สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

DESIGN OF MICROPROCESSOR-BASE AUTOMATIC TELEPHONE INTERFACE

โดย

นาย ธรรมนูญ แซ่ลิ่ม

นาย พัฒนพงศ์ สุขแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 54947

วัน,เดือน,ปี - 1 มิ.ย. 2548

b.....

i.....

เอกสารนี้เผยแพร่เพื่อสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

DESIGN OF MICROPROCESSOR-BASE AUTOMATIC TELEPHONE INTERFACE

โดย

นาย ธรรมนูญ แซ่ลิ่ม 44015058

นาย พัฒนพงศ์ สุขแก้ว 44015071

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ สุรพล บุญจันทร์

รศ.สมยศ จุณณะปิยะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

DESIGN OF MICROPROCESSOR-BASED AUTOMATIC TELEPHONE INTERFACE

โดย นาย ธรรมนูญ แซ่ลิ่ม 44015058

นาย พัฒนพงศ์ สุขแก้ว 44015071

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรพล บุญจันทร์

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสร้างชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมการติดต่อสื่อสารกันระหว่างวิทยุมือถือ กับระบบโทรศัพท์หรือระบบโทรศัพท์เรียกติดต่อกับระบบวิทยุมือถือหรือแม้แต่ระบบวิทยุมือถือจะติดต่อกับระบบวิทยุมือถือด้วยกันเอง โดยได้นำเอาระบบไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาเป็นหัวใจหลักการในการควบคุมการทำงาน

Abstract

This project presents the construction of the automatic connection set using microprocessor to control the communication from amateur radio to home telephone or from home telephone to amateur radio although between the amateur radio and the amateur radio by using microprocessor as the central controller .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

DESIGN OF MICROPROCESSOR-BASED AUTOMATIC TELEPHONE INTERFACE

ผู้จัดทำ

1. นายธรรมนูญ แซ่ลิ่ม 44015058

2. นายพัฒนพงศ์ สุขแก้ว 44015071

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สุรพล บุญจันทร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. สมยศ จุณณะปิยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน	4
2.1กลไกการเชื่อมต่อวงจร	4
2.2 การสนทนา	6
2.3 ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง	7
2.4 ส่วนประกอบของโทรศัพท์	9
2.5 สัญญาณที่รับส่งระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย	10
2.6 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสายไปยังบ้านของผู้เช่า	10
2.7 ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ	13
2.8 ไดนามิกอิมพีแดนซ์	13
2.9 ข้อดีสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF	13
2.10 ไฮบริด	14
2.11 การทำงานของวงจรไฮบริด	16
2.12 เครื่องวิทยุรับ-ส่ง	18
2.13 การใช้งานอุปกรณ์ทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	19
2.14 ความคมชัดของสัญญาณในการรับส่งวิทยุมือถือผ่านสถานีทวนสัญญาณ	21
2.15 การเลือกใช้ระบบสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ	21
2.16 การเบี่ยงเบนความถี่	23
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	24
3.1 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่	26
3.2 ชุดวงจรตั้งรหัสผ่าน	27
3.3 วงจรอินเตอร์เฟส	28
3.4 วงจรตั้งเวลา	29
3.5 วงจรทวนสัญญาน	30
3.6 วงจรกำเนิดสัญญานกระดิ่ง	31
3.7 วงจรสวิทชิ่ง	33
3.8 วงจรบันทึกเสียง	34
3.9 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ (POWER SUPPLY)	36
บทที่4 การทดลองและผลการทดลอง	37
4.1 วงจร DTMF DECODER	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป 44

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1: แสดงวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น	5
รูปที่ 2.2: แสดงแป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขต่างๆ	6
รูปที่ 2.3: จะแสดงแถบความถี่ของพลังงานเสียงพูด	7
รูปที่ 2.4: แสดงสัญญาณต่างๆ ที่อยู่ทั้งในและนอกย่านความถี่เสียง	8
รูปที่ 2.5: แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์	11
รูปที่ 2.6: แสดงสัญญาณโทรศัพท์จากชุมสายโทรศัพท์	12
รูปที่ 2.7: แสดงลักษณะข่ายสายโทรศัพท์	14
รูปที่ 2.8: แสดงการใช้วงจรไฮบริด	15
รูปที่ 2.9: แสดงการต่อใช้งานจริงของวงจรไฮบริด	16
รูปที่ 2.10: แสดงวงจรไฮบริด	17
รูปที่ 2.11: แสดงการใช้วงจรไฮบริดในส่วนของปากพูดหูฟัง	17
รูปที่ 2.12: แสดงบล็อกไดอะแกรมของสถานีทวนสัญญาณที่ใช้ความถี่รับและส่งต่างกัน	20
รูปที่ 2.13: แสดงการกระจายของคลื่น	22
รูปที่ 3.1: รูปแสดงบล็อกไดอะแกรม	25
รูปที่ 3.2:แสดงรูปวงจร DTMF DECODER	26
รูปที่ 3.3: แสดงการต่อวงจรตั้งรหัสผ่าน	27
รูปที่3.4: วงจรอินเตอร์เฟส	28
รูปที่ 3.5: แสดงวงจรตั้งเวลา 60 วินาทีนับถอยหลัง	29
รูปที่ 3.6: แสดงวงจรรีพีตเตอร์	30
รูปที่ 3.7: แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	31
รูปที่ 3.8: แสดงวงจร Wien Bridge Oscillator	32
รูปที่ 3.9: แสดงรูปวงจรสวิทชิ่ง	33
รูปที่ 3.10:แสดงวงจรบันทึกเสียง โดยใช้ไอซี ISD 25XX	34
รูปที่ 3.11: แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ และ 12 โวลต์	36
รูปที่ 4.1: แสดงการต่อวงจร DTFT DECODER เข้ากับเครื่องรับ-ส่ง วิทยุ	37
รูปที่ 4.2: แสดงรูปกราฟที่วัดได้จากเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งในส่วนแรก	39
รูปที่ 4.3: แสดงรูปกราฟที่วัดได้จากคู่สายโทรศัพท์	39
รูปที่ 4.4: แสดงรูปกราฟที่วัดได้จากเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง(Ch2) เทียบกับสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ (Ch1คูณสิบ)	40
รูปที่ 4.5: แสดงรูปกราฟที่ได้จากเอาต์พุตของวงจรผลิตสัญญาณกระดิ่ง	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6: แสดงรูปกราฟสัญญาณที่ได้จากไอซีบันทึกเสียง ISD 2590 (Ch2)
กับสัญญาณอินพุตที่ได้จาก เจนเนอร์เรเตอร์ 41
รูปที่ 4.7: ด้านหน้าเครื่องสำเร็จของชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 41
รูปที่ 4.8: ด้านบนเครื่องสำเร็จของชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 42
รูปที่ 4.9: ด้านหลังเครื่องสำเร็จของชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 42
รูปที่ 4.10: การเชื่อมต่อภายในของชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1: แสดงผลการวัดกำส่งออกอากาศของเครื่องวิทยุรับส่งมือถือที่นำมาทดสอบ	20
ตารางที่ 4.1: แสดงการเปลี่ยนค่าความถี่ DTMF ไปเป็นเลขฐานสองโดยใช้ LED เป็นตัวแสดงผล	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันความต้องการในด้านการสื่อสาร เพื่อช่วยให้การดำเนินความสะดวกในธุรกิจ และความเป็นอยู่มีมากขึ้น ระบบที่จะสามารถให้บริการได้มีหลายระบบด้วยกัน ทั้งวิทยุโทรศัพท์, วิทยุติดตามตัว และวิทยุสื่อสาร ระบบวิทยุสื่อสารเป็นระบบหนึ่งที่จะนำมาใช้การติดต่อเฉพาะกลุ่ม วิทยุสื่อสารที่นิยมใช้ในปัจจุบันจอยู่ในย่าน 144-146 เมกะเฮิรตซ์ หรือที่เรียกว่าย่านความถี่ 2 เมตร เป็นย่านวิทยุสมัครเล่น เนื่องจากเครื่องวิทยุรับ-ส่งชนิดมือถือเป็นเครื่องที่หาซื้อได้ง่ายมีจำหน่ายมากมายหลายชนิด การใช้งานยังคงอยู่ในวงจำกัดเฉพาะกลุ่มด้วยกันเอง

ดังนั้นเพื่อทำให้ประสิทธิภาพใช้งานของเครื่องดังกล่าวมีค่าสูงขึ้น จึงมีการคิดสร้างโครงงานชุดเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งเข้ากับระบบโทรศัพท์ โดยได้แนวความคิด และหลักการมาจากระบบการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูล่าร์ ถ้าจะเปรียบเทียบองค์ประกอบของโครงข่ายระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูล่าร์กับวิทยุรับ-ส่งจะพบว่ามีส่วนที่คล้ายคลึงกัน คือ

- ชุมสาย ซึ่งทำหน้าที่ต่อให้ผู้ใช้บริการ 2 รายให้สามารถทำการติดต่อพูดคุยกันได้ เปรียบได้กับชุด วงจรทวนสัญญาณ (REPEATER) ของชุดเชื่อมต่อ
- สถานีวิทยุ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างชุมสายกับลูกข่ายการติดต่อก็คือเครื่องโทรศัพท์มือถือ โดยที่ระบบชุดเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งเข้ากับโทรศัพท์จะมี วงจรอินเตอร์เฟส (INTERFACE) คอยเป็นตัวเชื่อมให้ วิทยุมือถือสามารถพูดคุยกับโทรศัพท์ได้
- ลูกข่าย คือ ตัวเครื่องโทรศัพท์มือถือของผู้ที่ใช้บริการส่วนในระบบชุดเชื่อมต่อ จะมีวิทยุรับ-ส่งเป็นลูกข่ายแทน

จะเห็นได้ว่าระบบทั้งสองจะมีส่วนที่คล้ายคลึงกันมาก จะมีความแตกต่างกันบ้าง ก็ตรงเรื่องของความสามารถและประสิทธิภาพการใช้งานของตัวเครื่อง และรูปแบบทิศทางการสื่อสารซึ่งระบบโทรศัพท์แบบเซลลูล่าร์ จะมีรูปแบบการสื่อสาร แบบฟลูดูเพล็ก (Full Duplex) คือ สามารถพูดสวนทางกันได้เลย ส่วนวิทยุรับส่งจะเป็นการสื่อสาร แบบฮาล์ฟดูเพล็ก (Half Duplex)การรับส่งจะไม่สามารถพูดสวนทางกันได้ เมื่อมีผู้ใช้ในกลุ่มกดคีย์เพื่อที่จะพูดกับผู้ใช้เครื่องอื่นๆก็จะต้องเป็นผู้ฟัง ไม่สามารถพูดได้จนกว่าผู้พูดจะปล่อยคีย์ ผู้ใช้เครื่องอื่นจึงจะสามารถกดคีย์เพื่อที่จะสนทนาได้

ดังนั้นจากหลักการดังกล่าว ชุดระบบเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งเข้ากับโทรศัพท์ก็ถูกประยุกต์ใช้งานขึ้นเพื่อที่สามารถนำไปใช้งานในสำนักงานเหมาะที่จะนำมาใช้ในการสื่อสารเฉพาะกลุ่ม ทำให้ประสิทธิภาพของการใช้เครื่อง และความถี่เป็นไปอย่างคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

การทำงานของระบบชุดเชื่อมต่ออัตโนมัตินี้ เริ่มจากเครื่องลูกข่ายที่ใช้ย่านความถี่ในย่านเดียวกัน ผู้ที่ต้องการจะติดต่อกับเครื่องอื่นๆของลูกข่ายใดเครื่องหนึ่งภายในกลุ่ม ผู้นั้นจะต้องกดคีย์ PTT (Push To Talk) ที่ติดอยู่บนเครื่อง เพื่อที่จะสนทนาเครื่องลูกข่ายดังกล่าวก็จะส่งสัญญาณไปยังชุดเชื่อมต่ออัตโนมัติ โดยที่ ผู้ใช้เครื่องจะต้องกดรหัสลับให้ถูกต้องเสียก่อนวงจรชุดทวนสัญญาณ ก็จะถูกเปิดขึ้นมาใช้งานทำการขยายสัญญาณที่เข้าให้มีขนาดความแรงขึ้น เพื่อให้รัศมีของการติดต่อสื่อสารมีระยะทางที่ไกลครอบคลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่มากยิ่งขึ้น เครื่องลูกข่ายเครื่องใดก็ตามที่เปิดเครื่อง (Monitor) ทิ้งไว้ จะได้ยินเสียงของผู้ที่ต้องการจะติดต่อดังขึ้น ทำให้การสนทนาเริ่มพูดคุยกันได้

เมื่อเครื่องลูกข่ายต้องการที่จะติดต่อพูดคุยกับโทรศัพท์ เมื่อมีการกดรหัสถูกต้องแล้วผู้ใช้เครื่องจะได้ยินเสียงไดอัลโทน (Dial Tone) ซึ่งเป็นเสียงที่ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์เพื่อบอกให้รู้ว่าชุมสายพร้อมที่จะให้การติดต่อให้ผู้ที่ใช้เริ่มกดหมายเลขที่จะติดต่อไปยังผู้ใช้ปลายทางได้ วงจรอินเตอร์เฟสจะถูกใช้งาน ขั้นตอนการติดต่อนับจากนี้ไปก็จะมีวิธีการเช่นเดียวกับการติดต่อทางโทรศัพท์ด้วยกัน เมื่อวิธีการทุกอย่างถูกต้องระบบวิทยุและโทรศัพท์ก็จะสามารถพูดคุยกันได้

จะเห็นได้ว่าการติดต่อสื่อสารจะเป็นไปก็เฉพาะภายในกลุ่มผู้ในกลุ่มอื่นๆจะไม่สามารถมาใช้งานของเครื่องดังกล่าวนี้ได้

คุณลักษณะพิเศษของชุดเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งเข้ากับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติพอที่จะสรุปได้ดังนี้ คือ

- เป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ VHF (30-300 เมกะเฮิรตซ์) ในการติดต่อสื่อสาร
- มีการควบคุมระบบการติดต่อใช้งานโดยการป้อนรหัสลับ
- มีระบบ Telephone Interconnect สามารถที่จะต่อเข้ากับ ระบบโทรศัพท์ทั้งโทรศัพท์ตามบ้านในสำนักงาน หรือแม้แต่โทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูล่าร์
- มีการติดต่อสื่อสารเป็นอิสระของตัวเอง สามารถทำการเปลี่ยนช่องความถี่ในการรับ-ส่งได้
- มีระบบการตั้งเวลาการใช้เครื่องอย่างอัตโนมัติ และมีรหัสการสั่งปิดเครื่องเมื่อมีการเลิกใช้ก่อนถึงเวลาที่กำหนดไว้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานที่จ่ายให้แก่ตัวเครื่อง
- มีการนำเอาความถี่มาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพไม่เพียงแต่ใช้สำหรับรับส่งวิทยุกันเองแล้ว แต่ยังสามารถนำเอาความถี่ดังกล่าวมาพูดคุยกับโทรศัพท์ได้อีกด้วย
- ทำให้พื้นที่การติดต่อสื่อสารระหว่างวิทยุด้วยกันมีรัศมีทำการที่กว้างไกล

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาต่างๆออกเป็น 5 บทด้วยกัน บทแรกเป็นบทนำ คือ ส่วนที่ท่านกำลังอ่านอยู่ในขณะนี้นั่นเอง ซึ่งในเนื้อหาของส่วนนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดพอคร่าวๆที่เกี่ยวข้องกับโครงงานชุดนี้โดยสรุป

บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของเครื่องวิทยุรับ-ส่งและระบบโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบและเข้าใจหลักการพื้นฐานต่างๆของระบบทั้งสองได้อย่างดียิ่งช่วยให้การอธิบายส่วนอื่นๆเป็นไปได้ง่ายขึ้น

บทที่ 3 กล่าวถึงรายละเอียดของวงจรแต่ละส่วนของโครงงานชุดนี้โดยตลอด อธิบายหน้าที่การทำงานของวงจรแต่ละส่วนอย่างละเอียดพร้อมสูตรการคำนวณต่างๆที่เกี่ยวข้องและจำเป็นกับวงจรส่วนนั้นๆ

บทที่ 4 เป็นผลการทดลองที่ได้ และขั้นตอนของการปฏิบัติการทดลองโครงงานชุดนี้ ผลของการวัดสัญญาณ ณ ตำแหน่งจุดต่างๆของวงจร โดยผลการทดลองนั้นอาจจะอยู่ในรูปของแรงดันหรือค่าของกระแสพร้อมรูปคลื่นสัญญาณ (Wave Form)

บทที่ 5 เป็นบทสรุปที่ได้จากการสร้างโครงงานทั้งหมด ตั้งแต่เริ่มแรกจนเสร็จสิ้นเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ เป็นการแนะนำชี้แนวทางแก้ไขวงจร เพื่อให้การทำงานของวงจรเป็นไปตามทฤษฎีที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จะเป็นการกล่าวถึงรายละเอียดของการใช้งานและหลักการทำงานของไอซี ที่ใช้ในโครงการชุดนี้ เช่น ไอซีที่ใช้ในการถอดรหัสสัญญาณ DTMF MT 8870, IC MC34014

หนังสืออ้างอิง เป็นการแสดงรายละเอียดข้อมูลของอุปกรณ์ที่จำเป็น จำพวกไอซีทีทีแอล หรือลิเนียลไอซี รวมทั้งเอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการทำโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

ปัจจุบันนี้การสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวัน เรียกได้ว่าจะต้องมีการติดต่อสื่อสารกันตลอดเวลา และระบบโทรศัพท์ก็จัดว่าเป็นระบบสื่อสารที่ใกล้ตัวเรามากทีเดียว เชื่อว่าทุกคนต้องเคย ใช้โทรศัพท์ในการติดต่อสื่อสารกันมาบ้างแล้ว โทรศัพท์ที่เห็นกันอยู่ทั่วๆไปมี 2 แบบคือ แบบกดปุ่ม และแบบหมุน ซึ่งแบบหลังในปัจจุบันนี้ไม่ค่อยมีให้พบเห็นกันบ่อยนัก แต่ถึงอย่างไรก็ตามหน้าที่ของทั้ง 2 ระบบก็จะเหมือนๆกัน จะต่างกันก็ตรงที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกไปเป็นความถี่ที่แตกต่างกัน ส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์ หน้าที่หลักๆของโทรศัพท์ทั้ง 2 แบบ ที่เหมือนกันพอสรุปได้ดังนี้

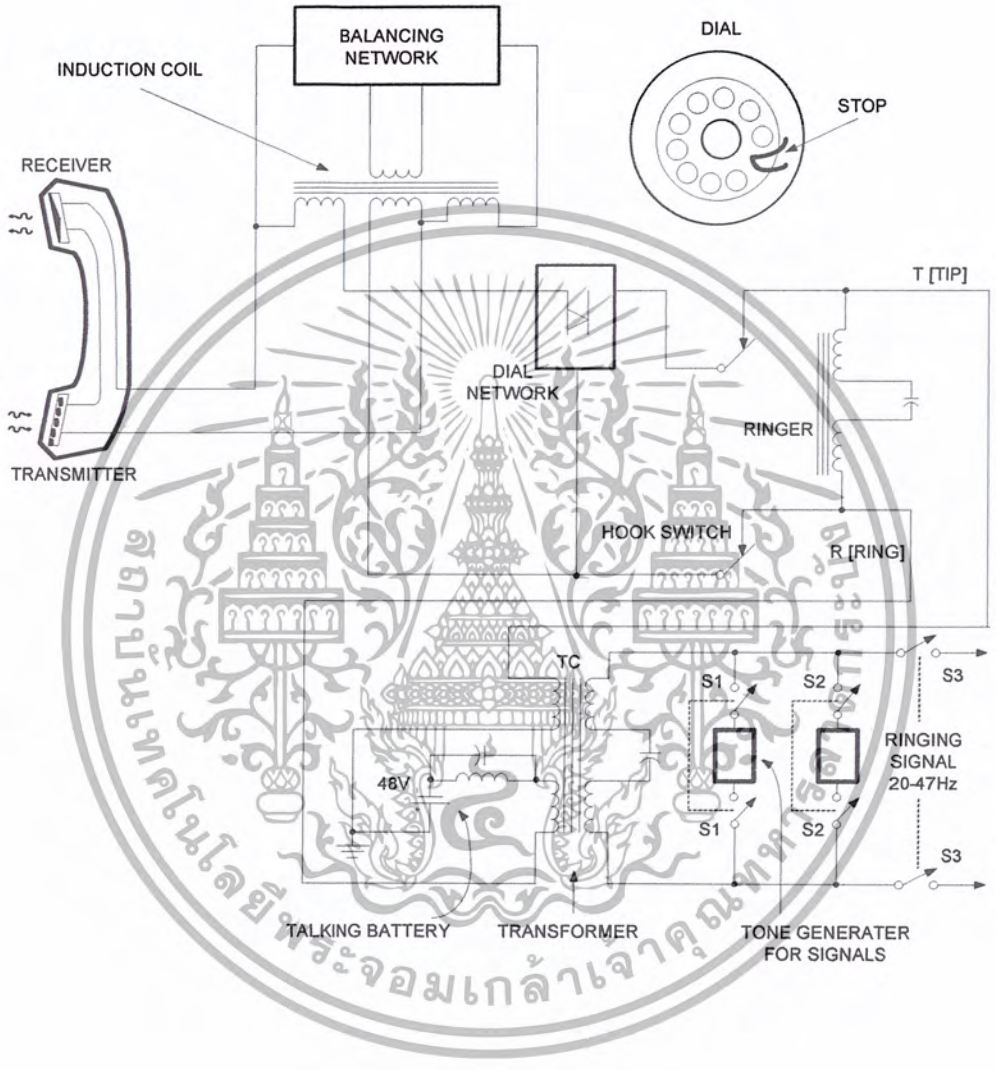
- เครื่องโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณหมุน (dial tone) บอกว่าพร้อมที่จะให้ทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ ซึ่งก็คือเสียงที่ได้ยินเมื่อมีการยกหูขึ้นเป็นสัญญาณเสียงที่ความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ มอดูเลตรวมกันมา
- เครื่องโทรศัพท์จะทำหน้าที่ส่งที่ส่งรหัสหมายเลขที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อด้วยไปยังชุมสายที่ควบคุม
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณบอกผู้เรียกว่าหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยว่างหรือ ไม่ ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณกลับ (ring back tone) ซึ่งมีความถี่ 440 เฮิรตซ์ กับ 480 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมา โดยจะดัง1วินาทีแล้วเงียบ 4 วินาทีสลับกันไป แต่ถ้าหมายเลขที่ต้องการจะเรียกไปไม่ว่าง ชุมสายจะส่งสัญญาณความถี่ 480 เฮิรตซ์ กับ 620 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมา
- สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานเสียงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าและในทางกลับกัน ก็สามารถที่จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณเสียงได้อีกด้วย
- เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับแรงดันอัตโนมัติในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขึ้น
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปยังชุมสายเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิ้นสุดการใช้งานแล้วและให้ชุมสายเลิกทำการติดต่อกับอีกฝ่ายหนึ่งได้

2.1 กลไกการเชื่อมต่อวงจร

สำหรับการเชื่อมต่อวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์เข้ากับชุมสายท้องถิ่นดังแสดง ตามรูปที่ 2.1 จะเห็นว่า โทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสายนำสัญญาณเพียง 2 เส้นคือ สาย T (TIP) และสาย R (RING) เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ขึ้น แหล่งจ่ายไฟของชุมสายซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟตรง 48 โวลต์ก็จะถูกต่อเข้ากับ วงจรของเครื่องโทรศัพท์โดยฮุกสวิตช์ (hook switch) ในส่วนที่ปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้มีค่าที่เหมาะสมและสมดุลกัน เพื่อให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพมากที่สุดรวมไปถึงการทำให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไป หรือที่เรียกว่าเสียง side tone ในระดับที่เหมาะสมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการติดต่อระหว่างชุมสายกับโทรศัพท์แล้ว ก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สวิตชิ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายไม่ว่างแล้ว สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ก็ คือ การส่งสัญญาณพัลส์ (pulse train) ตั้งแต่ 1 ถึง 10 เช่น ถ้ามีการส่งพัลส์ 1 พัลส์ ก็หมายถึง การหมุนหมายเลขหนึ่งส่ง 2 พัลส์ ก็จะหมายถึงหมายเลขสองและจะมี 10 พัลส์ เมื่อมีการหมุนหมายเลขศูนย์ ความเร็วในการส่งพัลส์มีทั้ง 10 พัลส์ต่อวินาที และ 20 พัลส์ต่อวินาที



รูปที่ 2.1: แสดงวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

สำหรับโทรศัพท์แบบกดปุ่ม เป็นระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (dual tone multi frequency) หรือเรียกชื่อว่าระบบ DTMF จะเป็นการส่งสัญญาณที่มีค่าของความถี่ที่แตกต่างกันไป 16 หมายเลข รวมทั้งสัญลักษณ์พิเศษด้วยความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียงเพียงแต่ว่า การกดแต่ละครั้งนั้น จะมีสัญญาณเสียงที่มอดูเลตแล้วส่งออกไป 2 ความถี่จะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอนและ

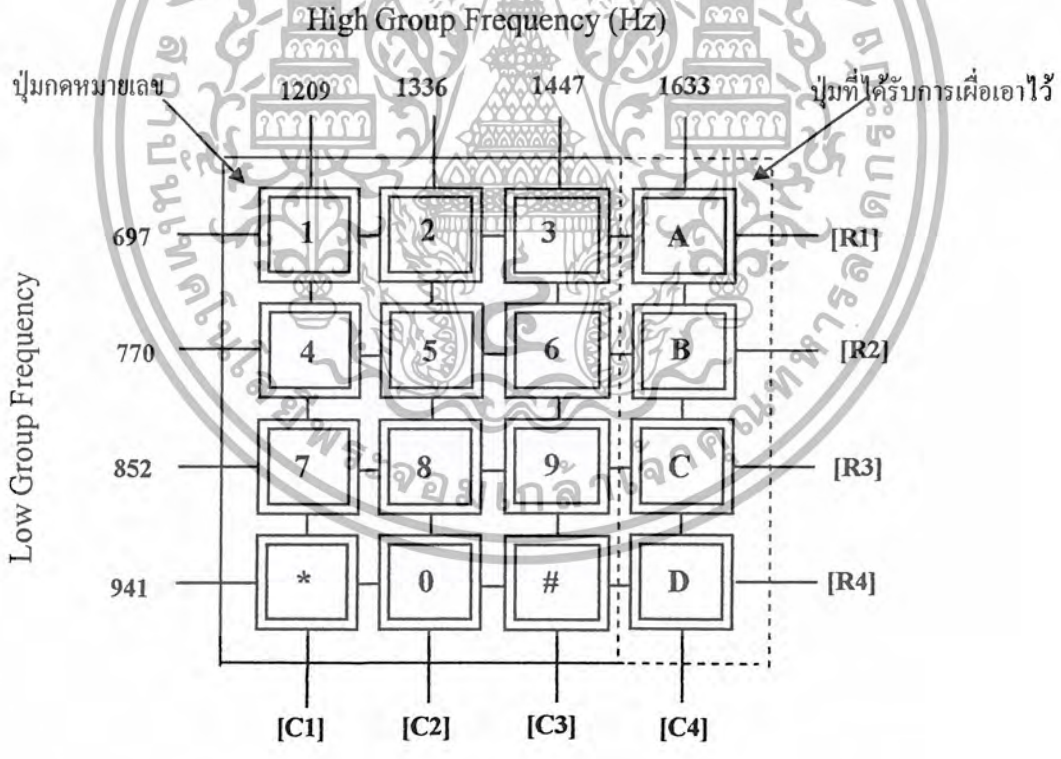
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกค่าหนึ่ง ก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้ง ซึ่งค่าต่างๆจะแสดงไว้ใน รูปที่ 2.2

ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ซึ่งเป็นความถี่ทางแนวนอนมอดูเลต กับความถี่ 1336 เฮิรตซ์ เป็นความถี่ทางด้านแนวตั้งและถูกส่งออกมาทางชุมสาย เมื่อได้รับจากผู้เรียกแล้ว ก็จะแปลงสัญญาณที่ได้รับมาสั่งให้อุปกรณ์สวิตชิ่งทำงาน เพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียกถ้าปลายสายที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (busy tone) ไปยังผู้เรียก เพื่อแจ้งให้ทราบว่าไม่สามารถต่อวงจรให้ได้ แต่ถ้าปลายทางที่ติดต่อไปด้วยว่างชุมสายก็จะส่งสัญญาณเรียก (ringing signal) ไปยังปลายสาย พร้อมทั้งส่งสัญญาณเรียกกลับ (ring back tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถที่ต่อวงจรให้ได้ตามต้องการ

2.2 การสนทนา

เมื่อปลายทางหรือผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้น การทำงานในส่วนควบคุมของชุมสายโทรศัพท์ก็หยุด เพื่อที่จะรอทำงานให้กับผู้อื่นที่เรียกเข้าต่อไป หน้าที่ของชุมสายสำหรับตอนนี้ก็คือ การทำงานของมิเตอร์สำหรับเรียกเก็บค่าบริการในภายหลัง



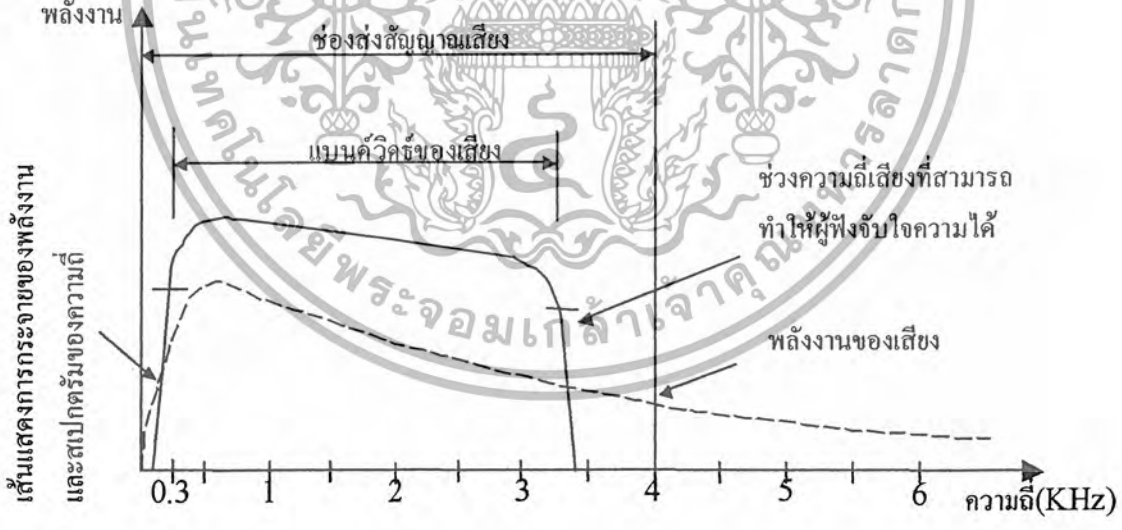
รูปที่ 2.2: แสดงแป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระหว่างที่ทำการสนทนาอยู่เครื่องโทรศัพท์จะทำงาน 2 โหมดไปพร้อมๆกันคือ แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง (acoustic energy) ซึ่งจะเรียกว่า โหมดรับสัญญาณ (receiver mode) และในทางกลับกัน โหมดที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงให้ เป็นสัญญาณไฟฟ้าจะเรียกว่า โหมดส่งสัญญาณ (transmitter mode) ในโหมดนี้จะมีการป้อนปลับสัญญาณเข้ามาส่วนหนึ่ง เพื่อให้ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองจากหูฟังด้วย เรียกเสียงนี้ว่า side tone ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องป้อนกลับมา เพราะไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าควรพูดให้มีเสียงดังระดับใด จึงจะพอเหมาะที่คู่สนทนาได้ยินเสียงพูดของผู้เรียกอย่างชัดเจน เมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้ง 2 ฝ่ายวางหูโทรศัพท์ลง สัญญาณจากสุกสวิตช์ก็จะบอกให้ชุมสายทำการเปิดวงจรที่ทำต่ออยู่ออก อุปกรณ์ต่างๆก็จะว่างและพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

2.3 ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง

สัญญาณที่ปรากฏในสายส่งจะสามารถแยกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้ก็คือ สัญญาณเสียงที่พูดคุยกัน และอีกสัญญาณก็คือ สัญญาณที่ใช้ในการควบคุมสวิตช์ชิ่ง ซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อวงจรระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกนั่นเอง รวมทั้งสัญญาณเรียกกลับ สัญญาณบอกไม่ว่าง สัญญาณดังกล่าวนี้อาจจะเป็นได้ทั้งสัญญาณอนาล็อก หรือสัญญาณดิจิตอลก็ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องโทรศัพท์ว่าเป็นแบบกดปุ่มหรือแบบหมุน ดังนั้นในการส่งสัญญาณออกไปในสายส่ง บางครั้งอาจจะมีทั้งการส่งสัญญาณดิจิตอลและสัญญาณอนาล็อกไปพร้อมๆกันได้



รูปที่ 2.3: จะแสดงแถบความถี่ของพลังงานเสียงพูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเสียงพูดจัดเป็นสัญญาณอนาล็อก พิจารณาจากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าเสียงพูดมีแบนด์วิดธ์ตั้งแต่ 100 เฮิรตซ์ ไปจนถึง 6 กิโลเฮิรตซ์ แต่จริงๆแล้วเสียงพูดที่ทำให้คนเราสามารถฟังและจับใจความได้จะอยู่ในช่วง 200-4,000 เฮิรตซ์เท่านั้น วงจรกรองความถี่จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันสัญญาณที่ไม่ต้องการเข้ามาภายในระบบ โดยจะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ตั้งแต่ 0-4,000 เฮิรตซ์ สามารถผ่านเข้าไปได้และย่านความถี่นี้ก็มีชื่อเรียกว่า ช่องสัญญาณเสียงพูด (voice channel) หรือ VF channel

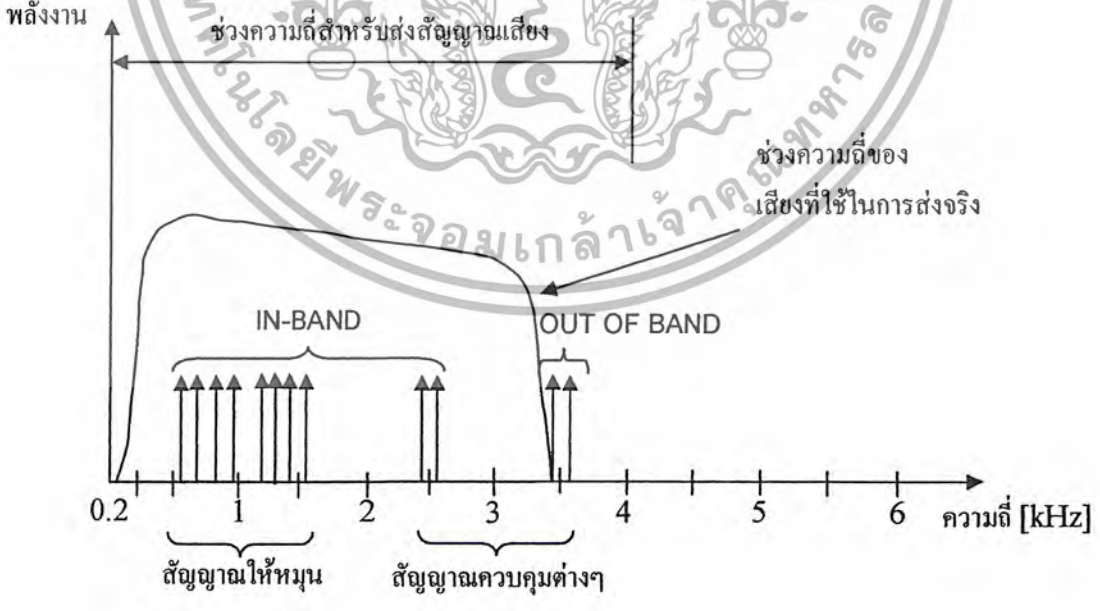
แต่อย่างไรก็ตาม แบนด์วิดธ์ของเสียงพูดในการส่งจะอยู่ในช่วง 300-3,000 เฮิรตซ์เท่านั้น ไม่ได้มีการใช้ช่องสัญญาณในการส่งเต็มย่านความถี่

พิจารณาจาก รูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าในช่วงความถี่ 300-3,000 เฮิรตซ์ ประกอบไปด้วย สัญญาณต่างๆหลายสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็นสัญญาณหมุน (dial tone) หรือสัญญาณควบคุมต่างๆก็จะถูกส่งไปในช่วงความถี่นี้ทั้งสิ้น เมื่อกล่าวถึงระดับความดังของเสียงที่ได้ยิน ซึ่งก็คือ ขนาดของแอมปลิจูดสัญญาณสามารถอธิบายให้เห็นภาพพจน์ได้ดียิ่งขึ้นโดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์เช่นสายโทรศัพท์คู่หนึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม พลังงานที่ปรากฏที่โหลดคือ ($PLOAD = es^2/600$)

โดย **PLOAD** คือ กำลังที่ตกคร่อมโหลด (วัตต์)

es^2 คือ ระดับแรงดันของสัญญาณที่ส่งไป (โวลต์)

แต่ในระบบโทรศัพท์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเสียงแล้ว มักจะใช้เปรียบเทียบกับกำลังขนาด 1 มิลลิวัตต์อยู่เสมอโดยให้อยู่ในรูปของเดซิเบล ซึ่งมีสมการดังนี้ $dB = 10 \log (P1/P2)$



รูปที่ 2.4: แสดงสัญญาณต่างๆที่อยู่ทั้งในและนอกย่านความถี่เสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีการเปรียบเทียบเป็นมิลลิวัตต์ดังนั้น P2 จะมีค่าเป็น 1 มิลลิวัตต์ ค่าที่ได้จะมีหน่วยเป็น dBm ในระบบโทรศัพท์ที่ใช้งานกันจริงๆจะมีการกำหนดจุดๆหนึ่ง ในสายส่งให้มีค่า dBm = 0 ซึ่งเรียกจุดนี้ว่า zero level transmission point (zero LPT) ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับจากการกำหนดจุดๆนี้ขึ้นมาก็ คือ สามารถทำให้ทราบว่าที่ระยะต่างๆที่ห่างจากจุด zero LPT มีค่ากำลังของสัญญาณเป็นกี่ dBm เมื่อทราบเพียงค่าแรงดันจากการวัดที่ระยะนั้นๆ

สัญญาณรบกวนในระบบใดๆของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ย่อมจะต้องมีสัญญาณรบกวนเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมออาจจะทำให้เกิดความผิดเพี้ยน(distort)ของสัญญาณเสียงพูดได้และสิ่งที่ทำให้เกิดสัญญาณรบ กวนขึ้น ก็เป็นสิ่งแวดล้อมรอบๆข้างนี่เอง เช่น ความร้อน (thermal noise)การสวิตช์ของอุปกรณ์ไทริส-เตอร์ (transient) สายไฟฟ้ากำลังสูงที่อยู่ใกล้ๆกับสายส่งสัญญาณ หรือแม้แต่ข้อต่อของสายที่บกพร่องสิ่งเหล่านี้ล้วนแต่มีผลทำให้ประสิทธิภาพของสัญญาณโทรศัพท์ด้อยลงทั้งสิ้น นอกจากนั้นยังมีสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่ง คือ เสียงสะท้อน (echo)

ในสายโทรศัพท์สาเหตุของการเกิดเสียงสะท้อนก็คือเกิดการ ไม่สมดุลกัน (mismatching) ระหว่างอิมพีแดนซ์ของสายส่งกับอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุตโดยมากแล้วมักจะพบในการเชื่อมต่อกัน ระหว่างระบบโทรศัพท์ที่ 2 สาย กับระบบที่4 สาย และปัญหาเรื่องของเสียงสะท้อนจะมากยิ่งขึ้นถ้าหากระยะทางระหว่างจุดทำให้เกิดเสียงสะท้อนไกลกันมากๆ แต่โดยปกติแล้วมักจะ ไม่รู้สึกถึงการสะท้อนกลับของเสียง จนถึงขั้นที่ทำให้รู้สึกรำคาญ

2.4 ส่วนประกอบของโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์มีส่วนประกอบสำคัญดังต่อไปนี้

1. วงจรเสียงพูด (Speech Network) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากระบบทูไวร์เป็นระบบ โฟร์ไวร์ ขยายสัญญาณทั้งทางด้านรับและด้านส่ง ควบคุมระดับไซด์โทน

2. ไดอัลโทน (Dial tone) ทำการกำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์เพื่อส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์

3. วงจรส่งเสียงพูด (transmitter) เป็นส่วนส่งเสียงพูดของผู้ใช้ไปยังคู่สนทนาโดยใช้ไมโครโฟน แปลงเสียงพูดเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านวงจรเสียงพูดไปวงจรรับเสียงพูดไป

4. วงจรรับเสียงพูด (Receiver) ใช้ลำโพงหรือไดอะแฟรม เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่มาจากสายโทรศัพท์ให้เป็นไวร์ตามเดิม

5. วงจรกระดิ่ง (Ringer) ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณจากชุมสายโทรศัพท์แล้วแปลงเป็นสัญญาณเสียงเพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่ามีการติดต่อด้วย

6. ฮุกสวิตช์ (hook switch) ทำหน้าที่ตัดต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับคู่สายมี 2 สภาวะ คือ สภาวะการยกหู (Off hook) และสภาวะการวางหู (On hook)

7. วงจรบริดจ์ (Polar Guard Bridge) ทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟฟ้าตรงจากคู่สายไปเลี้ยงวงจรและป้องกันการกลับขั้วของกระแสไฟ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ผ่านสัญญาณไฟฟ้าทั้งทางด้านบวกและทางด้านลบไปในวงจร รวมทั้งเป็นส่วนสร้างกราวด์ให้แก่เครื่องโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 เป็นบล็อกไดอะแกรมของส่วนต่างๆที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์ โดยจะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย T (tip) และสาย R (ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อเข้ากับชุมสายท้องถิ่นก็คือวงจรกำเนิดเสียงเรียก (ringer) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียก (ringingsignal) เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการที่สำคัญที่ต้องการมีวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรงก็คือเมื่อมีการวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางตามปกติ ฮุก-สวิตช์ (hook switch) จะถูกเปิดวงจรออก ทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังฮุก-สวิตช์ได้ ดังนั้นถ้าวงจรกำเนิดเสียงเรียกอยู่หลังฮุกสวิตช์ก็จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีการติดต่อเข้ามา

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นฮุกสวิตช์ก็จะปิดวงจรทำให้กระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ ในขณะเดียวกันกระแสค่าเดียวกันนี้ก็จะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ที่ชุมสายด้วยก็จะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลง เพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ได้จากนั้นชุมสายก็จะส่งสัญญาณหมุน (dial tone) ไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสาย หลังจากชุมสายได้รับหมายเลขแรกที่ถูกส่งมาแล้วชุมสายก็จะเลิกส่งสัญญาณหมุนซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดอย่างรวดเร็ว

2.5 สัญญาณที่รับส่งระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย

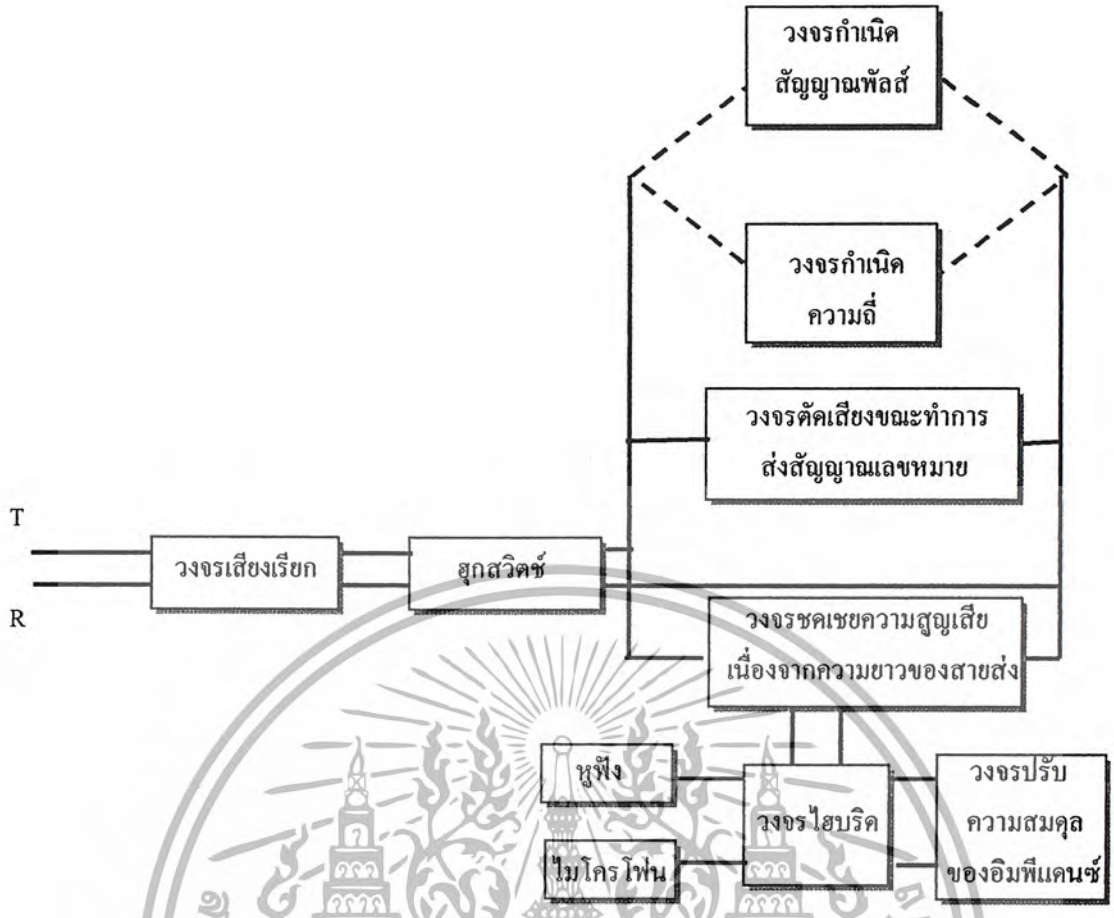
สัญญาณที่ส่งจากบ้านผู้เช่าไปยังชุมสาย

1. On hook หมายถึง สภาพที่ผู้เช่าวางหูหรือสภาพว่าง (idle) ลักษณะของวงจรจะเป็น Open Loop High Impedance
2. Off hook หมายถึง สภาพที่ผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ขึ้นมา สายมีสภาพ Close Loop Low Impedance
3. Dialing เป็นสัญญาณหมุนเกิดขึ้นเมื่อผู้เช่าทำการหมุนหมายเลขเครื่องแบบที่ใช้ระบบพัลส์ จะทำให้อิมพีแดนซ์ต่ำและสูงสลับกันไป ส่วนโทรศัพท์ที่ใช้ระบบโทนก็จะส่งสัญญาณ DTMF ออกไป

2.6 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสายไปยังบ้านของผู้เช่า

1. สัญญาณให้หมุน (dial tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าขณะนี้มีช่องสัญญาณว่างอุปกรณ์ที่ชุม สายพร้อมที่จะรับโคดจากการหมุนหมายเลขจากผู้เรียก ให้ผู้เรียกทำการส่งหมายเลขได้สัญญาณนี้เป็นสัญญาณต่อเนื่องมีความถี่ 425 เฮิรตซ์มอดูเลตด้วยความถี่ 50 เฮิรตซ์ผู้เช่าจะได้ยินเสียงสัญญาณโทนนี้ก็ต่อเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์เพื่อทำการเรียก
2. สัญญาณไม่ว่าง (busy tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ไม่ว่าง ตัวอย่างเช่นถ้าผู้เช่ายกหูแล้วได้ยินเสียงนี้ แทนที่จะเป็นสัญญาณให้หมุน แสดงว่าอุปกรณ์ชุมสายไม่ว่างหรือ ถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนหมายเลขไปแล้ว แสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง หรืออุปกรณ์สำหรับต่อออกไปยังชุมสายอื่นไม่ว่าง ในกรณีที่เป็นการต่อระหว่างชุมสายสัญญาณที่ ส่งนี้เป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง ในรูปของคลื่นไซน์ส่งเป็นช่วงๆช่วงละ 0.5 วินาทีหยุด 0.5 วินาที สลับกันไป โดยมีความถี่ของสัญญาณเป็น 425 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

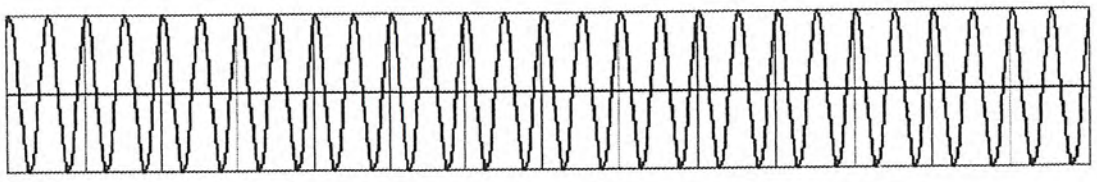


รูปที่ 2.5: แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์

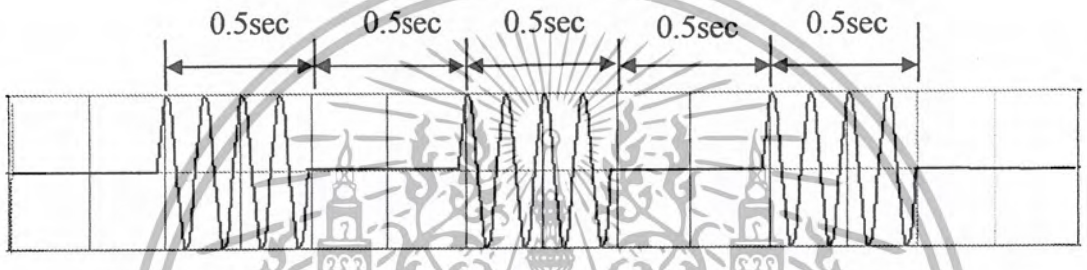
3. เสียงสัญญาณเรียก (ring back tone) เป็นเสียงสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่าการต่อกระทำได้สำเร็จ และขณะนี้ชุมสายได้ส่งสัญญาณเรียก (ringing signal)ไปยังผู้ที่ถูกเรียกแล้ว สัญญาณเป็นรูปไซน์ส่งเป็นช่วง โดยส่ง 1 วินาที และหยุด 4 วินาที มีความถี่ 425 เฮิรตซ์

4. สัญญาณเรียก (ringing signal) เป็นสัญญาณที่ส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียก ซึ่งจะได้ยินเสียงกระดิ่งหรือเสียงโทนดังขึ้น สัญญาณที่ใช้เป็นสัญญาณรูปไซน์ ความถี่ 25 เฮิรตซ์ ค่าแรงดันประมาณ 70-90 โวลต์พีคทูพีค ส่งเป็นช่วงกันกับ ring back ton

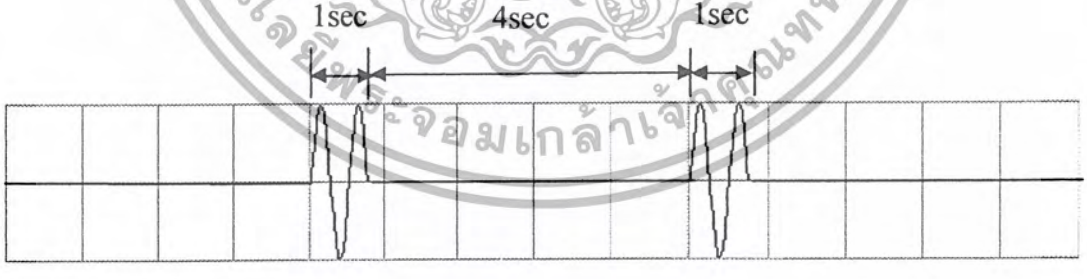
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



[รูปสัญญานให้หมุน (Dial tone) 425 เฮิรตซ์]



[รูปสัญญาณไม่ว่าง (Busy tone)]



[รูปสัญญานเรียกกลับ (ring back tone)]

รูปที่ 2.6: แสดงสัญญาณโทรศัพท์จากชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สัญญาณช่องสัญญาณไม่ว่าง (unobtainable tone) เป็นสัญญาณบอกให้ทราบว่าเลขหมายที่เรียกไปเป็นหมายเลขว่างยังไม่มีการติดตั้งหรือถูกยกเลิกไปให้ไปตรวจค้นดูใหม่ในสมุดรายนามผู้ใช้โทรศัพท์หรือสอบถาม 1133 สัญญาณนี้มีความถี่ 400 เฮิรตซ์ ส่งอย่างไม่ต่อเนื่องโดย 3 ชุดแรกส่ง 0.1 วินาที หยุด 0.1 วินาที ส่วน 3 ชุดหลังส่ง 0.3 วินาที หยุด 0.1 วินาที ได้ยินเป็นเสียง สั้น สั้น สั้น ยาว (ดิ๊ด ดิ๊ด ดิ๊ด ดา) ติดต่อกันไป

6. เสียงตอบจากเครื่องบันทึกเสียง (anncuncement machine) เป็นเสียงตอบจากเครื่องบันทึกใช้ในการบอกข่าวสารขององค์การโทรศัพท์ให้แก่ผู้ที่ต่อเข้ามา เช่น "เลขหมายนี้ได้ถูกยกเลิกไปแล้วหากอยากทราบหมายเลขที่เปลี่ยนไป กรุณาติดต่อหมายเลข 505-1000" เป็นต้น

2.7 ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ

สำหรับข้อกำหนดของความผิดเพี้ยนของสัญญาณมีดังต่อไปนี้

- สัญญาณอื่นที่แทรกสอดเข้ามาในสายส่งรวมกันแล้วจะต้องน้อยกว่าระดับของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปจริงอย่างน้อย 20 dB

- สำหรับสัญญาณที่สอดแทรกเข้ามาจะต้องมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. ต้องมีค่าไม่มากกว่า -33 dBm ในช่วง 300 ถึง 3,400 เฮิรตซ์
2. ที่ความถี่สูงกว่า 3,400 เฮิรตซ์ สัญญาณแทรกสอดจะต้องลดลง 12 dB ออกเตฟ ไปจนถึงความ ถี่ 50 กิโลเฮิรตซ์
3. ต้องมีระดับสัญญาณไม่มากกว่า -80dB ที่ความถี่สูงกว่า 50 กิโลเฮิรตซ์

โดยที่ความผิดเพี้ยน ถ้าถูกกำหนดในรูปของเดซิเบล คือ

$$\text{ความผิดเพี้ยน} = 20 \log \sqrt{(V1^2 + V2^2 + \ldots Vn^2 / VL^2 + VH^2)}$$

โดยที่ V1 ถึง Vn คือ ระดับของสัญญาณที่แทรกสอดเข้ามา

VL คือ ระดับแรงดันของสัญญาณความถี่ที่ต่ำกว่า

VH คือ ระดับแรงดันของสัญญาณความถี่ที่สูงกว่า

2.8 ไดนามิกอิมพีแดนซ์

วงจรกำเนิดสำหรับสัญญาณ DTMF จะต้องมีอิมพีแดนซ์อย่างน้อย 900 โอมห์ ขณะที่ทำการผลิตความถี่ออกมา และต้องมีอิมพีแดนซ์ให้ต่ำสุดขณะที่ไม่ทำการผลิตสัญญาณ

2.9 ข้อดีสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปถึงข้อดีของระบบ DTMF ได้คือ

-ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย

-สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์โซลิดสเตตได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความประหยัดและสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ในชุมสาย

-สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ

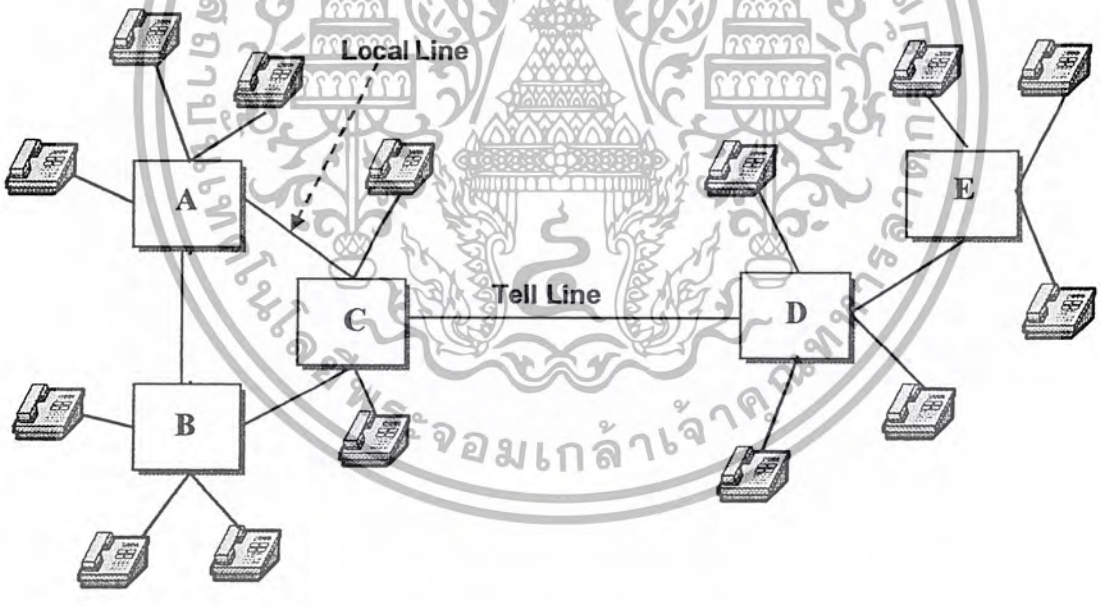
2.10 ไฮบริด (Hybrids)

ไฮบริดเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์เชื่อมโยงระหว่างชุมสายที่ต่างเขตกัน หรือเรียกว่าวงจรทางไกล (Toll Circuit) ซึ่งอุปกรณ์เชื่อมโยงประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

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

ถ้าหากพิจารณาถึงองค์ประกอบของข่ายสายโทรศัพท์สามารถแบ่งเป็นส่วนๆใหญ่ได้ 2 ส่วนด้วยกัน คือ วงจรท้องถิ่น (Local Circuit or Local Exchange) และวงจรทางไกล (Toll Circuit) ดังรูปที่ 2.7

จากรูป 2.7 ชุมสาย A, B และ C ต่างก็อยู่ในเขตเดียวกันถูกเชื่อมต่อถึงกันด้วย Local Line รวมเป็น 1 วงจรท้องถิ่น เช่นเดียวกับชุมสาย D และ E ต่างก็อยู่เขตเดียวกัน แต่จะต่างเขตกับชุมสาย A,Bและ C ถ้าหากเชื่อมต่อ 2 เขตนี้เข้าด้วยกัน เรียกส่วนที่เชื่อมต่อว่าวงจรทางไกล โดยมี Toll Line เป็นสายเชื่อมต่อ



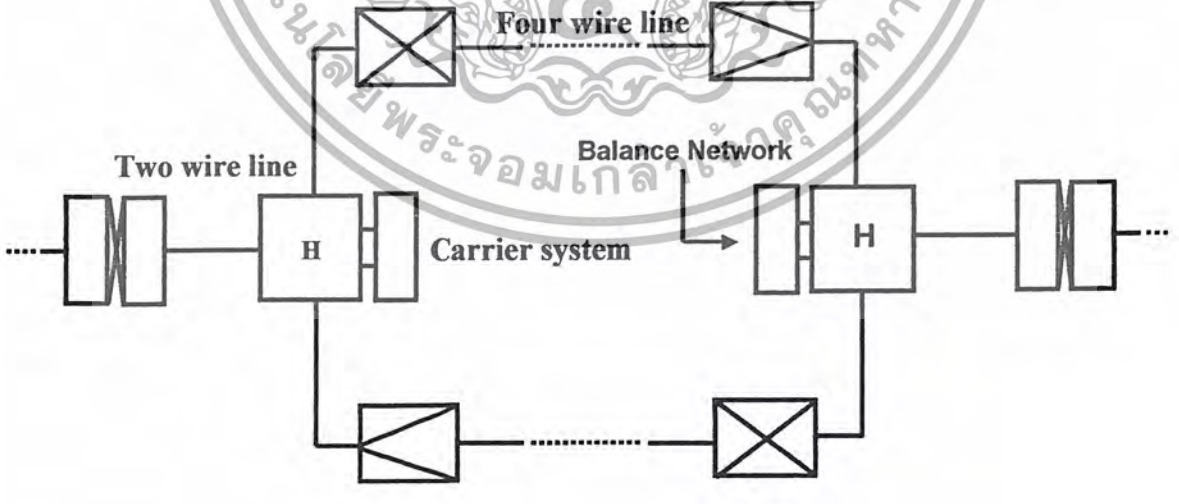
รูปที่ 2.7: แสดงลักษณะข่ายสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการส่งสัญญาณภายในเขตเดียวกัน หรือภายใน Local Exchange เดียวกัน โดยมากจะอาศัยการส่งสัญญาณเสียงโดยตรงซึ่งสามารถใช้สายส่งเพียง 1 คู่สายเท่านั้น แต่ในการส่งสัญญาณทางไกลระยะทางของชุมสายในแต่ละเขตห่างกันมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยการส่งสัญญาณ โดยการใช้พาหนะเป็นตัวนำสัญญาณเสียงไปโดยการผสมสัญญาณเสียงเข้ากับสัญญาณพาหนะแล้วส่งในสายสัญญาณ เพื่อให้ระยะทางในการรับส่งสัญญาณไกลมากขึ้น

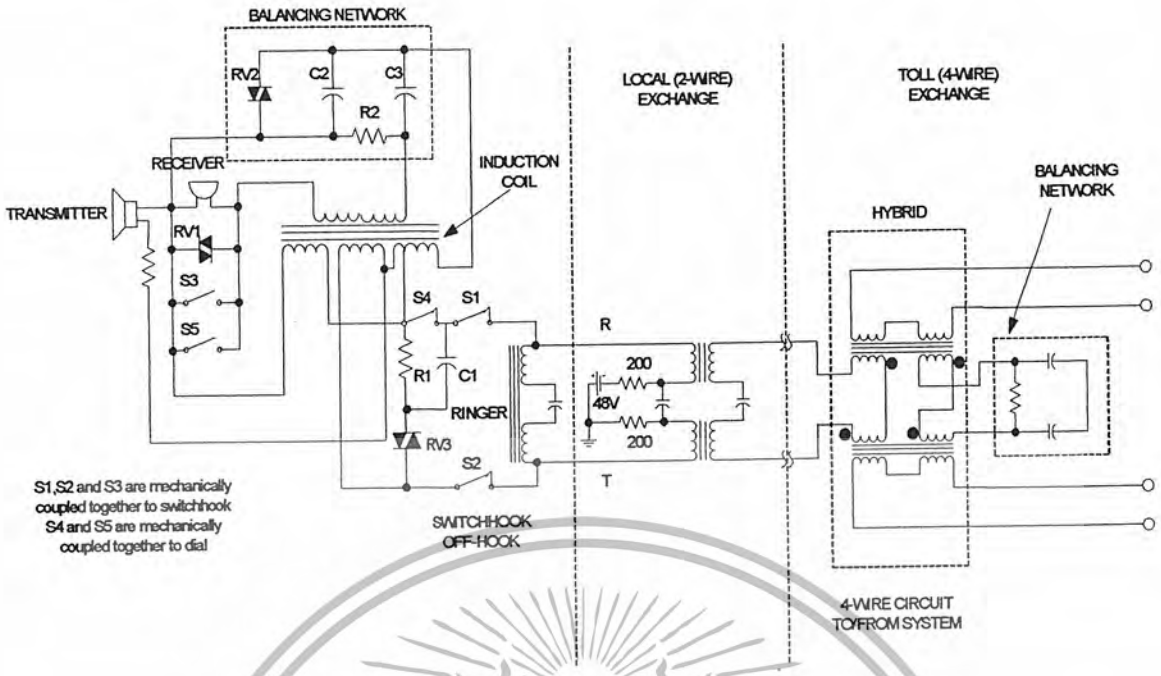
การสื่อสารด้วยโทรศัพท์ เป็นการสื่อสาร 2 ทางแบบ Full Duplex ดังนั้นในการส่งสัญญาณโดยอาศัยคลื่นพาหนะต้องใช้สัญญาณ 2 คู่ เพื่อแยกการส่งและรับสัญญาณออกจากกัน แต่อย่างไรก็ตามแต่ละ Local Exchange จะรับส่งสัญญาณจาก 1 คู่สายเท่านั้นเพื่อให้Local Exchange สามารถต่อกับวงจรทางไกลได้ จึงต้องมีวงจรเปลี่ยนจาก 2 คู่สายให้เป็น 1 คู่สาย ขณะที่รับสัญญาณจากวงจรทางไกลและในขณะเดียวกันก็ต้องทำหน้าที่เปลี่ยนจาก 1 คู่สายให้เป็น 2 คู่สายด้วย ในกรณีกรณีที่ต้องส่งสัญญาณ ซึ่งวงจรดังกล่าวก็คือวงจร Hybrids นั่นเอง

ส่วนของ Balance Network มีไว้สำหรับปรับกระแสในวงจรไฮบริดให้อยู่ในสภาวะสมดุลย์ โดยปรับให้ Impedance เท่ากับ Characteristic Impedance ของสายโทรศัพท์(ประมาณ 600 Ohm) ผลที่เกิดจาก Balance Network ไม่สมดุลย์ {Impedance ของวงจรบาลานเน็ตเวิกต์ (Balance Network) ไม่เท่ากับอิมพีแดนซ์ประจำตัว (Characteristic Impedance) ของสายโทรศัพท์} คือทำให้เกิดไซด์โทน (Side Tone) หรือเสียงข้างเคียง ลักษณะของ Side Tone คือ ผู้พูดจะได้ยินเสียงตัวเองในหูฟังด้วย การแก้ไข คือ ต้องปรับ Impedance ของ Balance Network ให้เท่ากับของโทรศัพท์



รูปที่ 2.8: แสดงการใช้วงจรไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9: แสดงการต่อใช้งานจริงของวงจรไฮบริด

2.11 การทำงานของวงจรไฮบริด

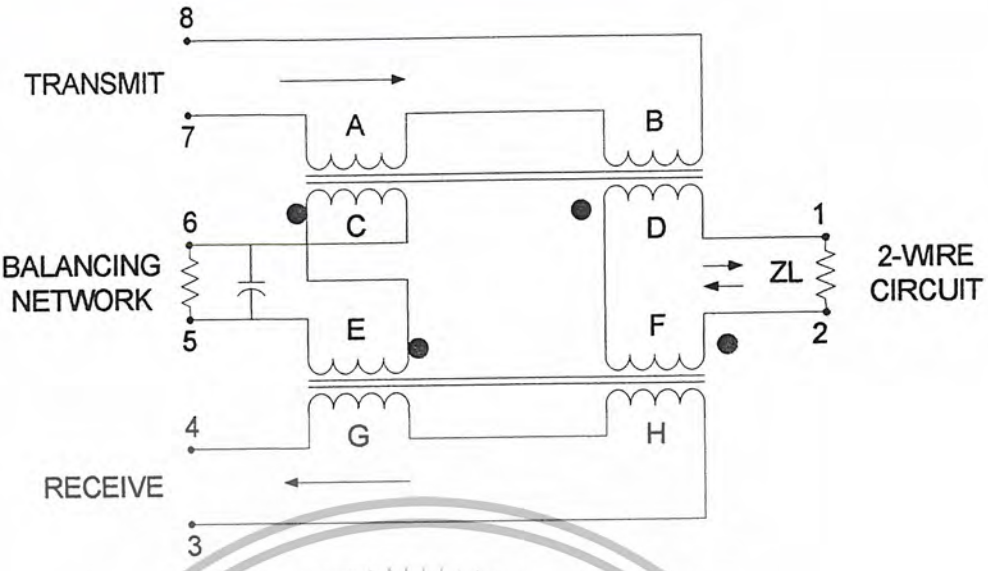
วงจรไฮบริดประกอบด้วยหม้อแปลงแกนร่วม 2 ชุดคือ A, B, C, D และ E, F, G, H ดังแสดงในรูปที่ 2.10

การทำงานของวงจรนี้ ในตอนแรกสมมติให้มีสัญญาณเข้ามาทางขั้ว 7-8 ซึ่งเป็นสัญญาณที่ส่งมาจากอีกชุมสายหนึ่ง กระแสไหลผ่านขดลวด B และขดลวด A ทำให้เกิดโวลเตจเหนี่ยวนำไปยังขดลวด D และ C ที่ขดลวด D กระแสจากโวลเตจเหนี่ยวนำจากขดลวด B จะไหลไปยังเครื่องรับสัญญาณที่ได้ จะเหมือนสัญญาณที่เข้ามาทุกประการ และกระแสดังกล่าวจะไหลผ่านขดลวด F เกิดเป็นโวลเตจเหนี่ยวนำไปยังขดลวด H เกิดกระแสไหลในวงจรส่วนของ H แต่ในขณะเดียวกันที่ขดลวด C จะเกิดกระแสด้วยเพราะโวลเตจเหนี่ยวนำจากขดลวด A กระแสไหลเข้าสู่วงจร Balance Network และผ่านขดลวด E ด้วยทำให้เกิดโวลเตจเหนี่ยวนำมาที่ขดลวด G เกิดกระแสในวงจรส่วนของ G ซึ่งขดลวด G และขดลวด H ต่ออนุกรมกัน กระแสที่เกิดจากโวลเตจเหนี่ยวนำมีขนาดเท่ากัน แต่จากวงจรพบว่าการต่อระหว่างขดลวด D กับ F และขดลวด C และ E แตกต่างกัน โดยที่การต่อขดลวด C และ E จะมีการสลับขั้วทำให้กระแสของ G และ H มีทิศทางตรงข้ามกันกระแสจึงหักล้างกันหมดพอดีไม่มีกระแสไหลออกทางขั้ว 3-4

ในกรณีที่สัญญาณถูกส่งมาจากขั้ว 1-2 เมื่อไปยังเครื่องรับอีกชุมสายหนึ่ง กระแสจะไหลผ่านขดลวด F กับ D ทำให้เกิดโวลเตจเหนี่ยวนำไปยัง B และ H เกิดกระแสไหล โดยกระแสจากขดลวด H จะไหลออกไปยังขั้ว 3 และไหลกลับเพื่อครบวงจรทางขั้ว 4 ผ่านขดลวด G เกิดโวลเตจเหนี่ยวนำไปยัง E ทำให้มีกระแสไหลใน Balance Network และไหลผ่านขดลวด C เกิดโวลเตจเหนี่ยวนำไปยัง A และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

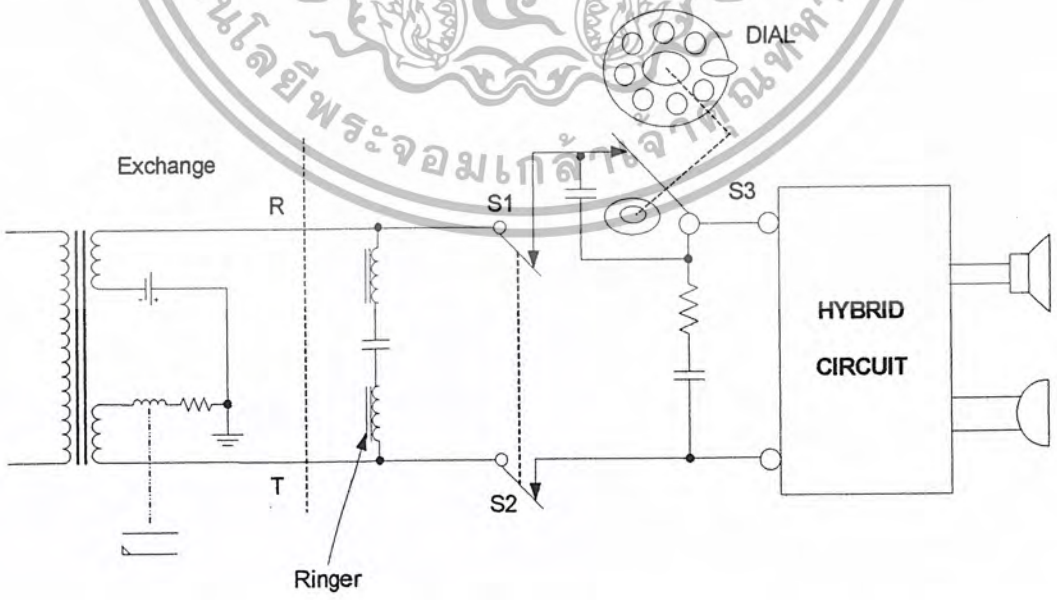
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.10: แสดงวงจรไฮบริด

กระแสไหลที่ A ส่วนกระแสที่ B จะไหลไปยังขดลวด A ซึ่งมาเจอกับกระแสที่ A โดยที่กระแสทั้ง 2 มีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้ามกัน จึงหักล้างกันหมดพอดีทำให้ไม่มีกระแสไหลไปยังขั้ว 7-8

วงจรไฮบริด นอกจากใช้ในการเชื่อม โยงชุมสายทางไกลแล้ว ส่วนของตัวเครื่องโทรศัพท์เอง ก็สามารถพบวงจรไฮบริดได้เช่นกัน คือ ในส่วนของวงจรปากพูดหูฟัง ซึ่งมีอุปกรณ์ 2 ชุด คือ ตัวรับ (หูฟัง) และตัวส่ง (ปากพูด) แต่สายส่งมีเพียงคู่เดียว การจะต่อเข้าด้วยกันต้องมีวงจรไฮบริด คอยแปลงสายจาก 2 สายเป็น 4 สาย และจาก 4 สายเป็น 2 สาย ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11: แสดงการใช้วงจรไฮบริดในส่วนของปากพูดหูฟัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
54947

2.12 เครื่องวิทยุรับ-ส่ง

เครื่องวิทยุรับส่งชนิดมือถือแบบต่างๆ ที่มีจำหน่ายหรือที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีอยู่ด้วยกันมากมายหลายแบบ แต่ละแบบต่างก็มีข้อดีหรือจุดเด่นที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องบางรุ่นมีจุดเด่นในด้านของความไวของการรับ หลายแบบมีจุดเด่นที่มีความสามารถในการตัดคลื่นข้างเคียงได้ดี หลายแบบมีจุดเด่นที่ภาครับมีความไวในการรับในย่านความถี่กว้าง บางรุ่นมีจุดเด่นที่มีกำลังส่งออกอากาศมาก หลายรุ่นมีจุดเด่นที่มีหน่วยความจำมาก หลายรุ่นมีจุดเด่นที่มีความสามารถของการสแกนความถี่ หลายรุ่นมีจุดเด่นในด้านการซ่อมง่ายอะไหล่หาง่าย และหลายรุ่นมีจุดเด่นในด้านรูปลักษณ์สวยงาม

ในทางปฏิบัติแล้วเราสามารถที่จะทำการแบ่งเครื่องรับส่งวิทยุได้เป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ กลุ่มแรก คือกลุ่มที่ได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์ให้ใช้ความถี่ย่าน 144 ถึง 146 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นย่านช่วงความถี่แคบหรือที่เรียกว่า ย่านกว้างความถี่ 2 เมตร เป็นย่านความถี่ที่กลุ่มนักวิทยุสมัครเล่นใช้ในการสื่อสารกัน และหน่วยงานราชการบางหน่วยงาน อีกกลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์ให้ใช้ความถี่หลายย่าน แต่ละย่านห่างกันมากกว่า 10 เมกะเฮิรตซ์ เช่น หน่วยงานขององค์การโทรศัพท์ กรมตำรวจ หน่วยกู้ภัย เป็นต้น

ในแง่ของการนำเอาเครื่องมาใช้งาน ผู้ใช้กลุ่มแรกดูจะไม่ค่อยมีปัญหาเหมือนกับผู้ใช้กลุ่มที่สอง คือ เลือกใช้เครื่องวิทยุมือถือแบบใดก็ได้ เพียงแต่ปรับความไวในการรับให้ดีที่สุดที่ย่านความถี่ใช้งานของตน และปรับกำลังส่งออกอากาศให้ออกดีที่สุดที่ความถี่เดียวกัน หากเป็นนักวิทยุสมัครเล่นก็ไม่จำเป็นต้องปรับเลย เพราะการปรับแต่งจะทำมาจากโรงงานเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้ในกลุ่มนี้จำเป็นต้องเลือกใช้เครื่องที่มีความไวในการรับที่ความถี่อื่นได้น้อย ถ้าหากเลือกใช้เครื่องที่ย่านความถี่แบนด์วิดธ์กว้างอาจจะมีปัญหาในด้านการถูกรบกวนจากความถี่อื่นๆได้

สำหรับผู้ใช้ในกลุ่มหลังนั้น การเลือกใช้เครื่องอาจจะต้องพิถีพิถันมากกว่า โดยจะต้องเลือกใช้เครื่องที่มีภาครับชนิดแบนด์วิดธ์กว้างพอที่จะรับได้ดีทั้งสองย่านความถี่ซึ่งห่างกันมาก เช่น ใช้ความถี่ 150 กับ 170 เมกะเฮิรตซ์ หากเลือกใช้เครื่องที่แบนด์วิดธ์แคบจะไม่สามารถใช้งานได้ทั้งสองย่าน หากปรับให้ย่านหนึ่งรับได้ดี อีกย่านหนึ่งก็จะรับไม่ได้

โดยทั่วไปแล้วคลื่นวิทยุที่ใช้ในการสื่อสารทั้งสองกลุ่มนี้ จะใช้คลื่นวิทยุช่วงความถี่ VHF จะมีความถี่อยู่ในช่วง 30-300 เมกะเฮิรตซ์ คลื่นดังกล่าวนี้จะเดินทางเป็นเส้นตรงระหว่างการสื่อสารแต่ละจุด หรือที่เรียกว่าคลื่นวิทยุแบบ Line Of Sight ถ้าหากมีสิ่งกีดขวางกันทิศทางของคลื่นอยู่ จะทำให้คลื่นวิทยุเกิดการเบี่ยงเบนและจางหายไปในที่สุด ดังนั้นระยะทางหรือรัศมีการติดต่อรับส่งคลื่นวิทยุ VHF/FM นี้จะถูกจำกัดโดยขึ้นอยู่กับ

-ระยะทาง

-ภูมิประเทศ

-ความสูงของสายอากาศรับและส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการใช้วิทยุรับส่งแบบมือถือให้มีประสิทธิภาพ และสามารถทำการติดต่อรับส่งกัน ให้มีระยะทางที่ไกลขึ้นนั้น จึงขึ้นอยู่กับการจัดระบบ และข่ายการติดต่อสื่อสาร ซึ่งสามารถจัดได้เป็นหลักใหญ่ๆได้ดังนี้

1. แบบ Simple signal frequency เป็นแบบที่เครื่องรับและเครื่องส่ง ใช้คลื่นการติดต่อเป็นคลื่นความถี่เดียวกัน แบบนี้จะเป็นการสะดวกในการติดต่อสื่อสารระหว่างจุดต่อจุดหรือกลุ่มต่อกลุ่ม

2. แบบ Simple double frequency จะคล้ายกับแบบแรก จะแตกต่างกันที่ตรงคลื่นความถี่ที่ใช้ในการรับและการส่งจะเป็นคนละความถี่กัน คือความถี่ที่ใช้ในการส่งจะเป็นความถี่หนึ่ง ส่วนความถี่ที่ใช้ในการรับก็จะเป็นอีกความถี่หนึ่ง ข้อดีสำหรับการสื่อสารแบบนี้ทำให้สามารถใช้ร่วมกับสถานีทวนสัญญาณได้ ส่งผลทำให้ระยะทางในการติดต่อกว้างไกลขึ้น

3. แบบ Duplex double frequency เป็นแบบที่ใช้คลื่นรับและส่งความถี่ต่างกัน และสามารถรับส่งกันได้ในเวลาเดียวกัน แบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในการติดต่อกับระบบโทรศัพท์

เครื่องวิทยุรับส่งมือถือที่มีใช้กันในปัจจุบันนี้จะเป็นแบบที่หนึ่ง และแบบที่สองเสียเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการนำเอาเครื่องวิทยุรับส่งเหล่านี้มาใช้งานให้มีประสิทธิภาพโดยใช้ร่วมกับสถานีทวนสัญญาณ จึงเป็นไปได้อย่างสะดวก เพราะไม่จำเป็นต้องแก้ไขวงจรภายในตัวเครื่องวิทยุรับส่งแต่อย่างใด

หลังจากที่กรมไปรษณีย์โทรเลขได้มีประกาศยกเลิก ความถี่เรียกขานของสถานีควบคุมข่ายทั่วประเทศตามที่กำหนดไว้แต่เดิม โดยให้ใช้ความถี่เรียกขานใหม่เหมือนกันทั่วประเทศซึ่งมีช่องความถี่ส่งที่ 145.625, 145.650, 145.675 และ 145.700 เมกะเฮิรตซ์ และมีความถี่ด้านรับที่ 145.025, 145.050, 145.075 และ 145.100 เมกะเฮิรตซ์

ปัญหาสำคัญที่จะพบได้กับผู้ใช้เครื่องวิทยุรับส่งมือถือ ก็คือกำลังส่งออกอากาศจะออกอากาศได้ไม่ดีตลอดย่านของความถี่ เครื่องในแต่ละรุ่นจะมีความสามารถที่แตกต่างกัน เช่น เมื่อใช้เครื่องวิทยุเครื่องเดียวกันที่ความถี่ 145 เมกะเฮิรตซ์จะมีกำลังส่งออกอากาศที่สูง แต่เมื่อเปลี่ยนความถี่ไปที่ 155 กำลังในการส่งก็จะตกลงไป

2.13 การใช้งานอุปกรณ์ทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

ระบบสถานีทวนสัญญาณโดยทั่วไปก็คือ สถานีตัวกลางที่ทำหน้าที่ในการรับเอาสัญญาณความถี่จากสถานีลูกข่ายความถี่หนึ่งมาทำการขยายให้แรงขึ้น แล้วส่งออกอากาศไปอีกความถี่หนึ่งช่วยถ่ายทอดสัญญาณให้ระหว่างสถานีสองสถานีที่ไม่สามารถติดต่อกันได้โดยตรง ซึ่งโดยมากจะเป็นระบบอัตโนมัติ ดังนั้นเมื่อต้องการให้การติดต่อสื่อสารครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวางที่สุดจำเป็นที่จะต้องทำการติดตั้งสถานีทวนสัญญาณขึ้นหลายๆแห่งตามต้องการ

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบผลของการวัดกำลังส่งออกอากาศของเครื่องวิทยุหลายๆแบบที่นำมาทดสอบ จากข้อมูลที่วัดออกมาได้จะเห็นได้ว่าเครื่องรับส่งแต่ละชนิด จะมีกำลังในการส่งออกอากาศที่ความถี่ต่างๆกันจะมีค่าไม่เท่ากัน เครื่อง ICOM 2G จะมีกำลังเอาต์พุตสูงสุดในบรรดาเครื่องทั้งหมดที่ นำมาทดสอบ สามารถวัดได้ถึง 6.3 วัตต์ ที่ความถี่ 145 เมกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ตารางที่ 2.1: แสดงผลการวัดกำส่งออกอากาศของเครื่องวิทยุรับส่งมือถือที่นำมาทดสอบ

รูปที่ 2.12: แสดงบล็อกไดอะแกรมของสถานีทวนสัญญาณที่ใช้ความถี่รับและส่งต่างกัน

ในพื้นที่ที่ใช้บริการย่าน VHF แบบ Simple double frequency การรับส่งสัญญาณจะต้องใช้ความถี่ที่ต่างกัน 2 ความถี่ คือความถี่หนึ่งใช้สำหรับในการส่ง ส่วนอีกความถี่ใช้ในการรับ โดยที่ความถี่ทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความต่างกันอยู่ตามมาตรฐานที่กำหนดขึ้น เพื่อมิให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกันของภาครับ และภาคส่งของสถานีทวนสัญญาณ สำหรับมาตรฐานที่กำหนดเอาไว้จะต้องเป็นไปตามนี้ คือ

-ย่านความถี่144-146 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าความแตกต่างที่ใช้ในการรับและส่งเท่ากับ 600 กิโลเฮิรตซ์

-ย่านความถี่ 220 เมกะเฮิรตซ์ มีค่าความแตกต่างที่ใช้ในการรับและส่งเท่ากับ 1.60 กิโลเฮิรตซ์

2.14 ความคมชัดของสัญญาณในการรับส่งวิทยุมือถือผ่านสถานีทวนสัญญาณ

การพูดคุยติดต่อรับส่งข่าวสารของวิทยุมือถือผ่านทางสถานีทวนสัญญาณจะให้เสียงที่คมชัดหรือไม่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ 2 ประการ ได้แก่

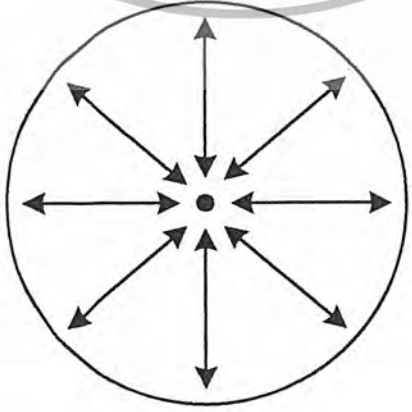
- การเลือกใช้ระบบสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ
- การเบี่ยงเบนความถี่ (Deviation)

2.15 การเลือกใช้ระบบสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ

ดังที่ทราบแล้วว่าเครื่องวิทยุรับส่งแบบมือถือจะติดต่อสื่อสารด้วยกันโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ ดังนั้นการเลือกใช้สายอากาศจึงมีความสำคัญมาก เพราะสายอากาศคือ อุปกรณ์ที่มีหน้าที่รับ-ส่งคลื่นวิทยุในส่วนของเครื่องวิทยุรับ–ส่ง

โดยทั่วไปจะใช้สายอากาศขนาดเล็กทั้งนี้ เพื่อความสวยงามกะทัดรัด สายอากาศแบบนี้ประสิทธิภาพการทำงานค่อนข้างต่ำ ถ้าหากจะให้มีประสิทธิภาพที่สูงก็จำเป็นจะต้องใช้สายอากาศที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งไม่เป็นที่นิยมใช้กัน ฉนั้นในส่วนนี้จึงไม่สามารถที่จะแก้ไขอะไรได้ ในทางกลับกันสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณสามารถเลือกใช้ตามความต้องการ ซึ่งจะว่ากันไปแล้วสายอากาศที่ใช้ก็มีกันอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันกับสถานีทวนสัญญาณ มีอยู่ 2 คือ

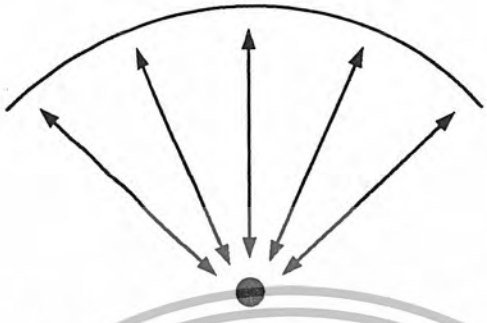
- สายอากาศแบบรอบตัว(OmnidirectionalAntenna)หมายถึงสายอากาศที่จะทำการส่งและรับคลื่นวิทยุได้ทุกทิศทางรอบตัว



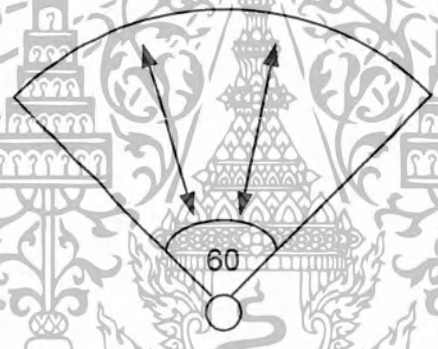
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– สายอากาศแบบมีทิศทาง(SectorAntenna)หมายถึงสายอากาศที่จะส่งและรับคลื่นวิทยุได้บางทิศทางเท่านั้น มีอยู่ 2 ชนิด คือ

แบบ 120 องศา ซึ่งรับส่งคลื่นวิทยุได้ ในแนว 120 องศารอบตัว



แบบ 60 องศา ซึ่งรับส่งคลื่นวิทยุได้ ในแนว 60 องศารอบตัวเอง



รูปที่ 2.13: แสดงการกระจายของคลื่น

โดยที่คลื่นวิทยุที่จะส่งออกอากาศมีกำลังอยู่จำนวนหนึ่ง ถ้าใช้สายอากาศแบบรอบตัวกำลังที่มีอยู่จะกระจายไปทุกทิศทาง ทำให้ไม่มีความแรงส่งผลให้การติดต่อไม่คมชัด แต่ถ้าใช้สายอากาศแบบทิศทาง 120 องศา กำลังที่มีอยู่จะอัดแน่นขึ้นและจะกระจายไปเฉพาะบางทิศทาง ส่งผลให้การติดต่อคมชัดขึ้น สายอากาศแบบทิศทาง 60 องศาจะให้ผลทำนองเดียวกัน แต่กำลังคลื่นจะอัดแน่นยิ่งขึ้นไปอีก อนึ่งเมื่อใช้สายอากาศแบบทิศทางมักจะต้องใช้หลายๆตัวประกอบกัน เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ได้มากทิศขึ้น

ที่กล่าวมาเป็นการพิจารณาเมื่อสถานีทวนสัญญาณส่งคลื่นไปหาเครื่องวิทยุรับ-ส่ง อย่างไรก็ดีเมื่อสถานีทวนสัญญาณรับคลื่นจากเครื่องวิทยุรับ-ส่งบ้าง กรณีนี้จะเป็นเช่นเดียวกันเพราะสายอากาศเหล่านี้ใช้ได้ทั้งการรับและการส่ง โดยสรุปแล้วสายอากาศแบบทิศทาง 60 องศา จะให้ความชัดของสัญญาณสูงสุดตามด้วยแบบทิศทาง 120 องศา และแบบรอบตัวตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 การเบี่ยงเบนความถี่ (Deviation)

ระบบเครื่องวิทยุรับส่งมือถือ อาศัยการรับส่งคลื่นแบบเอฟเอ็ม (FM) ในการรับส่งคลื่นแบบเอฟเอ็มปัจจัยสำคัญที่กำหนดความคมชัดคือ สิ่งที่เรียกว่า การเบี่ยงเบนความถี่ เมื่อคลื่น FM ที่ส่งออกไปมีการเบี่ยงเบนความถี่น้อยจะทำให้สัญญาณเสียงที่รับฟังจากเครื่องรับวิทยุมีความคมชัดน้อยตามไปด้วย ถ้าคลื่น FM ที่ส่งออกไปมีการเบี่ยงเบนความถี่สูง สัญญาณเสียงที่รับฟังจากเครื่องรับฟังจากเครื่องรับ จะมีความคมชัดดีขึ้น

นอกจากนี้ การเบี่ยงเบนของความถี่ยังมีผลต่อรัศมีการให้บริการอีกด้วย โดยระบบที่มีการเบี่ยงเบนความถี่สูงจะมีรัศมีการให้บริการกว้างกว่า เหตุผลในเรื่องนี้มีง่ายๆและสืบเนื่องมาจากสาเหตุเดียวกับเรื่องความคมชัดกล่าวคือ ที่ระยะในการติดต่อไกลเท่ากัน ระบบที่มีการเบี่ยงเบนสูง จะให้ความคมชัดสูงกว่าระบบที่มีการเบี่ยงเบนต่ำ ถ้าจะให้ความคมชัดเท่ากัน ระบบที่มีการเบี่ยงเบนสูงจะติดต่อได้ระยะทางที่ไกลกว่า ซึ่งหมายถึงว่ารัศมีการให้บริการกว้างกว่านั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

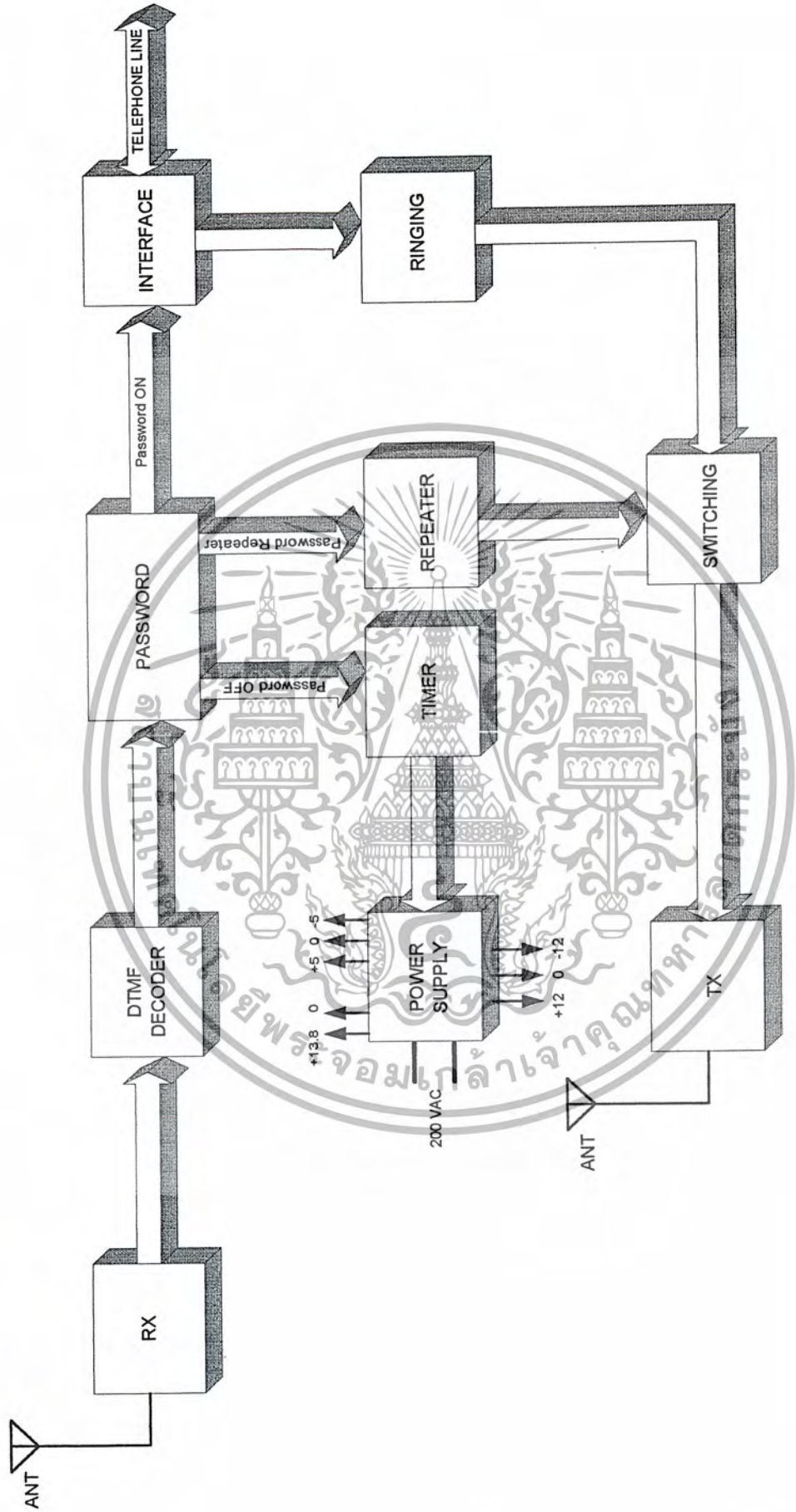
บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

จากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.1 เป็นแผนผังการทำงานของชุดเชื่อมต่อวิทยุรับ-ส่งเข้ากับระบบโทรศัพท์ สามารถแบ่งออกเป็นส่วนประกอบต่างๆ ได้ทั้งหมด 4 ส่วนด้วยกันคือ

- ส่วนแรกเป็นชุดวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่หรือที่เรียกว่า decode dtmf จะใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ของบริษัท MITEL เป็นตัวรับความถี่สัญญาณ DTMF ที่ส่งมาจากวิทยุรับ-ส่ง เมื่อมีการกดหมายเลขใดหมายเลขหนึ่ง จะมีการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดูเลตกันไป ความถี่นี้จะอยู่ในย่านความถี่เสียงพูด 0-4 กิโลเฮิรตซ์ ถอดรหัสออกมาได้เอาต์พุตเป็นค่าของตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิต
- ส่วนที่สองเป็นชุดของวงจรตั้งรหัสผ่านหรือวงจร Password Code จะประกอบไปด้วย วงจรตั้งรหัสผ่านทั้งหมด 3 ชุดอันได้แก่ วงจรตั้งรหัสผ่านสำหรับโทรศัพท์ (Password Telephone) วงจรตั้งรหัสผ่านสำหรับวิทยุรับ-ส่ง (Password Repeater) และวงจรตั้งรหัสปิดระบบของวงจร (Password Off) ทั้ง 3 วงจรข้างต้นจะมีส่วนของวงจรที่คล้ายคลึง ต่างกันก็เพียงเล็กน้อย แต่จะทำหน้าที่หลักเหมือนกัน คือใช้สำหรับในการตั้งรหัสลับในการใช้เครื่อง โดยโครงงานชุดนี้จะมีรหัสลับอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 หลักสามารถที่จะลดหรือเพิ่มจำนวนหลักได้มากกว่านี้ตามความต้องการของผู้ใช้
- ส่วนที่สามเป็นส่วนของ Control Patch เป็นสะพานเชื่อมต่อให้วิทยุรับ-ส่งสามารถติดต่อพูดคุยกับโทรศัพท์ได้ เมื่อมีการกดรหัสถูกต้องเรียบร้อยแล้ว และยังทำหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งที่ถูกส่งออกมาจากผู้เช่าฝ่าย เรียกชุดของ Control Patch จะประกอบด้วยวงจรย่อยอีก 2 วงจร คือชุดของวงจรอินเตอร์เฟส และวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ส่วนของวงจรทั้ง 2 ชุด จะนำเอาออปโต้คัปเปลอร์และหม้อแปลงไฮบริดเพื่อต้องการให้มาประยุกต์ใช้ทั้งสองส่วนแยกออกจากกันทางไฟฟ้าอย่างสิ้นเชิง
- ส่วนที่สี่เป็นส่วนของวงจรทวนสัญญาณ หรือ Repeater จะทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณความถี่ที่รับเข้ามาให้มีความแรงขึ้น มอดูเลตกับคลื่นพาหะอีกความถี่หนึ่งที่เครื่องส่ง TX2 แล้วทำการส่งออกอากาศไปในย่านความถี่ FM/VHF ติดต่อกับเครื่องวิทยุรับ-ส่งสถานีลูกข่ายทุกๆเครื่องที่ใช้ความถี่ในย่านเดียวกัน ส่วนดังกล่าวของชุดนี้จะประกอบไปด้วย วงจรตั้งเวลา (timer) ใช้สำหรับในการตั้งเวลาปิดของระบบ ทั้งหมดทั้งนี้เนื่องจากภาคเพาเวอร์จะใช้กำลังส่งออกอากาศที่ค่อนข้างสูงทำให้ดึงกระแสจากแหล่งจ่ายไฟจำนวนมาก หากมีการส่งสัญญาณต่อเนื่องกันไปตลอดเวลา จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ตัวอุปกรณ์ของวงจรขยายรวมทั้งภาคจ่ายไฟด้วย ทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลง เกิดผลเสียหายหลายอย่างที่ตามมา อีกทั้งเพื่อป้องกันไม่ให้บุคคลหนึ่งบุคคลใดจองการใช้คู่สายนานจนเกินไป ทำให้ผู้อื่นหมดสิทธิ์ในการใช้

ส่วนของวงจรสวิทชิ่งจะเชื่อมต่อและส่งผ่านสัญญาณเสียงที่ได้มาจากภาครับ RX และเสียงจากโทรศัพท์ส่งต่อไปให้วงจรภาคส่งของเครื่องส่ง TX2 วงจรขยายกำลัง (RF AMP) จะทำการขยายกำลังของสัญญาณที่จะส่งออกอากาศให้มีขนาดแรงขึ้น ทำให้การติดต่อระหว่างเครื่องวิทยุรับส่งสามารถรับและส่งสัญญาณได้ระยะทางไกลขึ้น วงจรนี้มีอัตราขยายกำลังค่อนข้างสูง ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบโครงงานจะเลือกใช้ โดยความถี่ที่ใช้ในการส่งจะต้องอยู่ในย่านเดียวกับเครื่องรับวิทยุสถานีลูกข่ายด้วย จึงจะสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1: รูปแสดงบล็อกไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดต่อกันได้ วงจรอีกส่วนหนึ่งที่ขาดไม่ได้ก็คือ ภาคจ่ายไฟโดยจะจ่ายไฟเลี้ยงส่วนต่างๆของวงจรมีแหล่งจ่ายไฟแยกออกเป็นสองชุด แหล่งจ่ายไฟชุดแรกมีค่าแรงดัน 5 โวลต์ กระแส 3 แอมป์ จ่ายไปให้ส่วนของวงจรที่ใช้ไอซีจำพวกทีทีแอลและออปแอมป์ แหล่งจ่ายไฟที่เหลืออีกชุดคือส่วนจ่ายไฟ 12 โวลต์ กระแส 8 แอมป์ จ่ายไปให้ส่วนของวงจรทวนสัญญาณอันได้แก่ RX1 และ TX2 ค่าของกระแสที่จ่ายมาจากแหล่งจ่าย ไฟชุดนี้จะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับอัตราขยายกำลังของวงจรภาค RF AMP เป็นสำคัญด้วย

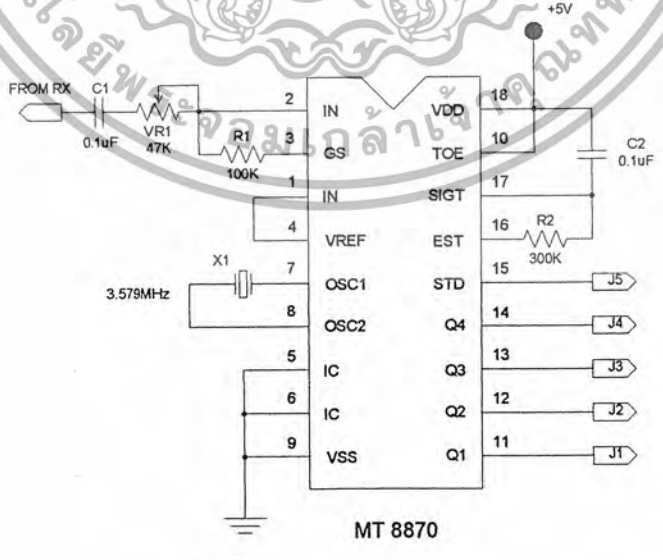
3.1 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ (DTMF DECODER)

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

อินพุตของไอซีจะรับสัญญาณความถี่ DTMF มาจากภาค RX1 เป็นวงจรส่วนหน้าโดยมีคาปาซิเตอร์ C1 จะทำหน้าที่ในการคัปปลิ้งสัญญาณ และป้องกันไม่ให้ไฟตรงผ่านเข้าไปทำให้เกิดความเสียหายแก่ตัวไอซี ค่าความต้านทาน R1 และ R2 จะถูกต่ออยู่ระหว่างขา 2 และขา 3 ของไอซี ใช้สำหรับกำหนดอัตราขยายของวงจรโดยมีค่าเปลี่ยนไปตามสูตรคือ

อัตราขยาย (Av) = R2/R1

ภายในตัวไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอลซึ่งมีความถี่ 3.579545 เมกะเฮิรตซ์เข้าไประหว่างขา 7 และข 8 ก็สามารถที่จะใช้งานได้ทันที คาบเวลาของการกดแต่ละหมายเลขจะต้องเป็นไปตามค่าของการ์ดไทม์ (Guard Time) กล่าวคือจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง ซึ่งเวลาการ์ดไทม์นี้สามารถกำหนดได้จากค่าความต้านทาน R และคาปาซิเตอร์ C ที่ต่ออยู่ระหว่างขา ST/GT และ EST ของตัวไอซีเอง



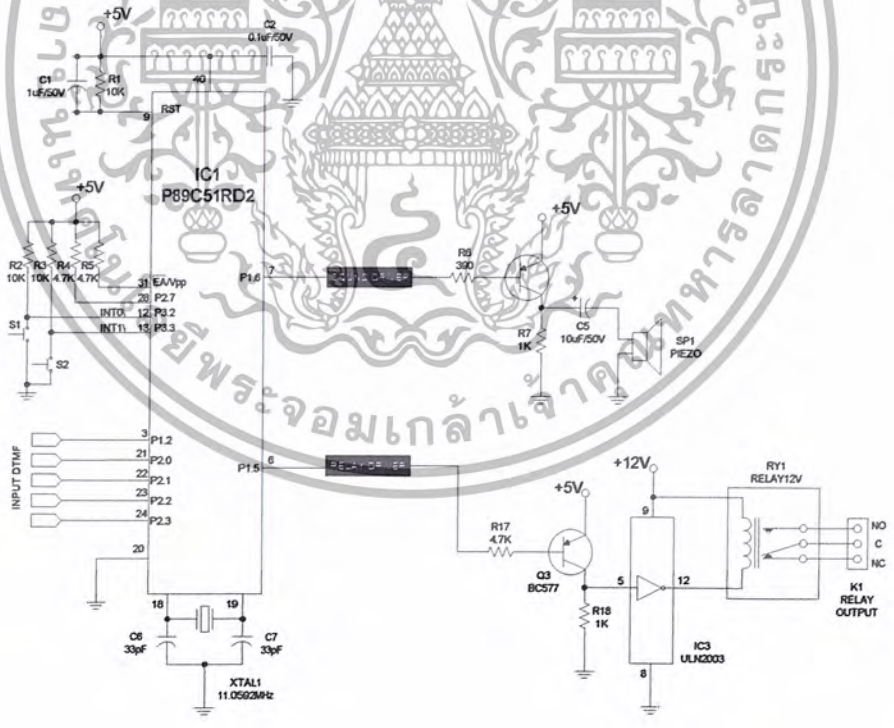
รูปที่ 3.2:แสดงรูปวงจร DTMF DECODER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาเอาต์พุตจะประกอบไปด้วยขา 11, 12, 13 และ 14 มีลำดับเอาต์พุตเป็น Q1, Q2, Q3 และ Q4 ตามลำดับ ในกรณีเมื่อมีการกดหมายเลข 5 ส่งเข้ามาซึ่งเป็นการผสมกันระหว่างความถี่ต่ำ 770 เฮิรตซ์ และความถี่สูง 1336 เฮิรตซ์ ตัวไอซี MT8870 จะทำการถอดความถี่ดังกล่าวออกมาเป็นเลขฐานสองได้ค่าเป็น 0101 ปรากฏที่ขาเอาต์พุต Q1-Q4 ในขณะที่มีการกดปุ่มหมายเลขใดหมายเลขหนึ่งบนหน้าปัดโทรศัพท์ หรือวิทยุรับส่งที่ขาเอาต์พุต Q1-Q4 จะเป็นไฮต์และโลว์สลับกันไปและที่ขา Std ซึ่งเป็นขา 15 มีสภาวะไฮต์ตามระยะเวลาของการกด เพื่อใช้แสดงว่าความถี่ที่รับเข้ามามีค่าถูกต้องเป็นไปตามที่ กำหนด

3.2 ชุดวงจรตั้งรหัสผ่าน

การทำงานของส่วนวงจรตั้งรหัสผ่านนี้ ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เบอร์ IC P89C51RD2 เข้ามาในการใช้งาน ซึ่งพอร์ตทางด้านอินพุตท์จะรับสัญญาณ BCD ซึ่งได้จากการถอดรหัสจากวงจร DTMF DECODER จากนั้นจะมีการอ่านค่าจากรหัส BCD อินพุตท์ที่เข้ามา แล้วนำมาเปรียบเทียบกับรหัสที่ตั้งไว้ล่วงหน้า หากรหัส BCD ที่เข้านั้นถูกต้อง ก็จะสามารถควบคุมให้เอาต์พุตทำงานได้ ซึ่งในวงจรนี้ได้มีการออกแบบโปรแกรมให้ตรวจสอบรหัสผ่านเป็นเลข 3 หลักด้วยกัน รหัสประจำตัว 3 หลักนี้ ได้รับการกำหนดไว้ที่ท้ายโปรแกรม ซึ่งมีรายละเอียดของการเขียนโปรแกรมอยู่ในภาคผนวก สมมติว่าโปรแกรมในที่นี้รหัสคือ 207 เมื่อกดรหัสถูกต้องเอาพุตท์จะมีสภาวะเป็น 1 หรือทำงานนั่นเอง ในกรณีที่ต้องการยกเลิก จะเกิดขึ้นเมื่อมีรหัสใดๆเข้ามา โดยที่รหัสนั้นไม่ตรงตามที่กำหนดเอาไว้ จากนั้นตัวโปรแกรมจะพิจารณารหัสตัวถัดไปที่เข้ามาใหม่ตามลำดับ



รูปที่ 3.3: แสดงการต่อวงจรตั้งรหัสผ่าน

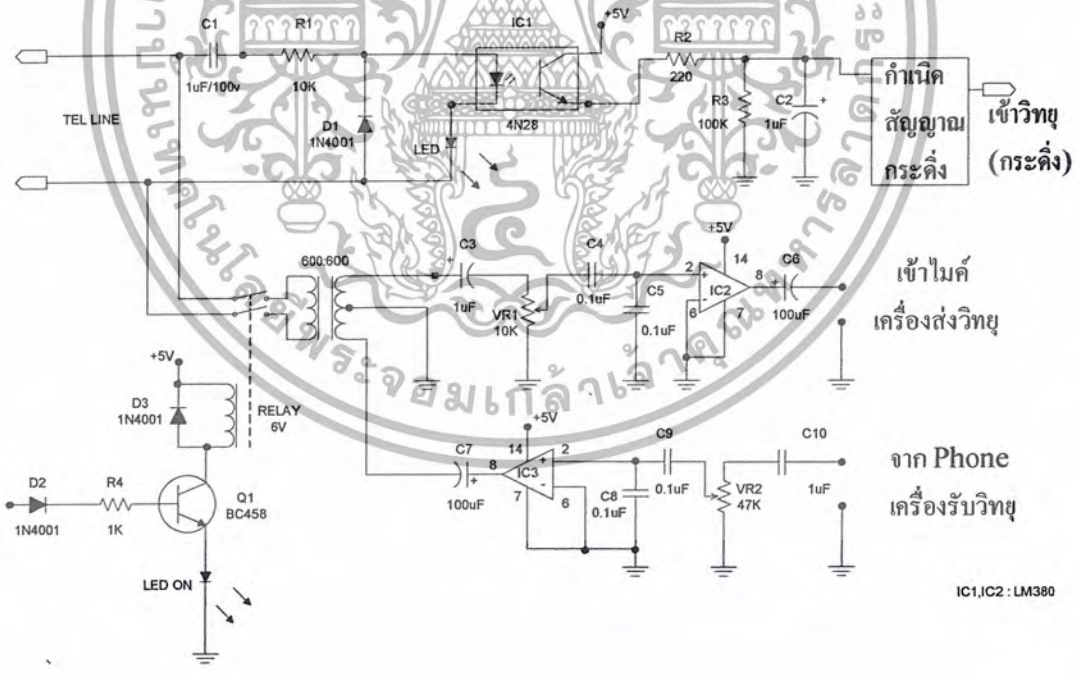
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในชุดโครงงานนี้ ได้ออกแบบตัวโปรแกรมให้สามารถตรวจสอบรหัสผ่านได้ 3 ชุดด้วยกัน นั่นคือ วงจรตรวจสอบรหัสถูกต้อง (Password ON), วงจรตรวจสอบรหัสปิด (Password OFF) และวงจรตรวจสอบรหัสรีพีตเตอร์ (Password Repeater) และการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดจะมีรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก

3.3 วงจรอินเตอร์เฟส (Interface)

จะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อให้วิทยุรับ-ส่งสามารถพูดคุยสนทนากับโทรศัพท์ได้ สัญญาณกระดิ่งจากคู่สายโทรศัพท์ซึ่งมีแรงดันประมาณ 90 Vrms 25 Hz จะถูกส่งผ่าน C1, R1, IC1 และ LED1 ซึ่งต่ออนุกรมกันอยู่ในช่วงครึ่งบวกของสัญญาณกระดิ่งจะทำให้ IC1 ซึ่งเป็นออปโต้คัปเปลอร์เกิดการนำกระแส ทำให้ความต้านทานทางด้านเอาต์พุตของ IC1 มีค่าต่ำกระแสจากแหล่งจ่ายไฟสามารถไหลผ่าน R2 ไปประจุให้กับ C2 ได้และในช่วงครึ่งลบของสัญญาณกระดิ่ง IC1 ได้รับแรงดันไบอัสย้อนกลับ ทำให้มันไม่สามารถทำงานได้ตัวเก็บประจุ C2 ก็จะทำการคายประจุผ่าน R3 ลงกราวด์ ดังนั้นเมื่อสัญญาณกระดิ่งปรากฏขึ้นที่คู่สายโทรศัพท์ จะทำให้เกิดพัลส์ที่ทางด้านเอาต์พุตส่งไปทริกส่วนของวงจรบันทึกเสียงพูด ISD 2590 ให้ทำงานต่อไป

ไดโอด D1 ที่ต่อเข้าไปเป็นตัวช่วยป้องกันแรงดันกระดิ่งที่สูงเกินไม่ให้ไปทำลายความเสียหายแก่ตัว IC1 ในสภาวะไบอัสกลับส่วน C1 ป้องกันไฟตรงจากคู่สายโทรศัพท์และคัปปลิ้งสัญญาณกระดิ่ง



รูปที่3.4: วงจรอินเตอร์เฟส

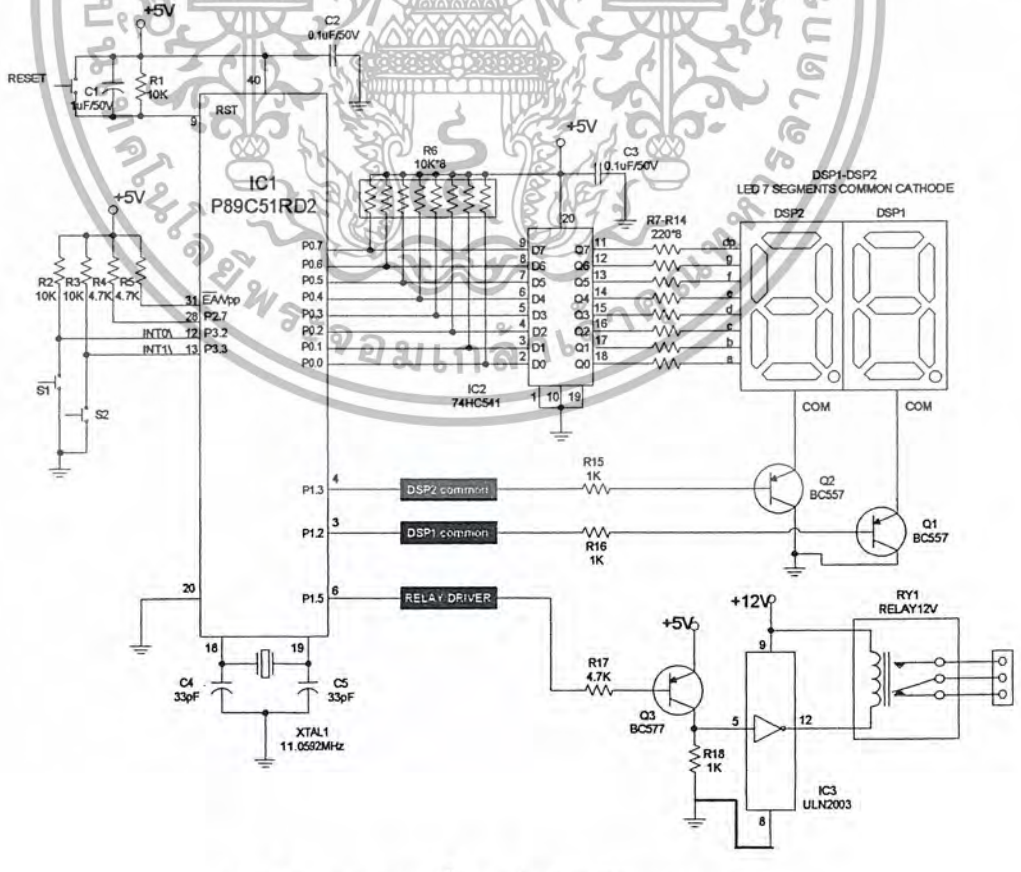
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการส่งเสียงเข้าคู่สายโทรศัพท์และนำเสียงจากโทรศัพท์ออกไปใช้งานจะใช้หม้อแปลงไฮบริด (TransformerHybrid) เป็นตัวแยกการส่งและรับเสียงโดยด้าน 2 Wire ของหม้อแปลงจะต่อเข้ากับหน้าสัมผัสของรีเลย์แบบ 2 คอนแทค (DPDT) ส่วนด้าน 4WS ต่อเข้ากับอินพุทของวงจรขยายเสียงซึ่งใช้ไอซี LM380 เป็นไอซีขยายเสียงขนาด 2 วัตต์ เอาต์พุตที่ได้จะถูกส่งไปยังเครื่องส่งวิทยุเพื่อนำเสียงพูดส่งออกอากาศส่วนขดลวด 4 WR จะรับสัญญาณเสียงที่มาจากเครื่องรับวิทยุที่ได้รับการขยายแล้วจากไอซี LM380 นำเสียงนี้ส่งไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ปลายทางที่ทำการติดต่อด้วย

รีเลย์ 2 คอนแทค จะบังคับให้หน้าสัมผัสต่อเข้าหรือแยกออกจากคู่สายโทรศัพท์ โดยถูกควบคุมจากชุด Password ON อีกต่อหนึ่ง ไดโอด D3 ที่ต่อคร่อมขดลวดของรีเลย์ถูกนำมาต่อใช้งานแบบ Reverse bias เพื่อทำเป็นวงจร Coil dampling จะเป็นตัวป้องกันความเสียหายของตัวอุปกรณ์ เนื่องจาก Back EMF ซึ่งเกิดจาก Coil switch-off จากการทำงานของรอยต่อขดลวดรีเลย์และทรานซิสเตอร์ Q1

3.4 วงจรตั้งเวลา (TIMER)

วงจรตั้งเวลาในที่นี้จะนับ 60 วินาที แบบนับถอยหลังซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาใช้ในวงจร และมีส่วนแสดงผลตัวเลข 7 ส่วน โดยใช้ 2 ตัวต่อกันแบบมัลติเพล็กซ์ เมื่อเริ่มต้นทำงาน LED จะแสดงค่าเวลา 60 วินาที ที่กำหนดไว้ในโปรแกรมจากค่าคงที่ TIMER_SET การนับเวลาถอยหลังจะเริ่มต้นทันทีที่สวิตช์ S2 ถูกกด หรือมีสภาวะเป็นศูนย์ (LOW) และนับเวลาลงครั้งละ 1 วินาที พร้อมแสดงผลไปด้วย



รูปที่ 3.5: แสดงวงจรตั้งเวลา 60 วินาทีนับถอยหลัง

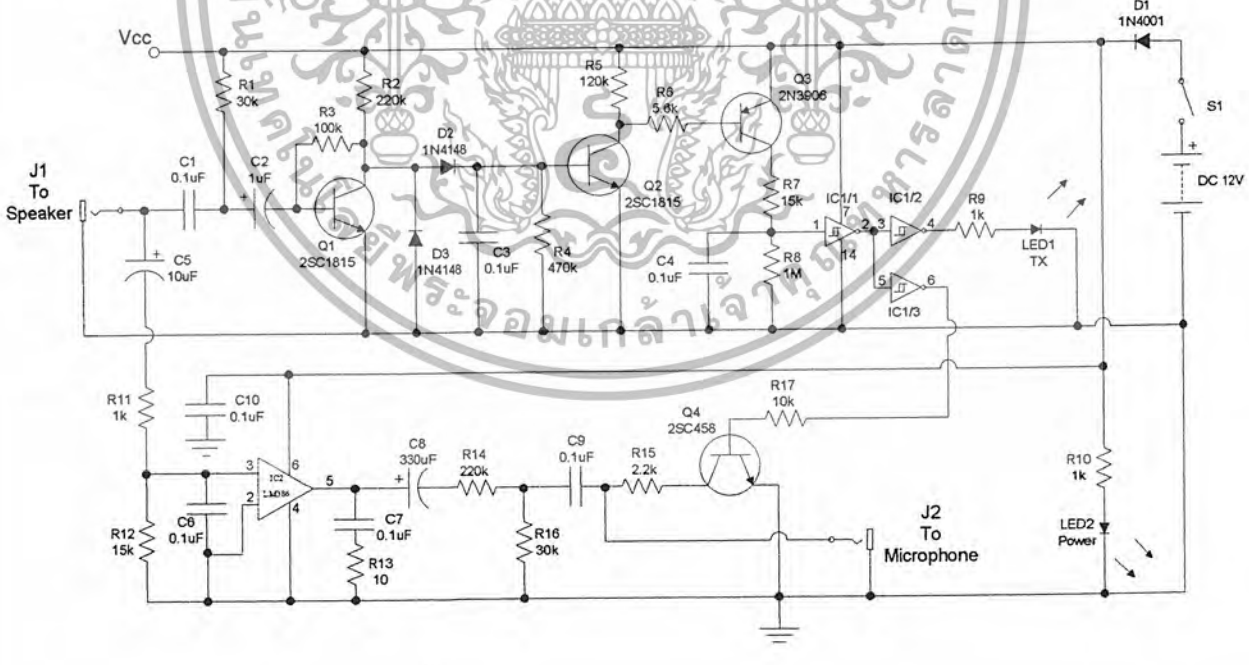
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างที่นับเวลาลงนั้น สามารถยกเลิกการทำงานได้โดยการกดสวิตช์ S1 นั่นคือมีสภาวะเป็นศูนย์ (LOW) ทำให้การทำงานจะหยุดลง และค่าเวลาจะกลับมาเริ่มต้นใหม่อีกครั้งเมื่อนับเวลาถึงศูนย์ โปรแกรมก็จะสั่งให้วงจรขับรีเลย์ ซึ่งต่ออยู่กับขาพอร์ต P1.5 ทำงาน รีเลย์ก็จะทำงายค้างไว้จนกว่าจะมีการกดสวิตช์ S1 เพื่อเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง รายละเอียดของโปรแกรมอยู่ในภาคผนวก

3.5 วงจรทวนสัญญาน (REPEATTER)

ในวงจรนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ วงจรส่วนบน ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไมค์ "VOX" อัตโนมัติหมายความว่า เมื่อทำการรับสัญญาณเสียงเข้ามา แล้วจะไปทำการกดคีย์ส่ง PTT (Push To Talk) ของเครื่องวิทยุตัวส่งให้ส่งสัญญาณออกไปขณะนั้นได้เลย ส่วนวงจรในช่วงล่างเป็นภาคขยายเสียงที่รับเข้ามาให้ดังพอเหมาะกับสภาวะที่จะส่งออกไปยังแจ็กไมค์ (J2) ของเครื่องวิทยุตัวส่ง

เมื่อสัญญาณเสียงเข้ามาจะคับปลิ้งโดย C1 กับ C5 แยกไปสองทาง สัญญาณที่ผ่าน C1 มาจะส่งผ่าน C2 แล้วถูกนำมาขยายที่ Q1 โดยมี R2 และ R3 ทำหน้าที่ไบแอสให้เพื่อจะได้สัญญาณเสียงซึ่งมีความแรงพอเหมาะกับส่วนของวงจรสวิตช์ Q2



รูปที่ 3.6: แสดงวงจรรีพีตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

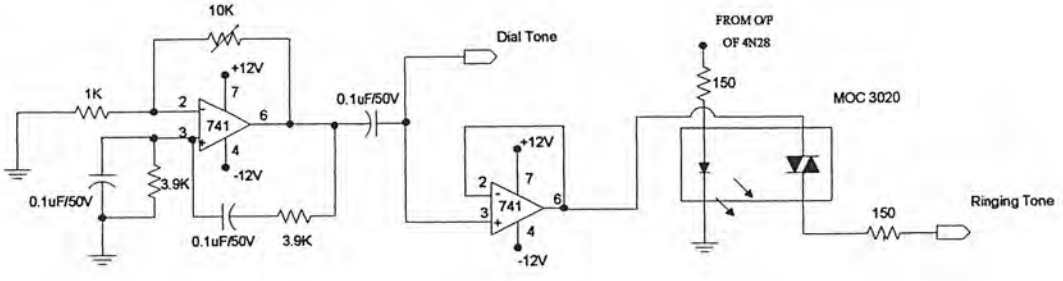
เมื่อสัญญาณที่ได้ออกมาที่ขาคอลเลกเตอร์ของ Q1 จะถูกนำมาดีเทกต์ (detect) เอาแต่สัญญาณช่วงบวกโดย D2 ผ่านไปเข้ายัง Q2 และสัญญาณช่วงลบจะถูก D3 ตัดลงกราวด์ไป C3 กับ R4 เป็นตัวทำหน้าที่กรองสัญญาณช่วงบวกให้เรียบและมีเสถียรภาพมาไบแอสให้ Q2 "ON" และ "OFF" ตามสัญญาณเสียงที่เข้ามา โดยเมื่อสัญญาณเสียงเข้ามา Q2 ก็จะนำกระแส (ON) ที่ขาคอลเลกเตอร์ก็จะมีแรงดันเทียบกราวด์เป็นผลให้ Q3 ได้รับฟอร์เวิร์ดไบแอสให้นำกระแส มีกระแสไฟแรงดันมาประจุให้กับ C4 จน เมื่อสัญญาณเสียงหมดไป C4 จึงคายประจุผ่าน R8 ลงกราวด์ ซึ่งเป็นส่วนทำหน้าที่หน่วงเวลาเพื่อป้อนแรงดันลอจิกให้กับ IC1/1 โดยเมื่อ C4 มีประจุอยู่เต็ม จะเปรียบได้กับลอจิก "1" ดังนั้นเมื่อผ่าน IC1/1 เอาต์พุตออกมาเป็นลอจิก "0" IC1/2 จะกลับลอจิกออกมาเป็น "1" อีกครั้งหนึ่งแต่เป็นพัลส์ลอจิกที่มีเสถียรภาพออกมาขับให้ LED1 แสดงให้รู้ว่าระบบรีพีตเตอร์ทำการส่งสัญญาณออกไปในขณะนี้

ในเวลาเดียวกัน IC1/3 ก็จะกลับลอจิก "0" ออกมาเป็นลอจิก "1" ด้วย ผ่าน R17 เพื่อจำกัดกระแสเบสให้กับ Q4 ไม่ให้มากเกินไป Q4 ก็จะนำกระแสเพื่อโหลดอิมพีแดนซ์ที่ขั้วแจ๊กไมค์ให้ได้ประมาณ 2.2 กิโลโอห์ม พร้อมกันนี้สัญญาณเสียงจากแจ๊กหูฟังที่เข้ามาพร้อมกันจะผ่านออกมาเข้ายังวงจรไมค์ของเครื่องส่งด้วย

โดยในวงจรส่วนขยายเสียงใช้ IC2 เบอร์ LM386 เป็นไอซีขยายเสียงสำเร็จรูปให้กำลังขยายที่ 0.5 วัตต์ เมื่อสัญญาณเสียงคับปลิ้งจากแจ๊กหูฟังผ่าน C5 มาตกคร่อม R11 และ R12 เพื่อแบ่งแรงดันสัญญาณเสียงหรืออีกนัยหนึ่งทำหน้าที่เป็นโวลุ่มปรับเสียงชนิดคงที่เลย แล้วจึงส่งไปเข้าที่ขา 3 ของ IC2 ได้เอาต์ พุตออกมาที่ขา 5 แล้วก็จะคับปลิ้งสัญญาณผ่าน C8, R14 และ C9 มาที่เครื่องส่ง เพื่อส่งออกอากาศไปที่ขา 5 มี C7 กับ R13 ทำหน้าที่กรองความถี่สูงลงกราวด์ เพื่อไม่ให้ IC2 ถูกรบกวนจนทำงานผิดพลาด

ต่อมาเมื่อสัญญาณจากเครื่องรับที่ต่อมาจากแจ๊กหูฟังหมดลง วงจรในส่วน Q1, Q2, Q3 และ Q4 จะหยุดทำงาน LED2 จะดับลง ซึ่งจังหวะที่สัญญาณเสียงหมดลงการควบคุมสภาวะส่งของเครื่องส่งไม่ได้หยุดทันที แต่จะหน่วงเวลาไว้ประมาณ 0.5 วินาที ตามค่าของ C4 กับ R8 หาก 2 ค่านี้มีค่ามากเวลาที่หน่วงจะนานขึ้น การทำอย่างนี้เพื่อให้ผลของการส่งได้ต่อเนื่องไม่ติดๆ ดับๆ และข้อความไม่ขาดตอน หากสัญญาณที่เข้ามาไม่ดงที่ดีพอ แถมเป็นการช่วยลดความรำคาญของคู่สถานีลงไปได้

3.6 วงจรกำเนิดสัญญานกระดิ่ง (RINGING TONE)



รูปที่ 3.7: แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone) ซึ่งมีสัญญาณเป็นรูปคลื่นซายน์ ความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ และเอาท์พุทที่ได้จากวงจรผลิตความถี่แบบ "Wien Bridge Oscillator" นี้เมื่อผ่าน C0.1uF/50V จะทำให้ได้สัญญาณ Dial Tone จากนั้นผ่านวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) โดยมี IC 741 ซึ่งต่อเป็นวงจรบัฟเฟอร์จากนั้นจะส่งเข้า IC MOC3020 ซึ่งจะทำหน้าที่ในการควบคุมให้สัญญาณซายน์ความถี่ 400 เฮิรตซ์ ออกไปยังเอาต์พุต และการทำงานของ IC MOC 3020 นี้จะถูกควบคุมจากสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของ IC 4N28 อีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นช่วงคาบเวลาที่ได้เพื่อนำไปควบคุมให้ IC MOC3020 จะมีคาบเวลาคือ Time On = 1Sec และ Time Off = 4 Sec ซึ่งเป็นคาบเวลาของ สัญญาณกระดิ่งนั้นเอง

➢ จากวงจรจะใช้ IC 741 เป็นตัวผลิตสัญญาณซายน์ ซึ่งจะมีความถี่อยู่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ โดยวงจร นี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า "Wien Bridge Oscillator"

รูปที่ 3.8: แสดงวงจร Wien Bridge Oscillator

$$Vo = 2C \cos(1/RC)*t$$

$$W = 1/RC$$

ดังนั้น $$f = 1/2\pi RC$$

โดยความถี่พื้นฐานของสัญญาณมีค่าประมาณ 400 เฮิรตซ์ ดังนั้น f = 400 เฮิรตซ์ กำหนดให้ C = 0.1uF

$$R = 1/2\pi fC$$

$$= 1/2 * 3.14 * 400 * 0.1 * 10^{-6}$$

$$= 3.98K$$

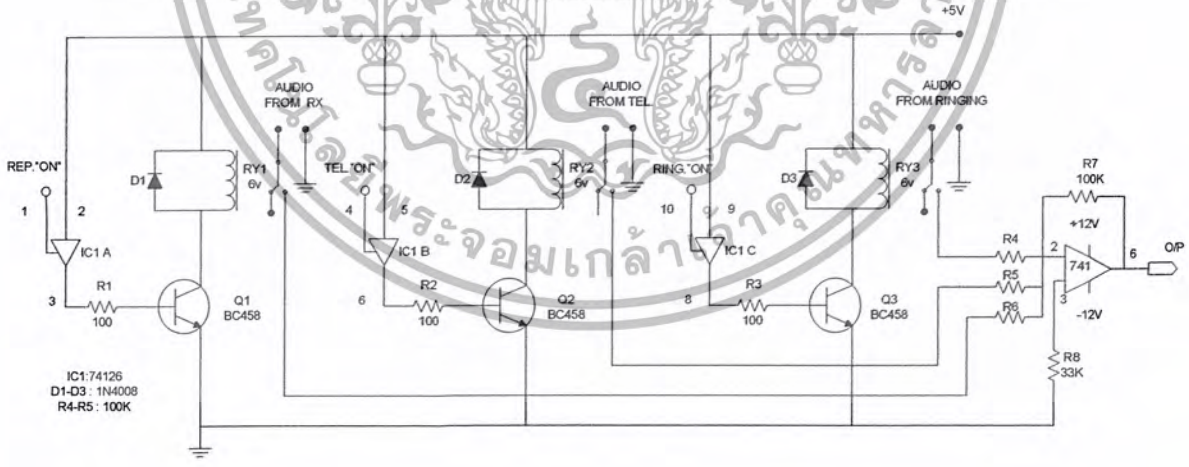
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วงจรสวิทชิ่ง (SWITCHING)

จะประกอบไปด้วยวงจรที่เหมือนๆกันอยู่ 3 ชุด โดยที่วงจรแต่ละชุดจะทำหน้าที่เหมือนกัน คือ จะส่งผ่านสัญญาณเสียงที่มาจากส่วนของวงจรโทรศัพท์, เสียงจากวิทยุรับส่ง และเสียงที่มาจากไอซี ISD 2590 ซึ่งเป็นไอซีบันทึกเสียงของวงจรกระดิ่ง และนำเอาสัญญาณจากแหล่งต่างๆเหล่านี้ไปทำการขยายอีกทีโดยใช้ไอซีออปแอมป์ 741 ซึ่งต่อวงจรกันแบบซัมมิ่งแอมปลิไฟเออร์ (Summing Amplifier)

สัญญาณเสียงที่มาจากแหล่งต่างๆเหล่านี้จะถูกป้อนมายังขาอินพุตของ IC74126 เป็นไอซี tristate output ซึ่งทำงานที่สภาวะไฮต์ กิดการนำกระแสขึ้นเอาต์พุตจะถูกต่อโดยตรงเข้ากับอินพุต ทำให้แรงดันไฟเลี้ยง +5V ส่งไปไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ BC458 แต่ละตัวขาอีมิตเตอร์จะต่อลงกราวด์ ในขณะที่ขาคอลเล็กเตอร์ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงโดยผ่านทางรีเลย์ทรานซิสเตอร์ จะเกิดการนำกระแสขึ้นหน้าสัมผัสของรีเลย์จะถูกต่อเข้ากับสัญญาณเสียงที่มาจากแหล่งต่างๆผ่านไปยังวงจรซัมมิ่งแอมปลิไฟเออร์ อัตราขยายของวงจร สามารถกำหนดได้จากค่าของอัตราส่วนระหว่างความต้านทาน R7 กับความต้านทานทางอินพุตแต่ละตัวโดยมี R8 เป็นตัวปรับแรงดันออฟเซ็ต ในสภาวะไม่มีสัญญาณเข้ามาทำให้เอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์

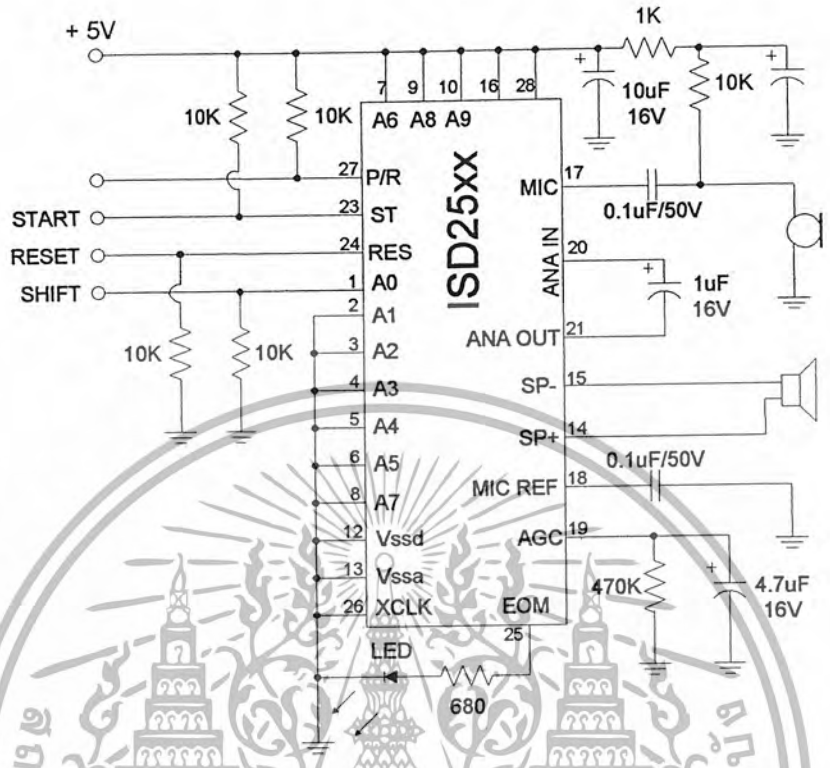
ไดโอด D1, D2 และ D3 ที่คร่อมขดลวดของรีเลย์แต่ละตัวจะทำหน้าที่ป้องกันแรงดันย้อนกลับซึ่งเกิดมาจากกระแสเหนี่ยวนำภายในขดลวดรีเลย์อาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เกิดการเสียหายได้ รีเลย์ที่ใช้ในวงจรจะเป็นรีเลย์ขนาด 6V ทนกระแสได้ 500 mA โดยที่ขาคอมมอนของรีเลย์จะต่อเข้ากับสัญญาณเสียง ในขณะที่ขา NO อีกด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับ IC741



รูปที่ 3.9: แสดงรูปวงจรสวิทชิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 วงจรบันทึกเสียง



รูปที่ 3.10:แสดงวงจรบันทึกเสียง โดยใช้ไอซี ISD 25XX

3.8.1 การทำงานของขาต่างๆ ของไอซี ISD 25XX

จากรูปที่ 3.10 เป็นการต่อไอซี ISD 25XX แบบบันทึกเสียง/เล่นหลายๆ ข้อความ การทำงานของขาต่างๆ มีหน้าที่ดังนี้

- ขา A0-A9 เป็นขาแอดเดรสจำนวน 10 บิต จะต้องต่อลงกราวด์ไว้เพื่อให้วงรอบของการบันทึกแต่ละครั้งกลับไปเริ่มต้นใหม่

- ขาP/R เป็นขาสำหรับที่ใช้เลือกว่าจะทำการบันทึกข้อความหรืออ่านข้อความ ถ้าขา P/R เป็นลอจิก "1" จะเป็นการอ่านข้อความ และถ้าขา P/R เป็นลอจิก "0" จะเป็นการบันทึกข้อความ

- ขา ST เป็นขาเริ่มต้นการทำงานขณะทำการบันทึกข้อความหรืออ่านข้อความ จะสั่งงานด้วยลอจิก "0"

- ขา RES เป็นขาสำหรับรีเซตการทำงานทั้งหมดจะทำงานด้วยลอจิก "1"

- ขา MIC เป็นขาอินพุทของวงจรปรีไมค์ไว้สำหรับติดต่อกับไมค์ เพื่อใช้ในการบันทึกเสียง

- ขา MIC REF เป็นขาที่ต้องต่อตัวเก็บประจุอนุกรมลงกราวด์ให้กับปรีไมค์ เพื่อช่วยกำจัดสัญญาณรบกวนที่ขาปรีไมค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา ANA IN เป็นขาอินพุทของวงจรปรีแอมป์ ที่จะนำสัญญาณเสียงเข้าไปบันทึกในหน่วยความจำ

- ANA OUT เป็นขาเอาท์พุทของวงจรปรีไมค์ ที่จะต้องต่อตัวเก็บประจุไปยังขาวงจรปรีแอมป์ที่ขา ANA IN

- ขา AGC เป็นขาที่ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการขยายของวงจรปรีไมค์ โดยต่อ RC ขนานกันลงกราวด์

- ขา EOM เป็นขาที่ต่อกับหลอด LED เพื่อแสดงการทำงานว่ากำลังบันทึกข้อความหรืออ่านข้อความอยู่

3.8.2 การใช้งานของวงจรบันทึกเสียง

การใช้งานของวงจรบันทึกเสียงมี 3 แบบด้วยกันคือ

1. การเขียนข้อความเรียงลำดับ

การบันทึกข้อความเรียงทีละข้อความตั้งแต่ข้อความที่ 1 จนถึงข้อความสุดท้าย การเขียนข้อความให้ทำตามลำดับขั้นตอนดังนี้

- ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา RES เพื่อรีเซตการทำงาน
- ป้อนไฟลบ (ลอจิก "0") ให้ขา P/R เพื่อเข้าสู่การบันทึกข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST เพื่อเป็นสัญญาณเริ่มต้นการบันทึกข้อความที่ 1
- พูดข้อความที่ 1 ลงไปจนจบ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST เพื่อเป็นสัญญาณสิ้นสุดการบันทึกข้อความที่ 1
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST เพื่อเป็นสัญญาณเริ่มต้นการบันทึกข้อความที่ 2
- พูดข้อความที่ 2 ลงไปจนจบ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST เพื่อเป็นสัญญาณสิ้นสุดการบันทึกข้อความที่ 2

เมื่อต้องการบันทึกข้อความที่ 3,4,5,... ก็ให้ทำซ้ำแบบเดิมไปเรื่อย ๆ แต่อย่าลืมว่าข้อความทั้งหมดที่บันทึกไปนั้นจะต้องยาวไม่เกินเวลาที่เบอร์ไอซีจำกัดไว้ เพราะถ้าบันทึกข้อความยาวเกินก็จะทำให้ข้อความแรกที่บันทึกไปแล้วโดนข้อความใหม่บันทึกทับลงไปนั้นเอง

2. การอ่านข้อความเรียงลำดับ

คือการเล่นข้อความเรียงลำดับตั้งแต่ข้อความที่ 1 จนถึงข้อความสุดท้าย วิธีการอ่านข้อความให้ทำตามลำดับขั้นตอนดังนี้

- ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา RES เพื่อรีเซตการทำงาน
- ป้อนไฟบวก (ลอจิก "1") ให้ขา P/R เพื่อเข้าสู่การอ่านข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST ข้อความที่ 1 ก็จะถูกเล่นออกมาจนจบ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST ข้อความที่ 2 ก็จะถูกเล่นออกมาจนจบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการเล่นข้อความที่ 3,4,5,... ก็ให้ทำซ้ำแบบเดิมไปเรื่อย ๆ จนหมดทุกข้อความถ้าขณะที่ข้อความนั้นกำลังเล่นอยู่ยังไม่จบ ถ้ามีการป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST ข้อความที่กำลังเล่นอยู่ก็จะหยุดทันที และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST อีกครั้ง ข้อความนั้นก็จะถูกเล่นต่อจากเดิมไปจนจบ

3. การอ่านข้อความไม่เรียงลำดับ

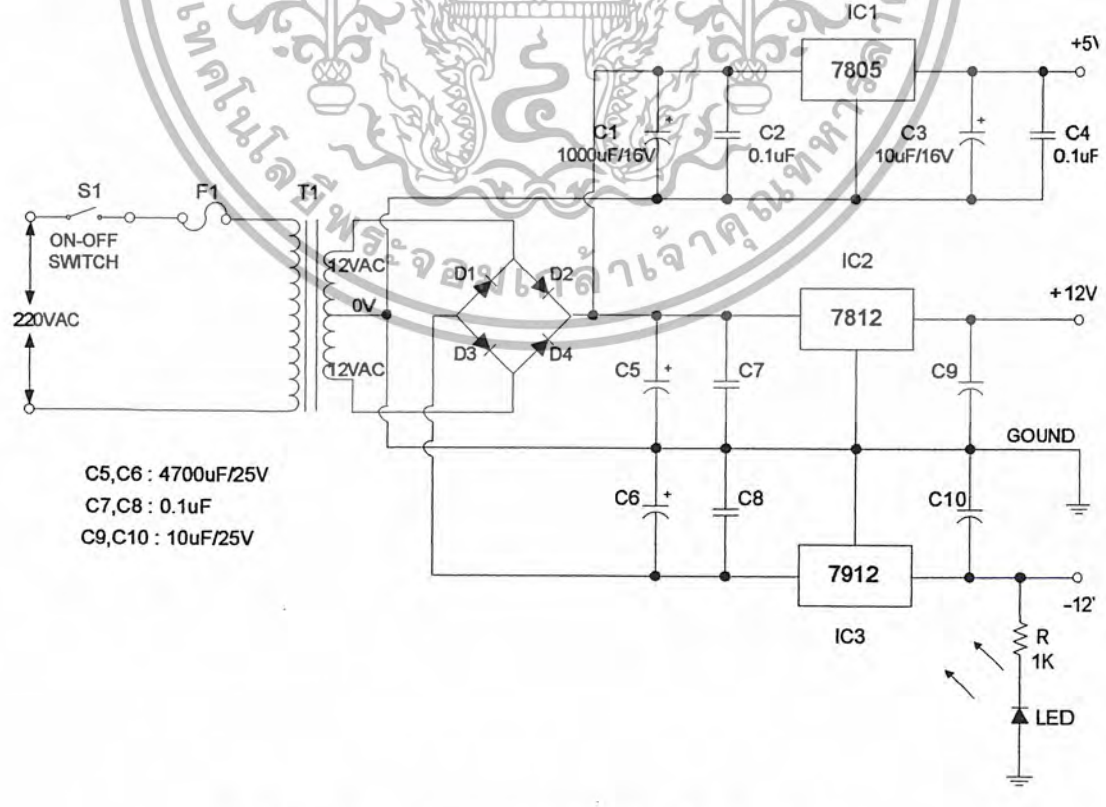
คือการเล่นข้อความแบบข้ามช่องไปมาหรือจะเล่นช่องไหนก่อนก็ได้ โดยที่ไม่ต้องเรียงตามลำดับช่องที่บันทึก วิธีการอ่านข้อความแบบไม่เรียงลำดับให้ทำตามลำดับขั้นตอนดังนี้

- ป้อนสัญญาณพัลส์บวกที่ขา RES เพื่อรีเซตการทำงาน
- ป้อนไฟบวก (ลอจิก "1") ให้ขา P/R เพื่อเข้าสู่การอ่านข้อความ
- ป้อนไฟบวก (ลอจิก "1") ให้ขา SHIFT เพื่อเข้าสู่การเลื่อนข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST หนึ่งครั้ง เพื่อสั่งเลื่อนข้อความไปหนึ่งช่อง
- ป้อนไฟลบ (ลอจิก "0") ให้ขา SHIFT เพื่อเสร็จสิ้นการเลื่อนข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST ข้อความที่สองก็จะถูกเล่นออกมาจนจบ

จากที่กล่าวมาเป็นการอ่านข้อความที่สองก่อน ถ้าต้องการกระโดดไปเล่นข้อความที่ห้าถัดไปจะต้องทำดังนี้

- ป้อนไฟบวก (ลอจิก "1") ให้ขา SHIFT เพื่อเข้าสู่การเลื่อนข้อความ
- ป้อนสัญญาณพัลส์ลบที่ขา ST สองครั้ง เพื่อสั่งเลื่อนข้อความไปสองช่อง

3.9 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ (POWER SUPPLY)



รูปที่ 3.11: แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ และ 12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

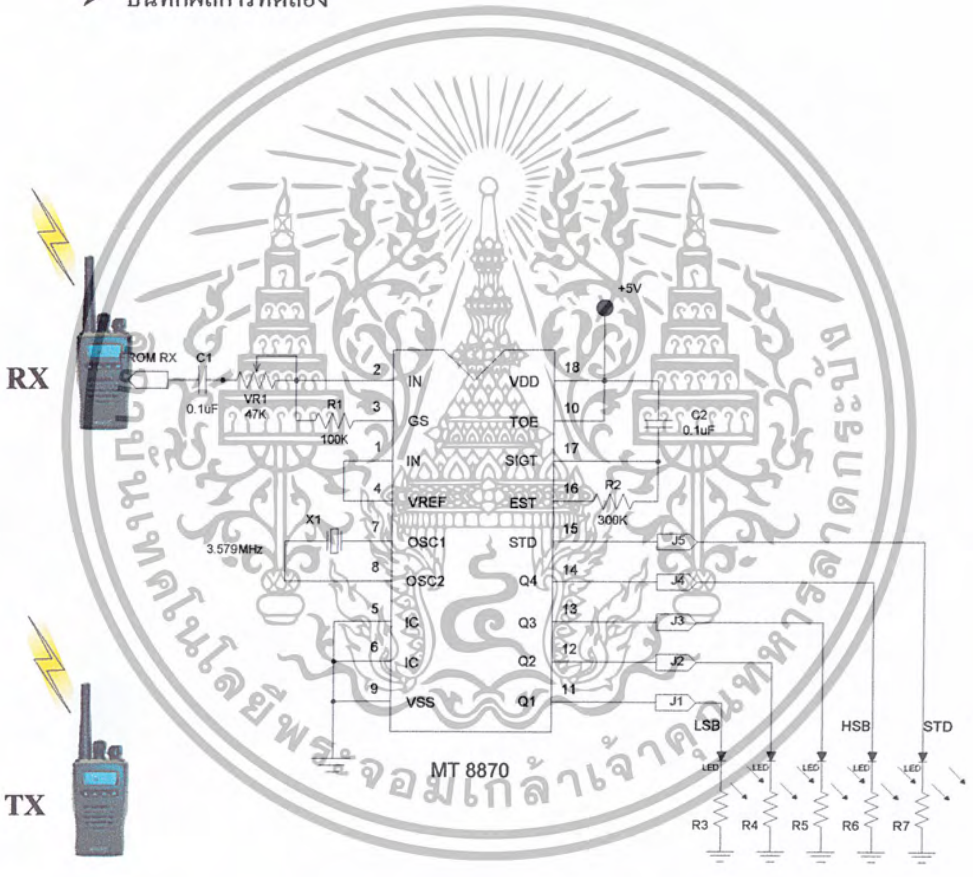
การทดลองและผลการทดลอง

โครงงานชุดนี้จะประกอบด้วยทั้งหมด 10 วงจร ซึ่งสามารถดูรายละเอียดของบล็อกไดแกรมและการทำงานแต่ละส่วนของวงจรได้ในบทที่ 3 ในบทนี่จะกล่าวถึงการทดสอบและผลของการทดลอง โดยสัญญาณที่ได้จะได้จากการวัดสัญญาณที่ตำแหน่งต่างๆ ในวงจรซึ่งผลการทดลองบางจุดอาจวัดออกมาอยู่ในรูปของแรงดันหรือกระแส บางจุดอาจจะเป็นรูปคลื่น (WAVE FORM)

4.1 วงจร DTMF DECODER

ลำดับขั้นการทดลอง

- ต่อวงจรตามรูปข้างล่าง
- บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 แสดงการต่อวงจร DTMF DECODER เข้ากับเครื่องรับ-ส่ง วิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 4.1 โดยที่เครื่องส่งและเครื่องรับวิทยุมีความถี่ในย่านเดียวกัน จากนั้นทำการกดปุ่มหมายเลขจากเครื่องส่ง ตามลำดับ ทำให้ทางด้านเครื่องรับวิทยุสามารถรับสัญญาณ DTMF ที่ส่งมาจากเครื่องส่งวิทยุ จากนั้นสัญญาณจะส่งต่อไปยังวงจร DTMF DECODER โดยมี IC MT8870 เป็นหัวใจหลัก เอาต์พุตที่ Q1, Q2, Q3 และ Q4 จะเป็นรหัส BCD โดยมี Q4 เป็น MSB และ Q1 เป็น LSB ส่วนขา STD จะแสดงสภาวะเป็นไฮ (HIGH) หรือ "1" ทุกๆครั้งที่มีการกดปุ่มหมายเลข ซึ่งผลของสัญญาณ DTMF ที่ได้จะแสดงดังตารางที่ 4.1

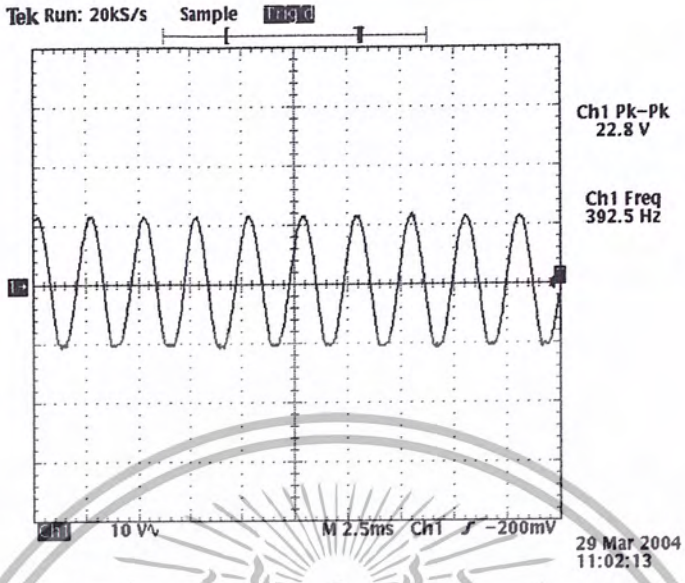
หมายเลขแป้นกด	ความถี่ด้านต่ำ (Hz)	ความถี่ด้านสูง (Hz)	เอาต์พุตไบนารี่
1	697	1209	0001
2	697	1336	0010
3	697	1477	0011
4	770	1209	0100
5	770	1336	0101
6	770	1477	0110
7	852	1209	0111
8	852	1336	1000
9	852	1477	1001
0	941	1209	1010
*	941	1336	1011
#	941	1477	1100

ตารางที่ 4.1: แสดงการเปลี่ยนค่าความถี่ DTMF ไปเป็นเลขฐานสองโดยใช้ LED เป็นตัวแสดงผล

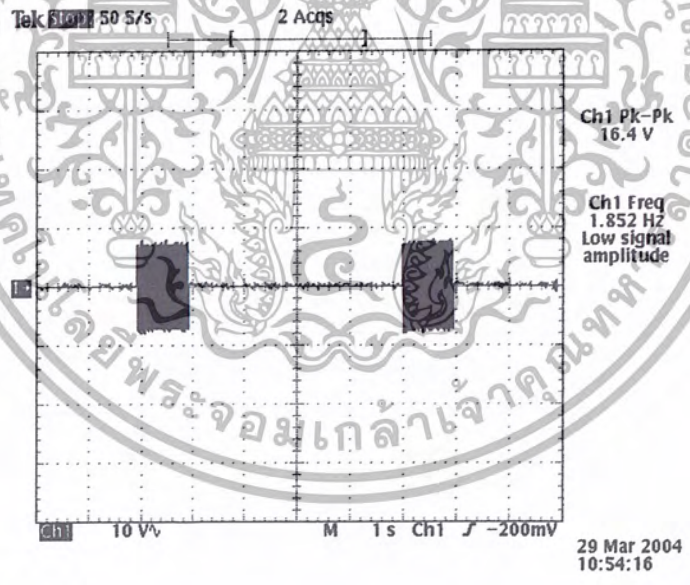
จากตารางที่ 4.1 เป็นการแสดงความถี่และผลของเอาต์พุตที่ใช้ LED เป็นตัวบอกสภาวะในแต่ละค่าประจำหมายเลข โดยมีลำดับในความสำคัญจากน้อย (LSB) ไปหามาก (MSB) หรือ Q1-Q4 จากขวาไปซ้าย ที่หลักตำแหน่งใดมีสภาวะเป็น "1" LED ที่ต่อก็จะสว่างออกมา และถ้าเป็นลอจิก "0" LED ที่แสดงผลจะดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➢ **ผลที่ได้จากการทดลองซึ่งวัดสัญญาณจากวงจรต่างๆ ออกมาในลักษณะของกราฟได้ดังรูปข้างล่าง**

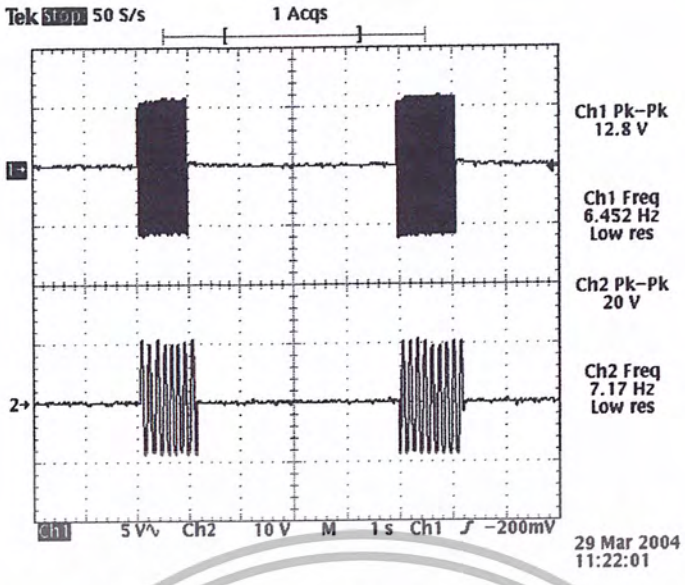


รูปที่ 4.2: แสดงรูปกราฟที่วัดได้จากเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งในส่วนแรก

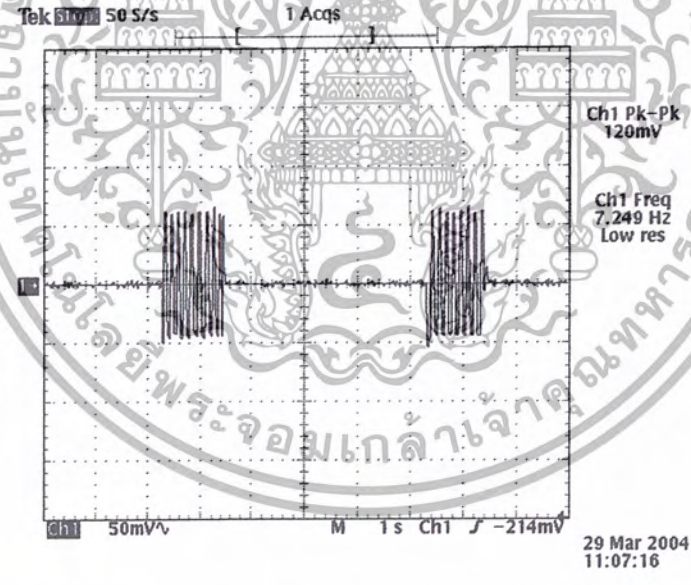


รูปที่ 4.3: แสดงรูปกราฟสัญญาณกระดิ่งที่วัดได้จากคู่สายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

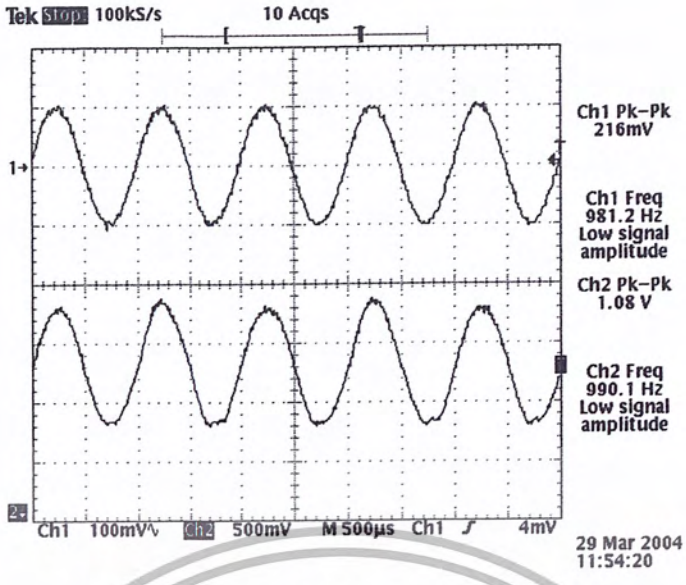


รูปที่ 4.4: แสดงรูปกราฟที่วัดได้จากเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง(Ch2) เทียบกับสัญญาณกระดิ่งจากคู่สายโทรศัพท์ (Ch1คูณสิบ)



รูปที่ 4.5: แสดงรูปกราฟที่ได้จากเอาต์พุตของวงจรผลิตสัญญาณกระดิ่ง

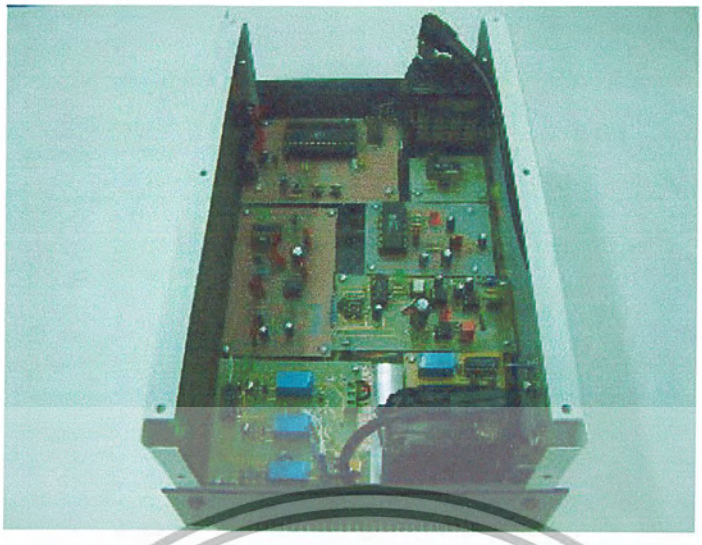
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงรูปกราฟสัญญาณที่ได้จากไอซีบันทึกเสียง ISD 2590 (Ch2) กับสัญญาณอินพุตที่ได้จากเจนเนอเรเตอร์ (Ch1)

รูปที่ 4.7 ด้านหน้าเครื่องสำเร็จของชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

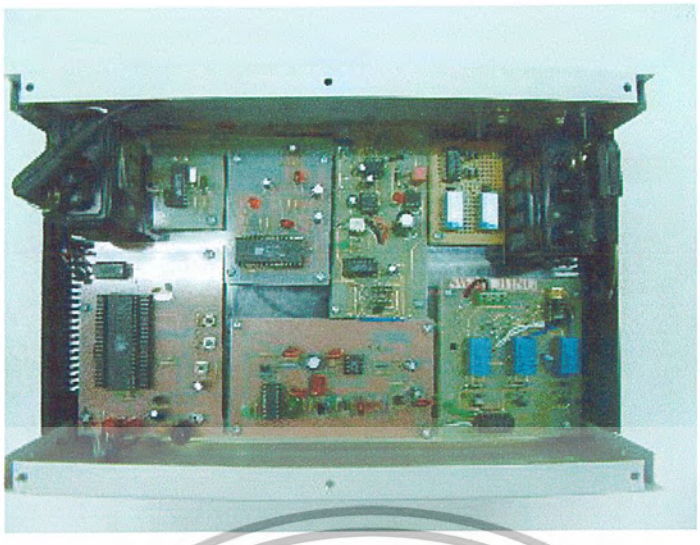
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ด้านบนเครื่องสำเร็จของชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

รูปที่ 4.9 ด้านหลังเครื่องสำเร็จของชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การเชื่อมต่อภายในของชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

บทสรุป

โครงงานชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติด้วยไมโครโปรเซสเซอร์นี้มีขีดความสามารถในการใช้งานเพื่อติดต่อสื่อสาร ระหว่างวิทยุมือถือกับระบบโทรศัพท์ โดยใช้หลักการอินเตอร์เฟสสัญญาณระหว่างระบบทั้งสอง โดยมีหัวใจหลักของการควบคุมการทำงาน โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพและความทันสมัยมากขึ้น และได้ทำการเพิ่มวงจรบางส่วนเข้าไปเช่น วงจรรีพีทเตอร์ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการใช้งานของชุดควบคุมโทรศัพท์อัตโนมัตินี้

บทวิจารณ์

เนื่องจากโครงงานนี้ได้นำเอาเครื่องรับ-ส่งวิทยุมือถือ เข้ามาเป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณซึ่งได้มีการติดตั้งไว้ที่ชุดควบคุมโทรศัพท์อัตโนมัติ และช่วงความถี่การใช้งานอยู่ในช่วง 144-146 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งถือว่าเป็นความถี่ที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นปัญหาที่เกิดกับโครงงานคือการรบกวนที่เกิดจากการแพร่กระจายของสัญญาณออกมาจากเครื่องรับ-ส่งวิทยุ ซึ่งเป็นผลให้การทำงานของชุดควบคุมเกิดความผิดพลาดได้

ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหานี้ทำได้โดยการแยกเครื่องรับ-ส่งให้อยู่ห่างจากชุดควบคุมในระยะที่เหมาะสมหรืออาจจะทำการชีลด์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจจะเข้าไปได้

แนวทางการพัฒนา

จะเห็นว่าชุดเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัตินี้มีขีดความสามารถในการควบคุม วิทยุมือถือหรือวิทยุติดตั้งในรถ ได้เพียงแค่ความถี่คู่เดียวเท่านั้นคือ ควบคุมได้ครั้งละหนึ่งเครื่องเท่านั้น ซึ่งเห็นได้ว่าไม่เพียงพอกับการใช้งาน

ดังนั้นจึงควรพัฒนาให้มีการติดต่อกันในเวลาเดียวกันให้ได้มากกว่าหนึ่งเครื่อง โดยอาจจะใช่เครื่องเครื่องรับ-ส่งหลายๆ เครื่องหรือ อาจจะใช้หลักการของการแบ่งความถี่ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KEY1            EQU         30H
KEY2            EQU         31H
KEY3            EQU         32H
DELAY_60S       EQU         33H


STOBE           BIT         P1.2

TEL_ON          BIT         P1.3
REPEATER        BIT         P1.4
PASS_OFF        BIT         P1.5
TRIG            BIT         P1.7

                ORG      0000H
                AJMP   INITIAL

INITIAL:        MOV      P2,#0FFH


                CLR    TEL_ON
                CLR    REPEATER
                SETB   PASS_OFF
                CLR    TRIG


MAIN:           ACALL    RECIVE
HANG_ON:        MOV       A,KEY1
                CJNE   A,#0F2H,HANG_OFF;2
                MOV    A,KEY2
                CJNE   A,#0F4H,HANG_OFF;4
                MOV    A,KEY3
                CJNE   A,#0F7H,HANG_OFF;7

                SETB   TEL_ON
                CLR    REPEATER
                CLR    TRIG
                SJMP   MAIN


HANG_OFF:       MOV       A,KEY1
                CJNE   A,#0FCH,REP_ON;#

                CLR    TEL_ON
                CLR    REPEATER
                CLR    TRIG
                SJMP     MAIN

REP_ON:         MOV       A,KEY1
                CJNE   A,#0F2H,REP_OFF ;207
                MOV    A,KEY2
                CJNE   A,#0FAH,REP_OFF
                MOV    A,KEY3
                CJNE   A,#0F7H,REP_OFF


                SETB   REPEATER
                CLR    TEL_ON
                CLR      TRIG
                SJMP   MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
REP_OFF:        MOV     A,KEY1
                CJNE    A,#0FBH,OFF ;*



                CLR     REPEATER
                SJMP    MAIN

OFF:            MOV     A,KEY1
                CJNE    A,#0F2H,ON
                MOV     A,KEY2
                CJNE    A,#0F4H,ON
                MOV     A,KEY3
                CJNE    A,#0F8H,ON;248

                SETB    TRIG
                CLR     REPEATER

                MOV     DELAY_60S,#0D2H
LOOP_60:        ACALL   DELAY03
                DJNZ    DELAY_60S,LOOP_60
                CLR     TRIG

                CLR     TEL_ON
                CLR     PASS_OFF
                SJMP    ON

ON:             LCALL   RECIVE_ON
PASS_ON:        MOV     A,KEY1
                CJNE    A,#0F2H,ON
                MOV     A,KEY2
                CJNE    A,#0FAH,ON
                MOV     A,KEY3
                CJNE    A,#0F8H,ON;208



                LJMP    INITIAL

ERROR:          NOP
                LJMP    MAIN


;*********************RECIVE************************

REM0            EQU     079H
REM1            EQU     078H
REM2            EQU     077H


RECIVE:         MOV     REM2,#12H
                JB      STOBE,LOAD1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY:          MOV   REM1,#00H
                JB    STOBE,LOAD1

DELAY2:         MOV   REM0,#00H
DELAY3:         JB    STOBE,LOAD1
                DJNZ  REM0,DELAY3
                JB    STOBE,LOAD1
                DJNZ  REM1,DELAY2

                JB    STOBE,LOAD1
                DJNZ  REM2,DELAY

                LJMP  HANG_ON


LOAD1:          MOV     A,P1
                ANL     A,#04H
                JZ      LOAD1
                MOV     A,P2
                MOV     KEY1,A
                ACALL STOP_SCAN
                ACALL DELAY03

RECIVE2:        MOV   REM2,#12H
                JB    STOBE,LOAD2

DELAY_2:        MOV   REM1,#00H
                JB    STOBE,LOAD2

DELAY2_2:       MOV   REM0,#00H
DELAY3_2:       JB    STOBE,LOAD2
                DJNZ  REM0,DELAY3_2

                JB    STOBE,LOAD2
                DJNZ  REM1,DELAY2_2

                JB    STOBE,LOAD2
                DJNZ  REM2,DELAY_2
                LJMP  HANG_ON


LOAD2:          MOV   A,P1
                ANL   A,#04H
                JZ    LOAD2
                MOV   A,P2
                MOV   KEY2,A
                ACALL STOP_SCAN
                ACALL DELAY03

RECIVE3:        MOV   REM2,#12H
                JB    STOBE,LOAD3

DELAY_3:        MOV   REM1,#00H
                JB    STOBE,LOAD3

DELAY2_3:       MOV   REM0,#00H
DELAY3_3:       JB    STOBE,LOAD3
                DJNZ  REM0,DELAY3_3

                JB    STOBE,LOAD3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ  REM1,DELAY2_3

                JB    STOBE,LOAD3
                DJNZ  REM2,DELAY_3
                LJMP  HANG_ON

LOAD3:          MOV   A,P1
                ANL   A,#04H
                JZ    LOAD3
                MOV   A,P2
                MOV   KEY3,A
                ACALL STOP_SCAN
                ACALL DELAY03
                RET

STOP_SCAN:      NOP
                MOV     A,P1
                ANL     A,#04H
                JNZ     STOP_SCAN

                RET
 ;*****************DELAY0.*******************

SUB_DELAY1          EQU     07FH
SUB_DELAY2          EQU     07EH
SUB_DELAY3          EQU     07DH
DELAY03:        MOV     SUB_DELAY3,#02H
LOOP3:          MOV     SUB_DELAY2,#00H
LOOP2:          MOV     SUB_DELAY1,#00H
LOOP1:          DJNZ    SUB_DELAY1,LOOP1
                DJNZ    SUB_DELAY2,LOOP2
                DJNZ    SUB_DELAY3,LOOP3
                RET


 ;*****************RECIVE_ON*******************


RECIVE_ON:      MOV   REM2,#12H
                JB      STOBE,LOAD1_ON

DELAY_ON:       MOV   REM1,#00H
                JB    STOBE,LOAD1_ON
DELAY2_ON:      MOV   REM0,#00H
DELAY3_ON :     JB    STOBE,LOAD1_ON
                DJNZ  REM0,DELAY3_ON

                JB    STOBE,LOAD1_ON
                DJNZ  REM1,DELAY2_ON

                JB    STOBE,LOAD1_ON
                DJNZ  REM2,DELAY_ON

                LJMP  PASS_ON


LOAD1_ON:       MOV     A,P1
                ANL     A,#04H
                JZ      LOAD1_ON
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,P2
                MOV     KEY1,A
                ACALL STOP_SCAN
                ACALL DELAY03

RECIVE2_ON:     MOV   REM2,#12H
                JB    STOBE,LOAD2_ON

DELAY_2_ON:     MOV   REM1,#00H
                JB    STOBE,LOAD2_ON

DELAY2_2_ON:    MOV   REM0,#00H
DELAY3_2_ON:    JB    STOBE,LOAD2_ON
                DJNZ  REM0,DELAY3_2_ON

                JB    STOBE,LOAD2_ON
                DJNZ  REM1,DELAY2_2_ON

                JB    STOBE,LOAD2_ON
                DJNZ  REM2,DELAY_2_ON
                LJMP  PASS_ON

LOAD2_ON:       MOV   A,P1
                ANL   A,#04H
                JZ    LOAD2_ON
                MOV   A,P2
                MOV   KEY2,A
                ACALL STOP_SCAN
                ACALL DELAY03

RECIVE3_ON:     MOV   REM2,#12H
                JB    STOBE,LOAD3_ON

DELAY_3_ON: MOV REM1,#00H
                JB    STOBE,LOAD3_ON

DELAY2_3_ON:    MOV   REM0,#00H
DELAY3_3_ON:    JB    STOBE,LOAD3_ON
                DJNZ  REM0,DELAY3_3_ON

                JB    STOBE,LOAD3_ON
                DJNZ  REM1,DELAY2_3_ON

                JB    STOBE,LOAD3_ON
                DJNZ  REM2,DELAY_3_ON
                LJMP  PASS_ON

LOAD3_ON:       MOV   A,P1
                ANL   A,#04H
                JZ    LOAD3_ON
                MOV   A,P2
                MOV   KEY3,A
                ACALL STOP_SCAN
                ACALL DELAY03

                RET
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

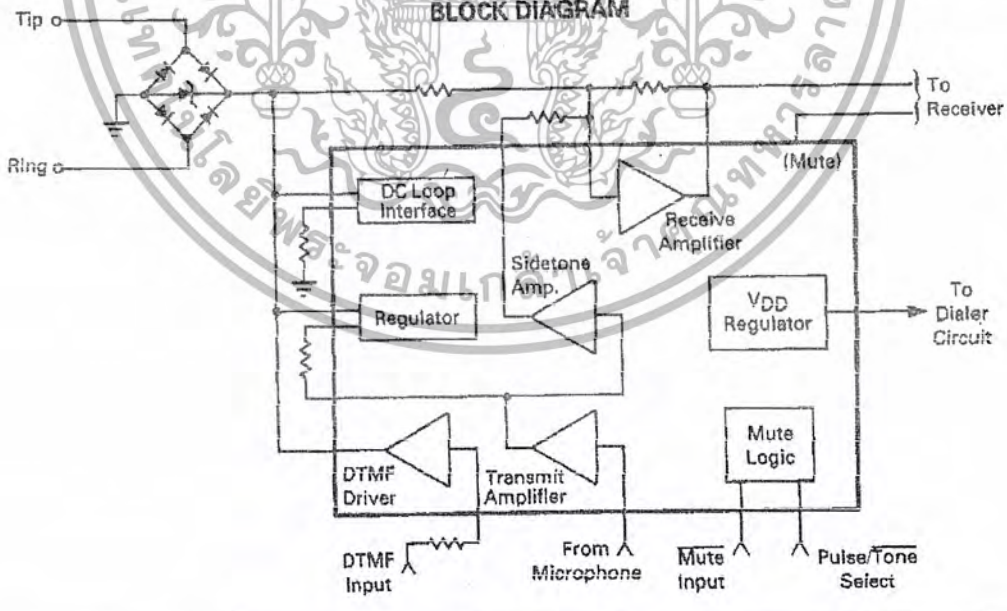
TELEPHONE SPEECH NETWORK WITH DIALER INTERFACE

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT

P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

DW SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751D
SO-20L

BLOCK DIAGRAM



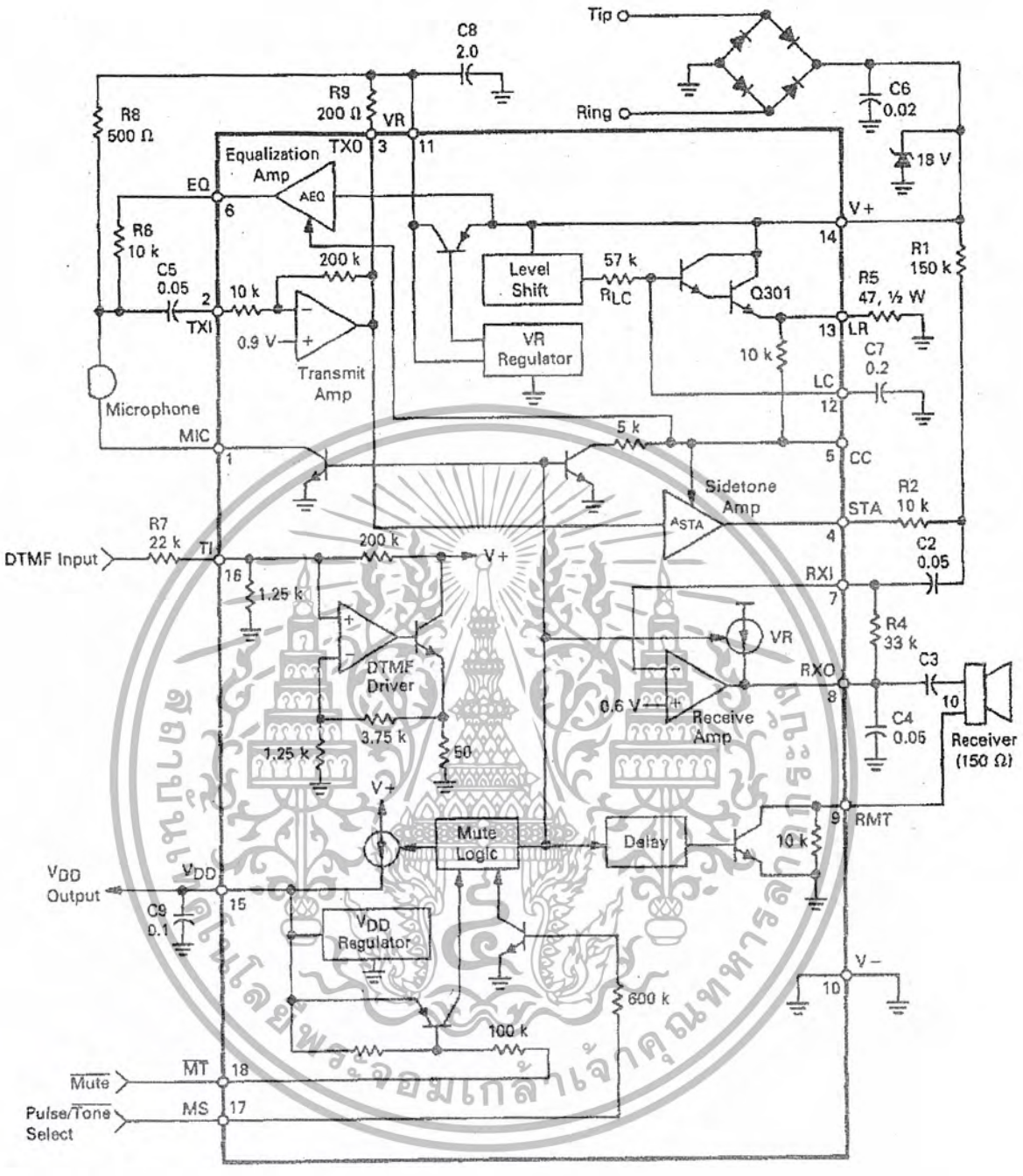
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	16	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	15	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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 1 — TEST CIRCUIT



NOTE: Pin numbers are for 18 pin DIP.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 +60	°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)		2.6	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	8.6	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}	35	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

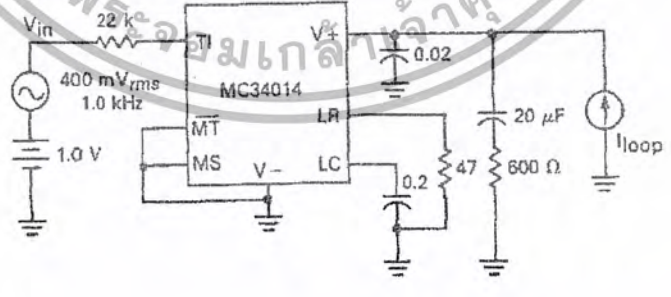
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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}	0.66	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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

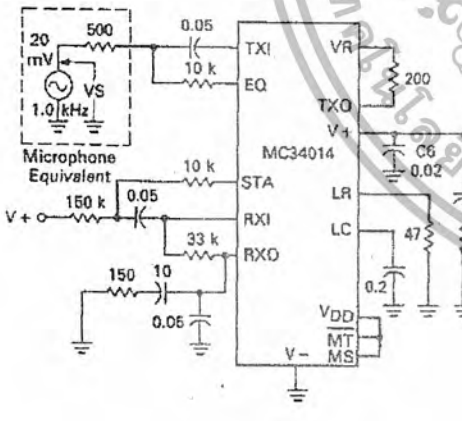
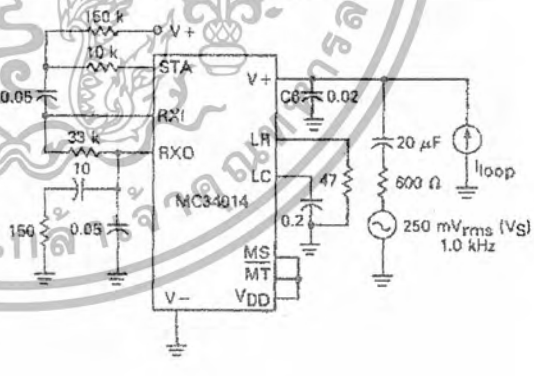


FIGURE 4 — AC IMPEDANCE, RECEIVE AND SIDETONE CANCELLATION TEST



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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}

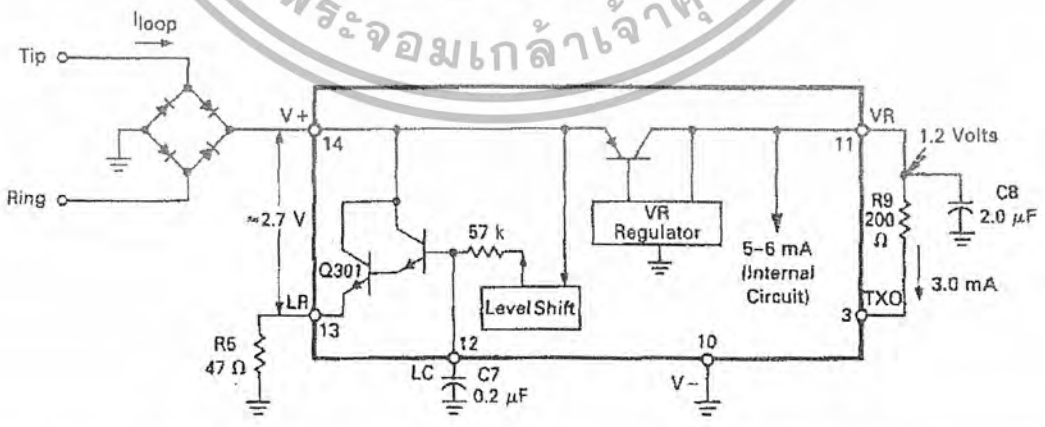
DC LINE INTERFACE (Figure 5)

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 6 — INTERNAL CURRENT versus VOLTAGE

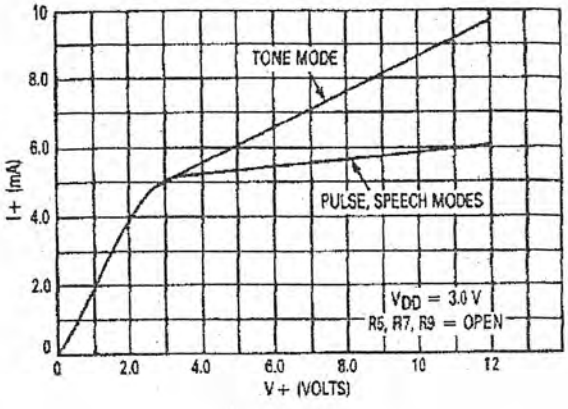
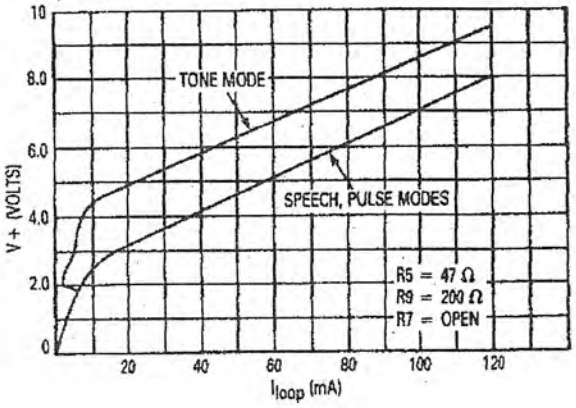


FIGURE 7 — CIRCUIT VOLTAGE versus LOOP CURRENT



TRANSMIT AMPLIFIER

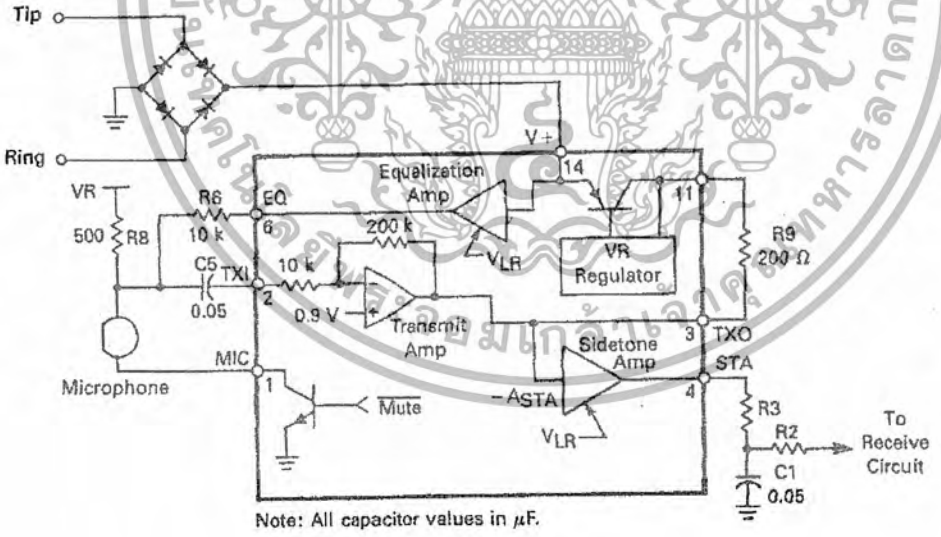
The transmit amplifier (from TXI to TXO) is inverting, with a fixed internal gain of 20 V/V (26 dB), and a typical input impedance of 10 kΩ (Figure 8). The input bias currents are internally supplied, allowing capacitive coupling of the microphone signals to the amplifier.

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.

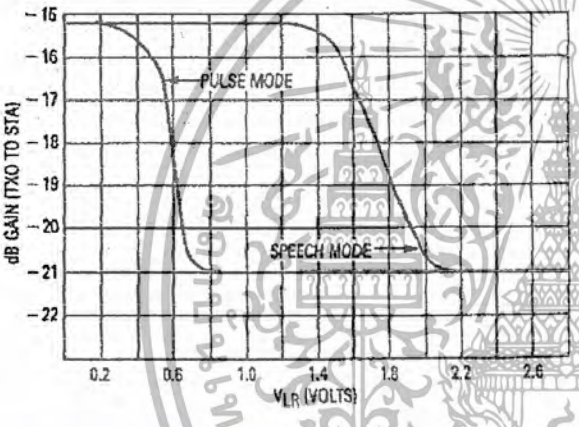
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 $R_A = R_6/\!/10\ k\Omega$ (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.

EQUALIZATION 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)

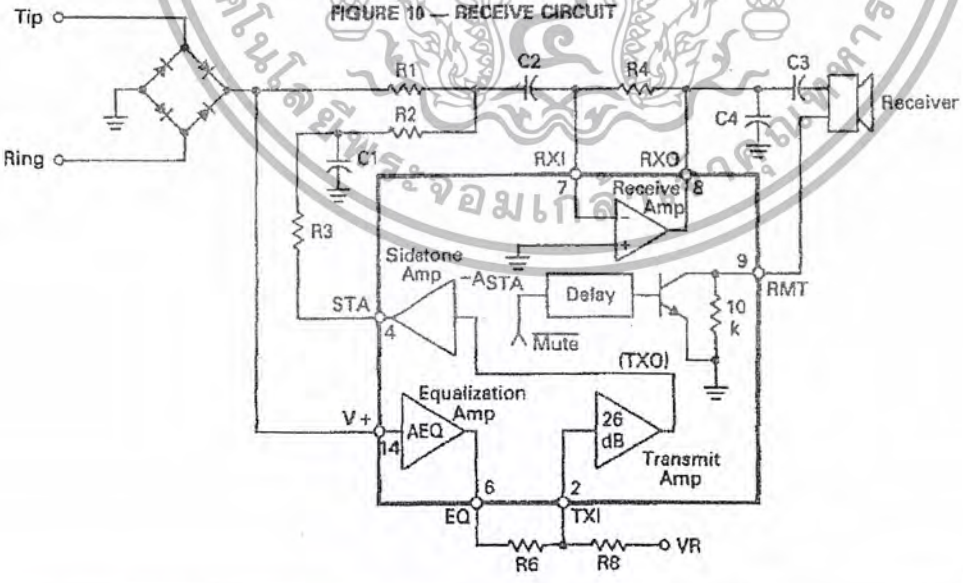
The CC pin (Compensation Capacitor) has two functions: 1) to provide equalization loop stability where the normal stabilizing components are ineffective; and 2) to allow optional control of the equalization functions.

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 11 — EQUALIZATION AMPLIFIER GAIN

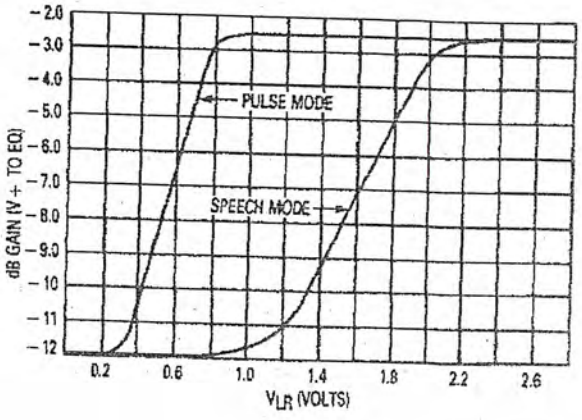


FIGURE 12 — EQ (PIN 6) DC VOLTAGE

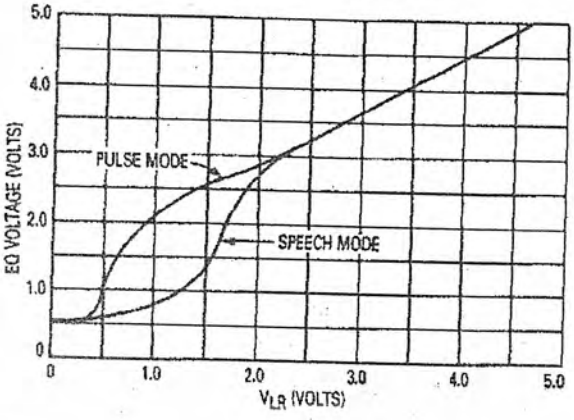


FIGURE 13 — DTMF TONE DIALER

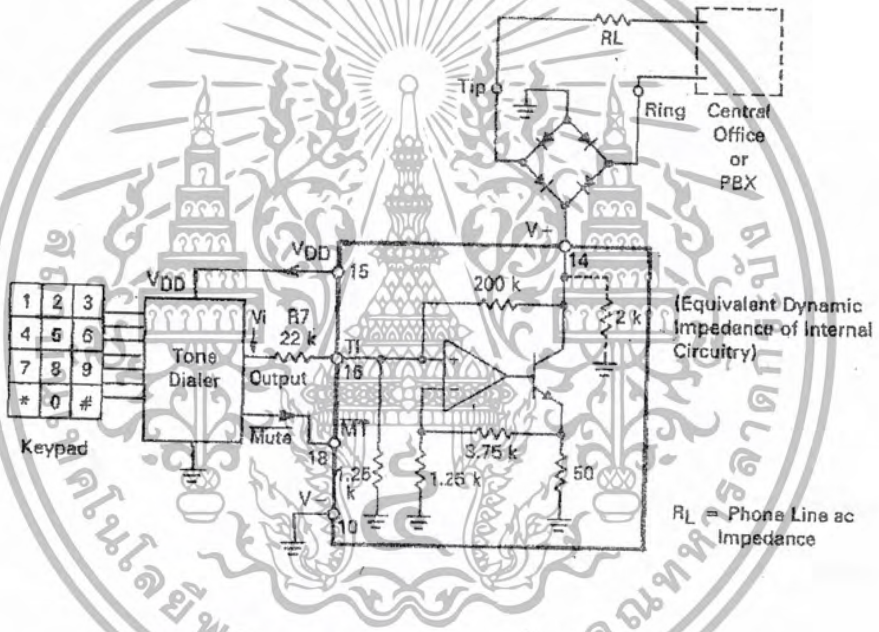
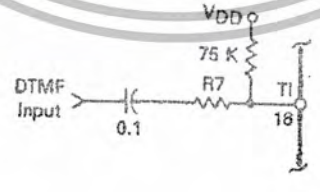


FIGURE 14 — INPUT BIASING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

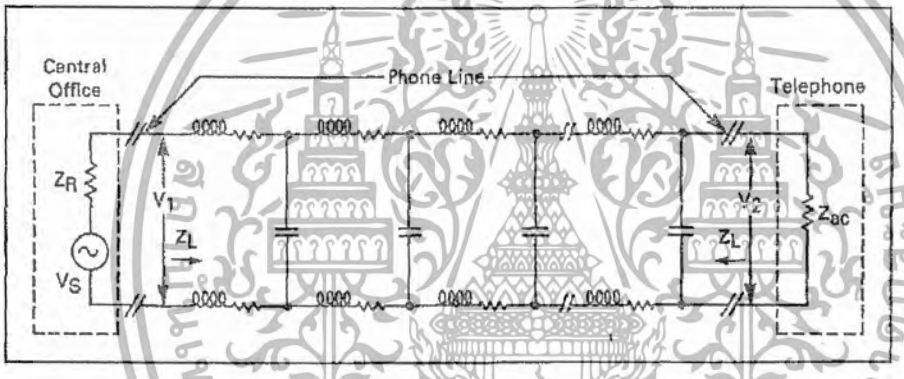
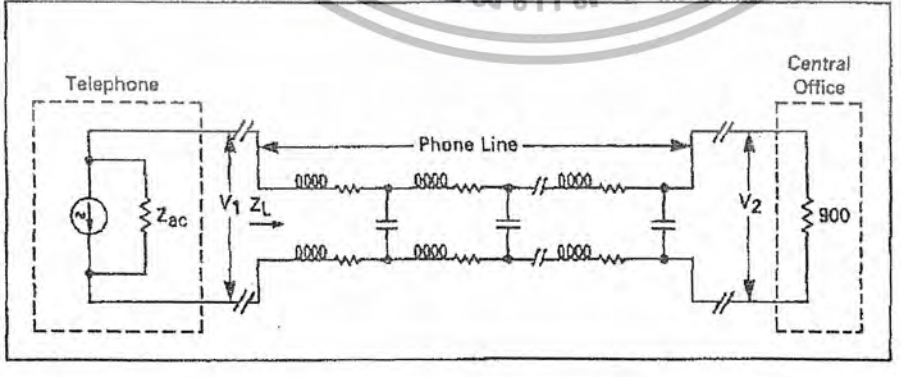


Figure 16 depicts the situation in the transmit mode. In this mode, the MC34014 is an ac current source, with a finite output impedance, modulating the loop current. The voltage signal V_1 is therefore equal to the ac signal current acting on Z_{ac} in parallel with the characteristic impedance of the 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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:

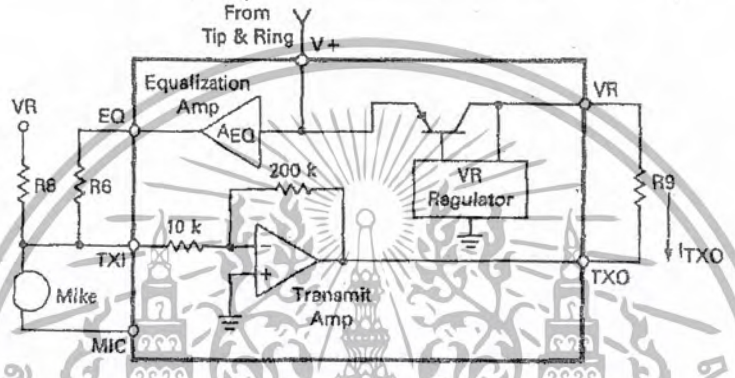
$$Z_{ac} = \frac{(1 + R_8/R_6)\,(R_9)}{20 \times A \times (R_8/R_6)}$$

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).

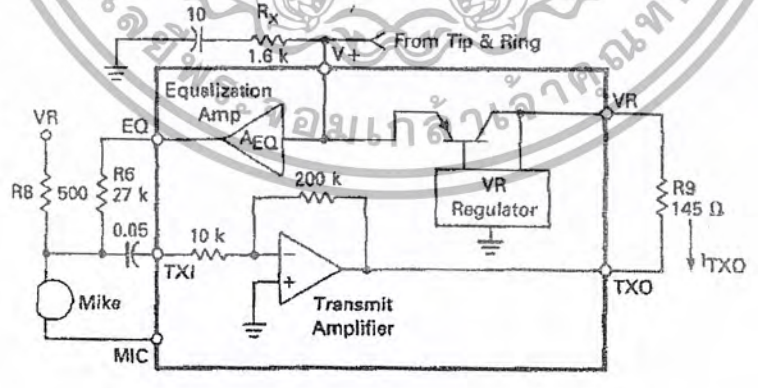
When calculating or measuring the ac impedance, capacitor C_6 (≈8.0 kΩ at 1.0 kHz) and the dynamic impedance of the MC34014 (≈10 kΩ) must be taken into account. If the microphone has an impedance lower than that of a typical electret, then its dynamic impedance must be accounted for in the above equation.

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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_8 ratio, according to the required Z_{ac}, using the equation on the previous page. Then R_8 is selected to set the microphone sensitivity. R_8 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.

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.

FIGURE 19 — ALTERNATE MICROPHONE BIAS

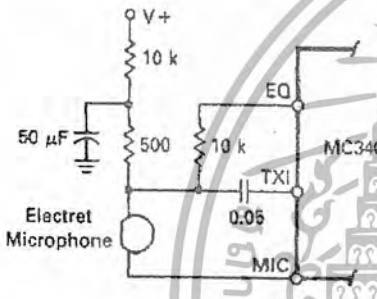
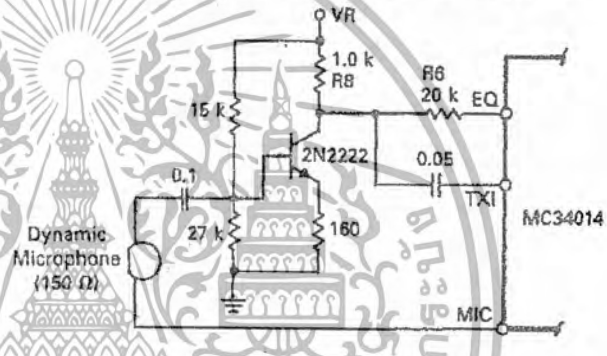


FIGURE 20 — INTERFACING A DYNAMIC MICROPHONE



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_8 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.

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 21 — COMPLETE TELEPHONE WITH PULSE/TONE DIALING

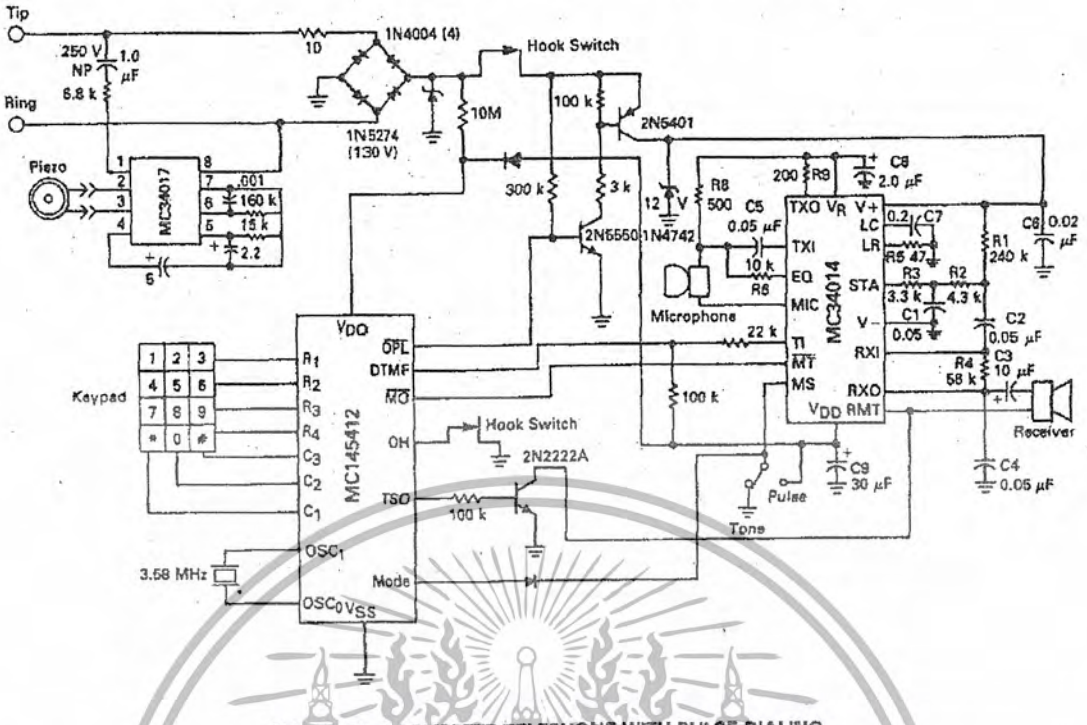
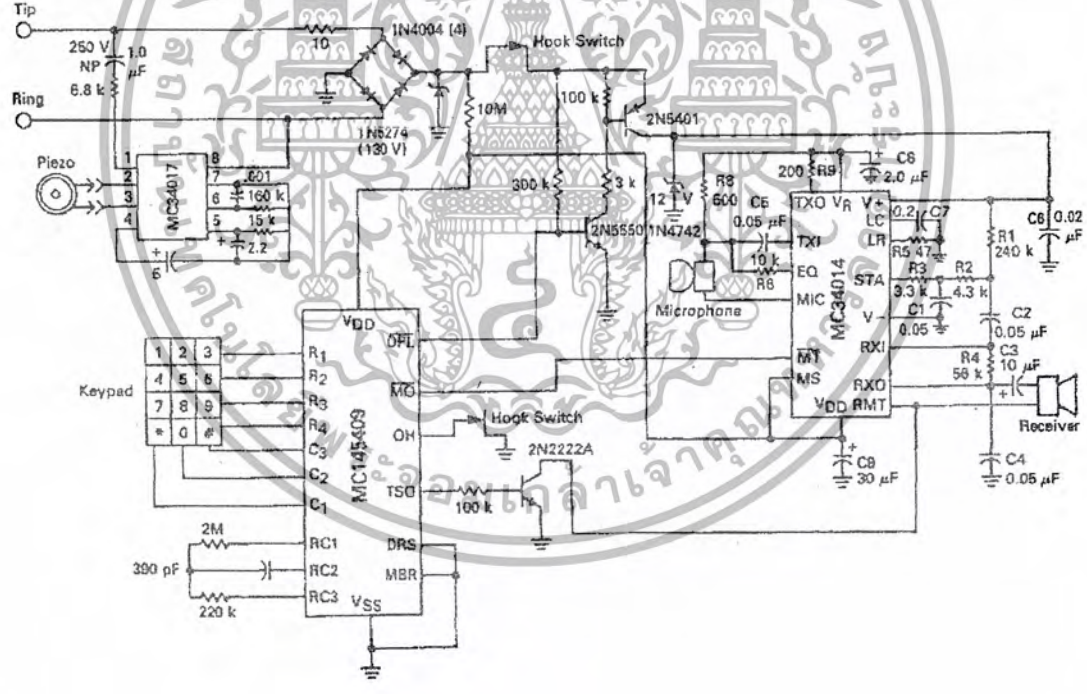


FIGURE 22 — COMPLETE TELEPHONE WITH PULSE DIALING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

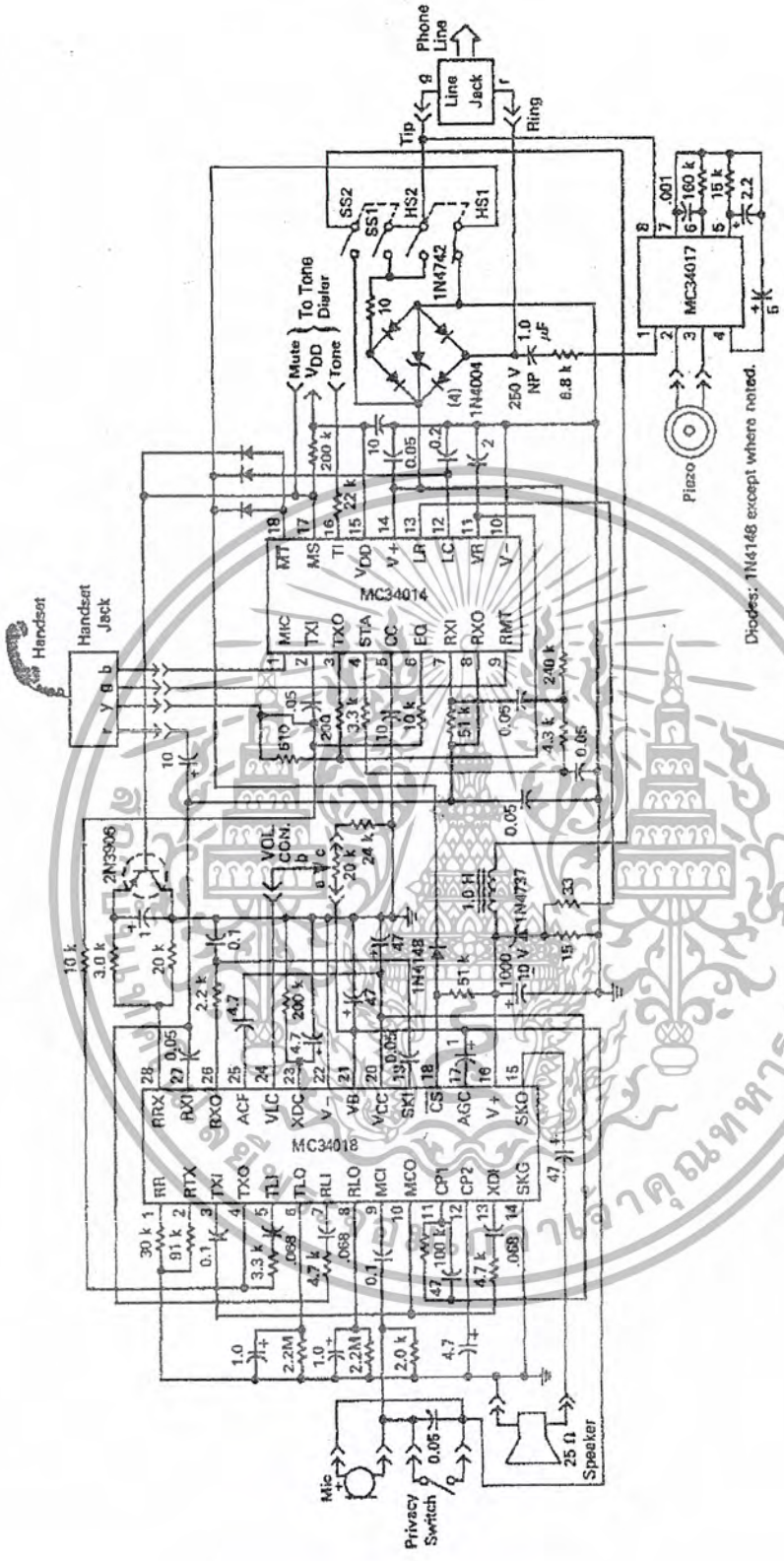


FIGURE 23 — SWITCHABLE HANDSET/HANDSFREE SYSTEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Recommended External Components

Piezo Sounder
Models KSN 1113-1116
Motorola, Inc.
Albuquerque, N.M.
505-822-8801

Microphone/Receiver
Microphone model EM-95
Receiver model DH-34
Primo Microphone, Inc.
Elk Grove Village, Ill.
312-595-1022

Microphone Model KUC2123
Hosiden Electronics
Chicago, Ill.
312-956-7707

TRANSIENT PROTECTION & RFI SUPPRESSION

Protection from voltage transients is necessary in most telephone circuits, and may take the form of zener diodes, RC or LC filters, transient suppressors, or a combination of the above.

Potential radio frequency interference problems should be addressed early in the electrical and mechanical design of the telephone. RFI may enter the circuitry through the Tip & Ring lines, through the microphone and/or receiver leads in the handset cord, or through any of the wiring or PC board traces. Ceramic decoupling capacitors, ferrite beads, and other RFI suppression techniques may be needed. Good PC board design techniques, such as the avoidance of loops, should be used. Long tracks on high impedance nodes should be avoided.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

August 1986
Revised March 2000

DM74LS126A
Quad 3-STATE Buffer

General Description

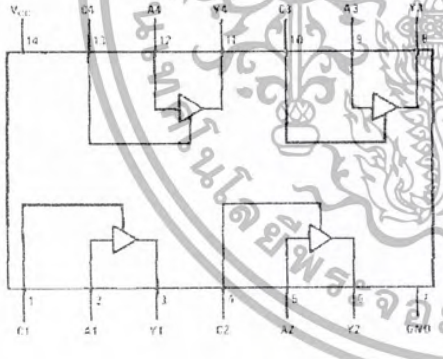
This device contains four independent gates each of which performs a non-inverting buffer function. The outputs have the 3-STATE feature. When enabled, the outputs exhibit the low impedance characteristics of a standard LS output with additional drive capability to permit the driving of bus lines without external resistors. When disabled, both the output transistors are turned OFF presenting a high-impedance state to the bus line. Thus the output will act neither as a significant load nor as a driver. To minimize the possibility that two outputs will attempt to take a common bus to opposite logic levels, the disable time is shorter than the enable time of the outputs.

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS126AM	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS126AN	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

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

Connection Diagram



Function Table

Y = A

Inputs		Output
A	C	Y
L	H	L
H	H	H
X	L	Hi-Z

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level
X = Either LOW or HIGH Logic Level
Hi-Z = 3-STATE (Outputs are disabled)

© 2000 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage				V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I_{OH}	HIGH Level Output Current			−2.6	mA
I_{OL}	LOW Level Output Current			24	mA
T_A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	V_{CC} = Min, I_I = −18 mA			−1.5	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OH} = Max, V_{IH} = Min	2.4			V
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OL} = Max, V_{IL} = Max, V_{IH} = Min		0.35	0.5	V
		I_{OL} = 12 mA, V_{CC} = Min		0.25	0.4	
I_I	Input Current @ Max Input Voltage	V_{CC} = Max, V_I = 7V			0.1	mA
I_{IH}	HIGH Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 2.7V			20	µA
I_{IL}	LOW Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 0.4V			−0.4	mA
I_{OZH}	Off-State Output Current with HIGH Level Output Voltage Applied	V_{CC} = Max, V_O = 2.4V, V_{IH} = Min, V_{IL} = Max			20	µA
I_{OZL}	Off-State Output Current with LOW Level Output Voltage Applied	V_{CC} = Max, V_O = 0.4V, V_{IH} = Min, V_{IL} = Max			−20	µA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	V_{CC} = Max (Note 3)	−20		−100	mA
I_{CC}	Supply Current	V_{CC} = Max		12	22	mA

Note 2: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Switching Characteristics

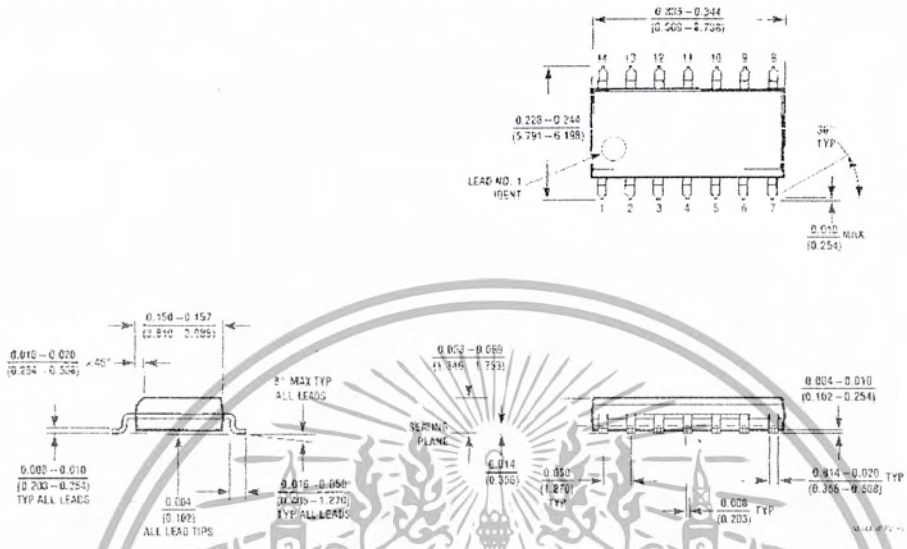
V_{CC} = 5V, T_A = 25°C

Symbol	Parameter	R_L = 667Ω				Units
		C_L = 50 pF		C_L = 150 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output		15		21	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output		18		22	ns
t_{PZH}	Output Enable Time to HIGH Level Output		30		36	ns
t_{PZL}	Output Enable Time to LOW Level Output		30		42	ns
t_{PHZ}	Output Disable Time from HIGH Level Output (Note 4)		25			ns
t_{PLZ}	Output Disable Time from LOW Level Output (Note 4)		25			ns

Note 4: C_L = 5pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

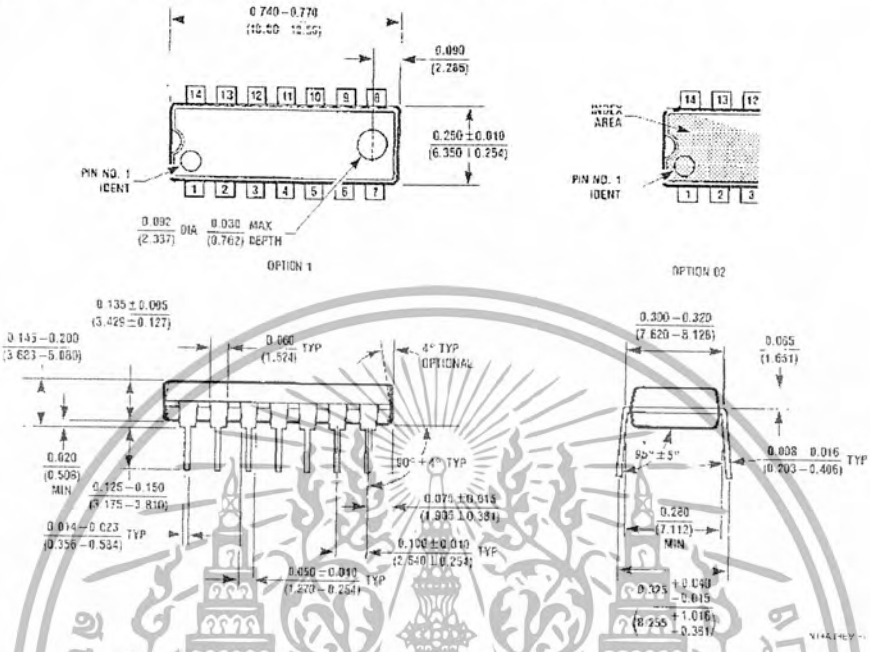
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
Package Number M14A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide
Package Number N14A

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

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

www.fairchildsemi.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISSUE 4 August 1996

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
MT8870DC/DC-1	18 Pin Ceramic 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.

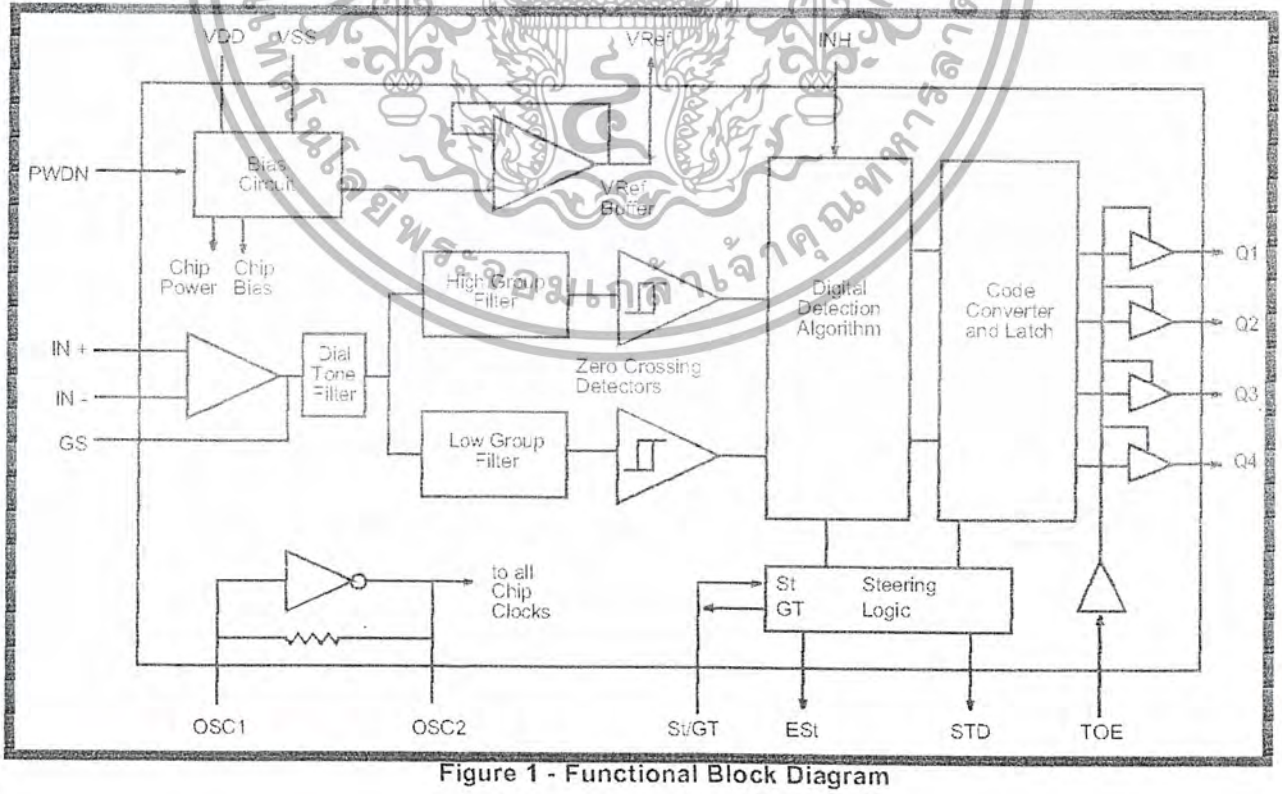
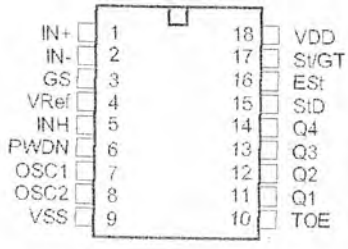
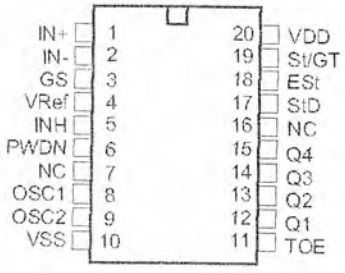


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



18 PIN CERDIP/PLASTIC DIP/SOIC



20 PIN SSOP

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 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").

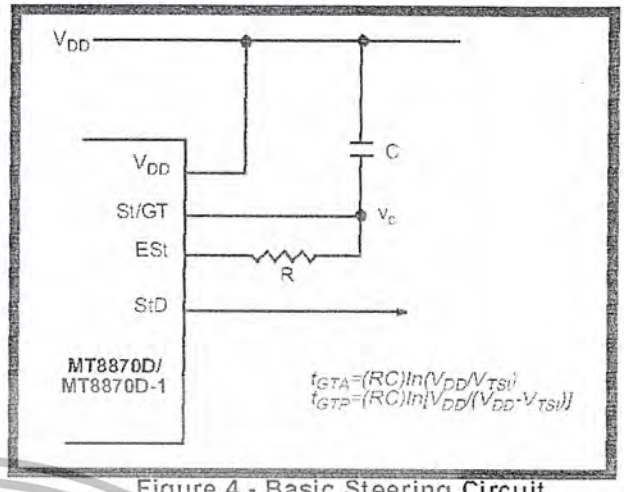


Figure 4 - Basic Steering Circuit

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

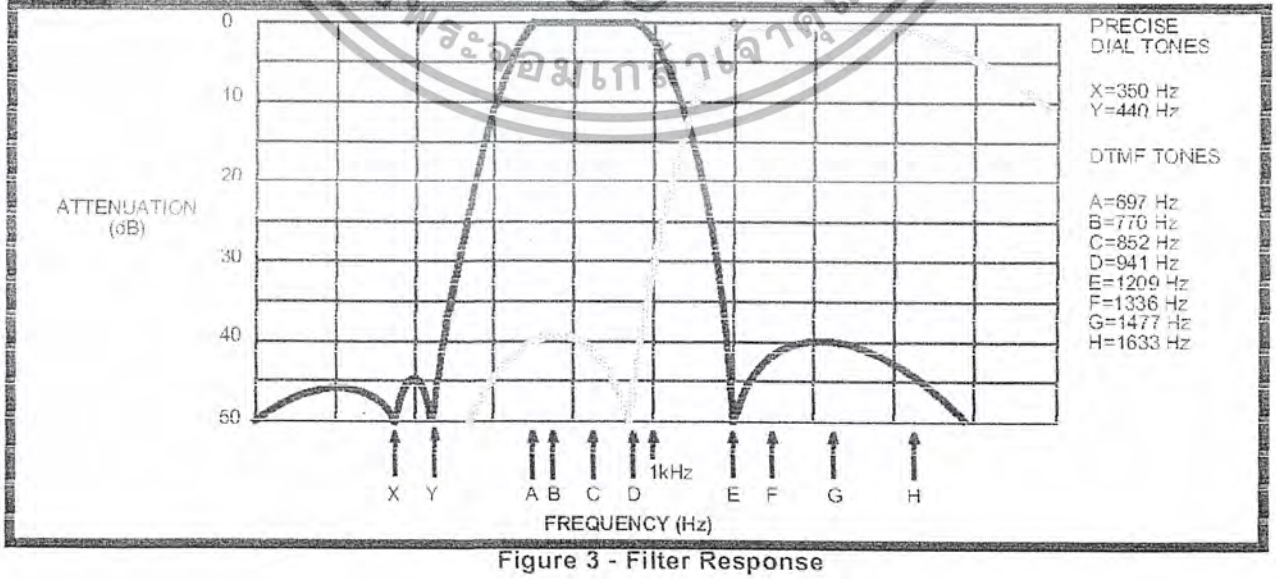


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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				
B	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
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.

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.

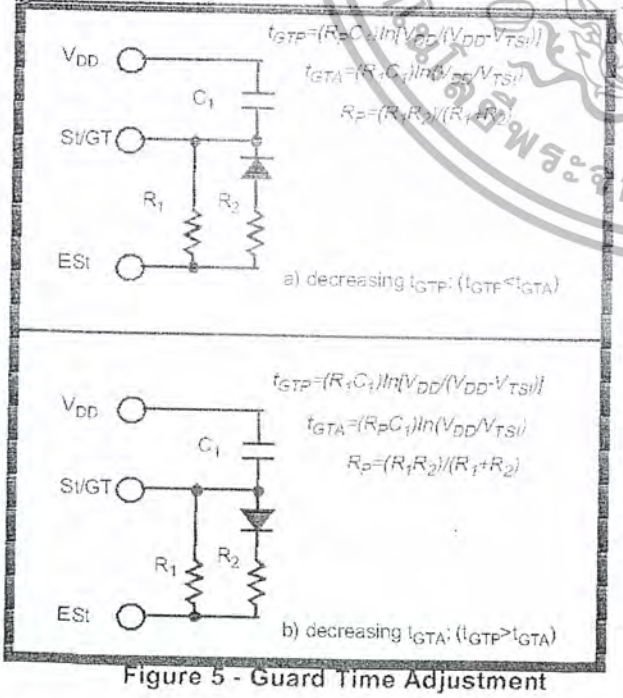


Figure 5 - Guard Time Adjustment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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_3.

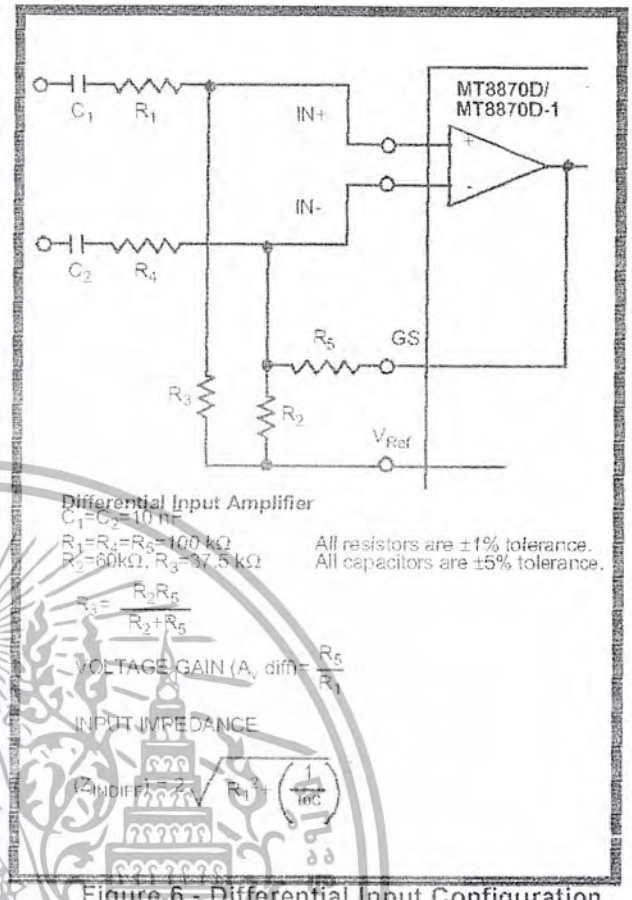


Figure 6 - Differential Input Configuration

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.

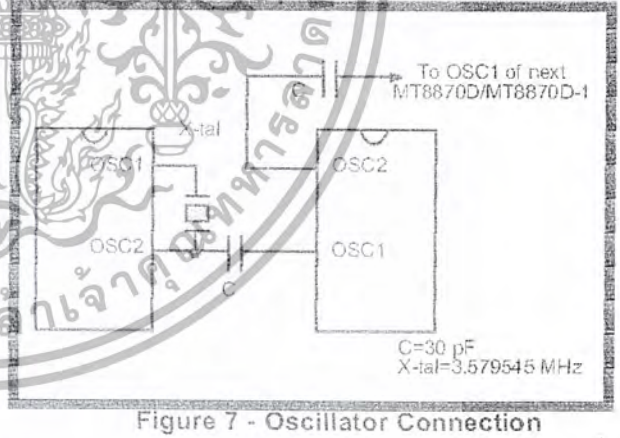


Figure 7 - Oscillator Connection

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., $1/2\Pi fR1C1$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

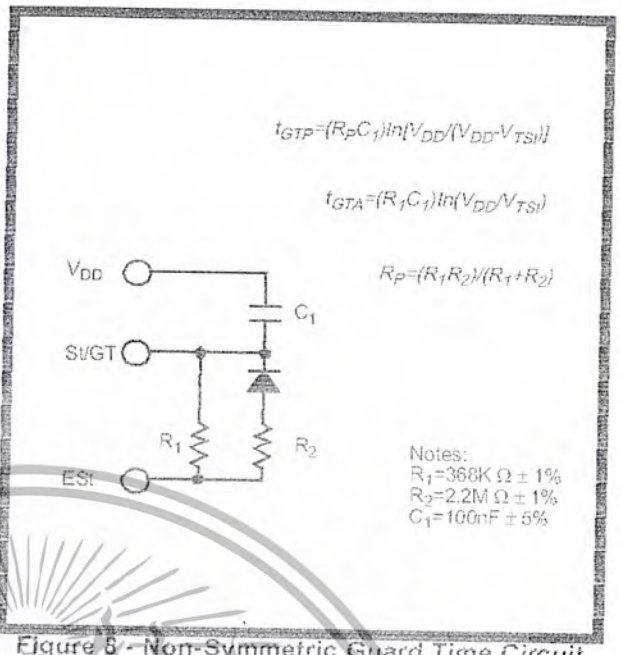


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

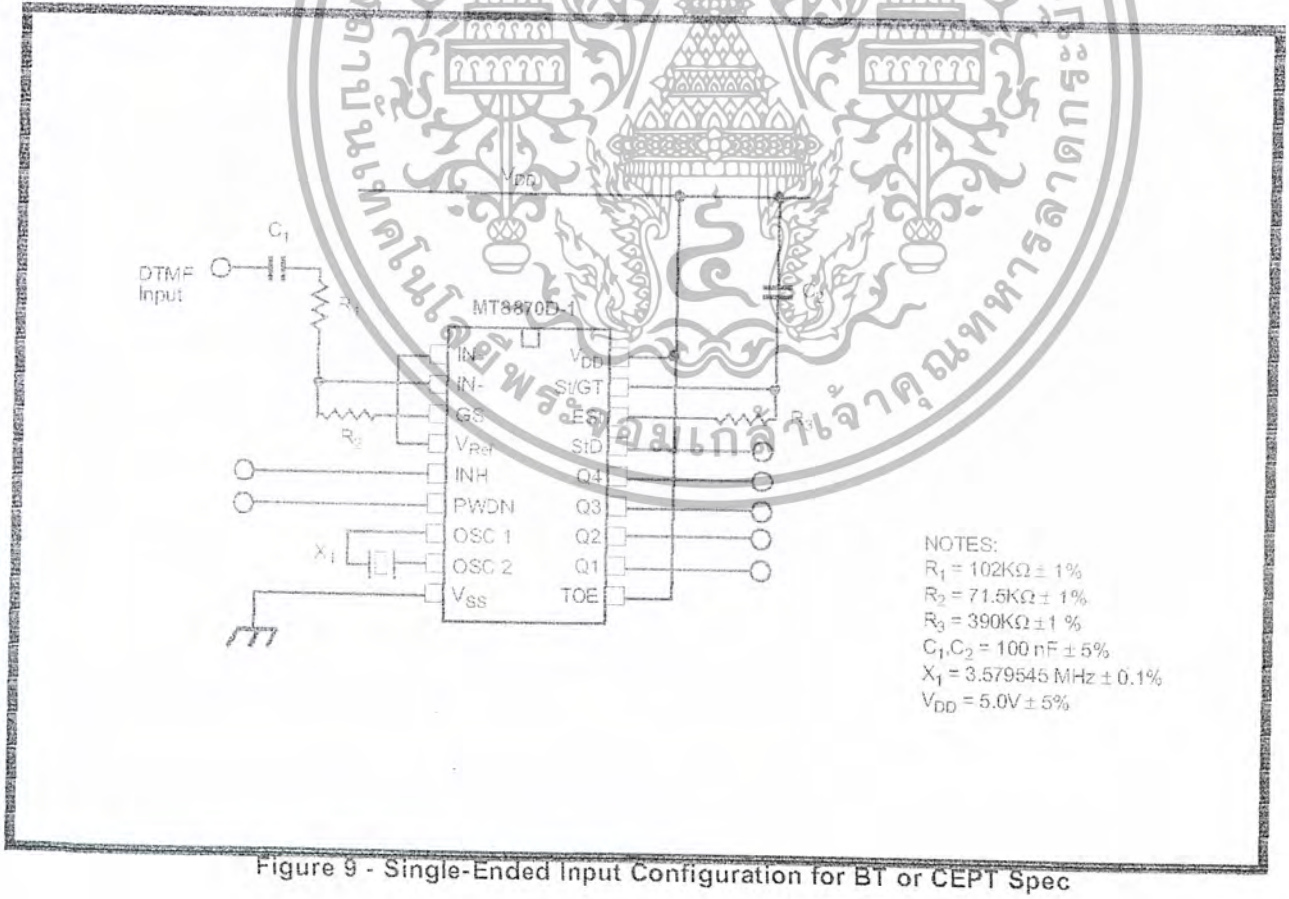


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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_Q		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	2.5	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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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_{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		ns	
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.

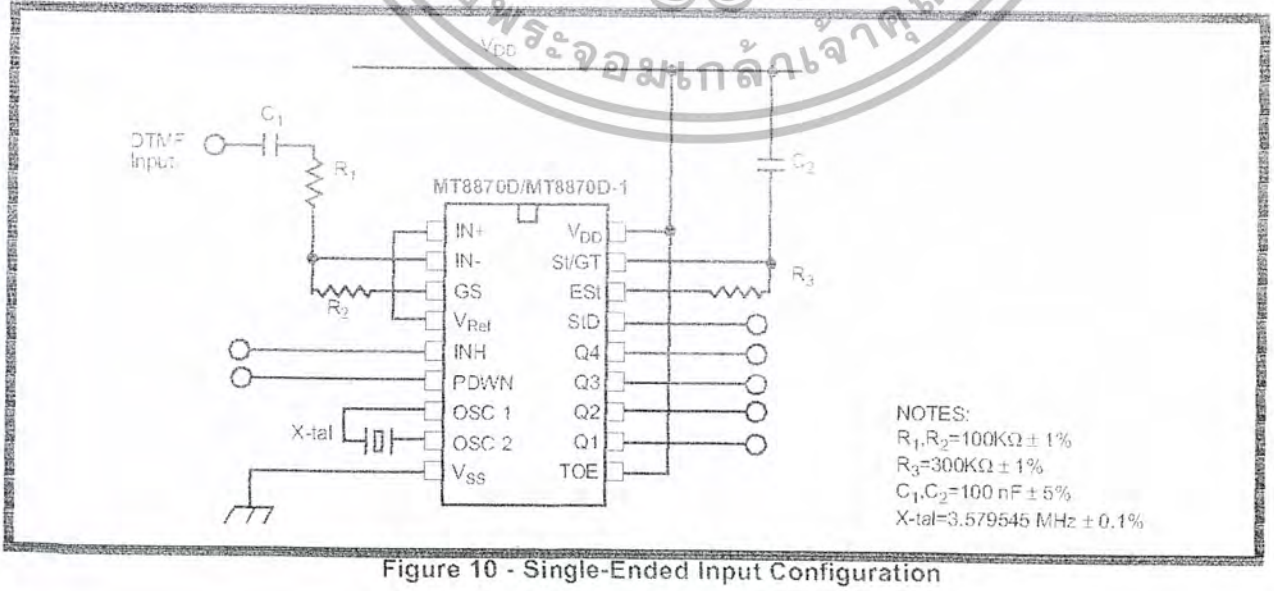
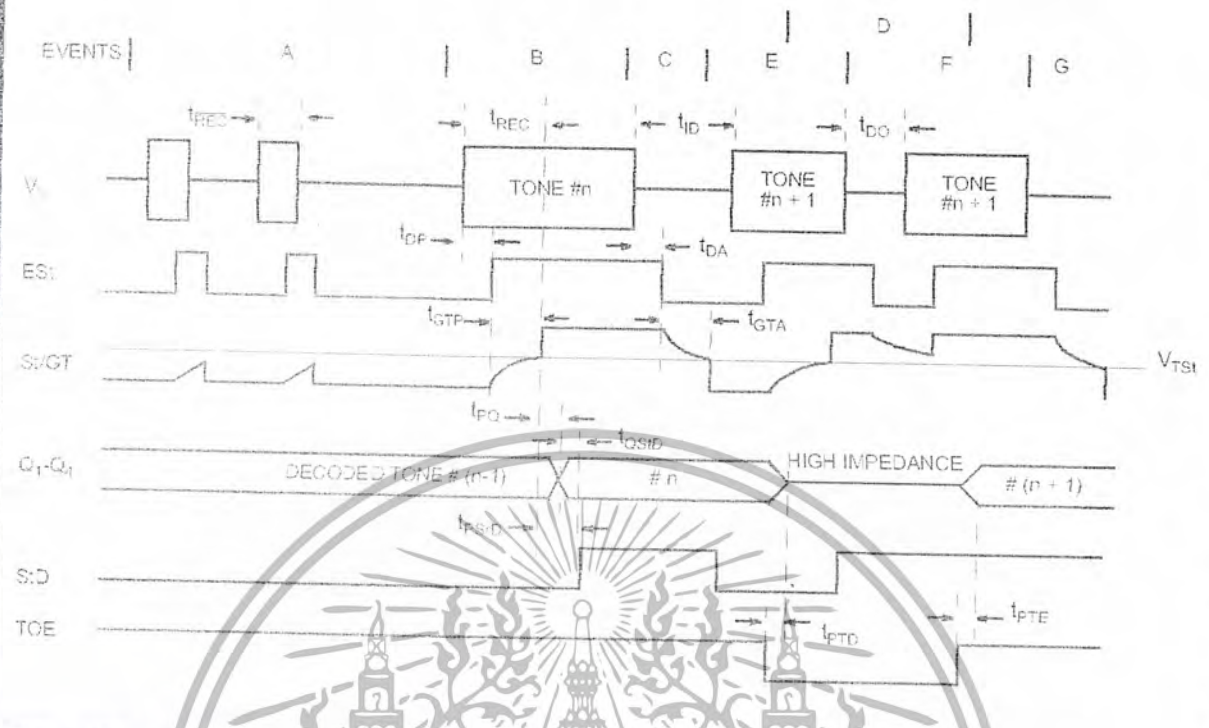


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์ด้วยดีจาก อาจารย์สุรพล บุญจันทร์ และ รศ. สมยศ จุณณะปิยะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และขอบคุณเพื่อนๆ 3T ทุกๆ คนที่ให้คำปรึกษาและให้แนวทางในการทำงานมาตลอด รวมทั้งเพื่อนๆ อีกหลายคนที่มิได้กล่าวในที่นี้ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณสำหรับคำปรึกษา และความช่วยเหลือต่างๆ ที่ได้รับซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1]รศ. สมยศ จุณณะปิยะ,“ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์”,กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2]น.ต.ธวัชชัย เลื่อนฉวี,“เทคโนโลยีโทรศัพท์”,สำนักพิมพ์บันเทิงการพิมพ์,2527

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้