สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถติดตามวัตถุเคลื่อนที่

THE FOLLOWING CAR

โดย

นายก่อเกียรติ	เพิ่มสันติธรรม	38014044
นางสาวชนิตร์นันทน์	คันธพนิต	38014103
นายวศิน	วศินานุกร	38014445

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

T 383 ก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 33960
วัน, เดือน, ปี 23 ก.ย. 2542

อนุญาตให้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง รถติดตามวัตถุเคลื่อนที่

The Following Car

ผู้จัดทำ นาย ก่อเกียรติ เพิ่มสันติธรรม

นางสาว ชนิตร์นันทน์ คันธพนิต

นาย วศิน วศินานุกร

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ สุมิตร พนาอุดมทรัพย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถติดตามวัตถุเคลื่อนที่

โดย
นาย ก่อเกียรติ เพิ่มสันติธรรม
รหัส 38014044
นางสาว ชนิตร์นันทน์ คันธพนิต
รหัส 38014103
นาย วศิน วศินานุกร
รหัส 38014445

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ สุมิตร พนาอุดมทรัพย์
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

รถติดตามวัตถุเคลื่อนที่เป็นรถต้นแบบเพื่อการพัฒนาประยุกต์ใช้กับแต่ละงานเฉพาะ ซึ่งรถนี้มีความสามารถในการติดตามวัตถุที่กำหนดโดยรักษาระยะห่างให้คงที่ได้อย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องอาศัย Guideline และไม่ต้องติดอุปกรณ์ใด ๆ ไว้กับวัตถุนั้น ๆ ทั้งนี้รถติดตามวัตถุเคลื่อนที่นี้จะประมวลผลในการติดตามวัตถุโดยยังไม่คำนึงถึงสิ่งกีดขวางและสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน เพื่อเป็นการสะดวกแก่การนำไปปรับปรุงใช้งานเฉพาะด้านต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Following Car

by

Mr. Korkiat Permsantitum

ID 38014044

Miss Chanitnan Kanthapanit

ID 38014103

Mr. Vasin Vasinanukorn

ID 38014445

Adviser

Mr. Sumit Panaudomsap

1998

Abstract

The Following Car is a prototype car, which follows the specified moving object automatically, independent of guideline. More than that, This car can follow the moving object without attached anything. In this project, however, this Car follows the moving object regardless of obstacles in order to be easily developed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีก็เพราะได้รับความกรุณาจาก อาจารย์สุมิตร พนาอุดมทรัพย์ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำแก่ผู้จัดทำตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้จัดทำที่ได้อุปการะผู้จัดทำทั้งด้านกำลังทรัพย์และกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ใช้อุปกรณ์ ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด

ผู้จัดทำ

นายก่อเกียรติ เพิ่มสันติธรรม

นางสาวชนิตร์นันทน์ คันธพนิต

นายวศิน วศินานุกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
ทฤษฎีและหลักการของหน่วยประมวลผลกลาง	5
หน่วยความจำ	5
พอร์ตใน MCS-51	6
timer/counter	6
interrupt	9
การเข้าถึงข้อมูลใน MCS-51	10
บทที่ 3 วงจรวัดระยะทางและหน่วยแปลงระยะทาง ให้เป็นข้อมูลที่หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้	15
วงจรวัดระยะทาง	15
หน่วยแปลงระยะทางให้เป็นข้อมูลที่หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้	20
บทที่ 4 หน่วยประมวลผลกลาง	28
บทที่ 5 ภาคขับเคลื่อนและตัวรถ	40
ภาคขับเคลื่อน	40
ตัวรถ	42
บทที่ 6 การสร้าง	46
บทที่ 7 ปัญหาและการแก้ไข	49
ภาคผนวก	50
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

รถนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้มีความสามารถเบื้องต้นในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่ที่ผู้ใช้ต้องการ ซึ่งอาจเป็นผู้ใช้เองก็ได้ รถติดตามวัตถุเคลื่อนที่นี้ ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาให้เหมาะกับแต่ละความต้องการและสภาพแวดล้อม โดยในขั้นต้น รถจะต้องมีความสามารถในการติดตามวัตถุได้ทุกทิศทางตามแนวราบ โดยรักษาระยะห่างตามที่กำหนดไว้ให้คงที่ ทั้งนี้ ยังไม่คำนึงถึงสิ่งกีดขวาง และปัจจัยประกอบของแต่ละงานที่ผู้ใช้จะนำไปประยุกต์ต่อไป

รถติดตามวัตถุเคลื่อนที่นี้ถูกสร้างขึ้นเพื่ออำนวยประโยชน์หลาย ๆ ด้าน ตามแต่การประยุกต์ใช้ เช่น ใช้เป็นรถใส่อุปกรณ์ในการทำงานของผู้ใช้ในโรงงาน โดยใช้เส้นทางที่ไม่มีรูปแบบแน่นอน หรือ ใช้ติดตามสุนัขค้นหากับระเบิดโดยทำหน้าที่เป็นหุ่นยนต์กู้ระเบิด เพื่อลดความสูญเสียของชีวิต ซึ่งต้องประยุกต์ให้รถนี้สามารถกู้ระเบิดได้ด้วย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและหลักการ

มนุษย์ใช้หุ่นยนต์ในการทำงานแทนคน โดยเฉพาะงานที่ต้องเสี่ยงภัย อันตราย หรือในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมกับการทำงานของมนุษย์

Mobile Robot คือ เครื่องจักรกลที่มีหน่วยประมวลผลในการทำงานชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด โดยที่เครื่องจักรกลนั้นสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วย

Mobile Robot นั้นเป็นศาสตร์แห่งการสร้างระบบที่ประกอบด้วย locomotion actuator, หน่วยประมวลผล,ระบบควบคุม,sensor,แหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้า และ software ทุกระบบย่อยที่กล่าวมานี้จะถูกออกแบบมาให้ทำงานร่วมกันอย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพในการทำหน้าที่เป็น Mobile Robot นั้น ๆ ได้ ดังนั้น Mobile Robot จึงทำงานโดยเชื่อมโยงข้อมูลหรือสัญญาณใด ๆ ที่ ตัวมันรับรู้มา เพื่อประมวลผลให้เกิดการทำงานตามที่ต้องการได้ โครงงานนี้จึงถูกจัดทำขึ้นโดยอาศัยหลักการของ Mobile Robot ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้

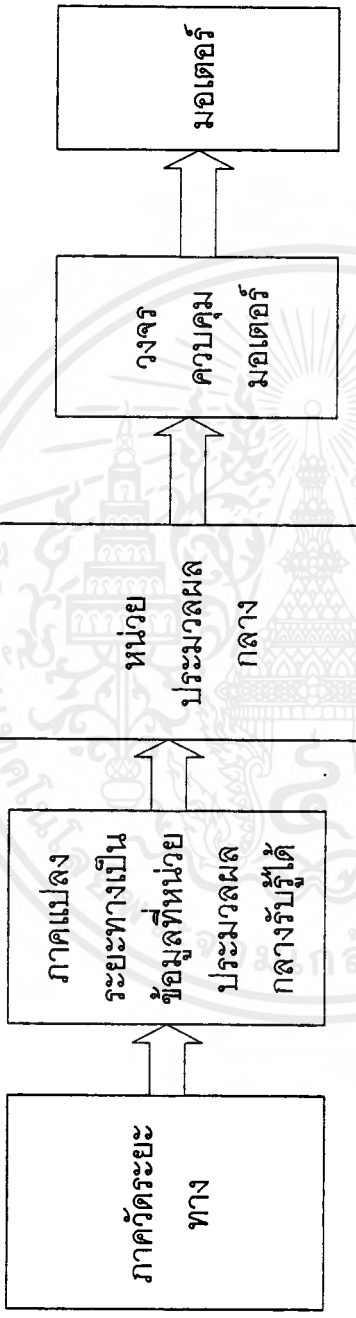
จากหลักการของ Mobile Robot และคุณสมบัติ ขอบเขตการทำงานของรถที่ระบุไว้ในบทนำ ทำให้สามารถกำหนดส่วนประกอบต่าง ๆ ของรถได้ดังนี้

1. วงจรตรวจจับระยะห่างระหว่างวัตถุเคลื่อนที่กับตัวรถ
2. วงจรแปลงระยะห่างที่วัดได้ให้เป็นข้อมูลที่หน่วยประมวลผลกลางสามารถรับรู้ได้
3. หน่วยประมวลผลกลาง เพื่อทำการประมวลผลและควบคุมให้รถวิ่งตามวัตถุเคลื่อนที่
4. มอเตอร์ เพื่อขับเคลื่อนตัวรถ
5. วงจรควบคุมมอเตอร์ เพื่อควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์
6. ตัวรถ

ซึ่งเราพอที่จะมองภาพรวมของการทำงานของรถโดยอาศัยส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ระบุไว้ข้างต้นได้ดังรูปที่ 1 ในหน้าถัดไป

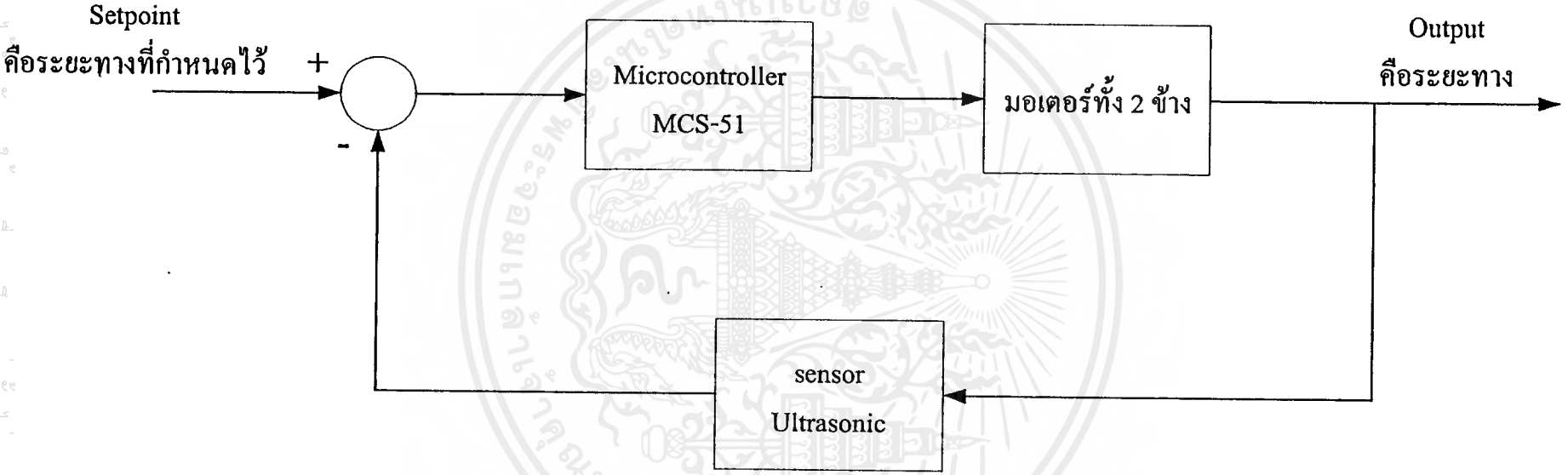
จากรูปที่ 1 การทำงานของรถเริ่มจากวงจรตรวจจับระยะทางทำการวัดระยะทางระหว่างรถกับวัตถุที่ถูกติดตาม โดยนำค่าระยะทางที่วัดได้มาเข้ายังหน่วยแปลงระยะทางที่วัดได้ให้เป็นข้อมูลที่หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้ หลังจากนั้น หน่วยประมวลผลกลางจะส่งสัญญาณที่ได้จากการประมวลผล ออกมาทำการควบคุมการขับเคลื่อนของรถเพื่อให้รถติดตามวัตถุได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 การทำงานของรถโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2

Block Diagram ของระบบ

หลักการและทฤษฎีของหน่วยประมวลผลกลาง

ภาคนี้มีหน้าที่ในการประมวลผล และควบคุมให้รถวิ่งตามวัตถุเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง โครงสร้างภายใน และการใช้งานของ MCS51

1. <u>หน่วยความจำ</u> แบ่งออกเป็น หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล

1.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (program memory) หน่วยความจำชนิดนี้ CPU สามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียว ไม่สามารถที่จะเขียนข้อมูลลงไปได้ ขนาดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสูงสุดของ MCS51 จะเป็น 64 KB ซึ่งหน่วยความจำชนิดนี้ยังแบ่งออกได้เป็น

1.1.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายใน (Internal program memory) คือ หน่วยความจำประเภท ROM และ EPROM ใน MCS51 เบอร์ 8051 และ 8951ตามลำดับ ซึ่งมีขนาด 4 KB

1.1.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอก (External program memory) คือ หน่วยความจำที่อยู่ภายนอก MCS51 โดยอาจจะเป็นการต่อขยายเนื่องจากหน่วยความจำภายในมีไม่พอ หรือใน MCS51 รุ่น ROMless version ที่ไม่มี ROM ภายใน ก็จะมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมทั้งหมดอยู่ภายนอก

1.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) เป็นหน่วยความจำประเภท RAM ที่เราสามารถอ่านและเขียนข้อมูลลงไปได้ โดยจะแบ่งออกเป็น

1.2.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอก มีไว้ในกรณีที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในมีไม่พอ โดยจะมีได้สูงสุด 64 KB

1.2.2 ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไป (Internal RAM) แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ บริเวณ 128 byte แรกที่เรียกว่า lower 128 และบริเวณ 128 byte หลังที่เรียกว่า upper 128 (ในส่วน upper 128 นั้นจะมีเฉพาะใน MCS51 บางเบอร์ เช่น 8052,8032)

นอกจากนี้ ในส่วน Internal RAM บริเวณ 128 byte แรกยังแบ่งเป็น register ใช้งานทั่วไปจำนวน 4 กลุ่ม กลุ่มละ 8 ตัว (R0 – R7) ตั้งแต่ 00H-1FH และบริเวณหน่วยความจำที่เข้าถึงได้ในระดับบิตจำนวน 128 บิต ตั้งแต่ 20H-2FH

ส่วนที่ใช้เป็น register ใช้งานเฉพาะ (Special Function Register ,SFR) สำหรับในส่วนนี้จะซ้อนทับอยู่กับ upper 128 เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเข้าถึงในแต่ละส่วนที่ต่างกัน โดยที่ upper 128 จะเข้าถึงได้โดยทางอ้อมเท่านั้น ส่วน SFR นั้นเข้าถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้โดยทางตรงเท่านั้น(สำหรับส่วน lower 128 นั้นสามารถเข้าถึงได้ทั้งทางตรง และทางอ้อม)

2. พอร์ตใน MCS51 เป็นพอร์ตขนาด 8 bit รวม 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตมีหน้าที่ติดต่อกับวงจรภายนอก โดยสามารถรับ และส่งข้อมูลกับวงจรภายนอกได้ กล่าวคือ เป็นพอร์ต 2 ทิศทาง(Bi-directional port) โครงสร้างของแต่ละพอร์ตประกอบด้วย

- วงจร latch
- วงจร Output Driver
- วงจร Input Buffer

สำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก พอร์ต 0 จะทำหน้าที่ส่ง Address byte (A0-A7) และยังใช้เป็น Data Bus โดยจะผลัดกันใช้คนละเวลาแบบ time multiplex ส่วนพอร์ต 2 จะใช้ส่งค่า Address Byte สูง (A8-A15)

3. timer / counter

timer /counter ของ 89C51ประกอบด้วย register ที่สามารถเลือกการทำงานเป็น timer หรือ counter อย่างใดอย่างหนึ่งจำนวน 2 ตัว แต่ละตัวมีขนาด 16 บิต คือ timer 0 และ timer 1 ตามลำดับ register ที่ใช้เป็น timer 0 ประกอบด้วย TL0,TH0 ขนาด 8 บิต ส่วน timer 1 ประกอบด้วย TL1,TH1 ขนาด 8 บิตเช่นกัน ในการทำงานเป็น timer หรือ counter จะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

timer : ใช้ register timer1 หรือ 2 เป็นตัวนับจำนวน machine cycle และเนื่องจากใน 1 machine cycle ใด ๆ ของ MCS51 ประกอบไปด้วย 12 คาบสัญญาณออสซิลเลเตอร์ (oscillator period) ดังนั้นอัตราเร็วในการนับจึงมีค่าเป็น 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้

counter : ค่าใน register ที่ใช้เป็น counter ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าทีละหนึ่งเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะของ logic ซึ่งตรวจจับได้จากขา T0 และ T1 ในขณะนั้น

นอกจากจะสามารถเลือกการทำงานของ register ให้เป็น timer หรือ counter ได้แล้ว ในแต่ละการทำงานเป็น timer หรือ counter ของ timer 0 หรือ timer 1 ก็ยังมีการทำงานที่แยกย่อยลงไปอีกถึง 4 แบบ (โหมด 0,1,2 และ 3)ตามความเหมาะสมของการใช้งาน การทำงานย่อยทั้ง 4 ประเภทของ timer 0 และ timer 1 มีรายละเอียดดังนี้

ผู้ใช้สามารถเลือกการทำงานให้เป็น timer หรือ counter อย่างใดอย่างหนึ่งโดยการกำหนดค่าบิต $C/\overline{T}$ ใน register ใช้งานเฉพาะ TMOD หากบิตนี้มีค่าเป็น 0 หมายถึงเลือกให้ register ทำงานเป็น timer แต่ถ้าบิตนี้ เป็น 1 หมายถึง เลือกให้ทำงานเป็น counter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

register TMOD

tmod7	tmod6	tmod5	tmod4	tmod3	tmod2	tmod1	tmod0
GATE	$C/\overline{T}$	M1	M0	GATE	$C/\overline{T}$	M1	M0

บิต tmod7 ถึง tmod4 สำหรับ timer 1

บิต tmod3 ถึง tmod0 สำหรับ timer 0

บิต

1. GATE บิตเลือกการควบคุมให้ register สำหรับใช้เป็น timer หรือ counter ทำงานโดยควบคุมจากฮาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์ดังนี้

- เมื่อบิต TRx (TR0,TR1) และ GATE ถูกเซต timer หรือ counter จะทำงานต่อเมื่อสถานะที่ขา INTx (INT0,INT1) มีค่าเป็น 1 (ควบคุมจากฮาร์ดแวร์)

- เมื่อบิต GATE ถูกเคลียร์ timer หรือ counter จะทำงานก็ต่อเมื่อบิต TRx ถูกเซตโดยไม่ขึ้นกับสถานะสัญญาณที่ขา INTx (ควบคุมจากซอฟท์แวร์)

2. $C/\overline{T}$ บิตเลือกการทำงานของ register สำหรับใช้เป็น timer หรือ counter ดังนี้

- 0 หมายถึงทำงานเป็น timer

- 1 หมายถึงทำงานเป็น counter (นับจำนวนพัลส์ภายนอกที่ขา Tx)

3. M1 บิตสำหรับเลือกโหมดการทำงานของ timer 0 หรือ timer 1

M0 บิตสำหรับเลือกโหมดการทำงานของ timer 0 หรือ timer 1

ถ้าบิต M1 และ M0 เป็น

0 0 mode 0 : timer หรือ counter ขนาด 13 บิต

0 1 mode 1 : timer หรือ counter ขนาด 16 บิต

1 0 mode 2 : timer หรือ counter ขนาด 8 บิต ที่มีการโหลดค่าเองเมื่อเกิด overflow

1 1 mode 3 : timer 0

register TL0 ใช้เป็น timer หรือ counter ขนาด 8 บิตที่ควบคุมการทำงานได้จากบิตของ timer 0 เอง

register TH0 ใช้เป็น timer ขนาด 8 บิต ที่ควบคุมการทำงานได้จากบิตของ timer 1

1 1 mode 3 : timer 1 หยุดทำงาน (หยุดนับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดการทำงานของ timer / counter

โหมด 0 ใช้ register ขนาด 8 บิต เป็นตัวนับ โดยมีการเพิ่มค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งที่นับสัญญาณได้ครบ 32 ครั้ง

ในการทำงานโหมดนี้ register ที่ใช้นับไม่ว่าจะถูกกำหนดการทำงานเป็น timer หรือ counter จะถูกใช้เพียง 13 บิตเท่านั้น (8 บิตใน register THx รวมกับ 5 บิตใน register TLx) โดยในขณะที่ค่าใน register ถูกเปลี่ยนจากเดิมที่เป็น 1 ทั้งหมดเป็น 0 ทั้งหมด (เกิด overflow) จะทำให้บิต TF0 หรือ TF1 ถูกเซต สัญญาณที่ใช้ในการนับจะผ่านเข้ามายัง register ที่ทำการนับได้ก็ต่อเมื่อ บิต TRx = 1 และบิต GATE = 0

การเซตให้บิต GATE เป็น 1 จะเป็นการกำหนดให้ register ที่ใช้เป็น timer หรือ counter ถูกควบคุมการทำงานโดยสัญญาณที่ขา $\overline{INTx}$ (ควบคุมการนับโดยฮาร์ดแวร์) เพื่อนำ MCS51 ไปใช้วัดความกว้างของพัลส์ได้ง่าย (บิต TRx ต้องเป็น 1) ส่วนการเคลียร์ให้บิต GATE เป็น 0 จะมีผลให้การควบคุมการทำงานของ register ที่ใช้เป็น timer หรือ counter ได้โดยซอฟต์แวร์ ซึ่งทำได้โดยการเซต หรือเคลียร์บิต TRx ด้วยคำสั่งในโปรแกรม

โหมด 1 การทำงานจะเหมือนในโหมด 0 ทุกประการ แต่ register timer หรือ counter ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิตแทนที่จะเป็น 13บิต นั่นคือ timer หรือ counter ในโหมดนี้มีขนาด 16 บิต

โหมด 2 จะใช้ register เพียง 8 บิต ซึ่งก็คือ register TLx และมีการโหลดค่าเองด้วยค่าใน THx เมื่อเกิด overflow ใน register TLx โดยที่ค่าในรีจิสเตอร์ THx นี้ สามารถกำหนดได้ล่วงหน้าใน program และจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อถูกโหลดไปไว้ใน register TLx

การทำงานในโหมดนี้ มีไว้เพื่อใช้สร้างสัญญาณ Interrupt ที่มีคาบเวลาคงที่ หรือใช้สร้างฐานเวลาให้แก่ MCS51

โหมด 3 register timer 1จะไม่มีการนับ ซึ่งมีผลเหมือนกับให้ค่าบิต TR1=0 แต่สำหรับ timer 0 จะมีการทำงานดังต่อไปนี้

timer 0 ในโหมด 3 จะบังคับให้ register ใช้งานเฉพาะ TL0 ของ timer 0 ถูกใช้เป็น timer หรือ counter ขนาด 8 บิต โดยสามารถควบคุม TL0 ได้ จากบิต $C/\overline{T}$,GATE ,TR0, $\overline{INT0}$ และการเกิด overflow ของ register TL0 จะมีผลไปเซตบิต TF0 ส่วน register ใช้งานเฉพาะ TH0 ของ timer 0 จะถูกบังคับให้ใช้งานเป็น timer เป็นอย่างเดียว โดยสามารถควบคุมการทำงานได้จากบิต TR1 และ TF1 ของ timer 1 และจะเซตบิต TF1 เมื่อเกิด overflow นั่นคือ ขณะนี้ register TH0 จะควบคุมการเกิด interrupt ของ timer 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. interrupt

ตัว 89C51 สามารถรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นทั้งจากภายนอกและภายในดังนี้

4.1 อินเทอร์รัปต์ที่เกิดจากภายนอก(External Interupts) มีอยู่ 2 ชนิดคือ

- อินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 ซึ่งรับได้จากขา $\overline{INT0}$

- อินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1 ซึ่งรับได้จากขา $\overline{INT1}$

การตรวจจับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ทั้งสองชนิดสามารถทำได้ 2 แบบคือ

- ตรวจจับระดับสัญญาณ ทำได้โดยการเซตให้บิต ITx = 0 ซึ่งจะเกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ให้ CPU ย้ายไปทำงานใน interupt service routine เมื่อสัญญาณที่ขา $\overline{INTx}$ มี logic 0 โดยไม่มีการเคลียร์บิต IEx ให้ (บิต IEx ถูกเซตเมื่อเกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์)

- ตรวจจับการเปลี่ยน logic ของสัญญาณ ทำได้โดยการเซตให้บิต ITx = 1 ซึ่งจะทำให้ เกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ให้ CPU ย้ายไปทำงานใน interrupt service routine เมื่อสัญญาณที่ขา INTx เปลี่ยนจาก logic 1 เป็น 0 โดยจะมีการเคลียร์บิต IEx ให้โดยอัตโนมัติ (บิต IEx ถูกเซตเมื่อเกิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์)

4.2 อินเทอร์รัปต์ที่เกิดจากภายใน ได้แก่อินเทอร์รัปต์ของ พอร์ตสื่อสารอนุกรม,timer0 หรือ timer1 ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อบิต TF0 หรือ TF1 ถูกเซตขณะ timer 0 หรือ timer1 เกิด overflow ยกเว้น timer0 ในโหมด 3 ซึ่งหยุดการทำงานเมื่อมีอินเทอร์รัปต์จาก timer เกิดขึ้น บิต TF0 และ TF1 จะถูกเคลียร์โดยฮาร์ดแวร์ภายใน MCS51 เองเมื่อ CPU ย้ายไปทำงานที่โปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์

สัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายในอีกชนิดก็คือ สัญญาณอินเทอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม สัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้มาจากเมื่อบิต TI หรือ RI ถูกเซต จะถูกเซตพร้อมกัน หรือบิตใดบิตหนึ่งถูกเซตก็ได้

ลำดับความสำคัญในการบริการอินเทอร์รัปต์

ผู้ใช้สามารถเลือกระดับความสำคัญในการบริการได้ 2 ระดับโดยการเซตหรือเคลียร์บิตใน register IP

Register IP

IP7	IP6	IP5	IP4	IP3	IP2	IP1	IP0
-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

บิต

1. PT2 กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ของ timer2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. PS กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม

3. PT1 กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ของ timer1

4. PX1 กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด 1

5. PT0 กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ของ timer0

6. PX0 กำหนดลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0

การให้บิตกำหนดลำดับความสำคัญของอินเทอร์รัปต์ เป็น 0 หมายถึง ให้อินเทอร์รัปต์ชนิดนั้นมีลำดับความสำคัญต่ำ ส่วนการให้บิตกำหนดลำดับความสำคัญของอินเทอร์รัปต์ เป็น 1 หมายถึง ให้อินเทอร์รัปต์ชนิดนั้นมีลำดับความสำคัญสูง

แต่ถ้ามีการขออินเทอร์รัปต์พร้อมกัน 2 ชนิดโดยมีลำดับความสำคัญเท่ากัน ลำดับการบริการอินเทอร์รัปต์ภายในจะเป็นตัวกำหนดเองว่าอินเทอร์รัปต์ชนิดใดควรถูกบริการก่อน ดังตาราง

แหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์	ลำดับความสำคัญภายใน MCS51
อินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด0 (IE0)	สูงสุด
อินเทอร์รัปต์ของ timer0 (TF0)	
อินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด1 (IE1)	
อินเทอร์รัปต์ของ timer1 (TF1)	
อินเทอร์รัปต์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม (TI+RI)	
อินเทอร์รัปต์ของ timer2 (TF2 + EXF2)	ต่ำสุด

5. การเข้าถึงข้อมูลใน MCS51

- การเข้าถึงข้อมูลโดยตรง (Direct Addressing) เป็นวิธีกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำโดยตรงในคำสั่ง

- การเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม (Indirect Addressing) ใช้ค่าใน register เป็นตัวชี้ตำแหน่งหน่วยความจำ (register ที่ใช้ก็เช่น register ใช้งานทั่วไป R0,R1 ของแต่ละกลุ่ม, Stack Pointer และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Pointer) โดย register ที่เก็บค่าตำแหน่งจะต้องระบุเครื่องหมาย " @ " ไว้ข้างหน้า เช่น MOV A,@R0

- การเข้าถึงข้อมูลใน register ใช้งานทั่วไป (Register Instruction) ข้อมูลที่ต้องการจะอยู่ใน register ใช้งานทั่วไป R0-R7

- การเข้าถึงข้อมูลใน register เฉพาะของคำสั่ง (Register – Specific Instruction) เป็นการเข้าถึงข้อมูลใน Register บางตัวที่ MCS51 ทราบตำแหน่งอยู่แล้ว เช่น Accumulator,DPTR,SP

- การเข้าถึงข้อมูลที่กำหนดเองโดยตรง (Immediate Constants) จะกำหนดค่าข้อมูลให้กับคำสั่งโดยตรง ซึ่งจะต้องใช้เครื่องหมาย ' # ' ระบุหน้าข้อมูลที่ต้องการ เช่น MOV A,#100

- การเข้าถึงข้อมูลโดยใช้ตัวอ้างอิง (Indexed Addressing) จะใช้ค่าของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ DPTR หรือ PC มารวมกับค่าใน ACC เพื่อชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมซึ่งเก็บข้อมูลไว้

<u>ชุดคำสั่งใน MCS51</u>

กลุ่มคำสั่งทั้งหมดใน MCS51 สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มย่อยตามลักษณะการทำงานได้ดังนี้

1. กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Instruction) คำสั่งที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

คำสั่ง INC และ DEC เป็นคำสั่งสำหรับการบวก 1 และลบ 1 กับค่าของ operand

INC ปลายทาง

DEC ต้นทาง

เช่น หากต้องการบวก 1 เข้ากับค่าใน register R0 สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง INC R0

หากต้องการลบค่าใน register R0 ด้วย 1 สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง DEC R0

คำสั่ง ADD และ SUBB เป็นคำสั่งสำหรับบวก และลบระหว่างค่าของ operand ต้นทางขนาด 8 bit กับ operand ปลายทาง ซึ่งเป็น register A เท่านั้น ผลลัพธ์จะเก็บที่ A เสมอ

ADD ปลายทาง,ต้นทาง

SUB ปลายทาง,ต้นทาง

เช่น หากต้องการบวกค่าใน register A ด้วยค่า 03H ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง ADD A,#03H หากต้องการลบค่าใน register A ด้วยค่า 03H ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง DEC A,#03H

นอกจากนี้ ยังมีคำสั่ง ADDC ซึ่งทำงานเหมือน ADD ทุกอย่าง เพียงแต่จะบวกกับ Carry Bit ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง MUL และ DIV เป็นคำสั่งสำหรับคูณ และหารค่าใน register A กับregister B

MUL AB

DIV AB

2. กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ (Logical Instruction) มีคำสั่งที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

คำสั่ง ANL,ORL และ XRL เป็นการ AND,OR และ XOR (Exclusive OR)กันระหว่าง operand 2 ตัวซึ่งจะสั่งให้ทำงานตรรกข้อมูลขนาดเป็น Byte หรือ Bit ก็ได้ เช่น หากต้องการ And ค่าใน register A ด้วยค่า 00001111 (ค่า Binary) ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง ANL A,#00001111B (กรณีคำสั่ง ORL และ XRL ก็ทำเช่นเดียวกัน)

คำสั่ง CPL เป็นคำสั่ง Complement ข้อมูลใน Accumulator

CPL A

คำสั่ง RL และ RR เป็นคำสั่งในการวน Bit บนตัว Accumulator ไปทางซ้ายและทางขวาตามลำดับ

RL A

RR A

คำสั่ง RLC และ RRC เหมือนกับคำสั่ง RL และ RR แต่ในการวนนั้นจะผ่าน Carry Flag ด้วย

RLC A

RRC A

3.กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล (Data Transfer Instruction) มีคำสั่งที่เกี่ยวข้องดังนี้

คำสั่ง MOV เป็นการนำค่าจาก operand ตัวหนึ่งมาให้อีกตัวหนึ่ง ในลักษณะของการ copy ข้อมูล ดังนั้นข้อมูลของ operand ต้นทางยังคงค่าเดิม

MOV ปลายทาง,ต้นทาง

เช่น การย้ายข้อมูลจาก Port 0 มายัง register A ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง MOV A,P0

คำสั่ง PUSH เป็นการเคลื่อนย้ายข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำตำแหน่งที่ถูกระบุโดยค่าในรีจิสเตอร์ SP (Stack Pointer) ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่า Stack Area (บริเวณหน่วยความจำตั้งแต่ 08H เป็นต้นไป) เช่น ถ้าต้องการเก็บค่าในตำแหน่ง 03H ในหน่วยความจำลงใน Stack ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง PUSH 03H

คำสั่ง POP เป็นการนำข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ ณ ตำแหน่งที่ชี้โดย SP กลับคืนมา เช่น ถ้าต้องการนำค่าใน Stack ลงในตำแหน่ง 03H ในหน่วยความจำ ก็สามารถทำได้ด้วยคำสั่ง POP 03H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.กลุ่มคำสั่งควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม (Program Control Instruction) แบ่งออกเป็น

4.1 แบบไม่มีเงื่อนไข ประกอบด้วย

คำสั่ง JMP เป็นคำสั่งควบคุมให้โปรแกรมระโดดไปประมวลผลที่ตำแหน่งอื่นแบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

SJMP เป็นคำสั่งกระโดดไปยังตำแหน่งปลายทางที่ห่างจาก Address ปัจจุบันไม่เกิน –128 ถึง +127 Byte

AJMP เป็นคำสั่งกระโดดไปยังตำแหน่งปลายทางในระยะ 2 KB

LJMP เป็นคำสั่งกระโดดไปยัง Address ใด ๆ ก็ได้ในช่วง 64 KB

คำสั่ง CALL และ RET คำสั่ง CALL มีไว้เพื่อควบคุมให้โปรแกรมหลักย้ายไปทำงานที่โปรแกรมย่อยชั่วคราว และสามารถกลับมาได้ด้วยคำสั่ง RET ที่อยู่ตอนท้ายของโปรแกรมย่อย (ต่างจาก JMP ที่คำสั่ง JMP จะย้ายไปทำงานที่ตำแหน่งอื่นเลย)

คำสั่ง NOP จะทำให้ CPU ไม่ทำงานใด ๆ ตลอด 1 machine cycle พร้อมทั้งเปลี่ยนค่าใน register PC ให้ชี้ยังตำแหน่งถัดไป

4.2 แบบมีเงื่อนไข คือจะกระโดดไปยังตำแหน่งอื่นก็ต่อเมื่อ เงื่อนไขของคำสั่งเหล่านี้เป็นจริงและประกอบด้วยคำสั่งดังนี้

คำสั่ง JZ จะกระโดดก็ต่อเมื่อ ค่าใน register A มีค่าเป็น 0

คำสั่ง JNZ จะกระโดดก็ต่อเมื่อ ค่าใน register A ไม่เป็น 0

คำสั่ง CJNZ จะเปรียบเทียบค่าใน operand ทั้ง 2 ตัว หากไม่เท่ากันถึงจะกระโดดไปทำงาน ณ ตำแหน่งที่ระบุ

คำสั่ง CJNZ จะทำการลดค่าใน operand ลงทีละหนึ่ง แล้วทำการตรวจสอบว่าเป็น 0 หรือไม่ หากไม่เป็น 0 ก็จะกระโดดไปทำงาน ณ ตำแหน่งอื่น

5. กลุ่มคำสั่งประมวลผลแบบบูลีน (Boolean Instruction) มีจุดประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเขียนโปรแกรมที่ต้องเกี่ยวข้องกับข้อมูลระดับบิต แบ่งออกเป็น

5.1 กลุ่มคำสั่งควบคุมสถานะบิต ได้แก่

คำสั่ง CLR จะทำการ Clear Bit ที่ต้องการให้เป็น 0 เช่น การ clear bit Carry Flag ก็ทำได้ด้วยคำสั่ง CLR C

คำสั่ง SETB จะทำการ set bit ที่ต้องการให้เป็น 1 เช่น การ Set Bit Carry Flag ก็ทำได้ด้วยคำสั่ง SETB C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่ง CPL จะทำการ Complement Bit ที่ต้องการ เช่น การ Complement bit Carry Flag ก็ทำได้ด้วยคำสั่ง CPL C

5.2 กลุ่มคำสั่งเคลื่อนย้ายข้อมูล จะทำการ copy ข้อมูลไปทีละบิต แต่มีข้อจำกัดที่ว่า ต้องใช้บิต C (Carry)ใน register PSW ทุกครั้ง เช่น การย้ายข้อมูลจาก port 1 bit ที่ 0 เข้ามายังบิต carry ของ register PSW ก็ทำได้โดยใช้คำสั่ง MOV C,P1.0

5.3 กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์ ได้แก่ คำสั่ง ANL และ ORL ซึ่งจะกระทำทีละบิต

5.4 กลุ่มคำสั่งควบคุมโปรแกรมที่ขึ้นกับสถานะของบิตคำสั่งของกลุ่มนี้ใช้ในการควบคุมลำดับการทำงานของโปรแกรม โดยตรวจสอบเงื่อนไขจากสถานะของบิตที่ระบุ โดย operand คำสั่งเหล่านั้นได้แก่

คำสั่ง JC จะกระโดดเมื่อบิต Carry Flag ถูก set

คำสั่ง JNC จะกระโดดเมื่อบิต Carry Flag ถูก clear

คำสั่ง JB จะกระโดดเมื่อ Direct Bit ถูก Set

คำสั่ง JNB จะกระโดดเมื่อ Direct Bit ถูก clear

คำสั่ง JBC จะกระโดดเมื่อ Direct Bit ถูก Set และจะทำการ clear bit นั้นหลังจากทำคำสั่ง JBC เรียบร้อยแล้ว

ทฤษฎีและหลักการของวงจรตรวจจับระยะห่างระหว่างวัตถุเคลื่อนที่กับตัวรถ,วงจรแปลงระยะห่างที่วัดได้ให้เป็นข้อมูลที่หน่วยประมวลผลกลางสามารถรับรู้ได้,หน่วยประมวลผลกลางเพื่อทำการประมวลผลและควบคุมให้รถวิ่งตามวัตถุเคลื่อนที่,มอเตอร์ เพื่อขับเคลื่อนตัวรถ,วงจรควบคุมมอเตอร์ เพื่อควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์,ตัวรถ จะกล่าวรวมกับการใช้งานซึ่งอยู่ในบทที่ 3 - 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วงจรวัดระยะทางและ
หน่วยแปลงระยะทางให้เป็นข้อมูลที่หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้

1.วงจรวัดระยะทาง

ในโครงงานชิ้นนี้ใช้ Ultrasonic transducer ในวงจรวัดระยะทาง

วงจรนี้ใช้วัดระยะห่างระหว่างตัวรถกับวัตถุเคลื่อนที่ โดยให้ระยะห่างออกมาในหน่วยเมตร มีทศนิยม 2 หน่วย

การทำงานของวงวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิค

- หลักการทำงานของวงจร

สำหรับภาคส่งจะใช้ IC 4049 ซึ่งเป็นประเภท CMOS เบอร์ 4049 ภายในประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ 6 ตัว ซึ่ง 4 ตัวแรกคือ 4049/1 กับ 4049/2 และ 4049/5 และ 4049/6 ซึ่งจะจับคู่ต่อขนานกันเพื่อขับตัวส่ง เพื่อเพิ่มขนาดของสัญญาณที่ตกคร่อมตัวส่งให้สูงขึ้นเป็น 2 เท่าเมื่อเทียบกับการต่อตัวส่งเข้ากับเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์เพียงตัวเดียว ซึ่งตัวส่งจะถูกออกแบบมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ตัวมัน อันมีความถี่ประมาณ 40 kHz มาเป็นคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิค เพื่อส่งให้กับตัวขับต่อไป ส่วน C1 มีไว้เพื่อป้องกันไฟตรง (ไม่ใช่ความถี่ 40 kHz) ผ่านเข้าไปในตัวส่ง เพื่อให้ได้พลังงานสูงสุดในการขับตัวส่ง

สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันที่จ่ายให้กับวงจรนี้จะใช้ไฟตรง 12 V ผ่าน regulator 7809 เพื่อแปลงแรงดัน 12 V ให้เป็น 9 V แล้วจ่ายแรงดัน 9 V นี้ให้กับ IC เบอร์ 4049,LM324,LM339 ส่วนตัวอื่น ๆ จะใช้แรงดันแค่ 5 V เท่านั้น โดยนำแรงดันจากแหล่งจ่ายมาผ่าน 78L05 โดยมี C3 ทำหน้าที่กรองแรงดันให้เรียบก่อนนำมาลดระดับแรงดัน

วงจรออสซิลเลเตอร์จะกำเนิดความถี่ 40 kHz เพื่อให้เรโซแนนซ์กับตัวส่งซึ่งสามารถปรับความถี่ให้ได้ประมาณ 40 kHz โดยการปรับ VR1 ส่วนวงจรคอมพาเรเตอร์จะใช้ LM393 ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณที่ส่งออกมากับสัญญาณที่รับเข้ามาได้ซึ่ง LM393/2 จะทำหน้าที่เปรียบเทียบระดับลอจิกของวงจรออสซิลเลเตอร์ระดับสูง 5 โวลต์กับเอาต์พุตของวงจร 9 โวลต์ โดยสัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่ขา 7 จะมีความถี่ 40 kHz เพื่อส่งให้กับ 4049 ต่อไป

วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะถูกสร้างโดย 4060 คือ เมื่อกดสวิชต์ S1 เอาต์พุตขา 2 ของ 4060 จะเป็นระดับลอจิกสูง R2 และ C11 จะเป็นตัวกำหนดความถี่ให้ได้ประมาณ 40 kHz ขณะเดียวกันเอาต์พุตของ LM324/1 จะมีระดับลอจิกสูงซึ่งกระแสจะไหลผ่าน D1 เข้าสู่คอมพาเรเตอร์ตัวที่ 2 คือ LM393/1 เพื่อยกระดับสัญญาณให้สูงขึ้นและนำไปทริก 4093/4 ได้ โดยที่แรงดันทางด้านอินพุตของ LM324/1 ที่ขานอนอินเวอร์ติงจะมีค่าประมาณ 2.5 โวลต์ ขณะเดียวกันวงจรไบสเตเบิ้ลซึ่งประกอบด้วย 4093/3 และ 4093/4 นี้จะถูกเซต ดังนั้นขา 31 ของ ICM7224 ซึ่งเป็นขา CNT INH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(count inhibit) ถูกกำหนดให้มีสัญญาณเป็นดิสเอเบิ้ล (disable) เพราะฉะนั้นจะทำให้ขา 32 (CNT) ของ ICM7224 รับสัญญาณจากภายนอกเข้ามาได้ ซึ่ง IC 4060 จะเป็นตัวกำเนิดความถี่ 17.05 kHz รออยู่แล้ว จึงทำให้ความถี่นี้ผ่านเข้าไปยัง ICM7224 ได้ เพื่อเป็นสัญญาณนาฬิกาใช้สำหรับอ้างอิงในการแสดงผล

ส่วนวงจรทางด้านภาครับ ใช้ตัวรับคลื่นอัลตราโซนิคความถี่ 40 kHz เพื่อให้รับคลื่นจากตัวส่งได้ โดยสัญญาณที่รับได้จะถูกขยายโดย LM324/3 ให้มีอัตราการขยายประมาณ 33 dB ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

20 log (R8/R9)

โดยวงจรขยายชุดนี้จะใช้การคัปปลิ้งแบบไฟสลับ คือ ใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวคัปปลิ้ง (C9) ภาคขยายชุดนี้ไม่จำเป็นต้องปรับแรงดันอินพุตออฟเซต เพราะมี R14 ช่วยในการปรับอย่างอัตโนมัติอยู่แล้ว โดยใช้กระแสไบอาสทางด้านอินพุตเป็นตัวช่วย และแรงดันออฟเซตที่ถูกปรับจะถูกปรับให้มีค่าน้อย ๆ เพราะมีความสำคัญมาก เนื่องจากแรงดันนี้ไม่ได้ถูกปรับเฉพาะ LM324/3 เพียงตัวเดียว แต่มันจะมีผลต่อแรงดันออฟเซตของ LM393/1 ด้วย และยังมีผลต่อความไวในการรับอีก

สำหรับความไวในการรับจะถูกควบคุมโดยวงจรเวลาคงที่ (time constant) ซึ่งจะประกอบด้วย VR3 ,R6 และ C8 ซึ่งต่ออยู่กับ LM393/1 นั่นเอง เราสามารถจะปรับความไวในการรับได้โดยการปรับ VR3 ให้ได้ความไวสูงสุด ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อของการปรับแต่งต่อไป

เมื่อตัวรับคลื่นอัลตราโซนิครับคลื่นเข้ามาแล้ว เอาต์พุตของ LM393/1 จะมีลอจิกต่ำ ซึ่งมีผลทำให้วงจรไบสเตเบิล (4093/3 ,4093/4) ถูกรีเซต และสัญญาณนาฬิกาความถี่ 17.05 kHz ไม่สามารถผ่านเข้าไปยัง ICM7224 ได้ ขณะเดียวกัน พัลส์ลบซึ่งมีช่วงสั้น ๆ จะผ่าน R13,C12 และ 4030/2 เข้าไปยังขา 34 (STORE) ของ ICM7224 ทำให้ ICM7224 หยุดนับ เอาต์พุตของ ICM7224 ก็จะแสดงผลลัพธ์มีสถานะค้างไว้ตรงนั้นเพื่อขับภาคแสดงค่าที่ได้จากการนับ การนับใน ICM7224 จะถูกยกเลิกเมื่อเอาต์พุตขา 2 ของ IC4060 เป็นลอจิกต่ำ หรือเกิดการรีเซต วงจรก็พร้อมที่จะวัดระยะในครั้งใหม่ต่อไป และในกรณีที่ทำการในระยะที่ไกลเกินไป ขา12 ของ 4060 ก็จะเป็นลอจิกต่ำอีก แต่วงจรนับจะถูกยกเลิกการนับโดยสัญญาณ RESET จะผ่าน D3 เข้ามายังขา 33 ของ ICM7224 ซึ่งผลลัพธ์ที่แสดงออกทางภาคแสดงผลก็จะแสดงตัวเลข 0.00 ซึ่ง ICM 7224 จะเป็นตัวควบคุมการทำงานของ LCD

ส่วน 4030/2 จะเป็นตัวกำหนดทศนิยมให้เท่ากับ 2 หลักเท่านั้น

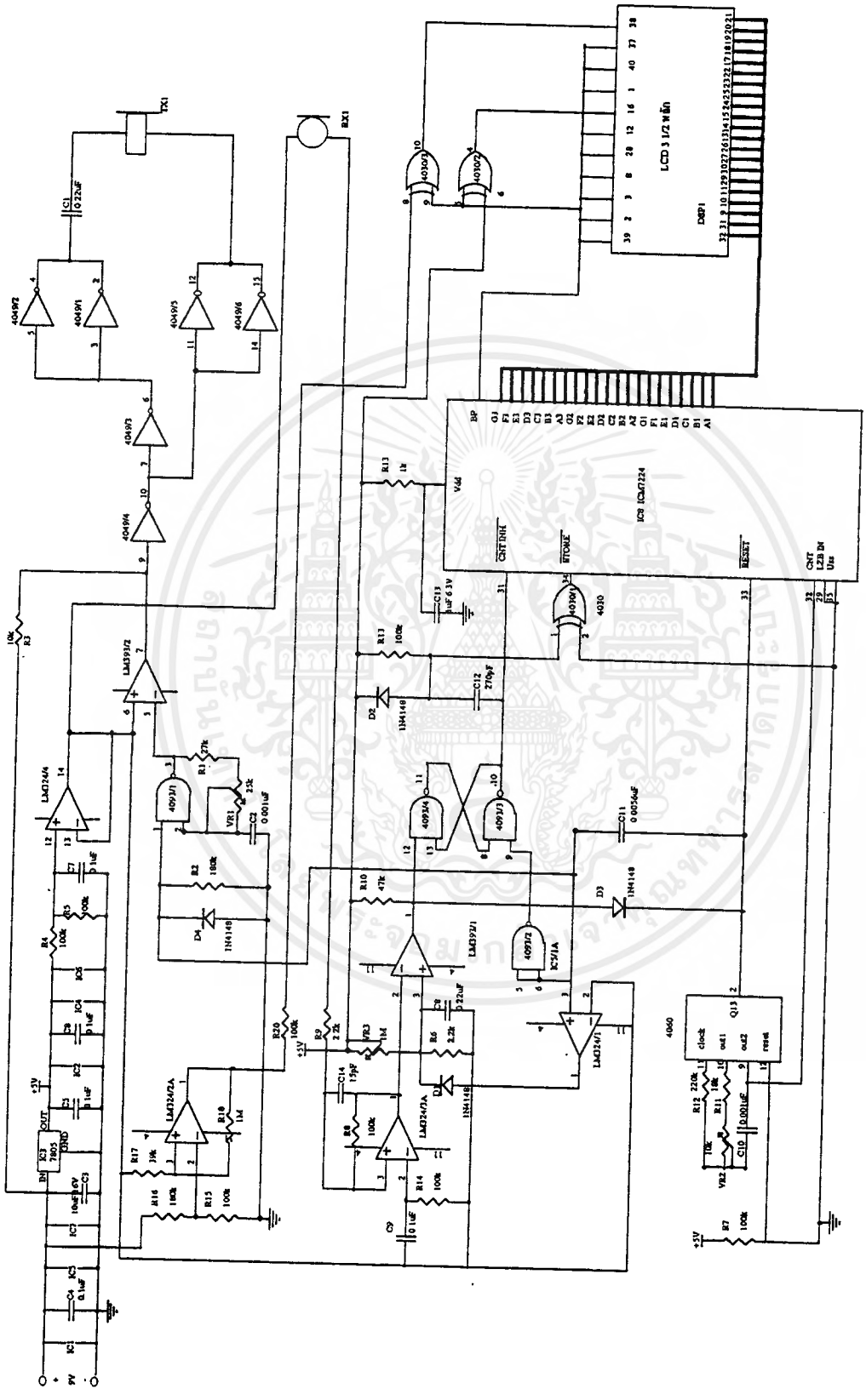
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสร้างและการปรับแต่ง

เริ่มจากตรวจสอบก่อนว่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์มีค่า 40 kHz หรือไม่ เพื่อให้เรโซแนนซ์กับตัวส่งจะได้ส่งคลื่นออกไปได้ ทำได้โดย เริ่มจากลัดวงจรขา 1 กับขา 14 ของ IC 4093 เข้าไว้ก่อน เพื่อไม่ให้สัญญาณที่ขา 2 ของ 4060 เข้าไปรวมด้วย เพราะจะทำให้ดูรูปคลื่นหรือวัดความถี่ไม่รู้เรื่อง เสร็จแล้ววัดความถี่ที่ขา 3 ของ 4093 โดยการปรับ VR1 เพื่อให้ได้ความถี่ 40 kHz ให้ได้ จากนั้น ปลดสายที่ลัดวงจรออก แล้วกดสวิตช์ S1 ปรับ VR2 จนขา 9 ของ 4060 มีความถี่ประมาณ 17.05 kHz แล้วทดสอบโดยการวัดรูปคลื่นตามขาต่าง ๆ โดยใช้ออสซิโลสโคป วัดให้ได้ตามรูปที่ 3 พยายามปรับให้ได้โดยใช้ VR1 กับ VR2 ปรับเสร็จแล้วทดสอบการวัด โดยวางเครื่องให้ห่างจากผนังประมาณ 1 เมตร แล้วกด สวิตช์ S1 ปรับ VR2 จนกระทั่งจอแสดงผลแสดงค่า 1.00 ถ้าปรับไม่ได้ หรือปรับไปแล้วไวมาก ให้ปรับ VR3 ช่วยอีกทีหนึ่ง ซึ่ง VR3 นี้ เป็นตัวปรับความไวในการรับเอาไว้สำหรับแต่งให้วัดในระยะไกล ๆ ขึ้นไปอีก

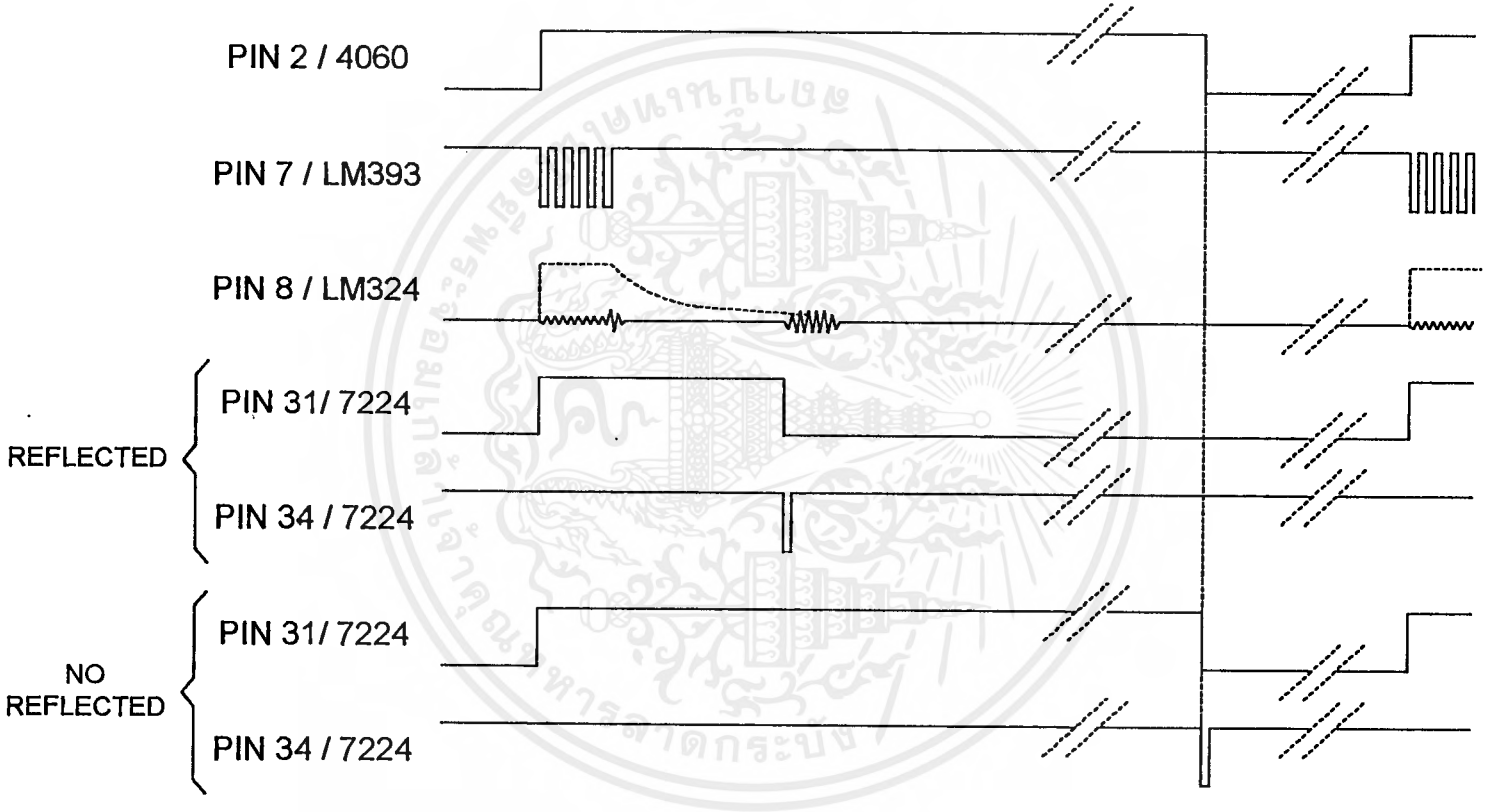
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

33960



รูปที่ 3 วงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4

แสดง timing diagram ของวงจรวัดระยะทาง

2. หน่วยแปลงระยะทางให้เป็นข้อมูลที่หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้

ในการประมวลผลนั้น หน่วยประมวลผลกลางต้องการทราบระยะห่างของรถกับวัตถุเคลื่อนที่ทั้งแบบที่เป็นค่าที่ตัวหน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้ และแบบที่เป็นช่วงของระยะทาง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีหน่วยแปลงข้อมูลที่ประกอบด้วย 2 หน่วยย่อย ๆ คือ

- หน่วยประมวลผลค่าระยะห่างจากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคให้เป็นค่าระยะทางที่ หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้

- หน่วยแปลงค่าระยะห่างจากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคให้เป็นช่วงของระยะทางที่ หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้

ซึ่งทั้งสองหน่วยนั้นมีรายละเอียดดังนี้

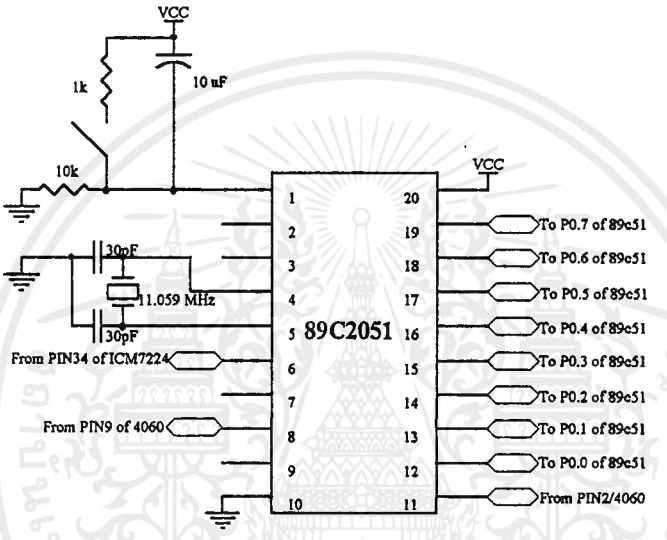
2.1 หน่วยประมวลผลระยะจากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคให้เป็นค่าระยะทางที่หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้

เนื่องจากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคสามารถแสดงค่าระยะทางที่วัดได้ในรูปของสัญญาณขับ LCD เท่านั้น วงจรไม่สามารถส่งค่าระยะที่วัดได้ออกมาในรูปอื่นได้เลย เพราะฉะนั้นจึงต้องใช้อีกหน่วยหนึ่งทำหน้าที่ประมวลผลส่งค่าระยะห่างให้หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยนี้จะสร้างจาก microcontroller เบอร์ 89C2051 โดยที่ 89C2051 จะเริ่มนับ pulse เมื่อขา 33 ของ ICM7224 เปลี่ยนสถานะจาก logic 0 เป็น 1 ซึ่งเป็นเวลาที่วงจรวัดระยะทางเริ่มปล่อยคลื่นอัลตราโซนิคออกไป 89C2051 จะนับ pulse รออยู่จนกระทั่งสัญญาณที่ขา 34 ของ ICM7224 (STORE) เปลี่ยนสถานะจาก logic 1 เป็น 0 ซึ่งเป็นเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิคที่สะท้อนกลับจากวัตถุเป้าหมายมาถึงตัวรับคลื่นอัลตราโซนิค ส่วน pulse ที่ 89C2051 นับนั้น เป็น pulse ความถี่ 17.05 kHz ที่มาจากขา 9 ของ IC เบอร์ 4060 จากการคำนวณโดยที่ความเร็วของเสียง = 341 เมตร/วินาที ทำให้ได้ว่า ระยะห่าง 1 cm. จะทำให้ 89C2051 นับ pulse ได้ 1 ลูก

ส่วนการใช้งานจริงก็คือ นำสัญญาณจากขา 33 ของ ICM7224 มาต่อเข้าที่ P3.7 ของ 89C2051 เพื่อส่งสัญญาณ trig ให้ 89C2051 เริ่มนับ pulse โดยใช้ counter 0 ในโหมด 1 ทำการนับ และนำสัญญาณจากขา 34 ของ ICM7224 มาต่อเข้าที่ขา INT0 เพื่อเป็นสัญญาณ interrupt ให้ 89C2051 หยุดนับ pulse ส่วนสัญญาณ pulse จากขา 9 ของ IC เบอร์ 4060 จะถูกนำมาต่อที่ขา T0 ของ 89C2051 เพื่อเป็น input ให้แก่ counter 0 ทั้งนี้ ถ้าสัญญาณที่ขา 33 ของ ICM 7224 เปลี่ยนสถานะจาก logic 1 เป็น 0 ก่อน หรือ พร้อมกับสัญญาณที่ขา 34 ของ ICM7224 นั่นคือ ไม่มีคลื่นอัลตราโซนิคสะท้อนกลับ แสดงว่าตัววัตถุนั้นอยู่ไกลมาก ถ้าเกิดกรณีนี้ขึ้น 89C2051 จะถือว่าวัตถุอยู่ที่ระยะไกลมาก และจะไม่สนในค่าระยะทางที่วัดได้เลย

การต่อวงจรใช้งานจริงนั้นแสดงดังรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

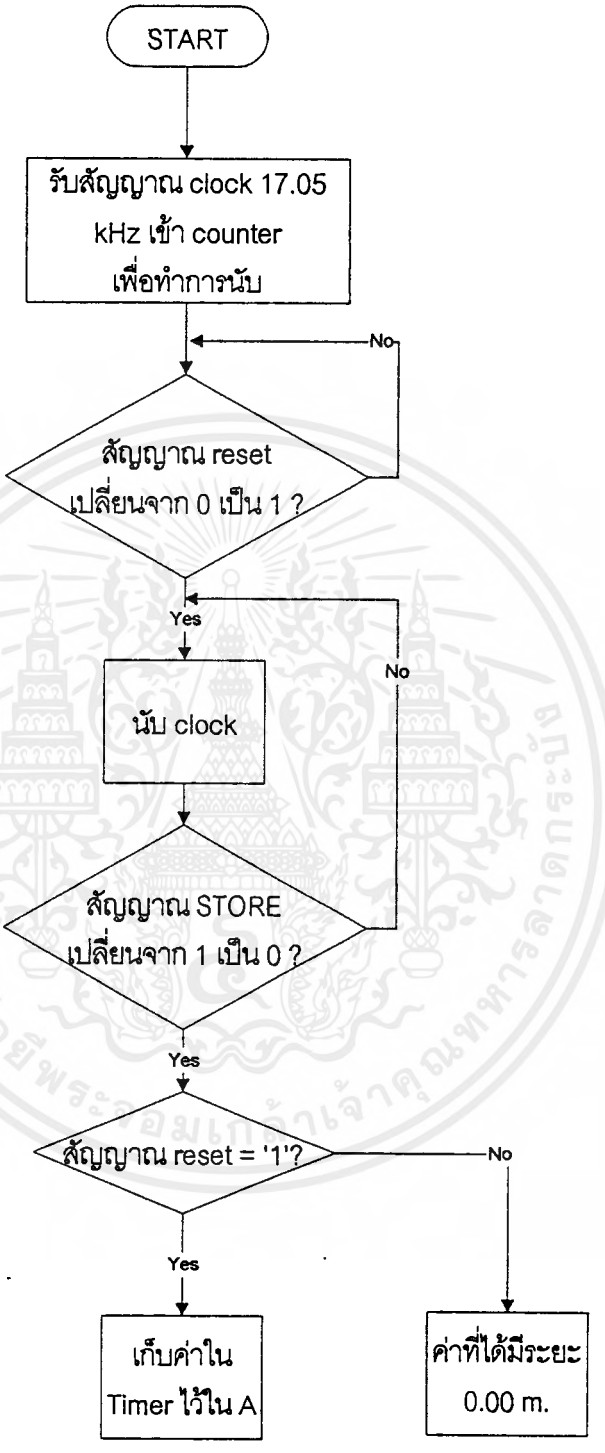


รูปที่ 5

การต่อ 89C2051 ใช้สำหรับโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการประมวลผลระยะใน 89C2051 สามารถแสดงได้ดัง flowchart ในรูปที่ 5



รูปที่ 6

Algorithm การวัดระยะทางของ 89C2051

สำหรับโปรแกรมนั้นแสดงไว้ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หน่วยแปลงค่าระยะห่างจากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคให้เป็นช่วงของระยะทางที่ หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้

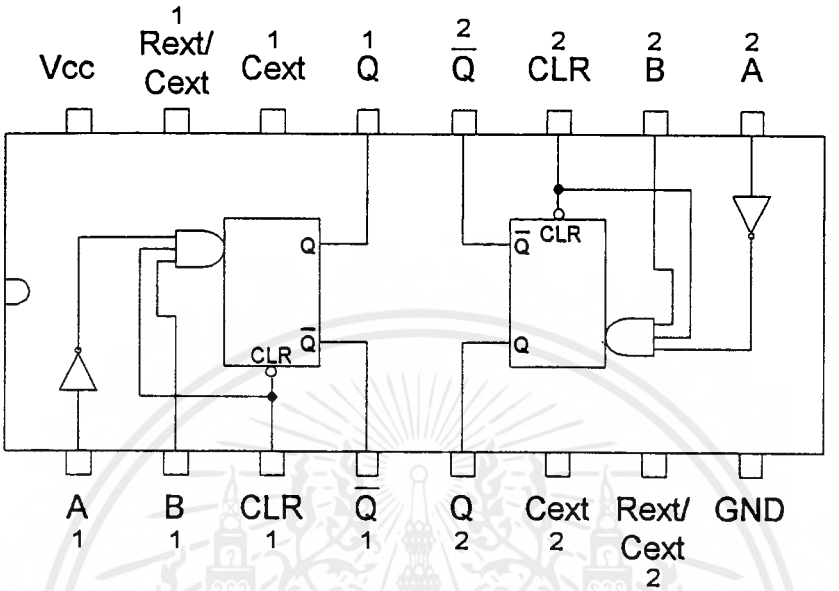
วงจรนี้เรียกว่า วงจร Distance to Logic Converter ช่วยในการประมวลผลของหน่วยประมวลผลกลางในการรักษาทิศทางดังนี้

จากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิค ได้ output ออกมาเป็นค่าระยะทางส่งมายังวงจรนี้ เพื่อแปลงระยะทางที่วัดได้ให้เหลือเป็นเพียง logic 0 หรือ 1 โดยถ้าระยะห่างจากวัตถุถึงตัวรับอัลตราโซนิคอยู่ในช่วงที่ต้องการ วงจรจะให้ output เป็น logic 1 แต่ถ้าระยะห่างน้อยหรือมากกว่านั้นจะให้ output เป็น logic 0 เพื่อนำไปประมวลผลใน program ของหน่วยประมวลผลกลางต่อไป ทั้งหมดนี้ได้จากการอาศัยคุณลักษณะของสัญญาณที่ขา CNT INH ของ ICM7224 ซึ่งเป็น pulse ที่มีความกว้างแปรผันตรงกับระยะทางที่วัดได้ pulse นี้จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อวงจรวัดระยะห่างเริ่มส่งสัญญาณ 40 kHz ให้ตัวส่งอัลตราโซนิคในแต่ละ cycle และจบเมื่อตัวรับอัลตราโซนิคได้รับสัญญาณนั้นสะท้อนกลับมาใน cycle นั้น

การทำงานของวงจรนี้เริ่มจากนำสัญญาณจากขา CNT INH (ขา 31) ของ ICM7224 นำมาเป็น input ของวงจร Distance to Logic Converter (หน่วยแปลงค่าระยะห่างจากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคให้เป็นช่วงของระยะทางที่ หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้) ใน IC เบอร์ 74LS123 ซึ่งเป็น Distance to Logic Converter ที่ตั้งความกว้าง pulse output ได้จาก R และ C ที่มาต่อเพิ่ม โดย IC 91/1 จะ active ที่ขอบขาขึ้นของ input ให้ output มีความกว้าง pulse เทียบเท่าระยะทาง 80 cm. และ IC91/2 ที่ active ขอบขาขึ้นของ input เช่นกัน แต่จะให้ output ที่ขา $\overline{Q}$ มีความกว้าง pulse เทียบเท่าระยะทาง 40 cm. นำสัญญาณ output ทั้งสองนี้มาผ่าน AND GATE จะได้ pulse ที่เทียบเท่าระยะทางจากที่ระยะ 40 cm. ซึ่งจะใช้ pulse นี้เป็นสัญญาณอ้างอิงในการเปรียบเทียบ pulse ที่ได้จากวงจร Distance to Logic Converter อีกวงจร (IC92/2) ที่มี input เป็นสัญญาณจากขา CNT INH เช่นกัน แต่จะ active ที่ขอบขาลง และให้ output เป็น pulse แคบ ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณ pulse คงที่นั้นแล้วโดยผ่าน AND GATE อีกตัว ในแต่ละ cycle เราได้ pulse ประจำแต่ละ cycle ที่ระยะทางอยู่ในช่วงที่ต้องการ ส่วน cycle ใดที่ระยะทางที่วัดได้อยู่นอกช่วงที่ต้องการจะไม่มี pulse ประจำ cycle นั้น แต่สัญญาณ pulse แคบ ๆ ในแต่ละ cycle นี้ไม่เพียงพอจะใช้ประมวลผลใน CPU จึงต้องนำไปขยายความกว้าง pulse โดยนำไปผ่านวงจร Distance to Logic Converter (IC92/1) เพื่อให้ได้ pulse มีความกว้างมากกว่า 1 cycle ที่วงจรนี้ทำงาน จะได้สัญญาณ logic 1 หรือ 0 พร้อมส่งต่อให้ CPU นำไปประมวลผล

รูปวงจร Distance to Logic Converter และ timing diagram แสดงไว้ในรูปที่ 7 - 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

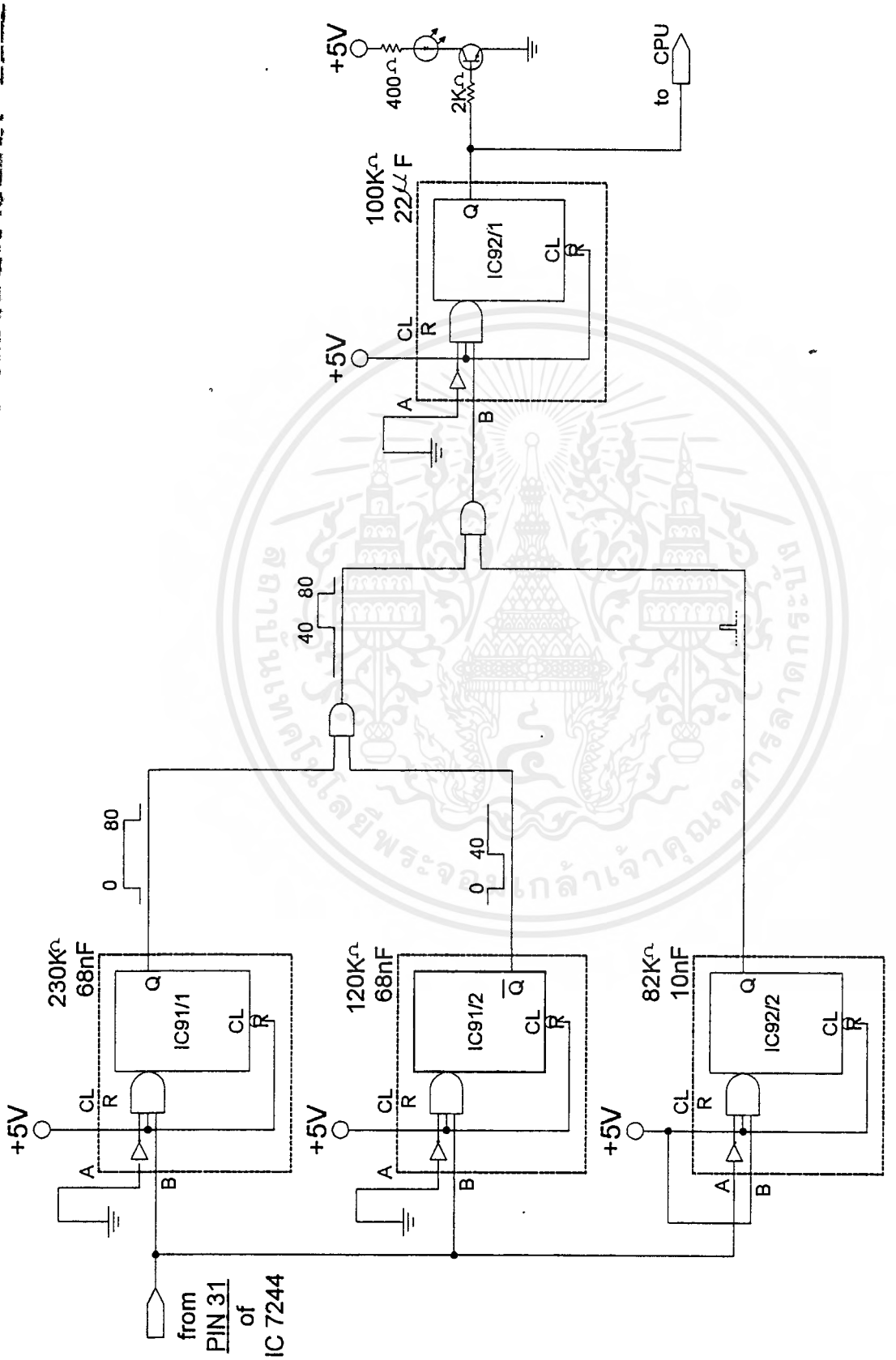


I/P			O/P	
CLR	A	B	Q	$\overline{Q}$
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↑	⎍	⎍
H	↓	H	⎍	⎍
↑	L	H	⎍	⎍

รูปที่ 7

แสดง IC 74LS123 (monostable multivibrator) และวิธีใช้

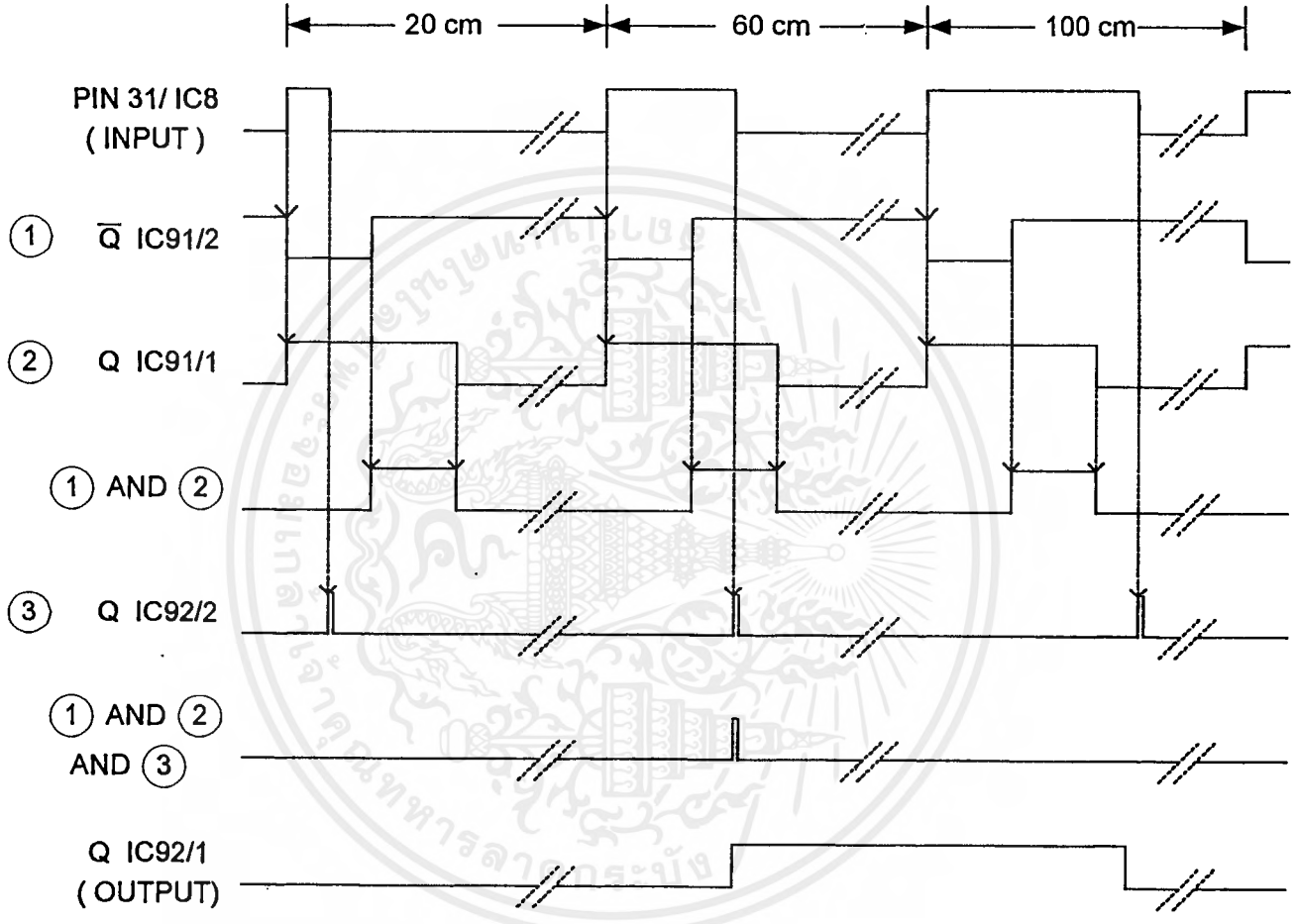
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8

วงจร distance to logic converter

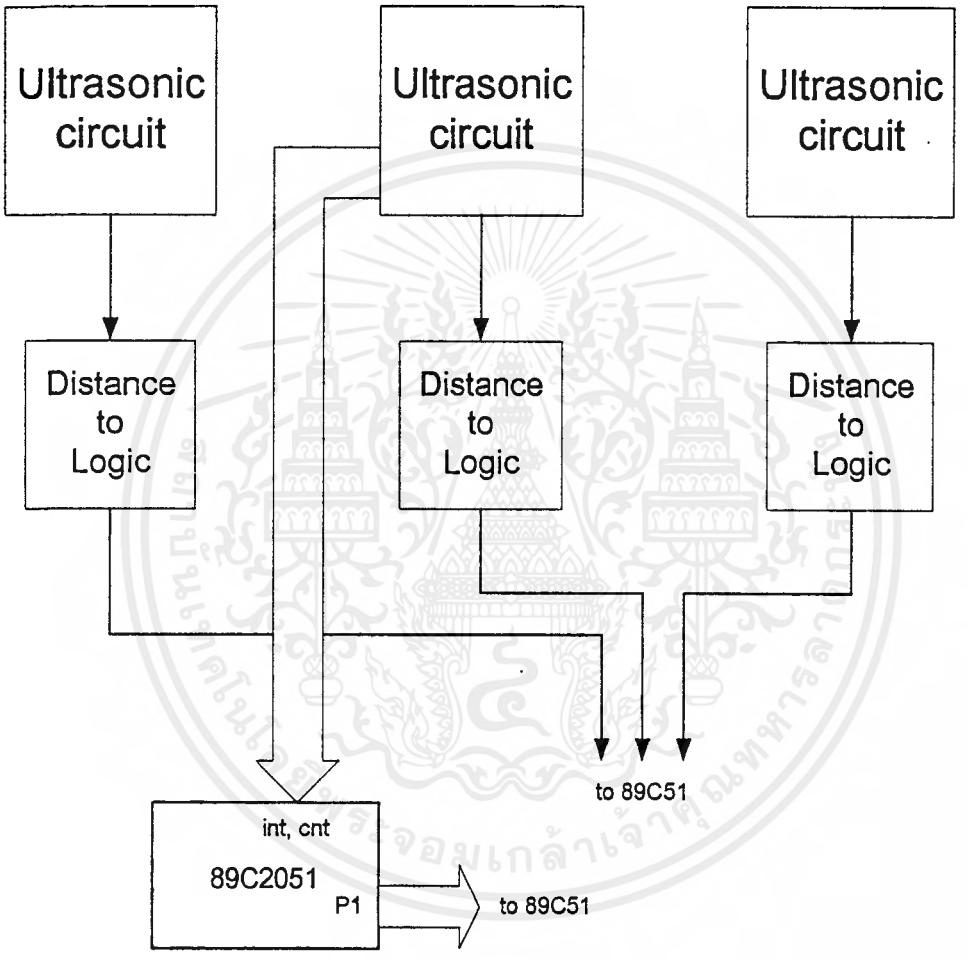
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9

timing diagram ของวงจร distance to logic converter

การนำวงจรวัดระยะทาง,วงจร Distance to Logic Converter และวงจรบอกค่าระยะทางให้แก่หน่วยประมวลผลกลางมาใช้ร่วมกัน แสดงได้ดัง Block Diagram ในรูปที่ 9



รูปที่ 10

การนำวงจร 89C2051 และ วงจร distance to logic converter มาใช้ร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
หน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลางประกอบด้วย Microcontroller เบอร์ 89C51 สำหรับการใช้งานในโครงงานนี้ จะใช้ port ต่าง ๆ ดังนี้

P1.0 ใช้เป็น output port จ่าย PWM ให้แก่ชิป drive มอเตอร์ขวา

P1.1 ใช้เป็น output port บอกทิศทาง(direction)ให้แก่ชิป drive มอเตอร์ขวา

P1.2 ใช้เป็น output port จ่าย PWM ให้แก่ชิป drive มอเตอร์ซ้าย

P1.3 ใช้เป็น output port บอกทิศทาง(direction)ให้แก่ชิป drive มอเตอร์ซ้าย

P2.0 ใช้เป็น input port รับสัญญาณจากวงจร Distance to Logic Converter ตัวขวา

P2.1 ใช้เป็น input port รับสัญญาณจากวงจร Distance to Logic Converter ตัวกลาง

P2.2 ใช้เป็น input port รับสัญญาณจากวงจร Distance to Logic Converter ตัวซ้าย

P0 ทั้ง port ใช้เป็น input port รับสัญญาณจากวงจรวัดค่าระยะทางโดย 89C2051

ส่วนโปรแกรม

ส่วนหลัก ๆ ของโปรแกรมจะมี 2 ส่วนที่สำคัญดังนี้

1. ส่วนรักษาระยะทาง
2. ส่วนรักษาทิศทาง

โดยโปรแกรมจะทำงานทั้ง 2 ส่วนในแต่ละ machine cycle กล่าวคือ

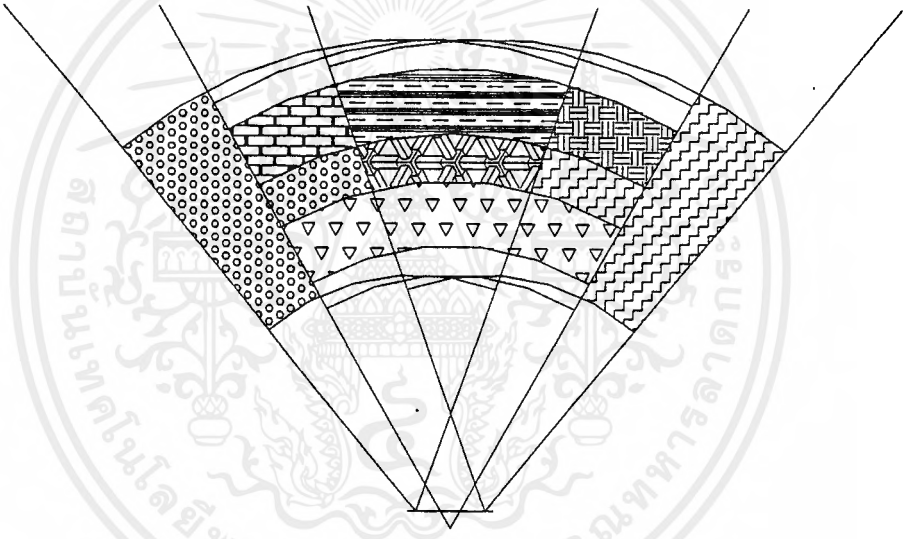
เริ่มต้น เมื่อ89C51ได้รับระยะทางมาจาก 89C2051 แล้วก็จะทำการเปรียบเทียบว่าระยะทางอยู่ในช่วงใด โดยได้แบ่งเป็น 5 ช่วงคือ

1. ระยะทาง 0-45 ซม. กำหนดให้เรียกว่า routine rev_hurry เพื่อทำการถอยรถให้เร็วที่สุด
2. ระยะทาง 46-61 ซม. กำหนดให้เรียกว่า routine rev_normal เพื่อทำการถอยรถในความเร็วปกติ
3. ระยะทาง 62-69 ซม. กำหนดให้เรียกว่า routine stop เพื่อทำการหยุดรถ
4. ระยะทาง 70-85 ซม. กำหนดให้เรียกว่า routine for_normal เพื่อทำการวิ่งไปข้างหน้าในความเร็วปกติ
5. ระยะทาง มากกว่า 85 ซม. กำหนดให้เรียกว่า routine for_hurry เพื่อทำการวิ่งไปข้างหน้าให้เร็วที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

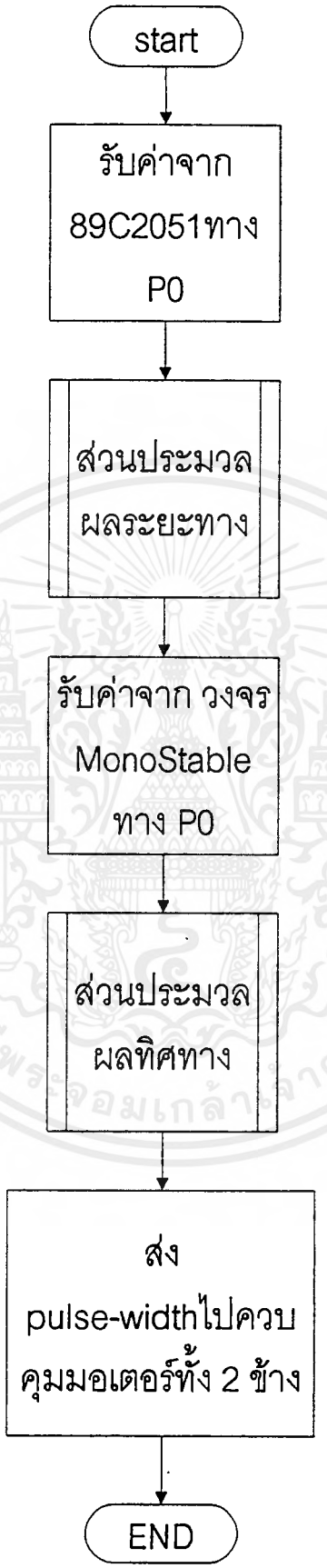
ถ้าระยะทางที่ได้อยู่ในช่วง 1,2 และ 5 แล้ว จะไม่ต้องทำส่วนรักษาทิศทางต่อ แต่ถ้าระยะอยู่ในช่วงที่ 3 และ 4 แล้วจะให้ program เข้าสู่ส่วนรักษาทิศทาง โดยรับค่าจากวงจร Distance to Logic Converter เพื่อเช็คทิศทางแล้วสั่งให้จ่าย PWM และ Direction ให้กับมอเตอร์ทั้งสอง เพื่อให้รถพยายามรักษาทิศทางไว้ตรงกลางตลอดเวลา

flow chart ของ program และ routine ต่าง ๆ แสดงไว้ในหน้าถัดไป



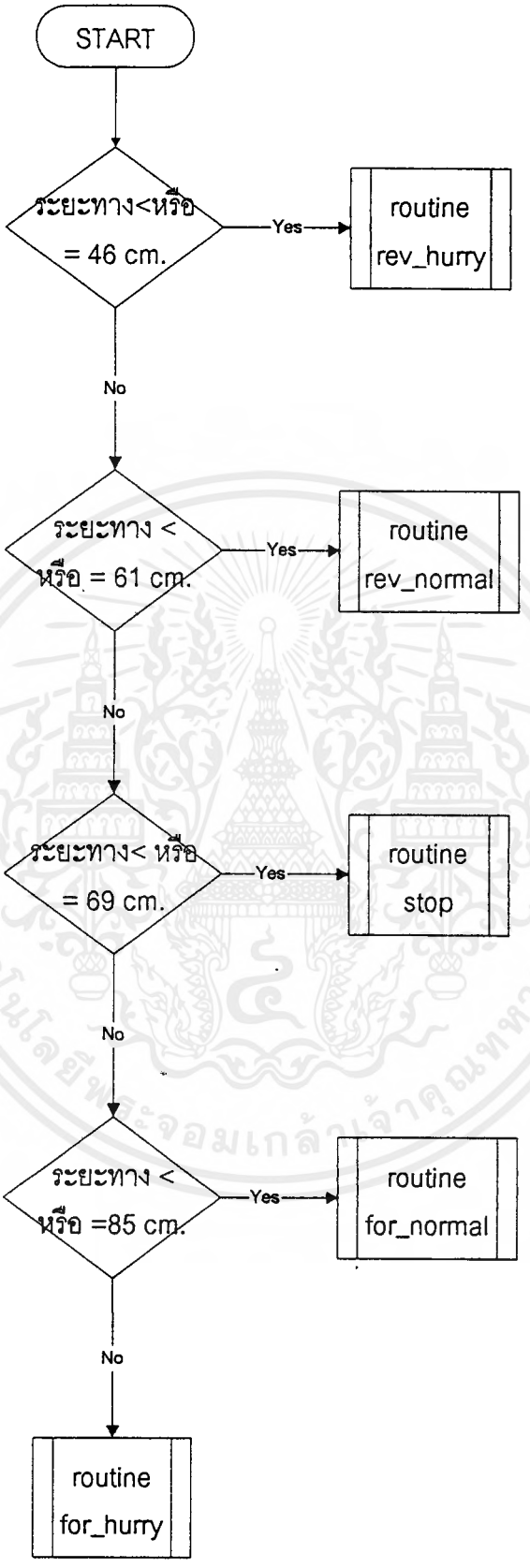
รูปแสดงการแบ่งบริเวณต่าง ๆ ตามที่กล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปแสดงส่วนโปรแกรมหลัก</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงส่วนรักษาระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดง routine rev_hurry

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดง routine rev_normal

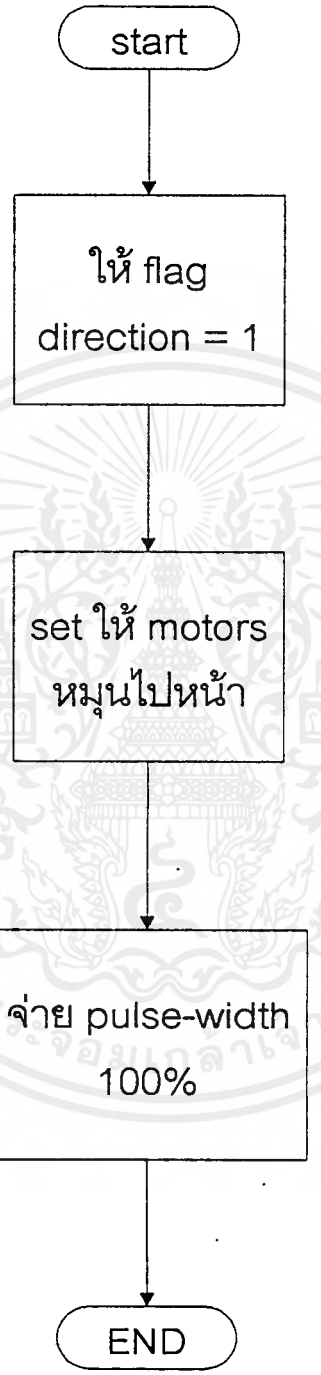
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดง routine stop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

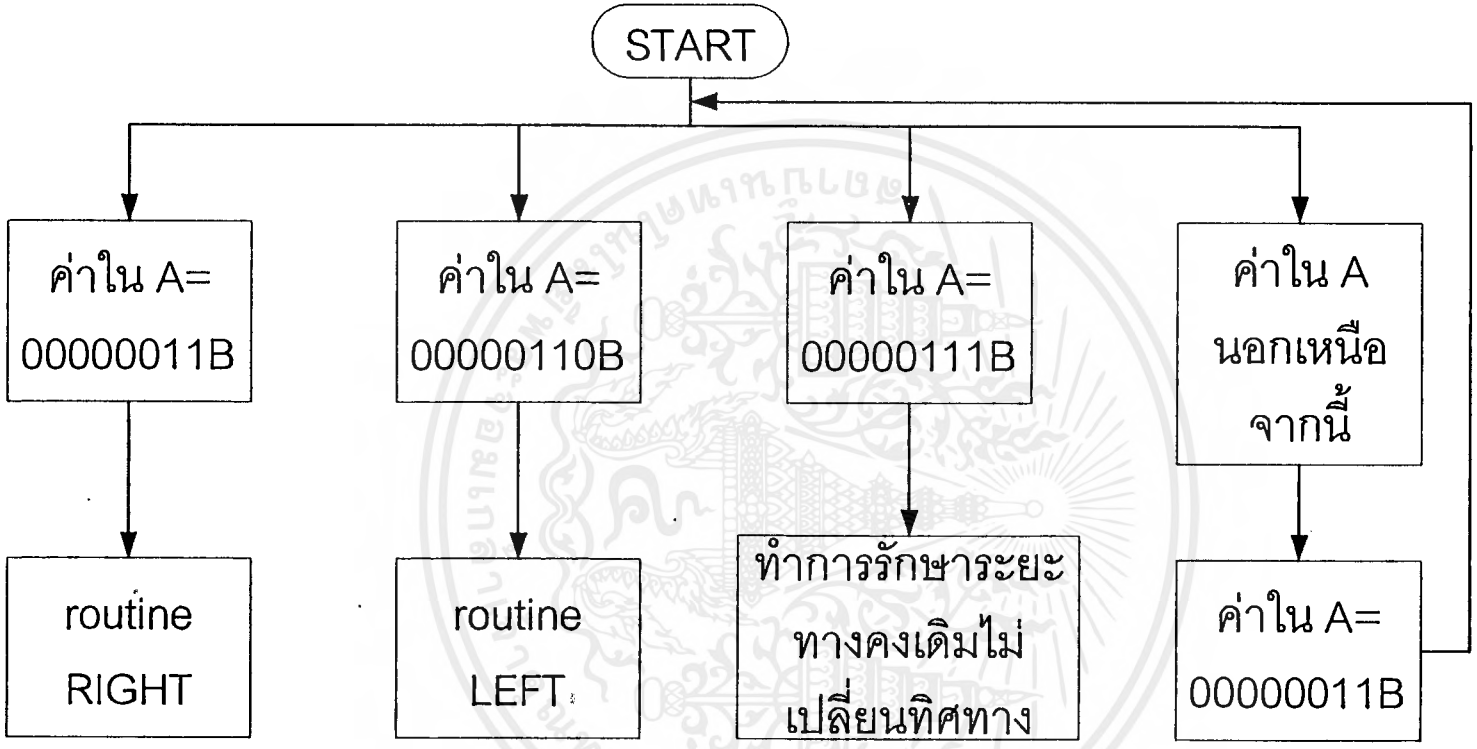
รูปแสดง routine for_normal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

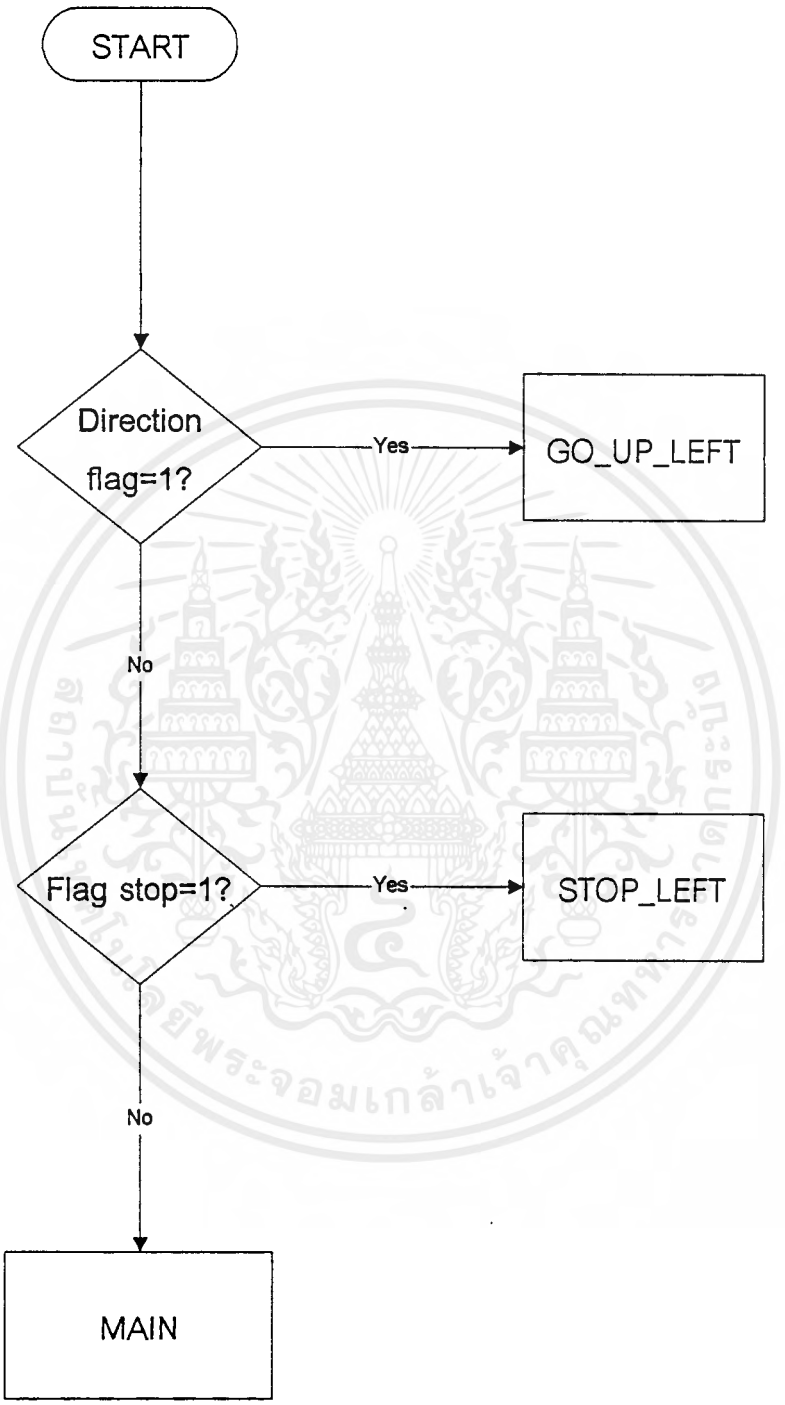


รูปแสดง routine for_hurry

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

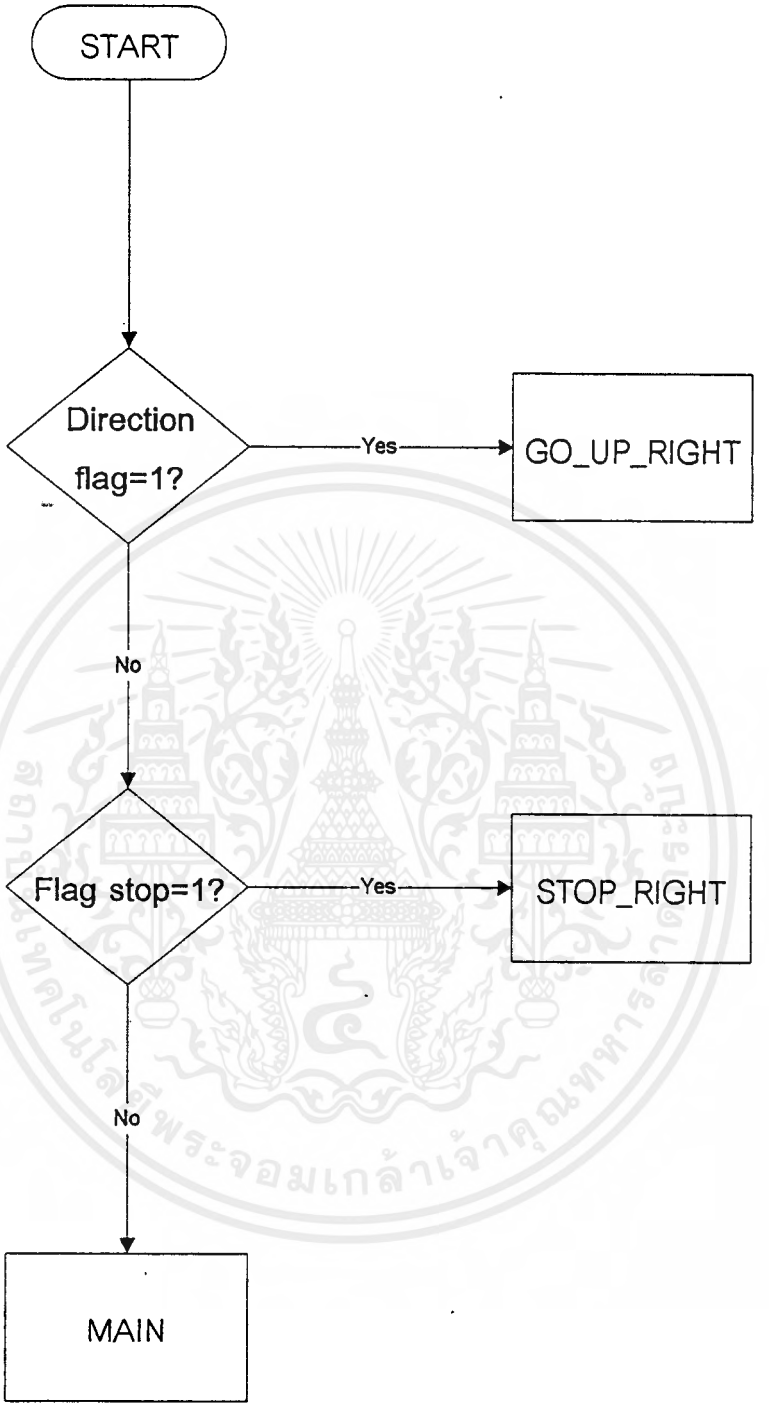


ส่วนรักษาทิศทาง



รูปแสดง routine LEFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง routine RIGHT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ภาคขับเคลื่อนและตัวรถ

<u>ภาคขับเคลื่อน</u> ประกอบด้วย

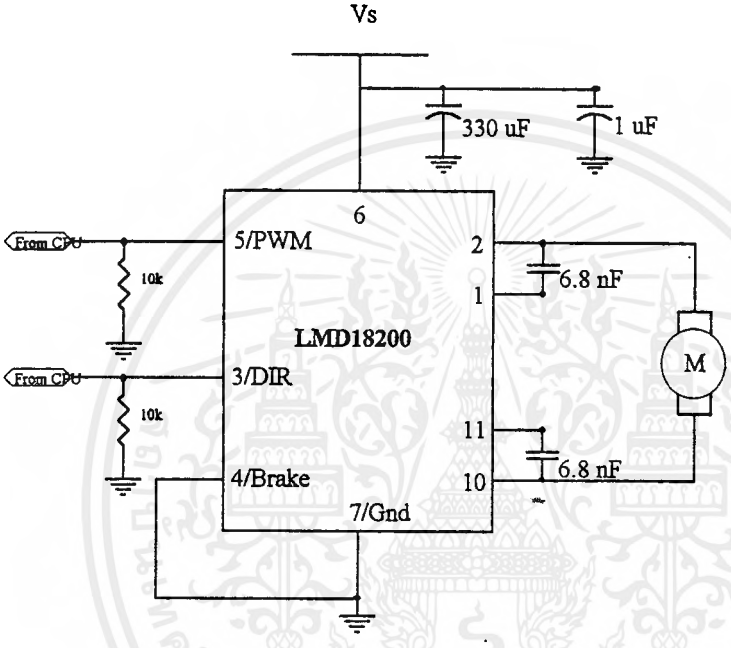
1. ส่วนกำเนิดกำลังในการขับเคลื่อน อันได้แก่ มอเตอร์ชนิดมีเฟืองทดในตัว จำนวน 2 ตัว แยกทำการขับเคลื่อนล้อแต่ละข้างอย่างอิสระต่อกัน สาเหตุที่ใช้มอเตอร์แบบมีเฟืองทดในตัว ก็เพราะสามารถให้แรงขับเคลื่อนกับรถได้ดีกว่ามอเตอร์ซึ่งไม่มีเฟืองทด อีกทั้งเพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่พอเหมาะต่อการควบคุม โดยไม่จำเป็นต้องทดเฟืองเอง ซึ่งอาจก่อให้เกิด Backlash ที่มากเกินไป ทำให้การควบคุมเป็นไปอย่างไม่ราบลื่น และการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขับล้อ ก่อให้เกิด error ขึ้นกับระยะที่ได้จากการตรวจจับของวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิค

2. วงจรควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ ใช้ชิปขับมอเตอร์เบอร์ LMD18200 ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่องานควบคุมการเคลื่อนที่โดยใช้มอเตอร์ ซึ่งสามารถทนกระแสต่อเนื่องได้ถึง 3 A ซึ่งครอบคลุมขอบเขตการใช้งานในโครงงานนี้ ในส่วนโครงสร้างภายในเป็นแบบ H-Bridge ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หนึ่งตัวหมุนได้ทั้งทิศทางทวน และตามเข็มนาฬิกา ด้วยการป้อนค่า logic ให้กับขา direction (DIR) ของชิป และสามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ได้โดยการป้อนสัญญาณที่มีลักษณะเป็นแบบ Pulse-Width Modulation ให้กับขา PWM ของชิป เหล่านี้คือการใช้ประโยชน์จากชิป LMD18200 ในเบื้องต้น

การที่ต่อ R 10 kΩ pull down ที่ขาสัญญาณ PWM และ DIR input จากคุณสมบัติของชิปขับมอเตอร์ที่เป็นแบบ H-Bridge จะทำให้ขั้วทั้งสองของมอเตอร์ถูกลัดวงจรเข้าหากันในขณะไม่มีการป้อนสัญญาณ input ให้กับชิป ซึ่งช่วยลดผลความเฉื่อยของมอเตอร์หลังจากเลิกสั่งให้มอเตอร์หมุนทำให้การควบคุมสามารถเข้าสู่สภาพที่ต้องการได้อย่างเที่ยงตรง

การต่อวงจรควบคุมมอเตอร์เข้ากับมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11

การใช้ LMD18200 ควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วย Pulse-Width modulation

การควบคุมความเร็วรอบของ DC Motor นั้น สามารถทำได้โดยการปรับ voltage ตกคร่อมขั้วทั้งสองของมอเตอร์ซึ่งจะแปรผันตรงกับความเร็วของมอเตอร์ แต่ไม่ควรจ่าย voltage ตกคร่อมที่ขั้วของมอเตอร์เกินค่า rated voltage เพราะจะทำให้เกิด loss

อย่างไรก็ดี การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์โดยการปรับ voltage ตกคร่อมขั้วมอเตอร์นั้น ก็ก่อให้เกิด loss จำนวนหนึ่งเช่นกัน ทั้งยังยากในการควบคุมสำหรับการควบคุมแบบ digital เพราะฉะนั้น ในโครงงานนี้จึงใช้การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์แบบ PWM ซึ่งจะทำให้เกิด loss น้อยกว่าการควบคุมแบบปรับ voltage และยังง่ายต่อการควบคุมแบบ digital ด้วย

หลักการทำงานของ Pulse-Width Modulator

จากหลักการที่ว่าความเร็วรอบของมอเตอร์นั้นแปรผันตรงกับ voltage ตกคร่อมที่ขั้วมอเตอร์ ดังนั้น เราสามารถสลับการป้อน (ON) และไม่ป้อน (OFF) voltage ให้มอเตอร์เป็นช่วง ๆ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของ voltage ที่ต่างกันไปตามอัตราส่วนของเวลาของการ ON ต่อ OFF ที่ต่างกันไป ซึ่งอัตราส่วนของเวลาที่ ON ต่อเวลาที่ OFF นี้เรียกว่า duty cycle

จากวงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge ที่อยู่ในชิปเบอร์ LMD18200 (ในภาคผนวก) การป้อน logic 1 ให้แก่ขา PWM นานเท่าไร(ไม่ว่าขา DIR จะเป็น logic ใดก็ตาม) ก็จะทำให้ voltage ตกคร่อมขั้วมอเตอร์ในส่วนครึ่งของ H-Bridge ที่ทำงานมีค่าเป็น Vs นานเท่านั้น แต่ถ้า logic ที่ขา PWM มีค่าเป็น 0 ก็จะไม่มี voltage ตกคร่อมขั้วมอเตอร์ในส่วนครึ่งของ H-Bridge นั้น ดังนั้น ขา PWM จึงทำหน้าที่เหมือนเป็นสวิตช์ระหว่างแหล่งจ่ายที่มี voltage = Vs กับขั้วทั้งสองของมอเตอร์ ดังนั้น ในการปรับความเร็วของมอเตอร์ เราสามารถจ่าย pulse ที่มี duty cycle ที่ให้ค่า voltage เฉลี่ยที่สัมพันธ์กับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ต้องการได้ โดยจ่าย pulse นั้นไปยังขา PWM ของชิป เช่น การจ่าย duty cycle 50% ก็จะได้ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 50% ของความเร็วรอบที่จ่าย Voltage คร่อมมอเตอร์เท่ากับ Vs (จ่ายแบบต่อไฟตรงธรรมดา ไม่เป็น pulse) โดย pulse ที่จ่ายให้ชิปนั้น ได้มาจากการประมวลผลของหน่วยประมวลผลกลาง

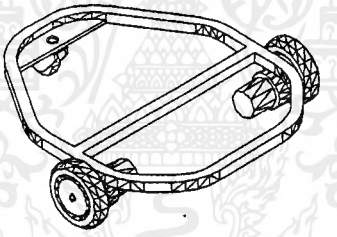
ตัวรถ

โครงสร้างของรถใช้อลูมิเนียมกล่องจัตุรัสขนาด 5/8 นิ้ว เป็นโครง ซึ่งถูกเชื่อมขึ้นเป็นโครงด้วยการเชื่อม TIG (Tungsten Inert Gas) ที่ใช้ความร้อนสูงสำหรับเชื่อมอลูมิเนียม การเชื่อมนี้ทำให้โครงหลักของรถมีความแข็งแรงมาก

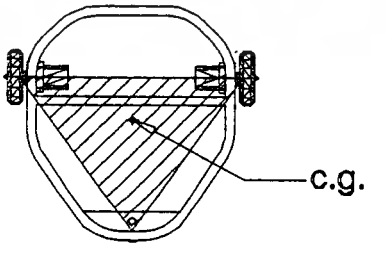
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถถูกออกแบบให้มี 3 ล้อ เพื่อสนับสนุนในการวิ่งบนพื้นขรุขระ ล้อขับจะสัมผัสพื้นอยู่เสมอ จึงลดความผิดพลาดในการควบคุม โดยมีล้อขับเคลื่อนหลักที่ใช้ในการเคลื่อนที่จำนวน 2 ล้อ วางในแนวเดียวกัน และเพื่อให้ไม่มีผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ ล้อพยุงที่นำมาใช้นั้น จึงใช้แบบ Ball Bearing แทนที่จะเป็นแบบล้อเยื้องศูนย์ ส่วนในเรื่องของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อขับต้องเลือกให้เหมาะสมกับความเร็วรอบ และ torque ของมอเตอร์ เพราะจะมีผลต่อความเร็วของรถและ range ของภาควัดระยะทาง

แต่เนื่องจากมี 3 ล้อ การวางน้ำหนักของตัวรถจึงต้องให้สมดุล เพื่อไม่ให้รถเกิดการพลิดคว่ำ จึงควรให้จุด c.g. ของรถอยู่ในพื้นที่สามเหลี่ยมที่มีจุดสัมผัสพื้นของทั้ง 3 ล้อเป็นจุดมุมของสามเหลี่ยม และเพื่อลดการ slip ของล้อขับกับพื้น ควรให้จุด c.g. อยู่เยื้องเข้าใกล้แนวล้อขับ ดังนั้นการนำรถไปพัฒนาต่อไปจึงควรคำนึงถึงจุดนี้ด้วย



รูปแสดงโครงรถ



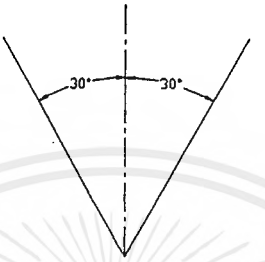
รูปแสดงจุด c.g.ที่เหมาะสมของตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้ง Ultrasonic Transducer

จากการศึกษาและทดลองพบว่า การติดตั้ง Ultrasonic transducer มีผลกระทบอย่างมากต่อการตั้งกรณีและ algorithm ในการติดตามวัตถุ

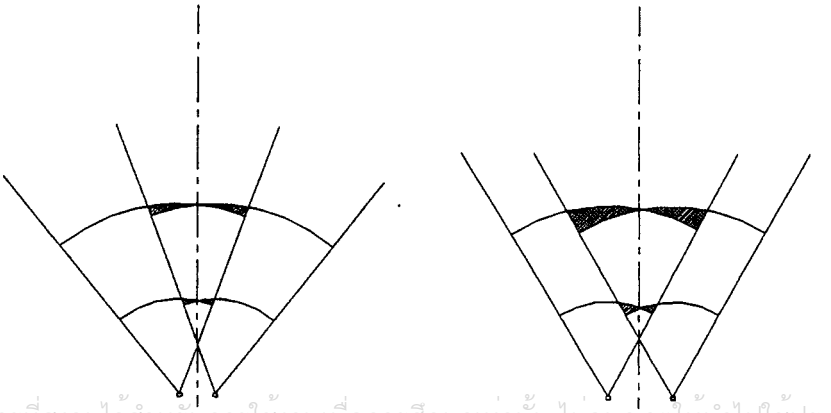
คุณสมบัติของ Ultrasonic transducer ที่นำมาใช้นั้น ตัวรับจะมีกรอบในการรับเป็นรูปกรวยสมมาตร มี มุมวัดจากแนวกลางเป็นมุม 30 องศา โดยรอบ นำไปพิจารณาเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติด sensor ดังรูปข้างล่าง



รูปแสดงรัศมีทำการของ Ultrasonic transducer

รถติดตามวัตถุเคลื่อนที่ใช้ Ultrasonic transducer 3 ชุด โดยทั้ง 3 ชุดนี้ นอกจากต้องติดตั้งตัวรับให้สูงจากระดับพื้นพอสมควรแล้ว ยังต้องติดตั้ง transducer แต่ละชุดทำมุมเงยขึ้นจากแนวระดับให้กรอบในการรับเงยขึ้นพอที่ field ในการรับจะไม่ detect พื้น แทนที่จะ detect วัตถุเป้าหมาย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการผิดพลาดในการติดตาม

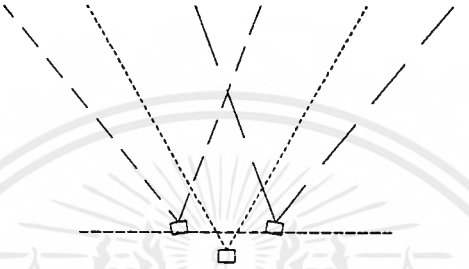
Ultrasonic transducer ชุดซ้ายและขวา จะมี field ในการรับซ้อนทับกันบางส่วน field ที่ทับกันนี้ เมื่อร่วมกับ field ในการรับของ Ultrasonic transducer ชุดกลาง ใช้กำหนดเป็น field เป้าหมายในการติดตาม Ultrasonic transducer ชุดซ้ายและขวานี้ เป็นชุดหลักในการพิจารณาทิศทางหันซ้าย–ขวา ,เลี้ยวซ้าย-ขวา เหตุที่ต้องติดUltrasonic transducer แต่ละชุดทำมุมกับแนวกลางรถนอกจากเพื่อเพิ่มขอบเขตการติดตามแล้ว ยังสามารถลดผลที่จะเกิดจากการซ้อนทับของ field ที่ยากต่อการควบคุมได้ ดังรูป



รูปเปรียบเทียบมุมการติดตั้ง Ultrasonic transducer

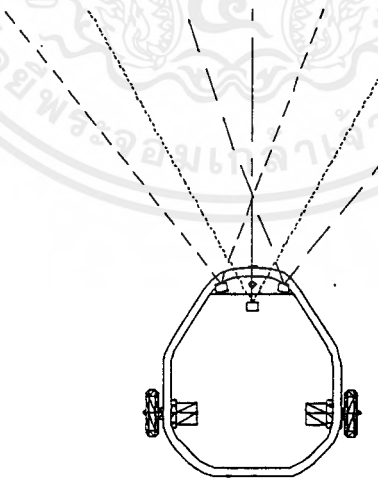
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ultrasonic transducer ชุดกลาง ถูกใช้เพื่อทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ การรักษาระยะห่างระหว่างตัวรถกับวัตถุที่ถูกติดตาม การใช้งานในส่วนนี้จะถูกกำหนดจากโปรแกรม ส่วนอีกหน้าที่หนึ่งคือใช้ประกอบกับ Ultrasonic transducer ชุดซ้ายและขวา ช่วยในการกำหนดพื้นการตัดสินใจ จากทั้งหมดนี้จึงต้องติดตั้ง Ultrasonic transducer ชุดกลางถอยมาจากแนวของ Ultrasonic transducer ชุดซ้ายและขวาดังรูปข้างล่างเพื่อให้มีพื้นที่ในแต่ละพื้นที่ตัดสินใจมากขึ้นในแนวขยายกว้างหน้ารถ



รูปแสดงการเปรียบเทียบ field ของ sensor แต่ละชุด

แนวของ sensor ทั้ง 3 ชุด ติดตั้งให้อยู่ห่างจากแนวของล้อขับเคลื่อนค่อนมาข้างหน้า ดังแสดงในรูปข้างล่าง เพื่อที่การขับเคลื่อนจะทำให้ติดตามวัตถุได้อย่างค่อนข้างต่อเนื่องกว่าแบบที่วาง Ultrasonic Transducer ไว้ใกล้แนวล้อขับ ทำให้การติดตามเป็นไปได้อย่างราบรื่นขึ้น



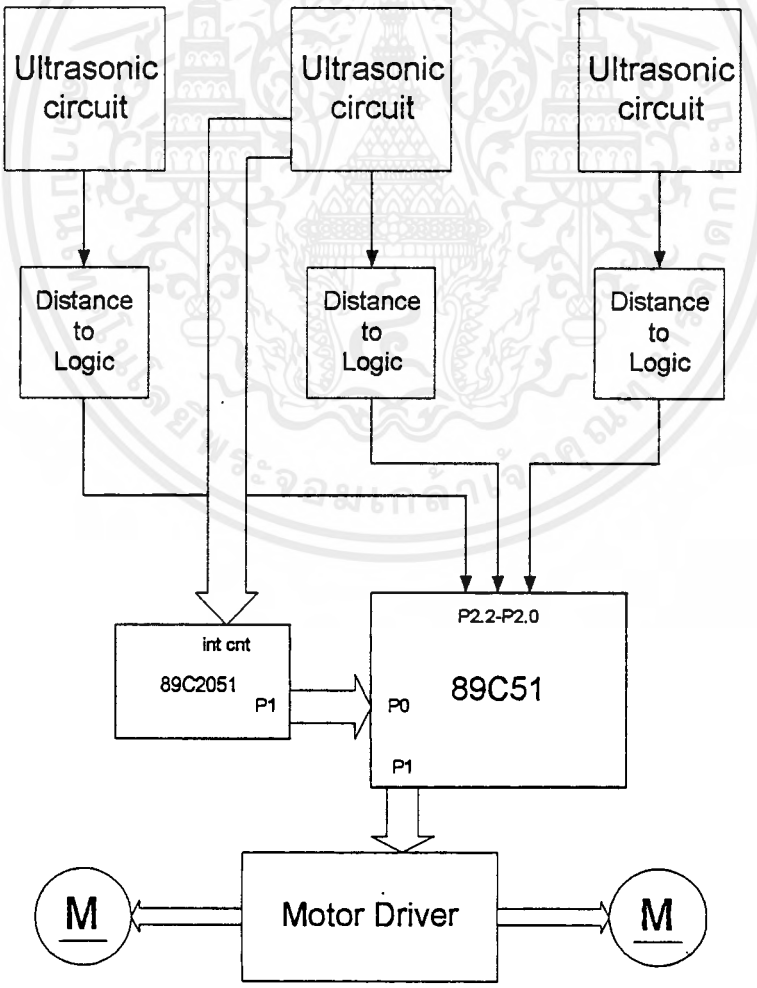
รูปแสดงตำแหน่งที่ติดตั้ง Ultrasonic Transducer บนตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การสร้าง

จากบทที่ 1 ถึง 5 ได้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของรถแล้ว ในบทนี้ เราจะนำส่วนประกอบเหล่านั้นมาทำงานร่วมกัน โดยมีการทำงานดังนี้

การติดตามวัตถุเคลื่อนที่ ทำได้โดยรักษาระยะระหว่างวัตถุเคลื่อนที่กับตัวรถให้คงที่ โดยภาคตรวจจับทำการตรวจจับระยะทางแล้วแสดงระยะทางออกมาทาง LCD display พร้อมกันนั้นภาคตรวจจับก็จะส่งสัญญาณมาให้หน่วยแปลงระยะทางให้เป็นช่วงระยะทาง(ให้ output ออกมาเป็น logic) และค่าระยะทางที่ 89C51 (หน่วยประมวลผลกลาง) จะรับรู้ได้ด้วย จากนั้น 89C51 ก็จะทำการประมวลผลในการติดตามโดยใช้ค่าระยะทาง และช่วงระยะทางนั้น แล้วส่งสัญญาณควบคุมการขับเคลื่อนออกมาเพื่อให้รถติดตามวัตถุเคลื่อนที่ ทั้งหมดนี้สามารถแสดงได้ดัง Block Diagram ในรูป



รูปที่ 12 แสดงการเชื่อมโยงการทำงานของส่วนต่าง ๆ ของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนรายละเอียดก็มีดังนี้

วงจรวัดระยะทางทำการวัดระยะทางระหว่างรถกับวัตถุเคลื่อนที่ ในขณะเดียวกัน วงจร Distance to Logic Converter (วงรแปลงค่าระยะห่างจากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิค ให้เป็นช่วงของระยะทางที่ หน่วยประมวลผลกลางรับรู้ได้) จะรับสัญญาณจากขา 31ของ ICM7224 (ขา $\overline{CNT}$ $\overline{INH}$) จากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิค เข้ามาผ่านกระบวนการในวงจร Distance to Logic Converter ซึ่งจะให้ output เป็น logic 1 ถ้าระยะทางที่วัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 40-80 ซม. แต่ถ้าระยะทางไม่ได้อยู่ในช่วง 40-80 ซม.แล้ว วงจรจะให้ output logic เป็น 0 จากนั้น output logic จากวงจร Distance to Logic Converter จะถูกส่งไปยัง port 2.0-2.2 ของหน่วยประมวลผลกลาง (ตัว 89C51) ส่วนวงจรประมวลผลระยะจากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคให้เป็นค่าระยะทางที่ หน่วยประมวลผล กลางรับรู้ได้ (89C2051) นั้น จะทำงานพร้อม ๆ กับวงจร Distance to Logic Converter โดยจะรับสัญญาณจากขาต่าง ๆ ของวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิค มาเข้าที่ขาต่าง ๆ ของ 89C2051 ดังนี้

1. สัญญาณจากขา 2 ของ IC 4060 ในวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคมาเข้าที่ port 3.7 ของ 89C2051
2. สัญญาณจากขา 34 ของ ICM 7224 ($\overline{STORE}$) ของวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคมายังขา $\overline{INT0}$ (Interrupt 0) ของ 89C2051
3. สัญญาณจากขา 32 ของ ICM 7224 (COUNT)ของวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคมายังขา T0 (Timer/Counter0) ของ 89C2051

ซึ่งตัว 89C2051 จะนำสัญญาณต่าง ๆ ที่รับมาประมวลผลเพื่อให้ได้ระยะทางในรูปของเลขฐาน 2 แล้วส่งออกมาทาง port1 ของตัว 89C2051 เข้าไปยัง port 0 ตัว 89C51(หน่วประมวลผลกลาง) เพื่อทำการประมวลผลในการ

1. ควบคุมความเร็วในการขับเคลื่อน โดยการจ่ายสัญญาณ Pulse-Width Modulation ออกจาก port 1.0 ไปยังขา PWM ของชิป LMD 18200 ที่ขับมอเตอร์ด้านขวาและ โดยการจ่ายสัญญาณ Pulse-Width Modulation ออกจาก port 1.2 ไปยังขา PWM ของชิป LMD 18200 ที่ขับมอเตอร์ด้านซ้าย
2. ควบคุมทิศทางของการขับเคลื่อน โดยการให้สัญญาณ Pulse-Width Modulation ที่มี duty cycle ที่เท่ากันแก่มอเตอร์ขับเคลื่อนด้านซ้าย และขวา เพื่อให้รถวิ่งตรง หรือ ถ้าต้องการให้รถวิ่งเลี้ยวไปทางด้านซ้าย ก็ทำได้โดยการจ่ายสัญญาณ Pulse-Width Modulation ให้แก่มอเตอร์ด้านซ้าย ที่มี duty cycle น้อยกว่าสัญญาณ Pulse-Width Modulation ที่จ่ายให้แก่มอเตอร์ด้านขวา ส่วนการเลี้ยวขวานั้น ก็สามารถทำได้ในทางกลับกัน สำหรับการเดินหน้าก็เพียงจ่าย logic 1 ให้แก่ขา Dir ของชิป LMD 18200 ทั้ง 2 ที่ขับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ทั้งสองข้าง ส่วนการถอยหลังก็ทำได้โดยการจ่าย logic 0 ให้แก่ขา Dir ของชิป LMD 18200 ทั้ง 2 ที่ขับมอเตอร์ทั้งสองข้าง

ภาพของรถและวงจรรวมโดยละเอียดนั้นแสดงไว้ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

ปัญหาและการแก้ไข

จากการทดลอง ได้พบปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

1. รถไม่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ที่ไวมาก เนื่องจากคาบการทำงานในแต่ละครั้งของการหาระยะทางของวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคนั้นมีค่ามาก
2. ถ้ารอบข้างมีวัตถุเข้ามาในระยะของ beam จะทำให้การทำงานผิดพลาด เนื่องจากวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างวัตถุกับคนได้
3. ในการปฏิบัติงานนั้น ต้องใช้พื้นที่กว้างโล่ง เพราะวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคจะมีประสิทธิภาพดีในการทำงานที่ระยะห่างค่อนข้างมาก เนื่องมาจากลักษณะของ beam ที่ระยะไกลจะแผ่กว้างกว่าที่ระยะใกล้ ซึ่งยากต่อการตรวจจับ
4. ในการปฏิบัติงานนั้น อาจเกิดการรบกวนจากคลื่นชนิดอื่น ๆ ได้
5. การปฏิบัติงานกับคลื่น ตาคนเราไม่สามารถมองเห็นได้ ก่อให้เกิดความยุ่งยากในการสร้างมาก

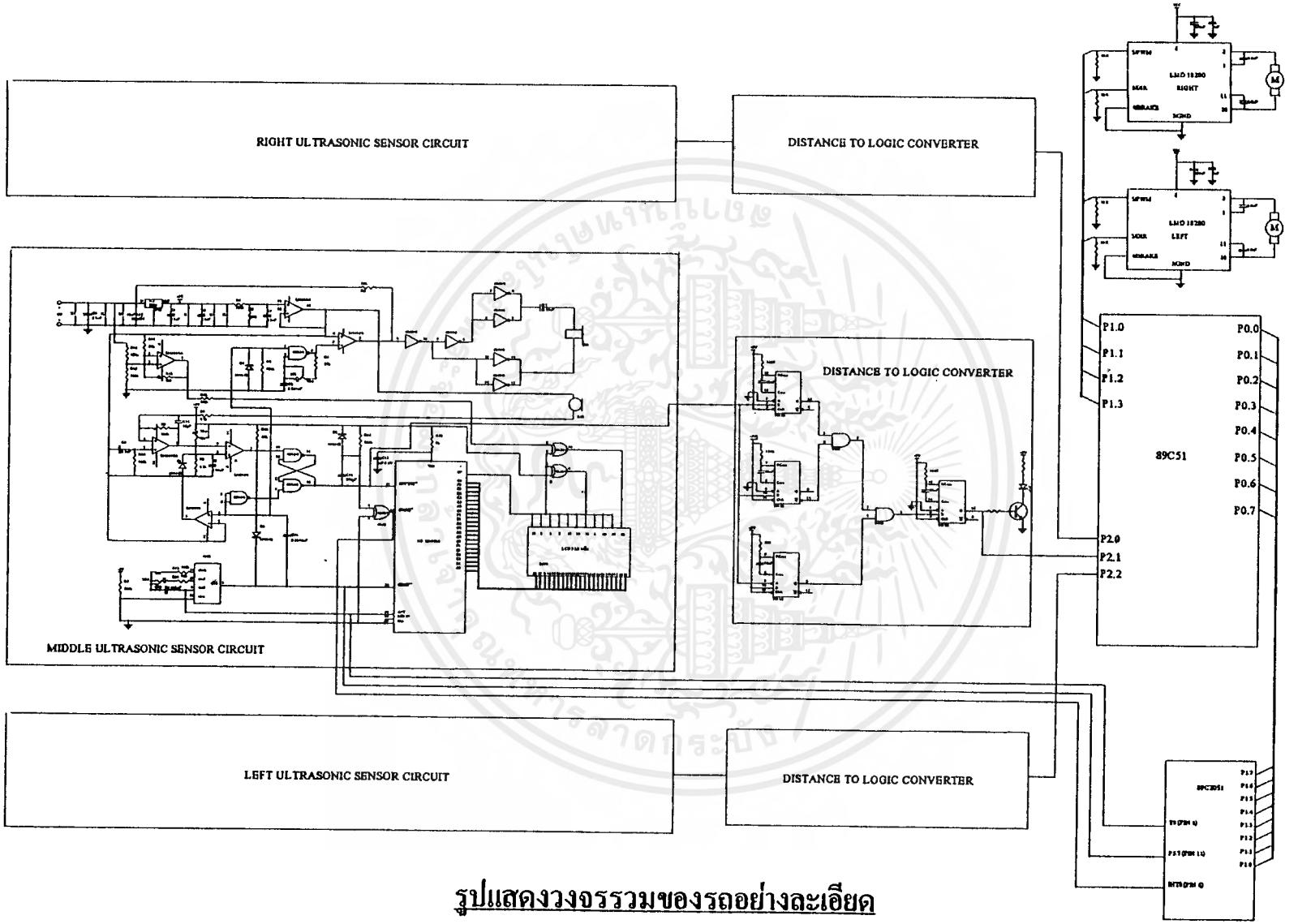
ข้อแก้ไขและปรับปรุง

1. ทำการแก้คาบการทำงานของวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิคให้สั้นลง
2. การแก้ความแตกต่างระหว่างวัตถุและคน ทำได้โดยการเพิ่ม sensor ชนิดอื่นเข้ามาช่วย เช่น sensor ตรวจจับความร้อน
3. ถ้ามอเตอร์ต้องรับ load มากกว่าพิกัดที่วงจร drive มอเตอร์ที่ใช้อยู่จะขับได้แล้ว ต้องมีการเปลี่ยนแปลงวงจร drive motor ใหม่ให้สามารถขับกระแสได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรรวมของรถอย่างละเอียด

อุปกรณ์ต่าง ๆ ในวงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิค

R1	27k Ω
R2, R16	180kΩ
R3	10k Ω
R4-R8, R13-R15, R20	100k Ω
R6, R9	2.2k Ω
R10	47k Ω
R11	18k Ω
R12	220k Ω
R17	39k Ω
R18	1M Ω
R19	1k Ω
VR1	25k Ω ชนิด multiturn
VR2	10k Ω ชนิดเกือกม้า
VR3	1M Ω ชนิดเกือกม้า
C1, C8	0.22 uF 63 V โพรลีโพรไพลีน
C2	0.001 uF
C3	10 uF 16V แทนทาลัม
C4-C7, C9	0.1 uF 63V โพรลีโพรไพลีน
C10	0.001 uF 63V โพรลีโพรไพลีน
C11	0.0056 uF 63V โพรลีโพรไพลีน
C12	270 pF 50V ไมล่าร์
C13	1 uF 10V แทนทาลัม
C14	15 pF 50V เซรามิค
D1-D4	1N4148
TX1	อัลตราโซนิคทรานซดิวเซอร์ตัวส่ง 40 kHz
RX1	อัลตราโซนิคทรานซดิวเซอร์ตัวรับ 40 kHz
DSP1	LCD 3 1/2 หลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC1	4049
IC2	4093
IC3	78L05
IC4	4060
IC5	LM324
IC6	4030
IC7	LM393
IC8	ICM7224

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;โปรแกรมสำหรับ 89C51

```
            ORG     0000H
            JMP     INITIAL
            ORG     002bH
INITIAL:    RIGHT_PWM   EQU   P1.0
            RIGHT_DI    EQU   P1.1
            LEFT_PWM    EQU   P1.2
            LEFT_DI     EQU   P1.3
            FLAG_STOP   EQU   00H
            FLAG_DI     EQU   01H
            MOV     PSW,#00000000B
            MOV     IE,#00H
            MOV     SP,#60H
            clr     c
;%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
;evaluate only tl0 (distance<256 cm.)
;%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
MAIN:       MOV     A,P0
            subb    a,#46D
            jc      REV_HURRY       ; DISTANCE 0-45 CM
            subb    a,#16D
            jc      REV_NORMAL      ; DISTANCE 46-61 CM
            subb    a,#8D
            JC      STOP            ; DISTANCE 62-69 CM
            SUBB    A,#16D
            JC      FOR_NORMAL      ; DISTANCE 70-85 CM
            jmp     FOR_HURRY       ; DISTANCE 86->> CM

;1 CYCLE = 20D
;-------------first level,less than 40 cm.---------

REV_HURRY:  CLR     C
            CLR     FLAG_DI
            CLR     RIGHT_DI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     LEFT_DI
                MOV     R1,#20D         ;STORED FOR TURN
                MOV     R7,#20D
CON_1:          SETB    RIGHT_PWM
                SETB    LEFT_PWM
                DJNZ    R7,CON_1
;
                MOV     R7,#0D
;OFF_1:         CLR     RIGHT_PWM
                ;CLR    LEFT_PWM
                ;DJNZ   R7,OFF_1

                JMP     OUT

;----------second level,41-56 cm.----------

REV_NORMAL:     CLR     C
                CLR     FLAG_DI
                CLR     RIGHT_DI
                CLR     LEFT_DI
                MOV     R1,#15D         ;STORED FOR TURN

                MOV     R7,#24D
CON_2:          SETB    RIGHT_PWM
                SETB    LEFT_PWM
                DJNZ    R7,CON_2

                MOV     R7,#1D
OFF_2:          CLR     RIGHT_PWM
                CLR     LEFT_PWM
                DJNZ    R7,OFF_2

                JMP     OUT

;----------THIRD level,57-64 cm.----------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STOP:       CLR   C
            SETB  FLAG_STOP
            SETB  RIGHT_DI
            SETB  LEFT_DI
            MOV   R1,#20D       ;STORED FOR TURN

            MOV   R7,#10D
CON_3:      CLR   RIGHT_PWM
            CLR   LEFT_PWM
            DJNZ  R7,CON_3

            JMP   RELOAD

;-----------FORTH level,65-80 cm.----------

FOR_NORMAL: CLR   C
            SETB  FLAG_DI
            SETB  RIGHT_DI
            SETB  LEFT_DI
            MOV   R1,#21D       ;STORED FOR TURN

            MOV   R7,#21D
CON_4:      SETB  RIGHT_PWM
            SETB  LEFT_PWM
            DJNZ  R7,CON_4

            MOV   R7,#10D
OFF_4:      CLR   RIGHT_PWM
            CLR   LEFT_PWM
            DJNZ  R7,OFF_4

            JMP   RELOAD

;-----------FIFTH level,over 81 cm.----------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FOR_HURRY:
                SETB    FLAG_DI
                SETB    RIGHT_DI
                SETB    LEFT_DI
                MOV     R1,#33D         ;STORED FOR TURN

                MOV             R7,#33D
CON_5:          SETB    RIGHT_PWM
                SETB    LEFT_PWM
                DJNZ    R7,CON_5

;               MOV     R7,#0D
;OFF_5:         CLR     RIGHT_PWM
;               CLR     LEFT_PWM
;               DJNZ    R7,OFF_5

                JMP     RELOAD
;------------Reload----------------------------

reload:         mov     th0,#00h
                mov     tl0,#00h
                JMP     DIRECTION


DIRECTION:      MOV     A,P2        ;READ MONOSTABLE
                ANL     A,#00000111B
                RL      A
                MOV     DPTR,#TABLE
                JMP     @A+DPTR

;%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
;-------------------------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TABLE:      AJMP   C1
            AJMP   C2
            AJMP   C3
            AJMP   C4
            AJMP   C5
            AJMP   C6
            AJMP   C7
            AJMP   C8
;-------------------------------------------------------------
C1:         ;CJNE   A,#00000000B,C7
            NOP
            MOV    A,R6
            JMP    OUT
;-----------------------------------
C2:         ;CJNE   A,#00000001B,C6
            NOP
            CALL   STOP_RIGHT1
            JMP    OUT
;-----------------------------------
C3:         ;CJNE   A,#00000010B,C7
            NOP
            MOV    A,R6
            JMP    OUT
;-----------------------------------
C4:         ;CJNE   A,#00000011B,C6
            MOV    R6,#00000110B
            CALL   RIGHT
            JMP    MAIN
;-----------------------------------
C5:         ;CJNE   A,#00000100B,C6
            NOP
            CALL   STOP_LEFT1
            JMP    OUT
;-----------------------------------
C6:         ;CJNE   A,#00000101B,C6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                NOP
                MOV   A,R6
                JMP   OUT
;-------------------------------------
C7:             ;CJNE  A,#00000110B,C6
                MOV   R6,#00001100B
                CALL  LEFT
                JMP   MAIN
;-------------------------------------
C8:             ;CJNE  A,#00000111B,C6
                MOV   R6,#00001110B
                CALL  MAINTAIN
                JMP   MAIN
;-------------------------------------
;%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
RIGHT:          JB    FLAG_DI,GO_UP_RIGHT
                JB    FLAG_STOP,STOP_RIGHT1
                JMP   GO_BACK_RIGHT1
GO_UP_RIGHT:    JMP   GO_UP_RIGHT1

STOP_RIGHT1:
                CLR   FLAG_STOP
                CLR   RIGHT_DI
                SETB  LEFT_DI

                MOV   R7,#20D
CON_A:          SETB  RIGHT_PWM
                SETB  LEFT_PWM
                DJNZ  R7,CON_A

;               MOV   R7,#5D
;OFF_A:         CLR   RIGHT_PWM
;               CLR   LEFT_PWM
;               DJNZ  R7,OFF_A
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
GO_BACK_RIGHT1: CLR   FLAG_DI
                CLR   RIGHT_DI
                CLR   LEFT_DI

;               MOV   R7,#15D
;CON_B:         SETB  RIGHT_PWM
;               SETB  LEFT_PWM
;               DJNZ  R7,CON_B

;               MOV   R7,#10D
;OFF_B:         SETB  RIGHT_PWM
;               CLR   LEFT_PWM
;               DJNZ  R7,OFF_B
                RET

GO_UP_RIGHT1:   CLR   FLAG_DI
                SETB  RIGHT_DI
                SETB  LEFT_DI

                MOV   R7,#15D
OFF_C:          CLR   RIGHT_PWM
                SETB  LEFT_PWM
                DJNZ  R7,OFF_C

                MOV   R7,#10D
CON_C:          SETB  RIGHT_PWM
                SETB  LEFT_PWM
                DJNZ  R7,CON_C

                RET

;%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
LEFT:           JB    FLAG_DI,GO_UP_LEFT
                JB    FLAG_STOP,STOP_LEFT1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    JMP    GO_BACK_LEFT1
GO_UP_LEFT:         JMP    GO_UP_LEFT1

STOP_LEFT1:
                    CLR    FLAG_STOP
                    SETB   RIGHT_DI
                    CLR    LEFT_DI
                    MOV    R7,#15D
CON_D:              SETB   RIGHT_PWM
                    SETB   LEFT_PWM
                    DJNZ   R7,CON_D

;                   MOV    R7,#10D
;OFF_D:             CLR    RIGHT_PWM
;                   CLR    LEFT_PWM
;                   DJNZ   R7,OFF_D
                    RET

GO_BACK_LEFT1:      CLR    FLAG_DI
                    CLR    RIGHT_DI
                    CLR    LEFT_DI

;                   MOV    R7,#15D
;CON_E:             SETB   RIGHT_PWM
;                   SETB   LEFT_PWM
;                   DJNZ   R7,CON_E

;                   MOV    R7,#10D
;OFF_E:             CLR    RIGHT_PWM
;                   SETB   LEFT_PWM
;                   DJNZ   R7,OFF_E
                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
GO_UP_LEFT1:    CLR    FLAG_DI
                SETB   RIGHT_DI
                SETB   LEFT_DI

                MOV    R7,#15D
OFF_F:          SETB   RIGHT_PWM
                CLR    LEFT_PWM
                DJNZ   R7,OFF_F

                MOV    R7,#10D
CON_F:          SETB   RIGHT_PWM
                SETB   LEFT_PWM
                DJNZ   R7,CON_F

                RET
;%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
MAINTAIN:       CLR    FLAG_STOP
                RET
OUT:            CLR    FLAG_STOP
                JMP    MAIN

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

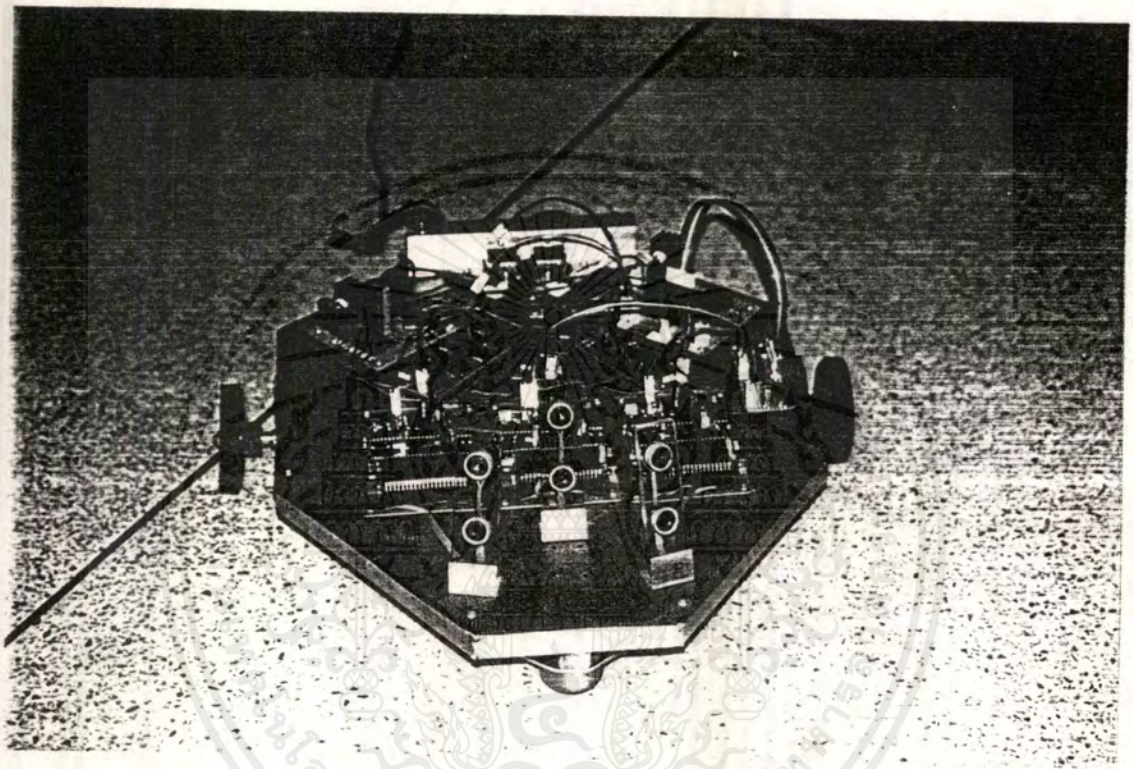
;โปรแกรมสำหรับวัดระยะทางใน 89C2051

```
                ORG             000H
                jmp             initial

                ;********interupt routine*********
                org             0003h
                call            int
                reti
                ;--------------------------------
                org             002bh
initial:        mov             psw,#00h
                mov             tmod,#00000101b
                setb            it0     ;set to transition detecting
                MOV             P1,#00H
                mov             ie,#00000001b   ;enable int0
                mov             th0,#00h
                mov             tl0,#00h
                clr             c

                ;**********main***********
MAIN:           jb              p3.7,$  ;P0.0= SIGNAL TO START
up1:            jnb             p3.7,$
begin:          setb            tr0     ;start counting the pulse
                setb            ea      ;wait for interupt to stop
                                        ;counting
                JMP             MAIN
                ;**********interupt service routine******
int:            clr             tr0
                clr             ea
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

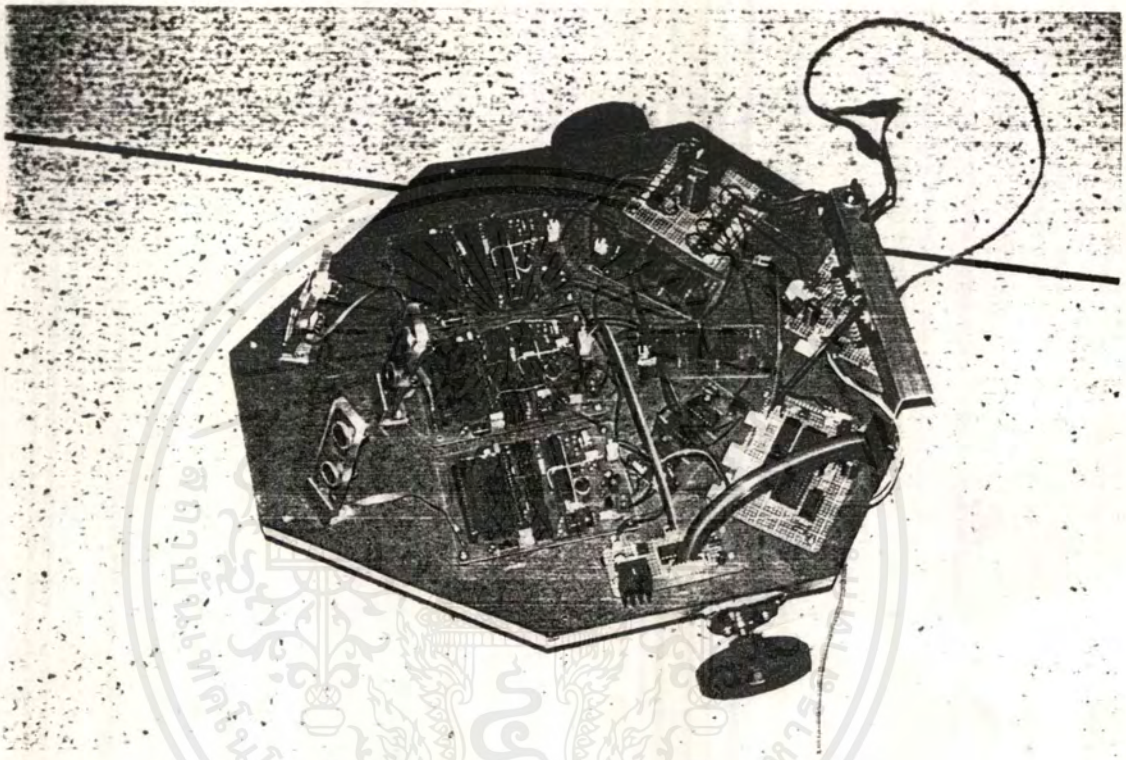
```
MOV     P1,TL0
MOV     TH0,#00H
MOV     TL0,#00H
RET

END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



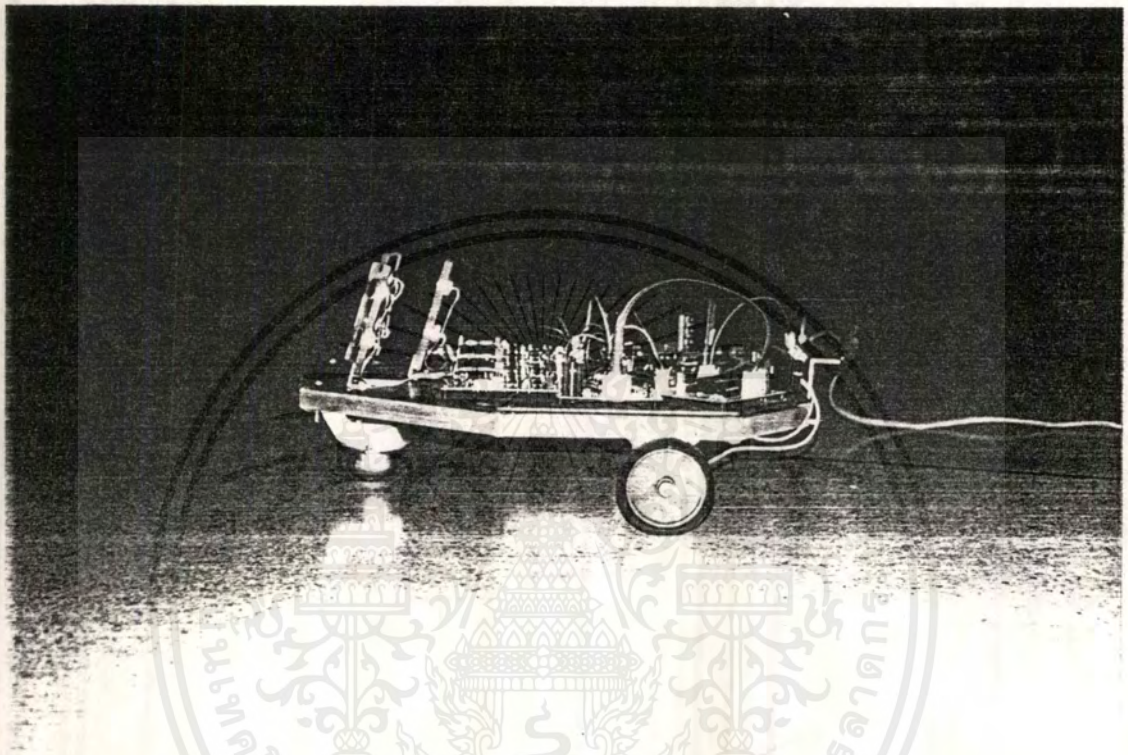
มุมมองรถจากด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



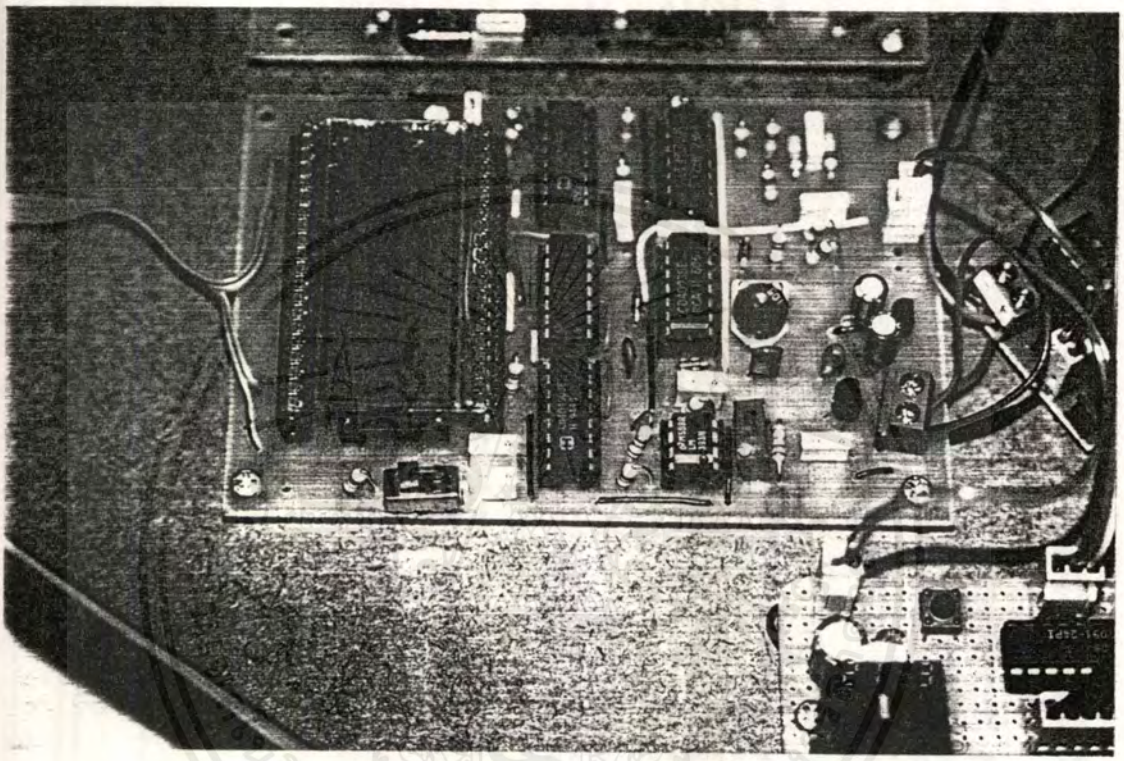
มุมมองรถจากด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



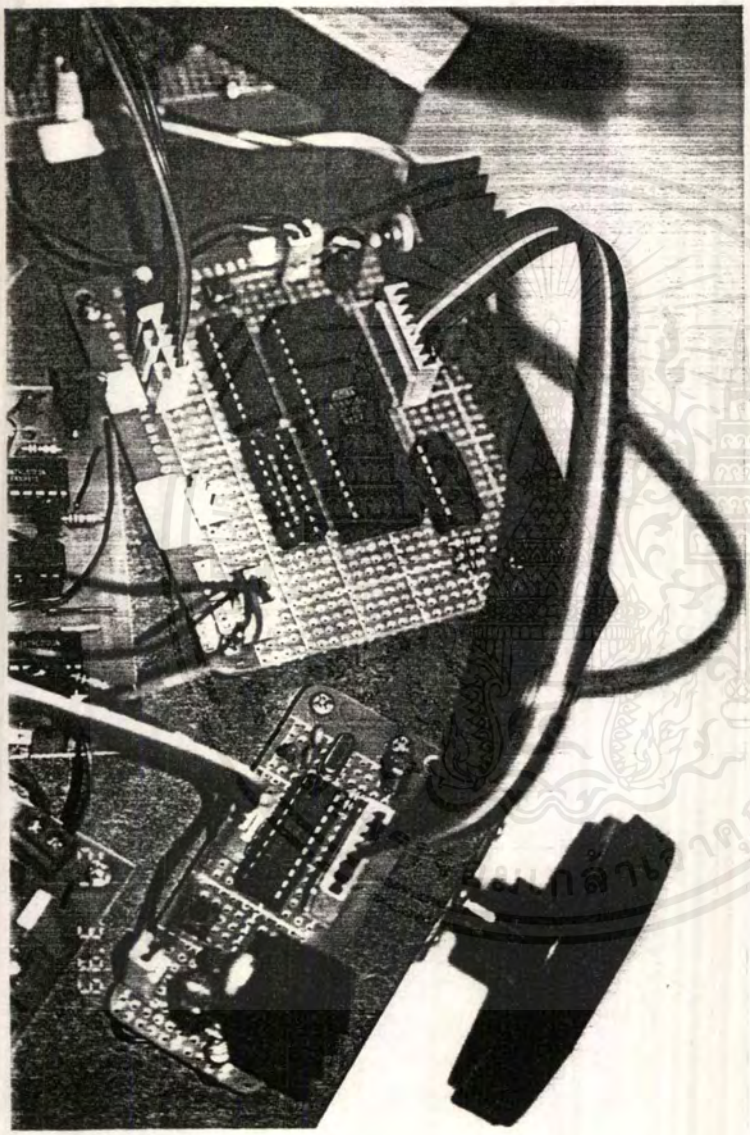
<u>มุมมองรถจากด้านข้าง</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรวัดระยะทางโดยอัลตราโซนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



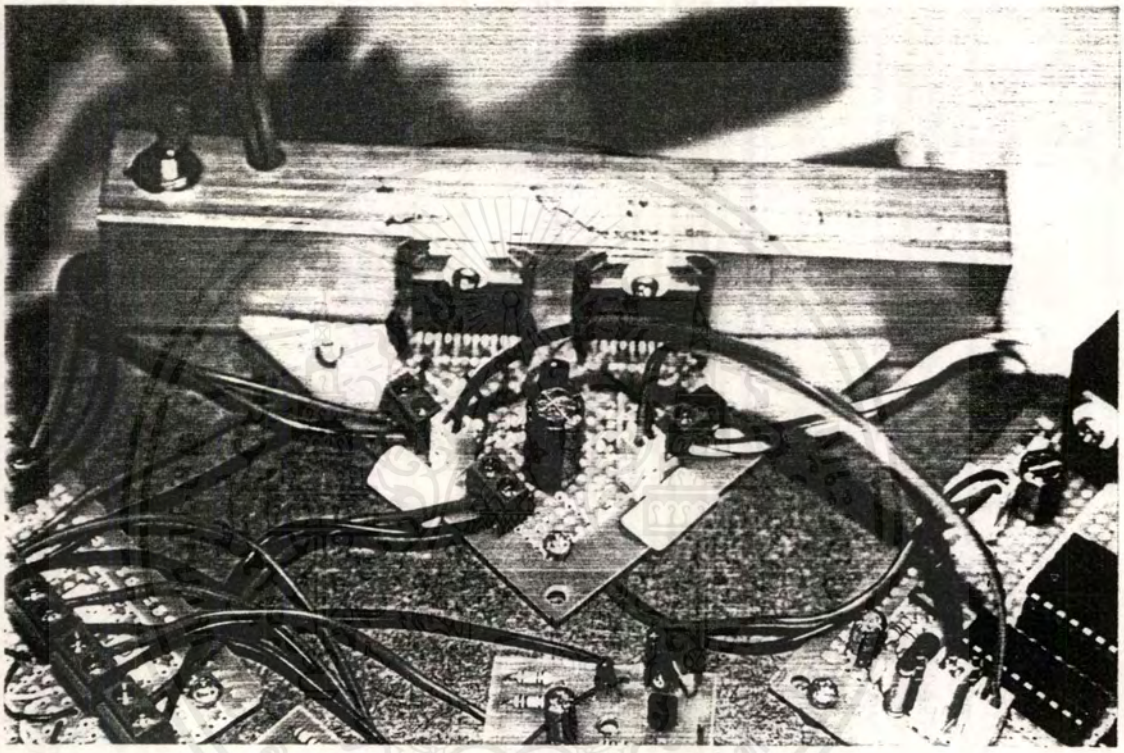
<u>วงจรประมวลผลกลาง</u> (บน)

<u>วงจรประมวลค่าระยะทาง</u> (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร Distance to Logic Converter

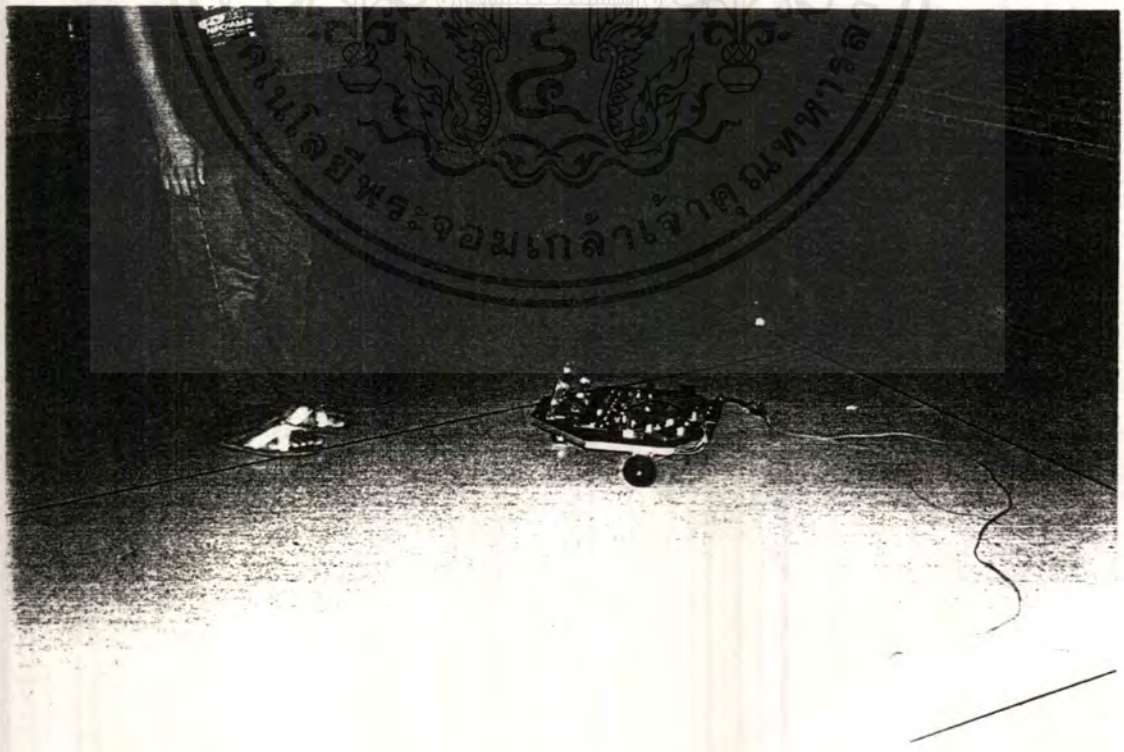
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงการติดตามวัตถุเคลื่อนที่ (เริ่มต้น)



ภาพแสดงการติดตามวัตถุเคลื่อนที่ (หลังจากเวลาผ่านไป 2 วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C2051

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 2K Bytes of Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2.7V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Two-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 15 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial UART Channel
- Direct LED Drive Outputs
- On-Chip Analog Comparator
- Low Power Idle and Power Down Modes

8-Bit Microcontroller with 2K Bytes Flash

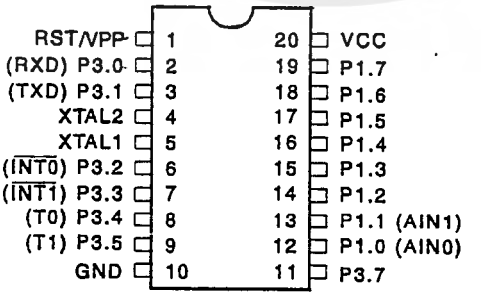
Description

The AT89C2051 is a low-voltage, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 2K 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. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C2051 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C2051 provides the following standard features: 2K Bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, a precision analog comparator, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C2051 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.

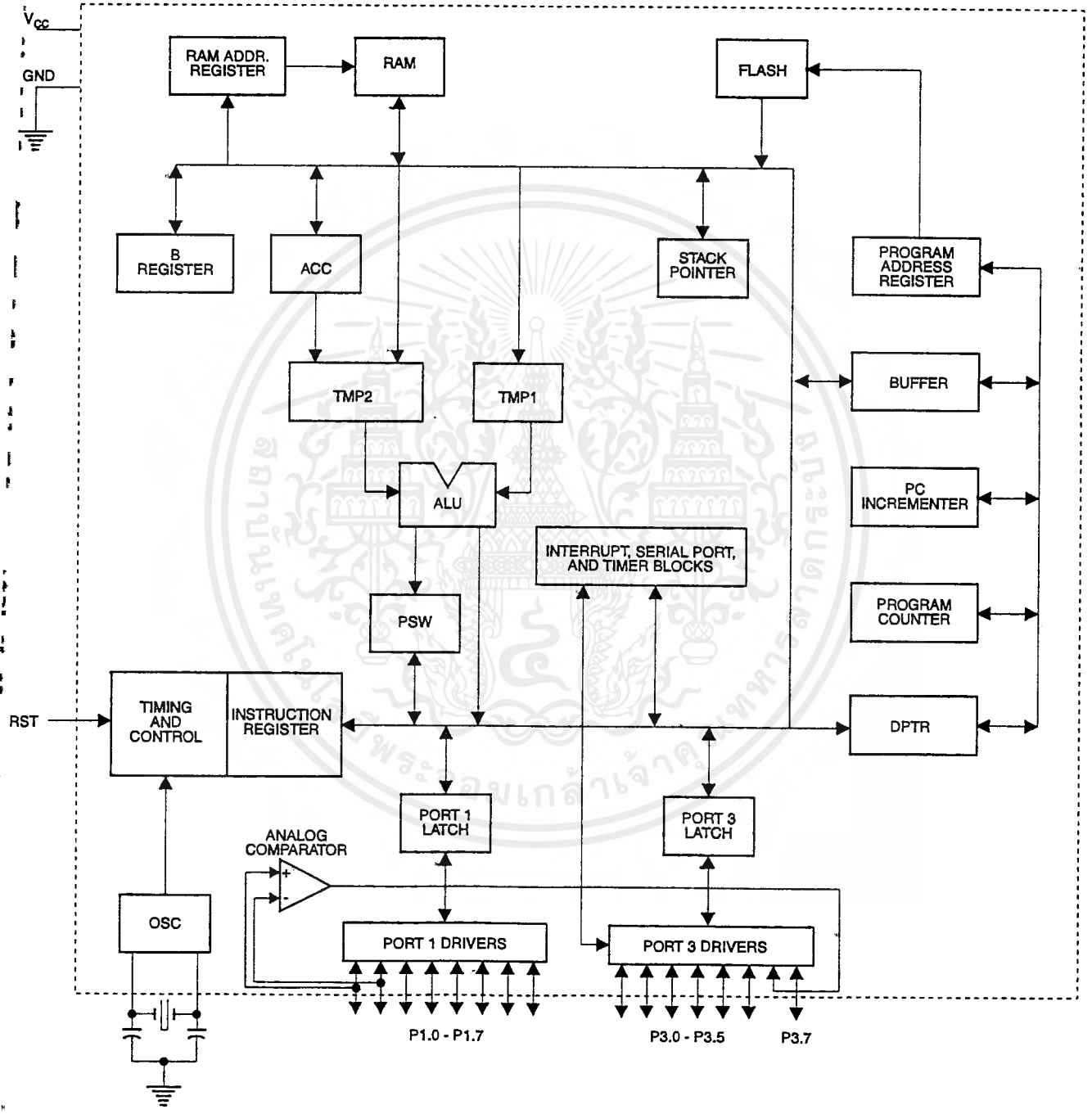
Pin Configuration

PDIP/SOIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



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 with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	25.0 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°C to 85°C, V_{CC} = 2.0V to 6.0V (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage		-0.5	0.2 V_{CC} - 0.1	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(1) (Ports 1, 3)	I_{OL} = 20 mA, V_{CC} = 5V I_{OL} = 10 mA, V_{CC} = 2.7V		0.5	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1, 3)	I_{OH} = -80 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -30 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -12 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1, 3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1, 3)	V_{IN} = 2V, V_{CC} = 5V ± 10%		-750	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port P1.0, P1.1)	0 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
V_{OS}	Comparator Input Offset Voltage	V_{CC} = 5V		20	mV
V_{CM}	Comparator Input Common Mode Voltage		0	V_{CC}	V
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz, V_{CC} = 6V/3V		15/5.5	mA
		Idle Mode, 12 MHz, V_{CC} = 6V/3V P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		5/1	mA
	Power Down Mode(2)	V_{CC} = 6V P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		100	µA
		V_{CC} = 3V P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		20	µA

Notes:
1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
   Maximum I_{OL} per port pin: 20 mA
   Maximum total I_{OL} for all output pins: 80 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port. Port pins P1.2 to P1.7 provide internal pullups. P1.0 and P1.1 require external pullups. P1.0 and P1.1 also serve as the positive input (AIN0) and the negative input (AIN1), respectively, of the on-chip precision analog comparator. The Port 1 output buffers can sink 20 mA and can drive LED displays directly. When 1s are written to Port 1 pins, they can be used as inputs. When pins P1.2 to P1.7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives code data during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 pins P3.0 to P3.5, P3.7 are seven bidirectional I/O pins with internal pullups. P3.6 is hard-wired as an input to the output of the on-chip comparator and is not accessible as a general purpose I/O pin. The Port 3 output buffers can sink 20 mA. 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 AT89C2051 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)

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

RST
Reset input. All I/O pins are reset to 1s as soon as RST goes high. Holding the RST pin high for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

Each machine cycle takes 12 oscillator or clock cycles.

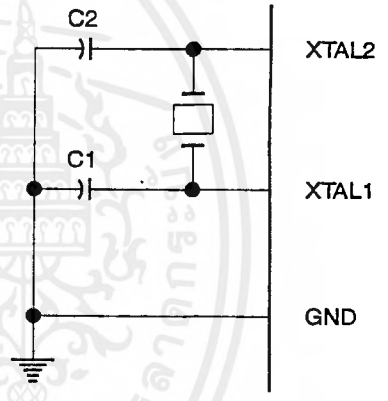
XTAL1
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

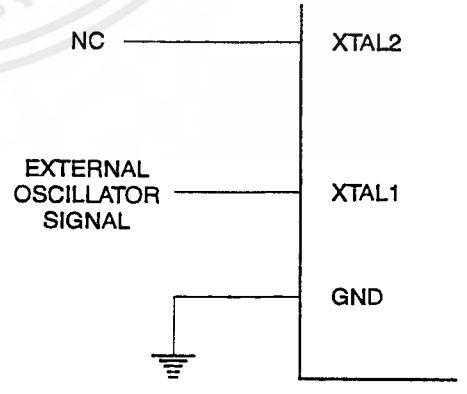
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected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

Figure 1. Oscillator Connections



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

Figure 2. External Clock Drive Configuration



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C51

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

8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

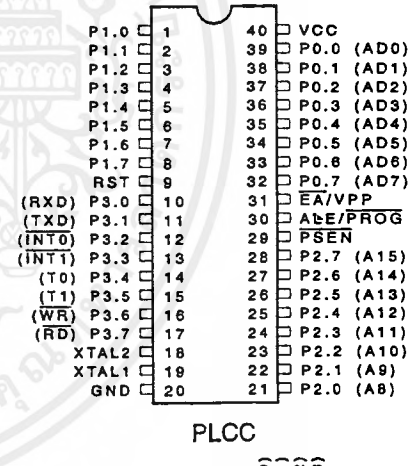
Description

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.

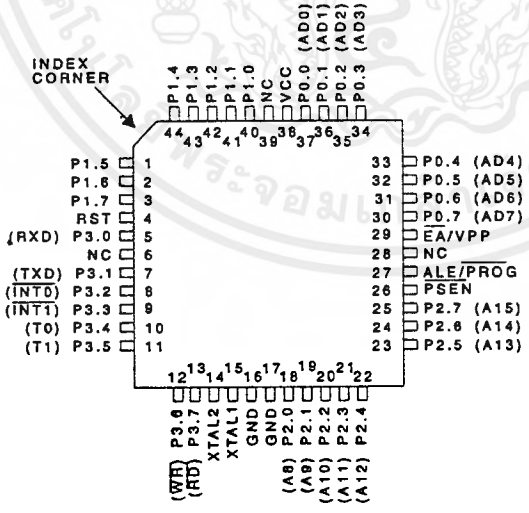
(continued)

Pin Configurations

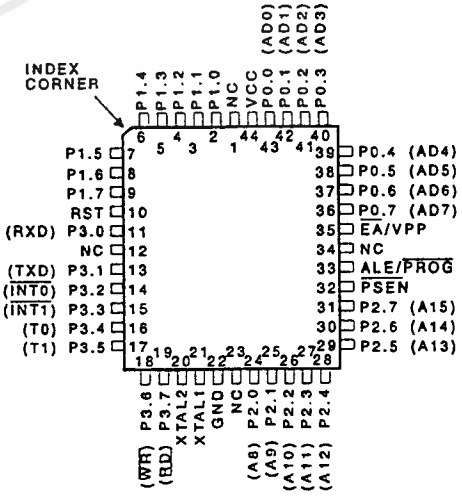
PDIP



PQFP/TQFP

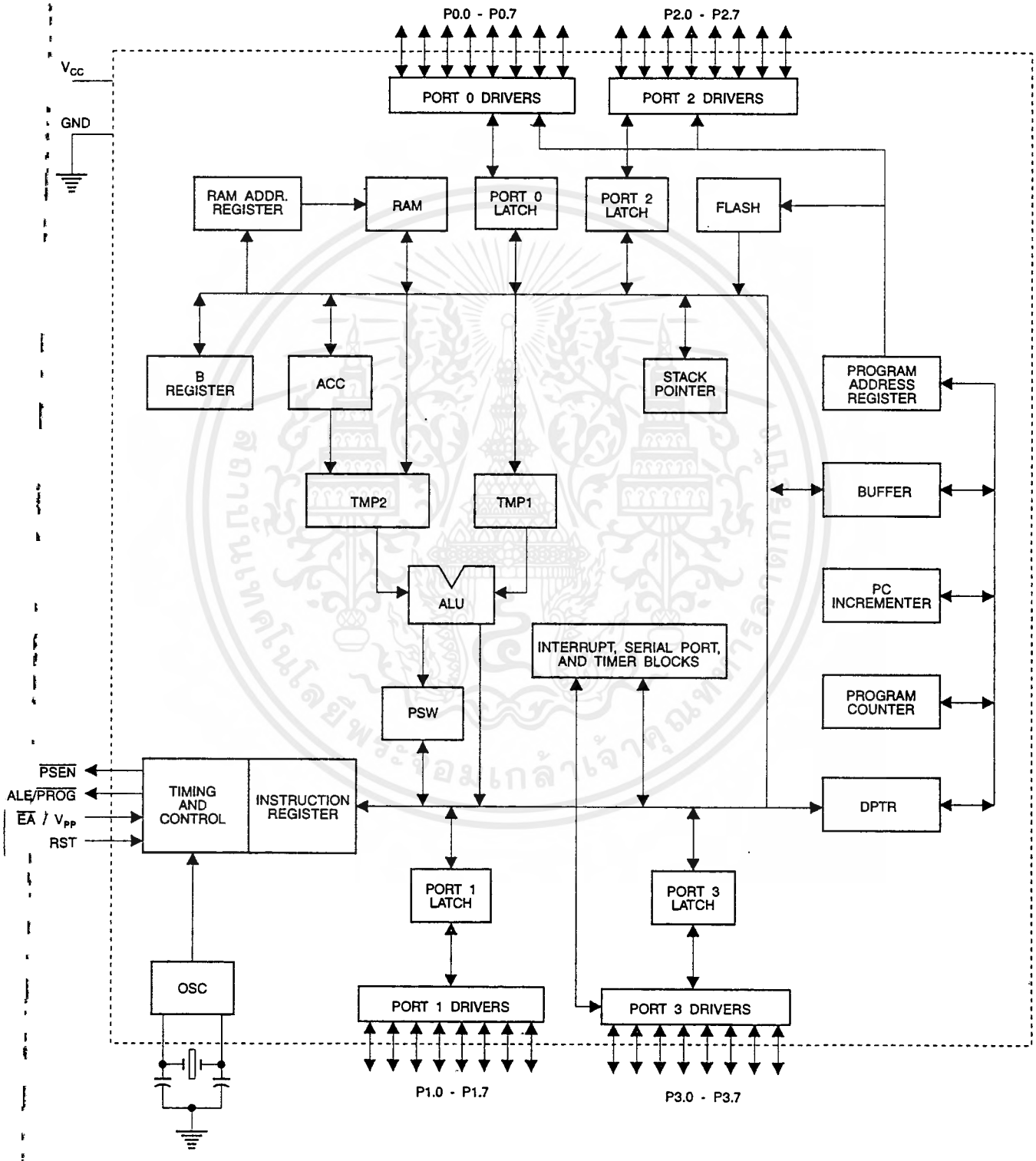


PLCC



เอกสารนี้เป็นเอกสาร[redacted]ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



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 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°C to 85°C, V_{CC} = 5.0V ± 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(1) (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage(1) (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, VCC = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode(2)	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ 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

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional 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 bidirectional 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 bidirectional 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 bidirectional 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/$\overline{PROG}$
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.

$\overline{PSEN}$
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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/V_{PP}

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 V_{CC} for internal program executions.

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

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

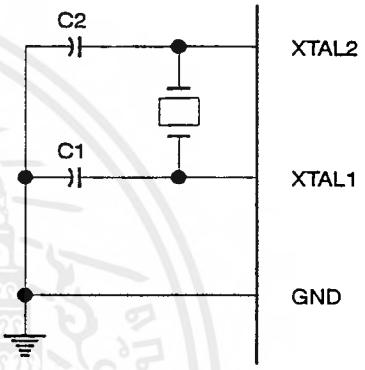
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected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

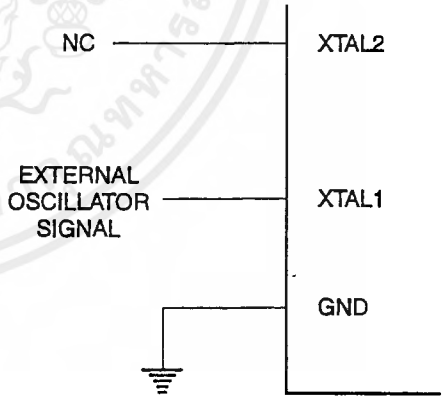
It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port 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

Figure 2. External Clock Drive Configuration



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

April 1998

LMD18200
3A, 55V H-Bridge

General Description

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

Features

- Delivers up to 3A continuous output
- Operates at supply voltages up to 55V
- Low $R_{DS}(ON)$ typically 0.3Ω per switch
- TTL and CMOS compatible inputs
- No "shoot-through" current
- Thermal warning flag output at 145°C
- Thermal shutdown (outputs off) at 170°C
- Internal clamp diodes
- Shorted load protection
- Internal charge pump with external bootstrap capability

Applications

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

Functional Diagram

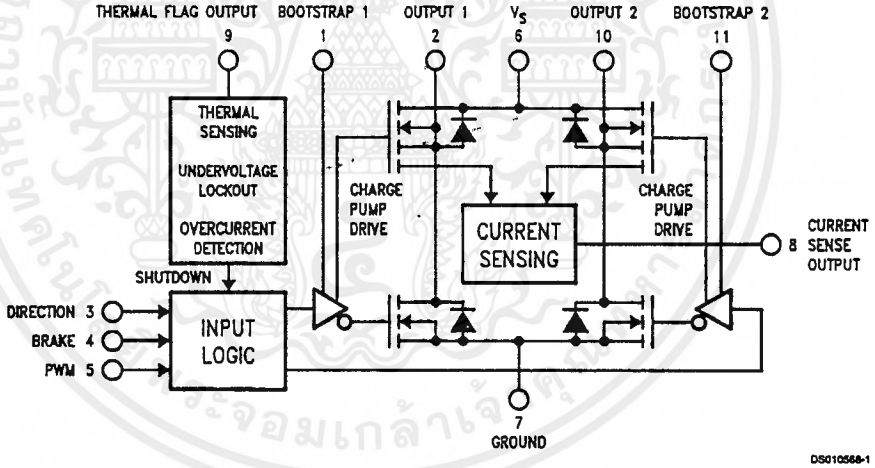
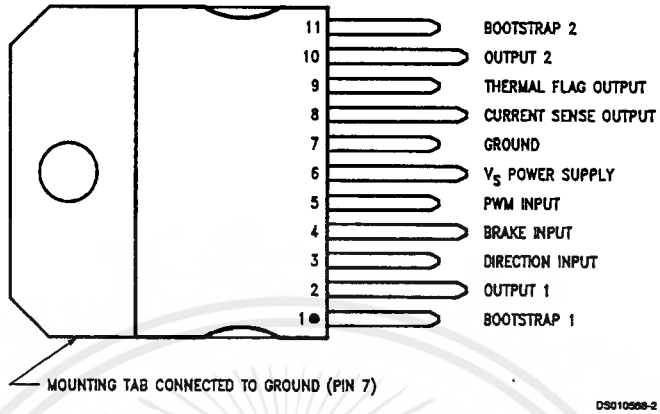


FIGURE 1. Functional Block Diagram of LMD18200

© 1998 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagram and Ordering Information



DS010568-2

Top View
Order Number LMD18200T
See NS Package TA11B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Total Supply Voltage (V_S, Pin 6)	60V
Voltage at Pins 3, 4, 5, 8 and 9	12V
Voltage at Bootstrap Pins (Pins 1 and 11)	V_{OUT} +16V
Peak Output Current (200 ms)	6A
Continuous Output Current (Note 2)	3A
Power Dissipation (Note 3)	25W
Power Dissipation (T_A = 25°C, Free Air)	3W
Junction Temperature, $T_{J(max)}$	150°C
ESD Susceptibility (Note 4)	1500V
Storage Temperature, T_{STG}	−40°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	300°C

Operating Ratings (Note 1)

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

Electrical Characteristics (Note 5)

The following specifications apply for V_S = 42V, unless otherwise specified. **Boldface** limits apply over the entire operating temperature range, −40°C ≤ T_J ≤ +125°C, all other limits are for T_A = T_J = 25°C.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics Notes

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

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

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

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

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

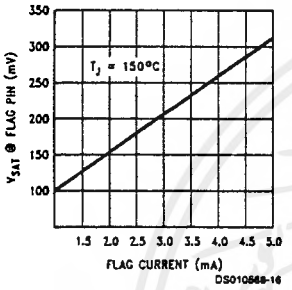
Note 6: Output currents are pulsed (t_W < 2 ms, Duty Cycle < 5%).

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

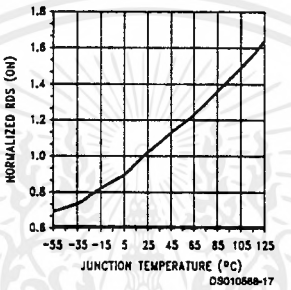
Note 8: Selections for tighter tolerance are available. Contact factory.

Typical Performance Characteristics

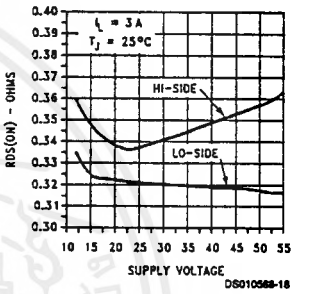
V_{SAT} vs Flag Current



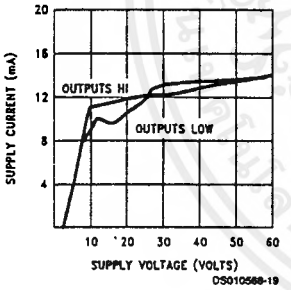
R_{DS}(ON) vs Temperature



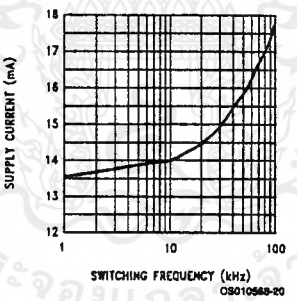
R_{DS}(ON) vs Supply Voltage



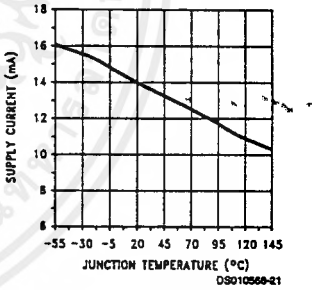
Supply Current vs Supply Voltage



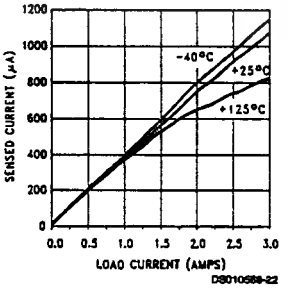
Supply Current vs Frequency (V_S = 42V)



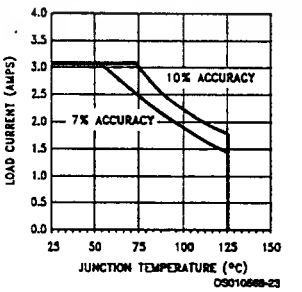
Supply Current vs Temperature (V_S = 42V)



Current Sense Output vs Load Current



Current Sense Operating Region



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pinout Description

(See Connection Diagram) (Continued)

Pin 5, PWM Input: See *Table 1*. How this input (and DIRECTION input, Pin 3) is used is determined by the format of the PWM Signal.

Pin 6, V_S Power Supply

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

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

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

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

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

TABLE 1. Logic Truth Table

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

Application Information

TYPES OF PWM SIGNALS

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

Simple, locked anti-phase PWM consists of a single, variable duty-cycle signal in which is encoded both direction and amplitude information (see *Figure 2*). A 50% duty-cycle PWM signal represents zero drive, since the net value of voltage (integrated over one period) delivered to the load is zero. For the LMD18200, the PWM signal drives the direction input (pin 3) and the PWM input (pin 5) is tied to logic high.

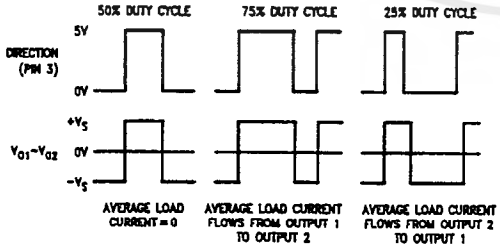


FIGURE 2. Locked Anti-Phase PWM Control

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

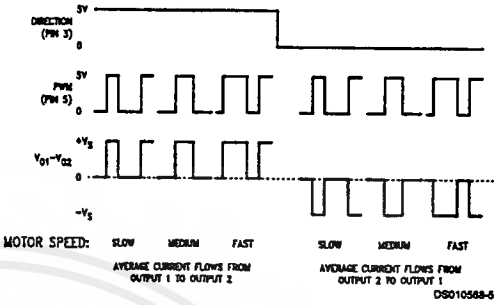


FIGURE 3. Sign/Magnitude PWM Control

USING THE CURRENT SENSE OUTPUT

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

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

USING THE THERMAL WARNING FLAG

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

SUPPLY BYPASSING

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information (Continued)

CURRENT LIMITING

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

The most severe condition for any power device is a direct, hard-wired ("screwdriver") long term short from an output to ground. This condition can generate a surge of current through the power device on the order of 15 Amps and require the die and package to dissipate up to 500 Watts of power for the short time required for the protection circuitry to shut off the power device. This energy can be destructive, particularly at higher operating voltages (>30V) so some precautions are in order. Proper heat sink design is essential and it is normally necessary to heat sink the V_{CC} supply pin (pin 6) with 1 square inch of copper on the PCB.

INTERNAL CHARGE PUMP AND USE OF BOOTSTRAP CAPACITORS

To turn on the high-side (sourcing) DMOS power devices, the gate of each device must be driven approximately 8V more positive than the supply voltage. To achieve this an internal charge pump is used to provide the gate drive voltage. As shown in *Figure 4*, an internal capacitor is alternately switched to ground and charged to about 14V, then switched to V supply thereby providing a gate drive voltage greater than V supply. This switching action is controlled by a continuously running internal 300 kHz oscillator. The rise time of this drive voltage is typically 20 µs which is suitable for operating frequencies up to 1 kHz.

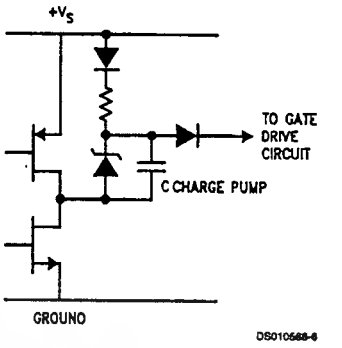


FIGURE 4. Internal Charge Pump Circuitry

For higher switching frequencies, the LMD18200 provides for the use of external bootstrap capacitors. The bootstrap principle is in essence a second charge pump whereby a large value capacitor is used which has enough energy to quickly charge the parasitic gate input capacitance of the power device resulting in much faster rise times. The switching action is accomplished by the power switches themselves *Figure 5*. External 10 nF capacitors, connected from the outputs to the bootstrap pins of each high-side switch provide typically less than 100 ns rise times allowing switching frequencies up to 500 kHz.

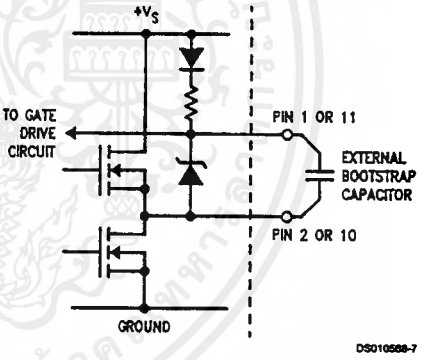


FIGURE 5. Bootstrap Circuitry

INTERNAL PROTECTION DIODES

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ศุภชัย ภุคยาภรณ์,"วารสารเซมิคอนดักเตอร์ ฉบับที่ 129",บริษัท ซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด,พ.ศ. 2536

ประเมษฐ์ ประนยานันทน์,ปิยพงศ์ เผ่าวณิช,"คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด,พ.ศ.2521

Joseph L. Jones,Anita M. Flynn,"Mobile Robots",A K Peters,1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้