

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุปกรณ์ช่วยในการเดินทางสำหรับผู้บกพร่องทางสายตา

Transportation Aided Equipment for Blind People



โดย

นายณัฐพล บุตร์หงษ์

นายณัฐพล รอดรักษา

ปฏิญานិพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

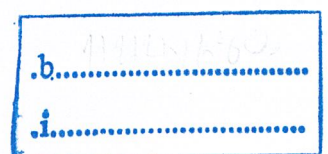
ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55744 ✓
วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548



Transportation Aided Equipment for Blind People

BY

Mr. Nattapon Budhong

Mr. Nattaphon Rodruksa

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2003

หัวข้อปริญญานิพนธ์ อุปกรณ์ช่วยในการเดินทางสำหรับผู้บกพร่องทางสายตา
ชื่อนักศึกษา นายณัฐพล บุตรหงษ์ รหัสประจำตัว 44015642
นายณัฐพล รอดรักษา รหัสประจำตัว 44015643
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ มนต์ชัย แซ่ม้อย
อาจารย์ พนารัตน์ ระวีวรรณ
ระดับการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้กล่าวถึงการออกแบบในโครงการนี้เป็นการประยุกต์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวตรวจจับและอุปกรณ์สื่อสารไร้สายมาพัฒนาเพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินทางและการโดยสารรถประจำทาง โดยอุปกรณ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นส่วนของการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ใช้หลักการของคลื่นเสียง อุลตราโซนิก (Ultrasonic) สะท้อนวัตถุเพื่อบอกระยะทางแก่อุปกรณ์และอุปกรณ์จะแปลงเป็นสัญญาณเสียงแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบ โดยมีระยะตรวจจับประมาณ 2 เมตร และส่วนที่ 2 เป็นชุดช่วยในการข้ามถนนและโดยสารรถประจำทาง ซึ่งจะช่วยบอกรถประจำทางที่เข้าเทียบจอดนั้นเป็นรถประจำทางสายอะไรและ แจ้งสัญญาณไฟ และบอกสถานที่สำคัญบางส่วนได้ โดยหลักการคือจะมีอุปกรณ์ส่งสัญญาณคิกที่ไฟจราจรและรถประจำทางแต่ละคันเพื่อส่งข้อมูลแบบไร้สายเข้ามายังอุปกรณ์ของเราเมื่อถึงระยะที่รับได้อุปกรณ์ก็จะแจ้งเตือนออกมาเป็นสัญญาณเสียงเพื่อบอกข้อมูลให้แก่ผู้ใช้ทราบว่าตอนนี้อยู่ที่บริเวณแยกไฟแดงหรือบริเวณป้ายรถประจำทางถ้าอยู่บริเวณแยกไฟแดงก็จะแจ้งสถานะของไฟจราจรให้ผู้ใช้ได้ทราบ แต่ถ้าอยู่ในบริเวณป้ายรถประจำทางก็จะแจ้งสายรถประจำทางคันที่เข้าเทียบจอดในเวลานั้น ๆ

Thesis Title Transportation Aided Equipment for Blind people
Student Mr. Nattapon Budhong ID 44015642
Mr. Nattaphon Rodruksa ID 44015643
Advisor Mr. Monchai Chamchoy
Ms. Panarat Rawiwan
Graduate Level Bachelor Degree of Information Engineering
Department Information Engineering
Academic Year 2003

ABSTRACT

Design in this project is an application . Electronics implements and mobile are improved for convenience of transmission and transportation . This implement is generated in two parts . First part is detect block by use ultrasonic reflect article to tell distance for implement and transfer signal to voice to the user. This implement detect about 2 metre .Second part used for help to across the street and bus which can tell the Number of the bus which is arrive, can tell the color of traffic signal and the information of the implement place . Usage , transport signal implement in the traffic signal and bus for transport information into implement .When implement delivered signal it can tell the user about the information before .

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับปริญญาบัตรฉบับนี้ ที่สำเร็จล่วงมาได้ก็ต้องขอขอบคุณหลาย ๆ ฝ่ายที่ช่วยในการสนับสนุนจนสามารถสำเร็จขอบคุณ อาจารย์ มนต์ชัย แซ่มชัย อาจารย์ พนารัตน์ ระวีวรรณ ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น พี่ระโชติ ศรีธีระวิโรจน์ นาย กมล สิงค์ทอง ที่ช่วยเหลือ สำหรับคำปรึกษา และดูแล และผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้ทุกท่าน ที่มีได้เอ่ยนามในที่นี้สำหรับเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ และที่สำคัญกำลังใจจาก บิดา มารดา และคนรอบข้างที่คอยเป็นกำลังใจให้มาตลอด

คณะผู้จัดทำ

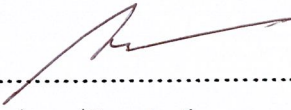
นาย ณัฐพล บุตร์หงษ์

นาย ณัฐพล รอดรักษา


ใบเสนอปริญญาบัตร

หัวข้อปริญญาบัตร	อุปกรณ์ช่วยในการเดินทางสำหรับผู้บกพร่องทางสายตา Transportation Aided Equipment for Blind People	
นักศึกษา	นายณัฐพล บุตรหงษ์	รหัสนักศึกษา 44015642
	นายณัฐพล รอดรักษา	รหัสนักศึกษา 44015643
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ พนารัตน์ ระวีวรรณ อาจารย์ มนต์ชัย แซ่ม้อย	
ระดับการศึกษา	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2546	

ปริญญาบัตรฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว


.....
(อาจารย์ มนต์ชัย แซ่ม้อย)

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร


.....
(อาจารย์ พนารัตน์ ระวีวรรณ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เสียงและคลื่นเสียง	5
2.1.1 ลักษณะของเสียง	5
2.1.2 การเกิดคลื่นเสียง	6
2.1.3 สรูปการเกิดเสียง	6
2.1.4 อัตราเร็วของเสียง	7
2.2 คุณสมบัติของเสียง	8
2.2.1 คุณสมบัติการสะท้อนของเสียง	8
2.2.2 คุณสมบัติการหักเหของเสียง	9
2.3 ชนิดของคลื่น	9
2.3.1 คลื่นใต้เสียง	9
2.3.2 คลื่นเหนือเสียง	10
2.4 หลักการนำคลื่นอุลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้	11
2.4.1 ความหมายของคลื่นอุลตราโซนิก	11
2.4.2 ชนิดของคลื่นอุลตราโซนิก	12
2.4.2.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal wave)	12
2.4.2.2 คลื่นตามขวาง (Transverse wave)	12
2.4.3 การเกิดคลื่นอุลตราโซนิก	12
2.4.3.1 ความถี่และความยาวคลื่น	13
2.4.4 ความเร็วของคลื่นอุลตราโซนิก	14
2.4.5 ปริมาณพลังงานของอุลตราโซนิก	16

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.6 การลดทอนของคลื่นอุลตราโซนิก	16
2.4.7 การแยกแยะ	17
2.4.7.1 การแยกแยะทางด้านข้าง (Azimuth resolution)	17
2.4.7.2 การแยกแยะตามแนวแกนของลำคลื่น (Range resolution)	17
2.5 ประโยชน์ในการใช้งานของคลื่นอุลตราโซนิก	17
2.6 อุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์	18
2.6.1 ชนิดของทรานสดิวเซอร์	19
2.6.1.1 แบบเปียโซอิเล็กทริก(Piezo-electric transducer)	19
2.6.1.2 แบบแมกนีโตรสตริกทีฟ (Magnetrostrictive)	19
2.6.2 อุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก	19
2.6.3 ตัวส่งและตัวรับ	20
2.6.4 เปียโซอิเล็กทริก ทรานสดิวเซอร์ (piezo-electric transducer)	20
2.6.5 ปรากฏการณ์เปียโซอิเล็กทริก	21
2.6.6 วัสดุที่ใช้	25
2.6.7 ลักษณะของวัสดุเปียโซอิเล็กทริก	26
2.6.7.1 ซิมเปิลเพลต (Simple plate)	26
2.6.8 การจัดเรียงเปียโซอิเล็กทริก (Stack or multiple-arrangement)	26
2.6.8.1 ไบมอร์ฟ หรือ เบนเดอร์ (bimorphs, benders)	26
2.7 ชนิดของเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์	29
2.7.1 เปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิด	29
2.7.1.1 ทรานสดิวเซอร์แบบเจเนอเรชั่น แอ็กชัน	29
(Generation-action transducer)	

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.7.1.2 ทรานสดิวเซอร์แบบมอเตอร์ แยกชั้น (Motor-action transducer)	29
2.7.2 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ	29
2.8 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ	30
2.9 ไอซีเบอร์ ISD 1420	31
2.9.1 ทฤษฎีของISD	31
2.9.2 รายละเอียดของขาอุปกรณ์	33
2.9.3 โหมดการทำงาน	37
2.9.4 การบันทึกในโหมด โหมดควบคุมภายนอก	39
2.9.5 การเล่นกลับในโหมด โหมดควบคุมภายนอก	41
2.10 เครื่องรับ-ส่งวิทยุ FM	42
บทที่ 3 การออกแบบโครงงาน	46
3.1 หลักการทำงานโดยรวม	46
3.2 ส่วนตรวจจับด้วยอุลตราโซนิก	46
3.2.1 ภาคส่งและกำเนิดความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์	47
3.2.2 ภาครับ	47
3.2.3 ภาคนับและแสดงผล	48
3.2.4 ภาคจ่ายไฟ	48
3.3 การคำนวณระยะทางและขอบเขตการวัด	48
3.4 การตรวจสอบและปรับแต่ง	49
3.5 ส่วนควบคุมระยะทาง	50
3.6 ส่วนควบคุมการเล่นเสียง	53
3.7 ภาคส่งด้วยคลื่น 27 MHz	58

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.7.1 การออกแบบรูปแบบเฟรมการส่ง	59
3.8 ภาครับสัญญาณด้วยคลื่นความถี่ 27 MHz	62
3.9 ส่วนเล่นเสียง	62
3.9.1 การออกแบบตำแหน่งในการเก็บข้อมูล	62
บทที่ 4 ผลการทดลอง	66
4.1 อุณหภูมิ ที่มีผลกระทบต่อชุดตรวจจับ	66
4.2 มุม ที่มีผลกระทบต่อชุดตรวจจับ	66
4.3 ระยะเวลาจริงกับระยะที่ตรวจสอบได้จากชุดอุปกรณ์	67
4.4 การทดสอบระยะทางที่เครื่องส่ง 27 MHz สามารถส่งได้ในสถานะต่าง ๆ	68
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	69
สรุปผลการทดลอง	70
ข้อเสนอแนะ	70
ภาคผนวก	71

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของชุดอำนาจความสะดวกให้คนพิการทางสายตา	3
รูปที่ 2.1 อัตราส่วนระหว่างความดันต่อระยะทางของเสียง	7
รูปที่ 2.2 กฎของการหักเห	9
รูปที่ 2.3 การอัดและการเบาบางของคลื่นเสียงที่อยู่รอบๆแหล่งกำเนิดเสียงระยะทางระหว่างการอัดที่สมบูรณ์และระยะทางระหว่างการเบาบางของคลื่นจะแสดงถึงความยาวคลื่นของคลื่น (λ)	13
รูปที่ 2.4 ผลของเปียโซอิเล็กทริก	22
รูปที่ 2.5 ผลึกควอตซ์และลักษณะการผลึก	25
รูปที่ 2.6 ลักษณะของแรงที่มากกระทำกับแผ่นซิมเปิลเพลตในทิศทางต่างๆกันจนทำให้เกิดการยุบตัวหรือเปลี่ยนแปลงรูปไป	26
รูปที่ 2.7 ลักษณะการต่อวัสดุเปียโซอิเล็กทริกแบบไบมอร์ฟ หรือ เบนเคอร์ โดยที่มีแรงมากกระทำกับวัสดุ	27
รูปที่ 2.8 ลักษณะการต่อวัสดุเปียโซอิเล็กทริกใน โหมบคของคอมเพรสชัน-เฮ็กซ์เพนชัน ทวิสเตอร์ (Twister)	27
รูปที่ 2.9 การต่อวัสดุเปียโซอิเล็กทริกเป็นแบบสเต็ค ในลักษณะของทวิสเตอร์	28
รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมภายในไอซี ISD 1420	32
รูปที่ 2.11 การจัดขาของ ISD 2590	33
รูปที่ 2.12 วิธีมอดูเลทโดยตรง	42
รูปที่ 2.13 แผนผังของเครื่องส่ง VHF/FM	42
รูปที่ 2.14 แผนผังของเครื่องส่ง UHF/FM	43
รูปที่ 2.15 เครื่องรับ FM แบบซิงเกิลคอนเวอร์ชัน	43
รูปที่ 2.16 เครื่องรับ FM แบบดับเบิลคอนเวอร์ชัน	44
รูปที่ 2.17 เครื่องรับ-ส่งวิทยุ FM ซึ่งแยกภาคเครื่องรับและเครื่องส่ง	44
รูปที่ 2.18 เครื่องรับ-ส่งวิทยุ FM แบบใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ร่วมกัน	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานโดยรวม	46
รูปที่ 3.2 วงจรภาคควบคุมระยะทาง	51
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของ โปรแกรมภาคควบคุมระยะทาง	53
รูปที่ 3.4 วงจรภาคควบคุมการเล่นเสียง	54
รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรม โปรแกรมควบคุมการเล่นเสียงส่วนอินพุตจากชุดควบคุมระยะทาง	55
รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมของภาคควบคุมการเล่นเสียงเมื่อเกิดการอินเตอร์รัพท์ ส่วนที่ 1	56
รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมของภาคควบคุมการเล่นเสียงเมื่อเกิดการอินเตอร์รัพท์ ส่วนที่ 2	57
รูปที่ 3.8 วงจรของภาคส่งด้วยควมถี่ 27 MHz	59
รูปที่ 3.9 เฟรมข้อมูลที่ใส่ส่งในภาคส่งและภาครับ 27MHz	59
รูปที่ 3.10 ลักษณะของเฟรมข้อมูลสายรถประจำทาง	60
รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของภาคควบคุมการส่งในวงจรส่งด้วยควมถี่ 27 MHz	61
รูปที่ 3.12 วงจรภาครับสัญญาณ 27 MHz	62
รูปที่ 3.13 วงจรเล่นเสียง	63
รูปที่ 4.1 วิธีการวัดระยะทาง	66
รูปที่ 4.2 การวัดระยะที่ผิดพลาดเพราะเกิดจากมุมสะท้อน	67

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 อัตราเร็วของเสียงที่ผ่านอุณหภูมิต่าง ๆ	7
ตารางที่ 2.2 ความเร็วของคลื่นอุตราโซนิกในแก๊สต่างๆที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส	16
ตารางที่ 2.3 ค่าความไวของประจุและค่าความไวของแรงดันของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก	24
ที่ต่างชนิดกันและผลที่เกิดจากแนวการตัดที่ไม่เหมือนกัน	
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติด้านต่างๆของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก	28
ตารางที่ 2.4 โหมดการทำงานของ IC เบอร์ ISD 1420	38
ตารางที่ 2.5 แสดงการทำงานโหมดควบคุมภายนอก	40
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของขาพอร์ตอูลตราโซนิกที่ต่อเข้าภาคควบคุมระยะทาง	51
ตารางที่ 3.2 ความหมายและค่าของบิตที่นำมาใช้งาน	52
ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับขา	63
ตารางที่ 3.4 ตำแหน่งและเวลาในการเก็บเสียง	65
ตารางที่ 4.1 ระยะทางที่อ่านได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	66
ตารางที่ 4.2 ค่าที่อ่านได้จากชุดวัดระยะทางด้วยอุตราโซนิกเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางจริง	67
ตารางที่ 4.3 ระยะไกลส่งที่วงจรสามารถส่งได้	68

บทที่ 1

บทนำ

ในโครงการนี้เป็นการประยุกต์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์วัดระยะและอุปกรณ์สื่อสารไร้สายมาพัฒนาเพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินทางและการ โดยสารรถประจำทาง โดยอุปกรณ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นส่วนของการตรวจจับสิ่งกีดขวาง ใช้หลักการของคลื่นเสียง อุลตราโซนิก (Ultrasonic) สะท้อนวัตถุเพื่อบอกระยะทางแก่อุปกรณ์และอุปกรณ์จะแปลงเป็นสัญญาณเสียงแจ้งเตือนให้ผู้ขับขี่ทราบ โดยมีระยะตรวจจับประมาณ 2 เมตร และส่วนที่ 2 เป็นจุดช่วยในการข้ามถนนและ โดยรถประจำทาง ซึ่งจะช่วยบอกรถประจำทางที่เข้าเทียบจอดนั้นเป็นรถประจำทางสายอะไรและ แจ้งสัญญาณไฟ และบอกสถานที่สำคัญบางส่วน ได้ โดยหลักการคือจะมีอุปกรณ์ส่งสัญญาณติดที่ไฟจราจรและรถประจำทางแต่ละคันเพื่อส่งข้อมูลแบบ ไร้สายเข้ามายังอุปกรณ์ของเราเมื่อถึงระยะที่รับ ได้ อุปกรณ์ก็จะแจ้งเตือนออกมาเป็นสัญญาณเสียงเพื่อบอกข้อมูลให้แก่ผู้ใช้ทราบว่าตอนนี้ อยู่ทีบริเวณแยกไฟแดงหรือบริเวณป้ายรถประจำทางถ้าอยู่บริเวณแยกไฟแดงก็จะแจ้งสถานะของไฟจราจรให้ผู้ใช้ได้ทราบ แต่ถ้าอยู่ในบริเวณป้ายรถประจำทางก็จะแจ้งสายรถประจำทางคันที่เข้าเทียบจอดในเวลานั้น ๆ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

เมื่อเปรียบเทียบมาตรการของรัฐบาล ที่ดำเนินการเพื่อคนพิการในประเทศที่เจริญแล้ว เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา กับประเทศไทยจะเห็นว่า มีความแตกต่างกันมาก คนพิการในประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถเข้าเรียนในสถานการณศึกษาได้เหมือนคนปกติ จนสามารถประกอบอาชีพได้เป็นจำนวนมาก ถึงแม้แต่ละคนจะมีความพิการแตกต่างกันไป แต่รัฐก็ให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์ตามความจำเป็นของแต่ละคนได้อย่างทั่วถึง โดยให้มีบริการทางด้านสาธารณสุข ปลอดภัย สำหรับใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันและการติดต่อสื่อสาร ส่วนประเทศไทยนั้น คนพิการส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการสนับสนุนส่งเสริม และอุดหนุนจากรัฐบาล ในฐานะที่เป็นบุคคลด้อยโอกาสในสังคมเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องมาจากคนพิการทางตาเหล่านี้ จะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ ที่มีราคาแพงที่บุคคลทั่วไปไม่สามารถจะซื้อเองได้ ในการอำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิต การศึกษา และการประกอบอาชีพ และการเดินทาง

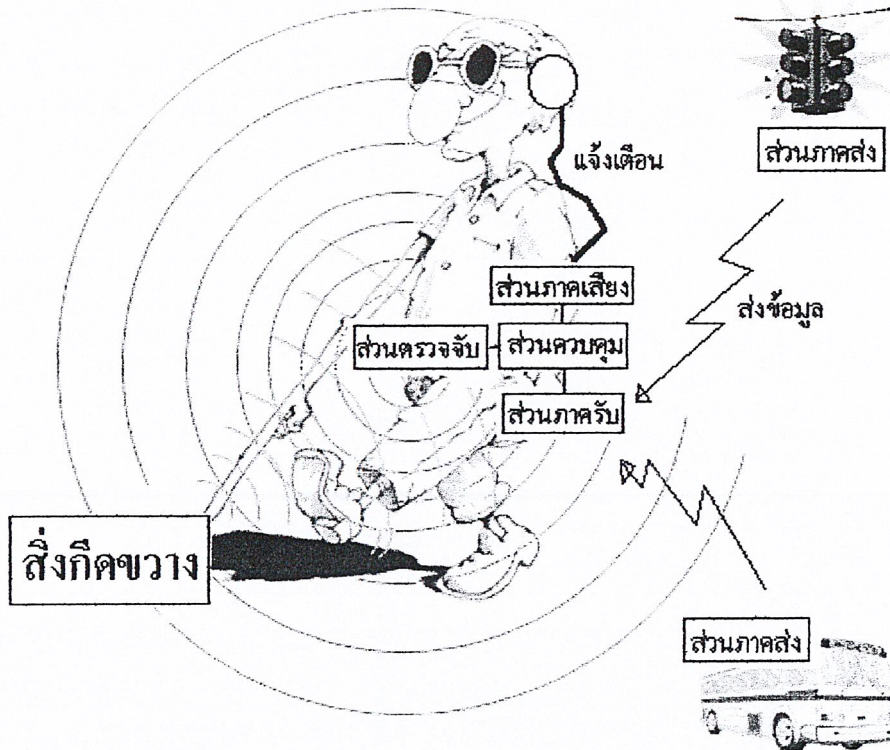
ซึ่งคนพิการทางตาจะมีปัญหาเรื่องการเดินทางต่างๆ เช่นการข้ามแยกไฟแดงและเดินทางโดยการโดยสารรถประจำทางเพราะไม่สามารถทราบสัญญาณไฟและสายของรถได้ จึงเป็นแนวคิดที่จะใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ในประเทศไทยซึ่งมีราคาถูกมาพัฒนาเพื่อเป็นการช่วยเหลือและให้โอกาสสำหรับคนพิการทางตาได้เดินทางสะดวกสบายมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. นำเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งในปัจจุบันมีราคาถูก นำมาพัฒนาช่วยสังคม
2. แก้ปัญหาและยกระดับคุณภาพชีวิตของคนพิการทางสายตาเพื่อให้มีความสะดวกในการเดินทางและการโดยสารรถประจำทางเพิ่มมากขึ้น
3. เพื่อเป็นตัวอย่างของการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อช่วยเหลือสังคม

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถแจ้งเตือนด้วยเสียงเมื่อมีสิ่งกีดขวางอยู่ในระยะทางที่กำหนด
2. สามารถบอกสายรถประจำทางที่เข้ามาจอดเทียบที่ป้ายในเวลานั้นได้
3. สามารถบอกสถานที่สำคัญในบริเวณใกล้เคียงได้
4. สามารถบอกสถานะของสัญญาณไฟจราจรและแจ้งเตือนได้



รูปที่ 1.1 บล็อก ไดอะแกรมของชุดอำนวยความสะดวกให้คนพิการทางสายตา

จากรูปสามารถแบ่งการทำงานได้ 5 ภาค โดยส่วนแรกเป็นภาคสำหรับตรวจจับสิ่งกีดขวางในการเดินทางที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการตรวจจับวัตถุ ส่วนที่สองเป็นชุดวงจรควบคุมมีหน้าที่รับข้อมูลจากภาคตรวจจับและภาครับสัญญาณเพื่อประมวลผลและทำการเลือกตำแหน่งของเสียง ส่วนที่สามเป็นภาครับสัญญาณทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากภาคส่ง ส่วนที่สี่เป็นภาคส่งซึ่งภาคส่งนี้จะนำไปติดไว้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเพื่อบอกข้อมูลและสถานะของอุปกรณ์นั้น ๆ แก่ภาครับ เช่น บอกสถานะของสัญญาณไฟ บอกสายรถประจำทางที่เข้าเทียบจอด และส่วนที่ห้าเป็นส่วนของภาคเก็บเสียงและภาคขยาย ทำหน้าที่เก็บเสียงชนิดต่าง ๆ ที่ถูกบันทึกไว้และทำการเล่นเสียงตามตำแหน่งที่ภาคควบคุมส่งมาให้แก่คนพิการทางสายตา

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เสียงและคลื่นเสียง

เสียงเป็นลักษณะการเคลื่อนที่แบบคลื่นชนิดหนึ่ง ซึ่งพลังงานจะถูกส่งออกไปจากแหล่งกำเนิดโดยผ่านตัวกลางทำให้อนุภาคของตัวกลางการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกกลับไปกลับมาในทิศเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง เสียงจึงจัดเป็นคลื่นกล (Mechanical wave) และการเคลื่อนที่ของตัวกลางที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านเป็นแบบคลื่นตามยาว (Longitudinal wave) เสียงเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งกระตุ้นให้ประสาทหูคนปกติเกิดความรู้สึกในการได้ยิน ดังนั้นเสียงจึงมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอย่างมากในการสื่อสาร ความบันเทิงและประโยชน์อื่น ในการศึกษาเรื่องเสียงจึงนับว่ามีความสำคัญ

2.1.1 ลักษณะของเสียง

เมื่อเกิดคลื่นตามยาวขึ้นในอากาศ คลื่นนี้จะแผ่ออกไปทุกทิศทุกทางโดยผ่านตัวกลางยืดหยุ่นซึ่งในที่นี้ก็คืออากาศนั่นเองเมื่อคลื่นตามยาวนี้มาถึงหูคนฟัง จึงทำให้ได้รับความรู้สึกเป็นเสียง (Sensation of sound) ได้เฉพาะคลื่นที่มีความถี่โดยเฉลี่ยระหว่าง 20-20,000 เฮิรตซ์เท่านั้น ถ้าความถี่สูงหรือต่ำกว่านี้หูคนจะไม่สามารถรับฟังได้ แต่อย่างไรก็ตามคลื่นในช่วงความถี่ดังกล่าวที่คนจะรับฟังได้นั้นก็ต้องมีอำพันมากพอที่พลังงานของคลื่นจะกระตุ้นความรู้สึกของการได้ยินเสียงได้ด้วย คลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ เรียกว่าคลื่นใต้เสียง (Infrasonic waves) เช่นคลื่นใต้จากการเกิดแผ่นดินไหว และคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20,000 เฮิรตซ์ เรียกว่าคลื่นเหนือเสียง (Ultrasonic waves) เช่นคลื่นที่เกิดจากการสั่นของผลึกควอตซ์ซึ่งเกิดขึ้นโดยการให้สนามไฟฟ้าสลับ คลื่นเสียงตามยาว สามารถเดินทางผ่านไปใ้ในของแข็ง ของเหลว และก๊าซได้ อนุภาคของตัวกลางที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านจะเคลื่อนที่กลับไปมาในทิศเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่น คลื่นเสียงอย่างง่ายจะเป็นคลื่นซิมเปิลฮาร์โมนิกที่สามารถระบุถึงความถี่ ความยาวคลื่นและแอมพลิจูดของคลื่นเสียงได้

2.1.2 การเกิดคลื่นเสียง

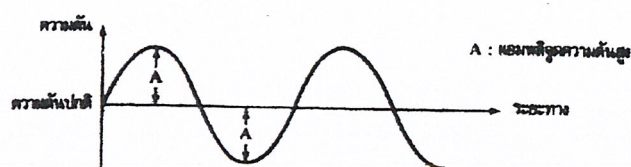
เสียงเกิดจากการสั่นของต้นกำเนิดเสียง ซึ่งอาจเกิดจากสั่นของสายเช่น ไวโอลิน สายเสียงในลำคอ จากการสั่นของแผ่นหรือเยื่อต่างๆเช่น ระนาด ลำโพงเสียง กลอง และจากการสั่นของลำอากาศเช่น ออร์แกน ปี่ชวา การสั่นสะท้อนของต้นกำเนิดเสียงทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่นสะท้อนจนกระทั่งมากระทบกับประสาทจึงเกิดการรู้สึกได้ยิน ถ้าไม่มีตัวกลางเสียงจะเคลื่อนที่ไม่ได้ดังเช่นในการทดลองที่แสดงให้เห็นว่า เสียงเดินทางผ่านสุญญากาศไม่ได้ แต่คลื่นเสียงสามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งและของเหลวได้ เพราะเหตุนี้เราจึงสามารถพิจารณาว่า

การเกิดคลื่นเสียงในอากาศพิจารณาได้จากการสั่นของแผ่นไดอะแฟรมของลำโพงเสียงได้ คือ ในขณะที่แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนที่ไปทางขวาจะอัดอากาศข้างหน้าให้เกิด ส่วนอัด (Compression) เดินทางไปในอากาศ ในเวลาต่อมาแผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนที่กลับไปทางซ้ายมือทำให้ความดันอากาศบริเวณนั้นลดลงกลายเป็น ส่วนขยาย (Rarefaction) ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันในอากาศขึ้น การเปลี่ยนแปลงของความดันในอากาศจะเคลื่อนที่ไปยังหูผู้ฟังในลักษณะคลื่นเสียง โดยส่วนอัดจะมีความดันสูง ส่วนขยายจะมีความดันต่ำ ในขณะที่เกิดคลื่นความดันนี้ โมเลกุลของอากาศจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบคลื่นตามยาว ส่วนอัดของอากาศจากการสั่นของแผ่นไดอะแฟรมจะเกิดในขณะที่เคลื่อนที่ไปทางขวา และในขณะที่แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนที่ไปทางซ้ายจะเกิดส่วนขยาย ในขณะที่เกิดคลื่นเสียงจึงสามารถแทนได้โดยกราฟระหว่างความดันกับระยะทางของคลื่นเสียง

จะเห็นได้ว่าคลื่นเสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ พลังงานจากการสั่นของวัตถุจะถ่ายถอดให้กับโมเลกุลของอากาศทำให้โมเลกุลของอากาศสั่น แล้วถ่ายทอดพลังงานที่ได้รับถัดไปเรื่อยๆ เกิดเป็นส่วนอัดและส่วนขยายของโมเลกุลอากาศ มีลักษณะคล้ายการสั่นของสปริงตามยาว

2.1.3 สรุปรูปการเกิดเสียง

เสียงเป็นคลื่นกลตามยาวเกิดจากการสั่นของอนุภาคเสียงดังแสดงว่าอนุภาคสั่นแรงมีพลังงานสูงมีการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศ มาก เสียงค่อยแสดงว่าอนุภาคสั่นเบา มีพลังงานต่ำมีการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศต่ำ ความถี่เสียงเท่ากับความถี่ของการสั่นของแหล่งกำเนิด



รูปที่ 2.1 อัตราส่วนระหว่างความดันต่อระยะทางของเสียง

2.1.4 อัตราเร็วของเสียง

เนื่องจากเสียงเป็นคลื่นตามยาวเคลื่อนที่ไปโดยอาศัยตัวกลาง ดังนั้นอัตราเร็วของเสียงจึงไม่คงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางและคุณสมบัติของตัวกลางนั้น ได้แก่ ความหนาแน่นและคุณสมบัติความยืดหยุ่นของตัวกลาง โดยทั่วไปพบอัตราเร็วของเสียงจะมีค่ามากในตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อัตราเร็วของเสียงที่ผ่านอุณหภูมิต่าง ๆ

ตัวกลาง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราเร็ว (เมตร/วินาที)
ออกซิเจน	0	317.2
อากาศ	0	331.3
อากาศ	20	343
ไฮโดรเจน	0	1286
ไฮโดรเจน	20	1331
น้ำ	15	1450
น้ำ	20	1474
ตะกั่ว	20	2130
ทองแดง	20	3560
อลูมิเนียม	20	5100
เหล็ก	20	5130

2.2 คุณสมบัติของเสียง

2.2.1 คุณสมบัติการสะท้อนของเสียง

การสะท้อนของเสียง เป็นไปตามกฎการสะท้อน คือทิศทางของคลื่นตกกระทบ ทิศทางของคลื่นสะท้อนด้วยกัน และเส้นแนวฉากอยู่บนระนาบเดียวกันและมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

การสะท้อนของเสียงจะเกิดได้ดีก็ต่อเมื่อตัวสะท้อนมีขนาดใหญ่กว่าหรือเทียบเท่ากับความยาวคลื่นเสียง สำหรับมนุษย์จะสามารถแยกเสียงสะท้อนได้ดีก็ต่อเมื่อเวลาที่เสียงออกจากแหล่งกำเนิดเสียงกับเวลาที่เสียงสะท้อนกลับมายังแหล่งกำเนิดเสียงหรือผู้ฟังต่างกันอย่างน้อย 1/10 วินาที หรือคิดเป็นระยะทางประมาณ 17 เมตร การสะท้อนของเสียงหลายๆ ครั้ง จนเวลาต่างกันเกิน 1/10 วินาที เรียกว่า เสียงก้อง (reverberation) ความเข้มของเสียงก้องจะลดลงตามสมการ

$$I = I_0 e^{-kI} \quad (1)$$

เมื่อ I = ความเข้มเสียงเมื่อเวลาที่ผ่านไป t วินาที หลังจากต้นกำเนิดเสียงหยุดถ่ายทอดพลังงานเสียง (W / ตารางเมตร)

I_0 = ความเข้มสูงสุดของเสียงก้อง ($t = 0$) (W / ตารางเมตร)

k = ค่าคงตัว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวัสดุที่ทำผนังห้องและขนาดของห้อง

โซนาร์ (sonar) เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูง ความยาวคลื่นน้อย ใช้สำหรับตรวจหาความลึกของท้องทะเลหรือหาตำแหน่งวัตถุใต้น้ำ (ฝูงปลา) ที่มีขนาดเล็กๆ ได้ โดยใช้กฎการสะท้อนและสูตรการคำนวณ

$$s = vt \quad (2)$$

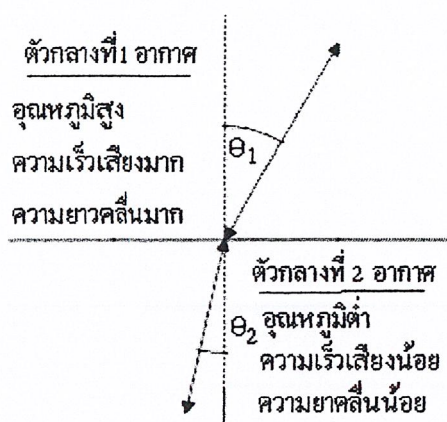
เมื่อ s = ระยะทาง (m)

v = ความเร็วเสียงในตัวกลางที่ส่งคลื่นเสียง (m / s)

t = เวลา (s)

2.2.2 คุณสมบัติการหักเหของเสียง

การหักเหของเสียง เกิดจากความเร็วของเสียงเปลี่ยนไปในตัวกลางต่างชนิดกัน หรือตัวกลางเดียวกัน แต่อุณหภูมิเปลี่ยนไป เมื่อความถี่ของเสียงคงตัว ซึ่งเป็นไปตามกฎการหักเหของสเนลล์ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กฎของการหักเห

2.3 ชนิดของคลื่น

2.3.1 คลื่นใต้เสียง

คลื่นใต้เสียงหรือที่เรียกว่า อินฟราซาวนด์ (infrasound) ได้แก่คลื่นกลตามยาวที่มีความยาวคลื่นมากกว่า ความยาวคลื่นเสียง กล่าวคือ มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิร์ตซ์ ซึ่งหูไม่ได้ยิน เกิดจากต้นกำเนิดที่มีขนาดใหญ่ เช่น คลื่นแผ่นดินไหวคลื่นสั่นสะเทือนจากการก่อสร้าง จากโรงงานอุตสาหกรรม จากการจราจรทางถนน ทางรถไฟ มีการค้นคว้าทดลองแสดงว่าคลื่นใต้เสียงนั้น ได้ยินได้อย่างน้อยที่สุดก็ลงไปถึง 1 เฮิร์ตซ์ คลื่นใต้เสียงความถี่ต่างๆ มีลักษณะการได้ยินคล้ายๆ กับเสียงเครื่องดนตรีเป็นจังหวะๆซึ่งแสดงว่าสิ่งที่เราได้ยินไม่ใช่เสียงบริสุทธิ์ของคลื่นใต้เสียงแต่เป็นฮาร์โมนิกซึ่งเกิดจากการเพี้ยนเสียงในหูส่วนกลางและส่วนใน

ผลของคลื่นใต้เสียงที่อาจมีต่อคนเรา ได้แก่ผลต่อร่างกายทั้งตัว ต่อการหายใจ ต่อการได้ยิน เช่น ทำให้ระดับเริ่มได้ยินเปลี่ยนไป คือสูงขึ้น

หมายเหตุ ในปี พ.ศ.2516 มีการประชุมคอลโลควียม (colloquium) เรื่องคลื่นใต้เสียงที่ปารีส กลุ่มที่ประชุมให้คำนิยามของคลื่นใต้เสียงว่าเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่ระหว่าง 0.1 ถึง 20 เฮิรต์ซ์

2.3.2 คลื่นเหนือเสียง

เสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิรต์ซ์ หรือเรียกว่า เสียงอัลตราโซนิก อัลตราซาวนด์ (ultrasound) ความถี่ 20 กิโลเฮิรต์ซ์ เป็นขีดจำกัดของการได้ยินทางด้านความถี่สูง สุนัขได้ยินความถี่สูงกว่านี้ เพราะฉะนั้นเราจึงสามารถเรียกสุนัขได้อย่างง่ายๆ โดยใช้หน่วยอัลตราซาวนด์ ความถี่อัลตราโซนิกสามารถทำได้สูงถึง 600 เมกกะเฮิรต์ซ์ โดยใช้การสั่นของผลึกควอตซ์ คลื่นความถี่ขนาดนี้มีความยาวคลื่นในอากาศประมาณ 5×10^{-7} เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดพอกๆกับความยาวคลื่นแสง ค้างคาวหาทิศทางการบินด้วยการส่งคลื่นอัลตราโซนิกออกไปกระทบสิ่งกีดขวางแล้วคอยดักจับคลื่น สะท้อน ในเรือเดินทะเลมีการใช้โซนาร์เพื่อหาตำแหน่งเรือใต้น้ำ หรือหาตำแหน่งฝูงปลาเช่นเดียวกับค้างคาวคือ ส่งคลื่นอัลตราโซนิกออกไป หลังจากนั้นเครื่องส่งก็ทำหน้าที่เป็นเครื่องรับคลื่นสะท้อน ระยะทางจากวัตถุที่สะท้อนคลื่นหาได้จากระยะเวลาระหว่างการรับคลื่น โดยหลักเดียวกันเรือสามารถตรวจวัดความลึกของทะเลได้ การสื่อสารใต้น้ำระหว่างเรือด้วยกันก็ใช้คลื่นเหนือเสียง โดยทั่วไปใช้ที่ความถี่ 20 - 100 กิโลเฮิรต์ซ์ นอกจากนี้ถ้าความยาวคลื่นยิ่งสั้นเรายังทำให้ลำคลื่นแคบลงได้มาก ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ การเลี้ยวเบน ถ้าความยาวคลื่นมีค่าน้อยเทียบกับสิ่งกีดขวางและช่องที่เปิดใช้ การเลี้ยวเบนของลำแสงอัลตราโซนิกก็จะเกิดเพียงเล็กน้อย

ปัจจุบันการใช้งานคลื่นอัลตราโซนิกทางอุตสาหกรรมและทางแพทย์มีมากขึ้นอันได้แก่ การใช้การสั่นเป็นตัวทำงาน เช่น การเชื่อมพลาสติกโดยการส่งการสั่นความถี่สูงเข้าไปในบริเวณที่มีผิวสัมผัสกันอยู่ ความดันและการสั่นทำให้เกิดพลังงานความร้อนจากการเสียดทาน ผิวทั้งสองเชื่อมประสานกันได้มีความแข็งแรงทันที การใช้ประโยชน์โดยตรงจากคลื่นเหนือเสียง ได้แก่ การทำความสะอาด ซึ่งเป็นเรื่องแปลกและเหมาะสำหรับทำความสะอาดตามซอกเล็กซอกน้อยได้ดี (เช่น ในห้องทดลองและเครื่องมือแพทย์) คือถ้าเราทำคลื่นเหนือเสียงให้เกิดในของเหลว จะมีฟองเล็กๆ เกิดขึ้นในขณะที่มีส่วนขยาย หลังจากนั้นพอมีสวนอัดตามมา ฟองเหล่านี้ถูกบีบอัดภายในเนื้อที่ของฟองเล็กๆ เหล่านี้ จะเกิดความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็นคลื่นกระแทกอย่างรุนแรง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า แคววิเทชัน (cavitation) หรือการเดือดอย่างเย็น มีผลทำให้สิ่งสกปรกในวัตถุซึ่งอยู่ในของเหลวหลุดไป เนื่องจากการทำความสะอาดจะได้ผลดีที่ความถี่ต่ำๆ

ดังนั้น อุปกรณ์ในการทำความสะอาดแบบอัลตราโซนิกจึงมักใช้ความถี่ 20-30 กิโลเฮิรตซ์ และได้ผลดีมากสำหรับการฆ่าเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด จึงใช้เป็นกระบวนการฆ่าเชื้อโรคได้แบบหนึ่ง

นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ของคลื่นเหนือเสียง ได้แก่ การส่งสัญญาณอัลตราโซนิก การหักเห การสะท้อน เช่น โซนาร์ หรือใช้ในการวินิจฉัยโรค เมื่อเทียบกับรังสีเอ็กซ์ การตรวจอวัยวะภายในคลื่นเหนือเสียงดีกว่าตรงที่สามารถแยกให้เห็นตำแหน่งพื้นผิวที่ชนกันระหว่างวัตถุที่มีความหนาแน่นต่างกัน มีวัตถุเป็นอันมากที่ไม่ทึบแสงสำหรับรังสีเอ็กซ์ แต่ตรวจได้ง่าย โดยคลื่นเหนือเสียง เช่น ของเหลวและเนื้อเยื่ออ่อนๆ ของคนเราซึ่งรังสีเอ็กซ์แยกไม่ออก

ในบางกรณีเราใช้คลื่นเหนือเสียงวินิจฉัยโรค เช่น ตรวจการทำงานของลิ้นหัวใจ ตรวจมดลูก ตรวจเนื้อ งอก ตับ ม้ามสมอง ซึ่งเรียกว่าวิธีเอโคเอนเซฟาโลกราฟี (echoencephalography) วิธีการใช้อัลตราโซนิก เรียกว่า อัลตราโซโนกราฟี (ultrasonography) คือเราเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานอัลตราโซนิกโดยทรานส์ดิวเซอร์ (transducer) คลื่นเหนือเสียงผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายเมื่อไปสะท้อนที่พื้นผิว ที่อยู่ชิดกันแต่มีความหนาแน่นต่างกันจะเกิดการสะท้อน คลื่นสะท้อนถูกจับด้วยทรานส์ดิวเซอร์และถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้าในรูปของความต่างศักย์ เมื่อถูกขยายขึ้นแสดงออกทางจอของออสซิลโลสโคปต่างๆ ได้

2.4 หลักการนำคลื่นอัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้

เนื่องจากคลื่นเกิดขึ้นอย่างหนาแน่นและเบาบางสลับกันไป และจะเปลี่ยนแปลงไปเช่นนี้ในแต่ละปริมาตรของอนุภาค คลื่นตามยาวนี้สามารถเดินทางผ่านของแข็ง ของเหลวและแก๊ส โดยมาก ถ้ากล่าวถึงความเร็วของคลื่นแล้ว จะหมายถึงความเร็วของคลื่นตามยาว ในการพิจารณาคลื่นตามยาวที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างๆ ได้นั้น ตัวกลางจะต้องมีขนาดใหญ่พอเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น

2.4.1 ความหมายของคลื่นอัลตราโซนิก

อัลตราโซนิก หมายถึง คลื่นที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้ว หูของมนุษย์จะได้ยินเสียงในย่านความถี่ 20 Hz ถึง 20 KHz อัลตราโซนิกที่กล่าวถึงโดยทั่วไปจึงหมายถึงคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป

2.4.2 ชนิดของคลื่นอุตราโซนิก

คลื่นอุตราโซนิก ที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างๆมีหลายชนิดเดียวกัน แต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคในตัวกลางนั้นๆ โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.4.2.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal wave)

เป็นลักษณะของคลื่นที่ซึ่งทุกๆจุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเกิดกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเท่านั้น แต่ยังมีมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นด้วย จึงทำให้คลื่นเคลื่อนที่ไปตามระนาบในแนวนอนด้วยเหตุนี้คลื่นจึงเดินทางผ่านไปเฉพาะบนผิวของตัวกลางเท่านั้น

2.4.2.2 คลื่นตามขวาง (Transverse wave)

คือคลื่นที่ทุกๆจุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางซึ่งคลื่นเดินทางไปในทิศหนึ่งๆ คลื่นชนิดนี้จะเดินทางผ่านตัวกลางที่มีขนาดของตัวกลางใหญ่กว่าขนาดของความยาวคลื่น และสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ คลื่นชนิดนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวและแก๊ส คลื่นตามขวางมีลักษณะเสมือนการเกิดขั้วลบและขั้วบวก ซึ่งเป็นเหตุผลการ เปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นไปเพียงทิศทางเดียว เช่น ในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไป ต้นกำเนิดของคลื่นตามขวางเป็นพื้นี่หน้าเรียบของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอันเนื่องจากการแกว่ง ความหนาแน่นของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบตามขวางความเร็วของคลื่นชนิดนี้จะน้อยกว่าความเร็วของคลื่นชนิดตามยาว ในขณะที่เดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้นที่ความถี่เดียวกัน ความยาวคลื่นของคลื่นตามขวางจะน้อยกว่าคลื่นตามยาวเสมอ

2.4.3 การเกิดคลื่นอุตราโซนิก

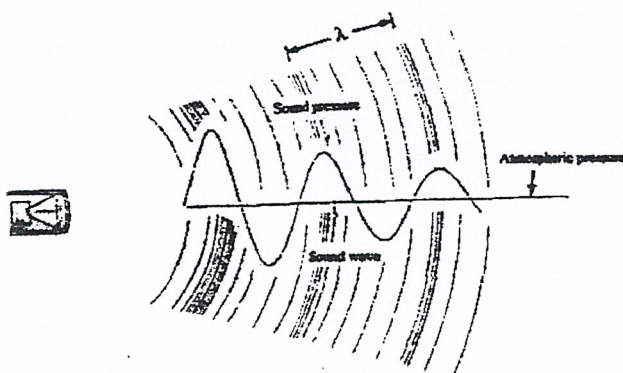
อุตราโซนิกเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมา หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล ทำให้เกิดคลื่นย่านอุตราโซนิกกระจายออกไปในอากาศ ดังนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นกล คลื่นอุตราโซนิก

สามารถถูกสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ในที่นี้จะใช้ทรานสดิวเซอร์แบบเพียโซอิเล็กทริก (piezo-electric transducer) โดยจะทำการแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล และมีความถี่ เรโซแนนท์ (resonant frequency) คงที่อยู่ค่าหนึ่ง สำหรับแบบโซอิเล็กทริกนี้ เป็นแบบที่นิยมใช้เพราะมีราคาถูกและหาซื้อง่าย

2.4.3.1 ความถี่และความยาวคลื่น

ความถี่ คือ จำนวนของออสซิลเลตหรือการแกว่งที่สมบูรณ์จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายใน 1 วินาที คลื่นที่ถูกส่งจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางด้วยความถี่เดียวกันนี้ เช่น อัตราการสั่นของสายไวโอลินที่มีความถี่ 440 Hz มันก็จะมีความถี่เดียวกันกับคลื่นที่ถูกส่งและรับได้จากผู้ฟัง

ความยาวคลื่น คือ ระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างแต่ละการสั่นที่สมบูรณ์หรือการเดินทางครบ 1 รอบ (1 Cycle) สามารถกล่าวได้ว่า ความยาวคลื่นเป็นระยะทางระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่อง (successive compression) หรือการเบาบางของอากาศ (rarefaction) การอัด คือการที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันมากกว่าบริเวณรอบๆ ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณเฉพาะที่เกิดการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์ กับแรงดันของบรรยากาศปกติ รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบการเบาบางรอบๆแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงและแสดงความยาวคลื่นที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.3 การอัดและการเบาบางของคลื่นเสียงที่อยู่รอบๆแหล่งกำเนิดเสียง ระยะทางระหว่างการอัด

ที่สมบูรณ์และระยะทางระหว่างการเบาบางของคลื่น จะแสดงถึงความยาวคลื่นของคลื่น (λ) ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์ตามสมการข้างล่าง

$$v = f \lambda \text{ (m/s)} \quad (3)$$

v = ความเร็วที่คลื่นสามารถเดินทางได้ในตัวกลาง (m/s)

f = ความถี่ของคลื่น (Hz)

λ = ความยาวคลื่น (m)

2.4.4 ความเร็วของคลื่นอุตราโซนิก

คลื่นเหนือเสียงหรือคลื่นอุตราโซนิกที่เดินทางในตัวกลางที่แตกต่างกัน ย่อมจะมีความเร็วในการเดินทางผ่านตัวกลางนั้นๆแตกต่างกันด้วย โดยขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางหรือแก๊ส แรงดันของแก๊ส แรงดันของแก๊สเมื่อกำหนดให้คลื่นเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นแก๊ส รวมทั้งอุณหภูมิในขณะนั้น สำหรับทฤษฎีที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นในตัวกลางที่เป็นแก๊สกับคุณสมบัติของแก๊สเหล่านั้น สามารถแสดงได้ดังนี้

$$v = (\gamma p / \rho)^{1/2} \text{ (m/s)} \quad (4)$$

v = ความเร็วที่คลื่นอุตราโซนิกสามารถเดินทางได้ในแก๊ส (m/s)

γ = ค่าอัตราส่วนของความร้อนของแก๊สที่แรงดันคงที่ต่อความร้อนที่ปริมาตรคงที่

p = ความดันของแก๊สในหน่วย Pascal (ความดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเล = 1.01325 เมกะ Pascal)

ρ = ความหนาแน่นของแก๊ส (kg/m^3) ; ในอากาศ $\rho = 1.29 \text{ kg/m}^3$

สำหรับแก๊สในอุดมคติ จะมีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและแรงดันดังนี้

$$PV = RT \quad (5)$$

R = Molar gas constant (newton – m / Kelvin)

T = ค่าอุณหภูมิสัมพัทธ์ (Kelvin)

V = ปริมาตรของแก๊ส (m^3)

P = ความดันของแก๊ส (newton / m^2)

ความสัมพันธ์ดังสมการที่ (4) สมการแทนอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ดังนี้

$$P = \rho RT / M \text{ (newton / m}^2\text{)} \quad (6)$$

เมื่อ M เป็น โมเลกุลของแก๊ส และจากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 5 เมื่อนำไปแทนลงในสมการที่ 2 เราจะได้ความเร็วของคลื่นอุตราโซนิกในอากาศเป็นดังนี้

$$V = (\gamma RT / M)^{1/2} \quad (\text{m/s}) \quad (7)$$

จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 5 นี้ ความเร็วของคลื่นในแก๊สอุดมคติจะเกิดขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สและอุณหภูมิ โดยเป็นอิสระจากการเปลี่ยนแปลงความดัน ดังนั้นความเร็วของคลื่นที่ขุดเขาก็ควรจะเหมือนกับเชิงเขาถ้าอุณหภูมิเท่ากัน ในทางปฏิบัติ ที่กล่าวมานี้จะเป็นจริงสำหรับความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2 โดยความดันของแก๊สและความหนาแน่นของแก๊สจะลดลงเมื่อความสูงนั้นสูงกว่า ระดับน้ำทะเลมากยิ่งขึ้น และผลของความกดดันทางบรรยากาศจะมีผลต่อความเร็วของคลื่นเพียงเล็กน้อย

ความเร็วของคลื่นอุตราโซนิกที่ยอมรับได้ในอากาศที่อุณหภูมิปกติ จะมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$V = 331.45 + 0.607 t \quad (\text{m/s}) \quad (8)$$

$$V = 1,052.03 + 1.106 \quad (\text{ft/s}) \quad (9)$$

โดย t = อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

F = อุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์

สำหรับอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากกว่า 20 องศาเซลเซียส เพื่อให้การคำนวณมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น จะใช้ความสัมพันธ์ดังสมการข้างล่างนี้

$$V = 331.45 (T/273)^{1/2} \quad (10)$$

T = อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน

ตารางที่ 2.2 ความเร็วของคลื่นอุลตราโซนิกในแก๊สต่างๆที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

GAS	VELOCITY (m/s)
1. AIR (0 องศาเซลเซียส)	331.45
2. ARGON	319
3. CARBON MONOXIDE	338
4. CABON DIOXIDE	259
5. HELIUM	965
6. HYDROGEN	1,284
7. METHANE	430
8. NEON	435
9. NITROGEN	334
10.OXYGEN	435
11. STREAM (134 องศาเซลเซียส)	494

2.4.5 ปริมาณพลังงานของอุลตราโซนิก

ปริมาณพลังงานของคลื่นอุลตราโซนิกจะถูกวัดในรูปความเข้มของคลื่น ซึ่งจะมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อ ตารางเซนติเมตร (w/cm^2) เป็นการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของคลื่นภายในเวลา 1 วินาที

2.4.6 การลดทอนของคลื่นอุลตราโซนิก

เมื่อคลื่นอุลตราโซนิกเดินทางผ่านตัวกลาง ถ้าคลื่น (beam) ของคลื่นอุลตราโซนิกจะสูญเสียความเข้มไป เนื่องมาจากเกิดการสูญเสียของลำคลื่น หรือเกิดจากการกระจายพลังงานของคลื่นออกจากลำคลื่น เพราะความไม่ต่อเนื่องภายในตัวกลาง (non homogenous) และอาจเกิดจากการดูดซับพลังงานส่วนหนึ่งของคลื่นโดยตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน พลังงานที่ถูกดูดซับนี้จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของตัวกลาง ความยืดหยุ่นและความหนาแน่น รวมทั้งความถี่ของคลื่นอุลตราโซนิกที่ใช้ ยิ่งความถี่สูงพลังงานก็จะยิ่งถูก

ดูดซับไปมาก ดังนั้นคลื่นอุลตราโซนิกที่นำเอามาใช้งาน โดยมากจะมีความถี่จำกัดอยู่ไม่เกิน 50 KHz หากความถี่สูงกว่านี้แล้ว เมื่อคลื่นเดินทางไปในอากาศในระยะทางไกลๆ ความแรงคลื่นจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสาเหตุดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ความแรงของคลื่นสะท้อนกลับมีขนาดไม่แรงพอที่จะทำให้เครื่องรับทำงานได้ นั่นหมายถึง ยิ่งคลื่นอุลตราโซนิกมีความถี่สูงขึ้นเพียงใด รัศมีคลื่นอุลตราโซนิกก็จะยิ่งสั้นลง

2.4.7 การแยกแยะ

การแยกแยะหรือรีโซลูชัน (Resolution) ของการส่งระบบพัลส์คลื่นสะท้อน สามารถถูกใช้เป็นตัวกำหนดความสามารถของระบบที่แยกความแตกต่างระหว่างตัวสะท้อน 2 ตัวที่อยู่ใกล้กัน การแยกแยะที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด

2.4.7.1 การแยกแยะทางด้านข้าง (Azimuth resolution)

หรือการแยกแยะตามแนวอาซิมูท เป็นความสามารถในการแยกความแตกต่างของเป้า 2 อัน ซึ่งวางในแนวนอนและตั้งฉากกับทิศทางของลำคลื่นในระยะทางที่เท่ากัน และขึ้นอยู่กับความกว้างของลำคลื่นที่ใช้ส่ง ซึ่งก็คือคลื่นอุลตราโซนิกนั่นเอง

2.4.7.2 การแยกแยะตามแนวแกนของลำคลื่น (Range resolution)

เป็นการวัดความสามารถในการแยกความแตกต่างของเป้า 2 อัน ตามแนวแกนของลำคลื่น ซึ่งถูกกำหนดโดยความยาวของพัลส์สะท้อนของคลื่นอุลตราโซนิกจากเป้าเล็กๆ ในทางอุดมคติ ซึ่งพัลส์จะต้องสั้น เพราะถ้าพัลส์ยาวเกินไป พัลส์คลื่นสะท้อนจากเป้าที่ระยะสั้นๆ จะมาถึงตัวรับก่อนที่พัลส์คลื่นสะท้อนจะหมดไป ซึ่งจะทำให้คลื่นสะท้อนเกิดการซ้อนกัน

2.5 ประโยชน์ในการใช้งานของคลื่นอุลตราโซนิก

คลื่นอุลตราโซนิกเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถกำหนดจุดที่คลื่นจะเดินทางไปยังเป้าหมายได้โดยเจาะจง ยิ่งคลื่นที่มีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นก็จะสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิดที่ให้คลื่นออกมาของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นั้น เช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมี

ความยาวคลื่นถึงประมาณ 1 เมตรเศษๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องเปิดให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดคลื่นเสียง โดยทั่วไป คลื่นจะหักเหที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดคลื่นนั้นๆ แต่ถ้าความถี่สูงมาอยู่ในย่านอุลตราโซนิก อย่างเช่น 40 KHz ซึ่งจะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียง 8 มิลลิเมตรเท่านั้น และจะเล็กกว่าช่องเปิดที่ให้เสียงลอดออกมา ที่ความถี่นี้ คลื่นจะไม่มีกรเลี้ยวเบนที่ขอบ จึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทางนั่นเอง การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอุลตราโซนิกก่อให้เกิดประโยชน์ที่เราจะสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (ultrasonic remote control) , เครื่องล้างอุปกรณ์ (ultrasonic cleaner) , เครื่องวัดความหนาของวัตถุ , เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล , เครื่องหาตำแหน่งของอวัยวะภายในร่างกาย หรือใช้ทดสอบการรั่วของท่อเป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ จะขึ้นกับการใช้งาน เช่น ถ้าการใช้งานจำเป็นต้องให้คลื่นอุลตราโซนิกเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียง 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงกว่านี้ อากาศจะดูดกลืนคลื่น ได้เพิ่มมากขึ้น ทำให้ระดับความแรงของคลื่นอุลตราโซนิกที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานทางด้านการแพทย์ ซึ่งต้องการรัศมีคลื่นอุลตราโซนิกสั้นๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz – 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็นจิกะเฮิรตซ์ (GHz ; 10^9 Hz) ก็มีการนำไปใช้ในหลายๆ ด้าน โดยที่ตัวกลางที่คลื่นอุลตราโซนิกเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

2.6 อุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์

อุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่น ให้มาเป็นพลังงานทางกล โดยการสั่นไปสั่นมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่น เสียงย่านความถี่อุลตราโซนิกกระจายไปในอากาศได้ หรือสามารถแปลงพลังงานทางกลให้กลายมาเป็นพลังงานรูปอื่นๆ

ทรานสดิวเซอร์ ก็คือ เครื่องมือที่ใช้ถ่ายทอดพลังงานจากระบบหนึ่งเข้าไปยังอีกระบบหนึ่ง ส่วนมากมักจะเป็นเครื่องเปลี่ยนพลังงาน ในกรณีที่เกิดกล่าวถึงพลังงานไฟฟ้า เปลี่ยนไปเป็นคลื่นเหนือเสียงนั้น ทรานสดิวเซอร์อาจประกอบด้วยผลึก ตะกั่วเซอโคเนตติตานเนต หรือผลึก แบเรียมติตานเนต เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร หนา 2-3 มิลลิเมตร ต่อผลึกนี้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งป้อนแรงดันเป็นจังหวะๆ เข้าระหว่างผลึกด้วยอัตรา 500 ครั้ง/วินาที ทำให้ผลึกสั่น ความถี่ของการสั่นของผลึกยังขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุด้วย

ในการวินิจฉัยทางการแพทย์ใช้ความถี่ในช่วง 1-10 เมกะเฮิรตซ์ ถ้าเราวางหัวเครื่องมือที่มีผลึกสั่นอยู่ภายในให้สัมผัสกับร่างกาย จะมีพลังงานเป็นจังหวะๆ 500 ครั้ง/วินาที เดินเข้าสู่ร่างกายแล้วกระจายและสะท้อนตาม โครงสร้างของร่างกาย จากคลื่นไฟฟ้ากลายเป็นคลื่นอุลตราโซนิกใช้เวลาเพียง 2-3 ไมโครวินาที ในช่วงว่างระหว่างจังหวะการส่งพลังงานเข้าสู่ร่างกายทรานสดิวเซอร์

จะทำหน้าที่เป็นตัวรับฟังคลื่นสะท้อน ส่วนอัดและส่วนขยายของคลื่นสะท้อนทำให้ทรานส์ดิวเซอร์อัดและขยายตัวก่อให้เกิดแรงดัน ซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์ พิโซอิเล็กทริก (piezoelectric effect) แสดงว่า ทรานส์ดิวเซอร์เป็นได้ทั้งเครื่องส่งและเครื่องรับคลื่น

เหตุผลที่เราเลือกใช้คลื่นเสียงเหนือเสียง เพราะความยาวคลื่นที่มีขนาดสั้น สามารถใช้ตรวจหาวัตถุเล็กๆ ได้ดีกว่าคลื่นชนิดอื่น ความเร็วของเสียงในเนื้อเยื่ออ่อนๆ มีค่าระหว่าง 1490 และ 1610 เมตร/วินาที ระยะที่เกี่ยวข้องมักจะมีขนาด 0.10 - 0.20 เมตร ดังนั้นเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับรับเสียงสะท้อนจึงใช้ได้สะดวกมากเกี่ยวกับเวลาในการสะท้อนของคลื่น คือประมาณ 100 ไมโครวินาที โดยทั่วไปผลึก จะส่งคลื่น 10,000 ครั้ง/วินาที แต่แต่ละครั้งมีเวลา 1 ไมโครวินาที มีกำลังประมาณ 1 วัตต์/เมตร² คลื่นสะท้อนที่รอยต่อระหว่างวัตถุที่มีสมบัติทางคณิตศาสตร์ ที่แตกต่างกัน สมบัติดังกล่าวเรียกว่า อิมพีแดนซ์ของเสียง (Acoustic Impedance) ซึ่งมีคำนิยามว่า เท่ากับ QV เมื่อ Q คือความหนาแน่น และ V คือความเร็วเสียงในวัตถุ คลื่นคลที่สะท้อนกลับ เมื่อรับได้แล้ว จะแสดงออกทางจอออสซิลโลสโคป ระยะห่างระหว่างสัญญาณบนจอสามารถนำไปคำนวณหาสภาพของวัตถุ

2.6.1 ชนิดของทรานสดิวเซอร์

การเกิดคลื่นอุลตราโซนิก คลื่นอุลตราโซนิก เป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานในรูปอื่นให้กลายมาเป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมา หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล ทำให้เกิดคลื่นย่านอุลตราโซนิกกระจายไปในอากาศ ดังนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นทางกล หลักการสร้างมีหลายวิธีดังนี้

2.6.1.1 แบบเปียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric transducer)

แบบเปียโซซึ่งเป็นการแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล โดยที่将有ความถี่ เรโซแนนท์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง

2.6.1.2 แบบแมกนีโตรสตริกทีฟ (Magnetostrictive)

แบบแมกนีโตรสตริกทีฟ ซึ่งเป็นการแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่

2.6.2 อุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก

ภายในตัวอุลตราโซนิคแบบนี้ จะประกอบด้วยชิ้นของสารเซรามิกที่เคลือบซึ่งจะมีผิวโลหะเงินฉาบบางอยู่ทั้ง 2 หน้า เพื่อให้สามารถต่อขา ออกมา เป็นขา 2 ขา ชิ้นสารนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิก 2 ชิ้นประกบกันอยู่โดยการวางให้ขั้วทางไฟฟ้าภายในอะตอมของมันมีทิศทางที่ตรงกันข้าม ชิ้นสารเซรามิกถูกยึดติดภายในตัวถังเป็นอย่างดี เพื่อไม่ให้เกิดการสั่นในขณะทำงานอยู่ ได้รับผลกระทบจากภายนอก ตัวถังมักจะเป็นรูป ทรงกระบอก ที่มีขายกันอยู่ทั่วไป จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางที่มีความสูงประมาณ 1 ถึง 2.5 cm. ด้านหน้าจะทำเป็นช่องเปิด และมีตระแกรงติดอยู่ด้านหน้า เพื่อที่คลื่นสามารถเคลื่อนออกจากตัวมันได้โดยสะดวก ตัวถังจะทำจากโลหะ จะต้องลงกราวด์เพื่อที่จะทำให้คลื่นอัลตราโซนิคเข้าซีลด์ สำหรับบางยี่ห้ออาจ จะต่อขาหนึ่งติดกับตัวถังมาให้เลย เมื่อมีสัญญาณแรงดันมาตกคร่อมขั้วทั้ง 2 ของชิ้นสารเซรามิกจะทำให้สารเซรามิกเกิดการ โกงตัวออกมาโดยจะ โกงมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับ สัญญาณที่มากคร่อม แต่โดยทั่วไปแล้วกำลังของเอาท์พุทที่ออกมาจะมีประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้า ในทางกลับกันเมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่ เรโซแนนท์ของชิ้นสารเซรามิกเข้ามา ก็จะทำให้สารเกิดการ โกงงอไปมาและเกิดสัญญาณ แรงดันขนาดเล็กขึ้นมากคร่อมขั้วทั้ง 2 ของมัน คุณสมบัติต่างๆ ไปของอุลตรา โซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก ก็คือมันจะมีค่าของความต้านทานทางด้านไฟตรงสูงมาก และอาจจะสูงถึง 100 เมกกะ โอห์ม แต่ในขณะที่มันทำงานนั้นค่าความต้านทานทางไฟสลับจะมีค่าลดลง

2.6.3 ตัวส่งและตัวรับ

อุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบที่ใช้สารเซรามิก จะมีอยู่สองอย่างคือ ตัวส่งและ ตัวรับ ตัวส่งก็คืออุลตราโซนิคที่ถูกออกแบบมา เาะจงให้แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าที่ให้ทรานสดิวเซอร์ให้ออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอุลตรา โซนิค หน้าที่ของทรานสดิวเซอร์จึงทำหน้าที่คล้ายๆกับลำโพง ส่วนตัวรับก็คืออุลตราโซนิคที่ถูกออกแบบมาให้ แปลงคลื่นความถี่ย่านอุลตราโซนิคที่มาตกกระทบทรานสดิวเซอร์ให้ออกมาเป็น สัญญาณทางไฟฟ้า หน้าที่ของตัวรับจึงทำหน้าที่คล้ายๆกับ ไมโครโฟนนั่นเอง ด้วยเหตุนี้เวลาเขียนสัญลักษณ์ของอุลตราโซนิค ทรานสดิวเซอร์ จึงเขียนตามหน้าที่ของมันก็คือถ้าหากว่าเป็น ตัวส่งก็จะเขียนสัญลักษณ์เหมือนกับ ไมโครโฟน หรือบางครั้งอาจจะใช้สัญลักษณ์เป็น ไมโครโฟน หรือลำโพง อย่างไรก็ดีแล้วใช้การเขียนสัญลักษณ์กำกับว่า “T” (Transmitter) หรือ “R” (Receiver) กำกับอยู่ด้วยที่เป็นแบบนี้เพราะว่าทั้งตัวส่งและตัวรับที่ทำออกมาขายนั้นจะรูปแบบที่เหมือนกันทุกอย่าง เพียงแต่มีเบอร์บอกกำกับให้รู้ว่าตัวได้เป็นตัวรับ

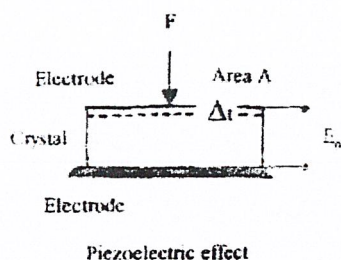
หรือตัวได้เป็นตัวส่ง อุลตราโซนิกส ทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิกที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปนั้นจะมีขนาดของความถี่เรโซแนนท์ให้เลือกตั้งแต่ 23 kHz แต่ที่พบก็มี 23 kHz, 25 kHz, และ 40 kHz โดยที่ความถี่ 40 kHz จะเป็นรุ่นที่มีการใช้งานกันมากที่สุดเพราะมีทิศทางที่ดี

2.6.4 เปียโซอิเล็กทริก ทรานสดิวเซอร์ (piezo-electric transducer)

ในการใช้งานทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมาทำให้เกิดคลื่นเสียงและก็เป็นอุปกรณ์ที่ทำการรับคลื่นเสียงเข้ามาแล้วทำการแปลงกลับไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ ดังนั้นในการทำงานจึงต้องมีทรานสดิวเซอร์ 2 ตัวโดยทำหน้าที่เป็นตัวส่งและตัวรับอย่างละตัวในระบบเดียวกัน ซึ่งทรานสดิวเซอร์จะมีความถี่เรโซแนนท์ (Resonant frequency) อยู่ค่าหนึ่งและจะต้องใช้คู่กันเสมอ ทรานสดิวเซอร์ทั้ง 2 ตัวนี้จะมีรูปร่างและลักษณะเหมือนกันทุกอย่างและมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันมาก เราสามารถจะรู้ได้ว่าตัวไหนเป็นตัวส่งหรือตัวรับ โดยดูจากอักษรท้ายเบอร์ เช่น MA40A5S คือตัวส่ง “s” หมายถึง ส่ง และ MA40A5R คือตัวรับ “R” หมายถึง รับ แต่ในวงจร สัญลักษณ์ของตัวส่งจะเขียนรูปลำโพง หรือเขียนว่า Tx ซึ่งหมายถึง การส่ง และตัวรับจะเขียนรูปไมโครโฟน หรือเขียนว่า Rx ซึ่งหมายถึง การรับ ทรานสดิวเซอร์ที่มีจำหน่าย โดยมากจะมีความถี่เรโซแนนท์ให้เลือกใช้ตั้งแต่ค่า 23 KHz จนถึง 40 KHz แต่ส่วนมากที่นำมาใช้และพบเห็นบ่อยคือค่า 23 KHz, 25 KHz และ 40 KHz โดยที่ความถี่ 40 KHz นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากที่ความถี่นี้ การเดินทางของคลื่นอูลตราโซนิกจะมีทิศทางที่ดีกว่าความถี่อื่นๆและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในที่นี้จะกล่าวถึงแต่ในเฉพาะทรานสดิวเซอร์ที่เป็นแบบเปียโซอิเล็กทริก เพราะเป็นรูปแบบที่นำมาใช้ในการดำเนินงานจริงในโครงการนี้

2.6.5 ปราบกฏการณ์เปียโซอิเล็กทริก

เปียโซอิเล็กทริกเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งทำให้พลังงานสามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ กล่าวคือ ถ้าป้อนแรงกลให้แก่ ไดอิเล็กทริกแบบคริสตัล (Solid crystalline dielectric) ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งจะเกิดความเค้นภายในคริสตัล และทำให้แลททิซของคริสตัลผิดรูปไป เช่น พวกควอทซ์เป็นต้น ผลก็คือ ประจุจะเปลี่ยนไป การผิดรูปร่างของแลททิซเป็นผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดของประจุบวกและลบในแลททิซเปลี่ยนไป การกระจัดของประจุภายในจะเท่ากับประจุภายนอกของขั้วที่ตรงกันข้ามบนด้านตรงข้ามของคริสตัลเรียกว่า ผลของเปียโซอิเล็กทริก



รูปที่ 2.4 ผลของเพียโซอิเล็กทริก

การวัดประจุทำได้โดยการต่ออิเล็กโทรด (Electrode) เข้าที่ผิวด้านนอก แล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองขนาดและการมีขั้วของประจุบนผิวที่ถูกเหนี่ยวนำ (induced surface charge) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดและทิศทางของแรงที่มากระทำ แสดงได้ตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q = dF \quad (11)$$

Q = ขนาดของประจุบนผิวที่ถูกเหนี่ยวนำ (C)

d = ค่าความไวของประจุ (C/N)

F = ขนาดของแรงที่ทำให้คริสตัลสั้นตัวไปมาเป็นระยะทาง Δt (N)

ค่าความเค้นและความเครียดภายในคริสตัลสามารถแสดงได้ดังนี้

$$\xi = Y \sigma \quad (12)$$

Y = ค่ายังส์โมดูลัส (Yong's modulus) (N / m^2)

σ = ความเครียด ($\sigma = \Delta t / t$)

ξ = ความเค้น ($\xi = F / A$) (N / m^2)

Δt = ระยะที่เกิดจากการสั้นของแท่งคริสตัล (m)

t = ความหนาของแท่งคริสตัล (ระยะระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด) (m)

A = พื้นที่ของคริสตัลบนด้านที่เป็นอิเล็กโทรด (m^2)

จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 12 เราสามารถสร้างความสัมพันธ์แบบใหม่ได้คือ

$$F = \Delta t Y / t \quad (13)$$

และจากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 13 เมื่อนำไปแทนกลับลงในความสัมพันธ์ของสมการที่ 9 จะได้ว่าค่าประจุบนผิวของคริสตัลที่ถูกเหนี่ยวนำจะเป็นสัดส่วนกับระยะที่เกิดจากการสั่นของแท่งคริสตัลนั้น

$$Q = dAY \Delta t / t \quad (14)$$

ประจุบนผิวของอิเล็กโทรดที่ถูกเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้นดังความสัมพันธ์ข้างล่างนี้ ซึ่งหมายความว่าถ้าประจุบนผิวของอิเล็กโทรดถูกเหนี่ยวนำมากขึ้น แรงดันตกคร่อมก็จะมากตามไปด้วย

$$E_0 = Q / C \quad (15)$$

E_0 = แรงดันตกคร่อมระหว่างขั้วของอิเล็กโทรด (V)

C = ค่าความจุของประจุระหว่างขั้วของอิเล็กโทรด (F)

ค่าความจุของระหว่างขั้วของอิเล็กโทรดนี้เป็นค่าที่ขึ้นกับชนิดของสารกึ่งตัวนำหรือวัสดุเปียโซอิเล็กทริกที่นำมาใช้วัสดุต่างชนิดกันก็จะมีค่า C ต่างกัน

$$C = \epsilon A / t \quad (16)$$

ϵ = ค่าสัมบูรณ์ของการซึมซาบของวัสดุเปียโซอิเล็กทริก (F/m)

จากความสัมพันธ์ตามสมการที่ 11, 15 และ 16 เราสามารถแสดงค่าโวลเตจตกคร่อมระหว่างขั้วของอิเล็กโทรดได้ใหม่ดังสัมพันธ์ข้างล่างนี้

$$E_0 = d F t / \epsilon A \quad (17)$$

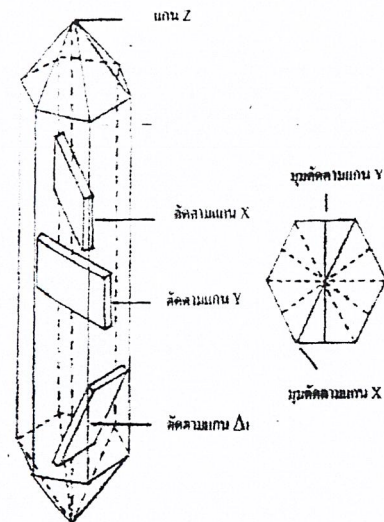
หรือ $E_0 = g F t / A = g t P \quad (18)$

g = ค่าความไวของแรงดัน (voltage sensitivity; $g=d/\mathcal{E}$) (V-m/N)

P = ความดันที่กระทำต่อวัสดุเพียโซอิเล็กทริก; $P=F/A$ (N/m^2)

ตารางที่ 2.3 ค่าความไวของประจุและค่าความไวของแรงดันของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ต่างชนิดกัน และผลที่เกิดจากแนวการตัดที่ไม่เหมือนกัน

MATERIAL	ORIENTATION	CHARGE SENSITIVITY (d) (Coulomb/Newton)	VOLTAGE SENSITIVITY(g) (Volt-m/Newton)
1.Quartz	X cut : length along Y length longitudinal	$2.25 * 10^{-12}$	0.055
	X cut : thickness longitudinal	-2.04	-0.050
	Y cut : thickness Shear	4.4	0.108
2.Rochelle salt	X cut 45° : length longitudinal	435	0.098
	Y cut 45° : length longitudinal	-78.4	-0.29
3.Ammonium Dihydrogen Phosphate	Z cut 0° : face shear	48	0.098
	Z cut 45° : length Longitudinal	24	0.177
4.Commercial Barium Titanate Ceramic	Parallel to polarization	130-160	0.0106
	Perpendicular to Polarization	-56	0.0042-0.0053



รูปที่ 2.5 ผลึกควอทซ์และลักษณะการผลึก

ชิ้นส่วนของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (piezo-electric element) จะมีการตัดแบบต่างๆ เพื่อผลทางด้านความไวของประจุและโวลเตจ โดยการตัดก็ถือตามวิธีตัดตามแนวแกนต่างๆ ดังรูปที่ 2.5

2.6.6 วัสดุที่ใช้

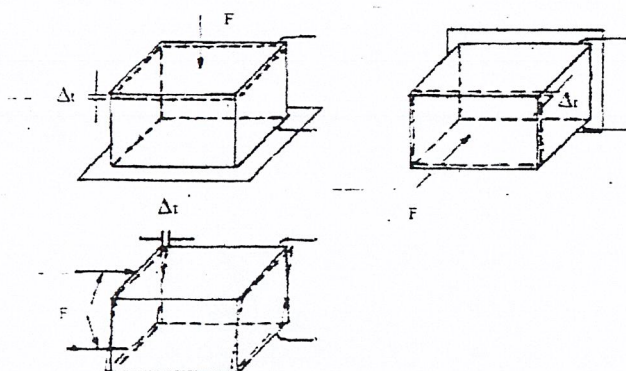
วัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น ควอทซ์ (Quartz), ทูร์มาลีน โรเชลล์ ซอลท์ (Tourmaline Rochelle Salt), แอมโมเนียม ไดไฮโดรเจน ฟอสเฟต (Ammonium Dihydrogen Phosphate; ADP), ลิเทียม ฟอสเฟต (Lithium Sulphate), แบเรียม ไตทานेट (Barium Titanate) และ เหลดเซอร์โคเนต ไตทานेट (Lead Zirconate Titanate; PZI) โดยทั่วไปแล้วพวกควอทซ์และคริสตัลที่เป็นเพียโซอิเล็กทริกธรรมชาติมันจะมีขั้วของเพียโซอิเล็กทริกเองตามธรรมชาติ แต่พวกวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่สังเคราะห์ขึ้นมาเช่น แบเรียม ไตทานेट หรือเซรามิค เป็นต้น จะต้องนำมาทำการอบคริสตัลภายใต้แรงดันและวางวัสดุที่ได้ในสนามไฟฟ้าที่มีความแรงของไฟ DC มาก หลังจากชิ้นส่วนนี้ถูกเหนี่ยวนำในสนามไฟฟ้าแล้ว ก็จะมีขั้วตามแนวของทิศทางของสนามและประพุดิตัวตามคุณสมบัติของ เพียโซอิเล็กทริก สำหรับชิ้นส่วนวัสดุที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์นี้ ไม่มีข้อจำกัดทางขนาดโดยโครงสร้างของคริสตัล และยังสามารทำให้มีรูปร่างและขนาดต่างๆรวมไปถึงทิศทางของขั้วก็จะถูกสร้างขึ้นระหว่างขั้นตอนการผลิต

2.6.7 ลักษณะของวัสดุเปียโซอิเล็กทริก

สามารถแยกได้เป็น โหมดการทำงาน (Mode of operation) ดังนี้

2.6.7.1 ซิมเปิลเพลต (Simple plate)

เป็นวัสดุเปียโซอิเล็กทริกชั้นเดียว โดยมีแรงมากระทำกับแผ่นเพลต ในทิศทางต่างๆกันทำให้เกิดการยุบตัวหรือเปลี่ยนแปลงรูปไป ดังรูปที่ 2.6



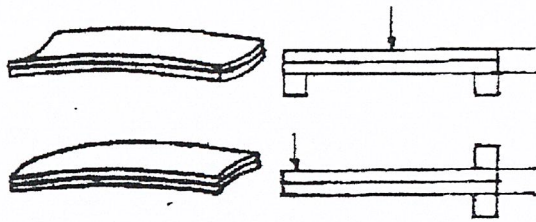
รูปที่ 2.6 ลักษณะของแรงที่มากระทำกับแผ่นซิมเปิลเพลต ในทิศทางต่างๆกันจนทำให้เกิดการยุบตัวหรือเปลี่ยนแปลงรูปไป

2.6.8 การจัดเรียงเปียโซอิเล็กทริก (Stack or multiple-arrangement)

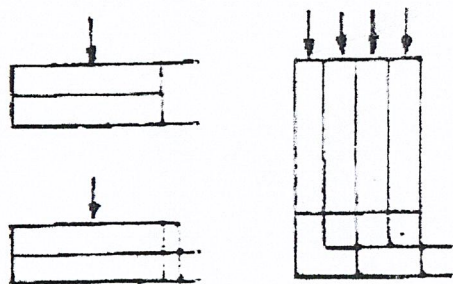
เป็นการนำเอาชิ้นส่วนเปียโซอิเล็กทริกมาต่อกันลักษณะ โหมดของคอมเพรสชัน-เอ็กซ์แพนชัน (compression-expansion mode) ดังแสดงในรูปที่ 2.14 นำเอาชิ้นส่วนมาต่ออนุกรมกันก็จะได้แรงดันเอาต์พุต (Output voltage) ออกมาสูงที่แรงกดดันอันเดียวกัน หรือถ้าเอามาต่อขนานกันก็จะได้เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ (output impedance) ต่ำกว่าชิ้นส่วนตัวเดียวกัน ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะต่างๆได้ดังนี้

2.6.8.1 ไบเมอร์ฟ หรือ เบนเดอร์ (bimorphs, benders)

ประกอบด้วยเพลตแบบทรานเวอร์สเอ็กซ์แพนดิง 2 แผ่น (Transverse expanding) ติดกันไว้อย่างแน่นหนา ซึ่งเมื่อป้อนแรงดันให้แก่มันจะเกิดการโค้งงอ และการโค้งงอของชิ้นส่วนนี้เป็นเหตุให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างแผ่น

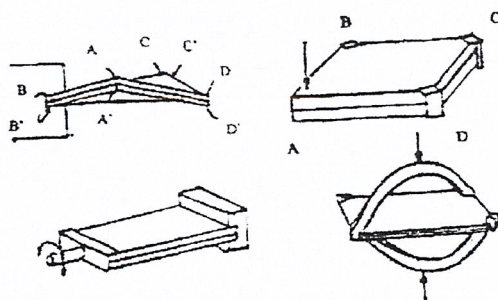


รูปที่ 2.7 ลักษณะการต่อวัสดุเป็ย โซอิดเลทริกแบบ ไบเมอร์ฟ หรือ เบนเดอร์ โดยที่มีแรงมากระทำกับวัสดุ



รูปที่ 2.8 ลักษณะการต่อวัสดุเป็ย โซอิดเลทริกใน โหมดของคอมเพรสชัน-เอ็กซ์แพนชัน ทวิสเตอร์ (Twister)

ในรูปที่ 2.8 แสดงเพลตแบบเฟสเชียร์ (face-shear plate) 2 แผ่น วางประกบกัน ถ้าจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้แก่แผ่นเพลตทั้งสองแล้วจะเกิดการแผ่ขยายตัวจะมีมาก การขยายตัวก็จะเป็นในแนวเส้นทแยงมุม A'C' ขยายตัว ทำนองเดียวกันกับเส้นทแยงมุม BD ขยายตัวและ B'D' ประกบกันอยู่



รูปที่ 2.9 การต่อวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นแบบสแต็ค ในลักษณะของทรานสดิวเซอร์ที่ใช้งาน
ต่าง ๆ

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติด้านต่างๆของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

PHYSICAL PROPERTY	UNITS	QUARTZ (X- CUT)	LITHIUM SULPHATE	BARIUM TITANATE
1.Density	10^3 kg/m^3	2.65	2.06	5.5
2.Velocity	10^3 m/s	5.45	5.44	4.49
3.Acoustic impedance	$10^6 \text{ kg/m}^2\text{-s}$	14.4	11.2	24.7
4.Young's modulus	$10^{10} \text{ Newton/m}^2$	7.9	6.1	11.1
5.Dielectric constant	Relative to vacuum	4.57	10.3	1,250
6.Piezoelectric constant	10^{-12}	2.25	16	145

ตารางที่ 2.3(ต่อ) คุณสมบัติด้านต่างๆของวัสดุเปียโซอิเล็กทริก

7.Mechanical quality	-	10^6	-	450
8.Factor temperature	C	575	75	115

2.7 ชนิดของเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์

2.7.1 เปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิด

2.7.1.1 ทรานสดิวเซอร์แบบเจนเนอเรชั่น แอกชั่น (Generation-action transducer)

ใช้เป็นตัวรับ โดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากระทำต่อวัสดุเปียโซอิเล็กทริก

2.7.1.2 ทรานสดิวเซอร์แบบมอเตอร์ แอกชั่น (Motor-action transducer)

ใช้เป็นตัวส่ง โดยการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างที่ทำให้เกิดคลื่นอุตราโซนิก จะขึ้นกับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ในทั้งสองกรณี ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับขนาดของวัสดุเปียโซอิเล็กทริก

2.7.2 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

สำหรับทางด้านตัวส่ง เมื่อทรานสดิวเซอร์ได้รับสัญญาณแรงดันมาตกคร่อม จะทำให้ชิ้นสาร เปียโซอิเล็กทริก โกงงอ ทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นขึ้นมา ดังนั้นถ้าป้อนสัญญาณเป็นช่วงๆ (Pulse) จากออสซิลเลเตอร์ก็จะทำให้ชิ้นสาร โกงงอมากน้อยหรือทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าจากออสซิลเลเตอร์นั้น โดยทั่วไปกำลังเอาต์พุตที่ออกมาจะตกลงประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้ แต่เอาต์พุตจะสูงที่ค่านี้อยู่โดยประมาณก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่ป้อนเข้าชิ้นสารตรงกับความถี่ โชนแนนท์ที่เป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารนั้นๆ ส่วนที่ความถี่อื่นๆ กำลังของเอาต์พุตจะลดลง

ส่วนการทำงานของด้านตัวรับ มีการทำงานตรงกันข้ามกับทางด้านตัวส่ง คือ เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของชิ้นสารเข้ามา ก็จะทำให้ชิ้นสารโก่งตัวไปมาและเกิดสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้าขึ้นมาพร้อมขั้วทั้งสองของชิ้นสารตัวรับ

คุณสมบัติโดยทั่วไปอย่างหนึ่งของอุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก คือมีความต้านทานต่อไฟตรงสูงมากและอาจสูงถึง 100 เมกกะโอห์ม

2.8 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ

ซึ่งพอจะสรุปเป็นแนวทางการใช้งานได้ดังนี้

ไม่ควรให้ทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระทบกระเทือนหรือตกจากที่สูงเพื่อป้องกันโครงสร้างภายในมิให้เสียหาย ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่เกิน 20 Vrms ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ ก็ควรอยู่ภายใต้ขีดจำกัดอันนี้ ความถี่เรโซแนนซ์หรือความถี่ที่ทรานสดิวเซอร์ ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดของทรานสดิวเซอร์แบบ 40KHz ที่มีขายกันโดยทั่วไป จะผิดพลาดไปไม่เกินบวกหรือลบ 1 KHz และมีแถบความถี่ (bandwidth) ประมาณ 4.5KHz สำหรับตัวส่งและมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 KHz สำหรับตัวรับจะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าของตัวส่งเล็กน้อยเพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้ อุณหภูมิตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง-20 ถึง60องศาเซลเซียส ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งประมาณ30 องศา ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับประมาณ 10 dB ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้ง จึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งเข้าหากันมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อยู่ในห้อง คลื่นอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มาก เพราะคลื่นอุลตราโซนิกนี้ สามารถสะท้อนกับกำแพงและวัตถุที่อยู่ในห้องได้ ทำให้คลื่นเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง

คลื่นอุลตราโซนิกนี้สามารถทำให้เป็นลำแคบได้ โดยใช้เลนส์ที่เรียกว่าพลาโนคอนเคฟเลนส์ (plano-concave lens) วางข้างหน้าตัวทรานสดิวเซอร์ แต่การทำให้เป็นลำแคบนี้จะทำให้ระยะการทำงานสั้นลง

ในกรณีที่ใช้งานตัวรับ จำเป็นจะต้องมีตัวต้านทานต่อขนานกับตัวรับ เพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วง10 กิโลโอห์มถึง100กิโลโอห์ม จากการทดลองพบว่า ถ้าเปลี่ยนโหลดจาก100กิโลโอห์มมาเป็น10 กิโลโอห์ม ความไวของตัวรับจะลดลง

ประมาณ 10 ถึง 12 dB แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีก ความถี่ เรโซแนนซ์จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมาก ควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงสักหน่อย เพื่อให้ตัวรับมีความไวสูงและมีความถี่แคบ

ตามปกติแล้วเราสามารถนำเอาตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ และตัวส่งหรือตัวรับของยี่ห้ออื่นใด ก็สามารถใช้แทนกันได้ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่ เรโซแนนซ์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน สมมุทธ์ทางไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อให้ลักษณะผลตอบแทนของความถี่สอดคล้องกับของเดิมจากการที่คลื่นอุตราโซนิกเป็นคลื่นที่กระจายในกระจายอากาศด้วยความเร็วคงที่ หลักการคร่าวๆก็มีอยู่ว่า ในการเดินทางจากตัวส่ง ไปยังวัตถุแล้วสะท้อนกลับมายังตัวรับ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการคำนวณระยะทางได้ เมื่อเครื่องเริ่มส่งคลื่นอุตราโซนิกออกไป วงจรนับจะเริ่มนับพัลส์ที่มีความถี่ เท่ากับความถี่ของเสียง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที เมื่อคลื่นสะท้อนกลับมาถึงตัวรับวงจรนับจะหยุดนับ ดังนั้นค่าที่ได้จากการนับพัลส์จึงเป็นระยะทาง 2 เท่าของระยะทางจากเครื่องวัดถึงวัตถุ ดังนั้นเพื่อให้ได้ระยะทางจริงจึงต้องหารด้วย 2 หรืออีกนัยหนึ่ง ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกัน สามารถทำได้ โดยให้วงจรนับเริ่มนับพัลส์ที่มีความถี่เท่ากับครึ่งหนึ่งของความเร็วเสียง และเมื่อวงจรหยุดนับ จำนวนพัลส์ที่นับได้คือระยะทางจริงจากเครื่องวัดถึงวัตถุสะท้อน เราสามารถคำนวณระยะทางจากเครื่องวัดถึงวัตถุสะท้อนได้จาก

$$S = v(T/2) \quad (19)$$

S= ระยะทางจากเครื่องวัดถึงวัตถุ (m)

V= ความเร็วของเสียงในอากาศ (m/s)

T= เวลาในการเดินทางไปและกลับของคลื่นเสียงอุตราโซนิก(s)

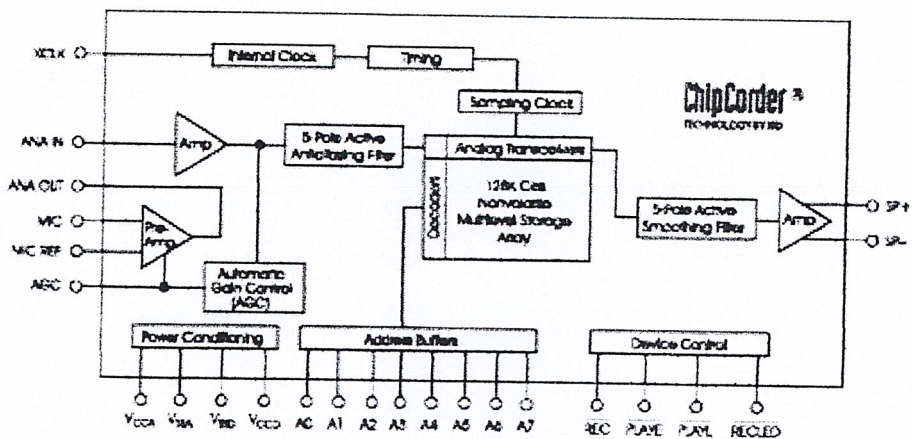
2.9 ไอซีเบอร์ ISD 1420

2.9.1 ทฤษฎีของISD

อุปกรณ์ประเภทไอซีบันทึกเสียง ISD 2500 นั้นได้มีการพัฒนาความยาวในการบันทึกเสียงเพิ่มขึ้น เช่น 45, 60, 75, 90 วินาที ซึ่งแตกต่างไปจากตระกูล ISD 1420 โครงสร้างการใช้งานก็ง่ายกว่ามาก

คุณสมบัติทั่วไปของ ISD 2500

1. เพียงไอซีตัวเดียวสามารถบันทึกและเล่นกลับได้ง่ายดาย
2. ไม่มีอุปกรณ์ประเภทอื่นต่อร่วมภายนอก
3. ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
4. ให้เสียงตอบสนองที่เป็นธรรมชาติ
5. สามารถควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
6. มีระยะเวลาในการบันทึกหรือเล่นกลับตั้งแต่ 45, 60, 75, 90 วินาที
7. สามารถต่ออนุกรมสัญญาณ (Cascade) ได้โดยตรง
8. ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป
9. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
10. มีวงจรการบันทึกถึง 100,000 ครั้ง



รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมภายในไอซี ISD 1420

จากคุณสมบัติต่างๆที่รวบรวมอยู่ในไอซีเพียงตัวเดียวทำให้ง่ายแก่การใช้งานตั้งแต่ วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน จนถึงหน่วยจัดเก็บข้อมูลที่บันทึกและขับออกลำโพง ก็ถูกรวบรวมไว้ในตัวไอซีเพียงตัวเดียว ในโหมดการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่างๆไว้ในหน่วยความจำที่เป็นแบบเซลล์ไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไม่ให้สูญหาย

จากรูปที่ 2.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของไอซี ISD 1420 คล้ายกับ ISD 2500 แต่มีความแตกต่างกันอยู่ในส่วนบล็อกมัลติเพล็กซ์สัญญาณอินพุทของเพาเวอร์แอมป์ภายในไอซี เพื่อทำการเลือกที่จะขยายสัญญาณที่ถูกรับบันทึกไว้ หรือขยายสัญญาณจากภายนอกที่ขา AUX IN ทั้งหมดนี้

เป็นข้อแตกต่างของ ISD25XX ที่ไม่เหมือนกับ ISD 12XX/14XX นอกจากนั้นอัตราการทำงานของ IC ตระกูล ISD 25XX ก็แตกต่างกัน

1	A0	V _{CCD}	28
2	A1	V _{CCA}	16
3	A2	V _{SSD}	12
4	A3	V _{SSA}	13
5	A4	SP+	14
6	A5	SP-	15
9	A6	ANA IN	20
10	A7	ISD1400	
23	PLAYL	ANA OUT	21
24	PLAYE		
27	REC	MIC REF	18
		MIC	17
25	RECLED	AGC	19
26	XCLK		

รูปที่ 2.11 การจัดขาของ ISD 1420

2.9.2 รายละเอียดของขาอุปกรณ์

2.9.2.1 ไมโครโฟนอินพุท (MIC)

ขา 17 จะรับสัญญาณอินพุทที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าสู่วงจรปริแอมป์ ที่ประกอบอยู่ในตัวไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจร จะทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายวงจรปริแอมป์ให้มีการขยายอยู่ในช่วง -15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนจากภายนอกจะถูกขับปลั๊กผ่านตัวเก็บประจุในลักษณะอนุกรมกับขา 17 ค่าความจุของคาปาซิเตอร์จะถูกกำหนดโดยพิจารณาจากค่าความต้านทานภายในของไอซี ($10K\Omega$) เพื่อทำให้เกิดการ Cut-Off ที่ความถี่ต่ำ

2.9.2.2 ไมโครโฟน รีเฟรนท์ อินพุท (MIC REF)

ขา 18 นี้จะต่อเข้ากับกราวด์อะนาล็อก (Vssa) โดยต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุเพื่อทำหน้าที่จัดสัญญาณรบกวนทางอินพุทขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้คิดกว่า 10 เดซิเบล

2.9.2.3 อะนาล็อก อินพุท (ANA OUT)

ขา 20 นี้จะรับสัญญาณผ่านวงจรปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิ่งภายนอก คัปปลิ่งสัญญาณเข้าที่ขา 20 เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ภายในตัวไอซีตัวเก็บประจุคัปปลิ่งภายนอกนี้จะต้องสัมพันธ์กับค่าความต้านทานภายในค่า 3 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นอินพุทอิมพีแดนซ์ เพื่อจะทำให้เป็นวงจรรองความถี่ต่ำแบบ คัทออฟ

2.9.2.4 ออโตเมติก เกนท์ คอลโทรล อินพุท (AGC)

ขา 19 เป็นอินพุทเพื่อควบคุมอัตราการขยายของปรีแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระบบสัญญาณที่มีย่านความถี่กว้างมากของสัญญาณด้านอินพุทจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ขา AGC นี้จะต่อรวมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่โดยค่าความต้านทานทางภายใน 5k Ω จะต่อกับ C ภายนอกอีกตัวหนึ่งเพื่อผ่านลงกราวด์อะนาล็อก ค่าที่เหมาะสมบางครั้งกำหนดไว้ที่ R=470K Ω , C=4.7 μ F

2.9.2.5 สปีกเกอร์ เอาท์พุท (SP+/SP-)

ขา 14 , 15 เป็นขาเอาท์พุทต่อออกทางลำโพง ในไอซีจะมีวงจรสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพงซึ่งมีความสามารถในการขับลำโพงเอาท์พุทได้ 50 mW ที่โหลดลำโพง 16 Ω

2.9.2.6 เพาเวอร์ คิวอินพุท (PD)

ขา 24 ในขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับที่ขา PD จะมีสถานะเป็น “1” ก็จะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมากๆ แต่เมื่อขา VOF มีสถานะเป็น “0” ที่แสดงถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลงปรากฏขึ้น ขา PB ปกติจะเป็น “1” อยู่ในขณะนั้นก็จะถูกรีเซ็ต และจะเริ่มกระบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

2.9.2.7 ชิพอินามิลอินพุท (CE)

ขา 23 ขา CE จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ “0” เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเล่นกลับและการบันทึกที่ขาแอดเดรสอินพุทและขา P/R อินพุทและขา P/R อินพุทจะถูกแลตซ์จากพัลส์ขอบล่างของพัลส์ที่ขา CE

2.9.2.8 เฟลย์แบค/เรคคอร์ด อินพุท (P/R)

ขา 27 เมื่อขาอินพุทควบคุมการเล่นกลับและบันทึกได้รับพัลส์ “1” จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับและถ้าเป็นพัลส์ “0” จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบล่างของขา CE จะเป็นการแลตซ์อินพุทที่ขา P/R

2.9.2.9 แอดเดรส/โหมด อินพุท (A0-A9/MO-M6)

ขา 1-10 ขาแอดเดรสและ โหมดอินพุทจะมีอยู่สองฟังก์ชันที่อยู่กับระดับของสอง MSB ของแอดเดรส ถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งเป็น “0” อินพุทก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิตทั้งหมดและใช้เป็นแอดเดรส เริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกและเล่นกลับ และขา แอดเดรสจะเกิดการแลตซ์โดยขอบล่างของพัลส์ที่ขา CE และถ้า MSBS มีสถานะเป็น “1” ขาแอดเดรส/โหมดอินพุทจะมาขึ้นอยู่ที่โหมดบิตทั้งหมดและเกิดการแลตซ์เมื่อพัลส์ขอบล่างปรากฏที่ขา CE

2.9.2.10 เทอร์นอลคล็อกอินพุท (XCLK)

ขา 26 เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่ม โดยปกติได้ระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาสุ่มสัญญาณถูกกำหนดไว้ภายในแล้วจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือแรงดันไฟเลี้ยงที่ไม่คงที่การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 26 นี้เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

2.9.2.11 ออฟเมสเชส/รีนเอาต์พุท (EOM)

ขา 25 เป็นส่วนของอุปกรณ์ ภายในตัวไอซีที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกขา EOM นี้จะให้เอาต์พุทออกมาเป็น “0” เมื่อข้อมูลที่ถูกรับบันทึกอยู่ถูกลบกลับมาหมดแล้ว

2.9.2.12 โอเวอร์โวลเอ้าท์พุท (OVF)

ขา 22 สัญญาณพัลส์ “0” จะปรากฏออกจากขาเอาต์พุทนี้เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายในตัว ไอซี ได้ถูกอ่านออกมาหมดแล้วและ จะแสดงเป็นสภาวะหยุดการเล่นกลับ พัลส์เอาต์พุทจากขา OVF นี้ จะจ่ายพัลส์ให้กับขา CE อินพุทจนกว่าขา OPF จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซต และเริ่มวงรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขาOVF นี้สามารถใช้ในการเริ่มต้นการทำงานของ ISD2500 ในตัวถัดไป ได้เมื่อถูกต่ออนุกรมสัญญาณกันอยู่หลายตัว

2.9.2.13 ออกซิลารี อินพุท (AUX IN)

ขา 11 จะเป็นขารับอินพุทจากภายนอก ซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาต์พุทของวงจรรายภายในและขับออกสู่ขาเอาต์พุทลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา CD มีสถานะเป็น “1” วงรอบของการเล่นกลับก็จะสิ้นสุดลง หรือเมื่อสัญญาณที่บันทึกไว้ถูกลบกลับมาหมดแล้วมีการต่ออนุกรมสัญญาณของ ไอซี ISD2500 กันหลายๆตัว ขา AUX IN จะถูกใช้ต่อเข้ากับสัญญาณเล่นกลับออกมาจากขาเอาต์พุทลำโพงของตัวก่อนหน้านี้หรือจากตัวอันดับแรก

2.9.2.14 แรงดันอินพุท (Vca , Vccd)

ขา 16 และ 28 เป็นขารับแรงดันที่จะต้องแยกกันต่างหากระหว่างขารับแรงดัน ของวงจรอนาล็อกและวงจรดิจิทัลที่ประกอบอยู่ในตัวไอซี ขารับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยง+5 โวลต์ และต้องเป็นแรงดันไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

2.9.2.15 กราวด์ อินพุท (Vssa , Vssd)

ขา 12 และ 13 โดยคุณสมบัติของ ไอซีตระกูล ISD2500 จะมีการแยกกันระหว่างกราวด์ของสัญญาณอนาล็อก ขากราวด์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถังบรรจุของไอซี การใช้งานของกราวด์ทั้งสองจะเลือกต่อกับกราวด์ของเพาเวอร์ซึ่งพยายในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างระหว่างกราวด์ทั้งสอง

2.9.3 โหมดการทำงาน

ISD 2590 ได้รับการออกแบบให้ภายในบรรจุโหมดการทำงานหลายๆ โหมดเพื่อใช้งานร่วมกับส่วนประกอบอื่นๆ โหมดการทำงานเหล่านี้ได้อธิบายรายละเอียดข้างล่างนี้ ISD 1420 จะใช้ขา ADDRESS แทนโหมดการทำงาน โดยมีบิตที่สำคัญที่สุด (MSBs) ส่วนสัญญาณ แอดเดรสส่วนที่เหลือจะถูกแปลงเป็นโหมดบิตและ NOT จะถูกแปลงเป็นแอดเดรสบิตเพราะฉะนั้น โหมดการทำงานและแอดเดรสโดยตรงของ ISD 2590 จะไม่สอดคล้องกันและไม่สามารถที่จะใช้งานพร้อมกันได้สำหรับโหมดการทำงานจะต้องพิจารณาส่วนสำคัญ 2 ส่วนด้วยกัน คืออย่างแรกการเริ่มต้นการทำงานจะต้องเริ่มที่ แอดเดรสแอดเดรส 0 ซึ่งเป็นแอดเดรสว่างของ ISD 2590 ต่อจากนั้นจึงสามารถเริ่มต้นที่ตำแหน่งแอดเดรสอื่นๆ ได้ขึ้นอยู่กับตัวเลือกโหมดการทำงาน นอกจากนั้นตัวซีแอดเดรสจะถูกรีเซ็ต ไปที่ 0 เสมอเมื่ออุปกรณ์ถูกเปลี่ยนจากการบันทึกไปเป็นการเล่นกลับและจากการเล่นกลับไปเป็นการบันทึก (ยกเว้น โหมด M6) หรือเมื่อ เพาเวอร์คาวน์ ไวลิต ถูกทำให้ทำงานอย่างที่สองโหมดการทำงานจะทำงานเมื่อ CE เป็น สภาวะต่ำ และ MSBs ทั้งสองเป็น สภาวะสูง โหมดการทำงานนี้จะยังคงทำงานอยู่นกว่าสัญญาณต่อไปของ CE เป็น สภาวะต่ำ ที่แอดเดรสปัจจุบันระดับโหมดจะถูกสุ่มตัวอย่างและทำให้ทำงาน

2.9.3.1 การอธิบายการทำงาน

โหมดการทำงานสามารถต่อร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ได้หรือสามารถใช้เป็นวงจรเสริมให้กับการทำงานของระบบที่เราต้องการได้โดยการระบุโหมดที่จะทำงานตามความต้องการของผู้ใช้

ตารางที่ 2.4 โหมดการทำงานของ IC เบอร์ ISD 2590

โหมด ควบคุม	หน้าที่	การใช้	ต่อใช้ร่วมกับ
M0	โหมดตัดคำ	ข้อความเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว	M4, M5, M6
M1	โหมดรวมข้อความ	ตำแหน่งระบุที่ปลายของข้อความที่แล้ว	M3, M4, M5, M6
M2	ยังไม่มีส่วนรองรับ	สำรอง	N/A
M3	โหมดเล่นกลับ อัตโนมัติ	การเล่นกลับแบบต่อเนื่องจากแอดเดรส 0	M1, M5, M6
M4	โหมดเล่นต่อเนื่อง	บันทึก/เล่นติดต่อกันหลายข้อความ	M0, M1, M5
M5	โหมดหยุดข้อความ	ยอมให้หยุดข้อความ	M0, M1, M3, M4
M6	โหมดควบคุม ภายนอก	อินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์อื่น	M0, M1, M3

- M0- โหมดตัดคำ

ในโหมดตัดคำจะยอมให้ผู้ใช้งานสามารถข้ามผ่านข้อความโดยที่ไม่ต้องรู้ถึง ตำแหน่งภายในที่แท้จริงของแต่ละข้อความได้ การจ่ายพัลส์ลบให้ขา CE แต่ละพัลส์เป็นเหตุทำให้ตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรสภายในข้ามผ่านไปยังตัวข้อความตัวต่อไป โหมดนี้ควรจะใช้สำหรับการเล่นกลับเท่านั้นและใช้ร่วมกับโหมดการทำงาน M4

- M1- โหมดรวมข้อความ

โหมดการทำงาน M1 จะยินยอมให้ข้อความที่ได้รับการบันทึกตามลำดับ รวมกันให้กลายมาเป็นข้อความเดี่ยวๆ ได้โดยเพียงระบุตำแหน่ง OEM ที่ปลายข้อความที่นำรวมกัน

- M2- ยังไม่มีส่วนรองรับ

เมื่อโหมดการทำงาน โหมดนี้ถูกเลือกใช้ขา M2 จะต้องเป็น สภาวะต่ำ

- M3- โหมดเล่นกลับอัตโนมัติ

โหมดการทำงาน M3 ใช้สำหรับการเล่นกลับซ้ำอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติของข้อความที่อยู่ตำแหน่งเริ่มต้นของแอดเดรสว่างเมื่อข้อความ CAN บรรจบลงใน ISD 2500 อย่างสมบูรณ์แล้ว ISD 2500 จะเริ่มจากจุดเริ่มต้น ไปจุดสุดท้ายโดยที่ OVF ไม่เป็น สภาวะต่ำ

- M4- โหมดเล่นต่อเนื่อง

ระหว่างการทำงานในโหมด ขณะปกติ ตัวชี้แอดเดรสจะรีเซ็ตเมื่อข้อความถูกเล่นผ่านไปตำแหน่ง EOM ที่ระบุโหมดการทำงาน M4 จะป้องกันการรีเซ็ตของตัวแอดเดรสบน EOM และไม่ยอมให้ข้อความถูกเล่นกลับแบบเรียงลำดับ

- M5- โหมดหยุดข้อความ

โหมดหยุดข้อความสำหรับ ISD 1420 ใช้เพื่อทำให้ CE กลายเป็นการกระตุ้นที่ขอบขาขึ้น แต่โหมดการทำงาน M5 จะเป็นเหตุที่ทำให้ขา CE ถูกแปลงไปเป็นกระตุ้นเป็นระดับ เพื่อที่จะไม่ให้กลายเป็นการกระตุ้นที่ขอบขาขึ้นอีก ระหว่างการเล่นกลับในโหมด นี้ CE อยู่ในสภาวะต่ำจะเริ่มรอบการเล่นกลับ, เมื่อ CE อยู่ในสภาวะสูงก็จะหยุดรอบการเล่น และเมื่อ CE อยู่ในสภาวะต่ำอีกครั้งจะเริ่มการเล่นที่จุดที่ซึ่งข้อความถูกหยุด โดยที่ไม่ต้องการทำการรีเซ็ตตัวชี้แอดเดรส

- M6- โหมคควบคุมภายนอก

ชุดอุปกรณ์ ISD 1420 บรรจุไปด้วยโหมคการทำงานควบคุมภายนอกโดยที่นี้ขั้นต้นถูกประยุกต์ใช้เพื่อทำให้ต้นทุนต่ำและถูกออกแบบมาเพื่อใช้ลดอุปกรณ์ภายนอกและในวงจรให้น้อยลง เป็นการช่วยลดราคาของระบบให้ต่ำลง ในจัดโครงสร้างของอุปกรณ์ในโหมคการควบคุมภายนอกนี้ บิตที่มีบิตสำคัญที่สุด 2 บิตโดย (ขา9และขา10) ต้องเป็นสถานะสูง และขาโหมคM3 (ขา7) ต้องเป็นสถานะสูงด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในโหมคนี้ ถ้าถึงงานจะลดลงที่จุดปลายของการเล่นกลับแต่ครั้ง หรือตอนบันทึกภายหลัง CE เป็น สถานะสูง เมื่อโหมคการทำงานนี้ถูกประยุกต์ใช้ขาต่างๆ บนอุปกรณ์มีหน้าที่ดังนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงการทำงาน โหมคควบคุมภายนอก

Pin name	หน้าที่ใน โหมคการทำงานควบคุมภายนอก
ขา 23 ,CE	เริ่มต้นและหยุดโหมคควบคุมภายนอก(เกิดพัลส์ต่ำ)
ขา 24 ,PD	หยุดรีเซต โหมคควบคุมภายนอก(เกิดพัลส์สูง)
ขา 25 ,EOM	เกิดพัลส์สูงเมื่อสถานะเล่น

- ขา 23 : CE (เริ่มต้น / หยุดการเล่น)

ในโหมคการทำงานแบบ โหมคควบคุมภายนอก พัลส์ CE พัลส์เล่น บนสัญญาณนี้จะเริ่มการเล่นกลับหรือเริ่มการบันทึกตามระดับบนขา P/R พัลส์มาต่อบนขา CE ก่อนจะถึงจบข้อความในตอนเล่นกลับหรือเกิดการสั้นจะเป็นเหตุให้อุปกรณ์หยุดทำงานตัวนับตำแหน่งจะไม่รีเซตและพัลส์ CE อื่นๆจะเป็นเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานต่อไปจากจุดที่ซึ่งถูกทำให้หยุด

- ขา 24 : PD (หยุด / เริ่มใหม่)

ในโหมคการทำงานแบบ โหมคควบคุมภายนอก ขาPD จะทำงานเป็นเมื่อสถานะ สูง สามารถดูได้บน PD ในขณะที่ทำการเล่นกลับหรือบันทึก

- ขา 25 : EOM (RUN)

ในโหมดนี้ EOM จะกลายเป็นสถานะสูงเมื่อสัญญาณเล่นกลับซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อขับ LED หรืออุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ มันจะเป็นสถานะสูง เมื่อใดก็ตามที่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ

2.9.4 การบันทึกในโหมด โหมดควบคุมภายนอก

1. ขา PD ควรเป็นสถานะต่ำ โดยปกติจะใช้ตัวทราซิสเตอร์ต่อไว้
2. ขา P/R ทำให้เป็นสถานะต่ำ
3. ขา CE เป็นสถานะต่ำ เมื่อเริ่มการบันทึก EOM เป็นสถานะสูงเพื่อที่จะแสดงการทำงาน
4. ขา CE เป็นสถานะต่ำเมื่อหยุดการบันทึก EOM กลับไปเป็นสถานะต่ำ ตัวซีแอดเดรสภายในจะไม่เคลียร์ แต่ตำแหน่ง OEM ที่ระบุจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อที่จะชี้จุดสิ้นสุดของข้อความและขา P/R อาจจะเป็นสถานะสูงเกิดขึ้นในขณะนั้น ต่อมา CE จะเริ่มเล่นกลับที่แอดเดรส 0
5. ขา CE เป็นสถานะต่ำการบันทึกเริ่มต้นที่แอดเดรสต่อไป EOM กลับไปเป็น สถานะสูง (หมายเหตุ: ถ้าขาดโหมดการทำงาน MI เป็นสถานะสูง บิต EOM ที่ได้เขียนครั้งที่แล้วจะถูกลบและการบันทึกจะเริ่มต้นที่แอดเดรสนั้น)
6. เมื่อการบันทึกต่อมาเสร็จสิ้นลงเกิดพัลส์ต่ำที่ CE ก็จะสิ้นสุดรอบการบันทึก

2.9.5 การเล่นกลับในโหมดโหมดควบคุมภายนอก

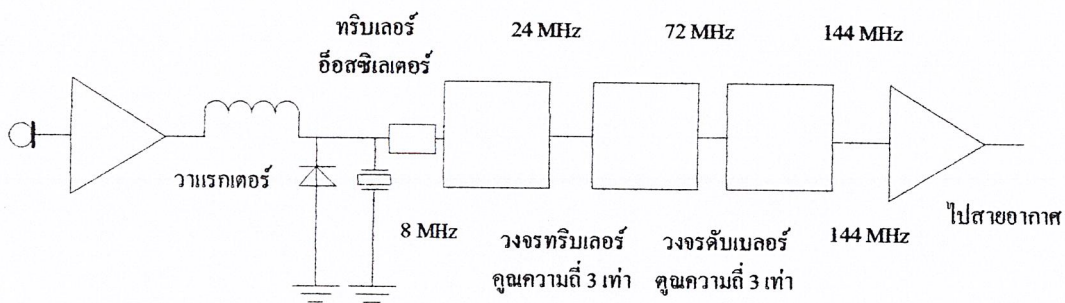
1. ขา PD ควรจะเป็นสถานะต่ำ
 2. ขา P/R เป็น สถานะสูง
 3. ขา CE เป็นสถานะต่ำการเล่นกลับเริ่มต้น EOM เป็นสถานะสูง เพื่อแสดงการทำงาน
 4. ถ้าขา CE เป็นสถานะต่ำหรือตำแหน่ง OEM ที่ระบุ กระทำอีกครั้งระหว่างการทำงานเมื่อ EOM กลับไปเป็น สถานะต่ำ ขา P/R อาจจะถูกทำให้เปลี่ยนไป
 5. ขา CE เป็นสถานะต่ำอีกครั้งการเล่นกลับจะเริ่มต้น
 6. การเล่นกลับจะกระทำจากข้อ 4 และ 5 จนกว่า PC จะเป็นสถานะสูงหรือเกิดการสั้นเกิดขึ้น
 7. ถ้าเกิดการสั้น CE สถานะต่ำจะรีเซตตัวซีแอดเดรสและเริ่มต้นการเล่นกลับจากจุดเริ่มต้น
- หลังจากพัลส์ PD หมายเหตุ โหมดควบคุมภายนอก สามารถต่อใช้ร่วมกับโหมด M0, M1 และ M3 ได้

2.10 เครื่องรับ-ส่งวิทยุ FM

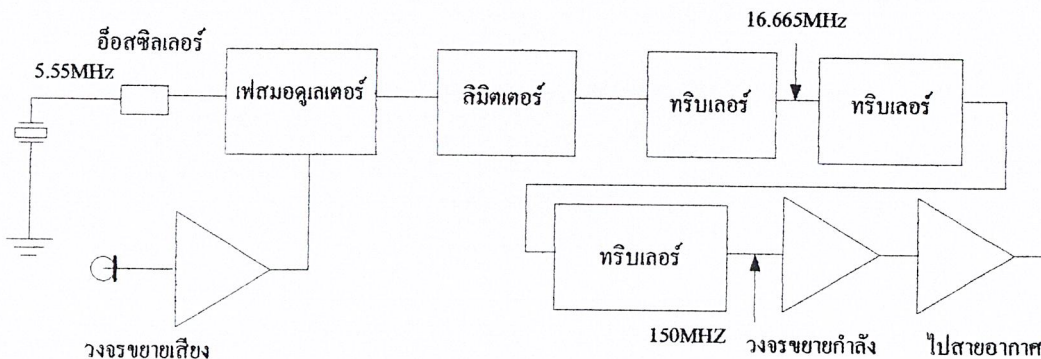
2.10.1 ภาคเครื่องส่ง

ในวงจรพื้นฐานของระบบ เครื่องจะประกอบด้วยออสซิลเลเตอร์กับมอดูเลเตอร์และวงจรมัลติพลาย ซึ่งทำหน้าที่คูณความถี่ให้ได้ตามต้องการ เพื่อขยายกำลังส่งออกอากาศต่อไป รูปที่

2.11 สัญญาณ FM จากมอดูเลเตอร์จะผ่านการคูณความถี่ 3 เท่า รวม 2 ครั้งเป็น 9 เท่า



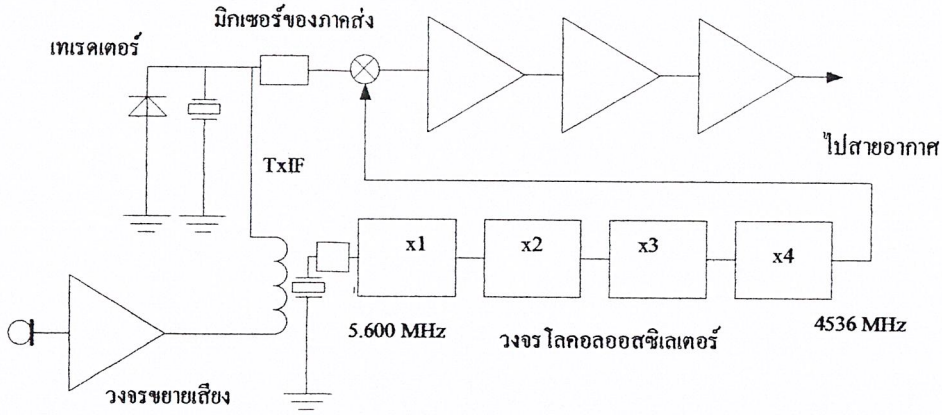
รูปที่ 2.12 วิธีมอดูเลทโดยตรง



รูปที่ 2.13 แผนผังของเครื่องส่ง VHF/FM

เครื่องส่งบางชนิด (ดังรูปที่ 2.12) จะทำการมอดูเลตที่ความถี่ IF ของภาคเครื่องรับเสียก่อน แล้วจึงนำไปเฮตเทอร์โรคัยกับความถี่ของโกลดออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ ในที่นี้ความถี่ IF ของภาคเครื่องรับเท่ากับ 21.4 MHz และความถี่โกลดออสซิลเลเตอร์เท่ากับ 453.6 MHz (ได้จากการคูณความถี่คริสตอล 5.6 เมกะเฮิรตซ์ 81 เท่า) วิธีนี้ข้อดีตรงที่เราใช้คริสตอลเพียงก้อน

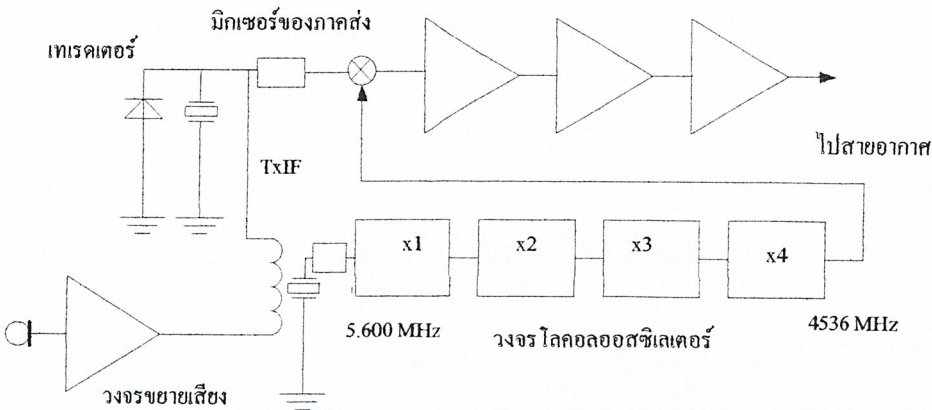
เดียวต่อความถี่ใช้งานหนึ่งความถี่ โดยใช้ร่วมกันทั้งสภาวะรับและสภาวะส่ง นอกจากนี้ภาคเครื่องส่งก็ไม่จำเป็นต้องมีวงจรมัลติพลายต่างหากอีก



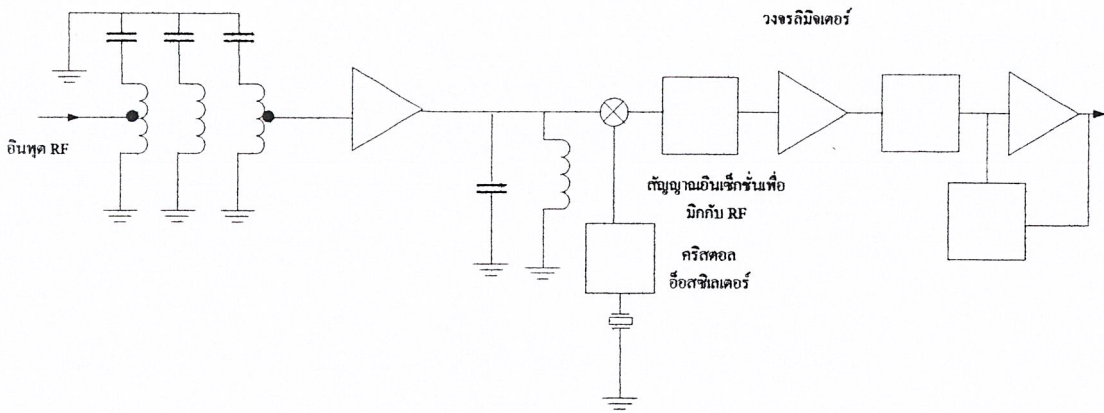
รูปที่ 2.14 แผนผังของเครื่องส่ง UHF/FM

2.10.2 ภาคเครื่องรับ

เครื่องรับ FM ในย่านความถี่ VHF ส่วนใหญ่เป็นแบบดับเบิลคอนเวอร์ชัน สำหรับในย่านความถี่ VHF บางครั้งอาจใช้แบบทริปลคอนเวอร์ชัน (triple conversion) รูปที่ 2.14 ดังแผนผังของเครื่องรับชนิดซิงเกิลคอนเวอร์ชัน สังเกตว่าวงจรส่วนหน้าชนิดที่มีค่า Q สูงมาก เรียกว่าเฮลิคัลเรโซเนเตอร์ (helical resonator) ส่วนในรูปที่ 2.14 แสดงแผนผังของเครื่องรับชนิดดับเบิลคอนเวอร์ชัน



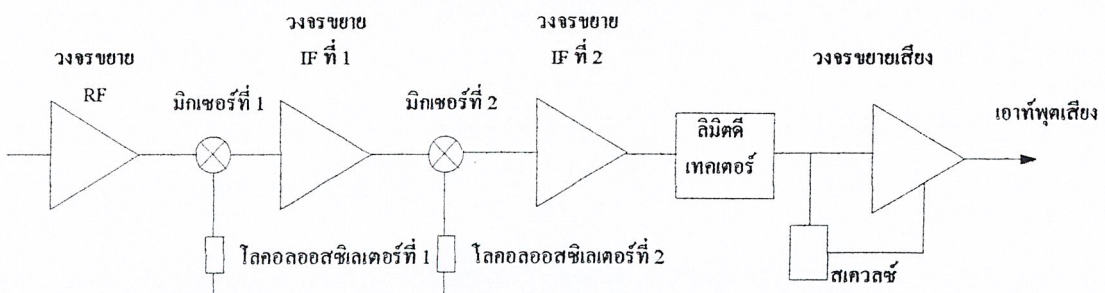
รูปที่ 2.15 เครื่องรับ FM แบบซิงเกิลคอนเวอร์ชัน



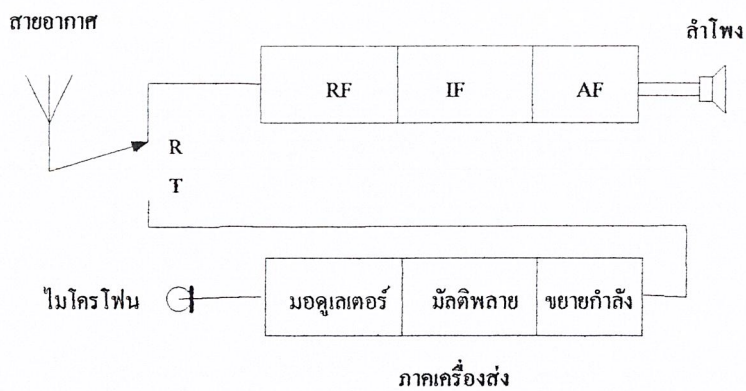
รูปที่ 2.16 เครื่องรับ FM แบบคัมเบิลคอนเวอร์ชัน

2.10.3 ตัวอย่างเครื่องรับ-ส่งวิทยุ FM

เครื่องรับ-ส่งวิทยุส่วนใหญ่ ภาคเครื่องรับกับภาคเครื่องส่งจะแยกออกจากกัน โดยไม่ใช้วงจรร่วมกันดังแผนผังที่แสดงในรูปที่ 2.17 แต่ก็มีเครื่องรับ-ส่งวิทยุบางชนิดที่ใช้วงจร โลคอลออสซิลเลเตอร์ร่วมกัน ดังรูปที่ 2.18 โดยใช้คริสตอลเพียงก้อนเดียวกันทั้งในสภาวะรับและสภาวะส่ง สังเกตว่าในสภาวะส่งเราจำเป็นต้องนำสัญญาณ โลคอลออสซิลเลเตอร์มามิกซ์กับออสซิลเลเตอร์ที่มีความถี่ IF เสียก่อนเพื่อให้ได้ความถี่ใช้งานที่ต้องการ สังเกตอีกด้วยว่าความถี่ของออสซิลเลเตอร์ในสภาวะรับกับสภาวะส่งจะต่างกันอยู่เท่ากับความถี่ IF



รูปที่ 2.17 เครื่องรับ-ส่งวิทยุ FM ซึ่งแยกภาคเครื่องรับและเครื่องส่ง



รูปที่ 2.18 เครื่องรับ-ส่งวิทยุ FM แบบใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ร่วมกัน

2.11 วงจรพื้นฐานของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ

มอดูเลเตอร์ FM การกำเนิดสัญญาณ FM สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

วิธี FM โดยตรง (direct FM) ซึ่งต่อวงจรรีแอกแตนซ์เข้ากับแรมป์กับความถี่ แล้วเปลี่ยนความถี่ของคริสตอลออสซิลเลเตอร์ โดยเปลี่ยนค่ารีแอกแตนซ์ของวาแรกเตอร์ไดโอด ตัวอย่างเช่น มอดูเลเตอร์ใช้วาแรกเตอร์

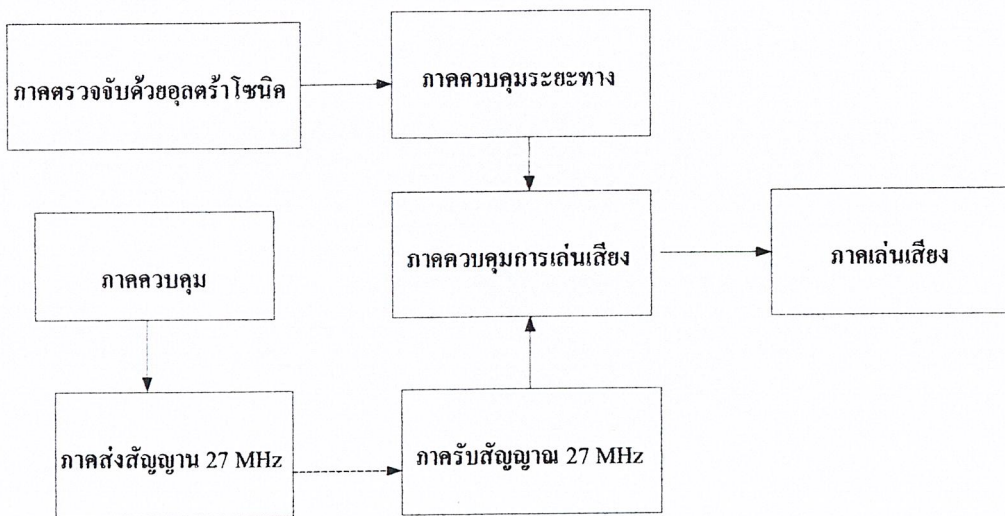
เราใช้วงจรมอดูเลเตอร์อีกชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยวาแรกเตอร์ไดโอด DI ในวงจรเพียซออสซิลเลเตอร์ (Pierce oscillator) แรมป์กับความถี่ (Y1) สำหรับ R1 และ R2 เป็นวงจรไบแอส ให้แก่วาแรกเตอร์เพื่อให้มีค่าความจุ ให้ออสซิลเลเตอร์อยู่ตรงกลางความถี่กลางๆ เมื่อป้อนสัญญาณเสียงให้แก่วาแรกเตอร์

บทที่ 3

การออกแบบโครงการ

3.1 หลักการทำงานโดยรวม

ทำการออกแบบโดยแบ่งออกมาเป็น 5 ส่วน โดยแต่ละส่วนจะทำหน้าที่คือ ภาคตรวจจับจะทำ การตรวจจับสิ่งกีดขวางโดยรวม เพื่อนำร่องในการเดินทางภาคควบคุมระยะทางทำหน้าที่แปลงข้อมูล โดยจะตรวจข้อมูลที่ได้จากภาคตรวจจับและแจ้งเตือนให้ภาคควบคุมการเล่นเสียง เมื่อมีสิ่งกีดขวาง ระยะต่ำกว่า 1 – 3 เมตรและ ภาครับส่งไร้สายทำการรับข้อมูลจากภาคส่งไร้สายภาคนอกซึ่งมาจาก อุปกรณ์ภายนอกต่าง ๆ อาทิ สายของรถประจำทาง สัญญาณ ไฟจราจร โดยทั้งหมดจะทำการส่งข้อมูล ให้ภาคควบคุมการเล่นเสียงเพื่อให้ภาคควบคุมการเล่นเสียงได้ทราบว่าจะได้รับนั้นเป็นข้อมูลชนิดใด ต่อจากนั้นภาคควบคุมจะทำการระบุตำแหน่งเสียงที่เก็บไว้เพื่อให้ภาคออกเสียงได้ทำงานอ่านออกมา เป็นเสียงพูดเพื่อให้คนพิการได้ทราบ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานโดยรวม

3.2 ภาคตรวจจับด้วยอัลตราโซนิก

ประกอบด้วยภาคย่อย ๆ ได้ประมาณ 4 ภาค คือภาคส่งและกำเนิดความถี่ ภาครับ ภาคแสดงผล และภาคจ่ายไฟ

3.2.1 ภาคส่งและกำเนิดความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์

ประกอบด้วยเกต IC1/1 และ IC1/2 ร่วมกับ C3, R6 และ VR2 ทำหน้าที่เป็นวงจรกำเนิดความถี่แบบบริจด์ตัวส่งอูลตราโซนิก (Tx) ต่อยู่ระหว่างเกตทั้งสองเพื่อให้ได้แรงดันไฟสลับป้อนให้ตัวส่งมีค่า 18 Vp-p แต่ป้อนแรงดันไฟเลี้ยง 9 V วงจรกำเนิดความถี่จะควบคุมโดยวงจรโมโนสเตเบิล IC1/3 และสามารถปรับความถี่ได้โดย VR2 โดยจะปรับความถี่ให้ใกล้เคียง

3.2.2 ภาครับ

ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ Q1, Q2 และอุปกรณ์ต่อรวมทั้งหมดทำการขยายสัญญาณรับมาจากตัวรับ (Rx) เมื่อได้รับสัญญาณสะท้อนกลับ Q3 จะตรวจจับสัญญาณที่สะท้อนกลับมาเพื่อหยุดการนับ โดยจะเริ่มนำกระแสเมื่อแรงดันที่ขาเบสต่ำกว่า 0.6 โวลต์ ซึ่ง VR1 จะเป็นตัวปรับความไวของการรับสัญญาณด้วย และเมื่อ Q3 นำกระแสจะทำให้เอาต์พุต Q ที่ขา 2 ได้รับลอจิก "0" เพื่อไปปิดเกต IC1/4 ต่อไป

ภาคกำเนิดความถี่ 17.3 กิโลเฮิร์ตซ์ประกอบด้วย IC3/2, IC3/3, C6, R9, R10 และ VR3 โดยมี VR3 เป็นตัวปรับให้มีค่าความถี่ให้ได้ 17.3 กิโลเฮิร์ตซ์ เนื่องจากความเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 364 เมตรต่อวินาทีที่สภาวะอุณหภูมิปกติแต่ระยะทางจากเครื่องถึงวัตถุเป็นสองเท่าจึงหารสอง ดังนั้นความเร็วที่ใช้งานที่เท่ากับความถี่ใช้งานเท่ากับ

$$\begin{aligned} & (34,600 \text{ cm / s})/2 \\ & = 17,300 \text{ cm / s} \end{aligned}$$

สัญญาณความถี่ 17.3 กิโลเฮิร์ตซ์นี้จะถูกส่งเข้าเกต IC1/4 ซึ่งจะถูกเปิดหรือปิดโดยผ่านการควบคุมของ IC2 และอีกส่วนหนึ่งส่งเข้า IC4 ซึ่งเป็นวงจรหาร 2^{14} $(17,300/2)^{14}$ จะทำให้เอาต์พุต Q14 มีความถี่ประมาณ 1 เฮิร์ตซ์นี้จึงนำไปควบคุมส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

ในส่วนของสัญญาณขอบขาตลงจะส่งเข้าวงจร โมโนสเตเบิลเพียงชุดเดียวซึ่งประกอบด้วย IC3/5, R11, C7 ต่อไปยังอินพุตแลตช์ของ IC5 โดยตรง โดยเมื่อมีสัญญาณขอบขาตลงมาที่ Q14 จะทำให้เกิดพัลส์สั้นๆ ส่งไปยังอินพุตแลตช์ เพื่อให้ค่าที่นับได้ของวงจรรนับภายใน Q15 ให้สามารถนำไปใช้ในการแสดงผลให้อ่านระยะทางได้

ส่วนขอบขาขึ้นของ Q14 จะทำการกลับสัญญาณโดย IC3/4 เป็นสัญญาณของขาลง สัญญาณควบคุม 3 ส่วน เพราะในวงจรโมโนสเตเบิลจะทำงานเมื่อมีสัญญาณขอบขาลงมาทริก ส่วนแรก จะส่งไปรีเซต IC5 โดยผ่านวงจรโมโนสเตเบิล IC3/6, R6 และ C8 เมื่อสัญญาณที่ Q14 เป็นขอบขาขึ้นวงจรโมโนสเตเบิลจะส่งพัลส์เล็กๆ ไปรีเซต IC5 เพื่อให้วงจรมันภายใน IC5 ถูกเคลียร์ สำหรับเตรียมทำการวัดรอบต่อไป แต่ค่าที่แสดงที่ภาคแสดงผลครั้งสุดท้ายจะคงอยู่จนกว่าจะมีรายละเอียดจากการวัดระยะทางรอบต่อไปเข้ามา ดังนั้นจึงสามารถอ่านค่าระยะทางที่วัดได้ใหม่ในทุก ๆ 1 วินาที ในจังหวะนี้ตัวส่งก็จะส่งคลื่น 40 กิโลเฮิรตซ์ออกไป 12 พัลส์ใน 1 จังหวะการส่งโดยพัลส์ที่ส่งออกไปจะสะท้อนกับเป้าหมายและรับสัญญาณโดยตัวรับ

3.2.3 ภาคนับและแสดงผล

จะประกอบอยู่ใน IC5 ทั้งหมด โดยการแสดงผลของการนับจะใช้แบบ มัลติเพล็กซ์ โดยจะต่อเข้าของเซเวนเซกเมนต์ DSP1-DSP4 เข้าด้วยกัน โดยผ่าน R13-R19 ซึ่งเป็นตัวจำกัดกระแสให้เซเวนเซกเมนต์แล้วใช้การป้อนสัญญาณเพื่อควบคุมขาคอมมอนของเซเวนเซกเมนต์โดยจะใช้ขา A, B, C และ D ของ IC5 เป็นตัวควบคุมผ่านทรานซิสเตอร์ Q4-Q7 ให้แสดงผลที่ละหลัก สำหรับการแสดงผลเป็นหน่วยเซนติเมตรต้องใส่จุดหลังเซเวนเซกเมนต์หลักที่สอง (DSP2) คิควางตลอดโดยต่อไฟ 9 V ผ่าน R20 เพื่อให้ 2 หลักแรกอ่านค่าเมตร และสองหลักท้ายอ่านค่าเป็นเซนติเมตร

3.2.3 ภาคจ่ายไฟ

เนื่องจากวงจรนี้กินกระแสสูงประมาณ 125 mA จึงต้องใช้ถ่านขนาด AA จำนวน 6 ก้อนต่ออนุกรมกันหรือแบตเตอรี่ 9 V

3.3 การคำนวณระยะทางและขอบเขตการวัด

ในการคำนวณระยะทางการวัด ตัวอย่างเช่น ต้องการวัดระยะห่าง 3.46 เมตร ดังนั้นเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิคถูกส่งออกไปและรับกลับมาจะใช้เวลาเท่ากับ

$$(2 \times 3.46 \text{ m}) / (346 \text{ m /s}) = 20 \text{ ms}$$

โดยที่ความเร็วของเสียงในอากาศมีค่าเท่ากับ 346 m/s และระยะทางที่เกิดขึ้นเป็นสองเท่าของระยะทางจริง

ฉะนั้นแล้วจากรูปสัญญาณจะได้ค่าเวลาในการส่ง (Tt) และช่วงเวลาในการรับ (Tr) ช่วงละ 10 มิลลิวินาที เมื่อเกิดสัญญาณ 1 เฮิร์ตซ์ขึ้นที่ Q14 ของ IC4 ทางขอบขาขึ้น IC5 จะถูกรีเซ็ตให้เริ่มนับค่า 0000 แล้วตัวส่งจะส่งพัลส์ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ออกไป 12 พัลส์ใน 1 จังหวะการส่ง ขณะเดียวกัน IC2 จะถูกรีเซ็ตด้วย ทำให้ขา Q ของ IC2 มีสถานะลอจิกเป็น "1" ทำการเปิดเกตให้สัญญาณนาฬิกา ความถี่ 1.73 กิโลเฮิร์ตซ์ผ่านเข้าเป็นสัญญาณนาฬิกาให้วงจรนับใน IC5 จะทำการนับไปเรื่อยๆ จนถึงเวลาที่คลื่นอุลตราโซนิคสะท้อนกลับมายังตัวรับซึ่งเป็นเวลา 20 มิลลิวินาที (ตามที่คำนวณ) ซึ่งจะมีพัลส์เกิดสัญญาณนาฬิกาที่ขา 3 ของ IC2 ทำให้ Q เกิดสถานะลอจิก "0" จึงจะปิดเกต IC1/4 วงจรนับจึงหยุด สัญญาณนาฬิกาจึงผ่านเข้าวงจรนับเป็นเวลา 20 มิลลิวินาที เกิดจำนวนสัญญาณนาฬิกาได้เท่ากับ

$$17,300(1/\text{วินาที}) * (20\text{วินาที}/1,000) \\ = 364 \text{ ลูก}$$

และเมื่อสัญญาณ 1 เฮิร์ตซ์ของ IC4 เกิดสัญญาณเป็นขอบขาลง IC5 จะแสดงค่า 364 ค้างไว้ โดยตัวเลขที่แสดงจะเป็น 0364 และเมื่อเต็มจุดไว้หลังหลักที่สองค่าที่อ่านได้จึงเป็น 3.64 เมตร

ซึ่งตามหลักจริงๆ แล้วเราไม่สามารถที่จะนำเครื่องนี้วัดระยะทางได้สั้นกว่า 35 เซนติเมตรได้ เหตุผลในการวัดระยะที่สั้นกว่า 35 เซนติเมตรไม่ได้เพราะช่วงเวลาในการวัดระยะที่สั้นกว่า 35 เซนติเมตรจะใช้เวลาน้อยกว่า 2 มิลลิวินาที ซึ่งช่วงเวลานี้ฟลิปฟล็อป IC2 ยังอยู่ในช่วงรีเซ็ตอยู่จึงไม่สนใจว่าจะมีสัญญาณอินพุตเข้าที่สัญญาณนาฬิกา

3.4 การตรวจสอบและปรับแต่ง

ในการปรับแต่งจะแบ่งแยกออกเป็น 2 กรณี กรณีแรกคือ มีเครื่องมือวัดความถี่ ไม่ว่าจะป็น ออสซิลโลสโคปหรือเครื่องนับความถี่ และกรณีที่สองคือ ไม่มีเครื่องมือวัดความถี่ ในกรณีแรกหากใช้ออสซิลโลสโคปก็สามารถวัดรูปสัญญาณและความถี่ได้โดยถ้าพบความผิดปกติจุดใดก็แก้เป็นจุดๆไป และการปรับ VR2 ก็ทำได้โดยวัดรูปสัญญาณคร่อมตัวส่งแล้วปรับ VR2 ให้ได้ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ หรือใกล้เคียงมากที่สุด ต่อจากนั้นให้วางเครื่องวัดระยะทางอุลตราโซนิคห่างจากกำแพง 1 เมตร แล้วค่อยๆ ปรับ VR3 ให้จอแสดงผลแสดงค่า 0100 เป็นอันจบในอันดับแรก

ในกรณีที่สองคือกรณีที่ไม่มีเครื่องมือสำหรับวัดความถี่ กรณีนี้ทำได้โดยอันดับแรกให้ลอยจุดเชื่อมต่อ J1 ที่ใช้เชื่อมระหว่างขา 4 ของ IC1/4 กับขา 12 ของ IC5 ออกแล้วต่อสายจากขา 12 ของ IC5 นี้ไปยังขา 4 (Q6) ของ IC4 (จุดทดสอบ) แทนแล้วจึงเปิดสวิตช์ป้อนไฟเข้าวงจร ภาคแสดงผลจะอ่านได้ 0128 และปิดสวิตช์ไฟ แล้วปลดสายออกจากขา 4 ของ IC4 แล้วต่อขา 12 ของ IC5 ลงกราวด์แทนแล้วป้อนไฟภาคแสดงผลจะแสดงค่า 0000 แทน การทดสอบนี้เป็นการทดสอบภาคกำเนิดความถี่ 17.3 กิโลเฮิร์ตซ์และทดสอบการทำงานของ IC5 เกือกรับ VR3 จนกระทั่งภาคแสดงผลอ่านค่าได้ 0100 หลังจากนั้นเป็นการปรับวงจรกำเนิด 40 กิโลเฮิร์ตซ์ให้วางเครื่องที่ตำแหน่งเดิมแล้วหมุน VR2 ทวนเข็มนาฬิกาจนภาคแสดงผลอ่านค่าได้ 8192 ซึ่งแสดงว่าไม่มีการรับคลื่นเข้ามา แล้วค่อย ๆ หมุน VR2 กลับ หมุนตามเข็มนาฬิกาจนกระทั่งอ่านค่าได้ 0100 อีกครั้งจากนั้นให้เลื่อนระยะออกเป็น 3 เมตร แล้วทำเช่นเดิมอีก แล้วลองเลื่อนเป็น 6 เมตรและ 9 เมตรตามลำดับโดยทั้งหมด รวมถึงภาคแสดงผลด้วย เสร็จแล้วปิดสวิตช์ต่อสายเชื่อม J1 เข้าที่เดิมการทดสอบภาคส่งทำได้โดยฟังเสียงจากตัวส่งว่าแม้ว่าความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์จะเป็นความถี่ที่หูคนเราไม่ได้ยิน แต่เราสามารถได้ยินเสียงของแถบสัญญาณที่ส่งออกมาเป็นเสียง “คลิก” ซึ่งจะได้ยินทุก 1 วินาทีโดยใช้หูแนบกับตัวส่ง ส่วนภาครับนั้นอาจทำได้ยากแต่สามารถตรวจโดยการวัดแรงดันไฟตรงที่ขาคอลเลกเตอร์ของ Q1 และ Q2 ซึ่งมีค่าประมาณ 4.5 โวลต์ การปรับแต่งเริ่มจากปรับ VR1 และ VR2 ไว้ตรงกึ่งกลางแล้วนำเครื่องวัดระยะทางวางไว้ห่างจากจากผนังกว้าง ๆ 1 เมตร โดยที่บริเวณนั้นไม่ควรมีสิ่งของหรือวัตถุอยู่รอบข้างมากนักเพราะอาจเกิดการสะท้อนจากสิ่งของเหล่านั้นแทน แล้วทำการปรับแต่ละระยะทางให้ทำเช่นเดียวกัน เสร็จแล้วขั้นตอนสุดท้ายจึงเลื่อนระยะมาที่ 3 เมตรแล้วจึงทำการปรับ VR3 ใหม่จนอ่านค่าได้ 0300

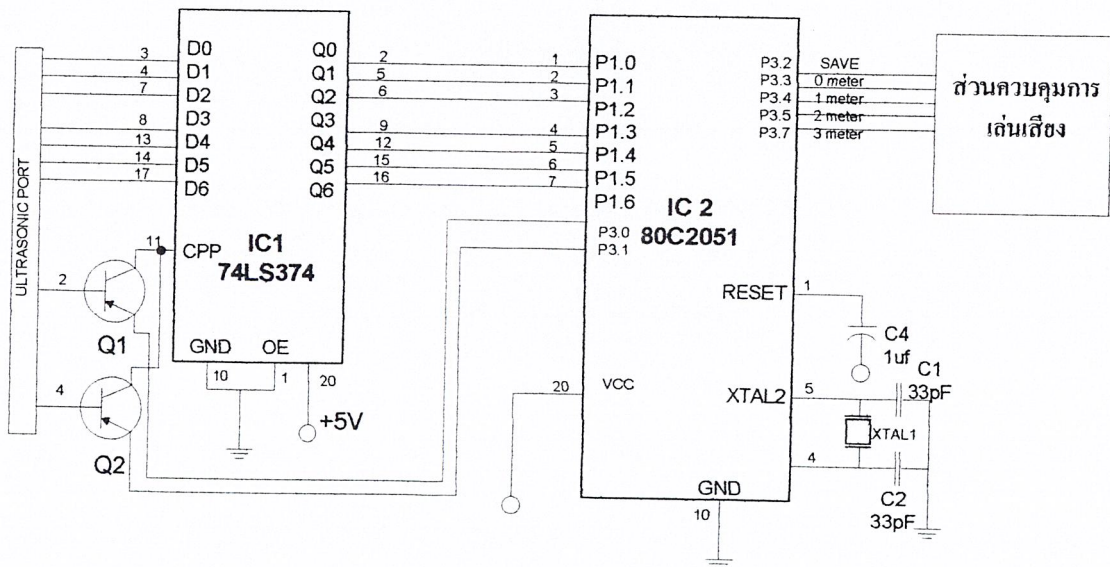
3.5 ส่วนควบคุมระยะทาง

จากวงจรส่วนควบคุมและออกเสียงใช้ IC 74LS34 ซึ่งเป็น ที่พัทสัญญาณในการหน่วงเวลาค่าที่ได้จากส่วนออสซิลโลสโคป โดย IC จะทำการเก็บค่าไว้ในตัว IC เมื่อขา 11 ถูกกระตุ้นด้วยไฟลป และ เนื่องจากเราต้องการใช้ค่าจากขาที่บอกตำแหน่งเมตรและสิบเมตรเดียวเพื่อใช้ในการออกเสียงและภาคแสดงผลนั้นเราใช้การ ผสมสัญญาณเพื่อความประหยัด โดยจะส่งข้อมูลมาพร้อมกันทั้งหมดที่ เซเวนเซกเมนต์ และสัญญาณที่มาจากขาหลักที่ 2 3 4 5 ของสลิปจะทำการเลือกว่าบิตไหนจะติดในช่วงเวลานั้นเราจึงต่อขา B ของทรานซิสเตอร์เพื่อใช้ในการรับข้อมูลเมื่อมีการส่งข้อมูลของหลักนั้นมา และใช้ทรานซิสเตอร์ BC549 เพื่อควบคุมการเลือกขา โดยจะจัดการโดย ไอซี 2 จะเลือกจ่ายสถานะกราวด์เพื่อเลือกหลักโดยหากจ่ายกราวด์ให้ Q1 กับ Q2 จะเป็นการเลือกรับหลักเมตรและ

หลักสิบเมตรตามลำดับ โดยไอซี 1 จะนำข้อมูลที่ในหลักนั้น ไปพักไว้ส่งไปให้ไอซี 2 ผ่าน Q1-Q7 โดยไอซี 2 จะรับข้อมูลผ่านทาง พอร์ตหนึ่ง ไปเก็บในรีจิสเตอร์เมื่อได้ครบทั้งเมื่อได้ข้อมูลครบทั้ง 2 หลักแล้ว ไอซี 2 จะทำการเปรียบเทียบว่าค่าที่ได้มาจากหลักสิบเมตรนั้นเป็นค่าอะไรหากเป็นค่า ไม่ใช่เลข ศูนย์ก็จะเป็นค่าที่ระยะซูดุลตราโซนิกไม่สามารถตรวจจับได้ คือระยะที่ไกลกว่า 3 เมตร จึงส่งข้อมูลผ่านพอร์ต 3.2 เพื่อบอกส่วนควบคุมการเล่นเสียงให้แจ้งผู้ใช้งานว่าระยะที่ตอนนี้เป็น ระยะที่ปลอดภัยและกลับไปรอรับค่าที่หลักสิบเมตรใหม่ แต่ถ้าหากค่าที่รับได้เป็นเลข ศูนย์ก็จะไป พิจารณาในหลักเมตรเพื่อตรวจสอบหาระยะ โดยถ้าเป็นระยะต่ำกว่าหนึ่งเมตรจะแจ้งเตือนผ่าน พอร์ต 3.3 ต่ำกว่าสองเมตร สามเมตรและสี่เมตรจะแจ้งเตือนผ่านทางพอร์ต 3.4 , 3.5 และ 3.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของขาพอร์ตซูดุลตราโซนิกที่ต่อเข้าภาคควบคุมระยะทาง

หลักที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ระบุ	GND	cm	10 cm	m	10 m	A	B	C	D	E	F	G	H



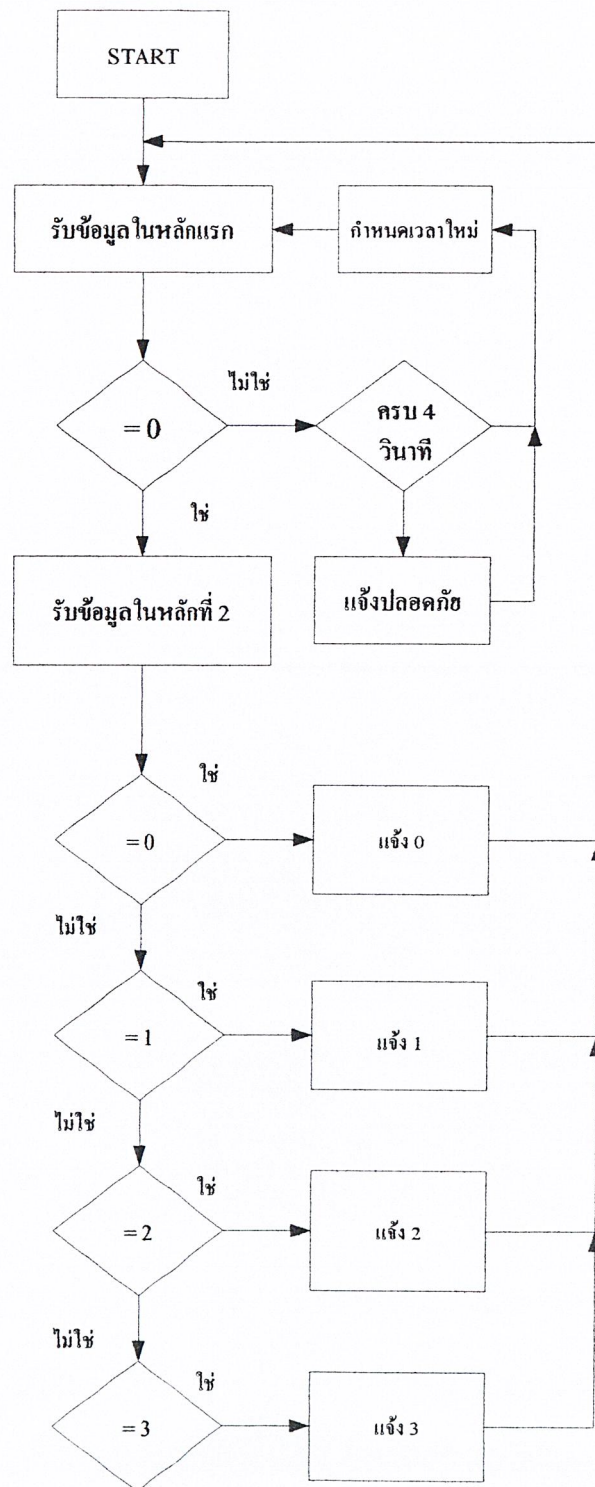
รูปที่ 3.2 วงจรภาคควบคุมระยะทาง

ความหมายและการเปรียบเทียบระยะทาง

จากตารางที่ 3.2 หากนำความหมายจากรูปแบบการส่งข้อมูลของชุดอุตสาหกรรมไอศกรีมจำนวนในรูปแบบเลขฐาน 16 เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณของ โปรแกรมที่ได้อ้างอิงไว้ในตารางที่ โดยจำนำค่าที่รับมานั้นไปพิจารณาเพื่อเลือกการแจ้งสถานะแก่ชุดควบคุมการเล่นเสียง

ตารางที่ 3.2 ความหมายและค่าของบิตที่นำมาใช้งาน

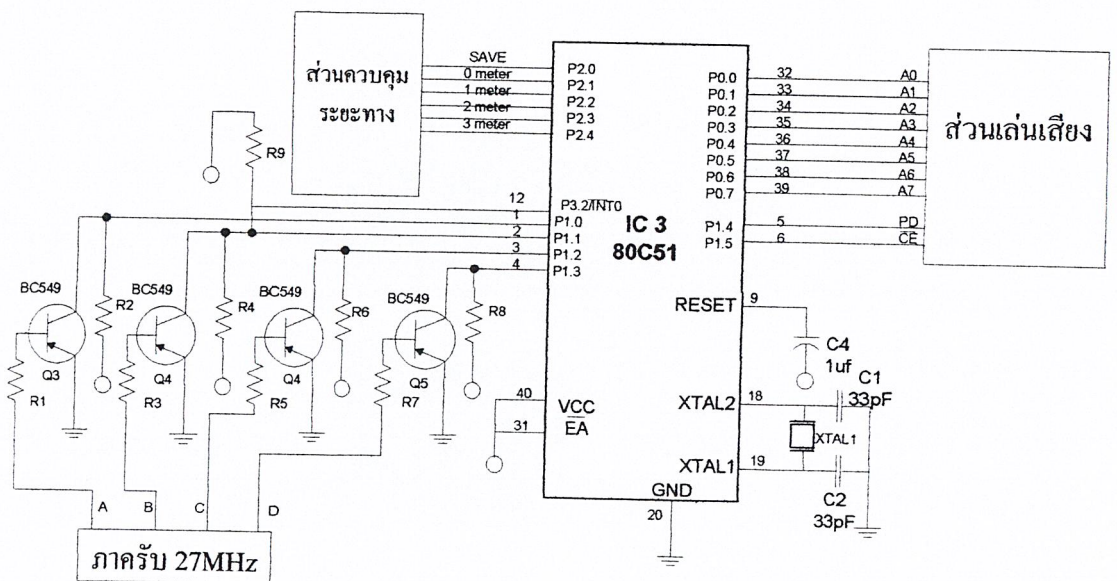
ความหมาย	A	B	C	D	E	F	G	H	เลขฐาน 16
0 m	1	1	1	1	1	1	0	1	FD
1 m	0	1	1	0	0	0	0	1	61
2 m	1	1	0	1	1	0	1	1	CB
3 m	1	1	1	1	0	0	1	1	F3



รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรมภาคควบคุมระยะทาง

3.6 ส่วนควบคุมการเล่นเสียง

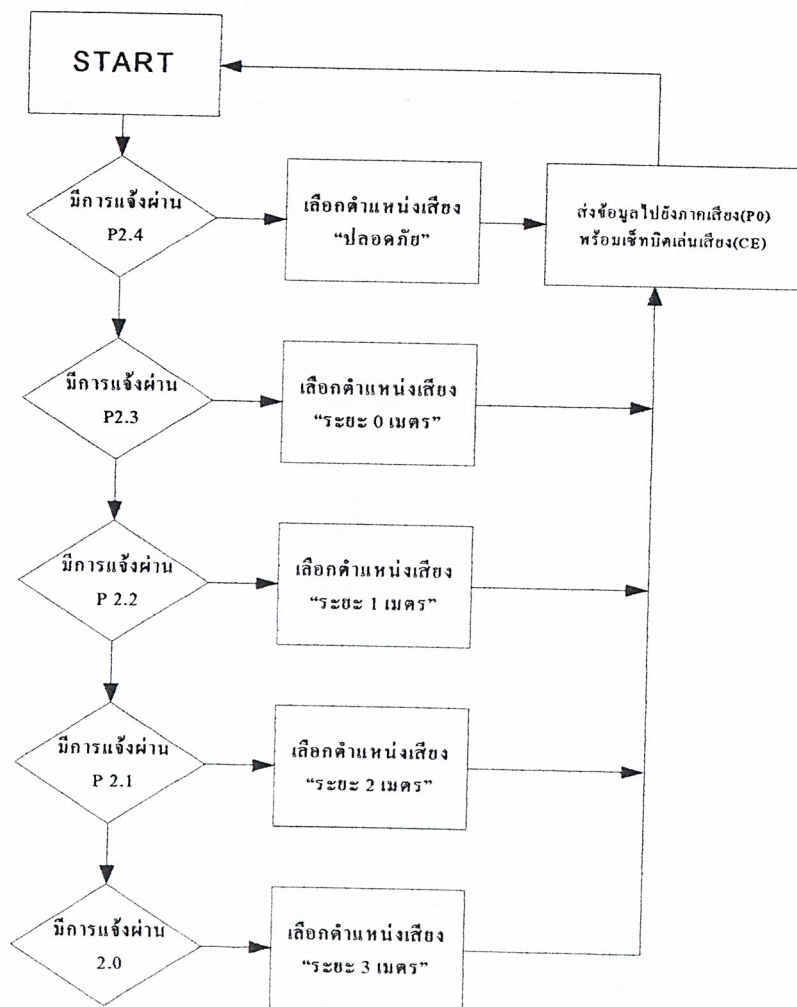
จากรูปที่ 3.4 ส่วนควบคุมการเล่นเสียงนั้นเราจะรับอินพุตมาจาก 2 ทางคือจากส่วนควบคุมระยะทางกับส่วนของภาครับ 27 MHz โดยอินพุตที่เข้ามาจากส่วนควบคุมระยะทางนั้นแต่ละเส้นเป็นระยะที่ได้รับมาจากชุดตรวจจับด้วยอัลตราโซนิก ผ่านเข้ามาทางพอร์ต P2.0 – P2.4 โดยออกแบบให้ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของพัลส์ 1 ลูกคลื่นซึ่ง หากมีพัลส์มาทาง P2.0 1 ลูกคลื่นจะหมายถึงระยะที่ไกลกว่า 3 เมตร หากมีพัลส์เข้ามาทาง P2.1 P2.2 P2.3 P2.4 จะหมายถึง ตรวจวัด ได้ระยะต่ำกว่า 1 , 2 , 3 และ 4 เมตร โดยตัวไอซี 3 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการพิจารณาและเลือกตำแหน่งของเสียงที่ถูกต้องตามสถานะการรายงานและเลือกกำหนดลอจิกสูงและต่ำออกทางพอร์ต P0 ไปยังส่วนเก็บและเล่นเสียง เพื่อเล่นเสียงในตำแหน่งที่ระบุ และหน่วงเวลาการเล่นผ่านทางขา 5 และ 6 (PD CE)



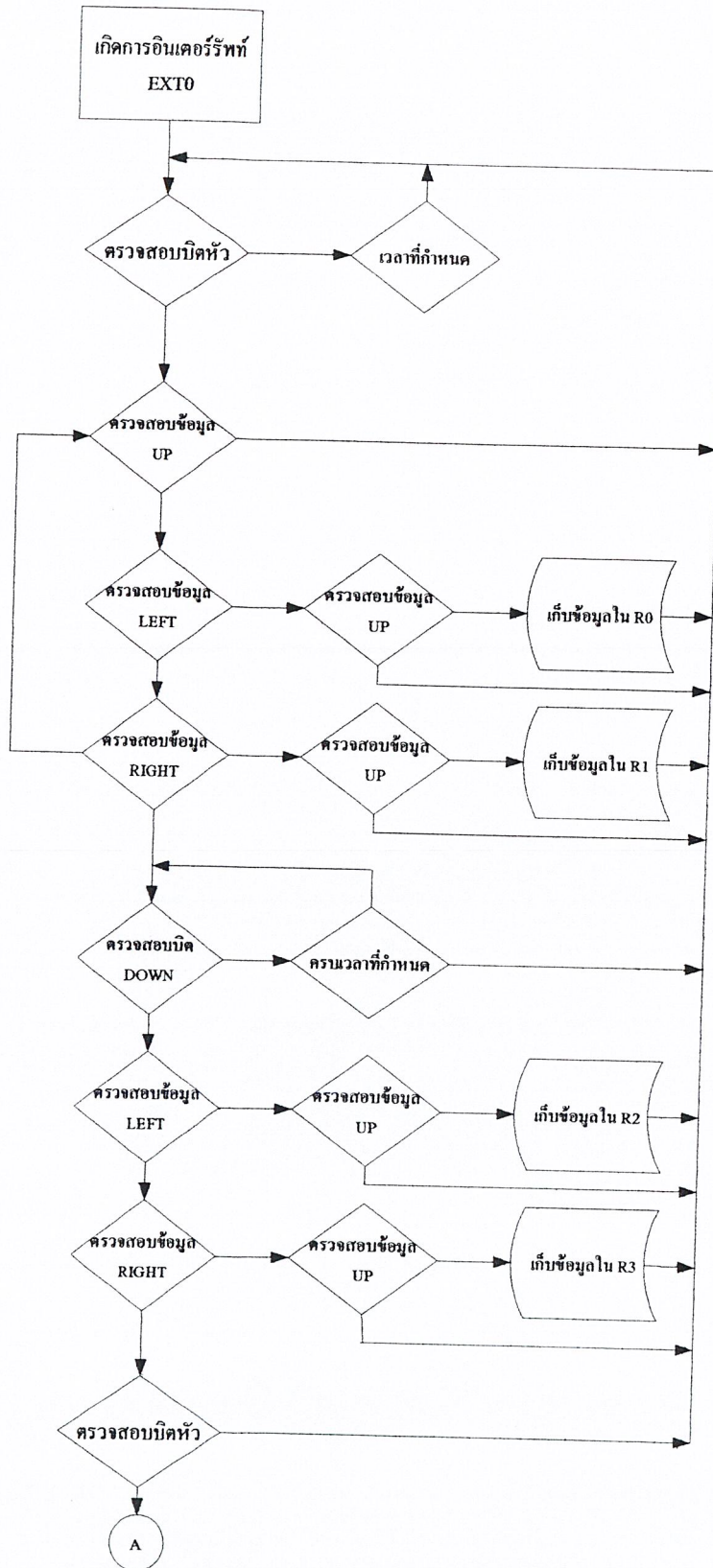
รูปที่ 3.4 วงจรภาคควบคุมการเล่นเสียง

ทางด้านอินพุตที่เข้ามาทางภาครับ 27 MHz ได้ออกแบบไว้ให้ทำงานในส่วนของการตอบสนองการอินเตอร์รัพต์จากภายนอก และอินพุตที่เข้ามาจากภาครับ 27 MHz เป็นพัลส์บวกที่มีเราจึงออกแบบ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ Q3 – Q5 ทำหน้าที่เป็นสวิสค์ซึ่งเมื่อได้รับพัลส์บวกจากภาครับสัญญาณ 27 MHz ผ่านทางขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวใด ๆ แล้ว ทรานซิสเตอร์ตัวนั้นจะทำหน้าที่เป็นสวิสค์ปิดคั้งนั้นกระแสไฟที่ถูกครอบที่ขา 1-4 ของ ไอซี 3 จะถูกจ่ายลงกราวด์เพื่อ อาจกล่าวได้

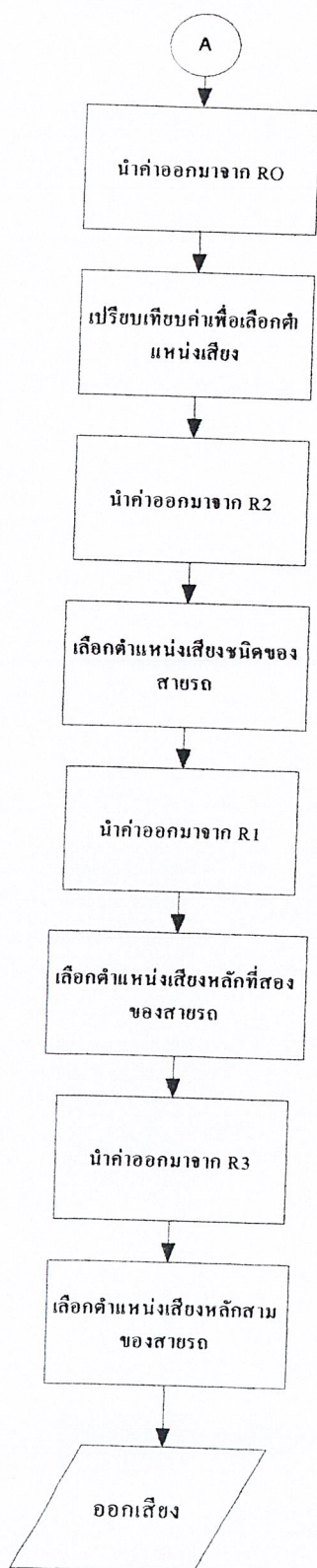
ว่าทรานซิสเตอร์ Q3 – Q5 ทำหน้าที่แปลงรูปแบบสัญญาณอินพุตที่เป็นพัลส์บวกเพื่อเป็นพัลส์ลบ เพื่อให้ IC 3 สามารถตรวจสอบได้และเลือกตำแหน่งของเสียงตามข้อมูลของเฟรมข้อมูลที่ได้รับได้ โดยรูปแบบของเฟรมข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาแสดงไว้ในรูปที่ โดยในส่วนควบคุมการเล่นเสียงนั้นต้องรับอินพุตที่มาจากแหล่งถึง 2 แหล่งดังนั้นจึงต้องกำหนดโปรแกรมหลักในการรับข้อมูล ซึ่งในการใช้งานจริงนั้นส่วนอินพุตที่มาจากชุดควบคุมระยะทางนั้นมีการใช้งานมากกว่าอินพุตที่มาจากชุดรับสัญญาณ 27 MHz มาก เราจึงออกแบบให้การรับอินพุตจากชุดควบคุมระยะทางนั้นเป็นโปรแกรมหลักและ เมื่อจำเป็นต้องใช้งานในส่วนของอินพุตที่มาจากภาครับสัญญาณ 27 MHz แล้วนั้นให้เป็นการใช้งานโดยผ่านการขัดจังหวะผ่านขา 12 ซึ่งได้ต่อไว้กับขา E ของทรานซิสเตอร์ Q2 ที่เป็นทรานซิสเตอร์ที่จะทำงานเป็นตัวแรกเมื่อมีการรับ เฟรมของข้อมูลเข้ามา



รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรม โปรแกรมควบคุมการเล่นเสียงส่วนอินพุตที่มาจากชุดควบคุมระยะทาง



รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมของภาคควบคุมการเล่นเสียงเมื่อเกิดการอินเทอร์รัพท์ ส่วนที่ 1



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมของภาคควบคุมการเล่นเสี่ยงเมื่อเกิดการอินเทอร์เน็ต ส่วนที่ 2

3.7 ภาคส่งด้วยคลื่น 27 MHz

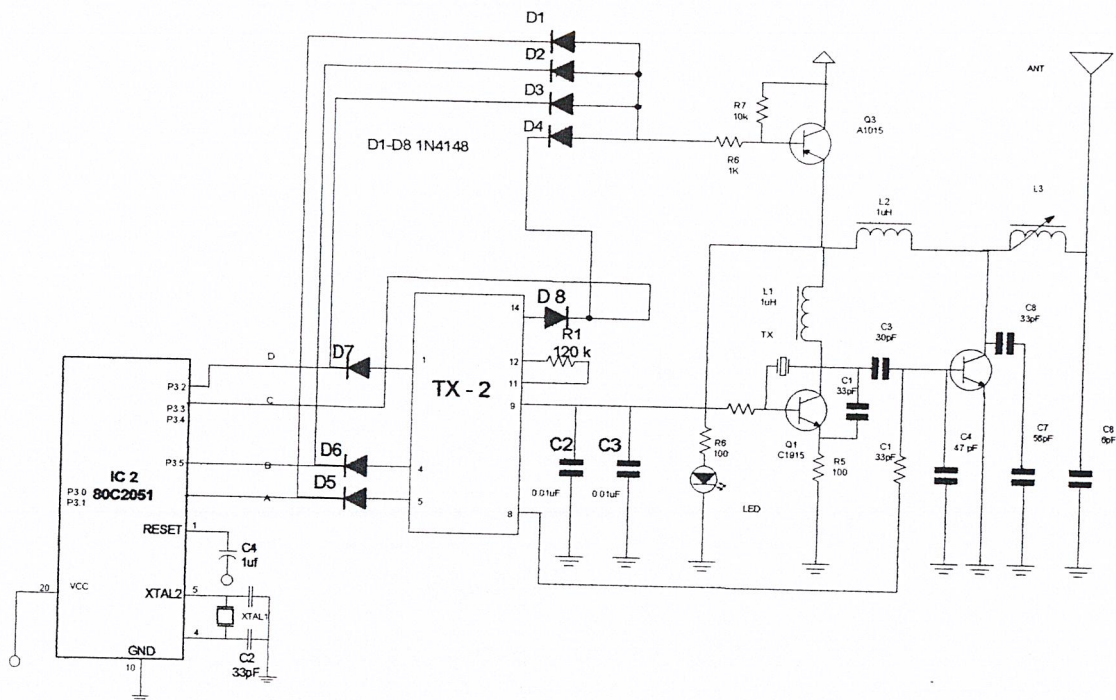
วงจรรอสซิลเลเตอร์เป็นวงจรชนิดหนึ่งที่ใช้ทรานซิสเตอร์หรือหลอดสุญญากาศในการให้กำเนิดสัญญาณไฟสลับขึ้นที่เอาท์พุท โดยพื้นฐานแล้ววงจรรอสซิลเลเตอร์นี้คือ วงจรขยายสัญญาณหรือวงจรแอมพลิไฟเออร์นั่นเอง แต่ข้อแตกต่างจะอยู่ที่วงจรรอสซิลเลเตอร์ประกอบด้วยวงจรป้อนกลับสัญญาณจากเอาท์พุท ไปยังอินพุทแต่อย่างใด วงจรรอสซิลเลเตอร์ชนิดที่นิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ วงจรจูน RF ออสซิลเลเตอร์ (Tuned RF Oscillator) ซึ่งประกอบด้วยอินดักแตนซ์ L และคาปาซิเตอร์ C ในการผลิตสัญญาณคลื่น ไซน์ที่ความถี่รีโซแนนท์ ออกที่เอาท์พุท

การส่งคลื่นวิทยุทุกชนิด จำเป็นต้องใช้วงจรรอสซิลเลเตอร์ในการผลิตสัญญาณคลื่นพาหะ RF (RF carrier waves) เช่น การใช้งานในเครื่องผลิตสัญญาณ (Signal generator) ซึ่งสามารถผลิตได้ทั้งสัญญาณความถี่ต่ำหรือสัญญาณออกไอและสัญญาณคลื่นวิทยุได้ด้วยเช่นกันนอกจากนี้ในวงจรดิจิทัล ออสซิลเลเตอร์ยังถูกใช้เป็นตัวผลิตสัญญาณนาฬิกาหรือสัญญาณคล็อก (Clock signal) ให้แก่มัลติไวเบรเตอร์

ในส่วนของวงจรมีความถี่เร้าเลือกใช้ คริสตัลอสซิลเลเตอร์ การผลิตออสซิลเลเตอร์ ชนิดนี้จะใช้ ผลึกควอทซ์ (quartz crystal) เป็นวัสดุคืบ ในกรณีที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงในการควบคุมความถี่ที่ความถี่รีโซแนนท์คริสตัลมีคุณสมบัติเหมือนกับเป็นออสซิลเลเตอร์ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับวงจรจูน LC แต่ทว่ามีค่า Q สูงกว่า ปกติความถี่รีโซแนนท์ของคริสตัลอสซิลเลเตอร์อยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 30 MHz ดังนั้นจึงสามารถใช้ทดแทนวงจร LC ในวงจรรอสซิลเลเตอร์ได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปคริสตัลอสซิลเลเตอร์จะใช้ประกอบ อยู่ในอุปกรณ์ที่สามารถจะพกพาติดตัวได้ เช่น วิทยุมือถือหรือวิทยุสื่อสารย่านความถี่ CB เป็นต้น โดยใช้ได้ทั้งในเครื่องรับและเครื่องส่ง นอกจากนี้อุปกรณ์เครื่องส่งกระจายเสียงวิทยุยังต้องใช้คริสตัลอสซิลเลเตอร์ เพราะความจำเป็นในการควบคุมความถี่ที่แน่นอน มีเสถียรภาพสูงและมีความผิดเพี้ยนต่ำที่สุด ความถี่ที่ผลิตจากคริสตัลอสซิลเลเตอร์ จะมีความผิดเพี้ยนน้อยกว่า 1 Hz ต่อ 10 Hz สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดต่างแหล่งกำเนิดสัญญาณมักจะ ใช้คริสตัลอสซิลเลเตอร์สำหรับปรับแต่งความถี่ภายในเครื่องเป็นต้น

จากรูปที่ 3.8 เป็นวงจรส่งคลื่นวิทยุ 27 MHz ที่ใช้งานจริง โดยมี ไอซี TX-2 ทำหน้าที่สร้างชุดข้อมูล โดยเริ่มต้นกระแสจะยังไม่ไหลผ่านตัวอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณ ทันทีที่มีการกดขั้วล็อกจิกต่ำให้กับไดโอด D1 – D7 ตัวทรานซิสเตอร์ Q3 จะทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ปิดวงจรทำให้มีกระแสไฟไหลตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำหน้าที่ส่งชุดเฟรมข้อมูลที่ได้มีการบันทึกไว้ในตัวไอซีไปยัง

ไอซี 2 ตัว ไอซี 2 เมื่อได้รับชุดคำสั่งข้อมูลจากขาใดขาหนึ่งแล้วก็จะทำการสร้างสัญญาณข้อมูลไปรวมกับสัญญาณแคเรีย ที่ภาคสร้างสัญญาณแคเรีย Q1 และนำไปขยายเพื่อส่งออกไปยังสายอากาศ



รูปที่ 3.8 วงจรของภาคส่งด้วยควมถี่ 27 MHz

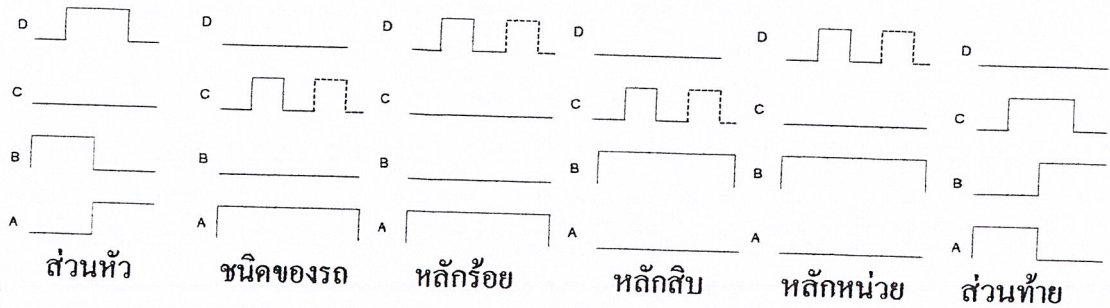
ส่วนหัว	ชนิดของรถ	หลักร้อย	หลักสิบ	หลักหน่วย	ส่วนท้าย
---------	-----------	----------	---------	-----------	----------

รูปที่ 3.9 เฟรมข้อมูลที่ใส่ส่งในภาคส่งและภาครับ 27MHz

3.7.1 การออกแบบรูปแบบเฟรมการส่ง

ในการออกแบบรูปแบบการส่งนั้นชุดส่งนั้นสามารถส่งข้อมูลได้เพียง 4 รูปแบบดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นคือจะทำอย่างไรให้เพียงพอกับสายรถประจำทางซึ่งมีมากมายเป็นหลายร้อยสาย ดังนั้นในการออกแบบเราจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบที่ใช้ในการส่ง รวมถึงการตรวจสอบความผิดพลาดด้วย ทำให้จำเป็นต้องมีการออกแบบเฟรมของข้อมูลเป็นดังในรูปที่ ส่วนหัวและส่วนท้ายนั้นจะใช้ 3 บิตประกอบกันและกำหนดการเกิดคนละช่วงเวลา ส่วนในชุดข้อมูลจะมีบิตตรวจสอบอยู่ 1 บิตไว้ควบคู่กับบิตข้อมูลเพื่อไว้เช็คและตรวจสอบการขาดหายของข้อมูล หากบิตนั้นมีการขาดช่วงก็จะ

ถือว่าข้อมูลที่รับเข้ามานั้นไม่สมบูรณ์และไม่รับเข้ามาพิจารณา และส่วนบิตข้อมูลที่เข้ามาจะมีลักษณะเป็นพัลส์แต่ละพัลส์จะหมายถึงข้อมูล 1 หน่วยในการพิจารณาเราจะพิจารณาจากจำนวนพัลส์ที่เข้ามาควบคุมกับบิตควบคุม โดยในส่วนของชนิดของรถนั้นหากพัลส์เป็น 0 เราถือว่าเป็นประเภทธรรมดา พัลส์เป็น 1 ถือว่าเป็น รถปอ. พัลส์เป็น 2 ถือว่าเป็น ปอ.พ. พัลส์เป็น 3 ถือว่าเป็น รถสายพิเศษ

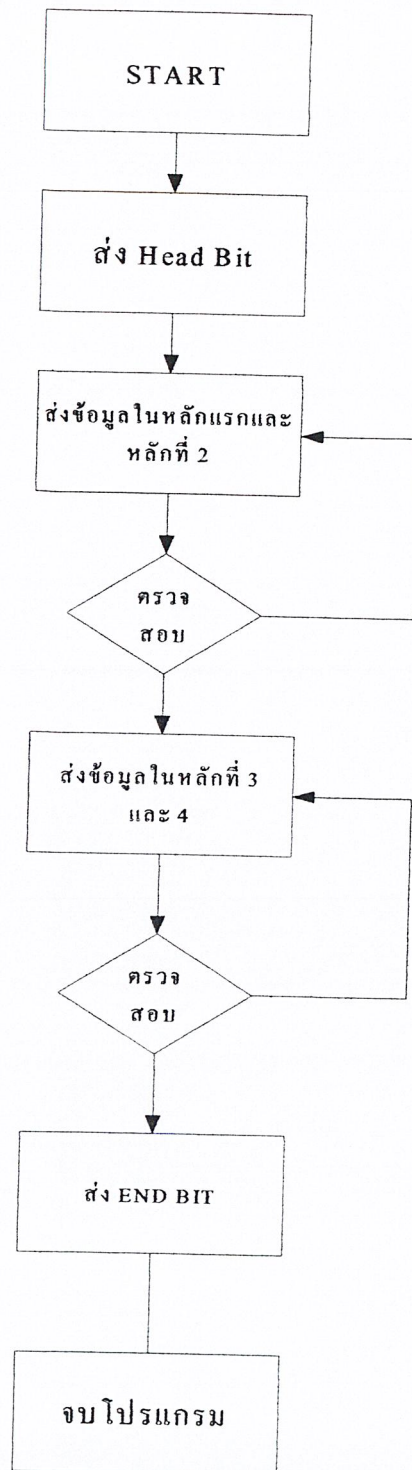


รูปที่ 3.10 ลักษณะของเฟรมข้อมูลสายรถประจำทาง

ตัวอย่าง

ปอ.สาย 517

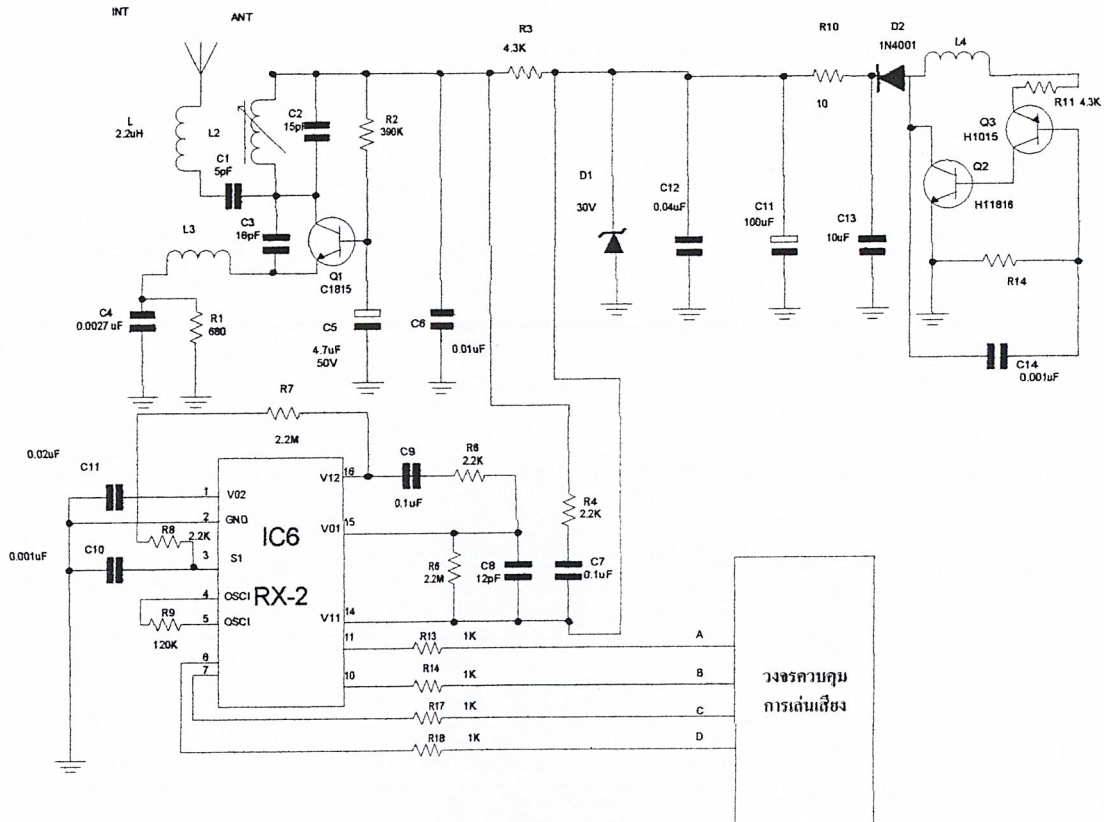
$$= \text{ส่วนหัว} + (\text{บิตควบคุม A} + \text{C 1 พัลส์}) + (\text{บิตควบคุม A} + \text{D 5 พัลส์}) \\ + (\text{บิตควบคุม B} + \text{C 1 พัลส์}) + (\text{บิตควบคุม B} + \text{D 7 พัลส์})$$



รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมโปรแกรมการทำงานของภาคควบคุมการส่งในวงจรส่งด้วยความถี่ 27 MHz

3.8 ภาครับสัญญาณด้วยคลื่นความถี่ 27 MHZ

ภาครับทำงานด้วยการรับสัญญาณ RF เข้ามาแล้วผ่านวงจรเพื่อทำการปรับจูนให้มีความแรงมากที่สุดและตัวไอซีจะทำการถอดสัญญาณข้อมูลออกมาและเปรียบเทียบเพื่อส่งออกมาเอาท์พุต 5 สถานะเพื่อจ่ายให้กับชุดควบคุมต่อไป

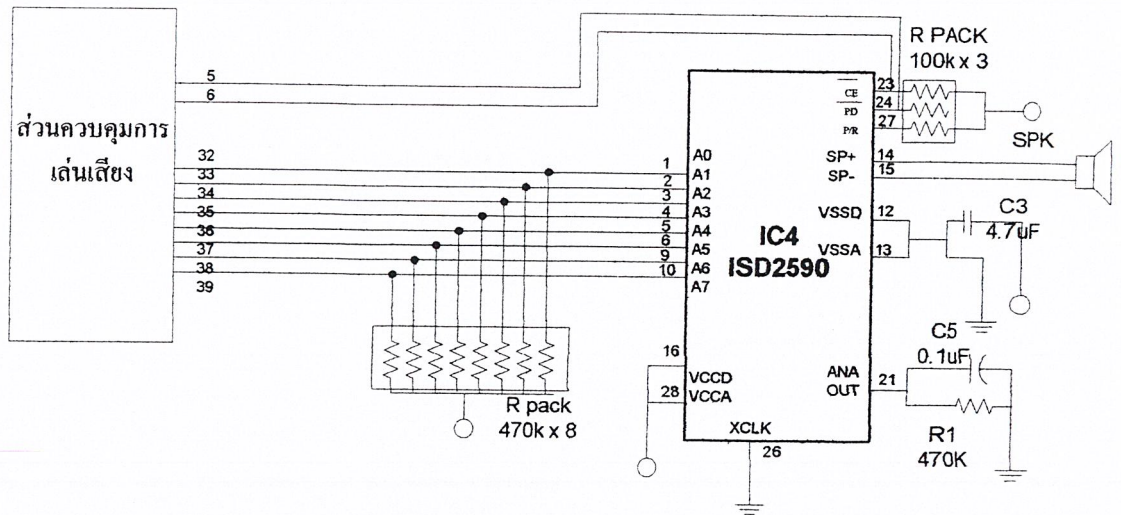


รูปที่ 3.12 วงจรภาครับสัญญาณ 27 MHZ

3.9 ส่วนเล่นเสียง

จากรูปที่ แสดงวงจรส่วนเล่นเสียงประกอบด้วย ไอซี4 (ISD 2590) เป็น ไอซีบันทึกและเล่นเสียงภายในตัวเดียวสามารถกำหนดตำแหน่งของที่เก็บเสียงได้ผ่านขา A0 – A7 โดยจากวงจรเรารับอินพุตมาจากส่วนควบคุมการเล่นเสียงเพื่อกำหนดในส่วนของตำแหน่งเสียง โดยใช้ตัวต้านทานพูลอัพต่อไว้เพื่อกำหนดค่าสถานะลอจิกให้เป็นบวกเพื่อรอรับอินพุต โดยระยะเวลาในการเล่นเสียงนั้นเราสามารถกำหนดการหน่วงเวลาในการเล่นผ่านทาง ขา CE และ PD โดยการจ่ายสภาวะลอจิกต่ำ

ผ่านทางขา PD และ CE เพื่อเป็น โหมดการเล่นและหยุดได้โดย เปลี่ยนสถานะของขา CE ให้เป็น สถานะลอจิกสูง



รูปที่ 3.13 วงจรเล่นเสียง

3.9.1 การออกแบบตำแหน่งในการเก็บข้อมูล

การออกแบบวงจรเสียงใน IC เบอร์ ISD 2590 เราสามารถเก็บเสียงได้ 90 วินาที อย่างต่ำแหน่งได้ 720 ตำแหน่งตำแหน่งละ 0.125 วินาที จากขา A0 – A9 แต่ในการใช้งานวงจรนี้นั้นเราได้ออกแบบให้ใช้บิตกำหนดตำแหน่งเพียง 8 ซึ่งมีความเพียงพอในการใช้งานในโครงงานนี้แล้ว และในการออกแบบนั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการทับกันของเสียงจึงออกแบบให้ในแต่ละตำแหน่งมีระยะห่างกัน 1.125 วินาที โดยการระบุตำแหน่งนั้นจะทำการรับข้อมูลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์จำนวน 8 บิต โดย A4 – A7 เป็นบิตสูงส่วน A0- A3 เป็นบิตต่ำ และ 2 บิต ที่ขา 23 และ 24 เพื่อกำหนดเวลาในการออกเสียงซึ่งเราโปรแกรม โดยกำหนดระยะเวลา 1 วินาทีในการอ่านออกเสียงประเภทตัวเลขและ 2 วินาทีในการออกเสียงประเภทคำพูดสถานที่

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับขา

ตำแหน่ง	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
FA	1	1	1	1	1	0	1	0

ในการออกแบบนั้นประเภทเสียงที่ต้องทำการเก็บมี 2 ประเภทคือ ประเภทเสียงตัวเลขและจำนวน และประเภทเสียงพยางค์พูดเราจึงออกแบบให้มีตำแหน่งในการเก็บเสียงในตารางที่ และสามารถเพิ่มได้ในอนาคต หากต้องมีการเพิ่มชุดส่งไว้ในสถานที่ต่าง ๆ

ตารางที่ 3.4 ตำแหน่งและเวลาในการเก็บเสียง

เสียง	ตำแหน่ง	ตำแหน่งเวลาบันทึก	ระยะเวลาในการเล่น
0	00H	1.125	1 วินาที
1	09H	2.250	1 วินาที
2	12H	3.375	1 วินาที
3	1BH	4.50	1 วินาที
4	24H	5.625	1 วินาที
5	2DH	6.750	1 วินาที
6	36H	7.875	1 วินาที
7	3FH	10	1 วินาที
8	48H	11.125	1 วินาที
9	51H	12.250	1 วินาที
ธรรมดา	5AH	13.375	1 วินาที
ปอ.	63H	14.500	1 วินาที
ปอ.พ	6CH	15.625	1 วินาที
สายพิเศษ	75H	16.750	1 วินาที
ปลอกกล้วย	7EH	17.875	1 วินาที
อันตราย	87H	19.000	1 วินาที
1 เมตร	90H	20.125	1 วินาที
2 เมตร	99H	21.250	1 วินาที
3 เมตร	A2H	22.375	1 วินาที
ไฟแดง	ABH	23.500	1 วินาที
ไฟเขียว	B4H	24.625	1 วินาที
ไฟเหลือง	BDH	25.750	1 วินาที
โรงพยาบาล	C6H	26.875	2 วินาที
สถานีตำรวจ	CFH	27.00	2 วินาที

บทที่ 4

ผลการทดลอง

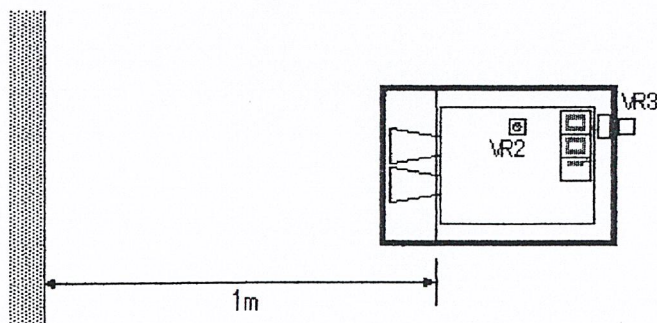
ผลที่ได้จากการทดลองนี้ในชุดตรวจจับสิ่งกีดขวางด้วยอัลตราโซนิกนั้นจากการทดลองและปรับแต่งแล้วการการผลจากการทดลองค่าที่ได้จากชุดอัลตราโซนิกที่นั่นผลที่ได้คือ

4.1 อุณหภูมิ

ที่ระดับอุณหภูมิที่ต่างกันผลที่ได้จากชุดตรวจจับจะมีค่าความเบี่ยงเบนที่ต่างกัน จากการทดสอบวัดระยะที่ 1 เมตรแล้วทดสอบที่อุณหภูมิต่างๆ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ระยะทางที่อ่านได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

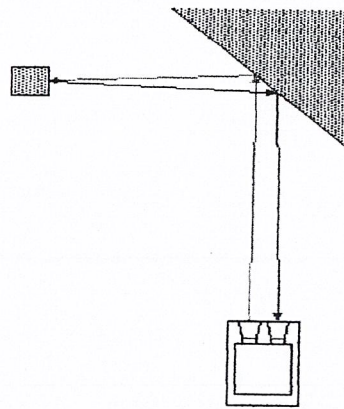
อุณหภูมิ	ระยะทางที่อ่านได้
20 องศาเซลเซียส	1.00 เมตร
25 องศาเซลเซียส	1.02 เมตร
35 องศาเซลเซียส	1.04 เมตร



รูปที่ 4.1 วิธีการวัดระยะทาง

4.2 มุม

การวัดระยะทางนั้นจะไม่เกิดปัญหาหากมุมของวัตถุกับชุดวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกนั้นเป็นมุมฉาก หากมุมแต่ถ้าในการวัดระยะทางหากมุมสำหรับการสะท้อนคลื่นอัลตราโซนิกนั้นไม่เป็นมุมฉากและมีวัตถุอยู่ในตำแหน่งที่รับกับมุมนั้นพอดีค่าที่วัดได้จะเป็นระยะทางของวัตถุที่รับกับมุมสะท้อนกับระยะชุดวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิก



รูปที่ 4.2 การวัดระยะที่ผิดพลาดเพราะเกิดจากมุมสะท้อน

4.3 ระยะทาง

ผลที่ได้จากการวัดระยะทางกับพื้นผิวกำแพงผิวเรียบ มุมในการวัด 90 องศา และที่อุณหภูมิ 25 องศาที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าที่อ่านได้จากชุดวัดระยะทางด้วยอัลตราโซนิกเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางจริง

ระยะทางจริง	ค่าที่อ่านได้
0 เมตร	0.34 เมตร
0.25 เมตร	0.34 เมตร
0.5 เมตร	0.52 เมตร
0.75 เมตร	0.77 เมตร
1 เมตร	1.02 เมตร

1.5 เมตร	1.34 เมตร
2 เมตร	2.10 เมตร
2.5 เมตร	2.62 เมตร
3 เมตร	ไม่สามารถวัดได้

4.4 ส่วนภาคส่งและรับ

ระยะที่ชุดส่งและชุดรับนั้นความสามารถในการรับเกิดจากส่วนประกอบหลาย ๆ ส่วนแต่เหตุที่เป็นปัจจัยหลักคือสิ่งกีดขวาง และสัญญาณรบกวนจากคลื่นความถี่อื่นที่แรงกว่าโดยผลการทดลองแสดงได้ในตารางที่

ตารางที่ 4.3 ระยะไกลส่งที่วงจรสามารถส่งได้

สถานที่	ระยะที่เริ่มรับได้โดยเฉลี่ย
ที่โล่งแจ้ง	10 เมตร
บริเวณป้ายรถประจำทาง	6 เมตร
ทางเดินสถานที่ต่าง ๆ	7 เมตร

ดังนั้นหากมีความต้องการที่จะทำการติดอุปกรณ์ส่งข้อมูลเพื่อบอกสถานที่นั้นห้องแต่ละห้องควรอยู่ ห่างกัน ไม่น้อยไปกว่า 7 เมตร หรือสามารถแก้ไขได้โดยการลดกำลังส่งลง

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองวัฏระยะทางและตรวจจับสิ่งกีดขวางการวัฏระยะที่เที่ยงตรงจะเกิดขึ้นเมื่อพื้นผิวสะท้อนของวัตถุนั้นมีผิวที่เรียบและมีขนาดที่ใหญ่พอประมาณ โดยวัตถุที่ขนาดเล็กนั้นจะตรวจจับได้ในระยะทางที่ใกล้กว่าวัตถุที่ใหญ่กว่า มุมของวัตถุก็มีผลต่อการวัฏระยะด้วย หากเป็นมุมกระทบที่เป็นไม่เป็นมุมฉากระยะที่วัดได้จะมีความคลาดเคลื่อนไป ในส่วนภาคควบคุมและภาคเสียงหากมีการเก็บเสียงในตำแหน่งที่ใกล้กันเกินไปจะเกิดการทับกันของเสียง ดังนั้นควรออกแบบให้ตำแหน่งในการเก็บเสียงนั้นมีระยะห่างพอประมาณเพื่อหลีกเลี่ยงทับกันของเสียง

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากชุดวัฏระยะทางและตรวจจับด้วยอุลตราโซนิกนั้นมีมุมในการตรวจจับประมาณ 30 องศา ดังนั้นหากต้องการเพิ่มความระยะของมุมในการตรวจจับเราจำเป็นต้องเพิ่มในส่วนชุดตรวจจับด้วยอุลตราโซนิกในด้านข้างและด้านล่างเพื่อเพิ่มในส่วนของภาคควบคุมและภาพเสียงนั้นเบื้องต้นเราใช้ไอซี ISD1420 ในการเก็บเสียง สามารถเก็บเสียงได้ 20 วินาทีซึ่งมีความเพียงพอในโครงการแรก แต่ในโครงการที่ 2 นั้นเราต้องทำการเก็บเสียงเพิ่มขึ้นอีกจำนวนมาก ไอซี ISD 1420 ไม่สามารถรองรับได้เพียงพอจึงต้องทำการเบอร์เป็นไอซี ISD 2590 โดยสามารถเป็นเสียงได้ 90 วินาทีโดยที่มีสถาปัตยกรรมที่คล้ายกันจึงไม่ต้องมีการเปลี่ยนในส่วนของซอฟต์แวร์ดังนั้นการผู้ริเริ่มพัฒนาโครงการต้องการเพิ่มความจุของเสียงอาจเปลี่ยนไปใช้ไอซีเบอร์ที่สูงขึ้นที่สามารถเก็บและบรรจุเสียงได้มากกว่า

ในโครงการที่ 2 จะมีการนำภาคของการรับส่งข้อมูลไร้สาย 27 MHz มาประยุกต์เพิ่มกับส่วนควบคุมทำให้สามารถติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ชนิดอื่นได้ประมาณ 5 – 10 เมตร โดยชุดส่งนั้นจะนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการเดินทาง เช่น นำไปประยุกต์กับสัญญาณไฟจราจรเพื่อบอกสถานะของสัญญาณไฟโดยเสียงให้แก่คนพิการทางสายตาหรือนำไปประยุกต์กับรถประจำทางเมื่อรถประจำทางมีการจอดเทียบที่ป้ายรถประจำทางอุปกรณ์นำร่องก็สามารถบอกสายของรถประจำทางโดยเสียงให้แก่คนพิการได้ทราบเพื่อสามารถตัดสินใจในการเดินทางได้

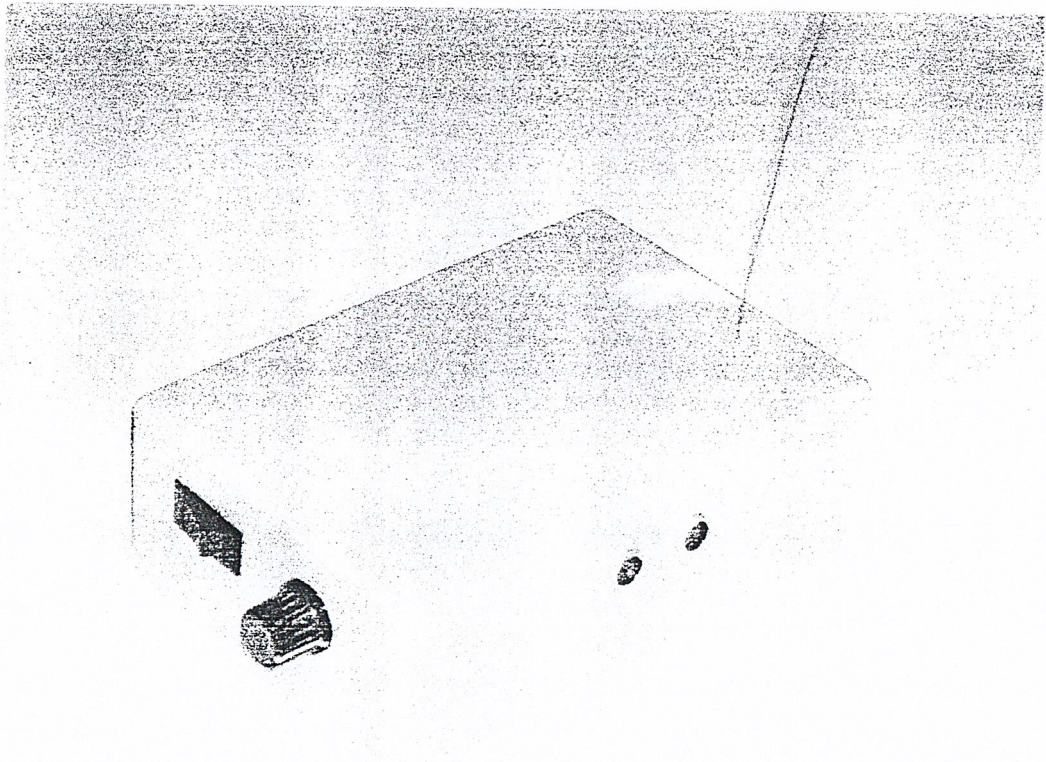
และแนวความคิดที่สามารถพัฒนาต่อได้คือ ลดกำลังส่งลงเล็กน้อยให้เหลือประมาณ 3 เมตรเพื่อใช้บอกสถานที่หรือห้องของโรงพยาบาลคนตาบอด ซึ่งหากสัญญาณมีความแรงเกินไปจะทำให้เกิดการรบกวนกันระหว่างห้อง

* แนวแนะ ควรพัฒนา ชุดตรวจจับให้เป็นเหมือนหุ่นยนต์นำทางสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้อัตโนมัติ

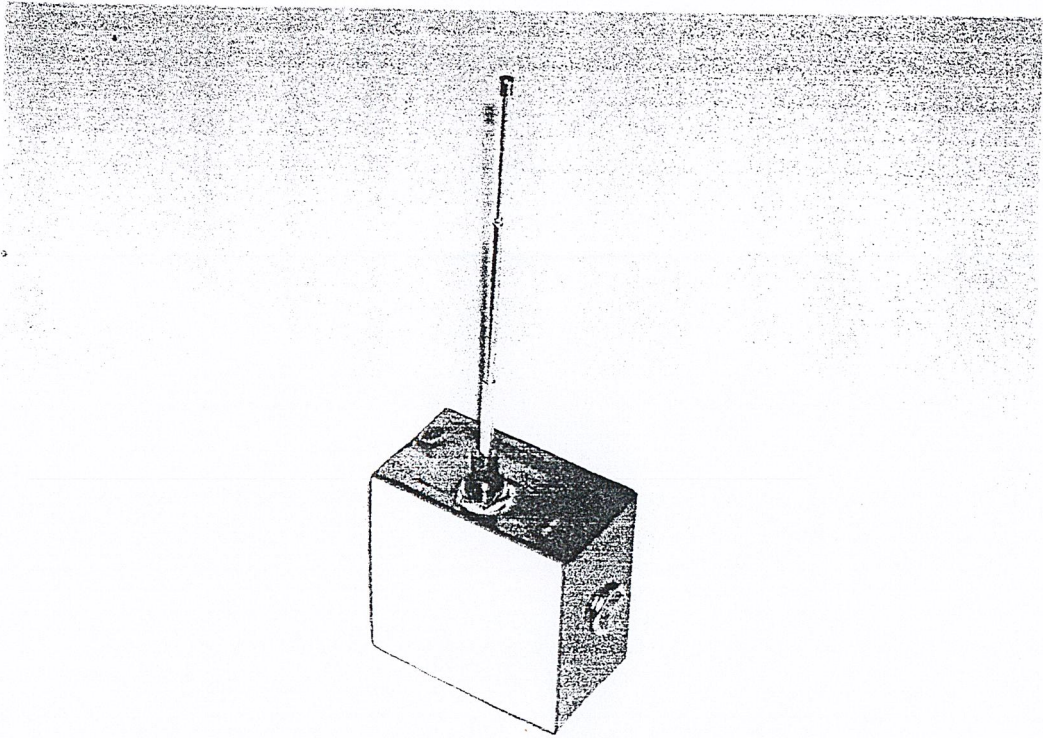
เอกสารอ้างอิง

1. ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ , พิชัย ภักดีพานิชเจริญ , ระบบสื่อสารวิทยุ , ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ .
พ.ศ. 2536
2. ไพบุลย์ นาคมหาชลสินธุ์ , อิเล็กทรอนิกส์ หลักและการประยุกต์ใช้งาน , แมคกรอ-ฮิล
อินเตอร์ เนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์ , พ.ศ. 2542
3. ยืน ภู่วรรณ . ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ . บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น . พ.ศ. 2521
4. Charles A.Schaler , **Electronice : Principles and Applications** , Glencoe/The McGraw-
Hill companies , New York . 1996
5. Chris Bowick , **RF CIRCUIT DESIGN** , Howard W. Sams .Indiana . 1982

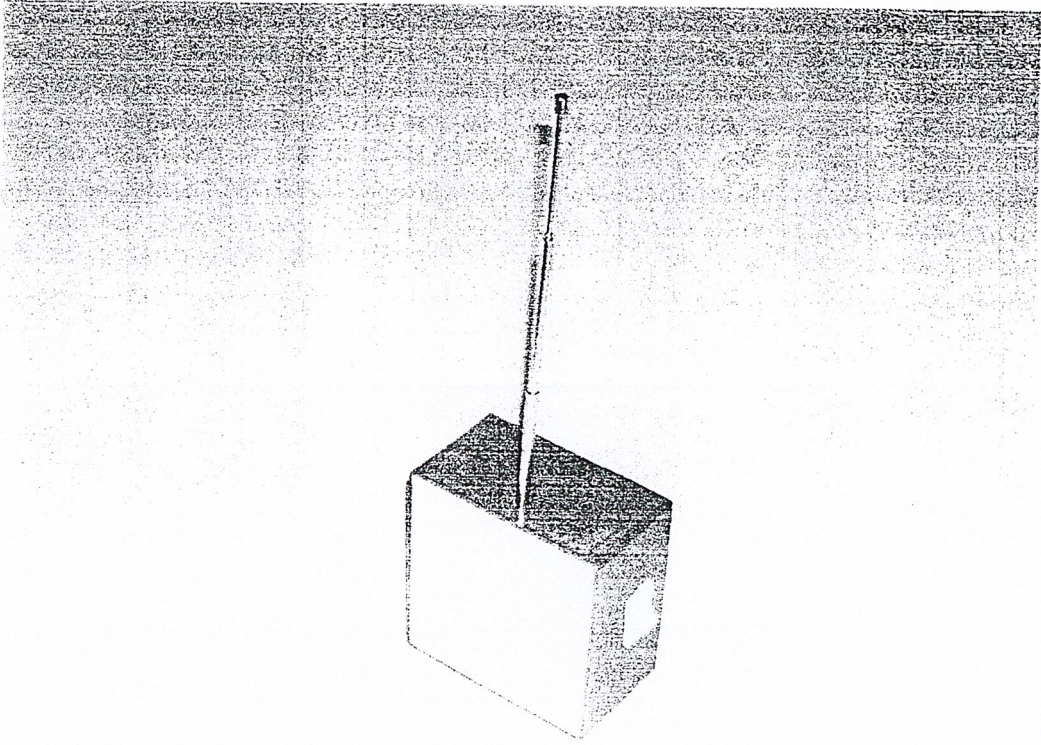
ภาคผนวก



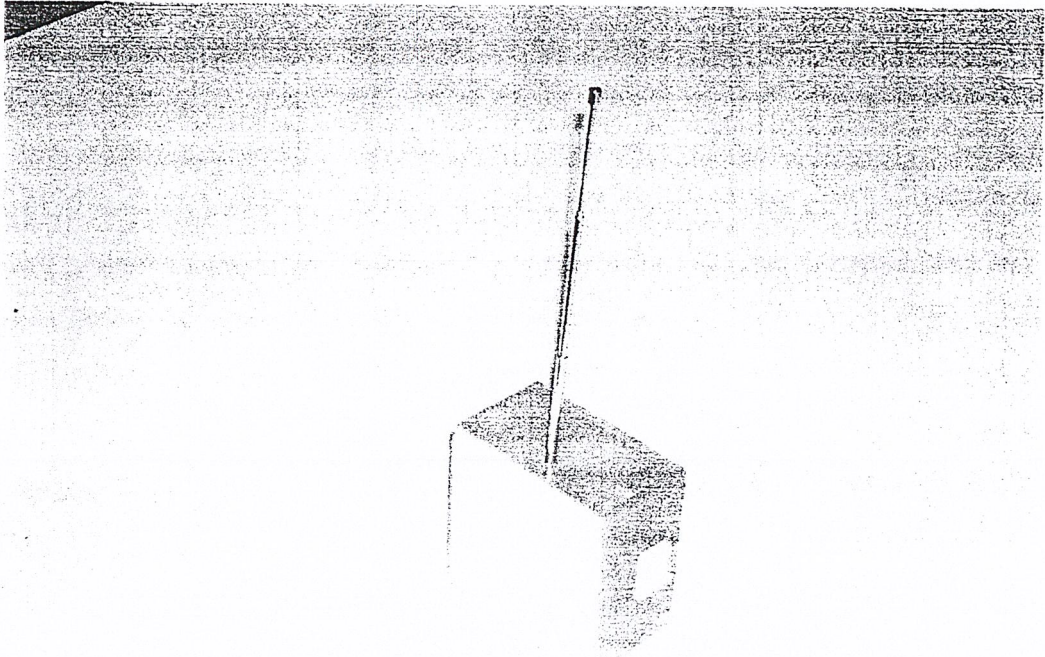
อุปกรณ์ช่วยเหลือคนตาบอดภายใต้ศรัทธา



อุปกรณ์ส่งสัญญาณจากระจําทาง



อุปกรณ์ภาคส่งที่ติดตั้งตามสถานที่ต่าง ๆ



อุปกรณ์ภาคส่งที่ติดตั้งที่ฟอราจอร์

โปรแกรมในชุดส่งด้วยความถี่ 27 MHz

```
up bit p1.4
down bit p1.3
left bit p1.2 ; กำหนดตัวแปรของขา
right bit p1.1
check bit p3.7

org 0000h
setb up
setb down
setb left ; กำหนดให้ขา มีสถานะเป็น 1
setb right
setb check

main_check: jb check,main_check ; ตรวจสอบการกด
            mov r0,#01h ; เก็บชนิดของรถ
            mov r1,#07h ; เก็บหลักร้อยของรถประจำทาง
            mov r2,#02h ; หลักสิบของรถประจำทาง
            mov r3,#04h ; เก็บหลักหน่วยของรถประจำทาง

inter:      clr down
            acall delay
            clr left
            acall delay
            setb down ; ส่งข้อมูลส่วนหัวของชุดข้อมูล
            acall delay
            clr up
            acall delay
            setb left
            acall delay

; ส่งข้อมูลส่วนชนิดของรถประจำทาง
```

```
up_left:  mov a,r0
          clr left
          acall delay
          setb left
          acall delay
          djnz r0,up_left
```

```
up_right: mov a,r1          ;ส่งข้อมูลในส่วนหัวกร้อยของรถประจำทาง
          clr right
          acall delay
          setb right
          acall delay
          djnz r1,up_right
```

```
          setb up          ;เปลี่ยนบิดเฟรมควบคุม
          clr down
          acall delay
```

```
down_left: mov a,r2          ;ส่งข้อมูลในส่วนหลักสปีของรถประจำทาง
           clr left
           acall delay
           setb left
           acall delay
           djnz r2,down_left
```

```
down_right: mov a,r3          ;ส่งข้อมูลในส่วนหลักหน่วยของรถประจำทาง
            clr right
            acall delay
            setb right
            acall delay
            djnz r3,down_right
```

```

setb down ; ส่งข้อมูลในส่วนท้ายของเฟรมข้อมูล
clr up
acall delay
clr right
acall delay
setb up
acall delay
clr down
acall delay
setb right
acall delay
setb down
acall delay
jmp main_check

```

```

delay:      mov r6,#128 ; โปรแกรมดีเลย์
delay1:     mov r7,#255
delay2:     djnz r7,delay2
            djnz r6,delay1
            ret
end_program: jmp main_check
            end

```

โปรแกรมของภาคควบคุมระยะทาง

```

in          bit p1 ; กำหนดพอร์ต อินพุต
cloum1     bit p3.0 ; กำหนดบิตเลือกหลักรับข้อมูล
cloum2     bit p3.1 ; กำหนดบิตเลือกหลักรับข้อมูล

```

status_save bit p3.2 ; กำหนดบิตบอกสถานะ “ ปลอดภัย ”
 status_0meter bit p3.3 ; กำหนดบิตบอกสถานะ “ อัตราย ”
 status_1meter bit p3.4 ; กำหนดบิตบอกสถานะ “ ระยะ 1 เมตร ”
 status_2meter bit p3.5 ; กำหนดบิตบอกสถานะ “ ระยะ 2 เมตร ”
 status_3meter bit p3.7 ; กำหนดบิตบอกสถานะ “ ระยะ 3 เมตร ”

org 0000h

setb cloum1

setb cloum2

setb status_save

setb status_1meter

setb status_2meter

setb status_3meter

setb status_0meter

mov r2,#4 ; กำหนดระยะเวลาดีเลย์

sonic: mov in,0ffh ; กำหนดให้ in เป็นพอร์ตอินพุต

acall delay_1sec

setb cloum2 ; กำหนดให้ขาที่ 3.0 มีสถานะเป็นลบ

clr cloum1 ; เพื่อเลือกรับข้อมูลจากหลักที่ 2 (หลักสิบเมตร)

acall delay_5ms

mov a,in ; รับจากพอร์ตมาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ R0

mov r0,a

set_cloum2: setb cloum1 ; กำหนดให้ขาที่ 3.1 มีสถานะเป็นลบ

clr cloum2 ; เพื่อเลือกรับข้อมูลจากหลักที่ 4 (หลักสิบเมตร)

acall delay_5ms

mov a,in ; รับค่าจากพอร์ตมาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ R1

mov r1,a

cjne r0,#0fdh,status_save_point ; หากข้อมูลที่รับมาจากหลักสิบเมตร ไม่ใช่เลข
ศูนย์ให้กระโดดไปยังตำแหน่ง

status_save_point

sonic_0: cjne r1,#0fdh,sonic_1 ; หากข้อมูลใน R1 ไม่เท่ากับเลขศูนย์ให้

กระโดด

	clr status_0meter	; เคลียร์บิตแจ้งสถานะ 0 เมตร
	acall delay_10ms	
	acall delay_10ms	
	setb status_0meter	; เซ็ทบิตแจ้งสถานะ 0 เมตร
	acall delay_1sec	
	jmp sonic	กระโดดกลับไปโปรแกรมหลัก
sonic_1:	cjne r1,#061h,sonic_2	; หากข้อมูลใน R1 ไม่เท่ากับเลขหนึ่งให้
กระโดด		
	clr status_1meter	; เคลียร์บิตแจ้งสถานะ 1 เมตร
	acall delay_10ms	
	acall delay_10ms	
	setb status_1meter	; เซ็ทบิตแจ้งสถานะ 1 เมตร
	acall delay_1sec	
	jmp sonic	
sonic_2:	cjne r1,#0dbh,sonic_3	; หากข้อมูลใน R1 ไม่เท่ากับเลขสองให้
กระโดด		
	clr status_2meter	; เคลียร์บิตแจ้งสถานะ 2 เมตร
	acall delay_10ms	
	acall delay_10ms	
	setb status_2meter	; เซ็ทบิตแจ้งสถานะ 2 เมตร
	acall delay_1sec	
	jmp sonic	
sonic_3:	cjne r1,#0f3h,sonic	; หากข้อมูลใน R1 ไม่เท่ากับเลขสามกระโดด
	clr status_3meter	; เคลียร์บิตแจ้งสถานะ 3 เมตร
	acall delay_10ms	
	acall delay_10ms	
	setb status_3meter	; เซ็ทบิตแจ้งสถานะ 3 เมตร
	acall delay_1sec	
	jmp sonic	
status_save_point:	djnz r2,sonic	; หาก R2 ไม่เท่ากับ 0 ให้กระโดดกลับไป
	clr status_save	; เคลียร์บิตแจ้งสถานะ ปลอดภัย
	acall delay_10ms	

```

        acall delay_10ms
        setb status_save      ; เซ็ทบิตแจ้งสถานะ 2 เมตร
        acall delay_10ms
        mov r2,#4             ; กำหนดบิตนับใหม่
        jmp sonic

delay_5ms:    mov r7,#50      ; โปรแกรมดีเลย์ 5 msec
delay_5ms1:   mov r6,#0c6h
delay_5ms2:
        djnz r6,delay_5ms2
        djnz r7,delay_5ms1
        ret

delay_10ms:   mov r7,#100     ; โปรแกรมดีเลย์ 10 msec
delay_10ms1:  mov r6,#0c6h
delay_10ms2:
        djnz r6,delay_10ms2
        djnz r7,delay_10ms1
        ret

delay_1sec:   mov r5,#10      ; โปรแกรมดีเลย์ 1 วินาที
delay_1sec1:  mov r7,#100
delay_1sec2:  mov r6,#0c6h
delay_1sec3:
        djnz r6,delay_1sec3
        djnz r7,delay_1sec2
        djnz r5,delay_1sec1
        ret

end

```

โปรแกรมส่วนเล่นเสียง

up bit p1.0

down bit p1.1

left bit p1.2

right bit p1.3

ce bit p1.5

pd bit p1.4

A1 bit p0.0

A2 bit p0.1

A3 bit p0.2

A4 bit p0.3

A5 bit p0.4

: กำหนดค่าส่วนรับข้อมูลจากชุดรับสัญญาณ 27 Mz

กำหนดค่าเอาต์พุตเลือกตำแหน่งเสียง

A6 bit p0.5
A7 bit p0.6
A8 bit p0.7
save bit p2.4
zero_meter bit p2.3
one_meter bit p2.2
two_meter bit p2.1
tree_meter bit p2.0
light bit p1.6
light2 bit p2.0

กำหนดขาอินพุตรับสถานะจาก IC2

```
org 0000h  
ljmp main_program
```

```
org 0003h  
jmp check_inter
```

ส่วนของโปรแกรมอินเตอร์รัพท์
กระโดดไปยังตำแหน่งในส่วน
โปรแกรมการเล่นเสียง

```
reti
```

ที่รับอินพุตมาจากชุดรับ 27 MHz

```
main_program:
```

โปรแกรมหลัก

```
setb ce  
setb pd  
setb A1  
setb A2  
setb A3  
setb A4  
setb A5  
setb A6  
setb A7  
clr A8  
setb up
```

กำหนดให้ขาที่มีสถานะเป็น 1
เพื่อให้มีทำงานในสถานะลอจิกต่ำ

setb down
setb left
setb right
setb save
setb zero_meter
setb one_meter
setb two_meter
setb tree_meter
setb light2
setb ie.0
setb ie.7

check_save:	jb save,check_0meter	ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกที่ขา “ปลดคัท”
	jnb save,\$	
	mov a,#10h	กำหนดค่าที่ 10
	acall check_talk	เรียกโปรแกรมเล่นเสียง
	clr light2	เปิดไฟสัญญาณ
	acall delay_light	
	setb light2	ปิดไฟสัญญาณ
	jmp check_save	

check_0meter:	jb zero_meter,check_1meter	ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกที่ขาสถานะ “0 “
	jnb zero_meter,\$	
	mov a,#00h	กำหนดค่าที่ 10
	acall check_talk	เรียกโปรแกรมเล่นเสียง
	clr light2	
	acall delay_light	
	setb light2	เปิดไฟสัญญาณ
	jmp check_save	ปิดไฟสัญญาณ

check_1meter:	jb one_meter,check_2meter	ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกที่ขาสถานะ “1
เมตร”		

jnb one_meter,\$	
mov a,#01h	กำหนดค่าที่ 01
acall check_talk	เรียกโปรแกรมเล่นเสียง
clr light2	
acall delay_light	
setb light2	เปิดไฟสัญญาณ
jmp check_save	ปิดไฟสัญญาณ

check_2meter: jnb two_meter,check_3meter ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกที่ขาสถานะ “2 เมตร”

jnb two_meter,\$	
mov a,#02h	กำหนดค่าที่ 02
acall check_talk	เรียกโปรแกรมเล่นเสียง
clr light2	เปิดไฟสัญญาณ
acall delay_light	
setb light2	ปิดไฟสัญญาณ
jmp check_save	

check_3meter: jnb tree_meter,check_save ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกที่ขาสถานะ “3 เมตร”

jnb tree_meter,\$	
mov a,#03h	กำหนดค่าที่ 03
acall check_talk	เรียกโปรแกรมเล่นเสียง
clr light2	
acall delay_light	เปิดไฟสัญญาณ
setb light2	ปิดไฟสัญญาณ
jmp check_save	

; ส่วนของโปรแกรมเมื่อเกิดการอินเทอร์รัพท์

check_inter: mov r7,#0ffh	; กำหนดระยะเวลาการรอคอย
check_head: jnb down,interp	; ตรวจสอบชุดเฟรมข้อมูลส่วนหัว

check_left:	jb left,check_head	
check_up_head:	jb up,check_left	
	jnb left,check_up_head	
	setb ce	; เซ็ทขาเล่นเสียง
	setb pd	
	mov r0,#00h	
	mov r1,#00h	
	mov r2,#00h	
	mov r3,#00h	
	mov r4,#00h	
	mov r5,#00h	
check_up:	jb up,check_down	ตรวจสอบเฟรมควบคุมข้อมูลส่วนแรก
	jmp check_left_up	
interup:	djnz r7,check_head	ตรวจสอบระยะเวลาในการรอคอย
	reti	
check_down:	acall delay	
	jb down,check_end	ตรวจสอบระยะเวลาในการเปลี่ยนบิตควบคุม
	jmp check_left_down	
check_left_up:	jb left,check_right_up	ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกจาก 0 ไป 1
	acall delay	
	jb left,check_up	
	jnb left,\$	ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกจาก 1 ไป 0
	jb up,check_up	ตรวจสอบบิตควบคุม
	inc r0	เพิ่มค่าใน R0 (รีจิสเตอร์เก็บข้อมูลส่วน ชนิดของรถ)
	jmp check_up	กระโดดกลับไปยังโปรแกรมหลัก

check_right_up:	jb right,check_up acall delay jb right,check_up jnb right,\$ jb up,check_up inc r1 jmp check_up	ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกจาก 0 ไป 1 ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกจาก 1 ไป ตรวจสอบบิตควบคุม เพิ่มค่าใน R1 (รีจิสเตอร์เก็บข้อมูลส่วนหลัก ร้อย) กระโดดกลับไปยังโปรแกรมหลัก
check_left_down:	jb left,check_right_down acall delay jb left,check_down jnb left,\$ jb down,check_down inc r2 jmp check_down	ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกจาก 0 ไป 1 ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกจาก 1 ไป 0 ตรวจสอบบิตควบคุม เพิ่มค่าใน R2 (รีจิสเตอร์เก็บข้อมูลส่วนหลัก สิบ) กระโดดกลับไปยัง โปรแกรมหลัก
check_right_down:	jb right,check_down acall delay jb right,check_down jnb right,\$ jb down,check_down inc r3 jmp check_down	ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกจาก 0 ไป 1 ตรวจสอบการเปลี่ยนลอจิกจาก 1 ไป 0 ตรวจสอบบิตควบคุม เพิ่มค่าใน R2 (รีจิสเตอร์เก็บข้อมูลส่วนหลัก หน่วย)
check_end:	acall delay	
check_head_end:	jb up,check_head	ตรวจสอบบิตจบของข้อมูล
check_left_end:	jb right,check_head_end	
check_up_head_end:	jb down,check_left_end jnb right,check_up_head_end	

```
jmp program_speck_bus
```

```
jmp check_head
```

```
delay:      mov r6,#36      โปรแกรมดีเลย์
```

```
delay1:    mov r7,#64
```

```
delay2:    djnz r7,delay2
```

```
            djnz r6,delay1
```

```
            ret
```

```
delay_light:  mov r6,#256      โปรแกรมดีเลย์ในส่วนของไฟแสดงผล
```

```
delay3:    mov r7,#256
```

```
delay4:    djnz r7,delay4
```

```
            djnz r6,delay3
```

```
            ret
```

```
program_speck_bus:      โปรแกรมเล่นเสียง
```

```
main_sound:  acall light_test      เปิดไฟแจ้งสถานะ
```

```
            mov a,r0              นำค่าใน R0 มาเก็บเพื่อเตรียมตรวจสอบ
```

```
            acall light_test
```

```
            acall check_road      เรียกโปรแกรมตรวจสอบประเภทและเล่นเสียง
```

```
            mov a,r1              นำค่าใน R1 มาเก็บเพื่อเตรียมตรวจสอบ
```

```
            acall light_test
```

```
            acall check_talk      เรียกโปรแกรมตรวจสอบหมายเลข
```

```
            mov a,r2              นำค่าใน R2 มาเก็บเพื่อเตรียมตรวจสอบ
```

```
            acall light_test
```

```
            acall check_talk      เรียกโปรแกรมตรวจสอบหมายเลข
```

```
            mov a,r3              นำค่าใน R3 มาเก็บเพื่อเตรียมตรวจสอบ
```

```
            acall light_test
```

```
            acall check_talk      เรียกโปรแกรมตรวจสอบหมายเลข
```

```
            reti
```

; โปรแกรมตรวจประเภทและเล่นเสียง

```
check_road:      cjne a,#00h,check_road1  โปรแกรมเล่นเสียง “ สายธรรมชาติ “
                 clr A1          กำหนดบิตเพื่อเลือกตำแหน่งของเสียง
                 clr A2
                 clr A3
                 clr A4
                 clr A5
                 clr A6
                 clr A7
                 clr pd          เปิดการเล่น
                 clr ce
                 acall delay_sound
                 setb ce        ปิดการเล่น
                 setb pd
                 acall delay_sound
                 ret

check_road1:     cjne a,#01h,check_road2  โปรแกรมเล่นเสียง “ ปอ. “
                 clr A1
                 clr A2
                 setb A3
                 setb A4
                 clr A5
                 clr A6
                 clr A7
                 clr pd
                 clr ce
                 acall delay_sound
                 acall delay_sound
                 setb ce
                 setb pd
```

```

        acall delay_sound
ret
check_road2:  cjne a,#02h,check_road3
               clr A1
               clr A2
               setb A3
               setb A4
               setb A5
               clr A6
               clr A7
               clr pd
               clr ce
               acall delay_sound
               acall delay_sound
               acall delay_sound
               setb ce
               setb pd
               acall delay_sound
ret

```

โปรแกรมเล่นเสียง “ ปอ.พ “

```

check_road3:  cjne a,#03h,exit_road
               clr A1
               setb A2
               clr A3
               setb A4
               clr A5
               setb A6
               clr A7
               clr pd
               clr ce
               acall delay_sound
               acall delay_sound
               acall delay_sound

```

โปรแกรมเล่นเสียง “ สายพิเศษ “

```

setb cc

setb pd

acall delay_sound

ret

exit_road:      ret          ช่วยในการกระโดด

check_talk:    cjne a,#00h,check_talk1  โปรแกรมเล่นเสียง “0 “
               clr A1
               setb A2
               setb A3
               clr A4
               setb A5
               setb A6
               clr A7
               clr pd
               clr cc
               acall delay_sound
               acall delay_sound
               setb cc
               setb pd
               acall delay_sound
               ret

check_talk1:   cjne a,#01h,check_talk2  โปรแกรมเล่นเสียง “1 “
               clr A1
               clr A2
               setb A3
               setb A4
               setb A5
               setb A6
               clr A7
               clr pd

```

```
clr cc
acall delay_sound
acall delay_sound
setb cc
setb pd
acall delay_sound
ret
```

```
check_talk2:    cjne a,#02h,check_talk3    โปรแกรมเล่นเสียง “ 2 “
                clr A1
                clr A2
                setb A3
                clr A4
                clr A5
                clr A6
                setb A7
                clr pd
                clr cc
                acall delay_sound
                acall delay_sound
                setb cc
                setb pd
                acall delay_sound
                ret
```

```
check_talk3:    cjne a,#03h,check_talk4    โปรแกรมเล่นเสียง “ 3 “
                clr A1
                setb A2
                clr A3
                setb A4
                clr A5
                clr A6
```

```
setb A7
clr pd
clr ce
acall delay_sound
acall delay_sound
setb ce
setb pd
acall delay_sound
ret
```

check_talk4: cjne a,#04h,check_talk5 โปรแกรมเล่นเสียง “ 4 “

```
clr A1
setb A2
clr A3
clr A4
setb A5
clr A6
setb A7
clr pd
clr ce
acall delay_sound
acall delay_sound
setb ce
setb pd
acall delay_sound
ret
```

check_talk5: cjne a,#05h,check_talk6 โปรแกรมเล่นเสียง “5 “

```
setb A1
clr A2
clr A3
setb A4
setb A5
```

```
clr A6
setb A7
clr pd
clr ce
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
setb ce
setb pd
acall delay_sound
ret
```

check_talk6: cjne a,#06h,check_talk7 โปรแกรมเล่นเสียง “ 6 “

```
setb A1
clr A2
clr A3
clr A4
clr A5
setb A6
setb A7
clr pd
clr ce
acall delay_sound
acall delay_sound
setb ce
setb pd
acall delay_sound
ret
```

check_talk7: cjne a,#07h,check_talk8 โปรแกรมเล่นเสียง “ 7 “

```
clr A1
```

```
clr A2
clr A3
setb A4
clr A5
setb A6
setb A7
clr pd
clr ce
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
setb ce
setb pd
acall delay_sound
ret
```

check_talk8:

```
cjne a,#08h,check_talk9 โปรแกรมเล่นเสียง “8 “
```

```
clr A1
setb A2
setb A3
setb A4
clr A5
setb A6
setb A7
clr pd
clr ce
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
acall delay_sound
```

acall delay_sound

acall delay_sound

setb ce

setb pd

acall delay_sound

ret

check_talk9:

cjne a,#09h,check_talke10

โปรแกรมเล่นเสียง “9 “

clr A1

clr A2

setb A3

clr A4

setb A5

setb A6

setb A7

clr pd

clr ce

acall delay_sound

acall delay_sound

setb ce

setb pd

acall delay_sound

ret

check_talke10:

cjne a,#10,check_talke

โปรแกรมเล่นเสียง “เสียงเจี๊ยบ “

clr A1

clr A2

setb A3

setb A4

setb A5

setb A6

setb A7

clr pd

clr ce

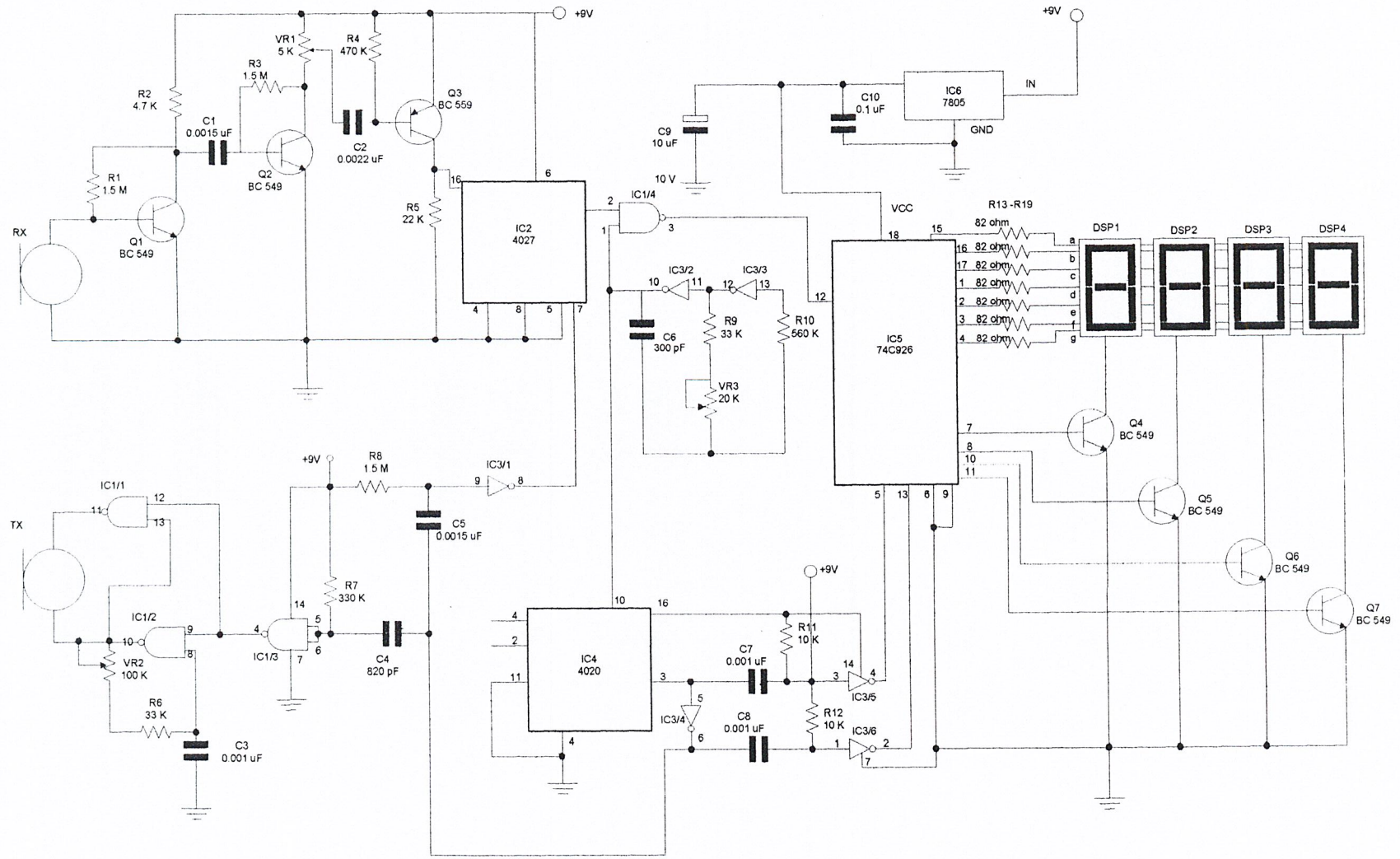
```
        acall delay_sound
        acall delay_sound
        setb cc
        setb pd
        acall delay_sound
        ret

check_talke:    reti

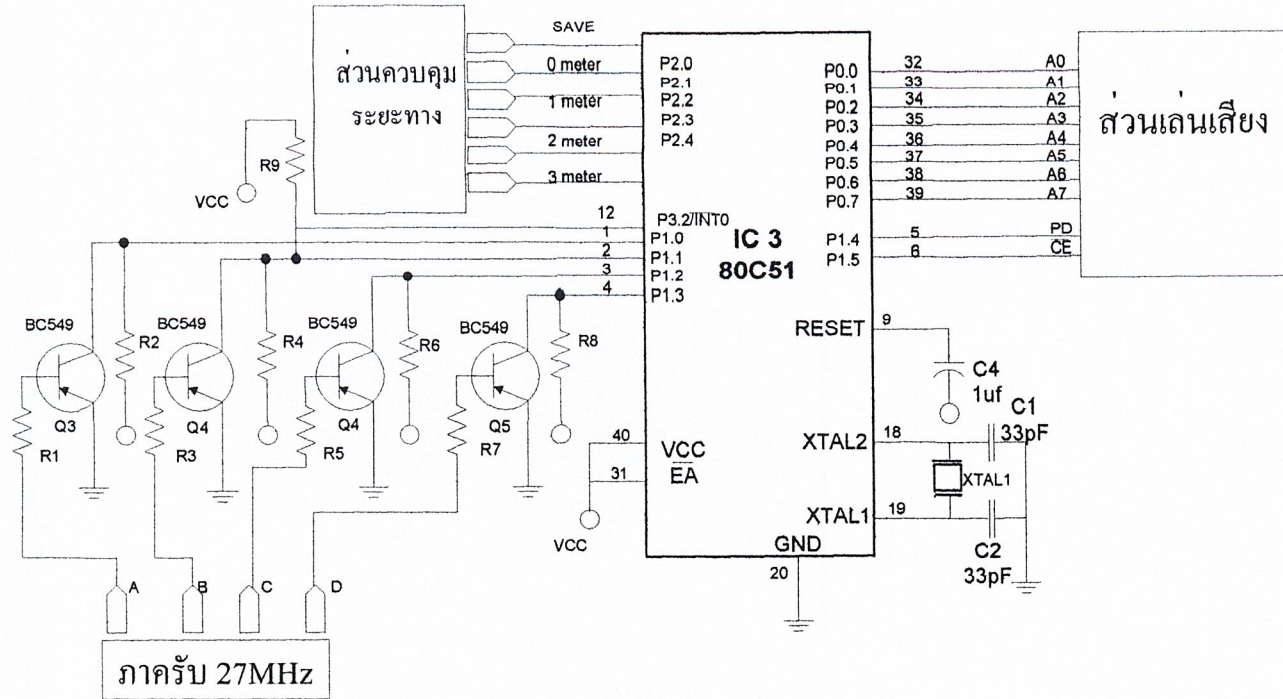
light_test:     clr light
                acall delay_sound
                setb light
                acall delay_sound
                ret

delay_sound:    mov r6,#0ffh
step1:         mov r7,#0ffh
                djnz r7,$
                djnz r6,step1
                ret

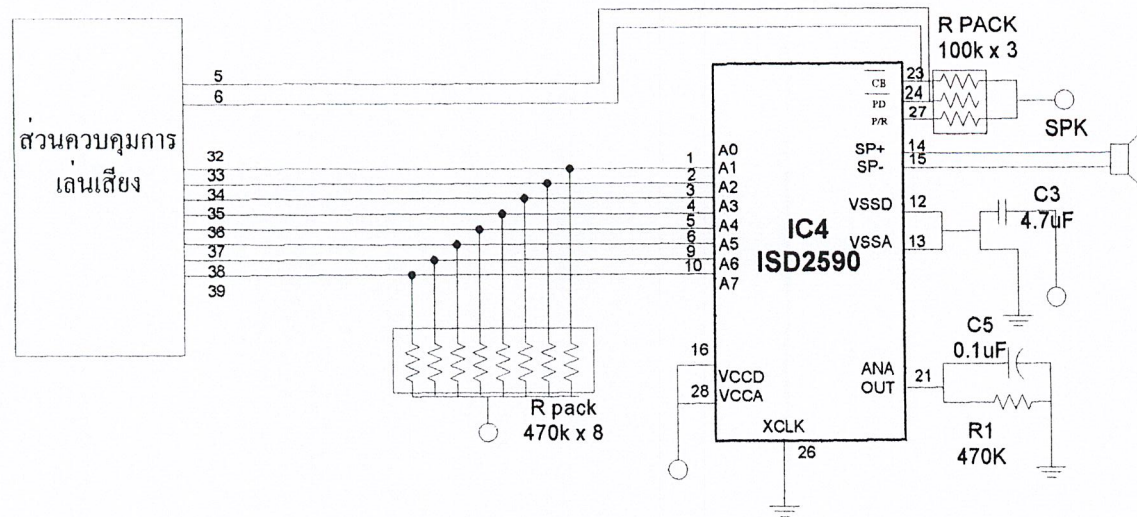
                end
```



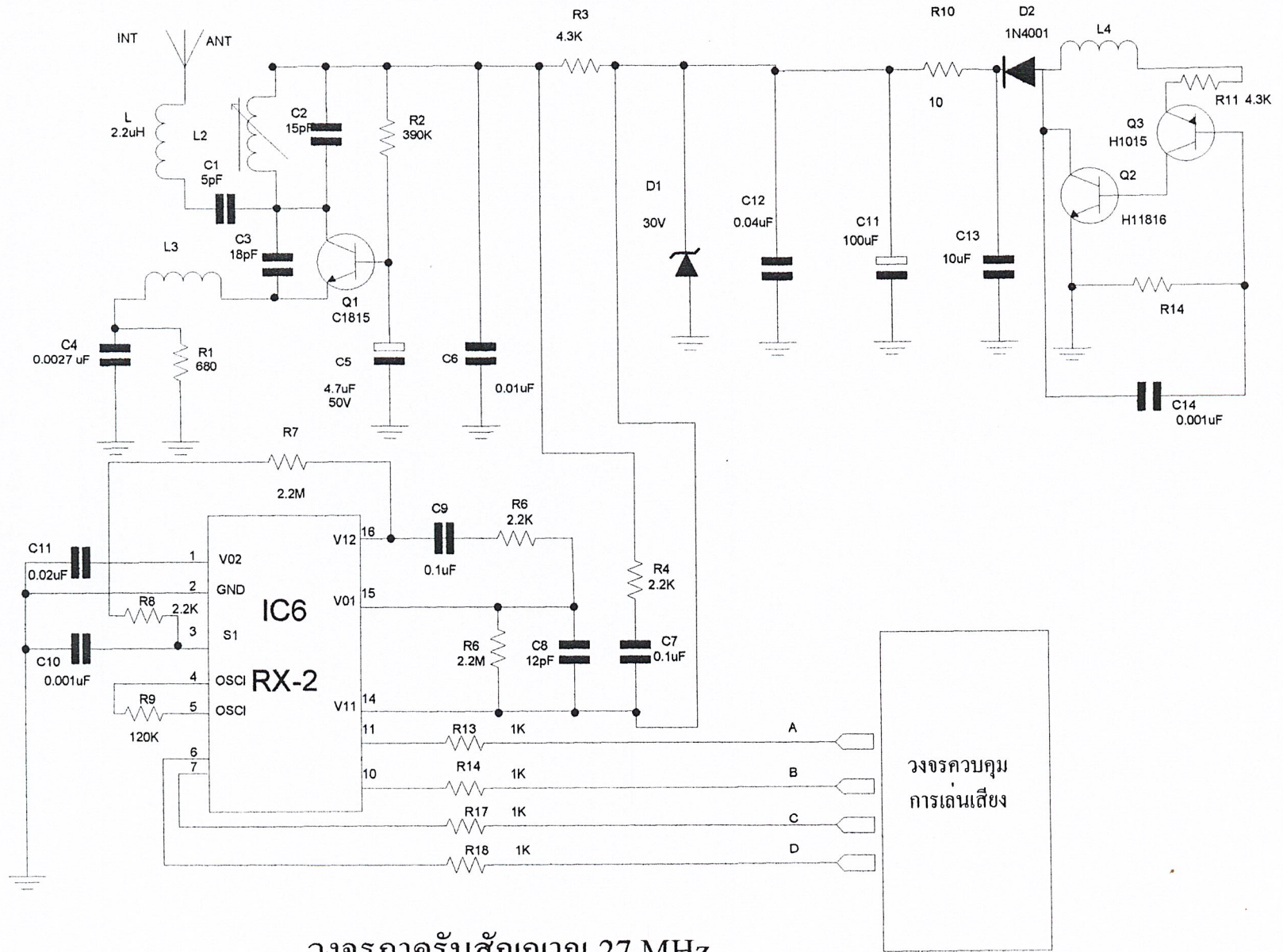
วงจรของภาคตรวจจับวัตถุในส่วนภาครับ - ส่งสัญญาณ



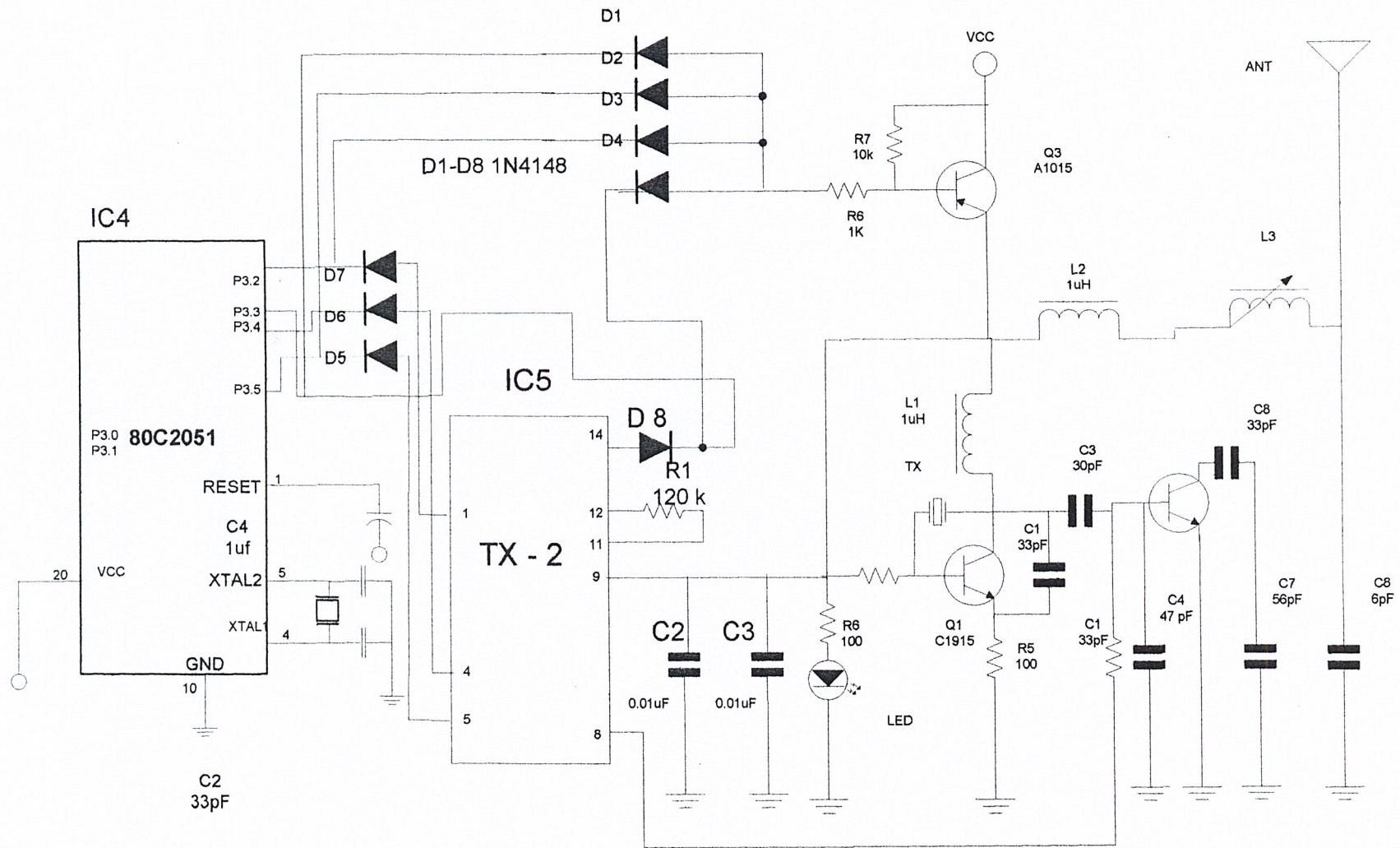
ภาคควบคุมการเล่นเสียง



วงจรภาคเล่นเสียง



วงจรรักษาสัญญาณ 27 MHz



วงจรภาคส่ง 27 MHz



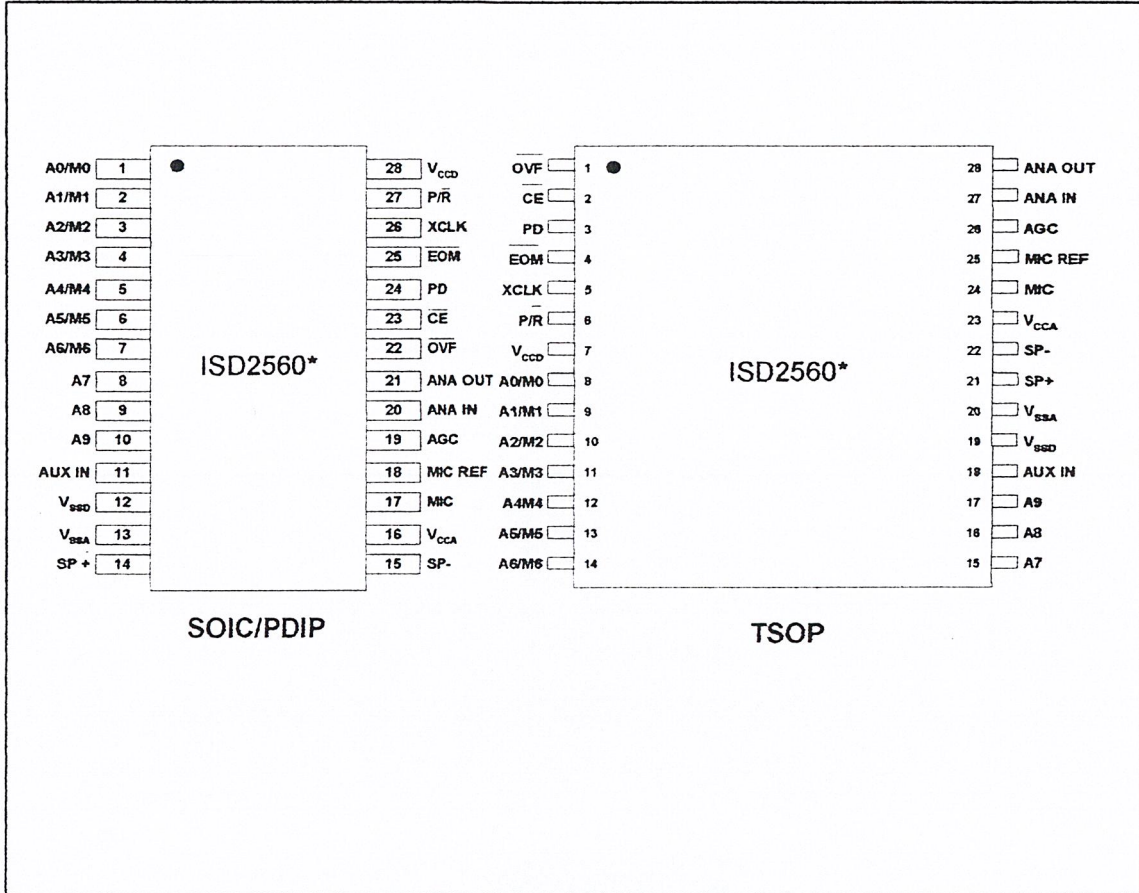
ISD2560/75/90/120

**SINGLE-CHIP, MULTIPLE-MESSAGES,
VOICE RECORD/PLAYBACK DEVICE
60-, 75-, 90-, AND 120-SECOND DURATION**

ISD2560/75/90/120



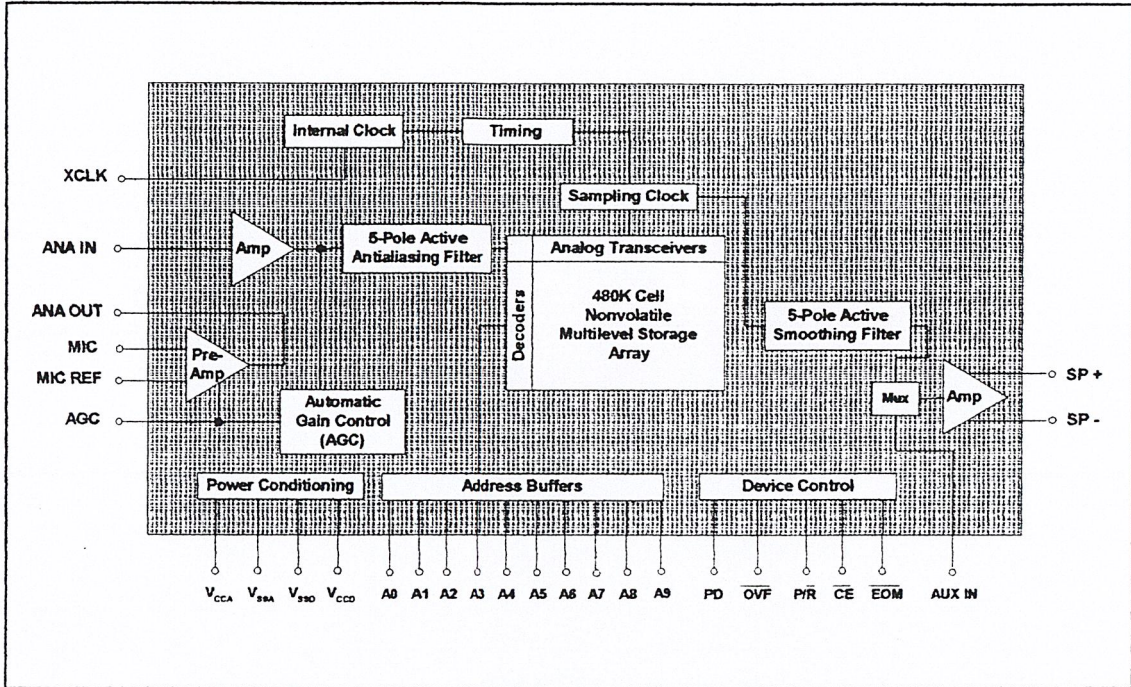
5. PIN CONFIGURATION



* Same pinouts for ISD2575 / 2590 / 25120 products



3. BLOCK DIAGRAM





6. PIN DESCRIPTION

PIN NAME	PIN NO.		FUNCTION
	SOIC/ PDIP	TSOP	
Ax/Mx	1-10/ 1-7	8-17/ 8-14	<p>Address/Mode Inputs: The Address/Mode Inputs have two functions depending on the level of the two Most Significant Bits (MSB) of the address pins (A8 and A9).</p> <p>If either or both of the two MSBs are LOW, the inputs are all interpreted as address bits and are used as the start address for the current record or playback cycle. The address pins are inputs only and do not output any internal address information during the operation. Address inputs are latched by the falling edge of \overline{CE}.</p> <p>If both MSBs are HIGH, the Address/Mode inputs are interpreted as Mode bits according to the Operational Mode table on page 12. There are six operational modes (M0-M6) available as indicated in the table. It is possible to use multiple operational modes simultaneously. Operational Modes are sampled on each falling edge of \overline{CE}, and thus Operational Modes and direct addressing are mutually exclusive.</p>
AUX IN	11	18	<p>Auxiliary Input: The Auxiliary Input is multiplexed through to the output amplifier and speaker output pins when \overline{CE} is HIGH, P/R is HIGH, and playback is currently not active or if the device is in playback overflow. When cascading multiple ISD2500 devices, the AUX IN pin is used to connect a playback signal from a following device to the previous output speaker drivers. For noise considerations, it is suggested that the auxiliary input not be driven when the storage array is active.</p>
V _{SSA} , V _{SSD}	13, 12	20, 19	<p>Ground: The ISD2500 series of devices utilizes separate analog and digital ground busses. These pins should be connected separately through a low-impedance path to power supply ground.</p>
SP+/SP-	14/15	21/22	<p>Speaker Outputs: All devices in the ISD2500 series include an on-chip differential speaker driver, capable of driving 50 mW into 16 Ω from AUX IN (12.2mW from memory).</p> <p>^[1] The speaker outputs are held at V_{SSA} levels during record and power down. It is therefore not possible to parallel speaker outputs of multiple ISD2500 devices or the outputs of other speaker drivers.</p> <p>^[2] A single-end output may be used (including a coupling capacitor between the SP pin and the speaker). These outputs may be used individually with the output signal taken from either pin. However, the use of single-end output results in a 1 to 4 reduction in its output power.</p>

^[1] Connection of speaker outputs in parallel may cause damage to the device.

^[2] Never ground or drive an unused speaker output.

ISD2560/75/90/120



PIN NAME	PIN NO.		FUNCTION
	SOIC/ PDIP	TSOP	
V _{CCA} , V _{CCD}	16, 28	23, 7	Supply Voltage: To minimize noise, the analog and digital circuits in the ISD2500 series devices use separate power busses. These voltage busses are brought out to separate pins and should be tied together as close to the supply as possible. In addition, these supplies should be decoupled as close to the package as possible.
MIC	17	24	Microphone: The microphone pin transfers input signal to the on-chip preamplifier. A built-in Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from -15 to 24dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 K Ω resistance on this pin, determines the low-frequency cutoff for the ISD2500 series passband. See Winbond's Application Information for additional information on low-frequency cutoff calculation.
MIC.REF	18	25	Microphone Reference: The MIC REF input is the inverting input to the microphone preamplifier. This provides a noise-canceling or common-mode rejection input to the device when connected to a differential microphone.
AGC	19	26	Automatic Gain Control: The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of whispers to loud sounds to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 K Ω internal resistance and an external capacitor (C2 on the schematic of Figure 5 in section 11) connected from the AGC pin to V _{SSA} analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R2) and an external capacitor (C2) connected in parallel between the AGC pin and V _{SSA} analog ground. Nominal values of 470 K Ω and 4.7 μ F give satisfactory results in most cases.
ANA IN	20	27	Analog Input: The analog input transfers analog signal to the chip for recording. For microphone inputs, the ANA OUT pin should be connected via an external capacitor to the ANA IN pin. This capacitor value, together with the 3.0 K Ω input impedance of ANA IN, is selected to give additional cutoff at the low-frequency end of the voice passband. If the desired input is derived from a source other than a microphone, the signal can be fed, capacitively coupled, into the ANA IN pin directly.
ANA OUT	21	28	Analog Output: This pin provides the preamplifier output to the user. The voltage gain of the preamplifier is determined by the voltage level at the AGC pin.

ISD2560/75/90/120



PIN NAME	PIN NO.		FUNCTION
	SOIC/ PDIP	TSOP	
$\overline{\text{OVF}}$	22	1	Overflow: This signal pulses LOW at the end of memory array, indicating the device has been filled and the message has overflowed. The $\overline{\text{OVF}}$ output then follows the $\overline{\text{CE}}$ input until a PD pulse has reset the device. This pin can be used to cascade several ISD2500 devices together to increase record/playback durations.
$\overline{\text{CE}}$	23	2	Chip Enable: The $\overline{\text{CE}}$ input pin is taken LOW to enable all playback and record operations. The address pins and playback/record pin (P/R) are latched by the falling edge of $\overline{\text{CE}}$. $\overline{\text{CE}}$ has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode as described in the Operational Mode section.
PD	24	3	Power Down: When neither record nor playback operation, the PD pin should be pulled HIGH to place the part in standby mode (see I_{SB} specification). When overflow ($\overline{\text{OVF}}$) pulses LOW for an overflow condition, PD should be brought HIGH to reset the address pointer back to the beginning of the memory array. The PD pin has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operation Mode as described in the Operational Mode section.
$\overline{\text{EOM}}$	25	4	End-Of-Message: A nonvolatile marker is automatically inserted at the end of each recorded message. It remains there until the message is recorded over. The $\overline{\text{EOM}}$ output pulses LOW for a period of T_{EOM} at the end of each message. In addition, the ISD2500 series has an internal V_{CC} detect circuit to maintain message integrity should V_{CC} fall below 3.5V. In this case, $\overline{\text{EOM}}$ goes LOW and the device is fixed in Playback-only mode. When the device is configured in Operational Mode M6 (Push-Button Mode), this pin provides an active-HIGH signal, indicating the device is currently recording or playing. This signal can conveniently drive an LED for visual indicator of a record or playback operation in process.

ISD2560/75/90/120



PIN NAME	PIN NO.		FUNCTION															
	SOIC/ PDIP	TSOP																
XCLK	26	5	<p>External Clock: The external clock input has an internal pull-down device. The device is configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to ± 1 percent of specification. The frequency is then maintained to a variation of ± 2.25 percent over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Part Number</th> <th>Sample Rate</th> <th>Required Clock</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ISD2560</td> <td>8.0 kHz</td> <td>1024 kHz</td> </tr> <tr> <td>ISD2575</td> <td>6.4 kHz</td> <td>819.2 kHz</td> </tr> <tr> <td>ISD2590</td> <td>5.3 kHz</td> <td>682.7 kHz</td> </tr> <tr> <td>ISD25120</td> <td>4.0 kHz</td> <td>512 kHz</td> </tr> </tbody> </table> <p>These recommended clock rates should not be varied because the antialiasing and smoothing filters are fixed, and aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two. If the XCLK is not used, this input must be connected to ground.</p>	Part Number	Sample Rate	Required Clock	ISD2560	8.0 kHz	1024 kHz	ISD2575	6.4 kHz	819.2 kHz	ISD2590	5.3 kHz	682.7 kHz	ISD25120	4.0 kHz	512 kHz
Part Number	Sample Rate	Required Clock																
ISD2560	8.0 kHz	1024 kHz																
ISD2575	6.4 kHz	819.2 kHz																
ISD2590	5.3 kHz	682.7 kHz																
ISD25120	4.0 kHz	512 kHz																
P/R	27	6	<p>Playback/Record: The P/R input pin is latched by the falling edge of the \overline{CE} pin. A HIGH level selects a playback cycle while a LOW level selects a record cycle. For a record cycle, the address pins provide the starting address and recording continues until PD or \overline{CE} is pulled HIGH or an overflow is detected (i.e. the chip is full). When a record cycle is terminated by pulling PD or \overline{CE} HIGH, then End-Of-Message (\overline{EOM}) marker is stored at the current address in memory. For a playback cycle, the address inputs provide the starting address and the device will play until an \overline{EOM} marker is encountered. The device can continue to pass an \overline{EOM} marker if \overline{CE} is held LOW in address mode, or in an Operational Mode. (See Operational Modes section)</p>															



Programming

The ISD2500 series is also ideal for playback-only applications, where single or multiple messages are referenced through buttons, switches, or a microcontroller. Once the desired message configuration is created, duplicates can easily be generated via a gang programmer.

7.2. OPERATIONAL MODES

The ISD2500 series is designed with several built-in Operational Modes that provide maximum functionality with minimum external components. These modes are described in details as below. The Operational Modes are accessed via the address pins and mapped beyond the normal message address range. When the two Most Significant Bits (MSB), A8 and A9, are HIGH, the remaining address signals are interpreted as mode bits and not as address bits. Therefore, Operational Modes and direct addressing are not compatible and cannot be used simultaneously.

There are two important considerations for using Operational Modes. First, all operations begin initially at address 0 of its memory. Later operations can begin at other address locations, depending on the Operational Mode(s) chosen. In addition, the address pointer is reset to 0 when the device is changed from record to playback, playback to record (except M6 mode), or when a Power-Down cycle is executed.

Second, Operational Modes are executed when \overline{CE} goes LOW. This Operational Mode remains in effect until the next LOW-going \overline{CE} signal, at which point the current mode(s) are sampled and executed.

TABLE 2: OPERATIONAL MODES

Mode ^[1]	Function	Typical Use	Jointly Compatible ^[2]
M0	Message cueing	Fast-forward through messages	M4, M5, M6
M1	Delete \overline{EOM} markers	Position \overline{EOM} marker at the end of the last message	M3, M4, M5, M6
M2	Not applicable	Reserved	N/A
M3	Looping	Continuous playback from Address 0	M1, M5, M6
M4	Consecutive addressing	Record/playback multiple consecutive messages	M0, M1, M5
M5	\overline{CE} level-activated	Allows message pausing	M0, M1, M3, M4
M6	Push-button control	Simplified device interface	M0, M1, M3

^[1] Besides mode pin needed to be "1", A8 and A9 pin are also required to be "1" in order to enter into the related operational mode.

^[2] Indicates additional Operational Modes which can be used simultaneously with the given mode.



8. TIMING DIAGRAMS

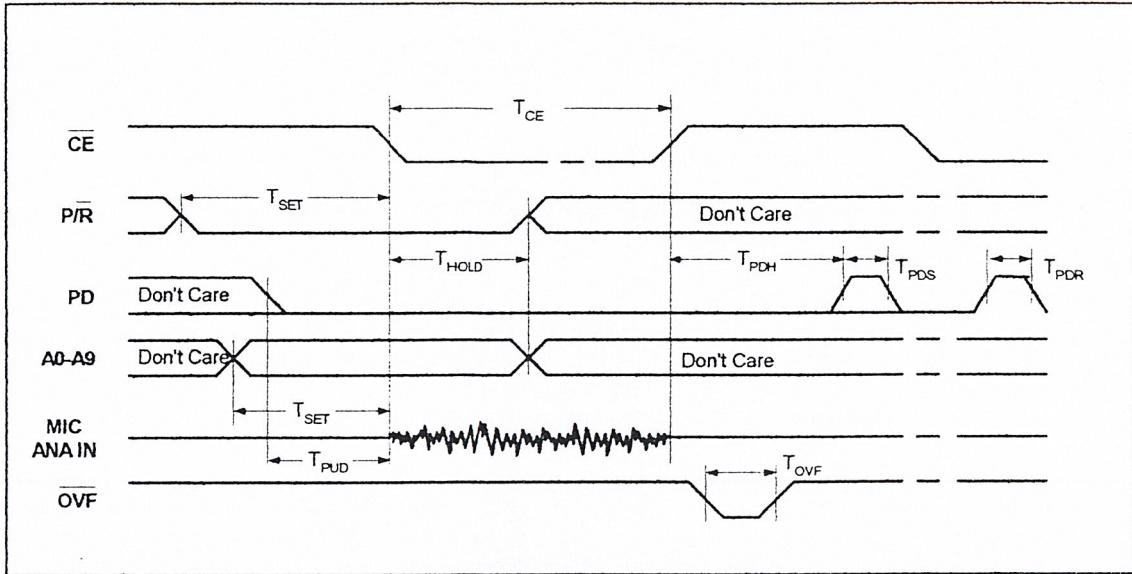


FIGURE 1: RECORD

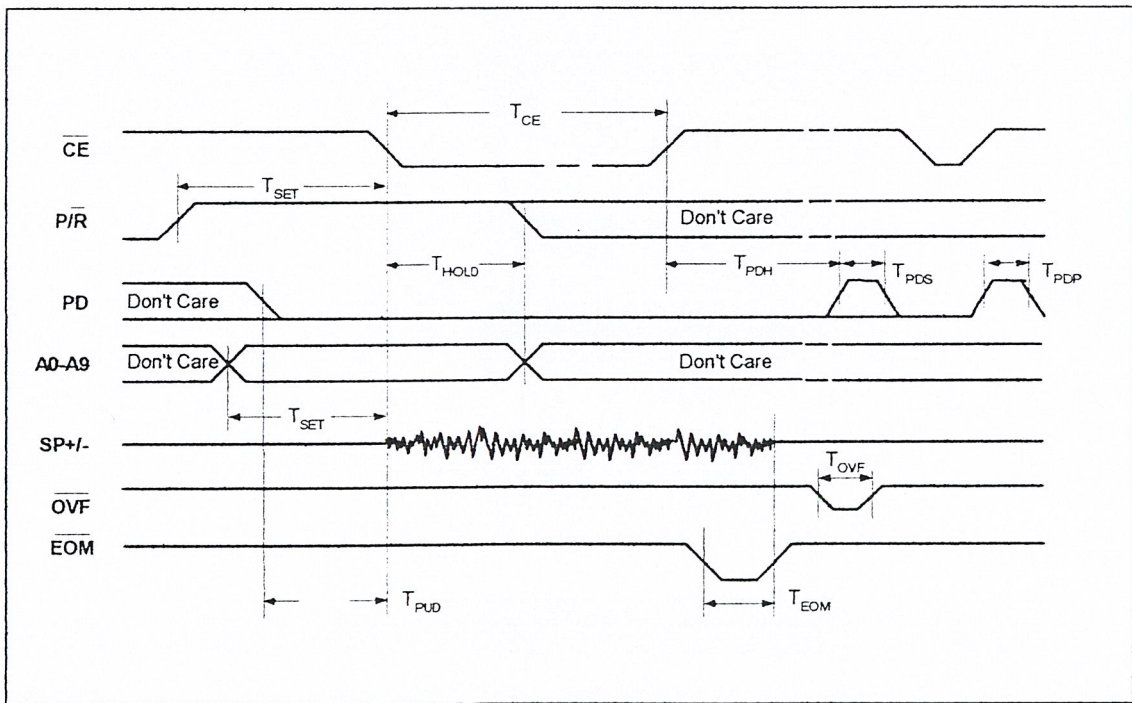


FIGURE 2: PLAYBACK



TABLE 13: APPLICATION EXAMPLE – BASIC DEVICE CONTROL

Control Step	Function	Action
1	Power up chip and select Record/Playback Mode	1. PD = LOW, 2. P/R = As desired
2	Set message address for record/playback	Set addresses A0-A9
3A	Begin playback	P/R = HIGH, CE = Pulse LOW
3B	Begin record	P/R = LOW, CE = LOW
4A	End playback	Automatic
4B	End record	PD or CE = HIGH

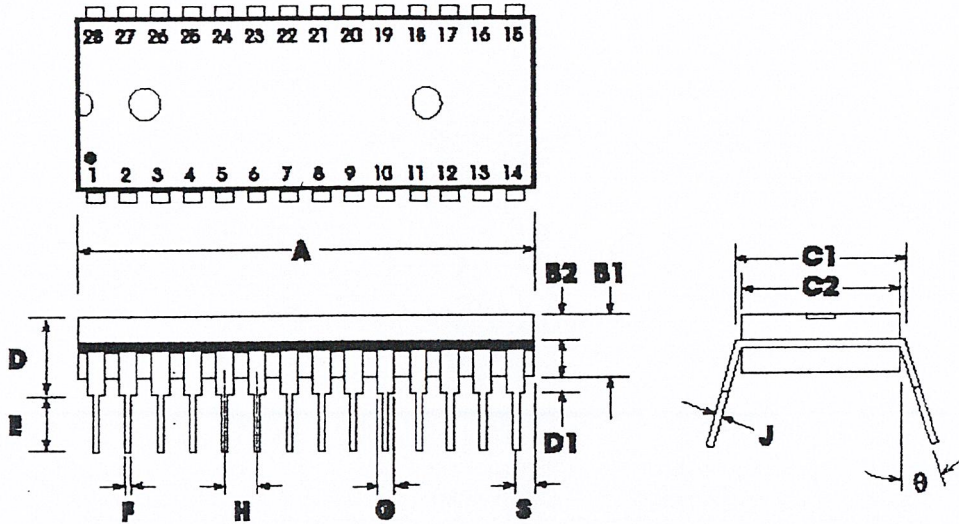
TABLE 14: APPLICATION EXAMPLE – PASSIVE COMPONENT FUNCTIONS

Part	Function	Comments
R1	Microphone power supply decoupling	Reduces power supply noise
R2	Release time constant	Sets release time for AGC
R3, R5	Microphone biasing resistors	Provides biasing for microphone operation
R4	Series limiting resistor	Reduces level to prevent distortion at higher supply voltages
R6	Series limiting resistor	Reduces level to high supply voltages
C1, C5	Microphone DC-blocking capacitor Low-frequency cutoff	Decouples microphone bias from chip. Provides single-pole low-frequency cutoff and command mode noise rejection.
C2	Attack/Release time constant	Sets attack/release time for AGC
C3	Low-frequency cutoff capacitor	Provides additional pole for low-frequency cutoff
C4	Microphone power supply decoupling	Reduces power supply noise
C6, C7, C8	Power supply capacitors	Filter and bypass of power supply

ISD2560/75/90/120



12.2. 28-LEAD 600-MIL PLASTIC DUAL INLINE PACKAGE (PDIP)

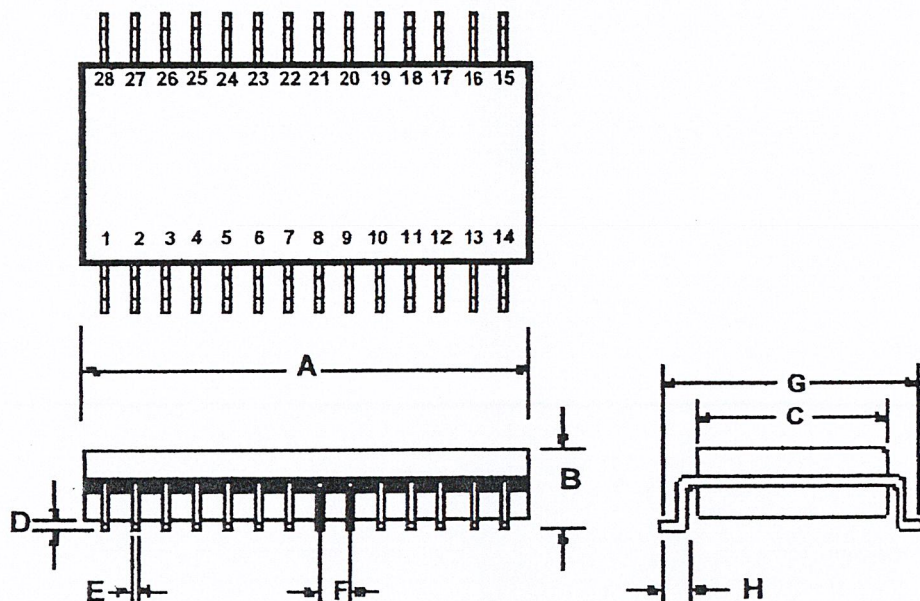


	INCHES			MILLIMETERS		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	1.445	1.450	1.455	36.70	36.83	36.96
B1		0.150			3.81	
B2	0.065	0.070	0.075	1.65	1.78	1.91
C1	0.600		0.625	15.24		15.88
C2	0.530	0.540	0.550	13.46	13.72	13.97
D			0.19			4.83
D1	0.015			0.38		
E	0.125		0.135	3.18		3.43
F	0.015	0.018	0.022	0.38	0.46	0.56
G	0.055	0.060	0.065	1.40	1.52	1.62
H		0.100			2.54	
J	0.008	0.010	0.012	0.20	0.25	0.30
S	0.070	0.075	0.080	1.78	1.91	2.03
q	0°		15°	0°		15°



12. PACKAGE DRAWING AND DIMENSIONS

12.1. 28-LEAD 300-MIL PLASTIC SMALL OUTLINE IC (SOIC)



	INCHES			MILLIMETERS		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	0.701	0.706	0.711	17.81	17.93	18.06
B	0.097	0.101	0.104	2.46	2.56	2.64
C	0.292	0.296	0.299	7.42	7.52	7.59
D	0.005	0.009	0.0115	0.127	0.22	0.29
E	0.014	0.016	0.019	0.35	0.41	0.48
F		0.050			1.27	
G	0.400	0.406	0.410	10.16	10.31	10.41
H	0.024	0.032	0.040	0.61	0.81	1.02

Note: Lead coplanarity to be within 0.004 inches.

ISD2560/75/90/120



ISD2560/75/90/120 PRODUCT PAD DESIGNATIONS

(with respect to die center)

Pad	Pad Name	X Axis (μm)	Y Axis (μm)
A0	Address 0	-897.9	3135.2
A1	Address 1	-1115.4	3135.2
A2	Address 2	-1331.0	3135.2
A3	Address 3	-1544.0	3135.2
A4	Address 4	-1640.4	2888.9
A5	Address 5	-1698.2	2671.0
A6	Address 6	-1698.2	2441.5
A7	Address 7	-1731.2	-2583.2
A8	Address 8	-1731.2	-2768.4
A9	Address 9	-1731.2	-3050.8
AUX IN	Auxiliary Input	-1410.2	-3115.7
V _{SSD}	V _{SS} Digital Power Supply	-1112.4	-3096.5
V _{SSA}	V _{SS} Analog Power Supply	-408.2	-3138.9
SP+	Speaker Output +	-46.65	-3068.4
SP-	Speaker Output -	386.1	-3068.4
V _{CCA}	V _{CC} Analog Power Supply	746.9	-3110.8
MIC	Microphone Input	1101.2	-3146.0
MIC REF	Microphone Reference	1294.7	-3146.0
AGC	Automatic Gain Control	1666.4	-3130.3
ANA IN	Analog Input	1728.6	-2654.0
ANA OUT	Analog Output	1700.9	-2411.0
$\overline{\text{OVF}}$	Overflow Output	1674.6	2489.5
$\overline{\text{CE}}$	Chip Enable Input	1726.7	2824.4
PD	Power Down Input	1730.5	3094.0
$\overline{\text{EOM}}$	End of Message	1341.2	3122.1
XCLK	No Connect (optional)	986.5	3160.7
$\overline{\text{P/R}}$	Playback/Record	807.2	3163.4
V _{CCD}	V _{CC} Digital Power Supply	544.4	3159.6



2. The $\overline{P/R}$ pin is taken LOW.
3. The \overline{CE} pin is pulsed LOW. Recording starts, \overline{EOM} goes HIGH to indicate an operation in progress.
4. When the \overline{CE} pin is pulsed LOW. Recording pauses, \overline{EOM} goes back LOW. The internal address pointers are not cleared, but the \overline{EOM} marker is stored in memory to indicate as the message end. The $\overline{P/R}$ pin may be taken HIGH at this time. Any subsequent \overline{CE} would start a playback at address 0.
5. The \overline{CE} pin is pulsed LOW. Recording starts at the next address after the previous set \overline{EOM} marker. \overline{EOM} goes back HIGH.^[3]
6. When the recording sequences are finished, the final \overline{CE} pulse LOW will end the last record cycle, leaving a set \overline{EOM} marker at the message end. Recording may also be terminated by a HIGH level on PD, which will leave a set \overline{EOM} marker.

Playback in Push-Button Mode

1. The PD pin should be LOW.
2. The $\overline{P/R}$ pin is taken HIGH.
3. The \overline{CE} pin is pulsed LOW. Playback starts, \overline{EOM} goes HIGH to indicate an operation in progress.
4. If the \overline{CE} pin is pulsed LOW or an \overline{EOM} marker is encountered during an operation, the part will pause. The internal address pointers are not cleared, and \overline{EOM} goes back LOW. The $\overline{P/R}$ pin may be changed at this time. A subsequent record operation would not reset the address pointers and the recording would begin where playback ended.
5. \overline{CE} is again pulsed LOW. Playback starts where it left off, with \overline{EOM} going HIGH to indicate an operation in progress.
6. Playback continues as in steps 4 and 5 until PD is pulsed HIGH or overflow occurs.
7. If in overflow, pulling \overline{CE} LOW will reset the address pointer and start playback from the beginning. After a PD pulse, the part is reset to address 0.

Note: Push-Button Mode can be used in conjunction with modes M0, M1, and M3.

^[3] If the M1 Operational Mode pin is also HIGH, the just previously written \overline{EOM} bit is erased, and recording starts at that address.



M6 – Push-Button Mode

The ISD2500 series contain a Push-Button Operational Mode. The Push-Button Mode is used primarily in very low-cost applications and is designed to minimize external circuitry and components, thereby reducing system cost. In order to configure the device in Push-Button Operational Mode, the two most significant address bits must be HIGH, and the M6 mode pin must also be HIGH. A device in this mode always powers down at the end of each playback or record cycle after \overline{CE} goes HIGH.

When this operational mode is implemented, three of the pins on the device have alternate functionality as described in the table below.

TABLE 3: ALTERNATE FUNCTIONALITY IN PINS

Pin Name	Alternate Functionality in Push-Button Mode
\overline{CE}	Start/Pause Push-Button (LOW pulse-activated)
PD	Stop/Reset Push-Button (HIGH pulse-activated)
\overline{EOM}	Active-HIGH Run Indicator

\overline{CE} (START/PAUSE)

In Push-Button Operational Mode, \overline{CE} acts as a LOW-going pulse-activated START/PAUSE signal. If no operation is currently in progress, a LOW-going pulse on this signal will initiate a playback or record cycle according to the level on the P/R pin. A subsequent pulse on the \overline{CE} pin, before an \overline{EOM} is reached in playback or an overflow condition occurs, will pause the current operation, and the address counter is not reset. Another \overline{CE} pulse will cause the device to continue the operation from the place where it is paused.

PD (STOP/RESET)

In Push-Button Operational Mode, PD acts as a HIGH-going pulse-activated STOP/RESET signal. When a playback or record cycle is in progress and a HIGH-going pulse is observed on PD, the current cycle is terminated and the address pointer is reset to address 0, the beginning of the message space.

\overline{EOM} (RUN)

In Push-Button Operational Mode, \overline{EOM} becomes an active-HIGH RUN signal which can be used to drive an LED or other external device. It is HIGH whenever a record or playback operation is in progress.

Recording in Push-Button Mode

1. The PD pin should be LOW, usually using a pull-down resistor.

ISD2560/75/90/120



11. TYPICAL APPLICATION CIRCUIT

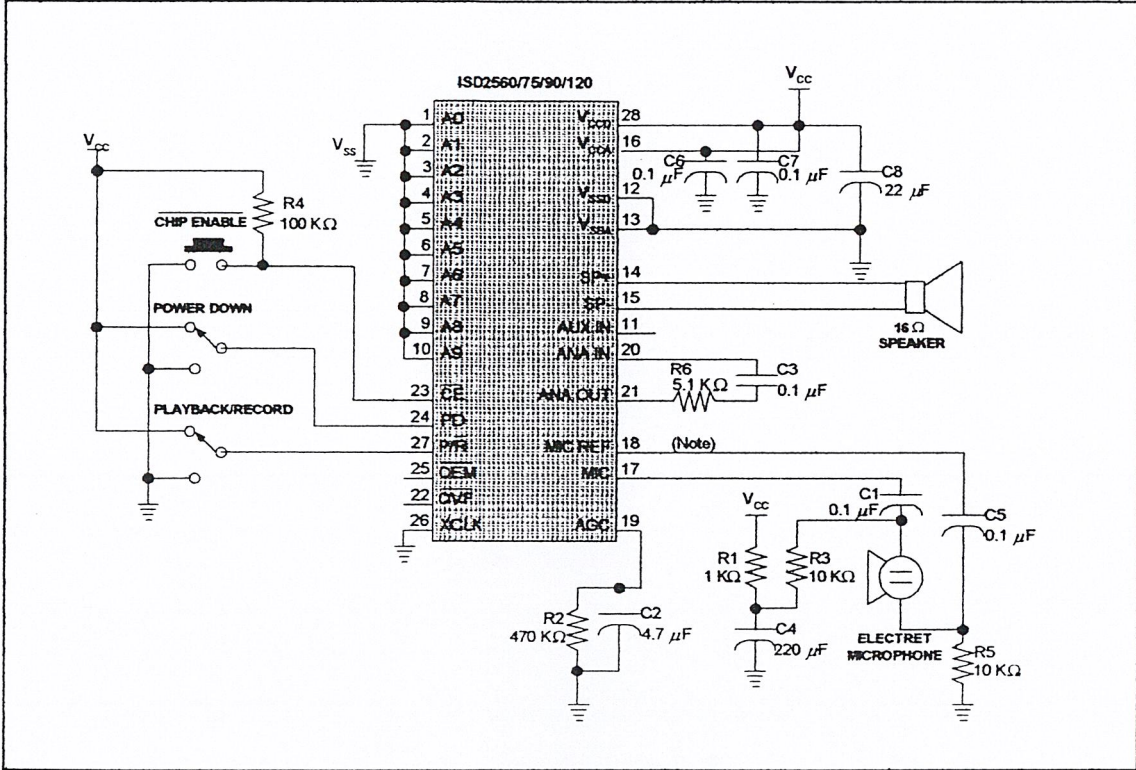


FIGURE 5: DESIGN SCHEMATIC

Note: If desired, pin 18 (PDIP package) may be left unconnected (microphone preamplifier noise will be higher). In this case, pin 18 must not be tied to any other signal or voltage. Additional design example schematics are provided below.



Programming

The ISD2500 series is also ideal for playback-only applications, where single or multiple messages are referenced through buttons, switches, or a microcontroller. Once the desired message configuration is created, duplicates can easily be generated via a gang programmer.

7.2. OPERATIONAL MODES

The ISD2500 series is designed with several built-in Operational Modes that provide maximum functionality with minimum external components. These modes are described in details as below. The Operational Modes are accessed via the address pins and mapped beyond the normal message address range. When the two Most Significant Bits (MSB), A8 and A9, are HIGH, the remaining address signals are interpreted as mode bits and not as address bits. Therefore, Operational Modes and direct addressing are not compatible and cannot be used simultaneously.

There are two important considerations for using Operational Modes. First, all operations begin initially at address 0 of its memory. Later operations can begin at other address locations, depending on the Operational Mode(s) chosen. In addition, the address pointer is reset to 0 when the device is changed from record to playback, playback to record (except M6 mode), or when a Power-Down cycle is executed.

Second, Operational Modes are executed when \overline{CE} goes LOW. This Operational Mode remains in effect until the next LOW-going \overline{CE} signal, at which point the current mode(s) are sampled and executed.

TABLE 2: OPERATIONAL MODES

Mode ^[1]	Function	Typical Use	Jointly Compatible ^[2]
M0	Message cueing	Fast-forward through messages	M4, M5, M6
M1	Delete \overline{EOM} markers	Position \overline{EOM} marker at the end of the last message	M3, M4, M5, M6
M2	Not applicable	Reserved	N/A
M3	Looping	Continuous playback from Address 0	M1, M5, M6
M4	Consecutive addressing	Record/playback multiple consecutive messages	M0, M1, M5
M5	\overline{CE} level-activated	Allows message pausing	M0, M1, M3, M4
M6	Push-button control	Simplified device interface	M0, M1, M3

^[1] Besides mode pin needed to be "1", A8 and A9 pin are also required to be "1" in order to enter into the related operational mode.

^[2] Indicates additional Operational Modes which can be used simultaneously with the given mode.



7.2.1. Operational Modes Description

The Operational Modes can be used in conjunction with a microcontroller, or they can be hardwired to provide the desired system operation.

M0 – Message Cueing

Message Cueing allows the user to skip through messages, without knowing the actual physical addresses of each message. Each \overline{CE} LOW pulse causes the internal address pointer to skip to the next message. This mode is used for playback only, and is typically used with the M4 Operational Mode.

M1 – Delete EOM Markers

The M1 Operational Mode allows sequentially recorded messages to be combined into a single message with only one \overline{EOM} marker set at the end of the final message. When this Operational Mode is configured, messages recorded sequentially are played back as one continuous message.

M2 – Unused

When Operational Modes are selected, the M2 pin should be LOW.

M3 – Message Looping

The M3 Operational Mode allows for the automatic, continuously repeated playback of the message located at the beginning of the address space. A message can completely fill the ISD2500 device and will loop from beginning to end without \overline{OVF} going LOW.

M4 – Consecutive Addressing

During normal operation, the address pointer will reset when a message is played through an \overline{EOM} marker. The M4 Operational Mode inhibits the address pointer reset on \overline{EOM} , allowing messages to be played back consecutively.

M5 - \overline{CE} -Level Activated

The default mode for ISD2500 devices is for \overline{CE} to be edge-activated on playback and level-activated on record. The M5 Operational Mode causes the \overline{CE} pin to be interpreted as level-activated as opposed to edge-activated during playback. This is especially useful for terminating playback operations using the \overline{CE} signal. In this mode, \overline{CE} LOW begins a playback cycle, at the beginning of the device memory. The playback cycle continues as long as \overline{CE} is held LOW. When \overline{CE} goes HIGH, playback will immediately end. A new \overline{CE} LOW will restart the message from the beginning unless M4 is also HIGH.

Octal D-type flip-flop; positive edge-trigger;
3-state

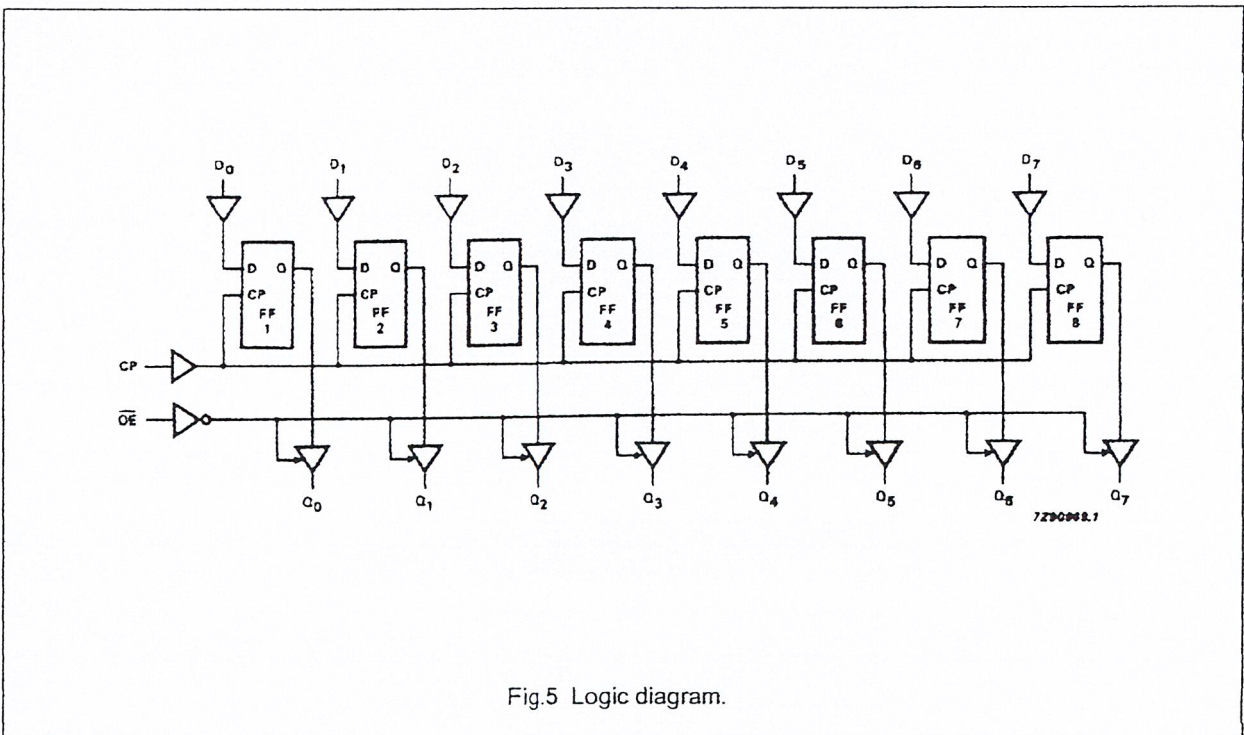
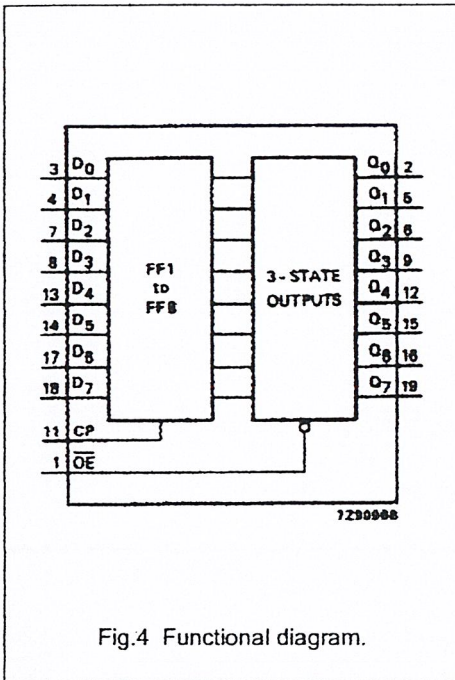
74HC/HCT374

FUNCTION TABLE

OPERATING MODES	INPUTS			INTERNAL FLIP-FLOPS	OUTPUTS
	\overline{OE}	CP	D_n		Q_0 to Q_7
load and read register	L	\uparrow	l	L	L
register	L	\uparrow	h	H	H
load register and disable outputs	H	\uparrow	l	L	Z
	H	\uparrow	h	H	Z

Notes

- H = HIGH voltage level
 h = HIGH voltage level one set-up time prior to the LOW-to-HIGH CP transition
 L = LOW voltage level
 l = LOW voltage level one set-up time prior to the LOW-to-HIGH CP transition
 Z = high impedance OFF-state
 \uparrow = LOW-to-HIGH CP transition

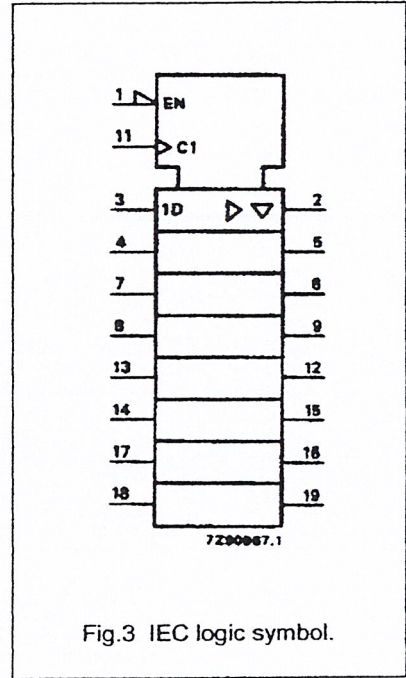
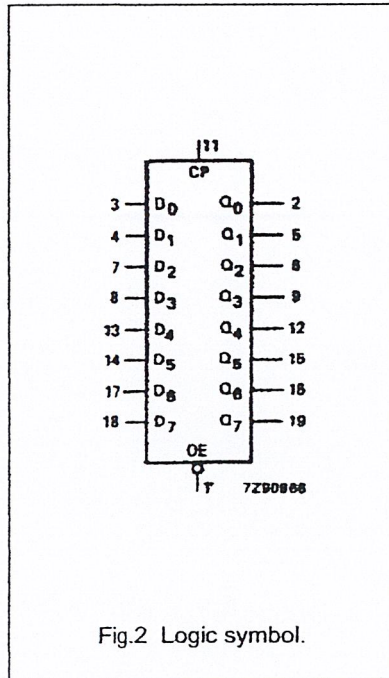
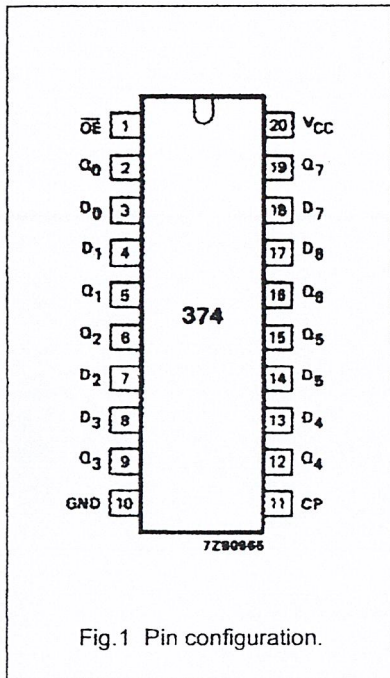


Octal D-type flip-flop; positive edge-trigger;
3-state

74HC/HCT374

PIN DESCRIPTION

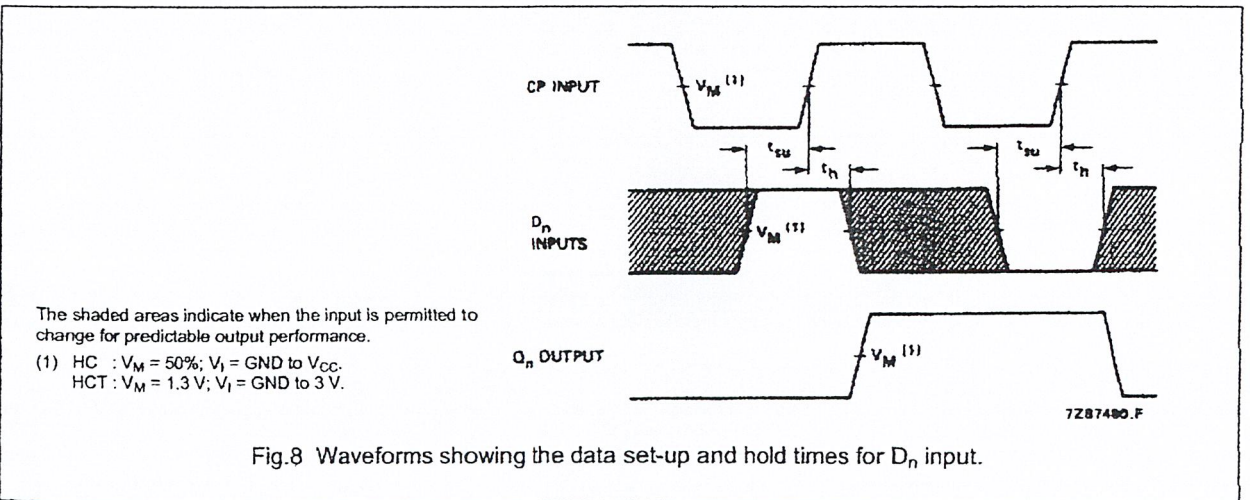
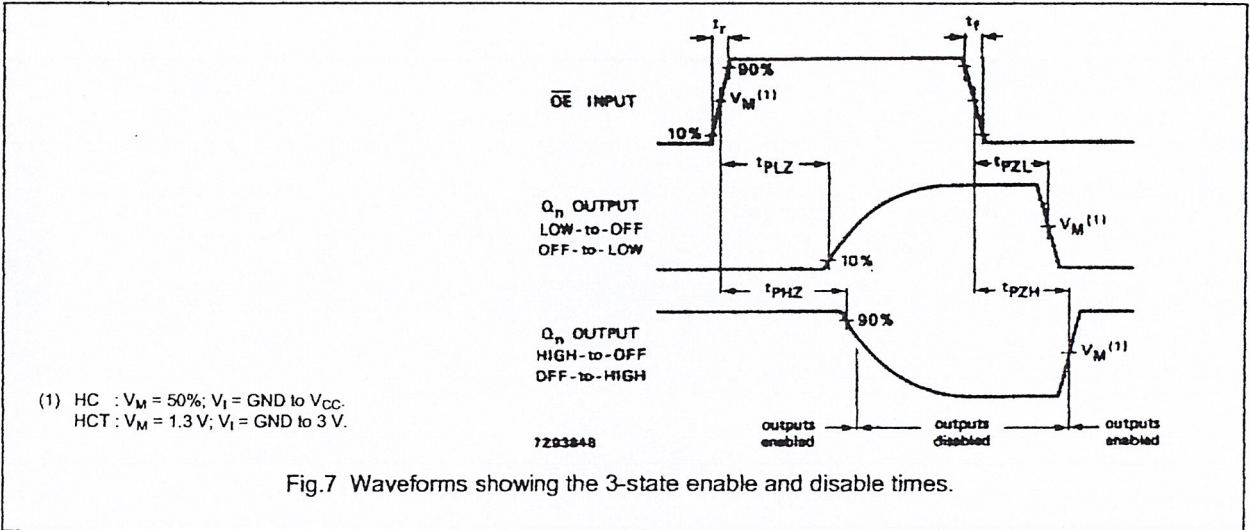
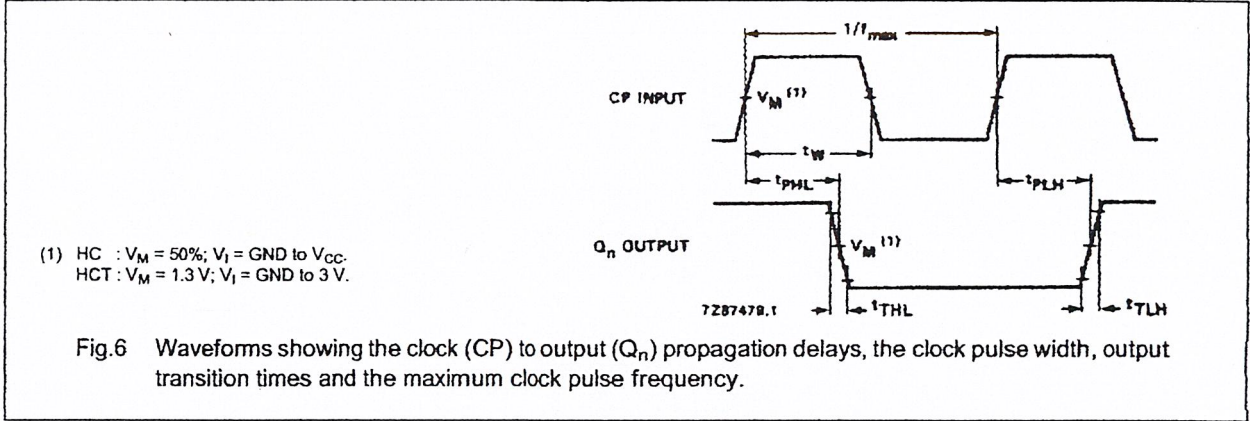
PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1	\overline{OE}	3-state output enable input (active LOW)
2, 5, 6, 9, 12, 15, 16, 19	Q_0 to Q_7	3-state flip-flop outputs
3, 4, 7, 8, 13, 14, 17, 18	D_0 to D_7	data inputs
10	GND	ground (0 V)
11	CP	clock input (LOW-to-HIGH, edge-triggered)
20	V_{CC}	positive supply voltage



Octal D-type flip-flop; positive edge-trigger;
3-state

74HC/HCT374

AC WAVEFORMS



Features

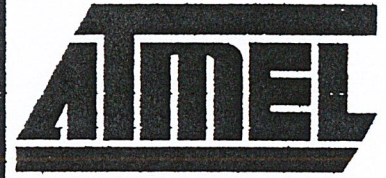
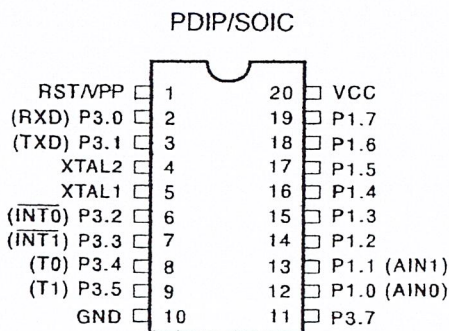
- Compatible with MCS-51™ Products
- 2K Bytes of Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2.7V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Two-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 15 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters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

Description

The AT89C2051 is a low-voltage, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 2K Bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C2051 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C2051 provides the following standard features: 2K Bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, a precision analog comparator, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C2051 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Configuration



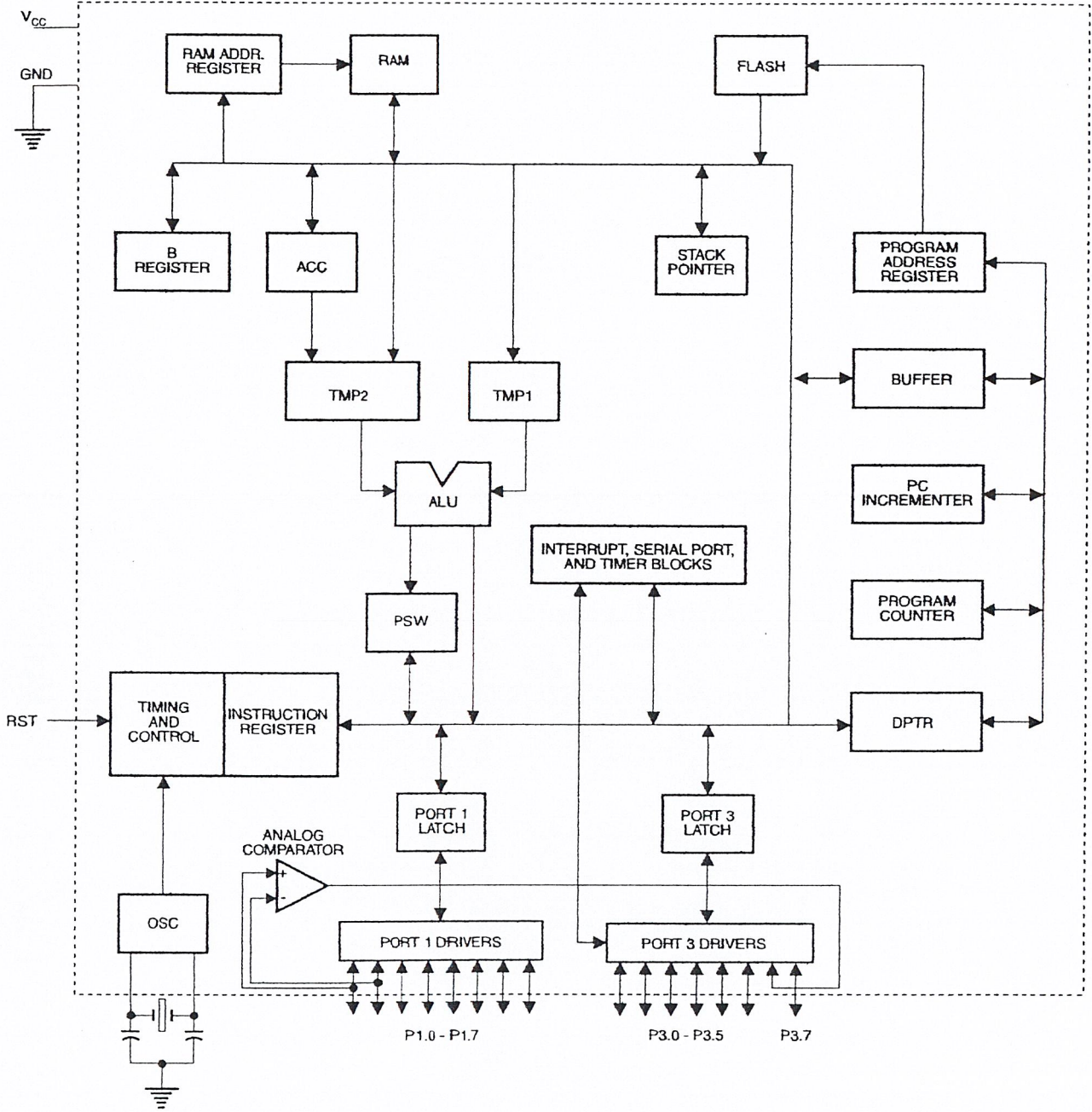
8-Bit Microcontroller with 2K Bytes Flash

AT89C2051

0368D-B-12/97



Block Diagram





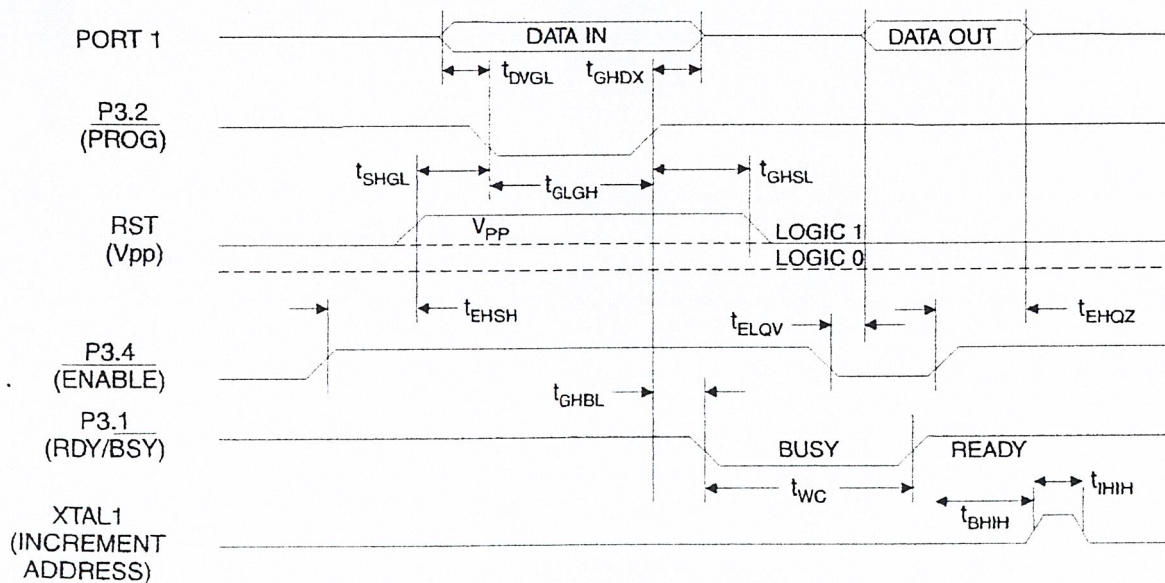
Flash Programming and Verification Characteristics

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

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}	Programming Enable Current		250	μA
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	1.0		μs
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	1.0		μs
t_{EHS}	P3.4 ($\overline{\text{ENABLE}}$) High to V_{PP}	1.0		μs
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
t_{GHSL}	V_{PP} Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t_{ELQV}	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		1.0	μs
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	1.0	μs
t_{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		50	ns
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms
t_{BHH}	$\text{RDY}/\overline{\text{BSY}}$ to Increment Clock Delay	1.0		μs
t_{HIL}	Increment Clock High	200		ns

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

Flash Programming and Verification Waveforms



Flash Programming Modes

Mode		RST/VPP	P3.2/ $\overline{\text{PROG}}$	P3.3	P3.4	P3.5	P3.7
Write Code Data ⁽¹⁾⁽³⁾		12V		L	H	H	H
Read Code Data ⁽¹⁾		H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	12V		H	H	H	H
	Bit - 2	12V		H	H	L	L
Chip Erase		12V		H	L	L	L
Read Signature Byte		H	H	L	L	L	L

- Notes:
1. The internal PEROM address counter is reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by a positive pulse at XTAL 1 pin.
 2. Chip Erase requires a 10-ms $\overline{\text{PROG}}$ pulse.
 3. P3.1 is pulled Low during programming to indicate RDY/BSY.

Figure 3. Programming the Flash Memory

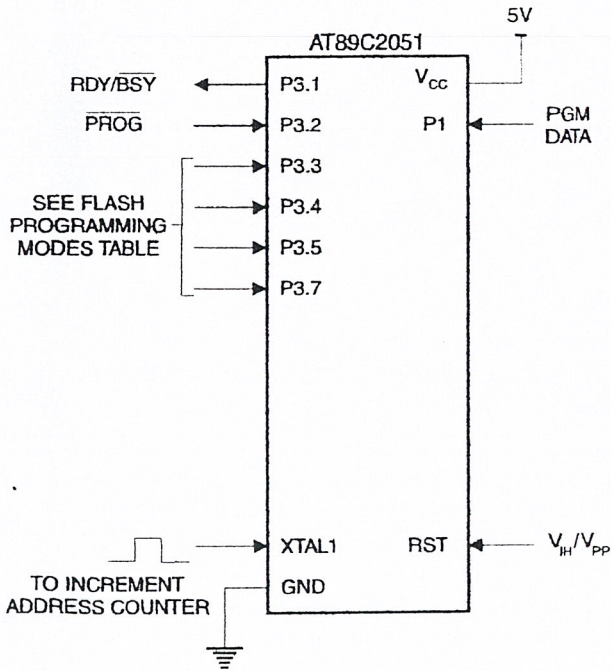
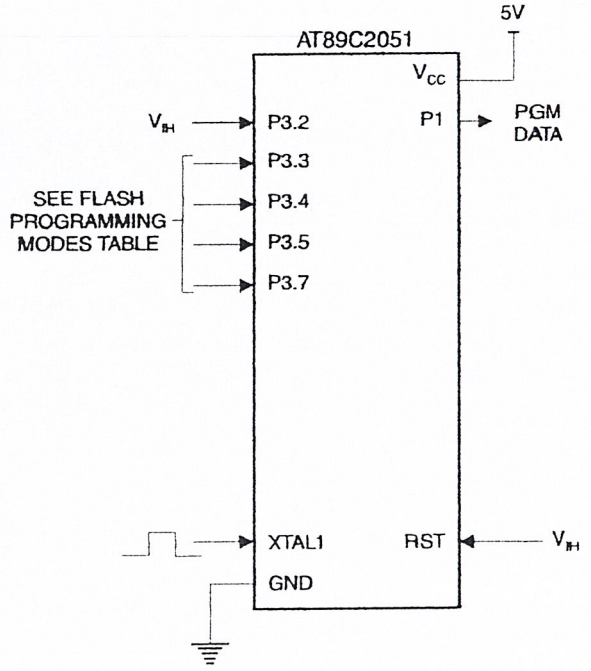


Figure 4. Verifying the Flash Memory



LM78XX Series Voltage Regulators

General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the out-

put, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

Features

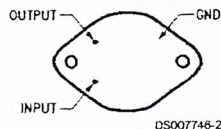
- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

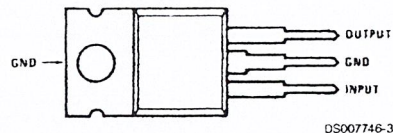
Connection Diagrams

**Metal Can Package
TO-3 (K)
Aluminum**



Bottom View
Order Number LM7805CK,
LM7812CK or LM7815CK
See NS Package Number KC02A

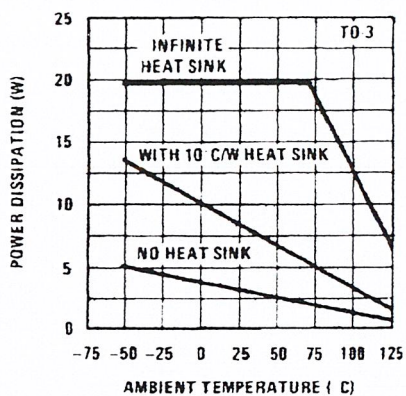
**Plastic Package
TO-220 (T)**



Top View
Order Number LM7805CT,
LM7812CT or LM7815CT
See NS Package Number T03B

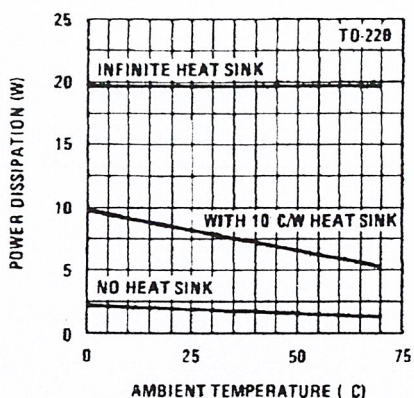
Typical Performance Characteristics

Maximum Average Power Dissipation



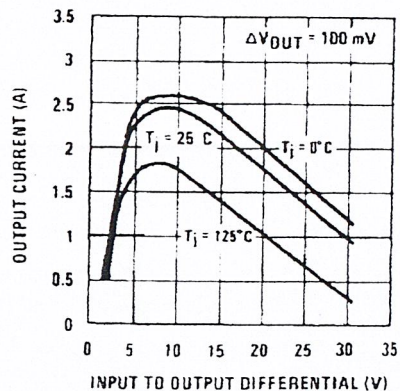
DS007746-5

Maximum Average Power Dissipation



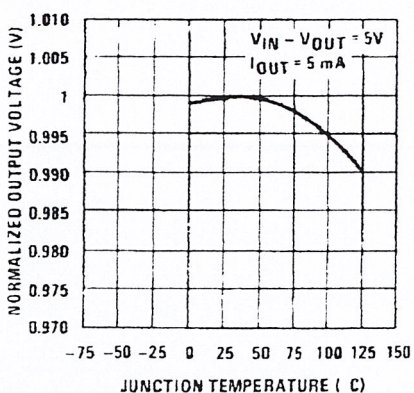
DS007746-6

Peak Output Current



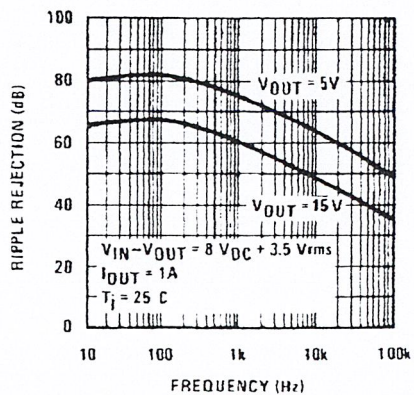
DS007746-7

Output Voltage (Normalized to 1V at $T_j = 25^\circ\text{C}$)



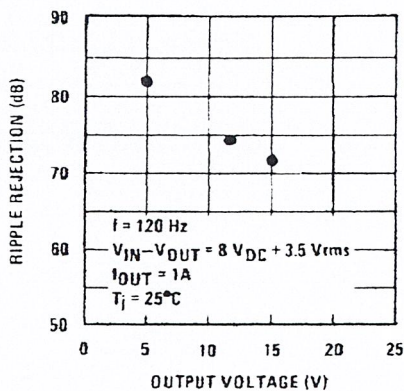
DS007746-8

Ripple Rejection



DS007746-9

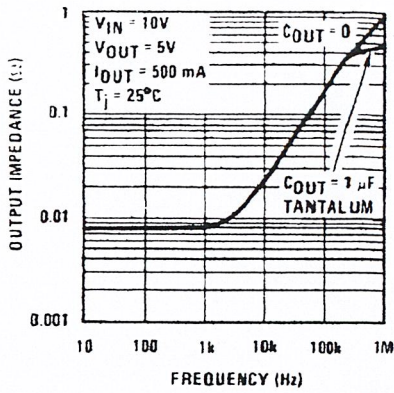
Ripple Rejection



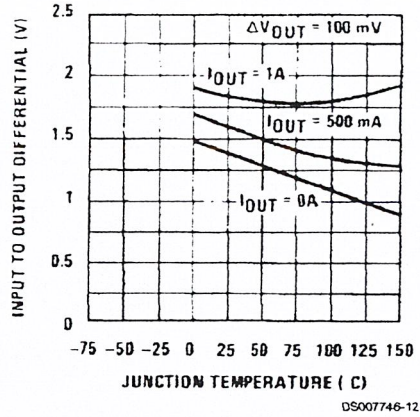
DS007746-10

Typical Performance Characteristics (Continued)

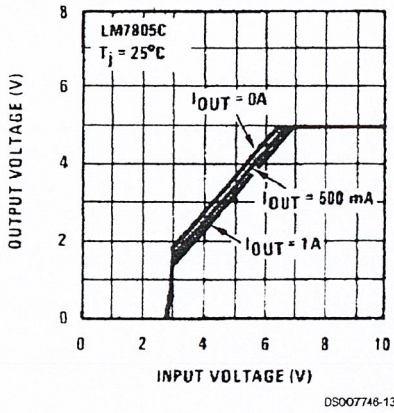
Output Impedance



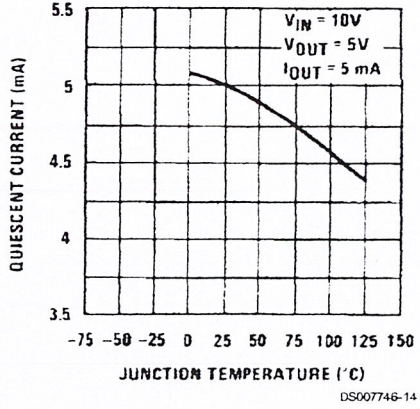
Dropout Voltage



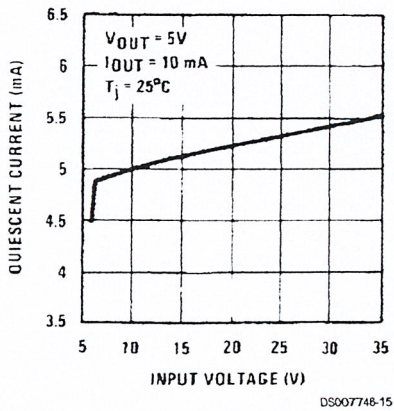
Dropout Characteristics



Quiescent Current



Quiescent Current



MM74C925 • MM74C926

4-Digit Counters with Multiplexed 7-Segment Output Drivers

General Description

The MM74C925 and MM74C926 CMOS counters consist of a 4-digit counter, an internal output latch, NPN output sourcing drivers for a 7-segment display, and an internal multiplexing circuitry with four multiplexing outputs. The multiplexing circuit has its own free-running oscillator, and requires no external clock. The counters advance on negative edge of clock. A HIGH signal on the Reset input will reset the counter to zero, and reset the carry-out LOW. A LOW signal on the Latch Enable input will latch the number in the counters into the internal output latches. A HIGH signal on Display Select input will select the number in the counter to be displayed; a LOW level signal on the Display Select will select the number in the output latch to be displayed.

The MM74C925 is a 4-decade counter and has Latch Enable, Clock and Reset inputs.

The MM74C926 is like the MM74C925 except that it has a display select and a carry-out used for cascading counters. The carry-out signal goes HIGH at 6000, goes back LOW at 0000.

Features

- Wide supply voltage range: 3V to 6V
- Guaranteed noise margin: 1V
- High noise immunity: 0.45 V_{CC} (typ.)
- High segment sourcing current: 40 mA
@ V_{CC} = 1.6V, V_{CC} = 5V
- Internal multiplexing circuitry

Design Considerations

Segment resistors are desirable to minimize power dissipation and chip heating. The DS75492 serves as a good digit driver when it is desired to drive bright displays. When using this driver with a 5V supply at room temperature, the display can be driven without segment resistors to full illumination. The user must use caution in this mode however, to prevent overheating of the device by using too high a supply voltage or by operating at high ambient temperatures.

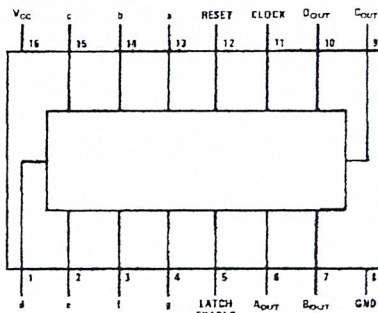
The input protection circuitry consists of a series resistor, and a diode to ground. Thus input signals exceeding V_{CC} will not be clamped. This input signal should not be allowed to exceed 15V.

Ordering Code:

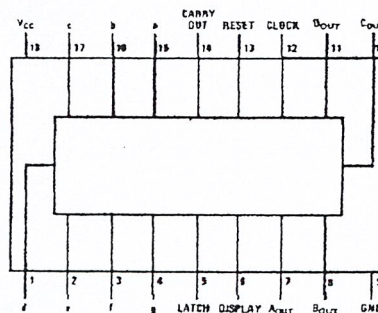
Order Number	Package Number	Package Description
MM74C925N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
MM74C926N	N18B	18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Connection Diagrams

Pin Assignments for DIP



Top View
MM74C925



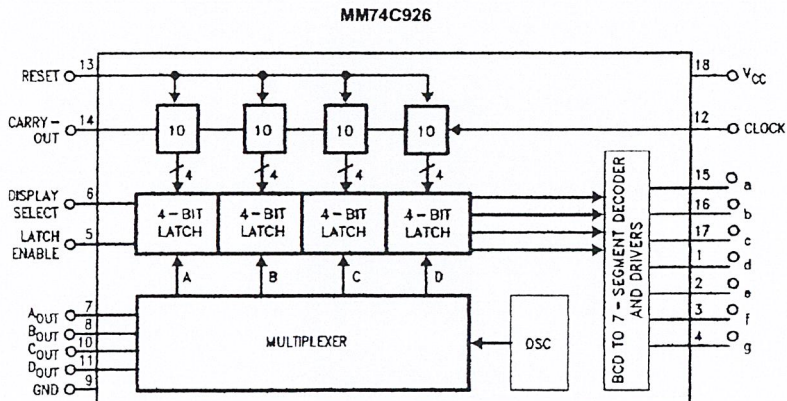
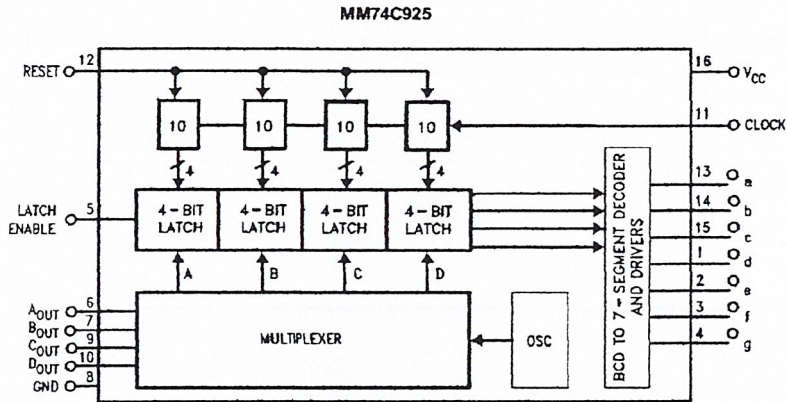
Top View
MM74C926

Functional Description

Reset — Asynchronous, active high
 Display Select — High, displays output of counter
 Low, displays output of latch
 Latch Enable — High, flow through condition
 Low, latch condition
 Clock — Negative edge sensitive

Segment Output — Current sourcing with 40 mA @ $V_{OUT} = V_{CC} - 1.6V$ (typ.) Also, sink capability = 2 LTTL loads
 Digit Output — Current sourcing with 1 mA @ $V_{OUT} = 1.75V$. Also, sink capability = 2 LTTL loads
 Carry-Out — 2 LTTL loads. See carry-out waveforms.

Logic Diagrams



AC Electrical Characteristics (Note 3)

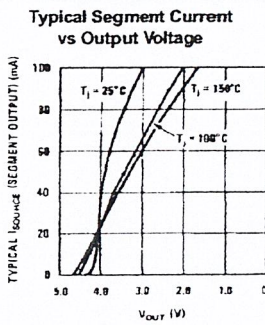
T_A = 25°C, C_L = 50 pF, unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
f _{MAX}	Maximum Clock Frequency	V _{CC} = 5V, T _J = 25°C Square Wave Clock T _J = 100°C	2 1.5	4 3		MHz MHz
t _r , t _f	Maximum Clock Rise or Fall Time	V _{CC} = 5V			15	µs
t _{WR}	Reset Pulse Width	V _{CC} = 5V, T _J = 25°C T _J = 100°C	250 320	100 125		ns ns
t _{WLE}	Latch Enable Pulse Width	V _{CC} = 5V, T _J = 25°C T _J = 100°C	250 320	100 125		ns ns
t _{SET(CK, LE)}	Clock to Latch Enable Set-Up Time	V _{CC} = 5V, T _J = 25°C T _J = 100°C	2500 3200	1250 1600		ns ns
t _{LR}	Latch Enable to Reset Wait Time	V _{CC} = 5V, T _J = 25°C T _J = 100°C	0 0	-100 -100		ns ns
t _{SET(R, LE)}	Reset to Latch Enable Set-Up Time	V _{CC} = 5V, T _J = 25°C T _J = 100°C	320 400	160 200		ns ns
f _{MUX}	Multiplexing Output Frequency	V _{CC} = 5V	1000			Hz
C _{IN}	Input Capacitance	Any Input (Note 4)	5			pF

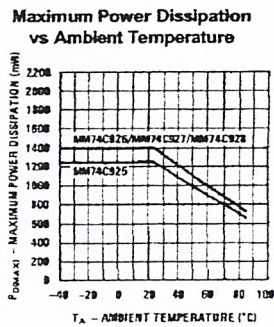
Note 3: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 4: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

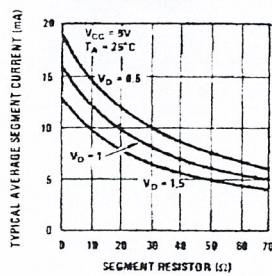
Typical Performance Characteristics



Note: V_O = Voltage across digit driver

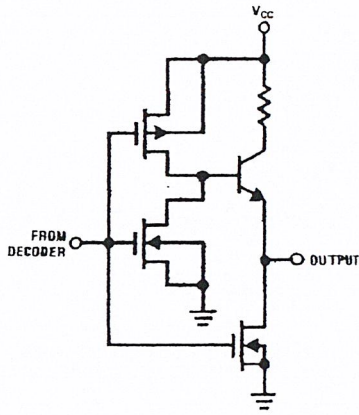


Typical Average Segment Current vs Segment Resistor Value

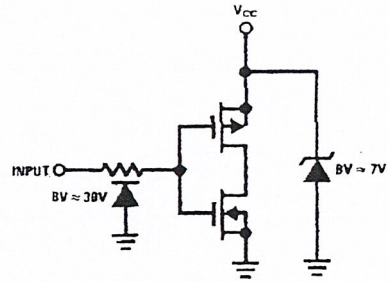


Typical Performance Characteristics (Continued)

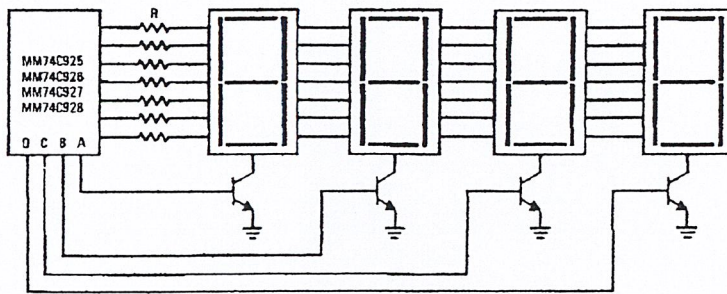
Segment Output Driver



Input Protection



Common Cathode LED Display



Segment Identification



CD4027BC

Dual J-K Master/Slave Flip-Flop with Set and Reset

General Description

The CD4027BC dual J-K flip-flops are monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuits constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. Each flip-flop has independent J, K, set, reset, and clock inputs and buffered Q and \bar{Q} outputs. These flip-flops are edge sensitive to the clock input and change state on the positive-going transition of the clock pulses. Set or reset is independent of the clock and is accomplished by a high level on the respective input.

All inputs are protected against damage due to static discharge by diode clamps to V_{DD} and V_{SS} .

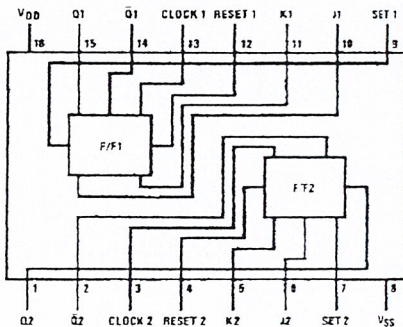
Features

- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- High noise immunity: $0.45 V_{DD}$ (typ.)
- Low power TTL compatibility: Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- Low power: 50 nW (typ.)
- Medium speed operation: 12 MHz (typ.) with 10V supply

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4027BCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4027BCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Connection Diagram



Top View

Truth Table

CL (Note 3)	Inputs t_{n-1} (Note 1)					Outputs t_n (Note 2)	
	J	K	S	R	Q	Q	\bar{Q}
↗	1	X	0	0	0	1	0
↘	X	0	0	0	1	1	0
↖	0	X	0	0	0	0	1
↙	X	1	0	0	1	0	1
↔	X	X	0	0	X	(No Change)	
X	X	X	1	0	X	1	0
X	X	X	0	1	X	0	1
X	X	X	1	1	X	1	1

1 = HIGH Level
0 = LOW Level
X = Don't Care
↗ = LOW-to-HIGH
↘ = HIGH-to-LOW

Note 1: t_{n-1} refers to the time interval prior to the positive clock pulse transition

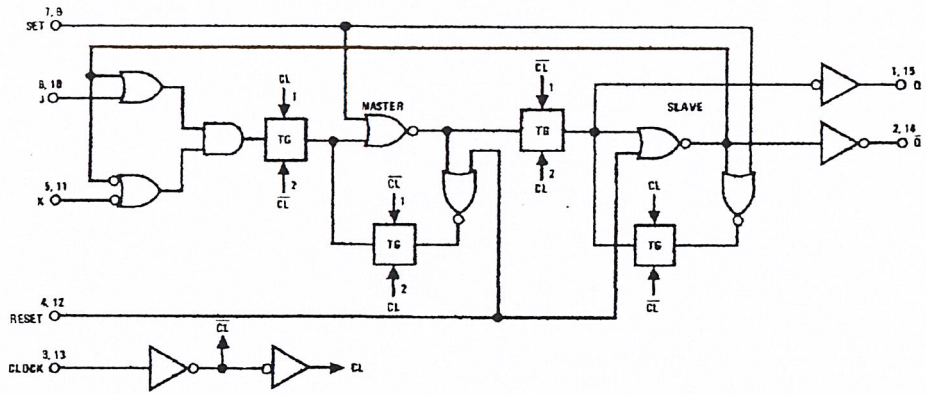
Note 2: t_n refers to the time intervals after the positive clock pulse transition

Note 3: Level Change

CD4027BC Dual J-K Master/Slave Flip-Flop with Set and Reset

CD4027BC

Logic Diagram



Absolute Maximum Ratings (Note 4)

(Note 5)

DC Supply Voltage (V_{DD})	$-0.5 V_{DC}$ to $+18 V_{DC}$
Input Voltage (V_{IN})	$-0.5V$ to $V_{DD} + 0.5 V_{DC}$
Storage Temperature Range (T_S)	-65°C to $+150^\circ\text{C}$
Power Dissipation (P_D)	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

Recommended Operating Conditions (Note 5)

DC Supply Voltage (V_{DD})	$3V$ to $15 V_{DC}$
Input Voltage (V_{IN})	$0V$ to $V_{DD} V_{DC}$
Operating Temperature Range (T_A)	-55°C to $+125^\circ\text{C}$

Note 4: "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 table of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 5: $V_{SS} = 0V$ unless otherwise specified.

DC Electrical Characteristics (Note 6)

Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		$+25^\circ\text{C}$			-125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		1			1		30	μA
		$V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		2		2		60		
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD}$ or V_{SS}		4		4		120		
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$ I_{OL} < 1 \mu\text{A}$								V
		$V_{DD} = 5V$		0.05		0	0.05		0.05	
		$V_{DD} = 10V$		0.05		0	0.05		0.05	
		$V_{DD} = 15V$		0.05		0	0.05		0.05	
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	$ I_{OH} < 1 \mu\text{A}$								V
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95		
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95	15		14.95		
V_{IL}	LOW Level Input Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or $4.5V$		1.5			1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1V$ or $9V$		3.0			3.0		3.0	
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or $13.5V$		4.0			4.0		4.0	
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or $4.5V$	3.5		3.5			3.5		V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1V$ or $9V$	7.0		7.0			7.0		
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or $13.5V$	11.0		11.0			11.0		
I_{OL}	LOW Level Output Current (Note 7)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.64		0.51	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.6		1.3	2.25		0.9		
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	4.2		3.4	8.8		2.4		
I_{OH}	HIGH Level Output Current (Note 7)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.64		-0.51	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.6		-1.3	-2.25		-0.9		
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-4.2		-3.4	-8.8		-2.4		
I_{IN}	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.1		-10^{-5}		-0.1		μA
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.1		10^{-5}		0.1		

Note 6: $V_{SS} = 0V$ unless otherwise specified.

Note 7: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

AC Electrical Characteristics (Note 8)

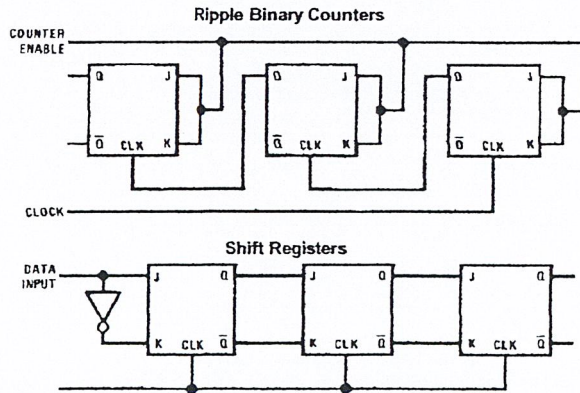
$T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 50\text{ pF}$, $t_{rCL} = t_{fCL} = 20\text{ ns}$, unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{PHL} or t_{PLH}	Propagation Delay Time from Clock to Q or \bar{Q}	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		200 80 65	400 160 130	ns
t_{PHL} or t_{PLH}	Propagation Delay Time from Set to \bar{Q} or Reset to Q	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		170 70 55	340 140 110	ns
t_{PHL} or t_{PLH}	Propagation Delay Time from Set to Q or Reset to \bar{Q}	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		110 50 40	220 100 80	ns
t_S	Minimum Data Setup Time	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		135 55 45	270 110 90	ns
t_{THL} or t_{TLH}	Transition Time	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		100 50 40	200 100 80	ns
f_{CL}	Maximum Clock Frequency (Toggle Mode)	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$	2.5 6.2 7.6	5 12.5 15.5		MHz
t_{rCL} or t_{fCL}	Maximum Clock Rise and Fall Time	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$	15 10 5			μs
t_W	Minimum Clock Pulse Width ($t_{WH} = t_{WL}$)	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		100 40 32	200 80 65	ns
t_{WH}	Minimum Set and Reset Pulse Width	$V_{DD} = 5\text{V}$ $V_{DD} = 10\text{V}$ $V_{DD} = 15\text{V}$		80 30 25	160 60 50	ns
C_{IN}	Average Input Capacitance	Any Input		5	7.5	pF
C_{PD}	Power Dissipation Capacity	Per Flip-Flop (Note 9)		35		pF

Note 8: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

Note 9: C_{PD} determines the no load AC power consumption of any CMOS device. For complete explanation, see 74C Family Characteristics application note, AN-90.

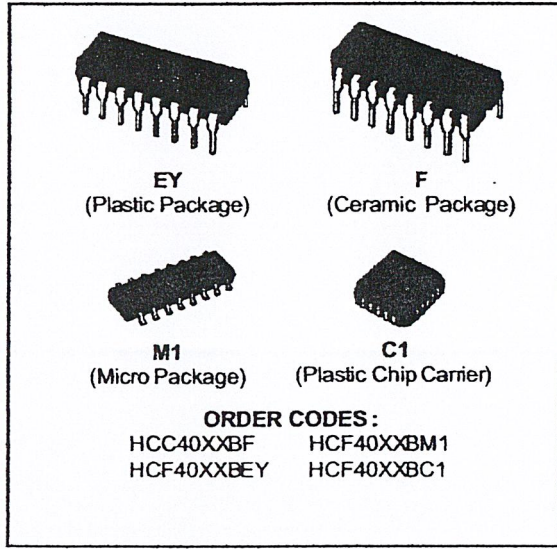
Typical Applications



RIPPLE-CARRY BINARY COUNTER/DIVIDERS

- 4020B - 14 STAGE**
- 4024B - 7 STAGE**
- 4040B - 12 STAGE**

- MEDIUM-SPEED OPERATION
- FULLY STATIC OPERATION
- COMMON RESET
- BUFFERED INPUTS AND OUTPUTS
- QUIESCENT CURRENT SPECIFIED TO 20V FOR HCC DEVICE
- STANDARDIZED SYMMETRICAL OUTPUT CHARACTERISTICS
- 5V, 10V, AND 15V PARAMETRIC RATINGS
- INPUT CURRENT OF 100nA AT 18V AND 25°C FOR HCC DEVICE
- 100% TESTED FOR QUIESCENT CURRENT
- MEETS ALL REQUIREMENTS OF JEDEC TENTATIVE STANDARD No. 13A, "STANDARD SPECIFICATIONS FOR DESCRIPTION OF "B" SERIES CMOS DEVICES"

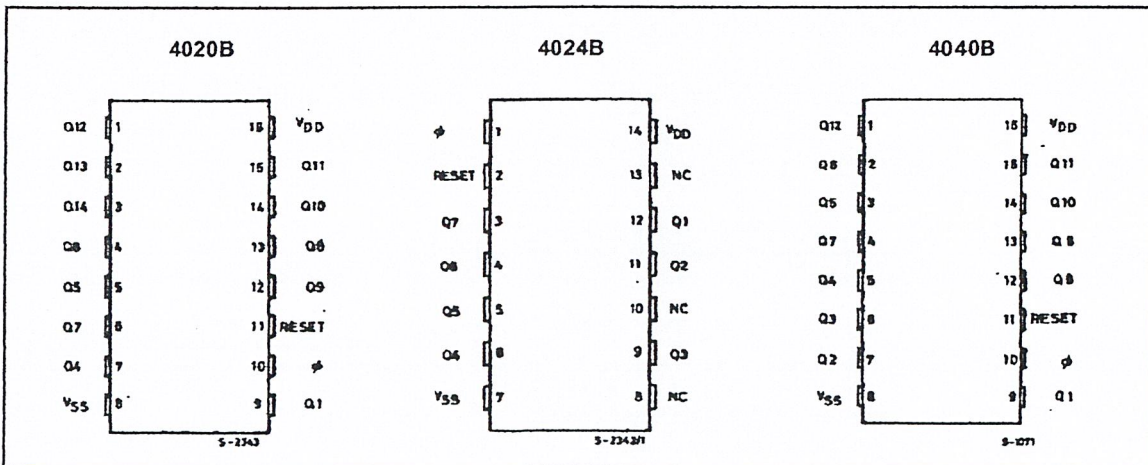


DESCRIPTION

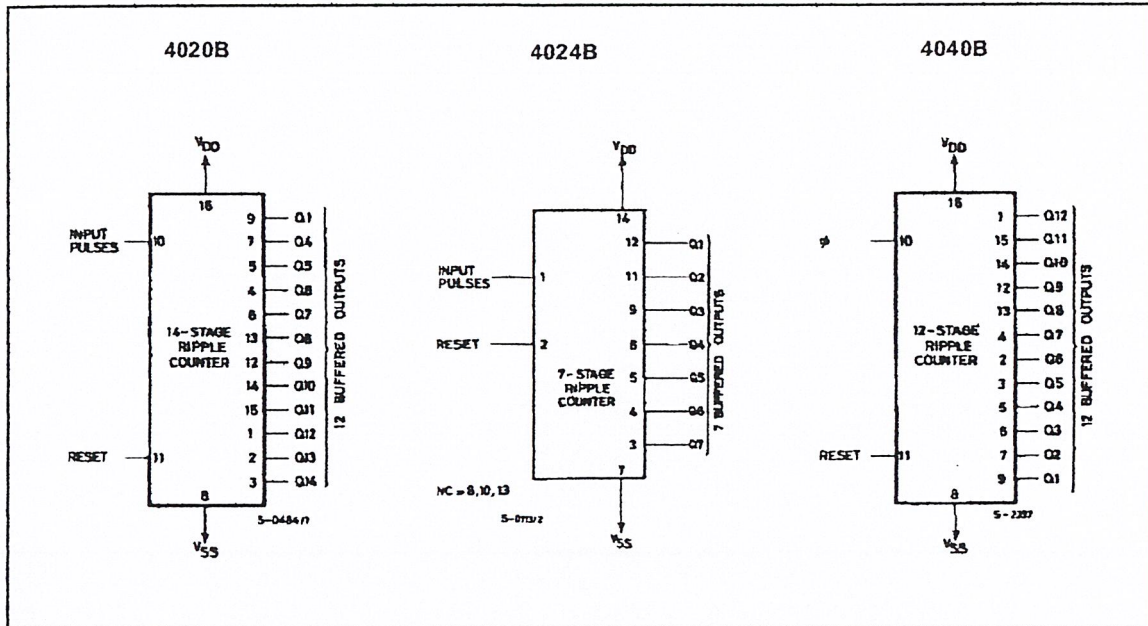
The **HCC4XXXB** (extended temperature range) and **HCF4XXXB** (intermediate temperature range) are monolithic integrated circuits, available in 14-lead dual in-line for **4024B** and 16-lead dual in-line for **4020B**, **4040B** plastic or ceramic package and plastic micropackage.

The **HCC/HCF4020B**, **4024B**, and **4040B** are ripple-carry binary counters. All counter stages are master-slave flip-flops. The state of a counter advances one count on the negative transition of each input pulse; a high level on the RESET line resets the counter to its all zeros stage. Schmitt trigger action on the input-pulse line permits unlimited clock rise and fall times. All inputs and outputs are buffered.

PIN CONNECTIONS



FUNCTIONAL DIAGRAMS



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD} *	Supply Voltage : HCC Types	- 0.5 to + 20	V
	HCF Types	- 0.5 to + 18	V
V _I	Input Voltage	- 0.5 to V _{DD} + 0.5	V
I _I	DC Input Current (any one input)	± 10	mA
P _{tot}	Total Power Dissipation (per package)	200	mW
	Dissipation per Output Transistor for T _{op} = Full Package-temperature Range	100	mW
T _{op}	Operating Temperature : HCC Types	- 55 to + 125	°C
	HCF Types	- 40 to + 85	°C
T _{stg}	Storage Temperature	- 65 to + 150	°C

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

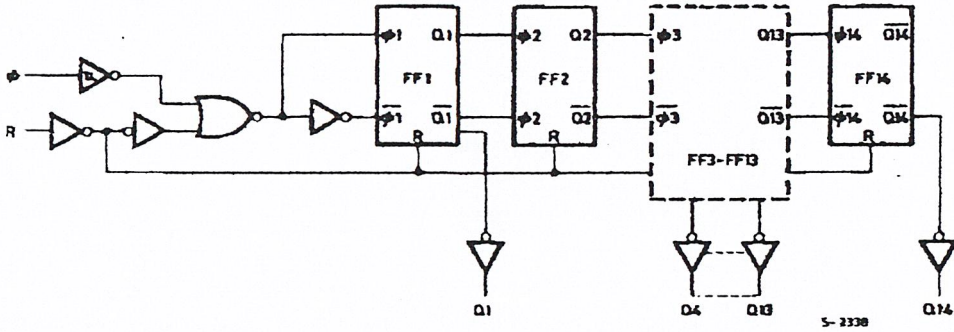
* All voltage values are referred to V_{SS} pin voltage.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

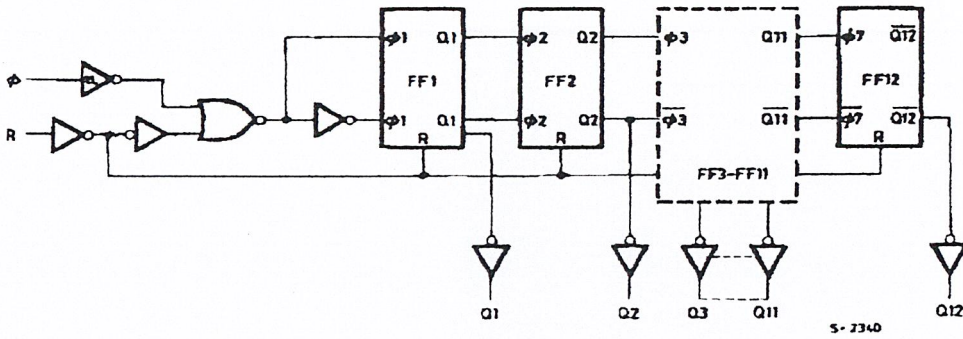
Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	Supply Voltage : HCC Types	3 to 18	V
	HCF Types	3 to 15	V
V _I	Input Voltage	0 to V _{DD}	V
T _{op}	Operating Temperature : HCC Types	- 55 to + 125	°C
	HCF Types	- 40 to + 85	°C

LOGIC DIAGRAMS

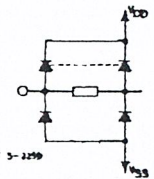
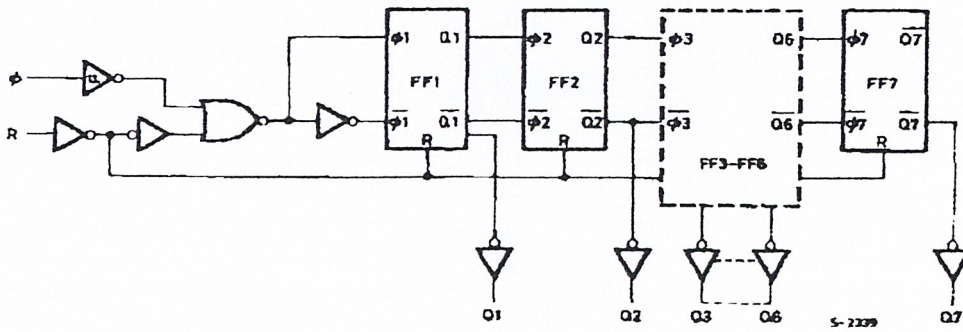
4020B



4040B



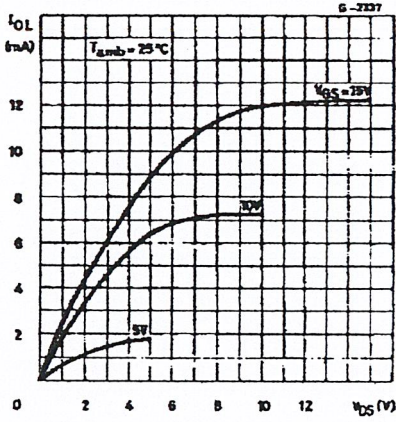
4024B



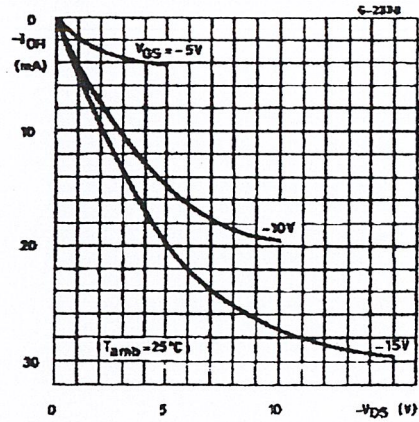
ALL INPUTS ARE PROTECTED BY COSMOS PROTECTION NETWORK

HCC/HFC4020B/24B/40B

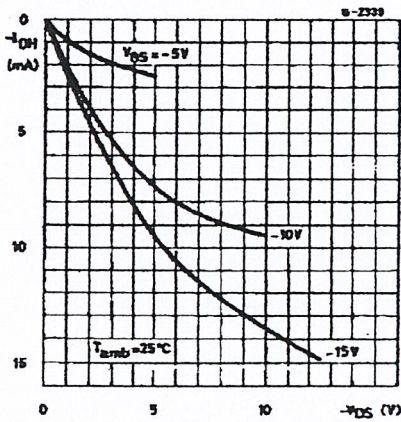
Minimum Output Low (sink) Current Characteristics.



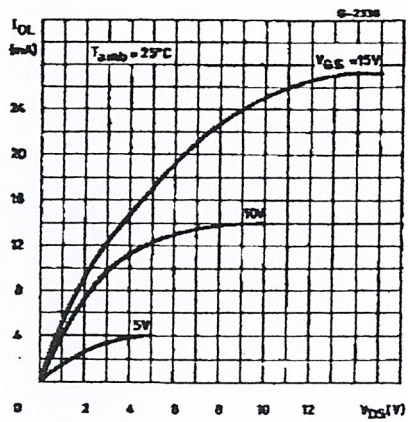
Typical Output Low (source) Current Characteristics.



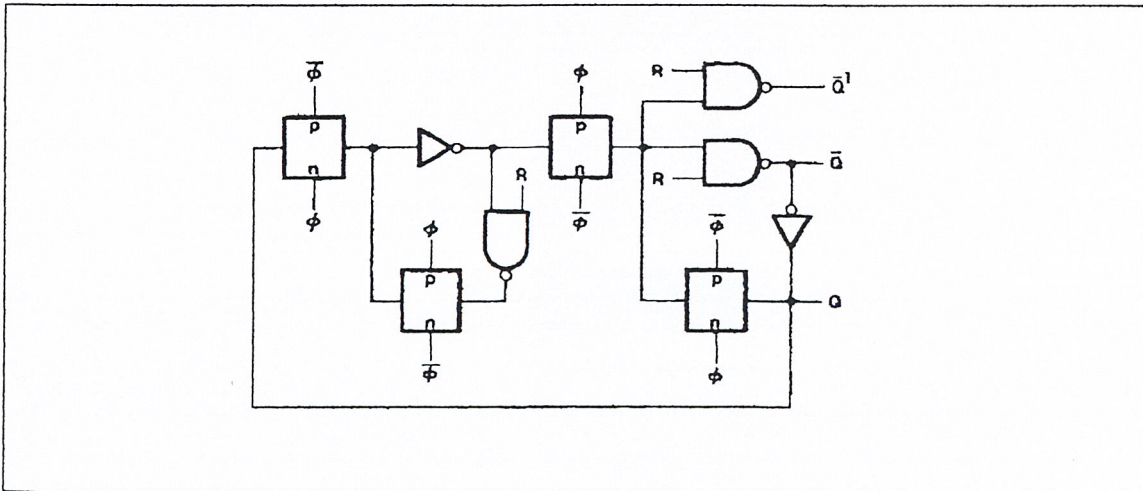
Minimum Output High (source) Current Characteristics.



Typical Output High (sink) Current Characteristics.



Details of Typical Flip-flop Stage.



CMOS Hex Schmitt Triggers

High-Voltage Types (20-Volt Rating)

■ CD40106B consists of six Schmitt-trigger circuits. Each circuit functions as an inverter with Schmitt-trigger action on the input. The trigger switches at different points for positive- and negative-going signals. The difference between the positive-going voltage (V_P) and the negative-going voltage (V_N) is defined as hysteresis voltage (V_H) (see Fig.6).

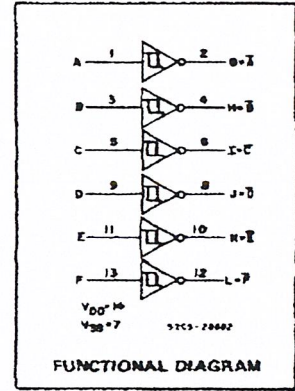
The CD40106B types are supplied in 14-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (F3A suffix), 14-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 14-lead small-outline packages (M, MT, M96, and NSR suffixes), and 14-lead thin shrink small-outline packages (PW and PWR suffixes).

Features:

- Schmitt-trigger action with no external components
- Hysteresis voltage (typ.) 0.9 V at $V_{DD} = 5\text{ V}$, 2.3 V at $V_{DD} = 10\text{ V}$, and 3.5 V at $V_{DD} = 15\text{ V}$
- Noise immunity greater than 50%
- No limit on input rise and fall times
- Standardized, symmetrical output characteristics
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- Maximum input current of 1 μA at 18 V over full package-temperature range; 100 nA at 18 V and 25°C
- Low V_{DD} to V_{SS} current during slow input ramp
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"

Applications:

- Wave and pulse shapers
- High-noise-environment systems
- Monostable multivibrators
- Astable multivibrators



MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V_{DD}) Voltages referenced to V_{SS} Terminal	-0.5V to +20V
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS	-0.5V to $V_{DD} + 0.5\text{ V}$
DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT	$\pm 10\text{ mA}$
POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P_D):	
For $T_A = -55^\circ\text{C}$ to $+100^\circ\text{C}$	500mW
For $T_A = +100^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$	Derate Linearity at 12mW/ $^\circ\text{C}$ to 200mW
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR	
FOR $T_A = \text{FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types)}$	100mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T_A)	-55°C to $+125^\circ\text{C}$
STORAGE TEMPERATURE RANGE (T_{stg})	-65°C to $+150^\circ\text{C}$
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):	
At distance 1/16 \pm 1/32 inch (1.59 \pm 0.79mm) from case for 10s max	$+265^\circ\text{C}$

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:

CHARACTERISTIC	LIMITS		UNITS
	MIN.	MAX.	
Supply-Voltage Range (For T_A Full Package-Temperature Range)	3	18	V

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

At $T_A = 25^\circ\text{C}$, Input $t_r, t_f = 20\text{ ns}$, $C_L = 50\text{ pF}$, $R_L = 200\text{ k}\Omega$

CHARACTERISTIC	TEST CONDITIONS	LIMITS		UNITS	
		V_{DD} (V)	TYP.		MAX.
Propagation Delay Time: t_{PHL} t_{PLH}		5	140	280	ns
		10	70	140	
		15	60	120	
Transition Time: t_{THL} t_{TLH}		5	100	200	ns
		10	50	100	
		15	40	80	
Input Capacitance, C_{IN}	Any Input		5	7.5	pF

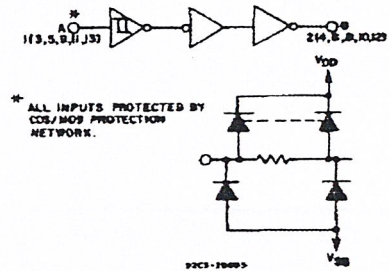


Fig. 1 - Logic diagram (1 of 6 Schmitt triggers).

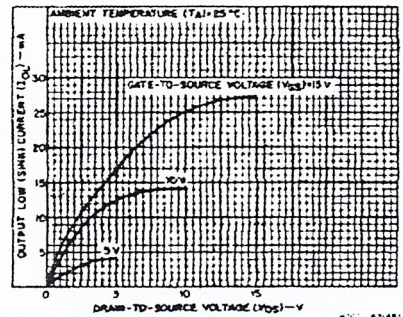


Fig. 2 - Typical output low (sink) current characteristics.

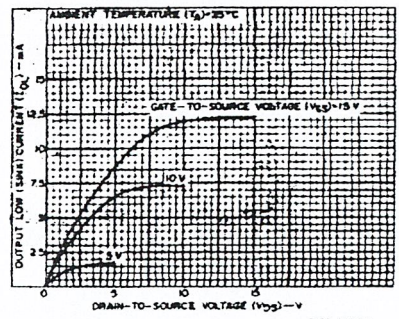


Fig. 3 - Minimum output low (sink) current characteristics.

CD40106B Types

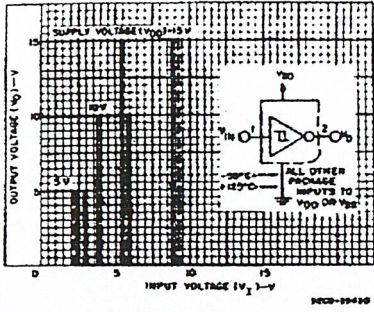


Fig. 9 - Typical voltage transfer characteristics as a function of temperature.

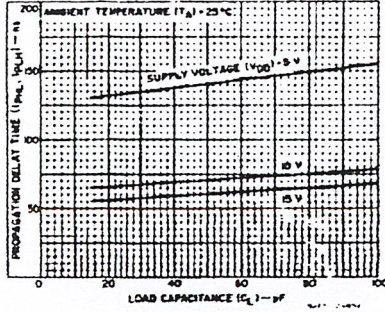


Fig. 10 - Typical propagation delay time as a function of load capacitance.

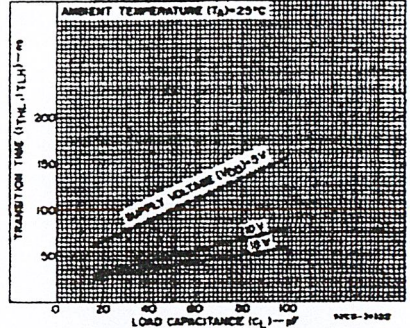


Fig. 11 - Typical transition time as a function of load capacitance.

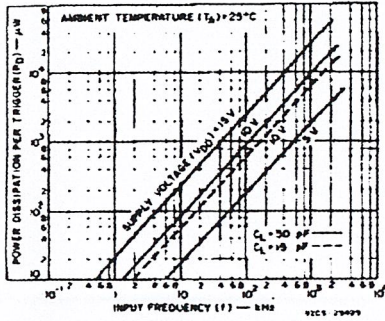


Fig. 12 - Typical power dissipation per trigger as a function of input frequency.

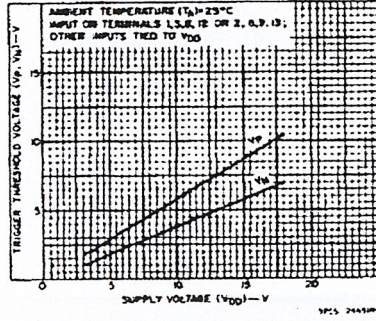


Fig. 13 - Typical trigger threshold voltage as a function of supply voltage.

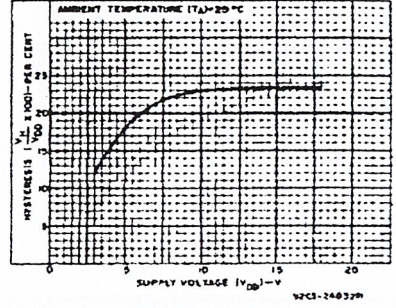


Fig. 14 - Typical per cent hysteresis as a function of supply voltage.

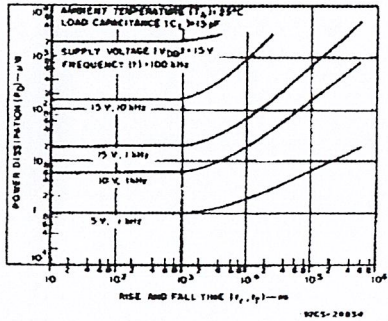


Fig. 15 - Typical power dissipation as a function of rise and fall times.

APPLICATIONS

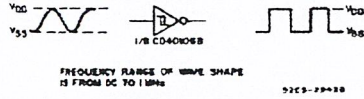


Fig. 16 - Wave shaper.

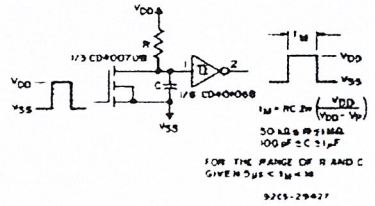


Fig. 17 - Monostable multivibrator.

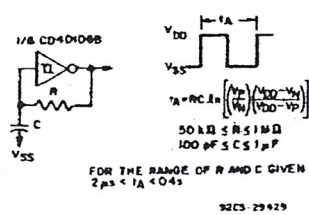


Fig. 18 - Astable multivibrator.

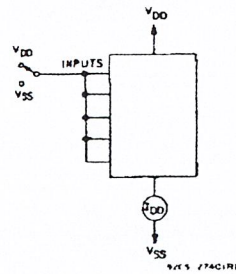


Fig. 19 - Quiescent device current test circuit.

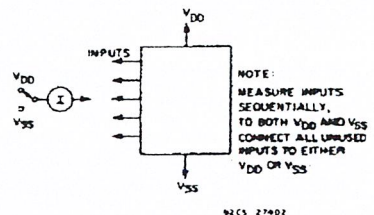


Fig. 20 - Input current test circuit.

CD40106B Types

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)							UNITS
	V _O (V)	V _{IN} (V)	V _{DD} (V)	-55	-40	+85	+125	+25			
								Min.	Typ.	Max.	
Quiescent Device Current, I _{DD} Max.	-	0.5	5	1	1	30	30	-	0.02	1	μA
	-	0.10	10	2	2	60	60	-	0.02	2	
	-	0.15	15	4	4	120	120	-	0.02	4	
	-	0.20	20	20	20	600	600	-	0.04	20	
Positive Trigger Threshold Voltage V _P Min.	-	-	5	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.9	-	V
	-	-	10	4.6	4.6	4.6	4.6	4.8	5.9	-	
	-	-	15	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	8.8	-	
V _P Max.	-	-	5	3.6	3.6	3.6	3.6	-	2.9	3.6	V
	-	-	10	7.1	7.1	7.1	7.1	-	5.9	7.1	
	-	-	15	10.8	10.8	10.8	10.8	-	8.8	10.8	
Negative Trigger Threshold Voltage V _N Min.	-	-	5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.9	-	V
	-	-	10	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.9	-	
	-	-	15	4	4	4	4	4	5.8	-	
V _N Max.	-	-	5	2.8	2.8	2.8	2.8	-	1.9	2.8	V
	-	-	10	5.2	5.2	5.2	5.2	-	3.9	5.2	
	-	-	15	7.4	7.4	7.4	7.4	-	5.8	7.4	
Hysteresis Voltage V _H Min.	-	-	5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	-	V
	-	-	10	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	2.3	-	
	-	-	15	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	3.5	-	
V _H Max.	-	-	5	1.6	1.6	1.6	1.6	-	0.9	1.6	V
	-	-	10	3.4	3.4	3.4	3.4	-	2.3	3.4	
	-	-	15	5	5	5	5	-	3.5	5	
Output Low (Sink) Current, I _{OL} Min.	0.4	0.5	5	0.64	0.61	0.42	0.36	0.51	1	-	mA
	0.5	0.10	10	1.6	1.5	1.1	0.9	1.3	2.6	-	
	1.5	0.15	15	4.2	4	2.8	2.4	3.4	6.8	-	
Output High (Source) Current, I _{OH} Min.	4.6	0.5	5	-0.64	-0.61	-0.42	-0.36	-0.51	-1	-	mA
	2.5	0.5	5	-2	-1.8	-1.3	-1.15	-1.6	-3.2	-	
	9.5	0.10	10	-1.6	-1.5	-1.1	-0.9	-1.3	-2.6	-	
	13.5	0.15	15	-4.2	-4	-2.8	-2.4	-3.4	-6.8	-	
Output Voltage Low-Level, V _{OL} Max.	-	5	5	0.05				-	0	0.05	V
	-	10	10	0.05				-	0	0.05	
	-	15	15	0.05				-	0	0.05	
Output Voltage High Level, V _{OH} Min.	-	0	5	4.95				4.95	5	-	V
	-	0	10	9.95				9.95	10	-	
	-	0	15	14.95				14.95	15	-	
Input Current, I _{IN} Max.	-	0.18	18	±0.1	±0.1	±1	±1	-	±10 ⁻⁵	±0.1	μA

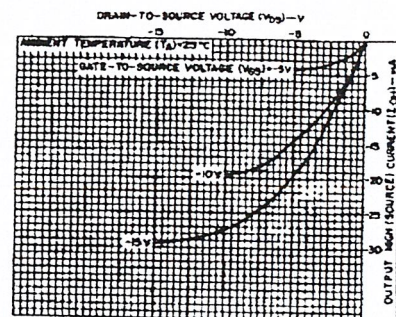


Fig. 4 - Typical output high (source) current characteristics.

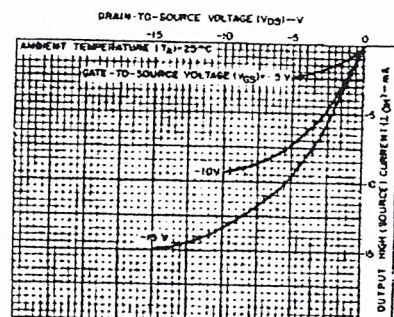


Fig. 5 - Minimum output high (source) current characteristics.

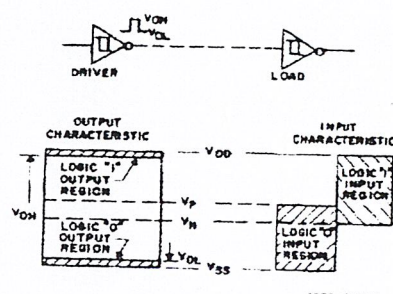


Fig. 7 - Input and output characteristics.

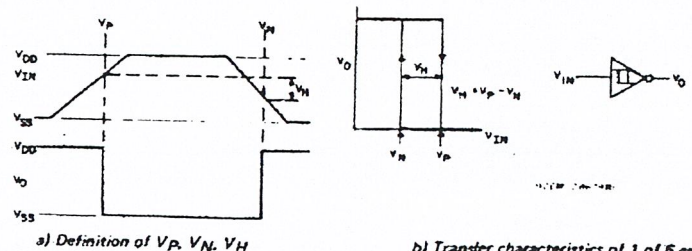


Fig. 6 - Hysteresis definition, characteristics, and test set-up.

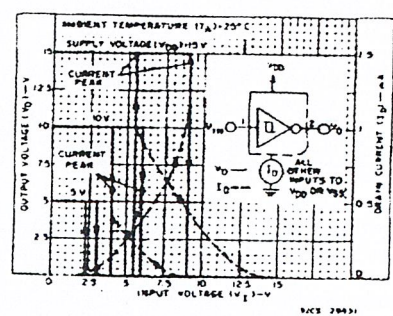


Fig. 8 - Typical current and voltage transfer characteristics.

COMMERCIAL CMOS