

เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิคแสดงผลเป็นเสียง

TALKING DISTANCE METER BY ULTRASONIC



โดย

นายไชโย

คำแก่นแก้ว

นายวาทีน

เจนกิจ

ปฏิญญาฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37099

วัน, เดือน, ปี 4.0.ย. 2543

ฉบับนี้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิคแล้วแสดงผลเป็นเสียง

โดย

นายไชโย คำแก่นแก้ว เลขประจำตัว 40013364

นายวาทีน เจนกิจ เลขประจำตัว 40013380

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ นิกร สุขุมตันติ

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2542

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

()

..... กรรมการ

()

..... กรรมการ

()

..... กรรมการ

()

..... กรรมการ

()

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิกแล้วแสดงผลเป็นเสียง

Talking distance Meter by Ultrasonic

โดย นายไชโย คำแก่นแก้ว
นายวาทีน เจนกิจ

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ นิกธ สุขุตมตันติ

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์นี้ประกอบด้วย 2 ภาค ซึ่งออกแบบสร้างขึ้นในภาคการศึกษา 2/2541 และ 1/2542 ในส่วนภาคแรกเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิกทั้งภาครับและส่ง จากนั้นจะนำผลที่ได้ไปปรับปรุงให้สามารถแสดงระยะทางออกมาเป็นเสียง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง เช่น เครื่องวัดระยะทาง เครื่องเตือนสิ่งกีดขวาง ฯลฯ เป็นต้น

ABSTRACT

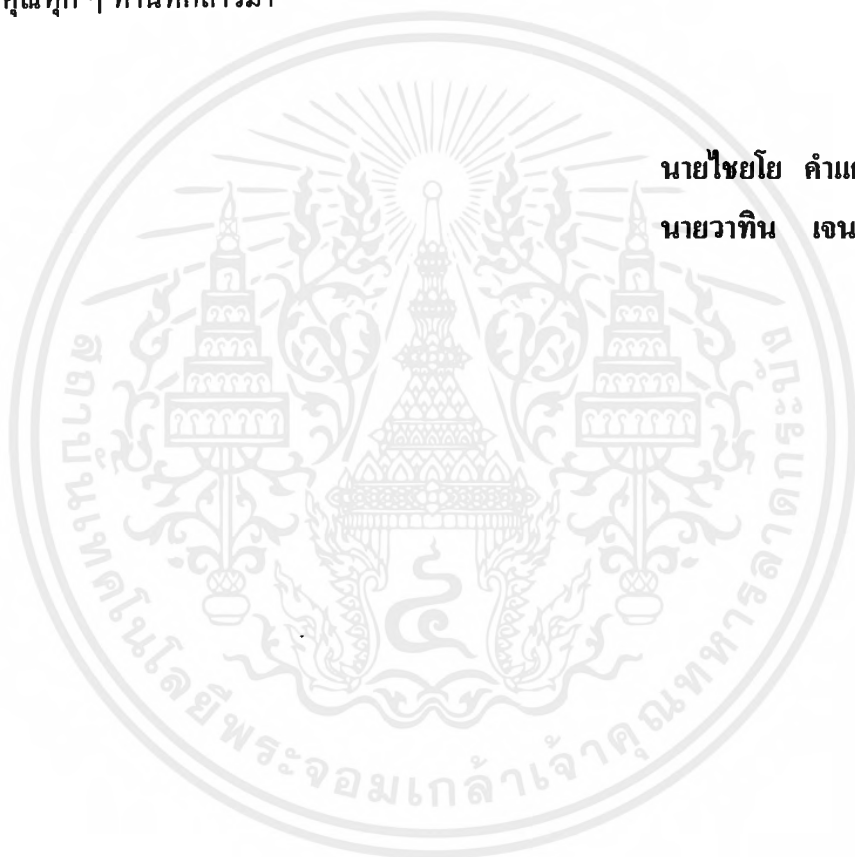
The project report consists of 2 parts which are designed for the semester 2 / 2541 and 1 / 2542 . The first part is to make Ultrasonic-distance Meter. Next part is developed Ultrasonic-distance Meter which can to talk distance. Then we are used tell distance by voice.

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณ รศ. นิกร สุขุมตันติ ซึ่งท่านเป็นที่ปรึกษา ผู้ให้คำแนะนำแนวความคิด ช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดและอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินการจัดทำ ปริญญานิพนธ์ จนสามารถสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ ขอบคุณเพื่อนๆ ที่ช่วยค้นหาข้อมูลและเป็นกำลังใจในการทำโครงการ สำหรับความสำเร็จของปริญญานิพนธ์นี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณดีนี้ให้กับคุณบิดามารดา ครอบครัว อาจารย์และผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่านที่กล่าวมา

นายไชโย คำแก่นแก้ว

นายวาทิน เจนกิจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง...	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย ภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 คลื่น (wave)	2
2.1.1 คลื่นตามยาว	2
2.1.2 คลื่นตามขวาง	3
2.2 คลื่นเสียง (Sound Wave)	3
2.2.1 ลักษณะของคลื่นเสียง	3
2.2.2 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง	4
- การแทรกสอดของคลื่นเสียง	4
- การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง	5
- การสะท้อนของคลื่นเสียง -	5
- การหักเหของคลื่นเสียง	5
2.3 คลื่นอุลตราโซนิค	5
2.4 ความแรงและกำลังของคลื่นอุลตราโซนิค	8
2.5 อุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์	9
- แบบมูฟวี่งคอสส์	10
- แบบอิเล็กทรอนิกส์	10
- แบบเปียโซอิเล็กทริก	10
- แบบเฟอร์โรอิเล็กทริก	10
2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของทรานสดิวเซอร์	12
2.5.2 คุณสมบัติทางความถี่ของทรานสดิวเซอร์	12
2.5.3 เปียโซทรานสดิวเซอร์	13
2.5.4 เปียโซอิเล็กทรอนิกส์ทรานสดิวเซอร์	14

2.6	วงจรอุลตราโซนิก (Ultrasonic circuit)	15
2.6.1	พื้นฐานตัวกำเนิดคลื่นอุลตราโซนิก	15
2.6.2	การปรับปรุงตัวกำเนิดคลื่นอุลตราโซนิก	18
2.6.3	การกำเนิดคลื่นอุลตราโซนิกที่ไอซี 567	19
2.6.4	ภาครับสัญญาณอุลตราโซนิก	20
2.6.5	ตัวรับสัญญาณคลื่นอุลตราโซนิกที่มีความไว	22
2.7	IC เบอร์ ISD 2590	23
2.7.1	คุณสมบัติทั่วไปของ ISD 2590	23
2.7.2	รายละเอียดของขาอุปกรณ์	25
2.7.3	โหมดการทำงาน	28
2.7.4	การบันทึกในโหมด Push-button	31
2.7.5	การเล่นกลับในโหมด Push-button	31
บทที่ 3	หลักการทำงานและการออกแบบวงจร	32
3.1	การทำงานของวงจรอุลตราโซนิกที่ใช้	32
3.2	การทำงานของวงจรเครื่องวัดระยะทาง	36
3.3	ขั้นตอนในการออกแบบวงจรเสียง	38
3.4	การทำงานของวงจรเครื่องวัดระยะทางในส่วนแสดงผลเป็นเสียง	39
3.5	รายการอุปกรณ์ที่ใช้	42
บทที่ 4	ผลการทดลอง	46
บทที่ 5	การใช้งานและสรุปผลการทดลอง	52
5.1	การปรับแต่งและการนำไปใช้งาน	52
5.2	สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	53
ภาคผนวก ก	วงจรลายปริน	54
ภาคผนวก ข	คู่มือไอซี	61
	บรรณานุกรม	

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว	2
2.2 ลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง	3
2.3 การบีบของคลื่น	4
2.4 ลักษณะการเกิดคลื่น	4
2.5 ลักษณะการเกิดคลื่นเสียงที่ผ่านช่องแคบๆ จนเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดใหม่	5
2.6 การหักเหของคลื่นเสียงในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน	5
2.7 การจำแนกความถี่ต่างๆ ในช่วงคลื่นอุลตราโซนิค	6
2.8 Delay Line ที่ใช้หน่วงสัญญาณที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงไปมาคลื่นแม่เหล็กกับคลื่นอุลตราโซนิค	7
2.9 ลักษณะของเซลล์ในแต่ละสถานะ	11
2.10 ลักษณะโครงสร้างภายในทั่วไปของทรานสดิวเซอร์	13
2.11 ปฏิกิริยาการแผ่ไอโซอิเล็กทริก	14
2.12 วงจรฮัสเตเบิลล์มัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ 555	15
2.13 การเปรียบเทียบแรงดันที่เอาท์พุทกับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C	16
2.14 วงจรสร้างคลื่นอุลตราโซนิคพื้นฐาน	17
2.15 วงจรกำเนิดคลื่นอุลตราโซนิค โดยใช้ไอซี 4049 CMOS	18
2.16 วงจรกำเนิดคลื่นอุลตราโซนิค โดยใช้ไอซี 567 PLL	19
2.17 วงจรรับคลื่นอุลตราโซนิค โดยใช้ไอซี 567 PLL	21
2.18 วงจรรับคลื่นอุลตราโซนิค โดยใช้ไอซี 567 PLL ต่อร่วมกับไอซี LM 386	22
2.19 บล็อกไดอะแกรมภายในไอซี ISD 2590	24
2.20 แสดงการจัดขาของ ไอซี ISD 2590	25
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิค	32
3.2 วงจรของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิคในภาครับ-ส่งสัญญาณ	33
3.3 วงจรของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิคแสดงผลด้วยเสียง	34
3.4 วงจรไอซีเสียง	35

3.5	แสดงเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิกและแสดงผลด้วยเสียง	36
3.6	แสดงการต่อสายภายในของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิกและแสดงผลด้วยเสียง	37
4.1	แสดงผลการทดลองของวงจรเสียง	51
รูปภาคผนวก ก วงจรลายปรีน		
รูปที่ 1	วงจรถอครหัสแอดเดรส	55
รูปที่ 2	วงจรควบคุมและถอครหัสแอดเดรส	56
รูปที่ 3	วงจรเสียงของหลักที่ 2 และ 3	57
รูปที่ 4	วงจรเสียงของหลักที่ 1	58
รูปที่ 5	วงจรวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก	59
รูปที่ 6	วงจรคิสเพลย์	60



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ตารางแสดงการเปรียบเทียบความยาวคลื่นที่ความถี่และความเร็วของคลื่นที่มีค่าต่างกัน	7
2. ตารางแสดงค่าความเร็วและคุณสมบัติทางด้านอิมพีแดนซ์ของคลื่นอุลตราโซนิกในตัวกลางที่เป็นแก๊สและของเหลว	8
3. ตารางแสดงคุณสมบัติบางอย่างของสารเซรามิก	13
4. ตารางแสดงโหมดการทำงานของ ไอซี ISD 2590	29
5. ตารางแสดงการทำงานของโหมด Push-button	30
6. ตารางแสดงผลการทดลองของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก	46
7. ตารางแสดงผลการทดลองของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิกในพื้นที่ผิวต่างชนิด	48
8. แสดงการวัดตำแหน่งที่สามารถสะท้อนคลื่นได้โดยใช้ตัวสะท้อนที่มีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร เปรียบเทียบที่ระยะ 6 เมตร	49
9. แสดงขนาดของวัตถุที่สามารถสะท้อนคลื่นกลับได้ในระยะห่างต่าง ๆ โดยที่วางตำแหน่งหัวรับ-ส่งสูงจากพื้น 80 เซนติเมตร	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดในการจัดทำปฏิญยานิพนธ์

ในชีวิตประจำวัน ถ้าเราสังเกตสิ่งที่อยู่รอบๆตัวเราจะพบเห็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางอย่าง ซึ่งใช้งานอยู่ในช่วงความถี่อุตสาหกรรม และส่วนใหญ่จะใช้เป็นตัวตรวจจับหรือค้นหา เช่น อุปกรณ์ควบคุมระยะไกล , ตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ , เครื่องค้นหาตำแหน่งปลา , เครื่องทำความสะอาดโดยคลื่นอุตสาหกรรม ฯลฯ เป็นต้น และความถี่ที่ใช้งานจะอยู่ในช่วงประมาณ 19 - 100 kHz แต่ก็มีที่ใช้ความถี่สูงกว่านี้

ดังเช่นในโครงการนี้ได้นำคลื่นอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ในการทำเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุตสาหกรรมซึ่งเราจะส่งคลื่นอุตสาหกรรมออกไปยังวัตถุ จากนั้นก็อาศัยการสะท้อนกลับของคลื่นที่กลับมายังตัวรับคลื่นทรานสดิวเซอร์ และคำนวณหาระยะทางจากคลื่นโดยหาจากความยาวคลื่น , ความถี่ที่ใช้ในการส่ง , ความเร็วของเสียงในอากาศ

1.2 ขอบเขตของโครงการ

ลักษณะของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุตสาหกรรม และแสดงผลการวัดระยะทางออกมาเป็นเสียงพูด วิธีที่ใช้ในการวัดระยะ คือ การปล่อยพัลส์จากวงจรกำเนิดสัญญาณ และรอรับการสะท้อนกลับของพัลส์สัญญาณ จึงหยุดวงจรนับ จากนั้นคำนวณระยะเวลาทั้งหมดแล้วหารด้วยสอง เพราะเวลาเป็นเวลาที่ไปและกลับ เมื่อได้ผลลัพธ์ของระยะทางแล้วก็จะนำไปเปรียบเทียบกับเสียงที่บันทึกไว้ในไอซี ISD 2590 หลังจากเปรียบเทียบแล้วก็นำเสียงที่ได้แสดงผลออกมา

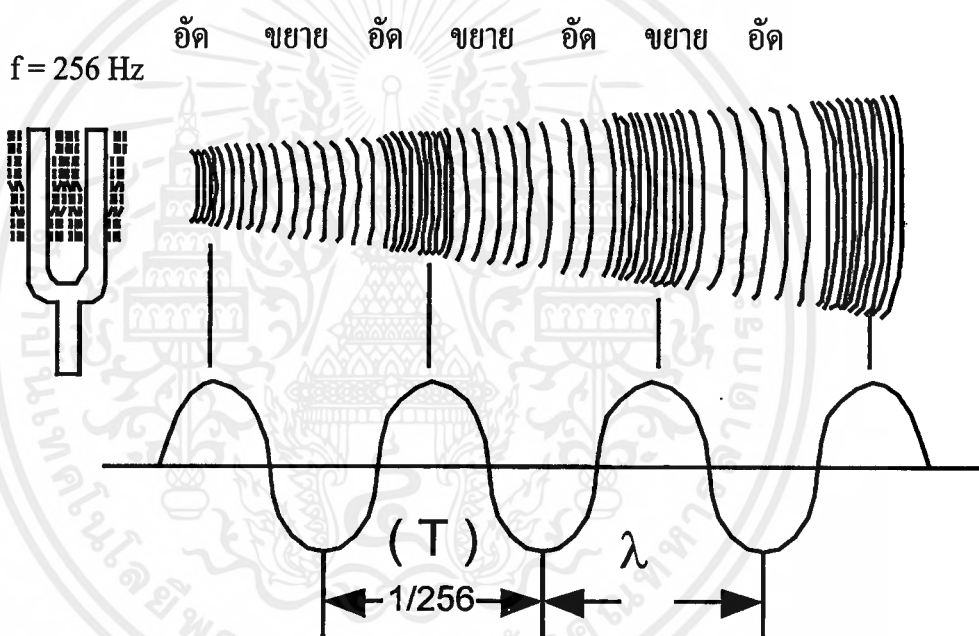
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คลื่น (Wave)

คลื่นเกิดจากการแกว่งหรือสั่น (Oscillated) ของวัตถุ ซึ่งจะเกิดเป็นพลังงานและถ่ายทอดออกจากแหล่งกำเนิดคลื่นไปยังบริเวณโดยรอบ โดยคลื่นทั่วไปสามารถจำแนกตามความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการสั่นของอนุภาคตัวกลางกับทิศทางการเคลื่อนที่ได้ 2 ชนิด คือ

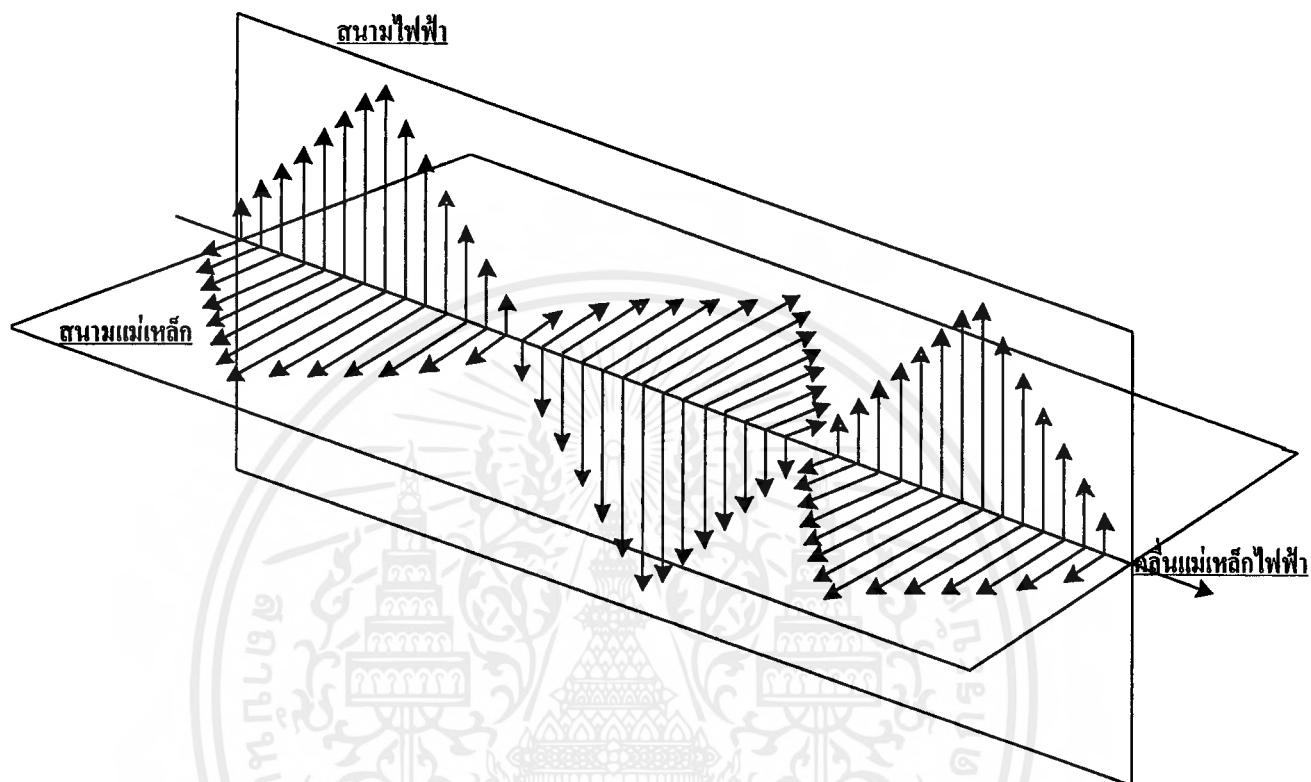
2.1.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นเสียง เป็นต้น ซึ่งแสดงลักษณะของคลื่นตามยาวได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว

จากรูปจะเห็นได้ว่ามีส่วนที่เป็นคลื่นอัด (Compression) คลื่นช่วงที่อนุภาคของตัวกลางมีความดันสูง และคลื่นขยาย (Rarefaction) คือ คลื่นช่วงที่อนุภาคของตัวกลางมีความดันต่ำ เมื่อนำค่าของความดัน (P) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะทางมาเขียนกราฟจะได้เป็นรูป Sine Wave โดยยอดคลื่นจะตรงกับส่วนอัด ท้องคลื่นจะตรงกับส่วนขยายระยะทางระหว่างส่วนอัดถึงส่วนอัด หรือส่วนขยายถึงส่วนขยายคือ 1 ความยาวคลื่น และมีคาบเวลาเป็น T ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1/f$ โดยจุดที่เป็นเส้นแกนนั้นมีค่าความดัน 1 บรรยากาศ

2.1.2 คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) เป็นคลื่นที่อนุภาคตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, คลื่นน้ำ เป็นต้น โดยรูปที่ 2.2 เป็นการแสดงถึงลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดจากสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) และสนามไฟฟ้า (Electric Field) มีการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นนั่นเอง



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง

2.2 คลื่นเสียง (Sound Wave)

คลื่นเสียงนั้นจัดอยู่ในรูปคลื่นตามยาว ซึ่งสามารถเดินทางผ่านวัตถุตัวกลางในลักษณะอัดและขยายทำให้เกิดเสียงขึ้นมา โดยแหล่งกำเนิดเสียงแบ่งได้ตามวัตถุกำเนิดเสียงได้ 3 ประเภท คือ

1. เกิดจากการสั่นของสายหรือแท่ง ได้แก่ เครื่องสายต่าง ๆ , ส้อมเสียง ฯลฯ
2. เกิดจากการสั่นของแผ่นผิว ได้แก่ ไดอะแฟรมของลำโพง , ผนังกลอง ฯลฯ
3. เกิดจากการสั่นของลำอากาศ ได้แก่ เครื่องเป่าต่าง ๆ ฯลฯ

เนื่องจากคลื่นเสียงนั้นต้องอาศัยตัวกลางในการเดินทาง จึงทำให้คลื่นเสียงไม่สามารถผ่านสุญญากาศได้

2.2.1 ลักษณะของคลื่นเสียง

“ ความถี่ ” ความถี่ของคลื่นเสียงในตัวกลางใด ๆ คือ ความถี่ของการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงนั้น ความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยินมีค่าอยู่ในช่วง 20 Hz – 20 kHz เรียกว่า “ Audible Frequency ” ความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่าที่มนุษย์ได้ยินเรียกว่า “ Infrared Frequency ” และความถี่ที่สูงกว่าที่มนุษย์ได้ยินเรียกว่า “Ultrasonic Frequency”

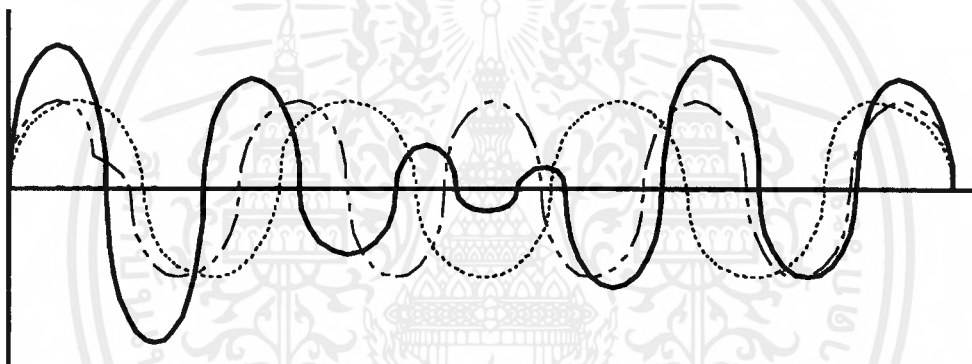
“ อัตราเร็วของเสียง ” อัตราเร็วของคลื่นเสียงนั้นย่อมแปรผันตามคุณสมบัติของตัวกลางที่มีเสียงเดินทาง ซึ่งตัวแปรที่จำกัดอัตราเร็วของเสียง คือ ความหนาแน่น (Density) , อุณหภูมิ (Temperature) และความยืดหยุ่น (Elasticity)

2.2.2 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง

คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง แบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ

1. การแทรกสอด (Interference) เกิดจากการรวมกันของคลื่น 2 คลื่นขึ้นไป ขณะเมื่อพบกันในตัวกลาง (Medium) เดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดผลได้หลายลักษณะ เช่น

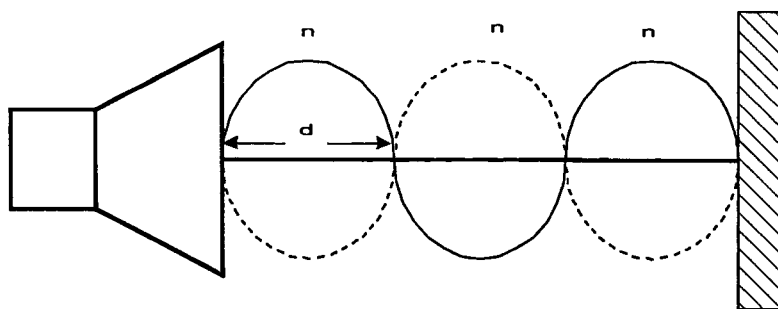
การบีบ (Beat) ของคลื่นเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการรวมคลื่นที่มีความถี่ต่างกัน หรือต่างเฟสกัน เคลื่อนที่ไปในตัวกลางเดียวกันแล้วรวมเป็นคลื่นใหม่ ซึ่งทำให้แอมพลิจูดเปลี่ยนไป



รูปที่ 2.3 แสดงการบีบของคลื่น

จากรูปที่ 2.3 เป็นการแสดงการบีบของคลื่น 2 คลื่น ซึ่งได้คลื่นที่มีแอมพลิจูดเปลี่ยนไป ซึ่งประโยชน์ของการบีบของคลื่น จะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบความถี่ของคลื่นให้แสดงผลออกมาในลักษณะของแอมพลิจูดที่แตกต่างกัน

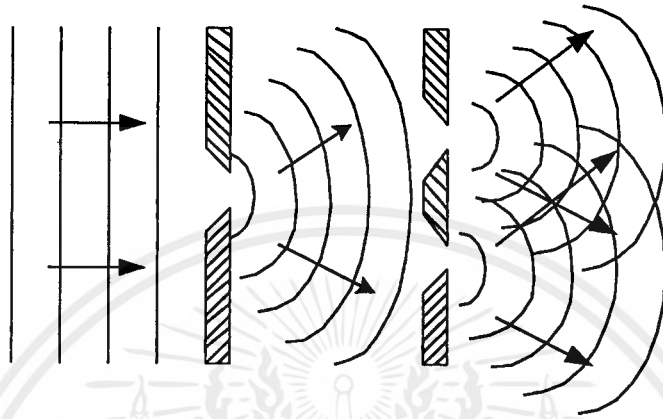
การเกิดคลื่นนิ่ง (Standing Wave) เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นจุดที่มีแอมพลิจูดเท่ากันและความถี่เดียวกัน แต่มีทิศทางการเคลื่อนที่ตรงกันข้าม หรือมีเฟสตรงข้ามกัน ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นนิ่ง



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นนิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

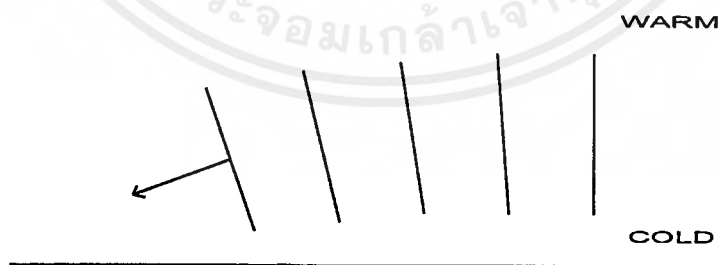
2. การเลี้ยวเบนของคลื่นเสียง (Diffraction) คลื่นเสียงจะเลี้ยวเบนอ้อมสิ่งกีดขวางที่มีลักษณะเป็นมุมหรือช่องแคบ ซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้เราพบอยู่ในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลา เช่น ในกรณีที่เราได้ยินเสียงแตรรถที่แล่นอยู่คนละถนนของมุมตึก หรือการได้ยินเสียงที่ลอดผ่านช่องเล็ก ๆ จากอีกห้องหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของคลื่นเสียงที่ผ่านช่องแคบ ๆ จนเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดใหม่

3. การสะท้อนของคลื่นเสียง (Reflection) คลื่นเสียงสามารถสะท้อนได้เมื่อตกกระทบตัวกลาง โดยที่มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน และจะทำให้เกิดเสียงก้อง (Echo) ซึ่งเสียงก้องที่สะท้อนกลับมาในเวลาที่มากกว่า 50 ms จะทำให้ได้ยินเสียงนั้นเป็นครั้งที่ 2

4. การหักเหของคลื่นเสียง (Refraction) คลื่นเสียงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันจะเกิดการหักเหของคลื่น ซึ่งทำให้ความเร็วของคลื่นเสียงเปลี่ยนไป โดยที่ความถี่ยังคงที่อยู่ ดังรูปที่ 2.6

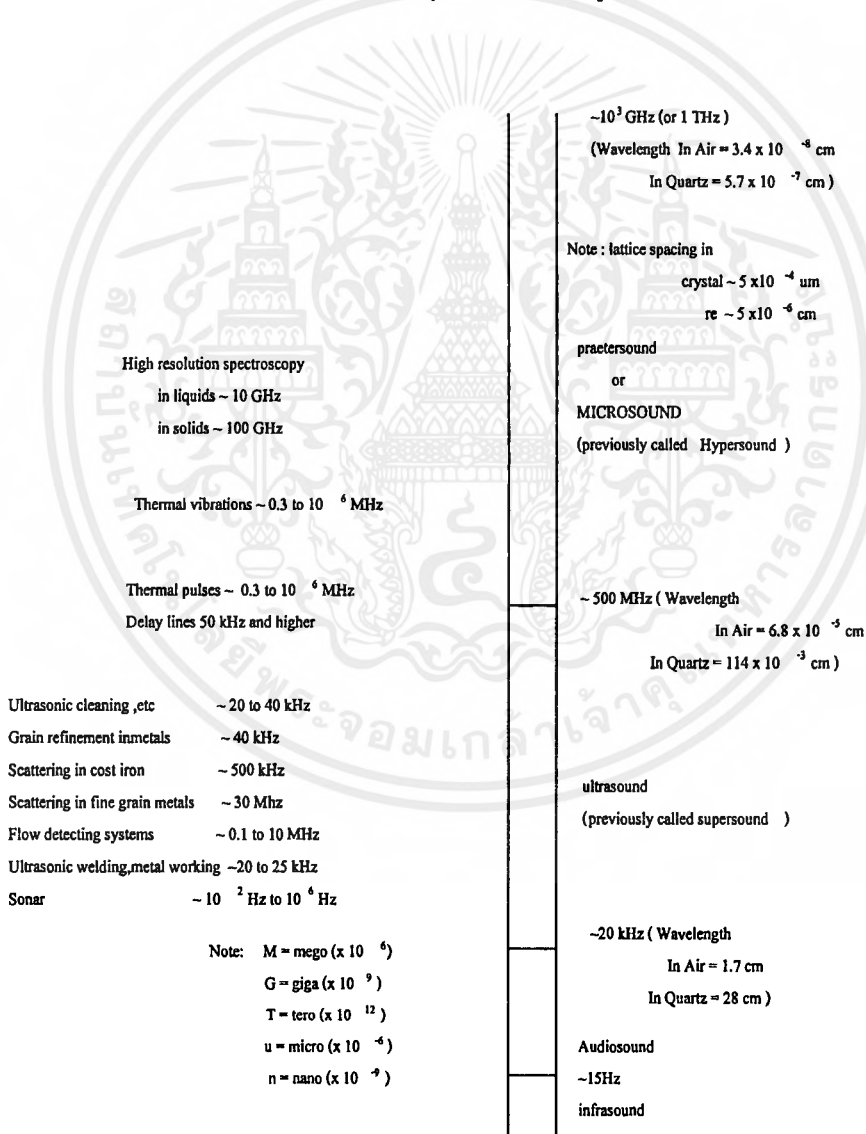


รูปที่ 2.6 แสดงการหักเหของคลื่นเสียงในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน

2.3 คลื่นอุลตราโซนิก

คลื่นอุลตราโซนิก (ultrasonic Wave) เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน ดังนั้นปกติแล้วคำว่า “อุลตราโซนิก” จึงหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz ขึ้นไป สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอุลตราโซนิกมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอุลตราโซนิก (ultrasonic) ทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง

คลื่นอุลตราโซนิก คือคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะสามารถได้ยิน ซึ่งมีความถี่ตั้งแต่ 20 kHz - 10^4 GHz โดยคลื่นที่มีความถี่มากกว่า 10^4 GHz และมีค่าแอมพลิจูดสูง ๆ จะเรียกว่า “ไฮเปอร์ซาวด์” (Hypersound) โดยคุณสมบัติของคลื่นอุลตราโซนิกจะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับคลื่นเสียงที่กล่าวมาแล้ว โดยในรูปที่ 2.7 แสดงถึงช่วงความถี่ต่าง ๆ ของคลื่นอุลตราโซนิกที่ถูกนำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ



รูปที่ 2.7 แสดงการจำแนกความถี่ต่าง ๆ ในช่วงคลื่นอุลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

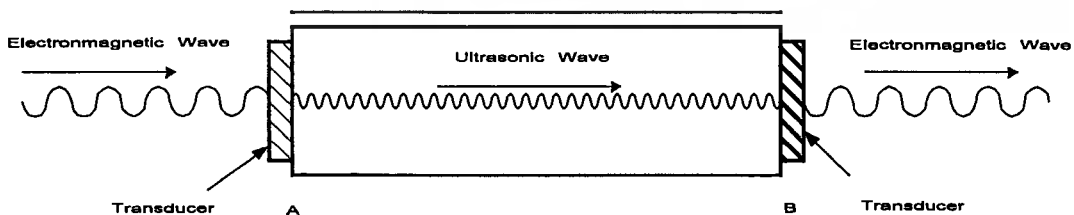
คลื่นอุลตราโซนิกส่วนใหญ่จะกำเนิดขึ้นจากการออสซิลเลชัน (Oscillation) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นคลื่นไซน์ (Sinusoidal) ซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นอุลตราโซนิก ซึ่งมีความถี่ต่าง ๆ ซึ่งความยาวคลื่นของคลื่นในแต่ละความถี่จะแตกต่างกันไป ด้วย โดยความยาวคลื่นจะสัมพันธ์กับค่าความเร็ว (c) และค่าความถี่ (f) ของคลื่นอุลตราโซนิก ซึ่งการเปรียบเทียบความยาวคลื่นที่ความถี่และความเร็วของคลื่นที่มีค่าต่างกันซึ่งแสดงในตารางที่ 1

Frequency	Wavelength (λ)		
	(For $C = 1000$ m/s)	(For $C = 3000$ m/s)	(For electromagnetic radiation)
20 kHz = 2×10^4 Hz	5 cm	15 cm	1.5×10^4 m
100 kHz = 10^5 Hz	1 cm	3 cm	3×10^3 m
1MHz = 10^6 Hz	1 cm	3 mm	300 m
50 MHz = 5×10^7 Hz	20 μ m	60 μ m	6 m
1GHz = 10^9 Hz	1 μ m	3 μ m	30 cm

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบความยาวคลื่นที่ความถี่และความเร็วของคลื่นที่มีค่าต่างกัน

จากตาราง แสดงค่าที่ $c = 1000$ m/s และ 3000 m/s ซึ่งอยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว และเปรียบเทียบกับความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่เดียวกัน จะเห็นว่ามีความแตกต่างกันมาก โดยความเร็วของคลื่นอุลตราโซนิก จะมีค่าต่ำกว่าความเร็วในการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาก (ในสุญญากาศมีความเร็วประมาณ 3×10^8 m/s) จากหลักการนี้เป็นประโยชน์มากในตัวอย่างของระบบโทรทัศนและระบบดิจิทัลคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วง (Delay) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ไปเป็นคลื่นอุลตราโซนิก โดยใช้ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) หลักการคือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใน 1 ms สามารถเดินทางได้ระยะทาง $3 \times 10^8 \times 10^{-3} = 300$ km ซึ่งมีค่ามาก เราจึงสามารถหน่วงสัญญาณนี้ได้ โดยเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นอุลตราโซนิก โดยใช้อุปกรณ์ "Delay Line" ซึ่งแสดงในรูป 2.8 ซึ่งประกอบด้วยตัวส่งและตัวรับคลื่นอุลตราโซนิก โดยคลื่นจะเคลื่อนที่ใน Delay Line ในระยะทาง d ซึ่งในระยะ d นี้ อาจจะเป็นตัวกลางที่เป็นก๊าซ, ของเหลว, หรือของแข็งก็ได้ ซึ่งจะมีความเร็วที่แตกต่างกันไป

C



รูปที่ 2.8 แสดง Delay Line ที่ใช้หน่วงสัญญาณที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างคลื่นแม่เหล็กกับคลื่นอุลตราโซนิก

Material	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Density (kg/m^3)	Sound Velocity (m/s)	Characteristic Impedance (Ns/m^3)
Gases				
Argon	0	1.783	319	569
Helium	0	0.178	965	172
Oxygen	0	1.429	316	452
Hydrogen	0	0.090	1284	116
Carbon dioxide	0	1.977	259	512
Air	0	1.293	331.45	429
Liquids				
				(10^6Ns/m^3)
Water	20	998	1483	1.48
Mercury	20	13500	1451	19.6
Glycerine	20	1228	1895	2.33
Ethyl alcohol	20	790	1159	0.92
Methyl alcohol	20	792	1120	0.89
Carbon disulphide	20	1264	1157	1.46

ตารางที่ 2 แสดงค่าความเร็วและคุณสมบัติทางด้านอิมพีแดนซ์ของคลื่นอุลตราโซนิกในตัวกลางที่เป็นแก๊สและของเหลว

2.4 ความแรงและกำลังของคลื่นอุลตราโซนิก

เมื่อทรานสดิวเซอร์ของอุลตราโซนิกปล่อยคลื่นอุลตราโซนิกออกไป จะทำให้อนุภาคของตัวกลางมีการสั่นสะเทือน อนุภาคนั้น ๆ จึงมีพลังงานที่เนื่องมาจากการสั่นสะเทือนอัตราอัตราการไหลของพลังงานจึงเรียกได้ว่าเป็นความแรงของลำอุลตราโซนิก อาจกล่าวให้ชัดเจนไปกว่าความแรงของอุลตราโซนิกที่จุด ๆ หนึ่งเป็นอัตราการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ซึ่งวางอยู่ตั้งฉากกับลำอุลตราโซนิกที่จุดนั้น เมื่อความแรงของอุลตราโซนิกเพิ่มมากขึ้นจะมีการเพิ่มใน Pressure amplitude, Particle – displacement amplitude และ Particle – velocity amplitude

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานสดิวเซอร์ที่ให้กำเนิดคลื่นอัลตราโซนิกมี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

1. เมคคานิคทรานสดิวเซอร์ (Mechanical Transducers)
2. อิเล็กโตรเมคคานิคัลทรานสดิวเซอร์ (Electromechanical Transducers)

อิเล็กโตรเมคคานิคัลทรานสดิวเซอร์ จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานเสียงที่ใช้กันอยู่มี

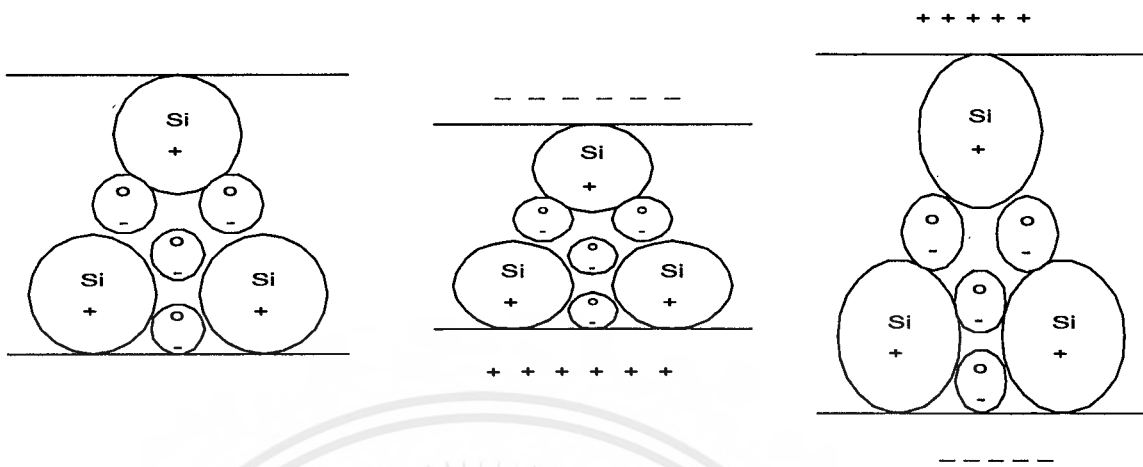
4 ชนิด คือ

1. แบบมูฟวี่งคอลลี่ (Moving Coil)
2. แบบอิเล็กโตรสแตติก (Electrostatic)
3. แบบเปียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric)
4. แบบเฟอร์โรอิเล็กทริก (Ferroelectric)

1. แบบมูฟวี่งคอลลี่ นั้นคล้ายกับมูฟวี่งคอลลี่ของลำโพง มีประโยชน์มากในการเป็นตัวสั่น (vibrator) ของทดสอบความเร่งของอุปกรณ์แบบมูฟวี่งคอลลี่ ชนิดริบบอน (Ribbon) ทำด้วยอะลูมิเนียมบาง ๆ วางไว้ระหว่างขั้วทั้งสองของแม่เหล็ก มันทำตัวเสมือนเป็นขดลวดของมูฟวี่งคอลลี่ใช้ทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกในการศึกษาคุณสมบัติในการดูคลื่นอัลตราโซนิกของก๊าซ

2. แบบอิเล็กโตรสแตติก ใช้หลักการที่ว่า ในระหว่างแผ่นขนานของ Parallel Plate Capacitor เมื่อเราให้ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทั้งสองจะทำให้เกิดแรงขึ้น หลักการใหญ่ของมันจะใช้ทำเป็นลำโพงเสียงที่มีคุณภาพสูง แต่ก็ใช้ทำให้เกิดการสั่นแบบอัลตราโซนิกในของแข็งแบบที่ 1 และ 2 นั้นไม่ค่อยใช้กันเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิก ส่วนแบบที่ 3 และ 4 ใช้กันมากและแพร่หลาย ดังนั้นจะกล่าวละเอียดเฉพาะแบบที่ 3 และ 4 เท่านั้น

3. แบบเปียโซอิเล็กทริก และ 4. แบบเฟอร์โรอิเล็กทริก ในผลึกที่ประกอบด้วยโพล่าโมเลกุล (Polar Molecule) ซึ่งอยู่จุดศูนย์กลางของความสมมาตร (Center of symmetry) ถ้าตัดเอาเพลท (Plate) อันเนื่องมาจากผลึกนี้แล้วทำให้เกิดการบิดงอ (Deform) ด้วยเครื่องมือกลจะทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างผิวหน้าทั้งสองเพลท ปรากฏการณ์นี้เราเรียกว่า *ไดเรกต์เปียโซอิเล็กทริกเอฟเฟกต์* (direct Piezoelectric Effect) ศักะระหว่างผิวหน้าทั้งสองของเพลทเพลทนี้จะเกิดบิดเบี้ยวไปได้เอง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า *อินเวอร์สเปียโซอิเล็กทริกเอฟเฟกต์* (Inverse Piezoelectric Effect) ตัวอย่างเช่น ผลึกควอตซ์ ดังรูปที่ 2.9 แสดงหนึ่งหน่วยเซลล์ซึ่งอยู่ระหว่างเพลท (Plane) ที่ขนานกัน



รูปที่ 2.9 (ก) เซลที่ยังไม่ถูกแรงใดๆ (ข) เซลถูกอัด (ค) เซลถูกยืด

รูปที่ 2.9 (ก) จะอยู่ในสภาวะปกติจุดศูนย์กลางถ่วงของประจุบวกของซิลิคอนกับประจุลบของออกซิเจนอยู่ที่เดียวกันและจำนวนประจุไฟฟ้าทั้งสองเท่ากันจะไม่เกิดไดโพลโมเมนต์ขึ้น ดังนั้นผลเนื่องจากการกระจายของประจุคกร้อมระนาบทั้งสองที่ขนานกันจึงเป็นศูนย์

รูปที่ 2.9 (ข) ถ้าเราทำให้มันเปลี่ยนรูปร่างไปจากเดิมโดยการจัดให้หดหรือดึงให้ดังตามรูปที่ 2.9 (ค) จุดศูนย์กลางถ่วงของประจุทั้งสองจะไม่อยู่ที่เดียวกัน ทำให้เกิดการกระจายของประจุขึ้นระหว่างระนาบทั้งสอง

การทำให้มันเปลี่ยนรูปร่างด้วยการอัดหรือการหดตามรูปนั้น จะเป็นการแยกจุดศูนย์กลางถ่วงผลจะทำให้เกิดประจุปรากฏบนระนาบทั้งสอง ในรูปแบบนี้เรียกว่า ไดเร็กเปียทริกเอฟเฟ็ค

สำหรับแบบ อินเวอร์สเปียโซอิเล็กทริกเอฟเฟ็ค จะเกิดโดยให้สนามไฟฟ้าแก่ระหว่างเพลนทั้งสองทำให้จุดศูนย์กลางถ่วงของทั้งสองประจุเคลื่อนออกจากกัน ในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้เซลล์บิดเบี้ยวไปถ้ามีแผ่นควอทซ์ซึ่งตัดมาจากผลึกควอทซ์ ในทิศทางที่จะทำให้เกิดสันสะเทือนขนานกับสนามไฟฟ้าที่ใช้เมื่อเราให้สนามไฟฟ้าสลับ เพลนนี้จะขยายและหดตัวด้วยความถี่เดียวกับสนามไฟฟ้าซึ่งจะเหมือนกับลูกสูบ ดังนั้นมันจะเป็นตัวกำเนิดคลื่นเสียงได้

ปัจจุบันมีสารไม่กี่ชนิดที่จะให้ปรากฏการณ์เปียโซอิเล็กทริก สารไดอิเล็กทริกทุกชนิดเป็นสารอิเล็กโตรสแตทริก แต่ปกติแล้วผล (Effect) นี้จะน้อยมาก แต่สารที่ให้ผลอย่างมากได้แก่ สารไททานเนท (Titanates) , ซิโคนเนท (Zieconates) และในกรณีเช่นนี้เราเรียกว่า มันเป็นสารเฟอร์โรอิเล็กทริก ปกติสารเหล่านี้จะอยู่ในรูปของส่วนผสมเซอร์รามิก ซึ่งประกอบไปด้วยโดเมน (Domain) ที่มีขั้วอิสระรวมตัวกันมาก ๆ ถ้าเรานำสารแบบนี้มาสักหนึ่งชนิด เอาไปเผาให้สูงกว่าอุณหภูมิเคอริก (Curic Temperature) ของมันแล้วทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เย็นภายใต้สนามไฟฟ้าสูง ๆ ทิศทางของขั้วโคเมนต่าง ๆ จะวางตัวไปแนวเดียวกับสนาม และจะยังคงอยู่ต่อไป เช่นนั้น แม้ว่าเราจะเอาสนามไฟฟ้าออกไปนั้นแสดงว่ามันแสดงคุณสมบัติ เช่น เฟอร์มาเนนทออิเล็กทรอนิกส์ บางทีมันจะเป็นสาร piezoelectric ถ้าหากว่ามันประพฤติตัวไปตามสมการของสาร piezoelectric ตามธรรมชาติแล้ว เราจะใช้สมการเหล่านี้อธิบายคุณสมบัติของสาร piezoelectric ทั่ว ๆ

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในทางอุตสาหกรรมโชนิกจะมีคุณสมบัติพิเศษคือ มี piezoelectric effect และที่ใช้กันมากคือผลึกแร่ควอทซ์ (Quartz), แบเรียมไททาเนต (Barium titanate) และลีดเซอร์โคเนต (Lead zirconate titanate) สารเหล่านี้เมื่อนำมาทำเป็นทรานสดิวเซอร์ ยังแสดงคุณสมบัติเป็นคาปาซิเตอร์ทางไฟฟ้าอีกด้วย ค่าคาปาซิแตนซ์เป็นไมโครฟาร์ดจะสัดส่วนกับค่าที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant, K) ของวัสดุคูณด้วยพื้นที่และหารด้วยความหนา โครงสร้างของทรานสดิวเซอร์มีความคล้ายคาปาซิเตอร์ที่วอลุ่มที่อยู่ที่ 2 ข้างถูกแยกโดยช่องที่มีสารเซรามิก ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติบางประการของสารเซรามิกได้รับความร้อน จะทำให้ไดโพล (dipole) เคลื่อนไหวได้โดยเสรีและที่จุดนี้เมื่อได้รับศักไฟฟ้าเข้าไป ก็จะมีการจัดเรียงตัวและมีคุณสมบัติ piezoelectric ถ้าภายหลังเซรามิกที่มีคุณสมบัตินี้ถูกเผาให้ร้อนถึงอุณหภูมิดังกล่าวอีก คุณสมบัติ piezoelectric จะหมดไป ดังนั้นความร้อนจะสามารถทำลายทรานสดิวเซอร์ได้ โดยเฉพาะถ้าอุณหภูมิสูงเกินเคอริก

ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเป็นค่าทรานสดิวเซอร์ต้องการพลังงานไฟฟ้าเท่าใด จึงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานกลได้ทั้ง แบเรียมไททาเนต และ ลีดเซอร์โคเนต มีประสิทธิภาพมากกว่าผลึกแร่ควอทซ์ 5-6 เท่า เนื่องจากค่าคงที่ไดอิเล็กตริกต่ำมากและมีค่าคงที่ (Coupling constant) ต่ำมากจึงไม่ค่อยได้นำควอทซ์มาใช้ในเครื่องอุตสาหกรรมโชนิกในปัจจุบัน

2.5.2 คุณสมบัติทางความถี่ของทรานสดิวเซอร์

ความถี่ของทรานสดิวเซอร์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเชิงกลและลักษณะรูปร่างตัวอย่างเช่น เซรามิกแท่งเหลี่ยมแบนจะมีความถี่เรโซแนนซ์ได้ 3 อย่าง คือมีการยึดหดตามความหนาและตามรัศมี อย่างไรก็ตามเมื่อป้อนศักไฟฟ้าเข้าไปสามารถทำให้ทรานสดิวเซอร์ยึดหดในแนวไหนก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับขั้วไฟฟ้าที่ใช้บริษัทที่ทำทรานสดิวเซอร์จะกำหนดความถี่คงที่ สำหรับแต่ละแบบของการยึดหด

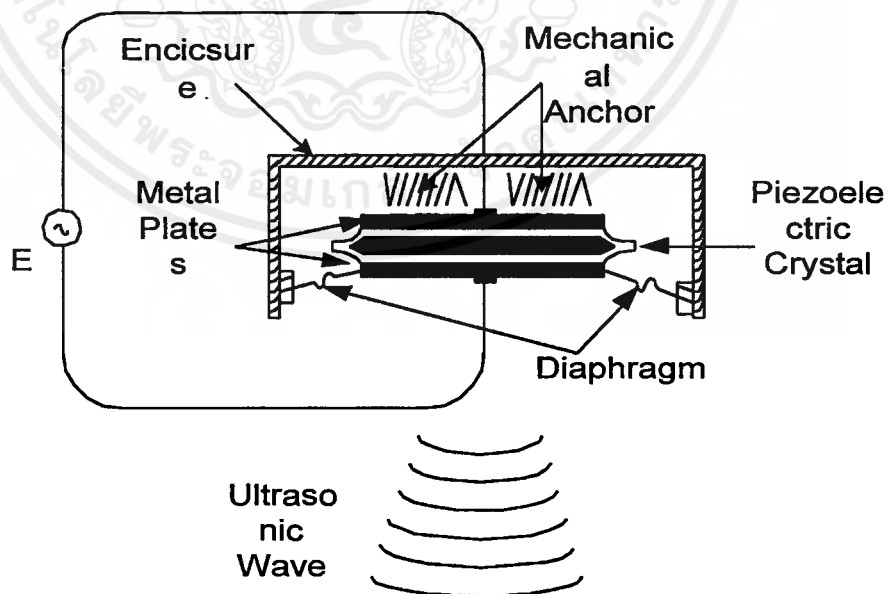
$$\text{Resonant frequency} = \frac{\text{const } t}{\text{thickness (inch)}} \quad (3-1)$$

Material	Curic Temperature (°C)	Q	Dielectric Constant (K)	Coupling coefficient (KT)
Quartz	550	Very High	4.5	0.09
Barium titanate	100	400-700	1700	0.38
Lead zirconate titanate	300	90-500	1450	0.51

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติบางอย่างของสารเซรามิก

2.5.3 เปียโซทรานสดิวเซอร์

โครงสร้างภายในจะประกอบด้วย “ ชิ้นสารเปียโซอิเล็กทริก ” (Piezoelectric element) ซึ่งสามารถทำได้จากสารหลายชนิด เช่น ผลึกแร่ควอทซ์ (quartz), แบเรียมทิตาเนท (barium titanate), เกดือร็อกเซล (rochelle salt) ฯลฯ แต่นิยมใช้กันแพร่หลายคือชิ้นสารเปียโซอิเล็กทริกที่ทำมาจากแบเรียมทิตาเนท ซึ่งได้จากการผสมสารติตานิยมกับแบเรียมคาบอเนท ที่อุณหภูมิประมาณ 1300 – 1400 C° และผลิตออกมาในรูปแบบของชิ้นสาร “ เซรามิก ” ซึ่งจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมโดยส่วนใหญ่จากชิ้นเซรามิกนี้จะถูกประกบด้วยแผ่นเพลท 2 แผ่นซึ่งส่วนใหญ่ทำมาจากแผ่นเงิน เพื่อต่อเป็นขาของอิเล็กทรอนิกส์โทรดต่อไปนั่นเอง ด้านข้างหนึ่งของแผ่นเพลทจะถูกยึดเพื่อให้ไม่เกิดการสั่น ส่วนอีกด้านจะยึดกับแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้โดยแผ่นไดอะแฟรมนี้จะถูกสร้างให้มีลักษณะคล้ายเลนซ์ เพื่อรวมคลื่นให้มีความเร็วสูงขึ้น ซึ่งจะกล่าวถึงลักษณะโครงสร้างต่อไป

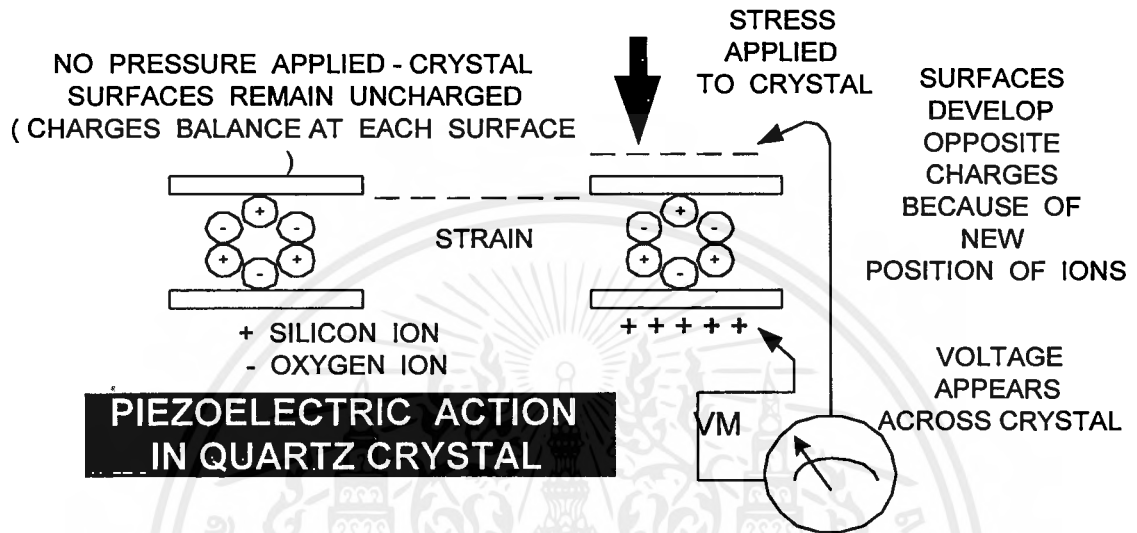


รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะโครงสร้างภายในทั่วไปของทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 เปียโซอิเล็กทริกเอฟเฟกต์

ปรากฏการณ์แบบเปียโซอิเล็กทริกสามารถอธิบายได้คือ เมื่อสภาวะปกติยังไม่มี ความดันหรือคลื่น มาตกกระทบกับชิ้นสารเซรามิก ประจุไฟฟ้าซึ่งอยู่ภายในชิ้นสารจะเกิดการสมดุล ทำให้แผ่นเพลทเงินที่ ประกอบอยู่มีศักย์ไฟฟ้าที่เท่ากัน ซึ่งผลรวมของประจุไฟฟ้าบนแผ่นเพลทมีค่าเท่ากับศูนย์ แต่เมื่อมีความดันหรือ คลื่นเสียงมากระทบชิ้นสารเซรามิก จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของชิ้นสารคือมีการโก่งงอไปมา ตาม ลักษณะคลื่นที่ตกกระทบ



รูปที่ 2.11 แสดงปรากฏการณ์เปียโซอิเล็กทริก

ซึ่งในกรณีนี้จะทำให้เกิดการจัดเรียงประจุคือ เกิดมีประจุตรงข้ามขึ้นบนแผ่นเพลทที่ประกอบชิ้นสารเซรามิกอยู่ ซึ่งผลของประจุไฟฟ้าตรงข้ามนี้ทำให้เกิดเป็นแรงดันหรือคลื่นที่มาตกกระทบชิ้นสารเซรามิกที่โก่งงอไปมา

ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเล็กทริก สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างพลังงานกลกับพลังงานไฟฟ้า ในกรณีการเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลคือตัวส่งคลื่นอัลตราโซนิกจะทำงาน เมื่อเราป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งอาจมีความถี่ในช่วง 20 - 100 kHz แรงดันที่ป้อนนี้จะทำให้ชิ้นสารเซรามิกเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โดยที่ด้านหนึ่งของชิ้นสารเซรามิกจะถูกกดกับแผ่นไดอะแฟรม เมื่อชิ้นสารเซรามิกเกิดการบิดตัวไปมาจะทำให้แผ่นไดอะแฟรมนี้อัดกับอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นความถี่กับสัญญาณที่ป้อนเข้ามา ซึ่งคลื่นที่ผลิตได้จะมีกำลังเอาต์พุตสูงสุดเมื่อป้อนความถี่ที่ป้อนเข้ามาตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ ซึ่งเป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิกชิ้นนั้น จะทำให้ความถี่อื่น ๆ นอกเหนือจากนี้จะมีค่าลดลงกว่าความถี่เรโซแนนซ์มาก

ในทางกลับกันการเปลี่ยนจากพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าก็คือ ตัวรับคลื่นอัลตราโซนิก เราสามารถที่จะมองได้ว่าเป็นแหล่งจ่ายหนึ่ง ๆ เพราะมันไม่ต้องการแหล่งจ่ายอื่น ๆ มาป้อนก็สามารถสร้างแรงดันไม่สูงมากนัก โดยการทำงานของตัวรับคลื่นนี้เมื่อคลื่นซึ่งมีความดันมาตกกระทบบนแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งค่า

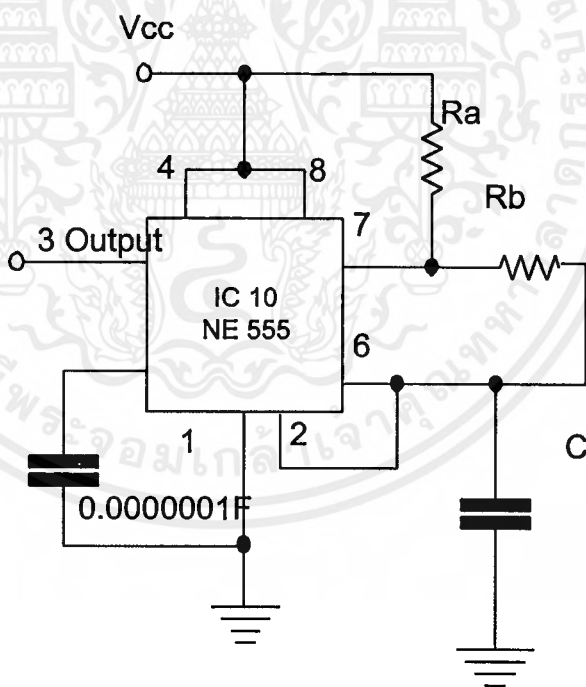
ความถี่ของคลื่นทำให้ชิ้นสารเซรามิกถูกบีบไปมา ซึ่งจะทำให้เกิดปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกบนชิ้นสารทำให้สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่เดียวกับคลื่นที่มาตกกระทบได้

2.6 วงจรอุลตราโซนิก (Ultrasonic circuit)

อุปกรณ์อุลตราโซนิกที่มีขายตามท้องตลาด ส่วนใหญ่จะใช้งานที่ความถี่ซึ่งใช้ตัวทรานสดิวเซอร์เป็นตัวสร้างสัญญาณหรือเสียงสะท้อนที่ความถี่นั้น ๆ และเนื่องด้วยตัวทรานสดิวเซอร์มีช่วงแบนวิดท์ที่จำกัดและมีราคาสูง ทำให้ไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้แต่เราสามารถใช้อุปกรณ์ตัวอื่นที่ให้ผลใกล้เคียงกับตัวทรานสดิวเซอร์ นั่นคือลำโพงเพียโซ (Piezo speaker) เป็นตัวทั้งตัวรับและส่งสัญญาณอุลตราโซนิก ซึ่งลำโพงเพียโซอาจไม่เหมาะสมกับตัวแสดงผลในหนังสือเหมือนตัวทรานสดิวเซอร์ แต่ก็สามารถนำลำโพงเพียโซขนาด 3¼ นิ้วไปใช้เป็นตัวรับสัญญาณวิทยุที่ไม่ละเอียดนักได้

2.6.1 พื้นฐานตัวกำเนิดคลื่นอุลตราโซนิก

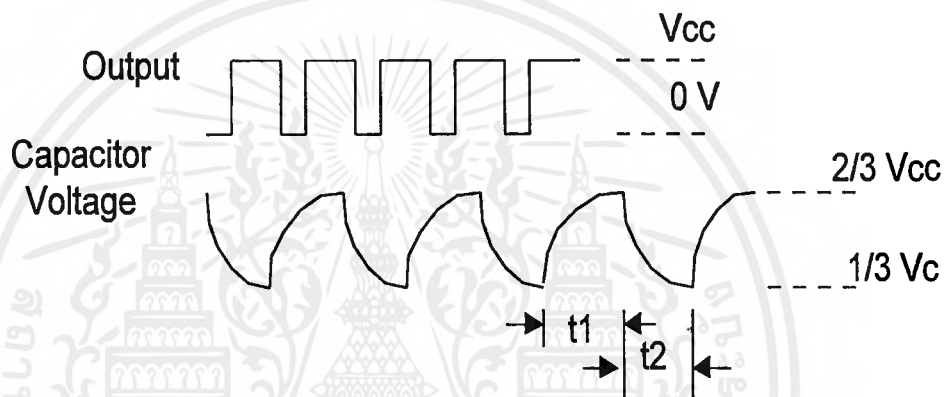
ในที่นี้จะใช้ทฤษฎีและหลักการทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์หรือวงจร Square-Wave ซึ่งประกอบขึ้นมาจากไทม์เมอร์เบอร์ 555 ดังแสดงในวงจรรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์หรือวงจร Square-Wave ซึ่งประกอบขึ้นจากไอซีเบอร์ 555

การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 2.12 ตัวความต้านทาน R_a และ R_b ทำหน้าที่เป็น Timing resistor เมื่อวงจรได้รับแรงดันไบอัส จากแหล่งจ่ายกำลังตัวเก็บประจุ C ซึ่งทำหน้าที่เป็น Timing capacitor จะสะสมประจุผ่านตัวความต้านทาน R_a และ R_b จนกระทั่งเมื่อแรงดันตกคร่อมมีค่าเป็น $2/3 V_{cc}$ จะทำให้วงจร Upper comparator กระตุ้นวงจรฟลิปฟล็อปซึ่งอยู่ภายในตัว ไอซี และมีผลให้ตัวเก็บประจุ C เริ่มคายประจุผ่านตัวความต้านทาน R_b แรงดันที่ตกคร่อม C ก็จะลดลงและเมื่อมีค่าเหลือเป็น $1/3 V_{cc}$ แล้ววงจร Lower comparator ในวงจรไอซีก็就会被กระตุ้นและเริ่มการทำงานของวงจรใหม่อีกครั้งหนึ่งดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันที่เอาต์พุตกับแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C

ตัวเก็บประจุ C จะทำการประจุและคายประจุสลับกันไปอย่างสม่ำเสมอทำให้แรงดันตกคร่อมตัวมีค่าระหว่าง $2/3 V_{cc}$ และ $1/3 V_{cc}$ ตามลำดับ สักคาที่เอาต์พุตของวงจรมีค่าสูงในขณะที่ตัว C ทำการเก็บประจุ ซึ่งถ้าให้ t_1 คือช่วงเวลาที่มีค่าสูงดังนั้น

$$t_1 = (R_a + R_b) C \log_e \left\{ \frac{V_{cc} - 2/3 V_{cc}}{V_{cc} - 1/3 V_{cc}} \right\}$$

และสักคาที่เอาต์พุตจะมีค่าต่ำในขณะที่ตัว C ทำการคายประจุซึ่งถ้าให้ t_2 ช่วงเวลาที่เอาต์พุตมีค่าต่ำ

$$\text{ดังนั้น} \quad t_2 = 0.693 R_b C \quad \text{วินาที}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลารวมสำหรับการสะสมและการคายประจุ คือ

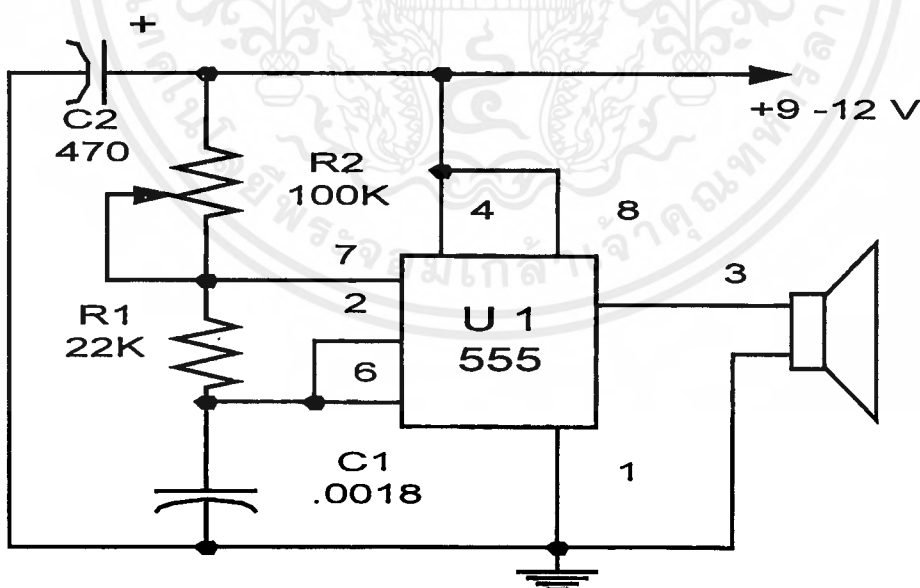
$$T = t_1 + t_2$$

$$= 0.693 (R_a + 2 R_b) C \quad \text{วินาที}$$

ซึ่งค่า T คือช่วงเวลาความกว้างของพัลส์หนึ่งลูกคลื่น
 ดังนั้น ความถี่ของพัลส์ที่เอาต์พุท คือ

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.443}{(R_a + 2 R_b) C}$$

วงจรในรูปที่ 2.14 จะใช้ไอซี 555 เป็นตัวปรับเปลี่ยนความถี่ในวงจรออสซิลเลเตอร์ทางเอาต์พุทของวงจรจะมีลักษณะเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (Squarewave) และใช้ R2 เป็นตัวปรับจูนความถี่จาก 12 kHz ถึง 50 kHz ช่วงความถี่ออสซิลเลเตอร์สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยขึ้นอยู่กับค่า C1 ถ้าต้องการให้ช่วงออสซิลเลเตอร์เพิ่มขึ้นจะใช้ค่าต่ำ ๆ และถ้าต้องการลดช่วงออสซิลเลเตอร์ลงก็จะใช้ค่า C1 ที่มีค่าสูง ๆ



รูปที่ 2.14 วงจรสร้างคลื่นออสซิลเลเตอร์พื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรรูปที่ 2.14

Resistors (¼ watt, 5 %)

R1 - 22000 ohm , R2 – 100000 ohm Potentiometer

Capacitors

C1 – 0.0018 µF Mylar , C2 – 470 µF 16-V electrolytic

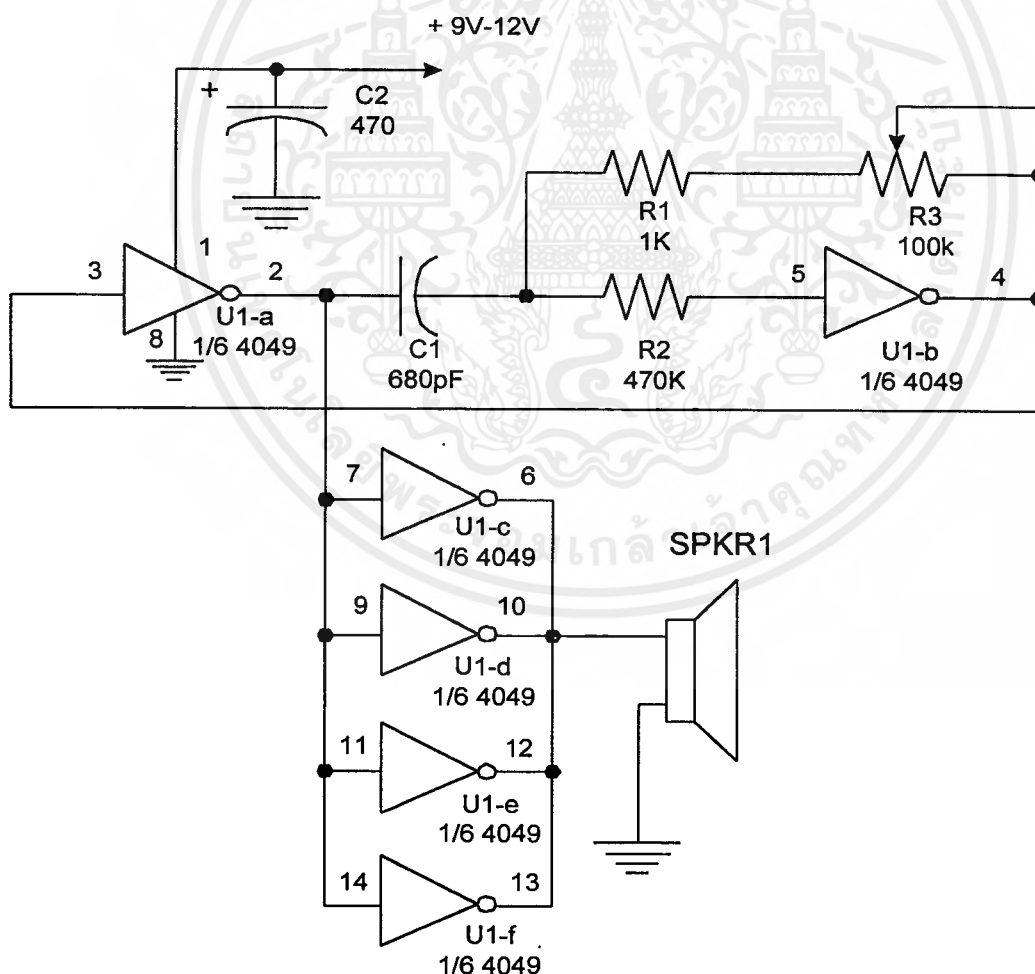
Additional Parts and materials

U1 – 555 timer integrated circuit , Spkr1- Piezo tweeter

Power source , Wire , hardware , etc

2.6.2 การปรับปรุงตัวกำเนิดคลื่นอูลตราโซนิก

วงจรในรูปที่ 2.15 จะใช้ไอซีเบอร์ 40449 CMOS inverting-buffer ซึ่งใช้ buffer ทั้งหมด 6 ตัว โดย U1-a และ U1-b จะต่อในวงจรกำเนิดความถี่ที่มีค่า Duty cycle เป็น 50/50 มีเอาต์พุตเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมและ buffer ที่เหลืออีก 4 ตัวจะต่อขนานกับ Boost ของเอาต์พุตที่เป็น Piezo speaker ในการปรับเปลี่ยน



รูปที่ 2.15 วงจรกำเนิดคลื่นอูลตราโซนิกที่ใช้ไอซี 4049 CMOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงความถี่ที่เหมือนกับวงจรแรกคือการเพิ่มหรือลดค่า C1 และ R3 จะเป็นตัวกำหนดค่าความถี่ทางด้านเอาต์พุต

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรรูปที่ 2.15

Resistors (¼ watt, 5 %)

R1 - 1000 ohm , R2 - 470000 ohm , R3 - 100000 ohm Potentiometer

Capacitors

C1 - 680 pF ceramic-disc , C2 - 470 µF 16V electrolytic

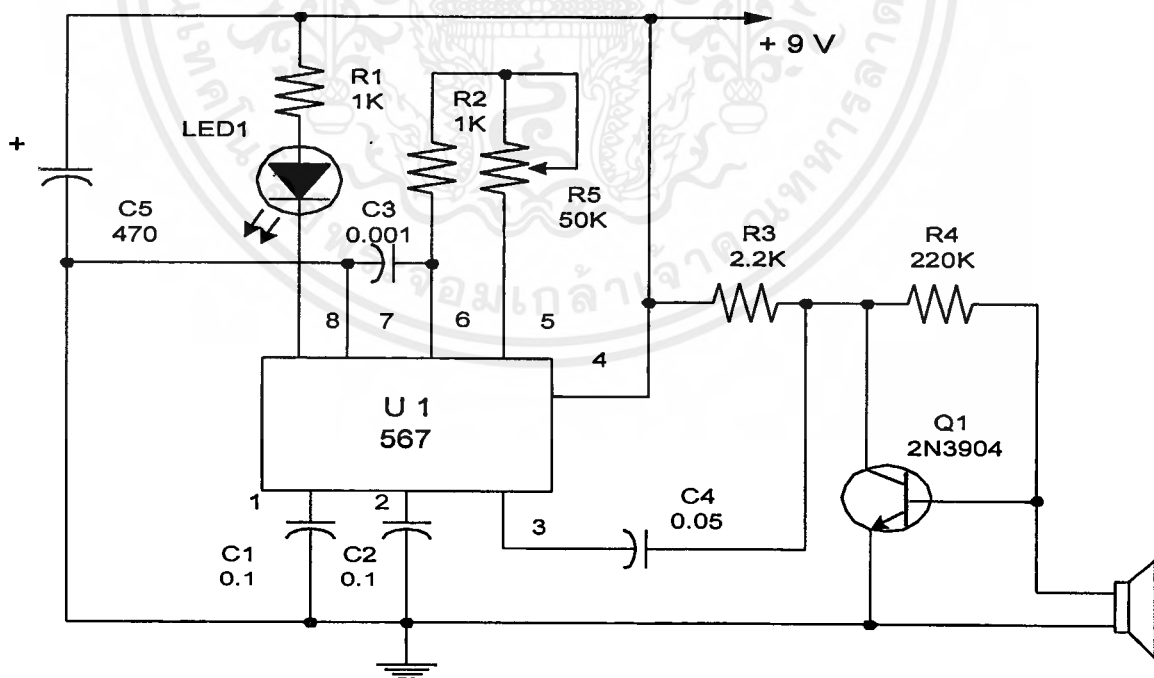
Additional Parts and materials

U1 - 4049 CMOS hex inverting buffer integrated circuit , Spkr1- Piezo tweeter

Power source , Wire , hardware , etc

2.6.3 การกำเนิดคลื่นออสซิลเลชันที่ใช้ไอซี 567 (Phase-locked-loop)

วงจรในรูปที่ 2.16 จะใช้ไอซี 567 เป็นตัวสร้างสัญญาณออสซิลเลชัน ในวงจรนี้จะคิดกว่า 2 วงจรแรกตรงที่ ไอซี 567 จะมีวงจรกำเนิดสัญญาณข้างในและถูกออกแบบให้มีช่วงความถี่ที่กว้างมากจาก 1 Hz ถึง 500 kHz และมีเอาต์พุตเป็นเวฟฟอร์ม ที่ขา 5 จะตัวกำหนดช่วงความถี่ซึ่งสามารถปรับแต่งได้ และให้สัญญาณเอาต์พุตคิดกว่า 2 วงจรแรก เนื่องจากมีอิมพีแดนซ์ต่อแมทซ์ซึ่งอยู่



รูปที่ 2.16 วงจรกำเนิดคลื่นออสซิลเลชันโดยใช้ไอซี 567 PLL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรรูปที่ 2.16

Semiconductors

U1-567 phase-locked loop integrated circuit

Q1, Q2 – 2 N3904 NPN transistor, Q3- 2N3096 PNP transistor

Resistors (¼ watt, 5 %)

R1,R2 - 1000 ohm , R3,R4 – 10000 ohm , R5 – 50000 ohm Potentiometer

Capacitors

C1 –C5 – 0.1680 μ F ceramic-disc , C6 – 0.001 μ F mylar, C7 –470 μ F 16V electrolytic

Additional Parts and materials

Spkr1- Piezo tweeter

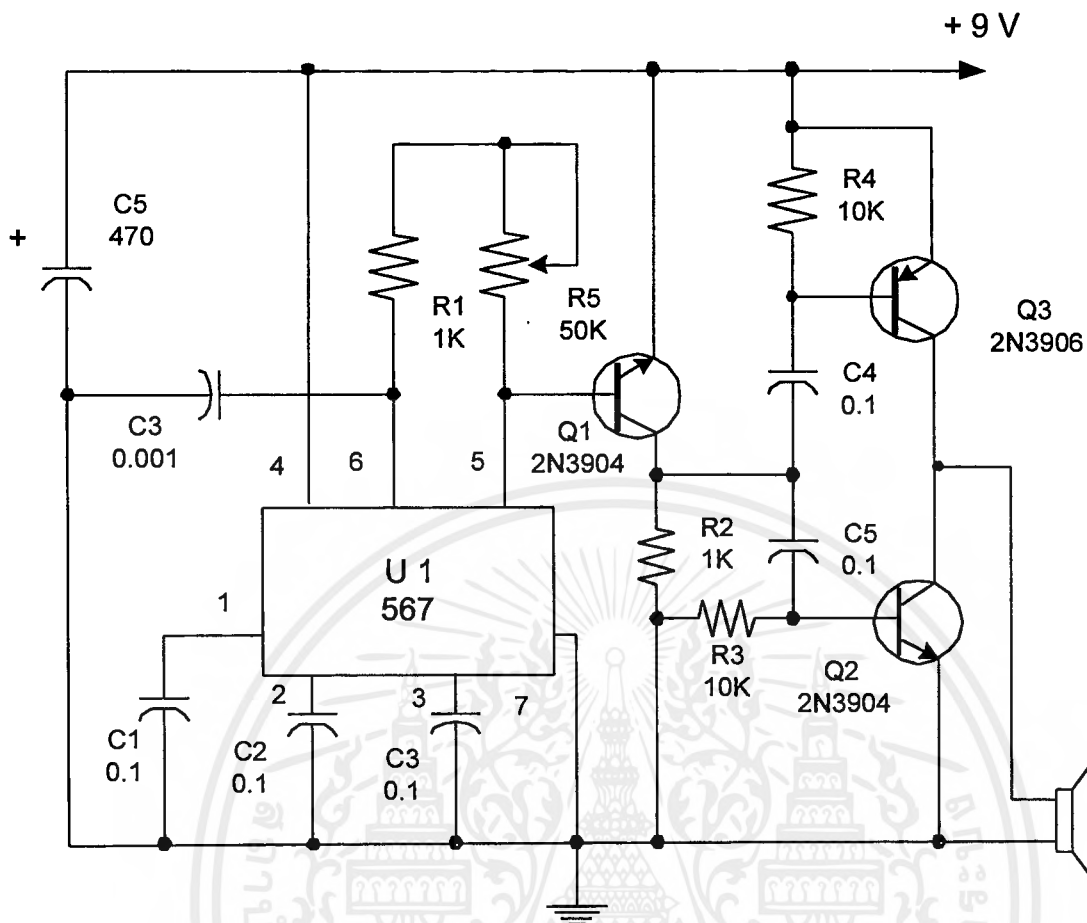
Power source , Wire , hardware , etc

และค่าเอาต์พุตของวงจรนี้ยังสามารถปรับค่าได้ตั้งแต่ 10 kHz จนถึง 100 kHz โดยใช้ R5 เป็นตัวปรับค่าและทรานซิสเตอร์ Q1 ต่อเป็นวงจร EMITTER FOLLOWER ที่มี ISOLATE กับเอาต์พุตของไอซีนี้ ส่วนทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 จะเป็นตัวขับวงจรเอาต์พุตแอมพลิไฟเออร์

ในวงจรนี้สามารถเปลี่ยนจากภาคส่งสัญญาณเป็นภาครับสัญญาณได้ โดยการต่อขา 7 ลงกราวด์ ถ้าต้องการให้เป็นตัวส่งสัญญาณ ซึ่งปกติขา 7 นี้จะเป็น NORMALLY OPEN และถ้าต้องการให้เป็นภาครับให้ดูในวงจรรูปที่ 2.17

2.6.4 ภาครับสัญญาณอุลตราโซนิค

ในวงจรภาครับสัญญาณอุลตราโซนิคจะใช้ไอซี 567 (PLL) ที่ใช้ในวงจรรูปที่ 19 การปรับเปลี่ยนวงจรและปรับเปลี่ยนย่านความถี่จะเหมือนกับวงจรรูปที่ 19 มี LED 1 ดวงที่ตำแหน่งขา 8 (IC Detector Output) ทรานซิสเตอร์ Q1 จะขยายสัญญาณอุลตราโซนิคที่รับมาจากลำโพงเปียโซ และส่งผ่านไปยังไอซี 567 การเช็คสัญญาณที่ส่งออกมาจากระบบของเราจ่ายไฟเข้าวงจรสร้างสัญญาณ จากนั้นวางตำแหน่ง Speaker ผ่านข้ามห้องและเริ่มกำหนดค่าจากค่าน้อย ๆ ก่อนโดยการปรับค่า R₅ ซ้ำ ๆ จนสามารถได้ยินเสียงบางอย่างจากตัว Speaker จากนั้น ปรับค่าเอาต์พุตของวงจรให้มีความถี่ระหว่าง 16 – 20 kHz เพื่อที่สามารถทำให้ได้ยินเสียงที่ความถี่สูงเปิดวงจรภาครับสัญญาณและวางหัวรับสัญญาณไว้ห่างจากตัวกำเนิดสัญญาณประมาณ 1 ฟุต โดยมีทิศทางไปทางเดียวกันกับตัวส่งสัญญาณและตั้งความถี่ของตัวรับไว้ที่ความถี่ต่ำสุด โดยปรับค่าความต้านทาน R₅ (ตำแหน่งของโพเทนชิโอมิเตอร์ ตั้งค่าความต้านทานไว้สูงสุด) จากนั้นเพิ่มความถี่ขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งหลอด LED ที่ภาครับสว่างขึ้น



รูปที่ 2.17 วงจรถอดรหัสนิคมภาครับที่ใช้ไอซี 567 PLL

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรรูปที่ 2.17

Semiconductors

U1-567 phase-locked loop integrated circuit

Q1-2 N3904 NPN transistor, LED- Light emitter diode any color

Resistors (¼ watt, 5 %)

R1,R2 - 1000 ohm , R3-2200 ohm , R4 – 220000 ohm , R5 – 50000 ohm Potentiometer

Capacitors

C1 ,C2 – 0.1 μ F ceramic-disc , C3 – 0.001 μ F mylar, C4 - 0.05 μ F, C5 –470 μ F 16V electrolytic

Additional Parts and materials Spr1- Piezo tweeter

Power source , Wire , hardware , etc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

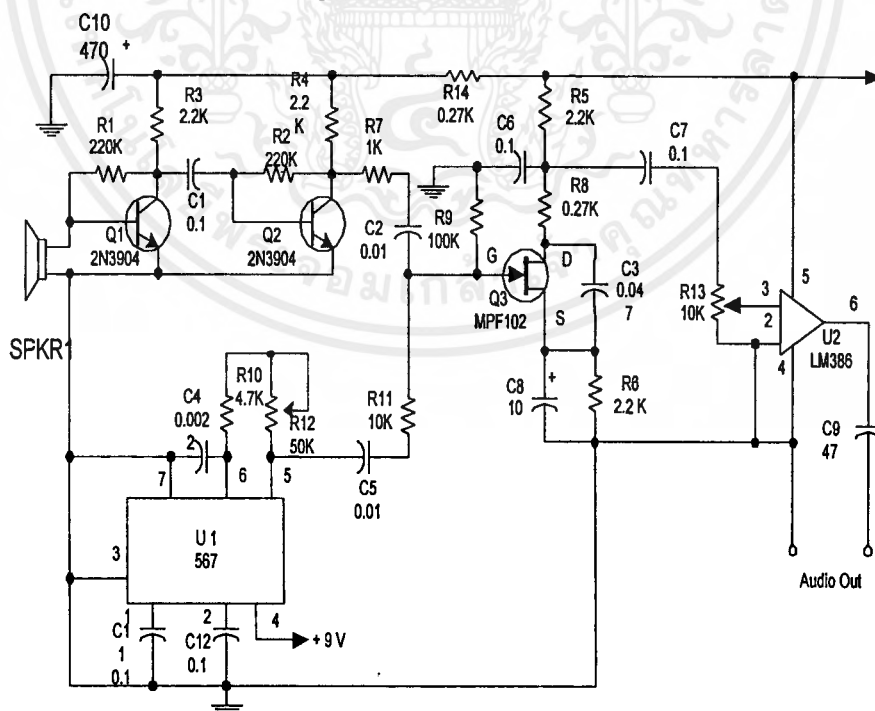
ถ้ารับสัญญาณไม่มีตอบสนองต่อสัญญาณที่ตัวส่ง ให้ทดลองขยับหัวรับสัญญาณตรงไปยังหัวส่งสัญญาณแล้วลองปรับค่าของภาครับสัญญาณอีกครั้ง

สัญญาณที่ได้รับในแต่ละครั้งจะแยกมาจากหัวส่งและรับสัญญาณที่ผ่านห่างกันประมาณ 16 ฟุต ในการรับส่ง การนำไปใช้งานเป็นตัวส่งโทรเลข โดยสังเกตจากหลอด LED มีภาครับสัญญาณซึ่งจะกระพริบตามรูปแบบที่เราส่ง

การประยุกต์ใช้งานของเครื่องรับส่งคลื่นอุลตราโซนิค โดยนำไปรวมกับอุปกรณ์ป้องกันขโมย โดยต่อรีเลย์ 5V ระหว่างขา 8 กับขั้วบวกของแบตเตอรี่แล้ววางหัวส่งและรับสัญญาณห่างกัน 1 ฟุต วางไปในทางเดียวกันเมื่อมีคนผ่านมายู่ด้านหน้าของหัวรับส่งสัญญาณก็จะเกิดการสะท้อนกลับของสัญญาณไปยังหัวรับสัญญาณเป็นทำให้รีเลย์ของตัวรับสัญญาณทำงานซึ่งอาจนำเอาที่พุดที่ได้จากรีเลย์ต่อไปยังสัญญาณเตือนภัยหรือแสดงผล

2.6.5 ตัวรับสัญญาณคลื่นอุลตราโซนิคที่มีความไว

สำหรับตัวรับสัญญาณที่มีความไวมาก สามารถตั้งคลื่นรับสัญญาณได้ในช่วงความถี่ของคลื่นอุลตราโซนิค ซึ่งสามารถได้ยินเสียงแมลง , ค้างคาว , เสียงเครื่องยนต์ ฯลฯ โดยใช้เครื่องกำเนิดคลื่นอุลตราโซนิค วงจรในรูปที่ 2.18 จะต่างจากหลักการโดยทั่วไป ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 เป็นตัวขยายสัญญาณอุลตราโซนิคที่รับได้จากหัวรับสัญญาณทางด้านเอาต์พุตของทรานซิสเตอร์ Q_2 ที่ต่อเป็นวงจรคอลเลกเตอร์จะถูกป้อนกลับเป็นอินพุตของทรานซิสเตอร์ JFET Q_3 ซึ่งเป็นวงจรตรวจจับ



รูปที่ 2.18 วงจรรับคลื่นอุลตราโซนิคที่ใช้ไอซี 567 PLL ร่วมกับไอซี LM386

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีเฟสล็อกกลูป (PLL 567) ใช้ปรับ Heterodyne Oscillator ที่ป้อนให้อินพุทของวงจรตรวจจับ JFET คลื่นอุลตราโซนิคที่เข้ามาจะถูกนำไปรวมกับสัญญาณ Heterodyne Oscillator ทั้งรวมและเปรียบเทียบ ความถี่สัญญาณที่ความถี่สูงจะถูกกรองไปโดย C_3 , R_8 และ C_6 ส่วนสัญญาณที่เหลือซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ต่ำ จะส่งผ่านไปยัง ไอซี 386 (ขยายเสียง) ซึ่งเราสามารถต่อเสดโฟนหรือลำโพงที่ด้านเอาต์พุทของวงจรเสียงนี้

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรรูปที่ 2.18

Semiconductors

U1-567 phase-locked loop integrated circuit ,U2-LM386 audio power amplifier integrated circuit
Q1,Q2 -2 N3904 NPN transistor, Q3 – Mp102 JFET transistor

Resistors (¼ watt, 5 %)

R1,R2 - 220000 ohm , R3-R6 -2200 ohm , R7 – 1000 ohm , R8-R14 –270 ohm ,R9 –100000 ohm
R10- 4700 ohm , R11- 10000 ohm , R12 – 50000 ohm Potentiometer ,R13 – 50000 ohm Potentiometer

Capacitors

C1 ,C2 ,C5– 0.01 μ F mylar , C3 – 0.047 μ F mylar , C4- 0.0022 μ F mylar
C6,C7,C11,C12 - 0.1 μ F ceramic-disc , C8- 10 μ F 16V electrolytic
C9- 47 μ F 16V electrolytic , C10- 470 μ F 16V electrolytic

Additional Parts and materials

Spkr1- Piezo tweeter
Power source , Headphone or speaker , Wire , hardware , etc

2.7 ไอซี เบอร์ ISD 2590

ทฤษฎีของ ISD 2590

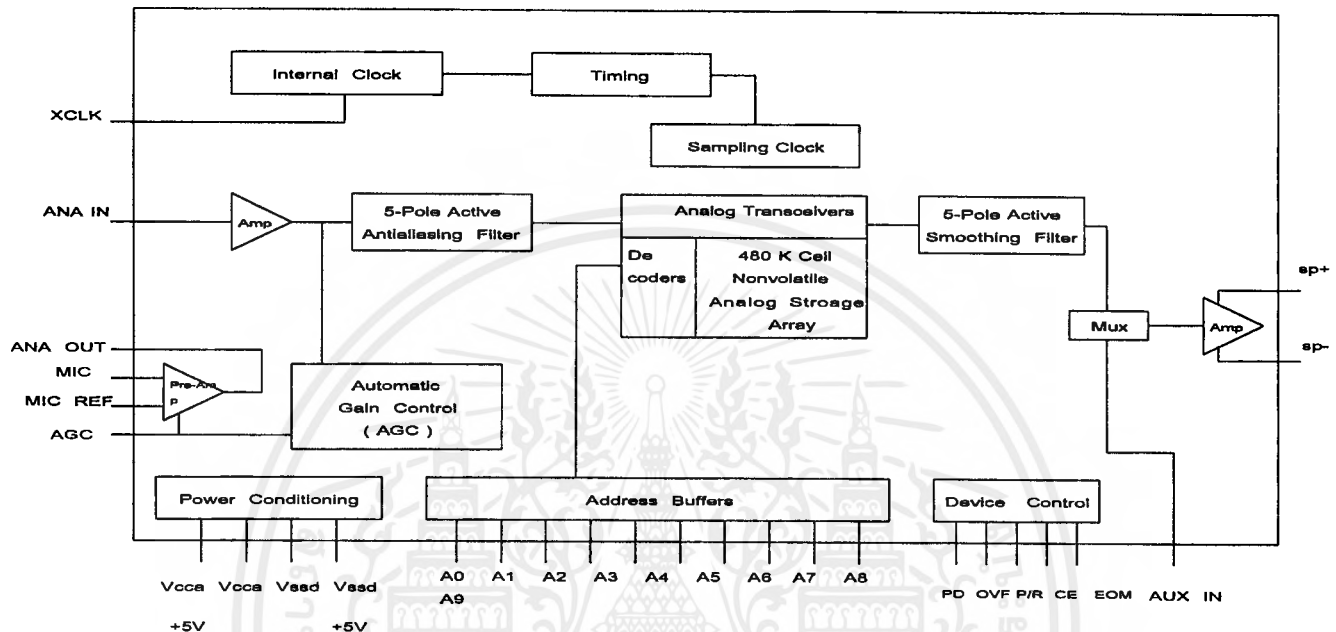
อุปกรณ์ประเภทไอซีบันทึกเสียง ISD 2500 นั้นได้มีการพัฒนาความยาวในการบันทึกเสียงเพิ่มขึ้น เช่น 45, 60, 75, 90 วินาที ซึ่งแตกต่างไปจากตระกูล ISD 12XX โครงสร้างการใช้งานก็ง่ายกว่ามาก

2.7.1 คุณสมบัติทั่วไปของ ISD 25XX

1. เพียงไอซีตัวเดียวก็สามารถบันทึกและเล่นกลับได้ง่ายดาย
2. ไม่มีอุปกรณ์ประเภทอื่นต่อร่วมภายนอก
3. ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
4. ให้เสียงตอบสนองที่เป็นธรรมชาติ
5. สามารถควบคุมโดยใช้ microprocessor, microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

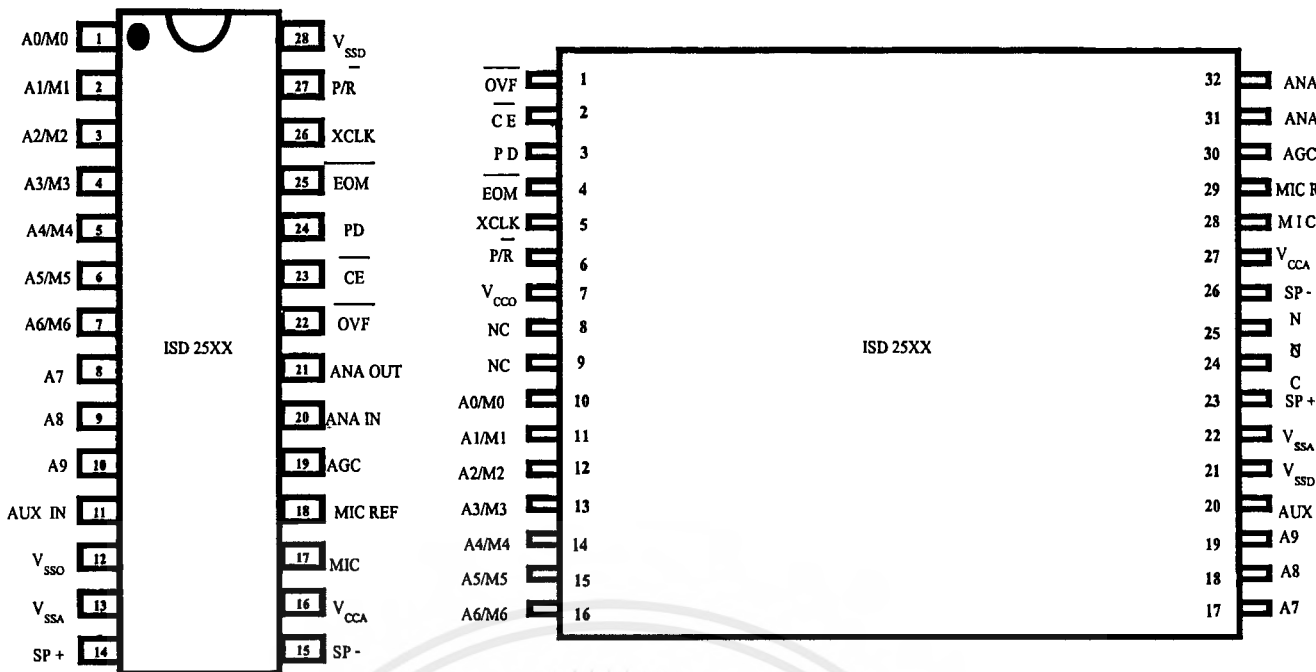
6. มีระยะเวลาในการบันทึกหรือเล่นกลับตั้งแต่ 45, 60, 75, 90 วินาที
7. สามารถต่ออนุกรมสัญญาณ (Cascade) ได้โดยตรง
8. ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป
9. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
10. มีวงจรการบันทึกถึง 100,000 ครั้ง



รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมภายในไอซี ISD 2590

จากคุณสมบัติต่างๆที่รวบรวมอยู่ในไอซีเพียงตัวเดียวทำให้ง่ายแก่การใช้งานตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน จนถึงหน่วยจัดเก็บข้อมูลที่บันทึกและขับออกลำโพง ก็ถูกรวบรวมไว้ในตัวไอซีเพียงตัวเดียวในโหมดการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซลล์แบบไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไม่ให้สูญหาย

จากรูปที่ 2.19 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของ ไอซี IS5XX มีลักษณะคล้ายมากหากแต่มีความแตกต่างกันอยู่ในส่วนบล็อกมัลติเพล็กซ์สัญญาณอินพุทของเพาเวอร์แอมป์ภายในไอซี เพื่อทำการเลือกที่จะขยายสัญญาณที่ถูกบันทึกเก็บไว้ หรือขยายสัญญาณจากภายนอกที่ขา AUX IN ทั้งหมดนี้เป็นข้อแตกต่างของ ISD25XX ที่ไม่เหมือนกับ ISD 12XX/14XX นอกจากนี้อัตราการทำงานของไอซีตระกูล ISD 25XX ก็แตกต่างกัน



รูปที่ 2.20 แสดงการจัดขาของ ISD 2590

2.7.2 รายละเอียดของขาอุปกรณ์

MICROPHONE INPUT (MIC)

ขา 17 จะรับสัญญาณ อินพุตที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าสู่วงจรปริแอมป์ที่ประกอบอยู่ในตัวไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจรจะทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายวงจรปริแอมป์ให้มีการขยายอยู่ในช่วง -15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนจากภายนอกจะถูกคัปปลิ่งผ่านตัวเก็บประจุในลักษณะอนุกรมกับขา 17 ค่าความจุของ Capacitor จะกำหนด โดยคำนึงถึงค่าความต้านทานภายในของ ไอซี ($10K\Omega$) เพื่อทำให้เกิดการ Cut-Off ที่ความถี่ต่ำ

MICROPHONE REFERENCE INPUT (MIC REF)

ขา 18 นี้ จะต่อเข้ากับกราวด์อะนาล็อก (V_{ssa}) โดยต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุเพื่อทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุตขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 เดซิเบล

ANALOG OUTPUT (ANA OUT)

ขา 20 จะรับสัญญาณผ่านวงจรปริแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิ่งภายนอก คัปปลิ่งสัญญาณเข้าที่ขา 20 นี้ เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ภายในตัวไอซีตัวเก็บประจุคัปปลิ่งภายนอกนี้จะต้องสัมพันธ์กับค่าความต้านทานภายในค่า $3 K\Omega$ ซึ่งเป็นอินพุทอิมพีแดนซ์เพื่อจะให้เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบ Cut-Off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC GAIN CONTROL INPUT (AGC)

ขา 19 เป็นอินพุตเพื่อควบคุมอัตราการขยายของปรีแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระบบสัญญาณที่มีย่านความถี่กว้างมากของสัญญาณทางด้านอินพุตจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ขา AGC นี้จะต่อรวมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่โดยค่าความต้านทานภายใน $5\text{ k}\Omega$ และจะต่อกับ C ภายนอกอีกตัวหนึ่งเพื่อผ่านลงกราวด์อะนาล็อก ค่าที่เหมาะสมบางครั้งกำหนดไว้ที่ $R = 470\text{K}\Omega$, $C = 4.7\text{ }\mu\text{F}$

SPEAKER OUTPUTS (SP +, / SP-)

ขา 14,15 เป็นขาเอาต์พุตต่อออกลำโพง ในไอซีจะมีวงจรสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพงซึ่งมีความสามารถในการขับลำโพงเอาต์พุตได้ 50 mW ที่โหลดลำโพง $16\text{ }\Omega$ ขา Output นี้ไม่สามารถต่อขนานกันหลายตัวได้ในกรณีที่ต้องอนุกรมสัญญาณ (Cascade) กันหลายตัว

POWER DOWN INPUT (PD)

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

CHIP ENABLE INPUT (CE)

ขา 23 ขา CE จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ “0” เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเล่นกลับและการบันทึก ที่ขา แอดเดรสอินพุตและขา P/R อินพุตและขา P/R อินพุตจะถูกแลตซ์จากพัลส์ขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE

PLAYBACK / RECORD INPUT (P/R)

ขา 27 เมื่อขาอินพุตควบคุมการเล่นกลับและบันทึกได้รับพัลส์ “1” จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับและถ้าเป็นพัลส์ “0” จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบขาลงของขา CE จะเป็นการแลตซ์อินพุตที่ขา P/R

ADDRESS / MODE INPUTS (A0-A9/Mo-M6)

ขา1-10ขาแอดเดรสและโหมดอินพุทจะมีอยู่สองฟังก์ชันที่อยู่กับระดับของสองMSBของแอดเดรส ถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งของสอง MSBS เป็น “0” อินพุทก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิตทั้งหมดและใช้เป็นแอดเดรส เริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกและเล่นกลับ และขาแอดเดรสจะเกิดการแลทช์โดยขอบขาของพัลส์ที่ขา CE และถ้า MSBS มีสถานะเป็น “1” ขาแอดเดรส/โปรดอินพุทจะมาขึ้นอยู่ที่โหมดบิตทั้งหมดและเกิดการแลทช์เมื่อพัลส์ขอบขาปรากฏที่ขา CE

EXTERNAL CLOCK INPUT (XCLK)

ขา 26 เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติได้ระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาสุ่มสัญญาณถูกกำหนดไว้ภายในแล้วซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือย่านแรงดันไฟเลี้ยงที่ไม่คงที่การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 25 นี้ เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

END-OF-MESSAGE / RUN OUTPUT (EOM)

ขา 25 เป็นส่วนของอุปกรณ์ NON-VOLATILE ภายในตัวไอซีที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกขา EOM นี้จะให้เอาต์พุตออกมาเป็น “0” เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว

OVERFLOW OUTPUT (\overline{OVF})

ขา 22 สัญญาณพัลส์ “0” จะปรากฏออกทางขาเอาต์พุตนี้เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายในตัวไอซีได้ถูกอ่านออกมาหมดแล้วและจะแสดงเป็นสถานะหยุดการเล่นกลับ พัลส์เอาต์พุตจากขา \overline{OVF} นี้ จะจ่ายให้กับขา CE อินพุทจนกว่าขา OPF จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซต และเริ่มวงรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขา OVF นี้สามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของ ISD25XX ในตัวถัดไปได้เมื่อถูกต่ออนุกรมสัญญาณ (Cascade)กันอยู่หลายตัว

AUXILIARY INPUT (AUX IN)

ขา 11 จะเป็นขารับอินพุทจากภายนอก ซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาต์พุตของวงจรขยายภายในและขับออกสู่ขาเอาต์พุตลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา CD มีสถานะเป็น “1” วงรอบของการเล่นกลับก็จะสิ้นสุดลง หรือเมื่อสัญญาณที่บันทึกไว้ถูกเล่นกลับจนหมดสิ้นแล้วมีการต่ออนุกรมสัญญาณ (Cascade) ของไอซี ISD25XX กันหลาย ๆ ตัวขา AUX IN จะถูกใช้ต่อเข้ากับสัญญาณเล่นกลับที่ออกมาจากขาเอาต์พุตลำโพงของตัวก่อนหน้าหรือจากตัวอันดับแรก

VOLTAGE INPUTS (Vca, Vccd)

ขา 16 และ 28 เป็นขารับแรงดันที่จะต้องแยกกันต่างหากระหว่างขารับแรงดันของวงจรถอานาล็อก และวงจรถิจิตอลที่ประกอบอยู่ในตัวไอซีแล้ว ขารับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์ และต้องเป็นแรงดันไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

GROUND INPUTS (Vssa , Vssd)

ขา 12 และขา 13 โดยคุณสมบัติของไอซีในตระกูล ISD25XX จะมีการแยกกันระหว่างกราวด์ของสัญญาณอะนาล็อก และกราวด์ของสัญญาณดิจิตอล ขากราวด์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถังบรรจุของไอซี การใช้งานขากราวด์ทั้งสองจะเลือกต่อกับกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

2.7.3 โหมดการทำงาน (Operation Mode)

ISD 2500 ได้รับการออกแบบให้ภายในบรรจุโหมดการทำงานหลาย ๆ โหมดเพื่อใช้งานร่วมกับส่วนประกอบอื่น ๆ โหมดการทำงานเหล่านี้ได้อธิบายดังรายละเอียดข้างล่างนี้ ISD 2500 จะใช้ขา ADDRESS แทนโหมดการทำงาน โดยมีบิตที่สำคัญที่สุด (MSBs) คือ high ส่วนสัญญาณแอดเดรสส่วนที่เหลือจะถูกแปลงเป็นโหมดบิตและ NOT จะถูกแปลงเป็นแอดเดรสบิตเพราะฉะนั้นโหมดการทำงานและแอดเดรสโดยตรงของ ISD 2500 จะไม่สอดคล้องกันและไม่สามารถที่จะใช้งานพร้อมกันได้สำหรับโหมดการทำงานจะต้องพิจารณาส่วนสำคัญ 2 อย่างด้วยกัน คืออย่างแรกการเริ่มต้นการทำงานจะต้องเริ่มที่ ADDRESS 0 ซึ่งเป็นแอดเดรสว่างของ ISD 2500 ต่อจากนั้นจึงสามารถเริ่มต้นที่ตำแหน่งแอดเดรสอื่น ๆ ได้ขึ้นอยู่กับทางเลือกโหมดการทำงาน นอกจากนั้นตัวซีแอดเดรสจะถูก RESET ไปที่ 0 เสมอเมื่ออุปกรณ์ถูกเปลี่ยนจากการบันทึกไปเป็นการเล่นกลับและจากการเล่นกลับไปเป็นการบันทึก (ยกเว้นโหมด M6) หรือเมื่อ POWER DOWN CYCLE ถูกทำให้ทำงานอย่างที่สองโหมดการทำงานจะทำงานเมื่อ CE เป็น LOW และ MSBs ทั้งสองเป็น High โหมดการทำงานนี้จะยังคงทำงานอยู่นกว่าสัญญาณต่อไปของ CE เป็น LOW ที่แอดเดรสปัจจุบัน MODE LEVEL ถูกสุ่มตัวอย่าง และทำให้ทำงาน

การอธิบายโหมดการทำงาน (OPERATIONAL MODE DESCRIPTION)

โหมดการทำงานสามารถต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หรือสามารถใช้เป็น HARD –WIRE ให้กับการทำงานของระบบที่เราต้องการได้

ตารางที่ 4 แสดงโหมดการทำงานของ IC เบอร์ ISD 2590

โหมดควบคุม	หน้าที่	การใช้	ต่อใช้ร่วมกับ
M0	Message Cueing	ข้อความเคลื่อนที่ไปยังหน้าจออย่างรวดเร็ว	M4,M5,M6
M1	Delete EOM markers	ตำแหน่ง EOM markers ที่ปลายของข้อความที่แล้ว	M3,M4,M5,M6
M2	Non applicable	สำรอง	N/A
M3	Looping	การเล่นกลับแบบต่อเนื่องจากแอดเดรส 0	M1,M5,M6
M4	Consecutive addressing	บันทึก/เล่นติดต่อกันหลายข้อความ	M0,M1,M5
M5	CE level-activated	ยอมให้หยุดข้อความ	M0,M1,M3,M4
M6	Push –botton Control	อินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์อื่น	M0,M1,M3

MO-MESSAGE CUEING

MESSAGE CUEING ยอมให้ผู้ใช้งานสามารถข้ามผ่านข้อความโดยไม่ต้องรู้ถึง PHYSICAL ADDRESS ที่แท้จริงของแต่ละข้อความได้ CE low pulse แต่ละ pulse เป็นเหตุที่ทำให้ตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรสภายในข้ามผ่านไปยังตัวข้อความตัวต่อไป โหมดนี้ควรจะใช้สำหรับการเล่นกลับเท่านั้นและใช้ร่วมกับโหมดการทำงาน M4

M1-DELETE EOM MARKERS

โหมดการทำงาน M1 จะยินยอมให้ข้อความที่ได้รับการบันทึกตามลำดับรวมกันให้กลายเป็นข้อความ ๆ เดียวได้โดยเพียงตั้ง EOM Markers ที่ปลายข้อความที่นำมารวมกัน

M2-UNUSED

เมื่อโหมดการทำงานโหมดนี้ถูกเลือกใช้ M2 จะต้องเป็น LOW

M3-MESSAGE LOOPING

โหมดการทำงาน M3 ใช้สำหรับการเล่นกลับซ้ำอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติของข้อความที่อยู่ตำแหน่งเริ่มต้นของแอดเดรสว่างเมื่อข้อความ CAN บรรจุลงใน ISD 2500 อย่างสมบูรณ์แล้ว ISD 2500 จะลูบจากจุดเริ่มต้นไปจุดสุดท้ายโดยที่ OVF ไม่เป็น LOW

M4-CONSECUTIVE ADDRESSING

ระหว่างการทำงานในขณะปกติ ตัวชี้แอดเดรสจะรีเซ็ตเมื่อข้อความถูกเล่นผ่านไปที่ EOM marker โหมดการทำงาน M4 จะป้องกันการรีเซ็ตของตัวชี้แอดเดรสบน EOM และไม่ยอมให้ข้อความถูกเล่นกลับแบบเรียงลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M5-CE LEVEL ACTIVATED

DEFAULT MODE สำหรับ ISD 25000 ใช้เพื่อทำให้ \overline{CE} กลายเป็น edge-activated บนบันทึกโหมมการทำงาน M5 จะเป็นเหตุที่ทำให้ \overline{CE} ถูกแปลงไปเป็น LEVEL ACTIVATED เพื่อที่จะไม่ให้กลายเป็น EDGE-ACTIVATED ระหว่างการเล่นกลับในโหมมนี้ \overline{CE} LOW จะเริ่ม PLAYBACK CYCLE, CE HIGH หยุด CYCLE และเมื่อเป็น \overline{CE} LOW อีกครั้งจะเริ่มการเล่นที่จุดที่ซึ่งข้อความถูกทำให้หยุดโดยที่ไม่ต้องทำการรีเซตตัวรีแอคเตอร์

M6-PUSH-BUTTON MODE

ชุดอุปกรณ์ ISD 2500 บรรจุไปด้วยโหมมการทำงาน PUSH-BUTTON โหมม PUSH-BUTTON ขึ้นต้นถูกประยุกต์ใช้กับต้นทุ่นต่ำและถูกออกแบบมาเพื่อใช้ลดอุปกรณ์ภายนอกและวงจรให้น้อยลงเป็นการช่วยลดราคาของระบบให้น้อยลง เพื่อที่จะจัดโครงสร้างของอุปกรณ์ในโหมมการทำงาน PUSH-BUTTON บิตที่มีนัยสำคัญที่สุด 2 บิต (ขา 9 และ ขา 10) ต้องเป็น HIGH และขาโหมม M3 (ขา 7) ต้องเป็น HIGH ด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในโหมมนี้ POWER จะลดลงที่จุดปลายของการเล่นกลับแต่ละครั้ง หรือตอนบันทึกภายหลัง CE เป็น HIGH เมื่อโหมมการทำงานนี้ถูกประยุกต์ใช้ขาต่าง ๆ บนอุปกรณ์มีหน้าที่ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงการทำงานของโหมม Push-button

Pin name	หน้าที่ในโหมมการทำงาน Push-button
ขา 23 , CE	เริ่มต้นและหยุด Push-button (Low pulse activated)
ขา 24 ,PD	หยุดรีเซต Push-button (High pulse activated)
ขา 25 , EOM	Active-high run indicator

ขา 23 : CE (START / PAUSE)

ในโหมมการทำงานแบบ PUSH-BUTTON CE LOW-going pulse บนสัญญาณนี้จะเริ่มการเล่นกลับหรือเริ่มการบันทึกตามระดับบนขา P/R พัลส์ต่อมาบนขา CE ก่อนจะถึง End of message ในตอนเล่นกลับหรือเกิดการ overflow จะเป็นเหตุให้อุปกรณ์หยุดทำงาน address counter จะไม่รีเซตและ CE pulse อื่น ๆ จะเป็นเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานต่อไปจากจุดที่ซึ่งมันถูกทำให้หยุด

ขา 24: PD (STOP/RESET)

ในโหมมการทำงานแบบ push-button ขา PD จะทำงานเป็น HIGH-going pulse activated stop/reset signal HIGH-going pulse สามารถดูได้บน PD ในขณะที่ทำการเล่นกลับหรือบันทึก

ขา 25: EOM (RUN)

ในโหมดนี้ EOM จะกลายเป็น active-HIGH run signal ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อขับ LED หรือ อุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ มันจะเป็น HIGH เมื่อใดก็ตามที่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ

2.7.4 การบันทึกในโหมด PUSH-BUTTON

1. ขา PD ควรเป็น LOW โดยปกติจะใช้ pull-down resistor
2. ขา P/R ทำให้เป็น LOW
3. ขา \overline{CE} เป็น low เมื่อเริ่มการบันทึก \overline{EOM} เป็น HIGH เพื่อที่จะแสดงการทำงาน
4. ขา \overline{CE} เป็น low เมื่อหยุดการบันทึก \overline{EOM} กลับไปเป็น low ตัวชี้แอดเดรสภายในจะไม่เคลียร์แต่ \overline{EOM} marker จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อที่จะชี้จุดสิ้นสุดของข้อความและขา P/R อาจจะเป็น HIGH เกิดขึ้นในขณะนั้น ต่อมา \overline{CE} จะเริ่มเล่นกลับที่แอดเดรส 0
5. ขา \overline{CE} เป็น LOW การบันทึกเริ่มต้นที่แอดเดรสต่อไป \overline{EOM} กลับไปเป็น HIGH (หมายเหตุ : ถ้าขาดโหมดการทำงาน M1 เป็น HIGH บิต \overline{EOM} ที่ได้เขียนครั้งที่แล้วจะถูกลบและการบันทึกจะเริ่มต้นที่แอดเดรสนั้น)
6. เมื่อการบันทึกต่อ ๆ มาเสร็จสิ้นลง final CE pulse low จะสิ้นสุด record cycle ครั้งที่แล้ว

2.7.5 การเล่นกลับในโหมด push-button

1. ขา PD ควรจะเป็น LOW
2. ขา P/R เป็น HIGH
3. ขา \overline{CE} เป็น LOW การเล่นกลับเริ่มต้น \overline{EOM} เป็น HIGH เพื่อแสดงการทำงาน
4. ถ้าขา \overline{CE} เป็น LOW หรือ \overline{EOM} marker กระทำอีกครั้งระหว่างการทำงานเมื่อ \overline{EOM} กลับไปเป็น LOW ขา P/R อาจจะถูกทำให้เปลี่ยนไป
5. ขา \overline{CE} เป็น LOW อีกครั้งการเล่นกลับจะเริ่มต้น
6. การเล่นกลับจะกระทำจากข้อ 4 และ 5 จนกว่า PC จะเป็น HIGH หรือเกิดการ overflow เกิดขึ้น
7. ถ้าเกิดการ overflow CE low จะรีเซ็ตตัวชี้แอดเดรสและจะเริ่มต้นการเล่นกลับจากจุดเริ่มต้นหลังจาก PD pulse

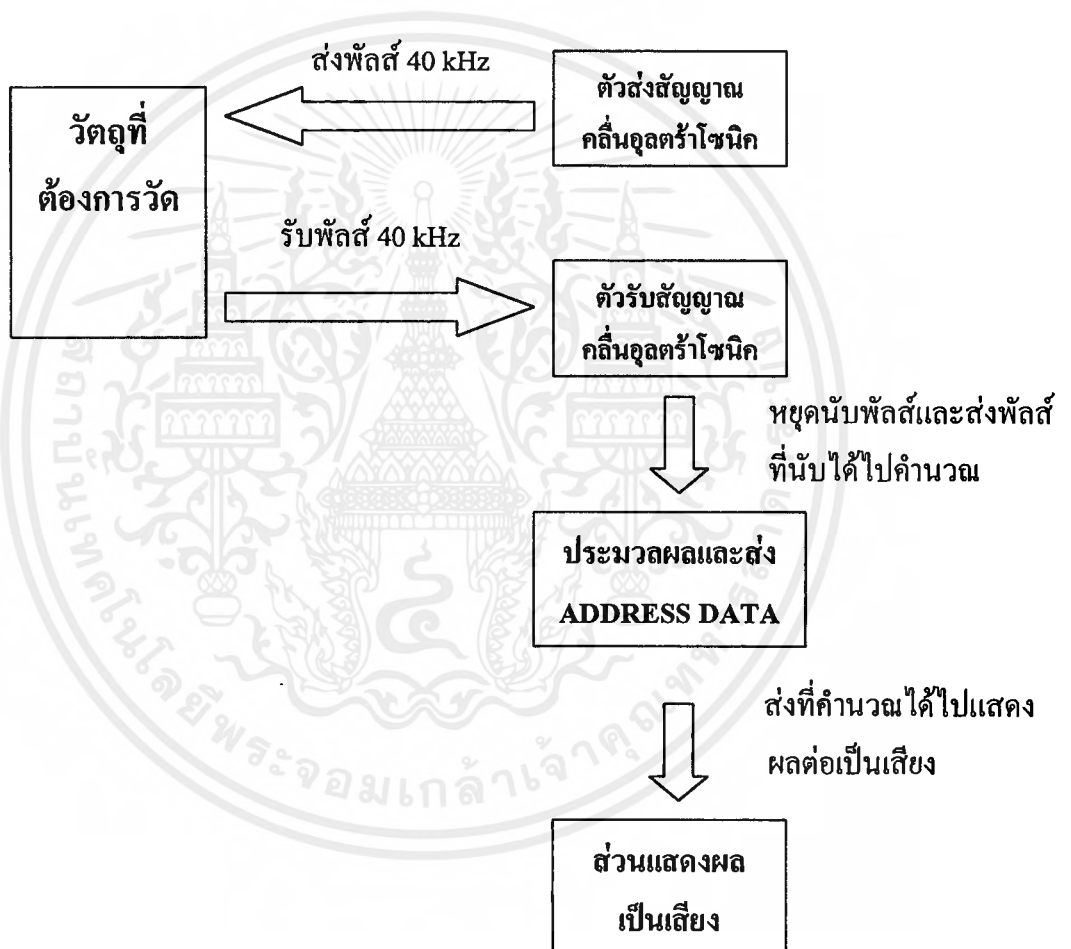
หมายเหตุ โหมด push-button สามารถต่อใช้ร่วมกับโหมด M0, M1 และ M3 ได้

บทที่ 3

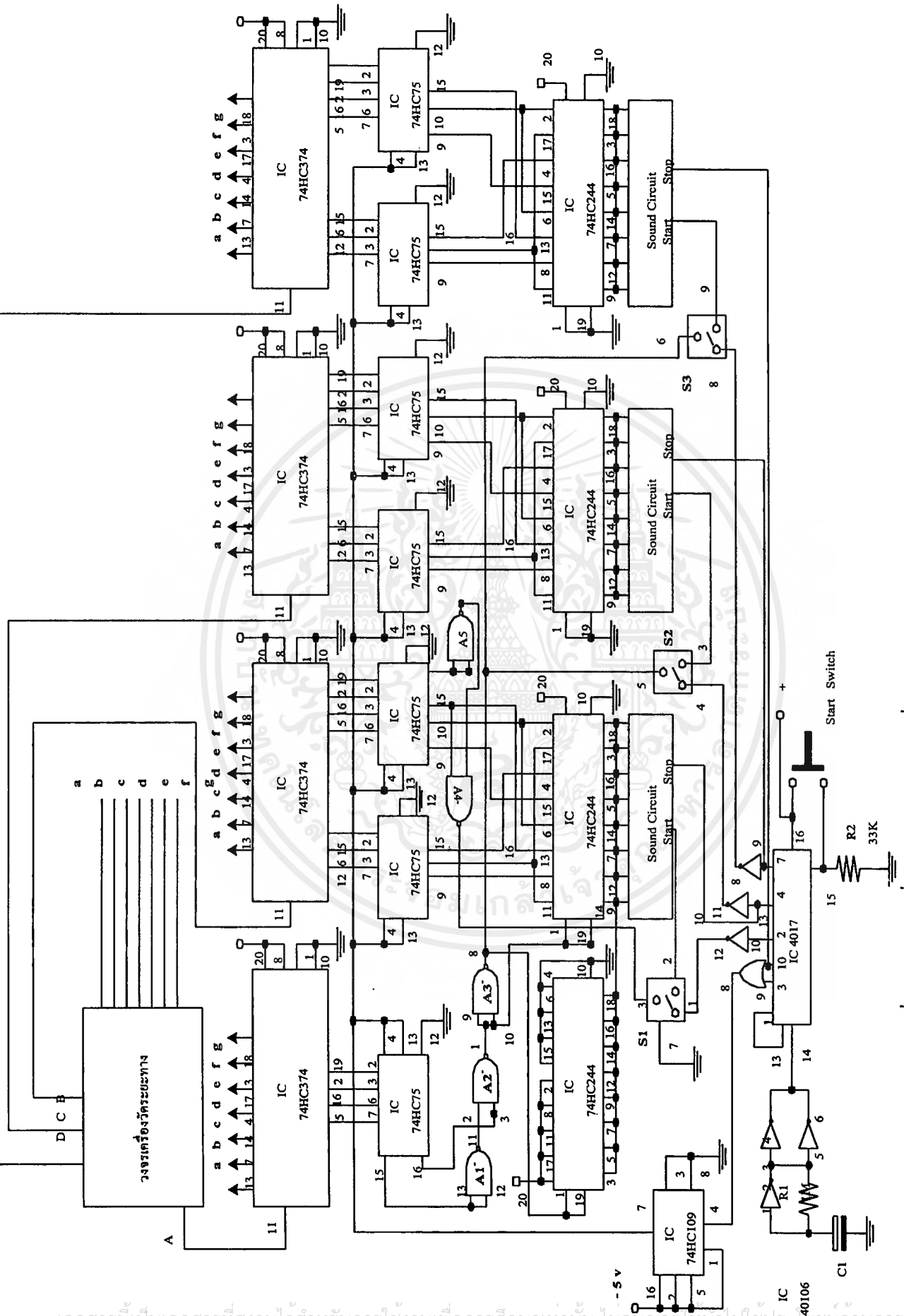
หลักการการทำงานและการออกแบบของวงจร

3.1 การทำงานของวงจรอุลตราโซนิกที่ใช้

วงจรจะประกอบด้วยเครื่องส่ง ,เครื่องรับ ,วงจรนับความถี่ ,วงจรถ้าความถี่ และวงจรบันทึกและเล่นเสียง ซึ่งจะทำงานและหยุดทำงานด้วยพัลส์ที่ได้จากเครื่องส่งและเครื่องรับ

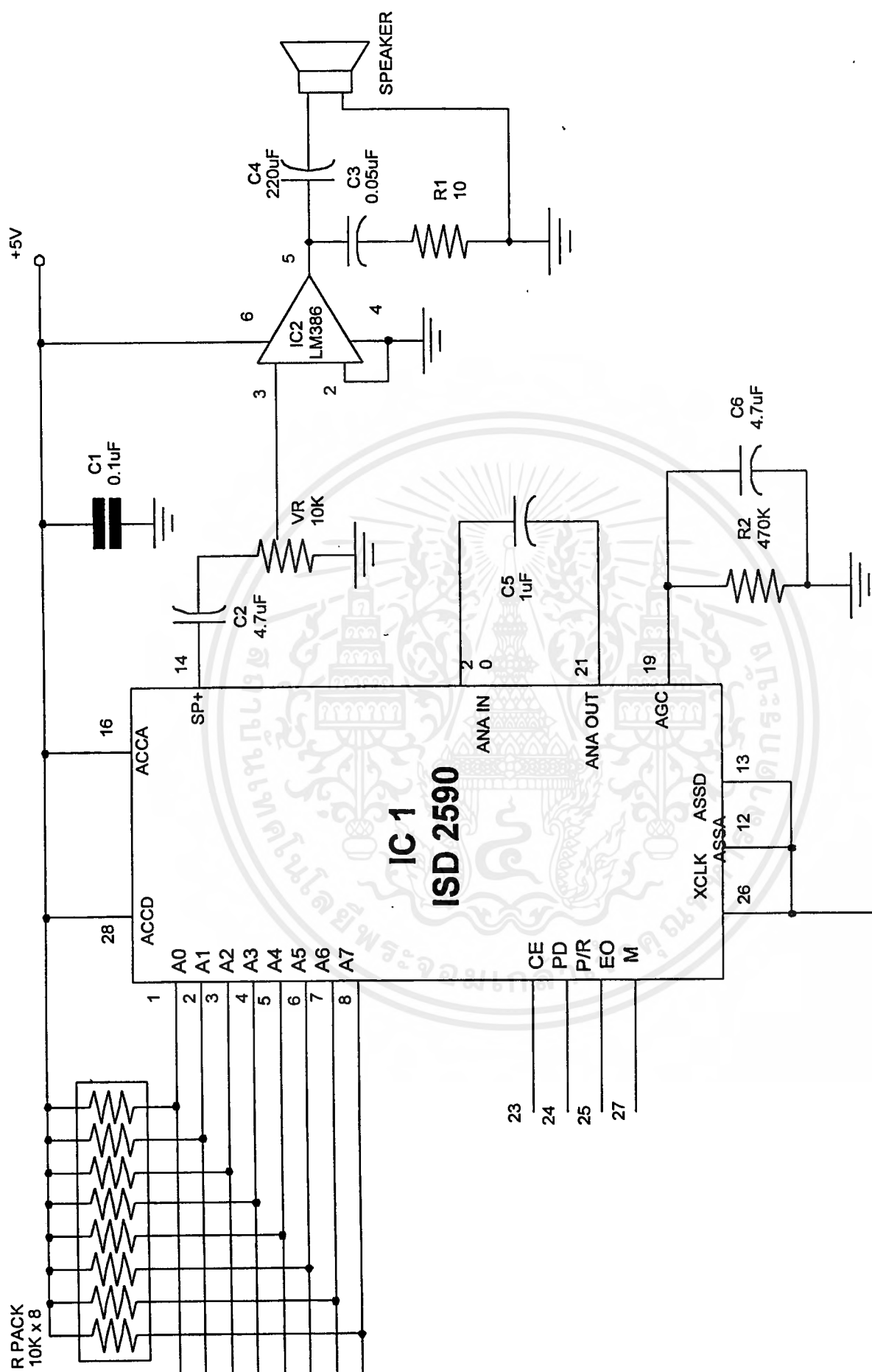


รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกการทำงานของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิก



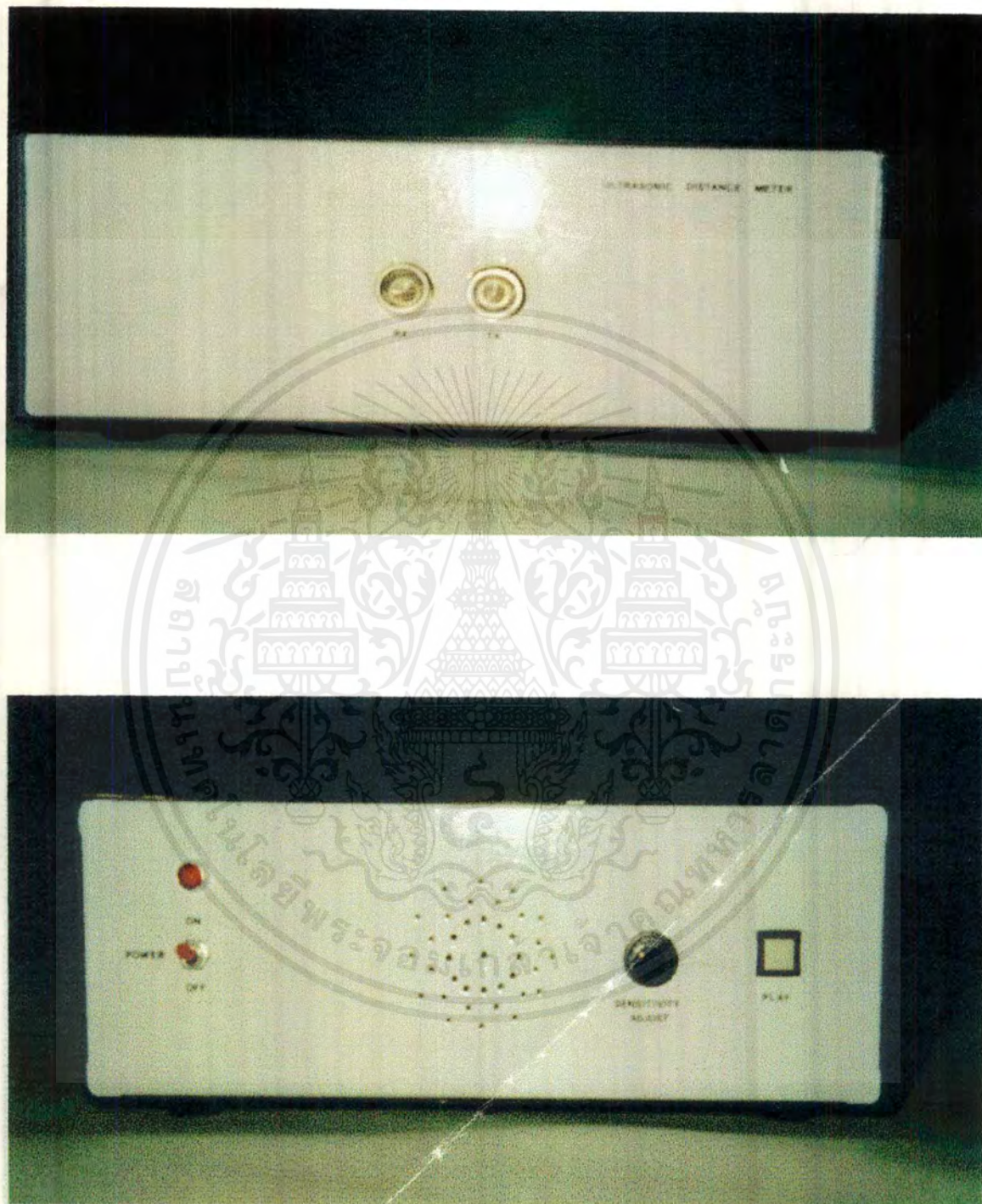
รูปที่ 3.3 วงจรเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิคแสดงผลด้วยเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



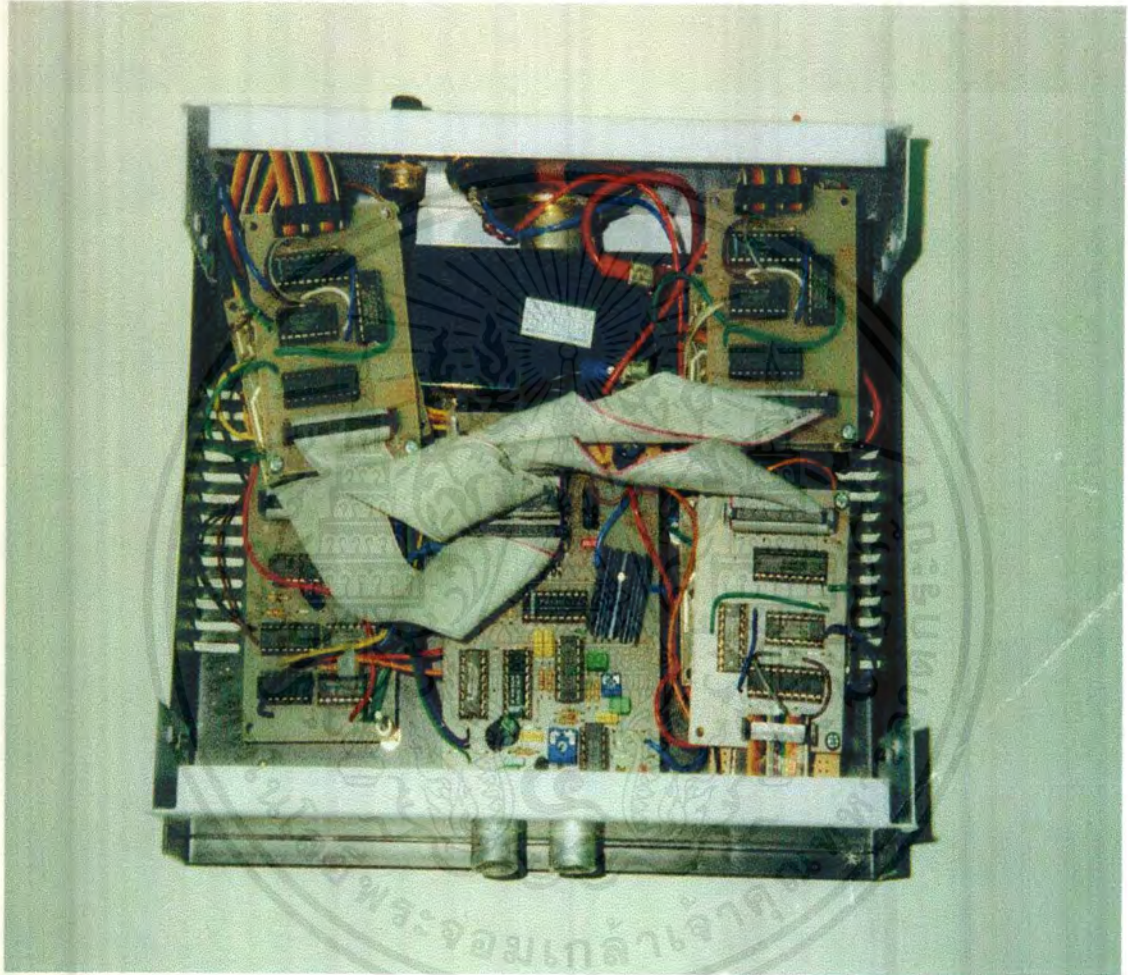
รูปที่ 3.4 วงจรไอซีเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิกและแสดงผลด้วยเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการต่อสายภายในของเครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอุลตราโซนิกและแสดงผลด้วยเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานของวงจรเครื่องวัดระยะทาง

การทำงานในส่วนของวงจรวัดระยะทาง ตามรูปที่ 3.2 ซึ่งประกอบด้วยเกท $IC_{1/1}$ และ $IC_{1/2}$ เป็นวงจรกำเนิดความถี่แบบบริดจ์ ตัวส่งคลื่นอุลตราโซนิก Tx ต่ออยู่ระหว่างเอาต์พุตของเกททั้งสองตัวนี้ ทั้งนี้เพื่อให้ได้แรงดันไฟสลับป้อนให้ตัวส่ง Tx เป็น $18V_{pp}$

$IC_{1/1}$ และ $IC_{1/2}$ ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดความถี่ที่ถูกควบคุมด้วย $IC_{1/3}$ ความถี่ของวงจรถูกกำเนิดความถี่นี้สามารถปรับได้โดย VR_2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวส่งและตัวรับคลื่นอุลตราโซนิกที่นำมาใช้ วงจรนี้ออกแบบมาให้ใช้กับขนาด 40 kHz

วงจรทางด้านรับจะใช้ทรานซิสเตอร์ Q_1, Q_2 ทำการขยายสัญญาณที่ได้รับจากตัวรับคลื่นอุลตราโซนิก Rx โดยมีทรานซิสเตอร์ Q_3 ทำหน้าที่เป็นตัวคอยจับสัญญาณที่สะท้อนกลับมาเพื่อหยุดการนับ โดยมันจะเริ่มนำกระแสเพียงเมื่อแรงดันที่ขาเบสต่ำกว่าแรงดันไฟเลี้ยง 0.6 โวลต์หรือ Q_3 จะนำกระแสเมื่อแรงดันไฟสลับที่ขากลางของ VR_1 มีระดับเกิน $1.2 V_{pp}$ นอกจากนี้แล้วเราใช้ VR_1 เป็นตัวปรับความไวของการรับด้วย

$IC_{3/2}, IC_{3/3}, C_6, R_9, R_{10}$ และ VR_3 ต่อรวมกันเป็นวงจรถูกกำเนิดความถี่ ซึ่งค่าความถี่นี้จะถูกปรับให้มีค่าเท่ากับ 17300 Hz โดยการปรับ VR_3 เนื่องจากความเร็วของเสียงในอากาศเท่ากับ 346 เมตรต่อวินาทีที่อุณหภูมิ $25^\circ C$

$$\text{ดังนั้น } \frac{34600(\text{เซนติเมตร/วินาที})}{2} = 17300$$

สัญญาณความถี่ 17300 Hz นี้ถูกต่อป้อนเข้าวงจรนับด้วยเกท $IC_{1/4}$ โดยผ่านการควบคุมของฟลิปฟลอป IC_2 และยังถูกส่งเข้า IC_4 ซึ่งเป็นวงจรถูกหารสอง 14 ครั้ง ทำการหารให้เหลือความถี่ต่ำ ๆ ประมาณ 1 Hz เพื่อควบคุมให้วงจรวัดระยะทางทุก ๆ 1 วินาที

IC_3 ประกอบด้วยวงจรถับ, แลทซ์และภาคแสดงผล โดยมีการแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ด้วย DSP_1 ถึง DSP_4 โดยผ่าน $R_{13} - R_{19}$ ซึ่งเป็นตัวกำหนดความสว่างและสัญญาณสแกนแต่ละหลักผ่านทรานซิสเตอร์ Q_4 ถึง Q_7 ส่วน IC_6 ทำหน้าที่จ่ายไฟคงที่ 5 โวลต์ให้กับ IC_5 และ IC_5 สามารถขับภาคแสดงผลได้ 4 หลักแต่ต้องการให้วัดระยะทางได้ละเอียดเป็นเซนติเมตรจึงต้องให้จุดหลังหลักที่ 2 (DSP_4) ติดสว่างด้วย R_{20} เพื่อให้ 2 หลักแรกอ่านค่าเป็นเมตรและ 2 หลักหลังอ่านค่าเป็นเซนติเมตร

ในขณะที่ความถี่จาก $IC_{3/2}, IC_{3/3}$ เท่ากับ 17300 Hz เอาต์พุตของ Q_{14} ของ IC_4 จะมีความถี่ประมาณ 1Hz เอาต์พุต Q_{14} นี้ต่อไปยังอินพุตแลทซ์ของ IC_5 โดยวงจรโมโนสเตเบิล โดยเมื่อมีสัญญาณที่มีขอบขาลงของ Q_{14} จะทำให้เกิดพัลส์สั้น ๆ ส่งไปยังอินพุตแลทซ์ ส่วนสัญญาณที่มีขอบขาขึ้นของ Q_{14} ทำให้เกิดพัลส์สั้น ๆ เช่นกัน โดยวงจรโมโนสเตเบิลเพื่อส่งไปรีเซ็ต IC_5 นอกจากนั้นสัญญาณความถี่ประมาณ 1Hz จาก Q_{14} ยังถูกกลับโดย $IC_{3/4}$ และส่งไปยังโมโนสเตเบิลอีกสองตัว คือ $IC_{1/3}, R_7, C_4$ ทำหน้าที่ควบคุมวงจรเครื่องส่ง และ $IC_{3/1}, R_8, C_5$ เพื่อต่อไปยังขาเรซีตของฟลิปฟลอป สัญญาณนาฬิกา อินพุตของ IC_2 ต่อเข้ากับขา C ของ Q_2 และตัวเอาต์พุต Q ของ IC_2 ต่อไปเปิดเปิดเกท $IC_{1/4}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น IC₅ จะได้รับการรีเซตทุก ๆ ครั้งที่เอาท์พุท Q₁₄ ของ IC₄ เป็นขอบขาขึ้น เพื่อให้วงจรมับ เริ่มนับที่ค่าศูนย์ (0000) ในเวลาเดียวกันจะทำให้วงจร โมโนสเตเบิลซึ่งประกอบด้วย IC_{1/3} ทำงาน เปิดให้สัญญาณจากวงจรถักกำเนิดความถี่ 40 kHz ของเครื่องส่งทำงานเป็นเวลาประมาณ 0.3 มิลลิวินาที ในระหว่างช่วงเวลานี้ตัวส่ง Tx จะส่งพัลส์ (40 kHz) ออกไปประมาณ 12 พัลส์ โดยพัลส์นี้จะถูกส่งออกไปสะท้อนกับวัตถุและรับสัญญาณโดยตัวรับ Rx

ในเวลาเดียวกับที่คลื่นอุตราซาวด์ถูกส่งออกไปฟลิปฟลอป (IC₂) จะถูกรีเซตเป็นเวลาเกือบ 2 มิลลิวินาทีโดยโมโนสเตเบิล (IC_{3/1}) ทำให้เอาท์พุท Q₁ จะมีลอจิกเป็น “1” ทำการเปิดเกต IC_{1/4} ให้สัญญาณความถี่ 17300 Hz จาก IC_{3/2}, IC_{3/3} ถูกส่งผ่านไปยังวงจรมับ IC₅

เมื่อได้รับสัญญาณสะท้อนกลับและทำการขยายเข้ามาทางอินพุทสัญญาณนาฬิกาของ IC₂ เอาท์พุท Q₁ จะมีลอจิกเป็น “0” ทำการปิดเกต IC_{1/4} ทำให้ IC₅ ไม่ได้รับสัญญาณมานับต่อไป ช่วงเวลาที่คลื่นอุตราซาวด์ส่งออกไปและสะท้อนกลับมาทำให้วงจรมับ นับได้ค่าของระยะทางที่แท้จริงมีหน่วยเป็นเซนติเมตร และเมื่อสัญญาณของ Q₁₄ เกิดเป็นขอบขาลง เกต IC_{3/5} จะทำงานและเลขที่ค่าที่นับได้ของวงจรมับให้ค้างไว้เพื่อนำไปใช้ในการแสดงผลให้อ่านค่าระยะทางออกมาได้ วงจรมับนี้จะถูกรีเซตโดยขอบขาขึ้นของสัญญาณของขา Q₁₄ ชุดต่อไป เพื่อให้สามารถทำการวัดระยะทางรอบต่อไปได้ ค่าที่แสดงที่ภาคแสดงผลครั้งสุดท้ายจะคงอยู่จนกว่าจะมีรายละเอียดจากการวัดระยะทางรอบต่อไปป้อนเข้ามา ดังนั้นเราจึงสามารถอ่านค่าระยะทางที่วัดได้ใหม่ในทุก ๆ 1 วินาที

เช่น การวัดระยะทางห่าง 3.46 เมตร ซึ่งเป็นค่าสมมุติที่ง่ายในการคำนวณระยะเวลาที่คลื่นอุตราซาวด์ถูกส่งออกไปและรับกลับมาจะเป็นเวลาเท่ากับ

$$(2 \times 3.46) / 346 = 20 \text{ มิลลิวินาที}$$

จะได้ค่า T_r และ T_r ช่วงละ 10 มิลลิวินาที เมื่อขา Q₁₄ ของ IC₄ เกิดเป็นขอบขาขึ้น IC₅ จะได้นับการรีเซตให้เริ่มนับที่ค่า 0000 และตัวส่ง Tx จะส่งพัลส์ออกไป 12 พัลส์ ขณะเดียวกัน IC₂ จะได้รับการรีเซตด้วย ทำการเปิดเกต IC_{1/4} ทำให้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 17300 Hz ผ่านเข้าไปยังวงจรมับ ทำการนับไปเรื่อย ๆ จนถึงเวลาที่คลื่นอุตราซาวด์สะท้อนกลับมายังตัวรับ Rx ซึ่งเป็นเวลา 20 มิลลิวินาที ทำการปิดเกต IC_{1/4} วงจรมับจึงหยุดนับ สัญญาณนาฬิกาความถี่ 17300 Hz นี้จึงผ่านเข้าวงจรมับได้เป็นเวลา 20 มิลลิวินาทีด้วย ทำให้ IC₅ นับสัญญาณนาฬิกาได้เท่ากับ

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

และเมื่อขา Q₁₄ ของ IC₄ เกิดเป็นสัญญาณขอบขาลง IC₅ จะเลขที่ค่า 346 นี้ไว้ แสดงผลเป็นเลข 0346 ดังนั้นเราจึงต้องใส่จุดไว้หลังหลักที่ 2 เพื่อให้อ่านค่าได้ 03.46 เมตร

3.3 ขั้นตอนการออกแบบวงจรเสียง

จากการทดลองเราสามารถบันทึกเสียงในแต่ละตำแหน่งแอดเดรสได้ แต่จะต้องเป็นแอดเดรสที่อยู่ห่างกัน หากเป็นแอดเดรสที่ใกล้กัน จะทำให้เสียงมาทับกันได้ ในการใช้งานจริงๆ เราจะต้องนำค่าที่อ่านจากไอซีเบอร์ 74C926 ที่แสดงผลเป็นรหัสเซเวนเซกเมนต์ จากเลขฐานสิบนั้นเราสามารถนำมาเขียนรหัสดังนี้

Display	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
	a	b	c	d	e	f	g	H
0	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	1	1	0	1	0
3	1	1	1	1	0	0	1	0
4	0	1	1	0	0	1	1	0
5	1	0	1	1	0	1	1	0
6	1	0	1	1	1	1	1	0
7	1	1	1	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	0	1	1	0

เมื่อนำผลจากเซเวนเซกเมนต์ มาเข้ารหัสแอดเดรสของวงจรเสียงพูด โดยตรงก็ปรากฏว่าในบางค่าที่มีตำแหน่งใกล้ ๆ กัน จะมีเสียงทับซ้อนกัน ดังนั้นจึงต้องหาวิธีแก้ไขในหลายรูปแบบ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ให้ใช้ได้โดยไม่มีค่าใดที่ทำให้เสียงทับกัน ตั้งแต่ค่า 0-9 และได้ค่าผลลัพธ์ที่น่าพอใจ ดังนี้

Display	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	เสียงที่บันทึกในไอซี ISD 2590		
	a	b	c	d	e	f	g	H	IC1	IC2	IC3
0	1	1	1	1	1	1	1	0	1 เมตร	สิบ	เอ็ด-เซนติเมตร
1	0	1	1	0	0	0	0	0	2 เมตร	ยี่สิบ	สอง-เซนติเมตร
2	1	1	0	1	1	0	1	0	3 เมตร	สามสิบ	สาม-เซนติเมตร
3	1	1	1	1	0	0	1	0	4 เมตร	สี่สิบ	สี่-เซนติเมตร
4	0	1	1	0	0	1	1	0	5 เมตร	ห้าสิบ	ห้า-เซนติเมตร
5	1	0	1	1	0	1	1	0	6 เมตร	หกสิบ	หก-เซนติเมตร
6	1	0	1	1	1	1	1	0	7 เมตร	เจ็ดสิบ	เจ็ด-เซนติเมตร
7	1	1	1	0	0	0	0	0	8 เมตร	แปดสิบ	แปด-เซนติเมตร
8	1	1	1	1	1	1	1	0	9 เมตร	เก้าสิบ	เก้า-เซนติเมตร
9	1	1	1	1	0	1	1	0	เป้าหมายไม่ชัดเจน		หนึ่ง-เซนติเมตร

ในส่วนของวงจรจากรูปวงจรรวม เราจะเห็นว่าในเครื่องวัดระยะทาง จะมีเซเว่นเซกเมนต์ถึง 4 หลักด้วยกัน ซึ่งในการใช้งานอ่านค่าเราใช้เพียงแค่ 3 หลักคือหลักเมตร หลักสิบและหลักเซนติเมตร ซึ่งแต่ละหลักเราจะบันทึกเสียงในแต่ละค่าตั้งแต่เลข 1-9 โดยเลข 0 เราไม่ต้องให้เสียงนับออกมา (เป็นเสียงเงียบ) แต่จะทำการล๊อคแอดเดรสพิเศษไว้ใช้เมื่อมีเงื่อนไขในการวัดไม่ถูกต้อง เช่น ไม่เจอเป้าหมายหรือสัญญาณที่สะท้อนกลับมาไม่มีความชัดเจนในตำแหน่งนี้ก็บันทึกในไอซีตัวที่ 1 ว่า “เป้าหมายไม่ชัดเจน” ส่วนของไอซีตัวที่สามบันทึกลงไปว่าหนึ่งเซนติเมตร ส่วนตัวที่สองไม่มีการบันทึกลงในตำแหน่งนี้ รายละเอียดกำหนดตามตารางข้างต้น

3.4 การทำงานของวงจรเครื่องวัดระยะทางในส่วนที่แสดงผลเป็นสัญญาณเสียง

เมื่อเครื่องวัดระยะทางทำงานและมี Output ออกมาโดยแสดงผลเป็นรหัส Binary ไปยังเซเว่นเซกเมนต์ ให้แสดงเป็นตัวเลขฐานสิบ 4 หลัก โดย 2 หลักแรกอ่านค่าเป็นเมตรและ 2 หลักหลังอ่านค่าเป็นเซนติเมตร ในการใช้จริงๆเราไม่สามารถวัดได้เกิน 10 เมตร ดังนั้นการออกแบบจึงกำหนดระยะการอ่านเพียงแค่ 3 หลักเท่านั้น ถ้ามีการแสดงผลที่บอกถึงค่าที่วัดไม่ได้เช่นระยะไกลเกินไปหรือหันไม่ตรงเป้าหมายหรือวัตถุมีพื้นที่สัมผัสน้อยเกินไป ก็จะให้แสดงผลเป็นเสียงว่า “เป้าหมายไม่ชัดเจน” เนื่องจากสัญญาณที่แสดงผลออกเป็นแบบมัลติเพล็กซ์ให้การแสดงผลทีละหลักเรียงกันไปตามเวลาแบบ TDM ดังนั้นเมื่อเราต้องการนำค่าแต่ละหลักมาใช้กำหนดแอดเดรสให้กับวงจรเสียง จึงใช้คุณสมบัติของไอซี 74HC374 ซึ่งเป็นแบบ D-Type edge triggered flipflops เมื่อมีพัลส์ขาขึ้นเข้ามาที่ขา 11(Enable) ก็จะทำการโหลด Data จากอินพุตเข้ามาในวงจรนี้จะใช้ไอซี 74HC374 ถึง 4 ตัวซึ่งแสดงค่าของแต่ละหลักออกมา ในช่วงจังหวะที่มีสัญญาณทริกจากเครื่องวัดระยะทางคือ A,B,C,D ตามลำดับ และOutputที่ได้จะถูกป้อนมายังไอซี 74HC75 ที่ทำหน้าที่เป็น 4 บิต Bistable Latch ในที่นี้ขา 4,13 จะถูกต่อร่วมกันเรียกว่า “Latch”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุท(Enable) เมื่อ Latch อินพุทเป็น High ข้อมูลบนบัสจะปรากฏที่เอาต์พุทจะเป็น Low ข้อมูลบนบัสจะคงค้างอยู่จนกว่า Latch อินพุทจะเป็น High ใหม่ ในการใช้งานในชุดวงจรนี้หากเราใช้ตัวเดียวก็จะใช้กับ Data Latch 4 bit ถ้าต้องการใช้ 8 bit ก็ต้องใช้ 2 ตัวร่วมกันในชุดของหลักแรกจะใช้แค่ 1 ตัว จุดประสงค์ก็เพื่อตรวจสอบการเป็นค่า “0” หรือไม่กับชุด NANDGATE ที่ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัส ถ้าหลักแรกเป็น “0” ก็จะทำการอ่าน 3 หลักหลังต่อเนื่องกันไป

สัญญาณ Input และ Output ของไอซี 74HC374 และเรียงจาก A B C D E F G ส่งมายังไอซี 74HC75 สองตัว เนื่องจากสัญญาณโดยตรงนี้ไม่สามารถนำมาใช้ได้ เพราะจะมีบางแอดเดรสที่ใกล้เคียงกันทำให้เสียงที่บันทึกลงไปทับกัน เราจะได้ทำการสลับตำแหน่งของแอดเดรสใหม่ให้สามารถบันทึกเสียงได้โดยที่เสียงไม่ทับกัน ซึ่งเราจะได้เป็น E B C D E F A B โดยเรียงจาก A_0 ถึง A_7 ดังนั้นสัญญาณที่ออกมาจากไอซี 74HC75 สองตัวจะต่อเข้าทางอินพุทของไอซี 74HC244 ตามลักษณะรูปแบบลำดับ E B C D E F A B ทำให้ไอซี 74HC244 ที่ทำหน้าที่เป็น Buffer แสดงค่า Output ตามลักษณะรูปแบบ E B C D E F A B ป้อนให้กับขาแอดเดรส A_0 ถึง A_7 ของวงจรเสียงให้อ่านค่าตามรหัสที่บันทึกไว้และป้อนออกมาตามนั้น

จังหวะการทำงานได้ออกแบบให้มีการกดปุ่มเพียงปุ่มเดียวครั้งเดียว ระบบก็จะทำงานโดยจะ Latch ค่าแอดเดรสค้างไว้ เมื่อกดปุ่มอ่านวงจรเสียงก็จะถูกควบคุมการอ่านออกมาตามลำดับ ๆ รายละเอียดของวงจรควบคุมเริ่มจากวงจรออสซิลเลเตอร์ไวเบเรเตอร์ที่มีความถี่ประมาณ 2 Hz ประกอบด้วยเกต N_1 ต่อเข้ากับเกต N_2, N_3 ที่มาขนานกันเพื่อให้สามารถจับกระแสได้เพียงพอที่จะป้อนให้กับไอซี 4017 วงจรออสซิลเลเตอร์ไวเบเรเตอร์นี้สามารถปรับให้ช้าลงได้โดยการเพิ่มค่า R_1 ไอซี 4017 เมื่อรับสัญญาณ Clock เข้ามาที่ขา 14 เอาต์พุทจะยังไม่มีการนับ และจะเริ่มนับก็ต่อเมื่อมีการกดสวิทช์ให้ขา 15 ได้รับไฟบวกแล้วปล่อยให้ได้รับไฟลบ เอาต์พุทจะเป็น “H” วิ่งสลับกันไปจาก 0-9 ในวงจรนี้จะกำหนดให้มีการให้ “H” วิ่งสลับจาก 0-5 แล้วค้างไว้ที่ 5 โดยนำขา 13 (Clock Enable) มาต่อเข้ากับขาอันดับที่ 5 ซึ่งก็คือขา 1 นั้นเอง รูปแบบการใช้งานเป็นแบบ Count to N and Halt ในที่นี้ $N = 4$ การทำงานขณะที่เราไม่ได้กดสวิทช์ START ขาที่ 13,1 ที่ต่อกันจะเป็นสถานะ “H” ตลอด เราจึงใช้สัญญาณจากตรงนี้เป็นตัวทำหน้าที่ Clear Output Q ที่ขา 1 ของไอซี 74HC109 ให้เป็น “0” โดยที่ไอซี 74HC109 จะทำหน้าที่เป็น Toggle วงจร Divide by 2 ทำงานที่ขอบขาขึ้นของ Clock Pulse เมื่อเริ่มกดสวิทช์ ที่ขา 13,1 ของไอซี 4017 จะเปลี่ยนจาก “H” \rightarrow “L” ค่า “H” ของเอาต์พุทจะวิ่งไล่กันมาจากขา $3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 7 \rightarrow 10 \rightarrow (1,13)$ ตามจังหวะของ Clock Pulse ที่เข้ามา เมื่อขา 3 เป็น “H” ที่ OR Gate 1 ที่ขา 9 จะเป็น “H” ขณะที่ขา 10 เป็น “L” ดังนั้น Output ขา 8 จึงเป็น “H” ป้อนให้กับขา 4 ของไอซี 74HC109 ทำให้ Q_x เป็น “L” ตลอดจนกว่าจะมีพัลส์ลูกใหม่เข้ามา และขา Q นี้จะไปควบคุมการแลทช์ของไอซี 74HC75 ทั้งหมดให้แสดงผลค้างไว้ เมื่อ Q เป็น “H” จนกว่าขา 10 ของไอซี 4017 ที่ต่อเป็นอินพุทให้ขา 10 ของ OR Gate เป็น “H” ซึ่งอยู่ในช่องที่ $N = 4$ แล้วขา Q ของไอซี 74HC109 จึงจะเป็น “H” ทำให้ไอซี 74HC75 ไม่ต้องแลทช์ค่า

ช่วงต่อมาขา 2 ของไอซี 4017 เป็น “H” ต่อจากขา 3 ทำให้เกต N_4 ขา 12 เปลี่ยนจาก “H” \rightarrow “L” ทำให้วงจรเสียงชุดที่ 1 เริ่มทำการอ่านข้อความของหลักที่ 1 บอกค่าเป็นเมตรออกมา

ช่วงต่อมาขา 4 เป็น “H” เมื่อขา 2 เป็น “L” ขา 4 จะต่อไปยังขา Stop ของวงจรเสียงชุดที่ 1 และต่อเข้ากับขา 11 ของ N_5 ทำให้เอาต์พุตขา 10 เปลี่ยนจาก “H” \rightarrow “L” ทำให้วงจรเสียงชุดที่ 2 เริ่มทำการอ่านข้อความของหลักที่ 2 บอกค่าเป็นหลักสิบของเซนติเมตรออกมา

ช่วงต่อมาขา 7 เป็น “H” แทนที่ขา 4 สัญญาณจากขา 7 จะถูกต่อไปยังขา Stop ของวงจรเสียงชุดที่ 2 เพื่อให้หยุดทำงาน และป้อนสัญญาณเข้ากับขา 9 ของ N_5 ทำให้เอาต์พุตขา 8 เปลี่ยนจาก “H” \rightarrow “L” ทำให้วงจรเสียงชุดที่ 3 เริ่มทำการอ่านข้อความของหลักที่ 3 บอกค่าเป็นหลักหน่วยของเซนติเมตรออกมา

ต่อมาขา 10 ก็จะเป็น “H” แทนขา 7 ส่งพัลส์บวกไปยังขา Stop ของวงจรเสียงชุดที่ 3 และต่อกับขา 9 ของ OR Gate ทำให้เอาต์พุตขา 8 มีพัลส์บวกออกไปป้อนให้กับขา 4 ของ JK Flipflop ที่ทำหน้าที่ Toggle Switch ทำให้เอาต์พุต Q กลับจากลบเป็นบวก ชุดของไอซี 74HC75 จะหยุดทำการแลตซ์แอดเดรสทั้งหมด ต่อมาที่ขา 10 เป็น “L” โดยขา 1 จะเป็น “H” ป้อนให้ขา 13 ซึ่งเป็นขา Clock Enable ทำให้สัญญาณเกิดการหยุด (Halt) ค้างอยู่ตรงนี้ ส่วนการทำงานของ S1 เนื่องจากค่าของเลข 8 กับเลข 0 มีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นเมื่อหลักที่ 2 มีค่าเป็นศูนย์ จึงต้องมีสวิทช์ S1 ที่ควบคุมโดย NAND GATE2 ตัวคือ A4, A5 $\bar{}$ ทำให้ขา START ตัดวงจรออกไปเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการอ่านค่า 8 เมตรออกไป ส่วน S2, S3 จะทำหน้าที่ตัดวงจรของชุดที่ 2,3 เมื่ออ่านค่าได้ว่าเป้าหมายไม่ชัดเจนจะเห็นว่าการทำงานในการกดสวิทช์ให้ทำงานครบ 1 รอบจะเกิดการแลตซ์ค่าแอดเดรสไว้แล้วจึงจะให้วงจรเสียงชุดที่ 1 อ่านค่าเป็นค่าเมตร จากนั้นก็ให้วงจรเสียงที่ 2 ทำการอ่านค่าหลักสิบในหน่วยเซนติเมตร แล้วจึงให้วงจรเสียงชุดที่ 3 อ่านค่าหลักหน่วยของเซนติเมตรตามค่าที่ได้บันทึกไว้ใน ไอซีบันทึกเสียง ISD2590 ตามตารางของค่าแอดเดรสข้างต้น

3.5 รายการอุปกรณ์ที่ใช้

วงจรเครื่องวัดระยะทางในส่วนภาครับ-ส่ง

<u>CAPACITORS</u>	<u>RESISTORS</u>
C1,C5 = 0.0015 μF 50V ไมลาร์	R1,R3,R8 = 1.5 $\text{M}\Omega$ $\frac{1}{4}$ Watts 5%
C2 = 0.0022 μF 50V ไมลาร์	R2 = 4.7 $\text{k}\Omega$ $\frac{1}{4}$ Watts 5%
C3,C7,C8 = 0.001 μF 50V ไมลาร์	R4 = 470 $\text{k}\Omega$ $\frac{1}{4}$ Watts 5%
C4 = 820 pF 50V เซรามิก	R5 = 22 $\text{k}\Omega$ $\frac{1}{4}$ Watts 5%
C6 = 300 pF 50V เซรามิก	R6,R9 = 33 $\text{k}\Omega$ $\frac{1}{4}$ Watts 5%
C9 = 10 μF 50V อิเล็กโทรไลต์	R7 = 330 $\text{k}\Omega$ $\frac{1}{4}$ Watts 5%
C10 = 0.1 μF 50V ไมลาร์	R10 = 560 $\text{k}\Omega$ $\frac{1}{4}$ Watts 5%
C11 = 1000 μF 10V อิเล็กโทรไลต์	R11,R12 = 10 $\text{k}\Omega$ $\frac{1}{4}$ Watts 5%
<u>ADDITIONAL PARTS AND MATERIALS</u>	R13-R19 = 82 Ω $\frac{1}{4}$ Watts 5%
IC1 = 4093 หรือ MC14093	R20 = 220 Ω $\frac{1}{4}$ Watts 5%
IC2 = 4027 หรือ MC14027	<u>ADDITIONAL PARTS AND MATERIALS</u>
IC3 = 40106 หรือ 74C14	Tx,Rx = หัวรับ-ส่งอุลตราโซนิค 40 kHz
IC4 = 4020 หรือ MC14020	VR1 = ตัวต้านทานปรับค่าได้ 5 $\text{k}\Omega$ แบบ B
IC5 = 74C926	VR2 = ตัวต้านทานเก็อกมีค่า 100 $\text{k}\Omega$
IC6 = LM340T-5 หรือ 7805	VR3 = ตัวต้านทานเก็อกมีค่า 20 $\text{k}\Omega$
Q1,Q2,Q4-Q7 = BC549	
Q3 = BC559	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรภาคแสดงผลเป็นเสียง

<p><u>CAPACITORS</u></p> <p>C 4.7 μF 50V อิเล็กโทรไลต์ = 6 ตัว</p> <p>C 0.1 μF 50V ไมลาร์ = 3 ตัว</p> <p>C 0.05 μF 50V อิเล็กโทรไลต์ = 3 ตัว</p> <p>C 220 μF 50V อิเล็กโทรไลต์ = 3 ตัว</p> <p>C 1 μF 50V อิเล็กโทรไลต์ = 3 ตัว</p> <p><u>ADDITIONAL PARTS AND MATERIALS</u></p> <p>IC 74HC374 = 4 ตัว</p> <p>IC 74HC75 = 7 ตัว</p> <p>IC 74HC244 = 4 ตัว</p> <p>IC 74 HC109 = 1 ตัว</p> <p>IC 4017 = 1 ตัว</p> <p>IC 4016 = 1ตัว</p> <p>IC ISD 2590 = 3 ตัว</p>	<p><u>RESISTORS</u></p> <p>R 470 $\text{k}\Omega$ 1/4 Watts 5% = 3 ตัว</p> <p>R 10 Ω 1/4 Watts 5% = 3 ตัว</p> <p>R-Pack 10$\text{k}\Omega$ x10 = 3 ตัว</p> <p><u>ADDITIONAL PARTS AND MATERIALS</u></p> <p>Speaker 8 Ω 1/2 W 1 ตัว</p> <p>แจ๊คตัวผู้และตัวเมีย 8 พิน 8 ตัว</p> <p>แจ๊คตัวผู้และตัวเมีย 13 พิน 10 ตัว</p> <p>สายแพ</p>
---	---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ตารางแสดงผลการทดลองการวัดระยะทางของผนังด้วยเครื่องวัดระยะทาง

ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	ระยะทางที่วัดได้จากเครื่องวัดระยะทางด้วย เครื่องอัลตราโซนิก (เซนติเมตร)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
50	50	50	50
75	75	75	75
100	100	100	100
125	125	126	125
150	150	150	150
175	175	175	175
200	200	199	200
225	225	225	225
250	250	250	250
275	275	275	275
300	300	300	300
325	325	325	325
350	351	350	350
375	375	376	375
400	400	399	400
425	425	425	425
450	451	450	450
475	475	475	475
500	500	499	499

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	ระยะทางที่วัดได้จากเครื่องวัดระยะทางด้วย เครื่องอัลตราโซนิค (เซนติเมตร)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
550	549	550	550
600	599	599	600
650	650	650	651
700	699	699	699
750	750	750	750
800	800	801	800
850	852	851	852
900	901	901	901
950	948	948	947
1000	998	998	998

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดลองวัดระยะทางโดยใช้เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดลองวัดระยะทาง โดยใช้เครื่องวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกในพื้นที่
ต่างชนิด

ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	ระยะทางที่วัดได้จากเครื่องวัดระยะทางด้วย เครื่องอัลตราโซนิก (เซนติเมตร)		
	พื้นเรียบ	ผ้า	โฟม
50	50	50	54
75	75	76	77
100	100	101	104
125	125	126	130
150	150	151	157
175	175	176	178
200	200	198	204
225	225	224	226
250	250	248	256
275	275	277	280
300	300	299	305
325	325	326	329
350	350	8192	353
375	375	8192	378
400	400	8192	8192
425	425	8192	8192
450	451	8192	8192
475	475	8192	8192
500	500	8192	8192

หมายเหตุ ค่า 8192 หมายถึง ไม่สามารถวัดระยะทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงการวัดตำแหน่งที่สามารถสะท้อนคลื่นได้โดยใช้ตัวสะท้อนที่มีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร เปรียบเทียบที่ระยะ 6 เมตร

ระยะทาง (เซนติเมตร)	การวัดระยะห่างโดยเปรียบเทียบกับแนวตรง	
	ระยะห่างทางด้านซ้าย (เซนติเมตร)	ระยะห่างทางด้านขวา (เซนติเมตร)
100	44	46
150	36	40
200	28	31.5
250	22	25.5
300	12	11
350	12	11
400	11	10
450	7.5	9
500	5	5.5
550	3	4
600	0	0

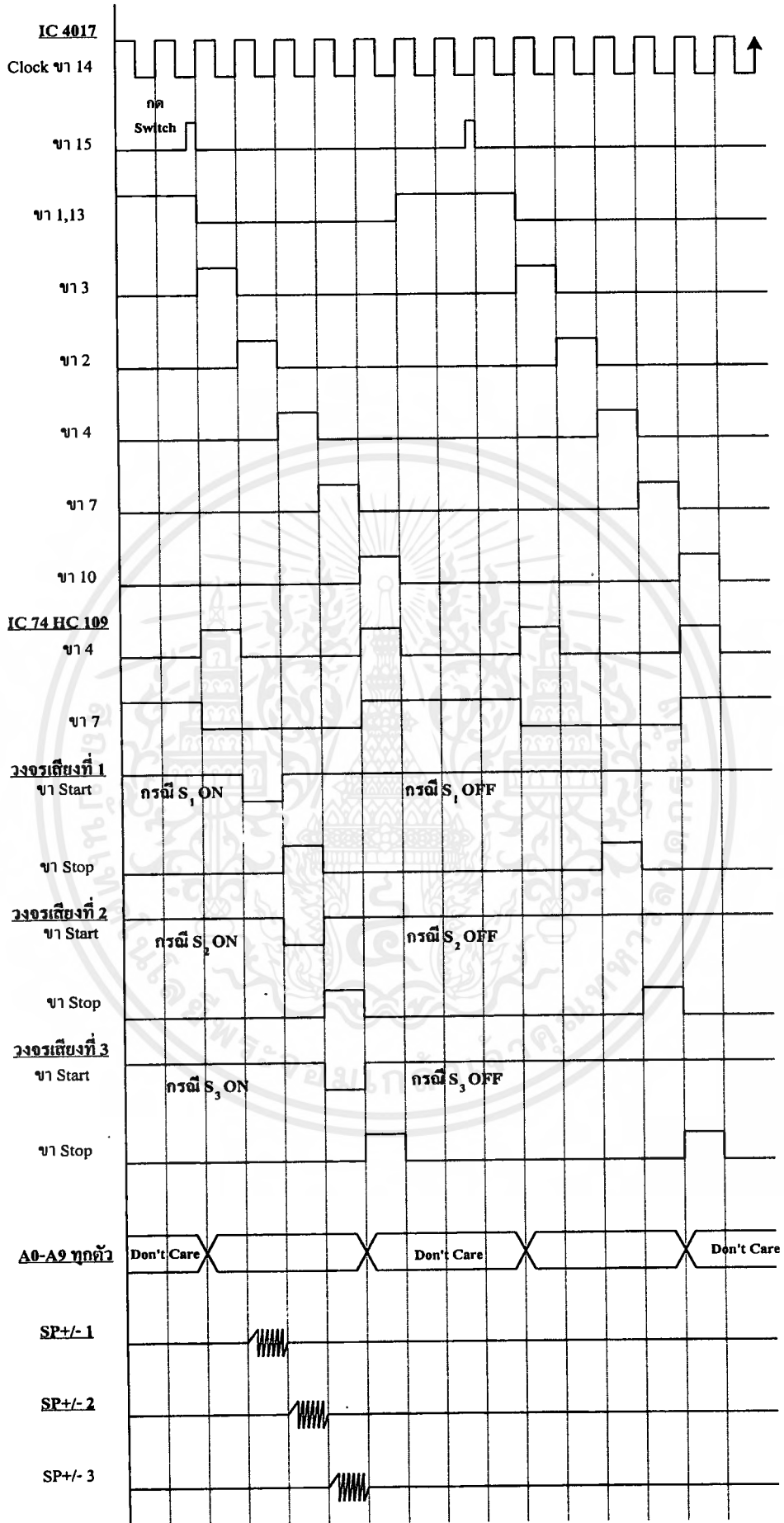
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงขนาดของวัตถุที่สามารถสะท้อนคลื่นกลับได้ในระยะห่างต่าง ๆ โดยที่วางตำแหน่งหัวรับ-ส่งสูงจากพื้น 80 เซนติเมตร

ขนาดพื้นที่ผิว ระยะห่าง	52.5 x37 ตร.ซม.	37x57.5 ตร.ซม.	57.5 x31 ตร.ซม.	31x 57.5 ตร.ซม.	19.5x12 ตร.ซม.	12x19.5 ตร.ซม.	9x9 ตร.ซม.
100 เซนติเมตร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
150 เซนติเมตร	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
200 เซนติเมตร	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
250 เซนติเมตร	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
300 เซนติเมตร	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
350 เซนติเมตร	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
400 เซนติเมตร	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
450 เซนติเมตร	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
500 เซนติเมตร	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗

หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ คือสามารถวัดระยะได้ และเครื่องหมาย ✗ คือไม่สามารถวัดระยะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.1 แสดงผลการทดลองของวงจรเสียง
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่เนื้อหาและข้อมูลใดๆ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การใช้งานและสรุปผลการทดลอง

5.1 การปรับแต่งและการนำไปใช้งาน

การทำงานของเครื่องส่งสามารถตรวจสอบได้ง่าย ๆ โดยการฟังเสียงจากตัวส่ง Tx แม้ว่าสัญญาณความถี่ 40 kHz นั้น เราไม่สามารถได้ยินได้ แต่เราสามารถได้ยินเสียงของแถบสัญญาณ (burst) ที่ส่งออกมาเป็นเสียง “คลิก” โดยใช้หูแนบใกล้ๆ กับตัวส่ง Tx ซึ่งจะได้ยินเสียงคล้ายกับนาฬิกาควอตซ์ (quartz) ส่วนการทดสอบเครื่องรับทำได้ไม่ยากนัก แต่สามารถตรวจได้โดยการวัดแรงดันไฟกระแสตรงที่ขาคอลเลกเตอร์ของ Q_1 และ Q_2 ซึ่งควรมีค่าอยู่ประมาณ 4.5 โวลต์

สำหรับการปรับแต่งให้เริ่มโดยการหมุน VR_1 และ VR_2 ไปในตำแหน่งตรงกลางก่อน แล้วนำเครื่องนี้ไปทดลองวัดระยะทางจากผนังซึ่งมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 1 ตารางเมตรและมีระยะห่างจากเครื่องวัดระยะทาง 1 เมตร โดยจะต้องไม่มีสิ่งของหรือวัตถุอยู่รอบข้างมากนัก เพราะจะเกิดคลื่นสะท้อนจากสิ่งของหรือวัตถุเหล่านี้ ทำให้อ่านค่าระยะทางที่ได้เป็นของวัตถุแทนที่จะเป็นของผนัง เริ่มปรับ VR_3 จนกระทั่งอ่านค่าได้ 1 เมตรแล้ว ต่อมาให้ทำการปรับความถี่ให้ได้เป็น 40 kHz โดยการหมุน VR_2 ทวนเข็มนาฬิกาจนกระทั่งภาคแสดงผลอ่านค่าได้ 8192 ซึ่งแสดงว่าไม่มีการรับคลื่นเข้ามา จากนั้นให้หมุน VR_2 กลับจนกระทั่งมีค่าตัวเลขปรากฏที่ภาคแสดงผลอีกครั้ง ทำการปรับเช่นนี้ซ้ำอีกโดยเลื่อนเครื่องส่งให้จัดระยะห่างออกมาเรื่อย ๆ จนกระทั่งวัดได้ระยะทางที่ดีที่สุด (ไกลที่สุด)

ขั้นตอนสุดท้ายจึงเลื่อนเครื่องวัดระยะทางนี้ใหม่โดยให้อยู่ห่างจากผนัง 3 เมตรแล้วทำการปรับ VR_3 ใหม่จนกระทั่งตัวเลขแสดงผลอ่านระยะทางได้ถูกต้อง 3 เมตรซึ่งจะเสร็จในส่วนวงจรเครื่องวัดระยะทาง และเนื่องจากวงจรนี้จะทำการวัดระยะทางทุกๆ 1 วินาที คือเปลี่ยนตัวเลขแสดงผลทุกๆ 1 วินาทีนั่นเอง เราสามารถเปลี่ยนการแสดงผลให้เร็วขึ้นได้ด้วยการต่อ Q_{13} (ขา 2) ของ IC_4 แทนขา Q_{14} ซึ่งจะทำให้แสดงผลเร็วขึ้นเป็นทุก ๆ 0.5 วินาที และตัวเลขแสดงผลจะเปลี่ยนเป็น 4096 แทน 8192 เมื่อไม่เจอเป้าหมาย ความแม่นยำในการวัดจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ, ความกดดัน, และความชื้นของอากาศ เนื่องจากสิ่งเหล่านี้มีผลกับความเร็วของคลื่นเสียงในอากาศ

และตัว VR_1 ใช้เป็นตัวปรับความไวในการวัดระยะทางใกล้ๆ เครื่องวัดนี้จะมีความไวอยู่มาก ถ้าหากมีสิ่งของหรือวัตถุอยู่รอบข้าง อาจมีผลทำให้การวัดผิดพลาดไปได้จึงต้องปรับ VR_1 เพื่อลดความไวโดยดูผลจากตัวเลขแสดงผล ส่วนถ้าต้องการวัดระยะทางไกล ๆ ประมาณ 5 เมตรขึ้นไปซึ่งเป็นที่โล่งแจ้ง จะต้องปรับ VR_1 ให้มีความไวมากที่สุด ยิ่งระยะทางไกลขึ้นเท่าใดสิ่งของที่ต้องการวัดจะต้องมีพื้นที่มากขึ้นด้วย อีกทั้งจะต้องเป็นวัตถุที่มีผิวเรียบด้วยจึงจะทำการวัดได้ดีและต้องวัดโดยหันตัวรับและตัวส่งให้ตรงไปยังเป้าหมายที่จะทำการวัดด้วย

5.2 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าในการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางจริงแล้วจะพบว่าค่าที่วัดได้จะใกล้เคียงกันตามตารางที่ 6 และจากตารางที่ 7 จะพบว่าวัตถุต่างชนิดกันจะวัดได้ค่าที่ต่างกัน เช่นในพื้นที่ผิวที่เป็นผ้าจะวัดระยะทางได้ไม่เกิน 4 เมตรซึ่งต่างกับพื้นผิวที่เป็นไม้จะวัดระยะทางได้ไกลกว่า เพราะผ้ามีแนวโน้มจะดูดกลืนเสียงมากกว่าจะให้เสียงสะท้อนกลับ ทำให้ใช้งานกับวัตถุแบบนี้ไม่ค่อยได้ผล และขนาดของวัตถุก็มีผลในการวัดระยะทาง วัตถุที่ขนาดเล็กเกินไปเสียงที่สะท้อนกลับก็น้อยทำให้รับไม่ได้หรือรับได้แต่ก็ได้ค่าไม่ตรงกับระยะทางจริง ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดสูงกว่าในการวัดกับวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งจากผลการทดลองของตารางที่ 9 แม้ว่าขนาดของพื้นผิวเท่ากันแต่ขนาดกว้างยาวไม่เท่ากันก็มีผลในการสะท้อนกลับไม่เหมือนกัน ในสภาพแวดล้อมที่ใช้งานไม่ควรจะมีสิ่งรบกวนคลื่นที่ส่งออกไป เช่น ลม หรือคลื่นเสียงอื่นรบกวน ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้งาน

คลื่นอุลตราโซนิคนับว่าใช้วัดระยะทางได้ดีเพราะเดินทางเกือบเป็นเส้นตรง ซึ่งจากผลการทดลองตามตารางที่ 8 จะพบว่าถ้ามีวัตถุอื่น ๆ อยู่ใกล้กับตำแหน่งของวัตถุที่เราจะวัดระยะทาง เครื่องวัดระยะทางจะอ่านค่าของวัตถุผิดจากความเป็นจริง เช่น ถ้าเราวัดระยะของวัตถุที่อยู่ห่างจากเราประมาณ 2 เมตรจะต้องไม่มีวัตถุอื่นอยู่ใกล้ในระยะ 30 เซนติเมตร

ค่าผิดพลาดของการทดลองสามารถเกิดได้จากตัวบุคคลผู้ทำการทดลอง, อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบวงจร, วัตถุที่ใช้ทำการวัด ดังนั้นต้องเลือกวัตถุที่สะท้อนคลื่นเสียงได้ดีคือ วัตถุขนาดใหญ่และมีผิวเรียบ เช่น ผนังห้อง กำแพง ฯลฯ ก็จะวัดระยะทางได้ใกล้เคียงกับระยะทางจริง

จากโครงการนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการนำคลื่นอุลตราโซนิคมาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำไปใช้งานหลายอย่าง เช่น การนำไปใช้เป็นตัวเซ็นเซอร์ในวงจรที่ไม่ต้องใช้ความละเอียดมากนัก หรือใช้ในการวัดความลึกของน้ำทะเล เป็นต้น

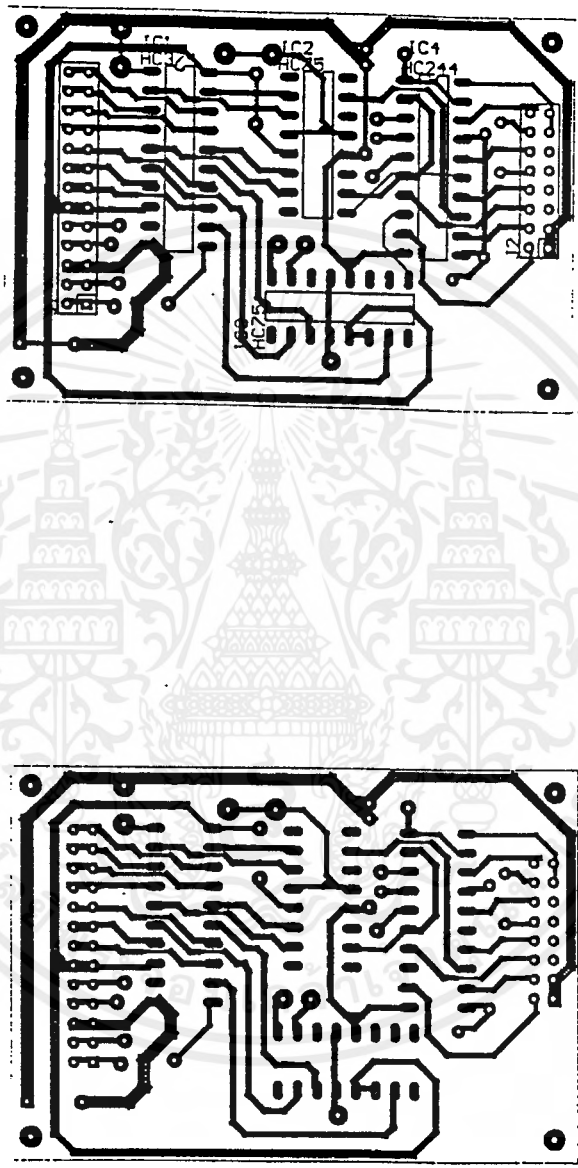
ภาคผนวก ก

๓

วงจรถวายปรีณ

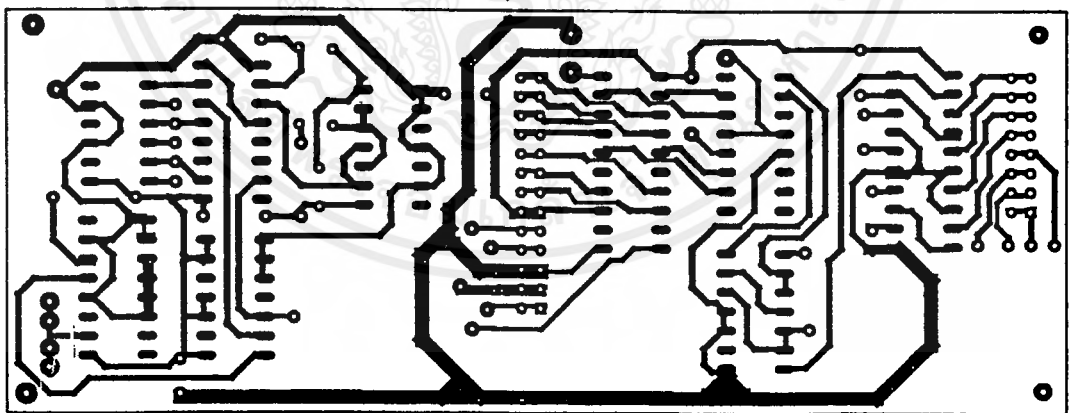
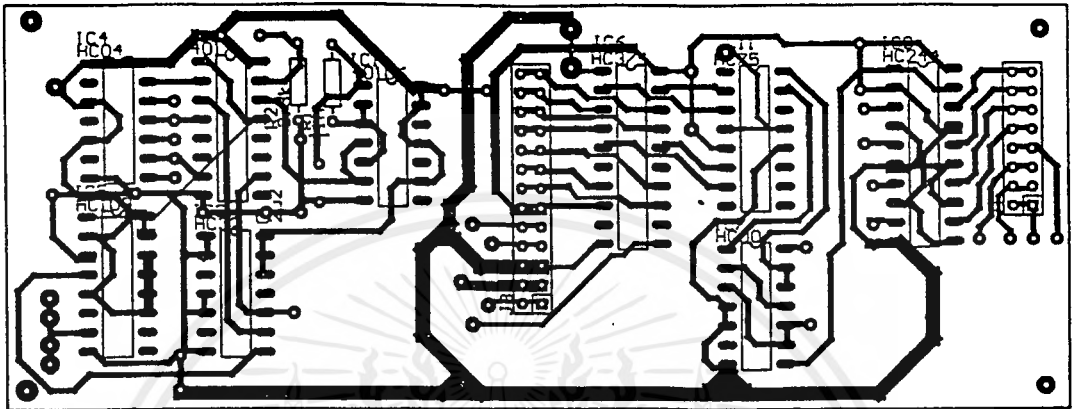


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



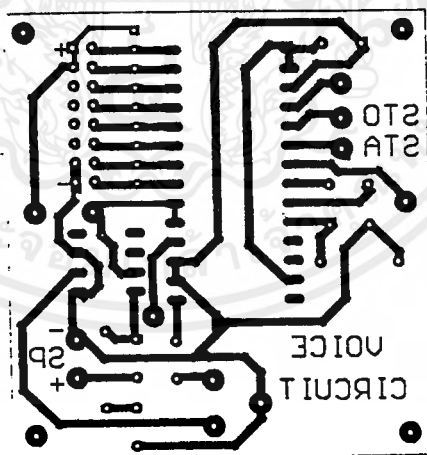
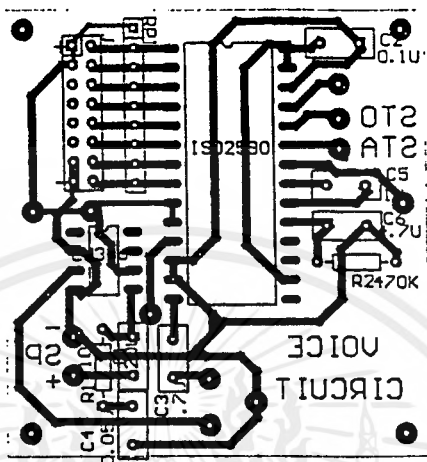
รูปที่ 1 วงจรถอดรหัสแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



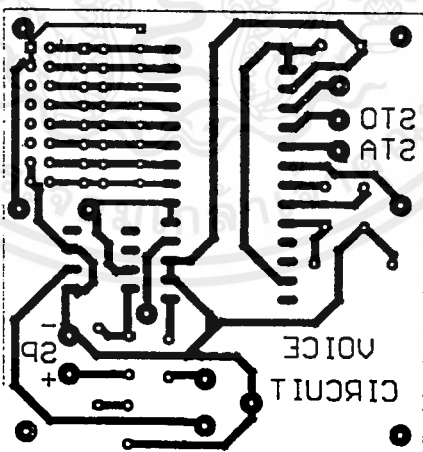
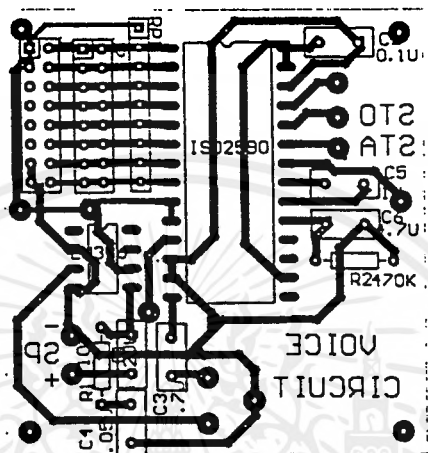
รูปที่ 2 วงจรควบคุมและถอดรหัสแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



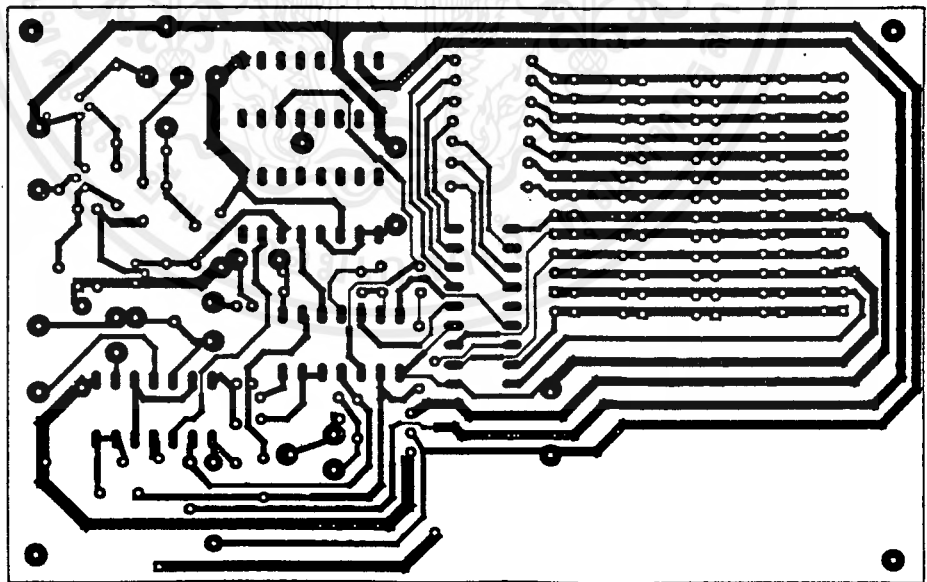
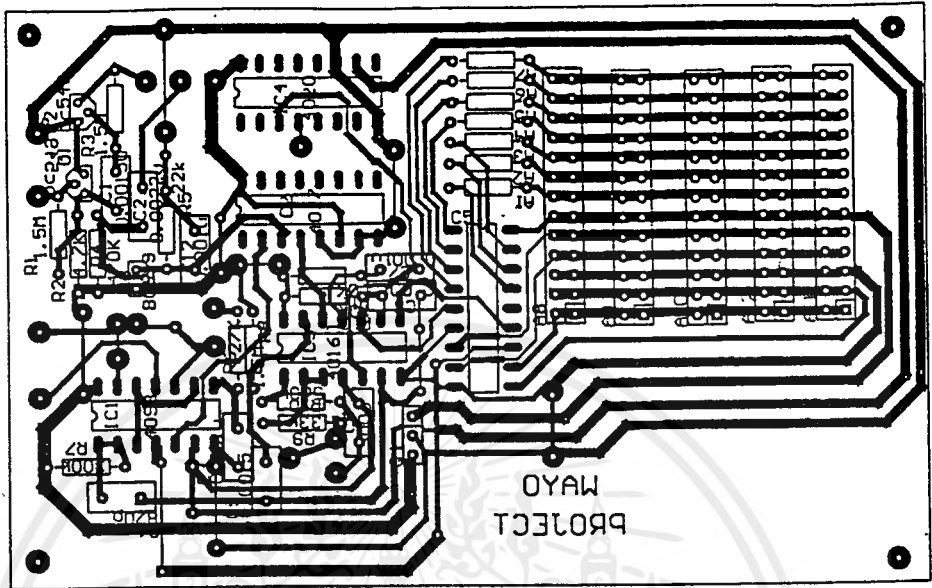
รูปที่ 3 วงจรเสียงของหลักที่ 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



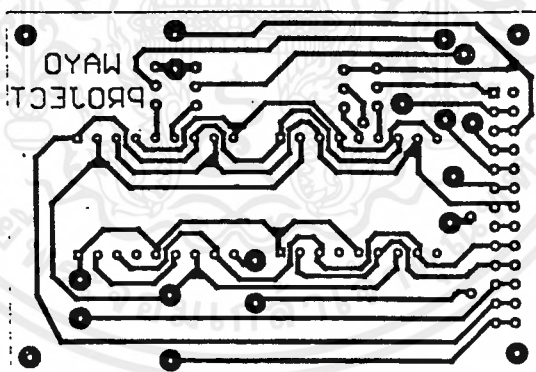
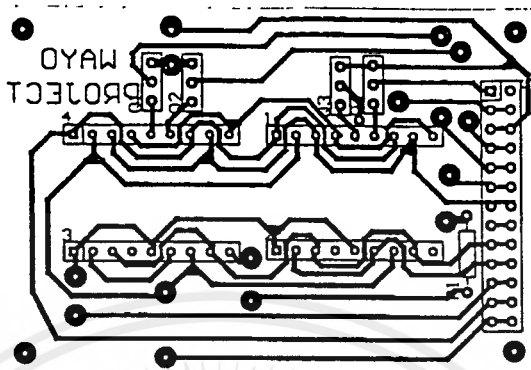
รูปที่ 4 วงจรเสียงของหลักที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 วงจรวัดระยะทางด้วยคลื่นอุตราซาวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 วงจรดิสเพลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

คู่มือไอซี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FEATURES

- ◆ 10 Decoded Decimal Outputs
- ◆ Direct Reset
- ◆ Trigger from either Edge of Clock Input
- ◆ Carry Output for Cascading Stages
- ◆ Fully Static Operation - DC to 5MHz @ 10Vdc

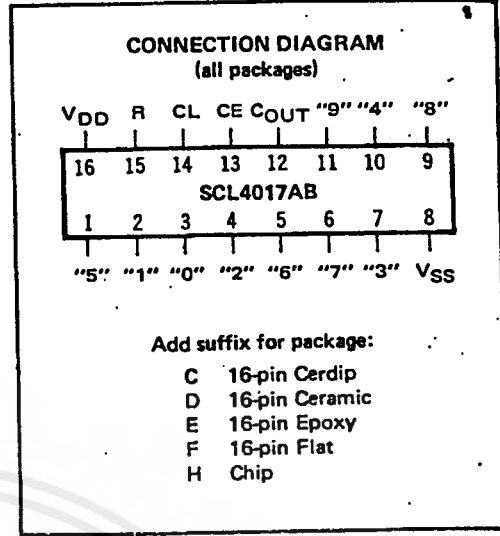
DESCRIPTION

The SCL4017AB consists of a 5-stage Johnson Decade Counter and an Output Decoder. Inputs include Clock, Reset, and Clock Enable signals.

The counter has interchangeable Clock and Clock Enable lines for incrementing on either a positive-going or negative-going transition, respectively. A high Reset signal clears the counter to its zero count.

Use of the Johnson decade counter configuration permits high-speed operation, 2-input decode gating, and spike-free decoded outputs. Anti-lock gating is provided, thus assuring proper counting sequence. The 10 decoded outputs are normally low and go high only at their respective decoded time slot. Each decoded output remains high for one full clock cycle. A Carry-out (COUT) signal completes one cycle every 10 clock input cycles and is used to directly clock the succeeding counter in multi-stage applications.

This part can be used in frequency division circuits as well as decade counter or decimal decode display applications.



RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

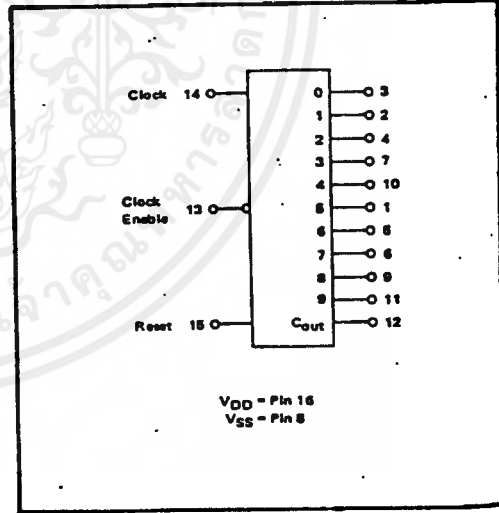
DC Supply Voltage	VDD - VSS	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	TA	-55 to +125	OC
C, D, F, H Device		-40 to +85	OC
E Device			

FUNCTIONAL TRUTH TABLE
(Positive Logic)

Clock	Clock Enable	Reset	Decode Output = n
0	X	0	n
X	1	0	n
X	X	1	"0"
X	0	0	n + 1
X	X	0	n
X	X	0	n
1	X	0	n + 1

x = Don't Care
 If n < 5 Carry = "1", Otherwise = "0"

BLOCK DIAGRAM



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS¹

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T _{LOW} ²		+25°C			T _{HIGH} ²		Units		
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.			
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I _{DD}	5	V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}	—	5	—	0.05	5	—	150	μAdc	
		10	All valid input combinations	—	10	—	0.1	10	—	300		
		15		—	20	—	0.2	20	—	600		
OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT C, D, F, H device Decoded Outputs	I _{OH}	5	V _{OH} = 4.6V	-0.05	—	-0.04	-0.3	—	-0.028	—	mAdc	
		10	V _{OH} = 9.5V	-0.125	—	-0.1	-0.75	—	-0.07	—		
		15	V _{OH} = 13.5V	-0.375	—	-0.3	-2.5	—	-0.21	—		
			V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}									
		5	V _{OH} = 4.6V	-0.25	—	-0.2	-0.75	—	-0.14	—		mAdc
		10	V _{OH} = 9.5V	-0.62	—	-0.5	-1.1	—	-0.35	—		
	15	V _{OH} = 13.5V	-1.9	—	-1.5	-3.5	—	-1.1	—			
	E device Decoded Outputs	I _{OH}	5	V _{OH} = 4.6V	-0.048	—	-0.04	-0.3	—	-0.032	—	mAdc
			10	V _{OH} = 9.5V	-0.12	—	-0.1	-0.75	—	-0.08	—	
			15	V _{OH} = 13.5V	-0.36	—	-0.3	-2.5	—	-0.24	—	
			V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}									
		5	V _{OH} = 4.6V	-0.24	—	-0.2	-0.75	—	-0.16	—	mAdc	
10		V _{OH} = 9.5V	-0.6	—	-0.5	-1.1	—	-0.4	—			
15	V _{OH} = 13.5V	-1.8	—	-1.5	-3.5	—	-1.2	—				
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT C, D, F, H device Decoded Outputs	I _{OL}	5	V _{OL} = 0.4V	0.05	—	0.04	0.4	—	0.028	—	mAdc	
		10	V _{OL} = 0.5V	0.125	—	0.1	1.0	—	0.07	—		
		15	V _{OL} = 1.5V	0.375	—	0.3	3.0	—	0.21	—		
			V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}									
		5	V _{OL} = 0.4V	0.25	—	0.2	0.75	—	0.14	—		mAdc
		10	V _{OL} = 0.5V	0.62	—	0.5	1.3	—	0.35	—		
	15	V _{OL} = 1.5V	1.9	—	1.5	4.0	—	1.1	—			
	E device Decoded Outputs	I _{OL}	5	V _{OL} = 0.4V	0.048	—	0.04	0.4	—	0.032	—	mAdc
			10	V _{OL} = 0.5V	0.12	—	0.1	1.0	—	0.08	—	
			15	V _{OL} = 1.5V	0.36	—	0.3	3.0	—	0.24	—	
			V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}									
		5	V _{OL} = 0.4V	0.24	—	0.2	0.75	—	0.16	—	mAdc	
10		V _{OL} = 0.5V	0.6	—	0.5	1.3	—	0.4	—			
15	V _{OL} = 1.5V	1.8	—	1.5	4.0	—	1.2	—				
	V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}											

NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".

² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.

= -40°C for E device.

T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.

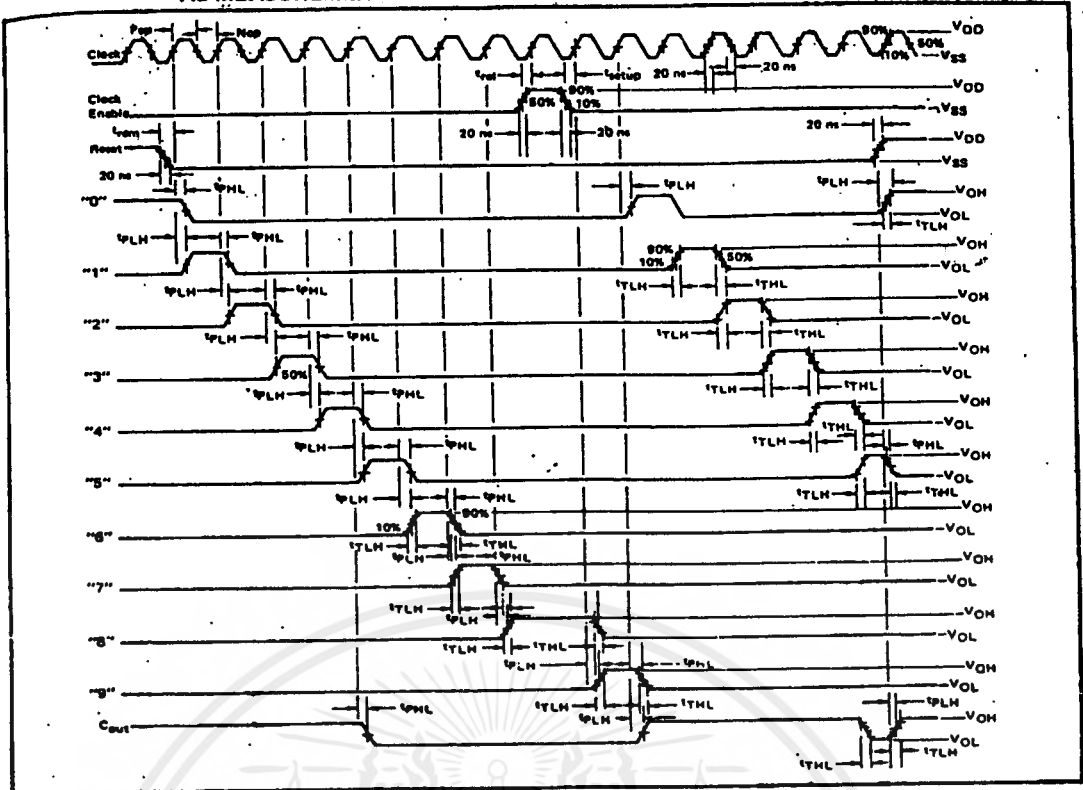
= + 85°C for E device.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

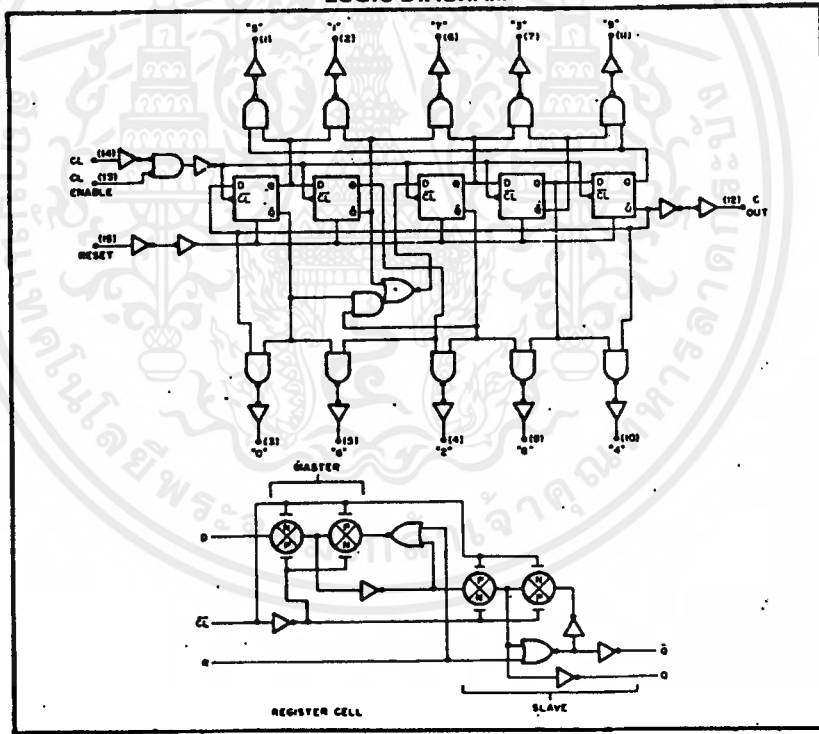
DYNAMIC CHARACTERISTICS ($C_L = 50\text{pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

PARAMETER	V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units	
CLOCKED OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME To Decoded Outputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5	—	600	1200	ns
		10	—	240	480	
15		—	180	360		
To Carry Output	t_{PLH}, t_{PHL}	5	—	500	1000	ns
10		—	200	400		
15		—	150	300		
OUTPUT TRANSITION TIME Decoded Outputs	t_{TLH}, t_{THL}	5	—	250	500	ns
		10	—	125	250	
15		—	90	180		
Carry Output	t_{TLH}, t_{THL}	5	—	180	360	ns
10		—	90	180		
15		—	65	130		
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW_{CL}	5	—	200	400	ns
		10	—	100	200	
		15	—	80	160	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f_{CL}	5	1.25	2.5	—	MHz
		10	2.5	5.0	—	
		15	3.0	6.0	—	
MAXIMUM CLOCK OR ENABLE RISE AND FALL TIME	t_{CCL}, t_{FCL}	5	15	—	—	μs
		10	15	—	—	
		15	5	—	—	
MINIMUM ENABLE SETUP TIME	t_{setup}	5	—	175	350	ns
		10	—	75	150	
		15	—	55	110	
MINIMUM ENABLE REMOVAL TIME	t_{rem}	5	—	250	500	ns
		10	—	100	200	
		15	—	75	150	
RESET OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME To Decoded Outputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5	—	500	1000	ns
		10	—	200	400	
		15	—	140	280	
To Carry Output	t_{PLH}	5	—	400	800	ns
		10	—	150	300	
		15	—	110	220	
MINIMUM RESET PULSE WIDTH	PW_R	5	—	150	300	ns
		10	—	75	150	
		15	—	60	120	
RESET REMOVAL TIME	t_{rem}	5	—	250	500	ns
		10	—	100	200	
		15	—	80	160	

AC MEASUREMENT DEFINITION AND FUNCTIONAL WAVEFORMS



LOGIC DIAGRAM

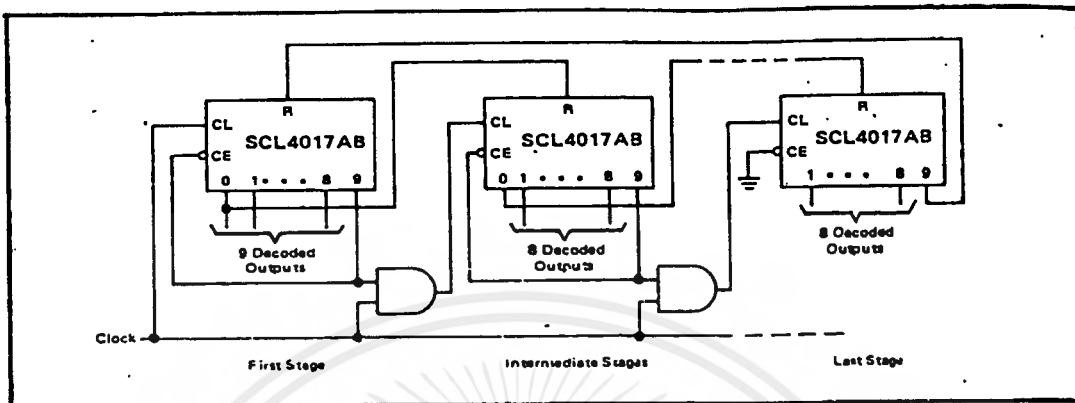


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

COUNTER EXPANSION

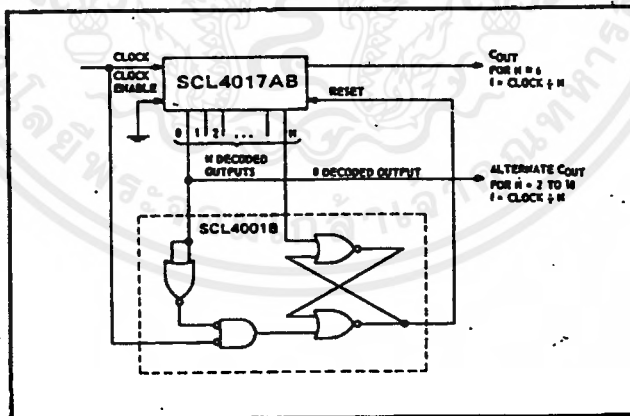
This figure shows a technique for extending the number of decoded output states for the SCL4017AB. Decoded outputs are sequential within each stage and from stage to stage, with no dead time (except propagation delay).



DIVIDE-BY-N COUNTER

When the Nth decoded output is reached (Nth clock pulse), the S-R flip-flop (constructed from the SCL4001B) generates a reset pulse which clears the SCL4017AB to its zero count. At this time, if the Nth decoded output is greater than or equal to 6, the COUT line goes high to clock the next counter section. The "O" decoded output also goes high at this time. Coincidence of the clock "low" and decoded "O" output "high" resets the S-R flip-flop to enable the SCL4017AB.

If the Nth decoded output is less than 6, the COUT line will not go high, and, therefore, cannot be used. In this case, the "O" decoded output may be used to perform the clock function for the next counter.





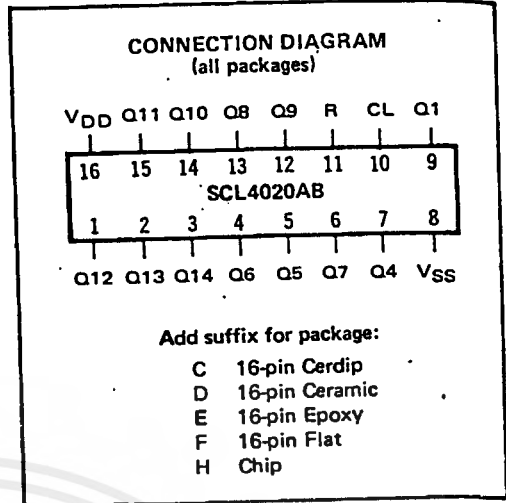
FEATURES

- ◆ 14 Fully Static Stages
- ◆ Buffered Outputs Available from 12 Stages
- ◆ Common Reset Line
- ◆ 8MHz Counting Rate @ 10Vdc
- ◆ All Inputs Buffered

DESCRIPTION

The SCL4020AB consists of 14 ripple-carry binary counter stages with appropriate input buffers and reset circuitry. Buffered outputs are externally available from stages 1, and 4 through 14. The counter is reset to its "all zeroes" state by a high level on the Reset input. The counter is advanced one count on the negative-going transition of each input pulse. Isolation from external noise and the effects of loading is provided by output buffering.

Applications include time delay circuits, counter controls, and frequency-dividing circuits.



RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

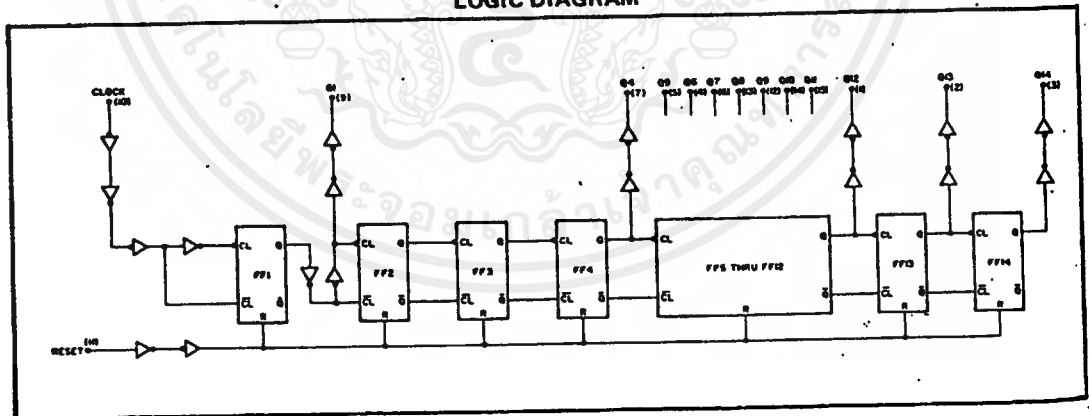
DC Supply Voltage	VDD - VSS	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	TA	-55 to +125	°C
C, D, F, H Device		-40 to +85	°C
E Device			

TRUTH TABLE

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

X = Don't Care

LOGIC DIAGRAM



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

OS
ERSTATIC CHARACTERISTICS¹

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T _{LOW} ²		+25°C			T _{HIGH} ²		Units	
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.		
QUIESCENT DEVICE CURRENT I _{DD}	5	V _{IN} =V _{SS} or V _{DD} All valid input combinations	-	5	-	0.05	5	-	150	μAdc	
	10		-	10	-	0.1	10	-	300		
	15		-	15	-	0.2	20	-	600		
OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT C, D, F, H device	I _{OH}	V _{OH} = 4.6V V _{OH} = 9.5V V _{OH} = 13.5V V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}	-0.15	-	-0.12	-0.5	-	-0.08	-	mAdc	
			-0.37	-	-0.3	-1.15	-	-0.21	-		
			-1.25	-	-1.0	-4.5	-	-0.69	-		
	E device	I _{OH}	V _{OH} = 4.6V V _{OH} = 9.5V V _{OH} = 13.5V V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}	-0.14	-	-0.12	-0.5	-	-0.10	-	mAdc
				-0.35	-	-0.3	-1.15	-	-0.25	-	
				-1.2	-	-1.0	-4.5	-	-0.85	-	
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT C, D, F, H device	I _{OL}	V _{OL} = 0.4V V _{OL} = 0.5V V _{OL} = 1.5V V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}	0.15	-	0.12	0.5	-	0.08	-	mAdc	
			0.37	-	0.3	1.0	-	0.21	-		
			1.25	-	1.0	5.8	-	0.69	-		
	E device	I _{OL}	V _{OL} = 0.4V V _{OL} = 0.5V V _{OL} = 1.5V V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}	0.14	-	0.12	0.5	-	0.10	-	mAdc
				0.35	-	0.3	1.0	-	0.25	-	
				1.2	-	1.0	5.8	-	0.85	-	

NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.

= -40°C for E device.

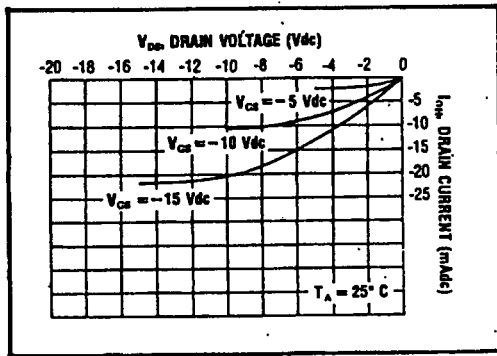
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.

= + 85°C for E device.

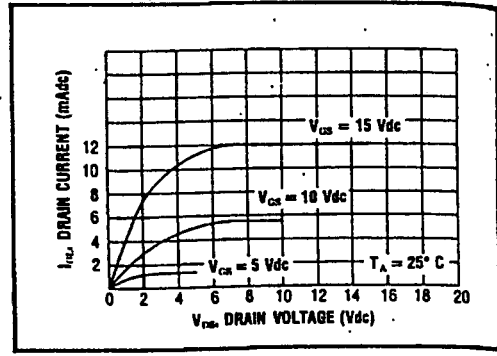
DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units	
CLOCKED OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME Clock to Q1	t _{PLH} , t _{PHL}	5	-	200	400	ns
		10	-	100	200	
		15	-	80	160	
Q _i to Q _{i+1}	t _{PLH} , t _{PHL}	5	-	150	300	ns
		10	-	75	150	
		15	-	60	120	
OUTPUT TRANSITION TIME	t _{TLH} , t _{THL}	5	-	180	360	ns
		10	-	90	180	
		15	-	65	130	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW _{CL}	5	-	100	200	ns
		10	-	50	100	
		15	-	40	80	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f _{CL}	5	2.0	4.0	-	MHz
		10	4.0	8	-	
		15	5	10	-	
MAXIMUM CLOCK RISE AND FALL TIME	t _{rCL} , t _{fCL}	5	15	-	-	ns
		10	15	-	-	
		15	5	-	-	
RESET OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME	t _{PHL}	5	-	300	600	ns
		10	-	150	300	
		15	-	120	240	
MINIMUM RESET PULSE WIDTH	PW _R	5	-	150	300	ns
		10	-	75	150	
		15	-	60	120	
RESET REMOVAL TIME	t _{rem}	5	-	250	500	ns
		10	-	125	250	
		15	-	100	200	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

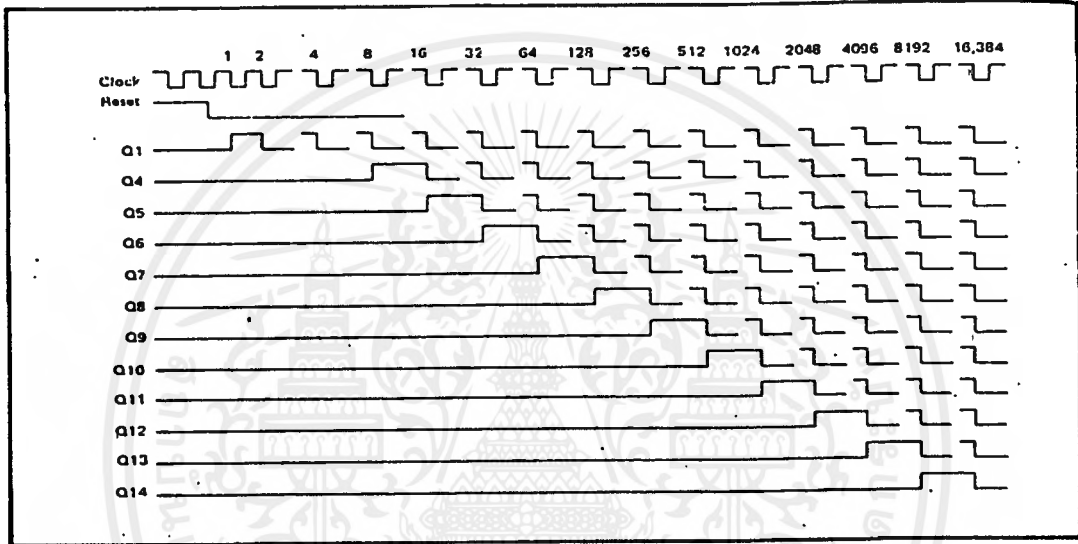


Typical P-Channel Source Current Characteristics

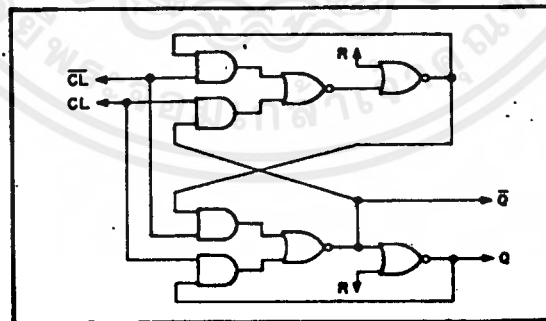


Typical N-Channel Sink Current Characteristics

TIMING DIAGRAM



TYPICAL COUNTER STAGE



SCL

FEAT

- ◆ As
- ◆ Sy
- ◆ Fu
- ◆ Q

DESC

TH

Input, Clock Serial to eac maste. from the P serially. nously Clock Wh data i Paralle line. Re

SCL40

SERIAL

t
n
n+1
n+2
n+3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



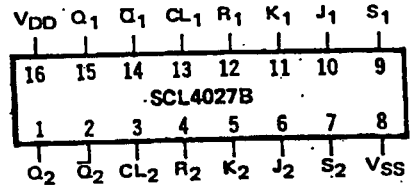
FEATURES

- ◆ Individual Set and Reset Controls
- ◆ Fully Static Operation
- ◆ Logic Edge-Clocked Design
- ◆ 8MHz Toggle Rate @ 10Vdc
- ◆ Balanced Output Drive Current Specifications

DESCRIPTION

The SCL4027B consists of two identical independent CMOS J-K master-slave Flip-Flops. The SCL4027B is useful in performing control, register, and toggle functions. Logic levels present at the J and K inputs along with internal self-steering controls the state of each flip-flop; changes in the flip-flop state are synchronous with the positive-going transition of the Clock pulse. Set and Reset functions are independent of the Clock and are initiated when a high level signal is present at either the Set or Reset input.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

- C 16-pin Cerdip F 16-pin Flat
- D 16-pin Ceramic H Chip
- E 16-pin Epoxy

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

- DC Supply Voltage $V_{DD} - V_{SS}$ 3 to 15 Vdc
- Operating Temperature T_A -55 to +125 °C
- C, D, F, H Device -40 to +85 °C
- E Device

TRUTH TABLE

$\bullet t_{n-1}$ INPUTS					$\dagger t_n$ OUTPUTS		
CL Δ	J	K	S	R	Q	Q	Q $\bar{}$
	1	X	0	0	0	1	0
	X	0	0	0	1	1	0
	0	X	0	0	0	0	1
	X	1	0	0	1	0	1
	X	X	0	0	X	(No Change)	
X	X	X	1	0	X	1	0
X	X	X	0	1	X	0	1
X	X	X	1	1	X	1	1

WHERE 1 = HIGH LEVEL
0 = LOW LEVEL
 Δ - LEVEL CHANGE
X - DON'T CARE

$\bullet t_{n-1}$ REFERS TO THE INTERVAL PRIOR TO THE POSITIVE CLOCK PULSE TRANSITION
 $\dagger t_n$ REFERS TO THE TIME INTERVAL AFTER THE POSITIVE CLOCK PULSE TRANSITION

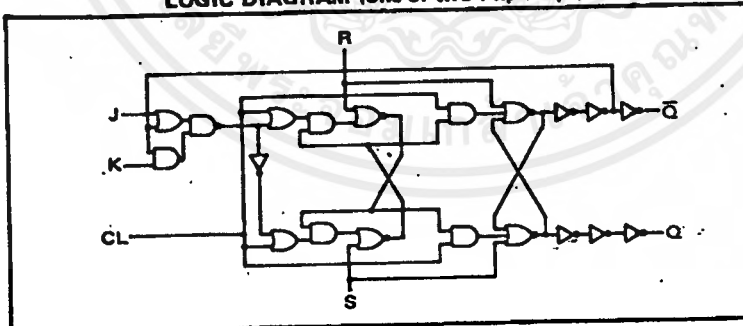
KCS
i
iV
n.)
(min.)
min.)
)
)
V

ADOUTS

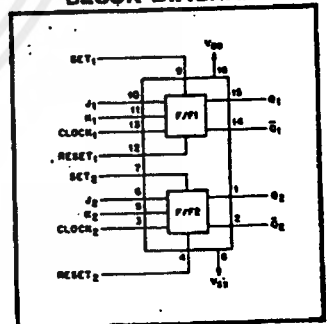
WHITNESS
ACROSSING
T OF NO
: @ 4.8V

OC

LOGIC DIAGRAM (one of two Flip-Flops)



BLOCK DIAGRAM



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

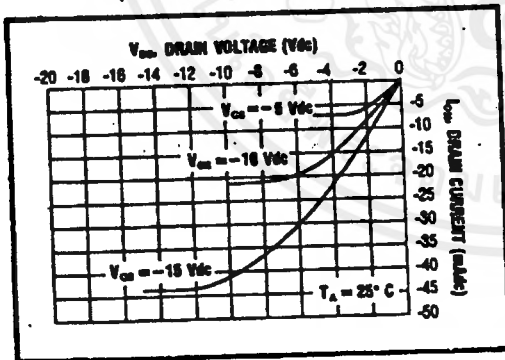
PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T _{LOW} ¹		+25°C			T _{HIGH} ²		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I _{DD}	V _{IN} =V _{SS} or V _{DD} All valid input combinations	-	1.0	-	0.005	1.0	-	30	μA _{DC}
			-	2.0	-	0.01	2.0	-	60	
			-	4.0	-	0.02	4.0	-	120	

NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
 = -40°C for E device.
 T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
 = + 85°C for E device.
³ This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

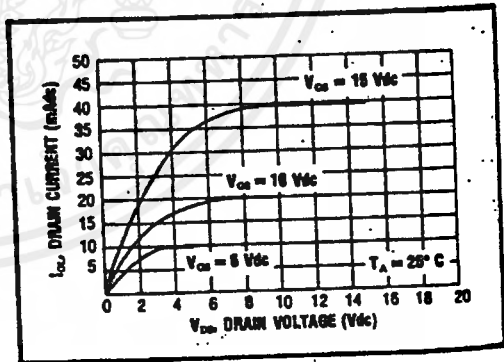
DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
CLOCKED OPERATION					
PROPAGATION DELAY TIME	t _{PLH, tPHL}	5	-	175	ns
		10	-	80	
		15	-	60	
OUTPUT TRANSITION TIME	t _{TLH, tTHL}	5	-	100	ns
		10	-	50	
		15	-	40	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW _{CL}	5	-	165	ns
		10	-	90	
		15	-	50	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f _{CL}	5	1.5	3.0	MHz
		10	4.0	8.0	
		15	5.0	10	
MAXIMUM CLOCK RISE AND FALL TIME ¹	t _{rCL, t_{fCL}}	5	15	-	μs
		10	5	-	
		15	3	-	
MINIMUM SETUP TIME	t _{setup}	5	-	100	ns
		10	-	50	
		15	-	40	
MINIMUM HOLD TIME	t _{hold}	5	-	-25	ns
		10	-	-10	
		15	-	-5	
SET AND RESET OPERATION					
PROPAGATION DELAY TIME S to Q, R to Q	t _{PLH}	5	-	150	ns
		10	-	70	
		15	-	55	
MINIMUM SET AND RESET PULSE WIDTH	PW _{S, PW_R}	5	-	100	ns
		10	-	50	
		15	-	40	
SET AND RESET REMOVAL TIME	t _{rem}	5	-	0	ns
		10	-	0	
		15	-	0	

¹ When units are cascaded, the maximum rise and fall times of the clock input should be equal to or less than the transition times of the data outputs driving data inputs, plus the propagation delay of the output driving stage for the output capacitive load.



Typical P-Channel Source Current Characteristics



Typical N-Channel Sink Current Characteristics

SCL4

FEATU

- ◆ BCD
- ◆ Buff
- ◆ Low
- ◆ Bala

DESCR

The Binary-ing circ and 10 four in, selectec Similari through: A high-coding If unuse

Exp: mal (1-SCL402 conversi control,

I _r
D
C
0 0
0 0
0 0
0 0
0 1
0 1
0 1
0 1
1 0
1 0
1 0
1 0
1 1
1 1
1 1
1 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วารณิตย ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4066B



CMOS QUAD ANALOG SWITCH

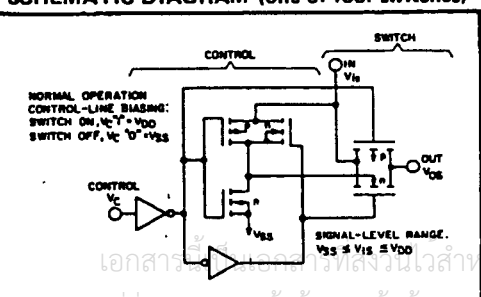
FEATURES

- Transmission—or Multiplexing of Analog or Digital Signals
- 80Ω Typical ON-Resistance for 15-Volt operation
- Switch ON-Resistance Matched to within 5Ω over 15-Volt Signal-Input Range
- ON-Resistance Flat over Full Peak-to-Peak Signal Range
- High Degree of Linearity:
 - ≤ 0.5% Distortion (typ) @ $f_{is} = 1\text{kHz}$, $V_{is} = 5\text{V}_{p-p}$, $V_{DD} - V_{SS} \geq 10\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$
- Extremely Low OFF switch Leakage Resulting in very Low Offset Current and High Effective OFF Resistance:
 - 10pA (typ) @ $V_{DD} - V_{SS} = 10\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Extremely High Control Input Impedance (Control Circuit Isolated from Signal Circuit):
 - $10^{12}\Omega$ (typ)
- Low Crosstalk between Switches:
 - 50dB (typ) @ $f_{is} = 0.9\text{MHz}$, $R_L = 1\text{k}\Omega$
- Matched Control-Input to Signal-Output Capacitance Reduces Output Signal Transients
- Frequency Response, Switch ON = 40MHz (typ)

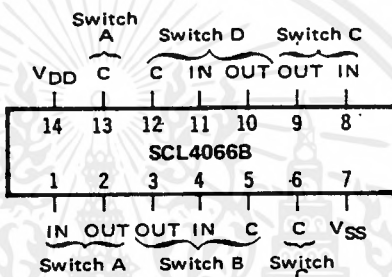
DESCRIPTION

The SCL4066B is a Quad Bilateral Switch intended for the transmission or multiplexing of analog or digital signals. It is pin-for-pin compatible with the SCL4016B, but exhibits a much lower ON-resistance. In addition, the ON-resistance is relatively constant over the full input signal range. The SCL4066 consists of four independent bilateral switches. A single control signal is required per switch. Both the P and the N device in a given switch are biased ON or OFF simultaneously by the control signal. As shown below, the well of the N-channel device on each switch is either tied to the input when the switch is ON or to V_{SS} when the switch is OFF. This configuration minimizes the variation of the switch-transistor threshold

SCHEMATIC DIAGRAM (one of four switches)



CONNECTION DIAGRAM (all packages)



Add suffix for package:

- C 14-pin Cerdip
- D 14-pin Ceramic
- E 14-pin Epoxy
- F 14-pin Flat
- H Chip

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

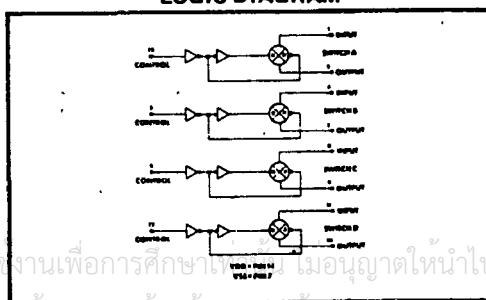
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A	-55 to +125	°C
C, D, F, H Device		-40 to +85	°C
E Device			

voltage with input-signal, and thus keeps the ON-resistance low over the full operating range.

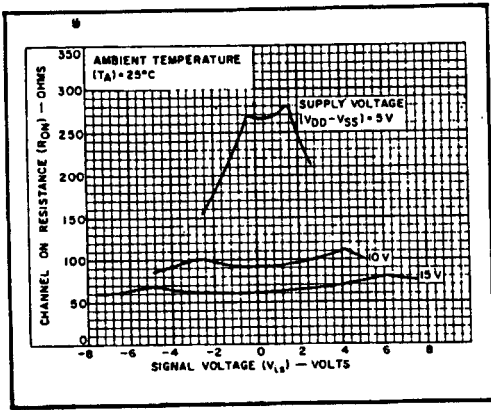
The advantages over single-channel switches include peak input-signal voltage swings equal to the full supply voltage, and more constant ON-impedance over the input-signal range. For sample-and-hold applications, however, the SCL4016 is recommended.

LOGIC DIAGRAM

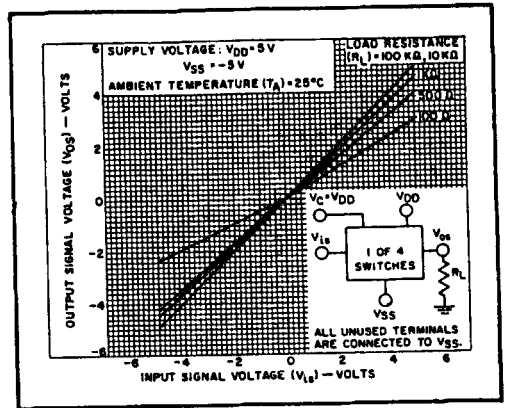


เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

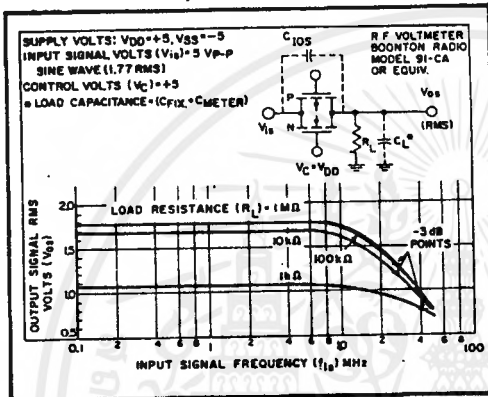
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ



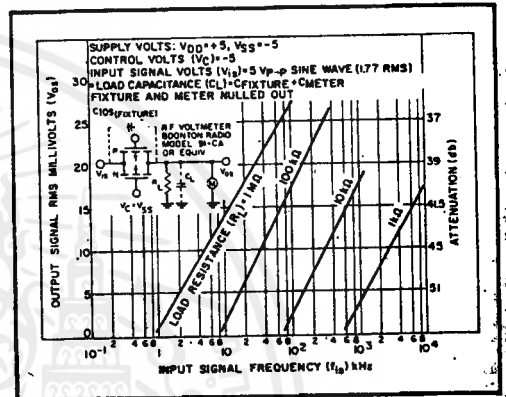
Typical channel ON resistance vs. signal voltage for three values of supply voltage ($V_{DD}-V_{SS}$)



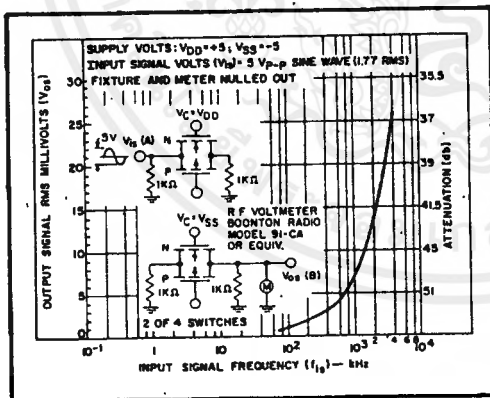
Typical ON characteristics for 1 of 4 channels.



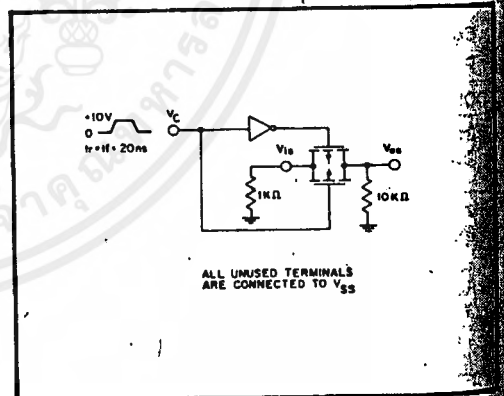
Typ. switch frequency response - switch "ON"



Typ. feedthru vs. freq. - switch "OFF"



Typ. crosstalk between switch circuits in the same package



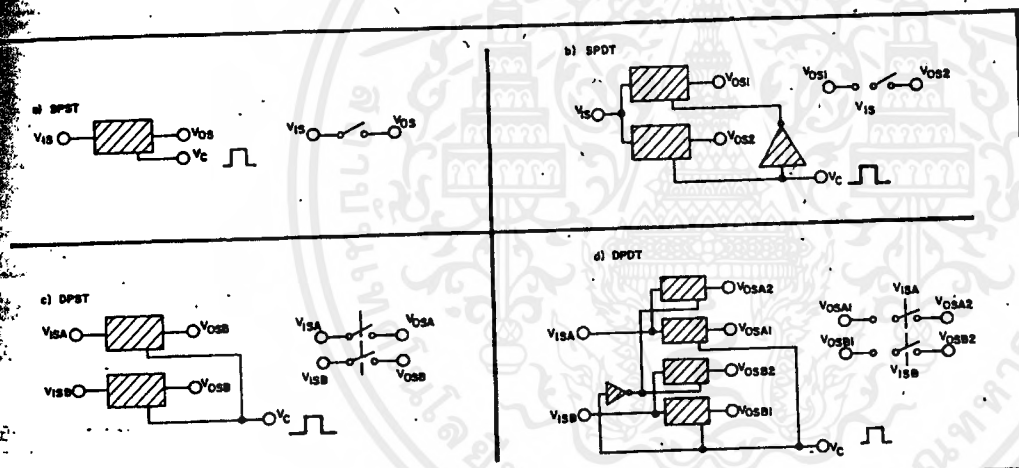
Test circuit, crosstalk-control input to signal output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

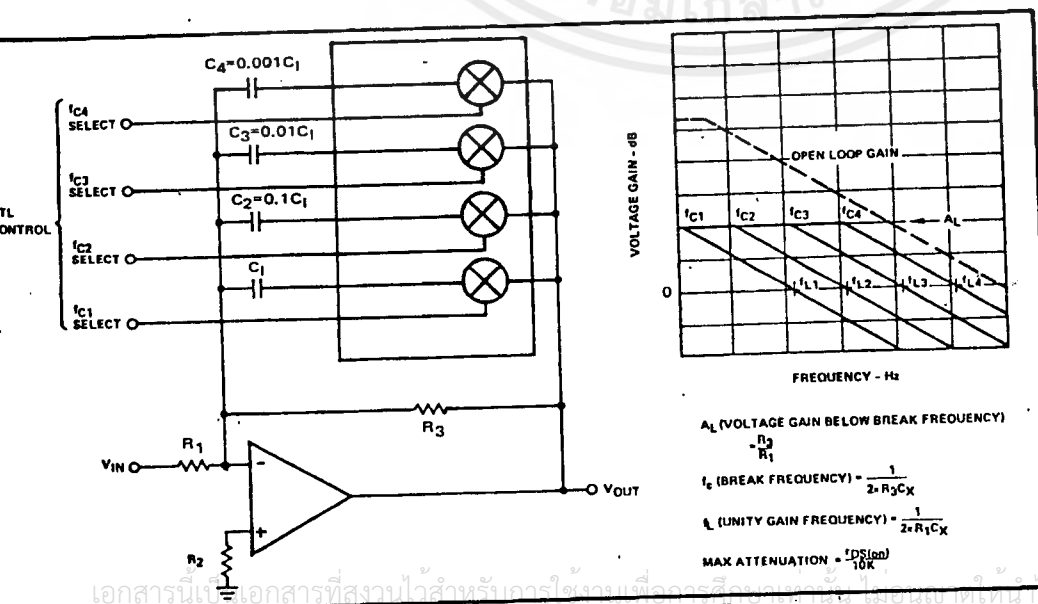
SPECIAL CONSIDERATIONS— SCL4066B

1. In applications where separate power sources are used to drive V_{DD} and the signal inputs, the V_{DD} current capability should exceed V_{DD}/R_L (R_L = effective external load of the 4 SCL4066B bilateral switches). This provision avoids any permanent current flow or clamp action on the V_{DD} supply when power is applied or removed from SCL4066B.
2. In certain applications, the external load-resistor current may include both V_{DD} and signal-line components. To avoid drawing V_{DD} current when switch current flows into terminals 1, 4, 8, or 11, the voltage drop across the bidirectional switch must not exceed 0.8 volt (calculated from R_{ON} values shown). No V_{DD} current will flow through R_L if the switch current flows into terminals 2, 3, 9, or 10. Failure to observe this condition may result in distortion of the signal.

APPLICATIONS INFORMATION



Basic Switch Functions using the SCL4066B



Active Low Pass Filter with Digitally Selected Break Frequency

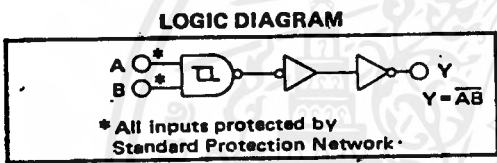
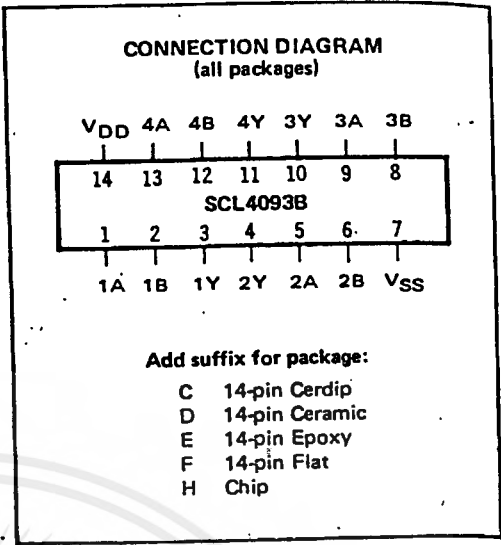


FEATURES

- ◆ Schmitt Trigger Action on each Input with no External Components
- ◆ Quad 2-Input NAND Configuration
- ◆ Noise Immunity Greater than 50%
- ◆ No Limit on Input Rise and Fall Times
- ◆ Balanced Output Drive Current Specifications

DESCRIPTION

The SCL4093B consists of four Schmitt trigger circuits. Each circuit functions as a 2-input NAND gate with Schmitt trigger action on both inputs. The gate switches at different points for positive- and negative-going signals. The difference between the positive voltage (V_P) and the negative voltage (V_N) is defined as the hysteresis voltage (V_H). This device is useful in high-noise environments and in wave and pulse shapers and multivibrators.

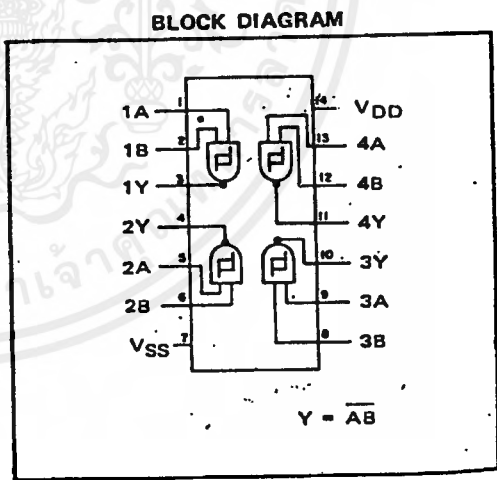


RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

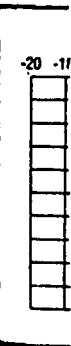
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A	-55 to +125	°C
		-40 to +85	°C

C, D, F, H Device
E Device



S1
QUI CUF
POS THR
NEG THR
NOTE:
DY
PRO
OUT



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS^{1,2}

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T _{LOW} ²		+25°C			T _{HIGH} ²		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I _{DD}	V _{IN} =V _{SS} or V _{DD} All valid input combinations	-	0.05	-	0.0005	0.05	-	1.5	μA _{dc}
			-	0.10	-	0.001	0.10	-	3.0	
			-	0.20	-	0.002	0.20	-	6.0	
POSITIVE TRIGGER THRESHOLD VOLTAGE	V _P (V _L)		3 typ		2.9 typ			2.9 typ		Vdc
			5.9 typ		5.9 typ			5.9 typ		
			8.9 typ		8.9 typ			8.9 typ		
NEGATIVE TRIGGER THRESHOLD VOLTAGE	V _N (V _H)		2.6 typ		2.3 typ			2.1 typ		Vdc
			4 typ		3.9 typ			3.8 typ		
			5.5 typ		5.4 typ			5.3 typ		

NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".

² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.

= -40°C for E device.

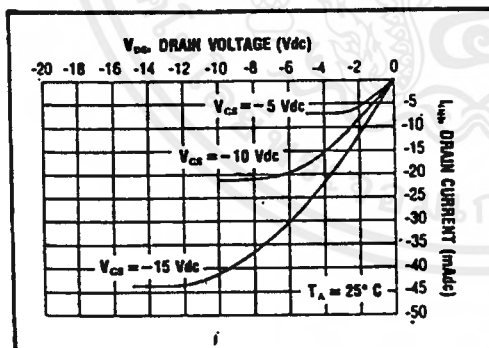
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.

= + 85°C for E device.

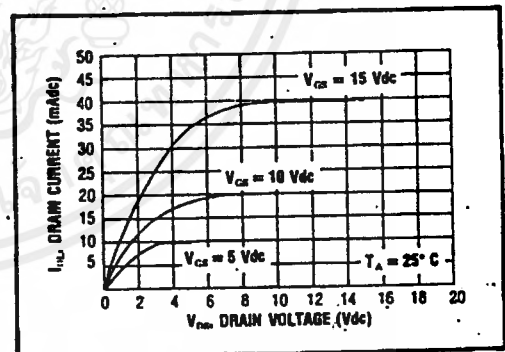
³ This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

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

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME	t _{PLH} , t _{PHL}	5	300	600	ns
		10	150	300	
		15	120	240	
OUTPUT TRANSITION TIME	t _{TLH} , t _{THL}	5	100	200	ns
		10	50	100	
		15	40	80	

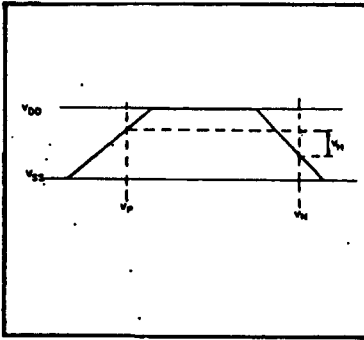


Typical P-Channel
Source Current Characteristics

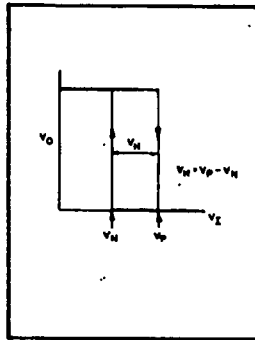


Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

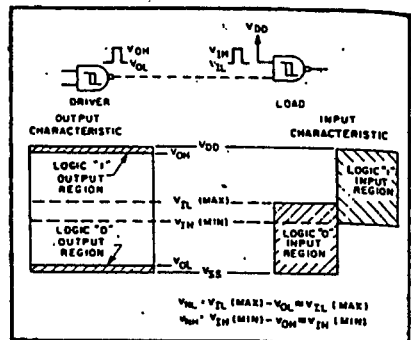
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



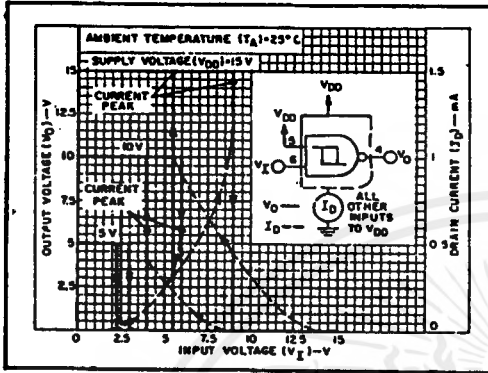
Definition of V_p, V_n and V_h .



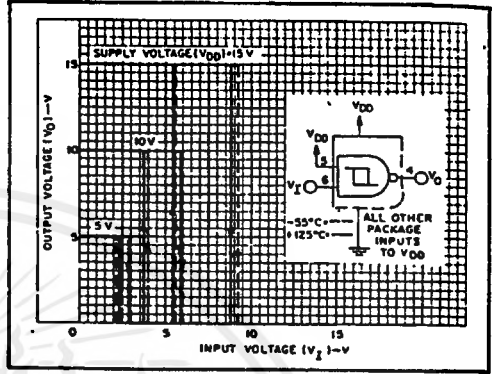
Transfer characteristic of 1 of 4 gates.



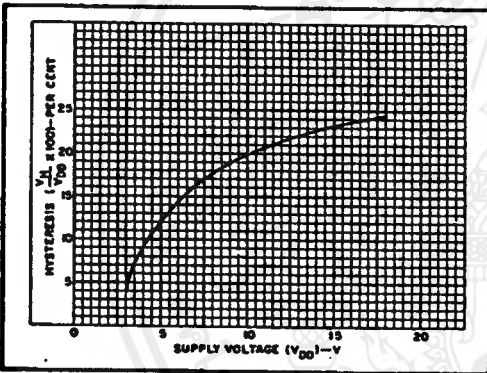
Input and output characteristics.



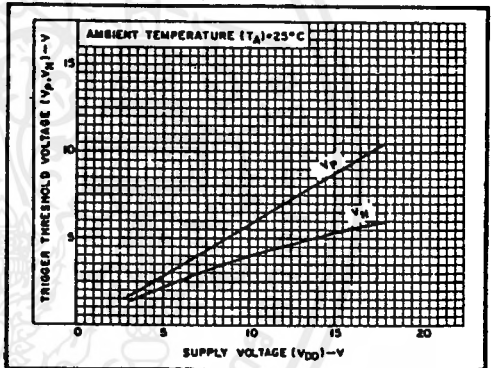
Typical current and voltage transfer characteristics.



Typical voltage transfer characteristics as a function of temperature.

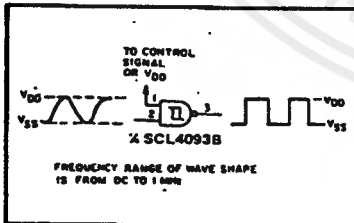


Typical trigger threshold voltage vs. V_{DD} .

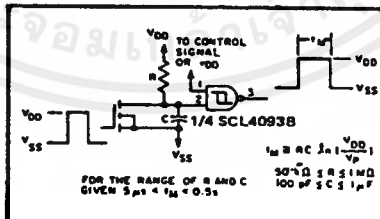


Typical per cent hysteresis vs. supply voltage.

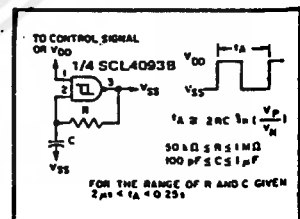
APPLICATIONS INFORMATION



Wave shaper.



Monostable multivibrator.



Astable multivibrator.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD40106BM/CD40106BC Hex Schmitt Trigger

general description

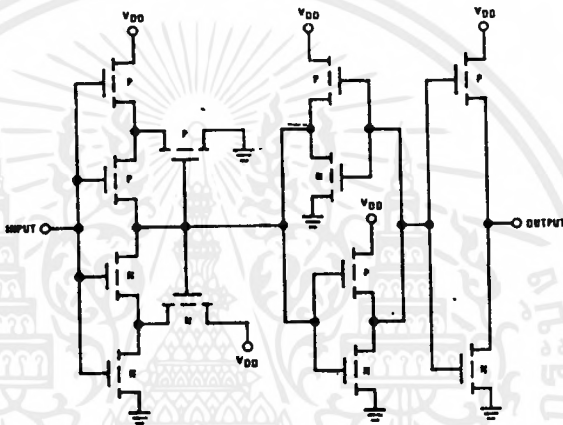
The CD40106B Hex Schmitt Trigger is a monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuit constructed with N and P-channel enhancement transistors. The positive and negative-going threshold voltages, V_{T+} and V_{T-} , show low variation with respect to temperature (typ 0.0005V/°C at $V_{DD} = 10V$), and hysteresis, $V_{T+} - V_{T-} \geq 0.2 V_{DD}$ is guaranteed.

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

features

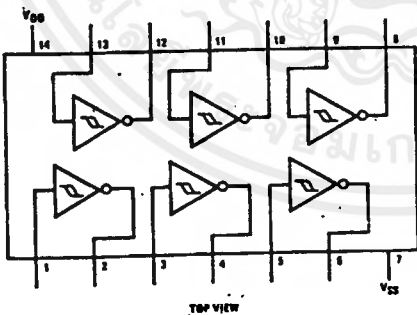
- Wide supply voltage range 3V to 15V
- High noise immunity 0.7 V_{DD} typ
- Low power fan out of 2
TTL compatibility driving 74L
or 1 driving
74LS
- Hysteresis 0.4 V_{DD} typ
0.2 V_{DD} guaranteed
- Equivalent to MM54C14/MM74C14
- Equivalent to MC14584B

schematic diagram

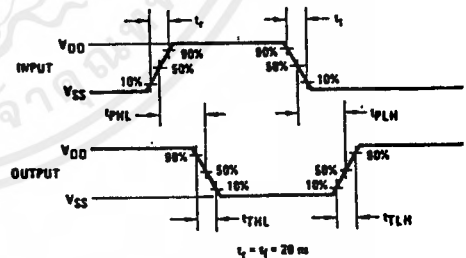


connection diagram

Dual-In-Line Package



switching time waveforms



absolute maximum ratings

(Notes 1 and 2)

V _{DD} dc Supply Voltage	-0.5 to +18 V _{DC}
V _{IN} Input Voltage	-0.5 to V _{DD} +0.5 V _{DC}
T _S Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
P _D Package Dissipation	500 mW
T _L Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

recommended operating conditions

(Note 2)

V _{DD} dc Supply Voltage	3 to 15 V _{DC}
V _{IN} Input Voltage	0 to V _{DD} V _{DC}
T _A Operating Temperature Range	-55°C to +125°C
CD40106BM	-40°C to +85°C
CD40106BC	

dc electrical characteristics CD40106BM (Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	-55°C		25°C			125°C		UNITS
		MIN	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	
I _{DD} Quiescent Device Current	V _{DD} = 5V		1.0			1.0		30	μA
	V _{DD} = 10V		2.0			2.0		60	μA
	V _{DD} = 15V		4.0			4.0		120	μA
V _{OL} Low Level Output Voltage	I _O < 1μA								
	V _{DD} = 5V		0.05			0.05		0.05	V
	V _{DD} = 10V		0.05			0.05		0.05	V
V _{OH} High Level Output Voltage	I _O < 1μA								
	V _{DD} = 5V	4.95		4.95	5		4.95		V
	V _{DD} = 10V	9.95		9.95	10		9.95		V
V _{T-} Negative-Going Threshold Voltage	V _{DD} = 5V, V _O = 4.5V	0.7	2.0	0.7	1.4	2.0	0.7	2.0	V
	V _{DD} = 10V, V _O = 9V	1.4	4.0	1.4	3.2	4.0	1.4	4.0	V
	V _{DD} = 15V, V _O = 13.5V	2.1	6.0	2.1	5.0	6.0	2.1	6.0	V
V _{T+} Positive-Going Threshold Voltage	V _{DD} = 5V, V _O = 0.5V	3.0	4.3	3.0	3.6	4.3	3.0	4.3	V
	V _{DD} = 10V, V _O = 1V	6.0	8.6	6.0	6.8	8.6	6.0	8.6	V
	V _{DD} = 15V, V _O = 1.5V	9.0	12.9	9.0	10.0	12.9	9.0	12.9	V
V _H Hysteresis (V _{T+} - V _{T-})	V _{DD} = 5V	1.0	3.6	1.0	2.2	3.6	1.0	3.6	V
	V _{DD} = 10V	2.0	7.2	2.0	3.6	7.2	2.0	7.2	V
	V _{DD} = 15V	3.0	10.8	3.0	5.0	10.8	3.0	10.8	V
I _{OL} Low Level Output Current	V _{DD} = 5V, V _O = 0.4V	0.64		0.5	0.88		0.36		mA
	V _{DD} = 10V, V _O = 0.5V	1.6		1.3	2.25		0.9		mA
	V _{DD} = 15V, V _O = 1.5V	4.2		3.4	8.8		2.4		mA
I _{OH} High Level Output Current	V _{DD} = 5V, V _O = 4.6V	-0.64		-0.51	-0.88		-0.36		mA
	V _{DD} = 10V, V _O = 9.5V	-1.6		-1.3	-2.25		-0.9		mA
	V _{DD} = 15V, V _O = 13.5V	-4.2		-3.4	-8.8		-2.4		mA
I _{IN} Input Current	V _{DD} = 15V, V _{IN} = 0V		-0.10		-10 ⁻⁵	-0.10		-1.0	μA
	V _{DD} = 15V, V _{IN} = 15V		0.10		10 ⁻⁵	0.10		1.0	μA

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

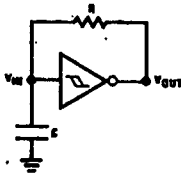
Note 2: V_{SS} = 0V unless otherwise specified.

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

typical applications

Low Power Oscillator

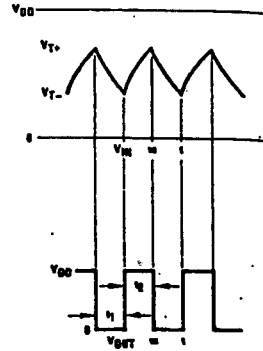


$$t_1 \approx RC \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}$$

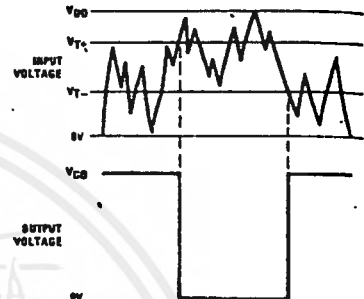
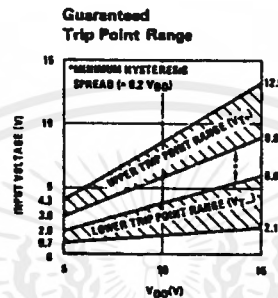
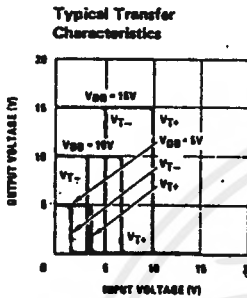
$$t_2 \approx RC \ln \frac{V_{DD} - V_{T-}}{V_{DD} - V_{T+}}$$

$$f \approx \frac{1}{RC \ln \frac{V_{T+} (V_{DD} - V_{T-})}{V_{T-} (V_{DD} - V_{T+})}}$$

Note: The equations assume $t_1 + t_2 \gg t_{pHL} + t_{pLH}$

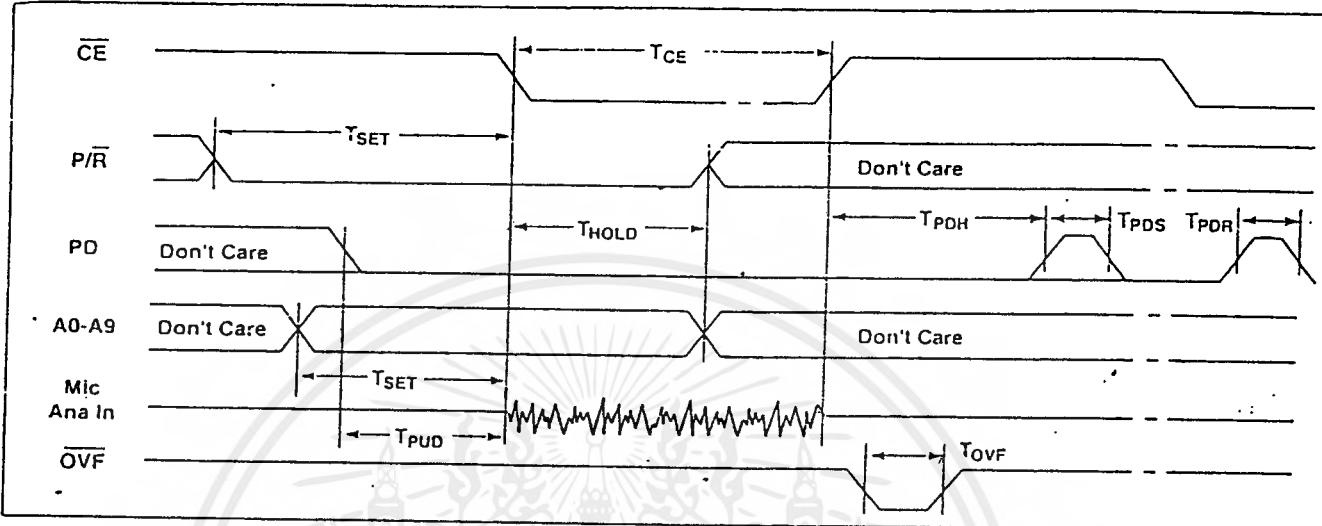


typical performance characteristics

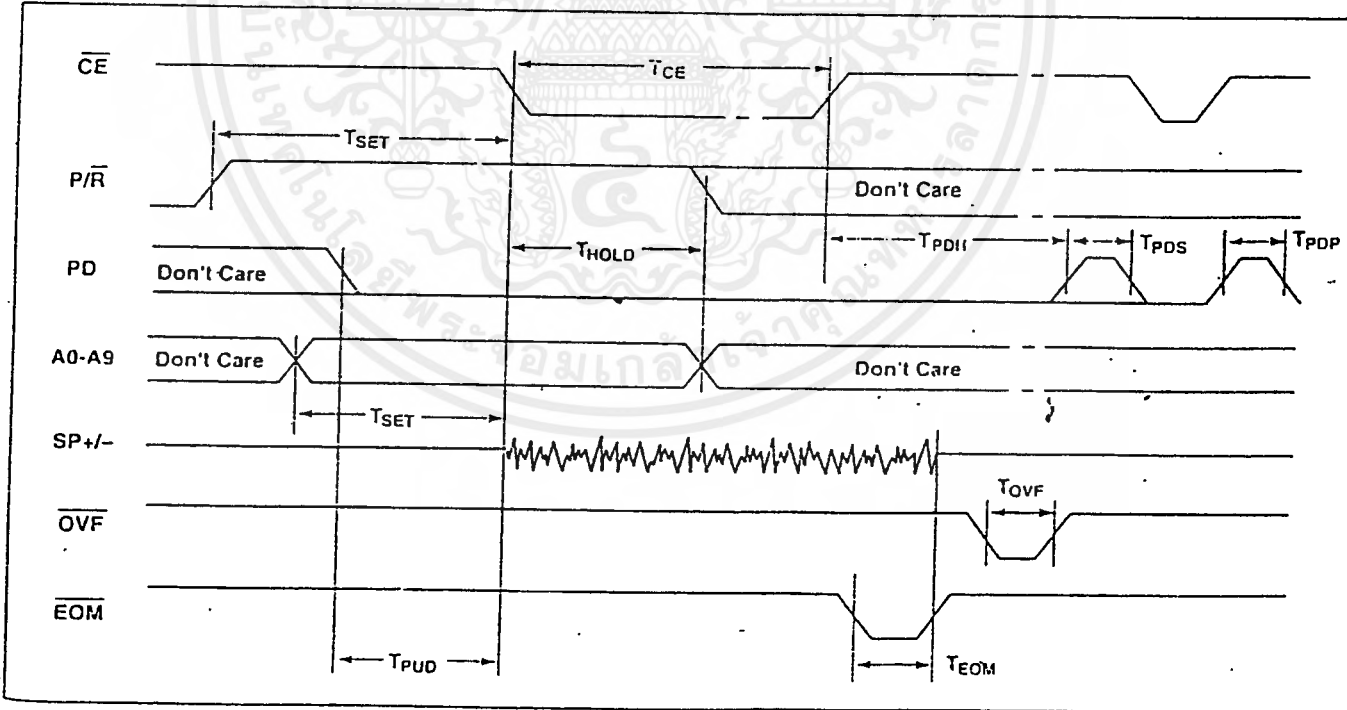


TIMING DIAGRAMS

RECORD



PLAYBACK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

5400/7400 Quadruple 2-Input Positive-NAND Gate

	Schottky TTL			High-Speed TTL			Low-Power Schottky TTL			Standard TTL			Low-Power TTL		
	Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package	
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T. I.	SN54S00	J	D	N	W	SN54H00	J	D	N	W	SN54LS00	J	D	N	W
	SN74S00	J	D	N	W	SN74H00	J	D	N	W	SN74LS00	J	D	N	W
FAIRCHILD	FM54S00/FM5S00	D	D			FM54H00/FM5H00	D	D			FM54LS00/FM5LS00	D	D		
	FC74S00/FC5S00	D	D			FC74H00/FC5H00	D	D			FC74LS00/FC5LS00	D	D		
MOTOROLA						MC3100	L	D			MC5400	L	D		
						MC3000	L	D			MC7400	L	D		
N. S. C.						DM54H00	J	D			DM54S00	J	D		
	DM74S00					DM74H00	J	D			DM74LS00	J	D		
PHILIPS						GJH131/74H00					N74LS00				
	N74S00					S54H00	F	D			FJH131/7400				
SIGNETICS	N54S00	F	D	A	W	N74H00	F	D	A	W	S5400	F	D	A	W
	N74S00	F	D	A	W	N74H00	F	D	A	W	N7400	F	D	A	W
SIEMENS											FLH101				
FUJITSU						MB501					74LS00				
HITACHI											MB400				
	HD74S00										HD74LS00				
MITSUBISHI											HD7400/HD2503				
	M5S000										M74LS00				
NEC											M53200				
	μPB2S00										M74LS00				
TOSHIBA											μPB201				
											74LS00				
											TD3400 A				

Electrical Characteristics SN54LS00/SN74LS00
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

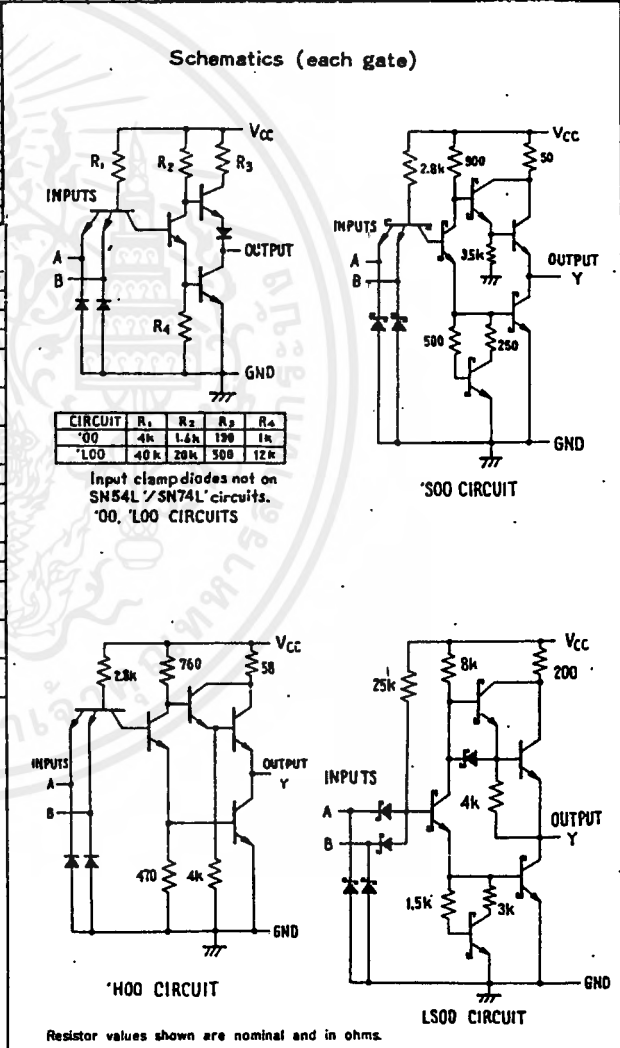
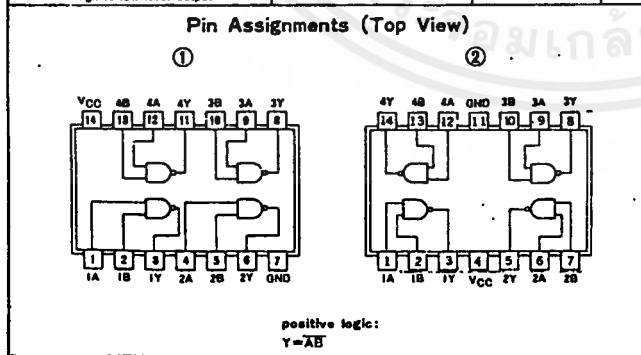
Supply voltage, V _{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
Intermittent voltage	5.5V	Storage temperature range		-55°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54LS00			SN74LS00			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5	5	5.5	4.75	.5	5.25	V
High-level output current, I _{OH}			-400			-400	μA
Low-level output current, I _{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T _A	-55		75	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V _{IH}	High-level input voltage		2		V
V _{IL}	Low-level input voltage			0.8	V
V _I	Input clamp voltage	V _{CC} = MIN, I _I = -18 mA		-1.5	V
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _I L = V _{IL} max, I _{OH} = MAX	2.7	3.4	V
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _I H = 2V, I _{OL} = 4 mA	0.2	0.4	V
I _I	Input current at maximum input voltage	V _{CC} = MAX, V _I = 7V		0.1	mA
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} = MAX, V _I H = 2.7V		20	μA
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} = MAX, V _I L = 0.4V		-0.4	mA
I _{OS}	Short-circuit output current †	V _{CC} = MAX	SNLS Family -20 74LS Family -18	-100	mA
I _{COH}	Supply current	V _{CC} = MAX	Total, outputs high	4	mA
I _{COL}	Supply current	V _{CC} = MAX	Total, outputs low	12	mA
I _{CC}	Supply current	V _{CC} = 5V	Average per gate (50% duty cycle)	0.4	mA
t _{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V _{CC} = 5V, T _A = 25°C, C _L = 15pF, R _L = 20Ω		9	ns
t _{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			10	ns



† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
• Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H / SN74H and SN54S / SN74S, duration of short-circuit should not exceed 1 second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5404/7404 Hex Inverter

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL								
	Device Type	C	P	M	CF	Device Type	C	P	M	CF	Device Type	C	P	M	CF	Device Type	C	P	M	CF	Device Type	C	P	M	CF
T.I.	SN54S04	J	Q		W	SN54H04	J	Q		W	SN54LS04	J	Q		W	SN5404	J	Q		W	SN54L04	J	Q		W
FAIRCHILD	SN74S04	J	Q	ND		SN74H04	J	Q	ND		SN74LS04	J	Q	ND		SN7404	J	Q	ND		SN74L04	J	Q	ND	
MOTOROLA	FMS4S04/FM9S04	DD				FMS4H04/FM9H04	DD				FMS4LS04/FM9LS04	DD				FMS404/FM904	DD				FMS4L04/FM9L04	DD			
N.S.C.	FC74S04/FC9S04	DD	PD			FC74H04/FC9H04	DD	PD			FC74LS04/FC9LS04	DD	PD			FC7404/FC904	DD	PD			FC74L04/FC9L04	DD	PD		
PHILIPS						MC3108	L	Q		F	MC3008	L	Q	PD	F	MC7404	L	Q		F	MC74L04	L	Q	PD	F
SIGNETICS						DM54H04	J	Q	ND		DM54LS04	J	Q	ND		DM5404	J	Q	ND		DM54L04	J	Q	ND	
SIEMENS						DM74H04	J	Q	ND		DM74LS04	J	Q	ND		DM7404	J	Q	ND		DM74L04	J	Q	ND	
FUJITSU											74LS04					MB418									
HITACHI											HD74LS04					HD7404/HD2522									
MITSUBISHI											M74LS04					M53204									
NEC											74LS04					#PB235									
TOSHIBA																TD3404A									

Electrical Characteristics SN54LS04/SN74LS04

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V _{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 75°C
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54LS04			SN74LS04			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I _{OH}			-600			-600	mA
Low-level output current, I _{OL}			4			4	mA
Operating free-air temperature, T _A	-55		125	0		75	°C

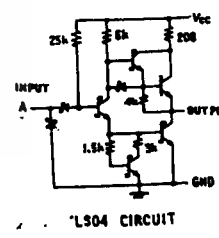
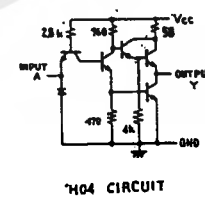
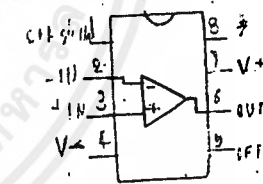
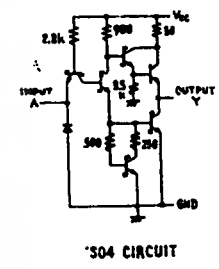
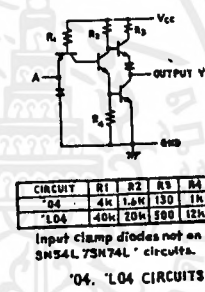
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT	
V _{IH}	High-level input voltage		2		V	
V _{IL}	Low-level input voltage			0.8	V	
V _I	Input clamp voltage	V _{CC} = MIN, I _I = -18mA		-1.5	V	
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IL} = V _{IH} max, I _{OH} = MAX	2.7	3.4	V	
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2V, I _{OL} = 4mA		0.4	V	
I _I	Input current at maximum input voltage	V _{CC} = MAX, V _I = 7V		0.1	mA	
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} = MAX, V _{IH} = 2.7V		20	μA	
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.4V		-0.4	mA	
I _{OS}	Short-circuit output current *	V _{CC} = MAX	54LS Family	-20	-100	mA
I _{QCH}	Supply current ..	V _{CC} = MAX	74LS Family	-20	-100	mA
I _{QCL}	Supply current		Total, outputs high	1.2	2.4	mA
I _{CC}	Supply current	V _{CC} = 5V	Total, outputs low	3.6	6.6	mA
t _{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V _{CC} = 5V, T _A = 25°C, C _L = 15PF, R _L = 2KΩ		9	15	ns
t _{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			10	15	ns

Pin Assignments (Top View)

positive logic:
Y = \bar{A}

Schematics (each gate)



Resistor values shown are nominal and in Ω

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
 ‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
 * Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H/SN74H and SN54S/SN74S, duration of short-circuit should not exceed 1 second.

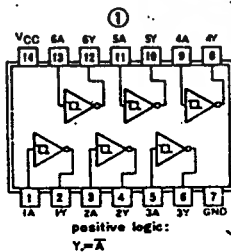
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5414/7414 Hex Schmitt-Trigger Inverter

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M/CF		C	P	M/CF		C	P	M/CF		C	P	M/CF		C	P	M/CF
T.I.																				
FAIRCHILD								SN54LS14	J(D)		WD	SN5414	J(D)		WD					
MOTOROLA								SN74LS14	J(D)	(D)		SN7414	J(D)	(D)						
N.S.C.								FM54LS14/FM74LS14	Q(D)		FD	FM5414/FM7414	Q(D)		WD					
PHILIPS								RC74LS14/RC74LS14	Q(D)	PD	FD	RC7414/RC7414	Q(D)	PD						
SIGNETICS								SN74LS14				MC7414								
SIEMENS								DM54LS14				DM5414	J(D)	(D)		WD				
FUJITSU								DM74LS14				DM7414	J(D)	(D)		WD				
HITACHI								N74LS14				N7414								
MITSUBISHI								N74LS14				N5414	F(T)	B(D)						
NEC								N74LS14				N7414	F(T)	B(D)						
TOSHIBA																				

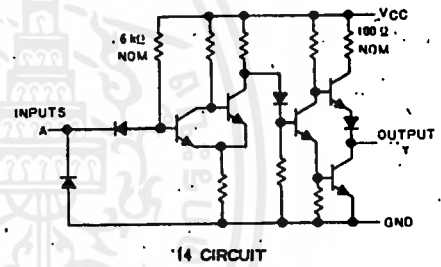
Electrical Characteristics SN54LS14/SN74LS14				
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range				
Supply voltage, V _{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS -55°C to 125°C	
Input voltage	7V		SN74LS 0°C to 70°C	
		Storage temperature range	-65°C to 150°C	
recommended operating conditions				
	SN54LS14		SN74LS14	
	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5	5	5.5	
High-level output current, I _{OH}			-400	
Low-level output current, I _{OL}			4	
Operating free-air temperature, T _A	-55	125	0	
			70	
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range				
PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ± MAX	UNIT
V _{T+}	Positive-going threshold voltage	V _{CC} =5V	1.4 1.6 1.9	V
V _{T-}	Negative-going threshold voltage	V _{CC} =5V	0.5 0.8 1	V
Hysteresis (V _{T+} - V _{T-})		V _{CC} =5V	0.4 0.8	V
V _I	Input clamp voltage	V _{CC} =MIN, I _I = -18 mA		-1.5
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} =MIN, V _I = V _{T-} min, I _{OH} = MAX	2.7 3.4	V
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} =MIN, V _I = V _{T+} max, I _{OL} = 4 mA	0.25 0.4	V
I _{T+}	Input current at positive-going threshold	V _{CC} =5V, V _I = V _{T+}	-0.14	mA
I _{T-}	Input current at negative-going threshold	V _{CC} =5V, V _I = V _{T-}	-0.18	mA
I _I	Input current at maximum input voltage	V _{CC} =MAX, V _I = 7V		0.1
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} =MAX, V _I = 2.7V		20
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} =MAX, V _I = 0.4V		-0.4
I _{qs}	Short-circuit output current ‡	V _{CC} =MAX	-20	-100
I _{CC}	Supply current		8.6	16
	Total, output high	V _{CC} =MAX	12	21
	Total, output low	V _{CC} =MAX	1.72	
Average per gate		V _{CC} =5V, 50% duty cycle		
t _{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V _{CC} =5V, T _A =25°C	15 22	ns
t _{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output	C _L = 15 pF, R _L = 2kΩ	15 22	ns

Pin Assignment (Top View)

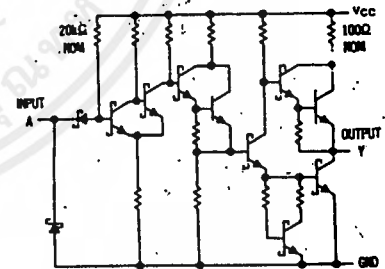


positive logic:
Y_i = \bar{X}

Schematics (each gate)



14 CIRCUIT



LS14 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
 ‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
 § Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่วาทกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5475/7475 4-Bit Bistable Latch

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL						
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package					
		C	P	MCF		C	P	MCF		C	P	MCF		C	P	MCF		C	P	MCF			
T.I.									SN54LS75	J	Q	W	Q	SN5475	J	Q	W	Q	SN54L75	J	Q	W	
FAIRCHILD									SN74LS75	J	Q	N	Q	SN7475	J	Q	N	Q	SN74L75	J	Q	N	Q
MOTOROLA														FM5475/FM9375	D	Q	F	Q					
N.S.C.									DM54LS75					DM5475	J	Q	W	Q	DM54L75A				
PHILIPS									DM74LS75					DM7475	J	Q	N	Q	DM74L75A				
SIGNETICS									N74LS75					FJ181/7475									
SIEMENS									N74LS75	A				S5475	B								
FUJITSU														N7475	B								
HTACHI														FLJ151									
MITSUBISHI									HD74LS75	P				HD7475/HD2517	Q	P	Q						
NEC									M74LS75	P				M53275		P	Q						
TOSHIBA														TPB217	D	Q	C	Q					
														TD3475A		P	Q						

Electrical Characteristics SN54LS75/SN74LS75

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	5.5V	SN74LS	0°C to 70°C	
Intermittent voltage (see Note 1)	5.5V	Storage temperature range		-65°C to 150°C

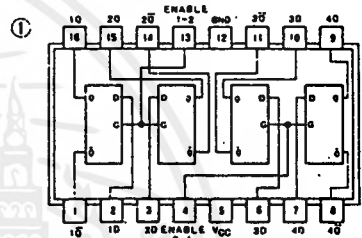
recommended operating conditions

	SN54LS75			SN74LS75			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			-400			-400	μ A
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Width of enabling pulse, t_w	20		20				ns
Data hold time, t_{hold}	0		0				ns
Setup time, t_{setup}	20		20				ns
Operating free-air temperature, T_A	-55	125	0	70			°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT		
V_{IH}	High-level input voltage		2		V		
V_{IL}	Low-level input voltage			0.8	V		
V_I	Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, I_I = -18 \text{ mA}$		-1.5	V		
V_{OH}	High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V.}, V_{IL} = 0.8 \text{ V.}, I_{OH} = -400 \mu\text{A}$	2.7	3.4	V		
V_{OL}	Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN.}, V_{IH} = 2 \text{ V.}, V_{IL} = 0.8 \text{ V.}, I_{OL} = 8 \text{ mA}$	0.25	0.4	V		
I_I	Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 7 \text{ V}$	0.1		mA		
			0.4		mA		
I_{IH}	High-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 2.7 \text{ V}$	20		μ A		
			80		μ A		
I_{IL}	Low-level input current	$V_{CC} = \text{MAX.}, V_I = 0.4 \text{ V}$	-0.4		mA		
			-1.6		mA		
I_{OS}	Short-circuit output current †	$V_{CC} = \text{MAX.}$	SN54LS	-20	-100	mA	
			SN74LS	-20	-100	mA	
I_{CC}	Supply current	$V_{CC} = \text{MAX.}$	See Note 2	SN54LS	6.3	12	mA
				SN74LS	6.9	13	mA
t_{PLH}	from D to output Q	$V_{CC} = 5 \text{ V.}, T_A = 25^\circ\text{C.}, C_L = 15 \text{ pF.}, R_L = 2 \text{ k}\Omega$	15	27	ns		
			9	17	ns		
t_{PLH}	from D to output \bar{Q}		12	20	ns		
			7	15	ns		
t_{PHL}	from Q to output Q		15	27	ns		
			14	25	ns		
t_{PHL}	from Q to output \bar{Q}	16	30	ns			
		7	15	ns			

Pin Assignment (Top View)

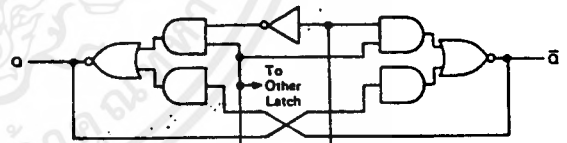


positive logic; see function table

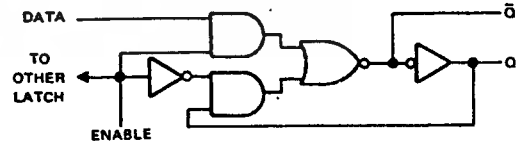
FUNCTION TABLE 75LS75 (Each Latch)

INPUTS		OUTPUTS	
D	Q	Q	\bar{Q}
L	H	L	H
H	H	H	L
X	L	O ₀	O ₀

H = high level, L = low level, X = irrelevant
O₀ = the level of Q before the high-to-low transition of Q



75LS75 4-BIT BISTABLE LATCH



LS75 4-BIT BISTABLE LATCH

NOTES: 1. This is the voltage between two emitters of a multiple-emitter input transistor.
2. I_{CC} is tested with all inputs grounded and all outputs open.

† For conditions shown as MIN or MAX, use appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V.}, T_A = 25^\circ\text{C.}$

◆ Not more than one output should be shorted at a time.

■ t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output

t_{PHL} = propagation delay time, high-to-high-level output

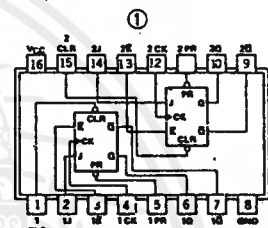
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54109/74109 Dual J-K Positive-Edge-Triggered Flip-Flop with Preset and Clear

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package	
			C	P			M	CF			C	P			M	CF			C	P
T.I.																				
FAIRCHILD									SN54LS109	J(U)		W(D)	SN54109	J(U)		W(L)				
MOTOROLA									SN74LS109	J(U)	N(U)		SN74109	J(U)	N(H)					
N.S.C.									DM54LS109			(D)	DM54109			(D)				
PHILIPS									DM74LS109			(D)	DM74109			(D)				
SIGNETICS									N74LS109			(D)	N74109			(D)				
SIEMENS									N74LS109			(D)	N74109			(D)				
FUJITSU									N74LS109			(D)	N74109			(D)				
HTACHI									N74LS109			(D)	N74109			(D)				
MTSUBISHI									N74LS109			(D)	N74109			(D)				
NEC									N74LS109			(D)	N74109			(D)				
TOSHIBA									N74LS109			(D)	N74109			(D)				

Electrical Characteristics SN54LS109 SN74LS109					
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range					
Supply voltage, V _{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C	
Input voltage	7V	Storage temperature range	SN74LS	0°C to 75°C	
		Storage temperature ramp		-55°C to 150°C	
recommended operating conditions					
			SN54LS109	SN74LS109	UNIT
Supply voltage, V _{CC}			MIN	MAX	MIN
High-level output current, I _{OH}			4.5	5	5
Low-level output current, I _{OL}			-400	-4	-400
Setup time, t _s			25	25	ns
Hold time, t _h			20	20	ns
Propagation delay, t _{pd}			5	5	ns
Operating free-air temperature, T _A			-55	125	75
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range					
PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V _{IH}	High-level input voltage		2		V
V _{IL}	Low-level input voltage			0.8	V
V _I	Input clamp voltage	V _{CC} =MIN, I _I =-18mA		-1.5	V
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} =MIN, V _{IH} =2V, V _{IL} =0.8V, I _{OH} =MAX	2.7	3.4	V
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} =MIN, V _{IH} =2V, V _{IL} =0.8V, I _{OL} =4mA	0.25	0.4	V
I _I	Input current at maximum input voltage	D.J.K., Clear, Preset, Clock		0.1	mA
I _{IH}	High-level input current	D.J.K., Clear, Preset, Clock		20	µA
I _{IL}	Low-level input current	D.J.K., Clear, Preset, Clock		-0.4	mA
I _{OS}	Short-circuit output current	Series 54LS, Series 74LS		-20	mA
I _{CC}	Supply current (Average per flip-flop)	V _{CC} =MAX, See Note 1		4	mA
f _{max}	maximum clock frequency	V _{CC} =5V, T _A =25°C, C _L =15pF, R _L =2kΩ	25	33	MHz
t _{PLH}	from clear, Preset or clock to Q or Q̄		13	25	ns
t _{PHL}			25	40	ns

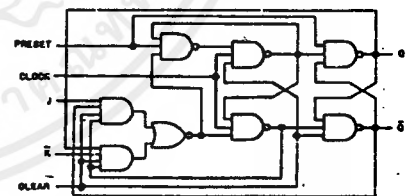
Pin Assignment (Top View)



Function Table 109, 'LS109 (See Note 2)

INPUTS				OUTPUTS	
PRESET	CLEAR	CLOCK	J	K	Q
L	H	X	X	X	H
H	L	X	X	X	L
L	L	X	X	X	H*
H	H	↑	L	L	L
H	H	↑	H	L	TOGGLE
H	H	↑	L	H	Q ₀
H	H	↑	H	H	L
H	H	L	X	X	Q ₀

Functional Block Diagrams



109 'LS109-DUAL J-K WITH CLEAR AND PRESET

- NOTES: 1. With all outputs open, I_{CC} is measured with the Q and Q̄ outputs high in turn. At the time of measurement, the clock input is grounded.
2. H = high level (steady state), L = low level (steady state), X = Irrelevant.
- ↑ = transition from low to high level
- Q₀ = the level of Q before the indicated input conditions were established.
- TOGGLE: Each output changes to the complement of its previous level on each active transition (pulse) of the clock.
- * This configuration is nonstable; that is, it will not persist when preset and clear inputs return to their inactive (high) state.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.

• Not more than one output should be shorted at a time.

n t_{PLH}=propagation delay time, low-to-high-level output.

n t_{PHL}=propagation delay time, high-to-low-level output.

↑ The arrow indicates that the rising edge of the clock pulse is used for reference.

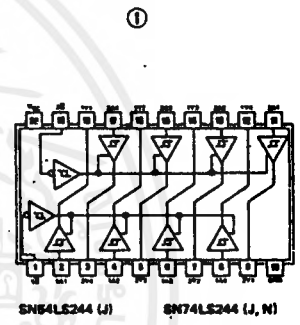
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54244/74244 Octal Buffers/Line Drivers/Line Receivers

	Schttky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL				
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			
		C	P	MCF		C	P	MCF		C	P	MCF		C	P	MCF		C	P	MCF	
T. I.									SN54LS244	U	D										
FAIRCHILD									SN74LS244	U	CD										
MOTOROLA																					
N. S. C.																					
PHILIPS																					
SIGNETICS																					
SIEMENS																					
FUJITSU																					
HITACHI																					
MITSUBISHI																					
NEC																					
TOSHIBA																					

Electrical Characteristics SN54LS244/SN74LS244				
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range				
Supply voltage, VCC	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	55°C to 125°C
Input voltage	5.5V	temperature range	SN74LS	0°C to 70°C
Intermittent voltage	5.5V	Storage temperature range		-65°C to 150°C
recommended operating conditions				
	LS54LS244		SN74LS244	
	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, VCC	4.5	5	5.5	V
High-level output current, IOH			12	mA
Low-level output current, IOL			12	mA
Operating free-air temperature, TA	55		125	°C
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)				
PARAMETER	TEST CONDITIONS †	SN74LS		UNIT
		MIN	TYP ‡	MAX
V _{IH}	High-level input voltage		2	V
V _{IL}	Low-level input voltage		0.8	V
V _{IK}	Input clamp voltage	VCC = MIN, I _I = -18mA		-1.5
	Hysteresis(V _{T+} - V _{T-})	VCC = MIN	0.2	0.4
V _{OH}	High-level output voltage	VCC = MIN, V _{IH} = 2V, V _{IL} = V _{ILmax} , I _{OH} = -3mA	2.4	3.4
		VCC = MIN, V _{IH} = 2V, V _{IL} = 0.5V, I _{OH} = MAX	2	
V _{OL}	Low-level output voltage	VCC = MIN, V _{IH} = 2V, V _{IL} = V _{ILmax}		0.4
		I _{OL} = 12mA		0.5
		I _{OL} = 24mA		
I _{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied	VCC = MAX, V _{IH} = 2V, V _{IL} = V _{ILmax}		20
I _{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied	VCC = MAX, V _{IH} = 2V, V _{IL} = V _{ILmax}		-20
I _I	Input current at maximum input voltage	VCC = MAX, V _I = 7V		0.1
I _{IH}	High-level input current, any input	VCC = MAX, V _I = 2.7V		20
I _{IL}	Low-level input current	VCC = MAX, V _I = 0.4V		-0.2
I _{OS}	Short-circuit output current †	VCC = MAX	-40	-225
I _{CC}	Supply current	VCC = MAX	Outputs high	
			Outputs low	
			All outputs disabled	
		LS244	27	46
		LS244	32	54
switching characteristics, VCC 5V, TA 25°C				
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX
t _{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output		9	14
t _{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output	CL = 45pF, RL = 667Ω, See Note 2	12	18
t _{PZL}	Output enable time to low level		20	30
t _{PZH}	Output enable time to high level		15	23
t _{PLZ}	Output disable time from low level	CL = 50F, RL = 667Ω, See Note 2	15	25
t _{PHZ}	Output disable time from high level		10	18

Pin Assignment (Top View)



† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
 ‡ All typical values are at VCC = 5V, TA = 25°C.
 †† Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.
 NOTE 2 : Load circuit and voltage wave forms are shown on page 3-11.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54374/74374 Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M		CF	C	P		M	CF	C		P	M	CF		C	P	M
T.L.	SN54S374	J	Q						SN54LS374	J	Q									
	SN74S374	J	Q	N	T				SN74LS374	J	Q	N	T							
FAIRCHILD																				
MOTOROLA																				
N.S.C.																				
PHILIPS																				
SIGNETICS																				
SIEMENS																				
FUJITSU																				
HITACHI																				
MITSUBISHI																				
NEC																				
TOSHIBA																				

Electrical Characteristics SN54LS374/SN74LS374

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V _{CC}	TV	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	TV	Storage temperature range	SN74LS	0°C to 70°C
				-65°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54LS374			SN74LS374			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output voltage, V _{OH}			-400			-400	μA
High-level output current, I _{OH}			16			16	mA
Width of clock enabling pulse, t _w	High	15		15			ns
	Low	15		15			ns
Data hold time, t _{hold}		0†		0†			ns
Setup time, t _{setup}		20†		20†			ns
Operating free-air temperature, T _A		-55	125		0	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

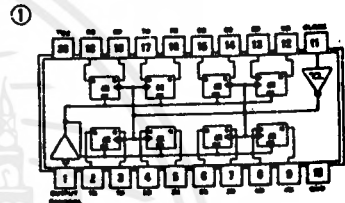
PARAMETER	TEST CONDITIONS‡	MIN	TYP‡	MAX	UNIT	
V _{IH}	High-level input voltage		2		V	
V _{IL}	Low-level input voltage			0.8	V	
V _{IK}	Input clamp voltage	V _{CC} =MIN, I _I =-18mA		-1.5	V	
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} =MIN, V _{IH} =2V, V _{IL} =V _{IL} max, I _{OH} =MAX	2.4	3.1	V	
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} =MIN, V _{IH} =2V, V _{IL} =V _{IL} max, I _{OL} =24mA		0.35	0.5	V
I _{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied	V _{CC} =MAX, V _{IH} =2V, V _O =2.7V		20	μA	
I _{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied	V _{CC} =MAX, V _{IH} =2V, V _O =0.4V		-20	μA	
I _I	Input current at maximum input voltage	V _{CC} =MAX, V _I =7V		0.1	mA	
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} =MAX, V _I =2.7V		20	μA	
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} =MAX, V _I =0.4V		-0.4	mA	
I _{OS}	Short-circuit output current †	V _{CC} =MAX, Output control at 1.5V	-30	-130	mA	
I _{CO}	Supply current	V _{CC} =MAX, Output control at 1.5V	27	40	mA	

switching characteristics, V_{CC}=5V, T_A=25°C

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f _{MAX}				35	50		MHz
t _{PLH}	Data	Any 0	C _L =45pF, R _L =667Ω. See Notes 2 and 3		15	25	ns
t _{PHL}	Clock or enable	Any 0			19	28	ns
t _{PZH}	Output Control	Any 0			20	28	ns
t _{PZL}	Output Control	Any 0			21	28	ns
t _{PHZ}	Output Control	Any 0	C _L =5pF, R _L =667Ω. See Note 3		12	20	ns
t _{PLZ}	Output Control	Any 0			14	25	ns

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
 ‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
 § Not more than one output should be shorted at a time and duration of the short circuit should not exceed one second.

Pin Assignment (Top View)



SN54LS374 (J) SN74LS374 (J, N)
 SN54S374 (J) SN74S374 (J, N)

LS374, 7374
 FUNCTION TABLE

OUTPUT CONTROL	CLOCK	D	OUTPUT
L	↑	H	H
L	↑	L	L
L	L	X	Q ₀
H	X	X	Z

NOTES: 2. Maximum clock frequency is tested with all outputs loaded.
 3. See load circuits and waveforms on page 3-11.

f_{MAX} = maximum clock frequency
 t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output
 t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output
 t_{PZH} = output enable time to high level
 t_{PZL} = output enable time to low level
 t_{PHZ} = output disable time from high level
 t_{PLZ} = output disable time from low level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

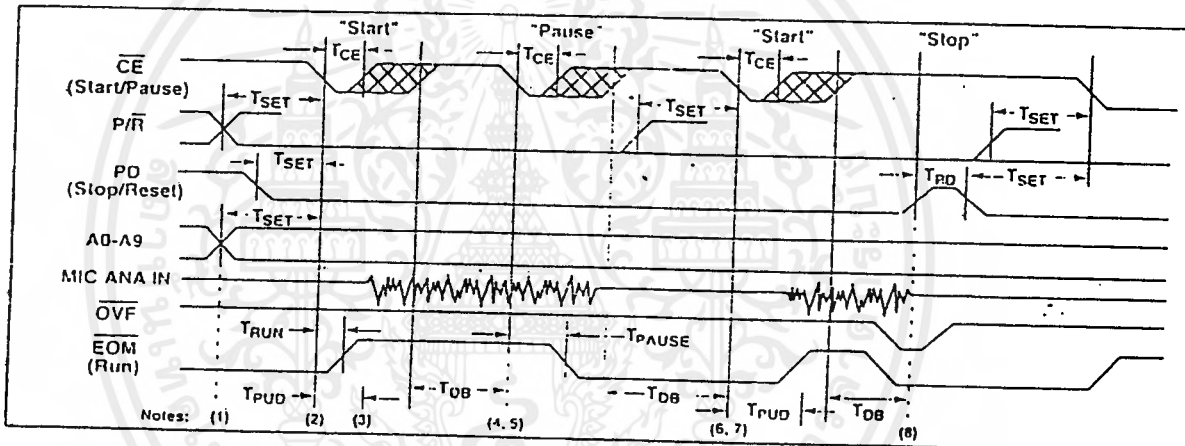
PUSH-BUTTON AC PARAMETERS

Symbol	Characteristic	Min	Typ ⁽¹⁾	Max	Units	Conditions
T _{CE}	\overline{CE} Pulse Width [Start/Pause]		300		nsec	
T _{SET}	Control/Address Setup Time		300		nsec	
T _{PUD}	Power-Up Delay - ISD2560 - ISD2575 - ISD2590		25 31.25 37.25		msec msec msec	
T _{PD}	PD Pulse Width [Stop/Reset]		300		nsec	
T _{RUN}	\overline{CE} to \overline{EOM} HIGH	25		100	nsec	
T _{PAUSE}	\overline{CE} to \overline{EOM} LOW	50		400	nsec	
T _{DB}	\overline{CE} HIGH Debounce - ISD2560 - ISD2575 - ISD2590	70 85 105		105 135 160	msec msec msec	

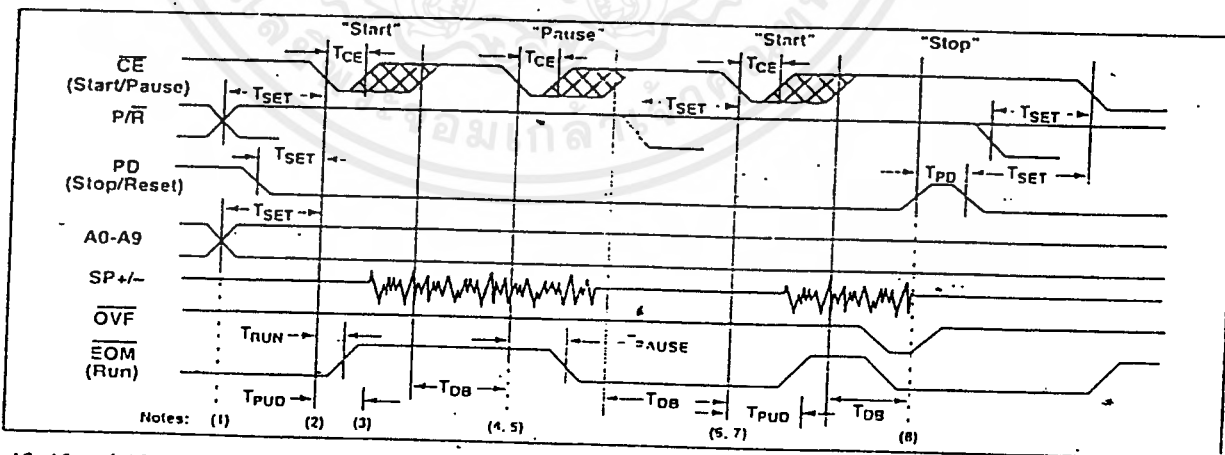
Notes: 1. Typical values @ T_A = 25° C and 5.0 V.

TIMING DIAGRAMS

PUSH-BUTTON MODE RECORD



PUSH-BUTTON MODE PLAYBACK



- Notes:
1. A9, A8, and A6 = 1 for push-button operation.
 2. The first \overline{CE} LOW pulse performs a Start function.
 3. The part will begin to play or record after a power-up delay T_{PUD}.
 4. The part must have \overline{CE} HIGH for a debounce period T_{DB} before it will recognize another falling edge of \overline{CE} and pause.
 5. The second \overline{CE} LOW pulse, and every even pulse thereafter, performs a Start function.
 6. Again, the part must have \overline{CE} HIGH for a debounce period T_{DB} before it will recognize another falling edge of \overline{CE} , which would restart an operation. In addition, the part will not do an internal power down until \overline{CE} is HIGH for the T_{DB} time.
 7. The third \overline{CE} LOW pulse, and every odd pulse thereafter, performs a Reset function.
 8. At any time, a HIGH level on PD will stop the current function, reset the address counter, and power down the device.

บรรณานุกรม

- [1] Kuttruff ,H. ,“ Ultrasonic Fundamentals and Application ” Elsevier Science Publishers LTD. , London and New York , 1991
- [2] Belincourt , don. , “ Ultrasonic transducer materials , edited by o.e. mattiat. New York , Plenum Press 1971
- [3] Hatano , H. and Kanai , S. , “ High – Frequency Ultrasonic Cleaning tank Utilizing Oblique Incidence ” IEEE. Transactions on Ultrasonic , Ferroelectrics , and frequency , Control , Vol. 43, No. 4 , July, 1996
- [4] Muhammad H. Rashid , “ Power Electronics ”, Prentice – Hall , New Jersey , 1988
- [5] MOTOROLA , “ TMOS POWER MOSFET DATA ” , Fourth Edition , Third Printing , 1989
- [6] เขมิตคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ , “ เทคนิคการใช้อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ ” หน้า 58 – 73 , ฉบับที่ 44 , เมษายน , 2524
- [7] Charles D. Rakes , “ Ultrasonic circuit ” , Popular Electronics , Page 72-74&83 , December 1994