

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์

CAR PROTECTION AND ALARM SYSTEM



โดย

นางสาวจงศิริ พราหมณ์โต

นางสาวจิตรรา แซ่ลิ้ม

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**103003**
วัน,เดือน,ปี.....**24 ส.ค. 2552**



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์
CAR PROTECTION AND ALARM SYSTEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์

CAR PROTECTION AND ALARM SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นางสาวจงศิริ พราหมณ์โต 49015047

2. นางสาวจิตรา แซ่ลิ้ม 49015049



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาถิพงษ์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์
CAR PROTECTION AND ALARM SYSTEM

โดย นางสาวจงศิริ พราหมณ์โต 49015047
นางสาวจิตรา แซ่ลิ้ม 49015049

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุทธิชัย นพนาดีพงษ์

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอระบบป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ ซึ่งใช้เครื่องส่งวิทยุในการส่งสัญญาณในระบบการส่งสัญญาณประกอบไปด้วย วงจรอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเครื่องส่งวิทยุย่านความถี่ ISM band ซึ่งหลักการทำงานของระบบมีดังนี้ ใช้อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ทำหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณและสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ ส่งต่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผล แล้วส่งให้เครื่องส่งวิทยุทำการส่งสัญญาณเตือนภัยไปยังเครื่องรับวิทยุ

ABSTRACT

This project presents car protection and alarm system which is used for signal transmission. In the proposed system, it is consisted ultrasonic transducer circuit, microcontroller and transmitter in ISM band. The operation of the system is that ultrasonic transducer is transmission detector and abnormal with the car. Microcontroller will control the process and send the alarm signal to receiver.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 หลักการทำงานของระบบ	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 หลักการทำงานเบื้องต้น	2
1.5 ขอบเขตและเป้าหมายของโครงการงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ธรรมชาติของคลื่น	3
2.2 ออปแอมป์	11
2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 และ AT89C4051	19
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	
3.1 หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	24
3.2 การออกแบบวงจรภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิก	26
3.3 การออกแบบวงจรภาครับคลื่นอัลตราโซนิก	27
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การหาค่าความถี่เรโซแนนซ์ของตัวอัลตราโซนิก	34
4.2 วงจรภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิก	35
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง	43
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบ	2
รูปที่ 2.1 ลักษณะคลื่นตามขวาง	4
รูปที่ 2.2 ลักษณะคลื่นตามยาว	4
รูปที่ 2.3 การหักเหของคลื่น	5
รูปที่ 2.4 การเลี้ยวเบนของคลื่น	5
รูปที่ 2.5 การแทรกสอดแบบเสริมกัน	6
รูปที่ 2.6 การแทรกสอดแบบหักล้างกัน	6
รูปที่ 2.7 การแทรกสอด	7
รูปที่ 2.8 การแทรกสอดของคลื่นสองลูก	7
รูปที่ 2.9 การเกิดบีตส์	8
รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในตัวอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก	9
รูปที่ 2.11 แสดงรูปตัวส่งและตัวรับคลื่นอัลตราโซนิค	10
รูปที่ 2.12 แสดงความไวของตัวรับคลื่นอัลตราโซนิคเทียบกับความถี่	10
รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ออปแอมป์	11
รูปที่ 2.14 วงจรเทียบเคียงของออปแอมป์	12
รูปที่ 2.15 ลักษณะการถ่ายโอนออปแอมป์	13
รูปที่ 2.16 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส	14
รูปที่ 2.17 วงจรสมมูลของวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส 180 องศา	14
รูปที่ 2.18 วงจรสมมูลในรูปที่ 2.17 เมื่อแทนแหล่งกำเนิดกระแสตามทฤษฎีของนอร์ตัน	1
รูปที่ 2.19 วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส	17
รูปที่ 2.20 วงจรขยายผลต่าง	17
รูปที่ 2.21 วงจรเปรียบเทียบโดยมี V_T เป็นแรงดันอ้างอิง	18
รูปที่ 2.22 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052	20
รูปที่ 2.23 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051	21
รูปที่ 2.24 วงจรภายในของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์	22
รูปที่ 2.25 วงจรภายในของพอร์ต 3 ในไมโครคอนโทรลเลอร์	22
รูปที่ 3.1 แผนผังการประมวลผลของโปรแกรม	25
รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิค	26
รูปที่ 3.3 วงจรภาครับคลื่นอัลตราโซนิค	27
รูปที่ 3.4 ภาพวงจรรวมระบบเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์	28
รูปที่ 3.5 ลายวงจรภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิค	29
รูปที่ 3.6 ลายวงจรเครื่องส่งย่านความถี่ 433.92 MHz.	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.7 ลายวงจรเครื่องรับย่านความถี่ 433.92MHz.	29
รูปที่ 3.8 วงจรภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิก	
(ก) วงจรภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิกทางด้านหน้า	
(ข) วงจรภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิกทางด้านหลัง	30
รูปที่ 3.9 วงจรเครื่องส่งย่านความถี่ 433.92 MHz.	
ก) วงจรเครื่องส่งย่านความถี่ 433.92 MHz. ทางด้านหน้า	
ข) วงจรเครื่องส่งย่านความถี่ 433.92 MHz. ทางด้านหลัง	31
รูปที่ 3.10 วงจรเครื่องรับย่านความถี่ 433.92 MHz.	
ก) วงจรเครื่องรับย่านความถี่ 433.92 MHz. ทางด้านหน้า	
ข) วงจรเครื่องรับย่านความถี่ 433.92 MHz. ทางด้านหลัง	32
รูปที่ 3.11 ภาพรวมการทำงานของเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์	33
รูปที่ 3.12 เครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์	33
รูปที่ 4.1 กราฟค่าความถี่เรโซแนนซ์ของตัวอัลตราโซนิก	34
รูปที่ 4.2 วงจรภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิก	35
รูปที่ 4.3 วงจรภาครับคลื่นอัลตราโซนิก	35
รูปที่ 4.4 การวัดสัญญาณที่ขาไมโครเลอร์ AT89LP4052 ขาที่ 11 ที่ทำการส่งพัลส์ให้กับตัวส่งอัลตราโซนิกทำงานแล้วส่งคลื่นเสียงออกไป	36
รูปที่ 4.5 Ch.1 การวัดสัญญาณขาอัลตราโซนิกที่ยังไม่ได้ผ่านวงจรขยายสัญญาณซึ่งเป็นสัญญาณที่มีแอมพลิจูดต่ำแล้วนำสัญญาณนี้ส่งต่อให้กับวงจรขยายสัญญาณ	
Ch.2 การวัดสัญญาณที่จุด TP 1 เป็นสัญญาณที่ตัวรับอัลตราโซนิกเมื่อผ่านวงจรขยายสัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อส่งต่อให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน	37
รูปที่ 4.6 Ch.1 การวัดสัญญาณที่จุด TP 2 ซึ่งเป็นสัญญาณEchoที่ผ่านวงจรขยายสัญญาณจะมีแอมพลิจูดเกิดขึ้นตรงกับตำแหน่งของตัวส่ง	
Ch.2 การวัดสัญญาณที่ขา 11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 ซึ่งเป็นสัญญาณที่ส่งให้กับอัลตราโซนิกตัวรับซึ่งเป็นพัลส์ที่ส่งไปตลอดเวลา	37
รูปที่ 4.7 Ch.1 การวัดสัญญาณที่ขาอัลตราโซนิกตัวรับขณะที่ยังไม่ผ่านวงจรขยายสัญญาณเมื่อทำการส่งพัลส์มา 1 ครั้ง	
Ch.2 การวัดสัญญาณที่ขา 11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 การวัดสัญญาณที่ขาอัลตราโซนิกตัวรับขณะที่ยังไม่ผ่านวงจรขยายสัญญาณเมื่อทำการส่งพัลส์มา 1 ครั้ง	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8 Ch.1 การวัดสัญญาณ Echo ที่จุด TP 1 เมื่อผ่านวงจรขยายสัญญาณ	
Ch.2 การวัดสัญญาณ Echo ที่จุด TP 1 หลังผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน state 1 ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดที่หนึ่ง	39
รูปที่ 4.9 Ch.1 การวัดสัญญาณที่ผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน state 2 ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดที่หนึ่ง	
Ch.2 การวัดสัญญาณที่ผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน state 1 ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดที่สอง	40
รูปที่ 4.10 Ch. 1 การวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 ซึ่งรับสัญญาณมาจาก RF Module ตัวส่ง สัญญาณที่แสดงเป็นสัญญาณที่อยู่ในสถานะปกติความกว้างพัลส์เท่ากับ 10 ms.	
Ch. 2 การวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051 ซึ่งรับสัญญาณมาจาก RF Module ตัวรับ สัญญาณที่แสดงเป็นสัญญาณที่อยู่ในสถานะปกติความกว้างพัลส์เท่ากับ 10 ms.	41
รูปที่ 4.11 Ch. 1 การวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 ซึ่งรับสัญญาณมาจาก RF Module ตัวส่ง สัญญาณที่แสดงเป็นสัญญาณที่อยู่ในสถานะปกติความกว้างพัลส์เท่ากับ 5 ms.	
Ch. 2 การวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4052 ซึ่งรับสัญญาณมาจาก RF Module ตัวรับ สัญญาณที่แสดงเป็นสัญญาณที่อยู่ในสถานะปกติความกว้างพัลส์เท่ากับ 5 ms.	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันรถยนต์เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในชีวิตประจำวันของคนเรา นับจากอดีตจนถึงปัจจุบันผู้ผลิตได้การพัฒนาในรูปแบบทางยนตรกรรมให้รถยนต์สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้เพิ่มมากขึ้นประกอบกับสภาพของสังคมในปัจจุบันที่ต้องการความสะดวกรวดเร็วในการเดินทาง เป็นผลให้ความต้องการในการใช้รถยนต์ของคนเพิ่มสูงขึ้น สังเกตได้จากจำนวนรถยนต์ที่อยู่บนท้องถนนที่มีอัตราเพิ่มขึ้นทุกปี แต่มีบุคคลประเภทหนึ่งที่ต้องการเป็นเจ้าของรถโดยมิชอบด้วยกฎหมาย เนื่องจากราคาที่ถูกกว่าราคารถยนต์ที่จำหน่ายกันตามท้องตลาดโดยมีการสั่งให้โจรกรรมรถยนต์ตามใบสั่งตามที่ต้องการ จนเป็นที่มาของกลุ่มมิจฉาชีพโจรกรรมรถยนต์ดังที่เป็นข่าวตามสื่อต่าง ๆ ซึ่งปรากฏอยู่เป็นประจำ แม้ว่าทางเจ้าหน้าที่ตำรวจและทหารจะมีมาตรการที่เด็ดขาดเพื่อปราบปรามกลุ่มมิจฉาชีพโจรกรรมรถยนต์แล้วก็ตาม แต่กลุ่มมิจฉาชีพโจรกรรมรถยนต์ก็ยังทำการโจรกรรมโดยไม่เกรงกลัวต่อกฎหมายแต่อย่างใด

จากพฤติกรรมของกลุ่มมิจฉาชีพโจรกรรมรถยนต์ดังกล่าวทำให้ผู้เป็นเจ้าของรถเกิดความวิตกกังวลในความปลอดภัยของรถยนต์ ดังนั้นเจ้าของรถหลายท่านจึงได้ทำการป้องกันในเรื่องความปลอดภัยให้กับรถยนต์ของตนในวิธีต่าง ๆ อาทิเช่น การติดตั้งอุปกรณ์กันขโมยเข้าไปในตัวรถ ดังเช่นอุปกรณ์ล็อกพวงมาลัย อุปกรณ์ล็อกเกียร์ อุปกรณ์ล็อกเบรค-ครัช หรือแม้แต่สัญญาณกันขโมยที่นิยมติดตั้งกันในปัจจุบัน รวมถึงในกรณีที่เจ้าของรถถูกแย่งชิงรถไปในขณะใช้รถอยู่นั้นเอง และเมื่อถูกโจรกรรมไปแล้วก็เป็นเรื่องยากที่จะติดตามรถกลับคืนมาได้ แนวโน้มในการโจรกรรมที่ยังมีแนวโน้มที่สูงขึ้น ซึ่งถ้าเราสามารถเรียนรู้ถึงวิธีการแก้ไขระบบป้องกัน จากปัญหาจุดนี้เองเป็นจุดเริ่มต้นของแนวความคิดที่จะสร้างปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้นซึ่งเป็นปริญญานิพนธ์ที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ชนิดหนึ่งขึ้นมาซึ่งสามารถเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์ได้ ปริญญานิพนธ์นี้ได้นำอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์กับเครื่องส่ง-รับวิทยุย่านความถี่ ISM band มาใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในทางปฏิบัติ ดังนั้นการทำปริญญานิพนธ์นี้มีประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน คือสามารถนำวิชาที่ศึกษามาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและยังสามารถเตือนภัยได้ในเบื้องต้น

1.2 หลักการทำงานของระบบ

ระบบในโครงการนี้จะเริ่มตรวจสอบความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ โดยจะใช้หลักการรับ-ส่งคลื่นอัลตราโซนิก โดยทำการส่งคลื่นอัลตราโซนิกไปยังกระจกแล้วเริ่มจับเวลาจนกระทั่งด้านรับคลื่นสามารถค้นหาคลื่นที่สะท้อนกลับมาได้ แล้วเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลแล้วเก็บค่าเอาไว้ ถ้ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นจะทำการส่งสัญญาณไปยังเครื่องส่งวิทยุย่าน ISM band จากนั้นก็ทำการส่งไปยังเครื่องรับวิทยุให้เราได้ทราบ โดยที่รถยนต์จะไม่มีเสียงดังเกิดขึ้นแต่เสียงนั้นจะดังที่เครื่องรับวิทยุนั่นเอง

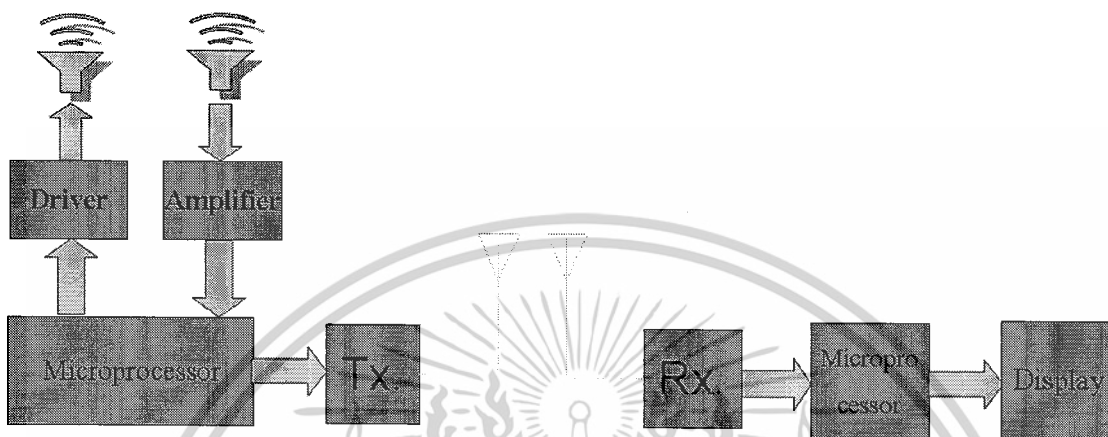
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผู้ขับรถยนต์แต่ละคันสามารถทราบเมื่อมีการโจรกรรมเกิดขึ้นได้ในระดับหนึ่ง

1.4 หลักการทำงานเบื้องต้น

เราสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น ส่วน ๆ ได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบ

1.4.1 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) มีหน้าที่ในการตรวจสอบความผิดปกติภายในรถยนต์ โดยใช้หลักการรับส่งคลื่นสะท้อนของอัลตราโซนิกแล้วนำผลการทดลองที่ได้เพื่อทำการตรวจสอบ ซึ่งการทำงานทั้งหมดของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์จะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของทุก ๆ ส่วนในระบบและเชื่อมโยงส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ตั้งแต่รับข้อมูลจากอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์เข้ามาเพื่อทำการประมวลผลและตรวจสอบว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่และส่งสัญญาณไปให้กับเครื่องส่งวิทยุ

1.4.3 เครื่องส่ง-รับวิทยุย่าน ISM band เครื่องส่งวิทยุทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วทำการส่งสัญญาณเตือนไปให้กับเครื่องรับวิทยุ

1.4.4 ภาควงแสดงผล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผลส่งไปให้กับเครื่องรับวิทยุ เมื่ออยู่ในสภาวะปกติหลอด LED จะเป็นสีเขียว ถ้าอยู่ในสภาวะผิดปกติจะ閃และมีเสียงเกิดขึ้นหลอด LED จะเป็นสีแดง

1.5 ขอบเขตและเป้าหมายของโครงการ

1.5.1 ศึกษาการทำงานของคลื่นอัลตราโซนิก

1.5.2 ศึกษาการทำงานของภาควงส่งและภาควงรับคลื่นอัลตราโซนิก

1.5.3 ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และการประมวลผล

1.5.4 ศึกษาการทำงานของเครื่องส่งและเครื่องรับวิทยุย่านความถี่ ISM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ธรรมชาติของคลื่น (The nature of a wave)

2.1.1 คลื่น

คลื่น หมายถึง ลักษณะการถูกการรบกวน ที่มีการแผ่กระจายเคลื่อนที่ออกไป ในลักษณะของการกวัดแกว่งหรือกระเพื่อม และมักจะมีการส่งถ่ายพลังงานไปด้วย คลื่นเชิงกลซึ่งเกิดได้ในตัวกลาง(ซึ่งเมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูป จะมีความแรงยืดหยุ่นในการติดตัวกลับ) จะเดินทางและส่งผ่านพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในตัวกลาง โดยไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนตำแหน่งอย่างถาวรของอนุภาคของตัวกลาง คือ ไม่มีการส่งถ่ายอนุภาคนั้นเอง แต่จะมีการเคลื่อนที่แกว่งกวัด (oscillation) ไปกลับของอนุภาค

2.1.2 ลักษณะของคลื่นเสียง

คลื่นเสียงนั้นเป็นคลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) ที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้ในตัวกลางที่เป็นของแข็ง, ของเหลวและก๊าซ เสียงจำเป็นต้องมีตัวกลางในการเดินทาง ดังนั้นเสียงไม่สามารถเดินทางในสุญญากาศได้ อนุภาคของตัวกลางที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านจะมีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น ประสาทหูของมนุษย์สามารถรับรู้มีค่าอยู่ระหว่างช่วง 20-20 kHz. ความถี่ที่ต่ำกว่าประสาทหูของมนุษย์สามารถรับรู้ได้เรียกว่า อินฟราเรด (Infrared Frequency) ส่วนความถี่ที่สูงกว่าประสาทหูของมนุษย์รับรู้ได้เรียกว่า อัลตราโซนิค (Ultrasonic Frequency)

การเกิดคลื่นเสียงในอากาศเกิดจากการสั่นของต้นกำเนิดเสียง ส่งผลให้เกิดการอัดและขยายของโมเลกุลในอากาศ และเมื่อช่วงอัดและขยายเคลื่อนที่เข้าสู่ประสาทหูเราก็ทำให้เราได้ยินเสียงขึ้น

ความแตกต่างของเสียงมีอยู่ด้วยกัน 3 ประการ คือ

1. ความดังของเสียง (Loudness) หมายถึง ความรู้สึกที่ได้ยินของหุ้มนวลมนุษย์ว่าดังมากดังน้อย ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่อาจวัดด้วยเครื่องมือใดๆ ได้โดยตรง ความดังเพิ่มขึ้นตามความเข้มเสียง ความรู้สึกเกี่ยวกับความดังจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับความเข้มเสียง โดยถ้า I แทนความเข้มเสียง ความดังของเสียงจะแปรผันโดยตรงกับ $\log I$ หรืออาจกล่าวได้ว่า ความดังก็คือระดับความเข้มเสียงนั่นเอง หูของคนสามารถรับเสียงที่มีความดังน้อยที่สุดคือ 0 dB และมากที่สุดคือ 120 dB

2. คุณภาพของเสียง (Quality) หมายถึง คุณลักษณะของเสียงที่เราได้ยิน เมื่อเราฟังเพลงจากวงดนตรีวงหนึ่งนั้น เครื่องดนตรีทุกชนิดจะเล่นเพลงเดียวกัน แต่เราสามารถแยกได้ว่า เสียงที่ได้ยินนั้นมาจากดนตรีประเภทใด เช่น มาจากไวโอลิน หรือเปียโน เป็นต้น การที่เราสามารถแยกลักษณะของเสียงได้นั้น เพราะว่าคลื่นเสียงทั้งสองมีคุณภาพเสียงต่างกัน คุณภาพของเสียงนั้นขึ้นอยู่กับ จำนวนโอเวอร์โทนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงนั้นๆ และแสดงออกมาเด่น จึงไพเราะต่างกัน นอกจากนั้นคุณภาพเสียงยังขึ้นอยู่กับความเข้มของเสียงอีกด้วย

3. ระดับเสียง (Pitch) หมายถึง เสียงที่มีความยาวคลื่นและความถี่ต่างกัน โดยเสียงที่มีความถี่สูงจะมีระดับเสียงสูงส่วนที่มีความถี่ต่ำจะมีระดับเสียงต่ำ

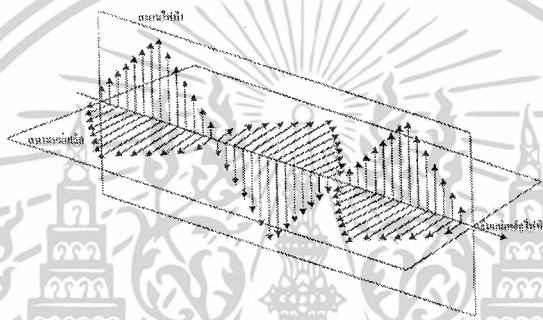
2.1.3 ประเภทของคลื่น

แบ่งตามความจำเป็นในการใช้ตัวกลาง

- คลื่นกล (Mechanical waves) จำเป็นต้องใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นเสียง, คลื่นในเส้นเชือก, คลื่นน้ำ เป็นต้น
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves) ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นแสง, คลื่นวิทยุ, คลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น

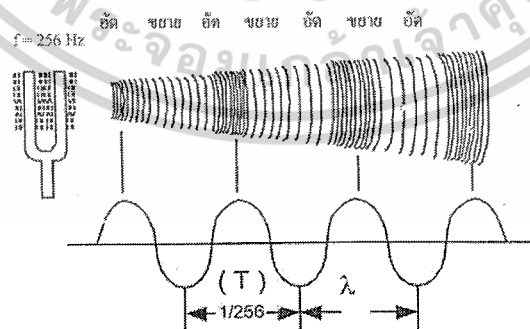
แบ่งตามลักษณะการสั่นสะเทือนของตัวกลาง

- คลื่นตามขวาง (Transverse waves) อนุภาคของตัวกลางสั่นตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นในเส้นเชือกที่เกิดจากการสับปลายเชือกขึ้นลง เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ลักษณะคลื่นตามขวาง

- คลื่นตามยาว (Longitudinal waves) อนุภาคของตัวกลางสั่นในแนวเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นในสปริงที่เกิดจากการยืดหรืออัดสปริง คลื่นเสียง เป็นต้น

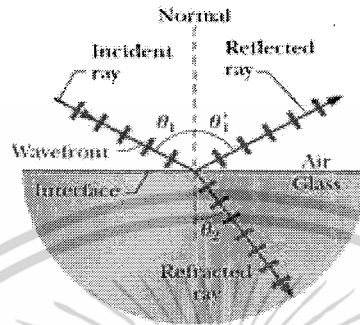


รูปที่ 2.2 ลักษณะคลื่นตามยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วคลื่น (The speed of a wave)

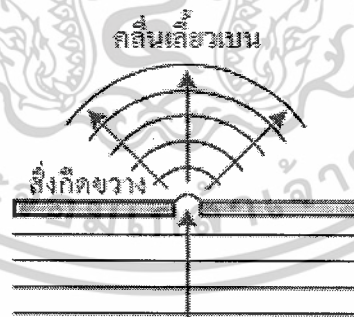
ความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นสามารถคำนวณหาได้จาก อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ไปได้ต่อเวลา ความเร็วของคลื่นขึ้นอยู่กับตัวกลาง หากคลื่นชนิดเดียวกันเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน เมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกันก็จะมีความเร็วต่างกัน



รูปที่ 2.3 การหักเหของคลื่น

2.1.4.3 การเลี้ยวเบน (Diffraction)

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านสิ่งกีดขวาง คลื่นที่กระทบสิ่งกีดขวางจะเกิดการสะท้อน แต่จะมีคลื่นอีกส่วนหนึ่งที่เคลื่อนที่แผ่อ้อมสิ่งกีดขวางไปทางด้านหลังได้ เรียกว่า เกิดการเลี้ยวเบนของคลื่น ถ้าสิ่งกีดขวางนั้น มีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่น คลื่นนั้นจะเคลื่อนที่กระจายออกจากสิ่งกีดขวางไม่เกิดการเลี้ยวเบน ดังนั้นการเลี้ยวเบนจะเกิดขึ้นเมื่อสิ่งกีดขวางมีขนาดโตกว่าความยาวคลื่น



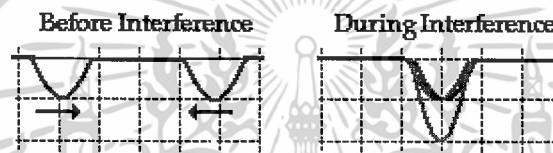
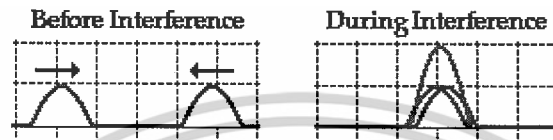
รูปที่ 2.4 การเลี้ยวเบนของคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.4 การแทรกสอด (Interference)

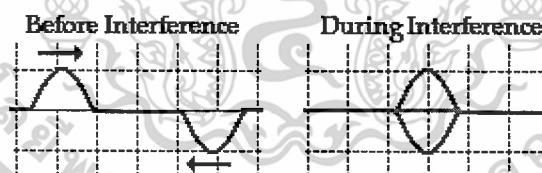
เมื่อมีคลื่นต่อเนื่องจากแหล่งกำเนิดคลื่น 2 แหล่งที่มีความยาวคลื่นความถี่ และแอมพลิจูดเท่ากัน โดยมีเฟสตรงกันหรือตรงข้ามกันเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการซ้อนทับระหว่างคลื่นต่อเนื่องทั้งสอง การแทรกสอดมี 2 แบบ คือ

- การแทรกสอดแบบเสริมกัน (Constructive interference) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นสองขบวนมีการจัดในทิศเดียวกัน เช่น ท้องคลื่นเจอกับท้องคลื่น หรือ สันคลื่นเจอกับสันคลื่น



รูป 2.5 การแทรกสอดแบบเสริมกัน

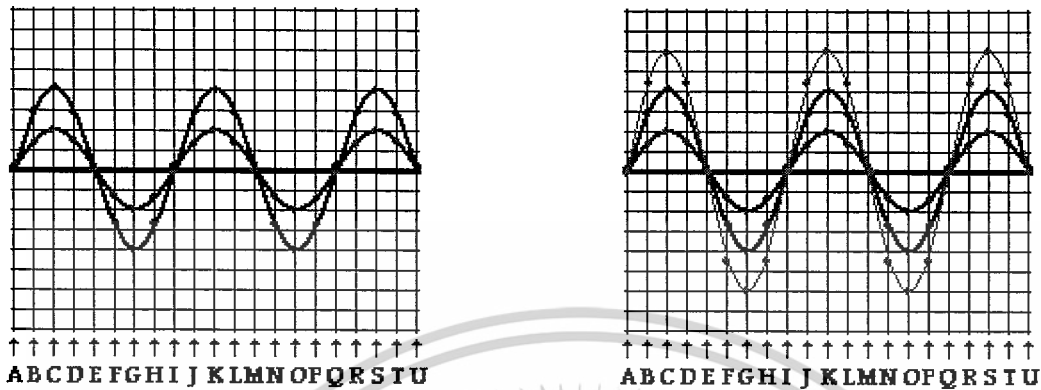
- การแทรกสอดแบบหักล้างกัน (Destruction interference) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นสองขบวนมีการจัดในทิศตรงข้ามกัน เช่น ท้องคลื่นเจอกับสันคลื่น



รูปที่ 2.6 การแทรกสอดแบบหักล้างกัน

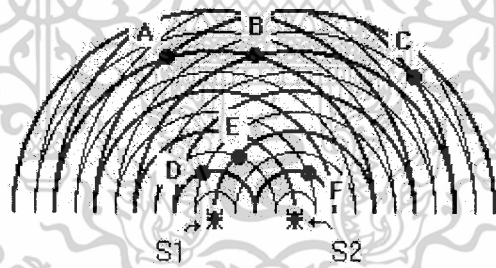
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ที่เกิดจากการแทรกสอดจะเป็นไปตามหลักการซ้อนทับ (Principle of superposition) และเมื่อผ่านพ้นกันไปแล้ว แต่ละคลื่นจะยังคงมีรูปร่างเหมือนก่อนรวมกันทุกประการ



รูปที่ 2.7 การแทรกสอด

การแทรกสอดของคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์สองแหล่ง
 เมื่อมีแหล่งกำเนิดคลื่นที่เหมือนกันสองแหล่งใกล้ ๆ กัน กำเนิดคลื่นทำให้เกิดการแทรกสอดกัน
 ดังรูป จะเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกัน เรียกว่า ปฏิบัพ (Antinode) และ แบบหักล้าง เรียกว่า บัพ (Node)

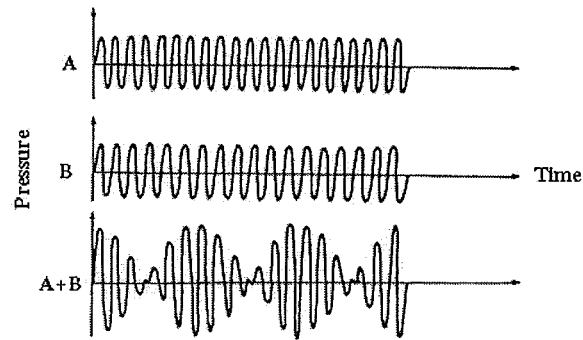


รูปที่ 2.8 การแทรกสอดของคลื่นสองลูก

การเกิดบีตส์ (Beat) เป็นปรากฏการณ์จากการแทรกสอดของคลื่นเสียง 2 ขบวนการที่มีความถี่แตกต่างกันเล็กน้อย และเคลื่อนที่อยู่ในแนวเดียวกันเกิดการรวมคลื่นเป็นคลื่นเดียวกันทำให้แอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลทำให้เกิดเสียงดังเสียงค่อยสลับกันไปด้วยความถี่ค่าหนึ่ง

ความถี่ของบีตส์หมายถึง เสียงดังเสียงค่อยที่เกิดขึ้นสลับกันในหนึ่งหน่วยเวลา เช่น ความถี่ของบีตส์เท่ากับ 7 รอบ/วินาที หมายความว่าใน 1 วินาที จะมีเสียงดัง 7 ครั้ง และเสียงค่อย 7 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การเกิดบีตส์

2.1.5 เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ (Sensor and Transducer)

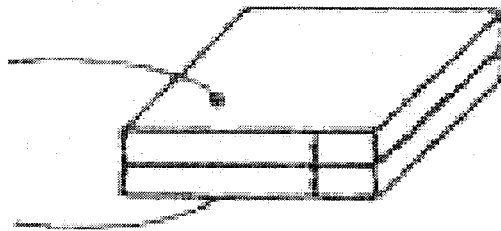
เซ็นเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงปริมาณทางกายภาพและเป็นค่าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์ที่สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลง ส่วนทรานสดิวเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง ในทางอิเล็กทรอนิกส์ทรานสดิวเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนปริมาณทางฟิสิกส์ เช่น ความร้อน, ระยะทาง, น้ำหนัก, เสียง ไปเป็นพลังงานทางไฟฟ้าหรือสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำเอาสัญญาณทางไฟฟ้าไปประมวลผลต่อไป ตัวอย่างเช่น เทอร์โมคัปเปิ้ล, โพลดเซลล์, อัลตราโซนิก เป็นต้น

2.1.5.1 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer)

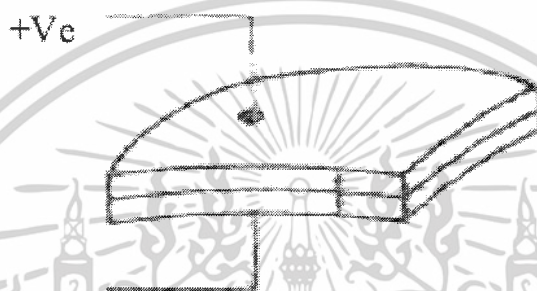
เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าโดยสร้างพัลส์ที่มีความถี่อัลตราโซนิกป้อนให้กับตัวมัน พลังงานไฟฟ้านี้ก็จะกลายเป็นพลังงานทางกลโดยกระสันไปมา ทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิกกระจายไปในอากาศได้ ในทางกลับกันก็สามารถแปลงพลังงานกลกลับมาเป็นพลังงานทางไฟฟ้าได้ อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ ชนิดที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่

1. เปียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) แปลงพลังงานไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่ค่าหนึ่ง
2. แมกนีโตสตริกทีฟ (Magnetostrictive Transducer) แปลงพลังงานไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่
3. อิเล็กโตรสตริกทีฟ (Electrostrictive Transducer) แปลงพลังงานไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล

ในโครงการนี้จะใช้อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก เพราะเป็นที่นิยมใช้ใน ปัจจุบันและมีราคาถูก ภายในตัวอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกประกอบด้วย ซีเนสารเซรามิกสี่เหลี่ยม มีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้งสองด้านเพื่อใช้ต่อสายไฟออกมาเป็นขาของตัวอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์สองขา ดังรูปที่ 2.10



(ก)



(ข)

- รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในตัวอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก
- (ก) ประกอบขึ้นจากสารเซรามิกสองชั้น
- (ข) วางประกบกันอยู่โดยวางให้ขั้วโคโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของมันทิคทางตรงข้ามกัน

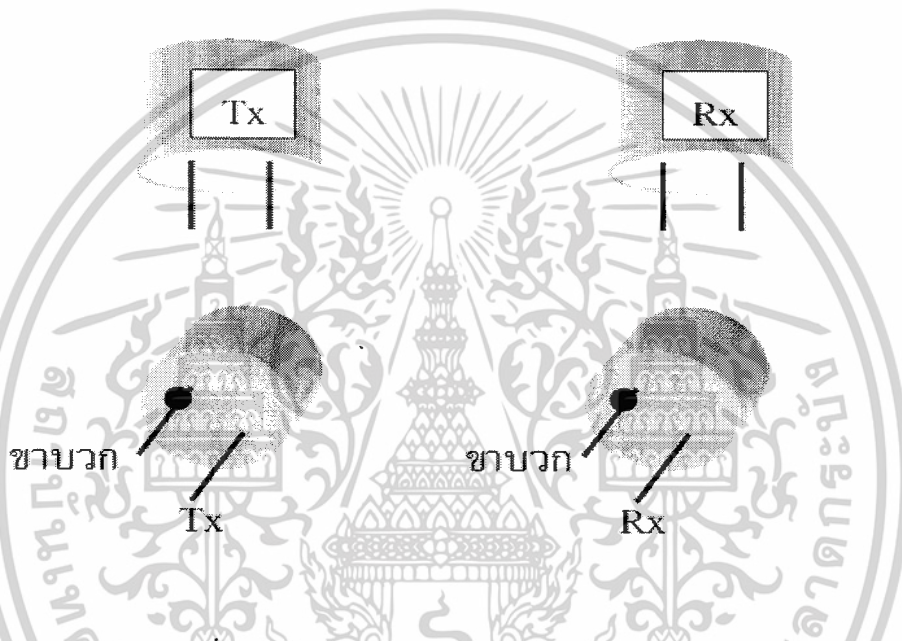
โครงสร้างภายในตัวอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้สารเซรามิก เมื่อป้อนแรงดันให้กับตัวมันท์จะทำให้ชั้นสารเซรามิกโก่งงอไปมาทำให้เกิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิคกระจายไปในอากาศ โดยชั้นสารเซรามิกถูกยึดภายในตัวถังอย่างดีเพื่อไม่ให้เกิดการสั่นในขณะที่ทำงานได้รับการกระทบกระเทือนจากภายนอก ตัวถังมักจะเป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่มีความสูงประมาณ 1 ถึง 2.5 เซนติเมตร ด้านหน้าทำเป็นช่องเปิดมีตะแกรงติดอยู่เพื่อให้อัลตราโซนิคเข้ามาและออกจากช่องเปิดได้สะดวก ตัวถังที่ทำมาจากโลหะควรต่อตัวถังลงกราวด์เพื่อทำหน้าที่ชิลด์

หลักการทำงานของของอัลตราโซนิคแบบเปียโซอิเล็กทริกที่ใช้เซรามิกมี 2 ชนิด คือ ตัวส่ง (Transmitter) และตัวรับ (Receiver)

ตัวส่งคลื่นอัลตราโซนิค คือ อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นคลื่นเสียงย่านอัลตราโซนิค เปรียบได้กับการทำงานเป็นลำโพง เมื่อมีแรงดันมาตกคร่อมขั้วทั้งสองของชั้นสารเซรามิกจะทำให้ชั้นสารโก่งงอมากขึ้นหรือน้อยลงและในทิศทางของสัญญาณนั้น ๆ ทำให้เกิดการ

กคอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เดียวกับสัญญาณนั้นกระจายออกไป โดยทั่วไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมามีค่าประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าที่ความถี่เรโซแนนซ์ ซึ่งเป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิก ส่วนที่ความถี่อื่นกำลังเอาท์พุทจะลดลงมากกว่านี้

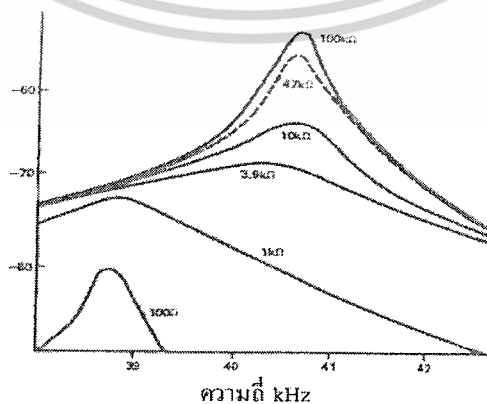
ตัวรับคลื่นอัลตราโซนิก คือ อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ที่ทำหน้าที่แปลงคลื่นเสียงอัลตราโซนิกที่มาตกกระทบตัวมันเป็นสัญญาณไฟฟ้า เปรียบได้กับการทำงานเป็นไมโครโฟน เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์เข้ามากระทบชิ้นสารเซรามิก จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอไปมาทำให้เกิดสัญญาณแรงดันขนาดเล็กตกคร่อมขั้วทั้งสองของตัวมันเองได้ คุณสมบัติโดยทั่วไปของอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริกมีค่าความต้านทานสูงมาก แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 รูปตัวส่งและตัวรับคลื่นอัลตราโซนิก

ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมากควรใช้โหนดที่มีความต้านทานสูง เพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบ แสดงดังรูป 2.12

ความไวของการรับ (dB)

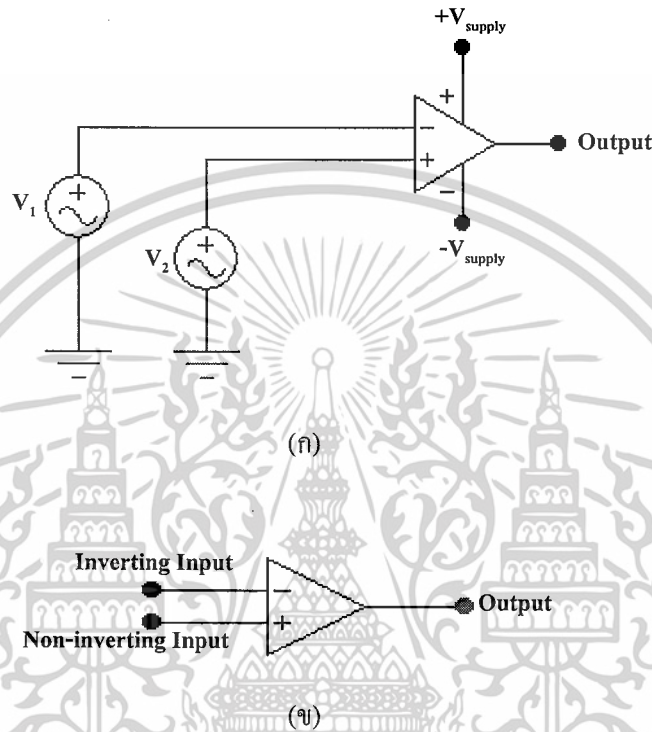


รูปที่ 2.12 ความไวของตัวรับคลื่นอัลตราโซนิกเทียบกับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ออปแอมป์ (Operational Amplifier)

ออปแอมป์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ให้อัตราขยายสูงขณะทำงานที่ลูปปิด (close loop gain) และสามารถควบคุมคุณสมบัติการทำงานของออปแอมป์ได้จากค่าของอุปกรณ์ภายนอก จากรูปที่ 2.13 (ก) แสดงสัญลักษณ์ของออปแอมป์ซึ่งประกอบด้วยขาสัญญาณอินพุตจำนวน 2 ขาสัญญาณ (ขาสัญญาณอินพุตบวกและขาสัญญาณอินพุตลบ) และขาสัญญาณเอาต์พุตอีก 1 ขาสัญญาณ

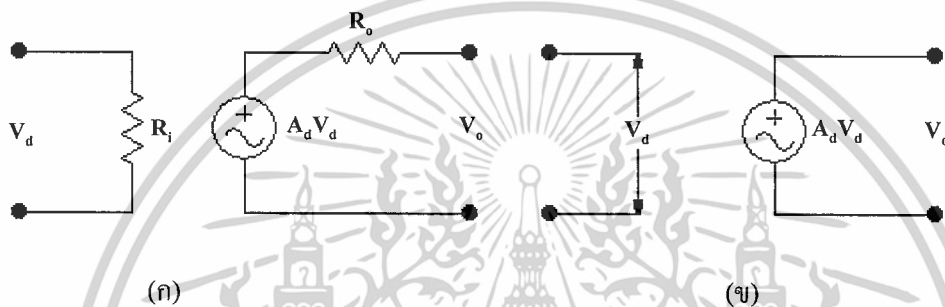


รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์ของออปแอมป์

สัญญาณอินพุตแต่ละขาสัญญาณจะมีผลต่อสัญญาณเอาต์พุตและในการใช้สัญลักษณ์โดยทั่วไป มักจะไม่คิดขาที่ต่อแรงดันไฟเลี้ยง (Voltage Supply) บวกและลบเข้าตัวออปแอมป์ในฐานะที่เข้าใจว่า จะต้องมีอยู่เสมอจึงทำให้สัญลักษณ์ของออปแอมป์ง่ายขึ้นดังรูป 2.13 (ข) การทำงานออปแอมป์แบ่ง ออกเป็น 2 กรณี คือกรณีที่มีอินพุตด้านเดียว (single-end input) และการทำงานที่มีอินพุตสองด้าน (differential mode)

2.2.1 วงจรสมมูลของออปแอมป์ (Op-amp Equivalent Circuit)

ออปแอมป์เป็นอุปกรณ์ที่มีอัตราขยาย (gain) และอินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_i หรือ R) สูงมาก (มักมีค่าเป็น $M\Omega$) และค่าอิมพีแดนซ์เอาต์พุต (Z_o หรือ R) ต่ำ (ต่ำกว่า $100\ \Omega$) วงจรอย่างง่ายของออปแอมป์ประกอบด้วยขั้วอินพุต 2 ขั้ว และขั้วเอาต์พุต 1 ขั้ว ดังรูปที่ 2.13 (ข) หากจ่ายสัญญาณอินพุตให้กับขั้วบวกของออปแอมป์จะได้สัญญาณเอาต์พุตที่มีมุมเฟสกับสัญญาณอินพุต 180 องศาหรือมุมที่มีมุมตรงข้ามกัน (out of phase) สามารถเขียนวงจรสมมูลทางกระแสสลับ (ac) ของออปแอมป์ในทางปฏิบัติได้ดังรูปที่ 2.14 (ก) ส่วนของวงจรสมมูลทางกระแสสลับของออปแอมป์ในทางอุดมคติ (กำหนดให้ $R_i = \infty$ และ $R_o = 0$) เป็นดังรูปที่ 2.14 (ข)



รูปที่ 2.14 วงจรเทียบเคียงของออปแอมป์

(ก) วงจรสมมูลของออปแอมป์ในทางปฏิบัติ

(ข) วงจรสมมูลของออปแอมป์ในทางอุดมคติ

2.2.2 คุณสมบัติเด่นของออปแอมป์ (Op-amp's Ideal Characteristics)

ในที่นี้เราจะสมมุติว่าออปแอมป์ในอุดมคตินั้นมีความต้านทานทางขาเข้าเป็นอนันต์และมีความต้านทานทางขาออกมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นลักษณะการถ่ายโอนสามารถแสดงดังรูป 2.15 (ก) การมีความต้านทานทางขาเข้าเป็นอนันต์นั้นหมายความว่ากระแสขาเข้า i_1 และ i_2 เท่ากับศูนย์ทั้งคู่การมีความต้านทานทางขาออกเท่ากับศูนย์หมายความว่าลักษณะการถ่ายโอนของออปแอมป์สามารถแทนด้วยแหล่งกำเนิดแรงดันพึ่งพิง (dependent voltage source) ดังรูปที่ 2.15 (ข) แสดงช่วงการทำงาน 3 ช่วงของออปแอมป์คือ ช่วงเชิงเส้น 1 และช่วงอิ่มตัว 2 ช่วง ในช่วงเชิงเส้นนั้นแรงดันออก V_o จะอยู่ระหว่างแรงดันของแหล่งจ่ายทั้งสอง ($+V$ และ $-V$)

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันออก V_o และความแตกต่างระหว่างแรงดันเข้า ($V_1 - V_2$) นั้นเป็นเชิงเส้นตามสมการ

$$V_o = A_d (V_1 - V_2) F \quad (2.3)$$

โดยที่ A_d คืออัตราขยายแรงดันซึ่งมักจะมีค่าเกินกว่า 10,000 แต่เนื่องจากว่าอัตราขยายมีค่ามาก และช่วงของสัญญาณเอาต์พุตมีจำกัด $|V_o| < |V|$ ดังนั้นช่วงของสัญญาณเข้าในเขตเชิงเส้นจึงมีขนาดเล็กมาก

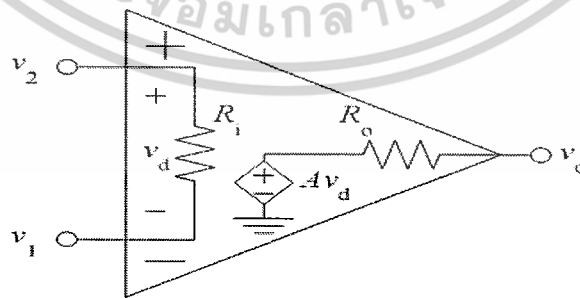
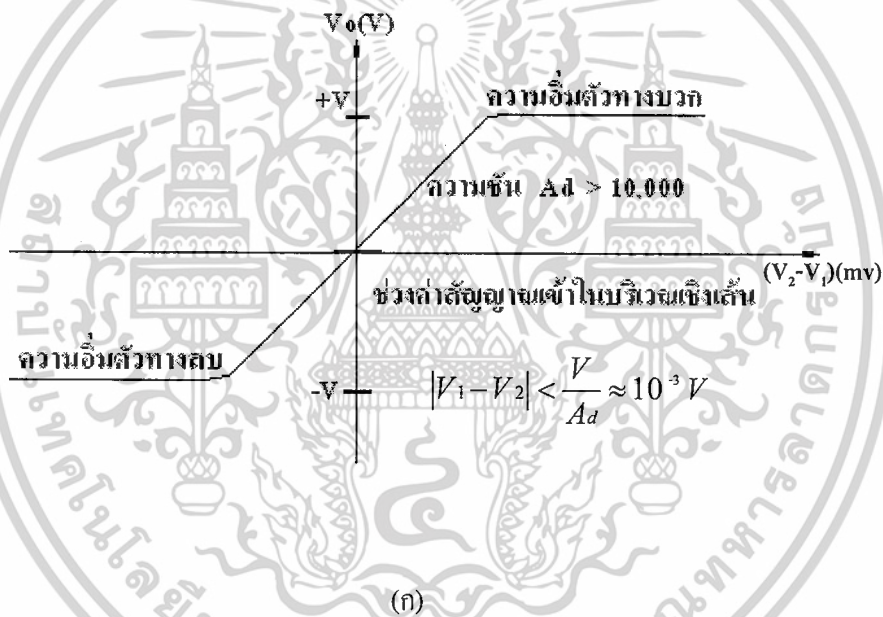
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$|V_o| < |V_1| - |V/A_d| \tag{2.4}$$

ออปแอมป์ที่ทั่วไปอัตราขยายวงจรเปิด (A_d : Open loop gain) มักจะมีค่าระหว่าง 10,000 ถึงหลายล้านเท่า ดังนั้นแหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 10-15 V ความกว้างของเขตเชิงเส้นสำหรับสัญญาณเข้าจะมีประมาณ 1mV หรือน้อยกว่าเท่านั้น หรือนิยามของการทำงานในเขตเชิงเส้นก็คือ

1. กระแสเข้าเป็นศูนย์
2. แรงดันเข้า V_1 และ V_2 ต่างกันไม่เกิน 1mV หรือน้อยกว่านั้น

ในเขตอิมิตัวความแตกต่างระหว่างแรงดันขาเข้าทั้งสองจะมีค่ามากกว่าขอบเขตจำกัดของสัญญาณในเขตเชิงเส้น นั่นคือ $|V_1 - V_2| = V/A_d$ ถ้า $V_1 > V_2$ ออปแอมป์จะอิมิตัวทางลบหรือเราอาจกล่าวได้ว่า $|V_2 - V_1| > 1mV$ ออปแอมป์จะอยู่ในสภาวะอิมิตัวทางลบและน่าสังเกตว่าถ้า $V_1 > V_2$ ออปแอมป์จะอิมิตัวทางบวก



รูปที่ 2.15 ลักษณะถ่ายโอนของออปแอมป์

(ก) กราฟแสดงจุดอิมิตัว

(ข) วงจรสมมูลของออปแอมป์

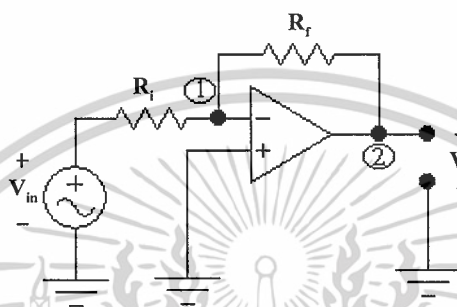
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การประยุกต์ใช้งานออปแอมป์ (Op-amp Application)

ออปแอมป์นำมาประกอบเป็นวงจรได้หลายวงจรซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้งานออปแอมป์ในวงจรบางประเภทเช่น วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส และวงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส

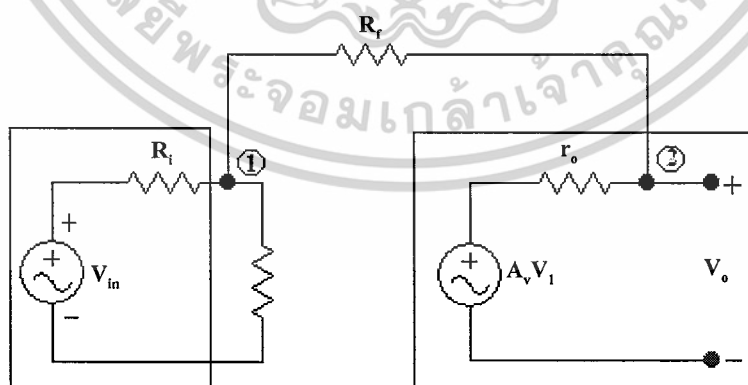
2.2.3.1 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสซึ่งให้สัญญาณขยายหลังการป้อนกลับคงที่และได้รับความนิยมมากแบบหนึ่ง



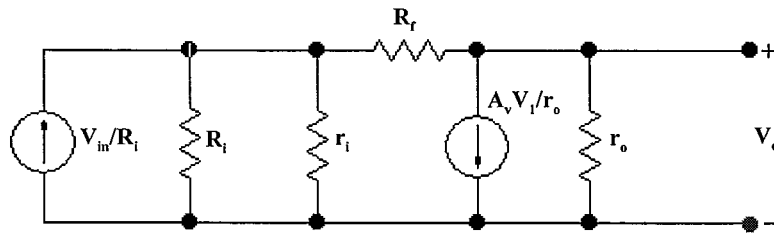
รูปที่ 2.16 วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส

เขียนวงจรสมมูลของออปแอมป์ที่มีการป้อนกลับจากเอาต์พุตมายังอินพุตในรูปที่ 2.16 โดยแทนวงจรสมมูลของออปแอมป์ในทางปฏิบัติจะได้วงจรสมมูลของวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสดังรูปที่ 2.17 เมื่อแหล่งกำเนิดสัญญาณแรงดันและความต้านทานอนุกรมในรูปที่ 2.17 ด้วยแหล่งกำเนิดกระแสและความต้านทานขนานของนอร์ตัน (Norton's equivalent circuit) จะได้วงจรสมมูลดังรูปที่ 2.18 หลังจากนั้นใช้การวิเคราะห์แบบโหนด (Node analysis) เพื่อหาค่าของอัตราส่วนระหว่างแรงดันเอาต์พุต ความต้านทานป้อนกลับและอัตราขยายของออปแอมป์



รูปที่ 2.17 วงจรสมมูลของวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟส 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 วงจรสมมูลในรูปที่ 2.17 เมื่อแทนด้วยแหล่งกำเนิดกระแสตามทฤษฎีของนอร์ตัน

$$\text{Node 1: } V_1 \left(\frac{1}{R_i} + \frac{1}{r_i} + \frac{1}{R_f} \right) - V_o \left(\frac{1}{R_f} \right) = \frac{V_{in}}{R_i} \quad (2.5)$$

$$\text{Node 2: } -V_1 \left(\frac{1}{R_f} \right) + V_o \left(\frac{1}{R_f} + \frac{1}{r_o} \right) = \frac{-A_v V_1}{r_o} \quad (2.6)$$

$$-V_1 \left(\frac{1}{R_f} - \frac{A_v}{r_o} \right) + \left(\frac{1}{R_f} + \frac{1}{r_o} \right) V_o = 0 \quad (2.7)$$

จากสมการที่ 2.5 และสมการที่ 2.7 สามารถเขียนความสัมพันธ์ในรูปของเมตริกซ์ได้คือ

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_i} + \frac{1}{r_i} + \frac{1}{R_f} & -\frac{1}{R_f} \\ -\frac{1}{R_f} + \frac{A_v}{r_o} & \frac{1}{R_f} + \frac{1}{r_o} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_{in}}{R_i} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

ใช้การแก้สมการด้วยวิธีของคราเมอร์ (Cramer's Rule) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณเอาต์พุตต่อสัญญาณอินพุตด้วยเมตริกซ์ตามสมการที่ 2.8 จะได้

$$\frac{V_o}{V_{in}} = -\left[\frac{R_f}{R_i} \right] \times \frac{1}{1 + \frac{\left(1 + \frac{r_o}{R_f} + \frac{R_f}{R_i} \right)}{A_v \left(1 + \frac{r_o}{A_v R_f} \right)}} \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และหากความต้านทานเอาต์พุต r_o มีค่าน้อยมากหรือเข้าใกล้ศูนย์ส่งผลให้สมการที่ 2.9 จะเหลือเพียง

$$\frac{V_o}{V_{in}} = -\left[\frac{R_f}{R_i}\right] \times \frac{1}{\left[1 + \frac{1}{A_v} \left(1 + \frac{R_f}{R_i} + \frac{R_f}{R_1}\right)\right]} \quad (2.10)$$

และหากอัตราขยายของออปแอมป์ที่ใช้มีค่าสูงมากประมาณสมการที่ 2.10 ได้เหลือเพียง

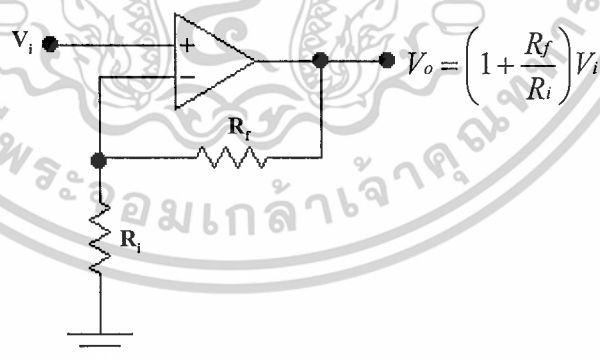
$$\frac{V_o}{V_{in}} = -\left(\frac{R_f}{R_i}\right) \quad (2.11)$$

จากสมการที่ 2.11 พบว่าอัตราขยายจะมีค่าเป็นลบซึ่งแสดงว่าเอาต์พุตกับสัญญาณอินพุตมีความต่างเฟสกันอยู่ 180 องศา ซึ่งทั้งหมดนี้วงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสจะทำงานได้โดยสมมุติฐานสมมติฐาน (Assumption) ที่อัตราขยายของออปแอมป์มีค่าสูงมาก, ความต้านทานอินพุตมีค่ามาก, ความต้านทานอินพุตที่มีค่าน้อยมากจึงจะได้ความสัมพันธ์ตามสมการที่ 2.11 นั้นเอง

2.2.3.2 วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส (Non-inverting Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟสมีลักษณะดังรูปที่ 2.19 (ก) ซึ่งเขียนวงจรสมมูลได้ดังรูป 2.19

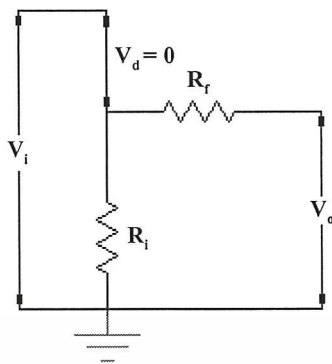
(ข)



(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



(จ)

รูปที่ 2.19 วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟส (Non-inverting Amplifier)

เนื่องจาก $V_d = 0$ จึงหาค่า V_i ได้โดยการแบ่งกฏแรงดันไฟฟ้าได้ดังนี้ คือ

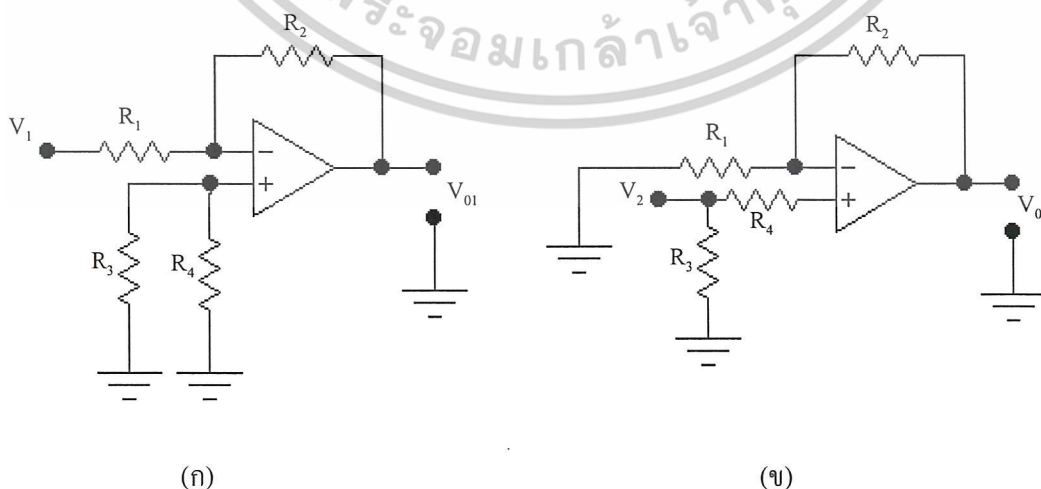
$$V_i = \left[\frac{R_i}{R_i + R_f} \right] V_o \quad (2.12)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R_i + R_f}{R_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (2.13)$$

2.2.3.3 วงจรขยายผลต่าง (Difference Amplifier)

ส่วนนี้จะแสดงให้เห็นการประยุกต์ใช้งานของวงจรรวมออปแอมป์ ซึ่งคือแบบกลับขั้วสัญญาณและไม่กลับขั้วสัญญาณ

จากรูปที่ 2.20 คำนวณหา V_o ในเทอมของ V_1 และ V_2 ใช้หลักการทับซ้อนลัดวงจร V_2 ดังรูป



(ก)

(จ)

รูปที่ 2.20 วงจรขยายผลต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{01} = -\frac{R_1}{R_2} \quad (2.14)$$

$$V_0 = V_{01} + V_{02} = -\frac{R_2}{R_1}V_2 + \left(\frac{R_4}{R_4 + R_3}\right)\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_2 \quad (2.15)$$

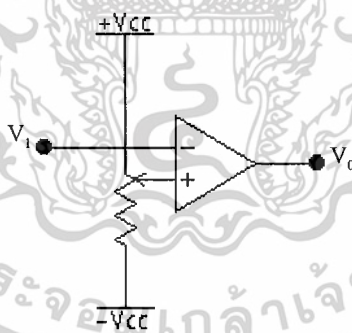
วงจรขยายผลต่างตอบสนองในสัดส่วนตรงกับสัญญาณผลต่าง ($V_1 - V_2$) และตอบสนองกับสัญญาณวิธีร่วม (Common-mode signal) นั่นคือ $V_0 = 0$ และ V_1 และ V_2 จะได้

$$V_0 = -\frac{R_2}{R_1}V_1 + \frac{R_2}{R_1}V_2 \quad (2.16)$$

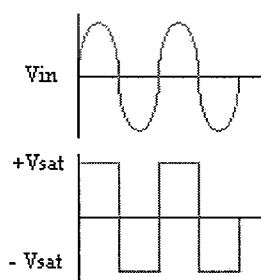
$$V_0 = -\frac{R_2}{R_1}(V_2 - V_1) \quad (2.17)$$

2.2.3.4 วงจรเปรียบเทียบ (Comparator)

วงจรใช้ในการตรวจสอบ โวลต์เตจอินพุตหนึ่งว่ามีขนาดสูงหรือต่ำกว่าอีกอินพุตหนึ่งดังรูปที่ 2.21 แสดงพื้นฐานของวงจรเปรียบเทียบโดยการใช้อปแอมป์



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.21 วงจรเปรียบเทียบ โดยมี V_1 เป็นแรงดันอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรเชิงเส้นนั้น ออปแอมป์อาจอยู่ในสภาพอิมิตัวทางบวกหรือทางลบก็ได้ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างแรงดันขาเข้าทั้งสองอาจมีมากก็ได้

เนื่องจากว่าออปแอมป์มีอัตราขยายวงรอบเปิดสูงมาก หากแรงดันที่ขั้วไม่กลับมีค่าสูงกว่าทางขั้วเข้ากลับเพียงไม่กี่มิลลิโวลท์ก็จะทำให้ออปแอมป์อิมิตัวทางบวก หรือถ้าแรงดันที่ขั้วเข้ากลับมีค่าสูงกว่าทางขั้วเข้าไม่กลับเพียงไม่กี่มิลลิโวลท์ ออปแอมป์ก็จะอิมิตัวทางลบ ดังนั้นออปแอมป์วงรอบเปิดจึงเหมาะสำหรับมาใช้เป็นวงจรเปรียบเทียบกับว่าสัญญาณที่ขั้วข้างใดมีค่ามากกว่าอีกข้างหนึ่ง

2.3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 และ AT89C4051

2.3.1 ความหมายของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่งซึ่งภายในประกอบด้วยวงจรอื่นๆ หลายวงจรและทำงานร่วมกัน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU : Central Processing Unit) หน่วยความจำทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic Logic Unit) วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) หน่วยความจำ (Memory : ROM, RAM) วงจรรับสัญญาณอินพุตและขับสัญญาณเอาต์พุต (I/O port) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมได้ดี เนื่องจากสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างอิสระตามความต้องการของผู้ใช้งาน

2.3.2 คุณสมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052

AT89LP4052 เป็น CPU ในตระกูล MCS-51 ซึ่งพัฒนาขึ้นให้มีความเร็วถึง 20 MIPS (20 ล้านคำสั่งต่อวินาที) คือ 1 CYCLE ต่อ 1 MACHINE CYCLE คือ 1 CLOCK ต่อ 1 คำสั่ง

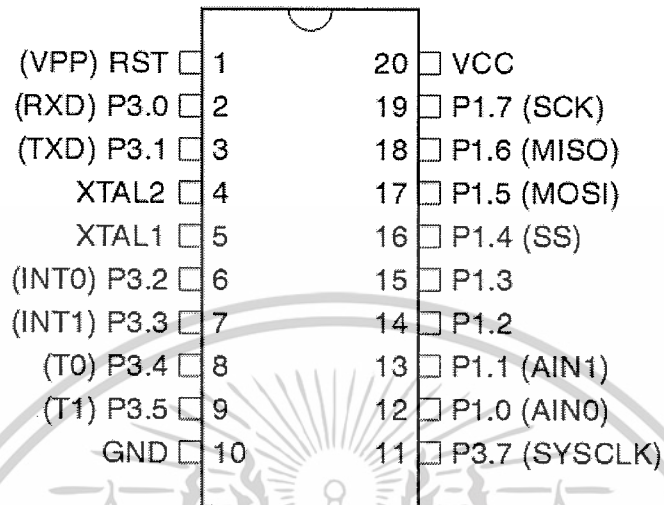
คุณสมบัติของ AT89LP4052

- DIP TYPE 20 PIN สามารถใช้แทนเบอร์ AT89C2052 หรือ AT89C4051 ได้โดยตรง
- RUN 20 MIPS ที่ความถี่ 20 MHz. CLOCK
- หน่วยความจำ 4 KBYTE FLASH สามารถทำการ DOWNLOAD เข้าตัว CPU ได้โดยตรง (ISP : IN-SYSTEM SERIAL PROGRAM)
- RAM 256 BYTE , ทำงานที่ 2.4V-5.5V
- วงจรสื่อสารอนุกรมได้ถึง 300 BPS-115200 BPS
- I/O 15 PIN เพิ่มความสามารถโปรแกรมคุณสมบัติการใช้งานได้ 4 แบบ คือ QUASH-BIDIR, INPUT ONLY, PUSH-PULL OUTPUT, OPEN-DRAIN OUTPUT สามารถต่อขับ LED ได้
- WATCHDOG, TIMER/COUNTER 8-16 BIT 2 CH, POWER ON RESET
- กินกระแสต่ำ 1 mA ACTIVE MODE, 1 μ A POWER DOWN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052

การจัดวางขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052



รูปที่ 2.22 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052

การใช้งาน I/O port ของ AT89LP4052

ประกอบไปด้วย I/O Port จำนวน 2 พอร์ต คือ P1 มีขนาด 8 บิต (P1.0 ถึง P1.7) และ P3 มี 7 บิต (P3.0 ถึง P3.5 และ P3.7) โดยในแต่ละพอร์ตจะมีรีจิสเตอร์สำหรับเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตๆละ 2 ชุดคือ PxM0 และ PxM1 โดยที่ Port-P1 ก็จะใช้รีจิสเตอร์ P1M0 และ P1M1 ในการเลือกโหมดการทำงานของ I/O ส่วน Port-P3 ก็จะใช้รีจิสเตอร์ P3M0 และ P3M1 ในการเลือกโหมดการทำงานของ I/O โดยในแต่ละบิต ของ I/O Port นั้นจะสามารถเลือกกำหนดหน้าที่การใช้งานได้โดยอิสระ ไม่จำเป็นต้องกำหนดหน้าที่การใช้งานให้เหมือนกันทุกบิตในพอร์ต โดยในการเลือกกำหนดหน้าที่การทำงานของ I/O แต่ละบิตนั้น จะใช้รีจิสเตอร์ PxM0 และ PxM1 ในตำแหน่ง บิตข้อมูล ที่ตรงกับ Bit I/O ร่วมกันในการกำหนดหน้าที่การทำงาน แต่ละบิตของ I/O Port จะสามารถเลือกกำหนดหน้าที่ หรือ คุณสมบัติการทำงานของพอร์ตได้ 4 แบบ ดังนี้คือ

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติการทำงานของพอร์ตใน AT89LP4052

PxM0.y	PxM1.y	I/O Port Mode
0	0	Quasi-bidirectional (Standard MCS51)
0	1	Push-pull Output
1	0	Input Only (High Impedance)
1	1	Open-Drain Output

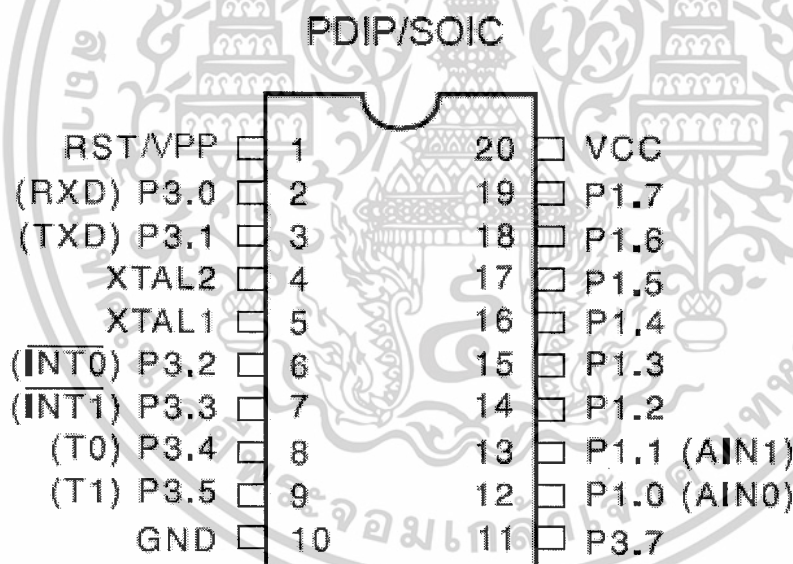
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 คุณสมบัติทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง ความจุ 2-4 กิโลไบต์ ขึ้นอยู่กับเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีขาพอร์ตสำหรับต่อใช้งาน 15 ขา โดยแบ่งเป็นพอร์ต 1 (8 บิต : P1.0-P1.7) และพอร์ต 3 (7 บิต : P3.0-P3.5 และ P3.7)
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051

การจัดวางขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051



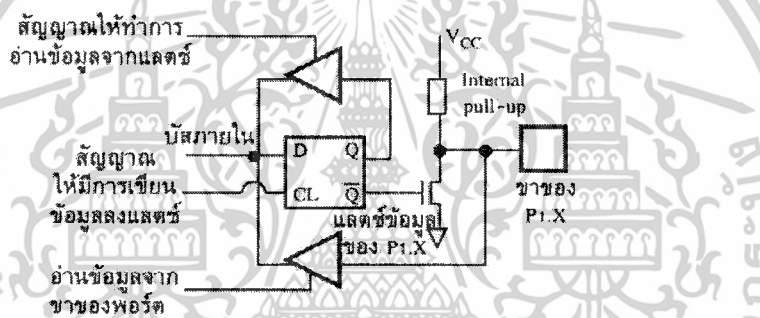
รูปที่ 2.23 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

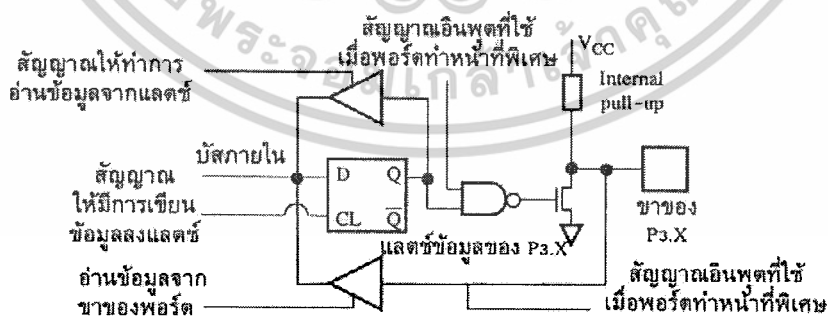
การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051 มีพอร์ตให้ใช้งาน 2 พอร์ต คือ พอร์ต 1 และพอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต แต่สำหรับพอร์ต 3 มีต่อให้ใช้งานทางฮาร์ดแวร์จริง 7 บิต เป็นพอร์ตแบบสองทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาต์พุตสำหรับรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051 มีวงจรแลตช์และวงจรจับตลอคจนบัฟเฟอร์อินพุต

ในรูปที่ 2.24 เป็นวงจรของพอร์ต 1 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจรถิฟลิปฟลอป การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะของวงจรแลตช์สามารถกระทำได้อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือ สัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ตและสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดิฟลิปฟลอปในขณะที่ข้อมูลจะผ่านมาจากขาบัตซ์ข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดิฟลิปฟลอป มีวงจรพูลอัปภายในที่แต่ละบิตของพอร์ต



รูปที่ 2.24 วงจรภายในของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.25 วงจรภายในของพอร์ต 3 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.25 เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นได้ว่าคล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์ และวงจรอินพุต,เอาต์พุตเมื่อทำงานในฟังก์ชันพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้เกือบทุกขา (เว้น P3.7)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของระบบนี้จะเริ่มจากการที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการส่งพัลส์ความถี่ 40 kHz. ออกไปให้กับตัวส่ง เมื่อสัญญาณได้ไปสะท้อนกับวัตถุก็จะทำการสะท้อนกลับมาเข้าหาตัวรับ ด้านตัวรับ เมื่อได้รับสัญญาณก็ต้องมาผ่านภาคขยายสัญญาณเนื่องจากสัญญาณที่เข้ามามีขนาดเล็กมาก ตัวขยายสัญญาณเมื่อทำการขยายสัญญาณเสร็จก็จะส่งต่อไปยังวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อจัดระดับสัญญาณและส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 เพื่อทำการประมวลผลแล้วส่งต่อไปยังเครื่องส่งย่านความถี่ 433.92 MHz. ส่งผ่านไปที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051 เพื่อทำการประมวลผลที่ได้จากนั้นจะทำการส่งไปยังเครื่องรับย่านความถี่ 433.92 MHz. แสดงผลออกมา

การคำนวณค่าระยะทางจากเวลาที่สะท้อนกลับ

โดยใช้สมบัติพื้นฐานของเสียงที่มีความเร็วในการเดินทางในอากาศด้วยอัตราเร็วประมาณ 340 เมตรต่อวินาที และถ้าเราต้องการวัดระยะทางได้ 1 เมตร เราจะต้องคิดจากที่เสียงใช้เวลาในการเดินทางได้ในระยะ 2 เมตรเพราะเสียงจะต้องเดินทางไปและกลับ ในการทดลองได้ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นความเร็วที่ใช้คือ 345 m/s ซึ่งมาจากสมการความเร็วเสียงในอากาศจะได้

$$V = 331 \sqrt{1 + \frac{t}{273}}$$

t = อุณหภูมิมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

t₁ = ค่าระยะเวลาที่เสียงเดินทางมีหน่วยเป็นวินาที

$$V = \frac{s}{t_1}$$

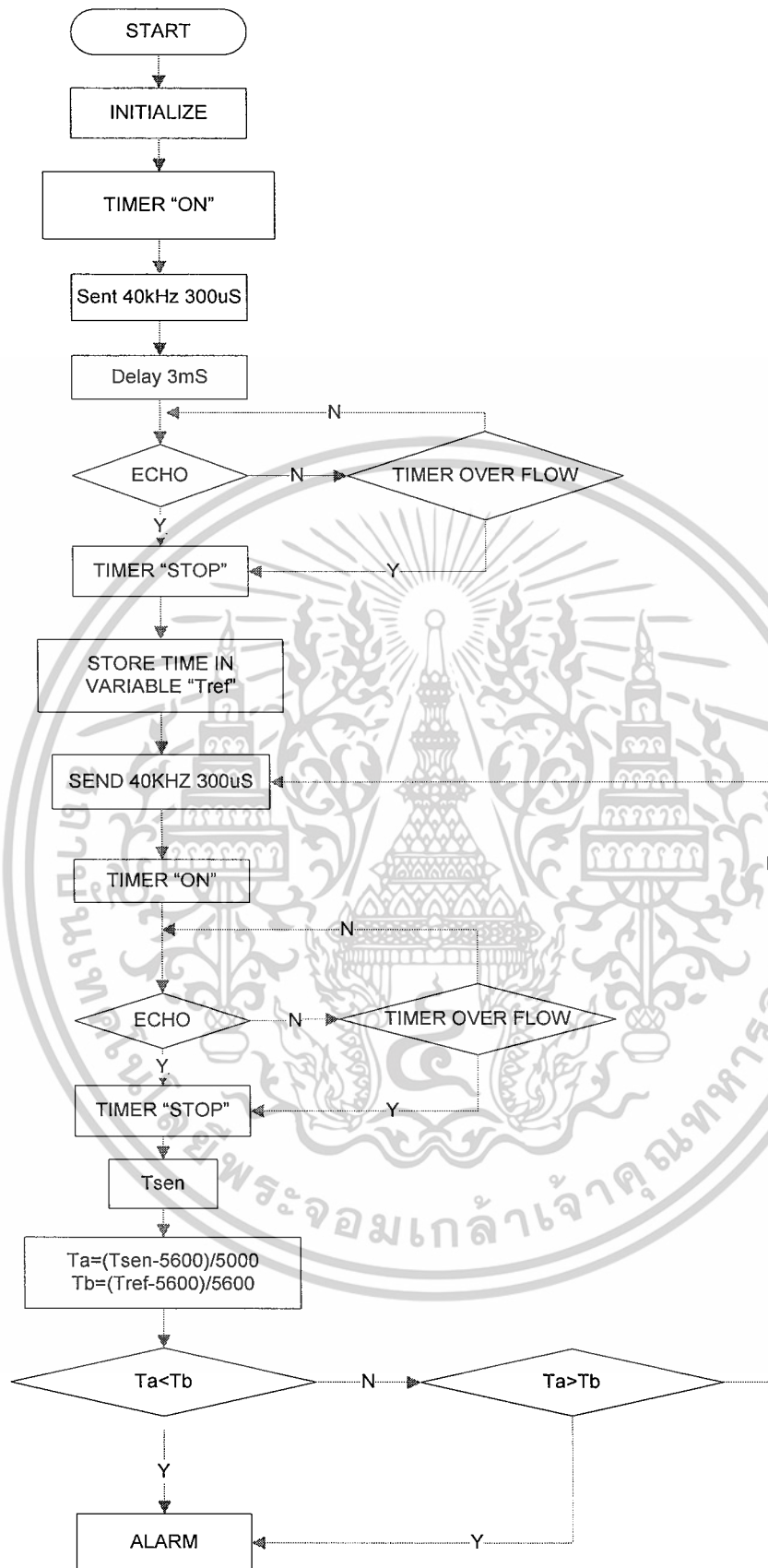
$$t_1 = \frac{s}{V}$$

ในการทดลองได้คำนวณที่ระยะ 1 เมตร

ดังนั้น ค่าระยะเวลาที่เสียงเดินทางไปกลับจึงมีค่าเท่ากับ $(1/345) \times (1) = 2.89 \times 10^{-3}$ วินาที

จากแนวคิดนี้ เราจึงนำมาเขียน โปรแกรมเพื่อทำการหาค่าที่เหมาะสมในการส่งพัลส์ก่อนที่เสียงจะเดินทางและมีจังหวะในการส่งพัลส์ออกไปอย่างต่อเนื่อง โดยระยะห่างในการส่งพัลส์แต่ละชุดพัลส์ที่ส่งออกไปจะต้องมีระยะห่างเพียงพอ เพื่อให้ไม่เสียงสะท้อนในแต่ละเฟรมที่ต่อเนื่องกันเกิดการรบกวนกัน

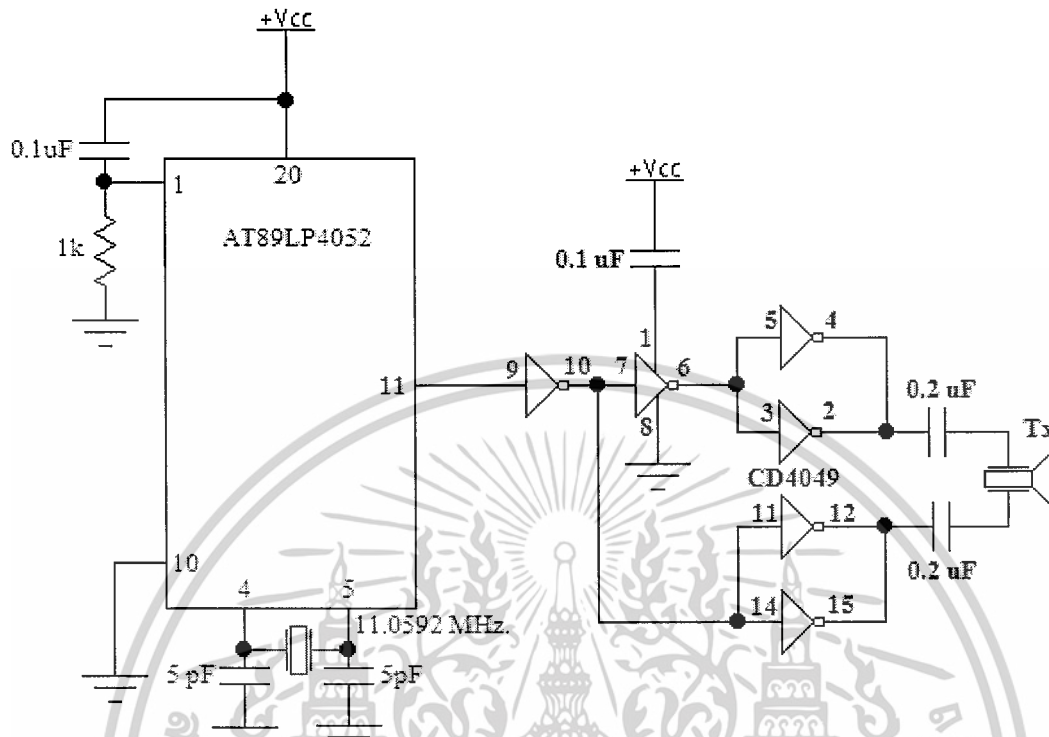
แผนผังแสดงการประมวลผลของ โปรแกรมแสดงดังรูปด้านล่างนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังการประมวลผลของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

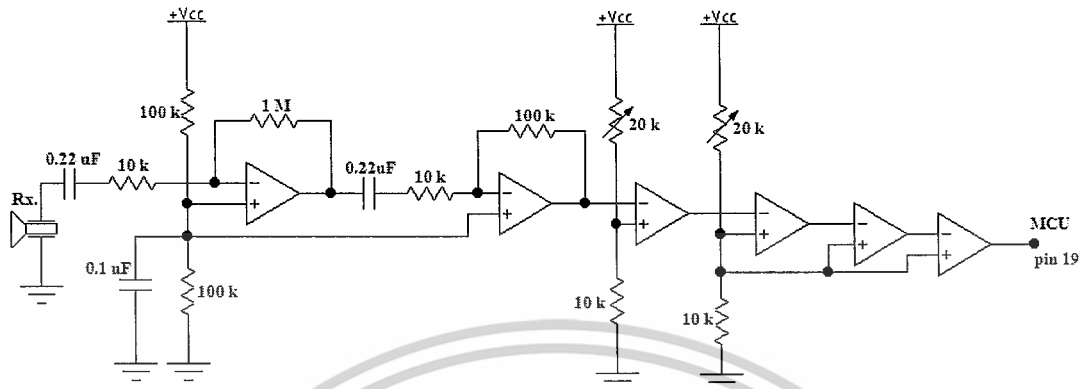
3.2 การออกแบบวงจรภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบวงจรภาครับคลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 3.3 วงจรภาครับคลื่นอัลตราโซนิก

การคำนวณอัตราขยายของภาครับ จะได้

$$V_i + \frac{V_o}{A} \cdot \frac{R_i}{R_f} (1+A) + \frac{V_o}{A} = 0 \quad (3.1)$$

$$V_o \left[\frac{R_i}{R_f} \cdot \frac{(1+A)}{A} + \frac{1}{A} \right] = -V_i \quad (3.2)$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_i} \quad (3.3)$$

$$A = -\frac{R_f}{R_i} \quad (3.4)$$

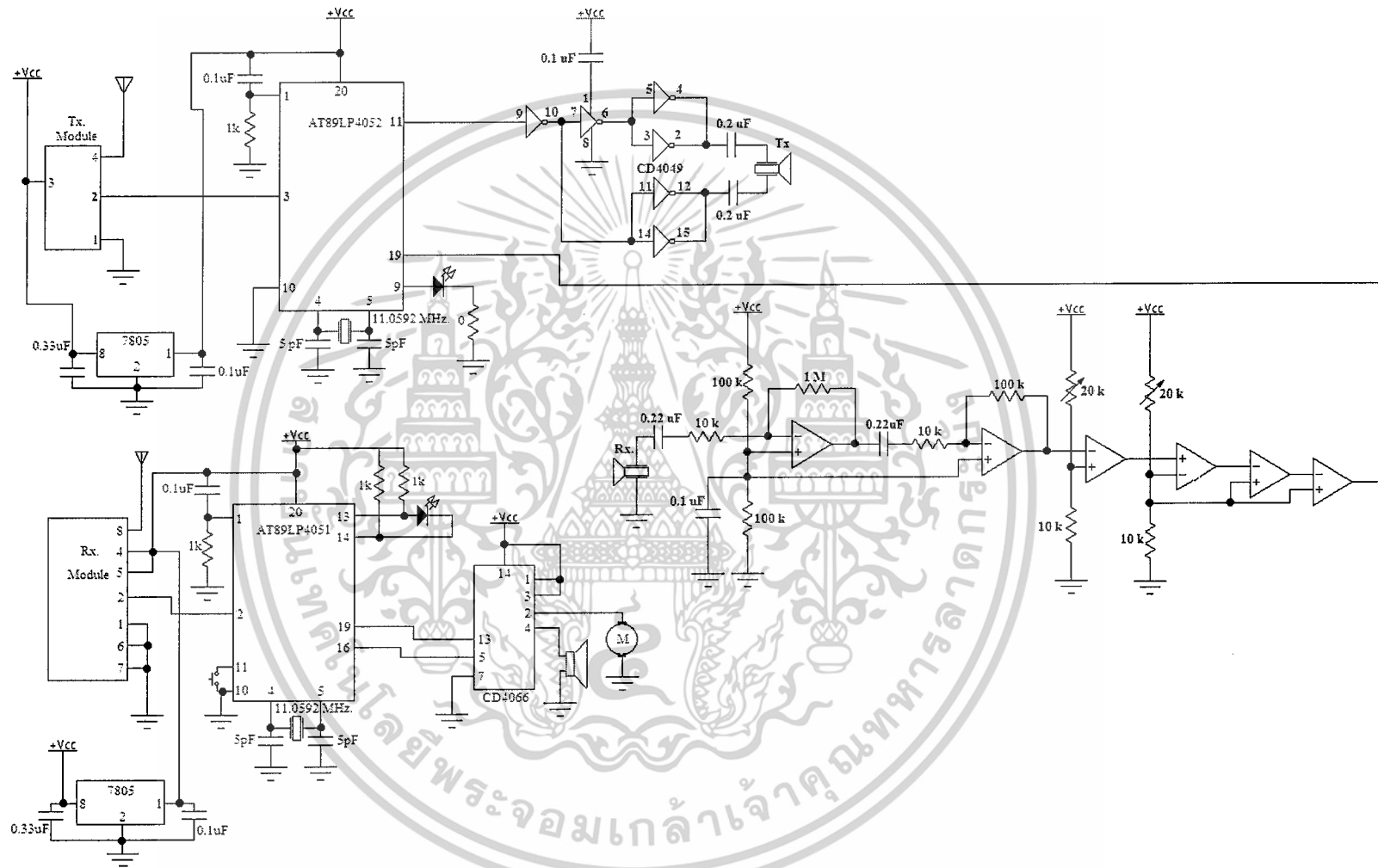
จากวงจรข้างต้น $R_i = 10 \text{ k}\Omega$ และ $R_f = 100 \text{ M}\Omega$ สามารถคำนวณอัตราขยายได้จาก

$$A_1 = -\frac{1\text{M}\Omega}{10\text{k}\Omega} = -100 \quad (3.5)$$

$$A_2 = -\frac{100\text{k}\Omega}{10\text{k}\Omega} = -10 \quad (3.6)$$

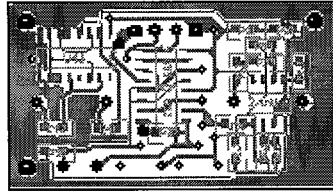
$$\therefore A = A_1 A_2 = 1000 \quad (3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

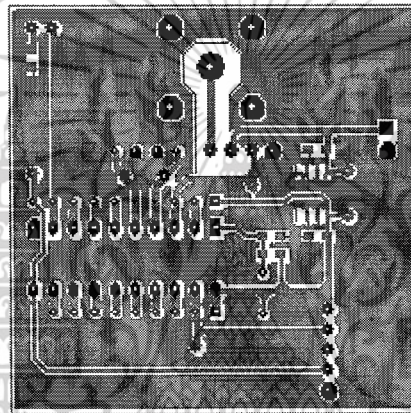


รูปที่ 3.4 ภาพวงจรรวมระบบเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์

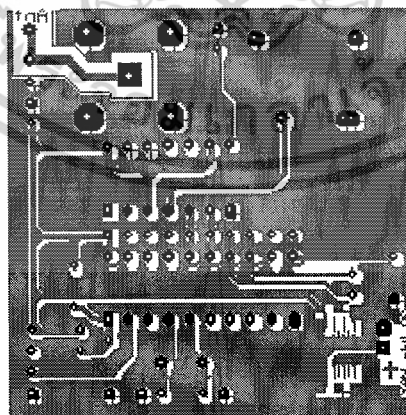
การออกแบบลายวงจร



รูปที่ 3.5 ลายวงจรภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิก



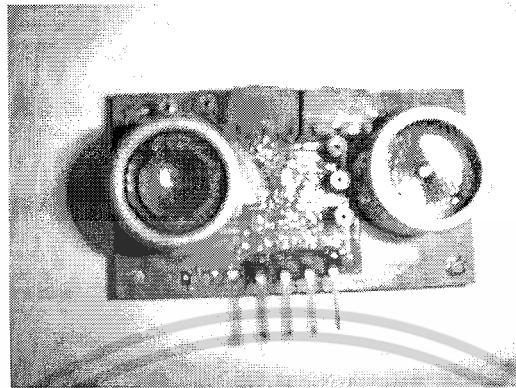
รูปที่ 3.6 ลายวงจรเครื่องส่งย่านความถี่ 433.92 MHz.



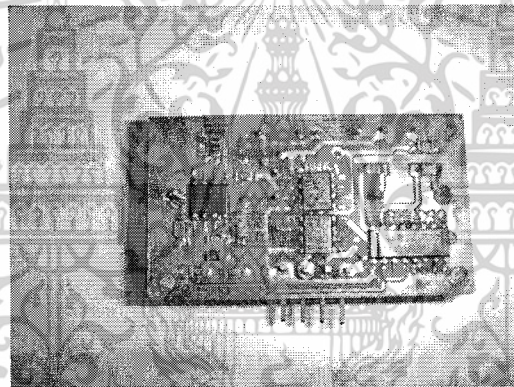
รูปที่ 3.7 ลายวงจรเครื่องรับย่านความถี่ 433.92 MHz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์



(ก)

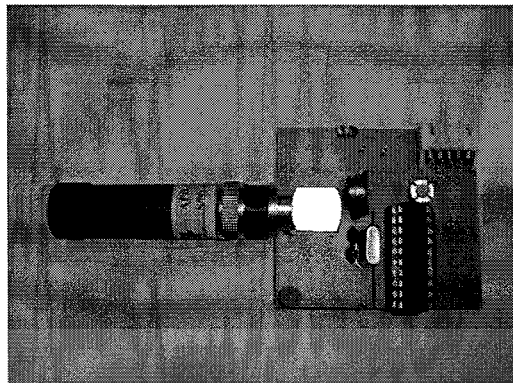


(ข)

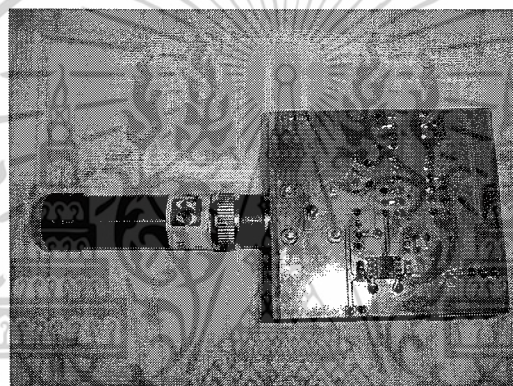
รูปที่ 3.8 วงจรภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิก

- (ก) วงจรภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิกทางด้านหน้า
 (ข) วงจรภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิกทางด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



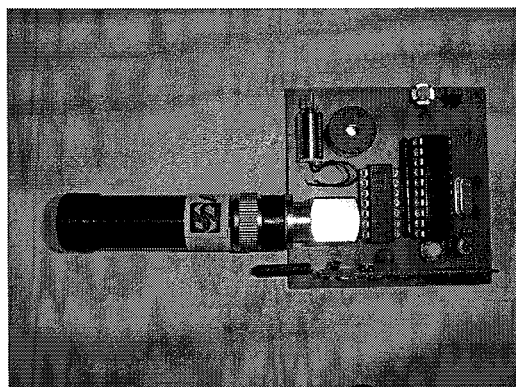
(ข)

รูปที่ 3.9 วงจรเครื่องส่งย่านความถี่ 433.92 MHz.

(ก) วงจรเครื่องส่งย่านความถี่ 433.92 MHz. ทางด้านหน้า

(ข) วงจรเครื่องส่งย่านความถี่ 433.92 MHz. ทางด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

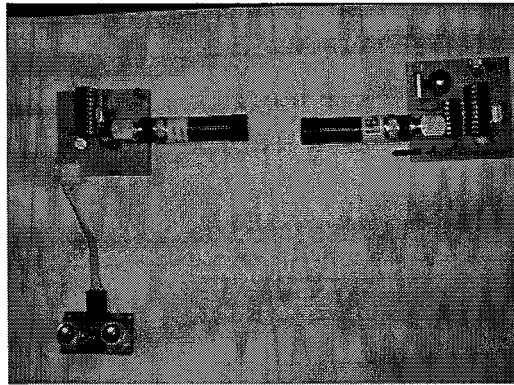


(ข)

รูปที่ 3.10 วงจรเครื่องรับย่านความถี่ 433.92 MHz.

- (ก) วงจรเครื่องรับย่านความถี่ 433.92 MHz. ทางด้านหน้า
 (ข) วงจรเครื่องรับย่านความถี่ 433.92 MHz. ทางด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ภาพรวมการทำงานของเครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์



รูปที่ 3.12 เครื่องเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์

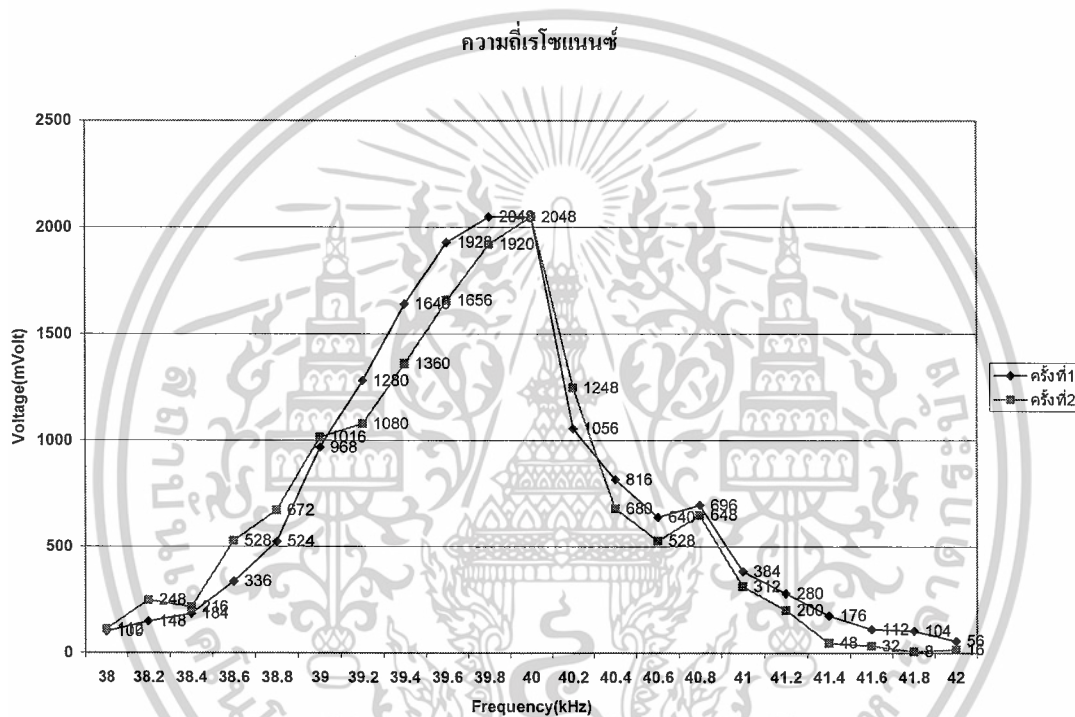
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง โดยทำการทดลองระบบเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์ แล้วทำการบันทึกผลที่ได้ขณะทำการทดลองในส่วนต่างๆของวงจร โดยมีรายละเอียดดังนี้

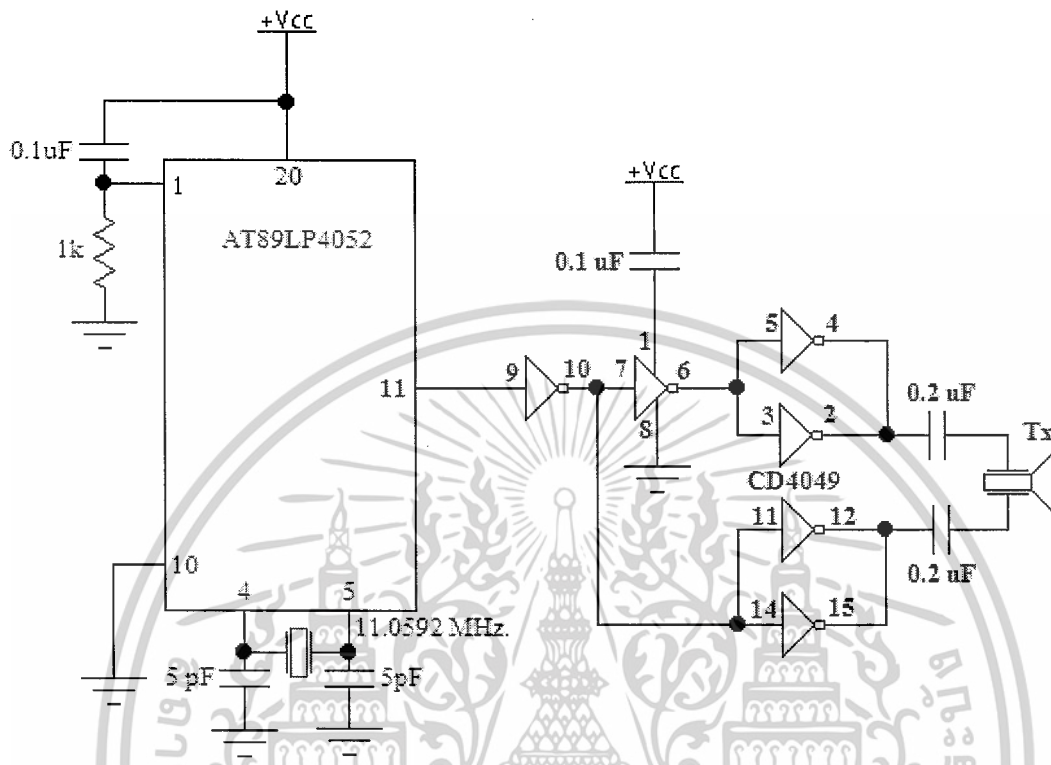
4.1 การหาค่าความถี่เรโซแนนซ์ของตัวออสตราโซนิค



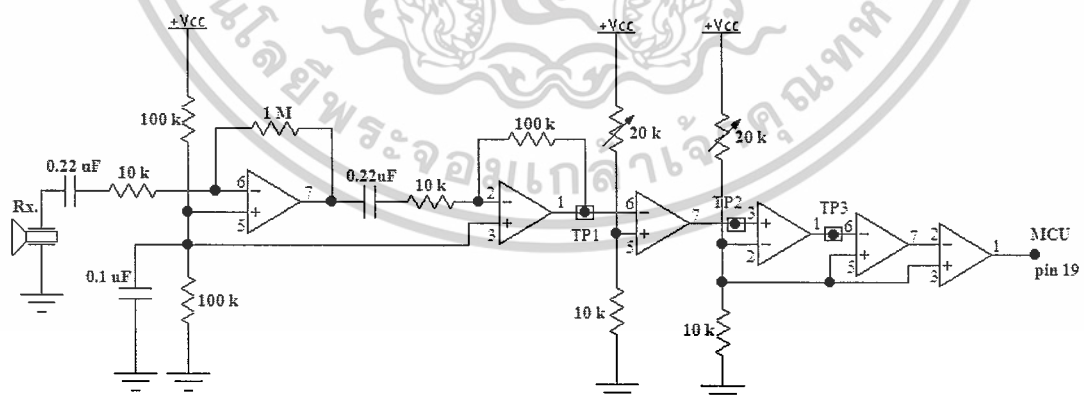
รูปที่ 4.1 กราฟค่าความถี่เรโซแนนซ์ของตัวออสตราโซนิค

ทำการทดลองเพื่อหาความถี่เรโซแนนซ์ของตัวออสตราโซนิค จากการทดลองความถี่ที่ให้ค่าแอมพลิจูดสูงสุดคือความถี่ 40 kHz. จึงนำค่านี้มาใช้ในการกำเนิดพัลส์ให้กับตัวออสตราโซนิค

4.2 วงจรภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิก



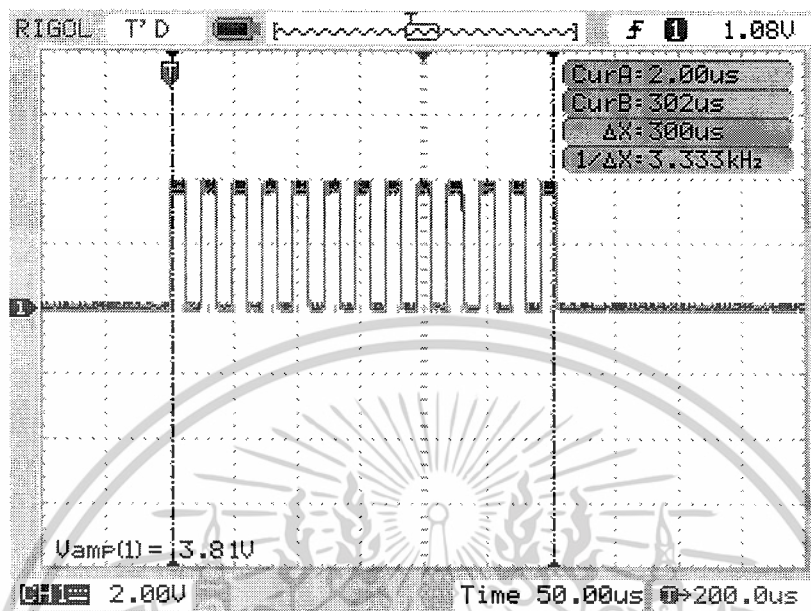
รูปที่ 4.2 วงจรภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 4.3 วงจรภาครับคลื่นอัลตราโซนิก

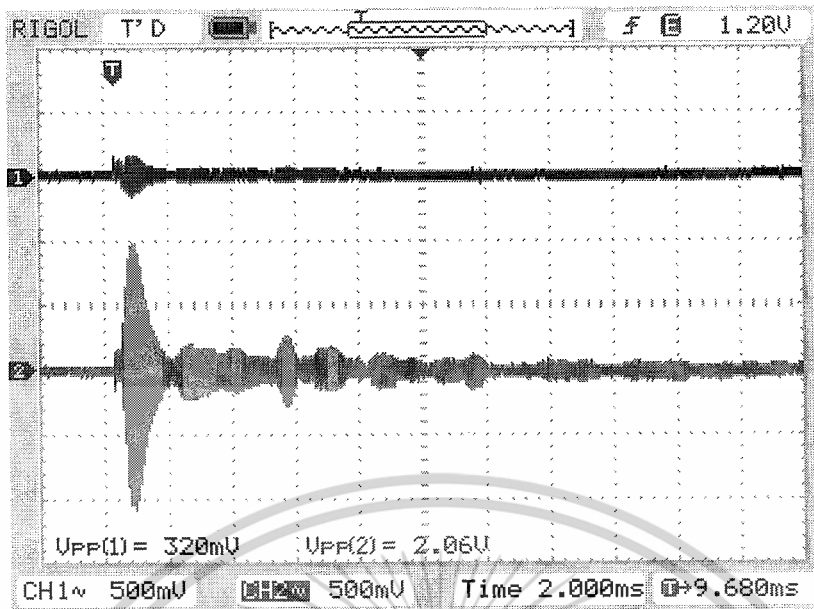
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลการทดลองที่ทำการวัดที่ภาคส่งและภาครับคลื่นอัลตราโซนิก

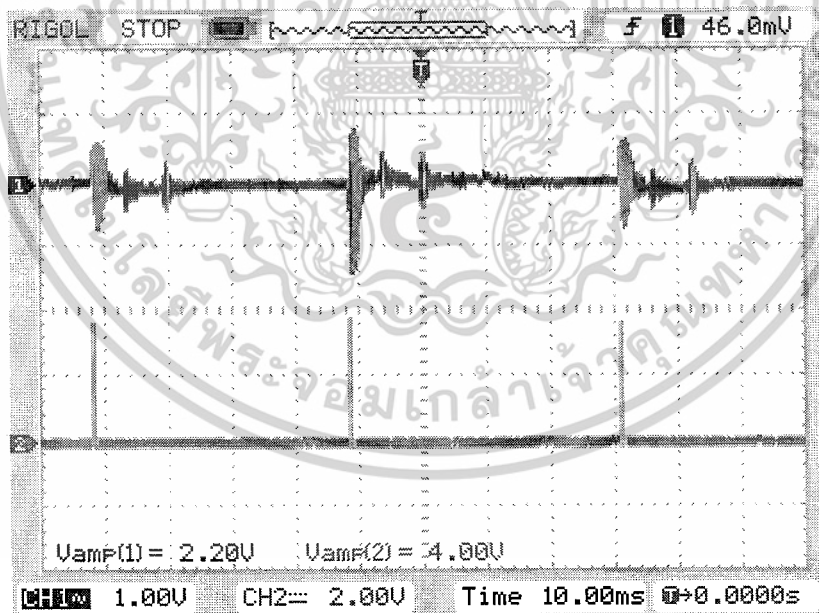


รูปที่ 4.4 การวัดสัญญาณที่ขาไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 ขาที่ 11 ที่ทำการส่งพัลส์ให้กับตัวส่งอัลตราโซนิกทำให้อัลตราโซนิกทำงานแล้วส่งคลื่นเสียงออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

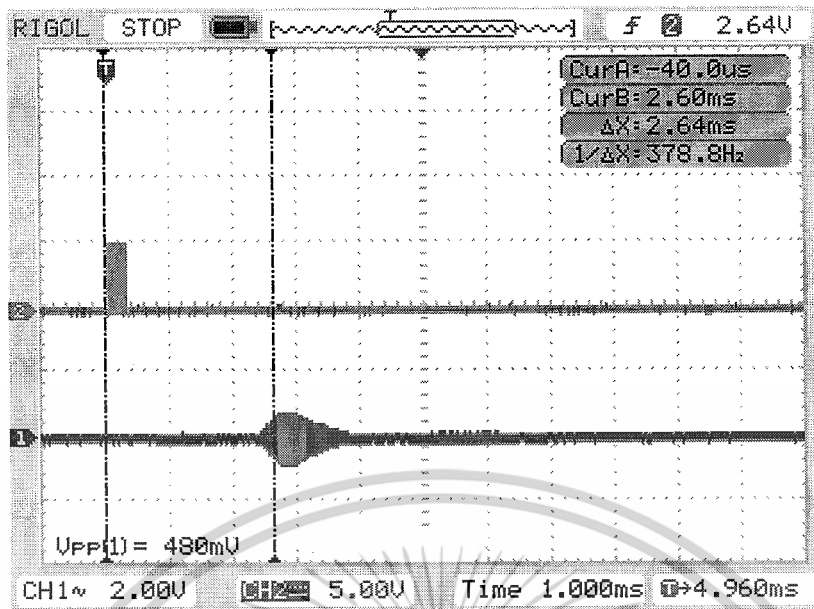


รูปที่ 4.5 Ch.1 การวัดสัญญาณขาอินพุตที่ขั้วที่ขังไม่ได้ผ่านวงจรขยายสัญญาณซึ่งเป็นสัญญาณที่มีแอมพลิจูดต่ำแล้วนำสัญญาณนี้ส่งต่อกับวงจรขยายสัญญาณ
Ch.2 การวัดสัญญาณที่จุด TP 1 เป็นสัญญาณที่ตัวรับอินพุตที่ขังเมื่อผ่านวงจรขยายสัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อส่งต่อกับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน



รูปที่ 4.6 Ch.1 การวัดสัญญาณที่จุด TP 2 ซึ่งเป็นสัญญาณEchoที่ผ่านวงจรขยายสัญญาณจะมีแอมพลิจูดเกิดขึ้นตรงกับตำแหน่งของตัวส่ง
Ch.2 การวัดสัญญาณที่ขา 11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 ซึ่งเป็นสัญญาณที่ส่งให้กับอินพุตที่ขัง ซึ่งเป็นพัลส์ที่ส่งไปตลอดเวลา

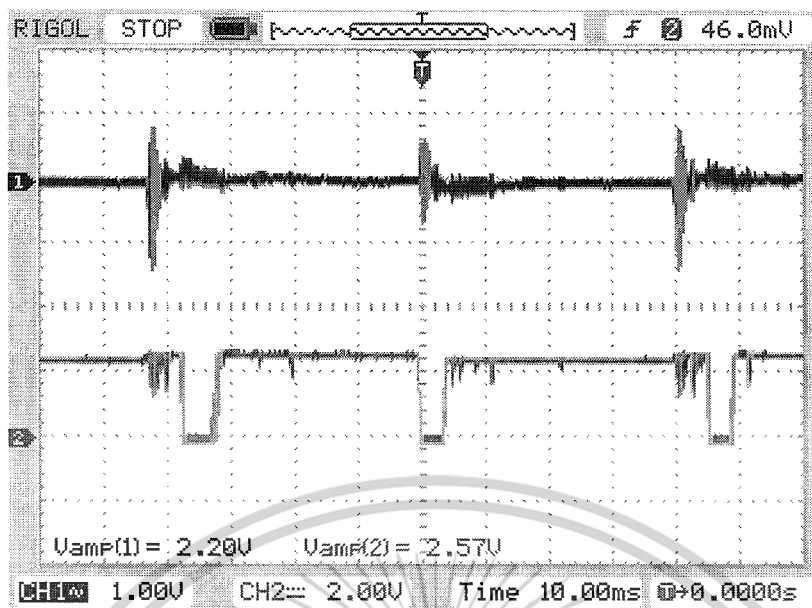
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 Ch.1 การวัดสัญญาณที่ขาอัลตราโซนิกตัวรับขณะที่ยังไม่ผ่านวงจรขยายสัญญาณเมื่อทำการส่งพัลส์มา 1 ครั้ง

Ch.2 การวัดสัญญาณที่ขา 11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 การวัดสัญญาณที่ขาอัลตราโซนิกตัวรับขณะที่ยังไม่ผ่านวงจรขยายสัญญาณเมื่อทำการส่งพัลส์มา 1 ครั้ง

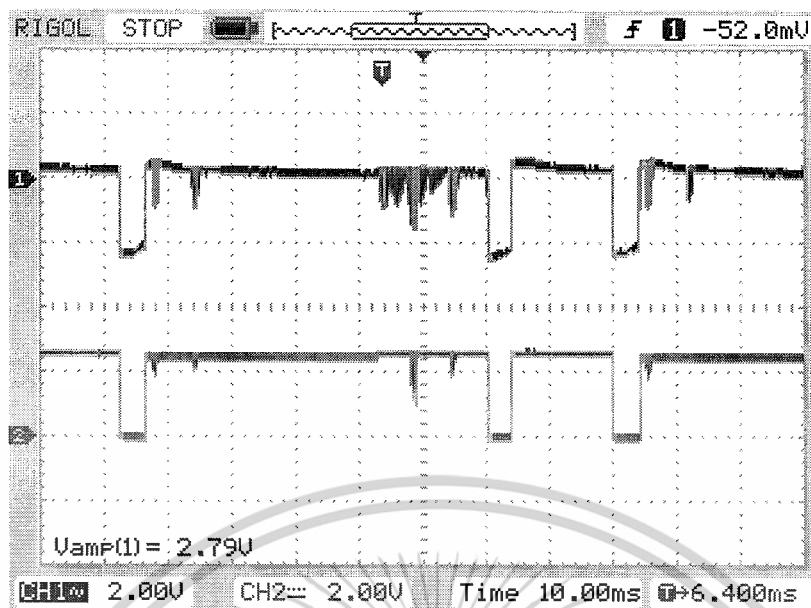
จากการทดลองนำสัญญาณเพื่อทำการเปรียบเทียบสัญญาณตัวส่งกับตัวรับ ไทม์เมอร์จะเริ่มนับเวลาหลังจาก 3ms. ไทม์เมอร์จะ on เพื่อป้องกัน side effect ด้านข้าง



รูปที่ 4.8 Ch.1 การวัดสัญญาณ Echo ที่จุด TP 1 เมื่อผ่านวงจรขยายสัญญาณ
Ch.2 การวัดสัญญาณ Echo ที่จุด TP 2 หลังผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน state 1 ของ
วงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดที่หนึ่ง

นำสัญญาณจาก Ch.1 ส่งผ่านให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อจัดระดับสัญญาณให้เป็น 0 หรือ

1

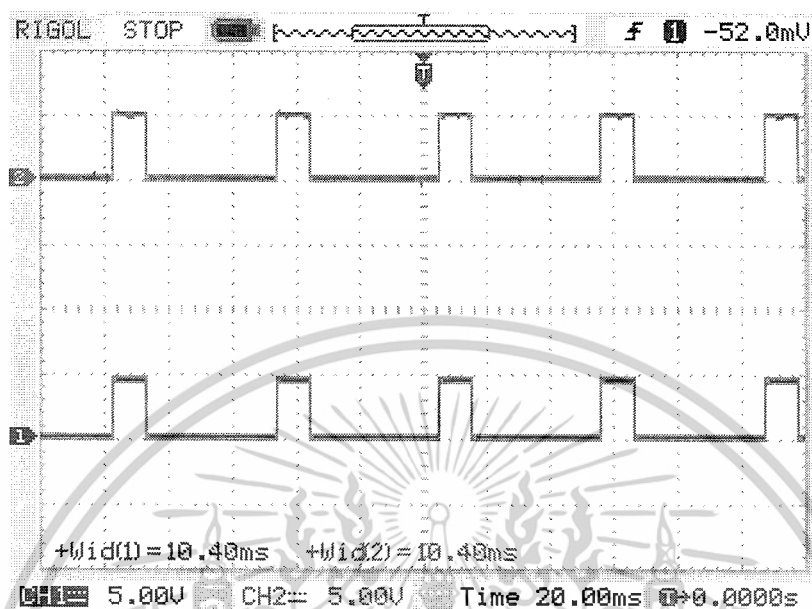


รูปที่ 4.9 Ch.1 การวัดสัญญาณที่ผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน state 2 ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดที่หนึ่ง

Ch.2 การวัดสัญญาณที่ผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน state 1 ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดที่สอง

จากการทดลองได้นำสัญญาณมาผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดันเพื่อทำการจัดระดับสัญญาณให้มีสัญญาณที่ดีขึ้น

จากรูปเป็นการจำลองเหตุการณ์ในสภาวะปกติ

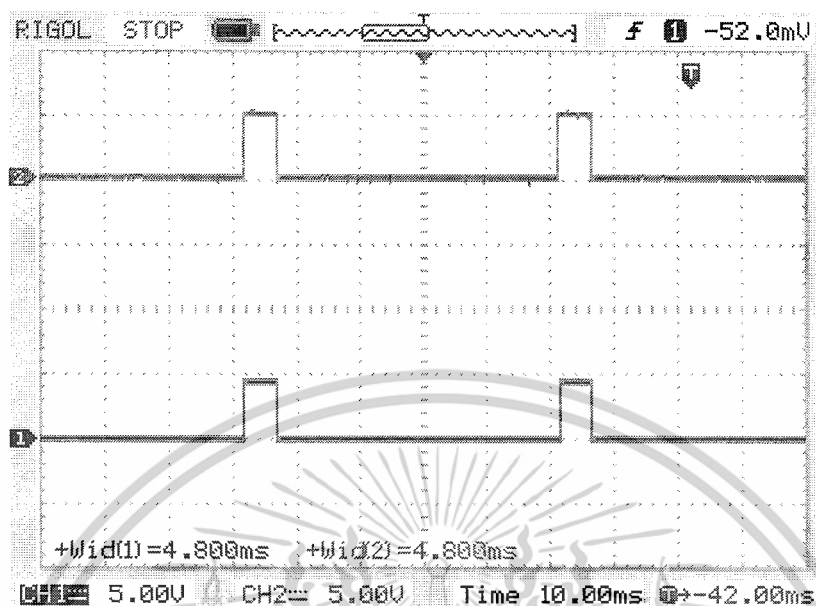


รูปที่ 4.10 Ch. 1 การวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 ซึ่งรับสัญญาณมาจาก RF Module ตัวส่ง สัญญาณที่แสดงเป็นสัญญาณที่อยู่ในสภาวะปกติความกว้างพัลส์เท่ากับ 10 ms.

Ch. 2 การวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051 ซึ่งรับสัญญาณมาจาก RF Module ตัวรับ สัญญาณที่แสดงเป็นสัญญาณที่อยู่ในสภาวะปกติความกว้างพัลส์เท่ากับ 10 ms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเป็นการจำลองเหตุการณ์ในสถานะผิดปกติ



รูปที่ 4.11 Ch. 1 การวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89LP4052 ซึ่งรับสัญญาณมาจาก RF Module ตัวส่ง สัญญาณที่แสดงเป็นสัญญาณที่อยู่ในสถานะปกติ ความกว้างพัลส์เท่ากับ 5 ms.

Ch. 2 การวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C4051 ซึ่งรับสัญญาณมาจาก RF Module ตัวรับ สัญญาณที่แสดงเป็นสัญญาณที่อยู่ในสถานะปกติ ความกว้างพัลส์เท่ากับ 5 ms.

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 จะเห็นว่าเมื่อทำการจำลองเหตุการณ์สถานะภายในของรถยนต์นั้น เมื่ออยู่ในสถานะปกติสัญญาณที่วัดได้จะมีความกว้างพัลส์เท่ากับ 10 ms. แต่เมื่ออยู่ในสถานะผิดปกติซึ่งไม่ว่าจะเป็นในกรณีที่ประตูถูกเปิดหรือกระจกเปิดก็ตามจะทำให้เกิดความผิดปกติเกิดขึ้นนั่นเองแล้วสัญญาณที่วัดได้จะมีความกว้างพัลส์จะเท่ากับ 5 ms. ส่วนของการแสดงผลของภาครับนั้นเมื่ออยู่ในสถานะผิดปกติก็ จะเกิดการสั่นและมีเสียงขึ้นหลอด LED ก็จะเป็นสีแดง

บทที่ 5

สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

จากที่ผ่านมามีได้ทำการออกแบบและสร้างวงจรโดยอาศัยทฤษฎีในบทที่ 2 ในการวิเคราะห์ห้วงจร จากนั้นทำการเก็บผลจากวงจรจริงที่ได้ทำการสร้างขึ้น ซึ่งพบปัญหาและความไม่สมบูรณ์เกิดขึ้นหลายประการ ทั้งนี้ด้วยสาเหตุหลายประการซึ่งการแก้ไขอาจทำได้ดังนี้

- สัญญาณที่รับได้มาจากวงจรภาครับคลื่นอัลตราโซนิกมีค่าน้อยจึงต้องนำมาผ่านวงจรขยายให้ได้สัญญาณตามที่ต้องการได้
- วงจรภาครับและภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิกอยู่ใกล้กันทำให้เกิดสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น
- ในการทดลองนี้จะใช้วงจรภาครับและภาคส่งคลื่นอัลตราโซนิกเพียงชุดเดียวเนื่องจากถ้าใช้ถึงสี่ชุดจะเกิดการกวนกันเกิดขึ้น
- โมดูลเครื่องส่งและเครื่องรับนั้นมีกำลังส่งน้อยจึงทำให้ได้ระยะทางไม่ไกลเท่าที่ควร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์. หน้า 135-144.
2. สมพงษ์ ใจดี. พิธีกรรมมหาวิทยาลัย 2. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. สักกรียา ชิตวงศ์. วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์. ภาควิชาวิศวกรรมควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
4. วิสสุต ศรีรัตน์นะ. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในงานอุตสาหกรรม. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
5. อรพิน ประวัตติบริสุทธิ.(2547) .คู่มือเรียนภาษาซี. โปรวิชั่น .
6. ขจร อนุดิษฐ์ .การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษา C . สำนักพิมพ์ Core Function.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สามารถทำสำเร็จได้ด้วยคำปรึกษาและแนะนำให้ความช่วยเหลือของบุคคลต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาศิพงษ์
2. นายณัฐพงศ์ จันทร์แก้ว
3. นายมนรัตน์ บุญเอื้อ

และบุคคลอื่นมิได้กล่าวถึงในที่นี้จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทดลอง

```
#include<reg891p.h>

sbit uRx = P1^7;          /* Ultrasonic Transducer Receive port "Echo" */
sbit RF_EN = P3^3;       /* RF Module ON/OFF Control port */
sbit LED = P3^5;         /* Status LED */
sbit uTx = P3^7;         /* Ultrasonic Transducer Transmitt port "Trigg"*/

unsigned int    Tref=0, Tsens =0, T01=0, T02=0;
unsigned int    T=0x55E9; /* Machine Cycles used from Burst until uRx Active */

void Burst()
{
    int t=0,i=0;
    for(t=0;t<=0x19;t++)
    {
        for(i=0;i<=0x28;i++);
        uTx =~ uTx;
    }
    uTx =0;
}

void Delay_mS(unsigned int t)
{
    unsigned int i,j,k;
    for(k=1;k<=t;k++)
    {
        for(j=0;j<=20;j++)
        {
            for(i=0;i<0x0aa;i++);
        }
    }
}

void Alert(unsigned int status)
{
    TXD = 0;
    switch(status)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        case 0:
            TXD = ~TXD;
            Delay_mS(10);
            TXD = ~TXD;
            Delay_mS(10);
            TXD = 0;

            break;
        case 1:
            TXD = ~TXD;
            Delay_mS(5);
            TXD = ~TXD;
            Delay_mS(15);
            TXD = 0;

            break;
    }
}

void initialize()
{
    int i=0;
    P1M0 = 0xFF;          /* Set P1 as a Input Only(High Impedance)*/
    P1M1 = 0x00;
    P3M0 = 0x00;          /* All P3 act as Output port */
    P3M1 = 0xFF;
    P1 = 0x00;            /* Clear Port P1 */
    P3 = 0x00;            /* Clear Port P3 */
    LED = 0;

    /******* INITIALIZE TIMER *****/

    TMOD = 0x01;          /* Timer 0 mode 1 with software gate */
                            /* GATE0=0; C/T1#=0; M10=0; M00=0; | GATE0=0;
    C/T0#=0; M10=0; M00=1; */

    TH0 = 0x00;          /* init values */
    TL0 = 0x00;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/***** Delay for Detector-Tx Initialized *****/
for(i=1;i<=10;i++)          /* 10Sec Delay for Detector-Tx Initialized */
{
    LED = 1;                /* LED Show "Flash Green" */
    Delay_mS(500);
    LED = ~LED;
    Delay_mS(500);
}

/***** INITIALIZE REFERENCE TIME *****/
Burst();
TR0 = 1;                    /* Timer0 "ON" */
uRx = 1;                   /* P1.3=1 Set P1.3 as Input port */
Delay_mS(3);               /* Eliminate Side Effect */
while(uRx==1 && TF0==0);
TR0 = 0;
if(TF0==1)
{
    Tref = 0xFFFF;
}
else
{
    Tref = (TH0<<8)|TL0;
}
TF0 = 0;
TH0 = 0;
TL0 = 0;
T01 = Tref-T+2000;
T02 = Tref-T-2000;
}

void main(void)
{
    initialize();
    while(1)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LED = ~LED;

Burst();

TR0 = 1;          /* Timer0 "ON" */

uRx = 1;          /* P1.3=1 Set P1.3 as Input port */

Delay_mS(3);     /* Eliminate Side Effect */

while(uRx==1 && TF0==0);

TR0 = 0;

if(TF0==1)
{
    Tsens = 0xFFFF;
}
else
{
    Tsens = (TH0<<8)/TL0;
}

TF0 = 0;
TH0 = 0;
TL0 = 0;

Tsens = Tsens - T;

if(T02<=Tsens && Tsens<=T01) Alert(0);    /* Normal Condition*/
else Alert(1);                             /* Abnormal Conditions*/

Delay_mS(25);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include<REG89LP.h>

sbit LEDa = P1^1;
sbit LEDb = P1^2;
sbit motor = P1^3;
sbit Buzzer = P1^4;
sbit Reset = P3^7;

void Delay_mS(unsigned int t)
{
    unsigned int i,j,k;
    for(k=1;k<=t;k++)
    {
        for(j=0;j<=2;j++)
        {
            for(i=0;i<0x090;i++);
        }
    }
}

void Alert(int n)
{
    switch(n)
    {
        case 0: /* Normal Condition */
                LEDa = 0; LEDb=1; /* LED Show "Green" */
                Delay_mS(200);
                LEDb = 0;
                Delay_mS(500);
                TH0 = 0; TL0 = 0;

                break;
        case 1: /* Alert Deteced conditions */
                do
                {
                    LEDa = 1; LEDb = 0; /* LED Show "Amble" */
                    motor = 1; /* Motor Vibration "ON" */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 "ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

```

        Buzzer = 1;
        Delay_mS(200);
        LEDa = 0;          /* LED "OFF" */
        motor = 0;        /* Motor Vibration "OFF" */
        Buzzer = 0;
        Delay_mS(100);
        TH0 = 0; TL0 = 0;
    }while(Reset == 1);

break;
case 3:
    do{
        LEDa = 1; LEDb = 0;
        Delay_mS(200);
        LEDa = 0;
    }while(Reset = 1);
break;
}
}
void initialize()
{
    int i=0;
    P3 = 0xff;          /* Clear Port P3 */
    P1 = 0x00;          /* Clear Port P1 */

    /******* INITIALIZE TIMER *****/

    TMOD = 0x01;        /* Timer 0 mode 1 with software gate */
                        /* GATE0=0; C/T1#=0; M10=0; M00=0; | GATE0=0;
                        C/T0#=0; M10=0; M00=1; */

    TH0 = 0x00;        /* init values */
    TL0 = 0x00;
    ET0=1;             /* enable timer0 interrupt */
    EA=1;              /* enable interrupts */
    LEDb = 1;

    for(i=0;i<=11;i++) /* 10Sec Delay for Detector-Tx Initialized */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    LEDa = 0;          /* LED Show "Green" */
    Delay_mS(500);
    LEDa = ~LEDa;
    Delay_mS(500);
}
for(i=0;i<=2;i++)
{
    LEDa = 0;
    motor = 1;
    Buzzer = 1;
    Delay_mS(200);
    motor = 0;
    Buzzer = 0;
    LEDa = 1;
    Delay_mS(100);
}
}
void main()
{
    unsigned int    Tsens = 0;          /* Detecting Time */
    unsigned int    T0 = 0x1000, T1 = 0x1500, T2 = 0x2800; /* Time for 50Hz Detected
Reference 4051 at 11.0592MHz*/
    initialize();
    while(1)
    {
        while(RXD == 0);
        if(RXD == 1)
        {
            TR0 = 1;
            while(RXD == 1);
            TR0 = 0;
            Tsens = (TH0<<8)|TL0;      /* Store 16 Bits time captured as
Reference Time in "Tsens" */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 "ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น" อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TF0 = 0;
TH0 = 0;
TL0 = 0;
}
if(Tsens>=T1 && Tsens<=T2)
{
Alert(0);      /* Normal condition */
}
if(Tsens>=T0 && Tsens < T1)
{
Alert(1);      /* Deteced condition */
}
else Alert(2); /* Lost Signal */
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข. Datasheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC[®] SENSORS / ULTRASONIC TRANSDUCERS

ULTRASONIC SENSOR (TRANSMITTER / RECEIVER USE)

ODEL NO.: 40TR16F (CASE:ALUMINUM/ FLOWER)

ODEL NO.: 40TR16P (CASE:PLASTIC/ BLACK)

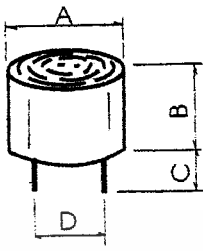
OUTLINE DIMENSION :

TRANSMITTER UNIT:

Center Frequency (KHz)	: 40.0 ± 1.0
Sound Pressure Level (0 dB = 0.0002 μbar)	: 119dB/40 ± 1.0KH /10V SN/30cm /Min.
Band Width (KHz) Min.	: 4.0 / 112 dB
Capacitance (PF)	: 2000 ± 30%

RECEIVER UNIT:

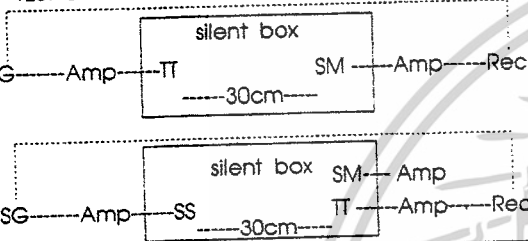
Center Frequency (KHz)	: 40.0 ± 1.0
Sensitivity Min. (0 dB vs 1V μbar)	: 65dB/40 ± 1.0KH (R=3.9KΩ)
Band Width (KHz) Min.	: 3.5 / (at -71 dB)
Capacitance (PF)	: 2000 ± 30%



- A=16.1 ± 0.3
- B=12.0 ± 0.4
- C=9.5 ± 1.0
- D=10.0 ± 0.5

Unit:mm

TEST CIRCUIT :



- TT : test transducer
- Rec : recorder
- SM : std. microphone
- Amp : amplifier
- SG : signal generator
- SS : std. speaker
- R : resistance

ODEL NO.: 40TR12B (CASE:ALUMINUM/ BLACK)

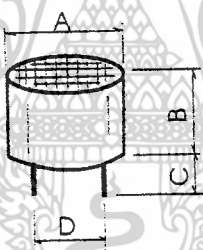
TRANSMITTER UNIT:

Center Frequency (KHz)	: 40.0 ± 1.0
Sound Pressure Level (0 dB = 0.0002 μbar)	: 112dB/40 ± 1.0KH /10V SN/30cm /Min.
Band Width (KHz) Min.	: 5.0 / 100 dB
Capacitance (PF)	: 2000 ± 20%

RECEIVER UNIT:

Center Frequency (KHz)	: 40.0 ± 1.0
Sensitivity Min. (0 dB vs 1V μbar)	: 67dB/40 ± 1.0KH (R=3.9KΩ)
Band Width (KHz) Min.	: 5.0 / (at -75 dB)
Capacitance (PF)	: 2000 ± 20%

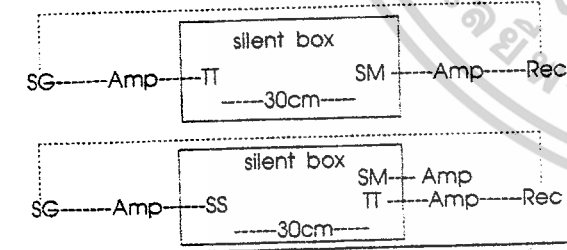
OUTLINE DIMENSION :



- A=12.7 ± 0.2
- B= 9.4 ± 0.4
- C= 6.2 ± 0.8
- D= 8.5 ± 0.2

Unit:mm

TEST CIRCUIT :



- TT : test transducer
- Rec : recorder
- SM : std. microphone
- Amp : amplifier
- SG : signal generator
- SS : std. speaker
- R : resistance

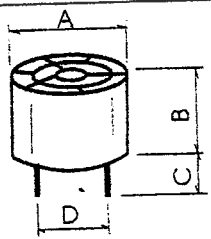
MODEL NO.: 40TR10P (CASE:PLASTIC/BLACK)

TRANSMITTER UNIT:

Center Frequency (KHz)	: 40.0 ± 1.0
Sound Pressure Level (0 dB = 0.0002 μbar)	: 110dB/40 ± 1.0KH /10V SN/30cm /Min.
Band Width (KHz) Min.	: 4.0 / 104dB
Capacitance (PF)	: 2000 ± 30%

RECEIVER UNIT:

Center Frequency (KHz)	: 40.0 ± 1.0
Sensitivity Min. (0 dB vs 1V μbar)	: -70dB/40 ± 1.0KH (R=3.9KΩ)
Band Width (KHz) Min.	: 3.5 / (at -76 dB)
Capacitance (PF)	: 2000 ± 30%

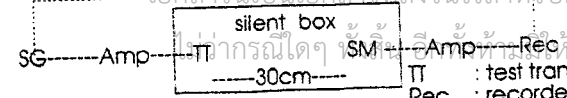


OUTLINE DIMENSION :

- A= 9.8 ± 0.2
- B= 6.8 ± 0.4
- C= 11.5 ± 0.8
- D= 5.0 ± 0.2

Unit:mm

TEST CIRCUIT :



- TT : test transducer
- Rec : recorder
- SM : std. microphone
- Amp : amplifier
- SG : signal generator
- SS : std. speaker
- R : resistance

การรับประกันสินค้ามีอายุการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 การรับประกันโดย IC จะไม่รับผิดชอบต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ่านคู่มือการใช้งานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM358, LM258, LM2904, LM2904V

Dual Low Power Operational Amplifiers

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

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

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

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

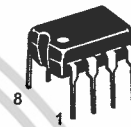
Rating	Symbol	LM258 LM358	LM2904 LM2904V	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	V_{CC} V_{CC}, V_{EE}	32 ± 16	26 ± 13	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range (Note 2)	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +125		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A			$^\circ\text{C}$
LM258		-25 to +85	-	
LM358		0 to +70	-	
LM2904		-	-40 to +105	
LM2904V		-	-40 to +125	

NOTES: 1. Split Power Supplies.

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

DUAL DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

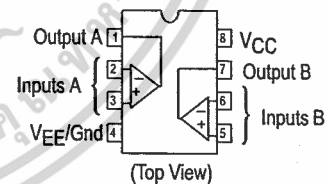


N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM2904D	$T_A = -40^\circ$ to $+105^\circ\text{C}$	SO-8
LM2904N		Plastic DIP
LM2904VD	$T_A = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$	SO-8
LM2904VN		Plastic DIP
LM258D	$T_A = -25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	SO-8
LM258N		Plastic DIP
LM358D	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-8
LM358N		Plastic DIP

LM358, LM258, LM2904, LM2904V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_{EE} = \text{Gnd}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	LM258			LM358			LM2904			LM2904V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ to 30 V (26 V for LM2904, V), $V_{IC} = 0\text{ V}$ to $V_{CC} - 1.7\text{ V}$, $V_O \approx 1.4\text{ V}$, $R_S = 0\ \Omega$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ (Note 1) $T_A = T_{\text{low}}$ (Note 1)	V_{IO}	-	2.0	5.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	-	-	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	I_{IO}	-	3.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	I_{IB}	-	-45	-150	-	-45	-250	-	-45	-250	-	-45	-250	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Common Mode Voltage Range (Note 2), $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}	V_{ICR}	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 15\text{ V}$, For Large V_O Swing, $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	A_{VOL}	50	100	-	25	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
Channel Separation $1.0\text{ kHz} \leq f \leq 20\text{ kHz}$, Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	CMR	70	85	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB
Output Voltage—High Limit ($T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}) (Note 1) $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $R_L = 10\text{ k}\Omega$	V_{OH}	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	3.3	3.5	-	V
Output Voltage—Low Limit $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low} (Note 1)	V_{OL}	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	-	5.0	20	mV
Output Source Current $V_{ID} = +1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$	I_{O+}	20	40	-	20	40	-	20	40	-	20	40	-	mA
Output Sink Current $V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$ $V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_O = 200\text{ mV}$	I_{O-}	10	20	-	10	20	-	10	20	-	10	20	-	mA
Output Short Circuit to Ground (Note 3)	I_{SC}	-	40	60	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA
Power Supply Current ($T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}) (Note 1) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2904, V), $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = \infty$ $V_{CC} = 5\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = \infty$	I_{CC}	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	-	1.5	3.0	mA
		-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	mA

NOTES: 1. $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ for LM2904
 $= -40^\circ\text{C}$ for LM2904V
 $= -25^\circ\text{C}$ for LM258
 $= 0^\circ\text{C}$ for LM358

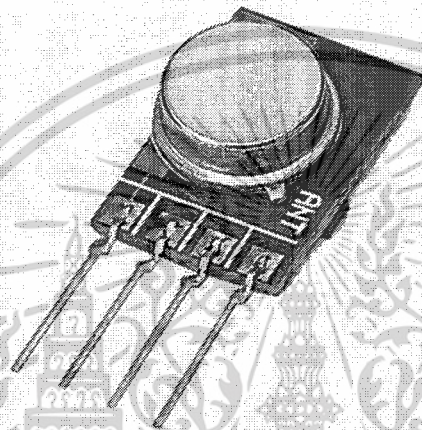
$T_{\text{high}} = +105^\circ\text{C}$ for LM2904
 $= +125^\circ\text{C}$ for LM2904V
 $= +85^\circ\text{C}$ for LM258
 $= +70^\circ\text{C}$ for LM358

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

WENSHING® TWS-BS Series

Transmitter Module Series (RF ASK)



■ Model : TWS-BS-3(433.92MHz)

*Frequency Range: 433.92 MHz

*Modulate Mode: ASK

*Circuit Shape: SAW

*Data Rate: 8kbps

*Supply Voltage: 3~12V

■ Absolute Maximum Ratings:

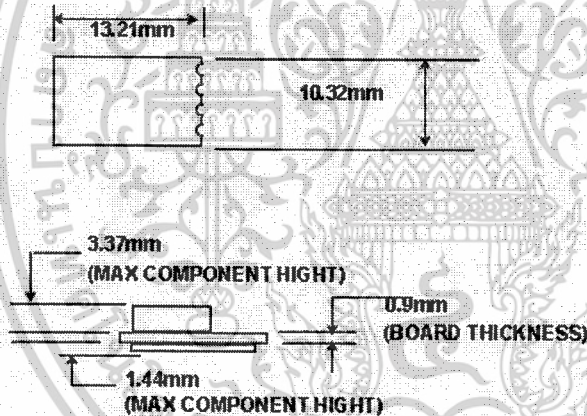
Rating	Value	Unit.
Power Supply and All Input/Output Pins	-0.3 to +12.0	V
Non-Operating Case Temperature	-20 to +85	Celsius
Soldering Temperature(10 seconds)	230	Celsius

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ TWS-BS Series Data Sheet P.1
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics, T=25°C , Vcc=3.6V, Fre=433.92MHz:

Characteristic	Sym.	Min.	Typ.	Max.	Unit.
Operating Frequency ($\pm 300\text{KHz}$)	VCC		433.92		MHz
Data Rate	ASK			8K	Kbps
Transmitter Performance(OOK@2.4kbps)					
Peak Input Current, 12 Vdc Supply	ITP			45	mA
Peak Output Power	PO		10		mW
Tum On/ Tum Off Time	T ON/ T OFF			1	US
Power Supply Voltage Range	VCC	3		12	VDC
Operating Ambient Temperature	TA	-20		+85	Celsius
Tx Antenna Out (3V) +2.4dB	VCC				mA

Size:

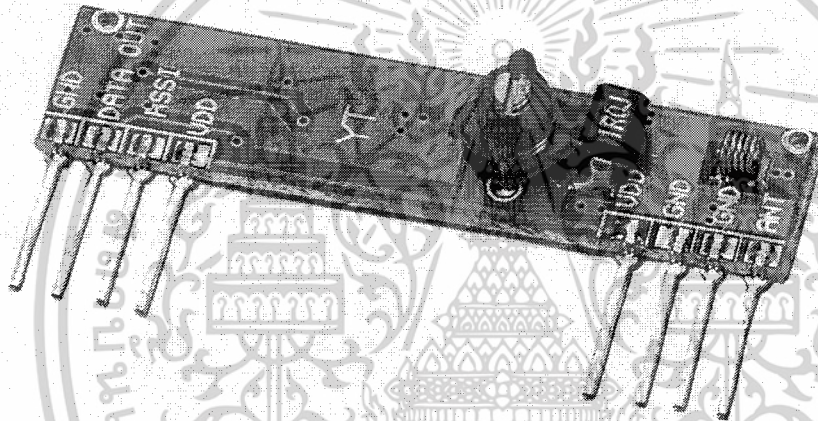


RWS-374 Series

WENSHING®

V1.02

Wireless Hi Sensitivity Receiver Module (RF ASK)



➤ **Model: RWS-374-6(433.92MHz)**

- *Frequency Range: 433.92MHz
- *Modulate Mode: ASK
- *Circuit Shape: LC
- *Data Rate: 4800 bps
- *Selectivity: -108 dBm
- *Channel Spacing: $\pm 500\text{KHz}$
- *Supply Voltage: 5V
- * High sensitivity passive design.
- *Simple to apply with low external count.

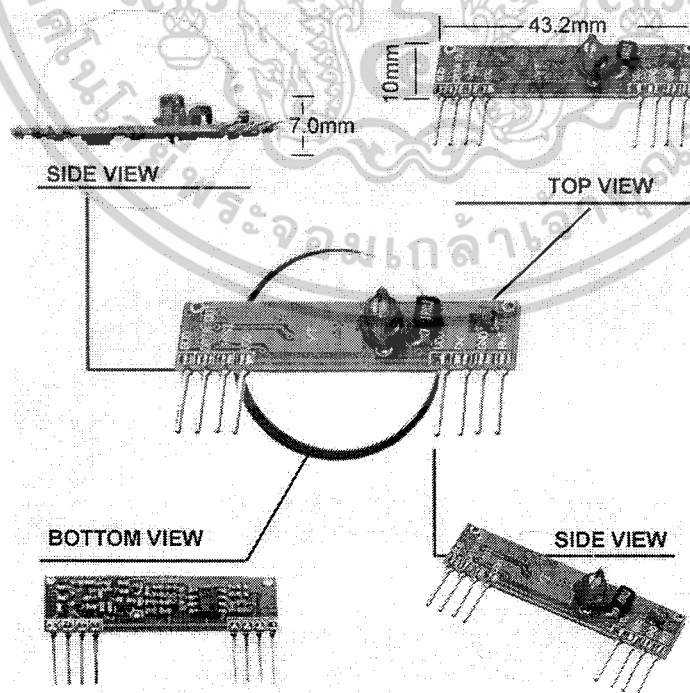
➤ **Electrical Characteristics :**

Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units
Operating Radio Frequency	FC	433.42	433.92	434.42	MHz
Sensitivity	Pref.	-106	-108	-110	dBm
Channel Width		-500		+ 500	KHz
Noise Equivalent BW	NEB		5	4	
Baseboard Data Rate				3	KB/S
Receiver Turn On Time				3	ms

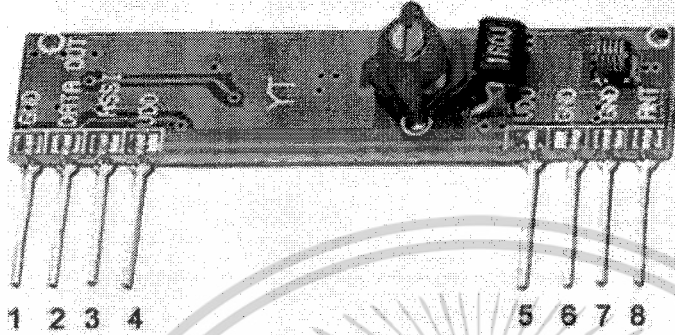
➤ **DC Characteristics :**

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Vcc	Operating Supply Voltage		4.9	5	5.1	
I Tot	Operating Supply Voltage			4.5		
V Data	Data Out	1 Data = -10 uA (Low)	Vcc	Vcc		V
		1 Data = -10 uA (Low)	-0.5		0.3	V

➤ **Size:**

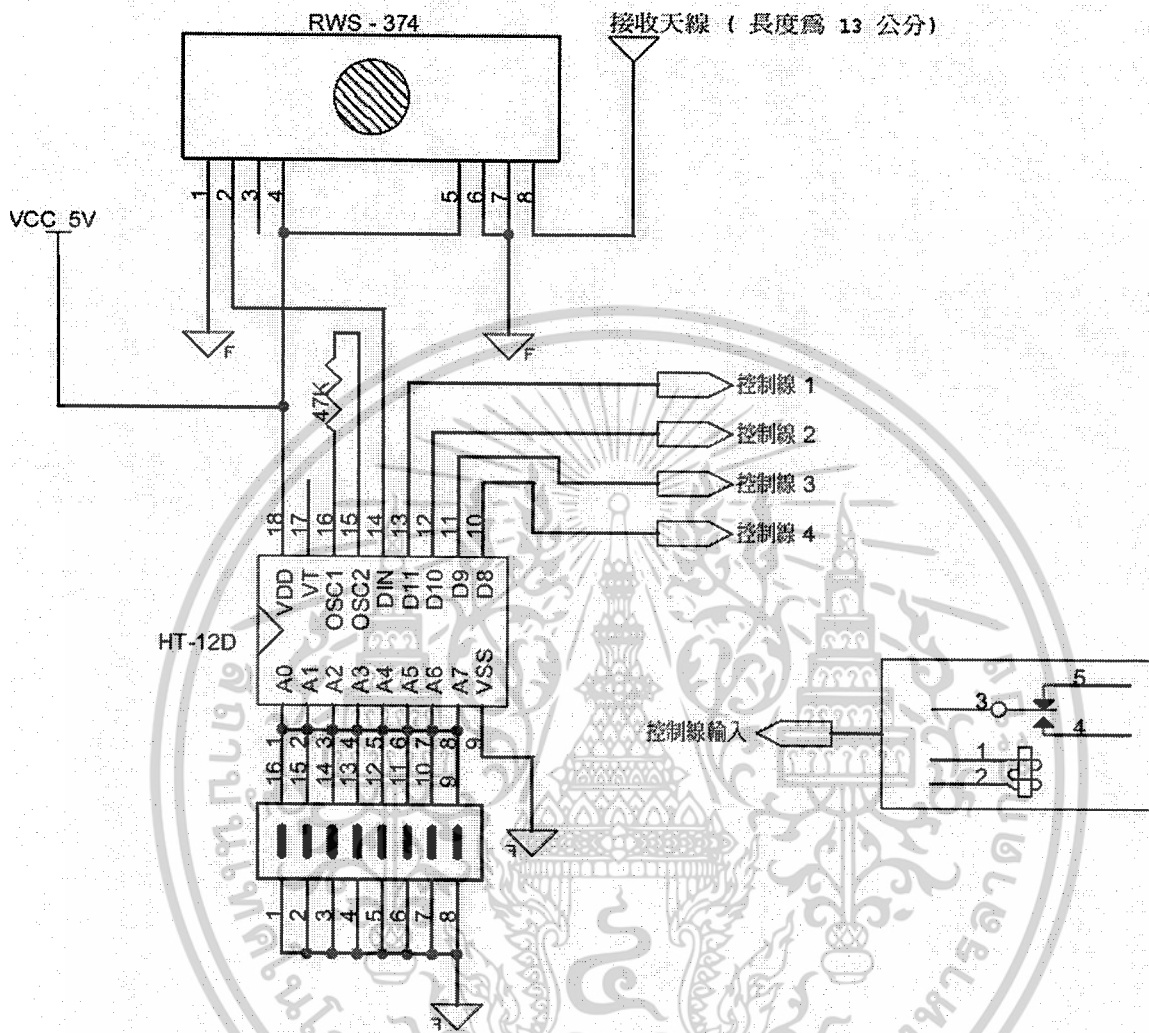


➤ **Pin Assignment:**



Pin	Function	Description
1	GND	
2	Digital Output	
3	Linear Out	
4	VCC	
5	VCC	
6	GND	
7	GND	
8	ANT	About 13cm

➤ **Demo Circuit:**



CMOS Hex Buffer/Converters

The CD4049UB and CD4050B devices are inverting and non-inverting hex buffers, respectively, and feature logic-level conversion using only one supply voltage (V_{CC}). The input-signal high level (V_{IH}) can exceed the V_{CC} supply voltage when these devices are used for logic-level conversions. These devices are intended for use as CMOS to DTL/TTL converters and can drive directly two DTL/TTL loads. ($V_{CC} = 5V$, $V_{OL} \leq 0.4V$, and $I_{OL} \geq 3.3mA$.)

The CD4049UB and CD4050B are designated as replacements for CD4009UB and CD4010B, respectively. Because the CD4049UB and CD4050B require only one power supply, they are preferred over the CD4009UB and CD4010B and should be used in place of the CD4009UB and CD4010B in all inverter, current driver, or logic-level conversion applications. In these applications the CD4049UB and CD4050B are pin compatible with the CD4009UB and CD4010B respectively, and can be substituted for these devices in existing as well as in new designs. Terminal No. 16 is not connected internally on the CD4049UB or CD4050B, therefore, connection to this terminal is of no consequence to circuit operation. For applications not requiring high sink-current or voltage conversion, the CD4069UB Hex Inverter is recommended.

Features

- CD4049UB Inverting
- CD4050B Non-Inverting
- High Sink Current for Driving 2 TTL Loads
- High-To-Low Level Logic Conversion
- 100% Tested for Quiescent Current at 20V
- Maximum Input Current of $1\mu A$ at 18V Over Full Package Temperature Range; 100nA at 18V and 25°C
- 5V, 10V and 15V Parametric Ratings

Applications

- CMOS to DTL/TTL Hex Converter
- CMOS Current "Sink" or "Source" Driver
- CMOS High-To-Low Logic Level Converter

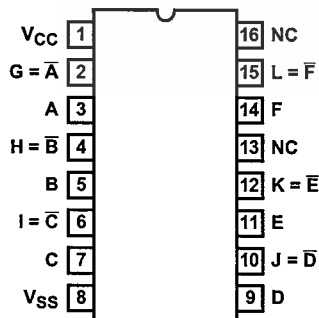
Ordering Information

PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
CD4049UBE	-55 to 125	16 Ld PDIP	E16.3
CD4050BE	-55 to 125	16 Ld PDIP	E16.3
CD4049UBF	-55 to 125	16 Ld Cerdip	F16.3
CD4050BF	-55 to 125	16 Ld Cerdip	F16.3
CD4050BM	-55 to 125	16 Ld SOIC	M16.3

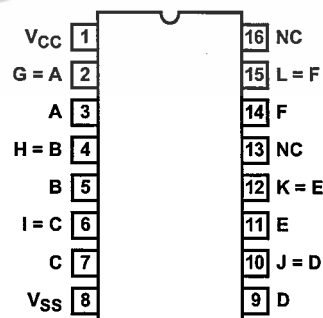
NOTE: Wafer and die for this part number is available which meets all electrical specifications. Please contact your local sales office or customer service for ordering information.

Pinouts

CD4049UB (PDIP, Cerdip)
TOP VIEW



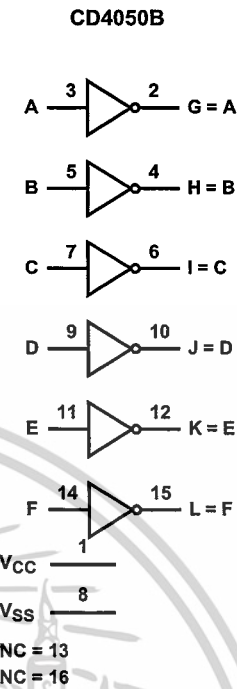
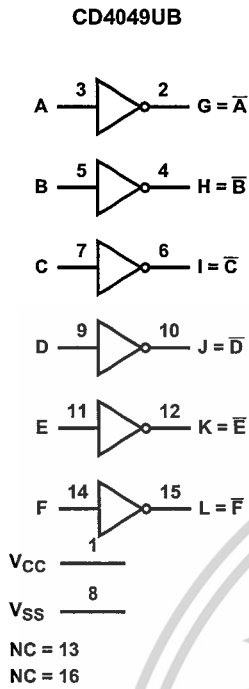
CD4050B (PDIP, Cerdip, SOIC)
TOP VIEW



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

1 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้
CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures.
Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated

Functional Block Diagrams



Schematic Diagrams

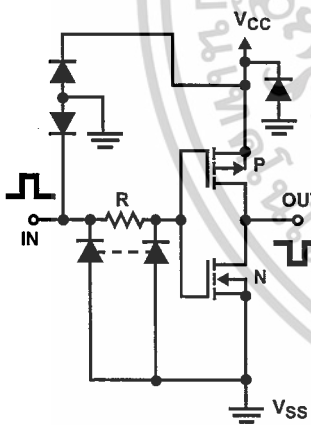


FIGURE 1A. SCHEMATIC DIAGRAM OF CD4049UB, 1 OF 6 IDENTICAL UNITS

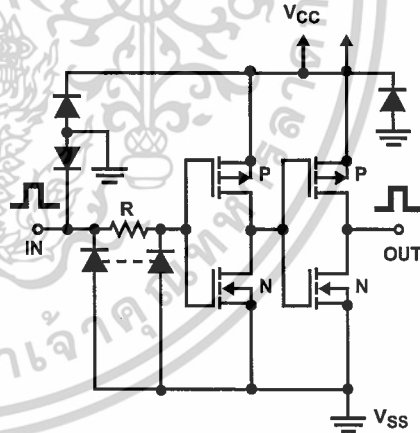


FIGURE 1B. SCHEMATIC DIAGRAM OF CD4050B, 1 OF 6 IDENTICAL UNITS

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

Supply Voltage (V_{DD})	-0.5V to +18V
Input Voltage (V_{IN})	-0.5V to $V_{DD} + 0.5V$
Storage Temperature Range (T_S)	-65°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	300°C

Recommended Operating Conditions (Note 2)

Supply Voltage (V_{DD})	3V to 15V
Input Voltage (V_{IN})	0V to V_{DD}
Operating Temperature Range (T_A)	
CD4066BM	-55°C to +125°C
CD4066BC	-40°C to +85°C

DC Electrical Characteristics CD4066BM (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		+25°C			+125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		0.25		0.01	0.25		7.5	μA
		$V_{DD} = 10V$		0.5		0.01	0.5		15	μA
		$V_{DD} = 15V$		1.0		0.01	1.0		30	μA

SIGNAL INPUTS AND OUTPUTS

R_{ON}	"ON" Resistance	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ to $\frac{V_{DD}-V_{SS}}{2}$ $V_C = V_{DD}, V_{IS} = V_{SS}$ to V_{DD} $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		800 310 200		270 120 80		1050 400 240		1300 550 320	Ω Ω Ω
ΔR_{ON}	Δ "ON" Resistance Between any 2 of 4 Switches	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ to $\frac{V_{DD}-V_{SS}}{2}$ $V_C = V_{DD}, V_{IS} = V_{SS}$ to V_{DD} $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$				10 5					Ω Ω
I_{IS}	Input or Output Leakage Switch "OFF"	$V_C = 0$ $V_{IS} = 15V$ and 0V, $V_{OS} = 0V$ and 15V		± 50		± 0.1		± 50		± 500	nA

CONTROL INPUTS

V_{ILC}	Low Level Input Voltage	$V_{IS} = V_{SS}$ and V_{DD} $V_{OS} = V_{DD}$ and V_{SS} $I_{IS} = \pm 10\ \mu A$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		1.5 3.0 4.0		2.25 4.5 6.75		1.5 3.0 4.0		1.5 3.0 4.0	V V V
V_{IHC}	High Level Input Voltage	$V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ (see note 6) $V_{DD} = 15V$	3.5 7.0 11.0		3.5 7.0 11.0	2.75 5.5 8.25		3.5 7.0 11.0			V V V
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} - V_{SS} = 15V$ $V_{DD} \geq V_{IS} \geq V_{SS}$ $V_{DD} \geq V_C \geq V_{SS}$		± 0.1		$\pm 10^{-5}$		± 0.1		± 1.0	μA

DC Electrical Characteristics CD4066BC (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		1.0		0.01	1.0		7.5	μA
		$V_{DD} = 10V$		2.0		0.01	2.0		15	μA
		$V_{DD} = 15V$		4.0		0.01	4.0		30	μA

DC Electrical Characteristics (Continued) CD4066BC (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
SIGNAL INPUTS AND OUTPUTS										
R _{ON}	"ON" Resistance	R _L = 10 kΩ to $\frac{V_{DD}-V_{SS}}{2}$ V _C = V _{DD} , V _{SS} to V _{DD} V _{DD} = 5V V _{DD} = 10V V _{DD} = 15V		850 330 210		270 120 80	1050 400 240		1200 520 300	Ω Ω Ω
ΔR _{ON}	Δ"ON" Resistance Between Any 2 of 4 Switches	R _L = 10 kΩ to $\frac{V_{DD}-V_{SS}}{2}$ V _{CC} = V _{DD} , V _{IS} = V _{SS} to V _{DD} V _{DD} = 10V V _{DD} = 15V				10 5				Ω Ω
I _{IS}	Input or Output Leakage Switch "OFF"	V _C = 0		±50		±0.1	±50		±200	nA
CONTROL INPUTS										
V _{ILC}	Low Level Input Voltage	V _{IS} = V _{SS} and V _{DD} V _{OS} = V _{DD} and V _{SS} I _{IS} = ±10 μA V _{DD} = 5V V _{DD} = 10V V _{DD} = 15V		1.5 3.0 4.0		2.25 4.5 6.75	1.5 3.0 4.0		1.5 3.0 4.0	V V V
V _{IHC}	High Level Input Voltage	V _{DD} = 5V V _{DD} = 10V (See note 6) V _{DD} = 15V	3.5 7.0 11.0		3.5 7.0 11.0	2.75 5.5 8.25		3.5 7.0 11.0		V V V
I _{IN}	Input Current	V _{DD} - V _{SS} = 15V V _{DD} ≥ V _{IS} ≥ V _{SS} V _{DD} ≥ V _C ≥ V _{SS}		±0.3		±10 ⁻⁵	±0.3		±1.0	μA

AC Electrical Characteristics* T_A = 25°C, t_r = t_f = 20 ns and V_{SS} = 0V unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t _{PHL} , t _{PLH}	Propagation Delay Time Signal Input to Signal Output	V _C = V _{DD} , C _L = 50 pF, (Figure 1) R _L = 200k V _{DD} = 5V V _{DD} = 10V V _{DD} = 15V		25 15 10	55 35 25	ns ns ns
t _{PZH} , t _{PZL}	Propagation Delay Time Control Input to Signal Output High Impedance to Logical Level	R _L = 1.0 kΩ, C _L = 50 pF, (Figures 2 and 3) V _{DD} = 5V V _{DD} = 10V V _{DD} = 15V			125 60 50	ns ns ns
t _{PHZ} , t _{PLZ}	Propagation Delay Time Control Input to Signal Output Logical Level to High Impedance Sine Wave Distortion	R _L = 1.0 kΩ, C _L = 50 pF, (Figures 2 and 3) V _{DD} = 5V V _{DD} = 10V V _{DD} = 15V V _C = V _{DD} = 5V, V _{SS} = -5V R _L = 10 kΩ, V _{IS} = 5V _{p-p} , f = 1 kHz, (Figure 4)			125 60 50	ns ns ns
	Frequency Response-Switch "ON" (Frequency at -3 dB)	V _C = V _{DD} = 5V, V _{SS} = -5V, R _L = 1 kΩ, V _{IS} = 5V _{p-p} , 20 Log ₁₀ V _{OS} /V _{IS} (1 kHz) - dB, (Figure 4)		0.1 40		% MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics* (Continued) $T_A = 25^\circ\text{C}$, $t_r = t_f = 20\text{ ns}$ and $V_{SS} = 0\text{V}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	Feedthrough — Switch "OFF" (Frequency at -50 dB)	$V_{DD} = 5.0\text{V}$, $V_{CC} = V_{SS} = -5.0\text{V}$, $R_L = 1\text{ k}\Omega$, $V_{IS} = 5.0\text{V}_{\text{p-p}}$, 20 Log10, $V_{OS}/V_{IS} = -50\text{ dB}$, (Figure 4)		1.25		
	Crosstalk Between Any Two Switches (Frequency at -50 dB)	$V_{DD} = V_{C(A)} = 5.0\text{V}$; $V_{SS} = V_{C(B)} = 5.0\text{V}$, $R_L = 1\text{ k}\Omega$, $V_{IS(A)} = 5.0\text{V}_{\text{p-p}}$, 20 Log10, $V_{OS(B)}/V_{IS(A)} = -50\text{ dB}$ (Figure 5)		0.9		MHz
	Crosstalk; Control Input to Signal Output	$V_{DD} = 10\text{V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $R_{IN} = 1.0\text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 10\text{V}$ Square Wave, $C_L = 50\text{ pF}$ (Figure 6)		150		mV _{p-p}
	Maximum Control Input	$R_L = 1.0\text{ k}\Omega$, $C_L = 50\text{ pF}$, (Figure 7) $V_{OS(f)} = 1/2 V_{OS}(1.0\text{ kHz})$		6.0		MHz
		$V_{DD} = 5.0\text{V}$		8.0		MHz
		$V_{DD} = 10\text{V}$		8.5		MHz
C_{IS}	Signal Input Capacitance			8.0		pF
C_{OS}	Signal Output Capacitance	$V_{DD} = 10\text{V}$		8.0		pF
C_{IOS}	Feedthrough Capacitance	$V_C = 0\text{V}$		0.5		pF
C_{IN}	Control Input Capacitance		5.0	7.5		pF

*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. They are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The tables of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provide conditions for actual device operation.

Note 2: $V_{SS} = 0\text{V}$ unless otherwise specified.

Note 3: These devices should not be connected to circuits with the power "ON".

Note 4: In all cases, there is approximately 5 pF of probe and jig capacitance in the output; however, this capacitance is included in C_L wherever it is specified.

Note 5: V_{IS} is the voltage at the in/out pin and V_{OS} is the voltage at the out/in pin. V_C is the voltage at the control input.

Note 6: Conditions for V_{IH} : a) $V_{IS} = V_{DD}$, $I_{OS} = \text{standard B series } I_{OH}$ b) $V_{IS} = 0\text{V}$, $I_{OL} = \text{standard B series } I_{OL}$.

AC Test Circuits and Switching Time Waveforms

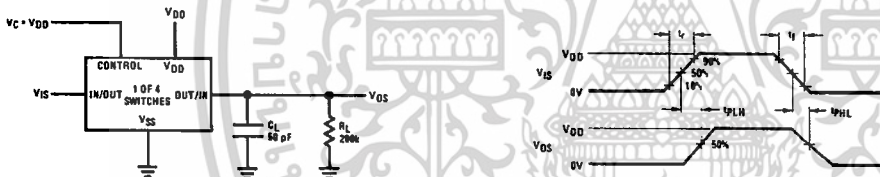


FIGURE 1. t_{PHL} , t_{PLH} Propagation Delay Time Signal Input to Signal Output

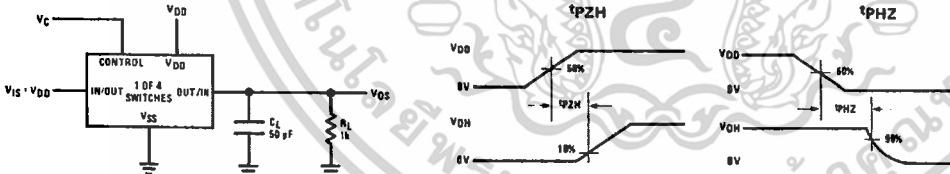


FIGURE 2. t_{PZH} , t_{PHZ} Propagation Delay Time Control to Signal Output

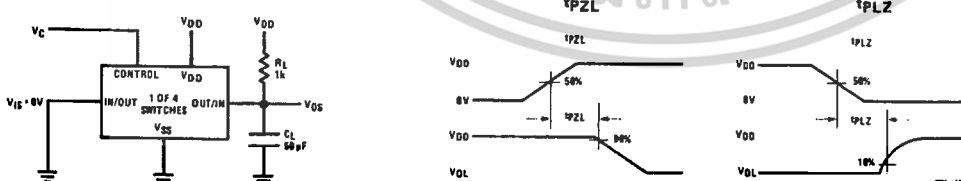


FIGURE 3. t_{PZL} , t_{PLZ} Propagation Delay Time Control to Signal Output

TL/F/5665-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KA78LXXA

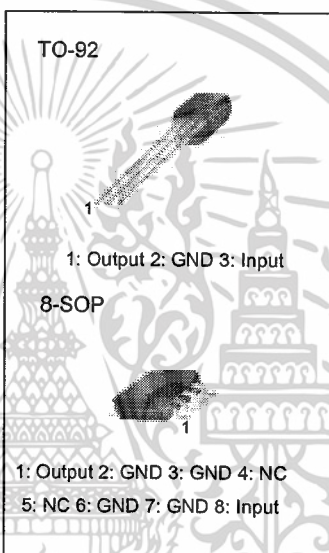
3-terminal 0.1A positive voltage regulator

Features

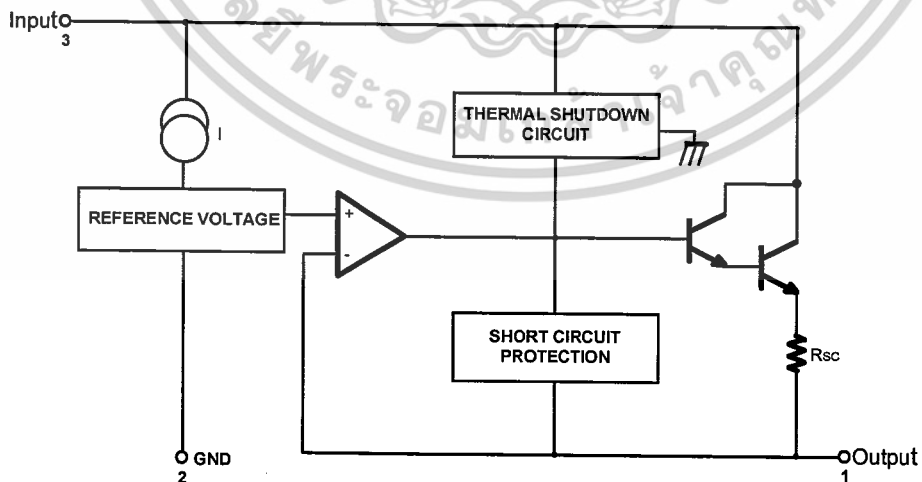
- Maximum Output Current of 100mA
- Output Voltage of 5V, 6V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V and 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Current Limiting
- Output Voltage Offered in $\pm 5\%$ Tolerance

Description

The KA78LXX series of fixed voltage monolithic integrated circuit voltage regulators are suitable for application that required supply current up to 100mA.



Internal Block Diagram



Rev. 5.0

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V, 8V$) (for $V_O = 12V$ to $18V$) (for $V_O = 24V$)	V_I	30	V
		35	V
		40	V
Operating Junction Temperature Range	T_J	0 ~ +150	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	°C

Electrical Characteristics(KA78L05A)

($V_I = 10V, I_O = 40mA, 0^\circ C \leq T_J \leq 125^\circ C, C_I = 0.33 \mu F, C_O = 0.1 \mu F$, unless otherwise specified. (Note 1))

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Output Voltage	V_O	$T_J = 25^\circ C$	4.8	5.0	5.2	V
Line Regulation	ΔV_O	$T_J = 25^\circ C$				
		$7V \leq V_I \leq 20V$	-	8	150	mV
Load Regulation	ΔV_O	$T_J = 25^\circ C$				
		$1mA \leq I_O \leq 100mA$	-	11	60	mV
Output Voltage	V_O	$7V \leq V_I \leq 20V$				
		$1mA \leq I_O \leq 40mA$	-	-	5.25	V
Quiescent Current	I_Q	$T_J = 25^\circ C$				
		$8V \leq V_I \leq 20V$	-	2.0	5.5	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$8V \leq V_I \leq 20V$				
		$1mA \leq I_O \leq 40mA$	-	-	0.1	mA
Output Noise Voltage	V_N	$T_A = 25^\circ C, 10Hz \leq f \leq 100KHz$	-	40	-	μV
Temperature Coefficient of V_O	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.65	-	mV/°C
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz, 8V \leq V_I \leq 18V, T_J = 25^\circ C$	41	80	-	dB
Dropout Voltage	V_D	$T_J = 25^\circ C$	-	1.7	-	V

Notes:

- The maximum steady state usable output current and input voltage are very dependent on the heat sinking and/or lead length of the package. The data above represent pulse test conditions with junction temperature as indicated at the initiation of tests.
- Power dissipation $\leq 0.75W$.