

โทรศัพท์เตือนภัย

EMERGENCY TELEPHONE



โดย

นายนิติพงศ์ ฤทธิพันธุ์

นายสายชล ศรีจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

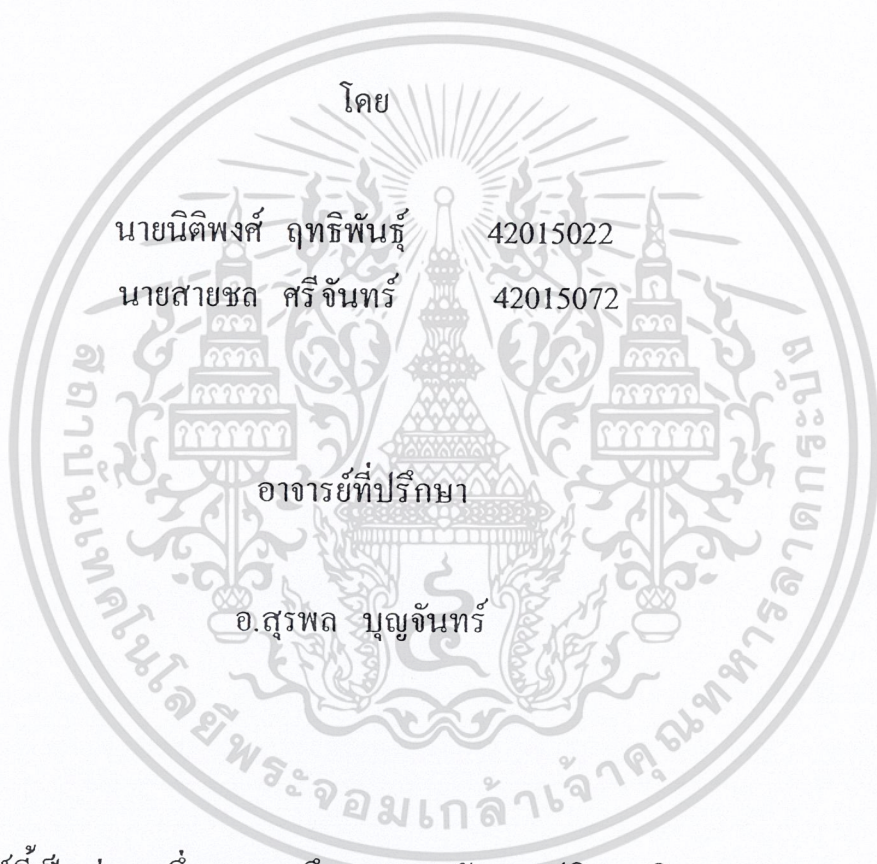
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 46567
วัน, เดือน, ปี..... 4 เม.ย. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์เตือนภัย

EMERGENCY TELEPHONE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โทรศัพท์เคลื่อนที่

EMERGENCY TELEPHONE

ผู้จัดทำ

- | | |
|---------------------------|----------|
| 1. นายนิติพงศ์ ฤทธิพันธุ์ | 42015022 |
| 2. นายสายชล ศรีจันทร์ | 42015072 |

(อ. สุรพล บุญจันทร์)

อาจารย์ที่ปรึกษา



โทรศัพท์เตือนภัย

EMERGENCY TELEPHONE

โดย นายนิติพงศ์ ฤทธิพันธุ์ 42015022

นายสายชล ศรีจันทร์ 42015072

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. สุรพล บุญจันทร์

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นโครงการเกี่ยวกับระบบเตือนภัย เมื่อมีผู้บุกรุกเข้ามาในบ้านของเราโดยการทำงานจะอาศัยระบบเซนเซอร์ อินฟราเรด เพื่อตรวจจับผู้บุกรุก และขณะเดียวกันก็จะทำการเรียกไปยังหมายเลขโทรศัพท์อัตโนมัติทันที เมื่อมีผู้รับสายปลายทางตรวจรับแล้ว ข้อความที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำก็จะถูกส่งออกมาทันที

ABSTRACT

This project is about the alarm system. When some invader enters in the house area, the infrared sensor checked it. Then it automatically calls the memory telephone number. When the terminal answers this call already, the information that recorded in the memory of IC is sent out immediately.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	2
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	2
2.2 ระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข	4
2.3 ความเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์แฝง	6
2.4 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (Dual Tone Multi Frequency Type)	6
2.5 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบ DTMF กับ Pulse	8
2.6 การส่งเลขโดยการใช้อิซีสสำเร็จรูป	8
2.7 วงจรสร้างสัญญาณเรียก (electronic ringer)	10
2.8 วงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบความถี่เดียว	11
2.9 สัญญาณเรียกแบบหลายความถี่	12
2.10 สัญญาณพื้นฐาน	13
2.11 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์	15
2.12 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Monostable Multivibrator Circuit)	16
2.13 การออกแบบวงจรการใช้งานไอซี 555 เป็นโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	19
บทที่ 3 หลักการทำงานและการออกแบบ	21
3.1 Block Diagram ของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย	21
3.2 แผนภูมิการทำงานของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย	22
3.3 วงจรตรวจจับด้วยอินฟราเรด	23
3.4 ส่วนของวงจรชุดเรียกอัตโนมัติ	24
3.5 ส่วนการ Detect เมื่อมีผู้รับสายปลายทาง	26
3.6 ส่วนการบันทึกเสียงดิจิทัล	28
3.7 การทำงานวงจรควบคุมการโทรออกอัตโนมัติและควบคุมวงจรบันทึกเสียงดิจิทัล	29
3.8 หลักการทำงานรวมของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย	29
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	36
4.1 แสดงลักษณะสัญญาณที่วัดตกคร่อมอินฟราเรดตัวส่งทั้งสามตัว	36
4.2 แสดงลักษณะสัญญาณที่วัดตกคร่อมอินฟราเรดตัวรับ	36
4.3 แสดงลักษณะสัญญาณที่ขยายจากอินฟราเรดตัวรับ	37
4.4 แสดงลักษณะสัญญาณที่มีสิ่งกีดขวางมาบังลำแสงอินฟราเรด	37

4.5 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 1 ที่ส่งผ่านคู่สาย	38
4.6 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 2 ที่ส่งผ่านคู่สาย	38
4.7 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 3 ที่ส่งผ่านคู่สาย	39
4.8 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 4 ที่ส่งผ่านคู่สาย	39
4.9 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 5 ที่ส่งผ่านคู่สาย	40
4.10 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 6 ที่ส่งผ่านคู่สาย	40
4.11 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 7 ที่ส่งผ่านคู่สาย	41
4.12 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 8 ที่ส่งผ่านคู่สาย	41
4.13 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 9 ที่ส่งผ่านคู่สาย	42
4.14 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 0 ที่ส่งผ่านคู่สาย	42
4.15 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ Busy Tone กับสัญญาณที่ detect ได้โดยใช้ ไอซี 567	43
4.16 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ Ring back Tone กับสัญญาณที่ detect ได้โดยใช้ ไอซี 567	43
4.17 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ Busy tone ได้โดยใช้ ไอซี 567 กับสัญญาณเอาต์พุตไอซี 555	44
4.18 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ Ring back tone ได้โดยใช้ ไอซี 567 กับสัญญาณเอาต์พุตไอซี 555	44
4.19 แสดงลักษณะสัญญาณเสียงวัดที่ขา 14 ของ IC ISD 1420	45
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	46
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
1. รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับโทรศัพท์	3
2. รูปที่ 2.2 (ก) แสดงวงจรหมุนหมายเลขแบบพัลส์อย่างง่าย	4
3. รูปที่ 2.2 (ข) แสดงไดอะแกรมของคาบเวลาที่เกิดจากการหมุนหมายเลข “ 4 “	5
4. รูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งความถี่ของหมายเลขโทรศัพท์	6
5. รูปที่ 2.4 วงจรพื้นฐานที่ใช้อุปกรณ์แบบแยกชิ้นของโทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF	7
6. รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF	9
7. รูปที่ 2.6 แสดงชนิดของปุ่มกดและรูปสัญญาณ	10
8. รูปที่ 2.9 วงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบความถี่เดียว	12
9. รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมของวงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบหลายความถี่	12
10. รูปที่ 2.12 แสดงสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อ	14
11.รูปที่ 2.13 แสดงวงจรโมโนสเตเบิลแบบง่ายของไอซีเบอร์ 555	16
12.รูปที่ 2.14 แสดงส่วนต่างๆ ภายในของไอซีเบอร์ 555	16
13.รูปที่ 2.15 กราฟแสดงช่วงเวลา Time delay ค่าต่างๆ ของวงจรซึ่งขึ้นอยู่กับค่า Ra และ C	18
14.รูปที่ 2.16 แสดงวงจรโมโนสเตเบิล	20
15.รูปที่ 3.1 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลง Output ของ IC 567 และ IC 555 ตามช่วงเวลาต่างๆ	26
16.รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมของไอซีเบอร์ LM 567	27
17.รูปที่ 3.3 Block Diagram ภายใน IC ISD 1420	28
18.รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับอินฟราเรดภาคส่ง	30
19.รูปที่ 3.5 วงจรอินฟราเรดภาครับ	31
20.รูปที่ 3.6 วงจรดีเทคเมื่อมีผู้รับสายปลายทาง	32
21.รูปที่ 3.7 วงจรชุดเรียกอัตโนมัติ	33
22.รูปที่ 3.8 วงจรบันทึกเสียงอัตโนมัติระบบดิจิทัล	34
23.รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมการโทรออกอัตโนมัติและควบคุมวงจรรบันทึกเสียงดิจิทัล	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านการสื่อสารโทรคมนาคมอย่างรวดเร็ว มีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยระบบ การสื่อสารที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ มีระบบการสื่อสารซึ่งถือกันว่าเป็นระบบสื่อสารที่ทุกคนต้องใช้ และจากการที่ระบบโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้เป็น ระบบกดปุ่ม (DTMF) ซึ่งมีการส่งสัญญาณ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ระหว่างเครื่องโทรศัพท์และชุมสายโทรศัพท์จึงได้นำแนวความคิดเกี่ยวกับการรับส่งสัญญาณ DTMF ของระบบโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้ในการทำเป็นโครงการโทรศัพท์เตือนภัยโดยโทรแจ้งไปยังเบอร์ที่ทำการบันทึกไว้อัตโนมัติ ซึ่งปกติแล้วมนุษย์จะเป็นผู้ติดต่อและส่งเสียงไปเองเมื่อเกิดเหตุร้ายขึ้น จากเหตุผลที่ว่าในสภาวะปัจจุบันสังคมมีการแข่งขันทางด้านต่างๆ มากขึ้นทำให้ต่างคนต่างต้องออกจากบ้านเพื่อทำงานให้ความเป็นอยู่ของครอบครัวที่ดีขึ้นทำให้ต้องทิ้งบ้านไว้โดยไม่มีคนเฝ้าหรือดูแลความปลอดภัยต่อทรัพย์สินในบ้าน ดังนั้นถ้าเรามีอุปกรณ์ที่สามารถเตือนภัยได้ ก็จะทำให้เราอุ่นใจเมื่อออกจากบ้าน

สำหรับโครงการนี้เป็น “ โทรศัพท์เตือนภัย ” จะอาศัยอินฟราเรดเซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับ เมื่อมีผู้ไม่หวังดีเข้ามาที่บ้านเรา เซนเซอร์ก็จะทำงานโดยกระตุ้นให้รีเลย์ทำงานเปลี่ยนคอนแทกก็จะเสมือนยกหูโทรศัพท์และมีการเรียกไปยังเลขหมายที่เรากำหนดไว้ว่าจะที่ทำงานของเรา หรือสถานีตำรวจใกล้บ้านเรา เมื่อมีผู้รับปลายทางและพูดตอบกลับมา สัญญาณเสียงที่ตอบกลับมาก็ส่งไปวงจรดีเทคสัญญาณทำงานเพื่อไปกระตุ้นสวิทช์ของชุดบันทึกเสียงพูดระบบดิจิทัลซึ่งเรบันทึกไว้ให้ฝ่ายรับได้ยิน อาจเป็นคำพูดแจ้งเตือนภัยต่างๆ เมื่อวงจรทำงานสมบูรณ์ ประมาณ 30 วินาที คอนแทกรีเลย์ก็จะออกจากกัน ก็เสมือนวางหูโดยอัตโนมัติ

โครงการนี้เหมาะสำหรับใช้ในบ้านพักอาศัย อาคาร สำนักงาน ที่ต้องการระบบป้องกันการโจรกรรม นอกจากนั้นยังสามารถใช้ป้องกันเหตุร้ายอื่นๆ เช่น ป้องกันไฟไหม้

บทที่ 2

ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

2.1.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิก และผู้รู้เลขหมายสมาชิก สามารถเรียกคู่สนทนาผู้ต่างๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นได้

การเรียกทางโทรศัพท์ คือ การเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ ระหว่างผู้เรียกและผู้รับ

ผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียก จะด้วยการแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับหมุนหรือกดเลขหมายของผู้รับเมื่อโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของชุมสายอัตโนมัติ

ผู้รับคือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์ เมื่อได้ขึ้นสัญญาณกริ่งเรียก

คู่สายสมาชิก คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูด แจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น ไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกและสมาชิกผู้รับ โดยอัตโนมัติ

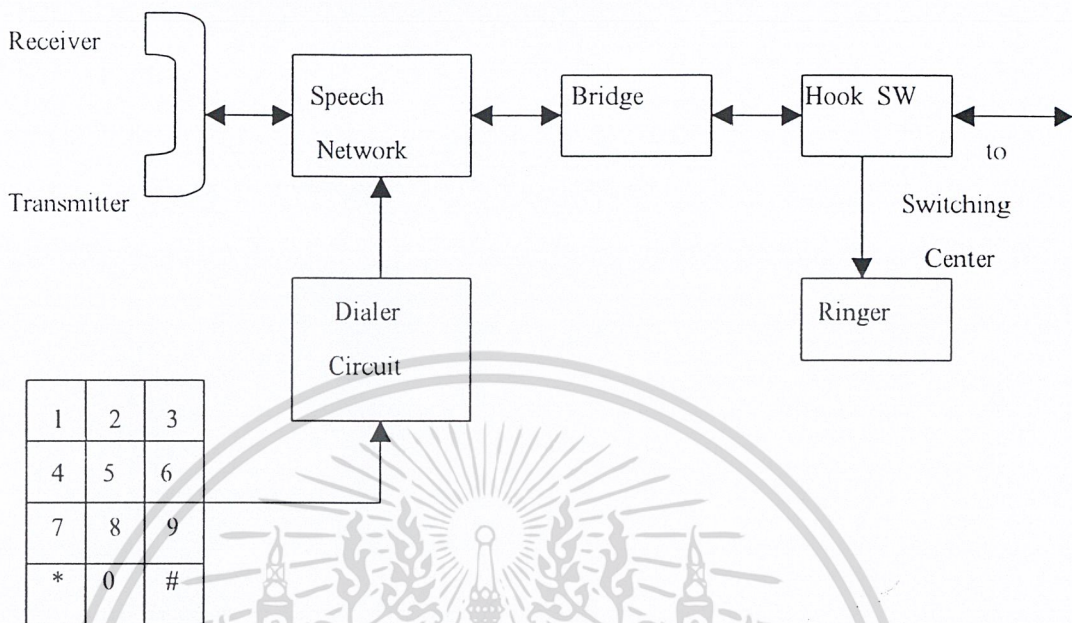
เครื่องโทรศัพท์ คือ อุปกรณ์สำหรับสมาชิก ใช้พูดและฟังในการสนทนาผ่านโครงข่ายโทรศัพท์

2.1.2 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักใหญ่ๆ 7 อย่างด้วยกัน

1. ส่วนรับ (Receiver)
2. ส่วนส่ง (Transmitter)
3. กระดิ่ง (Ringer)
4. สปีช เน็ตเวิร์ค (Speech Network)
5. สุกสวิตช์ (Hook Switch)
6. ไดอัลเลอร์ (Dialer)
7. วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง (Bridge Rectifier)

แสดงได้ดัง บล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับโทรศัพท์

ตำแหน่งของส่วนส่งและรับ ปกติจะติดอยู่ที่ตัวพูด - หูฟัง (handset) ของเครื่องรับโทรศัพท์ซึ่งในส่วนส่งมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Electrical Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งไป สวิตซ์จิ่งเซ็นเตอร์ (Switching Center) แต่ส่วนรับมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียง สัญญาณที่ส่วนรับนั้น จะประกอบด้วยสัญญาณแถบความถี่เสียง (Voiceband Signal) จากสวิตซ์จิ่งเซ็นเตอร์ และการลดทอนการป้อนกลับจากส่วนส่ง

สำหรับ Speech Network จะมีหน้าที่แยกสัญญาณส่งและรับในเครื่องโทรศัพท์ ดังนั้นสัญญาณทั้งหมดระหว่าง สวิตซ์จิ่งเซ็นเตอร์และเครื่องรับโทรศัพท์ อาจจะส่งไปในคู่สายเดียวกันก็ได้

ชุดสวิตซ์จิ่งมีอยู่ 2 สถานะ คือ ออน - สุก และ ออฟ - สุก ทั้ง 2 สถานะนั้นขึ้นอยู่กับว่าสัญญาณว่าง (idle) หรือใช้งาน (Busy) ตามลำดับ มนสถานะ ออฟ - สุก ปกติจะทำงานก็ต่อเมื่อเราขงหนู เมื่อขงหนูกระแสที่ส่งจะบอกให้อุปกรณ์สวิตซ์จิ่งเซ็นเตอร์รับรู้ว่ามีอยู่ในสถานะ ออฟ - สุก สวิตซ์จิ่งเซ็นเตอร์จะปิดกั้นสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Signal) และเตรียมรับสัญญาณ Dial Tone สุกสวิตซ์จิ่งจะต่อสายโทรศัพท์เข้ากับกระดิ่งเมื่ออยู่ในสถานะ ออน - สุก และต่อสายโทรศัพท์กับ สปีชเนทเวิร์คในสถานะ ออฟ - สุก

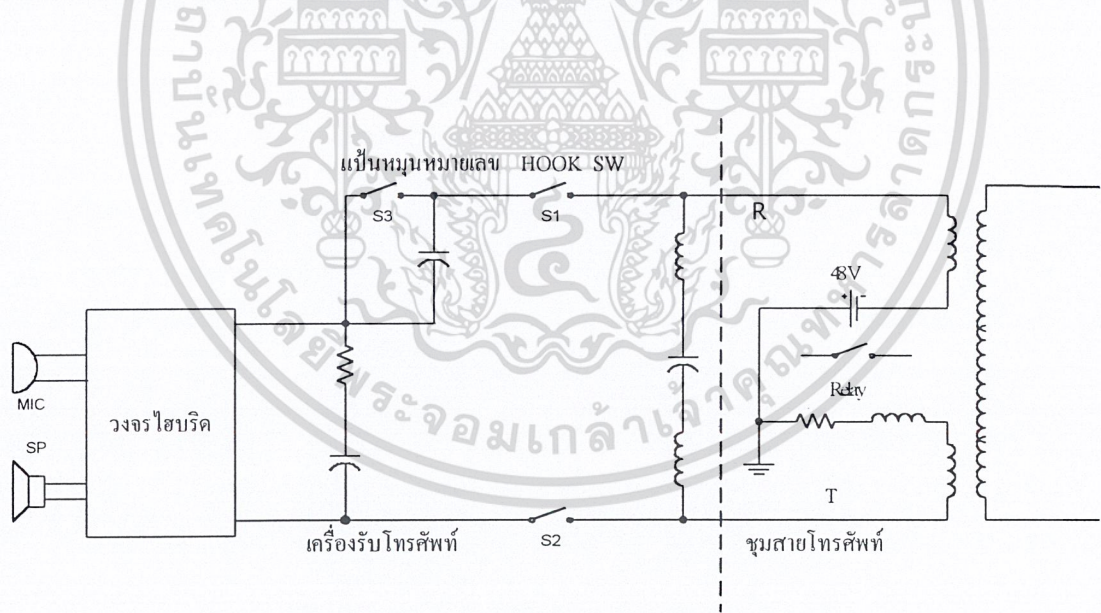
ในสถานะ ออฟ - สุก วงจรโทรศัพท์จะรับ DC Bias จาก Power Supply ที่สวิตซ์จิ่งเซ็นเตอร์ ส่วนสถานะ ออน - สุก จะปรากฏสัญญาณกระดิ่ง เมื่อมีผู้เรียกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งถูกสร้างขึ้นที่สวิตซ์จิ่งเซ็นเตอร์และถูกส่งมาทำให้กระดิ่งในโทรศัพท์ทำงาน

วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง ทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายโทรศัพท์ไปเลี้ยงวงจรโทรศัพท์เมื่อ สูดสวิตช์อยู่ในสภาวะยก และทำหน้าที่ให้สัญญาณทั้งด้านบวก และด้านลบ ผ่านวงจรโทรศัพท์ได้

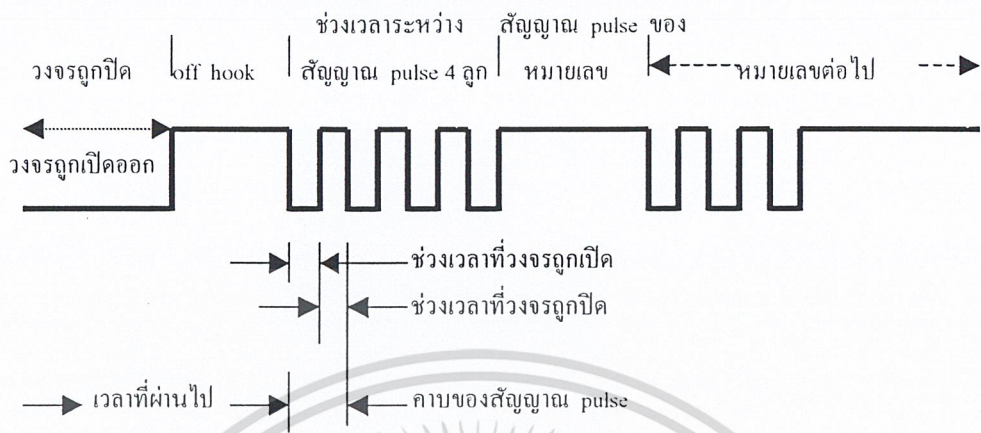
การส่งหมายเลขโทรศัพท์สามารถกระทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ ที่แสดงถึงหมายเลขต่างๆ กัน และอีกวิธีหนึ่ง เป็นการส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่างๆ กัน โดยค่าตัวเลขจะถูกแทนค่าด้วยความถี่ 2 ค่าที่มอดูเลตกัน

2.2 ระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข (Rotating – type)

ในรูปที่ 2.2 (ก) จะเป็นวงจรที่ใช้การส่งหมายเลขโทรศัพท์ในแบบหมุน จะเห็นว่าสวิตช์ S3 จะเปิดวงจรออก เมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ ก็จะไม่มีการไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้ จึงเสมือนกับการเป็นการขัดจังหวะ (interruption) การไหลของกระแสสำหรับจำนวนครั้งที่สวิตช์ S3 ถูกเปิดออกจะขึ้นกับระยะห่างของแป้นหมุน (Dialer) ที่ถูกหมุนไปกับตำแหน่งปกติในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลขใดๆ เป็นต้นว่า ถ้าหมุนหมายเลข 4 สวิตช์ S3 ก็จะถูกทำให้เปิดออก 4 ครั้ง หรือว่าหมุนหมายเลข 7 สวิตช์ S3 ก็จะถูกเปิดออก 7 ครั้ง ซึ่งสวิตช์ S3 จะถูกเปิดวงจรในช่วงที่ปล่อยให้แป้นหมุนกลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการหมุนหมายเลขอยู่



รูปที่ 2.2 (ก) แสดงวงจรหมุนหมายเลขแบบพัลส์อย่างง่าย



รูป 2.2 (ข) แสดงไคอะแกรมของคาบเวลาที่เกิดจากการหมุนหมายเลข “ 4 “

รูปที่ 2.2 (ข) จะแสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์จากรูปนี้ จะเห็นว่าในตอนแรกโทรศัพท์ที่อยู่ในสภาวะออนฮุก (ON-HOOK) คือ หูโทรศัพท์จะถูกวางอยู่บนที่วางหูโทรศัพท์ตามปกติ ไม่มีกระแสจากชุมสายไหลเข้าสู่เครื่องรับโทรศัพท์เพราะขณะนี้วงจรถูกเปิดออกโดยสวิตช์ แต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นโทรศัพท์จะอยู่ในสภาวะออฟฮุก (OFF-HOOK) สวิตช์จะถูกปิดวงจรลงทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้ และเมื่อมีการหมุนหมายเลขใดในรูปจะเป็นการหมุนหมายเลข “ 4 “ ก็จะทำให้วงจรถูกเปิดออกด้วยสวิตช์ S3 เป็นจำนวน 4 ครั้ง ก็จะได้สัญญาณดังรูปข้างบน

ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณด้วยจำนวนพัลส์นี้ จะถูกกำหนดให้สามารถส่งสัญญาณในอัตรา 10 พัลส์ต่อวินาที หรือ 10 pps (pules per second) และเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันในการพิจารณาสัญญาณที่เกิดขึ้นจึงควรที่จะทราบความหมายของคำต่อไปนี้

- คาบของสัญญาณพัลส์ (pulse period) = ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิด (break duration) + ช่วงเวลาที่วงจรถูกปิด (make duration) ซึ่งคาบเวลาของสัญญาณพัลส์จะถูกออกแบบให้มีค่าอย่างต่ำเท่ากับ 100 มิลลิวินาที
- อัตราการส่งสัญญาณพัลส์ (pulse rate) = จำนวนพัลส์ที่ถูกส่งออกไปใน 1 วินาที = 100 / คาบเวลาของสัญญาณพัลส์ (เป็นมิลลิวินาที)
- เปอร์เซ็นต์ของการเปิดวงจร (percent break) = 100 x ช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณ (interdiigic interval) ถูกกำหนดให้มีค่าอย่างต่ำ 700 มิลลิวินาที

สำหรับในสหรัฐอเมริกาจะกำหนดค่ามาตรฐานของสัญญาณไว้แน่นอน เช่น ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดจะต้องไม่ต่ำกว่า 60 มิลลิวินาที หรืออัตราการเปิดวงจรเท่ากับ 60 % สำหรับประเทศอื่นๆ มักจะใช้ที่อัตรา 67 % เป็นส่วนใหญ่

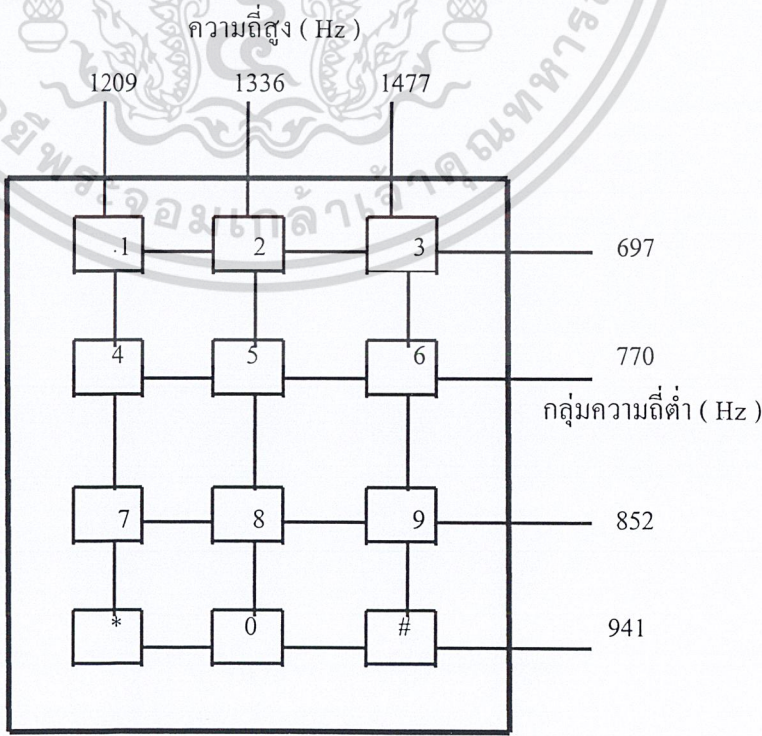
2.3 ความเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์แฝง

ตามปกติในสายส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์ที่จะมีความต้านทานตัวเก็บประจุ และขดลวดเหนี่ยวนำแฝงอยู่ โดยเฉลี่ยอยู่แล้วทุกๆ ระยะทาง 1 ไมล์ ที่เพิ่มขึ้นของสายส่ง จะเสมือนว่ามีตัวเก็บประจุต่อคร่อมอยู่ระหว่างสายส่งประมาณ 0.07 μF และมีตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกันอยู่ โดยจะมีค่าประมาณ 42 โอห์ม และ 1 mH ตามลำดับ ซึ่งอุปกรณ์แฝงพวกนี้จะมีผลให้สัญญาณ พัลส์ (pulses) ที่ถูกส่งไปตามสายส่งเกิดความผิดเพี้ยนทั้งขนาด (amplitude) และคาบเวลา (period) ดังนั้นชุมสายจึงจำเป็นต้องมีวงจรที่สามารถรับรู้สัญญาณที่ผิดเพี้ยนเหล่านี้ไว้และไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการติดต่อ

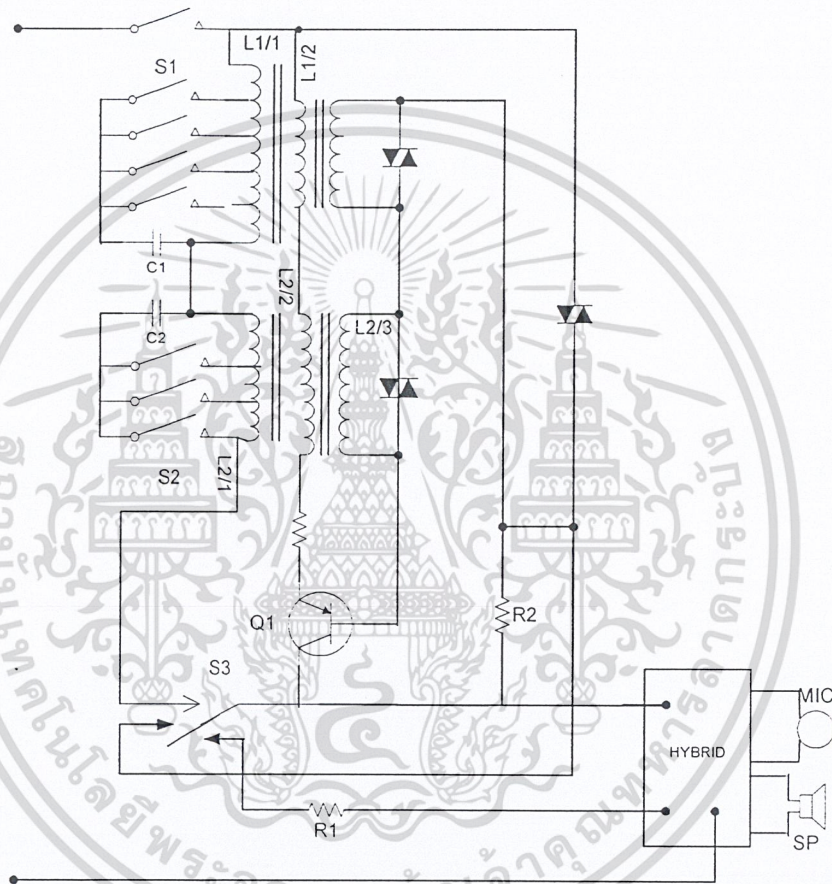
2.4 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (Dual Tone Multi Frequency Type)

เป็นระบบการส่งสัญญาณอีกแบบหนึ่ง ซึ่งจะพบได้มากกว่าระบบส่งแบบ pulse ระบบนี้หรือเรียกชื่อย่อว่า DTMF มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดูเลตกันไปเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ความถี่ที่ถูกส่งออกไปจะอยู่ในย่านความถี่เสียงพูด (0 – 4 กิโลเฮิร์ตซ์) ซึ่งค่าความถี่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่จะเป็นความถี่ที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.3 ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ 770 เฮิร์ตซ์ และ 1336 เฮิร์ตซ์ มอดูเลตกัน

สำหรับวงจรออสซิลเลเตอร์ที่สร้างความถี่เหล่านี้ขึ้นมาคือ วงจรในรูปที่ 2.4 ซึ่งเป็นวงจรที่ยังคงใช้อุปกรณ์ต่างๆ มาต่อร่วมกันเป็นวงจรอยู่ ซึ่งปัจจุบันจะมีการใช้อุปกรณ์ที่ถูกผลิตในรูปแบบไอซีสำเร็จรูปมาใช้งานมากกว่า



ความถี่ที่ใช้ในแต่ละแถว และ คอลัมน์ นั้น จะมีความถี่ต่างกัน ความถี่ทั้ง 4 แถว เรียกว่า เป็นกลุ่มความถี่ต่ำ และความถี่ทั้ง 4 คอลัมน์ เรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่สูง การที่กดปุ่มหมายเลขใดๆ จะทำให้วงจรภายในผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่



รูปที่ 2.4 วงจรพื้นฐานที่ใช้อุปกรณ์แบบแยกชิ้นของโทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF

การทำงานของวงจรจะเริ่มจากสวิตช์ S1 (สวิตช์ในแนวนอน) S2 (สวิตช์ในแนวตั้ง) และ S3 จะถูกเปิดวงจรอยู่ เมื่อมีการกดปุ่มโทรศัพท์ขึ้นกระแสดิจิตอลจะผ่าน S4 , L1/1 และ L2/1 ทรานซิสเตอร์ Q1 จะไม่นำกระแส เมื่อมีการกดหมายเลขสวิตช์ S1, S2 จะถูกปิดลงตามตำแหน่งของหมายเลขที่ถูกกด C1, C2 จะถูกต่อเข้ากับ L1/1 และ L2/1 ตามลำดับเกิดเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ขึ้น โดย L1/1 และ C1 และขณะที่ S3 จะถูกปิดลงเช่นกัน ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ทั้งสองเข้าด้วยกันและส่งไปยังขั้วสาย ในขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่นั้นส่วนเอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าของหูฟังและไมโครโฟนก็จะถูกต่อขนานกันจึงทำให้ได้ขึ้นสัญญาณที่เกิดขึ้นจากวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วยไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

สำหรับชุมสายก็จะมีวงจรตรวจจับเอาสัญญาณไปประมวลผลต่อไป และยังคงมีวงจรกรองความถี่ป้องกันไม่ให้มีความถี่แปลกปลอมอื่นๆ เข้าไปในชุมสายโทรศัพท์

2.5 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบ DTMF กับ Pulse

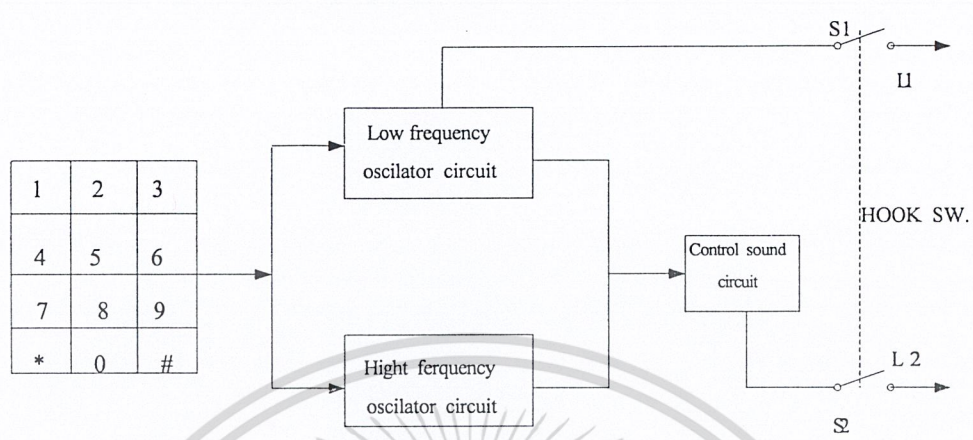
คราวนี้มาลองเปรียบเทียบระหว่างระบบโทรศัพท์ทั้ง 2 ระบบ ว่าแบบใดจะมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน ในตอนต้นทราบแล้วว่าในการส่งสัญญาณแบบพัลส์ 1 ลูก ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 100 msec. (60 msec. สำหรับช่วงการเปิดวงจรและ 40 msec. สำหรับช่วงการปิดวงจร) และยังคงมีช่วงเวลาที่แยกสัญญาณแต่ละกลุ่มออกอีกอย่างน้อย 700 msec. ยิ่งถ้าหมายเลขที่ต้องการติดต่อดำเนินการมากและยาวมากขึ้นเท่าใดย่อมต้องทำให้เสียเวลาในการส่งสัญญาณมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น หมายเลข 555 – 5555 จะต้องใช้เวลาในการส่งสัญญาณพัลส์ = 5 (msec.) x 7 (หมายเลข) = 3.5 วินาที และระยะเวลาของช่วงเวลาระหว่างกลุ่มสัญญาณ = 700 (msec.) x 6 = 4.2 วินาที จะใช้เวลาในการส่งทั้งหมด = 3.5 + 4.2 = 7.7 วินาที แต่ถ้าเป็นโทรศัพท์ที่ใช้การส่งระบบ DTMF จะใช้เวลาเท่ากับ $7 \times 100 \text{ (msec.)} = 0.7$ วินาที เท่านั้นเอง ดังนั้นจะเห็นได้ชัดเจนประการหนึ่งแล้วว่าระบบ DTMF จะสามารถประหยัดเวลาในการส่งหมายเลขไปยังชุมสายโทรศัพท์ได้มากกว่าระบบที่ใช้การส่งสัญญาณพัลส์ เป็นผลให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถใช้อุปกรณ์ประเภทหน่วยความจำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย

ข้อดีสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF

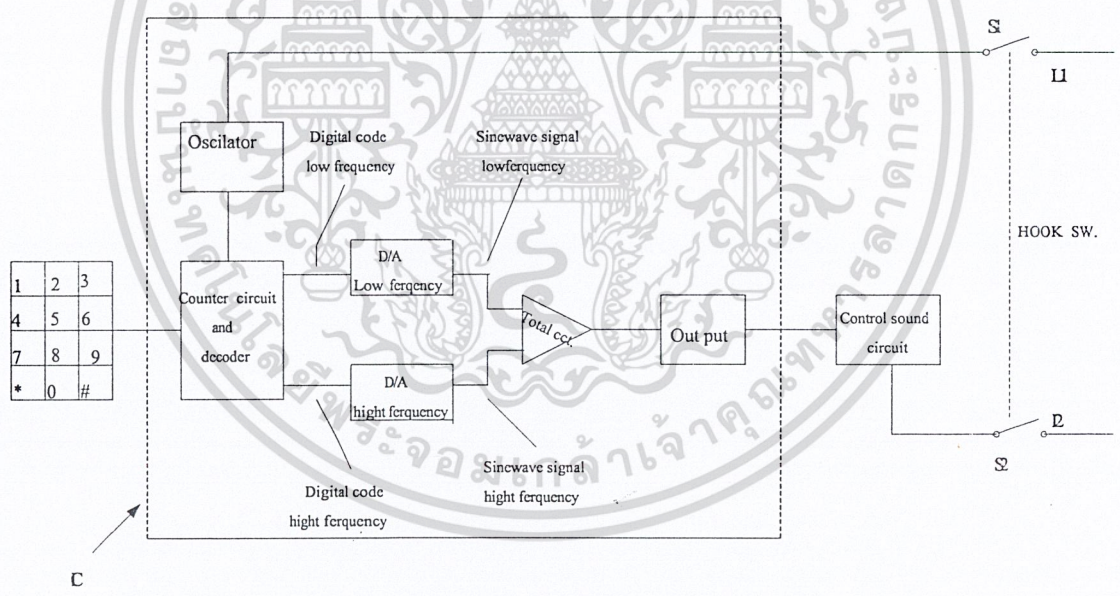
- ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
- สามารถใช้อุปกรณ์โซลิตสเทลได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความประหยัด และสะดวก
- ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ภายในชุมสายโทรศัพท์
- สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายโทรศัพท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 การส่งเลขโดยการใช้ไอซีสำเร็จรูป

ในรูปที่ 2.5 (ก) เป็นบล็อกไดอะแกรมของการส่งสัญญาณแบบ DTMF ซึ่งในระบบนี้ยังคงต้องใช้อุปกรณ์จำพวกพาสซีฟ (passive element) ในการนำมาสร้างเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งแน่นอนว่าปัญหาที่พบสำหรับวงจรที่อุปกรณ์เหล่านี้จะมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปและอายุการใช้งาน ผลที่ตามมาคือความถี่ที่ผลิตออกมาจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งเหตุผลท้ายนี้ก็ทำให้ชุมสายเกิดการทำงานผิดพลาดในการติดต่อกับผู้ถูกเรียก ดังนั้นในการสร้างไอซีสำเร็จรูปขึ้นมาใช้งานแทนอุปกรณ์พาสซีฟย่อมที่จะแก้ปัญหาลำโพงนี้ได้ในระดับหนึ่ง ในรูปที่ 2.5 (ข)



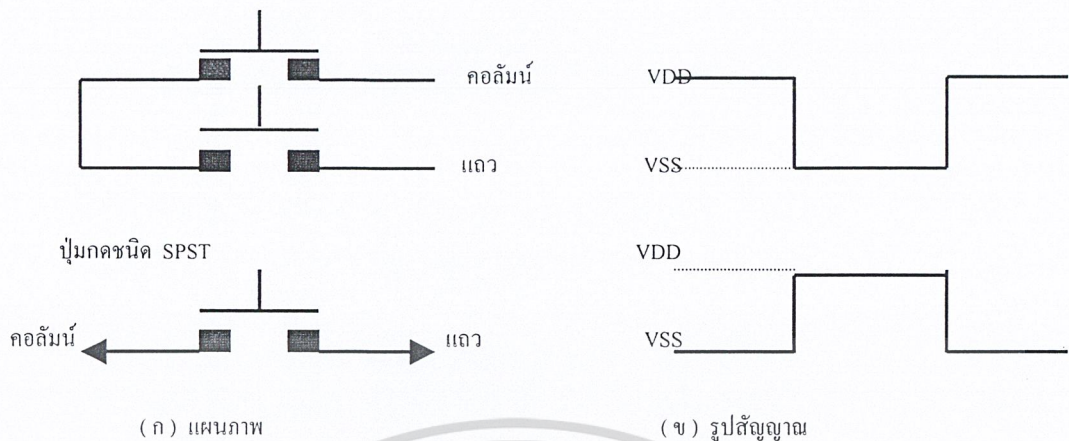
(ก) วงจรแบบแรกๆ



(ข) วงจรที่ถูกพัฒนาในรูปของ IC สำเร็จรูป

รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF

ปุ่มกดชนิด DPST



(ก) แผนภาพ

(ข) รูปสัญญาณ

รูปที่ 2.6 แสดงชนิดของปุ่มกดและรูปสัญญาณ

บัสไดโอดแอมป์ของไอซีที่นำมาใช้สร้างสัญญาณในระบบ DTMF ซึ่งในวงจรภายในจะประกอบด้วย วงจรนับและถอดรหัส (counter and decode) ซึ่งในวงจรถอดรหัสก็จะแยกแยะว่าการกดหมายเลขแต่ละครั้งจะตรงกับตำแหน่งใดบ้างในแนวแถวและคอลัมน์ เมื่อทำการถอดรหัสจากการกดได้แล้วก็นำค่าในแนวนอนและค่าในคอลัมน์ไปหารจากค่าความถี่หลักสัญญาณที่ออกมาจากวงจรนับและถอดรหัสก็จะได้สัญญาณดิจิทัล 2 สัญญาณที่มีความถี่แตกต่างกัน จากนั้นก็นำทั้ง 2 สัญญาณ ไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณจากดิจิทัลไปเป็นอนาล็อก (D/A converter) และนำมารวมกันโดยการนำไปผ่านวงจรรวมและขยายสัญญาณ (summing amp) แล้วจึงถูกส่งผ่านไปยังวงจรควบคุมเสียงพูด (speech network) ผ่านต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์

ไอซีอาจจะถูกออกแบบมาให้ใช้ร่วมกันกับเป็นปุ่มหมายเลข (key pad) ชนิด DPST (dual – pole single throw) ซึ่งจะมีหน้าที่สัมผัส 2 หน้า หรืออาจจะเป็นชนิด SPST (single – pole single throw) ก็ได้ ในรูปที่ 2.6 เป็นแผนภาพและรูปของสัญญาณ เมื่อมีการกดปุ่มหมายเลขใดๆ จะสังเกตว่าในการ decode ของแนวแถวจะแยกที่ที่ลอจิก “ 0 “ แต่ในคอลัมน์จะแยกที่ที่ลอจิก “ 1 “

2.7 วงจรสร้างสัญญาณเรียก (electronic ringer)

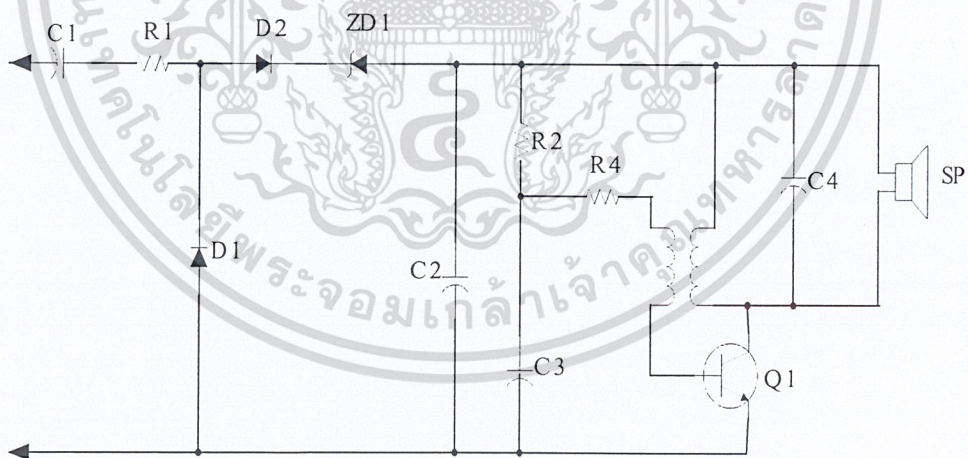
ในระบบโทรศัพท์รุ่นแรกๆ จะนำเอาอุปกรณ์ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic) มาเป็นทรานสดิวเซอร์ (transducer) ในการเปลี่ยนรูปพลังงานเสียง แต่ปัจจุบันจะมีการนำอิเล็กทรอนิกส์ทรานสดิวเซอร์ (electronic transducer) มาใช้แทนซึ่งมีข้อได้เปรียบกว่าทรานสดิวเซอร์แบบแม่เหล็กหลายประการ เช่น ขนาด, น้ำหนักน้อยกว่า มีราคาถูกกว่า และมีความน่าเชื่อถือเชื่อถือในการทำงานสูงกว่าด้วย จึงมีความนิยมในการใช้งานมากกว่า อิเล็กทรอนิกส์ทรานสดิวเซอร์จะสามารถนำไปแปลง เป็นสัญญาณที่มีความถี่เดียว (single tone) หรืออาจจะสร้างได้หลายความถี่ (muti – tone) ก็ได้ ซึ่งก็ตรงกับความต้องการในการออกแบบวงจรสร้างสัญญาณเรียกซึ่งก็แบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ วงจรสร้างสัญญาณไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลเปลี่ยนเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกแบบความถี่เดียว (single – tone ringer) และวงจรที่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้หลายความถี่ (muti tone ringer)

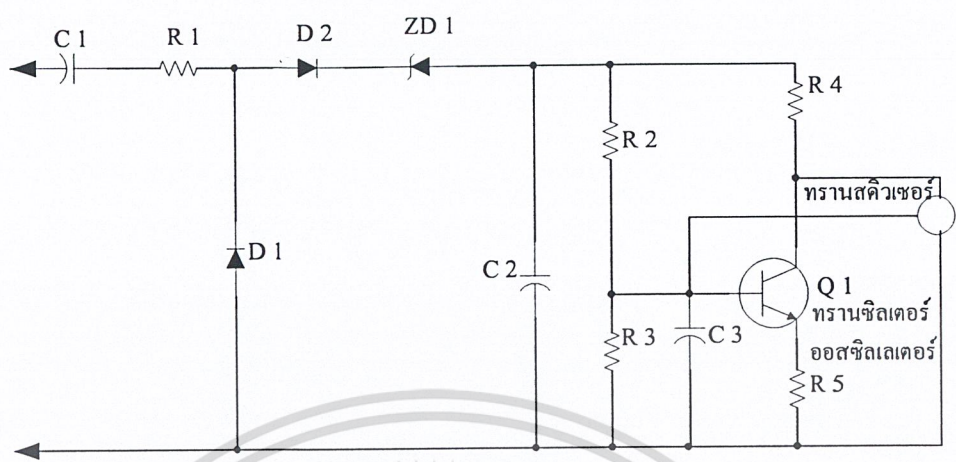
2.8 วงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบความถี่เดียว

วงจรที่มีคุณสมบัติอย่างนี้จะใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ สร้างสัญญาณที่มีความถี่ที่ขึ้นมากำหนด และจะถูกนำไปใช้ขับทรานสดิวเซอร์ แต่ทรานสดิวเซอร์จะถูกควบคุมให้ขับหรือไม่ขับสัญญาณก็ขึ้นกับสัญญาณเรียก (ringer signal) ซึ่งเป็นสัญญาณ AC ที่มาจากชุมสายอีกทีหนึ่ง โดยในไซเกิลบวคของสัญญาณ AC วงจรจะถูกออกแบบให้ทรานสดิวเซอร์สามารถจะขับสัญญาณออกไปได้ แต่ในไซเกิลลบจะไม่มีการขับสัญญาณใดๆ ทั้งสิ้น ในรูปที่ 2.9 เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณเรียกแบบความถี่เดียว ในรูปที่ 2.9 (ก) ยังใช้ทรานสดิวเซอร์แบบแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนรูป (ข) เป็นเพียโซทรานสดิวเซอร์ (piezoelectric transducer) หลักการทำงานของวงจรในรูปที่ 2.9 คือ ในไซเกิลบวคของสัญญาณ AC จากชุมสายโทรศัพท์จะทำให้ D2 แยกทีฟทำให้มีแรงดันไฟตรงจ่ายให้ Q1 ก็จะสามารถทำให้วงจรออสซิลเลเตอร์สร้างสัญญาณเพื่อนำไปขับทรานสดิวเซอร์ต่อไป แต่ในไซเกิลลบ D1 จะแยกทีฟ D2 จะบล็อกสัญญาณไม่ให้ผ่านไปยังวงจรออสซิลเลเตอร์ได้ จึงไม่มีสัญญาณที่ออสซิลเลเตอร์ออกมาขับทรานสดิวเซอร์

สำหรับ C2 ทำหน้าที่กรองสัญญาณที่ผ่าน D2 มาให้เรียบและป้องกันสัญญาณทรานสดิวเซอร์ที่จะเข้าไปยังวงจรส่วนหลังได้ ซีเนอร์ไดโอด ZD1 จะเป็นตัวกำหนดระดับสัญญาณ (threshold voltage) ที่สามารถผ่านไปยังวงจรออสซิลเลเตอร์ได้



(ก) ทรานสดิวเซอร์ที่อาศัยแม่เหล็กไฟฟ้า

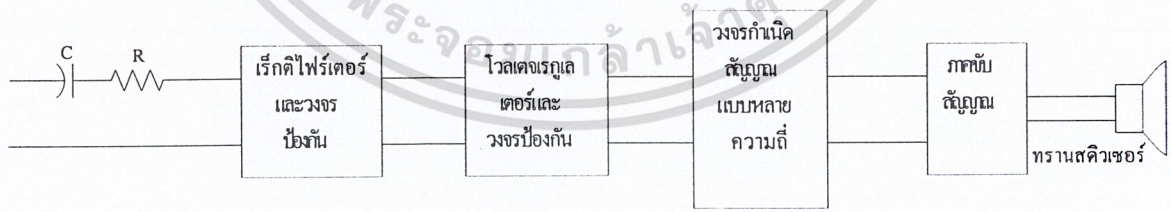


(ข) เปียโซทรานสดิวเซอร์

รูปที่ 2.9 วงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบความถี่เดียว

2.9 สัญญาณเรียกแบบหลายความถี่

การผลิตความถี่ของวงจรแบบนี้สามารถให้ความถี่ออกมามากกว่า 2 ความถี่ โดยที่อัตราการเปลี่ยนจากความถี่หนึ่งไปอีกความถี่หนึ่ง จะเท่ากับความถี่ของสัญญาณ AC ช่วงที่มีสัญญาณเรียก ในรูปที่ 2.11 เป็นบล็อกไดอะแกรมของระบบสร้างสัญญาณเรียกแบบหลายความถี่ ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อมีสัญญาณ AC เข้ามา ก็จะมีการเรกตีไฟร์เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณไฟตรงนำไปจ่ายให้กับวงจร



รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมของวงจรสร้างสัญญาณเรียกแบบหลายความถี่

2.10 สัญญาณพื้นฐาน

สัญญาณ คือ ข่าวดสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือข่าวดสารที่ติดต่อกันในระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่วๆ ไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์

1. การเตรียมพร้อม (Alerting)
 2. การส่งที่อยู่ข่าวดสาร (Transmitting address information)
 3. การตรวจตรา (Supervising)
 4. การส่งสัญญาณข่าวดสาร (Transmitting information signaling)
- สัญญาณระหว่างผู้เข้ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)

1. สัญญาณที่ส่งจากผู้เข้ากับชุมสาย

- 1.1 Off Hook คือ สภาพผู้เข้ายกหูโทรศัพท์ สายจะมีสภาพ Close Loop (Low Impedance)
- 1.2 On Hook คือ สภาพผู้เข้าวางหู สายจะมีสภาพ Open Loop (High Impedance)
- 1.3 Dilling คือ สภาพที่ผู้เข้าหมุนเลขหมายเข้าเครื่องเป็น Rotary dial สัญญาณจะเป็น Pulsing ค่า impedance จะสูงต่ำสลับกันไปตามที่หมุนหมายเลข ถ้าเครื่องเป็นแบบกดปุ่ม สัญญาณออก จะเป็น ความถี่ DTMF ไปยังชุมสาย

2 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

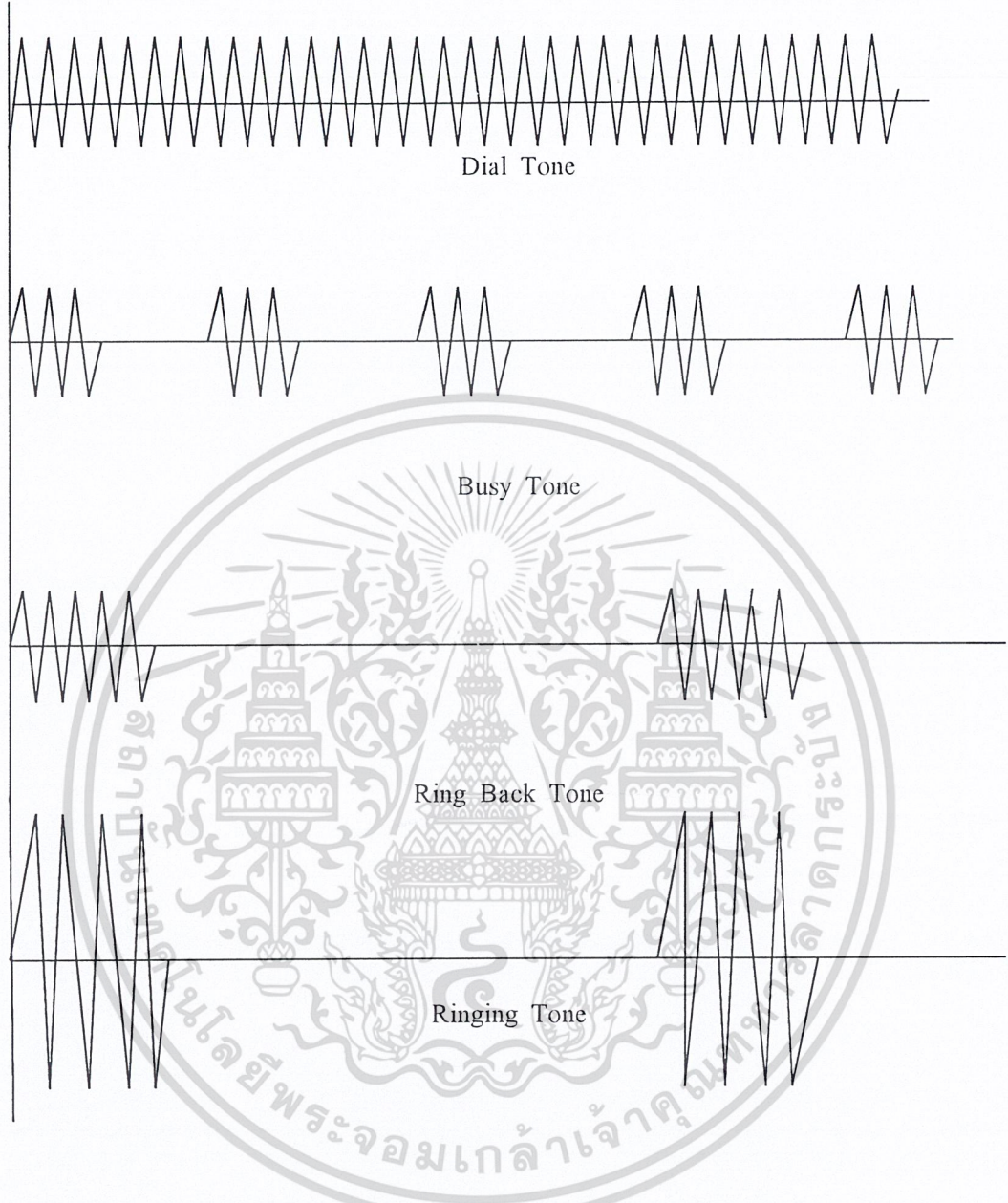
2.1 สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า ขณะนี้ชุมสายโทรศัพท์พร้อมที่จะรับเลขหมายจากผู้เรียกแล้ว ให้ผู้เรียกส่งเลขหมายได้ สัญญาณมีความถี่ 400 – 425 Hz แบบต่อเนื่อง modulate ด้วยความถี่ 50 Hz ผู้เข้าจะได้ยินเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์

2.2 สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone) เป็นสัญญาณเรียก ซึ่งส่งไปให้เครื่องของผู้ถูกเรียกจะได้ยินเป็นเสียงกระดิ่งหรือโตนต่างๆ ตามชนิดของเครื่องรับโทรศัพท์ที่มีความถี่ 25 Hz ค่าแรงดัน 70 – 100 Vp-p โดยส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที เป็นสัญญาณที่ส่งไปให้ผู้ถูกเรียกทราบ

2.3 Ring Back Tone เป็นสัญญาณที่ผู้ถูกเรียกได้ยินหลังจากหมุนเสร็จแล้ว ที่ชุมสายโทรศัพท์ แจ้งให้ทราบว่า การต่อได้สำเร็จแล้วเป็นสัญญาณ 425 Hz โดยส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

2.4. Busy Tone เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง ถ้ายกหูแล้วได้ยินสัญญาณนี้แสดงว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง และถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนหมายเลขไปแล้วแสดงว่า ผู้เข้าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่างเป็นสัญญาณความถี่ 425 Hz ดัง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที สลับกัน

2.5 สัญญาณโตนอื่นๆ เช่น Nu Tone เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนยังไม่มีการใช้งาน



รูปที่ 2.12 แสดงสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อ

3. สัญญาณที่ติดต่อระหว่างชุมสาย (Inter Exchange Signaling)

3.1 Seizure เป็นสัญญาณ ให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะเรียกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ ที่รับเรียกเลขหมายของผู้เรียกที่จะส่งมา

3.2 Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมาย หรือประเภทของผู้เข้า

3.3 Answer Signal สัญญาณนี้ใช้เมื่อผู้ถูกเรียก ยกหูรับ หน้าหลักของสัญญาณนี้คือ

3.3.1 เริ่มต้นคิดเงิน

3.3.2 ส่งสัญญาณคิดเงิน

3.3.3 คัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

3.4 Clear - Forward จะถูกส่งเมื่อผู้เรียก วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

3.5 Clear - Back จะถูกส่งเมื่อผู้เรียก วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้นจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90 - 120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อ พร้อมกับส่งสัญญาณ Clear - Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

2.11 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

แสดงระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ ดังรูปที่ 2.3 อธิบายได้ดังนี้

เครื่องส่ง

- ขณะที่ไม่มีกรรณโทรศัพท จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพทเป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลท์
- เมื่อผู้เรียกยกกรรณโทรศัพท ศักดาจะลดลงเหลือประมาณ 8 โวลท์ พร้อมทั้งมีสัญญาณ Dial tone เมื่อกรรณหัดสัญญาณความถี่ หมายเลขโทรศัพทแล้วสัญญาณ Dial tone จะหายไป
- กรรณหัดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท รหัสนสัญญาณโทรศัพทจะเป็นสัญญาณ DTMF
- ขณะที่รอการรับสายจากผู้เรียก จะมีสัญญาณตอบรับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ คือ Busy Tone และ Ring Back Tone
- เมื่อผู้ถูกเรียกรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ระดับสัญญาณกระแสตรง 8 โวลท์ และมีการกระเพื่อมตาม

ลักษณะความถี่เสียง และความดังของเสียงพูด

- เมื่อผู้เรียก วางกรรณโทรศัพท ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท จะกลับไป 48 โวลท์ ดังเดิม

เครื่องรับ

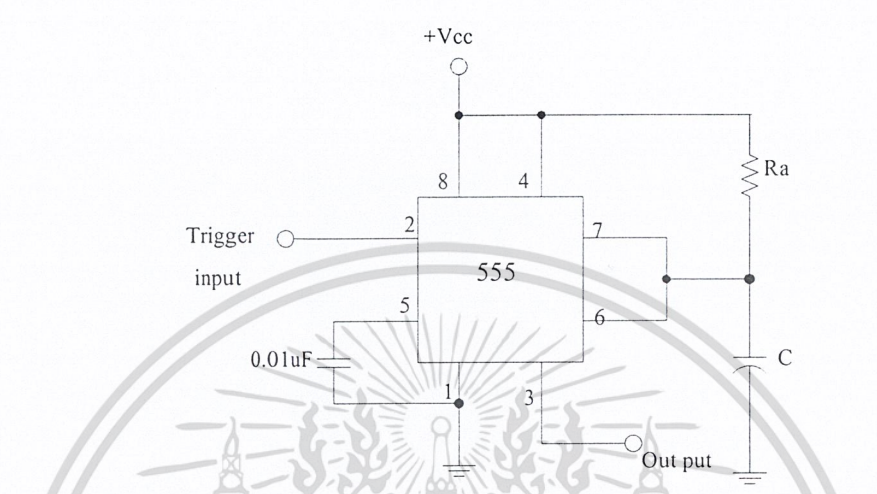
- ขณะที่ไม่มีกรรณโทรศัพท จะมีศักดาคร่อมสายโทรศัพทเป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลท์
- เมื่อมีผู้เรียก เรียกเข้ามา จะมีสัญญาณ Ringing Tone เข้ามา ซึ่งจะตรงกับสัญญาณ Ring Back Tone ของผู้เรียก
- เมื่อผู้ถูกเรียกยกกรรณโทรศัพท ขนาดของศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท จะเหลือประมาณ 8 โวลท์ และ

จะมีการกระเพื่อม ตามลักษณะความถี่เสียง และความดังของเสียงพูด

- เมื่อผู้ถูกเรียกวางกรรณโทรศัพท ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท จะกลับไป 48 โวลท์ ดังเดิม

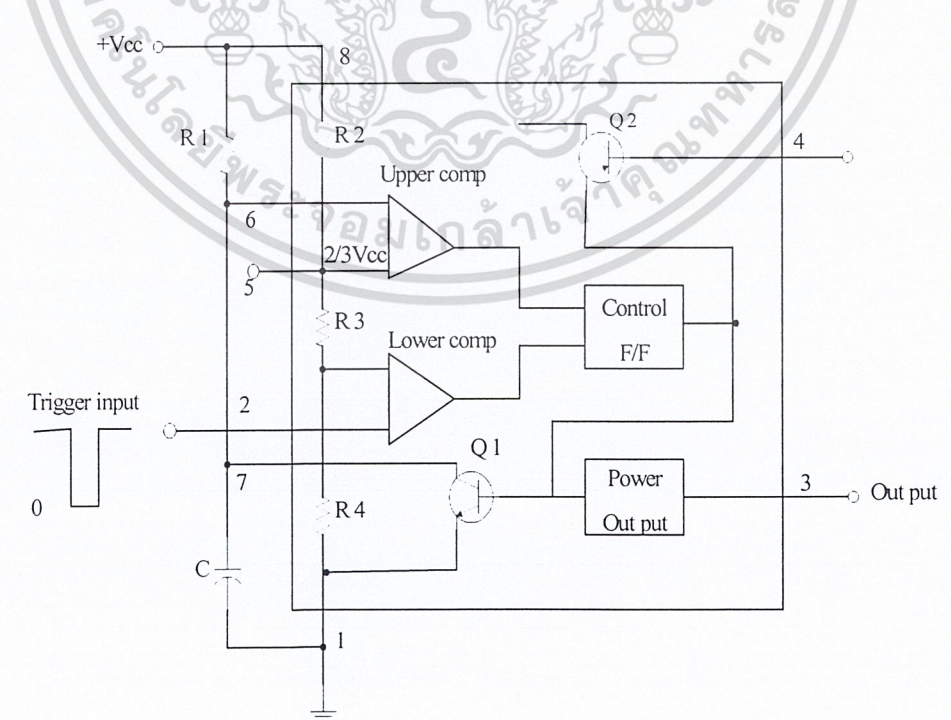
2.12 วงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Monostale Multivibrator Circuit)

หลักการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ หรือ วงจรวันช็อคต์ มัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งประกอบขึ้นจากไทม์เมอร์ไอซีเบอร์ 555 ดังแสดงในรูป 2.13



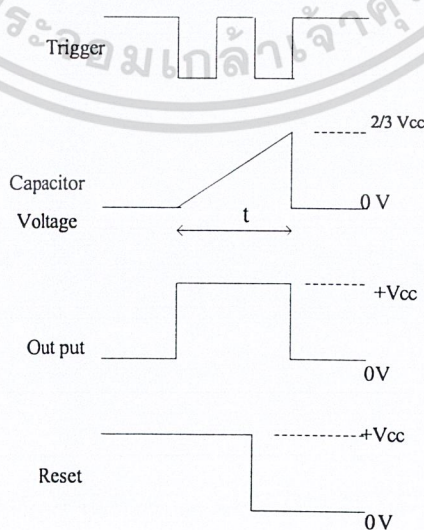
รูปที่ 2.13 แสดงวงจรโมโนสเตเบิลแบบง่ายของไอซีเบอร์ 555

หลักการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ของวงจรรูปที่ 2.13 อาจจะพิจารณาได้ง่าย ๆ โดยใช้รูปที่ 2.14 (ก)



แผนผังภายในไอซี และอยู่ในสภาวะพร้อมที่จะทำงานส่วนของ Control Flip-Flop จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 อยู่ในสภาวะ ON ดังนั้นตัวเก็บประจุ C ที่ต่ออยู่ภายนอกจะถูกชาร์จจนเต็มด้วยทรานซิสเตอร์ Q1 นี้ และที่ขา 3 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของวงจรจะมีศักย์เท่ากับจุดกราวด์ ซึ่งเป็นระดับศักย์ต่ำ ตัวความต้านทาน 3 ตัวภายในไอซีซึ่งมีค่า 5 กิโลโอมห์ จะทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแรงดันโดยแบ่งแรงดัน V_{cc} ออกเป็น $2/3 V_{cc}$ และ $1/3 V_{cc}$ ตามลำดับ แรงดันทั้งสองนี้จะมีส่วนในการกำหนดช่วงเวลาของ พัลส์ที่เอาต์พุต ดังนั้นที่ขั้วบวกด้านอินพุตของ Lower comparator จะได้รับแรงดันเท่ากับ $1/3 V_{cc}$ เมื่อที่ขา 2 ของไอซีซึ่งเป็นขั้วลบด้านอินพุตของ Lower comparator นี้ได้รับสัญญาณทริกเกอร์ ซึ่งเป็นพัลส์แบบลบ เข้ามาและมีขนาดสูงกว่าค่า $1/3 V_{cc}$ แล้ว Lower comparator จะทำให้ส่วน Control Flip-Flop มีสถานะที่เอาต์พุตเปลี่ยนไปเป็นตรงข้าม ดังนั้นจึงมีผลให้ทรานซิสเตอร์ Q1 เปลี่ยนเป็นสภาวะคัทออฟ (cut off) ตัวเก็บประจุ C ซึ่งบางที่เรียกว่า Timing capacitor จึงถูกเปิดวงจรออก ที่ขา 3 ซึ่งเป็นเอาต์พุตของวงจรจึงมีศักย์ระดับสูงและอาจประมาณว่าเท่ากับค่า V_{cc} ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ Q1 อยู่ในสภาวะคัทออฟ ตัวเก็บประจุ C เริ่มสะสมประจุ ทำให้มีแรงดันตกคร่อมเพิ่มขึ้นอย่างเอ็กโปเนนเชียล และมุ่งไปสู่ค่า V_{cc} โดยใช้เวลาเท่ากับค่าเวลาคงที่ของ $R_a \cdot C$ และในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C นี้มีค่าเท่ากับ $2/3 V_{cc}$ จะทำให้ส่วนของวงจรพลิกฟลอปเปลี่ยนสถานะ ผลที่ตามมาคือทรานซิสเตอร์ Q1 จะกลับสู่สภาวะ ON อีกครั้งหนึ่ง ตัวเก็บประจุ C ก็จะคายประจุออกโดยผ่าน Q1 ทำให้แรงดันตกคร่อมลดลงอย่างรวดเร็วสู่ค่าแรงดันที่จุดกราวด์ และดังนั้นที่ขา 3 ซึ่งเป็นแรงดันเอาต์พุตของวงจรก็จะมีศักย์ระดับต่ำอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งประมาณได้ว่ามีค่าเท่ากับศักย์ที่จุดกราวด์

การทำงานของวงจรดังกล่าวนี้อาจทำให้ได้พัลส์รูปสี่เหลี่ยม (Rectangular wave form) ออกมาที่เอาต์พุตของไอซีในแต่ละครั้งที่มีการทริกเกอร์ด้วยสัญญาณพัลส์จากภายนอก และสัญญาณทริกเกอร์แต่ละสัญญาณต้องมีช่วงเวลาห่างกันไม่น้อยกว่า ขนาดความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุต การเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ขณะเวลาเปลี่ยนไป เขียนแสดงและเปรียบเทียบได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (ข)



2.14 (ข) แสดงการเปรียบเทียบแรงดันที่จุดต่าง ๆ ในวงจร

สมการการเก็บประจุของตัว C เขียนได้ดังนี้คือ

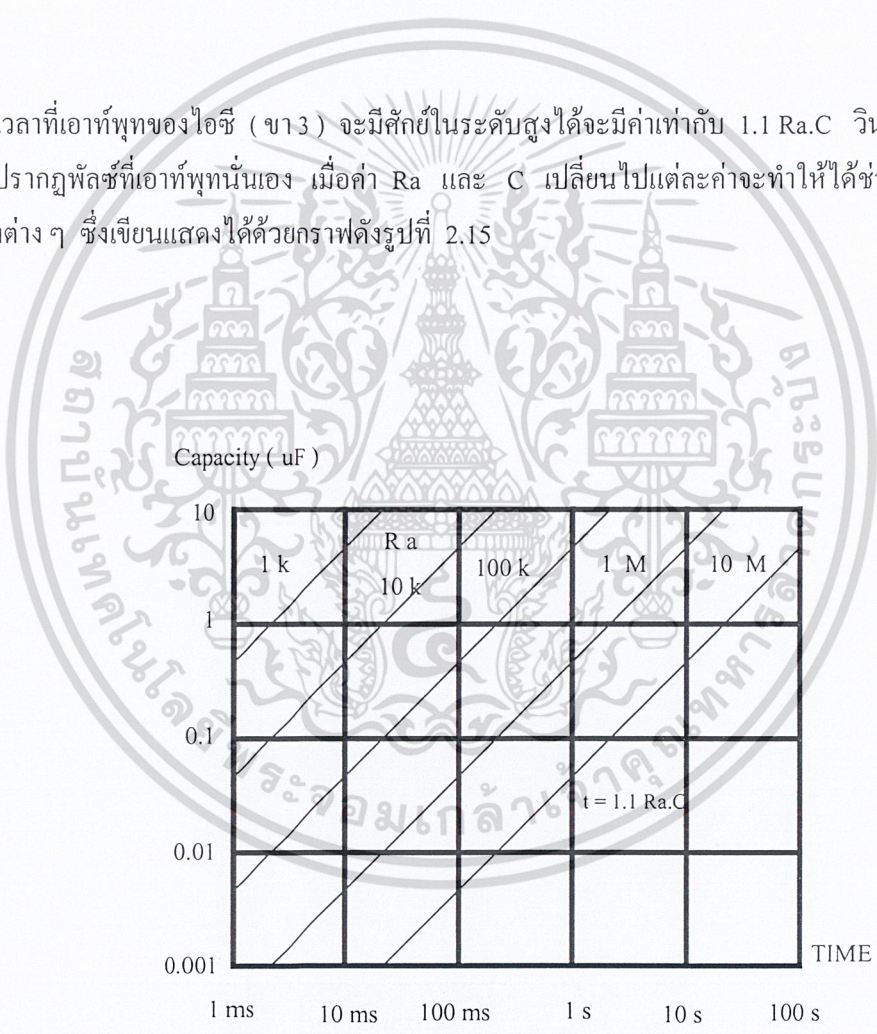
$$V_c = V_{cc} \left(1 - \exp(-t/R_a.c) \right)$$

ช่วงเวลาที่ใช้สำหรับการเก็บประจุของตัว C เพื่อให้มีแรงดันตกคร่อมเป็น 2/3 Vcc สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$t = 1.1 R_a.C$

วินาที

นั่นคือช่วงเวลาที่เอาท์พุทของไอซี (ขา3) จะมีศักย์ในระดับสูงได้จะมีค่าเท่ากับ 1.1 Ra.C วินาที หรือก็คือช่วงเวลาที่ปรากฏพัลส์ที่เอาท์พุทนั่นเอง เมื่อค่า Ra และ C เปลี่ยนไปแต่ละค่าจะทำให้ได้ช่วงเวลา t (time delay) ค่าต่าง ๆ ซึ่งเขียนแสดงได้ด้วยกราฟดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 กราฟแสดงช่วงเวลา Time delay ค่าต่าง ๆ ของวงจรซึ่งขึ้นอยู่กับค่า Ra และ C

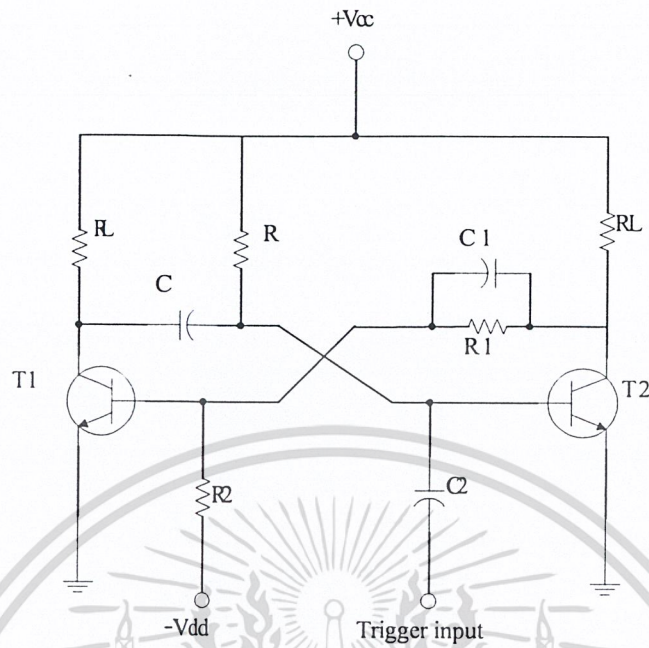
ในกรณีที่สัญญาณทริกเกอร์พัลส์แบบลบถูกป้อนเข้าที่ขา 2 (trigger input) และขา 4 (reset terminal) ในเวลาพร้อมกันขณะที่วงจรกำลังทำงาน จะทำให้ตัวเก็บประจุ C ซึ่งเป็น timing capacitor คายประจุอย่างรวดเร็วแรงดันคกครองจะลดลงอย่างทันทีทันใด วงจรจะคืนสู่สภาวะซึ่งพร้อมที่จะทำงานใหม่อีกครั้ง ดังนั้นขา 4 ซึ่งเป็น Reset terminal จึงทำหน้าที่คล้ายกับตัวยับยั้งการทำงานของวงจร เมื่อขา 4 นี้มีแรงดันสูงกว่า 1 โวลต์ วงจรจะทำงานได้อย่างอิสระ แต่เมื่อใดก็ตามที่ขา 4 มีแรงดันต่ำกว่า 0.4 โวลต์ วงจรถูกควบคุม และมีผลให้เอาต์พุตมีศักย์ต่ำในทันที ภายหลังจากสัญญาณทริกเกอร์แรกถูกป้อนเข้ามาที่ขา 4 ที่เอาต์พุตของวงจรก็จะมีศักย์ระดับต่ำอยู่ต่อไปจนกว่าสัญญาณทริกเกอร์ใหม่จะถูกป้อนเข้ามาอีก

ในงานที่ไม่จำเป็นต้องใช้ขา 4 จึงควรต่อขา 4 นี้เข้ากับแรงดัน V_{cc} ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดสัญญาณทริกเกอร์ใด ๆ เข้ามาที่ขา 4 ได้ และสำหรับขาที่ 5 ซึ่งเป็นขา Control voltage การเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ขา 5 นี้จะมีผลทำให้ช่วงเวลาต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วย และตัวเวลา time delay ของวงจรก็จะไม่เป็นไปตามสมการที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นในกรณีที่จำเป็นต้องใช้ขาที่ 5 จะต้องต่อขา 5 นี้ผ่านตัวเก็บประจุค่าราว ๆ $0.01\mu F$ ลงที่จุดกราวด์ทั้งนี้เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนใด ๆ ที่ไม่ต้องการให้เข้ามาได้ ผลการคำนวณค่าความกว้างของพัลส์ที่เอาต์พุตจึงจะไม่ผิดพลาด หรือผิดพลาดน้อยที่สุด

2.13 การออกแบบวงจรการใช้งานไอซี 555 เป็นโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์

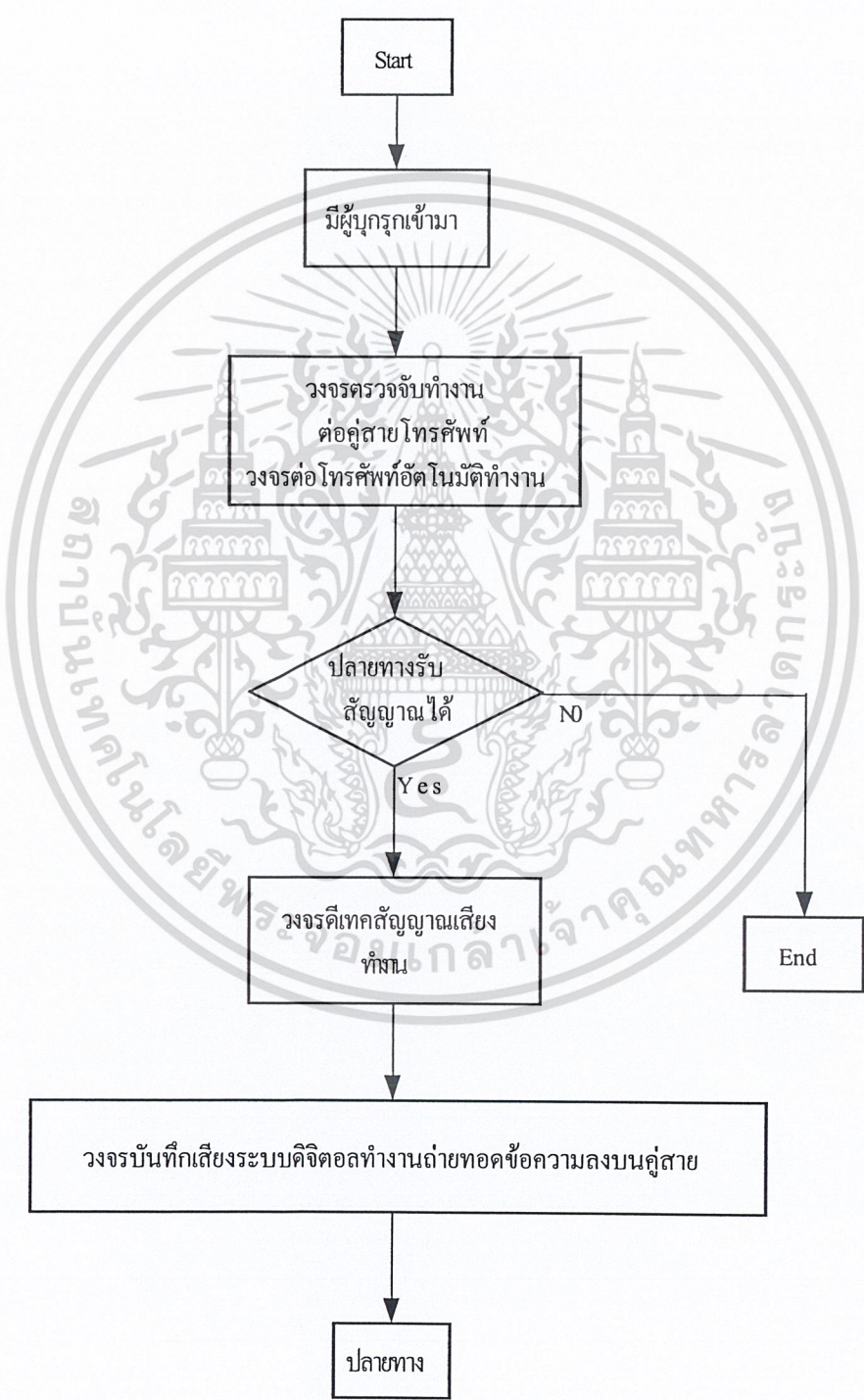
ไอซี 555 เป็นที่รู้จักแพร่หลายและมีใช้มาก แต่การมาใช้เป็นโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์นั้นมีข้อจำกัดหลายประการ เมื่อเทียบกับไอซีพวก TTL หรือ CMOS และอื่นๆ โดยการใช้งาน ไอซี 555 จะทำงานได้ช้ากว่า ดังนั้น ถ้าต้องการ t_w แคบกว่า $10\text{ }\mu s$ แล้ว ไอซี 555 ไม่สามารถตอบสนองได้ ต้องใช้ ไอซี TTL แต่ ไอซี 555 ให้ข้อดีที่ใช้ได้กับแรงดันช่วงกว้าง และให้กระแสเอาต์พุตได้สูงถึง 200 mA

การต่อเป็นโมโนสเตเบิล ของ ไอซี 555 จะให้ความกว้าง $t_w = 1.1 RC$



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรโมโนสเตเบิล

3.2 แผนภูมิการทำงานของวงจรโทรศัพท์เคลื่อนที่



3.3 วงจรตรวจจับด้วยอินฟราเรด

3.3.1 หลักการทำงานของวงจรอินฟราเรดภาคส่ง

โดยปกติแล้วเมื่อเราป้อนแรงไฟให้กับอินฟราเรดไดโอด ก็จะทำให้ได้แสงอินฟราเรดซึ่งเราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าออกมา แต่ในการใช้งานจริง เราจำเป็นต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ประมาณ 50 kHz ให้กับอินฟราเรดไดโอดเพื่อจัดสัญญาณรบกวนต่างๆ และลดพลังงานที่ป้อนให้กับไดโอดลงด้วย

ทั้งนี้ในรูปที่ 3.4 แสดงวงจรสำหรับส่งสัญญาณอินฟราเรดโดยอาศัยไอซี 555 เป็นตัวกำเนิดความถี่ 5 kHz ค่าความถี่ของวงจรกำหนดโดยค่า VR1, R1, R2 และ C1 ทั้งนี้เราปรับแต่งความถี่ได้ด้วยปรับค่า VR1 เอาท์พุทของไอซีจะป้อนให้กับทรานซิสเตอร์ TR1 เพื่อให้สามารถขับอินฟราเรดไดโอดด้วยกระแสสูงถึง 100 mA ทรานซิสเตอร์ R3 ในวงจรไม่ควรต่ำกว่า 3.9 โอห์ม เพราะอาจจะทำให้ TR1 ชาร์จเสียหายได้ R4 และ LED ต่อไว้เพื่อแสดงให้รู้ว่าวงจรได้รับแรงไฟชัฟฟลายแล้ว

3.3.2 หลักการทำงานของวงจรอินฟราเรดภาครับ

แสดงได้ดังรูปที่ 3.5 วงจรนี้สามารถแบ่งการทำงานเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ วงจรรับสัญญาณและฟิเตอร์, วงจรจัดรูปคลื่น, วงจรหารความถี่และวงจรขับรีเลย์

วงจรภาครับสัญญาณและฟิเตอร์

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณคือ ไดโอด D1 สัญญาณที่ได้ถูกรวม D1 จะป้อนผ่านวงจรฟิเตอร์ซึ่งจะยอมให้ความถี่ 5 kHz เท่านั้นที่ผ่านไปได้ วงจรนี้ประกอบด้วย วงจรฟิเตอร์ R4, R5 และ C2 ซึ่งต่อคร่อมกับ IC1 การจัดวงจรเช่นนี้ จะทำให้ความถี่ต่ำๆ วงจรจะมีอัตราขยายเท่ากับ 1 แต่ที่ความถี่ 5 kHz จะมีอัตราขยายสูงเป็นหลายพันเท่า สัญญาณความถี่ 5 kHz จะป้อนให้กับวงจรแปลงไฟตรงแบบ 2 เท่า อันประกอบด้วย D2, D3, R6, C4

วงจรจัดรูปคลื่น

เนื่องจากรูปคลื่นที่ได้รับอาจจะมึรูปคลื่นที่ไม่เหมาะสม เราจึงต้องจัดรูปคลื่นใหม่ให้ได้สัญญาณที่มีช่วงขึ้นและตกเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว วงจรจัดรูปคลื่นประกอบไปด้วย IC1B ซึ่งเปรียบเทียบแรงไฟอินพุทกับแรงไฟที่กำหนดไว้ที่ขา 2 ด้วย VR1 หากสัญญาณอินพุทที่เข้ามาสูงกว่าแรงไฟที่ขา 2 จะได้แรงไฟเอาท์พุทเป็น 0 การจัดวงจรเช่นนี้ทำให้สัญญาณรบกวนที่อาจแปลกปลอมเข้ามาถูกขจัดออกไป LED4 เป็นตัวแสดงให้ทราบว่าสัญญาณจากชุดส่งป้อนมายังภาครับเรียบร้อยแล้ว IC2 ทำหน้าที่จัดรูปคลื่น โดยวงจรขมิทท์ทริกเกอร์ 2 ชุดแรก และชุดที่ 3 ทำหน้าที่เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับป้อนสัญญาณให้กับวงจรหารความถี่ IC3

วงจรหารความถี่

วงจรหารความถี่ทำงานโดยใช้ ไอซีหารความถี่ชนิดโปรแกรมได้ตั้งแต่ 2- 256 ด้วยการจัดแรงไฟที่ขาคอนโทรลอินพุท ซึ่งมีอยู่ 8 ขา คือขา 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, การจัดโปรแกรมเป็นเลขฐาน 2 โดยให้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 = ไฟบวก และ 0 = กราวด์ LED5 เป็นตัวแสดงให้ทราบว่าเมื่อเอาต์พุตพัลส์ออกจากวงจรหารความถี่เอาต์พุตดังกล่าวจะป้อนให้กับทรานซิสเตอร์ TR1 เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงานตามต้องการ

3.4 ส่วนของวงจรชุดเรียกอัตโนมัติ

3.4.1 ไอซีชุดเรียกอัตโนมัติเบอร์ UM91210C

- เป็นไอซีดินตะขาบ 18 ขา ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรเข้ารหัสสัญญาณโทรศัพท์ในระบบพัลส์และระบบโทน (Pulse / Tone ncoder) ที่มีการจ่ายข้อมูลสุดท้ายเรียกทวนข้อมูลที่เรียกว่าระบบรีไดอัล
- เป็นไอซีที่ใช้ระบบกดปุ่มมิใช่ระบบที่ใช้หลักการหมุนหน้าปัดโทรศัพท์หรือระบบที่เราเรียกว่าระบบทัชโทนและทัชพัลส์
- ความจุข้อมูลสำหรับการทวน (Redial) จำนวน 32 ตำแหน่งหมายเลข
- เป็นระบบทวนหมายเลขสุดท้ายของระบบพัลส์หรือโทนที่สามารถทวนได้ไม่จำกัดแต่ต้องหลังจากการกดพัลส์หรือกดชุดสวิทช์
- การพอสแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการเคลียร์วงจรไม่เกิน 3.6 วินาที
- เป็นไอซี ชีมอส ที่กินกำลังน้อยมากโดยใช้ไฟเลี้ยงวงจร 2.0 ถึง 5.5 โวลต์
- หมายเลขกลุ่มสุดท้ายจะถูกส่งเข้าหน่วยเก็บข้อมูลหรือระบบรีไดอัลและมันจะล้างข้อมูลอัตโนมัติเมื่อเรากดหมายเลขใหม่เข้าไปในเวลาต่อไป
- วงจรกำเนิดความถี่ใช้คริสตอลความถี่ 3.5795454 MHz ซึ่งเป็นหน่วยความถี่อ้างอิง
- อัตราส่วนของการเมคและเบรกในระบบพัลส์สามารถเลือกได้ว่าจะเป็น 33.3 / 66.6 หรือ 40 / 60 ด้วยขามเมคและเบรกของไอซี
- ใช้ทัชคีย์ตำแหน่ง P แทนการกดชุดสวิทช์ได้โดยมีเวลาหน่วงรีเซ็ทวงจรไม่เกิน 0.58 วินาที
- ใช้คีย์บอร์ดเมตริกซ์ 4 แถว 4 หรืออาจสร้างเป็นเมตริกซ์ 2 ใน 8 ก็ได้
- ในขณะที่สแตนด์บายกินกระแสต่ำ

3.4.2 การทำงานของวงจรชุดเรียกโทรศัพท์อัตโนมัติ

เมื่อรีเลย์ RY1 ทำงานหน้าสัมผัสของรีเลย์ RY1 ก็จะสัมผัสกัน RY1 เป็นตัวตัดต่อวงจรเข้ากับคู่สายโทรศัพท์ เมื่อบริจไดโอดทำหน้าที่ปรับขั้วของแรงดันจากคู่สายโทรศัพท์ให้มีขั้วแน่นอนก่อนผ่านไดโอด D2 และ R7 ผ่านซีเนอร์ไดโอด D5 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรเรกกูเลเตอร์ 3.6 โวลต์ โดยมี C15 ทำหน้าที่เป็นวงจรฟิลเตอร์ป้อนไฟเลี้ยงให้กับ IC2 เบอร์ UM91210C ที่ขา 10 โดยจะต้องต่อคู่สายโทรศัพท์เข้ากับวงจรตลอดเวลาเพื่อให้มีไฟเลี้ยงจ่ายกับวงจรตลอดเวลาและไม่ให้เบอร์โทรศัพท์ที่เรากดครั้งสุดท้ายหายไป วงจรชุดเรียกโทรศัพท์อัตโนมัติใช้หลักการของรีไดอัลทำการบันทึกหมายเลข

คำสั่งจะถูกส่งจากคีย์บอร์ดที่เป็นระบบเมตริกซ์ โดยทางคอลัมน์จะมีสถานะเป็นลอจิก 0 และ ทางโรว์จะมีสถานะเป็นลอจิก 1 ในสภาวะปกติเมื่อกดคีย์บอร์ดในแต่ละปุ่มวงจรออสซิลเลเตอร์จะเริ่มทำการสแกนความถี่ระหว่างโรว์กับคอลัมน์ ด้วยความถี่สแกนนิ่ง 445 Hz และเป็นคีย์ประเภทที่สามารถดีเบาส์ด้วยวงจรรายในไอซี

ขา 5 ของไอซี 2 เบอร์ UM91210C เป็นขาชุดสวิตช์ หรือขา HS เราใช้แทนการกดที่วางหูหรือชุดสวิตช์ที่วางหูของตัวเครื่องรับโทรศัพท์ปกติต้องต่อเข้ากับขานี้ลงกราวด์ หากเราจ่ายไฟเลี้ยงที่ขานี้เป็นบวกเมื่อไรมันจะมีสภาพเหมือนเรากดชุดสวิตช์ทันที จากวงจรเมื่อรีเลย์ RY1 ทำงานต่อคู่สายโทรศัพท์ก็จะทำให้มีกระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Q1 ที่มี R8 และ R9 ทำหน้าที่เป็นโวลต์ดีไวเดอร์เมื่อขา B ของ Q1 ทำงานได้ไฟบวกก็จะทำให้มีกระแสไหลผ่าน R10 ผ่านเข้าขา 5 ของไอซี 2 เบอร์ UM91210C เมื่อขา 5 ได้รับไฟบวกก็จะเหมือนกับเป็นการยกหูโทรศัพท์

ขา 6 ของไอซีเป็นขาเมด / เบรก เพื่อใช้ในระบบพัลส์แต่ในวงจรใช้เป็นระบบโทนเราจึงต่อขานี้ลงกราวด์

ขา 7 เป็นขาเลือกการทำงาน (Mode select) ถ้าต้องการใช้ระบบโทนต้องต่อขา 7 ลงกราวด์ถ้าต้องการใช้ระบบพัลส์ต้องต่อขานี้เข้ากับไฟบวก

ขา 14 เป็นขาไดอัลพัลส์เอาต์ (DP) โดยปกติขานี้จะ ON เมื่ออยู่ตำแหน่ง Break และ Off ในระหว่างการเมคซึ่งมันจะทำงานอย่างนี้ได้ขาสวิตช์ (ขา 5) ต่อลงไฟลบเอาต์ขานี้จะ Off หากขา 5 ต่อกับไฟบวก

ขา 12 ขาเอาต์พุตของสัญญาณโทน (Tone Out) จะเกิดขึ้นเมื่อเรากดคีย์ในโหมดของดีทีเอ็มเอฟ ความถี่กลุ่มความถี่ต่ำกับกลุ่มความถี่สูงถูกสร้างขึ้นในวงจรไฮบริดจ์ส่งความถี่สอง โทนเสียงออกเอาต์ความถี่ที่ขาโทนเอาต์พุตจะออกไม่ได้แม้เราจะกดปุ่มคีย์แล้วก็ตามหากเลื่อนไปที่โหมดของพัลส์

ค่าความถี่สองโทนความถี่เสียงสามารถกำหนดได้ดังนี้

ขาอินพุต	ความถี่ตามเกณฑ์	ความถี่แอคชวล	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 %

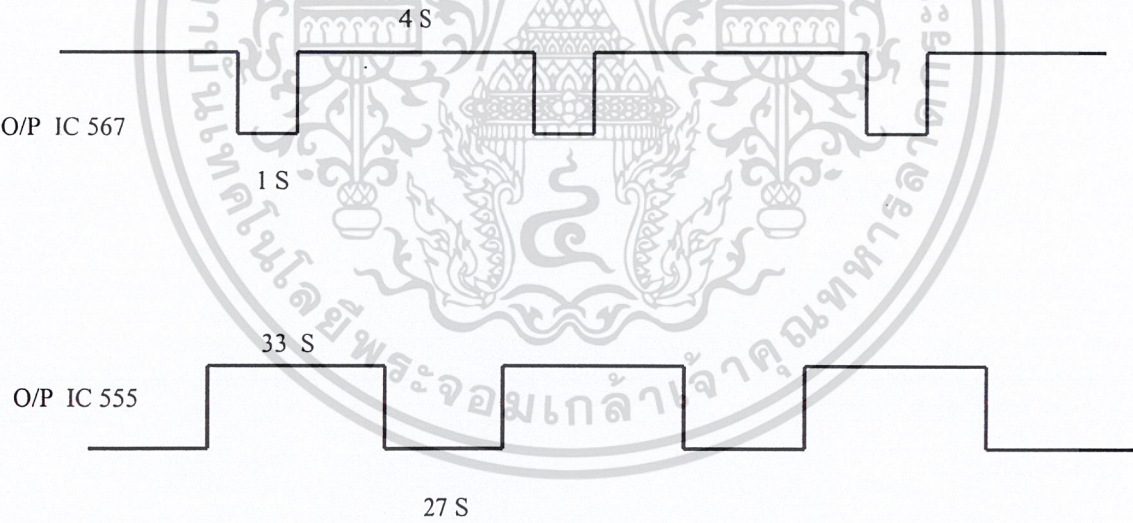
ขา 8 และขาที่ 9 จะต่ออยู่กับคริสตอลความถี่ 3.579 MHz ที่ควบคุมความถี่ของไอซี 2 เพื่อให้สร้างเป็นความถี่ส่งออกมาทางขา 12

ขา 1-4 เป็นขาทางแนวนอนที่ต่อไปยังคีย์สวิตช์ที่เป็นแบบเมตริกซ์คือขา R1- R4 ตามลำดับ

ขา 15-18 เป็นขาทางแนวตั้งหรือขาของคอลัมน์ต่อไปยังคีย์สวิตช์ที่เป็นแบบเมตริกซ์ที่ ขา C1- C4 ตามลำดับ

3.5 ส่วนการ Detect เมื่อมีผู้รับสายปลายทาง

ส่วนนี้วงจรจะทำหน้าที่ ตรวจสอบว่าปลายทางมีผู้รับสายก็จะไปกระตุ้นให้ส่วนบันทึกเสียงพูดส่งสัญญาณไปยังปลายทาง โดยอาศัย IC 567 ซึ่งเป็น IC PLL (Phase Lock Loop) เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ Ring Back Tone ซึ่งจะมีสัญญาณ ON ประมาณ 1 วินาที ความถี่ประมาณ 425 Hz ปกติเอาต์พุต IC567 ให้ลอจิก “1” แต่เมื่ออินพุตเป็น 425 Hz จาก Ring Back Tone ก็จะทำให้เอาต์พุต IC567 เป็นลอจิก “0” โดยความถี่ 425 Hz ได้จากสูตร $f = 1 / \{ (VR) * C4 \}$ โดย $C4 = 1 \mu F$ เราปรับค่า VR ให้ความถี่ใกล้เคียงกับ 425 Hz เพื่อจะได้ Detect ให้เอาต์พุตเป็นลอจิก “0” เมื่อเอาต์พุตของ IC 567 เปลี่ยนลอจิกจาก “0” เป็น “1” เกิดการทำงานขอบขาลง เป็นผลให้ IC 555 ซึ่งออกแบบเป็นวงจรโมโนสเตเบิล ให้เอาต์พุตเป็นลอจิก “1” เป็นเวลาประมาณ 33 วินาที โดยใช้สูตร $T = 11 * R / C$ ซึ่งเราใช้ $R = 30 k$, $C = 100 \mu F$ ทำให้ได้ $T = 33$ วินาที ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตของ IC 567 และ IC555 จะเป็นไปตามสัญญาณ Ring Back Tone ที่ได้รับมาโดยรูปที่ 3.1 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลง เอาต์พุตของ IC 567 และ IC 555 ตามช่วงเวลาต่างๆ



รูปที่ 3.1 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลง Output ของ IC 567 และ IC 555 ตามช่วงเวลาต่างๆ

สัญญาณเอาต์พุตของ IC 555 จะนำไปกระตุ้นให้วงจรบันทึกเสียงพูดทำงานโดยนำ เอาต์พุตของ IC 555 ป้อนที่ขา 23 ของ IC ISD 1420 ซึ่งขา 23 นี้ เป็นขา Play ของวงจรบันทึกเสียงพูดจะทำงานให้เสียงพูดตามที่เรากำหนดไว้เมื่อขา 23 มีลอจิก “0” จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าในช่วงที่มีสัญญาณ

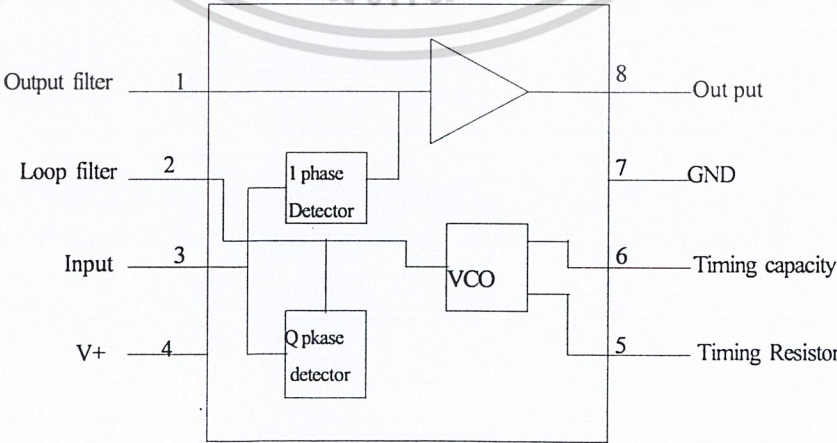
Ring Back Tone จะมีการ Play ประมาณ 27 วินาที แต่ก็ไม่เป็นผลเสียอะไรเพราะเมื่อขา 23 ได้ลอจิก “ 1 “ ก็จะมีค่าเหมือนให้สวิทช์ Play มีสถานะเป็น “ OFF “ แต่เมื่อขา 23 ได้ลอจิก “ 0 “ ก็จะมีค่าเหมือนให้สวิทช์ Play มีสถานะเป็น “ ON “ ซึ่งเมื่อสวิทช์ Play อยู่สถานะ “ ON “ ก็จะเริ่มเล่นใหม่ทุกครั้ง เมื่อมีผู้รับสายปลายทางก็จะไม่มี สัญญาณ Ring Back Tone กลับมา ก็จะเป็นผลให้อาท์พุท IC 555 เป็นลอจิก “ 0 “ เป็นผลให้สวิทช์ Play อยู่สถานะ “ ON “ ตลอด ให้เสียงพูดที่เราบันทึกไว้แก่ผู้รับสายปลายทาง

รายละเอียดหน้าที่และการออกแบบ

- ขา 1 (Output Filter) เป็นขาที่ใช้ต่อตัวเก็บประจุเพื่อกรองสัญญาณที่จะส่งออกไป
- ขา 2 (Loop Filter) เป็นขาที่ใช้ต่อตัวเก็บประจุเพื่อกรองสัญญาณที่จะรับเข้ามา
- ขา 3 (Input) เป็นขาที่รับสัญญาณความถี่ที่รับมาเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับความถี่กลาง
- ขา 4 (V+) เป็นขาไฟเลี้ยงมีค่าอยู่ระหว่าง 4.75 – 9 โวลท์
- ขา 5 (Timing Resistor) เป็นขาที่ใช้กำหนดความถี่กลางร่วมกับขา 6
- ขา 6 (Timing Capacitor) เป็นขาที่ใช้กำหนดความถี่กลาง โดยค่าความถี่กลางหาได้ดังนี้

$$f_o = 1/1.1RC$$

- ขา 7 (Gnd) เป็นขากราวด์ของไอซี
- ขา 8 (Out put) เป็นขาเอาท์พุทที่จะเป็นสถานะ “ 0 “ เมื่อมีสัญญาณอินพุทที่มีค่าความถี่ตรงกับค่าความถี่กลางแต่ในสภาวะปกติสถานะจะเป็น “ 1 “



รูปที่ 3.2 โค้ดแอมของไอซีเบอร์ LM 567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 หลักการทำงานของวงจรควบคุมการโทรออกอัตโนมัติและควบคุมวงจรบันทึกเสียงดิจิทัล

หลักการทำงานของวงจรนี้จะใช้คุณสมบัติของไอซี 555 โดยต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิล ซึ่งวงจรจะรับสัญญาณจากวงจรอินฟาเรด โดยเมื่อวงจรอินฟาเรดตัวที่ 1 มีสิ่งกีดขวางมาบังลำแสงอินฟาเรดก็จะทำให้ ไอซี 555 ทำการหน่วงเวลา ซึ่งจะประกอบด้วยไอซี 555 จำนวน 2 ชุด ไอซี 555 /1 จะทำการหน่วงเวลาประมาณ 30 วินาที เพื่อไปควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์ทั้ง 3 ตัว ดังแสดงตามรูปที่ 3.9 ทรานซิสเตอร์ Q1 จะไปควบคุม Lelay 1 ให้ทำการยกหูโทรศัพท์และให้วงจรบันทึกเสียงตัวที่ 1 ทำงาน ส่วน Q2 , Q3 จะไปควบคุม Lelay 2 และ 3 เพื่อไปควบคุมให้วงจรบันทึกเสียง 2 และ 3 ไม่ให้ทำงาน ส่วนไอซี 555/2 จะทำการหน่วงเวลาประมาณ 5 วินาที เพื่อให้ Lelay 4 ทำการครีโดอัลทอน ซึ่งเป็นหมายเลขที่ได้ทำการบันทึกไว้ ซึ่งทั้งหมดจะมีวงจรอินฟาเรดจำนวน 3 ชุด ดังนั้นจึงต้องมีไอซี 555 ที่ต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิล จำนวน 6 ชุด ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.9 ซึ่งหลักการทำงานของเมื่อมีสิ่งกีดขวางมาบังลำแสงอินฟาเรดตัวที่ 2 และ 3 ก็เหมือนกับที่กล่าวมาข้างต้นซึ่งใช้หลักการเดียวกัน

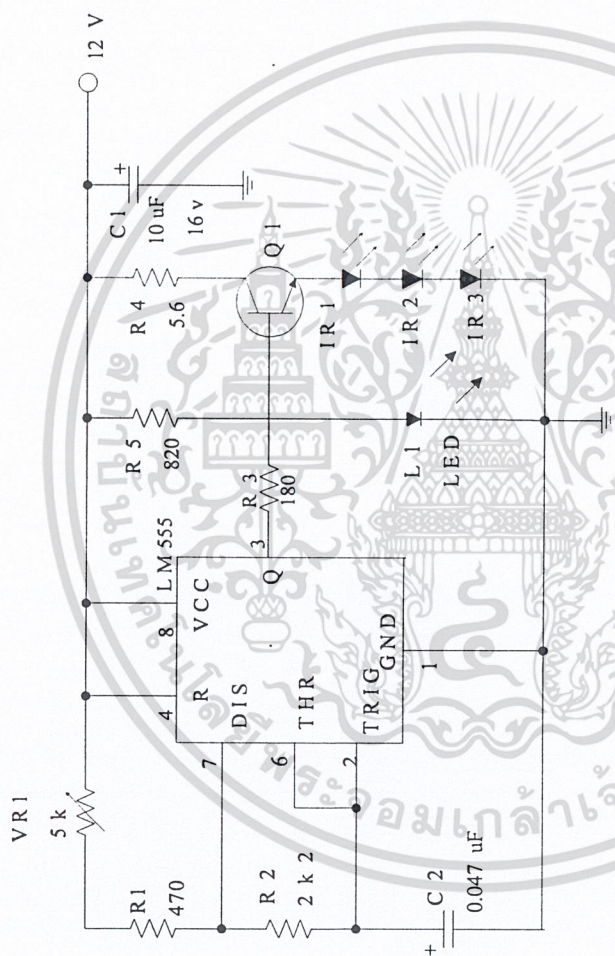
3.8 หลักการทำงานของวงจรโทรศัพท์เตือนภัย

เซนเซอร์จะติดตั้งไว้ตามตำแหน่งที่คาดว่าจะมีผู้บุกรุกเข้ามากระทบตามตำแหน่ง หน้าต่างบ้าน และตามประตู ขณะปกติหรือกล่าวคือไม่มีสิ่งกีดขวางมาบังลำแสงอินฟาเรด สัญญาณที่ได้จากร่มอินฟาเรดตัวรับ จะป้อนผ่านวงจรฟิลเตอร์ซึ่งจะยอมให้ความถี่ 5kHz เท่านั้นที่ผ่านไปได้ ซึ่งการทำแบบนี้จะทำให้ความถี่ต่างๆวงจรจะมีอัตราขยายเท่ากับ 1 แต่ที่ความถี่ 5kHz จะมีอัตราขยายสูงมาก ดังนั้นแสงอินฟาเรดที่ถูกสร้างจากฝั่งส่งสามารถ ส่งผ่านไปยังฝั่งเครื่องรับได้ ลำแสงที่ความถี่ 5kHz จะป้อนให้กับวงจรแปลงไฟตรงแบบ 2 เพื่ออันประกอบไปด้วย D2, D3, R6, C4 ตามรูปที่ 3.5 สัญญาณสุดท้ายที่ได้รับจะเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีค่า 0 และประมาณ 10 โวลต์สัญญาณนี้จะถูกแปลงให้เป็นไฟตรงเพื่อป้อนให้กับขา 2 ของ IC555 ซึ่งจะส่งผลให้เอาต์พุตที่ขา 3 ของ IC 555 มีค่าแรงดันต่ำดังนั้นรีเลย์ที่ไว้จึงไม่ทำงาน

สำหรับกรณีที่ผู้บุกรุกเข้ามาตรงตำแหน่งที่เราติดตั้งเซนเซอร์ไว้สมมุติว่าเป็นเซนเซอร์ตัวที่ 1 ผลที่ตามมาคือลำแสงอินฟาเรดจะถูกสิ่งกีดขวางมาบัง ดังนั้นอินฟาเรดที่ถูกสร้างจากฝั่งส่งไม่สามารถส่งผ่านไปยังฝั่งรับได้ นั่นคือสัญญาณที่อินฟาเรดตัวรับจะมีค่าแรงดันเป็น 0 โวลต์ จะทำให้ C4 คายประจุผ่าน R6 อย่างรวดเร็วส่งผลทำให้แรงดันที่ขา 2 ของ IC 555/1 มีค่าเพียง 1/3 ของแรงดันจากแหล่งจ่ายเป็นเหตุให้เอาต์พุตที่ขา 3 ของ IC 555/1,2 ถูกต่อไว้ให้ทำงานแบบโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ มีค่าแรงดันสูงเป็นเวลาประมาณ 30 นาทีและ 5 วินาที ตามลำดับ เอาต์พุตของ IC 555/1 ยังถูกแยกออกมาเพื่อไปควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์ทั้ง 3 ตัว ดังแสดงดังรูปที่ 3.9 ทรานซิสเตอร์ Q1 จะไปควบคุม Lelay 1 ให้ทำการยกหูโทรศัพท์และให้วงจรบันทึกเสียงตัวที่ 1 ทำงาน ส่วน Q2 , Q3 จะไปควบคุม Lelay 2 และ 3 เพื่อไปควบคุมให้วงจรบันทึกเสียง 2 และ 3 ไม่ให้ทำงาน ส่วนไอซี 555/2 จะทำการหน่วงเวลาประมาณ 5 วินาที เพื่อให้ Lelay 4 ทำการครีโดอัลทอนเพื่อ ซึ่งเป็นหมายเลขที่ได้ทำการบันทึกไว้ ซึ่งทั้งหมดจะมีวงจรอินฟาเรดจำนวน 3 ชุด ดังนั้นจึงต้องมีไอซี 555 ที่ต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ จำนวน 6 ชุด ซึ่งแสดงดังรูปที่

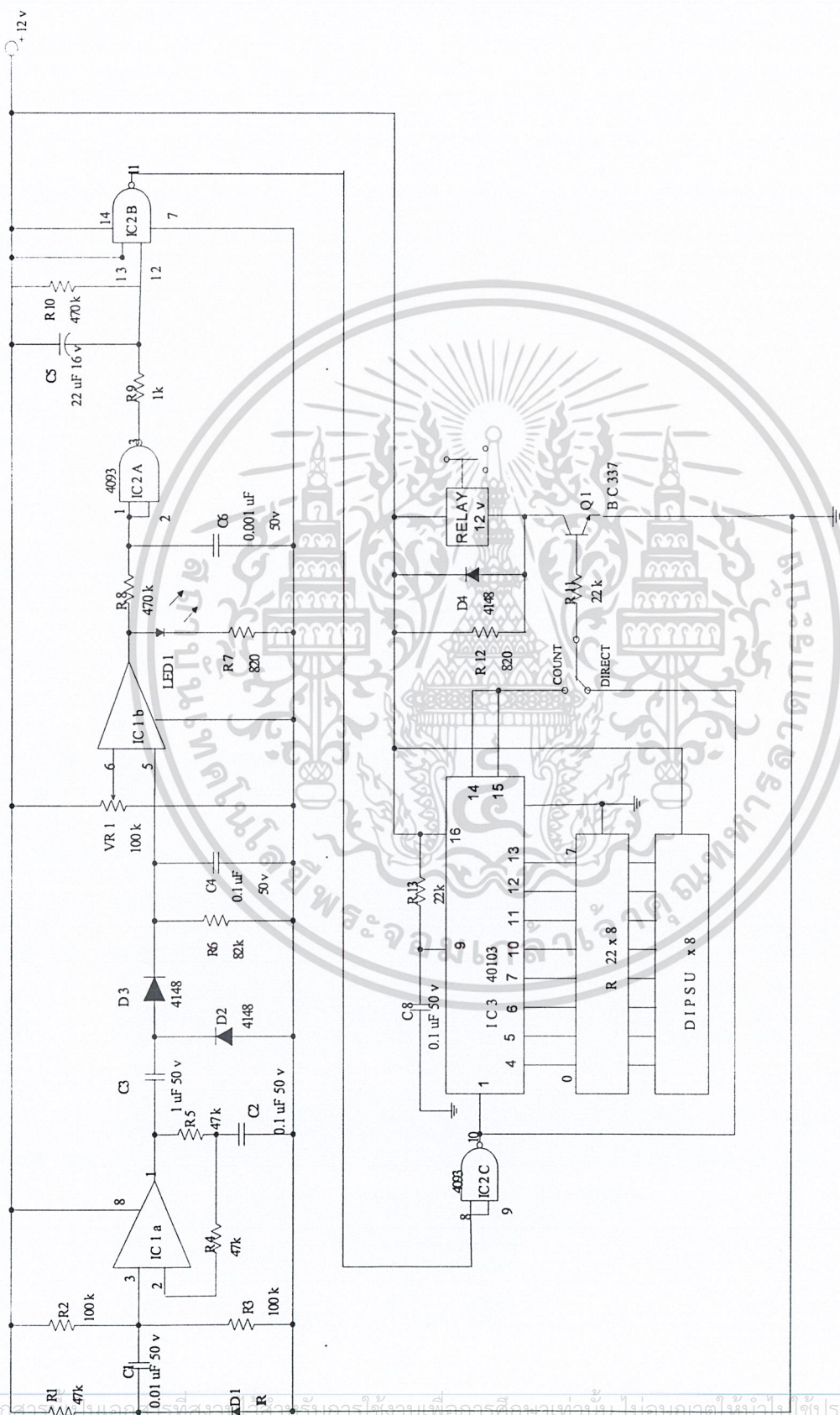
3.9 ซึ่งหลักการทำงานของเมื่อมีสิ่งกีดขวางมาบังลำแสงอินฟาเรดตัวที่ 2 และ 3 ก็เหมือนกับที่กล่าวมาข้างต้นซึ่งใช้

หลักการเดียวกัน อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

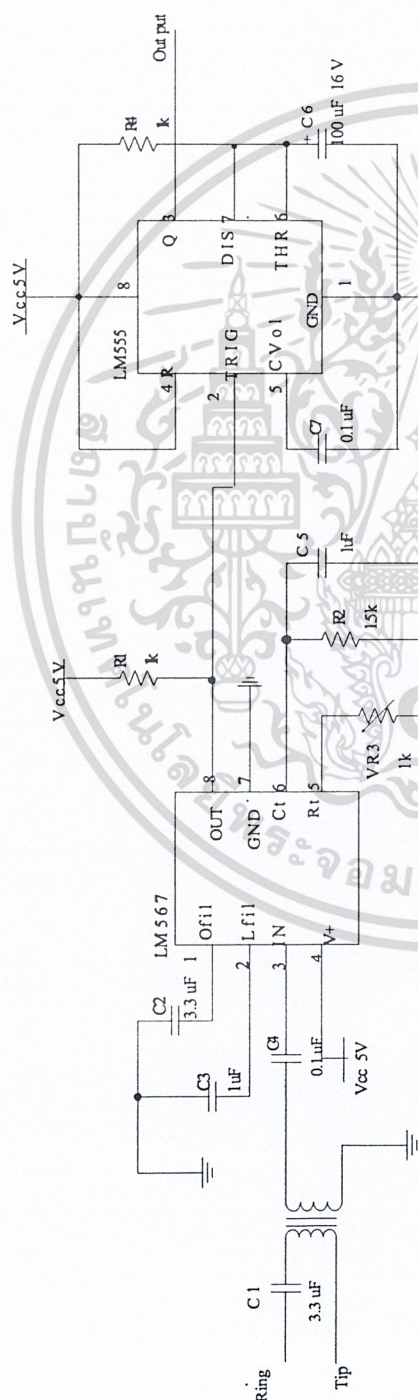


รูปที่ 3.4 วงจรจูนอินฟราเรดกลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

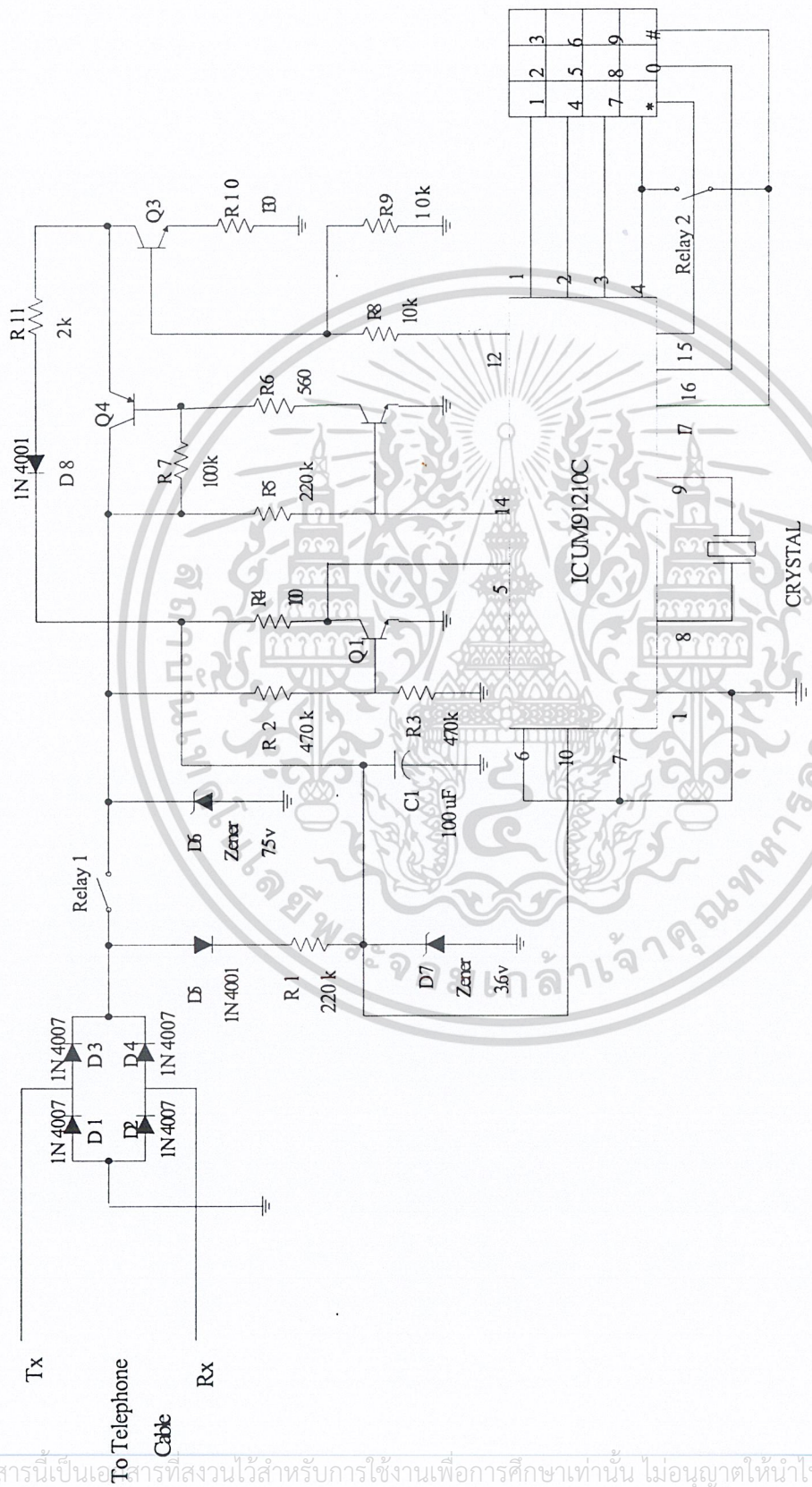


รูปที่ 3.5 วงจรอินฟาเรดภาครับ



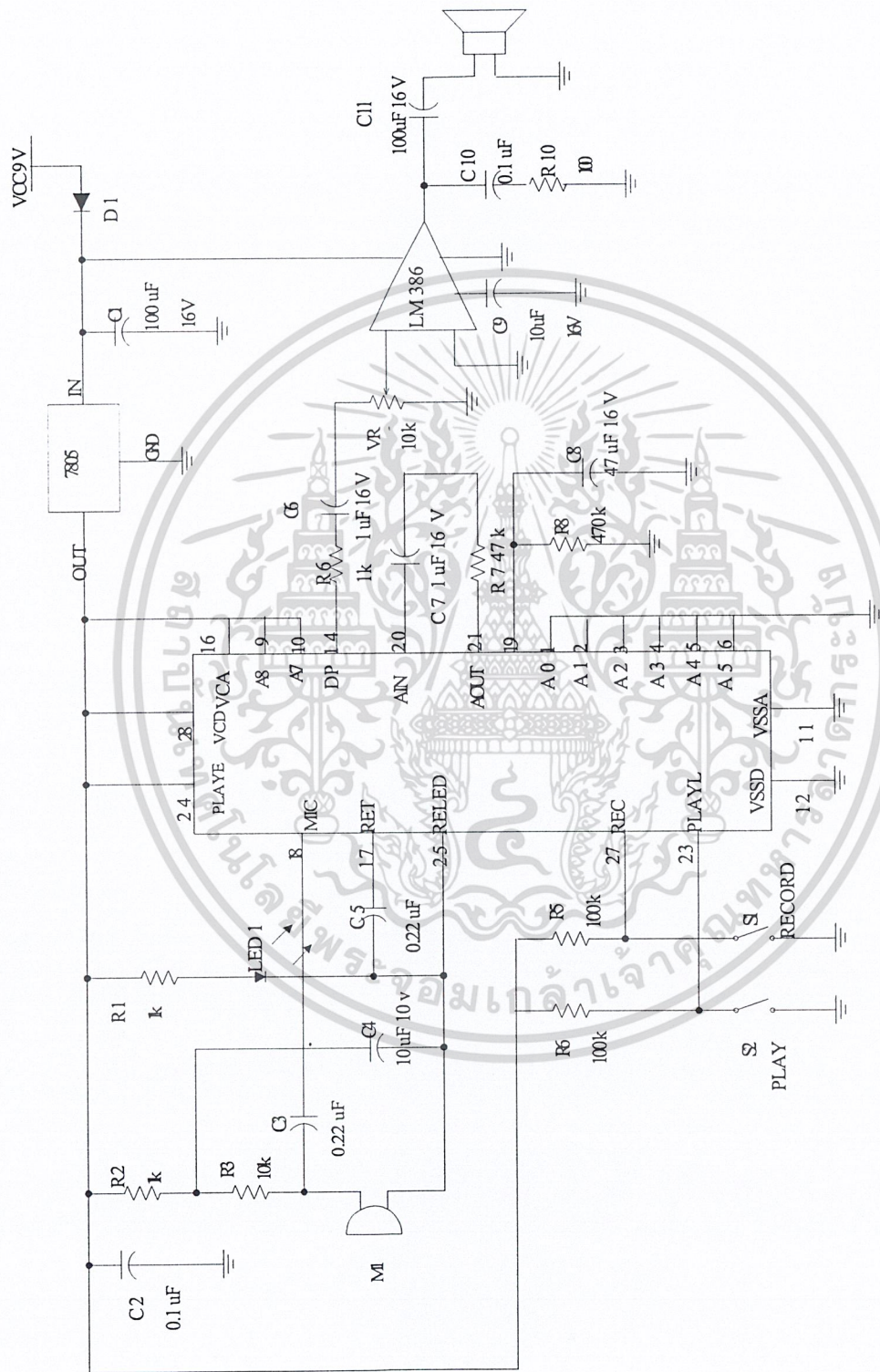
รูปที่ 3.6 วงจรดีเทคเตอร์ที่มีรับสายปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

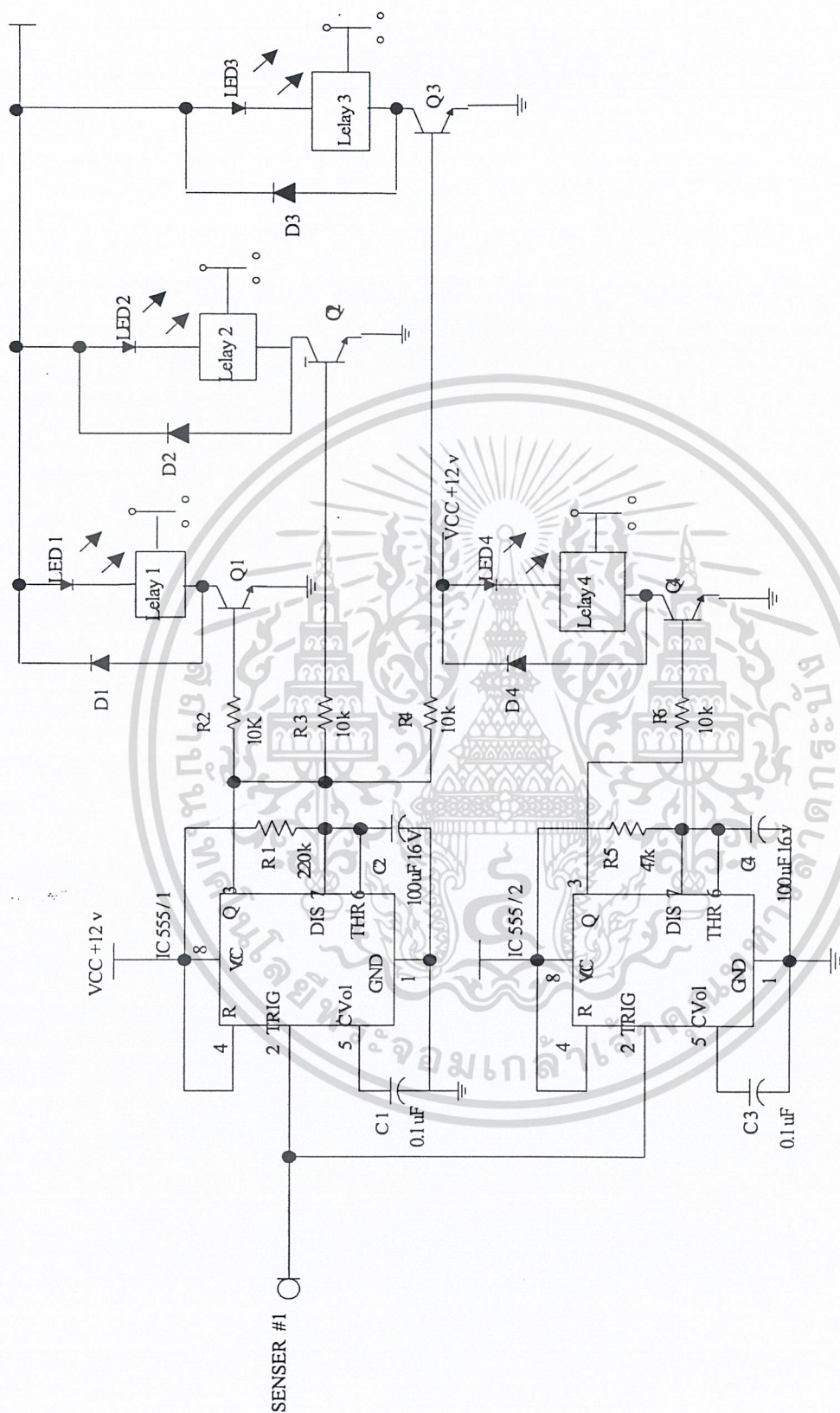


รูปที่ 3.7 วงจรชุดเรียกดัดโนมิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



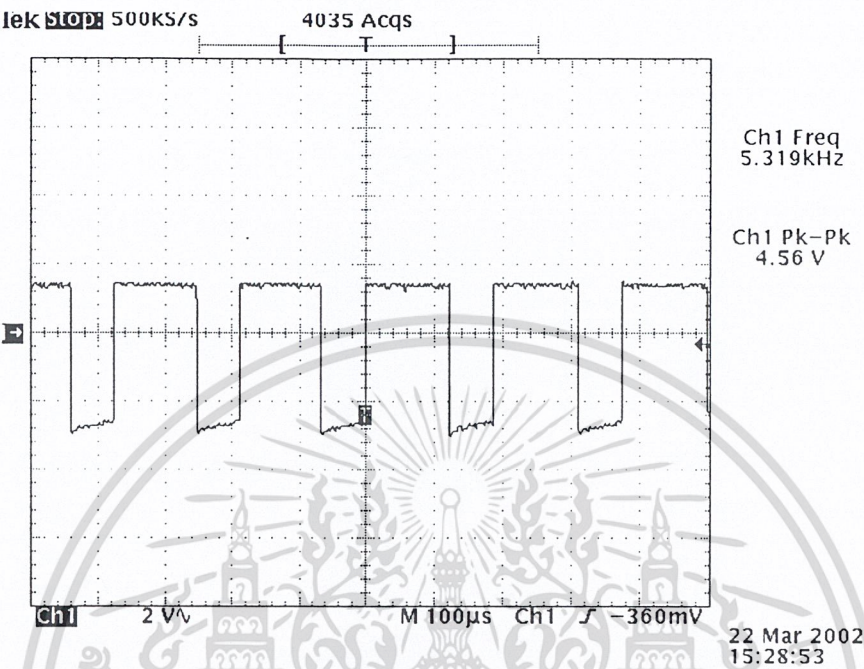
รูปที่ 3.8 วงจรบันทึกเสียงอัตโนมัติแบบดิจิทัล



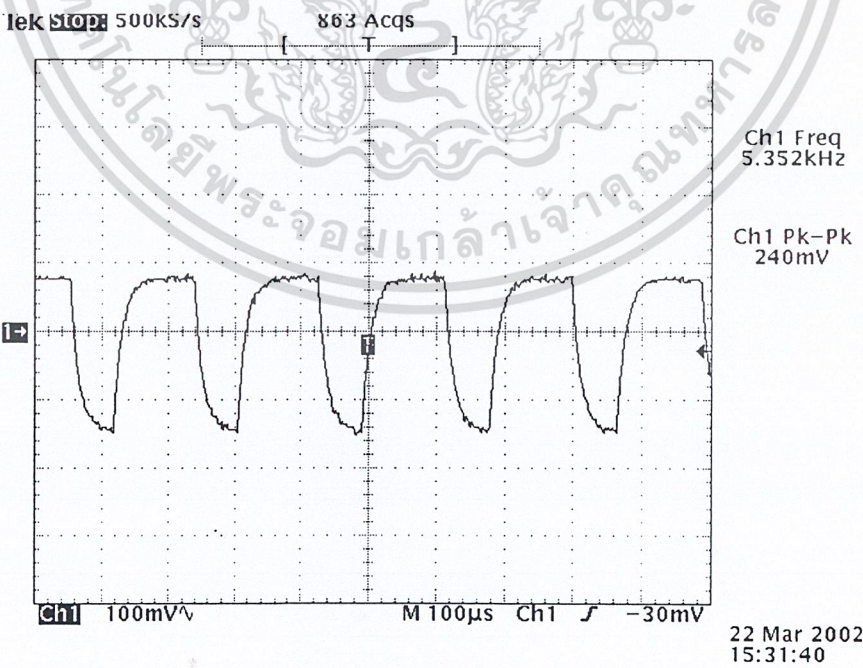
รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมการโทรออกอัตโนมัติและควบคุมวงจรมันที่เลือกดิจิทัล

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

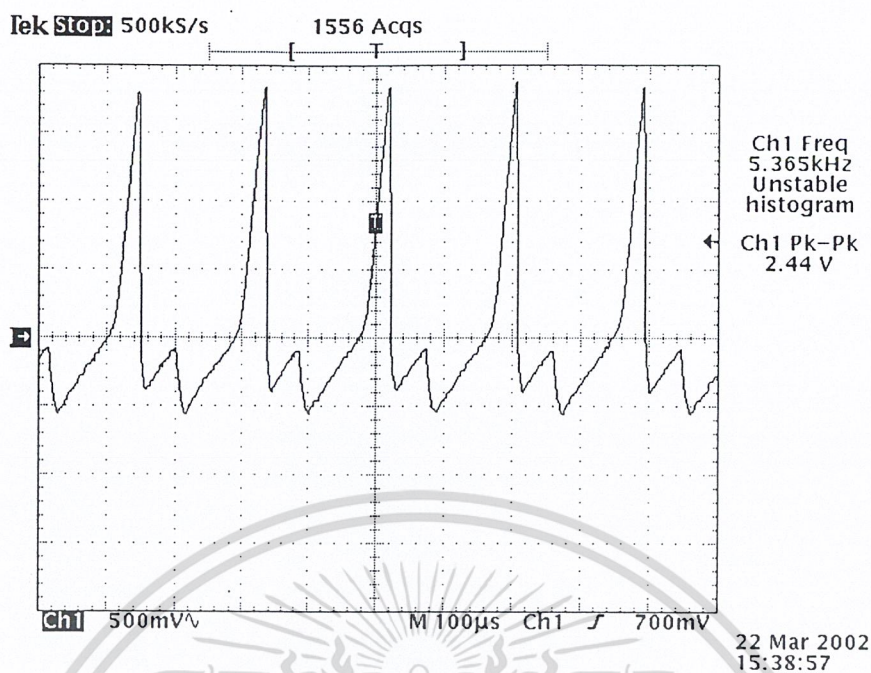


รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะสัญญาณที่วัดตกคร่อมอินฟาเรดตัวส่งทั้งสามตัว

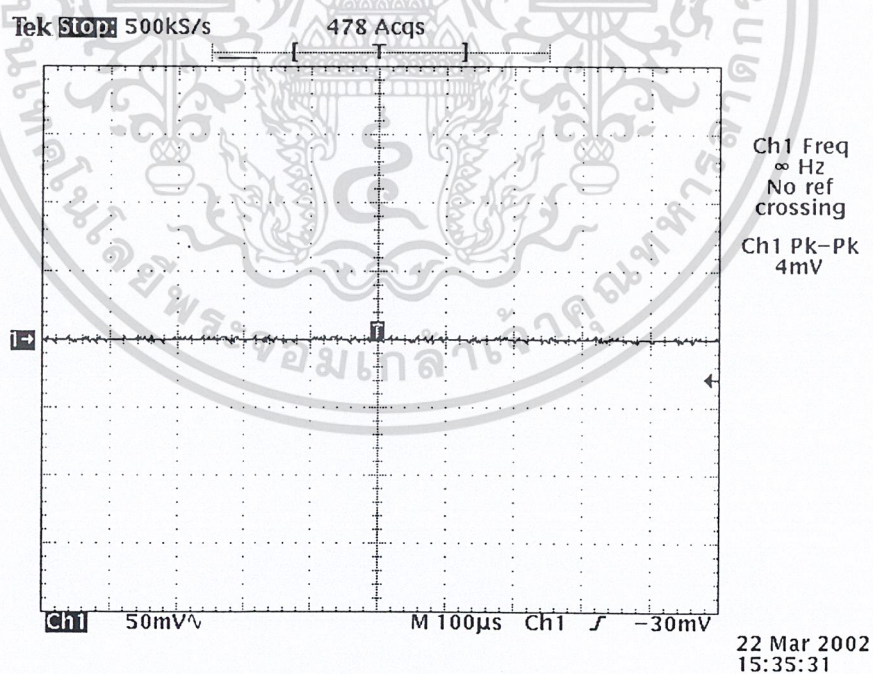


รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะสัญญาณที่วัดตกคร่อมอินฟาเรดตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

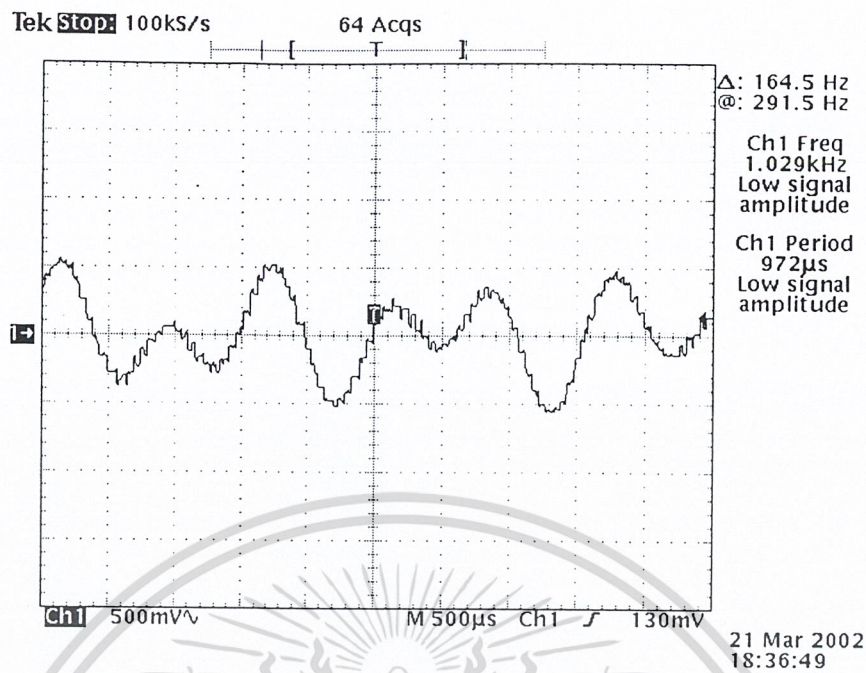


รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะสัญญาณที่ขยายจากอินฟาเรดตัวรับ

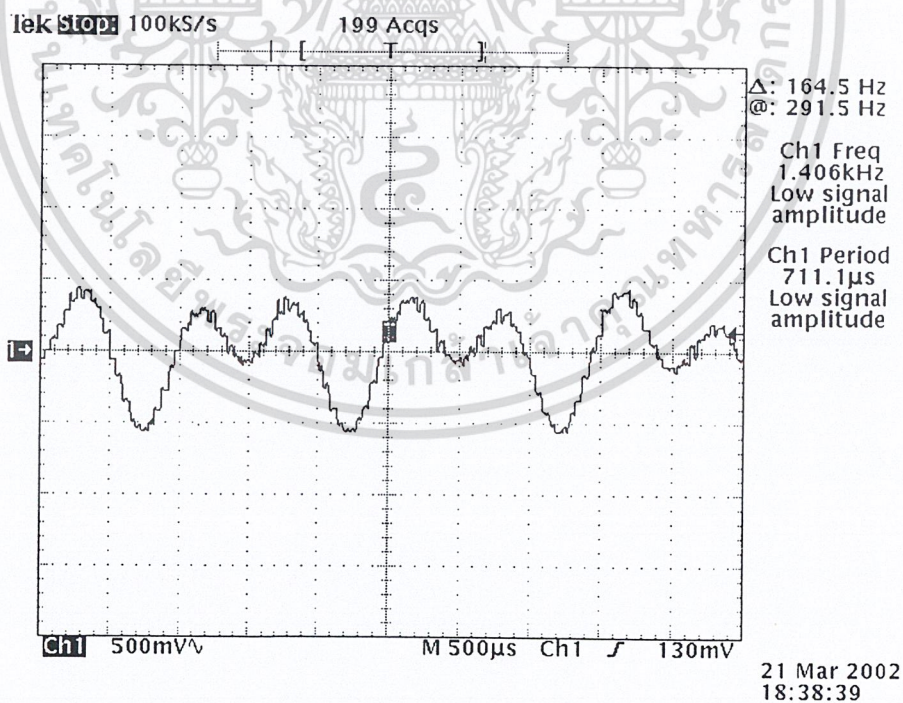


รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะสัญญาณที่มีสิ่งกีดขวางมาบังลำแสงอินฟาเรด

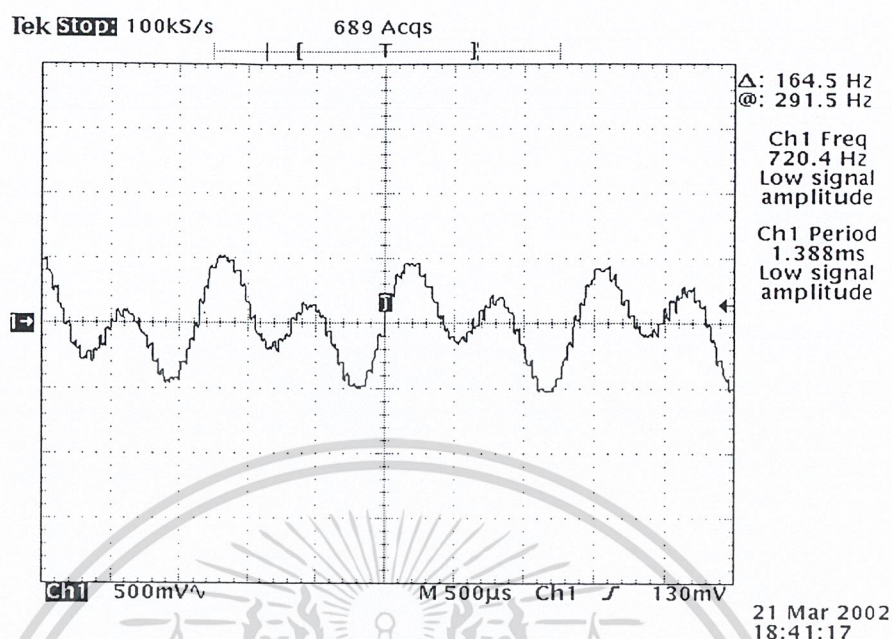
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



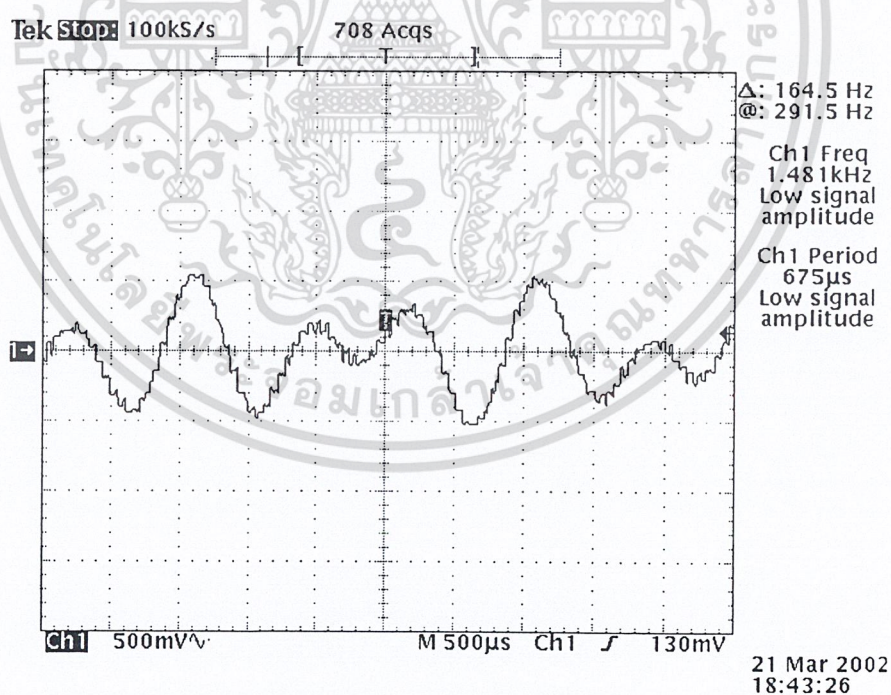
รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 1 ที่ส่งผ่านคู่สาย



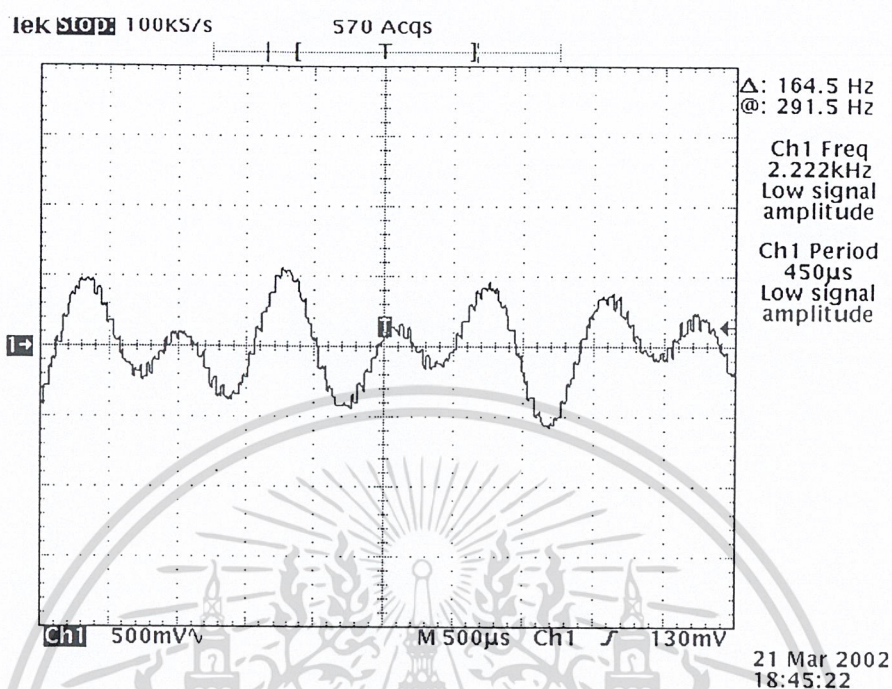
รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 2 ที่ส่งผ่านคู่สาย



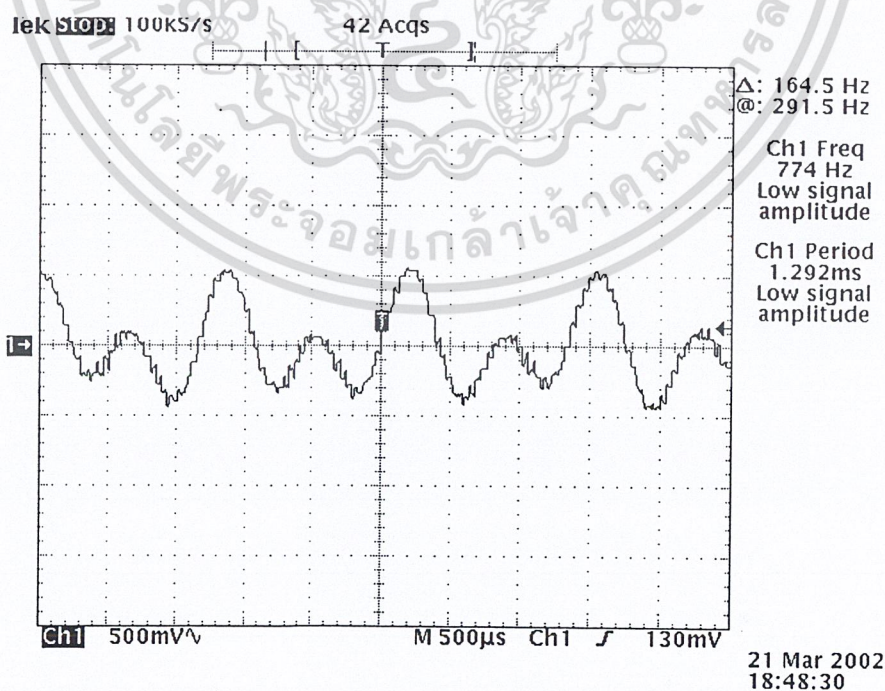
รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 3 ที่ส่งผ่านคู่สาย



รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 4 ที่ส่งผ่านคู่สาย

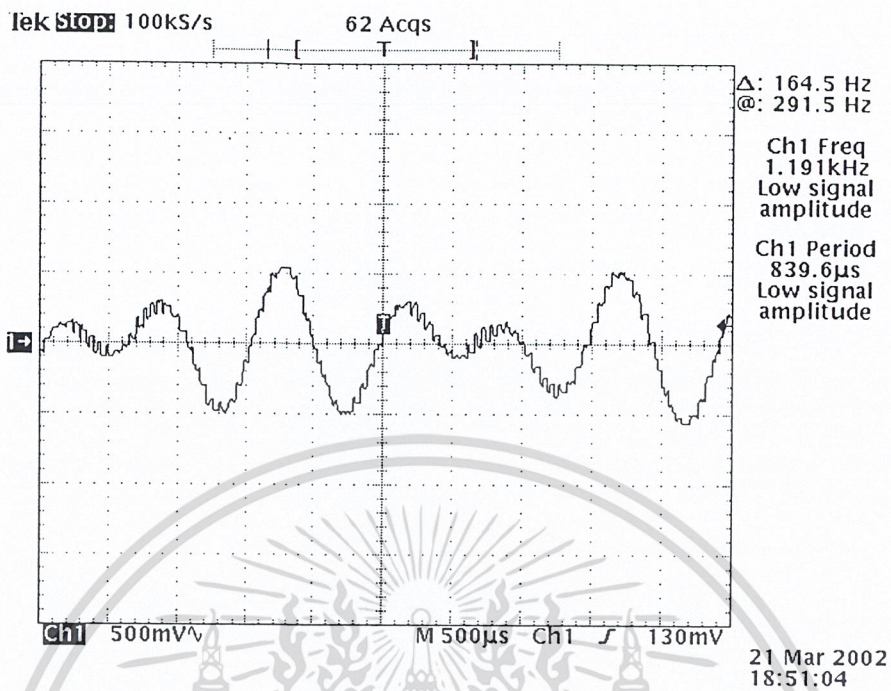


รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 5 ที่ส่งผ่านคู่สาย

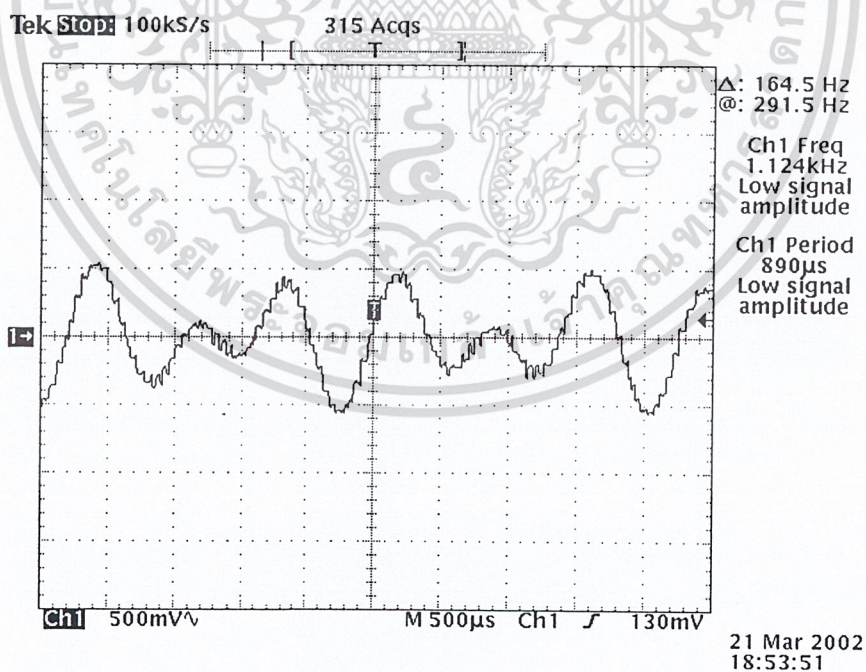


รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 6 ที่ส่งผ่านคู่สาย

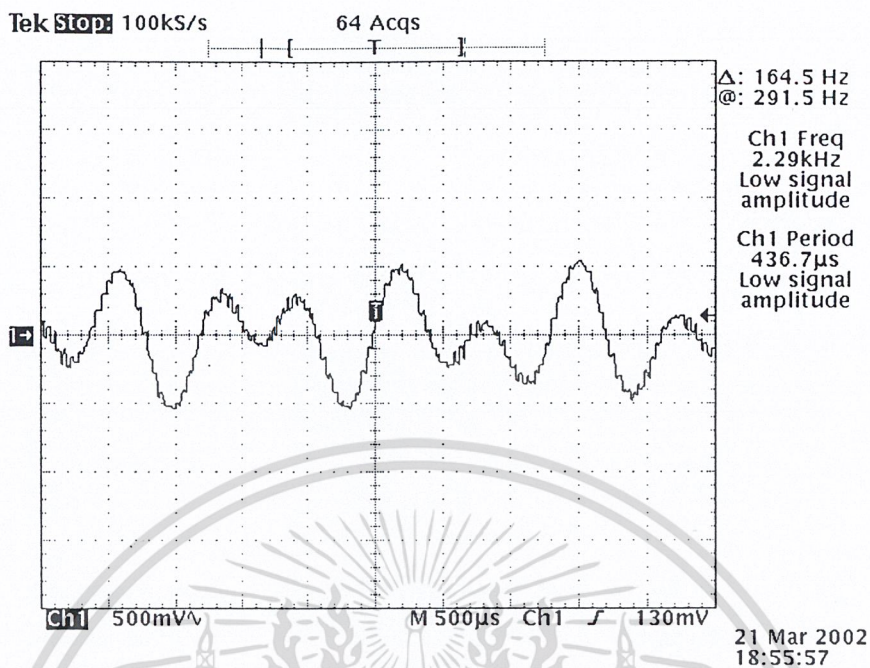
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



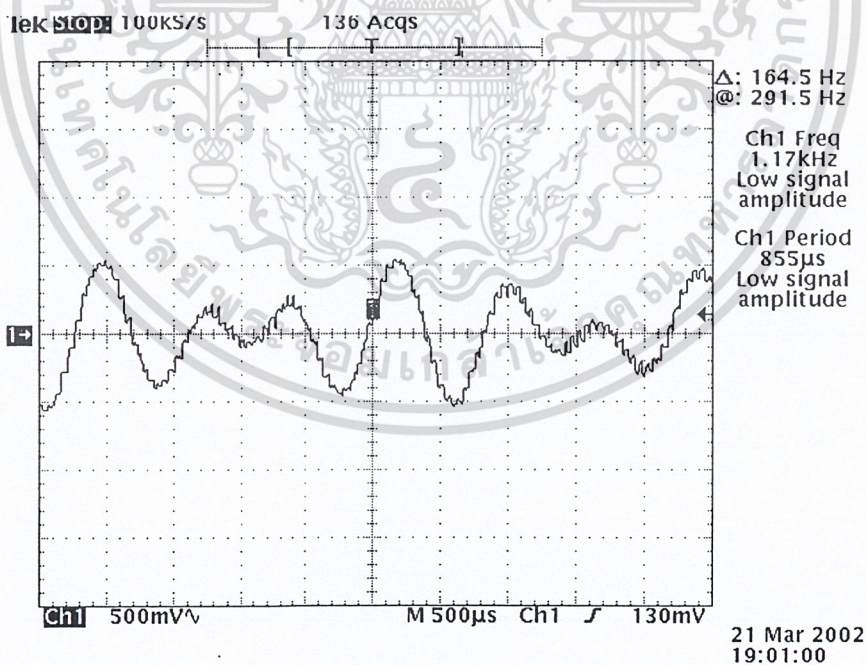
รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 7 ที่ส่งผ่านคู่สาย



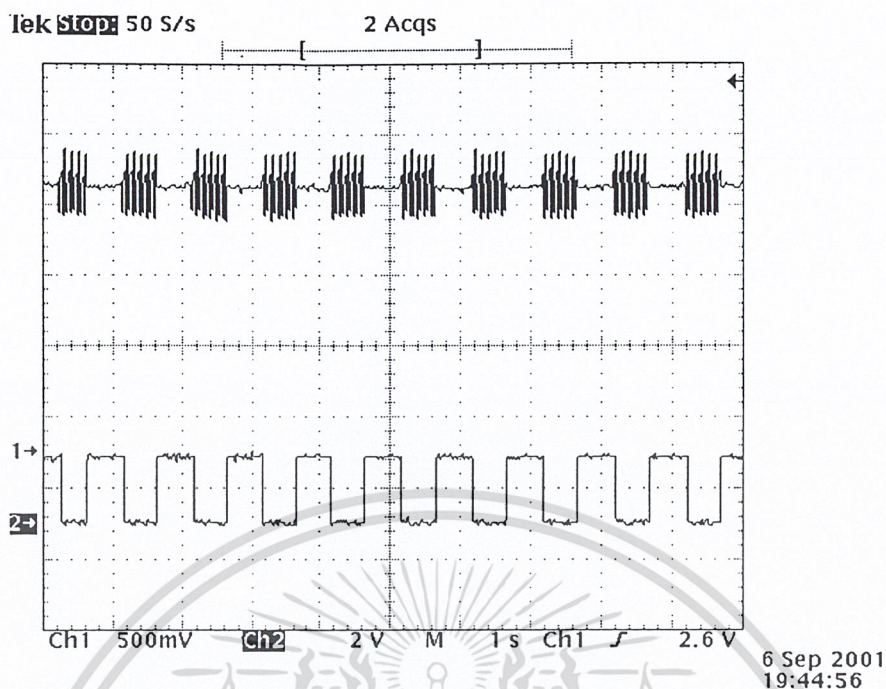
รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 8 ที่ส่งผ่านคู่สาย



รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 9 ที่ส่งผ่านคู่สาย



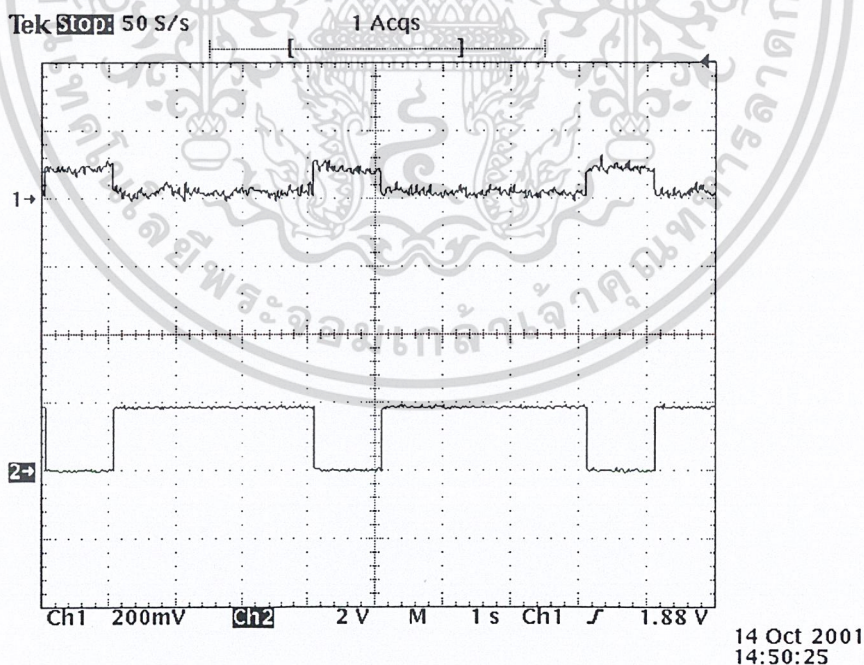
รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะสัญญาณ DTMF หมายเลข 0 ที่ส่งผ่านคู่สาย



รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ Busy Tone กับสัญญาณที่ detect ได้โดยใช้ไอซี 567

Ch 1 แสดงสัญญาณ Busy Tone วัดที่ขา 3 ของไอซี 567

Ch 2 แสดงสัญญาณที่ detect วัดที่ขา 8 ของไอซี 567

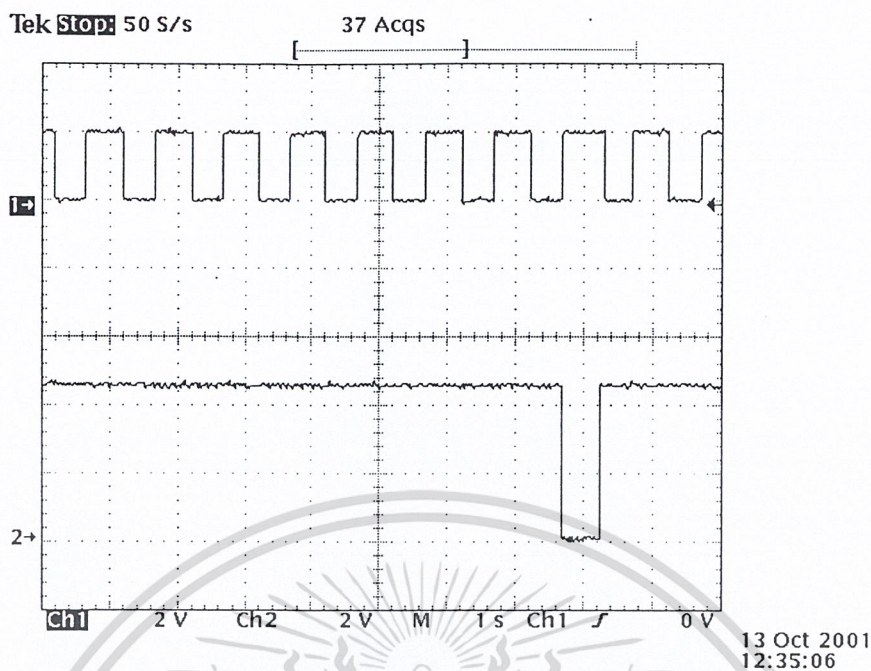


รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ Ring back Tone กับสัญญาณที่ detect ได้โดยใช้ไอซี 567

Ch 1 แสดงสัญญาณ Ring back Tone วัดที่ขา 3 ของไอซี 567

Ch 2 แสดงสัญญาณที่ detect วัดที่ขา 8 ของไอซี 567

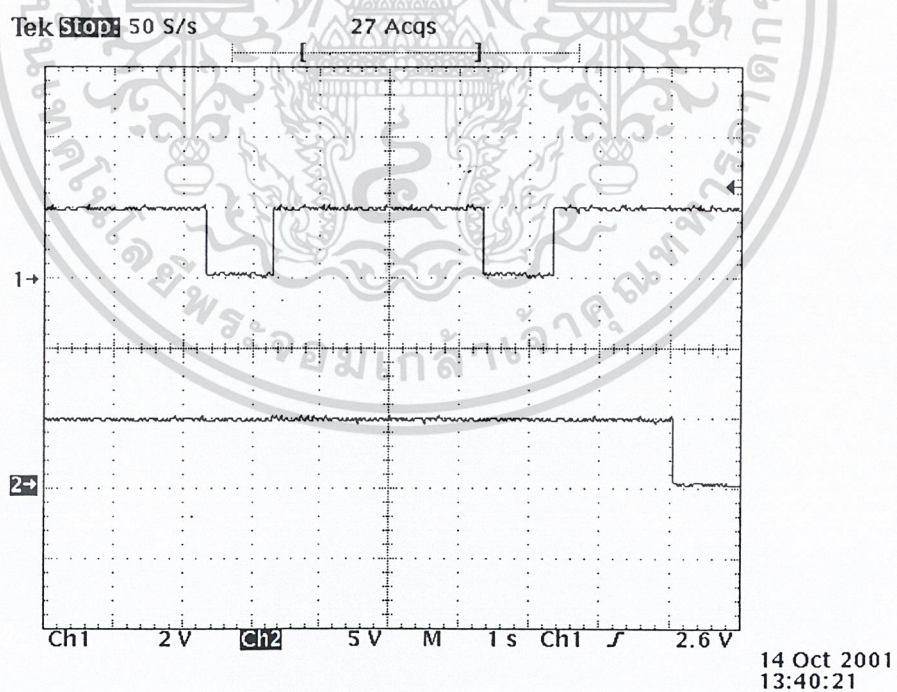
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ Busy tone ได้โดยใช้ ไอซี 567 กับสัญญาณเอาต์พุตไอซี 555

Ch 1 แสดงสัญญาณที่ Detect ได้วัดที่ขา 8 ของไอซี 567

Ch 2 แสดงสัญญาณเอาต์พุตไอซี 555 วัดที่ขา 3 ของไอซี 555

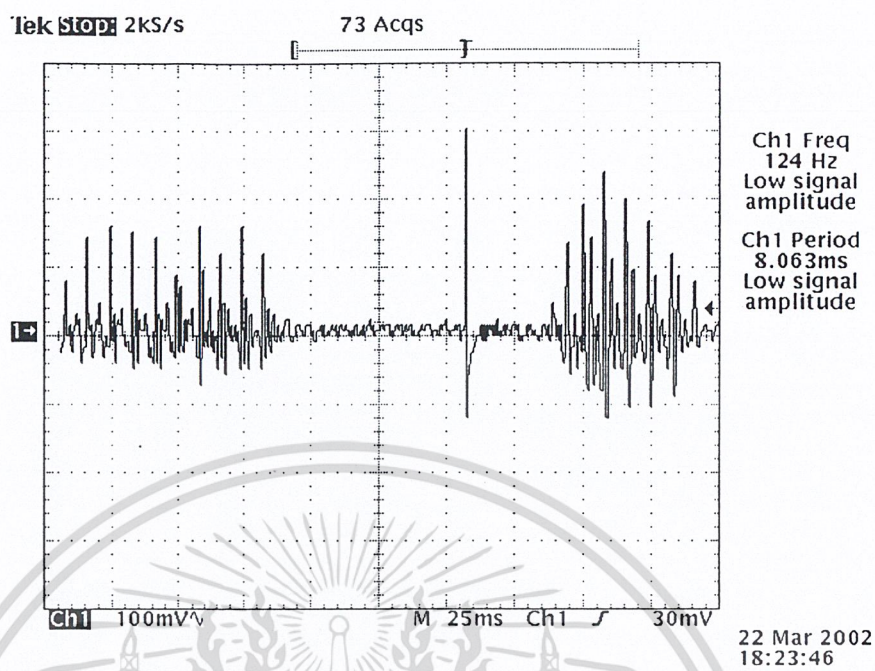


รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ Ring back tone ได้โดยใช้ ไอซี 567

กับสัญญาณเอาต์พุตไอซี 555

Ch 1 แสดงสัญญาณที่ Detect ได้วัดที่ขา 8 ของไอซี 567

Ch 2 แสดงสัญญาณเอาต์พุตไอซี 555 วัดที่ขา 3 ของไอซี 555



รูปที่ 4.19 แสดงลักษณะสัญญาณเสียงวัดที่ขา 14 ของ IC ISD 1420

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

ในวงจรโทรศัพท์ที่เตือนภัยประกอบด้วย การทำงานหลายๆ ส่วน ได้แก่ ส่วนตรวจจับอินฟาเรด 3 ชุด ส่วนชุดเรียกโทรศัพท์อัตโนมัติ ส่วนดีเทคสัญญาณเมื่อมีผู้รับสายปลายทาง ส่วนบันทึกเสียงพูดอัตโนมัติระบบดิจิทัล 3 ชุด และวงจรควบคุมการโทรออกอัตโนมัติและควบคุมวงจรบันทึกเสียงดิจิทัล ซึ่งการทำงานทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์กันจึงจะทำให้วงจรโทรศัพท์เตือนภัย สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง จากผลทดลองการทำงานที่ได้ วงจรตรวจจับอินฟาเรดทั้ง 3 ชุดสามารถทำงานได้ดี กล่าวคือสามารถตรวจจับผู้บุกรุกที่เข้ามาได้และสามารถส่งไปได้ในระยะเวลาที่ใกล้เคียง 3 เมตร ส่วนชุดเรียกโทรศัพท์อัตโนมัติสามารถที่บันทึกหมายเลขที่ต้องการได้และส่งสัญญาณ DTMF ผ่านคู่สายไปได้ ในส่วนของวงจรดีเทคสัญญาณเมื่อมีผู้รับสายปลายทางไม่ค่อยดีเท่าที่ควรเนื่องจากเราต้องการสัญญาณ Ring Back Tone เป็นตัวดีเทค แต่ความถี่ของ Ring Back Tone ไม่ค่อย Stable ส่วนวงจรบันทึกเสียงพูดอัตโนมัติระบบดิจิทัลทั้ง 3 ชุด สามารถทำงานได้ดีแต่เมื่อเสียงพูดผ่านคู่สายโทรศัพท์ เสียงจะเบา และทุกครั้งที่สวิตช์ PLAY เปลี่ยนจากสถานะ “OFF “ เป็น “ON “ ก็จะเริ่มเล่นใหม่ทุกครั้ง และวงจรควบคุมการโทรออกอัตโนมัติและควบคุมวงจรบันทึกเสียงดิจิทัลสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM567/LM567C Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a sensitive, narrow-band center-to-ground when an input signal is present within the passband. These output currents of ± 100 mA are 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

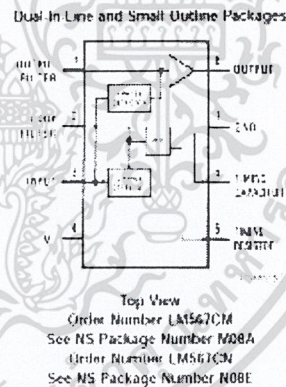
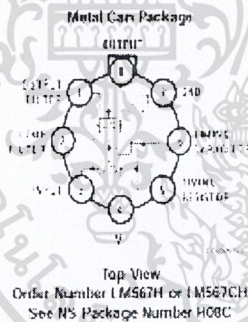
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%

- High rejection of out of band signals and noise
- Immune to false signals
- Highly accurate center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

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

Connection Diagrams



Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Supply Voltage Pin	5V
Power Dissipation (Note 2)	1100 mW
V_i	15V
V_o	±10V
V_i	$V_i = 0.5V$
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.)	235°C
Immersed (10 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

All Test Figures: $T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_T = 50^\circ\text{C}$

Parameters	Conditions	LM567			LM567C/LM567CM			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	5.2	4.75	5.0	5.0	V
Power Supply Current Quiescent	$R_T = 25^\circ\text{C}$	0	0	0	0	0	10	mA
Power Supply Current Activated	$R_T = 25^\circ\text{C}$			1		1	15	mA
Input Resistance		0	25	0	15	25	0	k Ω
Switched Ditherable Input Voltage	$V_i = 15V, f_{in} = 100\text{ kHz}$	0	25	25	0	25	25	mV rms
Largest No Output Input Voltage	$V_i = 100\text{ mV}, f_{in} = 100\text{ kHz}$	10	15	0	10	15	0	mV rms
Largest Antialiaser's Outland Signal to Input Signal Ratio			6			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	$B_N = 140\text{ kHz}$		-6			-6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f_c
Largest Detection Bandwidth Skew			0.5	2		2	3	% of f_c
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			± 0.1			± 0.1		%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75-5.25V		± 1	± 2		± 1	± 5	%/V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability (4.75-5.25V)	$0 < T_A < 75^\circ\text{C}$		35 ± 6.0			35 ± 6.0		ppm/°C
	$-55 < T_A < +125^\circ\text{C}$		± 4			± 4		ppm/°C
			140			140		
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V-5.25V		0.5	1.0		0.4	2.0	%/V
	4.75V-5V			2.0			2.0	%/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			1/20			1/20		
Output Leakage Current	$V_i = 15V$		0.01	25		0.01	25	μA
Output Saturation Voltage	$I_o = 25\text{ mA}, f_{in} = 10\text{ mA}$		0.2	0.4		0.2	0.4	V
	$I_o = 25\text{ mA}, f_{in} = 100\text{ mA}$		0.6	1.0		0.6	1.0	
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			350			350		ns

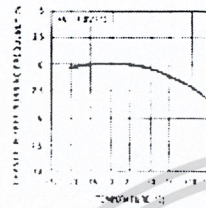
Note 1: Power dissipation of this device must be limited such that the junction temperature does not exceed 150°C. For Surface Mount Packages, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Through Hole Packages, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 1, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 2, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 3, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 4, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 5, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 6, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 7, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 8, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 9, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 10, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 11, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 12, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 13, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 14, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 15, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 16, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 17, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 18, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 19, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 20, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 21, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 22, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 23, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 24, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 25, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 26, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 27, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 28, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 29, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 30, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 31, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 32, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 33, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 34, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 35, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 36, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 37, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 38, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 39, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 40, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 41, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 42, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 43, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 44, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 45, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 46, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 47, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 48, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 49, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 50, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 51, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 52, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 53, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 54, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 55, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 56, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 57, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 58, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 59, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 60, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 61, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 62, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 63, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 64, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 65, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 66, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 67, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 68, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 69, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 70, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 71, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 72, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 73, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 74, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 75, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 76, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 77, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 78, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 79, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 80, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 81, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 82, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 83, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 84, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 85, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 86, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 87, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 88, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 89, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 90, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 91, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 92, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 93, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 94, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 95, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 96, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 97, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 98, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 99, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 100, the maximum power dissipation is 1100 mW.

Note 2: The average power dissipation of this device must be limited such that the junction temperature does not exceed 150°C. For Surface Mount Packages, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Through Hole Packages, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 1, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 2, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 3, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 4, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 5, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 6, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 7, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 8, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 9, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 10, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 11, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 12, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 13, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 14, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 15, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 16, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 17, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 18, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 19, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 20, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 21, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 22, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 23, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 24, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 25, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 26, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 27, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 28, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 29, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 30, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 31, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 32, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 33, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 34, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 35, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 36, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 37, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 38, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 39, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 40, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 41, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 42, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 43, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 44, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 45, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 46, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 47, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 48, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 49, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 50, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 51, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 52, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 53, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 54, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 55, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 56, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 57, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 58, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 59, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 60, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 61, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 62, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 63, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 64, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 65, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 66, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 67, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 68, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 69, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 70, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 71, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 72, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 73, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 74, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 75, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 76, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 77, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 78, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 79, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 80, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 81, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 82, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 83, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 84, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 85, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 86, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 87, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 88, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 89, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 90, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 91, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 92, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 93, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 94, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 95, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 96, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 97, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 98, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 99, the maximum power dissipation is 1100 mW. For Pin 100, the maximum power dissipation is 1100 mW.

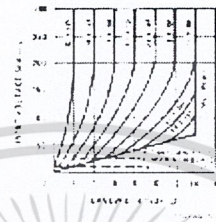
Note 3: Refer to Pin 100 drawing for specific dimensions and tolerances.

Typical Performance Characteristics (Continued)

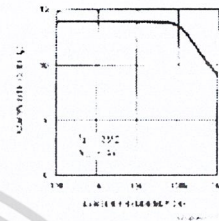
Typical Frequency Drift



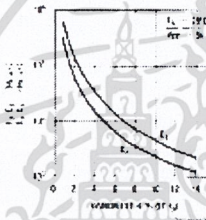
Bandwidth vs. Input Signal Amplitude



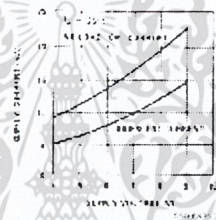
Largest Detection Bandwidth



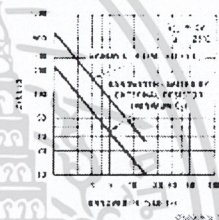
Detection Bandwidth as a Function of C_1 and C_2



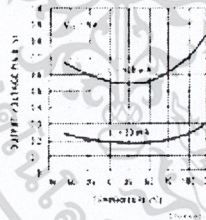
Typical Supply Current vs. Supply Voltage



Greatest Number of Cycles Before Output

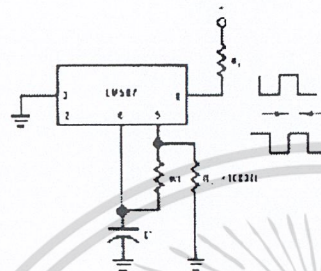


Typical Output Voltage vs. Temperature

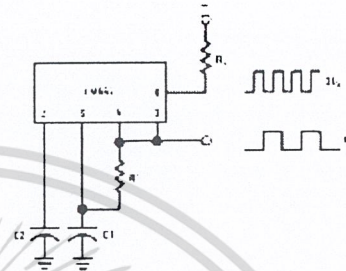


Typical Applications (Continued)

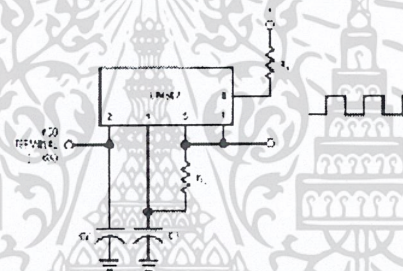
Oscillator with Quadrature Output



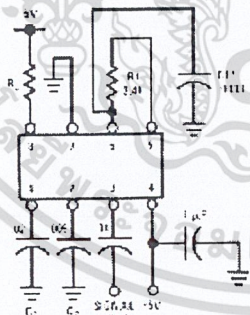
Oscillator with Double Frequency Output



Powerful Oscillator Drive 100 mA Loads



AC Test Circuit



Applications Information

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

$$f_0 = \frac{1}{1.1 R_2 C_2}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 10\% \left(1 + \frac{1}{C_2} \right) f_0$$

Where

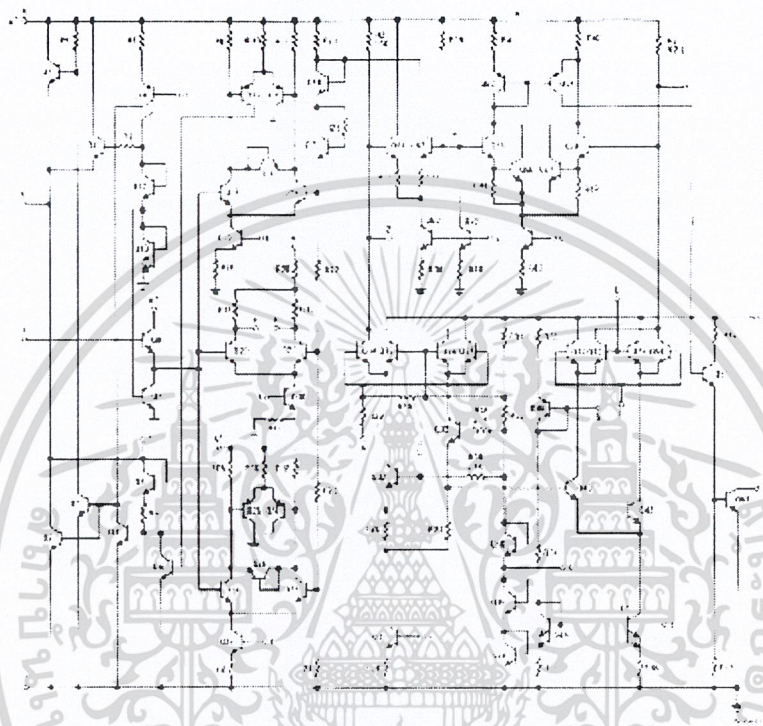
V_1 = Input voltage (dc or rms), $V_1 \leq 200$ mV

C_2 = Capacitance at pin 2 (pF)

© 1994 National Semiconductor Corporation
LM587 Data Sheet

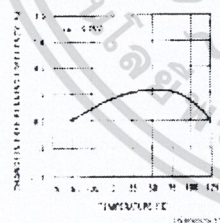
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram

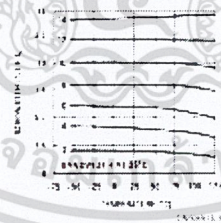


Typical Performance Characteristics

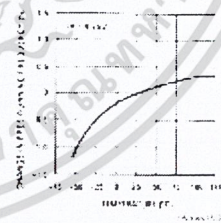
Typical Frequency Drift



Typical Bandwidth Variation



Typical Frequency Drift



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM555 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 200mA or drive TTL circuits.

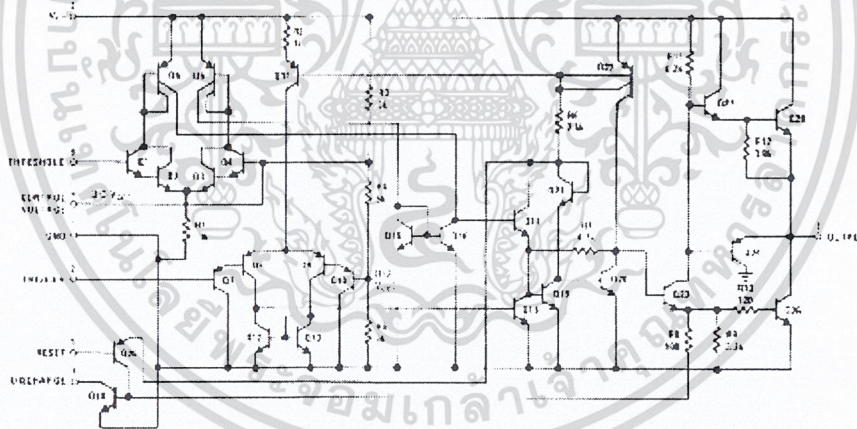
Features

- 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
- Available in 8 pin MSOP package

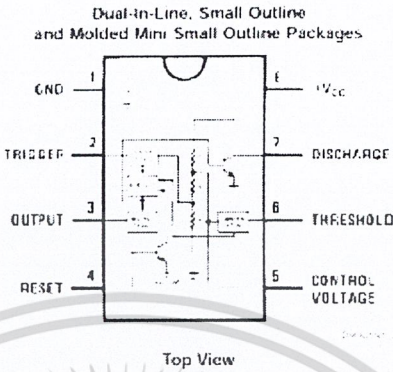
Applications

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

Schematic Diagram



Connection Diagram



Ordering Information

Package	Part Number	Package Marking	Media Transport	NSC Drawing
8 Pin SOIC	LM555CM	LM555CM	Reels	M08A
	LM555CMX	LM555CM	2.5k Units Tape and Reel	
8 Pin MSOP	LM555CMW	755	1k Units Tape and Reel	MUAC8A
	LM555CMWX	255	3.5k Units Tape and Reel	
8 Pin MDIP	LM555CN	LM555CN	Reels	NONE

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

Supply Voltage	-18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555CM, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	613 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Packages	
(SOIC and MSOP)	
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 (Notes 1, 2)

$V_{CC} = 25V$, $V_{EE} = 40V$ to $-15V$ unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5V$, $R_T = \infty$ $V_{EE} = 15V$, $R_T = \infty$ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable					%
Initial Accuracy	$R_A = 1k$ to $100k\Omega$, $C = 0.1\mu F$ (Note 5)		1		$\mu\text{min}/^\circ\text{C}$
Drift with Temperature			50		
Accuracy over Temperature			1.5		
Drift with Supply			0.3		%/V
Timing Error, Astable					%
Initial Accuracy	$R_A, R_B = 1k$ to $100k\Omega$, $C = 0.1\mu F$ (Note 5)		2.25		$\mu\text{min}/^\circ\text{C}$
Drift with Temperature			150		
Accuracy over Temperature			3.5		
Drift with Supply			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.65V		$\times V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15V$		5		V
	$V_{CC} = 5V$		1.67		V
Trigger Current			0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15V$ $V_{CC} = 5V$	9 2.6	10 3.33	11 4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 7)					mV
Output Low	$V_{CC} = 15V$, $I_L = 15\text{mA}$		180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5V$, $I_L = 4.5\text{mA}$		80	200	mV

Electrical Characteristics (Notes 1-7) (Continued)

(T_{JA} = 25°C, V_{CC} = +5V to +15V, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units	
		LM555C				
		Min	Typ	Max		
Output Voltage Drop (Low)	V _{CC} = 15V					
	I _{OUT} = 10mA		0.1	0.25	V	
	I _{OUT} = 50mA		0.4	0.75	V	
	I _{OUT} = 100mA		2	2.5	V	
	I _{OUT} = 200mA		2.5		V	
	V _{CC} = 5V					
	I _{OUT} = 8mA				V	
Output Voltage Drop (High)	I _{OUT} = 200mA, V _{CC} = 15V		12.5		V	
	I _{OUT} = 100mA, V _{CC} = 15V	12.75	15.3		V	
	V _{CC} = 5V	2.75	3.3		V	
Rise Time of Output			100		ns	
Fall Time of Output			100		ns	

Note 1: All voltages are measured with respect to a common reference terminal specified.

Note 2: Absolute Maximum Ratings are limits, not values, of operation. Exceeding these ratings may damage the device and void the conditions for which the device has been designed. Output voltage and current limits are specified for the LM555C in the conditions under particular test conditions. Higher output voltage performance limits are assumed for the device's operation under the operating ratings. Specifications are not guaranteed for parameters other than those given. Exceed the typical values for a good reference of device performance.

Note 3: The operating at elevated temperature should be limited to not more than 25% based on a 150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 100°C/W (1000°C/W (5000°C/W) and 25,41°C/W (10000°C/W) junction product.

Note 4: Supply current when output high (typical) limits at V_{CC} = 5V.

Note 5: Tested at V_{CC} = 5V and R_{TH} = 35V.

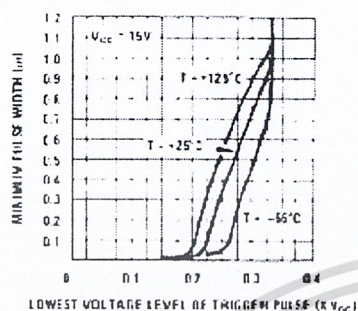
Note 6: This will determine the maximum value of R_{TH} = 1k for 15V operation. The maximum total R_{TH} is 15k.

Note 7: No protection against excessive pin 1 current is provided, although the maximum device current will not be exceeded.

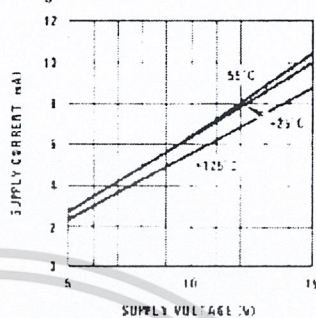
Note 8: Refer to LM555C drawing of military LM555C and LM555C for specifications.

Typical Performance Characteristics

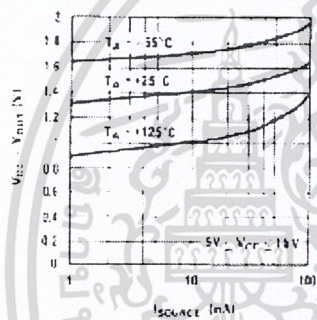
Minimum Pulse Width
Required for Triggering



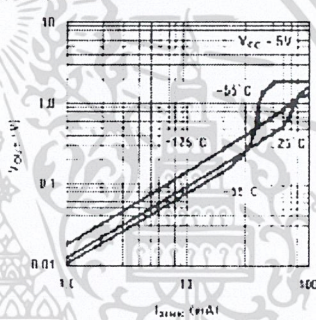
Supply Current vs.
Supply Voltage



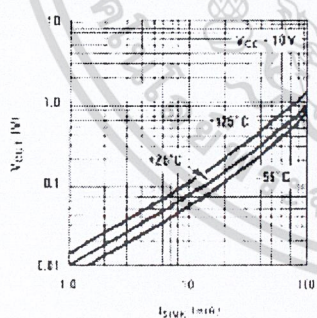
High Output Voltage vs.
Output Source Current



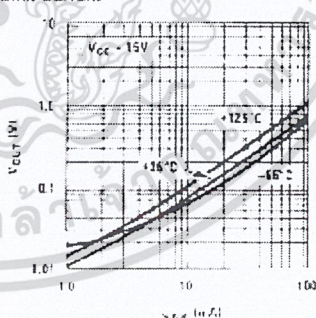
Low Output Voltage vs.
Output Sink Current



Low Output Voltage vs.
Output Sink Current

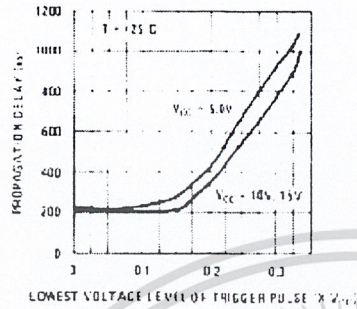


Low Output Voltage vs.
Output Sink Current

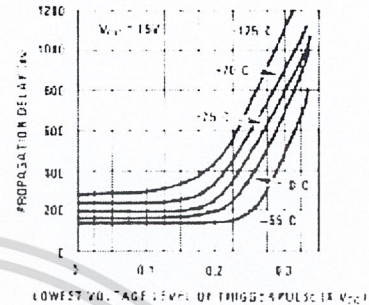


Typical Performance Characteristics (Continued)

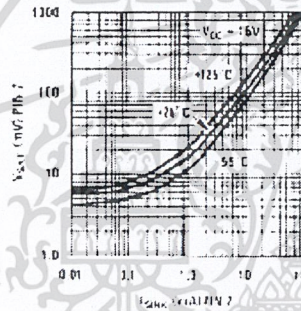
Output Propagation Delay vs.
Voltage Level of Trigger Pulse



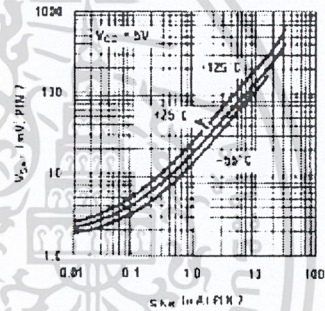
Output Propagation Delay vs.
Voltage Level of Trigger Pulse



Discharge Transistor (Pin 7)
Voltage vs. Sink Current



Discharge Transistor (Pin 7)
Voltage vs. Sink Current



Applications Information

MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 7). 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.

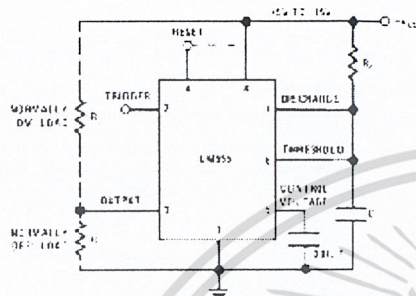
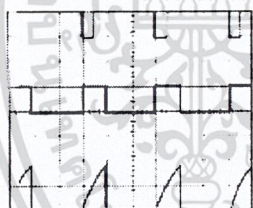


FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of $\tau = 1.1 R_A C$, 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 levels of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.



$V_{DD} = 5V$
 $THM = 0.1 \text{ mrad/C}$
 $R_A = 9 \text{ k}\Omega$
 $C = 0.01\mu F$
 Top trace: Input 5V Dc.
 Middle trace: Output 5V Dc.
 Bottom trace: Capacitive voltage divider.

FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the output setting as the trigger input is returned high at least 12.5 ns before the end of the timing interval. 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 microstable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

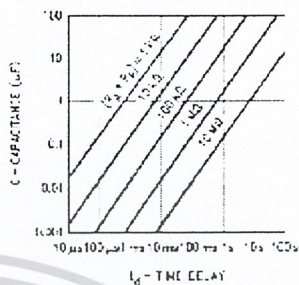


FIGURE 3. Time Delay

UNSTABLE 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 multivibrator. The external capacitor charges through $R_{K_1} + R_{K_2}$ and discharges through R_{K_1} . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

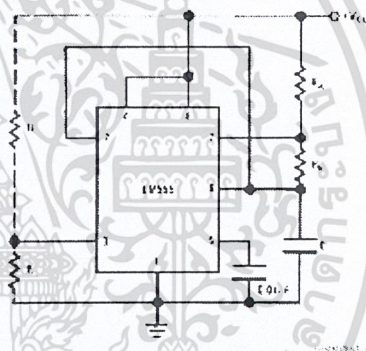
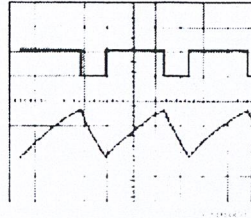


FIGURE 4. Astable

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.

Applications Information (Continued)

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



Top Trace: Output Voltage
Bottom Trace: Capacitor Voltage (V_{CE})
V_{CC} = 5V
TIM = 20μs/div
R_A = 1.5kΩ
R_B = 10kΩ
C = 0.01μF

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 values.

The duty cycle is:

$$D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

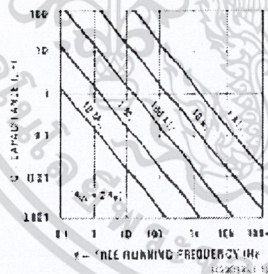
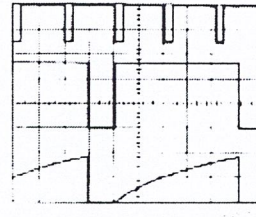


FIGURE 6. Free Running Frequency

FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of Figure 7 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.



Top Trace: Input Pulse Train
Bottom Trace: Output Pulse Train
V_{CC} = 5V
TIM = 20μs/div
R_A = 9.1kΩ
C = 0.01μF

FIGURE 7. Frequency Divider

PULSE WIDTH MODULATOR

When this 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.

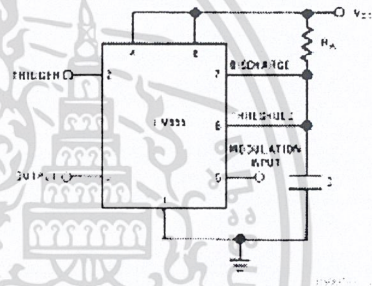
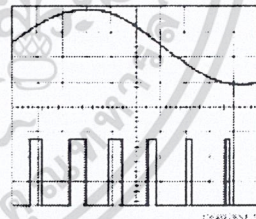


FIGURE 8. Pulse Width Modulator



Top Trace: Modulation V_{IN}
Bottom Trace: Output Voltage V_{OUT}
V_{CC} = 5V
TIM = 0.2ms/div
R_A = 9.1kΩ
C = 0.01μF

FIGURE 9. Pulse Width Modulator

Applications Information (Continued)

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.

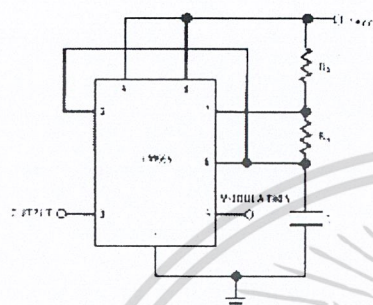


FIGURE 10. Pulse Position Modulator

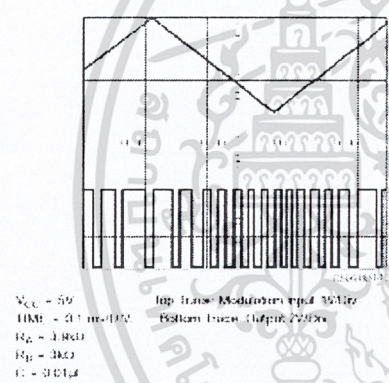


FIGURE 11. Pulse Position Modulator

LINEAR RAMP

When the pullup resistor (R_1) 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.

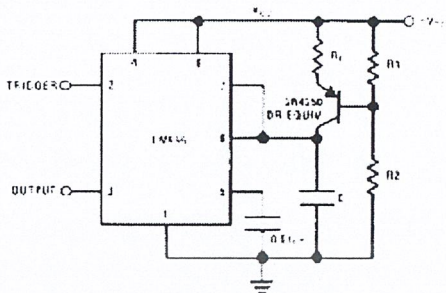


FIGURE 12.

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

$$T = \frac{2.3 V_{CC} R_2 (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

$V_{CC} = 0.6V$
 $V_{BE} = 0.7V$

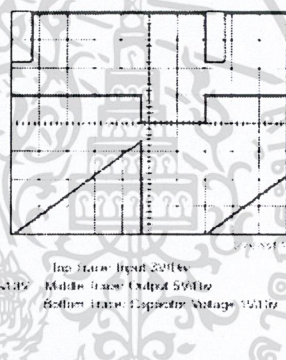


FIGURE 13. Linear Ramp

Applications Information (Continued)

50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors R_A and R_B may be connected as in Figure 74. The time period for the output high is the same as previous, $t_1 = 0.693 R_A C$, for the output low it is $t_2 =$

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

Thus the frequency of oscillator is

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2}$$

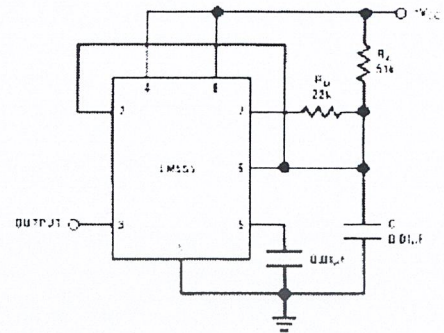


FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

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 0.1µF in parallel with 1µF electrolytic.

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

Delay time from input to output is 0.47µs typical. Minimum reset pulse width must be 0.1µs typical.

Pin 7 current switches within 30ns of the output (pin 3) with $I_{CP} =$

General Description

The inputs are ground referenced while the output automatically biases to one-half the supply voltage. The quiescent power drain is only .4 milliwatts when operating from a 5 V supply, making the LM386 ideal for battery operation.

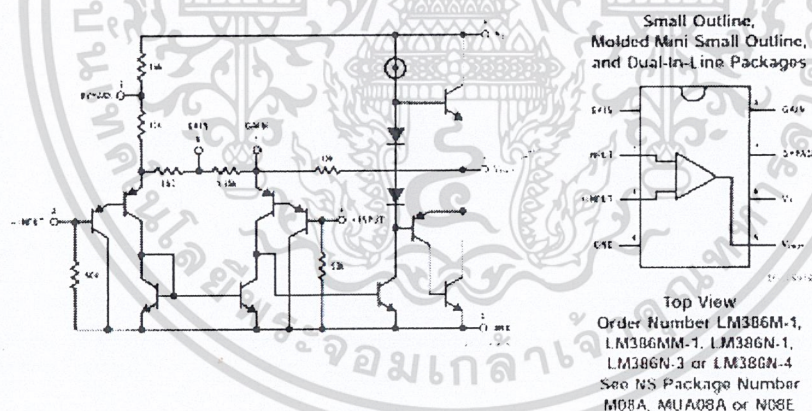
Features

- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range: 1V – 1.2V or 5V – 18V
- Low quiescent current drain: 4nA
- Voltage gain from 20 to 200
- Ground-referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion: 0.2% ($V_{in} = 20\text{mV}$, $V_{out} = 60\text{mV}$, $f = 1\text{kHz}$, $P_{out} = 1\text{mW}$)
- Available in 8-pin MSOP package

Applications

- AM/FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- Hi-fidelity systems
- Loud drivers
- Tuning circuits
- Transistors and diodes
- Power amplifiers

Equivalent Schematic and Connection Diagrams



Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

Supply Voltage	
LM386N-1, -3, LM386M-1	15V
Supply Voltage (LM386N-4)	22V
Package Dissipation (Note 3)	
LM386N	1.25W
LM386M	0.73W
LM386MM-1	0.585W
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 (110 sec) +240°C

Small Outline Package

(SOIC and MSOP) Vapor Phase (60 sec) +235°C

Infrared (7.5 sec) +230°C

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

Thermal Resistance

 θ_{JA} (DIP) 37°C/W θ_{JA} (DIP) 107°C/W θ_{JA} (SO Package) 35°C/W θ_{JA} (SO Package) 172°C/W θ_{JA} (MSOP) 210°C/W θ_{JA} (MSOP) 56°C/W**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2) $T_A = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage (V_{CC})					
LM386N-1, -3, LM386M-1, LM386MM-1		4		12	V
LM386N-4		5		18	V
Quiescent Current (I_{QD})	$V_{CC} = 6V, V_{IN} = 0$		4	8	mA
Output Power (P_{OUT})					
LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1	$V_{CC} = 6V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$	250	325		mW
LM386N-3	$V_{CC} = 9V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$	500	700		mW
LM386N-4	$V_{CC} = 18V, R_L = 8\Omega, THD = 10\%$	700	1000		mW
Voltage Gain (A_{vL})	$V_{CC} = 6V, f = 1\text{ kHz}$ 10 pF from Pin 1 to 3		26		dB
			46		dB
Bandwidth (BW)	$V_{CC} = 6V, \text{Pins 1 and 8 Open}$		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	$V_{CC} = 6V, R_L = 8\Omega, P_{OUT} = 125\text{ mW}$ $f = 1\text{ kHz}, \text{Pins 1 and 8 Open}$		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	$V_{CC} = 6V, f = 1\text{ kHz}, C_{IN(PS)} = 10\text{ pF}$ Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance (R_{IN})			50		k Ω
Input Bias Current (I_{BIAS})	$V_{CC} = 6V, \text{Pins 2 and 3 Open}$		250		nA

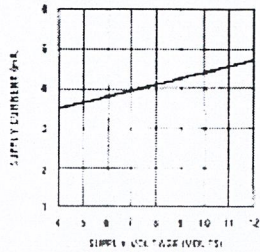
Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin unless otherwise specified.

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state V_{CC} and A_{vL} electrical specifications under particular test conditions which qualify a specific performance limit. This assumes that the device is within the operating ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given. However, the typical value is a good indication of device performance.

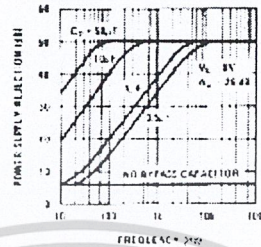
Note 3: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of 107°C/W junction to ambient for the dual in-line package and 2) a thermal resistance of 172°C/W for the small outline package.

Typical Performance Characteristics

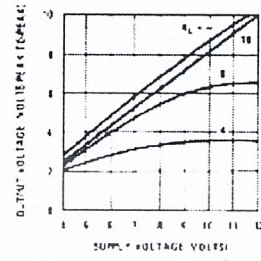
Quiescent Supply Current vs Supply Voltage



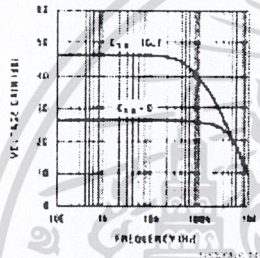
Power Supply Rejection Ratio (Referred to the Output) vs Frequency



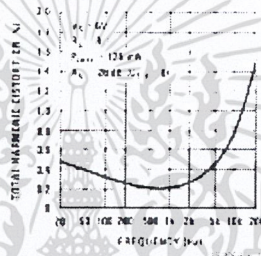
Peak-to-Peak Output Voltage Swing vs Supply Voltage



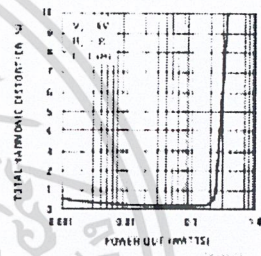
Voltage Gain vs Frequency



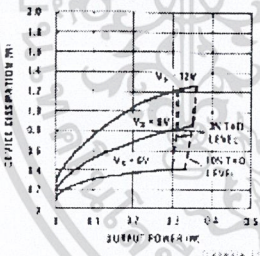
Distortion vs Frequency



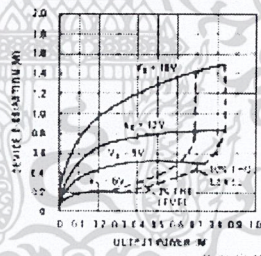
Distortion vs Output Power



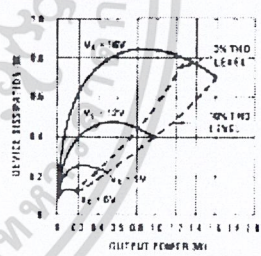
Device Dissipation vs Output Power — 4Ω Load



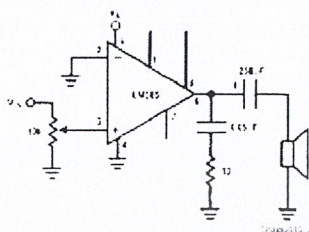
Device Dissipation vs Output Power — 8Ω Load



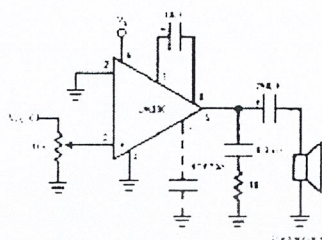
Device Dissipation vs Output Power — 16Ω Load



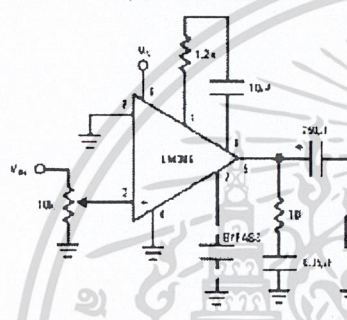
Typical Applications

Amplifier with Gain = 20
Minimum Parts

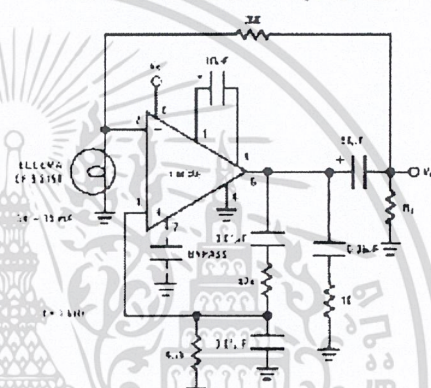
Amplifier with Gain = 200



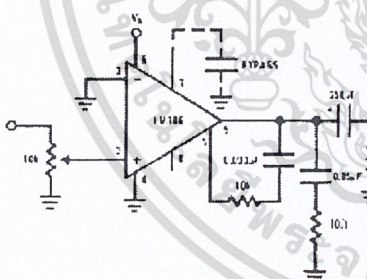
Amplifier with Gain = 50



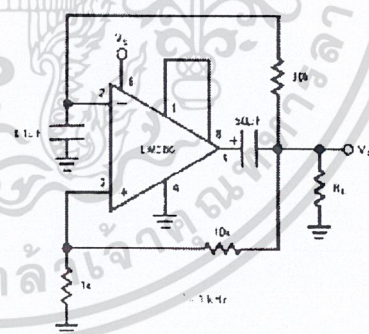
Low Distortion Power Wienbridge Oscillator



Amplifier with Bass Boost



Square Wave Oscillator



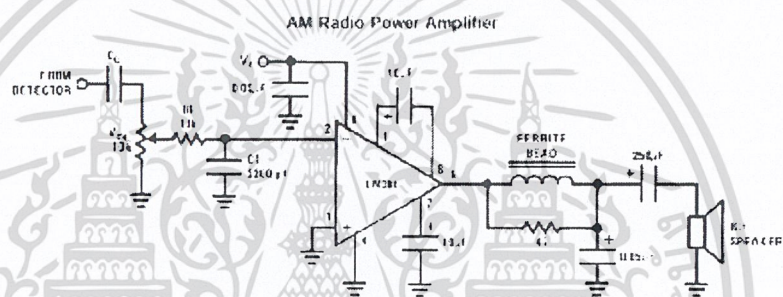
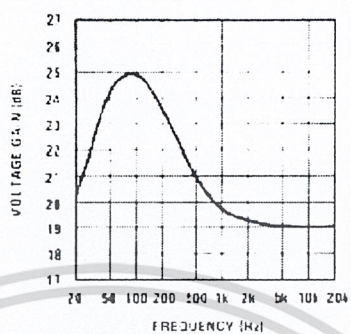


Figure 3. All components must be signed very closely to

CD4093BC

Quad 2-Input NAND Schmitt Trigger

General Description

The CD4093B consists of four Schmitt-trigger circuits. Each circuit functions as a 2-input NAND gate with Schmitt-trigger action on both inputs. The gate switches at different points for positive and negative-going signals. The difference between the positive (V_T^+) and the negative voltage (V_T^-) is defined as hysteresis voltage (V_H).

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

Features

- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- Schmitt-trigger on each input with no external components
- Noise immunity greater than 50%

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

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

Applications

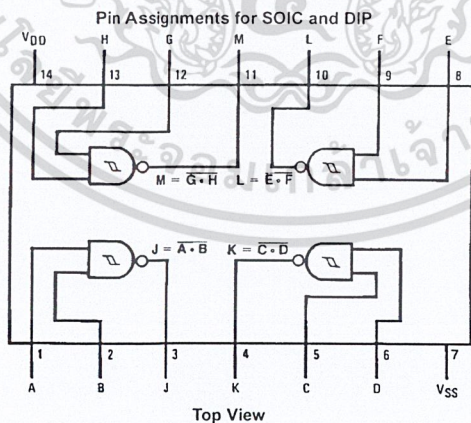
- Wave and pulse shapers
- High-noise-environment systems
- Monostable multivibrators
- Astable multivibrators
- NAND logic

Ordering Code:

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

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

Connection Diagram

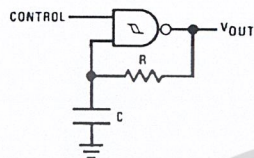


Absolute Maximum Ratings			Recommended Operating Conditions							
(Note 2)			(Note 2)							
DC Supply Voltage (V _{DD})		-0.5 to +18 V _{DC}	DC Supply Voltage (V _{DD})		3 to 15 V _{DC}					
Input Voltage (V _{IN})		-0.5 to V _{DD} +0.5 V _{DC}	Input Voltage (V _{IN})		0 to V _{DD} V _{DC}					
Storage Temperature Range (T _S)		-65°C to +150°C	Operating Temperature Range (T _A)		-40°C to +85°C					
Power Dissipation (P _D)			Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed; they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.							
Dual-In-Line		700 mW	Note 2: V _{SS} = 0V unless otherwise specified.							
Small Outline		500 mW								
Lead Temperature (T _L)										
(Soldering, 10 seconds)		260°C								
DC Electrical Characteristics (Note 2)										
Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C		+85°C		Units	
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min		Max
I _{DD}	Quiescent Device Current	V _{DD} = 5V V _{DD} = 10V V _{DD} = 15V		1.0 2.0 4.0			1.0 2.0 4.0	7.5 15.0 30.0	μA	
V _{OL}	LOW Level Output Voltage	V _{IN} = V _{DD} , I _O < 1 μA V _{DD} = 5V V _{DD} = 10V V _{DD} = 15V		0.05 0.05 0.05		0 0 0	0.05 0.05 0.05	0.05 0.05 0.05	V	
V _{OH}	HIGH Level Output Voltage	V _{IN} = V _{SS} , I _O < 1 μA V _{DD} = 5V V _{DD} = 10V V _{DD} = 15V	4.95 9.95 14.95		4.95 9.95 14.95	5 10 15	4.95 9.95 14.95		V	
V _{T-}	Negative-Going Threshold Voltage (Any Input)	I _O < 1 μA V _{DD} = 5V, V _O = 4.5V V _{DD} = 10V, V _O = 9V V _{DD} = 15V, V _O = 13.5V	1.3 2.85 4.35	2.25 4.5 6.75	1.5 3.0 4.5	1.8 4.1 6.3	2.25 4.5 6.75	1.5 3.0 4.5	2.3 4.65 6.9	V
V _{T+}	Positive-Going Threshold Voltage (Any Input)	I _O < 1 μA V _{DD} = 5V, V _O = 0.5V V _{DD} = 10V, V _O = 1V V _{DD} = 15V, V _O = 1.5V	2.75 5.5 8.25	3.6 7.15 10.65	2.75 5.5 8.25	3.3 6.2 9.0	3.5 7.0 10.5	2.65 5.35 8.1	3.5 7.0 10.5	V
V _H	Hysteresis (V _{T+} - V _{T-}) (Any Input)	V _{DD} = 5V V _{DD} = 10V V _{DD} = 15V	0.5 1.0 1.5	2.35 4.3 6.3	0.5 1.0 1.5	1.5 2.2 2.7	2.0 4.0 6.0	0.35 0.70 1.20	2.0 4.0 6.0	V
I _{OL}	LOW Level Output Current (Note 3)	V _{IN} = V _{DD} V _{DD} = 5V, V _O = 0.4V V _{DD} = 10V, V _O = 0.5V V _{DD} = 15V, V _O = 1.5V	0.52 1.3 3.6		0.44 1.1 3.0	0.88 2.25 8.8		0.36 0.9 2.4		mA
I _{OH}	HIGH Level Output Current (Note 3)	V _{IN} = V _{SS} V _{DD} = 5V, V _O = 4.6V V _{DD} = 10V, V _O = 9.5V V _{DD} = 15V, V _O = 13.5V	-0.52 -1.3 -3.6		0.44 -1.1 -3.0	-0.88 -2.25 -8.8		-0.36 -0.9 -2.4		mA
I _{IN}	Input Current	V _{DD} = 15V, V _{IN} = 0V V _{DD} = 15V, V _{IN} = 15V		0.3 0.3		-10 ⁻⁵ 10 ⁻⁵	-0.3 0.3		-1.0 1.0	μA
Note 3: I _{OH} and I _{OL} are tested one output at a time										

AC Electrical Characteristics (Note 4)						
T _A = 25°C, C _L = 50 pF, R _L = 200k, Input t _r = 20 ns, unless otherwise specified						
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t _{PHL} , t _{PLH}	Propagation Delay Time	V _{DD} = 5V		300	450	ns
		V _{DD} = 10V		120	210	ns
		V _{DD} = 15V		80	160	ns
t _{THL} , t _{TLH}	Transition Time	V _{DD} = 5V		90	145	ns
		V _{DD} = 10V		50	75	ns
		V _{DD} = 15V		40	60	ns
C _{IN}	Input Capacitance	(Any Input)		5.0	7.5	pF
C _{PD}	Power Dissipation Capacitance	(Per Gate)		24		pF
Note 4: AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.						

Typical Applications

Gated Oscillator



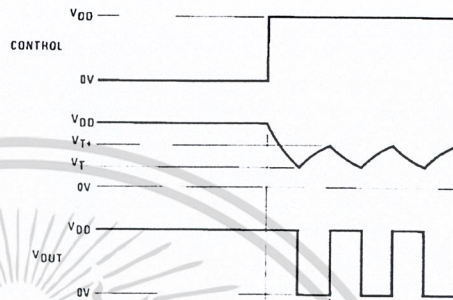
Assume $t_1 \cdot t_2 \gg t_{PHL} \cdot t_{PLH}$ then:

$$t_0 = RC \ln [V_{DD}/V_T^-]$$

$$t_1 = RC \ln [(V_{DD} - V_T^-)/(V_{DD} - V_T^+)]$$

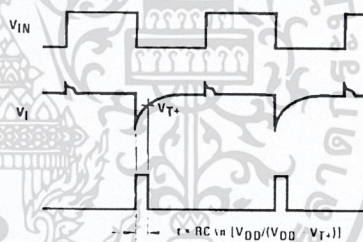
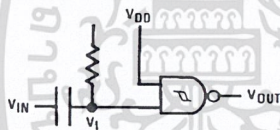
$$t_2 = RC \ln [V_T^+/V_T^-]$$

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

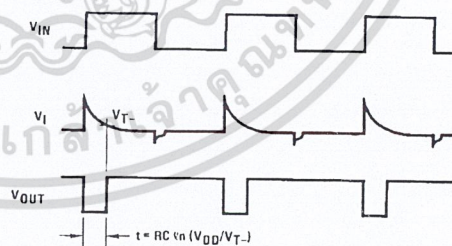
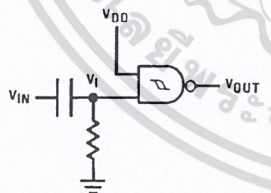


Gated One-Shot

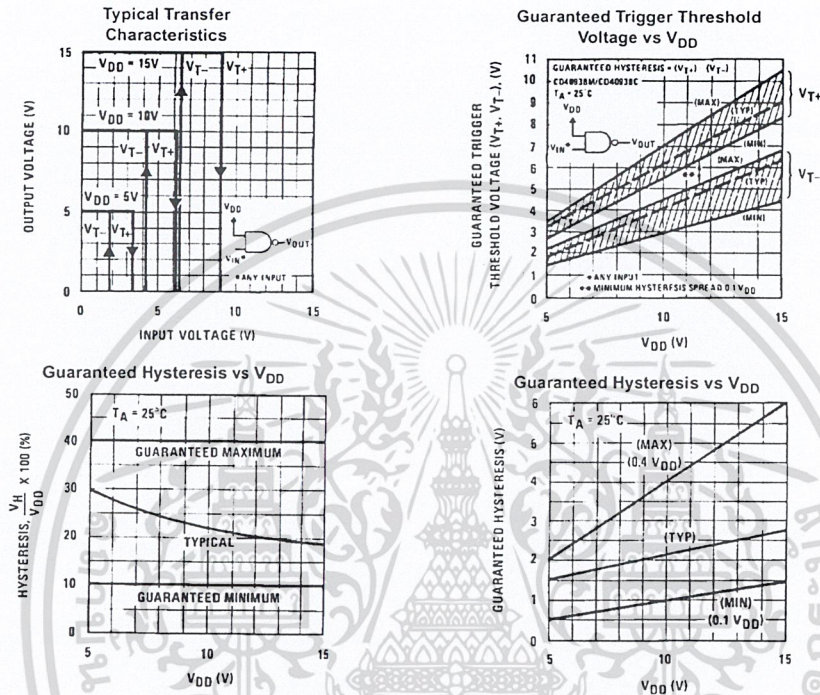
(a) Negative-Edge Triggered



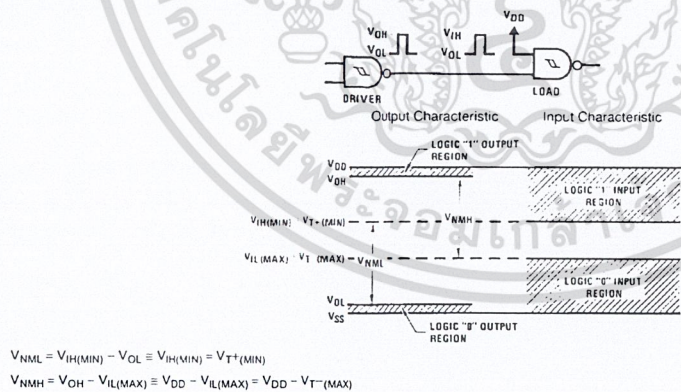
(b) Positive-Edge Triggered



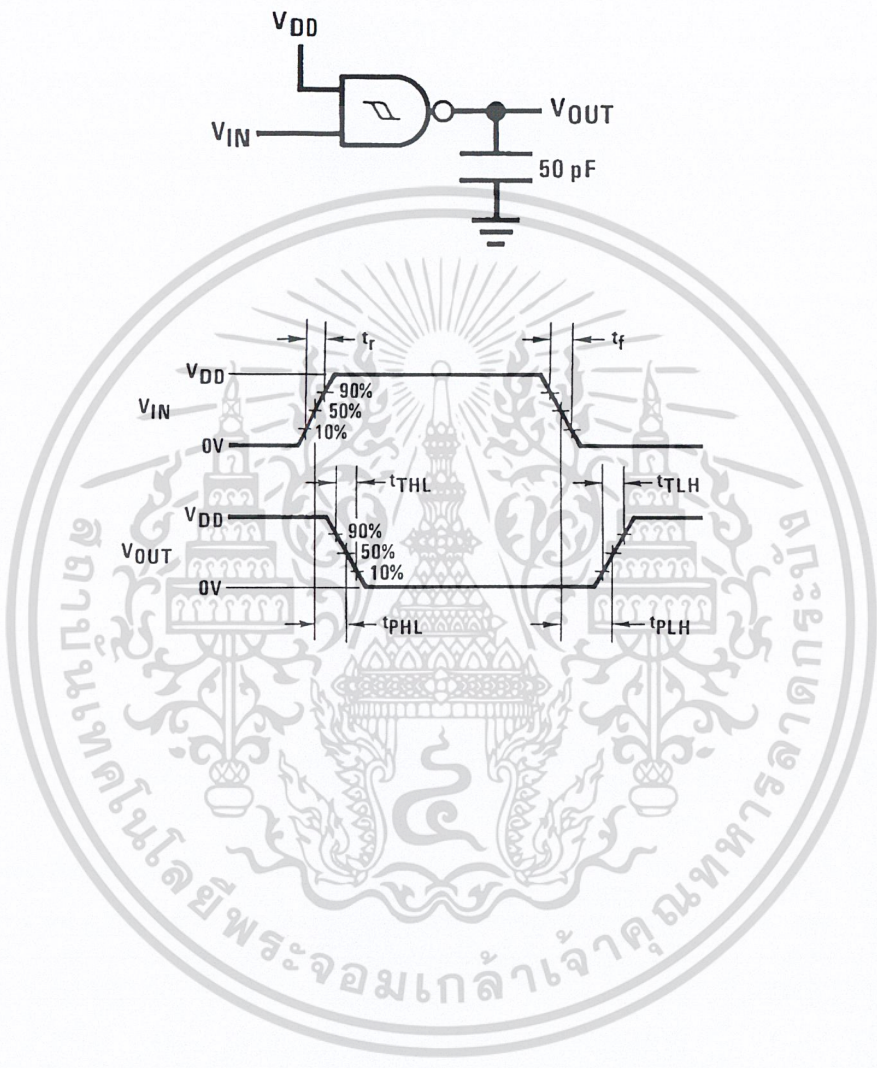
Typical Performance Characteristics



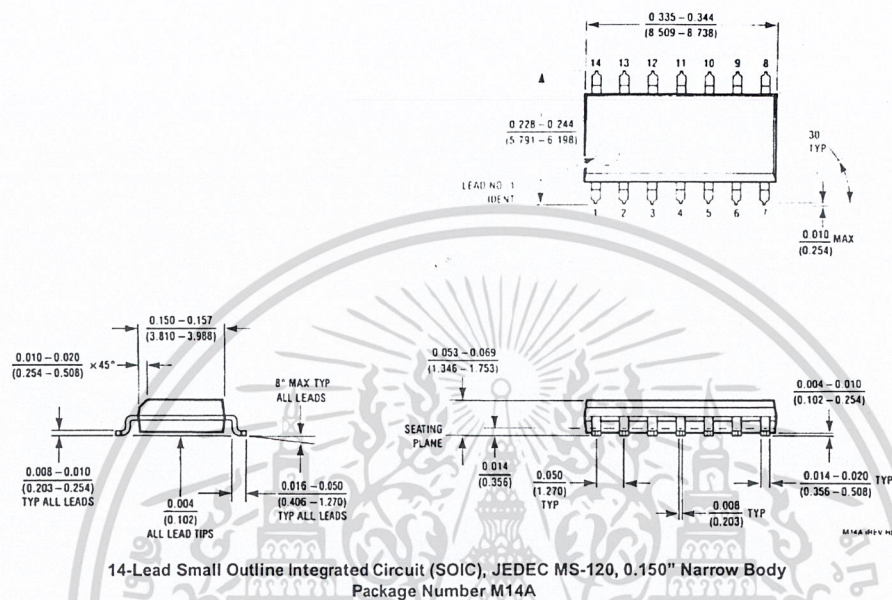
Input and Output Characteristics



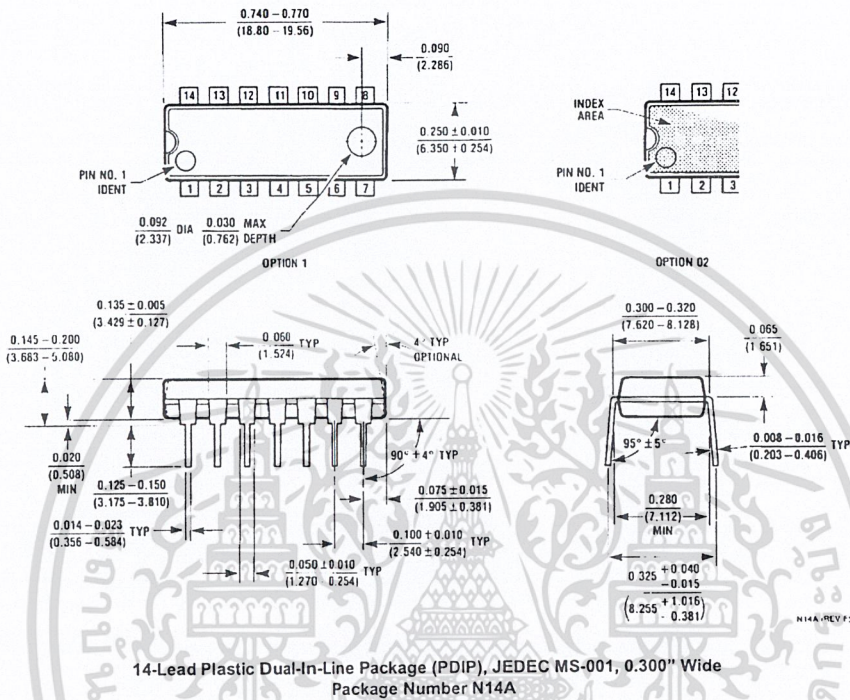
AC Test Circuits and Switching Time Waveforms



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้จะสำเร็จลงไม่ได้หากไม่ได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จากบุคคลหลายๆ ท่าน ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นทำโครงการ ตลอดจนการทำรายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ

อ. สุรพล บุญจันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้จัดทำ

27 กุมภาพันธ์ 2545



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- [1] ก้องเกียรติ ฌ สีมา “ ทฤษฎีและการใช้งานไหมเมอร์ไอซี 555 “ ซีเอ็ด ยูเคชั่น , กรุงเทพ
มกราคม 2528.
- [2] อินทิรา สมหมาย “ อิเลคทรอนิกส์สมัครเล่น “ ซีเอ็ด ยูเคชั่น , กรุงเทพ , ธันวาคม 2536.

