

ปริญญาบัตร
เครื่องฟ่งโทรศัพท์ไร้สาย

MULTIPLE CORDLESS TELEPHONE



ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชา ครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คณะ วิศวกรรมศาสตร์
 คณะ วิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อปริญญาโท เครื่องฟองโทรศัพท์ไร้สาย

MULTIPLE CORDLESS TELEPHONE

- ชื่อนักศึกษา 1.นายเฉลิมพงศ์ พรหมสุวรรณ รหัสประจำตัว 36031208
 2.นายรัชชัย เสนาะกรรม รหัสประจำตัว 36031209
 3.นายถาวร เทียนแป รหัสประจำตัว 36031212
 4.นายวิช บุญอาจ รหัสประจำตัว 36031225

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

- 1.อาจารย์กิติพงศ์ มะโน
 2.อาจารย์พระวุฒิ สุวรรณจันทร์
 3.อาจารย์สันติ ตันตระกูล

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 20 เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2538 เวลา 13.00 น.ถึง 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.301 คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
 ลงนาม.....
 (ผศ.ดร.ธีรพลเทพทัศน์ ธีรชยา)
 หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
 วันที่ 1...เดือน... พ.ศ. 38..

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องฟ่งโทรศัพท์ไร้สาย

MULTIPLE CORDLESS TELEPHONE

ผู้จัดทำ

นายเฉลิมพงศ์ พรหมสุวรรณ

นายรัชชัย เสนาะกรรม

นายถาวร เทียนแจ

นายวนิช บุญอาจ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....

(อาจารย์กิติพงศ์ มะโน)

ลงนาม.....

(อาจารย์พระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

ลงนาม.....

(อาจารย์สันติ ต้นตระกูล)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องฟังโทรศัพท์ไร้สาย

MULTIPLE CORDLESS TELEPHONE

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการของโทรศัพท์ไร้สาย
2. เพื่อออกแบบเครื่องฟังโทรศัพท์ไร้สาย
3. เพื่อสร้างเครื่องฟังโทรศัพท์ไร้สาย
4. เพื่อนำเครื่องฟัง โทรศัพท์ไร้สาย ไปใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงหลักการทำงานเครื่องโทรศัพท์
2. สามารถออกแบบเครื่องส่ง และเครื่องรับวิทยุ
3. สามารถสร้างเครื่องฟัง โทรศัพท์ไร้สาย
4. สามารถนำโทรศัพท์ระบบธรรมดามาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องฟุ้งโทรศัพท์ไร้สาย

นายเฉลิมพงศ์ พรหมสุวรรณ
 นายชัชชัย เสนาะกรรม
 นายถาวร เทียนแป
 นายวนิช บุญอาจ

อาจารย์ที่ปรึกษา
 อาจารย์กิติพงศ์ มะโน
 อาจารย์ทีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
 อาจารย์สันติ ตันตระกูล
 ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นการเสนอ “เครื่องฟุ้งโทรศัพท์ไร้สาย” อันเนื่องมาจากความต้องการความสะดวกในการใช้โทรศัพท์ โดยในปัจจุบันโทรศัพท์ไร้สายมีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายแต่ก็ยังมีอีกบางส่วนที่ยังใช้โทรศัพท์แบบธรรมดาจนอยู่ และเพื่อให้โทรศัพท์ธรรมดาสามารถปรับขีดความสามารถ ให้มีความสะดวกและคล่องตัวแบบโทรศัพท์ไร้สาย โดยไม่ต้องทิ้งโทรศัพท์เครื่องเก่า ฉะนั้นจึงได้สร้างโครงการขึ้นนี้ขึ้นมา

เครื่องฟุ้งโทรศัพท์ไร้สายเครื่องนี้จะนำสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์มาทำการมอดูเลชันแล้วส่งผ่านคลื่นวิทยุที่ความถี่ 46.6-49.9 MHz ในรัศมีการรับส่งประมาณ 100 เมตร และสามารถติดต่อระหว่างตัวฐานกับตัวลูกได้

MULTIPLE CORDLESS TELEPHONE

MR. CHATCHAI SANORKAN

MR. CHALEAMPONG PROMSUWAN

MR. THAWORN THIANPAE

MR. VANIT BOONART

ADVISOR

MR. KITIPONG MANO

MR. PEERAWUT SUWANCHAN

MR. SANTI TANTRAKOON

1994

ABSTRACT

This project is present "Multiple Cordless Telephone". Because of people want comfortable to use telephone currency cordless telephone are used popularity, But many people use normal telephone. This project will upgrade normal telephone to have comfortable and actively as well as cordless telephone. But don't leave normal telephone, Then creat this project

This "Multiple Cordless Telephone" will get signal from telephone line then modulate it with RF frequency at 46.6-49.9 MHz. It will have distane to use about 100 meters and can communicate between base unit and portable unit.

กิติกรรมประกาศ

การทำปริญญาบัตรนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ
 อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทำปริญญาบัตร
 และขอขอบคุณสำหรับเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและเอื้อเฟื้อแรงกายสละเวลามาช่วยเหลือรวม
 ทั้งเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการสร้างชุดต้นแบบ

ท้ายสุดของกิติกรรมประกาศนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ซึ่งเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ
 อย่างมากที่สุด ทั้งด้านกำลังใจ และทุนในการทำปริญญาบัตรฉบับนี้



IV

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1. ลักษณะทั่วไปของเครื่องโทรศัพท์	3
2.1.1. ระบบการพูด	3
2.1.2. ระบบการให้สัญญาณ	3
2.2. หลักการทำงานของเครื่องโทรศัพท์	3
2.2.1. เครื่องส่ง	4
2.2.2. เครื่องรับ	4
2.3. สัญญาณไฟฟ้าภายในสาย	6
2.3.1. การวางหูและการยกหู	6
2.3.2. การกำเนิดสัญญาณ	7
2.3.3. การส่งผ่านหมายเลข	8
2.3.4. สัญญาณจากชุมสาย	11
2.4. เครื่องรับส่งวิทยุ	18
2.4.1. การมอดูเลตทางความถี่	19
2.4.2. แบนด์วิดท์ที่ใช้ในการส่ง FM	21
2.4.3. เครื่องส่ง FM	22
2.4.4. เครื่องรับ FM	23
2.4.5. การดีมอดูเลตคลื่น FM	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5. หลักการโทรศัพท์ไร้สาย	25
2.5.1. ตัวแม่(BASE TELEPHONE)	25
2.5.2. ตัวลูก(PORTABLE TELEPHONE)	26
บทที่ 3 การออกแบบสร้าง	27
3.1. บล็อกไดอะแกรม	27
3.2. ชุดแยกสัญญาณตัวลูก	27
3.3. วงจรควบคุมครหัสออก	28
3.4. ภาคเข้ารหัสของตัวแม่	29
3.5. ภาคตรวจสอบการรหัสของตัวลูก	29
3.6. ภาคคอนโทรล	31
3.6.1. สัญญาณที่นำมาใช้	31
3.6.2. แนวความคิดการออกแบบ	32
3.6.3. การออกแบบสร้าง	33
3.7. ภาครับและภาคส่ง	45
3.7.1. วงจรเครื่องรับและเครื่องส่งของตัวลูก	45
3.7.2. วงจรเครื่องรับและเครื่องส่งของตัวแม่	46
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	47
4.1. การทดลอง ชุดแยกสัญญาณ	47
4.2. การทดลอง ภาคควบคุมการครหัสโทรออก	48
4.3. การทดลอง ภาคเข้ารหัสของตัวแม่	49
4.4. การทดลอง ภาคตรวจสอบการรหัสของตัวลูก	50
4.5. การทดลอง ภาค DTMF ของตัวแม่	52
4.6. การทดลอง ภาค DTFM ของตัวลูก	54
4.7. การทดลอง ภาคแยกสัญญาณกระดิ่ง	55
4.8. การทดลอง วงจรคอนโทรล	57
4.9. การทดลอง วงจรบีชเซอร์	58
4.10. การทดลอง วงจรสวิทต์ดีเลย์	59
บทที่ 5 บทวิจารณ์ สรุป และแนวทางการพัฒนา	62
บรรณานุกรม	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของเครื่องส่งโทรศัพท์	5
รูปที่ 2.2 กระแสของเครื่องส่งโทรศัพท์ เมื่อไม่มีคลื่นเสียง	5
รูปที่ 2.3 กระแสของเครื่องส่งโทรศัพท์ เมื่อมีคลื่นเสียง	6
รูปที่ 2.4 กระแสเสียงพูดไฟฟ้สลับที่ผ่านสายของผู้เช่า	7
รูปที่ 2.5 ผังส่วนต่าง ๆ ของเครื่องรับโทรศัพท์	8
รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่องรับโทรศัพท์ (แสดงแผ่น ไดอะแฟรมกำลังแยกออกจากแท่งแม่เหล็ก)	9
รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องรับโทรศัพท์ (แสดงแผ่น ไดอะแฟรมกำลังถูกดึงเข้าหาแท่งแม่เหล็ก)	10
รูปที่ 2.8 การทำงานของเครื่องรับโทรศัพท์	11
รูปที่ 2.9 วงจรสมบูรณ์จากคู่สายของผู้ใช้ไปยังชุมสาย	12
รูปที่ 2.10 วงจรคู่สายของผู้ใช้ไปยังชุมสาย	12
รูปที่ 2.11 การกำหนดพัลส์ของการหมุน	13
รูปที่ 2.12 การทำงานของตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์	13
รูปที่ 2.13 พัลส์จากการหมุนตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์	14
รูปที่ 2.14 ช่วงของเบรคเรโซ	14
รูปที่ 2.15 กลุ่มความถี่	15
รูปที่ 2.16 ลักษณะของสัญญาณไดอัลโทน	16
รูปที่ 2.17 ลักษณะของสัญญาณริงแบคโทน	16
รูปที่ 2.18 ลักษณะของสัญญาณเบชีโทน	17
รูปที่ 2.19 ลักษณะของนูโทน	17
รูปที่ 2.20 ลักษณะวงจรของสัญญาณกระดิ่ง	18
รูปที่ 2.21 รูปของควมต้านทาน	19
รูปที่ 2.22 การมอดคูเลททางความถี่	20
รูปที่ 2.23 ผังเครื่องส่งอย่างง่าย	23

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสถาบันฯ ที่ได้รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VII

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.24 ผังเครื่องส่งแบบทวีคูณความถี่	23
รูปที่ 2.25 ผังของเครื่องรับ FM	24
รูปที่ 2.26 องค์ประกอบแบบพื้นฐานของโทรศัพท์ไร้สาย	25
รูปที่ 2.27 บล็อกไดอะแกรมของตัวแม่	26
รูปที่ 2.28 บล็อกไดอะแกรมของตัวลูก	26
รูปที่ 3.1 ตัวแม่	27
รูปที่ 3.2 ตัวลูก	27
รูปที่ 3.3 วงจรแยกสัญญาณของตัวลูก	28
รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมการถอดรหัส	30
รูปที่ 3.5 วงจรตรวจสอบการรบกวนของตัวแม่	30
รูปที่ 3.6 วงจรตรวจสอบการรบกวนของตัวลูก	31
รูปที่ 3.7 วงจร DTMF ของตัวแม่	34
รูปที่ 3.8 วงจร DTMF ของตัวลูก	35
รูปที่ 3.9 วงจรแยกสัญญาณกระดิ่ง	36
รูปที่ 3.10 วงจรเกทคอนโทรล	40
รูปที่ 3.11 วงจรคอนโทรล	41
รูปที่ 3.12 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	42
รูปที่ 3.13 แสดงช่วงเวลาที่มียัลส์และไม่มียัลส์	42
รูปที่ 3.14 วงจรรีเลย์	43
รูปที่ 3.15 วงจรอินเตอร์คอม	44
รูปที่ 4.1 วงจรแยกสัญญาณ	47
รูปที่ 4.2 วงจรควบคุมการถอดรหัสโทรออก	48
รูปที่ 4.3 วงจรตรวจสอบการรบกวนของตัวแม่	50
รูปที่ 4.4 วงจรตรวจสอบการรบกวนของตัวลูก	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VIII

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.5 วงจร DTMF ของตัวแม่	53
รูปที่ 4.6 วงจร DTMF ของตัวลูก	54
รูปที่ 4.7 วงจรแยกสัญญาณกระดิ่ง	56
รูปที่ 4.8 วงจรคอนโทรล	57
รูปที่ 4.9 วงจรบีชเซอร์	59
รูปที่ 4.10 วงจรสวิตช์เดี่ยว	60
รูปที่ 4.11 วงจรอินเตอร์คอม	61



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 ตารางความจริงของวงจรเทคคอนโทรล	39
ตารางที่ 4.1 สถานะของวงจรควบคุมการกรรหีส	49
ตารางที่ 4.2 สถานะของวงจรคอนโทรล	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ระบบโทรศัพท์ริเริ่มคิดค้นมาตั้งแต่ปี 1874 นักค้นคว้าวิทยาศาสตร์ชาวแคนาดาชื่อ อเล็กซานเดอร์ เกรนแฮมเบล ได้เขียนสรุปเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับโทรศัพท์ว่า ต้องมีการแปลง สัญญาณเสียงพูดให้เป็น ไฟฟ้าเพื่อเดินไปตามสายไฟในด้านส่งและแปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับ เป็นสัญญาณเสียงในด้านรับ จึงจะเป็นระบบโทรศัพท์ที่สมบูรณ์แบบ

ในวันที่ 2 มิถุนายน ค.ศ. 1875 ในขณะที่เบลกำลังทดสอบเกี่ยวกับโทรเลขอยู่ ก็ได้ยิน เสียงสั้นของสปริงโลหะจากเครื่องรับ ในขณะที่ผู้ช่วยของเขาชื่อ เวสตัน ได้ส่งสปริงทางภาค ส่ง เบล จึงได้พบว่า การส่งสปริงสามารถทำตัวเป็นตัวส่งสัญญาณได้ จนกระทั่งเดือน กุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1874 ในวันที่ 14 จึงได้ประดิษฐ์โทรศัพท์รับเสียงพูดโดยตรงได้สำเร็จและ จดลิขสิทธิ์ไว้ในวันที่ 7 เดือนมีนาคม ปี 1876 และอีก 3 วันต่อมาก็ได้ทดลองพูดสนทนาผ่าน ระบบโทรศัพท์ของเขาออกสู่สาธารณชนเป็นครั้งแรก จากนั้นจึงได้ตั้งบริษัท เบล เทเลโฟน ขึ้นในปี ค.ศ. 1877 และยังคงมีชื่อเสียงในวงการโทรศัพท์กระทั่งทุกวันนี้

ระบบชุมสายโทรศัพท์ครั้งแรกของโลกตั้งขึ้นที่เมืองบอสตันในสหรัฐอเมริกา ในปี 1877 โดยใช้ได้กับเครื่องลูกต่าง ๆ จำนวน 6 เครื่อง ต่อมาได้สร้างชุมสายโทรศัพท์ขนาดใหญ่ขึ้นใน เมืองนิวฮาเวน แห่งรัฐ คอนเน็คติคัต ขึ้นในปี 1878 โดยติดต่อกันได้ในระหว่างเครื่องลูกรวม 21 เครื่อง อัตราค่าเช่าโทรศัพท์ในขณะนั้นตกประมาณ 38 เหรียญสหรัฐฯ ต่อเดือนจึงมีกำไร เข้าบริษัทประมาณ 20 เหรียญต่อเดือน ต่อเครื่องลูกหนึ่งเครื่อง อย่างไรก็ตามปรากฏว่าในปี 1880 ชาวสหรัฐฯ มีโทรศัพท์ใช้กันทั้งหมดถึง 54,000 เครื่อง และในปี 1884 ได้มีการสร้างชุมสาย โทรศัพท์ขึ้นใช้ในระหว่างเมืองเป็นครั้งแรก ในระหว่างเมืองนิวยอร์กกับบอสตัน

ต่อมาในปี 1889 นาย อัลมอนบีสครอเกอร์ แห่งเมือง กันสาทซิติ์ ในมลรัฐมิสซูรีได้ สร้างระบบหมุนเลขหมายอัตโนมัติ

เดิมทีระบบการหมุนเลขหมายในยุคแรก ๆ มิได้ง่ายเช่นระบบปัจจุบัน กล่าวคือ หาก ต้องการกดเลข 8 ก็จะต้องกดปุ่มเป็นจำนวน 8 ครั้งแทน ทุกครั้งที่กดปุ่มจะสร้างพัลส์ไฟฟ้าส่ง ไปยังชุมสาย เพื่อให้รีเลย์ทางชุมสายตัดต่อสายที่จะพูดคุยได้ด้วยถูกต้อง

ในปี 1982 ได้มีการสร้างระบบตัดต่อชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติขึ้น โดยครอบคลุม ประมาณ 100 ชุมสาย

คู่สาย ติดตั้งครั้งแรกที่เมืองลาพอร์ท ในมลรัฐอินเดียนาและจนถึงปี 1896 จึงได้เริ่มใช้ ระบบแป้นหมุนตัวเลขแทนระบบกดปุ่มแบบรุ่นเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นในปี 1915 ได้สร้างระบบโทรศัพท์ข้ามทวีปได้เป็นครั้งแรกในการติดต่อระหว่างเมืองนิวยอร์กถึงเมืองซานฟรานซิสโก ต่อมาในปี 1936 จึงได้มีการเดินสาย

โคแอกเชียลเคเบิลขึ้นในระหว่างเมือง นิวยอร์กกับเมืองฟินลาเดลเฟีย และในปี 1974 จึงได้สร้างระบบไมโครเวฟในการติดต่อระหว่างชุมสายขึ้นเป็นครั้งแรก

ในยุคปัจจุบัน ความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางการสื่อสารนับได้ว่าเจริญไปอย่างรวดเร็วจนผู้บริโภคเองตามไม่ทัน อุปกรณ์สนับสนุนต่าง ๆ ก็มีการผลิตจำหน่ายกันอย่างกว้างขวางทั้งชนิดที่เป็นชุดเล็ก ๆ สำหรับใช้ส่วนบุคคล จนถึงขนาดใหญ่ ๆ ระดับประเทศชาติ ซึ่งผู้บริโภคก็จำเป็นต้องจัดหาเพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน

แต่อย่างไรก็ตามผลเสียจากความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีก็ปรากฏต่อผู้บริโภคอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ออกมา ผลิตภัณฑ์ชิ้นเก่าที่มีอยู่แล้วก็จะล้าสมัยไปโดยปริยาย

โทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ทางการสื่อสารที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย จากข้างต้นจะเห็นได้ว่ามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยตลอด ผู้ใช้แต่ละบ้านก็ต้องเปลี่ยนตัวเครื่องโทรศัพท์ไปตามสมัยนิยม ซึ่งในปัจจุบันโทรศัพท์ภายในบ้านที่ยอมรับกันว่าทันสมัยและสะดวกที่สุด คงได้แก่โทรศัพท์ไร้สาย

แนวความคิดของโครงการนี้มีอยู่ว่า ทำอย่างไรจึงจะให้โทรศัพท์ธรรมดาที่เรามีอยู่แล้วให้เป็นโทรศัพท์ไร้สาย หลักการคือ สร้างเครื่องส่งและเครื่องรับซึ่งทำหน้าที่แทนสายส่งสัญญาณ โดยระบบเครื่องรับและเครื่องส่งนี้ต้องเป็นแบบ 2 ทาง (full duplex) ฉะนั้นเราจะต้องสร้างชุดรับและชุดส่งถึง 4 ชุดด้วยกัน และเราสามารถควบคุมระยะเวลาการทำงานของเครื่องได้ โดยกำหนดกำลังส่ง

และต่อไปในบทที่ 2 จะกล่าวถึงเรื่องทฤษฎีและหลักการของโทรศัพท์ส่วนเรื่องของการออกแบบในการสร้างจะกล่าวถึงในบทที่ 3 สำหรับบทที่ 4 จะกล่าวถึงรายละเอียดในการทดลอง และจะสรุปผลการทดลองในบทที่ 5 ต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ลักษณะทั่วไปของเครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์แยกออกเป็นชนิดต่างๆ ได้หลายอย่างเช่น แยกชนิดตามลักษณะกลไก เป็นโทรศัพท์ระบบอัตโนมัติ โทรศัพท์ระบบแบตเตอรี่ร่วม (Common Battery) และโทรศัพท์ระบบแม่เหล็กสามารถแยก ตามลักษณะอุปกรณ์เป็นโทรศัพท์ตั้งโต๊ะ และโทรศัพท์ติดผนัง และแยกตามลักษณะการใช้งานเป็นโทรศัพท์ของผู้เช่า (Subscriber's Telephone) โทรศัพท์บริการติดต่อกับเรือ และโทรศัพท์สาธารณะ แต่อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบในการทำงานของทุกชนิดเหมือนกันคือประกอบด้วยระบบเสียงพูด (Speech System) และระบบการให้สัญญาณ (Signalling System)

2.1.1 ระบบการพูด

เครื่องโทรศัพท์ที่ติดตั้งอยู่ปลายสายด้านผู้เช่า เปลี่ยนเสียงพูดเป็นกระแสไฟฟ้า และมีชื่อเรียกว่ากระแสเสียงพูด (Speech Current) ซึ่งจะถูกส่งผ่านสายและแผงอุปกรณ์สวิตซ์ของชุมสายไปยังเครื่องโทรศัพท์ที่ปลายสายอีกด้านหนึ่ง เครื่องโทรศัพท์ที่ได้รับกระแสเสียงพูดจะสร้างเสียงพูดเดิมกลับขึ้นมาใหม่ นั่นคือ เราสามารถติดต่อดูระหว่างจุดที่อยู่ห่างกันได้ด้วยการใช้เครื่องโทรศัพท์

2.1.2 ระบบการให้สัญญาณ

เราสามารถส่งหรือรับสัญญาณเรียก (Calling Signal) ด้วยการให้ระบบการให้สัญญาณของโทรศัพท์

2.2 หลักการทำงานของเครื่องโทรศัพท์

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องโทรศัพท์ คือ เครื่องส่ง เครื่องรับ กระดิ่งขดลวดเหนียวหนา และแท่งแม่เหล็กสำหรับโทรศัพท์ระบบแม่เหล็ก (Magnets Telephone) หน้าที่มรสำหรับหมุนหมายเลขหรือไดอัล (Dial) ของโทรศัพท์ระบบอัตโนมัติ หลักการทำงานมีดังต่อไปนี้

2.2.1 เครื่องส่ง (Transmitter)

เครื่องส่งเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนคลื่นเสียงของการพูดให้เป็นกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในรูป 2.1 มีเม็กด่านคาร์บอนอยู่เต็มช่องระหว่างขั้วไฟฟ้าเคลื่อนที่ได้และขั้วที่ยึดอยู่กับที่ แต่ละขั้วต่อกับขั้วของแบตเตอรี่ แผ่นไดอะแฟรมสั่น (Vibrating Diaphragm) ยึดอยู่กับขั้วไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ได้ซึ่งสั่นตามคลื่นเสียงที่ได้รับ ทำให้เกิดแรงกดบนเม็กด่านสลับไปมา และความต้านทานสัมผัส (Contact Resistance) ของเม็กด่านเปลี่ยนตามความดันที่เกิดขึ้น เมื่อไม่มีคลื่นเสียงกระแสที่ผ่านเม็กด่านจะมีค่าคงที่ ดังแสดงในรูป 2.2 เมื่อมีคลื่นเสียงกระแสจะเปลี่ยนดังในรูป 2.3 ผลที่ได้รับคือเครื่องส่งผลิตกระแสไฟสลับดังแสดงในรูป 2.4 (กระแสที่ประกอบด้วยกระแสไฟตรงและมีกระแสไฟสลับซ้อนทับ ดังในรูปที่ 2.3 เรียกว่ากระแสกระเพื่อม (Pulsating Current))

ดังนั้น เครื่องส่งจะเปลี่ยนแรงกดของคลื่นเสียงเป็นกระแสไฟฟ้าแล้วส่งกระแสนี้ผ่านสายและอุปกรณ์สวิตซ์ไปยังเครื่องรับของฝ่ายที่ถูกเรียก

2.2.2 เครื่องรับ (Receiver)

เครื่องรับเป็นอุปกรณ์ทำคลื่นเสียงด้วยแผ่นไดอะแฟรมดังรูปที่ 2.5 ที่ทำงานตามกระแสเสียงพูดที่ส่งมาจากเครื่องส่งของฝ่ายเรียก มีลักษณะการสร้างดังนี้

มีขดลวดยึดอยู่กับแต่ละขั้วของแท่งแม่เหล็กถาวร และต่อกันอยู่อย่างอนุกรมแต่กลับทางกัน แม่เหล็กนี้จะดึงแผ่นไดอะแฟรมเข้ามาบ้าง

เมื่อกระแสที่ได้รับไหลผ่านวงจรของเครื่องรับ ก็จะมีฟลักซ์แม่เหล็กเกิดขึ้นในขดลวด ทิศของฟลักซ์แม่เหล็กจะสลับตามทิศของกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะไปเสริมหรือต้านฟลักซ์ของตัวแม่เหล็กถาวรแล้วแผ่นไดอะแฟรมจะสั่นตามขนาด และความถี่ของกระแสไฟสลับรอบ ๆ จุดสมดุล ด้วยแรงดึงของแม่เหล็ก ทำให้เกิดคลื่นเสียงขึ้นที่ด้านหน้าของแผ่นไดอะแฟรม

เมื่อกระแสไหลในทิศดังแสดงในรูปที่ 2.6 กระแสจะเหนี่ยวนำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กในทิศตรงกันข้ามกับของแม่เหล็กถาวร ทำให้แรงดึงลดลงแผ่นไดอะแฟรมจึงเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ในรูปที่ 2.7 ฟลักซ์ทั้งสองกระทำในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นแรงดึงของแม่เหล็กจึงเพิ่มขึ้น ทำให้แผ่นไดอะแฟรมถูกดึงดูดเข้ามา

ถ้าไม่ใช้แท่งแม่เหล็กถาวร เมื่อได้รับกระแสเสียงพูดแผ่นไดอะแฟรมจะถูกดึงขณะที่ฟลักซ์แม่เหล็กอยู่ที่ตำแหน่ง + และที่ตำแหน่ง - และกลับไปยังตำแหน่งปกติ ขณะที่ฟลักซ์อยู่ที่ 0 ดังแสดงในรูปที่ 2.8 (a) ในกรณีนี้ แผ่นไดอะแฟรมสั่นด้วยความถี่เป็นสองเท่าของคลื่นเสียงเดิม ทำให้เกิดคลื่นบิดเบือนหรือคลื่นเพี้ยน (Distorted Wave) ขึ้น แต่เมื่อใช้แท่งแม่เหล็กเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถาวร ฟลักซ์จากแม่เหล็กถาวร และฟลักซ์จากกระแสที่ ได้รับจะซ้อนทับกันทำให้ไม่มีโอกาสที่ ฟลักซ์จะอยู่ที่ตำแหน่ง 0 ดังในรูปที่ 2.8 (b) ดังนั้นคลื่นเสียงที่เกิดขึ้น จะมีความถี่เท่ากับ ความถี่ของกระแสที่ได้รับ



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของเครื่องส่งโทรศัพท์

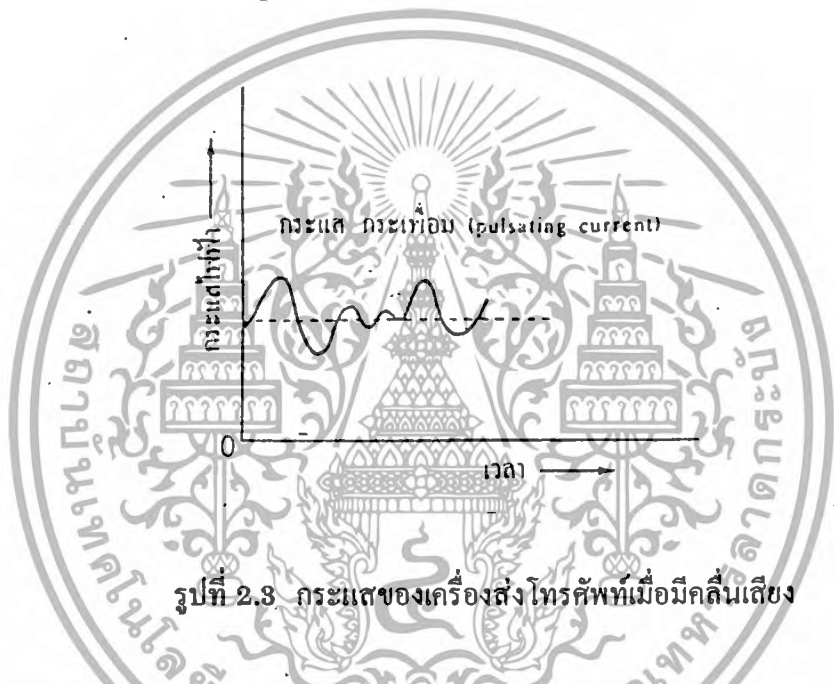
รูปที่ 2.2 กระแสของเครื่องส่งโทรศัพท์เมื่อไม่มีคลื่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สัญญาณทางไฟฟ้าภายในสาย (Line Signal)

2.3.1 การวางหู (Hook On) และ การยกหู (Hook Off)

จากรูป 2.9 จะเห็นว่า เมื่อสุคสวิทช์เปิดอยู่ วงจรจะเปิดทำให้ไม่มีกระแสไหลในวงจร ซึ่งเป็นสภาพปกติของวงจรขณะวางหูโทรศัพท์ที่อยู่ ถ้าเราวัดคร่อมที่จุด C และ D เราจะได้แรงดัน 48 โวลต์ แต่ถ้ามีการยกหูขึ้น สุคสวิทช์ (Hook Switch) จะปิดวงจร ทำให้มีกระแสไหลในวงจร



รูปที่ 2.8 กระแสของเครื่องส่งโทรศัพท์เมื่อมีคลื่นเสียง

(* ในระบบโทรศัพท์ คือ ย่านความถี่เสียงตั้งแต่ 0-4 KHz เป็นย่านเสียงพูด (Voice Band Width) แต่ช่วงใช้งานกำหนดที่ 300-3400 Hz เท่านั้น ดังนั้นความถี่ที่เกิน 3400 Hz ขึ้นไปแต่ไม่เกิน 4 KHz เราเรียกว่า สัญญาณที่อยู่นอกเหนือการใช้งาน (Out Signalling Out Band) ที่นิยมใช้คือ 3825 Hz ส่วนความถี่ที่ต่ำกว่า 3400 Hz ลงมาเราเรียกว่า สัญญาณที่ใช้งาน)

ค่าความต่างศักย์ ที่ตกคร่อม C และ D จะตกลงเหลืออยู่ประมาณ 10-6 V ตามระยะห่างของกลุ่มสายของผู้ใช้ (Subscriber) กับ ขุมสาย (Exchange) ซึ่งจะทำให้ LIC (Line Interface Circuit) รับทราบการยกหูของผู้ใช้

ดังนั้นทางขุมสายก็จะรับทราบการยกหู และการวางหูของผู้ใช้ โดยการตรวจสอบค่าของกระแสในสาย ดังรูป 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ชุดกำเนิดสัญญาณ (The Dial)

คืออุปกรณ์ที่ส่งข้อมูลข่าวสารจากคู่สายของผู้ใช้ เพื่อให้ทางชุมสาย ทราบความต้องการของผู้ใช้ ว่าต้องการเรียกไปยังที่ใดหรือคู่สายใด ซึ่งในปัจจุบันมีใช้อยู่ 2 ระบบ คือ
กำเนิดพัลส์โดยการหมุน(DP; Dial Pulse) โดยการหมุนนี้ จะทำหน้าที่ตัดต่อกระแสในวงจรให้ขาดต่อกันเป็นช่วง ๆ ดังรูปที่ 2.11 ทำให้ LIC ที่ชุมสายรับทราบสัญญาณของการหมุน โดยการใช้เวลาเป็นตัววัด และแยกสัญญาณต่างกัน ดังนี้

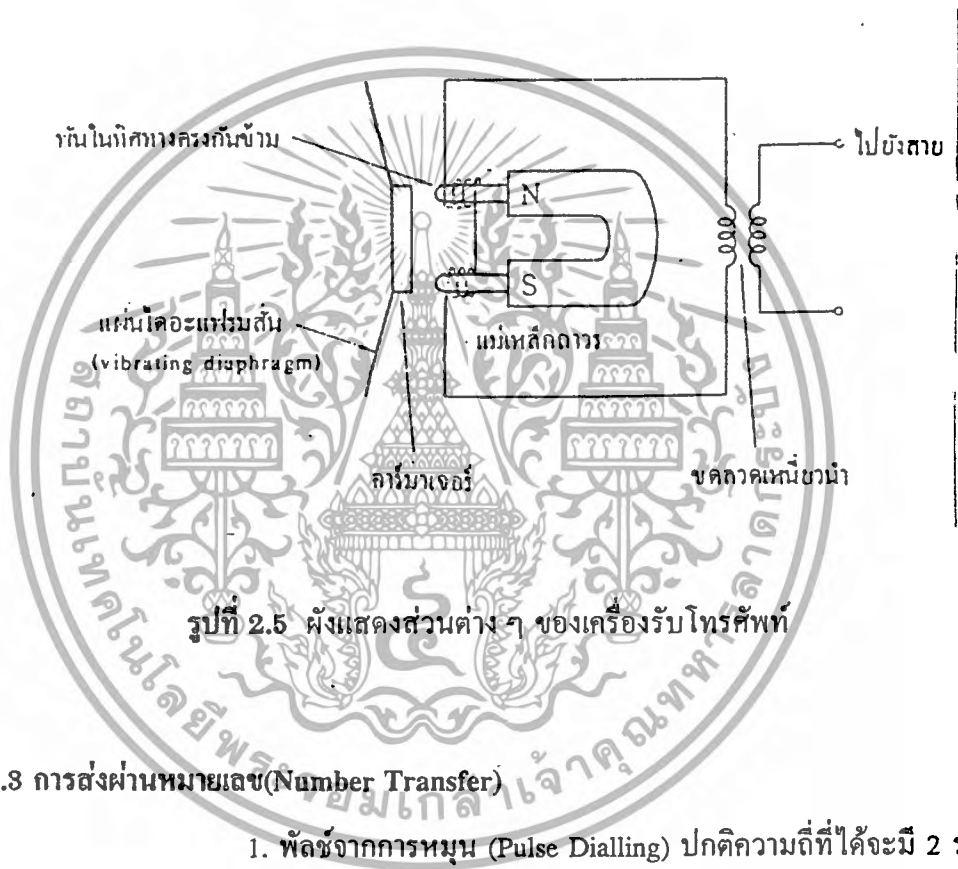


รูปที่ 2.4 กระแสเสียงพูดไฟสลับที่ผ่านสายของผู้เช่า

แยกข้อมูลสัญญาณระหว่างตัวเลขที่ส่งมาให้ชัดเจน
แยกความแตกต่างของช่วงไม่มีพัลส์จากช่วงที่มีพัลส์ อันนี้หมายความว่า ชุมสาย จะต้องรู้ว่าสัญญาณของการหมุนที่ขาดเป็นช่วง ๆ ตามเวลาที่ถูกต้องนั้น ไม่ใช่สัญญาณการ-วงหุของคู่สายของผู้ใช้

การทำงานของ DP. จากรูปที่ 2.12 เมื่อเราหมุนตัวกำเนิดสัญญาณ หมายเลขใดเลขหนึ่งจะทำให้ อิมพัลส์แคม (Impulse Cam) หมุนตัด Di ขาดออกจากกันเป็นช่วงๆ ตามขนาดของหมายเลข แต่ในช่วงแรกยังไม่ทำให้มีผลต่อกระแสของวงจร เพราะว่ามีหน้าสัมผัส .ของ Di ซึ่งต่อขนานกับ Di อยู่จะยังคงปิดวงจร อยู่ทำให้การตัดต่อของ Di ไม่มีผลต่อกระแสของวงจร เมื่อหมุนจนสุดและเราปล่อยมือให้ตัวกำเนิดสัญญาณหมุนกลับเอง D3 จะปิดวงจร เพื่อไม่ให้เสียงแก๊ก ๆ ของการตัดต่อหน้าสัมผัสของ Di เข้าไปวงจรเสียงพูด ทำให้เกิดเสียงรบกวนรำคาญแก่ผู้ใช้ โดย Ds จะปิดวงจร ตลอดเวลาและยังทำให้กระแสในวงจรสูงขึ้นกว่าปกติ ทำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้การส่งสัญญาณพัลส์ให้ได้ค่าที่แน่นอนยิ่งขึ้น ขณะนี้ Di จะเปิดวงจร ปล่อยให้ อิมพัลส์-แคม หมุนตัดหน้าสัมผัสของ Di เป็นช่วงๆ มีจำนวนตามเลขหมายที่หมุน ซึ่งสัญญาณพัลส์ส่วนนี้จะทำให้ทางชุมสาย รับทราบความต้องการของผู้ใช้ และช่วงการหมุนกลับนี้จะเป็นเวลาคงที่ เพราะมีลานควบคุมการหมุนกลับที่ตั้งความเร็วคงที่ไว้ควบคุมอยู่แล้ว ขณะปกติความเร็วในการส่งพัลส์ที่มีการใช้กันอยู่ 2 ระบบ คือ 10 PPS และ 20 PPS พัลส์ต่อวินาที(Pulse Per Second) ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.5 ผังแสดงส่วนต่างๆ ของเครื่องรับโทรศัพท์

2.3.3 การส่งผ่านหมายเลข(Number Transfer)

1. พัลส์จากการหมุน (Pulse Dialling) ปกติความถี่ที่ได้จะมี 2 ระบบ คือ

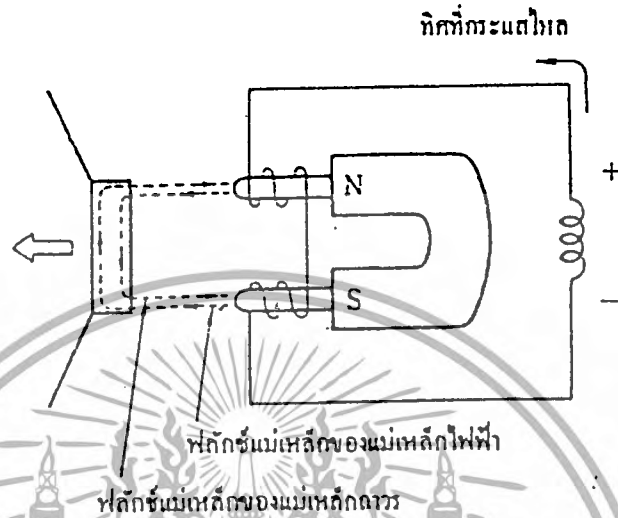
- Hz +- 1 Hz(10PPS พัลส์ต่อวินาที (Pulse Per Second))
- Hz +- 1 Hz(ระบบ 20 PPS)

2. ช่วงระหว่างตัวเลข > 230 ms + 200 ms (ช่วงเวลาของการหมุนกลับของตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์(Dial) รวมแล้วมีค่าประมาณ 430 ms)

3. ช่วงเวลาที่มีพัลส์และไม่มีพัลส์ในขบวนพัลส์ (Break To Make Ratio) มีค่า 60/40 (ค่าปกติ)

4. ค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ที่ยอมรับ 57/43 ถึง 63/37 โดยกำหนดว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน BREAK RATIO = 100 [X/(X+Y)] ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่องรับโทรศัพท์
(แสดงตอนแผ่นไคอะแฟรมกำลังแยกออกจากแท่งแม่เหล็ก)

ในกรณี ความเร็ว 10 PPS คาบเวลาของพัลส์ (Pulse Period) = 100 ms

ช่วงเวลาของ Break = $\frac{2}{3} \cdot 100 \text{ ms} = 66.6 \text{ ms}$ (ตัดวงจร)

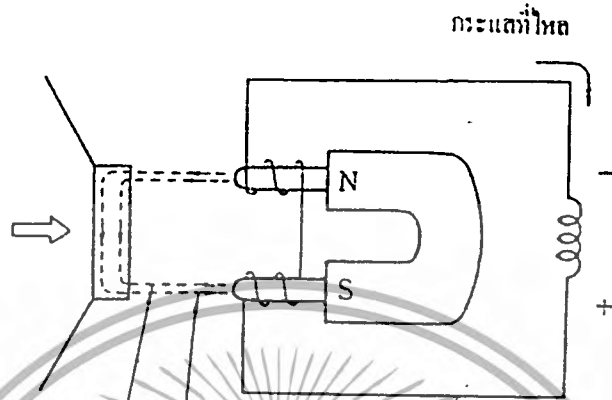
ช่วงเวลาของ Make = $\frac{1}{3} \cdot 100 \text{ ms} = 33.3 \text{ ms}$ (ต่อวงจร)

ในกรณี ความเร็ว 20 PPS คาบเวลาของพัลส์ (Pulse Period) = 50 ms

ช่วงเวลาของ Break = $\frac{2}{3} \cdot 50 \text{ ms} = 33.3 \text{ ms}$ (ตัดวงจร)

ช่วงเวลาของ Make = $\frac{1}{3} \cdot 50 \text{ ms} = 16.6 \text{ ms}$ (ต่อวงจร)

การกำเนิดสัญญาณโดยการกดปุ่ม (Pulse Button Signalling) แต่ละตัวเลขประกอบด้วยความถี่ 2 ความถี่ จากชุดความถี่ทั้ง 2 ชุด หรือเรียกว่า "รหัสเลข 2 (1/4)" (2 ใน 1/4 ของความถี่รหัสเลข) ดังรูป 2.15 ตัวอย่างการส่งข้อมูลเลข 1 คือ การส่งความถี่ 697 Hz + 1209Hz ไปด้วยกันเป็นต้น



ฟลักซ์แม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้า

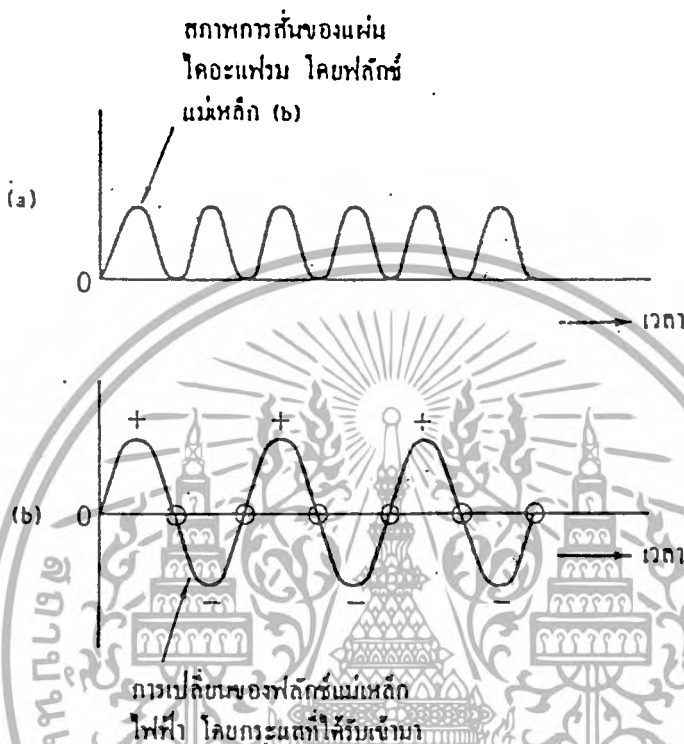
ฟลักซ์แม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร

รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องรับโทรศัพท์
(แสดงตอนแผ่นไดอะแฟรมกำลังถูกดึงเข้าหาแท่งแม่เหล็ก)

ความถี่ 1233 Hz และปุ่ม รหัส A-D เป็น การสำรองไว้ เพื่อการขยายในฟังก์ชันพิเศษ
ข้อดีของระบบกดปุ่ม

1. ความเร็วในการส่งเร็วกว่าการส่งสัญญาณแบบพัลส์มาก
2. ส่งได้ระยะทางไกลกว่าการส่งสัญญาณแบบพัลส์
3. สามารถส่งข้อมูลตัวเลขได้มากกว่า 10 ตัว (ซึ่งการส่งสัญญาณแบบพัลส์จะส่งได้แค่ 10 ตัวเท่านั้น)
4. สามารถใช้ในการส่งสัญญาณแบบปลายถึงปลาย (End-To-End Signalling)

ได้

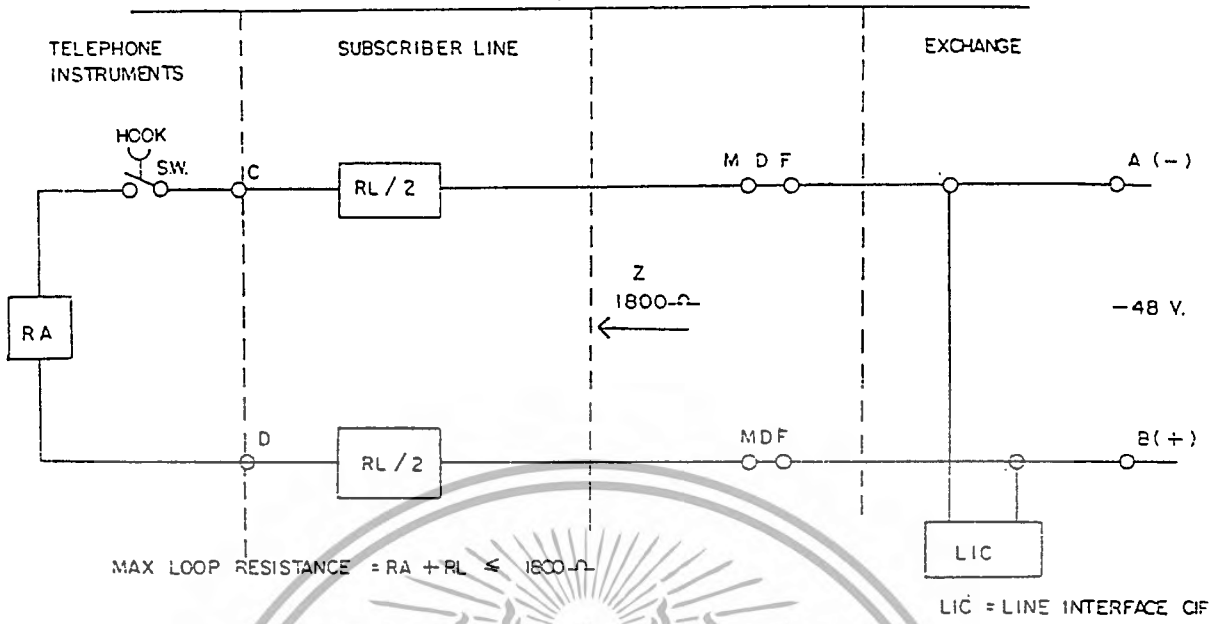


รูปที่ 2.8 การทำงานของเครื่องรับโทรศัพท์

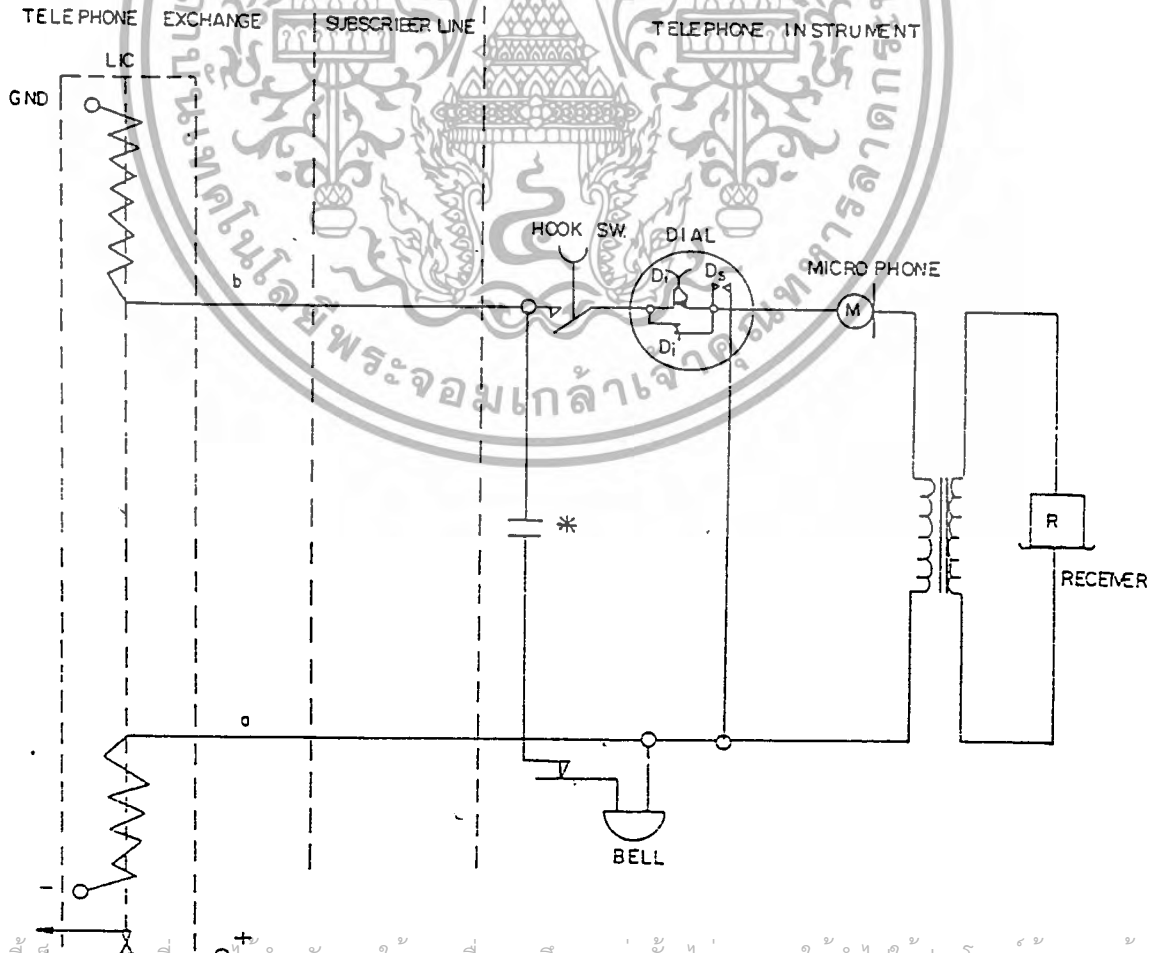
2.3.4 สัญญาณจากชุมสาย

“สัญญาณต่าง ๆ ที่ส่งมาจากชุมสาย” มีมากมายหลายอย่างแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงสัญญาณเสียงที่พบกันบ่อย 4 สัญญาณเสียง ซึ่ง CCITT กำหนดไว้ว่าสัญญาณเสียงต่าง ๆ ของสัญญาณเสียงที่คู่สายของผู้ใช้ ที่ชุมสายส่งมาให้จะต้องอยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 400-450 Hz และ ทำการขัดจังหวะ (Interrupt) ด้วยความถี่ 20 Hz ด้วย ยกเว้นชุมสายประเภท PABX จะต้องกำหนดสัญญาณเสียง ให้ต่างจากความถี่นี้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถฟังแยกออกว่าผ่านชุมสาย PABX หรือ ชุมสายท้องถิ่น (Local Exchange) ของ ทศท. เลือกใช้ความถี่ 425 Hz เป็นส่วนใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

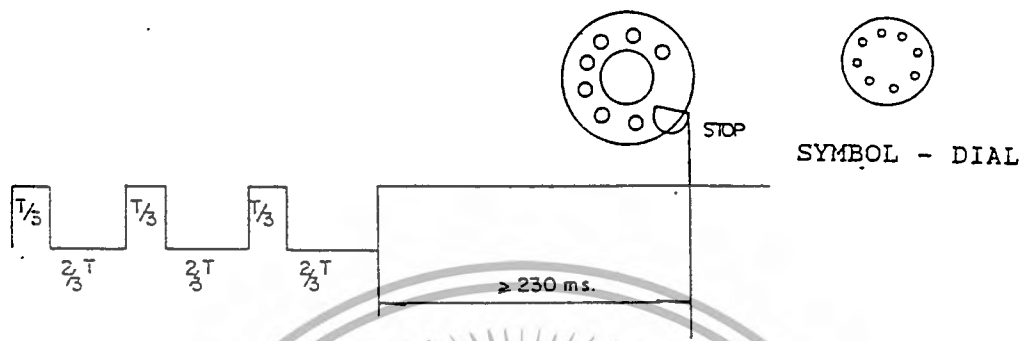


รูปที่ 2.9 วงจรสมมูลย์จากคู่สายของผู้ใช้ไปยังชุมสาย

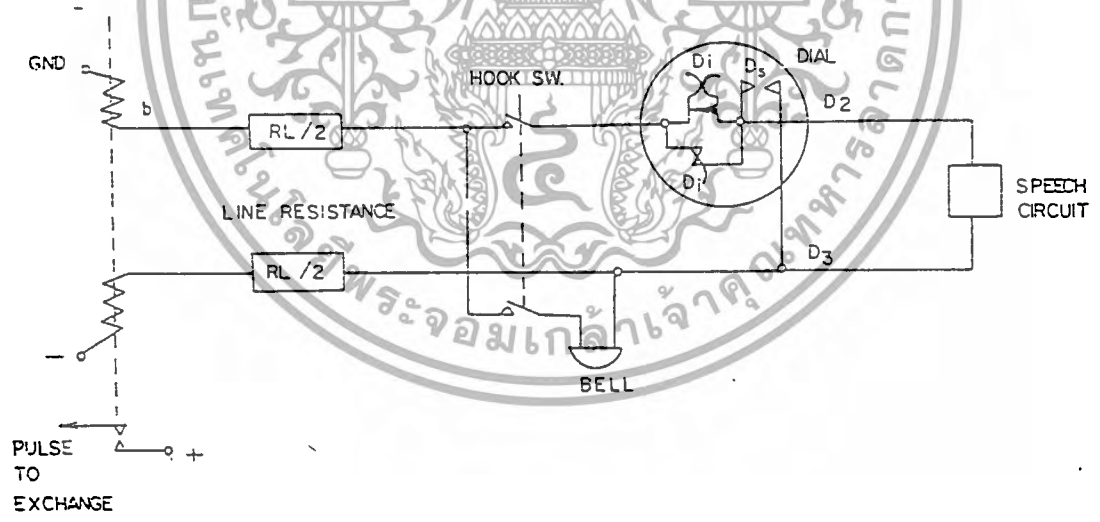


รูปที่ 2.10 วงจรคู่สายของผู้ใช้ไปยังชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

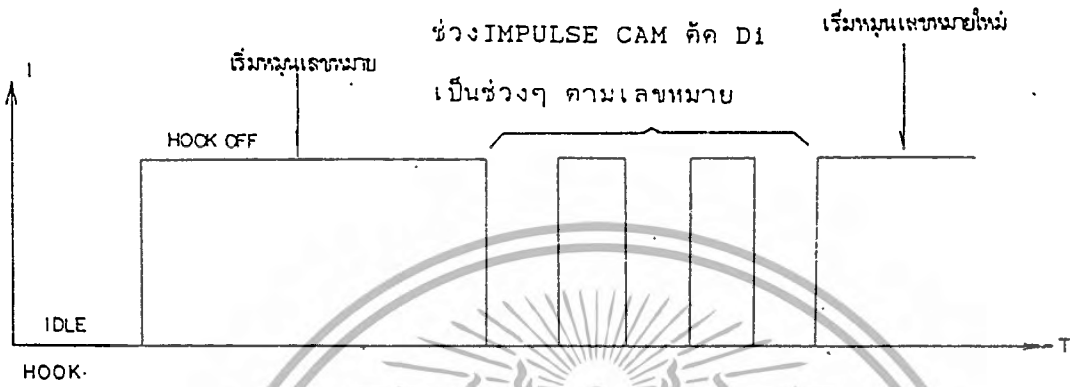


รูปที่ 2.11 การกำหนดพัลส์ของการหมุน



รูปที่ 2.12 การทำงานของตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 พัลซจากการหมุนตัวกำเนิดสัญญาณพัลซ



รูปที่ 2.14 ช่วงของเบรคเรโซ

1. สัญญาณว่างเป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ในช่วงที่ CCITT กำหนดส่งแบบยาวต่อเนื่อง โดยสัญญาณเสียง ตัวนี้เป็นสัญญาณเสียง ที่ส่งจากชุมสายมายังผู้ใช้คู่สาย เมื่อผู้ใช้ต้องการเรียกไปยังผู้รับ ก็จะยกหูโทรศัพท์ ทำให้ทางชุมสายรับทราบความต้องการเรียกออกของผู้ใช้คู่สาย จากค่าของกระแสทางชุมสายจึงส่งสัญญาณว่าง กลับไปให้ทางผู้ใช้คู่สาย ได้ทราบว่าทางชุมสายพร้อมที่จะรับการเรียกแล้ว ซึ่งช่วงเวลาตั้งแต่ผู้เรียก ยกหูจนชุมสายส่งสัญญาณว่าง ให้เป็นเวลาน้อยกว่า 1 วินาที และชุมสายจะส่งสัญญาณว่าง ให้เป็นเวลา 5 วินาที ถ้าผู้ใช้คู่สาย ไม่ส่งข้อมูลตัวเลข (โดยวิธีหมุนหรือ กดปุ่ม) ไปให้ทางชุมสาย ชุมสายก็จะตัดการติดต่อกับผู้ใช้รายนี้เป็นคู่สายที่ไม่ใช้งาน ทันที เพื่อปลดตำแหน่งของการเก็บพื้นที่ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

สำหรับติดต่อและรหัสของผู้รับ (Code Receiver) ไปใช้งานกับคู่สายของผู้ใช้ รายอื่นต่อไปที่ ต้องการเรียกออกทั้งนี้ก็ เพื่อมิให้ตำแหน่งของการเก็บพื้นที่ไว้สำหรับติดต่อ และรหัสของผู้รับ ที่มีจำนวนจำกัดในชุมสายเสียเวลามากเกินไป กับแต่ละ คู่สายของผู้ใช้เกินไป ดังนั้นผู้ใช้คู่สายนี้ไม่สามารถเรียกออกได้ แต่จะเรียกออกได้เมื่อวางหูและยกหูใหม่ ก็จะได้สัญญาณว่างใหม่ ลักษณะของสัญญาณดังรูปที่ 2.16

HIGH GROUP FREQUENCY (HZ)

H.Z.	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

LOW GROUP FREQUENCY (HZ)

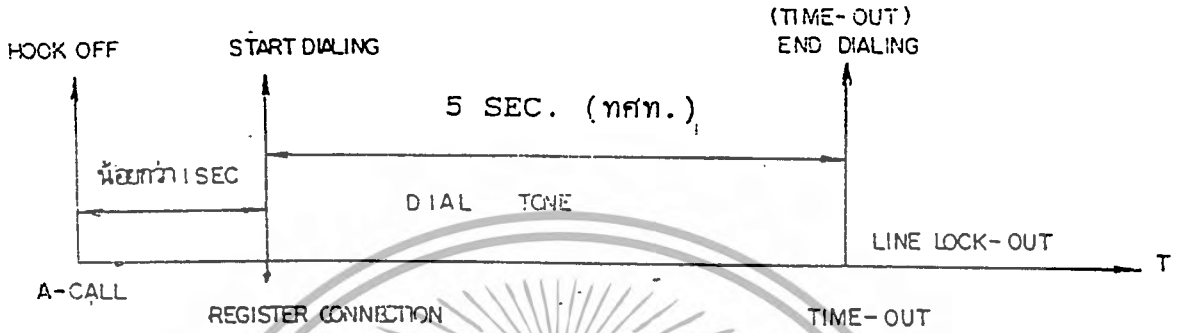
รูปที่ 2.15 กรู๊ปของความถี่

2. สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) เป็นสัญญาณตอบจากชุมสาย เมื่อผู้เรียกเรียกเลขหมายปลายทางแล้วทางคู่สายปลายทางว่างซึ่งสัญญาณเรียกกลับอาจส่งจากชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น เดียวกันกับคู่สายที่เรียกใช้ ก็ได้ (ในกรณีที่คู่สายที่เรียกใช้ และคู่สายปลายทางอยู่ในชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นเดียวกัน)หรือชุมสายต่อผ่าน(Terminal Exchange) (กรณีที่คู่สายปลายทาง อยู่อีกชุมสายหนึ่ง) เป็นชนิดเดียวกับสัญญาณว่าง แต่จะส่งหยุด ๆ เป็นช่วง ๆ นาน 1.5 นาที ถ้าปลายทางไม่รับสาย จึงจะตัดเป็นเครื่องปลายทางไม่ว่าง ดังรูปที่ 2.17

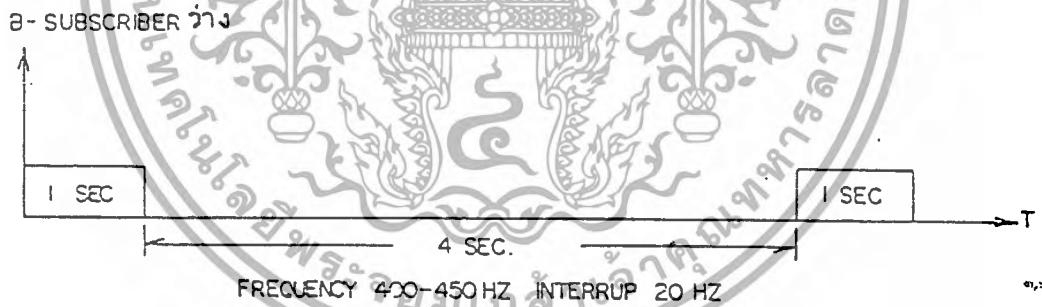
3. สัญญาณไม่ว่าง(Busy Tone หรือ Congestion Tone) เป็นสัญญาณตอบจากชุมสายเมื่อผู้เรียก เรียกเลขหมายปลายทางแล้วทางคู่สายปลายทาง หรือคู่สายต่างชุมสาย (Out Going Trunk) ไม่ว่าง (กรณีที่คู่สายปลายทาง อยู่ต่างชุมสายกัน) ซึ่งสัญญาณไม่ว่าง อาจส่งจาก ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นเดียวกันกับคู่สายที่เรียกใช้ ก็ได้ (ในกรณีที่ คู่สายปลายทาง ไม่ว่าง ซึ่งอยู่ในชุมสายเดียวกันกับคู่สายที่เรียกใช้หรือคู่สายต่างชุมสาย ไม่ว่าง) หรืออาจส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาจากชุมสายต่อผ่าน(กรณีคู่สายปลายทาง ซึ่งอยู่อีกชุมสายหนึ่งไม่ว่าง) เป็นชนิดเดียวกับ สัญญาณว่างแต่ละสัญญาณ ๑ เป็นช่วง ๑ ลักษณะของสัญญาณดังรูปที่ 2.18

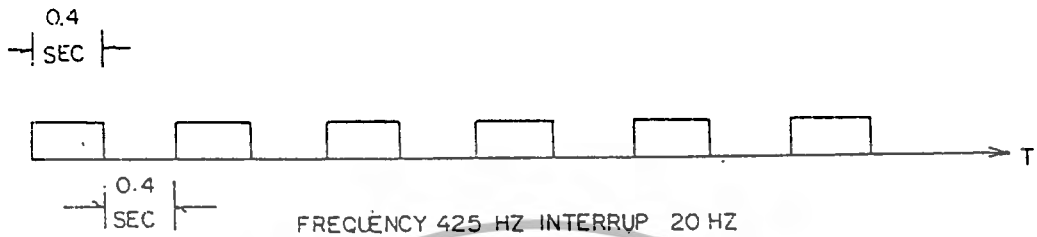


รูปที่ 2.16 ลักษณะสัญญาณโคอิลโทน



รูปที่ 2.17 ลักษณะของสัญญาณริงแบคโทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

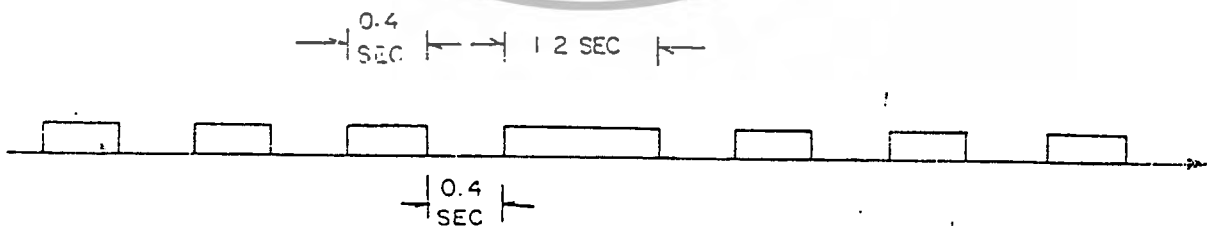


รูปที่ 2.18 ลักษณะของสัญญาณเบซีโทน

4. NU.TONE บอกให้เราทราบว่าเบอร์ที่เราหมุนนั้น ไม่มีในชุมสาย ซึ่งอาจหมุนเบอร์ผิดหรือกดเบอร์ผิด เป็นความถี่ชนิดลักษณะการหมุน (Dial) ลักษณะดังรูป 2.19

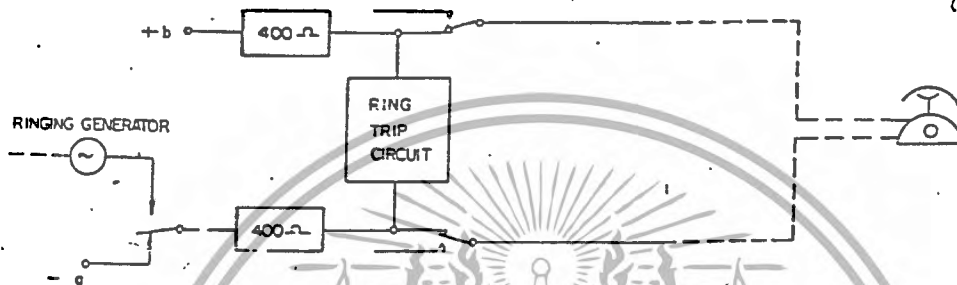
5. สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage) 90V 25 Hz (หรือ 16 Hz, 100 Hz ในบางประเทศ) ที่ส่งจากชุมสายไปยังคู่สายปลายทาง (B-Subscriber) เพื่อให้ทางคู่สายปลายทาง (B-Subscriber) ทราบว่ามีผู้เรียกเข้ามา โดยมีจังหวะของเสียงสัญญาณกระดิ่ง (Ringing) คล้ายกับสัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone)

ตามปกติ สาย a = -
สาย b = +



รูปที่ 2.19 ลักษณะของนูโทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ลักษณะวงจรของสัญญาณกระดิ่ง

- แรงดันของสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Voltage) จะต่อเชื่อมอยู่กับแบตเตอรี่ (Battery Feed) -48V.

- สามารถพ่วงกระดิ่งที่ยังทำให้กระดิ่งทำงานได้อยู่ไม่เกิน 3 ตัว (คือ พ่วงเครื่องโทรศัพท์ได้ไม่เกิน 3 เครื่องโดยเมื่อรวมค่าความจุของกระดิ่ง (C Services Bell) 3 ตัวแล้วจะต้องไม่เกิน $2.6 \mu\text{F}$ ดังนั้นค่า C ในแต่ละเครื่องมีค่าไม่เกิน $1 \mu\text{F}$

- ความต้านทานของสายหุ้ม (Insulation Resistance) ต่ำสุดไม่ควรน้อยกว่า $20 \text{ K}\Omega$ หรือ $30 \text{ K}\Omega$ ถือว่าดีมาก

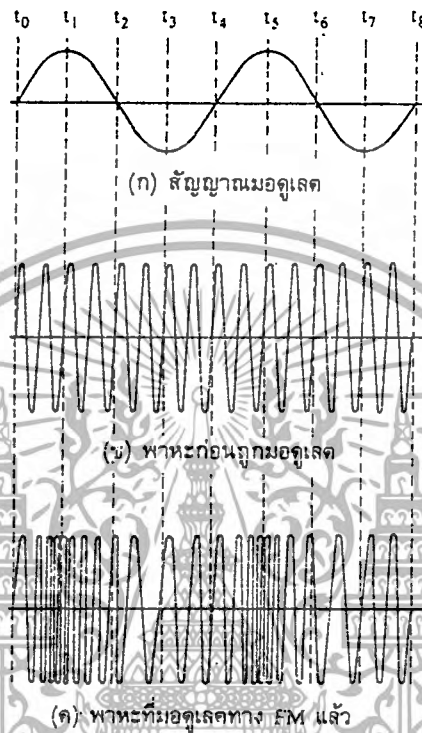
- ลูปของความต้านทาน (Loop Resistance) $< 2 \text{ K}\Omega$

- การส่งสัญญาณกระดิ่งเริ่มต้น (Ring Trip (First Ring)) ส่งเป็นพัลส์

(Pulse) สั้น ๆ 150 ms (กริ่งสั้น ๆ ก่อนที่จะส่ง Ringing) เพื่อกระตุ้นให้กระดิ่งทำงาน (Activeble Bell)

2.4 เครื่องรับ- ส่งวิทยุ

คลื่นเสียงของคนเราที่เปล่งออกมามีความถี่อยู่ในช่วง $20 - 20,000 \text{ Hz}$ เป็นคลื่นความถี่ที่ไม่สามารถเดินทางไปได้ไกล เพราะเป็นคลื่นที่มีความถี่ต่ำ เกิดจากการจางหายได้ง่าย การที่จะทำให้คลื่นเสียงเดินทางไปได้ไกลจำเป็นต้องมีพาหะ (carrier) พาคลื่นเสียงไป ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 การมอดูเลตทางความถี่

และเริ่มขึ้นสูงสุดเป็น 100.1 เมกะเฮิร์ตซ์ สลับไปมาเช่นนี้ หมายความว่า ช่วงความถี่ เบี่ยงเบนเท่ากับบวก 0.1 Mhz หรือบวก 100 kHz

อัตราการเบี่ยงเบนของสัญญาณ FM จะขึ้นอยู่กับสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต ตัวอย่าง เช่น ถ้าสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตเป็น โทน (สัญญาณเสียง) ความถี่ 1000 Hz อัตราการเบี่ยงเบน ของความถี่ของสัญญาณ FM จะเท่ากับ 10,000 ครั้งต่อวินาที นั่นคือ ความถี่ของสัญญาณที่เข้า มอดูเลตเป็นตัวกำหนดอัตราการเบี่ยงเบนความถี่

สำหรับแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลตจะเป็นตัวกำหนดช่วงความถี่เบี่ยงเบน ตัวอย่าง เช่น สัญญาณโทนที่มีแอมพลิจูดสูงจะทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไป + 100 กิโลเฮิร์ตซ์ สัญญาณ โทนที่มีแอมพลิจูดน้อยลงจะทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไป + 50 กิโลเฮิร์ตซ์

กล่าวโดยสรุป สัญญาณ FM มีคุณสมบัติดังนี้

1. มีแอมพลิจูดคงที่ตลอด แต่ความถี่เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณ ที่เข้ามา
มอดูเลต
2. อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ ของสัญญาณพาหะ มีค่าเท่ากับความถี่
ของสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต
3. ช่วงความถี่เบี่ยงเบน (หรือดีวีเอชเอ็น) เป็นสัดส่วนกับแอมพลิจูด
ของสัญญาณที่เข้ามามอดูเลต

FM เป็นอีกประเภทหนึ่งของการ MODULATE ทางมุม ซึ่งความถี่ในขณะหนึ่ง $f_i(t)$ จะเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้นไปกับสัญญาณเบสแบนด์ $m(t)$ ซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$f_i(t) = f_c + k_f m(t) \quad (1)$$

เทอม f_c เป็นความถี่ของคลื่นพาห่ที่ยังไม่มีการมอดูเลต ค่าคงที่ k_f เป็น frequency sensitive ในหน่วยของ Hz/volt สมมติว่า $m(t)$ เป็นคลื่นในรูปของโวลตจ เมื่ออินทิเกรต สมการ (1) โดยสัมพันธ์กับเวลาทั้งสองข้างแล้วคูณผลลัพธ์ด้วย 2π จะได้

$$\theta_i(t) = 2\pi f_c t + 2\pi k_f \int m(t) dt \quad (2)$$

เพื่อความสะดวก ในที่นี้จะสมมติว่ามุมของคลื่นพาห่ที่ยังไม่มีการมอดูเลตเป็นศูนย์ที่ $t=0$ ดังนั้น เมื่อแสดงคลื่น FM (frequency-modulated wave) ในโดเมนเวลา (Time Domain) จะได้

$$s(t) = A_c \cos[2\pi f_c t + 2\pi k_f \int m(t) dt] \quad (3)$$

สิ่งสำคัญที่ขอมให้ $\theta_i(t)$ ขึ้นอยู่กับข่าวสาร $m(t)$ อย่างเช่นอินทิกรัลตามสมการ (2) ก็คือ ค่าของมันที่เปลี่ยนแปลงจากบวกไปยังลบหรือในทางตรงกันข้ามนั้นจะมีระยะห่างของเวลาที่ไม่นานอน นี่เป็นลักษณะเด่นที่สำคัญสิ่งหนึ่งซึ่งชี้ให้เห็นความแตกต่างของทั้งคลื่น PM และคลื่น FM กับคลื่น AM ข้อแตกต่างอื่นๆ ที่สำคัญกรอบของคลื่น (envelope) PM และ FM จะคงที่(เท่ากับแอมพลิจูดของคลื่นพาห่) ในขณะที่ของคลื่น AM จะขึ้นอยู่กับข่าวสาร

2.4.2 แบนด์วิดท์ที่ใช้ในการส่งคลื่น FM

ในทางทฤษฎีนั้น คลื่น FM จะประกอบด้วยแถบความถี่ข้างเคียงมากมาย ดังนั้น แบนด์วิดท์ที่ใช้สำหรับส่งจึงมีขอบเขตกว้างเสมือนมีค่าเป็นอนันต์ แต่ในทางปฏิบัติจะทราบว่า คลื่น FM จะถูกนำแถบความถี่ข้างเคียงไปใช้ในวงจำกัดที่มีจำนวนแน่นอนที่สอดคล้องกันกับ ปริมาณการพัวพันภายใต้ค่าที่กำหนดให้อย่างมีประสิทธิภาพฉะนั้นจึงอาจจะกำหนดแบนด์-วิดท์ที่มีผลในการส่งคลื่น FM ได้ ชั้นแรกพิจารณากรณีทีคลื่น FM ถูกส่งมาโดยการใช้คลื่นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมอดูเลต (Modulating Wave (f_m)) เพียงความถี่เดียวและเกิดแถบความถี่ข้างเคียงห่างจาก f_c โดยปริมาณที่มากกว่าค่าเบี่ยงเบนความถี่ f และแถบความถี่ข้างเคียงนี้จะมีระยะห่างลดลงไปทางศูนย์อย่างรวดเร็ว ดังนั้นแบนด์วิดท์จะมากกว่าความถี่ที่เคลื่อนไปทั้งหมดเสมอ แต่ว่าถึงกระนั้นก็ตาม มันจะมีขีดจำกัดโดยเฉพาะกรณีที่ β มีค่ามาก แบนด์วิดท์จะมีค่าใกล้เคียงกับความถี่ที่เคลื่อนที่ไปทั้งหมด $2 \Delta f$ แต่จะมีค่ามากกว่าเล็กน้อย ในทางตรงข้ามถ้า β มีค่าน้อย สเปกตรัมของคลื่น FM จะถูกจำกัดให้มีแต่ความถี่ f_c และแถบความถี่ข้างเคียงคู่หนึ่ง ณ ความถี่ $f_c + f_m$ ฉะนั้น แบนด์วิดท์จะมีค่าใกล้เคียงกับ $2f_m$ ดังนั้นจึงอาจจะกำหนดกฎเกณฑ์สำหรับแบนด์วิดท์ที่ใช้ในการส่งคลื่น FM โดยประมาณสำหรับกรณีของคลื่นที่นำมอดูเลต (Modulating Wave) มีค่าที่เป็น f_m เพียงค่าเดียวได้ดังนี้

$$B_T \cong 2\Delta f + 2f_m \\ = 2\Delta f [1 + 1/\beta] \quad (4)$$

ซึ่งความสัมพันธ์ตามสมการ (4) นี้เรียกว่า กฎของคาร์สัน (Carson's Rule)

2.4.3 เครื่องส่ง FM

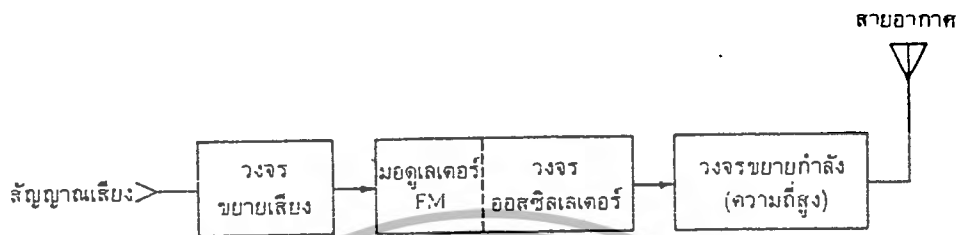
จากแผนผังของเครื่องส่ง FM (ดังรูป 2.4.1) สัญญาณเสียงผ่านการขยายแล้วป้อนสู่มอดูเลเตอร์ วงจรมอดูเลเตอร์นี้จะทำการเปลี่ยนความถี่ของออสซิลเลเตอร์ โดยมีความถี่เบี่ยงเบนและอัตราการเบี่ยงเบนขึ้นอยู่กับแอมพลิจูดและความถี่ของสัญญาณเสียงตามลำดับ พาดะ FM ที่ถูกมอดูเลตแล้วจะถูกขยายโดยภาควิทยุกำลังสุดท้ายป้อนสู่สายอากาศเพื่อส่งออกอากาศต่อไป

เครื่องส่งที่กล่าวมาข้างต้นอาจเกิดปัญหาเมื่อเราต้องการส่งออกอากาศที่ความถี่สูงๆ เช่น เครื่องส่งกระจายเสียง FM (ซึ่งมีความถี่อยู่ระหว่าง 88 ถึง 108 เมกะเฮิร์ตซ์) ทำงานที่ความถี่สูง ทำให้ยากต่อการควบคุมให้ความถี่คงที่ นอกจากนี้การควบคุมการเบี่ยงเบนความถี่ก็ทำให้ยากขึ้นด้วย วิธีแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีแตกต่างกันออกไป

ในรูปที่ 2.4.2 แสดงการใช้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ 8 เมกะเฮิร์ตซ์ และมีผลคูณ (หรือคูณ) ความถี่ขึ้นไปเป็น 96 เมกะเฮิร์ตซ์ การคูณความถี่นี้ทำได้โดยใช้วงจรผลคูณหลายหลักการของวงจรผลคูณก็คือ ใช้คุณสมบัติ ความไม่ลิเนียร์ของวงจรขยาย ซึ่งจะทำการกำเนิดสัญญาณฮาร์มอนิกออกมาจำนวนมาก จากนั้นวงจรเทงก์ที่เอาท์พุทจะจูนเอาเฉพาะความถี่ฮาร์มอนิกที่ต้องการไปใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปวงจรผลคูณมักเป็นชนิดคูณ 2 (เรียก

ดับเบิล หรือ doubler) หรือชนิดคูณ 3 (เรียกทริเพลอร์หรือ tripler) ในที่นี้เราใช้วงจรคูณ 3 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 1 วงจร และวงจรคูณ 2 จำนวน 2 วงจร นั่นคือ $3 \times 2 \times 2 = 12$ เท่า ฉะนั้น ความถี่เอาต์พุตจะเป็น 8 เมกะเฮิร์ตซ์ * 12 เท่า = 96 เมกะเฮิร์ตซ์



รูปที่ 2.23 แผนผังเครื่องส่ง FM อย่างง่าย

ช่วงความถี่เบี่ยงเบนของสัญญาณวิทยุกระจายเสียง FM เท่ากับ + 75 กิโลเฮิร์ตซ์ ฉะนั้นเอาต์พุตจะต้องมีความถี่เบี่ยงเบนไปเท่ากับค่านี้เมื่อสัญญาณเสียงมอดูเลต (แบบ FM) ใดๆ ก็คือการมอดูเลตความถี่จะทำให้ปริมาณความถี่เบี่ยงเบนถูกคูณให้กว้างขึ้นไปด้วย เช่น ออสซิลเลเตอร์ 8 เมกะเฮิร์ตซ์ เบี่ยงเบนอยู่ระหว่าง 7.9 ถึง 8.1 เมกะเฮิร์ตซ์ (+ 0.1 เมกะเฮิร์ตซ์) เมื่อคูณ 12 เท่าพาหะ ของสัญญาณ FM เท่านั้น

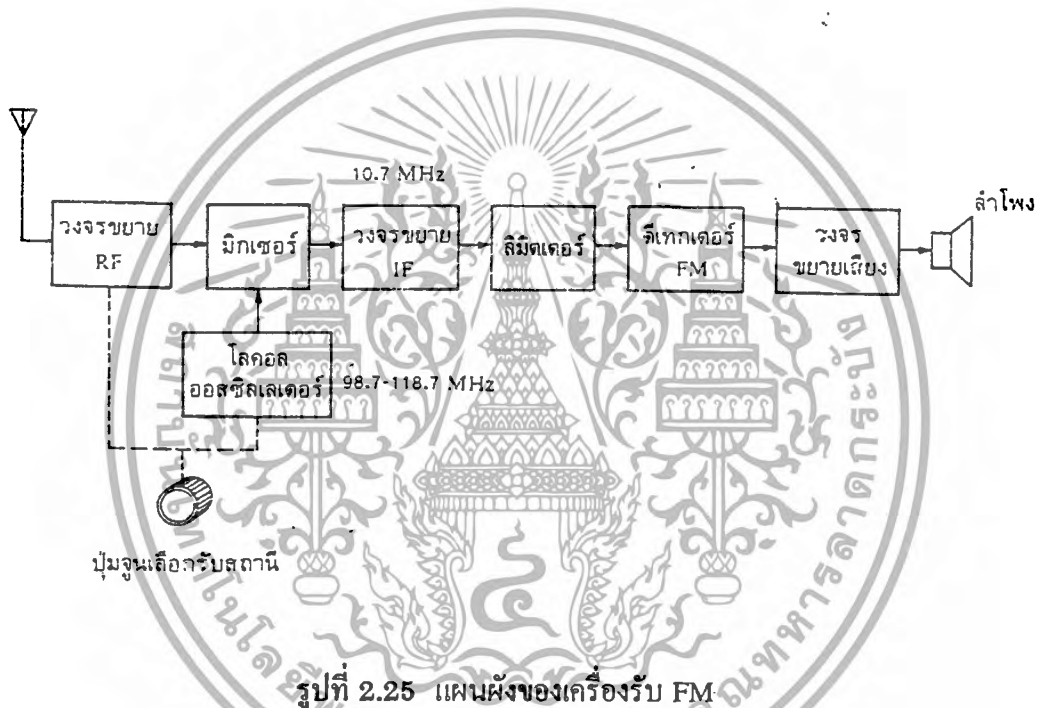


รูปที่ 2.24 แผนผังเครื่องส่งแบบทวีคูณความถี่

2.4.4 เครื่องรับ FM

แผนผังของเครื่องรับ FM มีความคล้ายคลึงกับเครื่องรับ AM มาก จะแตกต่างกันก็แต่เฉพาะขบวนการดีเทกชัน สำหรับความถี่ IF มักจะใช้ 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์ เพื่อกำจัดสัญญาณเงา และเพื่อให้แบนด์วิดท์ของวงจรรีจันท์ที่จะรับสัญญาณ FM ได้ ความถี่เบี่ยงเบนของสัญญาณ FM ที่ส่งมาจากเครื่องส่งมีค่า + 75 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังนั้นแบนด์วิดท์ของเครื่องรับต้องมีค่า 150 กิโลเฮิร์ตซ์เป็นอย่างน้อย ปกติมักจะเผื่อให้กว้างอีกเล็กน้อยเป็น 180 ถึง 200 กิโลเฮิร์ตซ์

สมมติว่าเราจูนเครื่องรับไว้ที่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ ถูกบิดหน้าปัดจะเลื่อนไปตรงกับ ความถี่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ (บนหน้าปัด) วงจรขยาย RF จะจูนไว้ที่ความถี่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ ส่วน โลคอลออสซิลเลเตอร์จะจูนไว้ที่ 110.7 เมกะเฮิร์ตซ์ เมื่อผ่านกรรมวิธีเฮตเทอโรไดน์ในวงจร มิกเซอร์ ผลต่างความถี่จะปรากฏที่อินพุทของวงจรขยาย IF เท่ากับ 110.7 เมกะเฮิร์ตซ์ - 100 เมกะเฮิร์ตซ์ = 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์ สัญญาณที่ความถี่ IF นี้จะถูกขยายและกำจัดแบนด์วิดท์ให้ กว้างเพียงพอที่จะรับสัญญาณ FM และแคบเพียงพอที่จะกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการอื่นๆ ทิ้ง ไป



ถ้าพาหะ FM ที่ส่งจากเครื่องส่งมีความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ + 50 กิโลเฮิร์ตซ์ (โดยความถี่ FM เท่ากับ 100 เมกะเฮิร์ตซ์คงเดิม โลคอลออสซิลเลเตอร์คงเดิม และ IF คงเดิม) สัญญาณ IF จะมีความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ + 50 กิโลเฮิร์ตซ์ด้วย ฉะนั้นสัญญาณที่มอดูเลตมาบนพาหะจะยัง อยู่ในสัญญาณ IF โดยไม่มีความเพี้ยน แม้ว่าความถี่สัญญาณ FM จะลดทอนจาก 100 เมกะเฮิร์ตซ์เหลือ 10.7 เมกะเฮิร์ตซ์

2.4.5 การดีมอดูเลตคลื่น FM

การดีมอดูเลตเพื่อที่จะทำให้คลื่น FM กลับมาเป็นสัญญาณมอดูเลต (Modulating Wave) ตามเดิมนั้น จะมีวิธีการเบื้องต้น 2 แบบด้วยกันคือ ฟริควนซีดิสคริมิเนเตอร์ (frequency discriminator) และเฟสล็อกคิรคูล์ดีมอดูเลเตอร์ (phase-locked loop demodulator)

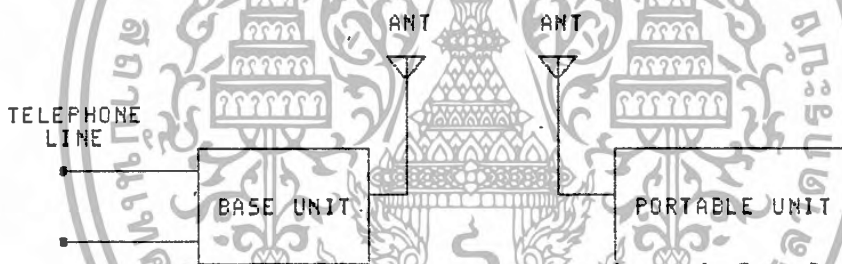
เอกสารทั้งสองแบบมีจุดประสงค์เพื่อจะทำให้เกิดคุณสมบัติการโอนย้าย (transfer characteristic) ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งตรงกันข้ามกับของฟรีควอนซิโมดูลเตอร์ กล่าวคือ ฟรีควอนซิโมดูลเตอร์จะทำให้เกิดเอทพุทโวลเตจในขณะหนึ่งที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของคลื่น FM ที่อินพุท ซึ่งต่อไปนี้จะกล่าวหลักการของคิมมอดูลเตอร์ดังต่อไปนี้

2.5 หลักการโทรศัพท์ไร้สาย

โทรศัพท์ไร้สายมีองค์ประกอบเหมือนเครื่องโทรศัพท์ธรรมดาทั่วไป แต่มีส่วนที่เพิ่มขึ้นมาจากโทรศัพท์ธรรมดาคือ วงจรรับ-ส่งวิทยุ เพื่อที่จะสามารถทำให้การติดต่อสื่อสารระหว่าง speech path กับคู่สายจากองค์การโทรศัพท์ทำได้โดยการใช้อากาศเป็นตัวกลางในการเดินทางของสัญญาณ โทรศัพท์ไร้สายจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนตัวแม่ (Base unit)
2. ส่วนมือถือ (Portable unit)



รูปที่ 2.2.6 องค์ประกอบของโทรศัพท์ไร้สายโดยพื้นฐาน

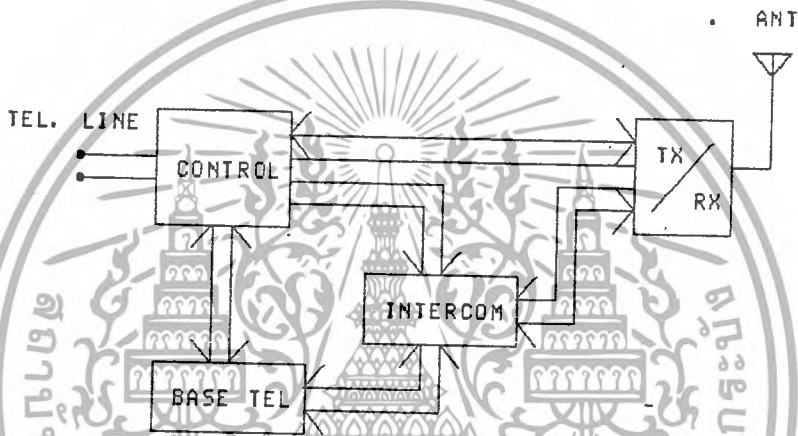
2.5.1 ตัวแม่ (Base unit)

Base unit หรือส่วนตัวตัวแม่ เป็นส่วนที่วางอยู่กับที่ เพื่อต่อกับคู่สายโทรศัพท์จากชุมสาย ตามปกติภายในตัวแม่นี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

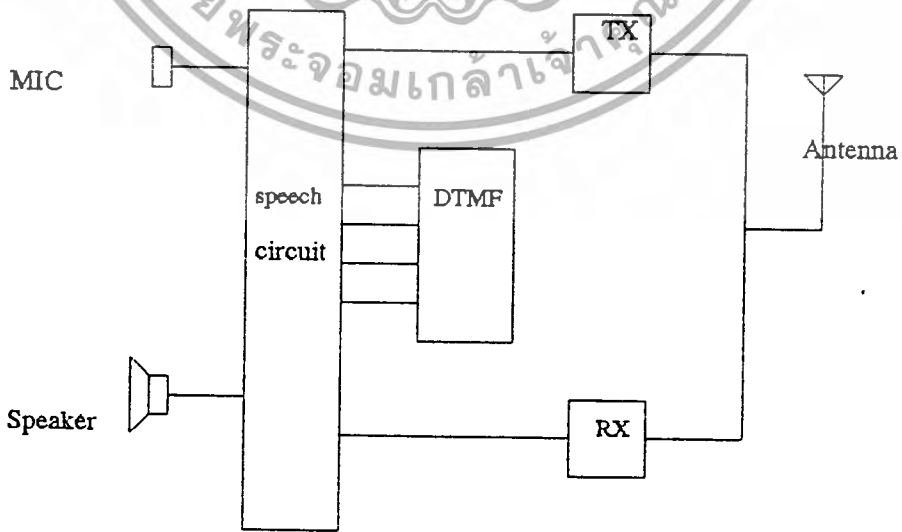
1. วงจรที่ต่อกับคู่สายโทรศัพท์เพื่อติดต่อ รับและส่งสัญญาณต่างๆ กับชุมสาย
2. วงจรเครื่อง รับ-ส่ง คลื่นวิทยุ

ในส่วนของ base unit นี้อาจเพิ่มวงจรสำหรับ charge battery ให้กับตัวมือถือ และนำไฟจากส่วนนี้ไปเลี้ยงวงจรเครื่องส่งด้วย

2.5.2 ตัวลูก (Portable unit)คือส่วนของตัวมือถือที่สามารถนำติดตัวไปได้ ระยะห่างระหว่างตัวแม่ (Base unit) กับตัวลูก (Portable unit) จะขึ้นอยู่กับวงจร รับ-ส่ง ว่าสามารถส่งได้ระยะทางไกลเท่าไร ในการรับส่ง ยิ่งระยะทางไกลก็จะทำให้การรับ-ส่งมีประสิทธิภาพน้อยลงอาจจะมีเสียงรบกวน หรือเสียงเบาลงตัวลูก (Portable unit) ประกอบด้วย ส่วนต่างๆ ดังบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) รูปที่ 2.28



รูปที่ 2.27 บล็อกไดอะแกรมของตัวแม่ (base unit Block diagram)



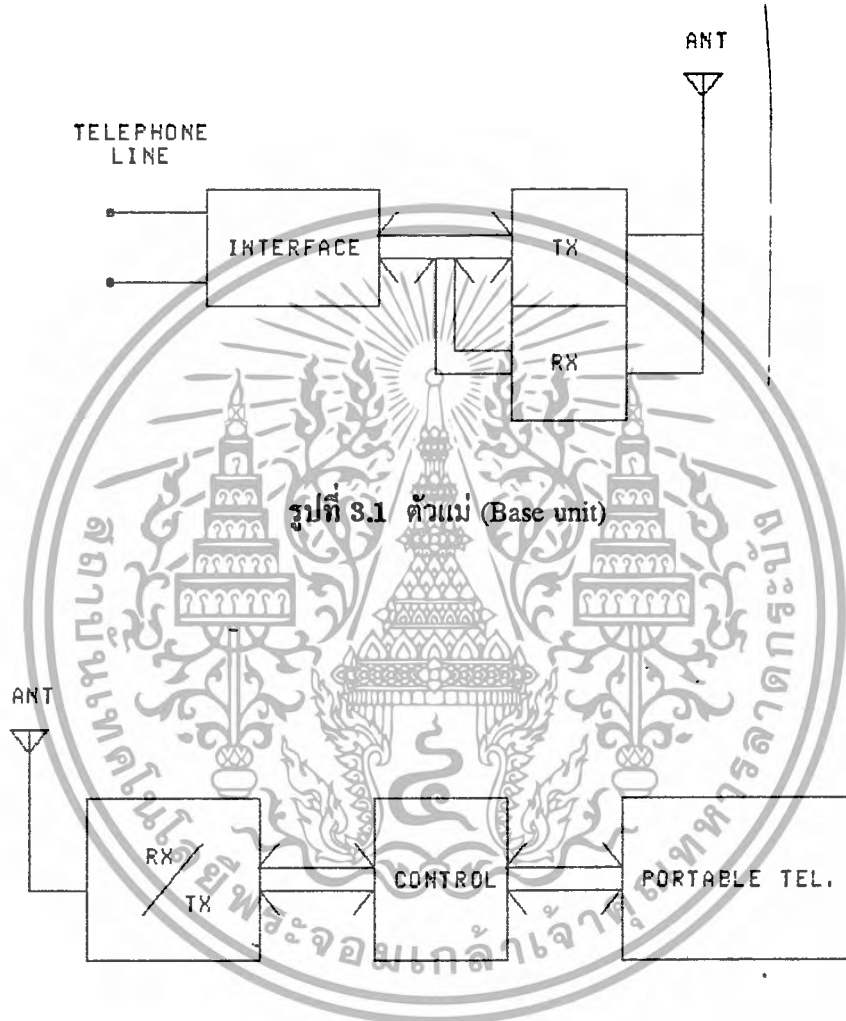
รูปที่ 2.28 บล็อกไดอะแกรมของตัวลูก (Portable unit Block diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตเห็นาไปไซประเษนด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบสร้าง

3.1 บล็อกไดอะแกรม

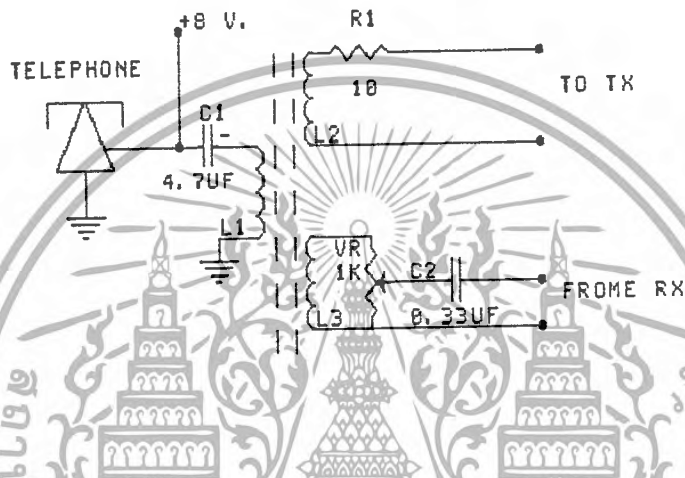


รูปที่ 3.2 ตัวลูก (Portable Unit)

3.2 ชุดแยกสัญญาณของตัวลูก (Portable)

หลักการทํางานของชุดแยกสัญญาณ ซึ่งหัวใจของวงจรนี้คือเอาต์พุทของทรานส์ฟอร์มเมอร์ (output transformer) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวแยกสัญญาณจาก 2 wire เป็น 4 wire คือจากเครื่องโทรศัพท์ที่มีสองสายไปทางเอาต์พุทซึ่งจะแยกเป็น 2 ชุด คือชุดบนจะได้สัญญาณจากปากพูดของเครื่องโทรศัพท์ และผ่านไปยังภาคส่งทำการส่งออกอากาศไป ชุดล่างจะรับสัญญาณจากภาครับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ามาแล้วเหนี่ยวนำผ่านไปยังหูฟังของเครื่องโทรศัพท์ โดยที่แหล่งจ่ายค่า 8 โวลต์จะทำหน้าที่เป็นไฟเลี้ยงวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์ และทำหน้าที่ให้สัญญาณเสียงซีไป และกลับได้ ตัวเก็บประจุ $47 \mu\text{F}$ ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แหล่งจ่าย 8 โวลต์ ที่เลี้ยงเครื่องโทรศัพท์ซัดลงกราวด์และยอมให้สัญญาณเสียงผ่านไปได้ดี โดยจะมีความต้านทาน(X_c)ต่ำในย่าน $0.3 - 3.4 \text{ KHz}$ ลักษณะวงจรเป็นดังนี้



รูปที่ 8.8 วงจรแยกสัญญาณของตัวลูก

8.3 วงจรควบคุมการกรรหัทโทรออก

การทำงานของวงจรการกรรหัทโทรออกนี้เมื่อเครื่องภายนอกมีการกรรหัทโทรออกเราก็นำโทนที่ได้นั้นมาเข้าสู่ DTMF เพื่อแยกโทนนั้นมาเป็น BCD 8421 แล้วส่งผ่านไปยัง 4 ถึง 16 เส้น ดีโค๊ดเดอร์เบอร์ 74LS154 ทำการแยกจากสัญญาณเลขฐานสอง ไปเป็นฐานสิบตั้งแต่ 0 - 15 เช่น

ถ้าเอาท์พุทของ DTMF เป็น 0001 จะทำให้เอาท์พุทหมายเลข 1 ของ 74LS154 ปรากฏลอจิก "0" ส่วนขาที่เหลือเป็นลอจิก "1" हमदเราเอาสถานะที่แตกต่างดังกล่าวไปใช้งาน

ถ้าเอาท์พุทของ DTMF จะค้างสถานะจนกว่าจะได้รับโ้ค็ดใหม่เข้ามา ซึ่งขา STD จะเป็น Pulse 1 ลูก เมื่อมีอินพุทของโ้ค็ดเข้ามาทุกครั้ง

ถ้าเอาท์พุทของวงจรมีเป็นสวิทช์ CMOS เบอร์ CD4066 จะปิดวงจรก็ต่อเมื่อขา Control เป็นลอจิก "1" ฉะนั้นสัญญาณที่มาควบคุมขา Control จะต้องเป็น Pulse บวก 1 ลูก แต่เอาท์พุทของ 74LS154 จะมีสถานะค้างตาม DTMF ที่ป้อนเข้ามาซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้น จะทำให้สวิทช์จะถูกกดค้างไปด้วยเราแก้ปัญหาได้โดยการนำ STD จาก DTMF มาใช้ โดยเราจะใช้รอร์เกทมาเป็นตัวผสมสัญญาณ STD กับเอาท์พุทของ 74LS154 โดยถ้าสัญญาณเป็นลอจิก "0" เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาท์พุทก็จะเป็นลอจิก “1” โดยสัญญาณของเอาท์พุทก็เป็น Pulse ตามสัญญาณ STD หากสัญญาณ STD และเอาท์พุทของ 74LS154 เป็นสถานะอื่น เอาท์พุทของ 74LS33 ก็จะเป็น “0” ทุกสถานะซึ่งไม่สามารถไปควบคุมสวิทช์ CMOS

3.4 ภาคเช็ดการยกหูของตัวแม่

การทำงานของวงจรถ่ายการเปลี่ยนแปลงของอิมพีแดนซ์ภายในเครื่องโทรศัพท์ขณะยกหูและวางหู ซึ่งขณะวางหูจะมีอิมพีแดนซ์สูงมากเป็นอนันต์ทำให้ไม่มีกระแสไหลในรูป และขณะยกหูอิมพีแดนซ์ภายในเครื่องโทรศัพท์จะต่ำลงเหลือประมาณ $20\text{ K}\Omega$ ทำให้มีกระแสไหลผ่านในรูป ดังนั้น เมื่อเราเอาออฟโอดีไปอนุกรมกับ Line ขณะยกหูจะทำให้เกิดกระแสไหลในรูปทำให้ LED ภายในออฟโอดีทำงาน โดยช่วงแรกทำให้ขาเบส ของทรานซิสเตอร์ภายในออฟโอดีได้รับแสงและเกิดกระแสไหลขึ้นที่ขาเบส ทำให้ทรานซิสเตอร์ช้อตลงกราวด์โวลท์ที่ขาคอนลอคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ก็เท่ากับ 0 โวลท์ ทำให้อินพุทของนอทเกตเป็น “0” วงจรนี้จึงให้สถานะทางเอาท์พุทเป็นลอจิก 1 และเมื่อกวางหูทำให้สถานะ ทางเอาท์พุทเป็นลอจิก “0” ไดโอด D1 ที่ต่อกลับขั้วเพื่อให้กระแสไหลได้ทั้งซีกบวกซีกลบส่วนตัวเก็บประจุ C1ใส่เพื่อให้สัญญาณ AC ค่าต่างๆ ผ่านไปได้โดยไม่ถูกขลิบยอดคลื่น และเป็นทางผ่านของสัญญาณเสียง

3.5 ภาคเช็ดยกหูของตัวลูก

การทำงานของวงจรถ่าย เมื่อยกหูกระแสจะไหลจากแหล่งจ่ายผ่าน LED ภายในออฟโอดีเนื่องจากความต้านทานภายในเครื่องโทรศัพท์ลดลง LED ภายในออฟโอดีจึงสว่าง ทรานซิสเตอร์ภายในออฟโอดีก็นำกระแส ทำให้ขาคอนลอคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ปรากฏลอจิก “0” ฉะนั้นที่เอาท์พุทของ 74LS14 จะปรากฏลอจิก “1” เป็นอินพุทให้กับ IC1 และ IC2 ซึ่ง IC1 ทำงานที่ขอบขาลงและ IC2 ทำงานที่ขอบขาขึ้น ซึ่งสภาวะแรกเป็นขอบขาขึ้น IC2 จึงทำงานให้เอาท์พุท Q ออกมาเป็นพัลส์ “1” ไปทริก Talk SW ให้บีคดวงจร โดยควบคุมเวลาของพัลส์ที่ทริกจาก C3,R4และ C4,R5 ภายในวงจรถ่าย จากสูตร $T = 1.1RC$ ซึ่งจากวงจรถ่ายใช้ $R = 29\text{ k}\Omega$ และ $C = 22\text{ }\mu\text{F}$ ฉะนั้นได้ค่าเวลาของ Pulse

$$T = 1.1 * 29 * 10^3 * 22 * 10^{-6}$$

$$T = 0.7\text{ Sec}$$

เมื่อกวางหูจะเกิด Pulse ขอบขาลง ในขณะนี้ IC1 จึงทำงานส่ง Pulse หนึ่งลูกค่าเวลาเท่ากันมาทริก Talk SW อีกครั้ง

2 จากฮุกสวิทช์ (Hook Switch)

- ฮุกสวิทช์ของของตัวลูก (นำไปทริกกด Talk)
- ฮุกสวิทช์ของตัวแม่เอาเอาท์พุทไปใช้เป็นอินพุทของวงจรคอนโทรล

3 สัญญาณกระดิ่งจากคู่สายภายนอกไปใช้เป็นอินพุทของวงจรคอนโทรล

8.6.2 แนวความคิดการออกแบบ

1. การโอนสาย

การโอนสายของแม่ให้แก่ลูก แม่จะต้องกด * ซึ่งทำให้ตัวแม่ต้องส่งบัสเซอร์ไปยังตัวลูกเพื่อเตือนตัวลูกให้รับสายตัวแม่จะต้องรอให้ตัวลูกยกหูก่อนแล้วจึงจะวางหูลง โดยที่เราเอาเอาท์พุทจาก 74LS138 ขณะที่กด * จากตัวแม่มาเข้าวงจรรภาคคอนโทรลไปต่อวงจบบัสเซอร์ให้ทำงานพอตัวลูกยกหูเราก็จะต่อตัวลูกเข้ากับคู่สายภายนอก

และในกรณีตัวแม่โอนสายให้ตัวลูกก็โดยการกด * ภาคคอนโทรลจะทำการต่อบัสเซอร์เข้ากับภาคส่งของตัวแม่และส่งออกไปให้ตัวลูก โดยใช้บัสเซอร์ภายในตัวลูกเป็นตัวเรียกพอตัวลูกยกหูรับสายทำให้มีเอาท์พุทจากการเช็คยกหูออกมา เราเอาสัญญาณนั้นไปทำให้ภาคคอนโทรลต่อตัวลูกเข้ากับคู่สายภายนอกทันที

ในกรณีของตัวลูกก็เช่นกันเมื่อตัวลูกต้องการจะโอนสายให้กับตัวแม่ ตัวลูกก็จะกด * ทำให้ภาคคอนโทรลได้รับสัญญาณและทำการต่อบัสเซอร์เข้ากับตัวแม่ทันที บัสเซอร์ของตัวแม่จะร้องขึ้นและเมื่อตัวแม่ยกหู เราก็เอาสภาวะยกหู (Hook On) ของแม่ไปทำให้ภาคคอนโทรลต่อตัวแม่เข้ากับ คู่สายภายนอกตัวลูกก็วางหูไป

2. การอินเตอร์คอม

ตัวแม่ต้องการติดต่อกับตัวลูก โดยการกด # ภาคคอนโทรลก็จะต่อชุดอินเตอร์คอม (Intercom) เข้ากับภาคของแม่และลูกขณะเดียวกันก็ตัดคู่สายภายนอกออกไปทั้งหมด และทำการต่อบัสเซอร์ที่ภาคส่ง ส่งไปให้ตัวลูก

ในกรณีตัวลูกต้องการคุยกับตัวแม่บ้างก็โดยการให้ตัวลูกกด # จะทำให้ภาคแยกสัญญาณ DTMF ที่ตัวแม่มีเอาท์พุท ทำให้ภาคคอนโทรลต่อบัสเซอร์เข้ากับตัวแม่ และต่อชุดอินเตอร์คอมเข้ากับตัวแม่ และตัวลูกส่วนคู่สายภายนอกจะถูกตัดออกไป

3. การยกหูเพื่อโทรออกของตัวลูก (Portable)

เมื่อตัวลูกยกหูวงจรถ็กดฮุกสวิทช์ (Hook SW) มีเอาท์พุทออกไปสั่งให้วงจรถ็องส่งของตัวลูกทำงานแล้วส่งโค้ด (Code) ออกไป เมื่อตัวแม่รับรู้ ภาคคอนโทรลของตัวแม่ก็จะต่อคู่สายภายนอกเข้ามาให้ตัวลูกสามารถโทรออกได้ และตัวแม่ก็จะถูกตัดออกจากคู่สายภายนอก

4.การยกหูเพื่อรับสายของตัวลูก

เมื่อตัวลูกยกหูรับสายทำให้วงจรเช็คสุคสวิทซ์ทำงาน ไปหยุดวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง และเปิดเครื่องส่งภายในของตัวลูก เมื่อตัวแม่ได้รับสัญญาณ (Code) ภาคคอนโทรลของตัวแม่ก็จะต่อคู่สายภายนอกให้ตัวลูกสามารถรับสายได้ และตัวแม่ก็จะถูกตัดออกจากคู่สายภายนอก

5.การยกหูเพื่อโทรออกของตัวแม่

เมื่อตัวแม่ยกหูวงจรเช็คสุคสวิทซ์ของตัวแม่จะไปทำให้ภาคคอนโทรล ต่อตัวแม่เข้ากับคู่สายภายนอกตัวแม่ก็สามารถติดต่อกับภายนอกได้ และตัวลูกก็จะถูกตัดออกไปจากคู่สายภายนอก

6.การยกหูเพื่อรับสายของตัวแม่

เมื่อตัวแม่ยกหูวงจรเช็คสุคสวิทซ์ของตัวแม่จะไปทำให้ภาคคอนโทรล ต่อตัวแม่เข้ากับคู่สายภายนอกตัวแม่ก็สามารถติดต่อกับภายนอกได้ และตัวลูกก็จะถูกตัดออกไปจากคู่สายภายนอก

7.เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งจากภายนอก

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งจากภายนอกจะทำให้วงจรแยกสัญญาณกระดิ่งมีเอาท์พุทออกมาซึ่งจะทำให้ภาคคอนโทรล ต่อวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งให้กับตัวแม่ และลูกพร้อมกัน หากตัวไหนยกหูรับสายก่อนก็ จะได้คู่สายภายนอกไป ตัวที่เหลือก็จะถูกตัดไป หลังจากนั้นหากไมโครโฟนของตนเองก็จะมีกรโอนสายตามมาภายหลัง

3.6.8 การออกแบบสร้าง

วงจรคอนโทรลเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการใช้งานของวงจรทั้งหมด โดยมีหน้าที่ควบคุมการตัดต่อระหว่างตัวแม่กับคู่สายภายนอก ตัวลูกกับคู่สายภายนอก การติดต่อกันระหว่างตัวแม่กับตัวลูกหรือ ใช้งานในการ โอนสายระหว่างแม่กับลูกในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนคู่สนทนา

วงจรภายในของภาคคอนโทรลประกอบด้วย

1. วงจรแยกสัญญาณ DTMF (DTMF Detect)
 - วงจรแยกสัญญาณ DTMF ของตัวแม่
 - วงจรแยกสัญญาณ DTMF ของตัวลูก
2. วงจรแยกสัญญาณกระดิ่ง (Ring Detect)
3. วงจรลอจิกเกตคอนโทรล (Logic Gate Control)
4. วงจรสัญญาณกระดิ่ง (Buzzer Circuit)

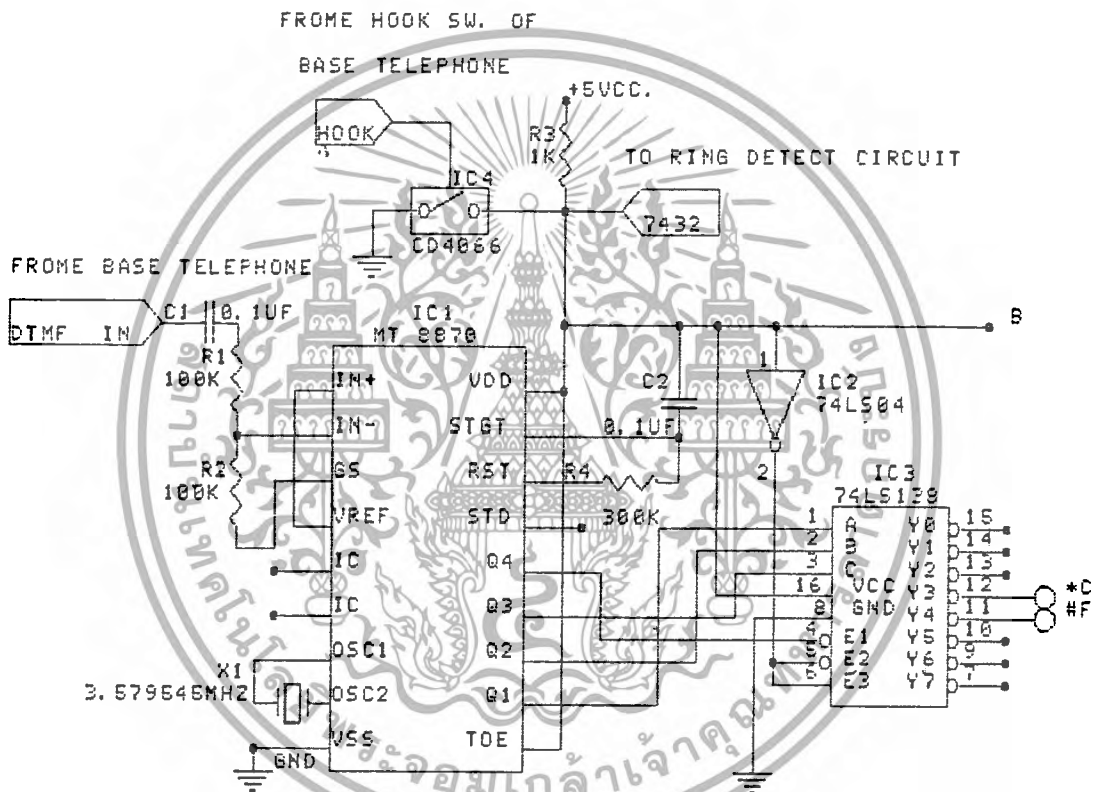
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วงจรรีเลย์สวิตช์ (Relay Switch)

6. วงจรติดต่อภายใน (Intercom)

1. วงจรแยกสัญญาณ DTMF (DTMF Detect)

1.1 วงจร DTMF ของตัวแม่ (Base Telephone)



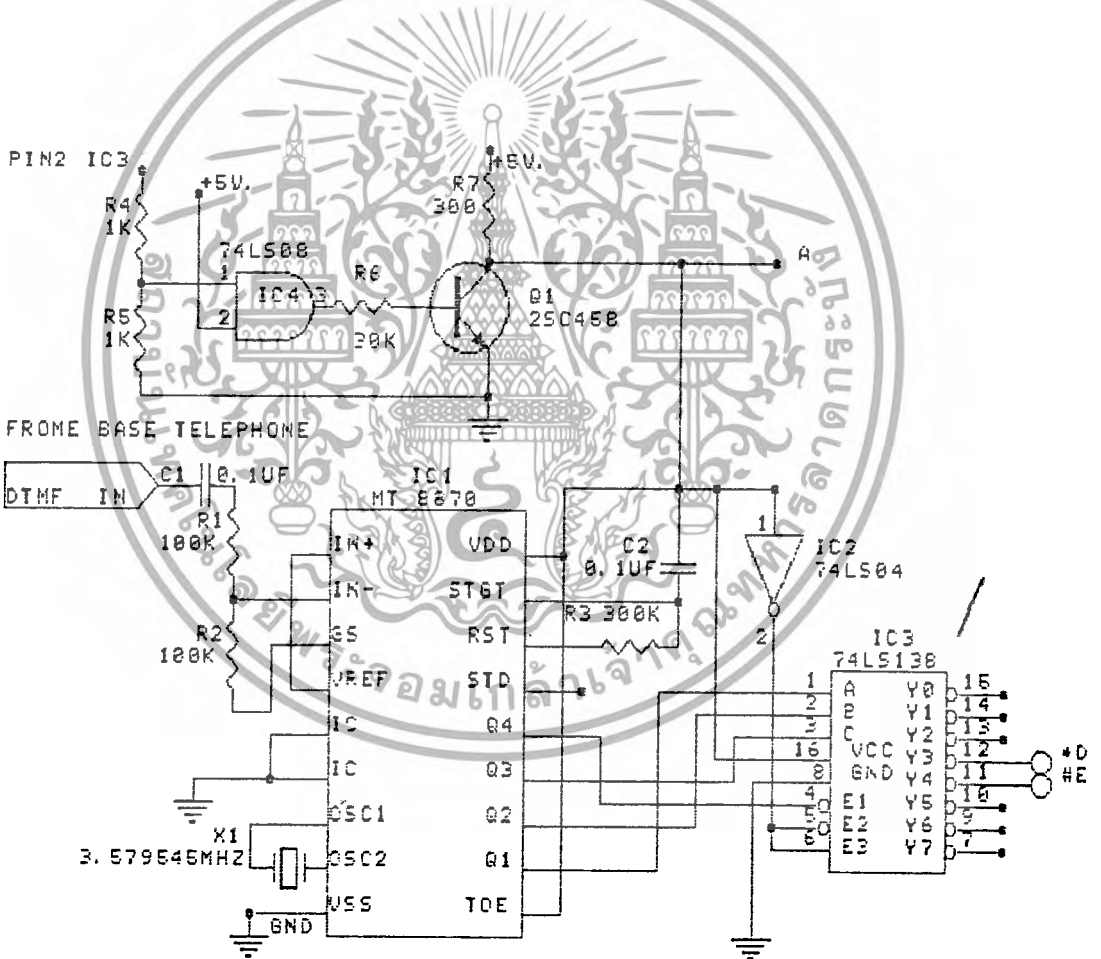
รูปที่ 3.7 วงจร DTMF ของตัวแม่

จากรูปเมื่อตัวแม่มีการยกหูสวิตช์ CMOS เบอร์ CD 4066 ก็จะเปิดวงจร (ยกหูจะปรากฏลอจิก 0 มาจากชุดเช็การยกหู) ทำให้มีลอจิก 1 ปรากฏที่จุด B และชุด DTMF ก็มีแหล่งจ่ายพร้อมที่จะรับสัญญาณอินพุตได้ ในส่วนของวงจรแยกสัญญาณกระดิ่งก็ปรากฏลอจิก 1 จากกระบวนการดังกล่าวด้วย เพื่อแสดงการยกหู ซึ่งจะทำให้สัญญาณกระดิ่งยกเลิกไป สัญญาณต่าง ๆ ที่ได้นำเอาไปใช้จากวงจรนี้ ได้แก่ สัญญาณ B,C,F สัญญาณ B คือ สัญญาณแสดงสถานะการยกหูและไม่ยกหูของตัวแม่ หากยกหูจะปรากฏลอจิก 1 และวางหูจะปรากฏลอจิก 0 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ C คือ สัญญาณที่ตัวแม่ยกหูแล้วกด * เพื่อทำการโอนสายที่กำลังสนทนาให้แก่ตัวลูก หากกดจะ ปรากฏลจิก 0 และไม่กดจะปรากฏลจิก 1

สัญญาณ F คือ สัญญาณที่ตัวแม่ต้องการติดต่อภายใน (Intercom) กับตัวลูกโดยกดปุ่ม # บนเครื่องโทรศัพท์ สถานะการกด F จะปรากฏลจิก 0 และไม่กด F จะปรากฏลจิก 1 โดยสัญญาณต่าง ๆ จะรับโดยตรงจากเครื่องโทรศัพท์เป็นอินพุทของ MT 8870 ซึ่งทางเอาท์พุทก็จะมี 4 เส้น คือ Qa,Qb,Qc,Qd จากนั้นก็นำสัญญาณทั้ง 4 เส้นไปเป็นสัญญาณอินพุทของ 74LS138 สถานะเอาท์พุทของ 74LS138 จะเป็นชนิด Active Low คือ ทำงานในสถานะลจิก 0

1.2 วงจร DTMF ของตัวลูก (Portable Telephone)

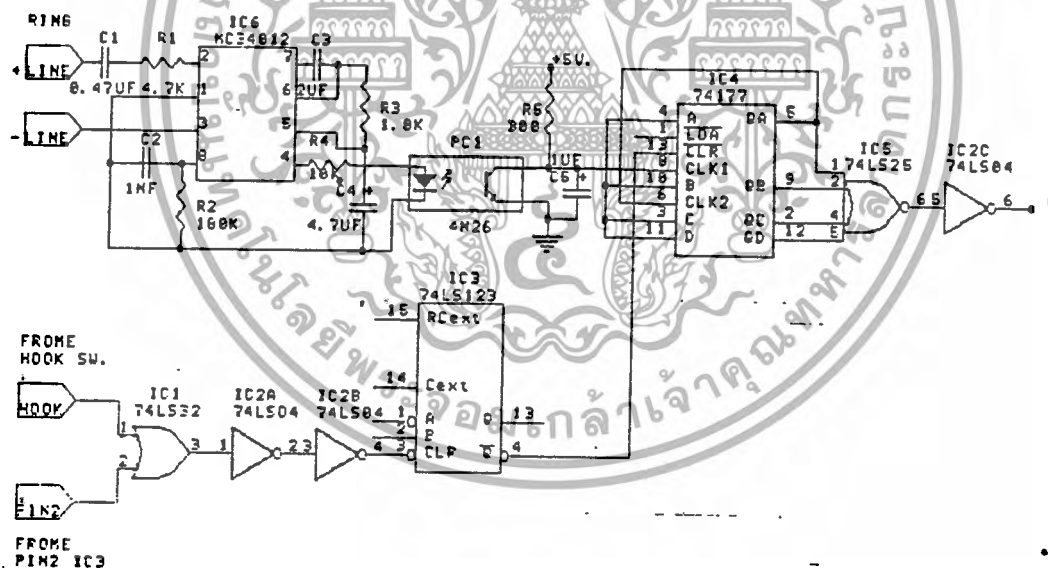


รูปที่ 3.8 วงจร DTMF ของตัวลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปหลักการการทำงานเหมือนกับการทำงานของวงจร DTMF ของตัวแม่ แตกต่างกันที่การขงสัญญาณการยกหูของตัวลูกจะปรากฏที่ขา 2 ไอซี 3 ซึ่งเป็น CPU ในภาคเครื่องส่งของตัวแม่ หากยกหูที่ขา 2 จะปรากฏลอจิก 0 และหากวางหูจะปรากฏลอจิก 1 จากวงจรเรานำสถานะดังกล่าวมา AND กับลอจิก 1 ทางเอาต์พุตที่ปรากฏลอจิกตามการยกหู และวางหูของตัวลูก เรานำสัญญาณดังกล่าวไปควบคุมสวิทช์ ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458 มีหน้าที่ช็อดแหล่งจ่ายลงกราวด์ เพื่อควบคุมการทำงานของวงจร DTMF เมื่อยกหูเอาต์พุต A ก็ปรากฏลอจิก 1 และวางหูก็ปรากฏลอจิก 0 ขณะยกหูวงจร DTMF ก็พร้อมที่จะรับอินพุตมาจากเครื่องโทรศัพท์ตัวลูก จากวงจรหากตัวลูกกด * เอาต์พุตที่จุด D จะปรากฏลอจิก 0 และหากตัวลูกกด # ทางเอาต์พุตที่จุด E ก็ปรากฏลอจิก 0 ซึ่งการทำงานเป็นชนิด Active Low เช่นเดียวกัน

2. วงจรแยกสัญญาณกระดิ่ง (Ring Detect)



รูปที่ 8.9 วงจรแยกสัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรแยกสัญญาณกระดิ่ง MC 34012 เป็นไอซีที่ใช้สำหรับแยกสัญญาณกระดิ่งให้เป็นสัญญาณลอจิก โดยมีเอาต์พุตออกมาที่ขา 4 ใช้ออฟไดเบออร์ 4N26 เป็นตัวถ่ายทอดระดับลอจิกให้แก่ 74177 และเป็นตัวป้องกันแรงดันอินพุตให้แก่ 74177 ด้วย โดยเมื่อไม่มีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาเอาต์พุตของออฟไดก็จะเป็นลอจิก 1 และเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาเอาต์พุตจะเป็นลอจิก 0

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาก็จะมีการเปลี่ยนระดับของออฟได ซึ่งเราจะเอาระดับของสัญญาณนี้ใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาที่ขา CK1 ของ 74177 และ 74177 ซึ่งทำเป็นวงจรมันก็จะเริ่มนับจำนวนสัญญาณที่เข้ามา ทำให้เอาต์พุตลอจิกต่าง ๆ ที่ Qa, Qb, Qc, Qd ตามสัญญาณกระดิ่ง Qd จะมีน้ำหนักมากที่สุด 74LS25 เป็นตัวรวมเอาต์พุตทั้ง 4 ของวงจรมันและ ผ่านเกทอินเวอร์เตอร์กลับอีกทีหนึ่ง ซึ่งแสดงว่าเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาทางอินพุตทำให้ Qa, Qb, Qc, Qd เปลี่ยนแปลงระดับลอจิกไปมา ซึ่งขณะนั้นเอาต์พุต G ก็จะปรากฏลอจิกเพียงสถานะเดียวเท่านั้น จนกว่าสัญญาณกระดิ่งจะหยุดไป ซึ่งก็คือ 74177 ถูกเคลียร์นั่นเอง

การเคลียร์วงจรนี้จะต้องเกิด จากการขกหนูเพื่อรับสายของตัวแม่ หรือตัวลูกเท่านั้น เมื่อมีการขกหนูจะปรากฏลอจิก 1 เป็นอินพุตแก่ 74LS32 ซึ่งใช้เอาต์พุตไปทำการเคลียร์ 74177 เพื่อแสดงว่าขณะนี้มีการขกหนูรับสายแล้ว สัญญาณการขกหนูในส่วนของตัวแม่จะเข้ามาจากสวิตช์ (Hook Switch) โดยตรง แต่ในส่วนของตัวลูกจะเข้ามาจากขาที่ 2 ของไอซี 3 ซึ่งเป็นซีพียูในเครื่องรับ และส่งของตัวแม่ สำหรับ 74LS123 ที่นำมาใช้ เพื่อต้องการให้สถานะการเคลียร์ค้างสถานะไว้นานกว่าจะมีการทริกครั้งใหม่เข้ามา ซึ่งหมายถึง การวางหู

3. ภาคลอจิกเกตคอนโทรล (Logic Gate Control)

วงจรมันมีหน้าที่รับสัญญาณอินพุตมาจากวงจรต่าง ๆ ได้แก่ วงจรแยกสัญญาณกระดิ่ง (G) , วงจร DTMF ของตัวลูก (A,D,E) และวงจร DTMF ของตัวแม่ (B,C,F) มาจัดระบบใหม่และให้เอาต์พุตออกไป เพื่อนำไปควบคุมการตัดต่อของภาค Relay Sw โดยสถานะของวงจรมันเป็นดังนี้

A : สัญญาณการขกหนูของตัวลูก หากขกหนูจะปรากฏลอจิก 1 และวางหูจะปรากฏลอจิก 0

B : สัญญาณการขกหนูของตัวแม่ หากขกหนูจะปรากฏลอจิก 1 และวางหูจะปรากฏลอจิก 0

C : สัญญาณแสดงการกด * ของตัวแม่ เพื่อโอนสายที่สนทนาอยู่ให้กับตัวลูก หากกดจะปรากฏลอจิก 0 และไม่กดจะปรากฏลอจิก 1

D : สัญญาณแสดงการกด * ของตัวลูก เพื่อโอนสายที่สนทนาอยู่ให้กับตัวแม่ หากกดจะปรากฏลอจิก 0 และไม่กดจะปรากฏลอจิก 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E : สัญญาณแสดงการกด # ของตัวลูก เพื่อติดต่อกายในกับตัวแม่ หากกดจะปรากฏลอจิก 0 และไม่กดจะปรากฏลอจิก 1

F : สัญญาณแสดงการกด # ของตัวแม่ เพื่อติดต่อกายในกับตัวลูก หากกดจะปรากฏลอจิก 0 และไม่กดจะปรากฏลอจิก 1

Relay Switch มีทั้งหมด 6 ตัวมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

ตัวที่ 1 ทำหน้าที่ต่อตัวแม่กับคู่สายภายนอก

ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ต่อตัวลูกกับคู่สายภายนอก

ตัวที่ 3 ทำหน้าที่ต่อวงจรกระดิ่งกับตัวลูก

ตัวที่ 4 ทำหน้าที่ต่อวงจรกระดิ่งกับตัวแม่

ตัวที่ 5 ทำหน้าที่ต่อวงจรติดต่อกายในให้กับตัวแม่และตัวลูก

ตัวที่ 6 ทำหน้าที่ต่อตัวแม่กับคู่สายภายนอกในกรณีไฟฟ้าดับ

สถานะที่เป็นไปได้ของภาคคอนโทรลเมื่อตัวแม่และตัวลูกถูกใช้งาน

1. ตัวแม่และตัวลูกวางหูทั้งสองเครื่อง ไม่มีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา

2. ตัวแม่และตัวลูกวางหูทั้งสองเครื่อง มีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา

3. ตัวลูกยกหูเพื่อรับสาย คู่สายภายนอกจะถูกต่อให้ตัวลูก

4. ตัวแม่ยกหูเพื่อรับสาย คู่สายภายนอกจะถูกต่อให้ตัวแม่

5. ตัวแม่โทรออก คู่สายภายนอกจะถูกต่อให้ตัวแม่ ส่วนตัวลูกจะถูกตัดออกไป

6. ตัวลูกโทรออก คู่สายภายนอกจะถูกต่อให้ตัวลูก ส่วนตัวแม่จะถูกตัดออกไป

7. ตัวลูกโอนสายที่สนทนาอยู่ให้กับตัวแม่ โดยกดปุ่ม * คู่สายภายนอกและวงจร

กำเนิดสัญญาณกระดิ่งจะถูกต่อให้กับตัวแม่

8. ตัวแม่โอนสายที่สนทนาอยู่ให้กับตัวลูก โดยกดปุ่ม * คู่สายภายนอกและวงจร

กำเนิดสัญญาณกระดิ่งจะถูกต่อให้กับตัวลูก

9. ตัวแม่ติดต่อกายในกับตัวลูก โดยกดปุ่ม # วงจรอินเตอร์คอมจะถูกต่อให้ตัวแม่

และตัวลูกส่วนวงจรสัญญาณกระดิ่งจะถูกต่อให้กับตัวลูก

10. ตัวลูกติดต่อกายในกับตัวแม่ โดยกดปุ่ม # วงจรอินเตอร์คอมจะถูกต่อให้ตัวแม่

และตัวลูกส่วนวงจรสัญญาณกระดิ่งจะถูกต่อให้กับตัวแม่

ตารางความจริง (Truth Table)

เราสามารถนำข้อกำหนดดังกล่าวมาเขียนเป็นตารางความจริงโดยให้

A,B,C,D,E,F,G เป็นอินพุตที่ขึ้นอยู่กับการใช้งานของตัวแม่และตัวลูกทั้ง 10 สถานะดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะ	อินพุท							เอาต์พุท				
	A	B	C	D	E	F	G	RA	RB	RC	RD	RE
1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
3	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
4	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
5	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
6	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
7	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0
8	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
9	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1
10	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1

ตารางที่ 8.1 ตารางความจริงของวงจรถอกอินโทรล

เราสามารถนำสถานะต่าง ๆ ในตารางมาเขียนเป็นสมการของเอาต์พุทแต่ละตัว โดยใช้มินเทอร์ม (Minterm) และสมการ บูลีน (Boolean) ย่อลงได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 RA &= ABCDEFG + ABCDEFG + ABCDEFG + ABCDEFG + ABCDEFG \\
 &= ACDEFG(B + B) + ABDEFG(C + C) + ABCDEFG \\
 &= ACDEFG + ABDEFG + ABCDEFG
 \end{aligned}$$

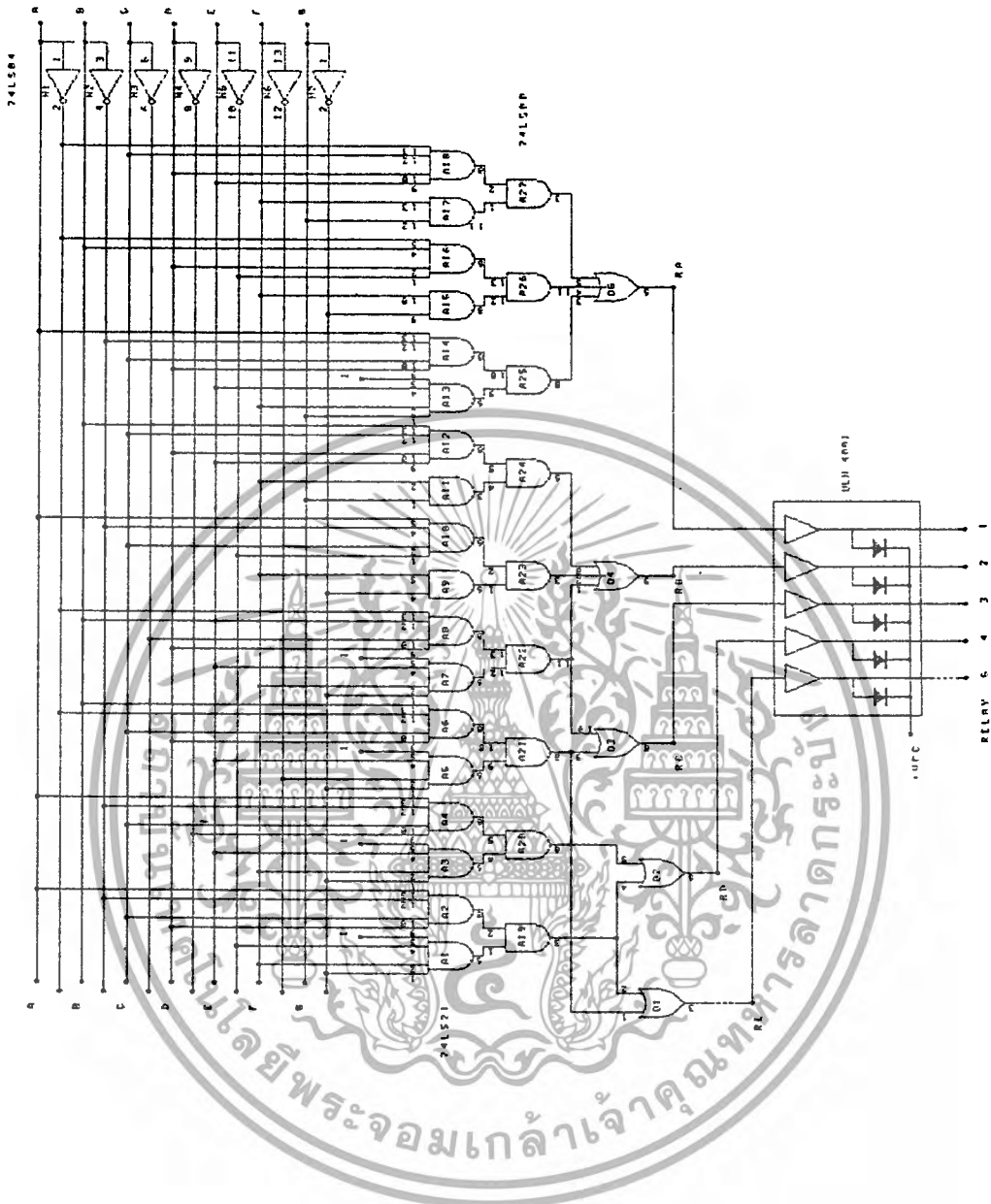
$$\begin{aligned}
 RB &= ABCDEFG + ABCDEFG + ABCDEFG + ABCDEFG \\
 &= ABCDEFG + ABCEFG(D + D) + ABCDEFG \\
 &= ABCDEFG + ABCEFG + ABCDEFG
 \end{aligned}$$

$$RC = ABCDEFG + ABCDEFG$$

$$RD = ABCDEFG + ABCDEFG$$

$$RE = ABCDEFG + ABCDEFG$$

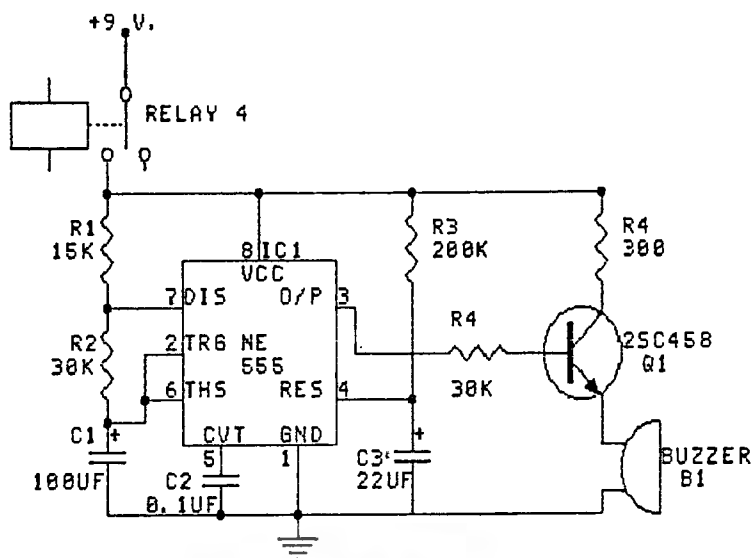
เราสามารถนำสมการ บูลีน (Boolean) ดังกล่าวซึ่งได้ลดรูปให้สั้นที่สุดแล้วมา ออกแบบเป็นวงจรถอกได้ดังรูป 3.10



รูป 3.10 วงจรเกทคอนโทรล

จากรูปจะเห็นได้ว่าเราต้องใช้เกทถึง 40 ตัวในการประกอบวงจรดังกล่าว ซึ่งปัญหาที่จะเกิดขึ้นก็มีมาก เช่น ปัญหาราคาของเกทที่ใช้ประกอบวงจร ปัญหาความยุ่งยากในการประกอบวงจร ปัญหาประสิทธิภาพของวงจรซึ่งจะตามมาแน่นอน ผู้สร้างจึงได้ใช้อุปกรณ์อื่นมาแทนเกทดังกล่าว เป็นไอซีสำเร็จรูปชนิดหนึ่งเรียกว่า GAL (Generic Array Logic) เราใช้งานไอซีชนิดนี้โดยใช้โปรแกรมให้วงจรภายในมีการทำงานเหมือนวงจรเกทดังรูป 3.10 ฉะนั้นวงจรดังรูป 3.10 ที่ใช้ไอซีถึง 15 ตัวจึงเหลือ ไอซีแค่ 2 ตัวเมื่อใช้ GAL มาช่วยดังรูป 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

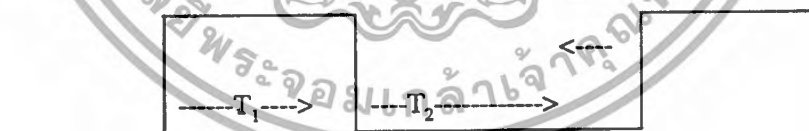
สำหรับการออกแบบวงจรสัญญาณกระดิ่งให้กำเนิดพัลส์ดังกล่าว โดยการควบคุม RA, RB และ C1 โดยมีสมการการออกแบบดังนี้

$$T1 = 0.69 \cdot RB \cdot C1 \tag{1}$$

โดย T1 คือช่วงเวลาที่ให้มีพัลส์

$$T2 = 0.69 \cdot (RA + RB) \cdot C1 \tag{2}$$

โดย T2 คือช่วงเวลาที่ไม่มีพัลส์ดังรูป 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงช่วงเวลาที่ให้มีพัลส์ และไม่มีพัลส์

การออกแบบในตอนต้นเรากำหนดค่า T1 = 2วินาทีและกำหนดค่า C1 = 100 µF แทนลงในสมการที่ 1 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 วงจรอินเทอร์คอม

จากวงจรจะใช้รีเลย์ 5 ซึ่งมี 4 คอนแทกเป็นตัวตัดต่อให้เครื่องตัวแม่ และตัวลูกติดต่อกันภายในกันได้ ซึ่งเป็นหลักการต่อผ่านของขุมสายอย่างง่าย โดยใช้เครื่องโทรศัพท์มาต่อทั้งสองข้างของวงจร สัญญาณจะผ่านตัวเก็บประจุส่วนตัวต้านทาน 4 ตัว จะทำหน้าที่เป็นแม่ทซึ่งอิมพีแดนซ์ระหว่างเครื่องโทรศัพท์ และใช้แหล่งจ่าย 12 โวลต์สำหรับเลี้ยงวงจรของเครื่องโทรศัพท์ทั้งสองขณะที่สนทนากัน ซึ่งในขณะนั้นคู่สายภายนอกจะถูกตัดออกไป

8.7 ภาครับและภาคส่ง

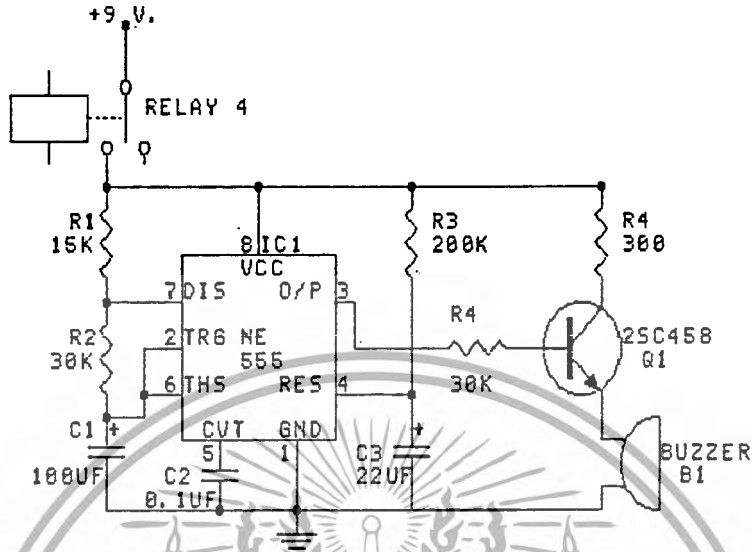
8.7.1 วงจรเครื่องรับและเครื่องส่งของตัวลูก

จากรูปที่ 3.16 เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งส่งมาจากตัวแม่ (Base Unit) สายอากาศรับก็จะรับเอาความถี่ 46.6-46.9 Mhz จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งผ่านวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ซึ่งเป็น LC ฟิลเตอร์กับ RF คอยล์ T1,T2 และ T3 สัญญาณจะถูกขยายอีกครั้งหนึ่งโดย T1 ซึ่งเป็น RF Amp จากนั้นถูกจูนความถี่ด้วย T4 ให้เที่ยงตรงอีกครั้งหนึ่งก่อนส่งเข้าวงจรมิกเซอร์ ซึ่งอยู่ภายในตัว IC1 วงจรจะนำสัญญาณดังกล่าวมาหักล้างกับความถี่ 46.155 - 46.515 Mhz จากคริสตอล X1 เพื่อแปลงเป็นความถี่ IF 455 kHz ซึ่งเป็นผลต่างของความถี่อินพุทกับความถี่ออสซิลเลต จากนั้นสัญญาณนี้จะ 6 อิลิเมนต์แลคเตอร์ CF1 ก่อนที่จะเข้าไปในภาค IF ดีเทคเตอร์ภายใน IC1 อีกครั้ง ซึ่งสัญญาณที่ผ่านกระบวนการดีเทคแล้วจะถูกส่งไปยังขา 6 ของ IC3 CPU เพื่อทำการเช็คโค้ดให้ตรงกับสัญญาณที่เรียกเข้ามาเมื่อรู้ว่าโค้ดตรงกันแล้ว IC3 CPU ก็จะมีสัญญาณออกไปจากขา 32 เพื่อไปทริกขาเบสของ Q5 ในลักษณะเป็นพัลส์ตามสัญญาณกระดิ่งทำให้ Q5 ออนและออฟตามสัญญาณเป็นผลให้บัซเซอร์ (Buzzer) ดังเสียงเรียกออกมา ซึ่งสัญญาณจากการเรียก (Call) จะมีพัลส์แตกต่างกัน ซึ่งสัญญาณจากการเรียก (Call) ก็คือสัญญาณเพื่อการติดต่อกันภายในและเพื่อการโอนสายของตัวแม่ที่ติดต่อกับตัวลูก

เมื่อตัวลูกมีการยกหูแล้วและพูดส่งไปยังตัวแม่ก็จะทำให้เอาท์พุทขา 29 ของ IC3 CPU ปรากฏลอจิก "1" เพื่อป้อนแก่ขาเบสของ Q4 ทำให้ Q4 ออนขาคอนแลคเตอร์และอิมิตเตอร์ถูกซ็อดถึงกัน จากเหตุผลดังกล่าววงจรทางภาคเครื่องส่ง Q9 ซึ่งเป็นออสซิลเลเตอร์และ Q11 พาวเวอร์เอาท์พุทของเครื่องส่ง ได้รับไฟเลี้ยงจาก Q4 จากนั้น Q9 ก็ทำงานโดยผลิตความถี่ 16 Mhz ออกมาแล้วจูนเอาซาร์โมนิกที่ 3 จาก T5 ไปเป็นอินพุทของวงจรพาวเวอร์เอาท์พุท Q11 ซึ่งทำการส่งออกอากาศ ส่วนขา 45 ของ IC3 CPU ทำหน้าที่ส่งโค้ดไปรวมกับเสียงพูดเพื่อใช้ในการติดต่อกันระหว่างตัวแม่และตัวลูกซึ่งต้องมีโค้ดตรงกัน

ในการกดคีย์เลขหมายนั้น IC3 CPU จะมีขา 8-10 และ 13-16 ทำหน้าที่รับสัญญาณการกดคีย์ตัวเลขและสร้างความถี่ DTMF และถูกส่งไปยังภาคส่ง ทำการส่งออกอากาศไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

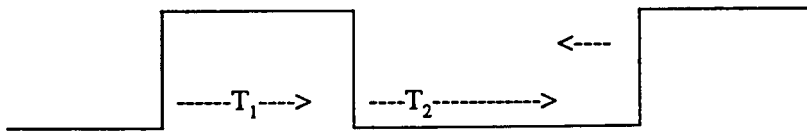
สำหรับการออกแบบวงจรสัญญาณกระดิ่งให้กำเนิดพัลส์ดังกล่าว โดยการควบคุม R_A, R_B และ C_1 โดยมีสมการการออกแบบดังนี้

$$T_1 = 0.69 \cdot R_B \cdot C_1 \tag{1}$$

โดย T_1 คือช่วงเวลาที่ให้มีพัลส์

$$T_2 = 0.69 \cdot (R_A + R_B) \cdot C_1 \tag{2}$$

โดย T_2 คือช่วงเวลาที่ไม่มีพัลส์ดังรูป 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงช่วงเวลาที่ให้มีพัลส์ และไม่มีพัลส์

การออกแบบในตอนต้นเรากำหนดค่า $T_1 = 2$ วินาทีและกำหนดค่า $C_1 = 100 \mu F$

แทนลงในสมการที่ 1 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$2 = 0.69 * RB * 100 * 10^{-6}$$

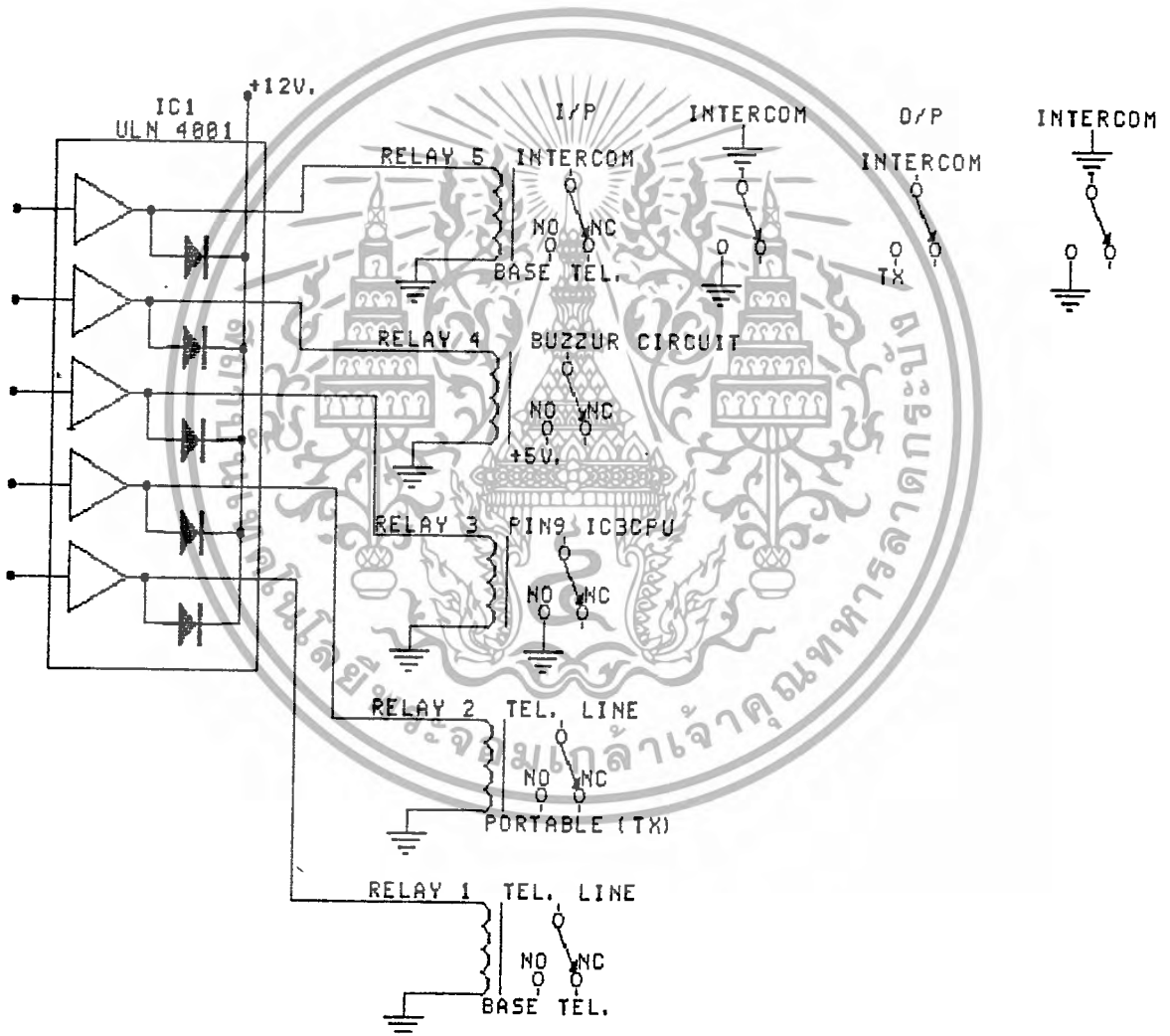
จากสมการจะได้ค่า $RB = 29 \text{ k}\Omega$ กำหนด $T2 = 3$ วินาทีที่สามารถหาค่า RA ได้

โดยการแทนค่าลงในสมการที่ 2

$$3 = 0.69 * (RA + 29 \text{ k}\Omega) * 100 * 10^{-6}$$

จะได้ $RA = 15 \text{ k}\Omega$

5. วงจรรีเลย์สวิทช์



รูปที่ 8.14 วงจรรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรโดยวงจรจะรับอินพุตมาจากวงจรคอนโทรลเพื่อมาควบคุมการตัดต่อรีเลย์ทั้ง 5 ตัว โดย

รีเลย์ 1 เมื่อต่อมาที่ NO จะทำให้ตัวแม่ได้คู่สายภายนอก ซึ่งใช้ในกรณีตัวแม่ยกหูรับสายหรือชนหูโทรออก

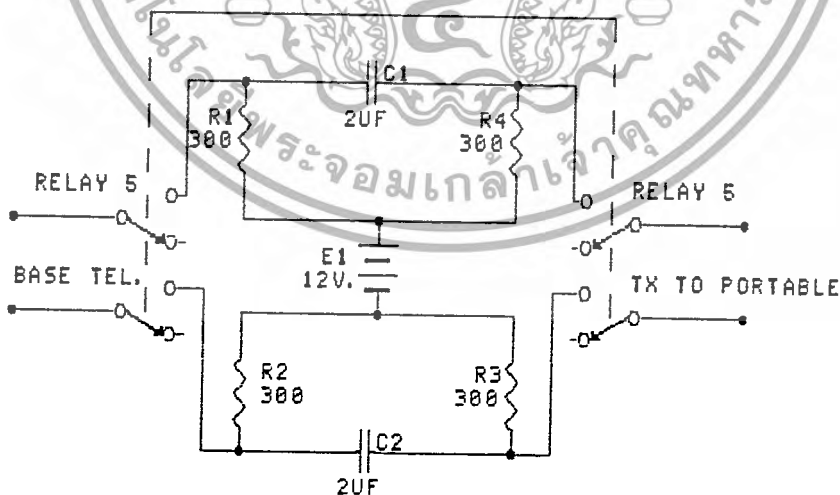
รีเลย์ 2 เมื่อต่อมาที่ NO จะทำให้ตัวลูกได้คู่สายภายนอก ซึ่งใช้ในกรณีตัวลูกยกหูรับสายหรือชนหูโทรออก

รีเลย์ 3 เมื่อต่อมาที่ NO จะทำให้วงจรบัชเซอร์ของตัวลูกทำงานโดยต่อขา 9 ของไอซี 3 ซึ่งเป็น CPU ในวงจรเครื่องรับ-ส่งของตัวแม่ลงกราวด์จะมีเสียงเตือนไปยังตัวลูก ใช้ในกรณีที่ตัวแม่โอนสายให้ตัวลูก หรือต้องการติดต่อกายในกับตัวลูก

รีเลย์ 4 เมื่อต่อมาที่ NO จะทำให้วงจรบัชเซอร์ของตัวแม่ทำงานโดยรีเลย์จะต่อแหล่งจ่าย 5 โวลท์แก่วงจรบัชเซอร์ ใช้ในกรณีที่ตัวลูกโอนสายให้ตัวแม่หรือต้องการติดต่อกายในกับตัวแม่

รีเลย์ 5 เมื่อต่อมาที่ NO จะทำให้วงจรอินเตอร์คอมต่อตัวแม่เข้ากับตัวลูกใช้ในกรณีที่ตัวลูกต้องการติดต่อกายในกับตัวแม่และกรณีที่ตัวแม่ต้องการติดต่อกายในกับตัวลูก รีเลย์ 6 ปกติจะต่ออยู่ที่ NO แต่จะกลับมา NC ในกรณีที่ไฟฟ้าดับ พอไฟฟ้าดับคู่สายภายนอกจะถูกเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ของตัวแม่เพียงเครื่องเดียวและวงจรต่าง ๆ จะถูกตัดออกไปชั่วคราว

6. วงจรอินเตอร์คอม



รูปที่ 8.15 วงจรอินเตอร์คอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรจะใช้รีเลย์ 5 ซึ่งมี 4 คอนแทกเป็นตัวตัดต่อให้เครื่องตัวแม่ และตัวลูกติดต่อกันภายในกันได้ ซึ่งเป็นหลักการต่อผ่านของขุมสายอย่างง่าย โดยใช้เครื่องโทรศัพท์มาต่อทั้งสองข้างของวงจร สัญญาณจะผ่านตัวเก็บประจุส่วนตัวต้านทาน 4 ตัว จะทำหน้าที่เป็นแม่ทซึ่งอิมพีแดนซ์ระหว่างเครื่องโทรศัพท์ และใช้แหล่งจ่าย 12 โวลต์สำหรับเลี้ยงวงจรของเครื่องโทรศัพท์ทั้งสองขณะที่สนทนากัน ซึ่งในขณะนั้นคู่สายภายนอกจะถูกตัดออกไป

3.7 ภาครับและภาคส่ง

3.7.1 วงจรเครื่องรับและเครื่องส่งของตัวลูก

จากรูปที่ 3.16 เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งส่งมาจากตัวแม่ (Base Unit) สายอากาศรับก็จะรับเอาความถี่ 46.6-46.9 Mhz จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งผ่านวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ซึ่งเป็น LC ฟิลเตอร์กับ RF คอยล์ T1,T2 และ T3 สัญญาณจะถูกขยายอีกครั้งหนึ่งโดย T1 ซึ่งเป็น RF Amp จากนั้นถูกจูนความถี่ด้วย T4 ให้เที่ยงตรงอีกครั้งหนึ่งก่อนส่งเข้าวงจรมิกเซอร์ ซึ่งอยู่ภายในตัว IC1 วงจรจะนำสัญญาณดังกล่าวมาหักล้างกับความถี่ 46.155 - 46.515 Mhz จากคริสตอล X1 เพื่อแปลงเป็นความถี่ IF 455 KHz ซึ่งเป็นผลต่างของความถี่อินพุตกับความถี่ออสซิลเลต จากนั้นสัญญาณนี้จะ 6 อิลิเมนต์แลคเคอร์ CFI ก่อนที่จะเข้าไปในภาค IF ดีเทคเตอร์ภายใน IC1 อีกครั้ง ซึ่งสัญญาณที่ผ่านกระบวนการดีเทคแล้วจะถูกส่งไปยังขา 6 ของ IC3 CPU เพื่อทำการเช็คโค้ดให้ตรงกับสัญญาณที่เรียกเข้ามาเมื่อรู้ว่าโค้ดตรงกันแล้ว IC3 CPU ก็จะมีสัญญาณออกไปจากขา 32 เพื่อไปทรiggerาเบสของ Q5 ในลักษณะเป็นพัลส์ตามสัญญาณกระดิ่งทำให้ Q5 ออนและออฟตามสัญญาณเป็นผลให้บิวเซอร์ (Buzzer) ส่งเสียงเรียกออกมา ซึ่งสัญญาณจากการเรียก (Call) จะมีพัลส์แตกต่างกัน ซึ่งสัญญาณจากการเรียก (Call) ก็คือสัญญาณเพื่อการติดต่อกันภายในและเพื่อการโอนสายของตัวแม่ที่ติดต่อกับตัวลูก

เมื่อตัวลูกมีการยกหูแล้วและพูดส่งไปยังตัวแม่ก็จะทำให้เอาท์พุทขา 29 ของ IC3 CPU ปรากฏลจิก "1" เพื่อป้อนแก่ขาเบสของ Q4 ทำให้ Q4 ออนขาคอนแลคเคอร์และอิมิตเตอร์ถูกซ็อดถึงกัน จากเหตุผลดังกล่าววงจรทางภาคเครื่องส่ง Q9 ซึ่งเป็นออสซิลเลเตอร์และ Q11 พาวเวอร์เอาท์พุทของเครื่องส่ง ได้รับไฟเลี้ยงจาก Q4 จากนั้น Q9 ก็ทำงานโดยผลิตความถี่ 16 Mhz ออกมาแล้วจูนเอาซาร์โมนิกที่ 3 จาก T5 ไปเป็นอินพุทของวงจรพาวเวอร์เอาท์พุท Q11 ซึ่งทำการส่งออกอากาศ ส่วนขา 45 ของ IC3 CPU ทำหน้าที่ส่งโค้ดไปรวมกับเสียงพูดเพื่อใช้ในการติดต่อกันระหว่างตัวแม่และตัวลูกซึ่งต้องมีโค้ดตรงกัน

ในการกดคีย์เลขหมายนั้น IC3 CPU จะมีขา 8-10 และ 13-16 ทำหน้าที่รับสัญญาณการกดดังกล่าวและสร้างความถี่ DTMF และถูกส่งไปยังภาคส่ง ทำการส่งออกอากาศไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.72 วงจรเครื่องรับและเครื่องส่งของตัวแม่

จากรูปที่ 3.17 เป็นส่วนของตัวเครื่องที่มีเฉพาะภาคส่งเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถที่จะโทรออกหรือรับสายได้ วงจรจะมี IC3 CPU เป็นตัวควบคุมการรับส่ง การทำงานของวงจร เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาทำให้ LED ภายใน PC1 กระพริบ ทรานซิสเตอร์ภายใน PC1 จึงออนและออฟตามการกระพริบของ LED โดยซ็อกคาบอลเล็คเตอร์ลงกราวด์ ที่ขา 6 ของ IC3 CPU จึงมีระดับโวลต์เตจที่เปลี่ยนแปลงจากการกระพริบของ LED ภายในออฟโด้ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ขา 2 ของ IC3 CPU ปรากฏลอจิก “1” เพื่อไบอัสให้แก่ Q6 จึงทำให้เครื่องส่งทำงานและมีข้อมูลออกไปทางขา 3 ของ IC3 CPU แล้วมอดูเลตออกอากาศไปให้ตัวลูกรับรู้ว่าขณะนี้สัญญาณกระดิ่งเข้ามา โดยนำไปมอดคับความถี่ 46.6 Mhz จากคริสตอล X2

ขณะนั้นจะมีเสียงไปยังตัวลูก เมื่อตัวลูกรับสายโดยการกดทอร์คสวิทช์ แสดงว่าได้มีการรับสายแล้วจะมีสัญญาณ DTMF ส่งมาที่ตัวแม่ ที่สัญญาณนั้นจะมาจากสายอากาศและผ่านแบนด์พาสฟิลเตอร์ L1,L2,L3 และ T1 สัญญาณให้แรงขึ้น โดย Q1 ซึ่งเป็น RF Amp สัญญาณถูกส่งผ่าน T1 ไปยังขา 24 ของ IC1 ซึ่งนำสัญญาณดังกล่าวไปมิกซ์กับความถี่ 49.215-49.535 Mhz จากคริสตอล X1 ความถี่ IF 455 kHz เป็นเอาร์ทพุท สัญญาณดังกล่าวจะผ่านวงจรคิเทคเตอร์จึงได้ข้อมูลออกมาทางขา 16 ของ IC1 แล้วผ่านมายังขา 5 ของ IC3 CPU เพื่อทำการตรวจสอบว่าไค้ตรงกันหรือไม่ หากตรงกันแล้วสัญญาณที่ขา 2 ของ IC3 CPU จะปรากฏลอจิก “1” เพื่อไปทริกให้ Q17 ออน โดยซ็อกคาบอลเล็คเตอร์กับอิมิตเตอร์ทำให้ LED ภายใน PC2 ติด ทรานซิสเตอร์ภายใน PC2 ก็ทำงานเป็นส่วนให้ Q26 ออน โดยซ็อกคาบอลเล็คเตอร์กับอิมิตเตอร์ถึงกันขณะนั้นสัญญาณจากคู่สายจากภายนอกก็ถูกต่อเข้ากับเครื่องส่งและเครื่องรับแล้ว ผู้สนทนาทั้งสองก็สามารถสนทนากันได้

ในส่วนของกรป้องกัน IC3 CPU จากกระแสไฟเกิน จากรูปหากเกิดแรงดันไฟฟ้าเกินเข้ามาที่แหล่งจ่ายจะถูกไบอัสให้กับ Q18 และเป็นแหล่งจ่ายให้กับ IC3 CPU จะเห็นได้ว่าที่จุดดังกล่าวมี C62 ต่อคร่อมเอาไว้จากแหล่งจ่ายมีค่าสูงเกินกว่า 4 โวลต์แล้ว ทรานซิสเตอร์ Q19 จะทำให้มีไฟลบเป็นอินพุทให้แก่ขา 25 ของ IC3 CPU ทำให้มีมันถูกรีเซ็ท

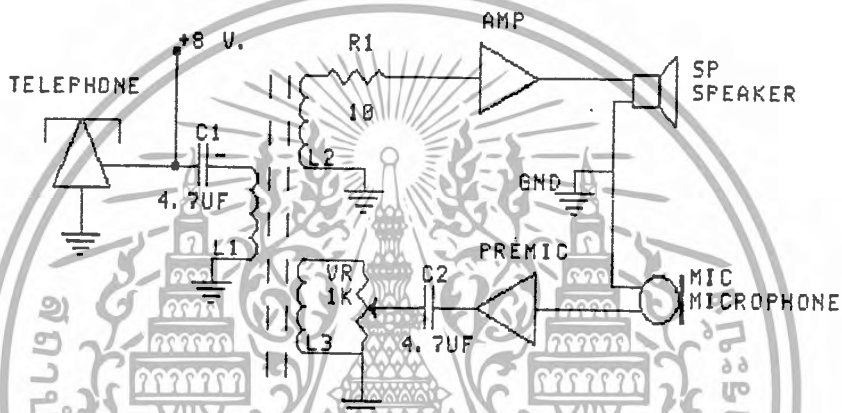
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ชุดแยกสัญญาณ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป



รูปที่ 4.1 วงจรแยกสัญญาณ

2. ยกหูโทรศัพท์ ทดลองพูดที่ปากพูดโทรศัพท์มีสัญญาณเสียงออกมาทางลำโพงหรือไม่
3. ทดลองพูดที่ไมโครโฟนมีสัญญาณเสียงที่หูฟังหรือไม่
4. ทดลองพูดที่ไมโครโฟนมีสัญญาณออกที่ลำโพงหรือไม่
5. พูดใส่ไมโครโฟนแล้วปรับวอลุ่ม (VR1) ให้มีเสียงออกที่ลำโพงเบาที่สุด
6. สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลอง

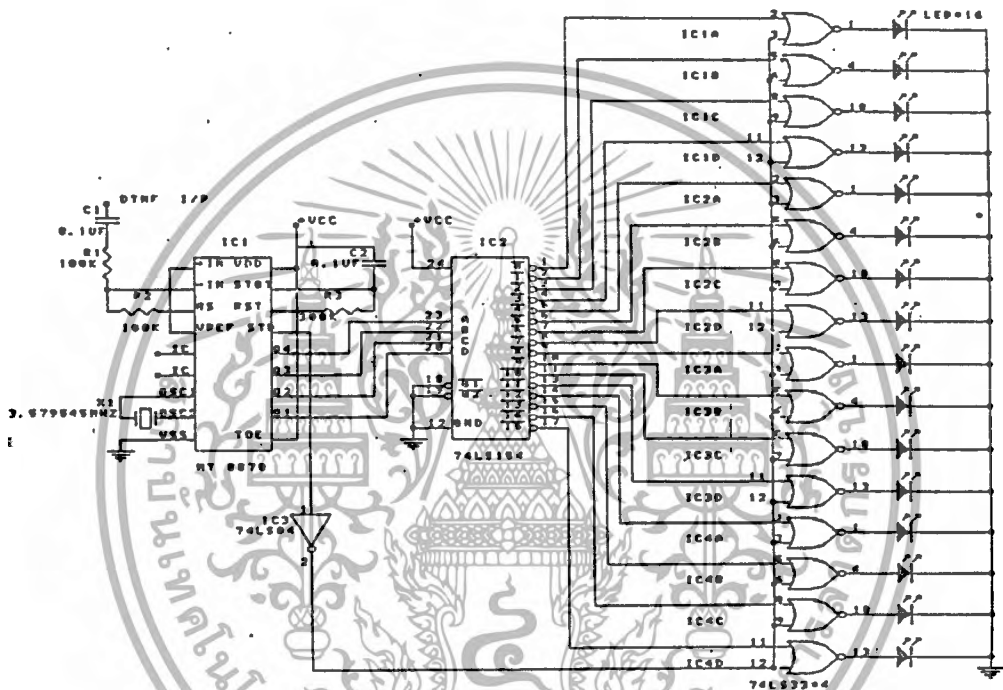
สัญญาณสามารถถ่ายทอดไปมาได้ระหว่างปากพูดโทรศัพท์กับลำโพง และไมโครโฟนกับหูฟังโทรศัพท์ แต่จะมีข้อจำกัดตรงที่สัญญาณของไมโครโฟนจะไปปรากฏที่ลำโพงแรงเกินไป แม้จะทดลองปรับวอลุ่มให้ระดับสัญญาณลดลงไปบ้างแล้วก็ตาม ซึ่งหากปรับให้ระดับสัญญาณลดลงมากเกินไปก็ทำให้ไม่มีสัญญาณปรากฏที่หูฟังของเครื่องโทรศัพท์ อย่างไรก็ตามในทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิบัติแล้วคู่สนทนาก็จะไม่แย่งกันพูด ฉะนั้นปัญหาการรบกวนระหว่างปากพูดและหูฟังจึงลดลงไปได้

การทดลองที่ 2 ภาคควบคุมการกดรหัสโทรออก
ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป



รูปที่ 4.2 วงจรควบคุมการกดรหัสโทรออก

2. ต่ออินพุทของสัญญาณ DTMF แทนลำโพงในการทดลองที่ 1
3. ยกหูโทรศัพท์ทดลองกดปุ่มตัวเลขบนเครื่องโทรศัพท์สังเกต LED กระพริบหรือไม่
4. ทดลองกดปุ่มบนเครื่องโทรศัพท์ตามตารางบันทึกผลการทดลอง
5. ใช้มิเตอร์วัดแรงดันที่ขา A,B,C,D ของ MT8870 ขณะกดปุ่มบนเครื่องโทรศัพท์แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้นที่กด	สถานะ				หมายเลข LED ที่กระพริบ
	A	B	C	D	
1	0	0	0	4.2	1
2	0	0	4.2	0	2
3	0	0	4.2	4.2	3
4	0	4.2	0	0	4
5	0	4.2	0	4.2	5
6	0	4.2	4.2	4.2	6
7	0	4.2	4.2	4.2	7
8	4.2	0	0	0	8
9	4.2	0	0	4.2	9
0	4.2	0	4.2	0	0
*	4.2	0	4.2	4.2	*
#	4.2	4.2	0	0	#

ตารางที่ 4.1 แสดงสถานะของวงจรควบคุมการกดรหัส

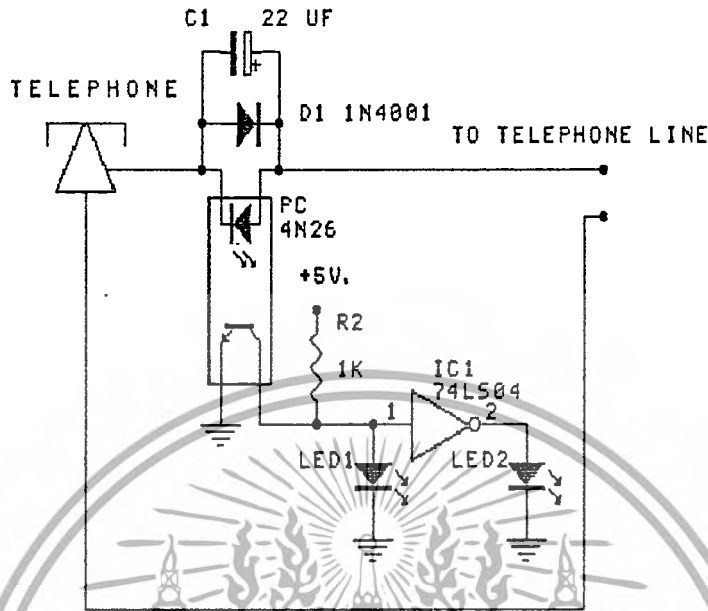
6. ผลการทดลอง

เมื่อกดปุ่มหมายเลข 1 บนเครื่องโทรศัพท์ก็จะทำให้ LED หมายเลข 1 กระพริบและหมายเลขอื่นก็มีผลในทำนองเดียวกัน ทั้งนี้ไอซี 1 จะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณ BCD 8421 มาเป็นอินพุตของวงจรถิโคเดเดอร์ซึ่งจะทำการถอดรหัสจากเลขฐานสองไปเป็นฐานสิบได้เอาที่พุทออกมาจากไอซี 2 ก็เอาไปรวมกับสัญญาณ STD ซึ่งเป็นพัลส์ตามจังหวะการกดโดยใช้ NOR เกทเป็นตัวรวม หากสัญญาณทั้งคู่เป็นลอจิก "0" เอาที่พุทของวงจรมีก็เป็นลอจิก "1" ซึ่ง LED ก็จะมีแสงนั่นเอง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป
2. ทดลองยกหูเครื่องโทรศัพท์สังเกต LED
3. วางหูเครื่องโทรศัพท์สังเกต LED
4. ปลด 74LS04 ออกแล้วต่อ LED เข้าไปแทน
5. ทดลองยกหูเครื่องโทรศัพท์สังเกต LED
6. วางหูเครื่องโทรศัพท์สังเกต LED
7. ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 วงจรตรวจสอบการยกหูของตัวแม่

ผลการทดลอง

เมื่อยกหูจะทำให้ LED สว่างจนกระทั่งวางหูลง LED จึงดับ พอปลด 74LS04 ออกแล้ว ต่อ LED เข้าไปแทนเมื่อยกหูจะทำให้ LED ดับและพอวางหูก็ทำให้ LED สว่างซึ่งตรงข้ามกับสถานะในครั้งแรก

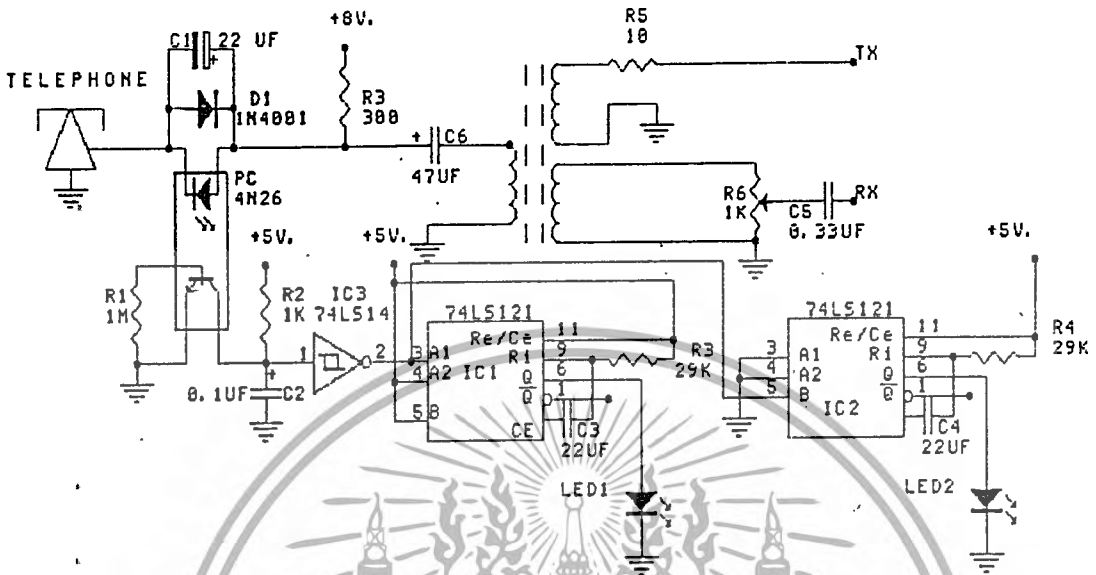
ทั้งนี้เนื่องมาจากการยกหูทำให้ความต้านทานภายในของเครื่องโทรศัพท์ลดลง กระแสจึงไหลในลูปได้ LED ภายในตัวออปได้ก็ทำงานทำให้ทรานซิสเตอร์อนที่ขาคอนเลคเตอร์จึงปรากฏลอจิก "0" และวางหูความต้านทานจะเป็นอนันต์กระแสภายในลูปก็หยุดไหลออปได้ก็หยุดทำงาน

การทดลองที่ 4 ภาคเช็คยกหูของตัวลูก

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 วงจรเช็คขงของตัวลูก

2. ทดลองยกหู โทรศัพท์ สังเกต LED
3. วางหูโทรศัพท์สังเกต LED
4. เปลี่ยนตัวเก็บประจุที่ต่อระหว่างขา Rext/Cext กับขา Cext ไปใช้ค่า $2.2\mu\text{F}$
5. ทดลองยกหูโทรศัพท์ สังเกต LED
6. วางหูโทรศัพท์สังเกต LED
7. ถอด C2 ออกปล่อยลอยเอาไว้
8. ทดลองวางหูและยกหูโทรศัพท์สังเกต LED
9. ต่อ C2 ไว้เหมือนเดิม ถอดไอซี 1 ออกชื้อจุดต่อทั้งสองทดลองยกหูและวางหูหลาย ๆ ครั้ง สังเกต LED
10. ผลการทดลอง

เมื่อยกหู LED 1 สว่างประมาณ 1 วินาทีแล้วก็ดับไปเมื่อบางหูก็สว่างอีกประมาณ 1 วินาที หลังจากเปลี่ยนตัวเก็บประจุ C3 และ C4 ไปใช้ค่า $2.2\mu\text{F}$ ทำให้ LED1 และ LED2 สว่าง กระพริบ 1 ครั้ง ทั้งตอนยกหู และวางหู เมื่อกด C2 ในวงจรออกตอนยกหู และวางหูหากยกและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วางอย่างช้า ๆ LED จะกระพริบหลาย ๆ ครั้ง เมื่อถอดไอซี 1 ซึ่งเป็นซมิททริกเกอร์ออก แล้ว ค่อย ๆ ยกหู และวางหูหลาย ๆ ครั้ง มีบางครั้งที่ทำให้ LED ไม่กระพริบเลย

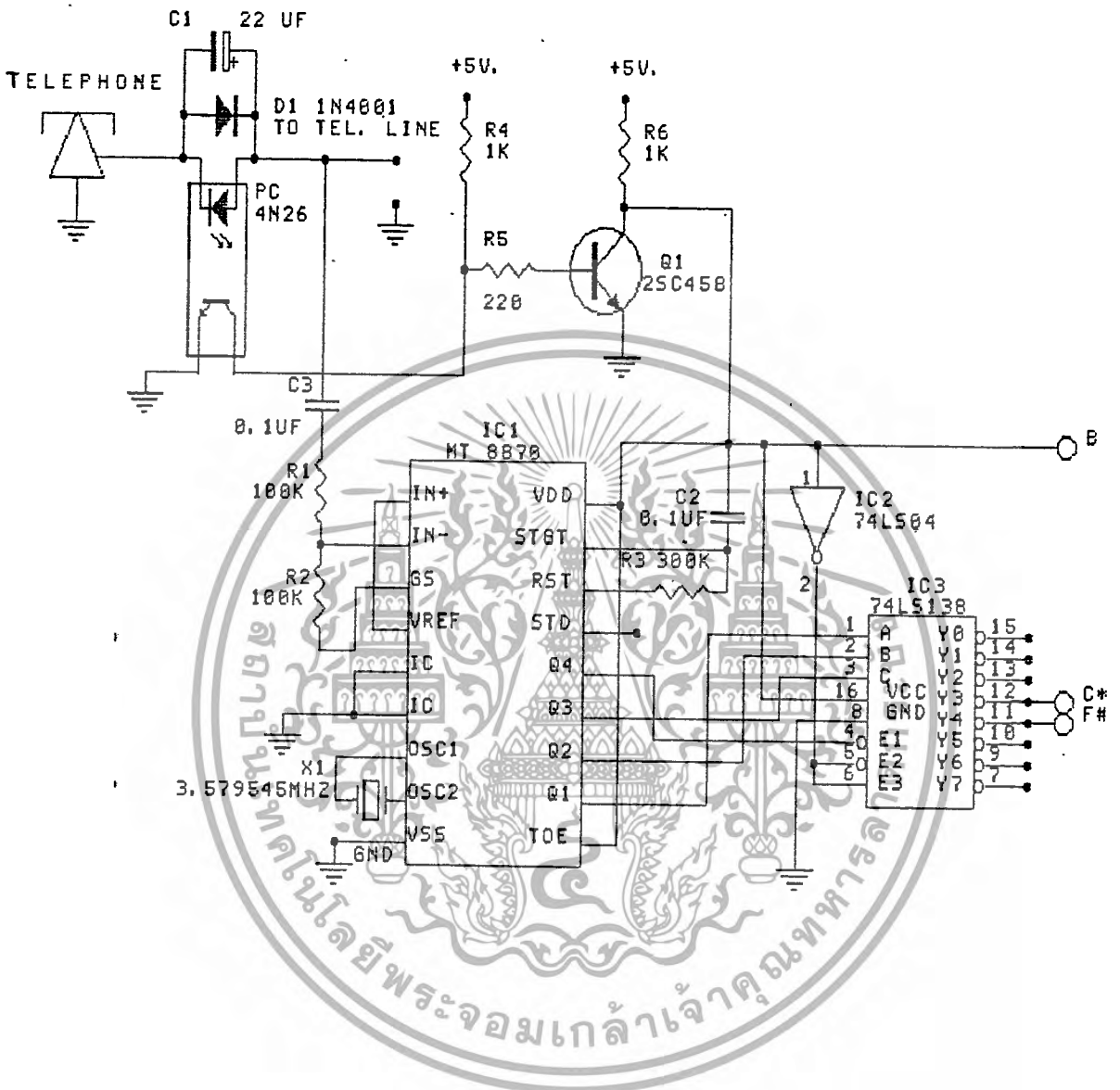
ทั้งนี้ C2 ค่า 1 μF มีหน้าที่กรองความถี่เบาท์ที่เกิดจากหน้าสัมผัสของสวิตช์ภายในเครื่องโทรศัพท์ลงกราวด์เพื่อป้องกันการตีเทคผิดพลาดของ ไอซี 2 และ ไอซี 3 ดังนั้นเมื่อถอดตัวเก็บประจุตัวนี้ออกจึงทำให้ LED กระพริบหลาย ๆ ครั้งเพราะ ไอซี 2 และ ไอซี 3 ตีเทคผิดพลาดนั่นเอง เมื่อปลด ไอซี 1 ซึ่งเป็นซมิททริกเกอร์ออก ทำให้ขอบขาขึ้น และขอบขาลงของพัลส์ไม่คม เมื่อเราก่อขั้ว ๆ ยกหู และวางหูบางครั้งจึงทำให้ ไอซี 2 และ ไอซี 3 ตีเทคผิดพลาดได้

การทดลองที่ 5 ภาค DTMF ของตัวแม่

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป
2. ใช้มิเตอร์วัดค่าแรงดันที่จุด B
3. ทดลองยกหูโทรศัพท์สังเกตความเปลี่ยนแปลงที่เข็มมิเตอร์
4. ใช้มิเตอร์วัดค่าแรงดันที่ขา Y3 ของ 74LS138
5. ทดลองกดปุ่ม * บนเครื่องโทรศัพท์สังเกตความเปลี่ยนแปลง
6. ใช้มิเตอร์วัดค่าแรงดันที่ขา Y4 ของ 74LS138
7. ทดลองกดปุ่ม # บนเครื่องโทรศัพท์สังเกตความเปลี่ยนแปลง
8. ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 วงจร DTMF ของตัวแม่

ผลการทดลอง

ใช้มิเตอร์ที่จุด B ปกติมีค่าแรงดัน 0 โวลต์เมื่อก누ทำให้มีค่าแรงดัน 5 โวลต์และใช้มิเตอร์วัดที่ขา Y3 ของ 74LS138 ปกติทั้งวางหูและยกหูมีค่าแรงดัน 5 โวลต์ แต่พอกดปุ่ม * บนเครื่องโทรศัพท์ทำให้มีแรงดันลดลงเหลือ 0 โวลต์ และในทำนองเดียวกันกับปุ่ม # ซึ่งมีเอาต์พุตออกมาทางขา Y4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

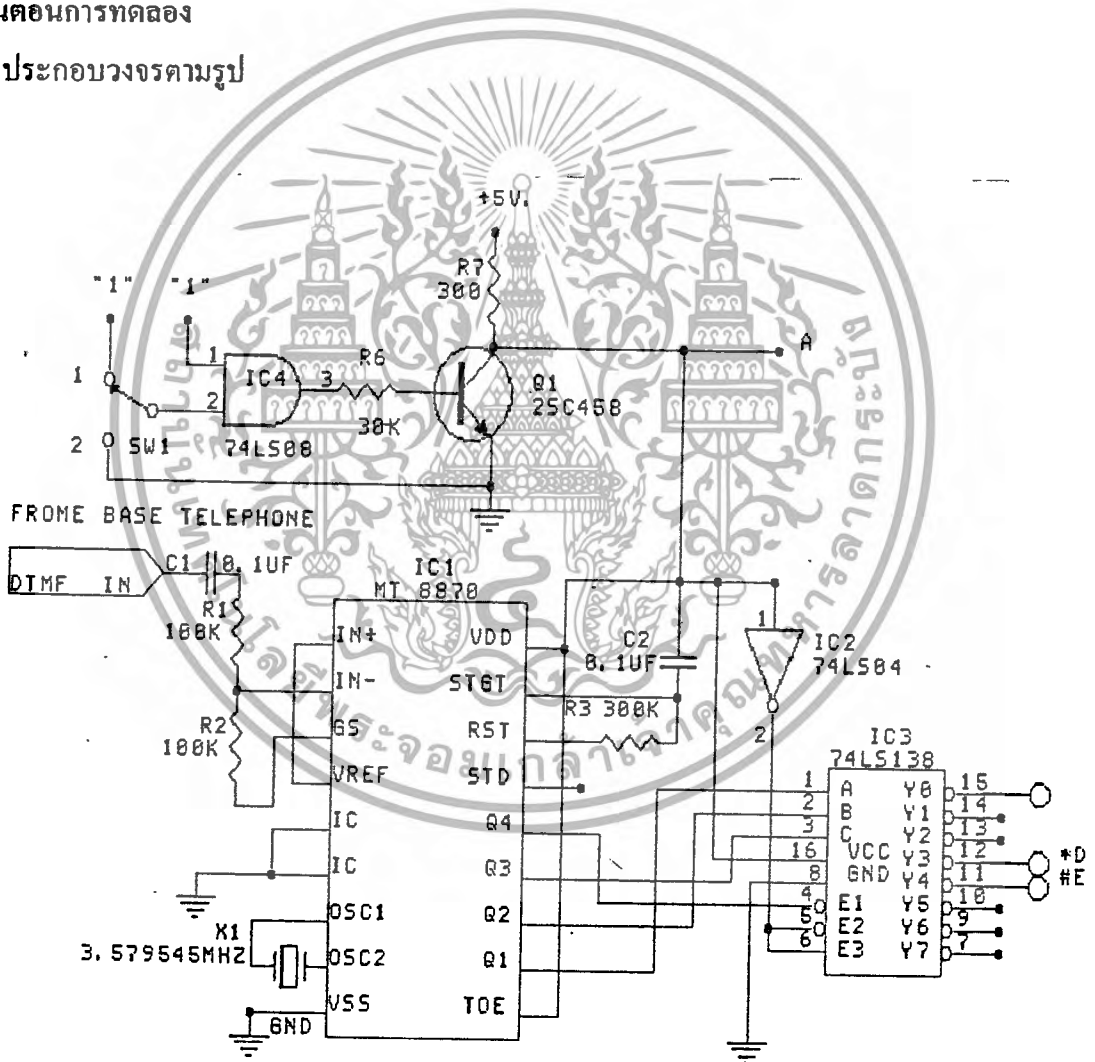
ทั้งนี้ตอนวางหุจะทำให้มีกระแสเบสของ Q1 ซึ่งจะทำให้ Q1 ออนแล้วช็อตแหล่งจ่ายลงกราวด์จึงทำให้ที่จุด B ปรากฏลอจิก "0" และเมื่อตอนยกหูออกไปได้ก็ทำงานโดยช็อตแหล่งจ่ายที่ขาคอลเลคเตอร์ของออปโตไดลงกราวด์ทำให้ไม่มีกระแสเบสจ่ายให้ Q1 ที่จุด B จึงปรากฏลอจิก "1" ขึ้นเนื่องจาก Q1 ไม่ทำงานนั่นเอง

เมื่อจุด B ปรากฏลอจิก "1" ทำให้ขา G2A,G2B ของ 74LS138 มีศักย์เป็น 0 โวลต์ จึงพร้อมที่จะรับอินพุตที่มาจากวงจร DTMF

การทดลองที่ 8 ภาค DTMF ของตัวลูก

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป



รูปที่ 4.6 วงจร DTMF ของตัวลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้มิเตอร์วัดแรงดันที่จุด A
3. สับ S1 มาที่ตำแหน่ง 2 อ่านค่าแรงดันที่มิเตอร์
4. สับ S2 มาที่ตำแหน่ง 1 อ่านค่าแรงดันที่มิเตอร์
5. สับ S1 มาที่ตำแหน่ง 2 ใหม่ใช้มิเตอร์วัดแรงดันที่จุด D อ่านค่าแรงดันที่มิเตอร์
6. กดปุ่ม * บนเครื่องโทรศัพท์อ่านค่าแรงดันที่มิเตอร์
7. ใช้มิเตอร์วัดแรงดันที่จุด E อ่านค่าแรงดันที่มิเตอร์
8. กดปุ่ม # บนเครื่องโทรศัพท์อ่านค่าแรงดันที่มิเตอร์
9. ผลการทดลอง

เมื่อ S1 สับมาที่ตำแหน่ง 1 วัดค่าแรงดันได้ 5 โวลต์เพราะ Q1 ไม่ทำงานเนื่องจากที่เอาต์พุตของแอนด์เกตมีสถานะเป็นลอจิก “0” ในตอนนี้วงจร DTMF และ ดีโค้ดเดอร์พร้อมที่จะรับอินพุต

เมื่อ S1 สับมาที่ตำแหน่ง 0 ในตอนนี้เปรียบเหมือนกับเครื่องตัวลูกลงเอาต์พุตของแอนด์เกตจะปรากฏลอจิก “1” ทำให้ Q1 ออนและซีดแหล่งจ่ายลงกราวด์ทำให้วงจร DTMF และวงจรดีโค้ดเดอร์ไม่พร้อมที่รับอินพุต

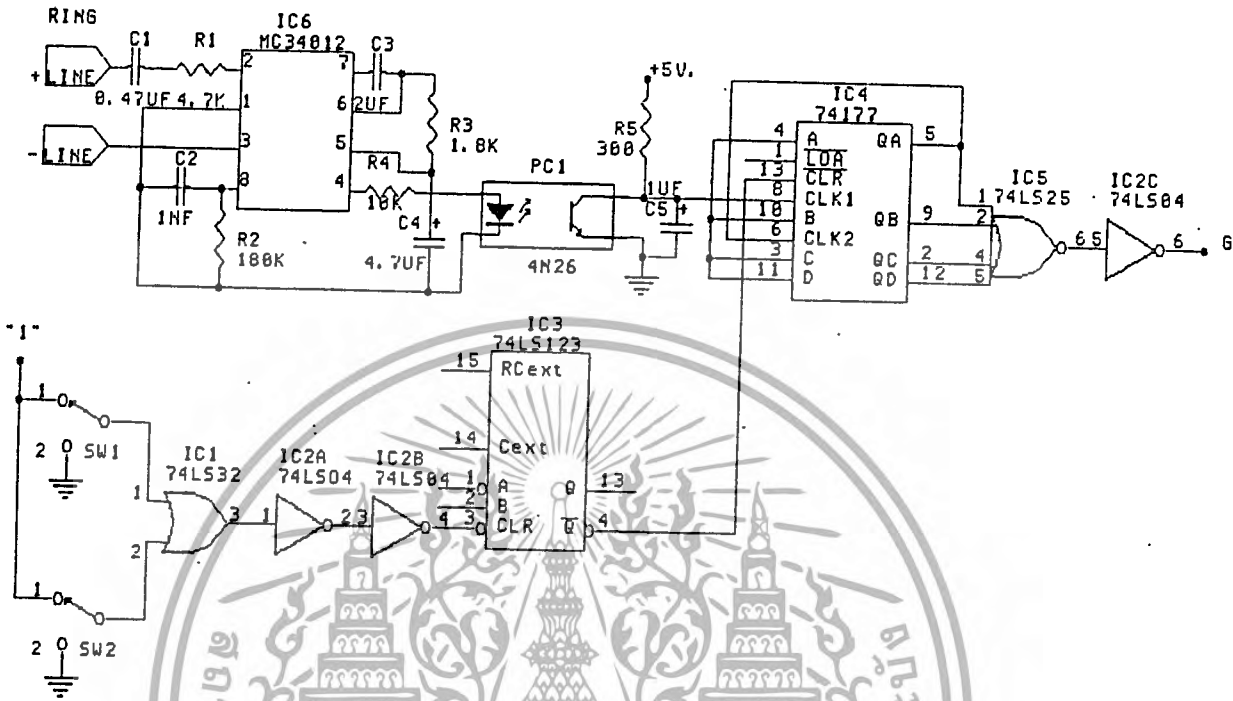
ในขณะที่ DTMF และดีโค้ดเดอร์รับอินพุตนั้น เมื่อทดลองกดปุ่ม * และ # โดยใช้มิเตอร์วัดที่เอาต์พุตของ 74LS138 ก่อนกดจะมีค่าแรงดัน 5 โวลต์ปรากฏหลังจากกดแล้วจะลดลงจนเกือบเหลือ 0 โวลต์และค้างสภาวะอยู่ทั้งนี้เนื่องจาก 74LS138 ทำงานในสภาวะลอจิก “0” และที่ค้างสภาวะก็เพราะ MT8870 จะให้เอาต์พุต QA, QB, QC, QD ออกมาค้างสภาวะนั่นเอง

การทดลองที่ 7 ภาคแยกสัญญาณกระดิ่ง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป
2. สับสวิทช์ S1 และ S2 มาที่ตำแหน่ง 2
3. ปลดขา CK1 ของไอซี 2 ออกแล้วใช้ LED ต่อขาคอลเลกเตอร์ของ PCI กับกราวด์
4. ต่อสัญญาณกระดิ่งจากขั้วสายโทรศัพท์เข้าอินพุตของไอซี 1 สังเกต LED
5. ต่อขา CK1 ของไอซี 2 ไว้เหมือนเดิมใช้มิเตอร์วัดเอาต์พุตที่จุด G
6. ต่อสัญญาณกระดิ่งเข้าอินพุตของไอซี 1 สังเกตเข็มมิเตอร์
7. ทดลองสับสวิทช์ S1 มาที่ตำแหน่ง 1 สังเกตเข็มมิเตอร์
8. ทดลองสับสวิทช์ S2 มาที่ตำแหน่ง 1 สังเกตเข็มมิเตอร์
9. ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 วงจรแยกสัญญาณกระดิ่ง

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาไอซี 1 จะทำการแยกสัญญาณไอซีที่มีค่าโวลท์สูง ๆ ออกให้เหลือเฉพาะสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 20 เฮิร์ต ซึ่งพัลส์ดังกล่าวจะปรากฏ 1 วินาที และเว้น 4 วินาที ฉะนั้น LED ก็จะมีกระพริบ 1 วินาที และดับ 4 วินาที ตามสัญญาณพัลส์

เมื่อต่อเอาท์พุทของ PC เข้ากับอินพุทของ ไอซี 2 ทำให้ ไอซี 2 มีสัญญาณคล็อกแล้วเริ่มนับ ซึ่งที่ขา QA, QB, QC, QD จึงมีระดับลอจิกต่าง ๆ ตามน้ำหนักของเอาท์พุทขณะนี้แม้เอาท์พุททั้ง 4 จะมีลอจิก "1" เพียงเอาท์พุทเดียวก็ทำให้เอาท์พุท G ของวงจรเป็น "1" ลอจิกดังกล่าวจะเป็น "0" ได้ก็ต่อเมื่อ ไอซี 2 ถูกเคลียร์เท่านั้น

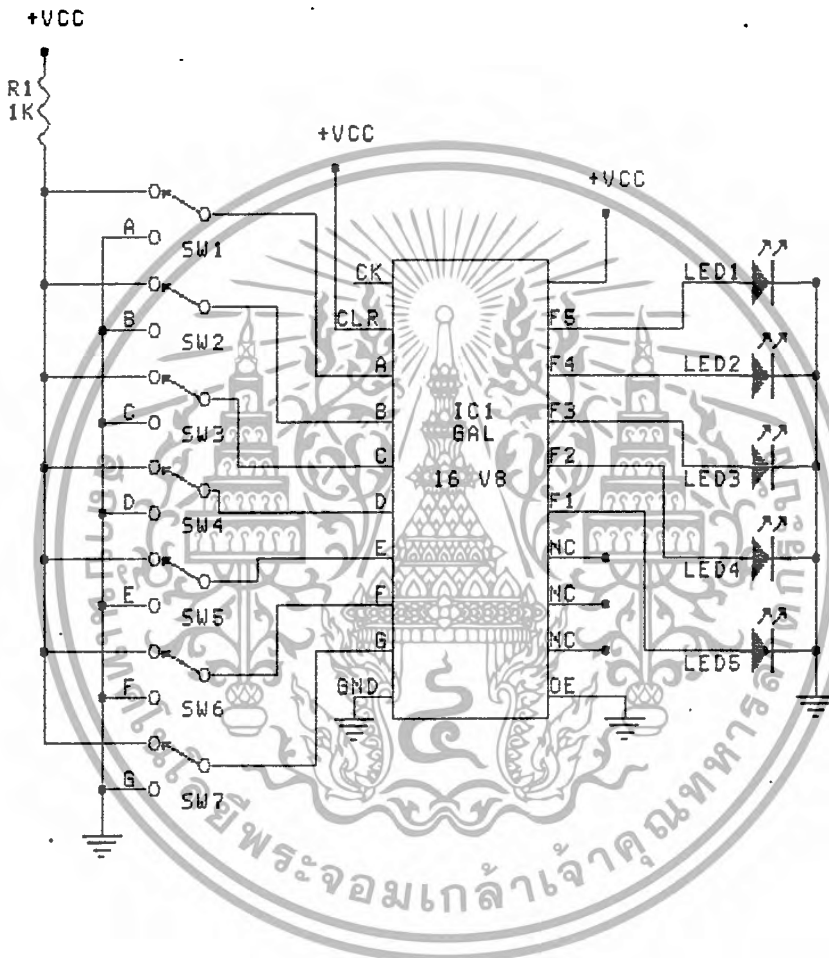
ซึ่งการเคลียร์ก็เนื่องมาจากการยกหูของตัวแม่และตัวลูกนั่นเอง การยกหูของตัวแม่และตัวลูกก็จะทำให้ขาเคลียร์ของ ไอซี 3 ปรากฏลอจิก "1" ทำให้ ไอซี 3 ถูกเคลียร์และมีเอาท์พุทออกมาทางขา Q เป็นลอจิก "1" ซึ่งนำไปใช้เป็นอินพุทของขาเคลียร์แก่ ไอซี 2 เพื่อเคลียร์เอาท์พุทของวงจรให้เป็นลอจิก "0" เมื่อมีการยกหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 8 วงจรคอนโทรล

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป



รูปที่ 4.8 วงจรคอนโทรล

2. ทดลองป้อนสถานะตามตารางแล้วสังเกต LED
3. บันทึกผลลงในตาราง
4. ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

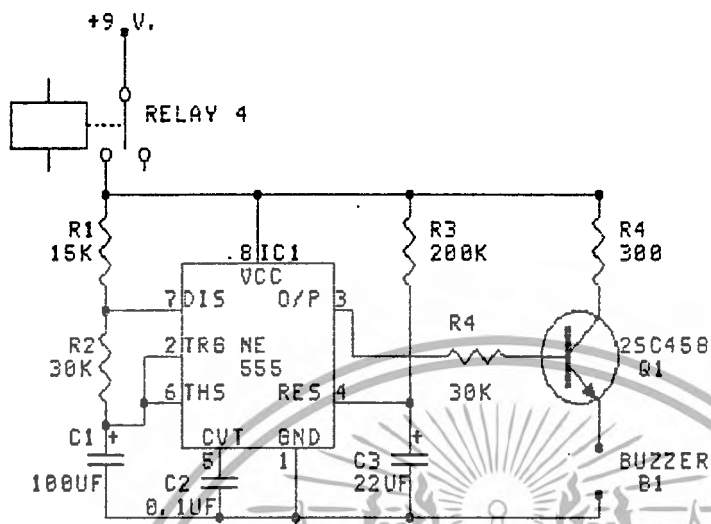
สถานะทางอินพุท							สถานะเอาต์พุท LED				
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	1	2	3	4	5
0	0	5V	5V	5V	5V	0	สว่าง	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ
0	0	5V	5V	5V	5V	5V	สว่าง	สว่าง	ดับ	ดับ	ดับ
5V	0	5V	5V	5V	5V	0	ดับ	สว่าง	ดับ	ดับ	ดับ
0	5V	5V	5V	5V	5V	5V	สว่าง	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ
0	5V	5V	5V	5V	5V	0	สว่าง	ดับ	ดับ	ดับ	ดับ
5V	0	5V	5V	5V	5V	0	ดับ	สว่าง	ดับ	ดับ	ดับ
5V	0	5V	0	5V	5V	0	สว่าง	สว่าง	ดับ	สว่าง	ดับ
0	5V	0	5V	5V	5V	0	สว่าง	สว่าง	สว่าง	ดับ	ดับ
0	5V	5V	5V	5V	0	0	ดับ	ดับ	สว่าง	ดับ	สว่าง
5V	0	5V	5V	0	5V	0	ดับ	ดับ	ดับ	สว่าง	สว่าง

ตารางที่ 4.2 แสดงสถานะของวงจรคอนโทรล

การตารางจะเห็นได้ว่ามีสถานะต่าง ๆ ตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น ซึ่งทางเอาต์พุทของวงจรภาคคอนโทรลนี้จริง ๆ แล้วจะนำไปใช้ควบคุมวงจรรีเลย์ เพื่อทำการตัดต่อวงจรทั้งหมด แต่ในการทดลองจะใช้สถานะทางอินพุทเป็นสวิทช์ และทางเอาต์พุทเป็น LED เพื่อจะได้สะดวกในการทดลอง

การทดลองที่ 9 วงจรบัสเซอร์
ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป
2. ใช้มิเตอร์วัดค่าแรงดันที่จุดต่อบัสเซอร์ สังเกตความเปลี่ยนแปลงของเข็มมิเตอร์
3. ทดลองเปลี่ยนค่า R2 ในวงจรเป็น 220 โอห์ม สังเกตความเปลี่ยนแปลงของเข็มมิเตอร์
4. ผลการทดลอง



รูปที่ 4.9 วงจรบีซเซอร์

เมื่อใช้มิเตอร์วัดค่าแรงดันที่จุดต่อของบีซเซอร์ เข็มมิเตอร์ก็จะปรากฏแรงดัน 6 โวลต์ และลดลงเหลือ 0 โวลต์สลับกันไป โดยมีค่าแรงดันประมาณ 2 วินาที ไม่มีค่าแรงดันประมาณ 2 วินาที

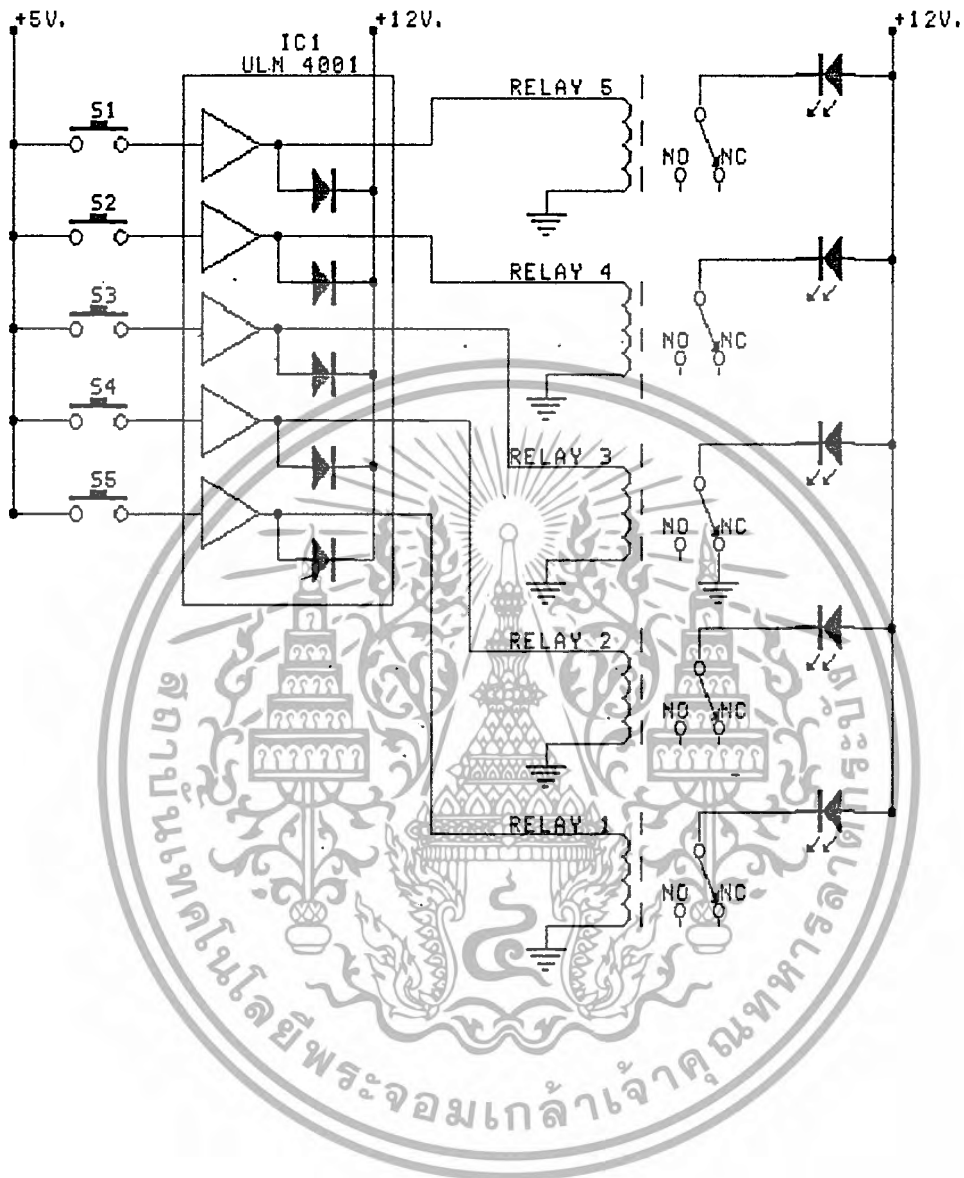
เมื่อเปลี่ยนค่า R2 ไปเป็น 220 โอห์มเข็มมิเตอร์ก็จะปรากฏค่าแรงดันแทบตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาของ T1 มีค่ามากกว่าช่วงเวลาของ T2 นั่นเอง

การทดลองที่ 10 วงจรสวิทช์รีเลย์

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป
2. ทดลองกดสวิทช์ S1,S2,S3,S4,S5 สังเกต LED
3. ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 วงจรสวิตช์รีเลย์

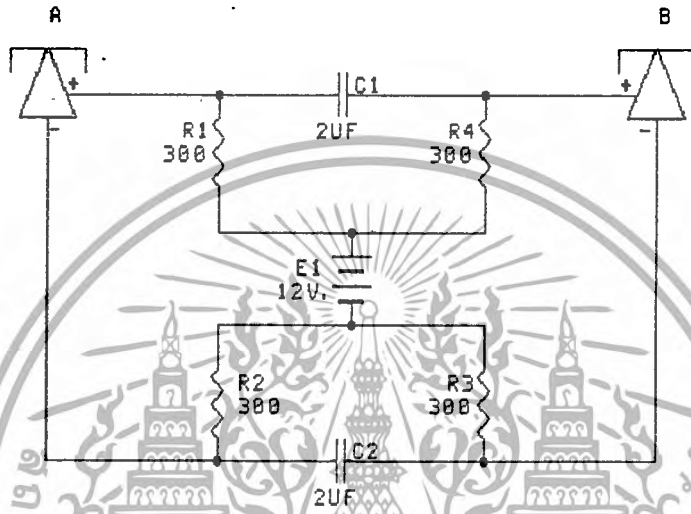
จากวงจรเมื่อกดสวิตช์ S1 ทำให้รีเลย์ 1 ต่อไปที่ NO ทำให้ LED1 สว่าง และสวิตช์ตัวอื่น ๆ ก็เช่นเดียวกัน จริง ๆ แล้วรีเลย์จะทำหน้าที่ตัดต่อวงจรหลาย ๆ ภาคแต่ในที่นี้เพื่อความสะดวกในการทดลองจึงใช้ LED มาแทนวงจรภาคต่าง ๆ ดังกล่าว ไอซี 1 เป็นตัวทำหน้าที่ขับรีเลย์ให้ทำงานภายในจะมีไดโอดที่ต่อกลับขั้วไว้ เพื่อป้องกันแรงดันสะท้อนกลับของคอยล์ภายในรีเลย์เอาไว้ด้วย จึงไม่จำเป็นต้องต่อภายนอกวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 11. วงจรอินเทอร์คอม

ขั้นตอนการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูป



รูปที่ 4.11 แสดงวงจรอินเทอร์คอม

2. ทดลองขงหูโทรศัพท์ที่เครื่อง A ทดลองพูดจนได้ยินเสียงตัวเองทางหูฟัง
3. ทดลองขงหูโทรศัพท์ที่เครื่อง B แล้วทำการทดลองเหมือนข้อ 2
4. ทดลองขงหูโทรศัพท์ทั้ง 2 เครื่องแล้วทำการคุยตอบได้กัน
5. ผลการทดลอง

ทดลองขงหูโทรศัพท์ที่เครื่อง A และ B ทดลองพูดจนได้ยินเสียงตัวเอง แสดงว่าเครื่องโทรศัพท์มีไฟเลี้ยงจากวงจรอินเทอร์คอมแล้ว ซึ่งค่าของแรงดันที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามผู้ผลิตเครื่องโทรศัพท์ แต่โดยทั่วไปจะใช้กันประมาณ 12 โวลต์ ฉะนั้นหากโทรศัพท์ 2 เครื่องมีเสียงชัดเจนไม่เหมือนกันก็แสดงว่าแหล่งจ่ายของวงจรอินเทอร์คอมมากเกินไปหรือน้อยเกินไป หากเมื่อขงหูทั้ง 2 เครื่องแล้วพูดคุยกันได้ก็แสดงว่าแหล่งจ่ายนั้นมีค่าพอดีกับเครื่องโทรศัพท์แล้ว

บทที่ 5

บทวิจารณ์ สรุป และแนวทางการพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากจุดประสงค์ของโครงการที่วางไว้ เพื่อสร้างเครื่องฟุ้งโทรศัพท์ไร้สายนั้นได้จัดสร้างวงจรต่างๆขึ้น และได้นำมาประกอบกันเป็นเครื่องฟุ้งโทรศัพท์ไร้สายนั้น เครื่องสามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่ได้ตั้งขึ้นคือ

- (1) ตัวแม่กับตัวลูกสามารถติดต่อกันภายในได้
- (2) ตัวแม่สามารถติดต่อกับสายนอกได้
- (3) ตัวลูกสามารถติดต่อกับสายนอกได้
- (4) สามารถโอนสายได้ระหว่างตัวแม่กับตัวลูก

ซึ่งจากการประกอบวงจรเครื่องฟุ้งโทรศัพท์ไร้สายขึ้นสามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์

ดังกล่าว

5.2 ปัญหาในการทำงาน

ในระหว่างการทำโครงการนี้ได้เกิดปัญหาและอุปสรรคขึ้นพอสมควร ซึ่งคณะผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหานั้นที่เกิดขึ้นเอาไว้ ดังนี้

(1) การทำงานของวงจรส่วนใหญ่เป็นวงจรที่เกี่ยวข้องกับความถี่จึงเกิดการรบกวนขึ้นในวงจรข้างเคียง

(2) การนำสัญญาณต่างๆที่ได้จากวงจรไปควบคุมหรือนำเอาสัญญาณ DTMF จากตัวลูกมาทำการถอดรหัส (Detect) เพื่อนำไปควบคุมการติดต่อ สัญญาณมีความแรงน้อยทำให้การทำงานไม่เป็นไปตามจุดประสงค์ในบางครั้ง

(3) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีไม่เพียงพอ ทำให้การทำงานเกิดการล่าช้า

5.3 แนวทางการพัฒนา

ทางคณะผู้จัดทำพยายามที่จะทำโครงการนี้อย่างเต็มความสามารถ เพื่อที่จะให้เป็นเครื่องฟุ้งโทรศัพท์ไร้สายที่ตรงตามจุดประสงค์มากที่สุด ภายใต้ข้อกำหนดต่างๆซึ่งทำให้ตัวเครื่องยังไม่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งยังสามารถพัฒนาให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้น พอที่จะสรุปเป็นแนวทางได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (1) พัฒนาให้ตัวเครื่องมีขนาดเล็กลงโดยออกแบบวงจรให้อยู่ในแผ่นวงจรเดียวกัน ลดจุดต่อสายเพื่อป้องกันการผิดเพี้ยนทางความถี่
- (2) พัฒนาให้สามารถรับส่งด้วยระยะทางที่ไกลขึ้น โดยเพิ่มกำลังของภาคส่ง
- (3) พัฒนาให้สามารถติดต่อได้หลายเครื่องขึ้น
- (4) พัฒนาโดยการใช้ CPU มาควบคุมการทำงาน ใช้โปรแกรมในการควบคุม ซึ่งเป็นหลักการเบื้องต้นของ PABX (Private Automatic Branch Exchange)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

โกศล เพ็ชรสุวรรณ และ ชิงกิ โซจิ เทคโนโลยีโทรคมนาคม. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร:

โรงพิมพ์ศูนย์การพิมพ์ดวงกมล, 2534

ถวิล กิ่งทอง. ทฤษฎีและระบบสื่อสาร. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ หจก. ประสิทธิ์ภณฑ์แอนด์
พรินติ้ง. 2535

สุชาติ กังวาลจิตต์. หลักการทำงานเครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร. กรุงเทพมหานคร:

โรงพิมพ์ หจก. เอช-เอน การพิมพ์, 2532

อควิเมนต์จำกัด, บริษัท. เทคโนโลยีโทรศัพท์. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท., ม.ป.ป.

Matsushita Electric Industrial Co.,Ltd, Service Manual amd Technical Guide. Osaka: n.p.n.d.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

1. วงจรแยกสัญญาณของเครื่องตัวลูก

1.1. เอ้าท์พุททรานฟอร์เมอร์ OT 601

1.2. ตัวเก็บประจุ

- 0.33 μ F

- 4.7 μ F

1.3. ตัวต้านทาน

- 10 Ω

- 1 k Ω (ไวลุ่ม)

2. วงจรควบคุมการกรรหัสโทรออก

2.1. ไอซี

- 74LS154

1 ตัว

- 74LS33

4 ตัว

- 74LS04

1 ตัว

- CD 4066

4 ตัว

2.2. คริสตอล 3.579545 Mhz

1 ตัว

2.3. ตัวเก็บประจุ

- 0.1 μ F

2.4. ตัวต้านทาน

- 100 k Ω

- 300 k Ω

3. วงจรภาคตรวจสอบการยกหูของเครื่องตัวแม่

3.1. ไอซี

- 4N26

1 ตัว

- 74LS04

1 ตัว

3.2. ไดโอด

- 1N4001

1 ตัว

3.3. ตัวเก็บประจุ

- 22 μ F

1 ตัว

4. ภาคตรวจสอบการยกหูของเครื่องตัวลูก

4.1. ไอซี

- 74LS121

2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-74LS14	1 ตัว
-CD4066	1 ตัว
-4N26	1 ตัว
4.2 เอาท์พุททรานฟอร์มเมอร์	1 ตัว
4.3 ตัวเก็บประจุ	
- 22 μ F	3 ตัว
- 0.1 μ F	1 ตัว
4.4 ตัวต้านทาน	
- 1 M Ω	1 ตัว
- 300 Ω	1 ตัว
- 1 k Ω	1 ตัว
- 29 k Ω	2 ตัว
5.ภาค DTMF ของเครื่องตัวตุ๊ก	
5.1 ไอซี	
-MT8870	1 ตัว
-74LS138	1 ตัว
-74LS04	1 ตัว
-CD4066	1 ตัว
5.2 ตัวเก็บประจุ	
- 0.1 μ F	2 ตัว
5.3 ตัวต้านทาน	
- 300 k Ω	1 ตัว
- 100 k Ω	2 ตัว
6.ภาค DTMF	
6.1 ไอซี	
-MT8870	1 ตัว
-74LS138	1 ตัว
-74LS08	1 ตัว
-7404	1 ตัว
6.2 ตัวเก็บประจุ	
- 0.1 μ F	2 ตัว
6.3 ตัวต้านทาน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 300 k Ω	1 ตัว
- 100 k Ω	2 ตัว
6.4 ทรานซิสเตอร์	
- 2SC458	1 ตัว
7. วงจรแยกสัญญาณกระดิ่ง	
7.1 ไอซี	
-MC34012	1 ตัว
-74LS123	1 ตัว
-74177	1 ตัว
-74LS14	1 ตัว
-7432	1 ตัว
-4N26	1 ตัว
7.2 ตัวเก็บประจุ	
- 0.47 μ F	1 ตัว
- 1 μ F	1 ตัว
- 0.2 μ F	1 ตัว
- 4.7 μ F	1 ตัว
- 1 nF	1 ตัว
7.3 ตัวต้านทาน	
- 180 k Ω	1 ตัว
- 1 k Ω	1 ตัว
- 10 k Ω	1 ตัว
- 1.8 k Ω	1 ตัว
- 4.7 k Ω	1 ตัว
8. วงจรคอนโทรล	
8.1 ไอซี	
-GAL16V8	1 ตัว
-ULN4001	1 ตัว
8.2 รีเลย์	
- รีเลย์ 12V 2 คอนแท็ค	5 ตัว
9. วงจรอินเทอร์คอม	

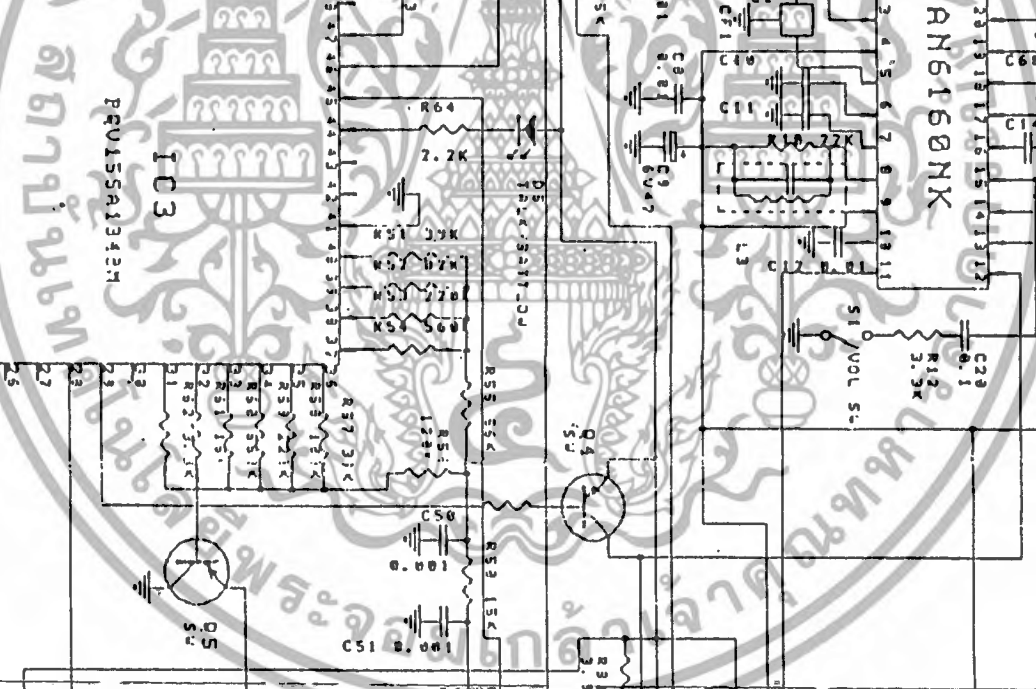
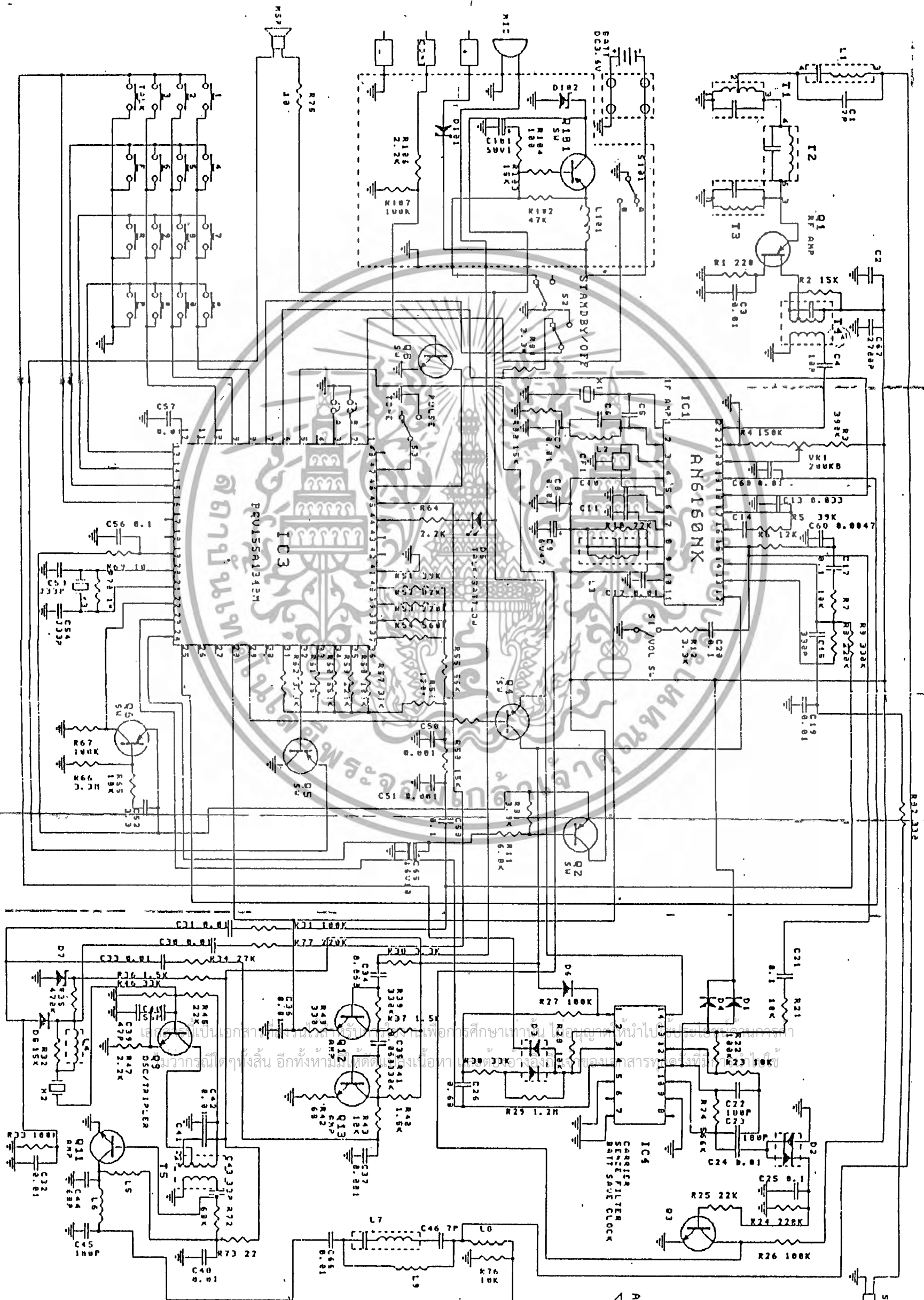
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.1 ตัวเก็บประจุ		
- 2 μF		2 ตัว
9.2 ตัวต้านทาน		
- 300 $\text{k}\Omega$		4 ตัว
10. วงจรบัซเซอร์		
10.1 ไอซี		
- NE555		1 ตัว
10.2 ตัวเก็บประจุ		
- 100 μF		1 ตัว
- 0.1 μF		1 ตัว
- 22 μF		1 ตัว
10.3 ตัวต้านทาน		
- 15 $\text{k}\Omega$		1 ตัว
- 30 $\text{k}\Omega$		2 ตัว
- 200 $\text{k}\Omega$		1 ตัว
- 300 $\text{k}\Omega$		1 ตัว
10.4 ทรานซิสเตอร์		
- 2SC458		1 ตัว

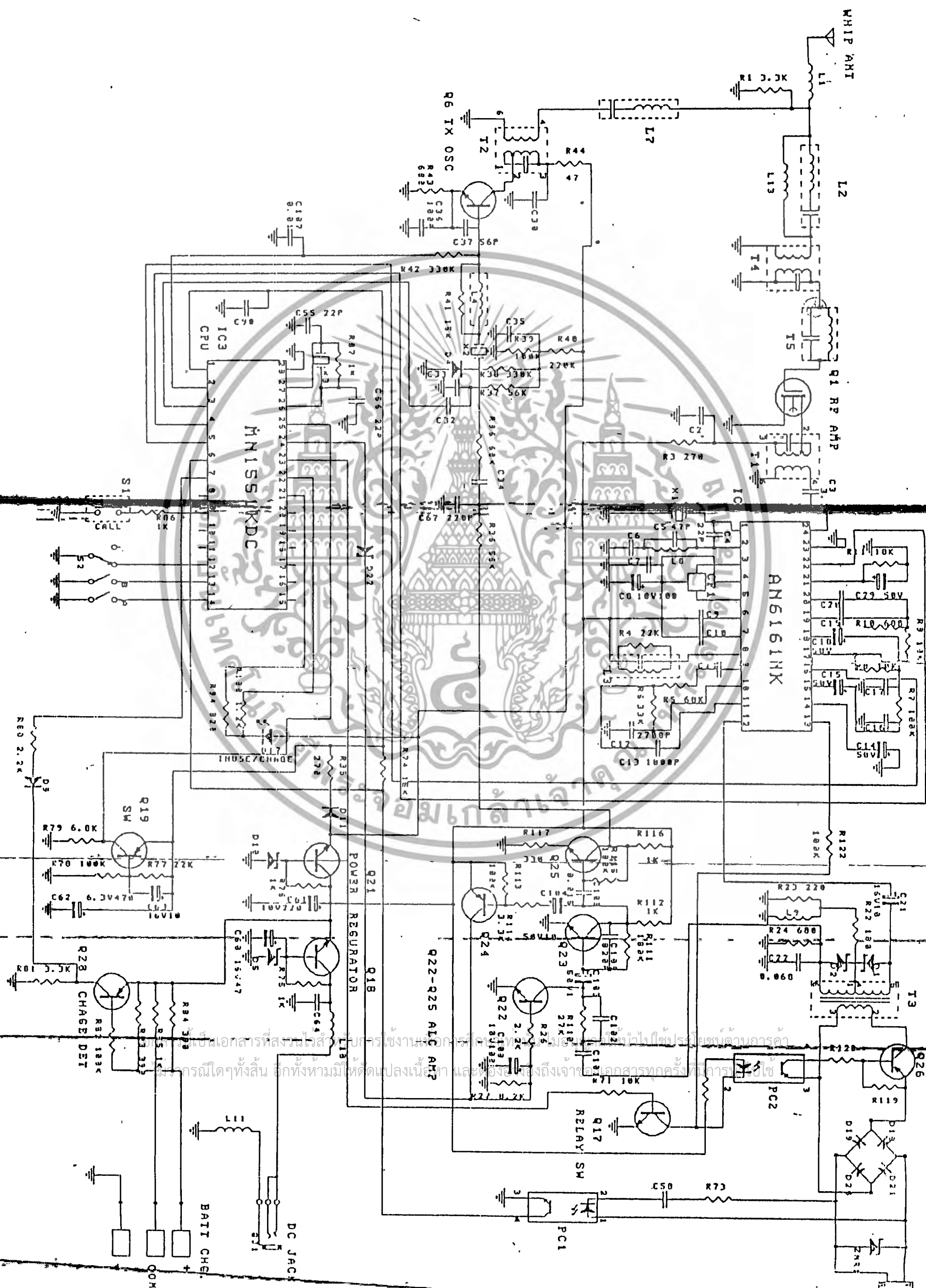
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจาก
มหาวิทยาลัยสุโขทัยสังฆมณฑล อธิการบดีสุโขทัยสังฆมณฑล อธิการบดีสุโขทัยสังฆมณฑล อธิการบดีสุโขทัยสังฆมณฑล



เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในกรณีฉุกเฉินเมื่อขาดแคลนชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
 ทุกรายการในเอกสารนี้ อาจมีการเปลี่ยนแปลงโดยไม่แจ้งให้ทราบล่วงหน้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPU DATA KX-T3610H (Base Unit)

IC3 MN1551KDA1

ROM: 1K byte (8 bit)
 RAM: 64×4 bit
 Power Supply Voltage: 3.5 V~6.0 V
 Clock.Frequency: 3.992 MHz

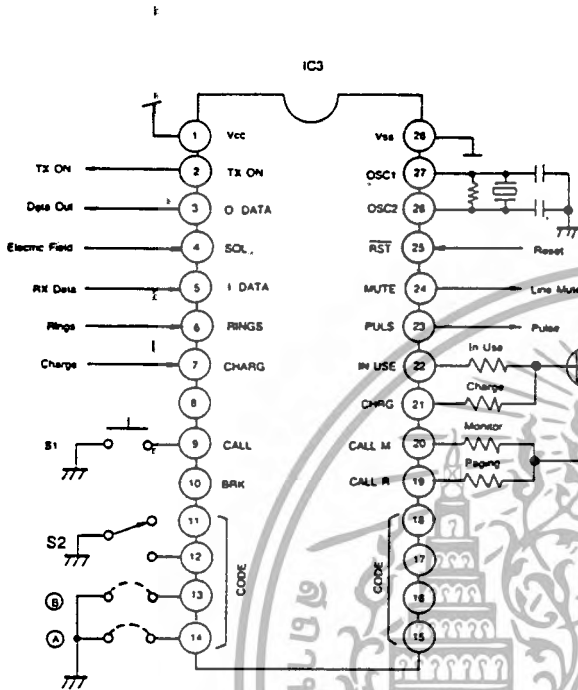


Fig.7

Pin No.	Mark	Description	Logical 'H'	Logical 'L'	Pin No.	Mark	Description	Logical 'H'	Logical 'L'
1	Vcc	Vcc=3.5~6.0V			15	CODE			
2	TX ON	TX ON	ON	OFF	16	CODE			
3	O. DATA	Data Out	Data "1"	Data "0"	17	CODE			
4	SQL	Squelch	High	Low	18	CODE			
5	I. DATA	Control Data Input	Data "1"	Data "0"	19	CALL R.	} Monitor		Usually
6	RING	Ring Signal Input	Not used	Used	20	CALL M.			
7	CHRG	Charge Condition Input	Charge	Non Charge	21	CHRG	} Charge/In Use LED		ON
8		Not Used			22	IN USE		OFF	
9	CALL	Page Switch			23	PULS	Pulse Out		Break
10	BRK	Not Used			24	MUTE	Line Mute	Make Mute	—
11	CODE				25	RST			
12	CODE				26	OSC2	Clock Out		
13	CODE				27	OSC1	Clock In		
14	CODE				28	Vss	Vss=0V		

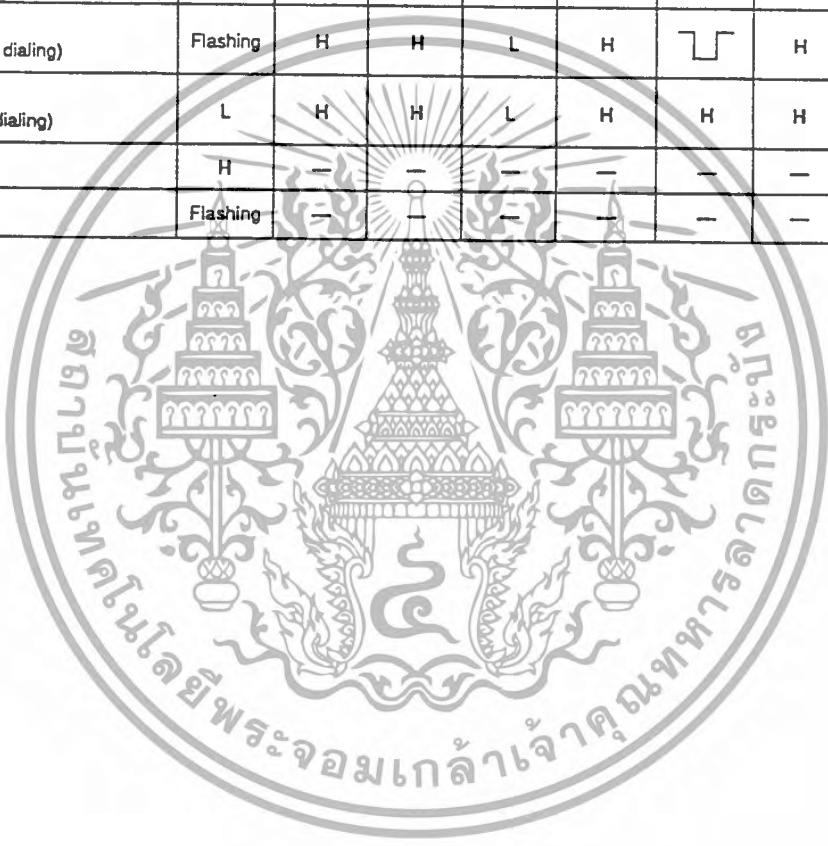
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THIS TABLE INDICATES THE BASE UNIT AT EACH POINT WHEN IN THE SAME MODE AS THE PORTABLE UNIT.

(Logic Conditions) (See Block Diagram)

Condition	No.	①	②	③	⑤	⑥	⑦	⑧	⑩
STANDBY MODE (idle)									
STANDBY MODE (Receiving a ring signal from the Base unit)		H	L	H	H	L		H	—
TALK MODE		L	H	L	L	H	H	L	—
TALK MODE (with PULSE dialing)		Flashing	H	H	L	H		H	—
TALK MODE (with TONE dialing)		L	H	H	L	H	H	H	—
Battery HIGH		H	—	—	—	—	—	—	H
Battery LOW		Flashing	—	—	—	—	—	—	L



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ CPU OPERATION

1 TEL MODE

CPU terminals	Operation mode	Portable Unit STAND BY	Portable Unit TALK	Ring Signal RECEIPT	Base Unit CALL Output	Portable Unit CALL RECEIPT	CHARGE
1 Vcc		H	H	H	H	H	H
2 TX ON		L	H	H	H	L	L
3 OUT DATA		—	—	DATA	DATA	—	—
4 SQL		L	H	L	L	H	L
5 IN DATA		—	DATA	—	—	DATA	—
6 RING		H	H	⌋⌋⌋⌋	H	H	H
7 CHARGE		L	L	L	L	L	H
8 N C (Not Used)							
9 CALL KEY		H	H	H	L	H	H
10 % Break							
11							
12							
13							
14 CODE							
15							
16							
17							
18							
19 R. CALL		L	L	L	L	⌋⌋⌋⌋	L
20 M. CALL		L	L	L	⌋⌋⌋⌋	⌋⌋⌋⌋	L
21 LED (CHARGE)		H	H	H	H	H	L
22 LED (IN USE)		H	L	H	L	H	L
23 PULSE		L	H	L	L	L	L
24 MUTE		—	—	—	—	—	—
25 RESET		H	H	H	H	H	H
26 OSC2		—	—	—	—	—	—
27 OSC1		—	—	—	—	—	—
28 VSS		L	L	L	L	L	L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

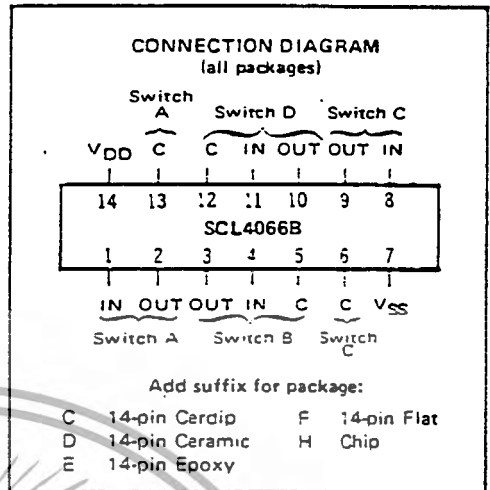


FEATURES

- ◆ Transmission or Multiplexing of Analog or Digital Signals
- ◆ 80Ω Typical ON-Resistance for 15-Volt operation
- ◆ Switch ON-Resistance Matched to within 5Ω over 15-Volt Signal-Input Range
- ◆ ON-Resistance Flat over Full Peak-to-Peak Signal Range
- ◆ High Degree of Linearity:
 $\leq 0.5\%$ Distortion (typ) @ $f_{is} = 1\text{kHz}$,
 $V_{is} = 5V_{p-p}$, $V_{DD} - V_{SS} \geq 10V$, $R_L = 10k\Omega$
- ◆ Extremely Low OFF switch Leakage Resulting in very Low Offset Current and High Effective OFF Resistance:
 $10pA$ (typ) @ $V_{DD} - V_{SS} = 10V$, $T_A = 25^\circ C$
- ◆ Extremely High Control Input Impedance (Control Circuit Isolated from Signal Circuit):
 $10^{12}\Omega$ (typ)
- ◆ Low Crosstalk between Switches:
 $-50dB$ (typ) @ $f_{is} = 0.9MHz$, $R_L = 1k\Omega$
- ◆ Matched Control-Input to Signal-Output Capacitance Reduces Output Signal Transients
- ◆ Frequency Response, Switch ON = 40MHz (typ)

DESCRIPTION

The SCL4066B is a Quad Bilateral Switch intended for the transmission or multiplexing of analog or digital signals. It is pin-for-pin compatible with the SCL4016B, but exhibits a much lower ON-resistance. In addition, the ON-resistance is relatively constant over the full input signal range. The SCL4066 consists of four independent bilateral switches. A single control signal is required per switch. Both the P and the N device in a given switch are biased ON or OFF simultaneously by the control signal. As shown below, the well of the N-channel device on each switch is either tied to the input when the switch is ON or to V_{SS} when the switch is OFF. This configuration minimizes the variation of the switch-transistor threshold



RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

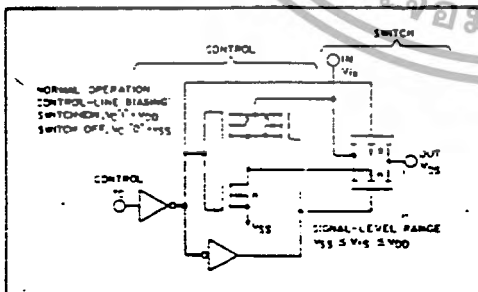
For maximum reliability:

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

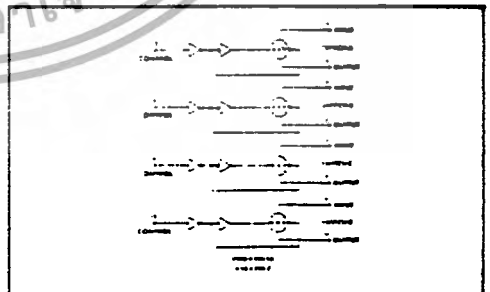
voltage with input-signal, and thus keeps the ON-resistance low over the full-operating range.

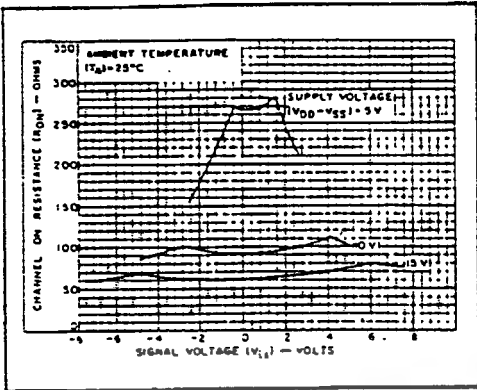
The advantages over single-channel switches include peak input-signal voltage swings equal to the full supply voltage, and more constant ON-impedance over the input-signal range. For sample-and-hold applications, however, the SCL4016 is recommended.

SCHMATIC DIAGRAM (one of four switches)

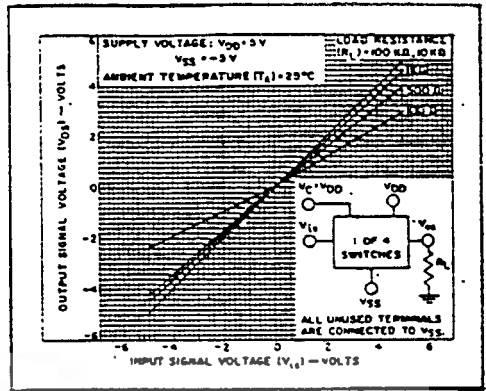


LOGIC DIAGRAM

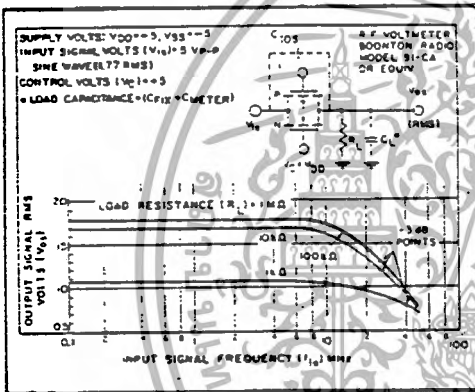




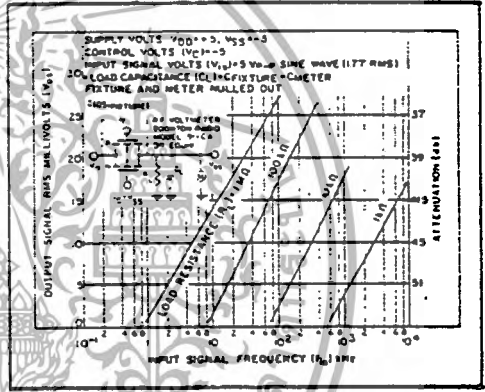
Typical channel ON resistance vs. signal voltage for three values of supply voltage ($V_{DD}-V_{SS}$)



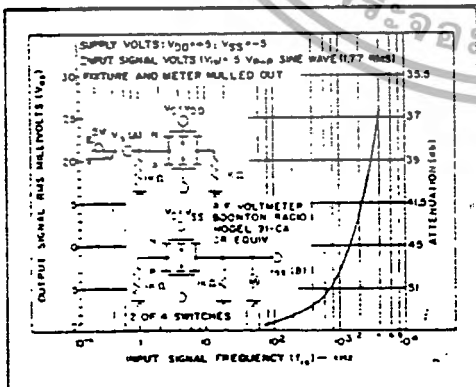
Typical ON characteristics for 1 of 4 channels.



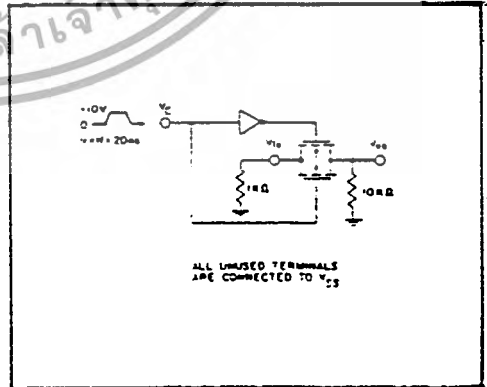
Typ. switch frequency response - switch "ON"



Typ. feedthru vs. freq. - switch "OFF"



Typ. crosstalk between switch circuits in the same package



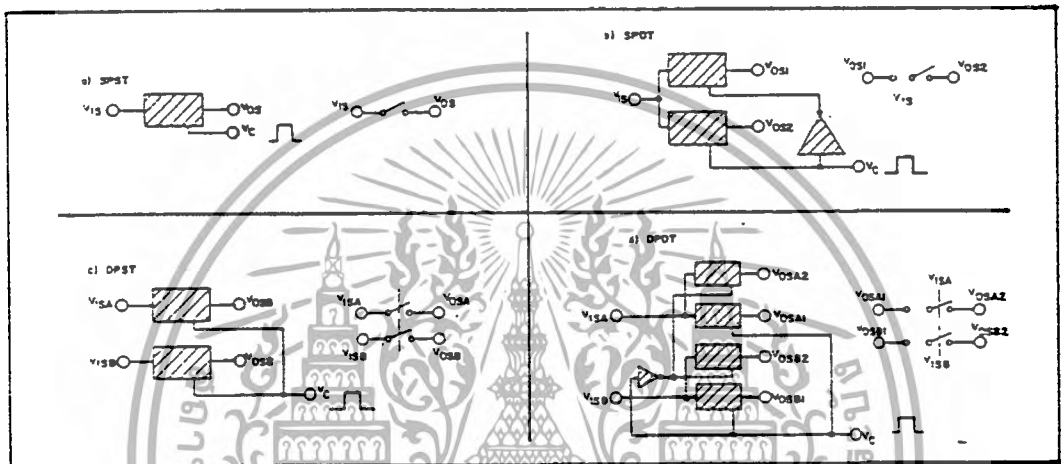
Test circuit, crosstalk-control input to signal output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

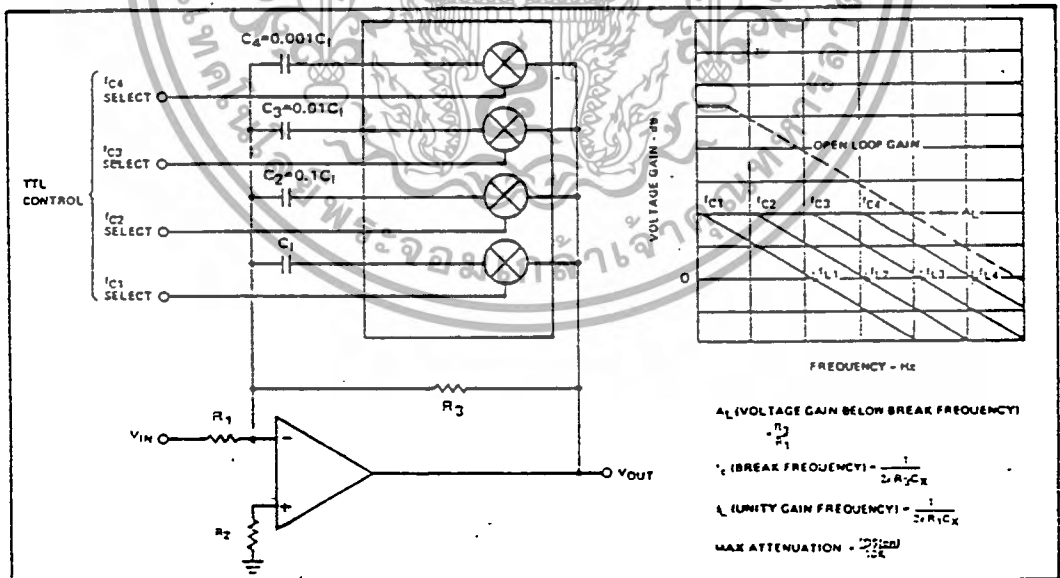
SPECIAL CONSIDERATIONS – SCL4066B

1. In applications where separate power sources are used to drive V_{DD} and the signal inputs, the V_{DD} current capability should exceed V_{DD}/R_L (R_L = effective external load of the 4 SCL4066B bilateral switches). This provision avoids any permanent current flow or clamp action on the V_{DD} supply when power is applied or removed from SCL4066B.
2. In certain applications, the external load-resistor current may include both V_{DD} and signal-line components. To avoid drawing V_{DD} current when switch current flows into terminals 1, 4, 8, or 11, the voltage drop across the bidirectional switch must not exceed 0.8 volt (calculated from R_{ON} values shown). No V_{DD} current will flow through R_L if the switch current flows into terminals 2, 3, 9, or 10. Failure to observe this condition may result in distortion of the signal.

APPLICATIONS INFORMATION



Basic Switch Functions using the SCL4066B



Active Low Pass Filter with Digitally Selected Break Frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS^{1,3}

PARAMETER	CONDITIONS	V _{SS} (Vdc)	V _{DD} (Vdc)	T _{LOW} ²		25°C			T _{HIGH} ²		Units	
				Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.		
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I _{DD} V _{IN} = V _{SS} or V _{DD} All valid input combinations	0	5	-	0.05	-	0.0005	0.05	-	1.5	μA _{dc}	
		0	10	-	0.1	-	0.001	0.1	-	3.0		
		0	15	-	0.2	-	0.002	0.2	-	6.0		
MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE (Control Input)	V _{IH} V _{IS} = V _{SS} V _{OS} = V _{DD} I _{OS} = 10μA	0	5	-	4.0	-	2.75	4.0	-	4.0	Vdc	
		0	10	-	8.0	-	5.5	8.0	-	8.0		
		0	15	-	12.0	-	8.25	12.0	-	12.0		
MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE (Control Input)	V _{IL} V _{IS} = V _{SS} V _{OS} = V _{DD} I _{OS} = 10μA	0	5	1.0	-	1.0	2.25	-	1.0	-	Vdc	
		0	10	2.0	-	-2.0	4.5	-	2.0	-		
		0	15	3.0	-	3.0	6.75	-	3.0	-		
SWITCH INPUT/OUTPUT LEAKAGE	I _{OFF} V _O = V _{SS} V _{IS} = ±7.5Vdc	-7.5	+7.5	-	±100	-	±0.01	±100	-	±200	nA _{dc}	
ON-RESISTANCE C,D,F,H device	R _{ON} V _C = V _{DD} V _{SS} < V _{IS} < V _{DD} R _L = 10kΩ	-7.5	+7.5	-	220	-	80	280	-	320	Ω	
		0	+15	-	-	-	-	-	-	-		
		-5	+5	-	310	-	120	400	-	550		
		0	+10	-	-	-	-	-	-	-		
		-2.5	+2.5	-	2000	-	270	2500	-	3500		
		0	+5	-	-	-	-	-	-	-		
	E device	R _{ON} V _C = V _{DD} V _{SS} < V _{IS} < V _{DD} R _L = 10kΩ	-7.5	+7.5	-	250	-	80	280	-	300	Ω
			0	+15	-	-	-	-	-	-	-	
			-5	+5	-	330	-	120	400	-	520	
			0	+10	-	-	-	-	-	-	-	
			-2.5	+2.5	-	2100	-	270	2500	-	3200	
			0	+5	-	-	-	-	-	-	-	
ON-RESISTANCE MATCH (Same package)	ΔR _{ON} V _C = V _{DD} V _{SS} < V _{IS} < V _{DD} R _L = 10kΩ	-7.5	+7.5	-	-	-	5	-	-	-	Ω	
		0	+15	-	-	-	-	-	-	-		
		-5	+5	-	-	-	10	-	-	-		
		0	+10	-	-	-	-	-	-	-		
		-2.5	+2.5	-	-	-	10	-	-	-	Ω	

NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications"

² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.

= -40°C for E device.

T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.

= +85°C for E device.

³ This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

DYNAMIC CHARACTERISTICS ($C_L = 50\text{pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

PARAMETER	CONDITIONS	V_{SS} (Vdc)	V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units	
SIGNAL INPUTS (V_{i1}) AND OUTPUTS (V_{o1})								
PROPAGATION DELAY TIME Signal Input to Signal Output	t_{PLH}	$V_c = V_{DD}$ $V_{i1} = \text{Square Wave}$ $R_L = 10\text{k}\Omega$	0	-5	-	20	ns	
	t_{PHL}		0	10	-	10		
			0	15	-	7.5		
BANDWIDTH (-3dB) (Sine Wave)	BW	$V_c = V_{DD}$ $V_{i1} = 5V_{p-p}$ centered @ 0.0Vdc	$R_L = 1\text{k}\Omega$	-5	+5	-	54	MHz
		$10\text{k}\Omega$	-	-	-	40		
		$100\text{k}\Omega$	-	-	-	38		
		$1\text{M}\Omega$	-	-	-	37		
INSERTION LOSS $(= 20 \log_{10} \frac{V_{o1}}{V_{i1}})$		$V_c = V_{DD}$ $V_{i1} = 5V_{p-p}$ centered @ 0.0Vdc	$R_L = 1\text{k}\Omega$	-5	+5	-	2.3	dB
		$10\text{k}\Omega$	-	-	-	0.2		
		$100\text{k}\Omega$	-	-	-	0.1		
		$1\text{M}\Omega$	-	-	-	0.05		
SIGNAL DISTORTION (Sine Wave)		$V_c = V_{DD}$ $V_{i1} = 5V_{p-p}$ centered @ 0.0Vdc $f_{i1} = 1.0\text{kHz}$ $R_L = 10\text{k}\Omega$	-5	+5	-	0.16	%	
FEEDTHROUGH (-50dB)		$V_c = V_{SS}$ $V_{i1} = 5V_{p-p}$ centered @ 0.0Vdc	$R_L = 1\text{k}\Omega$	-5	+5	-	1250	kHz
		$10\text{k}\Omega$	-	-	-	140		
		$100\text{k}\Omega$	-	-	-	18		
		$1\text{M}\Omega$	-	-	-	2		
CROSSTALK (-50dB) Between two switches		$V_c(A) = V_{DD}$ $V_c(B) = V_{SS}$ $V_{i1}(A) = 5V_{p-p}$ centered @ 0.0Vdc $R_L = 10\text{k}\Omega$	-5	+5	-	0.9	MHz	
CAPACITANCE	Input	C_{is}				8	pF	
	Output	C_{os}	$V_c = V_{SS}$	-5	+5		8	pF
	Feedthrough	C_{los}				0.5	pF	
CONTROL INPUT (V_C)								
PROPAGATION DELAY TIME Turn on	t_{PC}	$V_{SS} < V_{i1} < V_{DD}$ $R_L = 10\text{k}\Omega$	0	5	-	50	100	ns
			0	10	-	25	50	
			0	15	-	20	40	
MAXIMUM INPUT FREQUENCY	f_c	$V_{SS} < V_{i1} < V_{DD}$ $R_L = 1.0\text{k}\Omega$	0	5	-	5	-	MHz
			0	10	-	10	-	
			0	15	-	12	-	
CROSSTALK (To signal port)		$V_c = \text{Square Wave}$ $R_L = 10\text{k}\Omega$ $R_m = 1.0\text{k}\Omega$	0	5	-	30	-	mV
			0	10	-	50	-	
			0	15	-	100	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

MC34012-1
MC34012-2
MC34012-3

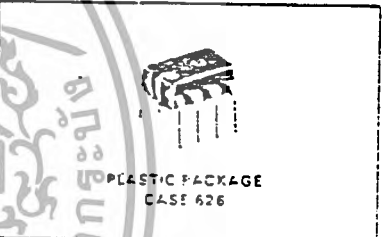
Advance Information

TELEPHONE TONE RINGER

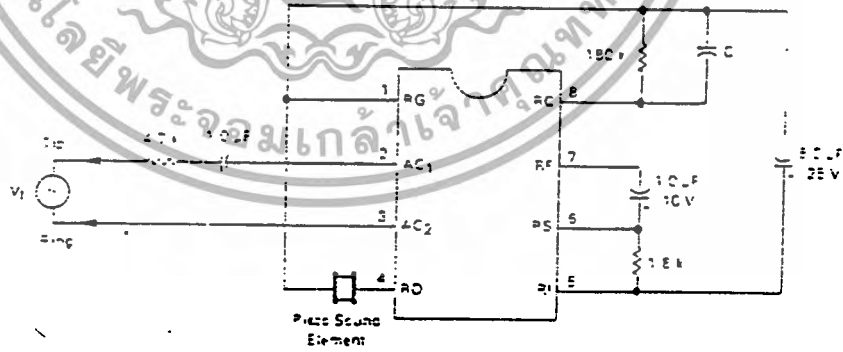
- Complete Telephone EOL Replacement Circuit with Minimum External Components
- On-Chip Drive Bridge and Transient Protection
- Direct Drive for Piezoelectric Transducers
- Best Frequency Options—MC34012-1 110 Hz
 MC34012-2 200 Hz
 MC34012-3 500 Hz
- Inrush Current Signature Meets Bell and EIA Standards
- Rejects Ringer Discharge

TELEPHONE TONE RINGER

BIPOLAR LINEAR 12L



APPLICATION CIRCUIT



MC34012-1 C = 1000 pF
 MC34012-2 C = 500 pF
 MC34012-3 C = 2000 pF

© Motorola Semiconductor Products, Inc. 1978. All rights reserved. Motorola and the Motorola logo are registered trademarks of Motorola, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

MC34012-1, MC34012-2, MC34012-3

APPLICATION CIRCUIT PERFORMANCE

Characteristic	Typical Value	Units
Output Tone Frequencies MC34012-1 MC34012-2 MC34012-3	632, 1040 1564, 2080 416, 520	Hz
Wobble Frequency	13	
Output Voltage ($V_i \geq 60 V_{rms}$, 20 Hz)	20	V_{p-p}
Output Duty Cycle	50	%
Ringing Start Input Voltage (20 Hz)	36	V_{rms}
Ringing Stop Input Voltage (20 Hz)	28	V_{rms}
Maximum ac Input Voltage (6-6E Hz)	150	V_{rms}
Impedance When Ringing $V_i = 40 V_{rms}$, 15 Hz $V_i = 130 V_{rms}$, 23 Hz	20 10	Ω
Impedance When Not Ringing $V_i = 10 V_{rms}$, 24 Hz $V_i = 2.5 V_{rms}$, 24 Hz $V_i = 10 V_{rms}$, 50 Hz $V_i = 3.0 V_{rms}$, 200-3200 Hz	28 > 10 8 > 1.0	Ω $M\Omega$ $k\Omega$ $M\Omega$
Maximum Transient Input Voltage ($t \leq 2 \mu s$)	1500	V

PIN DESCRIPTIONS

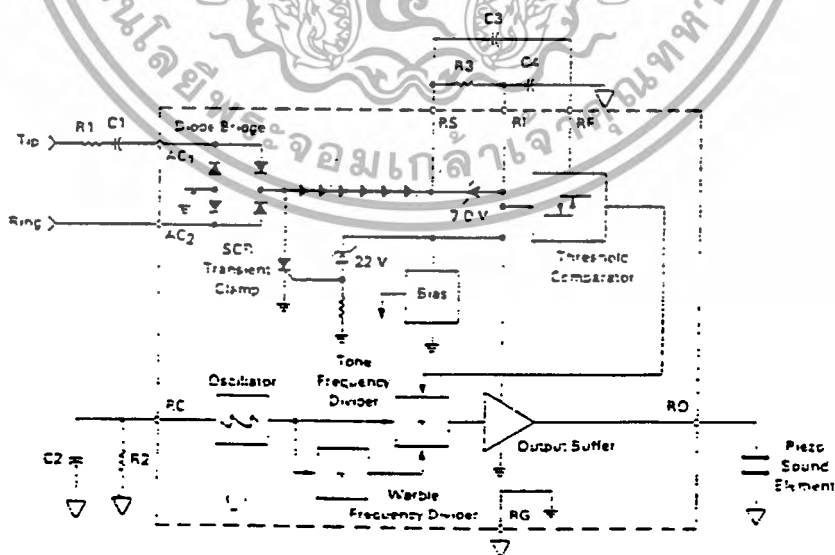
Name	Description
AC ₁ , AC ₂	The input terminals to the full-wave diode bridge. The ac ringing signal from the telephone line energizes the ringer through this bridge.
RS	The positive output of diode bridge to which an external current sense resistor is connected.
RI	The positive supply terminal for the oscillator, frequency divider, and output buffer circuits.
RF	The terminals for the filter capacitor used in detection of ringing input signals.
RO	The tone ringer output terminal through which the sound element is driven.
RG	The negative output of the diode bridge and the negative supply terminal of the tone generating circuitry.
RC	The oscillator terminal for the external resistor and capacitor which control the tone ringer frequencies.

MC34012-1, MC34012-2, MC34012-3

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

Characteristic	Test	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Ring Start Voltage $(V_{Start} = V_I \text{ @ Ring Start})$ $V_I > 0$ $V_I < 0$	1a 1b	$V_{Start(+)}$ $V_{Start(-)}$	31 -31	34.5 -34.5	38 -38	Vdc
Ring Stop Voltage $(V_{Stop} = V_I \text{ @ Ring Stop})$ MC34012-1 MC34012-2 MC34012-3	1c	V_{Stop}	16 13 16	20 16 20	25 22 25	Vdc
Output Frequencies ($V_I = 50\text{V}$) MC34012-1 High Tone Low Tone Warble Tone MC34012-2 High Tone Low Tone Warble Tone MC34012-3 High Tone Low Tone Warble Tone	1c	f_H f_L f_W f_H f_L f_W f_H f_L f_W	957 774 12 1834 1548 13 967 774 24	1040 832 13 2280 1664 13 1040 832 26	1113 890 14 2226 1760 14 1113 890 26	Hz
Output Voltage ($V_I = 50\text{V}$)	6	V_O	18	20	23	V _{p-p}
Output Short-Circuit Current	2	I_O	35	50	80	mA _{p-p}
Input Diode Voltage ($I_I = 30\text{mA}$)	3	V_D	4.6	5.1	5.6	Vdc
Input Voltage—SCR Off ($I_I = 30\text{mA}$)	4a	V_{off}	5.7	6.2	6.7	Vdc
Input Voltage—SCR On ($I_I = 100\text{mA}$)	4b	V_{on}	5.2	4.2	6.0	Vdc
Threshold Filter Resistance $R_{RF} = 2.0\text{V}/I_{RF}$	5	R_{RF}	30	50	80	k Ω

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CIRCUIT DESCRIPTION

The MC34012 Tone Ringer derives its power supply by rectifying the ac ringing signal. It uses this power to activate a tone generator and drive a piezo-ceramic transducer. The tone generation circuitry includes a relaxation oscillator and frequency dividers which produce high and low frequency tones as well as the tone warble frequency. The relaxation oscillator frequency f_0 is set by resistor R2 and capacitor C2 connected to pin 18C. The oscillator will operate with f_0 from 1.0 kHz to 10 kHz with the proper choice of external components (See Figure 1).

The frequency of the tone ringer output signal at pin 20 alternates between $f_0/4$ to $f_0/5$. The warble rate at which the frequency changes is $f_0/320$ for the MC34012-1, $f_0/640$ for the MC34012-2, or $f_0/160$ for the MC34012-3. With a 4.0 kHz oscillator frequency, the MC34012-1 produces 500 Hz and 1000 Hz tones with a 12.5 Hz warble rate. The MC34012-2 generates 1600 Hz and 2000 Hz tones with a similar 12.5 Hz warble frequency from an 8.0 kHz oscillator frequency. The MC34012-3 will produce 400 Hz and 500 Hz tones with a 12.5 Hz warble rate from a 2.0 kHz oscillator frequency. The tone ringer output circuit can source or sink 20 mA with an output voltage swing of 20 volts peak-to-peak. Volume control is readily implemented by adding a variable resistance in series with the piezo transducer.

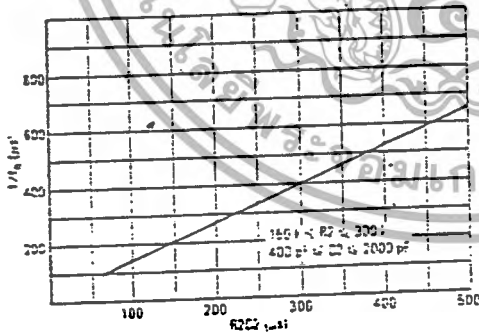
Input signal detection circuitry activates the tone ringer output when the ac line voltage exceeds programmed threshold level. Resistor R3 determines the ringing signal amplitude at which an output signal will be generated at 20. The ac ringing signal is rectified by the internal diode bridge. The rectified input signal

produces a current through an internal input at terminal R1. The voltage across resistor R3 is filtered by capacitor C3 at the input to the threshold circuit. When the voltage on capacitor C3 exceeds 2.5 volts, the threshold comparator enables the tone ringer output. Line transients produced by pulse ringing telephone do not charge capacitor C3 sufficiently to activate the tone ringer output.

Capacitors C1 and C4 are used to determine the 10 volt, 24 Hz signature test impedance. C4 also provides filtering for the output stage power supply to prevent droop in the square wave output signal. C1 is in series with the rectifying bridge to provide the necessary non-linearity for the 2.5 volt threshold signature test.

An internal shunt voltage regulator between the R1 and R2 terminals provides dc voltage to power output stage oscillator and frequency dividers. The dc voltage at R1 is limited to approximately 24 volts in regulation. To protect the IC from telephone line transients, an SCR is triggered when the regulator current exceeds 50 mA. The SCR diverts current from the shunt regulator and reduces the power dissipation within the IC.

FIGURE 1 — OSCILLATOR PERIOD (1/f₀) versus OSCILLATOR R2 C2 PRODUCT



EXTERNAL COMPONENTS

R1	Line input resistor. R1 controls the tone ringer input impedance. It also influences ringing threshold voltage and limits current from line transients. (Range: 2.0 kΩ to 10 kΩ)
C1	Line input capacitor. C1 ac couples the tone ringer to the telephone line and controls ringer input impedance at low frequencies. (Range: 0.4 μF to 2.0 μF)
R2	Oscillator resistor. (Range: 150 kΩ to 300 kΩ)
C2	Oscillator capacitor. (Range: 400 pF to 2000 pF)
R3	Input current sense resistor. R3 controls the ringing threshold voltage. Increasing R3 decreases the ring-start voltage. (Range: 0.5 kΩ to 2.0 kΩ)
C3	Ringing threshold filter capacitor. C3 filters the ac voltage across R3 at the input of the ringing threshold comparator. It also provides signal transient rejection. (Range: 0.5 μF to 5.0 μF)
C4	Ringer supply capacitor. C4 filters supply voltage for the tone generating circuit. It also provides an ac current path for the 10 Vrms ringer signature impedance. (Range: 1.0 μF to 10 μF)

MC34012-1, MC34012-2, MC34012-3

FIGURE 5 - TEST FOUR

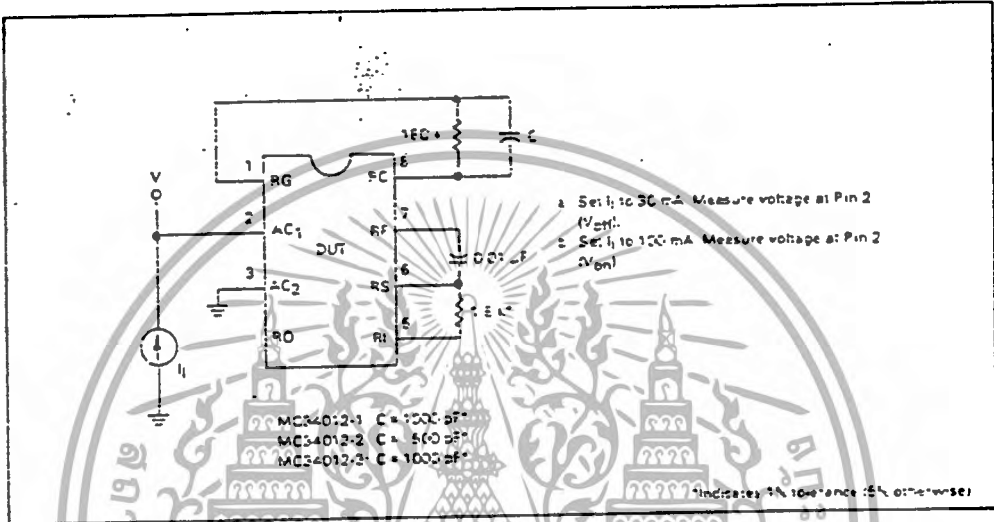
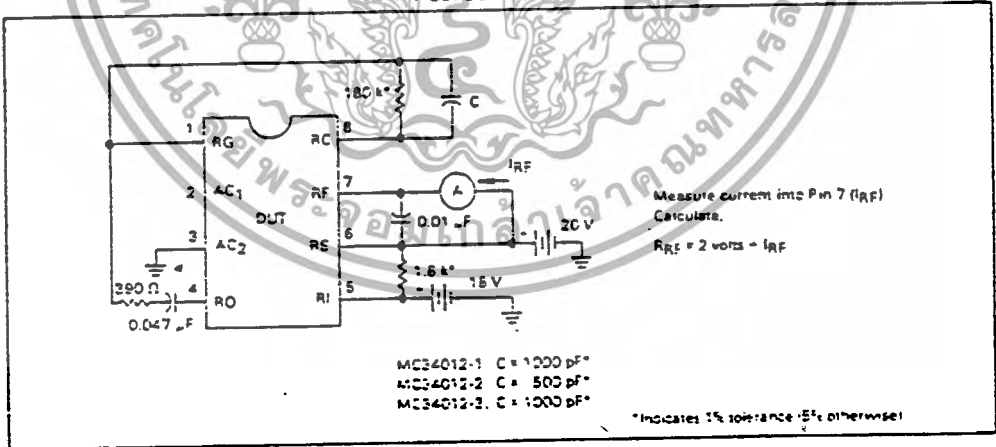
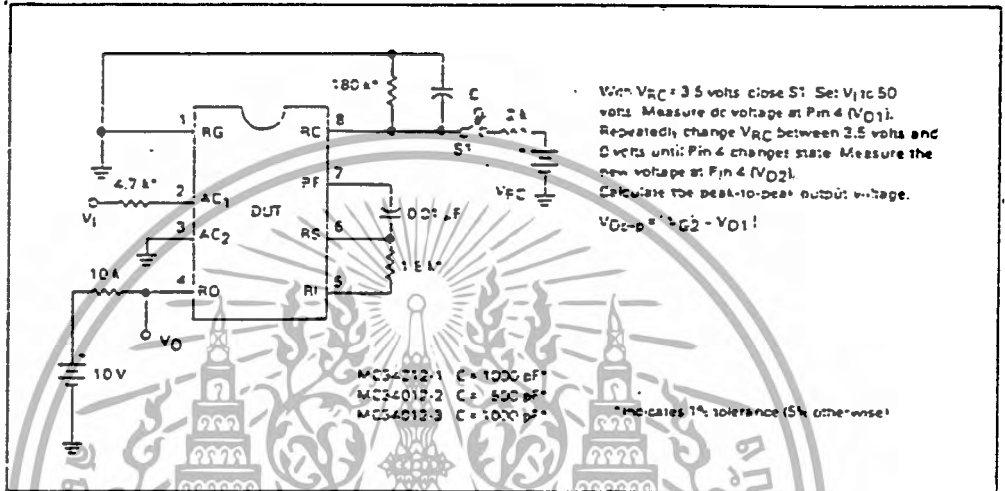


FIGURE 6 - TEST FIVE



MC34012-1, MC34012-2, MC34012-3

FIGURE 7 — TEST SIX



Engineering Bulletin

By Tanya Tussing and Glen Zoerner
Telecommunication Applications
Austin, Texas

THE APPLICATION OF A TELEPHONE TONE RINGER AS A RING DETECTOR

Telephone ringers are driven by high voltage, low frequency ac signals which are superimposed on the 48 volt ac ringing feed voltage. An electronic ring detector must sense the presence of an ac signal on the line and produce a dielectrically isolated logic level to the system processor. To isolate the line from the system, an on-chip piezoelectric driver

drives the LED of an optocoupler. A 1 μ F capacitor filters the transistor output of the optocoupler, creating a solid logic 0 when a ring signal is present. Figure 1 depicts the schematic of the ring detector. The peripheral components around the MC34612 set trigger levels and the ringing impedance signature for FCC Part 68 compliance.

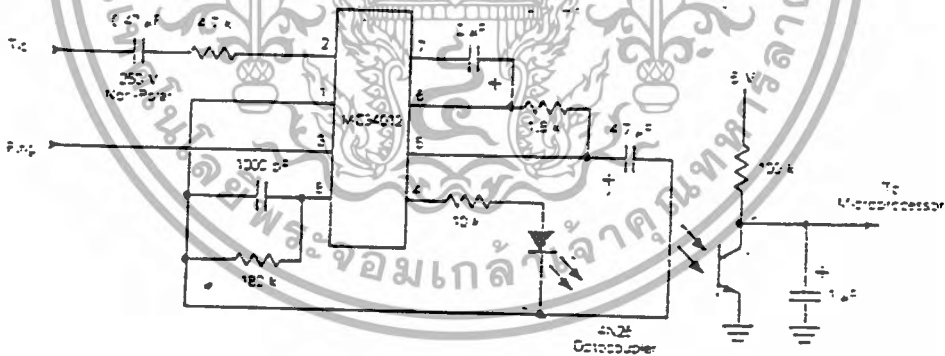


FIGURE 1 - Ring Detector Schematic

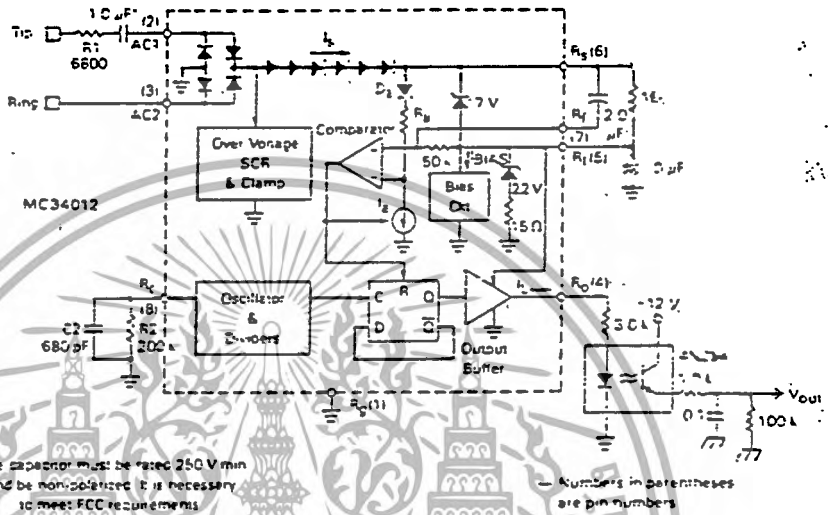


FIGURE 11 — Ring Detector Circuit Using MC34012

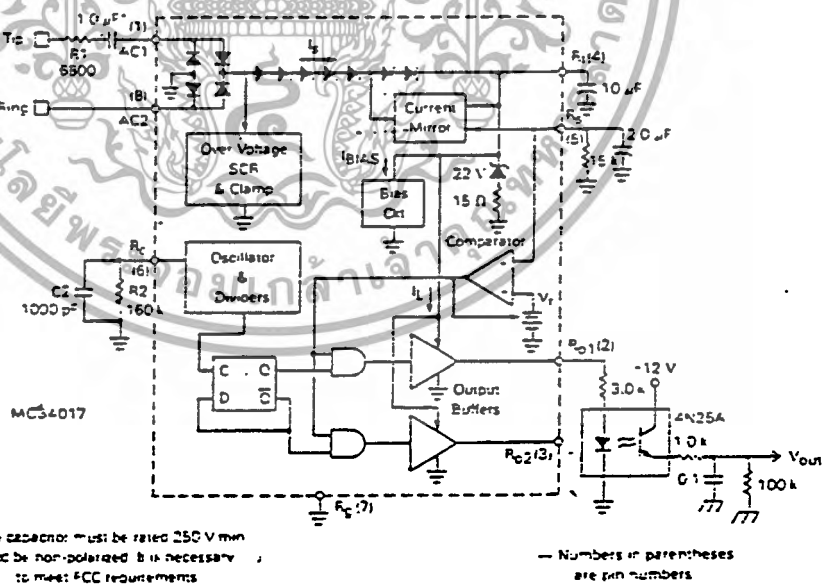


FIGURE 12 — Ring Detector Circuit Using MC34017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISO²-CMOS MT8870C/MT8870C-1 Integrated DTMF Receiver

914 C94 MA ISSUE 1 November 1987

Features

- Complete DTMF Receiver
- Low Power Consumption
- Internal Gain Setting Amplifier
- Adjustable Guard Time
- Central Office Quality
- Power-down Mode
- Inhibit Mode

Applications

- Receiver System for British Telecom (BT) or CEPT Spec (MT8870C-1)
- Paging Systems
- Repeater Systems/Mobile Radio
- Credit Card Systems
- Remote Control
- Personal Computers
- Telephone Answering Machine

Pin Connections

1	18	VDD
2	17	St/GT
3	16	Est
4	15	Std
5	14	Q4
6	13	Q3
7	12	Q2
8	11	Q1
9	10	TOE

Ordering Information

MT8870CE/MT8870CE-1 Plastic DIP
 MT8870CC/MT8870CC-1 Cerdip
 MT8870CS/MT8870CS-1 SOIC
 -40 °C to +85 °C

Description

The MT8870C/MT8870C-1 is a complete DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions, fabricated in Mitel's double poly ISO²-CMOS technology. The filter section uses switched capacitor techniques for

high and low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

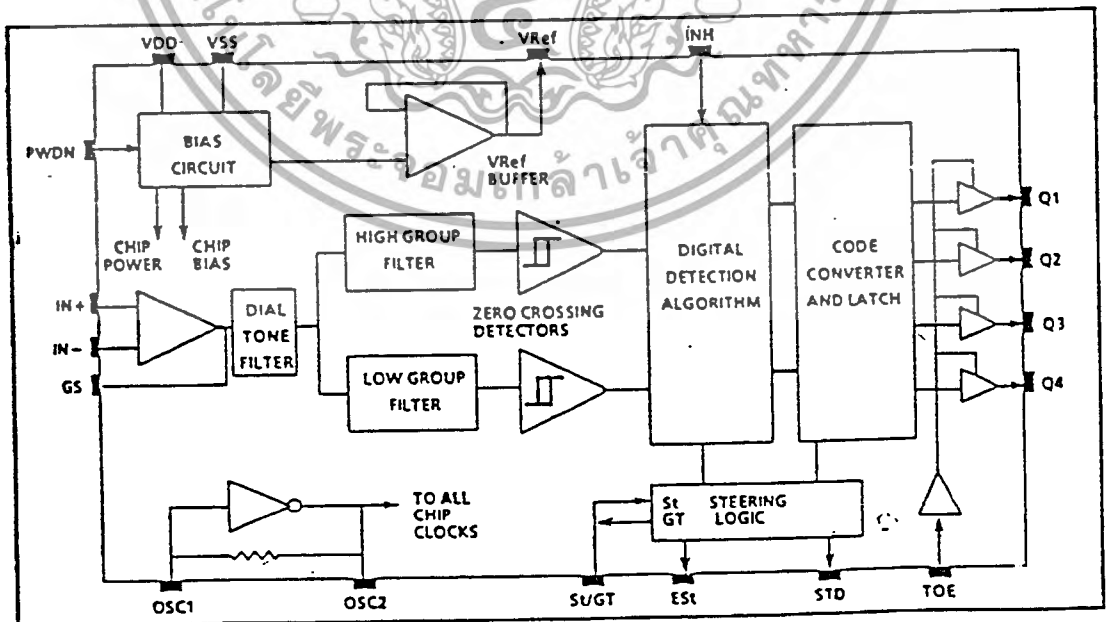


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOS

Absolute Maximum Ratings*

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V _{DD}		6	V
2	Voltage on any pin	V _I	V _{SS} - 0.3	V _{DD} + 0.3	V
3	Current at any pin (other than supply)	I _I		10	mA
4	Storage temperature	T _{STG}	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P _D		1000	mW

* Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied. Derate about 75°C at 1000 mW/°C. All leads soldered to board.

Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

	Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V _{DD}	4.75	5.0	5.25	V	
2	Operating Temperature	T _O	-40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	f _c		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq. Tolerance	Δf _c		±0.1		%	

* Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

DC Electrical Characteristics - V_{DD} = 5.0V ± 5%, V_{SS} = 0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, unless otherwise stated

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
1 2 3 S U P P L Y	Standby supply current	I _{DD}			100	μA	PWDN = V _{DD}
	Operating supply current	I _{DD}		3.0	9.0	mA	
	Power consumption	P _O		15	50	mW	f _c = 3.579545 MHz
4 5 6 7 8 I N P U T	High level input	V _{IH}	3.5			V	V _{DD} = 5.0V
	Low level input voltage	V _{IL}			1.5	V	V _{DD} = 5.0V
	Input leakage current	I _{IH} /I _{IL}		0.1		μA	V _{IN} = V _{SS} or V _{DD}
	Pull up (source) current	I _{SO}		7.5	20	μA	T _{OE} (pin 10) = 0, V _{DD} = 5.0V
	Pull down (sink) current	I _{SI}		15	45	μA	I _{NH} = 5.0V, PWDN = 5.0V, V _{DD} = 5.0V
	Input impedance (IN+, IN-)	R _{IN}			10	MΩ	@ 1 kHz
10	Steering threshold voltage	V _{TSt}	2.2		2.5	V	V _{DD} = 5.0V
11 12 13 14 15 16 O U T P U T	Low level output voltage	V _{OL}			V _{SS} + 0.03	V	No load
	High level output voltage	V _{OH}	V _{DD} - 0.03			V	No load
	Output low (sink) current	I _{OL}	1.0	2.5		mA	V _{OUT} = 0.4 V
	Output high (source) current	I _{OH}	0.4	0.8		mA	V _{OUT} = 4.6 V
	V _{Ref} output voltage	V _{Ref}	2.4		2.7	V	No load, V _{DD} = 5.0V
	V _{Ref} output resistance	R _{OR}		10		kΩ	

* Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

ISO²-CMOS MT8870C/MT8870C-1

Operating Characteristics - $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$, $-40^\circ C \leq T_o \leq +85^\circ C$, unless otherwise stated.
Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ ¹	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}			100	nA	$V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}	10			M Ω	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	$-3.0V \leq V_{IN} \leq 3.0V$
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	f_c	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	V_O	4.0			V_{DD}	Load ≥ 100 k Ω to V_{SS}
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L			100	pF	
10	Maximum resistive load (GS)	R_L			50	k Ω	
11	Common mode range	V_{CM}	2.5			V_{DD}	No Load

MT8870C AC Electrical Characteristics - $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$, $-40^\circ C \leq T_o \leq +85^\circ C$, using Test Circuit shown in Figure 2.

	Characteristics	Sym	Min	Typ ¹	Max	Units	Notes [*]	
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29			dBm	1, 2, 3, 5, 6, 9	
			-27.5			mV _{RMS}	1, 2, 3, 5, 6, 9	
						+1	dBm	1, 2, 3, 5, 6, 9
						869	mV _{RMS}	1, 2, 3, 5, 6, 9
2	Negative twist accept				6	dB	2, 3, 6, 9	
3	Positive twist accept				6	dB	2, 3, 6, 9	
4	Frequency deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2$ Hz				2, 3, 5, 9	
5	Frequency deviation reject		$\pm 3.5\%$				2, 3, 5, 9	
6	Third tone tolerance			-16		dB	2, 3, 4, 5, 9, 10	
7	Noise tolerance			-12		dB	2, 3, 4, 5, 7, 9, 10	
8	Dial tone tolerance			+22		dB	2, 3, 4, 5, 8, 9, 11	

¹Typical figures are at 25 °C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing

^{*}NOTES

1. dBm = decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration = 40 ms, tone pause = 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by $\pm 1.5\% \pm 2$ Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) $\pm 2\%$.
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. For guard time calculation purposes.

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOS

MT8870C-1 AC Electrical Characteristics' - $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$, $-40^\circ C \leq T_0 \leq +85^\circ C$, using Test Circuit shown in Figure 2.

	Characteristics	Sym	Min	Typ'	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-31		+1	dBm	$V_{DD} = 5.0V$ 1,2,3,5,6,9
			21.8		869	mV _{RMS}	
2	Input Signal Level Reject		-37			dBm	$V_{DD} = 5.0V$ 1,2,3,5,6,9
			10.9			mV _{RMS}	
3	Negative twist accept				6	dB	7, 3, 6, 9
4	Positive twist accept				6	dB	7, 3, 6, 9
5	Frequency deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2 \text{ Hz}$				2, 3, 5, 9
6	Frequency deviation reject		$\pm 3.5\%$				2, 3, 5, 9
7	Third tone tolerance		-18.5			dB	2, 3, 4, 5, 9, 13
8	Noise tolerance			-12		dB	2, 3, 4, 5, 7, 9, 10
9	Dial tone tolerance			+22		dB	2, 3, 4, 5, 8, 9, 11

*Typical figures are at 25°C and are for design aid only, not guaranteed and not subject to production testing.

*** NOTES**

1. dBm = decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration = 40 ms, tone pause = 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by $\pm 1.5\% \pm 2 \text{ Hz}$.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) $\pm 2\%$.
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. For guard time calculation purposes.
13. Referenced to Fig. 10 input DTMF tone level at -25dBm (-28dBm at GS Pin) interference frequency range between 480-3400Hz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO²-CMOS MT8870C/MT8870C-1

AC Electrical Characteristics · $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$, $-40^\circ C \leq T_o \leq +85^\circ C$, using Test Circuit shown in Figure 2.

		Characteristics	Sym	Min	Typ [†]	Max	Units	Conditions
T I M I N G	1	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	Note 12
	2	Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 12
	3	Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	User adjustable
	4	Tone duration reject	t_{REC}	20			ms	User adjustable
	5	Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	User adjustable
	6	Interdigit pause reject	t_{ID}	20			ms	User adjustable
O U T P U T S	7	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}		8	11	μs	TOE = V_{DD}
	8	Propagation delay (St to StD)	t_{PSID}		12	16	μs	TOE = V_{DD}
	9	Output data set up (Q to StD)	t_{OSID}		3.4		μs	TOE = V_{DD}
	10	Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 k Ω , 50 pF
	11	Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		300		ns	load of 10 k Ω , 50 pF
C L O C K	12	Crystal/clock frequency	f_c	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
	13	Clock input rise time	t_{MCL}			110	ns	Ext. clock
	14	Clock input fall time	t_{MLCL}			110	ns	Ext. clock
	15	Clock input duty cycle	DCCL	40	50	60	%	Ext. clock
	16	Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			30	pF	

[†] Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

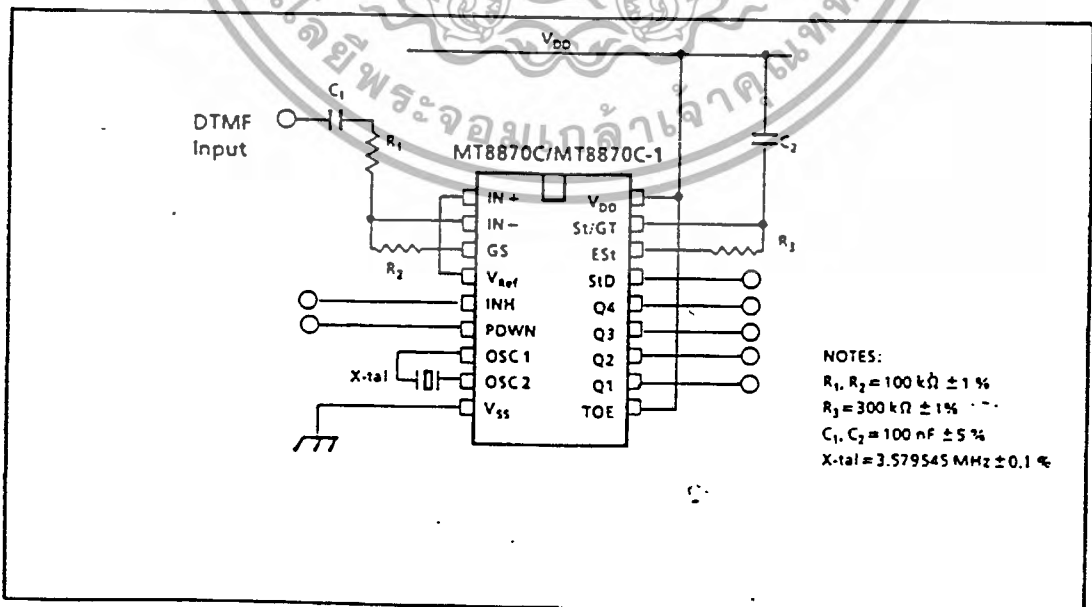


Figure 2 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOS

Pin Description

Pin #	Name	Description
1	IN+	Non-Inverting Op-Amp (Input).
2	IN-	Inverting Op-Amp (Input).
3	GS	Gain Select. Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	V _{Ref}	Reference Voltage (Output), Nominally V _{DD} /2 is used to bias inputs at mid-rail (see Fig.2).
5	INH	Inhibit (Input). Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	PWDN	Power Down (Input). Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	OSC1	Clock (Input).
8	OSC2	Clock (Output). A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	V _{SS}	Negative Power Supply (Input).
10	TOE	Three State Output Enable (Input). Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	Q1-Q4	Three State Data (Output). When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	StD	Delayed Steering (Output). Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V _{TSt} .
16	ESt	Early Steering (Output). Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ES _t to return to a logic low.
17	St/GT	Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional. A voltage greater than V _{TSt} detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V _{TSt} frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ES _t and the voltage on St.
18	V _{DD}	Positive power supply (Input).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

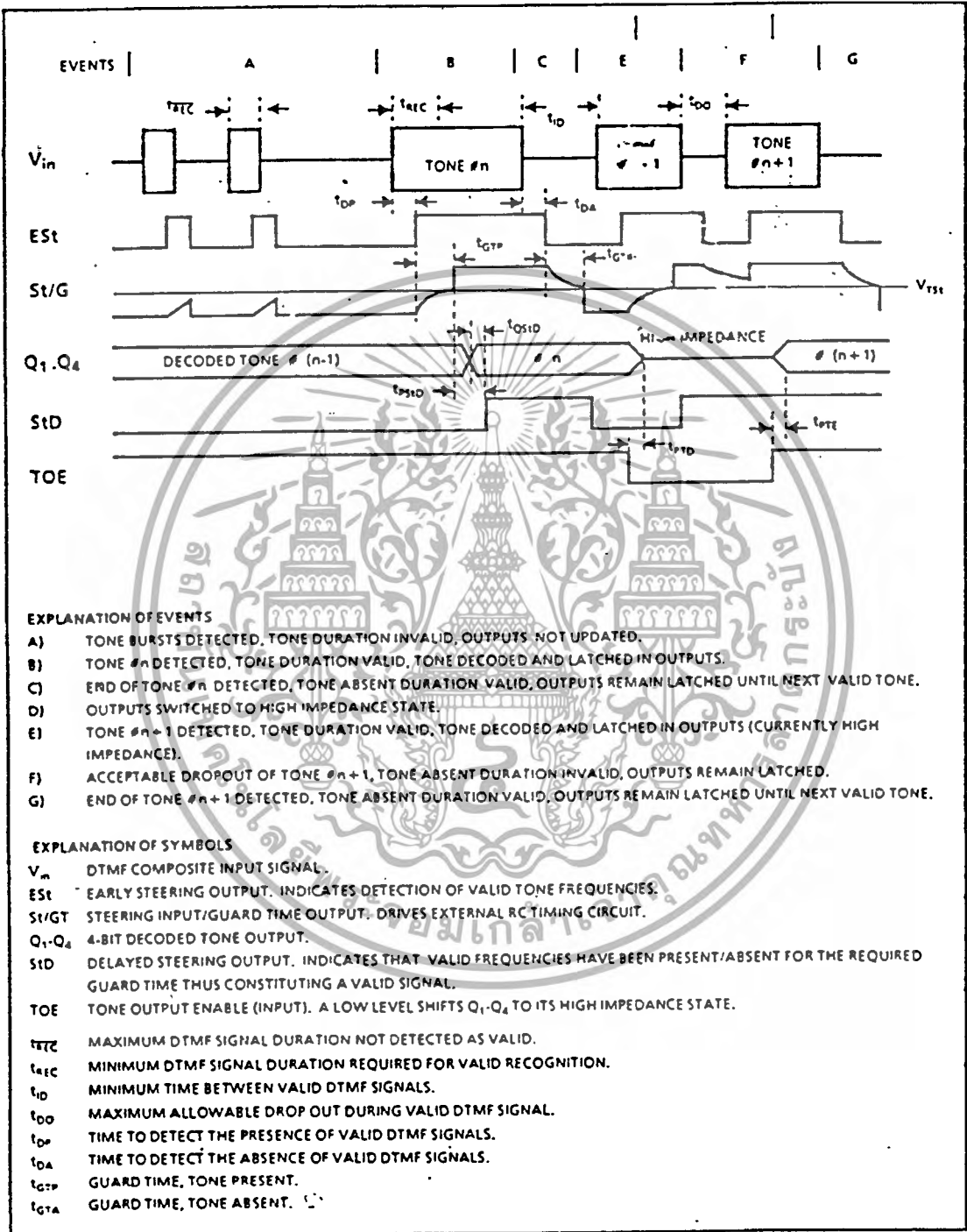


Figure 3- Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOS

Functional Description

The MT8870C/MT8870C-1 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance. Its architecture consists of a bandsplit filter section, which separates the high and low group tones, followed by a digital counting section which verifies the frequency and duration of the received tones before passing the corresponding code to the output bus.

Filter Section

Separation of the low-group and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies. The filter section also incorporates notches at 350 and 440 Hz for exceptional dial tone rejection (see Figure 4). Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

Decoder Section

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone

simulation by extraneous signals such as voice while providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (EST) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause EST to assume an inactive state (see "Steering Circuit").

Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by EST. A logic high on EST causes v_c (see Figure 5) to rise as the capacitor discharges. Provided signal condition is maintained (EST remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TSL}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives v_c to V_{DD} . GT continues to drive high as long as EST remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate

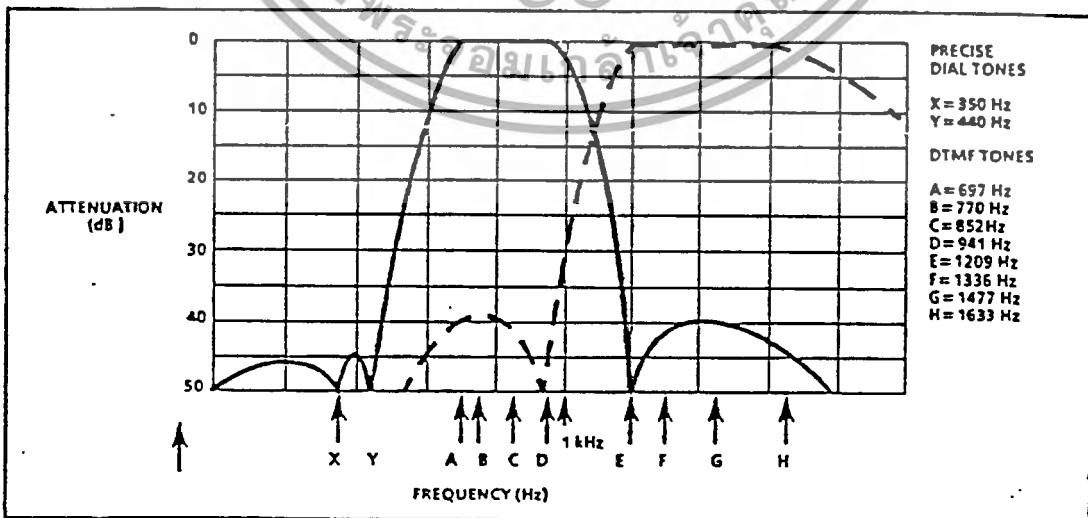


Figure 4- Filter Response

ISO²-CMOS MT8870C/MT8870C-1

Digit	TOE	INH	EST	Q ₄ ^z	Q ₃	Q ₂	Q ₁
ANY	L	X	-	Z	Z	Z	Z
1	H	L	H	0	0	0	1
2	H	L	H	0	0	1	0
3	H	L	H	0	0	1	1
4	H	L	H	0	1	0	0
5	H	L	H	0	1	0	1
6	H	L	H	0	1	1	0
7	H	L	H	0	1	1	1
8	H	L	H	1	0	0	0
9	H	L	H	1	0	0	1
0	H	L	H	1	0	1	0
*	H	L	H	1	0	1	1
#	H	L	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
1	H	H	H	0	0	0	1
2	H	H	H	0	0	1	0
3	H	H	H	0	0	1	1
4	H	H	H	0	1	0	0
5	H	H	H	0	1	0	1
6	H	H	H	0	1	1	0
7	H	H	H	0	1	1	1
8	H	H	H	1	0	0	0
9	H	H	H	1	0	0	1
0	H	H	H	1	0	1	0
*	H	H	H	1	0	1	1
#	H	H	H	1	1	0	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE

Table 1 - Functional Decode Table

The interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering

circuit shown in Figure 5 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$

$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 3) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 μ F is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk-off and noise immunity. Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{DP} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 6.

Power-down and Inhibit Mode

A logic high applied to pin 6 (PWDN) will power down the device to minimize the power consumption in a standby mode. It stops the oscillator and the functions of the filters.

Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870C/MT8870C-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{REF}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (G5) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 2 with the op-amp connected for unity gain and V_{REF} biasing the input at $\frac{1}{2}V_{DD}$. Figure 7 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5 .

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOS

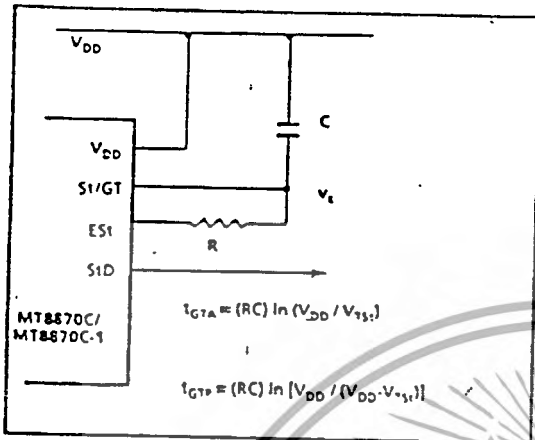


Figure 5- Basic Steering Circuit

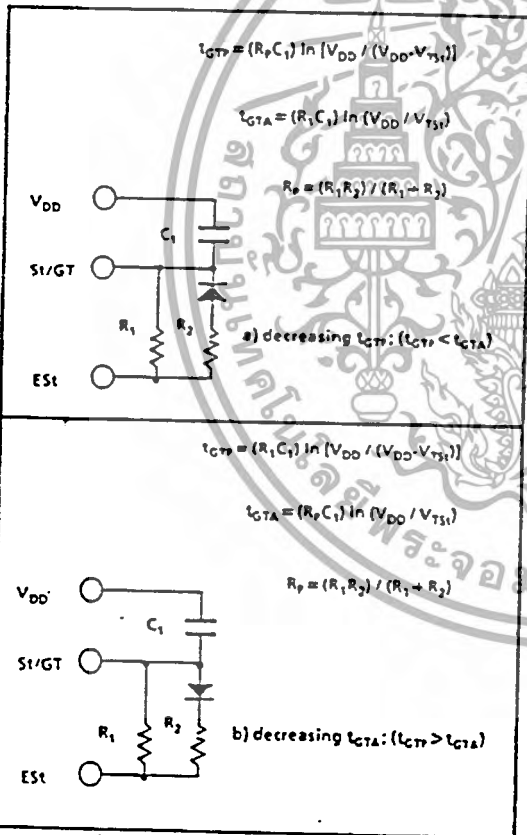


Figure 6- Guard Time Adjustment

Crystal Oscillator

The internal clock circuit is completed with the addition of an external 3.579545 MHz crystal and is normally connected as shown in Figure 2 (Single Ended Input Configuration). However, it is possible to configure several MT8870C/MT8870C-1 devices

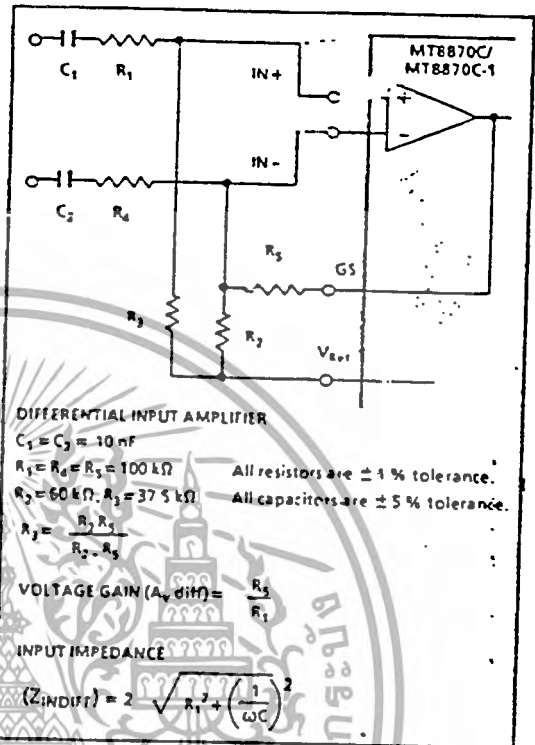


Figure 7- Differential Input Configuration

employing only a single oscillator crystal. The oscillator output of the first device in the chain is coupled through a 30 pF capacitor to the oscillator input (OSC1) of the next device. Subsequent devices are connected in a similar fashion. Refer to Figure 8 for details. The problems associated with unbalanced loading are not a concern with the arrangement shown, i.e. precision balancing capacitors are not required.

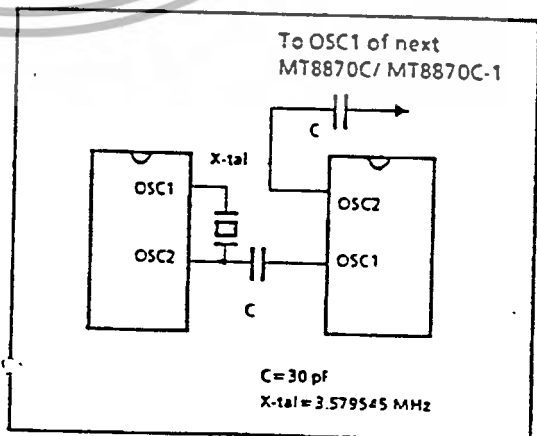


Figure 8- Oscillator Connection

ISO²-CMOS MT8870C/MT8870C-1

APPLICATION

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 10 illustrates the use of MT8870C-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signals less than -34 dBm as the non-operate level. This condition can be attained by choosing a suitable values of R_1 and R_2 to provide 3 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870C-1. As shown in the diagram, the component values of R_3 and C_2 are the guard time requirements when the total component tolerance is 6%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 9.

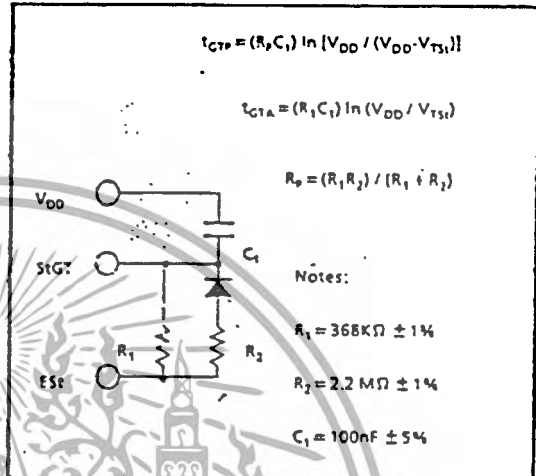


Figure 9 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

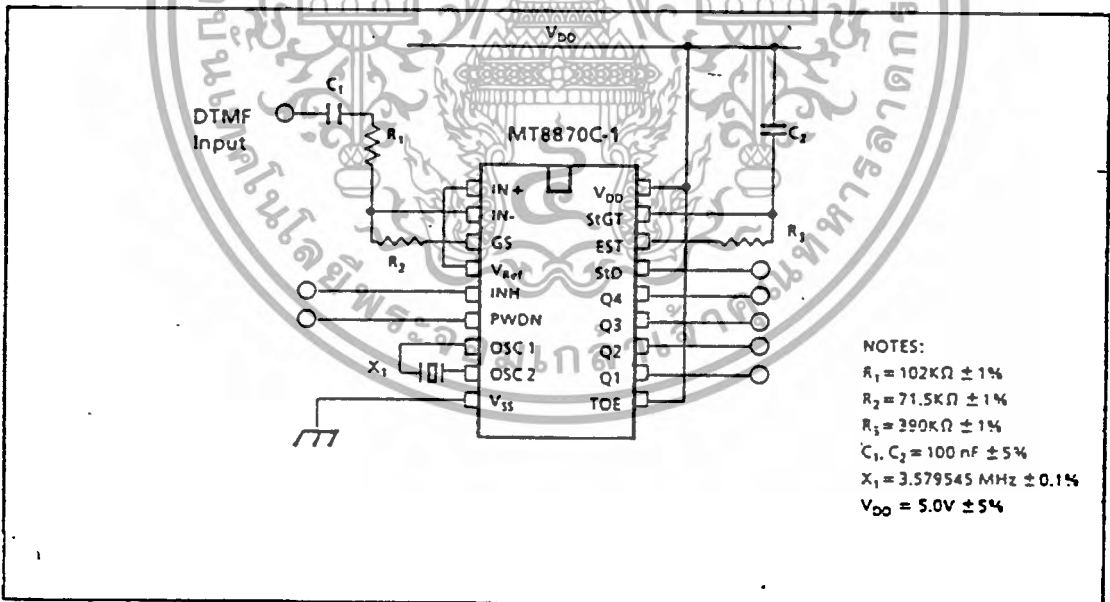


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec



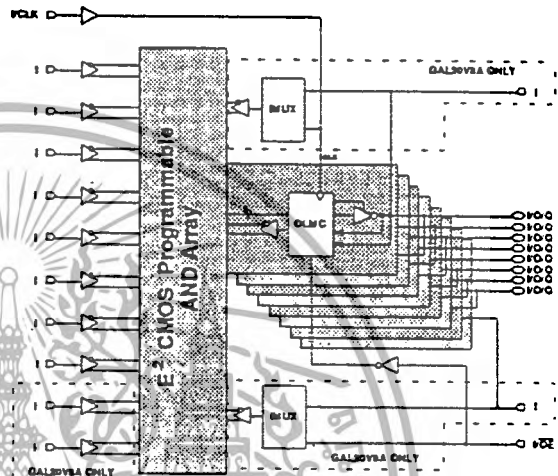
GAL[®] 16V8A GAL[®] 20V8A

Generic Array Logic[™]
U.S. Patents 4,761,768 and 4,766,569

FEATURES

- HIGH PERFORMANCE E²CMOS[™] TECHNOLOGY
 - 10 ns Maximum Propagation Delay
 - F_{max} = 62.5 MHz
 - 8 ns Maximum from Clock Input to Data Output
 - TTL Compatible 24 mA Outputs
 - UltraMOS[®] III Advanced CMOS Technology
- 50% REDUCTION IN POWER
 - 75mA Typ I_{cc}
- E² CELL TECHNOLOGY
 - Reconfigurable Logic
 - Reprogrammable Cells
 - 100% Tested/Guaranteed 100% Yields
 - High Speed Electrical Erasure (<50ms)
 - 20 Year Data Retention
- EIGHT OUTPUT LOGIC MACROCELLS
 - Maximum Flexibility for Complex Logic Designs
 - Programmable Output Polarity
 - GAL16V8A Emulates 20-pin PAL[®] Devices with Full Function/Fuse Map/Parametric Compatibility
 - GAL20V8A Emulates 24-pin PAL[®] Devices with Full Function/Fuse Map/Parametric Compatibility
- PRELOAD AND POWER-ON RESET OF ALL REGISTERS
 - 100% Functional Testability
- ELECTRONIC SIGNATURE FOR IDENTIFICATION

GAL16V8A / GAL20V8A BLOCK DIAGRAM



2

DESCRIPTION

The GAL16V8A and GAL20V8A, at 10 ns maximum propagation delay time, combine a high performance CMOS process with Electrically Erasable (E²) floating gate technology to provide the highest speed performance available in the PLD market. CMOS circuitry allows the GAL16V8A and GAL20V8A to consume just 75mA typical I_{cc} which represents a 50% savings in power when compared to their bipolar counterparts. The E² technology offers high speed (50ms) erase times, providing the ability to reprogram or reconfigure the devices quickly and efficiently.

The generic architecture provides maximum design flexibility by allowing the Output Logic Macrocell (OLMC) to be configured by the user. The GAL16V8A and GAL20V8A are capable of emulating standard 20 and 24-pin PAL[®] devices. The GAL16V8A is capable of emulating standard 20-pin PAL architectures with full function/fuse map/parametric compatibility. The GAL20V8A is capable of emulating standard 24-pin PAL architectures with full function/fuse map/parametric compatibility. On the right is a table listing the PAL architectures that the GAL16V8A and GAL20V8A can replace.

Unique test circuitry and reprogrammable cells allow complete AC, DC, and functional testing during manufacture. Therefore, Lattice guarantees 100% field programmability and functionality of all GAL products. Lattice also guarantees 100 erase/rewrite cycles and that data retention exceeds 20 years.

GAL16V8A / GAL20V8A ARCHITECTURE EMULATION

GAL20V8A PAL Architecture Emulation	GAL16V8A PAL Architecture Emulation
20L8	16L8
20H8	16H8
20R8	16R8
20R6	16R6
20R4	16R4
20P8	16P8
20RP8	16RP8
20RP6	16RP6
20RP4	16RP4
14L8	10L8
16L6	12L6
18L4	14L4
20L2	16L2
14H8	10H8
16H6	12H6
18H4	14H4
20H2	16H2
14P8	10P8
16P6	12P6
18P4	14P4
20P2	16P2

Copyright ©1989 Lattice Semiconductor Corp. GAL and UltraMOS are registered trademarks of Lattice Semiconductor Corp. Generic Array Logic and E²CMOS are trademarks of Lattice Semiconductor Corp. PAL is a registered trademark of Advanced Micro Devices, Inc. The specifications and information herein are subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾

Supply voltage V_{CC} -5 to +7V
 Input voltage applied -2.5 to $V_{CC} + 1.0V$
 Off-state output voltage applied -2.5 to $V_{CC} + 1.0V$
 Storage Temperature -65 to 125°C

1. Stresses above those listed under the "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress only ratings and functional operation of the device at these or at any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied (while programming, follow the programming specifications).

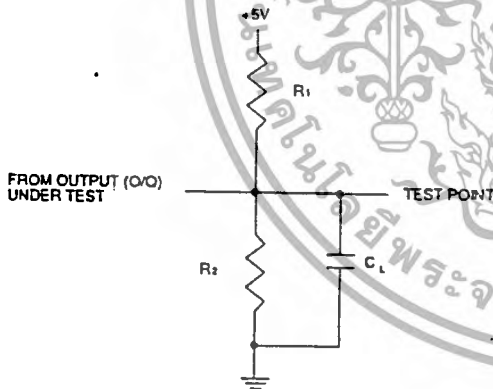
SWITCHING TEST CONDITIONS

Input Pulse Levels	GND to 3.0V
Input Rise and Fall Times	3ns 10% - 90%
Input Timing Reference Levels	1.5V
Output Timing Reference Levels	1.5V
Output Load	See Figure

COMMERCIAL DEVICES
Refer to AC Test Conditions: $R_2 = 390\Omega$ 1) $R_1 = 200\Omega$ and $C_L = 50pF$ 2) Active High $R_1 = \infty$; Active Low $R_1 = 200\Omega$ $C_L = 50pF$ 3) Active High $R_1 = \infty$; Active Low $R_1 = 200\Omega$ $C_L = 5pF$

MILITARY DEVICES
Refer to AC Test Conditions: $R_2 = 750\Omega$ 1) $R_1 = 390\Omega$ and $C_L = 50pF$ 2) Active High $R_1 = \infty$; Active Low $R_1 = 390\Omega$ $C_L = 50pF$ 3) Active High $R_1 = \infty$; Active Low $R_1 = 390\Omega$ $C_L = 5pF$

Tri-state levels are measured 0.5V from steady-state active level.



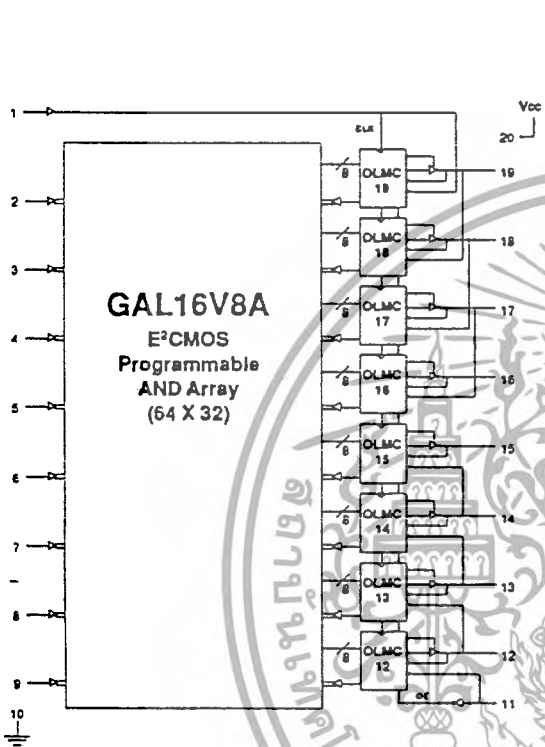
C_L INCLUDES JIG AND PROBE TOTAL CAPACITANCE

CAPACITANCE ($T_A = 25^\circ C, f = 1.0 MHz$)

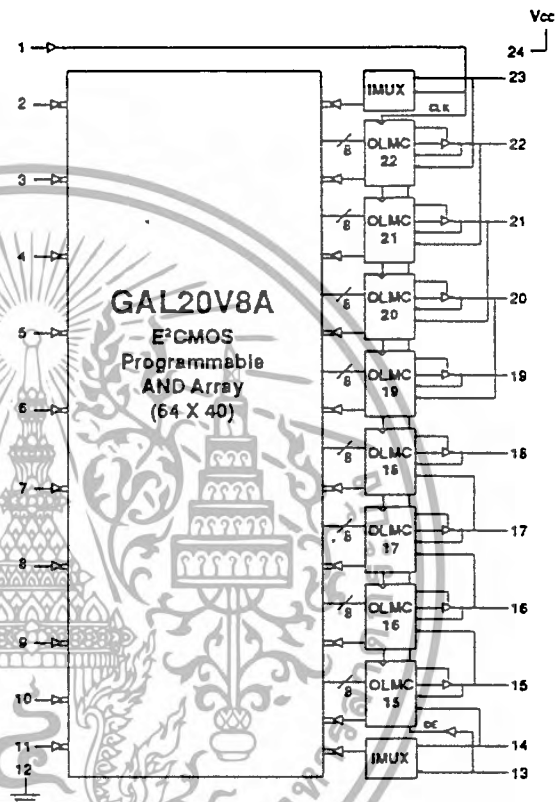
SYMBOL	PARAMETER	MAXIMUM*	UNITS	TEST CONDITIONS
C_i	Input Capacitance	8	pF	$V_{CC} = 5.0V, V_i = 2.0V$
$C_{i(O/Q)}$	VO/Q Capacitance	10	pF	$V_{CC} = 5.0V, V_{i(O/Q)} = 2.0V$

*Guaranteed but not 100% tested.

GAL16V8A BLOCK DIAGRAM



GAL20V8A BLOCK DIAGRAM



2

GAL16V8A PIN CONFIGURATION

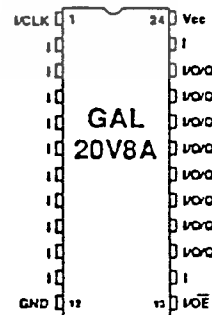
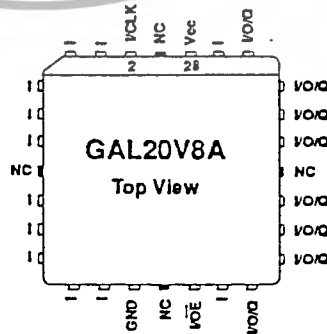
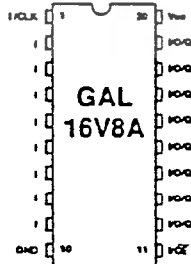
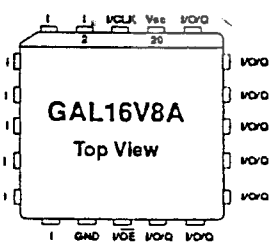
GAL20V8A PIN CONFIGURATION

Chip Carrier

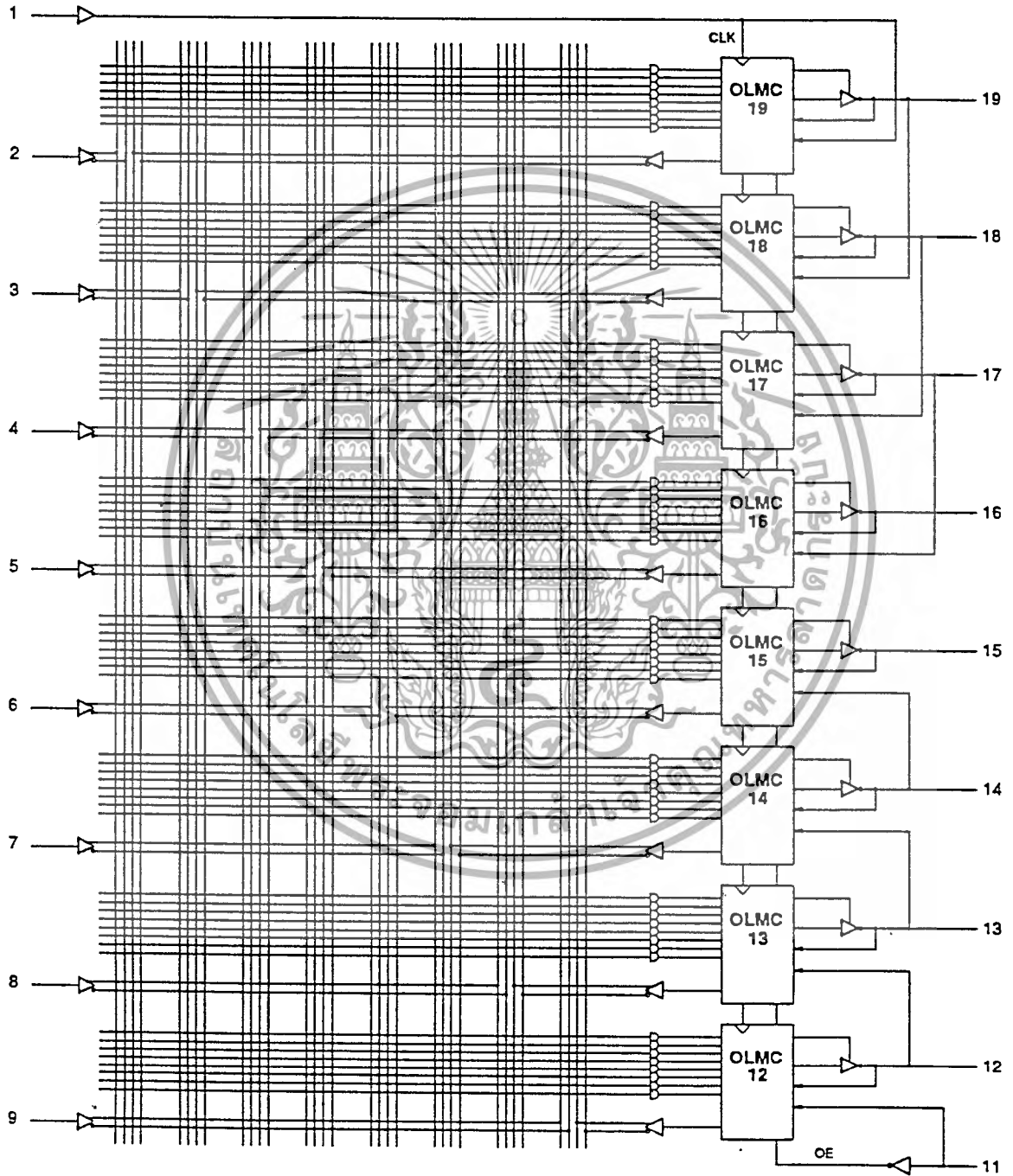
DIP

Chip Carrier

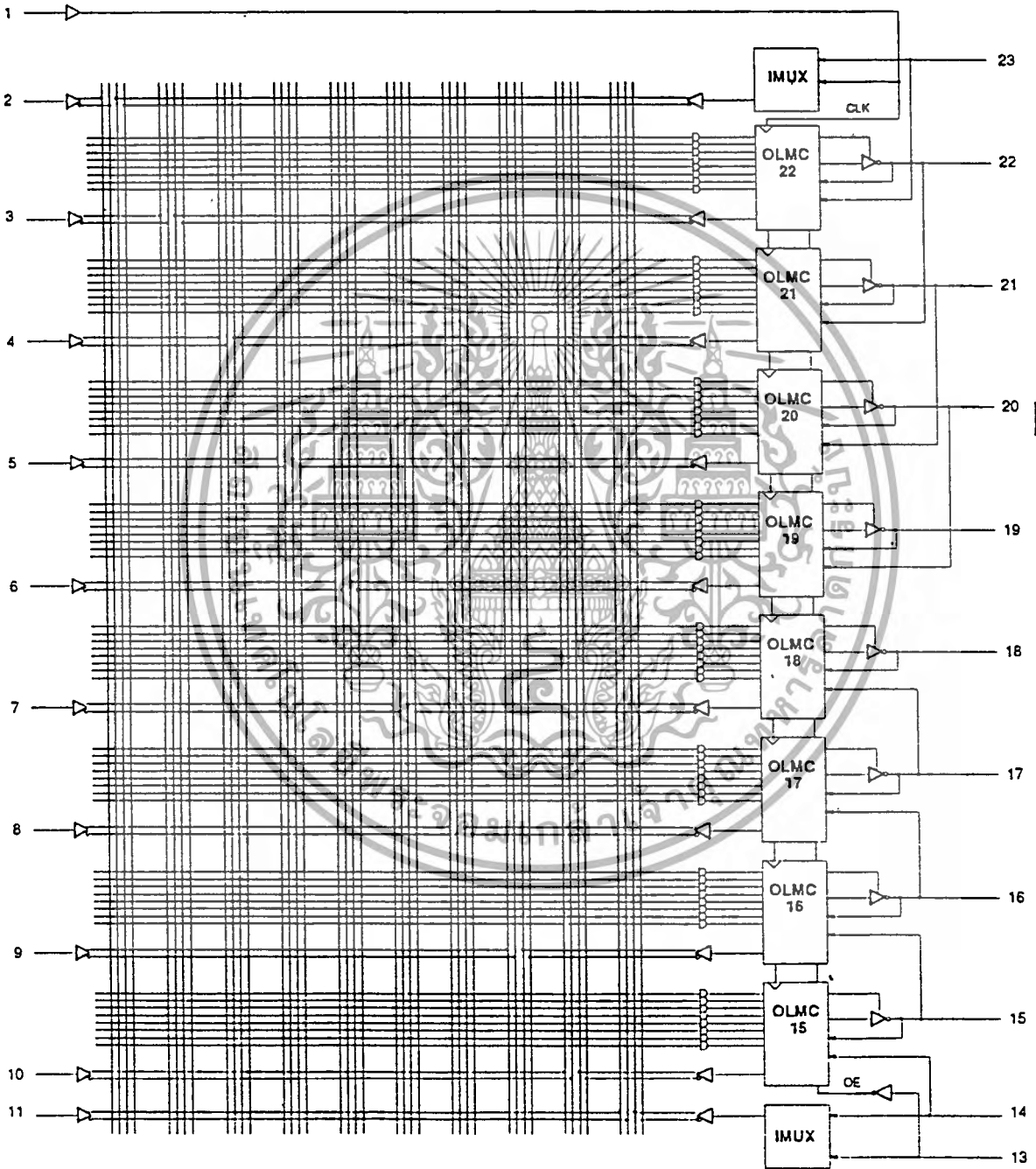
DIP



GAL16V8A LOGIC DIAGRAM



GAL20V8A LOGIC DIAGRAM



2

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

GAL16 / 20V8A-10L Commercial

Over Recommended Operating Conditions (Unless Otherwise Specified)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS
VOL	Output Low Voltage		—	—	0.5	V
VOH	Output High Voltage		2.4	—	—	V
IIL, IIH	Input Leakage Current		—	—	±10	µA
I _{VOQ}	Bidirectional Pin Leakage Current		—	—	±10	µA
I _{OS} ¹	Output Short Circuit Current	V _{CC} = 5V / V _{OUT} = Gnd	-30	—	-150	mA
I _{CC}	Operating Power Supply Current	V _{IL} = 0.5V / V _{IH} = 3.0V / f _{toggle} = 25MHz	—	75	115	mA

1) One output at a time for a maximum duration of one second.

DC RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

GAL16 / 20V8A-10L Commercial

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	MAX.	UNITS
T _A	Ambient Temperature	0	75	°C
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5.25	V
V _{IL}	Input Low Voltage	V _{SS} - 0.5	0.8	V
V _{IH}	Input High Voltage	2.0	V _{CC} +1	V
I _{OL}	Low Level Output Current	—	24	mA
I _{OH}	High Level Output Current	—	-3.2	mA

SWITCHING CHARACTERISTICS

GAL16 / 20V8A-10L Commercial

Over Recommended Operating Conditions

PARAMETER	#	FROM	TO	DESCRIPTION	TEST COND. ¹⁾	MIN.	MAX.	UNITS
t _{pd}	1	I, I/O	O	Combinational Propagation Delay	1	3	10	ns
	2	CLK	O	Clock to Output Delay	1	2	8	ns
t _{en}	3	I, I/O	O	Output Enable, Z → O	2	—	10	ns
	4	\overline{OE}	O	Output Register Enable, Z → O	2	—	10	ns
t _{dis}	5	I, I/O	O	Output Disable, O → Z	3	—	10	ns
	6	\overline{OE}	O	Output Register Disable, O → Z	3	—	10	ns

1) Refer to Switching Test Conditions section.

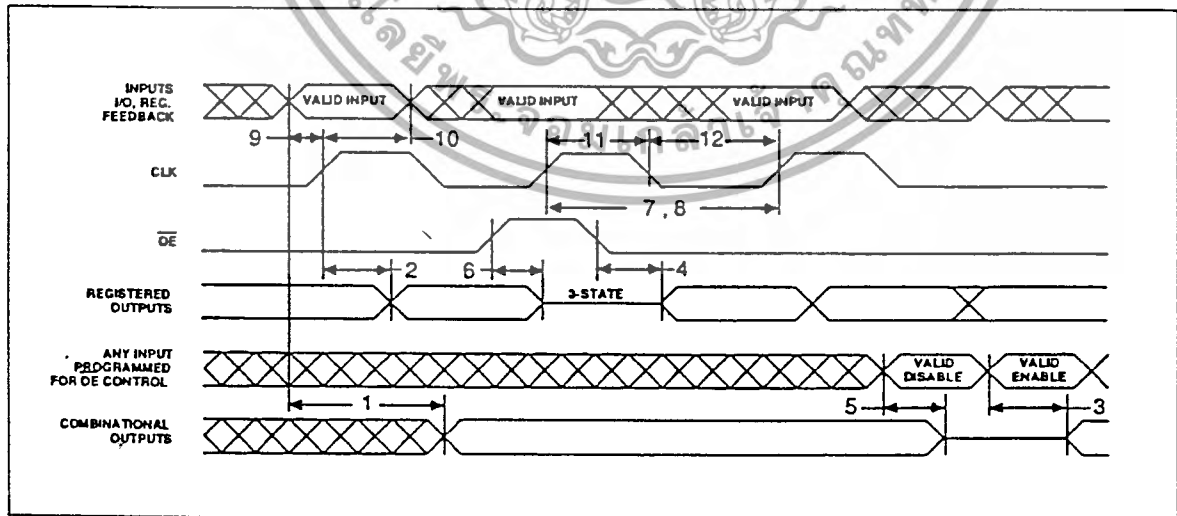
AC RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

GAL16 / 20V8A-10L Commercial

PARAMETER	#	DESCRIPTION	TEST COND.	MIN.	MAX.	UNITS
f _{clk}	7	Clock Frequency without Feedback	1	0	62.5	MHz
	8	Clock Frequency with Feedback	1	0	55.5	MHz
t _{su}	9	Setup Time, Input or Feedback, before CLK ↑	—	10	—	ns
t _h	10	Hold Time, Input or Feedback, after CLK ↑	—	0	—	ns
t _w	11	Clock Pulse Duration, High	—	8	—	ns
	12	Clock Pulse Duration, Low	—	8	—	ns

2

SWITCHING WAVEFORMS



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

GAL16 / 20V8A-12L Commercial

Over Recommended Operating Conditions (Unless Otherwise Specified)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS
VOL	Output Low Voltage		—	—	0.5	V
VOH	Output High Voltage		2.4	—	—	V
IIL, IIH	Input Leakage Current		—	—	±10	μA
IIVO/O	Bidirectional Pin Leakage Current		—	—	±10	μA
IOS ¹	Output Short Circuit Current	V _{CC} = 5V V _{OUT} = Gnd	-30	—	-150	mA
ICC	Operating Power Supply Current	V _{IL} = 0.5V V _{OH} = 3.0V f _{toggle} = 25MHz	—	75	115	mA

1) One output at a time for a maximum duration of one second.

DC RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

GAL16 / 20V8A-12L Commercial

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	MAX.	UNITS
TA ¹	Ambient Temperature	0	75	°C
VCC	Supply Voltage	4.75	5.25	V
VIL	Input Low Voltage	V _{SS} - 0.5	0.8	V
VIH	Input High Voltage	2.0	V _{CC} +1	V
IOL	Low Level Output Current	—	24	mA
IOH	High Level Output Current	—	-3.2	mA

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องพ่วงโทรศัพท์ไร้สาย

MULTIPLE CORDLESS TELEPHONE

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการของโทรศัพท์ไร้สาย
2. เพื่อออกแบบเครื่องพ่วงโทรศัพท์ไร้สาย
3. เพื่อสร้างเครื่องพ่วงโทรศัพท์ไร้สาย
4. เพื่อนำเครื่องพ่วงโทรศัพท์ไร้สายไปใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงหลักการทำงานเครื่องโทรศัพท์
2. สามารถออกแบบเครื่องส่ง และเครื่องรับวิทยุ
3. สามารถสร้างเครื่องพ่วงโทรศัพท์ไร้สาย
4. สามารถนำโทรศัพท์ระบบธรรมดามาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

การที่ปริญญานิพนธ์นี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ
อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการทำปริญญานิพนธ์
และขอขอบคุณสำหรับเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและเอื้อเฟื้อแรงกายสละเวลามาช่วยเหลือรวม
ทั้งเครื่องมืออุปกรณ์สำหรับการสร้างชุดต้นแบบ

ท้ายสุดของกิติกรรมประกาศนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ซึ่งเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ
อย่างมากที่สุด ทั้งด้านกำลังใจ และทุนในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้