   | L    |          | H/12V              | H    | H    | H    | H    |
|                     |     |      |          |                    |      |      |      |      |
|                     |     |      |          |                    |      |      |      |      |
| Chip Erase          | H   | L    | (1)      | H/12V              | H    | L    | L    | L    |
| Read Signature Byte | H   | L    | H        | H                  | L    | L    | L    | L    |

Note: 1. Chip Erase requires a 10 ms PROG pulse.

Figure 3. Programming the Flash

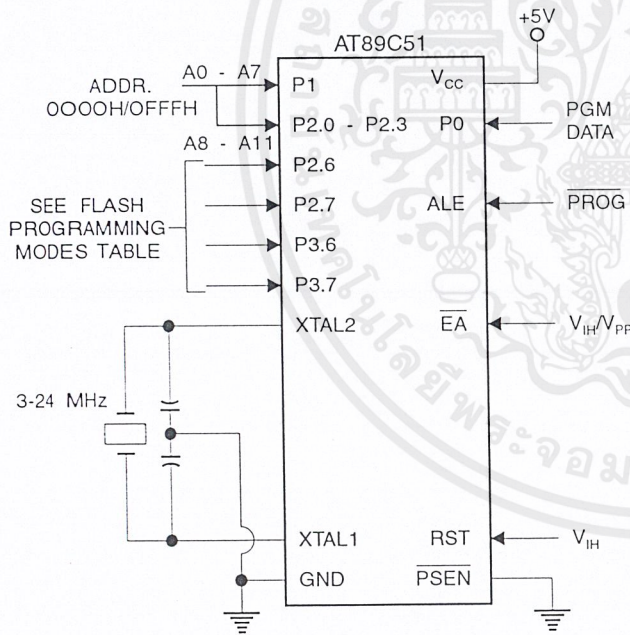
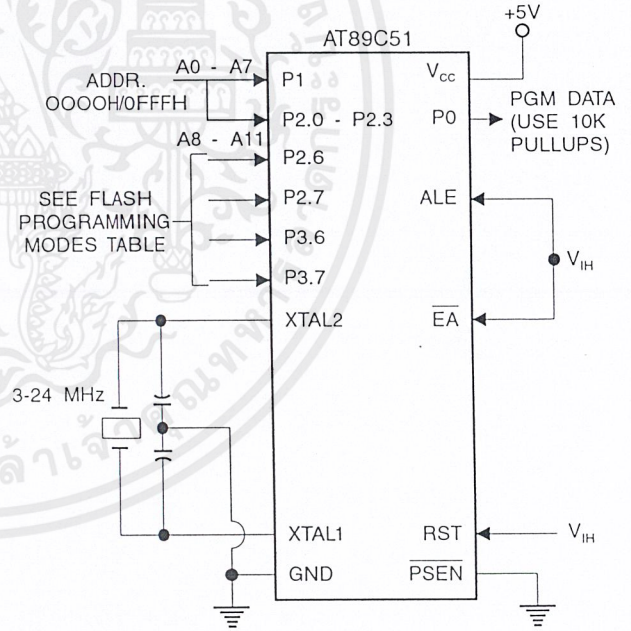
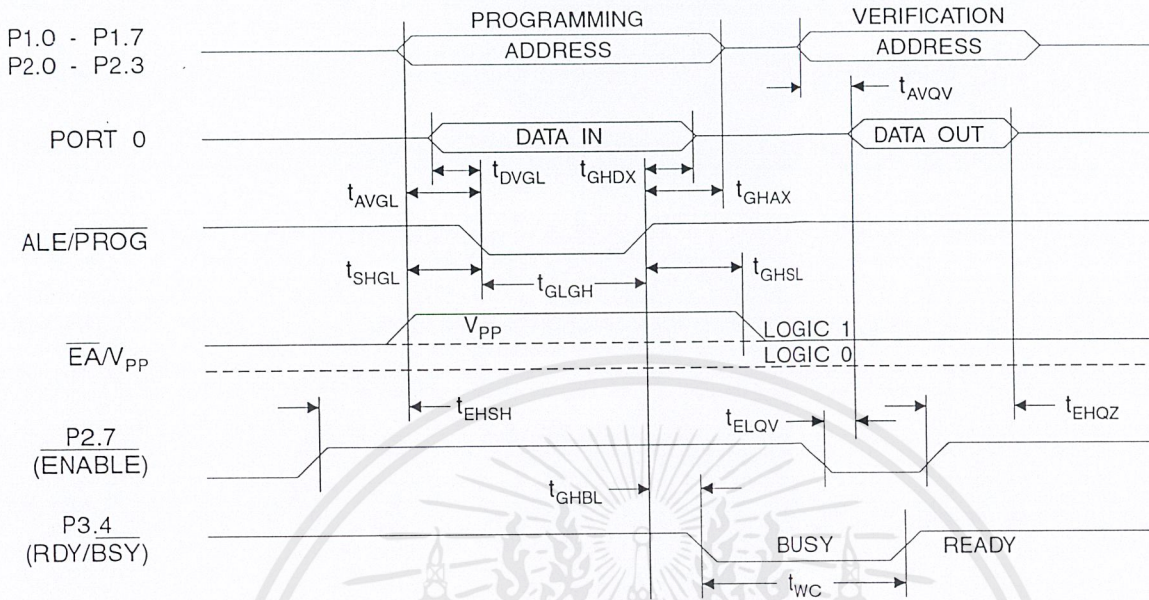


Figure 4. Verifying the Flash

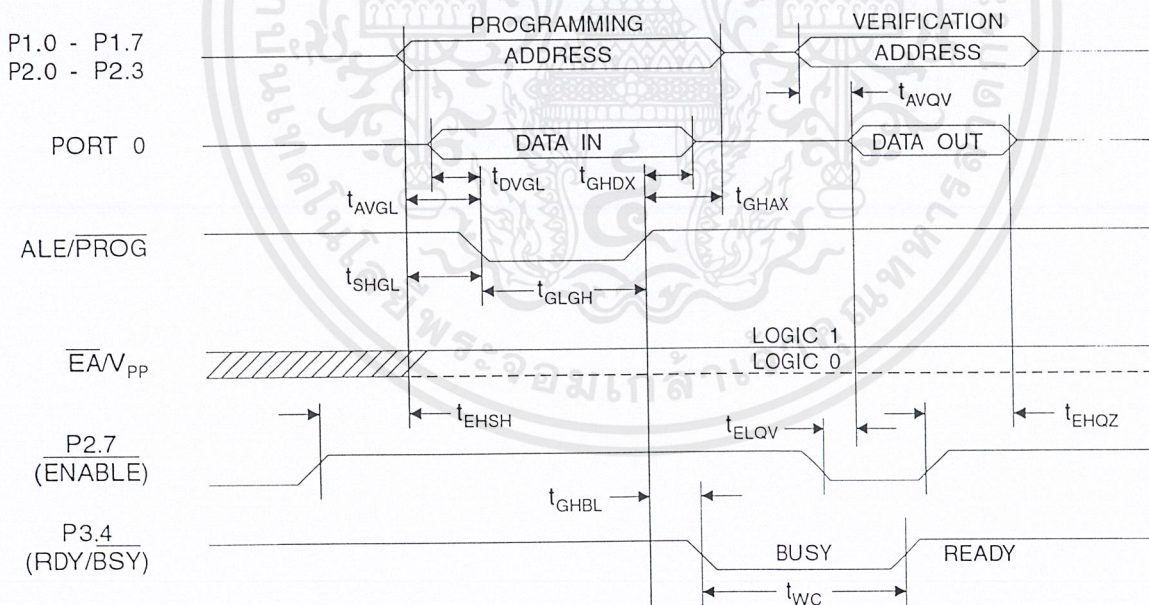


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Flash Programming and Verification Waveforms - High-voltage Mode ( $V_{PP} = 12V$ )



### Flash Programming and Verification Waveforms - Low-voltage Mode ( $V_{PP} = 5V$ )



## AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 0^\circ\text{C}$  to  $70^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

| Symbol           | Parameter                                      | Min          | Max          | Units         |
|------------------|--|--------------|--------------|---------------|
| $V_{PP}^{(1)}$   | Programming Enable Voltage                     | 11.5         | 12.5         | V             |
| $I_{PP}^{(1)}$   | Programming Enable Current                     |              | 1.0          | mA            |
| $1/t_{CLCL}$     | Oscillator Frequency                           | 3            | 24           | MHz           |
| $t_{AVGL}$       | Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low  | $48t_{CLCL}$ |              |               |
| $t_{GHAX}$       | Address Hold After $\overline{\text{PROG}}$    | $48t_{CLCL}$ |              |               |
| $t_{DVGL}$       | Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low     | $48t_{CLCL}$ |              |               |
| $t_{GHDX}$       | Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$       | $48t_{CLCL}$ |              |               |
| $t_{EHS}$        | P2.7 (ENABLE) High to $V_{PP}$                 | $48t_{CLCL}$ |              |               |
| $t_{SHGL}$       | $V_{PP}$ Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low | 10           |              | $\mu\text{s}$ |
| $t_{GHSL}^{(1)}$ | $V_{PP}$ Hold After $\overline{\text{PROG}}$   | 10           |              | $\mu\text{s}$ |
| $t_{GLGH}$       | $\overline{\text{PROG}}$ Width                 | 1            | 110          | $\mu\text{s}$ |
| $t_{AVQV}$       | Address to Data Valid                          |              | $48t_{CLCL}$ |               |
| $t_{ELQV}$       | ENABLE Low to Data Valid                       |              | $48t_{CLCL}$ |               |
| $t_{EHQZ}$       | Data Float After ENABLE                        | 0            | $48t_{CLCL}$ |               |
| $t_{GHBL}$       | $\overline{\text{PROG}}$ High to BUSY Low      |              | 1.0          | $\mu\text{s}$ |
| $t_{WC}$         | Byte Write Cycle Time                          |              | 2.0          | ms            |

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings\*

|   |                 |
|---|-----------------|
| Operating Temperature.....                        | -55°C to +125°C |
| Storage Temperature.....                          | -65°C to +150°C |
| Voltage on Any Pin<br>with Respect to Ground..... | -1.0V to +7.0V  |
| Maximum Operating Voltage.....                    | 6.6V            |
| DC Output Current.....                            | 15.0 mA         |

\*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$  (unless otherwise noted)

| Symbol    | Parameter  | Condition  | Min                | Max                | Units            |
|-----------|--|--|--------------------|--------------------|------------------|
| $V_{IL}$  | Input Low-voltage  | (Except $\overline{EA}$ )                                    | -0.5               | $0.2 V_{CC} - 0.1$ | V                |
| $V_{IL1}$ | Input Low-voltage ( $\overline{EA}$ )                    |  | -0.5               | $0.2 V_{CC} - 0.3$ | V                |
| $V_{IH}$  | Input High-voltage                                       | (Except XTAL1, RST)  | $0.2 V_{CC} + 0.9$ | $V_{CC} + 0.5$     | V                |
| $V_{IH1}$ | Input High-voltage                                       | (XTAL1, RST)   | $0.7 V_{CC}$       | $V_{CC} + 0.5$     | V                |
| $V_{OL}$  | Output Low-voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)          | $I_{OL} = 1.6\text{ mA}$                                     |                    | 0.45               | V                |
| $V_{OL1}$ | Output Low-voltage <sup>(1)</sup><br>(Port 0, ALE, PSEN) | $I_{OL} = 3.2\text{ mA}$                                     |                    | 0.45               | V                |
| $V_{OH}$  | Output High-voltage<br>(Ports 1,2,3, ALE, PSEN)          | $I_{OH} = -60\ \mu\text{A}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$  | 2.4                |                    | V                |
|           |  | $I_{OH} = -25\ \mu\text{A}$                                  | $0.75 V_{CC}$      |                    | V                |
|           |  | $I_{OH} = -10\ \mu\text{A}$                                  | $0.9 V_{CC}$       |                    | V                |
| $V_{OH1}$ | Output High-voltage<br>(Port 0 in External Bus Mode)     | $I_{OH} = -800\ \mu\text{A}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$ | 2.4                |                    | V                |
|           |  | $I_{OH} = -300\ \mu\text{A}$                                 | $0.75 V_{CC}$      |                    | V                |
|           |  | $I_{OH} = -80\ \mu\text{A}$                                  | $0.9 V_{CC}$       |                    | V                |
| $-I_{IL}$ | Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)                    | $V_{IN} = 0.45\text{V}$                                      |                    | -50                | $\mu\text{A}$    |
| $I_{TL}$  | Logical 1 to 0 Transition Current<br>(Ports 1,2,3)       | $V_{IN} = 2\text{V}$ , $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$         |                    | -650               | $\mu\text{A}$    |
| $I_{LI}$  | Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$ )         | $0.45 < V_{IN} < V_{CC}$                                     |                    | $\pm 10$           | $\mu\text{A}$    |
| RRST      | Reset Pull-down Resistor                                 |  | 50                 | 300                | $\text{K}\Omega$ |
| $C_{IO}$  | Pin Capacitance  | Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$                 |                    | 10                 | pF               |
| $I_{CC}$  | Power Supply Current                                     | Active Mode, 12 MHz  |                    | 20                 | mA               |
|           |  | Idle Mode, 12 MHz  |                    | 5                  | mA               |
|           | Power-down Mode <sup>(2)</sup>                           | $V_{CC} = 6\text{V}$   |                    | 100                | $\mu\text{A}$    |
|           |  | $V_{CC} = 3\text{V}$   |                    | 40                 | $\mu\text{A}$    |

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions,  $I_{OL}$  must be externally limited as follows:

- Maximum  $I_{OL}$  per port pin: 10 mA
- Maximum  $I_{OL}$  per 8-bit port: Port 0: 26 mA
- Ports 1, 2, 3: 15 mA
- Maximum total  $I_{OL}$  for all output pins: 71 mA

If  $I_{OL}$  exceeds the test condition,  $V_{OL}$  may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

- 2. Minimum  $V_{CC}$  for Power-down is 2V.

## AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$ , and  $\overline{\text{PSEN}}$  = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

## External Program and Data Memory Characteristics

| Symbol              | Parameter   | 12 MHz Oscillator |     | 16 to 24 MHz Oscillator |                        | Units |
|---------------------|---|-------------------|-----|-------------------------|------------------------|-------|
|                     |   | Min               | Max | Min                     | Max                    |       |
| $1/t_{\text{CLCL}}$ | Oscillator Frequency  |                   |     | 0                       | 24                     | MHz   |
| $t_{\text{LHLL}}$   | ALE Pulse Width   | 127               |     | $2t_{\text{CLCL}}-40$   |                        | ns    |
| $t_{\text{AVLL}}$   | Address Valid to ALE Low  | 43                |     | $t_{\text{CLCL}}-13$    |                        | ns    |
| $t_{\text{LLAX}}$   | Address Hold After ALE Low  | 48                |     | $t_{\text{CLCL}}-20$    |                        | ns    |
| $t_{\text{LLIV}}$   | ALE Low to Valid Instruction In                                   |                   | 233 |                         | $4t_{\text{CLCL}}-65$  | ns    |
| $t_{\text{LLPL}}$   | ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low                           | 43                |     | $t_{\text{CLCL}}-13$    |                        | ns    |
| $t_{\text{PLPH}}$   | $\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width                              | 205               |     | $3t_{\text{CLCL}}-20$   |                        | ns    |
| $t_{\text{PLIV}}$   | $\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In              |                   | 145 |                         | $3t_{\text{CLCL}}-45$  | ns    |
| $t_{\text{PXIX}}$   | Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$             | 0                 |     | 0                       |                        | ns    |
| $t_{\text{PXIZ}}$   | Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$            |                   | 59  |                         | $t_{\text{CLCL}}-10$   | ns    |
| $t_{\text{PXAV}}$   | $\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid                         | 75                |     | $t_{\text{CLCL}}-8$     |                        | ns    |
| $t_{\text{AVIV}}$   | Address to Valid Instruction In                                   |                   | 312 |                         | $5t_{\text{CLCL}}-55$  | ns    |
| $t_{\text{PLAZ}}$   | $\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float                     |                   | 10  |                         | 10                     | ns    |
| $t_{\text{RLRH}}$   | $\overline{\text{RD}}$ Pulse Width                                | 400               |     | $6t_{\text{CLCL}}-100$  |                        | ns    |
| $t_{\text{WLWH}}$   | $\overline{\text{WR}}$ Pulse Width                                | 400               |     | $6t_{\text{CLCL}}-100$  |                        | ns    |
| $t_{\text{RLDV}}$   | $\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In                       |                   | 252 |                         | $5t_{\text{CLCL}}-90$  | ns    |
| $t_{\text{RHDX}}$   | Data Hold After $\overline{\text{RD}}$                            | 0                 |     | 0                       |                        | ns    |
| $t_{\text{RHDX}}$   | Data Float After $\overline{\text{RD}}$                           |                   | 97  |                         | $2t_{\text{CLCL}}-28$  | ns    |
| $t_{\text{LLDV}}$   | ALE Low to Valid Data In  |                   | 517 |                         | $8t_{\text{CLCL}}-150$ | ns    |
| $t_{\text{AVDV}}$   | Address to Valid Data In  |                   | 585 |                         | $9t_{\text{CLCL}}-165$ | ns    |
| $t_{\text{LLWL}}$   | ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low   | 200               | 300 | $3t_{\text{CLCL}}-50$   | $3t_{\text{CLCL}}+50$  | ns    |
| $t_{\text{AVWL}}$   | Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low   | 203               |     | $4t_{\text{CLCL}}-75$   |                        | ns    |
| $t_{\text{QVWX}}$   | Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition                   | 23                |     | $t_{\text{CLCL}}-20$    |                        | ns    |
| $t_{\text{QVWH}}$   | Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High                         | 433               |     | $7t_{\text{CLCL}}-120$  |                        | ns    |
| $t_{\text{WHQX}}$   | Data Hold After $\overline{\text{WR}}$                            | 33                |     | $t_{\text{CLCL}}-20$    |                        | ns    |
| $t_{\text{RLAZ}}$   | $\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float                       |                   | 0   |                         | 0                      | ns    |
| $t_{\text{WHLH}}$   | $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High | 43                | 123 | $t_{\text{CLCL}}-20$    | $t_{\text{CLCL}}+25$   | ns    |

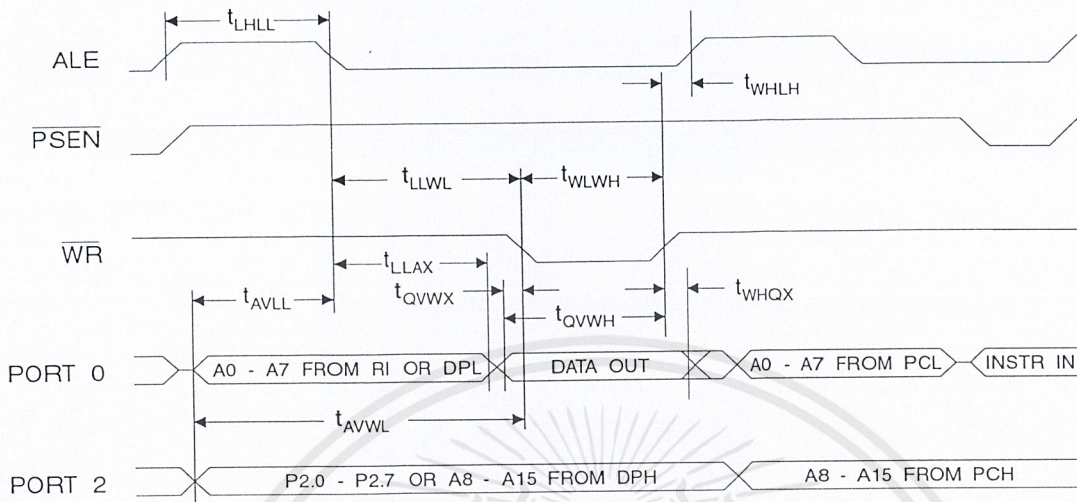


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

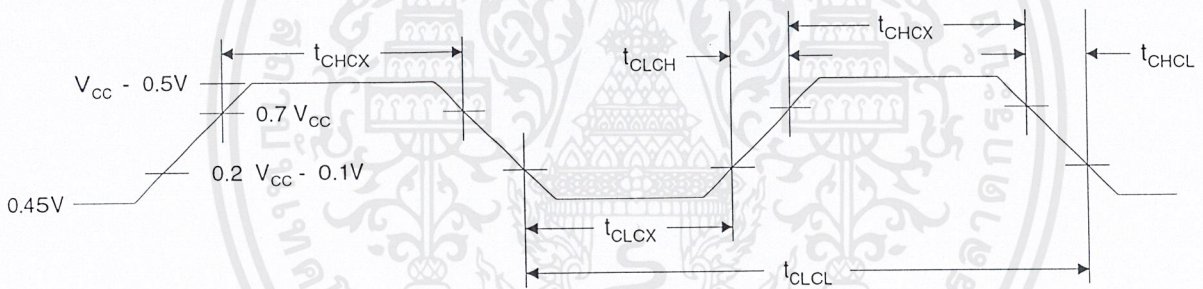




### External Data Memory Write Cycle



### External Clock Drive Waveforms



### External Clock Drive

| Symbol       | Parameter            | Min  | Max | Units |
|--------------|----------------------|------|-----|-------|
| $1/t_{CLCL}$ | Oscillator Frequency | 0    | 24  | MHz   |
| $t_{CLCL}$   | Clock Period         | 41.6 |     | ns    |
| $t_{CHCX}$   | High Time            | 15   |     | ns    |
| $t_{CLCX}$   | Low Time             | 15   |     | ns    |
| $t_{CLCH}$   | Rise Time            |      | 20  | ns    |
| $t_{CHCL}$   | Fall Time            |      | 20  | ns    |



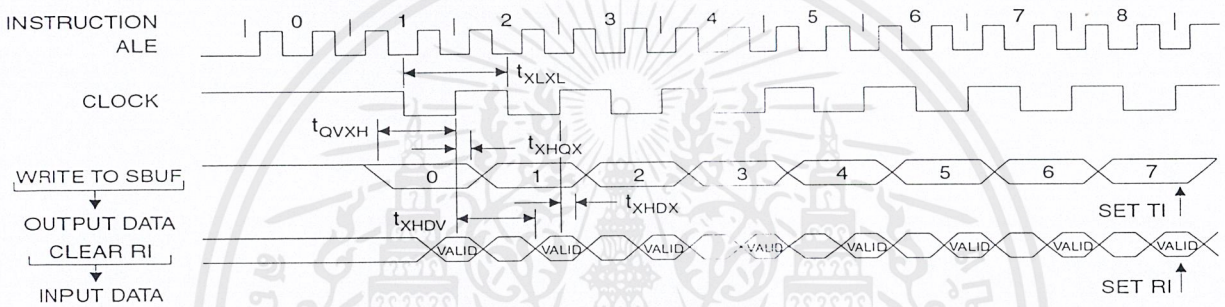
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

( $V_{CC} = 5.0\text{ V} \pm 20\%$ ; Load Capacitance = 80 pF)

| Symbol     | Parameter                                | 12 MHz Osc |     | Variable Oscillator |                  | Units         |
|------------|--|------------|-----|---------------------|------------------|---------------|
|            |  | Min        | Max | Min                 | Max              |               |
| $t_{XLXL}$ | Serial Port Clock Cycle Time             | 1.0        |     | $12t_{CLCL}$        |                  | $\mu\text{s}$ |
| $t_{QVXH}$ | Output Data Setup to Clock Rising Edge   | 700        |     | $10t_{CLCL}-133$    |                  | ns            |
| $t_{XHGX}$ | Output Data Hold After Clock Rising Edge | 50         |     | $2t_{CLCL}-117$     |                  | ns            |
| $t_{XHDX}$ | Input Data Hold After Clock Rising Edge  | 0          |     | 0                   |                  | ns            |
| $t_{XHDV}$ | Clock Rising Edge to Input Data Valid    |            | 700 |                     | $10t_{CLCL}-133$ | ns            |

### Shift Register Mode Timing Waveforms



### AC Testing Input/Output Waveforms<sup>(1)</sup> Float Waveforms<sup>(1)</sup>



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at  $V_{CC} - 0.5V$  for a logic 1 and  $0.45V$  for a logic 0. Timing measurements are made at  $V_{IH}$  min. for a logic 1 and  $V_{IL}$  max. for a logic 0.

Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded  $V_{OH}/V_{OL}$  level occurs.

## AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Ordering Information

| Speed (MHz) | Power Supply | Ordering Code | Package | Operation Range               |
|-------------|--------------|---------------|---------|-------------------------------|
| 12          | 5V ± 20%     | AT89C51-12AC  | 44A     | Commercial<br>(0°C to 70°C)   |
|             |              | AT89C51-12JC  | 44J     |                               |
|             |              | AT89C51-12PC  | 40P6    |                               |
|             |              | AT89C51-12QC  | 44Q     |                               |
|             |              | AT89C51-12AI  | 44A     | Industrial<br>(-40°C to 85°C) |
|             |              | AT89C51-12JI  | 44J     |                               |
|             |              | AT89C51-12PI  | 40P6    |                               |
|             |              | AT89C51-12QI  | 44Q     |                               |
| 16          | 5V ± 20%     | AT89C51-16AC  | 44A     | Commercial<br>(0°C to 70°C)   |
|             |              | AT89C51-16JC  | 44J     |                               |
|             |              | AT89C51-16PC  | 40P6    |                               |
|             |              | AT89C51-16QC  | 44Q     |                               |
|             |              | AT89C51-16AI  | 44A     | Industrial<br>(-40°C to 85°C) |
|             |              | AT89C51-16JI  | 44J     |                               |
|             |              | AT89C51-16PI  | 40P6    |                               |
|             |              | AT89C51-16QI  | 44Q     |                               |
| 20          | 5V ± 20%     | AT89C51-20AC  | 44A     | Commercial<br>(0°C to 70°C)   |
|             |              | AT89C51-20JC  | 44J     |                               |
|             |              | AT89C51-20PC  | 40P6    |                               |
|             |              | AT89C51-20QC  | 44Q     |                               |
|             |              | AT89C51-20AI  | 44A     | Industrial<br>(-40°C to 85°C) |
|             |              | AT89C51-20JI  | 44J     |                               |
|             |              | AT89C51-20PI  | 40P6    |                               |
|             |              | AT89C51-20QI  | 44Q     |                               |
| 24          | 5V ± 20%     | AT89C51-24AC  | 44A     | Commercial<br>(0°C to 70°C)   |
|             |              | AT89C51-24JC  | 44J     |                               |
|             |              | AT89C51-24PC  | 40P6    |                               |
|             |              | AT89C51-24QC  | 44Q     |                               |
|             |              | AT89C51-24AI  | 44A     | Industrial<br>(-40°C to 85°C) |
|             |              | AT89C51-24JI  | 44J     |                               |
|             |              | AT89C51-24PI  | 40P6    |                               |
|             |              | AT89C51-24QI  | 44Q     |                               |

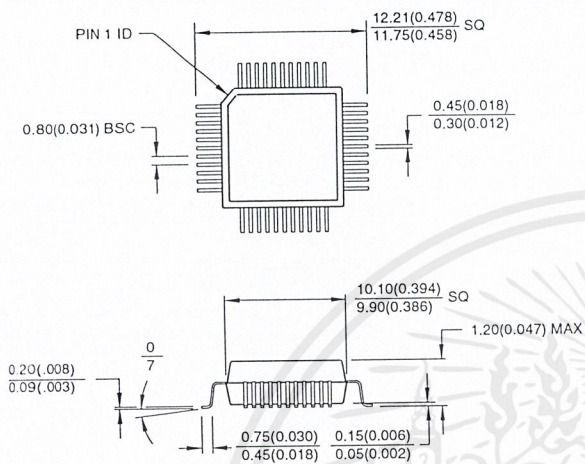
| Package Type |  |
|--------------|--|
| 44A          | 44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)     |
| 44J          | 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)            |
| 40P6         | 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP) |
| 44Q          | 44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)          |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

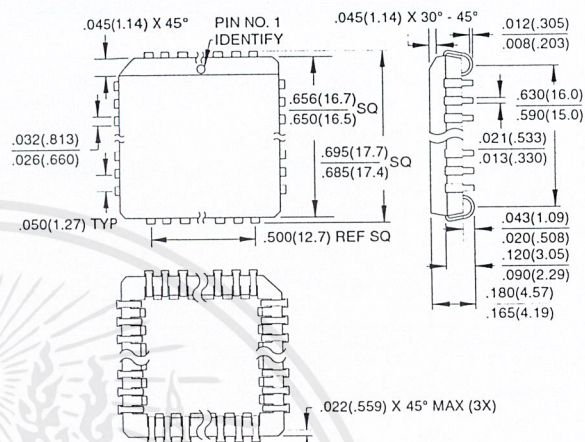
### Packaging Information

**44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)**  
 Dimensions in Millimeters and (Inches)\*  
 JEDEC STANDARD MS-026 ACB

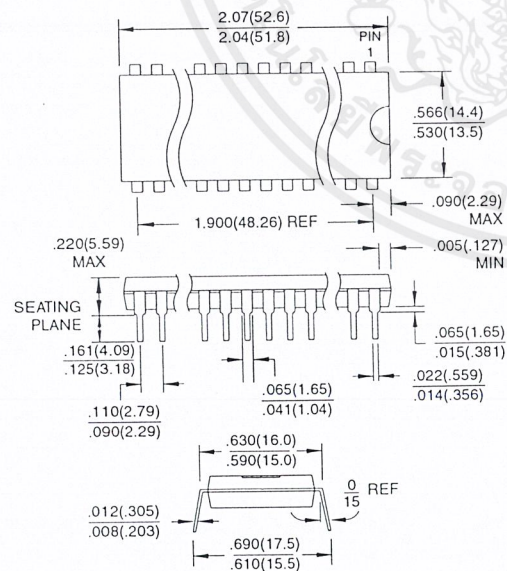


Controlling dimension: millimeters

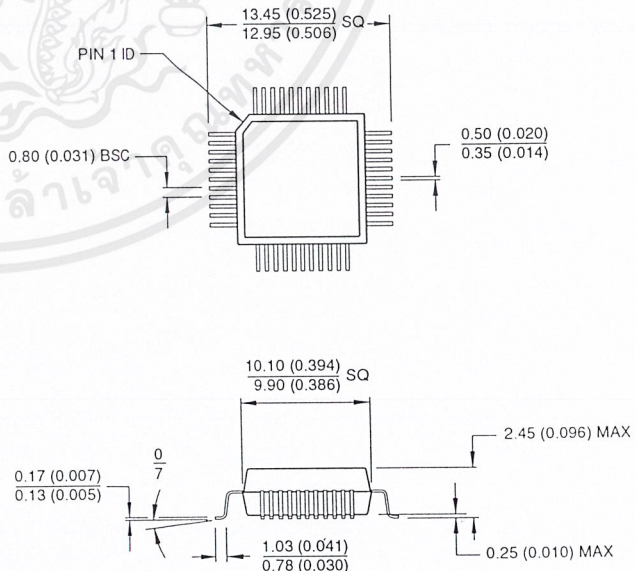
**44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)**  
 Dimensions in Inches and (Millimeters)  
 JEDEC STANDARD MS-018 AC



**40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual In Line Package (PDIP)**  
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



**44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)**  
 Dimensions in Millimeters and (Inches)\*  
 JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters

## AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Atmel Headquarters***Corporate Headquarters*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131  
TEL (408) 441-0311  
FAX (408) 487-2600

*Europe*

Atmel U.K., Ltd.  
Coliseum Business Centre  
Riverside Way  
Camberley, Surrey GU15 3YL  
England  
TEL (44) 1276-686-677  
FAX (44) 1276-686-697

*Asia*

Atmel Asia, Ltd.  
Room 1219  
Chinachem Golden Plaza  
77 Mody Road Tsimhatsui  
East Kowloon  
Hong Kong  
TEL (852) 2721-9778  
FAX (852) 2722-1369

*Japan*

Atmel Japan K.K.  
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.  
1-24-8 Shinkawa  
Chuo-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
TEL (81) 3-3523-3551  
FAX (81) 3-3523-7581

**Atmel Operations***Atmel Colorado Springs*

1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906  
TEL (719) 576-3300  
FAX (719) 540-1759

*Atmel Rousset*

Zone Industrielle  
13106 Rousset Cedex  
France  
TEL (33) 4-4253-6000  
FAX (33) 4-4253-6001

*Fax-on-Demand*

North America:  
1-(800) 292-8635  
International:  
1-(408) 441-0732

*e-mail*

literature@atmel.com

*Web Site*

<http://www.atmel.com>

*BBS*

1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 2000.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

0265G-02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



February 1984  
Revised February 1999

## MM74HCT138 3-to-8 Line Decoder

### General Description

The MM74HCT138 decoder utilizes advanced silicon-gate CMOS technology, and are well suited to memory address decoding or data routing applications. Both circuits feature high noise immunity and low power consumption usually associated with CMOS circuitry, yet have speeds comparable to low power Schottky TTL logic.

The MM74HCT138 have 3 binary select inputs (A, B, and C). If the device is enabled these inputs determine which one of the eight normally HIGH outputs will go LOW. Two active LOW and one active HIGH enables (G1, G2A and G2B) are provided to ease the cascading decoders.

The decoders' output can drive 10 low power Schottky TTL equivalent loads and are functionally and pin equivalent to

the 74LS138. All inputs are protected from damage due to static discharge by diodes to  $V_{CC}$  and ground.

MM74HCT devices are intended to interface between TTL and NMOS components and standard CMOS devices. These parts are also plug-in replacements for LS-TTL devices and can be used to reduce power consumption in existing designs.

### Features

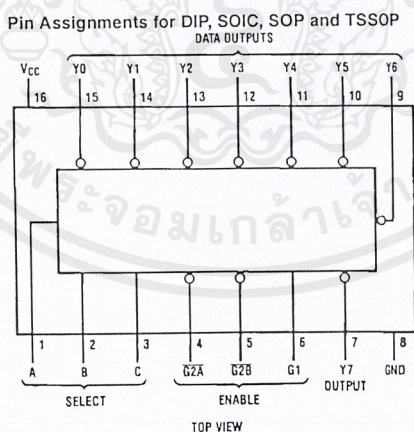
- TTL input compatible
- Typical propagation delay: 20 ns
- Low quiescent current: 80  $\mu$ A maximum (74HCT Series)
- Low input current: 1  $\mu$ A maximum
- Fanout of 10 LS-TTL loads

### Ordering Code:

| Order Number  | Package Number | Package Description  |
|---------------|----------------|--|
| MM74HCT138M   | M16A           | 16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow |
| MM74HCT138SJ  | M16D           | 16-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide                |
| MM74HCT138MTC | MTC16          | 16-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide  |
| MM74HCT138N   | N16E           | 16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide       |

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

### Connection Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

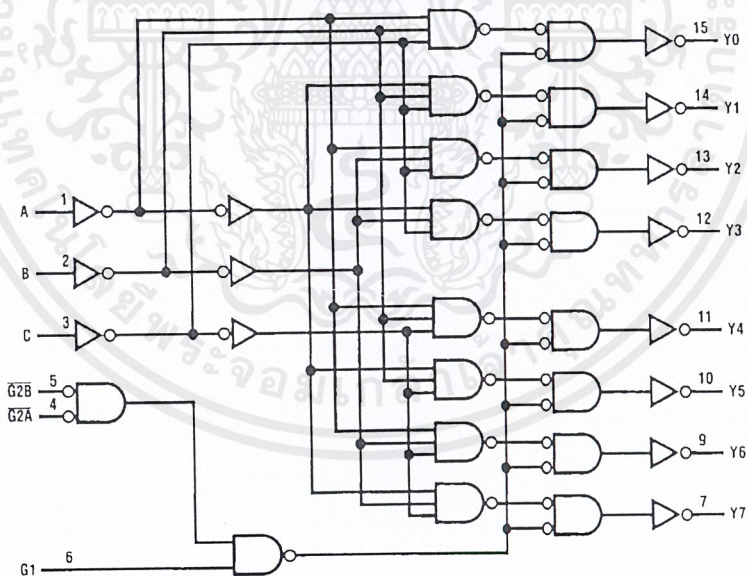
MM74HCT138

Truth Table

| Inputs |                             |        |   | Outputs |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|-----------------------------|--------|---|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Enable |                             | Select |   |         | Y0 | Y1 | Y2 | Y3 | Y4 | Y5 | Y6 | Y7 |
| G1     | $\overline{G2}$<br>(Note 1) | C      | B | A       |    |    |    |    |    |    |    |    |
| X      | H                           | X      | X | X       | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  |
| L      | X                           | X      | X | X       | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  |
| H      | L                           | L      | L | L       | L  | H  | H  | H  | H  | H  | H  | H  |
| H      | L                           | L      | L | H       | H  | L  | H  | H  | H  | H  | H  | H  |
| H      | L                           | L      | H | L       | H  | H  | L  | H  | H  | H  | H  | H  |
| H      | L                           | L      | H | H       | H  | H  | H  | L  | H  | H  | H  | H  |
| H      | L                           | H      | L | L       | H  | H  | H  | H  | L  | H  | H  | H  |
| H      | L                           | H      | L | H       | H  | H  | H  | H  | L  | H  | H  | H  |
| H      | L                           | H      | H | L       | H  | H  | H  | H  | H  | L  | H  | H  |
| H      | L                           | H      | H | H       | H  | H  | H  | H  | H  | H  | L  | H  |

H = HIGH Level  
 L = LOW Level  
 X = Don't Care  
 Note 1:  $\overline{G2} = \overline{G2A} + \overline{G2B}$

Logic Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Absolute Maximum Ratings <sup>(Note 2)</sup>     |                         | Recommended Operating Conditions                 |     | Min      | Max | Units |
|--|-------------------------|--|-----|----------|-----|-------|
| Supply Voltage ( $V_{CC}$ )                      | -0.5 to +7.0V           | Supply Voltage ( $V_{CC}$ )                      | 4.5 | 5.5      | V   |       |
| DC Input Voltage ( $V_{IN}$ )                    | -1.5 to $V_{CC} + 1.5V$ | DC Input or Output Voltage ( $V_{IN}, V_{OUT}$ ) | 0   | $V_{CC}$ | V   |       |
| DC Output Voltage ( $V_{OUT}$ )                  | -0.5 to $V_{CC} + 0.5V$ | Operating Temperature Range ( $T_A$ )            | -40 | +85      | °C  |       |
| Clamp Diode Current ( $I_{IK}, I_{OK}$ )         | ±20 mA                  | Input Rise or Fall Times ( $t_r, t_f$ )          |     | 500      | ns  |       |
| DC Output Current, per pin ( $I_{OUT}$ )         | ±25 mA                  |  |     |          |     |       |
| DC $V_{CC}$ or GND Current, per pin ( $I_{CC}$ ) | ±50 mA                  |  |     |          |     |       |
| Storage Temperature Range ( $T_{STG}$ )          | -65°C to +150°C         |  |     |          |     |       |
| Power Dissipation ( $P_D$ )                      |                         |  |     |          |     |       |
| (Note 4)   | 600 mW                  |  |     |          |     |       |
| S.O. Package only                                | 500 mW                  |  |     |          |     |       |
| Lead Temperature ( $T_L$ )                       |                         |  |     |          |     |       |
| (Soldering 10 seconds)                           | 260°C                   |  |     |          |     |       |

Note 2: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.  
 Note 3: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.  
 Note 4: Power Dissipation temperature derating — plastic "N" package: -12 mW/°C from 65°C to 85°C.

### DC Electrical Characteristics

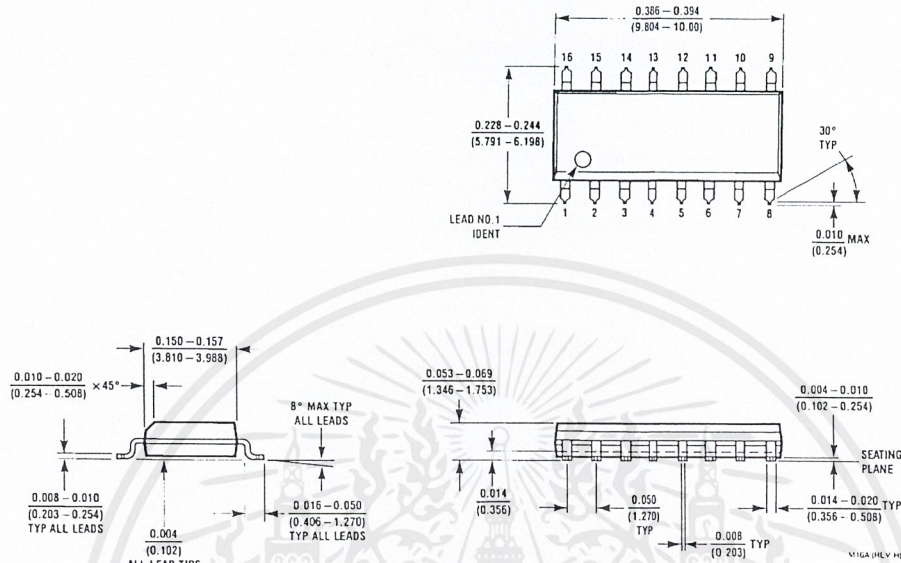
$V_{CC} = 5V \pm 10\%$  (unless otherwise specified)

| Symbol   | Parameter                         | Conditions  | $T_A = 25^\circ C$ |                   |                | Units          |    |
|----------|-----------------------------------|---|--------------------|-------------------|----------------|----------------|----|
|          |                                   |   | Typ                | Guaranteed Limits |                |                |    |
| $V_{IH}$ | Minimum HIGH Level Input Voltage  |   | 2.0                | 2.0               | 2.0            | V              |    |
| $V_{IL}$ | Maximum LOW Level Input Voltage   |   | 0.8                | 0.8               | 0.8            | V              |    |
| $V_{OH}$ | Minimum HIGH Level Output Voltage | $V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$<br>$ I_{OUT}  = 20 \mu A$ | $V_{CC}$           | $V_{CC} - 0.1$    | $V_{CC} - 0.1$ | $V_{CC} - 0.1$ | V  |
|          |                                   | $ I_{OUT}  = 4.0 mA, V_{CC} = 4.5V$                     | 4.2                | 3.98              | 3.84           | 3.7            | V  |
|          |                                   | $ I_{OUT}  = 4.8 mA, V_{CC} = 5.5V$                     | 5.2                | 4.98              | 4.84           | 4.7            | V  |
| $V_{OL}$ | Maximum LOW Level Output Voltage  | $V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$<br>$ I_{OUT}  = 20 \mu A$ | 0                  | 0.1               | 0.1            | 0.1            | V  |
|          |                                   | $ I_{OUT}  = 4.0 mA, V_{CC} = 4.5V$                     | 0.2                | 0.26              | 0.33           | 0.4            | V  |
|          |                                   | $ I_{OUT}  = 4.8 mA, V_{CC} = 5.5V$                     | 0.2                | 0.26              | 0.33           | 0.4            | V  |
| $I_{IN}$ | Maximum Input Current             | $V_{IN} = V_{CC}$ or GND,<br>$V_{IH}$ or $V_{IL}$       |                    | ±0.1              | ±1.0           | ±1.0           | μA |
| $I_{CC}$ | Maximum Quiescent Supply Current  | $V_{IN} = V_{CC}$ or GND<br>$I_{OUT} = 0 \mu A$         |                    | 8.0               | 80             | 160            | μA |
|          |                                   | $V_{IN} = 2.4V$ or 0.5V (Note 5)                        |                    | 0.3               | 0.4            | 0.5            | mA |

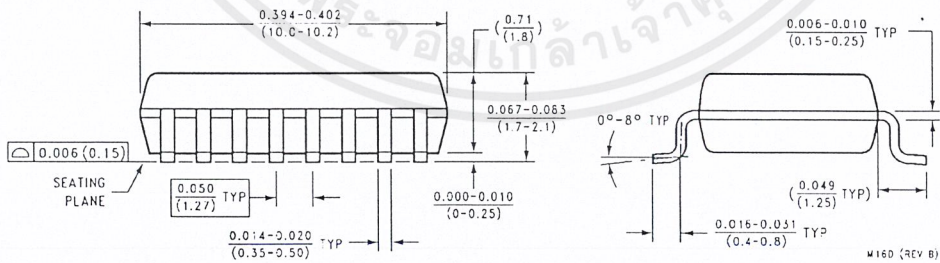
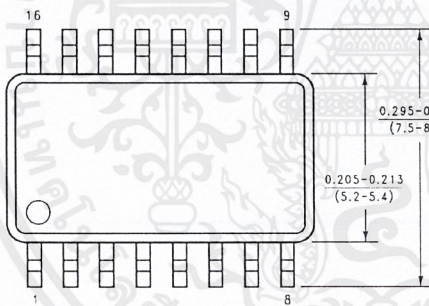
Note 5: This is measured per input pin. All other inputs are held at  $V_{CC}$  or ground.



**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted



**16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow Package Number M16A**

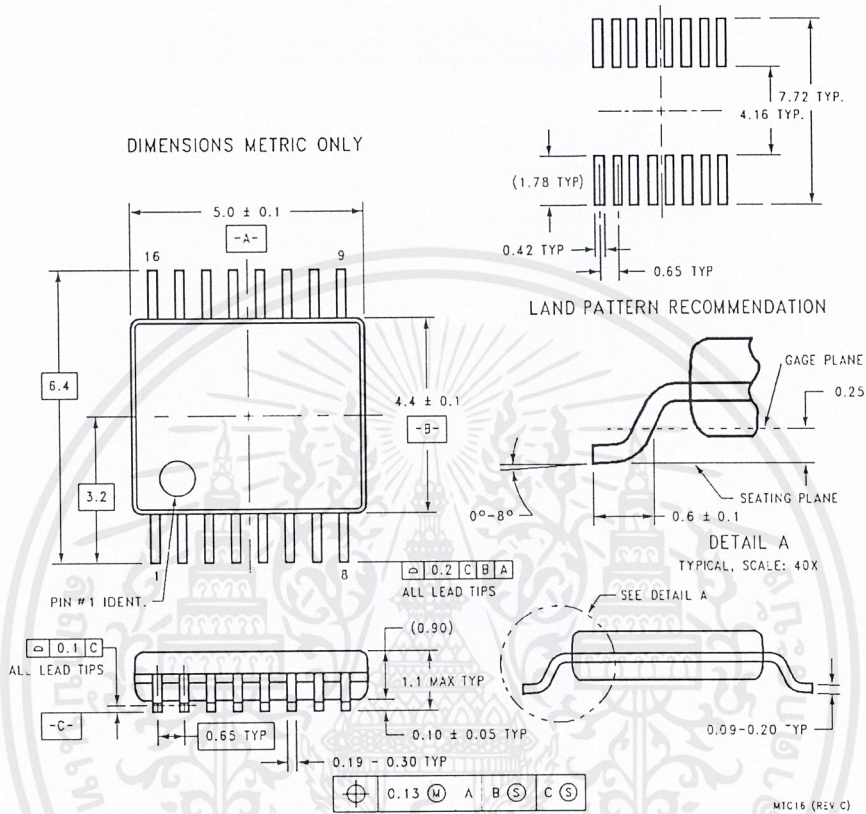


**16-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide Package Number M16D**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MM74HCT138

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



16-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide  
Package Number MTC16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**AC Electrical Characteristics** $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0\text{V}$ ,  $t_r = t_f = 6\text{ ns}$ ,  $C_L = 15\text{ pF}$  (unless otherwise specified)

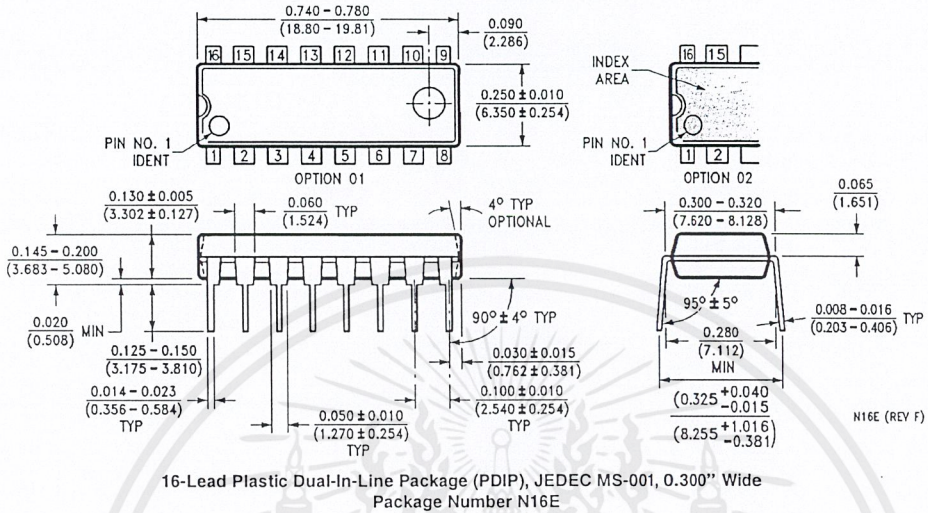
| Symbol    | Parameter   | Conditions | Typ | Guaranteed Limit | Units |
|-----------|---|------------|-----|------------------|-------|
| $t_{PHL}$ | Maximum Propagation Delay, A, B, or C to Output                             |            | 20  | 35               | ns    |
| $t_{PLH}$ | Maximum Propagation Delay, A, B, or C to Output                             |            | 13  | 25               | ns    |
| $t_{PHL}$ | Maximum Propagation Delay, G1 to Y Output                                   |            | 14  | 25               | ns    |
| $t_{PLH}$ | Maximum Propagation Delay, G1 to Y Output                                   |            | 13  | 25               | ns    |
| $t_{PHL}$ | Maximum Propagation Delay, $\overline{G2A}$ or $\overline{G2B}$ to Y Output |            | 17  | 30               | ns    |
| $t_{PLH}$ | Maximum Propagation Delay, $\overline{G2A}$ or $\overline{G2B}$ to Y Output |            | 13  | 25               | ns    |

**AC Electrical Characteristics** $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$ ,  $C_L = 50\text{ pF}$ ,  $t_r = t_f = 6\text{ ns}$  (unless otherwise specified)

| Symbol                | Parameter   | Conditions | $T_A = 25^\circ\text{C}$ |                   |    |    | Units |
|-----------------------|---|------------|--------------------------|-------------------|----|----|-------|
|                       |   |            | Typ                      | Guaranteed Limits |    |    |       |
| $t_{PHL}$             | Maximum Propagation Delay<br>A, B, or C to Output                             |            | 24                       | 40                | 50 | 60 | ns    |
| $t_{PLH}$             | Maximum Propagation Delay<br>A, B, or C to Output                             |            | 18                       | 30                | 38 | 45 | ns    |
| $t_{PHL}$             | Maximum Propagation Delay<br>G1 to Y Output                                   |            | 17                       | 30                | 38 | 45 | ns    |
| $t_{PLH}$             | Maximum Propagation Delay<br>G1 to Y Output                                   |            | 20                       | 30                | 38 | 45 | ns    |
| $t_{PHL}$             | Maximum Propagation Delay<br>$\overline{G2A}$ or $\overline{G2B}$ to Y Output |            | 23                       | 35                | 43 | 52 | ns    |
| $t_{PLH}$             | Maximum Propagation Delay<br>$\overline{G2A}$ or $\overline{G2B}$ to Y Output |            | 18                       | 30                | 38 | 45 | ns    |
| $t_{THL}$ , $t_{TLH}$ | Maximum Output<br>Rise and Fall Time  |            | 15                       | 19                | 22 | ns |       |
| $C_{IN}$              | Input Capacitance   |            |                          | 5                 | 10 | 10 | pF    |
| $C_{PD}$              | Power Dissipation<br>Capacitance  | (Note 6)   | 55                       |                   |    |    | pF    |

Note 6:  $C_{PD}$  determines the no load dynamic power consumption,  $P_D = C_{PD} V_{CC}^2 f + I_{CC} V_{CC}$ , and the no load dynamic current consumption,  $I_S = C_{PD} V_{CC} f + I_{CC}$

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



September 1983  
Revised February 1999

MM74HC573 3-STATE Octal D-Type Latch

## MM74HC573 3-STATE Octal D-Type Latch

### General Description

The MM74HC573 high speed octal D-type latches utilize advanced silicon-gate P-well CMOS technology. They possess the high noise immunity and low power consumption of standard CMOS integrated circuits, as well as the ability to drive 15 LS-TTL loads. Due to the large output drive capability and the 3-STATE feature, these devices are ideally suited for interfacing with bus lines in a bus organized system.

When the LATCH ENABLE (LE) input is HIGH, the Q outputs will follow the D inputs. When the LATCH ENABLE goes LOW, data at the D inputs will be retained at the outputs until LATCH ENABLE returns HIGH again. When a HIGH logic level is applied to the OUTPUT CONTROL OC input, all outputs go to a HIGH impedance state, regardless

of what signals are present at the other inputs and the state of the storage elements.

The 74HC logic family is speed, function and pinout compatible with the standard 74LS logic family. All inputs are protected from damage due to static discharge by internal diode clamps to  $V_{CC}$  and ground.

### Features

- Typical propagation delay: 18 ns
- Wide operating voltage range: 2 to 6 volts
- Low input current: 1  $\mu$ A maximum
- Low quiescent current: 80  $\mu$ A maximum (74HC Series)
- Compatible with bus-oriented systems
- Output drive capability: 15 LS-TTL loads

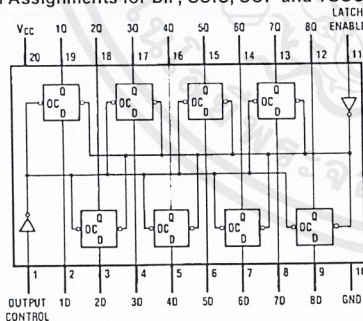
### Ordering Code:

| Order Number | Package Number | Package Description   |
|--------------|----------------|---|
| MM74HC573WM  | M20B           | 20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide  |
| MM74HC573SJ  | M20D           | 20-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide               |
| MM74HC573MTC | MTC20          | 20-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide |
| MM74HC573N   | N20A           | 20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide      |

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code

### Connection Diagram

Pin Assignments for DIP, SOIC, SOP and TSSOP



Top View

### Truth Table

| Output Control | Latch Enable | Data | Output |
|----------------|--------------|------|--------|
| L              | H            | H    | H      |
| L              | H            | L    | L      |
| L              | L            | X    | $Q_0$  |
| H              | X            | X    | Z      |

H = HIGH Level  
L = LOW Level  
 $Q_0$  = Level of output before steady-state input conditions were established.  
Z = High Impedance  
X = Don't Care

MM74HC573

| Absolute Maximum Ratings (Note 1)   |  |  |          | Recommended Operating Conditions      |                   |                                    |           |                                     |   |       |
|---|--|--|----------|---------------------------------------|-------------------|------------------------------------|-----------|-------------------------------------|---|-------|
| (Note 2)  |  |  |          |                                       |                   |                                    |           |                                     |   |       |
| Supply Voltage ( $V_{CC}$ )   | -0.5 to +7.0V                          |  |          | Min                                   | Max               | Units                              |           |                                     |   |       |
| DC Input Voltage ( $V_{IN}$ )   | -1.5 to $V_{CC} + 1.5V$                |  |          | 2                                     | 6                 | V                                  |           |                                     |   |       |
| DC Output Voltage ( $V_{OUT}$ )   | -0.5 to $V_{CC} + 0.5V$                |  |          | 0                                     | $V_{CC}$          | V                                  |           |                                     |   |       |
| Clamp Diode Current ( $I_{IK}, I_{OK}$ )  | $\pm 20$ mA                            |  |          | Supply Voltage ( $V_{CC}$ )           |                   |                                    |           |                                     |   |       |
| DC Output Current, per pin ( $I_{OUT}$ )  | $\pm 35$ mA                            |  |          | DC Input or Output Voltage            |                   |                                    |           |                                     |   |       |
| DC $V_{CC}$ or GND Current, per pin ( $I_{CC}$ )  | $\pm 70$ mA                            |  |          | ( $V_{IN}, V_{OUT}$ )                 |                   |                                    |           |                                     |   |       |
| Storage Temperature Range ( $T_{STG}$ )   | -65°C to +150°C                        |  |          | Operating Temperature Range ( $T_A$ ) |                   |                                    |           |                                     |   |       |
| Power Dissipation ( $P_D$ )   |  |  |          | -40                                   | +85               | °C                                 |           |                                     |   |       |
| (Note 3)  | 600 mW                                 |  |          | Input Rise or Fall Times              |                   |                                    |           |                                     |   |       |
| S.O. Package only   | 500 mW                                 |  |          | ( $t_r, t_f$ )                        | $V_{CC} = 2.0V$   | 1000                               | ns        |                                     |   |       |
| Lead Temperature ( $T_L$ )  |  |  |          |                                       | $V_{CC} = 4.5V$   | 500                                | ns        |                                     |   |       |
| (Soldering 10 seconds)  | 260°C                                  |  |          |                                       | $V_{CC} = 6.0V$   | 400                                | ns        |                                     |   |       |
| Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.<br>Note 2: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.<br>Note 3: Power Dissipation temperature derating — plastic "N" package: -12 mW/°C from 65°C to 85°C.   |  |  |          |                                       |                   |                                    |           |                                     |   |       |
| DC Electrical Characteristics (Note 4)  |  |  |          |                                       |                   |                                    |           |                                     |   |       |
| Symbol  | Parameter                              | Conditions   | $V_{CC}$ | $T_A = 25^\circ C$                    |                   | $T_A = -40 \text{ to } 85^\circ C$ |           | $T_A = -55 \text{ to } 125^\circ C$ |   | Units |
|   |  |  |          | Typ                                   | Guaranteed Limits |                                    |           |                                     |   |       |
| $V_{IH}$  | Minimum HIGH Level Input Voltage       |  | 2.0V     |                                       | 1.5               | 1.5                                | 1.5       |                                     | V |       |
|   |  |  | 4.5V     |                                       | 3.15              | 3.15                               | 3.15      | V                                   |   |       |
|   |  |  | 6.0V     |                                       | 4.2               | 4.2                                | 4.2       | V                                   |   |       |
| $V_{IL}$  | Maximum LOW Level Input Voltage        |  | 2.0V     |                                       | 0.5               | 0.5                                | 0.5       | V                                   |   |       |
|   |  |  | 4.5V     |                                       | 1.35              | 1.35                               | 1.35      | V                                   |   |       |
|   |  |  | 6.0V     |                                       | 1.8               | 1.8                                | 1.8       | V                                   |   |       |
| $V_{OH}$  | Minimum HIGH Level Output Voltage      | $V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$<br>$ I_{OUT}  \leq 20 \mu A$  | 2.0V     | 2.0                                   | 1.9               | 1.9                                | 1.9       | V                                   |   |       |
|   |  |  | 4.5V     | 4.5                                   | 4.4               | 4.4                                | 4.4       | V                                   |   |       |
|   |  |  | 6.0V     | 6.0                                   | 5.9               | 5.9                                | 5.9       | V                                   |   |       |
|   |  | $V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$<br>$ I_{OUT}  \leq 6.0 \text{ mA}$<br>$ I_{OUT}  \leq 7.8 \text{ mA}$ | 4.5V     | 4.2                                   | 3.98              | 3.84                               | 3.7       | V                                   |   |       |
|   |  |  | 6.0V     | 5.7                                   | 5.48              | 5.34                               | 5.2       | V                                   |   |       |
|   |  |  |          |                                       |                   |                                    |           |                                     |   |       |
| $V_{OL}$  | Maximum LOW Level Output Voltage       | $V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$<br>$ I_{OUT}  \leq 20 \mu A$  | 2.0V     | 0                                     | 0.1               | 0.1                                | 0.1       | V                                   |   |       |
|   |  |  | 4.5V     | 0                                     | 0.1               | 0.1                                | 0.1       | V                                   |   |       |
|   |  |  | 6.0V     | 0                                     | 0.1               | 0.1                                | 0.1       | V                                   |   |       |
|   |  | $V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$<br>$ I_{OUT}  \leq 6.0 \text{ mA}$<br>$ I_{OUT}  \leq 7.8 \text{ mA}$ | 4.5V     | 0.2                                   | 0.26              | 0.33                               | 0.4       | V                                   |   |       |
|   |  |  | 6.0V     | 0.2                                   | 0.26              | 0.33                               | 0.4       | V                                   |   |       |
|   |  |  |          |                                       |                   |                                    |           |                                     |   |       |
| $I_{IN}$  | Maximum Input Current                  | $V_{IN} = V_{CC} \text{ or } GND$  | 6.0V     |                                       | $\pm 0.1$         | $\pm 1.0$                          | $\pm 1.0$ | $\mu A$                             |   |       |
| $I_{OZ}$  | Maximum 3-STATE Output Leakage Current | $V_{OUT} = V_{CC} \text{ or } GND$<br>$OC = V_{IH}$  | 6.0V     |                                       | $\pm 0.5$         | $\pm 5.0$                          | $\pm 10$  | $\mu A$                             |   |       |
| $I_{CC}$  | Maximum Quiescent Supply Current       | $V_{IN} = V_{CC} \text{ or } GND$<br>$I_{OUT} = 0 \mu A$   | 6.0V     |                                       | 8.0               | 80                                 | 160       | $\mu A$                             |   |       |
| $\Delta I_{CC}$   | Quiescent Supply Current per Input Pin | $V_{CC} = 5.5V$<br>$V_{IN} = 2.4V$<br>or 0.4V (Note 4)   | OE       | 1.0                                   | 1.5               | 1.8                                | 2.0       | mA                                  |   |       |
|   |  |  | LE       | 0.6                                   | 0.8               | 1.0                                | 1.1       | mA                                  |   |       |
|   |  |  | DATA     | 0.4                                   | 0.5               | 0.6                                | 0.7       | mA                                  |   |       |
| Note 4: For a power supply of $5V \pm 10\%$ the worst-case output voltages ( $V_{OH}$ , and $V_{OL}$ ) occur for HC at 4.5V. Thus the 4.5V values should be used when designing with this supply. Worst-case $V_{IH}$ and $V_{IL}$ occur at $V_{CC} = 5.5V$ and 4.5V respectively. (The $V_{IH}$ value at 5.5V is 3.85V.) The worst-case leakage current ( $I_{IN}$ , $I_{CC}$ , and $I_{OZ}$ ) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used. |  |  |          |                                       |                   |                                    |           |                                     |   |       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| AC Electrical Characteristics   |  |   |                 |                       |                              |                               |       |    |
|---|--|---|-----------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|-------|----|
| V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C, t <sub>r</sub> = t <sub>f</sub> = 6 ns |  |   |                 |                       |                              |                               |       |    |
| Symbol  | Parameter  | Conditions                                      | Typ             | Guaranteed Limit      |                              | Units                         |       |    |
|   |  |   |                 |                       |                              |                               |       |    |
| t <sub>PHL</sub> , t <sub>PLH</sub>   | Maximum Propagation Delay, Data to Q               | C <sub>L</sub> = 45 pF                          | 17              | 27                    |                              | ns                            |       |    |
| t <sub>PHL</sub> , t <sub>PLH</sub>   | Maximum Propagation Delay, LE to Q                 | C <sub>L</sub> = 45 pF                          | 16              | 27                    |                              | ns                            |       |    |
| t <sub>PZH</sub> , t <sub>PZL</sub>   | Maximum Output Enable Time                         | R <sub>L</sub> = 1 kΩ<br>C <sub>L</sub> = 45 pF | 21              | 30                    |                              | ns                            |       |    |
| t <sub>PHZ</sub> , t <sub>PLZ</sub>   | Maximum Output Disable Time                        | R <sub>L</sub> = 1 kΩ<br>C <sub>L</sub> = 5 pF  | 14              | 23                    |                              | ns                            |       |    |
| t <sub>S</sub>  | Minimum Set Up Time, Data to LE                    |   | 25              | 5                     |                              | ns                            |       |    |
| t <sub>H</sub>  | Minimum Hold Time, LE to Data                      |   | 2               | 12                    |                              | ns                            |       |    |
| t <sub>W</sub>  | Minimum Pulse Width, LE or Data                    |   | 10              | 15                    |                              | ns                            |       |    |
| AC Electrical Characteristics   |  |   |                 |                       |                              |                               |       |    |
| Symbol  | Parameter  | Conditions                                      | V <sub>CC</sub> | T <sub>A</sub> = 25°C | T <sub>A</sub> = -40 to 85°C | T <sub>A</sub> = -55 to 125°C | Units |    |
|   |  |   |                 | Typ                   | Guaranteed Limits            |                               |       |    |
| t <sub>PHL</sub> , t <sub>PLH</sub>   | Maximum Propagation Delay Data to Q                | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 2.0V            | 18                    | 30                           | 38                            | 45    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 150 pF                         | 2.0V            | 58                    | 150                          | 188                           | 225   | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 4.5V            | 14                    | 22                           | 28                            | 33    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 150 pF                         | 4.5V            | 21                    | 30                           | 38                            | 40    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 6.0V            | 12                    | 19                           | 24                            | 29    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 150 pF                         | 6.0V            | 19                    | 26                           | 33                            | 39    | ns |
| t <sub>PHL</sub> , t <sub>PLH</sub>   | Maximum Propagation Delay, LE to Q                 | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 2.0V            | 17                    | 30                           | 38                            | 45    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 150 pF                         | 2.0V            | 60                    | 155                          | 194                           | 233   | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 4.5V            | 14                    | 23                           | 29                            | 35    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 150 pF                         | 4.5V            | 21                    | 31                           | 47                            | 47    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 6.0V            | 12                    | 20                           | 25                            | 30    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 150 pF                         | 6.0V            | 19                    | 27                           | 34                            | 41    | ns |
| t <sub>PZH</sub> , t <sub>PZL</sub>   | Maximum Output Enable Time                         | R <sub>L</sub> = 1 kΩ                           |                 |                       |                              |                               |       |    |
|   |  | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 2.0V            | 22                    | 30                           | 38                            | 45    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 150 pF                         | 2.0V            | 67                    | 180                          | 225                           | 270   | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 4.5V            | 15                    | 28                           | 35                            | 42    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 150 pF                         | 4.5V            | 24                    | 36                           | 45                            | 54    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 6.0V            | 14                    | 24                           | 30                            | 36    | ns |
| t <sub>PHZ</sub> , t <sub>PLZ</sub>   | Maximum Output Disable Time                        | R <sub>L</sub> = 1 kΩ                           | 2.0V            | 15                    | 30                           | 38                            | 45    | ns |
|   |  | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 4.5V            | 13                    | 25                           | 31                            | 38    | ns |
|   |  |   | 6.0V            | 12                    | 21                           | 27                            | 32    | ns |
| t <sub>S</sub>  | Minimum Set Up Time Data to LE                     |   | 2.0V            | -3                    | 5                            | 6                             | 8     | ns |
|   |  |   | 4.5V            | 10                    | 15                           | 19                            | 22    | ns |
|   |  |   | 6.0V            | 9                     | 13                           | 16                            | 19    | ns |
| t <sub>H</sub>  | Minimum Hold Time LE to Data                       |   | 2.0V            | 4                     | 12                           | 15                            | 18    | ns |
|   |  |   | 4.5V            | 5                     | 6                            | 7                             | 7     | ns |
|   |  |   | 6.0V            | 4                     | 5                            | 6                             | 6     | ns |
| t <sub>W</sub>  | Minimum Pulse Width LE, or Data                    |   | 2.0V            | 30                    | 15                           | 20                            | 24    | ns |
|   |  |   | 4.5V            | 9                     | 16                           | 20                            | 24    | ns |
|   |  |   | 6.0V            | 8                     | 14                           | 18                            | 20    | ns |
| t <sub>TLH</sub> , t <sub>THL</sub>   | Maximum Output Rise and Fall Time, Clock           | C <sub>L</sub> = 50 pF                          | 2.0V            | 6                     | 12                           | 15                            | 18    | ns |
|   |  |   | 4.5V            | 7                     | 12                           | 15                            | 18    | ns |
|   |  |   | 6.0V            | 6                     | 10                           | 13                            | 15    | ns |
| C <sub>PD</sub>   | Power Dissipation Capacitance (Note 5) (per latch) | OC = V <sub>CC</sub>                            |                 | 5                     |                              |                               |       | pF |
|   |  | OC = GND  |                 | 52                    |                              |                               |       | pF |
| C <sub>IN</sub>   | Maximum Input Capacitance                          |   |                 | 10                    | 10                           | 10                            | pF    |    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MM74HC573

| AC Electrical Characteristics (Continued) |                            |            |                 |                       |                   |                              |                               |       |
|---|----------------------------|------------|-----------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|-------|
| Symbol                                    | Parameter                  | Conditions | V <sub>CC</sub> | T <sub>A</sub> = 25°C |                   | T <sub>A</sub> = -40 to 85°C | T <sub>A</sub> = -55 to 125°C | Units |
|   |                            |            |                 | Typ                   | Guaranteed Limits |                              |                               |       |
| C <sub>OUT</sub>                          | Maximum Output Capacitance |            |                 |                       | 20                | 20                           | 20                            | pF    |

Note 5: C<sub>PD</sub> determines the no load dynamic power consumption, P<sub>D</sub> = C<sub>PD</sub> V<sub>CC</sub><sup>2</sup> f + I<sub>CC</sub> V<sub>CC</sub>, and the no load dynamic current consumption, I<sub>S</sub> = C<sub>PD</sub> V<sub>CC</sub> f + I<sub>CC</sub>.

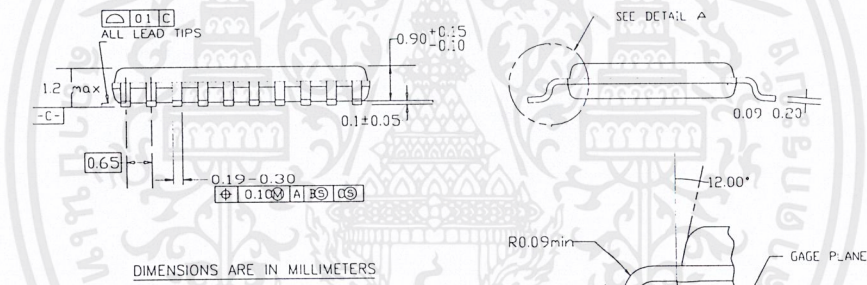
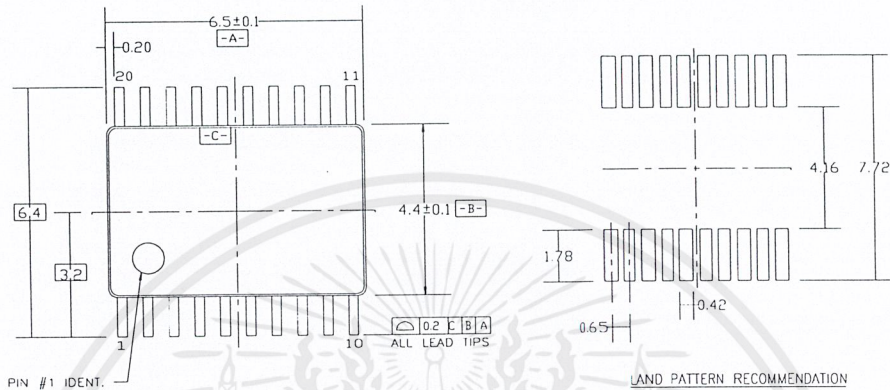


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MM74HC573

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



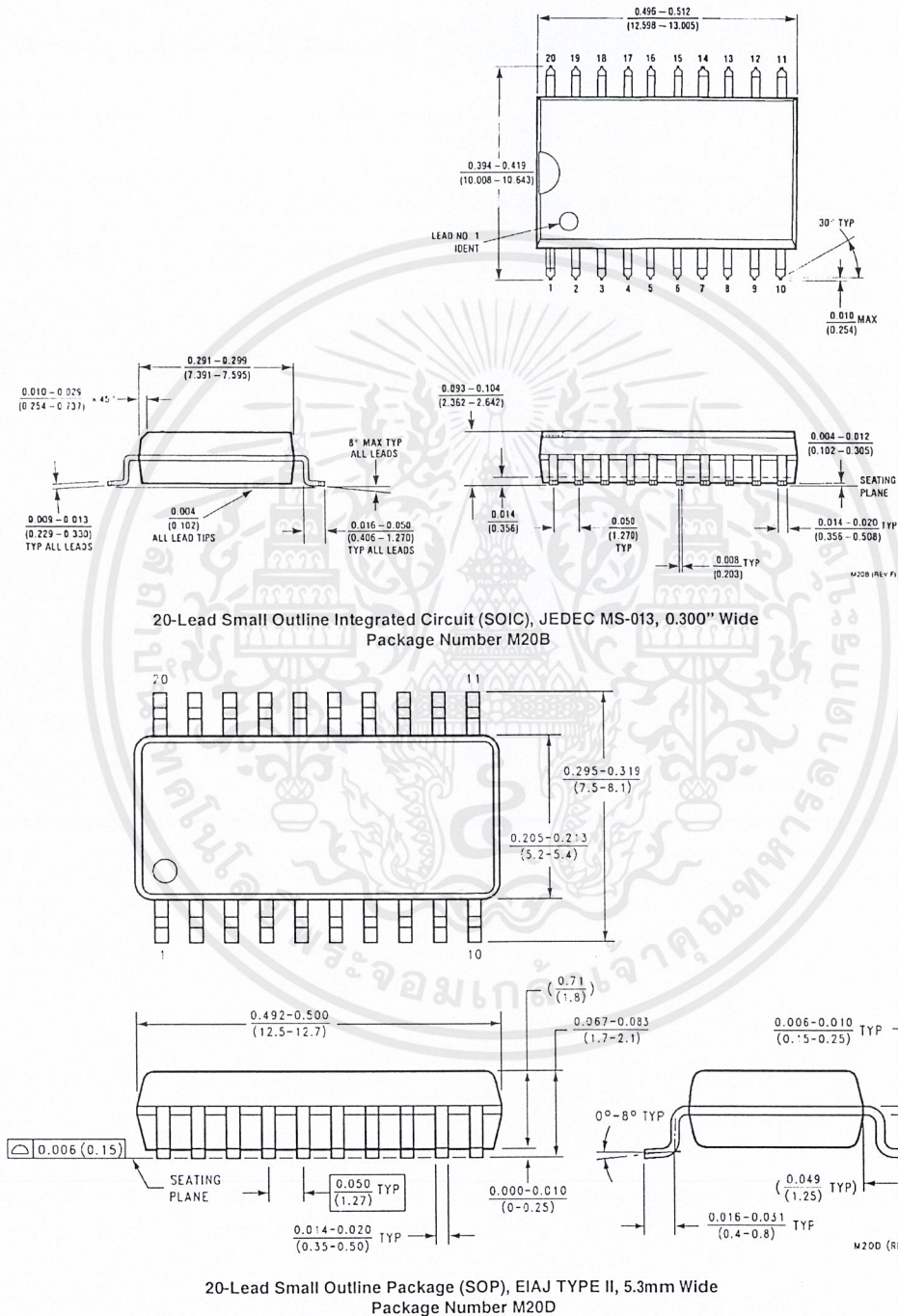
NOTES:

- A. CONFORMS TO JEDEC REGISTRATION MO-153, VARIATION AC, REF NOTE 6, DATE 7/93.
- B. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- C. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF BURRS, MOLDS FLASH, AND TIE BAR EXTRUSIONS.
- D. DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ANSI Y14.5M, 1982.

20-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide Package Number MTC20

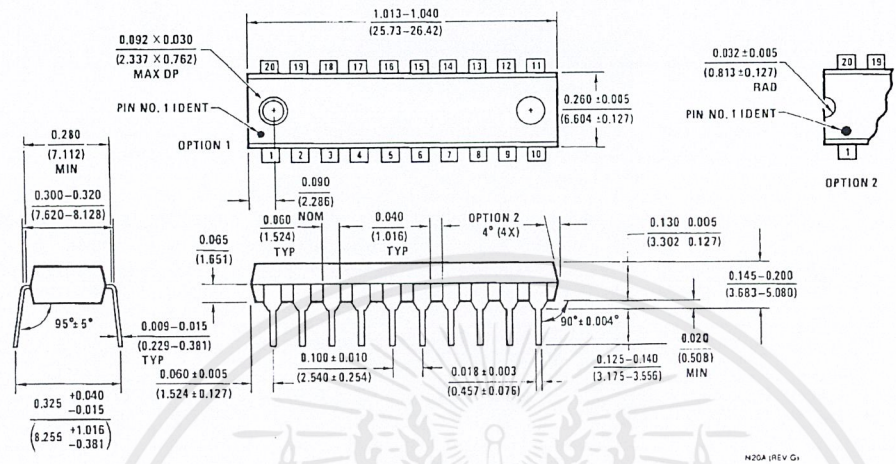
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), MS-001, 0.300" Wide Package Number N20A

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- กั้ววาน แสนสวาสดี และสรพล บรรจง. “หุ่นยนต์แมลงหกขา.” ปรินญาณีพนธ์ อุตสาหกรรมศาสตร์ บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2542
- วุฒิไกร จิตรวุฒิโชติ. “วงจรเซนเซอร์อิเล็กทรอนิกส์.” เซมิคอนดักเตอร์(177) : หน้า30-35. 2540
- ธีรวัฒน์ ประกอบผล. “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์.” พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2543
- อุดม จีนประดับ. “ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.” กรุงเทพฯ :สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2541
- บริษัท อี ที ที จำกัด. “Z80 Microprocessor Training System.” กรุงเทพฯ : 2530
- Mccomb Gordon. “Robot Builder ’s Bonanza 99 Inexpensive Robotics Projects.” USA : Prentice Hall, Inc.1987

## ประวัติผู้แต่ง



|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| ชื่อผู้ทำปฏิญานิพนธ์               | นายชราคร จันทรแสง   |
| วันเดือนปีเกิด                     | วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2522  |
| สถานที่เกิด                        | โรงพยาบาลศูนย์ภาคเหนือจังหวัดลำปาง  |
| ภูมิลำเนาเดิม                      | 39 หมู่ 3 ตำบลบ้านเป้า<br>อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000   |
| ที่อยู่ปัจจุบัน                    | 111/51 หมู่ 3 ห้องพักพู้อัน ห้อง 202 แขวงลาดกระบัง<br>เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520  |
| โทรศัพท์                           | 0-1613-9947   |
| <b>ประวัติการศึกษา</b>             |   |
| ประถมศึกษา                         | โรงเรียนแม่ถ้งวิทยา   |
| มัธยมศึกษาตอนต้น                   | โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย  |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)        | วิทยาลัยเทคนิคลำปาง   |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) | วิทยาลัยเทคนิคลำปาง   |
| ปริญญาตรี                          | สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม<br>ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| คติพจน์                            | มุ่งไปข้างหน้าตั้งกองทัพอิสราเอล  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



|                     |  |
|---------------------|--|
| ชื่อผู้ทำปริญญาบัตร | นายบุญยม สายบุตร   |
| วันเดือนปีเกิด      | วันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2523   |
| สถานที่เกิด         | โรงพยาบาลสิงห์บุรี   |
| ภูมิลำเนาเดิม       | 138/2 หมู่ 7 ตำบลสรรพยา<br>อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท 17150                       |
| ที่อยู่ปัจจุบัน     | 380 หมู่ 1 หมู่บ้านจินดาภิเษย์ แขวงลาดกระบัง<br>เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 |
| โทรศัพท์            | 0-2326-9921  |

## ประวัติการศึกษา

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| ประถมศึกษา                         | โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ชัยนาท  |
| มัธยมศึกษาตอนต้น                   | โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ชัยนาท  |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)        | วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท  |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) | วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท  |
| ปริญญาตรี                          | สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม<br>ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| คติพจน์                            | คนดีแม้มีคนว่าร้าย ถ้าไม่ตายใช้เวลาพิสูจน์ตน  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| ชื่อผู้ทำปริญญาบัตร                | นายพิทยา สุกแก้ว  |
| วันเดือนปีเกิด                     | วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2522   |
| สถานที่เกิด                        | โรงพยาบาลจะนะ   |
| ภูมิลำเนาเดิม                      | 55 หมู่ 3 ตำบลท่าหมอไพร่<br>อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา 90130  |
| ที่อยู่ปัจจุบัน                    | 82/72 หมู่ 3 หมู่บ้านอ่อนนุชนิเวศน์ แขวงลาดกระบัง<br>เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520   |
| โทรศัพท์                           | 0-2739-2508   |
| <b>ประวัติการศึกษา</b>             |   |
| ประถมศึกษา                         | โรงเรียนบ้านท่าหมาก   |
| มัธยมศึกษาตอนต้น                   | โรงเรียนจะนะวิทยา   |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)        | วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่   |
| ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) | วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่   |
| ปริญญาตรี                          | สาขาวิชาเทคโนโลยีการควบคุมทางอุตสาหกรรม<br>ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| คติพจน์                            | ทำวันนี้ให้ดีที่สุด   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้