สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมยานยนต์อัตโนมัติด้วย DC มอเตอร์

CONTROL DC MOTOR CAR



โดย

นายธนาพร ก้อนแก้ว รหัส 39014218

นายวิสันต์ วัฒนลออสมบุญ รหัส 39014490

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

รายงานฉบับนี้ ไม่สามารถใช้อ้างอิงทางวิชาการได้

พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36925
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาอิเลคทรอนิคส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมยานยนต์อัตโนมัติด้วย DC มอเตอร์

ผู้จัดทำ

1. นายธนาพร ก้อนแก้ว รหัส 39014218
2. นายวิสันต์ วัฒนลออสมบุญ รหัส 39014490



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมยานยนต์อัตโนมัติด้วย DC มอเตอร์

นายธนาพร ก้อนแก้ว
นายวิสันต์ วัฒนลออสมบุญ
อ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอถึงการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมยานยนต์สำรวจ เพื่อให้

1. เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย ขวา
2. ตรวจหาสิ่งกีดขวาง
3. ควบคุมแบบ Manual

ในระบบตรวจหาสิ่งกีดขวางจะเป็นการประยุกต์ใช้งานอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ โดยหลักการของการส่งคลื่นในย่านอุลตร้าโซนิคไปกระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนกลับมา ระยะทางสามารถหาได้โดยวัดช่วงเวลาที่แตกต่างกันของคลื่นระหว่างเวลาเดินทางไปกับเวลาสะท้อนกลับมาซึ่งคำนวณด้วยหลักการพื้นฐานของความเร็วเสียงในอากาศ ระบบตรวจจับนี้จะทำงานในลักษณะของเรดาห์ เราสร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานในเวลาที่ต้องการสำรวจสถานที่ ที่เราเข้าไม่ถึงแต่เราต้องการรู้ว่ามีวัตถุอยู่ที่ตำแหน่งใดบ้าง เราสามารถ บังคับยานยนต์นี้ให้เข้าไปสำรวจ แล้วเราคอยดูผลการสำรวจได้จากจอคอมพิวเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTROL DC MOTOR CAR

Mr.Thanaporn Kornkaew

Mr.Wisan Wattanalaorsomboon

Mr.Ponlasart Lertprasert

Advisor

1999

Abstract

This thesis presents the applied of microcontroller to control observation car for

1. Move forward , backward , turn left and turn right.
2. Scan object.
3. Control by manual.

In the scan system is applied of ultrasonics transducer. The principle of its is to send a ultrasonic wave to an object and listens for the echo. The returning time of the echo is sent to calculate the distance based on the sound speed in air. This system can be used for detect the object in the radar system. We have invented the observation car for survey someplace where we cannot approach but we want to know what is there. We can send it go to there and watch the result on the monitor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

***** ขอขอบคุณ *****

- อาจารย์ พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ใจดีมาก ช่วยทำให้กลุ่มผมได้ผ่านพ้นมรสุมมาได้อย่างปลอดภัย
- เพื่อน ๆ และ น้อง ๆ ที่สละเวลามาช่วยงาน ทั้งที่ใช้สมองและแรงงาน ได้แก่ น้องก้อง, น้องตุลย์ที่ช่วยแก้ไขปัญหาทางด้าน SOFTWARE, เพื่อนๆ หอพักชาย ราชพฤกษ์ ห้อง 1104, 1105, 1107 (เบนซ์, รอย, เซน,เผือก, ติ๊ก, อิงค์, อ๋า, อ้อม) และเพื่อนๆ ร่วมโรงเรียนทุกคนที่ช่วยเป็นกำลังใจให้
- ขอบใจนาย ไมค์ ผู้ที่คอยเป็นสารถี รับส่ง เวลาต้องการเดินทางไปทำภาระกิจต่าง ๆ และขอขอบคุณนาย ลก,แป๊, ฉ่อง ที่ช่วยพิมพ์งานและให้กำลังใจ , นายใหม่ ผู้ที่ให้ยืมคอมพิวเตอร์ในการทำงานครั้งนี้ และท้ายสุดนางสาวตุ๊กผู้ที่เป็นกำลังใจอย่างลับ ๆ
- ขอขอบใจ บุคคลรอบข้างทั้งหลาย ทั้งที่รู้จักและไม่รู้จักที่แสดงความห่วงใย และอวยพร อย่างออกนอกหน้า
- ขอขอบคุณบุพการี ที่คอยจ้ำจี้จ้ำไชและให้กำลังใจในการทำงานอยู่เสมอ

นายธนาพร

และ

นายวิสันต์

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	A
Abstract	B
กิตติกรรมประกาศ	C
สารบัญ	D
สารบัญภาพและตาราง	F
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คุณสมบัติของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์	2
2.1.1 คลื่นอุลตร้าโซนิค	2
2.1.2 ชนิดของคลื่น	3
2.1.2.1 คลื่นตามยาว (Longtudinal wave)	3
2.1.2.2 คลื่นตามขวาง (Transverse wave)	3
2.1.2.3 คลื่นผิวหน้า (Sueface wave or Rayleigh)	4
2.1.3 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง	5
2.1.3.1 การแทรกสอดของคลื่นเสียง (Interference)	6
2.1.3.2 การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง (Diffraction)	6
2.1.3.3 การสะท้อนของคลื่นเสียง (Reflection)	7
2.1.3.4 การหักเหของคลื่นเสียง (Refraction)	7
2.1.4 ลักษณะของคลื่น	8
2.1.4.1 ความถี่ (Frequency)	8
2.1.4.2 ความยาวคลื่น (Wavelength)	8
2.1.4.3 ความเร็วของคลื่นอุลตร้าโซนิค	8
2.2 อุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์	8
2.2.1 ประเภทของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์	8
2.2.1.1 เปียโซอิเลคทริก (Piezoelectric Transducer)	9
2.2.1.2 แมกนิโตสทริกทีฟ (Magnetostrictive Transducer)	9
2.2.1.3 อิเลคโตรสทริกทีฟ (Electrostrictive Transducer)	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โครงสร้างของเปียโซอิเลคทริกทรานสดิวเซอร์ 9
2.2.3 วงจรเสมือนของเปียโซอิเลคทริกทรานสดิวเซอร์ 9
2.2.4 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวรับและตัวส่งอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ 10
2.3 โครงสร้างของ MCS-51 12

บทที่ 3 การออกแบบและการทำงาน
3.1 ระบบทางฮาร์ดแวร์ 28
3.2 การใช้อุลตร้าโซนิคในการวัดระยะทาง 28
3.2.1 การออกแบบวงจรภาคส่งคลื่นอุลตร้าโซนิค 29
3.2.2 การออกแบบวงจรภาครับคลื่นอุลตร้าโซนิค 29
3.2.3 หลักการทำงานของวงจรวัดระยะทางอุลตร้าโซนิค 29
3.3 วงจรขับมอเตอร์ดีซี 30
3.4 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์(ส่วนขับ sensor) 31
3.5 การวัดพัลส์ 31
3.5.1 การวัดความถี่ 31
3.5.2 การวัดความกว้างของพัลส์ 31

บทที่ 4 ผลการทดลอง
4.1 วงจรขับ DC MOTOR 32
4.2 วงจรรับ – ส่ง (อุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ 32
4.2.1 วงจรภาควัดระยะทาง 32
4.2.1.1 การวัดหาสัญญาณต่างๆของวงจร 32
4.2.1.2 การหาค่าความกว้างพัลส์ของสัญญาณทางเอาท์พุท 35
4.2.1.3 การวัดระยะทางโดยวงจรนับ 35
4.3 ผลการทดลองส่วนของการเคลื่อนที่ของยานยนต์สำรวจ 37
4.4 ผลการทดลองส่วนสแกนวัตถุ 37

บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง 40

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก

- โปรแกรมภาษาแอสแซมบลีที่ใช้ในโครงงาน

ภาคผนวก ข

- โปรแกรมภาษา C ที่ใช้ในโครงงาน

ภาคผนวก ค

- บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในโครงงาน

ภาคผนวก ง

- รูปวงจรที่ใช้ในโครงงาน

ภาคผนวก จ

- ประมวลรูปภาพโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูป 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของยานยนต์สำรวจ 1

รูป 2.1 แสดงถึงช่วงความถี่ของคลื่นอุลตร้าโซนิคที่ถูกนำไปใช้งานในด้านต่างๆ 2

รูป 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว 3

รูป 2.3 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง 4

รูป 2.4 แสดงการบีตส์ของคลื่นเสียง 2 คลื่น 5

รูป 2.5 แสดงลักษณะของการเกิดคลื่นนิ่ง 6

รูป 2.6 แสดงลักษณะของคลื่นเสียงที่ผ่านช่องแคบๆจนเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดตัวใหม่ 6

รูป 2.7 แสดงเมื่อคลื่นวงกลมกระทบกับฉากที่เป็นเส้นตรง คลื่นที่สะท้อนกลับมาจะมีคลื่นเป็นวงกลมเช่นกัน 7

รูป 2.8 แสดงการหักเหของคลื่นเสียงในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน 7

รูป 2.9 แสดงลักษณะโครงสร้างภายในทั่ว ๆ ไปของทรานสดิวเซอร์เปียโซอิเลคตริก 10

รูป 2.10 วงจรเสมือนของเปียโซอิเลคตริกทรานสดิวเซอร์ 10

รูป 2.11 แสดงลักษณะการเป็นลำของคลื่น 11

รูป 2.12 แสดงขาต่าง ๆ ของ 8051 14

รูป 2.13 ตำแหน่งของความจำทั้งแบบไบต์และแบบบิต 16

รูป 2.14 การใช้ MCS-51 ปิด-เปิดหลอดไฟ 18

รูป 2.15 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่จะเข้า Timer 24

รูป 2.16 การใช้บิตควบคุมบิต TR 25

รูป 3.1 แสดงแผนผังของวงจรภาควัดระยะทาง 28

รูป 4.1 แสดงรูปสัญญาณ 2 Hz ที่ได้จาก ออสซิลเลเตอร์ 33

รูป 4.2 แสดงรูปสัญญาณ 40 kHz ขณะที่ยังไม่ได้ต่อทรานสดิวเซอร์ตัวส่ง 34

รูป 4.3 แสดงวงจรการทดลองหาความกว้างของพัลส์ 35

รูป 4.4 แสดงวงจรภาคนับความถี่ 35

รูป 4.5 แสดงหน้าจอก่อนเริ่มสแกน 37

รูป 4.6 การทดสอบการสแกน 38

รูป 4.7 การทดสอบการสแกนวัตถุ 38

รูป 5.1 แสดงการสแกนที่เกิดผิดพลาดขึ้น 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่าง ๆ 13
ตาราง 2.2 แสดงค่าต่าง ๆ ที่เกิดหลังการรีเซต 19
ตาราง 2.3 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น TIMER 20
ตาราง 2.4 รีจิสเตอร์ TMOD(Timer Mode) 21
ตาราง 2.5 การใช้ Timer โหมดต่าง ๆ 22
ตาราง 2.6 แสดงความหมายแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON(Timer Control) 22
ตาราง 4.1 การเคลื่อนที่ 32
ตาราง 4.2 แสดงค่าความผิดพลาดของระยะทางที่ทำการวัดได้จากวงจรนับ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

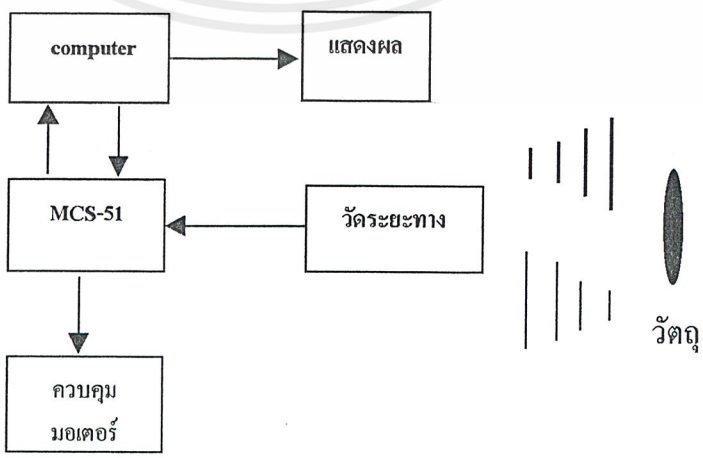
ความคิดที่จะสร้างยานยนต์สำรวจนี้เพื่อใช้งานแทนมนุษย์ในส่วนที่เป็นอันตราย หรือเข้าไม่ถึงเพื่อความปลอดภัยและลดความเสี่ยงภัยในการทำงาน

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการทำงานและการประยุกต์ใช้อุลตร้าโซนิคเซนเซอร์ นำมาใช้ประกอบเป็นตัวตรวจจับสิ่งกีดขวาง เพื่อใช้ในการพัฒนายานยนต์อัตโนมัติ

โครงงานนี้จะเป็นการจำลองขนาดของยานยนต์มัน เพื่อให้สะดวกในการศึกษาการทำงาน โดยในส่วนประกอบนั้นจะประกอบด้วย

1. ส่วนวงจรรับ-ส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิค จะเป็นวงจรที่ใช้วัดระยะทางระหว่างวัตถุกับตัวรถ โดย เอาท์พุทที่ได้จะเป็นในรูปของความกว้างของพัลส์ แล้วจะนำมาคำนวณต่อไป
2. ส่วนวงจรขับมอเตอร์ไฟตรง เป็นวงจรที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ ได้แก่ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย-ขวา
3. ส่วนของวงจร encoder ซึ่งจะทำหน้าที่ ตรวจดูว่ายานยนต์เคลื่อนที่ได้ระยะทาง-มุมตามที่กำหนดหรือไม่
4. ส่วนของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์(MCS-51) ใช้เป็นตัวเชื่อมโยงและติดต่อกับคอมพิวเตอร์, รับค่าจากวงจรรับ-ส่ง, ควบคุมวงจรขับมอเตอร์ ซึ่งในรายละเอียดจะได้กล่าวต่อไป

ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของรถนั้นจะใช้โปรแกรมภาษา assembly ในการเขียน และส่วนที่จะใช้ประมวลผลและแสดงภาพของตำแหน่งที่สแกนได้นั้นเราจะเขียนด้วยภาษา C



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของยานยนต์สำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

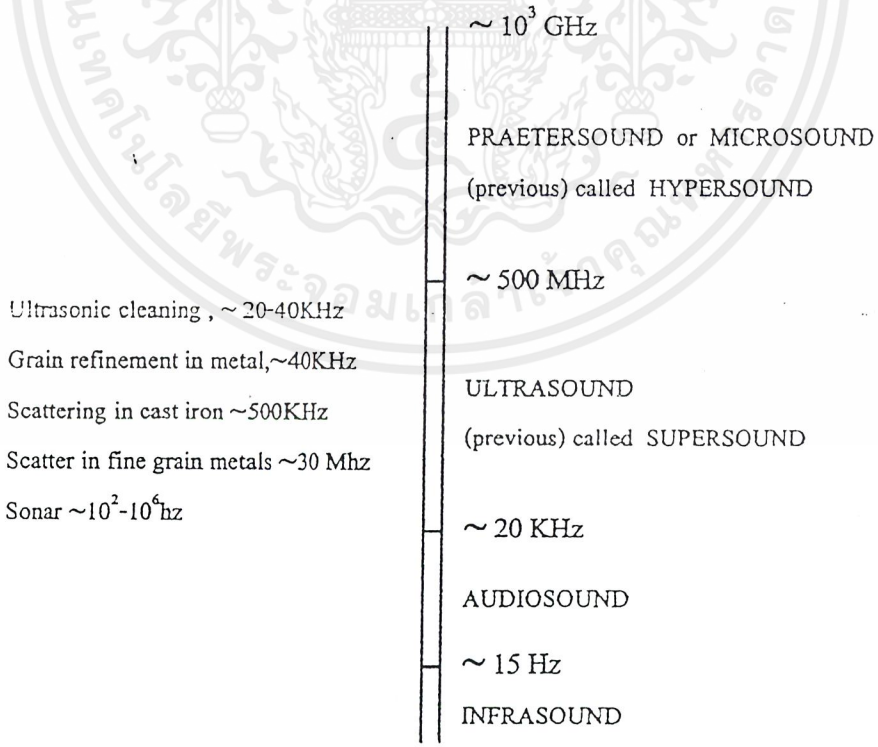
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติของ Ultrasonic Transducer

หลักการสะท้อนกลับของคลื่นเสียง คือ สนามพลังงานจะถูกส่งออกมาจากตัวส่งไปกระทบกับวัตถุ พลังงานบางส่วนจะสะท้อนกลับไปยังตัวส่งด้วย แต่การใช้อุปกรณ์ตัวรับที่เหมาะสม (suitable) จะสามารถรับการสะท้อนสัญญาณ (signal) เวลาที่ใช้ในการเดินทางในอากาศสามารถที่จะคำนวณระยะทางออกมาได้ เพราะฉะนั้น การศึกษาถึงคุณสมบัติโดยธรรมชาติของคลื่นจะสามารถทำให้เข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง

2.1.1 คลื่นอุลตร้าโซนิค

คลื่นอุลตร้าโซนิค คือคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์ได้ยิน โดยทั่วไปแล้ว หูของมนุษย์จะได้ยินในย่านความถี่ประมาณ 20 Hz ถึง 20 kHz ดังนั้นแล้วคลื่นอุลตร้าโซนิคจึงหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz จนถึง 10^4 GHz โดยคลื่นที่มีความถี่มากกว่า 10^4 GHz และมีแอมปลิจูดสูง ๆ เรียกว่า "ไฮเปอร์ซาวนด์"



รูปที่ 2.1 แสดงถึงช่วงความถี่ต่างของคลื่นอุลตร้าโซนิค ที่ถูกใช้งานในด้านต่างๆ

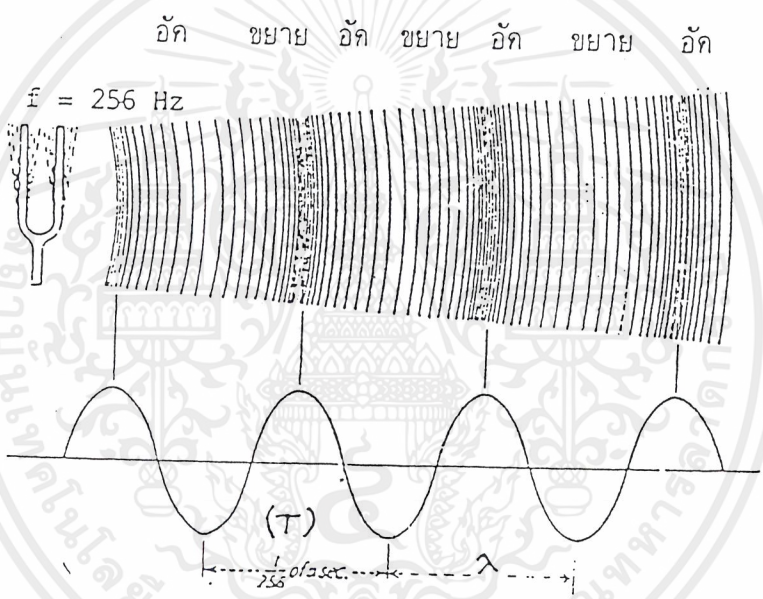
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ชนิดของคลื่น

คลื่นที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างๆ มีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคในตัวกลางนั้น

2.1.2.1 คลื่นตามยาว (lontudinal wave)

คลื่นตามยาว คือ คลื่นที่มีอนุภาคของตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น



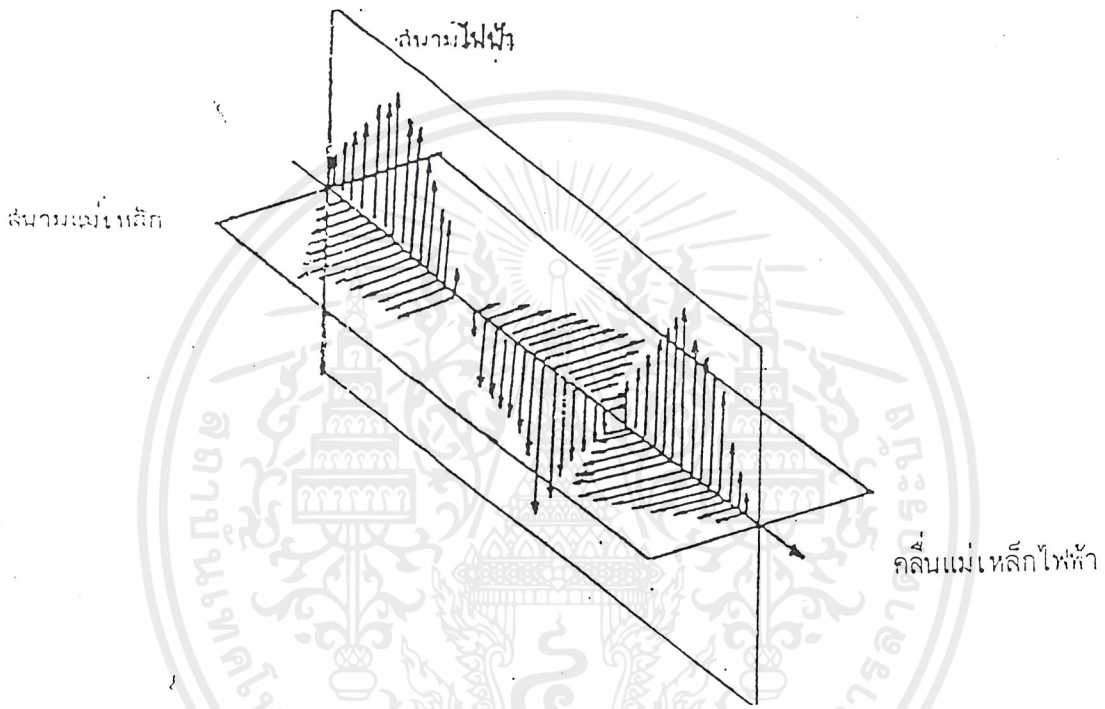
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่ามีส่วนที่เป็นส่วนอัด (compression) ซึ่งก็คือคลื่นช่วงที่มีอนุภาคของตัวกลางมีความชันสูง และคลื่นขยาย คือ คลื่นช่วงที่มีอนุภาคของตัวกลางมีความดันต่ำ และเมื่อนำค่าของความดัน ที่เปลี่ยนไปตามระยะทางเขียนกราฟจะได้รูปซายน์ (sine wave) โดยยอดคลื่นจะตรงกับส่วนอัดท้องคลื่น จะตรงกับส่วนขยาย ระยะทางระหว่างส่วนอัดถึงส่วนอัด หรือส่วนขยายถึงส่วนขยาย คือ 1 ความยาวคลื่น และมีคาบเป็น T ซึ่งเท่ากับ 1/f โดยที่เป็นเส้นแกนนั้นมีค่าความดัน 1 บรรยากาศ

2.1.2.2 คลื่นตามขวาง (transverse wave)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นตามขวาง คือ คลื่นที่ทุกๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่คลื่นชนิดนี้เดินทางผ่านตัวกลางที่มีขนาดของตัวกลางใหญ่กว่าขนาดของความยาวคลื่น และสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็ง คลื่นชนิดนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวและก๊าซได้



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง

คลื่นตามขวางมีลักษณะเสมือนการเกิดขั้วลบและขั้วบวก ซึ่งเป็นเหตุผลว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นเพียงทิศทางเดียวเช่น ในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไป ต้นกำเนิดของคลื่นตามขวางเป็นพื้นที่หน้าเรียบของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอันเนื่องจากการแกว่ง ความหนาแน่นของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลงโดยการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบตามขวาง ความเร็วของคลื่นชนิดนี้จะน้อยกว่าความเร็วของคลื่นชนิดตามยาว ในขณะเดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้นความถี่เดียวกัน ความยาวคลื่นของคลื่นตามขวางจะน้อยกว่าคลื่นตามยาวเสมอ

2.1.2.3 คลื่นผิวหน้า (surface wave or rayleigh)

คลื่นผิวหน้า คือ คลื่นชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายกับคลื่นตามขวาง จะต่างกันตรงที่ว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคไม่เป็นเพียงในทิศทางการเคลื่อนที่เพียงอย่างเดียวแต่มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกับทิศทางของการเคลื่อนที่ด้วย จึงทำให้คลื่นเคลื่อนที่ตามระนาบแนวนอน ด้วยเหตุผลนี้คลื่นจึงเดินทางผ่านไปเฉพาะบนผิวของตัวกลางเท่านั้น

2.1.3 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง

คุณสมบัติทั่วไปของคลื่นเสียง จะแสดงได้ 4 แบบ คือ

2.1.3.1 การแทรกสอดของคลื่นเสียง (interference)

การแทรกสอดของเสียงเกิดจากการรวมกันของคลื่น 2 คลื่นขึ้นไป ขณะเมื่อพบกันในตัวกลาง (medium) เดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดผลได้หลายลักษณะ คือ

ก) การบีตส์ (beats) ของคลื่นเสียงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการรวมคลื่นที่มีความถี่ต่างๆกันหรือเฟสที่ต่างกัน เคลื่อนที่ไปในตัวกลางเดียวกันแล้วรวมเป็นคลื่นใหม่ ซึ่งทำให้แอมปลิจูดเปลี่ยนไป ดังแสดงในรูป 2.4



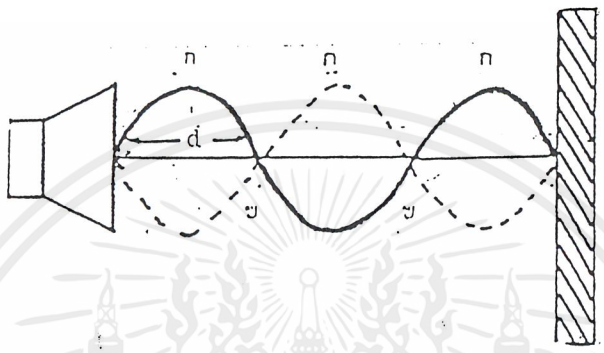
รูปที่ 2.4 แสดงการบีตส์ของคลื่นเสียง 2 คลื่น

จากรูป เป็นการแสดงของบีตส์ของคลื่นเสียงเพียง 2 คลื่นเท่านั้น ซึ่งได้คลื่นที่มีแอมปลิจูดเปลี่ยนไป ซึ่งประโยชน์ของการบีตส์คลื่นนั้น จะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบความถี่ของคลื่นให้แสดงผลออกมาในลักษณะของแอมปลิจูดที่แตกต่างกัน

ข) การเกิดคลื่นนิ่ง (standing wave) เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นที่มีแอมปลิจูดเท่ากันและความถี่เท่ากัน แต่มีทิศทางการเคลื่อนที่ตรงกันข้ามหรือมีเฟสตรงกันข้าม ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นนิ่งดังรูป 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

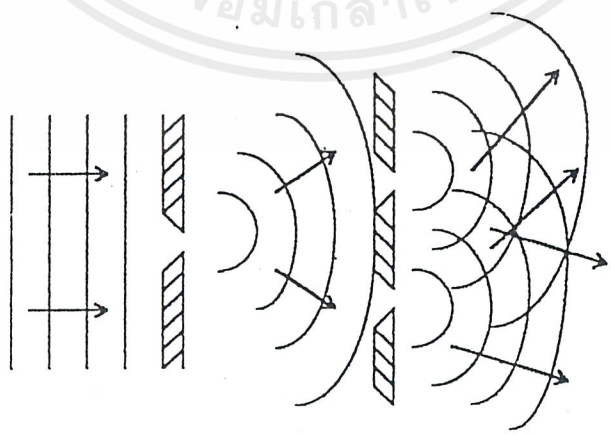
เสียงจะมีความเข้มสูงสุดที่ตำแหน่ง ก. และเบาที่สุดที่ตำแหน่ง ข. ซึ่งระยะระหว่างขั้วทั้ง 2 เท่ากับ $d = \lambda/2$ หรือ $L = n(\lambda/2)$; $n = 1,2,3$



รูป 2.5 แสดงลักษณะของการเกิดคลื่นนิ่ง

2.1.3.2 การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง (diffraction)

การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง (diffraction) คลื่นเสียงจะเลี้ยวเบนอ้อมสิ่งกีดขวาง ที่มีลักษณะเป็นมุมแคบ ซึ่งปรากฏการณ์นี้พบในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลาเช่น ในกรณีที่เราได้ยินเสียงแตรรถยนต์ที่อยู่คนละถนนของมุมตึก หรือการได้ยินเสียงที่ลอดผ่านช่องเล็ก ๆ จากอีกห้องหนึ่ง ดังแสดงดังรูปที่ 2.6

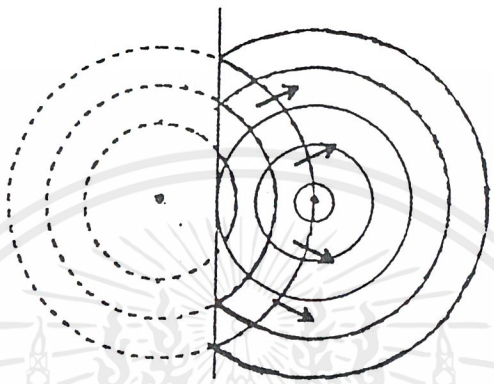


รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของคลื่นเสียงที่ผ่านช่องแคบ ๆ จนเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดตัวใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 การสะท้อนของคลื่นเสียง (reflection)

การสะท้อนของคลื่นเสียง (reflection) คลื่นที่สามารถสะท้อนได้เมื่อตกกระทบตัวกลาง โดยที่มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน และจะทำให้เกิดเสียงก้อง (echo) ซึ่งเสียงก้องที่จะสะท้อนกลับมาในเวลามากกว่า 50 ms จะทำให้เราได้ยินเสียงนั้นเป็นครั้งที่สอง



รูปที่ 2.7 แสดงเมื่อคลื่นวงกลมกระทบกับฉากที่เป็นเส้นตรง
คลื่นที่สะท้อนกลับมาจะมีคลื่นเป็นวงกลมเช่นกัน

2.1.3.4 การหักเหของคลื่นเสียง (refraction)

การหักเหของคลื่นเสียง (refraction) คลื่นเสียงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันจะเกิดการหักเหของคลื่น ซึ่งทำให้ความเร็วของเสียงเปลี่ยนไป โดยที่ความถี่ยังคงที่อยู่



รูปที่ 2.8 แสดงการหักเหของคลื่นเสียงในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ลักษณะของคลื่น

2.1.4.1 ความถี่ (frequency)

ความถี่ คือ จำนวนของการออสซิลเลตที่สมบูรณ์ จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายใน 1 วินาที คลื่นที่ถูกส่งออกจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางด้วยความถี่ ที่เดียวกัน เช่น อัตราการสั่นของสายไวโอลินที่มีความถี่ 440 Hz มันก็จะมีความถี่เดียวกันกับคลื่นลูกที่ส่งและได้รับจากผู้ฟัง

2.1.4.2 ความยาวคลื่น (wavelength)

ความยาวคลื่น (wavelength) คือ ระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างแต่ละการสั่นที่สมบูรณ์ หรือการเดินทางครบรอบ (1 cycle) สามารถกล่าวได้ว่า ความยาวคลื่นเป็นระยะระหว่างการการอัดอย่างต่อเนื่อง (successive compression) หรือการเบาบางของอากาศ (rarefaction)

การอัด คือ การที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันมากกว่า บริเวณรอบ ๆ ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณเฉพาะที่เกิดการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์กับแรงดันของบรรยากาศปกติ ความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์ตามสมการ

$$v = f\times\lambda$$

โดยเมื่อ : v = ความเร็วของการเดินทาง (m/s)

f = ความถี่ (Hz)

λ = ความยาวคลื่น (m)

ในอากาศที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความเร็วของคลื่นประมาณ 334 m/s ดังนั้นช่วงความถี่ของคลื่นเสียงระหว่าง 20 Hz ถึง 20 kHz ความยาวคลื่นจะอยู่ระหว่างประมาณ 17 m ข้อจำกัดของความยาวคลื่นสั้นในอากาศ (อุลตร้าโซนิค) ถูกตรวจสอบโดยทางเดินที่เป็นอิสระระหว่างโมเลกุลอากาศประมาณ 10^{-8} cm

2.1.4.3 ความเร็วของคลื่นอุลตร้าโซนิค

คลื่นที่เดินทางในตัวกลางที่แตกต่างกันด้วยความเร็วที่แตกต่างและขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย ทั้งหมดนี้เป็นสาเหตุแรกสำหรับการโก่งตัวของคลื่นในบรรยากาศ

2.2 อุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์

2.2.1 ประเภทของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์

อุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานกลโดยการสั่นไปมาซึ่งทำให้เกิดเป็นคลื่นอุลตร้าโซนิคกระจายไปในวัตถุตัวกลาง หรือ จากพลังงานของคลื่นอุลตร้าโซนิคแปลงเป็นพลังงานกลซึ่งสามารถทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นได้จากตัวทรานสดิวเซอร์นั้น ในปัจจุบันอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด ตามหลักการที่ใช้สร้าง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.1 เปียโซอิเลคตริก (piezoelectric transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล โดยมีความถี่เรโซแนนท์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง

2.2.1.2 แมกนิโสตริกทีฟ (magnitrostrictive transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวด กับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดอยู่

2.2.1.3 อิเลคโตรทริกทีฟ (electrotrictive trasducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล

ในโครงงานนี้จะใช้ piezoelectric transducer จึงของกล่าวเฉพาะแบบนี้เท่านั้น

2.2.2 โครงสร้างเปียโซอิเลคตริกทรานสดิวเซอร์

โครงสร้างของตัวอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลกตริก โดยภายนอกตัวมันจะสร้างเป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงประมาณ 10-25 ม.ม ด้านหน้าจะเป็นช่องเปิดและมีตะแกรงปิดอยู่เพื่อให้คลื่นอุลตร้าโซนิคเข้ามาหรือ ออกจากช่องเปิดนี้ได้สะดวก โดยตะแกรงเป็นส่วนป้องกันความเสียหายของตัวทรานสดิวเซอร์ ถ้าตัวถังทำมาจากโลหะ ตัวถังควรต่อลงกราวนด์

โครงสร้างภายในจะประกอบด้วย “ชิ้นสารเปียโซอิเลคตริก” ซึ่งสามารถทำจากสารได้หลายชนิด เช่น ผลึกแร่ควอรทซ์ (quartz) ,แบเรียมติตาเนท (bariumtitanate) ฯลฯ แต่ที่นิยมใช้กันแพร่หลายคือ ชิ้นสารเปียโซอิเลคตริกที่ทำจากแบเรียมติตาเนท

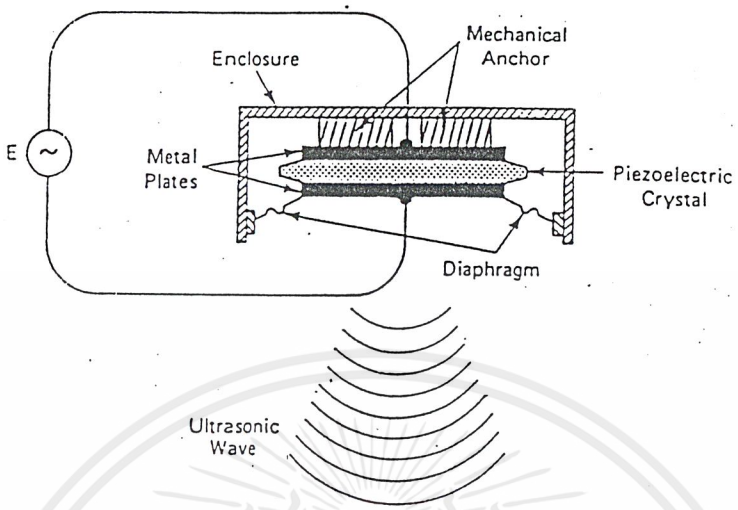
จากชิ้นเซรามิคนี้จะถูกประกบด้วยแผ่นเพลท 2 แผ่น ซึ่งส่วนใหญ่ทำมาจากแผ่นเงินเพื่อต่อเป็นขาของอิเลคโทรดต่อไปนั่นเอง ด้านข้างหนึ่งของแผ่นเพลทจะถูกยึดเพื่อไม่ให้เกิดการสั่น ส่วนอีกด้านหนึ่งจะยึดกับแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้โดยแผ่นไดอะแฟรมนี้จะถูกสร้างให้มีลักษณะคล้ายเลนส์ เพื่อรวมคลื่นให้มีความเร็วสูงขึ้น

2.2.3 วงจรเสมือนของเปียโซอิเลคทริกทรานสดิวเซอร์

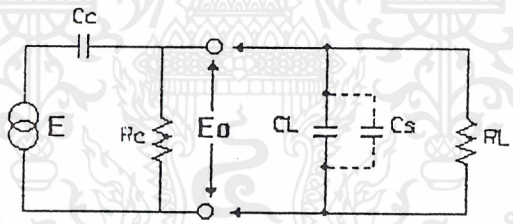
สมการ $$E_O = EC_C/(C_C + C_L)$$

โดยขึ้นกับความถี่ ถ้าเอาท์พุทโวลท์เตจมีค่ามาก สามารถทำให้ลดลงได้โดยการเพิ่มค่า C_L เช่นการนำค่า C_S มาต่อขนานเข้าไปที่ความถี่ต่ำโวลท์เตจ E_O คร่อมโหลดหาได้โดยค่ารีแอคแตนท์ของ C_C และอิมพีแดนท์ของ C_L และ R_L ที่ต่อขนานกันโวลท์เตจ E_O ขึ้นอยู่กับความถี่และจะลดลงถ้าความถี่ลดลงถ้าความถี่ลดลงการตอบสนองความถี่ต่ำสามารถปรับปรุงได้โดย การใช้ทรานสดิวเซอร์ที่มีค่าคาปาซิแตนท์สูงหรือโดยการเพิ่มความต้านทานโหลด R_L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะโครงสร้างภายในทั่ว ๆ ไปของทรานสดิวเซอร์เปียโซอิเลคตริก



รูปที่ 2.10 วงจรเสมือนของเปียโซอิเลคตริกทรานสดิวเซอร์

2.2.4 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวรับและตัวส่งอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์

2.2.4.1 ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สองเพื่อป้องกันโครงสร้างภายในเสียหาย

2.2.4.2 ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไป จะทนทานแรงดันตกคร่อมตัวมันได้สูงสุด ไม่เกิน 20 V_{rms} ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ก็ควรอยู่ภายในขีดจำกัดนี้

2.2.4.3 ความถี่เรโซแนนท์ (ความถี่ตกที่ตัวมันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์ 40 kHz (bandwidth) ที่มีขายกันทั่วไปจะผิดพลาดไม่เกิน + 1 kHz และมีแถบความถี่ประมาณ 4.5 kHz (bandwidth) สำหรับตัวส่งและมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 MHz สำหรับตัว

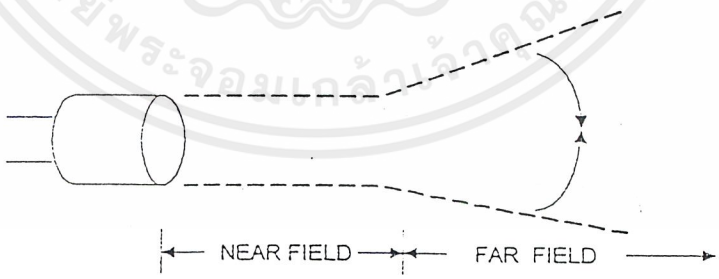
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับ จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าตัวส่งเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้

2.2.4.4 อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง –20 ถึง 60 องศาเซลเซียส

2.2.4.5 ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 องศา ความแรงของคลื่นสัญญาณเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30 องศา ความไวหรือขนาดของแรงดันที่ออกมาจะลด จึงควรพยายามทำให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มาก เพราะคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิกสามารถสะท้อนกับกำแพง และวัตถุที่อยู่ภายในห้อง ทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง

อุลตร้าโซนิคนี้สามารถทำให้เป็นลำแคบได้โดยใช้เลนส์ที่เรียกว่า planoconcave lens วางข้างหน้าตัวทรานสดิวเซอร์ แต่การทำให้เป็นลำแคบ (beam) นี้จะทำให้ near field สั้นลงและ far field กระจายมากขึ้น การทำให้เป็นลำคลื่นที่เหมาะสมกับการใช้ทรานสดิวเซอร์ที่สร้างความถี่สูงที่เหมาะสำหรับใช้งานในงานแพทย์ (ultrasound) ที่มีความถี่ตั้งแต่ 2-5 MHz เพื่อใช้ตรวจเนื้อเยื่อ มีการส่งเป็นลำแคบ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการเป็นลำของคลื่น

2.2.4.6 ในกรณีที่ใช้งานตัวรับจะต้องมีตัวต้านทานต่อขนานกับตัวรับ เพื่อทำหน้าที่เป็นโหลดตามปกติแล้วตัวต้านทานนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วง 10 kΩ ถึง 100 kΩ จากการทดลองพบว่าถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนโหลดจาก 100 kΩ มาเป็น 10 kΩ ความไวจะลดลงประมาณ 10 ถึง 12 dB แต่ความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีก ความถี่เรโซแนนท์ จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมากควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงสักหน่อย เพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบ

2.2.4.7 ตามปกติแล้วเราสามารถนำเอาตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ และตัวส่งตัวหรือตัวรับยี่ห้อใด ๆ รุ่นใด ก็สามารถใช้แทนกันได้ในงานส่วนใหญ่ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่เรโซแนนท์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจต้องเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสมมูลย์ทางด้านไฟฟ้าสลับเพื่อให้ลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม

2.2.4.8 ประโยชน์การใช้งานคลื่นอุลตร้าโซนิค คลื่นอุลตร้าโซนิคเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้ สามารถเล็งคลื่นไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นจะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนี้ออกมา) ของตัวที่ทำให้กำเนิดเสียงความถี่นี้ เช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศ จะมีความยาวคลื่นถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องเปิดที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมาย คลื่นจะหักเหที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงที่ทำให้เกิดการกระจายทิศทางของคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอุลตร้าโซนิคอย่างเช่น 40 kHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียง 8 ม.ม. เท่านั้นซึ่งเล็กกว่าตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มาก ๆ คลื่นเสียงจะมีการเลี้ยวเบนที่ขอบ จึงมีการพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทางนั้นเอง การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิคทำให้เราสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่างเช่น เครื่องมือวัดความหนาแน่นของวัตถุโดยสังเกตุระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ,ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นกับการใช้งานเช่น ถ้าคลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้วความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 kHz เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้ อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงได้เพิ่มมากขึ้น ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานทางด้านการแพทย์ ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้น ๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็น GHz (109 Hz) ก็มีใช้กันหลาย ๆ การใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

2.3 โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือของมันโดยตรง และลักษณะของเขาต่าง ๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 bytes
- มีพอร์ท I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ทอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 K
- สามรถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 แหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz

ตารางที่2.1 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่างๆ

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

การจัดขาต่าง ๆ ของ MCS-51

ไอซี ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 โครงสร้าง IC เป็นแบบ DIP มีขาทั้งหมด 40 ขาโดยขาต่าง ๆ จะใช้เป็นขาพอร์ทอินพุต,เอาต์พุต,ขาสัญญาณควบคุม,ขาตำแน่งหน่วยความจำและขาข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมายของขาต่าง ๆ มีดังนี้

1. พอร์ท 0

พอร์ท 0 ได้แก่ขาที่ 32-39 ของ MCS-51 สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตได้นอกจากนี้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้ขาเป็น ขา Address Bus และ Data Bus

2. พอร์ท 1

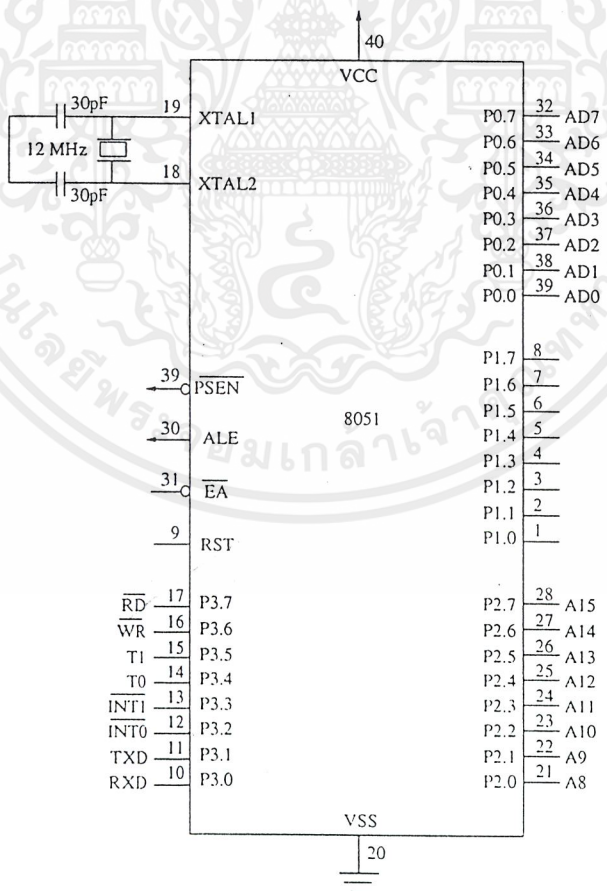
พอร์ท 1 ได้แก่ขาที่ 1-8เป็นพอร์ท 8 บิต สามรถอ้างทีละบิตได้ คือ P1.0,P1.1,... etc

3. พอร์ท 2

พอร์ท 2 ได้แก่ขาที่ 21-28 จะใช้งาน 2 หน้าที่คือใช้เป็นพอร์ท 8 บิตกับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิตในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

4. พอร์ท 3

พอร์ท 3 ได้แก่ขาที่ 10-17 จะใช้งานสองหน้าที่คือ เป็นพอร์ทอินพุตและเอาต์พุต และใช้เป็นขาควบคุมต่าง ๆ



รูปที่ 2.12 แสดงขาต่างๆ ของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RST (RESET)

ขา RST ได้แก่ขา 9 จะใช้ในการรีเซต MCS-51 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก "1" อย่างน้อย 2 Machine Cycles จึงจะรีเซตระบบได้

ความถี่สัญญาณนาฬิกาบนชิพ

เป็นวงจร Oscillator บนชิพ ได้แก่ขา 18-19 โดยต่อ Crystal เข้ากับขานี้โดยปกติมักจะใช้ Crystal ความถี่ 12 MHz กับตัวเก็บประจุหรืออาจใช้สัญญาณนาฬิกาจาก TLL Clock Source ต่อกับ XTAL1 และ XTAL2

Power Connection

ใน MCS-51 จะใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 V ต่อเข้ากับขา Vcc(ขา 40) ส่วนขาVss(ขา 20)จะต่อลง Ground

โครงสร้างหน่วยความจำ

หน่วยความจำสำหรับ MCS-51 จะมี 2 ชนิดคือ หน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรม กับหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลในการประมวลผล MCS-51 บางเบอร์จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในชิพ และ ทุกเบอร์สามรถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้มากที่สุด 64 K และอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้มากที่สุด 64 K สำหรับความจำ RAM ภายในจะประกอบไปด้วยพื้นที่ใช้งานทั่วไป ,รีจีสเตอร์แบงค์ , พื้นที่ใช้งานระดับบิต และรีจีสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ เราอาจเขียนไดอะแกรมของหน่วยความจำของ 8031

ใน 8031 จะมีหน่วยความจำภายในตั้งแต่ ตำแน่ง 00H ถึง FFH และสามรถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 K ตำแหน่ง ถ้าอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมขา PSEN จะแอคทีฟ นอกจากนี้ 8031 สามารถอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 K ตำแหน่ง โดยการติดต่อกับหน่วยความจำนี้ขา RD และ WR จะแอคทีฟ สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายในนั้นจะแบ่งออกได้ดังนี้

1. ชุดรีจีสเตอร์ 4 ชุดแต่ลุชุดเรียกว่ารีจีสเตอร์แบงค์ ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 1FH โดยแต่ละชุดประกอบด้วยรีจีสเตอร์ R0-R7

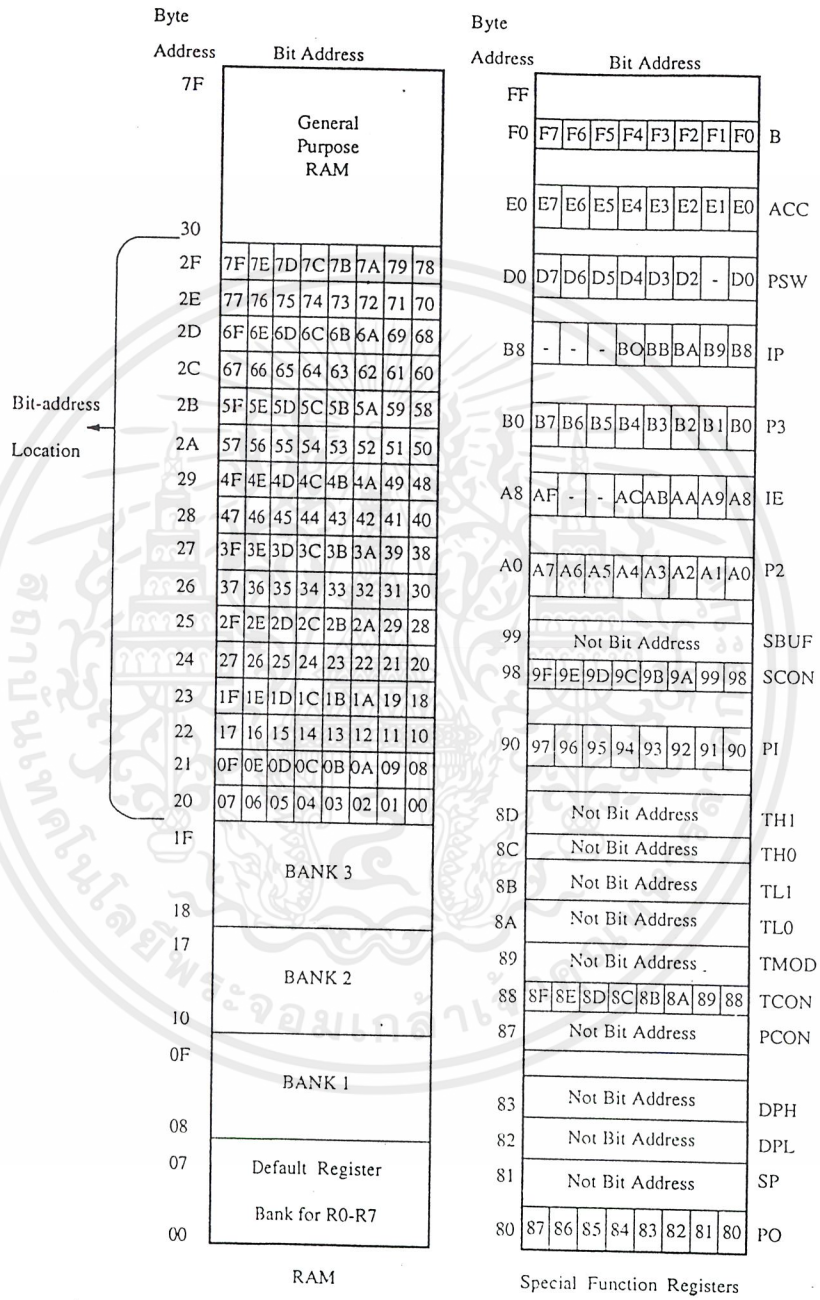
2. หน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ ตำแหน่ง 20H-2FH

3.หน่วยความจำใช้งานทั่วไปตำแหน่ง 30H-7FH

4.รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ ตำแหน่ง 80H-FFH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังการจัดหน่วยความจำข้อมูลภายในแสดงได้ดังรูป จากแผนผังจะเห็นว่าการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำภายในจะอ้างได้สองแบบ คือ การอ้างไปที่ตำแหน่งของไบต์หรือการอ้างไปที่ตำแหน่งของบิตโดยตำแหน่งของหน่วยความจำที่อ้างเป็นแบบบิตได้จะมีตำแหน่งบิตที่แน่นอน



รูปที่ 2.13 ตำแหน่งของหน่วยความจำทั้งแบบไบต์และแบบบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หน่วยความจำใช้งานทั่วไป

จะเห็นว่าใน 8031 จะมีหน่วยความจำ RAM สำหรับใช้งานทั่วไปจำนวน 80 ไบต์ตั้งแต่ตำแหน่ง 30H-7FH ตำแหน่งเหล่านี้สามารถอ้างตำแหน่งแบบ Direct Addressing Mode หรือ Indirect Addressing Mode ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการอ่านข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่ง 5FH มาเก็บในรีจีสเตอร์ A สามารถเขียนเป็นคำสั่งได้เป็น

MOV A,5FH

การย้ายข้อมูลแบบนี้เป็นการย้ายข้อมูลจากตำแหน่งที่เก็บโดยตรง เรียกว่าการอ้างตำแหน่งแบบ Direct Addressing Mode นอกจากนี้ยังสามารถอ่านข้อมูลโดยใช้รีจีสเตอร์ R0, R1 การตัวชี้ตำแหน่งได้เรียกว่าการอ้างตำแหน่งแบบ Indirect Addressing Mode ตัวอย่างเช่น

MOV Ro,5FH

MOV A,@Ro

การเขียนโปรแกรมด้านบน หมายความว่า เก็บค่า 5FH ไว้ใน Ro จากนั้นอ่านค่าที่ Ro ชี้อยู่ คือตำแหน่ง 5FH มาเก็บไว้ที่รีจีสเตอร์ A ถ้าในตำแหน่ง 5FH มี 80 อยู่ ค่า 80 จะถูกเก็บใน A

Bit – addressable RAM

ใน MCS-51 จะมีหน่วยความจำที่สามารถอ้างข้อมูลในระดับบิตได้ตั้งแต่ตำแหน่ง 20H ถึง 2FH รวม 16 ไบต์ โดยสามารถ SET,CLEAR,AND,OR ทางลอจิกได้จำนวนบิตที่ใช้งานได้ทั้งหมดมีจำนวน128 บิต ถ้าต้องการเซตบิตตำแหน่งที่ 67 H สามารถเขียนคำสั่งได้ดังนี้

SETB 67H

Register Banks

หน่วยความจำข้อมูลภายในที่ใช้เป็นชุดรีจีสเตอร์ มีทั้งหมด 32 ตำแหน่ง โดยจะมี 4 ชุดแต่ละชุดมีรีจีสเตอร์ 8 ตัว คือ Ro-R7 โดยชุดแรกจะอยู่ในตำแหน่ง 00H-07H ถ้าหากจะอ่านค่าจากตำแหน่ง 05H มาเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ A จะเขียนโปรแกรมได้ดังนี้

MOV A,R5

การอ้างตำแหน่งจะใช้แบบ Register Addressing ซึ่งขนาดของรหัสคำสั่งจะมีขนาด 1 ไบต์ แต่ถ้าเขียนคำสั่งเป็น MOV A,05H ผลที่ได้จะเหมือนกันแต่การเขียนแบบนี้ถ้าแปลงเป็นรหัสคำสั่งจะมีขนาด2 ไบต์ซึ่งจะทำให้โปรแกรมยาวกว่าแบบแรก ในการติดต่อกับ Register Bank นั้น เราสามารถเลือกให้ Bank ใดแอคทีฟได้โดยเขียนข้อมูลไปที่ Program Status Word ซึ่งอยู่ในส่วนของรีจีสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ

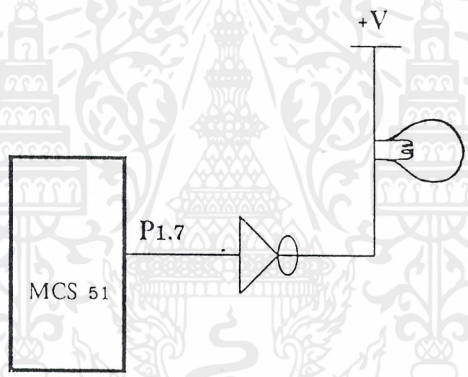
MOV Ro,A

ถ้าไม่มีการเลือก Bank จะเป็นการติดต่อกับรีจีสเตอร์ Bank แรกเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36925

<u>รีจีสเตอร์พอร์ท</u> (Port Registers)

MCS – 51 ค่าของพอร์ทจะหมายถึงค่าของหน่วยความจำด้วย หากต้องการส่งข้อมูลออกไปที่พอร์ท ก็เพียงแต่เขียนข้อมูลไปที่หน่วยความจำตำแหน่งที่พอร์ทนั้นอยู่ และถ้าหากต้องการจะอ่านข้อมูลจากพอร์ท ก็เพียงอ่านค่าจากตำแหน่งที่หน่วยความจำที่พอร์ทนั้นอยู่ ใน MCS – 51 พอร์ท 0 จะอยู่ที่ตำแหน่ง 50H, พอร์ท 1 จะอยู่ที่ตำแหน่ง 90H, พอร์ท 2 จะอยู่ที่ตำแหน่ง A0H และพอร์ท 3 จะอยู่ที่ตำแหน่ง B0H พอร์ท 0,2 และ 3 โดยทั่วไปแล้วจะไม่ใช้หากมีการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก หรือใช้เป็นพอร์ทพิเศษ (เช่น Interrupts , Serial Port, ฯลฯ) โดยปกติแล้วจะใช้ พอร์ท 1 ในการติดต่ออุปกรณ์ภายนอก พอร์ททุกพอร์ทสามารถอ้างข้อมูลในระดับบิตได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าพอร์ท 1 บิต 7 ต่อกับหลอดไฟไว้ดังรูป โดยมีเกตแบบ OC ช่วยขับกระแสการเปิดปิดหลอดไฟทำได้โดยการ Set หรือ Clear บิต 7 ของพอร์ท 1 นี้



รูปที่ 2.14 การใช้ MCS – 51 ปิด-เปิดหลอดไฟ

ถ้าต้องการเปิดไฟจะเขียนคำสั่งดังนี้

SETB P1.7

ถ้าต้องการปิดไฟจะเขียนคำสั่งดังนี้

CLR P1.7

การติดต่อกับพอร์ทในระดับบิตนี้ อาจใช้คำสั่งในการอ้างข้อมูลระดับบิตได้ เช่น บิต 7 ของพอร์ท 1 ตรงกับตำแหน่งระดับบิตคือ ตำแหน่ง 97H อาจเขียนคำสั่งได้ดังนี้

CLR 97H

<u>รีจิสเตอร์เวลา</u> (Timer Registers)

ใน MCS – 51 เบอร์ 8051 จะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้นับจับเวลาขนาด 16 บิต 2 ตัวคือ Timer 0 อยู่ที่ตำแหน่ง 8AH และ 8CH โดยตำแหน่ง 8AH หมายถึง TL0 ซึ่งจะเป็น 8 ไบต์ต่ำ และ 8CH หมายถึง 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบต์สูง TH0รีจิสเตอร์อีกตัวคือ Timer 1 โดยแบ่งเป็น TL1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8BH เป็นไบต์ต่ำ และ TH1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8DH เป็นไบต์สูง การใช้ Timer จะต้องกำหนดการทำงานในรีจีสเตอร์ TMOD (Timer / Counter Mode Control Register) ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 88 H เสียก่อน ซึ่งจะได้กล่าวในบทต่อไป

รีจิสเตอร์พอร์ทอนุกรม (Serial Port Register)

MCS – 51 จะมีพอร์ทสื่อสารอนุกรม (Serial Port) อยู่ภายในชิพ ซึ่งสามารถรับส่งข้อมูลได้โดยติดต่อผ่านรีจีสเตอร์ SBUF (Serial Data Buffer) ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 99H โดยถ้าต้องการส่งข้อมูลแบบอนุกรมให้เขียนข้อมูลไปที่รีจีสเตอร์นี้ ตัว Serial Port สามารถโปรแกรมให้ทำงานได้ 4 โหมด โดยโปรแกรมผ่านรีจีสเตอร์ SCON (Serial Port Control Register) ตำแหน่ง 98H ซึ่งจะกล่าวต่อไปภายหลัง

รีจีสเตอร์อินเทอร์รัพท์ (Interrupt Port Registers)

MCS – 51 สามารถ Interrupt ได้ 5 ตำแหน่งโดยมี 2 - Priority ตัว Interrupt นี้จะถูก Disable หลังจากระบบถูกรีเซต และจะ Enabled หลังจากที่เขียนข้อมูลไปที่รีจีสเตอร์ IE หรือตำแหน่ง A8H ลำดับความสำคัญสามารถเซตได้ที่รีจีสเตอร์ IP หรือตำแหน่ง B8H ซึ่งจะกล่าวต่อไปภายหน้า

Power Control Register (PCON)

รีจีสเตอร์ PCON อยู่ที่ตำแหน่ง 87H ใช้หยุดการทำงานของ MCS – 51 โดยจะหยุดจ่ายสัญญาณนาฬิกาให้แก่ระบบ ทำให้ข้อมูลต่าง ๆ ภายใน MCS – 51 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงนอกจากนี้ยังลดพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้ MCS – 51 ลงด้วย

Reset Operation

เมื่อ MCS – 51 ถูกรีเซต ค่ารีจีสเตอร์ต่าง ๆ จะถูกกำหนดค่าดังตาราง โดย PC จะชี้ไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น คือ 0000H เมื่อขา RST กลับเป็น “0“ MCS – 51

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าต่าง ๆ ที่เกิดหลังการรีเซต

Register(S)	Counter
Program Counter	0000H
Accumulator	00H
B Register	00H
PSW	00H
SP	07H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DPTR	0000H
PORTS 0-3	FFH
IP(8031/8051)	XXX00000B
IP(8032/8052)	XX000000B
IE(8031/8051)	0XX00000B
IE(8032/8052)	0X000000B
Timer Registers	00H
SCON	00H
SBUF	00H
PCON(HMOS)	0XXXXXXXB
PCON(CMOS)	0XXX0000B

การใช้งาน TIMER

ใน MCS- 51 จะมีตัวจับเวลาอยู่ภายในชิพ ถ้าเป็นเบอร์ 8051 หรือ 8031 จะมี 2 ตัวคือ Timer 0 และ Timer1 แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมีเพิ่มอีกหนึ่งตัวคือ Timer 2 รีจีสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Timer แสดงได้ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งจะเห็นว่ามีรีจีสเตอร์บางตัวสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย นอกจากนี้ตัว Timer สามารถใช้เป็นตัวนับได้อีกด้วย โดยการโปรแกรมในรีจีสเตอร์ TMOD

ตารางที่ 2.3 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น TIMER

รีจีสเตอร์	หน้าที่	ตำแหน่ง	สามารถอ้างตำแหน่งบิต
TCON	Control	88H	YES
TMOD	Mode	89H	NO
TL0	Timer 0 Low-byte	8AH	NO
TL1	Timer 1 Low-byte	8BH	NO
TH0	Timer 0 High-byte	8CH	NO
TH1	Timer 1 High-byte	8DH	NO
T2CON*	Timer 2 Control	C8H	YES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์	หน้าที่	ตำแหน่ง	สามารถอ้างตำแหน่งบิต
RCAP2H*	Timer 2 Low-byte Capture	CAH	NO
TL2*	Timer 2 High-byte Capture	CBH	NO
TH2*	Timer 2 Low-byte	CCH	NO

Timer Mode Register(TMOD)

ตัวรีจีสเตอร์ TMOD เป็นรีจีสเตอร์ควบคุม Timer จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 บิต โดย 4 บิตบนจะเป็นการควบคุม Timer 1 ส่วน 4 บิตล่างจะเป็นการควบคุม Timer 0 ความหมายของแต่ละบิตดูใจตารางที่ 5.2 ซึ่งตัวรีจีสเตอร์นี้เป็นตัวเลือกการทำงานว่าจะให้ตัว Time/Counter ทำงานในโหมดใดและเป็น Timer Counter รีจีสเตอร์ TCON ไม่สามรถทำงานจะโปรแกรมเข้าไปในระดับบิตได้ซึ่งการใช้งานมักจะโปรแกรมเข้าไปครั้งเดียวในตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม

ตารางที่ 2.4 รีจีสเตอร์ TMOD(Timer Mode)

บิต	ชื่อ	Timer	ความหมาย
7	GATE	1	Gate bit ถ้าบิตนี้เซตวงจรจะทำงานเมื่อ INT 1 เป็น High
6	C/T	1	เป็นบิตเลือก Counter/Timer 1=ใช้เป็น Counter 0=ใช้เป็น Timer
5	M1	1	Mode bit 1
4	M0	1	Mode bit 0
3	GATE	0	บิต Gate ของ Timer 0
2	C/T	0	บิตเลือก Counter/Timer ของ Timer0
1	M1	0	Mode bit 1
0	M0	0	Mode bit 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 การใช้ Timer โหมดต่างๆ

M1	M0	Mode	ความหมาย
0	0	0	เป็น Timer แบบ 13 bit
0	1	1	เป็น Timer แบบ 16 bit
1	0	2	เป็น Timer แบบ 8 bit auto reload
1	1	3	Split Timer Mode : แยก Timer 0 ออกเป็น Timer 8 bit สองตัวคือ TL0 TH0 โดยไม่ใช้ Timer 1

Timer Control Register(TCON)

รีจีสเตอร์ TCON เป็นรีจีสเตอร์ที่บอกสถานะและควบคุมบิต Timer 0 และ Timer1 ซึ่งดูได้จากตารางที่ 5.4 รีจีสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้

ตารางที่ 2.6 แสดงความหมายแต่ละบิตของรีจีสเตอร์ TCON(Timer Control)

บิต	ชื่อ	ตำแหน่งบิต	ความหมาย
TCON.7	TF1	8FH	บิตแฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1 จะSet โดย Hardware และ Clearโดย Software
TCON.6	TR1	8EH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer1 Set และ Clear โดย Software
TCON.5	TF0	8DH	แฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 0
TCON.4	TR0	8CH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer 0
TCON.3	IE1	8BH	บิตแฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INT 1 จะ Set โดย Hardware และสามารถ Clear ได้ด้วย Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	ชื่อ	ตำแหน่งบิต	ความหมาย
TCON.2	IT1	8AH	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INT1 สามารถ Set และ Clear ได้ด้วย Software
TCON.1	IE0	89H	บิตแฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INT0
TCON.0	IT0	88H	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INT0

Timer Mode and Overflow Flag

เมื่อใช้ Timer 0 และ Timer1 จะต้องใช้รีจีสเตอร์คู่TLx และTHx โดยค่า x จะเป็นตัวบอกว่าเป็น Timer 1 หรือ Timer 0 การใช้ Timer สามารถใช้งานได้หลายโหมด

8 Bit Auto- Reload Mode

การทำงานในโหมด 2 เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า 8- bit Auto-reload Mode โดยใช้ Timer ไบต์ต่ำเป็น Time แบบ 8 บิต เมื่อไบต์ต่ำเกิด Overflow หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก FFH เป็น 00H จะมีการโหลดค่าที่เก็บไว้ในบิตสูง ไปเก็บไว้ในบิตต่ำซึ่งจะเป็นค่าเริ่มต้นของการนับครั้งต่อไป นิยมใช้สร้างเป็นฐานเวลาที่สามารถโปรแกรมได้ การทำงานในโหมดนี้แสดงดังรูปที่ 5.2 (ค)

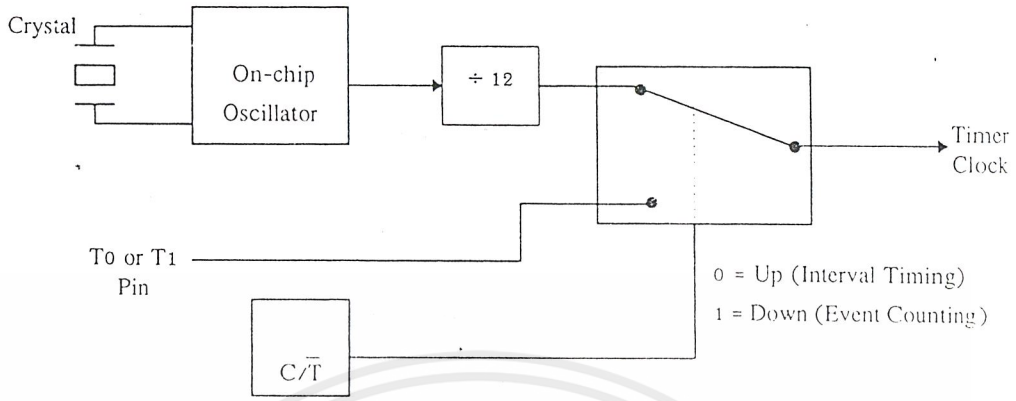
Clocking Source

ในรูปที่ 5.2 ไม่ได้แสดงว่า Timer Clock นำมาจากที่ใดซึ่งการใช้ Timer นี้สามารถใช้ได้ หน้าที่ คือเป็นตัวจับเวลา และเป็นตัวนับ ซึ่งสามารถโปรแกรมได้โดยการเซตหรือรีเซตบิตC/T ในรีจีสเตอร์ TMOD

การใช้เป็นตัวจับเวลา(Timer)

ถ้าบิต C/T ใน TMOD เป็นลอจิก "0" จะเป็นการเลือกให้ Timer นำ Clock มาจากวงจร Oscillator ในชิพ ซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะเข้ามาทุก ๆ Machine Cycle หรืออาจกล่าวได้ว่าใน THx และ TLx จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยอัตราการนับแต่ละครั้งใช้เวลาเท่ากับ 1/12 ของความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้บนชิพ ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ถ้า MCS-51 ใช้สัญญาณนาฬิกา 12 MHz การนับจะมีความถี่เท่ากับ 1 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่จะเข้า Timer

การใช้เป็นตัวนับ (Counter)

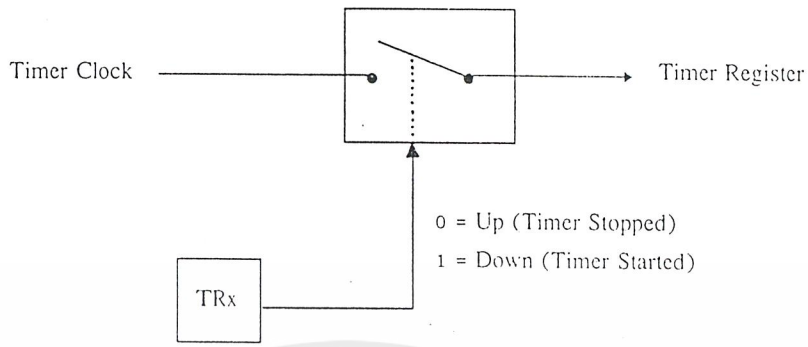
ถ้าบิต C/T เป็น "1" ตัว Timer จะนำ Clock มาจากภายนอกโดยใช้ขา P3.4 หรือ T0 เป็นขา Input Clock ให้กับ Timer 0 และใช้ขา P3.5 หรือ T1 เป็น Input Clock ให้กับ Timer 1 ดังรูปที่ 5.3 หรืออาจมองว่า ถ้าจะให้นับอะไรสัญญาณที่จะนับให้ต่อกับขา T0 และT1 ในการใช้เป็น Counter สัญญาณที่เข้ามามีการเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" จะทำให้วงจรนับ TLx มีค่าเพิ่มขึ้น 1 ภายใน MCS-51 นี้จะตรวจสอบขาอินพุต T0 และ T1 ในช่วงเวลา เฟส 2ของ State 5 ถ้าพบว่ามีค่าเป็น "1" ต่อมาในอีกหนึ่ง Machine Cycle ที่ เฟส 2 ของ State 5 ลอจิกอินพุตเปลี่ยนเป็น "0" จะทำให้ค่าใน Timer เพิ่มขึ้น 1 ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการนับ1 ครั้งจะต้องใช้เวลา 2 Machine Cycles ดังนั้นความถี่สูงสุดที่จะให้ Timer ทำงานเป็น Counter นับได้ จะมีค่ามากที่สุด 500 KHz ถ้า MCS-51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHZ

การเริ่ม,หยุด,และ,การควบคุม Timer

Timer Registers ซึ่งจะเห็นว่าประกอบด้วย TLx และTHx และเมื่อเกิด Overflow จะเกิดเอาต์พุตที่บิต TFx สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่จะเข้าไปใน Timer จะมาจาก 2 ส่วน ดังแส่ดงในรูปที่ 5.3 ต่อไปจะกล่าวถึงว่าเราจะควบคุมให้เริ่ม,หยุดตัว Timer ได้อย่างไร

วิธีเริ่มและหยุดตัว Timers สามารถควบคุมได้ทีบิต TRx ในรีจีสเตอร์ TCON โดยปกติแล้ว TRx จะเคลียร์หลังจากที่ระบบถูกรีเซต ซึ่งจะเป็นการให้ Timer ไม่นับและ TRx นี้จะเซตได้จากชุดคำสั่ง หรือ การโปรแกรม พิจารณารูปที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การใช้บิตควบคุมบิต TR

ตัวบิต TRx จะเป็นส่วนที่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ (Bit Addressable) ในรีจีสเตอร์ TCON ถ้าจะให้ TIME 0 เริ่มทำงานจะเขียนคำสั่งได้ดังนี้

SETB TR0

ถ้าจะหยุดทำงานเขียนคำสั่งได้ดังนี้

CLRB TR0

ในการเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี สามารถใช้สัญลักษณ์ TR0 ในคำสั่ง SETB TR0 เลยได้เพราะตัวแอสแซมบลีจะตีความ TR0 เป็น Bit Address ตำแหน่ง 8CH

2.4 STEPPING MOTOR

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) หรือสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในทางไฟฟ้า โดยบทนี้เราจะกล่าวถึงประเภทของมอเตอร์และโครงสร้างต่างๆของสเต็ปปิงมอเตอร์ ซึ่งสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นนับว่าเป็นหัวใจของโครงงานนี้เลยที่เดียว เพราะโครงงานนี้จะใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นตัวที่ทำให้ไมโครเมาท์สามารถเคลื่อนที่ได้

<u>คุณสมบัติของ Stepping Motor</u>

1. การหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นสเต็ป (Step) โดยขนาดของมุมจะขึ้นอยู่กับ
2. ชนิดของมอเตอร์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีขนาด 1.8 , 2 , 2.5 , 7.5 Degree/step
3. ใช้การป้อนของสัญญาณพัลส์เข้าไปควบคุมการหมุนและความเร็วของการหมุน
4. การหมุนของมอเตอร์ 1 สเต็ปนั้นจะมีค่าของความผิดพลาดน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความหนาแน่นและความเชื่อถือในการทำงานสูงมาก เนื่องจากไม่มีแปลงค่านเหมือนดีซีมอเตอร์ (DC Motor)
6. ในการตอบสนองในขณะที่เริ่มหมุนและในขณะหยุดหมุนจะทำได้ดีมาก คือจะหยุดหมุนได้ทันทีที่หยุดจ่ายกระแส
7. การเกิดเสียงรบกวนมีน้อย
8. กำลังของมอเตอร์จะต่ำลงเมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วสูงขึ้น

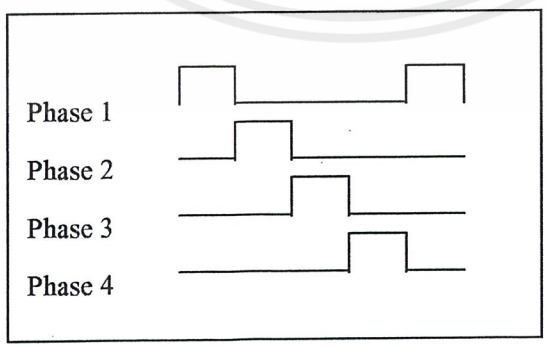
หลักการทำงานของ Stepping Motor

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) เป็นมอเตอร์ที่จะมีความแตกต่างจากมอเตอร์ทั่วๆไป คือ โดยปกติแล้วดีซีมอเตอร์ (DC Motor) จะทำงานโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าตรงให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะทำโดยการป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปกระตุ้นให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กเป็นช่วงๆต่อเนื่องกันไป การหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับการขับกระแสเข้าทางขดลวดว่าต้องการทิศทางใด และยังสามารถควบคุมการหมุนหรือการเปลี่ยนแปลงมุมของเพลาล้อได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากเราใช้พัลส์ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ดังนั้นเราจึงสามารถทราบการขจัดของมอเตอร์ได้ด้วยการนับจำนวนพัลส์ที่ป้อนให้กับมอเตอร์นั้น (โดยคูณกับค่ามุมของการเปลี่ยนไปใน 1 สเต็ป)

การขับเคลื่อนสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะหมุนได้นั้นต้องมีการป้อนพัลส์กระตุ้นเข้าที่ขดลวดแต่ละเฟสของมอเตอร์ ซึ่งวิธีการป้อนพัลส์ที่ต่างกันนั้นสามารถทำได้ดังนี้

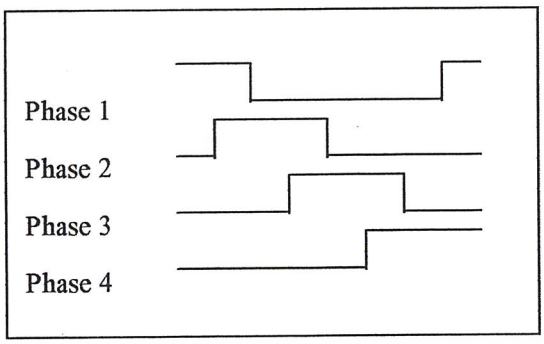
1. การป้อนพัลส์กระตุ้นเฟสเดียว (Single phase excitation) ซึ่งเป็นการป้อนพัลส์ให้กับขดลวดทีละขด



Single Phase

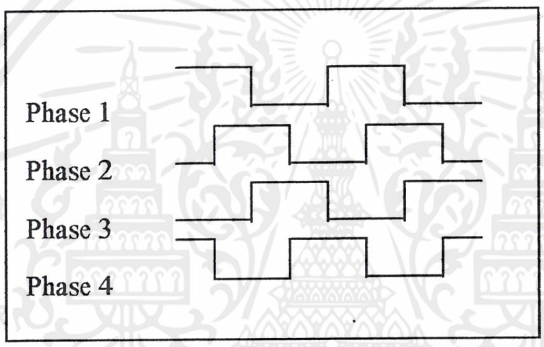
2. การป้อนพัลส์กระตุ้นสองเฟส (two phase excitation) เป็นการป้อนพัลส์ให้กับขดลวดทีละสองขด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Two Phase

3. การป้อนพัลส์กระตุ้นแบบฮาล์ฟสเต็ป (half step operation) การป้อนพัลส์แบบนี้จะทำให้มอเตอร์มีสเต็ปการหมุนที่ละเอียดขึ้น



Haft Phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

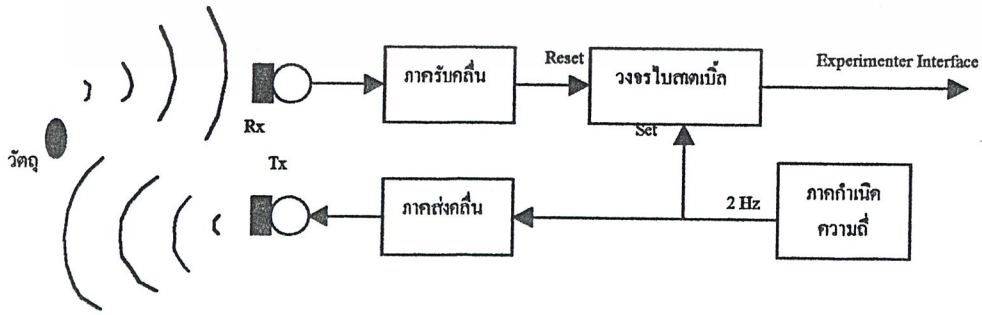
บทที่ 3
การออกแบบและหลักการทำงานของระบบ

3.1 ระบบทางฮาร์ดแวร์

ในระบบทางด้านฮาร์ดแวร์ของยานยนต์อัตโนมัตินี้ จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักคือ คอมพิวเตอร์จะใช้เป็นตัวแสดงผลของการตรวจจับระยะทางของวัตถุโดยจะนำไปพล็อตบนหน้าจอแสดงวัตถุที่ตรวจพบ และยังทำหน้าที่ประมวลผลค่าระยะทางที่ส่งมาจากบอร์ด MCS-51 และส่งกลับค่ากลับไปเพื่อให้บอร์ด MCS-51 ทำการสั่งงานกับตัวรถ ส่วนของบอร์ด MCS-51 นั้นจะเป็นตัวอินเตอร์เฟสระหว่างวงจรภาควัดระยะทางกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งในการอินเตอร์เฟสจะทำการอินเตอร์เฟสทางพอร์ตอนุกรม (COM1) ซึ่งในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับบอร์ดคอนโทรลเลอร์จะต้องมีการกำหนดโปรโตคอลในการสื่อสารให้สอดคล้องกัน ถึงจะทำการส่งข้อมูลออกไปได้ ส่วนในวงจรภาควัดระยะทางจะเป็นส่วนในการวัดค่าความกว้างพัลซ์ของเอาท์พุทที่ตรวจจับได้จากวัตถุ

3.2 การใช้อุลตร้าโซนิคในการวัดระยะทาง

จากรูปแสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่อง ซึ่งประกอบด้วย ภาครับ-ภาคส่ง ซึ่งจะใช้ทรานสดิวเซอร์อุลตร้าโซนิคตัวรับ และ ตัวส่งที่มีความถี่ 40 kHz การทำงานจะเริ่มที่ตัวส่ง ซึ่งทำหน้าที่ส่งความถี่ 40 kHz (จะใช้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม) ซึ่งกำเนิดโดยวงจรออสซิลเลเตอร์ ผ่านตัวมันออกไป แล้วจะสะท้อนคลื่นเข้ามายังตัวรับ เอาท์พุทของภาครับจะออกมาในลักษณะของความกว้างของสัญญาณพัลส์ เราสามารถคำนวณหาเป็นรูปแบบของระยะทางได้โดย การคูณความเร็วเสียง (341 m/s)กับความกว้างของพัลส์ก็จะได้ระยะทางออกมา เช่น ค่าความกว้างสัญญาณพัลส์ที่วัดได้นั้นมีค่า 10 ms ค่านี้เป็นค่าเวลาไปกลับของการสะท้อนจึงต้องหารด้วย 2 ก่อน เพราะฉะนั้นระยะทางที่วัดได้ก็จะเป็น $5\text{ms} \times 341\text{m/s} = 1.705\text{ m}$



รูปที่ 3.1 แสดงแผนผังของวงจรภาควัดระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การออกแบบวงจรภาคส่งคลื่นอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic Transmitter)

การออกแบบภาคส่งนั้นเพียงแต่ออกแบบวงจรให้กำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (square wave) หรือเป็นสัญญาณรูปซายน์ (sine wave) หรือเป็นรูปพัลส์ (pulse) ก็ได้ ที่สามารถสร้างความถี่เรโซแนนท์ (resonant) ของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ตัวส่งที่ใช้ซึ่งวงจรภาคส่งคลื่นอุลตร้าโซนิค โดยทั่วไปสามารถสร้างได้หลายแบบคือ

1. ใช้ IC 555 TIMER ซึ่งสามารถทำการต่อได้ 2 แบบ ขึ้นอยู่กับการใช้งาน คือ แบบโมโนสเตเบิ้ล (Monostable Multivibrator) และแบบอะสเตเบิ้ล (Astable Multivibrator)
2. ใช้ IC ดิจิตอลตระกูล CMOS 4000 ซึ่งมีด้วยกันหลายเบอร์ที่สามารถนำมาทำเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมได้ เช่น เบอร์ 4001 , 4011 และ 4093 เป็นต้น ในที่นี้เราเลือก IC CMOS เบอร์ 4093 (Quad two – Input NAND Schmitt trigger) มาทำวงจรการส่งคลื่นอุลตร้าโซนิค

3.2.2 การออกแบบวงจรภาครับคลื่นอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic Receiver)

จากการทำงานของวงจรภาคส่งนั้นทรานสดิวเซอร์ตัวส่งจะส่งคลื่นอุลตร้าโซนิคออกไปและเมื่อมีการสะท้อนกลับมาตกกระทบกับทรานสดิวเซอร์ตัวรับ จะเกิดแรงดันขนาดเล็กขึ้นตกคร่อมทรานสดิวเซอร์ตัวรับ โดยแรงดันนี้จะมีรูปคลื่นออกมาเป็นซายน์ (Sine Wave) ที่มีความถี่เดียวกันกับคลื่นที่มาตกกระทบตัวมันและจะมีขนาดสูงสุด เมื่อความถี่ของคลื่นเสียงที่เข้ามาตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของทรานสดิวเซอร์ตัวรับ ส่วนค่าความถี่อื่นๆ ขนาดสัญญาณจะออกมาน้อยมาก ดังนั้นจึงต้องมีการขยายสัญญาณที่คร่อมทรานสดิวเซอร์ตัวรับให้มีขนาดสูงขึ้น

3.2.3 หลักการทำงานของวงจรวัดระยะทางอุลตร้าโซนิค

สำหรับวงจรเครื่องวัดระยะทางอุลตร้าโซนิคนี้จะใช้ IC1 ซึ่งเป็นประเภทซีมอสเบอร์ 4093 ภายในจะประกอบด้วย อินเวอร์เตอร์ 6 ตัว ซึ่ง 4 ตัวแรกคือ IC1/1 กับ IC1/2 และ IC1/5 กับ IC1/6 จะจับคู่กันโดยต่อในลักษณะขนานกันเพื่อขับตัวส่ง การทำเช่นนี้เพื่อที่จะเพิ่มขนาดของสัญญาณที่ตกคร่อมตัวส่งให้สูงขึ้นเป็น 2 เท่า เมื่อเทียบกับการต่อตัวส่งเข้ากับเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์เพียงตัวเดียว ซึ่งตัวส่งจะถูกออกแบบมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ตัวมัน อันมีความถี่ประมาณ 40 KHz มาเป็นคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิคเพื่อส่งให้กับตัวขับต่อไป ส่วน C1 ต่อไว้เพื่อป้องกันไฟตรง (ไม่ใช่ความถี่ 40 KHz) ผ่านเข้าไปในตัวส่งมีค่าสูงสุด

สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันที่จ่ายให้กับวงจรนี้ จะใช้แบตเตอร์รี่ 9 โวลต์ โดยจะจ่ายให้กับ IC1 , IC5 และ IC7 ส่วนตัวอื่นๆจะใช้แรงดันแค่ 5 โวลต์เท่านั้นโดยนำแรงดันจากแหล่งจ่ายมาผ่าน IC3 เบอร์ 78L05 โดยมี C3 ทำหน้าที่กรองแรงดันให้เรียบก่อนนำมาลดระดับแรงดัน วงจรออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะกำเนิดความถี่ 40 KHz เพื่อให้เรโซแนนซ์กับตัวส่ง ซึ่งสามารถปรับความถี่ให้ได้ประมาณ 40 KHz โดยการปรับ VR วงจรคอมพาราเตอร์จะใช้ IC7 เบอร์ LM393 ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณที่รับเข้ามาได้ ซึ่ง IC7/2 จะทำหน้าที่เปรียบเทียบระดับลอจิกของวงจรออสซิลเลเตอร์ระดับสูง 5 โวลต์กับเอาท์พุทของวงจร 9 โวลต์ โดยสัญญาณทางด้านเอาท์พุทที่ขา 7 จะมีความถี่ 40 KHz เพื่อส่งให้กับ IC1

วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจะถูกสร้างโดย IC4 คือ เมื่อให้ระดับลอจิกที่ขา 12 เป็นระดับลอจิกสูง R2 และ C11 จะเป็นตัวกำหนดความถี่ให้ได้ประมาณ 40 KHz ขณะเดียวกันเอาท์พุทของ IC5/1 จะมีระดับลอจิกสูงซึ่งกระแสจะไหลผ่าน D1 เข้าสู่คอมพาราเตอร์ตัวที่ 2 คือ IC7/1 เพื่อยกระดับของสัญญาณให้สูงขึ้นและนำไปทริก IC2/4 ได้โดยที่แรงดันทางด้านอินพุทของ IC5/1 ที่ขานอนอินเวอร์ติ้งจะมีค่าประมาณ 2.5 โวลต์ ขณะเดียวกันวงจรไบสเตเบิ้ล ซึ่งประกอบด้วย IC2/3 และ IC2/4 จะถูกเซต และถูกส่งต่อไปยังบอร์ดควบคุม

ส่วนวงจรทางด้านภาครับ ใช้ตัวรับคลื่นอุลตร้าโซนิคความถี่ 40 KHz เพื่อให้รับคลื่นจากตัวส่งได้ โดยสัญญาณที่ได้จะถูกขยายโดย IC5/3 ให้มีอัตราการขยายประมาณ 33 เดซิเบลซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$20 \log (R8/R9)$$

โดยวงจรขยายชุดนี้จะใช้การคัปปลิ้งแบบไฟสลับ คือ ใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวคัปปลิ้ง (C9) ภาคขยายชุดนี้ไม่จำเป็นต้องปรับแรงดันอินพุทออฟเซ็ต เพราะมี R14 ช่วยในการปรับอย่างอัตโนมัติอยู่แล้ว โดยใช้กระแสไฟฟ้าไบอัสทางด้านอินพุทเป็นตัวช่วย และแรงดันออฟเซ็ตที่ถูกปรับจะถูกปรับให้มีค่าน้อยๆ เพราะมีความสำคัญมาก เนื่องจากแรงดันนี้ไม่ได้ถูกปรับเฉพาะ IC5/3 เพียงตัวเดียว แต่มันจะมีผลต่อแรงดันออฟเซ็ตของ IC7/1 และยังมีผลต่อความไวในการรับอีกด้วย

สำหรับความไวในการรับจะถูกควบคุมโดยวงจรเวลาคงที่ (Time Constant) ซึ่งประกอบด้วย VR3 , R6 และ C8 ซึ่งต่ออยู่กับ IC7/1 นั่นเอง เราจึงสามารถปรับความไวในการรับได้โดยการปรับที่อุปกรณ์เหล่านี้

3.3 วงจรขับมอเตอร์ DC (ส่วนขับเคลื่อน)

วงจรนี้จะใช้รีเลย์ในการควบคุมมอเตอร์ แสดงดังรูป โดยจะแบ่งเป็น ด้านซ้ายกับด้านขวา ซึ่งใช้หลักการเดียวกัน ดังนั้นจะขอกล่าวเพียงด้านเดียว

ในวงจรจะประกอบด้วยรีเลย์ที่มีหน้าที่ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ โดยจะมีมอสเฟตเป็นตัวกำหนดการทำงานโดยในแต่ละด้านจะใช้มอสเฟตควบคุม 2 ตัว คือ ควบคุมเปิดปิด มอเตอร์ (Tr1)ซึ่งจะรับค่าควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนของ Tr2 จะควบคุมการหมุนของมอเตอร์ เป็น forward หรือ reverse รับค่าควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (ส่วนขับ sensor)

ส่วนของวงจรนี้นั้นมีไว้ขับตัว sensor เพื่อสแกนวัตถุไปรอบทิศ 0-180 องศา โดยจะใช้มอสเฟตเป็นตัวควบคุมเช่นเดียวกัน โดยเราจะขับเป็นแบบใช้พัลส์กระตุ้นเฟสเดียว และใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดสเต็ปละ 1.8 องศา

3.5 การวัดพัลส์

การควบคุมในระบบอุตสาหกรรม บ่อยครั้งที่เอาท์พุทของเซนเซอร์เป็นพัลส์ที่ประกอบด้วยข้อมูลอยู่ด้วย การแปรเปลี่ยนของความถี่เอาท์พุท ซึ่งมีค่าดิวตี้ไซเคิลคงที่ เป็นการบอกการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรที่วัดได้

3.5.1 การวัดความถี่

Timer 0 และ Timer 1 ถูกใช้เพื่อวัดความถี่ภายนอก อันหนึ่งใช้สำหรับทำการนับจำนวนพัลส์ ส่วนอีกตัวหนึ่งใช้จับเวลาช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้น ความถี่ = จำนวนพัลส์ที่นับได้/เวลา ซึ่งจะเห็นว่ามีข้อจำกัดคือ วัดความถี่ได้ช่วงหนึ่ง พัลส์ที่วัดจะเปลี่ยนสถานะจาก 1 เป็น 0 ไม่เกินช่วง 2 แมชชีนไซเคิลจึงจะวัดได้ ความถี่ต่ำสุดที่สามารถวัดได้ถูกจำกัดโดยช่วงเวลาของการจับเวลา ซึ่งอาจมากเท่าใดก็ได้ ถ้าใช้หน่วยความจำทั้งหมดในการตั้งเวลาจะทำให้ในการปฏิบัติไม่มีการจำกัดความถี่ต่ำสุดที่วัดได้

3.5.2 การวัดความกว้างของพัลส์

ตัว Timer X จะถูกกำหนดลักษณะการทำงาน โดยนับสัญญาณนาฬิกาจากภายใน ในลักษณะนี้ขาอินเทอร์รัพท์จากภายนอก INTX มีลักษณะเป็น “1” ด้วยการเซตค่าบิต Gate ใน TMOD ความถูกต้องของการวัดจะอยู่ภายในค่าประมาณของครึ่งคาบของสัญญาณนาฬิกา ในการวัดจะเริ่มเมื่อสัญญาณอินพุทมีสถานะ “0” และหยุดเมื่อสัญญาณอินพุทถัดไปเป็น “0” สำหรับพัลส์ที่มีความกว้างมากกว่าความจุของวงจรนับจะถูกวัดด้วยการนับจำนวนครั้งของการเกิดโอเวอร์โฟลว์ และค่าที่นับได้ในวงจรนับรวมกัน ในการที่จะทำการวัดได้นั้น T0 จะถูกกำหนดนับสัญญาณนาฬิกาภายใน เมื่อสัญญาณ INT0 มีสถานะเป็น “1” การวัดจะยังคงไม่เริ่มจนกว่าสัญญาณที่ INT0 เปลี่ยนสถานะจาก “1” เป็น “0” ดังนั้นการนับจะนับความกว้างของพัลส์ที่เริ่มเป็น “1” คือการนับในช่วงระหว่างสัญญาณ INT0 เป็น “1” และกลับเป็น “0” อีกครั้ง กระบวนการทั้งหมดนี้สามารถถูกอินเทอร์รัพท์ได้ด้วยการใช้อินเทอร์รัพท์แฟลกที่สัมพันธ์กับสัญญาณ INT0 แฟลก IE0 สามารถถูกเซตเป็น “1” เมื่อให้รับสัญญาณ INT0 ที่เปลี่ยนสถานะจาก “1” เป็น “0” (ค่า IE0 จะถูกเคลียร์ INT0 จะเป็นตัวบอกให้โปรแกรมเริ่มทำการนับความกว้างพัลส์และหยุดการเปลี่ยนโปรแกรมนี้) ข้อสังเกต ถ้าพิจารณาสัญญาณรบกวนที่ปรากฏบนขา INT0 ค่าเฉลี่ยของความกว้างพัลส์หาได้จากการวัด ตามความกว้างของจำนวนพัลส์ที่ตามมาและวงจรนับจะเพิ่มค่าเมื่อจบการอ่านแต่ละคาบ ดังนั้นผลรวมของความกว้างพัลส์ที่วัดได้หารด้วยจำนวนคาบที่วัด จะเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้ ค่าเฉลี่ยของสัญญาณรบกวนจะมีค่าเป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 วงจรขับ DC motor

ส่วนของวงจรขับนี้ จะทำการทดสอบในเรื่องการตัดต่อวงจรของรีเลย์ โดยจะแบ่งส่วนปิดเปิด และส่วนของการหมุนไป-กลับ โดยมอเตอร์สภาวะปกติหมุนทวนเข็มนาฬิกา ได้ผลตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่	เปิด - ปิด มอเตอร์ (A)		หมุนทวนเข็ม – ตามเข็ม (B)	
มอเตอร์	ล้อซ้าย	ล้อขวา	ล้อซ้าย	ล้อขวา
เดินหน้าตรง	1	1	0	1
ถอยหลังตรง	1	1	1	0
เลี้ยวซ้ายหน้า	0	1	0	1
เลี้ยวขวาหน้า	1	0	0	0
เลี้ยวซ้ายหลัง	0	1	0	0
เลี้ยวขวาหลัง	1	0	1	0

หมายเหตุ 1 คือ การที่สถานะมอสเฟตทำงาน

0 คือ การที่สถานะมอสเฟตไม่ทำงาน

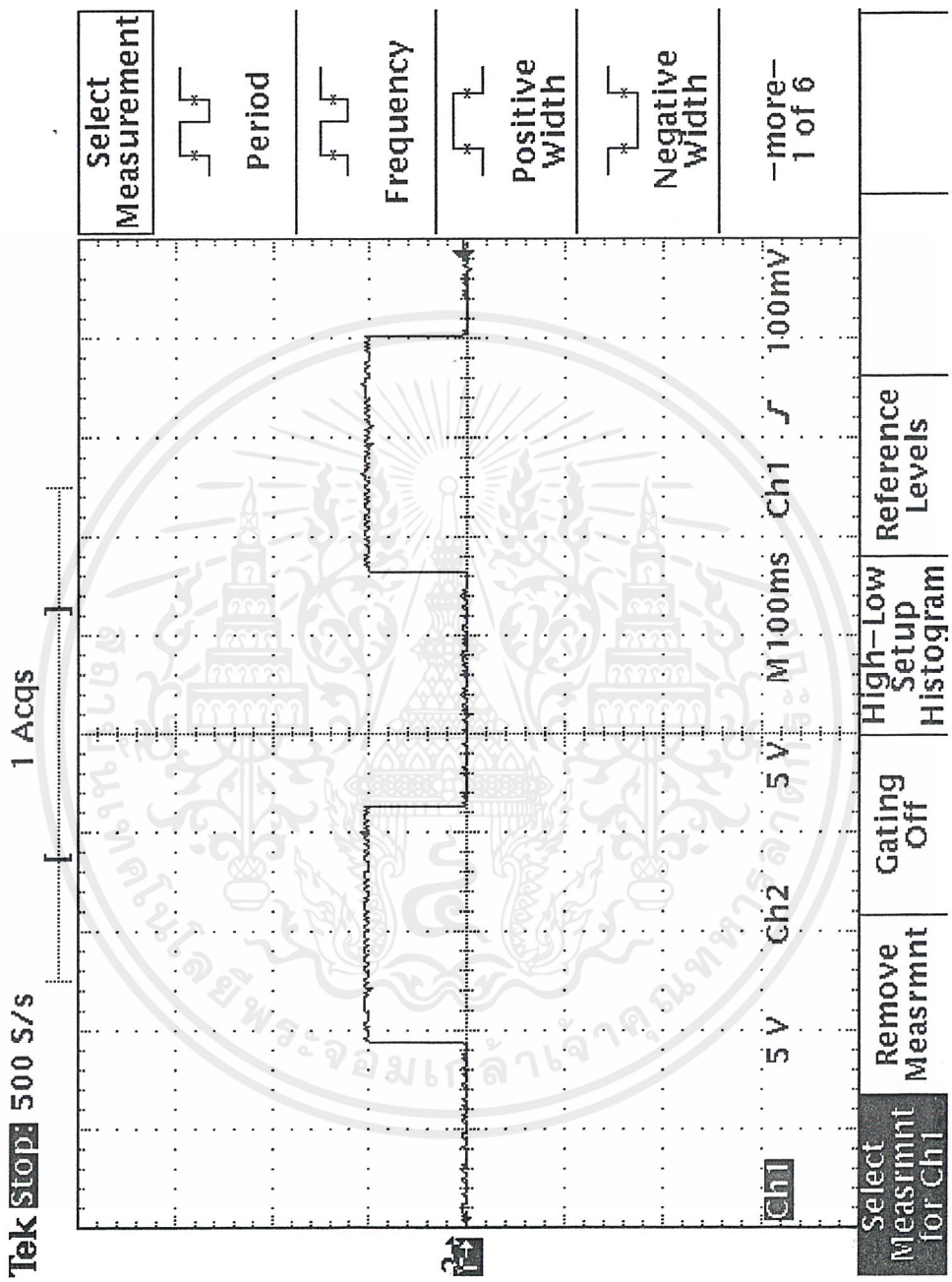
4.2 วงจรรับ – ส่ง (อุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์)

4.2.1 วงจรภาควัดระยะทาง

4.2.1.1 การวัดหาสัญญาณต่างๆ ของวงจร

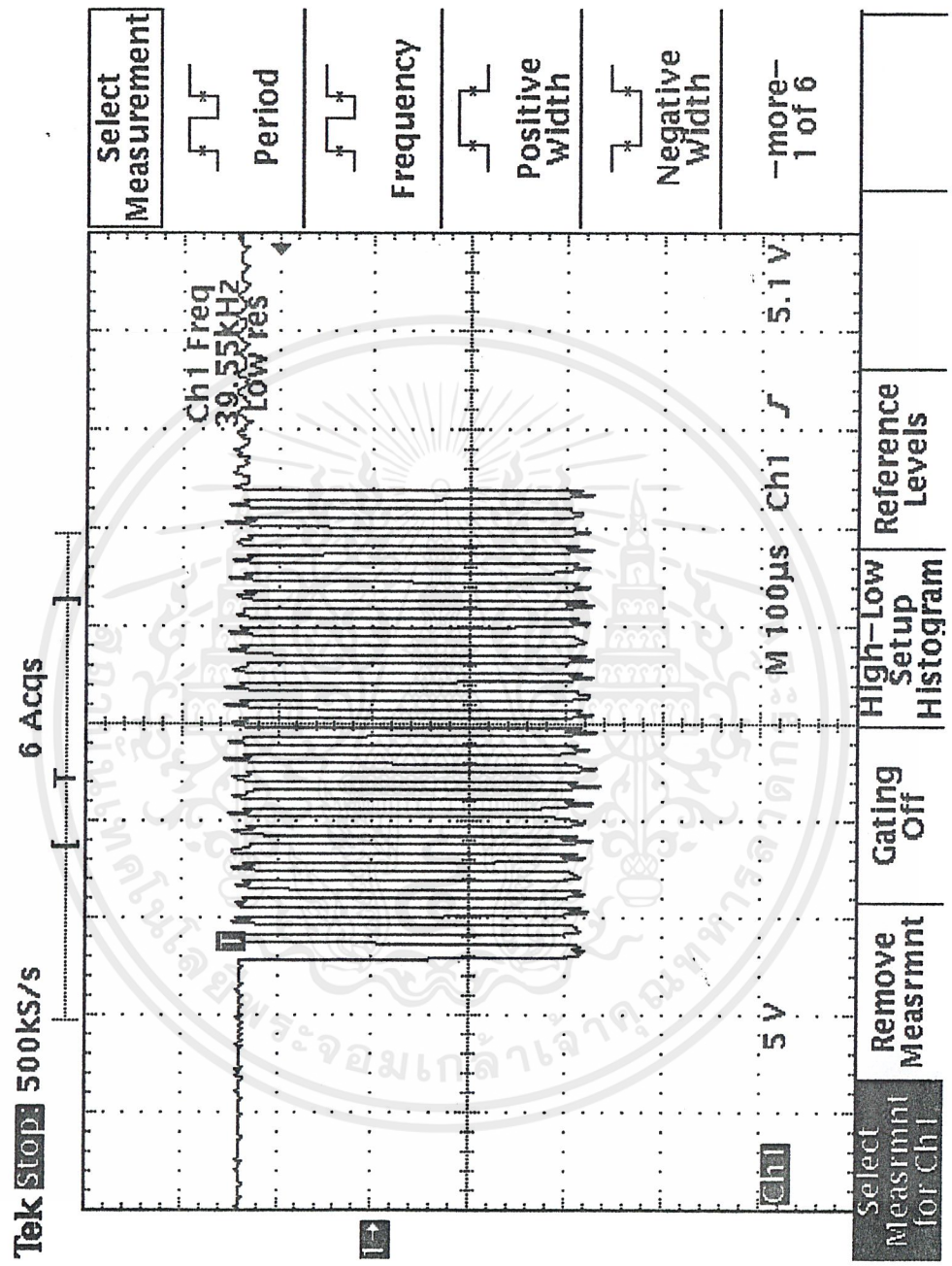
จากวงจรวัดระยะทาง เราสามารถดูผลที่ได้โดยแสดงได้ด้วยกราฟ เริ่มจากในส่วนของวงจร oscillator ค่าเอาท์พุทของวงจรนี้จะได้ 2 Hz แสดงในรูป 4.1 จะใช้เป็นสร้างความถี่ในการส่งสัญญาณของ ทรานสดิวเซอร์ตัวส่ง ในส่วนของสัญญาณที่จะใช้ป้อนให้ทรานสดิวเซอร์ โดยจะวัดที่จุดที่ต่อกับทรานสดิวเซอร์ในตอนที่ยังไม่ต่อตัวทรานสดิวเซอร์จะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.2 จะได้สัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 40 kHz และสัญญาณที่ทรานสดิวเซอร์ตัวส่งจะวัดได้ความถี่เช่นเดียวกันกับ ขา 7 ของ IC7 แต่จะมีแอมปลิจูดเพิ่มขึ้นเท่าตัว ในการส่งแต่ละครั้งจะมีจำนวนพัลส์ประมาณ 28 พัลส์ จากความถี่ในการส่ง 2 Hz (จะเป็นตัวกำหนดว่าจะส่งสัญญาณทุกๆ 0.25 วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 สัญญาณอ้างอิงในการส่งสัญญาณ 40 KHZ (ส่งทุก ๆ 0.25 วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณ 40 KHZ ขณะที่ยังไม่ได้ต่อทรานสดิวเซอร์ตัวส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการวัดระยะทางโดยวัดโดยออสซิลโลสโคปได้ระยะทาง 0.86 เมตร (5.02/2 × 341) ระยะจริงคือ 0.9 เมตร แสดงในรูปที่ 4.4

4.2.1.2 การหาค่าความกว้างพัลส์ของสัญญาณทางเอาท์พุทที่ระยะทางต่าง ๆ

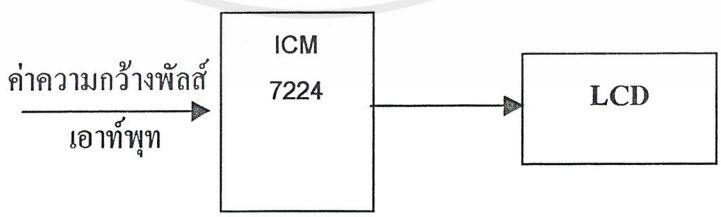
ในการวัดหาค่าความกว้างของพัลส์สัญญาณเอาท์พุทที่ระยะทางต่าง ๆ นั้นจะนำส่วนของวงจรวัดระยะทางมาต่อดังรูป โดยใช้ออสซิลโลสโคปเป็นตัววัดความกว้างพัลส์ของเอาท์พุท ซึ่งค่าความกว้างพัลส์ของสัญญาณเอาท์พุทนั้นจะเป็นค่าเวลาที่ใช้ในการส่งเมื่อมีวัตถุจะสะท้อนกลับมา นั่นคือระยะทางจริงจะคำนวณจากค่าความกว้างพัลส์ของสัญญาณเอาท์พุทหารด้วยสองแล้วคูณด้วยความเร็วเสียง ซึ่งมีค่าประมาณ 341 m/s



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรการทดลองหาความกว้างของพัลส์

4.2.1.3 การวัดระยะทางโดยวงจรนับ

ในการวัดค่าระยะทางโดยออสซิลโลสโคปนั้น อาจเกิดค่าผิดพลาดมากเพราะต้องนำค่าความของพัลส์ที่ได้มาทำการคำนวณเอง จึงเกิดผิดพลาดขึ้น เพื่อเป็นการลดข้อบกพร่องนี้ จึงใช้วงจรนับมาวัดค่าที่ได้ โดยนำค่าเอาท์พุทมาต่อเข้ากับวงจรนับทำให้ได้ค่าออกมา



รูปที่ 4.4 แสดงวงจรภาคนับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความผิดพลาดของระยะทางที่ทำการวัดได้จากวงจรนับ

ระยะทางจริง (cm.)	ระยะทางที่วัดได้(cm.)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%.)
40	40	0.0
45	45	0.0
50	50	0.0
55	55	0.0
60	61	1.66
65	65	0
70	70	0
75	74	1.3
80	79	1.3
85	83	2.35
90	89	1.11
95	93	2.1
100	101	1
105	105	0
110	109	1.8
115	112	0.91
120	119	0.83
125	125	0
130	131	0.77
135	136	0.74
140	138	1.4
145	145	0
150	151	0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองส่วนของการเคลื่อนที่ของยานยนต์สำรวจ

เคลื่อนที่ของยานยนต์สำรวจนั้นจะใช้หลักการของการนับพัลส์ที่ล้อ โดยในโครงงานนี้นั้นจะให้มี 12 สเต็ป/ รอบ ซึ่งหมายถึงว่าในแต่ละสเต็ปนั้น จะมีค่า 30 องศา และ เส้นรอบวงของล้อนั้นจะประมาณ 35 เซนติเมตร

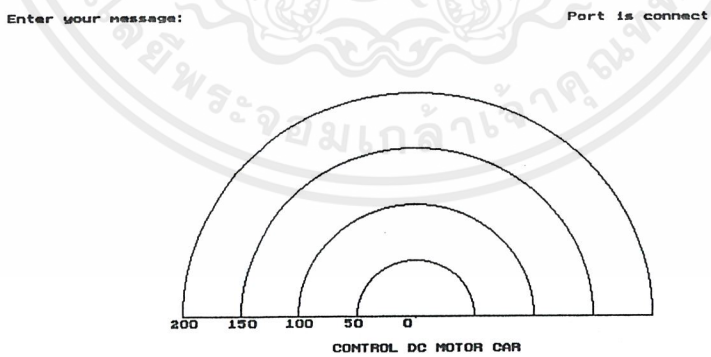
1. การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เราจะต้องป้อนคำสั่งบนคีย์บอร์ด เป็นตัว 'f' และตามด้วยเลข 0-9 ตัวใดตัวหนึ่งเพื่อบอกว่าต้องหมุนกี่สเต็ป

   ตัวอย่างเช่น ป้อนค่า f0 หมายถึงให้รถวิ่งเดินหน้าไปเป็นระยะ 4 สเต็ป
2. การเลี้ยวซ้ายและขวา เราจะต้องป้อนคำสั่งบนคีย์บอร์ด เป็นตัว 'l' และ 'r' ตามลำดับ และตามด้วยเลข 0-9 เพื่อบอกว่าจะต้องเลี้ยวกี่องศา

   ตัวอย่างเช่น ป้อนค่า r0 หมายถึงสั่งให้รถเลี้ยวขวา 90 องศา
3. การเคลื่อนที่ไปข้างหลังทำงานเหมือนกับเดินหน้า เพียงเปลี่ยนจากตัว 'f' เป็น 'b'

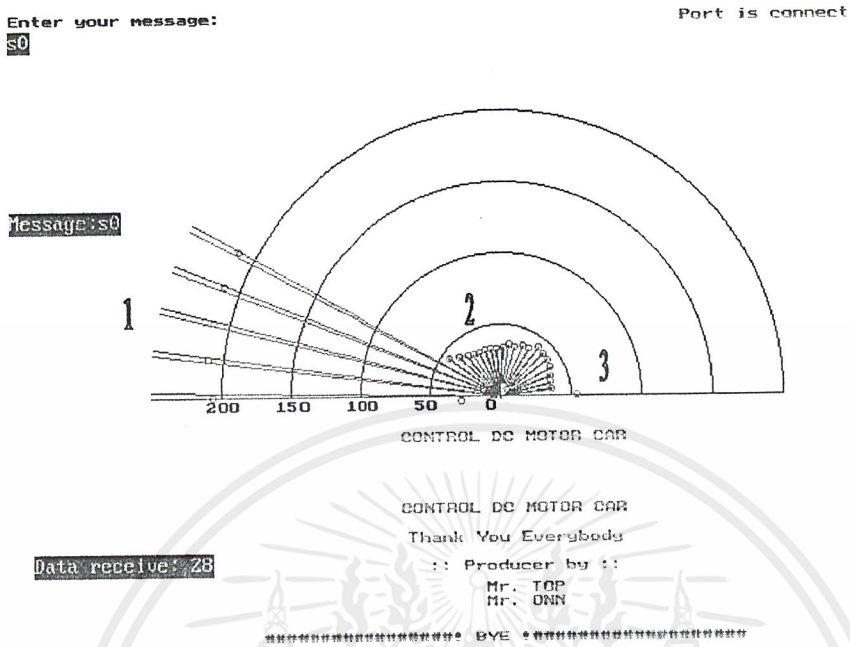
4.4 ผลการทดลองส่วนการสแกนวัตถุ

การสแกนวัตถุของยานยนต์สำรวจนั้นจะสแกนได้ 180 องศา จะเริ่มจากทางด้านขวาของตัวรถก่อน และจะสแกนทีละ 7.2 องศา ในการหมุนสเต็ปในแต่ละครั้งนั้น จะทำการเก็บค่าสแกนไปพล็อตบนหน้าจอ ไปจนถึงสุดทางด้านซ้ายของตัวรถก็จะทำการหมุนสเต็ปปิ้งกลับเพื่อไปยังจุดเริ่มสเต็ป โดยในขากลับจะไม่ทำการสแกนวัตถุ การสั่งการสแกนเราจะป้อนคำสั่ง s0 ผลการทดลองได้ดังรูปต่างๆ ดังต่อไปนี้

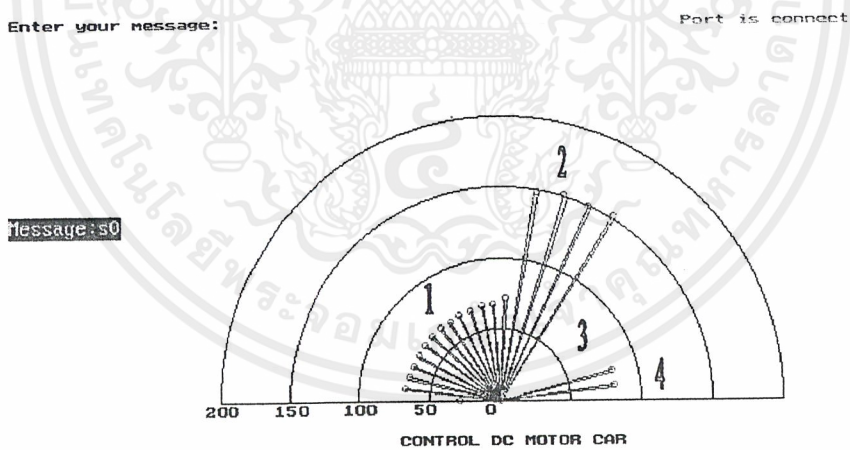


รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอก่อนเริ่มสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การทดสอบการสแกนวัตถุ



รูปที่ 4.7 การทดสอบการสแกนวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 – 4.7 เป็นภาพแสดงการสแกนวัตถุ และแสดงผลผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ ในรูปที่ 4.5 เป็นภาพแสดงในสถานะที่ยังไม่มีการสแกนวัตถุ ส่วนในรูปที่ 4.6 เป็นภาพแสดงการสแกนวัตถุ มีจุดเริ่มต้นอยู่ที่จุดศูนย์กลางของครึ่งวงกลม โดยในตำแหน่งที่ 1 แสดงถึงตำแหน่งวัตถุทางซ้ายช่วงประมาณ 0-40 องศา จากทางซ้ายที่อยู่ระยะระหว่าง 160-256 เซนติเมตร ส่วนในตำแหน่งที่ 2 จะพบวัตถุอยู่ห่างจากจุดสแกนทางด้านหน้าช่วงประมาณ 40-120 องศาอยู่ เป็นระยะประมาณ 35 เซนติเมตร และในตำแหน่งที่ 3 แสดงตำแหน่งวัตถุทางขวาช่วงประมาณ 120-180 องศาอยู่ห่างจากจุดสแกนเป็นระยะประมาณ 40 เซนติเมตร

ในรูปที่ 4.6 บริเวณตำแหน่งที่ 1 จะพบวัตถุอยู่ในตำแหน่งช่วงประมาณ 0-90 องศานับจากซ้ายห่างจากจุดสแกนประมาณ 70 เซนติเมตร ในตำแหน่งที่ 2 จะพบวัตถุอยู่ช่วงประมาณ 90-120 องศาในระยะประมาณ 150 เซนติเมตร ในตำแหน่งที่ 3 จะไม่พบวัตถุอยู่ช่วง 120-150 องศา ในตำแหน่งที่ 4 จะพบวัตถุในช่วง 150-180 องศาเป็นระยะทางประมาณ 80 เซนติเมตร

โดยค่าของระยะทางจริงในแต่ละจุดนั้นดูได้ที่หน้าจอที่แสดงออกเป็นคำว่า Data receive: จะมีหน่วยเป็น เซนติเมตร

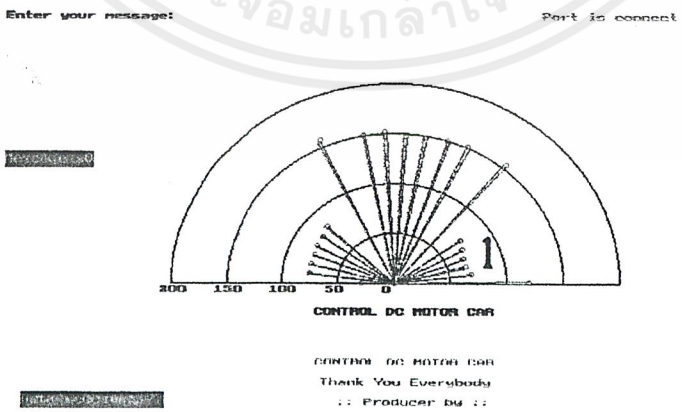
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานต่าง ๆ ของยานยนต์ จะได้ผลการทดลองมาในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งเป็นไปตามที่ต้องการและมีทั้งที่เกิดปัญหาขึ้นมาเราจึงได้นำมาวิเคราะห์หาสาเหตุต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ส่วนของอุลตร้าโซนิคเซนเซอร์ เรานำมาวัดค่าเพื่อหาความแม่นยำของวงจร และช่วงของเขตที่วงจรนี้สามารถวัดได้ จากผลการทดลอง ตามตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ช่วงของค่าที่วัดได้โดยมีความผิดพลาดน้อย ๆ นั้น จะอยู่ในช่วง 40-150 เซนติเมตร ส่วนค่าที่น้อยกว่า 40 เซนติเมตรนั้นจะเกิดค่าความผิดพลาดมาก ค่าที่วัดได้มีค่ามากกว่าที่เป็นจริง และค่าที่มากกว่า 150 เซนติเมตร จะวัดได้ค่าไม่แน่นอน และในระยะที่มากกว่า 3 เมตร จะไม่สามารถวัดได้ ค่าที่ออกมาจะมีค่า 0 เซนติเมตร การวัดในระยะ มากกว่า 150 เซนติเมตรแต่ยังไม่เกิน 300 เซนติเมตร ค่าที่ผิดพลาดนั้นอาจเกิดมาจากการที่สัญญาณที่สะท้อนกลับมาไม่มีเพียงแค่สัญญาณเดียว แต่เกิดการสะท้อนกลับจากวัตถุใกล้เคียงด้วย จึงทำให้ได้ค่าที่ไม่แม่นยำ และในช่วงที่มากกว่า 300 เซนติเมตร แล้ววัดได้ค่า 0 เซนติเมตรนั้น อาจเป็นเพราะสัญญาณที่ส่งไปสะท้อนกับวัตถุเป้าหมายนั้นสะท้อนกลับมาแล้วมีสัญญาณที่อ่อนมาก เพราะเกิดการรบกวนจากสิ่งแวดล้อม ปัญหานี้อาจแก้ได้โดยการเพิ่มกำลังขยายในส่วนวงจรภาครับ

2. ส่วนของการรับ-ส่งข้อมูลและการประมวลผลค่าระยะทางของ MCS-51 โดยวงจรอุลตร้าโซนิคจะส่งค่าพัลส์ของเวลาในการเดินทางไปกลับ และค่าความถี่อ้างอิง(17.05 KHz) มาทำการนับแล้วเก็บค่าใน TL0 ค่าที่เก็บได้มีค่า 8 บิต เพราะฉะนั้นจะวัดได้อย่างมากสุด 256 เซนติเมตร ดังนั้นค่าที่มากกว่านี้จะเกิดการผิดพลาดขึ้น ยกตัวอย่างดังรูป



รูปที่ 5.1 แสดงการสแกนที่เกิดการผิดพลาดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.1 เป็นการแสดงการสแกนที่เกิดผิดพลาดขึ้น คือในบริเวณ 1 จากรูปจะได้ค่าระยะทางประมาณ 65 เซนติเมตร แต่ในค่าจริงนั้น มีค่ามากกว่า 300 เซนติเมตร ค่าที่ได้จะได้รับแค่ค่า 8 บิต หลังทำให้ได้ค่าที่ผิดพลาด

3. ส่วนของการขับเคลื่อนนั้น เราใช้การขับเคลื่อนเป็น 2 ล้อขับเคลื่อน และ 1 ล้อหน้าไว้พยุง จากการทดลองการเคลื่อนที่ของรถนั้น จะเกิดปัญหาในส่วนการเดินหน้า ถอยหลัง จากการที่ในส่วนล้อพยุงเคลื่อนที่ได้อย่างไม่เป็นอิสระเพราะในส่วนของล้อพยุงมีการรับน้ำหนัก ทำให้เคลื่อนที่ได้ไม่ตรงเส้นทาง

4. ส่วนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ขับตัวทรานสดิวเซอร์ นั้นสามารถหมุนเพื่อตรวจจับวัตถุ ได้เพียง 180 องศา ทำให้ในส่วนด้านข้างนั้นไม่สามารถที่จะวัดได้ แก้ไขได้โดยการเพิ่มเซนเซอร์ด้านข้างของตัวรถ แต่ก็ทำให้เกิดความยุ่งยากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

ขอบเขตการทำงานของ CONTROL DC MOTOR CAR คือสามารถขับเคลื่อน เดินหน้า-ถอยหลังตรง เลี้ยวซ้าย-ขวาได้ และทำการตรวจจับวัตถุกีดขวางแสดงตำแหน่งออกจอคอมพิวเตอร์ได้ ในโครงงานนี้จะเป็นการสื่อสารผ่าน serial port ในระบบการสื่อสาร RS-232 จากผลการทดลองที่ผ่านมานั้น ปรากฏว่า

1. การขับเคลื่อนนั้นสามารถขับเคลื่อนได้ตามจุดประสงค์ แต่มีปัญหาอยู่ว่า การเคลื่อนที่นั้นไม่ตรง ซึ่งเป็นข้อเสียของการขับเคลื่อนแบบ 2 ล้อ แล้วใช้ล้อพยุง ซึ่งส่วนของล้อพยุงนี้มีผลกระทบมากกับการเคลื่อนที่ ดังที่เห็นว่า ล้อพยุงไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระดีพอเพราะน้ำหนักของตัวรถเอง จึงทำให้เคลื่อนในแนวเส้นตรงได้ไม่ดี

2. ส่วนของการติดต่อสื่อสารผ่าน serial port ระหว่างบอร์ด MCS-51 กับคอมพิวเตอร์นั้น สามารถส่งค่าผ่านได้อย่างถูกต้องแม่นยำ แต่สามารถส่งค่าได้แค่ 8 บิตเท่านั้น แต่ข้อจำกัดนี้เกิดจากในส่วนของโปรแกรมที่เขียนไว้ กำหนดให้ส่งได้แค่เพียง 8 บิต เพราะว่า ส่วนของอุลตร้าโซนิคเซนเซอร์นั้น สามารถวัดได้แม่นยำแค่เพียงช่วง 40-150 เซนติเมตร

3. ส่วนของตัว Encoder ที่ใช้ในการตรวจจับรอบของล้อขับเคลื่อนนั้น สามารถใช้ตัว LDR ได้เพราะการหมุนของล้อมีความถี่ไม่มากนัก แต่การใช้ต้องมีการป้องกันแสงที่รบกวนจากภายนอกด้วย แต่ก็ไม่เป็นปัญหามากนัก

4. จากการทดสอบยานยนต์นี้ จะเป็นแค่ระบบ MANUAL เท่านั้น ยานยนต์นี้ไม่สามารถที่จะจำสิ่งที่สแกนในแต่ละครั้งได้ ในการพัฒนาให้เป็นระบบ AUTOMATIC นั้น เราต้องเพิ่ม RAM ภายนอกต่อเพิ่มเข้ากับบอร์ด MCS-51 เพื่อที่จะสามารถจำเส้นทางการเคลื่อนที่, ตำแหน่งวัตถุที่ทำการสแกนในแต่ละครั้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ธีรวัฒน์ ประกอบผล, การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์, พิมพ์ครั้งที่ 2 , กรุงเทพฯ : แซทโฟร์ พริ้นติ้ง, 2541
2. ดร.วิทยา เรืองพรวิสุทธิ์ , คู่มือโปรแกรมภาษา C สำหรับผู้เริ่มต้น, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น ,2540
3. นภัทร วัจนเทพินทร์ , ทฤษฎีและการออกแบบวงจรพัลส์,พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์, 2541, หน้า 127-158
4. เครื่องนับจำนวนในทิศทางเดียว, ประสบการณ์ อิเล็กทรอนิกส์ 108 เล่มที่ 1, :31-33
5. ศุภชัย พุคยาภรณ์, พ.ศ. 2536, เครื่องวัดระยะทางด้วยอุลตร้าโซนิก, เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 129, 24-31.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมภาษา แอสแซมบลี ที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************
; 8051 PROGRAM FOR MOBILE
;*****************************

DC          EQU   08H
LF          EQU   09H
RT          EQU   10H
SEND        EQU   11H
CNTBUF      EQU   12H
INTFAG      EQU   16H
FW          EQU   19H
BK          EQU   20H
IN_ADD      EQU   21H
RC          EQU   22H
RBIT        EQU   23H
LBIT        EQU   24H
COMP        EQU   26H


    ORG  00H
    AJMP  START

    ORG  03H
    AJMP  INT_CNT

    ORG  23H
    LJMP  INT_SER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;**********MAIN**********

      ORG 40H

START:  MOV   SCON,#01010000B ; SET Mode To 8-bit UART
        MOV   P1,#0
        SETB  P1.0
        SETB  P1.1
        SETB  EA          ; Enable All Interrupt
        SETB  ES
        SETB  REN
        MOV   PCON,#0H      ; Clear SMOD
        MOV   TMOD,#00101101B ; Set mode timer to 8-bit auto reload
        MOV   TH1,#0FDH     ; Generate 9600 baud at 11.059 MHz
        MOV   TL1,#0H
        SETB  TR1         ; Start Timer1
        CLR   IT0         ; INT 0 Enable
        CLR   RC
        LCALL CLEAN
;=================================================================================
; INTERPRETE SERIAL DATA TO OPERATE
; #031H = FORWARD AND NEXT BYTE IS DISTANCE
; #032H = TURN LEFT    #033H = TURN RIGHT
; #034H = ULTRASONICS SCAN   #0FFH = STOP & END OF SERIAL FILE
; #036H = BACK AND NEXT BYTE IS DISTANCE
;=================================================================================


OO:    JNB   RC,OO
       MOV   R0,#080H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
AA:   MOV  A,@R0
      CJNE A,#31H,BB
      LCALL FOR

BB:   MOV  A,@R0
      CJNE A,#32H,CC
      LCALL LEFT

CC:   MOV  A,@R0
      CJNE A,#33H,DD
      LCALL RIGHT

DD:   MOV  A,@R0
      CJNE A,#34H,EE
      LCALL SCAN_BYTE

EE:   MOV  A,@R0
      CJNE A,#36H,FF
      LCALL BACK

FF:   MOV  A,@R0
      CJNE A,#0FFH,EX
      LCALL PAUSE

EX:   INC  R0
      SJMP AA

;================================================================================
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INT_SER: PUSH ACC
         PUSH PSW
         CLR  ES
         JNB  RI,$
         MOV  A,SBUF
         CLR  RI
         CJNE A,#37H,RECEIVE
         CLR  TI
         MOV  SBUF,A
         JNB  TI,$
         SJMP ENDSER

RECEIVE: MOV  @R0,A
         INC  R0
         CJNE A,#0FFH,NO_END
         SETB RC
         CLR  RI
         POP  PSW
         POP  ACC
         RETI

NO_END:  CLR  RI
         SJMP ENDSER

ENDSER:  CLR  RI
         CLR  TI
         SETB ES
         POP  PSW
         POP  ACC
         RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;=================================================================================

FOR:      SETB  P1.2
          CLR   P1.3
          SETB  P1.4
          SETB  P1.5
          INC   R0      ; Read Next Data For Distance
          MOV   FW,@R0
          MOV   A,FW
          SUBB  A,#26H
          MOV   FW,A

POLLING:  JB    P1.0,POLLING
ZERO:     JNB   P1.0,ZERO
          DJNZ  FW,NEXT
          SJMP  OUT
NEXT:     SJMP  POLLING
OUT:      RET

;=================================================================================

LEFT:     CLR   P1.2
          CLR   P1.3
          SETB  P1.4
          SETB  P1.5
          INC   R0
          MOV   LF,@R0 ; #03FH
      MOV   A,LF
      SUB
B  A,#27H
      MOV   LF,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
POLLING2: JB   P1.1,POLLING2
ZERO2:    JNB  P1.1,ZERO2
          DJNZ LF,NEXT2
          SJMP OUT2
          ,
NEXT2:    SJMP POLLING2
OUT2:     RET

;=================================================================

RIGHT:    SETB P1.2
          CLR  P1.3
          CLR  P1.4
          CLR  P1.5
          INC  R0
          MOV  RT,@R0 ; 03FH
          MOV  A,RT
          SUBB A,#27H
          MOV  RT,A

POLLING3: JB   P1.0,POLLING3
ZERO3:    JNB  P1.0,ZERO3
          DJNZ RT,NEXT3
          SJMP OUT3
NEXT3:    SJMP POLLING3
OUT3:     RET

;=================================================================

BACK:     SETB P1.2
          SETB P1.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB P1.4
        CLR  P1.5
        INC  R0     ;Read Next Data For Distance
        MOV  BK,@R0
       MOV  A,BK
       SUBB A,#26H
      MOV  BK,A

POLLING4: JB   P1.0,POLLING4
ZERO4:    JNB  P1.0,ZERO4
          DJNZ BK,NEXT4
          SJMP OUT4
NEXT4:    SJMP POLLING4
OUT4:     RET

;=================================================================

PAUSE:  CLR  P1.2
        CLR  P1.3
       CLR  P1.4
       CLR  P1.5
       LJMP START
       RET

;=================================================================

SCAN_BYTE: LCALL CLEAR
           SETB  EX0   ; INT 0 ENABLE 31
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;=================================================================
;THIS SUBROUTINE IS USED TO SEND SCANNED DATA FROM ULTRASONIC IN ONE
BYTE
;PER ONE SCAN AND RUN STEPS NEXT.
;=================================================================

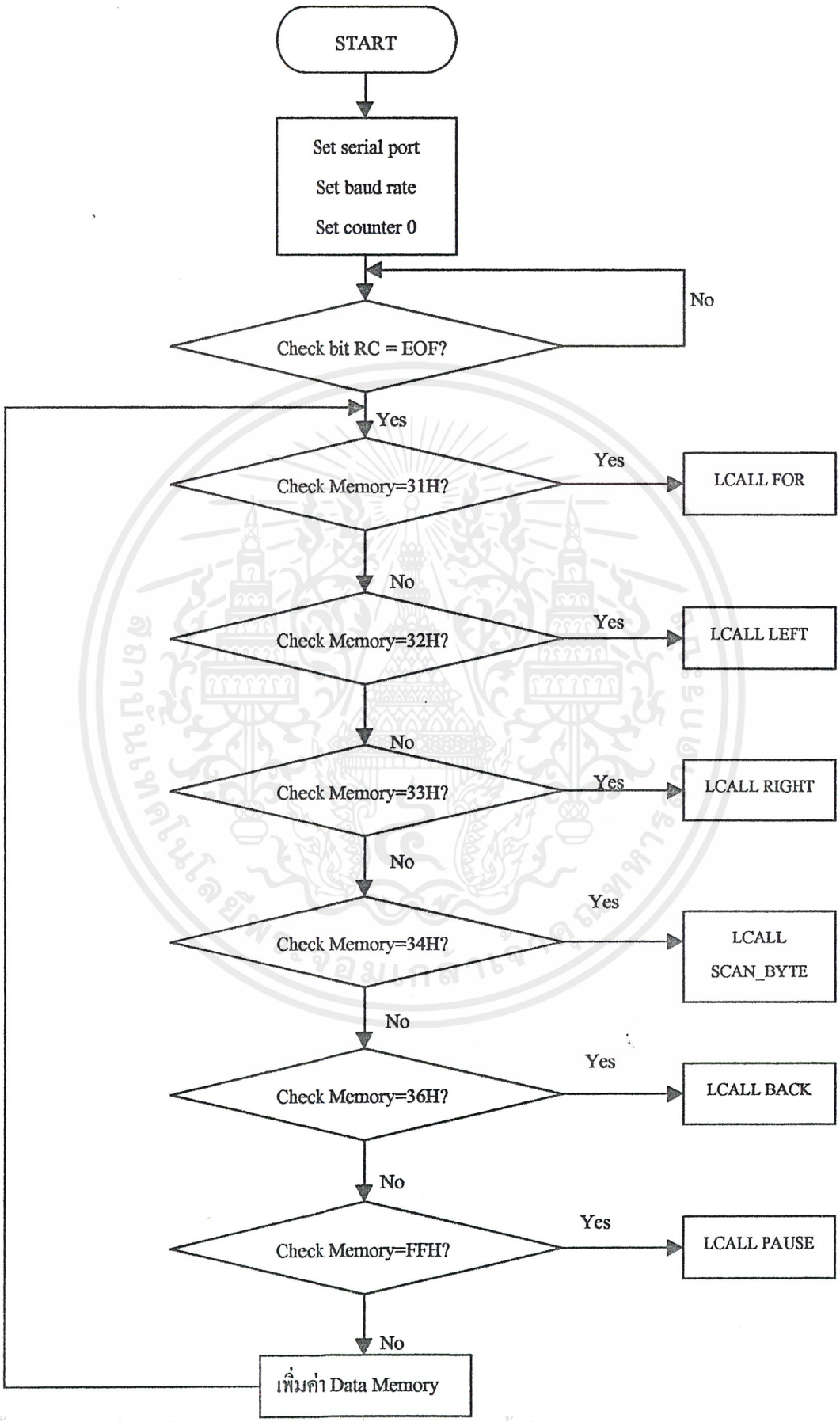
        MOV   LF,#019H ; INITIAL NUMBER OF STEPS
        MOV   RT,#019H
        MOV   DC,#038H ; **
        MOV   30H,#08H
        MOV   31H,#01H

TRANSMIT: JNB   INTFAG,TRANSMIT
          CLR   EX0     ; CLEAR INTERRUPT FOR RUN STEPS

;=================================================================

        DJNZ  DC,WHAT
        LJMP  STOP
WHAT:   JB    LBIT,L
        JB    RBIT,R
R:      DJNZ  RT,RR
        SETB  LBIT
        CLR   RBIT
        SJMP  YY
RR:     LCALL CLEAR
        LCALL STEP_RIGHT
        LCALL CLEAR
        SJMP  YY
L:      DJNZ  LF,LL
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;=============================================================================
;THIS PROGRAM IS USED TO CONTROL STEPPING MOTOR BY SENDING
;SEQUENCE OUT TO PORT 2.
;=============================================================================

STEP_RIGHT:
MAIN_R:   MOV  R3,#0
START_R:  MOV  A,30H
SND1_R:   MOV  R1,#0FH    ; CLEAR PORT 2
SND_R:    MOV  P2,#0
          DJNZ R1,SND_R
          MOV  P2,A
          MOV  R2,#0FFH   ; *
DX:       DJNZ R2,DX      ; *
          INC  R0
          RR   A          ; SHIFT RIGHT
          CJNE A,#10000000B,GO_R
          MOV  A,#00001000B
GO_R:     MOV  30H,A
          INC  R3
          CJNE R3,#01H,GO_R1
          RET
GO_R1:    CJNE A,#10000000B,DE_R
          LCALL DELAY
          SJMP START_R
DE_R:     LCALL DELAY
          SJMP SND1_R

;=============================================================================
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB  RBIT
        CLR   LBIT
        SJMP  YY
LL:     LCALL CLEAR
        LCALL STEP_LEFT
        LCALL CLEAR
        SJMP  YY

;=============================================================================

YY:     JNB   IE0,YY
        SETB  EX0
        MOV   TL0,#0
        CLR   INTFAG
        SJMP  TRANSMIT
;=======================================
; EXTERNAL INTERRUPT SUB.
;=======================================

INT_CNT: SETB  TR0     ; INTERRUPT SUBROUTINE
        MOV   CNTBUF,TL0
        SETB  INTFAG
        JB    SEND,GO
        MOV   SBUF,CNTBUF
WAIT:   JNB   TI,WAIT
        SETB  SEND
        CLR   TI
GO:     CLR   SEND
XX:     JB    IE0,XX
        MOV   TL0,#0
        RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
STEP_LEFT:
MAIN_L:   MOV  R3,#0
START_L: MOV  A,31H
SND1_L:   MOV  R1,#0FH
SND_L:    MOV  P2,#0
          DJNZ R1,SND_L
          MOV  P2,A
          MOV  R2,#0FFH   ; *
DDX:      DJNZ R2,DDX     ; *
          INC  R0
          RL   A          ; SHIFT LEFT
          CJNE A,#010H,GO_L
          MOV  A,#01H
GO_L:     MOV  31H,A
          INC  R3
          CJNE R3,#01H,GO_L1
          RET
GO_L1:  CJNE A,#010H,DE_L
        LCALL DELAY
        SJMP START_L
DE_L:   LCALL DELAY
        SJMP SND_L

;=================================================================

DELAY:  MOV  R2,#0FFH   ; DELAY FOR EACH STEP
D:      MOV  R1,#01FH
D1:     DJNZ R1,D1
D2:     DJNZ R2,D
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;=========================================================================

CLEAN:  MOV  R0,#80H
CLN:    MOV  @R0,#0
        INC  R0
        CJNE @R0,#0,CLN
        RET

;=========================================================================

CLEAR:  MOV  A,#0
        MOV  R0,#0
        MOV  R1,#0
        MOV  R2,#0
        MOV  R3,#0
        MOV  R4,#0
        MOV  R5,#0
        MOV  R6,#0
        MOV  R7,#0
        MOV  P1,#0
        RET

;=========================================================================

STOP:   MOV  P2,#0H
    LJMP START
    END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมภาษา C ที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include<graphics.h>
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<conio.h>
#include<io:h>
#include<dos.h>
#include<ctype.h>
#include<string.h>
#include<bios.h>
#include<math.h>
char  ms[15], st[4];
void ch_number(),  receive_ir();
void hostlink();
void serial();
int  a, b, i, j;
char TEMP[15];
unsigned char transmis[15];
FILE *fp;
union REGS r;
void init_graph();
Radar();
char abyte;
unsigned char in;
float Rad;
goodbye();
int receive;

#define COM1 0
#define SERIAL (0xe0 | 0x00 | 0x00 | 0x03)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void main()                          // Start main program
{
  do
  {
    clrscr();
    init_graph();
    //setfillstyle(SOLID_FILL, YELLOW);
    bar(0, 0, 639, 479);
    setcolor(BLACK);
    circle(350, 275, 1);
    pieslice(350, 275, 0, 180, 200);
    pieslice(350, 275, 0, 180, 150);
    pieslice(350, 275, 0, 180, 100);
    pieslice(350, 275, 0, 180, 50);
    outtextxy(140, 278, "200");
    outtextxy(190, 278, "150");
    outtextxy(240, 278, "100");
    outtextxy(290, 278, "50");
    outtextxy(340, 278, "0");
    setcolor(BLACK);
    Rad=-3.6;
    outtextxy(280, 300, "CONTROL DC MOTOR CAR");
    setcolor(BLACK);
    outtextxy(1, 5, "Enter your message:");

    bioscom(0, SERIAL, COM1);              //test serial port
    bioscom(1, 0x37, COM1);
    in=bioscom(2, abyte, COM1);
    setcolor(RED);
    if(in==0x37)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
outtextxy(480, 5, "Port is connect");
}
else
{
outtextxy(480, 5, "Port is not connect");
goodbye();
exit(1);
}

receive_ir();                          //receive key
i=0;


//-------------------------CHANGE STANDARD INPUT-------------------------

do
{
      switch(ms[i])
      {
        case  'f': TEMP[i]='1';
        i++;
        break;

        case 's' : TEMP[i]='4';
        i++;
        break;

        case 'l' : TEMP[i]='2';
        i++;
        break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            case 'r' : TEMP[i]='3';
            i++;
            break;

            case 'b' : TEMP[i]='6';
            i++;
            break;

            case 'a' : TEMP[i]='5';
            i++;
            break;

            case 'q' : exit(1);
            break;

            default : outtextxy(1, 20, "Check your message");
            getch();
            exit(1);
          }
          ch_number();
    }
    while((ms[i])!='\0');

  TEMP[i]=13;
  gotoxy(1, 10);
  printf("Message:%s\n", ms);

//--------------------KEEP DATA IN FILE AND SEND TO PORT----------------------

  if(!(fp=fopen("data.c", "w")))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
        outtextxy(1, 15, "cannot open file");
        getch();
        exit(1);
    }
    i=0;
        do
        {
          fprintf(fp, "%c", TEMP[i]);
          i++;
        }
          while((TEMP[i])!='\0');

          fclose(fp);

          b=0;
          a=0;
          serial();
  }
  while(getch()!=27);
  closegraph();
}                                          //End of main program

//-------------------------SERIAL PORT INTERFACE----------------------------

void serial()
  {
    int i;
    if((fp=fopen("data.c", "r"))==NULL)
    {
        puts("cannot open file\n");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        exit(1);
    }
    while(feof(fp)==0)
    fread(transmis, sizeof(transmis),1 , fp);
    i=strlen(transmis)-1;
    transmis[i]= ' ';
     while((!kbhit()))
            {
              hostlink();
              if(Rad>=180)
              {
              goodbye();
              //exit(0);
              }
              else
              {
                  Rad=Rad+(2*1.8);
                  Radar();
              }
            }
            fclose(fp);
  }

//---------------------------------------------------------------------------

void hostlink()
{
  if(b!=1)
  {
    do
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            bioscom(1, transmis[a], 0);
            a++;
      }
      while((transmis[a]!='\0'));
      b=1;
    }
   i=0;
   j=0;

    in=bioscom(2, abyte,COM1);
    receive=in;

    gotoxy(3, 25);
    printf("Data receive:%3d\n", receive);
}

//---------------------------------------------------------------------

void ch_number()
{
   int n, a;
   for(a=0; a<1; a++)
   {
     TEMP[i]=ms[i];
     i++;
   }
}
//--------------------------- ----------------------------------------

void init_graph()
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  int  gdrive=DETECT, gmode;
  initgraph(&gdrive, &gmode, "\\tc\\bgi");
  if(graphresult()!=grOk)
  {
    gotoxy(10, 10); printf("Graphic Error !");
    getch();
    exit(0);
  }
}
//---------------------------------------------------------------------
Radar()
{
  int x, y;
  float d;
  x=350; y=275;
  d=(Rad*3.1428)/180;
  setcolor(RED);
  circle(350+(receive*cos(d)), 275-(receive*sin(d)), 2);
  setcolor(BLUE);
  if(receive>160)receive=250;
  else if(receive<=35)receive=5;
  pieslice(x, y, Rad, Rad+1,receive);
  return 0;
}
//---------------------------------------------------------------------

void receive_ir()
{
  do
  {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      gotoxy(1, 2);
      gets(st);
      if((*st)!=NULL)
      for(j=0; j<=1; j++)
      {
            ms[i]=st[j];
            i++;
      }
   }
   while((*st)!=NULL);
}
//---------------------------------------------------------------------------
goodbye()                          //show screen goodbye procedure
{
   setcolor(LIGHTRED);
   outtextxy(280, 350, "CONTROL DC MOTOR CAR");
   outtextxy(285, 370, "Thank You Everybody");
   outtextxy(300, 390, ":: Producer by ::");
   outtextxy(340, 405, "Mr. TOP");
   outtextxy(340, 415, "Mr. ONN");
   outtextxy(180, 440, "###################! BYE !#####################");
   return 0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมภาษา C

การที่เลือกใช้ภาษา C นั้นเพราะว่า ภาษา เป็นภาษาระดับกลาง เราสามารถเขียนให้โปรแกรมทำงานในลักษณะเช่นเดียวกับภาษาแอสเซมบลีได้ จึงสะดวกที่จะนำมาใช้ร่วมกับบอร์ด MCS-51 ที่ใช้ภาษาแอสเซมบลีในการโปรแกรม

โปรแกรมภาษา C ที่ใช้ในงานชิ้นนี้ มีไว้เพื่อใช้เป็นตัวสั่งงานให้ MCS-51 ทำงานในแบบ MANUAL ได้และรับค่าที่ส่งมาจาก MCS-51 เพื่อที่จะนำไปประมวลผลและพล็อตตำแหน่งของวัตถุบนจอภาพคอมพิวเตอร์

ในส่วนของตัวโปรแกรมนั้น จะประกอบไปด้วย ส่วนของgraphic, รับค่าinputจากคีย์บอร์ด, ส่ง-รับข้อมูลกับบอร์ด MCS-51, พล็อตตำแหน่งของวัตถุบนหน้าจอ จะใช้ฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรมภาษา C โดยจะมีที่สำคัญๆ ดังนี้

1. pieslice() ฟังก์ชันนี้ใช้ในการสร้างภาพออกหน้าจอคอมพิวเตอร์ เป็นรูปเสี้ยวของวงกลมขนาดต่างๆ จนถึงวงกลมรูปเต็มได้

2. switch เป็นคำสั่งไขที่ใช้ตัวแปรเป็นเงื่อนไข รูปแบบเป็นดังนี้

```
switch(variable)
{
case constant_1;
      statement;
case constant_2;
      statement;
|
|
|
default constant_3:
      statement;
}
```

3. outtextxy() ใช้เขียนตัวอักขระออกหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดตำแหน่งของหน้าจอที่ต้องการจะเขียนได้

4. bioscom() ใช้เป็นตัวติดต่อกับ RS-232 จะใช้ในการส่ง-รับข้อมูลออก port COM1 หรือ COM2 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. initgraph() ใช้เป็นตัวบอกว่าจะใช้ mode graphic เพื่อที่จะสร้างภาพที่หน้าจอได้

6. if-else ใช้เป็นคำสั่งเงื่อนไขที่ทำงานเหมือนคำสั่ง if แต่มีโครงสร้างที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และง่ายต่อการเขียนโปรแกรม

7. do-while คำสั่งนี้จะวาง condition ไว้หลัง while ถ้าค่าของ condition เป็นจริงจะทำงานอยู่ในลูป ถ้าเป็นเท็จ ก็จะออกจากลูป แม้ว่า condition จะเป็นเท็จ คำสั่งจะต้องทำในรอบแรกเสมอ

8. exit() เป็นคำสั่งบังคับให้โปรแกรมหยุดการทำงานและออกจากลูป โดยไม่เพียงแต่ออกจากลูปเท่านั้น แต่ยังออกจากโปรแกรมสู่ระบบปฏิบัติการ หรือระบบ DOS อีกด้วย ซึ่งถ้าหากว่าการออกจากโปรแกรมเป็นไปอย่างปกติโดยไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น คำสั่งหรือฟังก์ชัน exit จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 0 หรือค่าตัวแปรส่งผ่านของฟังก์ชัน exit ถูกกำหนดให้เป็นศูนย์นั้นเอง แต่ถ้าการทำงานของโปแกรมผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อน ฟังก์ชัน exit จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มที่ไม่ใช่เลข 0 ได้แก่ เลข 1, 2, 3 เป็นต้น

9. fopen() เป็นฟังก์ชันที่ใช้เปิดแฟ้มข้อมูลสำหรับระบบ I/O ชนิดที่มีบัฟเฟอร์ ฟังก์ชันนี้จะให้ค่าพอยน์เตอร์ชนิด FILE (file pointer หรือ fp) ถ้าหากการเปิดแฟ้มข้อมูลผิดพลาด fp จะให้ผลลัพธ์เป็น 0

10. fclose() เป็นฟังก์ชันที่ใช้ปิดแฟ้มข้อมูลซึ่งถูกเปิดโดยฟังก์ชัน fopen() สำหรับฟังก์ชัน fclose() เป็นส่วนหนึ่งของระบบ I/O ชนิดที่มีบัฟเฟอร์ การปิดแฟ้มข้อมูลของฟังก์ชัน fclose() เป็นผลถูกต้องฟังก์ชันจะให้ผลลัพธ์เป็น 0 แต่ถ้าเกิดผิดพลาดจะให้เป็นค่า –1 สำหรับ fp เป็นพอยน์เตอร์ซึ่งถูกเรียกก่อนหน้าโดยฟังก์ชัน fopen()

และยังมีฟังก์ชันอื่น ๆ อีกมาก แต่เราขอยกตัวอย่างเพียงเท่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

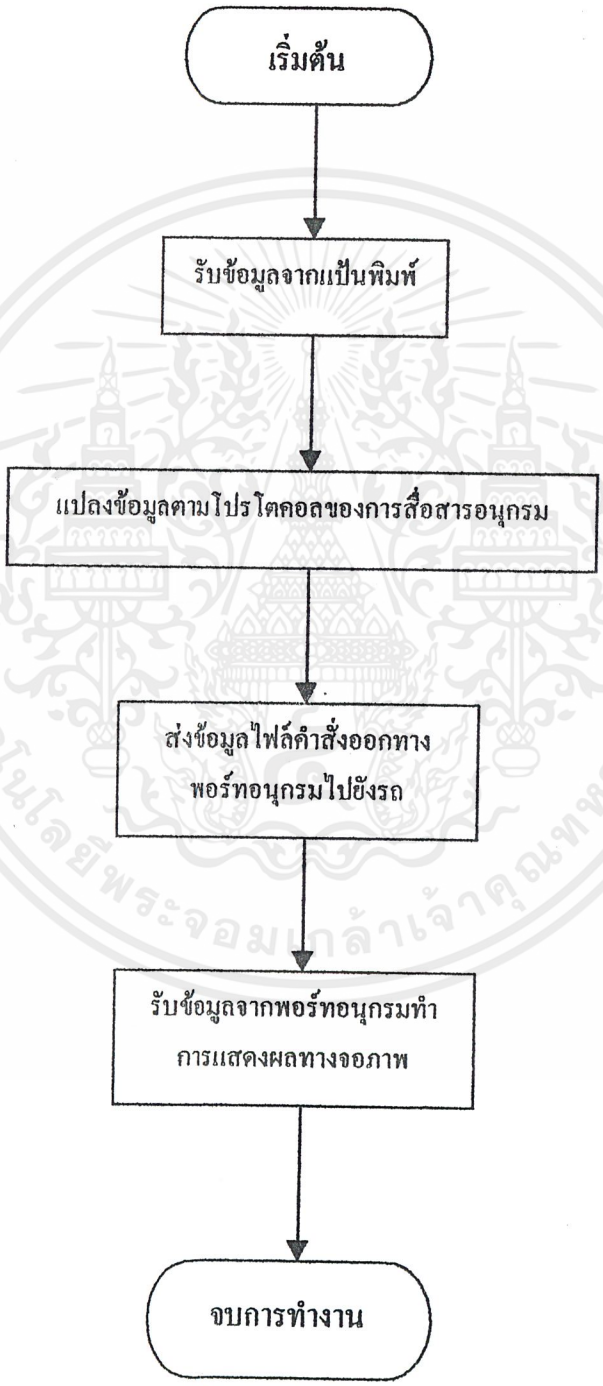
ภาคผนวก ค

บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการควบคุมที่คอมพิวเตอร์

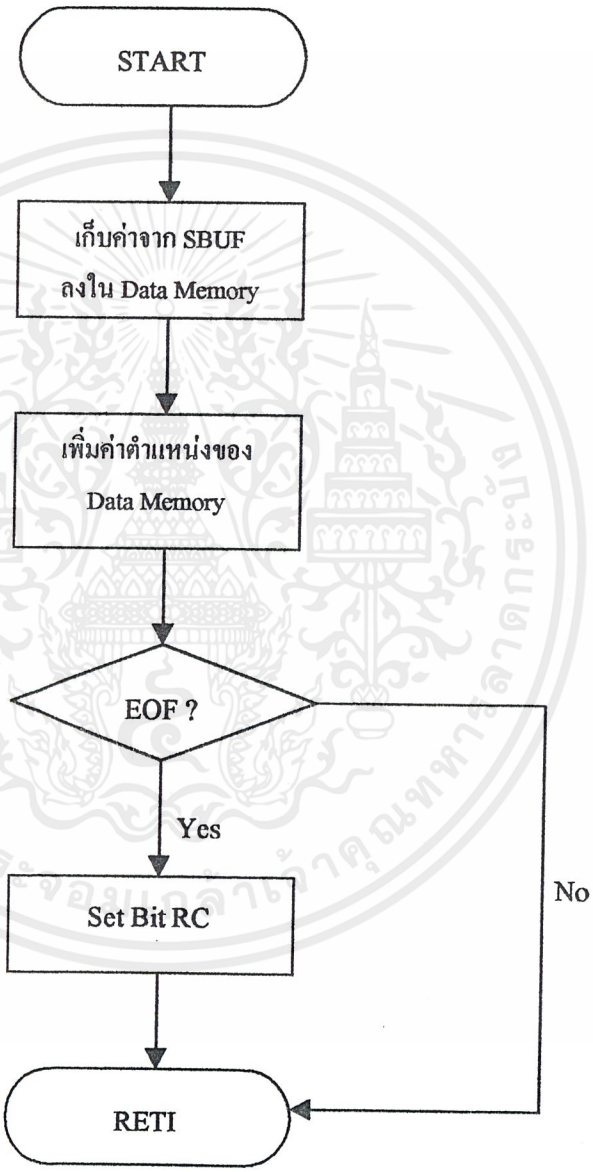
ในส่วนของโปรแกรมการควบคุมที่คอมพิวเตอร์ จะใช้ภาษา C ในการเขียนโดยจะมีขั้นตอนการทำงานตาม Flow Chart ดังรูป



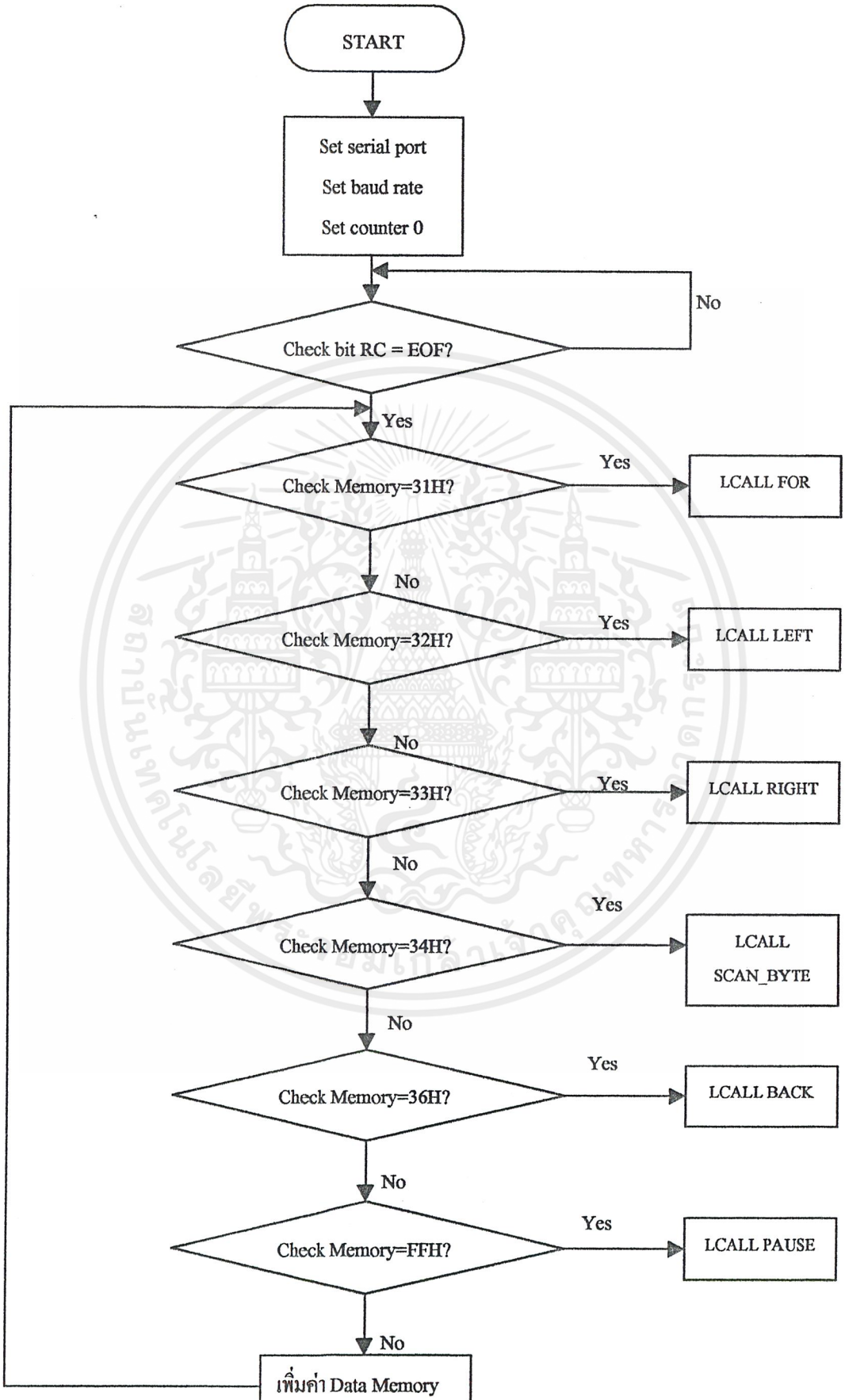
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการควบคุมและจัดการข้อมูลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

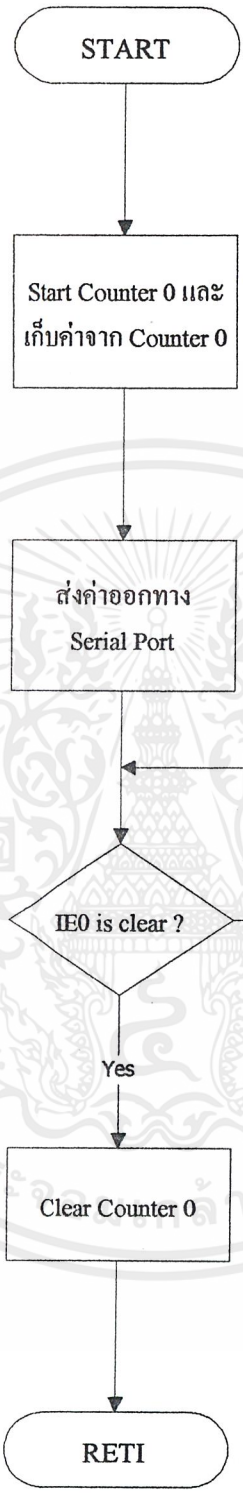
ในส่วนของโปรแกรมการควบคุมและจัดการข้อมูลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ภาษา Assembly ของ 8051 ในการเขียนโดยจะมีขั้นตอนการทำงานตาม Flow Chart ดังรูป



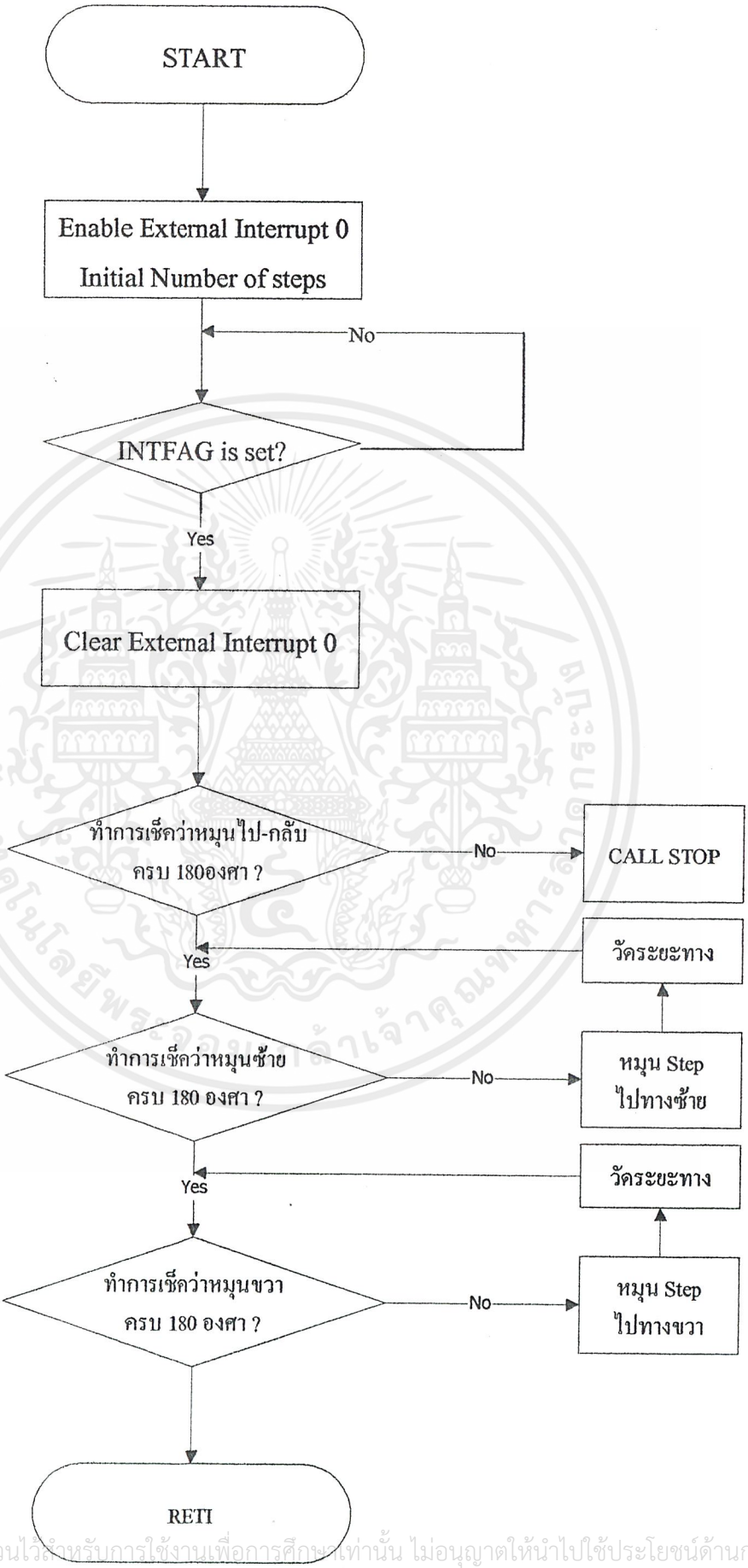
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

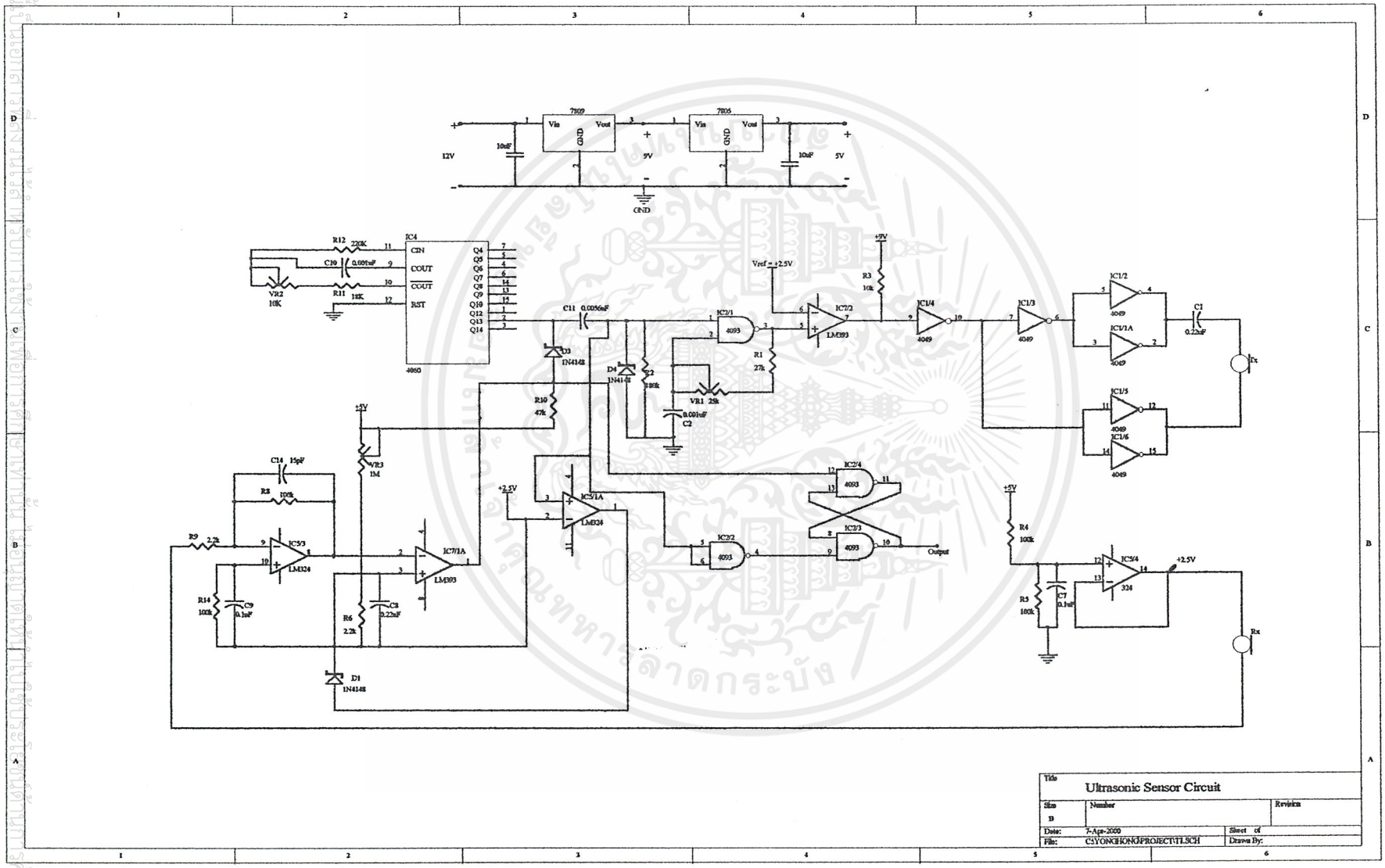


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

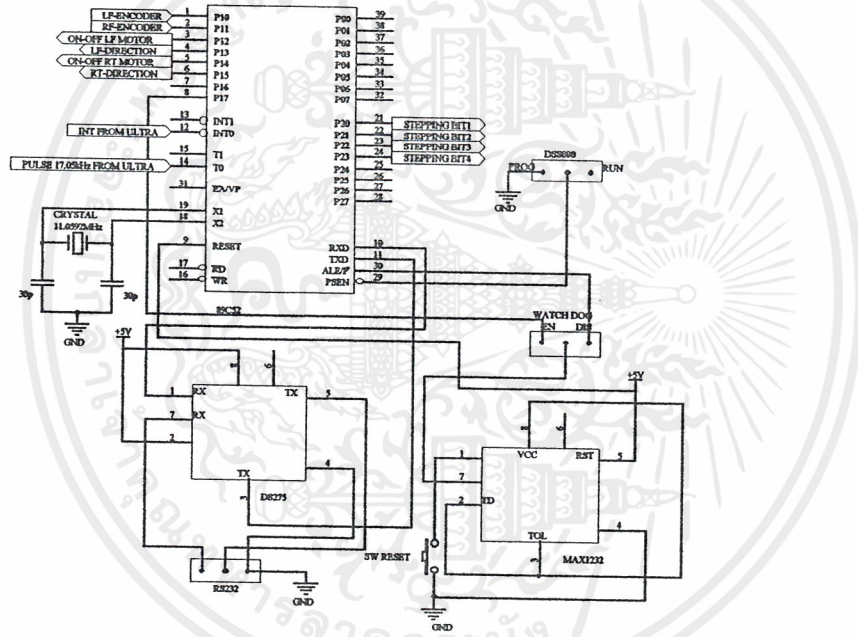
ภาคผนวก ง

รูปวงจรที่ใช้ในโครงงาน

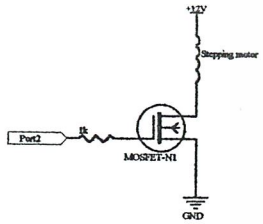
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



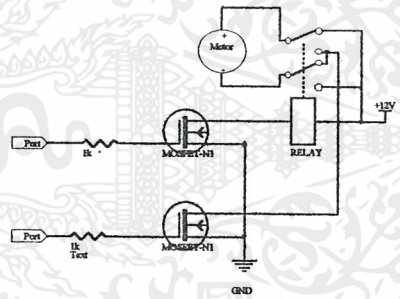
Title	Ultrasonic Sensor Circuit	
Size: B	Number	Revision
Date:	7-Apr-2009	Sheet of
File:	C:\YONGHONG\PROJECT\TI.SCH	Drawn By:



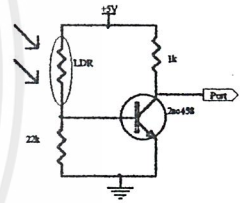
Title	MICROCONTROLLER BOARD	
Size: B	Number	Revision
Date: 7-Apr-2000	Sheet of	
File: C:\YONGHONG\PROJECT\T2.SCH	Drawn By:	



Stepping motor Drive Circuit*4



DC motor drive circuit*2



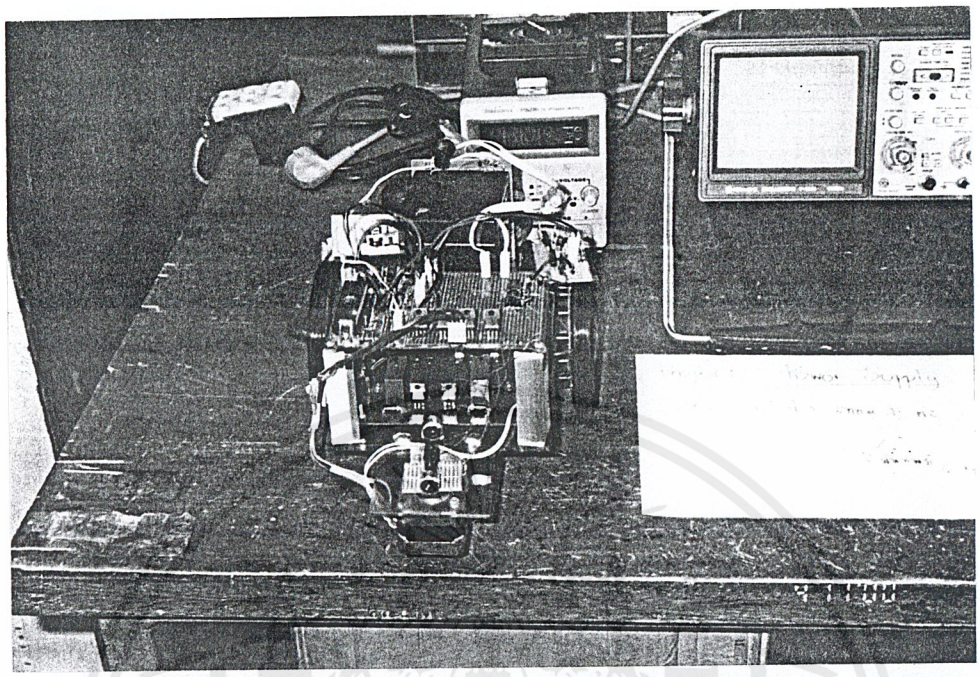
Encoder Circuit *2

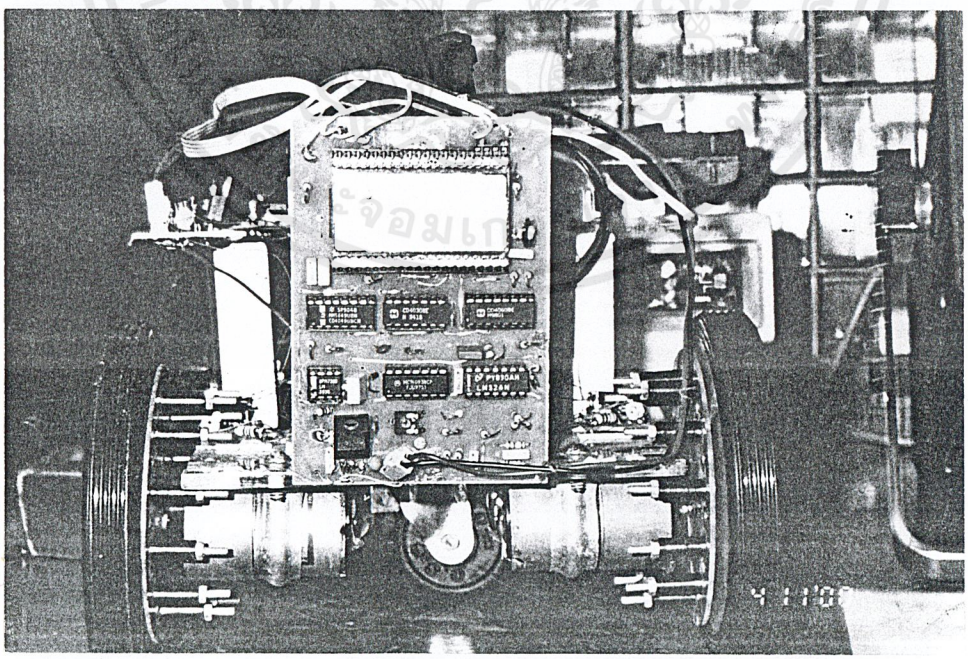
Title		
Size: B	Number	Revision
Date: 7-Apr-2009		Sheet of
File: C:\YONGHONG\PROJECT\V1.1\SCH		Drawn By:

ภาคผนวก จ

ประมวลรูปภาพโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้