สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาเทคนิคการวัดระยะสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นอุลตราโซนิค

นาย วิกรานต์ จรทะผา
นาย สุรสิทธิ์ กาญสอาด
นางสาว เสาวณีย์ อารีย์พงศา

ปพ
ว495ก
2539
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....
b19671X

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Study of Obstacle Sensing Technique Using Ultrasonic Wave

Mr.Wigran Jontapa

Mr.Surasit Karnsaad

Miss.Saowanee Areepongsa

A Special Project Sumitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Appiled Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาเทคนิคการวัดระยะสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นอุลตราโซนิค
โดย	นายวิกรานต์ จรทะผา
	นายสุรสิทธิ์ กาญสอาด
	นางสาวเสาวณีย์ อารีย์พงศา
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ธีรวัฒน์ ประกอบผล
	ดร. รัชภาคย์ จิตต์อารี

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อนุมัติให้นับโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

.....หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

(รศ. สุรพล รักวิจัย)

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ธีรวัฒน์ ประกอบผล)

.....กรรมการ

(ดร. รัชภาคย์ จิตต์อารี)

.....กรรมการ

(ผศ. เครือวัลย์ ศีตะจิตต์)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร. เสน่ห์ เอกะวิภาต)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาเทคนิคการวัดระยะสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นอุลตราโซนิค
โดย	นายวิกรานต์ จรทะผา นายสุรสิทธิ์ กาญสอาด นางสาวเสาวณีย์ อารีย์พงศา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ธีรวัฒน์ ประกอบผล ดร.รัชภาคย์ จิตต์อารี
ปีการศึกษา	2539

บทคัดย่อ

โครงงานชุดนี้เป็นการศึกษาถึงการทำงานและนำมาประยุกต์ใช้ของตัวรับตัวส่งคลื่น อุลตราโซนิค , ตัวตรวจจับอินฟราเรดและไอซีเสียงพูด ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันเป็นเครื่องวัดระยะทางของสิ่งกีดขวางที่หยุดนิ่งและตรวจจับสิ่งกีดขวางที่มีการเคลื่อนไหว โดยแสดงผลออกมาในรูปของเสียงพูดได้ ซึ่งทั้งหมดจะเชื่อมต่อกันและทำงานได้โดยความควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเลือกใช้ตัว AT89C51 โดยส่วนของวงจรตัวรับส่งคลื่นอุลตราโซนิค จะทำการวัดระยะทางแล้วส่งผลเข้าตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลเรียกใช้งานตัวไอซีเสียงพูด และส่วนวงจรอินฟราเรด ก็ทำงานลักษณะเดียวกันแต่จะแสดงออกมาเป็นสัญญาณเสียงเตือนแทน ซึ่งผลของการทดลองที่ได้ออกมาจะค่อนข้างเป็นไปตามทฤษฎี เมื่อมีการนำไปลองวัดกับสิ่งกีดขวางที่มีลักษณะต่าง ๆ กัน ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ช่วยอำนวยความสะดวกในการเดินทางให้กับผู้พิการด้านสายตาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	A Study ObstacleSensingTechnique Using Ultrasonic Wave
Name	Mr.Wigran Jontapa
	Mr.Surasit Karnsad
	Miss.Soawanee Areepongsa
Special Project Adviser	Mr. Teerawat Prakorbpol
	Dr. Ratchapak Jittaree
Department	Applied Physics
Academic	1996

Abstract

This special project is study the receiver and transeiver of Ultrasonic , passive Infrared detector , talking IC and their applications. According to the study , their combination used as distance measuring device or moving object detector. Interestingly , the output of the device is designed to be verbally display. The main component in this device is the MCS-51 microcontroller. This component is choosen as a controller of several important function in the device including compiling data , controling talking IC and intialing voices. The experimental results distance from the study were very ensuring. Therfore , this device should be very beneficial especially for visually-impaired people.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่ายดังนี้

พ่อ แม่	ผู้ให้การดูแล , ความห่วงใย และ กำลังใจ
อ. ธีระวัฒน์ ประกอบผล	ผู้ให้คำแนะนำและให้ประสบการณ์ความรู้
ดร. รัชภาคย์ จิตอารีย์	ผู้ให้คำแนะนำและให้ประสบการณ์ความรู้
ผศ. วิชิต ศิริโชติ	ผู้ให้คำแนะนำและให้ประสบการณ์ความรู้
คุณเบดินทร์ ดำรงศักดิ์	ผู้ให้ความช่วยเหลือในหลายด้าน
คุณธนชัย เวชิรรารัตน์	ผู้เอื้อเฟื้อคอมพิวเตอร์ในการพิมพ์รายงาน
คุณวันชนะ ทองทั้งสาย	ผู้เอื้อเฟื้อเครื่องพิมพ์ในการพิมพ์รายงาน
ห้องปฏิบัติการออปโตอิเล็กทรอนิกส์	ผู้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำโครงงานพิเศษ
คณะกรรมการทุกท่าน	ที่กรุณาตรวจทานรายงานโครงงานพิเศษ
เพื่อนๆทุกคน	ผู้มีน้ำใจและห่วงใยกันมาตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญรูป.....ช
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำโครงงานพิเศษ.....1
1.3 วิธีดำเนินการ.....2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....2
บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้น.....3
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นอุลตราโซนิค.....3
2.1.1 หลักการเบื้องต้นของคลื่นอุลตราโซนิค.....3
2.1.2 ชนิดของคลื่นอุลตราโซนิค.....3
2.1.3 การเกิดคลื่นอุลตราโซนิค.....5
2.1.4 ปรากฏการณ์เปียโซอิเลคทริค.....5
2.1.5 ชนิดของเปียโซอิเลคทริคทรานสดิวเซอร์.....6
2.1.6 ส่วนประกอบของเปียโซอิเลคทริคทรานสดิวเซอร์.....7
2.1.7 งานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งตัวรับ.....9
2.1.8 สัญลักษณ์ทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ.....9
2.1.9 การบันทึกในหน่วยเดซิเบล.....10
2.1.10 การเบาบางของคลื่นอุลตราโซนิค.....12
2.1.11 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ.....13
2.1.12 ประโยชน์การใช้งานของคลื่นอุลตราโซนิค.....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับ MCS-51.....16
2.2.1 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051.....16
2.2.2 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน 8051.....18
2.2.3 โครงสร้างของ 8051.....20
2.2.4 การจัดการหน่วยความจำของ 8051.....23
2.2.5 สถาปัตยกรรมของ 8051.....25
2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับ ISD 2590 Single-Chip Voice Record/Playback
Devices 90 Second Durations.....36
2.3.1 ลักษณะโดยทั่วไป.....36
2.3.2 คุณสมบัติของ ISD 2590.....36
2.3.3 รายละเอียดของ ISD 2590.....38
2.3.4 รายละเอียดของขาสัญญาณของ ISD 2590.....39
2.3.5 โหมดการทำงาน.....43
2.3.6 การออกแบบ.....46

บทที่ 3 การออกแบบและการทำงานของวงจร.....48
3.1 การทำงานของวงจรวัดระยะทางโดยใช้อุลตราโซนิค.....48
3.2 การทำงานของวงจรตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรด.....53

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....56
บทที่ 5 บทสรุป.....60
ภาคผนวก
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง2.1 คุณสมบัติต่างๆของวัสดุ Piezoelectric.....7
ตาราง2.2 ช่วงอุณหภูมิของวัสดุ Piezoelectric.....8
ตาราง2.3.1 แสดงคุณลักษณะที่สำคัญของ ISD 2590.....36
ตาราง2.3.2 โหมดของการทำงาน.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการสั่นของอนุภาคระหว่างการเคลื่อนที่	4
รูปที่2.2 ก แสดงคุณสมบัติเปียโซอิเล็กทริค	5
รูปที่2.2 ข แสดงคุณสมบัติเปียโซอิเล็กทริค	6
รูปที่2.3 โครงสร้างภายในอุลตร้าโซนิคทรานซดิวเซอร์	8
รูปที่2.4 สัญญลักษณ์ของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์	10
รูปที่2.5 A Acpistocal Power Watts	11
รูปที่2.5B Acoustical Power Ratio in Watts	11
รูปที่2.6 แสดงหน่วยการทำงานพื้นฐานของ MCS-51	16
รูปที่2.7 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณของไอซี 8051	17
รูปที่2.8 การใช้คริสตอลภายนอกต่อกับวงจรออสซิลเลเตอร์	18
รูปที่2.9 แผนภาพเวลาพื้นฐานของ 8051	19
รูปที่2.10 ไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051	20
รูปที่2.11 ภาพเสมือนหน่วยความจำ	21
รูปที่2.12 แผนภูมิหน่วยความจำของ 8051	23
รูปที่2.13 สถาปัตยกรรมภายในของ 8051	25
รูปที่2.14 ไดอะแกรมขาของ 8051 แบบ DIP	26
รูปที่2.15 โครงสร้างของพอร์ท 0	27
รูปที่2.16 โครงสร้างของพอร์ท 1	29
รูปที่2.17 โครงสร้างของพอร์ท 2	30
รูปที่2.18 โครงสร้างของพอร์ท 3	30
รูปที่2.19 ค่าของรีจีสเตอร์เมื่อเกิดการรีเซท 8051	31
รูปที่2.20 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051	33
รูปที่2.21 8051 ที่ทำงานโดยสัญญาณที่ออกมาจากภายนอก	33
รูปที่2.22 แสดงบลอกไดอะแกรมของ ISD2590	37
รูปที่2.23 แสดงการจัดเรียงขาของ ISD2590	38
รูปที่2.24 แสดงลักษณะวงจรเสียงพูด	46
รูปที่3.1 วงจรวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค	52
รูปที่3.2 แสดงวงจรตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วย PIR	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางการวัดระยะทางยังเป็นส่วนที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางด้าน วิทยาศาสตร์และการใช้งานทั่วไป โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการวัดระยะสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นอุลตราโซนิคโดยการประยุกต์ทางด้านอิเลคทรอนิกและไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการใช้งานแก่ผู้พิการทางสายตาซึ่งเป็นผู้ด้อยโอกาสทางสังคมเพื่อช่วยให้ลดปัญหาการเกิดอุบัติเหตุในการเดินทาง เครื่องมือนี้จะสามารถบอกระยะสิ่งกีดขวางที่ปรากฏและสิ่งกีดขวางที่มีการเคลื่อนไหวโดยการส่งคลื่นอุลตราโซนิคและอินฟราเรดแล้วรับสัญญาณเข้ามาโดยผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลทางไอซีบันทึกเสียงแนวคิดดังกล่าวจึงเป็นที่มาของ "เครื่องมือวัดระยะสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตา (Distance Measuring Device for Visually - impaired people หรือ DM)" เพื่อให้เกิดประโยชน์และเป็นแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านอิเลคทรอนิกเพื่อผู้ด้อยโอกาสทางสังคมต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำโครงงานพิเศษ

- เพื่อศึกษาการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
- เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรการทำงานโดยใช้ประโยชน์จากคลื่นอุลตราโซนิค
- เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรการทำงานโดยใช้ประโยชน์จากรังสีอินฟราเรด
- เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรการทำงานของไอซีบันทึกเสียง ISD 2590
- เพื่อพัฒนาระบบการวัดระยะสิ่งกีดขวางให้มีประสิทธิภาพและสามารถนำมาใช้งานเพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้พิการทางสายตา
- เพื่อเรียนรู้การทำงานที่เป็นระบบ และรู้จักวิเคราะห์ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 วิธีการดำเนินงาน

- ศึกษาการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์
- ศึกษาทฤษฎีและคุณสมบัติของคลื่นอุลตราโซนิคและรังสีอินฟราเรด
- วางขอบเขตความสามารถของระบบอย่างคร่าวๆ
- ทำการต่อวงจรแต่ละส่วนและทดสอบการทำงานของวงจรแต่ละส่วนโดยวิธี Simple Hard -Wire
- เชื่อมต่อวงจรแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน และเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบการทำงานทีละขั้นตอนจนเสร็จสมบูรณ์
- ประกอบชิ้นงานให้เสร็จสมบูรณ์ พร้อมที่จะใช้งานได้จริง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- ทำให้เข้าใจคุณสมบัติของคลื่นอุลตราโซนิคและการนำมาใช้งาน
- ทำให้สามารถนำอาส่วนวงจรวัดระยะทางและตัวตรวจจับสิ่งกีดขวางมาประยุกต์ใช้ร่วมกับไอซีบันทึกเสียง
- ทำให้เข้าใจการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ทำให้รู้จักค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่างๆเพื่อเป็นแนวทางการแก้ปัญหา
- สามารถสร้างระบบการวัดระยะสิ่งกีดขวาง เพื่อช่วยลดอุบัติเหตุและอำนวยความสะดวกในการใช้งานแก่ผู้พิการทางสายตา
- รู้จักวิธีการทำงานอย่างมีระบบ การทำงานร่วมกับผู้อื่น การวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหาอย่างมีหลักการและเหตุผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นอุลตราโซนิค

2.1.1 หลักการเบื้องต้นของคลื่นอุลตราโซนิค

คลื่นอุลตราโซนิค (Ultrasonic Wave) เป็นคลื่นเสียงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล (Electrical-mechanical) ซึ่งมีความถี่สูงกว่าความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยินซึ่งอยู่ในย่าน 20 Hz ถึง 20 KHz แต่สัตว์บางชนิดสามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงถึง 50 KHz ดังนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นเสียงใด ๆ ที่ความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไปเป็นคลื่นอุลตราโซนิค

2.1.2 ชนิดของคลื่นอุลตราโซนิค

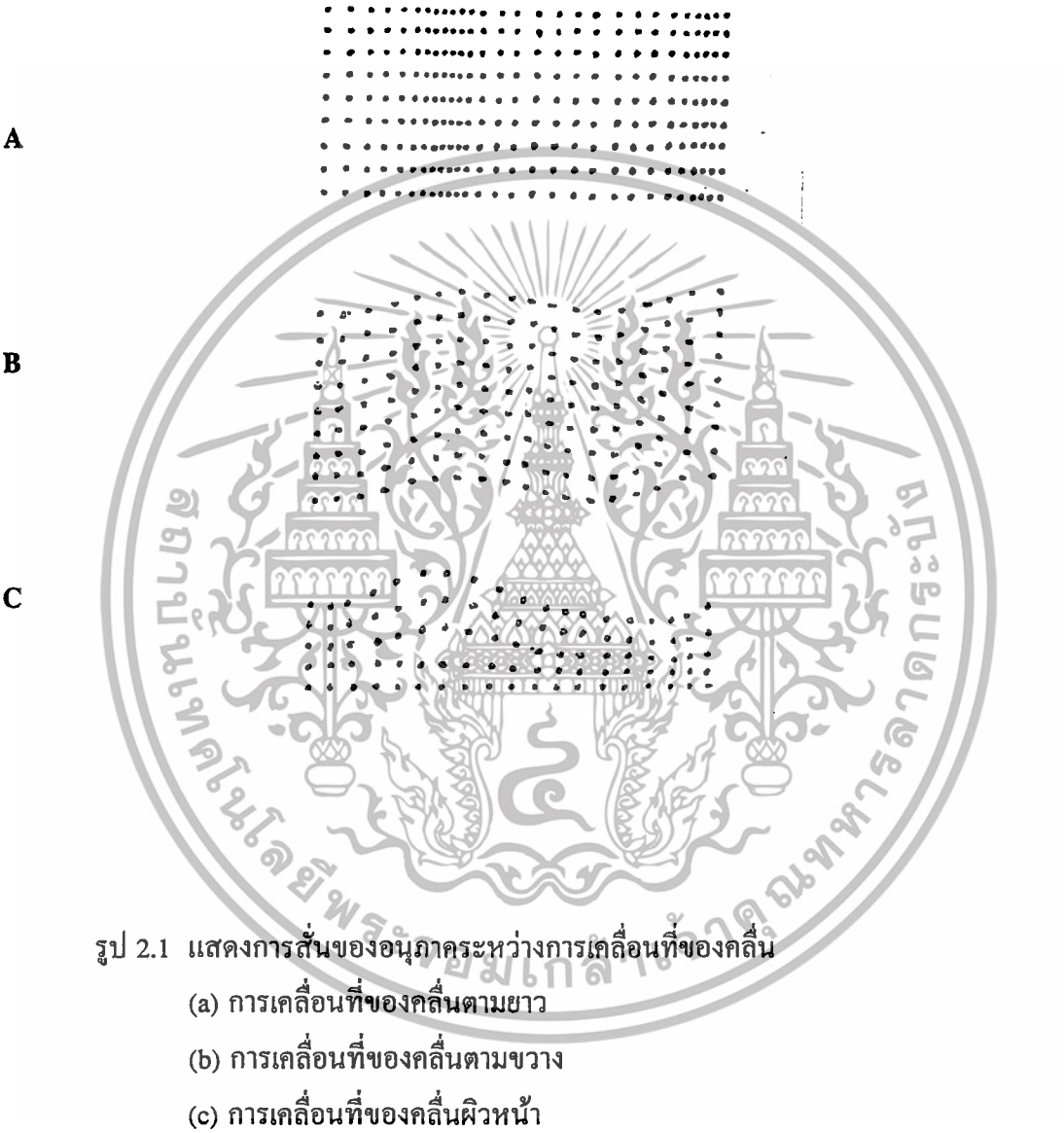
คลื่นอุลตราโซนิค ที่เดินทางผ่านตัวกลางต่าง ๆ มีหลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคในตัวกลางนั้น

คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือคลื่นชนิดหนึ่งซึ่งทุก ๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่รูป 1(a) แสดงการเคลื่อนที่ของอนุภาค จะเกิดขึ้นอย่างหนาแน่น และเบาบางสลับกันไป และจะเปลี่ยนแปลงไปเช่นนี้ในแต่ละปริมาตรของอนุภาค คลื่นตามยาวนี้สามารถเดินทางผ่านของแข็งของเหลวและแก๊ส โดยมากถ้ากล่าวถึงความเร็วของคลื่นเสียงแล้วจะหมายถึงความเร็วของคลื่นตามยาว ในการพิจารณาคลื่นตามยาวที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างๆ ได้นั้น ตัวกลางจะต้องมีขนาดใหญ่พอเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น

คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) คือคลื่นที่ทุก ๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นดังรูป1(b) คลื่นชนิดนี้จะเดินทางผ่านตัวกลางที่มีขนาดของตัวกลางใหญ่กว่าขนาดของความยาวคลื่น และสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็ง คลื่นชนิดนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวและแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นตามขวางมีลักษณะเสมือนการเกิดขั้วบวกและขั้วลบ ซึ่งเป็นเหตุผลว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นไปเพียงทิศทางเดียว เช่น ในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปต้นกำเนิดของคลื่นตามขวางเป็นพื้นหน้าเรียบของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอันเนื่องมาจากการแกว่ง



รูป 2.1 แสดงการสั่นของอนุภาคระหว่างการเคลื่อนที่ของคลื่น
(a) การเคลื่อนที่ของคลื่นตามยาว
(b) การเคลื่อนที่ของคลื่นตามขวาง
(c) การเคลื่อนที่ของคลื่นผิวหน้า

ความหนาแน่นของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลงโดยการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบตามขวาง ความเร็วของคลื่นชนิดนี้จะน้อยกว่าความเร็วของคลื่นชนิดตามยาว ในขณะที่เดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้นที่ความถี่เดียวกัน ความยาวคลื่นของคลื่นตามขวางจะน้อยกว่าของคลื่นตามยาวเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นผิวหน้า (Surface Waves or Rayleigh) คือคลื่นอีกชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายกับคลื่นตามขวาง จะต่างกันตรงที่ว่า การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของอนุภาคไม่เป็นเพียงในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่เพียงอย่างเดียว แต่มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับทิศทางของการเคลื่อนที่ด้วย จึงทำให้คลื่นเคลื่อนที่ไปตามระนาบในแนวนอน ด้วยเหตุนี้คลื่นจึงเดินทางผ่านไปเฉพาะบนผิวของตัวกลางเท่านั้น ตามรูป 1(c) แสดงการเคลื่อนที่ของคลื่นผิวหน้า

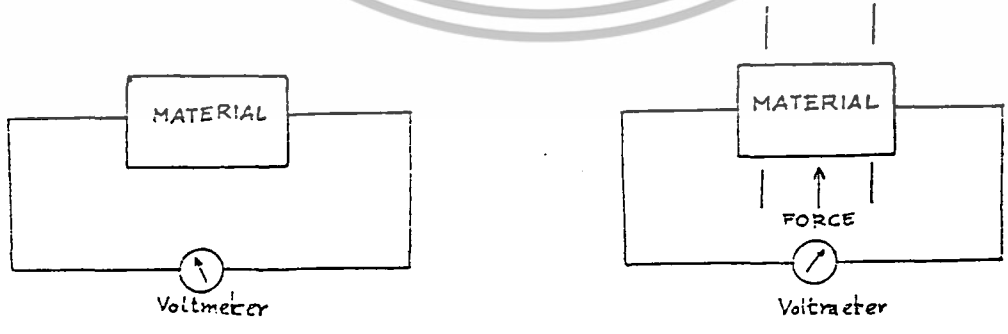
2.1.3 การเกิดคลื่นอุลตราโซนิค

คลื่นอุลตราโซนิคนี้สามารถสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งทรานสดิวเซอร์คืออุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานทางกล หรือพลังงานทางกลเป็นพลังงงานไฟฟ้า หลักการที่ใช้สร้างคลื่นอุตร้าโซนิคมีหลายวิธีด้วยกัน แต่ที่นิยมใช้กันมากได้แก่

1. แบบเปียโซอีเลคทริค (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ที่ค่าหนึ่ง
2. แบบแมกนีโตสตริคทีพ (Magnetrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่
3. แบบอีเลคโตรสตริคทีพ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกลแต่แบบแรกนิยมใช้กันมาก เพราะหาซื้อง่ายและมีราคาถูก ซึ่งจะขอกล่าวแต่เฉพาะแบบนี้เท่านั้น

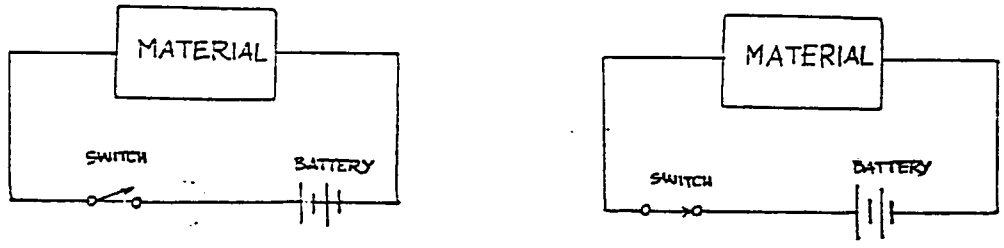
2.1.4 ปรากฏการณ์เปียโซอีเลคทริค

Piezoelectricity เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่งซึ่งทำให้พลังงานสามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้กล่าวคือเมื่อมีแรงมากระทำบนคริสตอล (Crystal) การแทนที่ (Displacement) ของคริสตอลจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้น ในทางกลับกันถ้ามีแรงดันไฟฟ้ามาป้อนให้กับคริสตอล คริสตอลก็จะเปลี่ยนรูปร่างไปจากเดิม



(ก) ผลิตแรงดันไฟฟ้าขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) รูปร่างเปลี่ยนแปลงไปเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้

รูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 แสดงถึงคุณสมบัติของเปียโซอีเลคทริค ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 mode คือ generation mode (รูป 2.2ก)ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานทางกลเป็นพลังงานไฟฟ้า และ motor mode (รูป 2.2ข) ใช้ในการเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานทางกล

ความสามารถในการแปลงพลังงานของวัสดุทั้ง 2 mode จะขึ้นอยู่กับค่าของสัมประสิทธิ์ของ electro-mechanical coupling (K) ของมันเองซึ่งหาได้จาก

$$K^2 = \frac{\text{พลังงานเชิงกลที่ถูกแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า}}{\text{พลังงานเชิงกลที่ป้อนให้}}$$

หรือ

$$K^2 = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ถูกแปลงเป็นพลังงานเชิงกล}}{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้}}$$

ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเปียโซอีเลคทริค ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน ส่วนตารางที่2.2 จะแสดงถึงขีดจำกัดของอุณหภูมิใช้งานของวัสดุเปียโซอีเลคทริค

วัสดุชนิดคริสตอลนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นทรานสดิวเซอร์ในการวัดระดับสูง ๆ วัดแรงดันชั่วขณะที่มีความถี่สูง โดยทั่วไปแล้วจะนิยมใช้ Quartz ที่ทำขึ้นมาเพราะมีความบริสุทธิ์กว่า Quartz ธรรมชาติ

2.1.5 ชนิดของเปียโซอีเลคทริคทรานสดิวเซอร์

เปียโซอีเลคทริคทรานสดิวเซอร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือแบบ generation-action transducer ใช้เป็นตัวรับ (receiver) โดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากระทำต่อวัสดุเปียโซอีเลคทริค และแบบ motor-action transducer ใช้เป็นตัวส่ง (transmitter) โดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุที่ทำให้เกิดคลื่นอุลตราโซนิคนั้นขึ้นอยู่กับ ขนาดความสูงและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ โดยทั้งสองกรณีนี้ค่าของแรงดันไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุเปียโซอีเลคทริคด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ส่วนประกอบของเปียโซอีเลคทริค

สารอย่างง่าย ๆ (basic element) ที่ใช้ทำทรานสดิวเซอร์ ได้แก่ ceramic crystal ชนิด barium titinate ceramic ถูกใช้เป็นตัวกำเนิดคลื่นอุลตราโซนิคที่มีความถี่อยู่ในย่าน 20-50 KHz รูปร่างทางเรขาคณิต (geometry) ของ ceramic crystal จะเป็นตัวควบคุมความถี่ของคลื่นอุลตราโซนิคที่ถูกสร้างขึ้น

ตาราง 2.1 คุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุ piezoelectric

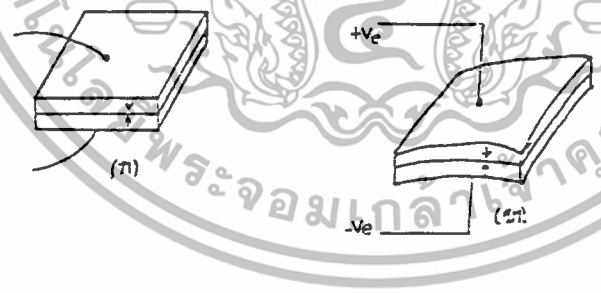
ชนิด	ดูลอมป์/นิวตัน	ความต้านทานต่อปริมาตรของวัสดุ	สัมประสิทธิ์ของการ coupling
Quartz	2.3×10^{-12}	1×10^{12}	10.5%
Tourmaline	1.9×10^{-12}	0.1×10^{12}	10%
Rochelle salts (ที่ 30 °C)	550×10^{-12}	10×10^{9}	76%
Ammonium Dihydrogen Phosphate	48×10^{-12}	0.1×10^{9}	32%
Lithium Sulphate	16×10^{-12}	10×10^{9}	38%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 ช่วงอุณหภูมิของวัสดุ piezoelectric

วัสดุ	ขีดจำกัดของอุณภูมิ
วัสดุธรรมชาติ	
Quartz	550
Ammonium Dihydrogen Phosphate	120
Rochelle Salts	45
วัสดุสังเคราะห์	
Barium Titanate Ceramic	100
Lead Titanate Zirconate (45/55)	300
Lead Metaniobate	500

เปียโซอีเลคทริคทรานสดิวเซอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะประกอบด้วย ชิ้นสารเซรามิคสี่เหลี่ยมซึ่งมีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้งสองหน้า เพื่อให้ต่อสายไฟออกมาเป็นขา 2 ขา ชิ้นสารเซรามิคนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิค 2 ชิ้นประกบกันอยู่ โดยวางให้ไดโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของมันมีทิศทางตรงกันข้ามดังแสดงเป็นลูกศร ในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 (ก) โครงสร้างภายในตัวอุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอีเลคทริคที่ใช้สารเซรามิค

(ข) เมื่อป้อนแรงดันให้แก่ตัวมัน จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอไปมาทำให้เกิดคลื่นอุลตราโซนิคชิ้นสารเซรามิคถูกยึดติดภายในตัวถังอย่างดีเพื่อไม่ให้การสั่นขณะทำงานอยู่ได้รับผลกระเทือนจากภายนอก ตัวถังมักจะเป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางและมีความสูงประมาณ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 2.5 ซ.ม. ด้านหน้าทำเป็นช่องเปิดมีตะแกรงติดอยู่เพื่อให้คลื่นอุลตราโซนิคเข้ามาหรือออกจากช่องเปิดได้โดยสะดวก ถ้าตัวถังทำมาจากโลหะก็ควรจะต่อตัวถังลงกราวนด์เพื่อทำหน้าที่ชีลด์ สำหรับบางยี่ห้อเขาจะต่อขาหนึ่งติดกับตัวถังมาให้เลย เมื่อพลิกดูขา 2 ขาที่โผล่ออกจากตัวถังจะเห็นมีขาหนึ่งติดมากับตัวถัง

2.1.7 งานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

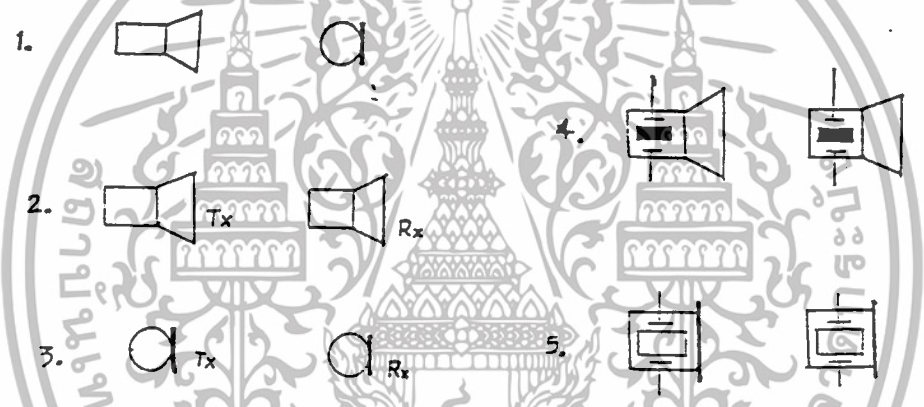
เมื่อเซรามิคได้รับสัญญาณแรงดันมาตกคร่อมดังรูปที่2.2ข จะทำให้ชิ้นสารเซรามิคโก่งงอทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นเสียงขึ้นมา ดังนั้นถ้าเราป้อนสัญญาไฟฟ้าเป็นห้วง ๆ (electrically pulsed) จากออสซิลเลเตอร์ก็จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอมากน้อยหรือในทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณไฟฟ้าจากออสซิลเลเตอร์ นั้นออกไป โดยทั่วไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะตกลงประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้ แต่กำลังเอาท์พุทจะสูงสุดที่ค่าโดยประมาณนี้ก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่ป้อนเข้าชิ้นสารเซรามิคตรงกับความถี่เรโซแนนซ์(ความถี่ที่ตัวมันทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด)ซึ่งเป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิคนั้น ๆ ส่วนที่ความถี่อื่น ๆ กำลังเอาท์พุทจะลดลงกว่านี้ส่วนการทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับมีการทำงานตรงกันข้ามกับตัวส่งคือเมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของชิ้นสารเซรามิคเข้ามาจะทำให้ชิ้นสารโก่งงอไปมาและเกิดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าขึ้นซึ่งมีขนาดเล็กคร่อมขั้วทั้งสองของตัวมันเอง ได้คุณสมบัติโดยทั่วไปของคลื่นอุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอีเลคทริคก็คือ มีความต้านทานไฟตรงสูงมากอาจสูงถึง 100 M เรียกว่าถ้าเอามัลติมิเตอร์ธรรมดามาตั้งสเกลวัดค่าความต้านทานสูง ๆ เข็มจะไม่กระดิกเลย แต่ในขณะที่มันทำงานความต้านทานไฟสลับจะลดลง

2.1.8 สัญญลักษณ์ทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

เนื่องจากตัวส่งถูกออกแบบเจาะจงให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่ตัวมันออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอุลตราโซนิค หน้าที่ของมันจึงคล้าย ๆ กับเป็นลำโพง ส่วนตัวรับถูกออกแบบเจาะจงให้แปลงคลื่นเสียงย่านอุลตราโซนิคที่มาตกกระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าที่ของตัวรับจึงคล้าย ๆ กับเป็นไมโครโฟน ด้วยเหตุนี้เวลาเขียนสัญญลักษณ์ของอุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์จึงนิยมเขียนตามหน้าที่ของมันคือ ถ้าเป็นตัวส่งก็เขียนสัญญลักษณ์เป็นลำโพง ถ้าเป็นตัวรับก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขียนสัญญักษณ์เป็นไมโครโฟน ดังแบบที่ 1 ในรูปที่ 2.3 แต่ก็มีหนังสือบางเล่มเขียนสัญญลักษณ์ของทั้งตัวรับและตัวส่งเป็นไมโครโฟนหรือลำโพงอย่างใดอย่างหนึ่งไปเลย ดังแบบที่ 2 และ 3 แต่เขียนตัวอักษรย่อว่า Tx (ย่อมาจาก Transmitter) และ Rx (ย่อมาจาก Receiver) กำกับอยู่ด้วยหรืออาจจะใช้คำพูดกำกับให้ชัดเจนลงไปเลย ที่เขาใช้สัญญลักษณ์เหมือนกันก็เพราะว่าหน้าตาของตัวรับและตัวส่งที่ออกแบบมาให้ใช้งานคู่กันจะมีหน้าตาเหมือนกันทุกกระเบียดนิ้ว แต่มีเบอร์บอกมาที่ด้านข้างให้รู่ว่าตัวใดเป็นตัวส่งและตัวรับ และมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันมากจนสามารถนำมาใช้งานแทนกันโดยตรงในหลายการใช้งาน บางเล่มก็เขียนรายละเอียดภายในตัวไมโครโฟนหรือลำโพงให้มีสัญญลักษณ์ของผลึกแร่ กำกับอยู่ด้วยดังแบบที่ 4 และ 5 ไม่ควรใช้อีกต่อไป เพราะว่าในปัจจุบันอุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอีเลคทริคไม่ได้จำกัดว่าสารที่ใช้จะต้องเป็นผลึกแร่ดังสมัยก่อน



รูปที่ 2.4 สัญญลักษณ์ของอุลตราโซนิคทรานสดิวเตอร์แบบต่าง ๆ

2.1.9 การบันทึกในหน่วยเดซิเบล

โดยทั่วไปขนาดหรือความเข้มของคลื่นอุลตราโซนิคที่ได้รับจากการสะท้อนออกจากตัวกลางที่เป็นพวกวัตถุต่าง จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 10,000-1 ในบางครั้งคลื่นที่ได้รับจากการสะท้อน อาจมีค่าประมาณ 1.0×10^6 เช่นในตัวกลางที่เป็นร่างกายมนุษย์

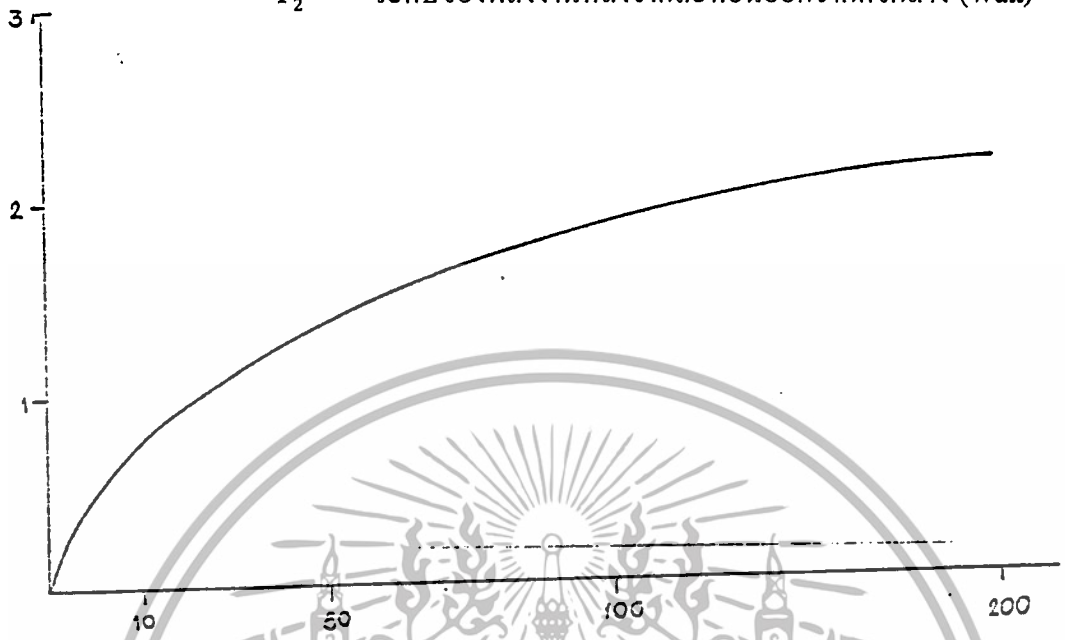
การวัดความดังของคลื่นเสียงวิธีที่สะดวก จะเขียนอยู่ในรูปของ Log_{10} ของอัตราส่วนของกำลังงานเสียง ซึ่งสะดวกกว่าในการที่จะใช้ Logarithmic Scale

$$\text{ความดัง (เบล)} = \text{Log}_{10} \text{ P 2/P}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

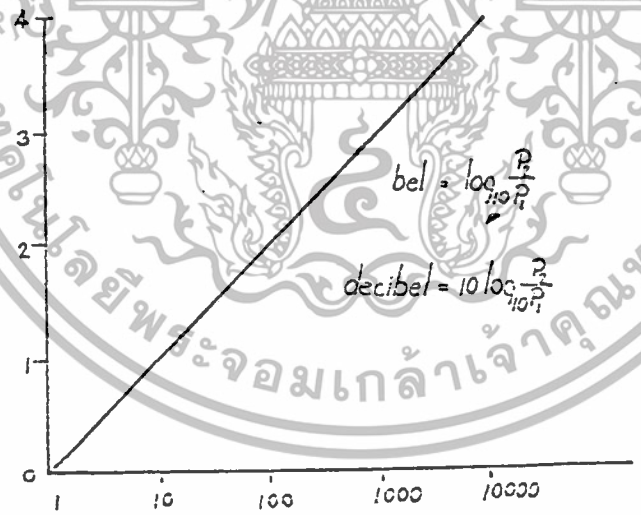
เมื่อ P_1 ระดับของพลังงานเมื่อส่งเข้าไปในตัวกลาง (Watt)

P_2 ระดับของพลังงานหลังจากสะท้อนออกจากตัวกลาง (Watt)



รูปที่ 2.5 A

Acpistocal Power Watts



รูป 2 .5 B

Acoustical Power Ratio in Watts

รูป 2.5A แสดงผลตอบสนองของการวัดความดังของคลื่น โดยใช้ Logarithmic Scale ซึ่งจะเห็นว่า ผบตอบสนองนั้น Nonlinear ส่วนรูป 2.5B แสดงผลตอบสนองของการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดังของคลื่นโดยใช้ Logarithmic ของฐาน10 ซึ่งจะเห็นว่าผลตอบสนองนั้น Linear ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวก หน่วยของความดังในตัวอย่างเรียกว่า เบล และ หน่วยที่เล็กลงไปอีกเรียกว่า เดซิเบล เราสามารถให้คำจำกัดความของ เดซิเบล ได้ว่า

$$\text{เดซิเบล (dB)} = 10 \log_{10} P_2 / P_1$$

ในทางอีเล็คทรอนิคส์ หน่วยที่วัดของกำลังไฟฟ้าให้คำจำกัดความไว้ว่า

$$P = E_2/R$$

เราสามารถเขียนในหน่วยของ เดซิเบล ได้

$$dB = 10 \log_{10} (E_2\ 2/R)/(E_1\ 2/R)$$

สมมติให้ ความต้านทานคงที่

$$dB = 10 \log E_2\ 2/E1\ 2 = 20 \log E_2/E1$$

ในอุลตราโซนิค E1 และ E2 เป็นโวล์เตจที่ป้อนให้แก่ทรานสดิวเซอร์ หรือเอาท์พุทโวลต์เตจจากทรานสดิวเซอร์ที่เป็นตัวรับ ทั้ง E1 และ E2 เป็นสัดส่วนกับความเข้มของเสียง

2.1.10 การเบาบางของคลื่นอุลตราโซนิค

ในขณะที่คลื่นอุลตราโซนิคเดินทางผ่านเข้าไปในตัวกลางพลังงานและความดันของคลื่นจะลดลงตามคุณสมบัติของตัวกลางนั้น สาเหตุที่ทำให้คลื่นอุลตราโซนิคเกิดการเบาบางลง (attenuation) นั้นเนื่องมาจาก

1. การถูกดูดกลืน ในขณะที่คลื่นเดินทางผ่านเข้าไปในตัวกลาง พลังงานหรือความเข้มของมันนี้จะถูกดูดกลืนโดยของไหล ของไหลเหล่านี้จะอยู่ตามช่องว่างระหว่างเซลของเนื้อเยื่อซึ่งประกอบไปด้วย Na+, K+, Ca+, Mg+, cl-, Phosphates, Glucose ฯลฯ พลังงานที่ถูกดูดกลืนนี้จะเปลี่ยนไปเป็นความร้อน ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการเบาบาง การเบาบางโดยการที่คลื่นถูกดูดกลืนนี้จะพบในตัวกลางทุกชนิด

2. การสะท้อน, การหักเห, Diffraction, Scattering ทั้งหมดนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิด loss ขึ้น ในตัวกลางชนิดเดียวกัน loss ที่เกิดขึ้นในคลื่นตกกระทบ (incidence wave) ส่วนมากจะพบในตัวกลางที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน(Non Homo Geneous)เช่นในเนื้อที่การเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ ความหนาแน่นในแต่ละส่วนจะแตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการScattering ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิด lossขึ้นในตัวกลางที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Specific Acoustic Impedance และดัชนีของการหักเหจะเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นผลทำให้เกิด loss ขึ้นด้วย จากที่กล่าวมาแล้วการเบาบางจะเขียนอยู่ในรูปของ exponential ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของตัวกลางและความถี่ของคลื่น ดังนั้น ความเข้มที่จุดหนึ่งที่ระยะทางหนึ่ง

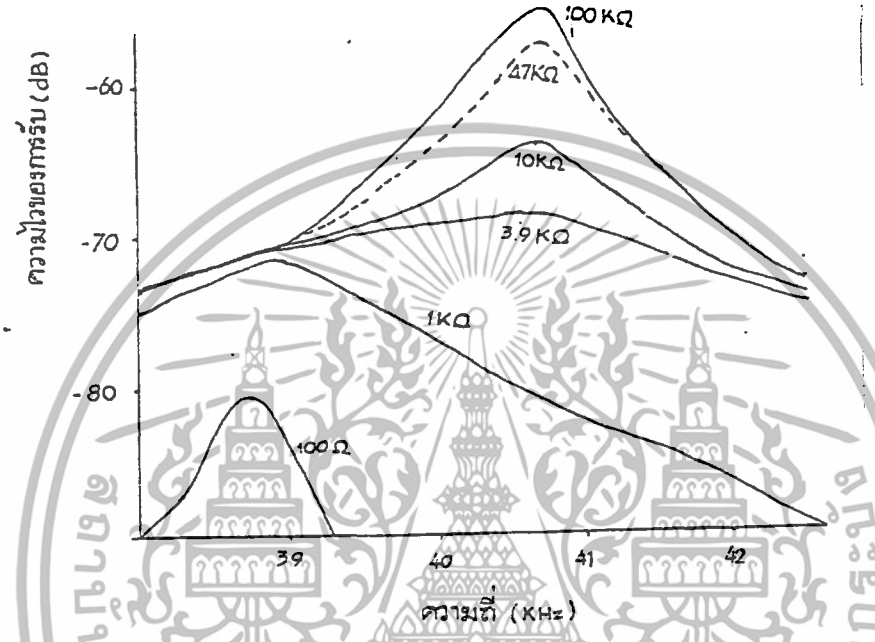
2.1.11 ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ

พอที่จะสรุปเป็นแนวทางการใช้งานได้ดังนี้

1. ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครงสร้างภายในมิให้เสียหาย
2. ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่เกิน20 Vrms ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ก็ควรอยู่ภายในขีดจำกัดอันนี้
3. ความถี่เรโซแนนซ์(ความถี่ที่ตัวมันทำงานอย่างมีประสิทธภาพสูงสุด)ของทรานสดิวเซอร์ 40 KHz ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะผิดพลาดไปไม่เกิด ± ± 1 KHz และมีแถบความถี่ (bandwidth) ประมาณ 4.5 KHz สำหรับตัวส่ง และมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 KHz สำหรับตัวรับ จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าของตัวส่งเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถจะรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้
4. อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง -20 ° C ถึง 60 ° C
5. ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 ° ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ30 ° ความไวหรือขนาดแรงดันที่ออกมาก็ลดลงไปประมาณ 10 dB ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้งจึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงเข้าหากันได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มากหน่อย เพราะคลื่นเสียงอุลตราโซนิคสามารถสะท้อนกับกำแพงพื้น และวัตถุที่อยู่ภายในห้อง ทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง
6. ในกรณีที่ใช้ตัวรับจะต้องมีตัวต้านทานต่อขนาดกับตัวรับเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานตัวนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วงจาก 10 K-Ohm - 100 K-Ohm จากการทดลองพบว่าถ้าเปลี่ยนโหลดจาก 100 K-Ohm มาเป็น 10 K-Ohm ความไวจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 10 ถึง 12 dB แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีก ความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่กลาง) จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณ รบกวนมาก ควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงสักหน่อย เพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบตัวอย่างการทดลองแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4

7. ตามปกติแล้วเราสามารถนำเอาตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ และตัวส่งหรือตัวรับของยี่ห้อใด รุ่นใด ก็สามารถใช้แทนกันได้ในงานส่วนใหญ่ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่เรโซแนนซ์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจต้องเปลี่ยนแปลงค่าตัวต้านทานสมมูลย์ทางด้านไฟสลับเพื่อให้ลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.12 ประโยชน์การใช้งานของคลื่นอุลตราโซนิค

คลื่นอุลตราโซนิคเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถเล็งคลื่นไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นั้น เช่นคลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศ จะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมาย คลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงที่ทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่น แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอุลตราโซนิคอย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มม.เท่านั้น ซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มาก ๆ คลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือ ที่เราเรียกว่า มีทิศทางนั่นเอง

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอุลตราโซนิคทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่นนำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยสังเกตุระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นกับการใช้งานเช่นถ้าคลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว

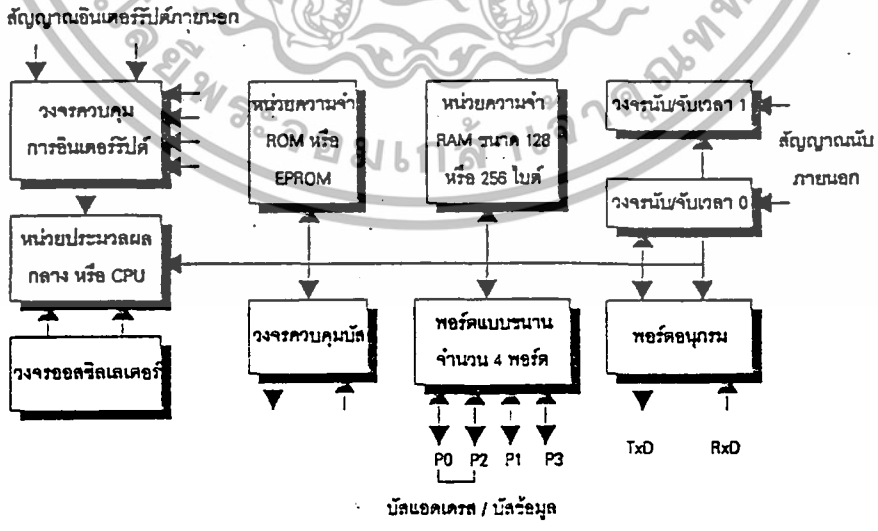
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับ MCS-51

2.2.1 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051

จากแผนภาพในรูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นถึงหน่วยการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆที่จัดอยู่ภายในตระกูล MCS-51 นี้ ประกอบด้วย

- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิท
- หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิท (Boolean Processer)
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบท์
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบท์
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบท์ แบบ EPROM (เบอร์ 8751) หรือแบบ ROM (เบอร์ 8051)
- หน่วยความจำแบบ RAM ภายในจำนวน 128 ไบท์
- พอร์ทอินพุท/เอาท์พุทแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ
- วงจรนับ/จับเวลาขนาด 16 บิท จำนวนสองวงจร
- วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบฟูลดูเพลกซ์ (Full Duplex)
- วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดระดับความสำคัญได้สองระดับ
- วงจรออสซิเลเตอร์ภายใน

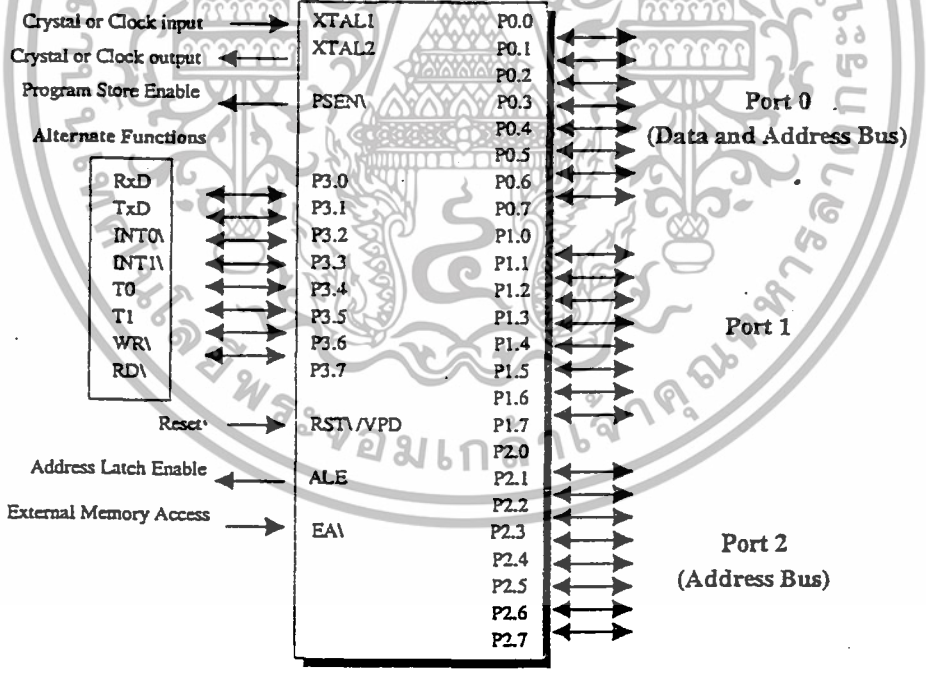


รูปที่ 2.6 แสดงภาพบลอกแสดงหน่วยการทำงานพื้นฐานของ MCS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ มักจะมีรูปร่างไอซีเป็นแบบ DIP ขนาด 40 ขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (ซึ่งเขียนกำกับไว้ว่า Alternate Fungtions ในรูปที่ 2.7) ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่นขาสัญญาณบิท 0 ของพอร์ท 3 (ใช้ตัวย่อเป็น P3.0) อาจใช้เป็นขาสัญญาณเอาท์พุท/อินพุทตามปกติ หรืออาจทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณอินพุทของข้อมูลสื่อสารแบบอนุกรม (RxD) ให้กับวงจรสื่อสารแบบอนุกรมของ 8051 ได้ ซึ่งการกำหนดว่าจะทำงานในลักษณะใดขึ้นอยู่กับการเชื่อมต่อวงจรเข้ากับขาสัญญาณและโปรแกรมควบคุมของระบบนั้น

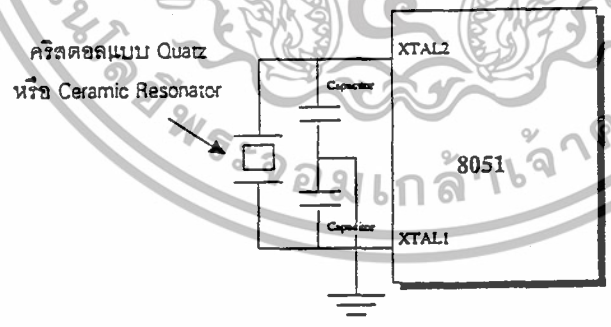


รูปที่ 2.7 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณของไอซี 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน 8051

8051 มีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายใน สำหรับการสร้างพัลส์ของสัญญาณนาฬิกา ซึ่งจะนำไปเป็นฐานเวลา หรือการกำหนดจังหวะการทำงานของหน่วยการทำงานทั้งหมดให้สอดคล้องกัน (Sinchronization) โดยปกติแล้วก็มักจะทำโดยการใช้คริสตอลเชื่อมต่อกั บขาสัญญาณ XTL1 และ XTL2 พร้อมตัวเก็บประจุดังรูปที่ 2.8 หรืออาจจะเป็นสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกก็ได้พัลส์ของความถี่ของสัญญาณนาฬิกาจะเรียกว่า Pulse (ใช้สัญญลักษณ์เป็นตัวอักษร P) และคาบของสัญญาณนาฬิกานี้เรียกว่า คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ (Oscilater period) คาบเวลาออสซิลเลเตอร์จำนวนสองคาบเรียกว่า State (ใช้สัญลักษณ์เป็นตัวอักษร S) ซึ่งจะนำไปใช้ในช่วงเวลาพื้นฐานการทำงานย่อยของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่นการนำคำสั่ง (Fetch) การถอดความหมาย (Decode) การประมวลผล (Execute) และการเขียนข้อมูล (Write) เป็นต้น ดังแสดงในรูป 2.9 ช่วงเวลาของ State จำนวนหกครั้ง จะเรียกว่า แมชชีนไซเคิล (Machine cycle)นั้น ค่าหนึ่งแมชชีนไซเคิลจะใช้เวลา 12 คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ ค่าแมชชีนไซเคิลนี้จัดว่าเป็นช่วงเวลาที่น้อยที่สุดในการทำคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง ซึ่งหากว่าเป็นคำสั่งที่ซับซ้อนมากจะต้องใช้เวลานานสองถึงสามแมชชีนไซเคิล



รูปที่ 2.8 แสดงการใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวนหาว่าเวลาที่ใช้ในการทำคำสั่งใดจนเสร็จสิ้น จะต้องดูว่าคำสั่งนั้นใช้จำนวนแมชชีนไซเคิลเป็นเท่าไหร่ในการประมวลผล เวลาที่ใช้จะคำนวนตามสูตร

$$T = \frac{C \times 12}{Crystal\ \ Frequency}$$

โดย C เป็นค่าจำนวนแมชชีนไซเคิลของคำสั่ง

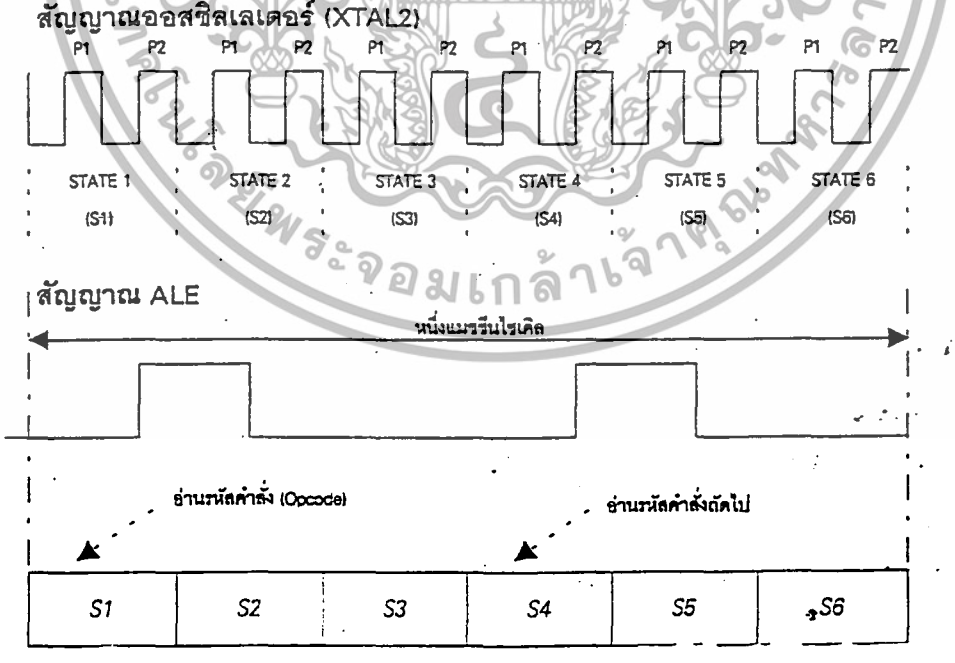
Crystal Frequency เป็นค่าความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับ 8051

ตัวอย่างเช่น

เวลาในการทำคำสั่ง ADD A,R1 ซึ่งต้องการ 3 แมชชีนไซเคิล

เมื่อใช้คริสตอล 16 เมกะเฮิร์ต จะเป็นเวลานาน 0.75 ไมโครวินาที และเมื่อใช้คริสตอล 12 เมกะเฮิร์ต จะเป็นเวลานาน 1 ไมโครวินาที

อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งอาจพบเห็นการใช้ค่าของคริสตอลเป็น 11.059 เมกะเฮิร์ต ทั้งนี้โดยมี เหตุผลเนื่องจาก สามารถนำค่าความถี่ที่ได้นี้ ไปใช้ในการเป็นฐานเวลาสำหรับการสร้างความถี่ในการรับ-ส่งข้อมูลอนุกรมซึ่งเป็นหน่วยการทำงานหนึ่งภายใน 8051 เอง โดยจะทำให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานคือ 19200, 9600, 4800, 2400, 1200, และ 300 บิท/วินาที

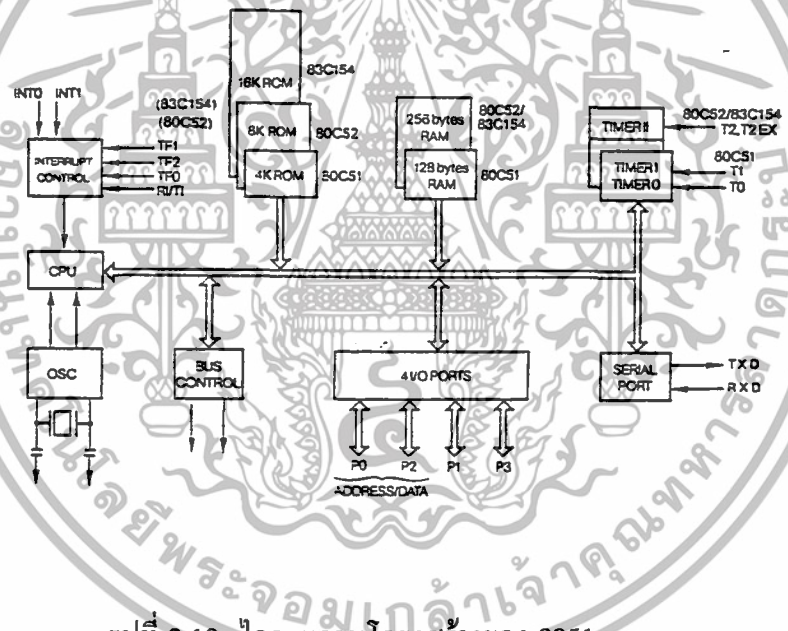


รูปที่ 2.9 แผนภาพเวลาพื้นฐานของ 8051 และลำดับของช่วงเวลา State ในการทำคำสั่งหนึ่งไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบด้วย GATE ต่างๆ เช่น AND,OR,NOT ซึ่ง GATE จะถูกนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่นวงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instruction Decoder), วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock Signal Generator) โครงสร้างภายในของ 8051จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังไดอะแกรมในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมโครงสร้างของ 8051

ไดอะแกรมในรูปที่ 2.10 เป็นโครงสร้างใหญ่ๆ ของ 8051 เป็นคอมพิวเตอร์จึงประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ

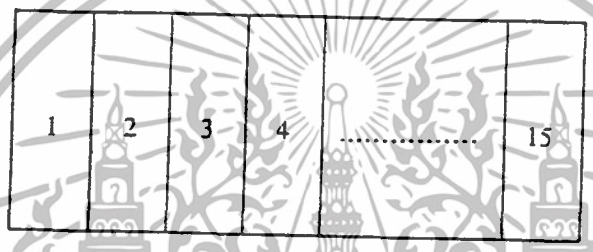
ส่วนที่ 1 คือ CPU (Central Processing Unit) หรือตัวประมวลผล ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่าวงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุม การสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วน CPU นี้จะทำการส่งสัญญาณโดยการถออดสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่ง (Instruction) ตามที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุกๆ ส่วนในวงจรทำงานประสานกัน (Synchronize)อย่างถูกต้อง

ใน CPU นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่าส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ส่วนนีจะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมุล เช่น การบวก,ลบ,คูณ หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 คือหน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ถ้าจะให้เห็นภาพของหน่วยความจำได้ดีก็คือ หน่วยความจำเปรียบเหมือนกล่องเก็บเอกสารจำนวนมากที่นำมาเรียงต่อกันไว้แต่ละกล่องก็มีเอกสาร 1 แผ่นดังรูปที่ 2.11 มีกล่องเอกสารทั้งหมด 15 กล่อง



รูปที่ 2.11 ภาพเสมือนหน่วยความจำ

ถ้าต้องการเอกสารจากกล่องใด หรือเอาเอกสารไปเก็บที่กล่องใด จะต้องรู้หมายเลขกล่องข้อมูลเสียก่อนซึ่งถ้าเป็นหน่วยความจำแล้วหมายเลขของกล่องก็คือตำแหน่งในหน่วยความจำหรือแอดเดรส (Address) นั่นเอง การเอาข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่าการเขียน (Write) ข้อมูล และการเอาข้อมูลออกจากหน่วยความจำจะเรียกว่าการอ่าน (Read) ข้อมูล ซึ่งในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะมีค่าได้เพียง 8 หลักของเลขฐาน2 (8 บิทเท่ากับ 1ไบท์) ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 255(00000000 ถึง 11111111 ในเลขฐาน 2) แต่จำนวนตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลได้ขึ้นกับไมโครโปรเซสเซอร์แต่ละเบอร์ การติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่มคือ

1. แอสเดรสหรือค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ใน 8051 จะติดต่อกับหน่วยความจำประเภท Program Memory หรือ Data Memory ได้สูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่ง ดังนั้นการอ้างอิงแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 64 × 1024 = 65536)

2. ข้อมูลที่จะอ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำที่ตำแหน่งในข้อ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล

สัญญาณเหล่านี้จะถูกวงจรควบคุมภายใน 8051 สร้างมาจากวงจรถอดรหัสของคำสั่งที่ 8051 อ่านจากหน่วยความจำ Program Memory เข้าไปทำงานนั่นเอง ในรูปที่ 2.10 หน่วยความจำได้แก่ 4K ROM และ 128 Byte RAM ซึ่งขนาดของหน่วยความจำนี้มีขนาดต่างๆกันตามเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะอธิบายโดยละเอียดในข้อ 1.2

ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท (Input/Output Device) เป็นส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ ดังแสดงในไดอะแกรมรูปที่ 2.10 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุทได้แก่ 4 I/O Port, Timer 0, Timer 1, Serial Port การทำงานแต่ละส่วนมีดังนี้

1. I/O Port คำว่าพอร์ทหมายถึงจุดที่จะติดต่อกับส่วนที่อยู่ภายนอก 4 I/O Port ของ 8051 เป็นที่ใช้สำหรับรับ-ส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัวMCS-51 พอร์ทมีทั้งหมด 4 พอร์ท โดยแต่ละพอร์ทจะรับ-ส่งข้อมูลได้ 8 บิท มีพอร์ท P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ทจะใช้ทำงานมากกว่า 1 อย่างก็ได้ เช่น พอร์ท P0 และ P2 จะใช้สำหรับการส่งค่าตำแหน่ง (Address) ของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อและพอร์ท P0 จะใช้รับส่ง ข้อมูลเมื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วยแต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันแต่จะใช้วิธีการทำงานตามลำดับโดยควบคุมจากสัญญาณควบคุม (Control) ที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั่นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับจากสัญญาณ นาฬิกาTimer 0 และ Timer 1 เป็นวงจรนับที่สามารถกำหนดให้ทำการนับที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาที่ต่อจากภายใน 8051 ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดย CPU
2. Serial Port หรือพอร์ทอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิท แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8051 เรียงไปทีละบิทออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลเข้าก็จะรับเข้ามาทีละบิททางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิท เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

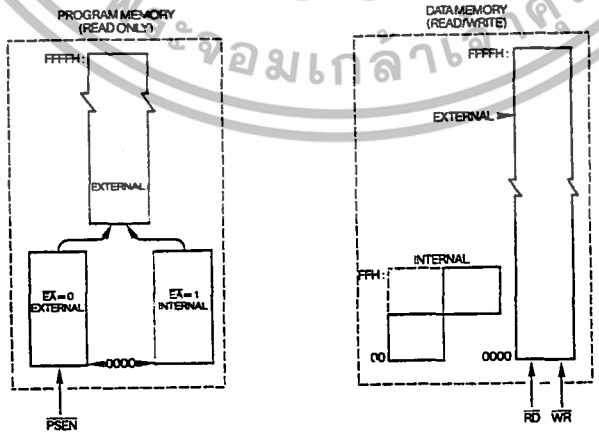
8051 มีพอร์ทให้ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆได้มากมาย การจะนำพอร์ทเหล่านี้ไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุมที่จะได้กล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 การจัดการหน่วยความจำของ 8051

หน่วยความจำของ 8051 แบ่งออกไว้เป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งานคือ

1. Program Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปรหัสภาษาเครื่อง (Machine Language) ซึ่งต้องการให้ 8051 ทำงาน เมื่อ 8051 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่นๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำแบบนี้จะต้องเป็นแบบ Read Only Memory (ROM) และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ (หน่วยความจำแบบ ROM เป็นแบบ Non volatite ซึ่งเมื่อปิดไฟแล้วข้อมูลก็ไม่มีการสูญหาย) การเขียนข้อมูลลงไปบน ROM จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษ ในระหว่างการทำงานของ 8051 ผู้ใช้จะไม่สามารถใช้คำสั่งทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบนี้ได้ จำนวนตำแหน่งสูงสุดของหน่วยความจำแบบนี้ที่ 8051 จะใช้งานได้คือ 65536 ตำแหน่ง ค่าของตำแหน่ง (Address) จะเขียนเป็นเลขฐาน 16 ได้ตั้งแต่ 0000H ถึง FFFFH หน่วยความจำตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH จำนวน 4 กิโลไบท์ นั้นผู้ใช้จะเลือกได้ว่าเป็นตำแหน่งของ ROM ที่อยู่ภายในหรือภายนอก 8051 (ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ เช่น 8052 จะมีขนาดของ ROM ส่วนนี้ได้ถึง 8 กิโลไบท์ ตำแหน่ง 0000H ถึง 1FFFH) ถ้าต้องการให้ 8051 ทำงานตามคำสั่งที่เก็บไว้ใน ROM ภายใน 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณสภาวะลอจิก High (1) เข้าที่ขา EA ของ 8051 แต่ถ้าต้องการให้ทำงานในโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ภายนอก 8051 ก็ให้ต่อลอจิก Low (0) เข้าที่ขา EA ของ 8051 ส่วนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 1FFFH ถึง FFFFH จะต้องต่ออยู่ภายนอก 8051 เสมอดังแสดงในแผนภูมิหน่วยความจำ (Memmory Map) ในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แผนภูมิหน่วยความจำของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Internal Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายใน 8051 ส่วน External Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายนอก 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031,8051 และ 8751 นั้น โดยโครงสร้างและรหัสคำสั่งจะเหมือนกันทุกประการแตกต่างกันที่

- 8031 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน ผู้ใช้จะต้องเลือกการใช้งาน Program Memory อยู่ภายนอกวงจรรวมทั้งหมด 64 กิโลไบท์
- 8051 จะมี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน ถ้าต้องการเก็บคำสั่งควบคุมการทำงานไว้ในหน่วยความจำส่วนนี้ จะต้องส่งโปรแกรมคำสั่งไปให้โรงงานผู้ผลิตทำการเขียนใส่ใน ROM ให้ตั้งแต่ในขั้นตอนของการผลิตวงจรรวม ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมได้เอง ถ้าจะนำมาใช้งานโดยเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำช่วง 4 กิโลไบท์แรกอยู่ภายนอกก็สามารถทำได้ โดยการต่อ ROM ไว้ภายนอก แล้วต่อขา EA ของ8051 ไว้กับสัญญาณที่มีสภาวะลอจิกเป็น 0
- 8751 จะมีหน่วยความจำขนาด 4 กิโลไบท์เป็นแบบ EPROM (Erasable Program Read Only Memory) อยู่ภายในวงจรรวมเอาไว้ ใช้เก็บโปรแกรมคำสั่งที่จะให้ 8751 ทำงาน ผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งลงไปใน EPROM ได้เอง โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องโปรแกรม EPROM(EPROM Programmer) และผู้ใช้สามารถแก้ไขโปรแกรมที่อยู่ใน EPROM ได้โดยล้างข้อมูลในทุกตำแหน่งของ EPROM ออกด้วยการฉายแสงอุลตร้าไวโอเลต (Ultraviolet) ผ่านกระจกใสบนวงจรรวมเข้าไปยังวงจรภายใน ตามเวลาที่กำหนดในคู่มือโดยเฉพาะ(Data Sheet) ของ 8751 จากนั้นก็ใช้เครื่องโปรแกรม EPROM เขียนโปรแกรมลงไปใหม่ 8751 นี้สะดวกมากสำหรับการพัฒนาโปรแกรม

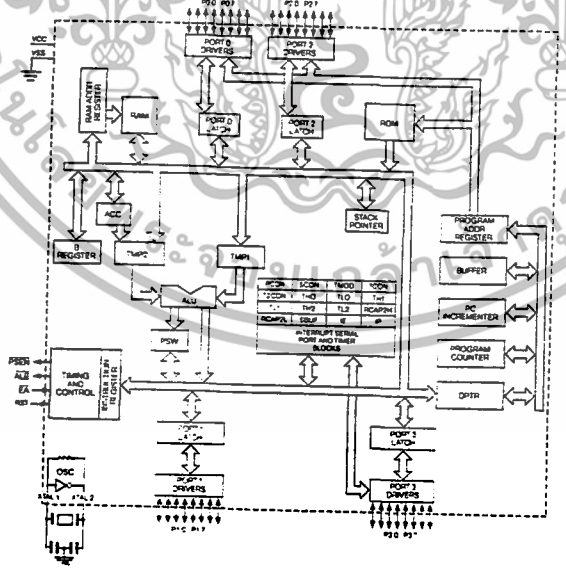
2. Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ 8051 จะใช้สำหรับพัก, เก็บข้อมูล แล้วเรียกมาใช้งานในระหว่างการทำงานของ 8051 การอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำจะกระทำโดยคำสั่งที่เก็บไว้ใน Program Memory หน่วยความจำแบบนี้เป็นประเภท Random Access Memory (RAM) ถ้ามีไฟเลี้ยงอยู่ข้อมูลที่เก็บไว้จะไม่มีการสูญหาย แต่ถ้าปิดเครื่องหรือไม่จ่ายไฟให้แก่ RAM แล้วข้อมูลต่างๆ ใน RAM จะสูญหายไป การสูญหายของข้อมูลไม่ได้หมายความว่าไม่มีอะไรอยู่เลยแต่เป็นการที่มีข้อมูลใหม่ซึ่งไม่ใช่ขอ้มูลที่เก็บไว้เดิมเข้ามาอยู่แทนที่ เช่นเดิมเก็บข้อมูล 18H ไว้ที่ตำแหน่ง 1900H เมื่อปิดไฟแล้วเปิดใหม่ ข้อมูลที่ตำแหน่ง 1900H จะไม่ใช่ 18H อาจเป็นค่าอะไรก็ได้ ซึ่งเรียกการเกิดลักษณะแบบนี้ว่าข้อมูลสูญหายไป หน่วยความจำแบบ Data Mamory ของ 8051 จะมีอยู่ 2ชุด ชุดหนึ่งอยู่ภายใน 8051 จำนวน 128 ไบท์ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH (เบอร์ 8052 จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

256ไบท์อยู่ที่ตำแหน่ง 00H ถึง FFH) และอีกชุดหนึ่งจะต้องต่ออยู่ที่ภายนอกวงจรรวม 8051 มีได้สูงสุด 65536 ไบท์ (64 กิโลไบท์) อยู่ที่ตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH ดังแสดง ในรูปที่2.12 หน่วยความจำแบบ Data Memory ภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง80H ถึง FFH นั้นไม่ได้มีอยู่ทุกตำแหน่ง จะมีเฉพาะบางตำแหน่งซึ่งเรียกหน่วยความจำบางตำแหน่งนี้ว่า Special Function Register (SFR) เพราะจะใช้หน่วยความจำเหล่านี้เฉพาะงานพิเศษเท่านั้น แต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำแบบ SFR นี้อาจเป็น RAM หรือวงจรนับ(Counter) วงจรตั้งเวลา (Timer) ก็ได้เช่นเป็น Timer 0, Timer 1 ดังนั้นใน 8051 จึงไม่ถือว่า SFR เป็น Data Memory ถ้าเป็น 8052 ซึ่งมี Data Memory ขนาด 256 ไบท์ จะใช้บางตำแหน่งของหน่วยความจำช่วงตำแหน่ง 80H ถึง FFH เป็น SFR ส่วนตำแหน่งอื่นที่เหลือก็เป็น RAM เหมือนกับหน่วยความจำช่วง 00H ถึง 7FH นั่นเอง

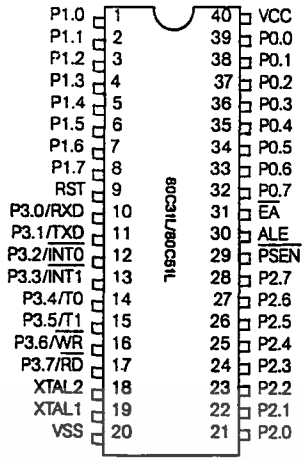
2.2.5 สถาปัตยกรรมของ 8051

ในบทที่ 2.2.4 ได้กล่าวถึงไดอะเกรมภายในของ 8051 อย่างกว้างๆ ซึ่งพอจะบอกได้โดยสังเขปว่าประกอบด้วยส่วนใหญ่ๆ อะไรบ้าง ในรูปที่ 2.13 เป็นสถาปัตยกรรมภายในของ 8051ซึ่งจะอธิบายถึงส่วนย่อยๆ ของภายใน 8051 เพียงชิพเดียว และสัญญาณจากภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขา (Pin) ของ 8051ที่มีอยู่ 40 ขา ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 สถาปัตยกรรมภายในของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ไดอะแกรมขาของ 8051 แบบ DIP

8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ Dual Inline Package (DIP) ซึ่งแต่ละข้างของ 8051 มีขาอยู่ข้างละ 20 ขารวมทั้งหมด 40 ขานั้นจะใช้งานต่างๆกันดังนี้

Vcc

ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลท์เข้าไปเพื่อให้วงจรรวมทำงานได้ ระดับโวลเตจของลอจิก 0 และ 1 ของ 8051 จึงต่อเข้ากับอุปกรณ์ลอจิกแบบ TTL ได้โดยตรง

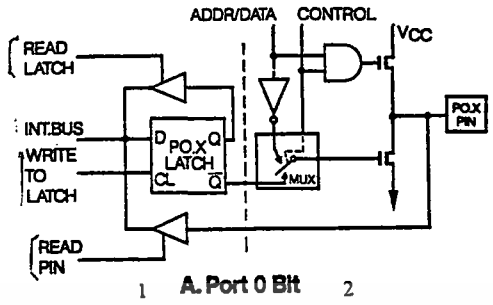
Vss

ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ (Ground) ของแหล่งจ่ายไฟ การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวด์ของอุปกรณ์เข้าด้วยกัน

Prot 0

เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิท อยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิท 0 ถึง 7 ตามลำดับดังในรูปที่ 1.6 แต่ละขาจะเขียนว่า P0.0, P0.1,....., P0.7 นั้น P0.7 หมายถึงบิท 7 ของพอร์ท 0 ซึ่งเป็นบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant) และ P0.0 คือบิท 0 ของพอร์ท 0 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant) พอร์ท 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับ-ส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้เป็นพอร์ทรับ-ส่งข้อมูลก็ได้ ข้อมูลที่ส่งออกทางพอร์ท 0 จะถูก Latch ไว้ที่ขาของพอร์ท โครงสร้างแต่ละบิทของพอร์ท 0 เป็นแบบ Open Drain Bidirectional ดังรูปที่ 1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของพอร์ท 0

ในรูปที่ 2.15 เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 2..13 ส่วนที่ 1 ของรูปที่ 2.15 ก็คือ Port 0 Latch ในรูปที่ 2.13 และส่วนที่ 2 ของรูป 2.15 ก็คือ Port 0 Driver ของรูปที่ 2.13 นั่นเอง

จากโครงสร้างในรูปที่ 2.15 เมื่อมีคำสั่งการเขียนข้อมูลมายังพอร์ท 0 ข้อมูลจาก Internal Data Bus จะถูก Latch ไว้ที่ D-FF โดยสัญญาณ " Write to Latch" ที่ถูกสร้างมาจากส่วน Timing and Control และในการอ่านข้อมูลจากพอร์ท 0 จะอ่านได้ 2 แบบคือการอ่านข้อมูลจะถูกส่งไปเก็บไว้ที่พอร์ทก็จะมีสัญญาณ Read Latch มาเพื่ออ่านข้อมูลจาก D-FF กลับเข้าไปยัง Internal Data Bus การอ่านข้อมูลอีกแบบก็คือการอ่านสภาวะของสัญญาณที่เข้ามาทางพอร์ท 0 ก็จะมีสัญญาณ Read Pin มาควบคุมการอ่าน พอร์ท 0 ก็จะใช้งานหลายอย่างดังนี้

1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อด้วย ตำแหน่งหน่วยความจำสูงสุดที่จะติดต่อได้ก็คือ 64 kbyte จึงมีค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 16 บิทของเลขฐาน 2 ค่าตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 8 บิทล่างจะถูกส่งออกไปทางพอร์ท 0 และ 8 บิทบนจะส่งออกไปทางพอร์ท 2
2. ใช้รับ-ส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
3. ใช้รับ-ส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทโดยตรง ในกรณีที่ไม่มีการใช้หน่วยความจำของ Program Memory หรือ Data Memory ภายนอก

วงจรภายในส่วน Timing and Control จะเป็นตัวสร้างสัญญาณมาควบคุมวงจรในรูปที่ 2.15 เพื่อให้การทำงานแต่ละอย่างข้างต้น เมื่อแต่ละบิทของพอร์ท 0 ทำงานตามข้อ 1 และ 2 ข้างต้น วงจร Timing and Control จะทำให้สภาวะลอจิกของขา Control เป็น 1 ซึ่งทำให้สวิทช์ MUX อยู่ในตำแหน่งข้างบน เมื่อพอร์ท 0 จะส่งข้อมูลซึ่งเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำหรือข้อมูลที่จะเขียนออกไปยังหน่วยความจำภายนอกก็จะส่งค่าดังกล่าวมายัง ADDR/DATA ถ้าข้อมูลที่ส่งมาเป็

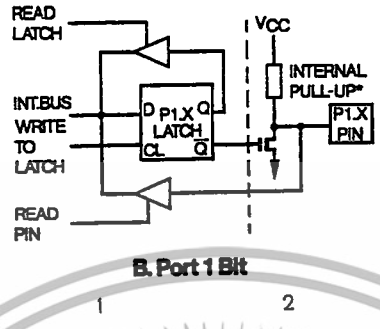
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 จะทำให้สัญญาณที่ออกมาจาก AND GATE เป็น 1 และสัญญาณที่ออกจาก Inverter เป็น 0 ดังนั้น FET ตัวบน ON (สภาวะ ON ของ FET คือความต้านทานระหว่างขา D และ S มีค่าต่ำมากเสมือนกับวงจรปิด) ส่วน FET ตัวล่าง OFF (สภาวะ OFF ของ FET คือความต้านทานระหว่างขา D และ S มีค่าสูงมากเสมือนกับเป็นวงจรเปิด) สภาวะลอจิกที่ขา P0.X PIN จะเป็น 1 แต่ถ้าข้อมูลที่ส่งออกมายัง ADD/DATA เป็น 0 ก็จะทำให้สัญญาณจาก AND GATE เป็น 0 และสัญญาณที่ออกจาก Inverter เป็น 1 ดังนั้น FET ตัวบนจะ OFF ส่วน FET ล่างจะ ON ทำให้สภาวะลอจิกที่ขา P0.X PIN จะเป็น 0 เมื่อ 8051 ต้องการใช้พอร์ท 0 ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก หรือใช้ทำงานในข้อ 3 ข้างบน ก็จะทำได้โดยวงจร Timing and Control ทำให้สภาวะลอจิกของสัญญาณ Control ในรูปเป็น 0 ทำให้เอาท์พุทจาก AND GATE เป็น 0 FET ตัวบนจะ OFF และสวิตซ์ MUX จะอยู่ในตำแหน่งข้างล่างดังนั้น FET ตัวล่างจะ ON หรือ OFF ก็แล้วแต่ข้อมูลที่ขา Q ของ D-FF เมื่อมีการเขียนข้อมูลจาก Internal Data Bus มายัง D-FF ก็จะมีสัญญาณ Write to Latch มายัง D-FF ด้วย ถ้าข้อมูลที่เขียนมาเป็น 1 ก็จะทำให้ขา Q มีสภาวะลอจิกเป็น 0 ทำให้ FET ตัวล่าง OFF ดังนั้นขา P0.X จะอยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูง (High Impedance) เพราะทั้ง 2 ตัว OFF แต่ถ้าข้อมูลที่เขียนมายัง D-FF เป็น 0 จะทำให้ FET ตัวล่าง ON แต่ตัวบน OFF ทำให้สภาวะลอจิกที่ขา P0.X เป็น 1 ดังนั้น PORT 0 เมื่อให้ทำงานเป็นพอร์ทส่งข้อมูล (ไม่ใช่ส่งตำแหน่งหน่วยความจำ) จะไม่สามารถแสดงสภาวะลอจิก 1 ได้จึงต้องต่อตัวต้านทาน Pull Up ไว้ภายนอก ระหว่างขา P0.X กับไฟเลี้ยงวงจรถ้าจะใช้พอร์ท 0 สำหรับรับข้อมูลเข้าไปยัง Internal Data Bus ต่อไปโดยคำสั่งอ่านสภาวะลอจิกทางพอร์ท 0 ก็จะทำให้วงจร Timing and Control สร้างสัญญาณ Read Pin สำหรับการอ่านสภาวะลอจิกข้างต้นถ้าไม่เขียน 1 มาเก็บไว้ยัง D-FF ก่อนที่จะอ่านข้อมูลแล้วอาจมีข้อมูลค้างอยู่ที่ D-FF ทำให้ Q เป็น 0 และ Q เป็น 1 ซึ่งทำให้ FET ตัวล่าง ON สัญญาณที่ต่อเข้ามาที่ขา P0.X ไม่ว่าจะมีสภาวะลอจิกใดจะถูกลงกราวด์ ดังนั้นเมื่ออ่านข้อมูลเข้าไปจะพบว่าเป็น 0 เสมอ ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกนั้นวงจร Timing and Control ก็จะเขียนข้อมูลมายัง D-FF ให้มีลอจิกเป็น 1 และสร้างสัญญาณ Control ให้มีลอจิกเป็น 0 ก่อนจะอ่านข้อมูลเข้าไปด้วย

Port 1

เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิท ในรูปที่ 2.14 คือขา P1.0 ถึง P1.7 (ขา 1-8) P1.0 หมายถึงบิท 0 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นบิท Least Significant Bit และบิท P1.7 หมายถึงบิทที่ 7 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นบิท Most Significant Bit โครงสร้างพอร์ท 1 แต่ละบิทดังแสดงในรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 โครงสร้างของพอร์ท 1

ส่วนที่ 1 คือ Port 1 Latch ในรูปที่ 1.5 ซึ่งจะมีการทำงานเหมือนส่วนที่ 1 ของพอร์ท 0 ในรูปที่ 1.7 ส่วนที่ 2 คือ Port 1 Driver ในรูปที่ 1.5 Port 1 Driver นี้จะมีตัวต้านทานต่ออยู่เป็น Internal Pull Up พอร์ท 1 นี้จะใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับ-ส่งข้อมูลเท่านั้นที่ส่งออกมาทางพอร์ท 1 จะถูก Latch ไว้แล้วส่งออกไปทางแต่ละขา ก่อนที่จะอ่านข้อมูลเข้าไปทางพอร์ท 1 จะต้องเขียน 1 ไปยังทุกบิทของพอร์ท 1 เสียก่อนเพื่อให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF ก่อน มิฉะนั้นถ้ามีข้อมูล 0 ส่งออกมาค้างอยู่ที่ D-FF จะทำให้ FET อยู่ในสภาวะ ON ดังนั้นถ้าสัญญาณภายนอกส่งออกมาที่ขานี้จะถูกลัดวงจรลงกราวด์ โดยไม่สนใจว่าสภาวะลอจิกของสัญญาณที่เข้ามาว่าเป็นอะไร ข้อมูลที่อ่านเข้าไปจึงจะเป็น 0 เสมอ

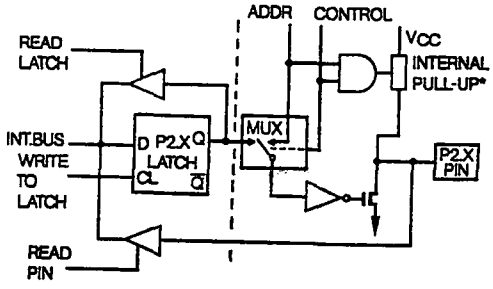
Port 2

พอร์ทขนานขนด 8 บิท คือขา P2.0 ถึง P2.7 (บิท 0 ถึงบิท 7 ของพอร์ท 2) ในรูปที่ 2.14 โครงสร้างของพอร์ท 2 แต่ละบิทจะมีดังรูปที่ 2.17

ลักษณะโครงสร้างจะเหมือนกับพอร์ท 0 แตกต่างกันที่พอร์ท 2 นั้นภาค Driver จะใช้งานเพียงสองลักษณะคือ

1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อ ค่าตำแหน่งนี้เป็น 8 บิทบนของค่าตำแหน่ง
2. ใช้เป็นพอร์ทรับข้อมูลกับภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

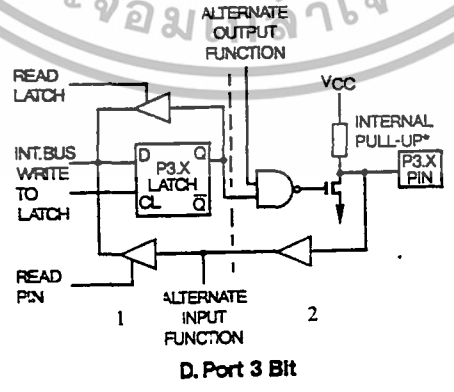


รูปที่ 2.17 โครงสร้างของพอร์ท 2

ดังนั้นภาค Driver ของพอร์ท 2 จึงแตกต่างกับ Driver ของพอร์ท 0 โดยที่ในพอร์ท 2 นั้นจะมีเฉพาะ ADDR (ตำแหน่งหน่วยความจำ) เข้ามาที่ MUX (Multiplexer) เท่านั้น นอกนั้นแล้วการทำงานจะเหมือนกันและที่เอาท์พุทของพอร์ท 2 จะมี Internal Pull-Up ซึ่งเป็นตัวต้านทานและจะทำให้เอาท์พุทของพอร์ท 2 แสดงสถานะลอจิกเป็น 1 ได้ ถ้า FET อยู่ในสภาวะ OFF บางครั้งเรียกว่า "Quasi-bidirectional" เมื่อใช้เป็นพอร์ทอินพุทก็สามารถทำได้โดยการต่อสัญญาณภายนอกเข้ามาโดยตรง ถ้าสัญญาณภายนอกเป็น 0 ก็จะมีกระแสไหลออกจากพอร์ท (Source Current) ในการที่จะใช้พอร์ทนี้เป็นพอร์ทรับข้อมูลเข้า จะต้องเขียน 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ทเสียก่อน

Port 3

คือขา P3.0 ถึง P3.7 หรือขา 10-17 ตามลำดับในรูปที่ 2.14 พอร์ทนี้จะมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.18ส่วนที่หนึ่ง ในรูปที่ 2.18 เป็นส่วน Latch ข้อมูลที่เขียนมายังพอร์ท 3 ทาง Internal Bus เหมือนกับพอร์ทอื่นๆและพอร์ท 3จะมี Internal Pull Up อยู่ทุกบิท แต่พอร์ท 3 นี้แต่ละบิทจะใช้ในการทำงานอื่นได้โดยใช้คำสั่งในการควบคุมการทำงาน ในส่วนที่สอง จะมีสัญญาณ Alternative Output Function ที่สร้างมาจากส่วน Timing and Control สัญญาณ Alternative Output Function เป็นสัญญาณที่ส่งออกในกรณีที่ใช้พอร์ท 3 ทำงานในฟังก์ชันอื่น และจุด Alternative Input Function เป็นจุดที่จะเอาสัญญาณไปเข้ากับส่วนอื่นตามการทำงานของบิทนั้น แต่ละบิทของพอร์ท3 จะมีฟังก์ชันอื่นดังนี้



รูปที่ 2.18 โครงสร้างของพอร์ท 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/INTO (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/INT1 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/TO (Timer/Couter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/ Couter 0 ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ T0

P3.5/T1 (Timer/Couter 1 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยัง Timer/Couter 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับ T0

P3.6/WR (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูล
ไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

P3.7/RD (External Data Memory Read Strob) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูล

RST

ขารีเซทขานี้จะใช้ทำการรีเซทการทำงานของ 8051 ที่ขา RST ภายใน 8051 จะมีตัวต้านทานระหว่างขานี้กับกราวด์ (Ground) ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 เข้าไปที่ขานี้จะเป็นการรีเซทการทำงานของ 8051 ดังนั้นจึงสามารถต่อตัวเก็บประจุ (Capacitor) ภายนอกระหว่างขา RST กับไฟเลี้ยง +5 โวลท์เพื่อให้เกิดการรีเซทเมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ 8051 ซึ่งเรียกว่า Power on reset การรีเซทจะทำให้ค่ารีจิสเตอร์ต่างๆเปลี่ยนไปเป็นค่าหนึ่งดังในตารางรูปที่ 2.19

REGISTER	CONTENT
PC	0000H
ACC	00H
B	00H
PSW	00H
SP	00H
DPTR	0000H
P0-P3	0FFH
IP	00H
IE	0X000000B
TMOD	00H
TCON	00H
T2CON	00H
THO	00H
TLO	00H
TH1	00H
TL1	00H
TH2	00H
TL2	00H
RCAP2H	00H
RCAP2L	00H
SCON	00H
SBUF	Indeterminate
IOCON	00H

รูปที่ 2.19 ค่าของรีจิสเตอร์เมื่อเกิดการรีเซท 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางรูปที่ 1.11 ช่องทางขวาเป็นค่าของรีจีสเตอร์ที่อยู่ทางซ้ายเมื่อสิ้นสุดการรีเซท ในรีจีสเตอร์ SBUF เมื่อสิ้นสุดการรีเซทจะมีค่าที่ไม่แน่นอน และพอร์ทอยู่ในสภาวะลอจิก 1 ทุกบิท ตลอดเวลาที่สัญญาณของขา RST เป็น HIGH อยู่

เมื่อสัญญาณที่ขา RST กลับเป็น 0 ก็จะออกจากการรีเซท 8051 จะเริ่มทำงานจากคำสั่งที่อยู่ใน Program memory ตำแหน่ง 0000H เพราะค่าของรีจีสเตอร์ PC (Program Counter) ซึ่งใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่จะทำงานถูกเปลี่ยนให้เป็น 0000H ดังนั้นผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมมาเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 0000H ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบบอร์ดเดี่ยว (Single Bord Microcomputer) จะมีโปรแกรมที่เขียนเก็บไว้เริ่มจากตำแหน่ง 0000H นี้เรียกว่ามอนิเตอร์โปรแกรม (Morniter program) ที่จะคอยรับการกดแป้นพิมพ์ (Keyboard) และแสดงผลทางตัวแสดงผล (Display) แบบ 7 Segment

ALE

Address Latch Enable ขานี้จะส่งสัญญาณที่มีความถี่ 1/6 เท่าของสัญญาณนาฬิกาจากออสซิลเลเตอร์สัญญาณนี้จะถูกส่งออกมาตลอดเวลายกเว้นบางครั้งการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051 สัญญาณนี้จะใช้กับการต่ออุปกรณ์ภายนอก 8051 ว่าขณะนี้สัญญาณนี้ Active (เป็นลอจิก 1) จะมีการส่งข้อมูลที่เป็น 8 บิทล่างของตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกของ 8051 ที่ต้องการส่งออกไปทางพอร์ท 0 อุปกรณ์ภายนอกจะใช้สัญญาณภายนอกในการ Latch ข้อมูลไว้เพราะพอร์ท 0 จะส่งค่าตำแหน่งของหน่วยความจำเพียงชั่วขณะเท่านั้น ซึ่งในเวลาต่อมาพอร์ท 0 จะใช้รับ-ส่งข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอก สัญญาณ ALE จะสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

PSEN

Program Store Enable เป็นขาที่ 29 ในรูปที่ 1.6 ขาปกติจะให้ลอจิก 1 แต่จะลอจิก 0 เมื่อต้องการอ่านคำสั่ง (Fetch Instruction) ที่จะนำไปทำงานมาจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก 8051 ในกรณีที่อ่านคำสั่งซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายใน 8051 แล้ว สัญญาณนี้จะไม่เปลี่ยนลอจิกเป็น 0 ขา PSEN นี้สามารถต่อไปยังขาอินพุทของ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

EA

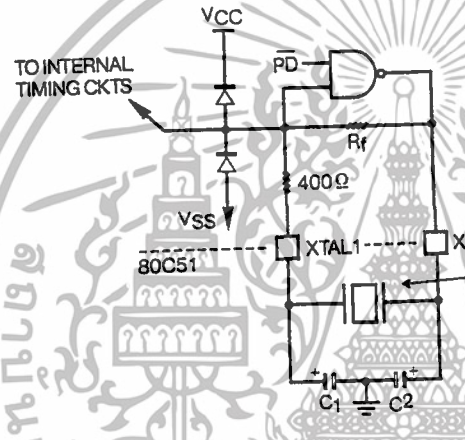
External Access ขา 31 ของรูปที่ 1.6 ขานี้เป็นขาอินพุทที่ต่อเข้าไปยังวงจร Timing and Control ในรูปที่ 2.13 เพื่อควบคุมการสร้างสัญญาณ PSEN ถ้าป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ขา EA นี้แสดงว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH ที่ต้องการให้ทำงานเก็บไว้ภายนอก 8051 จะต้องสร้างสัญญาณ PSEN ออกไปยังนอก เพื่อทำทำการ FETCH คำสั่งเข้ามาทำงาน แต่ถ้าสัญญาณที่ป้อนให้ขา EA เป็น 1 หมายความว่าโปรแกรมในตำปแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH ถูกเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ภายใน 8051 การทำงานในตำแหน่งหน่วยความจำในช่วงนี้จะอ่านคำสั่งต่างๆจาก ROM ภายใน 8051

XTAL1

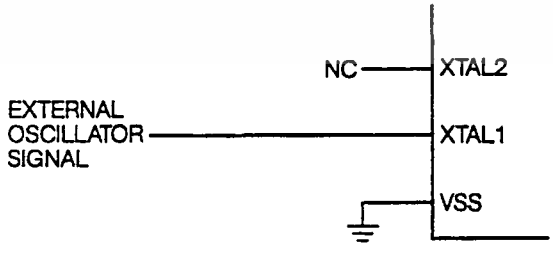
ขาที่ 19 ของรูปที่ 2.14 ขานี้จะต่อเข้ากับขาของ Inverting Amplifier (วงจรขยายแบบป้อนกลับเฟสสัญญาณ) ที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ ในรูปที่ 2.20 จะเห็นวงจรภายในของออสซิลเลเตอร์ NAND Gate จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสของสัญญาณที่จะควบคุมให้มีการออสซิลเลตหรือไม่ก็ขึ้นกับสัญญาณ PD ซึ่งต่อมาจากบิท PD ของรีจีสเตอร์ PCON ถ้าต้องการให้สัญญาณนาฬิกา (Clock Signal) จากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกา ควบคุมการทำงานของ 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณเข้ามาที่จุดนี้แต่ถ้าต้องการใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ภายในก็ให้ต่อคริสตอลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ดังรูปที่ 2.20 คาปาซิเตอร์ในวงจรควรมีค่าประมาณ 20 PF



รูปที่ 2.20 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน 8051

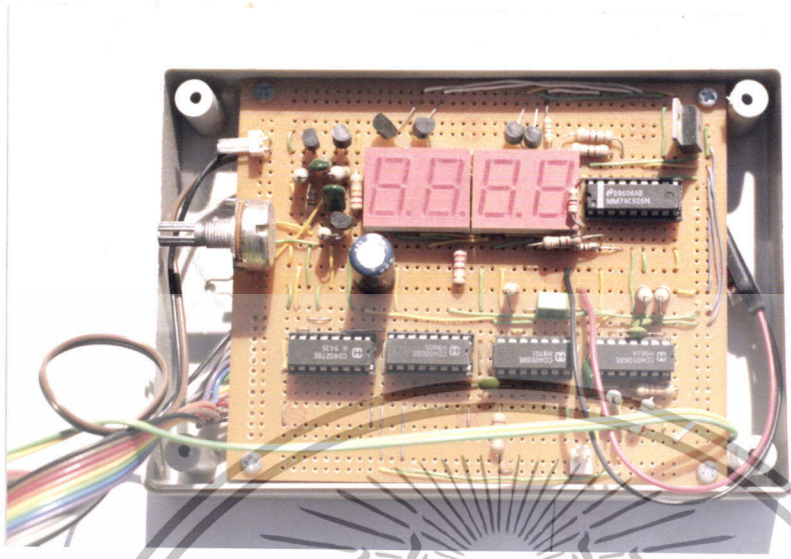
XTAL2

ขาที่ 18 ของรูปที่ 2.14 ขานี้เป็นเอาท์พุทของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ (อินพุทคือขา XTAL1) ถ้าจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาของ 8051 แล้ว ให้ปล่อยขานี้ลอยไว้แล้วป้อนสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้ามาที่ขา XTAL1 ดังรูปที่ 2.21

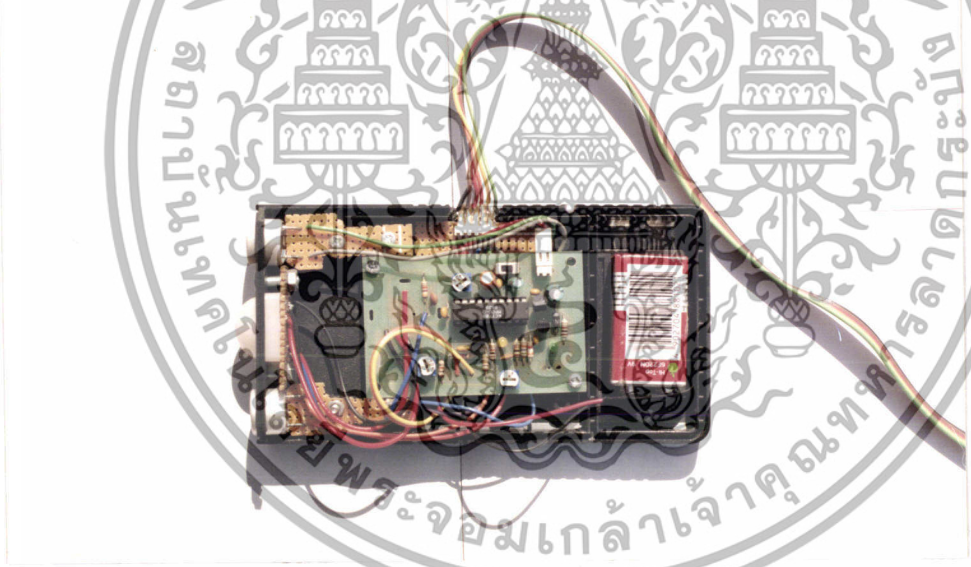


รูปที่ 2.21 8051 ที่ทำงานโดยสัญญาณที่ออกมาจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

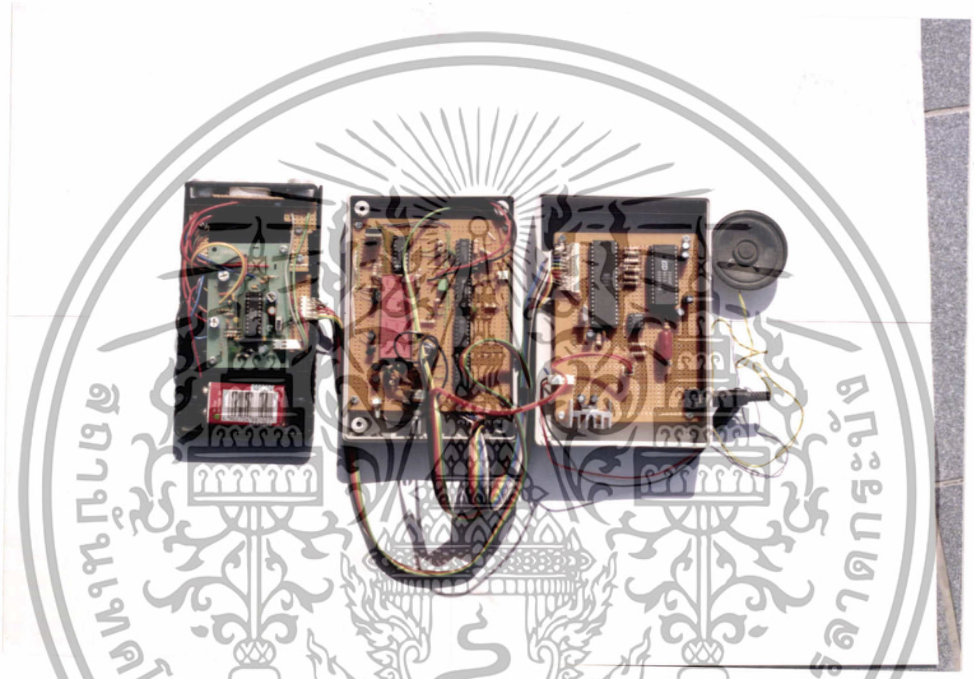


รูปแสดง เครื่องวัดระยะสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นอุลตราโซนิค



รูปแสดง เครื่องตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วย PIR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง เครื่องมือวัดสิ่งกีดขวางสำหรับผู้พิการทางสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับ ISD2590 Single-Chip Voice Record/Playback Devices 90-Second Durations

2.3.1 ลักษณะโดยทั่วไป

ไอซีเก็บข้อมูลเบอร์ ISD2590 เป็นชิพเดี่ยวที่มีคุณสมบัติในการบันทึก และการเล่นกลับข้อมูลเป็นเวลา90วินาที จัดเป็นสิ่งประดิษฐ์ประเภท CMOS ที่ประกอบด้วยออสซิลเลเตอร์ในตัว, ตัวขยายสัญญาณเสียงพูด (microphone preamplifier), ตัวควบคุมการปรับอัตราขยายอัตโนมัติ (automatic gain control), แอนเทียลไลซิง ฟิลเตอร์ (antialising filter), สมูทติง ฟิลเตอร์ (smoothing filter) และตัวขยายสัญญาณจากลำโพง (speaker amplifier) นอกจากนี้ ISD2590 ยังสามารถใช้ร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ในการเก็บข้อมูลได้หลาย ๆ ข้อมูล และสามารถนำข้อมูลออกมาได้โดยการอ้างแอดเดรสในการบันทึกข้อมูลนั้น

ข้อมูลจะถูกเก็บในหน่วยความจำประเภทnon-volatileและใช้เทคโนโลยีการบันทึกข้อมูลแบบ Direct Analog Storage Technologh (DAST) โดยที่สัญญาณเสียงพูดหรือสัญญาณเสียงจะถูกบันทึกโดยตรง ในรูปของสัญญาณอะนาลอกเข้าไปในหน่วยความจำ ซึ่งการบันทึกในลักษณะนี้ทำให้เสียงที่ถูกสร้างขึ้นใหม่มีความเป็นธรรมชาติ

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณลักษณะที่สำคัญของ ISD2590

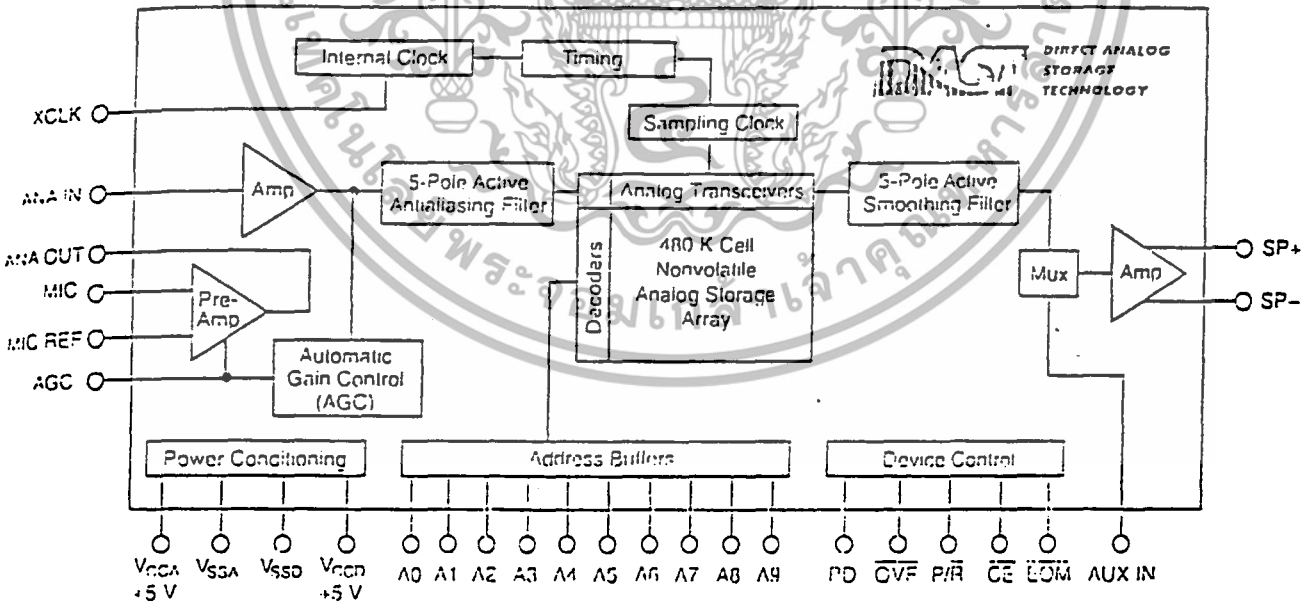
เบอร์ไอซี	Duration (second)	Input Sample Rate (kHz)	Upper Pass Band (kHz)
ISD2590	90	5.33	2.3

2.3.2 คุณสมบัติของ ISD2590

- ง่ายต่อการใช้งานในการบันทึกและเล่นกลับในตัวเดียว
- ไม่ต้องการไอซีภายนอก
- ไม่จำเป็นต้องพัฒนาระบบ
- คุณภาพสูง เสียงที่ถูกสร้างขึ้นใหม่มีความเป็นธรรมชาติมาก
- สามารถสวิสซ์ด้วยมือหรือต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ก็ได้
- สามารถต่อเรียงกันโดยตรง (directly cascade) เพื่อเพิ่มเวลาที่ยาวขึ้น

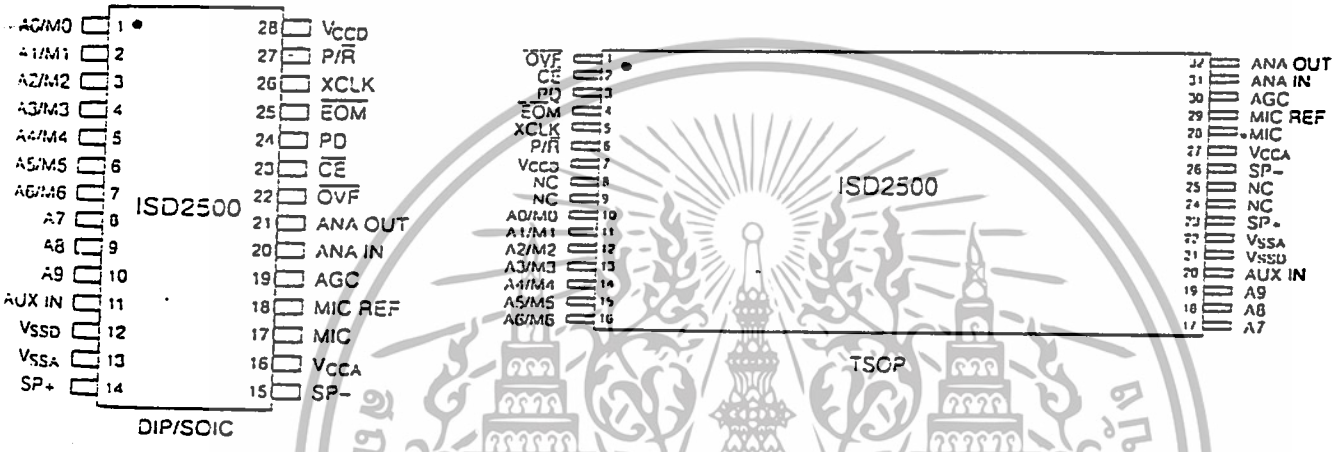
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไม่ต้องการพลังงานในการเก็บรักษาข้อมูล
- ไม่มีส่วนของวงจรแบตเตอรี่แบคอัพ (battery backup)
- ตัดไฟโดยอัตโนมัติ (automatic power-down) เมื่ออยู่ใน Push-Button Mode
- กินกระแสเพียง 1 ไมโครแอมป์
- สามารถอ้างแอดเดรสได้ในหลาย ๆ ตำแหน่ง เพื่อที่จะนำข้อมูลหลาย ๆ ข้อมูลขึ้นมา
- โดยทั่วไปข้อมูลจะยังคงอยู่ถึง 100 ปี
- โดยทั่วไปบันทึกซ้ำได้100,000 ครั้ง
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (clock) บนชิพ
- มีตัวควบคุมการปรับอัตราขยายอัตโนมัติ (Automatic Gain Control (AGC)) บนชิพ
- ใช้แหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ (single +5V supply) ช่วงการทำงานอยู่ระหว่าง 4.5 - 5.6 โวลต์
- สามารถใช้โวลเตจต่ำ ๆ ได้ (3.6 V- 4.0 V)
- ตัวถังเป็นแบบ DIP, SOIC และ TSOP
- อุณหภูมิในการใช้งาน สำหรับระบบอุตสาหกรรม (-40 ถึง 85 องศาเซลเซียส)



รูปที่ 2.22 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ ISD2590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แสดงการจัดเรียงขาของ ISD2590

ก) แบบ DIP/SOIC

ข) แบบ TSOP

2.3.3 รายละเอียดของ ISD2590

คุณภาพของเสียงและคำพูด

ISD2590 เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ทำงานที่ความถี่ในการแซมปลิง คือ 5.33 กิโลเฮิร์ต ตัวอย่างของคำพูดจะถูกเก็บโดยตรงเข้าไปในส่วนที่เรียกว่า Non-Volatile Memory ซึ่งอยู่บนตัวชิพ โดยปราศจากขั้นตอนหรือกระบวนการทางดิจิตอลและการบีบอัดซึ่งเป็นทางเลือกอีกแบบหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Direct Analog Storage จะให้เสียงที่สร้างขึ้นใหม่ที่มีความเป็นธรรมชาติและเหมือนจริงมาก ไม่ว่าจะเป็นเสียงพูก, เสียงดนตรี, เสียงโทนหรือซาวด์เอฟเฟค (sound effect) ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้การแก้ปัญหาด้วยวิธีทางดิจิตอลไม่สามารถเทียบได้

เวลาในการทำงาน (Duration)

จุดสั้นสุดของระบบISD2590 นั้นเป็นชิพเดี่ยวที่สามารถทำงานได้ยาว 90 วินาที แต่ละส่วนถูกออกแบบให้สามารถต่อเรียงกัน (cascade) เพื่อเวลาในการทำงานที่ยาวขึ้น

EEPROM Storage

หนึ่งในความสามารถของเทคโนโลยี DAST ของ ISD คือใช้หน่วยความจำแบบ Non-Volatile Memory บนตัวชิพ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลแบบไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานข้อมูลจะยังคงอยู่ได้นานกว่า 100 ปีขึ้นไป โดยปราศจากพลังงานและนอกจากนี้อุปกรณ์ตัวนี้ยังสามารถทำการบันทึกได้สูงกว่า 100,000 ครั้ง

การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

นอกจากจะง่ายต่อการใช้งานแล้ว ISD2590 ยังสามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไม่จำเป็นต้องต่อวงจรกับขาแอดเดรสและขาคอนโทรล สามารถเชื่อมต่อกับไม่โครคอนโทรลเลอร์ และจัดการให้ทำงานในหน้าที่ต่าง ๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นการเก็บข้อความการเรียงข้อมูลต่อ ๆ กัน, การกำหนดพื้นที่ของข้อความ และการจัดการกับข้อความ

การโปรแกรม

ISD2590 เป็นอุดมคติสำหรับการเล่นกลับเท่านั้น โดยอาจจะเป็นข้อความเดียวหรือหลายข้อความก็ได้ โดยจะถูกอ้างผ่านปุ่ม, สวิตซ์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอยู่ที่ลักษณะของข้อความที่ถูกสร้างขึ้น การทำงานสามารถจัดการได้ง่ายโดยผู้ใช้เอง

2.3.4 รายละเอียดของขาสัญญาณของ ISD2590

Microphone Input (MIC)

ขานี้จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังภาคขยายสัญญาณจากไมโครโฟน (preamplifier) ซึ่งอยู่บนชิพ สำหรับวงจรปรับอัตราขยายอัตโนมัติ (AGC) บนชิพจะทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายของภาคขยายสัญญาณจากไมโครโฟนนี้จาก -15 ถึง 24 เดซิเบล และไมโครโฟนภายนอกจะต่อแบบ AC couple กับขานี้โดยผ่านตัวเก็บประจุซึ่งต่ออนุกรมอยู่ และด้วยค่าของความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใน 10 กิโลโอห์มที่ขานี้ จะทำให้ตัวเก็บประจุถูกใช้ในการคัตออฟ (cutoff) สัญญาณความถี่ต่ำให้กับช่วงความถี่ของ ISD2590

Microphone Reference Input (MIC REF)

โดยการต่อขานี้กับ VSSA (analog Ground) โดยผ่านตัวเก็บประจุซึ่งอนุกรมกัน สัญญาณรบกวนเนื่องจากคอมมอนโหมด (common mode noise) สามารถถูกตัดออกได้ที่ภาคขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน (preamplifier) ค่าของตัวเก็บประจุจะต้องเป็นค่าเดียวกันกับตัวเก็บประจุที่คัปปลิงที่ขาไมโครโฟนอินพุท การใช้ค่าที่ใกล้เคียงอาจจะทำให้มีสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นมากกว่า 10 เดซิเบล อินพุทนี้ไม่ถูกใช้อาจไม่ต้องต่อก็ได้

Analog Output (ANA OUT)

ขานี้จะได้จากเอาท์พุทของภาคขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน ซึ่งอัตราขยายโวลเตจของภาคขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนจะถูกพิจารณาโดยค่าโวลเตจที่ขา AGC

Analog Input (ANA IN)

ขานี้จะส่งผ่านสัญญาณไปยังชิพเพื่อทำการบันทึก สำหรับกรณีที่ใช้ไมโครโฟนอินพุทขา ANA OUT จะถูกต่อผ่านตัวเก็บประจุภายนอกไปยังขา NAN IN ด้วยค่าอินพุทอิมพิแดนซ์ของ ANA IN ซึ่งมีค่า 3.0 กิโลโอห์ม ทำให้ตัวเก็บประจุตัวนี้สามารถถูกเลือกให้เพิ่มค่าคัตออฟ (cutoff) ที่ความถี่ต่ำสุดของช่วงสัญญาณเสียงที่ยอมให้ผ่านได้ ถ้าอินพุทที่ต้องการถูกแบ่งจากแหล่งอื่นซึ่งไม่ใช่ไมโครโฟน สัญญาณนี้อาจจะถูกป้อนเข้าไปในขา ANA IN โดยตรงก็ได้

Automatic Gain Control Input

AGC จะทำหน้าที่ในการปรับอัตราขยายของภาคสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนแบบไดนามิกเพื่อให้ไปชดเชยระดับอินพุทของไมโครโฟนให้เหมาะสม ตัวต้านทานภายนอก (R2) จะถูกต่อขนานกับตัวเก็บประจุภายนอก(C2) โดยต่อจากขา AGC ลงขาอะนาลอกกราวด์ (analog Ground) โดยทั่วไปใช้ค่า 470 กิโลโอห์มและ 4.7 ไมโครฟารัด ซึ่งจะให้ผลที่น่าพอใจมากที่สุด

Speak Outputs (SP+/SP-)

สามารถไดรฟ์ลำโพง 16 โอห์ม 50 มิลลิวัตต์ได้โดยตรง ขา Speaker Outputs นี้จะอยู่ระดับ VSSA ในระหว่างช่วงการบันทึกเสียงและช่ว Power Downไม่ควรนำ Speaker Outputs ของ ISD2590 หลาย ๆ ตัวมาต่อขนานกันเนื่องจากจะทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Down Input (PD)

ขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือการเล่นกลับ ขา PD ควรให้เป็น "HIGH" เพื่อให้อยู่ในโหมดของการใช้พลังงานต่ำ ๆ เมื่อเกิดสภาวะ Overflow ขา OVF จะให้พัลส์ที่เป็น "LOW" ออก ควรให้ขาPD เป็น "HIGH"เพื่อทำการรีเซตให้ตัวชี้แอดเดรสกลับไปที่จุดเริ่มต้น

Chip Enable Input (CE)

ในการบันทึกและเล่นกลับต้องทำการอีนาเบิลโดยให้ขา CE เป็น "LOW" ข้อมูลอินพุทที่ขาแอดเดรสอินพุท และ P/R จะถูกแลทช์โดยการตกลงของขอบสัญญาณที่ขา CE

Playback/Record Input (P/R)

อินพุทที่ขา P/R จะถูกแลทช์ไว้เมื่อเกิดการตกลงของขอบสัญญาณที่ขา CE โดยถ้าขา P/R มีระดับเป็น "HIGH" ไซเคิลของการเล่นกลับจะถูกเลือกใช้งาน ส่วนถ้าขา P/R เป็น "LOW" ไซเคิลของการบันทึกจะถูกเลือกใช้งานแทน สำหรับไซเคิลของการบันทึก ข้อมูลที่ขาแอดเดรสอินพุทจะเป็นตัวกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นและจะบันทึกอย่างต่อเนื่องจนกว่าขาPD หรือCE จะกลายเป็น "HIGH" หรือเกิด Overflow (เช่นหน่วยความจำในชิพเต็ม) เมื่อสิ้นสุดการบันทึก End-Of-Message (EOM) marker จะถูกเก็บไว้ที่แอดเดรสปัจจุบันในหน่วยจามจำสำหรับไซเคิลการเล่นกลับ ข้อมูลที่ขาแอดเดรสอินพุทจะเป็นตัวกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นและอุปกรณ์จะเล่นจนกว่าจะพบ EOM marker

Address/Mode Inputs (Ax/Mx)

ที่ขาเหล่านี้มี 2 ฟังก์ชั่นขึ้นอยู่กับ 2 บิทแรกของ Most Significant Bits (MSB)ของแอดเดรส คือ

ถ้าบิททั้งสองเป็น "LOW" อินพุททั้งหมดของขาเหล่านี้จะถูกแปลงเป็นแอดเดรสเพื่อนำไปใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นในการบันทึกหรือเล่นกลับ และที่ขาเหล่านี้จะเป็นอินพุทเท่านั้นไม่สามารถอ่านข้อมูลแอดเดรสภายในออกมาได้ ข้อมูลที่ขาเหล่านี้จะถูกแลทช์ที่ขอบขาลงของ CE

ถ้าบิททั้งสองเป็น "HIGH" อินพุทของขาเหล่านี้จะถูกแปลงเป็นบิทสำหรับเลือกโหมดของการทำงานตามตารางที่ 2.3.2 ซึ่งมี 6 โหมด (M0...M6) โดยเราสามารถใช้งานหลาย ๆ โหมดในช่วงเวลาเดียวกันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Clock Input (XCLK)

ไอซี ISD2590 ถูกกำหนดจากโรงงานให้มีความถี่ของสัญญาณนาฬิกาภายในที่ใช้ในการแซมปลิง +- 1% เป็นคุณสมบัติเฉพาะ และความถี่จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง+- 2.25% ถ้าต้องการความถี่ที่ถูกต้องกว่านี้จะต้องใช้สัญญาณนาฬิกา(clock) โดยผ่านทางขา XCLX โดยที่ไอซี ISD2590 ต้องการสัญญาณนาฬิกา 682.7 กิโลเฮิร์ต และมีอัตราในการแซมปลิง 5.33 กิโลเฮิร์ต สัญญาณนาฬิกาที่ใช้นี้ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงเพราะแอนเทียลไลซิง ฟิลเตอร์ (antialising filter) และสมูทติงฟิลเตอร์(smoothing filter)จะถูกกำหนดให้คงที่ ถ้าอัตราในการแซมปลิงแตกต่างจากค่าที่ต้องการจะมีปัญหาแอนเทียลไลซิง(antialising) เกิดขึ้น XCLK ไม่ใช้จะต้องต่อกราวด์

End-Of-Message/RUN Output (EOM)

Non-Volatile Marker จะถูกแทรกเข้าไปที่ส่วนสุดท้ายของแต่ละข้อความที่บันทึก และจะคงอยู่จนกระทั่งข้อความนั้นถูกบันทึกทับ เอาท์พุทของ EOM นี้จะให้พัลส์เป็น “LOW” เป็นช่วงเวลา TEOM เมื่อสิ้นสุดแต่ละข้อความ

นอกจากนี้ไอซี ISD2590 ยังมีวงจรตรวจจับ VCC ภายในเพื่อรักษาข้อมูลให้คงอยู่ เมื่อ VCC น้อยกว่า 3.5 โวลต์ EOM จะเป็น “LOW” และไอซีจะอยู่ในโหมดเล่นกลับเท่านั้น

เมื่อไอซีถูกกำหนดให้อยู่ในโหมดการทำงาน M6 (Push-Botton Mode) ขานี้จะให้สัญญาณ “HIGH” ขณะทำงาน เพื่อแสดงว่าไอซีกำลังอยู่ระหว่างการบันทึก และการเล่นกลับ สัญญาณนี้จะสามารถขับให้ LED เปล่งแสงเพื่อแสดงว่ากำลังอยู่ระหว่างการทำงาน

Overflow Output (OVF)

เมื่อหน่วยความจำหมดขานี้จะให้สัญญาณพัลส์ “LOW” ออกมา เพื่อแสดงว่าหน่วยความจำถูกบันทึกไว้เต็มจนเกิดการ Overflow และเอาท์พุทของ OVF จะเป็นไปตามอินพุทของ CE จนกว่าใช้พัลส์ที่ขา PD เพื่อรีเซทไอซี ในการต่อ ISD2590 หลาย ๆ ตัว ขานี้จะใช้เชื่อมสัญญาณเล่นกลับจากไอซีตัวหนึ่งไปยังเอาท์พุทของตัวขับลำโพงของไอซีตัวก่อนหน้านี้

Voltage Inputs (VCCA, VCCD)

เพื่อเป็นการลดเสียงรบกวน, วงจรของสัญญาณอะนาลอก และดิจิตอล จึงควรจะใช้สายนำสัญญาณแยกออกจากกัน

Ground Inputs (VSSA, VSSD)

ไอซีนี้จะใช้สายนำสัญญาณกราวด์ของอะนาบอกและดิจิตอลแยกออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 โหมดของการทำงาน

ตารางที่ 2.3.2 โหมดของการทำงาน

Mode Control	Function	Typical Use	Jointly* Compatible
M0	Message Cueing	Fast-forward through messages	M4, M5, M6
M1	Delete EOM markers	Position 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/Play multiple consecutive messages	M0, M1, M5
M5	CE level-activated	Allows message pausing	M0, M1, M3, M4
M6	Push-button control	Simplified device interface	M0, M1, M3

ไอซี ISD2590 ถูกออกแบบให้มีการทำงานได้หลายโหมด เพื่อให้สามารถทำฟังก์ชันต่างได้ โดยใช้อุปกรณ์ต่อเพิ่มน้อยที่สุด

โหมดต่าง ๆ ในการทำงานจะใช้ขาแอดเดรสเป็นข้อมูลในการเลือกโหมด โดยที่ 2 บิทแรกของ MSBที่ขาแอดเดรสเป็น "HIGH" และข้อมูลที่เหลืออยู่จะเป็นบิทที่ใช้เลือกโหมดแทนที่จะเป็นบิทบอกแอดเดรส ดังนั้นการสั่งโหมดของการทำงาน และการอ้างแอดเดรสโดยตรงไม่สามารถทำพร้อมกันได้

ในการใช้โหมดของการทำงานสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง 2 สิ่ง คือ

1. การกระทำทุกอย่างจะเริ่มต้นที่แอดเดรส 0 ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้นสำหรับ ISD2590 การกระทำต่อมาสามารถเริ่มต้นที่แอดเดรสอื่นได้ ขึ้นอยู่กับโหมดการทำงานที่เลือก นอกจากนี้ตัวชี้แอดเดรสจะถูกรีเซตเป็น 0 เมื่อเปลี่ยนการทำงานจากการบันทึกเสียงมาเป็นการเล่นกลับ หรือเปลี่ยนจากการเล่นกลับมาเป็นการบันทึกเสียง หรือ เมื่อมีไซเคิล Power Down เกิดขึ้น
2. โหมดการทำงานนี้จะเริ่มทำงานเมื่อขา CE เป็น "LOW" และ 2 บิทแรกของ MSBที่ขาแอดเดรสเป็น "HIGH" และโหมดการทำงานนี้จะยังคงอยู่จนกว่าจะมีสัญญาณ "LOW" ครั้งต่อไปที่ขา CE เข้ามาอีก

รายละเอียดโหมดของการใช้งาน

โหมดของการทำงานนี้สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ Hard- Wired เพื่อให้เข้าสู่โหมดการทำงานที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M0-Message Cueing

โหมดนี้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถข้ามข้อความต่าง ๆ ได้ โดยไม่ต้องรู้ตำแหน่งของแอดเดรสจริงของแต่ละข้อความ โดยให้พัลส์ "LOW" ที่ขา CE แต่ละครั้งตัวชี้แอดเดรสก็จะข้ามข้อความหนึ่งไปยังข้อความถัดไป โหมดนี้ใช้ในการเล่นกลับเท่านั้นและใช้ร่วมกับโหมด M4

M1-Delete EOM Markers

โหมดนี้ใช้ในการรวมข้อความที่อัดเป็นลำดับให้เป็น 1 ข้อความ โดยมี EOM marker เพียงที่เดียว คือ ตรงท้ายสุดของข้อความที่รวมกันแล้ว เมื่อใช้โหมดนี้ข้อความที่ถูกอัดเป็นลำดับเป็นเรียงต่อกันจะถูกเล่นกลับอย่างต่อเนื่องเพียงครั้งเดียว

M2-Unused

เมื่อมีการเลือกใช้โหมดของการทำงาน ขา M2 ควรเป็น "LOW"

M3-Message Looping

โหมดนี้ใช้ในการเล่นกลับข้อความอย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติตั้งแต่แอดเดรสเริ่มต้น จนถึงสุดท้ายและจะวนเล่นกลับตั้งแต่เริ่มต้นใหม่โดยไม่เกิด Overflow

M4-Consecutive Addressing

ในช่วงการทำงานปกติตัวชี้แอดเดรสจะถูกรีเซต เมื่อข้อความเล่นกลับจนถึง EOM marker โหมดนี้จะหยุดยั้งการรีเซตของ EOM เพื่อให้ข้อความถูกเล่นกลับเรียงลำดับกันไป

M5-CE Level Activated

ในโหมดอื่นของไอซี ISD 2590 คือการเล่นกลับจะกระทำที่ขอบสัญญาณของขา CE ส่วนการบันทึกจะกระทำที่ระดับสัญญาณของ CE ในโหมดนี้ใช้กับการเล่นกลับโดยอาศัยสัญญาณ CE

ในโหมดนี้ เมื่อขา CE เป็น "LOW" ก็จะเริ่มไซเคิลของการเล่นกลับ เมื่อ CE เป็น "HIGH" ก็จะหยุดไซเคิล และเมื่อ CE เป็น "LOW" อีกครั้งจะเริ่มการเล่นกลับที่ตำแหน่งของข้อความเดิมได้สิ้นสุดไว้ โดยตัวชี้แอดเดรสไม่ถูกรีเซต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M6-Push-Button Mode

โหมดนี้สามารถนำไปใช้เพื่อความประหยัดได้มาก เนื่องจากถูกออกแบบให้ใช้วงจรภายนอกและอุปกรณ์ที่จะมาต่อน้อยที่สุด เพื่อที่จะให้โหมดนี้ต้องให้ขา 7, 9 และ 10 เป็น "HIGH"

การบันทึกในโหมดPush-Button

1. ให้ขา PD เป็น "LOW"
2. ให้ขา P/R เป็น "LOW"
3. เมื่อให้พัลส์ "LOW" กับขา CE จะเริ่มการบันทึก แล้วขา EOM จะกลายเป็น "HIGH" เพื่อแสดงว่ากำลังทำงานอยู่
4. เมื่อให้พัลส์ "LOW" กับขา CE จะหยุดการบันทึก EOM จะกลายเป็น "LOW" EOM marker จะถูกนำไปเก็บในหน่วยความจำเพื่อชี้ตำแหน่งสิ้นสุดของข้อความ
5. เมื่อให้พัลส์ "LOW" กับขา CE การบันทึกจะเริ่มต้นที่แอดเดรสที่ EOM marker ชี้อยู่ และ EOM จะกลายเป็น "HIGH"
6. เมื่อให้พัลส์ "LOW" กับขา CE อีกครั้งจะหยุดการบันทึกและตอนท้ายการข้อความจะมี EOM marker เมื่อให้พัลส์ "HIGH" กับขา PD ถือว่าเป็นการสิ้นสุดการบันทึก โดยยังคงทิ้ง EOM marker ไว้

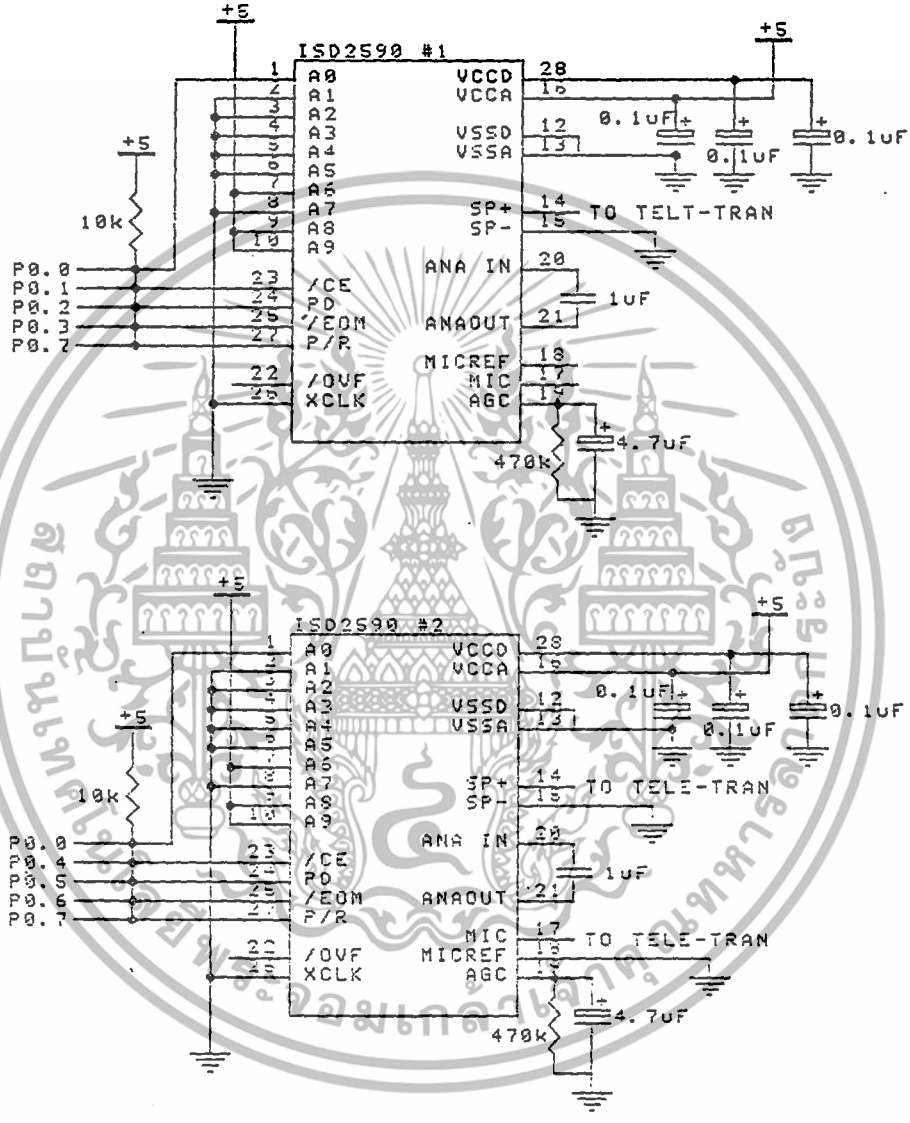
การเล่นกลับในโหมด Push-Button

1. ให้ขา PD เป็น "LOW"
2. ให้ขา P/R เป็น "HIGH"
3. เมื่อให้พัลส์ "LOW" กับขา CE จะเริ่มการเล่นกลับ แล้วขา EOM จะกลายเป็น "HIGH" เพื่อแสดงว่ากำลังทำงานอยู่
4. เมื่อให้พัลส์ "LOW" กับขา CE หรือ พบ EOM marker ระหว่างการทำงานจะหยุดทำงานทันทีแล้ว EOM จะกลายเป็น "LOW"
5. เมื่อให้พัลส์ "LOW" กับขา CE อีก การเล่นกลับจะเริ่มต้นที่ตำแหน่งที่หยุดทำงานในตอนแรก แล้ว EOM จะกลายเป็น "HIGH" แสดงว่ากำลังทำงานอยู่
6. ในกรณี Overflow เมื่อให้ CE เป็น "LOW" จะรีเซตตัวชี้แอดเดรสและเริ่มการเล่นกลับจากจุดเริ่มต้นครั้งแรกใหม่ หรือถ้าให้พลัสกับขา PD จะทำการรีเซตไปยังแอดเดรส 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 การออกแบบ

2.3.6 วงจรเสียงพูด



รูปที่ 2.24 แสดงลักษณะของวงจรเสียงพูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการบันทึกและผลิตเสียงพูดที่จะใช้ในการโต้ตอบกับคู่สายปลายทางเราเลือกใช้ไอซีเบอร์ ISD2590 ในการใช้งานซึ่งใช้ลักษณะการทำงานในโหมด Push-Button ซึ่งมีข้อดีก็คือประหยัดขาสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อและไม่จำเป็นต้องรู้แอดเดรสเริ่มต้นของข้อความแต่ละข้อความ เพียงแต่รู้ลำดับของข้อความเท่านั้นก็จะสามารถทำการกระโดดข้ามไปยังข้อความ 0 ที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการทำงานของวงจร

3.1 อธิบายวงจรวัดระยะทางอุลตราโซนิค

หลักการทำงาน

คลื่นอุลตราโซนิคหรือคลื่นอื่น ๆ เดินทางไปในอากาศด้วยความเร็วที่คงที่และสามารถรู้ค่าความเร็วได้ ดังนั้นช่วงเวลาในการเดินทางจากเครื่องส่งไปยังวัตถุและสะท้อนกลับมา สามารถนำมาใช้ในการคำนวณระยะทางได้ เมื่อเครื่องเริ่มส่งแถบคลื่นอุลตราโซนิคออกไป วงจรนับจะเริ่มทำการนับพัลส์ซึ่งมีความถี่เท่ากับตัวเลขความเร็วของเสียงเป็นเซนติเมตรต่อวินาที เมื่อได้รับสัญญาณสะท้อนกลับ ชุดพัลส์ที่ส่งไปวงจรนับจะหยุดนับ ดังนั้นค่าที่นับได้จากวงจรจึงเป็นระยะทางที่สัญญาณเดินทางทั้งหมดซึ่งเป็นค่า 2เท่าของระยะทางระหว่างวัตถุกับเครื่องส่ง ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าระยะทางที่ถูกต้องจึงต้องหารด้วยสอง

รูปที่ 1 แสดงแผนผังของเครื่องวัดระยะทางซึ่งประกอบด้วย เครื่องส่ง,เครื่องรับ,วงจรนับซึ่งสามารถแสดงค่าที่นับได้ และวงจรกำเนิดความถี่ ซึ่งจะทำงานและหยุดทำงานด้วยพัลส์ที่ได้จากเครื่องส่งและเครื่องรับ

วงจรที่สมบูรณ์ของเครื่องวัดระยะทางนี้แสดงดังรูปที่ 2 ส่วนที่เป็นเครื่องส่งประกอบด้วยเกท $IC_{1/1}$ และ $IC_{1/2}$ ซึ่งประกอบรวมกันเป็นวงจรกำเนิดความถี่แบบบริดจ์ ตัวส่งคลื่นอุลตราโซนิค T_x ต่ออยู่ระหว่างเอาท์พุทของเกททั้งสองตัวนี้ ทั้งนี้เพื่อให้ได้แรงดันไฟสลับป้อนให้ตัวส่ง T_x เป็น 18 V_{p-p} (18 โวลต์จากยอดถึงยอด แต่ป้อนแรงดันไฟเลี้ยงเพียง 9 โวลต์)

$IC_{1/1}$, $IC_{1/2}$ ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดความถี่ที่ถูกควบคุมด้วย $IC_{1/3}$ ความถี่ของวงจรกำเนิดความถี่นี้สามารถปรับได้โดย VR_2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวส่งและตัวรับคลื่นอุลตราโซนิคที่นำมาใช้ วงจรนี้ออกแบบมาให้ใช้กับขนาด 40 kH_z ดังนั้นจึงต้องปรับความถี่ด้วย VR_2 ให้ได้ความถี่ใกล้เคียง 40 kH_z ให้มากที่สุด ซึ่งทำให้ตัวส่งคลื่นอุลตราโซนิคทำงานด้วยประสิทธิภาพสูงสุด

วงจรทางเครื่องรับมีลักษณะง่าย ๆ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ Q_1,Q_2 ทำการขยายสัญญาณที่ได้รับจากตัวรับคลื่นอุลตราโซนิค R_x โดยมีทรานซิสเตอร์ Q_3 ทำหน้าที่เป็นตัวคอยจับสัญญาณที่สะท้อนกลับมาเพื่อหยุดการนับ โดยมันจะเริ่มนำกระแสเพียงเมื่อแรงดันที่ขาเบสต่ำกว่าแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟเลี้ยง 0.6 โวลต์หรือ Q_3 จะนำกระแสเมื่อแรงดันไฟสลับที่ขากลางของ VR_1 มีระดับเกิน 1.2 V_{p-p} นอกจากนี้ VR_1 ยังเป็นตัวปรับความไวของการรับด้วย

$IC_{3/2}$, $IC_{3/3}$, C_6 , R_9 , R_{10} และ VR_3 ต่อร่วมกันเป็นวงจรกำเนิดความถี่ ซึ่งค่าความถี่นี้จะถูกปรับให้มีค่าเท่ากับ 17,300 H_z โดยการปรับ VR_3 เนื่องจากความเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 346 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 25°C ดังนั้น

$$\frac{34600 \text{ (cm/sec)}}{2} = 17300$$

สัญญาณความถี่ 17300 H_z นี้ถูกป้อนเข้าวงจรนับด้วยเกท $IC_{1/4}$ โดยผ่านการควบคุมของฟลิป-ฟลอบป (IC_2)และยังถูกส่งเข้า IC_4 ซึ่งเป็นวงจรหาร 2 14ครั้ง ทำการหารให้เหลือความถี่ต่ำ ๆ ประมาณ 1 H_z เพื่อควบคุมให้วงจรวัดระยะทางทุก ๆ 1 วินาที

IC_5 ประกอบด้วยวงจรนับ ,แลทช์ และขับภาคแสดงผล โดยมีการแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ ด้วย DSP_1 ถึง DSP_4 โดยผ่าน R_{13}-R_{19} ซึ่งเป็นตัวกำหนดความสว่างและสัญญาณสแกนแต่ละหลักผ่านทรานซิสเตอร์ Q_4 ถึง Q_7 ส่วน IC_6ทำหน้าที่จ่ายไฟคงที่ 5 โวลต์ ให้กับตัว IC_5 และ IC_6 สามารถขับภาคแสดงผลได้ 4 หลัก แต่ต้องการให้วัดระยะทางได้ละเอียดเป็นเซนติเมตรจึงต้องให้จุดหลังหลักที่ 2 (DSP_2) ติดสว่างด้วย R_{20} เพื่อให้ 2 หลักแรกอ่านค่าเป็นเมตรและ 2 หลักท้ายอ่านค่าเป็นเซนติเมตร

อุปกรณ์เกือบทั้งหมดในวงจรนี้ต้องการการควบคุมจังหวะการทำงานอย่างเหมาะเจาะในภาคต่าง ๆ ดังนั้นจังหวะการทำงานในแต่ละภาคจะต้องทำงานถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งแสดงถึงลักษณะพัลส์ และความถี่ต่าง ๆ ของแต่ละจุดในวงจร

ในขณะที่ความถี่จาก $IC_{3/2}$ และ $IC_{3/3}$ เท่ากับ 17300 H_z เอาท์พุท Q_{14} ของ IC_4 จะมีความถี่ประมาณ 1 H_z (เท่ากับ $17300/2^{14}$) เอาท์พุท Q_{14} นี้ต่อไปยังอินพุทแลทช์ของ IC_5 โดยวงจรโมโนสเตเบิล ($IC_{3/5}$,R_{11},C_7) โดยเมื่อมีสัญญาณที่มีของขาลงของ Q_{14}จะทำให้เกิดพัลส์สั้นๆ เช่นกันโดยวงจรโมโนสเตเบิล ($IC_{3/6}$,R_{12},C_8) เพื่อส่งไปรีเซท IC_5 นอกจากนั้นสัญญาณความถี่ประมาณ 1 H_z จาก Q_{14} นี้ยังถูกกลับโดย $IC_{3/4}$ และส่งไปยังโมโนสเตเบิลอีกสองตัว คือ $IC_{1/3}$, R_7 , C_4 ทำหน้าที่ควบคุมวงจรเครื่องส่ง และ $IC_{3/1}$, R_8 , C_5 เพื่อต่อไปยังขารีเซทของฟลิป-ฟลอป (IC_2) สัญญาณนาฬิกา อินทพุทของ IC_2 ต่อเข้ากับขา C ของ Q_2 และตัวเอาท์พุท Q ของ IC_2 ต่อไปปิดเปิดเกท $IC_{1/4}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น IC_5จะได้รับการรีเซททุก ๆ ครั้ง ที่เอาท์พุท Q_{14}ของ IC_4 เป็นขอบขาขึ้น เพื่อทำให้วงจรนับ เริ่มนับที่ค่าศูนย์ (0000) ในเวลาเดียวกันจะทำให้วงจรโมโนสเตเบิลซึ่งประกอบด้วย $IC_{1/3}$ทำงาน (โดยเกิดสัญญาณขอบขาลงที่เอาท์พุทของ $IC_{3/4}$) เปิดให้สัญญาณจากวงจรกำเนิดความถี่ 40 KH_z ของเครื่องส่งทำงานเป็นเวลาประมาณ 0.3 มิลลิวินาที ในระหว่างช่วงเวลานี้ตัวส่ง T_xจะส่งพัลส์ (40 KH_z) ออกไปประมาณ 12 พัลส์ โดยพัลส์นี้จะถูกส่งออกไปสะท้อนกับวัตถุ และรับสัญญาณโดยตัวรับ R_x

ในเวลาเดียวกับที่คลื่นอุลตราโซนิคถูกส่งออกไป ฟลิป-ฟลอป (IC_2) จะถูกรีเซทเป็นเวลาเกอบ 2 มิลลิวินาที โดยโมโนสเตเบิล ($IC_{3/1}$)ทำให้เอาท์พุท Q จะมีลอจิกเป็น "1" ทำการเปิดเกท $IC_{1/4}$ให้สัญญาณความถี่ 17300 H_zจาก $IC_{3/2}$ ถูกส่งผ่านไปยับวงจรนับ (IC_5)

เมื่อได้รับสัญญาณสะท้อนกลับและทำการขยายเข้ามาทางอินพุทสัญญาณนาฬิกา (ขา 3) ของ IC_2 เอาท์พุท $\bar{Q}$ จะมีลอจิกเป็น "0" ทำการปิดเกท $IC_{1/4}$ทำให้ IC_5 ไม่ได้รับสัญญาณมานับต่อไปช่วงเวลาที่คลื่นอุลตราโซนิคส่งออกไปและสะท้อนกลับมาทำให้วงจรนับ นับได้ค่าของระยะทางที่แท้จริงมีกน่วยเป็นเซนติเมตร และเมื่อสัญญาณของ Q_{14} เกิดเป็นขอบขาลง เกท $IC_{3/5}$จะทำงานและแลทช์ค่าที่นับได้ของวงจรนับให้ค้างเอาไว้เพื่อนำไปใช้ในการแสดงผลให้อ่านค่าระยะทางออกมาได้ วงจรนับนี้จะถูกรีเซทโดยขอบขาขึ้นของสัญญาณของขา Q_{14}ชุดต่อไป เพื่อให้สามารถทกการวัดระยะทางรอบต่อไปได้ ค่าที่แสดงที่ภาคแสดงผลครั้งุดท้ายจะคงอยู่จนกว่าจะมีรายละเอียดจากการวัดระยะทางรอบต่อไปป้อนเข้ามา ดังนั้นเราจึงสามารถอ่านค่าระยะทางที่วัดได้ใหม่ในทุก ๆ 1 วินาที

จะยกตัวอย่างของการวัดระยะทางห่าง 3.46 เมตร ซึ่งเป็นค่าสมมุติที่ง่ายในการคำนวณระยะเวลาที่คลื่นอุลตราโซนิคถูกส่งออกไปและรับกลับมาจะเป็นเลาเท่ากับ

$$(2x3.46)/346 = 20 \text{ มิลลิวินาที}$$

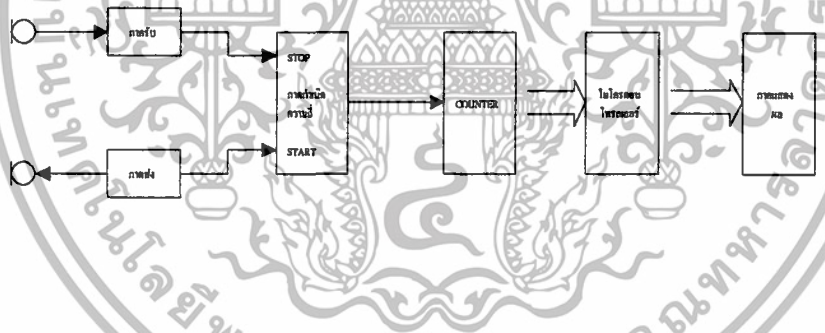
ดังนั้นจากแผนผังเวลาในรูปที่ 3 จะได้ค่า T_t และ T_r ช่วงละ 10 มิลลิวินาที เมื่อขา Q_{14}ของ IC_4 เกิดเป็นขอบขาขึ้น IC_5 จะได้รับการรีเซท ให้เริ่มนับที่ค่า 0000 และตัวส่ง T_x จะส่งพัลส์ (40 KH_z) ออกไป 12 พัลส์ ขณะเดียวกัน IC_2 จะได้รับการรีเซทด้วย (ขา Q เป็นลอจิก "0" แต่ $\bar{Q}$ เป็นลอจิก "1") ทำการเปิดเกท $IC_{1/4}$ ทำให้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 17300 H_z ผ่านเข้าไปยังวงจรนับ (IC_5) ทำการนับไปเรื่อย ๆ จนถึงเวลาที่คลื่นอุลตร้าสะท้อนกลับมายังตัวรับ R_x ซึ่งเป็นเวลา 20 มิลลิวินาที ทำการปิดเกท $IC_{1/4}$ วงจรนับจึงหยุดนับ สัญญาณนาฬิกาความถี่ 17300 H_z นี้จึงผ่านเข้าวงจรนับได้เป็นเวลา 20 มิลลิวินาทีด้วย ทำให้ IC_5 นับสัญญาณนาฬิกาได้เท่ากับ

$$17300 \times 20/1000 = 346 \text{ ลูก}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

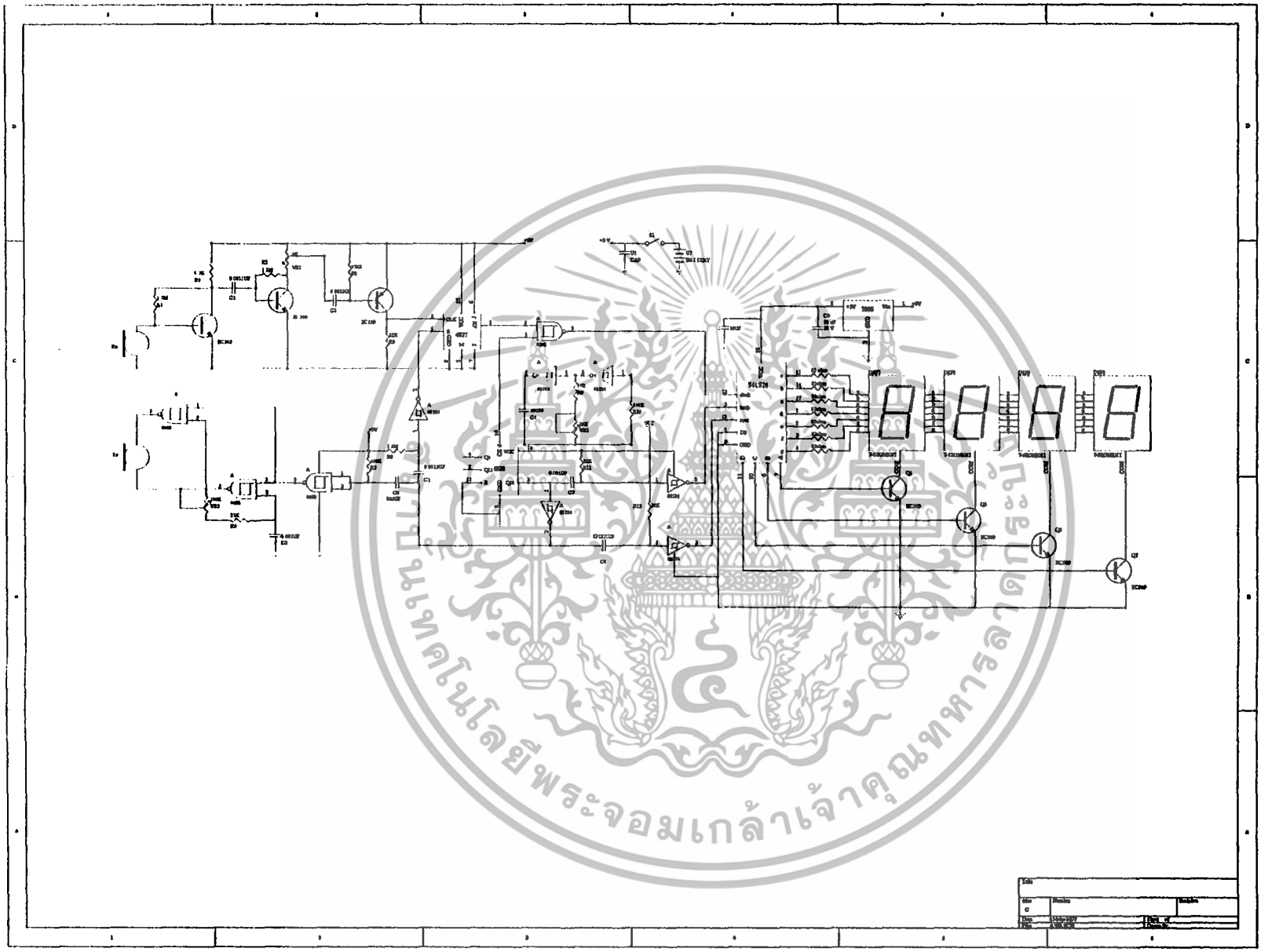
และเมื่อขา Q_{14} ของ IC_4 เกิดเป็นสัญญาณขอบขาลง IC_5จะแลทช์ค่า 346 นี้ไว้ แสดงผลเป็นเลข 0346 ดังนั้นเราจึงต้องใส่จุดไว้หลังหลักที่ 2 เพื่อให้อ่านค่าได้ 03.46 เมตร

เมื่อตัวส่ง T_x ส่งคลื่นอุลตราโซนิคออกไป ตัวรับ R_x จะรับคลื่นจากเครื่องส่งทันที ดังนั้นหากไม่ระวังในข้อนี้ คลื่นที่รับเข้ามาทันทีนี้จะทำให้วงขรนับหยุดนับทันที ดังนั้นหากไม่ระวังในข้อนี้ คลื่นที่รับเข้ามาทันทีนี้จะทำให้วงจรนับหยุดนับทันที ทำให้การทำงานของเครื่องนี้ไม่เป็นผลจึงต้องแก้ปัญหานี้โดยการทำให้ช่วงเลาของพัลส์จากเกท $IC_{3/1}$ นานกว่าช่วงเลาที่ส่งแถบคลื่นของเครื่องส่งออกไป (0.33 มิลลิวินาที)ในระหว่างช่วงเวลานี้ (2 มิลลิวินาที) ฟลิป-ฟลอปจะยังคงอยู่ในช่วงรีเซทโดยไม่สนใจว่าจะมีสัญญาณที่อินพุทสัญญาณนาฬิกาหรือไม่ ลักษณะเช่นนี้ทำให้เราไม่สามารถใช้เครื่องนี้วัดระยะทางที่สั้นกว่า 35 เซนติเมตร ซึ่งในทางปฏิบัติระยะทางสั้น ๆ ขนาดนี้เราสามารถวัดได้ด้วยไม่บรรทัดอยู่แล้ว



รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมแสดงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.2 การทำงานของวงจรตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรด

เนื่องจากในตัวคนหรือสัตว์จะมีรังสีความร้อนแผ่ออกมารอบ ๆ ตัวในปริมาณที่แน่นอนอยู่จำนวนหนึ่ง เมื่อเกิดการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ก็จะทำให้อุณหภูมิในบริเวณนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้คลื่นรังสีความร้อนที่ว่านี้แผ่กระจายออกมา มีความยาวคลื่นประมาณ 0.74-300 ไมโครเมตร อันเป็นแถบความถี่ในย่านอินฟราเรดพอดี

เมื่อต้องการดักจับหรือตรวจจับความเคลื่อนไหว ก็ต้องหาอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับรังสีอินฟราเรดได้นั่นคือพาสซีฟอินฟราเรดดีเท็กเตอร์หรือ PIR ในรูปที่ แสดงสัญลักษณ์ รูปร่างหน้าตาและขนาดของ PIR ภายใน PIR ประกอบด้วย เลนส์ที่เรียกว่า " เฟรสเนลเลนส์" (fresnel lenses) ซึ่งเป็นเลนส์ที่มีขนาดเล็กจำนวนมากเพื่อสร้างแพตเทิร์นการแทรกสอด (interfered) ของแสงในย่านอินฟราเรด ขณะที่ยังไม่มีใครเข้ามาในรัศมี รูปแบบการแทรกสอดของแสงนั้นจะมีแพตเทิร์นหยุดนิ่งคงที่แต่เมื่อวัตถุนั้นมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น แพตเทิร์นการแทรกสอดของคลื่นแสงที่ปรากฏบนตัวเซนเซอร์ PIR ก็จะเหลี่ยนไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามการเคลื่อนไหวนั้นออกมาทางขาเอาท์พุทแล้วจะถูกป้อนสู่ไอซีMPCCเพื่อทำการขยายสัญญาณต่อไป

ตัวตรวจจับมีโครงสร้างภายในที่สำคัญคือ ตัวเซนเซอร์ไวแสงที่ทำจากผลึกของลิเทียมซัลเฟต 2 ชุด และเฟต 1 ตัวประกอบเข้าด้วยกันในตัวถังแบบ TO-5 ชิ้นของผลึกแร่ขนาด 2 * 1 มิลลิเมตร ต่ออนุกรมกันอยู่แต่ต้องต่อกลับขั้ว เมื่อสัญญาณรังสีสามารถผ่านกระจกมาตกกระทบที่ชิ้นสารทั้งสองก็จะทำให้เกิดความแตกต่างขึ้นตามสัญญาณที่มาตกกระทบ จากนั้นต้องทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นก่อนนำไปประยุกต์ใช้งาน

สัญญาณที่ตรวจจับได้จะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 1 - 15 ไมโครเมตร ความถี่จากผลของการตรวจจับความเคลื่อนไหวจะอยู่ในช่วง 0.3- 3 เฮิร์ตมีความแรงเพียง 1 มิลลิโวลต์พีกทูพีกดังนั้นจึงต้องมีการต่อวงจรขยายสัญญาณซึ่งในอดีตมักจะใช้ไอซีออปแอมป์ที่มีอัตราขยายสูง ๆ แต่ผลที่ได้คือ วงจรขนาดใหญ่ที่มีอุปกรณ์มากมาย มีความยุ่งยากมากในการสร้างค่อนข้างมาก

มายุคนี้ต้องเลือกใช้อุปกรณ์ให้ถูกกับงาน สำหรับ PIR แล้วต้องใช้ไอซีพิเศษเฉพาะงานที่เรียกว่า Master PIR Control Chip หรือ MPCC

MPCC เกิดมาเพื่อ PIR

ไอซี MPCC จะเข้ามาทดแทนวงจรออปแอมป์ที่ยุ่งยาก ทั้งยังเข้ามาช่วยเพิ่มความสามารถในการตรวจจับให้แก่ PIR ด้วย ไอซี MPCC ที่จะใช้ในโครงงานนี้คือเบอร์ KC778B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของมันคือขยายสัญญาณการตรวจจับความเคลื่อนไหวของ PIR ให้มีความแรงพอที่จะนำออกไปขับอุปกรณ์เอาต์พุทอื่นๆ อาทิ ไซเรน หรือ หลอดไฟ เป็นต้น

นอกจากนั้นยังเพิ่มขีดความสามารถในการตรวจจับความเคลื่อนไหว โดยสามารถกำหนดให้ทำงานเฉพาะในที่มืดหรือสว่าง สามารถกำหนดเวลาเริ่มการทำงานได้ เช่น เมื่อจ่ายไปให้วงจรจะมีการหน่วงเวลาให้เวลาเพียงพอในการออกจากพื้นที่ที่ทำการตรวจจับ ซึ่งจะนานเท่าไรก็ขึ้นอยู่กับการปรับแต่งของผู้ใช้งาน

วงจรสมบูรณ์

ในรูปแสดงวงจรสมบูรณ์ ของเครื่องตรวจจับความเคลื่อนไหวที่จะมาสร้างกันนี้เริ่มกันที่ IC1 ไอซี MPCC เบอร์ KC778B จะรับสัญญาณที่ตรวจจับได้จาก PIR1 เบอร์ RE200B เข้ามาที่ขา 7 และ 8 โดยมี VR1 เป็นตัวปรับความไวในการตรวจจับของ PIR

เมื่อ PIR1 และ IC1 สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ LED1 จะติดกระพริบตามจังหวะที่เกิดการเคลื่อนไหวของคนหรือสัตว์ ส่วนสัญญาณเอาต์พุทที่จะนำออกไปขับอุปกรณ์ภายนอกจะออกมาที่ขา 16 สามารถที่จะขับไตรแอกออปโต้คัปเปลอร์ รีเลย์แรงดันต่ำ ได้เลย ในโครงงานนี้ต่อทรานซิสเตอร์ Q2 เพื่อขับ LED2 เอาไว้เมื่อเกิดการตรวจจับความเคลื่อนไหวได้

นอกจากนั้นที่ขาคอลเล็กเตอร์ของ Q2 จะสามารถต่อกับรีเลย์ขนาด 9 - 12 โวลต์ได้โดยตรง D1 จะทำหน้าที่ป้องกันแรงดันย้อนกลับจากขดลวดรีเลย์มาเข้าทรานซิสเตอร์

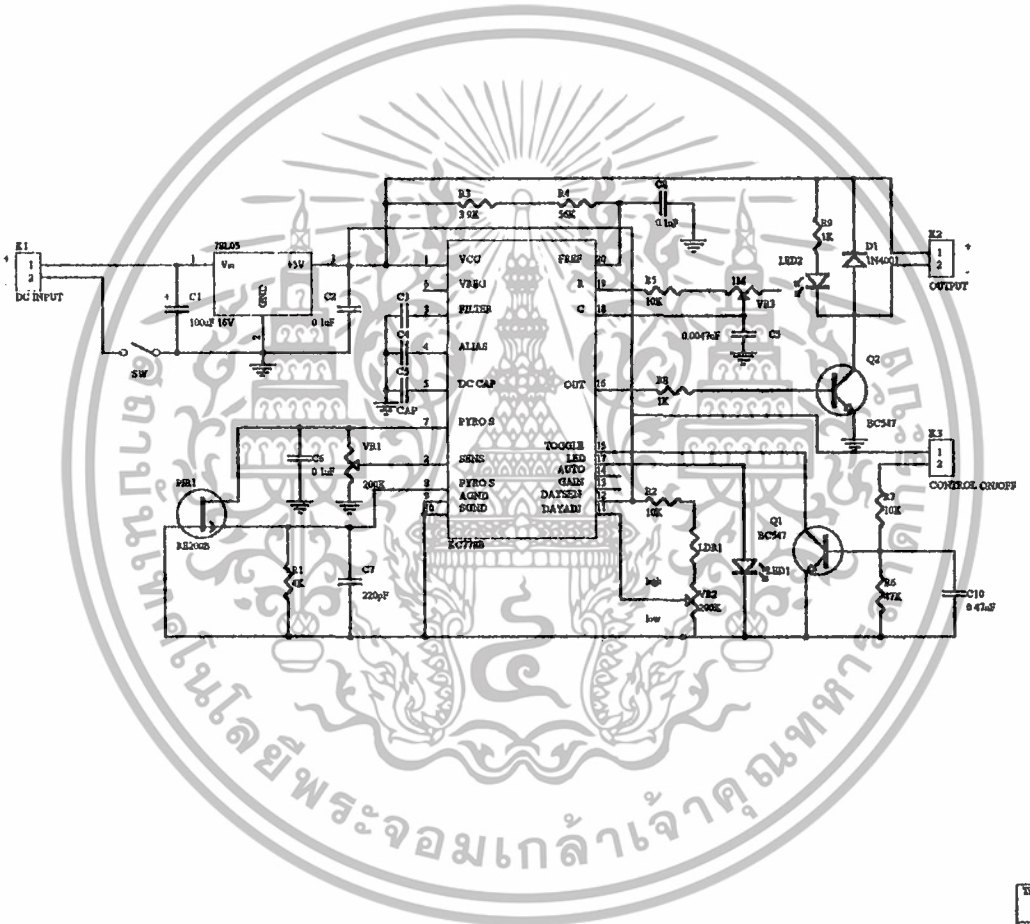
ถ้าหากต้องการให้ผลทางเอาต์พุทออกมาเป็นตรงข้ามสามารถทำได้ง่าย ๆคือ ต่อจั๊มเปอร์ J1 ทำให้ตัวต้านทาน R7 ต่อเข้ากับไฟบวก 5 โวลต์ขับให้ Q1 ทำงาน ขา 15 ของ IC1 จึงเสมือนต่อลงกราวด์ได้รับสัญญาณลอจิก “0”

การเลือกให้วงจรทำงานในที่มืดหรือสว่างสามารถกำหนดได้โดยต่อตัวต้านทานแปรค่าตามแสงหรือ LDR1 เข้าที่ขา 12 โดยผ่านตัวต้านทาน R2 ความไวในการรับแสงสามารถปรับได้ที่ VR2

สุดท้ายของโครงงานนี้คือการหน่วงเวลาก่อนเริ่มทำงาน ใช้อุปกรณ์เพียง 3 ตัวเท่านั้น คือ R5,VR3 และ C9 จะเป็นวงจร RC ไทม์คอนสแตนต์ ช่วงเวลาในการสว่างหน่วงสามารถกำหนดได้โดยการปรับ VR3

IC1 ได้รับแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์มาจาก IC2 ซึ่งทำหน้าที่ลดแรงดันลงมาจาก 9 - 12 โวลต์ ป้อนเข้าที่ขา 1 ของ IC1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title		
Size: B	Number	Revision
Date: 25-Mar-1997		Sheet of
File: AAV.SCH		Drawn By

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การตรวจสอบแอดเดรสที่ใช้งาน

คำที่บันทึก	ADDRESS
Errer	00000101B
0	00000001B
1	00000111B
2	00010001B
3	0001011B
4	00011001B
5	00110011B
6	00110111B
7	01000001B
8	01000101B
9	01010011B
Point	01011001B
Metre	01100001B

ตารางที่ 4.1 แสดงการตรวจสอบแอดเดรสที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะทาง	ระยะที่วัดได้ (เซนติเมตร)			ระยะที่วัดได้เฉลี่ย	ระยะที่ผิดพลาด	
(เซนติเมตร)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	(เซนติเมตร)	(เซนติเมตร)	
30	34	34	34	34.00	4.00	
35	39	37	39	38.33	3.33	
40	43	43	43	43.00	3.00	
45	50	49	49	49.33	4.33	
50	54	54	54	54.00	4.00	
55	60	59	60	59.67	4.67	
60	66	64	65	65.00	5.00	
65	71	70	70	70.33	5.33	
70	77	75	76	76.00	6.00	
75	82	81	81	81.33	6.33	
80	86	86	85	85.67	5.67	
85	93	91	91	91.67	6.67	
90	96	97	96	96.33	6.33	
95	101	101	102	101.33	6.33	
100	106	107	107	106.67	6.67	
105	111	111	113	111.67	6.67	
110	117	117	117	117.00	7.00	
115	122	123	122	122.33	7.33	
120	127	127	128	127.33	7.33	
125	133	132	133	132.67	7.67	
130	138	138	138	138.00	8.00	
135	142	143	143	142.67	7.67	
140	147	149	148	148.00	8.00	
145	153	153	153	153.00	8.00	
150	159	159	159	159.00	9.00	
155	163	164	164	163.67	8.67	
160	168	169	169	168.67	8.67	
165	174	174	174	174.00	9.00	
170	178	180	179	179.00	9.00	
175	184	185	185	184.67	9.67	
180	189	190	190	189.67	9.67	
185	195	195	195	195.00	10.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

190	200	200	201	200.33	10.33	
195	206	206	206	206.00	11.00	
200	211	211	211	211.00	11.00	
205	215	217	217	216.33	11.33	
210	222	221	222	221.67	11.67	
215	226	227	227	226.67	11.67	
220	233	233	233	233.00	13.00	
225	237	239	238	238.00	13.00	
230	242	243	244	243.00	13.00	
235	247	247	248	247.33	12.33	
240	253	253	253	253.00	13.00	
245	258	258	258	258.00	13.00	
250	265	265	265	265.00	15.00	
255	267	267	269	267.67	12.67	
260	275	275	274	274.67	14.67	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16.00
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
ระยะที่ผิดพลาด
30
45
60
75
90
105
120
135
150
165
180
195
210
225
240
255
ระยะที่วัด
ชุด1

บทที่ 5

สรุปผลและแนวทางการพัฒนา

สรุปผลการทดลอง

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการวัดระยะสิ่งกีดขวางด้วยคลื่นอุลตราโซนิคโดยการประยุกต์เพื่อนำมาใช้ช่วยเหลือผู้พิการทางสายตา ในส่วนของวงจรประกอบด้วย วงจรวัดระยะทางด้วยอุลตราโซนิค, วงจรตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยอินฟราเรด และวงจรไอซีเสียงพูด วงจรทั้งหมดจะถูกควบคุมการทำงานโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเมื่อตัวรับของวงจรอุลตราโซนิคทำงานจะทำให้ตัวเคาท์เตอร์หยุดนับแล้วส่งค่าที่ได้เข้าไปในตัวไมโครคอลโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลเรียกใช้งานตัวไอซีเสียงพูดบอกระยะให้กับผู้ใช้งานทราบ แต่ถ้าสิ่งกีดขวางมีการเคลื่อนที่ตัวตรวจจับอินฟราเรดสามารถจับได้จะทำให้เกิดการอินเทอรัพท์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ไอซีเสียงพูดจะบอกเตือนให้กับผู้ใช้งานทราบ

และจากผลการทดลองพบว่าในการวัดระยะทางด้วยเครื่องนี้ให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับค่าจริงที่วัดได้ ซึ่งค่าความผิดพลาดอยู่ระหว่าง 3.0 cm ถึง 14.67 cm ดังตาราง เมื่อเพิ่มระยะทางที่ทำการวัดพบว่า ค่าความผิดพลาดมีค่าเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการสะท้อนกลับของสัญญาณเกิดการสูญหายและความถี่ที่ป้อนให้กับตัว counter ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ผลการทดลองในส่วนของการพูดนั้นมีการบอกค่าผิดพลาดบ้างซึ่งอาจเกิดจากในส่วนการรับข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมากนั่นเอง

แนวทางการพัฒนา

1. การเพิ่มประสิทธิภาพตัวส่งตัวรับอุลตราโซนิคโดยการใช้คริสตอลควบคุมการทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์กำเนิดความถี่สูงในย่านอุลตราโซนิคเพื่อให้วงจรมีเสถียรภาพในการทำงาน
2. การพัฒนารูปแบบของวงจรให้มีขนาดเล็กลง
3. การใช้สายชิลด์เป็นสายนำสัญญาณเพื่อลดการรบกวนและการลดทอนสัญญาณ
4. การพัฒนารูปแแบบโปรแกรมเพื่อให้สามารถกำหนดพอร์ททำงานเพิ่มตามต้องการ
5. การพัฒนาเพื่อนำไปใช้งานวัดระยะทางในการทดลองทางวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

สุเจตน์ จันทรังษ์ , "ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยว" , หน้า 5-19 , วิทยาลัยมหานคร , 2535

พิพัฒน์ เลาหสงคราม , "ไมโครคอนโทรลเลอร์ " , หน้า 103-151 , ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม , คณะวิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กิตติ ศีรเศรษฐ , "ทรานสดิวเซอร์" , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,หน้า 39 , 2526

วิทยานิพนธ์ , "อุลตราโซนิคควบคุมระดับ" ระดับปริญญาตรี , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยานิพนธ์, "อุลตราโซนิคในการวินิจฉัยทางการแพทย์" ระดับปริญญาตรี , คณะวิศวกรรมศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

March 1988

MM74C925, MM74C926, MM74C927, MM74C928 4-Digit Counters with Multiplexed 7-Segment Output Drivers

General Description

These 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.

The MM74C927 is like the MM74C926 except the second most significant digit divides by 6 rather than 10. Thus, if the clock input frequency is 10 Hz, the display would read tenths of seconds and minutes (i.e., 9:59.9).

The MM74C928 is like the MM74C926 except the most significant digit divides by 2 rather than 10 and the carry-out is an overflow indicator which is high at 2000, and it goes back low only when the counter is reset. Thus, this is a 3½-digit counter.

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

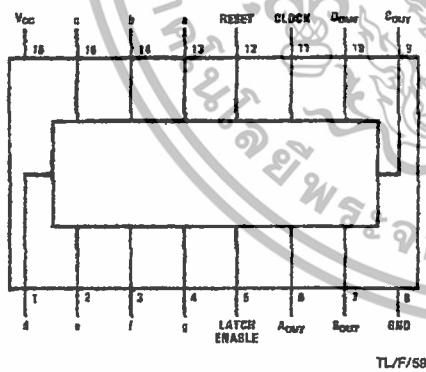
Design Considerations

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.

Connection Diagrams

Dual-In-Line Package

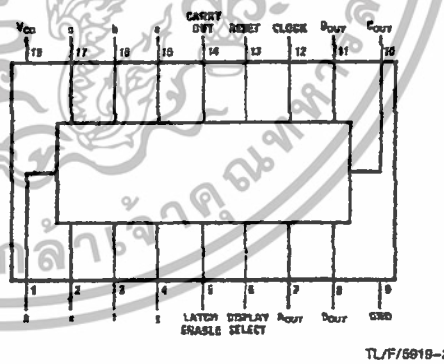


TL/F/5919–1

Top View

Order Number MM74C925

Dual-In-Line Package



TL/F/5919–2

Top View

Order Number MM74C926, MM74C927 or MM74C928

©1995 National Semiconductor Corporation TL/F/5919

RRD-B30M105/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Voltage at Any Output Pin	GND − 0.3V to V_{CC} + 0.3V
Voltage at Any Input Pin	GND − 0.3V to +15V
Operating Temperature Range (T_A)	−40°C to +85°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	Refer to $P_{D(MAX)}$ vs T_A Graph
Operating V_{CC} Range	3V to 6V
V_{CC}	6.5V
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C

DC Electrical Characteristics Min/Max limits apply at −40°C ≤ T_j ≤ +85°C, unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CMOS TO CMOS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage	V_{CC} = 5V	3.5			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage	V_{CC} = 5V			1.5	V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage (Carry-Out and Digit Output Only)	V_{CC} = 5V, I_O = −10 μA	4.5			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	V_{CC} = 5V, I_O = 10 μA			0.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current	V_{CC} = 5V, V_{IN} = 15V		0.005	1	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current	V_{CC} = 5V, V_{IN} = 0V	−1	−0.005		μA
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = 5V, Outputs Open Circuit, V_{IN} = 0V or 5V		20	1000	μA
CMOS/LPTTL INTERFACE						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage	V_{CC} = 4.75V	V_{CC} − 2			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage	V_{CC} = 4.75V			0.8	V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage (Carry-Out and Digit Output Only)	V_{CC} = 4.75V, I_O = −360 μA	2.4			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	V_{CC} = 4.75V, I_O = 360 μA			0.4	V
OUTPUT DRIVE						
V_{OUT}	Output Voltage (Segment Sourcing Output)	I_{OUT} = −65 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 25°C	V_{CC} − 2	V_{CC} − 1.3		V
		I_{OUT} = −40 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 100°C	V_{CC} − 1.6	V_{CC} − 1.2		V
		I_{OUT} = −40 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 150°C	V_{CC} − 2	V_{CC} − 1.4		V
R_{ON}	Output Resistance (Segment Sourcing Output)	I_{OUT} = −65 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 25°C		20	32	Ω
		I_{OUT} = −40 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 100°C		30	40	Ω
		I_{OUT} = −40 mA, V_{CC} = 5V, T_j = 150°C		35	50	Ω
	Output Resistance (Segment Output) Temperature Coefficient			0.6	0.8	%/°C
I_{SOURCE}	Output Source Current (Digit Output)	V_{CC} = 4.75V, V_{OUT} = 1.75V, T_j = 150°C	−1	−2		mA
I_{SOURCE}	Output Source Current (Carry-Out)	V_{CC} = 5V, V_{OUT} = 0V, T_j = 25°C	−1.75	−3.3		mA
I_{SINK}	Output Sink Current (All Outputs)	V_{CC} = 5V, V_{OUT} = V_{CC}, T_j = 25°C	1.75	3.6		mA
θ_{jA}	Thermal Resistance	MM74C925 (Note 4)		75	100	°C/W
		MM74C926, MM74C927, MM74C928		70	90	°C/W

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 2: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

Note 3: C_{PD} determines the no load AC power consumption of any CMOS device. For complete explanation see 54C/74C Family Characteristics application note, AN-90.

Note 4: θ_{jA} measured in free-air with device soldered into printed circuit board.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics* $T_A = 25°C$, $C_L = 50$ pF, unless otherwise noted

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

*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

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

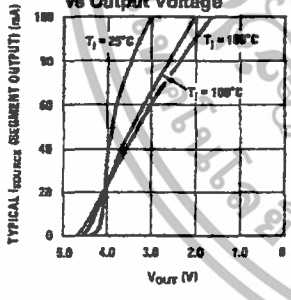
Segment Output — Current sourcing with 40 mA @V_{OUT} = V_{CC} − 1.6V (typ.) Also, sink capability = 2 LTTL loads

Digit Output — Current sourcing with 1 mA @V_{OUT} = 1.75V. Also, sink capability = 2 LTTL loads

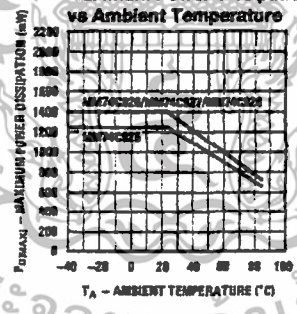
Carry-Out — 2 LTTL loads. See carry-out waveforms.

Typical Performance Characteristics

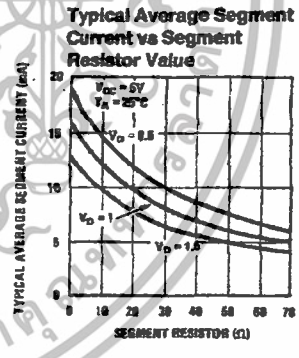
Typical Segment Current vs Output Voltage



Maximum Power Dissipation vs Ambient Temperature



Typical Average Segment Current vs Segment Resistor Value



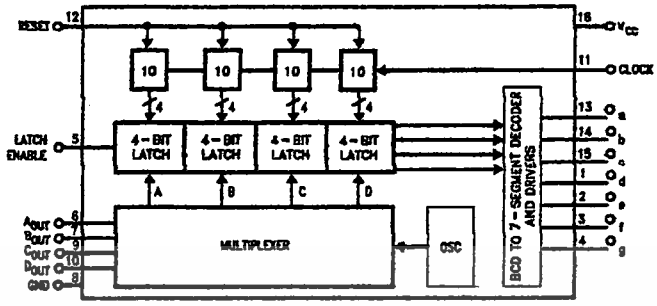
TL/F/5919–3

Note: V_D = Voltage across digit driver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

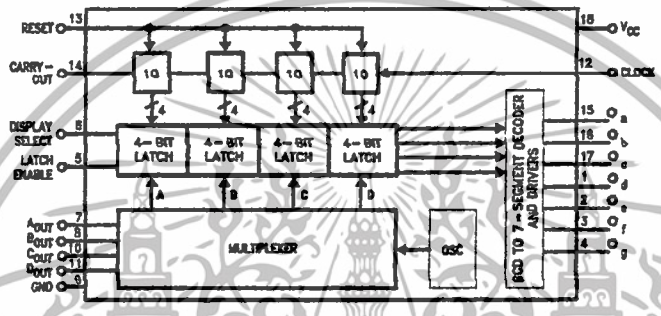
Logic and Block Diagrams

MM74C925



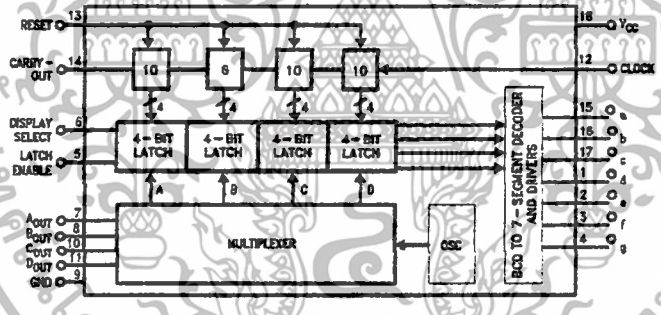
TL/F/5919–4

MM74C926



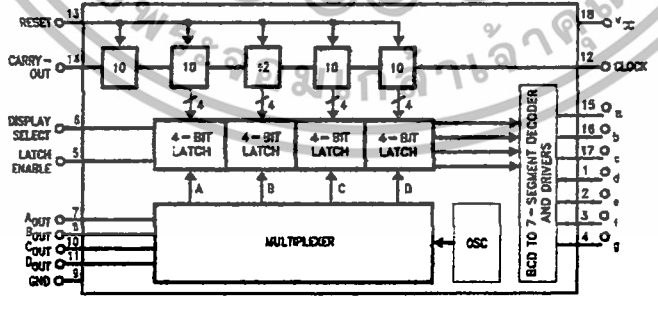
TL/F/5919–5

MM74C927



TL/F/5919–6

MM74C928

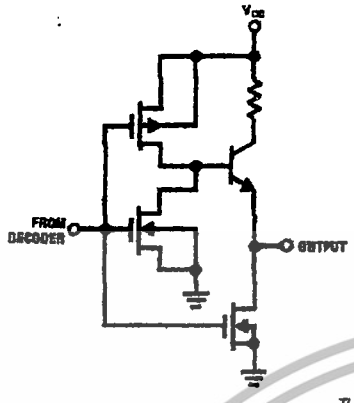


TL/F/5919–7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

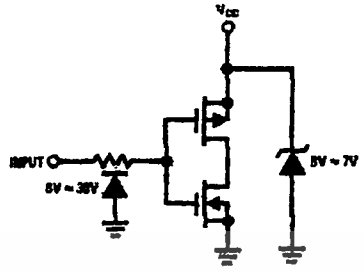
Logic and Block Diagrams (Continued)

Segment Output Driver



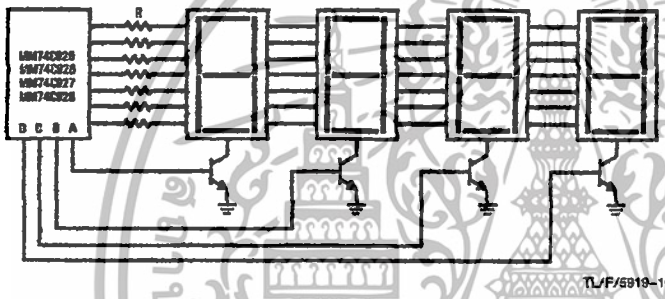
TL/F/5919–8

Input Protection



TL/F/5919–9

Common Cathode LED Display



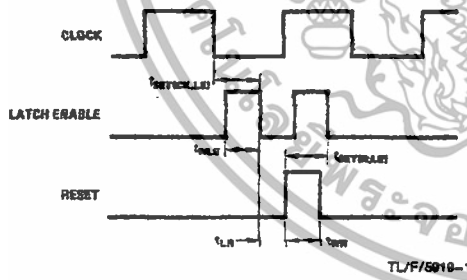
TL/F/5919–10

Segment Identification

TL/F/5919–11

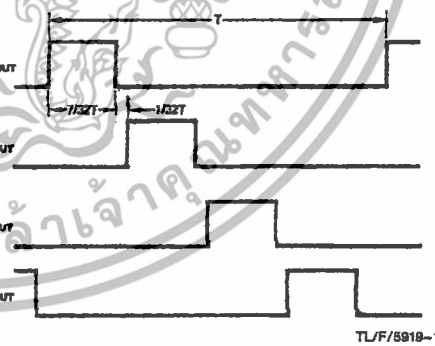
Switching Time Waveforms

Input Waveforms



TL/F/5919–12

Multiplexing Output Waveforms



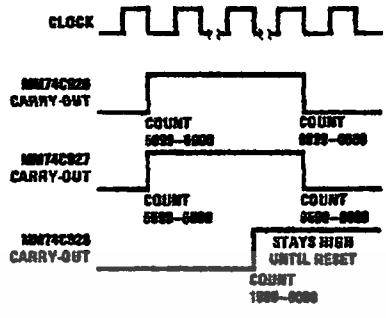
TL/F/5919–13

$T = 1/f_{MUX}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

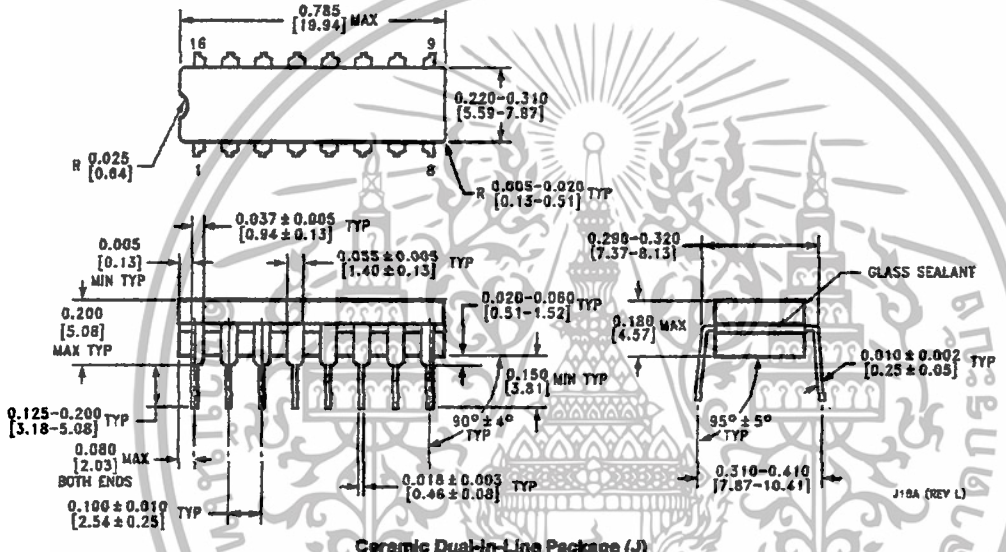
Switching Time Waveforms (Continued)

Carry-Out Waveforms



TL/F/5919–14

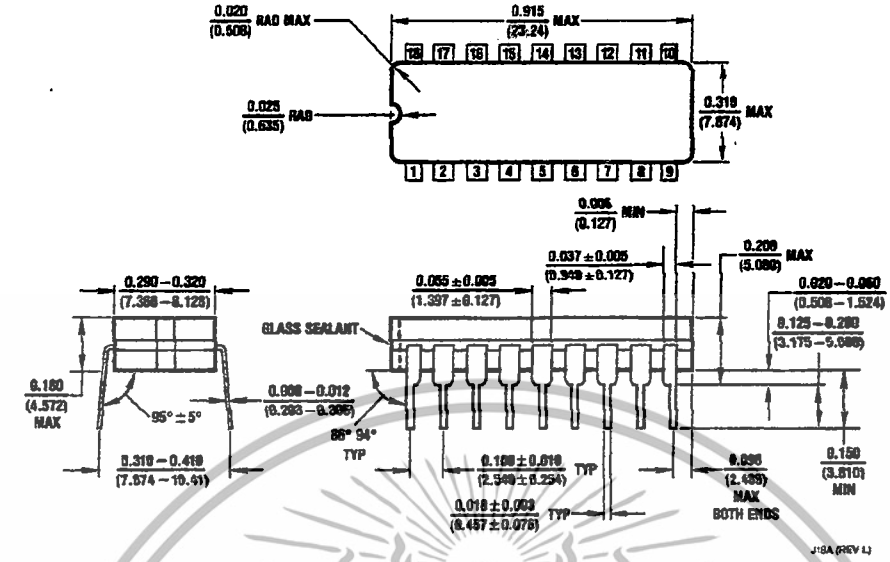
Physical Dimensions inches (millimeters)



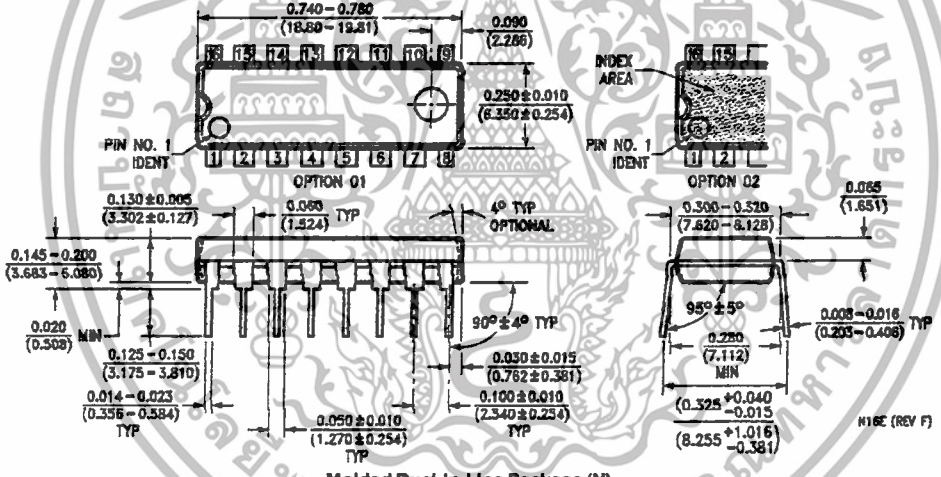
Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number MM74C925J
NS Package Number J16A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



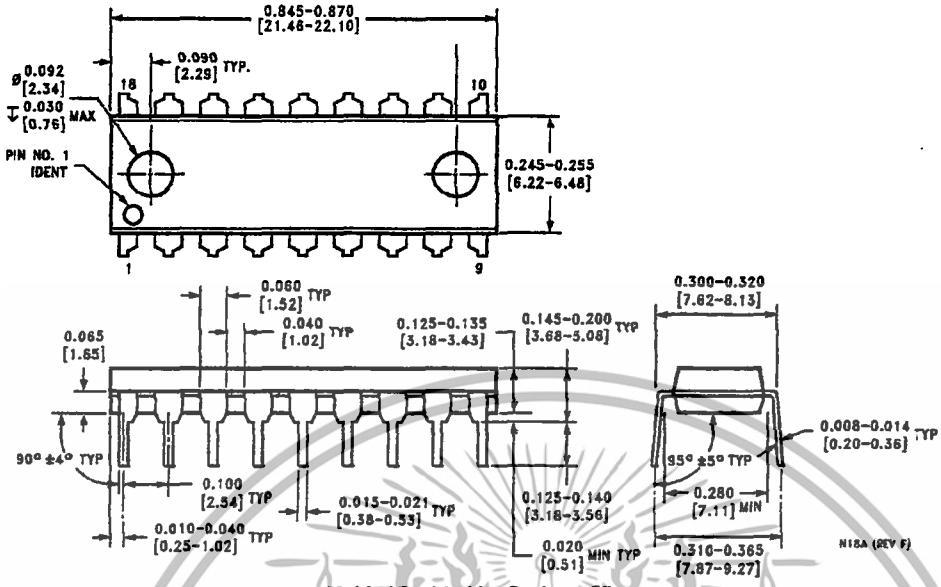
Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number MM74C926J, MM74C927J or MM74C928J
NS Package Number J18A



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number MM74C925N
NS Package Number N16E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number MM74C926N, MM74C927N or MM74C928N
NS Package Number N18A

LIFE SUPPORT POLICY

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

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnyeage@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14025B
See Page 6-5

MC14025UB
See Page 6-10

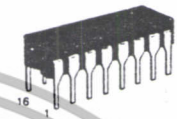
MOTOROLA

MC14027B

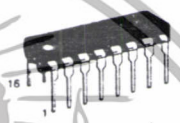
DUAL J-K FLIP-FLOP

The MC14027B dual J-K flip-flop has independent J, K, Clock (C), Set (S) and Reset (R) inputs for each flip-flop. These devices may be used in control, register, or toggle functions.

- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Logic Swing Independent of Fanout
- Logic Edge-Clocked Flip-Flop Design – Logic state is retained indefinitely with clock level either high or low; information is transferred to the output only on the positive-going edge of the clock pulse
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Pin-for-Pin Replacement for CD4027B



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648

D SUFFIX
SOIC
CASE 751B

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP	Plastic
MC14XXXBCL	Ceramic
MC14XXXBD	SOIC

T_A = −55° to 125°C for all packages.

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage	−0.5 to +18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	−0.5 to V_{DD} +0.5	V
I_{in}, I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	±10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	−65 to +150	°C
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
†Temperature Derating: All Packages: −7.0 mW/°C from 65°C to 125°C.

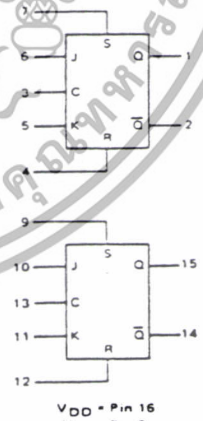
TRUTH TABLE

INPUTS					OUTPUTS*		
C↑	J	K	S	R	Q_n =	Q_{n+1}	$\overline{Q}_{n+1}$
↑	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
↑	1	1	0	0	Q_0	$\overline{Q}_0$	Q_0
↓	X	X	0	0	X	Q_n	$\overline{Q}_n$
X	X	X	1	0	X	1	0
X	X	X	0	1	X	0	1
X	X	X	1	1	X	1	1

No Change

X = Don't Care
↑ = Level Change
‡ = Present State
* = Next State

BLOCK DIAGRAM



V_{DD} = Pin 16
V_{SS} = Pin 8

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \leq (V_{in}$ or $V_{out}) \leq V_{DD}$. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic		Symbol	V_{DD} Vdc	−55°C Min	−55°C Max	25°C Min	25°C Typ #	25°C Max	125°C Min	125°C Max	Unit
Output Voltage V_{in} = V_{DD} or 0	"0" Level	V_{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
			10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
			15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
V_{in} = 0 or V_{DD}	"1" Level	V_{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
			10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
			15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Input Voltage (V_O = 4.5 or 0.5 Vdc)	"0" Level	V_{IL}	5.0	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	Vdc
(V_O = 9.0 or 1.0 Vdc)			10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0	
(V_O = 13.5 or 1.5 Vdc)			15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0	
(V_O = 0.5 or 4.5 Vdc)	"1" Level	V_{IH}	5.0	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	Vdc
(V_O = 1.0 or 9.0 Vdc)			10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—	
(V_O = 1.5 or 13.5 Vdc)			15	11	—	11	8.25	—	11	—	
Output Drive Current (V_{OH} = 2.5 Vdc)	Source	I_{OH}	5.0	−3.0	—	−2.4	−4.2	—	−1.7	—	mAdc
(V_{OH} = 4.6 Vdc)			5.0	−0.64	—	−0.51	−0.88	—	−0.36	—	
(V_{OH} = 9.5 Vdc)			10	−1.6	—	−1.3	−2.25	—	−0.9	—	
(V_{OH} = 13.5 Vdc)			15	−4.2	—	−3.4	−8.8	—	−2.4	—	
(V_{OL} = 0.4 Vdc)	Sink	I_{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc
(V_{OL} = 0.5 Vdc)			10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
(V_{OL} = 1.5 Vdc)			15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	
Input Current		I_{in}	15	—	±0.1	—	±0.00001	±0.1	—	±1.0	μAdc
Input Capacitance (V_{in} = 0)		C_{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package)		I_{DD}	5.0	—	1.0	—	0.002	1.0	—	30	μAdc
			10	—	2.0	—	0.004	2.0	—	60	
			15	—	4.0	—	0.006	4.0	—	120	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C_L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)		I_T	5.0	I_T = (0.8 μA/kHz) f + I_{DD}							μAdc
			10	I_T = (1.6 μA/kHz) f + I_{DD}							
			15	I_T = (2.4 μA/kHz) f + I_{DD}							

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

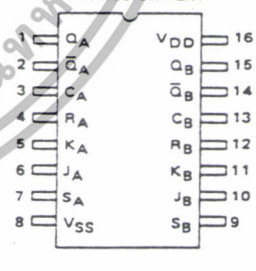
**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50\ pF) + (C_L - 50)\ Vfk$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} − V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.002.

PIN ASSIGNMENT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SWITCHING CHARACTERISTICS* (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

Characteristic	Symbol	V_{DD}	Min	Typ #	Max	Unit
Output Rise and Fall Time	t_{TLH},					ns
t_{TLH}, t_{THL} = (1.5 ns/pF) C_L + 25 ns	t_{THL}	5.0	–	100	200	
t_{TLH}, t_{THL} = (0.75 ns/pF) C_L + 12.5 ns		10	–	50	100	
t_{TLH}, t_{THL} = (0.55 ns/pF) C_L + 12.5 ns		15	–	40	80	
Propagation Delay Times**	t_{PLH},					ns
Clock to Q, $\overline{Q}$	t_{PHL}					
t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 90 ns		5.0	–	175	350	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 ns/pF) C_L + 42 ns		10	–	75	150	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 ns/pF) C_L + 25 ns		15	–	50	100	
Set to Q, $\overline{Q}$						
t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 90 ns		5.0	–	175	350	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 ns/pF) C_L + 42 ns		10	–	75	150	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 ns/pF) C_L + 25 ns		15	–	50	100	
Reset to Q, $\overline{Q}$						
t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 ns/pF) C_L + 265 ns		5.0	–	350	450	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 ns/pF) C_L + 67 ns		10	–	100	200	
t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 ns/pF) C_L + 50 ns		15	–	75	150	
Setup Times	t_{su}	5.0	140	70	–	ns
		10	50	25	–	
		15	35	17	–	
Hold Times	t_h	5.0	140	70	–	ns
		10	50	25	–	
		15	35	17	–	
Clock Pulse Width	t_{WH}, t_{WL}	5.0	330	165	–	ns
		10	110	55	–	
		15	75	38	–	
Clock Pulse Frequency	f_{cl}	5.0	–	3.0	1.5	MHz
		10	–	9.0	4.5	
		15	–	13	6.5	
Clock Pulse Rise and Fall Time	t_{TLH}, t_{THL}	5.0	–	–	15	µs
		10	–	–	5.0	
		15	–	–	4.0	
Removal Times	t_{rem}					ns
Set		5	90	10	—	
		10	45	5	—	
		15	35	3	—	
Reset		5	50	−30	—	
		10	25	−15	—	
		15	20	−10	—	
Set and Reset Pulse Width	t_{WH}	5.0	250	125	–	ns
		10	100	50	–	
		15	70	35	–	

*The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1 – DYNAMIC SIGNAL WAVEFORMS
(J, K, Clock, and Output)

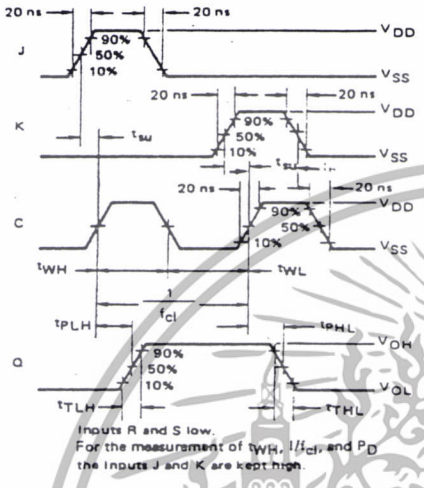
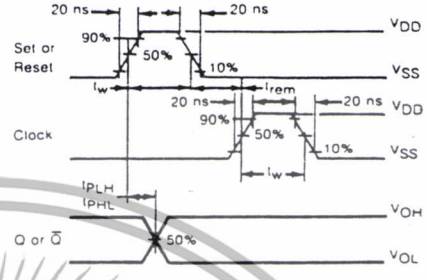
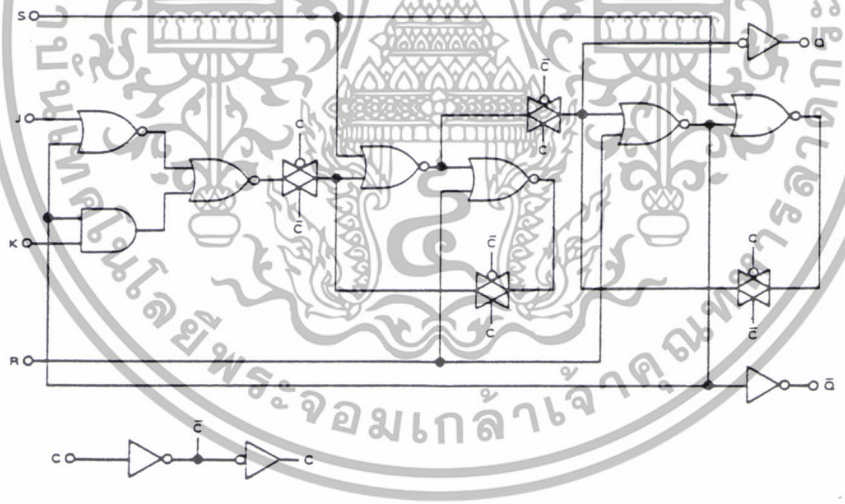


FIGURE 2 — DYNAMIC SIGNAL WAVEFORMS
(Set, Reset, Clock, and Output)



LOGIC DIAGRAM
(1/2 of Device Shown)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

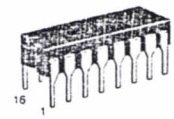
MOTOROLA

MC14020B

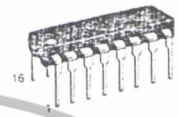
14-BIT BINARY COUNTER

The MC14020B 14-stage binary counter is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. This part is designed with an input wave shaping circuit and 14 stages of ripple-carry binary counter. The device advances the count on the negative-going edge of the clock pulse. Applications include time delay circuits, counter controls, and frequency-dividing circuits.

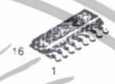
- Fully Static Operation
- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Buffered Outputs Available from stages 1 and 4 thru 14
- Common Reset Line
- Pin-for-Pin Replacement for CD4020B



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 620



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 648



D SUFFIX
SOIC
CASE 751B

ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP Plastic
MC14XXXBCL Ceramic
MC14XXXBD SOIC

T_A = −55° to 125°C for all packages.

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage	−0.5 to +18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	−0.5 to V_{DD} +0.5	V
I_{in}, I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	±10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	−65 to +150	°C
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
†Temperature Derating: All Packages: −7.0 mW/°C from 65°C to 125°C

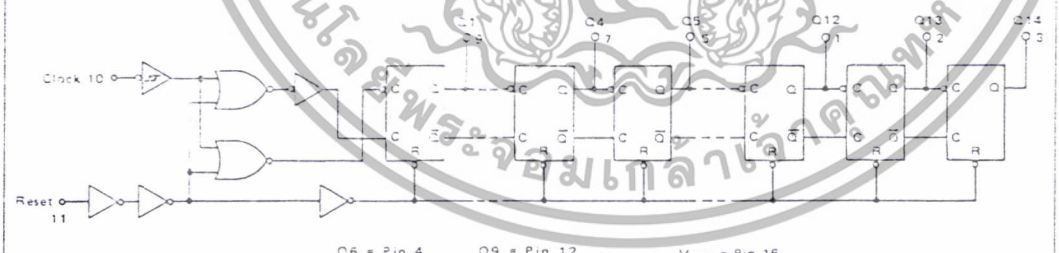
TRUTH TABLE

CLOCK	RESET	OUTPUT STATE
⤵	0	No Change
⤵	0	Advance to next state
X	1	All Outputs are low

X = Don't Care

6

LOGIC DIAGRAM



Q6 = Pin 4
Q7 = Pin 6
Q8 = Pin 13
Q9 = Pin 12
Q10 = Pin 14
Q11 = Pin 15
V_{DD} = Pin 16
V_{SS} = Pin 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic		Symbol	V_{DD} Vdc	−55°C Min	−55°C Max	25°C Min	25°C Typ #	25°C Max	125°C Min	125°C Max	Unit
Output Voltage V_{in} = V_{DD} or 0	"0" Level	V_{OL}	5.0 10 15	— — —	0.05 0.05 0.05	— — —	0 0 0	0.05 0.05 0.05	— — —	0.05 0.05 0.05	Vdc
V_{in} = 0 or V_{DD}	"1" Level	V_{OH}	5.0 10 15	4.95 9.95 14.95	— — —	4.95 9.95 14.95	5.0 10 15	— — —	4.95 9.95 14.95	— — —	Vdc
Input Voltage (V_O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V_O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V_O = 13.5 or 1.5 Vdc)	"0" Level	V_{IL}	5.0 10 15	— — —	1.5 3.0 4.0	— — —	2.25 4.50 6.75	1.5 3.0 4.0	— — —	1.5 3.0 4.0	Vdc
(V_O = 0.5 or 4.5 Vdc) (V_O = 1.0 or 9.0 Vdc) (V_O = 1.5 or 13.5 Vdc)	"1" Level	V_{IH}	5.0 10 15	3.5 7.0 11	— — —	3.5 7.0 11	2.75 5.50 8.25	— — —	3.5 7.0 11	— — —	Vdc
Output Drive Current (V_{OH} = 2.5 Vdc) (V_{OH} = 4.6 Vdc) (V_{OH} = 9.5 Vdc) (V_{OH} = 13.5 Vdc)	Source	I_{OH}	5.0 5.0 10 15	−3.0 −0.64 −1.6 −4.2	— — — —	−2.4 −0.51 −1.3 −3.4	−4.2 −0.88 −2.25 −8.8	— — — —	−1.7 −0.36 −0.9 −2.4	— — — —	mAdc
(V_{OL} = 0.4 Vdc) (V_{OL} = 0.5 Vdc) (V_{OL} = 1.5 Vdc)	Sink	I_{OL}	5.0 10 15	0.64 1.6 4.2	— — —	0.51 1.3 3.4	0.88 2.25 8.8	— — —	0.36 0.9 2.4	— — —	mAdc
Input Current		I_{in}	15	—	±0.1	—	±0.00001	±0.1	—	±1.0	μAdc
Input Capacitance (V_{in} = 0)		C_{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package)		I_{DD}	5.0 10 15	—	5.0 10 20	—	0.005 0.010 0.015	5.0 10 20	—	150 300 600	μAdc
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C_L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)		I_T	5.0 10 15	I_T = (0.42 μA/kHz) f + I_{DD} I_T = (0.85 μA/kHz) f + I_{DD} I_T = (1.43 μA/kHz) f + I_{DD}							μAdc

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

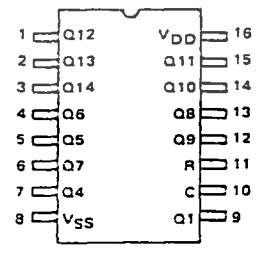
$$I_T(C_L) = I_T(50\ pF) + (C_L - 50)\ f\ k$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} − V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.001.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \le (V_{in}$ or $V_{out}) \le V_{DD}$.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). **Unused outputs must be left open.**

PIN ASSIGNMENT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SWITCHING CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

Characteristic	Symbol	V_{DD} V_{dc}	Min	Typ #	Max	Unit
Output Rise and Fall Time	t_{TLH},					ns
T_{TLH}, T_{THL} = (1.5 ns/pF) C_L + 25 ns	t_{THL}	5.0	—	100	200	
T_{TLH}, T_{THL} = (0.75 ns pF) C_L + 12.5 ns		10	—	50	100	
T_{TLH}, T_{THL} = (0.55 ns pF) C_L + 9.5 ns		15	—	40	80	
Propagation Delay Time	t_{PLH},					
Clock to Q1	t_{PHL}					ns
t_{PHL}, t_{PLH} = (1.7 ns/pF) C_L + 175 ns		5.0	—	260	520	
t_{PHL}, t_{PLH} = (0.66 ns/pF) C_L + 82 ns		10	—	115	230	
t_{PHL}, t_{PLH} = (0.5 ns pF) C_L + 55 ns		15	—	80	160	
Clock to Q14						ns
t_{PHL}, t_{PLH} = (1.7 ns/pF) C_L + 1735 ns		5.0	—	1820	3900	
t_{PHL}, t_{PLH} = (0.66 ns pF) C_L + 772 ns		10	—	805	1725	
t_{PHL}, t_{PLH} = (0.5 ns pF) C_L + 535 ns		15	—	560	1200	
Propagation Delay Time	t_{PHL}					ns
Reset to Q_n						
t_{PHL} = (1.7 ns pF) C_L + 285 ns		5.0	—	370	740	
t_{PHL} = (0.66 ns pF) C_L + 122 ns		10	—	155	310	
t_{PHL} = (0.5 ns pF) C_L + 90 ns		15	—	115	230	
Clock Pulse Width	t_{WH}	5.0	500	140	—	ns
		10	165	55	—	
		15	125	38	—	
Clock Pulse Frequency	f_{cl}	5.0	—	2.0	1.0	MHz
		10	—	6.0	3.0	
		15	—	8.0	4.0	
Clock Rise and Fall Time	t_{TLH}, t_{THL}	5.0				—
		10		No Limit		
		15				
Reset Pulse Width	t_{WL}	5.0	3000	320	—	ns
		10	550	120	—	
		15	420	80	—	
Reset Removal Time	t_{rem}	5.0	130	65	—	ns
		10	50	25	—	
		15	30	15	—	

*The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

FIGURE 1 – POWER DISSIPATION TEST CIRCUIT AND WAVEFORM

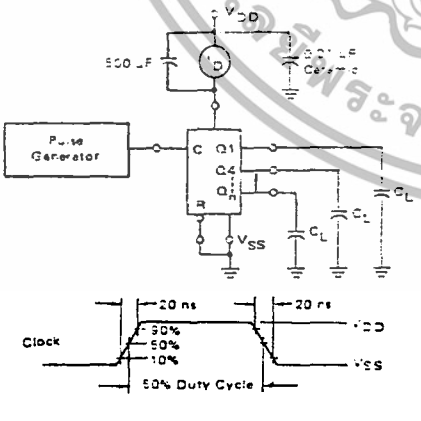
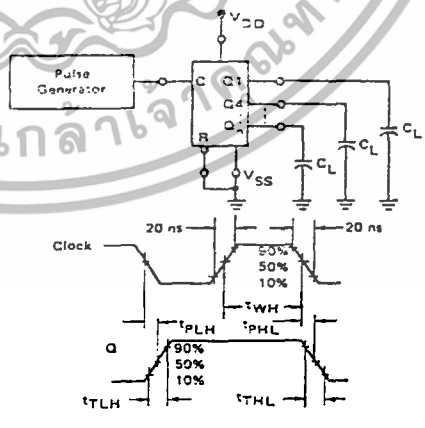
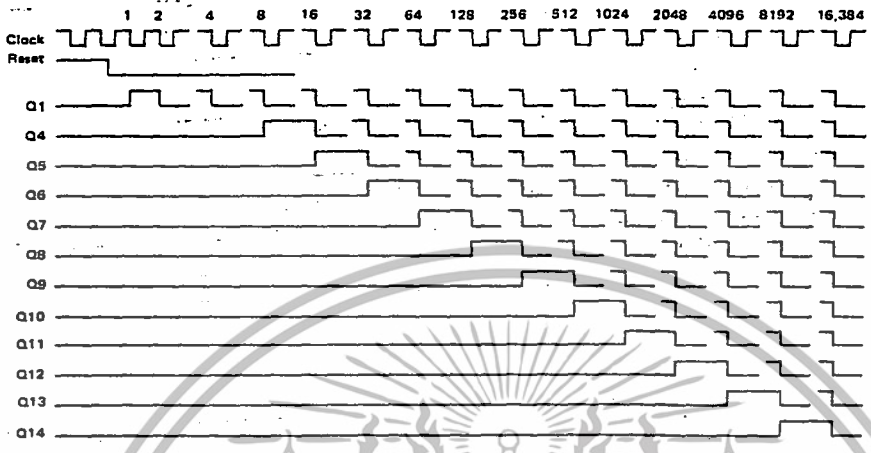


FIGURE 2 – SWITCHING TIME TEST CIRCUIT AND WAVEFORMS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 3 – TIMING DIAGRAM



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14077B
See Page 6-156

MC14078B, MC14081B
MC14082B
See Page 6-5

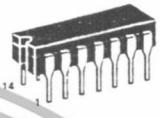
MOTOROLA

QUAD 2-INPUT "NAND" SCHMITT TRIGGER

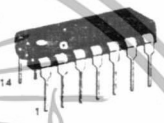
MC14093B

The MC14093B Schmitt trigger is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. These devices find primary use where low power dissipation and/or high noise immunity is desired. The MC14093B may be used in place of the MC14011B quad 2-input NAND gate for enhanced noise immunity or to "square up" slowly changing waveforms.

- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-Power TTL Loads or One Low-Power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Double Diode Protection on All Inputs
- Pin-for-Pin Compatible with CD4093
- Can be Used to Replace MC14011B
- Independent Schmitt-Trigger at each Input



L SUFFIX
CERAMIC
CASE 632



P SUFFIX
PLASTIC
CASE 646

D SUFFIX
SOIC
CASE 751A

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage	−0.5 to +18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage (DC or Transient)	−0.5 to V_{DD} +0.5	V
I_{in}, I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient), per Pin	±10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package†	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	−65 to +150	°C
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
†Temperature Derating: All Packages: −7.0 mW/°C from 65°C to 125°C.

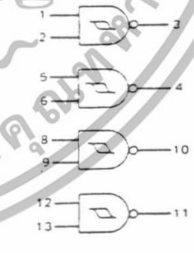
ORDERING INFORMATION

MC14XXXBCP	Plastic
MC14XXXBCL	Ceramic
MC14XXXBD	SOIC

T_A = −55° to 125°C for all packages.

EQUIVALENT CIRCUIT SCHEMATIC
(1/4 OF CIRCUIT SHOWN)

LOGIC DIAGRAM



V_{DD} = Pin 14
V_{SS} = Pin 7

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \le (V_{in}$ or $V_{out}) \le V_{DD}$.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	−55°C Min	−55°C Max	25°C Min	25°C Typ #	25°C Max	125°C Min	125°C Max	Unit
Output Voltage "0" Level V_{in} = V_{DD} or 0	V_{OL}	5.0	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	Vdc
		10	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0	0.05	—	0.05	
"1" Level V_{in} = 0 or V_{DD}	V_{OH}	5.0	4.95	—	4.95	5.0	—	4.95	—	Vdc
		10	9.95	—	9.95	10	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	15	—	14.95	—	
Output Drive Current (V_{OH} = 2.5 Vdc) Source	I_{OH}	5.0	−3.0	—	−2.4	−4.2	—	−1.7	—	mAdc
(V_{OH} = 4.6 Vdc)		5.0	−0.64	—	−0.51	−0.88	—	−0.36	—	
(V_{OH} = 9.5 Vdc)		10	−1.6	—	−1.3	−2.25	—	−0.9	—	
(V_{OH} = 13.5 Vdc)		15	−4.2	—	−3.4	−8.8	—	−2.4	—	
(V_{OL} = 0.4 Vdc) Sink	I_{OL}	5.0	0.64	—	0.51	0.88	—	0.36	—	mAdc
(V_{OL} = 0.5 Vdc)		10	1.6	—	1.3	2.25	—	0.9	—	
(V_{OL} = 1.5 Vdc)		15	4.2	—	3.4	8.8	—	2.4	—	
Input Current	I_{in}	15	—	±0.1	—	±0.00001	±0.1	—	±1.0	μAdc
Input Capacitance (V_{in} = 0)	C_{in}	—	—	—	—	5.0	7.5	—	—	pF
Quiescent Current (Per Package)	I_{DD}	5.0	—	0.25	—	0.0005	0.25	—	7.5	μAdc
		10	—	0.5	—	0.0010	0.5	—	15	
		15	—	1.0	—	0.0015	1.0	—	30	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C_L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I_T	5.0	I_T = (1.2 μA/kHz) f + I_{DD}							μAdc
		10	I_T = (2.4 μA/kHz) f + I_{DD}							
		15	I_T = (3.6 μA/kHz) f + I_{DD}							
Hysteresis Voltage	V_{HT}	5.0	0.3	2.0	0.3	1.1	2.0	0.3	2.0	Vdc
		10	1.2	3.4	1.2	1.7	3.4	1.2	3.4	
		15	1.6	5.0	1.6	2.1	5.0	1.6	5.0	
Threshold Voltage Positive-Going	V_{T+}	5.0	2.2	3.6	2.2	2.9	3.6	2.2	3.6	Vdc
		10	4.6	7.1	4.6	5.9	7.1	4.6	7.1	
		15	6.8	10.8	6.8	8.8	10.8	6.8	10.8	
Negative-Going	V_{T-}	5.0	0.9	2.8	0.9	1.9	2.8	0.9	2.8	Vdc
		10	2.5	5.2	2.5	3.9	5.2	2.5	5.2	
		15	4.0	7.4	4.0	5.8	7.4	4.0	7.4	

#Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

**The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

†To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50\ pF) + (C_L - 50)\ Vfk$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V = (V_{DD} − V_{SS}) in volts, f in kHz is input frequency, and k = 0.004.

6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SWITCHING CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

Characteristic	Symbol	V_{DD} Vdc	Min	Typ #	Max	Unit
Output Rise Time	t_{TLH}	5.0	—	100	200	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	
Output Fall Time	t_{THL}	5.0	—	100	200	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	
Propagation Delay Time	t_{PLH}, t_{PHL}	5.0	—	125	250	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	

#Data labeled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

FIGURE 1 – SWITCHING TIME TEST CIRCUIT AND WAVE FORMS

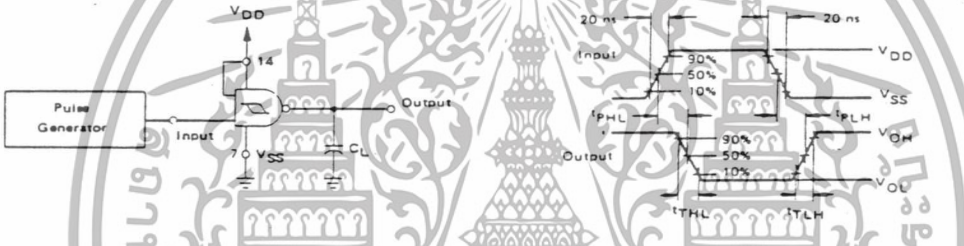
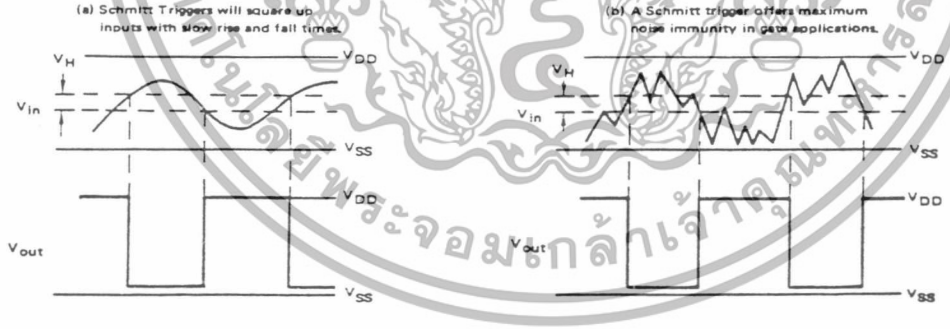
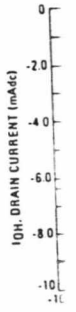
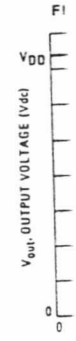


FIGURE 2 – TYPICAL SCHMITT TRIGGER APPLICATIONS







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 3 – TYPICAL OUTPUT SOURCE CHARACTERISTICS TEST CIRCUIT

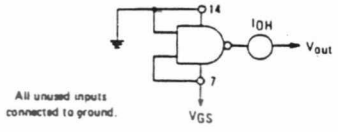
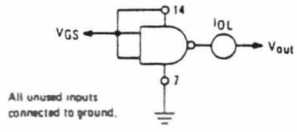
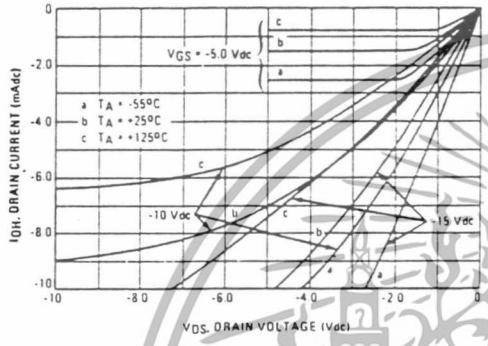


FIGURE 4 – TYPICAL OUTPUT SINK CHARACTERISTICS TEST CIRCUIT





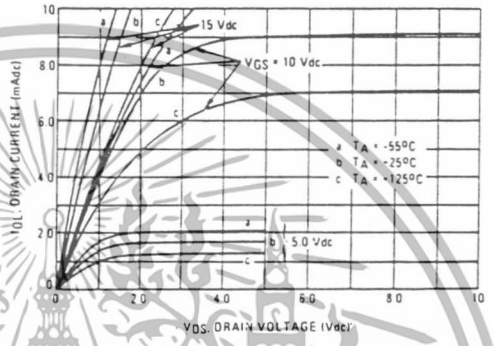
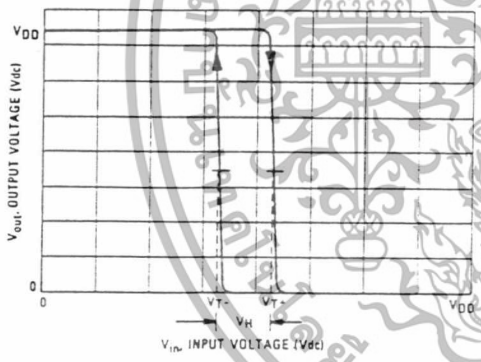
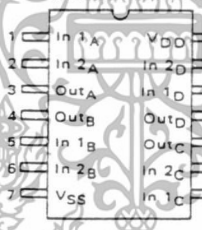


FIGURE 5 – TYPICAL TRANSFER CHARACTERISTICS



PIN ASSIGNMENT



6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

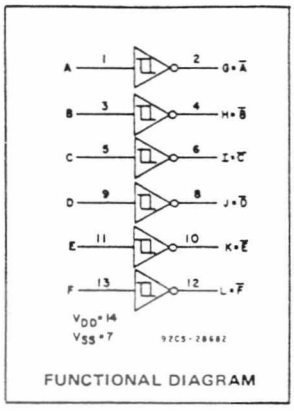
CMOS Hex Schmitt Triggers

High-Voltage Types (20-Volt Rating)

The RCA-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 (VP) 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 (D and F suffixes), 14-lead dual-in-line plastic package (E suffix), 14-lead ceramic flat package (K suffix), and in chip form (H suffix).

Features:

- Schmitt-trigger action with no external components
- Hysteresis voltage (typ.) 0.9 V at V_{DD} = 5 V, 2.3 V at V_{DD} = 10 V, and 3.5 V at V_{DD} = 15 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.13A, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"



FUNCTIONAL DIAGRAM

Applications:

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

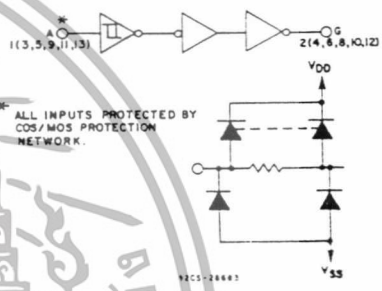


Fig.1 – Logic diagram (1 of 6 Schmitt triggers).

MAXIMUM RATINGS, *Absolute-Maximum Values:*

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V_{DD})
(Voltages referenced to V_{SS} Terminal) ..... -0.5 to +20 V
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS ..... -0.5 to V_{DD} +0.5 V
DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT ..... ±10 mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P_D):
For T_A = -40 to +60°C (PACKAGE TYPE E) ..... 500 mW
For T_A = +60 to +85°C (PACKAGE TYPE E) ..... Derate Linearly at 12 mW/°C to 200 mW
For T_A = -55 to +100°C (PACKAGE TYPES D, F, K) ..... 500 mW
For T_A = +100 to +125°C (PACKAGE TYPES D, F, K) ..... Derate Linearly at 12 mW/°C to 200 mW
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR:
For T_A = FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types) ..... 100 mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T_A):
PACKAGE TYPES D, F, K, H ..... -55 to +125°C
PACKAGE TYPE E ..... -40 to +85°C
STORAGE TEMPERATURE RANGE (T_{stg}) ..... -65 to +150°C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):
At distance 1/16 ± 1/32 inch (1.59 ± 0.79 mm) from case for 10 s max. ..... +265°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

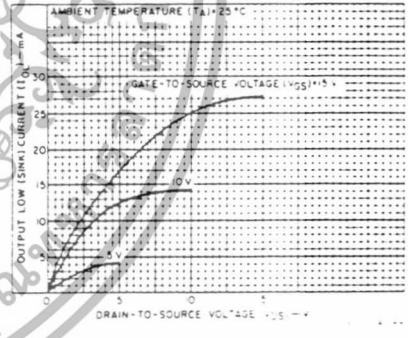


Fig.2 – Typical output low (sink) current characteristics.

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

At T_A = 25°C, Input t_r, t_f = 20 ns, C_L = 50 pF, R_L = 200 kΩ

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

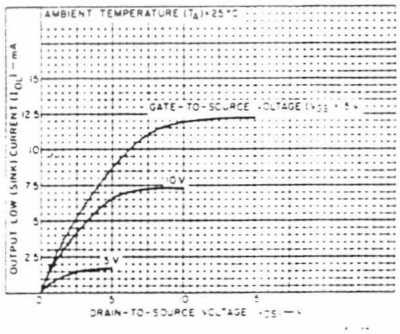


Fig.3 – Minimum output low (sink) current characteristics.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C) Values at -55, +25, +125 Apply to D, F, K, H, Packages Values at −40,+25,+85 Apply to E Packages							UNITS
	V_O (V)	V_{IN} (V)	V_{DD} (V)	−55	−40	+85	+125	+25 Min.	+25 Typ.	+25 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	4.6	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	
	–	–	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	
	–	–	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	
	–	–	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	–	
	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	–	
	–	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	–	$\pm 10^{-5}$	±0.1	μA

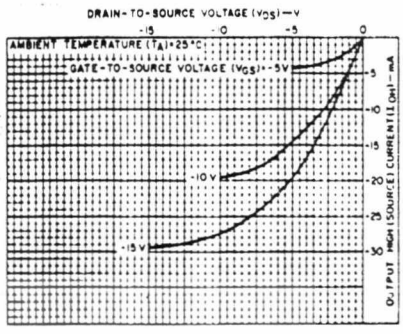


Fig.4 — Typical output high (source) current characteristics.

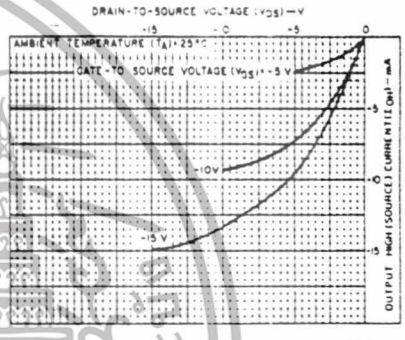


Fig.5 — Minimum output high (source) current characteristics.

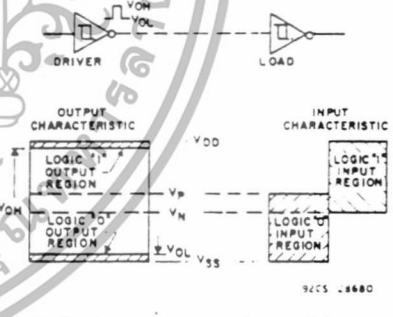
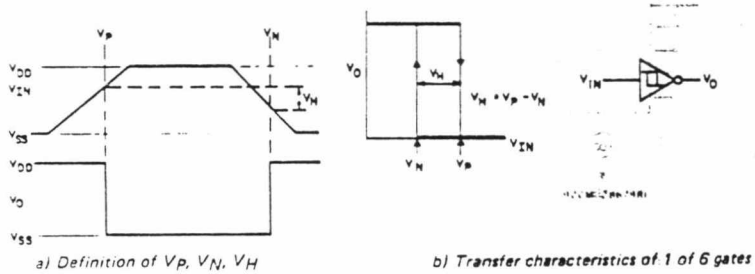


Fig.7 — Input and output characteristics.



a) Definition of V_P, V_N, V_H *b) Transfer characteristics of 1 of 6 gates*

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

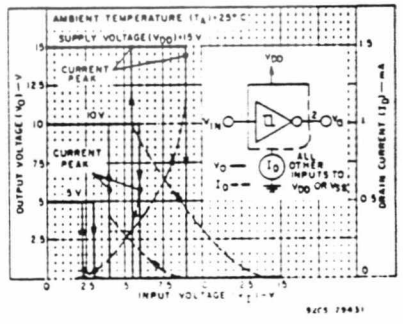


Fig.8 — Typical current and voltage transfer characteristics.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

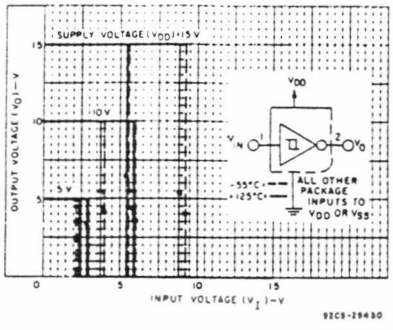


Fig.9 – Typical voltage transfer characteristics as a function of temperature.

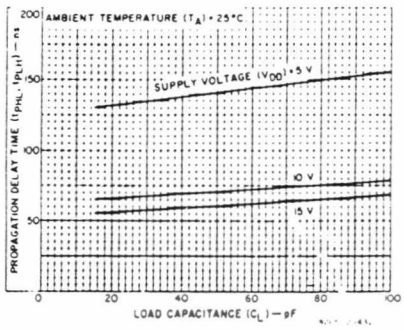


Fig.10 – Typical propagation delay time as a function of load capacitance.

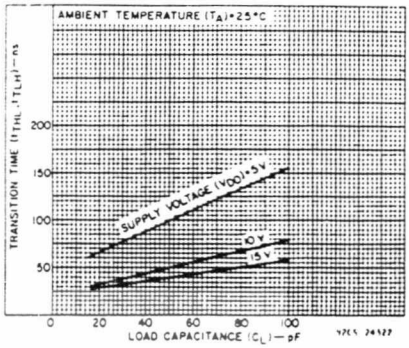


Fig.11 – Typical transition time as a function of load capacitance.

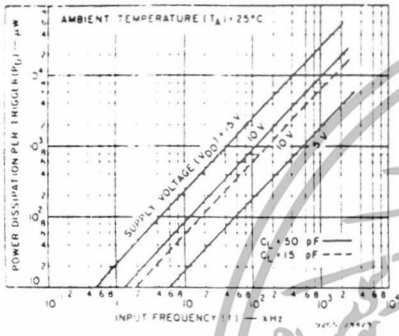


Fig.12 – Typical power dissipation per trigger as a function of input frequency.

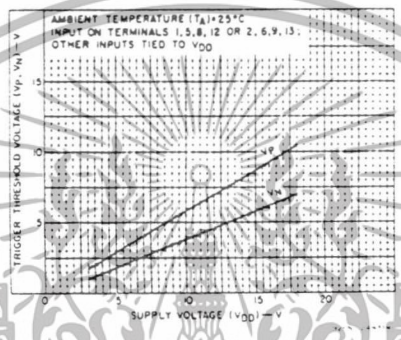


Fig.13 – Typical trigger threshold voltage as a function of supply voltage.

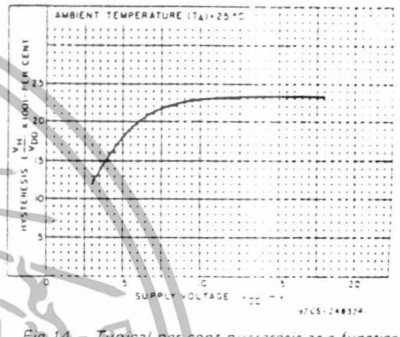


Fig.14 – Typical per cent hysteresis as a function of supply voltage.

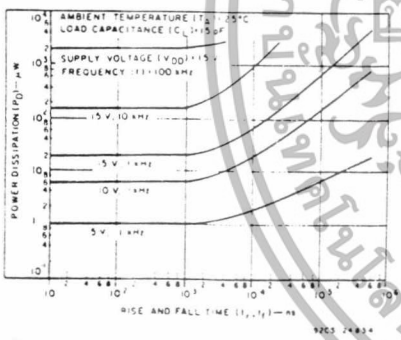


Fig.15 – Typical power dissipation as a function of rise and fall times.

APPLICATIONS

Fig.16 – Wave shaper.

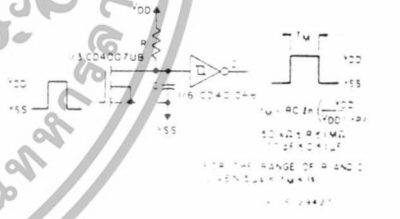


Fig.17 – Monostable multivibrator.

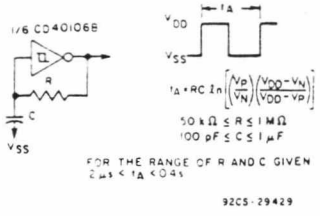


Fig.18 – Astable multivibrator.

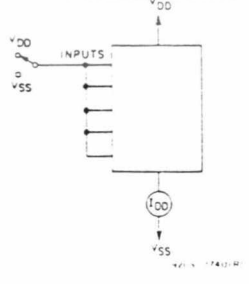


Fig.19 – Quiescent device current test circuit.

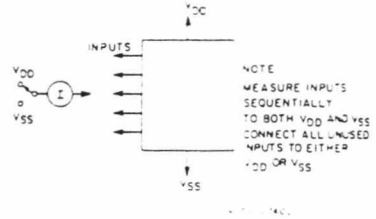


Fig.20 – Input current test circuit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

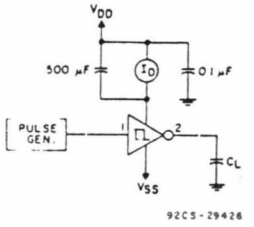
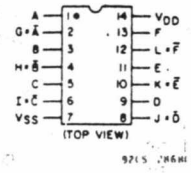
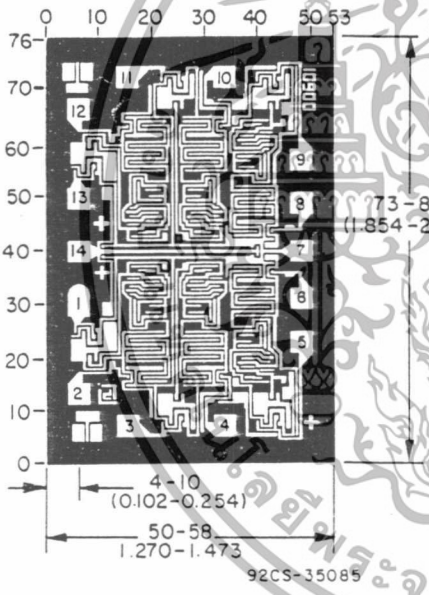


Fig.21 – Dynamic power dissipation test circuit.



TERMINAL ASSIGNMENT



Dimensions in parentheses are in millimeters and are derived from the basic inch dimensions as indicated. Grid graduations are in mils (10^{-3} inch).

The photographs and dimensions of each CMOS chip represent a chip when it is part of the wafer. When the wafer is separated into individual chips, the angle of cleavage may vary with respect to the chip face for different chips. The actual dimensions of the isolated chip, therefore, may differ slightly from the nominal dimensions shown. The user should consider a tolerance of −3 mils to +16 mils applicable to the nominal dimensions shown.

Dimensions and Pad Layout for CD40106BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INFORMATION STORAGE DEVICES®

ISD2500 Series

Single-Chip Voice Record/Playback Devices 60-, 75-, and 90-Second Durations

GENERAL DESCRIPTION

Information Storage Devices' ISD2500 ChipCorder™ Series provides high-quality, single-chip record/playback solutions for 60- to 90-second messaging applications. The CMOS devices include an on-chip oscillator, microphone preamplifier, automatic gain control, antialiasing filter, smoothing filter, and speaker amplifier. In addition, the ISD2500 is fully microprocessor-compatible, allowing complex messaging and addressing to be achieved.

Recordings are stored in on-board non-volatile memory cells, providing zero-power message storage. This unique solution is made possible through ISD's patented multilevel storage technology, whereby voice and audio signals are stored directly, in their natural analog form, into memory. ISD's multilevel storage technology allows natural voice reproduction in a single-chip, solid-state solution.

FEATURES

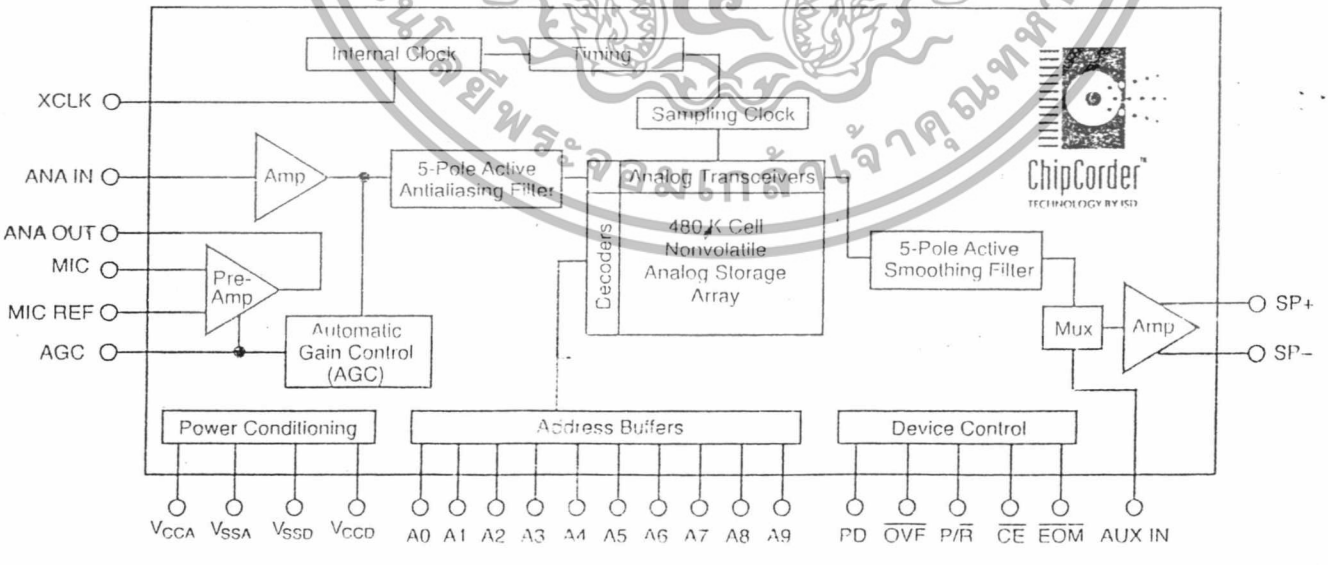
- Easy-to-use single-chip voice record/playback solution
- High-quality, natural voice/audio reproduction
- Manual switch or microprocessor controllable
  - Playback can be edge- or level-activated
- Single-chip durations of 60, 75, and 90 seconds
- Directly cascadable for longer durations
- Automatic Power-Down (Push-Button Mode)
  - Standby current 1 µA (typical)
- Zero-power message storage
  - Eliminates battery backup circuits
- Fully addressable to handle multiple messages
- 100-year message retention (typical)
- 100K record cycles (typical)
- On-chip clock source
- Programmer support for play-only applications
- Single 5V power supply
- Available in die form, DIP, SOIC, and TSOP packaging
- Industrial-temperature (-40°C to 85°C) versions available

ISD2500 SERIES SUMMARY

Part Number	Duration (Seconds)	Input Sample Rate (KHz)	Upper Pass Band (KHz)
ISD2560	60	8.0	3.4
ISD2575	75	6.4	2.7
ISD2590	90	5.33	2.3

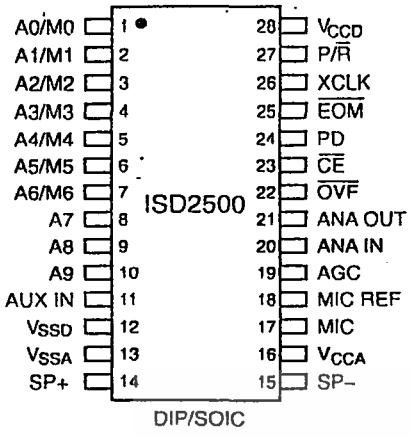
ELECTRONICS SOURCE CO., LTD.
5 BANMOH RD., WANGBURAPAPIROM, PRANAKORN, BANGKOK 10200
TEL. 225-4115-6, 220-4310-9, 220-2511 FAX (662) 226-4288, 225-6985

ISD2500 SERIES BLOCK DIAGRAM

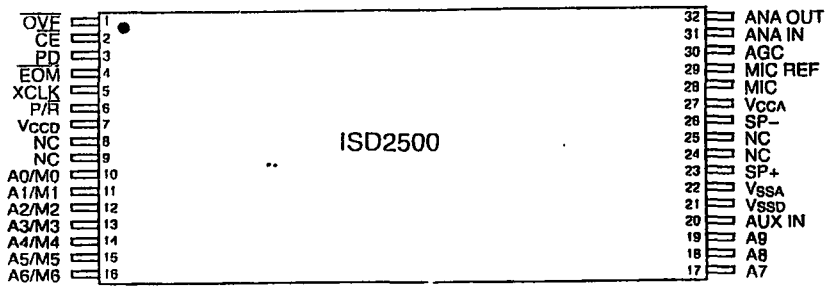


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISD2500 SERIES PINOUTS



DIP/SOIC



TSOP

DETAILED DESCRIPTIONS

Speech/Sound Quality

The ISD2500 Series includes devices offered at 5.3, 6.4, and 8.0 sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. The speech samples are stored directly into on-board non-volatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

Duration

To meet end system requirements, the ISD2500 Series offers single-chip solutions at 60, 75, and 90 seconds. Parts may also be cascaded together for longer durations.

EEPROM Storage

One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-board non-volatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years without power. In addition, the device can be re-recorded over 100,000 times.

Microcontroller Interface

In addition to its simplicity and ease of use, the ISD2500 Series includes all the interfaces necessary for microcontroller-driven applications. The address and control lines can be interfaced to a microcontroller and manipulated to perform a variety of tasks, including message assembly, message concatenation, predefined fixed message segmentation, and message management.

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 an ISD programmer.

PIN DESCRIPTIONS

Microphone Input (MIC)

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-board Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from -15 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 KOhm resistance on this pin, determines the low-frequency cutoff for the ISD2500 Series passband. See ISD's Application Notes and Design Manual for additional information on low-frequency cutoff calculation.

Microphone Reference Input (MIC REF)

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.

Analog Output (ANA OUT)

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.

Analog Input (ANA IN)

The analog input pin transfers its 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 KΩ 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Automatic Gain Control Input (AGC)

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 KΩ internal resistance and an external capacitor (C2 on the schematic on page 7) 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 KΩ and 4.7 µF give satisfactory results in most cases.

Speaker Outputs (SP+/SP-)

All devices in the ISD2500 Series include an on-chip differential speaker driver, capable of driving 50 milliwatts into 16 Ω.

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.

CONNECTION OF SPEAKER OUTPUTS IN PARALLEL MAY CAUSE DAMAGE TO THE DEVICE.

While a single output may be used alone (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. Using the differential outputs results in a 4:1 improvement in output power.

NEVER GROUND OR DRIVE AN UNUSED SPEAKER OUTPUT.

Power Down Input (PD)

When not recording or playing back, the PD pin should be pulled HIGH to place the part in a very low power mode (see I_{SB} specification). When $\overline{OVF}$ pulses LOW for an overflow condition, PD should be brought HIGH to reset the address pointer back to the beginning of the Record/Playback space. The PD pin has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

Chip Enable Input ($\overline{CE}$)

The $\overline{CE}$ pin is taken LOW to enable all Playback and Record operations. The address inputs and Playback/Record input (P/$\overline{R}$) are latched by the falling edge of $\overline{CE}$. $\overline{CE}$ has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

Playback/Record Input (P/$\overline{R}$)

The P/$\overline{R}$ input 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 inputs 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, an 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 past an $\overline{EOM}$ marker in an operational mode, or if $\overline{CE}$ is held LOW in address mode. (See Table 1, Page 4 for more Operational Modes).

Address/Mode Inputs (Ax/Mx)

The Address/Mode Inputs have two functions depending on the level of the two Most Significant Bits (MSB) of the address (A8 & A9).

If either or both of the two MSBs is (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 internal address information as the operation progresses. Address inputs are latched by the falling edge of $\overline{CE}$.

If both MSBs are HIGH, the Address/Mode Inputs are interpreted as Mode bits according to the Operational Mode Table 1 on page 4. There are six (6) operational modes (M0..M6) available as indicated on Table 1. 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.

External Clock Input (XCLK)

The external clock input for the ISD2500 devices have an internal pull-down device. These devices are configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to ±1 % of specification. The frequency is maintained to a total variation of ±2.25 % over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a 5% tolerance over the industrial temperature range and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

Part Number	Sample Rate	Required Clock
ISD2590	5.33 KHz	682.7 KHz
ISD2575	6.4 KHz	819.2 KHz
ISD2560	8.0 KHz	1024 KHz

These recommended clock rates should not be varied because the anti-aliasing 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISD2500 SERIES — PIN DESCRIPTIONS, CONT.

divided by two. IF THE XCLK IS NOT USED, THIS INPUT MUST BE CONNECTED TO GROUND.

End-Of-Message / RUN Output ($\overline{EOM}$)

A non-volatile marker is automatically inserted at the end of each recorded message. It remains there until the message is recorded over. The $\overline{EOM}$ 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, $\overline{EOM}$ 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 RUN signal, indicating the device is currently recording or playing. This signal can conveniently drive an LED for a visual indicator of a Record or Playback operation in process.

Overflow Output ($\overline{OVF}$)

This signal pulses LOW at the end of memory space, indicating the device has been filled and the message has overflowed. The $\overline{OVF}$ output then follows the $\overline{CE}$ 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.

Auxiliary Input (AUX IN)

The Auxiliary Input is multiplexed through to the output amplifier and speaker output pins when $\overline{CE}$ is HIGH, P/$\overline{R}$ is HIGH, and Playback is currently not active (including the overflow conditions) or if the device is in 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.

Voltage Inputs (V_{CCA}, V_{CCD})

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.

Ground Inputs (V_{SSA}, V_{SSD})

The ISD2500 Series of devices utilizes separate analog and digital ground busses. These pins should be tied together as close to the package as possible and connected through a low-impedance path to power supply ground.

OPERATIONAL MODES

The ISD2500 Series is designed with several built-in operational modes provided to allow maximum functionality with a minimum of additional components. These are described in detail below. The operational modes use the address pins on the ISD2500 devices, but are mapped outside the valid address range. When the two Most Significant Bits (MSBs) are HIGH (A8 & A9), 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, which is the beginning of the ISD2500 address space. 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 and the two MSBs are HIGH. This Operational

TABLE 1. OPERATIONAL MODES

Mode Control	Function	Typical Use	Jointly* Compatible
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/Play 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

** Indicates additional operational modes which can be used simultaneously with the given mode.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode remains in effect until the next LOW-going $\overline{CE}$ signal, at which point the current address/mode levels are sampled and executed.

OPERATIONAL MODE DESCRIPTIONS

The Operational Modes can be used in conjunction with a microcontroller, or they can be hard-wired 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 should be used for Playback only, and is typically used with the M4 Operational Mode.

M1 — Delete $\overline{EOM}$ 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 operations, the address pointer will reset when a message is played through to 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 specifically 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.

M6 — Push-Button Mode

The ISD2500 Series of devices 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 (pins 9 and 10) must be HIGH, and the M6 mode pin (pin 7) 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, several of the pins on the device have alternate functionality:

Pin Name	Alternate Functionality in Push-Button Mode
Pin 23, $\overline{CE}$	Start/Pause Push-Button (LOW Pulse-Activated)
Pin 24, PD	Stop/Reset Push-Button (HIGH Pulse-Activated)
Pin 25, $\overline{EOM}$	Active-HIGH Run Indicator

Pin 23: $\overline{CE}$ ($\overline{START/PAUSE}$)

In push-button Operational Mode, $\overline{CE}$ acts as a LOW-going pulse-activated $\overline{START/PAUSE}$ signal. If no operation is currently in progress, a LOW-going pulse on this signal will initiate a Playback or a Record cycle according to the level on the P/$\overline{R}$ pin. A subsequent pulse on the $\overline{CE}$ pin, before an End-Of-Message is reached in Playback or an overflow condition occurs, will cause the device to pause. The address counter is not reset, and another $\overline{CE}$ pulse will cause the device to continue the operation from the place where it was paused.

Pin 24: 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.

Pin 25: $\overline{EOM}$ (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 pulldown resistor.

2) The P/$\overline{R}$ pin is taken LOW.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATIONAL MODE DESCRIPTIONS, CONT.

3) The $\overline{CE}$ pin is pulsed LOW. Recording starts, $\overline{EOM}$ goes HIGH to indicate an operation in progress.

4) The $\overline{CE}$ pin is pulsed LOW. Recording pauses, $\overline{EOM}$ goes back LOW. The internal address pointers are not cleared, but an $\overline{EOM}$ marker is stored in memory to point to the message end. The P/$\overline{R}$ 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. (Note: if the M1 operational mode pin is also HIGH, the just previously written $\overline{EOM}$ bit is erased, and recording starts at that address.)

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 P/$\overline{R}$ 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 P/$\overline{R}$ 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 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.

Good Audio Design Practices

The ISD products are very high-quality single-chip voice recording and playback systems. To insure the highest quality voice reproduction, it is important that good audio design practices on layout and power supply decoupling be followed. See the ISD Application Notes and Design Manual for details.

ISD1000A COMPATIBILITY

The ISD2500 Series of devices is designed to provide upward compatibility with the ISD1000A family. When designing with the ISD2500 Series, the following differences should be noted:

Addressing

The ISD2500 Series devices have 480 K storage cells designed to provide 60 seconds of storage at a sampling rate of 8.0 KHz. This is approximately four times the storage of the ISD1000A family. To enable the same addressing resolution, two additional address pins have been added. The address space of each device is divisible into 600 increments with valid addressing from 00 to 257 Hex. Some higher addresses are mapped into the Operational Modes. All other addresses are invalid.

Overflow

The ISD1000A Series combined two functions on the EOM pin: end-of-message indication and overflow. The ISD2500 separates these two functions. Pin 25 remains as $\overline{EOM}$, but outputs only the $\overline{EOM}$ signal indication. Pin 22 becomes $\overline{OVF}$ and pulses LOW only when the device reaches its end of memory, or is "full." This change allows easy message cueing and addressability across device boundaries. This also means that the M2 operational mode found in the ISD1000A family is not implemented in the ISD2500 Series.

Push-Button Mode

The ISD2500 Series includes an additional Operational Mode called Push-Button mode. This provides an alternative interface to the Record and Playback functions of the part. The $\overline{CE}$ and PD pins become redefined as edge-activated "push-buttons." A pulse on $\overline{CE}$ initiates a cycle, and if triggered again, pauses the current cycle without resetting the address pointer (i.e., a Start or Pause function). PD stops any current cycle and resets the address pointer to the beginning of the message space (i.e., a Stop and Reset function). Additionally, the $\overline{EOM}$ pin functions as an active-HIGH run indicator, and can be used to drive an LED indicating a Record or Playback operation is in progress. Devices in the Push-Button mode cannot be cascaded.

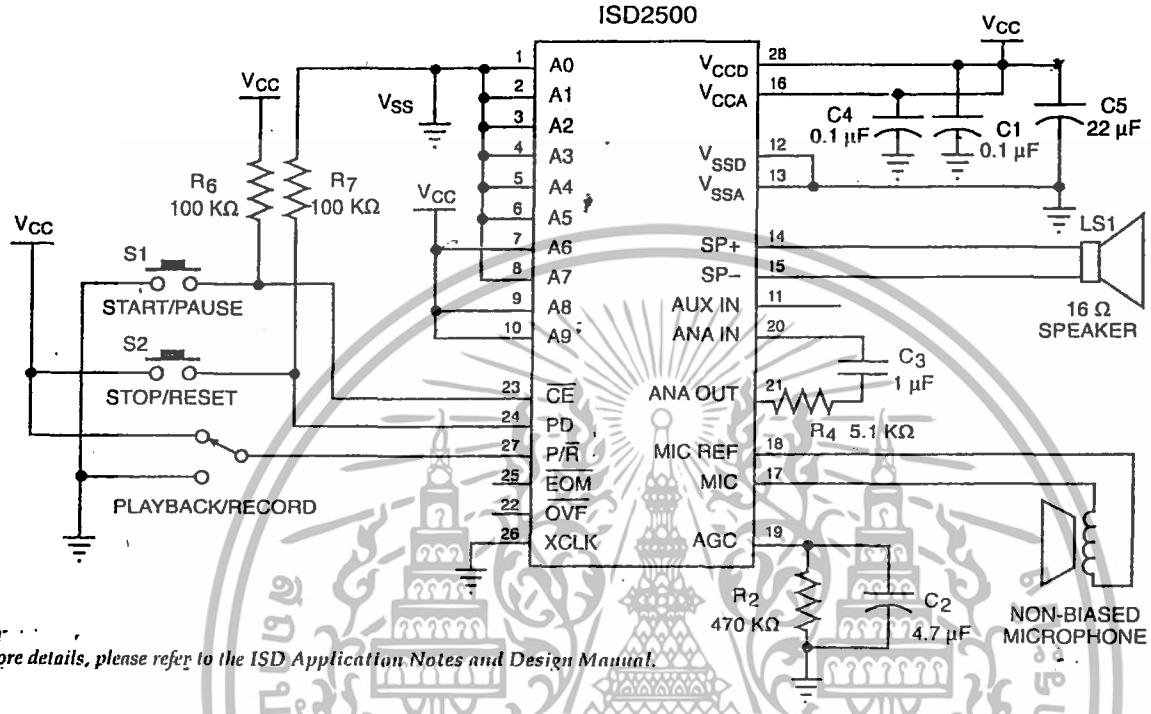
Looping Mode

The ISD2500 Series can loop with a message that completely fills the memory space.

Note: Additional descriptions of ISD2500 device functionality and application examples are provided in the ISD Application Notes and Design Manual.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION EXAMPLE – PUSH-BUTTON



For more details, please refer to the ISD Application Notes and Design Manual.

APPLICATION EXAMPLE – PUSH-BUTTON CONTROL

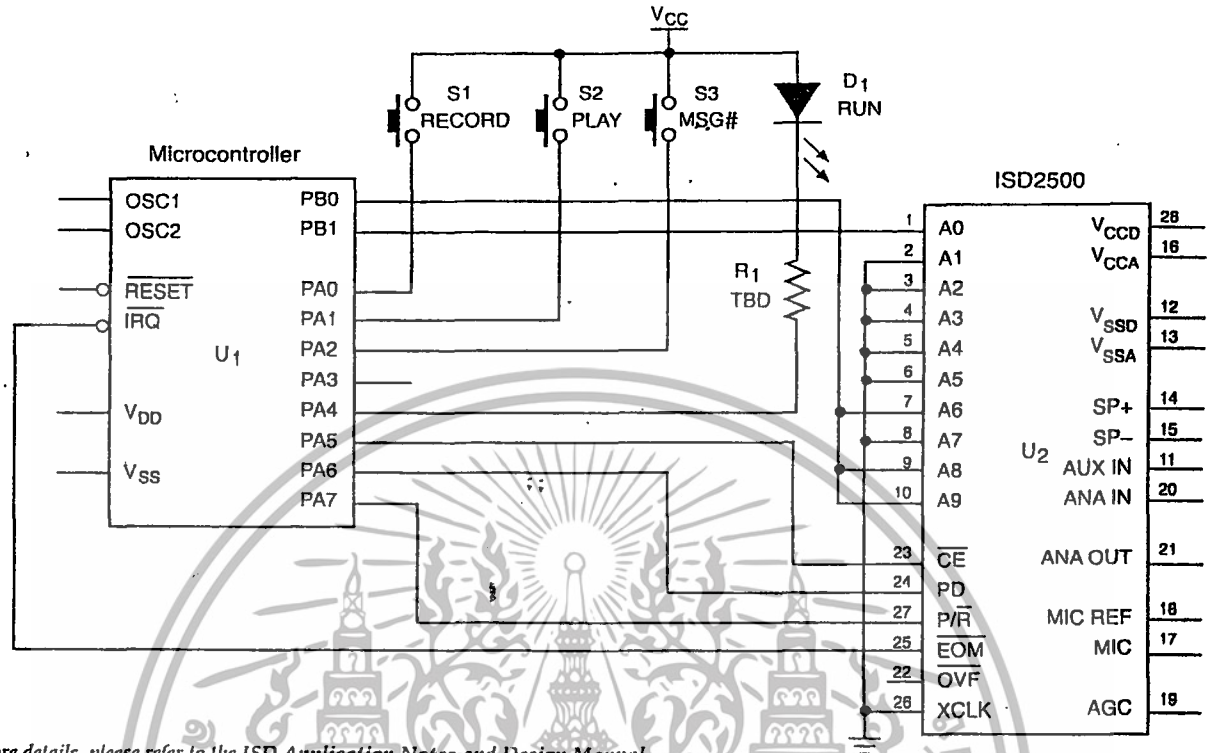
Control Step	Function	Action
1	Select record/playback mode	P/$\overline{R}$ = As desired
2A	Begin playback	P/$\overline{R}$ = HIGH $\overline{CE}$ = Pulsed LOW
2B	Begin record	P/$\overline{R}$ = LOW $\overline{CE}$ = Pulsed LOW
3	Pause record or playback	$\overline{CE}$ = Pulsed LOW
4A	End playback	Automatic at $\overline{EOM}$ marker or PD Pulsed HIGH
4B	End record	PD = Pulsed HIGH

APPLICATION EXAMPLE – PASSIVE COMPONENT FUNCTIONS

Part	Function	Comments
R2	Release time constant	Sets release time for AGC
R4	Series limiting resistor	Reduces level to prevent distortion at higher supply voltages
R6, R7	Pull-up and pull-down resistors	Defines static state of inputs
C1, C4 C5	Power supply capacitors	Filters and bypass of power supply
C2	Attack/Release time constant	Sets attack/release time for AGC
C3	Low-frequency cutoff capacitor	Provides additional pole for low-frequency cutoff

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION EXAMPLE – MICROCONTROLLER/ISD2500 INTERFACE



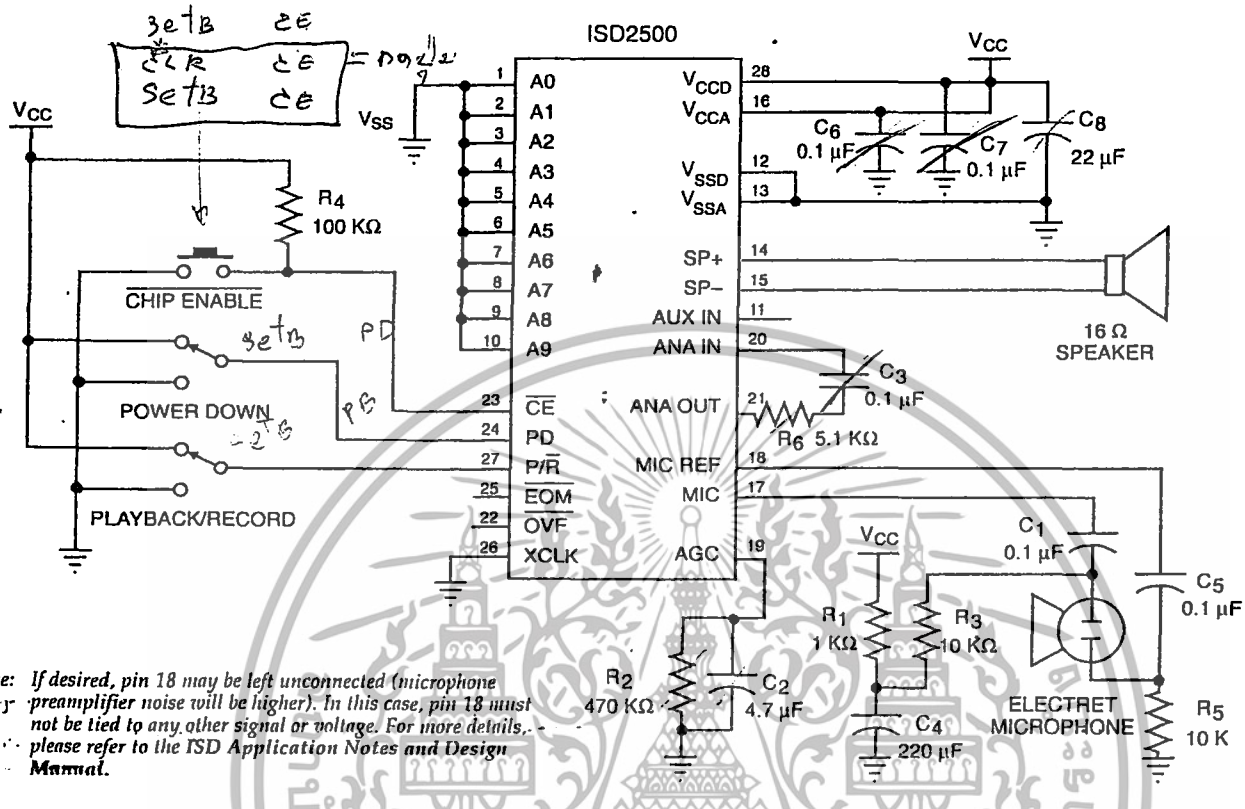
For more details, please refer to the ISD Application Notes and Design Manual.

EXPLANATION

In this simplified block diagram of a microcontroller application, the Push-Button mode and message cueing are used. The microcontroller is a 16-pin version with enough port pins for buttons, an LED, and the ISD2500 Series device. The software can be written to use three buttons: one each for play and record, and one for message selection. Because the microcontroller is interpreting the buttons and commanding the ISD2500 device, software can be written for any functions desired in a particular application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION EXAMPLE – DESIGN SCHEMATIC



Note: If desired, pin 18 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. For more details, please refer to the ISD Application Notes and Design Manual.

APPLICATION EXAMPLE – BASIC DEVICE CONTROL

Control Step	Function	Action
1	Power up chip and select record/play-back mode	1. PD = LOW, 2. P/$\overline{R}$ = As desired
2	Set message address for record/playback	Set addresses A0–A9
3A	Begin playback	P/$\overline{R}$ = HIGH, $\overline{CE}$ = Pulsed LOW
3B	Begin record	P/$\overline{R}$ = LOW, $\overline{CE}$ = LOW
4A	End playback	Automatic
4B	End record	PD or $\overline{CE}$ = HIGH

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
R6	Series limiting	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 common mode noise rej.
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 network	Reduces power supply noise
C6, C7, C8	Power supply capacitors	Filter and bypass of power supply

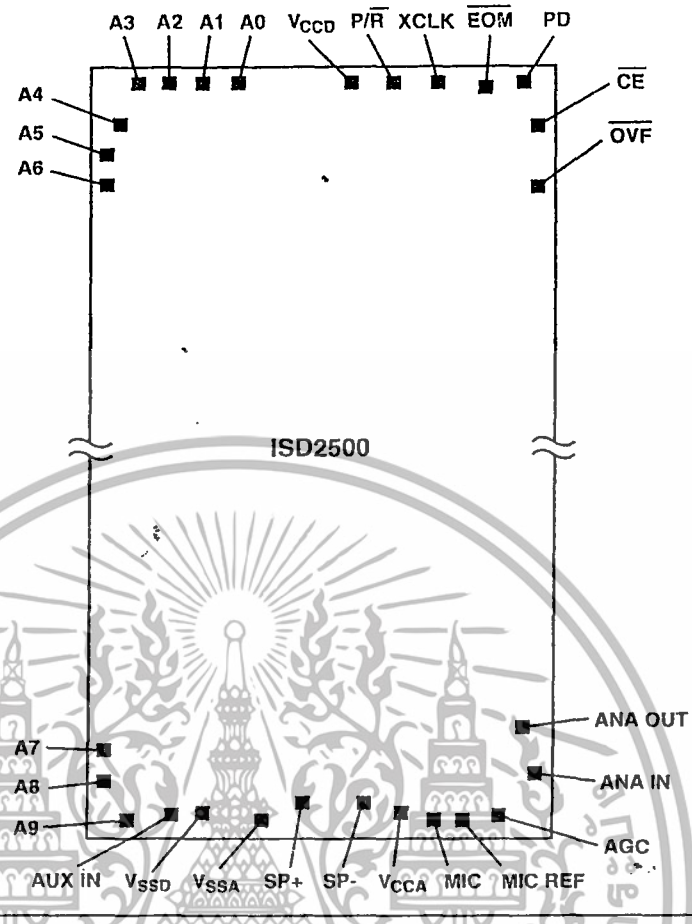
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIE BONDING PHYSICAL LAYOUT

I. Die Dimensions
X: 187 ±1 mils
Y: 399 ±1 mils

II. Die Thickness
21 mils

III. Pad Opening
109 microns (4.3 mils)



PIN/PAD DESIGNATIONS

Pin	Pin Name	X Axis	Y Axis	Pin	Pin Name	X Axis	Y Axis
A0	Address 0	-1148.9	4898.2	SP–	Speaker Output –	425.6	-4790.8
A1	Address 1	-1406.9	4898.2	V_{CCA}	V_{CC} Analog Power Supply	865.1	-4848.3
A2	Address 2	-1661.9	4898.2	MIC	Microphone Input	1320.7	-4897.3
A3	Address 3	-1916.9	4898.2	MIC REF	Microphone Reference	1605.1	-4897.3
A4	Address 4	-2069.9	4608.2	AGC	Automatic Gain Control	1877.6	-4871.3
A5	Address 5	-2194.9	4358.2	ANA IN	Analog Input	2202.11	-4269.8
A6	Address 6	-2194.9	4108.2	ANA OUT	Analog Output	2123.1	-3910.8
A7	Address 7	-2194.9	-4212.3	$\overline{OVF}$	Overflow Output	2142.6	4154.7
A8	Address 8	-2194.9	-4456.3	$\overline{CE}$	Chip Enable Input	2202.1	4558.7
A9	Address 9	-2076.4	-4897.3	PD	Power Down Input	2048.1	4898.2
AUX IN	Auxilary Input	-1607.9	-4868.3	$\overline{EOM}$	End of Message	1648.1	4865.7
V_{SSD}	V_{SS} Digital Power Supply	-1343.9	-4850.8	XCLK	External Clock	1221.1	4898.2
V_{SSA}	V_{SS} Analog Power Supply	-551.9	-4884.8	P/$\overline{R}$	Playback/Record	965.6	4898.2
SP+	Speaker Output +	-111.4	-4790.8	V_{CCD}	V_{CC} Digital Power Supply	646.1	4895.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Condition	Value
Temperature under bias	–65° C to +125° C
Storage temperature range	–65° C to +150° C
Voltage applied to any pin	(V_{SS} - 0.3 V) to (V_{CC} + 0.3 V)
Voltage applied to any pin (Input current limited to ± 20 mA)	(V_{SS} - 1.0 V) to (V_{CC} + 1.0 V)
Lead temperature (soldering – 10 seconds)	300° C
V_{CC} - V_{SS}	- 0.3 V to + 7.0 V

Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. Exposure to the absolute maximum ratings may affect device reliability. Functional operation is not implied at these conditions.

DC PARAMETERS

Operating Conditions: T_A = 0° C to 70° C (Commercial Temp.) or -40°C to 85°C (Industrial Temp.) [4], V_{CC} = 4.5 V to 5.5[5,9], V_{SS} = 0 V [6]; unless otherwise noted[8]

Symbol	Parameters	Min	Typ [1]	Max	Units	Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage			0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0			V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA
V_{OH}	Output High Voltage	V_{CC} – 0.4			V	I_{OH} = - 10 µA
V_{OH1}	$\overline{OVF}$ Output High Voltage	2.4			V	I_{OH} = - 1.6 mA
V_{OH2}	$\overline{EOM}$ Output High Voltage		V_{CC} – 1.0		V	I_{OH} = - 3.2 mA
I_{CC}	V_{CC} Current (Operating)		25	30	mA	R_{EXT} = ∞ [7]
I_{SB}	V_{CC} Current (Standby)		1	10	µA	[7]
I_{IL}	Input Leakage Current			±1	µA	
I_{ILPD}	Input Current High w/Pull Down			130	µA	Force V_{CC}[10]
R_{EXT}	Output Load Impedance	16			Ω	Speaker Load
R_{MIC}	Preamp In Input Resistance		10		KΩ	Pins 17, 18
R_{AUX}	Aux Input Resistance		10		KΩ	
$R_{ANA\ IN}$	Ana In Input Resistance		3.0		KΩ	
A_{PRE1}	Preamp Gain 1		24		dB	AGC = 0.0 V
A_{PRE2}	Preamp Gain 2		-15	5	dB	AGC = 2.5 V
A_{AUX}	Aux In/SP+ Gain		0.98	1.0	V/V	
A_{ARP}	Ana In to SP+/-		22		dB	
R_{AGC}	AGC Output Resistance		5		KΩ	

Notes: 1. Typical values @ T_A = 25° C and 5.0 V.
2. With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.
3. Low-frequency cutoff depends upon value of external capacitors (see Pin Descriptions).
4. Case temperature.
5. $V_{CC} = V_{CCA} = V_{CCD}$.
6. $V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}$.
7. V_{CCA} and V_{CCD} connected together.
8. Product sold as die have a temperature range of 0°C to 50°C.
9. The ISD2500 functions up to 6.5 volts. (All AC and DC Parameters may not apply.)
10. For 26 only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC PARAMETERS

Operating Conditions: T_A = 0° C to 70°C (Commercial Temp.) or -40°C to +85°C (Industrial Temp.)[4], V_{CC} = 4.5 V to 5.5 V[5, 11], V_{SS} = 0 V [6]; unless otherwise noted[10]

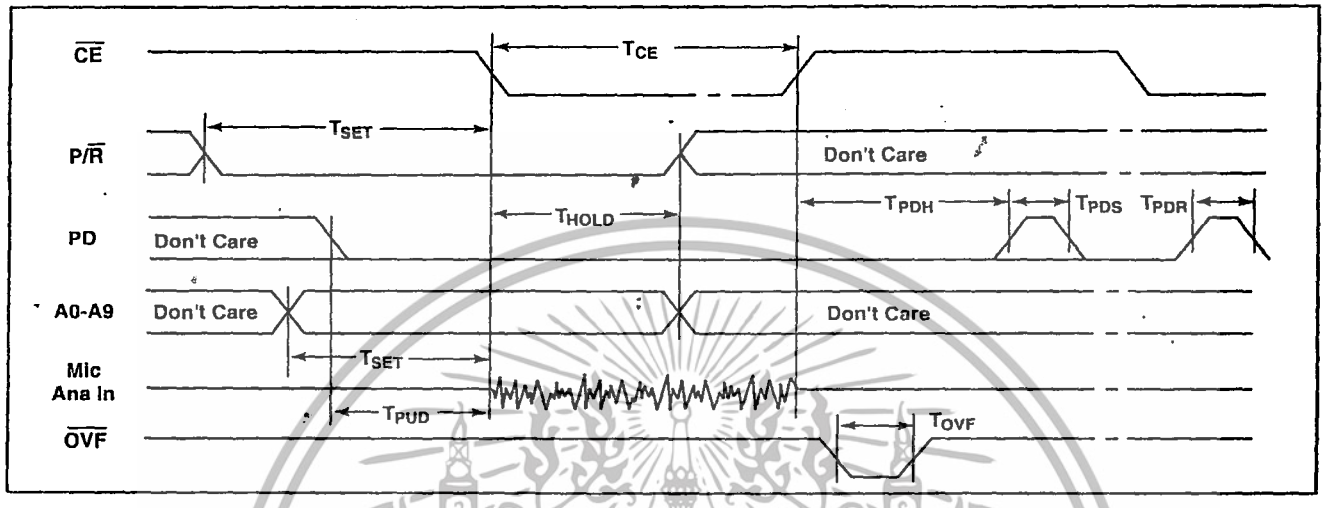
Symbol	Characteristic	Min	Typ [1]	Max	Units	Conditions
THD	Total Harmonic Distortion		1		%	@ 1 KHz [2]
P_{OUT}	Speaker Output Power		12.2	50	mW	R_{EXT} = 16 Ω [8]
V_{OUT}	Voltage Across Speaker Pins			2.5	V p-p	R_{EXT} = 600 Ω
V_{IN1}	Mic Input Voltage			20	mV	Peak-to-Peak [2]
V_{IN2}	Ana In Input Voltage			50	mV	Peak-to-Peak
V_{IN3}	Aux In Input Voltage			1.25	V	Peak-to-Peak; R_{EXT} = 16 Ω
T_{SET}	Control/Address Setup Time		300		nsec	
T_{HOLD}	Control/Address Hold Time		0		nsec	
T_{CE}	$\overline{CE}$ Pulse Width		100		nsec	
T_{PUD}	Power-Up Delay – ISD2560		25		msec	
	– ISD2575		31.25		msec	
	– ISD2590		37.5		msec	
T_{EOM}	$\overline{EOM}$ Pulse Width – ISD2560		12.5		msec	
	– ISD2575		15.625		msec	
	– ISD2590		18.75		msec	
T_{PDR}	PD Pulse Width – ISD2560		25		msec	
	Record – ISD2575		31.25		msec	
	– ISD2590		37.5		msec	
T_{PDP}	PD Pulse Width – ISD2560		12.5		msec	
	Play – ISD2575		15.625		msec	
	– ISD2590		18.75		msec	
T_{PDS} [9]	PD Pulse Width Static		100		nsec	
T_{PDH}	Power Down Hold		0		nsec	
T_{OVF}	Overflow Pulse Width		6.5		µsec	

Notes:
1. *Typical values @ T_A = 25° C and 5.0 V.*
2. *With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.*
3. *Low-frequency cutoff depends upon value of external capacitors (see Pin Descriptions).*
4. *Case temperature.*
5. *$V_{CC} = V_{CCA} = V_{CCD}$.*
6. *$V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}$.*
7. *V_{CCA} and V_{CCD} connected together.*
8. *From AUX IN; if ANA IN is driven at 50 mV p-p, the P_{OUT} = 12.2 mW, typical.*
9. *T_{PDS} is required during a static condition, typically overflow.*
10. *Product sold as die have a temperature range of 0°C to 50°C.*
11. *The ISD2500 functions up to 6.5 volts. (All AC and DC Parameters may not apply.)*

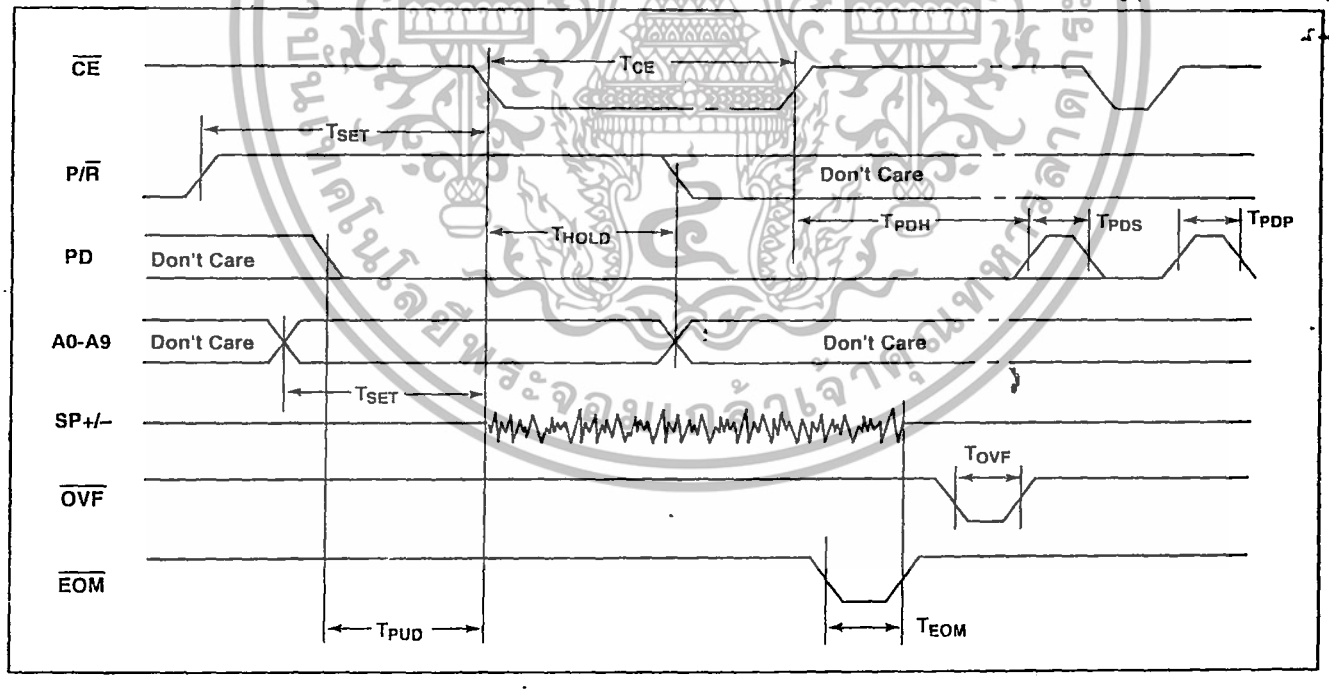
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMING DIAGRAMS

RECORD



PLAYBACK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้