ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย

Wireless Private Automatic Branch Exchange

ชื่อนักศึกษา

1. นายบัญญัติ หลังเสษ	รหัสประจำตัว	45035304
2. นายปฏิยุทธ์ บุญมูสิก	รหัสประจำตัว	45035305
3. นายปัญญา อริยพุทธิวงศ์	รหัสประจำตัว	45035307
4. นางสาวโศรดา ใหม่น้อย	รหัสประจำตัว	45035320

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม 1. อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

2. อาจารย์โกศล ตราชู

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
2. อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์	
3. อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ	
4. อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ	
5. อาจารย์โกศล ตราชู	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันจันทร์ที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2547 เวลา 17.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน มี.ค. พ.ศ. 47

<BT4620152>
ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย

WIRELESS PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

นายบัญญัติ หลังเศษ
นายปฏิยุทธ์ บุญมูสิก
นายปัญญา อริยพุทธิวงศ์
นางสาวโศรดา ใหม่น้อย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 51051
วัน,เดือน,ปี 29 มิ.ย. 2547

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย

Wireless Private Automatic Branch Exchange

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ การสื่อสารไร้สาย
2. เพื่อออกแบบวงจรโทรศัพท์ไร้สาย ออกแบบโปรแกรมควบคุม และนำชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติมาพัฒนา
3. เพื่อสร้างชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย
4. เพื่อทดลองการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย
5. เพื่อนำชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายไปใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ การสื่อสารไร้สาย
2. ได้โทรศัพท์ไร้สาย โปรแกรมควบคุมและชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ
3. ได้ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย
4. ได้ผลการทดลองการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย
5. ได้ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายไปใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย	
นักศึกษา	นายบัญญัติ	หลังเศษ
	นายปฏิยุทธ์	บุญมูสิก
	นายปัญญา	อริยพุทธิวงศ์
	นางสาวโศรดา	ใหม่น้อย
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ประเสริฐ	เดนพันค้อ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ
	อาจารย์โกศล	ตราชู
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2546	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย โครงงานนี้ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งประกอบด้วยชุดควบคุม 1 ชุด ส่วนที่สองคือ โทรศัพท์ไร้สาย 2 เครื่อง และส่วนที่สามเป็นอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย 2 เครื่อง ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายถูกออกแบบให้ใช้งานที่ย่านความถี่ VHF สามารถใช้งานได้ 1 คู่สายภายนอก 4 คู่สายภายใน สามารถใช้สนทนาภายในได้ 2 คู่สนทนา ใช้งานได้ในรัศมีสูงสุด 50 เมตร สามารถพกพาเครื่องโทรศัพท์ไร้สายไปยังบริเวณต่างๆ ของสำนักงานภายในรัศมีที่ใช้งานได้ และสามารถนำเครื่องโทรศัพท์แบบธรรมดาที่ใช้ในปัจจุบันมาต่อใช้งานกับชุดต่อผ่านไร้สายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Wireless Private Automatic Branch Exchange	
Students	Mr. Banyat	Langses
	Mr. Patiyut	Boonmusik
	Mr. Punya	Ariyaputtiwong
	Miss Sorada	Mainoi
Advisor	Mr. Prasert	Kenpankho
Co-Advisors	Mr. Amornchai	Chaichana
	Mr. Koson	Trachu
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2003	

ABSTRACT

This thesis is to propose design and making of the wireless PABX. This project is separated into three parts. The first part consists of one set of control set. The second part consists of two sets of the wireless telephones. The last part consists of two sets of equipment connected to wireless telephones. This wireless PABX is designed to work in ranges areas of VHF frequency. It is available for one external line, four internal lines, and two lines for internal talks. These lines are available the highest radian in fifty meters. Moreover, the wireless PABX can be portable to any area of office that is in the available radian, and connected with normal telephones.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณอาจารย์ ประเสริฐ เคนพันค้อ และคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งยังให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ไขปัญหาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักหอสมุดกลาง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล สุดท้ายที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดาและมารดาที่เป็นผู้ให้ความสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ระบบโทรศัพท์	4
2.2.1 ระบบโทรศัพท์สายแบบส่งสัญญาณความถี่คู่	6
2.2.2 การเชื่อมต่อระบบ ดีทีเอ็มเอฟ กับสายส่งสัญญาณ	6
2.2.3 ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ	7
2.2.4 ไดนามิกอิมพิแดนซ์	8
2.2.5 ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณ	8
2.2.6 ข้อดีสำหรับการส่งสัญญาณแบบ ดีทีเอ็มเอฟ	8
2.2.7 ระบบสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์	8
2.2.8 วงจรถอดรหัส	10
2.2.9 อุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ	10
2.3 ชุมสายโทรศัพท์ชนิดต่างๆ	12
2.3.1 ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง	12
2.3.2 ชุมสายต่อผ่าน	12
2.4 มาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	13
2.5 หลักการทำงานของโทรศัพท์ไร้สาย	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.1 ส่วนฐานโทรศัพท์	14
2.5.2 ส่วนมือถือ	15
2.6 ระบบความถี่ที่ใช้งานในโทรศัพท์ไร้สาย	16
2.7 การส่งสัญญาณติดต่อสื่อสาร	17
2.7.1 สัญญาณเรียกเข้า	17
2.7.2 สัญญาณโทรออก	18
2.8 ความรู้พื้นฐานการสื่อสารไร้สาย	19
2.9 ระบบคลื่นพาหะที่เป็นระบบคลื่นวิทยุ	19
2.10 การมอดูเลชั่น	20
2.10.1 การมอดูเลชั่นแอมปลิจูด	20
2.10.2 การมอดูเลชั่นทางความถี่	25
2.10.3 ความถี่ข้างเคียงและดัชนีการมอดูเลชั่น	28
2.10.4 วงจรมอดูเลตสัญญาณ	29
2.11 การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์	30
2.12 เครื่องรับ-ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ	31
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	33
3.1 กล่าวนำ	33
3.2 หลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายเบื้องต้น	33
3.3 วงจรภาคส่ง	34
3.3.1 การออกแบบและการสร้าง	34
3.3.2 การทำงาน	34
3.4 วงจรภาครับ	35
3.4.1 การออกแบบและการสร้าง	35
3.4.2 การทำงาน	35
3.5 วงจรควบคุมการยกหูวางหู	36
3.5.1 การออกแบบและการสร้าง	36
3.5.2 การทำงาน	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.6 วงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	37
3.6.1 การออกแบบและการสร้าง	37
3.6.2 การทำงาน	37
3.7 วงจรโทรศัพท์	38
3.7.1 การออกแบบและการสร้าง	38
3.7.2 การทำงาน	38
3.8 วงจรกำเนิดสัญญาณ DTMF	39
3.8.1 การออกแบบและการสร้าง	39
3.8.2 การทำงาน	40
3.9 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	40
3.9.1 การออกแบบและการสร้าง	40
3.9.2 การทำงาน	40
3.10 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	41
3.10.1 การออกแบบและการสร้าง	41
3.10.2 การทำงาน	41
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	43
4.1 วงจรภาคส่ง	43
4.1.1 การทดลอง	43
4.1.2 ผลการทดลอง	44
4.2 วงจรควบคุมการยกหูวางหู	48
4.1.1 การทดลอง	48
4.2.2 ผลการทดลอง	49
4.3 วงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	50
4.3.1 การทดลอง	50
4.3.2 ผลการทดลอง	50
4.4 ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF	51
4.4.1 การทดลอง	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.4.2 ผลการทดลอง	52
4.5 วงจรถอดรหัส DTMF	56
4.5.1 การทดลอง	56
4.5.2 ผลการทดลอง	57
4.6 การติดต่อจากคู่สายภายในไปยังคู่สายภายนอก	57
4.6.1 การทดลอง	57
4.6.2 ผลการทดลอง	58
4.7 การติดต่อคู่สายภายใน	58
4.7.1 การติดต่อระหว่างโทรศัพท์ไร้สายกับอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย	58
4.7.2 การติดต่อระหว่างโทรศัพท์ไร้สายกับโทรศัพท์ไร้สาย	58
บทที่ 5 บทสรุป	60
5.1 สรุป	60
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	60
5.3 แนวทางพัฒนา	61
บรรณานุกรม	62
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	63
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	70
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	76
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน	82
ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	89
ประวัติผู้แต่ง	130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ	30
2.1 (ต่อ) ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ	31
4.1 สภาวะการทำงาน	49
4.2 ค่าของสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจร	57
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคส่ง	77
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาครับ	77
ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรภาครับ	78
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการยกหูวางหู	78
ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการยกหูวางหู	79
ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	79
ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	80
ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรโทรศัพท์	80
ค.5 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรโทรศัพท์	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น	6
2.2 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอน และแนวตั้งของหมายเลขนั้นๆ	7
2.3 สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์	9
2.4 การแยกรับและส่งของสัญญาณเสียง	11
2.5 คุณสมบัติการส่งสัญญาณ	11
2.6 ส่วนประกอบของโทรศัพท์ไร้สายโดยพื้นฐาน	14
2.7 ส่วนฐานโทรศัพท์	14
2.8 ส่วนมือถือ	15
2.9 สัญญาณข้อมูล สัญญาณพาหะ และสัญญาณผลลัพธ์ที่ได้จากการมอดูเลต	21
2.10 สัญญาณแอมปลิจูดมอดูเลชั่น	23
2.11 สัญญาณเอฟเอ็ม	26
2.12 ระบบการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่โดยตรง	26
2.13 ระบบการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่ทางอ้อม	27
2.14 แถบความถี่ของสัญญาณเอฟเอ็ม	28
3.1 แผนผังการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย เบื้องต้น	33
3.2 วงจรภาคส่ง	35
3.3 วงจรภาครับ	36
3.4 วงจรควบคุมการยกหูวางหู	37
3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	38
3.6 วงจร โทรศัพท์	39
3.7 ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF	40
3.8 วงจรถอดรหัส DTMF	41
3.9 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	42
4.1 วงจรภาคส่ง	43
4.2 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 87.5 MHz	44
4.3 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 87.9 MHz	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 91.9 MHz	45
4.5 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 92.5 MHz	45
4.6 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 95.5 MHz	46
4.7 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 98.3 MHz	46
4.8 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 101.43MHz	47
4.9 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่101.4MHz	47
4.10 วงจรควบคุมการยกหูวางหู	48
4.11 วงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	50
4.12 ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF	51
4.13 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 1	52
4.14 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 2	52
4.15 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 3	53
4.16 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 4	53
4.17 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 5	53
4.18 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 6	54
4.19 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 7	54
4.20 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 8	54
4.21 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 9	55
4.22 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 0	55
4.23 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่ม*	55
4.24 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่ม#	56
4.25 วงจรถอดรหัส DTMF	56
ก.1 ภาพด้านหน้าของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย	64
ก.2 ภาพด้านหน้าของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย	64
ก.3 ภาพด้านหลังของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย	65
ก.4 การจัดวางอุปกรณ์ภายในของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย	65
ก.5 ภาพด้านบนของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.6 ภาพด้านซ้ายของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย	66
ก.7 ภาพด้านขวาของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย	67
ก.8 ภาพด้านหลังของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย	67
ก.9 การจัดวางอุปกรณ์ภายในของโทรศัพท์ไร้สาย	68
ก.10 ภาพด้านหน้าของโทรศัพท์ไร้สาย	68
ก.11 การจัดวางอุปกรณ์ภายในของโทรศัพท์ไร้สาย	69
ข.1 วงจรควบคุมการยกหูวางหู	71
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการยกหูวางหู	71
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ควบการยกหูวางหู	71
ข.4 วงจรโทรศัพท์	72
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์โทรศัพท์	72
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์โทรศัพท์	72
ข.7 วงจรภาคส่ง	73
ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคส่ง	73
ข.9 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรภาคส่ง	73
ข.10 วงจรภาครับ	74
ข.11 แผ่นวงจรพิมพ์ภาครับ	74
ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรภาครับ	74
ข.13 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	75
ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	75
ข.15 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	75
ง.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของส่วนฐานชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย (ด้านหน้า)	84
ง.2 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของส่วนฐานชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย (ด้านหลัง)	84
ง.3 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของโทรศัพท์ไร้สาย (ด้านบน)	85
ง.4 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของโทรศัพท์ไร้สาย (ด้านข้าง)	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการสื่อสารนั้น มีอยู่หลายรูปแบบต่างๆ กันมากมาย ระบบโทรศัพท์ก็เป็นอีกระบบหนึ่งที่มีความสะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการใช้งานตลอดจนมีความประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าระบบอื่นๆ การใช้งานโทรศัพท์ที่ผ่านมามีเพียง 1 หมายเลขต่อเครื่องโทรศัพท์ 1 เครื่อง ถ้าต้องการที่จะใช้งานโทรศัพท์หลายเครื่องในแผนกต่างๆ ของสำนักงาน ก็จะต้องเชื่อมต่อสายจากโทรศัพท์ที่ใช้งานอยู่ไปยังเครื่องต่างๆ ที่ต้องการ ทำให้ยุ่งยากในการเชื่อมต่อและขาดความคล่องตัวในการใช้งาน สำหรับในการใช้งานนั้นทุกเครื่องสามารถที่จะรับฟังและสามารถพูดคุยได้พร้อมๆ กัน จึงทำให้ขาดความปลอดภัยในข้อมูลข่าวสาร และเมื่อมีการเรียกเข้า โทรศัพท์ทุกเครื่องจะดังพร้อมกัน ทำให้เกิดความรำคาญและเกิดการสับสนในการรับสายของผู้ที่ใช้งาน

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงได้มีการสร้างเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ (PABX) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์แยกออกมาใช้งานได้อย่างอิสระ แต่จะต้องใช้สายนำสัญญาณในการเชื่อมต่อ ซึ่งมีขีดความสามารถที่จำกัดในการใช้งานในกรณีที่ผู้ใช้ไม่ได้อยู่ใกล้เครื่องโทรศัพท์ เพราะไม่สามารถที่จะพกพาโทรศัพท์ไปยังบริเวณต่างๆ ภายในสำนักงานได้

จากการแก้ปัญหาที่มีอยู่เดิม ยังขาดความคล่องตัวในการใช้งานโทรศัพท์ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาโดยเน้นให้มีความคล่องตัวในการใช้งานโทรศัพท์ภายในสำนักงานมากยิ่งขึ้น จึงคิดที่จะสร้างเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติแบบไร้สาย ซึ่งผู้ใช้สามารถที่จะพกพาเครื่องโทรศัพท์ไปยังบริเวณต่างๆ ภายในสำนักงานได้ และยังมีชุดต่อผ่านแบบไร้สายที่สามารถนำเครื่องโทรศัพท์แบบธรรมดาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมาใช้งานได้

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. มีชุดควบคุม 1 ชุด โทรศัพท์ไร้สาย 2 เครื่อง และอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย 2 เครื่อง
2. ใช้งานที่ย่านความถี่ VHF
3. สามารถใช้งานได้ 1 คู่สายภายนอก 4 คู่สายภายใน
4. สามารถสนทนาภายในได้ 2 คู่สนทนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สามารถนำเครื่องโทรศัพท์แบบธรรมดาที่ใช้ในปัจจุบันมาต่อใช้งานกับชุดต่อผ่านไร้สายได้

6. สามารถใช้งานได้ในรัศมีสูงสุด 50 เมตร

7. สามารถพกพาเครื่องโทรศัพท์ไร้สายไปยังบริเวณต่างๆ ของสำนักงานภายในรัศมีที่ใช้งานได้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้กล่าวถึงทฤษฎี และรายละเอียดเกี่ยวกับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายซึ่งได้แบ่งเป็นบทต่างๆ ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงานและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วยทฤษฎีต่างๆ เกี่ยวกับระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ การเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ ไดนามิกอิมพิแดนซ์ ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณ ข้อดีสำหรับการส่งสัญญาณแบบ DTMF ระบบสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์ วงจรถอดรหัส อุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ ชุมสายโทรศัพท์ชนิดต่างๆ มาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ หลักการทำงานของโทรศัพท์ไร้สาย ส่วนฐานโทรศัพท์ ส่วนมือถือ ระบบความถี่ที่ใช้งานในโทรศัพท์ไร้สาย การส่งสัญญาณติดต่อสื่อสาร สัญญาณเรียกเข้า สัญญาณโทรออก

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงงาน ผังวงจรต่างๆที่ใช้ในโครงงาน เช่น ของ วงจรผลิตความถี่คู่ วงจรถอดรหัสความถี่คู่เป็นเลขไบนารี่ วงจรโทรศัพท์ไร้สาย วงจรภาคส่ง วงจรวงจรภาครับ วงจรควบคุมการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง วงจรจำลองการยกหูและวางหู ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF โครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองของวงจรภาคส่ง วงจรภาครับ วงจรผลิตความถี่คู่ วงจรถอดรหัสความถี่คู่เป็นเลขไบนารี่ วงจรโทรศัพท์ไร้สาย วงจรควบคุมการยกหูวางหู วงจรจำลองการยกหูวางหู และตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง เป็นคู่มือการใช้งานชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย

ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ใน โครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย เป็นการติดต่อระหว่างชุมสายภายนอก ชุดควบคุม และโทรศัพท์ไร้สาย ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจการทำงานของระบบ ตลอดจนการออกแบบ และการสร้าง ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย จะต้องทราบเกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูล รายละเอียดเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์ การมอดูเลชั่น หลักการทำงานของโทรศัพท์ไร้สาย ระบบความถี่ที่ใช้งานในโทรศัพท์ไร้สาย การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ มาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ เครื่องรับ-ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ นอกจากจะทำให้เข้าใจการทำงานของระบบ สามารถออกแบบ และสร้างชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายได้แล้วยังเป็นแนวทางที่จะพัฒนาต่อไปได้อีกด้วย ซึ่งเนื้อหาที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นได้แสดงรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

2.2 ระบบโทรศัพท์

โทรศัพท์มี 2 แบบ คือ แบบกดปุ่มและแบบหมุนแต่ละหน้าที่ของทั้ง 2 ระบบจะเหมือนๆ กัน ต่างกันตรงที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกเป็นความถี่ที่แตกต่างกัน ส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์ หน้าที่หลักของทั้ง 2 แบบเหมือนกันสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ชุมสายโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์เมื่อมีการยกหูขึ้น

2) ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณหมุน บอกว่าพร้อมที่จะให้ทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ ซึ่งก็คือเสียงที่ได้ยินเมื่อเวลายกหูเป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ มอดูเลตรวมกัน

3) เครื่องโทรศัพท์ทำหน้าที่ส่งรหัสหมายเลขที่ผู้เรียกต้องการติดต่อด้วยไปยังชุมสายโทรศัพท์

4) ชุมสายโทรศัพท์บอกให้ผู้เรียกรู้ว่าหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณเรียกกลับ ซึ่งมีความถี่ 440 เฮิรตซ์ กับ 480 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมาโดยจะดัง 2 วินาที แล้วเงียบ 4 วินาที สลับกันไป แต่ถ้าหมายเลขที่ต้องการจะเรียกไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณความถี่ 480 เฮิรตซ์ กับ 620 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมาโดยจะดัง 0.5 วินาที แล้วหยุด 0.5 วินาที สลับกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เครื่องโทรศัพท์สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและสัญญาณไฟฟ้ากลับมาให้เป็นพลังงานเสียง

6) เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับแรงดันอย่างอัตโนมัติในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขึ้น

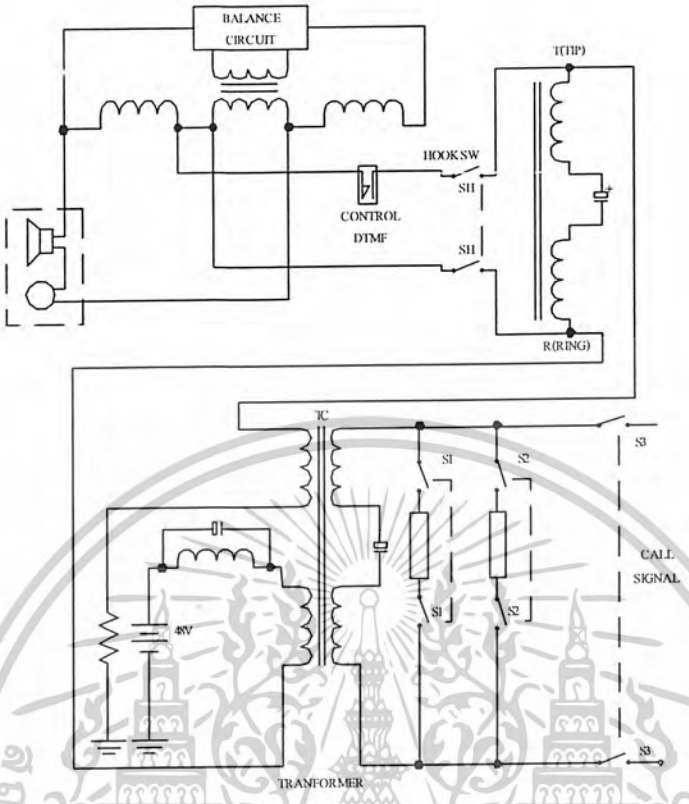
7) เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปยังชุมสายเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิ้นสุดการใช้งานแล้วและให้ชุมสายเลิกทำการติดต่อกับอีกฝ่ายหนึ่งได้

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่าโทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสาย 2 เส้น คือ T (TIP) และ R (RING) เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์ขึ้นแหล่งจ่ายไฟตรงของชุมสายโทรศัพท์ (48 โวลต์) จะถูกต่อเข้ากับวงจรเครื่องโทรศัพท์โดยสุกสวิตช์ ซึ่งในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟัง (ซึ่งรวมทั้งไมโครโฟนด้วย) กับสายโทรศัพท์จะต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติโดยทำหน้าที่ปรับอิมพิแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้มีความสมดุลกัน เพื่อให้การรับส่งสัญญาณนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุดรวมไปถึงการทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไปในระดับที่เหมาะสมเมื่อมีการติดต่อระหว่างโทรศัพท์กับชุมสายแล้วก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สวิตซ์ชิ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายนี้ไม่ว่างแล้ว

สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ก็คือการส่งขบวนพัลส์ตั้งแต่ 1 ถึง 10 พัลส์ เช่น ถ้ามีการส่งพัลส์ 1 พัลส์ หมายถึง การหมุนหมายเลข 1 การส่งพัลส์ 2 พัลส์ หมายถึง การหมุนหมายเลข 2 ดังนั้นถ้าหมุนหมายเลข 9 ก็จะมีการส่งพัลส์จำนวน 9 พัลส์นั้นเองความเร็วในการส่ง คือ 10 พัลส์ต่อวินาที สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้ในการกดปุ่มนั้นจัดเป็นการส่งสัญญาณที่มีค่าความถี่แตกต่างกันออกไป สำหรับแต่ละหมายเลขที่มีอยู่ 16 ตัว ความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียงเพียงแต่ว่าในการกดปุ่มครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณเสียงที่มอดูเลตแล้วถูกส่งออกไป 2 ความถี่ตามรูปที่ 2.2

ทางชุมสายเมื่อรับข้อมูลจากผู้รับเรียบร้อยแล้วก็จะแปลงสัญญาณที่ได้รับเข้ามาสั่งให้อุปกรณ์สวิตช์ชิ่งทำงานเพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียกถ้าปลายสายที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่างชุมสายจะส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าไม่สามารถต่อวงจรให้ได้แต่ถ้าปลายสายว่างก็จะส่งสัญญาณเรียกไปยังผู้ถูกเรียกและส่งสัญญาณเรียกกลับไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถต่อวงจรให้ได้ตามต้องการแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

เมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้ง 2 ฝ่ายวางหูโทรศัพท์ลง สัญญาณจากฮุกสวิตช์ก็จะบอกชุมสายให้ทำการเปิดวงจรที่ติดต่ออยู่ออกจากอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ว่างพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

2.2.1 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (Dual Tone Multifrequency Type)

เป็นระบบการส่งอีกแบบหนึ่งซึ่งพบได้มากกว่าในระบบการส่งเป็นสัญญาณพัลส์ระบบนี้หรือเรียกชื่อย่อว่า DTMF มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการติดต่อด้วยโดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดูเลตกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ความถี่ที่ส่งออกไปจะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด (0-4 กิโลเฮิรตซ์) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอน และอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นในแนวตั้ง ซึ่งค่าต่างๆ จะแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 ตัวอย่างเช่น เมื่อกดหมายเลข 5 จะมีความถี่ 770 เฮิรตซ์และ 1,336 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันออกไป

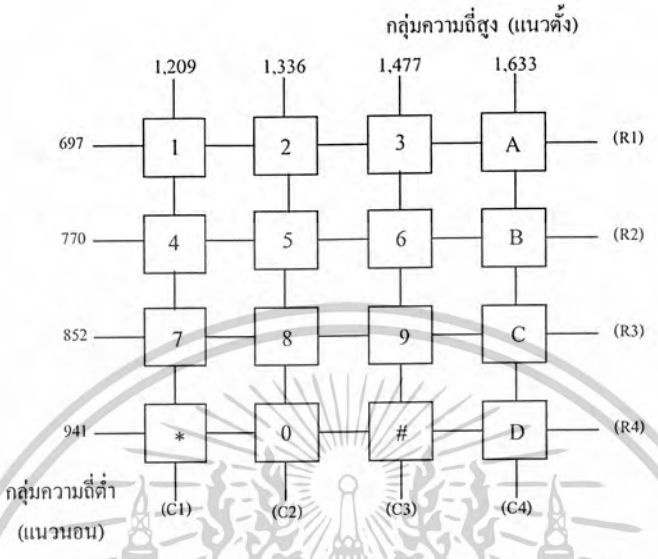
2.2.2 การเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ

1) ระดับแรงดันและกระแสลูปจะต้องรักษาให้คงที่ตลอดระยะทางของสายส่งสัญญาณ

2) วงจรออสซิลเลเตอร์จะต้องมีอิมพิแดนซ์ที่สมดุลกับสายส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ความถี่ที่ถูกผลิตขึ้นจะต้องไม่มีความผิดเพี้ยนทั้งคาบและขนาดของสัญญาณ



รูปที่ 2.2 แป้นกดหมายเลข ค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้นๆ

2.2.3 ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ

สำหรับข้อกำหนดของความผิดเพี้ยนของสัญญาณมีดังต่อไปนี้

1. สัญญาณอื่นที่สอดแทรกเข้ามาในสายส่งสัญญาณรวมกันแล้วจะต้องน้อยกว่าระดับของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปจริงอย่างน้อย 20 เดซิเบล

2. สำหรับสัญญาณที่สอดแทรกเข้ามาจะต้องมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

2.1 ต้องมีค่ามากกว่า -33 เดซิเบลเทียบกับ 1 มิลลิวัตต์ ในช่วง 300-3,400 เฮิรตซ์

2.2 ที่ความถี่ที่สูงกว่า 3,400 เฮิรตซ์ สัญญาณสอดแทรกจะต้องลดลง 12 เดซิเบล

2.3 ต้องมีระดับสัญญาณไม่มากกว่า 80 เดซิเบล ต่อออกไปจนถึงความถี่ 50 กิโลเฮิรตซ์ โดยที่ความผิดเพี้ยนถ้าถูกกำหนดในรูปเดซิเบล คือ

$$\text{ความผิดเพี้ยน} = 20 \log \frac{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2}}{\sqrt{v_L^2 + v_H^2}} \qquad (2.1)$$

เมื่อ v_1 ถึง v_n คือ ระดับของสัญญาณที่สอดแทรกเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

v_L คือ ระดับของสัญญาณความถี่ต่ำกว่า

v_H คือ ระดับของสัญญาณความถี่สูงกว่า

2.2.4 ไดนามิกอิมพิแดนซ์

วงจรกำเนิดความถี่สำหรับระบบ DTMF จะต้องมีอิมพิแดนซ์อย่างน้อย 900 โอมห์ ขณะที่ทำการผลิตความถี่ออกมาและต้องมีอิมพิแดนซ์ให้ต่ำที่สุดขณะที่ไม่ได้ทำการผลิตสัญญาณ

2.2.5 ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับของสัญญาณ

เป็นพารามิเตอร์อีกตัวที่จะต้องควบคุมโดยกำหนดค่าการสูญเสียในการสะท้อนกลับของสัญญาณหรือ RL ด้วยสมการ

$$RL = 20 \log \frac{Z_L + Z_G}{Z_L - Z_G} \tag{2.2}$$

เมื่อ Z_L คือ อิมพิแดนซ์ของสายส่งสัญญา

Z_G คือ อิมพิแดนซ์ของเครื่องโทรศัพท์

ค่ามาตรฐานสำหรับ RL ต้องมากกว่า 14 เดซิเบล ในช่วงความถี่ระหว่าง 300-3,400 เฮิรตซ์ ในช่วงความถี่ 50-300 เฮิรตซ์ และในช่วงความถี่ 3,400-20,000 เฮิรตซ์

2.2.6 ข้อดีสำหรับการส่งสัญญาณแบบ DTMF

1. ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
2. สามารถใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำได้ ทำให้เกิดความประหยัดและสะดวก
3. สามารถนำไปเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในชุมสายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.7 ระบบสัญญาณของชุมสายโทรศัพท์

สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์ที่ส่งมายังสมาชิกที่ใช้เป็นการบอกสถานการณ์การติดต่อของอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ในระบบโทรศัพท์และแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่าควรทำอย่างไรเมื่อได้รับสัญญาณแต่ละชนิด

สัญญาณสมาชิกในระบบโทรศัพท์

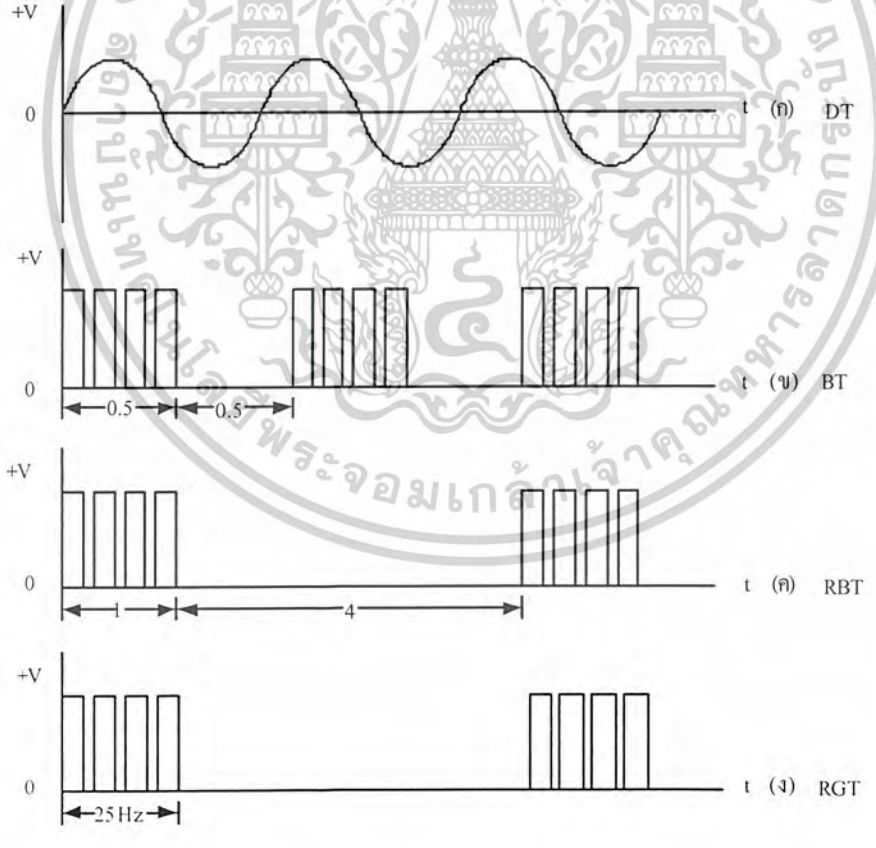
สัญญาณสมาชิก คือ สัญญาณที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์แจ้งสภาวะต่างๆ ในการติดต่อให้ผู้เรียกทราบว่าควรทำอย่างไรเมื่อได้รับสัญญาณ สัญญาณสมาชิกประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สัญญาณให้หมุน (Dial Tone : DT) เป็นสัญญาณเพื่อให้สมาชิกทราบว่าสามารถเริ่มทำการติดต่อส่งเลขหมายของผู้รับได้ สัญญาณให้หมุนได้นี้เป็นสัญญาณย่านความถี่ 400 Hz ส่งมาอย่างต่อเนื่องและมีระดับขนาด 400 mV_{p-p} แสดงดังรูปที่ 2.3 (ก)

2. สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone : BT) เป็นสัญญาณเพื่อแสดงให้สมาชิกทราบว่าผู้รับสายไม่ว่างหรือการต่อระหว่างชุมสายไม่ว่าง ผู้เรียกจึงควรวางหูโทรศัพท์สักระยะหนึ่งแล้วจึงทำการเรียกใหม่ สัญญาณไม่ว่างเป็นสัญญาณย่านความถี่ 400 Hz ส่งมาในคู่สายเป็นช่วงโดยเป็นจังหวะ 0.5 วินาที สลับกันและมีขนาด 250-300 mV_{p-p} ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ข)

3. สัญญาณเรียกกลับ (Ring back Tone : RBT) เป็นสัญญาณเพื่อแสดงว่าการต่อทุกขั้นตอนตามความต้องการของผู้เรียก เครื่องชุมสายโทรศัพท์สามารถดำเนินการติดต่อสำเร็จและแจ้งให้ผู้เรียกทราบ สัญญาณเรียกกลับเป็นสัญญาณย่านความถี่ 400 Hz ส่งออกมาเป็นช่วงเป็นจังหวะดัง 1 วินาที เงียบ 4 วินาที สลับกันไปและมีระดับขนาด 400 mV_{p-p} ดังรูปที่ 2.3 (ค)



รูปที่ 2.3 สัญญาณต่างๆ ในระบบชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone : RGT) เป็นสัญญาณที่แสดงว่าการต่อทุกขั้นตอนตามความต้องการของผู้เรียกไปยังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์สามารถดำเนินการติดต่อได้แล้วและส่งสัญญาณกริ่งให้ผู้รับตอบรับการเรียก สัญญาณกริ่งมีความถี่ในช่วง 25 Hz ส่งมาเป็นช่วงๆ โดยมีจังหวะดัง 1 วินาทีและเงียบ 4 วินาทีมีระดับขนาน 100 mV_{p-p} ดังรูปที่ 2.3 (ง)

2.2.8 วงจรถอดรหัส

วงจรที่ทำหน้าที่ถอดรหัสแบบ DTMF ในช่วงแรกๆ ใช้วงจรถอดรหัสหนึ่งวงจรต่อหนึ่งคู่สาย เมื่อมีการขยายวงจรการใช้งานโทรศัพท์ชุมสายก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้นภายในชุมสายจะมีคู่สายภายใต้การควบคุมเป็นจำนวนมาก การใช้วงจรถอดรหัสแบบถอดรหัสหมายเลข DTMF จึงเปลี่ยนมาเป็นลักษณะของการใช้งานร่วมกันระหว่างหลายๆ คู่สายจึงเกิดการซับซ้อนในการสร้างวงจรในลักษณะเช่นนี้ แต่ในปัจจุบันมีวงจรขนาดที่อยู่ในรูปวงจรสำเร็จรูปมีราคาถูกและง่ายต่อการใช้งาน วงจรถอดรหัส 1 วงจรต่อ 1 คู่สาย สัญญาณ DTMF ซึ่งจะประกอบไปด้วยสัญญาณที่มีความถี่ต่างกัน 2 สัญญาณตามตำแหน่งแนวตั้งและแนวนอนของปุ่มกดหมายเลข และทำการมอดูเลตเข้าด้วยกันก่อนที่จะทำการส่งออกไป

รายละเอียดของวงจรถอดรหัสแบบ DTMF ที่จำเป็นเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วงจรจะต้องสามารถถอดรหัสได้ถูกต้องและสัญญาณที่รับเข้ามาจะเบี่ยงเบนไปจากมาตรฐานแต่ต้องไม่เกิน $\pm 2\%$ ผ่านวงจรกรองความถี่ไปได้

2. วงจรถอดรหัสได้ก็ต่อเมื่อสัญญาณเข้ามามีระยะเวลาเข้ามาอย่างน้อย 40 ms

3. วงจรถอดรหัสจะถอดรหัสได้ถูกต้องต่อเมื่อสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาต้องมีช่วงห่างกับสัญญาณ DTMF ที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้เป็นเวลาอย่างน้อย 35 ms

4. วงจรถอดรหัสนี้จะต้องสามารถถอดรหัสสัญญาณของ DTMF ที่ไดนามิกเรนจ์สูงกว่า 27.5 dB โดยไม่มีความผิดพลาด

5. วงจรถอดรหัสยังทำงานได้ตลอดเวลาแม้ว่าในขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูดสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามาก็ไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด

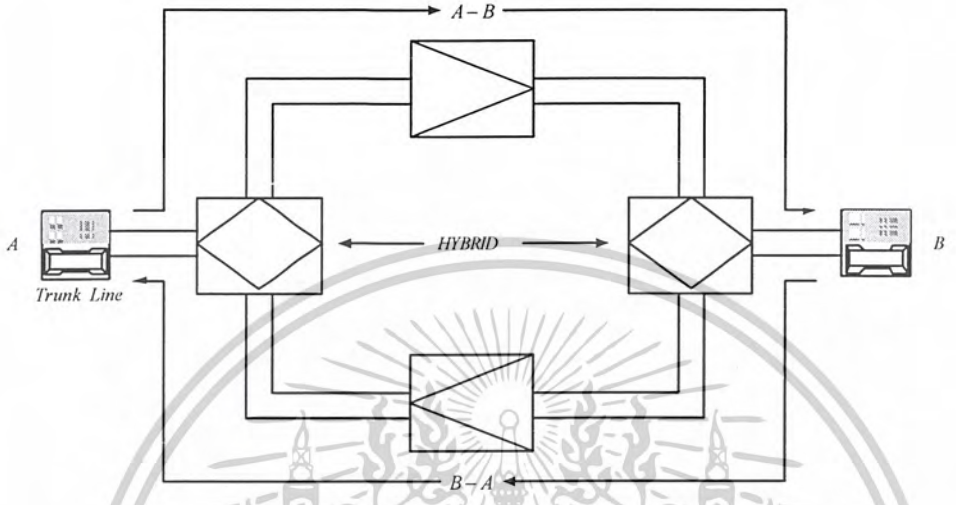
2.2.9 อุปกรณ์เชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ (Hybrid)

ตัวไฮบริดจ์นอกจากจะใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างสายหนึ่งคู่กับสายสองคู่แล้วอาจใช้หลักการเบื้องต้น คือ แยกการรับและการส่งของสัญญาณเสียง (0.3-3.4 kHz) โดยตรง โดยระหว่างทางจะมีเครื่องขยายสัญญาณไว้ตามที่แสดงไว้ดังรูปที่ 2.4

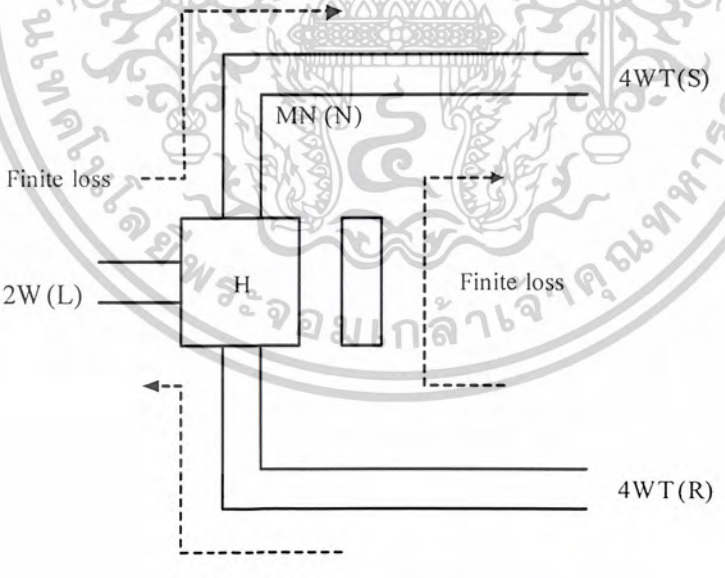
ซึ่งตัวไฮบริดจ์เป็นวงจรที่มีด้านเข้าออก 4 ทาง โดยกำหนดชื่อต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 คุณสมบัติของการส่งสัญญาณซึ่งกล่าวอย่างกว้างๆ คือ ยอมให้สัญญาณผ่านได้สะดวกระหว่างด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประชิด คือ มีการลดทอนน้อยไม่ยอมให้สัญญาณผ่านระหว่างด้านประชิด และไม่ยอมให้สัญญาณผ่านระหว่างด้านตรงข้ามซึ่งมีการลดทอนมากตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 การแยกรับและส่งของสัญญาณเสียง



รูปที่ 2.5 คุณสมบัติการส่งสัญญาณ

เมื่อ 2W : 2 Wire คือ ด้านที่ต่ออยู่กับชุมสาย บางทีเรียกว่า 2 Wire Line

4WS : 4 Wire Send (Transmit) คือ ทางออกไปยังด้านส่งในวงจรต่อๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4WR : 4 Wire Receiver คือ ทางด้านรับสัญญาณที่มาจากอุปกรณ์อีกด้านหนึ่งเพื่อส่งต่อไป 2W

BN : Banlancing Network มีเพื่อให้ไฮบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุลโดยปกติจะมีอิมพิแดนซ์ เท่ากับ Characterstic Impedance ของสายโทรศัพท์ (ประมาณ 600 โอห์ม)

2.3 ชุมสายโทรศัพท์ชนิดต่างๆ

ชุมสายโทรศัพท์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง และชุมสายที่ไม่มีผู้เช่าต่อเข้า

2.3.1 ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่ตู้สาขาและชุมสายท้องถิ่น

ตู้สาขา (Private Branch Exchange : PBX) และ PABX ถูกนำมาใช้ในสำนักงานทั่วไปอย่างมากมาย เพื่อใช้ติดต่อกันภายในโดยไม่ต้องผ่านชุมสายของตู้สาขาเช่น Calls, Back, Abbreviated Dialing และ Conference Calls เป็นต้น นอกจากนี้เบอร์ภายในยังสามารถต่อไปยังชุมสายท้องถิ่นเพื่อเรียกไปยังตู้ภายนอกได้อีกด้วย ตู้สาขาแบบนี้มีขนาดตั้งแต่จำนวน 2-3 คู่สายสนทนาภายในจนถึงจำนวนหลายๆ พันคู่สายสนทนาภายใน

ชุมสายท้องถิ่นแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชุมสายในเมืองและชุมสายชนบท สำหรับชุมสายในเมือง หมายถึง ชุมสายท้องถิ่นซึ่งเป็นสวิตช์ชิ่งเซ็นเตอร์ สำหรับเส้นทางการใช้คู่สายโทรศัพท์จากผู้เช่าภายในพื้นที่ของตัวเอง ชุมสายขนาดนี้มีตั้งแต่ร้อยๆ เลขหมายจนถึงจำนวนไม่มีขีดจำกัด การจำกัดจำนวนนั้นขึ้นอยู่กับราคาคู่สายของผู้เช่ามายังชุมสายชุมสายแบบนี้มักจะใช้ในเมืองและชุมชนขนาดใหญ่ ส่วนชุมสายชนบท คือ ชุมสายที่มีขนาดสิบๆ หมายเลขจนถึงจำนวนพันๆ หมายเลข ซึ่งมักใช้กับชุมสายที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากชุมสายชนบทมีขนาดเล็กและเส้นทางการใช้คู่สายโทรศัพท์ไปยังชุมชนส่วนกลางหรือชุมสายในเมืองสูง หน้าที่ของสวิตช์ชิ่งบางอย่างของชุมสายชนบทจะเป็นหน้าที่ของชุมสายส่วนกลางนั้นเป็นการประหยัดเงินและโครงข่าย

2.3.2 ชุมสายต่อผ่าน (Transit Exchange)

ชุมสายต่อผ่านเป็นชุมสายที่รับการใช้คู่สายโทรศัพท์ระหว่างชุมสายกับชุมสายและไม่มีผู้เช่าต่อตรงเข้ามายังชุมสาย โดยการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ต่อผ่านนี้จะต้องทำงานอย่างรวดเร็ว เพราะการที่ผู้เรียกเรียกไปยังผู้ถูกเรียกนั้นอาจต้องผ่านชุมสายต่อผ่านจำนวนหลายๆ ชุมสายก็ได้ ชุมสายต่อผ่านยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นและชุมสายต่อผ่านทางไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 มาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

ในการออกแบบชุมสายโทรศัพท์จำเป็นต้องคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นเมื่อนำตัวชุมสายต่อเข้ากับระบบโทรศัพท์หลักซึ่งสำคัญที่สุด คือต้องไม่รบกวนหรือทำให้ระบบของโทรศัพท์หลักทำงานผิดพลาด และยังสามารถติดต่อกับระบบโทรศัพท์ได้ด้วย ดังนั้นการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงมาตรฐานที่องค์การโทรศัพท์กำหนดไว้ ทั้งนี้เพื่อที่จะป้องกันผลเสียหายที่เกิดขึ้นได้และยังช่วยให้การศึกษาและพัฒนาในอนาคตทำอย่างมีระบบและมีความเชื่อถือได้

ข้อกำหนดทั่วไปของชุมสายมีดังนี้

1. อิมพิแดนซ์ของวงจรที่ความถี่เสียงเท่ากับ 600 โอห์ม
2. ค่าความต้านทานระหว่างสายตัวนำกับกราวด์ของระบบจะต้องมีค่าอย่างน้อย 24 กิโลโอห์ม
3. กระแสในสายโทรศัพท์มีค่าอย่างน้อย 20 มิลลิแอมป์
4. การลดทอนระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องโทรศัพท์สูงสุดไม่เกิน 7 เดซิเบล
5. การลดทอนสัญญาณรวมในระบบไม่เกิน 33 เดซิเบล
6. อุปกรณ์ที่ต้องมีความเกี่ยวข้องกับสัญญาณกระดิ่งหรือวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งต้องมีอิมพิแดนซ์มากกว่า 800 โอห์ม ที่ความถี่ 25 เฮิรตซ์ และไม่น้อยกว่า 20 กิโลโอห์ม ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์
7. การเชื่อมต่อกระดิ่งกับวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งนั้น ต้องต่อผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้งค่า 1 ถึง 2.2 ไมโครฟารัด
8. กระดิ่งหรือวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง จะต้องสามารถทำงานได้ที่ระดับสัญญาณกระดิ่งตั้งแต่ 35 โวลต์และสูงสุดไม่เกิน 100 โวลต์ที่ความถี่ 25 เฮิรตซ์

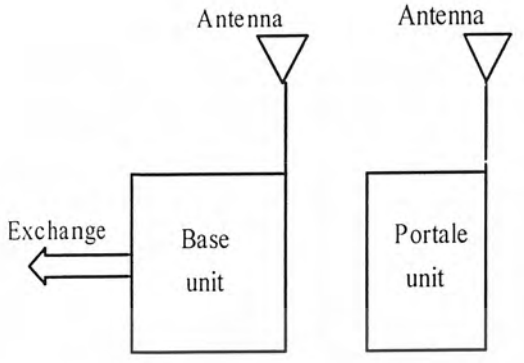
2.5 หลักการทำงานของโทรศัพท์ไร้สาย

โทรศัพท์ไร้สายมีองค์ประกอบเหมือนเครื่องโทรศัพท์ธรรมดาทั่วๆ ไปแต่มีส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นมาจากโทรศัพท์ธรรมดา คือ วงจรรับ-ส่งวิทยุ เพื่อที่จะสามารถทำให้การติดต่อสื่อสารระหว่างวิถีเสียงกับคู่สายจากองค์การโทรศัพท์ทำได้โดยการใช้อากาศเป็นตัวกลางในการเดินทางของสัญญาณ

โทรศัพท์ไร้สายประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนฐานโทรศัพท์
2. ส่วนมือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



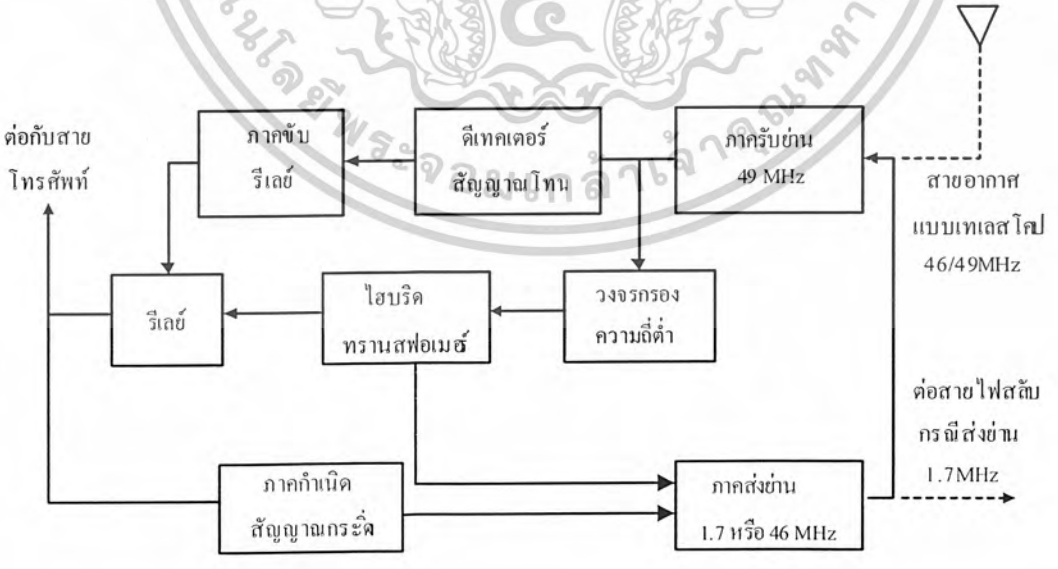
รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของโทรศัพท์ไร้สายโดยพื้นฐาน

2.5.1 ส่วนฐานโทรศัพท์

ส่วนของฐานเป็นส่วนที่วางอยู่กับที่ เพื่อต่อกับคู่สายโทรศัพท์จากชุมสายตามปกติในตัวฐานนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. วงจรที่ต่อกับคู่สายโทรศัพท์เพื่อติดต่อรับและส่งสัญญาณต่างๆ กับชุมสาย
2. วงจรเครื่องรับ-ส่งคลื่นวิทยุ

ในส่วนของฐานอาจเพิ่มวงจรสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ให้กับตัวมือถือและนำไฟจากส่วนนี้ไปเลี้ยงวงจรเครื่องส่งด้วย

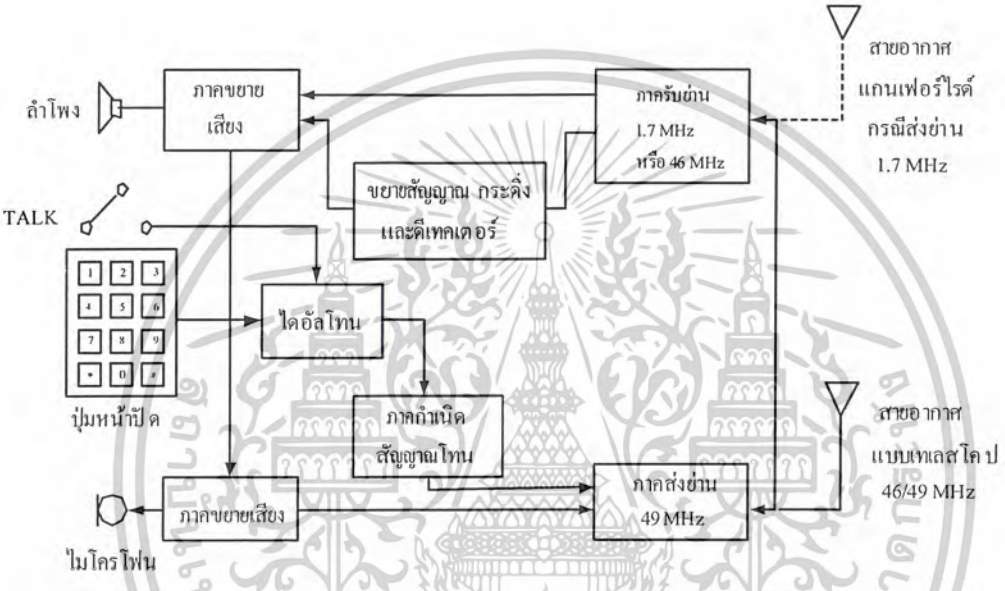


รูปที่ 2.7 ส่วนฐานโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ส่วนมือถือ

ส่วนมือถือ คือ ส่วนของตัวมือถือที่สามารถนำติดตัวไปได้ระยะห่างระหว่างตัวฐานกับส่วนของมือถือจะขึ้นอยู่กับวงจร รับ-ส่ง ว่าสามารถส่งได้ระยะไกลเท่าไรในการ รับ-ส่ง ยิ่งระยะไกลจะทำให้การ รับ-ส่ง มีประสิทธิภาพน้อยลง อาจมีเสียงรบกวนหรือเสียงเบาลง ส่วนของตัวมือถือประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ส่วนมือถือ

ขั้นตอนการติดต่อสื่อสารกันระหว่างส่วนฐานกับส่วนมือถือ มีขั้นตอนทำงานดังแผนผังการทำงาน ในรูปที่ 2.7และรูปที่2.8 การติดต่อระหว่างส่วนฐานไปยังส่วนมือถือนั้น ใช้ความถี่วิทยุเป็นความถี่คลื่นพาหะ จากส่วนฐานไปยังมือถือ ใช้ความถี่เท่ากับ 1.7 เมกะเฮิรตซ์

ในระยะเริ่มแรกการส่งจากส่วนฐานที่ความถี่ 1.7 เมกะเฮิรตซ์ ไปยังมือถือนั้นใช้สายไฟกระแสสลับตามบ้านเป็นสายอากาศ เนื่องจากที่ความถี่ต่ำจำเป็นต้องใช้สายอากาศด้านส่งที่ยาวมากๆ ซึ่งเกิดความไม่เหมาะสม

สำหรับในปัจจุบันนี้ ย่านความถี่คลื่นพาหะที่ใช้ส่งจากส่วนฐานไปยังส่วนมือถือนั้นส่งด้วยความถี่ 46 เมกะเฮิรตซ์ จากที่เคยใช้สายไฟกระแสสลับเป็นสายอากาศก็เปลี่ยนมาเป็นสายอากาศแบบเทเลสโคป ซึ่งเป็นสายอากาศชักขึ้นชักลงได้

ในส่วนฐานประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟสำหรับส่วนฐานเองและสำหรับชาร์จแรงไฟให้กับแบตเตอรี่ของส่วนมือถือด้วย แต่สำหรับส่วนมือถือเองยังคงส่งสัญญาณคลื่นพาหะความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49 เมกะเฮิรตซ์ ไปยังส่วนฐานอยู่และใช้สายอากาศแบบเทเลสโคปเช่นกัน ระบบการสั่งงานทั้งหมดอยู่ที่ส่วนมือถือ ตั้งแต่ตัวไมโครโฟน ปุ่มกดคีย์ตัวเลขและหน้าที่อื่นๆ แบตเตอรี่ต้องสามารถชาร์จใหม่ได้ด้วยเป็นต้น

2.6 ระบบความถี่ที่ใช้งานในโทรศัพท์ไร้สาย

ความถี่ที่ใช้งานในโทรศัพท์ไร้สายในยุคแรกๆ นั้นจะใช้ความถี่อยู่ในช่วง 49/1.7เมกะเฮิรตซ์ เท่านั้นโดยเริ่มจาก 49.670/1.665 เมกะเฮิรตซ์ จนถึง 49.970/1.770 เมกะเฮิรตซ์ ช่วงความถี่เหล่านี้ได้ถูกกำหนดและแบ่งโดยมาตรฐานของ FFC (Federal Communication Commission) ซึ่ง FFC เป็นผู้กำหนดให้ใช้ช่วงความถี่นี้พร้อมกับได้กำหนดช่วงความถี่ใหม่เพิ่มขึ้นมาอีก เมื่อวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1980 โดยได้เพิ่มย่านความถี่ 49/46 เมกะเฮิรตซ์ ขึ้นมาอีก 10 คู่ช่องความถี่ โดยเริ่มจาก 49.670/46.610 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 49.990/46.930 เมกะเฮิรตซ์

จากจำนวนที่จำกัดของช่วงความถี่ทำให้จำเป็นต้องใช้ช่องความถี่เดียวกันซ้ำกันเป็นจำนวนหลายเครื่อง ซึ่งปริมาณการผลิตมีไม่จำกัด จึงจำเป็นต้องจำกัดระยะทางของการติดต่อระหว่างตัวฐานกับตัวมือถือให้มีระยะทางที่แน่นอนไม่ใกล้ไม่ไกลจนเกินไปโดยอาศัยเทคนิคต่างๆ กันระหว่างสัญญาณให้น้อยที่สุดรวมทั้งต้องแก้ปัญหาเกี่ยวกับความมั่นคงทางด้านกฎหมายว่าด้วยการบริหารความถี่ทางด้านความถี่วิทยุและการป้องกันการดักฟังจากการจูนทับช่องความถี่ ปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อเครื่องโทรศัพท์ไร้สายมีช่วงความถี่ที่ใกล้เคียงกันและตั้งอยู่ที่ตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันหรือเกิดจากความตั้งใจของผู้ใช้เอง

ความผิดพลาดของสัญญาณกระดิ่ง สามารถทำให้ลดลงได้ โดยใช้ความถี่เฉพาะหลายๆ ครั้งในการติดต่อระหว่างส่วนฐานกับส่วนมือถือ อย่างกรณีของโทรศัพท์ไร้สายสองเครื่องเกิดการรบกวนข้ามช่องความถี่กันและช่วงความถี่ใช้งานที่ช่วงเดียวกัน แต่ความถี่สัญญาณกระดิ่งมีความแตกต่างกันจึงไม่เกิดสัญญาณกระดิ่งไปรบกวนเครื่องที่ใช้อยู่ข้างเคียง

การใช้สัญญาณป้องกัน หรือสัญญาณนำร่อง สำหรับการติดต่อระหว่างตัวฐานกับตัวมือถือช่วยลดการเสี่ยงหรือการแทรกแซงของโทรศัพท์ที่อยู่ใกล้ๆ และโทรศัพท์ที่ไม่ได้รับอนุญาตได้ ซึ่งส่วนฐานโทรศัพท์จะไม่ตอบสนองการติดต่อกับส่วนมือถือที่ไม่ได้รับอนุญาตได้ ซึ่งส่วนฐานโทรศัพท์ไม่ตอบสนองการติดต่อกับส่วนมือถือที่ไม่เกี่ยวข้องกับสัญญาณโทนที่ส่งมาหรือส่วนมือถือไม่สามารถรับสัญญาณที่ไม่เกี่ยวข้องจากสัญญาณที่ส่วนฐานส่งมาได้ ซึ่งสัญญาณโทนป้องกันที่แตกต่างกันนี้สามารถป้องกันความผิดพลาดของส่วนฐานกับส่วนมือถือ เนื่องจากการรบกวนข้ามช่องกันได้อาจจะโดยความตั้งใจจูนให้ความถี่ตรงกันหรือเครื่องที่ติดตั้งไว้ใกล้กันมากเกินไปก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ในระยะแรกๆ นั้นโทรศัพท์ไร้สายใช้สัญญาณป้องกันและความถี่กระดิ่งที่ต่างกัน ช่วยป้องกันการติดต่อที่แทรกแซงกันของสายโทรศัพท์เครื่องอื่นและป้องกันสัญญาณกระดิ่งที่ผิดพลาดแต่ในปัจจุบันนี้โทรศัพท์ไร้สายใช้การเข้ารหัสแบบดิจิตอล รหัสดิจิตอลสัญญาณกระดิ่ง สัญญาณไดอัล และการติดต่อโดยการเลื่อนความถี่ของคลื่นพาหะความถี่ที่เลื่อนไปนั้นจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ผู้ผลิตจะคิดค้นรูปแบบออกมาใช้งาน

2.7 การส่งสัญญาณติดต่อสื่อสาร

2.7.1 สัญญาณเรียกเข้า

ในระหว่างรอสัญญาณเรียกเข้าโทรศัพท์ไร้สายจะอยู่ในโหมดสแตนด์บาย เตรียมพร้อมซึ่งภาครับทั้งส่วนฐานและส่วนมือถือ จะทำงานและรอสัญญาณเรียกเข้าตลอดเวลาแต่สำหรับในภาคส่งนั้นทั้งส่วนฐานและส่วนมือถือจะปิดการทำงานอยู่

เมื่อสัญญาณกระดิ่งความถี่ 20 เฮิรตซ์ เข้ามาที่ส่วนฐานจากคู่สายภายนอกโทรศัพท์ เป็นการเปิดการทำงานของภาคที่ส่วนฐานและทำให้วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งทำงาน โดยป้อนสัญญาณกระดิ่งไปยังภาคส่งที่ภาคส่งนี้เองจะทำการมอดูเลตสัญญาณกระดิ่งเข้ากับสัญญาณคลื่นพาหะ 1.7 หรือ 46 เมกะเฮิรตซ์ สัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้วถูกส่งอากาศไปยังส่วนมือถือต่อไป โดยทั่วไปสัญญาณกระดิ่งจะมีความถี่อยู่ในย่าน 700 ถึง 1,500 เฮิรตซ์ ซึ่งความถี่ของสัญญาณกระดิ่งจะถูกนำไปใช้ในโทรศัพท์แต่ละเครื่อง เพื่อเป็นการป้องกันการเรียกผิดพลาดหรือพูดง่ายๆ ว่าทำการรับผิดพลาด สำหรับในกรณีที่เครื่องโทรศัพท์ใช้ความถี่อยู่ในย่านเดียวกัน แต่สัญญาณกระดิ่งไม่ได้กำเนิดขึ้นมาจากส่วนของฐานเครื่องเดียวกันจึงไม่สามารถรับสัญญาณกระดิ่งด้วยกันได้ระหว่างโทรศัพท์สองเครื่อง ทางด้านส่วนของมือถือเมื่อได้รับสัญญาณที่ถูกส่งมาจากส่วนฐานและตัวมือถืออยู่ในสภาวะสแตนด์บาย สัญญาณเรียกเข้านี้จะถูกดีมอดูเลตโดยภาครับและป้อนเข้าสู่ภาคดีเทคสัญญาณกระดิ่ง ที่ภาคดีเทคสัญญาณกระดิ่งนี้เป็นวงจรกรองเอาเฉพาะสัญญาณกระดิ่งความถี่เดียวกับเครื่องที่กำหนดเท่านั้น ถ้าเป็นสัญญาณกระดิ่งจากเครื่องอื่นจะไม่สามารถผ่านวงจรกรองชุดนี้ไปได้ สัญญาณกระดิ่งจากเครื่องส่งเดียวกันจะผ่านวงจรกรองเข้าไปสู่ภาคขยายเสียงและขับออกสู่ลำโพงมีเสียงออกมา ทำให้ทราบว่าตอนนี้มีสายเข้ามา ซึ่งตัวมือถือตอนนี้จะได้รับแรงดันเลี้ยงภาคนับและภาคขยายจากแบตเตอรี่ที่ติดอยู่กับส่วนมือถือเอง

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งมาถึงที่ตัวมือถือ หากต้องการรับต้องเลือกสวิตช์ที่ตัวมือถือจากตำแหน่งสแตนด์บายมาที่ตำแหน่งพูด สัญญาณกระดิ่งจะถูกตัดออก หลังจากนั้นระบบทุกส่วนของทั้งมือถือและส่วนฐานจะทำงานตั้งแต่ภาคส่งสัญญาณอาร์เอฟ ภาคกำเนิดสัญญาณนำร่อง และภาคขยายเสียง สัญญาณนำร่องและสัญญาณเสียงพูด จะถูกส่งไปยังภาคส่งโดยการมอดูเลตเข้ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
51051

ความถี่คลื่นพาหะย่าน 49 เมกะเฮิรตซ์ สัญญาณที่มอดูเลตแล้วจะถูกส่งออกทางสายอากาศไปยังส่วนฐานโทรศัพท์

เมื่อส่วนฐานโทรศัพท์ได้รับสัญญาณที่ส่งจากส่วนมือถือก็จะทำการดีมอดูเลตสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณคลื่นพาหะแล้วส่งไปทำการดีเทคสัญญาณคลื่นนำร่องและผ่านจุดกรองความถี่ต่ำ เมื่อสัญญาณนำร่องที่ดีเทคได้มีความถี่ถูกต้องภาคดีเทคสัญญาณนำร่องจะให้พลังงานเพื่อให้ภาคขับรีเลย์ซึ่งเป็นฮุกสวิตช์ให้อยู่ในตำแหน่งยกหู

ฮุกสวิตช์รีเลย์ในตำแหน่งนี้จะทำให้ภาคส่งสัญญาณของส่วนฐานโทรศัพท์ทำงาน ที่วงจรกรองความถี่ต่ำจะทำการกั้นสัญญาณนำร่องออกไปพร้อมกับส่งผ่านสัญญาณเสียงพูด ความถี่ช่วง 300 ถึง 3,000 เฮิรตซ์ เข้าสู่หม้อแปลงไฮบริดจ์ สัญญาณเสียงจากหม้อแปลงไฮบริดจ์จะถูกส่งผ่านรีเลย์เพื่อส่งสัญญาณออกสู่คู่สายโทรศัพท์ รีเลย์อยู่ในตำแหน่งยกหู หม้อแปลงไฮบริดจ์ยังผ่านสัญญาณเสียงระดับต่ำเข้าสู่ภาคส่งสำหรับเป็นสัญญาณโทนแบบข้าง

ในกรณีรับสัญญาณเสียงจากคู่สายโทรศัพท์ สัญญาณเสียงที่เข้ามาทางคู่สายโทรศัพท์จะเข้ามาผ่านรีเลย์ของส่วนฐานโทรศัพท์และผ่านไปยังหม้อแปลงไฮบริดจ์ ซึ่งขณะนี้หม้อแปลงอยู่ในตำแหน่งยกหู สัญญาณเสียงจะถูกส่งไปยังภาคมอดูเลตสัญญาณเสียงเข้ากับสัญญาณคลื่นพาหะความถี่อยู่ในย่าน 1.7 เมกะเฮิรตซ์หรือ 46 เมกะเฮิรตซ์ สัญญาณที่ถูกการมอดูเลตแล้วจะถูกส่งออกอากาศ โดยส่วนมือถือรับสัญญาณที่ถูกส่งมานี้เข้ามาทางสายอากาศผ่านภาคดีมอดูเลตสัญญาณส่งไปยังภาคขยายเสียง เพื่อขยายสัญญาณเสียงขับออกสู่ลำโพง ในส่วนของมือถือต้องเลือกสวิตช์สแตนด์บายมาอยู่ที่ตำแหน่งพูด จึงสามารถสนทนากันได้กับคู่สายที่เข้ามา

2.7.2 สัญญาณโทรออก

เมื่อต้องการโทรออกต้องเซตส่วนมือถือที่ตำแหน่งของสวิตช์สแตนด์บายให้มาอยู่ที่ตำแหน่งพูด ทำให้ภาคส่งทำงานและกำเนิดสัญญาณนำร่องขึ้นมา สัญญาณนำร่องที่ถูกสร้างขึ้นมานี้โดยปกติทั่วไปแล้วจะมีความถี่โทนซึ่งอยู่ในช่วง 4.7 กิโลเฮิรตซ์ สัญญาณคลื่นพาหะมีความถี่ 49 เมกะเฮิรตซ์และส่งออกอากาศผ่านสายอากาศสู่เครื่องรับที่ส่วนฐานโทรศัพท์

สัญญาณที่ส่วนฐานรับเข้ามาจะถูกดีมอดูเลตเอาคลื่นพาหะออกก่อน แล้วจึงส่งต่อไปเข้าภาคดีเทคสัญญาณนำร่องและวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต่อไป ถ้าสัญญาณนำร่องมีความถี่ถูกต้องจะเกิดกระตุ้นภาคขับรีเลย์ฮุกสวิตช์ให้ทำงานซึ่งอยู่ในสภาวะยกหูและสามารถกดหมายเลขที่ต้องการโทรออกได้ ที่ภาคกรองความถี่ต่ำผ่านนั้นจะยอมให้ความถี่ต่ำกว่า 3 กิโลเฮิรตซ์ ผ่านได้เท่านั้น ดังนั้นสัญญาณนำร่องจะถูกกั้นไว้จึงมีเฉพาะสัญญาณไดอัลและสัญญาณเสียงเท่านั้นที่ผ่านได้

เมื่อแผงคีย์ตัวเลขที่หน้าปัดโทรศัพท์ส่วนมือถือถูกกดจะเป็นการกดไดอัลพัลส์ ของโทรศัพท์ไร้สาย สัญญาณนำร่องจะอินเตอร์รัพต์ตามระยะเวลาของแต่ละหมายเลขที่กด ทำให้รีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนสภาวะจากยกหูเป็นวางหู เป็นเวลาเท่ากับสัญญาณนำร่องอินเตอร์รัพต์การวางหูและยกหูของฮุกสวิตช์รีเลย์นี้จะเปลี่ยนเป็นไดอัลลิ่งพัลส์ออกไปสู่คู่สายโทรศัพท์สัญญาณไดอัลลิ่งจะถูกถอดรหัสที่ชุมสายโทรศัพท์เพื่อเปลี่ยนเป็นไดอัลพัลส์ที่กดจากส่วนมือถือและเรียกต่อไปยังโทรศัพท์ที่มีหมายเลขตรงกับที่กดจากส่วนมือถือ

จากที่กล่าวมาในสองหัวข้อใหญ่ๆ ข้างต้นเป็นขั้นตอนการทำงานของโทรศัพท์ไร้สาย ขณะที่มีสัญญาณเรียกเข้ามาและเมื่อทำการส่งสัญญาณโทรออก เมื่อผ่านทั้งสองขั้นตอนนี้แล้ว ขณะที่รีเลย์ฮุกสวิตช์อยู่ในตำแหน่งยกหูจะทำให้ภาคส่งทั้งส่วนฐานและส่วนของมือถือทำงานหรือเรียกว่าทุกระบบทำงาน โดยการทำงานนี้เป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์โหมดซึ่งหมายความว่าการรับฟังและการพูดสนทนาสามารถทำได้พร้อมๆ กันในเวลาเดียวกันสนทนาสวนทางกันได้

เมื่อการสนทนาหรือการเรียกสิ้นสุดลงในส่วนมือถือจะต้องเซตระบบกลับสู่สภาพปกติจากโหมดของการพูดสนทนากลับมาสู่โหมดของการสแตนด์บายซึ่งในส่วนฐานจะถูกเซตรีเลย์และฮุกสวิตช์มาอยู่ในตำแหน่งวางหูเพื่อรอการเรียกสายเข้าหรือการโทรออกในครั้งต่อไป

2.8 ความรู้พื้นฐานการสื่อสารไร้สาย

การทำความเข้าใจระบบสื่อสารไร้สายควรที่จะทราบว่าสิ่งใดเป็นองค์ประกอบเบื้องต้นบ้าง ความคิดในครั้งแรกนั้นคงสงสัยว่าในเมื่อไม่มีสายสิ่งใดบ้างที่เป็นตัวกลางสำหรับระบบหาก พิจารณาย้อนไปในอดีตของวิธีการสื่อสารที่มนุษย์เคยใช้มาจะพบว่ามีรูปแบบการใช้พาหะในการสื่อสารเป็นหลักใหญ่ๆ อยู่สองรูปแบบนั่นคือ

1. ระบบที่ใช้เป็นคลื่นวิทยุเป็นพาหะได้แก่ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบวิทยุติดตามตัว ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมระบบวิทยุกระจายเสียงและระบบคลื่นไมโครเวฟ
2. ระบบที่ใช้คลื่นแสงเป็นพาหะได้แก่ระบบสื่อสารข้อมูลผ่านแสงอินฟราเรด

2.9 ระบบคลื่นพาหะที่เป็นระบบคลื่นวิทยุ (Radio Carrier)

การสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ อาจเกิดได้ว่าเป็นการพัฒนาให้มนุษย์สามารถส่งข้อมูลหรือเสียงไปได้ไกลโดยไม่ต้องพึ่งสาย โดยธรรมชาติของคลื่นวิทยุนั้นเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ขั้นตอนคือมีการแพร่กระจาย พลังงานคลื่นจากสายอากาศด้านผู้ส่ง ซึ่งคลื่นสามารถเดินทางได้เร็วเท่าความเร็วของแสง นั่นคือ 186,000 ไมล์ต่อวินาทีหรือ 300,000,000 เมตรต่อวินาที เมื่อคลื่นเดินทางมาถึงสายอากาศด้านผู้รับ จะเกิดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจำนวนน้อยๆ ค่าหนึ่งหากมีการขยายและแปลงสัญญาณที่มีการส่งมา จะได้สัญญาณเดิมกลับมาส่วนข้อมูลข่าวสารหรือเสียงของมนุษย์นั่นมีวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ นำเสียงพูดรวมเข้าไปกับสัญญาณคลื่นวิทยุที่เป็นสื่ออีกช่วงความถี่หนึ่ง ซึ่งเรียกขั้นตอนดังกล่าวว่าการมอดูเลต

2.9.1 วงจรสร้างสัญญาณพาหะ (Carrier Generator)

โดยส่วนมากจะเป็นวงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์ซึ่งให้สัญญาณความถี่ที่ต้องการได้เที่ยงตรงและมีเสถียรภาพดี โดยส่วนมากมักมีการต่อวงจรขยายแบบบัฟเฟอร์เข้าไปเพื่อแยกวงจรออสซิลเลเตอร์ออกจากโหลดเป็นการป้องกันการเปลี่ยนความถี่เนื่องจากค่าโหลดของวงจรออสซิลเลเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงไป

2.10 การมอดูเลชั่น (Modulation Technique)

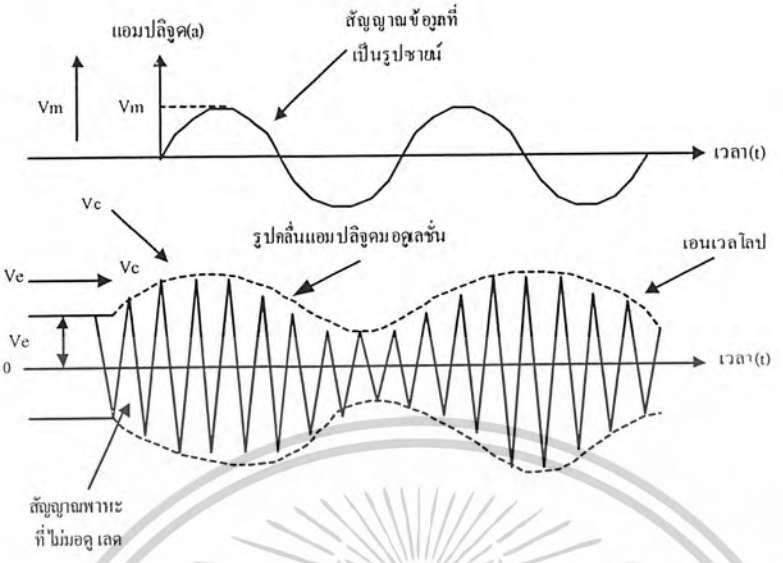
จากความต้องการติดต่อสื่อสารระยะไกลสัญญาณเสียงพูดของมนุษย์ซึ่งอยู่ในช่วงความถี่ต่ำมีความยาวคลื่นมากหากต้องการส่งเสียงพูดออกไปในอากาศก็จำเป็นที่ต้องใช้เสาอากาศที่มีขนาดสูงมาก ซึ่งไม่เหมาะและอาจมีสัญญาณรบกวนได้ง่ายจึงมีการคิดค้นเทคนิคที่ทำให้เปลี่ยนความถี่ของเสียงพูดให้ไปอยู่ในอีกช่วงความถี่หนึ่งบนแถบความถี่ซึ่งเหมาะสมสำหรับการส่งออกอากาศ การมอดูเลชั่นเป็นเทคนิคที่สำคัญ เป็นวิธีการเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณหนึ่งให้เป็นไปตามรูปแบบของสัญญาณอีกชุดหนึ่ง ซึ่งเป็นข้อมูลหรือเสียงพูดที่ต้องการส่งสัญญาณข้อมูลหรือเสียงพูดจะถูกเรียกว่ามอดูเลติ้งซิกเนลส่วนสัญญาณจะถูกเรียกว่าแคเรียร์หรือการมอดูเลตเวฟ

2.10.1 การมอดูเลชั่นแอมปลิจูด (Amplitude Modulation)

แอมปลิจูดมอดูเลชั่นเป็นวิธีการที่คิดค้นได้ก่อนในบรรดาเทคนิคการมอดูเลตแบบอื่นๆ เป็นการนำสัญญาณสองชุดมาผสมกันโดยสัญญาณแรกเป็นข้อมูลหรือเสียงที่ต้องการส่ง สัญญาณที่สองเป็นสัญญาณพาหะ แอมปลิจูดมอดูเลชั่นเป็นการนำสัญญาณมาปรับเปลี่ยนขนาดแอมปลิจูดของสัญญาพาหะ โดยที่ความถี่ของสัญญาณพาหะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในที่นี้สมมุติว่าข้อมูลที่ต้องการนำมาทำการมอดูเลชั่นมีความถี่ค่าหนึ่ง คือ f_s และสัญญาณข้อมูลที่เป็นพาหะมีความถี่อีกค่าหนึ่ง คือ f_c ผลลัพธ์ที่ได้จากการมอดูเลชั่นจะเป็นดังรูปที่ 2.9

จากรูปที่ 2.9 เส้นประซึ่งเกิดจากการต่อของแอมปลิจูดสัญญาณผลลัพธ์จะมีชื่อเรียกอีกหนึ่งอย่างว่า เอลเวนโลป ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับคลื่นของ f_s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 สัญญาณข้อมูล สัญญาณพาหะ และสัญญาณผลลัพธ์ที่ได้จากการมอดูเลต

ลักษณะสัญญาณที่ได้รับจากการทำแอมปลิจูดมอดูเลชั่น

สัญญาณรูปซายน์โดยปกติจะสามารถอธิบายได้ดังสมการนี้

$$v = V\sin(2\pi f_t) \tag{2.3}$$

เมื่อ v_s = แอมปลิจูดสูงสุดของสัญญาณรูปซายน์ความถี่ f_s เป็นความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์

v_c = แอมบ่ลิจูดของสัญญาณรูปซายน์ความถี่ f_c เป็นความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์

V_c = แอมปลิจูดสูงสุดของสัญญาณรูปซายน์ความถี่ f_c เป็นความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์

t = เป็นเวลาใดๆ มีหน่วยเป็นวินาที

จะได้ว่าสัญญาณ

$$v_s = V_s\sin(2\pi f_s t) \tag{2.4}$$
$$v_c = V_c\sin(2\pi f_c t)$$

ค่าแอมปลิจูดสูงสุดของความถี่สัญญาณข้อมูลไม่ควรมากกว่าแอมปลิจูดสูงสุดของความถี่สัญญาณพาหะ มิฉะนั้นจะเกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณข้อมูลได้หลังจากทำการมอดูเลชั่นหากค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูลสูงกว่าของสัญญาณพาหะมากๆ จะเรียกได้ว่าเกิดการโอเวอร์มอดูเลชั่นและความสัมพันธ์ของค่าความต่างศักย์ของสัญญาณทั้งสองนั้นมีการกำหนดขึ้นเรียกว่าดัชนีการมอดูเลต ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าความต่างศักย์ของสัญญาณข้อมูลกับค่าความต่างศักย์ของสัญญาณพาหะดังสมการข้างล่างนี้

$$m = \frac{V_s}{V_c} \tag{2.5}$$

ค่าของดัชนีการมอดูเลชั่นจะอยู่ในช่วง $0<m<1$ เพราะหาก m มากกว่า 1 ก็จะเกิดการโอเวอร์มอดูเลชั่นขึ้น และนิยมคูณด้วย 100 เข้าไปเพื่อแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การมอดูเลชั่น

จากรูปคลื่นผลลัพธ์ทำให้พอสรุปได้ว่าค่าความต่างศักย์ที่เวลาใดๆ ของสัญญาณเกิดจากผลรวมของค่าแอมปลิจูดสูงสุดของสัญญาณพาหะกับค่าแอมปลิจูดที่เวลาใดๆ ของสัญญาณข้อมูลจะได้ค่าตามสมการข้างล่างนี้

$$\begin{aligned} v1 &= V_c + v_s \\ v1 &= V_c + V_s \sin(2\pi f_s t) \end{aligned} \tag{2.6}$$

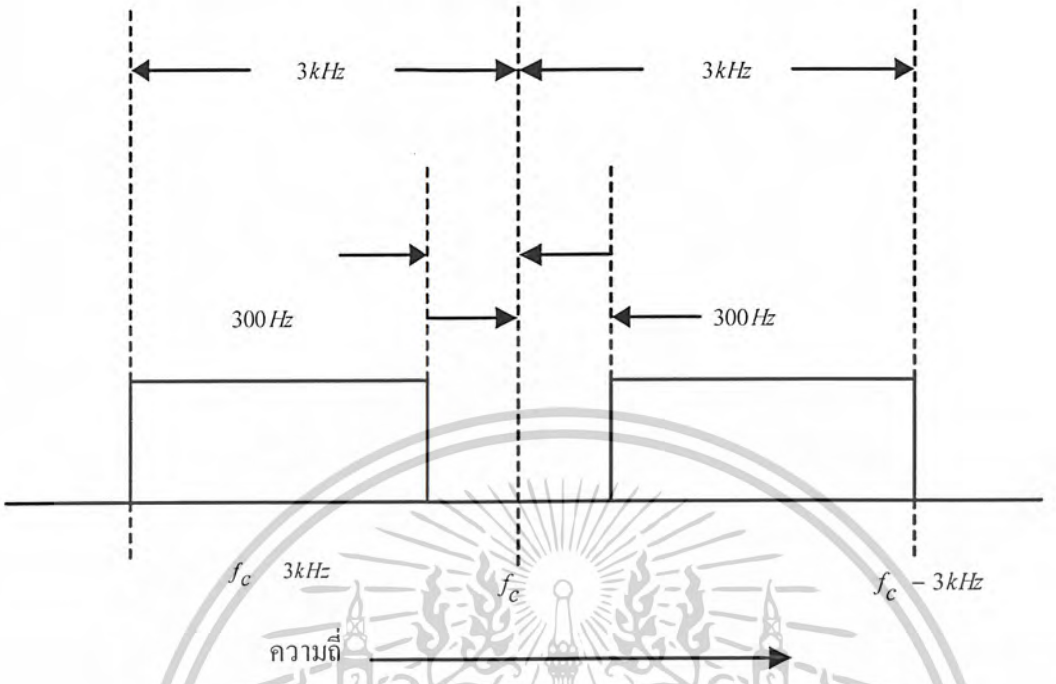
ค่าของ $v1$ เป็นค่าของแอมปลิจูดของสัญญาณลัพธ์ตามที่เรียกว่า เอนเวล โลป ดังนั้นสมการที่แสดงถึงรูปคลื่นผลลัพธ์คือ

$$\begin{aligned} v2 &= v1\sin(2\pi f_c t) \\ v2 &= \left[V_c + V_c \sin(2\pi f_s t)\right]\sin(2\pi f_c t) \\ &= V_c \sin(2\pi f_c t) + V_s \sin(2\pi f_s t)\sin(2\pi f_c t) \end{aligned} \tag{2.7}$$

หากพิจารณาจากสมการจะได้ว่า สัญญาณพาหะ+ (สัญญาณข้อมูล × สัญญาณพาหะ)

จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคปสัญญาณที่ได้ไม่สามารถแยกได้ว่ามีความถี่ข้างเคียงเกิดขึ้นด้วย แต่ถ้าใช้เครื่องมือสเปกตรัมอะนาไลเซอร์วิเคราะห์สัญญาณของแอมปลิจูดมอดูเลชั่นจะได้รูปกราฟของฟรีเควนซี่โดเมน ดังรูป 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 สัญญาณแอมปลิจูดมอดูเลชั่น

จากรูปทำให้ทราบว่า สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตจะมีความถี่ใกล้เคียงเกิดขึ้นด้วยทั้งด้านบนและด้านล่างของความถี่พาหะและจะได้ว่า AM ใช้ความกว้างของแถบสัญญาณเป็นจำนวนสองเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณข้อมูล ถ้าหากสัญญาณข้อมูลมีความถี่ $f_s = 5$ kHz จะได้ว่าต้องใช้แถบความถี่กว้างเท่ากับ 10 kHz สำหรับสัญญาณ AM

เมื่อพิจารณาถึงกำลังที่ออกอากาศจะประกอบด้วยกำลังของคลื่นพาหะบวกกับกำลังของคลื่นความถี่ข้างเคียงทั้งสองด้านเนื่องจากกำลังส่งของความถี่ข้างเคียงมีค่าขึ้นอยู่กับค่าของดัชนีการมอดูเลชั่นและค่าของกำลังส่งไซด์แบนด์มีค่าดังนี้

$$P_{LSB} = P_{USB} = \frac{P_c \cdot (m)^2}{4} \tag{2.8}$$

เมื่อ P_c = ค่ากำลังส่งของสัญญาณพาหะ

P_{LSB} = ค่ากำลังส่งของสัญญาณด้านที่ต่ำกว่าสัญญาณพาหะ

P_{USB} = ค่ากำลังส่งของสัญญาณด้านที่สูงกว่าสัญญาณพาหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการของกำลังข้างต้นทำให้ทราบว่ายิ่งเปอร์เซ็นต์มอดูเลชั่นยิ่งสูงมากเท่าใดกำลังส่งของสัญญาณข้างเคียงจะยิ่งสูงมากขึ้นทำให้การรับและส่งสัญญาณดีขึ้น

แม้ว่า AM จะมีความง่ายและได้ผลที่ดีวิธีหนึ่งแต่เป็นการส่งสัญญาณที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพหากพิจารณาจากกำลังส่งทั้งหมด เมื่อ P_t = กำลังส่งสัญญาณทั้งหมด

$$P_t = P_C + P_{LSB} + P_{USB}$$
$$P_t = P_C + \frac{P_C (m)^2}{4} + \frac{P_C (m)^2}{4} \quad (2.9)$$

ที่ $m = 1$ หรือ100 % มอดูเลชั่นจะได้สัญญาณไซด์แบนด์ที่มีกำลังสูงสุด

$$P_t = P_C + \frac{P_C}{2} \quad (2.10)$$

หากกำลังส่งของสัญญาณพาหะเป็น 100 วัตต์ กำลังส่งของสัญญาณไซด์แบนด์จะมีค่า 50 วัตต์ จากผลรวมทั้งหมด 150 วัตต์ ซึ่งเป็นสัญญาณเพียง 50 วัตต์ มีการสูญเสียไปกับกำลังส่งของสัญญาณพาหะถึง 2 ใน 3 ของกำลังงานทั้งหมดโดยที่ไม่มีข้อมูลใดๆ อยู่ในสัญญาณนี้เลย ด้วยสาเหตุข้างต้นจึงมีการลดหรือเอาสัญญาณพาหะออกไปซึ่งเรียกว่าการซับเพรสชั่น ทำให้สัญญาณที่ได้มีเฉพาะสัญญาณไซด์แบนด์ สัญญาณ AM ที่มีการเอาสัญญาณพาหะออก เรียกว่าดับเบิลไซด์แบนด์ซับเพรสแคร์เรียร์ DSSC หรือ DSB วงจรที่ใช้ในการสร้างสัญญาณ DSB เรียกว่าบาลานซ์มอดูเลเตอร์ ด้วยการใช้ DSB จะทำกำลังถูกใส่ลงในสัญญาณไซด์แบนด์ได้มากขึ้นและหากพิจารณาต่อไปอีกจะพบว่าสัญญาณข้อมูลนั้นมีอยู่ซ้ำกันทั้งความถี่ด้านบนและความถี่ด้านล่างจึงมีการคิดค้นให้ส่งสัญญาณเพียงสัญญาณข้างเคียงด้านเดียวเรียกว่าซิงเกิลไซด์แบนด์ซับเพรสแคร์เรียร์ SSSC หรือ SSB เมื่อมีการใช้สัญญาณเพียงข้างเดียวทำให้สามารถประหยัดการครอบครองแถบความถี่ ไปได้ครึ่งหนึ่งจากเดิมที่สัญญาณ AM ต้องการใช้ทั้ง DSB และ SSB มีประสิทธิภาพที่มากกว่าในแง่ของกำลังส่งที่ใช้ เนื่องจากมีการประหยัดกำลังส่งของสัญญาณพาหะทำให้สามารถนำกำลังส่งไปใส่เพิ่มในไซด์แบนด์ได้

สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการมอดูเลชั่นทางความถี่อีกเรื่องหนึ่ง คือ ฟรีคอนเวอร์ชั่นเป็นการแปลงสัญญาณข้อมูลหรือเสียงพูดไปยังความถี่สูงหรือต่ำกว่าในขณะที่ยังคงรักษาข้อมูลเบื้องต้นไว้ทั้งหมดเป็นเพียงการเลื่อนความถี่ไปเท่านั้น ในการแปลงความถี่ให้สูงขึ้นนั้นมีการใช้งานในการส่งสัญญาณออกอากาศ ส่วนการแปลงความถี่ให้ต่ำลงนั้นมักมีใช้ในเครื่องรับวิทยุเพื่อทำให้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกช่องสัญญาณได้สะดวกขึ้นและเพิ่มค่ากำลังขยายให้ดีขึ้น ซึ่งฟรีคอนเวอร์ชั่นก็เป็นรูปแบบหนึ่งของแอมปลิจูดมอดูชั่นและกระทำได้โดยใช้วงจรที่เรียกว่ามิกเซอร์ในอุปกรณ์บางชนิด มิกเซอร์หมายถึง ตัวแปลง และฟังก์ชั่นการทำงานของมิกเซอร์เรียกว่า เฮตเทดโรไดนิ่ง

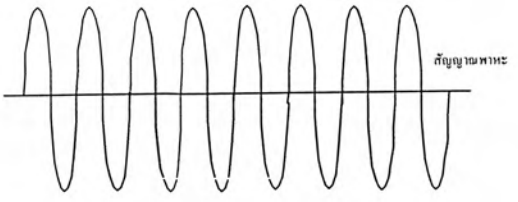
2.10.2 การมอดูเลชั่นทางความถี่ (Frequency Modulation)

เป็นการเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณพาหะตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณข้อมูล โดยที่ค่าแอมปลิจูดของสัญญาณยังคงที่การเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณพาหะจะมีความสัมพันธ์กับค่าแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูลเช่น เมื่อสัญญาณข้อมูลมีแอมปลิจูดสูงสัญญาณพาหะจะมีความถี่สูงขึ้นด้วย ขณะที่ไม่มีสัญญาณข้อมูลเข้ามาทำการมอดูเลตสัญญาณพาหะจะมีค่าความถี่กลางอยู่ค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า เซนเตอร์ฟรีเควนซี เมื่อมีสัญญาณข้อมูลเข้ามาทำให้เกิดความถี่เปลี่ยนแปลงสูงขึ้นถูกเรียกว่า ค่าความถี่เบี่ยงเบนค่าสูงสุดของความถี่เบี่ยงเบนจะเกิดขึ้น เมื่อสัญญาณข้อมูลมีแอมปลิจูดสูงสุด ความถี่ของสัญญาณข้อมูล จะเป็นตัวกำหนดให้ทราบถึงจำนวนครั้งในหนึ่งวินาทีที่เกิดการเบี่ยงเบนความถี่ขึ้นไปสูงและต่ำกว่าค่าความถี่กลางและอัตราดังกล่าวถูกเรียกว่าอัตราความถี่เบี่ยงเบน ความถี่ของสัญญาณข้อมูลมีผลต่ออัตราเบี่ยงทางความถี่ดังกล่าวและไม่มีผลต่อปริมาณของความถี่เบี่ยงเบนไปจากค่าความถี่กลางซึ่งขึ้นอยู่กับแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูลเท่านั้น

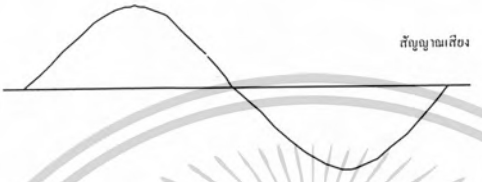
เมื่อขนาดของสัญญาณเสียงเพิ่มขึ้นทางบวกจะทำให้คลื่นพาหะมีความถี่เพิ่มขึ้น ถ้าสัญญาณเสียงมีขนาดลดลง ความถี่ของคลื่นพาหะจะลดลงและถ้าขนาดของสัญญาณเสียงลดลงจนเป็นศูนย์ความถี่ของคลื่นพาจะเป็นความถี่กลางนั่นเอง ในทางตรงกันข้ามเมื่อขนาดของสัญญาณเสียงเป็นลบคลื่นพาหะจะมีความถี่น้อยกว่าความถี่กลางและจะมีความถี่น้อยที่สุดเมื่อขนาดของสัญญาณเสียงลดลงถึงจุดต่ำสุดดังรูปที่ 2.11

ดังนั้นจะเห็นแล้วว่าความถี่ของสัญญาณเอฟเอ็มจะเปลี่ยนแปลงไป โดยมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าความถี่กลาง ซึ่งขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของขนาดสัญญาณเสียง ความถี่ของสัญญาณเอฟเอ็มที่มีค่าแตกต่างจากความถี่กลางมากที่สุดเรียกว่า ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุดของคลื่นพาหะ ซึ่งค่าความถี่เบี่ยงเบนนี้จะเป็นตัวบอกแอมปลิจูดของสัญญาณที่เรานำมามอดูเลต คือ ถ้าค่าความถี่เบี่ยงเบนมีค่ามากแสดงว่าสัญญาณมีแอมปลิจูดมาก

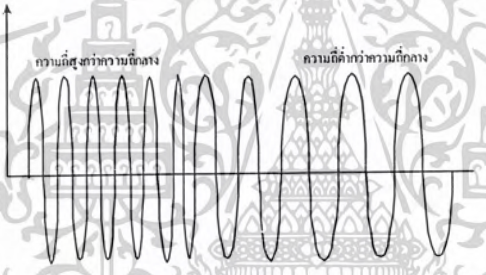
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)สัญญาณพาหะ



(ข)สัญญาณเสียง

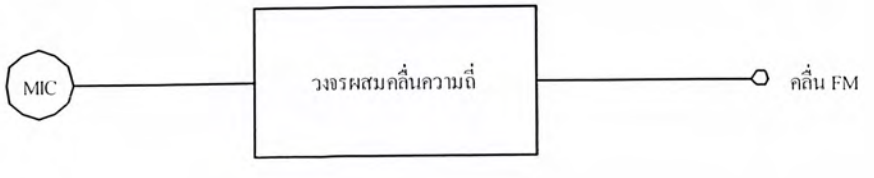


(ค)สัญญาณความถี่กลาง

รูปที่ 2.11 สัญญาณ FM

สำหรับวิธีการสร้างสัญญาณ FM นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ วิธีการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่โดยตรงและวิธีการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่โดยอ้อม

1) วิธีการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่โดยตรง

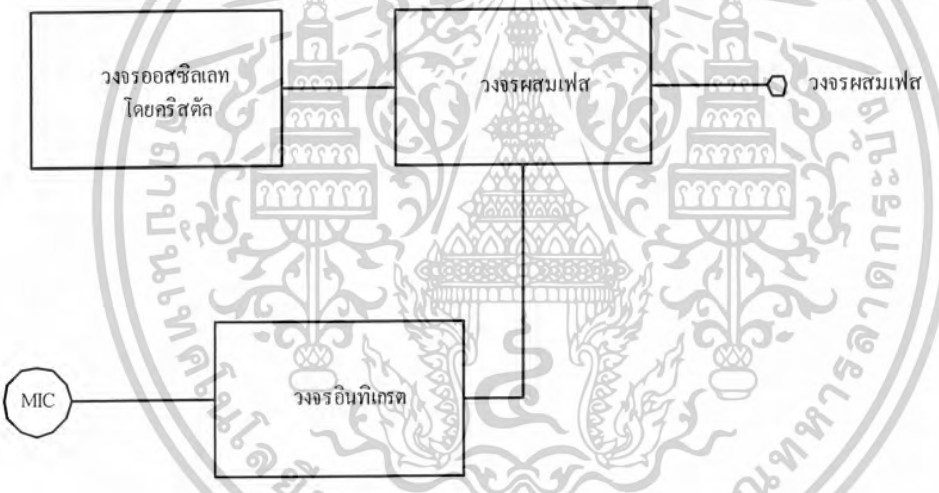


รูปที่ 2.12 ระบบการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างสัญญาณ FM แบบทางตรงนั้นเป็นการนำเอาสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตไปเปลี่ยนความถี่ของคลื่นพาห์โดยตรง ซึ่งออสซิลเลเตอร์ที่ทำงานในลักษณะนี้ได้ก็มี รีเฟลกซ์ไคลสตรอนและกันไดโอดที่ใช้ในย่านความถี่ไมโครเวฟ เป็นต้น ออสซิลเลเตอร์ทั้งสองแบบความถี่ที่ ออสซิสเลตออกมาจะเปลี่ยนไปตามแรงดันไบอัสในรูปเชิงเส้น ดังนั้นเมื่อนำสัญญาณที่เข้ามา มอดูเลตไปเปลี่ยนแรงดันไบอัสก็จะทำให้ได้สัญญาณ FM ออกมาโดยตรง สำหรับความถี่ในย่านต่ำกว่าไมโครเวฟลงมานั้นมักใช้วาแรคเตอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติเฉพาะ คือ ค่าคาปาซิแตนซ์จะเปลี่ยนแปลงไปตามระดับของแรงดันที่ตกคร่อมอยู่ ดังนั้นถ้าใช้วาแรคเตอร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของวงจรเรโซแนนซ์ที่ใช้ในวงจรออสซิลเลเตอร์ ก็จะสามารถสร้างสัญญาณ FM ได้โดยป้อนสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตไปเปลี่ยนค่าค่าปาซิแตนซ์ของวาแรคเตอร์

2) วิธีการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่โดยอ้อม



รูปที่ 2.13 ระบบการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่ทางอ้อม

จากระบบการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่ทางตรงมีข้อดี คือ การทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของความถี่ช่วงกว้างๆ ทำได้ง่าย แต่จะทำให้ความถี่ที่จุดกึ่งกลางของการเบี่ยงเบนมีเสถียรภาพที่ทำได้ยาก ในทางกลับกัน ระบบการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่ทางอ้อมจะมีเสถียรภาพของความถี่ที่จุดกึ่งกลางของการเบี่ยงเบนดี

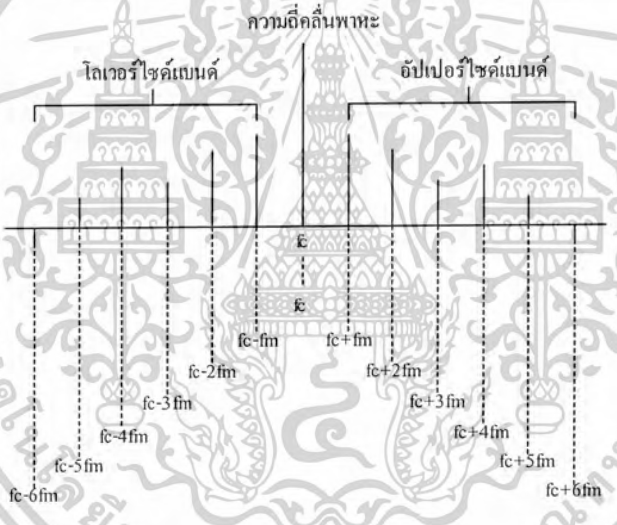
วงจรผสมสัญญาณของระบบการผสมสัญญาณโดยอาศัยความถี่ทางอ้อม คือ วงจรผสมสัญญาณโดยอาศัยเฟสของสัญญาณ โดยการเปลี่ยนแปลงค่ารีแอคแตนซ์ในส่วนของวงจรเลือกสัญญาณของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้ชิ้นผลึก ทำให้ความถี่ที่ออสซิลเลตขึ้นมีค่าคงที่ แต่เฟสของสัญญาณจะเปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมอดูเลตแบบนี้มีข้อจำกัดที่ค่าความเบี่ยงเบนมีค่าต่ำซึ่งหมายถึงสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณ FM แบบแถบความถี่แคบ กรณีที่ต้องการสัญญาณ FM แบบแถบความถี่กว้างจะต้องมีการออกแบบตั้งแต่ต้น คือ ใช้วงจรคูณความถี่เข้าช่วยซึ่งทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์สูงขึ้นพร้อมๆ กับทำให้ค่าความถี่เบี่ยงเบนสูงขึ้น

2.10.3 ความถี่ข้างเคียงและดัชนีการมอดูเลชั่น

ในการมอดูเลตความถี่จะทำให้เกิดความถี่ข้างเคียงขึ้นเป็นความถี่ของผลรวมและผลต่างของสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูล ตามทฤษฎีแล้วจะเกิดคู่ของความถี่ข้างเคียงขึ้นเป็นจำนวนอนันต์คู่ทั้งด้านบนและด้านล่างของความถี่กลางทำให้สัญญาณที่มอดูเลตทางความถี่มีการใช้งานแถบความถี่ มากกว่าสัญญาณที่ทำการมอดูเลตทางแอมปลิจูด



รูปที่ 2.14 แถบความถี่ของสัญญาณ FM

จากรูปจะเห็นว่า แถบความถี่ของสัญญาณมอดูเลตทางความถี่โดยทั่วไปที่สัญญาณพาหะถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณรูปซายน์ที่ความถี่เดียว จะเห็นว่าความถี่ข้างเคียงจะเว้นระยะห่างจากสัญญาณความถี่พาหะและความถี่ข้างเคียงด้วยกันเป็นระยะเท่าๆ กันเท่ากับความถี่สัญญาณข้อมูล และแอมปลิจูดของสัญญาณข้างเคียงไม่เท่ากัน หากสมมุติว่าสัญญาณความถี่ข้างเคียงต่างๆ เป็นสัญญาณรูปซายน์ที่มีความถี่และแอมปลิจูดเฉพาะตัวเมื่อนำมารวมกันจะได้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่นั่นเอง

ลักษณะต่างๆ ของจำนวนความถี่ข้างเคียง ขนาดแอมปลิจูดของความถี่ข้างเคียง และระยะห่างระหว่างความถี่จะขึ้นอยู่กับค่าเบี่ยงเบนความถี่และความถี่ของสัญญาณข้อมูล แม้สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอดูเลชั่นทางความถี่จะมีความถี่ข้างเคียงจำนวนอนันต์ แต่ความถี่ข้างเคียงที่มีแอมปลิจูดสูงเพียงพอเท่านั้นจึงจะถือว่าเป็นสัญญาณที่มีข้อมูลอยู่โดยปกติสัญญาณที่มีข้อมูลอยู่ต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของสัญญาณพาหะที่ยังไม่ถูกมอดูเลตจะถือว่าไม่มีความสำคัญ

จากความสำพันธ์ข้างต้น ทำให้เกิดอัตราส่วนระหว่างค่าเบี่ยงเบนความถี่กับความถี่ของสัญญาณข้อมูลซึ่งเรียกว่าดัชนีการมอดูเลต (Modulation Index : m)

$$m = \frac{f_d}{f_m} \tag{2.11}$$

เมื่อ f_d = ค่าความถี่เบี่ยงเบน

f_m = ความถี่ของสัญญาณข้อมูล

ค่าเบี่ยงเบนความถี่และค่าความถี่ของสัญญาณข้อมูลมักจะใช้ค่ามากที่สุด เพื่อนำมาคำนวณดัชนีการมอดูเลต และนอกจากนั้นค่าดัชนีดังกล่าวก็ถูกเรียกว่าอัตราการเบี่ยงเบนด้วย

สัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่ (FM) จะใช้แถบความถี่กว้างเท่าใดขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดูเลต หากค่าดัชนีการมอดูเลตมากก็จะใช้แถบความถี่กว้างมาก ดังนั้นสามารถประหยัดแถบความถี่ได้ด้วยการจำกัดค่าของดัชนีการมอดูเลต

แถบความกว้างของความถี่ (Bandwidth) = $2f_m \times$ จำนวนของความถี่ข้างเคียงที่สำคัญ

2.10.4 วงจรมอดูเลตสัญญาณ (Modulator)

เมื่อทำการส่งสัญญาณทางไฟฟ้าของเสียงหรือสัญญาณวิดีโอไปตามสายส่งสัญญาณโดยตรง จะไม่สามารถส่งสัญญาณไปไกลๆ ได้ เนื่องมาจากผลของการเกิดลดทอนสัญญาณภายในสายและเกิดการผิดเพี้ยนทางด้านความถี่ด้วยหรือถ้าต้องการส่งสัญญาณเหล่านี้ออกอากาศให้อยู่ในรูปของคลื่นวิทยุโดยต่อโดยตรงกับเสาอากาศ สัญญาณไฟฟ้านี้จะไม่แพร่กระจายออกไปในอากาศได้เหมือนสัญญาณวิทยุ

การสื่อสารทางสัญญาณไฟฟ้าจะกระทำโดยใช้คลื่นของสัญญาณที่ต้องการติดต่อหรือสื่อสารขี่หรือสอดแทรกไปกับคลื่นสัญญาณความถี่สูงที่มีลักษณะต่อเนื่องเรียกว่าคลื่นพาห์และวิธีการใช้สัญญาณที่ต้องการสื่อสารขี่ไปกับสัญญาณความถี่สูงแบบต่อเนื่องเรียกว่า การผสมสัญญาณ คลื่นพาห์ที่ถูกผสมสัญญาณแล้วเรียกว่า คลื่นผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Integrated DTMF Receiver)

สัญญาณ DTMF เป็นสัญญาณการเข้ารหัสความถี่คู่ของหมายเลขโทรศัพท์หรือที่เรียกว่าโทรศัพท์แบบปุ่มกด นอกจากโทรศัพท์แบบปุ่มกดแล้ว ปุ่ม DTMF ยังมีใช้ในเครื่องวิทยุรับ - ส่งแบบมือถือ ซึ่งสามารถนำส่วนนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้เช่นเดียวกับโทรศัพท์แบบปุ่มกด

การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มชนิด Tone หรือ DTMF ให้เป็นระบบตัวเลขแบบดิจิตอล การถอดรหัสจะถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามาต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่ากันหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จะสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป

ตารางที่ 2.1 ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

กลุ่มความถี่ต่ำ (แนวนอน)	กลุ่มความถี่สูง(แนวตั้ง)	รหัสหรือหมายเลข	บิตที่ 4	บิตที่ 3	บิตที่ 2	บิตที่ 1
670	1,209	1	0	0	0	1
670	1,336	2	0	0	1	0
670	1,447	3	0	0	1	1
770	1,209	4	0	1	0	0
770	1,336	5	0	1	0	1
770	1,447	6	0	1	1	0
852	1,209	7	0	1	1	1
852	1,336	8	1	0	0	0
852	1,447	9	1	0	0	1
941	1,336	0	1	0	1	0
941	1,209	*	1	0	1	1
941	1,447	#	1	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

กลุ่มความถี่ต่ำ (แนวนอน)	กลุ่มความถี่สูง(แนวตั้ง)	รหัสหรือหมายเลข	บิตที่ 4	บิตที่ 3	บิตที่ 2	บิตที่ 1
670	1,633	A	1	1	0	1
770	1,633	B	1	1	1	0
852	1,633	C	1	1	1	1
941	1,633	D	0	0	0	0

การนำการถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ไปใช้งาน

1. นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
2. เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
3. ใช้งานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
4. ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
5. ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อยหรือ PABX
6. เครื่องกันขโมย
7. การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์

2.12 เครื่องรับ-ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ (Radio Transmitters)

จุดเริ่มของการส่งคลื่นวิทยุนั้นประกอบด้วยการสร้างสัญญาณที่เป็นสื่อหรือพาหะที่เรียกว่าแคร์เรียร์เจเนอร์เรชั่นนำสัญญาณมามอดูเลตกับสัญญาณข้อมูลหรือเสียงแล้วจึงทำการขยายสัญญาณเพื่อส่งออกไปยังสายอากาศหรือตัวนำคลื่นเป็นสัญญาณความถี่วิทยุ

เราสามารถแบ่งเครื่องรับส่งสัญญาณคลื่นวิทยุได้เป็นหลายประเภท คือ กลุ่มแรกคือกลุ่มที่ได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์ ให้ใช้ความถี่ย่าน 144 ถึง 146 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านช่วงความถี่แคบหรือที่เรียกว่า ย่านกว้างความถี่ 2 เมตร เป็นย่านความถี่ที่กลุ่มนักวิทยุสมัครเล่นใช้ในการสื่อสารและหน่วยงานราชการบางหน่วยงาน กลุ่มที่สอง คือ กลุ่มที่ได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์ให้ใช้ความถี่หลายย่าน โดยแต่ละย่านห่างกันมากกว่า 10 เมกกะเฮิรตซ์ เช่นหน่วยงานขององค์การโทรศัพท์ กรมตำรวจ หน่วยกู้ภัย เป็นต้น และกลุ่มที่ไม่ต้องขออนุญาตจากกรมไปรษณีย์ ซึ่งใช้ความถี่ย่าน 27 เมกกะเฮิรตซ์หรือเรียกว่า วิทยุ CB ใช้สื่อสารกันในระยะใกล้ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้วคลื่นวิทยุที่ใช้ในการสื่อสารทั้งสองกลุ่มแรก จะใช้คลื่นวิทยุช่วงความถี่ VHF จะมีความถี่ในช่วง 30-300 เมกกะเฮิรตซ์ โดยคลื่นจะเดินทางเป็นเส้นตรงระหว่างการสื่อสารแต่ละจุด ถ้าหากมีสิ่งกีดขวางกั้นทิศทางของคลื่นอยู่ จะทำให้คลื่นวิทยุเกิดการเบี่ยงเบนและจางหายไป ดังนั้นระยะทางหรือรัศมีการติดต่อรับส่งคลื่นวิทยุ VHF/FM จะถูกจำกัดโดยขึ้นอยู่กับ ระยะทางภูมิประเทศ และความสูงของสายอากาศรับและส่ง

ดังนั้นการใช้วิทยุรับส่งแบบมือถือให้มีประสิทธิภาพและสามารถทำการติดต่อรับส่งกันให้มีระยะทางที่ไกลขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับการจัดระบบและข่ายการติดต่อสื่อสาร ซึ่งสามารถจัดได้เป็นหลักใหญ่ดังนี้

1) แบบสัญญาณความถี่เดี่ยว (Simple signal frequency)

เป็นแบบที่เครื่องรับและเครื่องส่งใช้คลื่นการติดต่อเป็นคลื่นความถี่เดียวกัน แบบนี้จะสะดวกในการติดต่อสื่อสารระหว่างจุดต่อจุดหรือกลุ่มต่อกลุ่ม

2) แบบสัญญาณความถี่คู่ (Simple double frequency)

จะคล้ายกับแบบแรกแต่จะแตกต่างกันตรงที่ความถี่ที่ใช้รับและส่งจะเป็นคนละความถี่กัน ข้อดีสำหรับการสื่อสารแบบนี้สามารถใช้ร่วมกับสถานีทวนสัญญาณได้ ส่งผลทำให้ระยะทางในการติดต่อไกลขึ้น

3) แบบสัญญาณความถี่ผสม (Duplex double frequency)

เป็นแบบที่ใช้เครื่องรับและส่งความถี่ต่างกันและสามารถรับส่งกันได้ในเวลาเดียวกัน แบบนี้เหมาะสำหรับการติดต่อโทรศัพท์

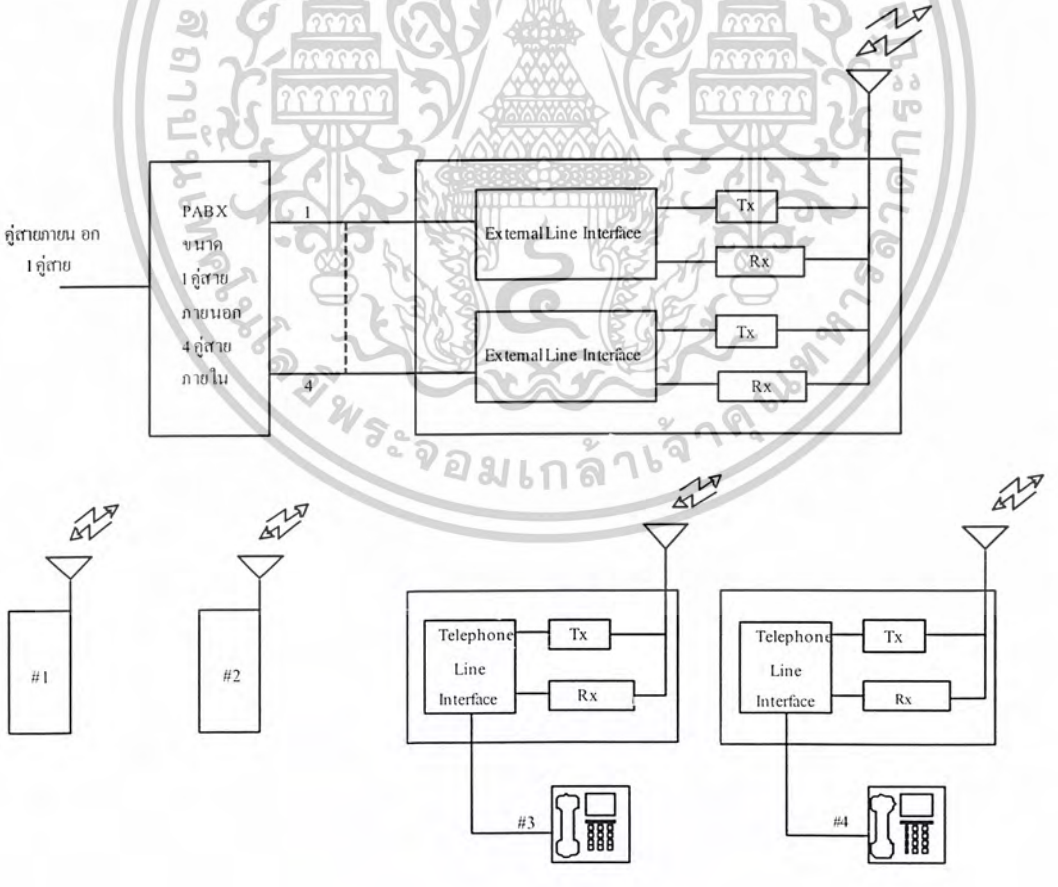
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 บทกล่าวนำ

จากทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับหลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย สามารถนำเอาหลักการมาออกแบบวงจรและทำการสร้างวงจรการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย ซึ่งมีขั้นตอน การออกแบบ การสร้าง และการทำงานของวงจรต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.2 หลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายเบื้องต้น



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของ PABX เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังการทำงานของ PABX เบื้องต้นชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนฐานที่ใช้ควบคุม 1 ชุด ส่วนของโทรศัพท์ไร้สาย 2 เครื่อง และอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย 2 เครื่อง ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายจะทำหน้าที่รับส่งสัญญาณในโทรศัพท์ระหว่างคู่สายขององค์การโทรศัพท์กับส่วนไร้สายและส่วนของอุปกรณ์ต่อผ่านซึ่งจะใช้ส่วนฐานเป็นตัวควบคุม การออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายนี้ ต้องการนำมาใช้งานร่วมกับเครื่องรับส่งสัญญาณโทรศัพท์ย่าน VHF โดยที่เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายจะทำหน้าที่คล้ายชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ คือ กำเนิดสัญญาณต่างๆ โดยสัญญาณที่รับส่งประกอบด้วย สัญญาณให้หมุน สัญญาณเรียกกลับ สัญญาณไม่ว่าง เป็นต้น สำหรับการใช้งานภายในนั้นสามารถสื่อสารระหว่างโทรศัพท์ไร้สายกับโทรศัพท์ไร้สายได้ และสามารถติดต่อไปยังส่วนของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สายได้ ในส่วนของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สายนั้น ก็สามารถติดต่อกันเองได้และสามารถติดต่อไปยังโทรศัพท์ไร้สายได้โดยส่วนฐานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายจะเป็นตัวเชื่อมต่อ

3.3 วงจรภาคส่ง

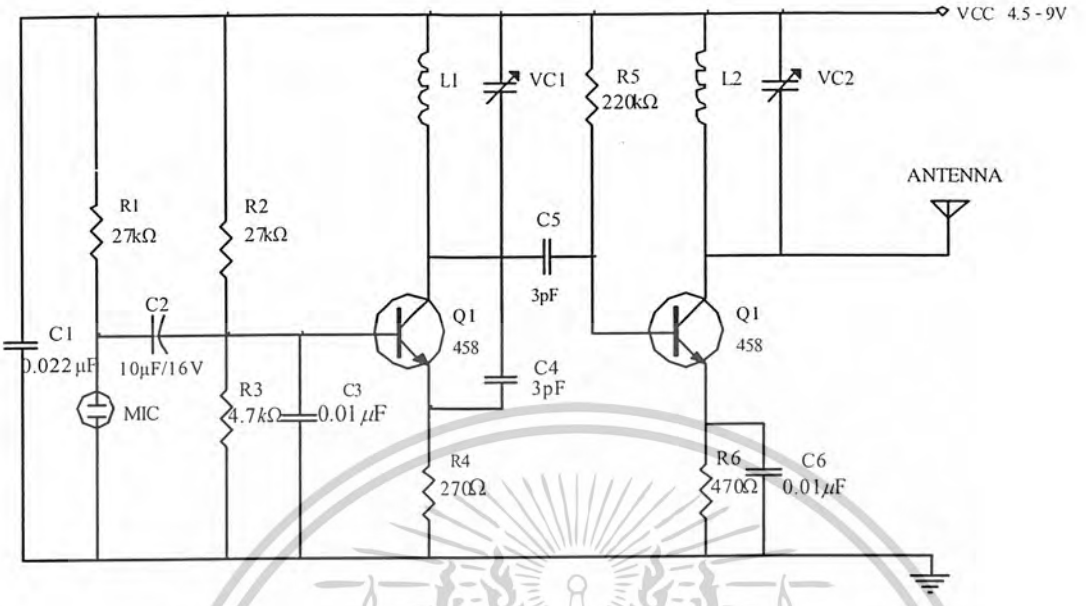
3.3.1 การออกแบบและการสร้าง

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณข่าวสารอินพุต เป็นวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์ในการกำเนิดคลื่นวิทยุ สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะเป็นสัญญาณเอฟเอ็ม

3.3.2 การทำงานของวงจร

ไมค์ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงจากไมค์จะส่งผ่าน C2 ไป เข้าไปขา B ของทรานซิสเตอร์ TR1 ซึ่ง TR ตัวนี้จะทำหน้าที่กำเนิดคลื่นวิทยุ และเป็นตัวผสมสัญญาณเสียงเข้ากับความถี่วิทยุที่สร้างขึ้น โดยมี T1 เป็นตัวปรับความถี่สัญญาณที่มิกซ์รวมกันแล้วจะส่งผ่าน C5 ไปเข้าขา B เพื่อทำการขยายความถี่คลื่นวิทยุ ออกทางขา C ส่งออกทางสายอากาศ เพื่อส่งออกอากาศไป ที่ขา C ของ TR1, TR2 จะเดินลายปริ้นเป็นคอยล์แทนขดลวดที่พันเอง เพื่อในการประกอบสร้างได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรภาคส่ง

3.4 วงจรภาครับ

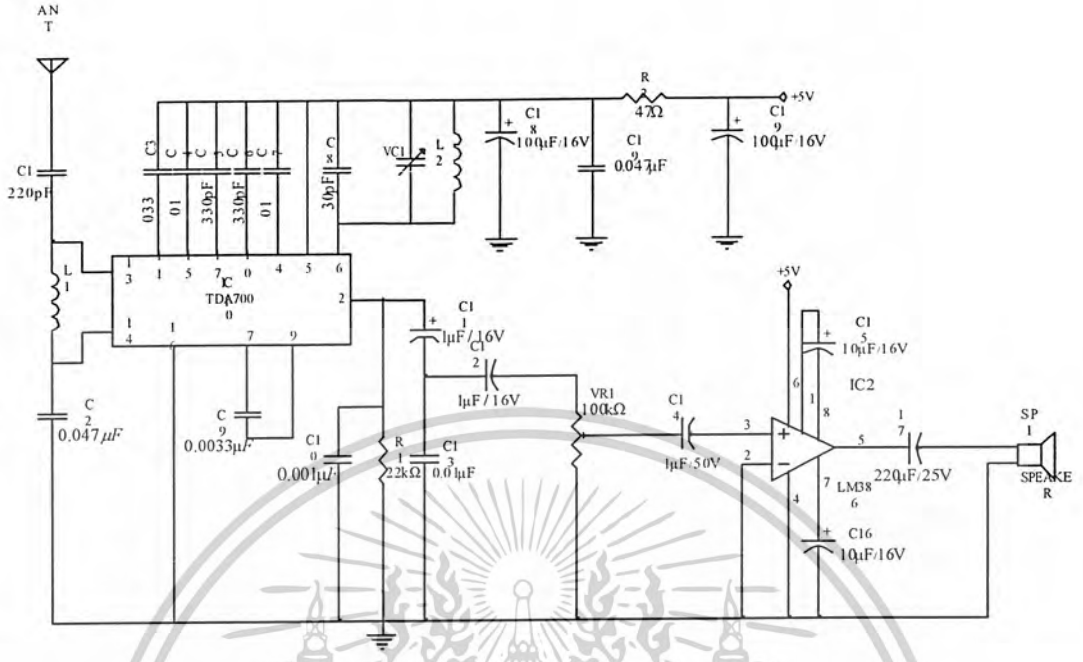
3.4.1 การออกแบบและการสร้าง

วงจรในส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่จากเครื่องส่งแล้วทำการถอดรหัสโดย ใช้ไอซี TDA 7000 ในการถอดรหัสและทำการขยาย สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะส่งไปยังวงจรขยายต่อไป

3.4.2 การทำงานของวงจร

ความถี่อาร์เอฟที่รับเข้ามาทางสายอากาศจะผ่าน L1และเข้าไปยังแบนด์พาสฟิลเตอร์ เพื่อเลือกรับความถี่ที่ต้องการ โดย L2, VC1 และC1 สัญญาณความถี่ที่ต้องการจะเข้าที่ขา 13 ของ IC2 แล้วถูกนำไปผสมกันในวงจรมิกเซอร์ภายในกับความถี่ออสซิลเลเตอร์ ที่ทำการเลือกโดยวงจรแทงก์จูน ซึ่งประกอบด้วย L3, C17, VC1 และC18 โดยผ่าน C31 เข้าไปยังขา 14 ซึ่งจะเข้าไปยังวงจรมิกเซอร์ภายในตัวไอซี ความถี่ที่ได้จากวงจรมิกเซอร์จะเข้าสู่ภาคดีมอดูเลเตอร์และทำการขยายความถี่ไอเอฟแล้วทำการดีเทคได้สัญญาณที่ต้องการออกมาทางขา 2ของ IC2 ส่วนตัวต้านทาน R1 จะเป็นตัวจำกัดกระแสที่เข้าตัวไอซี สัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจากขา 2 จะไปผ่านวงจรดีเอ็มฟาซิส คือ R2, C18 และC แล้วคัปปลิ้งผ่าน C ไปยังส่วนขยายต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรภาครับ

3.5 วงจรควบคุมการยกหูวางหู

3.5.1 การออกแบบและการสร้าง

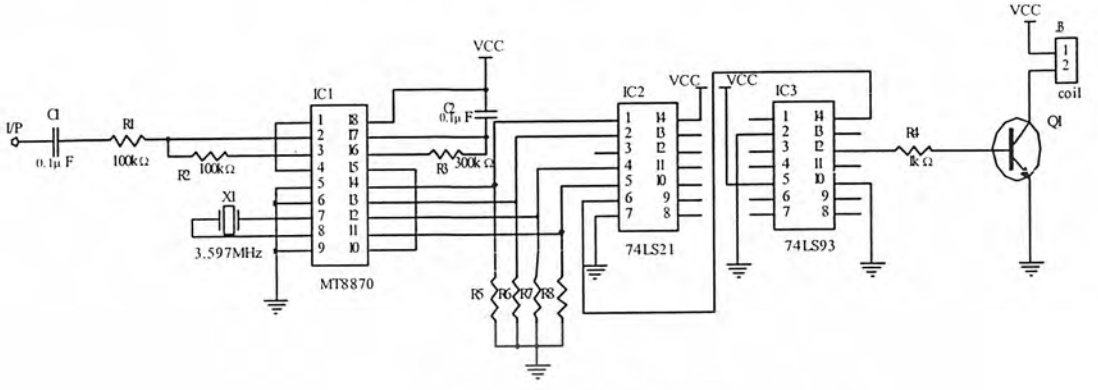
วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่คู่จาก ไอซีเบอร์ TCM 5087 เป็นอินพุตของวงจร สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรนี้จะนำมาควบคุม 2 ส่วน คือวงจรจำลองการยกหูและวางหูในส่วนฐาน ส่วนที่ 2 คือ ควบคุมการสลับระหว่างวงจรเรียกเสียงกระดิ่งกับวงจรปากพูดหูฟังของโทรศัพท์ในส่วนของโทรศัพท์ไร้สาย

3.5.2 การทำงานของวงจร

จากวงจรจะรับสัญญาณอินพุตจากไอซีผลิตความถี่คู่เบอร์ TCM 5087 ในตำแหน่งของปุ่ม C จะมีความถี่ 852 Hz และ1,633 Hz มาเข้าไอซีถอดรหัสความถี่คู่เบอร์ MT 8870 ที่ขา 2 และขา 3 และจะได้สัญญาณเอาต์พุตเป็นเลขไบนารี่ ขนาด 4 บิต ออกที่ขา 11-14 เป็น 1 ทั้งหมดและนำเลขไบนารี่ดังกล่าวป้อนเข้าอินพุตของแอนท์เกต เบอร์ 74LS21 ที่ ขา 1,2,3,4 และ5 ซึ่งจะได้สัญญาณเอาต์พุตออกที่ 6 เป็น 1 แล้วป้อนให้ขา 14 ของไอซีนับเบอร์ 74LS93

ซึ่งจะนำเอาต์พุตเฉพาะบิตแรกมาใช้งาน จะมีสถานะสลับกันไปมา ระหว่าง 0 กับ 1 เพื่อป้อนไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ เป็นสวิตช์สั่งงานรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมการยกหูวางหู

3.6 วงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

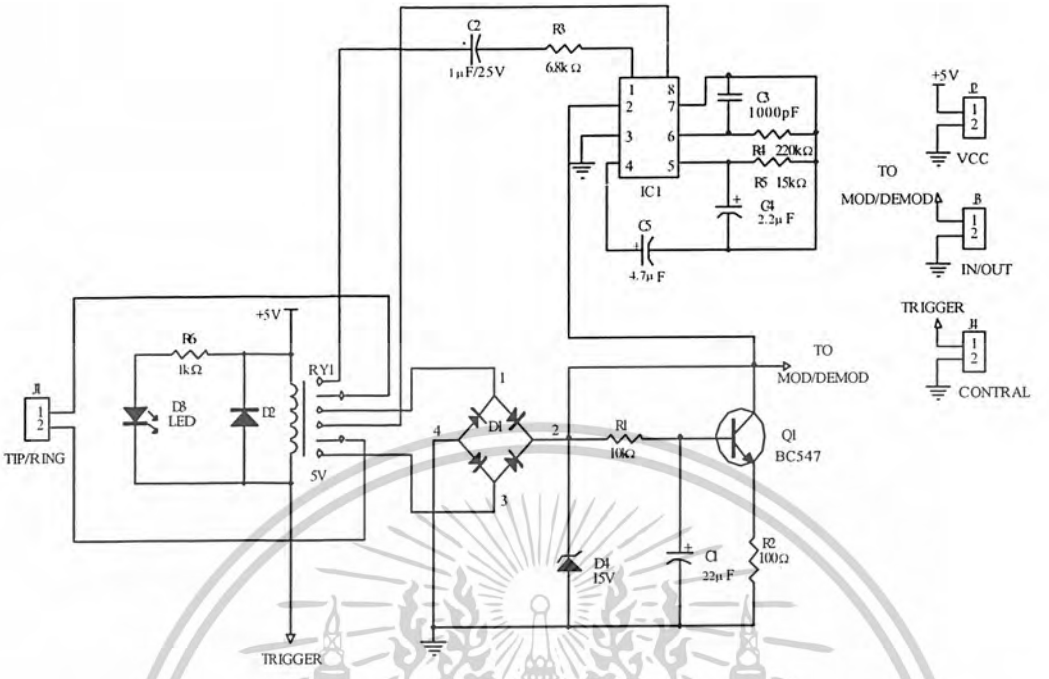
3.6.1 การออกแบบและการสร้าง

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณทริกจากวงจรควบคุมการยกหูและวางหู ซึ่งต่ออยู่กับวงจรภาครับและวงจรภาคส่ง โดยวงจรนี้จะใช้ไอซีเบอร์ MC 40317 ตรวจจับสัญญาณกระดิ่งในกรณีปกติ และเมื่อมีสัญญาณทริก จากวงจรควบคุมการยกหูและวางหู วงจรจำลองการยกหูและวางหูจะมีอิมพิแดนซ์ประมาณ 600 โอห์ม จากนั้นจะเชื่อมต่อวงจรภายในชุมสาย

3.6.2 การทำงานของวงจร

จากวงจร สภาวะปกติปิดของรีเลย์ จะเชื่อมต่อสายทิปและริง เข้ากับวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งจากชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติเรียกเข้ามา ไอซีเบอร์ MC 34017 จะตรวจจับสัญญาณกระดิ่งได้ที่ขา 1และ8 จากนั้นจะสร้างสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 2 เพื่อป้อนให้ภาคส่ง ส่งสัญญาณไปยังเครื่องโทรศัพท์ไร้สายต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

3.7 วงจรโทรศัพท์

3.7.1 การออกแบบและการสร้าง

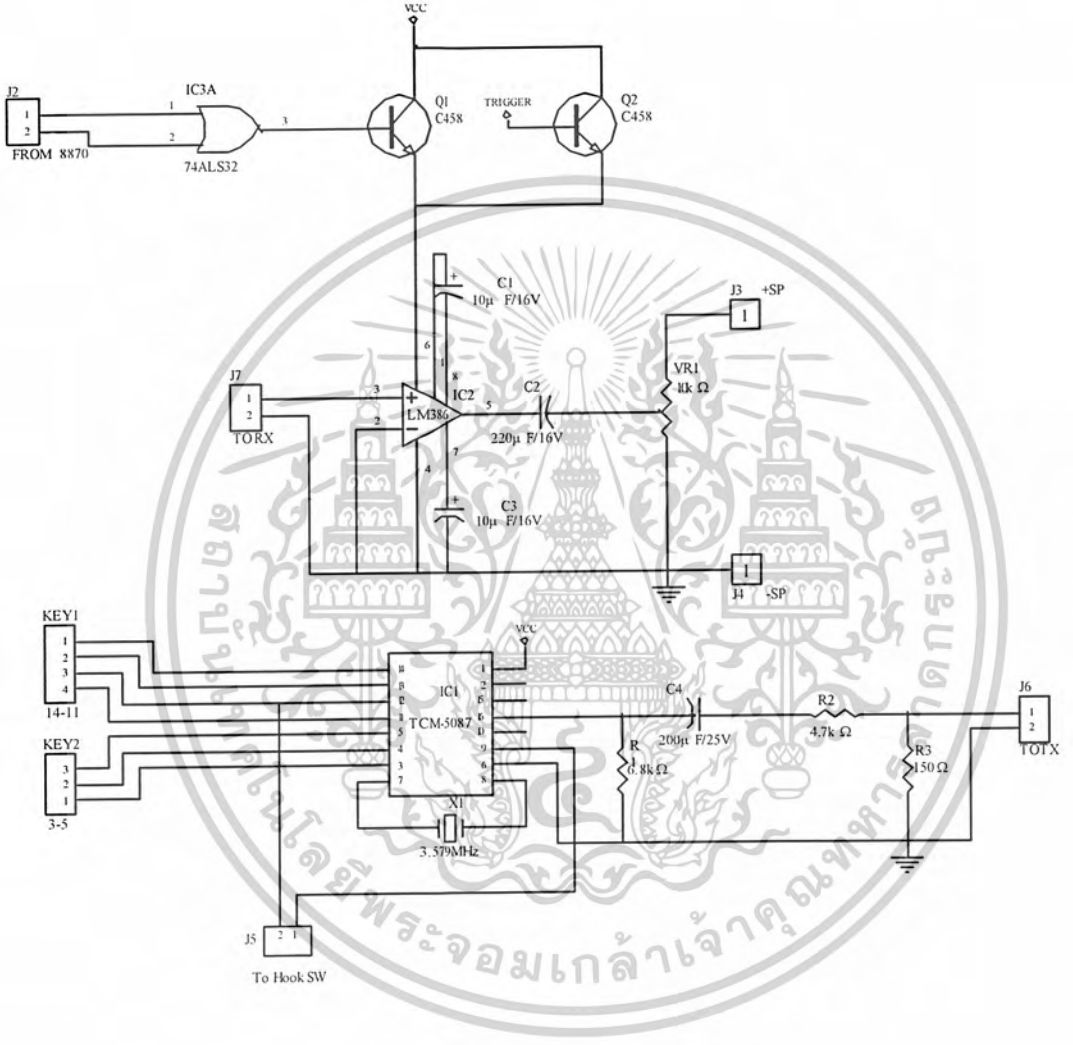
วงจรส่วนนี้จะรับสัญญาณเสียงพูดโดยใช้ไมคอนแดนเซอร์ จากนั้นก็ทำการส่งไปยังวงจรภาคส่ง ส่วนทางภาครับนั้นเมื่อรับสัญญาณได้จะทำการขยายสัญญาณเสียงโดยใช้ไอซีขยายเบอร์ LM 386 และเมื่อต้องการจะโทรออกสามารถทำได้โดยกดคีย์สวิตช์ เพื่อสั่งให้ไอซีเบอร์ TCM 5087 กำเนิดความถี่คู่ออกมาแล้วส่งไปยังภาคส่งเพื่อส่งออกอากาศ

3.7.2 การทำงานของวงจร

จากวงจร เมื่อกดฮุกสวิตช์จะทำการเชื่อมต่อขา 12 กับขา 9 ของไอซีเบอร์ TCM 5087 จะกำเนิดความถี่คู่ในแถวที่ 3 คอลัมน์ที่ 4 เป็นความถี่ 852 KHz และ 1,633 KHz ออกทางขา 16 ผ่าน C4 และ VR ซึ่ง VR จะเป็นตัวปรับความแรงของสัญญาณและจะส่งไปเข้าวงจรไปเข้าวงจรภาคส่ง และวงจรการควบคุมการยกหูวางหู สัญญาณที่ส่งไปเข้าวงจรควบคุมการยกหูวางหูจะได้เอาต์พุตของวงจรเป็น 1 และ 0 สลับกัน เมื่อเอาต์พุตเป็น 1 จะสั่งให้รีเลย์ทำงาน เพื่อจ่ายไฟให้กับวงจรภาคส่ง ส่งสัญญาณความถี่คู่ไปยังส่วนฐานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย เพื่อให้ส่วนฐานรับรู้ว่ามีการยกหูและรับสัญญาณไดอัลมาให้ เมื่อภาครับได้รับสัญญาณไดอัลก็จะทำการขยายสัญญาณโดยไอซีขยายเบอร์ LM 386 ซึ่งจะรับอินพุตเข้าที่ขา 3 และได้เอาต์พุตที่ขา 5 ออกไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำโพง เมื่อมีการสนทนาจะรับสัญญาณเสียงเข้าที่ไมคอนแดนเซอร์ และส่งไปเข้าวงจรภาคส่งเพื่อส่งออกอากาศ เมื่อมีการเรียกเข้า จะรับสัญญาณกระดิ่งมาจากวงจรภาคส่งแล้วทำการขยายเสียงโดยใช้ไอซีขยายเบอร์ LM 386



รูปที่ 3.6 วงจรโทรศัพท์

3.8 วงจรกำเนิดสัญญาณ DTMF

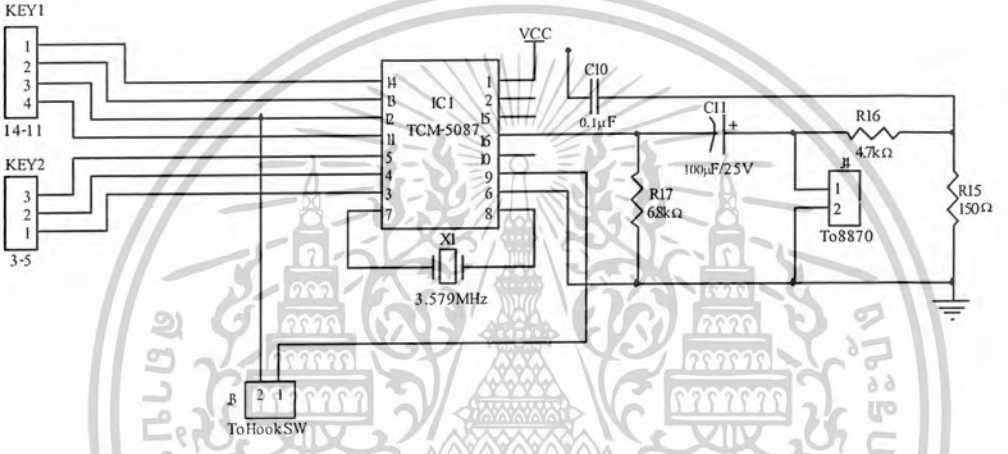
3.8.1 การออกแบบและการสร้าง

สำหรับวงจรนี้จะใช้ไอซีเบอร์ TCM 5087 ซึ่งเป็นไอซี DTMF ที่ต่อกับ Keyboard 3×4 โดยมี X-TAL ขนาด 3.579 MHz เป็นตัวกำเนิดความถี่อ้างอิงให้กับไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.2 การทำงานของวงจร

เมื่อกดปุ่มใดปุ่มหนึ่งจาก Keyboard 3×4 ไอซีจะผลิตความถี่ 2 ความถี่ออกมาที่เอาต์พุตที่ขา 16 และพร้อมกันนั้น ขา 10 จะเป็น Logic High ตลอดเวลาที่กดปุ่ม เมื่อปล่อยขา 10 จะกลับเป็น Logic Low และสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 16 จะหายไป สัญญาณความถี่ 2 ความถี่ที่ผลิตออกจากไอซี DTMF ที่เอาต์พุตขาที่ 16 จะถูกนำไปต่อเข้ากับอินพุตของเครื่องส่งวิทยุ เครื่องส่งก็จะทำการมอดูเลตสัญญาณจากนั้นก็จะส่งออกเป็นคลื่นวิทยุออกอากาศไป



รูปที่ 3.7 ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF

3.9 วงจรถอดรหัส DTMF

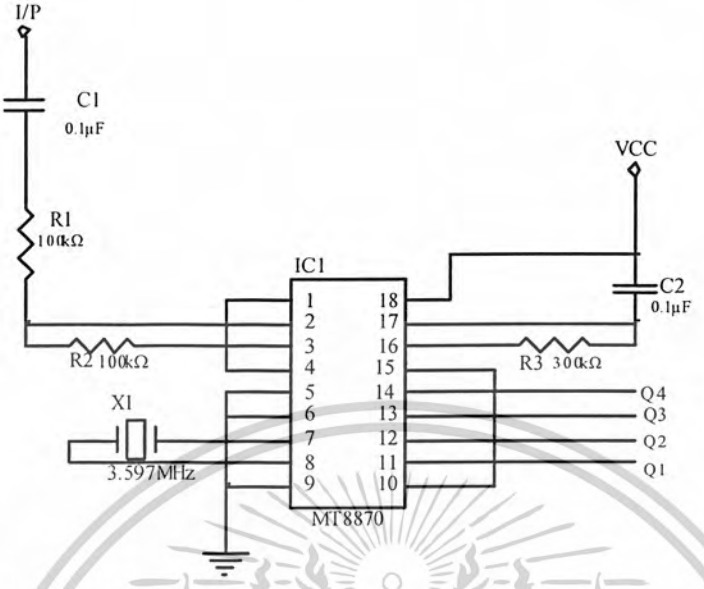
3.9.1 การออกแบบและการสร้าง

วงจรนี้จะทำหน้าที่ถอดรหัส สัญญาณจากการกดเลขหมายของเครื่องโทรศัพท์ต้นทางที่ทำการติดต่อเข้ามา โดยใช้ไอซีเบอร์ MT 8870 เป็นตัวถอดรหัสสัญญาณการกดปุ่มเลขหมายโทรศัพท์เป็นรหัสไบนารี่ 4 บิต เพื่อส่งไปยังภาค Control Circuit

3.9.2 การทำงานของวงจร

วงจรถอดรหัสสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3.8 การทำงานของไอซีเบอร์ MT 8870 จะถูกควบคุมด้วยขา 10 (TOE) และ ขา 15 (STD) ส่วนขา 11-15 (Q1-Q4) จะเป็นเอาต์พุตไบนารี่ การทำงานตอนแรกขา 10 (TOE) จะมีระดับแรดดันเป็นลอจิก “0” ทำให้เอาต์พุตของไอซีร์เบอร์ MT 8870 (Q1-Q4) เป็นไฮจ์อิมพิแดนซ์ (High Impedance) แต่เมื่อมีอินพุตเข้ามา U301 จะทำการถอดรหัสแล้วเปลี่ยนสถานะทางลอจิกของขา 15 (STD) จากลอจิก “0” เป็น ลอจิก “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรถอดรหัส DTMF

3.10 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

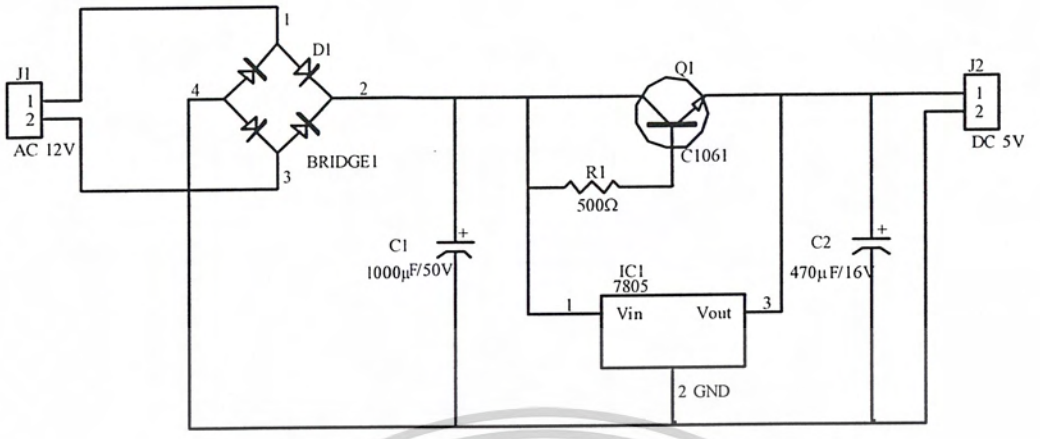
3.10.1 การออกแบบและการสร้าง

ส่วนของวงจรเร็กกูเลเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ 7805 เป็นตัวกำหนดแรงดันเอาต์พุต ซึ่งมีทรานซิสเตอร์เบอร์ C 1061 เป็นตัวขับกระแสเอาต์พุต ซึ่งมี C1 และ C2 เป็นตัวกรองแรงดันให้เรียบ

3.10.2 การทำงานของวงจร

วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจะมีทรานฟอเมอร์ ทำหน้าที่แปลงแรงไฟ AC 220 โวลต์ ลงให้เหลือ 9 โวลต์ เพื่อป้อนให้กับวงจรบริดจ์เร็กติไฟเออร์ได้แรงไฟตรงออกมาที่ฟิลเตอร์คาปาซิเตอร์ C1 เท่ากับ 12 โวลต์ ไอซีเบอร์ 7805 ซึ่งเป็นหัวใจของการทำงานของวงจร โดยค่าแรงไฟเอาต์พุตที่ได้จากไอซี จะมีค่าเท่ากับ 5โวลต์ กระแสที่ไหลออกจากวงจรบริดจ์เร็คติไฟเออร์จะถูก C1 กรองแรงดันไฟฟ้าให้เรียบและผ่านเข้า ทรานซิสเตอร์เบอร์ C 1061 ที่ขาคอลเล็คเตอร์และได้เอาต์พุตออกที่ขาอิมิตเตอร์ โดยที่มีตัวต้านทาน R1 เป็นตัวกำหนดกระแสไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ และมี C2 เป็นตัวกรองแรงดันทางด้านเอาต์พุตอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้มีแรงดันที่เรียบขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

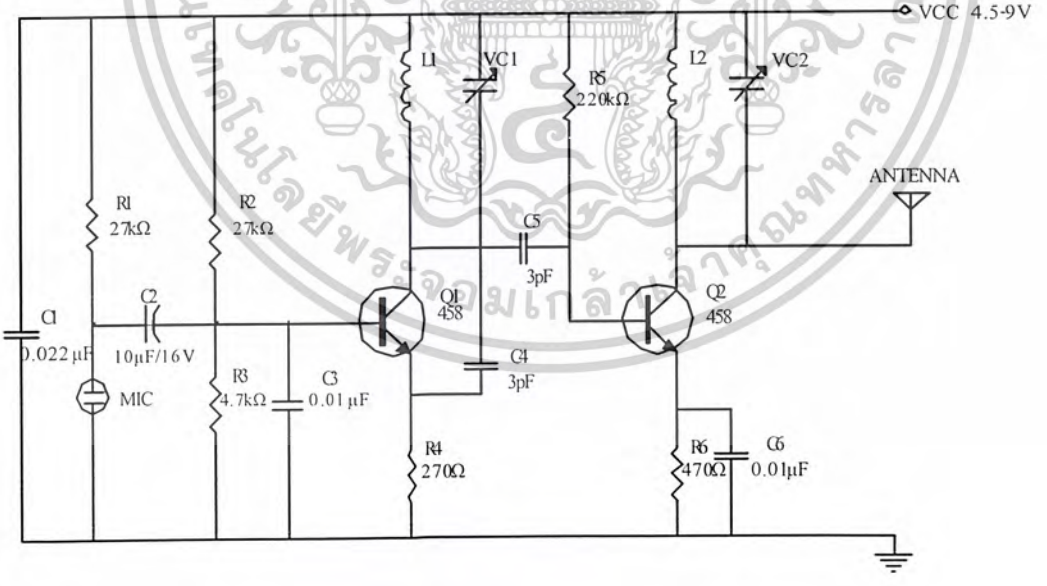
การทดลองและผลการทดลอง

ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายที่ทำการออกแบบในบทที่ 3 จะแบ่งลักษณะการทำงานเป็นส่วนๆ ดังนั้นการทดลองในบทนี้จึงทำผลการทดลองเป็นส่วนดังนี้

4.1 วงจรภาคส่ง

4.1.1 การทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.1
2. ต่อแรงดันขนาด 5 โวลต์ ที่จุดต่อ VCC
3. ต่อสัญญาณอินพุตเข้าที่ขา MIC
4. ตรวจสอบความเรียบร้อยของจุดต่ออุปกรณ์ต่างๆ ว่าถูกต้องหรือไม่
5. ทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 7 ของไอซีแล้วทำการบันทึกสัญญาณที่ได้

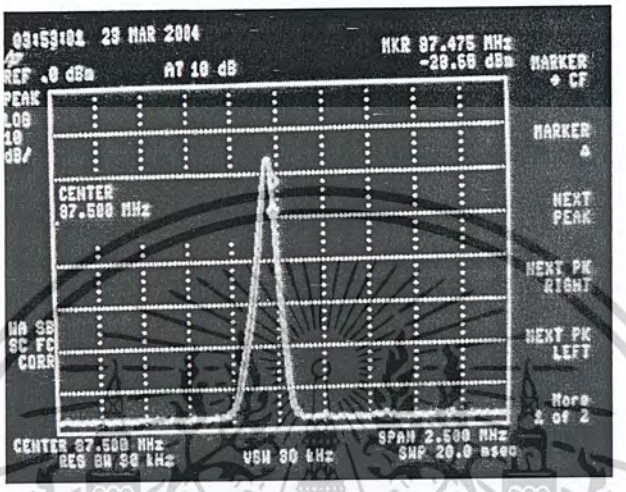


รูปที่ 4.1 วงจรภาคส่ง

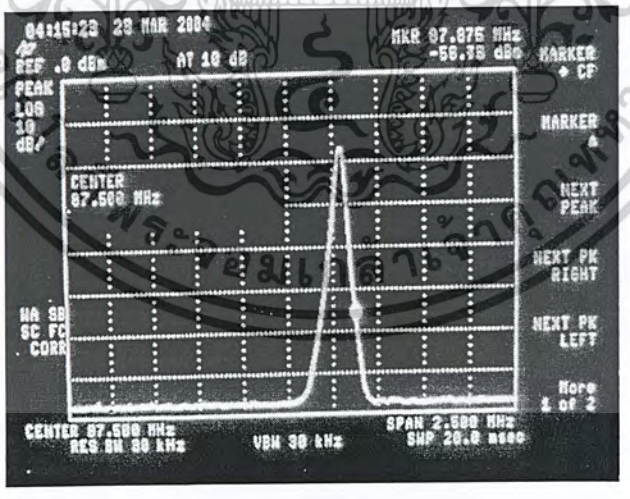
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองวงจรภาคส่งนี้จะได้สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ดังรูป

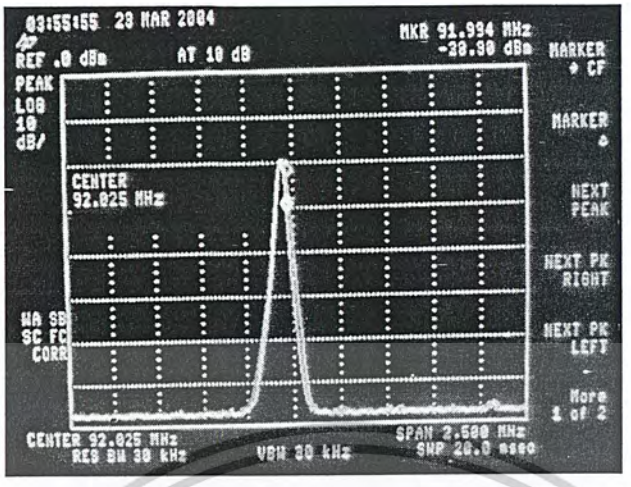


รูปที่ 4.2 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 87.5 MHz

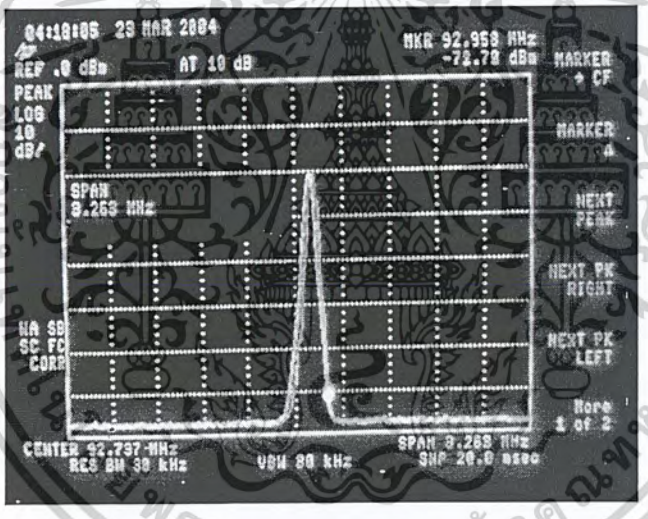


รูปที่ 4.3 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 87.9 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

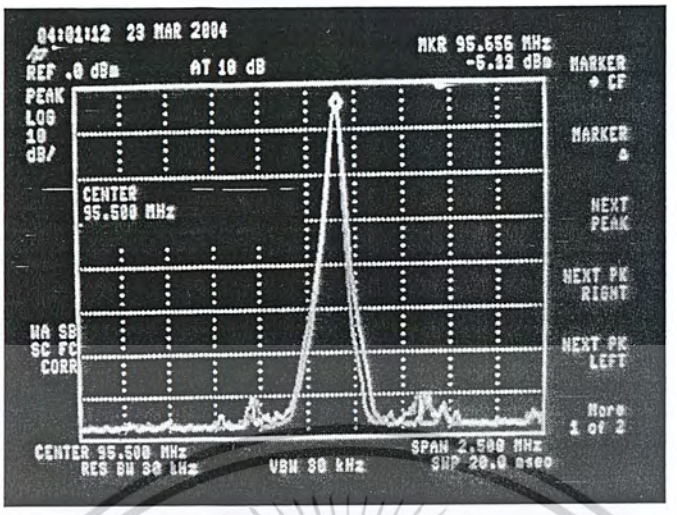


รูปที่ 4.4 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 91.9 MHz

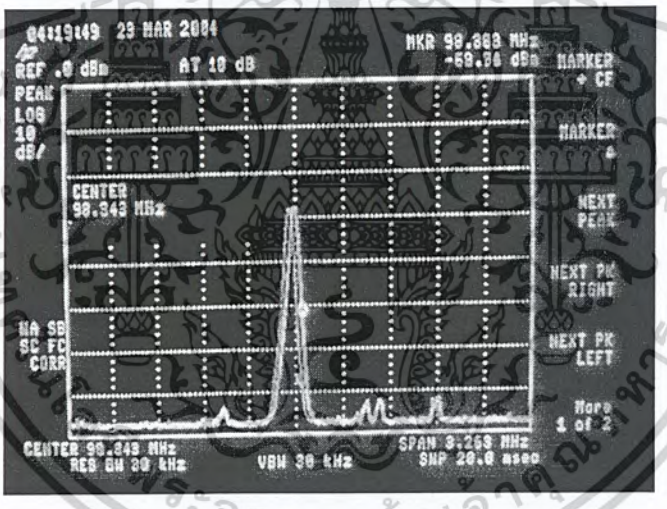


รูปที่ 4.5 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 92.5MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

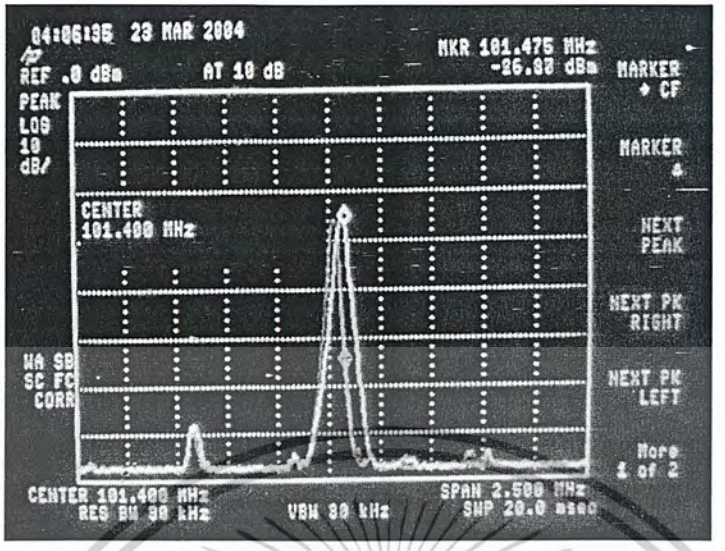


รูปที่ 4.6 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 95.5MHz

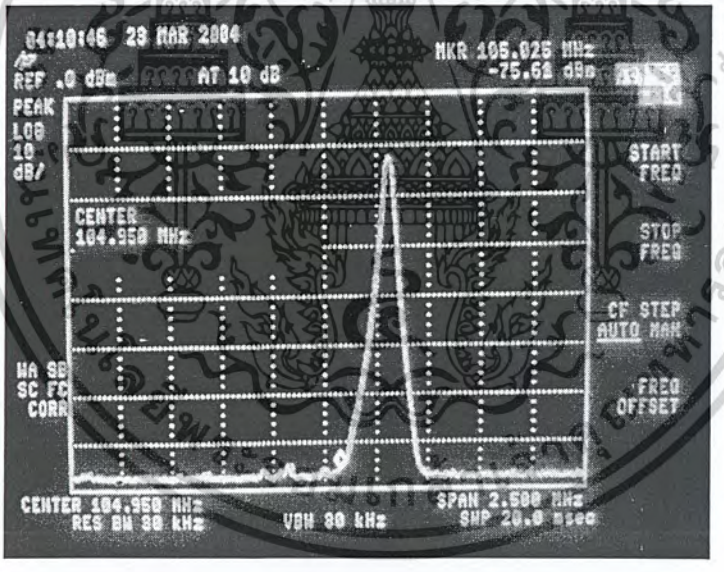


รูปที่ 4.7 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 98.3 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 101.43 MHz



รูปที่ 4.9 สัญญาณความถี่คลื่นพาห์ที่ 101.4 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วงจรควบคุมการยกหูวางหู

4.2.1 การทดลอง

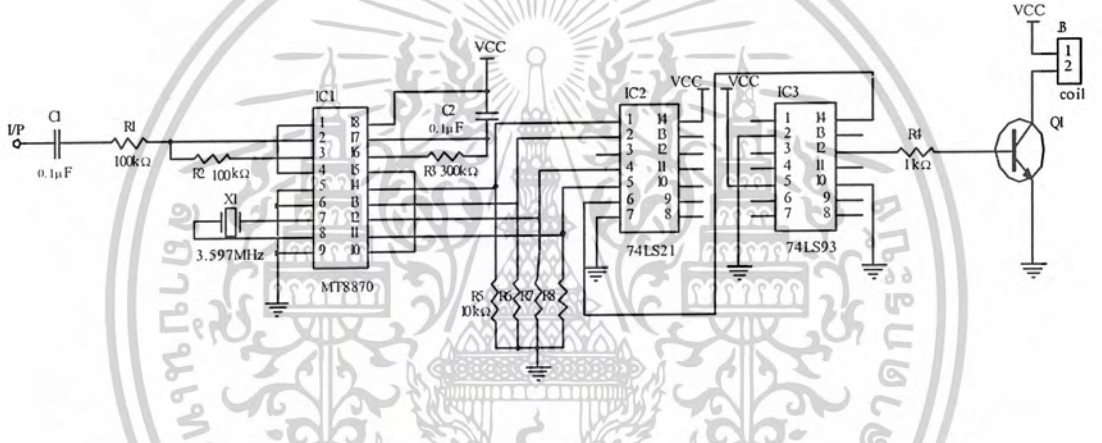
1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.10

2. ป้อนสัญญาณอินพุตที่ C1 ของวงจร เป็นสัญญาณความถี่คู่

3. ป้อนแรงดันไฟขนาด 5 โวลต์ ที่ขา 18 ของไอซี MT8870 ขา 14 ของไอซี 74LS21 และขา 5 ของ ไอซี 74LS93

4. ตรวจสอบความเรียบร้อยของจุดต่ออุปกรณ์ต่างๆ ว่าถูกต้องหรือไม่

5. ทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ ขา 12 ของ ไอซี 74LS93 แล้วบันทึกค่าที่วัดได้



รูปที่ 4.10 วงจรควบคุมการยกหูวางหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองวงจรควบคุมการยกหูวางหู เมื่อกดปุ่มเลขหมายปุ่มที่ 1 ถึง D จะได้เอาต์พุตที่ขา 12 ของไอซี 74LS93 ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งจะได้เอาต์พุตเป็น 1 ก็ต่อเมื่อกดปุ่ม C ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสเพื่อไปใช้ในการควบคุมรีเลย์

ตารางที่ 4.1 สภาวะการทำงาน

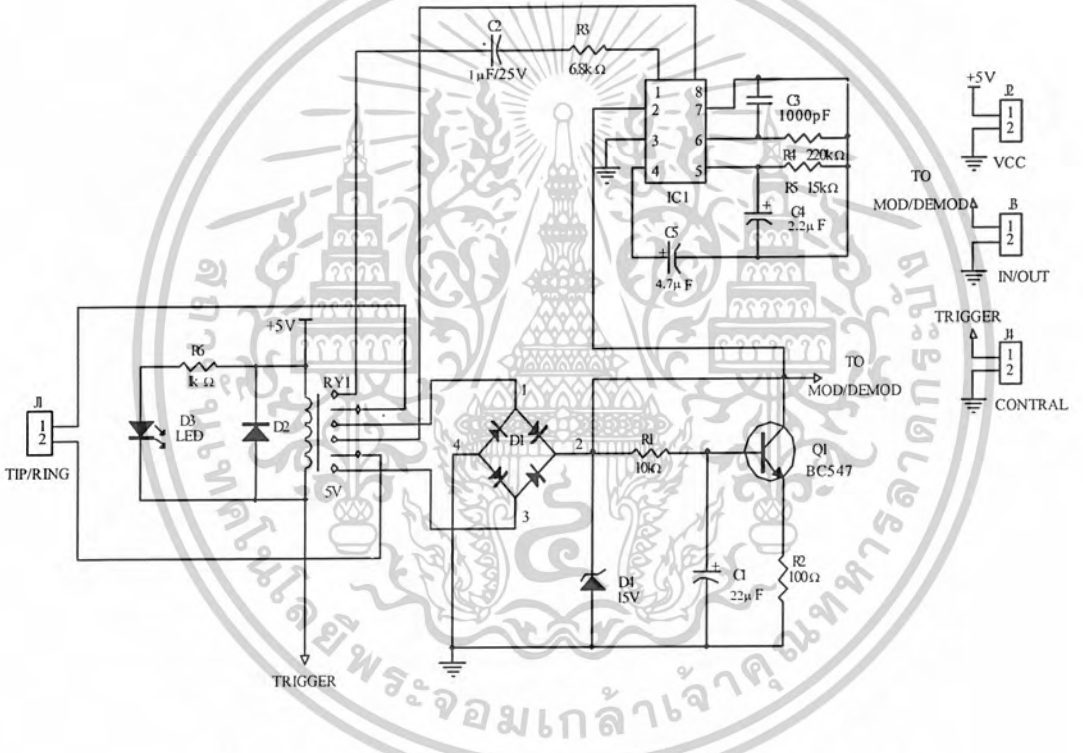
เลขหมายปุ่มที่กด	เอาต์พุตที่ได้
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
0	0
*	0
#	0
A	0
B	0
C	1
D	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

4.3.1 การทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.11
2. ป้อนแรงดันไฟขนาด $\pm 5V$ ให้กับรีเลย์
3. ตรวจสอบความเรียบร้อยของจุดต่ออุปกรณ์ต่างๆ ว่าถูกต้องหรือไม่
4. ทดสอบการเรียกเข้าและบันทึกผลการทดลอง
5. ป้อนสัญญาณ Trigger ให้กับวงจรดังรูปและบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 4.11 วงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

4.3.2 ผลการทดลอง

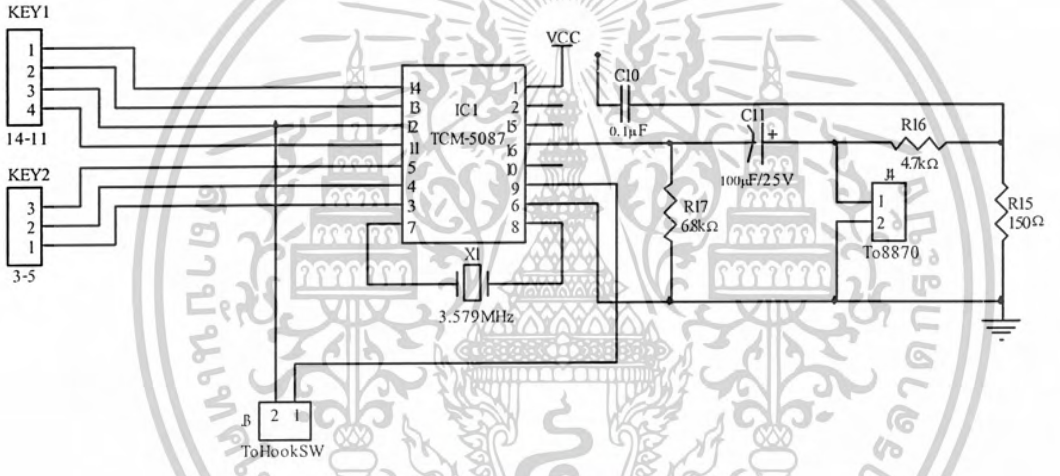
จากการทดลองวงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้าไอซีเบอร์ MC 34017 จะตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและจะกำเนิดสัญญาณเสียงเรียกเข้าที่ขา 2 และขา 3 ของวงจร เพื่อป้อนเข้าสู่ภาคส่ง และเมื่อมีสัญญาณทริกเกอร์ป้อนให้กับรีเลย์ รีเลย์จะสามารถทำงานได้ ซึ่งจะทำการเชื่อมต่อสัญญาณจากภายนอกเข้ากับเครื่องรับและเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF

4.4.1 การทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.12
2. ป้อนแรงดันขนาด 5 V ที่ ขา 1 ของไอซี
3. ทำการต่อ Key switch เข้ากับ Connector Key1และ Key2
4. ตรวจสอบความเรียบร้อยของจุดต่ออุปกรณ์ต่างๆ ว่าถูกต้องหรือไม่
5. กดหมายเลข 1 ถึง # ทำการวัดและบันทึกสัญญาณเอาต์พุตที่ C10 ของวงจรในแต่ละหมายเลข

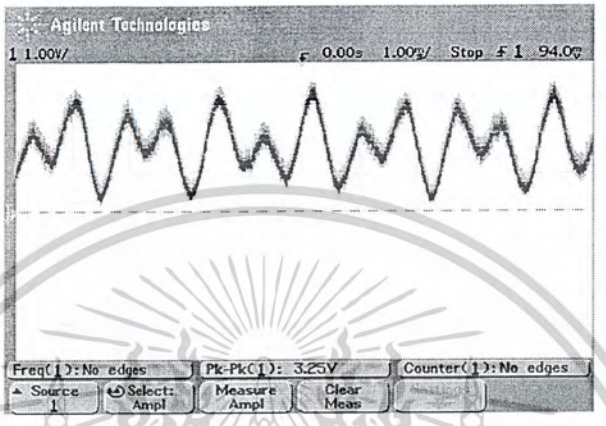


รูปที่ 4.12 ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF

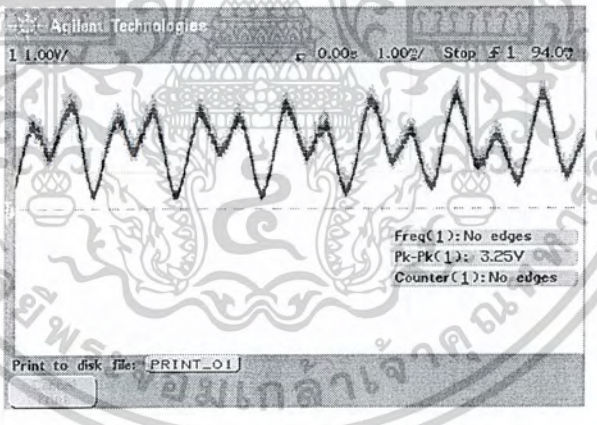
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF จะได้สัญญาณดังนี้

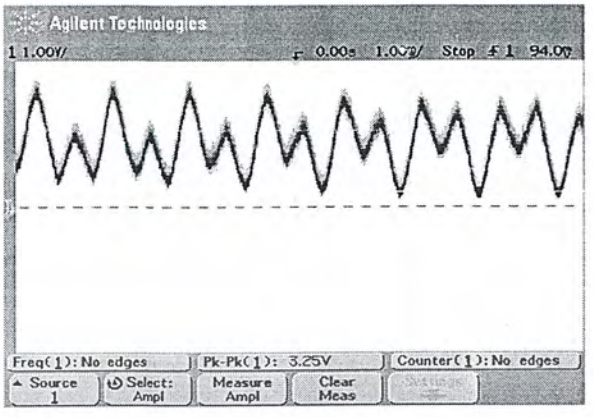


รูปที่ 4.13 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 1

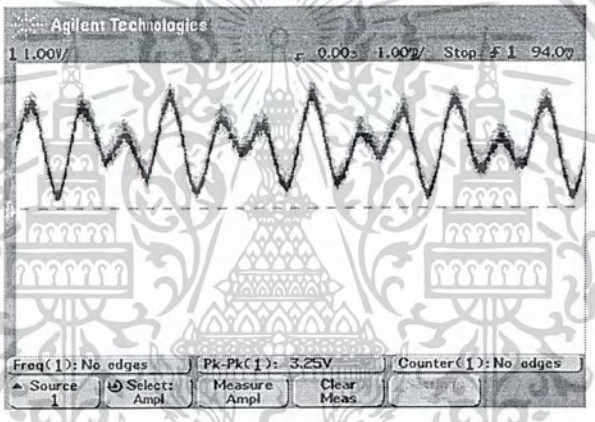


รูปที่ 4.14 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 2

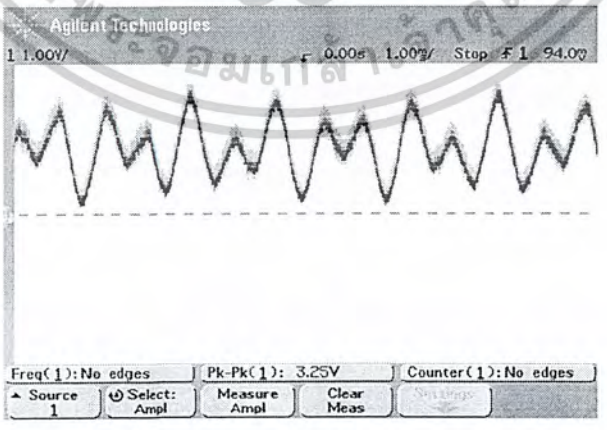
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 3

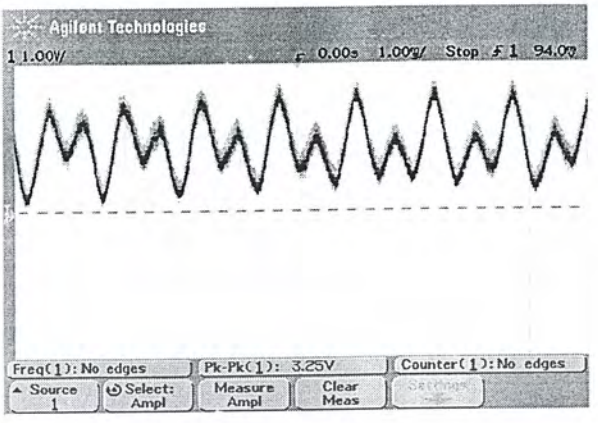


รูปที่ 4.16 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 4

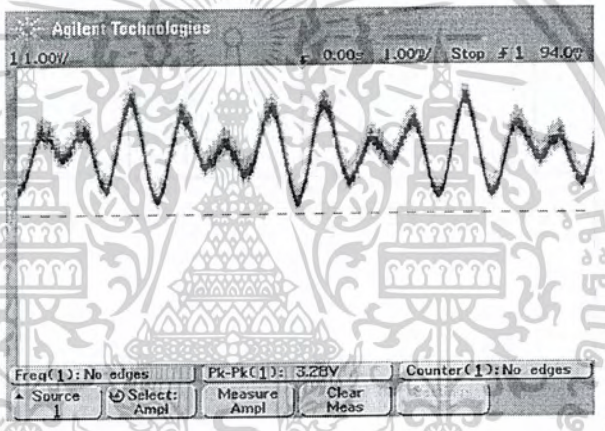


รูปที่ 4.17 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 5

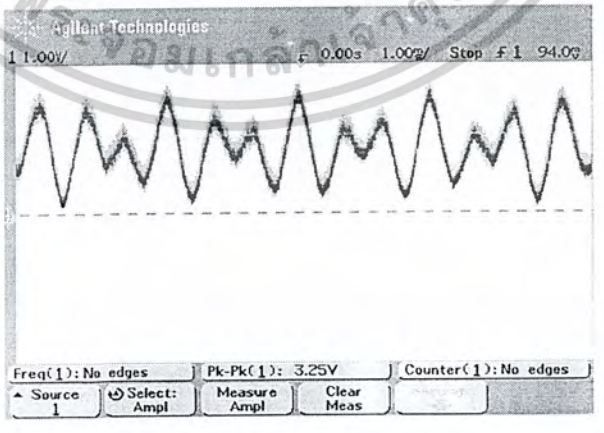
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 6

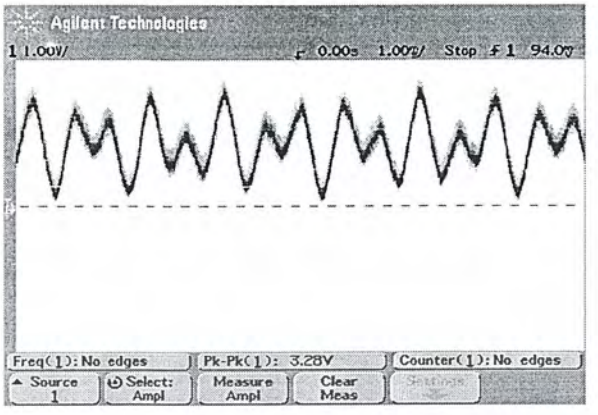


รูปที่ 4.19 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 7

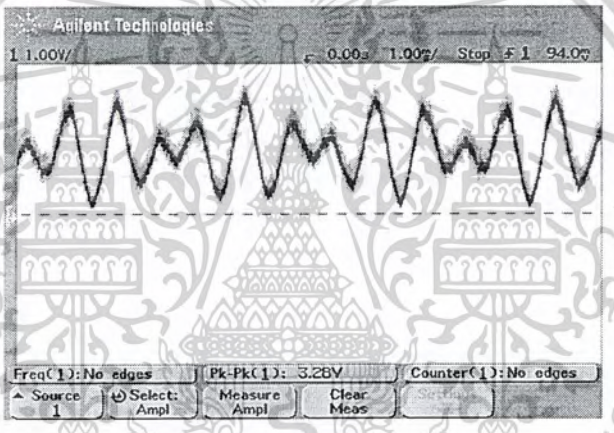


รูปที่ 4.20 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 8

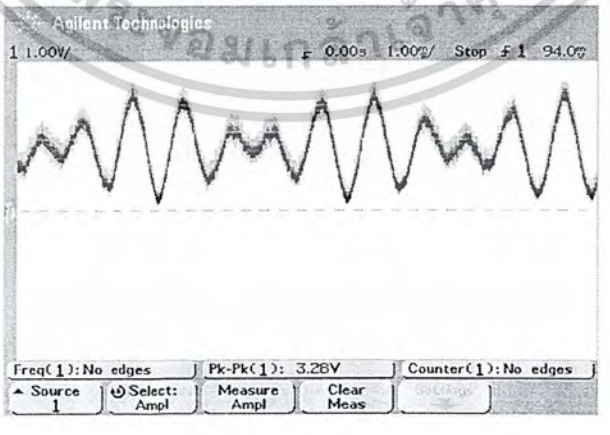
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 9

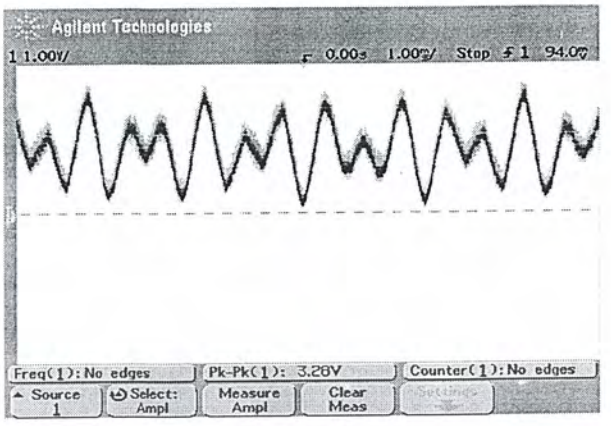


รูปที่ 4.22 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่มหมายเลข 0



รูปที่ 4.23 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่ม *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

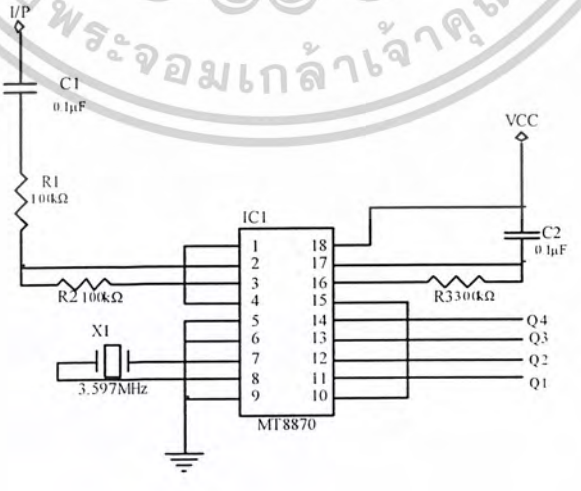


รูปที่ 4.24 สัญญาณที่ได้จากการกด ปุ่ม #

4.5 วงจรถอดรหัส DTMF

4.5.1 การทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.25
2. ป้อนแรงดันขนาด 5 V ที่ ขา 18 ของไอซี
3. นำสัญญาณเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณ DTMF ต่อเข้าที่จุดอินพุต
4. ตรวจสอบความเรียบร้อยของจุดต่ออุปกรณ์ต่างๆ ว่าถูกต้องหรือไม่
5. กดหมายเลข 1 ถึง # ที่วงจรกำเนิดสัญญาณ DTMF จากนั้นทำการวัดและบันทึกสัญญาณเอาต์พุตที่ C10 ของวงจรถอดรหัส DTMF ในแต่ละหมายเลข



รูปที่ 4.25 วงจรถอดรหัส DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองวงจรถอดรหัส DTMF จะได้ค่าของเอาต์พุตดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าของสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจร

ปุ่มกดหมายเลข	ค่าสัญญาณเอาต์พุต			
	Q4	Q3	Q2	Q1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	1	0	1	0
*	1	0	1	1
#	1	1	0	0

4.6 การติดต่อจากคู่สายภายในไปยังคู่สายภายนอก

4.6.1 การทดลอง

ใช้โทรศัพท์ไร้สายหรืออุปกรณ์ต่อผ่านไร้สายติดต่อกับคู่สายภายนอก การใช้งานเพื่อติดต่อกับคู่สายภายนอกต้องกดรหัสผ่านก่อน คือ ให้กดหมายเลข 9 ถ้าสายนอกว่างอยู่ เครื่องที่ต้องการติดต่อกับสายนอกก็จะได้รับสัญญาณให้หมุน ซึ่งเป็นสัญญาณให้กดหมายเลขที่ส่งออกมาจากองค์การโทรศัพท์ แต่ถ้าคู่สายภายนอกใช้งานอยู่ก่อนแล้ว เครื่องที่ต้องการติดต่อกับสายนอกจะได้สัญญาณสายไม่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ผลการทดลอง

1. เมื่อต่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย กับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ เมื่อทำการทดลองในการกดรหัสเพื่อติดต่อกับคู่สายภายนอก ผลปรากฏว่าสามารถติดต่อกับคู่สายภายนอกได้ คุณภาพของเสียงสัญญาณต่างๆ และเสียงของคู่สนทนาสามารถสื่อสารกันได้

2. เมื่อต่อเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย กับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ เมื่อทำการทดลองการเรียกเข้าจากคู่สายภายนอก ผลปรากฏว่าสามารถติดต่อกับคู่สายภายนอกได้ คุณภาพของเสียงสัญญาณต่างๆ และเสียงของคู่สนทนาสามารถสื่อสารกันได้

4.7 การติดต่อคู่สายภายใน

4.7.1 การติดต่อระหว่างโทรศัพท์ไร้สายกับอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย

1) การทดลอง

1. นำโทรศัพท์ธรรมดามาต่อกับอุปกรณ์ต่อผ่าน
2. ตรวจสอบความเรียบร้อยของโทรศัพท์ไร้สาย
3. ระยะทางที่ใช้ในการทดลองมีรัศมีไม่เกิน 50 เมตร
4. กดเลขหมายปลายทางที่ต้องการเรียก
5. สังเกตความชัดเจนของเสียงที่ได้รับ

2) ผลการทดลอง

จากการทดลองการติดต่อระหว่างโทรศัพท์ไร้สายกับอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย เมื่อกดเลขหมายที่ต้องการเรียกที่อุปกรณ์ต้นทางไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ส่วนฐานจะทำการตรวจจับสัญญาณความถี่คู่ที่ส่งมาจากอุปกรณ์ต้นทาง และจะสั่งให้รีเลย์เชื่อมต่อและส่งสัญญาณ Dial tone ไปยังอุปกรณ์ต้นทาง เมื่ออุปกรณ์ต้นทางกดหมายเลขปลายทางแล้วก็จะทำการส่งส่งสัญญาณไปยังตัวฐาน จากนั้น PABX จะตรวจจับรู้ว่ามีการกดเลขหมายก็จะเรียกไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งอุปกรณ์ต้นทางหรือปลายทางนั้นอาจจะเป็น โทรศัพท์ไร้สายหรืออุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย เมื่อมีการเรียกเข้ามาหรือโทรออกไป ปรากฏว่าสามารถติดต่อได้ สำหรับคุณภาพเสียงนั้นสามารถใช้สื่อสารกันได้

4.7.2 การติดต่อระหว่างโทรศัพท์ไร้สายกับโทรศัพท์ไร้สาย

1) การทดลอง

1. ตรวจสอบความเรียบร้อยของโทรศัพท์ไร้สาย
2. ระยะทางที่ใช้ในการทดลองมีรัศมีไม่เกิน 50 เมตร
3. กดเลขหมายปลายทางที่ต้องการเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สังเกตความชัดเจนของเสียงที่ได้รับ

2) ผลการทดลอง

จากการทดลองการติดต่อระหว่างโทรศัพท์ไร้สายกับโทรศัพท์ไร้สาย เมื่อกดเลขหมายที่ต้องการเรียกจากโทรศัพท์ไร้สายต้นทางไปยังโทรศัพท์ไร้สายปลายทาง ส่วนฐานจะทำการตรวจจับสัญญาณความถี่คู่ที่ส่งมาจากโทรศัพท์ไร้สายต้นทาง และจะสั่งให้รีเลย์เชื่อมต่อและส่งสัญญาณ Dial tone ไปยังโทรศัพท์ไร้สายต้นทาง เมื่อโทรศัพท์ไร้สายต้นทางกดเลขหมายปลายทางแล้วก็จะทำการส่งสัญญาณไปยังตัวฐาน จากนั้น PABX จะตรวจจับรู้ว่ามีการกดเลขหมายก็จะเรียกไปยังโทรศัพท์ไร้สายปลายทาง เมื่อมีการเรียกเข้ามาหรือโทรออกไป ปรากฏว่าสามารถติดต่อได้ สำหรับคุณภาพเสียงนั้นสามารถใช้สื่อสารกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายประกอบด้วยชุดควบคุม 1 ชุด ส่วนที่สอง คือ โทรศัพท์ไร้สาย 2 เครื่อง และส่วนที่สามเป็นอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย 2 เครื่อง ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายถูกออกแบบให้ใช้งานที่ย่านความถี่ VHF สามารถใช้งานได้ 1 คู่สายภายนอก 4 คู่สายภายใน สามารถใช้สนทนาภายในได้ 2 คู่สนทนา ใช้งานได้ในรัศมีสูงสุด 50 เมตร สามารถพกพาเครื่องโทรศัพท์ไร้สายไปยังบริเวณต่างๆ ของสำนักงานภายในรัศมีที่ใช้งานได้ และสามารถนำเครื่องโทรศัพท์แบบธรรมดาที่ใช้ในปัจจุบันมาต่อใช้งานกับชุดต่อผ่านไร้สายได้ โครงงานนี้จะช่วยให้เข้าใจหลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายมากยิ่งขึ้น เหมาะกับนักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับโทรศัพท์ไร้สายได้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดลองโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา วงจรผลิตความถี่คู่ที่ใช้ไอซีเบอร์ MC 145412 แต่ความถี่ในหลักที่ 4 ผลิตความถี่ออกมาผิดเพี้ยน จึงไม่สามารถที่จะถอดรหัสออกมาได้

แนวทางแก้ปัญหา นำไอซีเบอร์ TCM 5087 มาใช้ในวงจรผลิตความถี่คู่ เพื่อทำการถอดรหัสความถี่แทนไอซีเบอร์ MC 145412

2. ปัญหา วงจรโทรศัพท์ที่นำมาใช้เป็นวงจรโทรศัพท์แบบธรรมดา ที่มีการเชื่อมต่อโดยตรงกับสายสัญญาณกับองค์กรโทรศัพท์ ซึ่งมีแรงดันไหลในวงจรสูง ซึ่งต้องการนำมาทำเป็นโทรศัพท์ไร้สาย จึงจำเป็นต้องใช้แรงดันต่ำ จึงไม่สามารถที่จะนำมาใช้งานได้

แนวทางแก้ปัญหา นำวงจรโทรศัพท์พื้นฐานแบบธรรมดา มาดัดแปลงโดยตัดอุปกรณ์บางส่วนของวงจรออก เพื่อให้สามารถใช้งานกับแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำลงได้

3. ปัญหา ต้องการออกแบบวงจรโดยรับอินพุตจากวงจรความถี่คู่และทำการถอดรหัสโดยใช้ไอซีเบอร์ MT 8870 โดยต้องการเอาต์พุตเป็นหนึ่งทั้งหมด เพื่อนำมาเข้าไอซี Ann Gate เพื่อให้ได้เอาต์พุตเป็นหนึ่ง เพื่อป้อนให้ T-Flip Flop ทำงาน โดยต้องการเอาต์พุตของ T-Flip Flop เป็น "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ "0" สลับกันไปมา แต่เอาต์พุตของ T-Flip Flop มีสภาวะไม่เสถียรภาพ จึงไม่สามารถที่จะนำมาใช้ได้

แนวทางแก้ปัญหา เปลี่ยนวงจรจากการใช้ T-Flip Flop มาใช้ไอซีนับแทนโดยใช้เอาต์พุตเฉพาะหลักแรกเท่านั้น ซึ่งจะมีเอาต์พุตสลับกันไปมาระหว่าง "1"และ"0"

4. ปัญหา ต้องการนำเอาต์พุตของวงจรมาป้อนไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ เพื่อไปทริกให้ SCR ทำงานเพื่อติดต่อระหว่างวงจร Ringing กับวงจรปากพูดหูฟังของเครื่องโทรศัพท์ แต่เมื่อสัญญาณเสียงผ่านตัว SCR แล้วเกิดการผิดเพี้ยน จึงไม่สามารถนำ SCR มาใช้งานได้

แนวทางแก้ปัญหา นำ Relay มาใช้ในการติดต่อแทนการใช้ SCR

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ชุดทดลองนี้ได้ออกแบบมาให้ใช้งานได้ในรัศมี 50 เมตร ควรพัฒนาให้สามารถใช้งานในรัศมีที่สูงกว่าเดิมได้ โดยการเพิ่มกำลังของเครื่องส่งวิทยุและใช้สายอากาศแบบทิศทางที่มีอัตราการขยายสูง
2. เปลี่ยนความถี่ไปใช้ในย่านความถี่ที่สูงขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการรบกวนของสัญญาณ
3. เข้ารหัสสัญญาณเสียงเพื่อป้องกันการดักฟัง
4. ให้สามารถติดต่อใช้งานกับเครื่องโทรสารได้
5. ใช้การมัลติเพล็กซ์โดยวิธีแบ่งเวลาเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เฉลิม มากมีและคณะ. **"ชุมสายโทรศัพท์ไร้สาย."** ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538

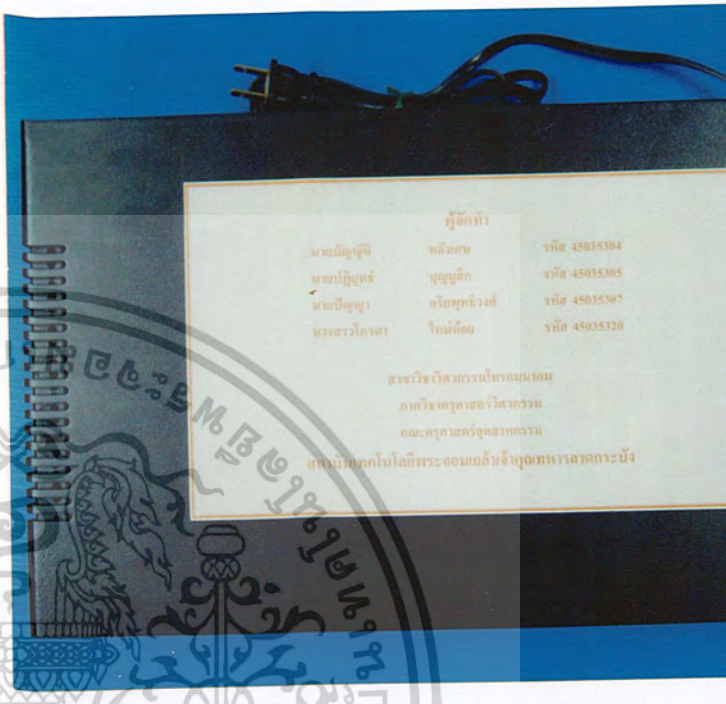
ณรงค์ ตันจินซุย. **"ชุดตอบรับและโอนสายโทรศัพท์อัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์."** ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538

นิทัศน์ ศรีเทียมศักดิ์. **"ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยวิทยุแบบมือถือหรือโทรศัพท์."** ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

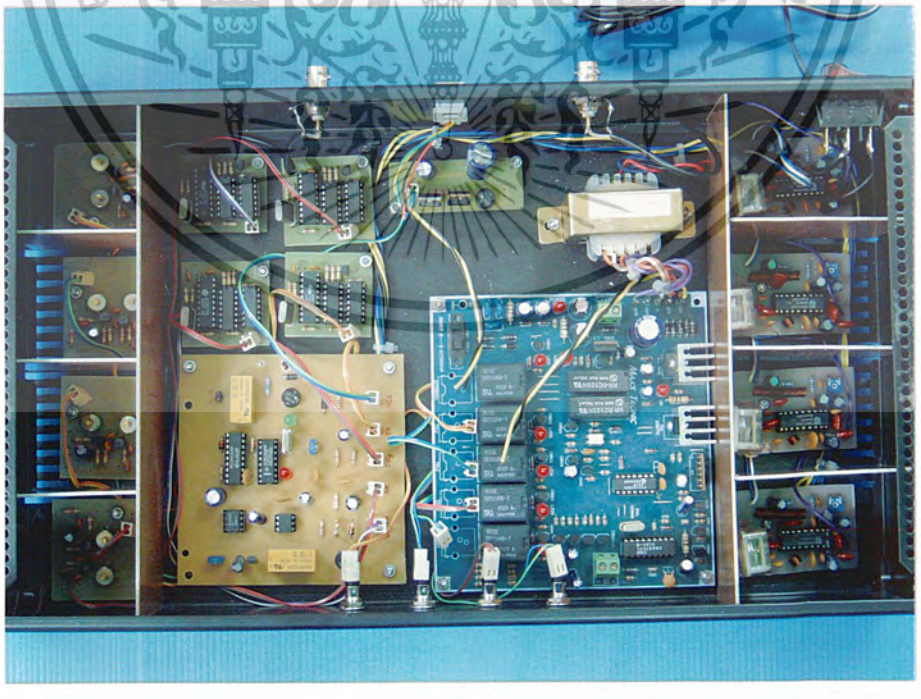
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ภาพด้านบนของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมั

รูปที่ ก.2 ภาพด้านหน้าของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัต

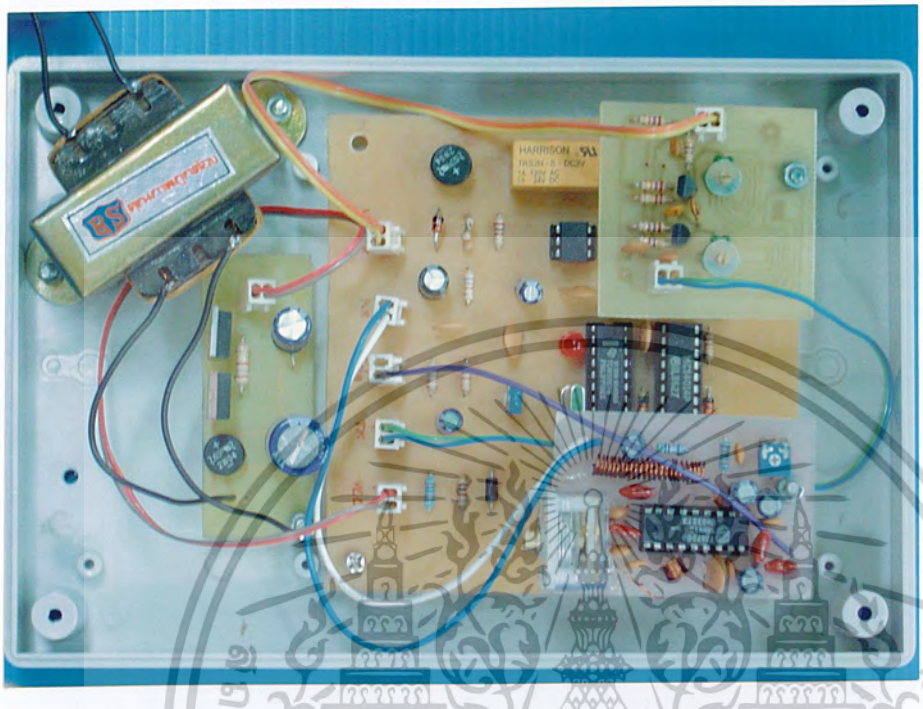
รูปที่ ก.3 ภาพด้านหลังของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย



รูปที่ ก.4 การจัดวางอุปกรณ์ภายในของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย

รูปที่ ก.5 ภาพด้านบนของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย

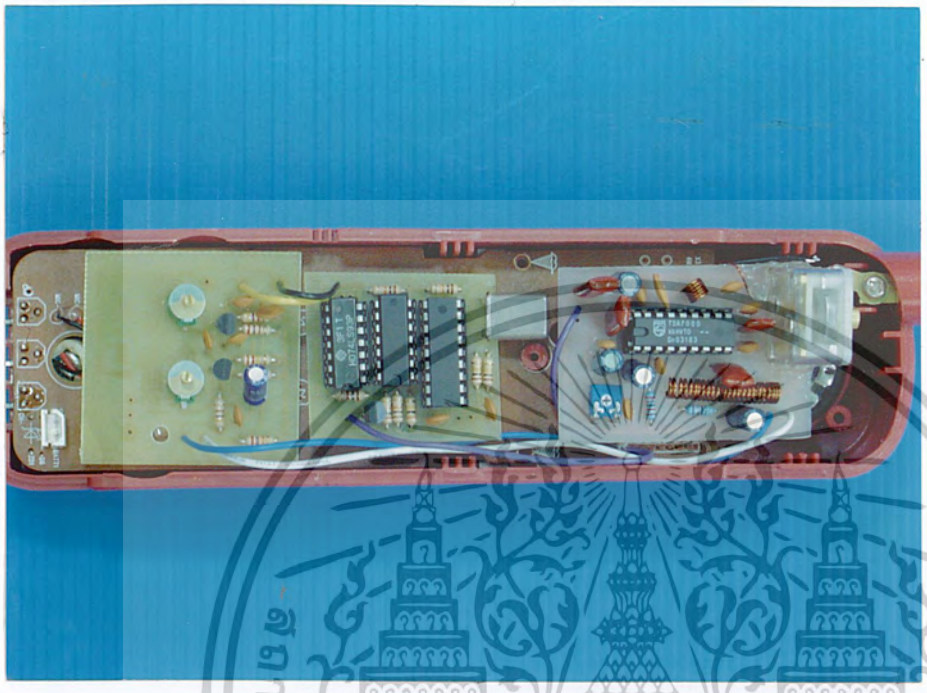
รูปที่ ก.6 ภาพด้านซ้ายของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย



รูปที่ ก.9 การจัดวางอุปกรณ์ภายในของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย

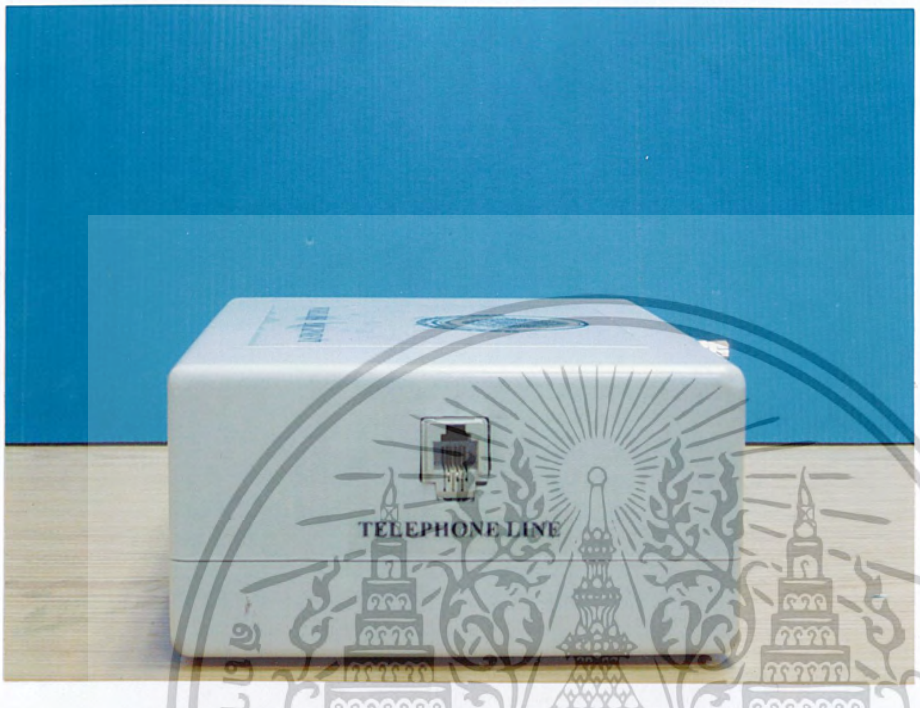
รูปที่ ก.10 ภาพด้านหน้าของโทรศัพท์ไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.11 การจัดวางอุปกรณ์ภายในของโทรศัพท์ไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



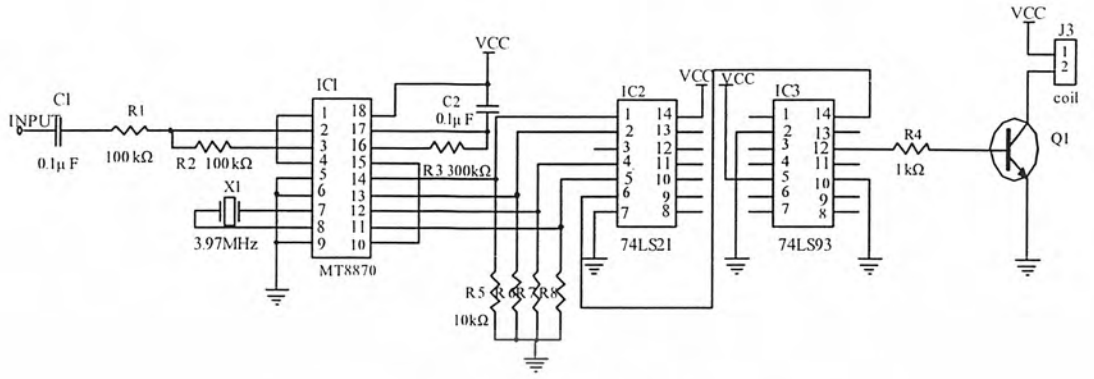
รูปที่ ก.7 ภาพด้านขวาของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย

รูปที่ ก.8 ภาพด้านหลังของอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย

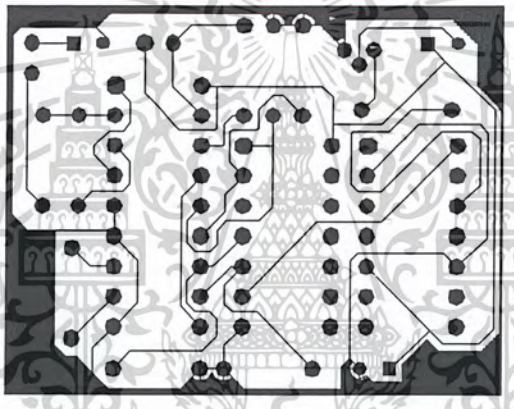
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

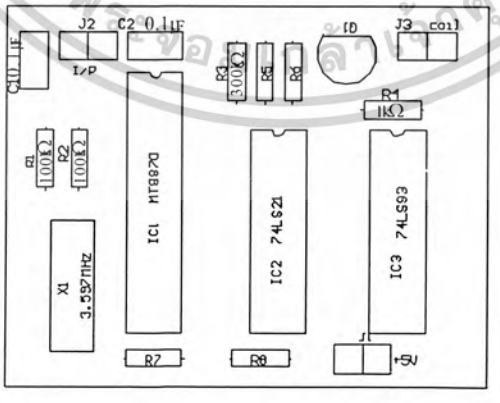
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมการยกหูวางหู

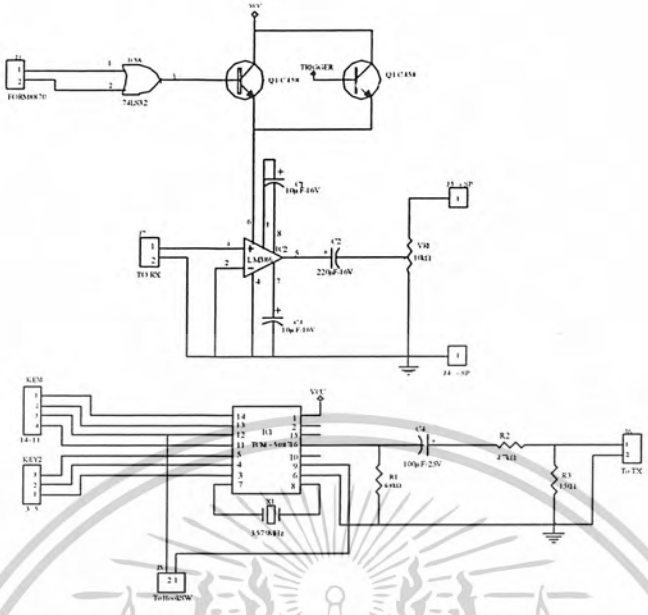


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการยกหูวางหู

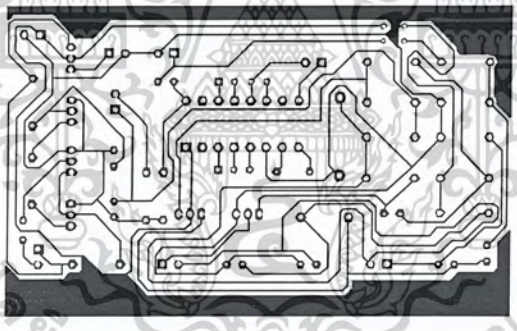


รูปที่ ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ควบการยกหูวางหู

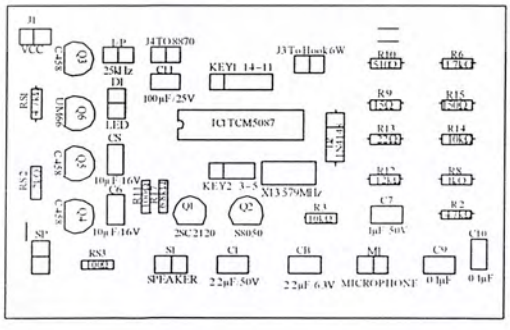
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 วงจร โทรศัพท์

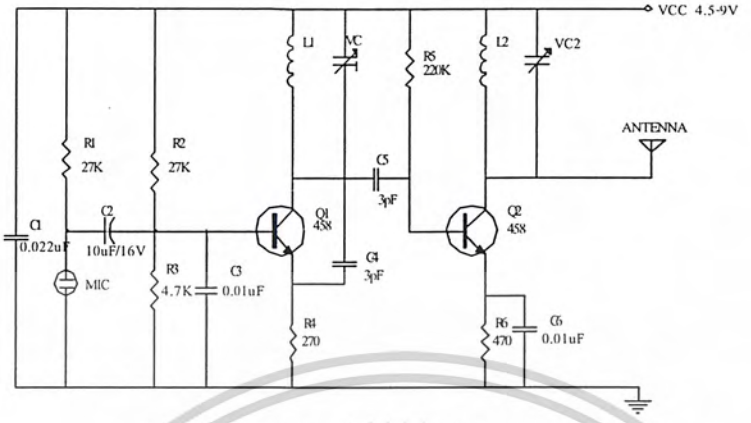


รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์โทรศัพท์

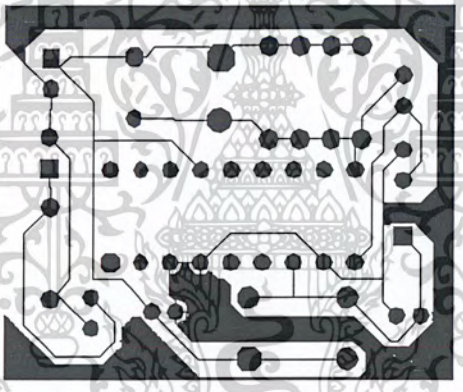


รูปที่ ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรพิมพ์โทรศัพท์

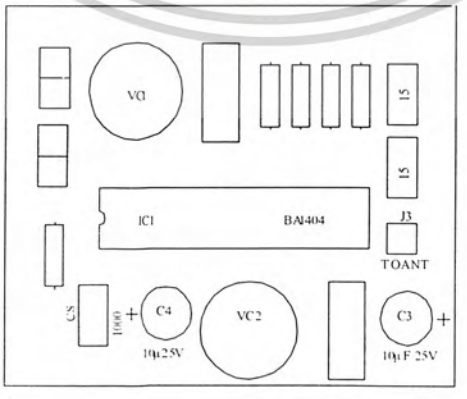
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 วงจรภาคส่ง

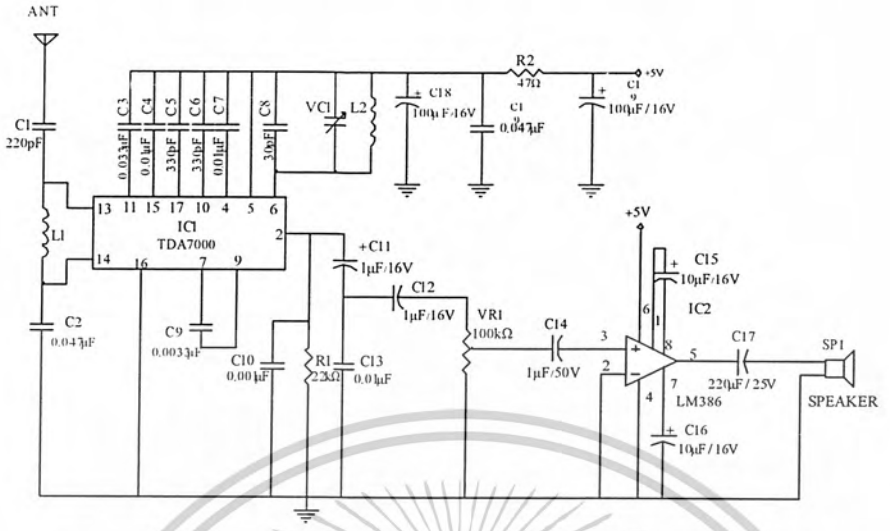


รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคส่ง

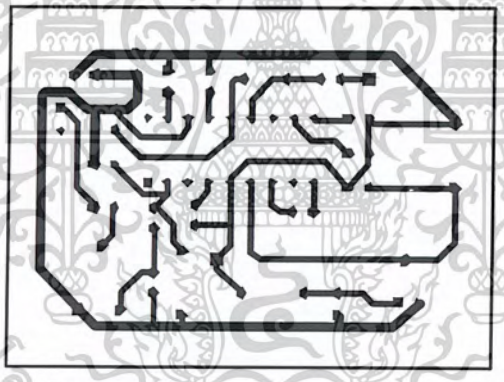


รูปที่ ข.9 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรภาคส่ง

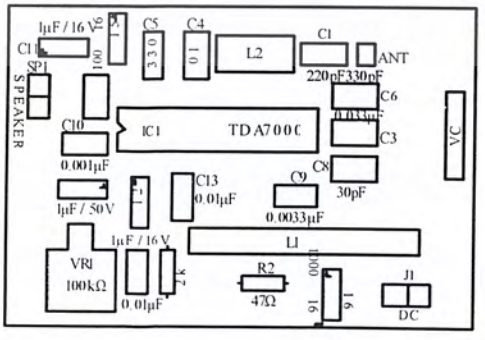
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.10 วงจรภาครับ

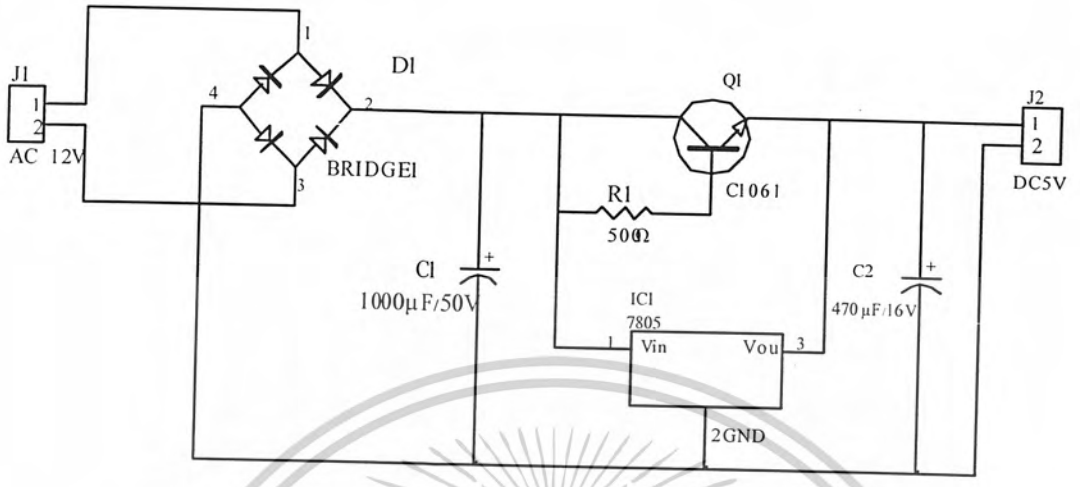


รูปที่ ข.11 แผ่นวงจรพิมพ์ภาครับ

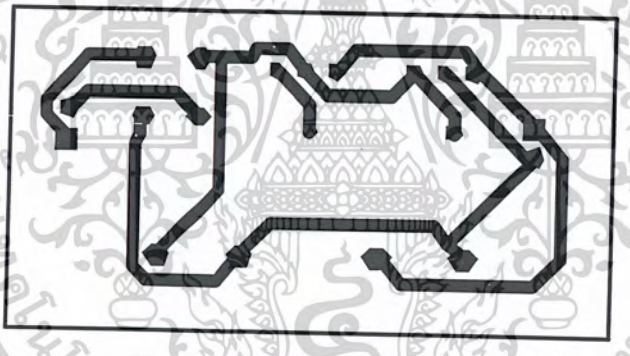


รูปที่ ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรภาครับ

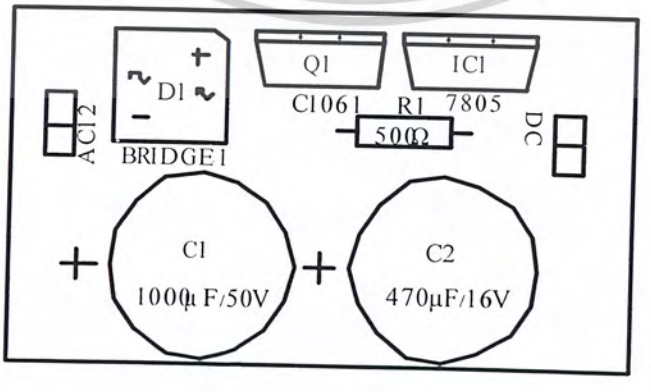
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.13 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า



รูปที่ ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า



รูปที่ ข.15 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์แผ่นวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคส่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1,Q2	C 458	2 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	0.022 μF เซรามิก	1 ตัว
C2	10 μF 16V	1 ตัว
C3, C6	0.01 μF เซรามิก	2 ตัว
C4	3pF เซรามิก	1 ตัว
C5	5pF เซรามิก	1 ตัว
VC1,VC2	ทริมเมอร์ สีเขียว	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	27 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R2	10 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R3	4.7 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R4	270 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R5	220 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R6	470 kΩ 1/4 W	1 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาครับ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	TDA 7000	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	220 pF เซรามิก	1 ตัว
C2	0.047 μF เซรามิก	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรภาครับ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C3	0.033 µF เซรามิก	2 ตัว
C4	0.1 µF เซรามิก	1 ตัว
C5,C6	330 pF เซรามิก	2 ตัว
C9	0.0033 µF เซรามิก	1 ตัว
C10	0.001 µF เซรามิก	1 ตัว
C11, C12	1 µF 16 V	2 ตัว
C14	1 µF 50 V	1 ตัว
C16	100 µF 16V	1 ตัว
VC1	Varicap FM 3 ขา	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
VR2	100 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R1	22 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R2	47 kΩ 1/4 W	1ตัว

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการยกหูวางหู

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	MT 8870	1 ตัว
IC2	74LS21	1 ตัว
IC3	74LS39	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1	C458	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการยกหูวางหู

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C1, C2	0.1 μF เซรามิก	2 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1, R2	100 kΩ 1/4 W	2 ตัว
R3	300 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R4	1 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R5-R8	10 kΩ 1/4 W	4 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1-J3	IDE connector 2 pin	3 ตัว
X1	3.597 MHz	1 ตัว

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	MC 34017	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1	Diode Hybrid	1 ตัว
D2	1N4001	1 ตัว
ZD1	15 V	1 ตัว
LED	สีเขียว	1 ตัว
Q1	BC547	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1, C4	22 μF 25 V	2 ตัว
C2	1 μF 25 V	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรจำลองการยกหูวางหูและตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C3	100 pF เซรามิก	1 ตัว
C5	4.7 μF 25 V	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	10 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R2	100 Ω 1/4 W	1 ตัว
R3	6.8 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R4	22 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R5	15 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R6	1 kΩ 1/4 W	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1-J4	IDE connector 2 pin	4 ตัว
Relay	2 Contact	1 ตัว

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรโทรศัพท์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC1	TCM 5087	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D2	1N4148	1 ตัว
Q1	2SC 2136	1 ตัว
Q2	S 8050	1 ตัว
Q3, Q4, Q5, Q6	C 458	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรโทรศัพท์

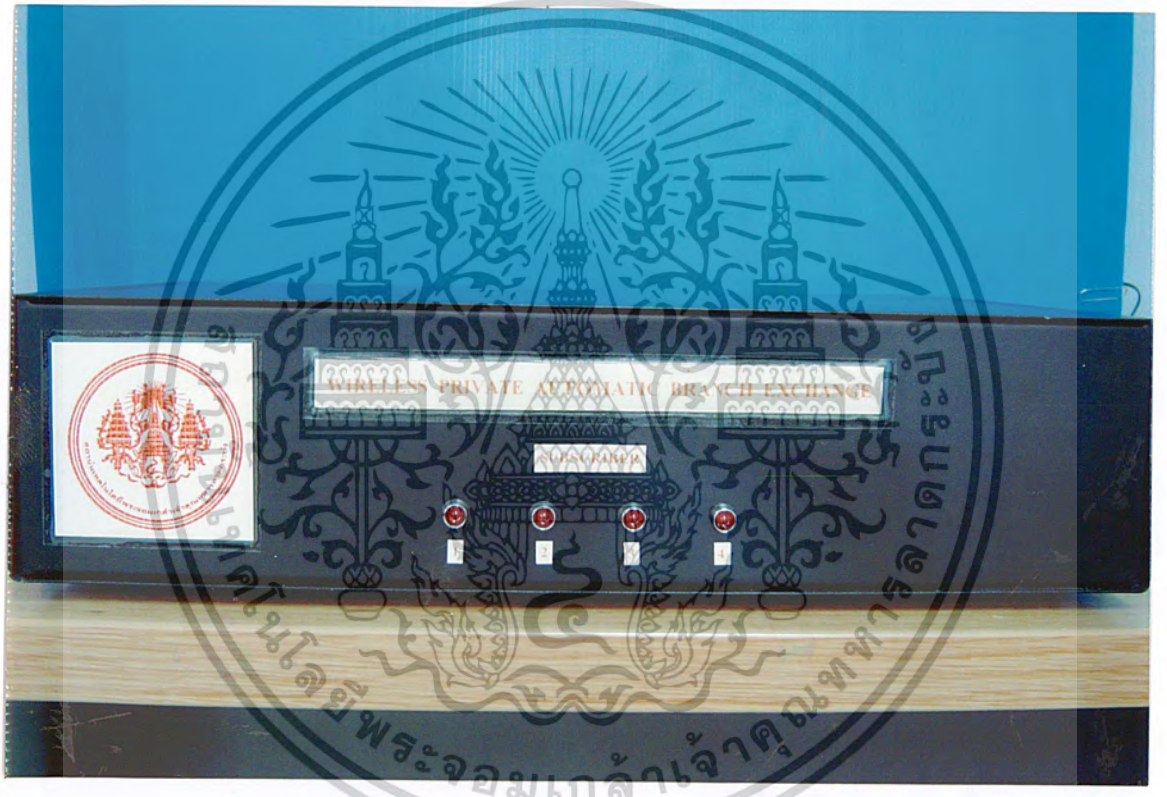
ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ		
C1	2.2 µF 50 V	1 ตัว
C2	1 µF 50 V	1 ตัว
C3, C4	10 µF 16 V	2 ตัว
C5	220 µF 6.8 V	1 ตัว
C6	0.1 µF 16 V	1 ตัว
C7	100 µF 25 V	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R2, R5, R7, R8	4.7 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R3	10 kΩ 1/4 W	4 ตัว
R4, R10	1 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R6	15 Ω 1/4 W	2 ตัว
R9	12 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R11	150 Ω 1/4 W	1 ตัว
RS1	6.8 kΩ 1/4 W	1 ตัว
RS2	4.7 kΩ 1/4 W	1 ตัว
RS3	2 kΩ 1/4 W	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J1, J3, J4	IDE connector 2 pin	3 ตัว
S1	ลำโพง 4 Ω	1 ตัว
M1	Microphone Condenser	1 ตัว
X1	3.579 MHz	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

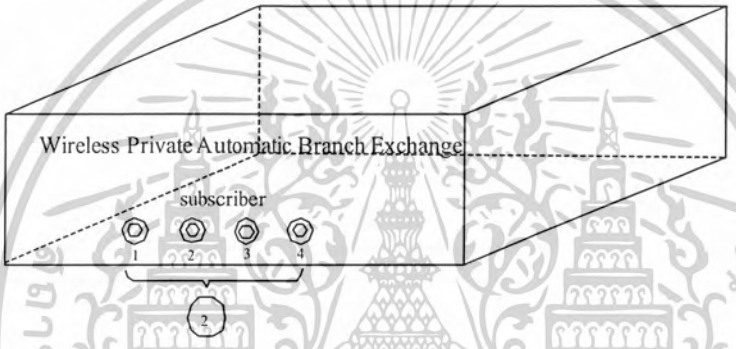
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

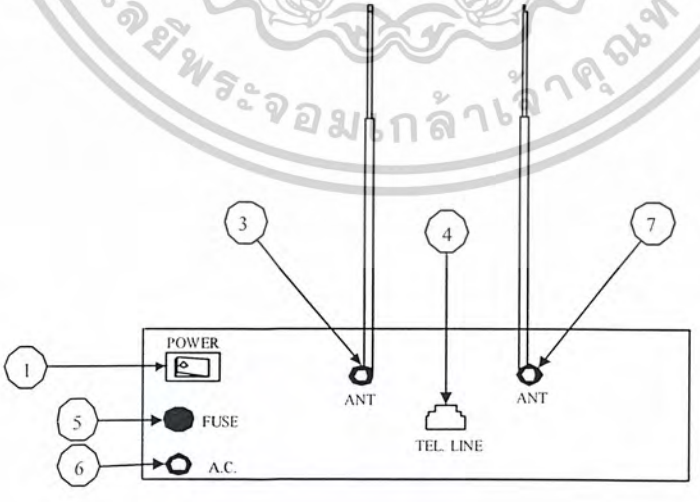
ก่อนที่จะลงมือใช้งานชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง และเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายได้

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม

2.1 ส่วนฐานชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย



รูปที่ ง.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของส่วนฐานชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย (ด้านหน้า)



รูปที่ ง.2 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของส่วนฐานชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สาย (ด้านหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ ง.1 และ ง.2 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

(1) สวิตช์ปิด-เปิด

(2) หลอด LED แสดงการใช้งานของโทรศัพท์ไร้สายและอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สาย

(3) จุดต่อสายอากาศ

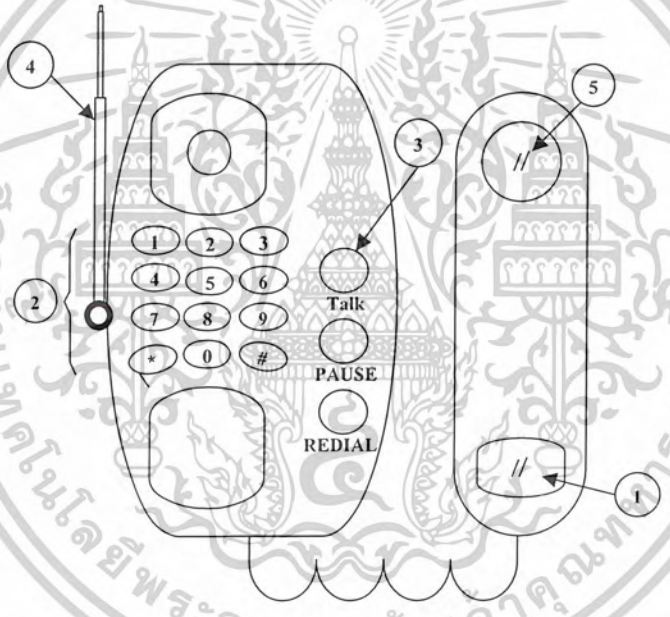
(4) จุดต่อคู่สายโทรศัพท์ภายนอก

(5) ฟิวส์

(6) สายไฟ AC

(7) จุดต่อสายอากาศ

2.2 ส่วนโทรศัพท์ไร้สาย



รูปที่ ง.3 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมโทรศัพท์ไร้สาย (ด้านบน)

จากรูปที่ ง.3 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

(1) ช่องรับเสียง

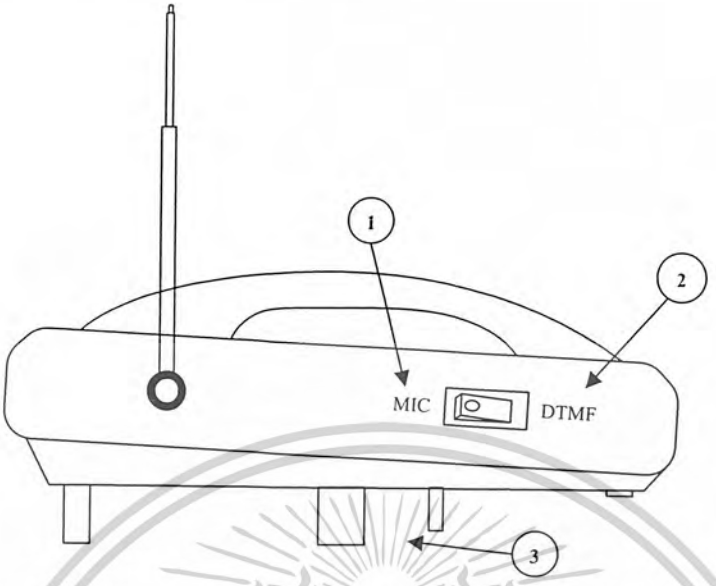
(2) ปุ่มกด

(3) ปุ่ม Talk

(4) สายอากาศ

(5) หูฟัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.4 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมโทรศัพท์ไร้สาย (ด้านข้าง)

จากรูปที่ ง.4 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

(1) สวิตช์เลือก MIC
(2) สวิตช์เลือก DTMF
(3) รางใส่แบตเตอรี่

3. การติดตั้งและใช้งาน

3.1) เสียบสายโทรศัพท์ภายนอกและสายอากาศตรงตำแหน่งที่ระบุด้านหลังของเครื่องฐาน

3.2) เปิดสวิตช์ที่เครื่องฐาน และโทรศัพท์ไร้สายเพื่อให้พร้อมใช้งาน

3.3) การใช้งานเครื่องโทรศัพท์ไร้สาย เมื่อต้องการโทรออกให้กดสวิตช์เลือกด้านข้างเป็น DTMF แล้วกดปุ่ม Talk และรอฟังสัญญาณ เมื่อได้ยินสัญญาณให้กดเลขหมายภายในที่ต้องการหรือถ้าต้องการโทรออกภายนอกให้ กด 9 แล้วตามด้วยเลขหมายปลายทางที่ต้องการ

3.4) เมื่อเลขหมายปลายทางรับสายให้เปลี่ยนสวิตช์ด้านข้างเป็น MIC เพื่อสนทนา

3.5) เมื่อทำการสนทนาเสร็จ ให้กดปุ่ม Talk เพื่อวางหู

4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อไม่สามารถใช้งานชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายได้ หรือเกิดปัญหาเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องสามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางด้านล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการ	สาเหตุ/วิธีแก้ไข
ส่วนควบคุมไม่ทำงาน	ตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟ เช่น ฟิวส์ขาดหรือปลั๊กไฟฟ้า 220โวลต์ เสียบไม่แน่น
ตัวเครื่องไร้สายไม่ทำงาน	ตรวจสอบแบตเตอรี่ว่ามีพลังงานหรือไม่
ตัวเครื่องไม่มีสัญญาณทำให้ติดต่อระหว่างกันไม่ได้	อาจเกิดขึ้นเนื่องจากมีสิ่งกีดขวาง จึงควรใช้งานอยู่บริเวณที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง
ในกรณีที่โทรศัพท์ไร้สายได้ยินเสียงพูดไม่ชัดหรือไม่ได้ยินเสียง	ตรวจสอบระยะทางระหว่างส่วนควบคุมกับโทรศัพท์ไร้สายว่ามีระยะห่างเกินรัศมีที่กำหนดเอาไว้หรือไม่

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

-ปฏิบัติตามขั้นตอนการใช้งานอย่างถูกต้อง

- ทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันฝุ่นละออง

- หมั่นดูแลรักษา แบตเตอรี่ให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ

- ปิดสวิตช์ไฟเมื่อไม่ต้องการใช้งาน

5.2 ข้อควรระวัง

- สำหรับโทรศัพท์ไร้สายต้องใช้งานกับแบตเตอรี่ที่กำหนดไว้เท่านั้น

- สำหรับส่วนฐานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติไร้สายต้องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดัน 220โวลต์ 50เฮิรตซ์

- หลีกเลี่ยงการใช้งานบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงหรือมีความชื้น และควรเก็บเครื่องไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิพอเหมาะเพื่อยืดอายุการใช้งานของเครื่อง

- ระวังอย่าให้เกิดการกระแทกเพราะจะทำให้อุปกรณ์ภายในเสียหายได้

- ควรศึกษาคู่มือการใช้งานตัวเครื่องให้ละเอียดก่อนใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
หลักการส่ง	ใช้การมอดูเลตแบบเอฟเอ็ม
ย่านการส่ง	ใช้ส่งความถี่ในย่าน VHF
ส่วนแสดงผล	ใช้แอลอีดีในการแสดงผลว่ากำลังใช้งานโทรศัพท์ไร้สายหรืออุปกรณ์ต่อผ่านตัวใดอยู่
แหล่งจ่ายพลังงาน	เครื่องฐานและอุปกรณ์ต่อผ่านไร้สายใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50-60 เฮิรตซ์ เครื่องโทรศัพท์ไร้สายใช้แบตเตอรี่ 5 โวลต์ 1,000 มิลลิแอมป์ สามารถชาร์จได้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

MC34014

Specifications and Applications Information

TELEPHONE SPEECH NETWORK WITH DIALER INTERFACE

The MC34014 is a Telephone Speech Network integrated circuit which incorporates adjustable transmit, receive, and sidetone functions, a dc loop interface circuit, tone dialer interface, and a regulated output voltage for a pulse/tone dialer. Also included is an equalization circuit which compensates gains for line length variations. The conversion from 2-to-4 wire is accomplished with a supply voltage as low as 1.5 volts. The MC34014 is packaged in a standard 18-pin (0.3" wide) plastic DIP and a 20-pin SOIC package.

- Transmit, Receive, and Sidetone Gains Set by External Resistors
- Loop Length Equalization for Transmit, Receive, and Sidetone Functions
- Operates Down to 1.5 volts (V+) in Speech Mode
- Provides Regulated Voltage for CMOS Dialer
- Speech Amplifiers Muted During Pulse and Tone Dialing
- DTMF Output Level Adjustable with a Single Resistor
- Compatible with 2-Terminal Electret Microphones
- Compatible with Receiver Impedances of 150 Ω and Higher

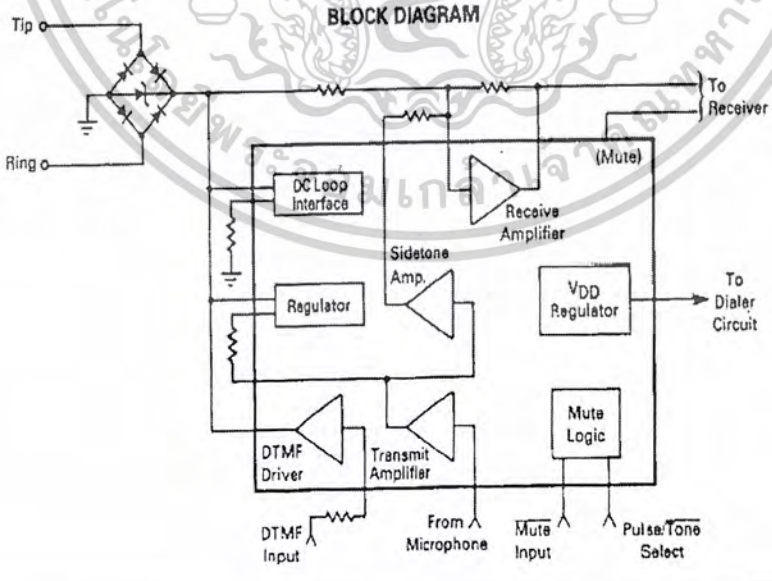
TELEPHONE SPEECH NETWORK WITH DIALER INTERFACE

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT

P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

DW SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751D
SO-20L

BLOCK DIAGRAM



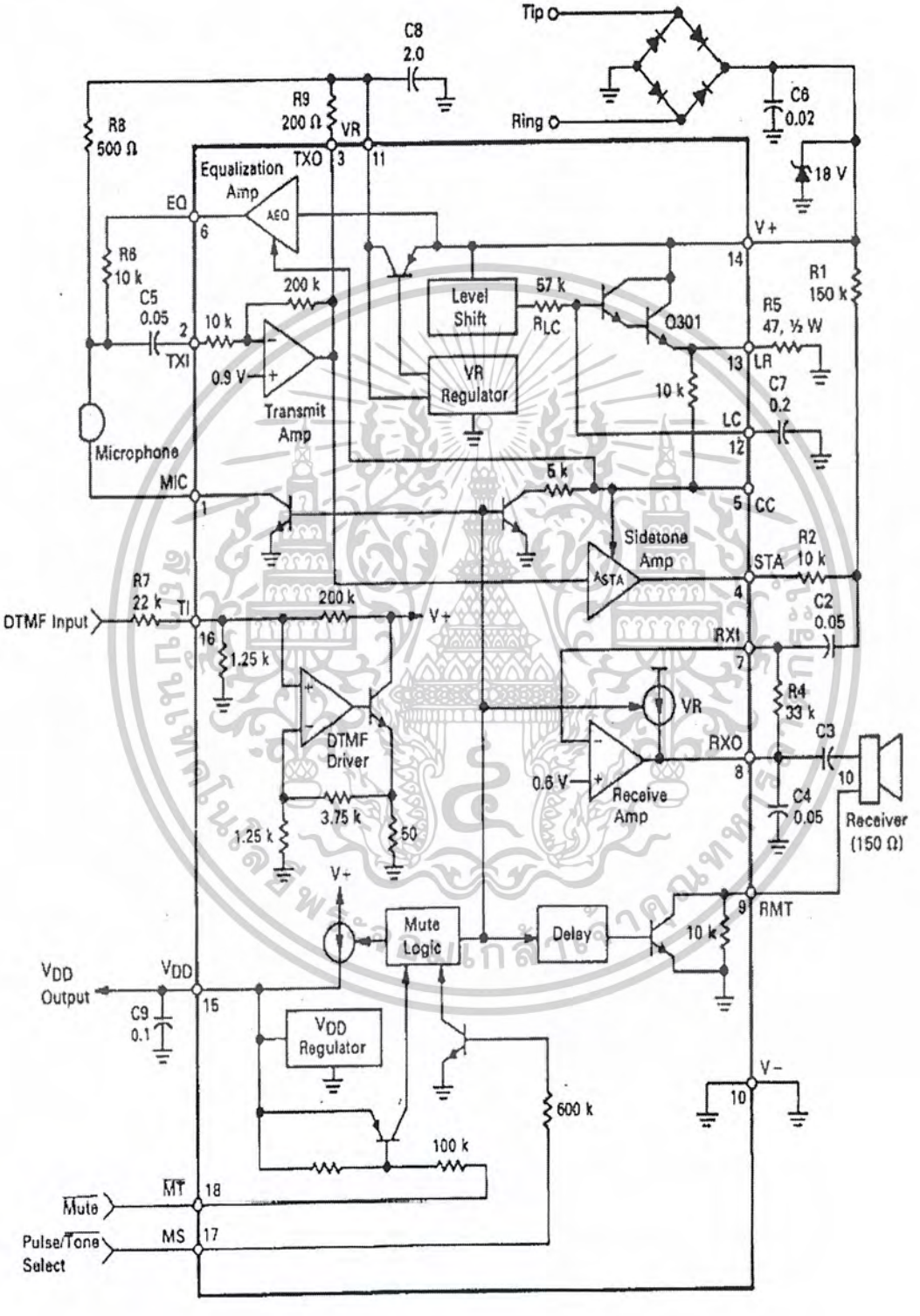
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTION (See Figure 1)

Pin # SOIC	Pin # DIP	Name	Description
1	1	MIC	Microphone negative supply. Bias current from the electret microphone is returned to V− through this pin, through an open collector NPN transistor whose base is controlled by an internal mute signal. During dialing, the transistor is off, disabling the microphone.
2	2	TXI	Transmit amplifier input. Input impedance is 10 kΩ. Signals from the microphone are input through capacitor C5 to TXI.
3	3	TXO	Transmit amplifier output. The ac signal current from this output flows through the V_R series pass transistor via R9 to drive the line at V+. Increasing R9 will decrease the signal at V+. The output is biased at ≈0.65 V to allow for maximum swing of ac signals. The closed loop gain from TXI to TXO is internally set at 26 dB.
4	4	STA	Sidetone amplifier output. Input to this amplifier is TXO. The signal at STA cancels the sidetone signals in the receive amplifier. The signal level at STA increases with loop length.
5	5	CC	Compensation Capacitor. A capacitor from CC to ground will compensate the loop length equalization circuit when additional stability is required. In most applications, CC remains open.
7	6	EQ	Equalization amplifier output. A portion of the V+ signal is present on this pin to provide negative feedback around the transmit amplifier. The feedback decreases with increasing loop length, causing the ac impedance of the circuit to increase.
8	7	RXI	Receive amplifier input. Input impedance is >100 kΩ. Signals from the line and sidetone amplifier are summed at RXI.
9	8	RXO	Receive Amplifier output. RXO is biased by a 2.5 mA current source. Feedback maintains the dc bias voltage at ≈0.65 V. Increasing R4 (between RXO and RXI) will increase the receive gain. C4 stabilizes the amplifier. C3 couples the signals to the receiver. The 2.5 mA current source is reduced to 0.4 mA when dialing.
10	9	RMT	Receiver Mute. The ac receiver current is returned to V− through an open collector NPN transistor and a parallel 10 kΩ resistor. The base of the NPN is controlled by an internal mute signal. During dialing the transistor is off, leaving the 10 kΩ resistor in series with the receiver.
11	10	V−	Negative supply. The most negative input connected to Tip and Ring through the polarity guard diode bridge.
12	11	VR	Regulated voltage output. The VR voltage is regulated at 1.2 V and biases the microphone and the speech circuits. An internal series pass PNP transistor allows for regulation with a line voltage as low as 1.5 V. Capacitor C8 stabilizes the regulator.
13	12	LC	DC load capacitor. An external capacitor C7 and an internal resistor form a low pass filter between V+ and LR to prevent ac signals from being loaded by the dc load resistor R5. Forcing LC to V− will turn off the dc load current and increase the V+ voltage.
14	13	LR	DC load resistor. Resistor R5 from LR to V− determines the dc resistance of the telephone, and removes power dissipation from the chip. The LR pin is biased 2.8 volts below the V+ voltage (4.5 volts in the tone dialing mode).
15	14	V+	Positive supply. V+ is the positive line voltage (from Tip & Ring) through the polarity guard bridge. All sections of the MC34014 are powered by V+.
17	15	V_{DD}	V_{DD} regulator. V_{DD} is the output of a shunt type regulator with a nominal voltage of 3.3 V. The nominal output current is increased from 550 μA to 2 mA when dialing. Capacitor C9 stabilizes the regulator and sustains the V_{DD} voltage during pulse dialing.
18	16	TI	Tone input. The DTMF signal from a dialer circuit is input at TI through an external resistor R7. The current at TI is amplified to drive the line at V+. Increasing R7 will reduce the DTMF output levels. The input impedance at TI is nominally 1.25 kΩ.
19	17	MS	Mode select. This pin is connected through an internal 600 kΩ resistor to the base of an NPN transistor. A Logic "1" (>2.0 V) selects the pulse dialing mode. A Logic "0" (<0.3 V) selects the tone dialing mode.
20	8	$\overline{MT}$	Mute input. $\overline{MT}$ is connected through an internal 100 kΩ resistor to the base of a PNP transistor, with the emitter at V_{DD}. A Logic "0" (<1.0 V) will mute the network for either pulse or tone dialing. A Logic "1" (>V_{DD} − 0.3 V) puts the MC34014 into the speech mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1 — TEST CIRCUIT



NOTE: Pin numbers are for 18 pin DIP.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Voltages referred to V−, T_A = 25°C) (See Note 1.)

Parameter	Value	Units
V+ Voltage	−1.0, +18	Vdc
V_{DD} (externally applied, V+ = 0)	−1.0, +6	Vdc
V_{LR}	−1.0, V+ − 3.0	Vdc
$\overline{MT}$, MS Inputs	−1.0, V_{DD} +1.0	Vdc
Storage Temperature	−65, +150	°C

NOTE 1: Devices should not be operated at these values. The "Recommended Operating Conditions" provide conditions for actual device operation.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Parameter	Value	Units
V+ Voltage (Speech Mode) (Tone Dialing Mode)	+1.5 to +15 +3.3 to +15	Vdc Vdc
I_{TXO} (Instantaneous)	0 to 10	mA
Ambient Temperature	−20 to +80	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Refer to Figure 1) (T_A = 25°C)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
LINE INTERFACE					
V+ Voltage	V+				Vdc
I_{loop} = 20 mA (Speech/Pulse Mode)		2.8	3.2	3.8	
I_{loop} = 30 mA (Speech/Pulse Mode)		3.0	3.7	4.4	
I_{loop} = 120 mA (Speech/Pulse Mode)		7.0	8.2	9.5	
I_{loop} = 20 mA (Tone Mode)		4.1	4.9	5.7	
I_{loop} = 30 mA (Tone Mode)		4.6	5.4	6.2	
V+ Current (Pin 12 Grounded)	I+				mA
V+ = 1.7 V (Speech Mode)		4.0	6.6	8.5	
V+ = 12 V (Speech/Pulse Modes)		5.5	8.4	12.5	
V+ = 12 V (Tone Mode)		6.0	8.8	14.0	
LR Level Shift (V+ − V_{LR})	ΔV_{LR}				Vdc
(Speech/Pulse Mode)		—	2.7	—	
(Tone Mode)		—	4.3	—	
LC Terminal Resistance	R_{LC}	36	57	94	kΩ
VOLTAGE REGULATORS					
VR Voltage (V+ = 1.7 V)	V_R	1.1	1.2	1.3	Vdc
Load Regulation (0 mA < I_R < 6.0 mA)	ΔV_{RLD}	—	20	—	mV
Line Regulation (2.0 V < V+ < 6.5 V)	ΔV_{RLN}	—	25	—	mV
V_{DD} Voltage (V+ = 4.5 V)	V_{DD}	3.0	3.3	3.8	Vdc
Load Regulation (0 < I_{DD} < 1.6 mA) (Dialing Mode)	ΔV_{DDLD}	—	0.25	—	Vdc
Line Regulation (All Modes) (4.0 V < V+ < 9.0 V)	ΔV_{DDLN}	—	50	—	mV
Max. Output Current (Speech Mode)	I_{DDSP}	375	550	1000	µA
Max. Output Current (Dialing Mode)	I_{DDDL}	1.6	2.0	3.6	mA
V_{DD} Leakage Current (V+ = 0, V_{DD} = 3.0 V)	I_{DDLK}	—	—	1.5	µA
SPEECH AMPLIFIERS					
Transmit Amplifier					
Gain (TXI to TXO)	A_{TXO}	—	20	—	V/V
TXO Bias Voltage (Speech/Pulse Mode)	V_{TXOSP}	0.45	0.52	0.60	x V_R
TXO Bias Voltage (Tone Mode Mode)	V_{TXODL}	VR − 25	VR − 5.0	—	mV
TXO High Voltage (Speech/Pulse Mode)	V_{TXOH}	VR − 25	VR − 5.0	—	mV
TXO Low Voltage (Speech/Pulse Mode)	V_{TXOL}	—	125	250	mV
TXI Input Resistance	R_{TXI}	—	10	—	kΩ
Receive Amplifier					
RXO Bias Voltage (All Modes)	V_{RXO}	0.45	0.52	0.60	x VR
RXO Source Current (Speech Mode)	I_{RXOSP}	1.5	2.0	—	mA
RXO Source Current (Pulse/Tone Mode)	I_{RXODL}	200	400	—	µA
RXO High Voltage (All Modes)	V_{RXOH}	VR − 100	VR − 50	—	mV
RXO Low Voltage (All Modes)	V_{RXOL}	—	50	150	mV

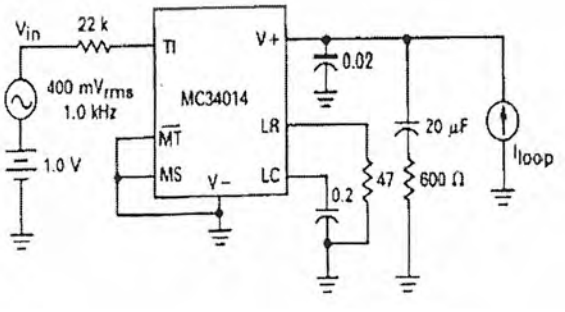
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — (continued) (T_A = 25°C)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
MICROPHONE, RECEIVER CONTROLS					
MIC Saturation Voltage (Speech Mode, I = 500 μA)	$V_{OL_{MIC}}$	—	50	125	mV
MIC Leakage Current (Dialing Mode, Pin 1 = 3.0 V)	$I_{MIC_{LK}}$	—	0	5.0	μA
RMT Resistance (Speech Mode) (Dialing Mode)	$R_{RMT_{SP}}$ $R_{RMT_{DL}}$	— 5.0	8.0 10	15 18	Ω kΩ
RMT Delay (Dialing to Speech)	t_{RMT}	2.0	4.0	20	ms
DIALING INTERFACE					
$\overline{MT}$ Input Resistance	R_{MT}	58	100	—	kΩ
$\overline{MT}$ Input High Voltage	V_{IHMT}	V_{DD} − 0.3	—	—	Vdc
$\overline{MT}$ Input Low Voltage	V_{ILMT}	—	—	1.0	Vdc
MS Input Resistance	R_{MS}	280	600	—	kΩ
MS Input High Voltage	V_{IHMS}	2.0	—	—	Vdc
MS Input Low Voltage	V_{ILMS}	—	—	0.3	Vdc
TI Input Resistance	R_{TI}	—	1.25	—	kΩ
DTMF Gain (See Figure 2) (V+/V_{in})	A_{DTMF}	3.2	4.8	6.2	dB
SIDETONE AMPLIFIER					
Gain (TXO to STA) (Speech Mode) @ V_{LR} = 0.5 V (Speech Mode) @ V_{LR} = 2.5 V (Pulse Mode) @ V_{LR} = 0.2 V (Pulse Mode) @ V_{LR} = 1.0 V	A_{STA}	— — — —	−15 −21 −15 −21	— — — —	dB
STA Bias Voltage (All Modes)	V_{STA}	0.65	0.8	0.9	x V_R
EQUALIZATION AMPLIFIER					
Gain (V+ to EQ) (Speech Mode) @ V_{LR} = 0.5 V (Speech Mode) @ V_{LR} = 2.5 V (Pulse Mode) @ V_{LR} = 0.2 V (Pulse Mode) @ V_{LR} = 1.0 V	A_{EQ}	— — — —	−12 −2.5 −12 −2.5	— — — —	dB
EQ Bias Voltage (Speech Mode) @ V_{LR} = 0.5 V (Pulse Mode) @ V_{LR} = 0.5 V (Speech, Pulse) @ V_{LR} = 2.5 V	V_{EQ}	— — —	0.66 1.3 3.3	— — —	Vdc

NOTE: Typical values are not tested or guaranteed.

FIGURE 2 — DTMF DRIVER TEST



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYSTEM SPECIFICATIONS (T_A = 25°C) (See Figures 1–4)

Parameter		Min	Typ	Max	Unit
Tip-Ring Voltage (including polarity guard bridge drop of 1.4 V)					Vdc
(Speech Mode)	I_{loop} = 5.0 mA	—	2.4	—	
	I_{loop} = 10 mA	—	3.9	—	
	I_{loop} = 20 mA	—	4.6	—	
	I_{loop} = 40 mA	—	5.6	—	
	I_{loop} = 60 mA	—	6.6	—	
Transmit					
Gain from V_S to V+ (Figure 3) (I_{loop} = 20 mA)		28	30	31	dB
Gain change as I_{loop} is increased to 60 mA		−6.0	−4.5	−3.6	dB
Distortion		—	2.0	—	%
Output noise		—	11	—	dBrnc
Receive					
V_{RXO}/V_S (f = 1.0 kHz, I_{loop} = 20 mA) (See Figure 4)		−16	−15	−13	dB
Receive gain change as I_{loop} is increased to 60 mA		−5.0	−3.0	−2.0	dB
Distortion		—	2.0	—	%
Sidetone Level					dB
$V_{RXO}/V+$ (Figure 3)					
	I_{loop} = 20 mA	—	−36	—	
	I_{loop} = 60 mA	—	−21	—	
Sidetone Cancellation $\left[\frac{V_{RXO}}{V+}\text{ (Figure 4)}\right]$ dB − $\left[\frac{V_{RXO}}{V+}\text{ (Figure 3)}\right]$ dB	I_{loop} = 20 mA	20	26	—	dB
DTMF Driver $V+/V_{in}$ (Figure 2)	I_{loop} = 20 mA	3.2	4.8	6.2	dB
AC Impedance					Ω
Speech mode (incl. C_6, See Figure 4)	I_{loop} = 20 mA	—	750	—	
$Z_{ac} = (600)V+/(V_S - V+)$	I_{loop} = 60 mA	—	300	—	
Tone mode (including C_6)	20 mA < I_{loop} < 60 mA	—	1650	—	

NOTE: Typicals are not tested or guaranteed.

FIGURE 3 — TRANSMIT AND SIDETONE LEVEL TEST

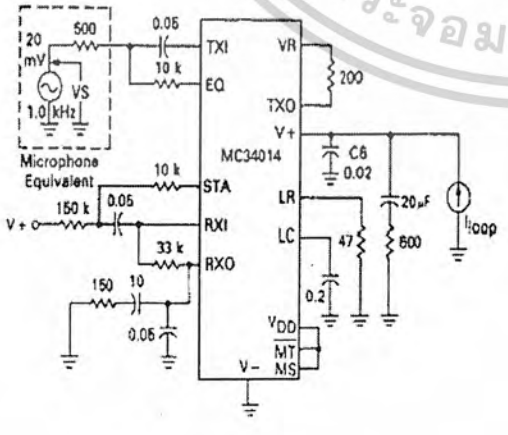
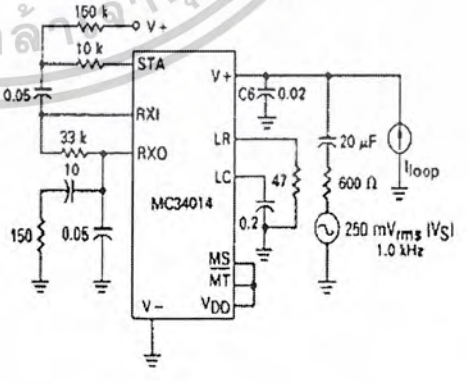


FIGURE 4 — AC IMPEDANCE, RECEIVE AND SIDETONE CANCELLATION TEST



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN GUIDELINES (Refer to Figure 1)

INTRODUCTION

The MC34014 is a speech network meant for connection to the Tip & Ring lines through a polarity guard bridge. The circuit incorporates four amplifiers: transmit, receive, sidetone, and equalization. Some parameters of each amplifier are set by external components, and in addition, the gains of the sidetone and equalization amplifiers vary with loop current.

The line interface portion determines the dc voltage versus loop current characteristics, and provides the required regulated voltages for internal and external use.

The dialer interface provides three modes of operation: speech (non-dialing), pulse dialing, and tone (DTMF) dialing. When switching to either dialing mode some parameters of the various sections are changed in order to optimize the circuit operation for that mode. The following table summarizes those changes:

TABLE 1 — OPERATING PARAMETERS AS A FUNCTION OF OPERATING MODE

Function	Speech	Pulse	Tone
LR Level Shift ($V+ - V_{LR}$)	2.7 V	2.7 V	4.3 V
V_{DD} Source Current	550 μA	2.0 mA	2.0 mA
Transmit Amplifier	Functional	Functional	Inoperative
MIC Switch (Pin 1)	On	Off	Off
Equalization Amplifier	See Transfer Curves — Figure 8		
Sidetone Amplifier	See Transfer Curves — Figure 6		
Receive Amplifier Output Current	2.5 mA	400 μA	400 μA
RMT (Pin 9) Impedance	8.0 Ω	10 kΩ	10 kΩ
DTMF Amplifier	Inoperative	Inoperative	Functional
CC Voltage	$V_{LR}/3$	V_{LR}	V_{LR}

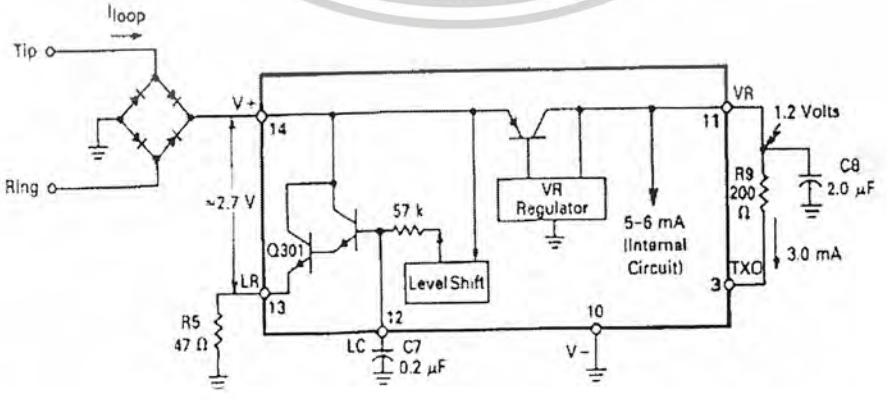
DC LINE INTERFACE (Figure 5)

The dc line interface circuit (Pins 10, 12–14) sets the dc voltage characteristics with respect to the loop current. The loop current enters at Pin 14 where the internal circuitry of the MC34014 draws 5–6 mA. Pin 3 sinks (typically) 3 mA through R_9. The remainder of the loop current is passed through Q_{301} and R_5. The resulting voltage across the entire circuit is therefore equal to the voltage across R_5, plus the level shift voltage from Pin 13 (LR) to Pin 14 (V+), nominally 2.7 volts in the speech and pulse modes. In the tone mode, the level shift increases to 4.3 volts, the internal current changes slightly (Figure 6), and the current required at Pin 3 decreases to near zero. These changes increase the equivalent dc resistance of the circuit, raising the voltage at V+ to ensure adequate voltage at V_{DD} for the external tone dialer. See Figure 7 for typical voltage versus loop current characteristics.

Capacitor C_7 at Pin 12 provides high frequency rolloff (above 10 Hz) so that R_5 does not load down the speech and DTMF signals.

The voltage at V_R is an internally regulated 1.2 volt supply which provides the bias currents for the microphone and the transmit amplifier output (Pin 3), as well as internal bias for the various amplifiers. Capacitor C_8 stabilizes the regulator. The use of an (internal) PNP transistor allows V_R to be regulated with a V+ voltage as low as 1.5 volts.

FIGURE 5 — DC LINE INTERFACE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 6 — INTERNAL CURRENT versus VOLTAGE

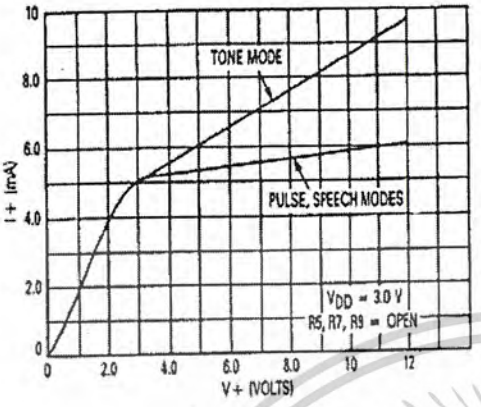
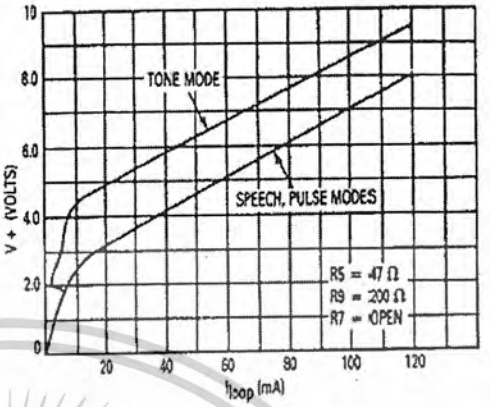


FIGURE 7 — CIRCUIT VOLTAGE versus LOOP CURRENT



TRANSMIT AMPLIFIER

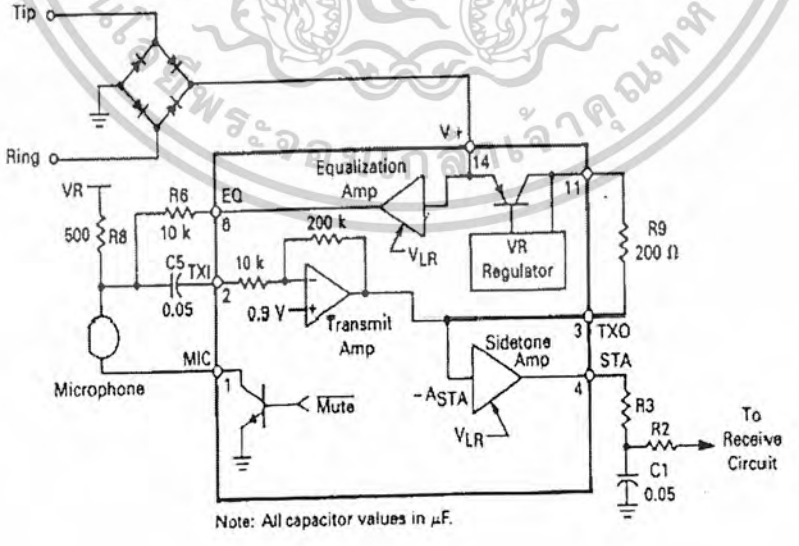
The transmit amplifier (from TXI to TXO) is inverting, with a fixed internal gain of 20 V/V (26 dB), and a typical input impedance of 10 kΩ (Figure 8). The input bias currents are internally supplied, allowing capacitive coupling of the microphone signals to the amplifier.

In the speech and pulse modes, the dc bias level at TXO is typically 0.52 x VR (≈0.63 V), which permits the output to swing 0.55 volts in both positive and negative directions without clipping. The ac voltage signal at TXO (the amplified speech signal) is converted to an ac current by Rg. The ac current passes through the VR series pass transistor to V+, modulating the loop current. The voltage signal at V+ is out of phase with the signal at TXI.

In the tone dialing mode, the TXO dc bias level is clamped at approximately VR-10 mV, rendering the amplifier inoperative. This action also reduces the TXO bias current from 3.0 mA to less than 125 μA.

MIC (Pin 1) is connected to an open-collector NPN transistor, and provides the ground path for the microphone bias current. In either dialing mode, the transistor is off, disabling the microphone.

FIGURE 8 — TRANSMIT SECTION



Note: All capacitor values in μF.

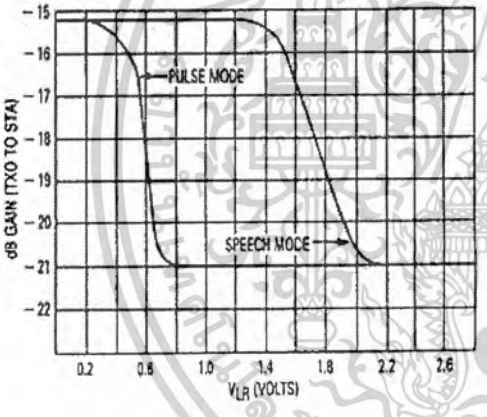
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIDETONE AMPLIFIER

The sidetone amplifier provides inversion of the TXO signal for the reduction of the sidetone signal at the receive amplifier (Figure 8). Resistors R_2 and R_3 determine the amount of sidetone cancellation. Capacitor C_1 provides phase shift to compensate for the phase shift created by the complex impedance of the Tip & Ring lines.

The gain of the sidetone amplifier varies with the voltage at LR (Pin 13), in effect making it a function of the loop current. The maximum gain is −15 dB (0.17 V/V) at low loop currents, and the minimum gain is −21 dB (0.09 V/V) at high loop current (see Figure 9 for transfer curves). For example, using 47 Ω for R_5, the gain would begin to decrease at ≈30 mA, and would stop decreasing at ≈57 mA (speech mode). The dc bias voltage at STA (Pin 4) changes slightly (≈50 mV) with variations in loop current. The output is inverted from TXO, which is the input to this amplifier. Since the transmit amplifier is inoperative in the tone dialing mode, the sidetone amplifier is also inoperative in that mode.

FIGURE 9 — SIDETONE AMPLIFIER GAIN



RECEIVE AMPLIFIER

The gain of the receive amplifier (from V+ to RXO) is determined according to the following equation (refer to Figure 10):

$$\frac{V_{RXO}}{V+} = \frac{R_4}{R_1} + \frac{(X_C // R_2)\,(A_{EQ})\,(A_{TXO})\,(A_{STA}) \times R_A \times R_4}{((X_C // R_2) + R_3)\,(R_A + R_6) \times R_2}$$

Where R_A = R_8//10 kΩ (10 kΩ = R_{in} of T_X Amp)
A_{EQ} = Gain of Equalization Amp
A_{TXO} = Gain of Transmit Amp (20 V/V)
A_{STA} = Gain of sidetone Amp
X_C = Impedance of C_1 at frequency of interest

The waveform at STA (Pin 4) is in phase with that at V+ (for receive signals), hence the plus sign between the terms. Due to the variations of A_{EQ} and A_{STA} with loop current, the receive gain will vary by ≈1.5 dB. If capacitor C_1 is not used, the above equation is simplified by deleting the terms containing X_C.

The output at RXO is inverted from V+ in the receive mode. In the transmit mode, the V+-to-RXO phase relationship depends on the amount of sidetone cancellation (determined by R_2 and R_3 and C_1), and can vary from 0° to 180°.

In the speech mode, the output current capability (at RXO) is typically 2.0 mA. In either dialing mode, the current capability is reduced to 400 μA in order to reduce internal current consumption. This feature is beneficial when this device is used in conjunction with a line-powered speakerphone circuit, such as the MC34018, where the majority of the loop current is needed for the speakerphone.

RMT (Pin 9) is the return path for the receiver's ac current. This pin is internally connected to an open collector NPN transistor, paralleled by a 10 kΩ resistor. In the speech mode, the transistor is on, providing a low impedance from RMT to ground. In either dialing mode, the transistor is off, muting the receive signal. This prevents loud "clicks" or loud DTMF tones from being heard in the receiver during dialing. When switching from either dialing mode to the speech mode ($\overline{MT}$ switches from low to high), the RMT pin switches back to a low impedance after a delay of 2–20 ms. The delay reduces clicks in the receiver associated with switching from the dialing to speech mode.

EQUILIZATION AMPLIFIER

The equalization amplifier gain varies with loop current, and is configured in the circuit so as to cause a variation of the network ac impedance (when looking in from the Tip & Ring lines). The gain varies with the voltage at LR (Pin 13), in effect making it a function of the loop current. The maximum gain is −2.5 dB (0.75 V/V) at high loop current, and the minimum gain is −12 dB (0.25 V/V) and low loop current (see Figure 11 for transfer curve). For example, using 47 Ω for R_5, the gain would begin to increase at ≈30 mA, and would stop increasing at ≈57 mA (speech mode). The output signal is in phase with the signal at V+, which is the input to this amplifier.

The dc bias level at EQ (Pin 6) varies with the voltage at LR (Pin 13) according to the curve of Figure 12. In most applications, this level shift is of little consequence, and may be ignored. If a particular circuit configuration should be sensitive to the shift, however, the output signal at EQ may be ac coupled to the rest of the circuit.

The equalization amplifier remains functional in all three modes, although in the tone mode, its function has no consequence when the circuit is configured as shown in Figure 1.

V_{DD} REGULATOR

The V_{DD} regulator is a shunt type regulator which supplies a nominal 3.3 volts for external dialers, and/or

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

other circuitry. In the speech mode, the output current capability at Pin 15 is typically 550 μA. In either dialing mode, the current capacity is increased to 2.0 mA.

V_{DD} will be regulated whenever V+ is >300 mV above the regulated value. As V+ is lowered, and the internal pass transistor becomes saturated, the circuit steers current away from the external load through an internal current source, in order that the V_{DD} capacitor (C9) does not load down speech and DTMF signals at V+. As V+ is lowered below 1 volt, Pin 15 switches to a high impedance state to prevent discharging of any storage capacitors, or batteries used for memory retention.

The V_{DD} voltage is unaffected by the choice of operating mode.

DIALER INTERFACE

The dialer interface consists of the mode control pins, $\overline{MT}$ and MS (Pins 18 and 17), and the DTMF current amplifier.

The $\overline{MT}$ pin, when at a Logic "1" (> V_{DD} − 0.3 V), sets the circuit into the speech mode, independent of the state of the MS pin. When the $\overline{MT}$ pin is at a Logic "0" (< 1.0 V), the dialing mode is determined by the MS pin. When MS is at a Logic "1" (> 2.0 V), the circuit is in the pulse dialing mode, and when at a Logic "0" (< 0.3 V) the tone (DTMF) mode is in effect.

The input impedance of the $\overline{MT}$ pin is typically 100 kΩ, with the input current flowing out of the pin (from V_{DD}). The input impedance of the MS pin is typically 600 kΩ, and the input current flows into the pin (Figure 1).

The DTMF amplifier (Figure 13) is a current amplifier which transmits DTMF signals to the V+ pin, and consequently onto the Tip & Ring lines. Waveforms from a DTMF dialer are input at TI (Pin 16) through a current limiting resistor (R_7). Negative feedback around the amplifier reduces the overall gain so that return loss specifications may be met. The voltage gain is calculated using the following equation:

$$\frac{V+}{V_I} = \frac{80\ R_E}{(1 + 0.795R_7 + 0.4R_ER_7)}$$

(R_E, R_7 in kΩ)
where $R_E = R_L//2\ k\Omega$ (2 kΩ = internal dynamic impedance)

Using 22 kΩ for R_7, and 600 Ω for R_L, the voltage gain is a nominal 4.3 dB. The minimum loop current at which the circuit of Figure 1 will operate without distortion is 12 mA.

The DTMF amplifier is functional only in the tone dialing mode, and the waveform at V+ is inverted from that at TI. The TI pin requires a dc bias current (into the pin) of 20–50 μA, which may be supplied by the Tone dialer circuit, or by using the biasing scheme of Figure 14.

CC (PIN 5)

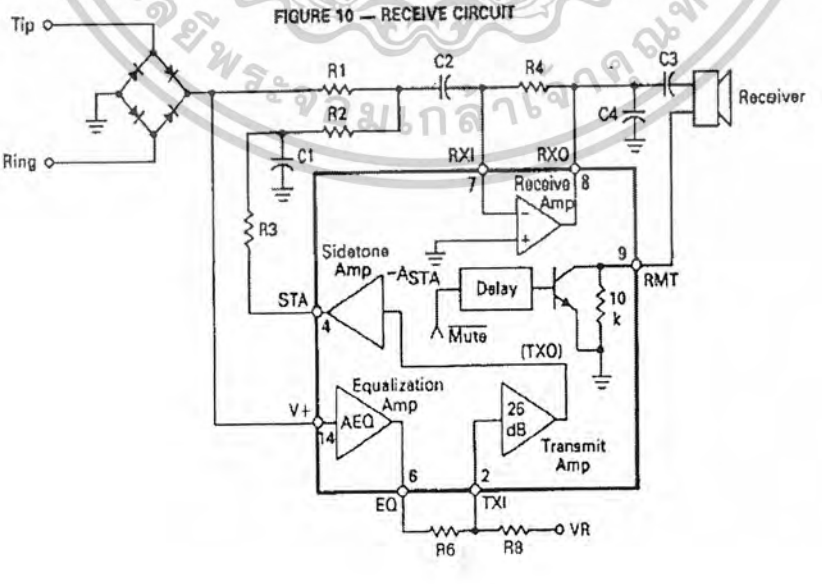
The CC pin (Compensation Capacitor) has two functions: 1) to provide equalization loop stability where the normal stabilizing components are ineffective; and 2) to allow optional control of the equalization functions.

In most applications, the capacitor at LC (Pin 12) provides the required stability, and no further compensation is required. In applications where changes are forced at Pin 12 and/or 13 (e.g., see Figure 23), the LC capacitor's effectiveness may be lost. The addition of a 10 μF capacitor to Pin 5 will provide the required additional compensation.

The CC pin may be used to force the loop length compensation circuits to specific modes. Grounding CC will set the sidetone and equalization amplifiers at the low loop current values. Connecting CC to V_R will set the amplifiers at the high loop current values.

Variations in the curves of Figures 9 and 11 may be obtained by using external resistors from LR to CC, and from CC to V−.

FIGURE 10 — RECEIVE CIRCUIT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 11 — EQUALIZATION AMPLIFIER GAIN

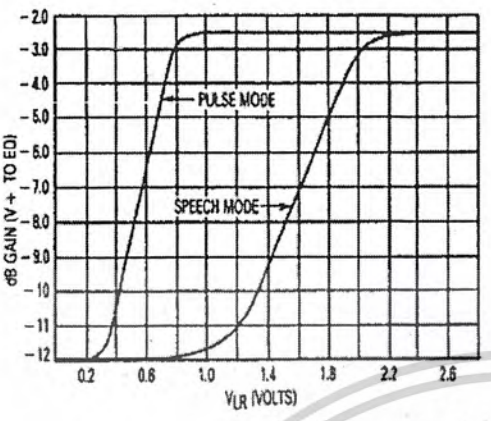


FIGURE 12 — EQ (PIN 6) DC VOLTAGE

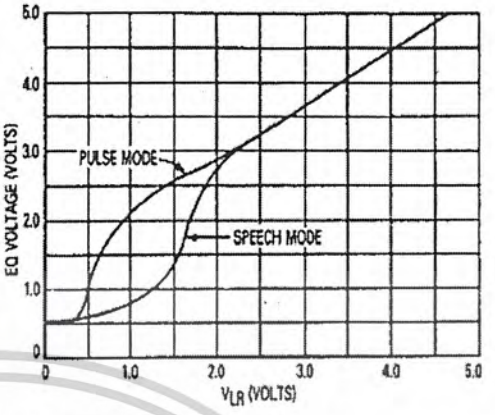


FIGURE 13 — DTMF TONE DIALER

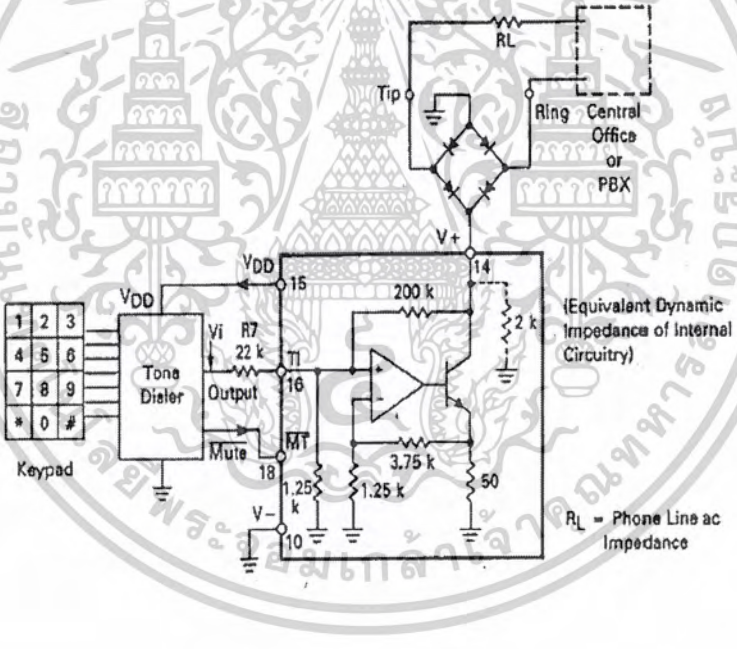
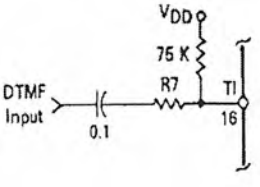


FIGURE 14 — INPUT BIASING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS INFORMATION

AC IMPEDANCE

One of the basic problems with early telephones is that the performance varied with different line lengths (distance from the Central Office to the telephone). If a particular phone were optimized for short loops and then connected to a long loop, both the transmitted and receive signals would be difficult to hear. On the other hand, phones optimized for long loops would then be annoyingly loud on short loops. The process of equalization is one whereby the performance is forced to vary with loop length inversly to the expected variations. Monitoring of loop length is accomplished by monitoring the loop current at the telephone. In the MC34014, loop length equalization is provided by varying the ac impedance of the telephone circuit. In this manner the MC34014 mimics a passive network, with varistors providing the equalization.

Figure 15 depicts the situation in the receive mode. The receive signal coming from the Central Office is V_S and is independent of the loop length. Z_R is the ac impedance of the Central Office, nominally 900 Ω. Z_L is the characteristic impedance of the phone line, and is a nominal 600 Ω. The signal applied to the line (V_1) is therefore a portion of V_S. That signal is attenuated by the distributive impedance of the phone line, with a resulting signal V_2 at the telephone. The amplitude of V_2 depends on the amount of attenuation, the impedance of the phone line at the telephone and the ac impedance of the telephone (Z_{ac}), according to:

$$V_2 = \frac{V_1' \times Z_{ac}}{Z_{ac} + Z_L}$$

where V_1' is the equivalent signal source at the receive end of the phone line, providing the signal V_2 through the impedance equal to the characteristic impedance of the line (Z_L). The value of V_1' depends on how much V_1 has been attenuated by the length of phone line. By increasing Z_{ac} on long loops, V_2 is a greater portion of V_1', resulting in a stronger receive signal at the telephone.

FIGURE 15 — RECEIVE MODE

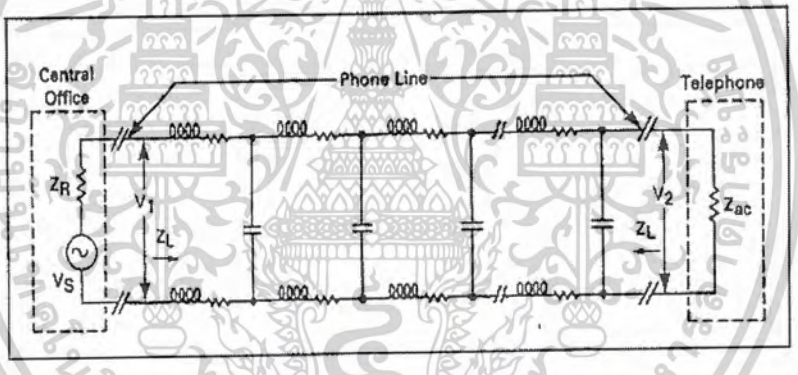
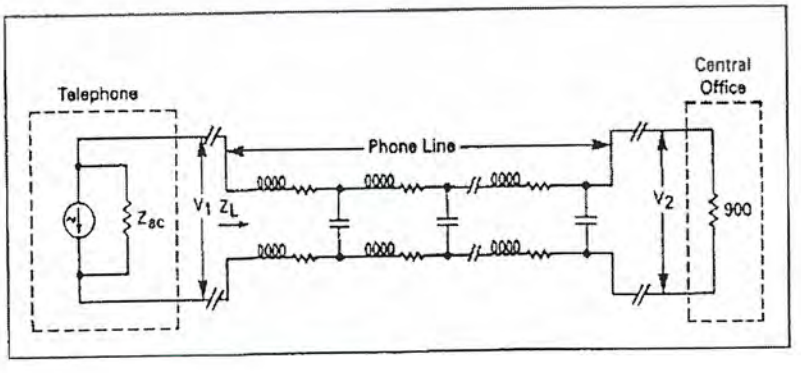


Figure 16 depicts the situation in the transmit mode. In this mode, the MC34014 is an ac current source, with a finite output impedance, modulating the loop current. The voltage signal V_1 is therefore equal to the ac signal current acting on Z_{ac} in parallel with the characteristic impedance of the phone line (Z_L). The signal is attenuated by the distributive impedance of the phone line, and so only a portion of that signal (V_2) appears at the Central Office. By increasing Z_{ac} on long loops, V_1 is increased, resulting in a higher signal level at V_2.

FIGURE 16 — TRANSMIT MODE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The ac impedance of the telephone circuit is determined by the transmit amplifier, equalization amplifier, and external resistors R_6, R_8, and R_9. In Figure 17, a portion of the receive signal at V+ appears at EQ. That signal is reduced at TXI by the R_8-R_6 divider (the electret microphone is a high impedance). The signal at TXI is then amplified by 20, and that signal (at TXO) is converted to an ac current by R9. The ac impedance of the circuit is therefore $V+/I_{TXO}$, and is defined by the following equation:

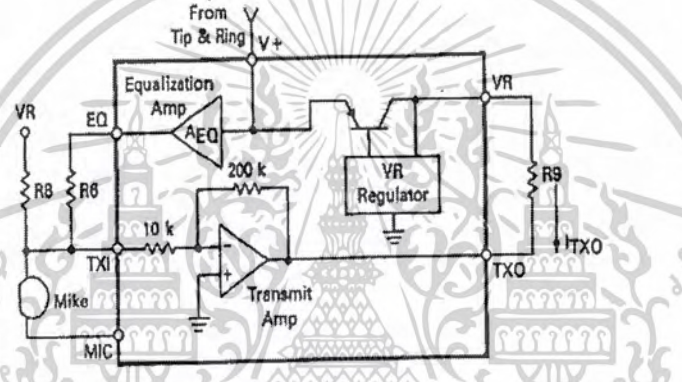
$$Z_{ac} = \frac{(1 + R_8/R_6)(R_9)}{20 \times A \times (R_8/R_6)}$$

where A = the gain of the equalization amplifier (0.25 to 0.75)

Since the gain of the equalization amplifier varies by a factor of 3, the ac impedance will vary the same amount. Using the resistor values indicated in Figure 1, the ac impedance will vary from 280 Ω (short loop) to 840 Ω (long loop).

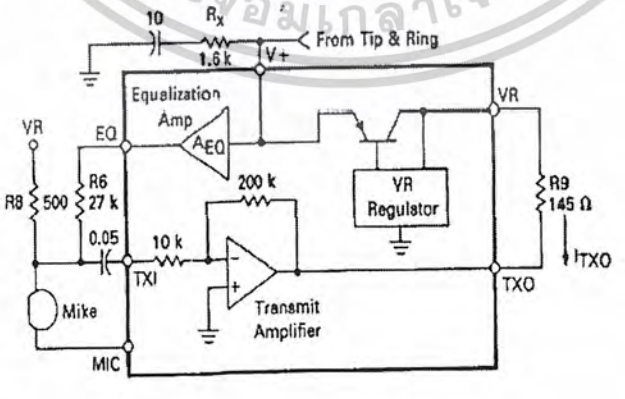
When calculating or measuring the ac impedance, capacitor C_8 (~8.0 kΩ at 1.0 kHz) and the dynamic impedance of the MC34014 (~10 kΩ) must be taken into account. If the microphone has an impedance lower than that of a typical electret, then its dynamic impedance must be accounted for in the above equation.

FIGURE 17 — DETERMINING AC IMPEDANCE



If a variation in Z_{ac} of less than 3:1 is desired, the circuit configuration of Figure 18 may be used. The ac impedance is the parallel combination of R_X and the impedance presented by the remainder of the circuit. With the values shown in Figure 18, the ac impedance varies from 400 Ω to 800 Ω.

FIGURE 18 — REDUCED AC IMPEDANCE VARIATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRANSMIT DESIGN PROCEDURE

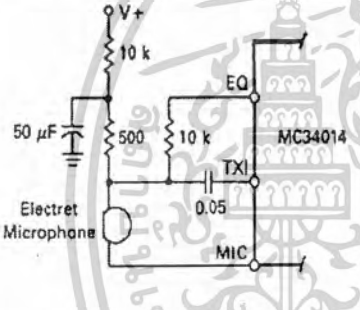
Referring to Figure 17, first select R_9 for the desired maximum output level at Tip & Ring, assuming a signal level at TXO of 1.0 V p-p. The maximum signal level at Tip & Ring will be approximately:

$$\frac{(V_{TXO})\ (Z_L)}{R_9}$$

where Z_L is the characteristic ac impedance of the phone line. Capacitor C_6 and the ≈10 kΩ dynamic impedance of the MC34014 must also be considered in the above computation, since they are in parallel with Z_L.

The next step is to select the R_6/R_9 ratio, according to the required Z_{ac}, using the equation on the previous page. Then R_9 is selected to set the microphone sensitivity. R_9 is typically in the range of 0.5 k to 1.5 kΩ, and is dependent on the characteristics of the microphone. R_6 is then calculated from the above mentioned ratio.

FIGURE 19 — ALTERNATE MICROPHONE BIAS



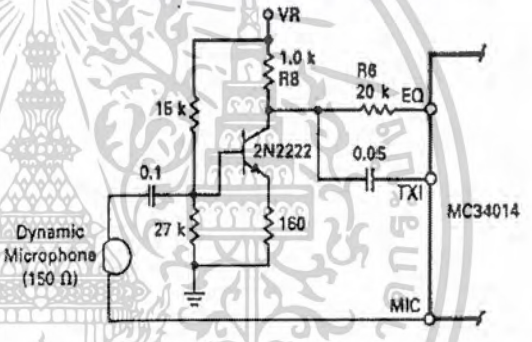
The overall gain from the microphone to V+ will vary with loop current due to the influence of the equalization amplifier on TXI. The signal at EQ is out of phase with that at TXI, therefore the signal at V+ decreases as loop current (and the EQ signal) increases. Variations are typically 2.0 to 5.0 dB and depend largely on the impedance characteristics of the microphone.

ALTERNATE MICROPHONE BIASING

In the event that the microphone cannot be properly biased from the 1.2 volt VR supply, a higher voltage can be obtained by biasing from the V+ supply. The configuration shown in Figure 19, provides a higher voltage to the microphone, and also filters the speech signals at V+ from reaching it, preventing an oscillatory loop from forming. The maximum voltage limit of the microphone must be considered when biasing this way.

If a dynamic microphone is to be used in place of an electret unit, the circuit in Figure 20 will buffer its low impedance from the MC34014 circuit, maintaining the high impedance required at the junction of R_9 and R_6. The circuit shown provides a gain of ≈2.6 for the microphone signals, and can be adjusted by varying the 160 Ω resistor.

FIGURE 20 — INTERFACING A DYNAMIC MICROPHONE



HANDSET/HANDS-FREE TELEPHONE

Figure 23 indicates a circuit using the MC34014 speech network, MC34018 speakerphone circuit, and the MC34017 tone ringer to provide a complete telephone/speakerphone. Switch HS (containing one normally open and one normally closed contact) is the hook switch actuated by the handset, shown in the on-hook position. When the handset is off-hook (HS1 open, HS2 closed), power is applied to the MC34014, and consequently the handset, and the $\overline{CS}$ pin of the MC34018 is held high so as to disable it. Upon closing the two poles of switch SS, and placing switch HS in the on-hook position, power is then applied to both the MC34014 and the MC34018, and $\overline{CS}$ is held low, enabling the speakerphone function. Anytime the handset is removed from switch HS, the circuit reverts to the handset mode. The diode circuitry sets the MC34014 to the pulse dialing mode to mute the handset microphone and receiver when using the speakerphone. To compensate for the different equalization response of the MC34014 when in the pulse dialing mode (Figures 9 and 11), the 47 Ω resistor normally found at Pin 13 of the MC34014 is instead divided into two resistors (33 Ω and 15 Ω). This arrangement provides similar equalization response in both the handset and in the speakerphone modes. Since the LC capacitor (Pin 12) is ineffective in the speakerphone mode, a capacitor is added at Pin 5 (CC) to provide compensation for the equalization loop when the speakerphone mode is in effect.

SWITCHABLE TONE/PULSE TELEPHONE

Figure 21 indicates a switchable tone/pulse telephone circuit using the MC145412 tone/pulse dialer, MC34014 speech network, and the MC34017 tone ringer. The dialer is programmable, and can store up to 10 phone numbers. As can be seen, the interface to the MC34014 is straightforward.

PULSE ONLY TELEPHONE

Figure 22 indicates a pulse only telephone circuit using the MC145409 pulse dialer, MC34014 speech network, and the MC34017 tone ringer. The dialer has last number redial, and provides a pacifier tone to the receiver during dialing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 21 — COMPLETE TELEPHONE WITH PULSE/TONE DIALING

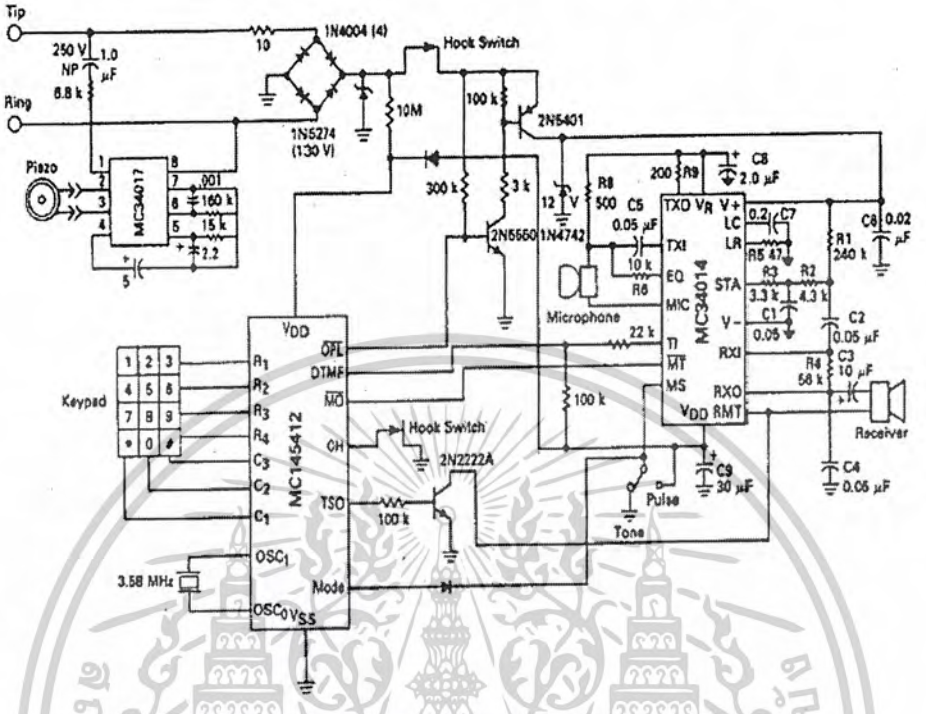
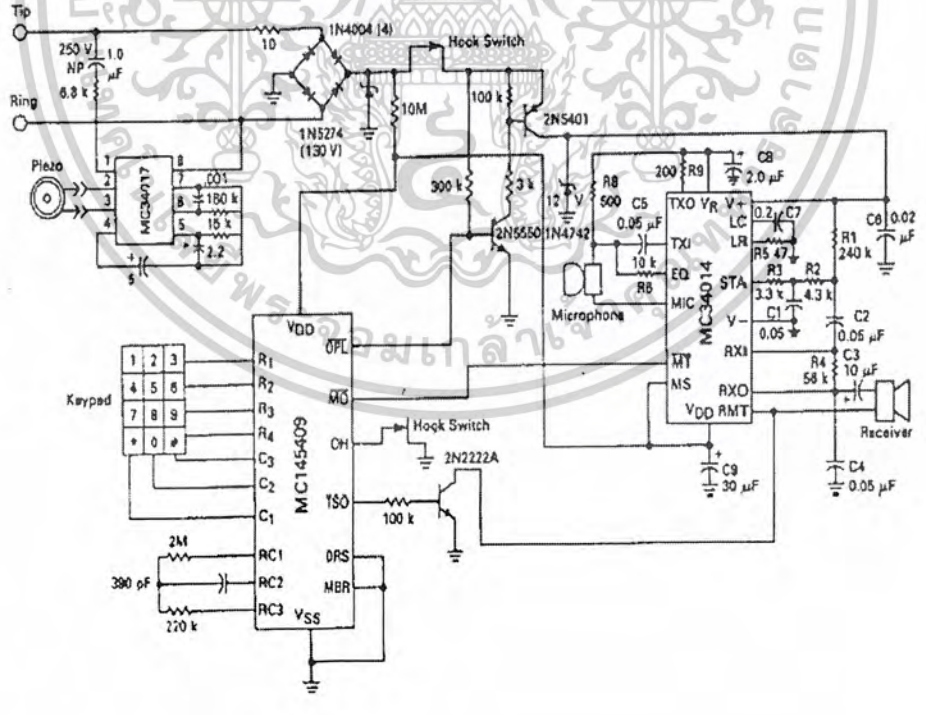


FIGURE 22 — COMPLETE TELEPHONE WITH PULSE DIALING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

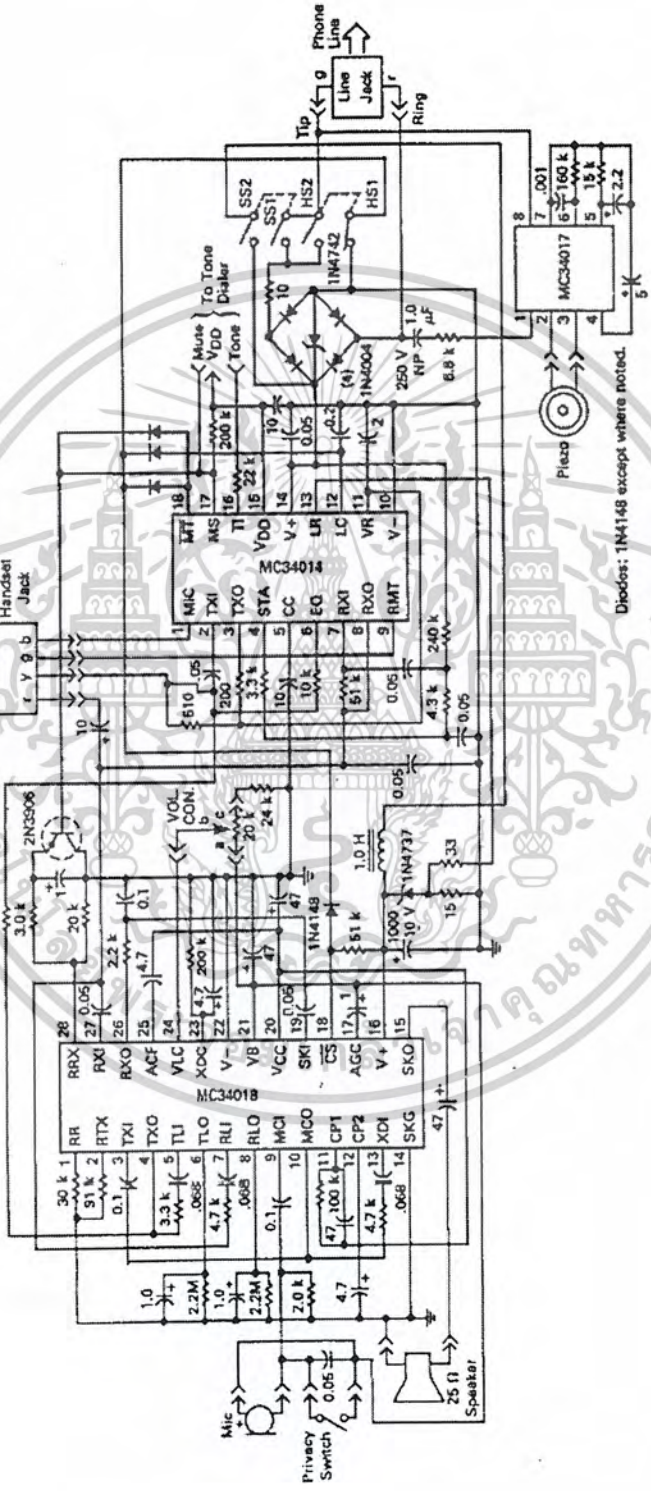


FIGURE 23 — SWITCHABLE HANDSET/HANDSFREE SYSTEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Order this document by MC34017/D

MOTOROLA

MC34017

Telephone Tone Ringer

Bipolar Linear/I^2L

- Complete Telephone Bell Replacement Circuit with Minimum External Components
- On–Chip Diode Bridge and Transient Protection
- Direct Drive for Piezoelectric Transducers
- Push Pull Output Stage for Greater Output Power Capability
- Base Frequency Options – MC34017–1: 1.0 kHz
  – MC34017–2: 2.0 kHz
  – MC34017–3: 500 Hz
- Input Impedance Signature Meets Bell and EIA Standards
- Rejects Rotary Dial Transients

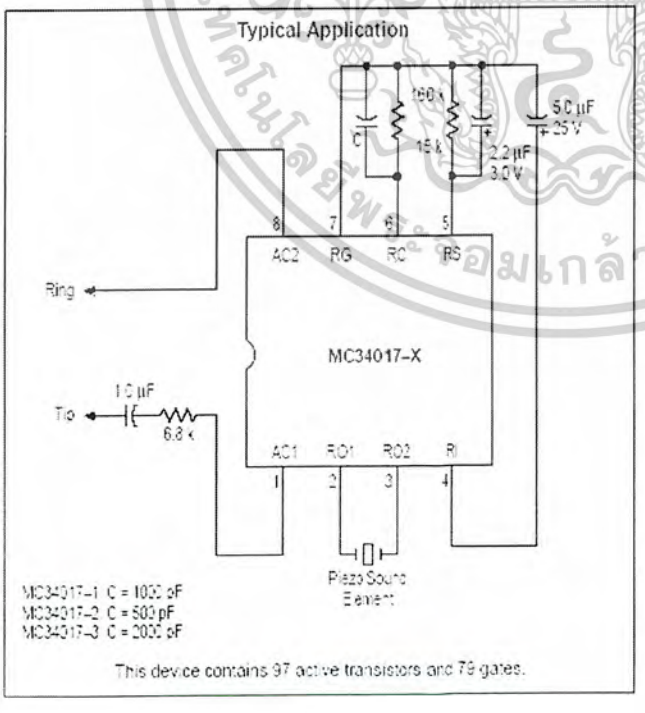
TELEPHONE TONE RINGER
BIPOLAR LINEAR/I^2L

SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751

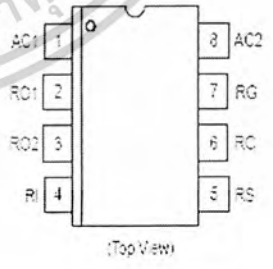
P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626

Typical Application



This device contains 97 active transistors and 79 gates.

PIN CONNECTIONS



(Top View)

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
MC34017D	T_A = –20° to +60°C	SOIC
MC34017P		Plastic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34017

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to RG, Pin 7)

Rating	Symbol	Value	Unit
Operating AC Input Current (Pins 1, 8)	–	20	mA, RMS
Transient Input Current (Pins 1, 8) (T<2.0 ms)	I_{in}	±300	mA, peak
Voltage Applied at RC (Pin 6)	V_{RC}	5.0	V
Voltage Applied at RS (Pin 5)	V_{RS}	5.0	V
Voltage Applied to Outputs (Pins 2, 3)	V_O	–2.0 to V_{RI}	V
Power Dissipation (@ 25°C)	P_D	1.0	W
Operating Ambient Temperature	T_A	–20 to +60	°C
Storage Temperature	T_{stg}	–65 to +150	°C

NOTE: ESD data available upon request.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Characteristic	Test	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Ringing Start Voltage V_{Start} = V_I at Ring Start V_I > 0 V_I < 0	 1a 1b	 V_{Start} (+) V_{Start} (–)	 34 –34	 37.5 –37.5	 41 –41	Vdc
Ringing Stop Voltage V_{Stop} = V_I at Ring Stop MC34017–1 MC34017–2 MC34017–3	1c	V_{Stop}	 14 12 14	 16 14 16	 22 20 22	Vdc
Output Frequencies (V_I = 50 V) MC34017–1 High Tone Low Tone Warble Tone MC34017–2 High Tone Low Tone Warble Tone MC34017–3 High Tone Low Tone Warble Tone	1d	 f_H f_L f_W f_H f_L f_W f_H f_L f_W	 937 752 11.5 1874 1504 11.5 937 752 23	 1010 808 12.5 2020 1616 12.5 1010 808 25	 1083 868 14 2166 1736 14 1083 868 28	Hz
Output Voltage (V_I = 50 V)	6	V_O	34	37	43	Vpp
Output Short–Circuit Current	2	I_{RO1}, I_{RO2}	35	60	80	mApp
Input Diode Voltage (I_I = 5.0 mA)	3	V_D	5.4	6.2	6.8	Vdc
Input Voltage – SCR "Off" (I_I = 30 mA)	4a	V_{off}	30	38	43	Vdc
Input Voltage – SCR "On" (I_I = 100 mA)	4b	V_{on}	3.2	4.1	6.0	Vdc
RS Clamp Voltage (V_I = 50 V)	5	V_{clamp}	1.3	1.5	1.8	Vdc

PIN FUNCTION DESCRIPTION

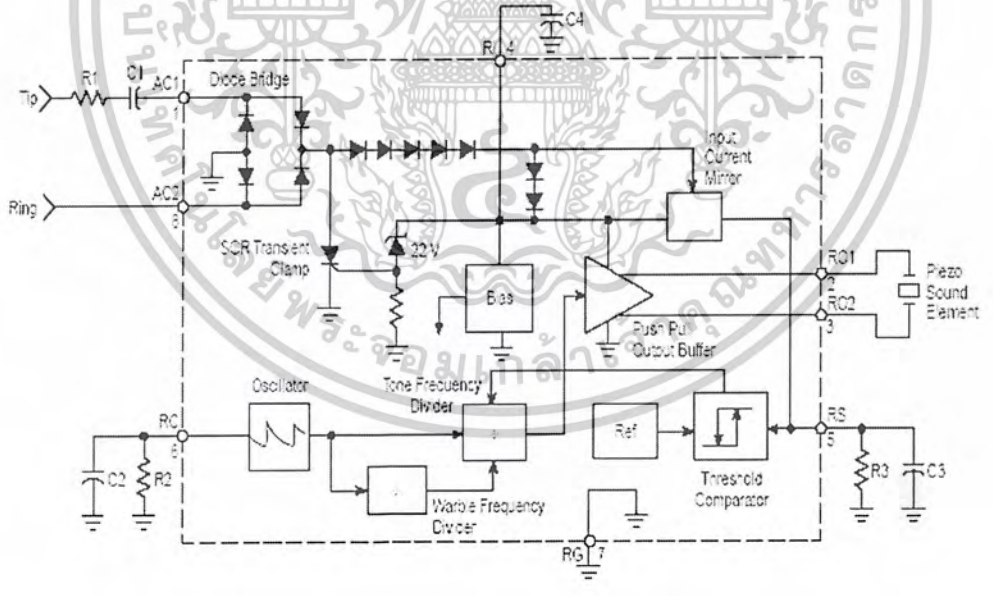
Pin	Symbol	Description
1, 8	AC1, AC2	The input terminals to the full–wave diode bridge. The ac ringing signal from the telephone line energizes the ringer through this bridge.
5	RS	The input of the threshold comparator to which diode bridge current is mirrored and sensed through an external resistor (R3). Nominal threshold is 1.2 V. This pin internally clamps at 1.5 V.
4	RI	The positive supply terminal for the oscillator, frequency divider and output buffer circuits.
2, 3	RO1, RO2	The tone ringer output terminals through which the sound element is driven.
7	RG	The negative terminal of the diode bridge and the negative supply terminal of the tone generating circuitry.
6	RC	The oscillator terminal for the external resistor and capacitor which control the tone ringer frequencies (R2, C2).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION CIRCUIT PERFORMANCE (Refer to Typical Application)

Characteristic	Typical Value	Units
Output Tone Frequencies MC34017–1 MC34017–2 MC34017–3 Warble Frequencies	 608/1010 1616/2020 404/505 12.5	Hz
Output Voltage (V_I ≥ 60 Vrms, 20 Hz)	37	Vpp
Output Duty Cycle	50	%
Ringing Start Input Voltage (20 Hz)	36	Vrms
Ringing Stop Input Voltage (20 Hz)	21	Vrms
Maximum AC Input Voltage (≤ 69 Hz)	150	Vrms
Impedance When Ringing V_I = 40 Vrms, 15 Hz V_I = 130 Vrms, 23 Hz	 >16 12	kΩ
Impedance When Not Ringing V_I = 10 Vrms, 24 Hz V_I = 2.5 Vrms, 24 Hz V_I = 10 Vrms, 5.0 Hz V_I = 3.0 Vrms, 200 – 3200 Hz	 26 >1.0 55 >200	 kΩ MΩ kΩ kΩ
Maximum Transient Input Voltage (T ≤ 2.0 ms)	1500	V
Ringer Equivalence: Class A Class B	0.5 0.9	– –

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34017

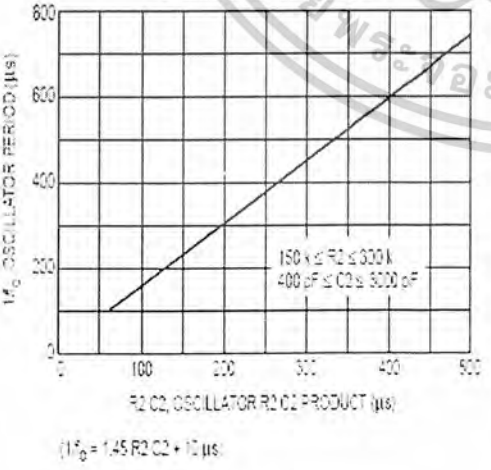
CIRCUIT DESCRIPTION

The MC34017 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_O is set by resistor R2 and capacitor C2 connected to Pin RC. The oscillator will operate with f_O 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 RO1 and RO2 alternates between $f_O/4$ to $f_O/5$. The warble rate at which the frequency changes is $f_O/320$ for the MC34017–1, $f_O/640$ for the MC34017–2 and $f_O/160$ for the MC34017–3. With a 4.0 kHz oscillator frequency, the MC34017–1 produces 800 Hz and 1000 Hz tones with a 12.5 Hz warble rate. The MC34017–2 generates 1600 Hz and 2000 Hz tones with a similar 12.5 Hz warble frequency from an 8.0 kHz oscillator frequency. The MC34017–3 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 37 V 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 at RO1 and RO2 will be generated. The ac ringing signal is rectified by the internal diode bridge. The rectified inout signal produces a voltage across R3 which is referenced to RG. The voltage across resistor R3 is filtered by capacitor C3 at the input to the threshold circuit.

Figure 1. Oscillator Period ($1/f_O$) versus Oscillator R2 C2 Product



($1/f_O$ = 1.45 R2 C2 + 10 μs)

When the voltage on capacitor C3 exceeds 1.2 V, the threshold comparator enables the tone ringer output. Line transients produced by pulse dialing telephones do not charge capacitor C3 sufficiently to activate the tone ringer output.

Capacitors C1 and C4 and resistor R1 determine the 10 V, 24 Hz signature test impedance. C4 also provides filtering for the output stage power supply to prevent droop in the square wave output signal. Six diodes in series with the rectifying bridge provide the necessary non–linearity for the 2.5 V, 24 Hz signature tests.

An internal shunt voltage regulator between the RI and RG terminals provides dc voltage to power the output stage, oscillator and frequency dividers. The dc voltage at RI is limited to approximately 22 V 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.

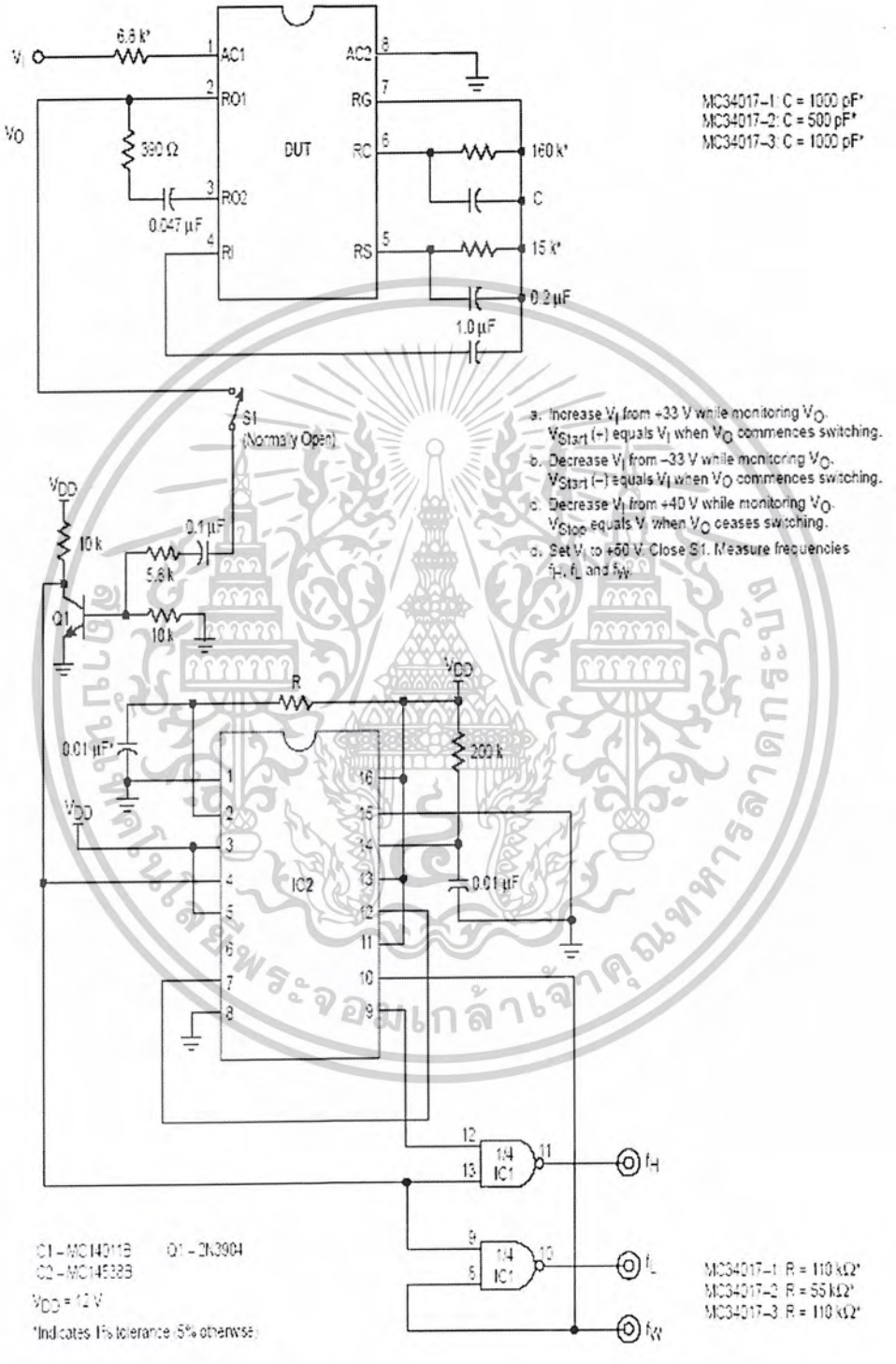
EXTERNAL COMPONENTS

R1	**Line Input Resistor** R1 affects the tone ringer input impedance. It also influences ringing threshold voltage and limits current from line transients. (Range: 2.0 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 to 2.0 μF).
R2	**Oscillator Resistor** (Range: 150 to 300 kΩ).
C2	**Oscillator Capacitor** (Range: 400 to 3000 pF).
R3	**Input Current Sense Resistor** R3 controls the ringing threshold voltage. Increasing R3 decreases the ring–start voltage. (Range: 5.0 to 18 kΩ).
C3	**Ringing Threshold Filter Capacitor** C3 filters the ac voltage across R3 at the input of the ringing threshold comparator. It also provides dialer transient rejection. (Range: 0.5 to 5.0 μF).
C4	**Ringer Supply Capacitor** C4 filters supply voltage for the tone generating circuits. It also provides an ac current path for the 10 Vrms ringer signature impedance. (Range: 1.0 to 10 μF).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

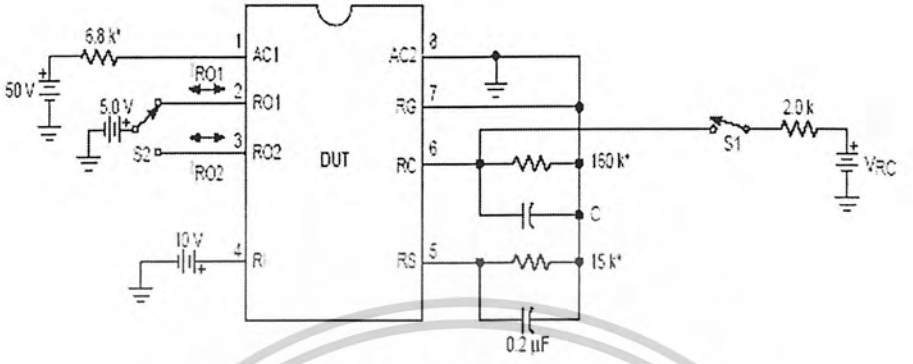
MC34017

Figure 2. Test One



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

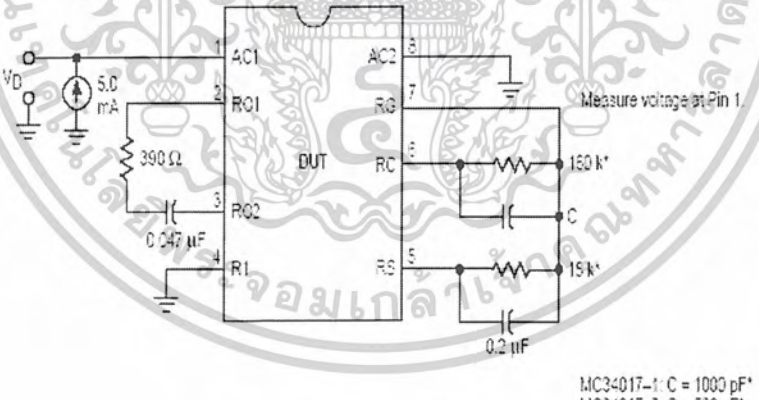
Figure 3. Test Two



MC34017–1: C = 1000 pF*
MC34017–2: C = 500 pF*
MC34017–3: C = 1000 pF*
*Indicates 1% tolerance (5% otherwise)

With V_{RC} = 4.0 V, close S1. Switch S2 to Pin 2 and measure current at Pin 2 (I_{O1}). Repeatedly switch V_{RC} between 4.0 V and 0 V until Pin 2 current changes polarity. Measure the opposite polarity current (I_{O2}).
Calculate: $I_{RO1} = |I_{O1}| + |I_{O2}|$
Switch S2 to Pin 3 and repeat.
Calculate: $I_{RO2} = |I_{O1}| + |I_{O2}|$

Figure 4. Test Three

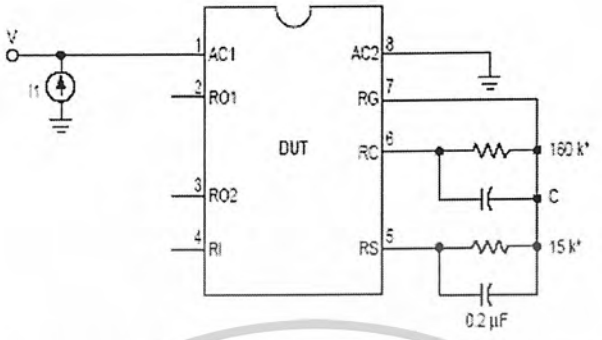


MC34017–1: C = 1000 pF*
MC34017–2: C = 500 pF*
MC34017–3: C = 1000 pF*

*Indicates 1% tolerance (5% otherwise)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

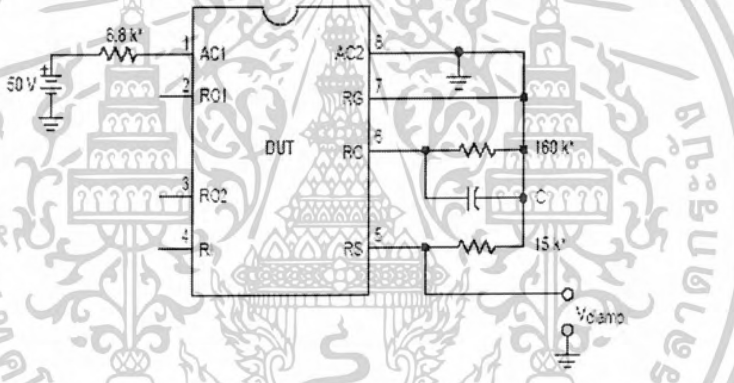
Figure 5. Test Four



MC34017–1: C = 1000 pF*
MC34017–2: C = 500 pF*
MC34017–3: C = 1000 pF*
*Indicates 1% tolerance (5% otherwise)

a. Set I1 to 30 mA. Measure voltage at Pin 1 (V_{off}).
b. Set I1 to 100 mA. Measure voltage at Pin 1 (V_{on}).
(Each test < 30 ms)

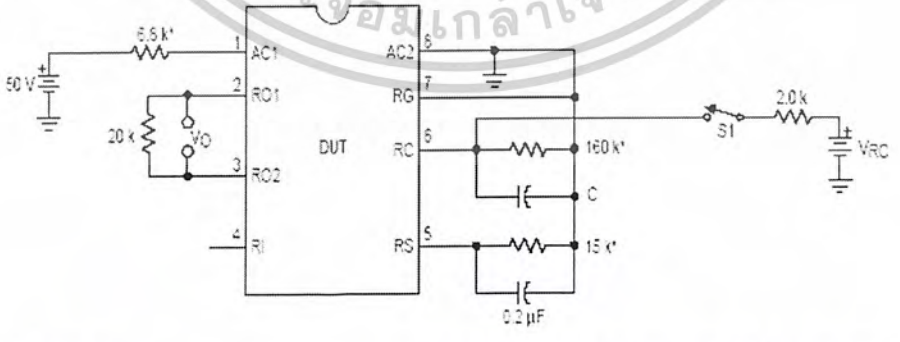
Figure 6. Test Five



MC34017–1: C = 1000 pF*
MC34017–2: C = 500 pF*
MC34017–3: C = 1000 pF*
*Indicates 1% tolerance (5% otherwise)

Measure voltage at Pin 5 (V_{clamp}).

Figure 7. Test Six



MC34017–1: C = 1000 pF*
MC34017–2: C = 500 pF*
MC34017–3: C = 1000 pF*
*Indicates 1% tolerance (5% otherwise)

With V_{RC} = 4.0 V, close S1. Measure dc voltage between Pins 2 and 5 (V_{O1}). Repeatedly switch V_{RC} between 4.0 V and 0 V until Pins 2 and 3 change state. Measure the new voltage between Pins 2 and 3 (V_{O2}). Calculate: $V_O = |V_{O1} - |V_{O2}|$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL

ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
Integrated DTMF Receiver

ISSUE 5 March 1997

Features

- Complete DTMF Receiver
- Low power consumption
- Internal gain setting amplifier
- Adjustable guard time
- Central office quality
- Power-down mode
- Inhibit mode
- Backward compatible with MT8870C/MT8870C-1

Applications

- Receiver system for British Telecom (BT) or CEPT Spec (MT8870D-1)
- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Credit card systems
- Remote control
- Personal computers
- Telephone answering machine

Ordering Information

MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP

-40 °C to +85 °C

Description

The MT8870D/MT8870D-1 is a complete DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions. 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.

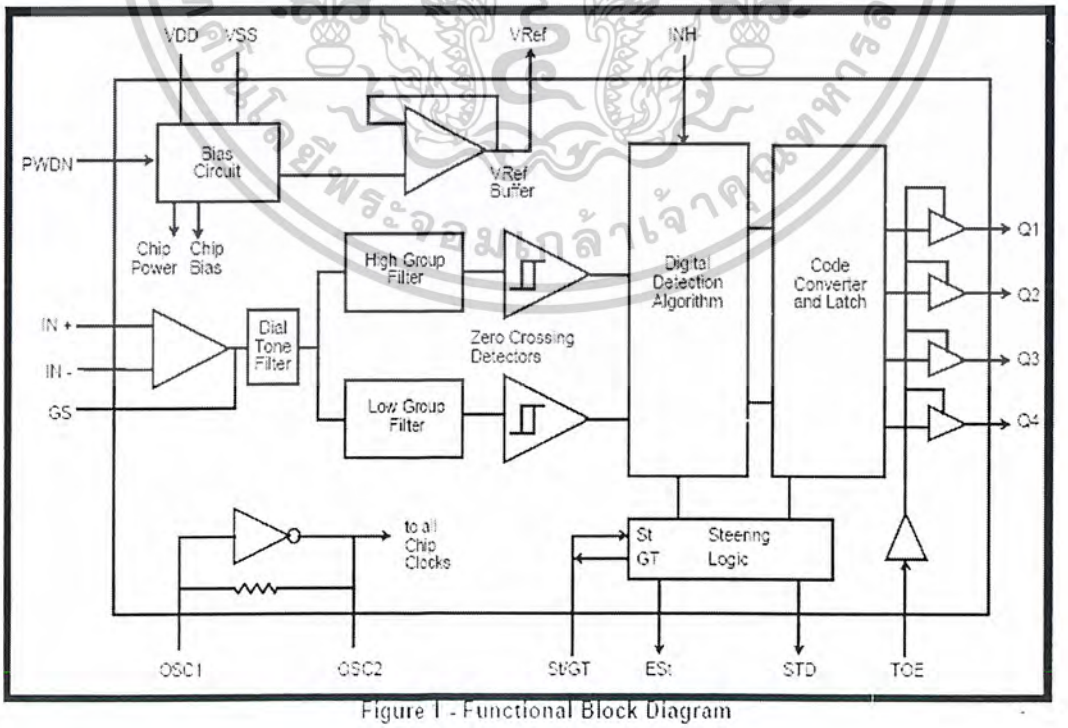


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

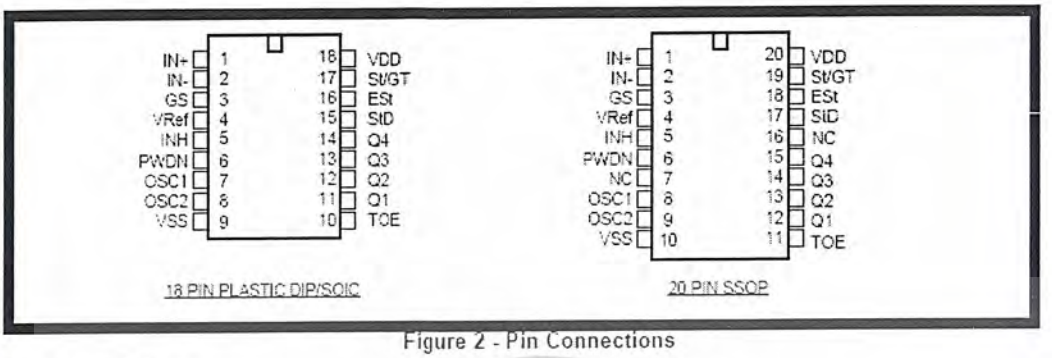


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #		Name	Description
18	20		
1	1	IN+	**Non-Inverting Op-Amp (Input).**
2	2	IN-	**Inverting Op-Amp (Input).**
3	3	GS	**Gain Select.** Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V_{Ref}	**Reference Voltage (Output).** Nominally $V_{DD}/2$ is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 6 and Fig. 10).
5	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	6	PWDN	**Power Down (Input).** Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	8	OSC1	**Clock (Input).**
8	9	OSC2	**Clock (Output).** A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	10	V_{SS}	**Ground (Input).** 0V typical.
10	11	TOE	**Three State Output Enable (Input).** Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	12-15	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	17	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	18	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 ESt to return to a logic low.
17	19	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 ESt and the voltage on St.
18	20	V_{DD}	**Positive power supply (Input).** +5V typical.
	7, 16	NC	No Connection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The MT8870D/MT8870D-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 3). 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

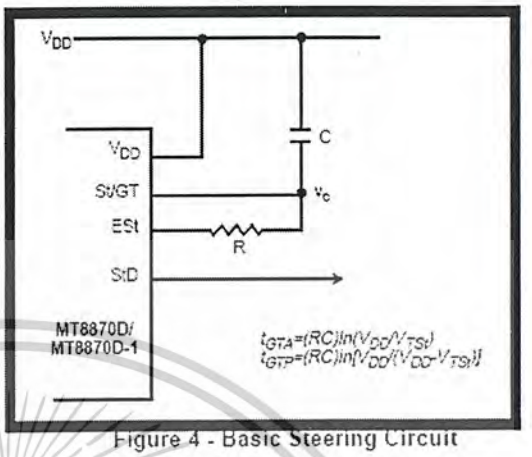


Figure 4 - Basic Steering Circuit

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 4) to rise as the capacitor discharges. Provided signal

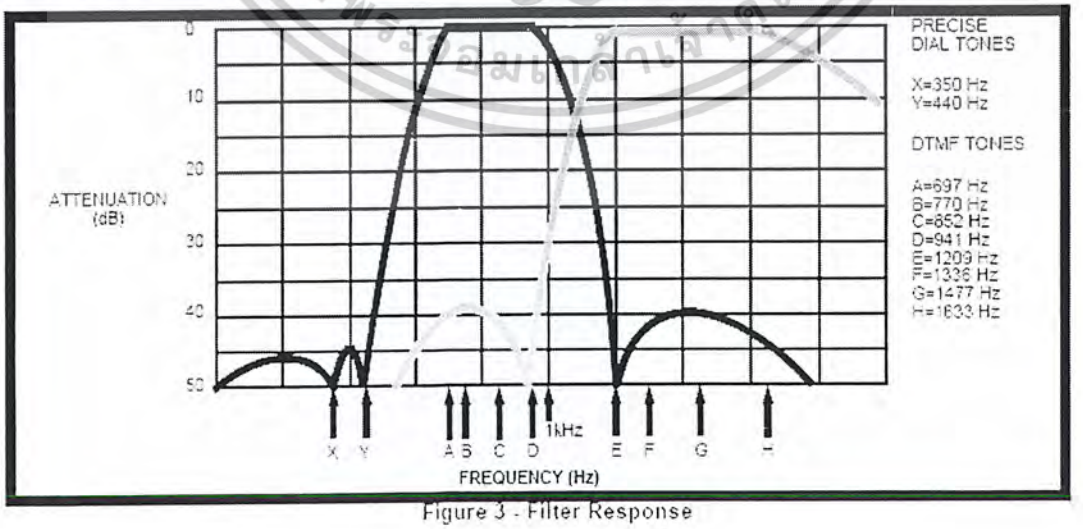


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

condition is maintained (ESt remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TSt}) 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 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.

Digit	TOE	INH	ESt	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	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
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				

Table 1. Functional Decode Table

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE
X = DON'T CARE

Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 4 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 11) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 µF is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

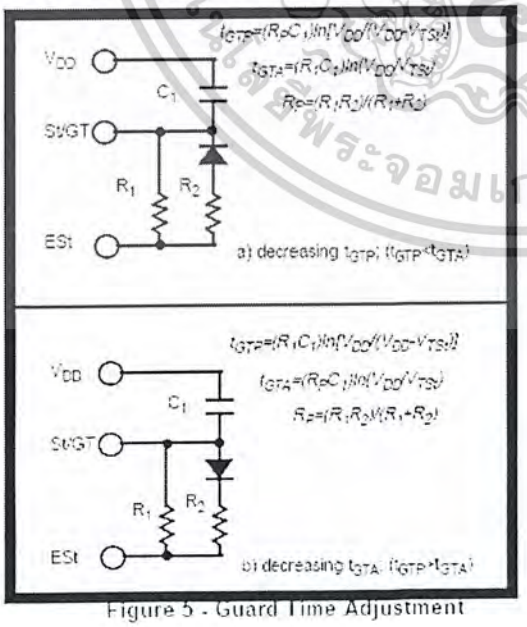


Figure 5 - Guard Time Adjustment

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_{DO} 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 5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 MT8870D/MT8870D-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 (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and V_{Ref} biasing the input at $^1/_2V_{DD}$. Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5.

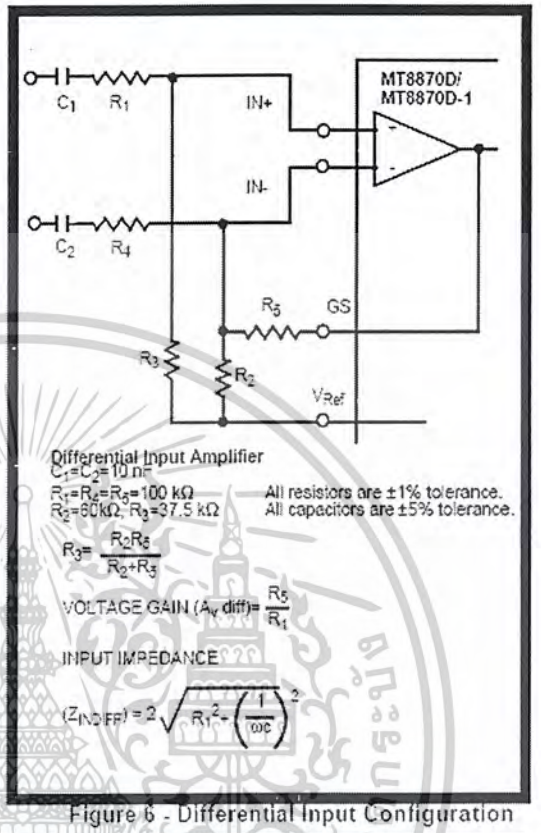


Figure 6 - Differential Input Configuration

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 10 (Single-Ended Input Configuration). However, it is possible to configure several MT8870D/MT8870D-1 devices 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 7 for details. The problems associated with unbalanced loading are not a concern with the arrangement shown, i.e., precision balancing capacitors are not required.

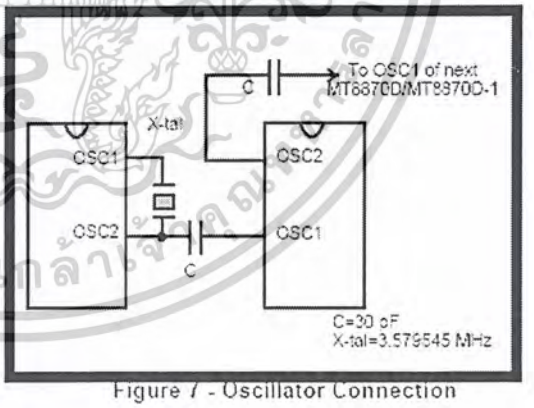


Figure 7 - Oscillator Connection

Parameter	Unit	Resonator
R1	Ohms	10.752
L1	mH	.432
C1	pF	4.984
C0	pF	37.915
Qm	-	896.37
Δf	%	±0.2%

Table 2. Recommended Resonator Specifications

Note: Qm=quality factor of RLC model, i.e., XL1/R1Q1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 9 illustrates the use of MT8870D-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 MT8870D-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. 8.

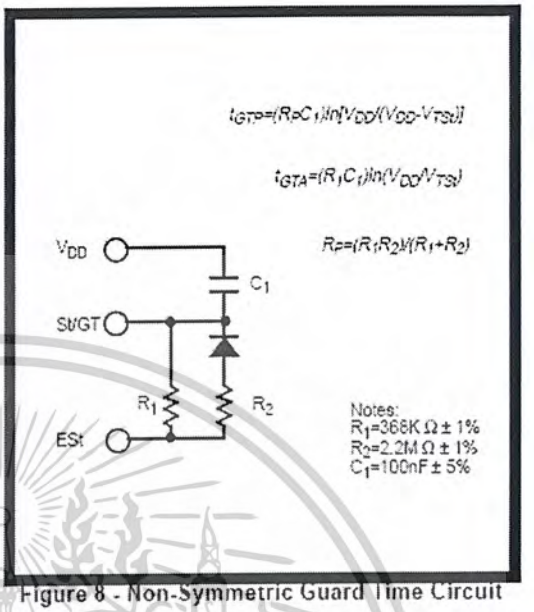


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

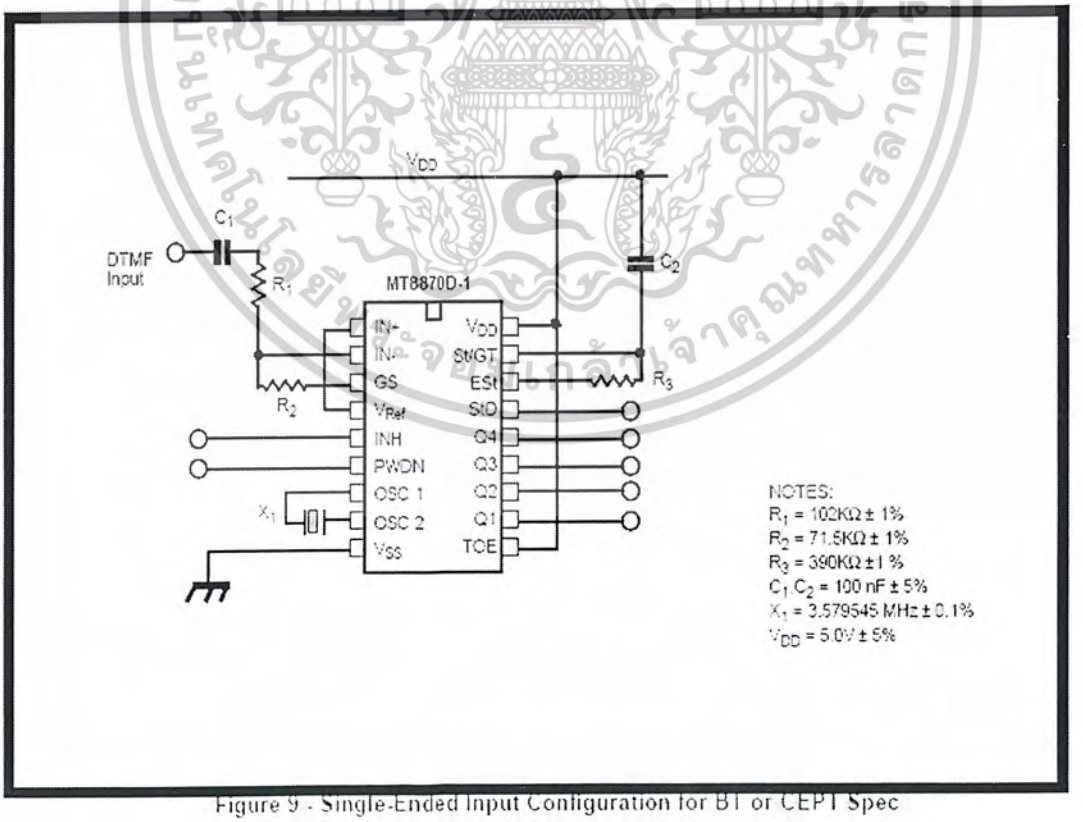


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings†

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}		7	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		500	mW

† Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.
Derate above 75 °C at 16 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	fc		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq.Tolerance	Δfc		±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	SUPPLY	Standby supply current	I_{DDQ}		10	25	µA	PWDN=V_{DD}
2		Operating supply current	I_{DD}		3.0	9.0	mA	
3		Power consumption	P_O		15		mW	fc=3.579545 MHz
4	INPUTS	High level input	V_{IH}	3.5			V	V_{DD}=5.0V
5		Low level input voltage	V_{IL}			1.5	V	V_{DD}=5.0V
6		Input leakage current	I_{IH}/I_{IL}		0.1		µA	V_{IN}=V_{SS} or V_{DD}
7		Pull up (source) current	I_{SO}		7.5	20	µA	TOE (pin 10)=0, V_{DD}=5.0V
8		Pull down (sink) current	I_{SI}		15	45	µA	INH=5.0V, PWDN=5.0V, V_{DD}=5.0V
9		Input impedance (IN+, IN-)	R_{IN}		10		MΩ	@ 1 kHz
10		Steering threshold voltage	V_{TSt}	2.2	2.4	2.6	V	V_{DD} = 5.0V
11	OUTPUTS	Low level output voltage	V_{OL}			V_{SS}+0.03	V	No load
12		High level output voltage	V_{OH}	V_{DD}-0.03			V	No load
13		Output low (sink) current	I_{OL}	1.0	2.5		mA	V_{OUT}=0.4 V
14		Output high (source) current	I_{OH}	0.4	0.8		mA	V_{OUT}=4.6 V
15		V_{Ref} output voltage	V_{Ref}	2.3	2.5	2.7	V	No load, V_{DD} = 5.0V
16		V_{Ref} output resistance	R_{OR}		1		kΩ	

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}			100	nA	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}	10			MΩ	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	0.75 V ≤ V_{IN} ≤ 4.25 V biased at V_{Ref}=2.5 V
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_{pp}	Load ≥ 100 kΩ to V_{SS} @ GS
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L			100	pF	
10	Resistive load (GS)	R_L			50	kΩ	
11	Common mode range	V_{CM}	2.5			V_{pp}	No Load

MT8870D AC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V ±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29		+1	dBm	1,2,3,5,6,9
			27.5		869	mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9
2	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
3	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
4	Frequency deviation accept		±1.5% ± 2 Hz				2,3,5,9
5	Frequency deviation reject		±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

‡ 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 ±1.5 %± 2 Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ± 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. Guaranteed by design and characterization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870D-1 AC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, using Test Circuit shown in Figure 10.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-31		+1	dBm	Tested at V_{DD}=5.0V 1,2,3,5,6,9
			21.8		869	mV_{RMS}	
2	Input Signal Level Reject		-37			dBm	Tested at V_{DD}=5.0V 1,2,3,5,6,9
			10.9			mV_{RMS}	
3	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
4	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,13
5	Frequency deviation accept		±1.5%± 2 Hz				2,3,5,9
6	Frequency deviation reject		±3.5%				2,3,5,9
7	Third zone tolerance			-18.5		dB	2,3,4,5,9,12
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 ±1.5 %± 2 Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ±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. Referenced to Fig. 10 input DTMF tone level at -25dBm (-28dBm at GS Pin) interference frequency range between 480-3400Hz.
13. Guaranteed by design and characterization.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ To ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	TIMING	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	Note 1
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 1
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	Note 2
4		Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	Note 2
5		Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	Note 2
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	Note 2
7	OUTPUTS	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}		8	11	µs	TOE=V_{DD}
8		Propagation delay (St to StD)	t_{PStD}		12	16	µs	TOE=V_{DD}
9		Output data set up (Q to StD)	t_{QStD}		3.4		µs	TOE=V_{DD}
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		300		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
12	PDWN	Power-up time	t_{PU}		30		ms	Note 3
13		Power-down time	t_{PD}		20		ms	
14	CLOCK	Crystal/clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
15		Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
16		Clock input fall time	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
17		Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
18		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.

*NOTES:
1. Used for guard-time calculation purposes only.
2. These, user adjustable parameters, are not device specifications. The adjustable settings of these minimums and maximums are recommendations based upon network requirements.
3. With valid tone present at input, t_{PU} equals time from PDWN going low until ESt going high.

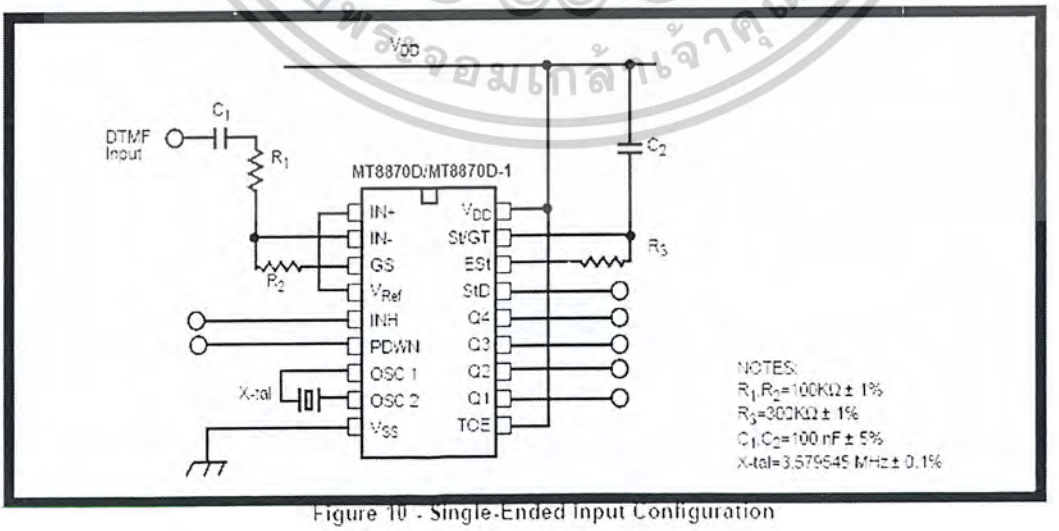
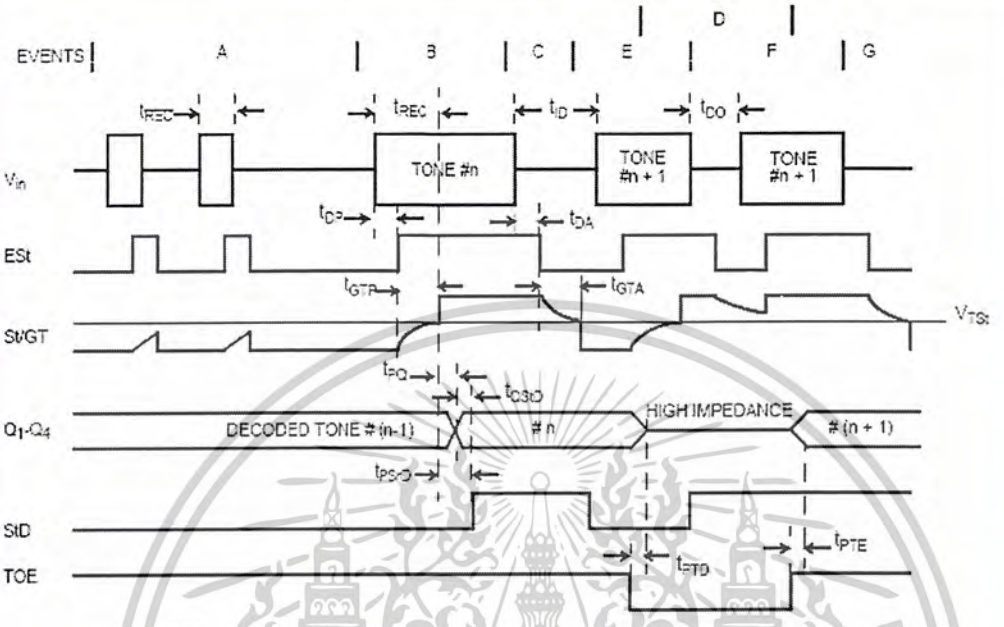


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.

B) TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS

C) END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMIAN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

E) TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).

F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.

G) END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in}	DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.
ESt	EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.
St/GT	STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
Q_1-Q_4	4-BIT DECODED TONE OUTPUT.
StD	DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.
TOE	TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS Q_1-Q_4 TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.
t_{REC}	MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID
t_{REC}	MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION
t_{ID}	MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.
t_{DO}	MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.
t_{DP}	TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
t_{DA}	TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
t_{GTP}	GUARD TIME, TONE PRESENT.
t_{GTA}	GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FM radio circuit TDA7000

GENERAL DESCRIPTION

The TDA7000 is a monolithic integrated circuit for mono FM portable radios, where a minimum on peripheral components is important (small dimensions and low costs).

The IC has an FLL (Frequency-Locked-Loop) system with an intermediate frequency of 70 kHz. The i.f. selectivity is obtained by active RC filters. The only function which needs alignment is the resonant circuit for the oscillator, thus selecting the reception frequency. Spurious reception is avoided by means of a mute circuit, which also eliminates too noisy input signals. Special precautions are taken to meet the radiation requirements.

The TDA7000 includes the following functions:

- R.F. input stage
- Mixer
- Local oscillator
- I.F. amplifier/limiter
- Phase demodulator
- Mute detector
- Mute switch

QUICK REFERENCE DATA

Supply voltage range (pin 5)	V_P	2,7 to 10		V
Supply current at V_P = 4,5 V	I_P	typ.	8	mA
R.F. input frequency range	f_{rf}	1,5 to 110		MHz
Sensitivity for -3 dB limiting				
(e.m.f. voltage)				
(source impedance: 75 Ω; mute disabled)	EMF	typ.	1,5	µV
Signal handling (e.m.f. voltage)				
(source impedance: 75 Ω)	EMF	typ.	200	mV
A.F. output voltage at R_L = 22 kΩ	V_o	typ.	75	mV

PACKAGE OUTLINE

18-lead DIL; plastic (SOT102HE); SOT102-1; 1996 July 24.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

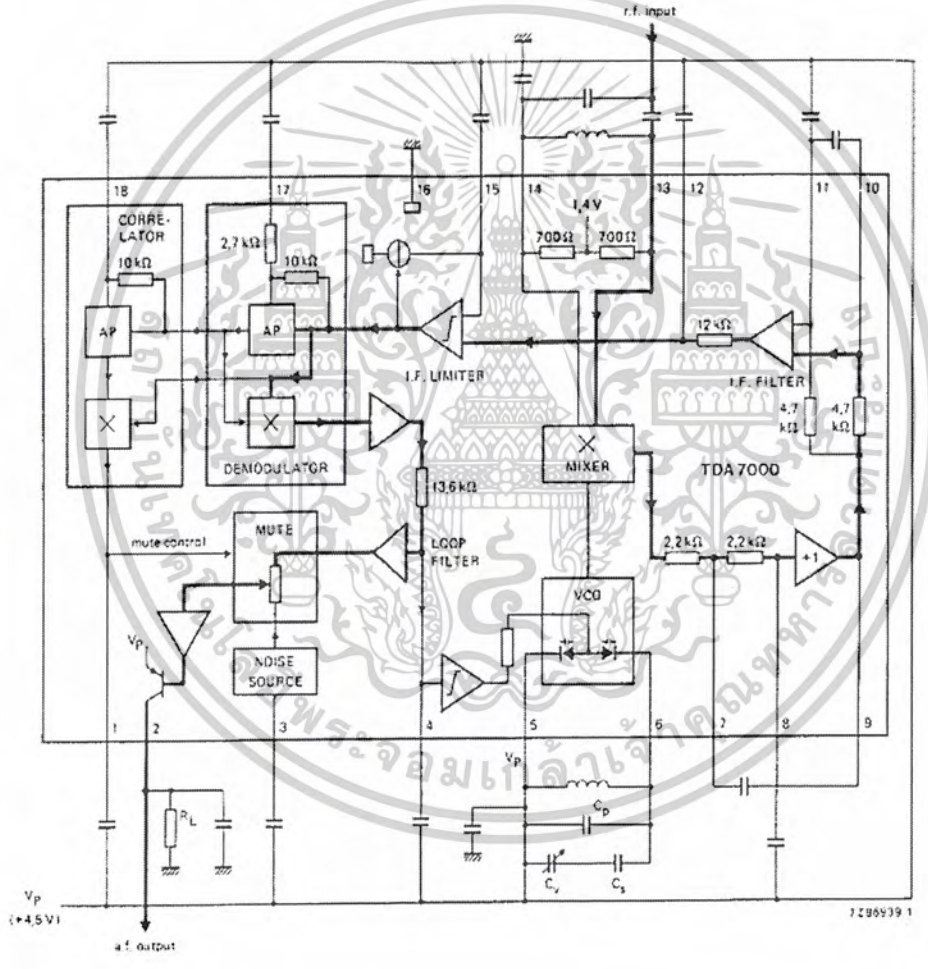


Fig.1 Block diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATINGS

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

Supply voltage (pin 5)	V_P	max. 12 V
Oscillator voltage (pin 6)	V_{6-5}	V_P–0,5 to V_P + 0,5 V
Total power dissipation	see derating curve Fig.2	
Storage temperature range	T_{stg}	–55 to +150 °C
Operating ambient temperature range	T_{amb}	0 to + 60 °C

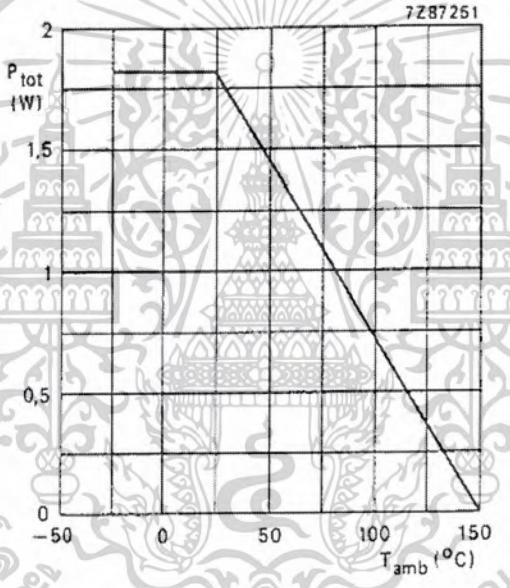


Fig.2 Power derating curve.

D.C. CHARACTERISTICS

V_P = 4,5 V; T_{amb} = 25 °C; measured in Fig.4; unless otherwise specified

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply voltage (pin 5)	V_P	2,7	4,5	10	V
Supply current					
at V_P = 4,5 V	I_P	–	8	–	mA
Oscillator current (pin 6)	I_6	–	280	–	µA
Voltage at pin 14	V_{14-16}	–	1,35	–	V
Output current at pin 2	I_2	–	60	–	µA
Voltage at pin 2; R_L = 22 kΩ	V_{2-13}	–	1,3	–	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.C. CHARACTERISTICS

V_P = 4,5 V; T_{amb} = 25 °C; measured in Fig.4 (mute switch open, enabled); f_{rf} = 96 MHz (tuned to max. signal at 5 µV e.m.f.) modulated with $\Delta f = \pm 22{,}5$ kHz; f_m = 1 kHz; EMF = 0,2 mV (e.m.f. voltage at a source impedance of 75 Ω); r.m.s. noise voltage measured unweighted (f = 300 Hz to 20 kHz); unless otherwise specified.

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Sensitivity (see Fig.3)					
(e.m.f. voltage)					
for –3 dB limiting;					
muting disabled	EMF	–	1,5	–	µV
for –3 dB muting	EMF	–	6	–	µV
for S/N = 26 dB	EMF	–	5,5	–	µV
Signal handling (e.m.f. voltage)					
for THD < 10%; $\Delta f = \pm 75$ kHz	EMF	–	200	–	mV
Signal-to-noise ratio	S/N	–	60	–	dB
Total harmonic distortion					
at $\Delta f = \pm 22{,}5$ kHz	THD	–	0,7	–	%
at $\Delta f = \pm 75$ kHz	THD	–	2,3	–	%
AM suppression of output voltage					
(ratio of the AM output signal					
referred to the FM output signal)					
FM signal: f_m = 1 kHz; $\Delta f = \pm 75$ kHz					
AM signal: f_m = 1 kHz; m = 80%	AMS	–	50	–	dB
Ripple rejection (ΔV_P = 100 mV;					
f = 1 kHz)	RR	–	10	–	dB
Oscillator voltage (r.m.s. value)					
at pin 6	$V_{6\text{-}5(rms)}$	–	250	–	mV
Variation of oscillator frequency					
with supply voltage (ΔV_P = 1 V)	Δf_{osc}	–	60	–	kHz/V
Selectivity	S_{+300}	–	45	–	dB
	S_{-300}	–	35	–	dB
A.F.C. range	Δf_{rf}	–	± 300	–	kHz
Audio bandwidth at ΔV_o = 3 dB					
measured with pre-emphasis (t = 50 µs)	B	–	10	–	kHz
A.F. output voltage (r.m.s. value)					
at R_L = 22 kΩ	$V_{o(rms)}$	–	75	–	mV
Load resistance					
at V_P = 4,5 V	R_L	–	–	22	kΩ
at V_P = 9,0 V	R_L	–	–	47	kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

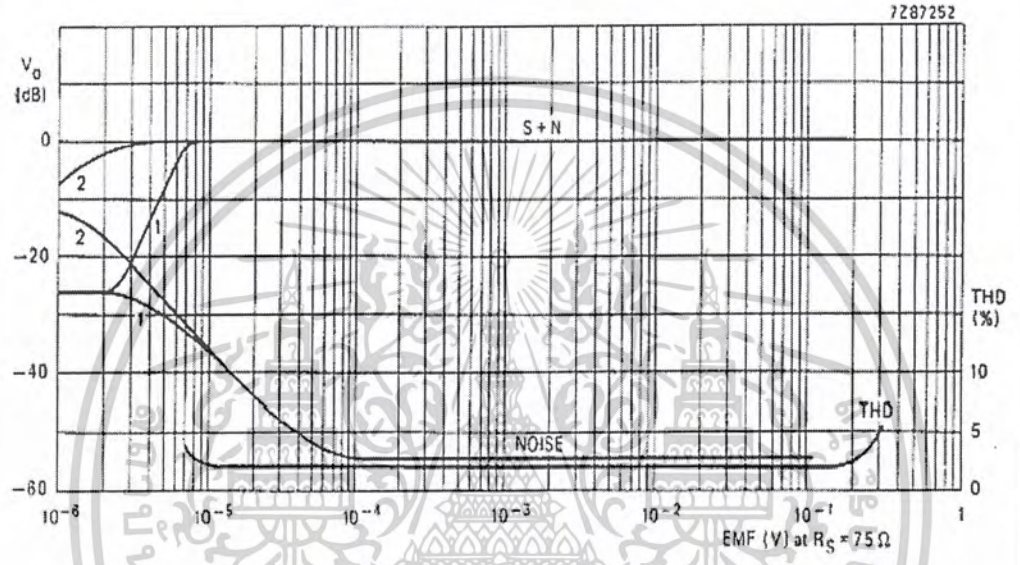


Fig.3 A.F output voltage (V_o) and total harmonic distortion (THD) as a function of the e.m.f. input voltage (EMF) with a source impedance (R_S) of 75 Ω: (1) muting system enabled; (2) muting system disabled.

Conditions: 0 dB = 75 mV; f_f = 95 MHz.
for S + N curve: $\Delta f = \pm 22{,}5$ kHz; f_m = 1 kHz.
for THD curve; $\Delta f = \pm 75$ kHz; f_m = 1 kHz.

Notes

1. The muting system can be disabled by feeding a current of about 20 µA into pin 1.
2. The interstation noise level can be decreased by choosing a low-value capacitor at pin 3. Silent tuning can be achieved by omitting this capacitor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

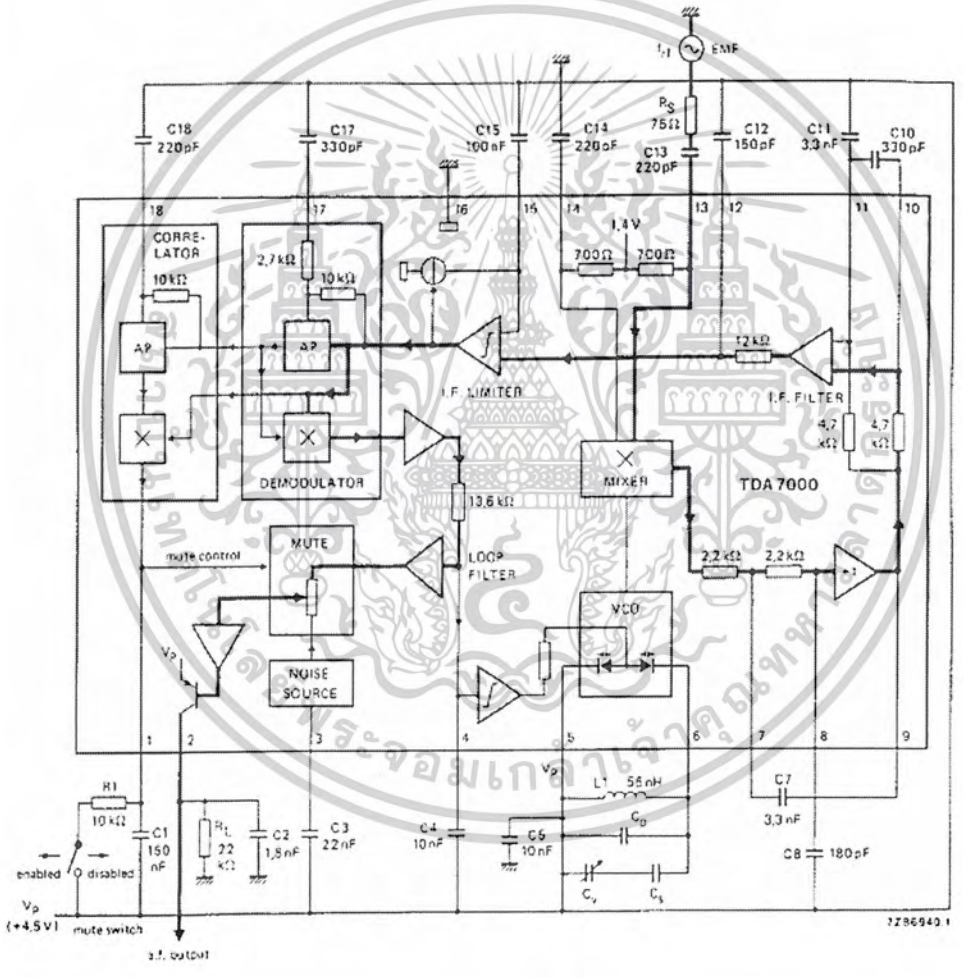


Fig.4 Test circuit; for printed-circuit boards see Figs 5 and 6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายบัญญัติ หลังเศษ
วัน เดือน ปีเกิด	1 เมษายน พ.ศ. 2525
ภูมิลำเนา	89 ม.3 ต.ละงู อำเภอละงู จังหวัดสตูล 91110
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านเกาะยวน จังหวัดสตูล
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนละงูพิทยาคม จังหวัดสตูล
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสตูล
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสตูล
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล	รางวัลชนะเลิศอันดับ 1ประเภทความคิดสร้างสรรค์ สิ่งประดิษฐ์จากเศษวัสดุเหลือใช้ ปีการศึกษา 2538
คติพจน์	อย่านอนตื่นสาย อย่าอายทำกิน อย่าหมิ่นเงินน้อย อย่าคอยวาสนา แล้วจะดีเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นายปฏิยุทธ์ บุญมูสิก

วัน เดือน ปีเกิด 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2524

ภูมิลำเนา 79/1 ม.5 ต.กำแพงเซา อำเภอเมือง
จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนเทศบาลวัดชัยชุมพล จังหวัดนครศรีธรรมราช

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ

ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ผลงานที่ได้รับรางวัล รางวัลชนะเลิศอันดับ 2 ประเภทปฏิบัติการติดตั้งระบบ
ตู้สาขาโทรศัพท์ การแข่งขันเพื่อสร้างสรรค์ทางวิชาการ
สายช่างอุตสาหกรรม

คติพจน์ อดีตจะหมดจด อนาคตจะสดใส ต้องแก้ไขที่ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายปัญญา อริยพุทธิวงศ์
วัน เดือน ปีเกิด	24 พฤษภาคม พ.ศ. 2525
ภูมิลำเนา	16 ซ.2 ถ.รัถการ ต.หาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาล 1 วัดสตูลสันตยารามจังหวัดสตูล
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพิมานพิทยาสรรค์ จังหวัดสตูล
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสตูล
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสตูล
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล	1.รางวัลชนะเลิศสิ่งประดิษฐ์คนรุ่นใหม่ ประเภทที่ 3 อุปกรณ์บรรเทาสาธารณะภัยระดับภาคใต้ ปีการศึกษา2544
	2.รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 1 สิ่งประดิษฐ์คนรุ่นใหม่ ประเภทที่ 3 อุปกรณ์บรรเทาสาธารณะภัยระดับประเทศ ปีการศึกษา 2544
คติพจน์	ความสำเร็จซ่อนเร้นอยู่เบื้องหลังขุนเขาแห่งความพยายาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นางสาวโศรดา ใหม่น้อย
วัน เดือน ปีเกิด	13 กันยายน พ.ศ. 2524
ภูมิลำเนา	80 ม.1 ต.ควนศรี อำเภอบ้านนาสาร
	จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84270

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านควนมหาชัย จังหวัดสุราษฎร์ธานี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพรุพีพิทยาคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	จงทำอย่างที่คิด และจงคิดก่อนที่จะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้