# โทรศัพท์เตือนภัย

# EMERGENCY TELEPHONE

โดย

นายจำลอง จิตต์ธรรม

นายสาธิต บุญแก้ว


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033382

**ใบรับรองปริญญานิพนธ์**

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

# รทรศัพท์เตือนภัย

# EMERGENCY TELEPHONE

**โดย**


นายจำลอง จิตต์ธรรม 34132205

นายสาธิต บุญแก้ว 34132235


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

**คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์**

_____ ประธานกรรมการ

( )

_____ กรรมการ

( )

_____ กรรมการ

( )

_____ กรรมการ

( )


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ โทรศัพท์เตือนภัย

ชื่อนักศึกษา นายจำลอง จิตต์ธรรม 34132205
นายสาธิต บุญแก้ว 34132235

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมภพ แก้วมีชัย

ชื่อปริญญา อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขา เทคโนโลยีโทรคมนาคม

ปีการศึกษา 2536

## บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นโครงงานเกี่ยวกับระบบเตือนภัย เมื่อมีผู้บุกรุกเข้ามายังบ้านของเรา โดยการทำงานจะอาศัยสวิทช์ที่ติดตั้งตามประตู, หน้าต่าง, เพดานตลอดจนที่อื่น ๆ เพื่อตรวจจับผู้บุกรุก และขณะเดียวกันก็จะทำการเรียกไปยังหมายเลขโทรศัพท์ที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติทันที เมื่อมีผู้รับสายทางปลายทางตรวจรับแล้ว ข้อความที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำก็จะถูกส่งออกมาทันที โครงงานนี้ได้ติดตั้งแบตเตอร์รี่สำรองไว้เพื่อป้องกันในกรณีไฟดับ หรือสายไฟขาด เพื่อให้เครื่องยังคงทำงานได้ตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project name Emergency Telephone

Studen name Jumlong Jitthum 34132205

Satit Boonkaew 34132235

Advisor Mr. Sompob Keawmechai

Bachelor Degree in Industrial Technology

(Telecommunication)

Year 1993

Abstract

This Project is about alarm system to shows when the thief enter to your house. By using Switches to be the door, window, floor and the others to checks. At the same time it will call the appoint telephone number by automatic. When the terminal answers your call Already. The information is recorded in the memory of ic, it will send out immediately. This project uses. The back up battery to prevents when the electric power does not have to send in the circuit or ac line is cut. The System still work Normally'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| บทที่ 1 | ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องโทรศัพท์ | 1 |
| | 1.1 โครงสร้าง | 1 |
| | 1.2 สัญญาณที่รับส่งระหว่างผู้เช่าและชุมสาย | 14 |
| บทที่ 2 | การใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่แทนสวิตช์ | 16 |
| | 2.1 สวิตช์ทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติ | 16 |
| | 2.2 สวิตช์ทรานซิสเตอร์ที่ใช้งาน | 18 |
| | 2.3 การเปิด-ปิดสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติ | 21 |
| | 2.4 การวิเคราะห์วงจรสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติ | 21 |
| | 2.5 การเปิด-ปิดสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ | 24 |
| บทที่ 3 | วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ | 29 |
| | 3.1 การทำงานของวงจร | 30 |
| | 3.2 ความกว้างของพัลซ์ที่เอาท์พุท | 31 |
| | 3.3 การออกแบบวงจรการใช้งาน ไอซี555 เป็นโมโนสเตเบิล-มัลติไวเบรเตอร์ | 32 |
| บทที่ 4 | วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ | 34 |
| | 4.1 การทำงานของวงจร | 34 |
| | 4.2 ความกว้างของพัลซ์ค่าต่ำสุด | 38 |
| บทที่ 5 | เครื่องบันทึกเสียงพูดระบบดิจิตอล | 42 |
| | 5.1 เดลต้ามอดูเลชั่น | 42 |
| | 5.2 CVSD | 44 |
| | 5.3 ไอซีบันทึกเสียงสำเร็จรูป | 46 |
| | 5.4 ไอซีชุดเรียกโทรศัพท์อัตโนมัติเบอร์ UM 91210 C | 53 |
| | 5.5 การทำงานของวงจรชุดต่อโทรศัพท์อัตโนมัติ | 56 |
| | 5.6 การทำงานของวงจรดีเทคสัญญาณเสียง | 60 |
| | 5.7 การทำงานของวงจร Power Supply | 62 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 หลักการทำงานของวงจรโทรศัพท์ 64

6.1 Block Diagramของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย 64

6.2 แผนภูมิการทำงานของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย 65

6.3 หลักการทำงานของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย 66

บทสรุปและวิจารณ์

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set)จัดเป็นอุปกรณ์เครื่องปลายทางอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่รับ - ส่งสัญญาณเสียงพูด ระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยทำหน้าที่แปลงพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่งไปในสายหรือในทำนองกลับกัน ทำการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่มาตามสายกลับมาเป็นสัญญาณเสียงที่หูฟัง นอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์ยังทำหน้าที่ต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น
2. ทำการส่งสัญญาณโค๊ดที่ใช้แทนเลขหมายของผู้ถูกเรียก (B Subscriber)
3. ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงโทน (Tone) ที่ตอบรับจากชุมสาย ตลอดจนรับสัญญาณเรียก (Ringing Tone)
4. ส่งสัญญาณยกเลิกการต่อเรียกไปยังชุมสาย

**1.1 โครงสร้าง** ส่วนประกอบหลักของเครื่องโทรศัพท์แบ่งออกได้ 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนที่รับส่งสัญญาณเสียงพูด (Speech Transmission)
2. ส่วนที่กำเนิดสัญญาณโค๊ดเลขหมายของผู้ถูกเรียก
3. ส่วนที่รับสัญญาณเรียกจากชุมสาย (กระดิ่ง, Electronic Ringer)

1.1.1 ส่วนรับส่งสัญญาณเสียงพูด

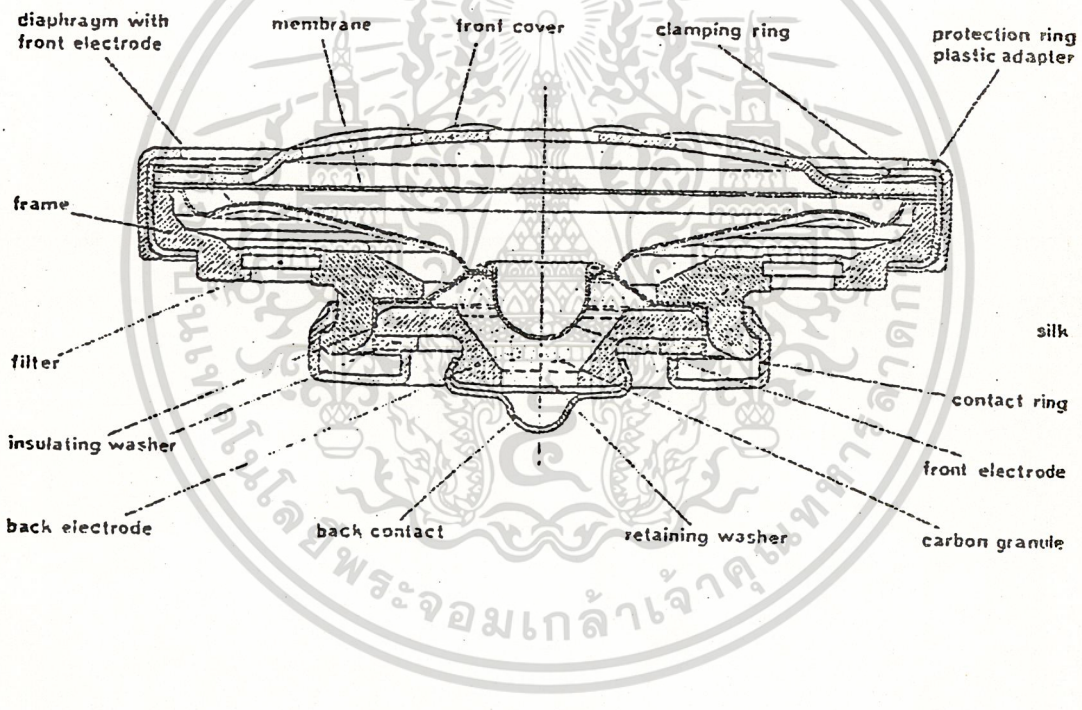
ส่วนนี้ประกอบด้วย ปากพูด (Transmitter) หูฟัง (Receiver) และวงจรรับส่ง (Transmission Circuit)

1 ปากพูด มีอยู่ด้วยกันหลายแบบที่มีใช้อยู่เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่

ก. ปากพูดแบบใช้ถ่าน (Carbon Microphone) ดูที่รูป 1 เป็นแบบที่ใช้มานานตั้งแต่เริ่มมีโทรศัพท์ การเปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า อาศัยการเปลี่ยนค่าความต้านทานของผงถ่าน ตามการอัด-คลายตัว เนื่องจากแผ่น ไดอะแฟรม (diaphram) ที่มากดผงถ่านตามพลังงานเสียง ข้อดีของปากพูดแบบนี้ก็คือมีความคงทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และให้ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานสูงทำให้ไม่ต้องใช้วงจรขยายสัญญาณช่วย แต่ข้อเสียคือ มีคุณสมบัติการทำงานแบบ NON LINEAR (สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณเสียง) ทำให้คุณภาพของเสียงไม่ดีเท่าที่ควร




รูปที่ 1 ปากพูดแบบใช้ถ่าน

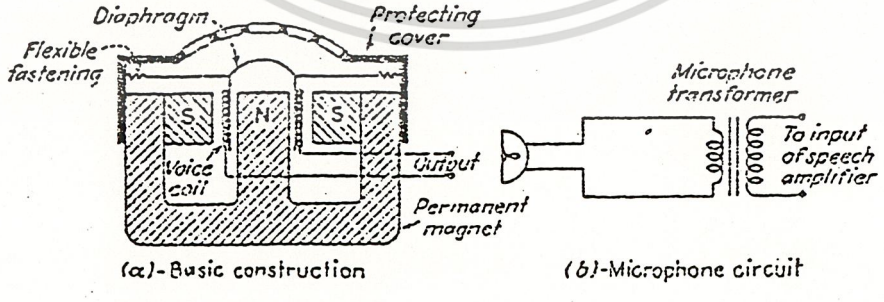
ข. ปากพูดแบบ Electromagnetic ใช้หลักการของสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงในขดลวด ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นในขดลวดนั้น ดังนั้นจะเห็นว่าส่วนประกอบที่สำคัญคือ สนามแม่เหล็กและขดลวด แบบที่นิยมใช้คือแบบขดลวดเป็นตัวเคลื่อนที่ เรียกชื่อว่า Electrodynamic ดังแสดงในรูปที่ 2 โครงสร้างประกอบด้วยแม่เหล็กถาวรขดลวดซึ่งต่อเชื่อมกับ Diaphragm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวมอยู่บนแกนแม่เหล็ก เมื่อมีเสียงพูดขดลวดจะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามแรงที่กระทำบน Diaphram ทำให้สนามแม่เหล็กที่ผ่านขดลวดเปลี่ยนแปลง จึงเกิดกำลังงานไฟฟ้าขึ้น ข้อดีของปากพูดแบบนี้คือมีคุณสมบัติแบบ Linear ทำให้คุณภาพของสัญญาณเสียงดี แต่ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานต่ำจึงต้องใช้วงจรขยายช่วย

2. หูฟัง (Receiver) แบบที่นิยมใช้คือ Electrodynamic โครงสร้างเหมือนกับปากพูดแบบ Dynamic ดังแสดงในรูปที่ 2 และสามารถใช้แทนกันได้ โดยสัญญาณไฟฟ้าจะเข้าที่จุดทางออก (Output) ของรูปที่ 2 ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายในขดลวด เป็นผลให้มีแรงดูด - แรงผลักกับแท่งแม่เหล็กถาวร ทำให้ขดลวดเคลื่อนที่ นั่นคือแผ่น ไดอะแฟรมเคลื่อนที่ทำให้เกิดสัญญาณเสียงออกมา

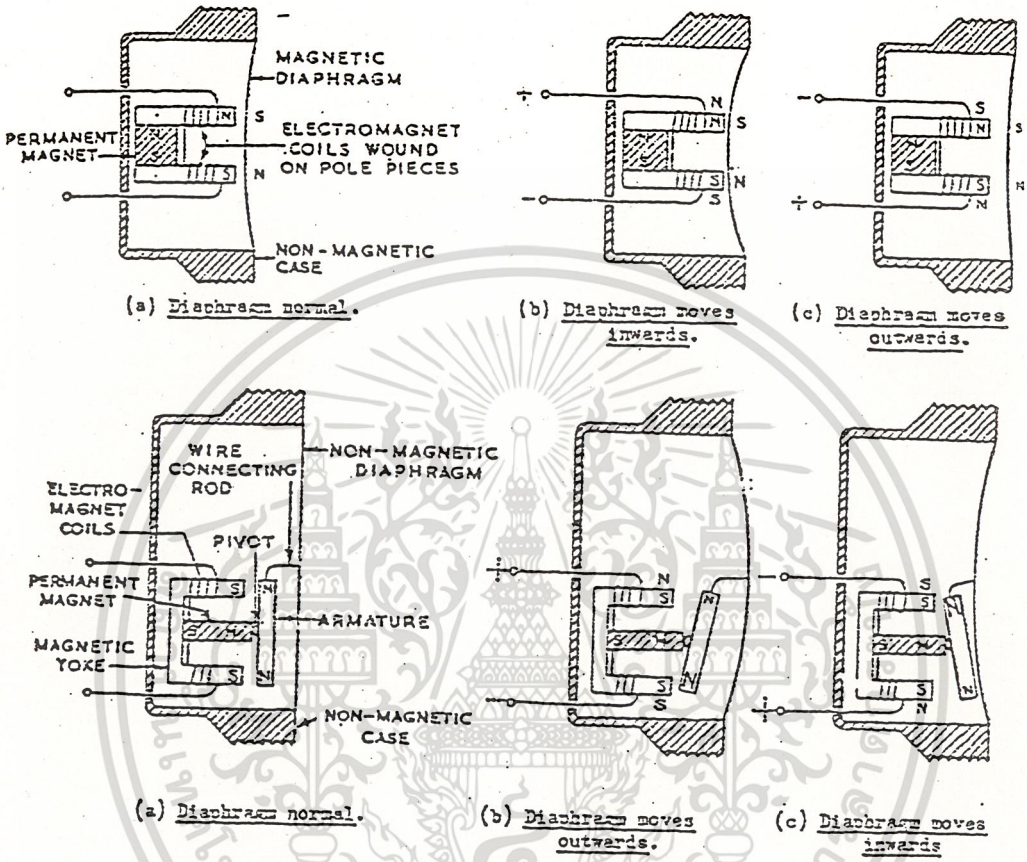
หูฟังแบบ Electromagnetic แสดงในรูปที่ 3 และ 4 จะอาศัยแม่เหล็กเป็นตัวเคลื่อนที่แทน

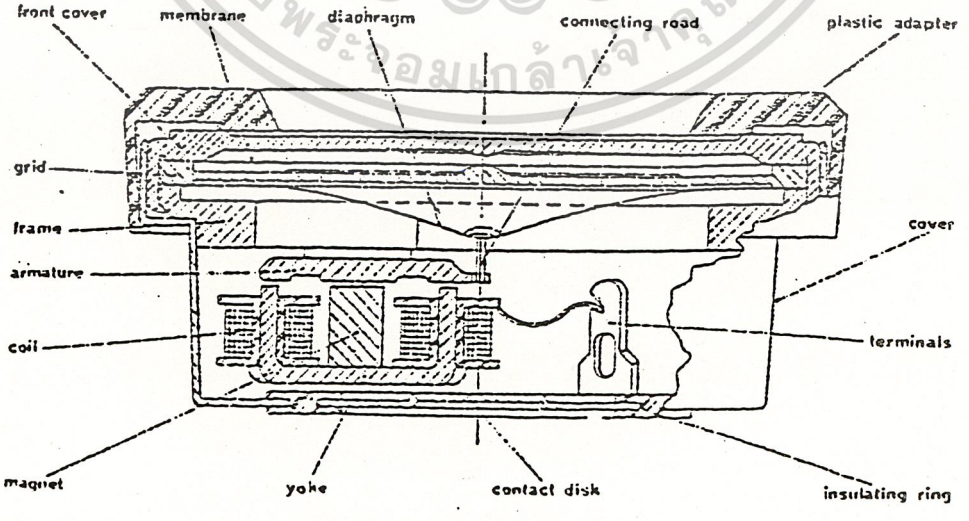



รูปที่ 2 ปากพูดแบบ Electromagnetic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 หูฟังชนิด Electromagnetic แบบ Magnetic Diaphragm



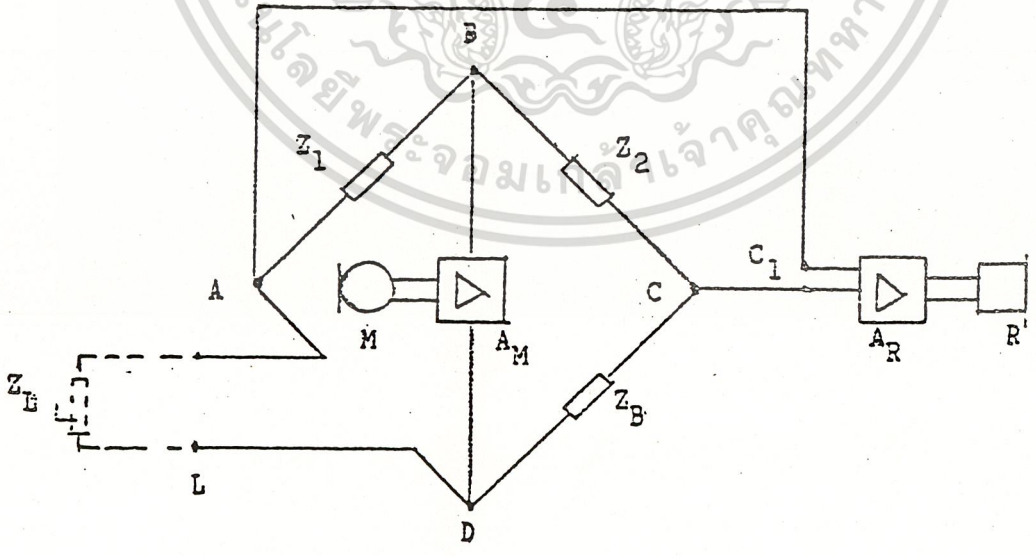




รูปที่ 4 หูฟังชนิด Electromagnetic แบบ Rocking Armature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. วงจรรับส่งแบบอีเล็กโทรนิคส์ (Electronic speech circuit)

จากความก้าวหน้าในการทำวงจรรวม Integrated circuit (IC) ทำให้เครื่องโทรศัพท์รุ่นใหม่หันมาใช้วงจรรับส่งแบบอีเล็คโทรนิคส์แทน Induction Coil เพราะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าหลายประการเช่น ขนาดเล็ก, น้ำหนักเบาและคุณภาพของการรับส่งดีกว่า วงจรพื้นฐานแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยวงจร Hybrid (2/4 wires) และวงจรขยายสัญญาณปากพูดหูฟังที่ใช้เป็นแบบ Electromagnetic หรือ Electrodynamic วงจรขยายสัญญาณจะอยู่ภายในตัว IC ส่วนวงจร Hybrid จะอาศัยอุปกรณ์เป็นตัว ๆ ที่ต่ออยู่ภายนอก ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการเปลี่ยนแปลงค่าอุปกรณ์ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละสถานที่ (ตามข้อกำหนดของแต่ละหน่วยงานหรือประเทศที่ใช้)



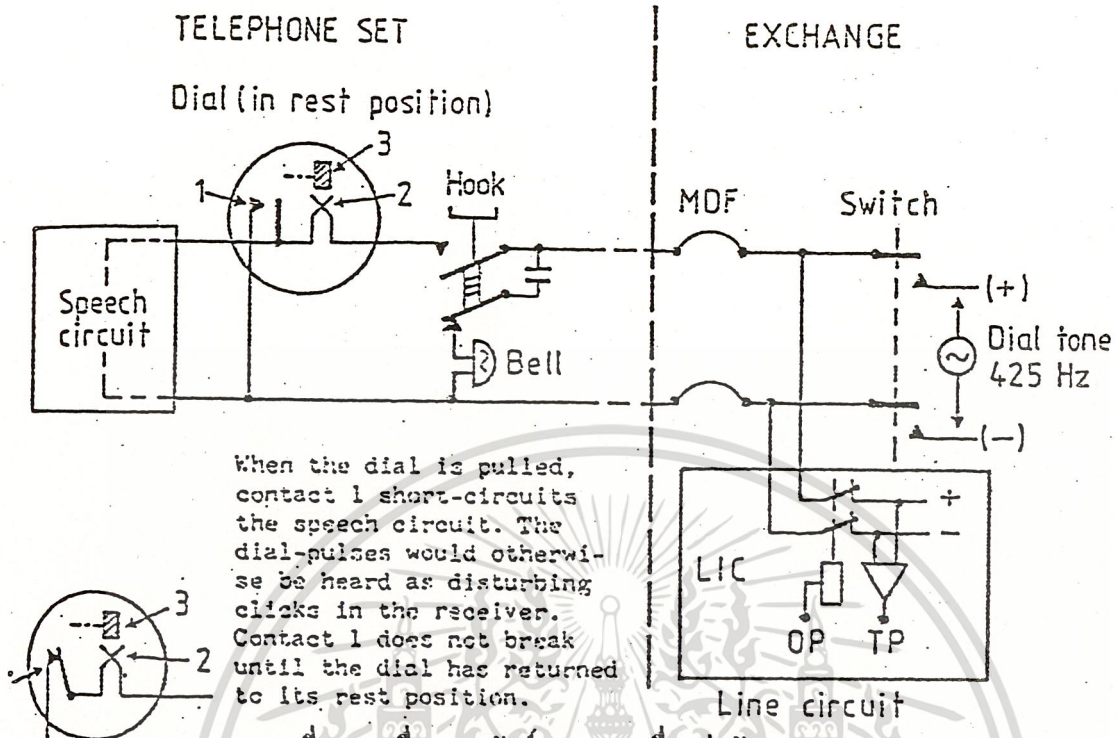

รูปที่ 5 Electronic Speech Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

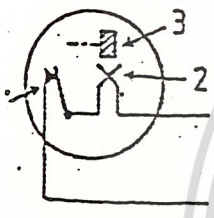
1.1.2 ส่วนที่ทำหน้าที่ส่งโค๊ดเลขหมายของผู้ถูกเรียก

ก แบบ pulse dialing เป็นวิธีการส่งโค๊ดของเลขหมาย โดยวิธีการตัดต่อเส้นทางเดินของไฟกระแสตรงในสายชั่วขณะสั้น ๆ จากรูปที่ 6 ในการเรียกต่อออก (outgoing call) ผู้เช่าฝ่ายเรียก (A Subscriber) จะทำการยกหูโทรศัพท์ Hook Switch จะทำการต่อวงจรเสียงพูด และวงจรหมุนเลขหมาย (dial) เข้ากับสายโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ (Exchange) จะรับรู้การเรียกจากการตรวจสอบกระแสที่ไหลในสาย เช่น ต้องมีค่ามากกว่า 10 mA ขึ้นไป (ค่าความต้านทานของเครื่องโทรศัพท์ขณะยกหูต้องน้อยกว่า 375 โอห์ม ที่กระแส 20 mA ตามข้อกำหนดของฝ่ายวิศวกรรม ปี 2525) เมื่อชุมสายรับรู้การเรียกชุมสายจะทำการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะใช้รับสัญญาณตลอดจนอุปกรณ์ที่จะทำการต่อวงจร เมื่อทุกอย่างเรียบร้อยชุมสายจะทำการส่งสัญญาณ Dial Tone สัญญาณให้หมุนเลขหมาย (สัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425 Hz Modulated ด้วยความถี่ 50 Hz ส่งไปยังผู้เรียก เพื่อบอกให้ส่งเลขหมายของผู้ถูกเรียกได้ (B Subscriber) เมื่อฝ่ายเรียกทำการหมุนหน้าสัมผัสที่ 1 จะต่อเพื่อตัดเสียง "คลิก" ที่หูฟัง (หน้าสัมผัสนี้จะต่อตลอดเวลาจนกว่า Dial จะหมุนกลับที่เดิม) เมื่อ Dial ถูกปล่อย Pulse disc (3) จะเริ่มหมุนในขณะเริ่มหมุนหน้าสัมผัสที่ 2 จะต่อทำให้ขณะนี้กระแสในสายมีค่าสูงสุด ดูรูปที่ 7 ประกอบ เมื่อผู้หมุนปล่อยนิ้วแรง สปริงจะดึงหน้าปัดกลับ ปีกของ Pulse disc จะหมุน ทำการตัดต่อหน้าสัมผัสที่ 2 จำนวนครั้งที่ตัดจะเท่ากับตัวเลขที่ทำการหมุน เช่น ทำการหมุนเลข 1 กระแสจะถูกตัด 1 ครั้ง ในรูปที่ 7 เป็นสัญญาณที่เกิดจากการหมุนเลข 2 (เลข 0 จะถูกตัด 10 ครั้ง) ค่าของ Pulse ratio (break / make) เท่ากับ 60/40 ส่วนอัตราการส่งเลขหมาย จะใช้ 10 หรือ 20 pps (pulse per sec) ข้อเสียของการส่งเลขหมายแบบนี้ ก็คือใช้เวลาในการส่งเลขหมายนาน ค่าเฉลี่ย 1.5 วินาที/เลขหมาย และยังต้องมีการปฏิบัติบำรุงรักษาเป็นระยะ เช่นการทำความสะอาดหน้าสัมผัส, การปรับเทียบอัตราความเร็วในการส่งเลขหมาย

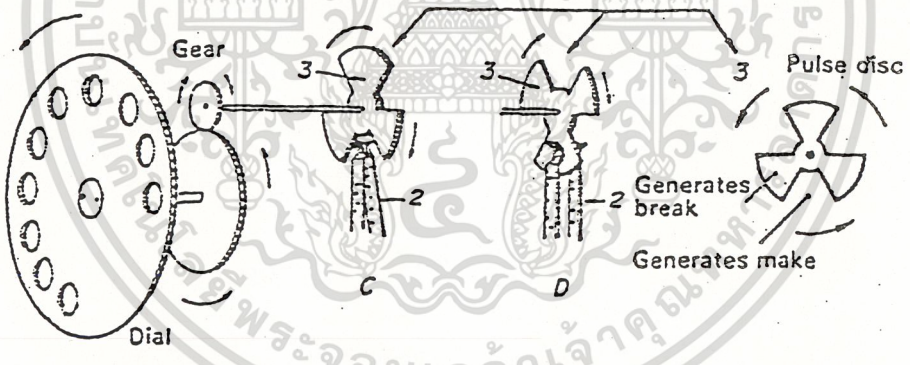
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




When the dial is pulled, contact 1 short-circuits the speech circuit. The dial-pulses would otherwise be heard as disturbing clicks in the receiver. Contact 1 does not break until the dial has returned to its rest position.

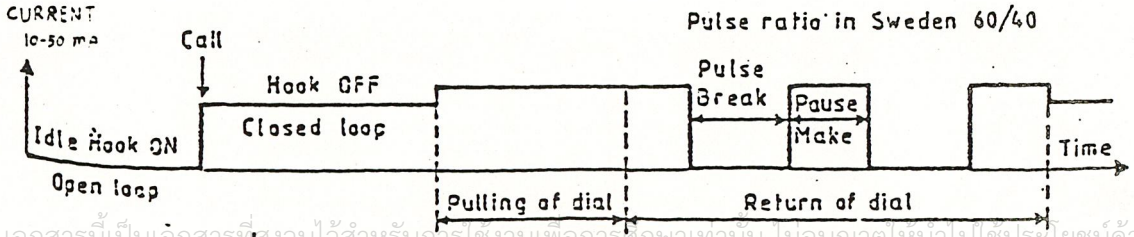



รูปที่ 6 เครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสาย




When the dial is released, the pulse disc (3) starts to rotate. Contact 2 is closed when the pulse disc starts to move.

The wings of the pulse disc open contact 2, thus generating short current breaks (pulses) in the line loop.




รูปที่ 7 การกำเนิดสัญญาณโค้ดเลขหมายแบบ Dial Pulses

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. แบบกดปุ่ม (push button)

สัญญาณโค๊ดเลขหมายของผู้ที่เรียก ถูกส่งในรูปสัญญาณ 2 ความถี่ หรือเรียกว่า DTMF (Dual Tone Multifrequency) ซึ่งให้ข้อดีในแง่ลดเวลาในการส่งเลขหมายลงเฉลี่ยแล้วจะเหลือเพียง 0.7 วินาที / เลขหมาย ความผิดพลาดของโค๊ดมีโอกาสน้อยมากเพราะมีการตรวจสอบความถี่ 2 ชุดพร้อม ๆ กัน นอกจากนั้นยังสามารถให้จำนวนโค๊ดได้มาก เช่นเพิ่มโค๊ด * (star) และ # (square) ซึ่งใช้ในงานบริการพิเศษต่าง ๆ เช่นบริการเลขหมายย่อ, ความถี่ที่กำเนิดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มความถี่สูงตั้งแต่ความถี่ 1209 Hz เป็นต้นไปและกลุ่มความถี่ต่ำ ตั้งแต่ 942 Hz ลงมา ดังแสดงในรูปที่ 8 เมื่อปุ่มถูกกดหนึ่งปุ่ม ความถี่ 2 ความถี่จากกลุ่มความถี่สูงและกลุ่มความถี่ต่ำจะถูกส่งออกไปในสาย ค่าของความถี่ทั้งสองจะขึ้นอยู่กับปุ่มที่กดตามรูปที่ 8 เช่นเมื่อทำการกดปุ่มหมายเลข 5 ความถี่ 770 Hz และ 1336 Hz ถูกส่งออกไปพร้อม ๆ กัน

| | Frequency Hz | |
|---|---|---|
| Button | Group 1 | Group 2 |
| 1 | 697 | 1209 |
| 2 | 697 | 1336 |
| 3 | 697 | 1477 |
| 4 | 770 | 1209 |
| 5 | 770 | 1336 |
| 6 | 770 | 1477 |
| 7 | 852 | 1209 |
| 8 | 852 | 1336 |
| 9 | 852 | 1477 |
| * | 941 | 1209 |
| 0 | 941 | 1336 |
| # | 941 | 1477 |

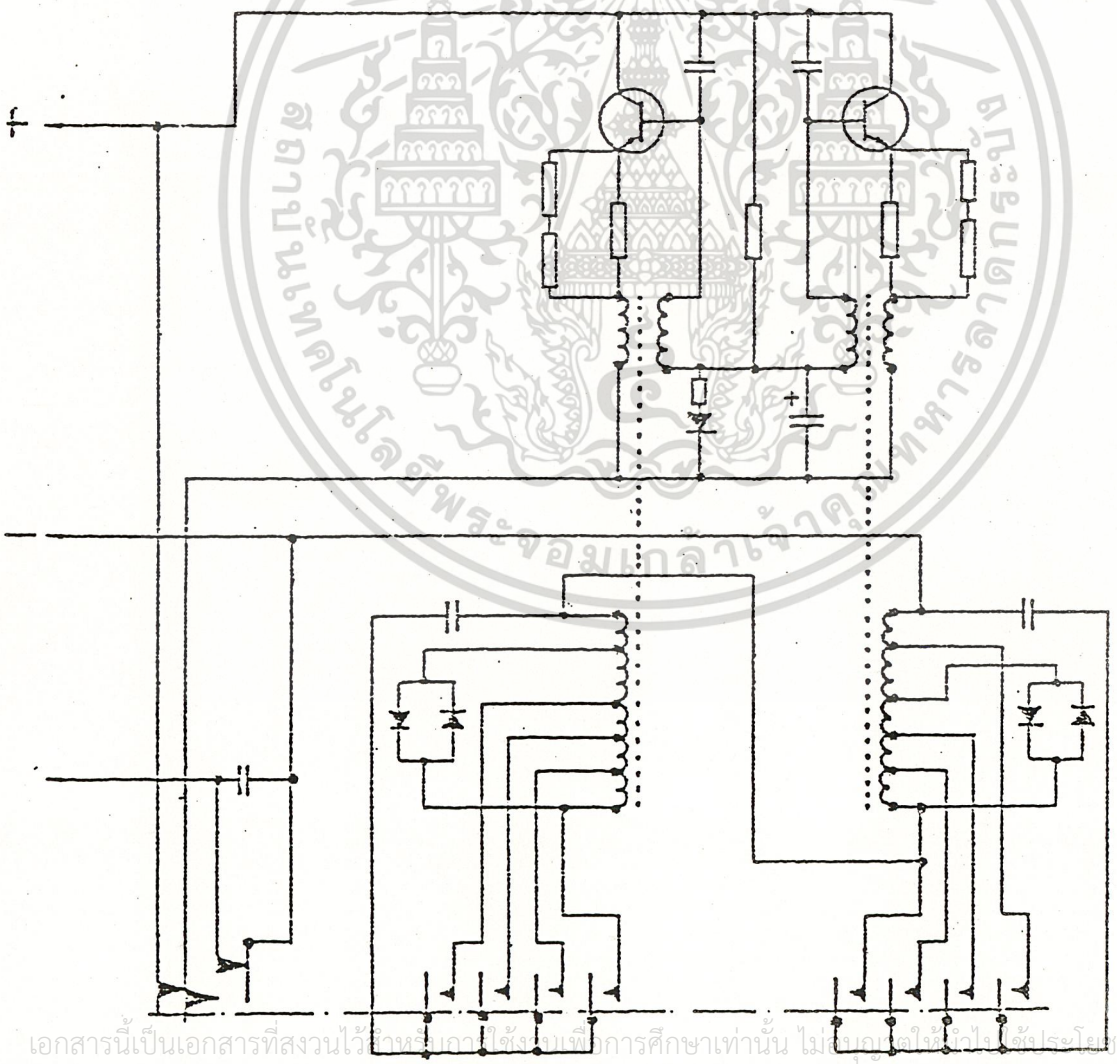
| Hz | 1209 | 1336 | 1477 |
|---|---|---|---|
| 697 | 1 | 2 | 3 |
| 770 | 4 | 5 | 6 |
| 852 | 7 | 8 | 9 |
| 941 | * | 0 | # |

**รูปที่ 8 ความถี่ DTMF กับปุ่มที่กด**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรที่กำเนิดสัญญาณ 2 ความถี่ แสดงในรูปที่ 9 วงจรออสซิลเลเตอร์เป็นแบบ มีอยู่ 2 ชุด วงจรปรับความถี่อิสระจากกัน ชุดหนึ่งกำเนิดความถี่สูง อีกชุดหนึ่งกำเนิดความถี่ต่ำ วงจรขยายเป็นแบบ Emitter Follower วงจรป้อนกลับถูกต่อระหว่างขา BASE และ Emitter ขดลวดของวงจร Tune จะเชื่อมโยงโดยการเหนี่ยวนำกับขดลวดในวงจรป้อนกลับ Turn Ratio ของขดลวดระหว่าง Emitter และ BASE ต้องมีค่ามากกว่า 1 จึงจะทำให้วงจรเกิดการออสซิลเลทได้ ปุ่มกดในรูปแสดงเพียงแถวเดียว

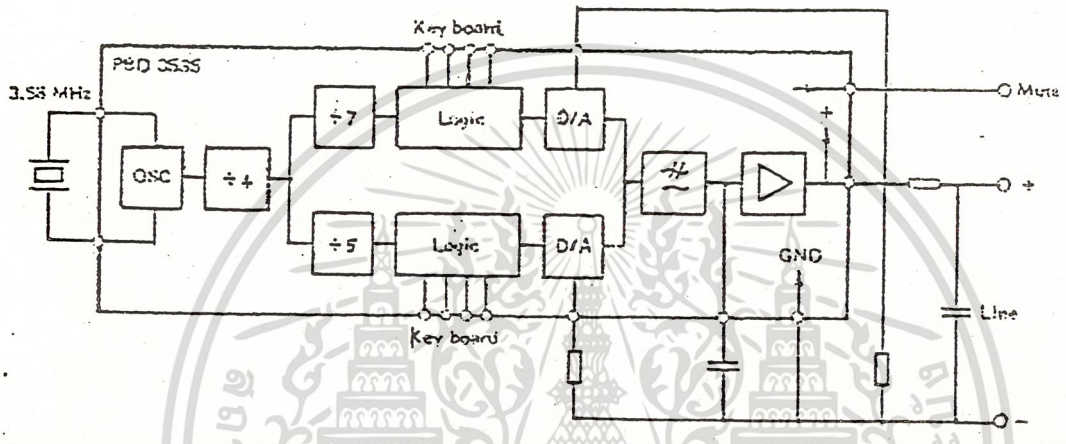
ที่ชุมสายโทรศัพท์ สัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาจะถูกแยกความถี่และส่งไปยังวงจรแปลงโค๊ดให้กลับมาเป็นโค๊ดของเลขหมายที่ชุมสายเข้าใจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9 วงจร LC Oscillator กำเนิดสัญญาณ DTMF

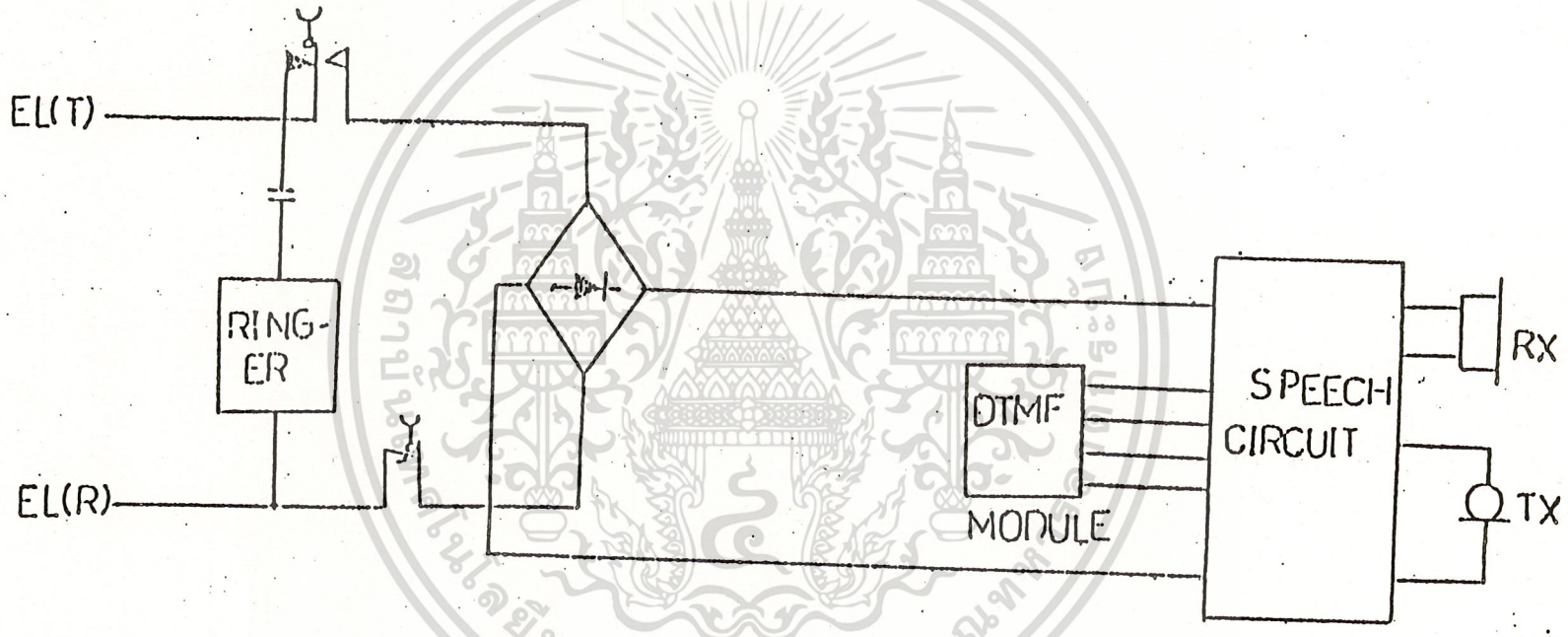
033382




รูปที่ 10 Block diagram การทำงานของวงจรกำเนิด DTMF
ซึ่งใช้ IC ของบริษัท RIFA

BLOCK DIAGRAM ของเครื่องโทรศัพท์ Setelco แสดงในรูปที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

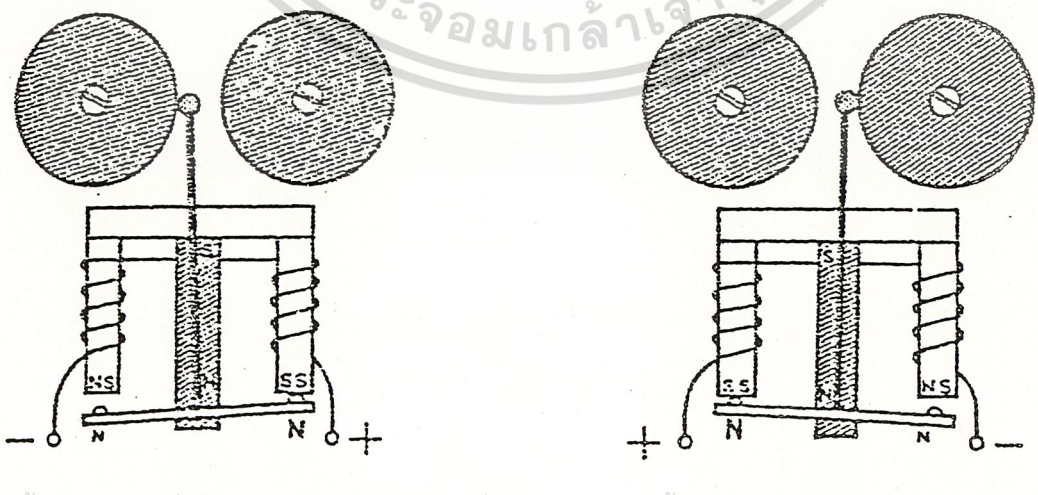



รูปที่11 Block Diagram ของเครื่อง SETELCO

1.1.3 ส่วนที่รับสัญญาณเรียก

ก. แบบกระดิ่ง จากรูปที่ 6 เมื่อผู้เช่าเป็นฝ่ายถูกเรียก (B Subscriber) สัญญาณเรียก (Ringing Signal) จะถูกส่งออกมาจากชุมสาย เป็นแรงไฟ AC ความถี่ 25 Hz ค่าแรงดันอยู่ในช่วง70 – 90 $V_{rms}$ โดยรวมมากับไฟ DC 48 V. ในสภาพที่ผู้เช่าวางหูปกติ วงจรกระดิ่งจะถูกต่ออยู่กับสายโดยผ่าน Condenser ค่าประมาณ 1 uF ซึ่งจะทำหน้าที่กันไฟ DC ไม่ให้ผ่านวงจรกระดิ่ง แต่แรงไฟ AC จะผ่านไปยังขดลวดของกระดิ่งไฟฟ้า ได้วงจรของกระดิ่งไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 12 สัญญาณกระดิ่งเป็นสัญญาณที่ส่งเป็นช่วง คือจะส่งสัญญาณ 1 วินาที และหยุด 4 วินาที กระแสที่ไหลผ่านขดลวดจะทำให้สนามแม่เหล็กที่ขั้วมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับทิศทางกระแส, ขั้ว S ของแกนและขั้ว N ของ Armature เกิดจากการเหนี่ยวนำของแท่งแม่เหล็กถาวรที่อยู่ตรงกลาง ในรูป (a) ทิศทางกระแสทำให้ขั้วทางด้านขวามีความเป็นขั้วมากขึ้น ส่วนด้านซ้ายจะมีกำลังอ่อนลง (Armature) ก็จะโยกไปตีในทิศตรงกันข้าม ดังรูป (b)

เมื่อผู้เช่าทำการยกหูรับ Hook Switch จะทำการต่อวงจรเสียงพูดเข้ากับสายวงจรเสียงพูด มีค่าความต้านทานทาง DC ต่ำ กระแสที่ไหลในสายจะทำให้ชุมสายทราบว่าผู้เช่ายกหู วงจรส่งสัญญาณกระดิ่งจะถูกตัดออก และชุมสายจะทำการต่อเส้นทางเสียงพูดไปยังผู้เรียกให้พูดคุยกันได้



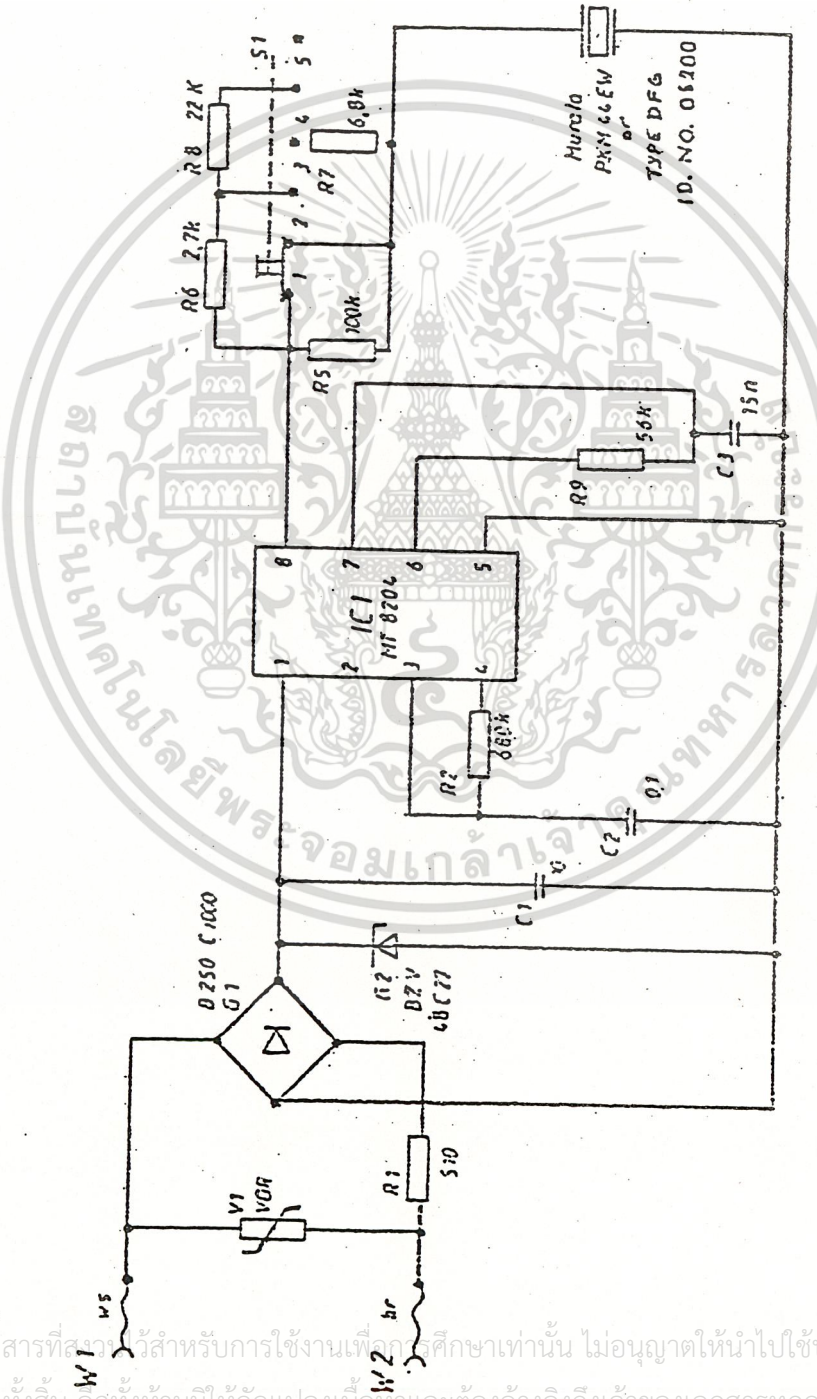

(a) (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 12 การทำงานของกระดิ่ง**

ข. แบบ Electronic Ringer (Tone Caller)

จาก Block Diagram ของเครื่อง Setelco ในรูปที่ 11 ส่วนของ Ringer จะใช้วงจร Electronic แทนกระดิ่ง วงจรแสดงในรูปที่ 13




รูปที่ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงไฟ AC 25 Hz ของสัญญาณเรียกจะถูกนำมาแปลงให้เป็นแรงไฟกระแสตรง พร้อมทั้งลดขนาดของแรงดันลงโดย Zener diode (G2) แรงไฟ DC นี้จ่ายให้กับ IC กำเนิดความถี่ 2 ความถี่ ซึ่งจะส่งสลับกันด้วยความถี่ประมาณ 10 Hz สัญญาณ 2 ความถี่นี้จะป้อนไปยังตัว Transducer ซึ่งในรูปใช้ Piezo Ceramia เสียงที่ได้จะได้ยินเป็นเสียงรัวของ 2 ความถี่ สวิทช์ $S_1$ ในรูปเป็นสวิทช์เลื่อนปรับความดังของเสียง

## 1.2 สัญญาณที่รับส่งระหว่างผู้เช่าและชุมสาย (Subscriber Signalling)

### 1.2.1 สัญญาณที่ส่งจากบ้านผู้เช่าไปยังชุมสาย

1. ON HOOK หมายถึงสภาพผู้เช่าวางหู หรือสภาพว่าง (Idle) ลักษณะของวงจรจะเป็น Open Loop High Impedance
2. OFF HOOK สภาพผู้เช่ายกหู สายจะมีสภาพ Closed Loop Low Impedance
3. Dialling ผู้เช่าทำการหมุนเลขหมาย เครื่องแบบ Rotary dial สัญญาณจะเป็นแบบ pulsing ค่า Impedance จะสูง, ต่ำ สลับกันตามโค๊ดที่หมุน ในเครื่องแบบกดปุ่มจะมีสัญญาณ DTMF ส่งออกไป

### 1.2.2 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

ก. Dialling Tone เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า ขณะนี้อุปกรณ์ที่ชุมสายพร้อมที่จะรับโค๊ดการหมุนเลขหมายจากผู้เรียก ให้ผู้เรียกทำการส่งเลขหมายได้ สัญญาณ Dial Tone นี้เป็นสัญญาณต่อเนื่อง ความถี่ 425 Hz Modulated ด้วย 50 Hz ผู้เช่าจะได้ยินโทนนี้เมื่อทำการยกหูโทรศัพท์เพื่อทำการเรียก

ข. Busy Tone เป็นสัญญาณที่ส่งมาบอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ไม่ว่าง เช่น ถ้าผู้เช่ายกหูแล้วได้ยินเสียงนี้ (แทนที่จะได้ยิน Dial Tone แสดงว่าอุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่าง แต่ถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนเลขหมายไปแล้ว แสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียก (B Subscriber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ว่างหรืออุปกรณ์สำหรับต่อออกไปยังชุมสายอื่นไม่ว่าง ในกรณีที่ผู้ถูกเรียกอยู่ต่างชุมสาย สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วง ๆ ส่ง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที ความถี่ของสัญญาณ 425 Hz. Sine wave

ค. Ringing Tone เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยิน หลังจากหมุนเลขหมายครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่า การต่อกระทำได้สำเร็จ ขณะนี้ชุมสายได้ส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปยังผู้ถูกเรียก สัญญาณใช้ความถี่ 425 Hz. Sine wave โดยจะส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

ง. Ringing Signal หรือสัญญาณเรียก เป็นสัญญาณที่ส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียก ซึ่งจะได้ยินเป็นเสียงกระดิ่ง หรือ โทน ขึ้นอยู่กับวงจรที่ใช้ สัญญาณเป็น Sine wave 25 Hz ค่าแรงดัน 70 90 Vrms ช่วยการส่งเช่นเดียวกับ Ringing Tone คือส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

จ. สัญญาณโทนอื่น ๆ และ เสียงตอบจากเครื่องบันทึกเสียง (Anouncement machine) สัญญาณโทนอื่น ๆ เช่น NU Tone (number unobtainable tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีใช้งานอยู่ สัญญาณตอบจากเครื่องบันทึกบอกให้ทราบว่าเลขหมายนี้ได้เปลี่ยนไปแล้ว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

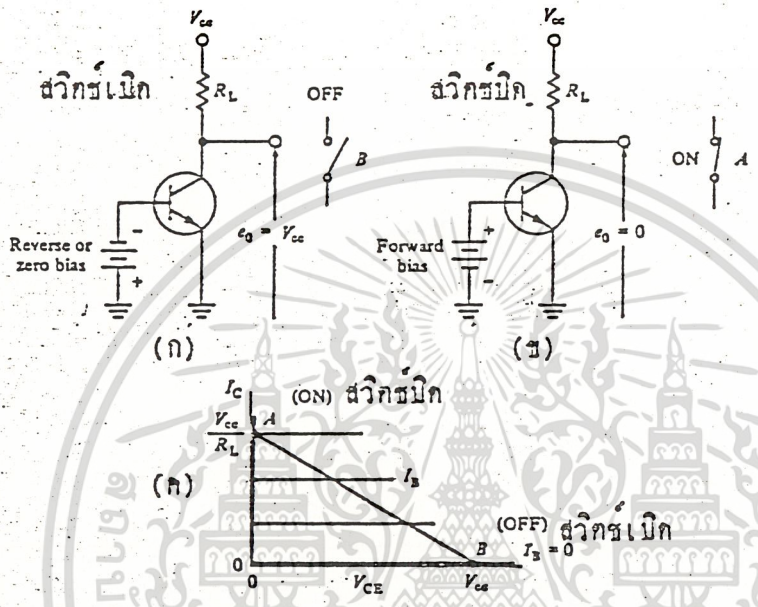
# บทที่ 2
# การใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่แทนสวิตช์

ทรานซิสเตอร์นอกจากจะใช้สำหรับงานขยายสัญญาณไฟฟ้า แล้วยังมีคุณสมบัติสามารถทำงานในหน้าที่เป็นสวิตช์อิเลคทรอนิคส์ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

## 2.1 สวิตช์ทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติ

ทรานซิสเตอร์สามารถนำมาใช้แทนสวิตช์ได้ กล่าวคือ ขณะที่ทรานซิสเตอร์อยู่ในภาวะที่ไม่ทำงาน (ได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ) ซึ่งจะไม่ยอมให้กระแสไหลผ่านนั้น ทรานซิสเตอร์ก็คล้ายกับเป็นสวิตช์ซึ่งเปิดออก ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (ก) ในภาวะนี้จะตรงกับตำแหน่ง B ในกราฟคุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (ค) ภาวะนี้เกิดขึ้นได้ เนื่องจากรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์และเบสของทรานซิสเตอร์ได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับจากภายนอกทำให้กระแสคอลเลคเตอร์มีค่าเป็นศูนย์ (ไม่มีกระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์) แต่เมื่อรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์ และเบสของทรานซิสเตอร์ได้รับแรงดันไบอัสตรงแล้ว จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ กล่าวคือยอมให้กระแสไหลผ่านได้และถ้าหากขนาดของแรงดันไบอัสนี้มีค่ามากพอทรานซิสเตอร์ก็จะยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากขึ้น กระทั่งอยู่ในภาวะอิ่มตัวดังแสดงในรูปที่ 2.1 (ข) นั่นคือกระแสคอลเลคเตอร์จะถูกกำหนดได้ด้วยขนาดค่าความต้านทานภายนอก $R_L$ เนื่องจากในภาวะนี้ค่าความต้านทานของทรานซิสเตอร์มีค่าเป็นศูนย์ (หรือน้อยมากกระทั่งพิจารณาได้ว่าเป็นศูนย์) ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมทรานซิสเตอร์จากคอลเลคเตอร์ถึงอิมิตเตอร์ก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์ด้วย และจะไม่ขึ้นอยู่กับกระแสคอลเลคเตอร์ ดังนั้นทรานซิสเตอร์จึงกระทำตัวคล้ายกับเป็นสวิตช์ที่ปิดเพื่อให้กระแสไหลผ่านได้ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (ข) และในภาวะนี้จะตรงกับตำแหน่ง A ในกราฟคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ดังในรูป 2.1 (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานเป็นสวิทช์ในทางอุดมคติของทรานซิสเตอร์

สำหรับในกรณีที่ทรานซิสเตอร์ (ประเภทรอยต่อ) ถูกต่ออยู่ในวงจรลักษณะอิมิตเตอร์ร่วม (common emitter) กระแสเบส $I_B$ จะทำหน้าที่ควบคุมขนาดของกระแสคอลเลคเตอร์ $I_c$ ทั้งนี้โดยที่ $I_c = I_B$ ( : อัตราการขยายของทรานซิสเตอร์นี้) ดังนั้นในทางอุดมคติอาจกล่าวได้ว่า กระแสเบสขนาดเล็กน้อยอาจควบคุมให้ได้กระแสคอลเลคเตอร์จำนวนมากได้ ขนาดของกระแสเบสกำหนดได้โดยแรงดันที่ตกคร่อมรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์และเบส เมื่อแรงดันอินพุทมีค่าเป็นศูนย์ หรือทำให้รอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์และเบสอยู่ในลักษณะไบอัสย้อนกลับ (reverse biased) กระแสคอลเลคเตอร์ $I_c$ จะมีค่าเป็นศูนย์ และเมื่อแรงดันอินพุททำให้รอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์ และเบสอยู่ในลักษณะไบอัสตรง (forward biased) (จะต้องมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราว 0.7 โวลท์ สำหรับทรานซิสเตอร์ที่ทำจากซิลิกอน) แล้วทรานซิสเตอร์จะทำงานและอยู่ในภาวะอิ่มตัว (saturation) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุทเพียงเล็กน้อย (จาก 0 - 0.7 โวลท์ ในซิลิกอนทรานซิสเตอร์) จะมีผลทำให้กระแสคอลเลคเตอร์ที่เอาท์พุทมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมายได้

จากรูปที่ 2.1 (ค) ที่จุด A บนเส้นโหลด (load line) กระแสคอลเลคเตอร์จะมีค่าสูง โดยที่แรงดันซึ่งตกคร่อมระหว่างคอลเลคเตอร์และอิมิตเตอร์มีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงไม่มีการสูญเสียกำลังงานใด ๆ ในทรานซิสเตอร์เลย และเมื่อพิจารณาที่จุด B บนเส้นโหลดจะเห็นว่ากระแสคอลเลคเตอร์มีค่าเป็นศูนย์แต่แรงดันระหว่างคอลเลคเตอร์และอิมิตเตอร์มีค่าเท่ากับ $V_{cc}$ ดังนั้นจึงไม่มีการสูญเสียกำลังงานใด ๆ ในทรานซิสเตอร์อีกเช่นกัน ซึ่งสำหรับทรานซิสเตอร์ในอุดมคติเมื่อมีกระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์กำลังงานส่วนใหญ่จะปรากฏที่โหลด $R_L$ และทรานซิสเตอร์จะมีการสูญเสียกำลังงานเพียงเล็กน้อย และกำลังงานจะสูญเสียที่ทรานซิสเตอร์เฉพาะช่วงของการเปลี่ยนแปลงภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์ จากลักษณะของสวิตช์ปิด (ON) ไปเป็นลักษณะของสวิตช์เปิด (OFF) เท่านั้น

## 2.2 สวิตช์ทรานซิสเตอร์ที่ใช้งาน

รูปที่ 2.2 เป็นรูปที่แสดงคุณสมบัติลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์ที่ใช้งานจริง ๆ ในวงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วม ซึ่งจะเห็นได้ว่าแตกต่างจากคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติ กล่าวคือพื้นที่ส่วนที่ I แสดงย่านที่ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในภาวะอิ่มตัว (Saturation region) ซึ่งในย่านนี้ทั้งรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์กับเบส และคอลเลคเตอร์กับเบสจะได้รับแรงดันไบอัสตรงในพื้นที่ส่วนที่ II แสดงย่านที่ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในภาวะแอคทีฟ (active region) ซึ่งเป็นย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์ในวงจรขยายสัญญาณประเภท A โดยทั่วไป ซึ่งรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์กับเบสจะได้รับแรงดันไบอัสตรง แต่รอยต่อระหว่างคอลเลคเตอร์กับเบสจะได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ และในส่วนที่ III ของรูปที่ 2.2 แสดง

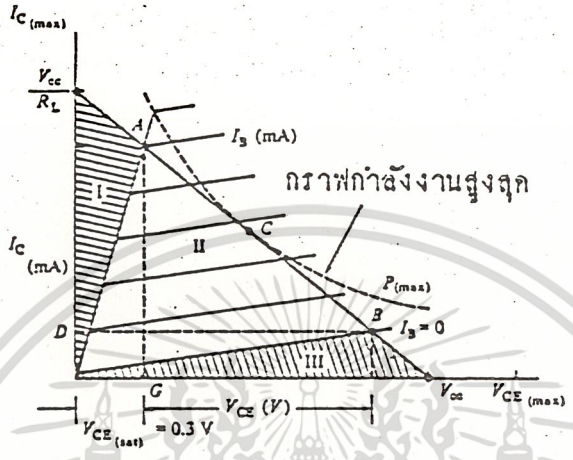
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่านคัทออฟ (cut off region) ของทรานซิสเตอร์ในย่านนี้รอยต่อระหว่างอิมิเตอร์กับเบส และคอลเลคเตอร์กับเบสจะได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ

นอกจากนี้เส้นกราฟ ซึ่งแสดงค่ากำลังงานสูงสุดที่จะสูญเสียในทรานซิสเตอร์ได้ (maximum power dissipation) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และเขียนแทนด้วย $P_{max}$ นั้นก็คือค่าสูงสุดของกำลังงานที่ทรานซิสเตอร์จะทนได้ ซึ่งก็คือผลคูณของแรงดันสูงสุดระหว่างคอลเลคเตอร์และอิมิเตอร์ $V_{CE\ max}$ ที่ทรานซิสเตอร์จะทนได้ กับค่าของกระแสสูงสุดของคอลเลคเตอร์ $I_{C\ max}$ ที่สามารถไหลผ่านทรานซิสเตอร์ได้ ทรานซิสเตอร์ซึ่งถูกนำไปใช้งานใด ๆ ก็ตาม เช่นเป็นตัวขยายสัญญาณ หรือทำหน้าที่สวิตช์ก็ดี ค่ากระแส หรือแรงดัน หรือกำลังงานที่ทรานซิสเตอร์ได้รับ จะต้องมีค่าไม่เกินกว่าค่าสูงสุดเหล่านี้

ในรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์ที่ใช้งานจริงและถูกต่ออยู่ในวงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วมจะเห็นว่าที่จุด A บนเส้นโหลด (load line) แรงดันระหว่างคอลเลคเตอร์และอิมิตเตอร์ ($V_{CE}$) จะไม่เป็นศูนย์เหมือนในรูปที่ 2.1 แต่จะมีค่าราว 0.3 โวลท์ แรงดันนี้เรียกว่า "แรงดันตกคร่อมคอลเลคเตอร์และอิมิเตอร์ในภาวะอิ่มตัว" (collector-emitter voltage at saturation) และเขียนแทนได้ด้วย $V_{CE'sat}$ สำหรับซิลิกอนทรานซิสเตอร์ค่า $V_{CE'sat}$ จะมีค่าราว 0.3 โวลท์ ซึ่งค่าที่แท้จริงของทรานซิสเตอร์แต่ละตัวนั้นจะขึ้นอยู่กับกระแสคอลเลคเตอร์และอาจมีค่าอยู่ในช่วง 0.1-0.5 โวลท์ และในเยอรมันเนียมปกติมีค่าราว 0.1 โวลท์ที่จุด B บนเส้นโหลดของรูปที่ 2.2 ก็เช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่ากระแสเบสซึ่งเป็นกระแสอินพุทจะมีค่าเป็นศูนย์ก็ตาม แต่กระแสคอลเลคเตอร์หรือกระแสเอาท์พุทจะไม่เป็นศูนย์ กระแสคอลเลคเตอร์ดังกล่าวนี้เกิดขึ้นจากกระแสอิ่มตัวย้อนกลับของรอยต่อคอลเลคเตอร์ซึ่งเขียนแทนได้ด้วย $I_{CBO}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะคุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์ที่ใช้งานจริง และถูกต่ออยู่ในวงจรแบบอิมิตเตอร์ร่วม**

กระแสคอลเลคเตอร์ซึ่งไหลขณะที่อิมิตเตอร์ถูกเปิดวงจรออก และรอยต่อระหว่างคอลเลคเตอร์กับเบสได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับนี้เราเรียกว่า "กระแสย้อนกลับของรอยต่อคอลเลคเตอร์" (reversse collector-Saturation current) เขียนแทนได้ด้วย $I_{co}$ หรือ $I_{CBO}$ กระแสนี้จะประกอบด้วยกระแสย่อยสองส่วนคือ กระแสรั่วที่เกิดขึ้นบริเวณรอบ ๆ รอยต่อคอลเลคเตอร์ (ไม่ไหลผ่านรอยต่อ) และกระแสอิ่มตัว ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อน สำหรับขนาดกระแสรั่วจะขึ้นอยู่กับแรงดันไบอัส ส่วนขนาดกระแสอิ่มตัวจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นส่วนใหญ่ ในทางปฏิบัติขนาดของกระแส $I_{co}$ จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทุก ๆ 10 C ที่เพิ่มขึ้น ในวงจรขณะที่ทรานซิสเตอร์ถูกต่อแบบอิมิตเตอร์ร่วมและกระแสเบสมีค่า $I_B$ กระแสคอลเลคเตอร์มีค่า $I_C$ อัตราการขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์ในภาวะนี้เขียนแทนด้วย $h_{FE}$

โดยที่ $$h_{FE} = \frac{I_c}{I_B} \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในช่วงของการเปลี่ยนแปลงของกระแสเบส $I_B$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสคอลเลคเตอร์ $I_C$ อัตราส่วนดังกล่าวนี้จะแสดงอัตราการขยายกระแสสลับของทรานซิสเตอร์ ซึ่งเขียนแทนได้ด้วย $h_{fe}$

โดยที่ $$h_{fe} = \frac{I_C}{I_B} \qquad (2.2)$$

ดังนั้นจะเห็นว่าค่าของ $h_{FE}$ ที่ตำแหน่งของ $I_C$ ค่าต่าง ๆ อาจมีค่าแตกต่างกันได้ เหตุนี้การกำหนดค่า $h_{FE}$ ของแต่ละวงจรจะต้องคำนึงถึงว่ากระแสคอลเลคเตอร์ในวงจรมีค่าเท่าใด

## 2.3 การเปิด - ปิดสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติ

จากวงจรของทรานซิสเตอร์ในรูปที่ 2.1 (ก) และ (ข) ซึ่งแสดงการทำงานของทรานซิสเตอร์คล้ายกับสวิทช์ซึ่งเปิดและปิดตามลำดับ ดังนั้นถ้าหากวงจรทางด้านอินพุท มีแหล่งจ่ายแรงดันสัญญาณพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก (rectangular voltage pulses) ต่ออยู่แทนแบตเตอรี่แล้วสัญญาณพัลซ์อินพุทดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ก) นี้ก็สามารถที่จะควบคุมให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์ซึ่งเปิดและปิดได้

## 2.4 การวิเคราะห์วงจรสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติ

วงจรสวิตช์ของทรานซิสเตอร์อย่างง่าย ๆ แสดงได้ดังในรูปที่ 2.3 (ก) ถ้าหากต้องการให้ขนาดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของวงจรเป็นดังนี้

$e_o = 20\ V_{peak}$

$e_{in} = 5\ V_{peak}\ (o \sim +5)$

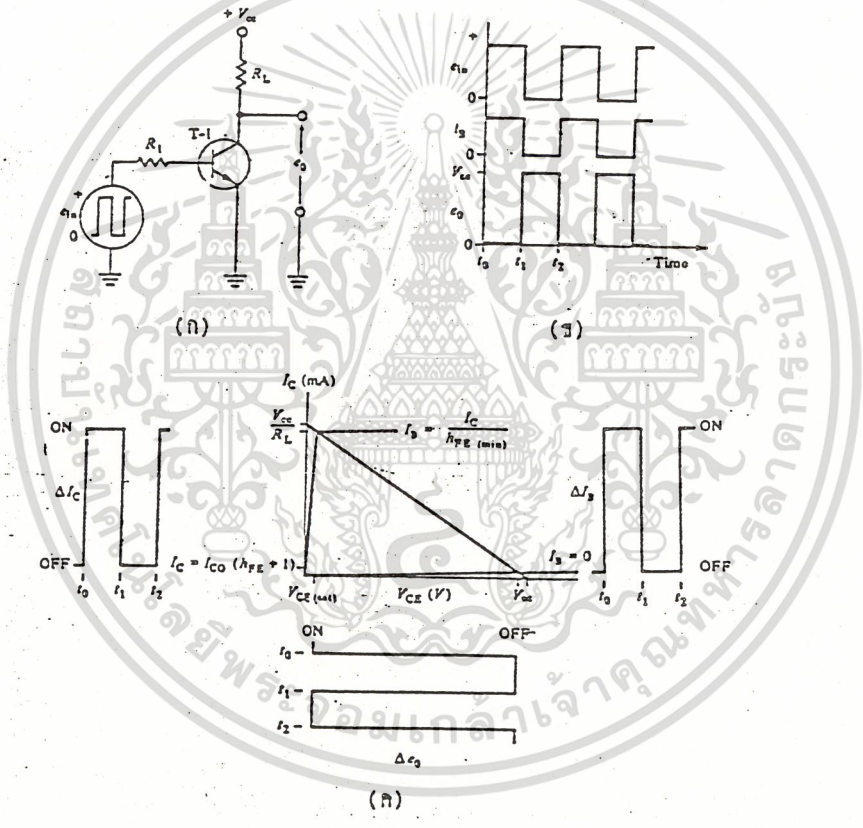
$I_C = 20\ mA$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และโดยสมมติว่าทรานซิสเตอร์นี้เป็นแบบ ซิลิกอน NPN ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

$h_{FE}$ = 40

$V_{BE}$ = 0 (ในทางอุดมคติ)




**รูปที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติการทำงานของทรานซิสเตอร์ในวงจรสวิตช์ในทางอุดมคติ**

$V_{CEsat}$ = 0 (ในทางอุดมคติ)

$I_{CBO}$ = 0 (ในทางอุดมคติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การวิเคราะห์**

เนื่องจากทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ดังนั้นค่าของ $V_{cc}$ จะเป็นตัวกำหนดขนาดของแรงดันที่เอาท์พุท ดังนั้นค่าของ $V_{cc}$ จะต้องเป็น + 20 โวลท์

ถ้าหากค่าของกระแสคอลเลคเตอร์ $I_c$ = 20 mA ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ทำงานในภาวะอิ่มตัว ค่าของตัวความต้านทาน $R_L$ จะต้องมีค่าดังนี้

$$R_L = \frac{V_{cc}}{I_c} = \frac{20}{20\ mA} = 1\ K$$

ในภาวะอิ่มตัวกระแสคอลเลคเตอร์ $I_c$ = 20 mA และ $h_{FE}$ = 40 ดังนั้นกระแสเบสที่ทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในภาวะอิ่มตัวก็คือ

$$I_B = \frac{I_c}{h_{FE}} = \frac{20\ mA}{40} = 0.5\ mA$$

ดังนั้นที่เวลา $t_{+o}$ แรงดันของสัญญาณอินพุท = + 5 โวลท์ (ไบอัสตรง) จากกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์เมื่อพิจารณาวงจรทางด้านอินพุทจะได้ว่า

$$e_{in} = E_{R1} + V_{BE}$$
$$= I_B R_1 + V_{BE}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถ้าหากสมมติว่าเป็นทรานซิสเตอร์ในทางอุดมคติ $V_{BE}$ = 0 โวลท์

ดังนั้น $e_{in} = I_B R_1$

หรือ $R_1 = \frac{e_{in}}{I_B} = \frac{5}{5.0 \text{ mA}} = 10 \text{ K}$

นั่นคือค่า $V_{cc}$ = + 20 โวลท์, $R_L$ = 1K , $R_1$ = 10 K

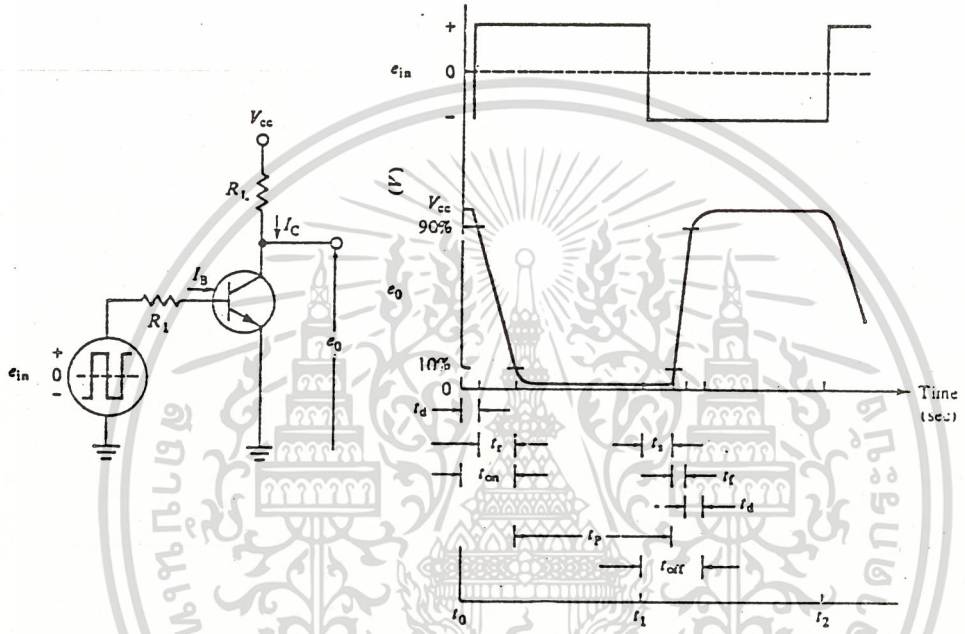
เมื่อสัญญาณอินพุทมีค่า + 5 โวลท์ ทรานซิสเตอร์จะทำงานในภาวะอิ่มตัว มีกระแสไหลเต็มที่ 20 mA ทรานซิสเตอร์จึงทำตัวคล้ายกับเป็นสวิตช์ปิด และเมื่อ $t_{+1}$ สัญญาณอินพุทจะเป็นศูนย์ ทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงาน ขณะนี้จะไม่มีกระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์ ทำให้แรงดันที่เอาท์พุทมีค่าสูงสุดเป็น + 20 โวลท์ ทรานซิสเตอร์จึงทำตัวคล้ายกับเป็นสวิตช์เปิด

## 2.5 การเปิด - ปิดสวิทช์ของทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ

จากการพิจารณาวงจรสวิทช์ชิ่งค์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เมื่อพัลช์ทางอินพุทถูกป้อนเข้าไปในวงจร โดยทำให้รอยต่อระหว่างอิมิเตอร์และเบสได้รับแรงดันไบอัสตรงก็ตาม แต่ทรานซิสเตอร์จะไม่สามารถทำงานได้อย่างทันทีทันใดแต่จะต้องใช้เวลาช่วงหนึ่งซึ่งเวลานี้เราเรียกว่า "ออนไทม์" (ON time) เขียนแทนด้วย $t_{on}$ อีกนัยหนึ่งอาจนิยามได้ว่าช่วงเวลาออนไทม์ หมายถึงเวลาที่ใช้เพื่อให้ค่าของแรงดันที่คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์เปลี่ยนแปลงไป 90 % ของแรงดัน $V_{cc}$

ช่วงเวลา $t_{on}$ นี้พิจารณาได้ว่าประกอบด้วยเวลาย่อยสองส่วนคือ ช่วงเวลาล่าช้า (delay time) ซึ่งเขียนแทนด้วย $t_d$ และช่วงเวลาไต่ขึ้น (rise time) ซึ่งเขียนแทนด้วย $t_r$ และช่วงเวลาช้า $t_d$ ก็คือเวลาที่ใช้สำหรับให้แรงดันที่เอาท์พุทเปลี่ยนแปลงไป 10 % ของแรงดัน $V_{cc}$ และช่วงเวลาไต่ขึ้น $t_r$ ในที่นี้ก็คือช่วงเวลาที่แรงดันอินพุทเปลี่ยนแปลงจาก 10 % ถึง 90 % ของแรงดัน $V_{cc}$ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นรูปแสดงวงจรเสมือนของวงจรสวิตช์ในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของวงจรสวิตช์ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ในทางปฏิบัติ

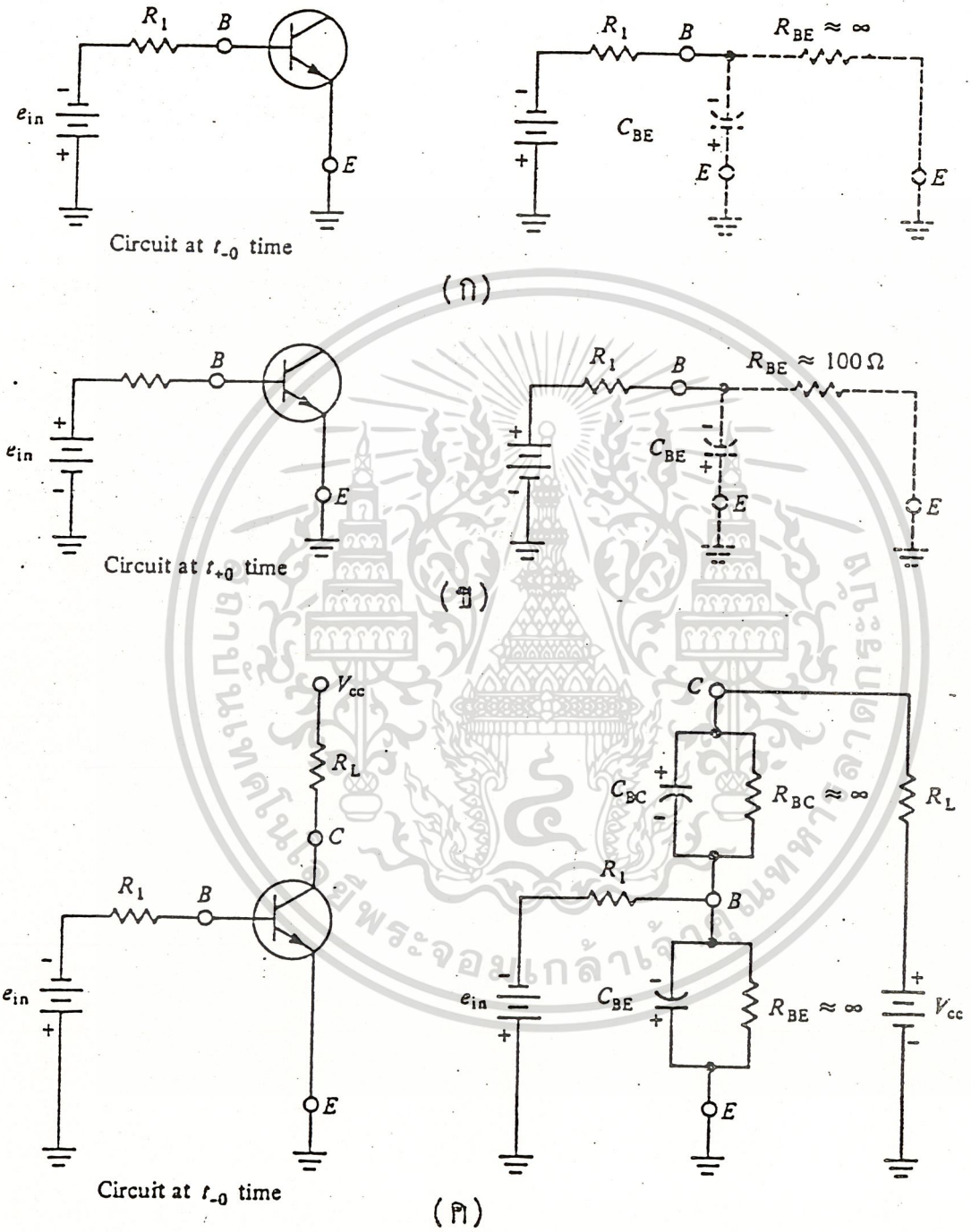
จะเห็นได้ว่า ที่เวลา $t_{-o}$ แรงดันอินพุทจะมีค่าเป็นลบ ซึ่งทำให้รอยต่อระหว่างอิมิเตอร์และเบสได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ดังนั้นรอยต่อนี้จึงทำตัวคล้ายกับเป็นตัวความต้านทานที่มีค่าสูงต่อขนานอยู่กับตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่รอยต่อ (ดูรูปที่ 2.5 ก.) ดังนั้นในขณะนี้ตัวเก็บประจุที่รอยต่อจะทำการประจุ (charge) ผ่านตัวความต้านทาน $R_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เวลา $t_{+_0}$ แรงดันอินพุทจะมีค่าเป็นบวก ทำให้รอยต่ออิมิเตอร์และเบสได้รับแรงดันไบอัสตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.5 อย่างไรก็ดีก่อนที่รอยต่อนี้จะได้รับแรงดันไบอัสตรงอย่างเต็มที่ จะต้องกินเวลาช่วงหนึ่งซึ่งเราเรียกว่าช่วงเวลาล่าช้า $t_d$ นั่นเอง ในรูปที่ 2.5 (ค) ซึ่งแสดงวงจรสวิตช์ที่เหมือนกับวงจรในรูปที่ 2.4 และวงจรเสมือนขณะที่เวลา $t_{-_0}$ จะเห็นว่าขณะนี้ทั้งรอยต่อของอิมิเตอร์กับเบส และรอยต่อของคอลเลคเตอร์กับเบสจะได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ดังนั้นตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่ออิมิเตอร์กับเบสจะทำการประจุ (charge) เพื่อให้แรงดันตกคร่อมเป็น $-e_{in}$ โวลต์ และที่รอยต่อคอลเลคเตอร์กับเบสก็เช่นเดียวกันจะเกิดตัวเก็บประจุที่รอยต่อนี้ขึ้น และทำหน้าที่ประจุเพื่อให้มีแรงดันตกคร่อมเป็นผลรวมระหว่างค่า $V_{cc}$ และ $e_{in}$ เมื่อเวลาผ่านไปเป็น $t+_0$ กระแสคอลเลคเตอร์จะยังคงไม่มีจนกว่าที่รอยต่ออิมิตเตอร์กับเบสจะได้รับแรงดันไบอัสตรงอย่างเต็มที่ (ต้องใช้เวลา $t_d$) และกระแสคอลเลคเตอร์จะไม่สามารถเพิ่มขึ้นจนถึงภาวะอิ่มตัวได้อย่างทันทีทันใด เนื่องจากตัวเก็บประจุของรอยต่อของคอลเลคเตอร์กับเบสจะทำการคายประจุ โดยการแพร่ของพาหะผ่านส่วนของเบสดังนั้นกระแสคอลเลคเตอร์จึงค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงภาวะอิ่มตัว (ใช้เวลา $t_r$)

จากรูปที่ 2.4 ขณะที่เวลา $t_{+_1}$ แรงดันอินพุทจะมีค่าเป็นลบจะทำให้ที่รอยต่ออิมิตเตอร์ และเบส ได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับอีกครั้งหนึ่ง แต่ค่าแรงดันที่เอาท์พุทจะไม่เปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด กล่าวคือจะยังคงมีกระแสคอลเลคเตอร์ไหลอยู่ และทำให้แรงดันที่เอาท์พุทยังคงมีค่าเป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ ที่เป็นเช่นนี้อธิบายได้ว่าขณะที่เวลา $t_{-_1}$ ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในภาวะอิ่มตัว กระแสคอลเลคเตอร์ไหลเต็มที่และกำหนดได้ด้วยความต้านทาน $R_L$ ที่ต่ออยู่ภายนอก และเมื่อแรงดันอินพุทมีค่าลดลงเป็นศูนย์หรือเป็นลบแล้วก็ตาม แต่จะมีประจุพาหะอีเลคตรอนสะสมอยู่บริเวณเบส (กรณี NPN ทรานซิสเตอร์) และตราบใดที่ประจุพาหะเหล่านี้ยังมีอยู่ จะทำให้มีกระแสคอลเลคเตอร์ไหลได้ เมื่อพาหะนี้หมดไปกระแสคอลเลคเตอร์จึงจะหยุดไหล ช่วงเวลาที่ทำให้ประจุพาหะที่เบสนี้หมดไปถูกเรียกว่า "ช่วงเวลาสะสม" (storage time) เขียนแทนด้วย $t_s$ ดังแสดงในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.5 แสดงวงจรเสมือนของวงจรสวิตช์โดย (ก) ที่เวลา $t_{-0}$ (ข) ที่เวลา $t_{+0}$ และ (ค) ที่เวลา $t_{-0}$**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเนื่องจากการเกิดของ $t_s$ นี้เองทำให้ความกว้างของพัลซ์ที่เอาท์พุทมีค่ามากกว่าพัลซ์ที่อินพุท ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.4 คือช่วง $t_p$ และภายหลังจากที่แรงดันอินพุทเป็นลบแล้ว ช่วงเวลาที่ทำให้แรงดันที่เอาท์พุทมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเป็น + $V_{cc}$ (ในกรณี NPN) ถูกเรียกว่า "เวลาเทินออฟ" (turn off) เขียนแทนด้วย $t_{off}$ นั่นคือเวลา $t_{off}$ ประกอบด้วยเวลาย่อย ๆ สามส่วนคือ $t_s$ , $t_f$ และ $t_d$ ซึ่งอาจจะกล่าวสรุปได้ว่า

"เวลาสะสม" (storage time) $t_s$ ก็คือเวลาที่ใช้ในการทำให้ประจุพาหะที่สะสมอยู่บริเวณเบสหมดไป โดยอาศัยขบวนการรวมตัวของพาหะ (carrier recombination process) หลังจากที่แรงดันอินพุทลดลงเป็นศูนย์โวลท์ ดังนั้นช่วงเวลา $t_s$ จึงขึ้นอยู่กับ ขบวนการรวมตัวของพาหะและขนาดของแรงดันไบอัสย้อนกลับที่อินพุท

"เวลาตก" (fall time) $t_f$ ก็คือช่วงเวลาที่ใช้ในการทำให้แรงดันที่เอาท์พุท (ของทรานซิสเตอร์แบบ NPN) มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 10 % ของแรงดัน $V_{cc}$ โดยที่เป็นเวลาต่อจากเวลาสะสม

"เวลาล่าช้า" (delay time) $t_d$ ก็คือ ช่วงเวลาต่อจาก "เวลาตก เพื่อทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในภาวะไม่ทำงานอย่างสมบูรณ์ กล่าวคือแรงดันที่เอาท์พุทจะมีค่าเท่ากับแรงดัน $V_{cc}$

อย่างไรก็ดีในความเป็นจริงแล้ว ช่วงเวลาเหล่านี้มีค่าน้อยมากเช่นราว $10^{-9}$ วินาที และโดยทั่วไปโรงงานผู้ผลิตทรานซิสเตอร์ที่เหมาะแก่การนำไปใช้งานในวงจรสวิทช์มักจะบ่งบอกคุณสมบัติค่าของ $t_{on}$ และ $t_{off}$ ไว้เป็นสำคัญโดยที่

$$t_{on} = t_d + t_r \qquad (2.3)$$

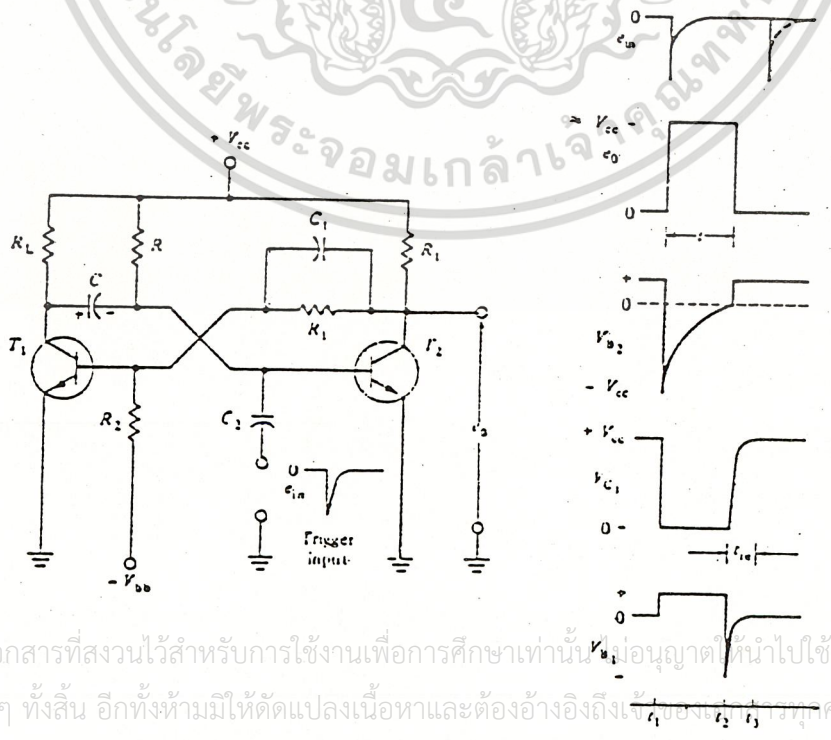
และ $$t_{off} = t_s + t_f + t_d \qquad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์
# (Monostable multivibrator circuit)

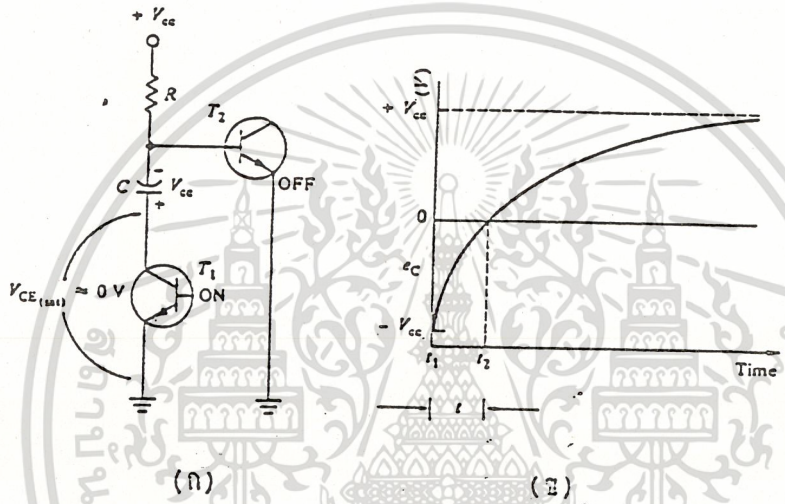
วงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ประกอบด้วยวงจรกลับสัญญาณ (inverter circuit) สองวงจร ซึ่งเอาท์พุทของวงจรกลับสัญญาณวงจรแรก จะถูกนำมาเป็นอินพุทของวงจรที่สอง โดยวิธีอาร์ซีคัปปลิ้ง (RC coupling) และเอาท์พุทของวงจรที่สองจะถูกนำเอามาเป็นอินพุทของวงจรแรกโดยวิธีรีซีสทีฟคัปปลิ้ง (resistive coupling) ดังแสดงในรูปที่ 3.1

สัญญาณแรงดันที่ใช้เป็นสัญญาณทริกเกอร์ของวงจรนี้ โดยปกติมักมีลักษณะแบบสัญญาณดิฟเฟอเรนชิเอเตด ที่มีครึ่งล่างเพียงครึ่งเดียว และจะทำให้ที่เอาท์พุทของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์นี้มีรูปร่างเป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก (rectangular) สัญญาณเอาท์พุทที่ได้นี้ มักถูกนำไปใช้ในการควบคุมวงจรพัลซ์อื่น ๆ เช่น วงจรเกท (Gate circuit) เป็นต้น และวงจรมัลติไวเบรเตอร์แบบนี้อาจถูกเรียกอย่างหนึ่งได้ว่า "วงจรถ่วงสัญญาณ" (delay circuit)




รูปที่ 3.1 แสดงวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.2 (ก) แสดงวงจรการทำงานของวงจรที่เวลา $t_{+1}$ และ
(ข) การเก็บประจุของตัวเก็บประจุ C จากเวลา $t_{+1}$ ถึงเวลา $t_{-2}$

## 3.1 การทำงานของวงจร

พิจารณาจากวงจรในรูปที่ 3.1 ที่เวลา $t_{-1}$ ขณะที่ยังไม่มีสัญญาณทริกเกอร์ใด ๆ เข้ามาทรานซิสเตอร์ $T_1$ จะ OFF และทรานซิสเตอร์ $T_2$ จะ ON และตัวเก็บประจุ C จะทำการเก็บประจุกระทั่งมีแรงดันตกคร่อมถึงค่า $V_{cc}$

ที่เวลา $t_{+1}$ เมื่อมีสัญญาณทริกเกอร์แบบลบเข้ามายังเบสของทรานซิสเตอร์ $T_2$ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ $T_2$ หยุดทำงานมีสภาพ OFF ดังนั้นศักย์ดาที่คอลเลคเตอร์ของทราน-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิสเตอร์$T_2$ จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงค่า $V_{cc}$ ซึ่งจะมีผลทำให้ทรานชิสเตอร์ $T_1$ ทำงานมีสภาพเป็น ON เมื่อพิจารณาดูจากรูปที่ 3.2 (ก) ที่เวลา $t_{+1}$ ทรานชิสเตอร์ $T_2$ จะได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ซึ่งมีขนาดเท่ากับค่า $V_{cc}$ ตัวเก็บประจุจากค่า $- V_{cc}$ ถึงค่า $+ V_{cc}$ โดยทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวความต้านทาน R และทรานชิสเตอร์ $T_1$ (ดูในรูปที่ 3.2 (ข))

แรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C จะทำให้ทรานชิสเตอร์ $T_2$ ได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ดังนั้นทรานชิสเตอร์ $T_2$ จะคงสภาพ OFF ต่อไป กระทั่งแรงดันนี้มีค่าเป็น 0 โวลท์ ช่วงเวลาซึ่งทรานชิสเตอร์ $T_2$ มีสภาพ OFF อยู่นี้ ก็คือ "ขนาดความกว้างของพลัซ์" (pulse duration time) t ที่เอาท์พุทนั่นเอง

## 3.2 ความกว้างของพัลซ์ที่เอาท์พุท

จากวงจรในรูปที่ 3.2 ช่วงเวลาซึ่งตัวเก็บประจุ C ใช้ในการเก็บประจุกระทั่งมีแรงดันตกคร่อมเป็น 0 โวลท์ โดยทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวความต้านทาน R อาจหาได้จากสมการของการเก็บประจุดังนี้

$$e_c = E - (E \pm E_{co}) \Sigma^{-t}/RC$$

ซึ่งในกรณีของวงจรโมโนสเตเบิ้ล เมื่อแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการ จะเขียนได้ว่า

$$0 = V_{cc} - (V_{cc} + Vcc) \quad \Sigma^{-t}/RC$$

$$0 = V_{cc} - 2\,V_{cc} \quad \Sigma^{-t}/RC$$

$$2V_{cc} = V_{cc} \quad \Sigma^{+t}/RC$$

$$\Sigma^{+t}/RC = 2$$

$$t = \frac{RC \log_{10} 2}{\log_{10} \Sigma} = \frac{RC\,(0.301)}{0.434}$$

$$t = 0.69\ RC$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$e_c = E - (E \pm E_{co})\, \varepsilon^{-t}/RC$$

$$0.9\, V_{cc} = V_{cc} - (vcc + 0)_{\varepsilon} + t_{re}/R_L C$$

$$\frac{V_{cc}}{\varepsilon^{+t_{re}}/R_L C} = 0.1\, Vcc$$

$$\varepsilon^{+t_{re}}/R_L C = 10$$

$$t_{re} = \frac{R_L .\, C \log_{10} 10}{\log_{10} \varepsilon} = \frac{R_L . C\,(1.0)}{0.434}$$

$$= 2.3\, R_L .\, C$$

ดังนั้นช่วงเวลาอย่างน้อยที่สุดจะต้องให้สำหรับการทริกเกอร์ริ่งวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ก็คือ T

โดยที่ $T = t + t_{re}$

$$= 0.69\, RC + 2.3\, R_L .\, C$$

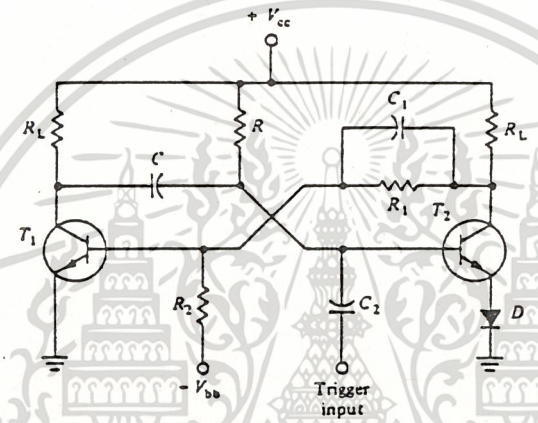
$$= (0.69\, R + 2.3\, R_L .)\, C$$

## 3.3 การออกแบบวงจรการใช้งานไอซี 555 เป็น โมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

ไอซี 555 เป็นตัวที่รู้จักแพร่หลายและมีใช้กันมาก แต่การนำมาใช้เป็นโมโนสเตเบิ้ลนั้นก็มีข้อจำกัดหลายประการ เมื่อเทียบกับไอซีพวก TTL หรือ CMOS อื่น ๆ โดยในการใช้งาน 555 จะทำงานได้ช้ากว่า ดังนั้นถ้าต้องการ $t_w$ แคบกว่า 10 uS แล้ว 555 ไม่สามารถตอบสนองได้ ต้องใช้ TTL แต่ 555 ให้ข้อดีที่ใช้ได้กับแรงดันช่วงกว้าง และให้กระแสเอาท์พุทได้สูงถึง 200 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อเป็นโมโนสเตเบิ้ลของ 555 จะให้ความกว้าง $t_w$ = 1.1 RC




รูปที่ 3.3 แสดงวงจรโมโนสเตเบิ้ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

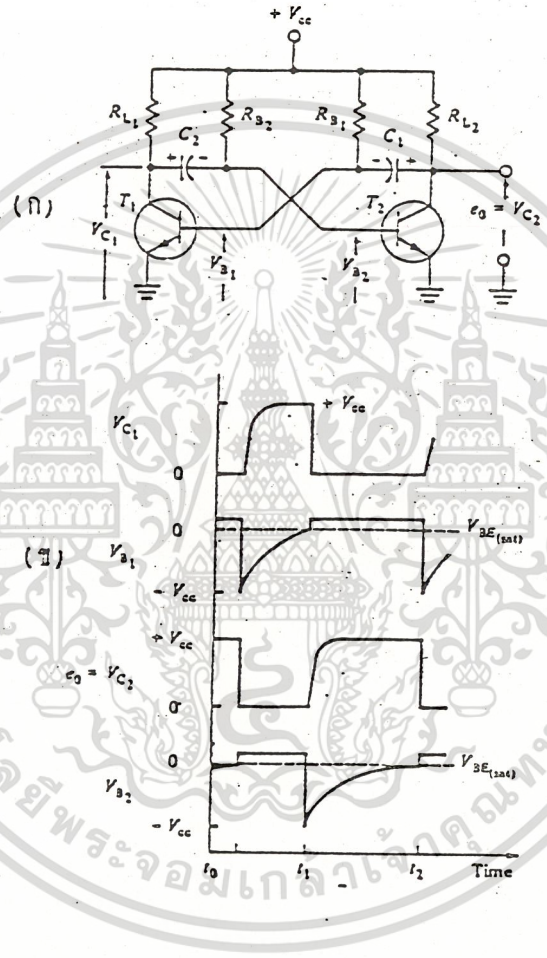
# บทที่ 4
# วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์
# (Astable multivibrator circuit)

วงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งบางครั้งนิยมเรียกว่า "ฟรีรันนิ่งค์ มัลติไวเบรเตอร์" (Free running multivibrator) และโดยปกติมักถูกนำไปใช้เป็นวงจรผลิตคลื่นจัตุรัส (square - wave) วงจรชนิดนี้ประกอบด้วยวงจรกลับสัญญาณสองวงจร โดยที่เอาท์พุทของวงจรแรกจะถูกนำไปเป็นอินพุทของวงจรที่สอง และเอาท์พุทของวงจรที่สองจะถูกนำไปเป็นอินพุทของวงจรแรก การป้อนสัญญาณจากเอาท์พุท ใช้วิธีอาร์ซีคัปปลิ้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1

## 4.1 การทำงานของวงจร

พิจารณาจากวงจรในรูปที่ 4.1 สมมุติว่าที่เวลา $t_{+o}$ ทรานซิสเตอร์ $T_2$ ทำงานอยู่ในภาวะอิ่มตัว และทรานซิสเตอร์ $T_1$ ไม่ทำงาน (OFF) กระแสเบสของทรานซิสเตอร์ $T_1$ ก็คือกระแสที่ไหลเพื่อทำให้ตัวเก็บประจุ $C_2$ ทำการเก็บประจุ กระทั่งแรงดันตกคร่อม $C_2$ มีค่าเป็น $V_{cc}$ ศักดาที่คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ $T_1$ จะเพิ่มขึ้นอย่างเอกโปเนนเชียลจนถึงค่า $V_{cc}$ ตัวความต้านทาน $R_{B2}$ ทำหน้าที่กำหนดขนาดของกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ $T_2$ เพื่อให้ได้ค่าน้อยที่สุดซึ่งทำให้ทรานซิสเตอร์สามารถทำงานในภาวะอิ่มตัวได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเมื่อตัวเก็บประจุ $C_2$ ทำการเก็บประจุจนเต็มที่มีแรงดันตกคร่อมถึงค่า $V_{cc}$ แล้ว ทรานซิสเตอร์ $T_2$ ก็จะทำงานอย่างสมบูรณ์ และอยู่ในภาวะอิ่มตัว

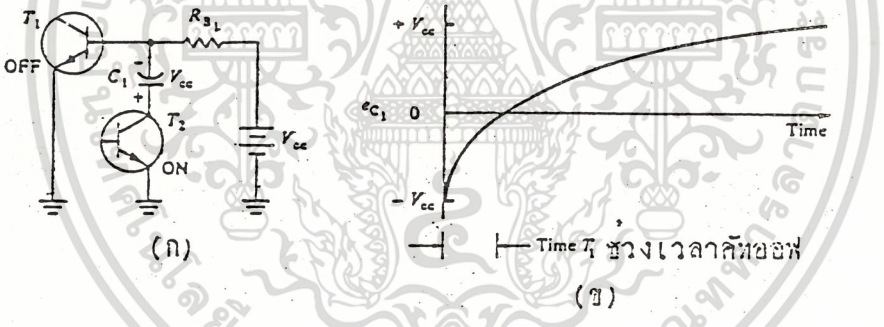
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.1 (ก) แสดงลักษณะวงจรอะสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์ และ
(ข) แสดงรูปร่างของสัญญาณแรงดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในทำนองเดียวกัน เมื่อทรานซิสเตอร์ $T_1$ ทำงานอยู่ในภาวะอิ่มตัว ตัวเก็บประจุ $C_1$ ก็จะเก็บประจุจนเต็มที่ทำให้มีแรงดันตกคร่อม ถึงค่า $V_{cc}$ เช่นเดียวกัน ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ $T_2$ อยู่ในภาวะ ON จะทำให้ขั้วบวกของตัวเก็บประจุ $C_1$ มีศักดาเท่ากับกราวน์ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (ก)




รูปที่ 4.2 (ก) แสดงวงจรส่วนหนึ่งของรูปที่ 13.1 ที่เวลา $t_{+o}$ และ
(ข) แสดงช่วงเวลาและ $T_1$ ซึ่งเป็นช่วงเวลาคัทออฟ

จากรูปนี้จะเห็นว่าตัวเก็บประจุ $C_1$ ต่อขนานอยู่กับรอยต่อระหว่างอิมิตเตอร์ และเบสของทรานซิสเตอร์ $T_1$ ดังนั้นเมื่อ $C_1$ เก็บประจุจนเต็มที่มีแรงดันตกคร่อมเป็น $V_{cc}$ แล้วจะทำให้ทรานซิสเตอร์ $T_1$ นี้ ได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ทรานซิสเตอร์ $T_1$ จึงอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพ OFF ในขณะที่ $C_1$ เริ่มเก็บประจุจากค่า $-V_{cc}$ ไปยังค่า $+V_{cc}$ ทรานซิสเตอร์ $T_1$ จะยังคง OFF อยู่กระทั่งถึงเวลา $t_{-1}$ ซึ่งขณะนี้ทรานซิสเตอร์ $T_1$ เสมือนได้รับแรงดันไบอัสค่า 0 โวลท์ ดังนั้นเมื่อเวลา $t_{+1}$ รอยต่ออิมิตเตอร์และเบสของทรานซิสเตอร์ $T_1$ ก็จะได้รับแรงดันไบอัสตรง ทำให้ทรานซิสเตอร์ $T_1$ เริ่มทำงาน (ON)

ที่เวลา $t_{+1}$ ซึ่งทรานซิสเตอร์ $T_1$ อยู่ในภาวะ ON ขั้วบวกของตัวเก็บประจุ $C_2$ ก็จะมีศักดาเท่ากับกราวน์ ดังนั้นจะทำให้ทรานซิสเตอร์ $T_2$ เสมือนได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับที่เวลา $t_{+1}$ ตัวเก็บประจุ $C_2$ เริ่มเก็บประจุจากค่า $-V_{cc}$ ไปยังค่า $+V_{cc}$ โดยมีกระแสไหลผ่าน $T_1$ และ $R_{B2}$ ทรานซิสเตอร์ $T_2$ จะหยุดทำงาน (OFF) จนกว่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ $C_2$ จะมีค่าเป็น 0 โวลท์ $T_2$ จึงจะเริ่มทำงานอีกครั้งหนึ่งซึ่งเป็นเวลา $t_{+2}$

ช่วงเวลาระหว่าง $t_{+1}$ ถึง $t_{-2}$ ตัวเก็บประจุ $C_1$ จะเก็บประจุกระทั่งมีแรงดันตกคร่อมเป็นค่า $V_{cc}$ ทั้งนี้โดยมีกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ $T_1$ ไหลผ่าน การทำงานของวงจรเหล่านี้จะหมุนเวียนเช่นนี้เรื่อยไป ทำให้เกิดมีสัญญาณแรงดันรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก (rectangular wave) ขึ้นที่เอาท์พุท ดังในรูปที่ 4.1 ขนาดของสัญญาณแรงดันนี้จะมีค่า $(V_{cc} - V_{CEsat})$ โวลท์ และพิจารณาได้ว่า

$$(t_1 - t_o) = t_A$$

$$(t_2 - t_1) = t_B$$

ถ้าให้ T คือช่วงเวลาคาบ (one period time)

ดังนั้น $T = t_A + t_B$

โดยที่ $t = 0.69\ RC$

$t_A = 0.69\ R_{B1}\ C_1$

$t_B = 0.69\ R_{B2}\ C_2$

ดังนั้น $T = 0.69\ R_{B1}\ C_1 + 0.69\ R_{B2}\ C_2$

โดยปกติแล้ว $R_{B1} = R_{B2} = R$

ดังนั้น $T = 0.69\ R\ (C_1 + C_2)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในกรณีที่เป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบสมมาตร (symmetrical astablemultivibrator) แล้ว

$$C_1 = C_2 = C$$

ดังนั้น $T = 0.69\ R\ (2C)$

$$= 1.38\ RC$$

## 4.3 ความกว้างของพัลซ์ค่าต่ำสุด (minimum pulse duration)

ความกว้างของพัลซ์ค่าต่ำสุด (minimum pulse width) ของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ถูกกำหนดโดยค่า recovery time ($t_{re}$) ซึ่งหมายถึงเวลาที่ตัวเก็บประจุ $C_1$ หรือ $C_2$ ใช้ในการเก็บประจุกระทั่งมีแรงดันตกคร่อมเป็น $V_{cc}$ สมมติว่าตัวเก็บประจุทำการเก็บประจุแล้วอย่างสมบูรณ์ ซึ่งในทางปฏิบัติค่าแรงดันตกคร่อมจะมีค่าเพียง 90 % ของค่า $V_{cc}$ ดังนั้น ค่า

$$t_{rc} = 2.3\ R_2\ C$$

ดังนั้น $t = 0.69\ R_{B1}\ C_1$

$t_{reA} = 2.3\ R_L\ C_2$ (เป็นค่า recovery time ของ $C_2$)

เนื่องจาก $R_{B1} = R_{B2} = R$

$R_{L1} = R_{L2} = R_L$

และ $I_c \sim \frac{V_{cc}}{R_L}$ , $V_{cc} \sim I_c\ R_L$

$I_B \sim \frac{V_{cc}}{R}$ , $V_{cc} \sim I_B\ R$

$I_c\ R_L = I_B\ R$

$h_{FE} = \frac{I_c}{I_B} = \frac{R}{R_L}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R < h_{FEmin} R_L$$

$$t_A = 0.69 R_{B1} C_1 = 0.69 RC_1$$

$$t_{reA} = 2.3 R_L C_2$$

$$\frac{t_{reA}}{t_A} = \frac{2.3 R_L C_2}{0.69RC_1} = \frac{3.33 R_L C_2}{RC_1}$$

แต่ $R \ll h_{FEmin} R_L$

$$\frac{t_{reA}}{tA} \gg \frac{3.33 R_L C_2}{h_{FEmin} R_L C_1} = \frac{3.33C_2}{h_{FEmin} C_1}$$

และทำนองเดียวกัน

$$\frac{t_{reB}}{t_B} \gg \frac{3.33 C_1}{h_{FEmin}C_2}$$ ($t_{reB}$ คือ recover time ของ $C_1$)

ในกรณีของวงจรอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์แบบสมมาตร ซึ่ง $t_A = t_B$, $C_1 = C$ และ $T = t_A + t_B = 2t$

$$\frac{t_{re}}{t} \gg \frac{3.33 C}{h_{FEEmin}C}$$ โดยที่ $\frac{T}{2} = t$

$$t_{re} \gg \frac{3.33t}{h_{FEmin}}$$

และถ้าหากทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรนี้มีค่า $h_{FEmin} = 10$ แล้ว

$$t_{re} = \frac{3.33t}{10} = 0.33t$$

หรือ $t_{re} > 33\%t$

ในปัจจุบันเรามีไอซีหลายเบอร์ที่ทำหน้าที่เป็นอะสเตเบิ้ล ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างไอซีที่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายคือ ไอซีเบอร์ 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของไอซี 555 เป็นไอซีที่มีเพียง 8 ขา แต่ละขามีชื่อเรียกดังนี้

1. กราวด์
2. ขาทริกเกอร์
3. ขาเอาท์พุท
4. ขารีเซท
5. ขาแรงดันควบคุม
6. ขาเทรสโฮล
7. ขาดิสชาร์จ (ขาคายประจุ)
8. ขา $V_{cc}$

เมื่อต่อวงจรใช้งานเป็นวงจรอะสเตเบิ้ลเราสามารถต่อได้ดังรูป การทำงานของวงจร เมื่อตัวเก็บประจุ C ได้รับประจุที่มาจากกระแสที่ไหลผ่าน $R_A$ และ $R_B$ จนค่าแรงดันคร่อมตัวมันมีค่า 2/3 $V_{cc}$ วงจรภายในจะทำให้มันคายประจุจนกระทั่งแรงดันคร่อมตัวมันเหลือเพียง 1/3 $V_{cc}$ โดยการคายประจุผ่าน $R_B$ เข้าไปยังวงจรภายใน แล้วมันจะเริ่มรับประจุใหม่ นั่นคือแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุจะออสซิลเลทอยู่ระหว่างช่วงแรงดันจาก 1/3 $V_{cc}$ ถึง 2/3 $V_{cc}$ การออสซิลเลทนี้เป็นผลทำให้แรงดันเอาท์พุทเกิดการสวิทช์อยู่ที่ระดับสองระดับคือ $V_{cc}$ และกราวด์ โดยปกติช่วงเวลาที่ตัวเก็บประจุหรือเอาท์พุทอยู่ในสภาวะ + $V_{cc}$ เราสามารถคำนวณได้จาก

$$t_1 = 0.69 (R_A + R_B) C$$

ในทำนองเดียวกันช่วงเวลาการรับประจุหรือเอาท์พุทอยู่ในสภาวะกราวด์ สามารถคำนวณได้จาก

$$t_2 = 0.69 R_B C$$

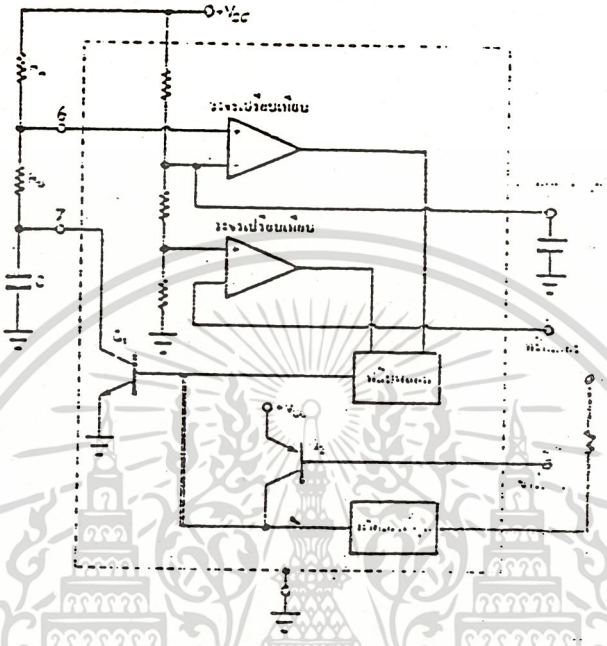
ตามเวลาในหนึ่งไซเคิลหาได้จาก

$$T = t_1 + t_2 = 0.69 (R_A + 2R_B) C$$

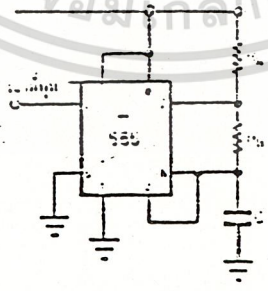
นั่นคือความถี่ของการออสซิลเลทคือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการจัดขาของไอซี 555



รูปที่ 4.4 แสดงวงจรอะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ใช้ไอซี 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# เครื่องบันทึกเสียงพูดระบบดิจิตอล

การบันทึกเสียงสำหรับนำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้วิธีการทางด้านดิจิตอล ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้กลไกเคลื่อนไหวใด ๆ ดังเช่นแบบเดิม แต่จะใช้อุปกรณ์หน่วยความจำเก็บข้อมูลเสียงแทนเส้นเทป หรือแผ่นเสียง เทคนิคการบันทึกเสียงด้วยระบบดิจิตอลมีด้วยกันหลายวิธี เช่นการใช้เทคนิคที่เรียกว่า เดลต้ามอดูเลชั่น

ในการบันทึกเสียงงระบบดิจิตอลไม่ว่าจะใช้วิธีการอะไร ก็จะประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือส่วนแรกทำหน้าที่แปลงงสัญญาณเสียงที่เป็นอนาลอกให้เป็นข้อมูลดิจิตอล แล้วจึงนำไปบันทึกลงในหน่วยความจำ ซึ่งเป็นส่วนที่สองและส่วนสุดท้ายคือส่วนที่ทำหน้าที่แปลงข้อมูลดิจิตอลจากหน่วยความจำออกมาเป็นสัญญาณอนาลอก

## 5.1 เดลต้ามอดูเลชั่น

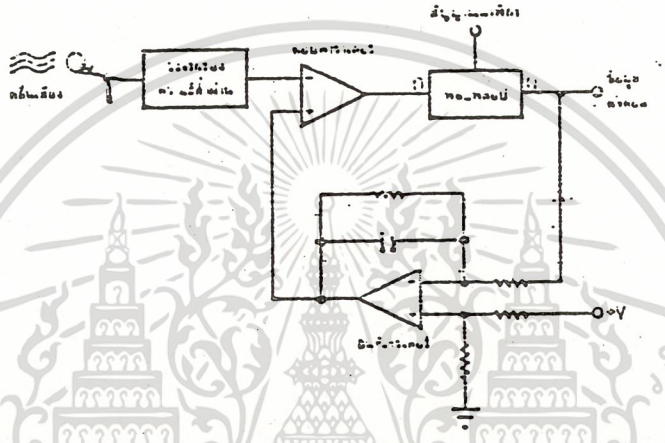
เทคนิคของเดลต้ามอดูเลชั่นจะไม่ใช้การสุ่มสัญญาณหนึ่งจุดแล้วแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอลหนึ่งเวิร์ดที่มีความละเอียดเป็นจำนวนบิตที่ต้องการ แต่จะใช้วิธีเปรียบเทียบความสูงหรือการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเสียงแทน

ข้อมูลที่ได้ก็คือทิศทางของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งก็มีเพียงขึ้นหรือลงเท่านั้น ดังนั้นความกว้างของข้อมูลดิจิตอลจึงใช้เพียงบิตเดียวก็เพียงพอ ข้อดีของวิธีการเดลต้ามอดูเลชั่นก็คือใช้หน่วยความจำน้อยกว่าวิธีการแบบอื่น ๆ

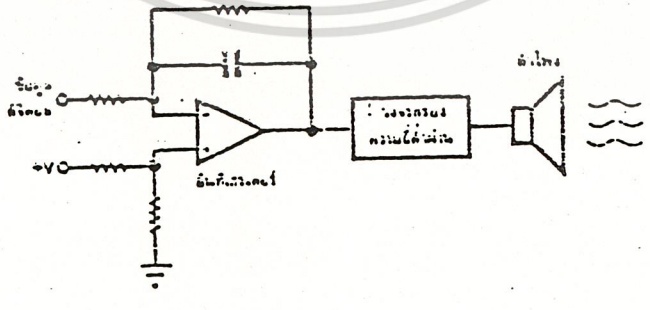
จากรูป เป็นวงจรเบื้องต้นของเดลต้ามอดูเลชั่น คอมพาราเตอร์จะทำหน้าเปรียบเทียบสัญญาณอินพุทปัจจุบันกับสัญญาณอินพุทก่อนหน้า ซึ่งได้จากการป้อนกลับมายัง อินทิเกรเตอร์ เอาท์พุทจากการเปรียบเทียบถูกป้อนผ่านฟลิปฟลอปที่ควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกา เพื่อให้ได้เป็นข้อมูลดิจิตอล ซึ่งก็คือ การกำหนดอัตราการสุ่มสัญญาณนั่นเอง

สัญญาณที่ได้จากตัวเปรียบเทียบ และจากอินทิเกรเตอร์เปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตแสดงในรูป ลักษณะเช่นนี้จะพบว่ายิ่งความถี่ของสัญญาณนาฬิกามีค่าสูงก็ยิ่งสามารถบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่แคบได้มากขึ้น ทำให้คุณภาพเสียงที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



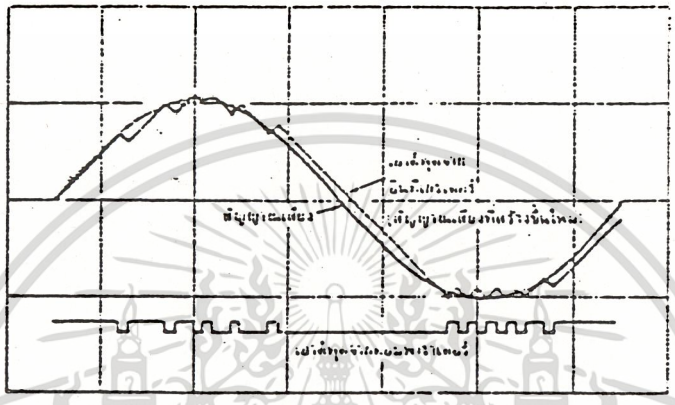
รูปที่ 5.1 แสดง วงจรเบื้องต้นของเดลต้ามอดูเลชั่นในส่วนของการแปลงจากสัญญาณเสียงเป็นดิจิตอล



รูปที่ 5.2 แสดง วงจรที่ใช้แปลงกลับจากข้อมูลดิจิตอลเป็นสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.3 แสดง เปรียบเทียบสัญญาณอินพุทกับข้อมูลที่ได้สัญญาณอนาลอกจากอินทิเกรเตอร์



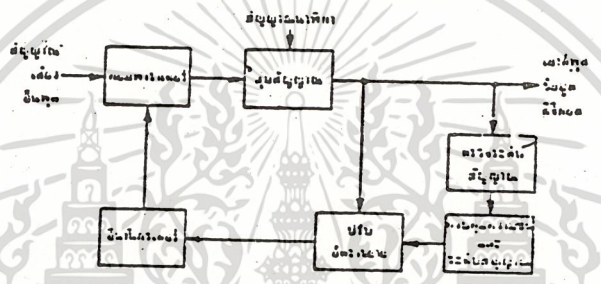
5.2 CVSD

ข้อจำกัดของวิธีการเดลต้ามอดูเลชั่นก็คือ แถบกว้างความถี่ใช้งาน ซึ่งถูกจำกัดโดยความถี่สัญญาณนาฬิกา และจะสูงกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณอินพุทมากกว่า 2 เท่าขึ้นไปอีกอันหนึ่งคือ ความเร็วของการเปลี่ยนแปลงความสูงของสัญญาณหรือไดนามิกเรนจ์ ระบบเดลต้ามอดูเลชั่นธรรมดามีค่าไดนามิกเรนจ์แคบ จำเป็นต้องมีส่วนเพิ่มเติมทำหน้าที่ขยายไดนามิกเรนจ์ให้กว้าง โดยการควบคุมอัตราขยายของอินทิเกรเตอร์ เพื่อให้ตอบสนองต่อสัญญาณที่มีความชั่นมาก ๆ ได้ทัน ระบบนี้มีชื่อเรียกใหม่ว่า "ระบบเดลต้ามอดูเลชั่นแบบเปลี่ยนแปลงความชั่นต่อเนื่อง หรือ CVSD (CONTINOUS VARIABLE SLOPE DELTA MODULATION)

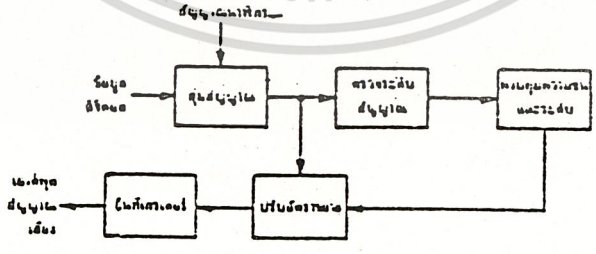
ระบบ CVSD ทั้งส่วนแปลงจากอนาลอกเป็นดิจิตอลและส่วนแปลงกลับจากดิจิตอลเป็นอนาลอก แสดงในรูป วิธีการของ CVSD ก็คือมีการตรวจระดับสัญญาณ โดยอาจใช้วิธีการจัดให้มีรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลดิจิตอลล่าสุดจำนวน 3 ถึง 4 บิต แล้วตรวจดูว่าเป็น " 0 " หมดหรือ " 1 " หมดหรือไม่ ถ้าใช่แสดงว่าขณะนี้อัตราขยายของอินทีเกรเตอร์ต่ำเกินไป ตอบสนองต่อความชันของสัญญาณไม่ทัน ก็จะทำการเพิ่มอัตราขยายให้สูงขึ้นเฉพาะในช่วงนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงกลับก็จะต้องมีการทำงานในลักษณะเดียวกัน คือมีรีจิสเตอร์ตรวจดูข้อมูลว่าเป็น " 0 " หมดหรือ " 1 " หมดหรือไม่ แล้วจัดการควบคุมอัตราขยายของอินทีเกรเตอร์ให้สอดคล้องกัน



รูปที่ 5.4 แสดง การทำงานของระบบ CVSD ในส่วนของการแปลงจากสัญญาณเสียงเป็นข้อมูลดิจิตอล



รูปที่ 5.5 แสดง การทำงานของระบบ CVSD ในส่วนแปลงกลับจากดิจิตอลเป็นสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.3 ไอซีบันทึกเสียงสำเร็จรูป

T6668

เป็นของโตชิบามีรูปร่างภายนอกเป็นแบบติดตั้งบนผิวหรือเซอร์เฟสเมาต์ ขนาด 60 ขา ต่อกับหน่วยความจำชนิดไดนามิกขนาด 64 K * 1 บิตหรือ 256 K * 1 บิต ได้โดยตรง 4 ตัว ใช้คริสตอลควบคุมความถี่สัญญาณนาฬิกา เปลี่ยนบิตเรตโดยใช้ดิปสวิทช์เลือกหน้าของหน่วยความจำแยกบันทึก/เล่นกลับได้ เมื่อใช้หน่วยความจำ 256K * 1 บิต (41256) จำนวน 4 ตัว ที่บิตเรท 16 K จะบันทึกได้นาน 64 วินาที

รายละเอียดขาใช้งานของ

| | |
|---|---|
| $A_0$ - $A_8$ | ขาแอดเดรสต่อกับแรม |
| $D_{in}$ - $D_{out}$ | ขาดาต้าต่อกับแรม |
| RAS, WE | สัญญาณควบคุมแรม |
| $CAS_1$ - $CAS_4$ | ขาเลือกแรมแต่ละตัว |
| $M_1$, $M_2$ | ใช้กำหนดจำนวนแรมที่ใช้ |
| 256K | เลือกขนาดแรม ต่อกราวด์ใช้ 4164, ต่อไฟบวกใช้ 41256 |
| EOS | เอาท์พุทเป็น HIGH เมื่อจบข้อความที่บันทึก |
| $MIC_{in}$, $MIC_{out}$ | อินพุทและเอาท์พุทของภาคขยายส่วนหน้า |
| $AD_1$, $AD_2$ | อินพุทสัญญาณอนาลอกที่จะนำไปแปลงเพื่อบันทึก และเอาท์พุทอนาลอกที่ได้จากการอ่าน |
| $FIL_{in}$, $FIL_{out}$ | วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน |
| $C_1$, $C_2$ | ต่อตัวเก็บประจุภายนอก |
| ACL | ขารีเซต แอคทีฟ LOW |
| $X_{in}$, $X_{out}$ | คริสตอลออสซิลเลเตอร์ความถี่ 650 KHz |
| CPUM, CE | ขาสัญญาณควบคุมสำหรับอินเตอร์เฟสกับ |
| WR | ขาอินพุทสัญญาณควบคุมสำหรับเปลี่ยนไปโหมดการบันทึก |

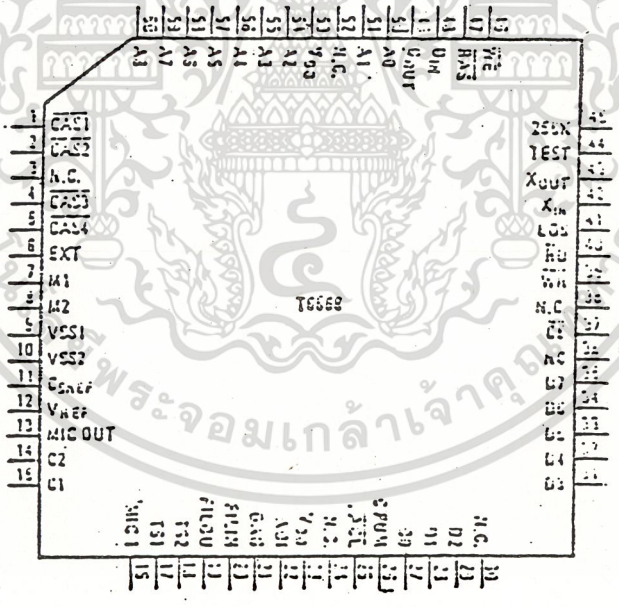
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$D_4$, $D_5$ เริ่มต้น ($D_4$) และหยุด ($D_5$) การนับของเคาท์เตอร์ภายในสำหรับการบันทึกและการเล่นกลับ

$D_6$, $D_7$ กำหนดบิตเรท ดูตาราง

$D_0$, $D_3$ เลือกหน้าของหน่วยความจำสำหรับบันทึก แบ่งได้สูงสุด 16 หน้าตามรหัสเลขฐานสอง แต่ละหน้าไม่กำหนดความยาวแล้วแต่จะกด STOP ($D_5$) เมื่อใดก็จะมีการบันทึกเอาไว้โดยอัตโนมัติ

$V_{DD}$, $V_{SS}$ ขาไฟเลี้ยงและกราวด์



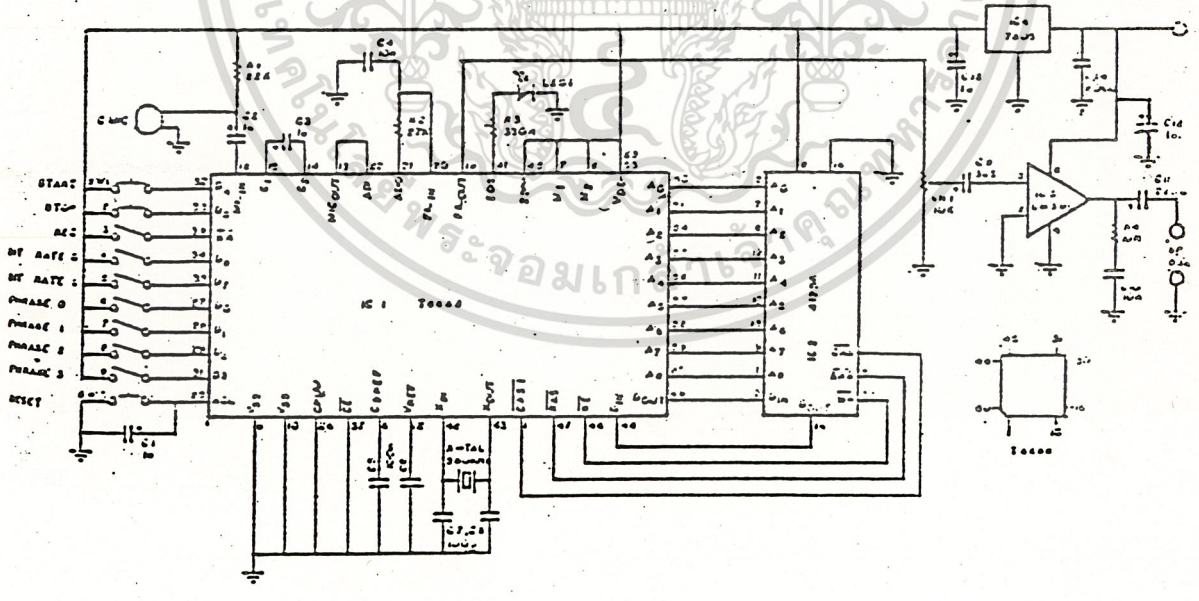

รูปที่ 5.6 แสดง ตำแหน่งขาต่าง ๆ ของไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**วงจรการทำงาน**

วงจรในรูปที่ 2 เป็นวงจรสมบูรณ์ของชุดวิเคราะห์เสียงพูด หัวใจสำคัญของวงจรอยู่ที่ $IC_1$ และ $IC_2$ ซึ่งเป็นไอซีไมโครโปรเซสเซอร์และหน่วยความจำ ตัว $IC_1$ ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้งานด้านวิเคราะห์เสียงโดยเฉพาะ เป็นไอซีชนิด CMOS LSI

การทำงาน $IC_1$ จะทำการรับสัญญาณเสียงพูดเข้ามา จากนั้นทำการขยายแล้วเปลี่ยนจากสัญญาณอนาลอกไปเป็นข้อมูลดิจิตอล แล้วไปเก็บไว้ที่ไดนามิกแรม (DRAM) $IC_2$ โดย CPU ภายในจะทำการเลื่อนแอดเดรสที่จะนำเข้าไปเก็บเองโดยอัตโนมัติ เมื่อทำการแปลงข้อมูลจาก D/A จะใช้อัตรา 10 bit D/A เพื่อเปลี่ยนกลับมาเป็นเสียงเช่นเดิม การอัดเข้าไปสามารถเลือกสปีดได้ 4 สปีด โดยเลือกที่ $D_6$ - $D_7$



**รูปที่ 5.7** แสดงวงจรเบื้องต้นของชุดบันทึกเสียงพูดระบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| KBPS | $D_7$ | $D_6$ |
|---|---|---|
| 8 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 1 |
| 16 | 1 | 0 |
| 32 | 1 | 1 |

ตารางที่ 1 ตารางการเลือกสปีดในการบันทึกข้อมูล

จากตารางที่ 1

1. ถ้าเลื่อนสวิทช์ $D_7$-$D_6$ ไปที่ 0 0 จะทำให้อัตราความเร็วของการแปลงข้อมูลเป็น 8K bit ต่อวินาที
2. $D_7$-$D_6$ เป็น 0 1 จะทำให้อัตราการแปลงข้อมูลเป็น 11K bit ต่อวินาที ทำให้การอัดหรือเล่นได้นาน 93 วินาที
3. $D_7$-$D_6$ เป็น 1 0 ทำให้อัตราการแปลงข้อมูลเป็น 16K bit ทำให้อัดหรือเล่นได้นาน 64 วินาที
4. $D_7$-$D_6$ เป็น 1 1 ทำให้อัตราการแปลงข้อมูลเป็น 32K bit ทำให้อัดหรือเล่นได้นาน 32 วินาที

การอัดเมื่ออัดที่สปีดใดสปีดหนึ่งเสร็จแล้ว สามารถที่จะนำกลับมาเล่นที่สปีดอื่นได้ ทำให้สามารถเร่งหรือลดสปีดของเสียงได้ตามต้องการ ถ้าต้องการอัดเสียงสูง ๆ ให้ได้ผลดี ควรจะใช้สปีดสูง ๆ ในการอัดด้วยจึงจะให้เสียงที่อัดออกมาดี

T6668 สามารถเลือกใช้เมมโมรี่ได้ 2 ขนาด คือ 64K D-Ram กับ 256K DRAM โดยการเลือกขาที่ 45 ของไอซี (ที่เขียนไว้ว่า 256K) คือเมื่อจะต่อ DRAM 256K ให้กับไอซี จะต้องเลือกต่อขา 45 กับไฟบวก และเมื่อต้องการต่อ DRAM 64K ให้กับไอซี ต้องต่อขา 45 กับกราวด์ T6668 ก็จะรู้ว่าใช้ขนาดเมมโมรี่ขนาดเท่าใดกับมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มขนาดเมมโมรี่ให้กับไอซี T6668 สามารถกำหนดได้โดยการต่อขา $M_2$,$M_1$ ตามตารางที่ 2 คือ ถ้าต่อ $M_1$, $M_2$ ลงกราวด์ T6668 จะทำการเขียนหรือการอ่านข้อมูลจาก 00000H ไปจนถึง 0FFFFH แล้วตัวมันเองก็จะเลิกการอ่านหรือการเขียนมารอการเริ่มต้นใหม่ นั้นเราจึงกำหนดขนาดของเมมโมรี่ได้ตามต้องการ เพื่อการประหยัดในการนำไปใช้งานที่ต้องการขนาดเมมโมรี่ต่างกันได้

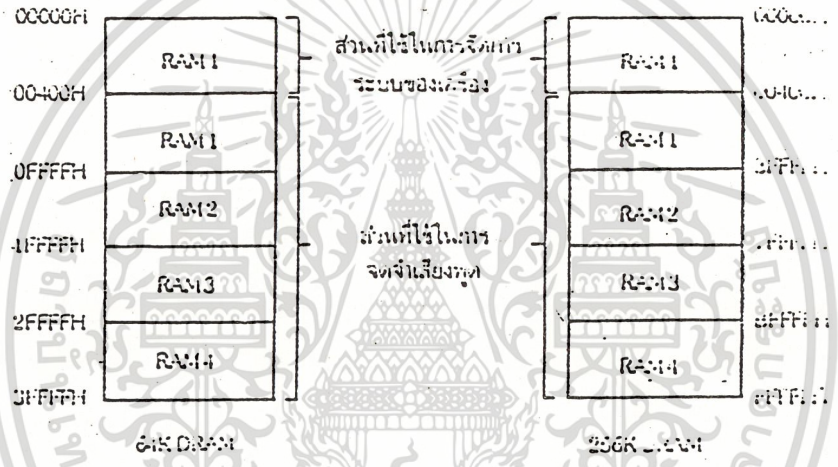
แผนภูมิของเมมโมรี่ที่ใช้ในการทำงานทั้ง 2 แบบ ตามรูปที่ 3

| ชนิดของ RAM | 256K | $M_2$ | $M_1$ | ADDRESS ที่สุด |
|---|---|---|---|---|
| 64K DRAM ตัวที่ 1 | 0 | 0 | 0 | 0FFFFH |
| 64K DRAM ตัวที่ 2 | 0 | 0 | 1 | 1FFFFH |
| 64K DRAM ตัวที่ 3 | 0 | 1 | 0 | 2FFFFH |
| 64K DRAM ตัวที่ 4 | 0 | 1 | 1 | 3FFFFH |
| 250K DRAM ตัวที่ 1 | 1 | 0 | 0 | 3FFFFH |
| 250K DRAM ตัวที่ 2 | 1 | 0 | 1 | 7FFFFH |
| 250K DRAM ตัวที่ 3 | 1 | 1 | 0 | BFFFFH |
| 250K DRAM ตัวที่ 4 | 1 | 1 | 1 | FFFFFH |

**ตารางที่ 2 แสดงการใช้ขนาดของเมมโมรี่**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 แผนภูมิของเมมโมรี่ที่ใช้ในการทำงานทั้ง 2 แบบ




การใช้งานในแบบธรรมดา

1. เปิดเครื่องจะเห็น LED ติดอยู่
2. กดสวิทช์ไปที่อัดค้างไว้ (CE จะต้องต่อกับกราวด์ด้วย)
3. เลือกช่องที่จะอัดเข้าไป โดยช่องที่จะอัดมีอยู่ 4 ตัว สวิทช์นี้เป็นไบนารี่โค๊ด ดังตารางที่ 3
4. เลือกสปีดโดยตั้ง $D_7$-$D_8$ ได้ตามต้องการ (เวลาที่แสดงนี้ใช้เมมโมรี่ 1 Mbit)
5. กดปุ่มสวิทช์ START แล้วไฟที่ LED จะดับ แสดงว่าเครื่องกำลังอัดคำพูดเข้าไปเก็บเมื่อพูดจนพอใจแล้วจึงกดสวิทช์ STOP อีกครั้งหนึ่ง ไฟที่ LED จะสว่าง ในกรณีที่พูดนานเกินกว่าเวลาที่กำหนด เครื่องจะหยุดการอัดโดยอัตโนมัติ ไฟที่ LED จะสว่างขึ้นมา เพื่อบอกให้รู้ว่าเป็นการสิ้นสุดขั้นตอนการอัดใน 1 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงช่องที่ทำการบันทึกข้อมูล

| $D_0$ | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | ช่องที่ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 4 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 6 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 7 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 10 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 11 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 12 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 13 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 14 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 15 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 16 |

6. ถ้าต้องการอัดในช่วงอื่น ๆ อีกก็ทำเช่นเดียวกัน ตั้งแต่ต้นจนถึงข้อ 5 (เวลารวมของแต่ละช่อง ต้องไม่เกินเวลาที่กำหนดไว้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การอ่านทำโดยการยกเลิกสวิทช์ WR ขึ้น (CE ต่อกราวด์เหมือนเดิม)

8. เลือกช่องที่จะอ่านและสปีด

9. กดสวิทช์ START เครื่องจะพูดตามที่อัดไว้ ถ้ากดสวิทช์ซ้ำหลาย ๆ ครั้งในระหว่างที่พูด เครื่องจะจำได้ว่ามีการกดสวิทช์ START ขึ้นเพียงครั้งเดียว และจะพูดซ้ำอีกเมื่อพูดจบ

10. เมื่อต้องการให้เครื่องพูดติดต่อกัน ทำโดยเลือกช่องแรก กด START เสร็จแล้วกดสวิทช์ซ้ำอีกทีหนึ่ง เครื่องจะพูดซ้ำอีกตามต้องการได้

## 5.4 ไอซีชุดเรียกโทรศัพท์อัตโนมัติเบอร์ U M 91210 C

5.4.1ข้อมูลทั่วไป

- เป็นไอซี. ตีนตะขาบ 18 ขา ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรเข้ารหัสสัญญาณโทรศัพท์ในระบบพัลซ์และระบบโทน (Pulse/Tone Encoder) ที่มีการจำหน่ายข้อมูลสุดท้ายเพื่อเรียกทวนข้อมูลหรือที่เรียกว่า ระบบรีไดอัล (Redial)

- เป็นไอซี.ที่ใช้ระบบกดปุ่มมิใช่ระบบที่ใช้หลักการหมุนหน้าปัทม์ หรือระบบที่เราเรียกว่า ระบบทัชโทนและทัชพัลซ์

- ความจุข้อมูลสำหรับการทวน (Redial) จำนวน 32 ตำแหน่งหมายเลข

- เป็นระบบทวนหมายเลข (หมายเลขสุดท้าย) ของระบบพัลซ์หรือโทนที่สามารถทวนได้ไม่จำกัดแต่ต้องหลังจากการกด Pause หรือกดฮุคสวิทช์แล้ว

- การพอสในแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการเคลียร์วงจรไม่เกิน 3.6 วินาที

- เป็นไอซี. ซีมอส ที่กินกำลังน้อยมาก โดยใช้ไฟเลี้ยงวงจร 2.0 ถึง 5.5 โวลท์

- หมายเลขกลุ่มสุดท้ายจะถูกส่งเข้าหน่วยเก็บข้อมูลหรือระบบรีไดอัล และมันจะล้างข้อมูลอัตโนมัติเมื่อเรากดหมายเลขใหม่เข้าไปในเวลาต่อไป

- วงจรกำเนิดความถี่ใช้คริสตอลความถี่ 3.579545 เมกะเฮิร์ท ซึ่งเป็นหน่วยความถี่อ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

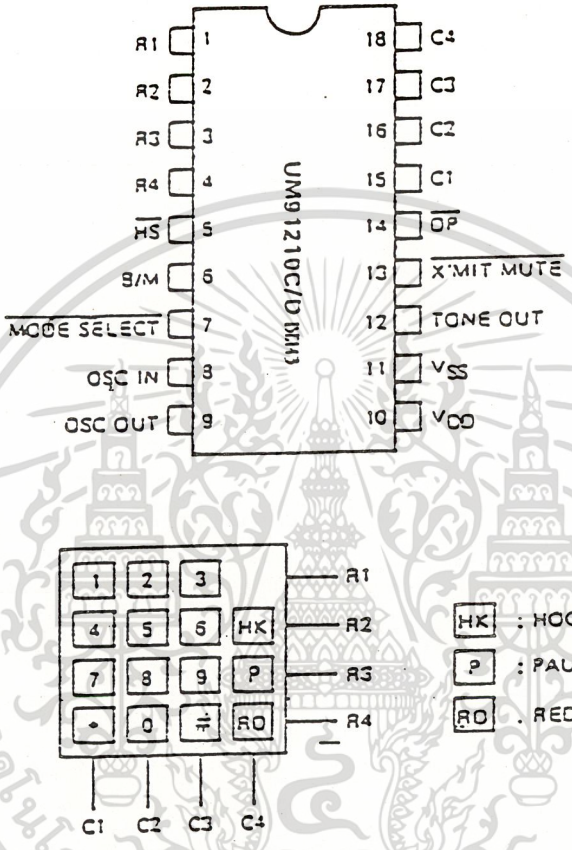
- อัตราส่วนของการเมคและเบรคในระบบพัลซ์สามารถเลือกได้ว่าจะเป็น33.3/66.6 หรือ 40/60 ด้วยขาเมคและเบรคของไอซี.
- ใช้ทัชคีย์ตำแหน่ง P แทนการกดฮุคสวิทช์ได้ โดยมีเวลาหน่วงรีเซ็ทวงจรไม่เกิน 0.58 วินาที
- ใช้คีย์บอร์ดแมตริกซ์ 4 คูณ 4 หรือ อาจสร้างเป็นแมตริกซ์ 2 ใน 8 ก็ได้
- ในขณะสแตนด์บายกินกระแสแต่น้อย

5.4.2 ค่าสูงสุดที่ไอซี. ทนได้

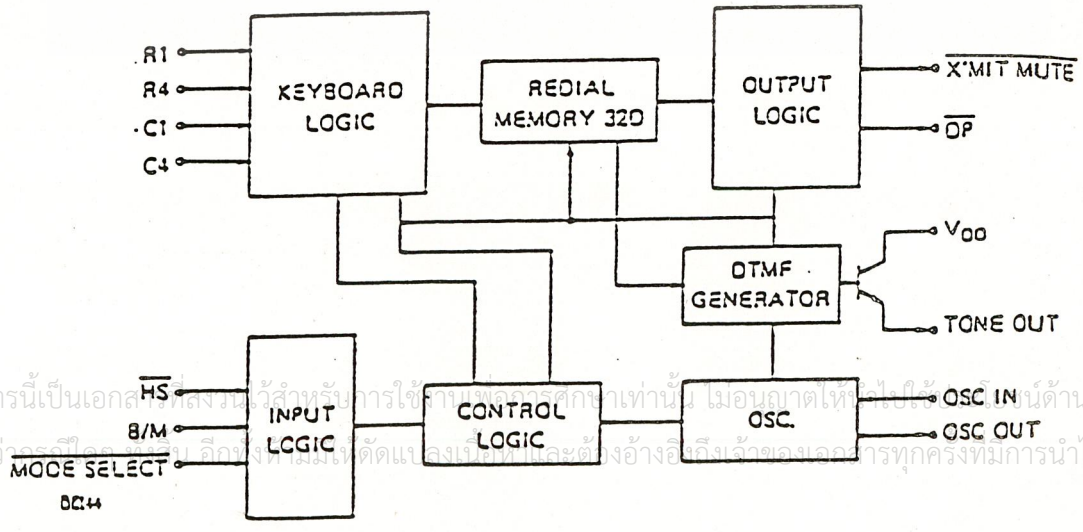
- ไฟเลี้ยงวงจร (VDD) 6 โวลท์
- ค่าโวลท์ทางอินพุท (Vin) VDD + 0.3 โวลท์
- ค่าโวลท์ทางเอ้าท์พุท (Vout) VDD + 0.3 โวลท์
- ค่าโวลท์เอ้าท์พุทที่ออกทางขามิวต์ (Vout) 1.2 โวลท์
- กระแสเอาท์พุทของระบบโทน ( I.tone ) 50 มิลลิแอมป์
- อุณหภูมิขณะทำงาน (Topr) 20 ถึง 70 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิสะสม (Tstg) - 40 ถึง 125 องศาเซียลเซียส
- อัตรากระจายกำลัง (pd) 500 มิลลิวัตต์
- ค่าที่ควรจะเป็นในการใช้งานคือมีไฟเลี้ยงวงจร (VDD) 3.5 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.3 ตำแหน่งขาต่าง ๆ และคีย์บอร์ดในการสั่งงาน

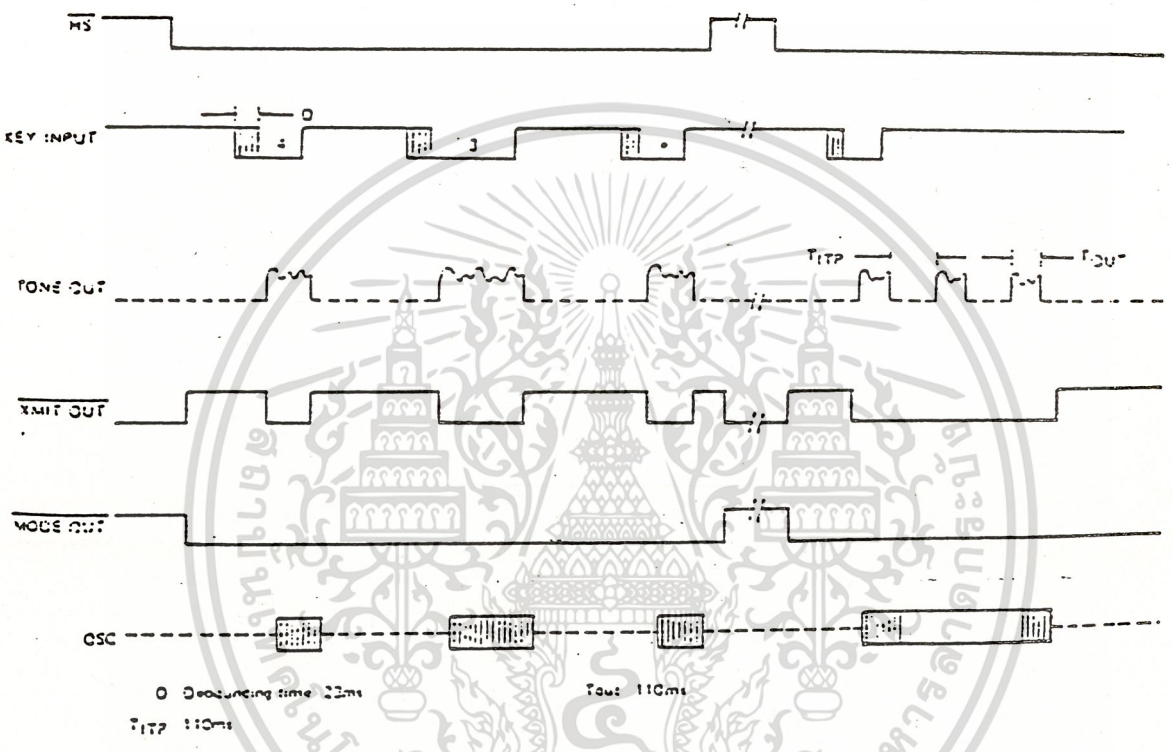



5.4.4 วงจรสมมูลย์ในรูปของบล็อกไดอะแกรม




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.5 ไทมิ่งไดอะแกรมในโหมดระบบโทน




## 5.5 การทำงานของวงจรชุดต่อโทรศัพท์อัตโนมัติ

- เมื่อรีเลย์ RY1 ทำงานหน้าสัมผัสของรีเลย์ RY1 ก็จะสัมผัสกัน รีเลย์ RY1 เป็นตัวตัดต่อวงจรเข้ากับคู่สายโทรศัพท์ เมื่อบริดจ์ไดโอด ทำหน้าที่ปรับขั้วของแรงดันจากคู่สายโทรศัพท์ให้มีขั้วที่แน่นอน ก่อนผ่านไดโอด D2 และ R7 ผ่านซีเนอร์ไดโอด D5 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรเร็คกูเลเตอร์ 3.6 โวลท์ โดยมี C15 ทำหน้าที่เป็นวงจรฟิลเตอร์ ป้อนไฟเลี้ยงให้กับ IC2เบอร์ UM 91210 C ที่ขา 10 โดยจะต้องต่อคู่สายโทรศัพท์เข้ากับวงจรตลอดเวลาเพื่อให้มีไฟจ่ายเลี้ยงกับวงจรตลอดเวลา และไม่ให้เบอร์โทรศัพท์ที่เรากดครั้งสุดท้ายหายไป วงจรชุดเรียกโทรศัพท์อัตโนมัติใช้หลักการของรีไดอัลทำการบันทึกหมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำสั่งอินพุทจะถูกสั่งจากคีย์บอร์ด ที่เป็นระบบแมตริกซ์ (XY Matrix) โดยทางคอลัมน์ (Column) จะมีสถานะเป็นโลจิก "0" และทาง โรว์ (Row) จะมีสถานะเป็นลอจิก 1 ในภาวะปกติ เมื่อกดคีย์บอร์ดในแต่ละปุ่มวงจรออสซิลเลเตอร์ จะเริ่มทำการสแกนความถี่ระหว่างโรว์กับคอลัมน์ ด้วยความถี่สแกนนิ่ง (FCR) 445 เฮิร์ทซ์ และ เป็นคีย์ประเภทที่สามารถขจัดดีเบาส์ด้วยวงจรภายในไอซี

- ขา 5 ของไอซี 2 เบอร์ UM 91210 C เป็นขาฮุคสวิทซ์ (Hook Switch) หรือขา HS เราใช้แทนการกดที่วางหูหรือฮุคสวิทซ์ของตัวเครื่องรับโทรศัพท์ปกติต้องต่อขานี้ลงกราวด์ หากเราจ่ายไฟเลี้ยงขานี้เป็นบวกเมื่อไรจะมีสภาพเหมือนเรากดฮุคสวิทซ์ทันที จากวงจรเมื่อรีเลย์ RY1 ทำงานต่อคู่สายโทรศัพท์ก็จะทำให้มีกระแสไฟไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Q1 ที่มี R8 และ R9 ทำหน้าที่เป็นโวลท์เตจดิไวเดอร์ เมื่อขา B ของ Q1 ทำงานได้ไฟบวกก็จะทำให้มีกระแสไหลผ่าน R10 ผ่านเข้าขา 5 ของไอซี 2 เบอร์ UM 91210 C เมื่อขา 5 ได้รับไฟบวกก็จะเหมือนกับ เป็นการยกหูโทรศัพท์

- ขา 6 ของไอซี เป็นขาเมค/เบรค เพื่อใช้ในระบบพัลซ์แต่ในวงจรใช้เป็นระบบโทน เราจึงต่อขานี้ลงกราวด์

- ขา 7 เป็นขาเลือกการทำงาน (Mode Select) ถ้าต้องการใช้ระบบโทนต้องต่อขา 7 ลงกราวด์ ถ้าต้องการใช้ระบบพัลซ์ก็ต้องต่อขานี้เข้าไฟบวก

- ขา 14 ขาไดอัลพัลซ์เอาท์ (DP) โดยปกติขานี้จะ "ออน" เมื่ออยู่ในตำแหน่ง "เบรค" และ "ออฟ" ในระหว่างการเมค ซึ่งมันจะทำงานอย่างนี้ได้ขา ฮุคสวิทซ์ (ขา 5) ต่อลงไฟลบ เอาท์พุทขานี้จะ "ออฟ" หากขา 5 ต่อกับไฟบวก

- ขา 12 ขาเอาท์พุทของสัญญาณโทน (Tone Out) จะเกิดขึ้นเมื่อเรากดคีย์ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดของดีทีเอ็มเอฟ ความถี่กลุ่มความถี่ต่ำกับความถี่กลุ่มความถี่สูง ถูกสร้างขึ้นในวงจรไฮบริดจ์ ส่งความถี่สองโทนเสียงออกเอท์พุท ความถี่ที่ขาโทนเอ้าท์พุทจะออกไม่ได้แม้เรากดปุ่มคีย์แล้วก็ตาม หากเลื่อนไปที่โหมดของพัลซ์

ค่าความถี่สองโทนเสียงสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

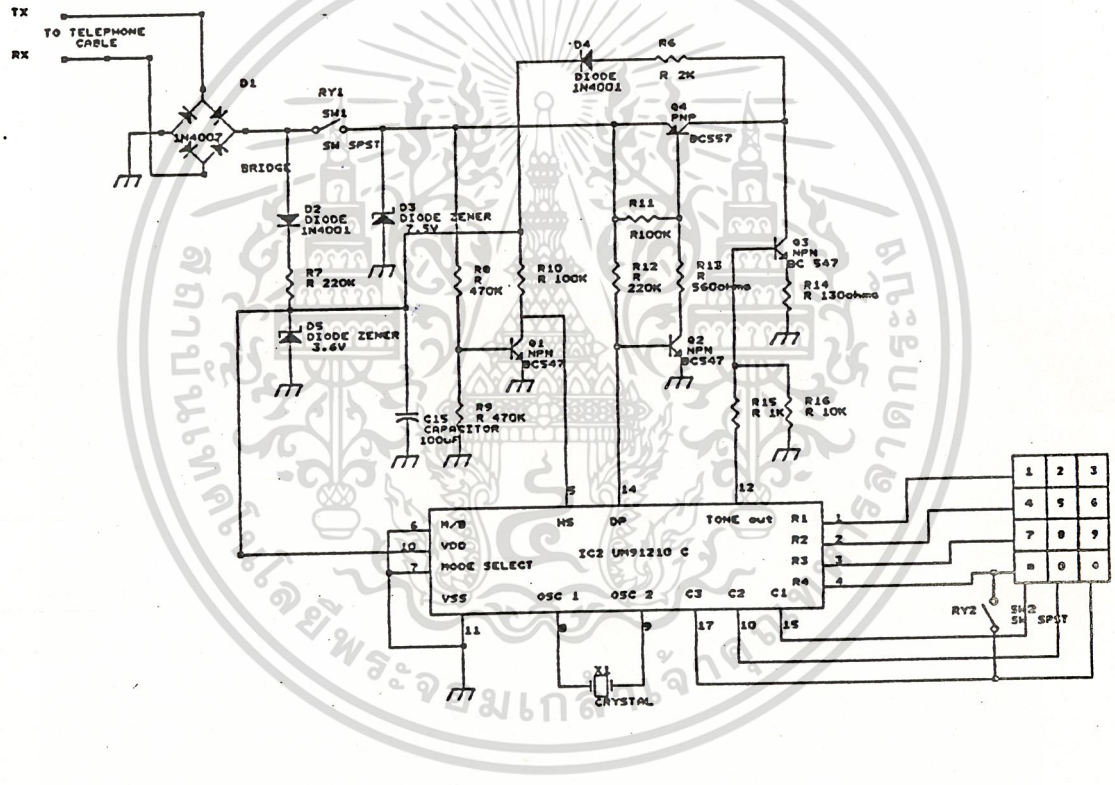
| ขาอินพุท | ความถี่ตามเกณฑ์ | ความถี่แอดชวล | ความผิดพลาด |
|---|---|---|---|
| R1 | 697 Hz | 699.1 Hz | 0.31 % |
| R2 | 770 Hz | 766.2 Hz | -0.49 % |
| R3 | 852 Hz | 847.4 Hz | -0.54 % |
| R4 | 941 Hz | 948.0 Hz | 0.74 % |
| C1 | 1209 Hz | 1215.7 Hz | 0.57 % |
| C2 | 1336 Hz | 1331.7 Hz | -0.32 % |
| C3 | 1447 Hz | 1471.9 Hz | -0.33 % |

- ที่ขา 8 และ ขา 9 จะต่ออยู่กับคริสตอล ความถี่ 3.579 MHz ที่ทำหน้าที่ควบคุมความถี่ของ IC 2 เพื่อให้สร้างเป็นความถี่ส่งออกมาทางขา 12

- ที่ขา 1-4 เป็นขาทางแนวนอน (Row) ที่ต่อไปยังคีย์สวิทช์ที่เป็นแบบแมตริกซ์คือขา R1-R4 ตามลำดับ

- ที่ขา 15-18 เป็นขาทางแนวตั้งหรือขาของคอลัมน์ต่อไปยังคีย์สวิทช์ที่เป็นแบบแมตริกซ์ที่ขา C1-C4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 5.8 วงจรชุดต่อโทรศัพท์อัตโนมัติ

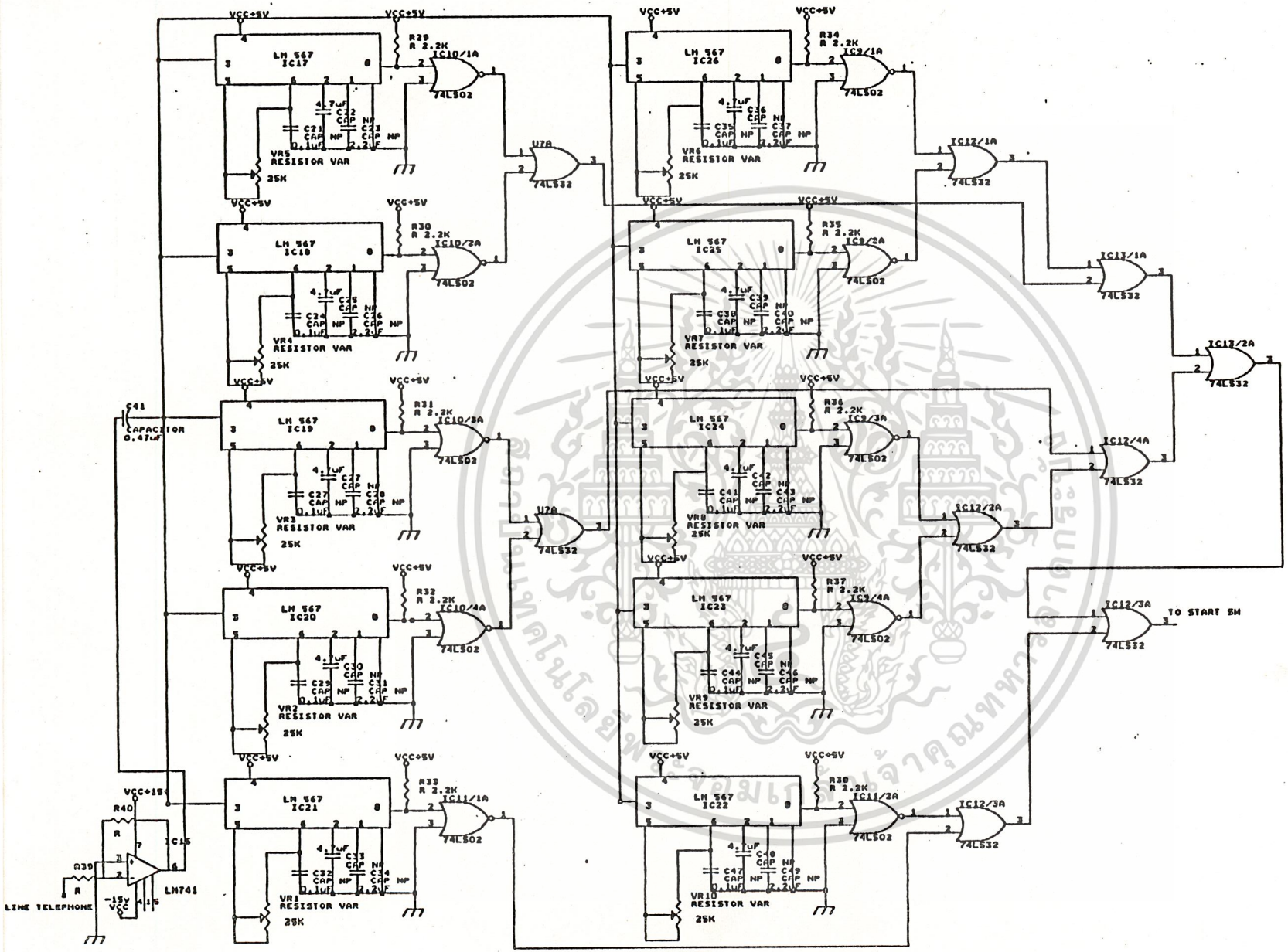
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.6 การทำงานของวงจรดีเทคสัญญาณเสียง

วงจรนี้เราจะใช้ ไอซีเบอร์ U M 567 ที่เป็นไอซีประเภท เฟสล็อคลูป (Phaselocked loop)ขา 8 ที่เป็นขาเอาท์พุทจะให้ลอจิกเป็น "0" เมื่อความถี่ของอินพุทที่เข้ามาทางด้านอินพุทคือขา 3 ตรงกับความถี่ภายในตัวไอซี คือความถี่ "f0" ความถี่ f0 นี้ได้มาจากค่า R และค่า C ที่ต่อระหว่างขา 5 กับขา 6 และค่า C ที่ต่อระหว่างขา 2 ลงกราวด์ โดยความถี่ f0 นี้ได้จากการคำนวน จากสูตร 1.1 / RC ค่า R ในที่นี้ให้อยู่ระหว่าง 3K-20K ไอซีเบอร์ UM 567 สามารถใช้ในการตรวจจับความถี่ต่ำ ๆ ตั้งแต่ขนาด 0.01 Hz สูงจนถึง 500 KHz ได้ ถ้าเราใช้ความถี่ต่ำควรเพื่อเวลาล็อคสัก 1 วินาทีหรือกว่านี้

จากวงจรดีเทคสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงจะผ่านเข้ามาทางคู่สายโทรศัพท์ผ่านเข้าวงจรขยายสัญญาณเสียงโดยมีอินพุทของสัญญาณเสียงผ่าน VR11 เข้ายังอินพุท ขา 3 ของ IC 23 เบอร์ LM 386 โดยความแรงของสัญญาณเสียงจะถูกควบคุมด้วย VR11 สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จะผ่าน CU 1 ผ่านเข้าอินพุทของไอซีเบอร์ LM 567 ของแต่ละภาค ตั้งแต่ IC17-IC22 ในแต่ละภาคจะทำการกำหนด ให้ดีเทคสัญญาณเสียงที่มีความถี่แตกต่างกันออกไป ตั้งแต่ความถี่ 900 Hz ถึง 3400 Hz ที่อยู่ในย่านของความถี่สัญญาณเสียง เมื่อความถี่ของสัญญาณเสียงเข้ามาตรงกับความถี่ f0 ของภาคนั้น ก็จะทำให้ภาคนั้นทำการดีเทคสัญญาณทำให้เอาท์พุทที่ออกจากขา 8 ของLM567 มีสัญญาณเป็นลอจิก "0" ปกติเมื่อความถี่เข้ามาไม่ตรงกับความถี่ f0 ของภาคนั้น ๆ จะทำให้เอาท์พุทมีลอจิกเป็น "1" เมื่อความถี่ของเอาท์พุทเป็นลอจิก "0" ที่ขา 3 ของ LM567 ส่งเข้าอินพุทของไอซีเกทแบบนอร์เกทโดยมีอินพุทอีกอินพุทหนึ่งต่อลงกราวด์ เมื่อได้อินพุทจาก LM567เป็นลอจิก "0" ก็จะทำให้เอาท์พุทของนอร์เกทเป็นลอจิก "1" และเอาท์พุทของแต่ละตัวต่อเข้าอินพุทของออเกท ก็จะได้เอาท์พุทออกมาเป็นลอจิก "1" ไปทริกยังสวิทช์สตาร์ท ของวงจรบันทึกเสียงพูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

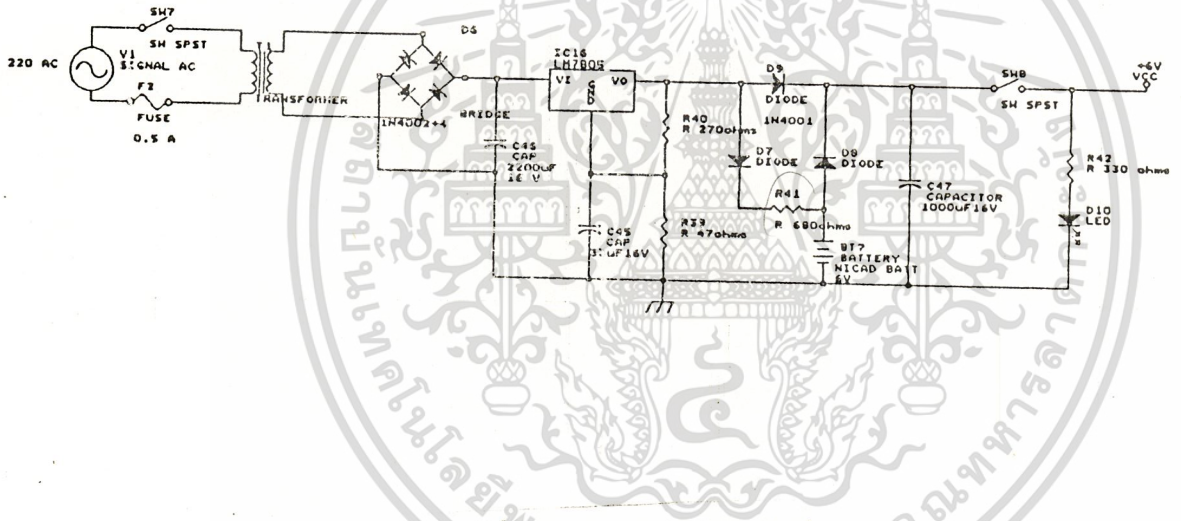



รูปที่ 5.9 วงจรชุดดีเทคสัญญาณเสียง

## 5.7 การทำงานของวงจร Power Supply

ไฟ AC 220 V จะผ่านเข้ายัง Transformer $T_1$ จะทำหน้าที่ลดแรงดันไฟฟ้าจาก 220 VAC จากขดลวดด้าน Primary เป็น 12 V ทางขด Secondary ผ่านเข้ายังวงจร diode แบบ Bridge $D_8$ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจาก AC ให้เป็นแรงดันไฟฟ้า DC ผ่าน C 46 ทำหน้าที่ Filter สัญญาณให้มีความเรียบยิ่งขึ้น IC 16 เบอร์ LM 7812 ทำหน้าที่ Regulate ให้ได้ค่าแรงดันไฟตรง 12 V ในวงจรมี Battery สำรองซึ่งสามารถทำงานได้ทันทีเมื่อแรงดันไฟฟ้า 220 VAC เกิดขาดหายไป อันเนื่องมาจากไฟฟ้าดับหรือถูกตัดสายไฟไดโอด $D_7$ และ $R_{41}$ ทำหน้าที่ประจุแรงดันไฟฟ้าเข้า Battery $C_{46}$ ยังทำหน้าที่ป้องกันทรานเซียลแรงดันไฟตรง 12 V ที่ได้จาก IC 16 จะต่อเข้ากับ IC 16/2 เบอร์ 7809 เพื่อทำหน้าที่ Regulate ให้เป็นแรงดันไฟตรง 9 V โดยมี $C_{45}$ ทำหน้าที่ป้องกันทรานเซียลเช่นเดียวกับ $C_{46}$ แรงดันไฟตรงที่ ได้จาก IC 16/2 จะต่อเข้า IC 16/3 เบอร์ 7805 ทำงานร่วมกับ $R_{42}$, $R_{43}$ และ $C_{45}$ เพื่อทำหน้าที่ Regulate ให้แรงดันไฟตรงออก 6V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

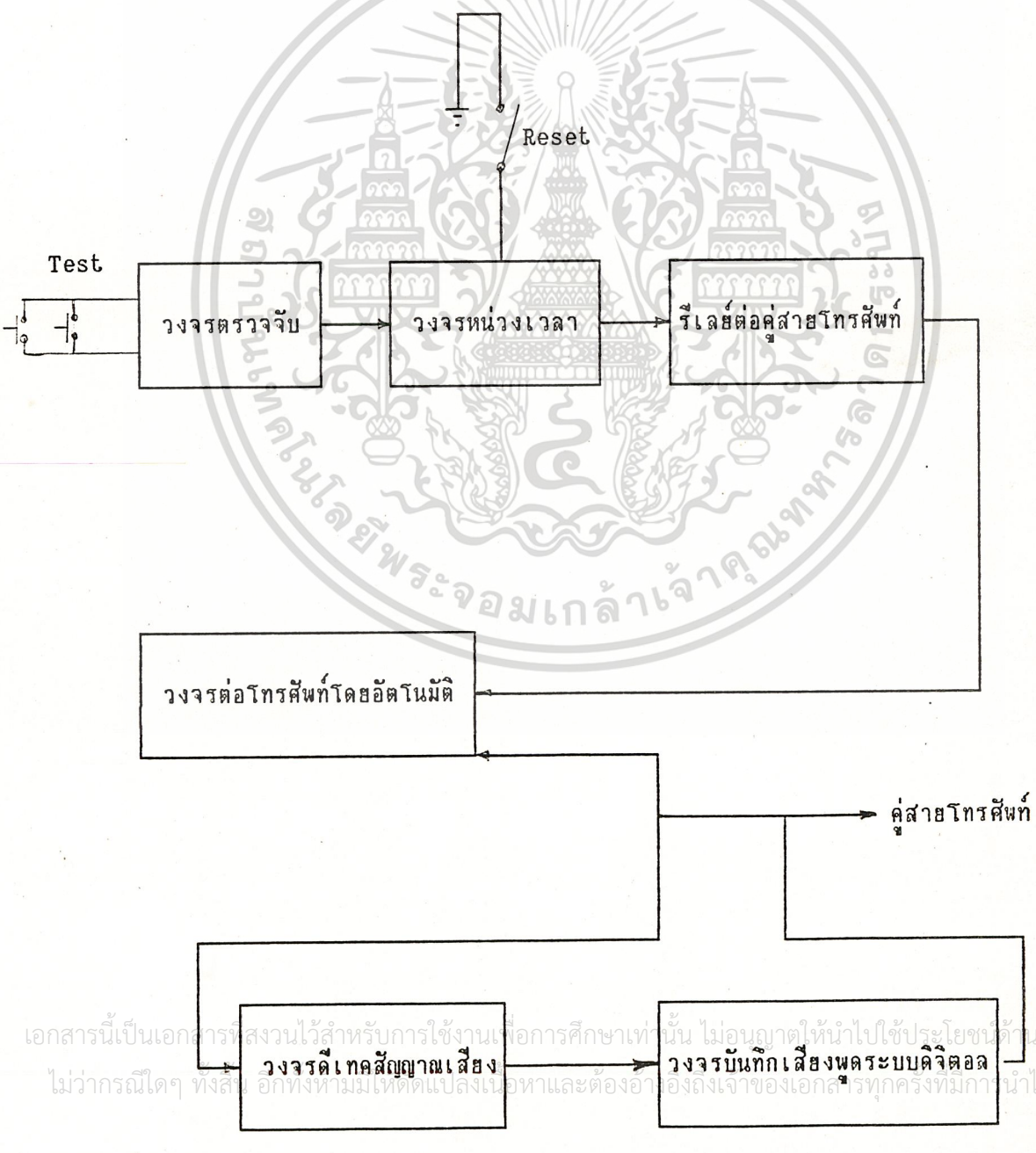



รูปที่ 5.10 วงจรชุดแหล่งจ่ายไฟ

# บทที่ 6
# หลักการทำงานของวงจรโทรศัพท์

## 6.1 Block Diagram ของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย

เราสามารถแยก Block Diagram ของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย เป็นส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.2 แผนภูมิการทำงานของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**6.3 หลักการทำงานของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย**

สวิตช์ตรวจจับจะทำการติดตั้งไว้ตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมีผู้บุกรุกเข้ามา เช่นตามตำแหน่งหน้าต่างบ้าน และตามประตูบ้าน การทำงาน เมื่อมีผู้บุกรุกเข้ามาในบ้านของเรา โดยผ่านประตูหรือหน้าต่างก็จะทำให้สวิทช์ตรวจจับทำงาน ซึ่งส่งผลทำให้มีลอจิก "1" ไปยัง ขา2 ของ IC14 เบอร์ LM 555 ต่อลักษณะเป็นวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ ให้เอาท์พุท ออกที่ขา 3 ของ IC14 หลังจากที่สวิทช์ "ON" เอาท์พุทจะเป็นลอจิก "1" ระยะเวลาหนึ่ง วงจรนี้เปรียบเสมือนเป็นวงจรหน่วงเวลา ซึ่งจะหน่วงเวลาไปเท่าไร กำหนดได้จากสูตร $T = 1.1R_{20.1}C_{18}$ ในวงจรเรากำหนดไว้ให้หน่วงเวลาไป 20 วินาที เพื่อที่ขณะเจ้าของบ้านยังมีเวลาไปทำการ Reset วงจรเพื่อไม่ให้วงจรทำงานหลังจากเวลาผ่านไป 20 วินาที IC14 ก็จะกลับคืนสู่สภาวะเดิมคือ ลอจิก "0" เมื่อ IC14 ให้เอาท์พุทที่ขา 3 เป็นลอจิก "1" ผ่านIC14.2A ให้เอาท์พุทที่ขา 2 ของ IC14.2 เป็นลอจิก "0" ทำให้ IC15 เบอร์ MC 4528 ที่ทำงานที่ขอบขาขึ้นของ Pulse ยังไม่ทำงาน หลังจากนั้น เมื่อ IC14 กลับคืนสู่สภาวะเดิมคือ ลอจิก "0" ก็จะทำให้เอาท์พุท ที่ขา 2 ของ IC 14.2 A มีเอาท์พุทออกมาเป็น ลอจิก "1" ทำให้ IC15 ทำงาน IC15 เบอร์ MC4528 เป็น IC ที่ใช้ต่อเป็นวงจร Monostable multivibrator ทำงาน แต่การทำงานจะแตกต่างจาก IC14 ตรงที่ IC15 สามารถ Reset วงจรได้ การ Reset วงจรก็คือทำให้ Output ที่ขา 6 มีลอจิกเป็น "0" โดยให้ ขา 3 และขา 13 ของ IC15 ช็อตลงกราวด์มีผลทำให้วงจรโทรศัพท์เตือนภัยไม่ทำงาน

**การทำงานของ IC15 เบอร์ MC 4528**

ภายในจะมีวงจร Monostable multivibrator 2 ภาคใน IC ตัวเดียวกันเมื่อ Input ขา 12 ของ IC15 ได้รับสัญญาณจาก IC14.2 เป็นสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่ง Input ที่ขา 12 ของ IC15 จะเป็นวงจร Monostable multivibrator ที่ต้องการรับสัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยม ที่กระตุ้นที่ขอบขาขึ้นขา 12 จึงจะทำงาน เมื่อ Input ขา 12 ได้รับสัญญาณที่ขอบขาขึ้นของคลื่นรูปสี่เหลี่ยมจึงทำงาน และมี Output ออกที่ขา 9 ที่เป็นภาคแรกของ IC15 ก็จะได้สัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมป้อน เข้าที่ขา 5 ของภาคที่สองของ IC15 ซึ่งเป็นวงจร Monostable Multivibrator ที่ต้องการ Input ที่ขอบขาลงของสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมจึงจะทำงาน ก็จะผลิตรูปคลื่นสี่เหลี่ยมออกที่ Output ขา 6 ของ IC5 โดย IC5 สามารถกำหนดช่วงเวลาที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้สัญญาณออกที่ Output ได้จาก สูตร $T = 0.2\ R_{23}\ C_{19}\ (\ln V_{33})$ Output ของ IC15 จะมีสัญญาณไปกระตุ้น Transistor Q6 โดยผ่าน R25 ซึ่งต่ออยู่ในลักษณะเป็น Transistor Switch มี load เป็น Relay เมื่อทรานซิสเตอร์สวิทช์ได้รับสัญญาณจากเอาท์พุทของ IC15 ก็จะมีกระแสไหลผ่านรีเลย์1 ทำให้คอนแทคของรีเลย์แตะกัน รีเลย์1 มีคอนแทคทั้งหมด 3 คอนแทค โดยคอนแทคที่1 จะต่ออยู่กับชุดเรียกโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ เมื่อรีเลย์1 ทำงาน คอนแทค1 ต่อก็จะเสมือนกับเป็นการยกหูโทรศัพท์ ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดของวงจรชุดเรียกโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ คอนแทคที่2 จะต่ออยู่กับอินพุทของชุดดีเทคเสียงพูดโดยอีกด้านหนึ่งจะต่ออยู่กับคู่สายโทรศัพท์ และคอนแทคที่3 จะต่อที่เอาท์พุททรานฟอร์เมอร์ของชุดบันทึกข้อมูลเสียงพูด และอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับคู่สายโทรศัพท์ เอาท์พุทของ IC15 ยังถูกแยกออกมาจ่ายให้กับรีเลย์ RY2 โดยผ่าน $R_{27}$ และ $C_{20}$ ที่ต่อในลักษณะวงจรหน่วงเวลาและต่อเข้ากับ Transistor Q7 การทำงานเหมือนกับ Transistor Q6 ต่อเข้ากับรีเลย์ RY2 มีคอนแทคทั้งหมด 1 คอนแทค ทำหน้าที่ในการกดสวิทช์ Redial ให้กับวงจรเรียกโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ

เมื่อรีเลย์ RY1 ทำงานก็จะเหมือนกับการยกหูโทรศัพท์คู่สายโทรศัพท์ก็จะมีกระแสไหล เมื่อชุมสายโทรศัพท์รับรู้ถึงการยกหูก็จะส่งสัญญาณไดอัลโทนมาให้กับชุดเรียกโทรศัพท์โดยอัติโนมัติ เมื่อได้รับสัญญาณไดอัลโทนจากชุมสายโทรศัพท์และ RY2 จะทำงานคือ คอนแทคจะต่อหลังจาก RY1 ทำงาน เมื่อคอนแทคต่อก็เปรียบเสมือนกับเป็นการกดสวิทช์ Redial ที่ต่อระหว่างขา 4 กับขา 18 ให้ชื๊อทถึงกัน ก็จะทำให้วงจรชุดเรียกโทรศัพท์โดยอัตโนมัติทำการเรียกไปยังเบอร์ที่เรา Memory ไว้ จะมีกล่าวไว้ในรายละเอียดของวงจรชุดเรียกโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ เมื่อเรียกไปหาเบอร์โทรศัพท์ที่เราทำการบันทึกไว้ เมื่อผู้รับทำการยกหูโทรศัพท์รับแล้วทำการพูดตอบกลับมา สัญญาณเสียงที่ตอบออกมาก็จะส่งไปยังวงจรดีเทค สัญญาณเสียงพูดโดยผ่าน IC27 ที่เป็นชุดภาคขยายสัญญาณเสียงทางด้านรับเมื่อขยายสัญญาณเสียงให้มีความแรงของสัญญาณมากพอก็จะส่งสัญญาณเสียงผ่าน C41 เข้าไปยังวงจรดีเทคสัญญาณเสียงจะมี IC เบอร์ 567 อยู่ทั้งหมด 10 ภาค ในแต่ละภาคจะทำการดีเทคสัญญาณเสียงที่มีความถี่ของสัญญาณเสียงแตกต่างกันออกไปเป็นจำนวนทั้งสิ้น 10 ความถี่ ชุดดีเทคสัญญาณเสียงมี ไอซี ดังนี้ IC17 - IC26 ถ้ามีความถี่สัญญาณเสียงเข้ามาตรงกับความถี่ของ IC LM 567 ที่กำหนดความถี่ f0 ตัวใดตัวหนึ่งก็จะทำให้ IC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบอร์ LM 567 ตัวนั้นทำงานให้เอาท์พุทมีสัญญาณเป็นลอจิก "0" และเอาสัญญาณเอาท์พุทของ LM 567 ผ่าน IC10,11 ที่เป็น IC Nor Gate มีขาอินพุทอีกด้านหนึ่งต่อลงกราวด์ก็จะได้เอาท์พุทเป็นลอจิก "1" และนำเอาท์พุทของแต่ละตัวเข้ามาทำการ Or Gate กันก็จะได้เอาท์พุทเป็นลอจิก "1" เพื่อที่จะไปกระตุ้นที่สวิทช์สตาร์ทของชุดบันทึกเสียงพูดระบบดิจิตอล ให้ทำงานเมื่อชุดบันทึกเสียงพูดระบบดิจิตอลทำงาน ทำให้ข้อความที่เราบันทึกไว้ในหน่วยความจำของ IC1 ถูกถ่ายทอดผ่านออกมาทางขา 19 เข้า IC7 เพื่อขยายสัญญาณเสียงให้มีความแรงขึ้น โดยความแรงของสัญญาณเสียงสามารถปรับได้ที่ VR 3 สัญญาณเอาท์พุทที่ได้ก็จะผ่านทรานฟอร์เมอร์แมทชิ่ง ต่อไปยังคู่สายโทรศัพท์ วงจร ตรวจจับผู้บุกรุกจะทำการต่อรีเลย์เป็นเวลาประมาณ 1 นาที 30 วินาที เป็นเวลาเพียงพอให้วงจรทำงานครบสมบูรณ์ หลังจากเวลา 1 นาที 30 วินาที ชุดตรวจจับผู้บุกรุกก็จะหยุดทำงานและจะทำให้คอนแทคของรีเลย์จากออกจากกัน ก็จะเป็นเหมือนกับเป็นการวางหูโทรศัพท์โดยปริยาย ก็จะทำให้วงจรทั้งหมดหยุดทำงาน สำหรับหลักการทำงานของชุดบันทึกเสียงพูดระบบดิจิตอลได้กล่าวไว้ในรายละเอียดของบทที่ 5 ในหัวข้อ 5.1 ชุดต่อโทรศัพท์อัตโนมัติได้กล่าวไว้ในรายละเอียดของบทที่ 5 หัวข้อ 5.2 และชุดดีเทคสัญญาณเสียงก็ได้กล่าวไว้ในบทที่ 5 หัวข้อ 5.3 ข้างต้น

**********

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทสรุปและวิจารณ์

การดำเนินงานสร้างชุดโทรศัพท์เตือนภัย (Emergency Telephone) คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการมาตั้งแต่ภาคเรียนที่ 2 ในปีการศึกษา 2535 โดยเริ่มต้นจาก การทดลองจัดทำชุดต่อโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ ซึ่งก็พบปัญหาและอุปสรรค คือชุดดังกล่าวไม่สามารถจำเบอร์ที่กดครั้งสุดท้ายได้เป็นเวลานาน หลังจากนั้นก็ได้ปรับปรุงวงจรจนเป็นผลสำเร็จ คือสามารถจำหมายเลขที่เรียกสุดท้ายไว้ได้ตลอดเวลาที่คู่สายโทรศัพท์ต่ออยู่กับวงจร

ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2536 ได้ทำการทดลองชุดบันทึกเสียงระบบดิจิตอลและชุดกันโขมย ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ คือได้ผลตามที่ได้ออกแบบไว้ทุกประการ แต่ยังมีปัญหาอีกอย่างคือ ชุมสายโทรศัพท์ที่ผ่านมาเมื่อมีการติดต่อกันระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียก เมื่อผู้เรียกเรียกไปยังผู้ถูกเรียก ผู้ถูกเรียกทำการยกหูรับโทรศัพท์ ไฟที่คู่สายโทรศัพท์จะถูกกลับขั้วจากขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่ง จึงสามารถนำเอาจุดนี้ไปทำการดีเทคสัญญาณว่าผู้รับยกหูรับเรียบร้อยแล้ว แต่ชุมสายในปัจจุบัน ใช้ชุมสายระบบ SPC เมื่อผู้เรียกและผู้รับติดต่อกันได้จะไม่มีการกลับขั้วสัญญาณและไม่มีสัญญาณใด ๆ มาบอกทางผู้เรียกว่า ผู้รับได้ทำการยกหูโทรศัพท์รับเรียบร้อยแล้ว นอกเสียจากทางผู้รับพูดตอบมาทางผู้เรียก คณะผู้จัดทำจึงแก้ปัญหาจุดนี้โดยการใช้วงจร Tone Decoder ใช้ไอซี เบอร์ 567 วงจรดังกล่าวจะเป็นวงจรดีเทคสัญญาณเสียงโดยให้เอาท์พุทออกมาเป็น Level ที่สามารถนำไปกระตุ้นให้วงจรบันทึกเสียงพูดระบบดิจิตอลทำงาน หลังจากผู้ถูกเรียกยกหูรับโทรศัพท์และพูดตอบกลับมาทางผู้เรียก เมื่อแก้ปัญหาจุดนี้แล้วจึงทำการออกแบบลายวงจรพิมพ์ ซึ่งนับว่ามีปัญหาพอสมควร คือชุดดีเทคสัญญาณเสียงจะต้องประกอบด้วย ไอซี เบอร์ 567 ต่อกันหลายภาค การออกแบบหลายวงจรจึงต้องใช้ปริ้นซ์ 2 หน้า

จากวงจรที่เสร็จสมบูรณ์ แล้วในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2535 และภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2536 นำมาประกอบรวมกันแล้วทำการทดสอบปรากฏว่าได้ผลดีมาก

สำหรับโครงงานนี้สามารถนำไปใช้งานได้เลย โดยต่อสวิทช์ไว้ตามจุดต่าง ๆ ที่คิดว่าตำแหน่งนั้น จะเป็นตำแหน่งที่มีผู้บุกรุกเข้ามา คณะผู้จัดทำหวังว่า โครงงานนี้จะเป็นประโยชน์ และเป็นพื้นฐานสำหรับผู้สนใจและพัฒนาต่อไป ซึ่งจะเป็นหนทางหนึ่งในการช่วยพัฒนาเทคโนโลยีที่ผลิตขึ้นภายในประเทศได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้เพราะได้รับความช่วยเหลือจาก อาจารย์สมภพ แก้วมีชัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และขอบคุณผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือผู้จัดทำในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

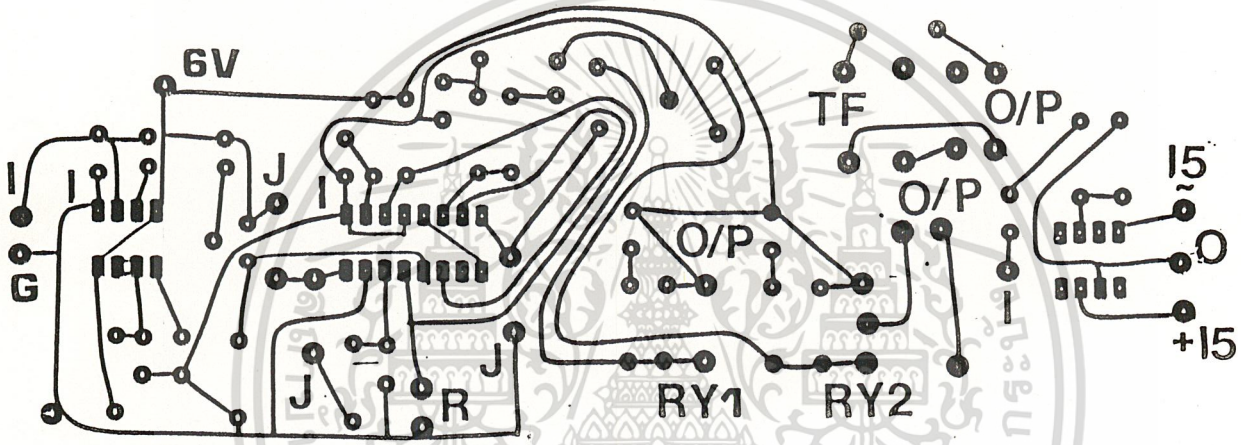

1. ผศ.มนัส สังวรศิลป์ ผศ. สมเกียรติ ศุภเดช ทฤษฎีและการออกแบบวงจรพัลซ์ อิเลคทรอนิคส์ เวิลด์ ฉบับพิเศษ
2. โทรศัพท์เบื้องต้น เล่ม 1 องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย
3. ประเสริฐ โรจน์สุธีวัฒน์ เครื่องบันทึกเสียงพูดระบบดิจิตอล เชมิคอนดัคเตอร์ เล่ม 84 (กพ.-มีค. 31) เอช.เอ็น การพิมพ์ 2531



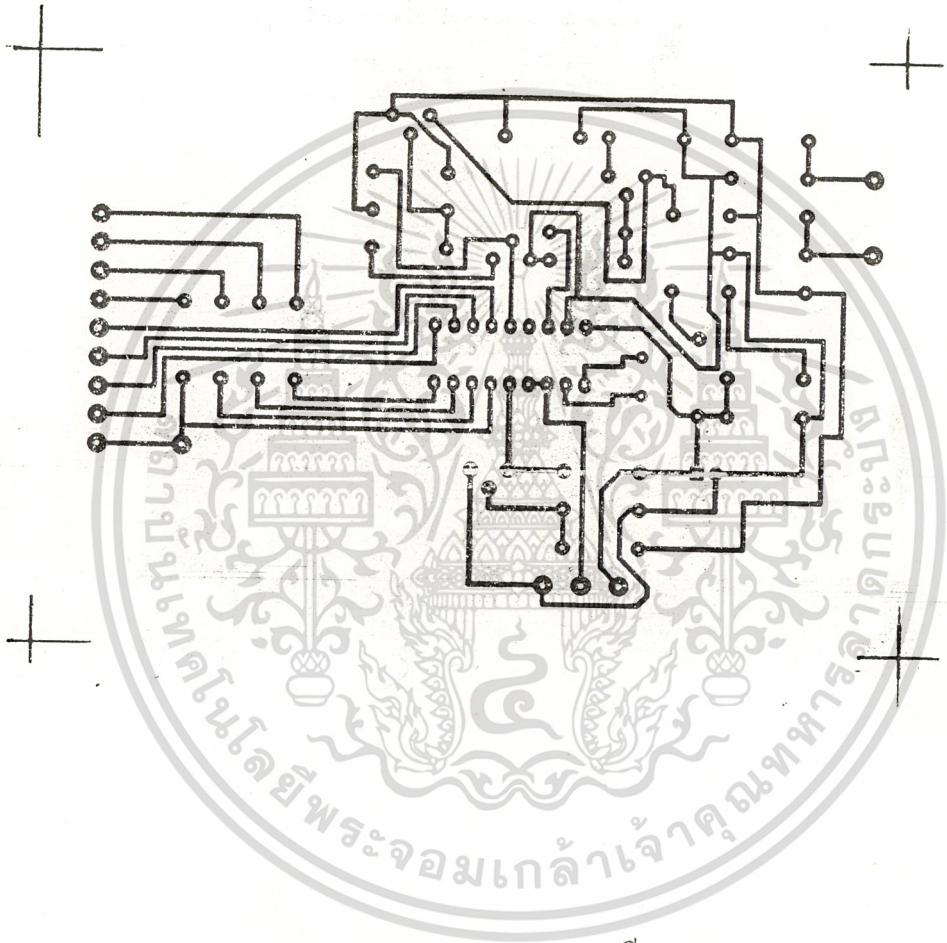
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

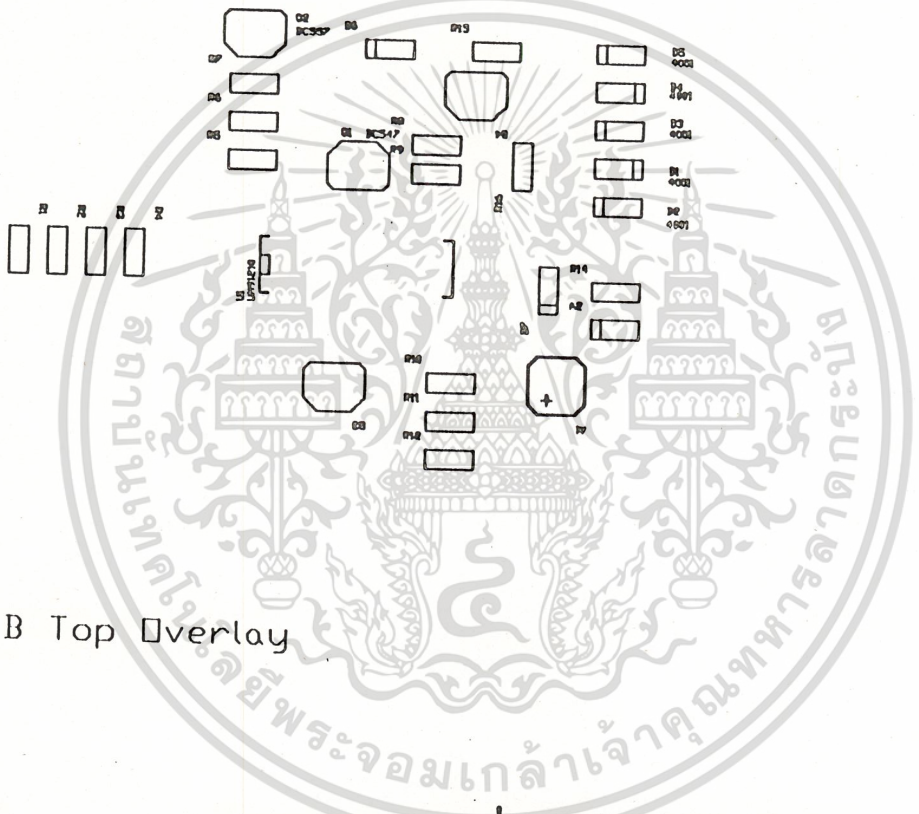



รูปแสดงลายวงจรของชุดวงจร เตือนภัย



รูปแสดงลายวงจรของชุดเรียกอัตโนมัติ

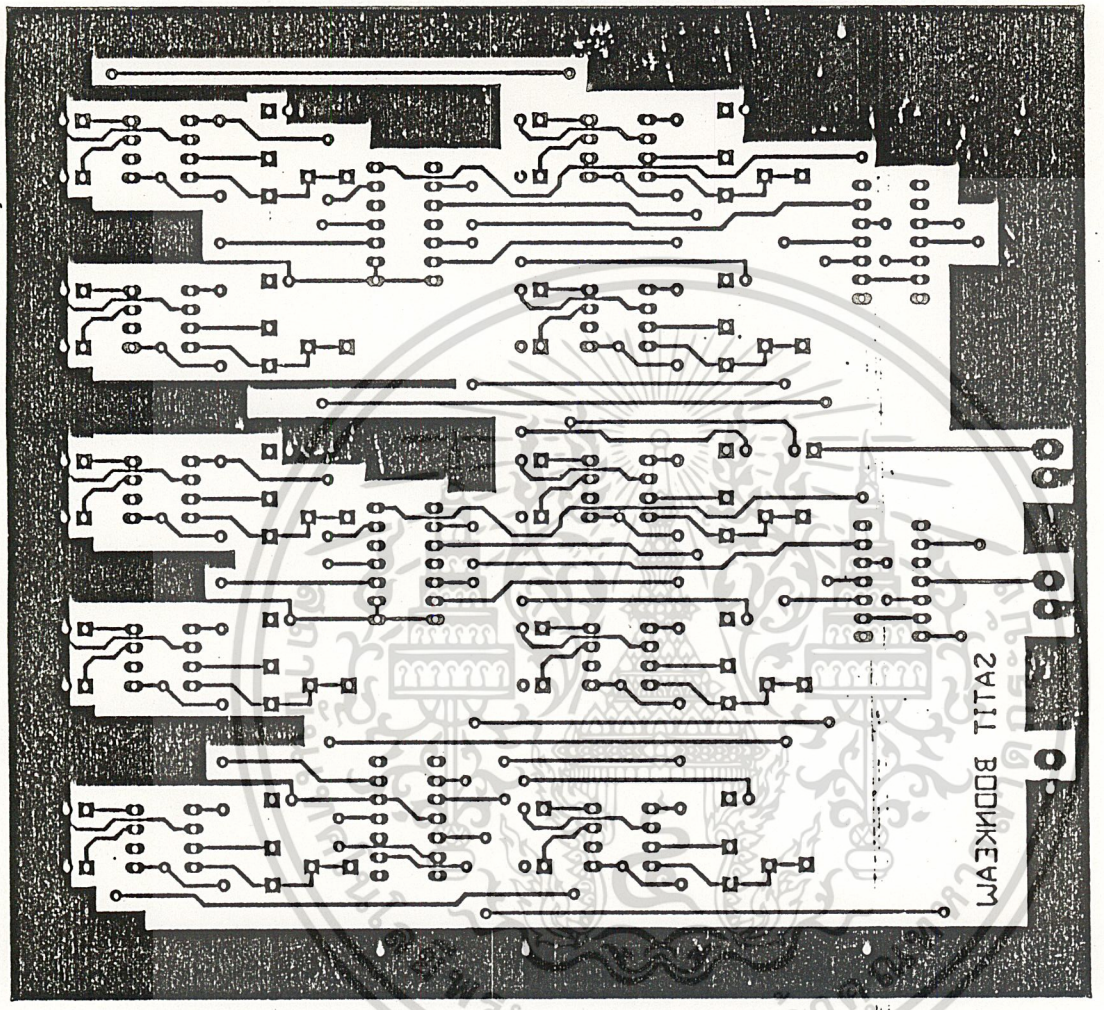
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SATIT1.PCB Top Overlay

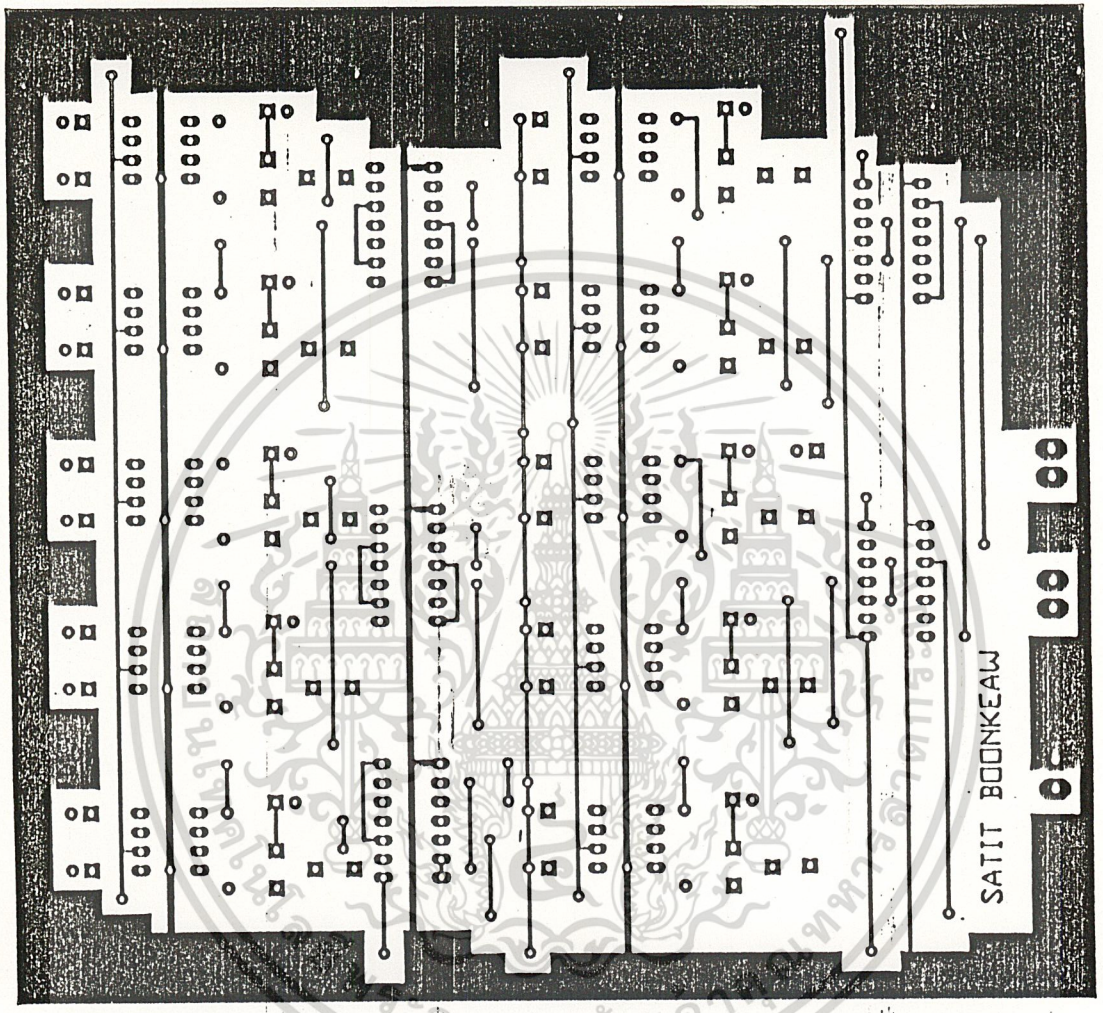
รูปแสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์ของชุดเรียกอัตโนมัติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



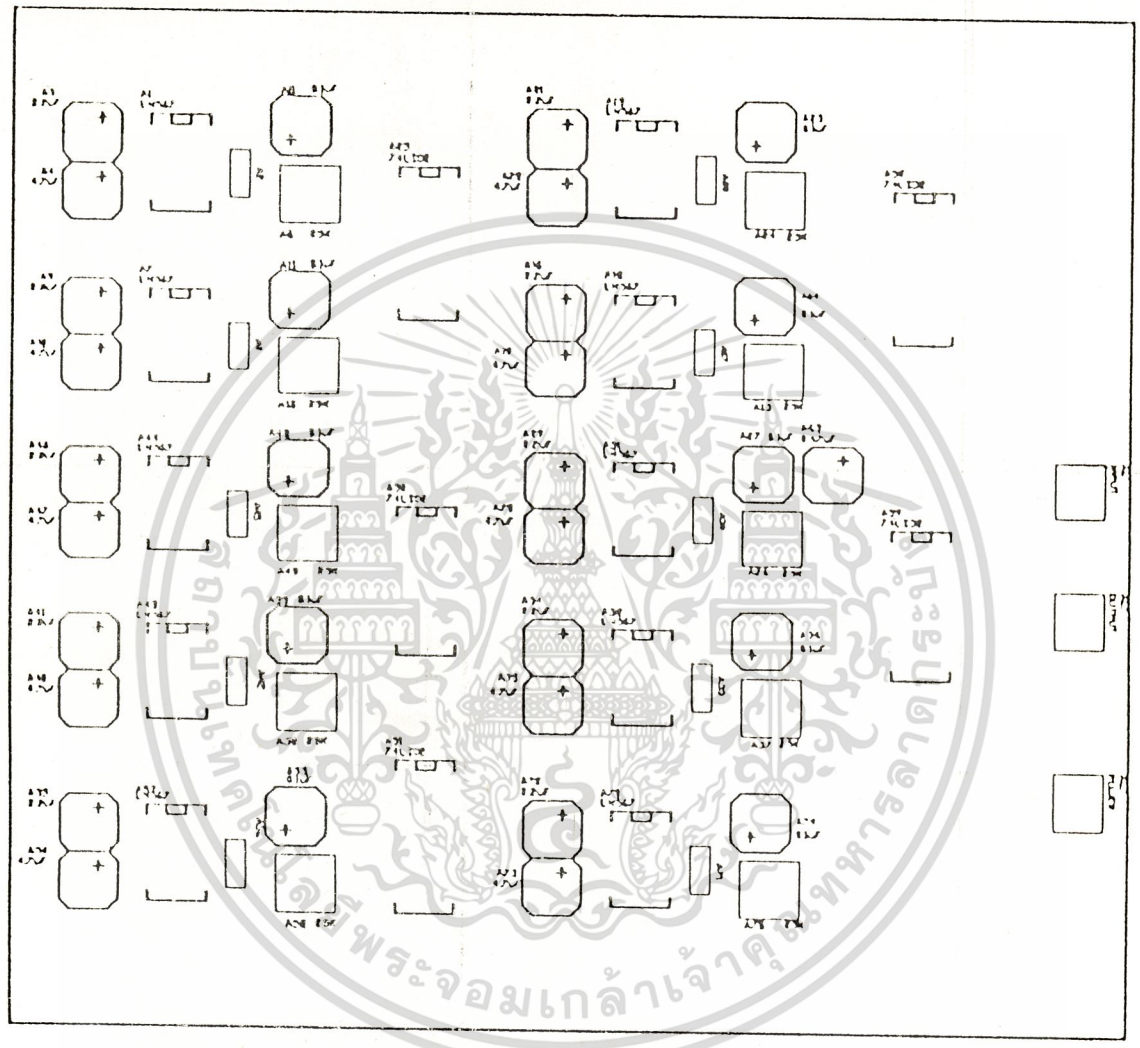

SATIT.PCB Bottom Layer

รูปแสดงลายวงจรด้านล่างของชุดดีเทคสัญญาณเสียง



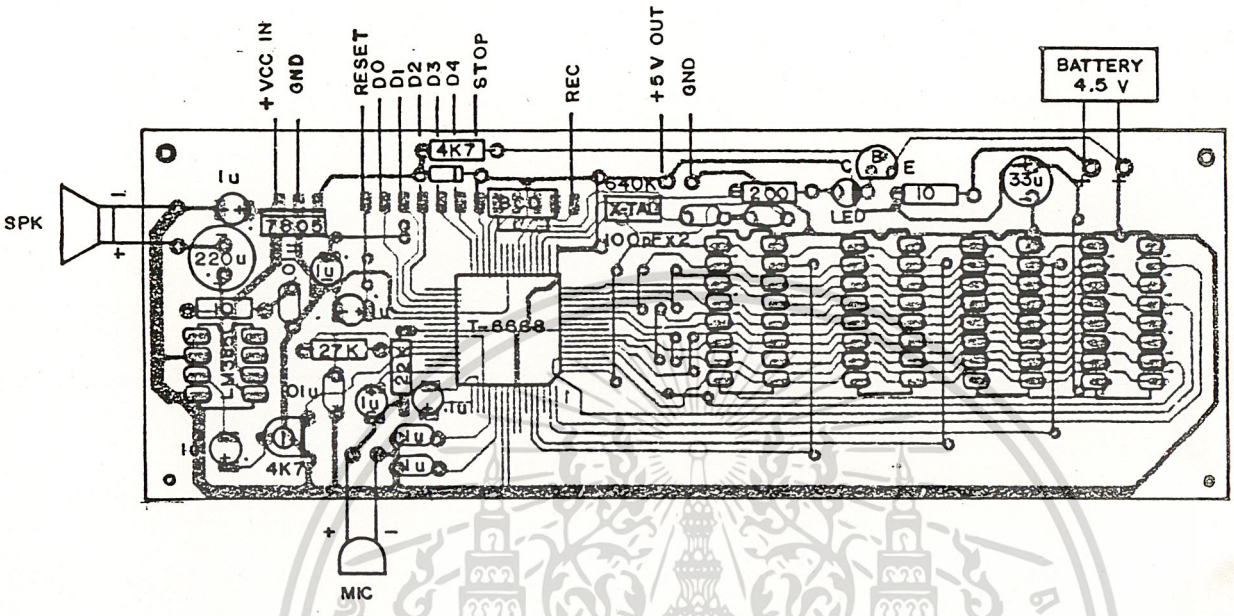

SATIT.PCB Top Layer

รูปแสดงลายวงจรด้านบนของชุดดีเทคสัญญาณเสียง

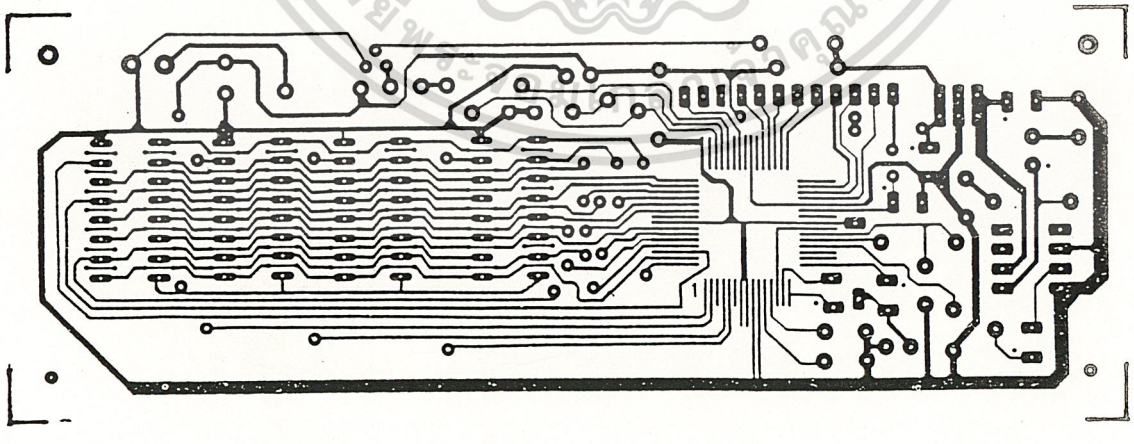


SAIILPCB Top Overlay

รูปแสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์ของชุดดีเทคสัญญาณเสียง




รูปแสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์ของชุดบันทึกข้อมูลระบบดิจิตอล



รูปแสดงลายวงจรของชุดบันทึกข้อมูลระบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor Corporation

# LM555/LM555C Timer

## General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

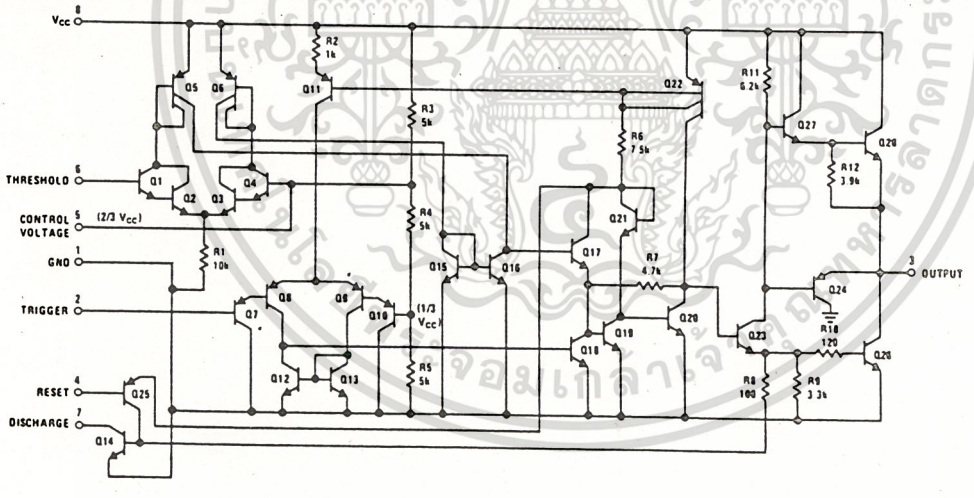
## Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

## Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

## Schematic Diagram

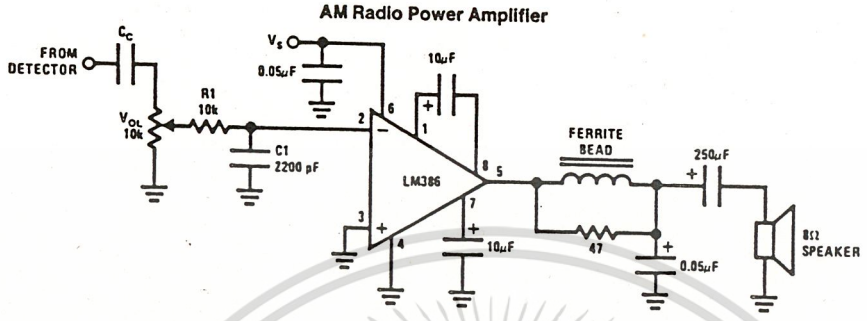



TL/H/7851-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Applications (Continued)

**AM Radio Power Amplifier**



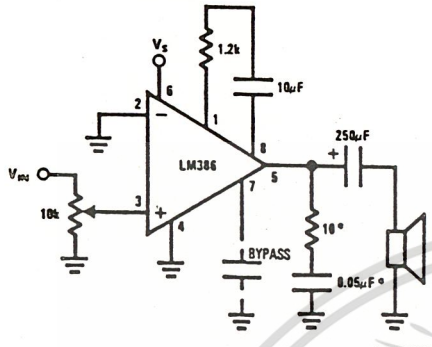

TL/H/6976–11

**Note 1:** Twist supply lead and supply ground very tightly.
**Note 2:** Twist speaker lead and ground very tightly.
**Note 3:** Ferrite bead is Ferroxcube K5-001-001/3B with 3 turns of wire.
**Note 4:** R1C1 band limits input signals.
**Note 5:** All components must be spaced very close to IC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

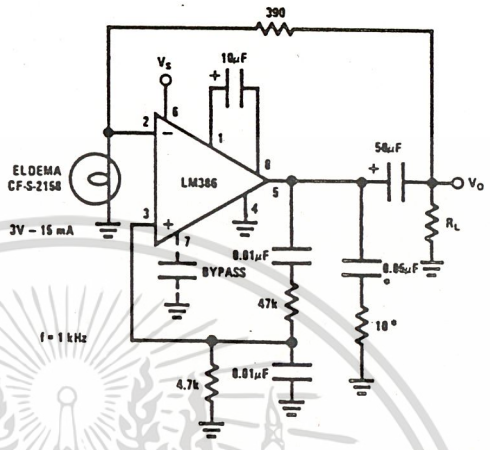
## Typical Applications (Continued)

**Amplifier with Gain = 50**



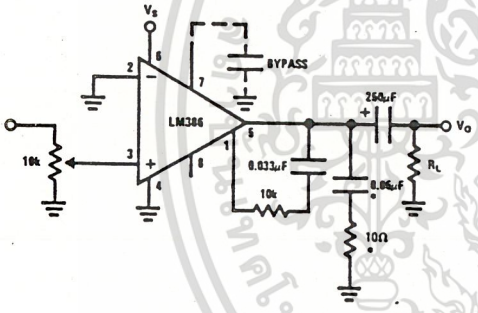

TL/H/6976–6

**Low Distortion Power Wienbridge Oscillator**




TL/H/6976–7

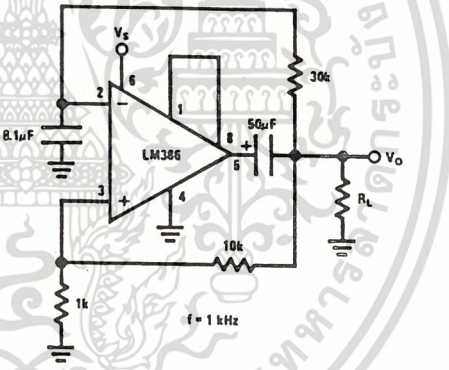
**Amplifier with Bass Boost**




TL/H/6976–8

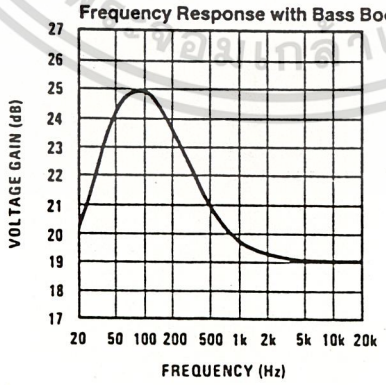
*Required for LM386N-4 only.

**Square Wave Oscillator**




TL/H/6976–9

**Frequency Response with Bass Boost**

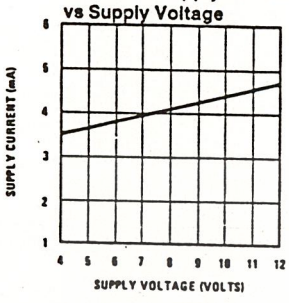



TL/H/6976–10

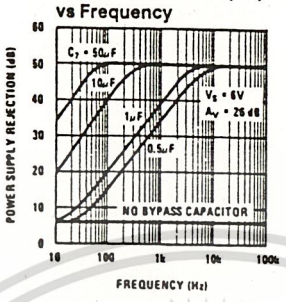
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Performance Characteristics

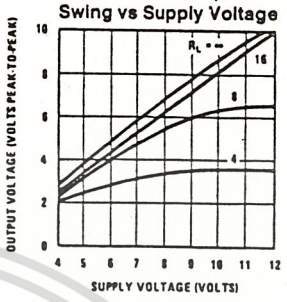
**Quiescent Supply Current vs Supply Voltage**



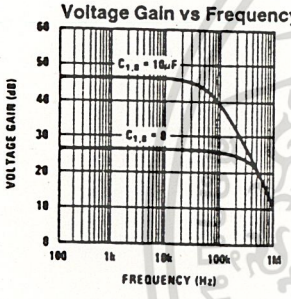

**Power Supply Rejection Ratio (Referred to the Output) vs Frequency**



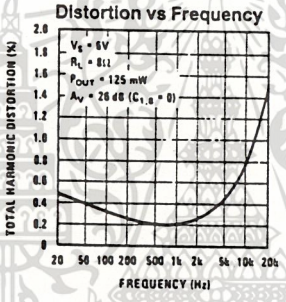

**Peak-to-Peak Output Voltage Swing vs Supply Voltage**



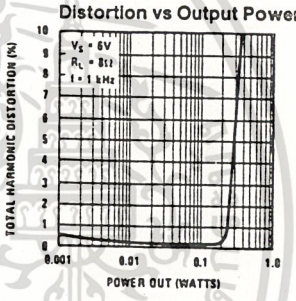

**Voltage Gain vs Frequency**



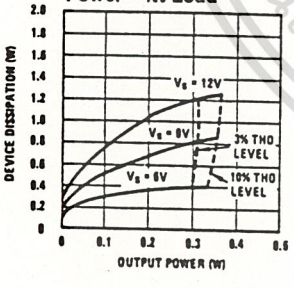

**Distortion vs Frequency**



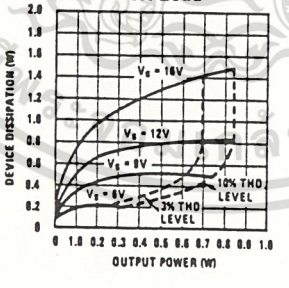

**Distortion vs Output Power**



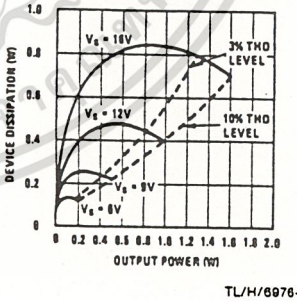

**Device Dissipation vs Output Power—4Ω Load**




**Device Dissipation vs Output Power—8Ω Load**




**Device Dissipation vs Output Power—16Ω Load**




TL/H/6976-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings

**If Military/Aerospace specified devices are required, 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-4) | 1.25W |
| Input Voltage | ±0.4V |
| Storage Temperature | −65°C to +150°C |
| Operating Temperature | 0°C to +70°C |
| Junction Temperature | +150°C |
| Soldering Information | |
| Dual-In-Line Package | |
| Soldering (10 sec) | +260°C |
| Small Outline Package | |
| Vapor Phase (60 sec) | +215°C |
| Infrared (15 sec) | +220°C |

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

## Electrical Characteristics $T_A = 25°C$

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

**Note 1:** For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of 80°C/W junction to ambient for the dual-in-line package and 2) a thermal resistance of 170°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 kΩ resistor sets the gain at 20 (26 dB). If a capacitor is put from pin 1 to 8, bypassing the 1.35 kΩ 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 kΩ resistor). For 6 dB effective bass boost: R ≅ 15 kΩ, the lowest value for good stable operation is R = 10 kΩ if pin 8 is open. If pins 1 and 8 are bypassed then R as low as 2 kΩ 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 kΩ 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 kΩ 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 kΩ, 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 kΩ 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 μF capacitor or a short to ground depending on the dc source resistance on the driven input.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor Corporation

# LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier

## General Description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value up to 200.

The inputs are ground referenced while the output is automatically biased to one half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

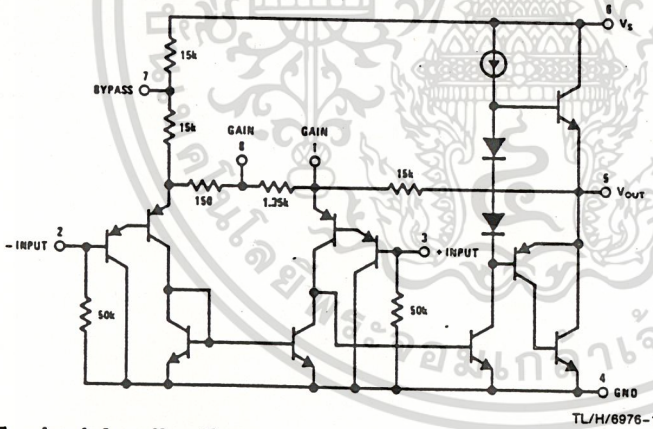
## Features

- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range — 4V–12V or 5V–18V
- Low quiescent current drain — 4 mA
- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion
- Eight pin dual-in-line package

## Applications

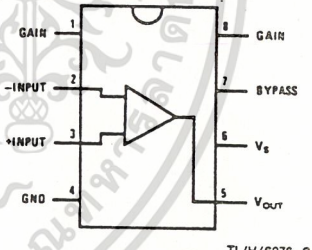
- AM-FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small servo drivers
- Power converters

## Equivalent Schematic and Connection Diagrams




TL/H/6976–1

**Dual-In-Line and Small Outline Packages**



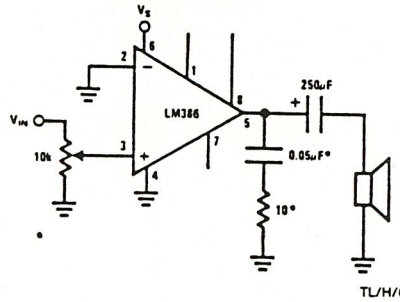

TL/H/6976–2

**Top View**

**Order Number LM386M-1, LM386N-1, LM386N-3 or LM386N-4**
**See NS Package Number M08A or N08E**

## Typical Applications

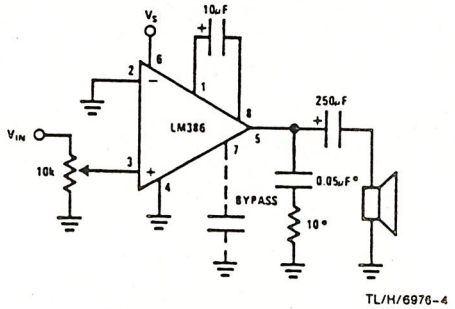
**Amplifier with Gain = 20**
**Minimum Parts**




TL/H/6976–3

*Required for LM386N-4 only.

**Amplifier with Gain = 200**



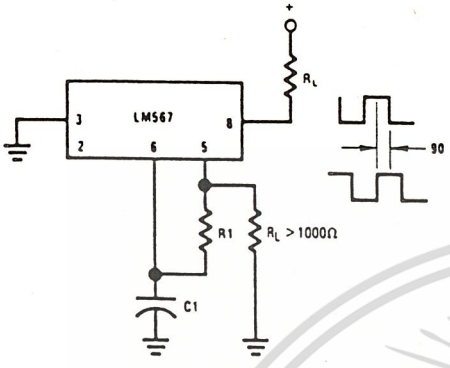

TL/H/6976–4

*Required for LM386N-4 only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Applications (Continued)

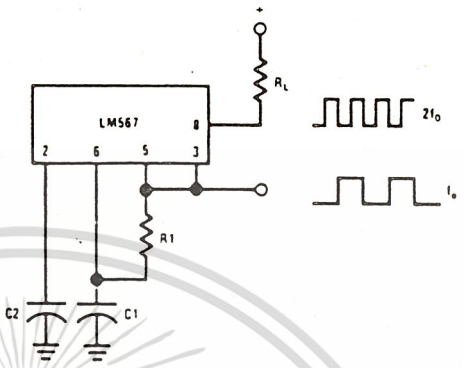
**Oscillator with Quadrature Output**




Connect Pin 3 to 2.8V to Invert Output

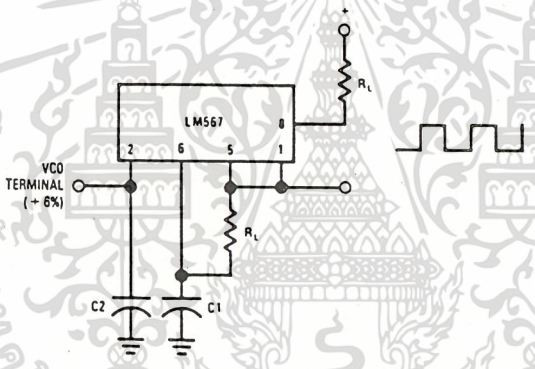
TL/H/6975-6

**Oscillator with Double Frequency Output**



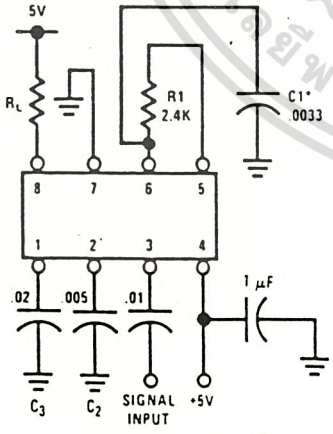

TL/H/6975-7

**Precision Oscillator Drive 100 mA Loads**




TL/H/6975-8

## AC Test Circuit




TL/H/6975-9

$f_i$ = 100 kHz + 5V

*Note: Adjust for $f_o$ = 100 kHz.

## Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

$$f_o \cong \frac{1}{1.1\,R_1C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070\sqrt{\frac{V_i}{f_oC_2}} \text{ in \% of } f_o$$

Where:

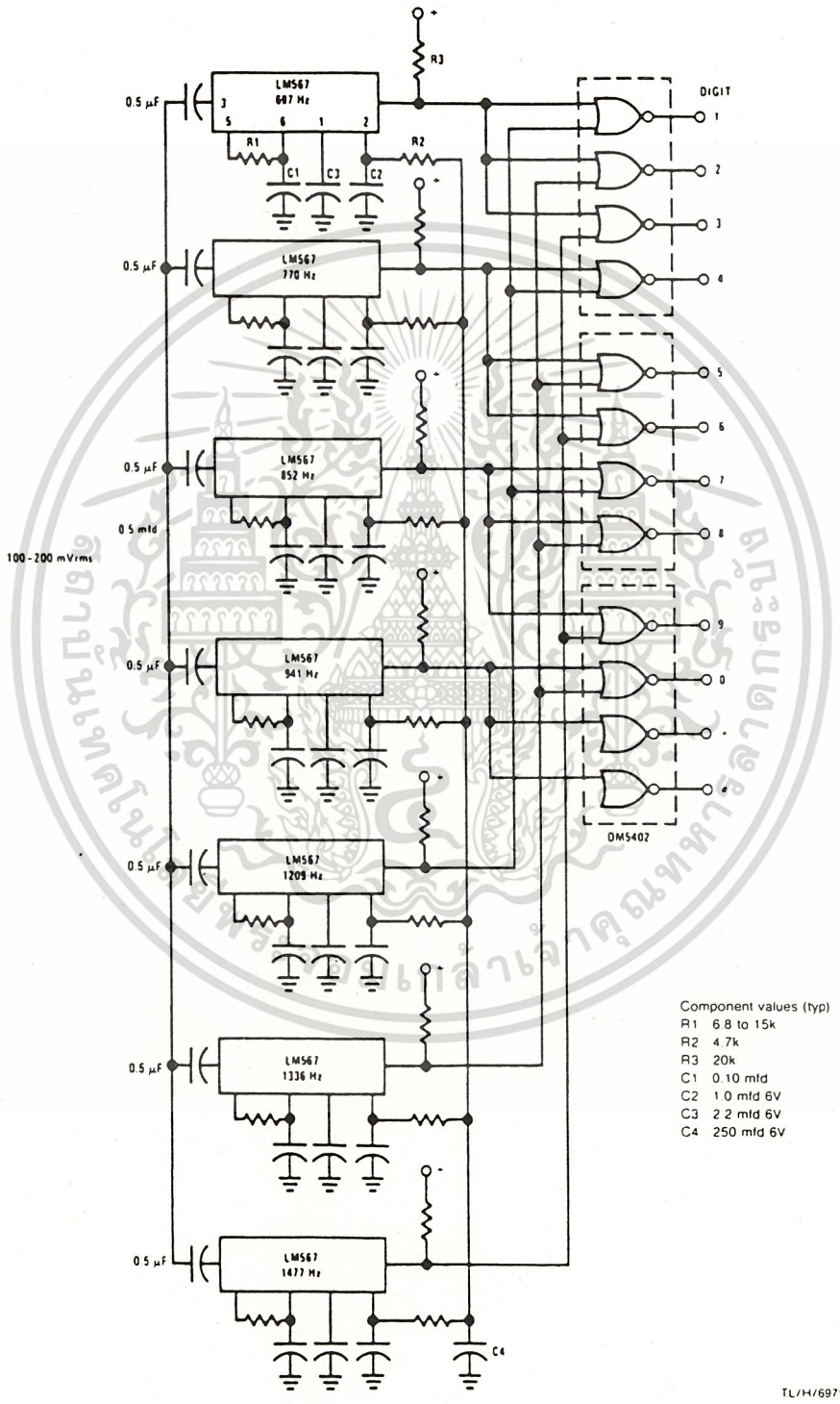
$V_i$ = Input voltage (volts rms), $V_i \leq 200$ mV

$C_2$ = Capacitance at Pin 2 ($\mu$F)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Applications

**Touch-Tone Decoder**



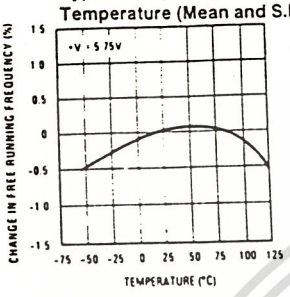

Component values (typ)
R1 6.8 to 15k
R2 4.7k
R3 20k
C1 0.10 mfd
C2 1.0 mfd 6V
C3 2.2 mfd 6V
C4 250 mfd 6V

TL/H/6975-5

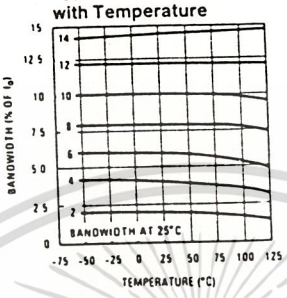
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Performance Characteristics

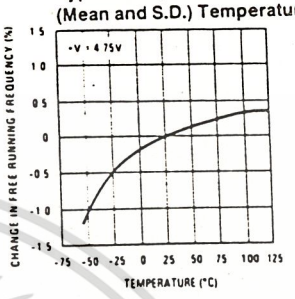
Typical Frequency Drift with Temperature (Mean and S.D.)



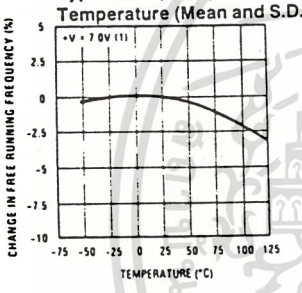

Typical Bandwidth Variation with Temperature



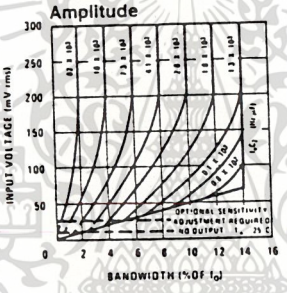

Typical Frequency Drift with (Mean and S.D.) Temperature



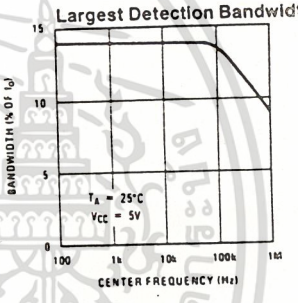

Typical Frequency Drift with Temperature (Mean and S.D.)



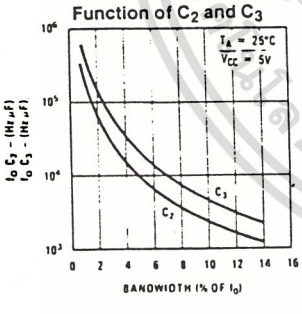

Bandwidth vs Input Signal Amplitude



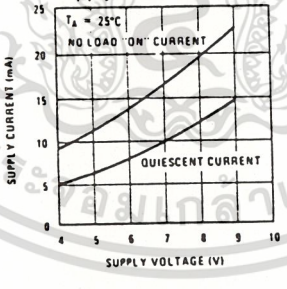

Largest Detection Bandwidth



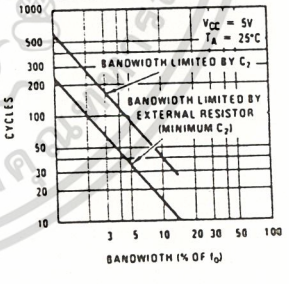

Detection Bandwidth as a Function of $C_2$ and $C_3$



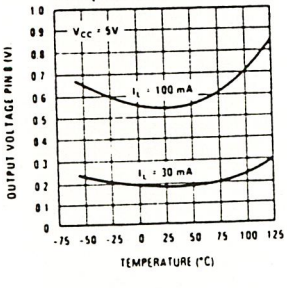

Typical Supply Current vs Supply Voltage




Greatest Number of Cycles Before Output



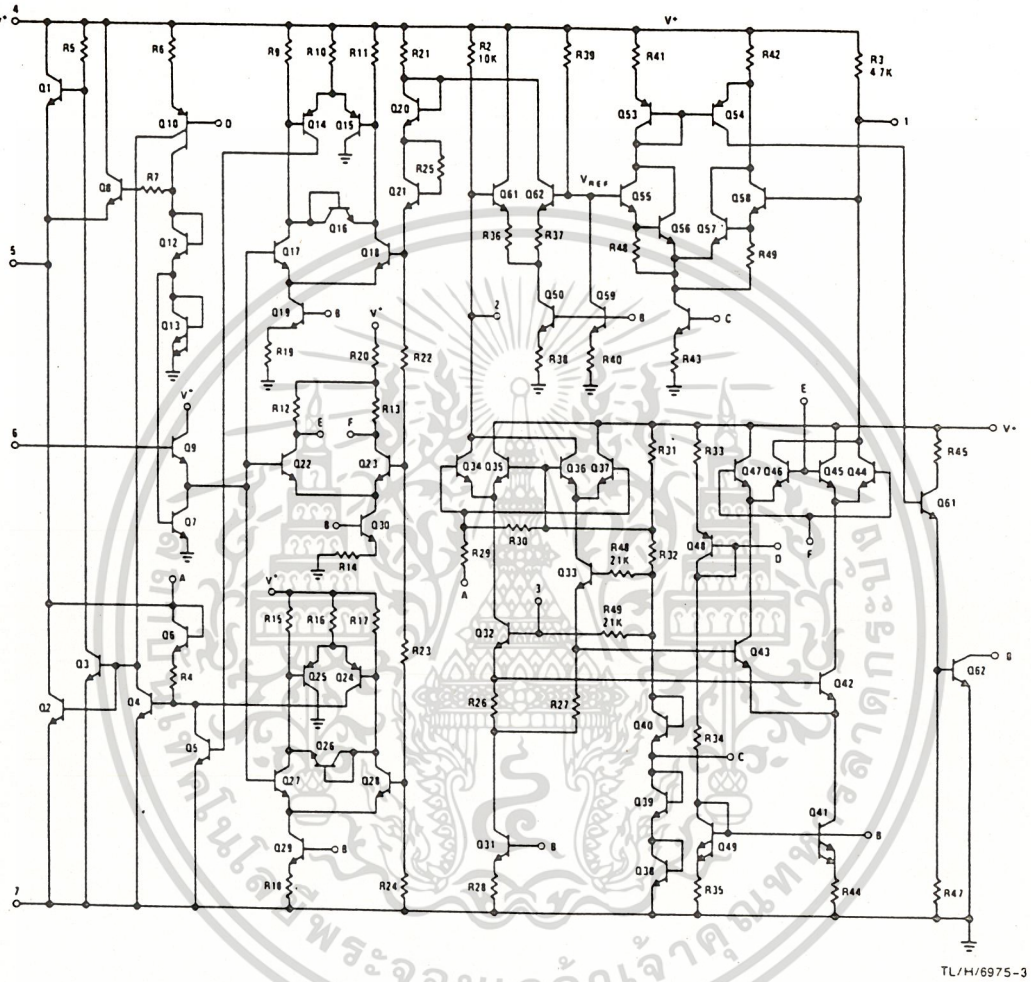

Typical Output Voltage vs Temperature




TL/H/6975–4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Schematic Diagram



TL/H/6975-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings

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

| | |
|---|---|
| Supply Voltage Pin | 9V |
| Power Dissipation (Note 1) | 1100 mW |
| $V_8$ | 15V |
| $V_3$ | −10V |
| $V_3$ | $V_4$ + 0.5V |
| Storage Temperature Range | −65°C to +150°C |
| Operating Temperature Range | |
| LM567H | −55°C to +125°C |
| LM567CH, LM567CM, LM567CN | 0°C to +70°C |

| | |
|---|---|
| Soldering Information | |
| Dual-In-Line Package | |
| Soldering (10 sec.) | 260°C |
| Small Outline Package | |
| Vapor Phase (60 sec.) | 215°C |
| Infrared (15 sec.) | 220°C |

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

## Electrical Characteristics AC Test Circuit, $T_A$ = 25°C, $V^+$ = 5V

| Parameters | Conditions | LM567 | | | LM567C/LM567CM | | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min | Typ | Max | Min | Typ | Max | |
| Power Supply Voltage Range | | 4.75 | 5.0 | 9.0 | 4.75 | 5.0 | 9.0 | V |
| Power Supply Current Quiescent | $R_L$ = 20k | | 6 | 8 | | 7 | 10 | mA |
| Power Supply Current Activated | $R_L$ = 20k | | 11 | 13 | | 12 | 15 | mA |
| Input Resistance | | 18 | 20 | | 15 | 20 | | kΩ |
| Smallest Detectable Input Voltage | $I_L$ = 100 mA, $f_i = f_o$ | | 20 | 25 | | 20 | 25 | mVrms |
| Largest No Output Input Voltage | $I_C$ = 100 mA, $f_i = f_o$ | 10 | 15 | | 10 | 15 | | mVrms |
| Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio | | | 6 | | | 6 | | dB |
| Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio | $B_n$ = 140 kHz | | −6 | | | −6 | | dB |
| Largest Detection Bandwidth | | 12 | 14 | 16 | 10 | 14 | 18 | % of $f_o$ |
| Largest Detection Bandwidth Skew | | | 1 | 2 | | 2 | 3 | % of $f_o$ |
| Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature | | | ±0.1 | | | ±0.1 | | %/°C |
| Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage | 4.75 − 6.75V | | ±1 | ±2 | | ±1 | ±5 | %V |
| Highest Center Frequency | | 100 | 500 | | 100 | 500 | | kHz |
| Center Frequency Stability (4.75–5.75V) | $0 < T_A < 70$<br>$-55 < T_A < +125$ | | 35 ± 60<br>35 ± 140 | | | 35 ±60<br>35 ± 140 | | ppm/°C<br>ppm/°C |
| Center Frequency Shift with Supply Voltage | 4.75V − 6.75V<br>4.75V − 9V | | 0.5 | 1.0<br>2.0 | | 0.4 | 2.0<br>2.0 | %/V<br>%/V |
| Fastest ON-OFF Cycling Rate | | | $f_o$/20 | | | $f_o$/20 | | |
| Output Leakage Current | $V_8$ = 15V | | 0.01 | 25 | | 0.01 | 25 | μA |
| Output Saturation Voltage | $e_i$ = 25 mV, $I_8$ = 30 mA<br>$e_i$ = 25 mV, $I_8$ = 100 mA | | 0.2<br>0.6 | 0.4<br>1.0 | | 0.2<br>0.6 | 0.4<br>1.0 | V |
| Output Fall Time | | | 30 | | | 30 | | ns |
| Output Rise Time | | | 150 | | | 150 | | ns |

**Note 1:** The maximum junction temperature of the LM567 and LM567C is 150°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 110°C/W, junction to ambient. For the Small Outline package, the device must be derated based on a thermal resistance of 160°C/W, junction to ambient.

**Note 2:** Refer to RETS567X drawing for specifications of military LM567H version

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor Corporation

# LM567/LM567C Tone Decoder

## General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

## Features

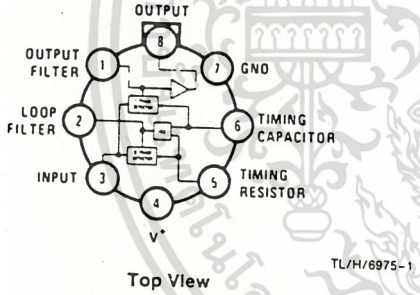
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%
- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

## Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

## Connection Diagrams

**Metal Can Package**

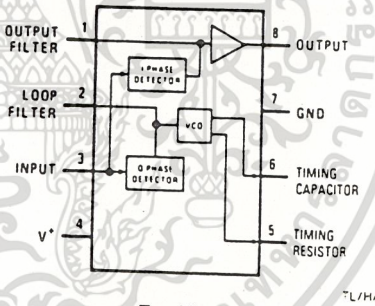



TL/H/6975–1

**Top View**

Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package Number H08C

**Dual-In-Line and Small Outline Packages**




TL/H/6975–2

**Top View**

Order Number LM567CM
See NS Package Number M08A
Order Number LM567CN
See NS Package Number N08E

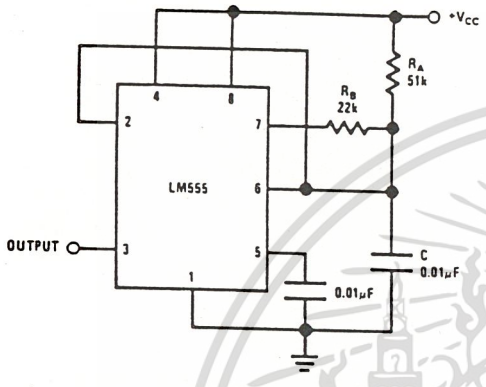
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Applications Information (Continued)

put high is the same as previous, $t_1 = 0.693\ R_A\ C$. For the output low it is $t_2$ =

$$\left[(R_A\ R_B)/(R_A + R_B)\right] C \ln\left[\frac{R_A - 2R_B}{2R_A - R_B}\right]$$

Thus the frequency of oscillation is $f = \frac{1}{t_1 + t_2}$




TL/H/7851–18

**FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator**

Note that this circuit will not oscillate if $R_B$ is greater than 1/2 $R_A$ because the junction of $R_A$ and $R_B$ cannot bring pin 2 down to 1/3 $V_{CC}$ and trigger the lower comparator.

### ADDITIONAL INFORMATION

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is 0.1 μF in parallel with 1 μF electrolytic.

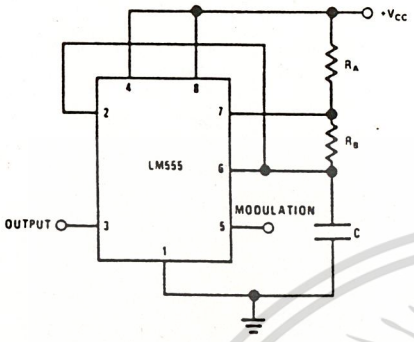
Lower comparator storage time can be as long as 10 μs when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to 10 μs minimum.

Delay time reset to output is 0.47 μs typical. Minimum reset pulse width must be 0.3 μs, typical.

Pin 7 current switches within 30 ns of the output (pin 3) voltage.

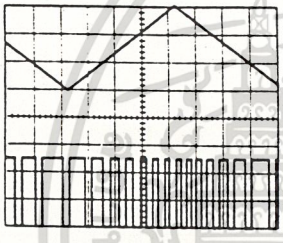
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Applications Information (Continued)




TL/H/7851-14

**FIGURE 10. Pulse Position Modulator**



TL/H/7851-15

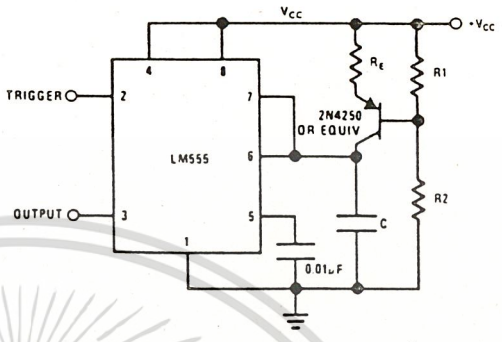
$V_{CC}$ = 5V
TIME = 0.1 ms/DIV.
$R_A$ = 3.9 kΩ
$R_B$ = 3 kΩ
C = 0.01 μF

Top Trace: Modulation Input 1V/Div.
Bottom Trace: Output 2V/Div.

**FIGURE 11. Pulse Position Modulator**

### LINEAR RAMP

When the pullup resistor, $R_A$, in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. *Figure 12* shows a circuit configuration that will perform this function.



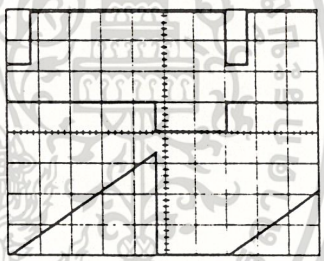

TL/H/7851-16

**FIGURE 12**

*Figure 13* shows waveforms generated by the linear ramp. The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3\ V_{CC}\ R_E\ (R_1 + R_2)\ C}{R_1\ V_{CC} - V_{BE}\ (R_1 + R_2)}$$

$$V_{BE} \cong 0.6V$$



TL/H/7851-17

$V_{CC}$ = 5V
TIME = 20 μs/DIV.
$R_1$ = 47 kΩ
$R_2$ = 100 kΩ
$R_E$ = 2.7 kΩ
C = 0.01 μF

Top Trace: Input 3V/Div
Middle Trace: Output 5V/Div.
Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.

**FIGURE 13. Linear Ramp**

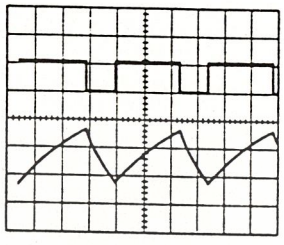
### 50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors $R_A$ and $R_B$ may be connected as in *Figure 14*. The time period for the out-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Applications Information (Continued)

*Figure 5* shows the waveforms generated in this mode of operation.



TL/H/7851–9

$V_{CC}$ = 5V
TIME = 20 μs/DIV.
$R_A$ = 3.9 kΩ
$R_B$ = 3 kΩ
C = 0.01 μF

Top Trace: Output 5V/Div.
Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.

**FIGURE 5. Astable Waveforms**

The charge time (output high) is given by:

$$t_1 = 0.693\,(R_A + R_B)\,C$$

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693\,(R_B)\,C$$

Thus the total period is:

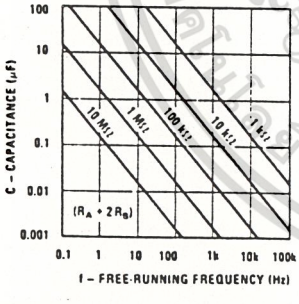
$$T = t_1 + t_2 = 0.693\,(R_A + 2R_B)\,C$$

The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)\,C}$$

*Figure 6* may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is: $D = \dfrac{R_B}{R_A + 2R_B}$

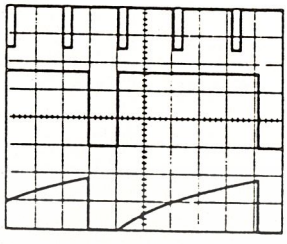



TL/H/7851–10

**FIGURE 6. Free Running Frequency**

### FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of *Figure 1* can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. *Figure 7* shows the waveforms generated in a divide by three circuit.



TL/H/7851–11

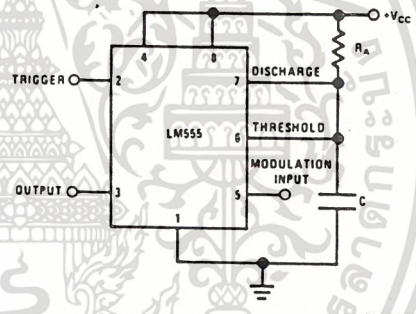
$V_{CC}$ = 5V
TIME = 20 μs/DIV.
$R_A$ = 9.1 kΩ
C = 0.01 μF

Top Trace: Input 4V/Div.
Middle Trace: Output 2V/Div.
Bottom Trace: Capacitor 2V/Div.

**FIGURE 7. Frequency Divider**

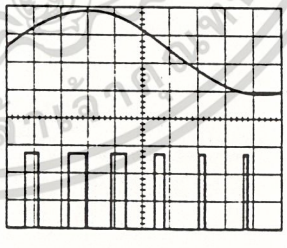
### PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. *Figure 8* shows the circuit, and in *Figure 9* are some waveform examples.




TL/H/7851–12

**FIGURE 8. Pulse Width Modulator**



TL/H/7851–13

$V_{CC}$ = 5V
TIME = 0.2 ms/DIV.
$R_A$ = 9.1 kΩ
C = 0.01 μF

Top Trace: Modulation 1V/Div.
Bottom Trace: Capacitor Voltage 2V/Div.

**FIGURE 9. Pulse Width Modulator**

### PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for astable operation, as in *Figure 10*, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. *Figure 11* shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Application Information

### MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot *(Figure 1)*. The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than 1/3 $V_{CC}$ to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

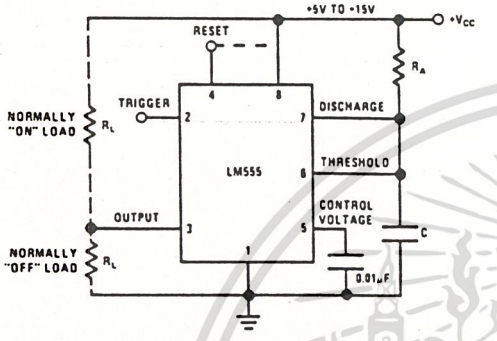
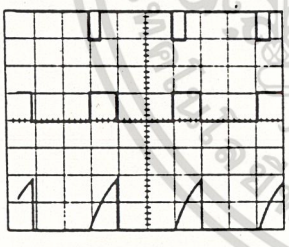



**FIGURE 1. Monostable**

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of t = 1.1 $R_A$ C, at the end of which time the voltage equals 2/3 $V_{CC}$. The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. *Figure 2* shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing internal is independent of supply.




$V_{CC}$ = 5V
TIME = 0.1 ms/DIV.
$R_A$ = 9.1 kΩ
C = 0.01 μF

Top Trace: Input 5V/Div.
Middle Trace: Output 5V/Div.
Bottom Trace: Capacitor Voltage 2V/Div.

**FIGURE 2. Monostable Waveforms**

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to $V_{CC}$ to avoid any possibility of false triggering.

*Figure 3* is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

**NOTE:** In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

### ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in *Figure 4* (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a

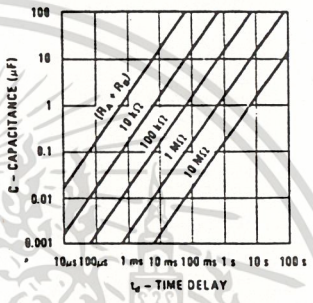



**FIGURE 3. Time Delay**

multivibrator. The external capacitor charges through $R_A$ + $R_B$ and discharges through $R_B$. Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

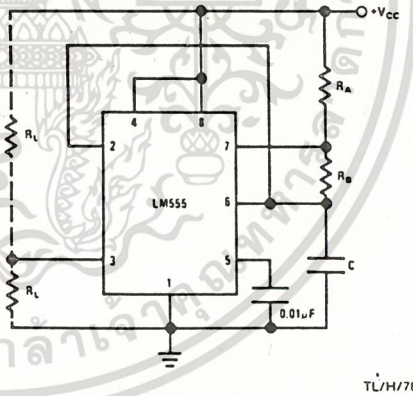


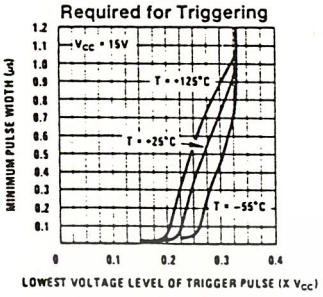

**FIGURE 4. Astable**

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between 1/3 $V_{CC}$ and 2/3 $V_{CC}$. As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

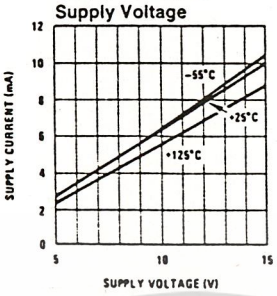
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Typical Performance Characteristics

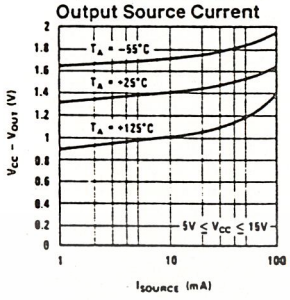
Minimuim Pulse Width Required for Triggering



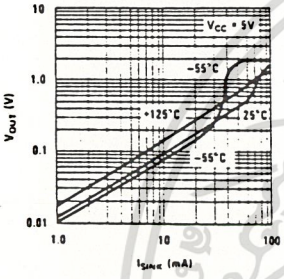

Supply Current vs Supply Voltage



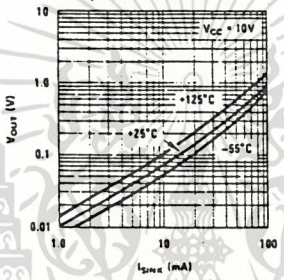

High Output Voltage vs Output Source Current



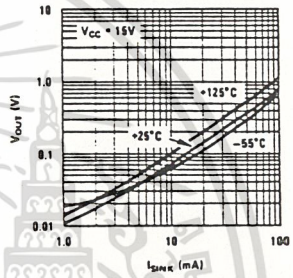

Low Output Voltage vs Output Sink Current



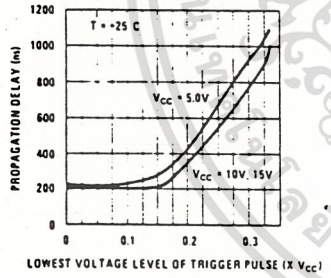

Low Output Voltage vs Output Sink Current



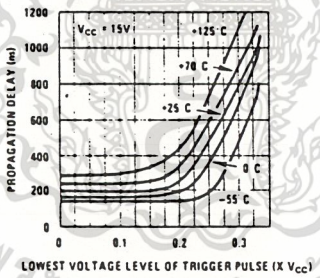

Low Output Voltage vs Output Sink Current



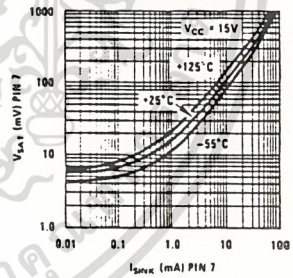

Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



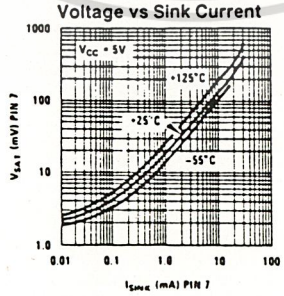

Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse




Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current




Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current




TL/H/7851–4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Electrical Characteristics $T_A = 25°C$, $V_{CC} = +5V$ to $+15V$, (unless othewise specified) (Continued)

| Parameter | Conditions | Limits | | | | | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | LM555 | | | LM555C | | | |
| | | Min | Typ | Max | Min | Typ | Max | |
| Output Voltage Drop (Low) | $V_{CC} = 15V$ | | | | | | | |
| | $I_{SINK} = 10$ mA | | 0.1 | 0.15 | | 0.1 | 0.25 | V |
| | $I_{SINK} = 50$ mA | | 0.4 | 0.5 | | 0.4 | 0.75 | V |
| | $I_{SINK} = 100$ mA | | 2 | 2.2 | | 2 | 2.5 | V |
| | $I_{SINK} = 200$ mA | | 2.5 | | | 2.5 | | V |
| | $V_{CC} = 5V$ | | | | | | | |
| | $I_{SINK} = 8$ mA | | 0.1 | 0.25 | | | | V |
| | $I_{SINK} = 5$ mA | | | | | 0.25 | 0.35 | V |
| Output Voltage Drop (High) | $I_{SOURCE} = 200$ mA, $V_{CC} = 15V$ | | 12.5 | | | 12.5 | | V |
| | $I_{SOURCE} = 100$ mA, $V_{CC} = 15V$ | 13 | 13.3 | | 12.75 | 13.3 | | V |
| | $V_{CC} = 5V$ | 3 | 3.3 | | 2.75 | 3.3 | | V |
| Rise Time of Output | | | 100 | | | 100 | | ns |
| Fall Time of Output | | | 100 | | | 100 | | ns |

**Note 1:** For operating at elevated temperatures the device must be derated above 25°C based on a +150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 164°c/w (T0-5), 106°c/w (DIP) and 170°c/w (S0-8) junction to ambient.

**Note 2:** Supply current when output high typically 1 mA less at $V_{CC} = 5V$.

**Note 3:** Tested at $V_{CC} = 5V$ and $V_{CC} = 15V$.

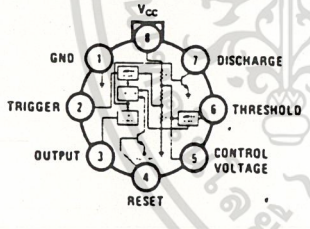
**Note 4:** This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for 15V operation. The maximum total ($R_A + R_B$) is 20 MΩ.

**Note 5:** No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

**Note 6:** Refer to RETS555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

## Connection Diagrams

**Metal Can Package**

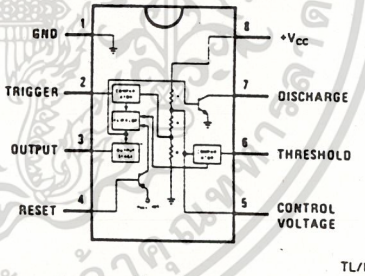



TL/H/7851–2

**Top View**

**Order Number LM555H or LM555CH**
**See NS Package Number H08C**

**Dual-In-Line and Small Outline Packages**




TL/H/7851–3

**Top View**

**Order Number LM555J, LM555CJ, LM555CM or LM555CN**
**See NS Package Number J08A, M08A or N08B**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings

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

Supply Voltage +18V

Power Dissipation (Note 1) LM555H, LM555CH 760 mW
LM555N, LM555CN 1180 mW

Operating Temperature Ranges
LM555C 0°C to +70°C
LM555 −55°C to + 125°C

Storage Temperature Range −65°C to +150°C

Soldering Information
Dual-In-Line Package
Soldering (10 Seconds) 260°C
Small Outline Package
Vapor Phase (60 Seconds) 215°C
Infrared (15 Seconds) 220°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°C, $V_{CC}$ = +5V to +15V, unless othewise specified)

| Parameter | Conditions | Limits | | | | | | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | LM555 | | | LM555C | | | |
| | | Min | Typ | Max | Min | Typ | Max | |
| Supply Voltage | | 4.5 | | 18 | 4.5 | | 16 | V |
| Supply Current | $V_{CC}$ = 5V, $R_L$ = ∞ | | 3 | 5 | | 3 | 6 | mA |
| | $V_{CC}$ = 5V, $R_L$ = ∞ (Low State) (Note 2) | | 10 | 12 | | 10 | 15 | mA |
| Timing Error, Monostable | | | | | | | | |
| Initial Accuracy | $R_A$, $R_B$ = 1k to 100 k, C = 0.1 μF, (Note 3) | | 0.5 | | | 1 | | % |
| Drift with Temperature | | | 30 | | | 50 | | ppm/°C |
| Accuracy over Temperature | | | 1.5 | | | 1.5 | | % |
| Drift with Supply | | | 0.05 | | | 0.1 | | %/V |
| Timing Error, Astable | | | | | | | | |
| Initial Accuracy | | | 1.5 | | | 2.25 | | % |
| Drift with Temperature | | | 90 | | | 150 | | ppm/°C |
| Accuracy over Temperature | | | 2.5 | | | 3.0 | | % |
| Drift with Supply | | | 0.15 | | | 0.30 | | %/V |
| Threshold Voltage | | | 0.667 | | | 0.667 | | x $V_{CC}$ |
| Trigger Voltage | $V_{CC}$ = 15V | 4.8 | 5 | 5.2 | | 5 | | V |
| | $V_{CC}$ = 5V | 1.45 | 1.67 | 1.9 | | 1.67 | | V |
| Trigger Current | | | 0.01 | 0.5 | | 0.5 | 0.9 | μA |
| Reset Voltage | | 0.4 | 0.5 | 1 | 0.4 | 0.5 | 1 | V |
| Reset Current | | | 0.1 | 0.4 | | 0.1 | 0.4 | mA |
| Threshold Current | (Note 4) | | 0.1 | 0.25 | | 0.1 | 0.25 | μA |
| Control Voltage Level | $V_{CC}$ = 15V | 9.6 | 10 | 10.4 | 9 | 10 | 11 | V |
| | $V_{CC}$ = 5V | 2.9 | 3.33 | 3.8 | 2.6 | 3.33 | 4 | V |
| Pin 7 Leakage Output High | | | 1 | 100 | | 1 | 100 | nA |
| Pin 7 Sat (Note 5) | | | | | | | | |
| Output Low | $V_{CC}$ = 15V, $I_7$ = 15 mA | | 150 | | | 180 | | mV |
| Output Low | $V_{CC}$ = 4.5V, $I_7$ = 4.5 mA | | 70 | 100 | | 80 | 200 | mV |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UMC

# UM91210C/D

## Tone/Pulse Dialer

### Features

- Tone/Pulse switchable (slide switch)
- 32 digit capacity for redialing
- Automatic mix redialing (last number redial) of pulse → DTMF with multiple automatic access pause
- PABX auto-pause for 3.6-sec
- Low power CMOS process (2.0 to 5.5V)
- Numbers dialed manually after redial are cascadeable and stored as additional numbers for next redialing
- Power-on reset circuit built-in
- Uses inexpensive TV crystal (3.58 MHz)
- Make/Break ratio ($33\frac{1}{3}$ : $66\frac{2}{3}$ / 40:60) pin selectable
- Touch key hooking (580 ms)
- 4 x 4 or (2 of 8) keyboard available
- Low standby current

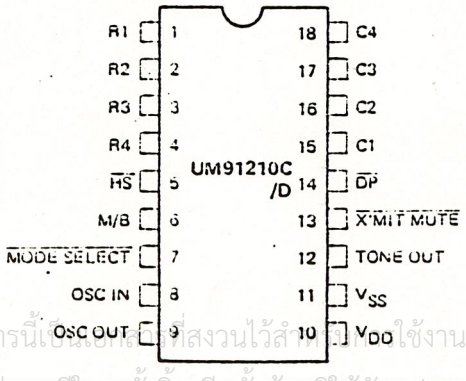
### General Description

The UM91210C/D is a TONE/PULSE switchable dialer with a 32-digit redial memory. Through pin selection, switching from PULSE to DTMF mode can be done using slide switch.

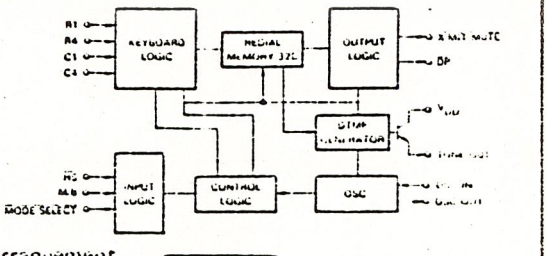
All necessary dual-tone frequencies are derived from a 3.58 MHz TV crystal, providing high accuracy and stability. The required sinusoidal wave form for each individual tone is digitally snythesized on the chip. The waveform so generated has low total harmonic distortion (7% max). A voltage reference is generated on the chip which is stable over the operating voltage and temperature range, and regulates the signal levels of the dual tones to meet telephone industry specifications.

CMOS technology is used to produce this device, resulting in low power requirements, high noise immunity, and serves as an easy interface to a variety of telephones requiring few external components.

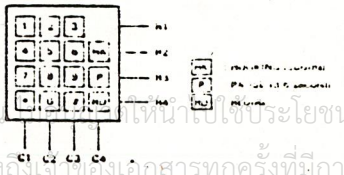
### Pin Configuration




### Block Diagram




### Arrangement of Keyboard



เอกสารนี้เผยแพร่เพื่อสงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings*

Supply Voltage ($V_{DD}$) . . . . . ≤ 6.0V
Input Voltage ($V_{IN}$) . . . . . $V_{SS}$ −0.3V to $V_{DD}$ +0.3V
Output Voltage ($V_{OUT}$) . . . . . $V_{SS}$ −0.3V to $V_{DD}$ +0.3V
Output Voltage ($V_{OUT}$) (DP, XMIT MUTE.) . . . ≤ $V_{DD}$
Tone Output Current ($I_{TONE}$) . . . . . ≤ 50mA
Power Dissipation ($P_D$) . . . . . ≤ 300mW
Operating Temperature ($T_{OP}$) . . . . . −20°C to +70°C
Storage Temperature ($T_{STG}$) . . . . . −40°C to +120°C

## *Comments

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

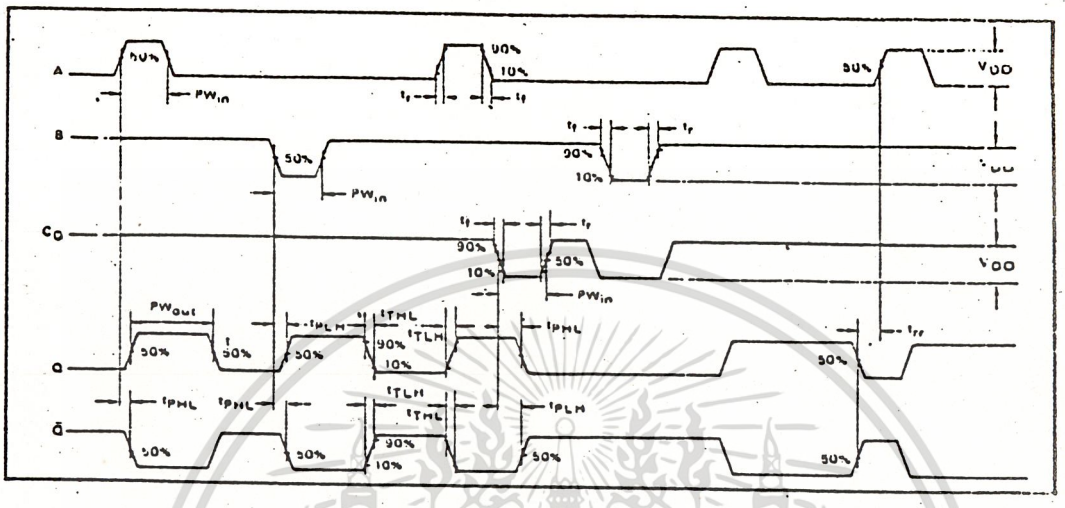
## Electrical Characteristics

($V_{SS}$ = 0V, $V_{DD}$ = 3.6V, $F_{X'TAL}$ = 3.58 MHz, $T_{OP}$ = 25°C unless otherwise noted)

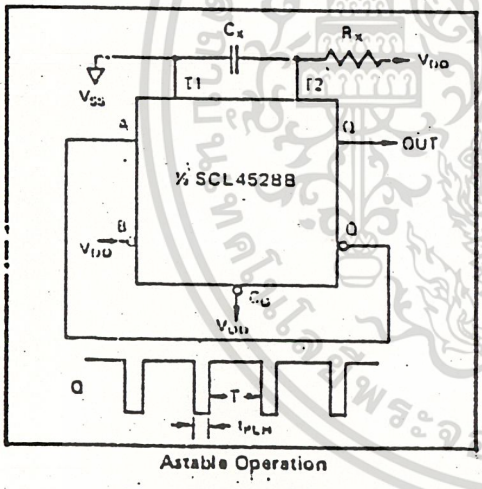
| Parameter | Symbol | Min. | Typ. | Max. | Units | Conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operating Voltage Range | $V_{DD}$ P | 2.0 | | 5.5 | V | Pulse mode; All inputs tied to $V_{DD}$ or $V_{SS}$ |
| | $V_{DD}$ T | 2.0 | | 5.5 | V | Tone mode; All inputs tied to $V_{DD}$ or $V_{SS}$ |
| Memory Retention Voltage | $V_{DR}$ | 1.0 | | | V | HS = $V_{DD}$ |
| Operating Supply Current | $I_{DD}$ P | | 0.4 | 1.0 | mA | One key pressed; HS = $V_{SS}$; All outputs unloaded; $V_{DD}$ = 3.6V |
| | $I_{DD}$ T | | 1.0 | 2.0 | mA | |
| Standby Current | $I_{SD1}$ | | 0.65 | 0.95 | µA | No key selected; All outputs unloaded; $V_{DD}$ = 3.6V; −10°C ≤ $T_{OP}$ ≤ +70°C |
| | $I_{SD2}$ | | 70 | 140 | µA | No key selected; All outputs unloaded; $V_{DD}$ = 3.6V; +70°C < $T_{OP}$ ≤ +120°C |
| Output Current | $I_{OL1}$ | 1.7 | 5.0 | | mA | DP; $V_{OUT}$ = 0.4V |
| | $I_{OL2}$ | 0.5 | 1.5 | | mA | XMIT MUTE; $V_{OUT}$ = 0.4V |
| Input Voltage | $V_{IH}$ | 0.8 $V_{DD}$ | | $V_{DD}$ | V | R1, R4, C1 Osc. Inputs; MODE SELECT |
| | $V_{IL}$ | $V_{SS}$ | | 0.2 $V_{DD}$ | V | |
| Input Current | | | 116 | | µA | R1, R4; $V_{IH}$ = $V_{DD}$, $V_{IL}$ = 0V |
| | | | 50 | | µA | $V_{IH}$ = 2.4V, $V_{IL}$ = 0V |
| Valid Key Entry Time | Tkd | 23 | | 25.3 | ms | |
| Column and Row Scanning Frequency | Fcr | | 445 | | Hz | |
| Auto Access Pause Time | Tap | | 3.6 | | sec | |
| Tone Output | Vor | −16.0 | | −12.0 | dBV | Row tone only; $V_{DD}$ = 3.6V, RL |
| | | −14.0 | | −11.0 | dBV | $V_{DD}$ = 3.0V, RL |
| Ratio of Column to Row Tone | dBcr | | 2.0 | | dB | $V_{DD}$ = 3.6V |
| Distortion | %DIS | | | 10 | % | $V_{DD}$ = 3.6V |
| Tone Output Delay Time | Tpsd | | 1.5 | | ms | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

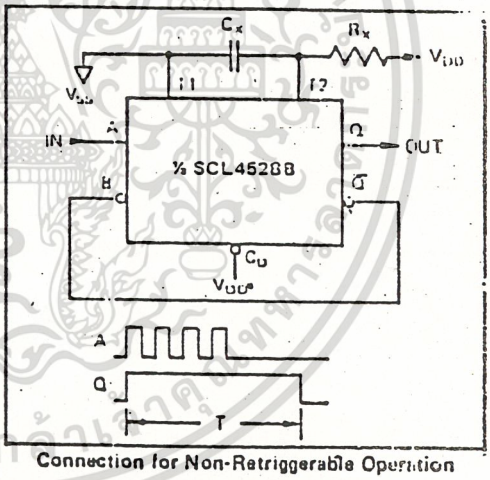
## AC TEST WAVEFORMS



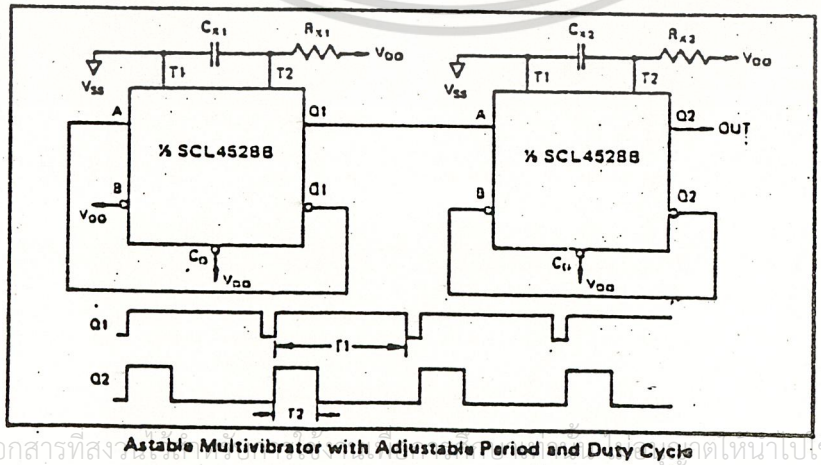

## APPLICATIONS INFORMATION




Astable Operation




Connection for Non-Retriggerable Operation




Astable Multivibrator with Adjustable Period and Duty Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Pin Description

### Keyboard ($R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_4$, $C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_4$)

These inputs can serve as an interface to an XY matrix keyboard. $C_1 \sim C_4$ & $R_1 \sim R_4$ are set to low at On Hook ($\overline{HS}$ = high). $C_1 \sim C_4$ key inputs are set to low and $R_1 \sim R_4$ are set to high at Off HOOK ($\overline{HS}$ = low) which enables the key-input operation.

Oscillator starts running when a keypress is detected. Scanning signals are presented at both column and row inputs (Typ.: 445 Hz) until the input key is released. Key inputs are compatible with standard 2-of-8 form of single-contact keyboard. Debouncing is provided to avoid false entry (Typ.: 23 ms)

### Hook Switch ($\overline{HS}$)

This input detects the state of the hook switch contact. "Off Hook" corresponds to $V_{SS}$ condition. "On Hook" corresponds to $V_{DD}$ condition.

### Make/Break Ratio (M/B)

This input provides the selection of the Make/Break ratio (33.3:66.7/40:60) when M/B is connected to $V_{DD}/V_{SS}$.

### Oscillator Input/Output (OSC IN, OSC OUT)

These pins are provided to connect an external 3.58 MHz crystal. Oscillation starts (at Off Hook) and is sustained until pulse or DTMF signals are finished.

### Dial Pulse Out ($\overline{DP}$)

The normal output will be "ON" during Break and "OFF" during make at "Off Hook" ($\overline{HS}$ = $V_{SS}$). The Output will be "OFF" at "On Hook" as shown in the timing diagram.

### DTMF Signal Output (TONE OUT)

When a valid keypress is detected in DTMF mode, appropriate low group and high group frequencies are generated which hybridize the Dual Tone Output. Tone out is "OFF" state in pulse mode.

### Power ($V_{DD}$, $V_{SS}$)

These are the power supply inputs. This device is designed to operate on 2.0V to 5.5V.

## Tone Frequencies

| Input | Specified | Actual | % Error |
|---|---|---|---|
| R1 | 697 | 699.1 | +0.31 |
| R2 | 770 | 766.2 | -0.49 |
| R3 | 852 | 847.4 | -0.54 |
| R4 | 941 | 943.0 | +0.74 |
| C1 | 1,209 | 1,215.7 | +0.57 |
| C2 | 1,336 | 1,331.7 | -0.32 |
| C3 | 1,477 | 1,471.9 | -0.35 |

## Tone Duration & Pause in Redial

| Parameter | Symbol | Typ. | Unit |
|---|---|---|---|
| Tone Duration | TD | 74 | ms |
| Minimum Pause | ITP | 110 | ms |
| Cycle Time | TC | 184 | ms |

### X'mit Mute Output (X'MIT MUTE)

| $\overline{HS}$ | X'mit Mute Output |
|---|---|
| $V_{DD}$ | OFF |
| $V_{SS}$ | Normally "OFF"<br>"ON" during Pulse and DTMF Dialing |

(N channel open drain)

### Mode Select Input (MODE SELECT)

Pulse/DTMF mode is selected as shown in the following table. Initial Mode means the state after going Off Hook ($\overline{HS} \rightarrow V_{SS}$).

| MODE SELECT | Initial Mode | Switching Entry Mode |
|---|---|---|
| $V_{DD}$ | Pulse | Mode Select Input = $V_{SS}$ |
| $V_{SS}$ | Tone | N/A |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Single Tone Operation In DTMF Mode (Test Mode)**

The [•] and [≠] keys are used to trigger the chip into test mode by depressing them simultainously at "Off Hook". The single tone is shown in the following table [illegible] with normal mode.

Normal mode

| | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ |
|---|---|---|---|
| $R_1$ | 1 | 2 | 3 |
| $R_2$ | 4 | 5 | 6 |
| $R_3$ | 7 | 8 | 9 |
| $R_4$ | • | 0 | ≠ |

Single tone mode

| | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ |
|---|---|---|---|
| $R_1$ | $R_1$ | $C_2$ | $C_3$ |
| $R_2$ | $C_1$ | $C_2$ | $R_2$ |
| $R_3$ | $R_3$ | $C_2$ | $C_3$ |
| $R_4$ | $C_1$ | $R_4$ | $C_3$ |

## Keyboard Operation

SINGLE MODE OPERATION

**Pulse Mode Operation**

[Off Hook] [$D_1$] ..... [$D_n$]

Pulse mode is defined by the initial mode after going Off Hook and latched at [$D_1$] key-entry. This is the condition under $\overline{\text{MODE SELECT}} = V_{DD}$.

**Tone Mode Operation**

1) [Off Hook] [$D_1$] ..... [$D_n$]

Tone mode is defined by the initial mode after going Off Hook and latched at [$D_1$] key entry. This condition is under $\overline{\text{MODE SELECT}} = V_{SS}$.

2) [Off Hook] [T] [$D_1$] ..... [$D_n$]

If initial mode is at pulse mode after going Off Hook and $\overline{\text{MODE SELECT}} = V_{DD}$. Switching mode from pulse to Tone can be done by [T] key entry and latched at [$D_1$] key entry.

**Manual Dialing with Automatic Access Pause**

[Off Hook] [0] [P] [$D_1$] ..... [$D_n$]

Multiple Pause key entries can be accepted and stored in the redial memory, each as on digit. Each [P] key provides 3.5 seconds pause time, but [P] key entry as first digit after going Off Hook is ignored.

[•] key can also be used as pause key in pulse mode. Pause(s) can be cancelled with [P], [T] or [RD] key during pause time in redialing.

**Redial**

[Off Hook] [RD]

Up to 32 digits can be dialed with [RD] key. [RD] key is disabled while pulse or DTMF signals are transmitting. When more than 32 digits are stored in redial memory, Redial is also inhibited.

[≠] key can be used as [RD] key in pulse mode.

**Inhibiting Redial**

[Off Hook] [$D_1$] ..... [$D_n$] [RD] [RD]

Redial can be inhibited by depressing [RD] [RD] key after DTMF or pulse signals are transmitted.

PULSE/TONE SWITCHABLE OPERATION

**Mode Switching by $\overline{\text{MODE SELECT}}$ Input**

[Off Hook] [$D_1$] ..... [$D_n$] [P] [Switching $\overline{\text{MODE}}$ $\overline{\text{SELECT}}$ to $V_{SS}$] [$D_{n+1}$] ..... [$D_{n+m}$]

Pulse mode ——— Pulse mode is initially defined with $\overline{\text{MODE SELECT}} = V_{DD}$. Mode switching to DTMF can be accepted by $\overline{\text{MODE SELECT}} = V_{SS}$. DTMF Mode will be set up after pulse mode is finished. In this mode, digits [$D_{n+1}$] ..... [$D_{n+m}$] are transmitted from Tone Out as DTMF signals by depressing corresponded keys.

DTMF Mode

If no [P] key is contained serially before or after mode switching.

[Off Hook] [$D_1$] ..... [$D_n$] [Switching $\overline{\text{MODE}}$ $\overline{\text{SELECT}}$ to $V_{SS}$] [$D_{n+1}$] ..... [$D_{n+m}$] ($D_n$, $D_{n+1}$ ≠ Pause)

Pulse Mode ——— DTMF Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

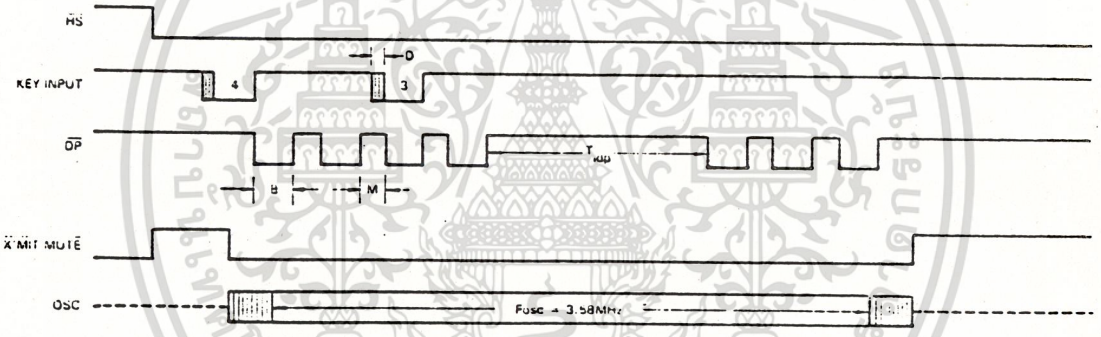
It results the next condition:

(1) If digit $D_{n+1}$ is depressed after pulse mode is finished, DTMF mode will be set up after last pulse signal ( $D_n$ ) is output. In this mode, digits $D_{n+1}$ ..... $D_{n+m}$ are transmitted from Tone Out as DTMF signals by depressing corresponded keys.

(2) If digit $D_{n+1}$ is depressed during dialing pulse signals, DTMF mode but in Hold state will be ... up after last pulse signal $D_n$ is finished. $D_{...}$ ..... $D_{n+m}$ are stored in redial memory as DTMF data and not transmitted from Tone Out. When ... is ready to transmit DTMF data in redial method, ... $T$ , $RD$ or $P$ keys is depressed to set the Hold state and $D_{n+1}$ ..... $D_{...}$ data are serially transmitted.

## Timing Diagram

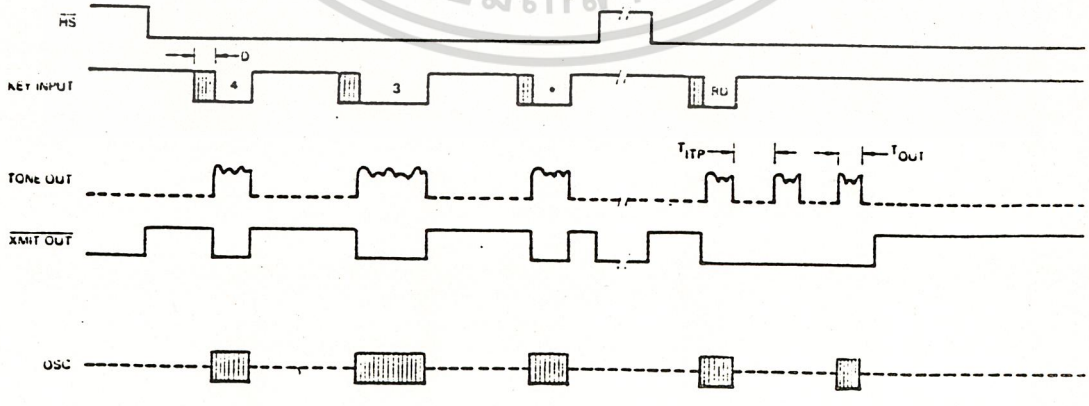
### 1) TIMING DIAGRAM IN PULSE MODE:




D: Debouncing time: 23ms

$T_{idp}$: Inter-digit pause: 805ms

### 2) TIMING DIAGRAM IN TONE MODE: ($\overline{MODE\ SELECT}$ = $V_{SS}$)

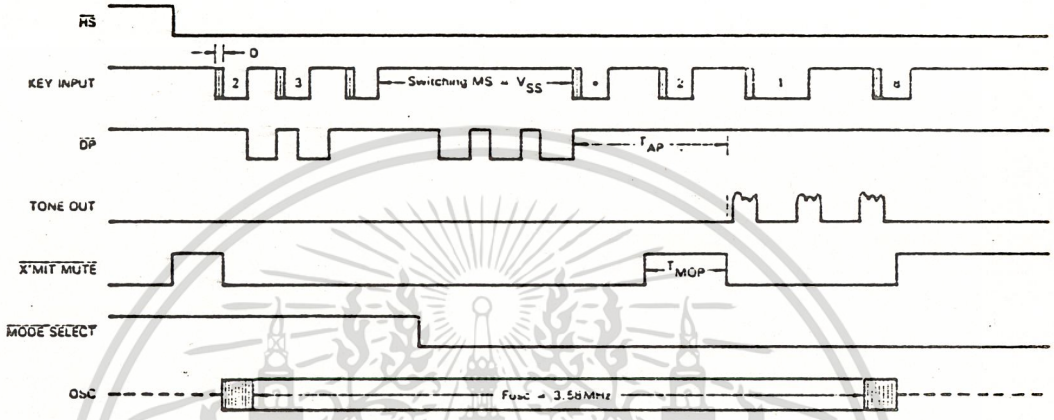



D: Debouncing time: 23ms  Tout: 74ms

$T_{ITP}$: 110ms

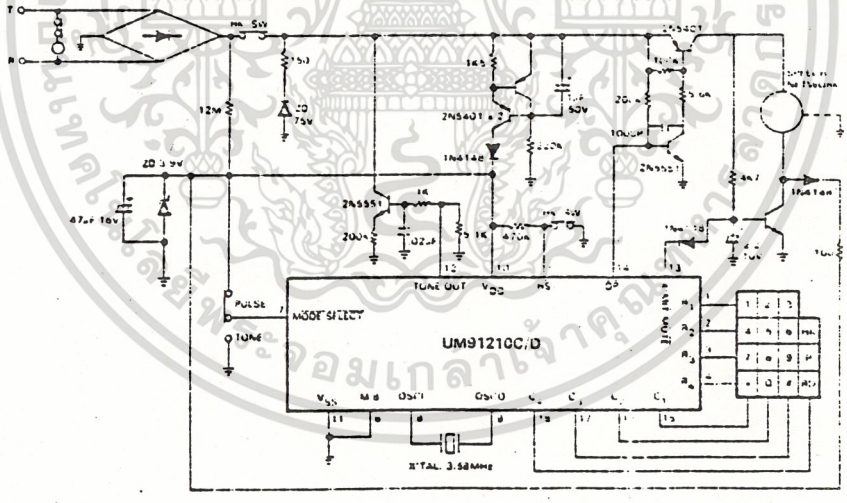
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) TIMING DIAGRAM FOR SWITCHING MODE OPERATION BY $\overline{\text{MODE SELECT}}$ INPUT (OPERATION SELECT = $V_{SS}$)




Typical Application

SWITCHING MODE BY $\overline{\text{MODE SELECT}}$




**Ordering Information**

| Part Number | Dial Pulse | Dial Pulse Rate (PPs) | Tidp | Make/Break Ratio |
|---|---|---|---|---|
| UM91210C | $\overline{DP}$ | 10 PPS | 805 ms | $V_{DD}$ : 33⅓:66⅔ |
| | | | | $V_{SS}$ : 40:60 |
| UM91210D | $\overline{DP}$ | 20 PPS | 805 ms | $V_{DD}$ : 33⅓:66⅔ |
| | | | | $V_{SS}$ : 40:60 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL45288

# CMOS DUAL MONOSTABLE MULTIVIBRATOR

## FEATURES

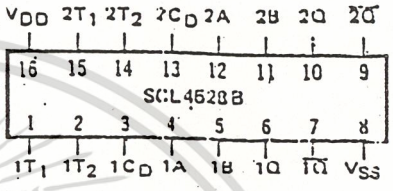
- Two Independent Multivibrators on One Chip
- Triggerable from Leading- or Trailing-Edge Pulse
- Retriggerable
- Resettable
- Q and $\overline{Q}$ Buffered Outputs Available
- Wide Range of Output Pulse Widths

## DESCRIPTION

The SCL45288 Dual Multivibrator provides stable retriggerable/resettable one-shot operation for any fixed-voltage timing application. Timing for the circuit is controlled by an external resistor-capacitor combination ($R_x$-$C_x$). Adjustment of these components permits generation of output pulse widths from nanoseconds to minutes. Leading-edge and trailing-edge Trigger inputs are provided, and both positive-going and negative-going pulses are available from complementary outputs.

Timing pulses may be terminated at any time by applying a low logic level to the Reset input $C_D$.

## CONNECTION DIAGRAM
(all packages)




Add suffix for package:

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

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

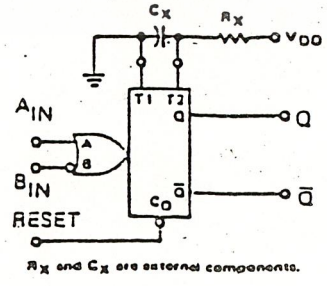
| | | | |
|---|---|---|---|
| DC Supply Voltage | $V_{DD}$ - $V_{SS}$ | 3 to 15 | Vdc |
| Operating Temperature | $T_A$ | | |
| C, D, F, H Device | | -55 to +125 | °C |
| E Device | | -40 to +85 | °C |

## FUNCTION TABLE

| INPUTS | | | OUTPUTS | |
|---|---|---|---|---|
| $C_D$ | A | B | Q | $\overline{Q}$ |
| L | X | X | L | H |
| X | H | X | L | H |
| X | X | L | L | H |
| H | ↑ | H | ⊓ | ⊔ |
| H | L | ↓ | ⊓ | ⊔ |

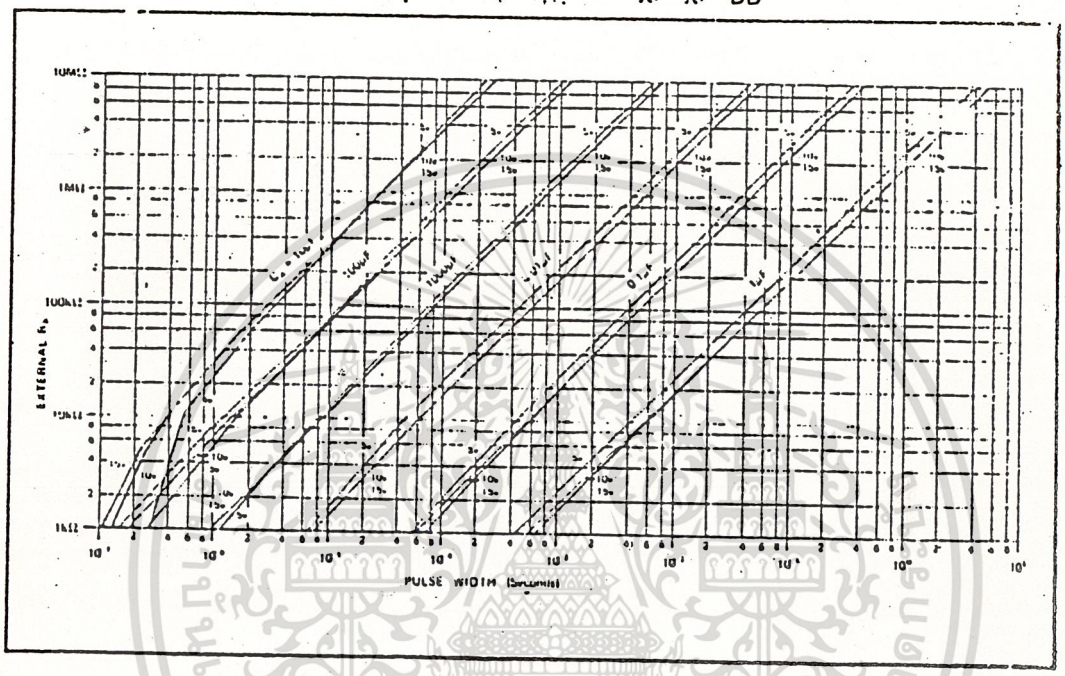
H = High Level (Steady State)
L = Low Level (Steady State)
↑ = Transition, Low-to-High
↓ = Transition, High-to-Low
X = Irrelevant (Inc. Transitions)
⊓ = One High-Level Pulse
⊔ = One Low-Level Pulse

## BLOCK DIAGRAM
(one of two devices)

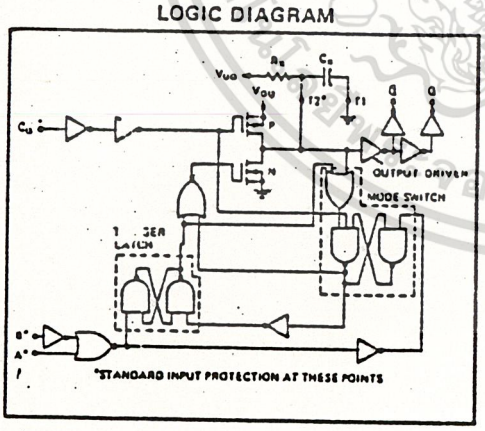


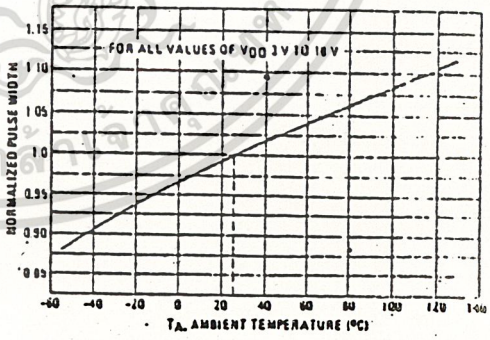

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## SCL4528B PULSE WIDTH VS $R_X$, $C_X$, $V_{DD}$




## LOGIC DIAGRAM




Normalized Pulse Width versus Temperature

**Notes:**

There is no effective maximum limit on $R_X$; recommended minimum value for $R_X$ is 1KΩ. There are no restrictions on the value of $C_X$.

For proper operation all unused inputs should be tied to a logic level. The mode point (T2) of a unused half of device should be tied high through an external resistor to $V_{DD}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ELECTRICAL CHARACTERISTICS

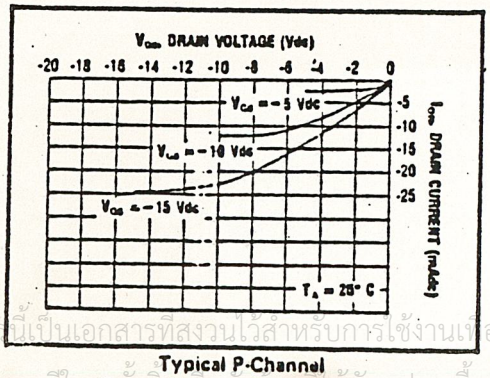
## STATIC CHARACTERISTICS [1]

| PARAMETER | | $V_{DD}$ (Vdc) | CONDITIONS | $T_{LOW}$ [1] Min. | $T_{LOW}$ [1] Max. | +25°C Min. | +25°C Typ. | +25°C Max | $T_{HIGH}$ [1] Min. | $T_{HIGH}$ [1] Max | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| QUIESCENT DEVICE CURRENT | $I_{DD}$ | 5 | $V_{IN} = V_{SS}$ or $V_{DD}$ | – | 5 | – | 0.05 | 5 | – | 150 | µAdc |
| | | 10 | All valid input | – | 10 | – | 0.1 | 10 | – | 300 | |
| | | 20 | combinations | – | 20 | – | 0.2 | 20 | – | 600 | |

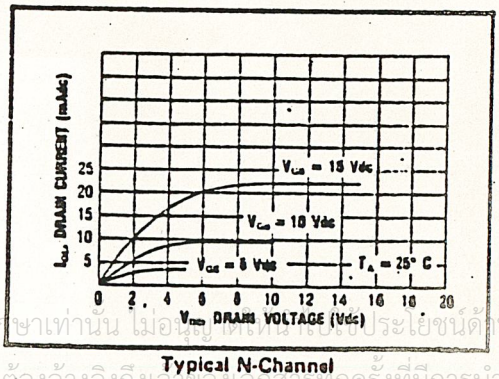
NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications"
$T_{LOW}$ = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
$T_{HIGH}$ = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

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

| PARAMETER | | $C_x$ (pF) | $R_x$ (kΩ) | $V_{DD}$ (Vdc) | Min. | Typ. | Max. | Units |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PROPAGATION DELAY TIME | $t_{PLH}$, $t_{PHL}$ | | | | | | | |
| From A or B | | 15 | 5 | 5 | – | 270 | 540 | ns |
| | | | | 10 | – | 90 | 180 | |
| | | | | 15 | – | 70 | 140 | |
| | | 1000 | 10 | 5 | – | 510 | 1020 | ns |
| | | | | 10 | – | 170 | 340 | |
| | | | | 15 | – | 120 | 240 | |
| From $C_D$ | | 15 | 5 | 5 | – | 270 | 540 | ns |
| | | | | 10 | – | 90 | 180 | |
| | | | | 15 | – | 70 | 140 | |
| | | 1000 | 10 | 5 | – | 550 | 1100 | ns |
| | | | | 10 | – | 300 | 600 | |
| | | | | 15 | – | 250 | 500 | |
| OUTPUT TRANSITION TIME | $t_{THL}$, $t_{TLH}$ | | | | | | | |
| | | – | – | 5 | – | 130 | 260 | ns |
| | | | | 10 | – | 65 | 130 | |
| | | | | 15 | – | 50 | 100 | |
| Note: $\overline{Q}$ Output | $t_{TLH}$ | 15 | 5 | 5 | – | 130 | 260 | ns |
| | | | | 10 | – | 65 | 130 | |
| | | | | 15 | – | 50 | 100 | |
| | | 1000 | 10 | 5 | – | 270 | 540 | ns |
| | | | | 10 | – | 240 | 480 | |
| | | | | 15 | – | 230 | 440 | |
| MINIMUM INPUT PULSE WIDTH A or B Input | $PW_{in}$ | – | – | 5 | – | 70 | 140 | ns |
| | | | | 10 | – | 30 | 60 | |
| | | | | 15 | – | 25 | 50 | |
| OUTPUT PULSE WIDTH MATCH | $\Delta PW_{out}$ | | | | | | | |
| Same package | | 1000 | 10 | 5 | – | ± 7.5 | ±15 | % |
| | | | | 10 | – | ±10 | ±20 | |
| | | | | 15 | – | ±10 | ±20 | |
| Different packages | | 1000 | 10 | 5 | – | – | ±60 | % |
| | | | | 10 | – | – | ±50 | |
| | | | | 15 | – | – | ±50 | |




Typical P-Channel
Source Current Characteristics




Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเอกสารฉบับนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้