สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องนับจำนวนตลับ CD ด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค

CHECKING NUMBER OF CASKET COMPACK DISC USING ULTRASONIC WAVE

T042287

โดย

นายพิเชษฐ์ วิลามาศ

นายพิพัฒน์ เรืองสวัสดิ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42287
วัน, เดือน, ปี 16 พ.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องนับจำนวนตลับ CD ด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค

CHECKING NUMBER OF CASKET COMPACK DISC USING ULTRASONIC WAVE

โดย

นายพิเชษฐ์ วิลามาศ

นายพิพัฒน์ เรืองสวัสดิ์



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุริภณ สมควรพาณิชย์

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง เครื่องนับจำนวนซีดี CD ด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค

CHECKING NUMBER OF CASKET COMPACK DISC USING ULTRASONIC WAVE

จัดทำโดย นายพิเชษฐ์ วิลามาศ

นายพิพัฒน์ เรืองสวัสดิ์

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.สุริภณ สมควรพาณิชย์)

วันที่ 30/มี.ค./44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องนับจำนวนตลับ CD ด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค

นายพิเชษฐ์ วิลามาศ รหัสประจำตัว 41013181
นายพิพัฒน์ เรืองสวัสดิ์ รหัสประจำตัว 41013183
ผศ.ดร.สุริภณ สมควรพาณิชย์ (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการสร้างเครื่องนับจำนวนตลับ CD โดยจะใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคที่มีความถี่ประมาณ 40KHz เมื่อเครื่องเริ่มส่งคลื่นอุลตร้าโซนิคออกไป วงจรนับจะเริ่มนับพัลส์ที่มีความถี่เท่ากับความเร็วของคลื่นอุลตร้าโซนิคที่มีหน่วยเป็น เซนติเมตรต่อวินาที เมื่อคลื่นสะท้อนจากตลับ CD มาถึงตัวรับวงจรนับจะหยุดนับ ดังนั้นค่าที่ได้จากวงจรนับจึงเป็น 2 เท่าของระยะทางจากเครื่องถึงตลับ CD ดังนั้นเพื่อจะให้ได้ระยะทางจริงจึงต้องหารด้วย 2 และค่าที่ได้จากวงจรนับจะนำไปเข้าวงจรลบเลข BCD เพื่อคำนวณจำนวนตลับ CD ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHECKING NUMBER CASKET COMPACK DISC USING ULTRASONIC WAVE

Mr.Piched Wilamas

Mr.Pipat Reongsawat

Asst. Prof.Surepon Somkuanpanit (Advisor)

2nd Semester, Educational Year 2000

Abstract

This thesis, we present the basic CHECKING NUMBER CASKET COMPACK DISC USING ULTRASONIC WAVE with 40 KHz frequency. When the ultrasonic wave send, the counter circuit is starting count up and stop count up when the ultrasonic wave was reflected. Thus, the distance is twofold and then the real distance is divide by 2. This distance will be sent to the BCD subtracter circuit which is a calculate circuit the number of casket compack disc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 คลื่นอุลตร้าโซนิค	2
2.2 เปียโซอิเลกทริค ทรานดิวเซอร์	7
2.3 ชนิดของเปียโซอิเลกทริคทรานดิวเซอร์	13
บทที่ 3 การทำงานของเครื่องนับตลับ CD	
3.1 บล็อกไดอะแกรม	16
3.2 ภาคส่งและกำเนิดความถี่ 40 KHz	17
3.3 ภาครับ	18
3.4 วงจรปิดเกต	19
3.5 วงจรกำเนิดความถี่ 17.3 KHz	19
3.6 วงจรหารความถี่, วงจรโมโนสเตเบิล และวงจรนับความถี่ 17.3 KHz	21
3.7 วงจรลบเลข BCD	23
3.8 BCD to 7-segment decoder/driver	26
3.9 วงจรส่งสัญญาณเตือนเมื่อจำนวนตลับ CD เท่ากับ 12 ตลับ	27
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดลองวงจรกำเนิดความถี่ 40 KHz	30
4.2 ผลการทดลองวงจรภาครับสัญญาณ	31
4.3 ผลการทดลองวงจรกำเนิดความถี่ 17.3 KHz	32
4.4 ผลการทดลองวงจรหารความถี่	32
4.5 ผลการทดลองวงจรนับ	35
4.6 ผลการทดลองวงจรวัดระยะทาง	36
4.7 ผลการทดลองเครื่องนับตลับ CD	38
บทที่ 5 ข้อเสนอแนะและวิจารณ์	
5.1 คุณสมบัติของเครื่องนับตลับ CD	39
5.2 ข้อจำกัดในการส่งและรับคลื่นอุลตร้าโซนิค	39
5.3 การพัฒนาและการประยุกต์เครื่องนับตลับ CD	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบของการอัดและการขยายของคลื่นเสียง	4
รูปที่ 2.2 แสดงผลของเปียโซอิเลกทริค	8
รูปที่ 2.3 แสดงผลึกควอทซ์ และลักษณะการตัดผลึก	10
รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของแรงที่มากระทำ กับแผ่นซิมเปิลเพลทในทิศทางต่างๆ	11
รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะการต่อเปียโซอิเลกทริคแบบไบเมอร์ฟ	12
รูปที่ 2.6แสดงการต่อวัสดุเปียโซอิเลกทริคในโหมดของคอมเพลสชั่น-เอ็กซ์แพนชั่น	12
รูปที่ 2.7 แสดงการต่อวัสดุเปียโซอิเลกทริคเป็นแบบสแตค ในลักษณะของทวิสเตอร์	13
บทที่ 3 การทำงานของเครื่องนับจำนวนตลับ CD	
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องนับจำนวนตลับ CD	16
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรภาคส่งและกำเนิดความถี่ 40 KHz	18
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภาครับสัญญาณ	18
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรปิดเกต	19
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบลเตอร์ใช้ IC เบอร์ 40106	19
รูปที่ 3.6 แสดงการต่อ Rs เข้ากับวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบลเตอร์เพื่อให้ความถี่ของวงจรไม่แปรตามความถี่มากนัก	21
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบลเตอร์ที่ใช้กำเนิดความถี่ 17.3 KHz	21
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรหารความถี่, วงจรโมโนสเตเบิลและวงจรนับความถี่ 17.3 KHz	21
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรลบเลข BCD ขนาด 1 หลักที่ให้เอาท์พุทเป็นบวกเท่านั้น	25
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรลบเลข BCD ขนาด 2 หลักที่ใช้ในโครงงาน	26
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรแปลงรหัส BCD to 7-segment เพื่อแสดงจำนวนตลับ CD	27
รูปที่ 3.12 แสดงวงจรส่งสัญญาณเตือนเมื่อจำนวนตลับ CD เท่ากับ 12 ตลับ	27
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรเครื่องนับจำนวนตลับ CD	29
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากวงจรรูปที่ 3.2	30
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณควบคุมการกำเนิดความถี่ 40 KHz	30
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากวงจรรูปที่ 3.3	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากวงจรรูปที่ 3.5	32
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของวงจรหารความถี่	32
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณรีเซ็ตวงจรนับ	33
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณแลทช์วงจรนับ	33
รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณรีเซ็ตฟลิปฟลอป	34
รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณควบคุมการกำเนิดความถี่ 40 KHz	34
รูปที่ 4.10 แสดงจำนวนพัลส์ที่นับได้ซึ่งจะมีค่าเท่ากับระยะทาง	35
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลการทดลองวงจรวัดระยะทาง	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรวัดระยะทาง	37
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเคื่องนับตลับ CD	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านแสงและเสียง(Technology light and ultrasonic) ได้มีการพัฒนารุดหน้าไปมากและมีการนำไปประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการสื่อสารผ่านเส้นใยนำแสง อุปกรณ์ทางด้านการแพทย์จำพวกเลเซอร์ (Medical laser device) เครื่องล้างอุปกรณ์โดยใช้อุลตร้าโซนิค เครื่องควบคุมระยะไกล (Remote control) และอื่นๆ อีกมากมาย ในโครงงานนี้จะเป็นการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านเสียงอุลตร้าโซนิคมาประยุกต์ใช้ในงานทางด้านเครื่องมือวัด (Measurement)

เครื่องนับจำนวนตลับ CD (Checking number of casket compack disc) เป็นเครื่องมือนำมาใช้สำหรับตรวจสอบจำนวนตลับ CD โดยจะอาศัยหลักการของการส่งคลื่นไปสะท้อนที่ผิวตลับ CD แล้วกลับมายังเครื่องวัด ซึ่งรูปแบบของคลื่นที่นำมาใช้นี้ก็คือคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic sound) นั่นเอง เหตุผลที่นำคลื่นชนิดนี้มาประยุกต์ใช้เนื่องจากเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถกำหนดจุดที่คลื่นจะเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายได้โดยเจาะจง

ในส่วนของคลื่นอุลตร้าโซนิคที่นำมาใช้กับเครื่องนับจำนวนตลับ CD จะใช้ความถี่ไม่เกิน 40 KHz เพราะที่ความถี่สูงกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นได้มากยิ่งขึ้น ทำให้ระดับความแรงของคลื่นที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการออกแบบจะใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคที่มีความถี่ประมาณ 40 KHz ซึ่งเป็นความถี่ที่เหมาะสมที่สุดในการใช้งาน

เราสามารถนำเครื่องนับจำนวนตลับ CD นี้ไปประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆ ได้ เช่น นับและตรวจสอบจำนวนถ้วย จาน หรือ สิ่งของที่มีความหนาเท่ากัน ที่วางซ้อนกันเป็นจำนวนมาก อาจพบในอุตสาหกรรมการผลิตซึ่งจะใช้ตรวจสอบจำนวนชิ้นงานก่อนที่จะทำการบรรจุหีบห่อ โดยชิ้นงานนั้นจะต้องมีผิวระนาบเพื่อทำให้คลื่นเสียงอุลตร้าโซนิคสะท้อนกลับได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คลื่นอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic wave)

ความหมายของคลื่นอุลตร้าโซนิค

อุลตร้าโซนิค หมายถึง คลื่นที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์จะได้ยินเสียงในย่านความถี่ 20 Hz ถึง 20 KHz อุลตร้าโซนิคที่กล่าวถึงโดยทั่วไปจึงหมายถึงคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป

ชนิดของคลื่นอุลตร้าโซนิค

คลื่นอุลตร้าโซนิคที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างๆ มีหลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคในตัวกลางนั้นๆ โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. คลื่นตามยาว(longitudinal wave) เป็นลักษณะของคลื่นที่ซึ่งทุกๆจุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเกิดขึ้นอย่างหนาแน่นและเบาบางสลับกันไป และจะเปลี่ยนแปลงไปเช่นนี้ในแต่ละปริมาตรของอนุภาค คลื่นตามยาวนี้สามารถเดินทางผ่านของแข็ง ของเหลวและแก๊ส โดยมากถ้ากล่าวถึงความเร็วของคลื่นแล้ว จะหมายถึงความเร็วของคลื่นตามยาว ในการพิจารณาคลื่นตามยาวที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างๆได้นั้น ตัวกลางจะต้องมีขนาดใหญ่พอเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น

2. คลื่นตามขวาง (transverse wave) คือ คลื่นที่ซึ่งทุกๆจุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางซึ่งคลื่นเดินทางไปในทิศหนึ่งๆ คลื่นชนิดนี้จะเดินทางผ่านตัวกลางที่มีขนาดของตัวกลางใหญ่กว่าขนาดของความยาวคลื่น และสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ คลื่นชนิดนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวและแก๊ส

คลื่นตามขวางมีลักษณะเสมือนการเกิดขั้วลบและขั้วบวก ซึ่งเป็นเหตุผลว่าการ เปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นไปเพียงทิศทางเดียว เช่น ในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไป ต้นกำเนิดของคลื่นตามขวางเป็นพื้นที่หน้าเรียบของระนาบที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอันเนื่องจากการแกว่ง

ความหนาแน่นของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบตามขวาง ความเร็วของคลื่นชนิดนี้จะน้อยกว่าความเร็วของคลื่นชนิดตามยาว ในขณะที่เดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดั้งนั้นที่ความถี่เดียวกัน ความยาวคลื่นของคลื่นตามขวางจะน้อยกว่าคลื่นตามยาวเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คลื่นผิวหน้า (surface wave) เป็นคลื่นชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายกับคลื่นตามขวาง จะต่างกันตรงที่ว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค ไม่เป็นเพียงในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเท่านั้น แต่ยังมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่นด้วยจึงทำให้คลื่นเคลื่อนที่ไปตามระนาบในแนวนอน ด้วยเหตุนี้คลื่นจึงเดินทางผ่านไปเฉพาะบนผิวของตัวกลางเท่านั้น

การเกิดคลื่นอุลตร้าโซนิค

อุลตร้าโซนิคเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมาหรือเกิดจากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล ทำให้เกิดคลื่นย่านอุลตร้าโซนิคกระจายออกไปในอากาศ ดั้งนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นกล (machanical wave) คลื่นอุลตร้าโซนิคสามารถถูกสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ในที่นี้จะใช้ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลกทริค(piezo electric transducer) โดยจะทำการแปลงไปมาระหว่างพลังงานกับพลังงานกล และมีความถี่รีโซแนนท์ (resonant frequency) คงที่อยู่ค่าหนึ่ง สำหรับแบบเปียโซอิเลคทริคนี้ เป็นแบบที่นิยมใช้เพราะมีราคาถูกและหาซื้อง่าย

ความถี่และความยาวคลื่น

ความถี่ คือ จำนวนของการออสซิลเลตหรือการแกว่งที่สมบูรณ์จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายใน 1 วินาที คลื่นที่ถูกส่งจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางด้วยความถี่เดียวกันนี้ เช่น อัตราการสั่นของสายไวโอลินที่มีความถี่ 440 Hz มันก็จะมีความถี่เดียวกันกับคลื่นที่ถูกส่งและรับได้จากผู้ฟัง

ความยาวคลื่น คือ ระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างแต่ละการสั่นที่สมบูรณ์ หรือการทดลองครบ 1 รอบ (1 cycle) สามารถกล่าวได้ว่า ความยาวคลื่นเป็นระยะทางระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่อง (successive compression) หรือการเบาบางของอากาศ (rarefaction) การอัด คือการที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันมากกว่าบริเวณรอบๆ ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณเฉพาะที่เกิดการลดความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์ กับแรงดันของอากาศปกติ รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบการอัดและการเบาบางรอบๆแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงและแสดงความยาวคลื่นที่เกิดขึ้น

ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์ตามสมการข้างล่าง

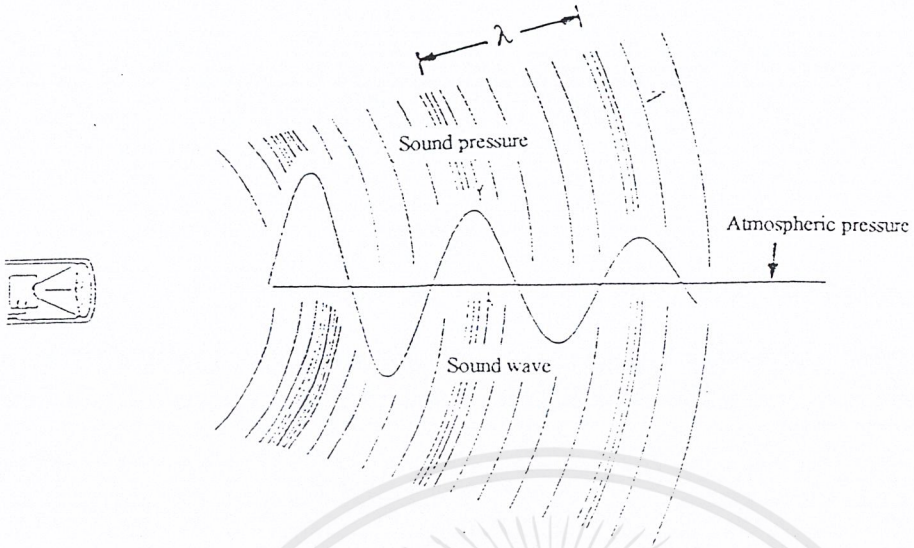
$$v = f\lambda \qquad (1)$$

v = ความเร็วที่คลื่นสามารถเดินทางได้ในตัวกลาง (m/s)

f = ความถี่ของคลื่น (Hz)

λ = ความยาวคลื่น (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบของการอัดและการขยายของคลื่นเสียงที่อยู่รอบๆแหล่งกำเนิดเสียง ระยะห่างระหว่างการอัดที่สมบูรณ์และระยะห่างการขยายของคลื่น จะแสดงถึงความยาวคลื่น (λ)

ความเร็วของคลื่นอุลตร้าโซนิค

คลื่นเหนือเสียงหรือคลื่นอุลตร้าโซนิคที่เดินทางที่แตกต่างกัน ย่อมจะมีความเร็วในการเดินทางผ่านตัวกลางนั้นๆแตกต่างกันด้วย โดยขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางหรือแก๊ส แรงดันของแก๊ส เมื่อกำหนดให้คลื่นเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นแก๊ส รวมทั้งอุณหภูมิในขณะนั้น

สำหรับทฤษฎีที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วคลื่นในตัวกลางที่เป็นแก๊สกับคุณสมบัติของแก๊สเหล่านั้น สามารถแสดงได้ดังนี้

$$v = \left(\frac{\gamma P}{\rho}\right)^{1/2} \quad \text{(m/s)} \qquad (2)$$

v = ความเร็วที่คลื่นอุลตร้าโซนิคสามารถเดินทางได้ในแก๊ส (m/s)

γ = ค่าอัตราส่วนของความร้อนของแก๊สที่แรงดันคงที่ต่อความร้อนที่ปริมาตรคงที่ (adiabatic bulk modulus : อากาศจะมี $\gamma = 1.4$)

P = ความดันของแก๊สในหน่วย Pascal (ความดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเล = $1.01325 * 10^6$ Pascal)

ρ = ความหนาแน่นของแก๊ส (kg/m^3) : อากาศ $\rho = 1.29\ kg/m^3$

เนื่องจากในอากาศประกอบด้วยโมเลกุลอะตอมคู่เป็นพื้นฐาน ดั้งนั้นจึงเป็นเหตุผลให้ค่า adiabatic bulk modulus ของอากาศเป็น 1.4 และเมื่อแทนลงไปในความสัมพันธ์ดังสมการที่ 3 ความเร็วของคลื่นอุลตร้าโซนิคในอากาศก็จะเป็นดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v = \left(\frac{1.4P}{\rho}\right)^{1/2} \quad \text{(m/s)} \quad (3)$$

สำหรับแก๊สในอุดมคติจะมีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร อุณหภูมิและแรงดันดังนี้

$$PV = RT \quad (4)$$

R = Molar gas constant (Newton – m^3 / Kelvin)

T = ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Kelvin)

V = ปริมาตรของแก๊ส (m^3)

P = ความดันของแก๊ส (Newton – m^3)

ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 4 สามารถแทนอยู่ในรูปความสัมพันธ์ดังนี้

$$P = \left(\frac{\rho RT}{M}\right) \quad \text{(Newton} - m^2) \quad (5)$$

เมื่อ M เป็นมวลโมเลกุลของแก๊ส และจากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 5 เมื่อนำไปแทนกลับที่ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2 เราจะได้ความเร็วของคลื่นอุลตร้าโซนิคในอากาศเป็นดังนี้

$$v = \left(\frac{\gamma RT}{M}\right)^{1/2} \quad \text{(m/s)} \quad (6)$$

จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 6 นี้ ความเร็วของคลื่นในแก๊สอุดมคติจะขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สและอุณหภูมิ โดยเป็นอิสระจากการเปลี่ยนแปลงความดัน ดังนั้นความเร็วของคลื่นที่ยอดเขาก็ควรจะเหมือนกับที่เชิงเขาถ้าอุณหภูมิเท่ากัน ในทางปฏิบัติที่กล่าวมานี้จะเป็นจริงสำหรับความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2 โดยความดันของแก๊สและความหนาแน่นของแก๊สจะลดลงเมื่อความสูงนั้นสูงกว่าระดับน้ำทะเลมากยิ่งขึ้นและผลของความกดดันทางบรรยากาศจะมีผลต่อความเร็วของคลื่นเพียงเล็กน้อย

ความเร็วของคลื่นอุลตร้าโซนิคที่ยอมรับได้ในอากาศที่อุณหภูมิปกติ จะมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$v = 331.45 + 0.607t \ \text{(m/s)} \quad (7)$$

$$v = 1{,}052.03 + 1.106F \ \text{(ft/s)} \quad (8)$$

t = อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส

F = อุณหภูมิในหน่วยองศาฟาเรนไฮต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากกว่า 20 องศาเซลเซียส เพื่อให้การคำนวณมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการข้างล่างนี้

$$v = 331.45\left(\frac{T}{273}\right)^{1/2} \quad (m/s) \qquad (9)$$

T = อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน

ปริมาณพลังงานของคลื่นอุลตร้าโซนิค

ปริมาณพลังงานของคลื่นอุลตร้าโซนิคจะถูกวัดในรูปความเข้มของคลื่นซึ่งจะมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (W/cm^2) เป็นการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของคลื่นภายใน 1 วินาที

การลดทอนของคลื่นอุลตร้าโซนิค

เมื่อคลื่นอุลตร้าโซนิคเดินทางผ่านตัวกลาง ลำคลื่น(beam) ของคลื่นอุลตร้าโซนิคจะเสียความเข้มไป เนื่องมาจากเกิดการลู่ออกของลำคลื่น หรือเกิดจากการกระจายพลังงานของคลื่นออกจากลำคลื่น เพราะความไม่ต่อเนื่องภายในตัวกลาง (non homogenous) และอาจเกิดจากการดูดซับพลังงานส่วนหนึ่งของคลื่น โดยตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน พลังงานที่ถูกดูดซับนี้จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานนี้จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของตัวกลาง ความยืดหยุ่นและความหนาแน่น รวมทั้งความถี่ของคลื่นอุลตร้าโซนิคที่ใช้ยิ่งความถี่สูงพลังงานก็ยิ่งถูกดูดซับไปมาก ดั้งนั้นคลื่นอุลตร้าโซนิคที่นำเอามาใช้งาน โดยมากจะมีความถี่จำกัดอยู่ไม่เกิน 50 KHz หากความถี่สูงกว่านี้แล้ว เมื่อคลื่นเดินทางไปในอากาศในระยะไกลๆ ความแรงของคลื่นจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากสาเหตุดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ความแรงของคลื่นที่สะท้อนกลับมีขนาดไม่แรงพอที่จะทำให้เครื่องรับทำงานได้ นั่นหมายถึง ยิ่งคลื่นอุลตร้าโซนิคมีความถี่สูงขึ้นเพียงใด รัศมีทำการก็จะยิ่งสั้นลง

การแยกแยะ

การแยกแยะหรือรีโซลูชั่น (resolution) ของการส่งระบบพัลส์คลื่นสะท้อน สามารถถูกใช้เป็นตัวกำหนดความสามารถของระบบที่แยกความแตกต่างตัวสะท้อน 2 ตัวที่อยู่ใกล้กัน การแยกแยะที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด

การแยกแยะทางด้านข้าง (azimuth resolution) หรือการแยกแยะตามแนวอาซิมุธ เป็นความสามารถในการแยกความแตกต่างของเป้า 2 อัน ซึ่งวางในแนวนอนและตั้งฉากกับทิศทางของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำคลื่นในระยะทางที่เท่ากัน และขึ้นอยู่กับความกว้างของลำคลื่นที่ใช้ส่ง ซึ่งก็คือคลื่นอุลตร้าโซนิคนั่นเอง

การแยกแยะตามแนวแกนของคลื่น (range resolution) เป็นความสามารถในการแยกความแตกต่างของเป้า 2 อัน ตามแนวแกนของลำคลื่น ซึ่งถูกกำหนดโดยความยาวของพัลส์สะท้อนของคลื่นอุลตร้าโซนิคจากเป้าเล็กๆในทางอุดมคติ ซึ่งพัลส์จะต้องสั้น เพราะถ้าพัลส์ยาวเกินไป พัลส์คลื่นสะท้อนจากเป้าที่ระยะสั้นๆจะมาถึงตัวรับก่อนที่พัลส์ของตัวมันจะหมดไป ซึ่งจะทำให้คลื่นสะท้อนเกิดการซ้อนกัน

ประโยชน์ในการใช้งานของคลื่นอุลตร้าโซนิค

คลื่นอุลตร้าโซนิคเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถกำหนดจุดที่คลื่นจะเดินทางไปยังเป้าหมายได้โดยเจาะจง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิดที่ทำให้คลื่นออกมาของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นั้น เช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวคลื่นถึงประมาณ 1 เมตรเศษๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องเปิดที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดคลื่นเสียงโดยทั่วไปมากมาย คลื่นจะหักเหที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดคลื่นนั้นๆ แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอุลตร้าโซนิค อย่างเช่น 40 KHz ซึ่งจะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียง 8 มิลลิเมตรเท่านั้น และจะเล็กกว่าช่องเปิดที่ให้เสียงลอดออกมา ที่ความถี่นี้ คลื่นจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบ จึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบๆหรือที่เราเรียกว่า มีทิศทางนั่นเอง การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิคก่อให้เกิดประโยชน์ที่เราสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล(ultrasonic remote control) , เครื่องล้างอุปกรณ์ (ultrasonic cleaner) , เครื่องวัดความหนาของวัตถุ , เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล (sonar) , เครื่องหาตำแหน่งของอวัยวะภายในร่างกาย หรือใช้ทดสอบการรั่วของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้จะขึ้นกับการใช้งาน เช่น ถ้าการใช้งานจำเป็นต้องให้คลื่นอุลตร้าโซนิคเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะถูกจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงกว่านี้ อากาศจะถูกดูดกลืนคลื่นได้เพิ่มมากขึ้น ทำให้ระดับความแรงของคลื่นอุลตร้าโซนิคที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานทางด้านการแพทย์ ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้นๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz – 10 MHz ขณะที่ความถี่เป็นจิกะเ ฮิรตซ์ (GHz : 10^9 Hz) ก็มีการนำไปใช้ในหลายๆด้าน โดยที่ตัวกลางที่คลื่นอุลตร้าโซนิคเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

2.2 เปียโซอิเลกทริค ทรานสดิวเซอร์ (piezo- electric transducer)

ทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมาทำให้เกิดคลื่นเสียง และก็เป็นอุปกรณ์ที่ทำการรับคลื่นเสียงเข้ามาแล้วทำการแปลงกลับไป

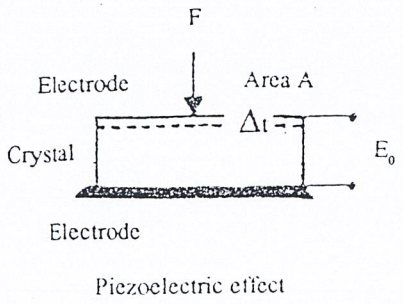
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ ดั้งนั้นในการทำงานจึงต้องมีทรานสดิวเซอร์ 2 ตัว โดยทำหน้าที่เป็นตัวส่งและตัวรับอย่างละตัว ในระบบเดียวกัน ซึ่งทรานสดิวเซอร์จะมีความถี่รีโซแนนซ์ (resonant frequency) อยู่ค่าหนึ่งและจะต้องใช้คู่กันเสมอ ทรานสดิวเซอร์ทั้ง 2 ตัวนี้จะมีรูปร่างและลักษณะเหมือนกันทุกอย่างและมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันมาก เราสามารถจะรู้ได้ว่าตัวไหนเป็นตัวส่งหรือตัวรับได้ โดยดูจากอักษรท้ายเบอร์ เช่น MA40A5S คือ ตัวส่ง "S" หมายถึง sender และ MA40A5S คือตัวรับ "R" หมายถึง receiver แต่ในวงจร สัญลักษณ์ของตัวส่งจะเหมือนรูปลำโพง หรือเขียนว่า Tx ซึ่งหมายถึง transmitter และตัวรับจะเขียนรูปไมโครโฟน หรือเขียนว่า Rx ซึ่งหมายถึง receiver

ทรานสดิวเซอร์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยมากจะมีความถี่รีโซแนนซ์ให้เลือกใช้ตั้งแต่ค่า 23 KHz จนถึง 40 KHz แต่ส่วนมากที่นำมาใช้และพบเห็นบ่อย คือค่า 23 KHz , 25 KHz และ 40 KHz โดยที่ค่าความถี่ 40 KHz เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากค่าความถี่นี้ การเดินทางของคลื่นอุลตร้าโซนิคจะดีกว่าที่ความถี่อื่นๆ และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในที่นี้จะกล่าวถึงแต่ในเฉพาะในทรานสดิวเซอร์ที่เป็นแบบเปียโซอิเลกทริค เพราะเป็นรูปแบบที่นำมาใช้ในการดำเนินงานจริงในโครงงานนี้

ปรากฏการณ์เปียโซอิเลกทริค

เปียโซอิเลกทริคเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งทำให้พลังงานสามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้ กล่าวคือ ถ้าป้อนแรงกลให้แก่ไดอิเลกทริคแบบคริสตัล (solid crystalling dielectric) ดังในรูปที่ 2.2 ซึ่งก็จะเกิดความเค้นภายในคริสตัล และทำให้แลททิสของคริสตัลเป็นรูปไป เช่น พวกควอทซ์ เป็นต้น ผลก็คือ ประจุจะเปลี่ยนไป การผิดรูปร่างของแลททิสเป็นผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด (displacement) ของประจุบวกและลบในแลททิสเปลี่ยนไป การกระจัดของประจุภายในจะเท่ากับประจุภายนอกของขั้วที่ตรงกัน ข้ามบนด้านตรงกันข้ามของคริสตัล เรียกว่า ผลของเปียโซอิเลกทริค (piezo-electric effect)



รูปที่ 2.2 แสดงผลของเปียโซอิเลกทริค (piezo-electric effect)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดประจุทำได้โดยการต่ออิเลกโทรด (electrode) เข้าที่ผิวด้านนอก แล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสอง ขนาด (magnitude) และการมีขั้ว (polarity) ของประจุบนผิวที่ถูกเหนี่ยวนำ (induced surface charge) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดและทิศทางของแรงที่มากระทำ แสดงตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$Q = dF \quad \text{(coulomp)} \qquad (10)$$

Q = ขนาดของประจุบนผิวที่ถูกเหนี่ยวนำ (coulomp)

d = ค่าความไวของประจุ (charge sensitivity) (coulomp/Newton)

F = ขนาดของแรงที่ทำให้คริสตัลสั่นตัวไปมาเป็นระยะทาง Δt (Newton)

ค่าความเค้นและความเครียดภายในคริสตัลสามารถแสดงได้ดังนี้

$$\zeta = Y\sigma \quad \text{(Newton/m}^2\text{)} \qquad (11)$$

Y = ค่ายังส์โมดูลัส (Young's modulus) (Newton/m^2)

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

ζ = ความเค้น $\left(\zeta = F / A\right)$ (Newton)

Δt = ระยะที่เกิดจากการสั่นของแท่งคริสตัล (m)

t = ความหนาของแท่งคริสตัล (ระยะระหว่างแผ่นอิเลกโทรด) (m)

A = พื้นที่ของคริสตัลบนด้านที่เป็นอิเลกโทรด (m^2)

จากความสัมพันธ์ดังสมการที่ 11 เราสามารถสร้างความสัมพันธ์แบบใหม่ได้คือ

$$F = \frac{\Delta t Y A}{t} \quad \text{(Newton)} \qquad (12)$$

และจากความสัมพันธ์ดังสมการที่12 เมื่อนำไปแทนกลับลงในความสัมพันธ์ดังสมการที่ 10 จะได้ว่าค่าประจุบนผิวของคริสตัลที่ถูกเหนี่ยวนำจะเป็นสัดส่วนกับระยะที่เกิดจากการสั่นของแท่งคริสตัลนั้น ดังนี้

$$Q = \frac{dAY\Delta t}{t} \quad \text{(coulomp)} \qquad (13)$$

ประจุบนผิวอิเลกโทรดที่ถูกเหนี่ยวนำ จะทำให้เกิดโวลเตจเพิ่มขึ้นดังความสัมพันธ์ข้างล่างนี้ ซึ่งก็หมายความว่าถ้าประจุบนผิวของอิเลกโทรดถูกเหนี่ยวนำมากขึ้น โวลเตจตกคร่อมก็จะมากตามไปด้วย

$$Eo = \frac{Q}{C} \quad \text{(volt)} \qquad (14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Eo = โวลเตจตกคร่อมระหว่างขั้วอิเลกโทรด (volt)

C = ค่าความจุของประจุระหว่างขั้วของอิเลกโทรด (farad)

ค่าความจุของประจุระหว่างขั้วของอิเลกโทรดนี้ เป็นค่าที่ขึ้นกับชนิดของสารกึ่งตัวนำหรือวัสดุเปียโซอิเลกทริคที่นำมาใช้ วัสดุต่างชนิดกันจะมีค่า C ต่างกัน

$$C = \frac{\mathcal{E}A}{t} \qquad \text{(farad)} \qquad (15)$$

$\mathcal{E}$ = ค่าสัมบูรณ์ของการซึมซาบของวัสดุเปียโซอิเลกทริค (absolute permittivity) (farad/m)

จากความสัมพันธ์ตามสมการที่ 10, 14 และ 15 เราสามารถแสดงค่าโวลเตจตกคร่อมระหว่างขั้วของอิเลกโทรดได้ใหม่ดังความสัมพันธ์ข้างล่างนี้

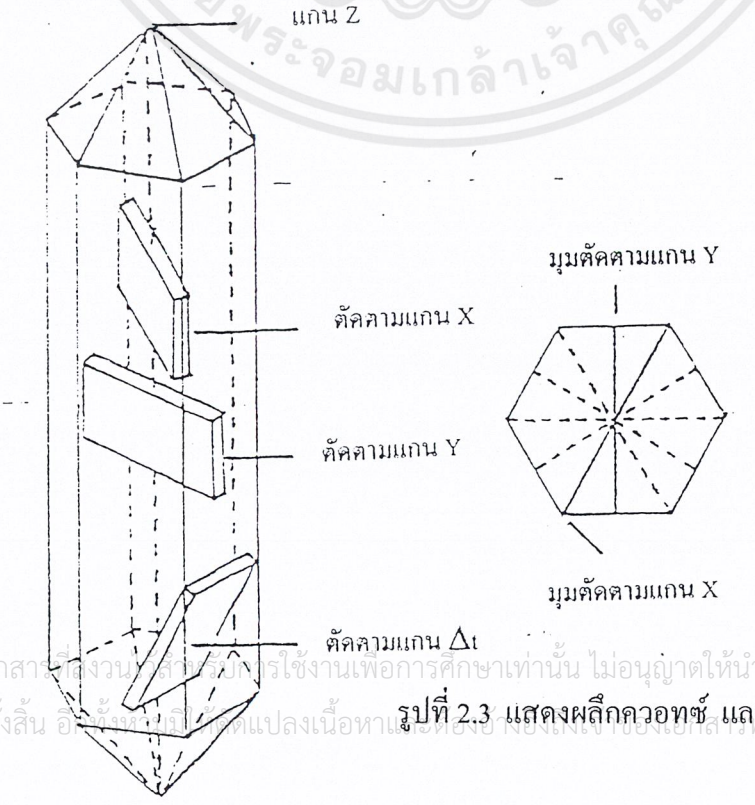
$$Eo = \frac{dFt}{\mathcal{E}A} \qquad \text{(volt)} \qquad (16)$$

หรือ $$Eo = \frac{gFt}{A} = gtP \qquad \text{(volt)} \qquad (17)$$

g = ค่าความไวของ โวลเตจ (voltage sensitivity ; $g = d/\mathcal{E}$) (voltage-m / Newton)

P = ความดันที่กระทำต่อวัสดุเปียโซอิเลกทริค ; P = F/A (Newton/m^2)

ชิ้นส่วนของวัสดุเปียโซอิเลกทริค (peizo-electric element) จะมีการตัดแบบต่างๆเพื่อผลทางด้านความไวของประจุและโวลเตจ โดยการตัดก็ถือตามวิธีตัดตามแนวแกนต่างๆ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงผลึกควอทซ์ และลักษณะการตัดผลึก

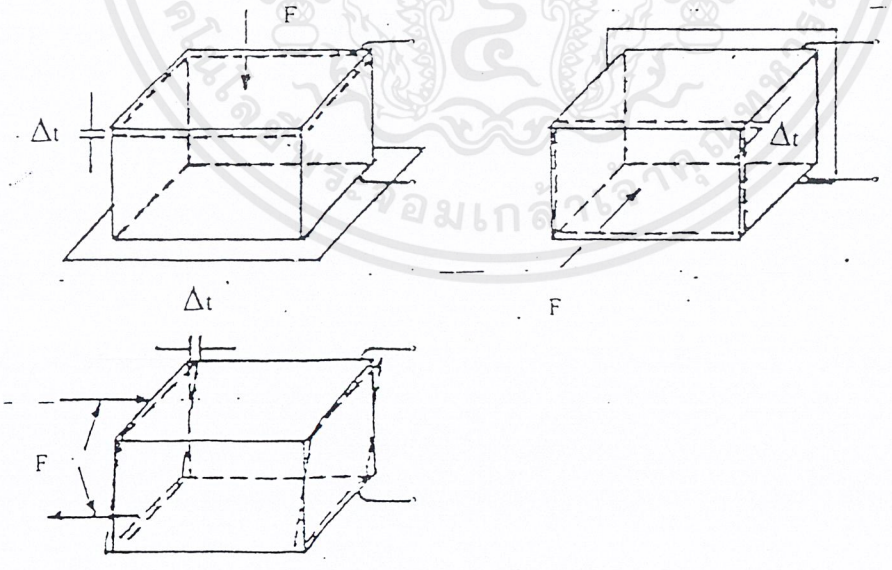
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุเปียโซอิเลกทริคที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น ควอทซ์ (Quartz) , ทูร์มาลีน โรเชลล์ ซอลท์ (Tourmaline Rochelle Salt) , แอมโมเนีย ไดไฮโดเจน ฟอสฟอรัส (Ammonium Dihydrogen Phosphate ; ADP) , ลิเทียม ซัลเฟต (Lithium Sulphate) , แบเรียม ไตตาเนต (Barium Titanate) และ เหลด เซอร์โคเนต (Lead Zirconate Titanate ; PZI) โดยทั่วไปแล้วพวกควอทซ์และคริสตัลที่เป็นเปียโซอิเลกทริคธรรมชาติ มันจะมีขั้วของมันเองตามธรรมชาติ แต่วัสดุเปียโซอิเลกทริคที่สังเคราะห์ขึ้นมา เช่น แบเรียม ไตตาเนต หรือ เซรามิค เป็นต้น จะต้องนำมาทำการอบคริสตัลภายใต้แรงดัน และวางวัสดุที่ได้นี้ในสนามไฟฟ้าที่มีความแรงของไฟ DC มาก หลังจากชิ้นส่วนนี้ถูกเหนี่ยวนำในสนามไฟฟ้าแล้วก็จะมีขั้วตามแนวของทิศทางของสนามและประพฤติตัวตามคุณสมบัติของเปียโซอิเลกทริค สำหรับชิ้นส่วนวัสดุที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์นี้ ไม่มีข้อจำกัดทางขนาดโดยโครงสร้างของคริสตัล และยังสามารถทำให้มีรูปร่างและขนาดต่างๆรวมไปถึงทิศทางของขั้วก็จะถูกสร้างขึ้นระหว่างขั้นตอนการผลิต

ลักษณะการปฏิบัติตัวของวัสดุเปียโซอิเลกทริค

สามารถแยกได้เป็นโหมดการทำงาน (mode of operation) ดังนี้

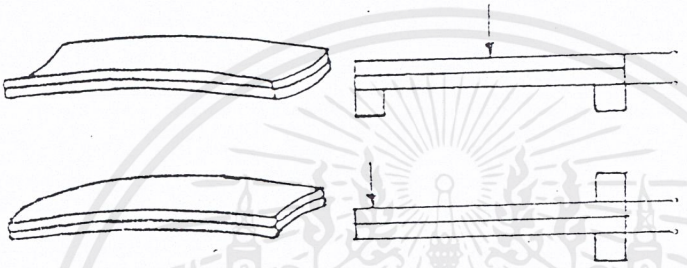
ซิมเปิลเพลท (simple plate) เป็นวัสดุเปียโซอิเลกทริคชั้นเดียว โดยมีแรงมากระทำกับแผ่นเพลทในทิศทางต่างๆกันทำให้เกิดการยุบตัวหรือเปลี่ยนแปลงรูปไป ดังในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของแรงที่มากระทำกับแผ่นซิมเปิลเพลทในทิศทางต่างๆ กัน จนทำให้เกิดการยุบตัวหรือเปลี่ยนแปลงรูปไป

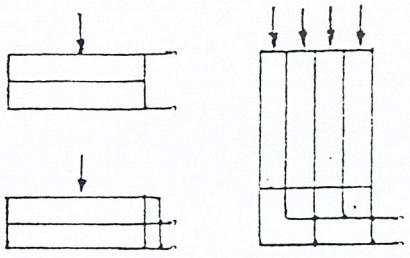
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สแต็ค (stack หรือ multiple arrangement) เป็นการนำเอาชิ้นส่วนเปียโซอิเลกทริค มาต่อกันในลักษณะโหมดของคอมเพรสชั่น-เอ็กซ์แพนชั่น (compression-expansion mode) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 โดยการนำเอาชิ้นส่วนมาต่ออนุกรมก็จะได้เอาท์พุทโวลเตจ (output voltage) ออกมาสูงที่แรงกดดันอันเดียวกัน หรือถ้าเอามาต่อขนานกันก็จะได้เอาท์พุทอิมพิแดนซ์ (output impedance) ต่ำกว่าชิ้นส่วนตัวเดียว ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะต่างๆดังนี้



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะการต่อวัสดุเปียโซอิเลกทริคแบบไบมอร์ฟ หรือ เบนเดอร์ โดยที่มีแรงมากระทำกับวัสดุ

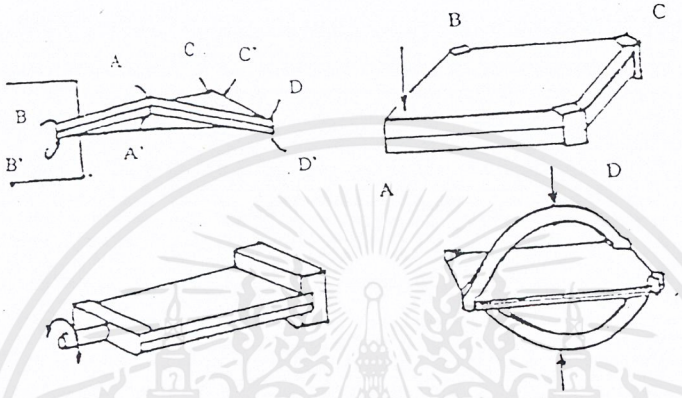
(a) ไบมอร์ หรือ เบนเดอร์ (bimorphs , benders) ประกอบด้วยยเพลทแบบ ทรานสเวอร์ส เอกซ์แพนดิ้ง 2 อัน (transverse expanding) ติดกันไว้อย่างแน่นหนา ซึ่งเมื่อป้อนแรงดันให้แก่มันก็จะเกิดการโค้งงอ และการโค้งงอของชิ้นส่วนนี้ เป็นเหตุให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างแผ่นอิเลกโทรด ดังแสดงในรูปที่ 2.6 เป็นการติดตั้งชิ้นส่วนเปียโซอิเลกทริคไว้บนขาตั้งที่อยู่กับที่และมีแรง F มากระทำที่ตรงกลางแผ่น ส่วนในรูปที่ 2.6 b) จะเป็นการติดตั้งวัสดุเปียโซอิเลกทริคโดยมีการยึดปลายของวัสดุเพียงด้านเดียวในลักษณะเป็นที่เท้าแขน ระบบนี้เป็นที่ใช้บ่อยในโฟโนกราฟ พิคอัพ คาทริคจ์ (phonograph pickup cartridge)



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะการต่อวัสดุเปียโซอิเลกทริคในโหมดของคอมเพลสชั่น-เอ็กซ์แพนชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(b) ทวิสเตอร์ (twisters) : ในรูปที่ 2.7 แสดงเพลทแบบเฟสเชียร์ (face-shear plate) 2 อัน วางประกบกันอย่างหนาแน่น ถ้าจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้แผ่นเพลททั้งสองแล้วมันจะเคลื่อนไหวโดยอิสระ การแผ่ขยายตัวจะมีมาก การขยายตัวก็จะเป็นไปในแนวเส้นทะแยงมุม AC โดยที่ A'C' ขยายตัว ทำนองเดียวกันกับเส้นทะแยงมุม BD ขยายตัวและ B'D' ประกบกันอยู่



รูปที่ 2.7 แสดงการต่อวัสดุเปียโซอิเลกทริคเป็นแบบสแต็ค ในลักษณะของทวิสเตอร์

2.3 ชนิดของเปียโซอิเลกทริคทรานสดิวเซอร์

เปียโซอิเลกทริคทรานสดิวเซอร์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ

ทรานสดิวเซอร์แบบเจเนอเรชั่น แอกชั่น (generation action transducer) ใช้เป็นตัวรับ โดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากระทำต่อวัสดุเปียโซอิเลกทริค

ทรานสดิวเซอร์แบบมอเตอร์ แอกชั่น (motor action transducer) ใช้เป็นตัวส่ง โดยการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างที่ทำให้เกิดคลื่นอุลตร้าโซนิค จะขึ้นอยู่กับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ ในทั้ง 2 กรณี ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับขนาดของวัสดุเปียโซอิเลกทริค

การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

สำหรับทางด้านตัวส่ง เมื่อทรานสดิวเซอร์ได้รับสัญญาณแรงดันมาตกคร่อม จะทำให้ชิ้นสารเปียโซอิเลกทริคโก่งงอ ทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นขึ้นมา ดั้งนั้นถ้าป้อนสัญญาณเป็นห้วงๆ (pulse) จากออสซิลเลเตอร์ ก็จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอมากน้อยหรือทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณไฟฟ้าจากออสซิลเลเตอร์นั้นโดยทั่วไปกำลังเอาท์พุท ที่ออกมาจะตกลงประมาณ 10% ของกำลังที่ป้อนให้ แต่เอาท์พุทจะสูงที่ค่านี้โดยประมาณก็ต่อเมื่อที่ความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่ป้อนเข้าชิ้นสารตรงกับความถี่รีโซแนนซ์ที่ความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารนั้นๆส่วนที่ความถี่อื่นๆกำลังของเอาท์พุทจะลดลงยิ่งกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการทำงานของทางด้านตัวรับ มีการทำงานตรงกันข้ามกับทางด้านส่ง คือ เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่รีโซแนนซ์ของชิ้นสารเข้ามา ก็จะทำให้ชิ้นสารโก่งตัวไปมาและเกิดสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้าขึ้นมาคร่อมขั้วทั้งสองของชิ้นสารตัวรับ

คุณสมบัติโดยทั่วไปอีกอย่างหนึ่งของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลกทริค คือ มีความต้านทานต่อไฟตรงสูงมากและอาจสูงถึง 100 เมกกะโอห์มเลยก็ได้ เรียกว่าถ้าเอามัลติมิเตอร์ธรรมดามาตั้งสเกลวัดค่าความต้านทานสูงๆเข็มจะไม่กระดิกเลย แต่อย่างไรก็ตาม ในขณะที่มันทำงานความต้านทานต่อไฟฟ้าสลับจะลดลง

ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ

ซึ่งพอสรุปเป็นแนวทางการใช้งานดังนี้

1.ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระทบกระเทือนหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครสร้างภายในไม่ให้เสียหาย

2.ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่ 20 Vrms ดั้งนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ ก็ควรอยู่ภายในขีดจำกัดอันนี้

3.ความถี่รีโซแนนซ์ หรือความถี่ที่ตัวมันทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดของทรานสดิวเซอร์แบบ 40 KHz ที่มีขายกันโดยทั่วไป จะผิดพลาดไปไม่เกินบวกหรือลบ 1 KHz และมีแถบความถี่ (bandwidth) ประมาณ 4.5 KHz สำหรับตัวส่ง และมีความถี่ประมาณ 5.0 KHz สำหรับตัวรับ จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างของตัวส่งเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้

4. อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง –20 ถึง 60 องศาเซลเซียส

5. ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 องศา ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30 องศา ความไวของตัวรับหรือขนาดแรงดันที่ออกมาก็จะลดลงไปประมาณ 10 dB ด้วยเช่นกัน ดังนั้นการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้ง จึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้อง คลื่นอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มาก เพราะคลื่นอุลตร้าโซนิคนี้ สามารถสะท้อนกลับกำแพงและวัตถุที่อยู่ภายในห้องได้ ทำให้คลื่นเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง

คลื่นอุลตร้าโซนิคนี้สามารถทำให้เป็นลำคลื่นแคบๆได้ โดยใช้เลนส์ที่เรียกว่า พลาโนคอนเคฟเลนส์ (plano-concave lens) วางข้างหน้าตัวทรานสดิวเซอร์ แต่การทำให้เป็นลำแคบนี้ จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานสั้นลง การทำให้เป็นลำคลื่นเหมาะสำหรับทรานสดิวเซอร์ที่สร้างคลื่นที่มีความถี่สูงและเหมาะสำหรับใช้ในทางการแพทย์ (ultrasound) โดยใช้ความถี่ตั้งแต่ 1- 10 MHz

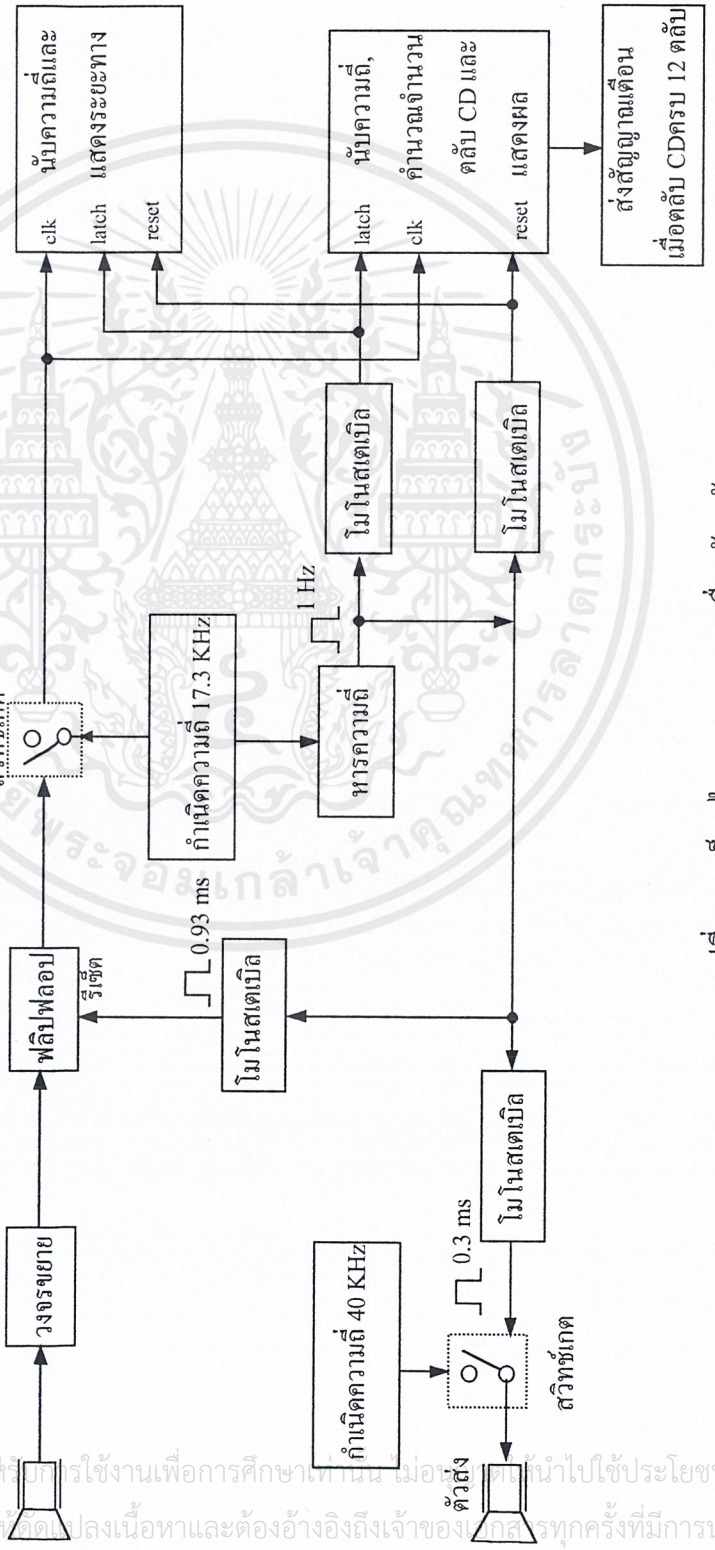
6. ในกรณีที่ใช้งานตัวรับ จำเป็นจะต้องมีความต้านทานต่อขนานกับตัวรับ เพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานนี้ควรจะมีค่าอยู่ในช่วง 10 กิโลโอห์ม ถึง 100 กิโลโอห์ม จากการทดลองพบว่า ถ้าเปลี่ยนโหลดจาก 100 กิโลโอห์ม มาเป็น 10 กิโลโอห์ม ความไวของตัวรับจะลดลงประมาณ 10 ถึง 12 dB แต่ความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีกความถี่รีโซแนนซ์จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมาก ควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงสักหน่อย เพื่อตัวรับมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบ

7. ตามปกติแล้วเราสามารถนำเอาตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้งานการใช้งานส่วนใหญ่ และตัวส่งหรือตัวรับของยี่ห้อใดรุ่นใด ก็สามารถใช้แทนกันได้ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่รีโซแนนซ์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีก็อาจมีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสมมูลย์ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อให้ลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การทำงานของเครื่องนับตลับ CD

3.1 บล็อกไดอะแกรม



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องนับตลับ CD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากบล็อกไดอะแกรม ภาคส่งจะมีวงจรกำเนิดความถี่ 40 KHz ป้อนให้กับอัลตราโซนิคตัวส่ง ซึ่งตัวส่งนี้จะส่งแถบคลื่นความถี่ 40 KHz โดยจะมีความกว้างของพัลส์ 0.3 ms ผ่านสวิทช์เกต ซึ่งกำหนดจากวงจรโมโนสเตเบิล เมื่อแถบคลื่นถูกส่งออกไปกระทบกับตลับCDแล้วสะท้อนกลับมาที่ตัวรับ จะมีวงจรขยายสัญญาณคลื่นที่รับเข้ามา สัญญาณที่ขยายแล้วจะเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับฟลิปฟลอป วงจรกำเนิดความถี่ 17.3 KHz จะกำหนดจากความเร็วเสียงในอากาศเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับวงจรนับซึ่งวงจรนับที่ใช้จะมี 2 วงจร คือวงจรนับที่ใช้ IC เบอร์ 7490 จะได้เอาท์พุทเป็นรหัสBCD เพื่อป้อนให้วงจรลบเลข BCD เพื่อนำไปคำนวณจำนวนตลับ CD และวงจรนับที่ใช้ IC เบอร์ 74926 ซึ่งเป็นวงจรนับที่ใช้แสดงระยะทางเพื่อนำค่าระยะทางที่วัดได้ครั้งแรก (ไม่มีตลับ CD) ไปเซ็ตค่าตัวตั้งให้กับวงจรลบเลข BCD วงจรนับทั้งสองนี้จะนับจำนวนพัลส์ที่เข้ามาเรื่อยๆจนกว่าตัวรับอัลตราโซนิกจะรับคลื่นเข้ามาซึ่งจะทำให้ฟลิปฟลอปส่งสัญญาณให้สวิตเกตเปิดวงจรทำให้วงจรนับหยุดนับ

อีกส่วนของวงจรกำเนิดความถี่ 17.3 KHz จะถูกส่งเข้าวงจรหารความถี่เพื่อให้ได้ความถี่ประมาณ 1 Hz มาควบคุมวงจรโมโนสเตเบิลทั้งสี่ชุดส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของจุดต่างๆ ซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

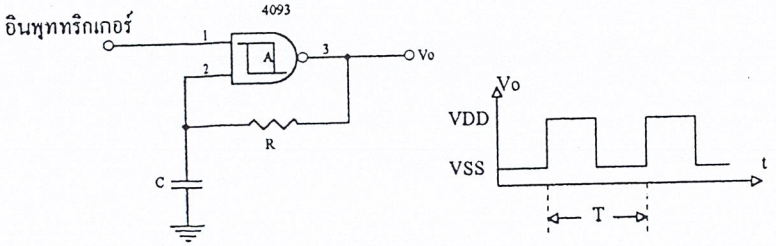
3.2 ภาคส่งและกำเนิดความถี่ 40 KHz

วงจรดังรูปที่ 3.2 จะทำหน้าที่เป็นวงจรกำเนิดความถี่แบบบริดจ์ IC3C, VR3, C10 ต่อวงจรเป็นอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบควบคุมการกำเนิดสัญญาณได้ โดย IC3A, R12, C9 จะเป็นวงจรโมโนสเตเบิลกำเนิดพัลส์ที่มีความกว้าง 0.3 ms เป็นสัญญาณควบคุม IC3C ส่วน IC3D จะเป็นตัวกลับเฟสความถี่ 40 KHz ดังนั้นพัลส์ความถี่ 40 KHz ที่ตกคร่อมตัวส่งอัลตร้าโซนิก (TX) จึงเป็นทั้งเฟสบวกและเฟสลบ และช่วงเวลา T ของวงจรอะสเตเบิล (IC3C, VR3, C10) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 1

$$T \cong 2RC\ln\left(\frac{Vp}{Vn}\right) \qquad (1)$$

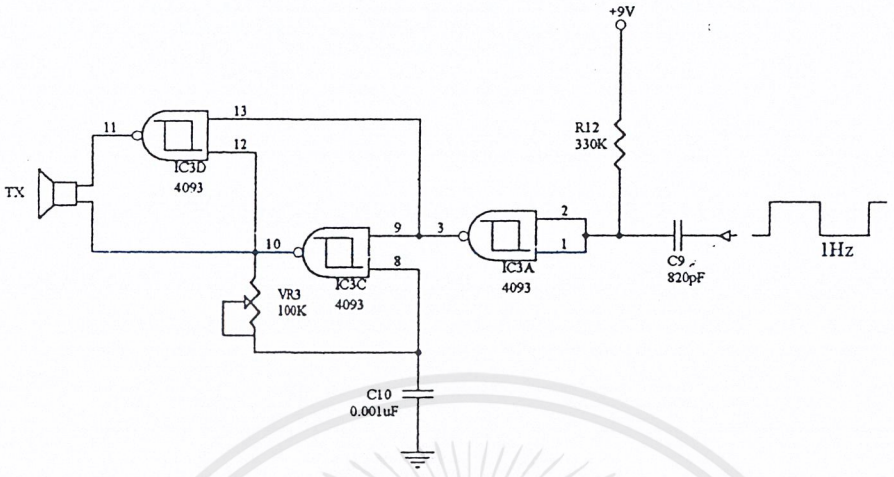
: Vp = แรงดันทริกเกอร์ทางด้านสูง

Vn = แรงดันทริกเกอร์ทางด้านต่ำ



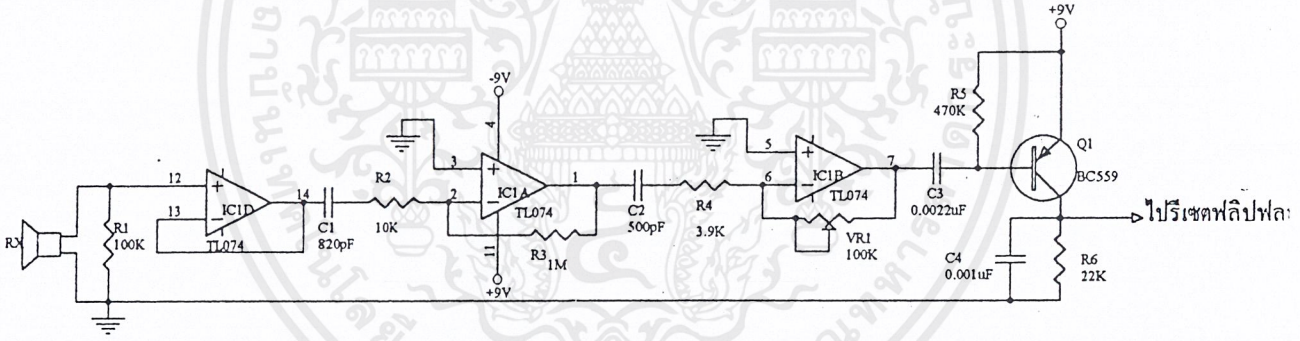
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42287



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรภาคส่งและกำเนิดความถี่ 40 KHz

3.3 ภาครับ

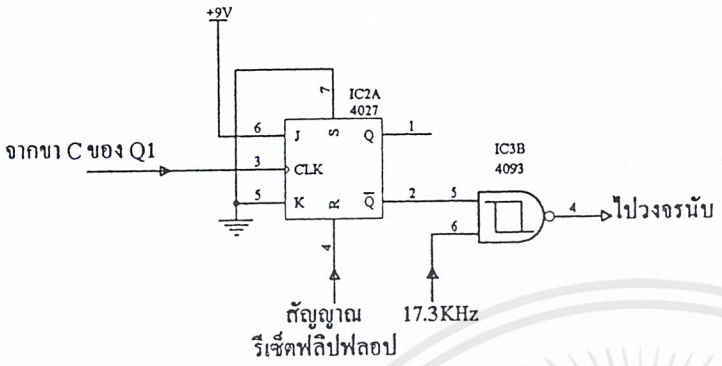


รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภาครับสัญญาณ

วงจรดังรูปที่ 3.3 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่รับจากตัวรับอัลตราโซนิค(RX) เมื่อได้รับสัญญาณสะท้อนกลับมา เพื่อป้อนเข้าขาเบสของ Q1 เพื่อให้ Q1 ไปรีเซ็ตฟลิปฟลอปเพื่อหยุดการนับ โดย Q1 จะนำกระแสเมื่อแรงดันที่ขาเบสมีแรงดันไฟสลับต่ำกว่า 1.2 Vp-p เมื่อ Q1 นำก ระแสจะทำให้ขา clock ของฟลิปฟลอปได้รับพัลส์ขอบขาขึ้น ทำให้เอาท์พุท $\bar{Q}$ ได้รับลอจิก "0" เพื่อไปปิดเกตไม่ให้ความถี่ 17.3 KHz ผ่านไปเข้าวงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรปิดเกต



Clk	J	k	Q	$\bar{Q}$
↓	0	0	Q_N	$\bar{Q}_N$
↓	0	1	0	1
↓	1	0	1	0
↓	1	1	Q_N	Q_N

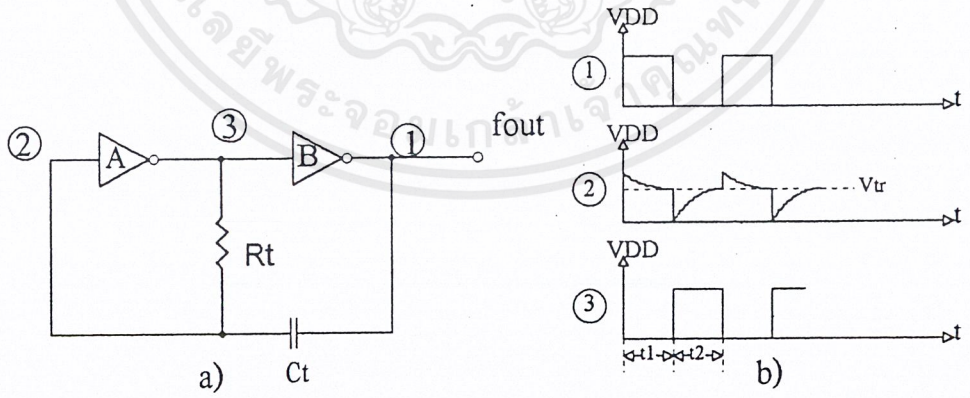
a) วงจรปิดเกต b) ตารางการทำงานของ JK F/F

รูปที่ 3.4 แสดงวงจรปิดเกต

วงจรปิดเกตจะใช้เพื่อปิดเกต IC3B เพื่อไม่ให้ความถี่ 17.3 KHz ผ่านเข้าไปยังวงจรนับ โดยที่ขา J จะต่อกับ Vcc และขา K ต่อกับ GND ซึ่งฟลิปฟลอปจะอยู่ในสภาวะเซต เมื่อมี clock เข้ามาจะทำให้ $\bar{Q}$ มีสถานะเป็นลอจิก "0" ทำให้ความถี่ 17.3 KHz ไม่สามารถผ่านไปยังวงจรนับได้

3.5 วงจรกำเนิดความถี่ 17.3 KHz

วงจรกำเนิดความถี่ 17.3 KHz ที่ใช้เป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบลเตอร์แบบใช้ไอซีซีมอส



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบลเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ 40106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 3.5 ประกอบด้วย inverter 2 ตัว ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุอย่างละตัว สมมุติตอนแรกที่จุด 1 เป็นลอจิก''1'' จะทำให้ที่จุด 2 เป็น ''1'' ด้วย เพราะถูกคัปปลิ้งด้วย Ct แล้วทำให้ได้จุด 3 เป็นลอจิก''0'' เนื่องจากเป็นน็อตเกต หลังจากที่จุด 3 เป็นลอจิก''0'' Ct จะชาร์ตประจุผ่าน Rt ทำให้แรงดันที่จุด 2 ถูกดึงลงมาเป็นลอจิก''0'' ทำให้เกต A เปลี่ยนสถานะ เรียกจุดส่งแรงดัน (transfer voltage point) เมื่ออินพุทของเกต A เป็น''0'' เอาท์พุทก็จะเป็น''1'' เป็นผลให้เอาท์พุทของเกต B เป็น''0'' ขณะนี้ Ct จะคายประจุทำให้แรงดันที่จุด 2 สูงขึ้นถึงค่า Vtr ของเกต A เอาท์พุทของเกต A เปลี่ยนสถานะจาก''1''เป็น''0'' แล้วเกต B เอาท์พุทก็จะเปลี่ยนจาก ''0'' เป็น ''1'' จะทำให้แรงดันที่จุด 2 สูงอยู่ชั่วขณะหนึ่งแล้วค่อยๆลดลงจนถึงค่า Vtr ของเกต A เอาท์พุทของเกต A ก็จะเปลี่ยนสถานะจาก ''0'' เป็น ''1'' อีก เอาท์พุทของเกต B เปลี่ยนจาก ''1'' เป็น ''0'' และทำงานซ้ำๆกันแบบนี้ตลอดไป ช่วงคาบเวลา (T) หาได้จากสมการที่ 2

$$T \approx 1.4RC \qquad (2)$$

การประจุและคายประจุของ Ct นั้นจะขึ้นอยู่กับแรงดัน Vtr ซึ่งค่านี้จะอยู่ประมาณ 70.7% ของแรงดันแหล่งจ่ายดังแสดงในรูปที่ 3.5 b)

ดังนั้นเวลา t1 และ t2 รวมกันจะได้เวลาทั้งหมดหาได้จากสมการดังนี้

$$T = t1 + t2$$

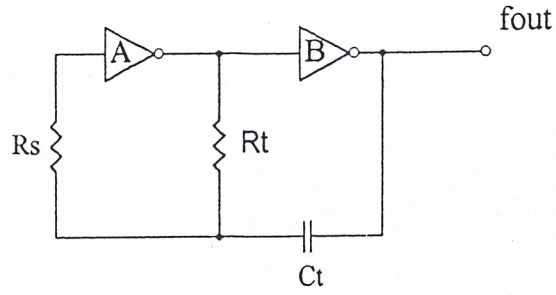
$$t1 = -RC \ln\left[\frac{VDD - Vtr}{VDD}\right]$$

$$t2 = -RC \ln\frac{Vtr}{VDD}$$

$$T = -RC\left[\ln\frac{VDD - Vtr}{VDD} + \ln\frac{Vtr}{VDD}\right]$$

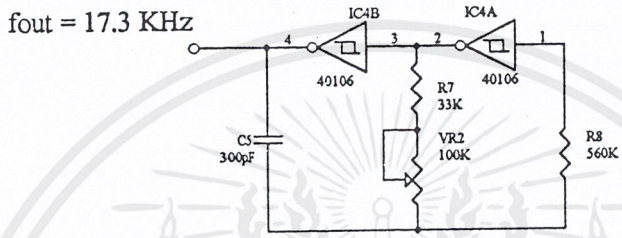
จะเห็นว่าวงจรดังกล่าวมีข้อเสียคือ ความถี่ของวงจรจะแปรตามแรงดันแหล่งจ่ายVDD แต่เราสามารถทำให้วงจรแปรความถี่ตามแหล่งจ่ายน้อยลงได้ โดยการต่อตัวต้านทาน Rs ระหว่างจุดร่วม RC กับอินพุทเกท A ดังแสดงในรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



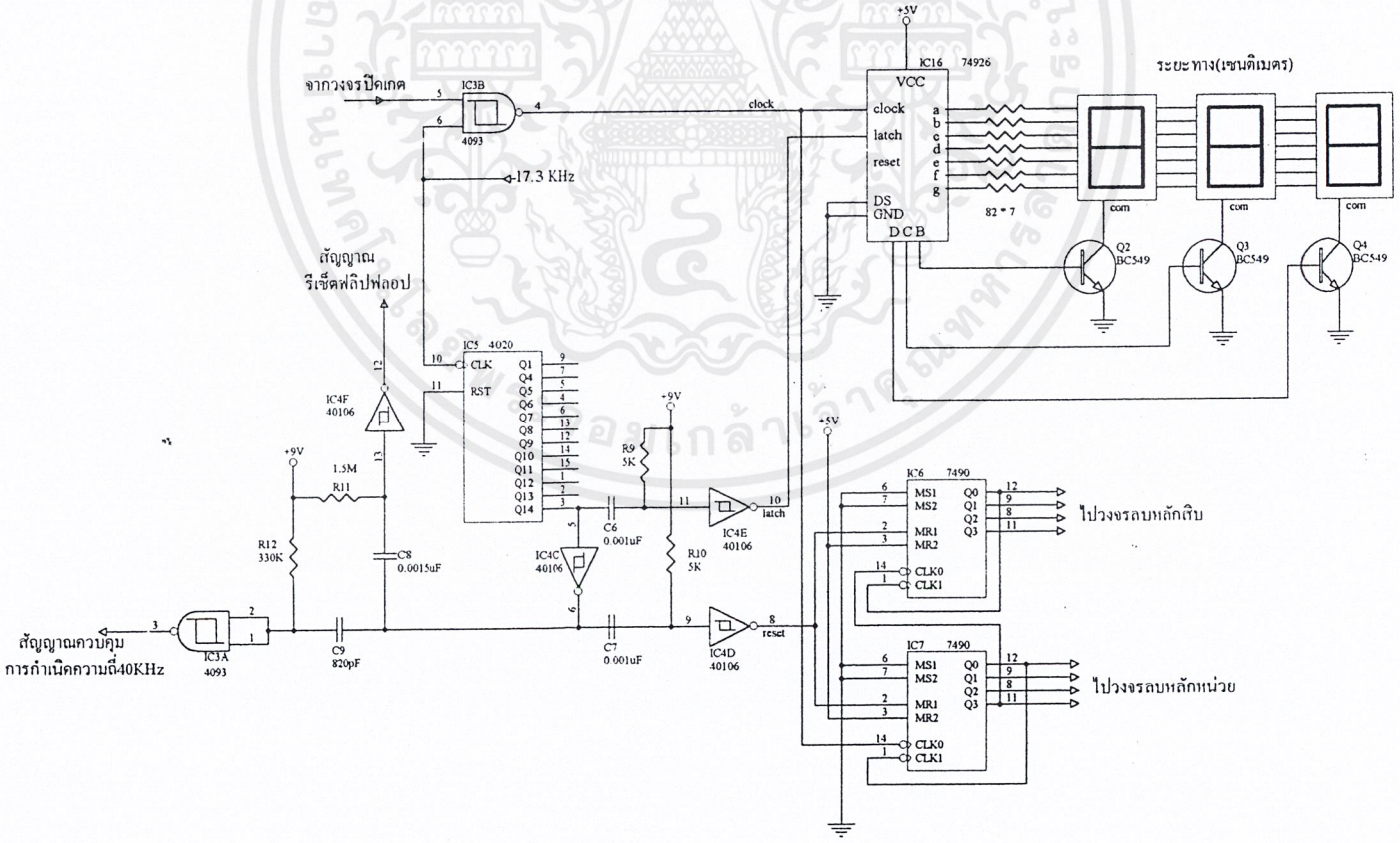
รูปที่ 3.6 แสดงการต่อ Rs เข้ากับวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบลเตอร์เพื่อให้ความถี่ของวงจรไม่แปรตามแรงดันแหล่งจ่ายมากนัก

วงจรกำเนิดความถี่ที่ใช้ใน โครงงานนี้แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบลเตอร์ที่ใช้กำเนิดความถี่ 17.3 KHz ของโครงงาน

3.6 วงจรหารความถี่, วงจรโมโนสเตเบิล, และวงจรนับความถี่ 17.3 KHz



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรหารความถี่, วงจร โมโนสเตเบิลและวงจรนับความถี่ 17.3 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรหารความถี่

จากรูปที่ 3.8 IC5 ต่อใช้งานเป็นวงจรหารความถี่โดยจะนำความถี่ 17.3 KHz มาหารความถี่ให้เหลือประมาณ 1 Hz เอาท์พุทที่ได้จะออกทางขา Q14 (17300 Hz / 2^{14} = 1.055 Hz) ความถี่ 1 Hz นี้จะส่งไปควบคุมวงจรโมโนสเตเบิลทั้ง 4 วงจรดังนี้

ในส่วนของสัญญาณขอบขาลงจะส่งเข้าวงจรโมโนสเตเบิลเพียงชุดเดียวคือ IC4E, C6, R9 โดยเมื่อมีสัญญาณขอบขาลงที่ Q14 จะทำให้เกิดพัลส์สั้นๆ ส่งไปยังอินพุทแลตช์เพื่อให้ค้างค่าที่นับได้ของวงจรนับใน IC16 ให้สามารถนำไปใช้ในการแสดงผลให้อ่านค่าระยะทางได้

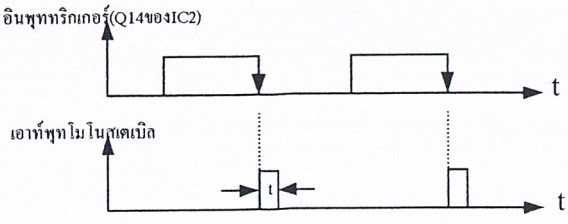
ส่วนของขอบขาขึ้นของ Q14 จะถูกกลับสัญญาณโดย IC4C ให้เป็นสัญญาณขอบขาลงส่งสัญญาณไปควบคุมวงจรโมโนสเตเบิล 3 วงจร เนื่องจากวงจรโมโนสเตเบิลที่ใช้เป็นแบบขอบขาลง ดังนั้นเราจึงใช้ IC4C เป็นตัวกลับสัญญาณขอบขาขึ้นของ Q14 ก่อน เพราะการรีเซ็ต IC16 จะต้องทำก่อนการแลตช์ ส่วนแรกจะส่งไปรีเซ็ต IC16 ,IC6 และ IC7 โดยผ่านวงจรโมโนสเตเบิล IC4D, R10, C7 เมื่อสัญญาณที่ Q14 เป็นขอบขาขึ้นวงจรโมโนสเตเบิลนี้จะส่งพัลส์เล็กๆไปรีเซ็ต IC16,IC6 และ IC7 เพื่อทำให้วงจรนับภายใน IC16, IC6 และ IC7 ถูกเคลียร์ เพื่อเตรียมทำการนับรอบต่อไป แต่ค่าที่แสดงค่าระยะทางและจำนวนตลับ CD ครั้งสุดท้ายจะคงอยู่จนกว่าจะมีรายละเอียดจากการวัดระยะทางรอบต่อไปเข้ามาดังนั้นเราจึงสามารถอ่านค่าระยะทางและจำนวนตลับCD ได้ใหม่ทุกๆ 1 วินาที

ส่วยขอบขาขึ้น Q14 ส่วนที่สอง จะส่งเข้าวงจรโมโนสเตเบิล IC3A, R12, C9 ซึ่งทำหน้าที่ส่งพัลส์ไปควบคุมวงจรกำเนิดความถี่ 40 KHz ของภาคส่งทำงานเป็นเวลาประมาณ 0.3 ms ในระหว่างนี้ตัวส่งอัลตร้าโซนิกก็จะส่งคลื่น 40 KHz (25 us) ออกไป 12 พัลส์ ในหนึ่งจังหวะ (0.3ms / 25 us = 12) โดยพัลส์ที่ส่งออกไปจะสะท้อนกับตลับCD และรับสัญญาณโดยตัวรับ

ส่วนของขอบขาขึ้น Q14 ส่วนสุดท้ายจะส่งเข้าวงจรโมโนสเตเบิล IC4F, C8, R11 ซึ่งจะส่งพัลส์ไปรีเซ็ตฟลิปฟลอปเป็นเวลา 0.93 ms ทำให้เอาท์พุท $\overline{Q}$ มีลอจิกเป็น "1" ทำการเปิดเกต IC3B ให้สัญญาณความถี่ 17.3 KHz ถูกส่งไปยังวงจรนับ

ช่วงความกว้างของพัลส์ของวงจรโมโนสเตเบิลทั้ง 4 วงจร สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$t = RC$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรนับความถี่17.3 KHz ที่ใช้ในโครงงานมี 2 วงจรคือวงจรนับที่ใช้ IC เบอร์7490 และวงจรนับที่ใช้ IC เบอร์74926 ในส่วนของวงจรนับที่ใช้ IC เบอร์7490 จะทำหน้าที่นับจำนวนพัลส์ (จำนวนลูก) ของสัญญาณความถี่ 17.3 KHz ที่เข้ามาทางอินพุท ซึ่งจำนวนพัลส์ที่นับได้จะมีค่าเท่ากับระยะทางในหน่วยเซนติเมตรเอาท์พุทที่ได้จะเป็นระหัส BCD เพื่อป้อนให้กับวงจรลบเลข BCD เพื่อคำนวณจำนวนตลับ CD ต่อไป สำหรับวงจรนับที่ใช้ IC เบอร์ 74926 จะทำหน้าที่นับจำนวนพัลส์ของสัญญาณความถี่ 17.3 KHz เช่นเดียวกัน แต่จำนวนพัลส์ที่นับได้จะใช้แสดงค่าระยะทาง IC เบอร์ 74926 นี้จะแสดงผลโดยวิธีการมัลติเพล็ก โดยจะต่อขา 7-segment เข้าด้วยกัน การควบคุมขา common ของ 7-segment จะใช้ขา D,C,B ของ IC#74926 เป็นตัวควบคุมผ่านทรานซิสเตอร์ Q2-Q4 ให้แสดงผลทีละหลัก แต่เนื่องจากความเร็วในการควบคุมของ 7-segment สูงมากจึงทำให้มองเห็นเหมือนว่า 7-segment สว่างพร้อมกัน

3.7 วงรลบเลข BCD

วงจรลบเลข BCD จะใช้สำหรับคำนวณจำนวนตลับ CD เนื่องจากตลับ CD มีความหนา 1 เซนติเมตร ดังนั้นการคำนวณจำนวนตลับ CD จะใช้หลักการลบค่าระยะทาง กล่าวคือเราจะนำรหัส BCD จากวงจรนับซึ่งมีค่าเท่ากับระยะทางในหน่วยเซนติเมตรมาทำการลบโดยเราจะเซตค่าระยะทางคงที่ค่าหนึ่งให้เป็นตัวตั้งและเมื่อเราใส่ตลับ CD เข้าไปที่เครื่องนับตลับ CD ระยะทางที่วัดได้ก็จะสั้นลง ดังนั้นจำนวนตลับ CD ก็คือระยะทางคงที่ที่เซตไว้ลบด้วยระยะทางที่วัดได้นั่นเอง

การลบเลข BCD ที่ใช้ในโครงงานนี้ใช้วิธีการบวกค่า 1′S COMPLEMENT ของตัวลบเข้ากับตัวบวกแทนการลบโดยตรง (ตัวทดที่เกิดขึ้นจากการลบในหลักต่ำกว่าจะนำไปบวกกับผลลบในหลักที่สูงกว่าด้วย) ซึ่งเป็นวิธีที่คล้ายกับการลบเลขฐานสองธรรมดาแต่จะแตกต่างกันตรงที่ หลังจากได้ผลการลบเลข BCD ในแต่ละหลักแล้วจะต้องนำผลการลบนั้นมาบวกด้วย 00002 หรือ 10102 อีกครั้งจึงจะได้ผลลัพะที่ถูกต้อง โดยการที่จะบวกด้วยค่าฬดนั้นขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งจะแตกต่างกันตามเครื่องหมายของผลลบที่ได้ นอกจากนี้ผลการลบที่มีค่าเป็นลบจะต้องถูกทำคอมพลีเมนท์ด้วย ดังนั้นการคำนวณหาผลลัพธ์ที่ถูกต้องจึงแบ่งออกได้เป็น 2 กรณีตามเครื่องหมายของผลการลบ คือกรณีที่ผลการลบเป็นบวก และกรณีที่ผลการลบเป็นลบ สำหรับโครงงานนี้จะเป็นกรณีที่ผลการลบเป็นบวกเสมอ ดังนั้นจะอธิบายกรณีนี้กรณีเดียว

กรณีที่ผลการลบเป็นบวก : ในกรณีนี้จะเกิดตัวทด EAC จากการลบ (EAC=1) สำหรับผลการลบในแต่ละหลักจะถูกนำไปบวกกับเลข 0000_2 หรือ 1010_2 อีกครั้งจึงจะได้ผลการลบเลข BCD ที่ถูกต้อง เงื่อนไขของการบวกผลการลบในแต่ละหลักด้วย 0000_2 หรือ 1010_2 จะขึ้นอยู่กับตัวทด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เกิดขึ้นกับการลบ (ในที่นี้คือการบวกตัวตั้งด้วยค่าคอมพลีเมนท์ของตัวลบ) ในแต่ละหลักโดยถ้าผลการลบ ในหลักใดมีตัวทดเกิดขึ้นก็จะบวกผลการลบในหลักนั้นด้วย 0000_2 และถ้าผลการลบในหลักใดไม่มีตัวทดก็จะบวกผลการลบในหลักนั้นด้วย 1010_2 สำหรับตัวทดที่เกิดขึ้นจากการบวกนี้จะถูกตัดทิ้ง เช่น

ตัวอย่างการลบเลข 548_{10} ด้วย 375_{10}

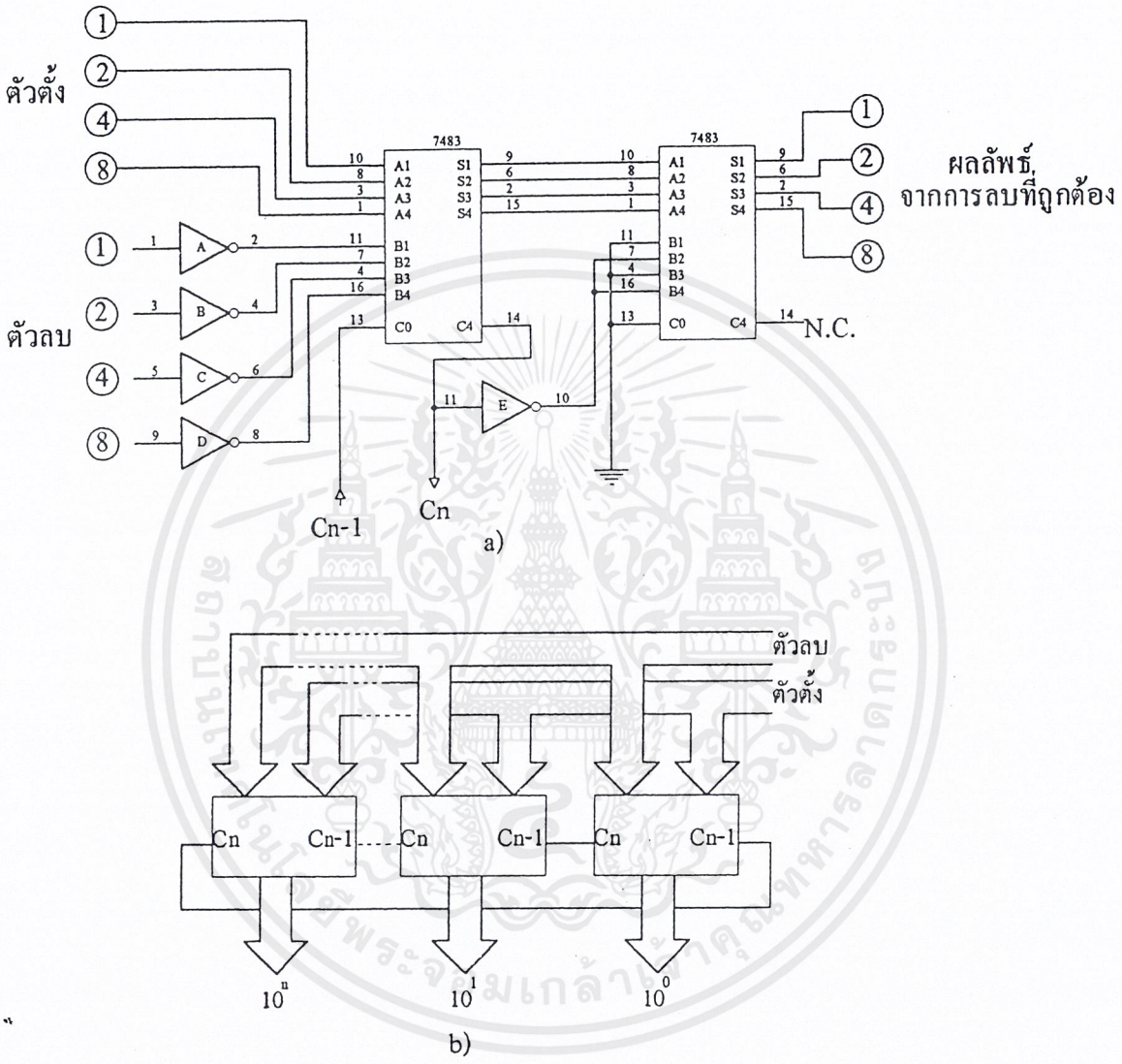
เลข 1'SCOMPLEMENT ของ 375_{10} หรือ -375_{10} คือ 1100 1000 1010

หลัก	ร้อย	สิบ	หน่วย	
	(10^2)	(10^1)	(10^0)	
548	0101	0100	1000	ตัวตั้ง
+ (-375)	1100	1000	1010	ค่า 1'SCOMPLEMENT ของตัวลบ
	0001	1100	0010	
		1	1	ตัวทด EAC = 1 ผลเป็นบวกและ
	0001	1101	0011	เกิดตัวทดในหลักหน่วย
	0001	1101	0011	ผลลบถูกนำมาโดยตรง
	0000	1010	0000	บวกหลักหน่วย,หลักร้อยด้วย 0000
= 173	0001	1 0111	0011	(มีตัวทด)และบวกหลักสิบด้วย1010
		ตัดตัวทดนี้ออก		(ไม่มีตัวทด)

สำหรับวงจรลบเลข BCD ขนาด 1 หลัก ซึ่งให้ผลการลบเฉพาะค่าบวก แสดงดังรูปที่ 3.9 ซึ่งวงจรจะประกอบด้วยวงจรบวก 2 วงจร โดยวงจรที่ 1 จะทำหน้าที่บวกข้อมูลที่เป็นตัวตั้งกับค่าคอมพลีเมนท์ตัวลบ (ผลบวกนี้จะเท่ากับผลการลบของตัวตั้งกับตัวลบ) แล้วงจรที่ 2 จะทำหน้าที่ในการบวกผลบวกจากวงจรที่ 1 ด้วย 0000_2 หรือ 1010_2 กล่าวคือ เมื่อเกิดตัวทดขึ้นในวงจรบวกที่ 1 ของหลักใดเอาท์พุทของวงจรบวกที่ 1 จะถูกบวกด้วย 0000_2 ในวงจรบวกที่ 2 ส่วนในกรณีที่ไม่มีตัวทดเกิดขึ้นในวงจรบวกที่ 1 เอาท์พุทของวงจรบวกที่ 1 นั้นก็จะถูกบวกด้วย 1010_2 (ในที่นี้ขอให้ระลึกอยู่เสมอว่าการบวกข้อมูลที่เป็นตัวตั้งกับค่าคอมพลีเมนท์ของตัวลบในวงจรบวกที่ 1 จะเท่ากับการลบของตัวตั้งและตัวลบ ดังนั้นผลบวกจากวงจรที่ 1 จึงเท่ากับผลการลบของตัวตั้งและตังลบที่ยังไม่ได้ถูกปรับเป็นเลข BCD) ดังนั้นค่าที่ป้อนให้กับอินพุท B4 และ B2 ของวงจรบวกที่ 2 จึงเป็นค่าคอมพลีเมนท์ของตัวทดจากวงจรบวกที่ 1 เราจึงป้อนเอาท์พุท Cn ของวงจรบวกที่ 1 ผ่านวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

inverter ไปยังอินพุท B4 และ B2 ของวงจรบวกที่ 2 และจากรูป 3.9 b) จะแสดงการนำวงจรลบเลข BCD ขนาด 1 หลักมาเชื่อมต่อกันเพื่อเพิ่มจำนวนหลักของเลข BCD ขึ้น

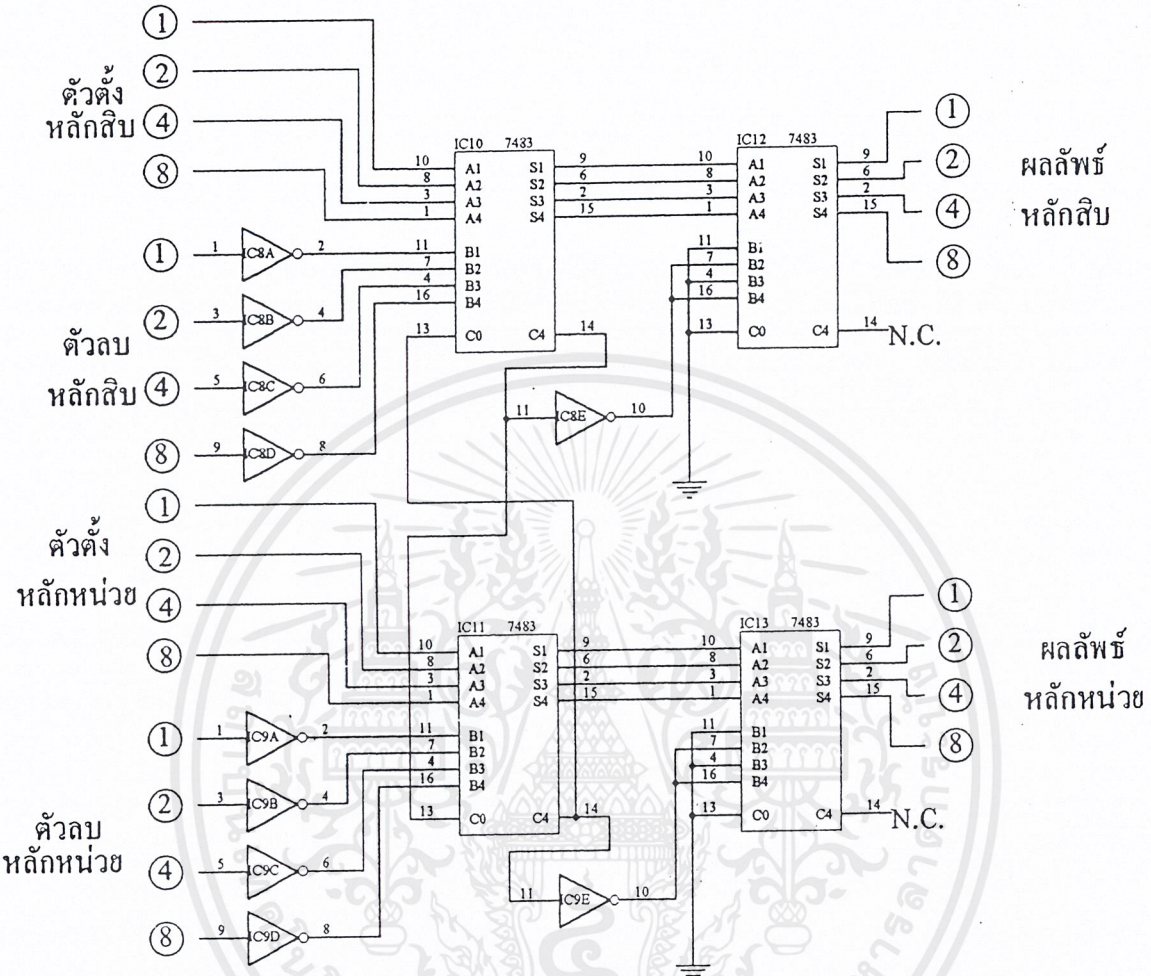


รูปที่ 3.9 a) วงจรลบเลข BCD ขนาด 1 หลักที่ให้เอาท์พุทเป็นบวกเท่านั้น

b) การนำวงจรในรูป a) มาเชื่อมต่อกันเพื่อเพิ่มจำนวนหลัก

สำหรับวงจรลบเลข BCD ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นวงจรลบเลข BCD ขนาด 2 หลักวงจรใช้แสดงดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

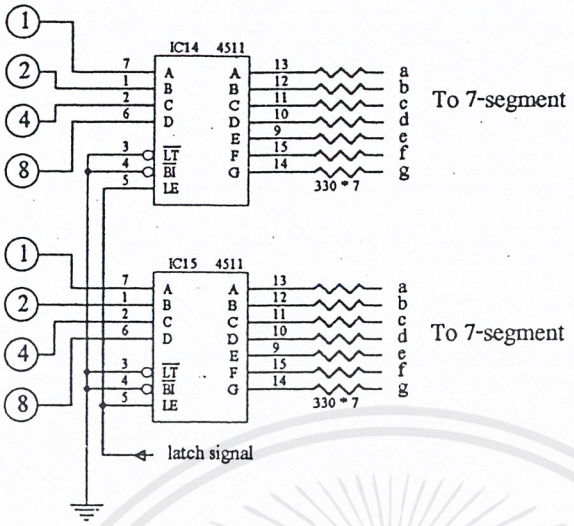


รูปที่ 3.10 แสดงวงจรลบเลข BCD ขนาด 2 หลักที่ใช้ในโครงงาน

3.8 BCD to 7-segment decoder/driver

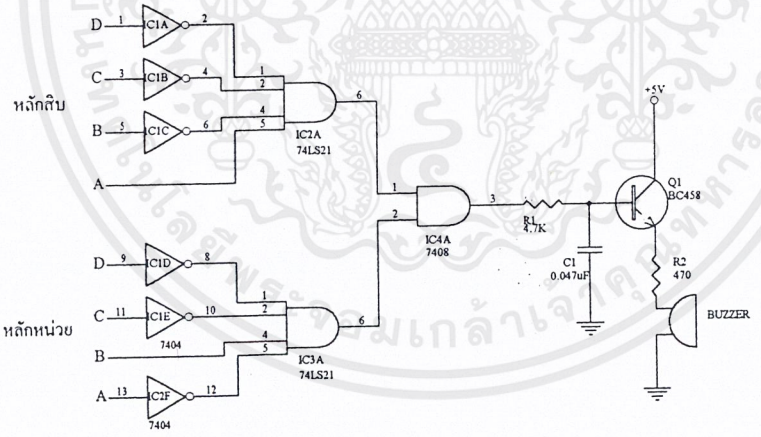
วงจรแปลงรหัส BCD to 7-segment ดังรูปที่ 3.11 จะใช้เพื่อแปลงรหัส BCD จากวงจรลบเลข BCD เพื่อแสดงผลเป็นเลขฐานสิบซึ่งเป็นค่าของจำนวนตลับ CD โดยใช้ IC#4511 ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรแปลงรหัส BCD to 7-segment เพื่อแสดงจำนวนตลับ CD

3.9 วงจรส่งสัญญาณเตือนเมื่อจำนวนตลับ CD เท่ากับ 12 ตลับ



รูปที่ 3.12 แสดงวงจรวงจรส่งสัญญาณเตือนเมื่อจำนวนตลับ CD เท่ากับ 12 ตลับ

การออกแบบ : ให้ส่งสัญญาณเตือนเมื่อตลับ CD ครบ 12 ตลับ

หลักสิบ ทำงานเมื่อเป็นเลข 1 เท่านั้น

$$f1 = 0001 = \bar{D}\bar{C}\bar{B}A$$

หลักหน่วย ทำงานเมื่อเป็นเลข 2 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

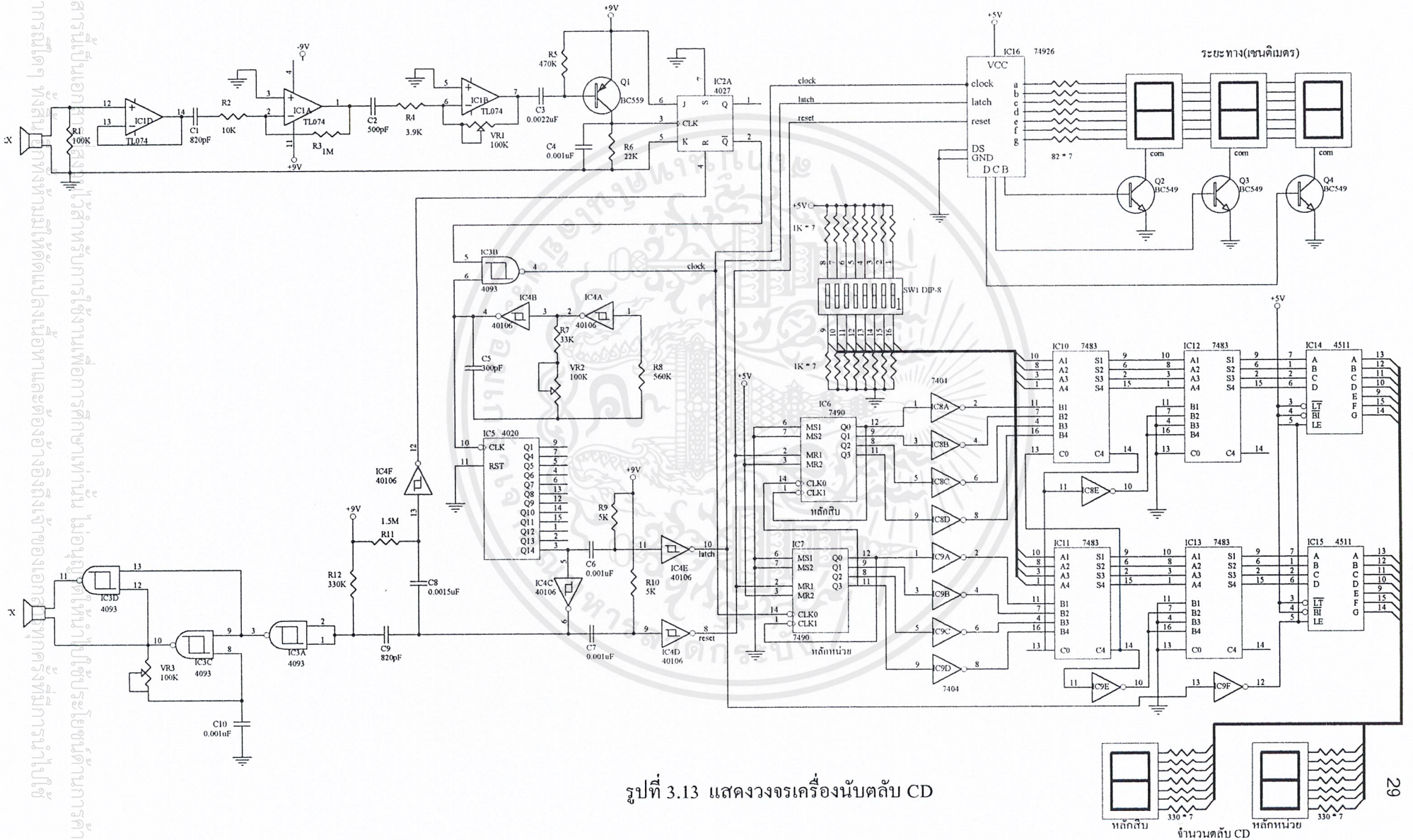
$$f2 = 0010 = \bar{D}\bar{C}B\bar{A}$$

ดังนั้น $F(12) = f1 \bullet f2$

ซึ่งนำไปเขียนวงจรlogic ได้ดังรูปที่ 3.12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

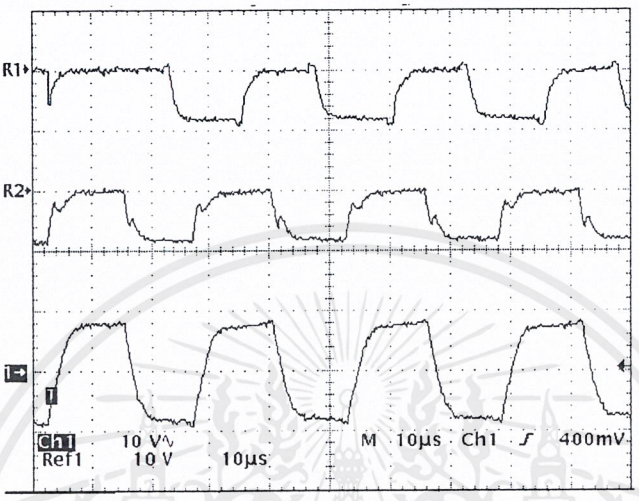


รูปที่ 3.13 แสดงวงจรเครื่องนับตลับ CD

บทที่ 4

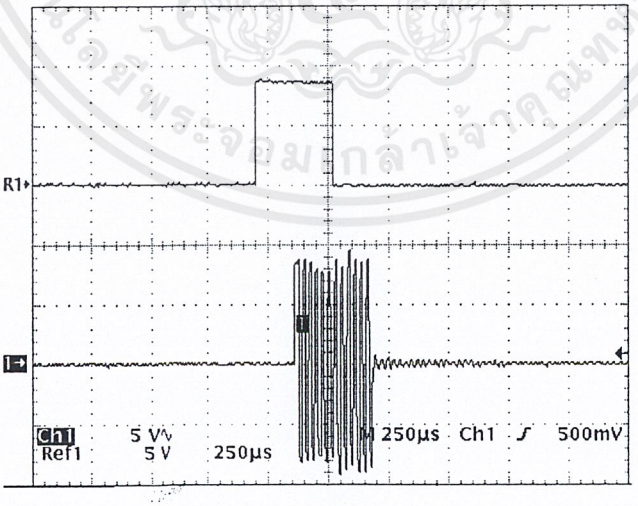
ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองวงจรกำเนิดความถี่ 40 KHz



รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากวงจรรูปที่ 3.2

จากรูปที่ 4.1 สัญญาณ R1 เป็นสัญญาณเฟสบวกที่ตัวส่งอัลตร้าโซนิคเทียบกับกราวน์ สัญญาณ R2 เป็นสัญญาณเฟสลบที่ตัวส่งอัลตร้าโซนิกเทียบกับกราวน์ สัญญาณ 1 เป็นสัญญาณที่ตกคร่อมตัวส่งอัลตร้าโซนิค ความถี่ที่วัดได้เท่ากับ 40 KHz

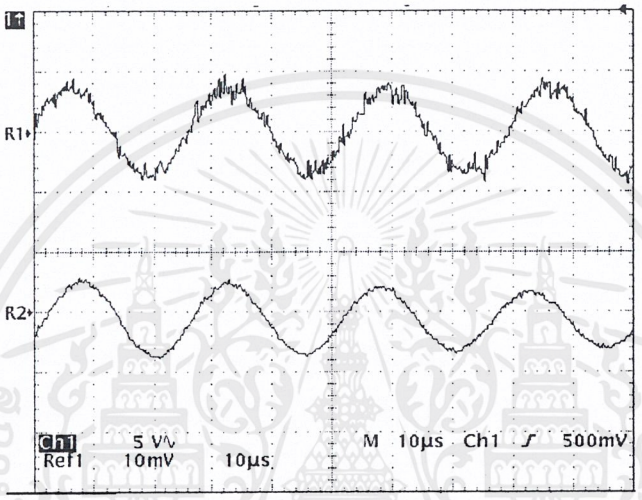


รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณควบคุมการกำเนิดความถี่ 40 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 สัญญาณ R1 เป็นสัญญาณควบคุมการกำเนิดความถี่ 40 KHz ที่วัดได้จากวงจรโมโนสเตเบิล IC3A ซึ่งสัญญาณนี้จะใช้ควบคุมตัวส่งให้ส่งพัลส์ความถี่ 40 KHz ออกไป 12 พัลส์ในหนึ่งจังหวะ ดังรูปสัญญาณ 1

4.2 ผลการทดลองวงจรภาครับสัญญาณ

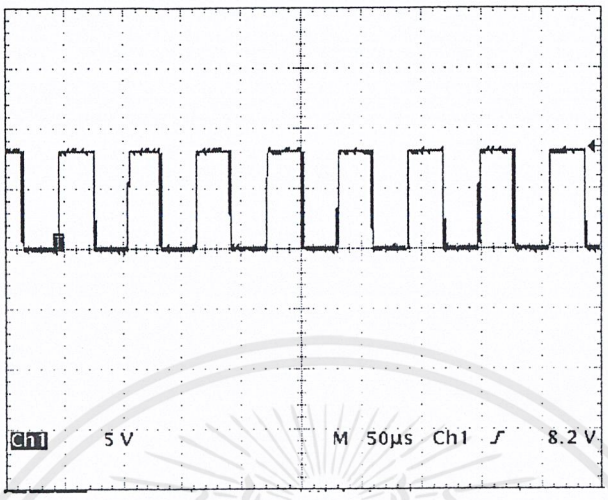


รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากวงจรรูปที่ 3.3

จากรูปที่ 4.3 เป็นรูปสัญญาณที่ภาครับ สัญญาณ R1 เป็นสัญญาณที่เอาท์พุทของวงจรบัพเฟอร์ ส่วนสัญญาณ R2 เป็นสัญญาณที่ขยายแล้วโดย IC1 สัญญาณนี้จะนำไปไบอัสขาเบสของ Q1 เพื่อให้ Q1 ทำการสวิทช์จ่ายพัลส์ขอบขาขึ้นเป็นสัญญาณคล็อกให้ฟลิปฟลอปเพื่อหยุดการนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

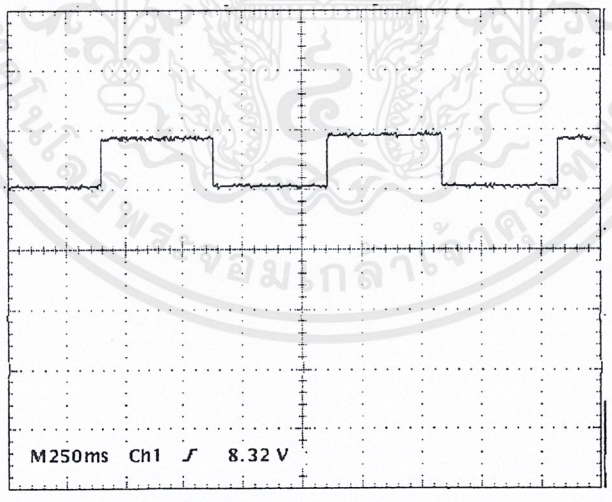
4.3 ผลการทดลองวงจรกำเนิดความถี่ 17.3 KHz



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของวงจรรูปที่ 3.5

จากรูปเป็นสัญญาณที่วัดได้จากวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้กำเนิดความถี่17.3 KHz ความถี่ที่วัดได้จริงเท่ากับ 16.67 KHz

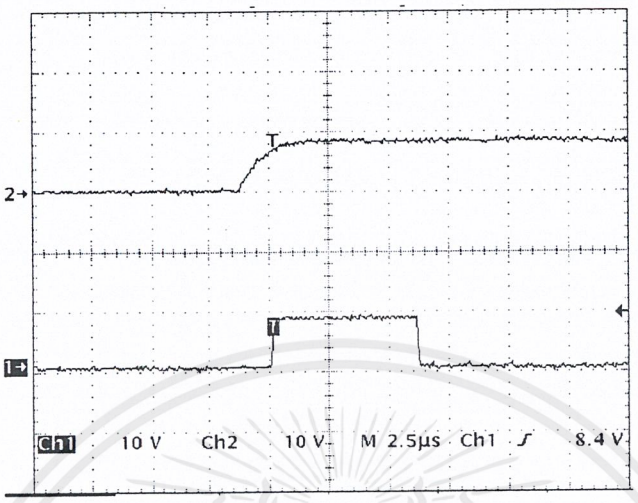
4.4 ผลการทดลองวงจรหารความถี่



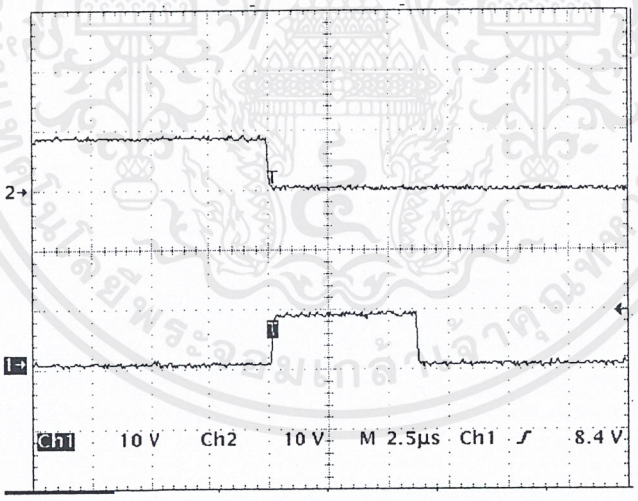
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของวงจรหารความถี่

จากรูปที่ 4.5 เป็นสัญญาณเอาท์พุทของวงจรหารความถี่ ความถี่ที่วัดได้เท่ากับ 1.05 Hz ซึ่งความถี่ นี้จะนำไปเป็นฐานเวลาให้วงจรเครื่องนับตลับ CD ซึ่งจะไปควบคุมวงจรโมโนสเตเบิลทั้งสี่ชุดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

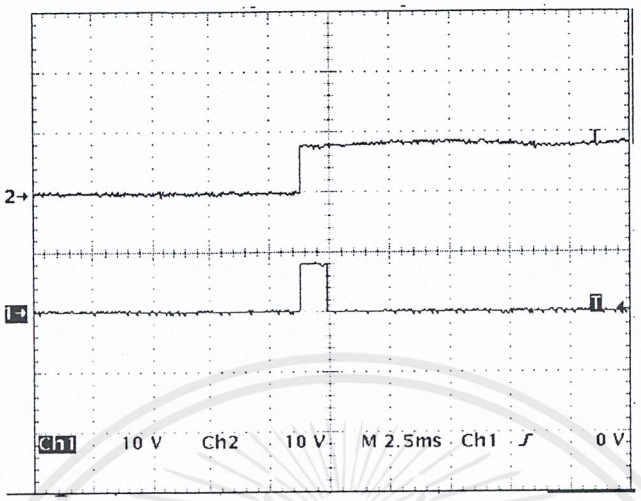


รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณรีเซ็ตวงจรนับ

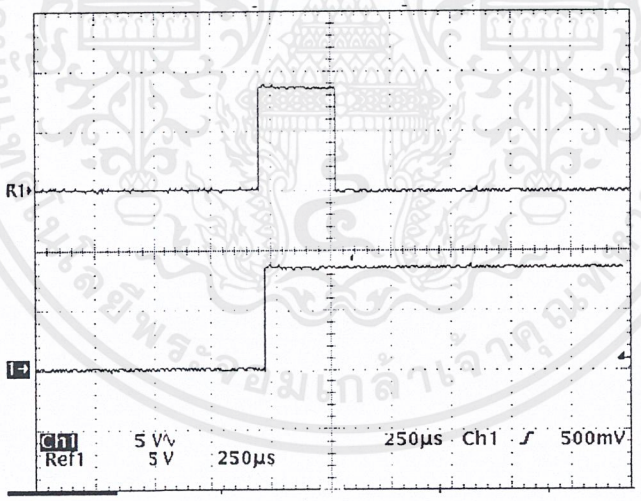


รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณแลทช์วงจรนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณรีเซ็ตฟลิปฟลอป



รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณควบคุมการกำเนิดความถี่ 40 KHz

วงจรโมโนสเตเบิลชุดที่ 1 : จากรูปที่ 4.6 สัญญาณ 2 เป็นสัญญาณในส่วนของขอบขาขึ้นของความถี่ 1 Hz ซึ่งใช้ควบคุมวงจรโมโนสเตเบิล IC 4D ให้กำเนิดพัลส์ที่มีคาบเวลา 6.25 us ดังรูปสัญญาณ 1 สัญญาณพัลส์นี้จะนำไปรีเซ็ตวงจรนับ

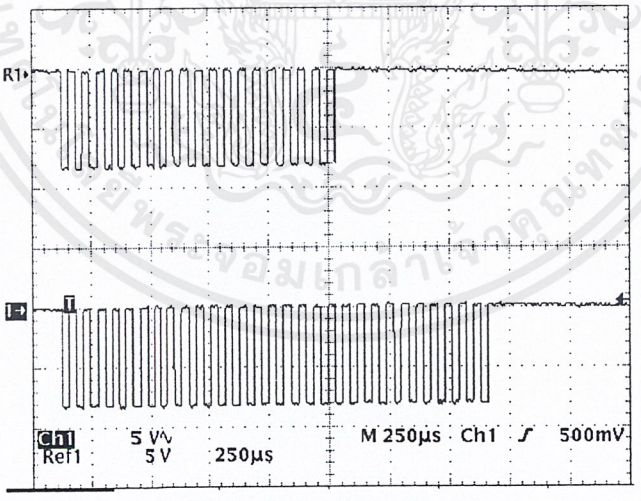
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรโมโนสเตเบิลชุดที่ 2 : จากรูปที่ 4.7 สัญญาณ 2 เป็นสัญญาณในส่วนของขอบขาลงของความถี่ 1 Hz ซึ่งใช้ควบคุมวงจรโมโนสเตเบิล IC 4E ให้กำเนิดพัลส์ที่มีคาบเวลา 6.25 us ดังรูป สัญญาณ 1 สัญญาณพัลส์นี้จะถูกส่งเข้าขาอินพุทแลทช์ของ IC16, IC14 และ IC15 ในวงจรรูปที่ 3.13 เพื่อให้ค้างค่าระยะทางและจำนวนตลับ CD ให้สามารถอ่านค่าทั้งสองได้

วงจรโมโนสเตเบิลชุดที่ 3 : จากรูปที่ 4.8 สัญญาณ 2 เป็นสัญญาณในส่วนของขอบขาขึ้นของความถี่ 1 Hz ซึ่งใช้ควบคุมวงจรโมโนสเตเบิล IC 4F ให้กำเนิดพัลส์ที่มีคาบเวลา 1 us ดังรูป สัญญาณ 1 สัญญาณพัลส์นี้จะนำไปรีเซ็ตฟลิปฟลอป ทำให้ $\bar{Q}$ มีลอจกเป็น 1 ทำการเปิดเกต IC3B ให้สัญญาณความถี่ 17.3 KHz ถูกส่งผ่านไปยังวงจรนับ

วงจรโมโนสเตเบิลชุดที่ 4 : จากรูปที่ 4.9 สัญญาณ 1 เป็นสัญญาณในส่วนของขอบขาขึ้นของความถี่ 1 Hz ซึ่งใช้ควบคุมวงจรโมโนสเตเบิล IC 4A ให้กำเนิดพัลส์ที่มีคาบเวลา 0.3 ms ดังรูป สัญญาณ R1 สัญญาณพัลส์นี้จะนำไปควบคุมวงจรกำเนิดความถี่ 40 KHzให้ส่งพัลส์ความถี่ 40 KHz ออกไป 12 พัลส์ ใน 1 จังหวะ โดยพัลส์ที่ส่งออกไปจะสะท้อนกับตลับ CD และรับสัญญาณโดยตัวรับ

4.5 ผลการทดลองของวงจรนับ



รูปที่ 4.10 แสดงจำนวนพัลส์ที่นับได้ซึ่งจะมีค่าเท่ากับระยะทาง

จากรูปที่ 4.10 สัญญาณ R1 มีจำนวนพัลส์เท่ากับ 20 ลูก ซึ่งมีค่าเท่ากับระยะทาง 20 เซนติเมตร และสัญญาณ 1 มีจำนวนพัลส์ 30 ลูก ซึ่งมีค่าเท่ากับระยะทาง 30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

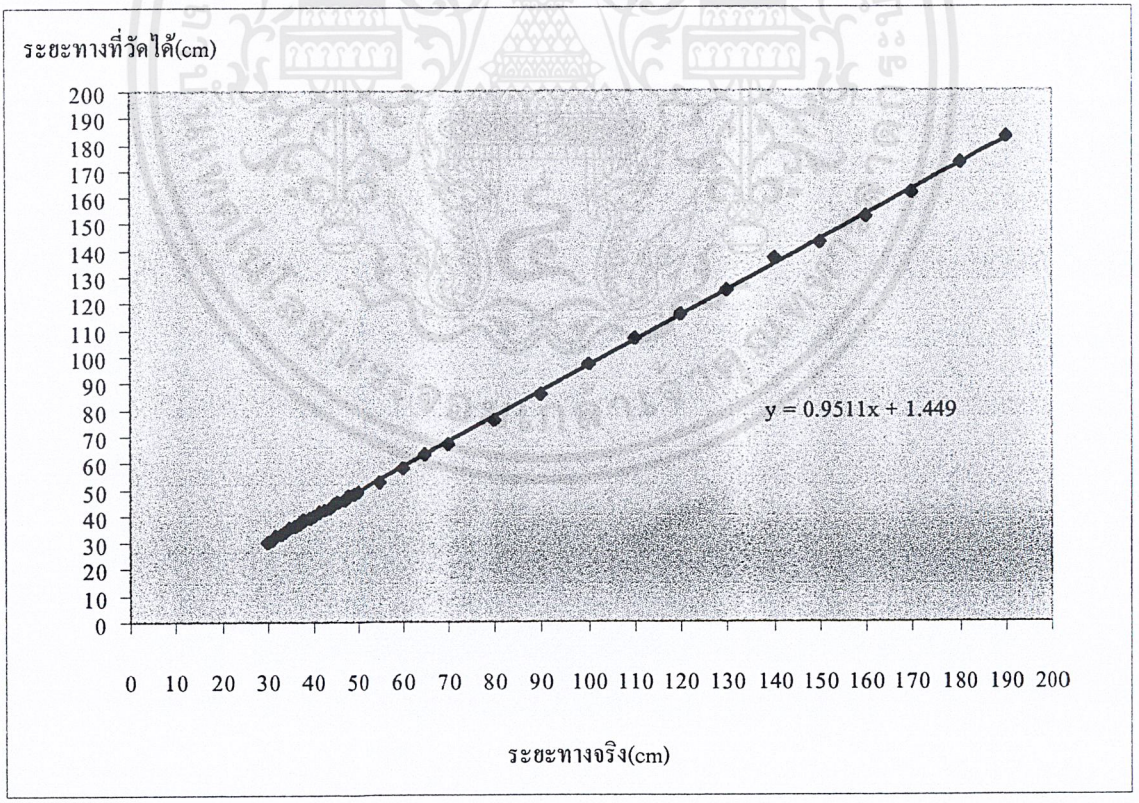
4.6 ผลการทดลองวงจรวัดระยะทาง

ระยะทางจริง (เซนติเมตร)	ระยะทางที่วัดได้ (เซนติเมตร)	ERROR (%)
30	30	0
31	31	0
32	32	0
33	33	0
34	34	0
35	35	0
36	36	0
37	37	0
38	38	0
39	39	0
40	40	0
41.5	41	1.20
42.7	42	1.64
43.7	43	1.60
44.8	44	1.78
45.8	45	1.75
46.8	46	1.71
47.9	47	1.88
49	48	2.04
50	49	2
55	53	3.64
60	58	3.33
65	63	3.08
70	67	4.29
80	76	5
90	86	4.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

100	97	3
110	107	2.73
120	116	3.33
130	125	3.85
140	137	2.14
150	143	4.67
160	153	4.38
170	162	4.71
180	173	3.89
190	183	3.68

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรวัดระยะทาง



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลการทดลองวงจรวัดระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ผลการทดลองเครื่องนับตลับ CD

จากวงจรรูปที่ 3.13 ทดลองนับตลับ CD จำนวน 20 ตลับ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

จำนวนตลับ CD	รหัส BCD ของวงจรลบ		ค่าเลขฐานสิบ
	หลักสิบ	หลักหน่วย	
0	0000	0000	0
1	0000	0001	1
2	0000	0010	2
3	0000	0011	3
4	0000	0100	4
5	0000	0101	5
6	0000	0110	6
7	0000	0111	7
8	0000	1000	8
9	0000	1001	9
10	0001	0000	10
11	0001	0001	11
12	0001	0010	12
13	0001	0011	13
14	0001	0100	14
15	0001	0101	15
16	0001	0110	16
17	0001	0111	17
18	0001	1000	18
19	0001	1001	19
20	0010	0000	20

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเครื่องนับตลับ CD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ข้อเสนอแนะและวิจารณ์

5.1 คุณสมบัติของเครื่องนับตลับ CD

1) สามารถนับตลับ CD ที่มีความหนา 1 เซนติเมตร ได้สูงสุด 30 แผ่น

2) ส่งสัญญาณเตือนเมื่อตลับ CD ครบ 12 ตลับ

3) แสดงค่าระยะทางสำหรับการเซ็ตค่าเริ่มต้น

5.2 ข้อจำกัดในการส่งและรับคลื่นอุลตร้าโซนิค

1) ตลับ CD ที่ใช้นับจะต้องวางห่างจากตัวรับและตัวส่งอุลตร้าโซนิค มากกว่า 20 cm.และตลับ CD จะต้องมีความหนา 1 cm.เนื่องจากช่วงเวลาในการเดินทางของคลื่นที่ระยะทางสั้นกว่า 20 เซนติเมตรจะใช้เวลาน้อยกว่า 1.156 ms ซึ่งช่วงเวลานี้ฟลิปฟลอป IC2A ยังอยู่ในช่วงรีเซ็ตอยู่จึงไม่สนใจว่าจะมีสัญญาณอินพุทเข้าที่ขา clock นั่นเอง

2) สภาพแวดล้อมและการแยกแยะเป้าหมายซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการนับเพราะถ้ามีวัตถุใดๆ ขวางอยู่หรือสอดแทรกเข้าใกล้กับทางเดินของคลื่นจะทำให้การนับได้ผลที่ผิดพลาดซึ่งเกิดจากการสะท้อนกลับของคลื่นอุลตร้าโซนิคที่กระทบกับสิ่งกีดขวางเหล่านั้น

5.3 การพัฒนาและการประยุกต์เครื่องนับตลับ CD

1) ถ้าต้องการที่จะนับจำนวนชิ้นงานที่มีความหนาน้อยกว่า 1 เซนติเมตร เช่นต้องการนับชิ้นงานที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร จะต้องเพิ่มความถี่ของวงจรกำเนิดความถี่ 17.3 KHz ให้มีความถี่เพิ่มขึ้นเป็น 173 KHz ซึ่งความถี่ที่ใช้มีวิธีการหาดังนี้

คลื่นอุลตร้าโซนิคมีความเร็วในอากาศ 346 เมตร / วินาที หรือ เท่ากับ 346000 มิลลิเมตร / วินาที ที่สภาวะอุณภูมิปกติ (25 องศาเซลเซียส) แต่ระยะทางจากครื่องถึงชิ้นงานเท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางที่คลื่นเดินทางจริง ดังนั้นความเร็วที่ใช้งานที่เท่ากับความถี่ใช้งานเท่ากับ

$$\frac{346000\,(\text{มิลลิเมตร}/\text{วินาที})}{2} = 173000\,(\text{มิลลิเมตร}/\text{วินาที}) \quad ; \ (\text{เฮิรตซ์})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) นอกจากนี้ถ้าเรานำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในส่วนของวงจรนับและคำนวณจะทำให้มีความยืดหยุ่น เพราะในส่วนวงจรนับและคำนวณจำนวนชิ้นงาน สามารถเขียนโปรแกรมได้ซึ่งไม่ยุ่งยากเหมือนกับการใช้อุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์มาสร้างวงจร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำรายงานขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.สุริภณ สมควรพาณิชย์ ที่ได้ให้คำปรึกษาในการเริ่มต้นทำโครงงานนี้ ตลอดจนข้อคิดเห็นในทางปฏิบัติและแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ จนสำเร็จได้ด้วยดี และอาจารย์ในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานต่างๆ โดยผู้จัดทำรายงานได้นำความรู้ที่ได้เรียนมาในแต่ละเทอมนำมาประยุกต์ และนำมาแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมาก ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆจนสำเร็จได้ด้วยดี ซึ่งถ้าหากขาดบุคคลดังกล่าวแล้ว ผู้จัดทำคงไม่สามารถที่จะทำงานให้สำเร็จลงได้ และในสุดท้ายนี้ ผู้จัดทำรายงานใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลที่กล่าวถึงเป็นอย่างสูง ผู้จัดทำรายงานขอระลึกถึงด้วยความขอบคุณยิ่ง

.....

นายพิเชษฐ์ วิลามาศ

.....

นายพิพัฒน์ เรืองสวัสดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1.ฐิรพงษ์ นามแถ่ง, "ตลับเมตรไร้สาย", HOBBY ELECTRONIC, ฉบับที่ 71.

2.ทนง โชติสรยุทธ์, "เทคนิคการใช้งานอุลตร้าโซนิกทราดิวเซอร์สำหรับนักทดลอง", วารสารเซมิคอนดัคเตอร์, ฉบับที่ 44.

3. ธนัท ชัยยุทธ, "วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบลเตอร์และอะสเตเบิลมัลติไวเบลเตอร์", 2536, หน้า 271 – 317.

4. นรินทร์ เนาวประทีป, "การป้องกัน ทดสอบ และเพิ่มเสถียรภาพให้วงจรออปแอมป์", ออปแอมป์, หน้า 89 – 94.

5.Mafielf, P.H. "Electrical Transducer for Industrial Measurment", London, Butterworth, 1973.

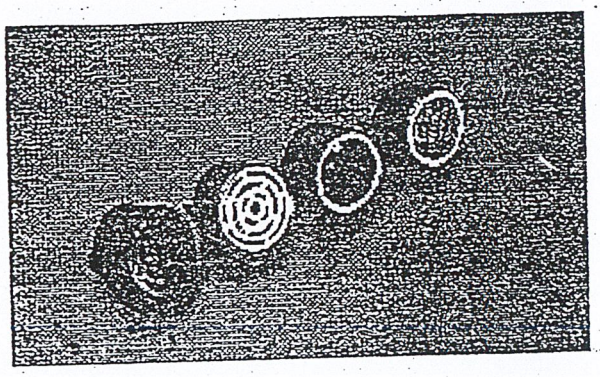
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
ข้อมูลอุปกรณ์

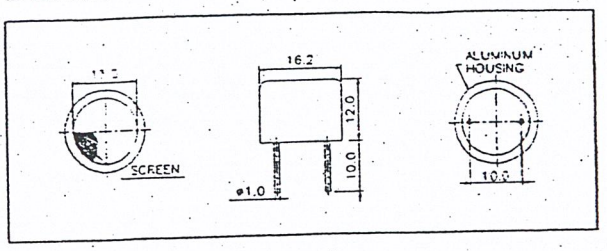
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Air Ultrasonic Ceramic Transducers

400ST/R160



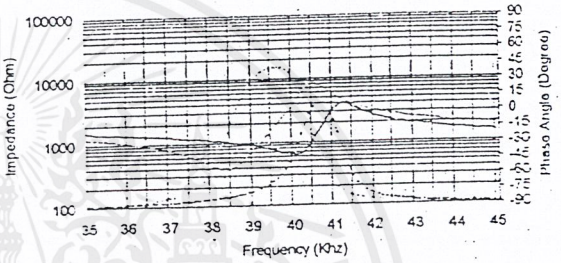
Dimensions: dimensions are in mm



Impedance/Phase Angle vs. Frequency

Tested under 1Vrms Oscillation Level

400SR160 Impedance
400SR160 Phase
400ST160 Impedance
400ST160 Phase

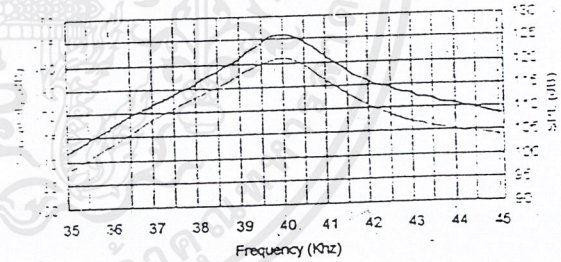


Specification

400ST160		Transmitter
400SR160		Receiver
Center Frequency		40.0±1.0Khz
Bandwidth (-6dB)	400ST160	2.0Khz
	400SR160	2.5Khz
Transmitting Sound Pressure Level at 40.0Khz; 0dB re 0.0002µbar per 10Vrms at 30cm		120dB min.
Receiving Sensitivity at 40.0Khz 0dB = 1 volt/µbar		-65dB min.
Capacitance at 1Khz	±20%	2400 pF
Max. Driving Voltage (cont.)		20Vrms
Total Beam Angle	-6dB	55° typical
Operation Temperature		-40 to 85°C
Storage Temperature		-40 to 85°C

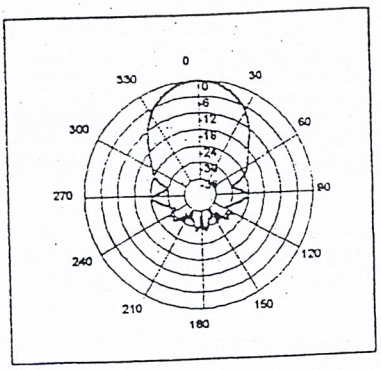
Sensitivity/Sound Pressure Level

Tested under 10Vrms @30cm



All specification taken typical at 25°C
Closer frequency tolerance can be supplied upon request.

Beam Angle: Tested at 40.0Khz frequency



Models available:

1	400ST/R160	Aluminum Housing
2	400ST/R16B	Black Al. Housing
2	400ST/R10P	Plastic Housing
3	400ST/R16F	Al. Housing w/Solid Grid

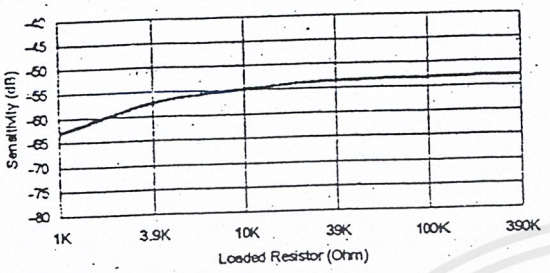
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Air Ultrasonic Ceramic Transducers

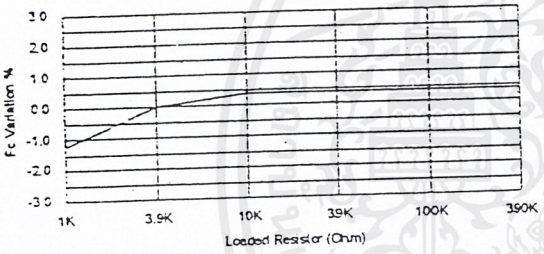
400ST/R160

400SR160 Receiver

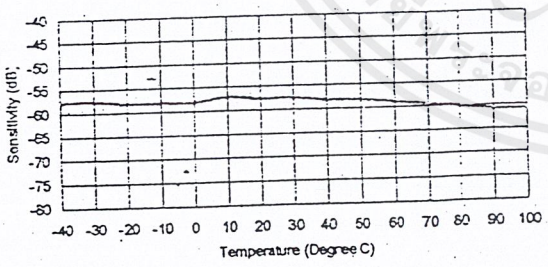
Sensitivity Variation vs. Loaded Resistor



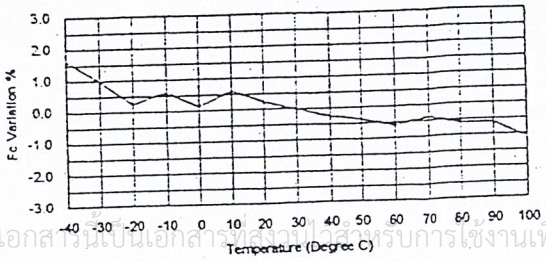
Center Frequency Shift vs. Loaded Resistor



Sensitivity Variation vs. Temperature

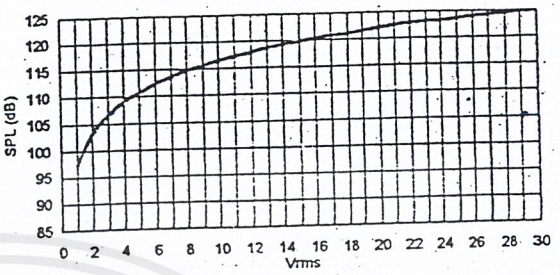


Center Frequency Shift vs. Temperature

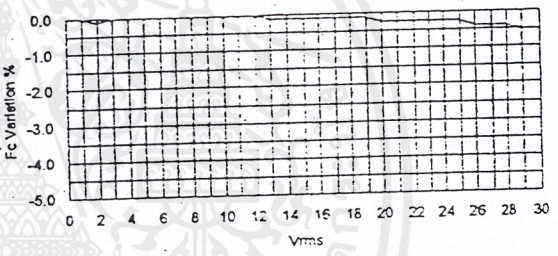


400ST160 Transmitter

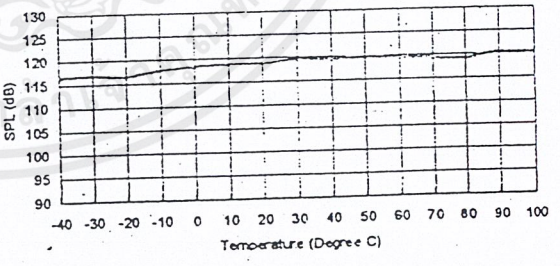
SPL Variation vs. Driving Voltage



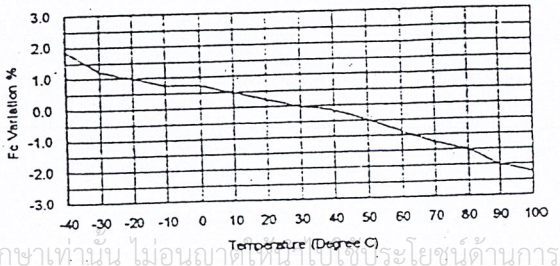
Center Frequency Shift vs. Driving Voltage



SPL Variation vs. Temperature



Center Frequency Shift vs. Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL071
TL072
TL074

LOW NOISE, JFET INPUT
OPERATIONAL AMPLIFIERS

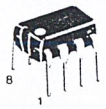
SILICON MONOLITHIC
INTEGRATED CIRCUITS

LOW NOISE, JFET INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

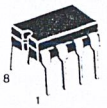
These low noise JFET input operational amplifiers combine two state-of-the-art linear technologies on a single monolithic integrated circuit. Each internally compensated operational amplifier has well matched high voltage JFET input devices for low input offset voltage. The BIFET technology provides wide bandwidths and fast slew rates with low input bias currents, input offset currents, and supply currents. Moreover, the devices exhibit low noise and low harmonic distortion making them ideal for use in high fidelity audio amplifier applications.

These devices are available in single, dual and quad operational amplifiers which are pin-compatible with the industry standard MC1741, MC1458, and the MC3403 LM324 bipolar products.

- Low Input Noise Voltage — 18 $nV/\sqrt{Hz}$ Typ
- Low Harmonic Distortion — 0.01% Typ
- Low Input Bias and Offset Currents
- High Input Impedance — 10^{12} Ω Typ
- High Slew Rate — 13 V/μs Typ
- Wide Gain Bandwidth — 4.0 MHz Typ
- Low Supply Current — 1.4 mA per Amp



P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626

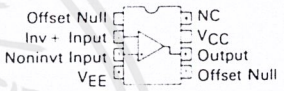


JG SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 693



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)

TL071
(Top View)

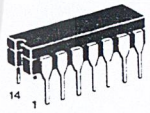


TL072
(Top View)



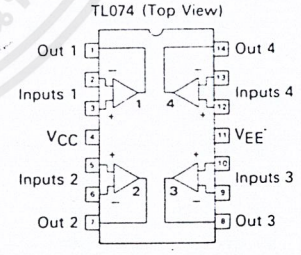


N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646
(TL074 Only)



J SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 632
(TL074 Only)

TL074 (Top View)



ORDERING INFORMATION

Op Amp Function	Device	Temperature Range	Package
Single	TL071ACD, CD	0 to +70°C	SO-8
	TL071ACJG, CJG		Ceramic DIP
	TL071ACP, CP		Plastic DIP
Dual	TL072ACD, CD	0 to +70°C	SO-8
	TL072ACJG, CJG		Ceramic DIP
	TL072ACP, CP		Plastic DIP
Quad	TL074ACJ, CJ	0 to +70°C	Ceramic DIP
	TL074ACN, CN		Plastic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	TL07_C TL07_AC	Unit
Supply Voltage	V_{CC} V_{EE}	+18 −18	V
Differential Input Voltage	V_{ID}	±30	V
Input Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	±15	V
Output Short-Circuit Duration (Note 2)	t_S	Continuous	
Power Dissipation Plastic Package (N, P) Derate above T_A = +47°C Ceramic Package (J, JG) Derate above T_A = +82°C	P_D $1/\theta_{JA}$ P_D $1/\theta_{JA}$	680 10 680 10	mW mW/°C mW mW/°C
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +70	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−65 to +150	°C

NOTES: 1. The magnitude of the input voltage must not exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.
2. The output may be shorted to ground or either supply. Temperature and/or supply voltages must be limited to ensure that power dissipation ratings are not exceeded.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = +15 V, V_{EE} = −15 V, T_A = +25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	TL07_C TL07_AC Min	Typ	Max	Unit
Input Offset Voltage ($R_S \leq$ 10 k, V_{CM} = 0) TL071, TL072 TL074 TL07_A	V_{IO}	— — —	3.0 3.0 3.0	10 10 6.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage R_S = 50 Ω, T_A = T_{low} to T_{high} (Note 3)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	—	10	—	μV/°C
Input Offset Current (V_{CM} = 0) (Note 4) TL07_ TL07_A	I_{IO}	— —	5.0 5.0	50 50	pA
Input Bias Current (V_{CM} = 0) (Note 4) TL07_ TL07_A	I_{IB}	— —	30 30	200 200	pA
Input Resistance	r_i	—	10^{12}	—	Ω
Common Mode Input Voltage Range TL07_ TL07_A	V_{ICR}	±10 ±11	+15, −12 +15, −12	— —	V
Large-Signal Voltage Gain (V_O = ±10 V, $R_L \geq$ 2.0 k) TL07_ TL07_A	A_{VOL}	25 50	150 150	— —	V/mV
Output Voltage Swing (Peak-to-Peak) (R_L = 10 k)	V_O	24	28	—	V
Common Mode Rejection Ratio ($R_S \leq$ 10 k) TL07_ TL07_A	CMRR	70 80	100 100	— —	dB
Supply Voltage Rejection Ratio ($R_S \leq$ 10 k) TL07_ TL07_A	PSRR	70 80	100 100	— —	dB
Supply Current (Each Amplifier)	I_D	—	1.4	2.5	mA
Unity Gain Bandwidth	BW	—	4.0	—	MHz
Slew Rate (See Figure 1) V_{in} = 10 V, R_L = 2.0 k, C_L = 100 pF	SR	—	13	—	V/μs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = +15 V, V_{EE} = −15 V, T_A = +25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	TL07_C TL07_AC			Unit
		Min	Typ	Max	
Rise Time (See Figure 1)	t_r	—	0.1	—	μs
Overshoot Factor V_{in} = 20 mV, R_L = 2.0 k, C_L = 100 pF	—	—	10	—	%
Equivalent Input Noise Voltage R_S = 100 Ω, f = 1000 Hz	e_n	—	18	—	nV/√Hz
Equivalent Input Noise Current R_S = 100 Ω, f = 1000 Hz	i_n	—	0.01	—	pA/√Hz
Total Harmonic Distortion V_O (RMS) = 10 V, $R_S \leq$ 1.0 k $R_L \geq$ 2.0 k, f = 1000 Hz	THD	—	0.01	—	%
Channel Separation A_V = 100	—	—	120	—	dB

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = +15 V, V_{EE} = −15 V, T_A = T_{high} to T_{low} [Note 3])

Characteristic	Symbol	TL07_C TL07_AC			Unit
		Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage ($R_S \leq$ 10 k, V_{CM} = 0) TL071, TL072 TL074 TL07_A	V_{IO}	 — —	 — —	 13 13 7.5	mV
Input Offset Current (V_{CM} = 0) (Note 4) TL07_ TL07_A	I_{IO}	 — —	 — —	 2.0 2.0	nA
Input Bias Current (V_{CM} = 0) (Note 4) TL07_ TL07_A	I_{IB}	 — —	 — —	 7.0 7.0	nA
Large-Signal Voltage Gain (V_O = ±10 V, $R_L \geq$ 2.0 k) TL07_ TL07_A	A_{VOL}	 15 25	 — —	 — —	V/mV
Output Voltage Swing (Peak-to-Peak) ($R_L \geq$ 10 k) ($R_L \geq$ 2.0 k)	V_O	 24 20	 — —	 — —	V

NOTES (continued):

3. T_{low} = 0°C for TL071C, TL071AC, TL072C, TL072AC, TL074C, TL074AC T_{high} = +70°C for TL071C, TL071AC, TL072C, TL072AC, TL074C, TL074AC

4. Input Bias currents of JFET input op amps approximately double for every 10°C rise in Junction Temperature as shown in Figure 3. To maintain Junction Temperature as close to Ambient Temperature as possible, pulse techniques must be used during testing.

TEST CIRCUITS

FIGURE 1 — UNITY GAIN VOLTAGE FOLLOWER

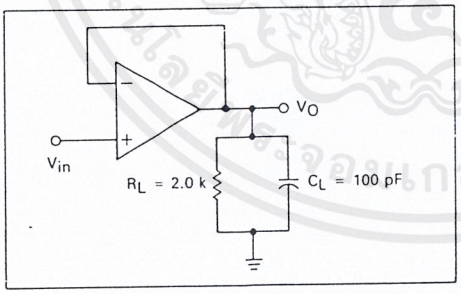
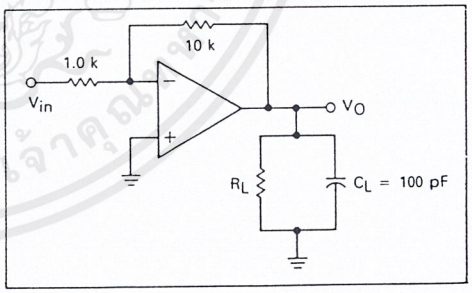


FIGURE 2 — INVERTING GAIN OF 10 AMPLIFIER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR TM

October 1987
Revised January 1999

CD40106BC
Hex Schmitt Trigger

General Description

The CD40106BC 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 TTL compatibility:
  Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- Hysteresis: 0.4 V_{DD} (typ.),
  0.2 V_{DD} guaranteed
- Equivalent to MM74C14
- Equivalent to MC14584B

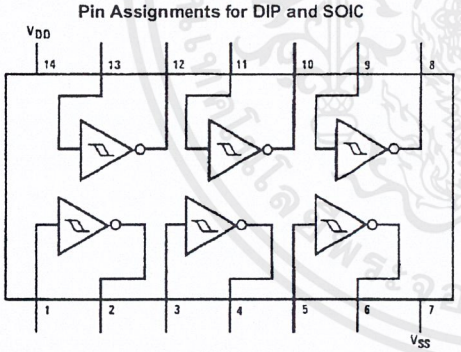
Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD40106BCM	M14A	14-Lead Small Outline integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow Body
CD40106BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

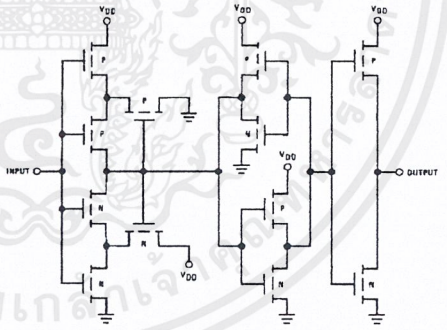
Connection Diagram

Pin Assignments for DIP and SOIC



Top View

Schematic Diagram



© 1999 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

(Note 2)

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

Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	3 to 15 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	0 to V_{DD} V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	−40°C to +85°C

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.

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	−40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	V_{DD} = 5V		4.0			4.0		30	µA
		V_{DD} = 10V		8.0			8.0		60	µA
		V_{DD} = 15V		16.0			16.0		120	µA
V_{OL}	LOW Level Output	$\|I_O\|$ < 1 µA								
	Voltage	V_{DD} = 5V		0.05			0.05		0.05	V
		V_{DD} = 10V		0.05			0.05		0.05	V
		V_{DD} = 15V		0.05			0.05		0.05	V
V_{OH}	HIGH Level Output	$\|I_O\|$ < 1 µA								
	Voltage	V_{DD} = 5V	4.95		4.95	5		4.95		V
		V_{DD} = 10V	9.95		9.95	10		9.95		V
		V_{DD} = 15V	14.95		14.95	15		14.95		V
V_{T-}	Negative-Going Threshold	V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V	0.7	2.0	0.7	1.4	2.0	0.7	2.0	V
	Voltage	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	V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V	3.0	4.3	3.0	3.6	4.3	3.0	4.3	V
	Voltage	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
	Voltage	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	V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
	Current (Note 3)	V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I_{OH}	HIGH Level Output	V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V	−0.52		−0.44	−0.88		−0.36		mA
	Current (Note 3)	V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V	−1.3		−1.1	−2.25		−0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	−3.6		−3.0	−8.8		−2.4		mA
I_{IN}	Input Current	V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V		−0.30		-10^{-5}	−0.30		−1.0	µA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V		0.30		10^{-5}	0.30		1.0	µA

Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR TM

October 1987
Revised January 1999

CD4020BC • CD4040BC • CD4060BC
14-Stage Ripple Carry Binary Counters • 12-Stage Ripple Carry Binary Counters • 14-Stage Ripple Carry Binary Counters

General Description

The CD4020BC, CD4060BC are 14-stage ripple carry binary counters, and the CD4040BC is a 12-stage ripple carry binary counter. The counters are advanced one count on the negative transition of each clock pulse. The counters are reset to the zero state by a logical "1" at the reset input independent of clock.

Features

- Wide supply voltage range: 1.0V to 15V
- High noise immunity: 0.45 V_{DD} (typ.)
- Low power TTL compatibility: Fan out of 2 driving 74L or 1 driving 74LS
- Medium speed operation: 8 MHz typ. at V_{DD} = 10V
- Schmitt trigger clock input

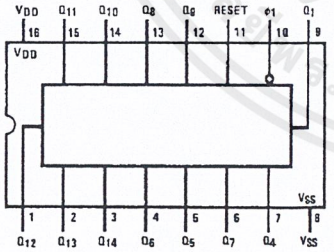
Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4020BCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4020BCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
CD4040BCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4040BCSJ	M16D	16-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
CD4040BCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
CD4060BCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4060BCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

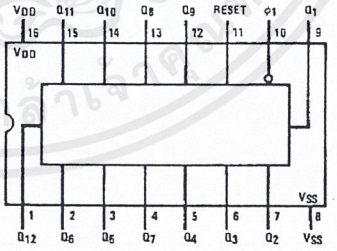
Connection Diagrams

Pin Assignments for DIP and SOIC
CD4020BC



Top View

Pin Assignments for DIP, SOIC and SOP
CD4040BC



Top View

© 1999 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

(Note 2)

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

Recommended Operating Conditions

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

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

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

DC Electrical Characteristics (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	−40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD} or V_{SS}		20			20		150	µA
		V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD} or V_{SS}		40			40		300	µA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD} or V_{SS}		80			80		600	µA
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	V_{DD} = 5V		0.05		0	0.05		0.05	V
		V_{DD} = 10V		0.05		0	0.05		0.05	V
		V_{DD} = 15V		0.05		0	0.05		0.05	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	V_{DD} = 5V	4.95		4.95	5		4.95		V
		V_{DD} = 10V	9.95		9.95	10		9.95		V
		V_{DD} = 15V	14.95		14.95	15		14.95		V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage	V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V or 4.5V		1.5		2	1.5		1.5	V
		V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V or 9.0V		3.0		4	3.0		3.0	V
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V or 13.5V		4.0		6	4.0		4.0	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage	V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V or 4.5V	3.5		3.5	3		3.5		V
		V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V or 9.0V	7.0		7.0	6		7.0		V
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V or 13.5V	11.0		11.0	9		11.0		V
I_{OL}	LOW Level Output Current	V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
	(Note 3)	V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I_{OH}	HIGH Level Output Current	V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V	−0.52		−0.44	−0.88		−0.36		mA
	(Note 3)	V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V	−1.3		−1.1	−2.25		−0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	−3.6		−3.0	−8.8		−2.4		mA
I_{IN}	Input Current	V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V		−0.30		-10^{-5}	−0.30		−1.0	µA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V		0.30		10^{-5}	0.30		1.0	µA

Note 3: Data does not apply to oscillator points ϕ_0 and $\bar{\phi}_0$ of CD4060BC. I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

October 1987
Revised January 1999

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

General Description

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

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

Features

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

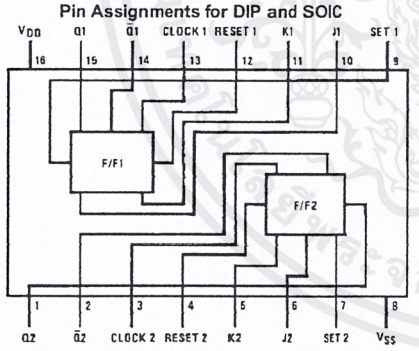
Ordering Code:

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

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram

Pin Assignments for DIP and SOIC



Top View

Truth Table

Inputs t_{n-1} (Note 1)						Outputs t_n (Note 2)	
CL (Note 3)	J	K	S	R	Q	Q	$\overline{Q}$
⌐	I	X	O	O	O	I	O
⌐	X	O	O	O	I	I	O
⌐	O	X	O	O	O	O	I
⌐	X	I	O	O	I	O	I
¬	X	X	O	O	X		(No Change)
X	X	X	I	O	X	I	O
X	X	X	O	I	X	O	I
X	X	X	I	I	X	I	I

I = HIGH Level
O = LOW Level
X = Don't Care
⌐ = LOW-to-HIGH
¬ = HIGH-to-LOW

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

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

Note 3: Level Change

© 1999 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 4)

(Note 5)

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

Recommended Operating Conditions (Note 5)

DC Supply Voltage (V_{DD})	3V to 15 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	0V to V_{DD} V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	−40°C to +85°C

Note 4: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. They are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

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

DC Electrical Characteristics (Note 6)

Symbol	Parameter	Conditions	−40°C		−25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD} or V_{SS}		4			4		30	µA
		V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD} or V_{SS}		8			8		60	µA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD} or V_{SS}		16			16		120	µA
V_{OL}	LOW Level	$\|I_O\|$ < 1 µA								
	Output Voltage	V_{DD} = 5V		0.05		0	0.05		0.05	V
		V_{DD} = 10V		0.05		0	0.05		0.05	V
		V_{DD} = 15V		0.05		0	0.05		0.05	V
V_{OH}	HIGH Level	$\|I_O\|$ < 1 µA								
	Output Voltage	V_{DD} = 5V	4.95		4.95	5		4.95		V
		V_{DD} = 10V	9.95		9.95	10		9.95		V
		V_{DD} = 15V	14.95		14.95	15		14.95		V
V_{IL}	LOW Level	V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V or 4.5V		1.5			1.5		1.5	V
	Input Voltage	V_{DD} = 10V, V_O = 1V or 9V		3.0			3.0		3.0	V
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V or 13.5V		4.0			4.0		4.0	V
V_{IH}	HIGH Level	V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V or 4.5V	3.5		3.5			3.5		V
	Input Voltage	V_{DD} = 10V, V_O = 1V or 9V	7.0		7.0			7.0		V
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V or 13.5V	11.0		11.0			11.0		V
I_{OL}	LOW Level Output	V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
	Current (Note 7)	V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I_{OH}	HIGH Level Output	V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V	−0.52		−0.44	−0.88		−0.36		mA
	Current (Note 7)	V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V	−1.3		−1.1	−2.25		−0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	−3.6		−3.0	−8.8		−2.4		mA
I_{IN}	Input Current	V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V		−0.3		-10^{-5}	−0.3		−1.0	µA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V		0.3		10^{-5}	0.3		1.0	µA

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

October 1987
Revised January 1999

CD4093BC
Quad 2-Input NAND Schmitt Trigger

General Description

The CD4093B 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 (V_T^+) and the negative voltage (V_T^-) is defined as hysteresis voltage (V_H).

All outputs have equal source and sink currents and conform to standard B-series output drive (see Static Electrical Characteristics).

Features

- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- Schmitt-trigger on each input with no external components
- Noise immunity greater than 50%
- Equal source and sink currents
- No limit on input rise and fall time
- Standard B-series output drive
- Hysteresis voltage (any input) $T_A = 25°C$

Typical	$V_{DD} = 5.0V$	$V_H = 1.5V$
	$V_{DD} = 10V$	$V_H = 2.2V$
	$V_{DD} = 15V$	$V_H = 2.7V$
Guaranteed		$V_H = 0.1\ V_{DD}$

Applications

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

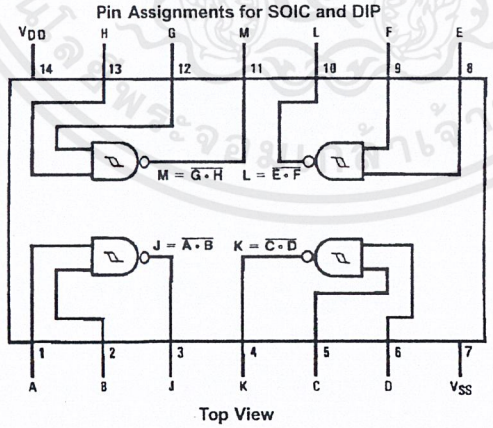
Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4093BCM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow Body
CD4093BCN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram

Pin Assignments for SOIC and DIP



Top View

© 1999 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

(Note 2)

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

Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage (V_{DD})	3 to 15 V_{DC}
Input Voltage (V_{IN})	0 to V_{DD} V_{DC}
Operating Temperature Range (T_A)	−40°C to +85°C

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.

DC Electrical Characteristics (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	−40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent Device Current	V_{DD} = 5V		1.0			1.0		7.5	μA
		V_{DD} = 10V		2.0			2.0		15.0	μA
		V_{DD} = 15V		4.0			4.0		30.0	μA
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	V_{IN} = V_{DD}, $\|I_O\|$ < 1 μA								
		V_{DD} = 5V		0.05		0	0.05		0.05	V
		V_{DD} = 10V		0.05		0	0.05		0.05	V
		V_{DD} = 15V		0.05		0	0.05		0.05	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	V_{IN} = V_{SS}, $\|I_O\|$ < 1 μA								
		V_{DD} = 5V	4.95		4.95	5		4.95		V
		V_{DD} = 10V	9.95		9.95	10		9.95		V
		V_{DD} = 15V	14.95		14.95	15		14.95		V
V_{T-}	Negative-Going Threshold Voltage (Any Input)	$\|I_O\|$ < 1 μA								
		V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V	1.3	2.25	1.5	1.8	2.25	1.5	2.3	V
		V_{DD} = 10V, V_O = 9V	2.85	4.5	3.0	4.1	4.5	3.0	4.65	V
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	4.35	6.75	4.5	6.3	6.75	4.5	6.9	V
V_{T+}	Positive-Going Threshold Voltage (Any Input)	$\|I_O\|$ < 1 μA								
		V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V	2.75	3.6	2.75	3.3	3.5	2.65	3.5	V
		V_{DD} = 10V, V_O = 1V	5.5	7.15	5.5	6.2	7.0	5.35	7.0	V
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	8.25	10.65	8.25	9.0	10.5	8.1	10.5	V
V_H	Hysteresis (V_{T+} − V_{T-}) (Any Input)	V_{DD} = 5V	0.5	2.35	0.5	1.5	2.0	0.35	2.0	V
		V_{DD} = 10V	1.0	4.3	1.0	2.2	4.0	0.70	4.0	V
		V_{DD} = 15V	1.5	6.3	1.5	2.7	6.0	1.20	6.0	V
I_{OL}	LOW Level Output Current (Note 3)	V_{IN} = V_{DD}								
		V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
		V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I_{OH}	HIGH Level Output Current (Note 3)	V_{IN} = V_{SS}								
		V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V	−0.52		0.44	−0.88		−0.36		mA
		V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V	−1.3		−1.1	−2.25		−0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V	−3.6		−3.0	−8.8		−2.4		mA
I_{IN}	Input Current	V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V		−0.3		-10^{-5}	−0.3		−1.0	μA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V		0.3		10^{-5}	0.3		1.0	μA

Note 3: I_{OH} and I_{OL} are tested one output at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR TM

October 1987
Revised January 1999

CD4511BC
BCD-to-7 Segment Latch/Decoder/Driver

General Description

The CD4511BC BCD-to-seven segment latch/decoder/driver is constructed with complementary MOS (CMOS) enhancement mode devices and NPN bipolar output drivers in a single monolithic structure. The circuit provides the functions of a 4-bit storage latch, an 8421 BCD-to-seven segment decoder, and an output drive capability. Lamp test (LT), blanking (BI), and latch enable (LE) inputs are used to test the display, to turn-off or pulse modulate the brightness of the display, and to store a BCD code, respectively. It can be used with seven-segment light emitting diodes (LED), incandescent, fluorescent, gas discharge, or liquid crystal readouts either directly or indirectly.

Applications include instrument (e.g., counter, DVM, etc.) display driver, computer/calculator display driver, cockpit display driver, and various clock, watch, and timer uses.

Features

- Low logic circuit power dissipation
- High current sourcing outputs (up to 25 mA)
- Latch storage of code
- Blanking input
- Lamp test provision
- Readout blanking on all illegal input combinations
- Lamp intensity modulation capability
- Time share (multiplexing) facility
- Equivalent to Motorola MC14511

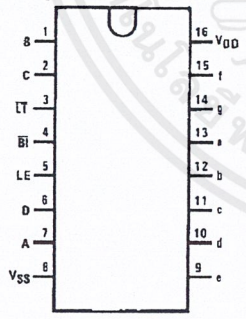
Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4511BCWM	M16B	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
CD4511BCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagrams

Pin Assignments for SOIC and DIP



Top View

Segment Identification



© 1999 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Truth Table

Inputs							Outputs							
LE	$\overline{BI}$	$\overline{LT}$	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	Display
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	B
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	X	X	X	X				*				*

X = Don't Care
*Depends upon the BCD code applied during the 0 to 1 transition of LE.

Display



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

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

Recommended Operating Conditions

DC Supply Voltage (V_{DD})	3V to 15V
Input Voltage (V_{IN})	0V to V_{DD}
Operating Temperature Range (T_A)	−40°C to +85°C

Note 1: Devices should not be connected with power on.

DC Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Conditions	−40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I_{DD}	Quiescent	V_{DD} = 5V		20			20		150	µA
	Supply Current	V_{DD} = 10V		40			40		300	µA
		V_{DD} = 15V		80			80		600	µA
V_{OL}	Output Voltage	V_{DD} = 5V		0.01		0	0.01		0.05	V
	Logical "0"	V_{DD} = 10V		0.01		0	0.01		0.05	V
	Level	V_{DD} = 15V		0.01		0	0.01		0.05	V
V_{OH}	Output Voltage	V_{DD} = 5V	4.1		4.1	4.57		4.1		V
	Logical "1"	V_{DD} = 10V	9.1		9.1	9.58		9.1		V
	Level	V_{DD} = 15V	14.1		14.1	14.59		14.1		V
V_{IL}	LOW Level	V_{DD} = 5V, V_{OUT} = 3.8V or 0.5V		1.5		2	1.5		1.5	V
	Input Voltage	V_{DD} = 10V, V_{OUT} = 8.8V or 1.0V		3.0		4	3.0		3.0	V
		V_{DD} = 15V, V_{OUT} = 13.8V or 1.5V		4.0		6	4.0		4.0	V
V_{IH}	HIGH Level	V_{DD} = 5V, V_{OUT} = 0.5V or 3.8V	3.5		3.5	3		3.5		V
	Input Voltage	V_{DD} = 10V, V_{OUT} = 1.0V or 8.8V	7.0		7.0	6		7.0		V
		V_{DD} = 15V, V_{OUT} = 1.5V or 13.8V	11.0		11.0	9		11.0		V
V_{OH}	Output	V_{DD} = 5V, I_{OH} = 0 mA	4.1		4.1	4.57		4.1		V
	(Source) Drive	V_{DD} = 5V, I_{OH} = 5 mA				4.24				V
	Voltage	V_{DD} = 5V, I_{OH} = 10 mA	3.6		3.6	4.12		3.3		V
		V_{DD} = 5V, I_{OH} = 15 mA				3.94				V
		V_{DD} = 5V, I_{OH} = 20 mA	2.8		2.8	3.75		2.5		V
		V_{DD} = 5V, I_{OH} = 25 mA				3.54				V
		V_{DD} = 10V, I_{OH} = 0 mA	9.1		9.1	9.58		9.1		V
		V_{DD} = 10V, I_{OH} = 5 mA				9.26				V
		V_{DD} = 10V, I_{OH} = 10 mA	8.75		8.75	9.17		8.45		V
		V_{DD} = 10V, I_{OH} = 15 mA				9.04				V
		V_{DD} = 10V, I_{OH} = 20 mA	8.1		8.1	8.9		7.8		V
		V_{DD} = 10V, I_{OH} = 25 mA				8.75				V
		V_{DD} = 15V, I_{OH} = 0 mA	14.1		14.1	14.59		14.1		V
		V_{DD} = 15V, I_{OH} = 5 mA				14.27				V
		V_{DD} = 15V, I_{OH} = 10 mA	13.75		13.75	14.18		13.45		V
		V_{DD} = 15V, I_{OH} = 15 mA				14.07				V
		V_{DD} = 15V, I_{OH} = 20 mA	13.1		13.1	13.95		12.8		V
		V_{DD} = 15V, I_{OH} = 25 mA				13.8				V
I_{OL}	LOW Level	V_{DD} = 5V, V_{OL} = 0.4V	0.52		0.44	0.88		0.36		mA
	Output Current	V_{DD} = 10V, V_{OL} = 0.5V	1.3		1.1	2.25		0.9		mA
		V_{DD} = 15V, V_{OL} = 1.5V	3.6		3.0	8.8		2.4		mA
I_{IN}	Input Current	V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V		−0.30		-10^{-5}	−0.30		−1.0	µA
		V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V		0.30		10^{-5}	0.30		1.0	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

August 1986
Revised February 2000

DM7404
Hex Inverting Gates

General Description

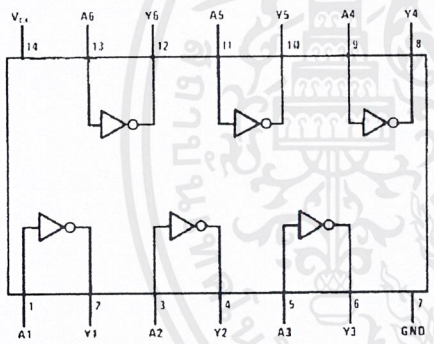
This device contains six independent gates each of which performs the logic INVERT function.

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM7404M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
DM7404N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

$Y = \overline{A}$

Inputs	Output
A	Y
L	H
H	L

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level

© 2000 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	5.5V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I_{OH}	HIGH Level Output Current			−0.4	mA
I_{OL}	LOW Level Output Current			16	mA
T_A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	V_{CC} = Min, I_I = −12 mA			−1.5	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OH} = Max, V_{IL} = Max	2.4	3.4		V
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OL} = Max, V_{IH} = Min		0.2	0.4	V
I_I	Input Current @ Max Input Voltage	V_{CC} = Max, V_I = 5.5V			1	mA
I_{IH}	HIGH Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 2.4V			40	μA
I_{IL}	LOW Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 0.4V			−1.6	mA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	V_{CC} = Max (Note 3)	−18		−55	mA
I_{CCH}	Supply Current with Outputs HIGH	V_{CC} = Max		6	12	mA
I_{CCL}	Supply Current with Outputs LOW	V_{CC} = Max		18	33	mA

Note 2: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time.

Switching Characteristics

at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Units
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	C_L = 15 pF, R_L = 400Ω		22	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output			15	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

August 1986
Revised March 2000

DM7490A
Decade and Binary Counters

General Description

The DM7490A monolithic counter contains four master-slave flip-flops and additional gating to provide a divide-by-two counter and a three-stage binary counter for which the count cycle length is divide-by-five.

The counter has a gated zero reset and also has gated set-to-nine inputs for use in BCD nine's complement applications.

To use the maximum count length (decade or four-bit binary), the B input is connected to the Q_A output. The input count pulses are applied to input A and the outputs are as described in the appropriate Function Table. A symmetrical divide-by-ten count can be obtained from the counters by connecting the Q_D output to the A input and applying the input count to the B input which gives a divide-by-ten square wave at output Q_A.

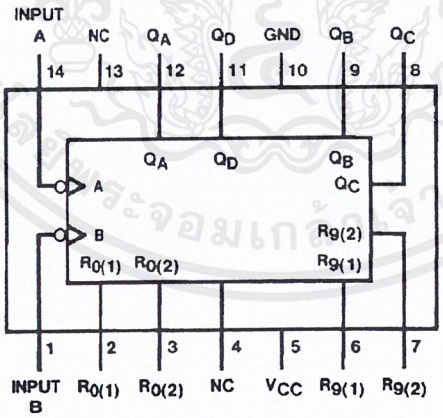
Features

- Typical power dissipation 145 mW
- Count frequency 42 MHz

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM7490AN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Connection Diagram



© 2000 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Function Tables

BCD Count Sequence (Note 1)

Count	Outputs			
	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H

BCD Bi-Quinary (5-2) (Note 2)

Count	Outputs			
	Q_A	Q_D	Q_C	Q_B
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	H	L	L	L
6	H	L	L	H
7	H	L	H	L
8	H	L	H	H
9	H	H	L	L

Reset/Count Function Table

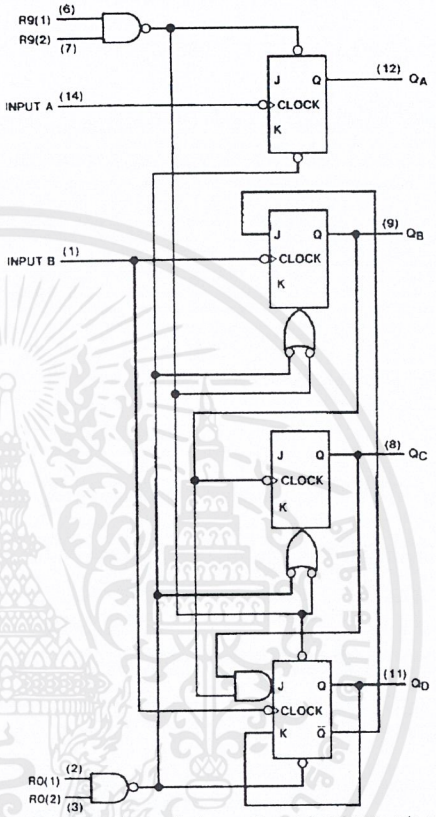
Reset Inputs				Outputs			
R0(1)	R0(2)	R9(1)	R9(2)	Q_D	Q_C	Q_B	Q_A
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L	COUNT			
L	X	L	X	COUNT			
L	X	X	L	COUNT			
X	L	L	X	COUNT			

H = HIGH Level
L = LOW Level
X = Don't Care

Note 1: Output QA is connected to input B for BCD count.

Note 2: Output QD is connected to input A for bi-quinary count

Logic Diagram



The J and K inputs shown without connection are for reference only and are functionally at a HIGH level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

October 1987
Revised January 1999

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

General Description

The MM74C925, MM74C926, MM74C927 and MM74C928 CMOS counters consist of a 4-digit counter, an internal output latch, NPN output sourcing drivers for a 7-segment display, and an internal multiplexing circuitry with four multiplexing outputs. The multiplexing circuit has its own free-running oscillator, and requires no external clock. The counters advance on negative edge of clock. A HIGH signal on the Reset input will reset the counter to zero, and reset the carry-out LOW. A LOW signal on the Latch Enable input will latch the number in the counters into the internal output latches. A HIGH signal on Display Select input will select the number in the counter to be displayed; a LOW level signal on the Display Select will select the number in the output latch to be displayed.

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

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

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

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

Features

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

Design Considerations

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

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

Ordering Code:

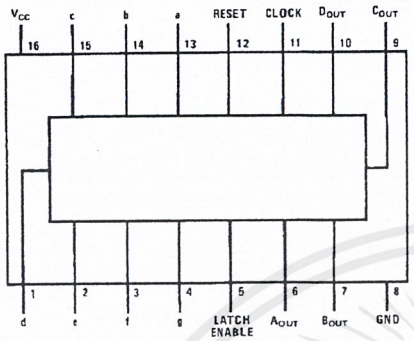
Order Number	Package Number	Package Description
MM74C925N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
MM74C926N	N18A	18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
MM74C927N	N18A	18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
MM74C928N	N18A	18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

© 1999 Fairchild Semiconductor Corporation

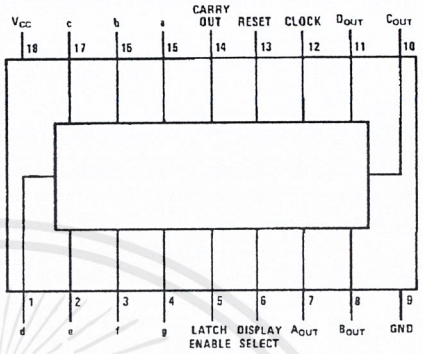
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

Pin Assignments for DIP



Top View
MM74C925



Top View
MM74C926, MM74C927, MM74C928

Functional Description

Reset — Asynchronous, active high

Display Select — High, displays output of counter
Low, displays output of latch

Latch Enable — High, flow through condition
Low, latch condition

Clock —Negative edge sensitive

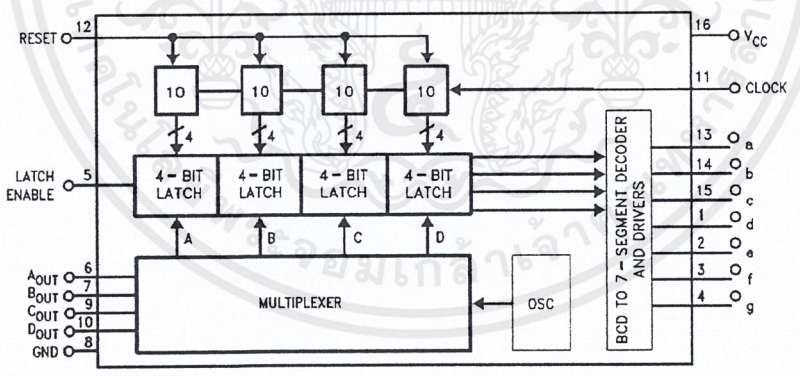
Segment Output — Current sourcing with 40 mA @V_{OUT} = V_{CC} − 1.6V (typ.) Also, sink capability = 2 LTTL loads

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

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

Logic Diagrams

MM74C925



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 3)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	5.5V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Note 3: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter		Min	Nom	Max	Units
V_{CC}	Supply Voltage		4.75	5	5.25	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage		2			V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage				0.8	V
I_{OH}	HIGH Level Output Current				−0.8	mA
I_{OL}	LOW Level Output Current				16	mA
f_{CLK}	Clock Frequency (Note 4)	A	0		32	MHz
		B	0		16	
t_W	Pulse Width (Note 4)	A	15			ns
		B	30			
		Reset	15			
t_{REL}	Reset Release Time (Note 4)		25			ns
T_A	Free Air Operating Temperature		0		70	°C

Note 4: $T_A = 25°C$ and $V_{CC} = 5V$.

DC Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ (Note 5)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	V_{CC} = Min, I_I = −12 mA				−1.5	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OH} = Max, V_{IL} = Max, V_{IH} = Min		2.4	3.4		V
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OL} = Max, V_{IH} = Min, V_{IL} = Max (Note 6)			0.2	0.4	V
I_I	Input Current @ Max Input Voltage	V_{CC} = Max, V_I = 5.5V				1	mA
I_{IH}	HIGH Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 2.7V	A			80	µA
			Reset			40	
			B			120	
I_{IL}	LOW Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 0.4V	A			−3.2	mA
			Reset			−1.6	
			B			−4.8	
I_{OS}	Short Circuit Output Current	V_{CC} = Max (Note 7)		−18		−57	mA
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = Max (Note 8)			29	42	mA

Note 5: All typicals are at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25°C$.

Note 6: Q_A outputs are tested at I_{OL} = Max plus the limit value of I_{IL} for the B input. This permits driving the B input while maintaining full fan-out capability.

Note 7: Not more than one output should be shorted at a time.

Note 8: I_{CC} is measured with all outputs open, both R0 inputs grounded following momentary connection to 4.5V, and all other inputs grounded.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

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

DC Electrical Characteristics

Min/Max limits apply at –40°C ≤ t_j ≤ + 85°C, unless otherwise noted

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

Note 2: θ_{JA} measured in free-air with device soldered into printed circuit board.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Note 3)

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

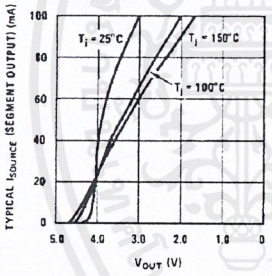
Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ	Max	Units
f_{MAX}	Maximum Clock Frequency	V_{CC} = 5V,	T_j = 25°C	2	4		MHz
		Square Wave Clock	T_j = 100°C	1.5	3		MHz
t_r, t_f	Maximum Clock Rise or Fall Time	V_{CC} = 5V				15	µs
t_{WR}	Reset Pulse Width	V_{CC} = 5V	T_j = 25°C	250	100		ns
			T_j = 100°C	320	125	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

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

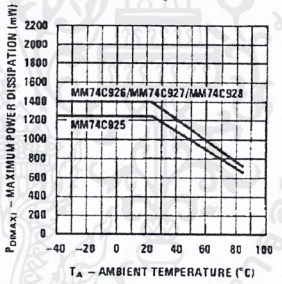
Note 4: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

Typical Performance Characteristics

Typical Segment Current vs Output Voltage

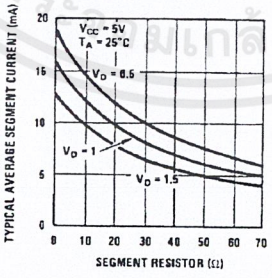


Maximum Power Dissipation vs Ambient Temperature



Note: V_D = Voltage across digit driver

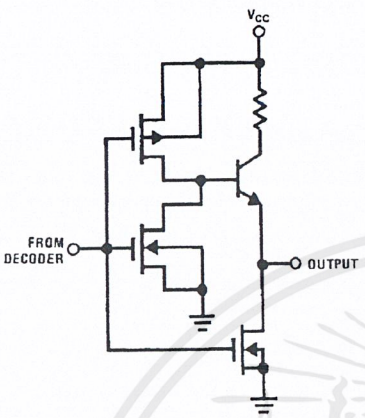
Typical Average Segment Current vs Segment Resistor Value



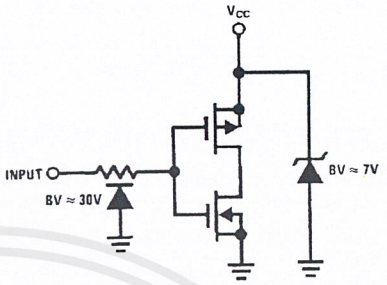
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

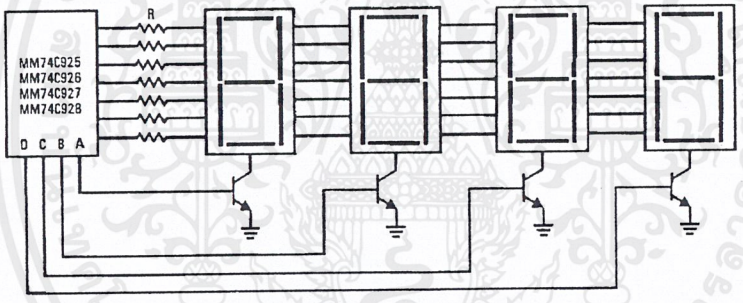
Segment Output Driver



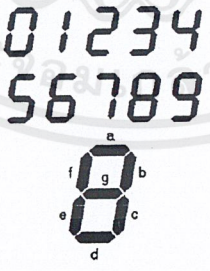
Input Protection



Common Cathode LED Display

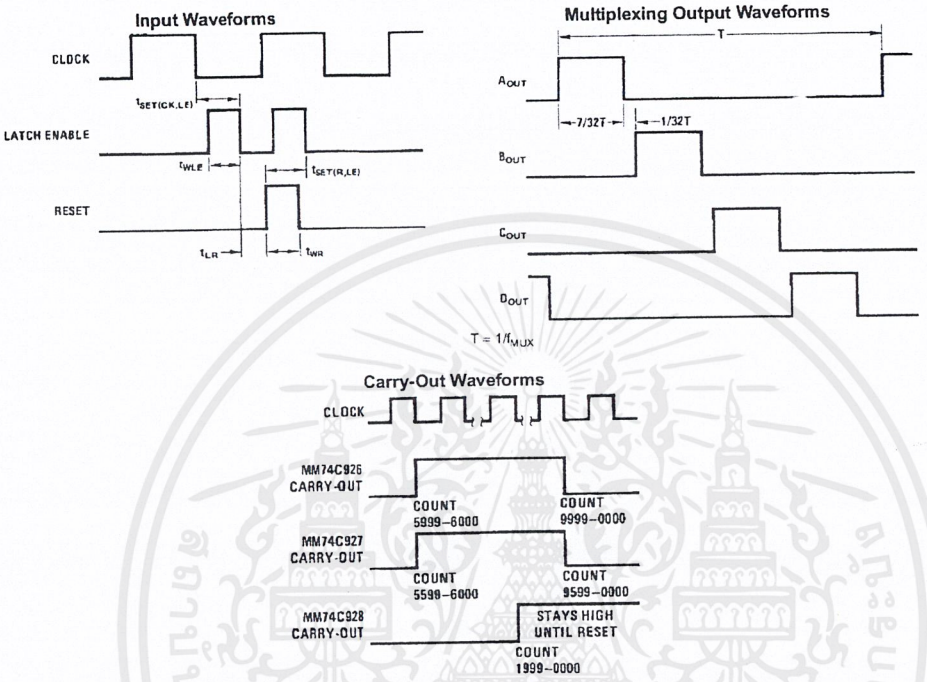


Segment Identification



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Switching Time Waveforms



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้