



026997

๒๒.พ.ย.๒๕๓๖

# เครื่องวัดระยะทางอุลตราโซนิก



026997

เครื่องวัดระยะทางอุตราโซนิก

บวร พงศ์สุวากร

ลีน สุขมานพ

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม


คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาบัตร

  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชัย สุรพัฒน์)

ประธานกรรมการ

  
(ดร. ไพศาล นาคพัฒน์)

กรรมการ

  
(อาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์)

กรรมการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### กิติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์ด้วยดีจาก ผศ.วิชัย สุรพัฒน์  
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์ และอาจารย์อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ ที่กรุณาให้  
คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือจนการศึกษาและทดลองนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี จึงใคร่ขอขอบคุณ  
มา ณ ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ เรื่องปริญาณิพนธ์

เครื่องวัดระยะทางอุตราโซนิก

ชื่อผู้เขียน

นายบวร พงศ์สุวากร

นายสิน สุขมานพ

ปริญาณิพนธ์

อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชัย สุรพัฒน์



บทคัดย่อ

จวบจนกระทั่งศตวรรษที่ 20 อุปรกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับวัดระยะทางเกือบทั้งหมดทำงานจากหลักการเดียวกัน คือการเปรียบเทียบระยะทางที่วัดได้กับหน่วยความยาวมาตรฐาน ส่วนวิธีอื่นก็มีอีกหลาย ๆ อย่าง อย่างหนึ่งที่น่าสนใจได้ และจะกล่าวในที่นี้คือ การวัดระยะทางโดยการเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางครอบคลุมระยะที่แน่นอน คลื่นเสียงที่ใช้ในที่นี้คือ “คลื่นเสียงอัลตราโซนิค” ซึ่งมีความถี่สูง เกินกว่าหูมนุษย์จะได้ยิน

วัตถุประสงค์ของปริญญาโทพจนานุกรมนี้ เพื่อการศึกษาและทดลองถึงการทำงานของเครื่องวัดระยะทางแบบใช้ คลื่นอัลตราโซนิค ซึ่งต่อไปในอนาคตจะมีความสำคัญ และมีความจำเป็นในการใช้วัดความสูง หรือระยะทางอื่น ๆ ที่ไม่สามารถจะใช้เครื่องวัดอย่างอื่นได้ เช่น ใช้วัดความสูงของฟ้าเพดานได้ เป็นต้น และหากเครื่องวัดแบบนี้มีการพัฒนาให้สามารถวัดระยะทางได้ไกล ๆ จะช่วยทำให้การสำรวจสภาพภูมิประเทศ สามารถจะทำได้ครอบคลุมทุกสภาพพื้นที่ และช่วยร่นระยะเวลาในการสำรวจให้เร็วขึ้นด้วย

## สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ง
บทคัดย่อ		ฉ
บทที่ 1	บทนำ	6
	1.1 ความเร็วเสียง .....	7
	1.2 อุลตราโซนิค ทรานสดิวเซอร์ .....	8
	1.3 หน่วยแสดงผล .....	9
	1.4 R-S ฟลิป - ฟลอป .....	10
	1.5 ดิจิตอลเคาน์เตอร์ .....	13
บทที่ 2	เครื่องวัดระยะทางอุลตราโซนิค	
	2.1 หลักการทำงานของเครื่องวัด .....	16
บทที่ 3	การสร้างและทดลอง	
	3.1 วงจรสมบูร์ณ .....	20
	3.2 รายการอุปกรณ์ .....	22
	3.3 การสร้างแผ่นวงจร .....	24
	3.4 การประกอบอุปกรณ์ .....	25
	3.5 การปรับแต่งและทดลอง .....	25
บทที่ 4	บทสรุป	
	4.1 ผลการทดลอง .....	28
เอกสารอ้างอิง		29
ภาคผนวก		30

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบัน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้มีการพัฒนาให้เจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้น ซึ่งมีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง จะเห็นได้ว่า เครื่องมือและเครื่องใช้ต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ส่วนมากจะเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งนั้น การคิดค้นและค้นพบเทคโนโลยีใหม่ๆ ทำให้มนุษย์มีการดำรงชีพที่สะดวกสบาย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใหม่ๆ สามารถจะตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้หลายอย่าง นอกจากความจำเป็นในการดำรงชีพแล้ว ยังรวมทั้งให้ความบันเทิงอีกด้วย

เครื่องวัดระยะทางก็เป็นอุปกรณ์จำเป็นอย่างหนึ่งที่ทุกคนเคยเห็นม้อย เราจะคุ้นเคยและเคยใช้แต่เครื่องวัดแบบเก่า เช่น ไม้บรรทัด, ไม้เมตร และสายวัด เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้บางครั้งในการใช้วัดจะไม่สะดวกและอาจจะผิดพลาดซึ่งขึ้นอยู่กับสายตาของผู้อ่าน หากเราใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้แทนเครื่องวัดเหล่านี้ ข้อผิดพลาดต่างๆ จะลดน้อยลง และการใช้ก็จะสะดวกยิ่งขึ้น การศึกษาและทดลอง เรื่อง เครื่องวัดระยะทางอุลตราโซนิคต่อไปนี้จะทำให้เรารู้ว่า เครื่องวัดทำงานได้อย่างไร

### 1.1 ความเร็วเสียง

การวัดระยะทางของเครื่องวัดอุตราโซนิกแบบนี้ อาศัยหลักการของการส่งกระจายคลื่นเสียงที่อยู่ย่านความถี่สูง เกินกว่ามนุษย์จะได้ยิน โดยปกติเฉลี่ยแล้วมนุษย์จะได้ยินเสียงสูงที่มีความถี่สูงสุดประมาณ 15 kHz ดังนั้นคลื่นอุตราโซนิกจึงหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 kHz ซึ่งเครื่องต้นแบบนี้ใช้ความถี่ประมาณ 40 kHz ความถี่ของคลื่นอุตราโซนิกมีความยาวคลื่นประมาณ 8 มิลลิเมตร การที่คลื่นเสียงมีความยาวคลื่นสั้น การเคลื่อนกระจายของคลื่นเราสามารถทำให้เคลื่อนพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ ได้ โดยการหันเครื่องส่งไปในทิศทาง วัดที่เราต้องการวัดระยะทาง เครื่องจะส่งสัญญาณ คลื่นอุตราโซนิกนี้เดินทางไปในอากาศ เมื่อคลื่นสัญญาณไปกระทบกับวัตถุนั้น ก็จะสะท้อนกลับมายังเครื่องรับ โดยการนับเวลาการเดินทางของคลื่นสัญญาณ จากเครื่องส่งจนกระทั่งเครื่องรับสัญญาณสะท้อนได้ (echo) เปรียบเทียบกับความเร็วของคลื่นเสียงที่เดินทางไปในอากาศแล้วหารด้วยสอง เราก็จะทราบระยะทางจากเครื่องวัดถึงวัตถุนั้นได้

ความเร็วของคลื่นเสียงขึ้นอยู่กับเวลาที่ทำการวัด และสถานะสิ่งแวดล้อมอีกทั้งสถานะของบรรยากาศเช่น ความกดดันของชั้นบรรยากาศ อุณหภูมิ และความหนาแน่นของอากาศ

#### การหาความเร็วของเสียงในอากาศ

ความเร็วของเสียงในแก๊ส (  $v$  ) อย่างเช่นอากาศที่ความถี่เกินกว่า 200 Hz ขึ้นไป สามารถกำหนดได้จากสูตร  $v = \sqrt{rp/s}$

เมื่อ  $v$  คือความเร็วของเสียง

$r$  เป็นค่า adiabatic bulk modulus ของแก๊ส  
(อากาศมีค่า = 1.4 )

$p$  ความดันของของแก๊สในหน่วย pa

(ความดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเล =  $1.01325 \times 10^6$  pa )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยของกรมอุตุนิยมวิทยาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า Mole ของอากาศมีมวล M และปริมาตร V

เพราะฉะนั้น ความหนาแน่น  $\rho = M/V$

$$\begin{aligned} \text{นั่นคือ ความเร็วเสียง} \quad v &= \sqrt{\gamma p / \rho} \\ &= \sqrt{\gamma P V / M} \end{aligned}$$

$$\text{แต่} \quad P V = R T$$

เมื่อ R คือ Molar gas constant

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์

$$v = \sqrt{\gamma R T / M}$$

ถ้าแก้ที่กำหนดให้มี  $\gamma, M$  และ R คงที่แล้ว ความเร็วของเสียงจะเป็นอิสระจากความดัน

ถ้าอุณหภูมิยังคงที่ และความเร็วของเสียงยังเป็นสัดส่วนกับ Square root ของอุณหภูมิ

สัมบูรณ์อีกด้วย ดังนั้น ถ้าความเร็วของเสียงในอากาศที่  $0^\circ \text{C}$  เป็น 331 m/s

ความเร็วเสียงที่อุณหภูมิของห้อง เท่ากับ  $20^\circ \text{C}$  หรือเท่ากับ 293 K

$$\begin{aligned} v / 331 &= \sqrt{293 / 273} \\ v &= 331 \times \sqrt{1.07326} \\ &= 342.91 \text{ m/s} \end{aligned}$$

นั่นคือ ในหนึ่งวินาที เคลื่อนเสียงอุลตราโซนิกเดินทาง ได้ระยะทางเท่ากับ

342,91 เมตร

### 1.2 อุลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์

คลื่นเสียงอุลตราโซนิก ที่นำเอามาใช้งานโดยมากความถี่จะจำกัดอยู่ไม่เกิน 50 kHz หากความถี่สูงกว่านี้แล้ว เมื่อคลื่นเดินทางไปในอากาศในระยะทางไกล ๆ ความแรงของคลื่นจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการดูดกลืนของอากาศ ทำให้ความแรงของคลื่นสะท้อนกลับมีขนาดไม่แรงพอจะทำให้ เครื่องรับให้ทำงานได้ ยิ่งคลื่นเสียงอุลตราโซนิกมีความถี่สูงขึ้นเพียงใด รัศมีทำการก็จะยิ่งต่ำลง

อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมาทำให้เกิด

คลื่นเสียง และอุปกรณ์ที่รับคลื่นเสียงและแปลงกลับไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เราเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



“ทรานสดิวเซอร์” (transducer) ดังนั้นทรานสดิวเซอร์ที่ใช้จึงต้องมีทั้งตัวส่งและตัวรับในระบบเดียวกัน โดยมีความถี่เรโซแนนซ์ (resonance frequency) อยู่ค่าหนึ่งและต้องใช้คู่กันเสมอ ทรานสดิวเซอร์ทั้งสองตัวนี้จะมีรูปร่างและลักษณะเหมือนกันทุกอย่าง และคุณสมบัติคล้ายคลึงกันมาก เราสามารถจะรู้ได้ว่าตัวไหนเป็นตัวส่งหรือตัวรับได้ โดยดูจากอักษรท้ายเบอร์ เช่น MA40A5S คือ ตัวส่ง "S" หมายถึง Sender และ MA40A5R คือตัวรับ "R" หมายถึง receiver แต่ในวงจรสัญลักษณ์ของตัวส่งจะเหมือนรูปลำโพงหรือเขียนว่า Tx ซึ่งหมายถึง Transmitter และตัวรับจะเขียนรูปไมโครโฟนหรือเขียนว่า Rx ซึ่งหมายถึง receiver

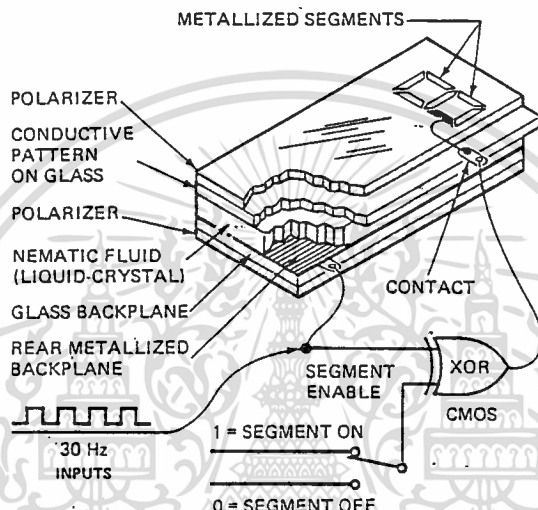
อุตสาหกรรมทรานสดิวเซอร์ แบบเซรามิก ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดโดยมาก จะมีความถี่เรโซแนนซ์ให้เลือกใช้ตั้งแต่ค่า 23 kHz ถึง 40 kHz แต่ส่วนมากที่นำมาใช้และพบเห็นบ่อย คือค่า 23 kHz , 25 kHz และ 40 kHz โดยค่าความถี่ 40 kHz เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากความถี่ในการเดินทางของคลื่นมีทิศทางที่ดีกว่า และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

### 1.3 หน่วยแสดงผล

หน่วยแสดงผลที่ใช้ในเครื่องวัดนี้ใช้หน่วยแสดงผลเป็น Liquid crystal ซึ่งทำงานแตกต่างจาก LED (Light Emitting Diode) มาก LED ผลิตแสง ออกมาจากตัวมันเอง ส่วน LCD บังคับให้แสงสะท้อนจากตัวของมัน นั่นคือถ้าไม่มีแสงสว่างจะมองไม่เห็น แต่ LED มีแสงจากตัวมันเอง จึงใช้งานในที่ที่ไม่มีแสงได้ ส่วนดีที่สำคัญของ LCD คือมันกินกระแสไฟน้อยมาก

โครงสร้างของ LCD ดังแสดงในรูปที่ (1) เป็นแบบ field effect LCD เมื่อได้รับพลังงานส่วนของ LCD จะปรากฏเป็นสีดำ เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนที่เหลือซึ่งมีผิวมัน ในรูปส่วนที่รับพลังงานคือ e ส่วนที่เหลือจะใสจนเกือบมองไม่เห็น หลักสำคัญในการทำงานของ LCD คือ Nematic fluid ซึ่งก็คือ liquid crystal นั่นเอง liquid crystal จะเป็นแผ่นบาง ๆ อยู่ระหว่างแผ่นแก้วสองแผ่น เมื่อป้อนไฟให้จากส่วนบนซึ่งเป็นโลหะ กับด้านข้างซึ่งเป็นโลหะของแผ่นหลัง ของไหล นั้นก็จะไหลเปลี่ยนเป็นสีที่แตกต่างออกมา ทำให้ส่วนที่รับพลังงานมองเห็นได้

LCD จะถูกเติมพลังด้วยไฟ Ac. ในรูปใช้ Ac รูปคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave) ขนาด 30 Hz ถ้าใช้ไฟ DC จะทำให้ LCD เสียหายได้ LCD ที่มีสีขาวนํ้าก็มีใช้งาน ซึ่ง LCD ชนิดนี้จะเป็นแบบ Dynamic scattering LCD มันใช้ nematic fluid ที่แตกต่างกัน โดยมีโครงสร้างเป็น field effect LCD เหมือนเดิม สำหรับการใช้งานในที่มืดก็ออกแบบให้มีดวงไฟเล็กส่องดู



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของ LCD

#### 1.4 R-S ฟลิป-ฟลอป

ชื่อของ R-S ฟลิป-ฟลอปนั้น มาจาก R-Reset และ S-Set นั่นเอง R-S ฟลิป-ฟลอป ก็คือวงจรแบบไบสเทเบิล (bistable) ซึ่งหมายความว่าจะมีสถานะของเอาต์พุตอยู่ 2 สถานะที่คงที่อยู่ที่นั่นคือ “0” หรือ “1” (ลอจิก “ต่ำ” หรือลอจิก “สูง”) โดยเอาต์พุตของ ฟลิป-ฟลอป จะมี 2 เอาต์พุตคือ  $Q, \bar{Q}$  ในขณะที่  $Q$  เป็น “1”,  $\bar{Q}$  จะเป็น “0” และเมื่อ  $Q$  เป็น “0”,  $\bar{Q}$  จะเป็น “1” ขอให้สังเกตว่า  $Q$  และ  $\bar{Q}$  จะต้องมีสถานะตรง กันข้ามเสมอ

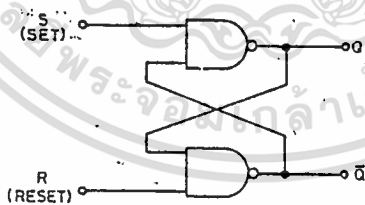
รูปที่ 3 แสดงถึงการใช้ NAND เกทมาสร้างเป็น R-S ฟลิป-ฟลอป โดยตารางความเป็นจริง (truth table) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งการทำงานของ R-S ฟลิป-ฟลอป แบบ NAND เกท สามารถอธิบายได้ดังนี้.-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ให้ลอจิก “1” ที่อินพุต S และลอจิก “0” ที่อินพุต R จะได้เอาต์พุต Q เป็น “0” และ  $\bar{Q}$  เป็น “1” และในทางกลับกัน ถ้าให้ลอจิก “0” ที่ S และลอจิก “1” ที่ R จะได้ Q เป็น “1” และ  $\bar{Q}$  เป็น “0” แต่ถ้าให้อินพุตที่ R และ S เป็นลอจิก “1” ทั้งคู่ ผลที่ได้คือ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะที่เอาต์พุต นั่นคือเอาต์พุตจะคงสถานะเดิม (ทั้ง Q และ  $\bar{Q}$ ) โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง และกรณีสุดท้ายถ้าให้อินพุตที่ R และ S เป็นลอจิก “0” ทั้งคู่ ผลก็คือ จะทำให้วงจรเกิดความลatching เกิดขึ้น และไม่สามารถจะคาดเดาได้ว่าเอาต์พุตของ Q และ  $\bar{Q}$  จะเป็นอย่างไร

ตารางที่ 2 ตารางความเป็นจริงของ R-S ฟลิป-ฟลอป แบบ NAND

อินพุต	เอาต์พุต
S, R	Q, $\bar{Q}$
0, 0	ไม่มีการใช้งาน
1, 0	Q, 1
0, 1	1, 0
1, 1	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง



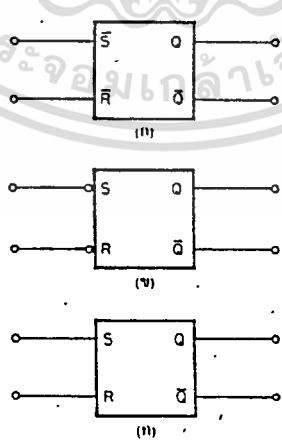
รูปที่ 3 วงจร R-S ฟลิป ฟลอป ที่สร้างจาก NAND เกท 2 ตัว

จากการทำงานของ R-S ฟลิป - ฟลอป แบบ NAND เกท ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ ว่ามีประโยชน์ในการใช้งานมาก นั่นคือในกรณีที่กำหนดให้อินพุตทั้ง R และ S เป็นลอจิก “1” คงที่ตลอดเวลา หากในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งอินพุตของ R หรือ S มีการเปลี่ยนเป็นลอจิก “0” อย่างทันทีทันใด แล้วกลับเป็นลอจิก “1” อีกครั้ง จะทำให้เอาต์พุตมีการเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นตรงข้ามกับสถานะเดิมทันทีที่อินพุตเปลี่ยนเป็นลอจิก “0” และจะถูกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีลารนำไปใช้

ทำให้มีสถานะคงที่อยู่อย่างนั้นเมื่ออินพุตเปลี่ยนกลับเป็นลอจิก "1" เหมือนเดิม ในกรณีนี้จะต้องคำนึงถึงตารางความเป็นจริงที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 ด้วย

ตัวอย่างเช่น ถ้ากำหนดให้สถานะเดิมของเอาต์พุตที่ Q เป็น "1" และ  $\bar{Q}$  เป็น "0" หากมีการเปลี่ยนอินพุตที่ R เป็นลอจิก "0" อย่างทันทีทันใด เอาต์พุตจะเปลี่ยนให้ Q เป็น "0" และ  $\bar{Q}$  เป็น "1" และเมื่ออินพุตที่ R กลับเป็นลอจิก "1" เอาต์พุตจะถูกทำให้คงที่อยู่อย่างนั้น แต่ถ้าการเปลี่ยนแปลงของอินพุตเป็นลอจิก "0" นั้นเกิดที่ขา S เอาต์พุตก็ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะไปจากเดิม (ขอให้ดูเกี่ยวกับการทำงานในตารางที่ (2))

การทำงานของฟลิป-ฟล็อปนี้จะเป็นประโยชน์มากในการออกแบบเพื่อควบคุมการทำงานของวงจร เนื่องจากในบางครั้งถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงของอินพุตจะสิ้นสุดไปแล้วก็ตาม แต่มีความจำเป็นต้องคงสภาวะของเอาต์พุตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอินพุตนั้นเอาไว้จนกว่าการทำงานของวงจรส่วนอื่นจะเสร็จสิ้น ซึ่งส่วนในการใช้งานของ R-S ฟลิป-ฟล็อป จะอยู่ในลักษณะนี้ นั่นคือ จะออกแบบให้ R-S ฟลิป-ฟล็อป คงสภาวะใดสภาวะหนึ่งของเอาต์พุตอยู่ โดยการให้อินพุตของ R และ S เป็นลอจิก "1" จนกระทั่งมีคำสั่งที่จะให้เปลี่ยนแปลงสภาวะของเอาต์พุตเป็นตรงข้าม โดยการให้สัญญาณพัลส์ (pulse) ที่เป็นลอจิก "0" เพียงครั้งเดียว ที่ขาอินพุตที่ถูกต้องเท่านั้น



รูปที่ 4 แสดงสัญลักษณ์ R-S ฟลิป-ฟล็อป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

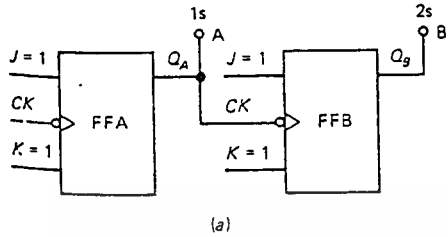
ในรูปที่ 4 แสดงถึงสัญลักษณ์ที่ใช้แทน R-S ฟลิป-ฟลอปในวงจรต่าง ๆ ซึ่งที่แสดงไว้ 3 รูปนั้น เป็น R-S ฟลิป-ฟลอป แบบ NAND เกท แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ในรูปที่ 4 ก. และ 4 ข. จะเป็นการเขียนที่ถูกต้อง ขอให้สังเกตการเขียนสัญลักษณ์ของอินพุต  $\bar{S}$ ,  $\bar{R}$  และมีจุดวงกลมเล็ก ๆ ที่ขา S และขา R เป็นการแสดงว่าฟลิป-ฟลอป แบบนี้ ต้องการอินพุตเป็นลอจิก “ต่ำ” (“0”) เพื่อให้วงจรนี้มีการทำงาน (นั่นคือการเปลี่ยนสภาวะของเอาต์พุตดังอธิบายไปแล้ว หรือศัพท์เทคนิคเรียกว่า อินพุต เป็นแบบ active-low ส่วนสัญลักษณ์ในรูปที่ 4 ค. นั้น ในบางครั้งอาจจะถือว่าเป็น R-S ฟลิป-ฟลอป แบบ NAND แต่ที่ถูกต้องแล้วจะใช้แทน R-S ฟลิป-ฟลอป แบบ NOR ซึ่งนิยมใช้เป็นสากล

### 1.5 ดิจิตอลเคาน์เตอร์

ดิจิตอลเคาน์เตอร์ คือ วงจรนับที่ประกอบด้วยฟลิป-ฟลอป (Flip-Flop) โดยปกติแล้วจะใช้ J-K ฟลิป-ฟลอปทำงานที่ Toggle mode ในการทำงานนี้ขา J-K จะถูกเปิดหรือป้อนไฟสูงไว้เพื่อให้คงสภาพอยู่ ลอจิก (logic) 1 อินพุตจะถูกป้อนเข้าขา CK เป็นผลให้เอาต์พุต Q และ  $\bar{Q}$  เป็น 1 และ 0 จำนวน ฟลิป-ฟลอป จะเท่ากับจำนวนบิต (bit) สูงสุดที่ต้องการนับด้วยสุดท้าย เช่น 2 - บิตเคาน์เตอร์ ใช้ฟลิป-ฟลอป 2 ตัว นับเลขไบนารี (binary) ได้ 11 หรือ decimal เท่ากับ 3, 4 - บิตเคาน์เตอร์ ใช้ฟลิป-ฟลอป 4 ตัว นับเลข binary ได้ 1111 หรือเลข decimal ได้เท่ากับ 15

2 - บิตเคาน์เตอร์ ตัวอย่างของ 2 - บิตเคาน์เตอร์ใช้ J-K ฟลิป-ฟลอป 2 ตัว ดังในรูปที่ 5.. (a) วงกลมเล็ก ๆ ที่ขา CK แสดงให้รู้ว่าการทริก (trig) ให้วงจรทำงาน ในช่วงอินพุต pulse เปลี่ยนจากสูงลงมาต่ำ (negative edge) เอาต์พุตของฟลิป-ฟลอป ตัวแรก (FFA) ออกที่จุด A เป็น QA สัญญาณ QA จะเป็นสัญญาณอินพุตเข้าขา CK ของฟลิป-ฟลอปตัวที่สอง (FFB) ได้เอาต์พุตออกที่ B เป็น QB ในที่นี้เราใช้เพียงเอาต์พุต Q เท่านั้น ดังแสดงในตารางความเป็นจริง (Truth table)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 5.. (b)  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

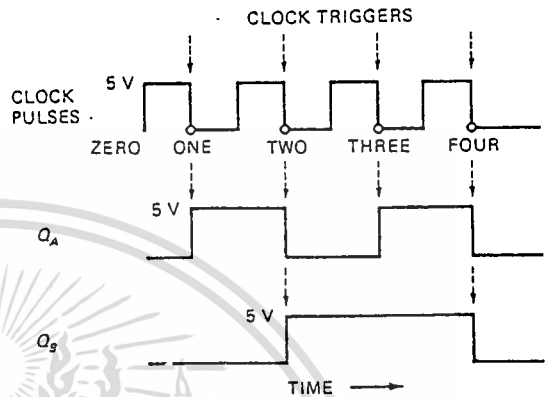


(a)

CLOCK TRIGGERS	OUTPUTS	
	QA	QB
ONE	1	0
TWO	0	1
THREE	1	1
FOUR	0	0

MODULO-4 COUNT

(b)



(c)

รูปที่ 5. (a) แสดงวงจรเคาน์เตอร์ 2-บิต ใช้ J-K ฟลิป-ฟลอป

(b) แสดงฟลิป-ฟลอป A และ B toggling ระหว่าง 0 และ 1

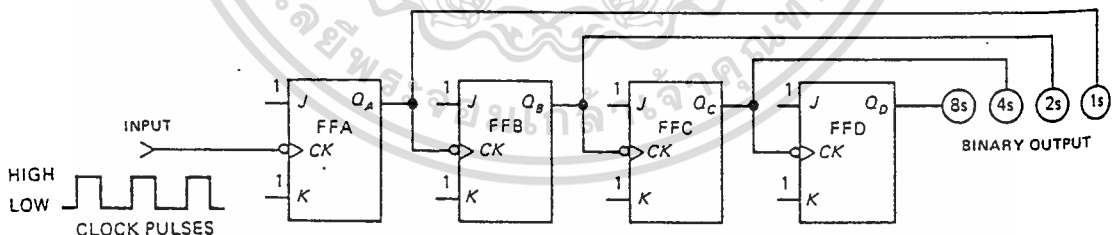
(c) แสดงเอาต์พุต ที่ QA และ QB

สำหรับการวิเคราะห์วงจรนั้น เราเริ่มที่อินพุต pulse เป็น 0 โวลต์ และ ฟลิป-ฟลอป ทั้งสองอยู่ในสภาวะรีเซ็ต (reset) QA และ QB เป็น 0 มีรูปคลื่น ดังรูปที่ ..5. (c) เมื่อ clock pulse ตัวแรกเข้ามาที่ Negative-going edge ที่ตัวอักษร ONE แสดงถึง Trigger pulse ลูกแรกของ FFA เข้ามา ขณะนี้ QA จะเปลี่ยนจากต่ำเป็นสูง การเปลี่ยนนี้ไม่ทำให้ FFB ทำงานเพราะ CK จะทำงานเมื่อ ได้รับ Negative-going pulse คือจากสูงเป็นต่ำเท่านั้น Trigger pulse ลูกต่อไป ทำให้ toggle QA เปลี่ยนจากสูงเป็นต่ำ QA จะ trig FFB ทำให้ FFB เป็น QB จากต่ำเป็นสูง clock ลูกที่ 3 trig ให้ FFA เปลี่ยน QA เป็น ต่ำอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการเปลี่ยนครั้งนี้ไม่มีผลต่อ FFB clock ลูกที่ 4 ทำให้ QA เป็นต่ำ ใหม่ ซึ่งจะทำให้ QB เปลี่ยนไปจำไว้ง่าย ๆ ว่า FFA จะมีผลต่อ FFB เมื่อ QA เปลี่ยนจากสูงเป็นต่ำเท่านั้น

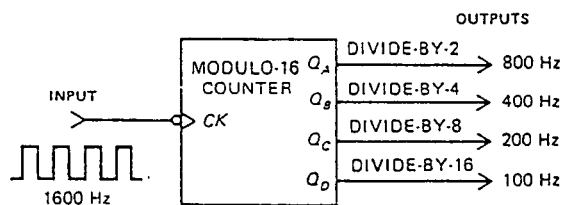
เอกสารนี้เป็นเอกสารการเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ และ ไมโครคอมพิวเตอร์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากเจ้าของเอกสารถือว่าผิดกฎหมาย

ครบหนึ่งวงจรของ 2-บิตเคาน์เตอร์ ใช้ฟลิป-ฟลอปสองตัว ถึงตอนนี้เคาน์เตอร์จะอยู่ในสภาวะรีเซต ทำให้ทั้ง QA และ QB เป็น 0 เหมือนเมื่อเริ่มแรกยังไม่มี pulse เข้ามา การปฏิบัติการจะทำซ้ำ ๆ กันทุก 4 Negative-going edge ของ trigger pulse การเปลี่ยนสถานะของ QA และ QB แสดงในตารางความเป็นจริง และมีรูปคลื่นดังแสดงในรูปที่ ..5.. (b) และ .5.. (c)

Modulo Number ตามวงจรตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ ..6.. เป็น modulo-4 เคาน์เตอร์ เพราะมันทำการนับ 4 ครั้ง ถึงรีเซต ตัวอย่างหนึ่งของ modulo number ก็คือ modulo -16 เคาน์เตอร์ ทำงานนับ 16 ครั้ง จำนวน modulus ของเคาน์เตอร์ คือ จำนวนครั้งที่แตกต่างของ Combination เอาท์พุทในช่วงเวลาการนับครั้งหนึ่ง โดยการเพิ่มฟลิป-ฟลอป เราก็สามารถเพิ่มจำนวน modulo number เป็นทวีคูณได้ เช่น 2, 4, 8, 16..... ฯลฯ ใน modulo - 16 ต้องการ 4 ฟลิป-ฟลอป ทำการนับ 16 ครั้ง 0-15 ยิ่งกว่านี้ modulus ยังสามารถถูกเปลี่ยนจาก binary number ได้ ด้วย โดยใช้ค่า J และ K ตัวอย่างที่เห็นทั่วไปคือ modulo - 5 และ modulo 10 เป็นเคาน์เตอร์นับ 10, 0-9 , ในเลข decimal ตัวเลขที่ปรากฏจะน้อยกว่า modulo - number อยู่ 1 เช่น modulo - 4 นับเลข decimal ได้ 3 ซึ่งเท่ากับเลขไบนารี 11



(a)



(b)

รูปที่ ..6.. (a) แสดงลอจิกไดอแกรมของ modulo- 16 เคาน์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม (b) แสดงวงจรเคาน์เตอร์แบบเดียวกันใช้เป็น frequency divider

บทที่ 2

เครื่องวัดระยะทางอุลตราโซนิค

2.1 หลักการทำงานของเครื่องวัด

เครื่องวัดระยะทางแบบใช้คลื่นอุลตราโซนิคแบบนี้ เหมาะสำหรับวัดระยะทางระหว่าง 25 เซนติเมตร ถึงประมาณ 6 เมตร และแสดงผลเป็นเลข 3 หลัก โดย Liquid Crystal Display (LCD) เครื่องกินไฟน้อย ทำให้ใช้กับแบตเตอรี่ได้ LCD จะแสดง LOBAT เมื่อแบตเตอรี่ถึงเวลาที่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่

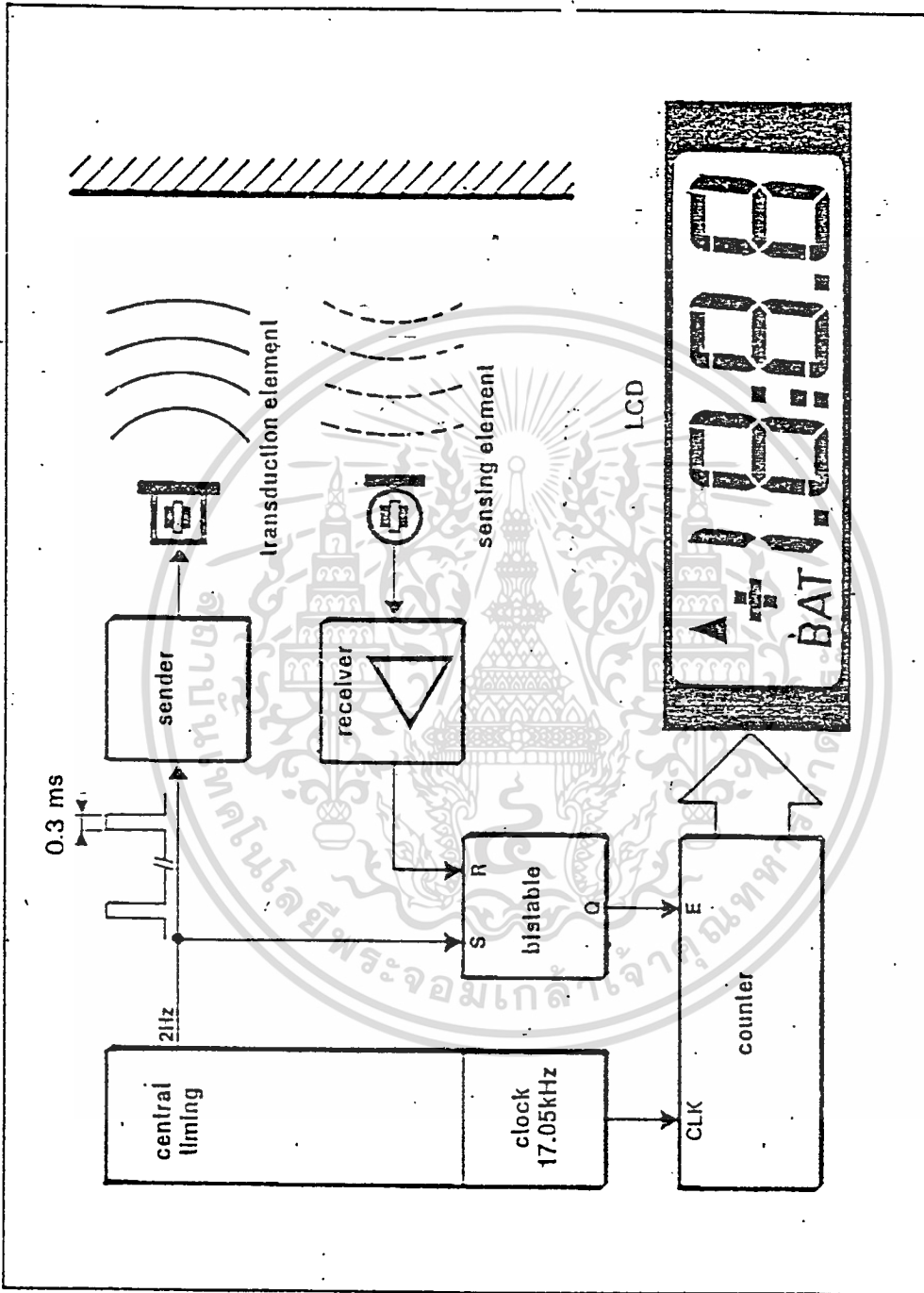
บล็อกไดอะแกรมรูปที่ 6 แสดงถึง 4 ส่วนสำคัญของเครื่องวัด ได้แก่ เครื่องส่ง , เครื่องรับ Timing and Time reference และวงจรรับ (Counter) กับ Display สัญญาณ Bursts จำนวน 12 pulse จะถูกส่งออกจากตัวส่ง (Sender) ด้วยความถี่ประมาณ 40 kHz ซึ่งความถี่นี้คิดคร่าวๆ ก็คือ Resonance Frequency ของ Transducer ทั้งสองนั่นเอง ดังนั้น จึงมีสัญญาณบางส่วนเข้าไปยังวงจรตรวจจับ (sensing) ขณะที่ burst แรก ถูกส่งออกไป วงจรไบสเทเบิล (Bistable) ก็ถูก set ให้อยู่ในสภาวะทำงานคือ Counter เริ่มนับทันที

ในทันทีทันใด หลังจากสัญญาณ burst แรก ถูกส่งออกไป เครื่องก็จะสวิตซ์ให้เครื่องรับทำงาน ความไวของเครื่องรับนี้ จะขึ้นอยู่กับเวลาหลังจากปล่อยสัญญาณ burst แรกออกไป ในตอนแรกความไวของเครื่องจะยังต่ำอยู่ crosstalk ระหว่าง transduction ที่เข้ามาเข้างังก็มี แต่ยังไม่ส่งผลให้เครื่องรับทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 7 แต่ถ้าเครื่องรับรับสัญญาณสะท้อนได้ในเวลาหลังจากหยุดส่งแล้วนิดหน่อย สัญญาณสะท้อนจะมีความแรงเพียงพอที่จะทำให้ขบวนการรับทำงานทั้งๆ ที่ยังมีความไวต่ำ สัญญาณสะท้อนกลับที่ใช้เวลานาน (ระยะไกล) จะสะท้อนกลับมาถึงเครื่องรับเบามาก แต่เนื่องจากความไวในการรับของเครื่องรับเริ่มตั้นสูงขึ้น การทำงานของเครื่องจึงได้ผล การจัดขบวนการแบบนี้ ทำให้ได้ผลการวัดที่แม่นยำ ส่วนผลเสียที่เกิดจาก Spurious reflection และ Crosstalk สามารถแก้ได้โดยใช้วิธีง่าย ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน

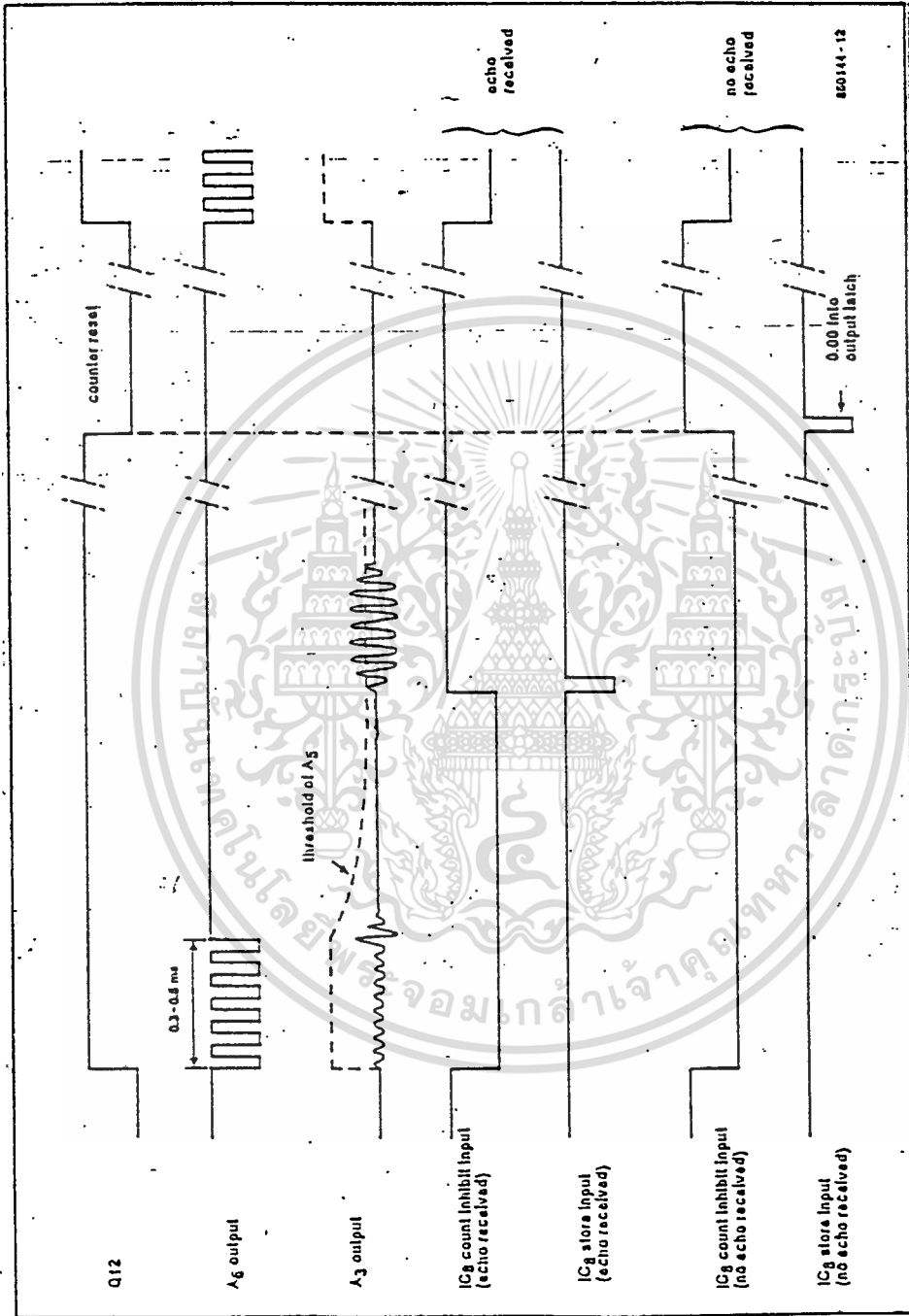
ในขณะที่เสียงสะท้อนถูกส่งออกไป วงจรไบสเทเบิล ก็จะรีเซ็ต และวงจรรับก็จะเปลี่ยนสถานะจากนับเป็นแสดงผล (Output latch) เนื่องจากสัญญาณ Clock เท่ากับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17.05 kHz และความเร็วของเสียงภายใต้บรรยากาศธรรมดา เท่ากับ 341 m/s ความกว้างของ clock จึงเท่ากับเวลาที่สัญญาณ burst เดินทางได้ 2 cm คือ 1 cm ไป และ 1cm กลับ นั่นคือ จำนวน clock pulse ที่นับได้ระหว่างช่วงเวลา สัญญาณ burst ส่งไป และสะท้อนกลับมาเข้าเครื่องรับ เท่ากับจำนวนเซนติเมตรจาก เครื่องส่ง ถึงผิววัตถุที่สะท้อนกลับ





รูปที่ 6 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดระยะทางอุตราโซนิก



รูปที่ 7 แสดง Timing diagram of measuring process

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การสร้างและทดลอง

##### 3.1 วงจรสมรรถน์

ในรูปที่ 8 แสดงถึงลักษณะของวงจรสมรรถน์ ซึ่งสามารถจะอธิบายการทำงานของวงจรและอุปกรณ์ในส่วนต่างๆ ของเครื่องวัดได้ ดังนี้

ส่วนส่งจะถูกขับด้วยวงจรบัฟเฟอร์ (Buffers) ซึ่งประกอบด้วย CMOS สี่คู่ เอาท์พุทเป็นแบบฟูลบริดจ์ (full bridge) ซึ่งทำให้โวลต์เดจคกคล่อมตัวส่งเป็นสองเท่า คาปาซิเตอร์ C1. จะปิดกั้น DC ขณะส่งสัญญาณ เพื่อให้การส่งสัญญาณ burst ได้แรงที่สุด IC1 จึงถูกต่อโดยตรงกับเมตเตอร์ 9 โวลท์ ส่วนรับของวงจรจะใช้ไฟเพียง 5 โวลท์ ความถี่ 40 kHz ที่ถูกสร้างขึ้นโดยออสซิลเลเตอร์ (osillator) สามารถถูกให้รีโซแนนซ์กับตัวรับ-ส่งได้ โดยปรับ Multitern preset (P1) เพื่อให้คลื่นที่สร้างขึ้น ทำให้เชื่อมั่นได้ว่ามีความเที่ยงตรงแน่นอน จึงมี Comparater A6เป็นตัว matches ระดับ Regulated supply voltage ของออสซิลเลเตอร์ 5 โวลท์ กับเอาท์พุทของ วงจร 9 โวลท์ ซึ่งแรงดัน 5 โวลท์ถูกปรับระดับโดย 78 L05 เรกูเลเตอร์ (Regulater) แบบนี้ต้องการกระแสไอส์เพียงเล็กน้อย ทำให้กระแสที่ใช้กับวงจรทั้งหมดมีค่าน้อยลง (typ 4.5mA)แต่ว่าการปรับระดับของ Load ของเรกูเลเตอร์แบบนี้ไม่ค่อยดีนัก ดังนั้น การ decoupling ต่างๆ จึงต้องทำอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาค IC ซึ่งทำหน้าที่นับ (R 19-C13)ต้องคำนึงเป็นพิเศษ IC4 เป็นตัวสร้าง Central timing เมื่อกดสวิตช์ S1 เอาท์พุท Q12 ของ IC4 จะเป็น High สองครั้งในหนึ่งวินาที วงจร R2-C11 จะเป็นตัวควบคุมให้ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ 40 kHz ทำงาน 0.3 ms นั่นคือสัญญาณ burst หนึ่งลูกจะมี 12 คาบ ของสัญญาณ 40 kHz ขณะส่งออกไปเอาท์พุทของ A1 เป็น High ผ่าน D1 ไปเข้า A5 ทำให้คอมพาราเตอร์มีระดับ threshold สูงพอที่จะไม่เกิดการ trig จาก crosstalk

ในขณะที่ส่งคลื่นลูกแรกออกไป วงจรไบสเทเบิล (Bistable) N9-N10 ก็จะถูก เจต (set) มันจะไปเปิดเกต (gate) ทำให้ IC8 เริ่มทำการนับ ซึ่ง pulse 17.05kHz จาก IC4 ก็จะเข้ามาทางขาที่ 32 วงจรขยายของเครื่องรับ A5 มี gain 33 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



[(20 log (R8/R9)] เป็นเครื่องแอมป์ไฟเออร์ แบบ AC Couple amplifier เพราะว่าต้องรับสัญญาณมีความต้านทานทาง DC สูงมาก ฉะนั้นโวลเตจที่ขดเคเบิลทางอินพุท จึงไม่ถูกขยายด้วย และ R14 ก็เป็นตัวทำให้ออฟเซทโวลเตจที่เกิดจากกระแสไบอัสต่ำลง การทำให้เอาท์พุทมีค่าออฟเซทโวลเตจต่ำมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะว่าเมื่อเอาค่านี้นำไปรวมกับ อินพุทออฟเซทโวลเตจของ A5 แล้ว มันจะเป็นตัวแสดงถึงความไวสูงสุดของวงจร ความไว ซึ่งขึ้นกับเวลานั้นกำหนดโดยสัญญาณกระตุ้นที่เป็น Low จาก A1 ไปกระตุ้น A5 ผ่าน time constant R6-C8 ความไวสูงสุดในสภาวะสิ่งแวดลอมหนึ่งๆ กำหนดได้โดยปรับ P3 ซึ่งจะกระทำในระหว่างการปรับเทียบ

เมื่อเครื่องรับรับเสียงสะท้อนได้ เอาท์พุทของ A5 จะเปลี่ยนเป็น Low ทำให้ วงจรไบสเดเบิ้ล ถูกรีเซท (Reset) และเปิดสัญญาณ Clock ไปที่ IC8 ขณะเดียวกัน pulse ลบสั้นๆ ถูกส่งผ่าน R13-C12 และ N11 ไปยัง IC8 ขาที่ 34 (STORE) ซึ่งเป็นผลให้เปลี่ยนสถานะ IC8 จากการนับเป็นแสดงผล เกท N11 เป็นเพียงบัฟเฟอร์ให้ Low impedance ของ store input เมื่อเอาท์พุท Q12 ของ IC4 เป็น Low วงจรนับใน IC8 ก็จะถูกรีเซทและเครื่องก็จะอยู่ในสภาวะพร้อมที่จะใช้วัดได้ต่อไป ถ้า Q 12 เป็น Low ในกรณี ไม่มีเสียงสะท้อนเครื่องก็ยังคงรีเซทให้ไบสเดเบิ้ลสู่สภาวะปกติ โดยผ่าน D3 ตัว display จะแสดงผล 0.00 แสดงว่าการวัดไม่เป็นผล

นอกจากจะเป็นวงจรมับ IC8 ยังมีวงจรที่จำเป็นสำหรับขั้วจอแสดงผล 3 1/2 หลัก ซึ่งในที่นี่ใช้แค่ 3 หลัก เกท N12 จะแปลง (inverts) สัญญาณ backplane ของ LCD และจัด fixed drive สำหรับจุดทศนิยม/ไฟแบดเตอร์จะแสดงโดย N13 เมื่อไฟตกลง เหลือ 7 โวลท์ เกทของ N13 ซึ่งปกติเป็น Non - inverting เป็น invert ซึ่งจะ ไปขับ LCD ให้แสดง LOBAT

### 3.2 รายการอุปกรณ์ต่าง ๆ

- Resister (= 5%)

R1 = 27 K

R2, = R16 = 180K

R3 = 10K

R4,R5,R7,R8,R13 R15,R24 = 100K

R6,R9 = 2K2

R10 = 47K  
R11 = 18K  
R12 = 220K  
R17 = 39K  
R18 = 1 mo  
R19 = 1 ko  
P1 = 25 K multiturn preset  
P2 = 10 K preset v  
P3 = 1 mo preset H

- Capacitors

C1, C8 = 220 n  
C2 = 1 no  
C3 = 10 m; 16 v; tantalum  
C4 ..... C7, C9 = 100 n  
C10 = 1 no  
C11 = 5n6  
C12 = 270 p  
C13 = 1 mo; 6.3 v; tantalum  
C14 = 15 p

- Semiconductors ;

D1 .... D4 = 1N4148  
IC1 = 4049  
IC2 = 4093  
IC3 = 78L05  
IC4 = 4060  
IC5 = LM324  
IC6 = 4030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC7 = LM393

IC8 = ICM 7224

- Miscellaneous :

U1 = MA40A5S Ultrasonic transmitter

U2 = MA40A5R Ultrasonic receiver

$3\frac{1}{2}$  - digit LC display with Lo - BAT indication

S1 = push- to- make button

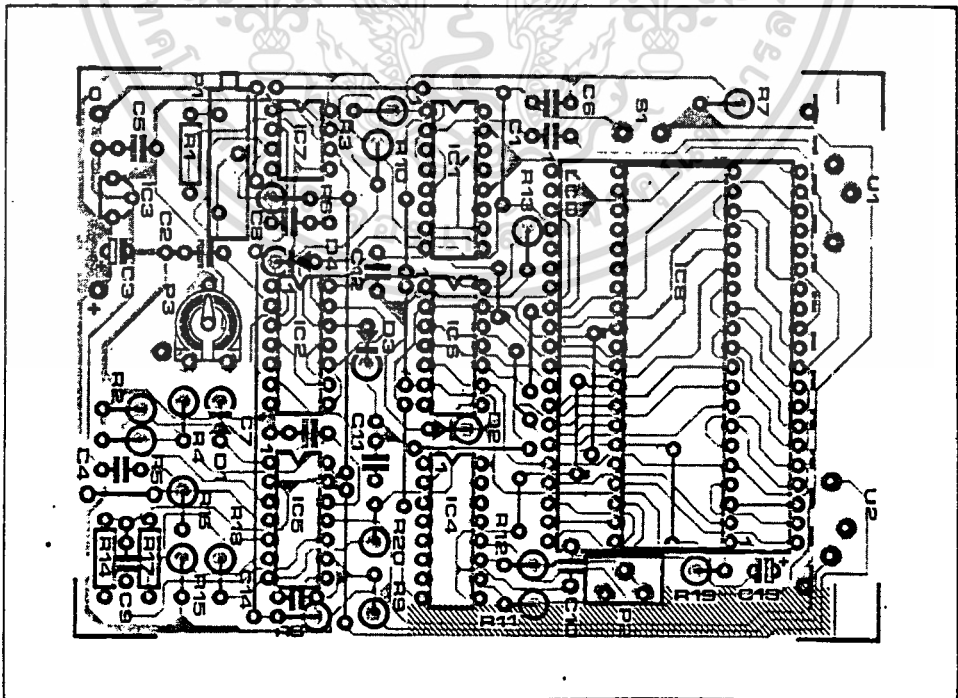
S2 = miniature SPDT. switch

Press-on clip for 9 v battery

Plastic Case

### 3.3 การสร้างแผ่นวงจร

เพื่อให้ได้ขนาดของเครื่องวัดมีขนาดพอเหมาะ จึง ได้ออกแบบลายปริ้นท์ (print) และสร้างตามวงจรสมบูรณ์ ให้มีขนาดเท่าของจริง ดังแสดงในรูปที่ ๑



รูปที่ ๑ แสดงแผ่นลายปริ้นท์ ขนาดเท่าของจริง .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ลงในแผ่นวงจร การต่อเชื่อมจุดต่างๆ โดยการบัดกรี ควรจะกระทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อไม่ให้ลายปรินท์เสียหาย ต้องใช้หัวแร้งที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ ไม่ร้อนจนเกินไป ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์หรือลายปรินท์ชำรุดได้ หัวแร้ง ควรจะเป็นแบบที่ใช้บัดกรี สำหรับลายปรินท์โดยเฉพาะ

เมื่อทำการบัดกรีอุปกรณ์บนแผ่นวงจรแล้ว ควรจะตรวจสอบแผ่นวงจรในแผ่นลายปรินท์กับวงจรสมบูรณ์อีกครั้งหนึ่ง จนแน่ใจว่าการต่อเชื่อมอุปกรณ์ในวงจรลายปรินท์ไม่ผิดพลาด แล้วทำการทดลองตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัดว่าทำงานถูกต้องแล้ว จึงบรรจุลงในกล่องต่อไป

### 3.4 การประกอบอุปกรณ์

ก่อนอื่นจะต้องหากกล่องสำหรับใส่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ให้มีขนาดพอเหมาะกับแผ่นวงจร ไม่ใหญ่หรือเล็กเกินไป สายต่อต่างๆ ควรจะบัดกรีให้แน่นเรียบร้อยก่อนบรรจุอุปกรณ์ต่างๆ เข้าไป ต้องแน่ใจว่า LCD อยู่ในตำแหน่งที่สูงพอและพอดีกับช่องที่เบ็ดไว้ LCD ควรอยู่สูงจากแผ่นวงจร 25 มม. เพื่อป้องกันการรบกวนของสัญญาณ ขับ LCD ไปเข้าภาครับ ควรใช้แผ่นทองเหลืองหรือดีบุกกันระหว่างขาแถวบนของ LCD กับตัวรับสัญญาณ แผ่นกันนี้ติดอยู่บนหมุดสองตัว บนแผ่นวงจรที่เตรียมไว้ แผ่นกันอีกแผ่นหนึ่งใช้บังบริเวณส่วนที่เสถียรของแผ่นวงจรรูปที่ 9 และควรบัดกรีติดกับแผ่นกันอันแรกใกล้ๆ C13 และหยอดกาวอีพอกซีติดแผ่นทั้งสองกันเคลื่อนไหว ตัวรับ-ส่ง อาจติดที่แผงวงจรตรงขาที่เตรียมไว้ หรือจะติดภายนอกกล่องก็ได้ เช่นใช้กับอุปกรณ์ภายนอกอย่างรถยนต์ เป็นต้น จะติดตัวรับ-ส่ง ไว้ที่ก้นบนของรถยนต์ เพื่อไว้ดูระยะเลือนรถเข้าจอด แต่สำหรับเครื่องวัดระยะทางแบบนี้โดยทั่วไป ก็จะติดไว้ด้านหน้ากล่อง ซึ่งเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม. ไว้สองช่อง ถ้าติดไว้ภายนอกจะต้องใช้สายซีลด์สองเส้นต่อมายังแผ่นวงจร ถ้าใช้เครื่องนี้ในรถยนต์และใช้ไฟจากแบตเตอรี่รถยนต์ ควรจะต่อใช้คั ค่าร้อยละ อนุกรมเข้าไป และกรอง (filter) ด้วย คาปาซิเตอร์  $100 \mu F$ , 16 v.

### 3.5 การปรับแต่งและทดลอง

- เครื่องมือที่ใช้
1. Multimeter ที่มีความเที่ยงตรงสูง
  2. Oscilloscope หรือ Frequency meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 1 ปรับแต่งความถี่ 40 kHz ของ Oscillator ให้ match กับ Resonance frequency ของตัวรับ-ส่ง โดยต่อสายเชื่อมขา 1 และ ขา 14 ของ IC2 เข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำการทดสอบทำงานตลอดเวลา แล้วปรับ P1 ทวนเข็มนาฬิกาจนสุด ใช้ Multimeter วัดกระแสที่เครื่องส่ง คือจากแบตเตอรี่ ปรับ P1 ตามเข็มนาฬิกา ซ้ำๆ จนอ่านค่ากระแสได้สูงสุด (ประมาณ 16 mA ) ณ จุดนี้คือค่าที่ Oscillator ทำงานถูกต้อง พึงสังเกตุว่าเมื่อปรับ P1 ไปตามเข็มนาฬิกาอีก จะพบจุดที่ค่ากระแสสูงสุดอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งไม่ใช่จุดที่เราต้องการ ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรนี้ใช้กับ IC2 เบอร์ 4093 ของ SGS หรือ RCA ถ้าใช้ผลิตภัณฑ์ของ Motorola ซึ่งมี Hysteresis น้อยกว่า อาจจำเป็นต้องเพิ่มค่า C2 เป็น 2n2 ถ้าเป็นของ National หรือยี่ห้ออื่นที่มี Hysteresis สูงกว่า ก็ต้องลดค่า C2 เหลือ 470 p

ปลดสายต่อขา 1 และ ขา 14 ออก ลองกด S1 ดู เพื่อทดสอบว่าภาคส่งทำงานส่ง pulse แขนงๆ ออกไป สังเกตดูการกระดิกของเข็ม Multimeter

ขั้นที่ 2 ปรับ P2 ให้ IC4 ผลิตความถี่ 17.05 KHz วัดด้วย Frequency meter ที่ขา 9 ของ IC4 ในกรณีไม่มี frequency meter ให้หันหน้าเครื่อง (ด้านรับ-ส่ง) เข้าหาแผ่นพื้นผิวที่มีการสะท้อนดี เช่น ผนัง หรือบาทพระกระจกหน้าต่าง วางเครื่องให้ห่างจากแผ่นสะท้อนเป็นระยะทาง 1 เมตร จากนั้นกด S1 และปรับ P2 จน LCD แสดงตัวเลข 1.00 ถ้าตัวเลขยังแสดงผลไม่แน่นอนหรืออ่านได้ 0.00 ให้ปรับ P3 ซ้ำๆ จนตัวเลขแสดงเป็นค่าที่อ่านค่าได้แล้ว ปรับ P2 ใหม่ จนอ่านได้ 1.00

การปรับ P3 เป็นการปรับความไวของการทำงานของเครื่อง ซึ่งจะปรับไว้แตกต่างกัน ตามสภาวะสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำการปรับแต่ง เช่นในสถานที่สงบ P3 อาจปรับไว้ทวนเข็มนาฬิกาสูงสุด (ความไวสูงสุด) อย่างไรก็ดีหาก LCD แสดงตัวเลขไม่แน่นอน เช่น 128, 256, 512 หรืออื่นๆ แสดงว่าตั้งความไวไวสูงเกินไป ตัวรับรับสัญญาณ clock ที่ผลิตขึ้นเอง ต้องค่อยๆ ปรับ P3 ตามเข็มนาฬิกาซ้ำๆ จน LCD แสดงตัวเลขที่แน่นอน ถ้าหาเครื่องไปใช้ในสถานที่ที่มีเสียงรบกวน ต้องลดความไวลงไปอีกจนเสียงรบกวนนั้นไม่มีผล ต่อเครื่องวัด แต่กระนั้นจะมีผลต่อการวัดระยะทางสูงสุดที่เครื่องวัด ได้จะลดลงด้วย พึงตระหนักไว้ว่าพื้นผิวที่มีการดูดซึมเสียง เช่น เฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ผนัง เสื้อผ้าและเครื่องแต่งตัว และ อื่นๆ สิ่ง ไม่สามารถใช้เครื่องนี้วัด ระยะทางได้ หรือได้ก็ไม่แน่นอน เพราะว่าคลื่น

เสียงที่สะท้อนกลับน้อยมาก ไม่เพียงพอที่จะไปกระตุ้นเครื่องรับให้ทำงานได้ แต่ถ้าต้องการจะวัด ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จริงๆ ก็อาจจะกระทำได้โดยลดค่า R6 จะทำให้เครื่องวัดมีความไวเพิ่มขึ้น หรือถ้า  
ต้องการวัดระยะใกล้ๆ โดยมีความไวสูงๆ ก็ให้ลดค่า time constant R6-C8 ลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

บทสรุป

4.1 ผลการทดลอง

ความเที่ยงตรงของการวัดขึ้นอยู่กับเวลาขณะที่ทำการวัด และสภาวะสิ่งแวดล้อม เนื่องจากความเร็วของเสียงขึ้นอยู่กับความกดดันของชั้นบรรยากาศ อุณหภูมิ และความหนาแน่นของอากาศ

บ่อเกิดของความผิดพลาด ส่วนใหญ่ไม่ใช่เกิดจากสภาวะของบรรยากาศ แต่เกิดจากตัวเครื่องวัดเอง สาเหตุสำคัญเนื่องมาจากการ trig ที่ไม่ถูกต้องของเครื่องรับ ส่วนหนึ่งเกิดจาก Q factor ของวงจรเรโซแนนซ์ มีผลทำงานที่เวลาจำกัด ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงเวลาสั้นๆ ของสัญญาณ 40 KHz ก่อนสัญญาณที่รับได้จะเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด และเครื่องรับถูก trig ให้ทำงานแต่ละช่วงเวลาสั้นๆ จะเป็นสาเหตุให้การวัดผิดพลาด ประมาณครึ่งเซนติเมตร กระนั้นภายในสภาวะการทำงานปกติ การวัดโดยใช้เครื่องต้นแบบวัดระยะต่างๆ จาก 25 เซนติเมตร ถึง 6 เมตร ทุกครั้งจะมีความผิดพลาดเฉลี่ยแล้ว 2 เปอร์เซ็นต์ หรือ 2 เซนติเมตร ใน 1 เมตร

หนังสืออ้างอิง

1. คู่มือ แอล เอส ไอ เล่ม 1 บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
2. วารสาร "เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์" ฉบับที่ 44,74
3. Burnard Grob " Electronic Circuit and Aplicationns"  
Coppay right 1982
4. Electro Edition vol." October 1988
5. RS, International Edition vol." Novermber 1986 -  
Febuary 1987



ภาคผนวก

1. IC : SCL 4030E
2. IC : SCL 4060AB
3. IC : SCL 4049UB
4. IC : SCL 4093B
5. IC : LCD 7224
6. IC : LM 324
7. IC : LM 393
8. IC : MC 78L05C



SCL4030B



CMOS QUAD EXCLUSIVE-OR GATE

FEATURES

- ◆ Buffered Outputs
- ◆ Diode Protection on all Inputs
- ◆ Fully "B"-Series Compatible
- ◆ Balanced Output Drive Current Specifications
- ◆ Pin Compatible with 4070 types, MC14507, 74C86

DESCRIPTION

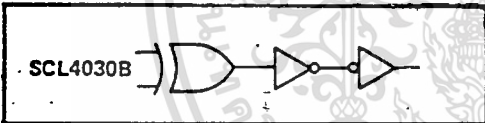
The SCL4030B contains four independent exclusive-OR gates integrated on a single monolithic silicon chip. Each exclusive-OR gate consists of five N-Channel and five P-Channel enhancement-mode transistors, plus output buffering devices.

TRUTH TABLE  
(one of four gates)

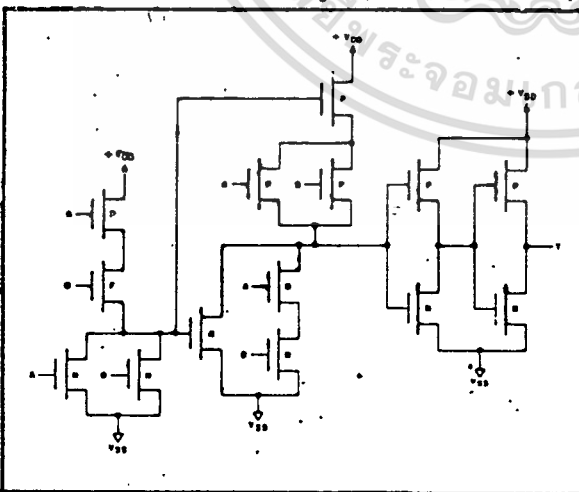
A	B	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

Where 1 = High Level  
0 = Low Level

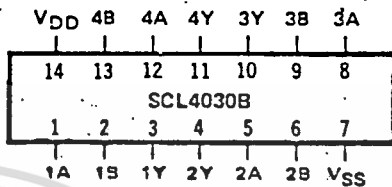
LOGIC DIAGRAM



SCHEMATIC DIAGRAM  
(one of four gates)



CONNECTION DIAGRAM  
(all packages)



Add suffix for package:

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

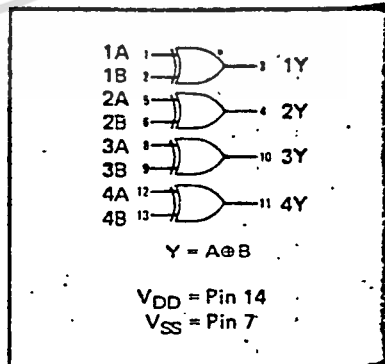
RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	V <sub>DD</sub> - V <sub>SS</sub>	3 to 15
Operating Temperature	T <sub>A</sub>	-55 to +125
C, D, F, H Device		-40 to +85
E Device		

Note: The SCL4030B is identical to the SCL4070B the devices are fully interchangeable in applications.

FUNCTION DIAGRAM



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

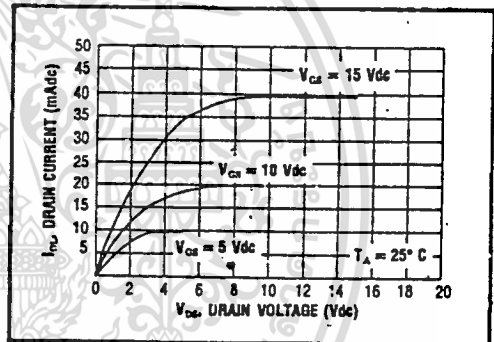
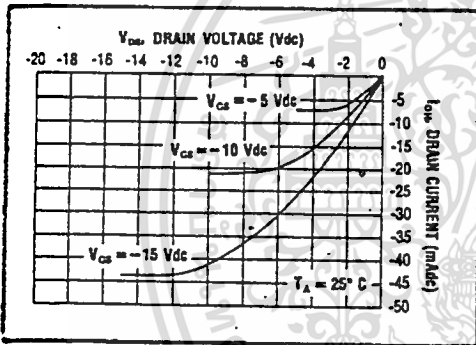
STATIC CHARACTERISTICS

PARAMETER	V <sub>DD</sub> (Vdc)	CONDITIONS	T <sub>LOW</sub> <sup>2</sup>		+25°C			T <sub>HIGH</sub> <sup>2</sup>		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I <sub>DD</sub>	V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub> All valid input combinations	-	0.05	-	0.0005	0.05	-	1.5	μAdc
			-	0.10	-	0.001	0.10	-	3.0	
			-	0.20	-	0.002	0.20	-	6.0	

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

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C<sub>L</sub> = 50pF, T<sub>A</sub> = 25°C)

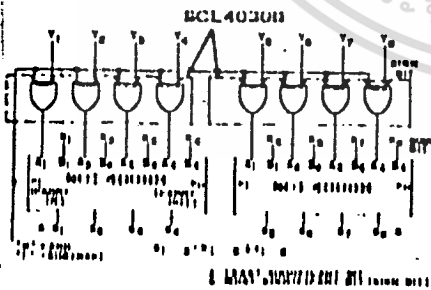
PARAMETER		V <sub>DD</sub> (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME	t <sub>PLH</sub> , t <sub>PHL</sub>	5	-	175	350	ns
		10	-	70	140	
		15	-	50	100	
OUTPUT TRANSITION TIME	t <sub>TLH</sub> , t <sub>THL</sub>	5	-	100	200	ns
		10	-	50	100	
		15	-	40	80	



Typical P-Channel Source Current Characteristics

Typical N-Channel Sink Current Characteristics

APPLICATIONS INFORMATION  
 8-BIT TWO'S COMPLEMENT ADDER/SUBTRACTOR



Two's complement adder and subtractor timing diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SCL4060AB



# CMOS 14-STAGE BINARY COUNTER AND OSCILLATOR

### FEATURES

- 14 Fully Static Stages
- 10 Buffered Outputs Available
- Common Reset Line
- 8MHz Counting Rate @ 10Vdc
- All Active Oscillator Components on Chip for R-C or Crystal Control

### DESCRIPTION

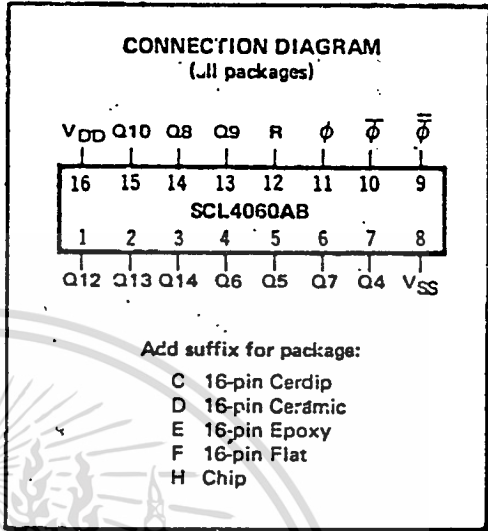
The SCL4060AB consists of an oscillator section and 14 ripple-carry binary counter stages. The oscillator configuration allows design of either R-C or crystal oscillator circuits. A Reset input is provided which resets the counter to the all-0's state. A high level on the Reset line accomplishes the reset function. The state of the counter is advanced one step in binary order on the negative transition of the Clock input  $\phi$ . All inputs and outputs are fully buffered. Outputs are available from stages 4 through 10 and 12 through 14.

Applications include timers, frequency dividers, delay circuits and counter controls.

### TRUTH TABLE

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

X = Don't Care

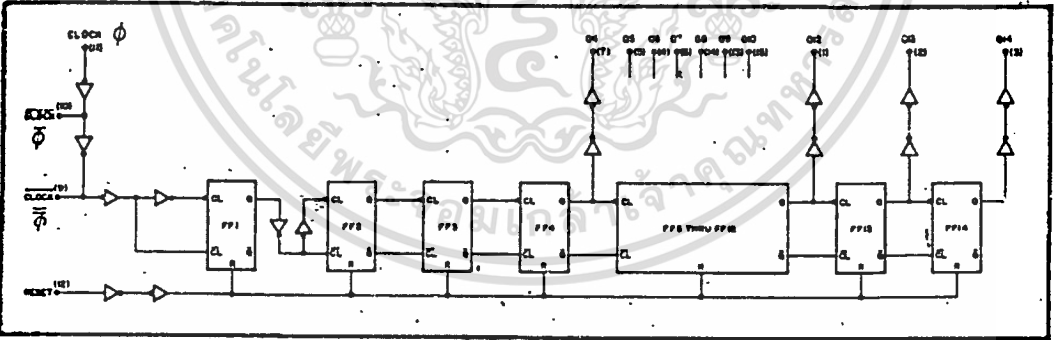


### RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

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

### LOGIC DIAGRAM



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS<sup>1</sup>

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

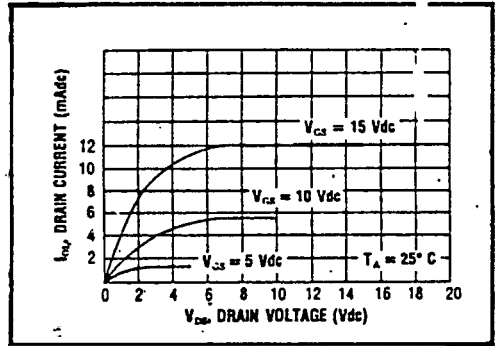
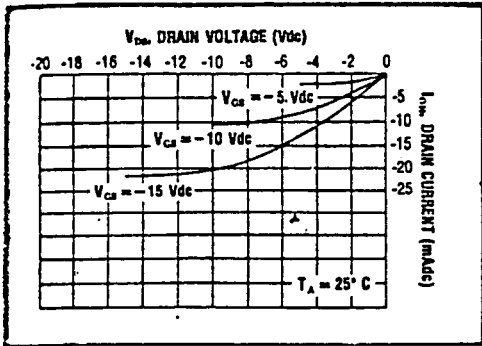
NOTES: <sup>1</sup> Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".  
<sup>2</sup> T<sub>LOW</sub> = -55°C for C, D, F, H device.  
 = -40°C for E device.  
 T<sub>HIGH</sub> = +125°C for C, D, F, H device.  
 = + 85°C for E device.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C<sub>L</sub> = 50pF, T<sub>A</sub> = 25°C)

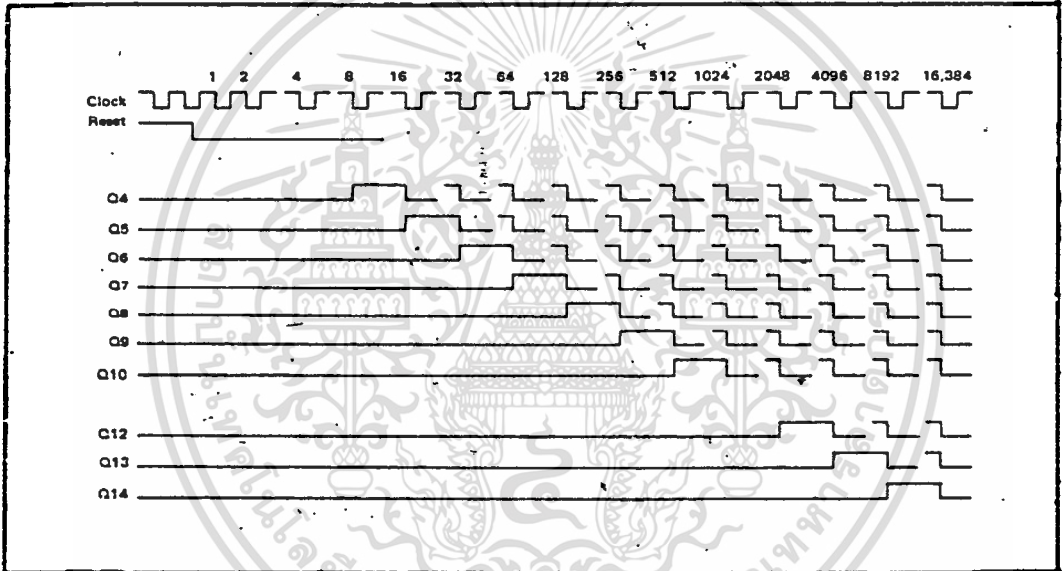
PARAMETER	V <sub>DD</sub> (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
<b>CLOCKED OPERATION</b>					
PROPAGATION DELAY TIME Clock to Q4	t <sub>PLH</sub> , t <sub>PHL</sub>	5	-	650	1300
		10	-	325	650
		15	-	260	520
Q <sub>i</sub> to Q <sub>i+1</sub>	t <sub>PLH</sub> , t <sub>PHL</sub>	5	-	150	300
		10	-	75	150
		15	-	60	120
OUTPUT TRANSITION TIME	t <sub>TLH</sub> , t <sub>THL</sub>	5	-	180	360
		10	-	90	180
		15	-	65	130
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW <sub>CL</sub>	5	-	100	200
		10	-	50	100
		15	-	40	80
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f <sub>CL</sub>	5	2.0	4.0	-
		10	4.0	8.0	-
		15	5	10	-
MAXIMUM CLOCK RISE AND FALL TIME	t <sub>rCL</sub> , t <sub>fCL</sub>	5	15	-	-
		10	15	-	-
		15	5	-	-
<b>RESET OPERATION</b>					
PROPAGATION DELAY TIME	t <sub>PHL</sub>	5	-	300	600
		10	-	150	300
		15	-	120	240
MINIMUM RESET PULSE WIDTH	PW <sub>R</sub>	5	-	150	300
		10	-	75	150
		15	-	60	120
RESET REMOVAL TIME	t <sub>rem</sub>	5	-	250	500
		10	-	125	250
		15	-	100	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

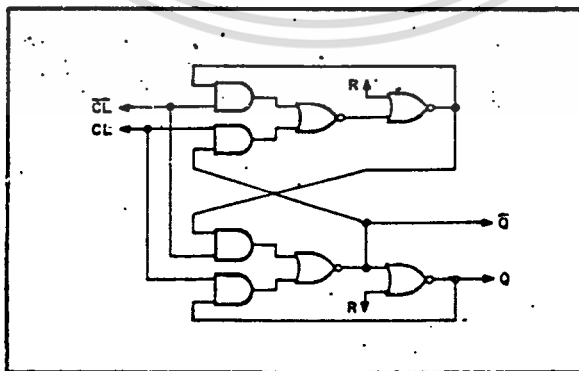
74L4060AB



TIMING DIAGRAM



TYPICAL COUNTER STAGE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

**TYPICAL COMPONENT VALUES AND CIRCUIT PERFORMANCE**

OSCILLATOR FREQUENCY	R <sub>1</sub> KΩ	R <sub>2</sub> KΩ	C <sub>T</sub> μF	100 mA @ V <sub>DD</sub> = 10 V
10 KHz	400	40	1 μF	0.2
100 KHz	400	40	0.1 μF	0.3
1000 KHz	400	40	0.01 μF	0.4
10 MHz	400	40	0.001 μF	0.5
100 KHz	400	40	100 pF	0.7
1 MHz	40	4.0	100 pF	1

Typical RC oscillator circuit

Typical crystal oscillator circuit

TYPICAL COMPONENT VALUES FOR OPERATION FROM 80 MHz INPUT AT V<sub>DD</sub> = 3 TO 15 VOLTS:  
R<sub>2</sub> = 150 KΩ  
R<sub>1</sub> = 390 KΩ

(FOR USE WHEN INPUT SIGNALS WITH SLOW RISE-FALL TIME ARE USED AS CLOCK)

Input pulse-shaping circuit (Schmitt trigger)

$$V_p = \frac{R_2 + R_1}{2} \cdot \frac{V_{DD}}{R_1}$$

$$V_n = \frac{R_1 - R_2}{2} \cdot \frac{V_{DD}}{R_1} \quad R_1 > R_2$$

Input circuit characteristics for pulse-shaping circuit.

**SCL4049UB Inverting**  
**SCL4050B Non-Inverting**



**CMOS**  
**HEX BUFFERS/CONVERTERS**

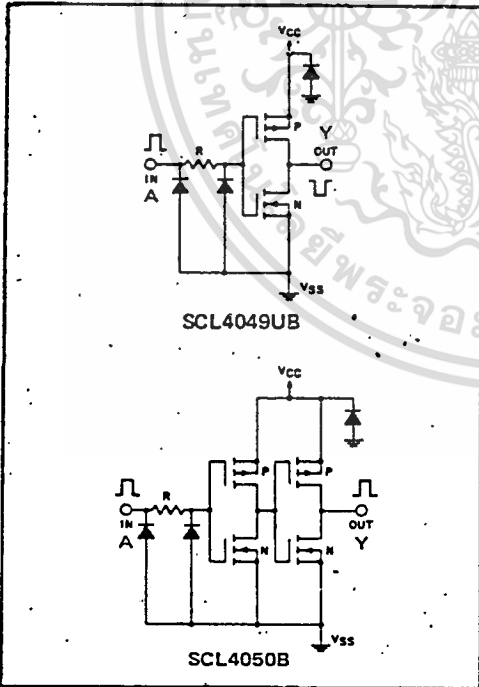
**FEATURES**

- Direct Drive of 2 TTL/DTL Loads
- Operation from Single Supply
- Pin-for Pin Replacements for SCL4009B, SCL4010B

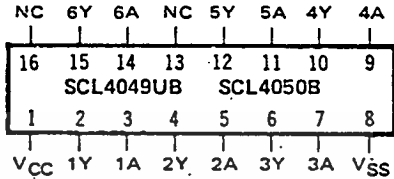
**DESCRIPTION**

The SCL4049UB and SCL4050B are Inverting and Non-Inverting Hex Buffers, respectively, and feature logic-level conversion using only one supply voltage ( $V_{CC}$ ). The Input-signal high level ( $V_{IH}$ ) can exceed the  $V_{CC}$  supply voltage when these devices are used for logic-level conversions. These devices are intended for use as CMOS-to-DTL/TTL converters and can drive directly two DTL/TTL Loads. The SCL4049UB and SCL4050B are interchangeable with SCL4009UB and SCL4010B devices, respectively. In these applications the SCL4049UB and SCL4050B are pin-compatible with the SCL4009UB and SCL4010B, respectively, and can be substituted for these devices in existing as well as in new designs. Terminal No. 16 is not connected internally on the SCL4049UB or SCL4050B; therefore, connection to this terminal is of no consequence to circuit operation.

**SCHEMATIC DIAGRAMS**



**CONNECTION DIAGRAM**  
(all packages)



**Add suffix for package:**

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

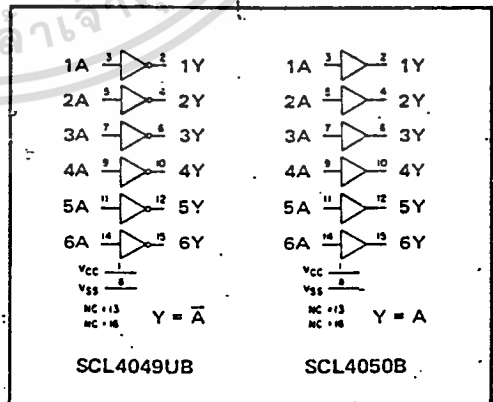
**RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS**

For maximum reliability:

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

**Note:** These devices contain input protection networks to  $V_{SS}$  only. Therefore,  $V_{IH}$  (max) may exceed  $V_{CC}$  without damage (subject to absolute maximum ratings).

**LOGIC DIAGRAMS**



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS<sup>1,3</sup>

PARAMETER	V <sub>CC</sub> (V <sub>Dc</sub> )	CONDITIONS	T <sub>LOW</sub> <sup>2</sup>		+25°C			T <sub>HIGH</sub> <sup>3</sup>		Units			
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.				
QUIESCENT DEVICE CURRENT	V <sub>CC</sub>	V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub> All valid input combinations	-	1.0	-	0.005	1.0	-	30	μA <sub>Dc</sub>			
			-	2.0	-	0.01	2.0	-	60				
			-	4.0	-	0.02	4.0	-	120				
MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE SCL4049UB	V <sub>IH</sub>	V <sub>OL</sub> = 0.5V V <sub>OL</sub> = 1.0V V <sub>OL</sub> = 1.5V	-	4.0	-	2.75	4.0	-	4.0	V <sub>Dc</sub>			
			-	8.0	-	5.5	8.0	-	8.0				
			-	12.0	-	8.25	12.0	-	12.0				
MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE SCL4049UB	V <sub>IL</sub>	V <sub>OH</sub> = 3.6V V <sub>OH</sub> = 7.2V V <sub>OH</sub> = 10.8V	1.0	-	1.0	2.25	-	1.0	-	V <sub>Dc</sub>			
			2.0	-	2.0	4.5	-	2.0	-				
			3.0	-	3.0	6.75	-	3.0	-				
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT C, D, F, H devices	I <sub>OL</sub>	V <sub>OL</sub> = 0.4V V <sub>OL</sub> = 0.5V V <sub>OL</sub> = 1.5V V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>	4.0	-	3.2	6.4	-	2.4	-	mA <sub>Dc</sub>			
			10	-	8.0	16	-	5.6	-				
			30	-	24.0	40	-	16.8	-				
			E device	I <sub>OL</sub>	V <sub>OL</sub> = 0.4V V <sub>OL</sub> = 0.5V V <sub>OL</sub> = 1.5V V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>	3.8	-	3.2	6.4	-	2.6	-	mA <sub>Dc</sub>
						9.6	-	8.0	16	-	6.4	-	
						28	-	24.0	40	-	19	-	

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

<sup>2</sup> T<sub>LOW</sub> = -55°C for C, D, F, H device.  
= -40°C for E device.

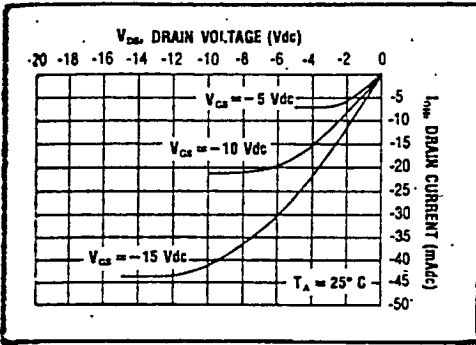
T<sub>HIGH</sub> = +125°C for C, D, F, H device.  
= + 85°C for E device.

<sup>3</sup> These devices have been designed to meet the balanced output drive current specifications for Output High (Source) Current. Consult Family Specifications.

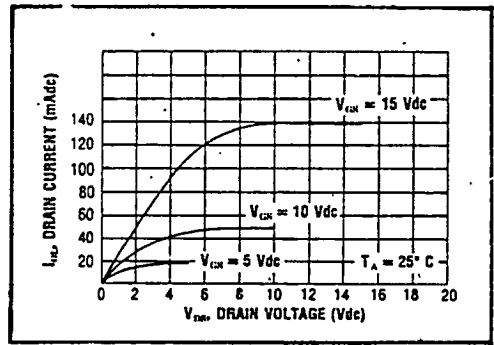
DYNAMIC CHARACTERISTICS (C<sub>L</sub> = 50pF, T<sub>A</sub> = 25°C)

PARAMETER		V <sub>IN</sub> (V <sub>Dc</sub> )	V <sub>CC</sub> (V <sub>Dc</sub> )	Min.	Typ.†	Max.	Units		
PROPAGATION DELAY TIME SCL4049UB	t <sub>PLH</sub>	5	5	-	60	120	ns		
		10	10	-	32	65			
		15	15	-	25	50			
		SCL4050B	t <sub>PLH</sub>	10	5	-	45	90	ns
				15	5	-	45	90	
				5	5	-	70	140	
	SCL4049UB	t <sub>PHL</sub>	10	10	-	40	80	ns	
			15	15	-	30	60		
			10	5	-	45	90		ns
15			5	-	40	80			
SCL4050B			t <sub>PHL</sub>	5	5	-	32	65	
				10	10	-	20	40	
	15	15		-	15	30			
OUTPUT TRANSITION TIME	t <sub>TLH</sub>	10	5	-	15	30	ns		
		15	5	-	10	20			
		5	5	-	55	110		ns	
	10	10	-	27	55				
	15	15	-	15	30				
	INPUT CAPACITANCE SCL4049UB	C <sub>IN</sub>	10	5	-	50	100	ns	
15			5	-	50	100			
5			5	-	80	160			
OUTPUT TRANSITION TIME	t <sub>THL</sub>	10	10	-	40	80	ns		
		15	15	-	30	60			
		5	5	-	30	60			
INPUT CAPACITANCE SCL4049UB	C <sub>IN</sub>	10	10	-	20	40	ns		
		15	15	-	15	30			
		-	-	-	15	22.5		pF	

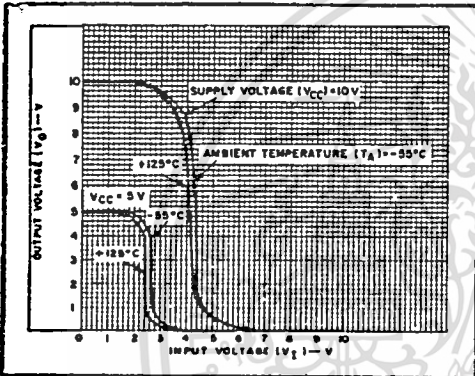
SCL4049B, SCL4050B



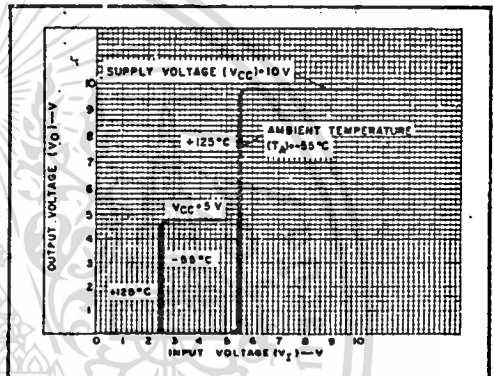
Typical P-Channel Source Current Characteristics



Typical N-Channel Sink Current Characteristics



Typical voltage transfer characteristics as a function of temperature for SCL4049UB.



Typical voltage transfer characteristics as a function of temperature for SCL4050B.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4093B Preliminary



CMOS  
QUAD SCHMITT TRIGGER

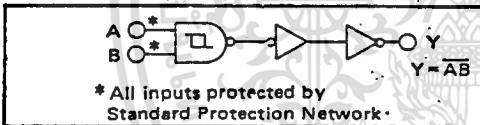
FEATURES

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

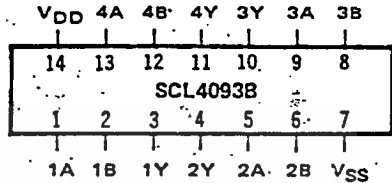
DESCRIPTION

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

LOGIC DIAGRAM



CONNECTION DIAGRAM  
(all packages)



Add suffix for package:

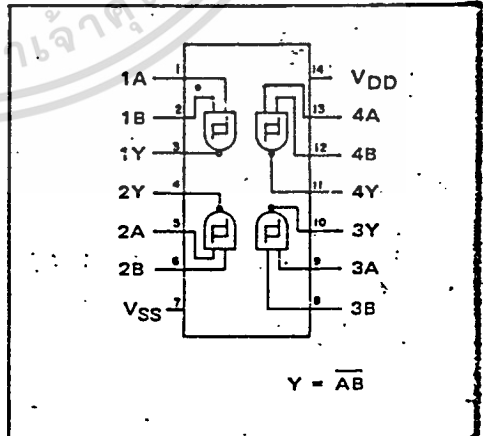
- C 14-pin Cerdip
- D 14-pin Ceramic
- E 14-pin Epoxy
- F 14-pin Flat
- H Chip

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

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

BLOCK DIAGRAM



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

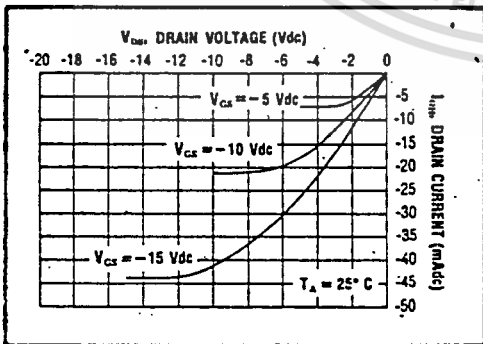
STATIC CHARACTERISTICS<sup>1,3</sup>

PARAMETER	V <sub>DD</sub> (Vdc)	CONDITIONS	T <sub>LOW</sub> <sup>2</sup>		+25°C			T <sub>HIGH</sub> <sup>2</sup>		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I <sub>DD</sub>	V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub> All valid input combinations	-	0.05	-	0.0005	0.05	-	1.5	μA <sub>dc</sub>
			-	0.10	-	0.001	0.10	-	3.0	
			-	0.20	-	0.002	0.20	-	6.0	
POSITIVE TRIGGER THRESHOLD VOLTAGE	V <sub>P</sub> (V <sub>IL</sub> )		3 typ		2.9 typ			2.9 typ		Vdc
			5.9 typ		5.9 typ			5.9 typ		
			8.9 typ		8.9 typ			8.9 typ		
NEGATIVE TRIGGER THRESHOLD VOLTAGE	V <sub>N</sub> (V <sub>IH</sub> )		2.6 typ		2.3 typ			2.1 typ		Vdc
			4 typ		3.9 typ			3.8 typ		
			5.5 typ		5.4 typ			5.3 typ		

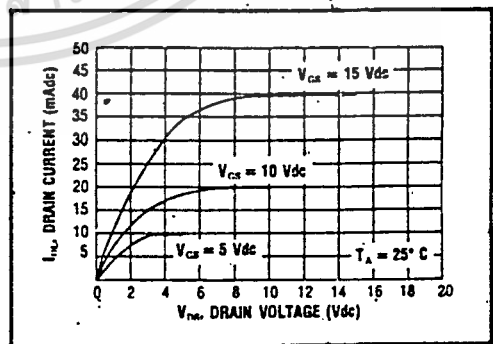
- NOTES: <sup>1</sup> Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".  
<sup>2</sup> T<sub>LOW</sub> = -55°C for C, D, F, H device.  
       = -40°C for E device.  
 T<sub>HIGH</sub> = +125°C for C, D, F, H device.  
       = + 85°C for E device.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

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C<sub>L</sub> = 50pF, T<sub>A</sub> = 25°C)

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

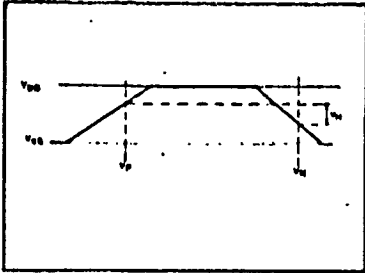


Typical P-Channel Source Current Characteristics

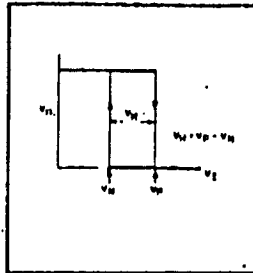


Typical N-Channel Sink Current Characteristics

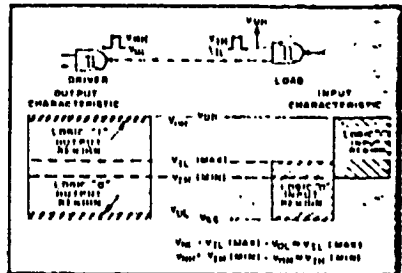
RELATIVES (Preliminary)



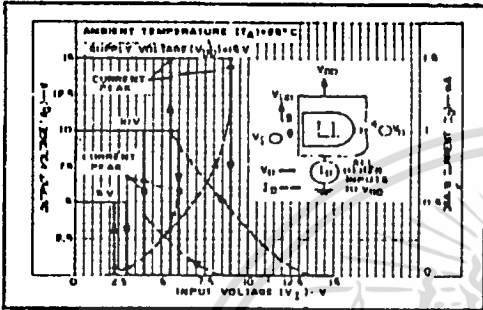
Definition of  $V_p, V_n$  and  $V_h$ .



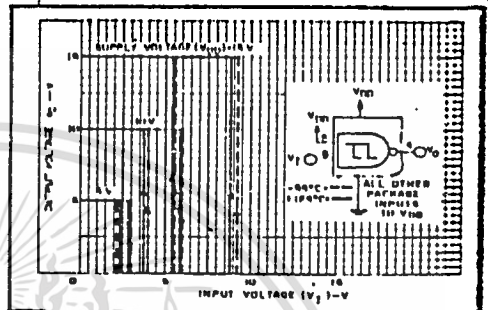
Transfer characteristic of 1 of 4 gates.



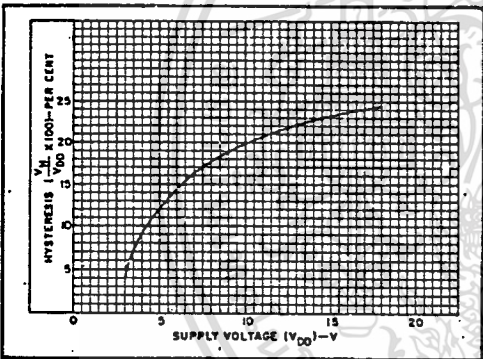
Input and output characteristics.



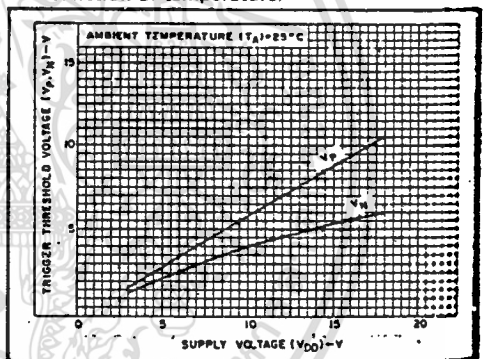
Typical current and voltage transfer characteristics.



Typical voltage transfer characteristics as a function of temperature.

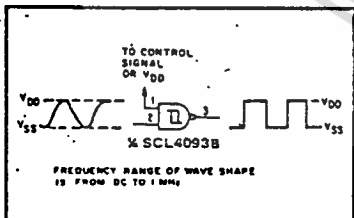


Typical trigger threshold voltage vs.  $V_{DD}$ .

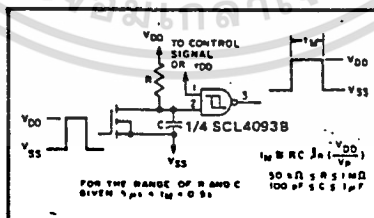


Typical per cent hysteresis vs. supply voltage.

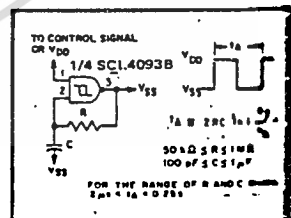
APPLICATIONS INFORMATION



Wave shaper.

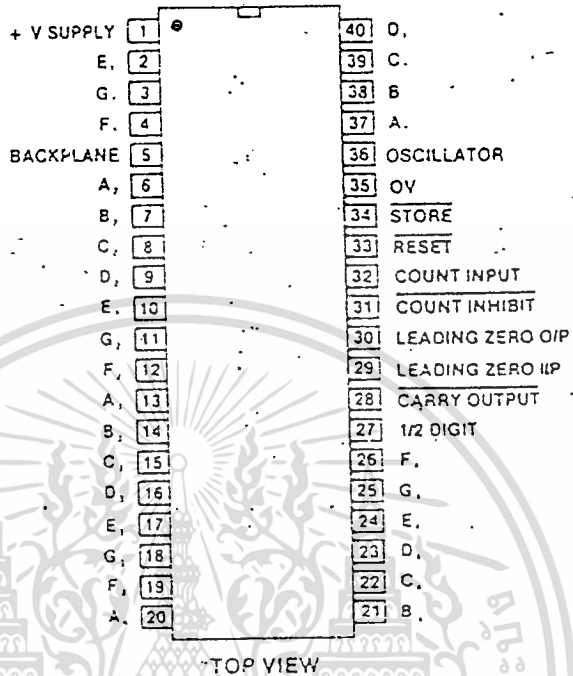


Monostable multivibrator.



Astable multivibrator.

# 4 $\frac{1}{2}$ -digit L.C.D. 7224



A high performance C-MOS 4 $\frac{1}{2}$ -digit counter (max. count 19999) including decoder, output latches, display drivers, count inhibit, leading zero blanking and reset circuitry. The device outputs will directly drive a 4 $\frac{1}{2}$ -digit L.C.D. RS 587-311 (refer to the Opto-electronics/Indicators section). An on-chip oscillator (adjustable by the addition of a single capacitor) provides the necessary backplane frequency, this oscillator may be overridden thereby providing a simple means of cascading devices for longer displays. The counter section will count from d.c. to 15 MHz (min.) typically 25 MHz – and incorporates a Schmitt trigger input for operation in noisy environments and counting slowly changing inputs. Supply voltage 5 V d.c. typ. Supply current 10  $\mu$ A typ. (display blanked). Operating temperature range: -20 °C to +70 °C. Housed in a 40-pin d.i.l. plastic package. Equivalent to ICM7224IPC.

Data sheet 3970 July 83 available.

Dual Operational Amplifiers (continued)

Device	$I_{B}$	$V_{IO}$	$TCV_{IO}$	$I_{O}$	$A_{vol}$	BW	SR	Supply Voltage		Description	Package Suffix
	$\mu A$ Max	mV Max	$\mu V/^{\circ}C$ Typ	nA Max	V/mV Min	( $A_v=1$ ) MHz Typ	( $A_v=1$ ) V/ $\mu s$ Typ	Min	Max		
<b>Military Temperature Range (-55°C to +125°C)</b>											
MC35083	100 pA	3.0	10	100 pA	25	16	55	$\pm 5.0$	$\pm 22$	Decompensated	U
MC35083A	200 pA	1.0	10	100 pA	50	16	55	$\pm 5.0$	$\pm 22$	MC35082 for $A_v \geq 2$	U
MC35172	0.10	4.5	10	20	50	1.8	2.1	+3.0	+44	Low Power, Single Supply	U
MC35182	0.1 nA	3.0	10	0.05	25	4.0	10	$\pm 2.5$	$\pm 18$	Low Power JFET Input	U
TL062M	200 pA	6.0	10	100 pA	4.0	2.0	6.0	$\pm 2.5$	$\pm 18$	Low Power JFET Input	JG
TL072M	200 pA	6.0	10	50 pA	35	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 18$	Low Noise JFET Input	JG
TL082M	200 pA	6.0	10	100 pA	25	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 18$	JFET Input	JG

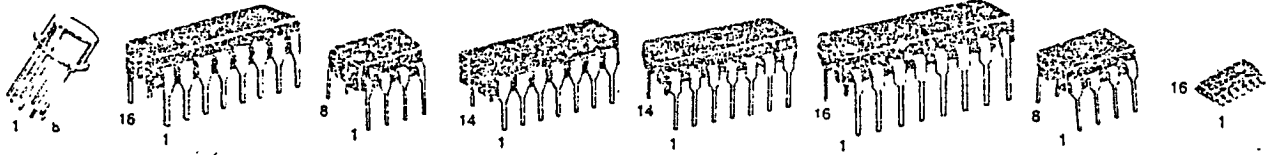
Quad Operational Amplifiers

Device	$I_{B}$	$V_{IO}$	$TCV_{IO}$	$I_{O}$	$A_{vol}$	BW	SR	Supply Voltage		Description	Package Suffix
	$\mu A$ Max	mV Max	$\mu V/^{\circ}C$ Typ	nA Max	V/mV Min	( $A_v=1$ ) MHz Typ	( $A_v=1$ ) V/ $\mu s$ Typ	Min	Max		
<b>Internally Compensated</b>											
<b>Commercial Temperature Range (0°C to +70°C)</b>											
LF347	200 pA	10	10	100 pA	25	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 18$	JFET Input	N/646
LF347B	200 pA	5.0	10	100 pA	50	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 18$	JFET Input	N/646
LF444C	100 pA	10	10	50 pA	25	2.0	6.0	$\pm 5.0$	$\pm 18$	Low Power JFET Input	N/646
LM324	0.25	6.0	7.0	50	25	1.0	0.6	$\pm 1.5$	$\pm 16$	Low Power Consumption	J/632, N/646
LM348	0.20	6.0	—	50	25	1.0	0.5	$\pm 3.0$	$\pm 18$	Quad MC1741	J/632, N/646
MC3401/	-0.3	—	—	—	1.0	5.0	0.6	$\pm 1.5$	$\pm 18$	Norton Input	J/632, N/646
LM3900	—	—	—	—	—	—	—	+3.0	+36	—	—
MC3403	0.5	10	7.0	50	20	1.0	0.6	$\pm 1.5$	$\pm 18$	No Crossover Distortion	L, P/646
MC4741C	0.5	6.0	15	200	20	1.0	0.5	$\pm 3.0$	$\pm 36$	Quad MC1741	L, P/646
MC34004	200 pA	10	10	100 pA	25	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 18$	JFET Input	L, P/646
MC34004B	200 pA	5.0	10	100 pA	50	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 18$	JFET Input	L, P/646
MC34074	0.50	5.0	10	75	25	4.5	10	+3.0	+44	High Performance, Single Supply	L, P/646
MC34074A	500 nA	3.0	10	50	50	4.5	10	+3.0	+44	High-Speed, JFET Input	L, P/646
MC34084	200 pA	12	10	100 pA	25	8.0	30	$\pm 5.0$	$\pm 22$	High-Speed, JFET Input	P/646
MC34084A	200 pA	6.0	10	100 pA	50	8.0	30	$\pm 5.0$	$\pm 22$	High-Speed, JFET Input	P/646
MC34085	200 pA	12	10	100 pA	25	16	55	$\pm 5.0$	$\pm 22$	Decompensated	P/646
MC34085A	200 pA	6.0	10	100 pA	50	16	55	$\pm 5.0$	$\pm 22$	MC34084 for $A_v \geq 2$	P/646
MC34184	0.1 nA	10	10	0.05	25	4.0	10	$\pm 2.5$	$\pm 18$	Low Power JFET Input	P/646
TL064AC	200 pA	6.0	10	100 pA	4.0	2.0	6.0	$\pm 2.5$	$\pm 18$	Low Power JFET Input	N/646
TL064BC	200 pA	3.0	10	100 pA	4.0	2.0	6.0	$\pm 2.5$	$\pm 18$	Low Power JFET Input	N/646
TL064C	200 pA	15	10	200 pA	4.0	2.0	6.0	$\pm 2.5$	$\pm 18$	Low Power JFET Input	N/646
TL074AC	200 pA	6.0	10	50 pA	50	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 18$	Low Noise JFET Input	J/632, N/646
TL074C	200 pA	10	10	50 pA	25	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 18$	Low Noise JFET Input	J/632, N/646
TL084AC	200 pA	6.0	10	100 pA	50	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 18$	JFET Input	J/632, N/646
TL084BC	200 pA	3.0	10	100 pA	50	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 18$	JFET Input	J/632, N/646
TL084C	400 pA	15	10	200 pA	25	4.0	13	$\pm 5.0$	$\pm 13$	JFET Input	J/632, N/646

<b>Industrial Temperature Range (-25°C to +85°C)</b>											
LM224	0.15	5.0	7.0	30	50	1.0	0.6	$\pm 1.5$	$\pm 16$	Split or Single Supply Op Amp	J/632, N/646
LM248	0.20	6.0	—	50	25	1.0	0.5	$\pm 3.0$	$\pm 18$		

<b>Automotive Temperature Range (-40°C to +85°C)</b>											
LM2502	0.5	10	—	50	—	1.0	0.6	$\pm 1.5$	$\pm 13$	Differential Low Power	N/646
								+3.0	+26		

# Comparators



CASE 601 METAL H SUFFIX	CASE 620 CERAMIC L SUFFIX	CASE 626 PLASTIC N SUFFIX	CASE 632 CERAMIC J SUFFIX	CASE 646 PLASTIC N SUFFIX	CASE 648 PLASTIC P SUFFIX	CASE 693 CERAMIC J-8 SUFFIX	CASE 751B PLASTIC D SUFFIX
-------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------

Device	$I_{IB}$ $\mu A$ Max	$V_{IO}$ mV Max	$I_{IO}$ $\mu A$ Max	$A_V$ V/V Typ	$i_O$ mA Min	Response Time ns	Supply Voltage V	Description	Temperature Range (°C)	Package Suffix
--------	----------------------------	-----------------------	----------------------------	---------------------	--------------------	------------------------	------------------------	-------------	------------------------------	-------------------

## Single

### BIPOLAR

LM111	0.10	3.0	0.01	200K	8.0	200	+15, -15	With strobe, will operate from single supply	-55 to +125	H, J-8
LM211	0.10	3.0	0.01	200K	8.0	200	+15, -15		-25 to +85	H, J-8
LM311	0.25	7.5	0.05	200K	8.0	200	+15, -15		0 to +70	H, N/626, J-8

### CMOS

MC14578	1.0 $\mu A$	50	—	—	1.1	—	+3.5 to +14	Requires only 10 $\mu A$ from single-ended supply	-30 to +70	D/751B, P/648
---------	-------------	----	---	---	-----	---	-------------	---	------------	---------------

## Dual

### BIPOLAR

LM193	0.10	5.0	0.025	200K	6.0	1300	$\pm 1.5$ to $\pm 18$ or +3.0 to +36	Designed for single or split supply operation, input common mode includes ground (negative supply)	-55 to +125	H
LM193A	0.10	2.0	0.025	200K	6.0	1300			-55 to +125	H
LM293	0.25	5.0	0.050	200K	6.0	1300			-25 to +85	H
LM293A	0.25	2.0	0.050	200K	6.0	1300			-25 to +85	H
LM393	0.25	5.0	0.050	200K	6.0	1300			0 to +70	H, N/626
LM393A	0.25	2.0	0.050	200K	6.0	1300			0 to +70	H, N/626
LM2903	0.25	7.0	0.050	200K	6.0	1500		-40 to +85	N/626	
MC3405	0.5	10	0.050	200K	6.0	1300	$\pm 1.5$ to $\pm 7.5$ or +3.0 to 15	This device contains two op amps and two comparators in a single package	0 to +70	L/632, P/646
MC3505	0.5	5.0	0.050	200K	6.0	1300			-55 to +125	L/632

### CMOS

MC14575	0.001	30	0.0001	20K	3.0	1000	$\pm 1.5$ to $\pm 7.5$ or +3.0 to 15	This device contains two op amps and two comparators in a single package	-40 to +85	P/648 D/751B
---------	-------	----	--------	-----	-----	------	--------------------------------------	--	------------	--------------

## Quad

### BIPOLAR

LM139	0.10	5.0	0.025	200K	6.0	1300	$\pm 1.5$ to $\pm 18$ or +3.0 to +36	Designed for single or split supply operation, input common mode includes ground (negative supply)	-55 to +125	J
LM139A	0.10	2.0	0.025	200K	6.0	1300			-55 to +125	J, N/646
LM239	0.25	5.0	0.050	200K	6.0	1300			-25 to +85	J, N/646
LM239A	0.25	2.0	0.050	200K	6.0	1300			-25 to +85	J, N/646
LM339	0.25	5.0	0.050	200K	6.0	1300			0 to +70	J, N/646
LM339A	0.25	2.0	0.050	200K	6.0	1300			0 to +70	J, N/646
LM2901	0.25	7.0	0.050	100K	6.0	1300			-40 to +85	N/646
MC3302	0.50	20	0.500	30K	6.0	1300			-40 to +85	N/646
MC3430	40	6.0	1.0 Typ	1.2K	16	33	+5.0, -5.0	High speed comparator/sense-amplifier	0 to +70	L, P
MC3431	40	10	1.0 Typ	1.2K	16	33	+5.0, -5.0		0 to +70	L, P
MC3432	40	6.0	1.0 Typ	1.2K	16	40	+5.0, -5.0		0 to +70	L, P
MC3433	40	10	1.0 Typ	1.2K	16	40	+5.0, -5.0		0 to +70	L, P

### CMOS

MC14574	0.001	30	0.0001	20K	3.0	1000	$\pm 1.5$ to $\pm 7.5$ or +3.0 to +15	Externally programmable power dissipation with one or two resistors	-40 to +85	P/648 D/751B
---------	-------	----	--------	-----	-----	------	---------------------------------------	---	------------	--------------

# Power Supply Circuits

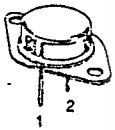
## Linear Voltage Regulators

### Fixed Output

These low cost monolithic circuits provide positive and/or negative regulation at currents from 100 mA to 3.0 A. They are ideal for on-card regulation employing current limiting and thermal shutdown. Low  $V_{diff}$  devices are offered for battery powered systems.

Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

- Linear Voltage Regulators
  - Fixed Output : . . . . . 4-14
  - Adjustable Output. . . . . 4-17
  - Special. . . . . 4-18
- Switching Regulators
  - Single-Ended Controllers. . . . . 4-19
  - Double-Ended Controllers . . . . . 4-20
- Special Power Supply Controllers
  - High Performance Dual Current-Mode . . . . . 4-21
  - Universal Microprocessor . . . . . 4-21
  - Control IC for Line-Isolated Free Running Flyback Converter. . . . . 4-21
- Power Supervisory
  - Overvoltage "Crowbar" Sensing Circuit . . . . . 4-22
  - Over-Under Voltage Protection Circuit . . . . . 4-22
  - Undervoltage Sensing Circuit. . . . . 4-23
  - Microprocessor Voltage Regulator and Supervisory Circuit . . . . . 4-23
  - Series Switch Transient Protection Circuit. . . . . 4-24



CASE 1  
METAL  
K SUFFIX



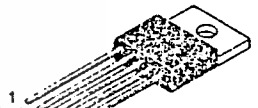
CASE 29  
PLASTIC  
P, Z SUFFIX



CASE 79  
METAL  
G, H SUFFIX



CASE 221A  
PLASTIC POWER  
T, KC SUFFIX



CASE 314D  
PLASTIC  
T SUFFIX

### Fixed-Voltage, 3-Terminal Regulators for Positive or Negative Polarity Power Supplies

$V_{out}$ Volts	Tol.† Volts	$I_o$ mA Max	Device Positive Output	Device Negative Output	$V_{in}$ Min/Max	Regline mV	Regload mV	$\Delta V_o/\Delta T$ mV/°C Typ.	Case Suffix		
5	± 0.5	100	LM2931-5.0	—	5.6/40	30	50	1.0	Z, T		
			✓ MC78L05C	MC79L05C	6.7/30	200	60		P, G		
			LM2931A-5.0	—	5.6/40	30	50		Z, T		
			MC78L05AC	MC79L05AC	6.7/30	150	60		P, G		
	± 0.4	500	1500	MC78M05C	MC79M05C	7/35	100	100	1.0	G, T	
				LM109	—	7.0/35			50	1.0	K, H
		LM209	—								
		LM309	—								
		MC7805*	—	8.0/35	100		0.6	K			
		MC7805B#	—	8/35			1.0	T			
		MC7805C	MC7905C	7/35	10		50	0.6			K, T
		MC7805A*	—	7.5/35							100
		MC7805AC	MC7905AC	7.0/35	50		50	25			K
		LM14Q-5*	—								
		LM140A-5*	—								
		LM340-5	—	7.0/35	50		50	25			K, T
LM340A-5*	—										
TL780-05C	—	7.0/35	5.0	25	0.06	KC					
± 0.25	3000	3000	MC78T05C	—	7.3/35	25	30	0.1	K, T		
			MC78T05AC	—						10	25

# $T_J = -40^\circ$  to  $+125^\circ C$

†Output Voltage Tolerance for Worst Case

\* $T_J = -55^\circ$  to  $+150^\circ C$

(continued)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า