



ชุดเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

AUTOMATIC INTERFACE BETWEEN RADIO TRANSCEIVER AND TELEPHONE SYSTEM



วัน เดือน ปี.....	15 ส.ค. 2500
เลขทะเบียน.....	037249
เลขเรียกหนังสือ.....	138312 พระราช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารที่ 037249 ไปใช้

ชุดเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

AUTOMATIC INTERFACE BETWEEN RADIO TRANSCEIVER AND TELEPHONE SYSTEM



รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2538

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ


AUTOMATIC INTERFACE BETWEEN RADIO TRANSCEIVER AND TELEPHONE SYSTEM

ผู้จัดทำ

นาย พรชัย อ่างรงค์คุณ รหัส 36013022

นาย วีระวัฒน์ ศิริเสถียร รหัส 36013033

นาย อุดม จิตรเกลี้ยง รหัส 36013048

  
\_\_\_\_\_  
(อ.พรพล ขุนยงค์อภัย)

อาจารย์ที่ปรึกษา

\_\_\_\_\_  
( )

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ชุดเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

### AUTOMATIC INTERFACE BETWEEN RADIO TRANSCEIVER AND TELEPHONE SYSTEM

- โดย 1. นาย พรชัย อ่างโชติคุณ รหัส 36013022  
2. นาย วีระวัฒน์ ศิริเสถียร รหัส 36013033  
3. นาย อุดม จิตรเกลี้ยง รหัส 36013048

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ณรงค์ เหมกรณ์

อ. สุรพล บุญจันทร์

#### บทคัดย่อ

ปริญญาโทฉบับนี้เสนอชุดโครงการเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งเข้ากับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ ซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างระบบกัน ได้ถูกคิดค้นขึ้น เพื่อให้สามารถใช้วิทยุรับ-ส่ง ให้เกิดประสิทธิภาพคุ้มค่ามากที่สุด ในการติดต่อสื่อสาร โดยให้วิทยุมือถือกับระบบโทรศัพท์ สามารถพูดคุยติดต่อกันได้ การติดต่อระหว่างวิทยุมือถือกับโทรศัพท์นี้ ใช้ระบบการทำงานแบบ Semi-Duplex โดยใช้ได้กับโทรศัพท์ทุกเลขหมาย ขึ้นอยู่กับผู้ใช้เป็นผู้เลือกใช้นอกจากวิทยุสามารถเรียก โทรศัพท์ได้แล้ว ยังสามารถจะให้ โทรศัพท์เรียกวิทยุได้อีกด้วย หรือจะมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างวิทยุมือถือด้วยกันก็ได้ ซึ่งอยู่ในโหมดรีพีตเตอร์

ฮาร์ดแวร์ของโครงการนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนแรกเป็น Decode DTMF ส่วนที่สองจะทำหน้าที่ ในการตรวจจับรหัส ที่เข้ามาว่าตรงกับรหัสที่โปรแกรมไว้ หรือไม่ เรียกว่า Pass Word Code เมื่อ Pass Word ของผู้ใช้ ถูกต้องก็ทำการ Patch line Telephone เรียกส่วนนี้ว่า Control Patch สำหรับ Pass Word Code ได้ถูกออกแบบให้สามารถโปรแกรมรหัสได้ 4 หลัก

#### ABSTRACT

This thesis presents the applications of the automatic interface radio transceiver with telephone system for advance communication system, such as the connection between walky talky to telephone system. This system uses the technique of semi-duplex and bases on telephone line number depending on user. The transceiver connects between radio to telephone (for out going) and telephone to radio (for incomming) or radio to radio.

The hardware of interface telephone System for transceiver and repeater station is divided into 3 sections , namely decode DTMF (Dual Tone Multi Frequency), Pass Word Code and Control Patch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
บทที่ 1 : บทนำ	1
บทที่ 2 : ทฤษฎีและหลักการ	4
- ทฤษฎีเกี่ยวกับโทรศัพท์	4
- ไฮบริด	12
- ทฤษฎีเกี่ยวกับวิทยุรับ-ส่ง	16
บทที่ 3 : การคำนวณและการสร้าง	22
- บล็อกไดอะแกรมของโครงการ	22
- วงจรสวิตชิง	23
- วงจรถอดรหัสความถี่	24
- วงจรตั้งรหัสผ่าน	25
- วงจรตั้งเวลา	30
- แหล่งจ่ายไฟตรง 5 V และ 12 V	32
- วงจรอินเตอร์เฟส	35
- วงจรบันทึกเสียงพูด	36
บทที่ 4 : การทดลองและผลการทดลอง	40
- วิธีการทดสอบ	40
- ผลการทดลอง	41
- รูปคลื่นที่ได้จากการทดลอง	43
บทที่ 5 : บทวิจารณ์และสรุป	48
- แนวทางในการพัฒนา	51
บทแทรก : ไอซีใหม่เมอร์ 555	52
- ไอซี MT 8870	55
- IC 4510	58
- IC 4513	60
- ไอซีเรกูเลเตอร์ 317T	63
- ออฟไดคัปเปิลเลอร์	64

ภาคผนวก

หนังสืออ้างอิง

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่	หน้า
2.1 : แสดงวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น	5
2.2 : แสดงแป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ของหมายเลขต่างๆ	6
2.3 : แสดงแถบความถี่ของพลังงานเสียงพูด	7
2.4 : แสดงสัญญาณต่างๆ ของเสียงโทรศัพท์	8
2.5 : แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์	10
2.6 : แสดงสัญญาณโทรศัพท์จากชุมสาย	11
2.7 : แสดงลักษณะขั้วสายโทรศัพท์	13
2.8 : แสดงการใช้งานวงจรไฮบริดจ์	14
2.9 : แสดงการต่อการใช้งานวงจรไฮบริดจ์	14
2.10 : แสดงวงจรไฮบริดจ์	15
2.11 : แสดงการใช้งานวงจรไฮบริดจ์ในส่วนของปากพูดหูฟัง	16
2.12 : แสดงบล็อกไดอะแกรมของสถานีทวนสัญญาณที่ใช้ความถี่รับและส่งต่างกัน	18
3.1 : แสดงบล็อกไดอะแกรมของโครงงานนี้	22
3.2 : รูปแสดงวงจรสวิทชิง	23
3.3 : รูปแสดงวงจร DTMF DECODER	24
3.4 : รูปแสดงวงจรชุดตั้งรหัสผ่านระบบโทรศัพท์และทวนสัญญาณ	27
3.5 : รูปแสดงวงจรชุดตั้งรหัสผ่านปิดระบบ	28
3.6 : ลายทองแดงของวงจร PASSWORD	29
3.7 : รูปแสดงวงจร Timer	31
3.8 : รูปแสดงวงจร แหล่งจ่ายไฟ 5 VDC	32
3.9 : รูปแสดงวงจร แหล่งจ่ายไฟ 12VDC	34
3.10 : รูปแสดงวงจร อินเตอร์เฟส	36
3.11 : รูปแสดงวงจร บันทึกลงเสียง	37
4.1 : รูปแสดงอุปกรณ์ต่างๆ ในการทดสอบการใช้	40
4.2 : รูปกราฟแสดงการเปรียบเทียบที่ระยะทางต่างๆ	42
4.3 : แสดงรูปเปรียบเทียบสัญญาณกระดิ่งที่วงจรอินเตอร์เฟส	43
4.4 : แสดงสัญญาณที่ตำแหน่งขา 4 ของ IC 4093 ในวงจร Timer	43
4.5 : แสดงสัญญาณที่ขา 3 ของ IC 555	44
4.6 : แสดงสัญญาณการกดหมายเลข 9 จากแป้นกดวิทยุ	44
4.7 : แสดงรูปคลื่นที่วัดได้ตรงตำแหน่งลำโพงของเครื่องรับ	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 : แสดงรูปคลื่นเปรียบเทียบที่วัดได้จากวงจรบันทึกเสียง ISD 1420	45
4.9 : แสดงรูปหน้าปัทม์ตัวกล่องภาคจ่ายไฟ	46
4.10 : แสดงการติดตั้งแผงวงจรต่างๆ ของภาคจ่ายไฟ	46
4.11 : แสดงรูปหน้าปัทม์ ตัวกล่องของชุดโครงการ	47
4.12 : แสดงการติดตั้ง แผงวงจรต่างๆ ของชุดโครงการ	47
5.1 : วงจรตัวอย่างการไขักราวด์ร่วมของวงจรหนึ่งและวงจรสอง	48
5.2 : วิธีการแก้ไขปัญหาแรงดันตกคร่อมในสายกราวด์	49
5.3 : แสดงการติดตั้งสายอากาศเครื่องรับและส่งของโครงการ	50
6.1 : แสดงบล็อกไดอะแกรมและการกำหนดตำแหน่งของขาไอซี	52
6.2 : แสดงการทำงานของวงจรอะสเตเบิล	54
6.3 : แสดงการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิล	55
6.4 : แสดงขาของไอซี MT 8870	55
6.5 : แสดงโครงสร้างภายใน ของ MT 8870	56
6.6 : แสดงความถี่ที่ได้จากภาควงจรองความถี่	56
6.7 : แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและการกำหนดเวลาการดีโม่	57
6.8 : แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต	57
6.9 : แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่	58
6.10 : แผนผังแสดงเวลาการทำงานของไอซีเบอร์ 4510	60
6.11 : วงจรพื้นฐานของ LM 317 T	61
6.12 : ตัวเชื่อมต่อโยงทางแสงแบบทั่วๆ ไป	63

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 : แสดงผลการวัดกำลังส่งออกอากาศของเครื่องวิทยุรับส่งมือถือ	18
4.1 : แสดงการเปลี่ยนค่าความถี่ DTMF เป็นเลขฐานสอง	39
4.2 : แสดงผลการทดสอบการรับฟังของเสียงวิทยุรับส่งที่ระยะต่างๆ	41

## บทที่ 1

### บทนำ

ปัจจุบันความต้องการในด้านการสื่อสารเพื่อช่วยให้การดำเนินงานสะดวก ในธุรกิจและความเป็นอยู่มีมากขึ้น ระบบที่จะสามารถให้บริการได้มีหลายระบบด้วยกัน ทั้งวิทยุโทรศัพท์, วิทยุติดตามตัวและวิทยุสื่อสาร ระบบวิทยุสื่อสารเป็นระบบหนึ่งที่จะนำมาใช้การติดต่อเฉพาะกลุ่ม วิทยุสื่อสารที่นิยมใช้ในปัจจุบันจะอยู่ในย่าน 144-146 เมกกะเฮิรตซ์ หรือที่เรียกว่าย่านความถี่ 2 เมตร เป็นย่านวิทยุสมัครเล่น เนื่องจากเครื่องวิทยุรับส่งชนิดมือถือเป็นเครื่องที่หาซื้อได้ง่าย มีจำหน่ายมากมายหลายชนิด การใช้งานยังคงอยู่ในวงจำกัดเฉพาะกลุ่มด้วยตนเอง

ดังนั้นเพื่อให้ประสิทธิภาพใช้งานของเครื่องดังกล่าวมีค่าสูงขึ้นจึงได้คิดสร้างโครงการชุดเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งเข้ากับ ระบบโทรศัพท์โดยได้แนวความคิด และหลักการมาจาก ระบบการบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ ถ้าจะเปรียบเทียบองค์ประกอบของโครงข่ายระหว่างโทรศัพท์มือถือเซลลูลาร์กับวิทยุรับส่งจะพบว่ามีส่วนที่คล้ายคลึงกัน คือ

- **ชุมสาย** ซึ่งทำหน้าที่ ต่อให้ผู้ให้บริการ 2 ราย ให้สามารถทำการติดต่อพูดคุยกันได้ เปรียบได้กับชุดวงจรทวนสัญญาณ (REPEATER) ของชุดเชื่อมต่อ
- **สถานีวิทยุ** ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม ระหว่างชุมสายกับลูกข่าย การติดต่อก็คือเครื่องโทรศัพท์มือถือ โดยที่ระบบชุดเชื่อมต่อวิทยุรับส่งเข้ากับโทรศัพท์จะมี วงจรอินเตอร์เฟส ( INTERFACE ) คอยเป็นตัวเชื่อมให้วิทยุมือถือสามารถพูดคุยกับโทรศัพท์ได้
- **ลูกข่าย** คือ ตัวเครื่องโทรศัพท์มือถือของผู้ที่ใช้บริการ ส่วนในระบบชุดเชื่อมต่อจะมีวิทยุรับส่งเป็นลูกข่ายแทน

จะเห็นได้ว่าระบบทั้งสองจะมีส่วนที่คล้ายคลึงกันมากจะมีความแตกต่างกันบ้างก็ตรงเรื่องความสามารถและประสิทธิภาพ การใช้งานของตัวเครื่อง และรูปแบบทิศทางการสื่อสาร ซึ่งระบบโทรศัพท์แบบเซลลูลาร์ จะมีรูปแบบการสื่อสารเป็นแบบ ฟลูดูเพล็กซ์(Full Duplex ) คือสามารถพูดสวนทางกันได้เลย ส่วนวิทยุรับส่งจะเป็นการสื่อสารแบบ ฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) การรับส่งจะไม่สามารถพูดสวนทางกันได้ เมื่อมีผู้ใช้ในกลุ่มกดคีย์เพื่อที่จะพูดผู้ใช้เครื่องอื่นๆจะต้องเป็นผู้ฟังไม่สามารถพูดได้ จนกว่าผู้พูดจะปล่อยคีย์ ผู้ใช้เครื่องอื่นจึงจะสามารถกดคีย์ เพื่อที่สนทนาได้

ฉะนั้นจากหลักการดังกล่าวชุดระบบเชื่อมต่อวิทยุรับส่งเข้ากับโทรศัพท์ก็ ถูกประยุกต์ใช้งานขึ้น เพื่อที่สามารถนำไปใช้งานในสำนักงาน เหมาะที่จะนำมาใช้ในการสื่อสารเฉพาะกลุ่ม ทำให้ประสิทธิภาพของการใช้เครื่อง และความถี่เป็นไปอย่างคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

การทำงานของระบบชุดเชื่อมต่ออัตโนมัติ เริ่มจากเครื่องลูกข่ายที่ใช้ย่านความถี่ในย่านเดียวกัน ผู้ที่ต้องการจะติดต่อกับเครื่องอื่นๆของ ลูกข่ายเครื่องใดเครื่องหนึ่งภายในกลุ่ม ผู้นั้นจะต้องกดคีย์ PTT ( Push To Talk ) ที่ติดอยู่บนตัวเครื่อง เพื่อที่จะสนทนา เครื่องลูกข่ายดังกล่าวก็จะส่งสัญญาณไปยังชุดเชื่อมต่ออัตโนมัติ โดยที่ผู้ใช้เครื่องจะต้องกดรหัสลับ ให้ถูกต้องเสียก่อน วงจรชุดทวนสัญญาณก็จะถูกเปิดขึ้นมาใช้งาน ทำการ

เอ็กสแตนด์เป็นเอ็กสแตนด์ส่งรับเสียงที่รับฟังเสียงนี้เพื่อทำการแก้ไข ทำานนี้ มีผู้จัดทำขึ้นเพื่อประโยชน์ในการศึกษา  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขยายสัญญาณที่เข้ามาให้มีขนาดความแรงขึ้น เพื่อให้รัศมีของการติดต่อสื่อสาร มีระยะทางที่ไกล ครอบคลุมพื้นที่มากยิ่งขึ้น เครื่องลูกข่ายเครื่องใดก็ตาม ที่เปิดเครื่อง ( Monitor ) ทิ้งไว้จะได้ยินเสียง ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อตั้งขึ้น ทำให้การสนทนาเริ่มพูดคุยกันได้

เมื่อเครื่องลูกข่ายต้องการที่จะติดต่อพูดคุยกับโทรศัพท์ เมื่อมีการกดรหัสถูกต้องแล้ว ผู้ใช้เครื่องจะได้ยินเสียงไดอัลโทน (Dial Tone ) ซึ่งเป็นเสียงที่ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์ เพื่อบอกให้รู้ว่าชุมสายพร้อมที่จะให้การติดต่อ ให้ผู้ใช้เริ่มกดหมายเลขที่จะติดต่อไปยังผู้ใช้ปลายทางได้ วงจรอินเตอร์เฟส จะถูกใช้งาน ขั้นตอนการติดต่อนับจากนี้ไปก็จะมีวิธีการเช่นเดียวกับการติดต่อทางโทรศัพท์ด้วยกันเมื่อวิธีการทุกอย่างถูกต้องระบบวิทยุและโทรศัพท์ก็จะสามารถพูดคุยกันได้

จะเห็นได้ว่าการติดต่อสื่อสารจะเป็นไปก็เฉพาะภายในกลุ่มผู้ใช้ในกลุ่มอื่นๆไม่สามารถมาใช้งานของเครื่องดังกล่าวนี้ได้

คุณลักษณะพิเศษของชุดเชื่อมต่อวิทยุรับส่งเข้ากับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติพอที่จะสรุปได้ดังนี้ คือ

- เป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ VHF (30-300 เมกกะเฮิร์ต) ในการติดต่อสื่อสาร
- มีการควบคุมระบบการติดต่อใช้งานโดยการป้อนรหัสลับ
- มีระบบ Telephone Interconnect สามารถที่จะต่อเข้ากับ ระบบโทรศัพท์ทั้งโทรศัพท์ตามบ้าน ในสำนักงานหรือแม้แต่โทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์
- มีการติดต่อสื่อสารเป็นอิสระของตัวเอง สามารถทำการเปลี่ยนช่องความถี่ในการรับ-ส่งได้
- มีระบบการตั้งเวลาการใช้เครื่องอย่างอัตโนมัติ และมีรหัสการสั่งปิดเครื่องเมื่อมีการเลิกใช้ก่อนถึงเวลาที่ กำหนดไว้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานที่จ่ายให้แก่ตัวเครื่อง
- มีการควบคุม การตั้งหมายเลขรหัสลับ สามารถที่จะตั้งค่ารหัสได้ใหม่ตามความต้องการ แม้ว่าจะนำเอาวิทยุแบบเดียวกันมาใช้ ถ้าไม่รู้รหัสลับ ก็จะไม่สามารถใช้งานของเครื่องได้
- มีการนำเอาความถี่มาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ใช้สำหรับรับ-ส่งวิทยุกันเองแล้วแต่ยังสามารถนำเอาความถี่ดังกล่าวมาพูดคุยกับโทรศัพท์ได้อีกด้วย
- ทำให้พื้นที่การติดต่อสื่อสารระหว่างวิทยุด้วยกันมีรัศมีทำการที่กว้างไกล

ในปฏิญานพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาต่างๆออกเป็น 5 บทด้วยกัน บทแรกเป็นบทนำ คือส่วนที่ทํานกำลังอ่านอยู่ในขณะนี้เอง ซึ่งในเนื้อหาของส่วนนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดพอคร่าวๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการชุดนี้โดยสรุป

บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของเครื่องวิทยุรับ-ส่ง และระบบโทรศัพท์เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบและเข้าใจหลักการพื้นฐานต่างๆของระบบทั้งสองได้อย่างดียิ่ง ช่วยให้การอธิบายส่วนอื่นๆเป็นไปได้อย่างขึ้น

บทที่ 3 กล่าวถึงรายละเอียดของวงจร แต่ละส่วนของโครงการชุดนี้โดยตลอด อธิบายหน้าที่การทำงานของวงจรแต่ละส่วนอย่างละเอียด พร้อมสูตรการคำนวณต่างๆที่เกี่ยวข้องและจำเป็นกับวงจรส่วนนั้นๆ

บทที่ 4 เป็นผลการทดลองที่ได้ และขั้นตอนของการปฏิบัติการทดสอบโครงการชุดนี้ ผลของการวัดสัญญาณ ณ ตำแหน่งจุดต่างๆของวงจร โดยผลการทดลองที่ได้อาจจะอยู่ในรูปของแรงดันหรือค่าของกระแส พร้อมรูปคลื่นสัญญาณ ( Wave Form )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 เป็นบทสรุปที่ได้จากการสร้างโครงงานทั้งหมด ตั้งแต่เริ่มแรก จนเสร็จเป็นชิ้นงาน ที่สมบูรณ์ เป็นการแนะนำ ที่แนวทาง แก่ไขวงจร เพื่อให้การทำงานของวงจรเป็นไปตามทฤษฎีที่ต้องการ

บทแทรก จะเป็นการกล่าวถึงรายละเอียดของการใช้งาน และหลักการทำงานของ ไอซีที่ใช้ในโครงงาน ชุดนี้ เช่น ไอซีที่ใช้ในการถอดรหัสสัญญาณ DTMF MT 8870 , TIMER 555 , IC 4510 , IC 4513 เป็นต้น

อ้างอิง เป็นการแสดงรายละเอียดข้อมูลด้านของอุปกรณ์ที่จำเป็นจำพวก ไอซีที่ที่แอล หรือ ลิเนียร์ไอซี รวมทั้ง เอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการทำโครงงานนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

ปัจจุบันนี้การสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก ในชีวิตประจำวัน เรียกได้ว่าจะต้องมี การติดต่อสื่อสารกันตลอดเวลาและระบบโทรศัพท์ก็จัดว่าเป็นระบบสื่อสารที่ใกล้ตัวเรามากทีเดียวเชื่อว่า ทุกคนต้องเคยใช้โทรศัพท์ในการติดต่อสื่อสารกันมาบ้างแล้วโทรศัพท์ที่เห็นกันอยู่ทั่วไปก็มีใช้กันอยู่ 2 แบบ คือ แบบกดปุ่ม และแบบหมุนซึ่งแบบหลังในปัจจุบันนี้ไม่ค่อยมีให้พบเห็นกันบ่อยนัก แต่ถึงอย่างไรก็ตาม หน้าที่ทั้ง 2 ระบบก็จะเหมือนกัน จะต่างกันก็ตรงที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกไปเป็น ความถี่ที่แตกต่างกันส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์ หน้าที่หลักๆของโทรศัพท์ทั้ง 2 แบบที่เหมือนกันพอสรุปได้ดังนี้

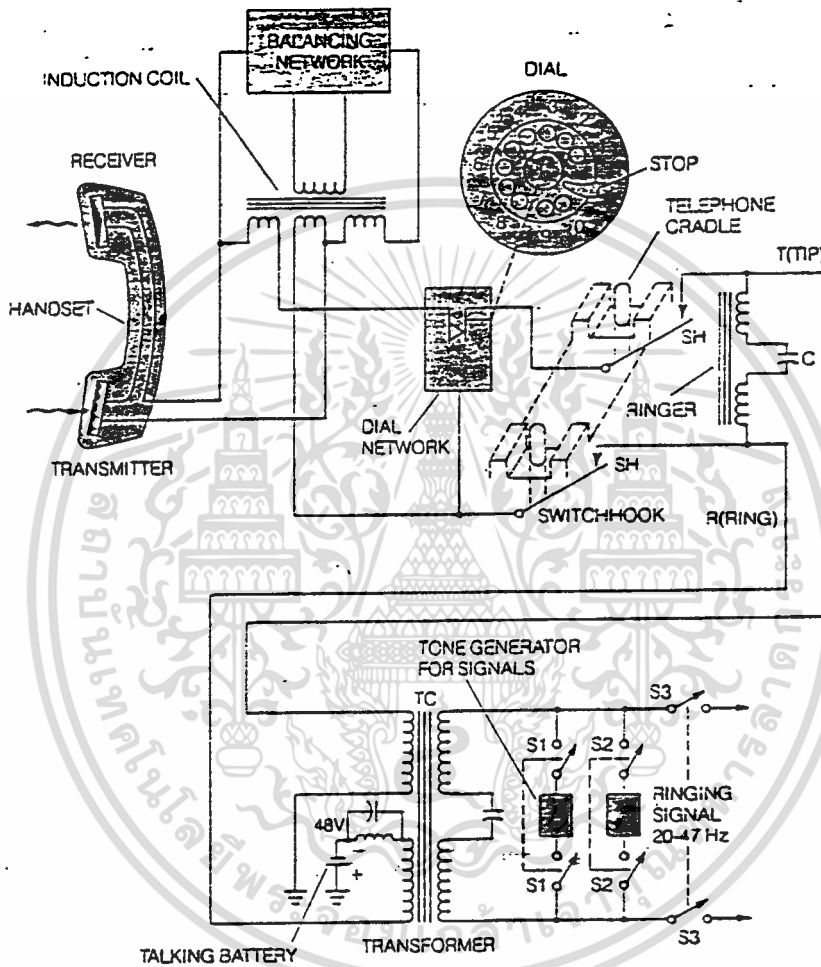
- เครื่องโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณหมุน ( dial tone ) บอกว่าพร้อมที่จะให้ ทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ ซึ่งก็คือ เสียงที่ได้ยินเมื่อมีการยกหูขึ้นเป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ มอดูเลตรวมกันมา
- เครื่องโทรศัพท์จะทำหน้าที่ส่งรหัสหมายเลขที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อดูด้วยไปยังชุมสายที่ควบคุม
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณบอกผู้เรียกว่า หมายเลขที่ต้องการติดต่อดูว่าง หรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่ง สัญญาณกลับ (ring back tone) ซึ่งมีความถี่ 440 เฮิรตซ์ กับ 480 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมา โดยจะดัง 1 วินาที แล้วเงียบ 4 วินาที สลับกันไป แต่ถ้าหมายเลขที่ต้องการจะเรียกไปไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณความถี่ 480 เฮิรตซ์ กับ 620 เฮิรตซ์มอดูเลตกันมา
- สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานเสียงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าและในทางกลับกันก็สามารถที่จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณเสียงได้อีกด้วย
- เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับแรงดันอัตโนมัติ ในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขึ้น
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปยังชุมสายเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิ้นสุดการใช้งานแล้วและให้ชุมสายเลิกทำการติดต่อกับอีกฝ่ายหนึ่งได้

#### กลไกการเชื่อมต่อวงจร

สำหรับการเชื่อมต่อวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์เข้ากับชุมสายท้องถิ่นดังแสดง ตามรูปที่ 2.1 จะเห็นว่าโทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสายนำสัญญาณเพียง 2 เส้นคือสาย T ( TIP ) และสาย R ( RING ) เมื่อผู้ไขยกหูโทรศัพท์ขึ้นแหล่งจ่ายไฟของชุมสาย ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟตรง 48 โวลต์ ก็จะถูกต่อเข้ากับ วงจรของเครื่องโทรศัพท์โดย ฮุกสวิทช์ (hook switch) ในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟัง (ซึ่งรวมทั้งไมโครโฟนด้วย) กับสายโทรศัพท์ก็จะต้องมี หม้อแปลงอัตโนมัติ (auto transformer) ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้มีค่าที่เหมาะสมและสมดุลกัน เพื่อให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมไปถึงการทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไป หรือที่เรียกว่าเสียง side tone ในระดับที่เหมาะสมด้วย

ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการติดต่อระหว่างชุมสายกับโทรศัพท์แล้ว ก็จะมีการส่งสัญญาณ ไปยังอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายไม่ว่างแล้ว สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ก็คือ การส่งสัญญาณพัลส์ ( pulse train ) ตั้งแต่ 1 ถึง 10 เช่น ถ้ามีการส่งพัลส์ 1 พัลส์ ก็หมายถึงการหมุนหมายเลขหนึ่ง ส่ง 2 พัลส์ ก็จะมีหมายถึงหมายเลขสอง และจะมี 10 พัลส์ เมื่อมีการหมุนหมายเลข ศูนย์ ความเร็วในการส่งพัลส์มีทั้ง 10 พัลส์ต่อวินาที และ 20 พัลส์ต่อวินาที



รูปที่ 2.1: แสดงวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

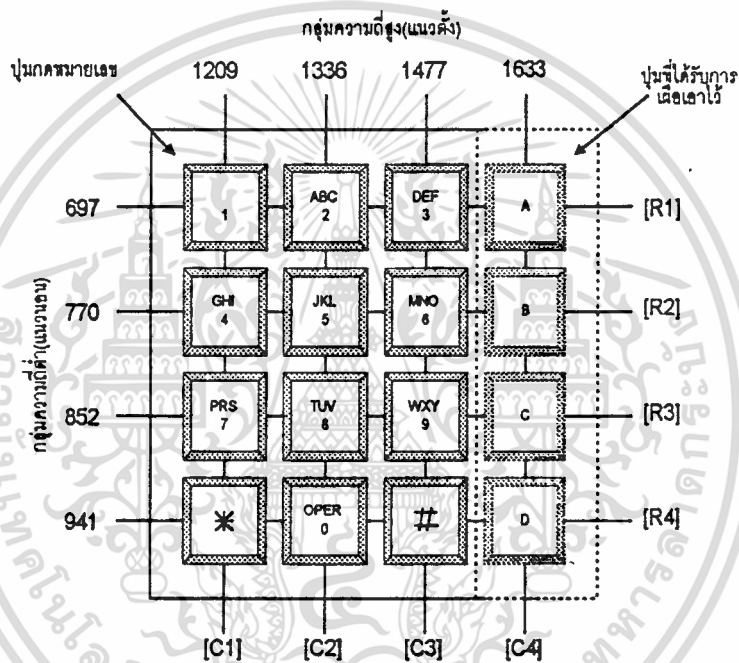
สำหรับโทรศัพท์แบบกดปุ่มเป็นระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ ( dual tone multi frequency ) หรือเรียกชื่อว่าระบบ DTMF จะเป็นการส่งสัญญาณ ที่มีค่าความถี่ที่แตกต่างกันไป 16 หมายเลขรวมทั้งสัญลักษณ์พิเศษด้วยความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียงเพียงแต่ว่าในการกดแต่ละครั้งจะมีสัญญาณเสียงที่มอดูเลตแล้วส่งออกไป 2 ความถี่จะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอนและอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้ง ซึ่งค่าต่างๆ จะแสดงไว้ใน รูปที่ 2.2

ตัวอย่างเช่นเมื่อมีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีค่าความถี่ 770 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ทางแนวนอนมอดูเลตกับความถี่ 1336 เฮิรตซ์ เป็นความถี่ทางด้านแนวตั้งแล้วถูกส่งออกมา ทางชุมสายเมื่อได้รับจากผู้เรียกแล้วก็จะแปลงสัญญาณที่ได้รับมาส่งให้อุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งทำงานเพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียกถ้าปลายทางที่ต้องการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญ ให้เนาไปเซประยะขนด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดต่อด้วยไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (busy tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าไม่สามารถต่อวงจรให้ได้ แต่ถ้าปลายทางที่ติดต่อไปด้วยว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณเรียก (ringing signal) ไปยังปลายสาย พร้อมทั้งส่งสัญญาณเรียกกลับ (ring back tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถที่ต่อวงจรได้ตามต้องการ

### การสนทนา

เมื่อปลายทางหรือผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้น การทำงานในส่วนควบคุมของชุมสายโทรศัพท์ก็จะหยุดเพื่อที่จะรอทำงานให้กับผู้อื่นที่เรียกเข้าต่อไปหน้าที่ของชุมสายสำหรับตอนนี้ก็คือการทำงานของมิเตอร์สำหรับเรียกเก็บค่าบริการในภายหลัง



รูปที่ 2.2 :แสดงเป็นกหนดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขต่างๆ

ในระหว่างที่ทำการสนทนาอยู่เครื่องโทรศัพท์จะทำงาน 2 โหมดไปพร้อมๆกันคือ แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง (acoustic energy) ซึ่งจะเรียกว่า โหมดรับสัญญาณ (receiver mode) และในทางกลับกัน โหมดที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าจะเรียกว่า โหมดส่งสัญญาณ (transmitter mode) ในโหมดนี้จะมีการป้อนกลับสัญญาณเข้ามาส่วนหนึ่งเพื่อให้ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองจากหูฟังด้วย เรียกเสียงนี้ว่า side tone ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องป้อนกลับมา เพราะไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าควรพูดให้มีเสียงดังระดับใดจึงจะพอเหมาะที่คู่สนทนาได้ยินเสียงพูดของผู้เรียกอย่างชัดเจนเมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้ง 2 ฝ่ายวางหูโทรศัพท์ลง สัญญาณจากสวิตช์ก็จะบอกให้ชุมสายทำการเปิดวงจรที่ทำการต่ออยู่ ออก อุปกรณ์ต่างๆก็จะว่างและพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

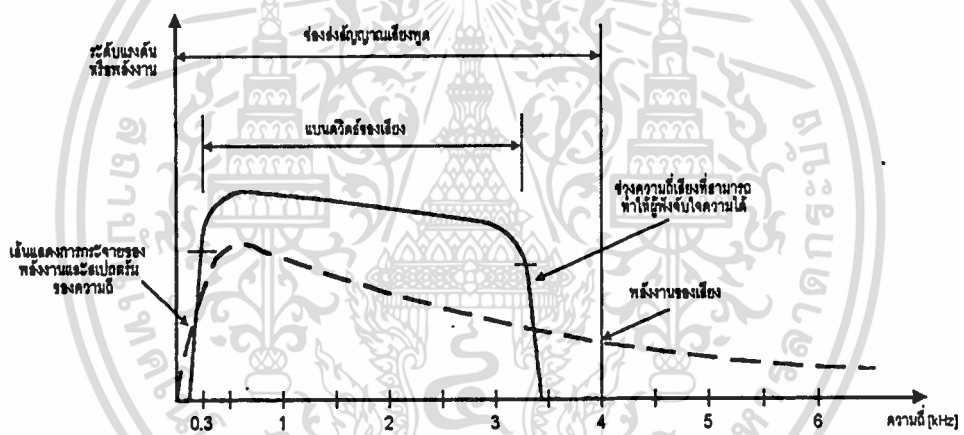
### ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ปรากฏในสายส่งจะสามารถแยกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆได้ก็คือ สัญญาณเสียงที่พูดคุยกัน และอีกสัญญาณก็คือ สัญญาณที่ใช้ในการควบคุมสวิตซ์ ซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อวงจร ระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกนั่นเองรวมทั้ง สัญญาณเรียกกลับ สัญญาณบอกไม่ว่าง สัญญาณดังกล่าวนี้ อาจจะเป็นได้ทั้งสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณ ดิจิตอลก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องโทรศัพท์ว่าเป็นแบบกดปุ่มหรือแบบหมุน ดังนั้นในการส่งสัญญาณออกไป ในสายส่งบางครั้งอาจจะมีการส่งทั้งสัญญาณดิจิตอล และสัญญาณอนาล็อกไปพร้อมๆกันก็ได้

สัญญาณเสียงพูดจัดเป็นสัญญาณอนาล็อก พิจารณาจากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่า เสียงพูดมีแบนด์วิดท์ตั้งแต่ 100 เฮิรตซ์ไปจนถึง 6 กิโลเฮิรตซ์ แต่จริงๆ แล้วเสียงพูดที่ทำให้คนเราสามารถฟังและ จับใจความได้จะอยู่ในช่วง 200-4,000 เฮิรตซ์เท่านั้น วงจรกรองความถี่จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันสัญญาณที่ไม่ต้องการเข้ามาภายในระบบ โดยจะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ 0-4,000 เฮิรตซ์ สามารถผ่านเข้าไปได้และความถี่ย่านนี้ก็มีชื่อเรียกว่า ช่องสัญญาณเสียงพูด (voice channel) หรือ VF channel

แต่อย่างไรก็ตาม แบนด์วิดท์ของเสียงพูดในการส่งจะอยู่ในช่วง 300-3,000 เฮิรตซ์เท่านั้น ไม่ได้มีการใช้ช่องสัญญาณในการส่งเต็มย่านความถี่



รูปที่ 2.3 : แสดงแถบความถี่ของพลังงานเสียงพูด

พิจารณาจากรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าในช่วงความถี่ 300-3,000 เฮิรตซ์ ประกอบไปด้วย สัญญาณต่างๆ หลายสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณหมุน (dial tone) หรือสัญญาณควบคุมต่างๆก็จะถูกส่งไปในช่วงความถี่นี้ทั้งสิ้น เมื่อกล่าวถึงระดับความดังของเสียงที่ได้ยิน ซึ่งก็คือ ขนาดของแอมพลิจูดสัญญาณ สามารถอธิบายให้เห็นภาพพจน์ได้ดียิ่งขึ้น โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ เช่น สายโทรศัพท์คู่หนึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ 600

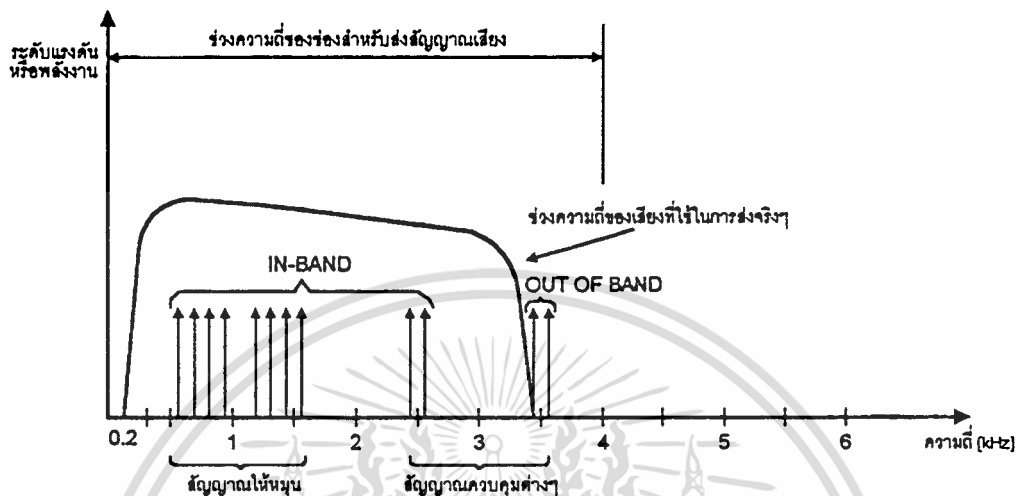
โอห์ม พลังงานที่ปรากฏที่โหลด คือ  $(P_{LOAD} = e_s^2 / 600)$

โดย  $P_{LOAD}$  คือกำลังที่ตกคร่อมโหลด (วัตต์)

$e_s$  คือระดับแรงดันของสัญญาณที่ส่งไป (โวลต์)

แต่ในระบบโทรศัพท์ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีเกี่ยวข้องกับเสียงแล้ว มักจะใช้การเปรียบเทียบ กับกำลังขนาด 1 มิลลิวัตต์อยู่เสมอโดยให้อยู่ในรูปของเดซิเบล ซึ่งมีสมการดังนี้  $dB = 10 \log (P1/P2)$

เนื่องจากการเปรียบเทียบเป็นมิลลิวัตต์ ดังนั้น P2 จะมีค่าเป็น 1 มิลลิวัตต์ค่าที่ได้จะมีหน่วยเป็น dBm ในระบบโทรศัพท์ที่ใช้งานกันจริงๆ จะมีการกำหนดจุดๆหนึ่ง ในสายส่งให้มี ค่า dBm = 0 ซึ่งเรียกจุดนี้ว่า zero level transmission point ( zero LPT ) ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับจากการกำหนดจุดๆนี้ขึ้นมาคือ สามารถทำให้ ทราบว่าที่ระยะต่างๆที่ห่างจากจุด zero LPT มีค่ากำลังของสัญญาณเป็นกี่ dBm เมื่อทราบเพียงค่าแรงดันจากการวัดที่ ระยะนั้นๆ



รูปที่ 2.4 : แสดงสัญญาณต่างๆที่อยู่ทั้งในและนอกย่านความถี่เสียง

สัญญาณรบกวน ในระบบใดๆ ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ย่อมจะต้องมีสัญญาณรบกวนเข้ามาเกี่ยวข้องกับตัวเสมอ อาจจะทำให้เกิด ความผิดเพี้ยน (distort) ของสัญญาณเสียงพูดได้ และสิ่งที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นก็เป็นสิ่งแวดล้อมรอบๆข้างนี่เอง เช่น ความร้อน (thermal noise) การสวิตช์ของอุปกรณ์ไทรสเตอร์ (transient) สายไฟฟ้ากำลังสูงที่อยู่ใกล้ๆกับสายส่งสัญญาณหรือแม้แต่ข้อต่อของสายที่บกพร่องสิ่งเหล่านี้ล้วนแต่มีผลทำให้ประสิทธิภาพของสัญญาณโทรศัพท์ด้อยลงทั้งสิ้นนอกจากนั้นยังมีสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งคือเสียงสะท้อน ( echo )

ในสายโทรศัพท์ สาเหตุของการเกิดเสียงสะท้อนก็คือ เกิดการไม่สมดุลกัน (mismatching) ระหว่างอิมพีแดนซ์ของสายส่งกับอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุตโดยมากแล้วมักจะพบในการเชื่อมต่อกันระหว่างระบบโทรศัพท์ที่ 2 สาย กับระบบที่ 4 สาย และปัญหาเรื่องของเสียงสะท้อนจะมากยิ่งขึ้นถ้าหากระยะทางระหว่างจุดทำให้เกิดเสียงสะท้อนไกลกันมากๆแต่โดยปกติแล้วมักจะไม่มีรู้สึกถึงการสะท้อนกลับของเสียงจนถึงขั้นที่ทำให้รู้สึกรำคาญ

#### ส่วนประกอบของโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์มีส่วนประกอบสำคัญดังต่อไปนี้

1. วงจรเสียงพูด (Speech Network) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากระบบทูไวร์เป็นระบบโฟร์ไวร์ ขยายสัญญาณทั้งทางด้านรับและด้านส่ง ควบคุมระดับไฮโดโทน

2. ไดอัลโทน ( dial tone) ทำการกำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ เพื่อส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจรส่งเสียงพูด ( transmitter ) เป็นส่วนส่งเสียงพูดของผู้ใช้ไปยังคู่สนทนา โดยใช้ไมโครโฟนแปลงเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านวงจรเสียงพูดไป
4. วงจรรับเสียงพูด ( Receiver ) ใช้ลำโพงหรือไดอะแฟรมเพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่มาจากสายโทรศัพท์ให้เป็นไวรตามเดิม
5. วงจรระดัง ( Ringer ) ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณจากชุมสายโทรศัพท์ แล้วแปลงเป็นสัญญาณเสียงเพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่ามี การติดต่อด้วย
6. สุกสวิทช์ (hook switch) ทำหน้าที่ตัดต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับคู่สาย มี 2 สภาวะ คือ สภาวะการยกหู (Off hook ) และสภาวะการวางหู (On Hook)
7. วงจรบริดจ์ (Polar Guard Bridge) ทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายไปเลี้ยงวงจรและป้องกันการกลับขั้วของกระแสไฟ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ผ่านสัญญาณไฟฟ้า ทั้งทางด้านบวกและทางด้านลบไปในวงจร รวมทั้งเป็นส่วนสร้างกราวด์ให้แก่เครื่องโทรศัพท์

จาก รูปที่ 2.5 เป็นบล็อก ไดอะแกรมของส่วนต่างๆที่จำเป็นใน เครื่องโทรศัพท์โดย จะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย T ( tip ) และสาย R ( ring ) วงจรแรกที่เชื่อมต่อเข้ากับชุมสายท้องถิ่นก็คือ วงจรกำเนิดเสียงเรียก (ringer) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียก (ringing signal) เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการที่สำคัญที่ต้องการมีวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรงก็คือ เมื่อมีการวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางตามปกติ สุกสวิทช์ (switch hook) จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังสุกสวิทช์ได้ ดังนั้นถ้า วงจรกำเนิดเสียงเรียกอยู่หลังสุกสวิทช์ก็จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีติดต่อเข้ามา

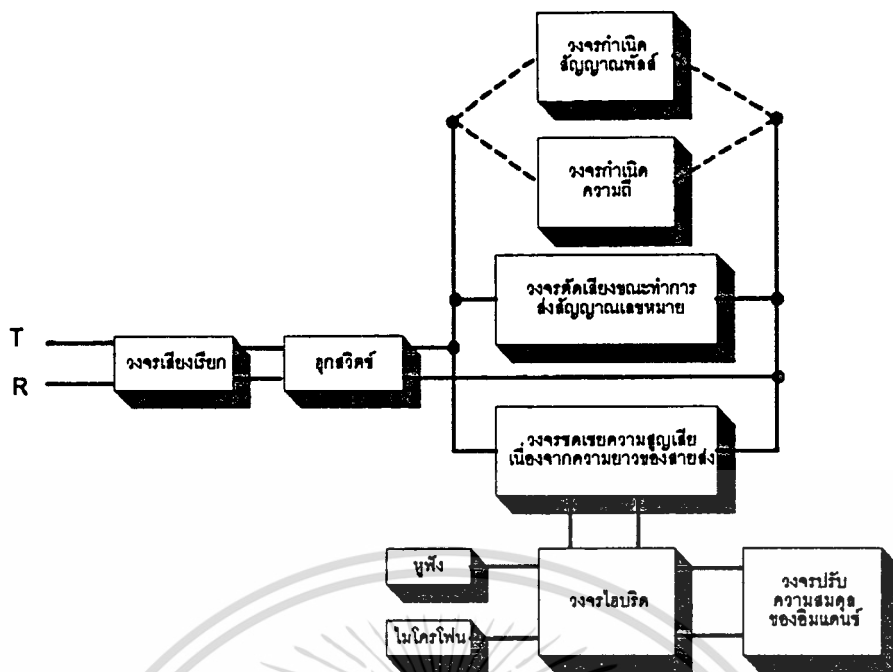
เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นสุกสวิทช์ก็จะปิดวงจรทำให้กระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ ในขณะที่เดียวกันกระแสค่าเดียวกันนี้จะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ที่ชุมสายด้วย ก็จะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลงเพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ได้ จากนั้นชุมสายก็จะส่งสัญญาณหมุน (dial tone) ไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสาย หลังจากชุมสายได้รับหมายเลขแรกที่ถูกส่งมาแล้ว ชุมสายก็จะเลิกส่งสัญญาณหมุน ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

#### ❖ สัญญาณที่รับส่งระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย

สัญญาณที่ส่งจากบ้านผู้เช่าไปยังชุมสาย

1. On hook หมายถึง สภาวะที่ผู้เช่าวางหูหรือสภาพว่าง (idle) ลักษณะของวงจรจะเป็น Open Loop High Impedance
2. Off hook หมายถึง สภาวะที่ผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ขึ้นมา สายมีสภาพ Close Loop Low Impedance
3. Dialing เป็นสัญญาณหมุน เกิดขึ้นเมื่อผู้เช่าทำการหมุนหมายเลข เครื่องแบบที่ใช้ระบบพัลส์ จะทำให้ อิมพีแดนซ์ต่ำและสูงสลับกันไป ส่วนโทรศัพท์ที่ใช้ระบบโทนก็จะส่งสัญญาณ DTMF ออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 : แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์

สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสายไปยังบ้านของผู้เช่า

1. สัญญาณให้หมุน (dial tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าขณะนี้ช่องสัญญาณว่างอุปกรณ์ที่ชุมสายพร้อมที่จะรับโค๊ดจากการหมุนหมายเลขจากผู้เรียกให้ผู้เรียกทำการส่งหมายเลขได้สัญญาณนี้เป็นสัญญาณต่อเนื่อง มีความถี่ 425 เฮิรตซ์ มอดูเลตด้วยความถี่ 50 เฮิรตซ์ผู้เช่าจะได้ยินเสียงสัญญาณโทนนี้ก็ต่อเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์เพื่อทำการเรียก

2. สัญญาณไม่ว่าง (busy tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ไม่ว่าง ตัวอย่างเช่น ถ้าผู้เช่ายกหูแล้วได้ยินเสียงนี้แทนที่จะเป็นสัญญาณให้หมุน แสดงว่าอุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง หรือ ถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนหมายเลขไปแล้ว แสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง หรืออุปกรณ์สำหรับต่อออกไปยังชุมสายอื่นไม่ว่างในกรณีที่เป็นการต่อระหว่างชุมสาย สัญญาณที่ส่งนี้เป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องในรูปของคลื่นไซน์ ส่งเป็นช่วงๆ ช่วงละ 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที สลับกันไป โดยมีความถี่ของสัญญาณเป็น 425 เฮิรตซ์

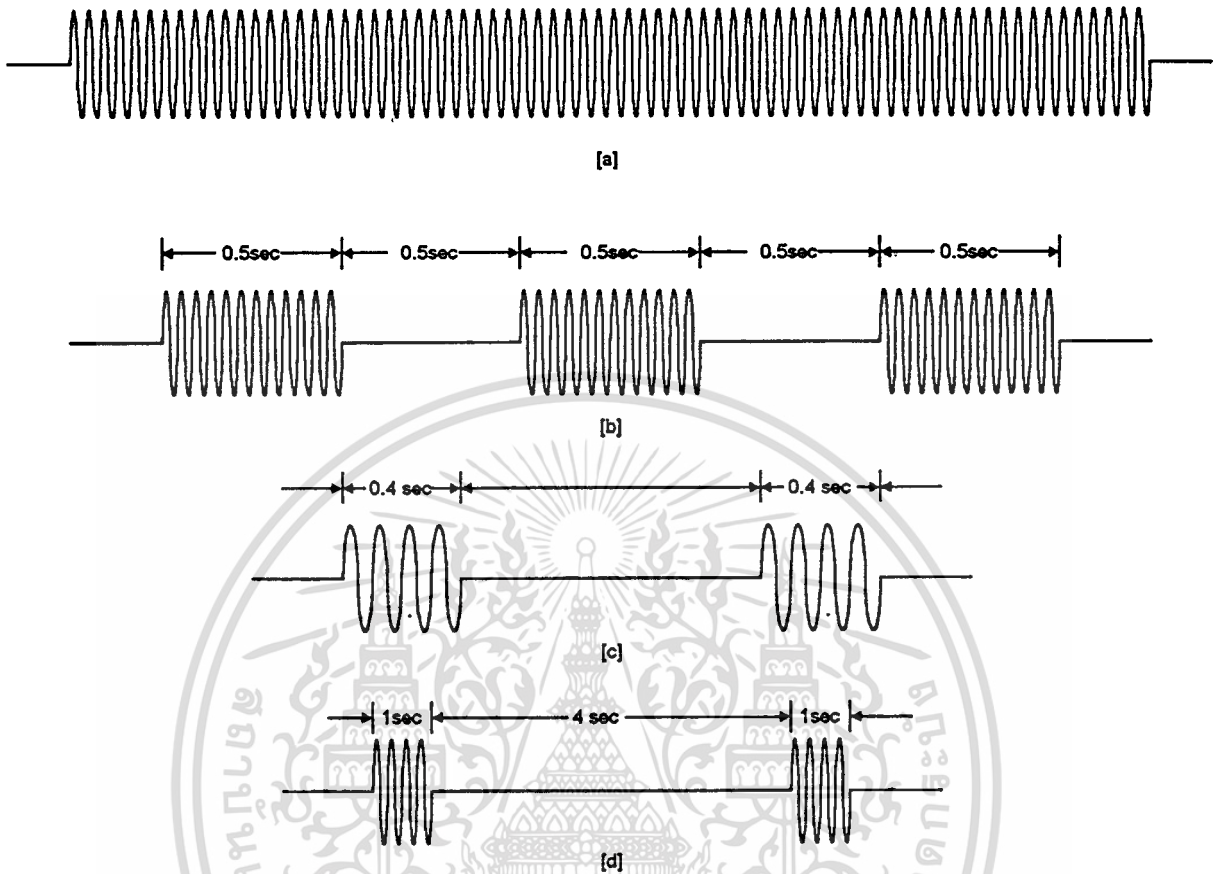
3. เสียงสัญญาณเรียก (ring back tone) เป็นเสียงสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่า การต่อกระทำสำเร็จ และขณะนี้ชุมสายได้ส่งสัญญาณเรียก (ringing signal) ไปยังผู้ที่ถูกเรียกแล้ว สัญญาณเป็นรูปไซน์ ส่งเป็นช่วง โดยส่ง 1 วินาที และหยุด 4 วินาที มีความถี่ 425 เฮิรตซ์

4. สัญญาณเรียก (ringing signal) เป็นสัญญาณที่ส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียก ซึ่งจะได้ยินเสียง กระดิ่งหรือเสียงโทนดังขึ้น สัญญาณที่ใช้เป็นสัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 25 เฮิรตซ์ ค่าแรงดันประมาณ 70-90 โวลต์ที่คพูที่คส่งเป็นช่วงเดียวกันกับ ring back tone

5. สัญญาณช่องสัญญาณไม่ว่าง (unobtainable tone) เป็นสัญญาณบอกให้ทราบว่า เลขหมายที่เรียกไปเป็นเลขหมายว่าง ยังไม่มีการติดตั้งหรือถูกยกเลิกไป ให้ไปตรวจค้นดูใหม่ ในสมุดรายนามผู้ใช้โทรศัพท์ หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอบถาม 13 สัญญาณนี้มีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ส่งอย่างไม่ต่อเนื่องโดย 3 ชุดแรกส่ง 0.1 วินาที หยุด 0.1 วินาที ส่วน 3 ชุดหลังส่ง 0.3 วินาที หยุด 0.1 วินาที ได้ยินเป็นเสียง ลั่น ลั่น ลั่น ยาว (ดิด ดิด ดิด ดา) ติดต่อกันไป



รูปที่ 2.6 :แสดงสัญญาณโทรศัพท์จากชุมสายโทรศัพท์

6. เสียงตอบจากเครื่องบันทึกเสียง (annuncement machine) เป็นเสียงตอบจากเครื่องบันทึก ใช้ในการบอกข่าวสารขององค์การโทรศัพท์ให้แก่ผู้ที่ต่อเข้ามา เช่น “เลขหมายนี้ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว หากอยากทราบหมายเลขที่เปลี่ยนแปลงไป กรุณาติดต่อหมายเลข 505-1000” เป็นต้น

❖ ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ

สำหรับข้อกำหนดของความผิดเพี้ยนของสัญญาณมีดังต่อไปนี้

- สัญญาณอื่นที่แทรกสอดเข้ามา ในสายส่งสัญญาณรวมกันแล้ว จะต้องน้อยกว่าระดับของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปจริงอย่างน้อย 20 dB

- สำหรับสัญญาณที่สอดแทรกเข้ามาจะต้องมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. ต้องมีค่าไม่มากกว่า -33 dBm ในช่วง 300 ถึง 3,400 เฮิรตซ์

2. ที่ความถี่สูงกว่า 3,400 เฮิรตซ์สัญญาณแทรกสอดจะต้องลดลง 12 dB ออกเตฟไปจนถึงความถี่ 50

กิโลเฮิรตซ์

3. ต้องมีระดับสัญญาณไม่มากกว่า -80 dB ที่ความถี่สูงกว่า 50 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ความผิดเพี้ยนถ้าถูกกำหนดในรูปของเดซิเบล คือ

$$\text{ความผิดเพี้ยน} = 20 \log \sqrt{(V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_n^2 / V_L^2 + V_H^2)}$$

โดยที่  $V_1$  ถึง  $V_n$  คือระดับแรงดันของสัญญาณที่แทรกสอดเข้ามา

$V_L$  คือ ระดับแรงดันของสัญญาณความถี่ที่ต่ำกว่า

$V_H$  คือ ระดับแรงดันของสัญญาณความถี่ที่สูงกว่า

#### ❖ โดนามิกอิมพีแดนซ์

วงจรถูกกำหนดสำหรับสัญญาณ DTMF จะต้องมีอิมพีแดนซ์อย่างน้อย 900 โอห์ม ขณะที่ทำการผลิตความถี่ออกมา และต้องมีอิมพีแดนซ์ให้ต่ำสุดขณะที่ไม่ทำการผลิตสัญญาณ

#### ❖ ข้อดีสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปถึงข้อดีของระบบ DTMF ได้คือ

- ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
- สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์ซิลิคอนได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความประหยัด และสะดวก
- ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ในชุมสาย
- สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ

#### ไฮบริด (Hybrids)

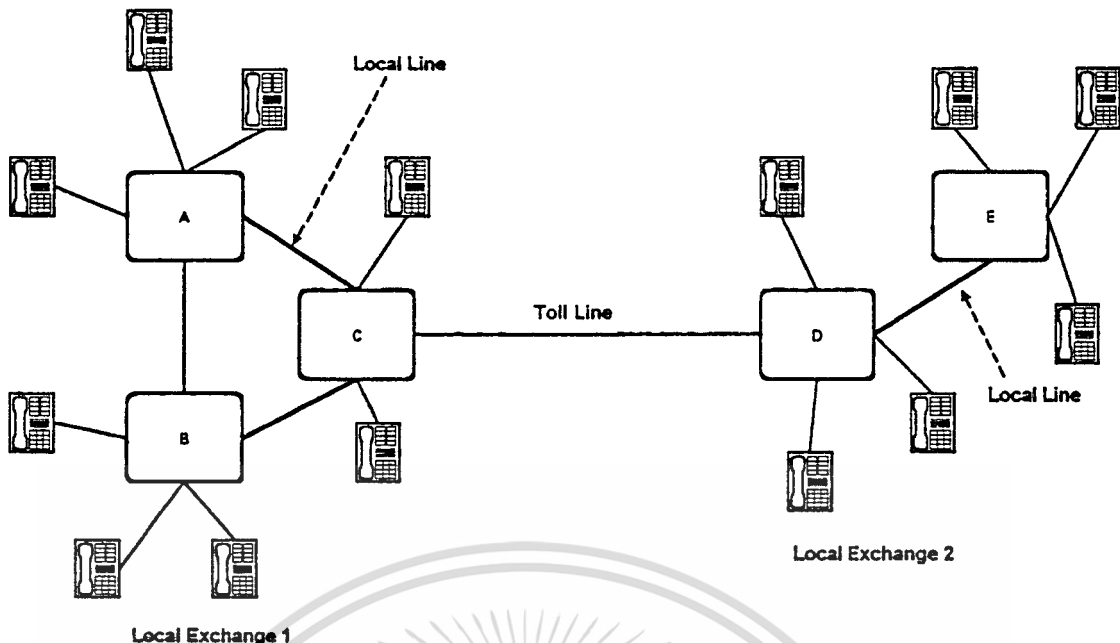
ไฮบริดเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์เชื่อมโยงระหว่างชุมสาย ที่ต่างเขตกัน หรือเรียกว่าวงจรทางไกล (Toll Circuit) ซึ่งอุปกรณ์เชื่อมโยงประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

- วงจรไฮบริด (Hybrids Circuit)
- วงจรสมดุลย์ (Balance Circuit)
- ขดลวดทอนสัญญาณ (Repeating Coil)

ถ้าหากพิจารณาถึงองค์ประกอบของข่ายสายของโทรศัพท์ สามารถแบ่งเป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้ 2 ส่วนด้วยกัน คือ วงจรท้องถิ่น (Local Circuit or Local Exchange) และวงจรทางไกล (Toll Circuit) ดังรูปที่ 2.7

จากรูป 2.7 ชุมสาย A, B และ C ต่างก็อยู่ในเขตเดียวกันถูกเชื่อมต่อกันด้วย Local Line รวมเป็น 1 วงจรท้องถิ่น เช่นเดียวกับชุมสาย D และ E ต่างก็อยู่ในเขตเดียวกัน แต่จะต่างเขตกับชุมสาย A, B และ C ถ้าหากเชื่อมต่อ 2 เขตนี้เข้าด้วยกัน เรียกส่วนที่เชื่อมต่อกับวงจรทางไกล โดยมี Toll Line เป็นสายเชื่อมต่อ

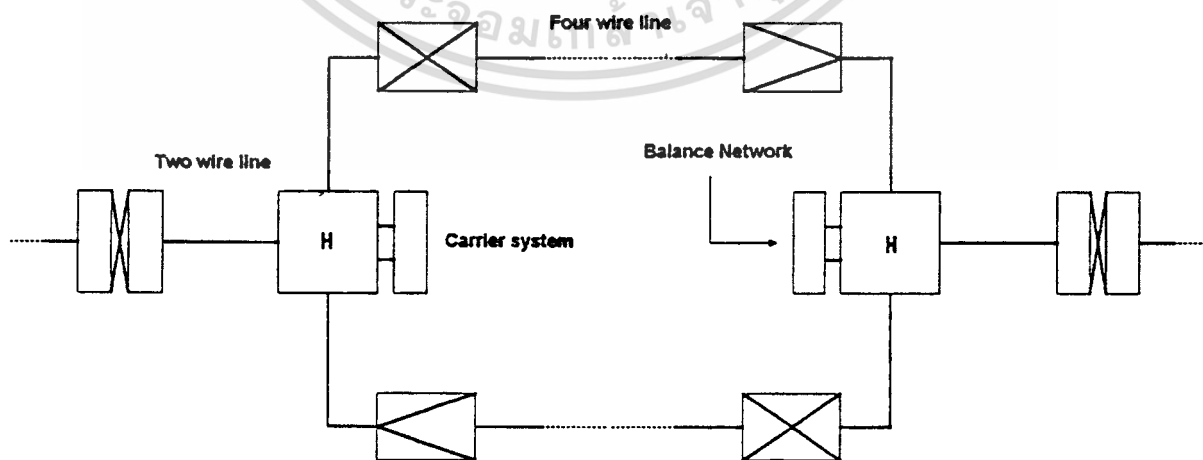
ในการส่งสัญญาณภายในเขตเดียวกัน หรือ ภายใน Local Exchange เดียวกัน โดยมากจะอาศัยการส่งสัญญาณเสียงโดยตรง ซึ่งสามารถใช้สายส่งเพียง 1 คู่สายเท่านั้น แต่ในการส่งสัญญาณทางไกล ระยะทางของชุมสายในแต่ละเขตห่างกันมากดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยการส่งสัญญาณโดยการใช้พาหะเป็นตัวนำสัญญาณเสียงไปโดยการผสมสัญญาณเสียงเข้ากับสัญญาณพาหะแล้วส่งลงในสายส่งเพื่อให้ระยะทางในการรับส่งสัญญาณไกลมากขึ้นจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 : แสดงลักษณะข่ายสายโทรศัพท์

การสื่อสารด้วยโทรศัพท์ เป็นการสื่อสาร 2 ทางแบบ Full Duplex ดังนั้นในการส่งสัญญาณโดยอาศัยคลื่นพาหะต้องใช้สัญญาณ 2 คู่ เพื่อแยกการส่ง และรับสัญญาณออกจากกัน แต่อย่างไรก็ตามแต่ละ Local Exchange จะรับส่งสัญญาณจาก 1 คู่สายเท่านั้น เพื่อให้ Local Exchange สามารถต่อกับวงจรทางไกลได้ จึงต้องมีวงจรเปลี่ยนจาก 2 คู่สายให้เป็น 1 คู่สายขณะที่รับสัญญาณจากวงจรทางไกล และในขณะเดียวกัน ก็ต้องทำหน้าที่เปลี่ยนจาก 1 คู่สายให้เป็น 2 คู่สายด้วยในกรณีที่ส่งสัญญาณ ซึ่งวงจรดังกล่าวก็คือวงจร Hybrids นั่นเอง

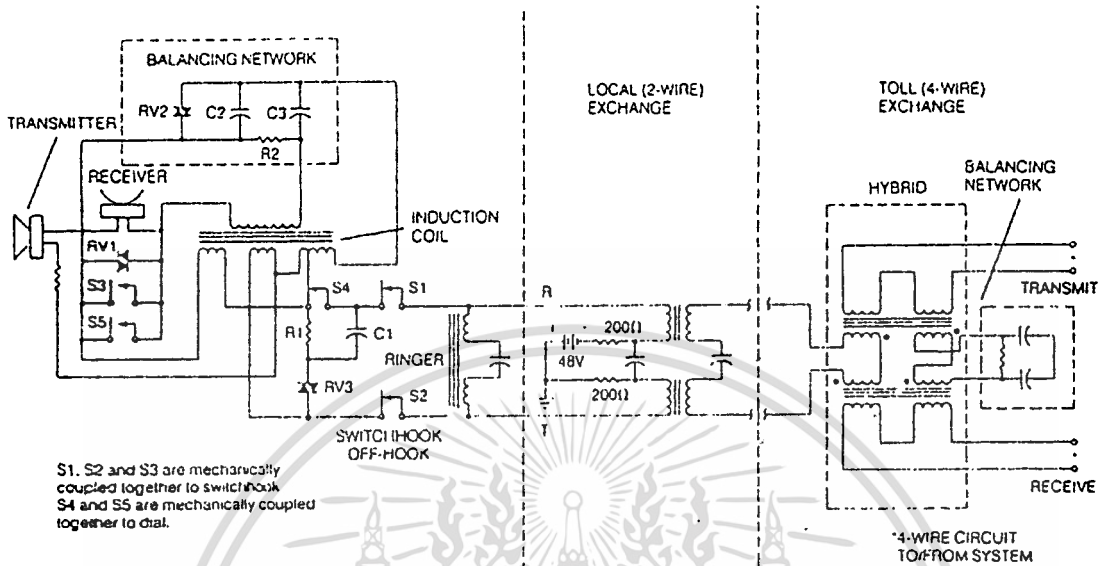
ส่วนของ Balance Network มีไว้สำหรับปรับกระแสในวงจรไฮบริดอยู่ในสถานะสมดุลโดยปรับให้ Impedance เท่ากับ Characteristic Impedance ของสายโทรศัพท์ (ประมาณ 600 Ohm) ผลที่เกิดจาก Balance Network ไม่สมดุล (Impedance ของวงจรบาลานซ์เน็ตเวิร์ก ( Balance Network) ไม่เท่ากับอิมพีแดนซ์ประจำตัว



รูปที่ 2.8 : แสดงการใช้งานวงจรไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

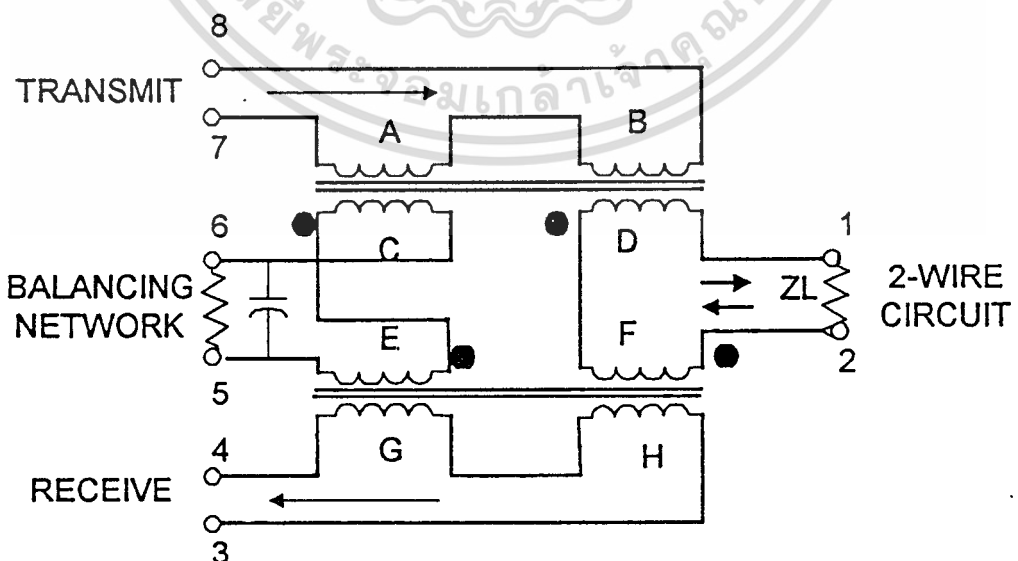
(Characteristic Impedance) ของสายโทรศัพท์) คือทำให้เกิดไซด์โทน(Side Tone) หรือเสียงข้างเคียง ลักษณะของ Side Tone คือผู้พูดจะได้ยินเสียงตัวเองในหูฟังด้วย การแก้ไขคือต้องปรับ Impedance ของ Balance Network ให้เท่ากับของโทรศัพท์



รูปที่ 2.9 : แสดงการต่อใช้งานจริงของวงจรไฮบริด

การทำงานของวงจรไฮบริด

วงจรไฮบริดประกอบด้วยหม้อแปลงแกนร่วม 2 ชุด คือ A,B,C,D และ E,F,G,H ดังแสดงในรูปที่ 2.10 การทำงานของวงจรนี้ ในตอนแรกสมมุติให้มีสัญญาณเข้ามาทางขั้ว 7-8 ซึ่งเป็นสัญญาณที่ส่งมาจากอีกชุมสายหนึ่ง กระแสไหลผ่านขดลวด B และขดลวด A ทำให้เกิดโวลเตจเหนี่ยวนำไปยังขดลวด D และ C



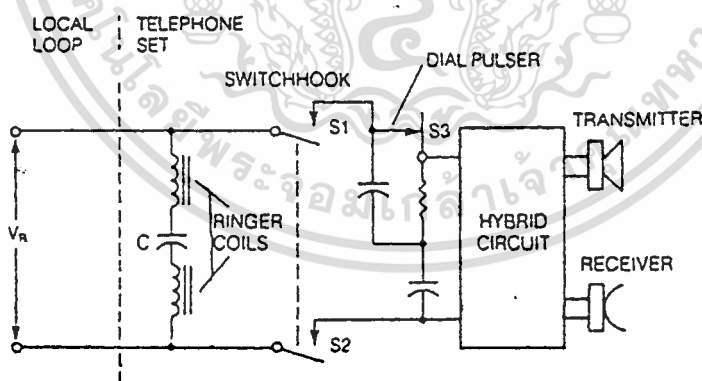
รูปที่ 2.10 : แสดงวงจรไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ขดลวด D กระแสจากโวลเตจเหนี่ยวนำจากขดลวด B จะไหลไปยังเครื่องรับ สัญญาณที่ได้จะเหมือนสัญญาณที่เข้ามาทุกประการ และกระแสดังกล่าวจะไหลผ่านขดลวด F เกิดเป็นโวลเตจเหนี่ยวนำไปยังขดลวด H เกิดกระแสไหลในวงจรส่วนของ H แต่ในขณะที่เดียวกันที่ขดลวด C จะเกิดกระแสด้วย เพราะโวลเตจเหนี่ยวนำจากขดลวด A กระแสไหลเข้าสู่วงจร Balance Network และผ่านขดลวด E ด้วย ทำให้เกิดโวลเตจเหนี่ยวนำมาที่ขดลวด G เกิดกระแสไหลในวงจรส่วนของ G ซึ่งขดลวด G และขดลวด H ต่ออนุกรมกันกระแสที่เกิดจากโวลเตจเหนี่ยวนำมีขนาดเท่ากัน แต่จากวงจรพบว่าการต่อระหว่างขดลวด D กับ F และขดลวด C และ E แตกต่างกัน โดยที่การต่อขดลวด C และ E จะมีการสลับขั้วทำให้กระแสของ G และ H มีทิศทางตรงข้ามกัน กระแสจึงหักล้างกันหมดพอดีไม่มีกระแสไหลออกทางขั้ว 3-4

ในกรณีนี้สัญญาณถูกส่งมาจากขั้ว 1-2 เมื่อไปยังเครื่องรับอีกขุมสายหนึ่ง กระแสจะไหลผ่านขดลวด F กับ D ทำให้เกิดโวลเตจเหนี่ยวนำไปยัง B และ H เกิดกระแสไหล โดยกระแสจากขดลวด H จะไหลออกไปยังขั้ว 3 และไหลกลับเพื่อครบวงจรทางขั้ว 4 ผ่านขดลวด G เกิดโวลเตจเหนี่ยวนำไปยัง E ทำให้มีกระแสไหลใน Balance Network และไหลผ่านขดลวด C เกิดโวลเตจเหนี่ยวนำไปยัง A และมีกระแสไหลที่ A ส่วนกระแสที่ B จะไหลไปยังขดลวด A ซึ่งมาเจอกับกระแสที่ A โดยที่กระแสทั้ง 2 มีขนาดเท่ากันแต่ทิศทางตรงข้ามกัน จึงหักล้างกันหมดพอดีทำให้ไม่มีกระแสไหลไปยังขั้ว 7-8

วงจรไฮบริดนอกจากใช้ในการเชื่อมโยงขุมสายทางไกลแล้ว ส่วนของตัวเครื่องโทรศัพท์เอง ก็สามารถพบวงจรไฮบริดได้เช่นกัน คือ ในส่วนของ วงจรปากพูดหูฟัง ซึ่งมีอุปกรณ์ 2 ชุด คือ ตัวรับ (หูฟัง) และตัวส่ง (ปากพูด) แต่สายส่งมีเพียงคู่เดียว การจะต่อเข้าด้วยกันต้องมีวงจรไฮบริด คอยแปลงสายจาก 2 สายเป็น 4 สาย และจาก 4 สายเป็น 2 สาย ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 : แสดงการใช้วงจรไฮบริดในส่วนของปากพูดหูฟัง

## เครื่องวิทยุรับ-ส่ง

เครื่องวิทยุรับส่งชนิดมือถือแบบต่างๆที่มีจำหน่ายหรือที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีอยู่ด้วยกันมากมายหลายแบบ แต่ละแบบต่างก็มีข้อดีหรือจุดเด่นที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องบางรุ่นมีจุดเด่นในด้านของความไวของการรับ หลายแบบมีจุดเด่นที่มีความสามารถในการตัดคลื่นข้างเคียงได้ดี หลายแบบมีจุดเด่นที่ภาครับมีความไวในการรับในย่านความถี่กว้าง บางรุ่นมีจุดเด่นที่มีกำลังส่งออกอากาศมาก หลายรุ่นมีจุดเด่นที่มีหน่วยความจำมากหลายรุ่นมีจุดเด่นที่ความสามารถของการสแกนความถี่หลายรุ่นมีจุดเด่นในด้านการซ่อมง่าย อะไหล่หาง่าย และหลายรุ่นมีจุดเด่นในด้านรูปลักษณะสวยงาม

ในทางปฏิบัติแล้วเราสามารถที่จะทำการแบ่งเครื่องรับส่งวิทยุได้เป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ กลุ่มแรกคือกลุ่มที่ได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์ ให้ใช้ความถี่ย่าน 144 ถึง 146 เมกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นย่านช่วงความถี่แคบ หรือที่เรียกว่าย่านกว้างความถี่ 2 เมตร เป็นย่านความถี่ที่ กลุ่มนักวิทยุสมัครเล่นใช้ในการสื่อสารกัน และหน่วยงานราชการบางหน่วยงาน อีกกลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์ให้ใช้ความถี่หลายย่าน แต่ละย่านห่างกันมากกว่า 10 เมกะเฮิร์ตซ์ เช่น หน่วยงานขององค์การโทรศัพท์ กรมตำรวจ หน่วยกู้ภัย เป็นต้น

ในแง่ของการนำเอาเครื่องมาใช้งาน ผู้ใช้กลุ่มแรกดูจะไม่ค่อยมีปัญหา เหมือนกับผู้ใช้กลุ่มที่สองคือเลือกใช้เครื่องวิทยุมือถือแบบใดก็ได้ เพียงแต่ปรับความไวในการรับให้ดีที่สุดที่ย่านความถี่ใช้งานของตน และปรับกำลังส่งออกอากาศให้ออกดีที่สุดในความถี่เดียวกัน หากเป็นนักวิทยุสมัครเล่นก็ไม่จำเป็นต้องปรับเลย เพราะการปรับแต่งจะทำมาจากโรงงานเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้ในกลุ่มนี้จำเป็นต้องเลือกใช้เครื่องที่มีความไวในการรับที่ความถี่อื่นได้น้อยถ้าหากเลือกใช้เครื่องที่ย่านความถี่แบนด์วิดท์กว้างอาจจะมีปัญหาในด้านการถูกรบกวนจากความถี่อื่นๆ

สำหรับผู้ใช้ในอีกกลุ่มหนึ่ง การเลือกใช้เครื่องอาจจะต้องพิถีพิถันมากกว่า โดยจะต้องเลือกใช้เครื่องที่มีภาครับชนิดแบนด์วิดท์กว้าง พอที่จะรับได้ดีทั้งสองย่านความถี่ ซึ่งห่างกันมาก เช่น ใช้ความถี่ 150 กับ 170 เมกะเฮิร์ตซ์ หากเลือกใช้เครื่องที่แบนด์วิดท์แคบจะไม่สามารถใช้งานได้ทั้งสองย่าน หากปรับให้ย่านหนึ่งรับได้ดี อีกย่านหนึ่งก็จะรับไม่ได้

โดยทั่วไปแล้วคลื่นวิทยุที่ใช้ในการสื่อสารทั้งสองกลุ่มนี้ จะใช้คลื่นวิทยุช่วงความถี่ VHF จะมีความถี่อยู่ในช่วง 30-300 เมกะเฮิร์ตซ์ คลื่นดังกล่าวนี้จะเดินทางเป็นเส้นตรงระหว่างการสื่อสารแต่ละจุด หรือที่เรียกว่าคลื่นวิทยุ แบบ Line Of Sight ถ้าหากมีสิ่งกีดขวางกันทิศทางของคลื่นอยู่ จะทำให้คลื่นวิทยุเกิดการเบี่ยงเบนและจางหายไปนั่นเอง ดังนั้นระยะทางหรือรัศมีการติดต่อรับส่งคลื่นวิทยุ VHF/FM นี้จะถูกจำกัดโดยขึ้นอยู่กับ

-ระยะทาง

-ภูมิประเทศ

-ความสูงของสายอากาศรับและส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการใช้วิทยุรับส่งแบบมือถือ ให้มีประสิทธิภาพและสามารถทำการติดต่อรับส่งกันให้มีระยะทางที่ไกลขึ้นนั้น จึงขึ้นอยู่กับการจัดระบบและข่ายการติดต่อสื่อสาร ซึ่งสามารถจัดได้เป็นหลักใหญ่ๆได้ดังนี้

1. แบบ Simple signal frequency เป็นแบบที่เครื่องรับและเครื่องส่งใช้คลื่นการติดต่อเป็นคลื่นความถี่เดียวกัน แบบนี้จะเป็นการสะดวกในการติดต่อสื่อสารระหว่างจุดต่อจุดหรือกลุ่มต่อกลุ่ม
2. แบบ Simple double frequency จะคล้ายกับแบบแรกจะแตกต่างกันที่ตรงคลื่นความถี่ที่ใช้ในการรับและการส่งจะเป็นคน ละความถี่กัน คือความถี่ที่ใช้ส่งจะเป็นความถี่หนึ่ง ส่วนความถี่ที่ใช้ในการรับก็จะเป็นอีกความถี่หนึ่ง ข้อดีสำหรับการสื่อสารแบบนี้ทำให้สามารถใช้ร่วมกับสถานีทวนสัญญาณได้ ส่งผลทำให้ระยะทางในการติดต่อกว้างไกลขึ้น
- 3.แบบ Duplex double frequency เป็นแบบที่ใช้คลื่นรับและส่งความถี่ต่างกันและสามารถรับส่งกันได้ในเวลาเดียวกัน แบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในการติดต่อกับระบบโทรศัพท์

เครื่องวิทยุรับส่งมือถือที่มีใช้กันปัจจุบันนี้จะเป็นแบบที่หนึ่ง และสองเสียเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการนำเอาเครื่องวิทยุรับส่งเหล่านี้มาใช้งานให้มีประสิทธิภาพโดยใช้ร่วมกับสถานีทวนสัญญาณจึงเป็นไปได้อย่างสะดวกเพราะไม่จำเป็นต้องแก้ไขวงจรภายในตัวเครื่องวิทยุรับส่งแต่อย่างใด

หลังจากที่กรมไปรษณีย์โทรเลขได้มีประกาศยกเลิกความถี่เรียกขานของสถานีควบคุมข่ายทั่วประเทศตามที่กำหนดไว้แต่เดิมโดยให้ใช้ความถี่เรียกขานใหม่เหมือนกันทั่วประเทศซึ่งมีช่องความถี่ส่งที่ 145.625 ,145.650,145.675 และ 145.700 เมกะเฮิรตซ์ และมีความถี่ด้านรับที่ 145.025, 145.050,145.075 และ 145.100 เมกะเฮิรตซ์

ปัญหาสำคัญที่จะพบได้กับผู้ใช้เครื่องวิทยุรับส่งมือถือ ก็คือกำลังส่งออกอากาศจะออกอากาศได้ไม่ติดต่อย่านของความถี่ เครื่องในแต่ละรุ่นจะมีความสามารถที่แตกต่างกัน เช่น เมื่อใช้เครื่องวิทยุเครื่องเดียวกันที่ความถี่ 145 เมกะเฮิรตซ์ จะมีกำลังส่งออกอากาศ ที่สูง แต่เมื่อเปลี่ยน ความถี่ไปที่ 155 กำลังในการส่งก็จะตกลงไป

#### การใช้งานอุปกรณ์ทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

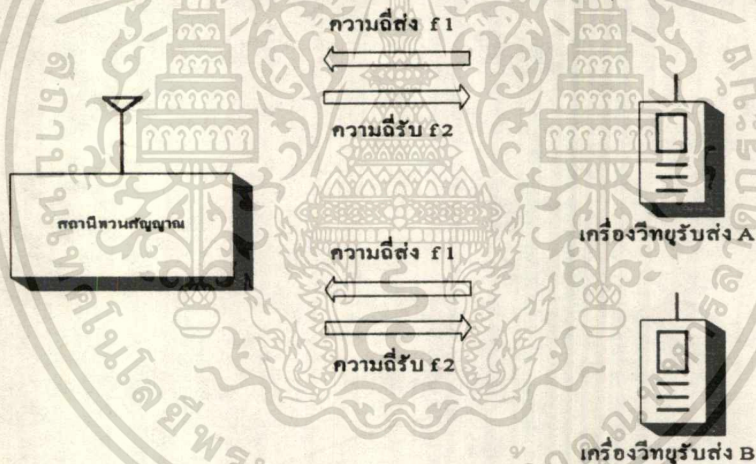
ระบบสถานีทวนสัญญาณโดยทั่วไปก็คือสถานีตัวกลางที่ทำหน้าที่ในการรับเอาสัญญาณความถี่จากสถานีลูกข่ายความถี่หนึ่งมาทำการขยายให้แรงขึ้นแล้วส่งออกอากาศไปอีกความถี่หนึ่งช่วยถ่ายทอดสัญญาณให้ระหว่างสถานีสองสถานีที่ไม่สามารถติดต่อกันได้โดยตรงซึ่งโดยมากจะเป็นระบบอัตโนมัติดังนั้นเมื่อต้องการให้การติดต่อสื่อสารครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวางที่สุดจำเป็นที่จะต้องทำการติดตั้งสถานีทวนสัญญาณขึ้นหลายๆแห่งตามต้องการ

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบผลของการวัดกำลังส่งออกอากาศของเครื่องวิทยุหลายๆแบบที่นำมาทดสอบ จากข้อมูลที่วัดออกมาได้ จะเห็นได้ว่าเครื่องรับส่งแต่ละชนิด จะมีกำลังในการส่งออกอากาศที่ความถี่ต่างๆกันจะมีค่าไม่เท่ากัน เครื่อง ICOM 2G จะมีกำลังเอาต์พุตสูงสุด ในบรรดาเครื่องทั้งหมดที่นำมาทดสอบ สามารถวัดได้ถึง 6.3 วัตต์ ที่ความถี่ 145 เมกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ (MHz)	ICOM			YAESU				STANDARD
	02N	2G	2SA	FT23	FT411	FT204(1)	FT204(2)	C105
136	-	-	3.35	5.00	5.80	5.50	5.36	3.00
138	-	5.70	3.85	5.20	5.70	5.50	-	-
140	4.70	6.25	4.25	5.40	5.42	5.42	5.10	3.40
145	4.82	6.30	4.80	5.55	4.95	5.25	4.75	3.90
150	4.65	5.60	4.85	5.60	4.85	5.00	4.40	4.20
155	4.30	4.80	4.40	5.65	4.80	4.80	4.00	3.70
160	3.60	4.15	3.60	5.30	4.70	4.40	3.30	2.80
165	2.85	3.60	2.20	4.70	4.00	3.80	2.70	2.30
170	-	2.75	-	-	2.90	3.20	2.23	2.23
173	-	-	-	-	2.20	2.55	1.93	-

ตารางที่ 2.1 : แสดงผลการวัดกำลังส่งออกอากาศของเครื่องวิทยุรับส่งมือถือที่นำมาทดสอบ



รูปที่ 2.12 : แสดงบล็อกไดอะแกรมของสถานีทวนสัญญาณที่ใช้ความถี่รับและส่งต่างกัน

ในพื้นที่ ที่ให้บริการย่าน VHF แบบ Simple double frequency การรับส่งสัญญาณจะต้องใช้ความถี่ที่ต่างกัน 2 ความถี่ คือ ความถี่หนึ่งใช้สำหรับการส่ง ส่วนอีกความถี่ใช้ในการรับ โดยที่ความถี่ทั้งสองมีความต่างกันอยู่ตามมาตรฐานที่กำหนดขึ้น เพื่อมิให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกันของภาครับและภาคส่งของสถานีทวนสัญญาณ สำหรับมาตรฐานที่กำหนดเอาไว้จะต้องเป็นไปตามนี้คือ

- ย่านความถี่ 144-146 เมกะเฮิร์ตซ์ มีค่าความแตกต่างที่ใช้ในการรับและส่งเท่ากับ 600 กิโลเฮิร์ตซ์
- ย่านความถี่ 220 เมกะเฮิร์ตซ์ มีค่าความแตกต่างที่ใช้ในการรับและส่งเท่ากับ 1.60 เมกะเฮิร์ตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ความคมชัดของสัญญาณในการรับส่งวิทยุมือถือผ่านสถานีทวนสัญญาณ  
การพูดคุยติดต่อรับส่งข่าวสารของวิทยุมือถือผ่านทางสถานีทวนสัญญาณ จะให้เสียงที่คมชัดหรือไม่  
ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ 2 ประการได้แก่

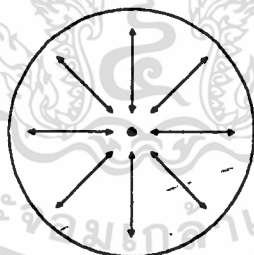
- การเลือกใช้ระบบสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ
- การเบี่ยงเบนความถี่ (Deviation)

#### การเลือกใช้ระบบสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ

ดังที่ทราบแล้วว่าเครื่องวิทยุรับส่งแบบมือถือ จะติดต่อสื่อสารด้วยกันโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ ดังนั้น  
การเลือกใช้สายอากาศ จึงมีความสำคัญมากเพราะสายอากาศ คือ อุปกรณ์ที่มีหน้าที่รับ-ส่ง คลื่นวิทยุ ใน  
ส่วนของเครื่องวิทยุรับ-ส่ง

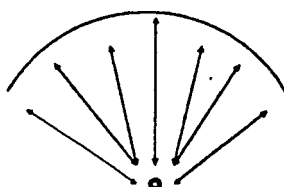
โดยทั่วไปจะใช้สายอากาศขนาดเล็กทั้งนี้เพื่อความสวยงามกะทัดรัด สายอากาศแบบนี้ประสิทธิภาพ  
การทำงานค่อนข้างต่ำ ถ้าหากจะให้มีประสิทธิภาพที่สูงก็จำเป็นจะต้องใช้สายอากาศที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งไม่เป็น  
ที่นิยมใช้กัน ฉะนั้นในส่วนนี้จึงไม่สามารถที่จะแก้ไขอะไรได้ ในทางกลับกัน สายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ  
สามารถเลือกใช้ตามความต้องการ ซึ่งจะว่ากันไปแล้วสายอากาศที่ใช้ก็มีกันอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันกับ  
สถานีทวนสัญญาณ มีอยู่ 2 ชนิด คือ

-สายอากาศแบบรอบตัว (Omnidirectional Antenna) หมายถึงสายอากาศที่จะทำการส่งและรับคลื่น  
วิทยุได้ทุกทิศทางรอบตัวเอง



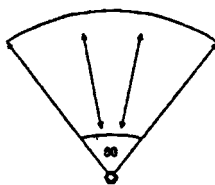
- สายอากาศแบบมีทิศทาง (Sector Antenna) หมายถึงสายอากาศที่จะส่งและรับคลื่นวิทยุได้บางทิศ  
ทางเท่านั้น มีอยู่ 2 ชนิด คือ

○ แบบ 120 องศา ซึ่งรับส่งคลื่นวิทยุได้ ในแนว 120 องศารอบตัวเอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 037249

◇ แบบ 60 องศา ซึ่งรับส่งได้ในแนว 60 องศาของตัวเอง



โดยที่คลื่นวิทยุที่จะส่งออกอากาศมีกำลังอยู่จำนวนหนึ่ง ถ้าใช้สายอากาศแบบรอบตัวกำลังที่มีอยู่จะกระจายไปทุกทิศทาง ทำให้ไม่มีความแรง ส่งผลให้การติดต่อไม่คมชัด แต่ถ้าใช้สายอากาศแบบทิศทาง 120 องศา กำลังที่มีอยู่จะอัดตัวกันแน่นขึ้น และจะกระจายไปเฉพาะบางทิศทาง ส่งผลให้การติดต่อคมชัดขึ้น สายอากาศแบบทิศทาง 60 องศา จะให้ผลทำนองเดียวกัน แต่กำลังคลื่นจะอัดแน่นยิ่งขึ้นไปอีก อนึ่งเมื่อใช้สายอากาศแบบทิศทางมักจะต้องใช้หลายตัวประกอบกัน เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ได้มากที่สุดขึ้น

ที่กล่าวมาเป็นการพิจารณาเมื่อสถานีทวนสัญญาณส่งคลื่นไปหาเครื่องวิทยุรับส่งอย่างไรก็ดีเมื่อสถานีทวนสัญญาณรับคลื่นจากเครื่องวิทยุรับส่งบ้าง กรณีจะเป็นเช่นเดียวกันเพราะสายอากาศเหล่านี้ใช้ได้ทั้งการรับและการส่ง โดยสรุปแล้วสายอากาศแบบทิศทาง 60 องศา จะให้ความคมชัดของสัญญาณสูงสุดตามด้วยแบบทิศทาง 120 องศา และแบบรอบตัวตามลำดับ

#### การเบี่ยงเบนความถี่ (Deviation)

ระบบเครื่องวิทยุรับส่งมือถือ อาศัยการรับส่งคลื่นแบบเอฟเอ็ม (FM) ในการรับส่งคลื่นแบบเอฟเอ็ม ปัจจัยสำคัญที่กำหนดความคมชัดคือสิ่งที่เรียกว่า การเบี่ยงเบนความถี่ เมื่อคลื่น FM ที่ส่งออกไปมีการเบี่ยงเบนความถี่น้อยจะทำให้สัญญาณเสียงที่รับฟังจากเครื่องรับวิทยุ มีความคมชัดน้อยตามไปด้วยถ้าคลื่น FM ที่ส่งออกไปมีการเบี่ยงเบนความถี่สูง สัญญาณเสียงที่รับฟังจากเครื่องรับจะมีความคมชัดดีขึ้น

นอกจากนี้ การเบี่ยงเบนของความถี่ยังมีผลต่อวิธีการให้บริการอีกด้วย โดยระบบที่มีการเบี่ยงเบนความถี่สูงจะมีวิธีการให้บริการกว้างกว่า เหตุผลในเรื่องนี้มิ่งายๆ และสืบเนื่องมาจากสาเหตุเดียวกับเรื่องความคมชัดกล่าวคือ ที่ระยะในการติดต่อไกลเท่ากัน ระบบที่มีการเบี่ยงเบนสูงจะให้ความคมชัดสูงกว่าระบบที่มีการเบี่ยงเบนต่ำ ถ้าจะให้ความคมชัดเท่ากัน ระบบที่มีการเบี่ยงเบน สูงจะติดต่อได้ระยะทางที่ไกลกว่าซึ่งหมายถึงว่ามีวิธีการให้บริการกว้างกว่านั่นเอง

### บทที่ 3

#### การคำนวณและการสร้าง

จากบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 3.1 เป็นแผนผังการทำงาน ของชุดเชื่อมต่อดิจิทัล- ส่งเข้ากับระบบ โทรศัพท์สามารถแบ่งออกเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ทั้งหมด 4 ส่วนด้วยกันคือ

❖ ส่วนแรกเป็นชุดวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ หรือที่เรียกว่า decode dtmf จะใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ของบริษัท MITEL เป็นตัวรับความถี่สัญญาณ DTMF ที่ส่งมาจาก วิทยุรับส่ง เมื่อมีการกดหมายเลขใดหมายเลขหนึ่ง จะมีการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ มอดูเลตกันไปความถี่นี้จะอยู่ในย่านความถี่เสียงพูด 0-4 กิโลเฮิรตซ์ ถอดรหัสออกมาได้เอาต์พุตเป็น ค่าของตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิต

❖ ส่วนที่สองเป็น ชุดของวงจรตั้งรหัสผ่านหรือวงจร Password Code จะประกอบไปด้วยวงจรตั้งรหัสผ่านทั้งหมด 3 ชุด อันได้แก่วงจรตั้งรหัสผ่านสำหรับโทรศัพท์ (Password Telephone) , วงจรตั้งรหัสผ่านสำหรับวิทยุรับส่ง (password Repeater) และวงจรตั้งรหัสปิดระบบของวงจร (Password Off) ทั้ง 3 วงจรข้างต้นจะมีส่วนของวงจรที่คล้ายคลึงกัน ต่างกันก็เพียงเล็กน้อยแต่จะทำหน้าที่หลักเหมือนกันคือใช้สำหรับการตั้งรหัสลับในการใช้เครื่อง โดยโครงงานชุดนี้จะมีรหัสลับอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 หลัก สามารถที่จะลดหรือเพิ่มจำนวนหลักได้มากกว่านี้ตามความต้องการของผู้ใช้

❖ ส่วนที่สามเป็นส่วนของ Control Patch เป็นสะพานเชื่อมต่อ ให้วิทยุรับส่งสามารถติดต่อพูดคุยกับโทรศัพท์ได้ เมื่อมีการกดรหัสถูกต้องเรียบร้อยแล้ว และยังทำหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งที่ถูกส่งออกมาจากผู้เข้าฝ่ายเรียก ชุดของ Control patch จะประกอบด้วยวงจรร้อยอีก 2 วงจรคือชุดของวงจรถอดรหัสและ วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งส่วนของวงจรรหัสทั้ง 2 ชุด จะนำเอาออปโตคัปเปลอร์ และ หม้อแปลงไฮบริดเพื่อต้องการให้มาประยุกต์ใช้ทั้งสองส่วนแยกออกจากกันทางไฟฟ้าอย่างสิ้นเชิง

❖ ส่วนที่สี่เป็นส่วนของวงจรทวนสัญญาณหรือ Repeater จะทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณความถี่ที่รับเข้ามาให้มีความแรงขึ้น มอดูเลตกับคลื่นพาหะอีกความถี่หนึ่งที่เครื่องส่ง TX2 แล้วทำการส่งออกอากาศไปในย่านความถี่ FM/ VHF ติดต่อกับเครื่องวิทยุรับส่ง สถานีลูกข่ายทุกๆ เครื่องที่ใช้ความถี่ในย่านเดียวกัน ส่วนดังกล่าวของชุดนี้จะประกอบไปด้วยวงจรตั้งเวลา ( timer ) ใช้สำหรับการตั้งเวลาปิดของระบบทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากภาคเพาเวอร์จะใช้กำลังส่งออกอากาศที่ค่อนข้างสูง ทำให้ดึงกระแสจากแหล่งจ่ายไฟจำนวนมากหากมีการส่งสัญญาณต่อเนื่องกันไปตลอดเวลาจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ตัวอุปกรณ์ของวงจรขยาย รวมทั้งภาคจ่ายไฟด้วย ทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลง เกิดผลเสียหายหลายอย่างที่ตามมา อีกทั้งเพื่อป้องกันไม่ให้บุคคลหนึ่งบุคคลใดจงการใช้คู่สายนานจนเกินไป ทำให้ผู้อื่นหมดสิทธิ์ในการใช้

ส่วนของวงจรวทชิง จะเชื่อมต่อกับและส่งผ่านสัญญาณเสียงที่ได้มา จากภาครับ RX และเสียงจากโทรศัพท์ ส่งต่อไปให้วงจรภาคส่งของเครื่องส่ง TX2 วงจรขยายกำลัง (RF AMP) จะทำการขยายกำลังของสัญญาณที่จะส่งออกอากาศให้มีขนาดแรงขึ้น ทำให้การติดต่อระหว่างเครื่องวิทยุรับส่งสามารถรับและส่งสัญญาณได้ระยะทางไกลขึ้น วงจรนี้มีอัตราขยายกำลังค่อนข้างสูงขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบโครงงานจะเลือกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



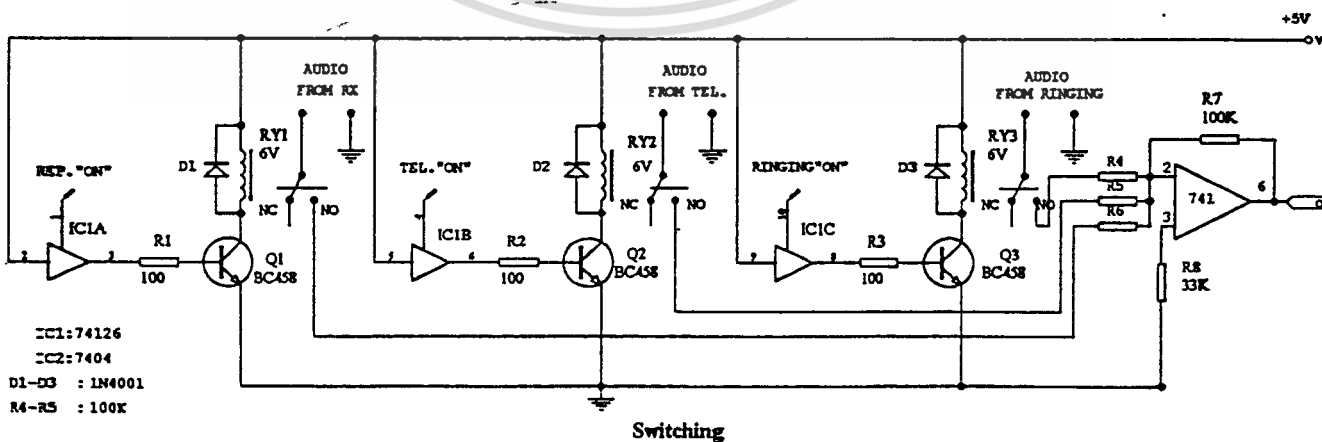
โดยความถี่ที่ใช้ในการส่งจะต้องอยู่ในย่านเดียวกับ เครื่องรับวิทยุสถานีลูกข่ายด้วยจึงจะสามารถติดต่อกัน ได้วงจรอีกส่วนหนึ่งที่จะขาดเสียไม่ได้ก็คือภาคจ่ายไฟ โดยจะจ่ายไฟเลี้ยงส่วนต่างๆของวงจรมีแหล่งจ่ายไฟแยกออกเป็นสองชุด แหล่งจ่ายไฟชุดแรกมีค่าแรงดัน 5 โวลต์ กระแส 3 แอมป์ จ่ายไปให้ส่วนของวงจรที่ใช้ ไอซีจำพวกทีทีแอลและออปแอมป์ แหล่งจ่ายไฟที่เหลืออีกชุดคือส่วนจ่ายไฟ 12 โวลต์ กระแส 8 แอมป์ จ่ายไปให้ส่วนของวงจรถวนสัญญาณอินได้แก่ RX1 และ TX2 ค่าของกระแสที่จ่ายมาจากแหล่งจ่ายไฟชุดนี้ จะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับอัตราขยายกำลังของวงจรมอดูเลชัน RF AMP เป็นลำดับด้วย

◆ วงจรสวิตชิง (SWITCHING)

จะประกอบไปด้วยวงจรที่เหมือนกันอยู่ 3 ชุด โดยที่วงจรแต่ละชุดจะทำหน้าที่เหมือนกันคือ จะส่งผ่านสัญญาณเสียงที่มาจากส่วนของวงจรโทรศัพท์, เสียงจากวิทยุรับส่งและเสียงที่มาจากไอซี ISD 1420 ซึ่งเป็นไอซีบันทึกเสียงของวงจรกระดิ่ง และนำเอาสัญญาณจากแหล่งต่างๆเหล่านี้ไปทำการขยายอีกทีโดยใช้ไอซีออปแอมป์ 741ซึ่งต่อวงจรกันแบบซัมมิงแอมพลิไฟเออร์ (Summing Amplifier)

สัญญาณเสียงที่มาจากแหล่งต่างๆ เหล่านี้จะถูกป้อนมายังขาอินพุตของ IC 74126 เป็นไอซี tri state output ซึ่งทำงานที่สภาวะไฮสเกิดการนำกระแสขึ้น เอาต์พุตจะถูกต้องโดยตรงเข้ากับอินพุตทำให้แรงดันไฟเลี้ยง +5V ส่งไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ BC458 แต่ละตัว ขาอิมิตเตอร์จะต่อลงกราวด์ในขณะที่ขาคอลเล็กเตอร์ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงโดยผ่านทางรีเลย์ ทรานซิสเตอร์จะเกิดการนำกระแสขึ้นหน้าสัมผัสของรีเลย์จะถูกต่อเข้ากับสัญญาณเสียงที่มาจากแหล่งต่างๆผ่านไปยังวงจรซัมมิงแอมพลิไฟเออร์อัตราขยายของวงจรสามารถกำหนดได้จากค่าของอัตราส่วนระหว่างความต้านทาน R7 กับความต้านทานทางอินพุตแต่ละตัวโดยมี R8 เป็นตัวปรับแรงดันออฟเซต ในสภาวะที่ไม่มีสัญญาณเข้ามาทำให้เอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์

ไดโอด D1,D2 และ D3 ที่ต่อพร้อมขดลวดของรีเลย์แต่ละตัวจะทำหน้าที่ป้องกันแรงดันย้อนกลับซึ่งเกิดมาจากกระแสเหนี่ยวนำภายในขดลวดรีเลย์อาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เกิดการเสียหายได้ รีเลย์ที่ใช้ในวงจรจะเป็นรีเลย์ขนาด 6V ทนกระแสได้ 500 mAโดยที่ขา คอมมอนของรีเลย์จะต่อเข้ากับสัญญาณเสียงในขณะที่ขา NO อีกด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับ IC 741



รูปที่ 3.2 : แสดงรูปวงจรสวิตชิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

◆ วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ (DTMF DECODER)

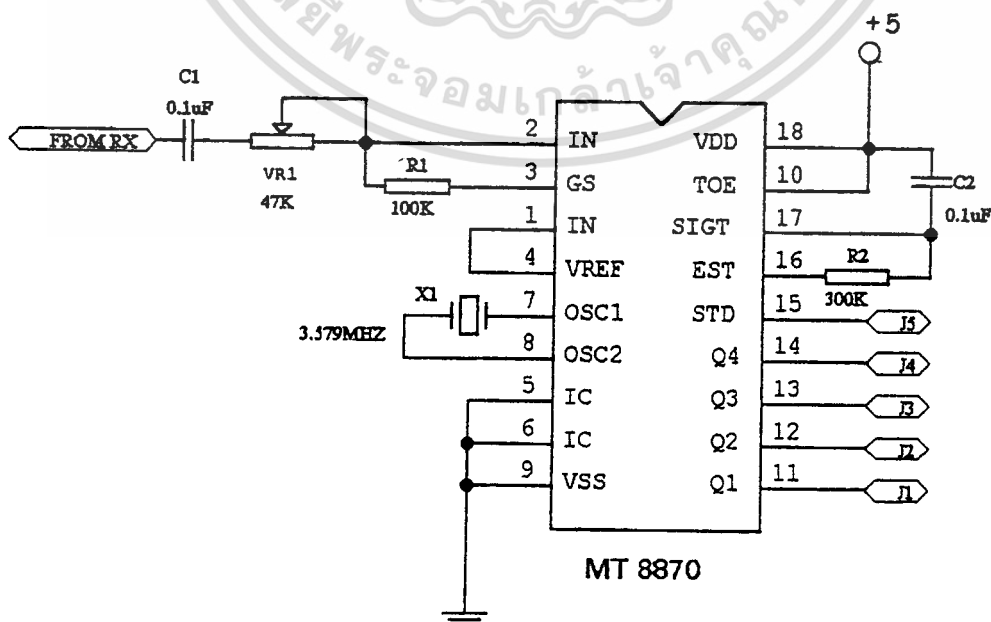
ใช้สำหรับในการถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF ที่รับเข้ามาให้เอาต์พุตออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต ตั้งแต่ 0000-1111 ไอซี MT 8870 จะถูกนำมาใช้ในการถอดรหัสความถี่ของ DTMF ดังกล่าว ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับตัวไอซีได้อธิบายไว้แล้วในส่วนของบทแทรก

อินพุตของไอซีจะรับสัญญาณความถี่ DTMF มาจากภาค RX1 เป็นวงจรส่วนหน้าโดยมีคาปาซิเตอร์ C1 จะทำหน้าที่ในการคัปปลิ่งสัญญาณ และป้องกันไม่ให้ไฟตรง ผ่านเข้าไปทำให้เกิดความเสียหายแก่ตัวไอซี ค่าความต้านทาน R1 และ R2 จะถูกต่ออยู่ระหว่างขา 2 และขา 3 ของไอซีใช้สำหรับกำหนดอัตราขยายของวงจรโดยมีค่าเปลี่ยนไปตามสูตรคือ

$$\text{อัตราขยาย ( Av )} = R2/R1$$

ภายในตัวไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อ แร็คคริสตอลซึ่งมีความถี่ 3.579545 เมกะเฮิร์ตซ์เข้าไประหว่างขา 7 และ ขา 8 ก็สามารถที่จะใช้งานได้ทันที คาบเวลาของการกดแต่ละหมายเลขจะต้องเป็นไปตามค่าของการดีทไทม์ (Guard Time) กล่าวคือจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้องซึ่งเวลาการดีทไทม์นี้สามารถกำหนดได้จากค่าความต้านทาน R และคาปาซิเตอร์ C ที่ต่ออยู่ระหว่างขา ST/GT และ EST ของตัวไอซีเอง

ขาเอาต์พุตจะประกอบไปด้วยขา 11,12,13 และ 14 มีลำดับเอาต์พุตเป็น Q1,Q2,Q3 และ Q4 ตามลำดับในกรณี เมื่อมีการกดหมายเลข 5 ส่งเข้ามาซึ่งเป็นการผสมกันระหว่างความถี่ต่ำ 770 เฮิร์ตซ์และความถี่สูง 1336 เฮิร์ตซ์ ตัวไอซี MT8870 จะทำการถอดความถี่ดังกล่าวออกมาเป็นเลขฐานสองได้ค่าเป็น 0101 ปรากฏที่ขาเอาต์พุต Q1-Q4 ในขณะที่มีการกดปุ่มหมายเลขใดหมายเลขหนึ่งบนหน้าปัดโทรศัพท์หรือวิทยุรับส่งที่ขาเอาต์พุต Q1-Q4 จะเป็นไฮต์และโลว์สลับกันไป และที่ขา Std ซึ่งเป็นขา 15 จะมีสภาวะไฮต์ตามระยะเวลาของการกดเพื่อใช้แสดงว่าความถี่ที่รับเข้ามามีค่าถูกต้องเป็นไปตามที่กำหนด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.3 : แสดงรูปวงจร DTMF DECODER  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ◆ ชุดวงจรตั้งรหัสผ่าน

ในการทำงานของเครื่องเชื่อมต่อวิทยุรับส่งกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติและทวนสัญญาณนั้นจะอาศัยวงจรผ่านเข้าไปใช้ระบบต่างๆของเครื่อง เพื่อที่จะจำกัดขอบเขตของการใช้ของเครื่อง ให้มีการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุดของการเข้าไปใช้บริการของเครื่องซึ่งผู้ที่จะสามารถเข้าไปใช้บริการของเครื่องได้นั้นจะต้องรู้ Password เพื่อที่จะเปิดการทำงานของระบบในแต่ละระบบภายในเครื่อง เครื่องเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติและทวนสัญญาณจะมีชุดวงจรตั้งรหัสผ่านภายในเครื่อง 3 วงจรด้วยกันคือ วงจรตั้งรหัสผ่านเปิดใช้เครื่องทวนสัญญาณ (Password Repeater On) วงจรตั้งรหัสผ่านเปิดใช้ชุดเชื่อมต่อระบบ โทรศัพท์อัตโนมัติ ( Password Telephone Interface ) วงจรตั้งรหัสผ่านเพื่อปิดระบบทั้งหมด ( Password Off all circuit ) ทั้งนี้ผู้ที่ใช้บริการของเครื่อง จะต้องมีวิทยุรับส่งที่สามารถส่งสัญญาณ DTMF ได้ด้วย

การทำงานของวงจรตั้งรหัสผ่าน

วงจรตั้งรหัสผ่านเปิดใช้เครื่องทวนสัญญาณ ( Password Repeater On ) และวงจรตั้งรหัสผ่านเปิดใช้ ชุดเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ ( Password Telephone Interface ) นั้น จะมีการทำงานของวงจร ที่เหมือนกัน จะต่างกันเพียงการนำเอาไปใช้งานเท่านั้น วงจรของชุด Pass Word ทั้งสองจะแสดงดังรูปที่ 3.4 โดยการทำงานของวงจรจะเริ่มจาก IC1 ( 74154 ) ซึ่งเป็น IC ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไบนารีที่เข้ามา 4 เส้น ให้ออกเป็นเดซิโมล 16 เส้น ( 4 Line to 16Line Decoder/Demultiplexer ) โดยสัญญาณไบนารี 4 เส้นนั้นจะถูกส่งมาจาก MT8870 ซึ่งเป็น IC ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ DTMF ให้เป็นสัญญาณไบนารี 4 เส้น พร้อมทั้งสัญญาณทริก (StD Trigger) และสัญญาณไบนารีเหล่านี้จะถูกส่งไปยังขาอินพุทของ IC1 ซึ่งได้แก่ขา 20 ,21,22,23 และมีขา 18,19 เป็นขาควบคุม ซึ่งสัญญาณไบนารีจะถูกเปลี่ยนไปยังเอาต์พุทได้หรือไมก็ขึ้นอยู่กับขา 18,19 นี้

จากตารางการทำงานของ IC1 ( 74154 ) ขา 18 และขา 19 จะต้องมีสถานะเป็น logic "0" และจากวงจรตั้งรหัสผ่านนั้นขา 19 จะถูกต่อลงกราวด์ ดังนั้นการทำงานของ IC1 จะขึ้นอยู่กับขา 18 ของ IC1 ซึ่งจะถูกริกด้วยสัญญาณ StD โดยผ่าน IC5:A ( 7404 /NOT GATE ) มาให้ขาที่ 18 ได้รับ logic "0" ทุกครั้งที่มีสัญญาณรหัสผ่านเข้ามา และส่งเอาต์พุททั้ง 16 ขาให้กับขาอินพุททั้ง 16 ขาของ IC2 ( 74150 ) ซึ่งเป็น IC ที่ทำหน้าที่เลือกว่าจะให้อินพุทขาใดออกไปเอาต์พุทได้ โดยมีขา 11,13,14,15 ที่คอยทำหน้าที่เลือกตำแหน่งของขาอินพุทให้ขอกที่เอาต์พุทของ IC2 คือขา 10 ซึ่งจะมี logic "1" ทุกครั้งที่รับอินพุทมาจาก IC1 ซึ่งมี logic "0" และจะต้องตรงตามตำแหน่งที่ได้ทำการ Select ไว้ที่ขา 11,13,14,15 ของ IC2 ด้วย

การกำหนดค่าในการ Select ตำแหน่งของขา 11,13,14,15 ของ IC2 (74150) จะถูกกำหนดไว้ด้วยการตั้งรหัสของ Dip Switch แต่ละตัว ซึ่ง Password ที่ใช้กับเครื่องนี้จะใช้ Password ที่เป็นตัวเลข 4 หลักด้วยกัน ดังนั้นจะต้องทำการตั้งรหัสสวิทช์ของ Dip Switch ไว้ทั้ง 4 ตัวด้วยเช่นกัน และการที่จะทำให้เกิดการเลื่อนค่าของ Dip Switch ที่ถูกตั้งไว้ เพื่อไปเปลี่ยนแปลงค่า Select ที่ขา 11,13,14,15 ของ IC2 (74150) จะใช้ IC3,IC4 74153 /Dual 4 -Line-to-1-Line Data Select / Multiplexer) ทำหน้าที่เป็นตัวเลือกตำแหน่ง ของ Dip Switch แต่ละหลัก โดยขา 2 และขา 14 จะเป็นขาที่ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

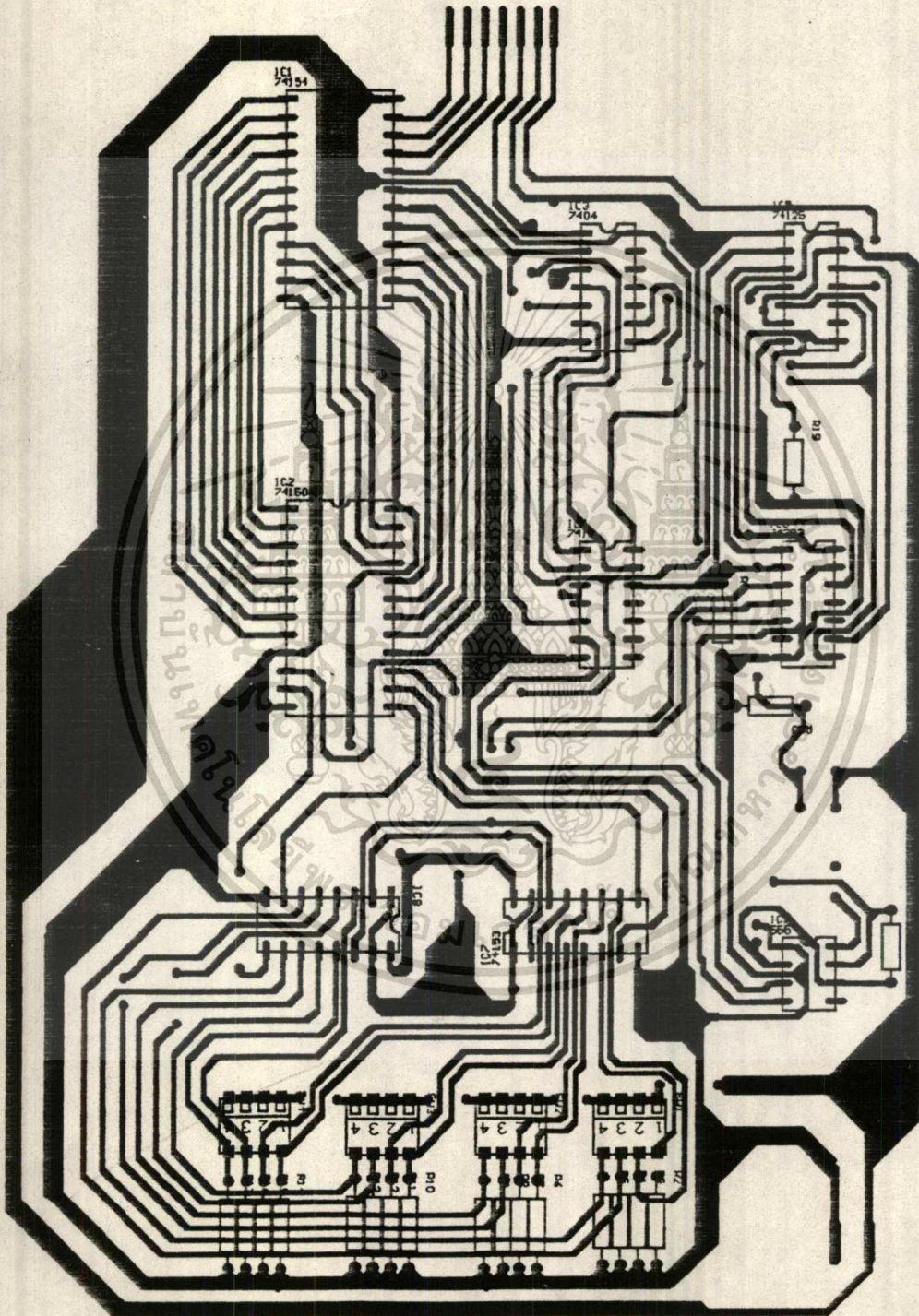
การเลือกตำแหน่งของ Dip Switch ของ IC3,IC4 ซึ่งจะใช้ IC6:A ( 74393 / Dual 4 -Bit Binary Counter ) เป็นตัวทำให้ IC3,IC4 เกิดการเลื่อนค่าของการ Select โดยจะต้องมีพัลส์ logic “1” มาทริกขา 1 ( ขา Clock ) ของ IC6:A จึงจะเกิดการนับค่าซึ่งพัลส์ logic “1” นี้จะได้มาจากขา 10 ของ IC2 ผ่าน IC8:A ( Buffer Three-State Output ) ซึ่งในกรณีที่ Password ที่เข้ามาตรงตามค่าของตำแหน่งของ Dip Switch ที่ได้ตั้งไว้ IC6:A ก็จะไม่นับไปจนครบทุกหลัก ( 00-11 / ให้เอาทพุทของ IC6:A เพียงสองขาคือ ขา 3 ต่ออยู่กับขา 14 ของ IC3,IC4 และขา 4 ต่ออยู่กับขา 2 ของ IC3,IC4 ) บังคับให้ IC3,IC4 เลือกค่าของ Dip Switch ออกไปที่หลักจนครบ เมื่อครบทุกหลักแล้วขา 5 ของ IC6:A จะมีสถานะเป็น logic “1” ทำให้ขา 1 ของ IC8:A มี logic “1” ด้วย ทำให้ IC8:A ไม่สนใจสถานะใดๆจากขา 10 ของ IC2 และสถานะ logic “1” ที่ขา 1 ของ IC8:A จะเป็นตัวทริกให้วงจร Repeater หรือ Telephone Interface ทำงานต่อไป

ในกรณีที่มีการป้อน Password ผิดเข้ามายังขาอินพุทของ IC1 จะทำให้เอาทพุทที่ออกจาก IC1 ไม่ตรงตามตำแหน่งของขาอินพุท IC2 ที่ได้ทำการตั้งค่า Select ไว้แล้ว ทำให้เอาทพุทขา 10 ของ IC2 มีสถานะเป็น logic “0” ทำให้ขา 2 ของ IC7:A ( AND GATE ) มีสถานะ logic “1” ซึ่งขา 1 และขา 13 ของ IC7:A มีสถานะ logic “1” รออยู่แล้ว ทำให้เอาทพุทที่ขา 12 ของ IC7:A มีสถานะเป็น logic “1” ซึ่งจะส่งไป Reset IC6:A ที่ขา 2 ทำให้เกิดการนับใหม่ หมายความว่า IC3,IC4 จะถูกบังคับให้ไปเลือกเอาค่าของ Dip Switch หลักที่หนึ่งใหม่อีกครั้งจนกว่าจะได้รับ Password ที่ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้ชุดวงจรตั้งรหัสผ่านถูกป้องกันการขโมยค่า Password เพื่อผ่านเข้ามาใช้ระบบของเครื่อง

ส่วนรูปวงจรที่ 3.5 เป็นวงจรของ Pass Word ตั้งรหัสผ่านเพื่อปิดระบบทั้งหมด ( Password OFF all Circuit ) การทำงานของชุด วงจรตั้งรหัสผ่านในส่วนแรกของการตรวจเช็ครหัสนั้น จะมีการทำงานของวงจรที่เหมือนกับชุดวงจรตั้งรหัสผ่านของสองวงจรแรก แต่จะมีส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาคือชุดวงจรตั้งเวลา( Timer ) กล่าวคือ หลังจากที่มิรับ Password เพื่อปิดระบบทั้งหมดแล้ว วงจรตั้งเวลาจะเริ่มทำงาน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดต่อผ่านเครื่องได้ในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ยาวก่อนที่เครื่องจะปิดการทำงานของระบบต่างๆทั้งหมด







รูปที่ 3.6 : รูปแสดงลายทองแดงของชุดรหัสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

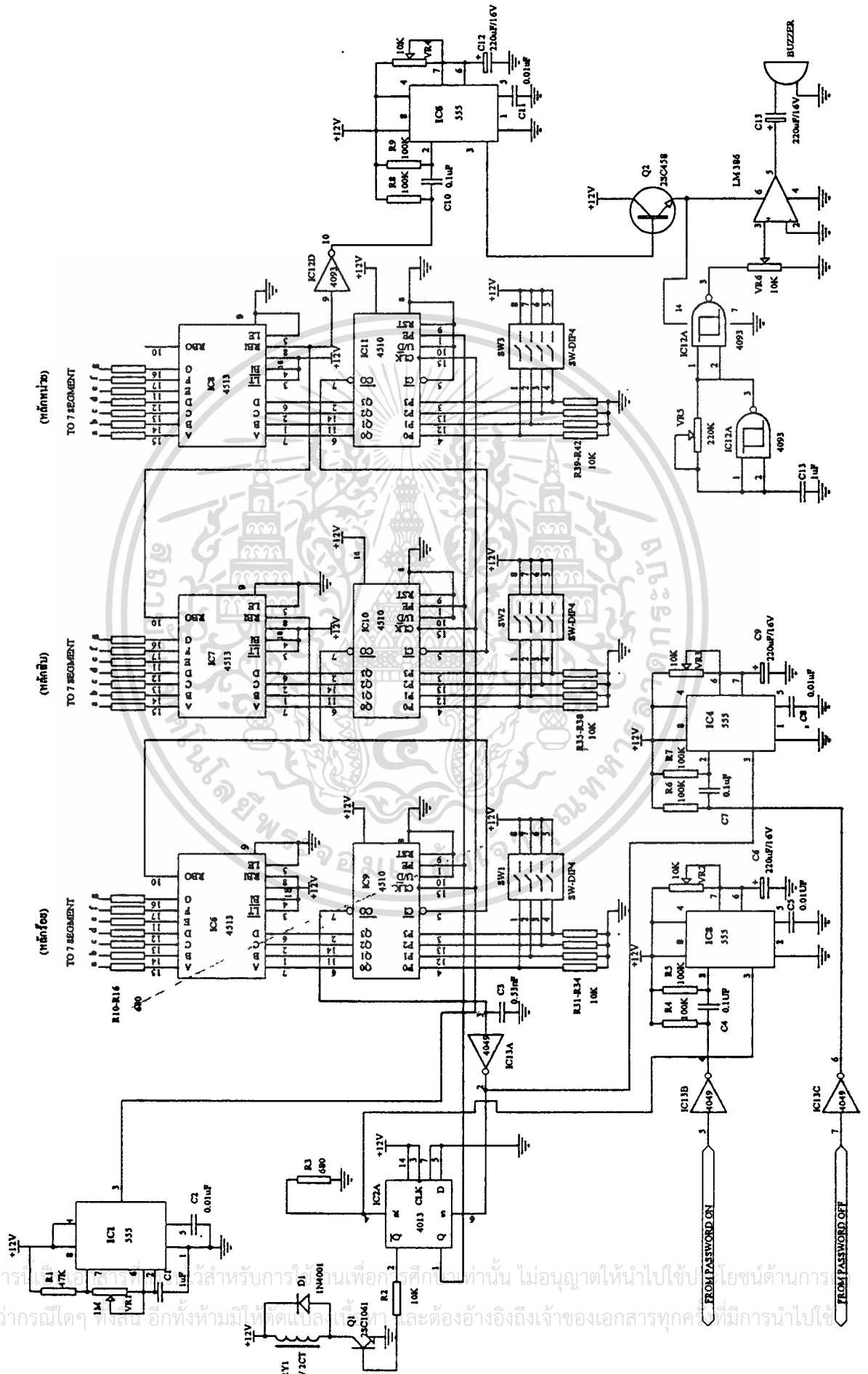
### ◆ วงจรตั้งเวลา (Timer)

ตัวเลขแสดงผลหนึ่งหลัก จะประกอบด้วยไอซีเพียง 2 ตัว คือ ไอซี เบอร์ 4510 กับ 4513 ตัวด้าน ทาน 7 ตัว จาก a-g และตัวเลข 7 ส่วน อีกหนึ่งตัว (seven segment) ชนิดขาคาโทดร่วม ขาเอาท์พุททั้ง 7 ของ 4513 จะให้ลอจิก “1” เพื่อให้เซ็กเมนต์นั้น ๆ สว่าง

วงจนี้เป็นวงจรตั้งเวลาที่มีการแสดงผลโดยใช้ LED 7 ส่วน เพียง 3 หลัก สามารถตั้งเวลาได้ตั้ง แต่ 1-999 วินาที หรือตั้งได้นานตั้งแต่ 1 วินาที จนถึงประมาณ 15 นาที สำหรับการต่อไอซี 4510 ใช้งาน นั้นเราจะต่อขา CI คือ ขา 5 และ ขา CO คือ ขา 7 อนุกรมกันไปเรื่อย ๆ ขา CI หลักหน่วยต่อกับกราวนด์ ดังนั้นขา CO ของหลักหน่วย จะเป็นพัลส์ “0” ทุก ๆ 10 ลูกของ สัญญาณนาฬิกาเมื่อ ให้นับถอยหลัง โดยเริ่มนับจาก 9, 8, 7,...1 พอวงจรมับ นับถึง 1→0 ขา CO ของหลักหน่วยจะเป็น “0” ทำให้สัญญาณ นาฬิกามีผลต่อวงจรมับของหลักสิบด้วย คือทำการนับถอยหลังหนึ่งครั้งหรือพูดง่าย ๆ ว่า ทุก ๆ 10 ลูก ของสัญญาณนาฬิกาจะทำให้หลักสิบนับลงหนึ่งครั้ง และถ้าต่อกันเป็น 3 หลัก ก็จะได้ทุก ๆ 100 ลูก สัญญาณนาฬิกาจะทำให้หลักร้อยนับถอยหลังหนึ่งครั้ง

สำหรับการต่อไอซี 4513 ซึ่งเป็นไอซี ทำหน้าที่ถอดรหัส BCD ให้เป็นตัวเลข 7 ส่วน เราจะต่อขา RBO คือขา 10 และ ขา RBI คือ ขา 8 อนุกรมกันไปเรื่อย ๆ เหมือนกัน โดยที่ขา RBI หลักสูงสุดคือหลัก ร้อยจะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ VCC เพื่อดับเลข 0 หลักข้างหน้าไม่ให้ติดทำให้เกิดการแสดงผลที่สวงาม ตัวด้านทานทั้ง 7 ส่วน ที่ต่ออยู่แต่ละขาของไอซี 4513 ทำหน้าที่จำกัดกระแสของแต่ละเซกเมนต์ ต้อง เลือกให้เหมาะสมเพื่อให้ LED ติดสว่าง

ไอซี 1 เป็นไอซี เบอร์ 555 มีการต่อวงจรเป็นแบบ วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ (Astable Multivibrator) ผลิตสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ประมาณ 1 เฮิร์ต ออกมาเพื่อใช้เป็นฐานเวลาให้กับวงจรมับ ถอยหลัง ในขณะที่ไอซี 2,3 และ 4 จะถูกต่อใช้งานเป็นวงจร โมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ (Monostable Multivibrator) เพื่อเป็นตัวกำหนดให้วงจรมับเริ่มนับถอยหลังหรือหยุดทำงานโดยรับอินพุทมาจาก Password on และ Password off ผ่านอินเวอร์เตอร์ ไอซี เบอร์ 4049 และเพื่อต้องการบอกให้ผู้ใช้ทราบเวลาที่เหลือ อีก 10 วินาที ก่อนที่วงจรตั้งเวลาจะหยุดทำงานระหว่างขา RBO (ขา 10) และ RBI (ขา 8) ของไอซี 4513 ระหว่างหลักสิบกับหลักหน่วยจะถูกต่อผ่านอินเวอร์เตอร์ไปยังอินพุทขา 2 ของไอซี 555 บังคับให้ไอซี 4093 ซึ่งต่อกันแบบ อัสเตเบิลผลิตความถี่ออกมา ผ่านไอซีขยายเสียง LM 386 ส่งออกลำโพง ไอซี 4013 เป็นดี ฟลิป-ฟลอป เป็นตัวกำหนดให้วงจรมับถอยหลัง เริ่มทำงานและหยุดทำงานโดยรับอินพุทมาจากไอซี 2 และ ไอซี 3 อีกต่อหนึ่ง



รูปที่ 3.7 : รูปแสดงวงจรตั้งเวลา

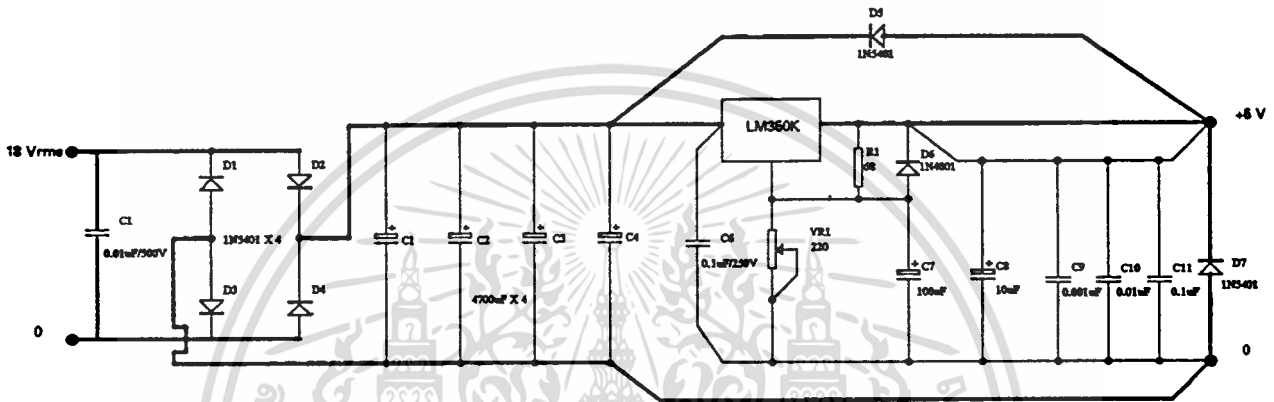
เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาติให้นำไปใช้เพื่อประโยชน์ทางการค้าโดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยฯ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ◆ แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ และ 12 โวลต์

วงจรเครื่องจ่ายไฟชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุด 5 V<sub>DC</sub> จะจ่ายให้กับวงจรไอซีดิจิทัล พวก TTL 74 ส่วนอีกชุดเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง 12 V<sub>DC</sub> จ่ายให้กับวิทยุรับ-ส่ง ทั้ง 2 เครื่อง สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานของแหล่งจ่ายทั้ง 2 ชุด สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

แหล่งจ่ายไฟตรงแรงดัน 5 V<sub>DC</sub> จะใช้ไอซี 3 ขาเบอร์ LM-350K เป็นไอซีเรกกูเลเตอร์แบบรูปร่าง TO-3 คุณสมบัติคล้าย LM-317 โดยที่มันสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 5 แอมแปร์ โดยไม่ต้องมีทรานซิสเตอร์มาช่วยขยายกระแส



รูปที่ 3.8 : แสดงรูปวงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 Vdc

ไฟฟ้า 220 V<sub>AC</sub> เข้ามาผ่านสวิตช์ S1 แล้วมี C1 ทำหน้าที่ตัดสัญญาณรบกวนความถี่ที่อาจป้อนมาตามสายไฟ 220 V<sub>AC</sub> นี้ให้ลดน้อยลงหรือหมดไป F1 เป็นฟิวส์ขนาด 2 แอมแปร์ ส่วน L1 เป็นหลอดหน้าปัทม์เป็นตัวแสดงผลเมื่อทำการเปิดเครื่อง หม้อแปลง T1 ทำหน้าที่แปลงไฟบ้านจาก 220 Vrms ลงมาเป็น 18 Vrms ซึ่งหม้อแปลงตัวนี้เป็นหม้อแปลงแบบทอรอยด์ คุณสมบัติพิเศษของหม้อแปลงนี้คือ แผ่นลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกน้อยกว่าแบบธรรมดา 7 เท่า น้ำหนักเพียงครึ่งหนึ่งของแบบธรรมดา

ไฟ 18 Vrms ที่ได้จะแยกออกเป็น 2 ชุด โดยชุดหนึ่งจะส่งไปยังแหล่งจ่าย 5 V และอีกชุดที่เหลือส่งไปยังแหล่งจ่าย 12 V ในชุด 5 V ไฟ 18 Vrms จะผ่านไดโอดเบอร์ 1N5401 นำมาต่อกันแบบบริด ไฟที่ได้จะผ่านไปยัง C2-C5 ทำให้ได้ไฟกระแสตรงที่เรียบมากขึ้น โดยให้ค่าความจุของคาปาซิเตอร์มีค่ามาก ๆ ไฟดิซีที่ได้มาแล้วจะผ่านเข้าไปยังไอซีเรกกูเลเตอร์ R1 เป็นตัวกำหนดกระแสที่สร้างแรงดันอ้างอิงภายในตัวไอซี ความต้านทานต่าง ๆ ที่ต่ออยู่กับขา ADJ ของตัวไอซี เป็นตัวกำหนดแรงดันที่เอาท์พุท สามารถเลือกปรับค่าได้ตั้งแต่ 1.25-6 V โดยปรับค่าที่ตัว VR1 ส่วน คาปาซิเตอร์ค่าต่าง ๆ ที่ต่อคร่อมอยู่ทางด้านเอาท์พุท เป็นตัวกรองสัญญาณรบกวนต่าง ๆ อันอาจจะมาจากความถี่วิทยุของเครื่องส่ง D6 เป็นตัวช่วยคายประจุให้ C7 ส่วน D5 นั้นใส่ไว้เพื่อป้องกันการคายประจุจากเครื่องใช้ที่ต่อไว้ทางเอาท์พุท ซึ่งเป็นสาเหตุอาจจะทำให้ตัวไอซีเกิดการเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟ 18 Vrms อีกชุดหนึ่ง จะต่อไปยัง D1 ซึ่งเป็นบริดจ์เรกติฟายเออร์ไดโอด ขนาด 25A 100 V ทำหน้าที่แปลงไฟสลับจากหม้อแปลงให้เป็นไฟตรงที่ยังไม่เรียบ และมี C3-C5 เป็นคาปาซิเตอร์กรองแรงดันให้เรียบขึ้น แรงดันที่ได้จะถูกส่งผ่านไปให้ภาคเรกูเลเตอร์ C2 ทำหน้าที่ลดแรงดันกระชากที่อาจปนเข้ามาให้กับไฟบ้านไม่ให้ทำอันตรายกับบริดจ์ D1

ภาคเรกูเลเตอร์ IC1 รับแรงดันไฟตรงมาจาก C3-C5ผ่านทางตัวต้านทาน R4 เนื่องจาก IC1 ให้แรงดันตกคร่อมที่ขา OUT และ ขา ADJ คงที่ ที่ประมาณ 1.25 V ดังนั้น R17 ที่ใส่ไว้จะมีค่ากระแสประมาณ 22 mA ไหลผ่านไปยังความต้านทานที่ต่ออยู่กับขา ADJ ของตัวไอซี เพื่อกำหนดแรงดันทางด้านเอาท์พุทให้มีค่าคงที่ 12 V โดยการปรับค่า VR1 แรงดันเอาท์พุทจะมีค่าเท่ากับแรงดันที่ IC1 สร้างขึ้นมาคร่อมขา OUT และขา ADJ ซึ่งมีค่าประมาณ 1.25 V รวมกับแรงดันตกคร่อมความต้านทานที่ต่ออยู่กับขา ADJ

Q3 จนถึง Q6 เป็นเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ซึ่งทำหน้าที่ช่วยแบ่งเบาภาระการจ่ายกระแสจาก IC1 โดยเมื่อกระแสผ่าน IC1 เกินกว่าประมาณ 40 mA จะทำให้แรงดันตกคร่อม R4 มากพอที่จะไบแอสให้ Q3 ถึง Q6 ทำงานเป็นตัวจ่ายกระแสอีกทางหนึ่ง R12-R15 มีหน้าที่จ่ายให้กระแสที่ไหลผ่าน Q3 ถึง Q6 ใกล้เคียงกันมากขึ้นโดยไม่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ตามค่าอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ IC1 จะจ่ายกระแสประมาณ 340 mA ในภาวะที่โหลดดึงกระแส 8A กระแสส่วนที่เหลือจะถูกจ่ายโดย Q3 ถึง Q6

ส่วน Q2 และ R6 ถึง R10 จะเป็นภาคจำกัดกระแส โดยที่ R6-R10 จะเป็นตัวส่งเกตระดับกระแสที่ผ่าน Q3 ถึง Q6 เมื่อค่ากระแสนี้ถึงประมาณ 7.2 A จะทำให้เกิดแรงดันคร่อมตัวต้านทานเหล่านี้ประมาณ 0.6 V ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้ Q2 เริ่มต้นนำกระแส เมื่อ Q2 เริ่มนำกระแสแล้วขาคอลเลคเตอร์และอีมีเตอร์ของตัวมันจะทำหน้าที่เสมือนหนึ่งตัวต้านทานแปรค่าได้ที่ต่อขนานกับ R4 เป็นการจำกัดแรงดันที่ขาเบสของ Q3 ถึง Q6 ไม่ให้สูงขึ้นไปกว่านี้มากนัก ซึ่งก็คือการจำกัดกระแสผ่าน Q3 ถึง Q6 และ IC1 จะเป็นตัวที่ต้องทำงานหนักขึ้นแทนเมื่อมีการโอเวอร์โหลดเกิดขึ้นนาน ๆ จนความร้อนที่ IC1 เกิดขึ้นเกินที่กัดวงจรป้องกันภายใน IC1 จะเริ่มต้นทำงานป้องกันเครื่องทั้งหมดเอง

Q1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงระดับกระแสสูงเกินโดยจะส่งเกตขนาดแรงดันคร่อม R6 ถึง R10 เมื่อถึงกระแสประมาณ 7.2 A Q1 จะนำกระแสและจ่ายกระแส มาให้ LED2 โดยผ่านทาง R5 ส่วน R11 ทำหน้าที่จำกัดกระแสเบสของ Q1 ให้อยู่ในช่วงที่ปลอดภัย ดังนั้นเมื่อกระแสสูงเกินกว่า 7.2 A LED2 จะเปล่งแสงเตือนผู้ใช้งานว่าขณะนี้กระแสสูงมาก ยิ่งกระแสมาก LED2 ก็จะมีแสงสว่างมาก

เมื่อแรงดันเอาท์พุทสูงเกินกว่าประมาณ 13 V D5 และ D6 จะยอมให้มีกระแสไหลผ่านตัวมันไปถึง VR2 ได้ แรงดันส่วนเกินนี้จะตกคร่อม VR2 และถูกแบ่งออกไปทางขากลางของ VR2 เพื่อไปป้อนให้แก่ขาเกตของ SCR1 เมื่อขาเกตได้รับแรงดันถึงประมาณ 0.6 V ก็จะทำให้ตัวมันนำกระแสค้างและสั่งงานให้รีเลย์ทำงาน โดยปลดภาคเรกูเลเตอร์ออกจากภาคจ่ายไฟตรงที่ยังไม่เรกูเลตทำให้แรงดันเอาท์พุทตกลงเป็นศูนย์โวลท์อย่างรวดเร็ว ดังนั้น VR2 จึงเป็นตัวปรับว่าจะให้ SCR1 เริ่มต้นทำงานที่แรงดันเท่าไร ซึ่งในกรณีนี้เราจะตั้งไว้ที่ประมาณแรงดัน 13 V สวิตช์ S2 เป็นสวิตช์รีเซ็ตหนึ่งครั้งเพื่อให้ SCR1 หยุดนำกระแสรีเลย์ก็จะกลับคืนสู่สภาวะปกติปล่อยให้หน้าสัมผัสต่อไปเลี้ยงไปจ่ายให้กับภาคเรกูเลเตอร์ LED1 จะสว่างเมื่อ SCR1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นำกระแสเพื่อบอกให้เราทราบว่าแรงดันสูงเกินกว่าพิกัดความต้านทาน R1 และ R2 เป็นตัวจำกัดกระแสให้ไหลผ่าน LED1 และรีเลย์ให้เหมาะสม

เนื่องจากอุปกรณ์ในภาคเรกูเลเตอร์และภาคจำกัดกระแสเป็นวงจรรขยายและมีการป้อนกลับจึงอาจเกิดการออสซิลเลทได้ง่าย ฉะนั้น C9 จึงใส่เข้าไปเพื่อลดปัญหาดังกล่าวนี้ หากไม่ใส่แล้ววงจรรขยายออสซิลเลททันที หรือที่บางค่าของกระแสเอาท์พุทและให้แรงดันสูงกว่า 13 V ออกมา ซึ่งไม่สามารถรีเซ็ตได้ด้วย S2 นอกจากนี้ถ้าโหลดภายนอกมีค่าความจุไฟฟ้าที่น้อยเช่นน้อยกว่าหลายร้อยพิโควงจรรก็อาจออสซิลเลทได้เช่นกัน จึงต้องต่อ C12 เข้ามาเป็นโหลดให้แก่วงจรรเพื่อป้องกันการออสซิลเลทและช่วยลดเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของเครื่องที่ความถี่สูง ๆ

C8 ช่วยลดการออสซิลเลทอันเนื่องมาจากการทำงานของภาคจำกัดกระแสส่วนคาปาซิเตอร์ C1, C2, C6, C11, C16, C17 และ C18 จะทำหน้าที่ลดการรบกวนเนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้วงจรรออสซิลเลทหรือทำให้แรงดันเอาท์พุทตกลง (หรือบางครั้งอาจสูงขึ้น) กว่าที่ควรจะเป็น D4 ช่วยป้องกันไอซีจากการเสียหาย เนื่องจากการคายประจุของ C10 ในขณะที่ขั้วเอาท์พุทถูกลัดวงจร ส่วน C10 ใส่ไว้เพื่อช่วยลดแรงดันกระเพื่อมที่แทรกเข้ามาถึงขา ADJ ให้ออกไปปรากฏทางเอาท์พุทน้อยลงกว่าเดิม D3 ช่วยป้องกันไอซีอันเนื่องจากการคายประจุของ C12 หรือมีแรงดันภายนอกสวนกลับเข้ามาขณะที่ประจุใน C3-C5 ลดลงใกล้ศูนย์โวลท์ ส่วน D2 ช่วยจำกัดแรงดันย้อนกลับของรีเลย์ จากวงจรรวมของภาคจ่ายไฟทั้งหมดหลายเส้นของวงจรรที่เป็น เส้นหนาที่บเป็นส่วนที่กระแสในวงจรรไหลมากดังนั้นเพื่อป้องกันแรงดันที่ตกคร่อมที่เกิดขึ้นภายในสายให้เดินสายระหว่างจุดเชื่อมต่อต่างๆ ให้สั้นที่สุดและใช้สายเชื่อมต่อหรือลวดที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดมากทำให้กระแสไหลได้สะดวก

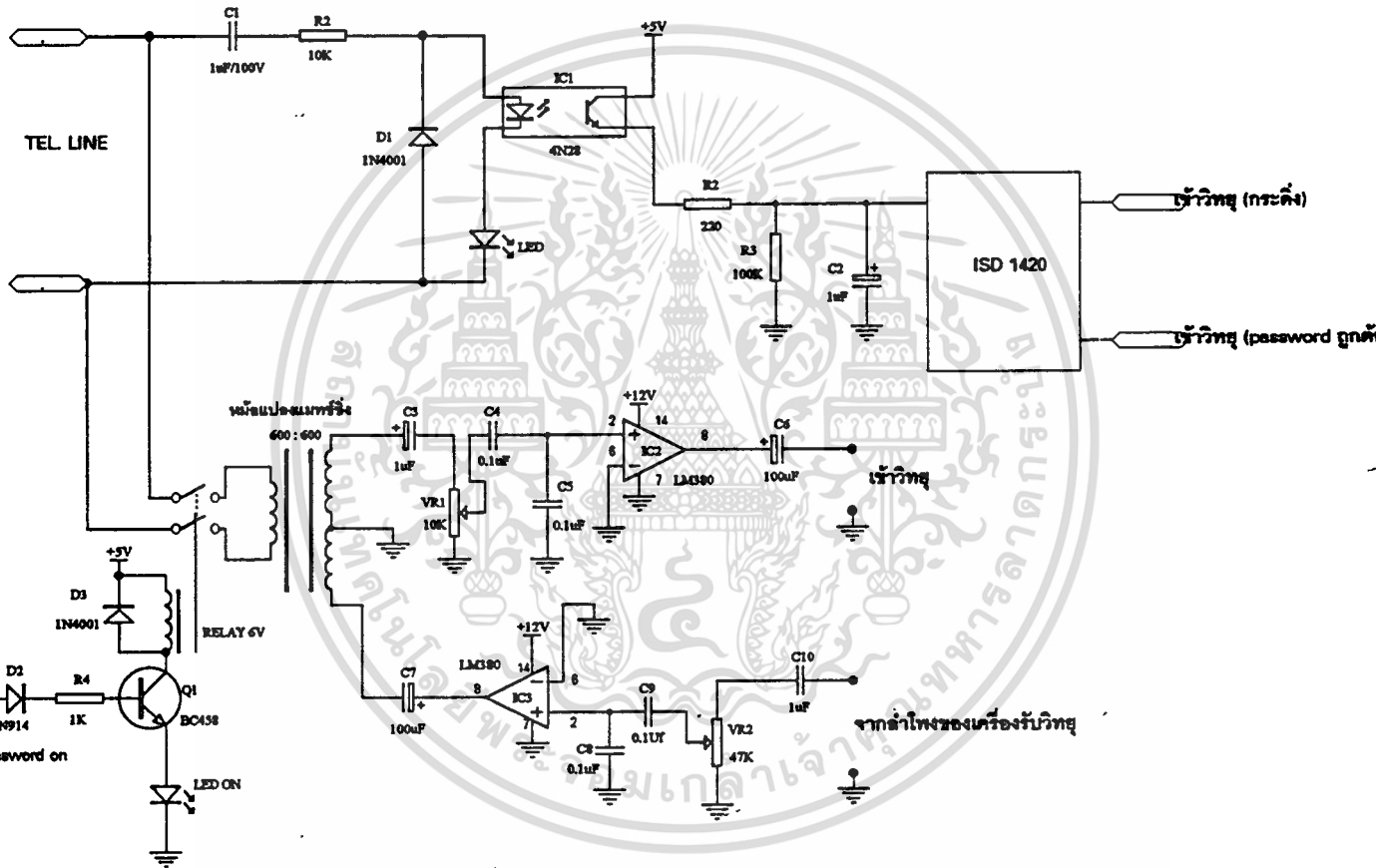
#### ◆ วงจรอินเทอร์เฟส (Interface)

จะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อให้วิทยุรับ-ส่งสามารถพูดคุยสนทนากับโทรศัพท์ได้ สัญญาณกระดิ่งจากคู่สายโทรศัพท์ซึ่งมีแรงดันประมาณ 90 Vrms 25 Hz จะถูกส่งผ่าน C1, R1, IC1 และ LED1 ซึ่งต่ออนุกรมกันอยู่ในช่วงครึ่งบวกของสัญญาณกระดิ่งจะทำให้ IC1 ซึ่งเป็นออปโตคัปเปลอร์ เกิดการนำกระแสทำให้ความต้านทานทางด้านเอาท์พุทของ IC1 มีค่าต่ำ กระแสจากแหล่งจ่ายไฟสามารถไหลผ่าน R2 ไปประจุให้กับ C2 ได้ และในช่วงครึ่งลบของสัญญาณกระดิ่ง IC1 ได้รับแรงดันไบแอสย้อนกลับ ทำให้มันไม่สามารถทำงานได้ ตัวเก็บประจุ C2 ก็จะทำการคายประจุผ่าน R3 ลงกราวด์ ดังนั้นเมื่อสัญญาณกระดิ่งปรากฏขึ้นที่คู่สายโทรศัพท์จะทำให้เกิดพัลส์ที่ทางด้านเอาท์พุทส่งไปทริกส่วนของวงจรรบันทึกเสียงพูด ISD 1420 ให้ทำงานต่อไป

ไดโอด D1 ที่ต่อเข้าไปเป็นตัวช่วยป้องกันแรงดันกระดิ่งที่สูงเกินไม่ให้เป็นทำลายความเสียหายแก่ตัว IC1 ในสภาวะไบแอสกลับส่วน C1 ป้องกันไฟตรงจากคู่สายโทรศัพท์และคัปปลิ่งสัญญาณกระดิ่ง ในส่วนของการส่งเสียงเข้าคู่สายโทรศัพท์และนำเสียงจากโทรศัพท์ออกไปใช้งานจะใช้หม้อแปลงไฮบริด (Transformer Hybrid) เป็นตัวแยกการส่งและรับเสียงโดยด้าน 2 Wire ของหม้อแปลงจะต่อเข้ากับหน้า

LM380 เป็นไอซีขยายเสียงขนาด 2 วัตต์ เอาท์พุทที่ได้จะถูกส่งไปยังเครื่องส่งวิทยุเพื่อนำเสียงพูดส่งออก  
อากาศ ส่วนขดลวด 4 WR จะรับสัญญาณเสียงที่มาจากเครื่องรับวิทยุที่ได้รับการขยายแล้วจากไอซี  
LM380 นำเสียงนี้ส่งไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ปลายทางที่ทำการติดต่อด้วย

รีเลย์ 2 คอนแทค จะบังคับให้หน้าสัมผัสต่อเข้าหรือแยกออกจากคู่สายโทรศัพท์ โดยถูกควบคุม  
จากชุด Password Telephone on อีกต่อหนึ่ง ไดโอด D3 ที่ต่อक्रमขดลวดของรีเลย์ถูกนำมาต่อใช้งานแบบ  
Reverse bias เพื่อทำเป็นวงจร Coil damping จะเป็นตัวป้องกันความเสียหายของตัวอุปกรณ์เนื่องจาก Back  
EMF ซึ่งเกิดจาก Coil switch - off จากการทำงานของรอยต่อขดลวดรีเลย์และทรานซิสเตอร์ Q1



รูปที่ 3.10 แสดงรูปวงจรมินิเตอร์เฟส

◆ เครื่องบันทึกเสียงพูด

เครื่องบันทึกเสียงนี้เลือกใช้ ISD 1420 ซึ่งไอซีเบอร์นี้สามารถบันทึกเสียงได้นานถึง 20 วินาที ภายในของตัวไอซี มีวงจรสำหรับควบคุมการทำงานให้มีความแน่นอนมากขึ้น และมีส่วนควบคุมให้กลับเข้าสู่โหมดสแตนด์บายหรือปิดตัวเองโดยอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน จากแบตเตอรี่ซึ่งใน ISD1420 ไอซีเบอร์ใหม่นี้ ต้องการอุปกรณ์ต่อร่วมภายนอกน้อยมาก IC1 พร้อมทั้งจะรับข้อมูลเพื่อทำการบันทึก โดยเมื่อสวิตช์ S2 ถูกกดให้ต้องจรรยาทำให้ขาที่ควบคุมการบันทึก (REC) มีสถานะเป็น "0" นี่เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ในขณะนี้ก็จะเกิดการบันทึกเสียงเข้าไปใน IC1 โดยมีคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน (MIC1) ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงและ R2, R3 เป็นตัวจับไบแอสให้กับไมค์ สัญญาณจะถูกบังคับป้อนผ่าน C3 มาเข้าที่ขา 18 เพื่อทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นสัญญาณที่ผ่านการขยายโดยวงจรปรับแอมป์จะออกมาทางขา 21 ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกเอาต์พุตและบังคับป้อนผ่าน R7 และ C7 เข้าขา 20 ซึ่งเป็นวงจรขยายสัญญาณภายในไอซีเช่นกัน สัญญาณที่ถูกขยายจะถูกบันทึกลงไว้ในหน่วยความจำภายในไอซีที่ขา 25 (RECLEC) เป็นขาขับชุดแสดงสถานะขณะทำการบันทึกซึ่งแสดงผลโดย LED1 ที่ขา 19 มีตัวต้านทาน R8 และ C8 จัดเป็นวงจรรักษาระดับสัญญาณการบันทึกให้คงที่หรือ AGC (automatic gain control) เพื่อให้สัญญาณของการบันทึกมีความเหมาะสมเมื่อเล่นกลับสัญญาณจะได้ไม่เกิดความผิดเพี้ยน

เมื่อทำการบันทึกไปจนครบเวลาที่กำหนดไว้คือ 20 วินาที วงจรบันทึกจะหยุดทำงานทันทีหากต้องการเล่นกลับก็ต้องควบคุมที่ขา 23 (PLAYL) ด้วยระดับลอจิก "0" โดยการกด S1 กระบวนการเล่นกลับก็จะทำงานขึ้นภายในตัวไอซีและให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาทางขา 14 ถึง ผ่าน C6 ขับออกสู่ลำโพง SPK1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

## การทดลองและผลการทดลอง

โครงการงานชุดเชื่อมต่อดิจิทัลรับส่งเข้ากับระบบโทรศัพท์จะประกอบไปด้วยทั้งหมด 11 วงจร ซึ่งสามารถดูรายละเอียดของบล็อกไดอะแกรมและการทำงานแต่ส่วนของวงจรได้ในบทที่ 3 ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบใช้งานจริงและผลของการทดลองที่ได้จากการวัดสัญญาณตรงตำแหน่งจุดต่างๆในวงจรผลของการทดลองบางจุด อาจวัดออกมาอยู่ในรูปของค่าแรงดันหรือกระแส บางจุดอาจจะเป็นรูปคลื่น ( WAVE FORM )

ส่วนแรกสุดเป็นส่วนของวงจร DTMF DECODER เมื่อเราทำการกดปุ่มหมายเลข บนหน้าปัดโทรศัพท์ เพื่อส่งสัญญาณเข้ามา เอาต์พุตที่วัดออกมา ได้จากไอซี MT 8870 อาจจะใช้มัลติมิเตอร์ หรือใช้โวลติจโพรบ หรือ LED เป็นตัวแสดงผลก็ได้ ถ้าเอาต์พุตขาใดมีสภาวะโลจิก "1" LED ที่ต่ออยู่ข้านั้นก็จะติดสว่างออกมาและเมื่อเอาต์พุตเป็น "0" จะทำให้ LED ตำแหน่งข้านั้นดับลง ที่ขา SiD จะมี LED ติดสว่างทุกครั้งที่มีการกดปุ่มโทรศัพท์ และสภาวะของเอาต์พุตจะติดค้างอยู่อย่างนี้ตลอดไป จนกว่าจะมีการกดหมายเลขใหม่ส่งเข้ามา

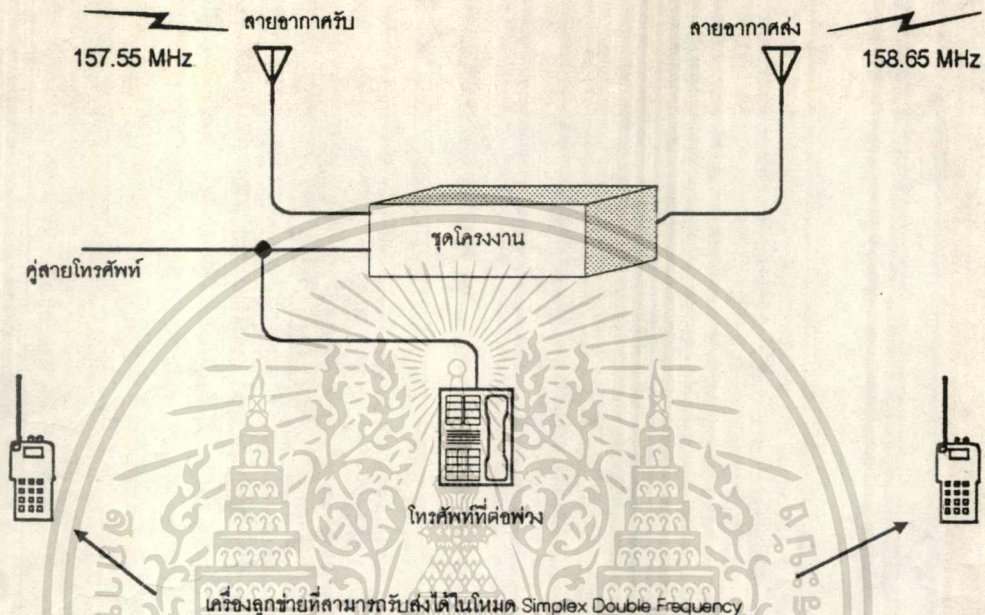
หมายเลขแป้นกด	ความถี่ด้านต่ำ (Hz)	ความถี่ด้านสูง (Hz)	เอาต์พุตไบนารี
1	697	1209	0001
2	697	1336	0010
3	697	1477	0011
4	770	1209	0100
5	770	1336	0101
6	770	1477	0110
7	852	1209	0111
8	852	1336	1000
9	852	1477	1001
0	941	1209	1010
*	941	1336	1011
#	941	1477	1100

ตารางที่ 4.1 : แสดงการเปลี่ยนค่าความถี่ DTMF ไปเป็นเลขฐานสองโดยใช้ LED เป็นตัวแสดงผล

จากตารางข้างบนเป็นการแสดงความถี่และผลของเอาต์พุตที่ใช้ LED เป็นตัวบอกสภาวะในแต่ละค่าประจำหมายเลข โดยมีลำดับนัยความสำคัญจากน้อย (LSB) ไปหามาก (MSB) หรือ Q1 - Q4 จาก ขวาไปซ้าย ที่หลักตำแหน่งใดมีสภาวะโลจิกเป็น "1" LED ที่ต่อก็จะสว่างออกมา และถ้าเป็น "0" LED ที่แสดงผลจะดับ

## การทดสอบใช้งานจริง

โครงการานชุดนี้ใช้วิทยุรับ-ส่งเป็นตัวรับและส่งความถี่ออกไปใช้งาน โดยความถี่ของเครื่องรับถูกตั้งไว้ที่ 157.55 Mhz ในขณะที่ความถี่ของเครื่องส่งเป็น 158.65 Mhz การใช้งานให้นำเอาวิทยุรับ-ส่งมือถือที่สามารถส่งโทน DTMF ออกมาได้และสามารถรับส่งกันได้ในโหมดของ Simplex Double Frequency ตั้งความถี่รับและส่ง การใช้งานให้ถูกต้อง การต่ออุปกรณ์ต่างๆในการทดสอบแสดงดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 4.1 : แสดงการต่ออุปกรณ์ต่างๆในการทดสอบการใช้

### วิธีการทดสอบ

สามารถแบ่งการทดสอบออกเป็นสามส่วนใหญ่ๆได้ดังนี้คือ

◆ การทดสอบการใช้งานในโหมดของโทรศัพท์ (กรณีโทรศัพท์เรียกเข้ามา)

1. โทรศัพท์ปลายทางที่ต้องการติดต่อด้วยเรียกเข้ามา
2. เครื่องเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่ง จะทำการตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง และพร้อมกันนั้นก็ส่งพัลส์ไปกระตุ้นให้วงจรบันทึกเสียงพูดทำงาน ส่งเสียงกระดิ่งที่บันทึกไว้ ออกอากาศไปด้วยเครื่องส่งวิทยุของชุดโครงการานนี้
3. เครื่องลูกข่ายมือถือที่ทำการเปิดเครื่องเอาไว้ จะได้ยินเสียงกระดิ่งดังขึ้น
4. ถ้าเครื่องลูกข่ายเครื่องใด ต้องการที่จะพูดคุยกับโทรศัพท์ก็ต้องกด Password Telephone ให้ถูกต้อง เครื่องวิทยุรับ-ส่งจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับโทรศัพท์ ทำให้ระบบทั้งสองสามารถพูดคุยกันได้
5. เมื่อระบบทั้งสองเชื่อมต่อด้วยกัน แล้ววงจรตั้งเวลาก็จะเริ่มทำงาน โดยตัวเลขแสดงผลเริ่มนับถอยหลัง เมื่อเหลือเวลาอีกประมาณ 10 วินาที จะมีเสียงเตือนดังออกมา เมื่อถึงเวลาที่กำหนดระบบก็จะถูกรีเซ็ต ทำให้โทรศัพท์และวิทยุรับ-ส่งถูกตัดออกจากกัน

6. ระบบการทำงานของเครื่องเข้าสู่สภาวะปกติ เพื่อรอรับหมายเลขอื่นที่จะเรียกเข้ามาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

♦ การทดสอบการใช้งานในโหมดของโทรศัพท์ ( กรณีวิทยุรับ-ส่งเรียกออกไป)

1. วิทยุรับ-ส่งกดหมายเลข Password Telephone ที่ถูกตั้งไว้ให้ถูกต้อง
2. เมื่อกดถูกต้องจะทำให้ชุดโครงงาน ถูกเชื่อมต่อเข้ากับคู่สายของโทรศัพท์ เครื่องวิทยุจะได้ยินเสียงไดอัล
3. เมื่อเครื่องวิทยุได้ยินเสียงไดอัลแล้ว ก็พร้อมที่จะกดหมายเลขโทรศัพท์ปลายทางได้ จากแป้นกดของเครื่องวิทยุ
4. การดำเนินการหลังจากนี้ก็เหมือนกับการติดต่อโทรศัพท์แบบธรรมดาทั่วไป
5. ขั้นตอนหลังจากนี้เป็นไปตามข้อ 5 และ 6 เหมือนกับโหมดโทรศัพท์เรียกเข้ามา

♦ การทดสอบการใช้งานในโหมดของรีพีตเตอร์ ( กรณีเครื่องวิทยุจากเครื่องหนึ่งเรียกไปยังอีกเครื่องหนึ่ง) ขั้นตอนของการปฏิบัติจะเหมือนกับโหมดของโทรศัพท์เรียกเข้ามา เพียงแต่ผู้ใช้เครื่องวิทยุที่ต้องการติดต่อไปยังเครื่องอื่นๆจำเป็นจะต้องกด Password Repeater ให้ถูกต้องเท่านั้น เมื่อกดถูกต้องแล้วจะได้ยินเสียงตอบกลับมา แต่ถ้ากดไม่ถูกต้องเสียงจะเงียบเพื่อเป็นการบอกให้รู้ว่าท่านกด Password ไม่ถูกต้อง

ส่วนของ Password Off จะใช้ในกรณีการพูดคุย สนทนาได้เสร็จสิ้นก่อนเวลาที่ได้กำหนดไว้

ผลการทดลอง

หลังจากทดสอบในโหมดการใช้งานต่างๆแล้ว ปรากฏว่าได้ผลเป็นไปตามที่ต้องการระยะทางและรัศมีในการติดต่อกันจะขึ้นอยู่กับกำลังของเครื่องวิทยุรับ-ส่งผลปรากฏว่าที่กำลังสูงๆนั้นจะให้ระยะทางในการติดต่อไกลกว่ากำลังส่งที่มีค่าต่ำๆ ส่วนในเรื่องของคุณภาพเสียงจะได้ผลการทดสอบออกมาเป็นเช่นเดียวกัน กล่าวคือที่กำลังส่งสูงคุณภาพเสียงที่รับฟังได้จะชัดเจนกว่าเครื่องที่มีกำลังส่งต่ำ

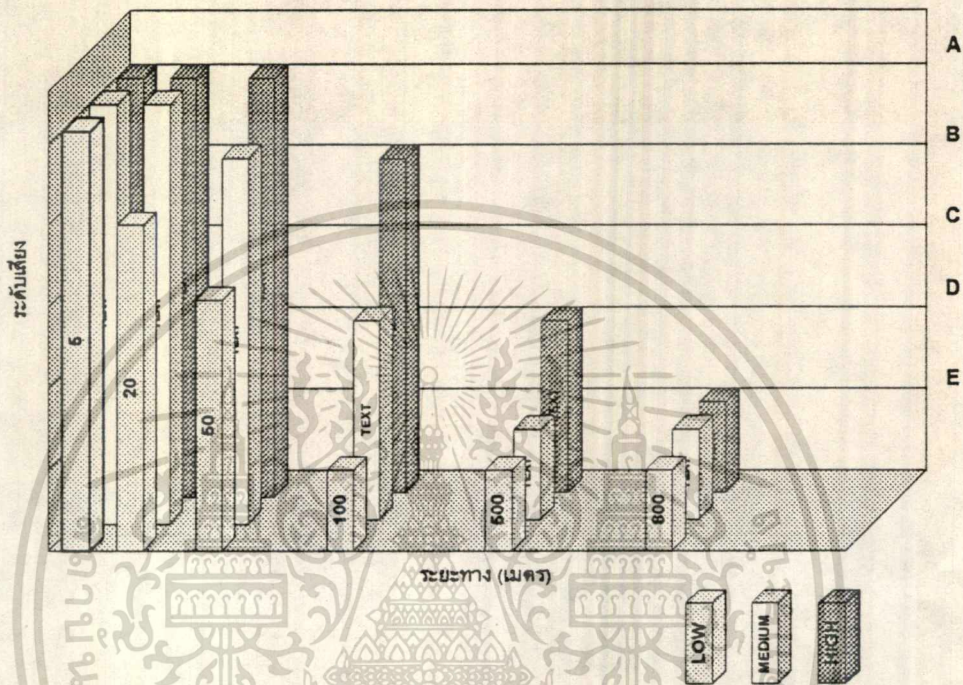
จากผลการทดลองทั้งหมดที่กระทำกันในโหมดต่างๆผลที่ได้จากการทดสอบมีค่าเหมือนกันซึ่งพอที่จะสรุปผลที่ได้ดังแสดงตามตารางด้านล่างนี้ ( เครื่องส่งในชุดของโครงงานทำการส่งที่โหมด High )

กำลังส่งของลูกข่าย	ระยะทาง ( เมตร )					
	5	20	50	100	500	800
LOW ( กำลังส่งประมาณ 1 W)	A	B	D	E	E	E
MEDIUM (ประมาณ 2.5 W)	A	A	B	D	E	E
HIGH ( ประมาณ 5 W )	A	A	A	B	D	E
ความชัดเจนของเสียง						

ตารางที่ 4.2 :แสดงผลการทดสอบการรับฟังของเสียงของวิทยุรับ-ส่งที่กำลังส่งและระยะทางต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หมายเหตุ :
- A = ชัดเจนดีมาก
  - B = ชัดเจน
  - C = รับฟังได้
  - D = พอจับใจความได้
  - E = เสียงซ่าไม่ได้ยินเสียงพูดคุย

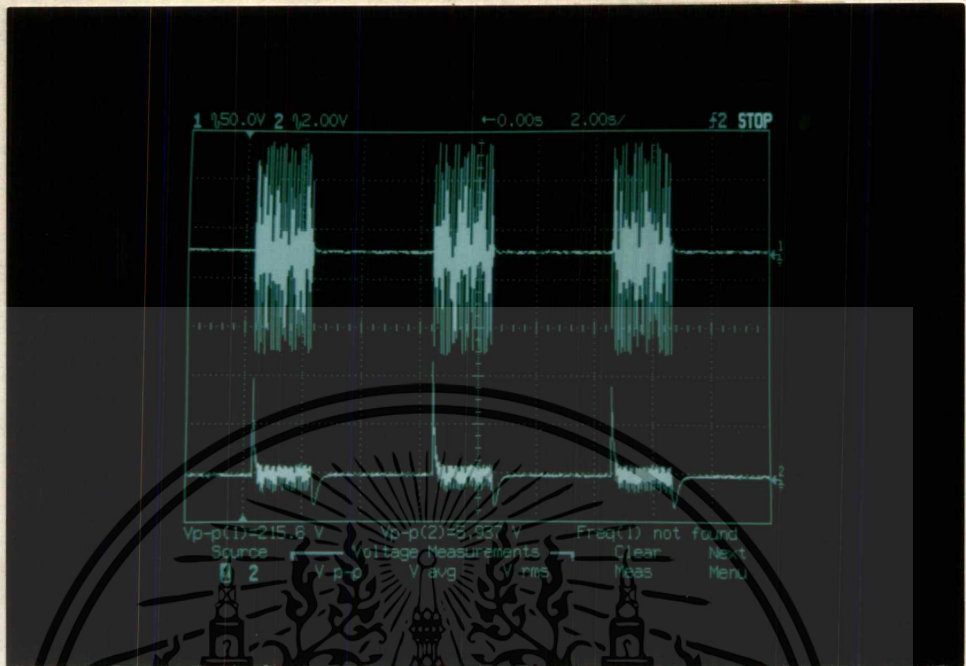


รูปที่ 4.2 : รูปกราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการรับฟังที่ระยะทางต่างๆ

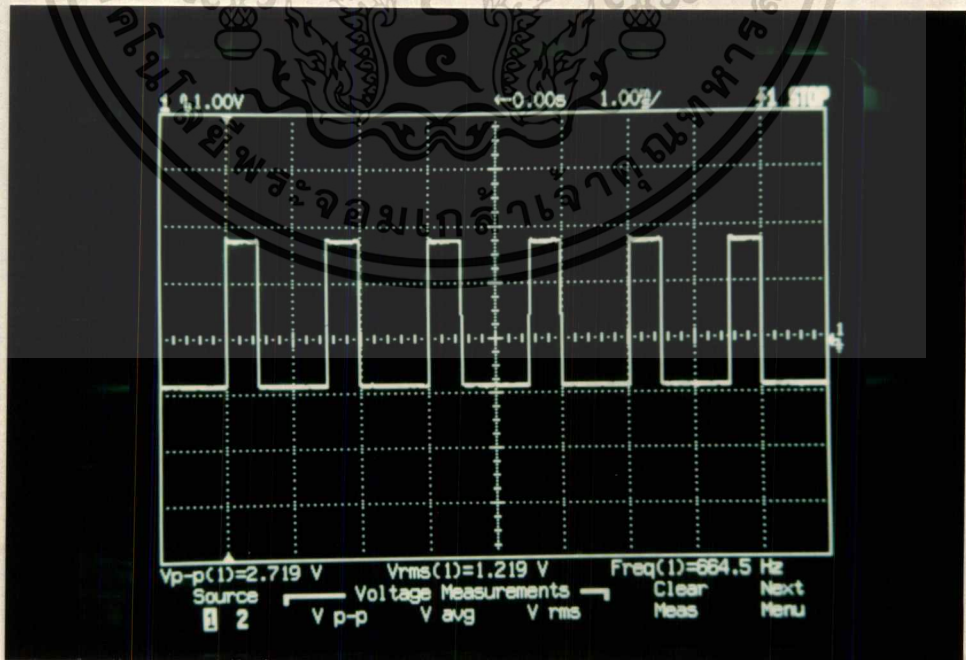
ผลที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ ยังขึ้นกับตัวแปรอื่นประกอบอีกมากมาย ไม่ว่าจะเป็น สภาพของอากาศ สภาพภูมิประเทศ ตลอดจนระบบของสายอากาศและประสิทธิภาพของเครื่องรับส่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ได้จากการวัดสัญญาณ ฯ ของโครงงานชุดนี้ ดังแสดงผลที่ได้ตามรูปข้างล่าง



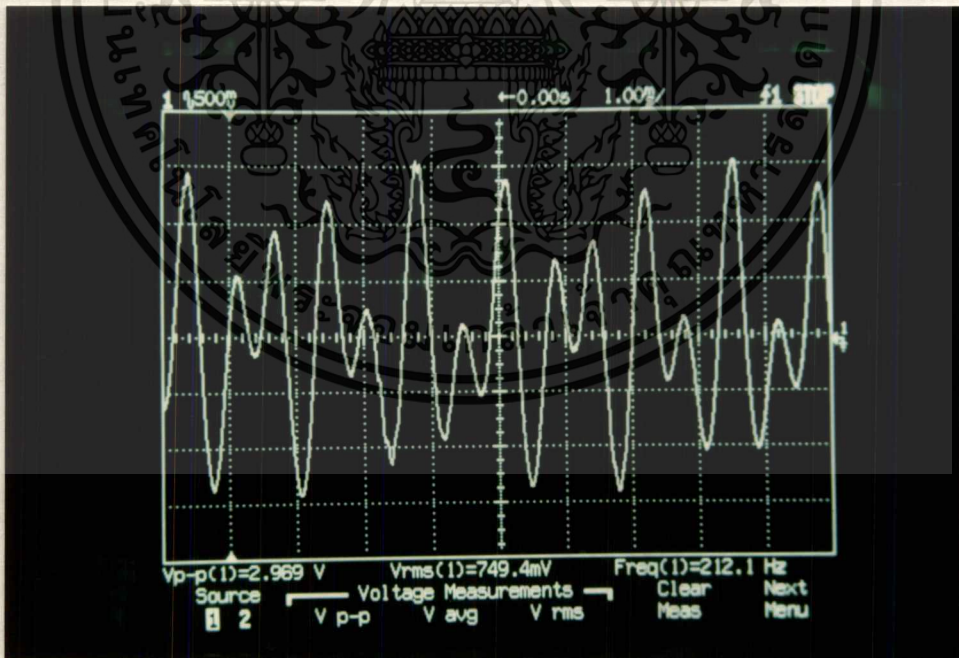
รูปที่ 4.3 : CH 1(รูปบน) แสดงสัญญาณกระตุ้น ที่ตรวจวัดได้ตรงตำแหน่ง อินพุตของวงจรรีเลย์เฟส  
CH 2(รูปล่าง) แสดงรูปสัญญาณกระตุ้น ที่ตรวจวัดตรงตำแหน่ง เอาต์พุตของวงจรรีเลย์เฟส  
ที่ขา 4 ของออปโตคัปเปลอร์



รูปที่ 4.4 : แสดงรูปสัญญาณ ที่ตำแหน่งขา 4 ของ IC 4093 ในวงจร Timer  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



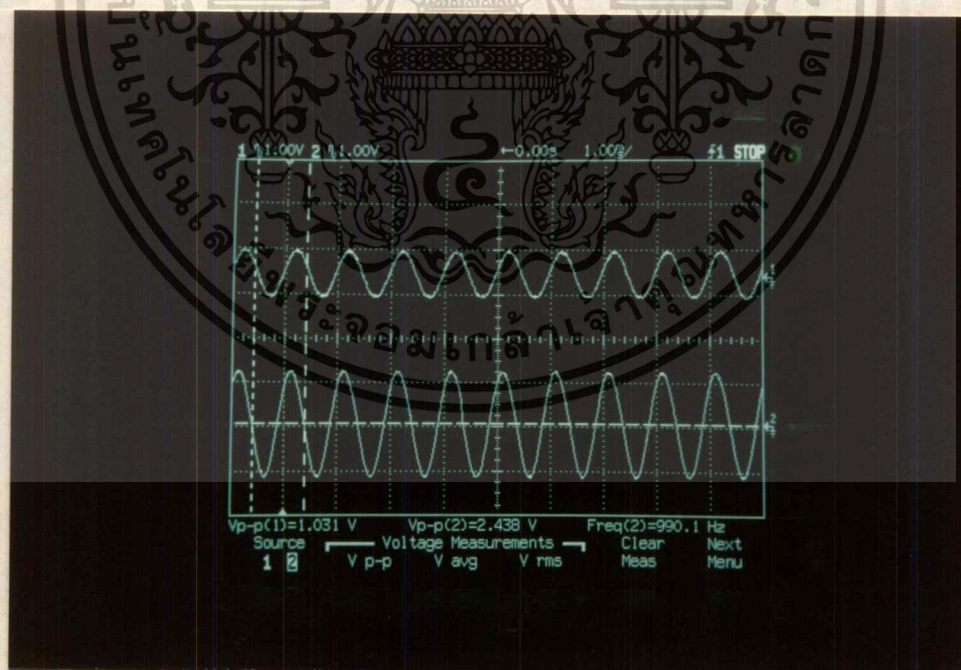
รูปที่ 4.5 : แสดงรูปสัญญาณที่ขา 3 ของ IC 555 อะอสเตเบิล ในวงจร Timer



รูปที่ 4.6 : แสดงรูปสัญญาณของกราดหมายเลข 9 จากแป้นกดวิทยุโดยตรวจวัดที่ เอาต์พุตของหม้อแปลง-  
แมทซ์ซึ่ง ทางด้านที่ต่อกับคู่สายโทรศัพท์  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



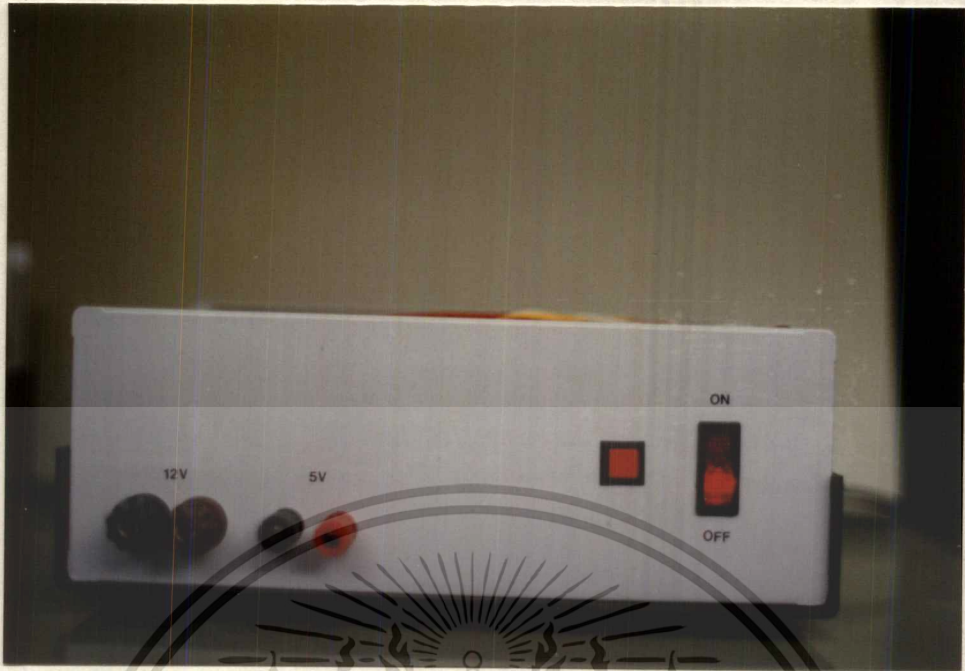
รูปที่ 4.7 : CH 1 (รูปบน) แสดงรูปคลื่นไซน์ ที่ส่งมาจากเครื่องวิทยุมือถือ  
CH 2 (รูปล่าง) แสดงรูปคลื่นที่วัดได้ ที่ลำโพงเครื่องรับของชุดโครงการ



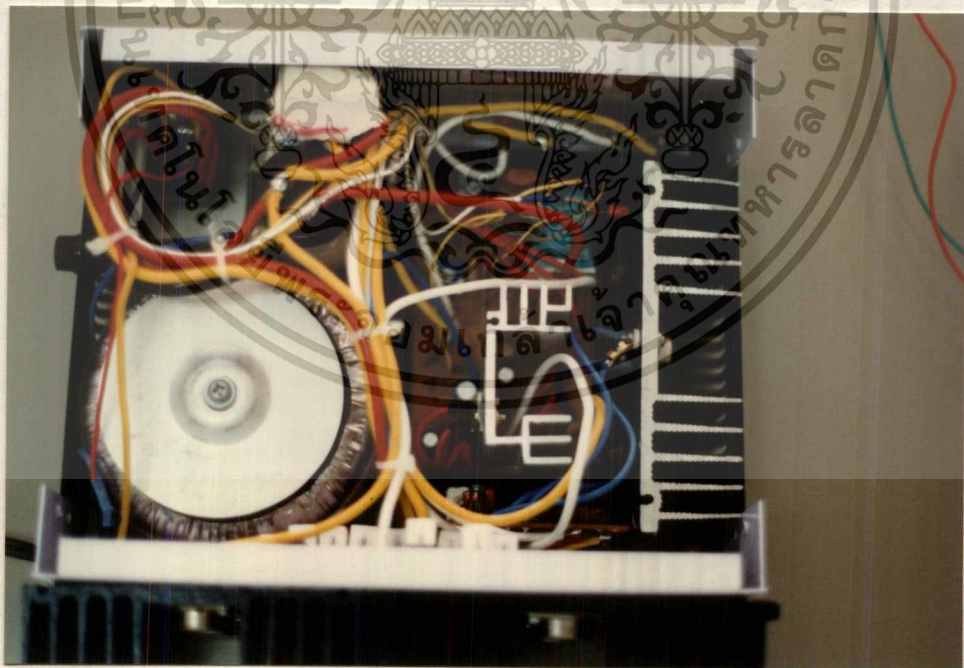
รูปที่ 4.8 : CH 1 (รูปบน) แสดงรูปคลื่นไซน์ ที่ป้อนมาจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ ตรงตำแหน่งอินพุตของ  
MIC ของวงจรมันทิกเสียง ISD 1420

CH 2 (รูปล่าง) แสดงรูปคลื่นเอาต์พุตของวงจรมันทิกเสียง ISD 1420 ตรงตำแหน่ง SPK 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

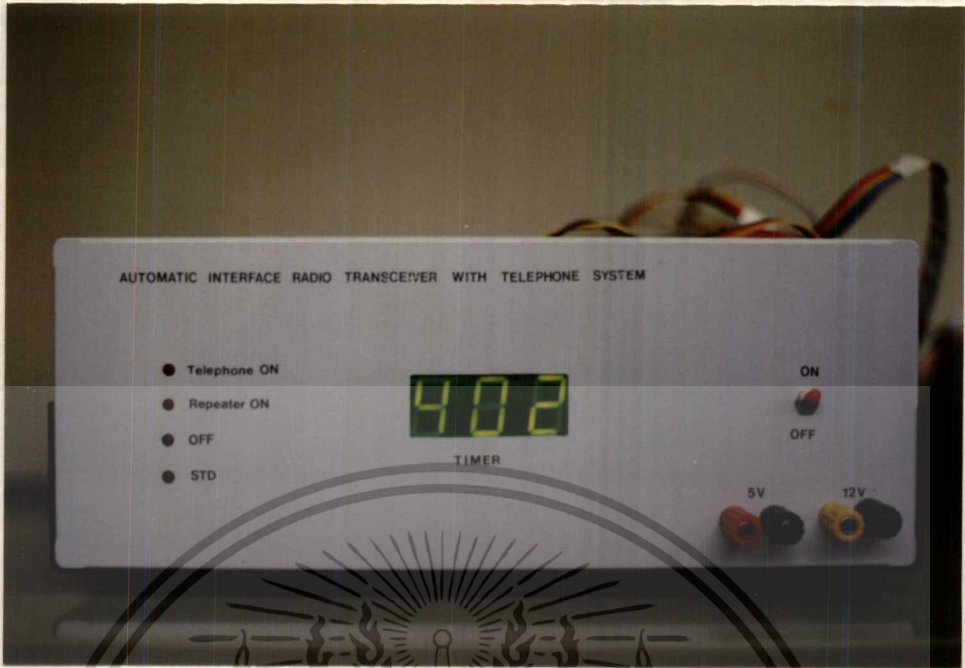


รูปที่ 4.9 : แสดงรูปหน้าปัดมี ตัวล่งของภาคจ่ายไฟ 12 โวลต์และ 5 โวลต์ ที่สร้างขึ้นมา

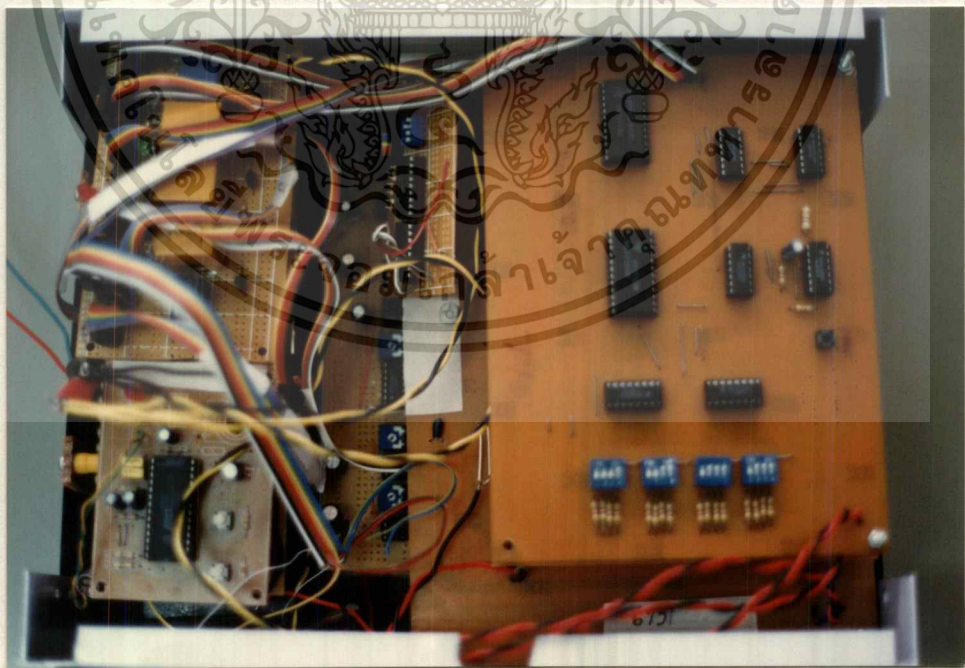


รูปที่ 4.10 : แสดงการติดตั้งและประกอบแผงวงจรต่างๆเข้าภายในกล่องของภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



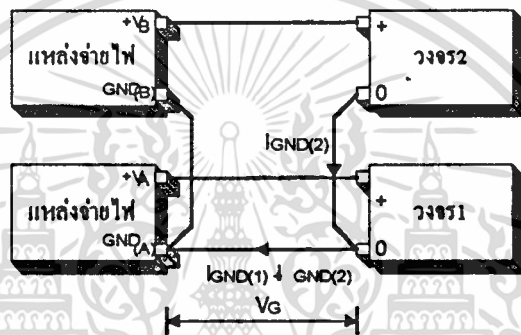
รูปที่ 4.11 : แสดงรูปหน้าปัทม์ ตัวกล่องของโครงการชุดนี้ ที่สร้างเป็นผลสำเร็จขึ้นมา



รูปที่ 4.12 : แสดงการติดตั้งและประกอบแผงวงจรต่างๆเข้าภายในกล่องของชุดเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งกับโทรศัพท์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาของท่านน มิอนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5  
บทวิจารณ์และสรุป

จากผลของการประกอบวงจรทั้งหมดที่ทำมา อาจจะมีบ้าง บางวงจรที่ไม่เป็นไปตามหลักของทฤษฎีทุกประการ จะต้องมีการแก้ไขตัดแปลงวงจรบ้างไม่มากก็น้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งวงจรที่มีการใช้ไอซี ประเภท LS-TTL จะเกิดผล ของการไหลตเนื่องจากการนำเอา วงจรส่วนอื่นๆ มาต่อพ่วง ส่งผลให้ไอซีไม่สามารถแยกสภาวะ โดจิก “1” หรือ “0” ที่ชัดเจน การนำเอาบัพเฟอร์มาต่อกันก็เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมปฏิบัติทำกัน ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบได้บ่อยก็คือ วงจรแต่ละส่วนที่ได้ผ่านการตรวจสอบการทำงานมาอย่างดีแล้วถือว่าใช้งานได้แน่นอน แต่เมื่อนำมาประกอบรวมกัน กลับรวนเรไม่ทำงานไปตามทฤษฎี ทั้งนี้เกิดมาจาก ปัญหาของการใช้กราวด์ร่วม ของยกตัวอย่างง่ายๆเช่น



รูปที่ 5.1: วงจรตัวอย่างการใช้กราวด์ร่วมของวงจรหนึ่งและวงจรสอง

จากรูปข้างต้นจะเห็นได้ว่าวงจร 2 นั้นไม่ได้มีการต่อเส้นกราวด์กลับไปยังแหล่งจ่ายไฟ B โดยตรง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะต้องการความประหยัด แต่เมื่อพิจารณาแล้วไม่น่าจะมีปัญหาอะไร เพราะทุกอย่างเป็นไปตามหลักทฤษฎีทุกประการ แต่ในความเป็นจริงแล้ว สายไฟไม่ว่าสั้นหรือยาวต่างก็มีค่าความต้านทานประจำตัวทั้งนั้น จะมากหรือน้อยต่างกันเท่านั้นเอง กล่าวมาทั้งหมดนี้อาจไม่กระจ่างลงมาคำนวณดูแล้วจะพบว่ามันเกิดปัญหาขึ้นมาได้อย่างไร การต่อวงจรลักษณะดังกล่าวทำให้

$$V_G = R_G \times (I_{GND(1)} + I_{GND(2)})$$

เมื่อ  $V_G$  คือ แรงดันที่ตกคร่อมบริเวณที่เป็นกราวด์ร่วม (โวลต์)

$R_G$  คือ ค่าความต้านทานกราวด์ร่วม (โอห์ม)

$I_{GND(1)}, I_{GND(2)}$  คือ กระแสกราวด์ของวงจร 1 และวงจร 2 ตามลำดับ

สมมติให้วงจร 2 นั้น เป็นวงจรเพาเวอร์เฮาต์พุต ต้องใช้แรงดัน  $+V_B$  สูงถึง 24 โวลต์ ในขณะที่วงจร 1 คือ วงจรควบคุมแบบดิจิตอล ที่ใช้ไอซี TTL ตระกูล LS ซึ่งต้องการแรงดัน  $+V_A$  เพียง 5 โวลต์ ทั้งสองวงจรใช้กระแสต่างกันมาก กำหนดให้

$$I_{GND(1)} = 50 \text{ มิลลิแอมป์ (วงจรควบคุม)}$$

$$I_{GND(2)} = 1.2 \text{ แอมป์ (วงจรเพาเวอร์เฮาต์พุต)}$$

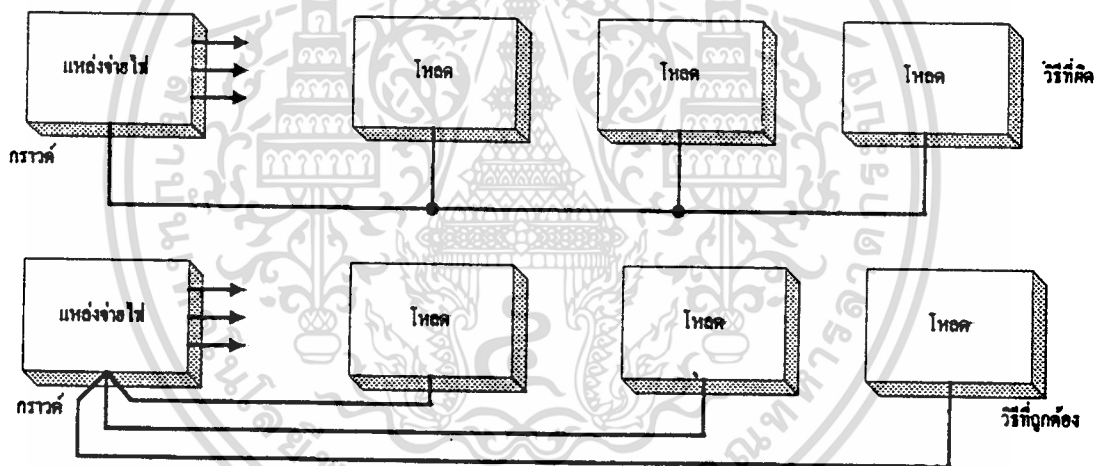
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติว่าสายไฟที่ใช้เดินในบริเวณที่เป็นกราวด์ร่วมนำให้เกิด ความต้านทานสูงถึง 0.2 โอห์ม จะทำให้เกิดแรงดันดันตกคร่อมเป็น

$$V_G = 0.2 \times (1.2+0.05) = 0.25 \text{ โวลต์}$$

แรงดันที่ตกคร่อมกราวด์ร่วมนี้นี้ทำให้แต่ละวงจรไม่ได้รับแรงดันเต็มที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จากแหล่งจ่าย โดยเฉพาะวงจร 1 นั้น จะเห็นได้อย่างง่ายกว่า ตรงที่เป็นวงจรที่ใช้ไอซี LS-TTL ต้องทำงานที่แรงดันปกติ 5 โวลต์ แต่ปรากฏว่าขณะนี้แรงดันไฟเลี้ยงของวงจร 1 ลดลงเหลือเพียง 4.75 โวลต์ ยังพอทำงานได้ แต่ถ้าหากมีการเดินสาย ให้ยาวมากขึ้นกว่านี้อีกวงจร 1 จะไม่สามารถใช้งานได้เลย เพราะสูญเสียแรงดันไปในสายกราวด์หมด ทั้งๆที่วงจร 1 เองก็ไม่ได้ใช้กระแสสูงแต่อย่างใด

วิธีการแก้ไข สำหรับปัญหาอย่างนี้ก็คือ การแยกกราวด์โคจรกราวด์มัน ดังแสดงตามรูปที่ 5.2 กฎนี้ใช้ได้กับทุกๆงานที่ต้องการความแน่นอนและป้องกันปัญหาที่เกิดจากการรบกวนกันของวงจรที่ใช้กระแสในปริมาณที่ต่างกัน กฎนี้ไม่เฉพาะแต่งานเดินสายไฟเท่านั้น รวมไปถึง การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ด้วย ควรคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่งถ้าหากบนแผ่นวงจรพิมพ์นั้นมีโหนดหลายประเภท หรือมีแหล่งจ่ายไฟหลายชุด และถ้าเป็นไปได้ควรใช้สายกราวด์ที่มีขนาดหรือพื้นที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้



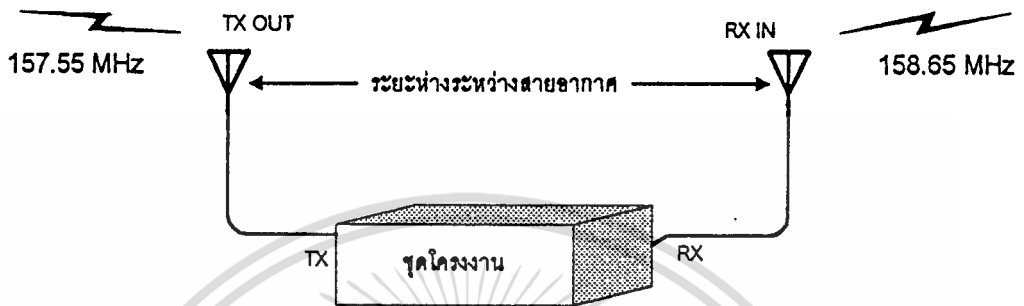
รูปที่ 5.2 : วิธีการแก้ไขปัญหาแรงดันตกคร่อมในสายกราวด์ โดยการใช้ระบบกราวด์แยก

อีกปัญหาหนึ่งที่พบเห็นก็คือ การรบกวนกันระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่ง รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ความถี่ย่านเดียวกัน ปัญหาการเกิดคลื่นแทรก (Intermodulation) ทั้งนี้เกิดมาจากปัญหาของสายอากาศ และกำลังของเครื่องส่งที่มีค่าใกล้เคียงกัน การวางตำแหน่งสายอากาศไม่ถูกต้อง หากเลือกวิธีการแยกสายอากาศที่ใช้ในการรับและส่งออกจากกันละต้นและวางให้ระยะห่างระหว่างสายอากาศทั้งสองในแนวตั้งและแนวนอนที่เหมาะสมแล้วอาจจะช่วยป้องกันการรบกวนกันของความถี่รับและความถี่ส่ง

ตัวอย่างเช่น สถานีทวนสัญญาณย่าน 2 เมตร (ทู-มิเตอร์) ที่ใช้สายอากาศรับและสายอากาศส่งคนละต้น ต้องมีระยะห่างของสายอากาศ ในการคัดแยกความถี่รับส่งทางแนวตั้งประมาณ 10 ฟุต ในขณะที่ทางแนวนอนจะมีค่าประมาณ 30 ฟุต ซึ่งระยะดังกล่าวจะทำให้มีค่าการคัดแยกความถี่รับ-ส่ง ประมาณ 30 dB ทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ต้องกินเนื้อที่บนเสาเสาเวอร์มาก ปกติไม่ค่อยทำกันอยู่แล้ว การใช้สายอากาศเพียง 1 ต้น และสายนำสัญญาณ 1 เส้น จึงเป็นการประหยัด โดยเฉพาะบริเวณที่มีสายอากาศหนาแน่นเป็นพิเศษ การแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ก็คือการนำเอาดูเพล็กซ์เซอร์ (Duplexer) มาใช้งาน

ปัญหาเรื่องของความไวของเครื่องรับถูกลดทอนลงไปเนื่องจากสัญญาณรบกวน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดย การใช้อุปกรณ์กรองความถี่เข้าช่วย



รูปที่ 5.3 : แสดงการติดตั้งของสายอากาศรับและส่งของสถานีทวนสัญญาณแยกออกจากกัน จะต้องมีระยะห่างที่เหมาะสม เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน

ถึงอย่างไรก็ดีสรุปโดยรวมแล้ววงจรทุกวงจรในโครงงานนี้ที่ประกอบขึ้นมา ทำงานได้เป็นไปตามหลักทฤษฎี ทุกอย่างตามที่ออกแบบเอาไว้ และผลที่ได้ต่างๆมีดังนี้

1. ประสบการณ์ในการสร้าง การปรับแต่ง และความรู้ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับโทรศัพท์และวิทยุรับ-ส่ง การแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในขณะสร้างและทำการทดลอง
2. ความสามารถในการกำหนดความถี่ได้อย่างอิสระ โดยการปรับที่ตัวของเครื่องรับและตัวเครื่องส่ง วิทยุโดยไม่จำเป็นต้องแก้ไขส่วนใดๆของวงจร
3. รัศมีที่ทำการติดต่อสามารถส่งได้ในระยะไกล ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับกำลังและ ความไวของเครื่องส่งและเครื่องรับวิทยุด้วย
4. เสียงที่พูดคุยสนทนา ระหว่างโทรศัพท์กับวิทยุรับ-ส่ง มีความชัดเจนดีมาก แม้ว่าขณะที่ทำการพูดคุยกันนั้นจะมีการเคลื่อนที่ของวิทยุรับ-ส่งไปด้วยก็ตาม
5. ผู้ที่มีวิทยุรับ-ส่งที่ใช้งานในย่านความถี่เดียวกัน กับโครงงานชุดนี้สามารถพูดคุยติดต่อสนทนากันได้ สามารถที่จะสื่อสารกันได้หลายคน หลายสถานที่ในเวลาเดียวกัน
6. มีระบบป้องกันการลักลอบการใช้เครื่อง โดยผู้ใช้จำเป็นต้องรู้รหัสผ่าน จึงจะสามารถใช้เครื่องได้ และ การเปลี่ยนแปลงรหัสผ่านในแต่ละครั้ง สามารถทำได้อย่างง่ายดาย โดยการเปลี่ยนที่ Dip SW ของแผงวงจร Password

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แนวทางในการพัฒนา

1. พัฒนาให้สามารถนำเอาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์มาใช้งานร่วมด้วย เพื่อลดขนาดสให้ มีขนาดที่เล็กลงโดยเฉพาะในส่วนของ Password และ Timer
2. เพิ่มฟังก์ชันการทำงานของเครื่องให้มากขึ้นเช่น ทำให้เครื่องสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางแป้นกดของเครื่องรับ-ส่งได้
3. พัฒนาให้มีระบบบันทึกเวลาการใช้งานของเครื่องโดยอัตโนมัติ
4. พัฒนาให้สามารถติดต่อกัน ระหว่างบุคคลเฉพาะกลุ่ม โดยการตั้งความถี่ให้สามารถโปรแกรมได้ และมีช่องเฉพาะกลุ่ม เฉพาะบุคคล
5. พัฒนาให้สามารถใช้งานได้กับ คู่สายที่เป็นแบบหมุนได้ เนื่องจากโครงงานชุดนี้ใช้ได้เฉพาะกับคู่สายที่เป็นแบบ DTMF เท่านั้น
6. พัฒนาความสามารถในการรับและส่งข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยการนำเอาโครงงานชุดนี้ไปต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์ มีการใช้งานในระบบ Packet Radio
7. พัฒนาออกแบบให้สามารถสื่อสารกันได้ทั้งสองทิศทาง (Full Duplex)

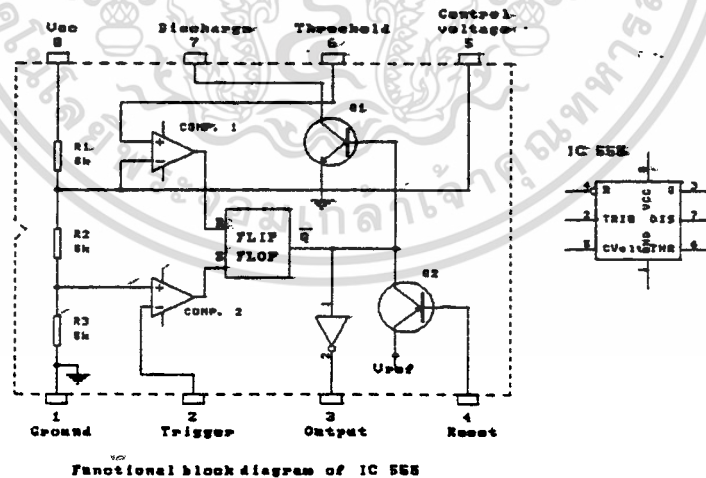
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทแทรก

## ไทม์เมอร์ ไอซี 555 คล็อก ( 555 Precision Timer IC Clock )

ไอซีไทม์เมอร์ 555 เป็นไอซีพิเศษตัวหนึ่ง สามารถใช้เป็นวงจรถัดเวลา (Timer) วงจรถริกเกอร์(Trigger) วงจรดีเลย์ (Delaying) วงจรปรับรูปสัญญาณพัลส์ (Pulse Reshaping) และวงจรถล็ค (Clock) ได้ ฝั่งไดอะแกรมของวงจรถดงดังรูปที่ 6.1 ความต้านทาน 5k โวลต์ไอเอ็มสามตัว จะต้องอยู่ภายในจัดเป็นวงจรถแบ่งแรงดัน (Voltage-Divider) จากค่าแรงดัน  $V_{CC}$  กับกราวด์ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Comparator) สองตัว จะต่ออินพุตข้างหนึ่งเข้ากับวงจรถแบ่งแรงดัน จะไปควบคุมการทำงานของ อาร์-เอส ฟลิปฟลอป เอادتพุต Q ของอาร์-เอส ฟลิปฟลอป จะต่อไปยังวงจรถอินเวอร์เตอร์ ซึ่งควบคุมการนำกระแสของทรานซิสเตอร์ Q2 เรียกว่าซอร์ส (Source) ทรานซิสเตอร์ต่อออกไปยังเอادتพุตขา 3 ของไอซีและแหล่งจ่าย ( $+V_{CC}$ ) เส้นเอادتพุตจากอาร์-เอส ฟลิปฟลอปจะต่อมาควบคุมทรานซิสเตอร์ Q3 ซึ่งเรียกว่า ซิงค์ (Sink) ทรานซิสเตอร์ ซึ่งต่อกับขั้วเอادتพุตกับกราวด์ที่ขา 1 จะมีทรานซิสเตอร์หนึ่งในสองตัวนี้จะนำกระแสในระยะเวลาหนึ่งๆ เรียกว่าเป็นโทเท็ม-โพลเอادتพุต (Totem-pole Output)

เช่นถ้า Q2 นำกระแส (ON), Q3 จะหยุดนำกระแส (OFF) และถ้า Q2 หยุดนำกระแส (OFF) ,Q3 จะนำกระแส (ON) นอกจากนั้นเอادتพุตของอาร์-เอสฟลิปฟลอป ยังควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์ Q1 ซึ่งจะใช้ในการคายประจุของคาปาซิเตอร์ภายนอกที่ใช้สำหรับตั้งลำดับเวลา (Timing Sequence) ที่ขา 7 ของไอซี ขา 6 (Threshold) และขา 2 (Trigger) ใช้ต่ออุปกรณ์ RC ภายนอก สำหรับตั้งเวลา ขา 4 ใช้สำหรับรีเซ็ตฟลิปฟลอปจากภายนอก เมื่อยังไม่ใช้จะต้องต่อให้กับ  $+V_{CC}$  ขา 5 ใช้สำหรับควบคุมแรงดันอ้างอิงของตัวเปรียบเทียบ



รูปที่ 6.1 : แสดงบล็อกไดอะแกรมและการกำหนดตำแหน่งของขาไอซี 555

แรงดันที่ขา 1 ถ้ายังไม่ใช้ขา 5 มักจะต่อคาปาซิเตอร์ค่าประมาณ 0.01 uF ที่ขา 5 กับกราวด์แทน เพื่อให้เป็นทางผ่านของสัญญาณรบกวน (Noise) หรือการเปลี่ยนแปลงของแรงดันจากแหล่งจ่ายกับกราวด์ และจะช่วยลดผลอื่นๆที่จะเกิดขึ้นต่อระดับแรงดันอ้างอิงของตัวเปรียบเทียบแรงดันตัวที่ 1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### หลักการทํางานเบื้องต้นของไอซี 555

1. ระดับแรงดันอ้างอิงของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันตัวที่ 1 ตั้งไว้ที่ค่า  $2/3 V_{cc}$  ถ้าอินพุตอีกขาหนึ่งที่ขา 6 (Threshold) มีระดับแรงดันต่ำกว่าระดับแรงดันอ้างอิงจะทำให้เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันตัวที่ 1 เป็นลอจิก "0" อาร์-เอส ฟลิปฟลอปจะไม่ถูกรีเซ็ต สมมติว่าในขณะนี้ฟลิปฟลอปทํางานที่เอาต์พุต Q เป็น "1" และเอาต์พุต เป็น "0" ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q3 อยู่ในสภาวะ OFF แต่ที่ขาเบสของ Q2 จะได้รับอินพุต "1" จากอินเวอร์เตอร์ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 นำกระแส (ON) และมีสภาพเสมือนต่อขาเอาต์พุตของไอซี (ขา 3) เข้ากับ  $+V_{cc}$  หรือมีสภาวะลอจิก "High"
2. เมื่อแรงดันที่ขา 6 ถึงระดับ  $2/3 V_{cc}$  จะทำให้เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันตัวที่ 1 เป็นลอจิก "1" ซึ่งจะปรีเซ็ต อาร์-เอส ฟลิปฟลอปทำให้เอาต์พุต เป็นลอจิก "1" ในช่วงเวลานี้ Q1 และ Q2 จะ OFF ที่เอาต์พุตของไอซี (ขา 3) ในขณะนี้จึงเสมือนหนึ่งต่อผ่าน Q3 ลงกราวด์ หรือมีสภาวะลอจิก "LOW"
3. ระดับแรงดันอ้างอิงของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดัน ตัวที่ 2 ตั้งไว้ที่  $1/3 V_{cc}$  ถ้าอินพุตที่ขา 2 มีระดับแรงดันสูงกว่าระดับแรงดันอ้างอิง เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันตัวที่ 2 เป็นลอจิก "0" ซึ่งจะให้อาร์-เอส ฟลิปฟลอปไม่ถูกรีเซ็ต (Set)
4. เมื่อระดับแรงดันที่ขา 2 ต่ำกว่า  $1/3 V_{cc}$  จะทำให้เอาต์พุต ของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันตัวที่ 2 เป็นลอจิก "1" ซึ่งจะให้อาร์-เอส ฟลิปฟลอปถูกรีเซ็ต (Set) เอาต์พุต จะเป็นลอจิก "0" ขณะนี้ Q1 และ Q3 จะ OFF และ Q2 จะ ON ขาเอาต์พุตของไอซี (ขา 3) จึงมีสภาพเสมือนหนึ่งต่ออยู่กับ  $+V_{cc}$  หรือเป็นลอจิก "High" ใหม่อีกครั้งหนึ่งในช่วงเวลานี้ Q1 จะมีสภาพ OFF ทำให้คาปาซิเตอร์ภายนอกสามารถประจุ (Charge) ผ่าน  $+V_{cc}$  และเริ่มต้นทํางานใหม่ซ้ำอีกได้

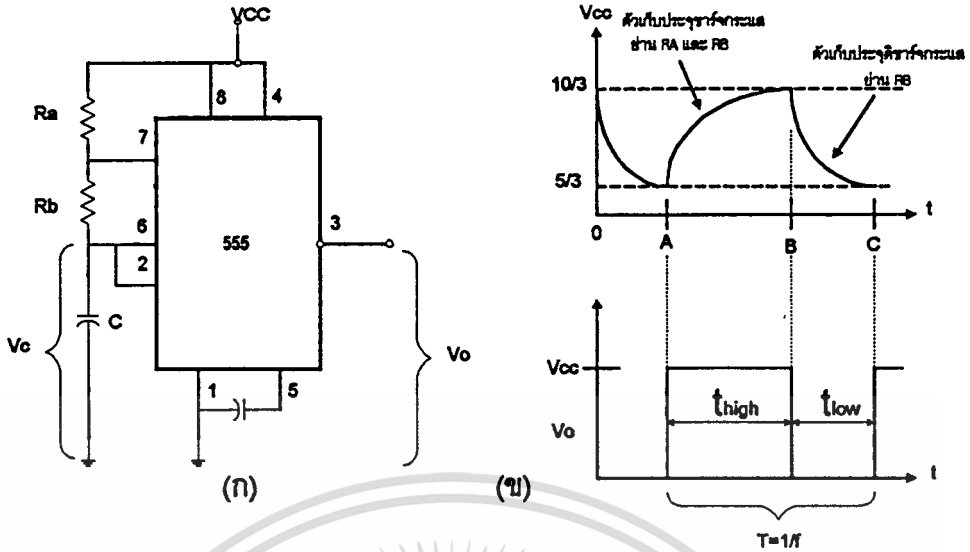
### การทํางานแบบอะอสซิลเลต

ไอซี 555 สามารถนำมาต่อเป็นวงจรอะอสซิลเลตเตอร์ได้ดังรูปที่ 6.2(ก) ซึ่งจะทําหน้าที่สร้างสัญญาณตลอดเวลา และจะได้ลูกคลื่นสัญญาณดังรูปที่ 6.2 (ข) ที่เวลา A ทั้งขา 2 และขา 6 จะมีค่าต่ำกว่าค่า  $V_{cc}/3$  ซึ่งจะทําให้แรงดันเอาต์พุตที่ขา 3 มีค่าสูงในขณะนั้นเองที่ขา 7 จะเสมือนกับถูกเปิดวงจรออก ดังนั้นตัวเก็บประจุ C จะเก็บประจุโดยผ่าน  $R_A + R_B$

ในช่วงเวลา A ถึง B ไอซี 555 จะทําหน้าที่เป็นวงจรจําสถานะเดิมและเมื่อ  $V_C$  มีค่าสูงถึง  $2V_{cc}/3$  ที่เวลาเท่ากับจุด B ไอซี 555 ก็จะเข้าสู่สถานะใหม่ซึ่งจะให้ค่าแรงดันเอาต์พุตค่า ขา 7 ของไอซีก็จะทําหน้าที่คล้ายประจุที่อยู่ภายในตัวเก็บประจุ C ออก ผ่านตัวต้านทาน  $R_B$  และเมื่อแรงดัน  $V_C$  มีค่าต่ำจนถึงแรงดันอ้างอิง ตัวเก็บประจุ C ก็จะเริ่มเก็บประจุอีกครั้ง โดยขา 7 ของไอซีเสมือนเปิดวงจรอีกครั้ง การทํางานของวงจรก็จะวนเวียนเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ไม่สิ้นสุด

ความถี่ในการออสซิลเลต

สัญญาณเอาต์พุตจะยังคงเป็นค่าสูง ระหว่างที่ตัวเก็บประจุ C ยังคงชาร์จจาก  $V_{cc}/3$  ถึง  $2/3V_{cc}$  ดังที่แสดงในรูปที่ 6.2 (ข) เราสามารถคํานวณหาช่วงเวลาดังกล่าวได้ดังนี้



รูปที่ 6.2 : แสดง (ก) การทำงานของวงจรอะอสเตเบิล (ข) รูปคลื่นจากวงจร

$$t_{high} = 0.695(R_A + R_B)C \dots(1)$$

และเอาต์พุตจะมีค่าต่ำระหว่างช่วงเวลาที่ได้รับประจุ C คลายประจุจาก  $2/3 V_{cc}$  ถึง  $1/3 V_{cc}$  ดังสมการ

$$t_{low} = 0.695 R_B C \dots(2)$$

ดังนั้นช่วงเวลารวมทั้งหมดหรือคาบเวลา T จะเท่ากับ

$$T = t_{high} + t_{low} = 0.695 (R_A + 2R_B) C \dots(3)$$

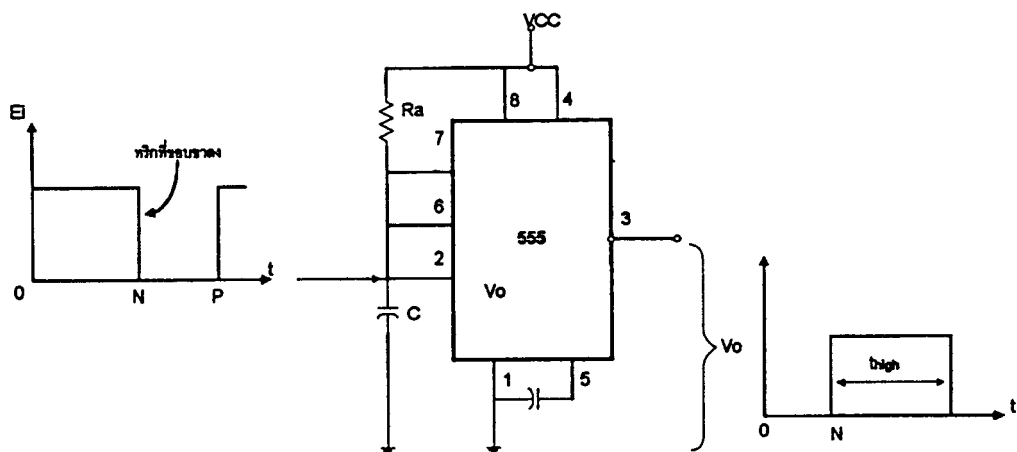
ซึ่งเมื่อกลับเศษกลับส่วนของคาบเวลาแล้วจะได้ความถี่คือ

$$f = 1/T = 1.44 / (R_A + 2 R_B) C \dots(4)$$

### การทำงานแบบโมโนสเตเบิล

รูปที่ 6.3 แสดงวงจรในลักษณะใช้สัญญาณลูกคลื่นเพียง 1 ลูกหรือ วงจรโมโนสเตเบิล (แปลว่าวงจรที่ให้ลูกคลื่นลูกเดียวแล้วเข้าสถานะทำงานปกติคงที่เหมือนเดิม) เมื่อเราป้อนพัลส์ที่เป็นลบให้กับขาที่ 2 ของ ไอซี 555 เอาต์พุตของไอซีที่ขา 3 จะออกมาเป็นแรงดันสูงอยู่ช่วงเวลาหนึ่งตามค่าของ  $R_A$  และ C โดยขณะนั้น เอาต์พุตมีค่าสูง ที่ขา 7 จะยกเลิกการลัดวงจร ตัวเก็บประจุ C ก็จะเริ่มทำการเก็บประจุโดยจะมีแรงดันเพิ่มขึ้น จาก 0 ไปเป็น  $2/3 V_{cc}$  ทำให้เอาต์พุตเปลี่ยนจากแรงดันสูงกลับสู่ค่าเหมือนเดิมดังรูป 6.3 โดยสมการเวลาของ ลูกคลื่นจะเขียนได้ดังนี้

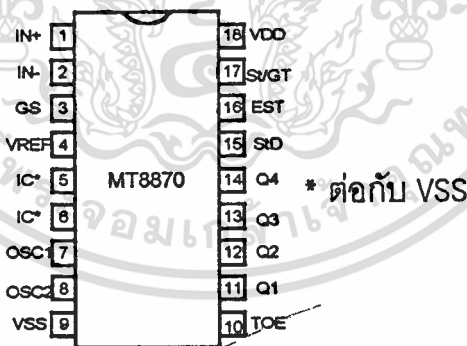
$$t_{high} = 1.1 R_A C$$



รูปที่ 6.3 : แสดงการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิล

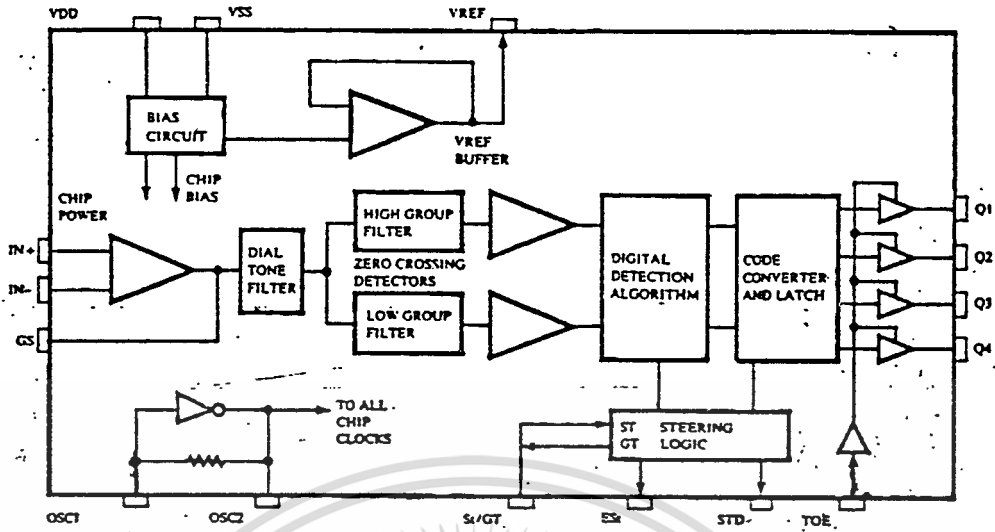
โครงสร้างของ MT 8870

โครงสร้างภายในของ MT 8870 ประกอบไปด้วยวงจรรองความถี่และวงจรถอดรหัสทางดิจิทัล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO<sup>2</sup>-CMOS ในส่วนของวงจรรองความถี่สูง และตัวส่วนของวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางด้านดิจิทัลเพื่อตรวจและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และช่วงเวลาสัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายสัญญาณได้ โดยต่ออยู่ก่อนภายนอกเอาต์พุต เป็นวงจรแลทซ์ สามสถานะดังรูปที่ 6.4 แสดงตำแหน่งขาของ MT 8870 และรูปที่ 6.5 แสดงโครงสร้างภายใน MT 8870



รูปที่ 6.4: แสดงขาของ MT 8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

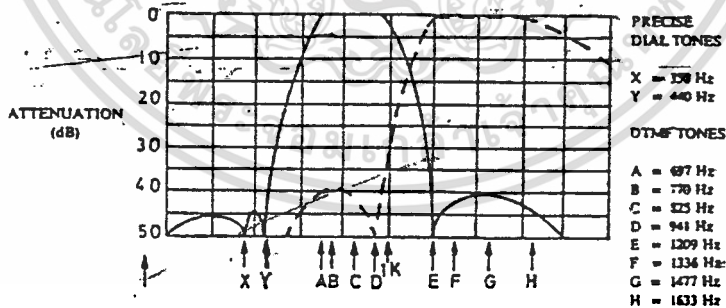


รูปที่ 6.5: แสดงโครงสร้างภายใน ของ MT 8870

ฟังก์ชันการทำงานของ MT 8870

โครงสร้างภายในของ MT 8870 ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 5 ส่วนด้วยกันดังต่อไปนี้

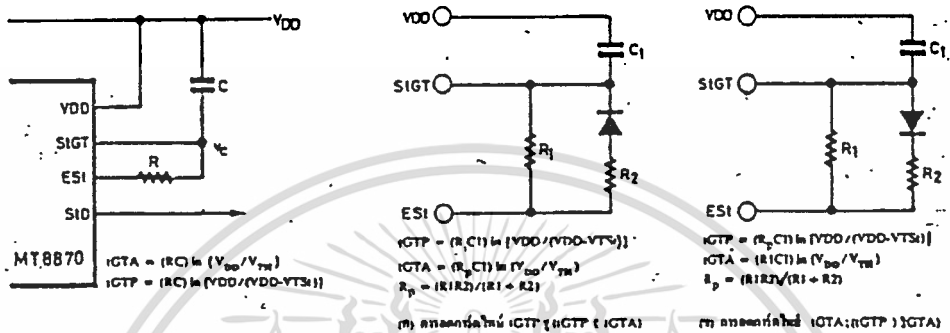
1. ภาคกรองความถี่ ( Filter Section ) ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่ระดับ 6 ชนิดคาปาซิเตอร์ (SIX ORDER SWITCH CAPACITOR BANDPASS FILTER) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วงคือ ช่วงความถี่สูงและช่วงของความถี่ต่ำ



รูปที่ 6.6 : แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

2. ภาคตรวจสอบสัญญาณ ( Steering Circuit ) ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุต จะมีการตรวจสอบ ช่วงความถี่ที่เข้ามา มีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจาก ระยะเวลาการกดปุ่ม โทรศัพท์ซึ่งต้องกดปุ่ม ให้มีความถี่ออกมาเป็นเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าไรสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอกสัญญาณที่ขา EST จะเป็น HIGH นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

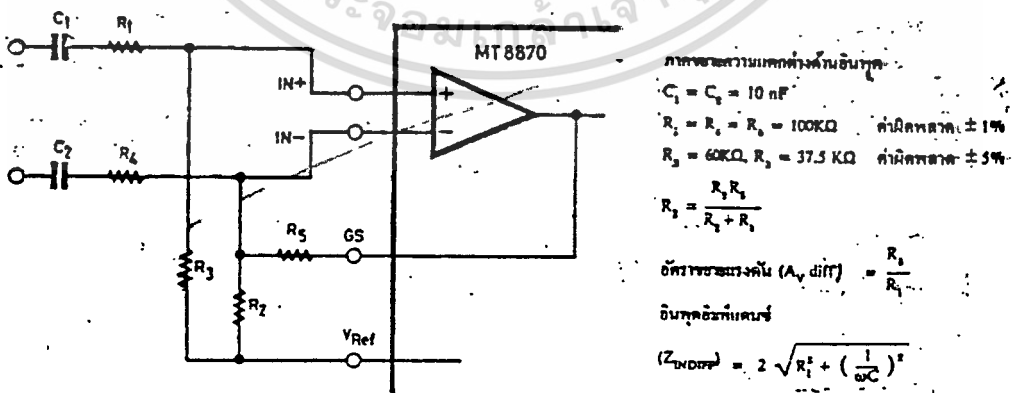
สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (GUARD TIME) นั้น หมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้อง นานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือพูดได้ว่า เวลาที่เราตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่ากับหรือมากกว่าเวลาที่เราตั้งไว้จึงสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่ที่เข้ามานั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลข ออกไป การตั้งเวลาและการคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 : แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่าย และการกำหนดเวลาการ์ดไทม์

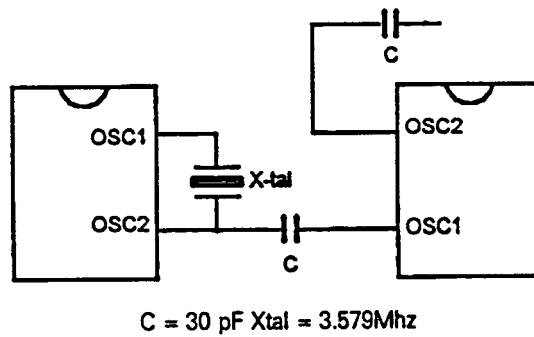
3. ภาคถอดรหัส ( Decoder Section) ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัส ออกมาเป็นตัวเลขโดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิทัล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่เข้า Est ( early steering ) ก็จะถูกตีฟ

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง ( differential input ) วงจรส่วนอินพุตของ MT 8870 เป็นภาค ขยายออปแอมป์ ที่สามารถปรับอัตราขยายได้ โดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเติมเข้าไป ดังรูปที่ 6.8.



รูปที่ 6.8 : แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต

5. ภาคกำเนิดความถี่ ( Oscillator ) .ในภาคนี้จะมีวงจรเวลาอยู่ใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอลขนาด 3.58 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที แสดงในรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.9 : แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่

การเลือกความถี่ของสัญญาณ DTMF นั้น มิใช่มาจากการสุ่มตัวเลข หรือกำหนดตามอำเภอใจ แต่ได้มาจากการศึกษาถึงผลดีผลเสียอย่างรอบคอบโดยเราจะเลือกความถี่ที่อยู่ในย่านของความถี่สัญญาณโทรศัพท์คือ ประมาณ (300 - 3,400 Hz ) และจะต้องไม่มีโทนที่เป็นฮาร์โมนิก หรือใกล้เคียง ฮาร์โมนิกซึ่งกันและกัน และปกติสัญญาณ DTMF ต้องเป็น pure sine wave จึงมีจุดอ่อน ถ้าฮาร์โมนิกที่ N เกิดไปตรงกับความถี่หนึ่ง ในกรณีที่เกิดความเพี้ยนจากวงจรผลิตความถี่ ไม่ให้ความถี่ที่เป็น pure sine wave จริง

การนำเอา MT 8870 ไปใช้งาน

- ๑ นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
- ๑ เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ๑ ใช้ในด้านเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ๑ ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ๑ ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดเล็ก หรือ PABX
- ๑ ใช้กับงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไป
- ๑ เครื่องกันขโมย
- ๑ การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
- ๑ ใช้ทำเครื่องสอบตามทางโทรศัพท์

#### ไอซี เบอร์ 4510

ไอซี เบอร์ 4510 ซึ่งเป็นพรีเซททาเบิล อัพ/ดาวน์ เคาน์เตอร์ (presetable up/down counter) ซึ่งมีรายละเอียดของขาต่าง ๆ ที่ต่อออกมาใช้งานแต่ละขามีการทำงานดังต่อไปนี้

◆ ขา 15 (CK) คือ ขาที่ต้องป้อนสัญญาณนาฬิกาเข้าไปเพื่อให้เกิดการนับโดยวงจรมับจะทำการนับที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา

◆ ขา 10 (U/D) คือขาที่ควบคุมให้วงจรมับทำการนับเดินหน้าเมื่อนานี้เป็น "1" และให้นับถอยหลังเมื่อนานี้เป็น "0"

◆ ขา 6, 11, 14, 2 (Q1-Q4) คือขาเอาต์พุตที่ได้จากการนับและพรีเซทรวมทั้งรีเซ็ตด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

◆ ขา 4, 12, 13, 3 (P1-P4) คือขาอินพุทเพื่อการตั้งค่าเริ่มต้นของกรนับทำงานร่วมกับขา 1 (PE)

◆ ขา 1 (PE) คือขาพีรีเซ็ทอินาเบิล เมื่อขานี้เป็น "1" จะทำหน้าที่โหลดข้อมูลทางขา P1-P4 ไปออกที่ขาเอาต์พุท Q1-Q4 โดยตรงโดยไม่สนใจสัญญาณนาฬิกา ดังนั้นจึงสามารถตั้งค่าเริ่มต้นของกรนับไว้ที่ค่าใดก็ได้โดยป้อนลอจิกให้ที่ขา P1-P4 ตามค่าที่ต้องการ แล้วป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขา PE นี้ และเมื่อขา PE เป็น "0" ก็จะทำให้วงจรมับทำงานตามปกติ

◆ ขา 5 ( $\overline{CI}$ ) คือขา Carry Input ทำหน้าที่รับสัญญาณทศจากหลักหน้าในการต่อกันหลาย ๆ ตัวเพื่อกรนับแบบซิงโครนัส เมื่อขา  $\overline{CI}$  นี้เป็น "0" วงจรมับและขา  $\overline{CO}$  จะทำงานตามปกติ แต่ถ้าขา  $\overline{CI}$  นี้เป็น "1" วงจรมับจะหยุดนับทันทีแม้ว่าจะมีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาก็ตาม นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ขา  $\overline{CO}$  เป็น "1" ด้วย

◆ ขา 7 ( $\overline{CO}$ ) คือขา Carry Output ทำหน้าที่ส่งสัญญาณทศจากกรนับไปให้หลักต่อไป ขานี้จะมีการทำงานเมื่อขา  $\overline{CI}$ , PE และขา Reset ทั้ง 3 ขานี้เป็นลอจิก "0" โดยปกติขา  $\overline{CO}$  จะเป็นลอจิก "1" เมื่อให้นับเดินหน้า (ขา U/P = "1") ขา  $\overline{CO}$  นี้ จะเป็น "0" เมื่อมันนับถึงค่ามากที่สุด (คือนับถึง 9) และเมื่อให้นับถอยหลังขานี้จะเป็น "0" เมื่อมันนับถึงค่าต่ำสุด (คือนับถึง 0)

◆ ขา 9 (R) คือขา Reset ทำหน้าที่รีเซ็ทเอาต์พุท Q1-Q4 และขา  $\overline{CO}$  ให้เป็น "0" ทั้งหมดโดยไม่สนใจขาใด ๆ ทั้งสิ้น

แผนผังเวลาของวงจรมับ

เริ่มต้นด้วยสัญญาณขึ้นของสัญญาณนาฬิกา แต่ขา  $\overline{CO}$  จะเป็น "1" มาตลอดสิ้นสุดสัญญาณนาฬิกาลูกที่ 8 ขา  $\overline{CO}$  จะเปลี่ยนเป็น "0" ทันที ถ้าหากขา U/D ยังคงเป็น "1" ต่อไปขา  $\overline{CO}$  จะเป็น "0" ต่อไปจนถึงเวลาที่สัญญาณนาฬิกาลูกที่ 9 ผ่านไป แล้วจะกลับมาเป็น "1" เช่นเดิม (เกิดเป็นขอบขาลงเมื่อนับจาก 8→9 และเป็นขอบขาขึ้นเมื่อนับจาก 9→0) แต่จาก รูปที่ 6.10 ขา U/D เปลี่ยนเป็น "0" เสียก่อนเมื่อเริ่มต้นสัญญาณนาฬิกาลูกที่ 9 ได้เพียงเล็กน้อย ในเวลานี้จึงได้สัญญาณที่ขา  $\overline{CO}$  เป็นพัลส์แคบ ๆ

ช่วงเวลาต่อมาวงจรมับจึงนับถอยหลังจาก 9,8,7,6.....1 จนถึงสิ้นสุดสัญญาณนาฬิกาลูกที่ 17 คือวงจรมับเริ่มนับถอยหลังจาก 1 ไป 0 จึงได้สัญญาณ  $\overline{CO}$  ตกลงมาเป็น "0" อีกครั้ง และถ้าหากว่าขา  $\overline{CI}$  ไม่เป็น "1" เสียก่อนก็จะได้สัญญาณ  $\overline{CO}$  เป็น "0" ตลอดช่วงเวลาของสัญญาณนาฬิกาลูกที่ 18 คือเกิดเป็นขอบขาลงเมื่อนับจาก 1→0 และเป็นขอบขาขึ้นเมื่อนับจาก 0→9

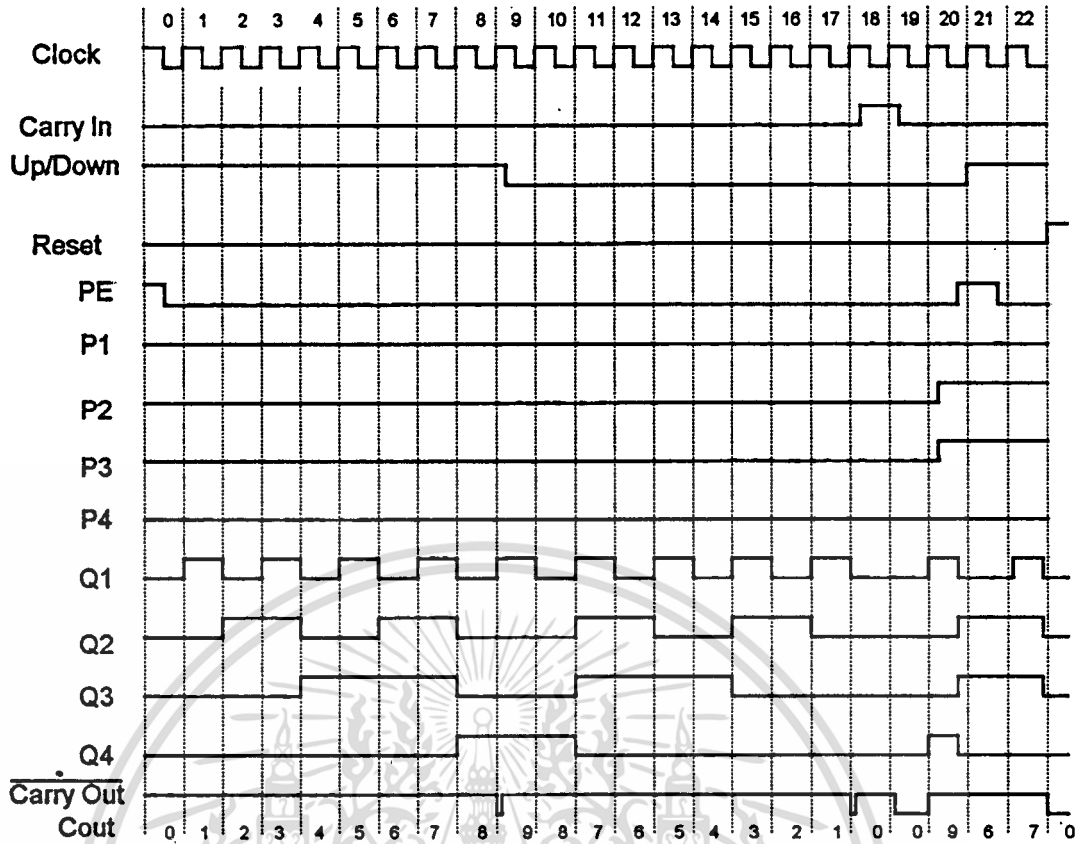
แต่พอหันสัญญาณนาฬิกาลูกที่ 17 มาได้เพียงเล็กน้อยขา  $\overline{CI}$  เปลี่ยนเป็น "1" ซึ่งจะทำให้วงจรมับหยุดคือนับถึง 0 แล้วหยุดค้างไว้และยังทำให้ขา  $\overline{CO}$  เปลี่ยนเป็น "1" ตามขา  $\overline{CI}$  ไปด้วย เมื่อช่วงเวลาที่เป็น "1" ของขา  $\overline{CI}$  สิ้นสุดลงขา  $\overline{CO}$  จะกลับมาเป็น "0" ตามเดิมและวงจรมับก็เริ่มนับถอยหลังต่อไป แต่พอดีสัญญาณนาฬิกาลูกที่ 19 เลยช่วงขอบขาขึ้นไปแล้ว จึงต้องรอดถึงขอบขาขึ้นของลูกที่ 20 วงจรมับถึงนับต่อจาก 0→9 และขา  $\overline{CO}$  จะกลับไป "1" ด้วย จะเห็นว่าขา  $\overline{CI}$  ทำงานเหมือนกับการขัดจังหวะหรือแทรกสัญญาณ  $\overline{CO}$  และหยุดวงจรมับเอาไว้

ในช่วงสัญญาณนาฬิกาลูกที่ 20 ถึง 21 ขา PE ทำการพีรีเซ็ทอีกครั้งโดยตั้งค่าเริ่มต้นเป็น 6 ส่วน

สัญญาณลูกสุดท้ายขาพีรีเซ็ทจะเป็น "1" แสดงให้เห็นว่าขา Q1-Q4 และ  $\overline{CO}$  เป็น "0" ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.10 : แผนผังเวลาแสดงการทำงานของ IC1 เบอร์ 4510

### ไอซี เบอร์ 4513

ไอซี เบอร์ 4513 มี 18 ขา ทำหน้าที่ในการถอดรหัส BCD ให้เป็นตัวเลข 7 ส่วน และภายในตัวมันยังมีภาคแลทช์ (Latch) อีกด้วย การใช้งานขาต่าง ๆ มีดังนี้

◆ ขา 7, 1, 2, 6, (A, B, C, D) เป็นขาสัญญาณ BCD อินพุต เพื่อให้เอาท์พุตแสดงผลตัวเลขเป็น 0-9 ตามสัญญาณทั้ง 4 ขานี้ เป็นที่น่าสังเกตว่าถ้าสัญญาณ BCD มีค่ามากกว่า 9 ขึ้นไป (1010, 1011....1111) ตัวเลขจะไม่แสดงผลอะไรเลย

◆ ขา 11-17 (a-f) เป็นขาเอาท์พุตเพื่อต่อเข้ากับตัวเลขแสดงผลโดยสามารถต่อเข้ากับตัวเลขแสดงผลได้หลายชนิด แต่โดยทั่วไปใช้กับ LED 7 ส่วน ชนิดขาคาโทดร่วม (common cathode) ขาเอาท์พุตทั้ง 7 นี้จะให้ลอจิก "1" เมื่อเร็กเมนตนั้น ๆ สว่าง

◆ ขา 5 (LE : Latch Enable) ทำหน้าที่แลทช์สัญญาณ BCD ทางอินพุตก่อนไปเข้าภาคแสดงผลเพื่อแสดงผลค้างค่าเดิมเอาไว้ก่อน แม้ว่าสัญญาณ BCD จะเปลี่ยนไปแล้วก็ตาม โดยขา LE นี้ จะแอกติฟที่ลอจิก "1" แต่ถ้าขานี้เป็น "0" ก็จะไม่แสดงผลคือภาคแสดงผลทำงานตามสัญญาณ BCD

◆ ขา 3 (LT: Lamp Test) เมื่อขานี้เป็น "0" จะทำให้ตัวเลขแสดงผลเป็นเลข 8 เพื่อการตรวจสอบว่าภาคแสดงผลและตัวเลขมีส่วนใดเสียหายหรือไม่

◆ ขา 10 (RBO: Ripple Blanking Output) ทำงานร่วมกับขา RBI เพื่อดับเลข 0 หลักข้างหน้าให้เกิดการแสดงผลที่สวยงาม เช่น เมื่อใช้ตัวเลขแสดงผล 6 หลัก และค่าที่นับได้มีค่าเป็น 205 ถ้าไม่มีการดับเลขเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 จะแสดงเป็น 000205 ขานี้มีหลักการทำงานดังนี้คือ เมื่อสัญญาณอินพุต BCD เป็น 0000 และขา RBI เป็น "1" จะทำให้ตัวเลขดับไปเลยและทำให้ขา RBO นี้ เป็น "1" ด้วยเพื่อป้อนเข้าขา RBI หลักต่อไป

◆ ขา 8 (RBI: Ripple Blanking Input) ทำงานร่วมกับขา RBO ตามที่กล่าวมาแล้ว ถ้าหากขานี้เป็น "0" จะทำให้ขา RBO เป็น "0" เสมอ และตัวเลขจะไม่ดับด้วย

◆ ขา 4 (BI: Blanking Input) เมื่อขานี้เป็น "0" จะดับตัวเลขโดยไม่สนใจสัญญาณที่ขาใด ๆ ทั้งสิ้น (ยกเว้นขา LT) แต่ในการใช้งานมีโอกาสใช้น้อยมากเพราะใช้ขา RBO และ RBI ทำงานแล้ว จึงต่อขานี้เข้ากับไฟบวกโดยตรง

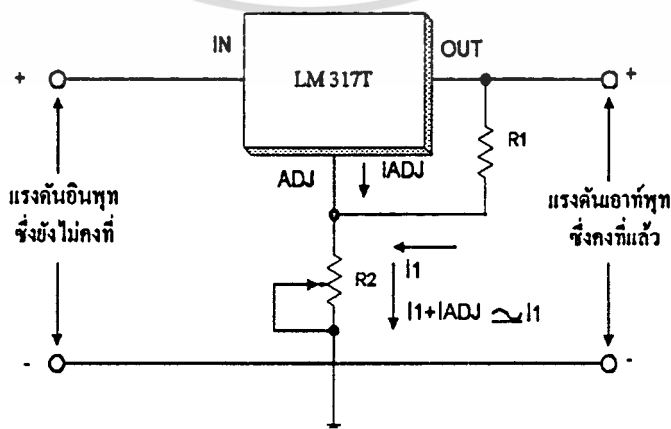
### ไอซีเรกูเลเตอร์ 317

ไอซีเรกูเลเตอร์ 3 ขา เบอร์ LM 317T ซึ่งผลิตโดยบริษัทเนชั่นแนลเซมิคอนดักเตอร์ (NS) ผลิตออกสู่ตลาดมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2522 คุณสมบัติเด่นของไอซีเบอร์นี้คือ มีวงจรจำกัดกระแสและมีวงจรป้องกันอุณหภูมิเกิน แม้จะมีในไอซีเรกูเลเตอร์ 3 ขาเบอร์อื่น ๆ ด้วยเหมือนกัน แต่เบอร์นี้ให้ระบบป้องกันที่ค่อนข้างแม่นยำกว่า โดยไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ นอกจากนั้นแล้วยังให้แรงดันเอาต์พุตสูงที่กว่าแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปมากและออสซิลเลตยากกว่าเบอร์อื่น ๆ

ในรูปที่ 6.11 แสดงวงจรใช้งานอย่างง่ายของ LM 317T หน้าที่ของไอซีเบอร์นี้ คือจะพยายามรักษาแรงดันระหว่างขาเอาต์พุต (OUT) และขาปรับแต่ง (ADJ) ให้คงที่ที่ประมาณ 1.25 V (อยู่ในระหว่าง 1.2 ถึง 1.3 V แล้วแต่ละตัว) ดังนั้นเมื่อต่อตัวต้านทาน  $R_1$  เข้าไประหว่าง 2 ขานี้ ก็จะทำให้กระแส  $I_1$  คงที่ตามไปด้วย โดยทั่วไปจะมีกระแส  $I_{ADJ}$  รั่วไหลออกมาจากปรับแต่งด้วย แต่กระแสนี้มีค่าน้อยมากเพียงประมาณ 50  $\mu$ A เท่านั้น ขณะที่กระแส  $I_1$  มักจะถูกกำหนดให้มีค่ามากกว่า  $I_{ADJ}$  มาก ๆ คือ มีค่าหลาย mA ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่าน  $R_2$  จึงประมาณได้ว่ามีค่าคงที่ที่ประมาณเท่ากับ  $I_1$  ค่ากระแส  $I_1$  และค่าของ  $R_2$  จะเป็นตัวกำหนดแรงดันเอาต์พุตดังนี้

$$V_o = 1.25 + I_1 R_2$$

โดยที่ค่า  $I_1$  จะเท่ากับ  $1.25/R_1$



รูปที่ 6.11: วงจรพื้นฐานของ LM 317T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM 317 ไม่มีขากรวนด นั้นหมายความว่ากระแสของตัว LM 317T เองทั้งหมดต้องไหลผ่านออกไปทางขาเอาต์พุท ถ้ากระแสที่ถูกดึงออกทางเอาต์พุทน้อยไป ตัวไอซีจะไม่พร้อมที่จะทำงาน และไม่สามารถคุมแรงดันระหว่างขาเอาต์พุทและขาปรับแต่งให้คงที่ที่ 1.25 V ได้ พุดง่าย ๆ คือ ไม่พร้อมจะทำหน้าที่เป็นเรกูเลเตอร์นั่นเอง ดังนั้นกระแส  $I_L$  จึงต้องมีค่ามากกว่ากระแสต่ำสุดที่ LM 317T ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปเรามักจะกำหนดให้ค่ากระแส  $I_L$  มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 5 mA และ 10 mA

ตัว T ที่อยู่ห้อยท้ายเบอร์ 317 เป็นการระบุลักษณะของตัวถังว่าเป็นแบบ TO-220 ซึ่งเป็นตัวถังแบบพลาสติก ที่สามารถจ่ายกระแสได้ถึงประมาณ 1.5Aภายในมีวงจรมีจำกัดกระแสเอาไว้ไม่ให้สูงเกินกว่าประมาณ 2.2 A และมีวงจรมีป้องกันไม่ให้ตัวไอซีรับกำลังไฟฟ้าเกินกว่าประมาณ 20 W โดยจะลดกระแสเอาต์พุทลงขณะที่ตัวมันรับแรงดันตกคร่อมตัวมันเองมากขึ้น

นอกจากนั้นในภาวะที่แผ่นระบายความร้อนไม่สามารถระบายความร้อนได้เพียงพอจนทำให้อุณหภูมิภายในตัวไอซีร้อนเกินกว่า 170องศาเซลเซียสวงจรมีป้องกันอุณหภูมิเกินจะตัดแรงดันเอาต์พุทให้ตกลงเป็นศูนย์โวลท์อย่างรวดเร็วแต่ยังคงยอมให้มีกระแสออกทางเอาต์พุทได้ขนาดหนึ่งเพื่อให้วงจรสามารถเริ่มต้นทำงานใหม่ได้ตามปกติอีกเมื่ออุณหภูมิภายในตัวไอซีเย็นลงหรือเมื่อเหตุที่ทำให้เกิดการโอเวอร์โวลต์นั้นถูกเอาออกไปแล้ว (ไอซีเรกูเลเตอร์เบอร์อื่น ๆ บางเบอร์อาจตัดกระแสเอาต์พุทเป็นศูนย์ด้วย ทำให้บ่อยครั้งที่ไม่สามารถเริ่มต้นทำงานใหม่ได้เอง) สำหรับไอซีเบอร์นี้ก็มีผู้ร่วมผลิตหลายยี่ห้อเช่น โมโตโรลา, SGSและแฟร์ไชลด์ ซึ่งแต่ละยี่ห้อจะมีวงจรภายในตัวไอซีแตกต่างกันไปบ้าง ทำให้คุณสมบัติบางประการต่างกันไปด้วย

#### ออฟไดคัพเปลอร์ (Opto coupler)

การเชื่อมโยงทางแสง (opto coupler) สามารถใช้ในงานที่ต้องการแยกระบบไฟฟ้าของทั้งสองวงจรออกจากกันเช่นเมื่อใช้เอาต์พุทที่เป็นแรงดันต่ำของวงจรทางดิจิตอลไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟสลับทันทีเนื่องจากวงจรทางด้านดิจิตอลไม่สามารถส่งเอาต์พุทออกเป็นแรงดันไฟกระแสสลัปได้ นอกจากนี้ กระแสไฟสลัปที่เหนี่ยวนำขึ้นในวงจรทางด้านดิจิตอลนั้น สามารถทำให้เกิดข้อยุ่งยากต่าง ๆ ได้ ดังนั้นมอเตอร์และวงจรทางด้านดิจิตอลจึงต้องแยกจากกันทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นหน้าที่หลักของตัวเชื่อมโยงทางแสงที่สำคัญ

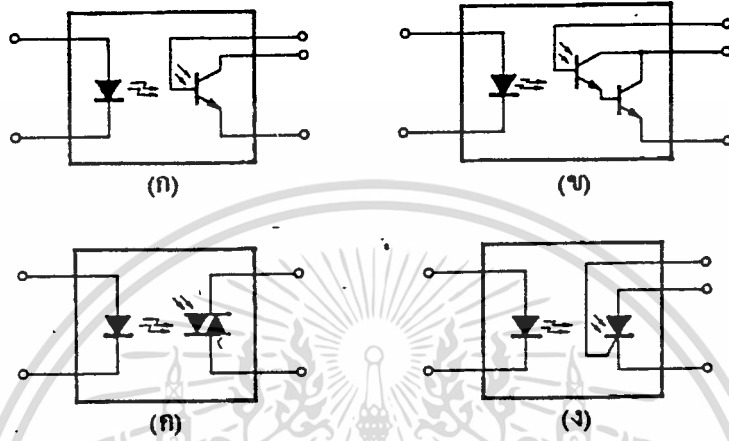
ตัวเชื่อมโยงทางแสงอาจจะถูกนำไปใช้ในงานซึ่งเอาต์พุทที่มีแรงดันสูงของอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดถูกป้อนเข้าสู่วงจรควบคุมที่ไม่ใคร่โปรเซสเซอร์ในการควบคุมการเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงาน เมื่อถึงจุดที่ต้องการอย่างอัตโนมัติ (ยกตัวอย่าง เช่น ในสายการผลิตที่ใช้หุ่นยนต์)

#### พื้นฐานของตัวเชื่อมโยงทางแสง

ตัวเชื่อมโยงทางแสง บางครั้งเรียกว่า ตัวแยกโดยใช้แสง (optoisolator) เป็นอุปกรณ์เดี่ยวที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสง โดยที่ทั้งสองชิ้นส่วนนี้แยกจากกันและกันโดยมีฉนวนที่โปร่งใสคั่นกลาง และชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังที่บดแสง

แหล่งกำเนิดแสงสำหรับตัวเชื่อมโยงทางแสงส่วนมากแล้วจะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (Infrared Emitting Diode) ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ อาร์เซไนด์ (Gallium arsenide: GaAs) ส่วนตัวตรวจจับหรืออุปกรณ์ภาคเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นับว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เอาต์พุทนั้น อาจจะเป็นไฟไดโอดอินฟราเรด, ไฟไดโอดคาร์บอน, สวิตช์สองทิศทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้น ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาร์ทพุทนั้น อาจจะเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์, โฟโตไดโอด, สวิตช์สองทิศทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากกระตุ้น และ SCR ที่กระตุ้นด้วยแสง ในรูปที่ 6.12 ได้แสดงให้เห็นถึงสัญลักษณ์ของวงจรมติต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ถึงแม้ว่าจะมีหลายชนิดมากกว่านี้แต่รูปที่แสดงก็นำมาเฉพาะที่พบเห็นกันบ่อย ๆ เท่านั้น



รูปที่ 6.12 : ตัวเชื่อมต่อทางแสงแบบต่างๆไป

รูป ก : มีเอาร์ทพุทเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์

รูป ข : มีเอาร์ทพุทเป็นโฟโตไดโอด

รูป ค : มีเอาร์ทพุทเป็นสวิตช์สองทิศทางซึ่งทำงาน เมื่อมีแสงมากกระตุ้น

รูป ง : มีเอาร์ทพุทเป็น-SCR ที่กระตุ้นด้วยแสง

สัญญาณจะถูกส่งระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองชิ้นที่แยกจากกันทางไฟฟ้า โดยในรูปของสัญญาณแสง โดยที่ชิ้นส่วนทั้งสองนี้ไม่สามารถสลับหน้าที่กันได้และไม่มีการเชื่อมโยงทางไฟฟ้าระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองนี้ สัญญาณที่ถูกส่งผ่านจึงมีได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น

คุณสมบัติต่าง ๆ ของออฟไดคัพเปลอร์

การออกแบบโดยใช้ตัวเชื่อมต่อทางแสงนี้ จึงควรทำความเข้าใจถึงตัวแปลต่าง ๆ ที่สำคัญ เนื่องจากเราสนใจเฉพาะวงจรความถี่ต่ำ จึงจะจำกัดวงเฉพาะตัวแปรทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงของอุปกรณ์เหล่านี้ ตัวแปรทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงสามารถแบ่งออกเป็นอินพุทเอาร์ทพุทและอัตราส่วนของการส่งผ่านกระแส (current transfer ratio)

อัตราส่วนของการส่งผ่านกระแสหรือ CTR นั้นเป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุทต่อกระแสเอาร์ทพุทของตัวเชื่อมต่อทางแสง (หรือเรียกกันว่าไบแอส) ส่วนใหญ่จะแทนด้วยตัวอักษรกรีก คือ อีต้า ( $\eta$ ) ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด และช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนทางอินพุทและเอาร์ทพุท โดยที่พื้นที่ ความไว (sensitivity) และอัตราขยายของตัวตรวจรับก็มีบทบาทที่สำคัญเช่นกัน ตัวแปรอินพุททาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งเป็นตัวกำหนดตัวแปรทางด้านไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดได้แก่ กระแสของไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรง ( $I_F$ ) แรงดันตกคร่อมไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรง ( $V_F$ ) และแรงดันสูงสุดที่ทนได้ ( $V_R$ )

เนื่องจากตัวแปรเอาต์พุตทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงและตัวแปรส่งถ่าย (transfer parameter) นั้นจะแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นส่วน ที่เป็นตัวตรวจรับที่ใช้ใน ตัวเชื่อมโยงทางแสง ในที่นี้จะแจกแจงรายละเอียดและกำหนดความหมายของมันต่างหาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวตรวจรับนั้น ๆ ตัวเชื่อมโยงทางแสงที่ใช้โฟโอดีทรานซิสเตอร์ และโฟโอดีตาริงตันนั้นมีหลักการการทำงานเหมือนกัน รอยต่อระหว่างซาคอลเลคเตอร์ กับซาเบสถูกทำให้กว้างขึ้น แสงที่ตกกระทบบรอยต่อจะทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลขึ้นมา เกิดการนำกระแสได้ ตัวแปรสำหรับตัวเชื่อมโยงทางแสงชนิดโฟโอดีตาริงตันและโฟโอดีทรานซิสเตอร์ มีดังนี้

$I_C$  : เป็นกระแสสูงสุดที่ไหลต่อเนื่องผ่านซาคอลเลคเตอร์ (เอาต์พุต)

$V_{(BR) CBO}$  : เป็นแรงดันพังทลายสูงสุด จาก ซาคอลเลคเตอร์ไปยังซาเบส

$V_{(BR) CEO}$  : เป็นแรงดันพังทลายสูงสุด จาก ซาคอลเลคเตอร์ไปยังซาอิมิตเตอร์

$V_{(BR) ECO}$  : เป็นแรงดันพังทลายสูงสุด จาก ซาอิมิตเตอร์ไปยังซาคอลเลคเตอร์

ตัวเชื่อมโยงทางแสงที่ใช้สวิตช์สองทิศทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากกระตุ้นเป็นภาคเอาต์พุตนั้นถูกออกแบบมาสำหรับใช้ในงานซึ่งต้องการการแยกการทรานซิชันหรือกระตุ้นตัวไดรแอกการแยกการสวิตช์ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดกระแสต่ำและการแยกกันทางไฟฟ้ามีค่าสูงสำหรับอุปกรณ์ชนิดนี้มีตัวแปรที่สำคัญดังนี้คือ

$I_{T(RMS)}$  : เป็นค่ากระแส RMS สูงสุด ขณะอยู่ในสถานะที่ทำงาน (on state)

$V_{DRM}$  : เป็นค่าแรงดันซ้ำ ๆ ระหว่างซิวเอาต์พุต เมื่ออยู่ในสถานะหยุดทำงาน (repetitive off-state output terminal voltage)

$V_{TM}$  : เป็นแรงดันยอดสูงสุด (peak voltage) เมื่ออยู่ในสถานะที่ทำงาน

ตัวเชื่อมโยงทางแสงที่ใช้ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงนั้น ถูกออกแบบมาสำหรับใช้ในงานที่ต้องการการแยกกันทางไฟฟ้าที่มีค่าสูงระหว่างวงจรด้านแรงดันต่ำ (ซึ่งใช้ไอซี) และทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูงตัวแปรที่สำคัญสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง มีดังนี้

$I_{T(RMS)}$  : เป็นค่ากระแส RMS สูงสุด เมื่ออยู่ในสถานะที่ทำงาน

$V_{DRM}$  : เป็นค่าแรงดันซ้ำ ๆ ระหว่างซิวเอาต์พุต เมื่ออยู่ในสถานะหยุดทำงาน

$V_{RM}$  : เป็นค่าแรงดันย้อนกลับสูงสุด

ตัวแปรของการส่งผ่านของตัวเชื่อมโยงทางแสงนั้น (ดังที่กล่าวมาข้างต้น) เป็นการวัดอัตราส่วนอินพุตและเอาต์พุตสำหรับตัวเชื่อมโยงทางแสงที่ใช้โฟโอดีทรานซิสเตอร์โฟโอดีตาริงตันนั้นมีค่าตัวแปรที่สำคัญคือ

$CTR(n)$  : เป็นอัตราส่วน (เป็นเปอร์เซ็นต์) ต่ำสุดระหว่างกระแสเอาต์พุตของคอลเลคเตอร์สูงสุดต่อกระแสไดโอดที่ค่า  $V_{CE}$  และ  $I_F$  ที่กำหนด

$V_{CE(sat)}$  : เป็นแรงดันอิมิตระหว่างซาคอลเลคเตอร์และซาอิมิตเตอร์

สำหรับตัวเชื่อมโยงทางแสงที่ใช้สวิตช์สองทิศทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากกระตุ้นและบบที่ใช้ SCR นั้น มีตัวแปรที่สำคัญดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$I_{FT}$  : เป็นค่ากระแสกระตุ้นไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดสูงสุด ซึ่งต้องการใช้เพื่อคงสถานะให้เอาท์พุทค้าง (latch) ไว้

$I_H$  : เป็นค่ากระแสยึด (holding current) ซึ่งต้องการสำหรับเอาท์พุทเพื่อที่จะยังคงสถานะค้างเอาไว้ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

[1] กอบชัย เดชหาญ และ อภิชาติ งามวิสัย, “ชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติ”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่16 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้าที่ 183-183, 25-26 พฤศจิกายน 2536

[2] ชัยพัฒน์ ชูสุวรรณ, “เรื่องราวที่น่าสนใจเกี่ยวกับรีเลย์” วารสารคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์เวิลด์ ฉบับที่ 147 , บริษัท อิเล็กทรอนิกส์เวิลด์ จำกัด , พิมพ์ที่ ศูนย์การพิมพ์ดวงกมล กรุงเทพฯ , หน้า 73 - 80

[3] บรรเจิด ดันดีกุลยาภรณ์ , “ เครื่องรับ-ส่ง (Transceiver) เล่ม 8” ,กรุงเทพฯ , หน้า 94 - 104

[4] วิโรจน์ อัครวงษ์ , ชัชวาลย์ เต็มฤทธิวงศ์ และ กรชูลี ไช้สฤติย์ , “การใช้งานออปแอมป์ และ ลิเนียร์ ไอซี , บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน) , พิมพ์ที่บริษัท เอช เอ็น กรู๊ป จำกัด กรุงเทพฯ , หน้า 414 - 423

[5] สุทธินันท์ พรศิริกุล , “ลิกอิกนิตกับโทรศัพท์” , วารสารเซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 120 - 121 , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , กันยายน 2535 - ตุลาคม 2535

[6] ปริญญาพันธ์ , “ชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุและสถานีทวนสัญญาณ” , ปีการศึกษา2537 ,ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

[7] Motorola “OPTOELECTRONICS DEVICE DATA” Motorola Inc, 1989

## กิตติกรรมประกาศ

นางสาว สมชนก	ภาวศุทธกุล	เอื้อเฟื้อพรีนเตอร์
นาย อรรถ	อรุณรัตน์พงษ์	เอื้อเฟื้อรอดจักรยานยนต์
นางสาว วันวิสาข์	จันทระ	เอื้อเฟื้อรอดจักรยานยนต์
นาย อภิสิตธิ์	มัธยมสุข	ช่วยเหลือในการพิมพ์รายงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

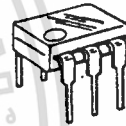
## 6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

These devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Convenient Plastic Dual-in-Line Package
- Most Economical Optoisolator
- High Input-Output Isolation Guaranteed — 7500 Volts Peak
- Meets or Exceeds All JEDEC Registered Specifications
- UL Recognized. File Number E54915
- VDE approved per standard 0883/6.80 (Certificate number 41853), with additional approval to DIN IEC380/VDE0806, IEC435/VDE0805, IEC65/VDE0860, VDE110b, covering all other standards with equal or less stringent requirements, including IEC204/VDE0113, VDE0160, VDE0832, VDE0833, etc.
- Special lead form available (add suffix "T" to part number) which satisfies VDE0883/6.80 requirement for 8 mm minimum creepage distance between input and output solder pads.
- Various lead form options available. Consult "Optoisolator Lead Form Options" data sheet for details.

**4N25**  
**4N25A**  
**4N26**  
**4N27**  
**4N28**

6-PIN DIP  
 OPTOISOLATORS  
 TRANSISTOR OUTPUT

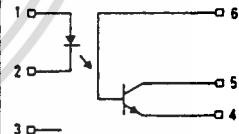


CASE 730A-02  
 PLASTIC

### MAXIMUM RATINGS (T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
<b>INPUT LED</b>			
Reverse Voltage	V <sub>R</sub>	3	Volts
Forward Current — Continuous	I <sub>F</sub>	60	mA
LED Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C with Negligible Power in Output Detector	P <sub>D</sub>	120	mW
Derate above 25°C		1.41	mW/°C
<b>OUTPUT TRANSISTOR</b>			
Collector-Emitter Voltage	V <sub>CEO</sub>	30	Volts
Emitter-Collector Voltage	V <sub>ECO</sub>	7	Volts
Collector-Base Voltage	V <sub>CBO</sub>	70	Volts
Collector Current — Continuous	I <sub>C</sub>	150	mA
Detector Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C with Negligible Power in Input LED	P <sub>D</sub>	150	mW
Derate above 25°C		1.76	mW/°C
<b>TOTAL DEVICE</b>			
Isolation Surge Voltage (1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V <sub>ISO</sub>	7500	V <sub>ac</sub>
Total Device Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	250 2.94	mW mW/°C
Ambient Operating Temperature Range	T <sub>A</sub>	-55 to +100	°C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T <sub>sol</sub>	260	°C

### SCHEMATIC



1. LED ANODE
2. LED CATHODE
3. N.C.
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

(1) Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

## 4N25, 4N25A, 4N26, 4N27, 4N28

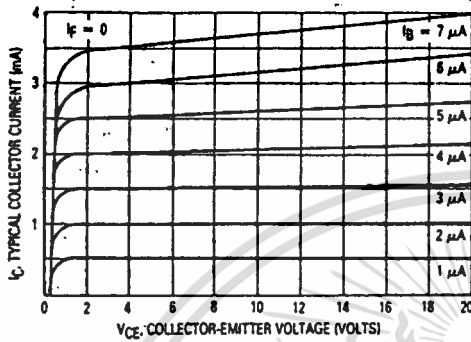


Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)

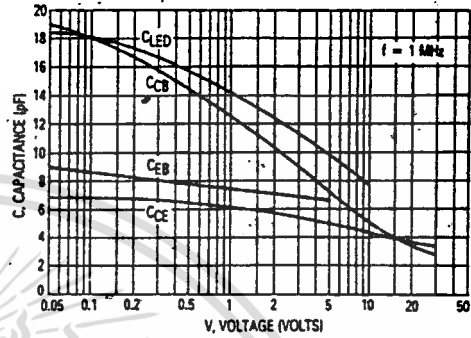


Figure 10. Capacitances versus Voltage

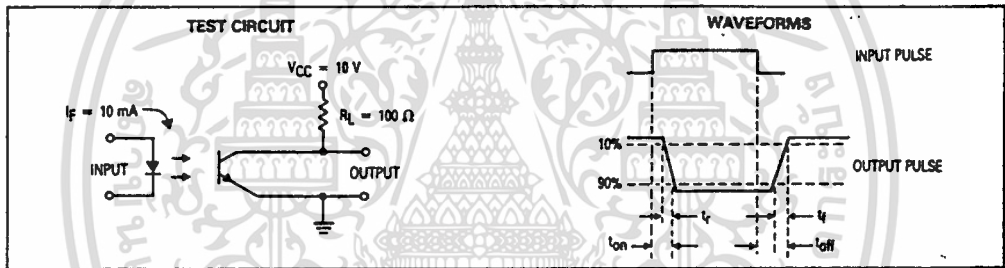
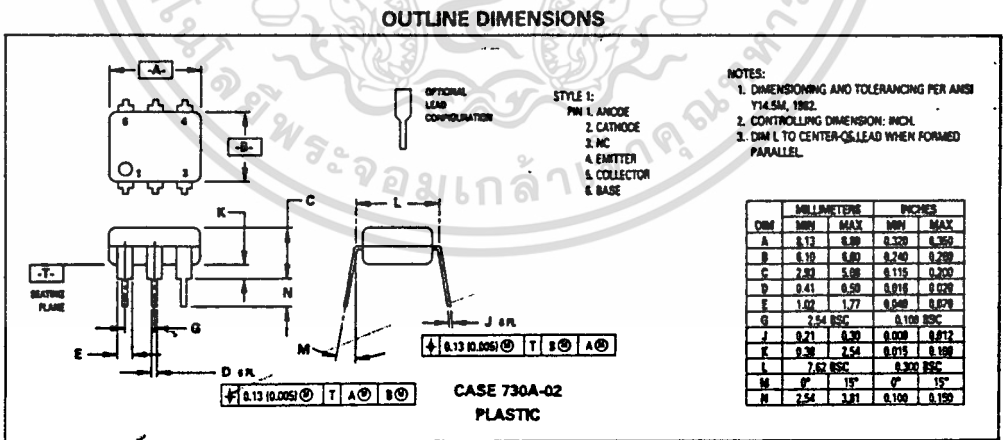


Figure 11. Switching Times



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4N25, 4N25A, 4N26, 4N27, 4N28

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	
<b>INPUT LED</b>						
Forward Voltage ( $I_f = 10\text{ mA}$ )	$V_f$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	1.15	Volts	
		$T_A = -55^\circ\text{C}$	—	1.3		
		$T_A = 100^\circ\text{C}$	—	1.05		
Reverse Leakage Current ( $V_R = 3\text{ V}$ )	$I_R$	—	—	100	$\mu\text{A}$	
Capacitance ( $V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$ )	$C_J$	—	18	—	pF	
<b>OUTPUT TRANSISTOR</b>						
Collector-Emitter Dark Current ( $V_{CE} = 10\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$ )	4N25,25A,26,27 4N28	$I_{CEO}$	—	1	50	nA
( $V_{CE} = 10\text{ V}, T_A = 100^\circ\text{C}$ )	All Devices	$I_{CEO}$	—	1	100	$\mu\text{A}$
Collector-Base Dark Current ( $V_{CB} = 10\text{ V}$ )		$I_{CBO}$	—	0.2	—	nA
Collector-Emitter Breakdown Voltage ( $I_C = 1\text{ mA}$ )		$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts
Collector-Base Breakdown Voltage ( $I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$ )		$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts
Emitter-Collector Breakdown Voltage ( $I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$ )		$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain ( $I_C = 2\text{ mA}, V_{CE} = 5\text{ V}$ )		$h_{FE}$	—	500	—	—
Collector-Emitter Capacitance ( $f = 1\text{ MHz}, V_{CE} = 0$ )		$C_{CE}$	—	7	—	pF
Collector-Base Capacitance ( $f = 1\text{ MHz}, V_{CB} = 0$ )		$C_{CB}$	—	19	—	pF
Emitter-Base Capacitance ( $f = 1\text{ MHz}, V_{EB} = 0$ )		$C_{EB}$	—	9	—	pF
<b>COUPLED</b>						
Output Collector Current ( $I_f = 10\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$ )	4N25,25A,26 4N27,28	$I_C$	2 1	7 5	—	mA
Collector-Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 2\text{ mA}, I_f = 50\text{ mA}$ )		$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5	Volts
Turn-On Time ( $I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$ )		$t_{on}$	—	2.8	—	$\mu\text{s}$
Turn-Off Time ( $I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$ )		$t_{off}$	—	4.5	—	$\mu\text{s}$
Rise Time ( $I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$ )		$t_r$	—	1.2	—	$\mu\text{s}$
Fall Time ( $I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$ )		$t_f$	—	1.3	—	$\mu\text{s}$
Isolation Voltage ( $f = 60\text{ Hz}, t = 1\text{ sec}$ )		$V_{ISO}$	7500	—	—	Vac(pk)
Isolation Resistance ( $V = 500\text{ V}$ )		$R_{ISO}$	$10^{11}$	—	—	$\Omega$
Isolation Capacitance ( $V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$ )		$C_{ISO}$	—	0.2	—	pF

### TYPICAL CHARACTERISTICS

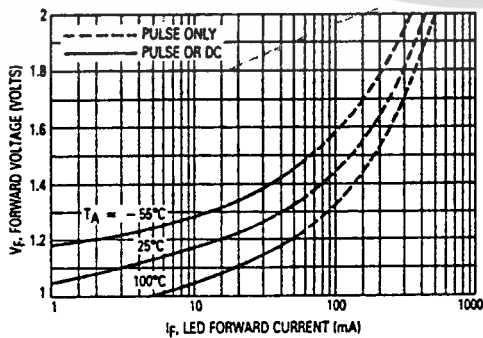


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

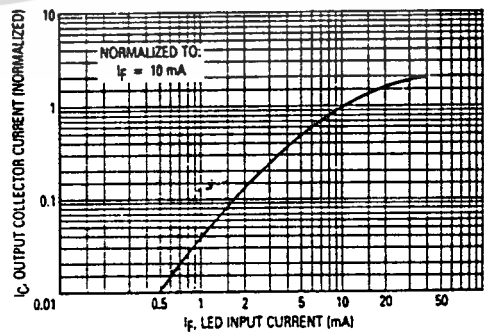


Figure 2. Output Current versus Input Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## CD4093BM/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%

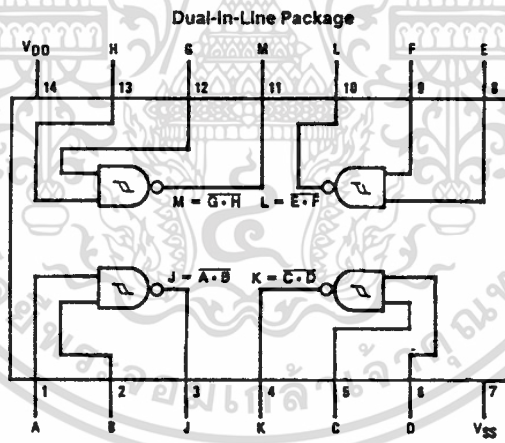
- Equal source and sink currents
- No limit on input rise and fall time
- Standard B-series output drive
- Hysteresis voltage (any input)  $T_A = 25^\circ\text{C}$

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

### Applications

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

### Connection Diagram



Top View

Order Number CD4093B\*

\*Please look into Section 8, Appendix D for availability of various package types.

TL/F/5982-1

### Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

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 ( $T_A$ )	
CD4093BM	-55°C to +125°C
CD4093BC	-40°C to +85°C

### DC Electrical Characteristics CD4093BM (Note 2)

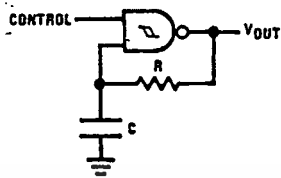
Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		+25°C			+125°C		Units	
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max		
I <sub>Q</sub>	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		0.25			0.25		7.5	$\mu A$	
		$V_{DD} = 10V$		0.5			0.5		15.0	$\mu A$	
		$V_{DD} = 15V$		1.0			1.0		30.0	$\mu A$	
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{DD},  I_O  < 1 \mu A$		0.05		0	0.05		0.05	V	
		$V_{DD} = 5V$		0.05		0	0.05		0.05	V	
		$V_{DD} = 10V$		0.05		0	0.05		0.05	V	
V <sub>OH</sub>	High Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{SS},  I_O  < 1 \mu A$		4.95		4.95	5		4.95	V	
		$V_{DD} = 5V$		9.95		9.95	10		9.95	V	
		$V_{DD} = 15V$		14.95		14.95	15		14.95	V	
V <sub>TH</sub>	Negative-Going Threshold Voltage (Any Input)	$ I_O  < 1 \mu A$		1.3	2.25	1.5	1.8	2.25	1.5	2.3	V
		$V_{DD} = 5V, V_O = 4.5V$		2.85	4.5	3.0	4.1	4.5	3.0	4.65	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9V$		4.35	6.75	4.5	6.3	6.75	4.5	6.9	V
V <sub>TH</sub>	Positive-Going Threshold Voltage (Any Input)	$ I_O  < 1 \mu A$		2.75	3.65	2.75	3.3	3.5	2.65	3.5	V
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$		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 <sub>H</sub>	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	4.30	1.0	2.2	4.0	0.70	4.0	V	
		$V_{DD} = 15V$	1.5	6.30	1.5	2.7	6.0	1.20	6.0	V	
I <sub>OL</sub>	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{IN} = V_{DD}$		0.64		0.51	0.88		0.36	mA	
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$		1.6		1.3	2.25		0.9	mA	
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$		4.2		3.4	8.8		2.4	mA	
I <sub>OH</sub>	High Level Output Current (Note 3)	$V_{IN} = V_{SS}$		-0.64		0.51	-0.88		-0.36	mA	
		$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$		-1.6		-1.3	-2.25		-0.9	mA	
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$		-4.2		-3.4	-8.8		-2.4	mA	
I <sub>IN</sub>	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.1		-10 <sup>-5</sup>	-0.1		-1.0	$\mu A$	
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.1		10 <sup>-5</sup>	0.1		1.0	$\mu A$	

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

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

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

Typical Applications

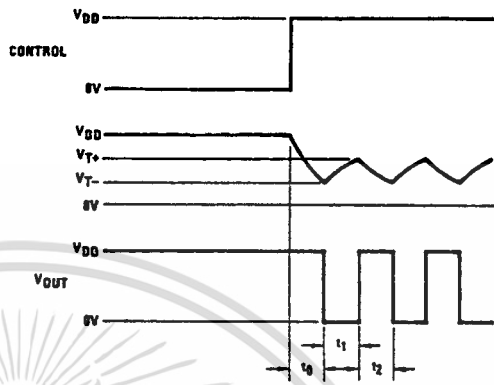


Gated Oscillator

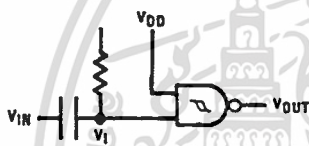
Assume  $t_1 + t_2 \gg t_{PHL} + t_{PLH}$  then  
 $t_0 = RC \ln [V_{DD}/V_{T-}]$   
 $t_1 = RC \ln [(V_{DD} - V_{T-})/(V_{DD} + V_{T+})]$   
 $t_2 = RC \ln [V_{T+}/V_{T-}]$

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{RC \ln \frac{(V_{T+})(V_{DD} - V_{T-})}{(V_{T-})(V_{DD} + V_{T+})}}$$

TL/F/5982-2

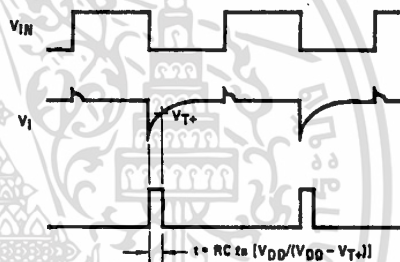


TL/F/5982-3



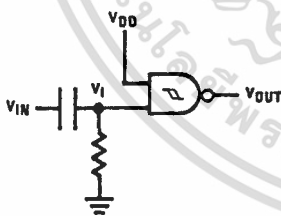
Gated One-Shot

TL/F/5982-4

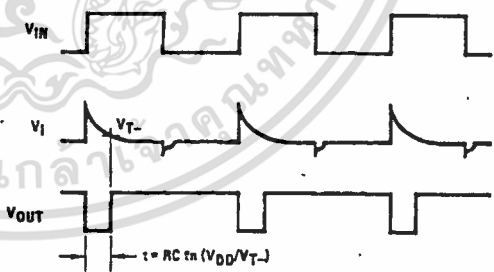


TL/F/5982-5

(a) Negative-Edge Triggered



TL/F/5982-6



TL/F/5982-7

(b) Positive-Edge Triggered

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DC Electrical Characteristics CD4093BC (Note 2)

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

## AC Electrical Characteristics\*

$T_A = 25^\circ C$ ,  $C_L = 50$  pF,  $R_L = 200k$ , Input  $t_r, t_f = 20$  ns, unless otherwise specified

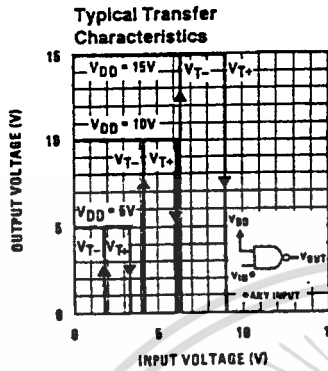
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Propagation Delay Time	$V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		300 120 80	450 210 160	ns ns ns
$t_{THL}, t_{TLH}$	Transition Time	$V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		90 50 40	145 75 60	ns ns ns
$C_{IN}$	Input Capacitance	(Any Input)		5.0	7.5	pF
$C_{PD}$	Power Dissipation Capacitance	(Per Gate)		24		pF

\*AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

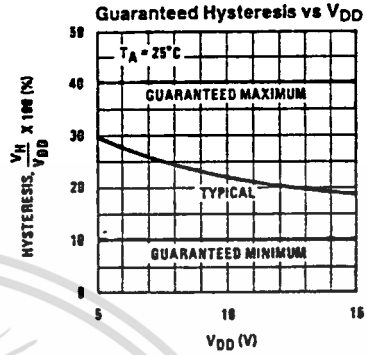
Note 2:  $V_{SS} = 0V$  unless otherwise specified.

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

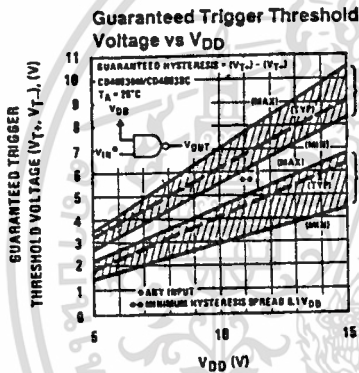
## Typical Performance Characteristics



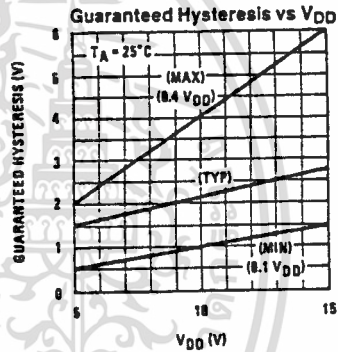
TL/F/5982-8



TL/F/5982-9

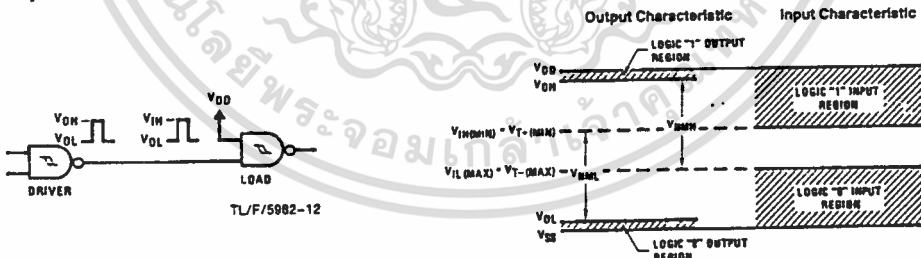


TL/F/5982-10



TL/F/5982-11

## Input and Output Characteristics



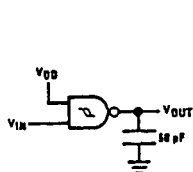
TL/F/5982-12

$$V_{NML} = V_{IH(MIN)} - V_{OL} = V_{IH(MIN)} - V_{T- (MIN)}$$

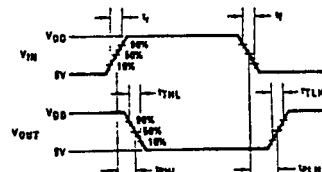
$$V_{NMH} = V_{OH} - V_{IL(MAX)} = V_{DD} - V_{IL(MAX)} = V_{DD} - V_{T- (MAX)}$$

TL/F/5982-13

## AC Test Circuits and Switching Time Waveforms



TL/F/5982-14



TL/F/5982-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## CD4013BM/CD4013BC Dual D Flip-Flop

### General Description

The CD4013B dual D flip-flop is a monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuit constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. Each flip-flop has independent data, set, reset, and clock inputs and "Q" and "Q̄" outputs. These devices can be used for shift register applications, and by connecting "Q̄" output to the data input, for counter and toggle applications. The logic level present at the "D" input is transferred to the Q output during the positive-going transition of the clock pulse. Setting or resetting is independent of the clock and is accomplished by a high level on the set or reset line respectively.

### Features

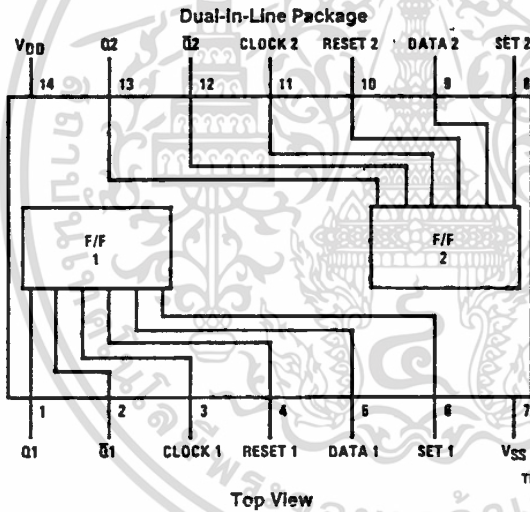
- Wide supply voltage range
- High noise immunity
- Low power TTL compatibility

3.0V to 15V  
0.45 V<sub>DD</sub> (typ.)  
fan out of 2 driving 74L  
or 1 driving 74LS

### Applications

- Automotive
- Data terminals
- Instrumentation
- Medical electronics
- Alarm system
- Industrial electronics
- Remote metering
- Computers

### Connection Diagram



Order Number CD4013B\*  
Please see Section 8, Appendix D  
for availability of various package types.

### Truth Table

CL†	D	R	S	Q	Q̄
↗	0	0	0	0	1
↘	1	0	0	1	0
↗	x	0	0	Q	Q̄
x	x	1	0	0	1
x	x	0	1	1	0
x	x	1	1	1	1

No change  
† = Level change  
x = Don't care case

**Absolute Maximum Ratings** (Notes 1 & 2)

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

DC Supply Voltage ( $V_{DD}$ )	-0.5 $V_{DC}$ to +18 $V_{DC}$
Input Voltage ( $V_{IN}$ )	-0.5 $V_{DC}$ to $V_{DD}$ +0.5 $V_{DC}$
Storage Temp. 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 $V_{DC}$ to +15 $V_{DC}$
Input Voltage ( $V_{IN}$ )	0 $V_{DC}$ to $V_{DD}$ $V_{DC}$
Operating Temperature Range ( $T_A$ )	
CD4013BM	-55°C to +125°C
CD4013BC	-40°C to +85°C

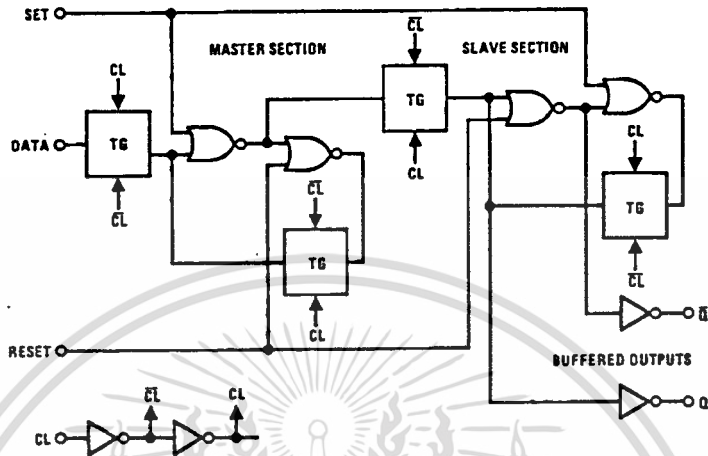
**DC Electrical Characteristics** CD4013BM (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		+25°C			+125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		1.0			1.0		30	$\mu A$
		$V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		2.0			2.0		60	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		4.0			4.0		120	$\mu A$
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$		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 Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95			4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95			9.95		V
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95			14.95		V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or 4.5V		1.5			1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or 9.0V		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 Input Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or 4.5V	3.5		3.5			3.5		V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or 9.0V	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 Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$	0.64		0.51	0.88		0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$	1.6		1.3	2.25		0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	4.2		3.4	8.8		2.4		mA
$I_{OH}$	High Level Output Current (Note 3)	$V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$	-0.64		-0.51	-0.88		-0.36		mA
		$V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$	-1.6		-1.3	-2.25		-0.9		mA
		$V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-4.2		-3.4	-8.8		-2.4		mA
$I_{IN}$	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$		-0.1		$-10^{-5}$		-0.1		$\mu A$
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.1		$10^{-5}$		0.1		$\mu A$

**DC Electrical Characteristics** CD4013BC (Note 2)

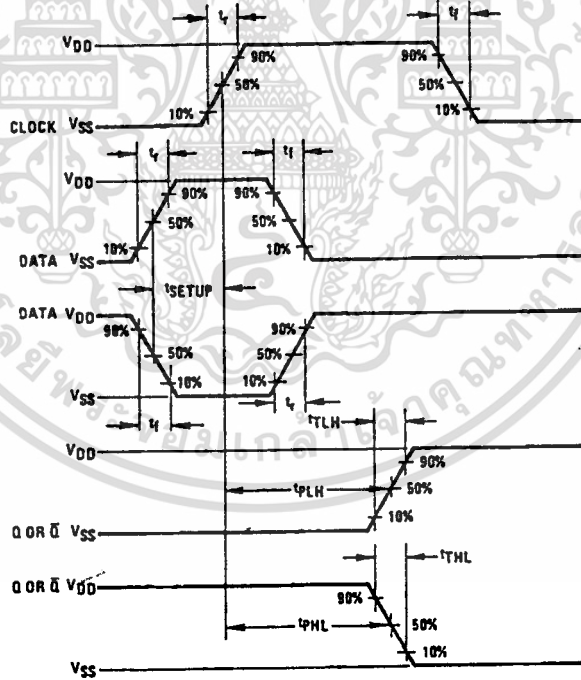
Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		4.0			4.0		30	$\mu A$
		$V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		8.0			8.0		60	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD}$ or $V_{SS}$		16.0			16.0		120	$\mu A$
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$		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 Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95			4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95			9.95		V
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95			14.95		V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage	$ I_O  < 1.0 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V$ or 4.5V		1.5			1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V, V_O = 1.0V$ or 9.0V		3.0			3.0		3.0	V
		$V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$ or 13.5V		4.0			4.0		4.0	V

Logic Diagram



TL/F/5946-5

Switching Time Waveforms



TL/F/5946-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings

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

Supply Voltage (LM386N-1, -3, LM386M-1)	15V
Supply Voltage (LM386N-4)	22V
Package Dissipation (Note 1) (LM386N)	1.25W
(LM386M)	0.73W
Input Voltage	$\pm 0.4V$
Storage Temperature	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$
Operating Temperature	$0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$

Junction Temperature	$+150^{\circ}C$
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec)	$+260^{\circ}C$
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 sec)	$+215^{\circ}C$
Infrared (15 sec)	$+220^{\circ}C$

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

## Electrical Characteristics $T_A = 25^{\circ}C$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage ( $V_S$ ) LM386N-1, -3, LM386M-1 LM386N-4		4 5		12 18	V V
Quiescent Current ( $I_Q$ )	$V_S = 6V, V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power ( $P_{OUT}$ ) LM386N-1, LM386M-1 LM386N-3 LM386N-4	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$ $V_S = 9V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$ $V_S = 16V, R_L = 32\Omega, THD = 10\%$	250 500 700	325 700 1000		mW mW mW
Voltage Gain ( $A_V$ )	$V_S = 6V, f = 1\text{ kHz}$ $10\ \mu F$ from Pin 1 to 8		26 46		dB dB
Bandwidth (BW)	$V_S = 6V, \text{Pins 1 and 8 Open}$		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_S = 6V, R_L = 8\Omega, P_{OUT} = 125\text{ mW}$ $f = 1\text{ kHz}, \text{Pins 1 and 8 Open}$		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_S = 6V, f = 1\text{ kHz}, C_{BYPASS} = 10\ \mu F$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance ( $R_{IN}$ )			50		k $\Omega$
Input Bias Current ( $I_{BIAS}$ )	$V_S = 6V, \text{Pins 2 and 3 Open}$		250		nA

Note 1: For operation in ambient temperatures above  $25^{\circ}C$ , the device must be derated based on a  $150^{\circ}C$  maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of  $80^{\circ}C/W$  junction to ambient for the dual-in-line package and 2) a thermal resistance of  $170^{\circ}C/W$  for the small outline package.

## Application Hints

### GAIN CONTROL

To make the LM386 a more versatile amplifier, two pins (1 and 8) are provided for gain control. With pins 1 and 8 open the  $1.35\text{ k}\Omega$  resistor sets the gain at 20 (26 dB). If a capacitor is put from pin 1 to 8, bypassing the  $1.35\text{ k}\Omega$  resistor, the gain will go up to 200 (46 dB). If a resistor is placed in series with the capacitor, the gain can be set to any value from 20 to 200. Gain control can also be done by capacitively coupling a resistor (or FET) from pin 1 to ground.

Additional external components can be placed in parallel with the internal feedback resistors to tailor the gain and frequency response for individual applications. For example, we can compensate poor speaker bass response by frequency shaping the feedback path. This is done with a series RC from pin 1 to 5 (paralleling the internal  $15\text{ k}\Omega$  resistor). For 6 dB effective bass boost:  $R = 15\text{ k}\Omega$ , the lowest value for good stable operation is  $R = 10\text{ k}\Omega$  if pin 8 is open. If pins 1 and 8 are bypassed then R as low as  $2\text{ k}\Omega$  can be used. This restriction is because the amplifier is only compensated for closed-loop gains greater than 9.

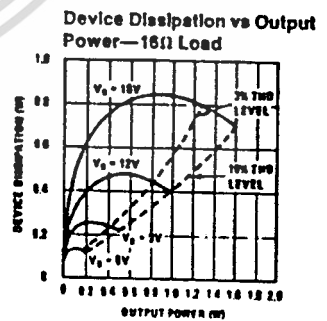
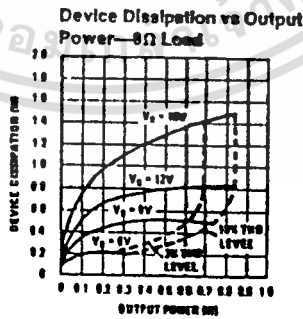
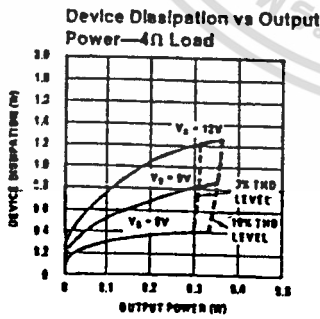
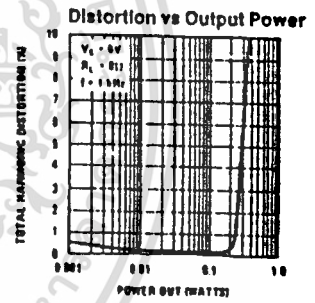
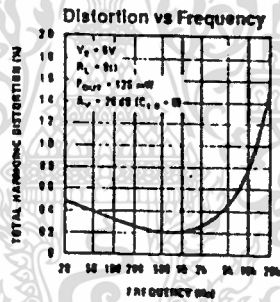
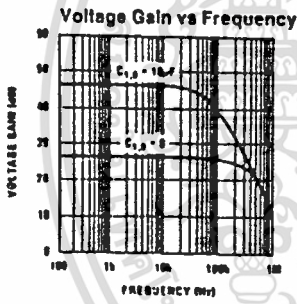
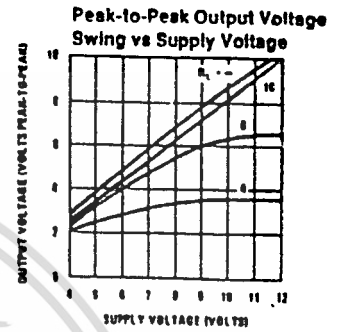
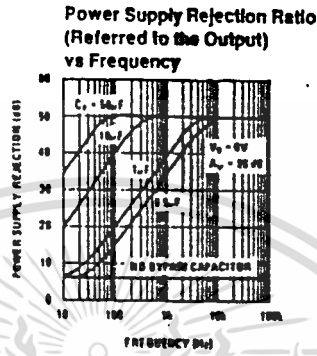
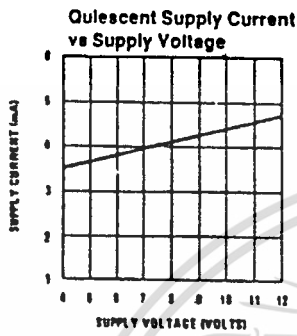
### INPUT BIASING

The schematic shows that both inputs are biased to ground with a  $50\text{ k}\Omega$  resistor. The base current of the input transistors is about 250 nA, so the inputs are at about 12.5 mV when left open. If the dc source resistance driving the LM386 is higher than  $250\text{ k}\Omega$  it will contribute very little additional offset (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). If the dc source resistance is less than  $10\text{ k}\Omega$ , then shorting the unused input to ground will keep the offset low (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). For dc source resistances between these values we can eliminate excess offset by putting a resistor from the unused input to ground, equal in value to the dc source resistance. Of course all offset problems are eliminated if the input is capacitively coupled.

When using the LM386 with higher gains (bypassing the  $1.35\text{ k}\Omega$  resistor between pins 1 and 8) it is necessary to bypass the unused input, preventing degradation of gain and possible instabilities. This is done with a  $0.1\ \mu F$  capacitor or a short to ground depending on the dc source resistance on the driven input.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Performance Characteristics



TL740076-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## CD4510BM/CD4510BC BCD Up/Down Counter CD4516BM/CD4516BC Binary Up/Down Counter

### General Description

The CD4510BM/CD4510BC and CD4516BM/CD4516BC are monolithic CMOS up/down counters which count in BCD and binary, respectively.

The counters count up when the up/down input is at logical "1" and vice versa. A logical "1" preset enable signal allows information at the parallel inputs to preset the counters to any state synchronously with the clock. The counters are advanced one count at the positive-going edge of the clock if the carry in, preset enable, and reset inputs are at logical "0". Advancement is inhibited when any of these three inputs are at logical "1". The carry out signal is normally at logical "1" state and goes to logical "0" when the counter reaches its maximum count in the "up" mode or its minimum count in the "down" mode, provided the carry input is at logical "0" state. The counters are cleared asynchro-

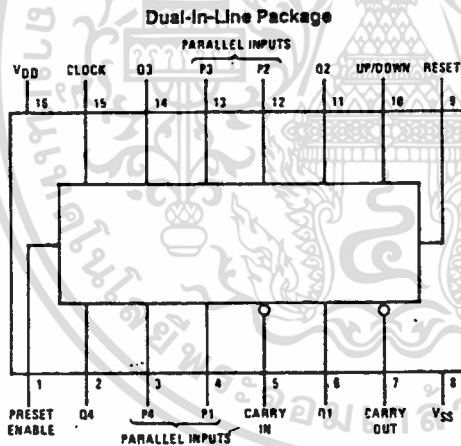
nously by applying a logical "1" voltage level at the reset input.

All inputs are protected against static discharge by diode clamps to both  $V_{DD}$  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
- Parallel load "jam" inputs
- Low quiescent power dissipation 0.25  $\mu$ W/package (typ.) @  $V_{CC} = 5.0V$
- Motorola MC14510, MC14516 second source

### Connection Diagram



Top View

TL/F/5990-1

Order Number CD4510B\* or CD4516B\*

\*Please look into Section 8, Appendix D for availability of various package types.

### Truth Table

Clock	Reset	Preset Enable	Carry In	Up/Down	Output Function
X	1	X	X	X	Reset to Zero
X	0	1	X	X	Set to P1, P2, P3, P4
	0	0	0	1	Count Up
	0	0	0	0	Count Down
	0	0	X	X	No Change
X	0	0	1	X	No Change

= Positive Transition  
 = Negative Transition  
 X = Don't Care

### Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

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 ( $P_D$ )	700 mW
Dual-In-Line	500 mW
Small Outline	260°C
Lead Temp. ( $T_L$ ) (Soldering, 10 sec.)	260°C

### Recommended Operating Conditions (Note 2)

DC Supply Voltage ( $V_{DD}$ )	3V to 15V
Input Voltage ( $V_{IN}$ )	0V to $V_{DD}$
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C
CD4510BM, CD4516BM	-40°C to +85°C
CD4510BC, CD4516BC	

### DC Electrical Characteristics CD4510BM/CD4516BM (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-55°C		+25°C			+125°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD} \text{ or } V_{SS}$ $V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD} \text{ or } V_{SS}$ $V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD} \text{ or } V_{SS}$		5 10 20		0.05 0.1 0.15	5 10 20		150 300 600	$\mu A$ $\mu A$ $\mu A$
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}, V_{IL} = 0V,  I_O  < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		0.05 0.05 0.05		0 0 0	0.05 0.05 0.05		0.05 0.05 0.05	V V V
$V_{OH}$	High Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}, V_{IL} = 0V,  I_O  < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$	4.95 9.95 14.95		4.95 9.95 14.95	5 10 15		4.95 9.95 14.95		V V V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage	$ I_O  < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V \text{ or } 4.5V$ $V_{DD} = 10V, V_O = 1V \text{ or } 9V$ $V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V \text{ or } 13.5V$		1.5 3.0 4.0		2.25 4.5 6.75	1.5 3.0 4.0		1.5 3.0 4.0	V V V
$V_{IH}$	High Level Input Voltage	$ I_O  < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V \text{ or } 4.5V$ $V_{DD} = 10V, V_O = 1V \text{ or } 9V$ $V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V \text{ or } 13.5V$	3.5 7.0 11.0		3.5 7.0 11.0	2.75 5.5 8.25		3.5 7.0 11.0		V V V
$I_{OL}$	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{IH} = V_{DD}, V_{IL} = 0V$ $V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$ $V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$ $V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	0.64 1.6 4.2		0.51 1.3 3.4	0.8 2.0 7.8		0.36 0.9 2.4		mA mA mA
$I_{OH}$	High Level Output Current (Note 3)	$V_{IH} = V_{DD}, V_{IL} = 0V$ $V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$ $V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$ $V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-0.64 -1.6 -4.2		-0.51 -1.3 -3.4	-0.8 -2.0 -7.8		-0.36 -0.9 -2.4		mA mA mA
$I_{IN}$	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$ $V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		-0.1 0.1		$-10^{-5}$ $10^{-5}$	-0.1 0.1		-1.0 1.0	$\mu A$ $\mu A$

### DC Electrical Characteristics CD4510BC/CD4516BC (Note 2)

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V, V_{IN} = V_{DD} \text{ or } V_{SS}$ $V_{DD} = 10V, V_{IN} = V_{DD} \text{ or } V_{SS}$ $V_{DD} = 15V, V_{IN} = V_{DD} \text{ or } V_{SS}$		20 40 80		0.05 0.1 0.15	20 40 80		150 300 600	$\mu A$ $\mu A$ $\mu A$
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}, V_{IL} = 0V,  I_O  < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$		0.05 0.05 0.05		0 0 0	0.05 0.05 0.05		0.05 0.05 0.05	V V V
$V_{OH}$	High Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}, V_{IL} = 0V,  I_O  < 1\mu A$ $V_{DD} = 5V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 15V$	4.95 9.95 14.95		4.95 9.95 14.95	5 10 15		4.95 9.95 14.95		V V V

**DC Electrical Characteristics** CD4510BC/CD4516BC (Note 2) (Continued)

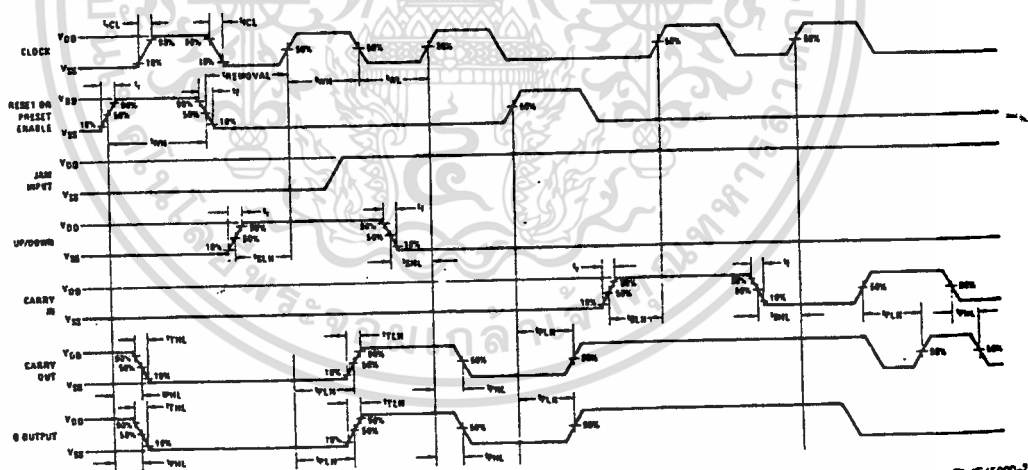
Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage	$ I_{O1}  < 1 \mu A$ $V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V \text{ or } 4.5V$ $V_{DD} = 10V, V_O = 1V \text{ or } 9V$ $V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V \text{ or } 13.5V$		1.5 3.0 4.0		2.25 4.5 6.75	1.5 3.0 4.0		1.5 3.0 4.0	V V V
$V_{IH}$	High Level Input Voltage	$ I_{O1}  < 1 \mu A$ $V_{DD} = 5V, V_O = 0.5V \text{ or } 4.5V$ $V_{DD} = 10V, V_O = 1V \text{ or } 9V$ $V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V \text{ or } 13.5V$	3.5 7.0 11.0		3.5 7.0 11.0	2.75 5.5 8.25		3.5 7.0 11.0		V V V
$I_{OL}$	Low Level Output Current (Note 3)	$V_{IH} = V_{DD}, V_{IL} = 0V$ $V_{DD} = 5V, V_O = 0.4V$ $V_{DD} = 10V, V_O = 0.5V$ $V_{DD} = 15V, V_O = 1.5V$	0.52 1.3 3.8		0.44 1.1 3.0	0.8 2.0 7.8		0.36 0.9 2.4		mA mA mA
$I_{OH}$	High Level Output Current (Note 3)	$V_{IH} = V_{DD}, V_{IL} = 0V$ $V_{DD} = 5V, V_O = 4.6V$ $V_{DD} = 10V, V_O = 9.5V$ $V_{DD} = 15V, V_O = 13.5V$	-0.52 -1.3 -3.6		-0.44 -1.1 -3.0	-0.8 -2.0 -7.8		-0.36 -0.9 -2.4		mA mA mA
$I_{IN}$	Input Current	$V_{DD} = 15V, V_{IN} = 0V$ $V_{DD} = 15V, V_{IN} = 15V$		-0.3 0.3		$-10^{-5}$ $10^{-5}$	-0.3 0.3		-1.0 1.0	$\mu A$ $\mu A$

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 device should be operated at these limits. The table of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

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

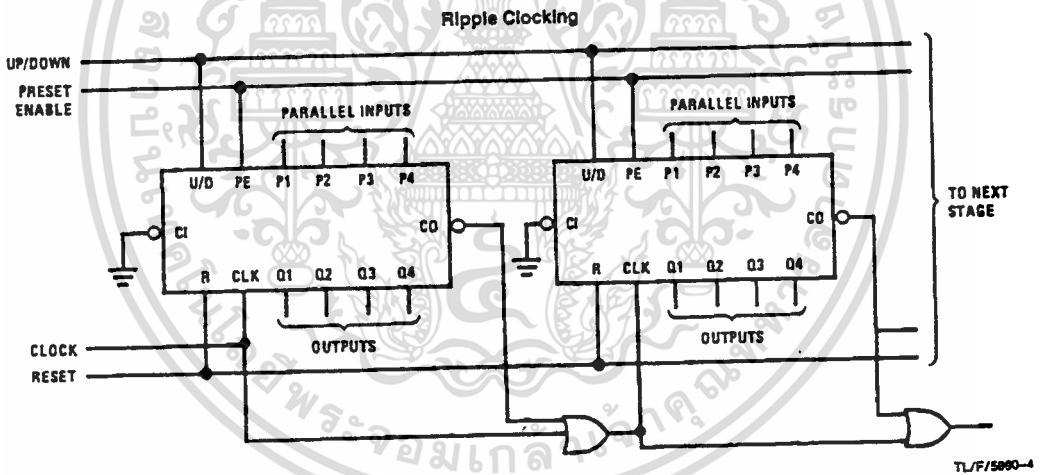
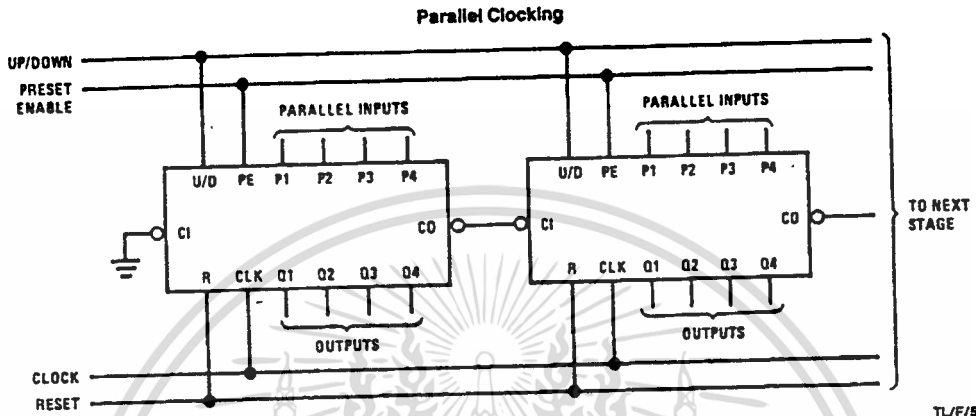
Note 3:  $I_{OH}$  and  $I_{OL}$  are tested one output at a time.

**Switching Time Waveforms**



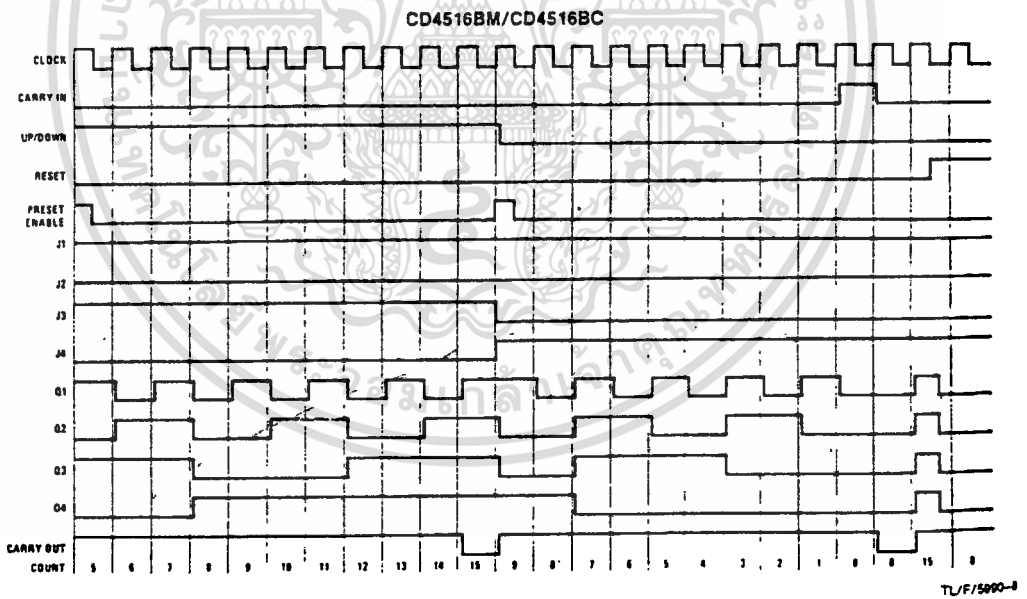
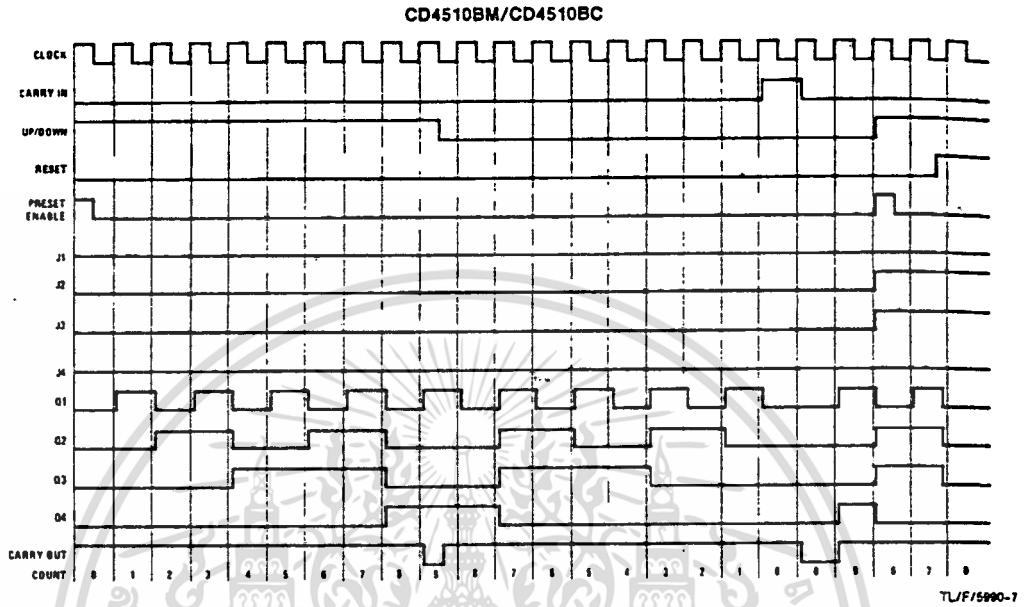
TUF/5600-2

### Cascading Packages



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Logic Waveforms



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5400/7400 Quadruple 2-Input Positive-NAND Gate

	Schottky TTL			High-Speed TTL			Low-Power Schottky TTL			Standard TTL			Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF	
T.I.	SN54S00	J	Q	W	SN54H00	J	Q	W	SN54LS00	J	Q	W	SN5400	J	Q	W
	SN74S00	J	Q	W	SN74H00	J	Q	W	SN74LS00	J	Q	W	SN7400	J	Q	W
FAIRCHILD	FMS4500	D	P	W	FM54H00	D	P	W	FMS4LS00	D	P	W	FM 5400	D	P	W
	FC74S00	D	P	W	FC74H00	D	P	W	FC74LS00	D	P	W	FC7400	D	P	W
MOTOROLA					VC3100	L	P	F2					MC5400	L	P	F2
					MC3000	L	P	F2					MC7400	L	P	F2
N.S.C.					DM54H00	J	Q	W	DM54LS00	J	Q	W	DM5400	J	Q	W
	DM74S00	J	Q	W	DM74H00	J	Q	W	DM74LS00	J	Q	W	DM7400	J	Q	W
PHILIPS					GJH131/74H00	J	Q	W	N74LS00	J	Q	W	FJH131/7400	J	Q	W
	N74S00	J	Q	W	SS4H00	F	A	W2	SS400	F	A	W2	N7400	F	A	W2
SIGNETICS					N74H00	F	A	W2	N74LS00	F	A	W2	N7400	F	A	W2
SIEMENS													FLH101	J	Q	W
FUJITSU					MB601	D	M	L	74LS00	M	L	L	MB400	D	M	L
HITACHI									HD74LS00	P	D	D	HD7400	P	D	D
MITSUBISHI									M74LS00	P	D	D	M51200	P	D	D
NEC									74LS00	C	J	J	μPB201	D	P	CF
TOSHIBA													TC3400 A	P	D	D

### Electrical Characteristics SN54LS00/SN74LS00

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range			
Supply voltage VCC	7V	Operating power temperature range	SN54LS -55°C to 125°C
Input voltage	7V	Storage temperature range	SN54LS -65°C to 150°C
Interconnect voltage	5.5V		

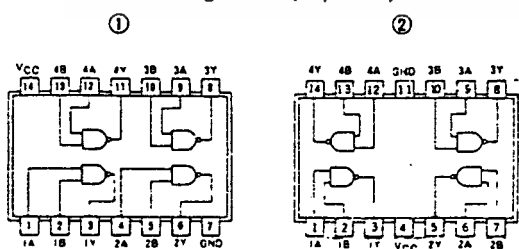
  

recommended operating conditions							
	SN54LS00		SN74LS00		UNIT		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage VCC	4.5	5	5.5	4.75	5	5.75	V
Maximum output current I <sub>OH</sub>			-400			-400	μA
Low-level output current I <sub>OL</sub>			4			4	mA
Operating power temperature, T <sub>a</sub>	-55		125	0		125	°C

### electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

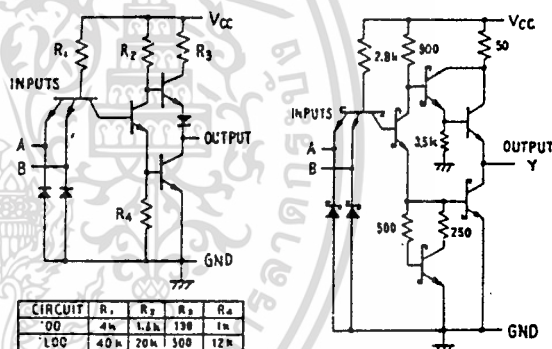
PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT	
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2		V	
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V	
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>I</sub> =-18mA		-1.5	V	
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>OH</sub> =MAX, V <sub>IL</sub> =V <sub>IH</sub> MAX	2.7	3.4	V	
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>OL</sub> =4mA, V <sub>IH</sub> =2V	0.2	0.4	V	
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =7V		0.1	mA	
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>IH</sub> =2.7V		20	μA	
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>IL</sub> =0.4V		-0.4	mA	
I <sub>CS</sub>	Short-circuit output current †	V <sub>CC</sub> =MAX	SN54LS Family -20	-100	mA	
			74LS Family -18	-100	mA	
I <sub>COH</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =MAX	Total outputs high	4	8	mA
I <sub>COL</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =MAX	Total outputs low	12	22	mA
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =5V	Average per gate (50% duty cycle)	0.4		mA
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level output	V <sub>CC</sub> =5V, T <sub>a</sub> =25°C, C <sub>L</sub> =150pF, R <sub>L</sub> =2kΩ	9	15	ns	
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level output		10	15	ns	

### Pin Assignments (Top View)



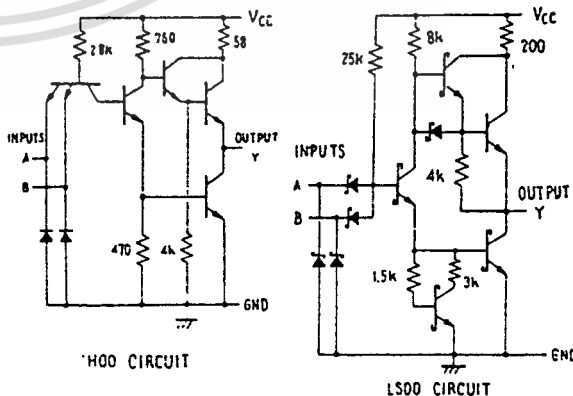
positive logic:  
Y = A B

### Schematics (each gate)



CIRCUIT	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
'00	4k	1.6k	138	1k
'00	40k	20k	300	12k

Input clamp diodes not on SN54LS00/SN74LS00 circuits.



Resistor values shown are nominal and in ohms.

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

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub>=5V, T<sub>a</sub>=25°C.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H/SN74H and SN54S/SN74S, duration of short-circuit should not exceed 1 second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5404/7404 Hex Inverter

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL															
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package													
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF												
T.L	SN54S04	J	D	WD	SN54H04	J	D	WD	SN54LS04	J	D	W2	SN5404	J	D	WC	SN54L04	J	D	TC	SN74S04	J	D	ND	SN7404	J	D	ND	SN74L04	J	D	TC
FAIRCHILD	FM54S04/FM5504	DD			FM54H04/FM5H04	DD		F2	FMS4LS04/FMSLS04	DD		F2	FM5404/FM5H04	DD		F2																
MOTOROLA	FC74S04/FC9504	DD	PD		FC74H04/FC9H04	DD	PD		FC94LS04/FC9LS04	DD	PD	F2	FM7404/FC9N04	DD	PD	F2																
N.S.C.	DM74S04		ND		DM74H04		ND		DM74LS04		ND		DM5404		ND	W2	DM54L04		ND	F2	DM74L04		ND	F2								
PHILIPS	N74S04		D		N74H04		D		N74LS04		D		FJH241/7404		D																	
SIGNETICS	S54S04	F	D	AD	S54H04	F	D	AD	SN74LS04		AD		S5404	F	D	AD	SN7404	F	D	AD												
SIEMENS	N74S04	F	D	AD	N74H04	F	D	AD	N74LS04		AD		N7404	F	D	AD	FLM211		D													
FUJITSU									74LS04		ND		M8418		D	MD																
HITACHI	HD74S04		D	PD					HD74LS04		P	D	HD7404/HD2522		D	PD																
mitsubishi	M55004		PD						M74LS04		P	D	M53204		P	D																
NEC	74S04		C	D					74LS04		C	D	$\mu$ PB235		D	T																
TOSHIBA													TD3404A		P	D																

Electrical Characteristics SN54LS04/SN74LS04

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V <sub>CC</sub>	TV	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	TV	Storage temperature range	SN74LS	-65°C to 150°C

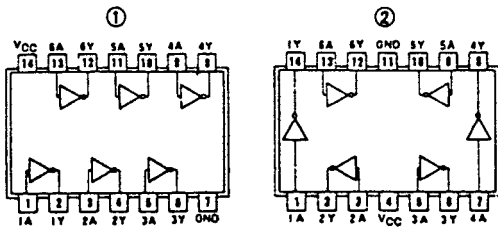
recommended operating conditions

	SN54LS04			SN74LS04			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>			-60			-60	mA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			4			4	mA
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

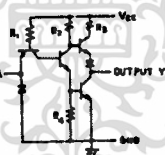
PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT	
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		Z		V	
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V	
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>I</sub> = -18 mA		-1.5	V	
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = V <sub>IL</sub> max.	2.7	3.4	V	
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2V, I <sub>OL</sub> = 4 mA		0.4	V	
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = TV		0.1	mA	
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IH</sub> = 2.7V		20	µA	
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IL</sub> = 0.4V		-0.4	mA	
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current †	V <sub>CC</sub> = MAX	54LS Family	-20	-100	mA
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX	74LS Family	-20	-100	mA
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX	Total, outputs high	1.2	2.4	mA
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX	Total, outputs low	3.6	6.6	mA
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = 5V	Average per gate (50% duty cycle)	0.6		mA
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level output	V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C, C <sub>L</sub> = 15PF, R <sub>L</sub> = 2KΩ		9	15	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level output	V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C, C <sub>L</sub> = 15PF, R <sub>L</sub> = 2KΩ		10	15	ns

Pin Assignments (Top View)



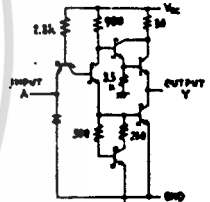
positive logic:  
Y =  $\bar{A}$

Schematics (each gate)

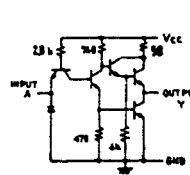


CIRCUIT	R1	R2	R3	R4
'04	4k	1.5k	130	1h
'L04	40h	15h	100	12k

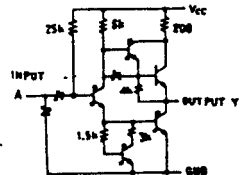
Input clamp diodes not on SN54LS73H, 74L circuits.  
'04, 'L04 CIRCUITS



'S04 CIRCUIT



'H04 CIRCUIT



'L04 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

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

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H/SN74H and SN54S/SN74S, duration of short-circuit should not exceed 1 second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่นอญูเตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 5415/7415 Triple 3-Input Positive-AND Gate with Open-Collector Output

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL							
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package					
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF				
T.I.	SN54S15	J	Q	WD	SN54H15	J	Q	WD	SN54LS15	J	Q	WD	SN74S15	J	Q	WD	SN74LS15	J	Q	WD				
FAIRCHILD	74S15	J	Q	WD	74H15	J	Q	WD	74LS15	J	Q	WD	74S15	J	Q	WD	74LS15	J	Q	WD				
MOTOROLA																								
N.S.C.	DM74S15								DM74LS15															
PHILIPS	N74S15								N74LS15															
SIGNETICS	N74S15								N74LS15															
SIEMENS													FLH591											
FUJITSU																								
HITACHI	HD74S15								HD74LS15															
MITSUBISHI	M55015																							
NEC																								
TOSHIBA																								

### Electrical Characteristics SN54LS15/SN74LS15

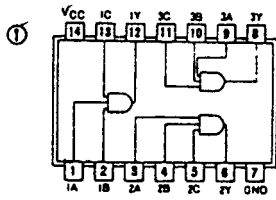
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range			
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS -55°C to 125°C
Input voltage	7V	SN74LS	0°C to 70°C
Off-state (high-level) voltage applied to open-collector outputs	7V	Storage temperature range	-65°C to 150°C
		Interconnect voltage	5.5V

recommended operating conditions							
		SN54LS15	SN74LS15	UNIT			
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	V
High-level output voltage, V <sub>OH</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			4			8	mA
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55		125	0		70	°C

### electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

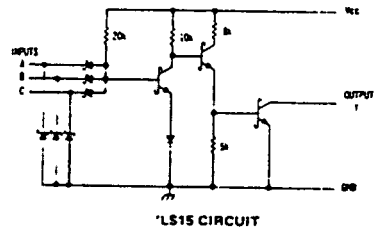
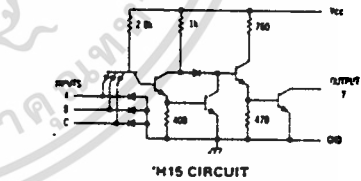
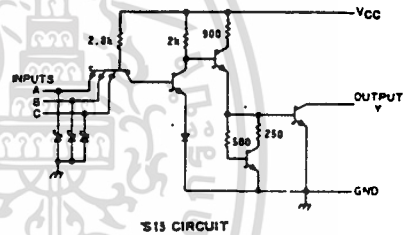
PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2		V
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage		0.8		V
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>I</sub> = -18mA		-1.5	V
I <sub>OH</sub>	High-level output current	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2V, V <sub>OH</sub> = 5.5V		100	μA
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OL</sub> = 4mA	0.25	0.4	V
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 7V	0.1		mA
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IH</sub> = 2.7V	20		μA
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IL</sub> = 0.4V	-0.4		mA
I <sub>CCH</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX, Total, outputs high	1.8	3.6	mA
I <sub>CCL</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX, Total, outputs low	3.3	6.6	mA
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = 5V, Average per gate (50% duty cycle)	0.85		mA
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level output	V <sub>CC</sub> = 5V, C <sub>L</sub> = 15pF, T <sub>A</sub> = 25°C	20	35	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level output		17	35	ns

### Pin Assignment (Top View)



positive logic:  
Y = ABC

### Schematics (each gate)



Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or use the appropriate value specified under recommended operating conditions.  
‡ All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5432/7432 Quadruple 2-Input Positive-OR Gate

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package	
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF
T.I.	SN54S32	J	Q	WD					SN54LS32	J	Q	WD	SN5432	J	Q	WD				
	SN74S32	J	Q	WD					SN74LS32	J	Q	WD	SN7432	J	Q	WD				
FAIRCHILD	FM5432/FM7432	K	Q	FD					FM54LS32/FM74LS32	K	Q	FD	FM5432/FM7432	K	Q	FD				
	PC7432/PC7432	K	Q	FD					PC74LS32/PC74LS32	K	Q	FD	FC7432/FC7432	K	Q	FD				
MOTOROLA									SN74LS32	P	Q									
N.S.C.									DM74LS32	Q			DM5432	J	Q	WD	DM54LS32			
									DM54LS32	Q			DM74232	J	Q	WD	DM74LS32			
PHILIPS	N74S32		Q						N74LS32		Q		N7432		Q					
SIGMETICS									N74LS32	A	Q		SM42	F	Q	WD				
									N74LS32	A	Q		SM42	F	Q	WD				
SIEMENS													FLM631		Q					
FUJITSU									74LS32	M	Q									
HITACHI									HD74LS32	P	Q		HD7432	Q	P					
MITSUBISHI									M53LS32	P	Q									
NEC									74LS32	C	Q									
TOSHIBA																				

Electrical Characteristics SN54LS32/SN74LS32

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V <sub>CC</sub>	TV	Operating free-air temperature range	SN54LS32	-55°C to 125°C
Input voltage	TV		SN74LS32	-55 to 125°C
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

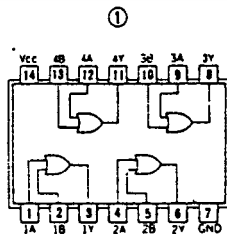
recommended operating conditions

	SN54LS32		SN74LS32		UNIT
	MIN	MAX	MIN	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	4.75	5	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>		-400		-400	μA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>		4		8	mA
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55	125	0	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

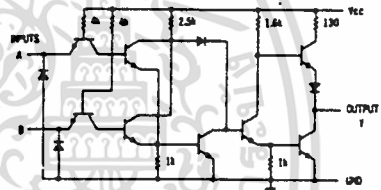
PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2		V
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>I</sub> =-18mA		-1.5	V
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>OH</sub> =MAX, V <sub>IH</sub> =2V	2.7	3.4	V
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>IL</sub> =V <sub>IL</sub> MAX, I <sub>OL</sub> =4mA	0.25	0.4	V
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =2V		0.1	mA
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>IH</sub> =2.7V		20	μA
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>IL</sub> =0.4V		-0.4	mA
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current †	V <sub>CC</sub> =MAX	SN54LS Family	-20	mA
			74LS Family	-20	mA
I <sub>CC(H)</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =MAX	Total, outputs high	3.1	mA
I <sub>CC(L)</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =MAX	Total, outputs low	4.9	mA
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =5V	Average per gate (50% duty cycle)	1.0	mA
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level output	V <sub>CC</sub> =5V, T <sub>A</sub> =25°C, C <sub>L</sub> =15pF, R <sub>L</sub> =2kΩ		14	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level output	V <sub>CC</sub> =5V, T <sub>A</sub> =25°C, C <sub>L</sub> =15pF, R <sub>L</sub> =2kΩ		14	ns

Pin Assignment (Top View)

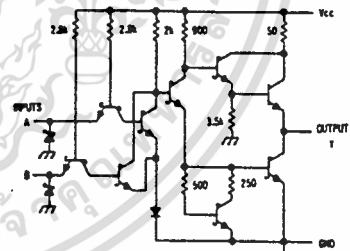


positive logic:  
Y = A + B

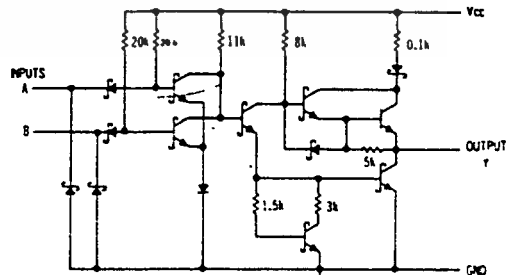
Schematics (each gate)



5432 CIRCUIT



7432 CIRCUIT



7432 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms

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

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub>=5V, T<sub>A</sub>=25°C

† Not more than one output should be shorted at a time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5486 / 7486 Quadruple 2-Input Exclusive-OR Gate

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M CF		C	P	M CF		C	P	M CF		C	P	M CF		C	P	M CF
T.I.	SN54S86	J	U	W					SN54S86	J	U	W	SN5486	J	U	W	SN54L86	J	U	W
	SN74S86	J	U	W					SN74LS86	J	U	W	SN7486	J	U	W	SN74L86	J	U	W
FAIRCHILD	F45486P / F45486	D		FD					F45486P / F45486	D		FD	F45486 / FM5486	D		FD				
	FC7486 / FC086	D		FD					FC74LS86 / FC0LS86	D		FD	FC7486 / FC086	D		FD				
MOTOROLA									SN74LS86	P	J		MC7486	P	J					
N.S.C.	DM74S86								DM54LS86	P	J		DM5486	J	U	W	DM54L86	J	U	W
	DM74LS86								DM74LS86	P	J		DM7486	J	U	W	DM74L86	J	U	W
PHILIPS	N74S86								N74LS86				FJH71/7486							
SIGNETICS	S5486								N74LS86	A	I		S5486	F	A	Q				
	N7486								N74LS86	A	I		N7486	F	A	Q				
SIEMENS													FLH341							
FUJITSU									74LS86	M			MB449							
HITACHI	HC74S86								HC74LS86	P	J		HD7486/HD7526							
MITSUBISHI									M74LS86	P	J		M53286							
NEC									74LS86	C			PB2086							
TOSHIBA													TD7486							

Electrical Characteristics SN54LS86/SN74LS86

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, VCC	1V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	temperature range	SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

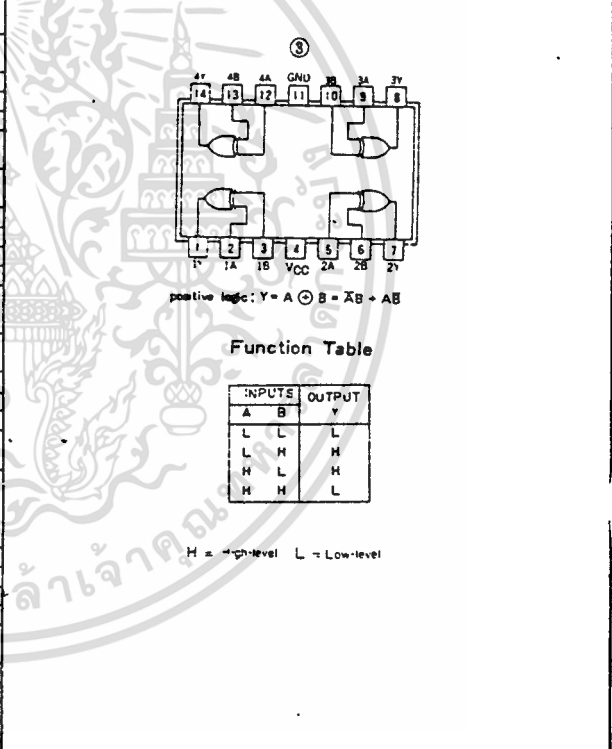
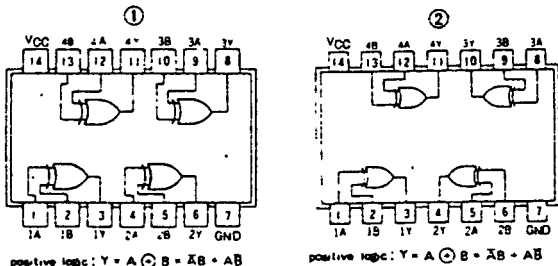
recommended operating conditions

	SN54LS86			SN74LS86			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, VCC	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, IOH			-800			-800	µA
Low-level output current, IOL			4			8	mA
Operating free-air temperature, TA	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER *	TEST CONDITIONS †	SN74LS86		UNIT
		MIN	TYP ‡ MAX	
V <sub>IH</sub> High-level input voltage			2	V
V <sub>IL</sub> Low-level input voltage			0.8	V
V <sub>I</sub> Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = MIN. I <sub>I</sub> = -18mA		-1.5	V
V <sub>OH</sub> High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN. V <sub>IH</sub> = 2V. V <sub>IL</sub> = V <sub>IL</sub> max. I <sub>OH</sub> = -400µA	2.7	3.4	V
V <sub>OL</sub> Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN. I <sub>OL</sub> = 4mA	0.25	0.4	V
I <sub>I</sub> Input current at maximum input voltage	V <sub>IH</sub> = 2V. V <sub>IL</sub> = V <sub>IL</sub> max. I <sub>OL</sub> = 8mA	0.35	0.5	mA
I <sub>IH</sub> High-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX. V <sub>I</sub> = 2V		0.2	mA
I <sub>IL</sub> Low-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX. V <sub>I</sub> = 2.7V		40	µA
I <sub>OS</sub> Short-circuit output current	V <sub>CC</sub> = MAX. V <sub>I</sub> = 0.4V		-0.8	mA
I <sub>CC</sub> Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX. See Note 2		6.1 10	mA
t <sub>PLH</sub> from A or B input	V <sub>CC</sub> = 5V. T <sub>A</sub> = 25°C. C <sub>L</sub> = 15pF. R <sub>L</sub> = 2kΩ		12 23	ns
t <sub>PHL</sub> from A or B input			10 17	ns
t <sub>PLH</sub> from A or B input			20 30	ns
t <sub>PHL</sub> from input			13 22	ns

Pin Assignments (Top View)



Function Table

INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

H = High-level L = Low-level

NOTE: I<sub>CC</sub> is measured with the inputs grounded and the outputs open.

\* For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.  
 † All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.  
 ‡ Not more than one output should be shorted at a time.  
 § t<sub>PLH</sub> propagation delay time, low-to-high-level output.  
 ¶ t<sub>PHL</sub> propagation delay time, high-to-low-level output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5495/7495 4-Bit Parallel-Access Shift Register

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL						
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package				
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF			
TJ.									SN54LS95B	J	Q		WQ	SN5495A	J	Q		WQ	SN54LS95	J	Q		WQ
FAIRCHILD									SN74LS95B	J	Q	ND		SN7495A	J	Q	ND		SN74LS95	J	Q	ND	
MOTOROLA									MS4LS95A/MS4LS95	M	Q		FD	FM5495/FM9395	M	Q		FD					
N. S. C.									DM54LS95					DM5495	J	Q	ND	WQ	DM54LS95	J	Q	ND	FQ
PHILIPS									DM74LS95					DM7495	J	Q	ND		DM74LS95	J	Q	ND	FQ
SIGNETICS									N74LS95					S5495	F	Q	AQ		N74LS95	J	Q	ND	FQ
SIEMENS									N74LS95	A	Q			FLJ191					N74LS95	J	Q	ND	FQ
FUJITSU																							
HITACHI									HD74LS95	P	Q			HD2534	G	P	Q						
MITSUBISHI									MT74LS95	F	Q			MS3295/MS395	P	Q							
NEC														μPB22*	D	Q	CC						
TOSHIBA														TD3495A	P	Q							

Electrical Characteristics SN54LS95A/SN74LS95A

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V <sub>CC</sub>	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	temperature range	SN74LS	0°C to 70°C
Transmitter voltage (see Note 1)	5.5V	Storage temperature range		-65°C to 150°C

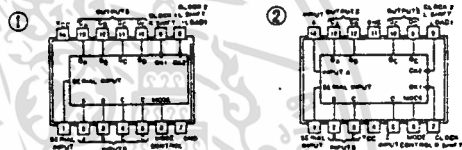
recommended operating conditions

PARAMETER	SN54LS95A		SN74LS95A		UNIT			
	MIN	NOM	MAX	MAX				
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V	
High-level output current, I <sub>OH</sub>			400		400		μA	
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			4		8		mA	
Clock frequency, f <sub>CLK</sub>	0		25	0	25		MHz	
Width of clock pulse, t <sub>w</sub> (clock)		25		25			ns	
Setup time, high-level or low-level data, t <sub>setup</sub>		20		20			ns	
Hold time, high-level or low-level data, t <sub>hold</sub>		20		10			ns	
Time to enable clock 1, t <sub>enable 1</sub>		20		20			ns	
Time to enable clock 2, t <sub>enable 2</sub>		20		20			ns	
Time to inhibit clock 1, t <sub>inhibit 1</sub>		20		20			ns	
Time to inhibit clock 2, t <sub>inhibit 2</sub>		20		20			ns	
Operating free-air temperature, T <sub>a</sub>		-55		125		0	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS 1	MIN	TYP 1	MAX	UNIT	
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2		V	
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V	
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>I</sub> =18mA		-1.5	V	
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>IH</sub> =2V, V <sub>IL</sub> =0.8V, I <sub>OH</sub> =-400μA	2.7	3.4	V	
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>IH</sub> =2V, V <sub>IL</sub> =0.8V, I <sub>OL</sub> =4mA	0.25	0.4	V	
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =7V		0.1	mA	
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =2.7V		20	μA	
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =0.4V		0.4	mA	
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current	V <sub>CC</sub> =MAX	20	100	mA	
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =MAX, See Note 2	13	21	mA	
f <sub>max</sub>	Maximum clock frequency		25	36	MHz	
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level output from clock	V <sub>CC</sub> =5V, T <sub>a</sub> =25°C, C <sub>L</sub> =15nF, R <sub>L</sub> =20Ω		18	27	ns
t <sub>PLL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level output from clock			21	32	ns

Pin Assignments (Top View)



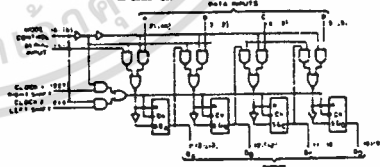
positive logic: see function table

Function Table

MODE CONTROL	CLOCK 1 (CP)	SERIAL INPUT (SI)	PARALLEL INPUTS (A, B, C, D)				OUTPUTS (QA, QB, QC, QD)			
			A	B	C	D	QA	QB	QC	QD
H	H	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	
H	L	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	
H	X	X	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	
L	L	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	
L	X	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	
L	L	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	
L	X	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	
L	L	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	
L	X	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	
L	L	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	
L	X	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	
L	L	X	X	X	X	QA	QB	QC	QD	

<sup>1</sup>Shifting left requires external connection of QB to A, QC to B, and QD to C. Serial data is entered at input D.

Functional Block Diagram



'95A, 'LS95B, 'L95 4-BIT PARALLEL-ACCESS SHIFT REGISTER

- NOTES.
- This is the voltage between two emitters of a multiplexer input transistor. For these devices, this rating applies between the clock-2 input and the mode control input.
  - I<sub>CC</sub> is measured with all outputs and serial input open, A, B, C, and D input grounded, mode control at 5V; and a momentary 3V, then ground, applied to both clock inputs.
  - Shifting left requires external connection of QB to A, QC to B, and QD to C. Serial data is entered at input D.  
H=high level (steady state), L=low level (steady state), X=irrelevant (any input including transitions).  
. = transition from high to low level, ↑ = transition from low to high level.  
a, b, c, d = the level of steady-state input at inputs A, B, C, or D, respectively.  
CA, CB, CC, CD = the level of QA, QB, QC, or QD, respectively, before the indicated steady-state input conditions were established.  
QA, QB, QC, QD = the level of QA, QB, QC or QD, respectively, before the most-recent . transition of the clock.

\* For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.  
1 All typical values are at V<sub>CC</sub>=5V, T<sub>a</sub>=25°C.  
\* Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 54125/74125 Quaduple Bus Buffer Gate with Three-State Output

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Tow-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M		CF	C	P		M	CF	C		P	M	CF		C	P	M
T.I.													SNS4125	J	D	WD				
													SN74125	J	D	ND				
FAIRCHILD									F74LS125	P	Q									
MOTOROLA									SN74LS125	P	D									
N.S.C.									DM54LS125	D			DM74125	N	D					
PHILIPS									N74LS125	D										
SIGNETICS													SM125							
SIEMENS													874125							
FUJITSU																				
HTACHI													HD74125	P	Q					
MITSUBISHI													M74125	P	D					
NEC																				
TOSHIBA																				

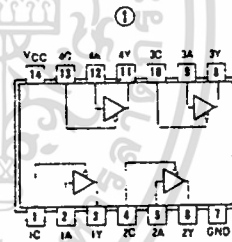
## Electrical Characteristics SN54LS125/SN74LS125

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range						
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	TV	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C		
V <sub>CE</sub> voltage	TV	Storage temperature range	SN74LS	-65°C to 150°C		
recommended operating conditions						
	SN54LS125		SN74LS125		UNIT	
	MIN	NOM	MAX	MIN	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>			-1		-2.5	mA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			12		24	mA
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55		125	0	70	°C

## electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

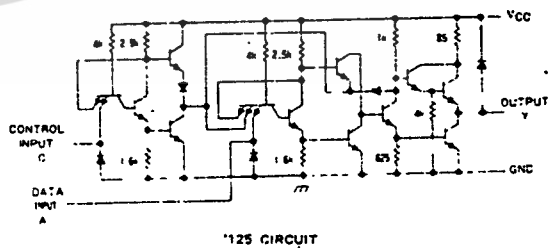
PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT	
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2		V	
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V	
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>I</sub> = -18 mA		-1.5	V	
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2 V, V <sub>IL</sub> = 0.8 V, I <sub>OH</sub> = MAX	54LS Family: 2.4 74LS Family: 2.4		V	
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2 V, V <sub>IL</sub> = 0.8 V, I <sub>OL</sub> = MAX		0.35, 0.5	V	
I <sub>O(off)</sub>	Off-state (high-impedance state) output current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IH</sub> = 2 V, V <sub>IL</sub> = 0.8 V		20	μA	
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 7 V		0.1	mA	
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IH</sub> = 2.7 V		20	μA	
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IL</sub> = 0.4 V		0.4	mA	
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current †	V <sub>CC</sub> = MAX	54LS Family: 90 74LS Family: 40	225	mA	
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX, DATA INPUT = 0 V, OUTPUT CONTROL = 4.5 V		11, 20	mA	
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level output	V <sub>CC</sub> = 5 V A: 25°C	C <sub>L</sub> = 45 pF, R <sub>L</sub> = 667 Ω	9	15	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level output			7	18	ns
t <sub>OH</sub>	C <sub>L</sub> output enable time to high level			12	20	ns
t <sub>OL</sub>	C <sub>L</sub> output enable time to low level			5	25	ns
t <sub>1Z</sub>	Output enable time to level	C <sub>L</sub> = 5 pF, R <sub>L</sub> = 667 Ω		20	ns	
t <sub>1Z</sub>	Output disable time from high level			20	ns	
t <sub>1Z</sub>	Output disable time from low level			20	ns	

## Pin Assignment (Top View)



positive logic:  
Y = A  
Output is off (disabled) when C is high.

## Schematic (each gate)



Resistor values shown are nominal and in ohms

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

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5 V, T<sub>A</sub> = 25°C

§ Not more than one output should be specified at a time

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท ไท่เซ็ก จำกัด สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 54126/74126 Quadruple Bus Buffer Gate with Three-State Output

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C
T.I.																				
FAIRCHILD																				
MOTOROLA																				
N.S.C.																				
PHILIPS																				
SIGNETICS																				
SIEMENS																				
FUJITSU																				
HTACHI																				
mitsubishi																				
NEC																				
TOSHIBA																				

## Electrical Characteristics SN54LS126 SN74LS126

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V <sub>CC</sub>	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	Storage temperature range	SN74LS	0°C to 75°C
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

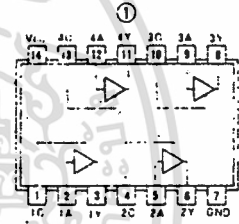
recommended operating conditions

	SN54LS126				SN74LS126				UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN		
Supply voltage V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	5	V	
High-level output current I <sub>OH</sub>			1			2	6	mA	
Low-level output current I <sub>OL</sub>			12			24	48	mA	
Operating free-air temperature T <sub>A</sub>	-55		125	0		75	150	°C	

## electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

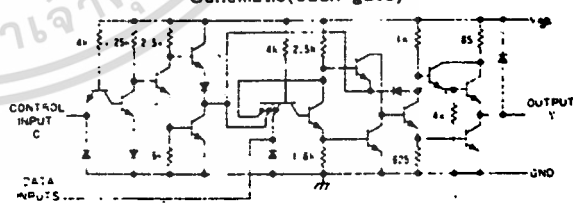
PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>1</sup>	MIN	TYP <sup>2</sup>	MAX	UNIT	
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2		V	
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V	
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>I</sub> = -16 mA		-1.5	V	
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OH</sub> = MAX	54LS Family: 2.4 74LS Family: 2.4		V	
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OL</sub> = MAX	0.35	0.5	V	
I <sub>O(off)</sub>	Off-state (high-impedance state) output current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V	V <sub>O</sub> = 2.4V: 20 V <sub>O</sub> = 0.4V: 20		μA	
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 7V		0.1	mA	
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IH</sub> = 2.7V		20	μA	
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IL</sub> = 0.4V		-0.4	mA	
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current <sup>3</sup>	V <sub>CC</sub> = MAX	54LS Family: 40 74LS Family: 40	225	mA	
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX, DATA INPUT = 0V, OUTPUT CONTROL = 0V	12 <sup>2</sup>	22	mA	
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level output	V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C	C <sub>L</sub> = 45 pF R <sub>L</sub> = 667 Ω	9	15	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level output			8	18	ns
t <sub>ZH</sub>	Output enable time to high level			16	25	ns
t <sub>ZL</sub>	Output enable time to low level			21	35	ns
t <sub>HZ</sub>	Output disable time from high level			25		ns
t <sub>LZ</sub>	Output disable time from low level			25		ns

## Pin Assignment (Top View)



positive logic:  
Y-A  
Output is off (disabled) when C is low.

## Schematic (each gate)



126 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

<sup>1</sup> For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.  
<sup>2</sup> All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.  
<sup>3</sup> Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54150/74150 16-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL				
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF	
T.I.																					
FAIRCHILD																					
MOTOROLA																					
N. S. C.																					
PHILIPS																					
SIGNETICS																					
SIEMENS																					
FUJITSU																					
HITACHI																					
mitsubishi																					
NEC																					
TOSHIBA																					

Electrical Characteristics SN54150/SN74150

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

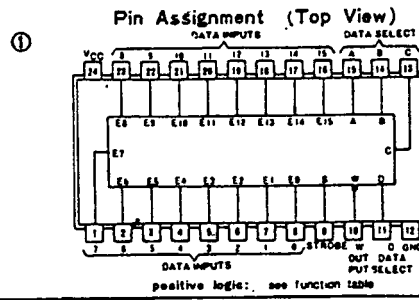
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	7V	Operating free-air temperature range	SN54	-55°C to 125°C
Input voltage	5.5V	temperature range	SN74*	0°C to 70°C
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54150			SN74150			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>			-800			-800	μA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			18			18	mA
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55	125	0	70			°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V <sub>IH</sub> High-level input voltage			2		V
V <sub>IL</sub> Low-level input voltage				0.8	V
V <sub>OH</sub> High-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>IH</sub> =2V, V <sub>IL</sub> =0.8V, I <sub>OH</sub> =-800μA	2.4	3.4		V
V <sub>OL</sub> Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>IH</sub> =2V, V <sub>IL</sub> =0.8V, I <sub>OL</sub> =18mA		0.2	0.4	V
I <sub>I</sub> Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =5.5V			1	mA
I <sub>IH</sub> High-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =2.4V			40	μA
I <sub>IL</sub> Low-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =0.4V			-1.6	mA
I <sub>OS</sub> Short-circuit output current*	V <sub>CC</sub> =MAX	SN54†	-20	-55	mA
		SN74†	-18	-55	mA
I <sub>CC</sub> Supply current	V <sub>CC</sub> =MAX, See Note		40	68	mA
t <sub>PLH</sub> from A, B, C, or D (3 levels) to output W	V <sub>CC</sub> =5V, T <sub>A</sub> =25°C, C <sub>L</sub> =15pF, R <sub>L</sub> =400Ω		23	35	ns
t <sub>PHL</sub> from Strobe to output W			22	33	ns
t <sub>PLH</sub> from Strobe to output W			15.5	24	ns
t <sub>PHL</sub> from E0 thru E15, or D0 thru D7 to output W			21	30	ns
t <sub>PHL</sub> D7 to output W			13	20	ns

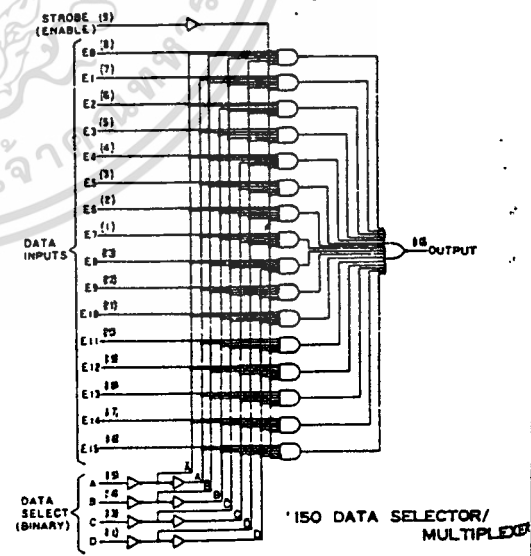


Function Table

INPUTS				STROBE S	OUTPUT W
SELECT	C	B	A		
X	X	X	X	H	H
L	L	L	L	L	E0
L	L	L	H	L	E1
L	L	H	L	L	E2
L	L	H	H	L	E3
L	H	L	L	L	E4
L	H	L	H	L	E5
L	H	H	L	L	E6
L	H	H	H	L	E7
H	L	L	L	L	E8
H	L	L	H	L	E9
H	L	H	L	L	E10
H	L	H	H	L	E11
H	H	L	L	L	E12
H	H	L	H	L	E13
H	H	H	L	L	E14
H	H	H	H	L	E15

H=high level, L=low level, X=irrelevant  
E0, E1, ..., E15=the complement of the level of the respective E input

Functional Block Diagram



NOTE: I<sub>CC</sub> is measured with the strobe and data select inputs at 4.5V, all other inputs open.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the app-cable device type.  
‡ All typical values at V<sub>CC</sub>=5V, T<sub>A</sub>=25°C.  
\* Not more than one output of the '151A should be shorted at a time.  
t<sub>PLH</sub> = propagation delay time, low-to-high-level output  
t<sub>PHL</sub> = propagation delay time, high-to-low-level output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 54153/74153 Dual 4-Line-to-1-Line Data Selector/Multiplexer

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL											
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package									
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF								
T.I.	SN54S153	J	⊙	W					SN54LS153	J	⊙	W					SN54153	J	⊙	W					SN54LS153	J	⊙	W
	SN74S153	J	⊙	W					SN74LS153	J	⊙	W					SN74153	J	⊙	W					SN74LS153	J	⊙	W
FAIRCHILD																												
	FC74S153	⊙	P	T																								
MOTOROLA																												
N.S.C.	DM54S153			W					DM54LS153			⊙					DM54153	J	⊙	W					DM54LS153	J	⊙	W
	DM74S153			T					DM74LS153			⊙					DM74153	J	⊙	W					DM74LS153	J	⊙	W
PHILIPS																												
	N74S153			⊙					N74LS153			⊙					N74153			⊙								
SIGNETICS	SS4S153			⊙													SS4153			⊙								
	N74S153			⊙													N74153			⊙								
SIEMENS																												
																	FLY131			⊙								
FUJITSU									74LS153			W																
HTACHI	HD74S153			P					HD74LS153			P					HD74153/HD2564			⊙								
	M54S153			P													M5333			P								
MITSUBISHI																												
NEC																												
																	μPB2153			⊙								
AMD	Am54S153			⊙					Am54LS153			⊙																
	Am74S153			T					Am74LS153			⊙																

### Electrical Characteristics SN54LS153/SN74LS153

**absolute maximum ratings over operating free-air temperature range**

Supply voltage, V <sub>CC</sub>	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS -55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS 0°C to 70°C
		Storage temperature range	-65°C to 150°C

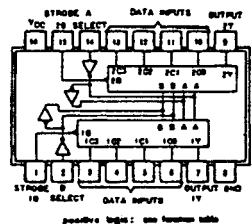
**recommended operating conditions**

	SN54LS153			SN74LS153			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>			-400			-400	μA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			8			8	mA
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55		125	0		70	°C

### electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V <sub>IH</sub> High-level input voltage			2		V
V <sub>IL</sub> Low-level input voltage				0.8	V
Z <sub>I</sub> Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>I</sub> =-18mA			-1.5	V
V <sub>OH</sub> High-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>IH</sub> =2V, V <sub>IL</sub> =0.8V, I <sub>OH</sub> =-400μA	2.7	3.4		V
V <sub>OL</sub> Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>IH</sub> =2V, V <sub>IL</sub> =0.8V, I <sub>OL</sub> =8mA	0.35	0.5		V
I <sub>I</sub> Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =7V			0.1	mA
I <sub>IH</sub> High-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =2.7V			20	μA
I <sub>IL</sub> Low-level input current	V <sub>CC</sub> =MAX, V <sub>I</sub> =0.4V			-0.4	mA
I <sub>OS</sub> Short-circuit output current*	V <sub>CC</sub> =MAX	SN54LS -20		-100	mA
		SN74LS -20		-100	mA
I <sub>CC1</sub> Supply current, output low	V <sub>CC</sub> =MAX, See Note	SN54LS	6.2	10	mA
		SN74LS	6.2	10	mA
t <sub>PLH</sub> from Data to output Y	V <sub>CC</sub> =5V, T <sub>A</sub> =25°C, C <sub>L</sub> =30pF, R <sub>L</sub> =2kΩ		10	15	ns
t <sub>PHL</sub> from Select to output Y			17	29	ns
t <sub>PLM</sub> from Select to output Y			19	29	ns
t <sub>PHL</sub> from Strobe to output Y			25	38	ns
t <sub>PLH</sub> from Strobe to output Y		16	24	ns	
t <sub>PHL</sub>		21	32	ns	

### Pin Assignment (Top View)



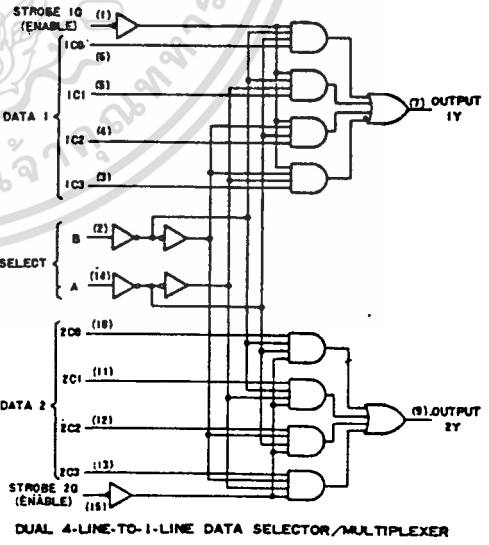
### Function Table

'153, '153S, 'LS153, 'L153

SELECT INPUTS		DATA INPUTS				STROBE	OUTPUT
B	A	C0	C1	C2	C3	G	Y
X	X	X	X	X	X	H	L
L	L	X	X	X	X	L	L
L	L	H	X	X	X	L	H
L	L	X	X	X	X	L	L
L	H	X	X	X	X	L	L
L	H	X	X	X	X	L	H
H	L	X	X	X	X	L	L
H	L	X	X	X	X	L	H
H	H	X	X	X	X	L	L
H	H	X	X	X	X	L	H

Select inputs A and B are common to both sections.  
H=high level, L=low level, X=irrelevant

### Functional Block Diagram



NOTE: I<sub>CC1</sub> is measured with the outputs open and all inputs grounded.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.  
‡ All typical values are at V<sub>CC</sub>=5V, T<sub>A</sub>=25°C.  
\* Not more than one output should be shorted at a time.  
§ t<sub>PLH</sub>=propagation delay time, low-to-high-level output  
¶ t<sub>PHL</sub>=propagation delay time, high-to-low-level output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



54393/74393 Dual 4-Bit Binary Counter

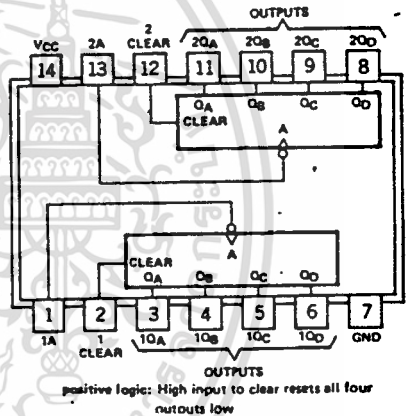
	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C
T.T.																				
FAIRCHILD																				
MOTOROLA																				
N. S. C.																				
PHILIPS																				
SIGNETICS																				
SIEMENS																				
FUJITSU																				
HITACHI																				
MITSUBISHI																				
NEC																				
TOSHIBA																				

Electrical Characteristics SN54LS393/SN74LS393

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range									
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	TV	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C					
Input voltage	TV	Storage temperature range	SN74LS	0°C to 70°C					
				-65°C to 125°C					
recommended operating conditions									
			SN54LS390	SN74LS390	UNIT				
			MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>			4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>					400			-400	μA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>					4			8	mA
Count frequency, f <sub>count</sub>	A input		0	25	0	25	0	25	MHz
	B input		0	20	0	20	0	20	
Pulse width, t <sub>w</sub>	A input high or low		20		20				ns
	B input high or low		25		25				
Clear high			20		20				
Clear inactive-state setup time, t <sub>setup</sub>			25		25				ns
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>			-55		125			0	°C
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range									
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT				
V <sub>OH</sub>	High-level input voltage		2		V				
V <sub>L</sub>	Low-level input voltage		0.8		V				
V <sub>I</sub>	input clamp voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, I <sub>I</sub> =-18mA		-1.5	V				
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>OH</sub> =2V, V <sub>L</sub> =0.5V, I <sub>OH</sub> =-400μA	2.7	3.4	V				
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> =MIN, V <sub>OH</sub> =2V, V <sub>L</sub> =0.5V, I <sub>OL</sub> =8mA	0.35	0.5	V				
I <sub>I</sub>	input current at maximum input voltage	Clear		0.1	μA				
		Input A		0.2					
		Input B		0.4					
I <sub>H</sub>	High-level input current	Clear		20	mA				
		A		100					
		B		100					
I <sub>L</sub>	Low-level input current	Clear		0.4	mA				
		A		-1.6					
		B		-2.4					
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current	V <sub>CC</sub> =MAX	SN54	-20	100	mA			
			SN74	-20	100				
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> =MAX. See Note 1		15	26	mA			
f <sub>max</sub>	from A to output Q <sub>A</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C	25	35		MHz			
IP <sub>LH</sub>	from A to output Q <sub>A</sub>		12	20		ns			
IP <sub>HL</sub>	from A to output Q <sub>A</sub>		13	20					
IP <sub>LH</sub>	from A to output Q <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> = 15pF, R <sub>L</sub> = 2kΩ	40	60		ns			
IP <sub>HL</sub>	from A to output Q <sub>D</sub>		40	60					
IP <sub>HL</sub>	from Clear to Any output		24	39		ns			

NOTE: I<sub>CC</sub> is measured with all outputs open, both clear inputs grounded following momentary connection to 4.5V, and all other inputs grounded.

Pin Assignment (Top View)



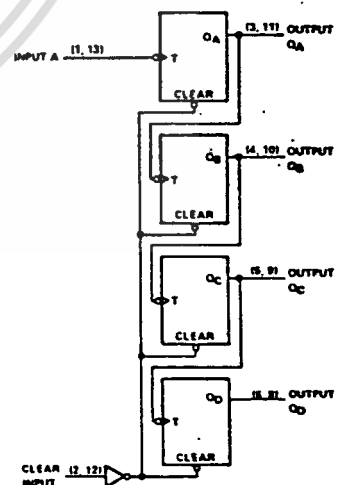
OUTPUTS positive logic: High input to clear resets all four outputs low

Function Table

COUNT SEQUENCE (EACH COUNTER)

COUNT	OUTPUT			
	Q <sub>D</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
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
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

Functional Block Diagram



393 DUAL 4-BIT BINARY COUNTER

↓ The arrow indicates that the falling edge of the clock pulse is used for reference.  
 \* f<sub>max</sub> = maximum count frequency IP<sub>LH</sub> = propagation delay time, high-to-low-level output IP<sub>LH</sub> = propagation delay time, low-to-high-level output  
 † The Q<sub>A</sub> outputs of the '390 are tested at I<sub>OL</sub> = 16 mA plus the limit value for I<sub>L</sub> for the B input. This permits driving the B input while maintaining full fan-out capability.  
 ‡ For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.  
 § All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C  
 †† Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

[1] กอบชัย เดชหาญ และ อภิชาติ งามวิสัย, “ชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติ”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 16 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, หน้าที่ 183-183, 25-26 พฤศจิกายน 2536

[2] ชัยพัฒน์ ชูสุวรรณ, “เรื่องราวที่น่าสนใจเกี่ยวกับรีเลย์” วารสารคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์เวิลด์ ฉบับที่ 147, บริษัท อิเล็กทรอนิกส์เวิลด์ จำกัด, พิมพ์ที่ ศูนย์การพิมพ์ดวงกมล กรุงเทพฯ, หน้า 73 - 80

[3] บรรเจิด ตันติภักขยาภรณ์, “เครื่องรับ-ส่ง (Transceiver) เล่ม 8” ,กรุงเทพฯ, หน้า 94 - 104

[4] วิโรจน์ อัครวงษ์, ชัชวาลย์ เต็มฤทธิวงศ์ และ กรรฐ์ ใช้สถิตย์, “การใช้งานออปแอมป์ และ ลิเนียร์ ไอซี”, บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), พิมพ์ที่บริษัท เอช เอ็น กรู๊ป จำกัด กรุงเทพฯ, หน้า 414 - 423

[5] สุทธินันท์ พรศิริกุล, “ลึกอีกนิดกับโทรศัพท์”, วารสารเซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 120 - 121, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กันยายน 2535 - ตุลาคม 2535

[6] ปริชญานินพนธ์, “ชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุและสถานีทวนสัญญาณ”, ปีการศึกษา 2537,ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

[7] Motorola “OPTOELECTRONICS DEVICE DATA” Motorola Inc, 1989

## กิตติกรรมประกาศ

นางสาว สมชนก	ภาวศุทธกุล	เชื้อเพื่อพรีนเตอร์
นาย อรรถ	อรุณรัตน์พงษ์	เชื้อเพื่อรอดจักรยานยนต์
นางสาว วันวิสาข์	จันทร์ระ	เชื้อเพื่อรอดจักรยานยนต์
นาย อภิสัทธ์	มัธยมสุข	ช่วยเหลือในการพิมพ์รายงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings

Power Dissipation	Internally limited
Input-Output Voltage Differential	40V
Operating Junction Temperature Range	
LM117	-55°C to +150°C
LM217	-25°C to +150°C
LM317	0°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

## Preconditioning

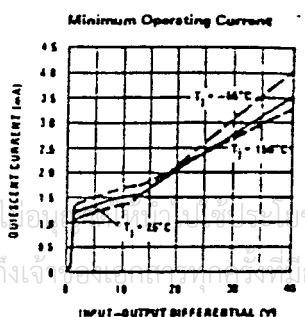
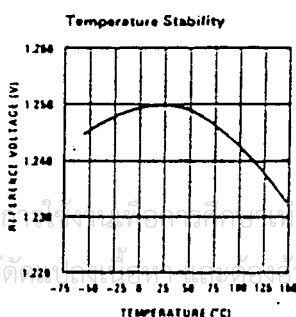
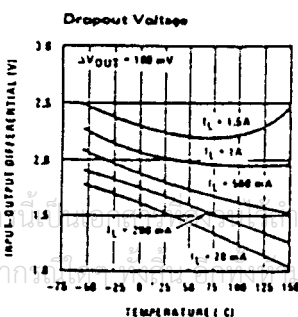
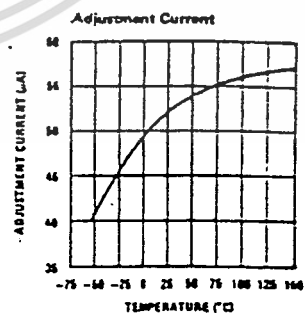
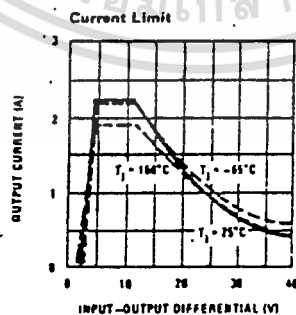
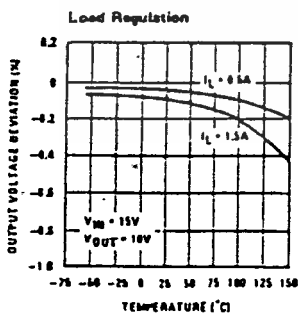
Burn-In in Thermal Limit 100% All Devices

## Electrical Characteristics (Note 1)

PARAMETER	CONDITIONS	LM117/217			LM317			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Line Regulation	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $3\text{V} \leq V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} \leq 40\text{V}$ (Note 2)		0.01	0.02		0.01	0.04	%/V
Load Regulation	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $10\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} \leq I_{\text{MAX}}$ $V_{\text{OUT}} \leq 5\text{V}$ , (Note 2)		5	15		6	25	mV
	$V_{\text{OUT}} \geq 5\text{V}$ , (Note 2)		0.1	0.3		0.1	0.5	%
Thermal Regulation	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , 20 ms Pulse		0.03	0.07		0.04	0.07	%/W
Adjustment Pin Current	-		50	100		50	100	$\mu\text{A}$
Adjustment Pin Current Change	$10\text{mA} \leq I_L \leq I_{\text{MAX}}$ $3\text{V} \leq (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}) \leq 40\text{V}$		0.2	5		0.2	5	$\mu\text{A}$
Reference Voltage	$3\text{V} \leq (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}) \leq 40\text{V}$ , (Note 3) $10\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} \leq I_{\text{MAX}}$ , $P \leq P_{\text{MAX}}$	1.20	1.25	1.30	1.20	1.25	1.30	V
Line Regulation	$3\text{V} \leq V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} \leq 40\text{V}$ , (Note 2)		0.02	0.05		0.02	0.07	%/V
Load Regulation	$10\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} \leq I_{\text{MAX}}$ , (Note 2)		20	50		20	70	mV
	$V_{\text{OUT}} \leq 5\text{V}$		0.3	1		0.3	1.5	%
Temperature Stability	$T_{\text{MIN}} \leq T_J \leq T_{\text{MAX}}$		1			1		%
	Minimum Load Current	$V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} = 40\text{V}$	3.5	5		3.5	10	mA
Current Limit	$V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} \leq 15\text{V}$ K and T Package	1.5	2.2		1.5	2.2		A
	H and P Package	0.5	0.8		0.5	0.8		A
	$V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}} = 40\text{V}$ , $T_J = +25^\circ\text{C}$ K and T Package	0.30	0.4		0.15	0.4		A
	H and P Package	0.15	0.07		0.075	0.07		A
RMS Output Noise, % of $V_{\text{OUT}}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $10\text{Hz} \leq f \leq 10\text{kHz}$			0.003			0.003	%
Ripple Rejection Ratio	$V_{\text{OUT}} = 10\text{V}$ , $f = 120\text{Hz}$		65			65		dB
	$C_{\text{ADJ}} = 10\mu\text{F}$	55	80		66	80		dB
Long-Term Stability	$T_A = 125^\circ\text{C}$		0.3	1		0.3	1	%
Thermal Resistance, Junction to Case	H Package		12	15		12	15	$^\circ\text{C}/\text{W}$
	K Package		2.3	3		2.3	3	$^\circ\text{C}/\text{W}$
	T Package					4		$^\circ\text{C}/\text{W}$
	P Package					12		$^\circ\text{C}/\text{W}$

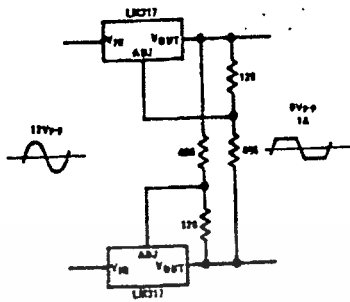
## Typical Performance Characteristics (K and T Packages)

Output Capacitor = 0 unless otherwise noted

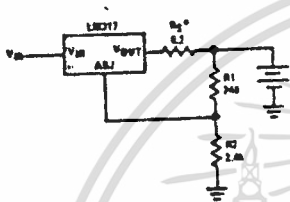


## Typical Applications (cont'd.)

AC Voltage Regulator

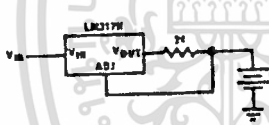


12V Battery Charger

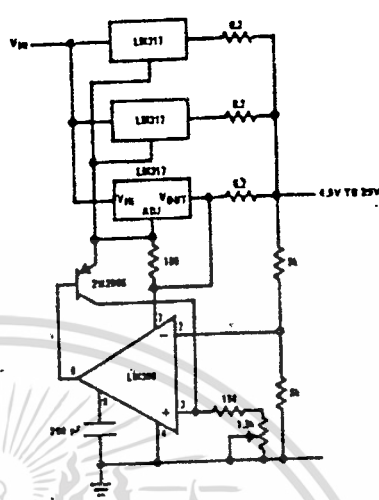


\* $R_S$ —sets output impedance of charger  $Z_{OUT} = R_S \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$   
Use of  $R_S$  allows low charging rates with fully charged battery.

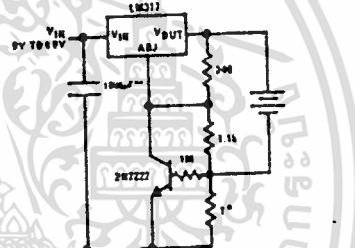
80 mA Constant Current Battery Charger



Adjustable 4A Regulator



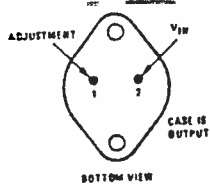
Current Limited 8V Charger



\*Sets peak current (0.5A for 1Ω)  
\*\*The 1000 μF is recommended to filter out input transients

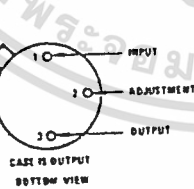
## Connection Diagrams

(TO-3 STEEL)  
Metal Can Package



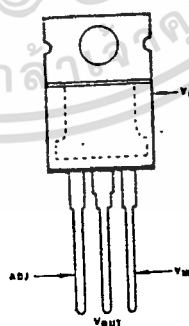
Order Number:  
LM117K STEEL  
LM217K STEEL  
LM317K STEEL  
See Package KO2A

(TO-3B)  
Metal Can Package



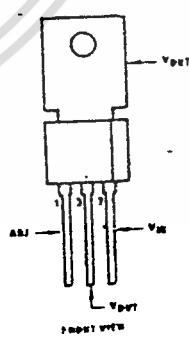
Order Number:  
LM117H  
LM217H  
LM317H  
See Package HO3A

(TO-220)  
Plastic Package



Order Number:  
LM317T  
See Package TO3B

(TO-202)  
Plastic Package



Order Number:  
LM317MP  
See Package PO3A  
Tab Formed Devices  
LM317MP TB  
See Package PO3E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้