สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องเปลี่ยนเสียงโทรศัพท์

Voice Telephone Changer

โดย

พงศธร เจริญเนติศาสตร์

สุวัฒน์ พิเศษชีพ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42660
วัน, เดือน, ปี 6 มิ.ย. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องเปลี่ยนเสียงโทรศัพท์ Voice Telephone Changer		
นักศึกษา	นายพงศธร เจริญเนติศาสตร์	เลขประจำตัว	41013454
	นายสุวัฒน์ พิเศษชีพ	เลขประจำตัว	41013476
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิชัย สุรพัฒน์		
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม		
ปีการศึกษา	2543		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....(ประธานกรรมการ)

(.....)

.....(กรรมการ)

(.....)

.....(กรรมการ)

(.....)

.....(กรรมการ)

(.....)

.....(กรรมการ)

(.....)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องเปลี่ยนเสียงโทรศัพท์ Voice Telephone Changer	
นักศึกษา	นายพงศธร เจริญเนติศาสตร์	เลขประจำตัว 41013454
	นายสุวัฒน์ พิเศษชีพ	เลขประจำตัว 41013476
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิชัย สุรพัฒน์	
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2543	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้นำเสนอวิธีการในการสร้างเครื่องโทรศัพท์ให้มีความสามารถพิเศษเพิ่มขึ้น คือสามารถเปลี่ยนเสียงพูด ทำให้คู่สนทนาไม่สามารถจำเสียงได้ว่ากำลังพูดอยู่กับใคร ในโครงงานนี้ ประกอบไปด้วยการทำงานของวงจรอยู่ 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณเสียง และส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนเสียงพูด โครงงานนี้สามารถเลือกส่งสัญญาณเสียงปกติ หรือเสียงที่ถูกทำให้เปลี่ยนไปได้ โดยเสียงที่ถูกเปลี่ยนจะมีความถี่และความเร็วเปลี่ยนไปจากเสียงพูดเดิม

จากการทดลองพบว่าวงจรที่ออกแบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์

Thesis Title	Voice Telephone Changer	
Student	Mr.Pongsathon Charoennatisart	ID 41013454
	Mr.Suwat Phisatechep	ID 41013476
Advisor	Mr.Wichai Surapat	
Academic Year	2000	

ABSTRACT

This project present an invention of special function telephone which is capable for performing the change of voice which person on the other end would not recognize who is speaking. This project consists of 2 parts of circuit : Part 1 ; Receiver Part 2 ; Voice changer This project has the choices of transmit normal voice or transmit voice that have been changed with frequency and speed from original voice.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนปริญญานิพนธ์จาก อาจารย์วิชัย สุรพัฒน์ และทางภาคเทคนิคอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา

ขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือ ด้วยดีตลอดมา

ขอบคุณบิดา มารดา ผู้ให้กำเนิด และโอบอุ้มเลี้ยงดู ส่งเสริมเล่าเรียน

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากคู่มือฉบับนี้ ผู้จัดทำของมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายพงศธร เจริญเนติศาสตร์

นายสุวัฒน์ พิเศษชีพ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1.บทนำ	1
บทที่ 2. ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 ระบบโทรศัพท์	2
2.2 สัญญาณพื้นฐานในระบบโทรศัพท์	2
2.3 เครื่องโทรศัพท์	6
2.4 การเปลี่ยนเสียง	23
บทที่ 3 แนวทางการออกแบบและการสร้าง	32
3.1 ส่วนของตัวเครื่องโทรศัพท์	32
3.2 ส่วนของวงจรเปลี่ยนเสียง	36
3.3 การเชื่อมต่อวงจรเปลี่ยนเสียงกับวงจรโทรศัพท์	37
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	38
4.1 การทดลองชุดเครื่องโทรศัพท์	38
4.2 การทดลองชุดเปลี่ยนเสียง	40
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	43
บรรณานุกรม	44
ภาคผนวก ก รายละเอียดของวงจร	46
ภาคผนวก ข คู่มือไอซี	50

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโหมดการทำงานกับลอจิกของ MUTE และ MS	16
2.2 แสดง 4 บิทดิจิตอลทูอนาล็อก	26
2.3 Truth – table for D/A Converter	29
2.4 Truth – table for A/D Converter	31

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับคู่สายโทรศัพท์	3
รูปที่ 2.2 แสดงพื้นฐานของเครื่องโทรศัพท์	5
รูปที่ 2.3 ผังของเครื่องรับโทรศัพท์	6
รูปที่ 2.4 แสดงค่าป้องกันค่าแรงดันสูงๆและการกลับขั้ว	8
รูปที่ 2.5 ผังภายในของ MC34114	9
รูปที่ 2.6 วงจรสมมูลย์ของการอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์	10
รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vr,Ir,Vcc	10
รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขยายของ AGC และแรงดันที่ขา 9	11
รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vdd และIdd	12
รูปที่ 2.10 วงจรส่วนอินพุทของ MC34114	12
รูปที่ 2.11 ผังและอุปกรณ์ภายนอกของ MC34114	14
รูปที่ 2.12 เครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อชุมสาย	18
รูปที่ 2.13 การกำเนิดสัญญาณหมายเลขแบบ Dial Pulse	18
รูปที่ 2.14 วงจรผลิตสัญญาณ DTMF โดยไอซี TCM5087	20
รูปที่ 2.15 วงจรกระดิ่ง	21
รูปที่ 2.16 Electronic Ringer	22
รูปที่ 2.17 ผังการทำงานของชุดเปลี่ยนเสียง	23
รูปที่ 2.18 การใช้ A/Dและ D/A Converter ในระบบอีเล็คทรอนิคส์	23
รูปที่ 2.19 D/A Converter	25
รูปที่ 2.20 Binary ladder	27
รูปที่ 2.21 Op-Amp	28
รูปที่ 2.22 วงจร D/A Converter	30
รูปที่ 2.23 A/D Converter	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.1 ผังของโครงงานที่ได้สร้าง	32
รูปที่ 3.2 วงจรเสียงพูด	33
รูปที่ 3.3 วงจรกระดิ่ง	34
รูปที่ 3.4 วงจรรวมของเครื่องโทรศัพท์	35
รูปที่ 3.5 วงจรรวมชุดเปลี่ยนเสียงพูด	36
รูปที่ 3.6 ผังแสดงการเชื่อมต่อระหว่างชุดเปลี่ยนเสียงพูดกับวงจรโทรศัพท์	37
รูปที่ 4.1 เอาท์ของวงจรเสียงพูดเมื่อป้อนสัญญาณซายน์เวฟความถี่ 2 KHz	38
รูปที่ 4.2 สัญญาณความถี่คู่ที่ได้จากการกดหมายเลข 1	39
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท ที่ความที่ 400 Hz VR ต่ำสุด	40
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท ที่ความที่ 400 Hz VR สูงสุด	41
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท ที่ความที่ 2 KHz VR ต่ำสุด	42
รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท ที่ความที่ 2 KHz VR สูงสุด	42

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการใช้โทรศัพท์มีความจำเป็นเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากความเจริญ ทางด้านสังคมและธุระกิจ ตลอดจนเทคโนโลยีใหม่ๆซึ่งการทำให้โทรศัพท์มีความสามารถหลายๆทางย่อมเกิดประโยชน์และสะดวกในการติดต่อสื่อสาร เช่นเครื่องรับโทรศัพท์สามารถตอบรับได้เองโดยอัตโนมัติ มีการป้องกันการดักฟัง ตลอดจนสามารถบันทึกข้อความต่างๆได้

ส่วนที่ยังไม่ค่อยมีใช้กัน ก็คือ โทรศัพท์ที่สามารถเปลี่ยนเสียงได้ เนื่องจากเกรงว่าจะมีการนำไปใช้ในทางมิชอบ ซึ่งผิดจาบรรณของนักประดิษฐ์ แต่ในทางกลับกัน โทรศัพท์ที่เปลี่ยนเสียงได้จะมีประโยชน์ ทางด้านการป้องกันการคุกคามทางโทรศัพท์กรณีที่มีพวกโรคจิตโทรมาก่อกวน หรือ กรณีที่ไม่ต้องการให้บุคคลอื่นจำเสียงได้ โครงงานนี้จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ เพื่อความสบายใจของผู้รับโทรศัพท์ที่เป็นสุภาพสตรี กรณีที่มีผู้ที่ไม่รู้จักโทรมา

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิกและผู้รู้หมายเลขหมายของสมาชิกให้สมาชิกเรียกสลับคู่สนทนาธุระ ต่าง ๆ โดยลดการเดินทางโดยไม่จำเป็นลงได้

ผู้เรียก (Calling Subscriber) หรือสมาชิกผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียกจะด้วยการแจ้งให้พนักงาน ช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับเมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของเครื่องโทรศัพท์อัตโนมัติ

ผู้รับ (Called Subscriber) หรือ ผู้ถูกเรียก คือ ผู้ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Signal)

คู่สายสมาชิก (Subscriber Line) คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนจากเสียงพูด แจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์ ท้องถิ่นไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ (Automatic Telephone Switching) คือเครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้รับโดยอัตโนมัติ

การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับคู่สายโทรศัพท์จะเป็นดังรูป ที่ 2.1

2.2 สัญญาณพื้นฐานในระบบโทรศัพท์

สัญญาณ (Signaling) คือ ข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเรื่องรับโทรศัพท์ กับชุมสายหรือข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่วไป ของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบันมีอยู่ 4 หน้าที่ คือ

1.การเตรียมพร้อม (Alerting)

2.การส่งที่อยู่ของข่าวสาร (Transmitting Address Information)

3.การตรวจตรา (Supervising)

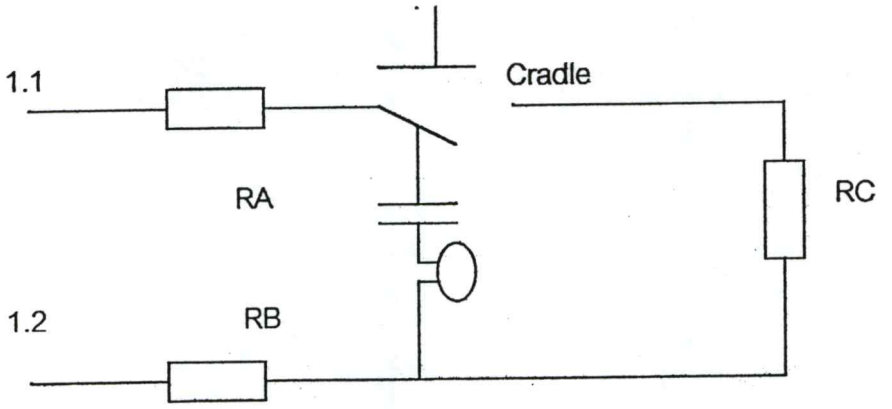
4.ส่งสัญญาณ ข่าวสาร (Transmitting Information Signaling)

2.2.1 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)

2.2.1.1 สัญญาณที่ส่งมาจากผู้เช่า

. Off Hook คือ สภาพผู้เช่ายกหู โทรศัพท์จะมีสภาพ Closed Loop (Low Impedance)

On Hook คือ สภาพผู้เช่าวางหู หรือสภาพว่างโทรศัพท์จะมีสภาพ Open Loop (High Impedance)



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับคู่สายโทรศัพท์

RA, RB = ค่าความต้านทานของสายโทรศัพท์

RC = ค่าความต้านทานของเครื่องโทรศัพท์ กับคู่สายโทรศัพท์

. Dialing คือ สภาพที่ผู้เช่าหมุนหมายเลข ถ้าเครื่องเป็นแบบโรตารี่ (Rotary dialer) สัญญาณที่ได้จะเป็นพัลส์ ค่าอิมพีแดนซ์ จะสูงต่ำสลับกันไปตามการหมุนของเลขหมาย และถ้า เครื่องเป็นแบบ ทัชโทน (Touch tone)สัญญาณที่ได้ จะเป็นความถี่ DTMF ส่งออกไปชุมสาย

2.2.1.2 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

. Dialing Tone คือสัญญาที่ถึงบอกถึงสภาพการ ว่างของอุปกรณ์ชุมสาย และชุมสายพร้อมที่จะรับ Code ที่ทำการหมุนเข้ามา สัญญาณไดอัลโทน (Dial Tone) นี้จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425 Hz มอดูเลทด้วยความถี่ 50 Hz ผู้เช่าจะได้ยินเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์

. Busy Tone คือ สัญญาณที่บอก ให้ทราบว่าอุปกรณ์ ชุมสายไม่ว่าง ถ้ายกหูแล้วได้ยินสัญญาณนี้แสดงว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง และถ้าได้ยินสัญญาณนี้หลังจากการ หมุนเลขหมายแล้ว แสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง ลักษณะสัญญาณที่จะเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วง ๆ คือ ส่ง 0.3 วินาที หยุด 0.5 วินาที โดยมีความถี่ของสัญญาณเท่ากับ 425 Hz Sine Wave

.Ringing Tone เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขครบแล้วเพื่อบอกให้ทราบว่าการต่อกระทำได้สำเร็จ ในขณะนี้ชุมสายจะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal)

ไปยังผู้เรียก โดยมีความถี่ของสัญญาณเท่ากับ 425 Hz sine Wave โดยจะส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกโดยจะมีการส่ง 1 นาที หยุด 4 วินาที

. Ringing Signal เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 25 Hz มีค่าแรงดัน 70 - 90 V rms โดยส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกโดยจะมีการส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

. สัญญาณโทนอื่น ๆ เช่น Nu Tone (Number Tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีการใช้งานอยู่

รูปที่ 2.2 แสดงถึงลักษณะรูปคลื่นของสัญญาณ Dial Tone, Busy Tone , Ring Back Tone และ Ringing Tone

2.2.2 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter Exchange Signaling)

สัญญาณพื้นฐานมีอยู่ 5 ประเภท คือ

2.2.2.1 สัญญาณจับวงจร (Seizure) เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเลขหมายของผู้ถูกเรียกที่ส่งมา

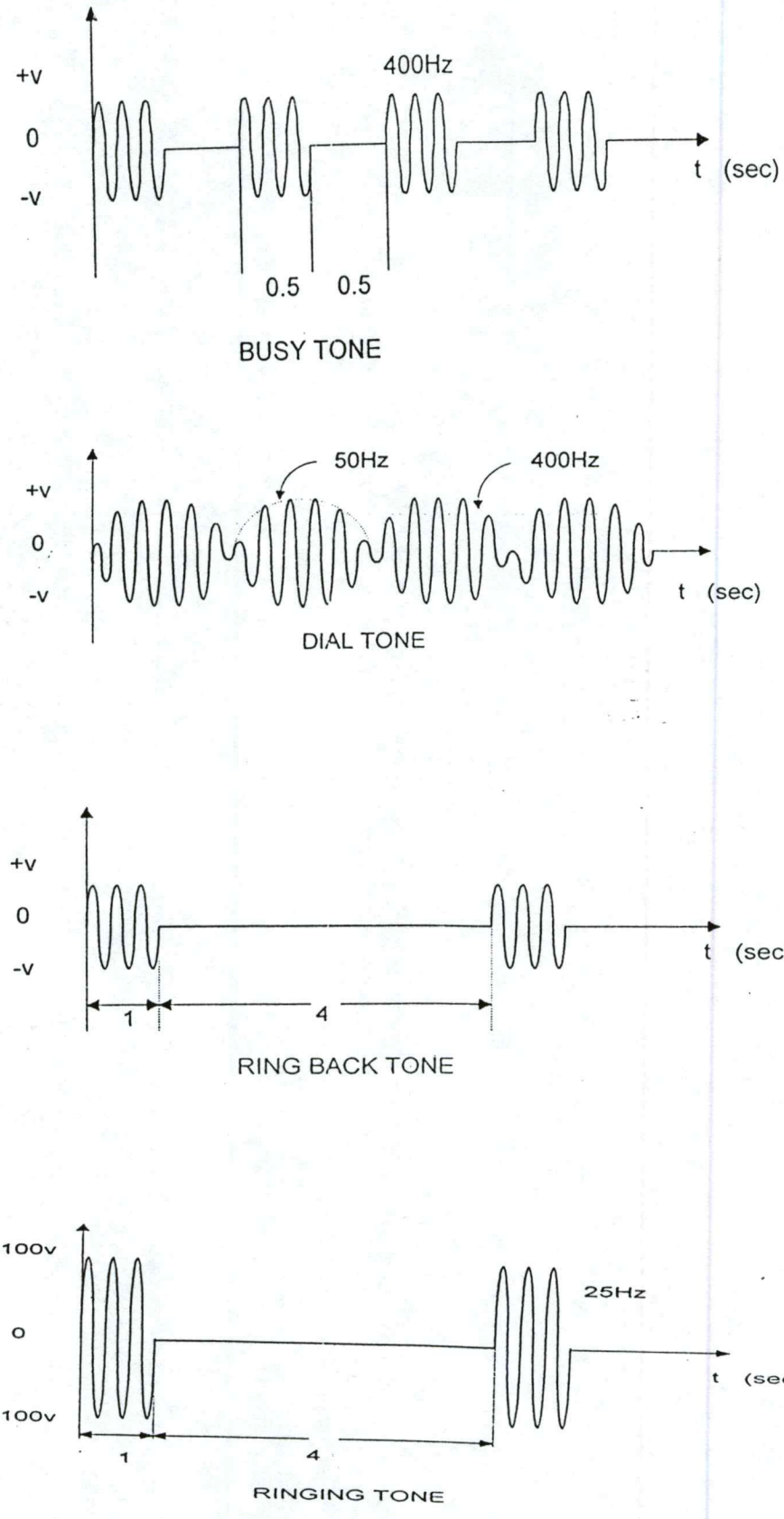
2.2.2.2 Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมายหรือประเภทของผู้เช่า

2.2.2.3 สัญญาณตอบรับ (Answer Signal) สัญญาณนี้ถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B ยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณนี้คือ

- เริ่มต้นคิดเงิน
- ส่งสัญญาณคิดเงิน
- ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

2.2.2.4 สัญญาณยกเลิกการต่อตรง(Clear – Forward)จะถูกส่งเมื่อฝ่าย A วางหูผลของสัญญาณ นี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่าง ๆ

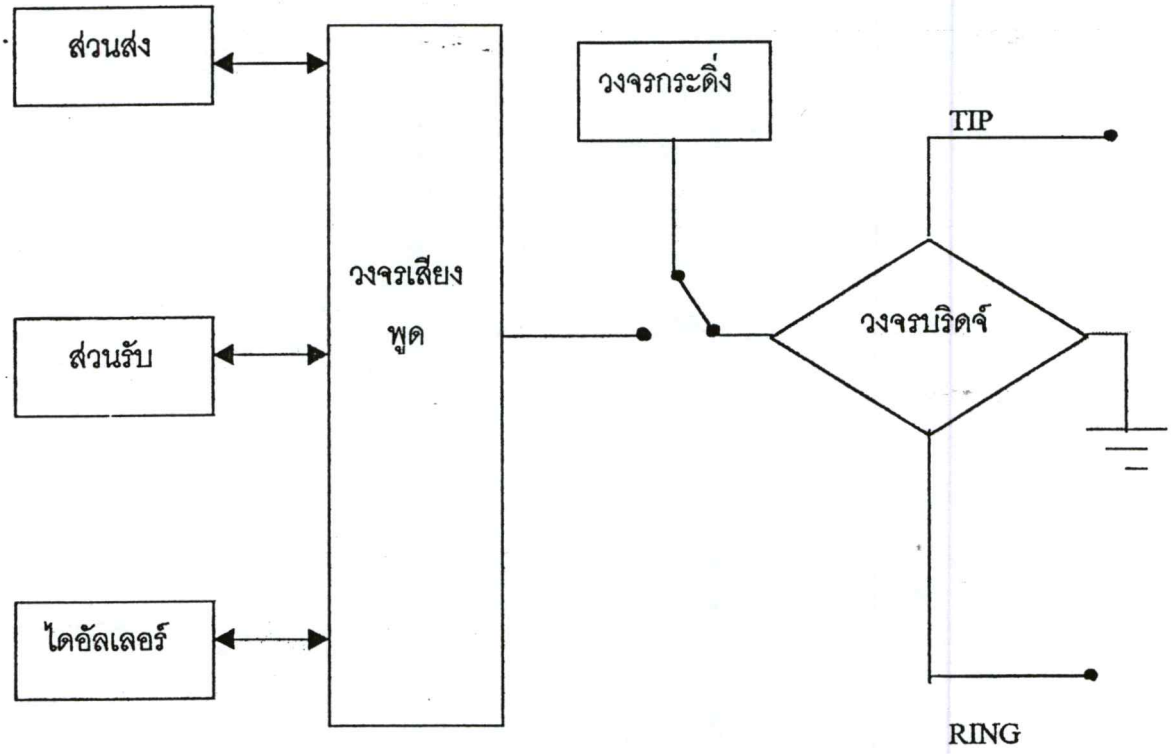
2.2.2.5 สัญญาณยกเลิกการต่อกลับ (Clear – Back) จะถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B วางหูผลของสัญญาณนี้ จะทำให้ชุมสายต้นทาง เริ่มต้นการจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90 - 120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อมาพร้อมกับส่งสัญญาณ Clear – Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิก เช่นกัน



รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์

2.3 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ ส่งเสียงพูดของผู้เช่าให้ผ่านคู่สายโทรศัพท์ไปยังคู่สนทนา และรับเสียงของคู่สนทนา จากคู่สายโทรศัพท์ มาขยายออกหูฟัง ให้ผู้ใช้ได้ยิน นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ ส่งสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสายโทรศัพท์ เพื่อแจ้งให้ชุมสายทราบว่า ผู้มาใช้ต้องการติด ต่อไปยังคู่สายใด เมื่อชุมสายทำการติดต่อไปยังคู่สายปลายทางได้ผลประการใด ก็จะมีสัญญาณจาก ชุมสายแจ้งมาให้ทราบ ส่วนประกอบต่างของเครื่องโทรศัพท์จะเป็นดังรูปที่ 2. 3



รูปที่ 2.3 ผังของเครื่องรับโทรศัพท์

เครื่องรับโทรศัพท์มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

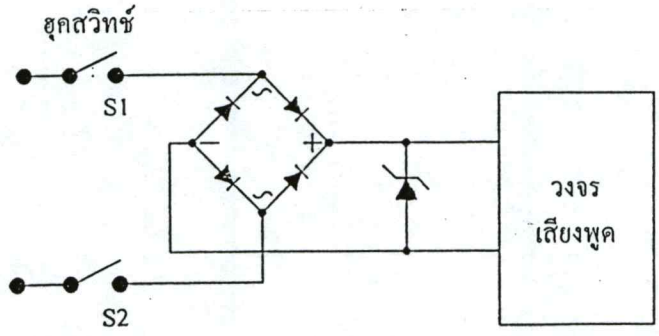
1. วงจรเสียงพูด (Speech network)ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากระบบทูไวร์เป็นระบบโฟร์ไวร์ ขยายสัญญาณทางด้านรับและด้านส่ง ควบคุมระดับ ไซด์โทน
2. ไดอัลเลอร์ (Dialer) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณ เลขหมายโทรศัพท์ เพื่อส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์
3. วงจรส่งเสียงพูด (Transmitter) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ เสียงพูดของผู้ใช้ไปยังคู่สนทนาโดยใช้ไมโครโฟนแปลงเสียงพูดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านวงจรเสียงพูดไป
4. วงจรรับเสียงพูด (Receiver) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้า ที่มาจากคู่สายโทรศัพท์ ให้เป็นเสียง (Voice) ตามเดิม
5. วงจรกระดิ่ง (Ringer)ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณเรียกจากชุมสายโทรศัพท์แล้วแปลงเป็นสัญญาณเสียงเพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่ามีผู้ต้องการติดต่อด้วย
6. ฮุคสวิทช์ (Hook Switch) ทำหน้าที่ตัดต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับคู่สาย มีสองสภาวะคือ สภาวะยกหู (Off Hook) และสภาวะการวางหู (On Hook)
7. วงจรบริดจ์ (Polar Guard Bridge) ทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายไปเลี้ยงวงจรและป้องกันการสลับขั้วของกระแสไฟ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ผ่านสัญญาณไฟฟ้าทั้งบวกและลบไปในวงจร รวมทั้งเป็นส่วนสร้างกราวด์ให้กับเครื่องโทรศัพท์

วงจรในการป้องกันไฟจากสายโทรศัพท์ (Protection Circuit)

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่ว ๆ ไป สัญญาณทรานเซียนส์ (Transient) ที่มีระดับแรงสูง ๆ จะสามารถทำลายอุปกรณ์จำพวกทรานซิสเตอร์และไอซีต่าง ๆ ได้สำหรับสาเหตุที่ทำให้เกิดสัญญาณทรานเซียนส์มีหลายประการ อาทิ เช่นฟ้าผ่า การสวิทช์ของอุปกรณ์สวิทช์ชิ่งหรือผลอันเนื่องมาจากขดลวดเหนี่ยวนำที่แฝงอยู่ในสายส่งสัญญาณ ดังนั้นวงจรป้องกันสัญญาณทรานเซียนส์ จึงมีความสำคัญเป็นอันมากเพราะเหตุที่ว่าในปัจจุบันนี้เรายังไม่สามารถผลิตไอซีที่มีแรงดันพังทลาย (Voltage breakdown) ค่าสูงได้ ทาง ป้องกันทางหนึ่งก็คือการเลือก ใช้ซีเนอร์ไดโอดมาช่วยในการป้องกันสัญญาณ ทรานเซียนส์ค่าสูง ๆ เมื่อระดับแรงดันอินพุททรานเซียนส์มีค่าสูงกว่าแรงดันพังทลายของซีเนอร์ไดโอดซีเนอร์ไดโอดก็จะนำกระแสและ รักษาแรงดันตกคร่อมตัวมันให้คงที่ สำหรับในวงจรใดที่มีการสลับขั้ว ของสัญญาณอินพุท ก็จะใช้ ซีเนอร์ ไดโอด 2 ตัวมาต่อแบบหลังชนหลัง (back to back)

ในการทำงานของวงจรโทรศัพท์ทั่วไป หากมีการสลับขั้วของสัญญาณอินพุท ที่มีไฟตรงจะก่อให้เกิดผิดพลาดขึ้น แก่การทำงาน ของวงจรได้ จึงมีการใช้วงจรบริดจ์เรคติไฟร์ เข้ามาช่วยในการทำงานให้สัญญาณไฟตรงมีขั้วเดิมตลอดเวลา

วงจรบริดจ์เรคติไฟร์ นั้นสามารถสร้างได้โดยการใช้ไดโอด 4 ตัวต่อกันตามรูปที่ 2.4 เนื่องจากซิลิกอนไดโอดสามารถทนต่อแรงดันสูง ๆ ได้ดี จึงใช้ซีเนอร์ไดโอดป้องกันเฉพาะวงจรเสียงพูดเท่านั้น

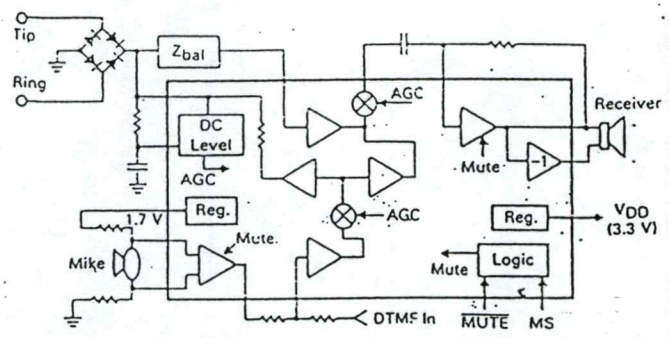


รูปที่ 2.4 แสดงการป้องกันแรงดันค่าสูง ๆ และการกลับขั้ว

ในวงจรบริดจ์เรคติไฟร์ ที่ใช้ซิลิกอนไดโอดนั้น มีแรงดันฟอร์เวิร์ดไบอัสตกคร่อมประมาณ 1.5 โวลท์ ถ้าในวงจรควบคุมเสียงพูด ถูกออกแบบให้ทำงานได้ที่ไฟเลี้ยง อย่างต่ำ 3.5 โวลท์ ดังนั้นแรงดันไฟเลี้ยงอย่างต่ำที่สุด ที่เข้าสู่วงจรบริดจ์เรคติไฟร์จะต้องเป็น 5 โวลท์ จึงจะสามารถทำให้วงจรควบคุมเสียงพูดทำงานได้

วงจรควบคุมเสียงพูด

วงจรควบคุมเสียงพูดแบบสองทิศทาง (Two way Speech circuit) เป็นอีกส่วนหนึ่งภายในเครื่องโทรศัพท์ที่จัดว่ามีความสำคัญ ต่อการทำงานของตัวเครื่องโทรศัพท์ เพราะเป็นส่วนที่จะต้องทำงานเกี่ยวกับสัญญาณเสียงพูดที่เราพูดผ่านไมโครโฟน หรือสัญญาณเสียงที่จะได้ยินจากคู่สนทนา ข้อสำคัญของการออกแบบวงจรนี้คือ การแมตชิ่งอิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณ จากชุมสายกับอิมพีแดนซ์ของวงจร ซึ่งจะต้องมีความใกล้เคียงกันมากที่สุดเพื่อประสิทธิภาพของการส่งสัญญาณ

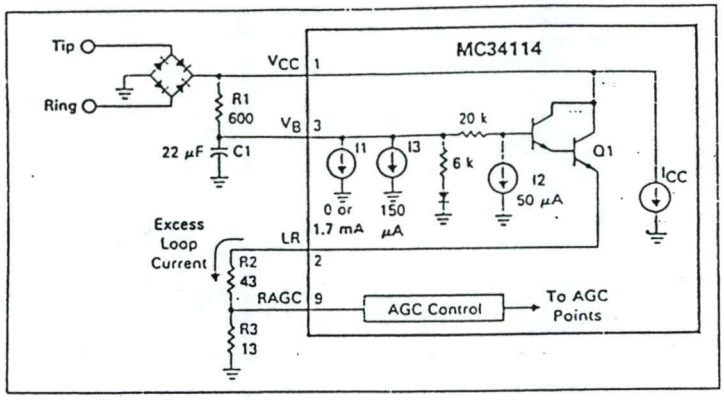


รูปที่ 2.5 ผังภายในของ MC 34114

รูปที่ 2.5 เป็นวงจรภายในของไอซี MC34114 ซึ่งประกอบด้วยวงจรเสียงพูดที่มีวงจรไฮบริดจ์ (วงจรแยกระบบสายส่งจาก ทูไวร์ เป็น โฟร์ไวร์) วงจรเชื่อมต่อกระแสไฟตรงที่อยู่กับสายทิปกับริง สามารถปรับแต่งอัตราการขยายสัญญาณของด้านส่ง ด้านรับและไซด์โทน (Sidetone) การที่เสียงพูดของผู้พูดสามารถได้ยินในส่วนของหูฟัง เพื่อให้ทราบได้ว่าเราควรจะพูดดังค่อยขนาดไหน ในการติดต่อกัน) และมีส่วนวงจรชดเชยผลอันเนื่องมาจากความยาวของสายส่งสัญญาณ (Line Length compensation) ที่อัตราการขยายเปลี่ยนแปลงตามกระแสในรูป รวมทั้งวงจรขยายไมโครโฟนแบบผลต่างเพื่อที่จะลดการรบกวนเนื่องจากความถี่วิทยุ

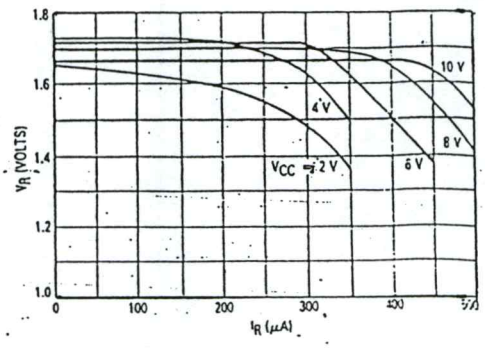
วงจรเชื่อมต่อกับไฟตรงของ MC34114

วงจรเชื่อมต่อกับไฟตรง (ขา 1,2,3) จะกำหนดคุณสมบัติของไฟตรงจากกระแสในรูป จากรูปที่ 2.6 ระดับแรงดันไฟตรงที่ Vcc ถูกจำกัดโดยการยกระดับแรงดันของขา 1 กับขา 2 บวกแรงดันตกคร่อม R2 และ R3 ไอซี MC34114 ต้องการ Icc เป็นกระแสไบอัสภายใน ซึ่งปกติมีค่าประมาณ 10 mA เราสามารถที่จะลดกระแส Icc หากจำเป็นโดยการเพิ่มค่า R12



รูปที่ 2.6 วงจรสมมูลย์ของการอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์

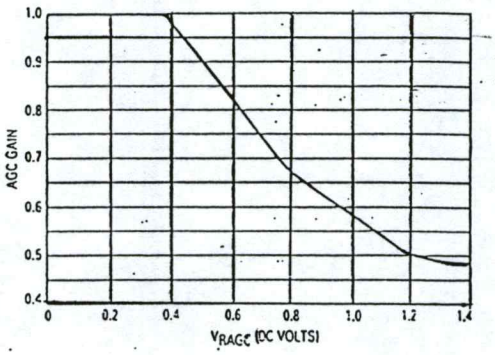
ในระหว่างการพูดและการส่งสัญญาณแบบพัลส์ ตัวกำเนิดกระแส I1 ไม่ทำงาน การยกระดับแรงดันจะตกลงไปเนื่องจากขา B และ E ของทรานซิสเตอร์ Q1(ประมาณ 1.4 โวลท์) 1 โวลท์ คร่อม ความต้านทาน 20 กิโลโอห์ม และแรงดันตกคร่อม R1 ซึ่งทำให้ Vcc จะเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.15 ไปจนถึงประมาณ 1.0 โวลท์ เมื่อกระแสรูปที่มาจากขั้วทิปกับขั้วริงมีค่าเกินกว่า Icc จะต้องการกระแสที่เกินจะไหลผ่าน Q1 ,R2,R3 เพื่อให้เป็นไปตามคุณสมบัติของ V - I ตามรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR , IR และ Vcc

ในการส่งสัญญาณแบบโทน แหล่งจ่ายกระแส I1 ทำงาน ทำให้มีกระแสไหลผ่าน R1 เพิ่มขึ้น 1.7 mA ยกระดับแรงดันขึ้นอีกประมาณ 1.0 โวลท์ (เมื่อ R1 มีค่า 600 โอห์ม) คุณสมบัติพิเศษนี้

เป็นการประกันได้ว่าเมื่อกระแสลูปมีค่าน้อย จะมีแรงดันที่ Vcc มากสำหรับสัญญาณ DTMF และแหล่งจ่ายแรงไฟ V_{DD} จะสามารถจ่ายแรงดันที่พอเพียงไปให้ส่วนแป้นกดสัญญาณภายนอก กระแส Icc ในการทำงานแบบนี้จะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.3 mA ความต้านทาน R1 ใช้ได้ตั้งแต่ 100 ไปจนถึง 1800 โอห์ม ถ้าใช้ค่าที่มากเกินไปกระแสที่ไหลไปยัง V_B จะมีค่าไม่เพียงพอ แต่ถ้ามีค่าน้อยเกินไปการกรองที่ V_B จะไม่เป็นผล ถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มค่า C1 ก็ตาม (สัญญาณเสียงพูดจะถูกกรองโดย V_B) แรงดันตกคร่อม R3 เป็นตัวควบคุมการทำงาน ของ AGC (เป็นส่วนชดเชยผลอันเนื่องมาจากความยาวของสายส่งสัญญาณ) เมื่อความต้านทานที่คร่อม RAGC เพิ่มขึ้นจากประมาณ 0.4 โวลท์ไปเป็น1.2 โวลท์ ส่วนควบคุมการทำงานของ AGC จะเปลี่ยนอัตราการขยายของกระแสของ AGC ตั้งแต่ 1.0 ไปถึง 0.5 ซึ่งจะลดอัตราการขยายของส่วนรับและส่งประมาณ 6 dB ตามรูปที่ 2.8



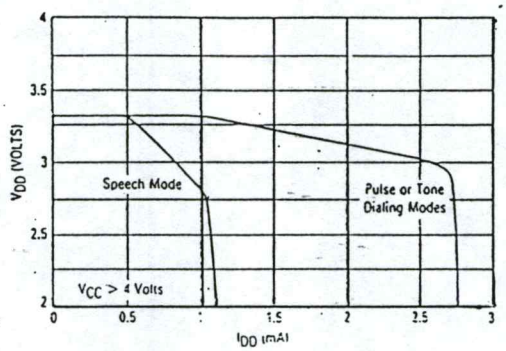
รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขยาย ของ AGC และแรงดันที่ขา 9

ค่าของ R2 และ R3 สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีการเพิ่มเติมวงจรที่ใช้กระแสจากรูปอาทิ เช่น ไมโครโปรเซสเซอร์ต่าง ๆหรือเพื่อเปลี่ยนแปลงจุดเริ่มต้นการทำงานของ AGC ถ้าหากจะไม่ใช้งาน AGC ควรจะต่อขา 9 ลงกราวด์ เพื่อจะให้ได้อัตราการขยายที่สูงสุด หรือต่อเข้ากับ V_g เพื่อให้ได้อัตราขยายต่ำสุด

ตัวจ่ายแรงดันคงที่

ไอซี MC34114 มีตัวจ่ายแรงดันคงที่ สองตัว เพื่อจ่ายแรงดันให้ทั้งวงจรภายในและวงจรภายนอก ตัวจ่ายแรงดันคงที่ V_g จ่ายแรงดัน 1.7 โวลท์ ที่กระแสสูงสุด 500 uA (ตามรูป 2.5) ซึ่งผลที่ได้ดังนี้จะนำไปใช้ไบอัสขา 10 (TXI) และไบอัสไมโครโฟนโดยปกติ V_g มีค่าน้อย กว่า Vcc ประมาณ 0.3 โวลท์ เมื่อ Vcc มีค่าน้อยกว่า 2.0 โวลท์ ตัวจ่ายแรงดันคงที่ V_{DD} จ่ายแรงดัน 3.3 โวลท์ที่กระแสสูงสุด 1.0 mA ในขณะใช้พูดแบบปกติและกระแสสูงสุด 2.5 mA ในการส่งสัญญาณ

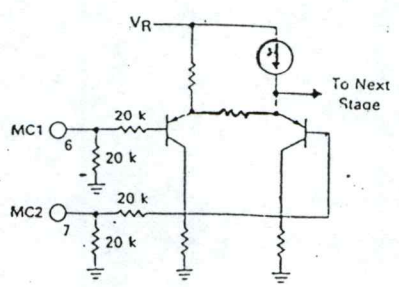
แบบพัลส์หรือโทนตาม รูปที่ 2.9 ปกติเราใช้ V_{DD} ในการจ่ายพลังงานให้กับวงจรแป้นกดที่อยู่ภายนอก รวมทั้งวงจรอื่นที่ต่ออยู่ด้วยกัน ปกติ V_{DD} จะมีค่าน้อยกว่า V_{CC} ประมาณ 0.5 โวลท์ มีค่าต่ำกว่า 1.4 โวลท์ คุณลักษณะนี้จะช่วยป้องกันการกินกระแสจากแบตเตอรี่ช่วยคงหน่วยความจำของวงจรแป้นกด เมื่อ Vcc มีค่าเป็น 0 กระแสรั่วไหลมีค่า 0.02 uA เมื่อป้อนแรงดันไม่เกิน 6.0 โวลท์ เข้าที่ V_{DD} โดยที่ขา 17 เปิดวงจรหรือต่อกับ V_{DD} หากขา 17ต่อลงกราวด์ กระแสหลายร้อย uA จะไหลเขา V_{DD} และไหลลงกราวด์ที่ขา 17



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{DD} และ I_{DD}

วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน

วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน (ขา 6,7,8) มีสัญญาณเข้าแบบผลต่าง (Differential) สัญญาณออกแบบซิงเกิลเอนด์ และอัตราขยายภายในคงที่ + 30 dB เอาท์พุทตรงเฟสกันกับ MC2 และสลับกันกับ MC1 อินพุทตามรูปที่2.10 มีความต้านทาน 20 กิโลโอห์มและแมตชิ่งเป็นอย่างดี เพื่อ CMRR (Common mode Rejection) ที่สูง (ประมาณ 26 dB) เพื่อที่จะมีการขจัดสัญญาณจากการเหนี่ยวนำจากสายนำสัญญาณที่ไม่ต้องการ (CMMR มีค่าสูง) ไมโครโฟนจึงมีการไบอัสจากความต้านทานที่มีค่าเท่ากันดังในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 วงจรส่วนอินพุทของ MC34114

เอาท์พุท (MCO) มีแรงดันไบอัสตรงอยู่ประมาณ 1.1 โวลท์ (เมื่อ Vcc มีค่ามากกว่า 3.0 โวลท์) มีอัตราการแกว่งประมาณ 2.0 โวลท์ (แกว่ง 500 mV เมื่อ Vcc มีค่า 1.2 โวลท์) เอาท์พุทอิมพีแดนซ์มีค่า ประมาณ270 โอห์มและมีกระแสสูงสุดประมาณ160 uA ที่ 5 %ของ THD(Total Harmonic Distortion)

เมื่อ MC 34114 อยู่ในระหว่างการส่งสัญญาณหมุน วงจรขยายไมโครโฟนจะถูกลดกำลังการส่งลงประมาณ 70 dB (300 – 400 kHz) ซึ่งเพียงพอในการหยุดการทำงานของไมโครโฟนระดับแรงดันไฟตรงที่ MCO มีค่าประมาณ 80 mV เมื่อถูกลดกำลังลง

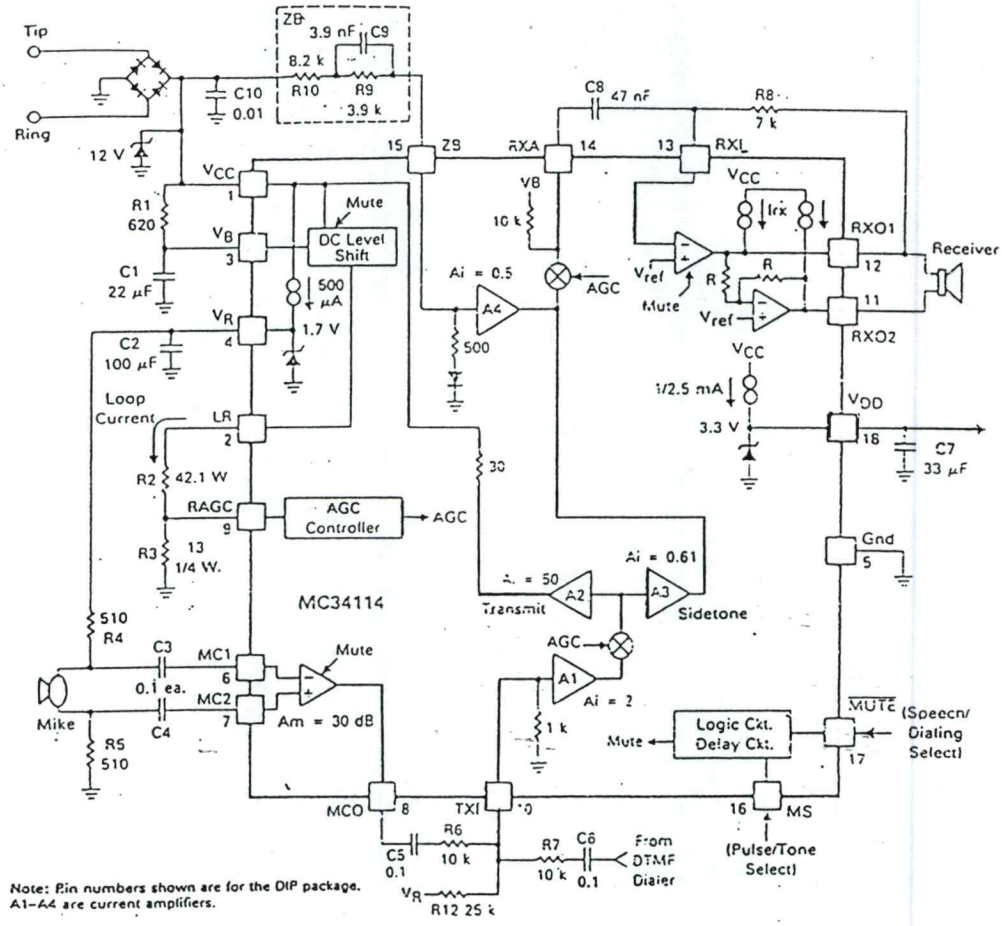
วงจรในการส่งสัญญาณ

วงจรในการส่งสัญญาณออกไปมีอุปกรณ์ดังรูปที่ 2.11 แรงดันเอาท์พุทที่ MCO ถูกเปลี่ยนไปเป็นกระแสเข้า TXI โดย C5 ,R6 และความต้านทานภายในของ TXI 1 กิโลโอห์ม A_1 และA_2 คืออุปกรณ์ขยายกระแสที่มีอัตราขยายรวมกันเป็น 100 AGC ที่เข้ามามีค่าเป็น 1 เมื่อมีกระแสลูปน้อยและลดลงเป็น 0.5 เมื่อกระแสลูปมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะทำให้อัตราการขยายจาก TXI ไปจนถึง VCC กระทำต่อ R 1 และอิมพีแดนซ์ของสายส่ง (ประมาณ 600) ก่อให้เกิดแรงดันที่ Vcc และเช่นกันที่ขั้วทิปกับริง ระดับแรงดัน ระหว่างขา MCI – MC2 และขั้วทิปกับริงมีค่าตามสมการ (2.1)

$$G_{TX} = (AM * 100 * AGC * R1 / Z_{LINE}) / (R6 + 1000) \qquad (2.1)$$

เมื่อ Am เป็นอัตราการขยายของอุปกรณ์ขยายไมโครโฟน (31.1 V/V) ที่กระแสรูปค่าน้อย ๆ G_{TX} มีค่าเป็น 42 V/V ที่กระแสรูปค่ามาก ๆ

สัญญาณที่ Vcc กลับเฟสกันกับสัญญาณที่ TXI แต่มีเฟสเดียวกันกับสัญญาณที่ MC 1



รูปที่ 2.11 ผังและอุปกรณ์ภายนอกของ MC 34114

วงจรในการรับสัญญาณ

วงจรที่ใช้รับสัญญาณเข้ามามีอุปกรณ์ในรูปที่ 2.11 ซึ่งโดยปกติมีค่า 600 โอห์ม จะเป็นตัวกำหนดจุดสิ้นสุดของสายส่ง (เป็น Return loss)ของสัญญาณที่ส่งมาจากขั้วทิปและริงสัญญาณที่ได้รับจะสร้างกระแสไฟฟ้าสลับผ่าน ZB Network Impedance Network) และความต้านทาน 500 โอห์ม ที่ขา ZB A 4 จะลดกระแสลงครึ่งหนึ่งแล้วส่งต่อไปให้ AGC แล้วผ่าน C8 ไปยัง RXI (จุดรวมอัตราการขยาย ซึ่งถ้า C8 มีค่ามากRXA จะเปรียบเป็นกราวด์เสมือน และไม่มีกระแสไฟสลับไหลผ่าน ความต้านทานภายใน 10 กิโลโอห์ม) แรงดัน RXO1 ถูกกำหนดโดยกระแสจาก C8 และความต้านทานป้อนกลับ R8 ออปแอมป์ตัวที่สอง (ที่ขา RX02) มีการกำหนดไว้แล้วว่าให้มีการขยายขั้วสลับขั้วและมีอัตราการขยายเป็น 1 (Inverting Unity Gain) อัตราการขยายแรงดันจากขั้วทิปกับริงไปยัง RX01 – RX02 มีค่าตามสมการต่อไปนี้

$$G_{RX} = (R\,8 * AGC) / (ZB + 500) \qquad (2.2)$$

เมื่อ $ZB = R\,10 + R\,9 = R\,10 + R\,9$

เมื่อใช้ค่าของอุปกรณ์ตามรูปที่ 2.11อัตราการขยายจะมีค่าประมาณ 0.495 V/V (-6.1 dB) เมื่อการแสในลูปมีค่าน้อย และอัตราการขยายกลายเป็น = 0.25 V/V (-12 dB) เมื่อมีกระแสในลูปสูง

เมื่อ MC 34114 อยู่ในระหว่างกานส่งสัญญาณเลขหมายออก (MUTE มีค่าเป็น 0) อัตราการขยายของวงจรภาครับจะลดลง ด้วยเพราะมีการต่อ R_{FINT} ที่มีค่า 1.0 กิโลโอห์มขนานกับ R 8 อัตราการลดลงของสัญญาณจะมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$G_{RXM} = 20 * \text{Log}\{(R8 + R_{FINT}) / R_{FINT}\} \quad (2.3)$$

เมื่อขา MUTE กลับไปสู่สภาวะ 1 อีกครั้ง จะมีการหน่วงเวลาประมาณ 11 mSec ก่อนที่ความต้านทานจะถูกทำให้กลับไปเป็นสภาวะเดิม เพราะเหตุว่า จะได้ป้องกันสัญญาณทรานเซียนส์อันเนื่องมาจากการส่งสัญญาณแบบพัลส์อันเป็นเหตุให้เกิดเสียงคลิ๊กขึ้นที่หูฟัง

แรงดันไบอัสที่ขา RXI,RXO1 และ RXO2 มีค่าประมาณ 0.65 โวลท์ กระแสไบอัสที่ขา RXI มีค่าประมาณ 50 mA แรงดันสูงสุดที่ RXO1 และ RXO2 อยู่ในเทอมของความต้านทานของหูฟัง และกระแส I_{rx} โดยค่านี้หาได้จากสมการ

$$I_{rx} = (VR * 50 * VGC) / R12 + 1000) \quad (2.4)$$

วงจรขจัดไซด์โทน

การขจัดไซโทนสามารถทำได้ โดยกานำเอาตัวขยายกระแส A_3 , มาสร้างสัญญาณที่คล้ายคลึงกับสัญญาณทางด้านส่ง แล้วนำมาขจัดไซด์โทนที่ผ่านเข้ามาทาง ZB และ A_4 เพื่อที่จะได้การขจัดสัญญาณที่สมบูรณ์ (ไม่มีกระแสสลับออกมาทาง RXA) จำเป็นที่จะต้องให้ ZB มีค่าตามในสมการ

$$ZB = (40 * R1 // Z_{LINE}) - 500 \quad (2.5)$$

ซึ่งเป็น ZB เป็นวงจรที่ประกอบด้วย R9,R10 และC9 และZB เป็นความต้านทานทาง AC ของสายส่ง อุปกรณ์ที่มีปฏิกริยาตอบสนอง ต่อความต้านทาน ของสายส่งสามารถชดเชย ได้โดยการใช้วงจรที่มีมี ปฏิกริยาตอบสนองอย่างเปรียบเทียบกันได้ในรูปที่ 2.11 C9 จะเป็นตัวชดเชยการเลื่อนของเฟสอันเนื่องมาจากสายส่ง

เนื่องจากปกติสายส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อเชื่อมระหว่างชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์จะมีความต้านทาน ตัวเก็บประจุ และ ขดลวดเหนี่ยวนำอยู่ โดยเฉลี่ยแล้ว ทุกๆระยะ 1 ไมล์ที่เพิ่มขึ้นของสายส่งจะเสมือนว่ามีตัวเก็บประจุค่าประมาณ 0.07 uA ต่อคร่อมอยู่ระหว่างสายส่งและมีตัวต้านทาน 42 โอห์ม กับขดลวดเหนี่ยวนำ 1 mH ต่ออนุกรมกันอยู่ ซึ่งอุปกรณ์แฝงเหล่านี้จะมีผลทำให้สัญญาณที่ส่งไปตามสายเกิดการผิดเพี้ยนทั้งขนาดและเวลา ดังนั้นจึงต้องมีวงจรที่สามารถรับรู้ความผิดพลาดเหล่านี้ได้

การเชื่อมต่อกันของสัญญาณลอจิก

ขาอินพุตลอจิก 2 ขาของ MC 34114 ถูกใช้ในการเปลี่ยนแปลงโหมดการทำงานดังตารางที่ 2.1 ต่อไปนี้

Mute	MS	Mode
High	-	Speech
Low	High	Pulse Dailing
Low	Low	Tone Dailing

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโหมดการทำงานกับลอจิกของ MUTE และ MS

ค่าของลอจิก 1 ของขา MUTE มีค่าระหว่าง V_{DD} - 0.5 จนถึง V_{DD} ส่วนค่าลอจิก 0 ของขา MUTE มีค่าระหว่าง 0 – 1 โวลท์ การเปลี่ยนแปลงของลอจิก ต้องมากกว่าค่าเทรชโฮล 2.3 โวลต์ เมื่อขา MUTE เปลี่ยนไปเป็นค่า 0 หรือ ขา MS เกิดการเปลี่ยนแปลงลอจิก การเปลี่ยนแปลงภายในวงจรจะเกิดขึ้น ภายใน 10 us แต่ถ้า ขา MUTE เปลี่ยนเป็นค่า 1 จะเปลี่ยนแปลงหลังจากมีการหน่วงเป็น 11 us เนื่องจากมีการป้องกันสัญญาณทรานเซียนส์ที่เกิดขึ้นจากสัญญาณพัลส์ อันจะทำให้ได้ยินเสียงคลิ๊กทีหูฟัง ขา MS จะทำงานเมื่อขา MUTE มีลอจิก 0 หน้าที่ที่แท้จริงของ MS ก็คือการให้ค่าแรงดันเลเวลชิฟท์แก่ Vccและ LRในการส่งสัญญาณแบบโทนค่าลอจิกที่ 0 มีค่าระหว่าง 0 – 0.3โวลท์ ค่าลอจิก1มีค่า ระหว่าง 2 - V_{DD} โวลท์ ค่าเทรชโชล มีค่า 0.75 โวลท์ เมื่อไม่มีการเลือกการทำงานระหว่างการส่งแบบพัลส์หรือ โทน ให้ต่อลงกราวด์หรือ V_{DD} ห้ามไม่ให้ปล่อยลอยไว้เป็นอันขาด เมื่ออยู่ในภาวะวางหูแรงดันไม่เกิน 6 โวลท์ ต่ออยู่กับ MUTE กระแสรั่วไหล 0.02 uAจะไหลถ้าขา MUTE และ V_{DD}แรงดันเท่ากัน แต่ถ้ารงดันมีค่าไม่เท่ากันแล้ว กระแสจะไหลผ่านตัวต้านทานภายใน และไดโอด หากมีแหล่งจ่ายไฟเพื่อคงหน่วยความจำ ของวงจรแป้นกดต่ออยู่และปรากฏว่ามีแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเพื่อคงหน่วยความจำของวงจรแป้นกดที่V_{DD} ขาMUTE จะต้องต่ออยู่กับV_{DD} หรือ กราวด์มิฉนันแล้ว กระแส 100 – 200 uAจะไหลผ่าน V_{DD} และออกทางขา MUTE

เมื่อ Vcc มีค่าเท่ากับ 0 และมีแรงดันไม่เกิน 6 โวลท์ ต่ออยู่ที่ขา MS จะมีกระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้น 0.01 uA ตลอดเวลาที่ขา MUTE ปล่อยลอยหรือต่อกับ V DD หากขา MUTE ต่อลงกราวด์จะมีความ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

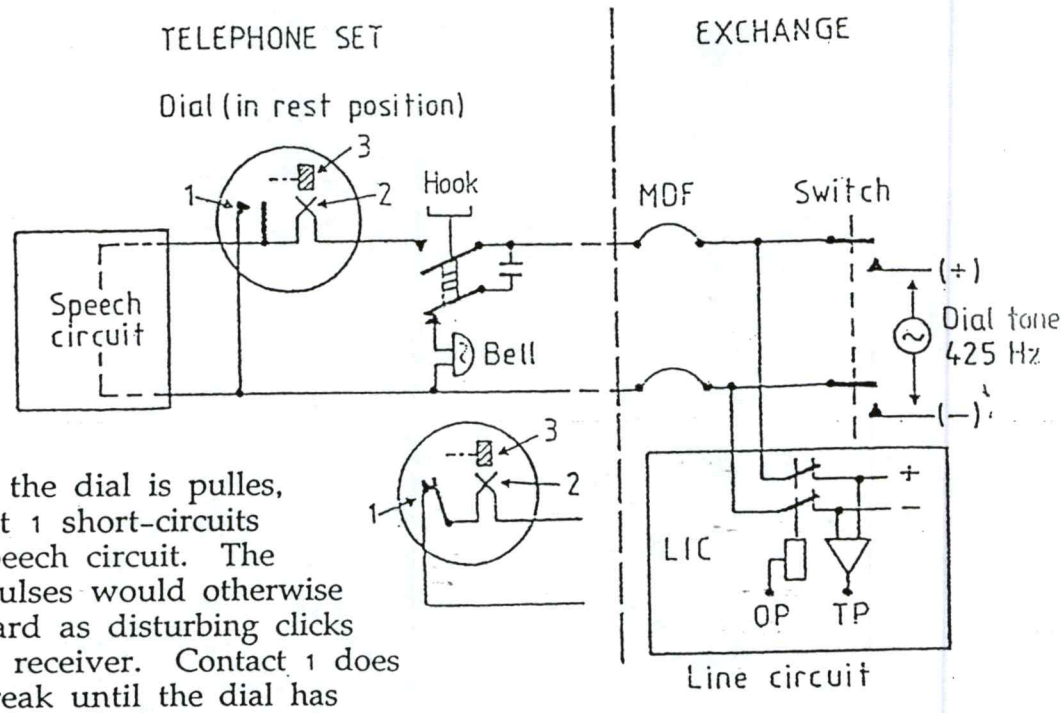
ต้านทาน 3.5 กิโลโอห์ม เกิดขึ้นที่ระหว่าง MS และ MUTE หาก Vcc < 1.5 โวลท์ ขา MUTE จะไม่ทำงานเป็นเหตุให้ MC 34114 อยู่ในการทำงานโหมดสนทนา

ส่วนที่ทำหน้าที่ส่งโค๊ตเลขหมายของผู้ถูกเรียก

1. แบบ PULSE DIALING เป็นวิธีการส่งโค๊ตของเลขหมาย โดยวิธีการตัดต่อเส้นทาง เดินไฟกระแสตรงในสายชั่วขณะ สั้น ๆ จากรูปที่ 2.12 ในการเรียกต่อออก (OUTGOING CALL) ผู้เช่าฝ่ายเรียก (A SUBSCRIBER) จะทำการยกหูโทรศัพท์ HOOK SWTCH จะทำการต่อวงจรเสียงพูด และวงจรหมุน เลขหมาย (DIAL) เข่ากับสายโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ (EXCHANG) จะรับรู้การเรียกจากการตรวจสอบกระแสที่ไหลในสาย เช่นต้องมีค่ามากกว่า 10 มิลลิแอมป์ ขึ้นไป (ค่าความต้านของเครื่องโทรศัพท์ขณะยกหูต้องน้อยกว่า 375 โอห์ม มี กระแส 20 มิลลิแอมป์ ตามข้อกำหนดของฝ่ายวิศวกรรมปี 2525)

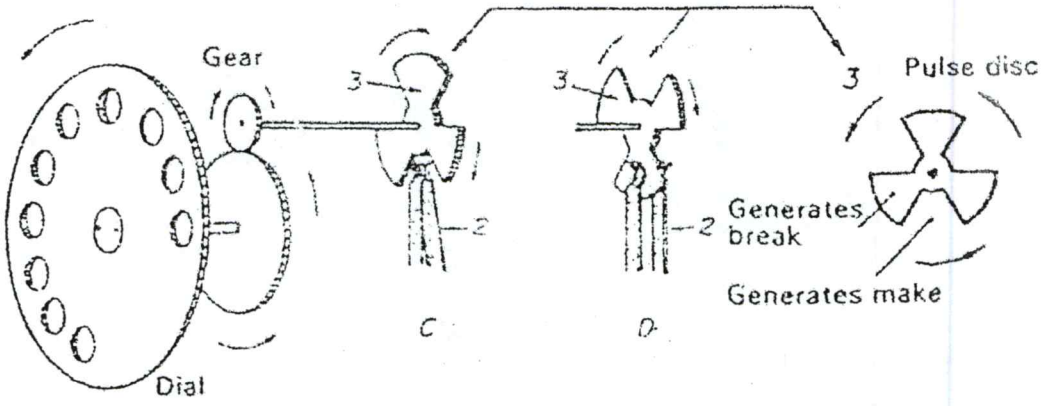
เมื่อชุมสายรับรู้เรียกชุมสายจะทำการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะใช้รับสัญญาณตลอดจนอุปกรณ์ที่จะทำการต่อวงจร เมื่อทุกอย่างเรียบร้อยชุมสายจะทำการส่งสัญญาณ DIAL TONE สัญญาณให้หมุนเลขหมาย (สัญญาฯต่อเนื่องความถี่ 425 Hz . MODULATED ด้วยความถี่ 50 Hz) ส่งไปยังผู้เรียก เพื่อบอกให้ส่งเลขหมายของผู้ถูกเรียกได้ (B SUBSCRIBER) เมื่อฝ่ายเรียกทำการหมุน หน้าสัมผัส ที่ 1 จะต่อเพื่อตัดเสียง คลิกที่หูฟัง หน้าสัมผัสนี้จะต่อตลอดเวลาจนกว่า Dial จะหมุนกลับที่เดิม) เมื่อ DIAL ถูกปล่อย PULSE DIAC (3) จะเริ่มหมุน ในขณะเริ่มหมุน หน้าสัมผัส ที่ 2 จะต่อ ทำให้ขณะนี้กระแสในสายมีค่าสูงสุด ดูรูปที่ 2.13 ประกอบ เมื่อผู้หมุนปล่อยนิ้วสปริงจะดึงหน้าปัดกลับ ปีกของ PULSE DISC จะหมุน ทำการตัดต่อหน้าสัมผัส ที่ 2 จำนวนครั้งที่ตัดจะเท่ากับตัวเลขที่ทำการหมุน เช่น ทำการหมุนเลข 1 กระแสถูกตัด 1 ครั้ง ในรูปที่ 2.14 เป็นสัญญาณที่เกิดจากการหมุนเลข 2 (เลข 0 จะถูกตัด 10 ครั้ง) ค่าของ PULSE RATIO (MAKE /BREAK) เท่ากับ 60/40 ส่วนอัตราการส่งเลขหมาย จะใช้ 10 หรือ 20 PPS (PULSE PER SEC) ข้อเสียของการส่งเลขหมายแบบนี้ก็คือใช้เวลาในการส่งเลขหมายนาน ค่าเฉลี่ย 1.5 วินาที/เลขหมาย และยังต้องมีการปฏิบัติบำรุงรักษาเป็นระยะ เช่น การทำความสะอาดหน้าสัมผัส , การปรับเทียบอัตราความเร็วในการส่งเลขหมาย

42660



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

รูปที่ 2.12 เครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสาย

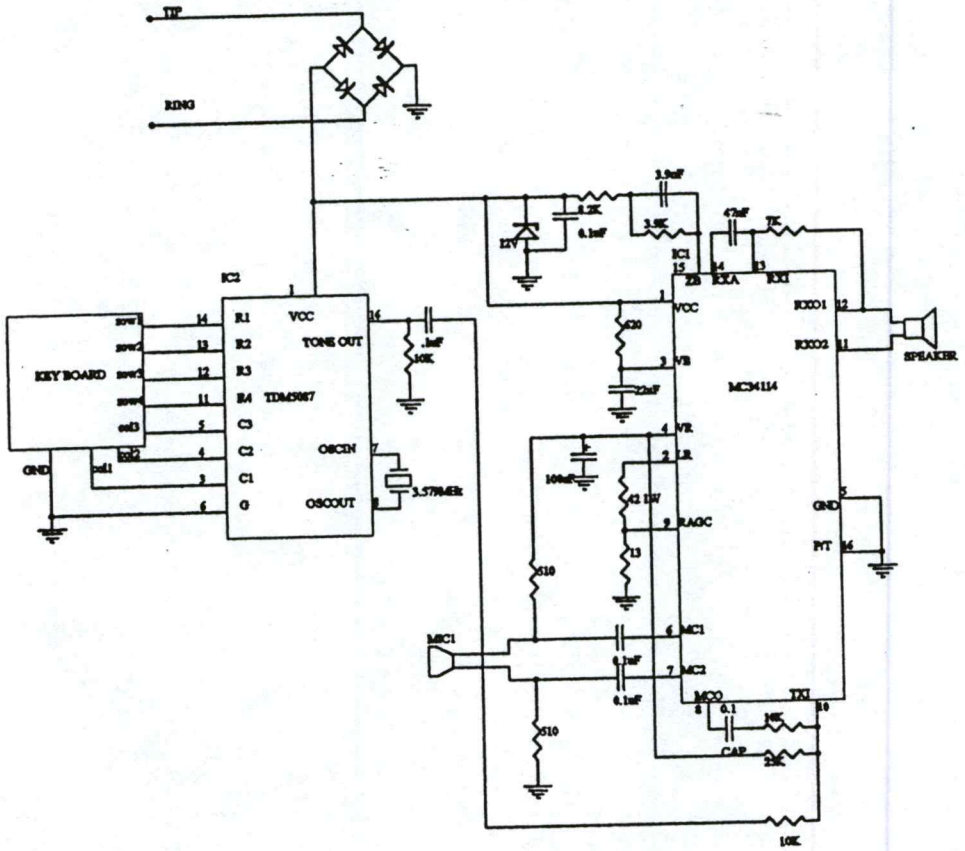


รูปที่ 2.13 การกำเนิดสัญญาณโค๊ดเลขหมายแบบ DIAL PULSE

2. แบบกดปุ่ม (PUSH BUTTON) สัญญาณโค๊ตเลขหมายของเรียก ถูกส่งในรูปสัญญาณ 2 ความถี่ หรือ เรียกว่า DTMF (DUAL TONE MULTI FREQUENCY) ซึ่งมีข้อดี ในแง่ลดเวลาในการส่งเลขหมายลงเฉลี่ย แล้วจะเหลือเพียง 0.7 วินาที / เลขหมาย ความผิดพลาดของโค๊ตมีโอกาสน้อยมากเพราะมีการตรวจสอบความถี่ 2 ชุดพร้อม ๆ กัน นอกจากนั้น ยังสามารถให้จำนวนโค๊ตได้มาก เช่น เพิ่มโค๊ต (STAR) และ # (SQUARE) ซึ่งใช้ในการบริการพิเศษต่างๆเป็นต้นไป เช่นบริการเลขหมายย่อ , ความถี่ที่กำเนิดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มความถี่สูงตั้งแต่ความถี่ 1205 HZ. เป็นต้นไปและกลุ่มความถี่ต่ำตั้งแต่ 942 Hz ลงมา ดังแสดงในรูปที่ 2.14 เมื่อปุ่มถูกกดหนึ่งปุ่ม ความถี่ 2 ความถี่จากกลุ่ม ความถี่สูงและกลุ่มความถี่ต่ำจะถูกส่งออกไปในสาย ค่าของความถี่ทั้งสองจะขึ้นอยู่กับปุ่มที่กด เช่น เมื่อ ทำการกดปุ่มหมายเลข 5 ความถี่ 770 HZ และ 1336 HZ ถูกส่งออกไปพร้อม ๆ กัน

การทำงานของวงจรกำเนิด DIMF ใช้ IC TCM 5087

ภาคกำเนิด ความถี่ทำงานโดย IC ICM 5087 ซึ่งทำหน้าที่ผลิตความถี่ออกมาครั้งละ 2 ความที่พร้อมกัน ตามตำแหน่งการกดปุ่มที่เครื่องโทรศัพท์ แล้วส่งออกที่ ขา 16 จากรูวงจรภายใน IC ที่ขานี้ภายในเป็นขา อิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ซึ่งต่อลอยไว้เมื่อต่อออกภายนอกจะต้องต่อตัวต้านทานให้กับทานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 2.14

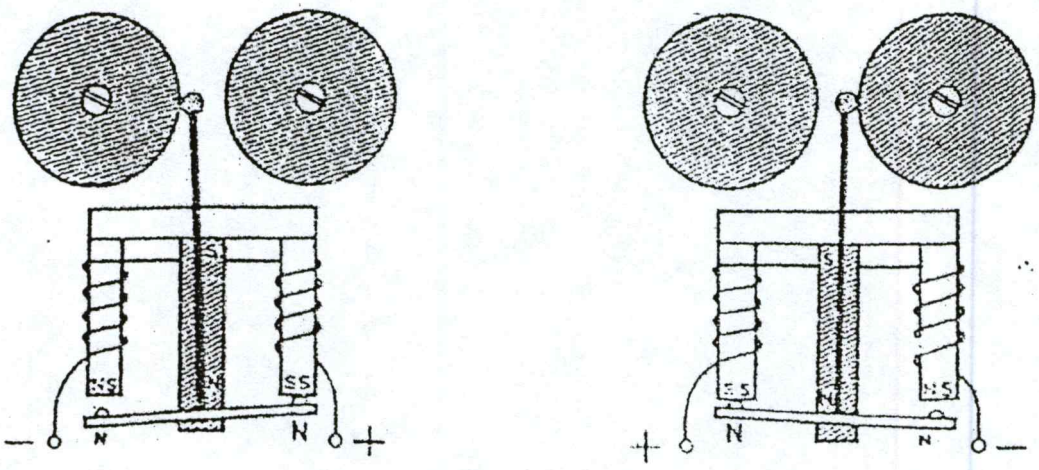


รูปที่ 2.14 วงจรผลิตสัญญาณ DTMF

ส่วนที่รับสัญญาณเรียก

1. แบบกระดิ่ง จากรูป 2.15 เมื่อผู้เช่าเป็นฝ่ายถูกเรียก (B SUBSCRIBER) สัญญาณเรียก (RINGING SIGNAL) ถูกส่งออกมาจากชุมสาย เป็นแรงไฟ AC ความถี่ 25 HZ ค่าแรงดันอยู่ในช่วง 70 ~ 90 Vrmf โดยการรวมมากับไฟ DC 48 V. ในสภาพที่ผู้เช่าวางหูปกติ วงจรกระดิ่งจะถูกต่อกับสายโดยผ่าน CONDENSER ค่าประมาณ 1 uF ซึ่งจะทำหน้าที่กันไฟ DC ไม่ให้ผ่านวงจรกระดิ่ง แต่แรงไฟ AC จะผ่านไปยังขดลวดของกระดิ่งไฟฟ้าได้วงจรของกระดิ่งไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 2.15 สัญญาณกระดิ่งเป็นสัญญาณที่เป็นส่งเป็นช่วง คือส่งสัญญาณ 1 วินาที และหยุด 4 วินาที กระแสที่ไหลผ่านขดลวด จะทำให้สนามแม่เหล็กที่ขั้วมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับทิศทางกระแส ขั้ว s ของแกนและขั้ว N ของ ARMATURE เกิดจากการเหนี่ยวนำของแท่งแม่เหล็กถาวรที่อยู่ตรงกลาง ในรูป (a) ทิศทางกระแสทำให้ขั้วทางด้านขวามีความเป็นขั้วมากขึ้น ส่วนด้านซ้ายจะมีกำลังอ่อนลง ARMATUER จึงถูกดึงมาตีกระดิ่งทางด้านซ้าย เมื่อกระแสกลับทิศทาง ARMATUER ก็จะโยกไปตีในทิศทางตรงกันข้าม ดังรูป (b)

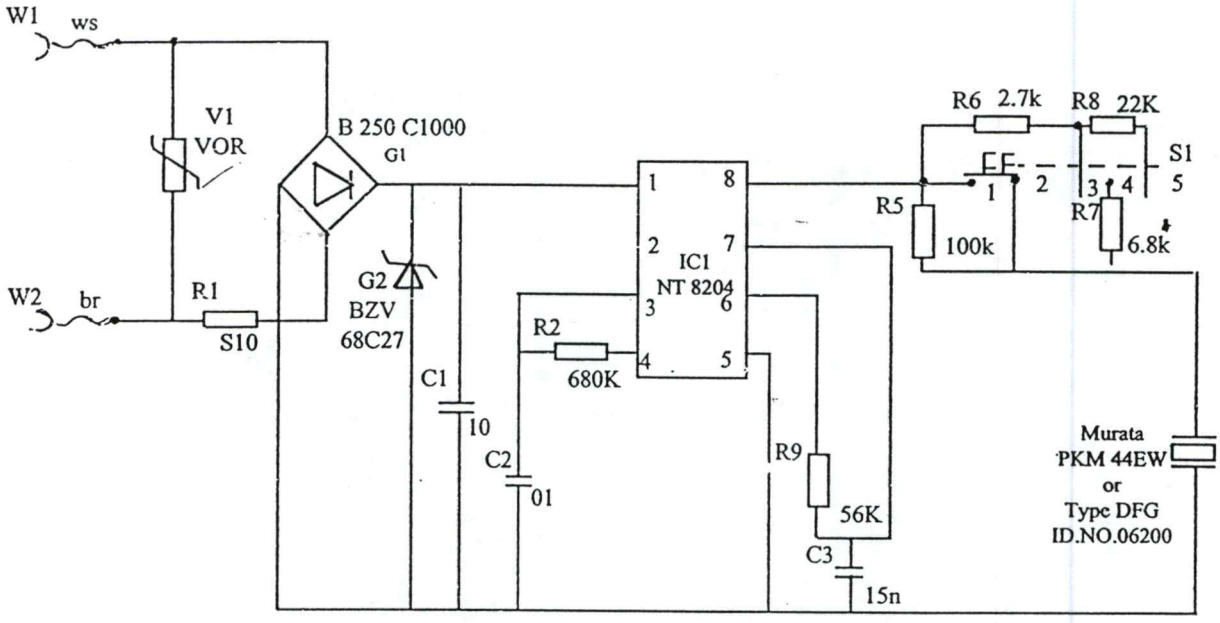
เมื่อผู้เช่าทำการยกหู HOOK SWTCH จะทำการต่อวงจรเสียงพูดเข้ากับสาย วงจรเสียง มีค่าความต้านทานทาง DC ต่ำ กระแสที่ไหลในสายจะทำให้ชุมสายทราบว่าผู้เช่ายกหู วงจรส่งสัญญาณกระดิ่งจะถูกตัดออก และชุมสายจะทำการต่อเส้นทาง เสียงพูดไปยังผู้เรียกให้พูดคุยกันได้



รูปที่ 2.15 วงจรกระดิ่ง

2.แบบ ELECTRONIC RINGER (TONE CALLER)

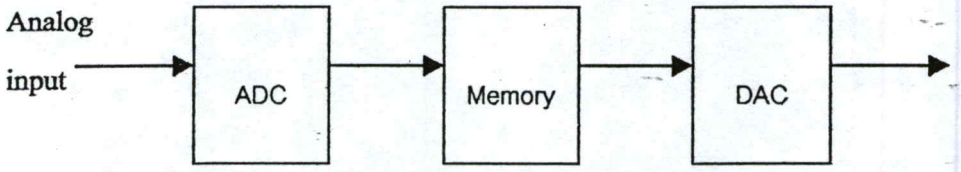
จะใช้วงจร ELECTRONIC แทนกระดิ่ง วงจรแสดงในรูปที่ 2.16 แรงไฟ AC 25 Hz. สัญญาณเรียกจะถูกนำมาแปลงให้เป็นแรงไฟกระแสตรง พร้อมทั้งลดขนาดของแรงดันลงโดย ZENER DIODE (G2) แรงไฟ DCนี้จ่ายให้กับ IC กำเนิดความถี่ 2 ความถี่ซึ่งจะส่งสลับกันด้วยความถี่ประมาณ 10 HZ. สัญญาณ 2 ความถี่นี้จะส่งไปยัง TRANSDUCER ซึ่งใน รูปใช้ PIEZO CERAMIA เสียงที่ได้จะได้ยินเป็นเสียงรัว 2 ความถี่ สวิทช์ S_1 ในสวิทช์เลื่อนปรับความตัวของเสียง



รูปที่ 2.16 ELECTRONIC RINGER

2.4 การเปลี่ยนเสียง

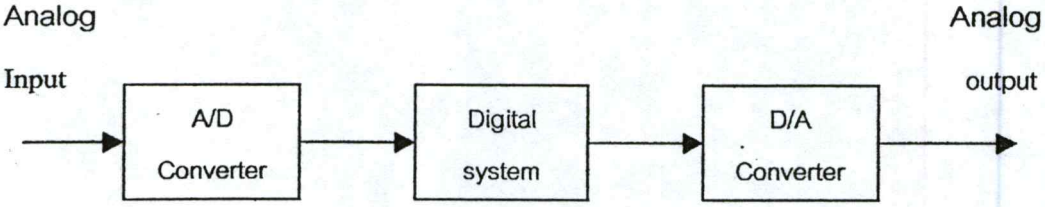
การเปลี่ยนเสียง คือการทำให้ผู้พังไม่สามารถตรวจจับได้ว่าใครกำลังพูด ไม่ใช่การพูดเสียงกระซิบ หรือกรองเสียงเบา ๆ แต่จริง ๆ แล้วเป็น การทำให้สัญญาณเสียงเปลี่ยนไป เช่น การเปลี่ยนความถี่,การเปลี่ยนความเร็ว (Speed) ของเสียงให้มีความเร็วขึ้น หรือช้าลงกว่าความเร็วปกติ ซึ่งจะใช้หลักการ โดยการสุ่มสัญญาณ (Sampling) แล้วเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณดิจิตอล และนำสัญญาณดิจิตอล มาทำการจัดใหม่ให้ความถี่ในการอ่านเร็วหรือช้ากว่าความถี่ในการสุ่มสัญญาณ สัญญาณเสียที่เอาท์พุทของ Digital-to-Analog Converter จะมีความเร็วที่ต่างจากอินพุท สัญญาณเสียงที่ได้จะแตกต่างจากเสียงเดิม ผังการทำงานมีส่วนประกอบตามรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ผังการทำงานของชุดเปลี่ยนเสียง

D/C and A/D Conversion

ระบบดิจิตอลบ่อยครั้งจำเป็นต้องอินเตอร์เฟสกับเครื่องมือระบบอนาล็อกเนื่องจากสัญญาณดิจิตอลเป็นระดับสัญญาณที่มีระดับแรงดันเพียง 2 ระดับเท่านั้น แต่สัญญาณอนาล็อกมีสัญญาณที่ไม่คงที่เปลี่ยนแปลงจากค่าต่ำสุดถึงค่าสูงสุดของแรงดันตลอดเวลาในรูปที่ 2.18 แสดงระบบที่มีอินพุทและเป็นอนาล็อกที่มีแรงดันเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0 ถึง 6 โวลท์ เข้ารหัสพิเศษเรียกว่า analog-to-digital converter เปลี่ยนอนาล็อกอินพุทให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ทางเอาท์พุทของระบบดิจิตอลผ่านชุดถอดรหัส เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลให้เป็นอนาล็อก ชุดนี้เรียกว่า digital-to-analog converter



รูปที่ 2.18 การใช้ A/D และ D/A Converter ในระบบอีเล็กทรอนิกส์

Digital – to – Analog (D/A) และ Analog – Digital (A/D) Conversion ทั้งสองชนิดนี้สำคัญมากสำหรับ Digital data processing การเปลี่ยน ดิจิตอลเป็นอนาล็อก หมายถึงการเปลี่ยนข้อมูลทางดิจิตอลให้เป็นข้อมูลการเปรียบเทียบทาง อนาล็อก ได้

วิธีการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลคือการใช้ชุดสำเร็จของ A/D Converter ตัวอย่างเช่น A/D Converter ที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณเอาท์พุท ที่เป็นอนาล็อก โดยใช้ทรานดิวเซอร์ (transducer) (การวัดอุณหภูมิ ความกดดัน (pressure) การสั่น (Vibration) และอื่น ๆ) ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล สัญญาณนี้จะต้องเหมาะสมในการเปลี่ยนฟอร์มที่จะจ่ายให้ระบบดิจิตอล A/D Converter (ADC) บ่อยครั้งจะเปรียบได้กับอุปกรณ์การเข้ารหัส ซึ่งใช้สำหรับ เข้ารหัสสัญญาณสำหรับจ่ายให้แก่ระบบดิจิตอล

Digital – to – Analog Conversion ในการออกแบบจะง่ายกว่า Analog – to – Digital Conversion ในความจริง D/A Converter คือส่วนหนึ่งของ A/D Converter ด้วยเหตุผลนี้เราจะพิจารณา D/A Conversion ก่อน

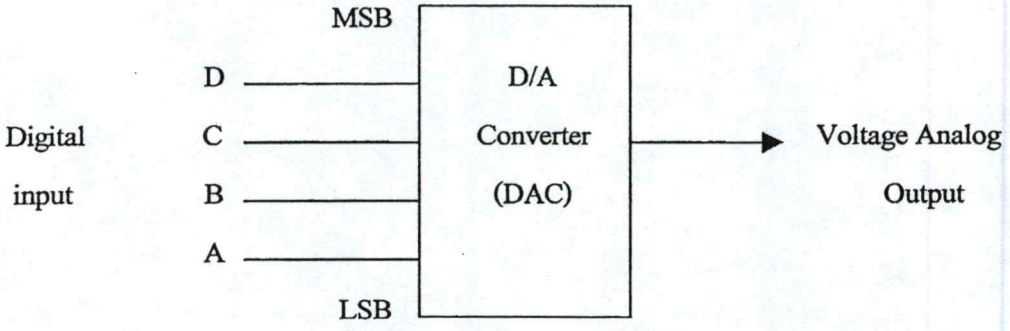
ปัญหาเบื้องตนในการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอล ให้เป็นสัญญาณอนาล็อกคือการเปลี่ยนระดับแรงดันดิจิตอลจำนวน n ให้เป็น อนาล็อกเดจค่าเดี่ยว วิธีการง่าย ๆ ที่สามารถ ใช้ได้คือการออกแบบด้วย risistive network ซึ่งจะเปลี่ยนแต่ละระดับของสัญญาณดิจิตอล ให้เป็น binary weighted voltege (หรือ current) จากตัวอย่างของการหา equivalent binary weight พิจารณา truth – table ของ 3 bit binary signal ในตาราง สมมุติ ว่าเราต้องการเปลี่ยน สัญญาณดิจิตอล 8 ค่าให้เป็นอนาล็อก โวลท์เตจ จำนวนที่น้อยที่สุดคือ 000 ซึ่งเราจะให้เป็น 0โวลท์ จำนวน สุงสุด คือ 111 เราจะให้เท่ากับ + 7โวลท์ ซึ่งจะเป็นย่านของสัญญาณ อนาล็อก ซึ่งจะเป็นไปได้

2^2	2^1	2^0
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

ระหว่างค่า 000 ถึง 111 จะมี 7 ระดับ ดังนั้นเราจะหารค่า analog signal ด้วย 7 ค่าต่ำสุดของสัญญาณดิจิตอล คือ least-signifIcantbIt (LSB) 2° ดังนั้นเราจะได้ บิทนี้ เปลี่ยนค่า อนาล็อกเอาท์พุท ซึ่งเท่ากับ $^{1}/_{7}$ ของ full - scale analog output voltage resistive divider จะออกแบบในตำแหน่ง 2° เท่ากับ + 7 x $^{1}/_{7}$ = +1 V เมื่อ $2^{1} = 2$ และ $2^{\circ} = 1$ สามารถแทน บิท 2^{1} ได้เป็น 2 เท่าของ บิท 2° ดังนั้นในตำแหน่งของ 2^{1} จะมีการเปลี่ยนแรงดันอนาล็อก 2 เท่าของ LSB resistive divider ในตำแหน่งของ บิท 2^{1} จะเปลี่ยน + 7 x $^{2}/_{7}$ = +2V ของแรงดันเอาท์พุท ในทำนองเดียวกัน $2^{2} = 4 = 2x2^{1} = 4x2^{\circ}$ และ บิท 2^{2} จะมีแรงดันเปลี่ยนเป็น 4 เท่าของ LSB โดยที่ บิท 2^{2} จะมี แรงดันเอาท์พุทเปลี่ยน + 7 x 4/7 = + 4 V แต่ละตำแหน่งของบิทที่เพิ่มขึ้นจะเป็น 2 เท่าของ บิทก่อน ดังนั้นที่ตำแหน่ง LSB จะให้ binary equivalent weight 1/7 หรือ 1 ใน 7 ส่วน LSB ตำแหน่งที่ 2 จะให้ weight เป็น 2/2 หรือ 2 เท่าของ LSB หรือ 2/7 ส่วน ที่ตำแหน่ง MSB (กรณีนี้ใช้ 3 บิท) จะให้ weight เป็น 4/7 ซึ่งจะเท่ากับ 4 เท่าของ LSB หรือ 4 ใน 7 ส่วน ผลบวกของ weight จะต้องเท่ากับ 1 คือ 1/7 + 2/7 + 4/7 = 7/7 = 1 โดยทั่วๆ ไป binary equivalent weight สำหรับ LSB คือ $1/2^{n} - 1$ เมื่อ n คือจำนวน bit จะพบว่า weight จะคูณด้วย 2 , 4 , 8 และ...

อนาล็อกเอาท์พุท (Analog output)

แรงดันเอาท์พุท (Vout) จะต้องเท่ากับค่า เลขฐาน 2 ทาง อินพุท เป็นแรงดันในทำนองเดียวกัน สามารถแทนด้วยค่ากระแสได้ ถ้า D/A output เป็นค่ากระแส (Iout)



รูปที่ 2.19 D/A Converter

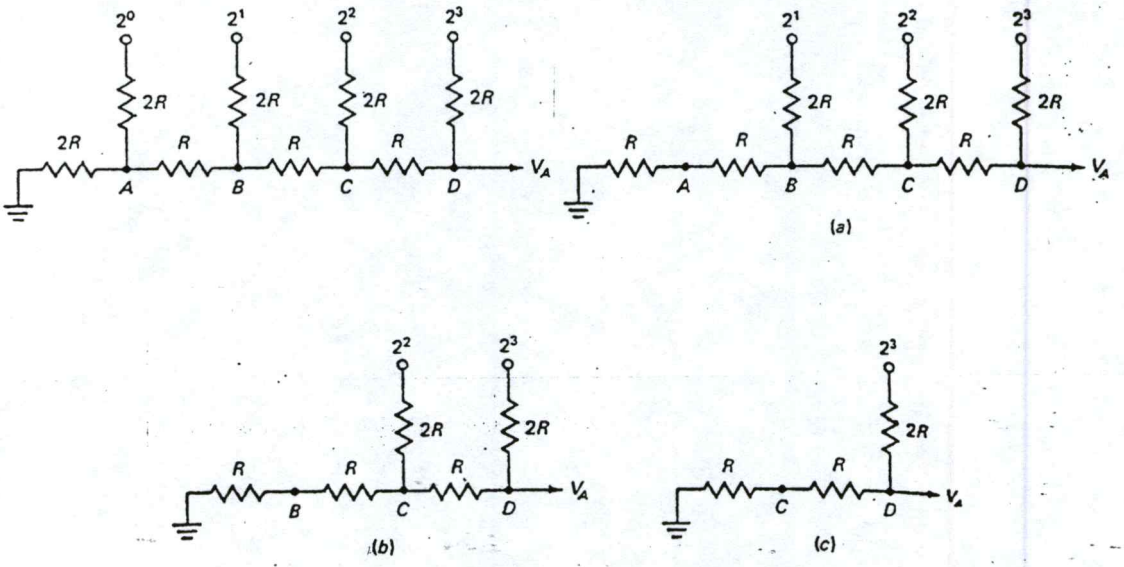
D	C	B	A	Vout (Volt)
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

ตารางที่ 2 .2 ตารางแสดง 4 บิทดิจิตอลทูอนาล็อก

BINARY LADDER

binary ladder คือ resistive network ที่มี แรงดันเอาท์พุทเกี่ยวข้องกับผลรวมของ weight ของ ดิจิตอลอินพุท ทั้งหมด ตัวอย่างของ ladder สำหรับ บิท ดังแสดงในรูป ความต้านทาน ที่ใช้มีเพียง 2 ค่าเท่านั้น ทางซ้ายมือสุดของ ladder ใช้ค่า 2R และเราจะต้องสมมุติให้ขณะนี้ทางขวามือสุดของ ladder (output) เป็นวงจรเปิด

ต่อไปเราจะแสดงคุณสมบัติของ network การสมมุติให้ ดิจิตอลอินพุททั้งหมดเทียบกับกราวนด์ เริ่มต้นที่ โหนด A ผลรวมของค่าความต้านทานที่ อินพุท 2^0 มีค่าเป็น 2R ด้วย ความต้านทาน ทั้ง 2 ตัวนี้ สามารถรวมกันได้ในรูปของ equivalent resistor ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 Binary ladder

ต่อไปการเลื่อนถึง โหนด B เราจะเห็นผลรวมของ ความต้านทาน การมองเข้าไปที่สาขาถึงโหนด A คือ 2R คล้ายกับผลรวมของ ความต้านทานที่ทางออกคือ อินพุท 2^1 สามารถรวมกันได้ง่ายๆ ดังรูป(b)

จากรูป (b) สามารถมองเห็นผลรวมของ ค่าความต้านทานโดยการมองจาก โหนด C ไปทางโหนด B หรือมองออกไปทางสาขาของอินพุท 2^2 ก็ยังคงเป็น 2R วงจรในรูป (b) สามารถลดลง ให้เป็นวงจร เปรียบเทียบได้ดังแสดงในรูป (c)

จากวงจรเปรียบเทียบนี้เป็นการเคลียร์(Clear)ว่าค่าความต้านทานที่มองจากโหนด D ไปทางโหนด C คือค่า 2Rเหมือนความต้านทานที่มองจาก โหนด D ไปที่สาขาอินพุท 2^3

จากการพิจารณาที่ผ่านมาเราสามารถกล่าวได้ว่าผลรวมของค่าความต้านทานที่มองจากทุกๆ โหนดไปทางสาขาของโหนดนั้นๆ คือ 2R เราสามารถใช้ลักษณะสมบัติของค่าความต้านทานของ ladderหา แรงดันเอาท์พุทสำหรับค่าดิจิตอลเอาท์พุทต่างๆกันได้

สมการของแรงดันเอาท์พุทหาได้โดย

$$V_A = V/2 + V/4 + V/8 + V/16 + \ldots\ldots V/2^n$$

เมื่อ n คือผลรวมของจำนวน bit ทาง input

D/A Converter จะประกอบด้วย 2 ฟังก์ชั่น ซึ่งประกอบด้วย resIter network และ summing amplifIer

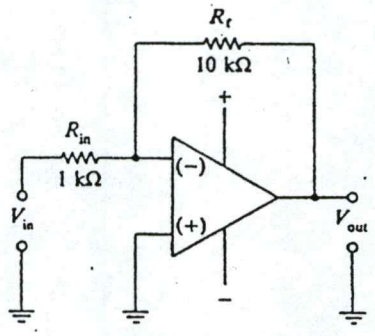
summing amplifIer ใน D/A Converter ที่ใช้ Op-Amp Op-Amp เหล่านี้ จะทำหน้าที่ขยายได้หลายอย่าง ซึ่งมีลักษณะสมบัติสำคัญดังต่อไปนี้

1. HIgh Input Impedance

2.Low output Impedance

3.voltage gaIn เปลี่ยนแปลงได้โดยใช้ตัวต้านทานภายนอก

สามเหลี่ยมที่ใช้แสดงสัญลักษณ์ของ Op-Amp ดังแสดงในรูปที่ อินพุททั้ง 2 จะแสดงขั้ว (-) และ(+) อินพุท(-)เรียกว่า Inverting Input และอินพุท(+) เรียกว่า nonInverting Input เอาท์พุทจะมีเพียง 1 ทาง Op-Amp ต้องการ power dc 2 ชุด ดังแสดงใน รูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 Op-Amp

Voltage gain ของ Op-Amp (Av) สามารถหาได้หรือสามารถปรับโดยตัวต้านทานภายนอก หาได้จากสูตร

Av = Rf/RIn หรือ Vout/VIn

สมมุติแรงดันอินพุต = 3.7 V. และแรงดัน Output = 1 V.

Av = Vout /Vin = 1/3.7 = 2.6

Gain Av ของ Op-amp คือ 0.266 หรือน้อยกว่า 1 ให้พิจารณารูป 2.23 noninverting input ต่อลงกราวนด์ Power Supply 2 ชุด คือ +12V และ –12V หมายเหตุ แรงดันอินพุตที่ Rin เป็น (+) Positive voltage เนื่องจากใช้ inverting input ดังนั้น Output ทางขวามือของ op amp จึงเป็น (-) Negative voltage ในวงจรเดิมถ้าใช้ noninverting input (+) แทน inverting input (-) ก็หมายความว่าถ้าจ่าย(+) positive voltage (Vin) ทางอินพุทให้แก่ op amp จะได้ (+) poaitive voltage ออกทาง output(Vout)

ด้วย voltage gian ของ opamp สามารถเปลี่ยนง่ายๆโดยใช้การเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างค่าของ in put และ feedback resistor opamp วิธีนี้จะถูกนำมาใช้ใน summing amplifierของ D/A Converter

A-Basic D/A Converter

สมมุติว่าdigital to analog converter มีสัญญาณตาม truth table 2.3 ในตารางนี้แรงดันอนาล็อกจะเพิ่มขึ้นจาก 0-6โวลท์ แต่ละค่าที่เพิ่มขึ้นของ binary count แรงดัน analog จะเพิ่มขึ้น0.4 Vโวลท์ ตัวอย่างเช่น binary count เพิ่มจาก 0001 เป็น 0010 แรงดัน analog เพิ่มจาก 0.4 V เป็น 0.8V วงจรพื้นฐานของ D/A converter ดังตารางที่ 2.3 จะประกอบด้วย 2วงจร resister network และ summing amplifier แรงดันอินพุท (Vin) จะจ่ายผ่าน สวิทซ์ (D,C,B,A) อนาล็อกเอาท์พุท(Vout)ใช้โวลท์มิเตอร์แสดงผล จะเปลี่ยนแปลง ตามรูปที่ 2.22

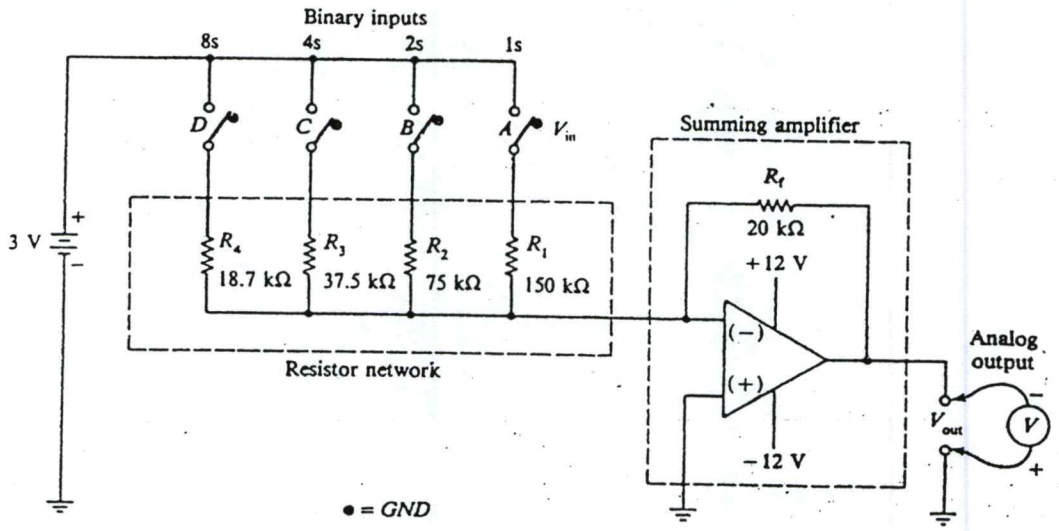
Line	Binary input	Annalog output	Line	Binary input	Annaiog output
	D C B A	Vout		D C B A	Vout
1	0 0 0 0	0	9	1 0 0 0	3.2
2	0 0 0 1	0.4	10	1 0 0 1	3.6
3	0 0 1 0	0.8	11	1 0 1 0	4.0
4	0 0 1 1	1.2	12	1 0 1 1	4.4
5	0 1 0 0	1.6	13	1 1 0 0	4.8
6	0 1 0 1	2.0	14	1 1 0 1	5.2
7	0 1 1 0	2.4	15	1 1 1 0	5.6
8	0 1 1 1	2.8	16	1 1 1 1	6.0

ตารางที่ 2.3 Truth – table for D/A converter

พิจารณาสภาวะต่างๆในตารางที่ 2.3 เมื่อ binary input คือ 0000 สวิทซ์ทุกตัวต่อลงกราวนด์ดังนั้น Vin = 0 V และ Vout = 0 V ต่อไปพิจารณาเฉพาะ สวิทซ์ A ครั้งแรกคำนวน เกณฑ์ของop amp เมื่อ feedback resister (Rf) =20 k และ input resister (R_I) =150 k

$$Av = Rf / Rin = 20000/150000 = 0.133$$

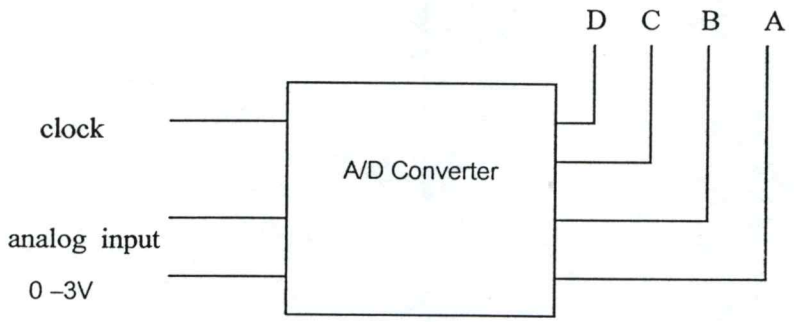
Voltage gain (Av) ของ op amp จะถูกปรับให้เป็น 0.133 เมื่อ สวิทซ์ A ต่อ แรงดันเอาท์พุทสามารถคำนวณได้ดังนี้ $Vout = Vin \times Av = 3 \times 0.133 = 0.4$ V



รูปที่ 2.22 วงจร D/A Converter

Analog To Digital Converters

Analog To Digital (A/D converter) คือการทำให้กลับกันของ D/A converter โดย analog voltage ที่ไม่ทราบค่าป้อนให้แก่วงจร A/D converter แล้วได้สัญญาณทางเอาท์พุทเป็น ฐาน2 ค่าฐาน 2 ที่จะได้เป็นอัตราส่วนโดยตรงกับอนาล็อกทางอินพุท ของ A/D converter แสดงในรูปที่ 2.23 ที่มีการเปลี่ยน A/D analog output จาก 0-3V binary output จะอ่านเป็นค่า ฐาน 2 จาก 0000 ถึง 1111 หมายเหตุ A/D converter จะต้องมี clock input ด้วย



รูปที่ 2.23 A/D Converter

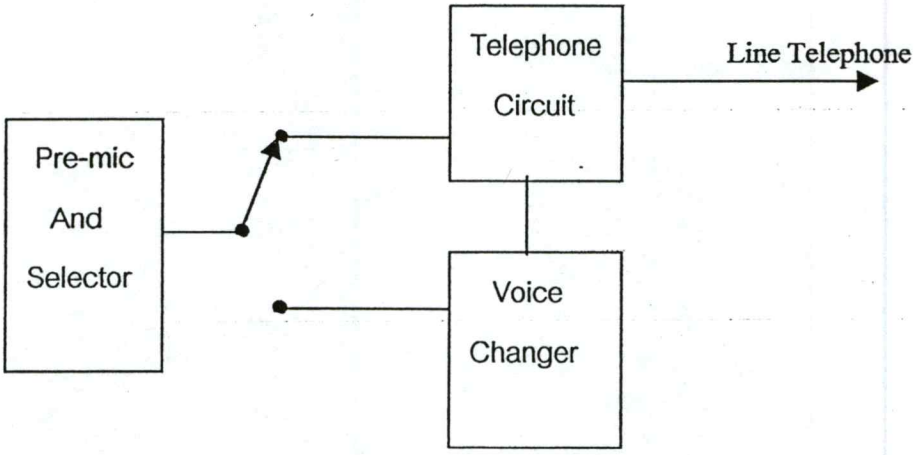
ในรูป 2.23 แสดงการทำงานของ A/D converter ทางด้าน input ในตารางแสดงถึง analog voltage และ output แสดงเป็น binary หมายเหตุ input voltage จะเปลี่ยนทีละ 0.2 V binary output จะเพิ่มขึ้น 1 ค่า โดย A/D converter ในตารางที่ 2.4 จะตรงกันข้ามกับ D/A converter ในตาราง ที่ 2.3

Row	Analog input	Binary output				Row	Analog input	Binary output			
		8s	4s	2s	1s			8s	4s	2s	1s
	Vin	D	C	B	A		Vin	D	C	B	A
1	0	0	0	0	0	9	1.6	1	0	0	0
2	0.2	0	0	0	1	10	1.8	1	0	0	1
3	0.4	0	0	1	0	11	2.0	1	0	1	0
4	0.6	0	0	1	1	12	2.2	1	0	1	1
5	0.8	0	1	0	0	13	2.4	1	1	0	0
6	1.0	0	1	0	1	14	2.6	1	1	0	1
7	1.2	0	1	1	0	15	2.8	1	1	1	0
8	1.4	0	1	1	1	16	3.0	1	1	1	1

ตารางที่ 2.4 Truth – table for A/D converter

บทที่ 3
แนวทางการออกแบบและการสร้าง

ในโครงงานนี้จะมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนด้วยกันตามผังดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังของโครงงาน

3.1 ส่วนของตัวเครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set)

เครื่องโทรศัพท์มีส่วนประกอบสำคัญดังนี้

3.1.1 วงจรเสียงพูด (Speech Network) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากระบบทูไวร์เป็นระบบโฟร์ไวร์ ขยายสัญญาณทั้งด้านรับและด้านส่ง ควบคุมระดับไซด์โทน วงจรเสียงพูดนี้จะใช้ไอซีเบอร์ MC34114

3.1.2 วงจรส่งเสียงพูด (Transmitter) เป็นส่วนที่ส่งเสียงพูดของผู้ใช้ไปยังคู่สนทนาโดยใช้ไมโครโฟนแปลงเสียงพูดเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านวงจรเสียงพูดไป

3.1.3 วงจรรับเสียงพูด (Receiver) ใช้ลำโพงเพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่มาจากสายโทรศัพท์ให้เป็นเสียง (Voice) ตามเดิม

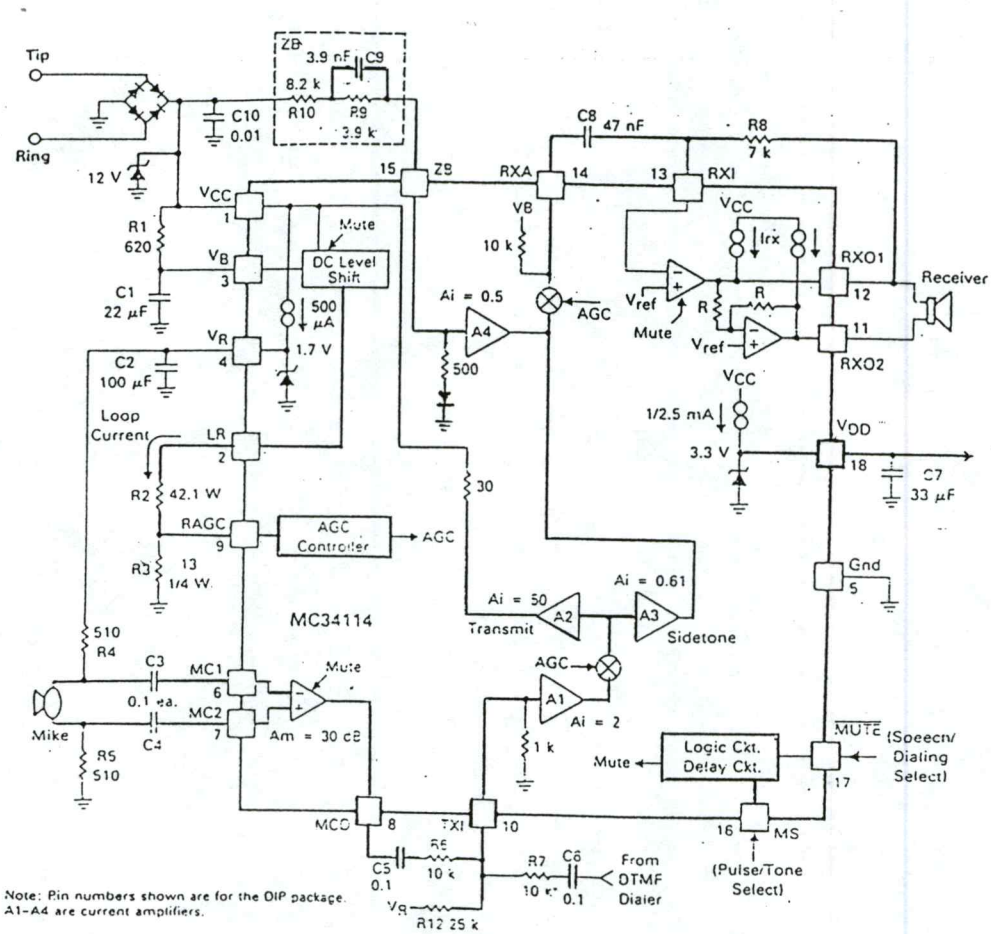
3.1.4 ไดอัลเลอร์ (Dialer) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ เพื่อส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งเครื่องโทรศัพท์ในโครงงานนี้ใช้เป็นแบบโทน

3.1.5 วงจรกระดิ่ง (Ringer) ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณเรียกจากชุมสายโทรศัพท์ แล้วแปลงเป็นสัญญาณเสียงเพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่ามีผู้ต้องการจะติดต่อด้วย

3.1.6 ฮุคสวิทซ์ (Hook Switch) ทำหน้าที่ตัดต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับคู่สาย มี 2 สภาวะ คือ สภาวะยกหู (Off Hook) และสภาวะการวางหู

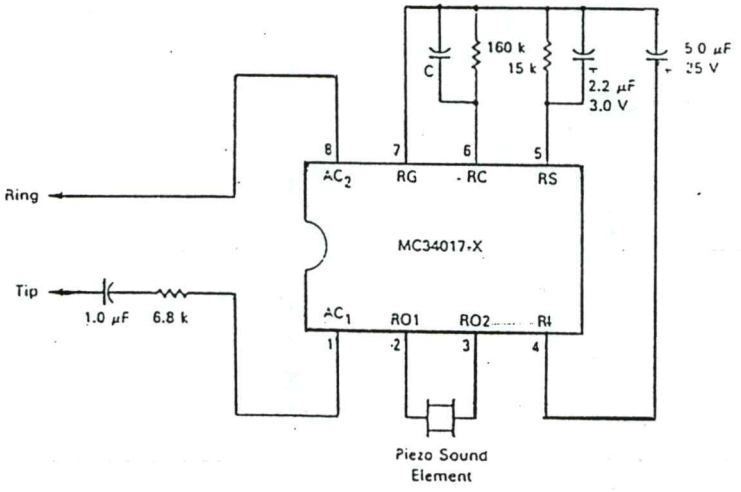
3.1.7 วงจรบริดจ์ (Polar Guard Bridge) ทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายไปเลี้ยงวงจร และป้องกันการกลับขั้วของกระแสไฟ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ผ่านสัญญาณไฟฟ้าทั้งด้านบวกและลบไปในวงจร รวมทั้งเป็นส่วนสร้างกราวด์ให้แก่เครื่องโทรศัพท์

ในส่วนของวงจรเสียงพูด วงจรส่งเสียงพูด วงจรรับเสียงพูด จะใช้ไอซีเบอร์ MC34114 ร่วมกับไมโครโฟนและลำโพง ซึ่งจะได้เป็นวงจรดังรูปที่ 3.2



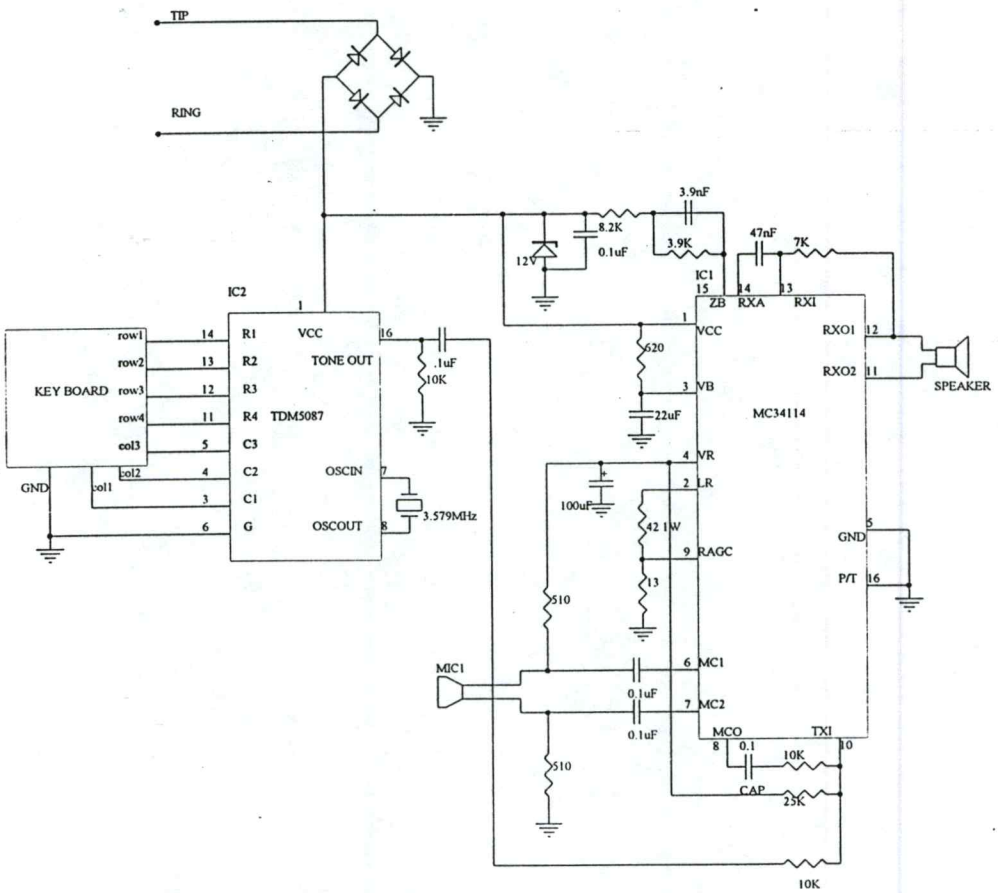
รูปที่ 3.2 วงจรเสียงพูด

วงจรกระดิ่งจะใช้ไอซีเบอร์ MC34017 จะได้วงจรดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรกระดิ่ง

วงจรไดอัลเลอร์ จะใช้ไอเบอร์ TCM5087 ทำการสร้างสัญญาณเลขหมายส่งให้กับวงจรเสียงพูด และเมื่อรวมเอาส่วนต่างๆของโทรศัพท์จะได้เป็นรูปวงจรรวมดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรรวมของเครื่องโทรศัพท์

3.2 ส่วนของชุดเปลี่ยนเสียง

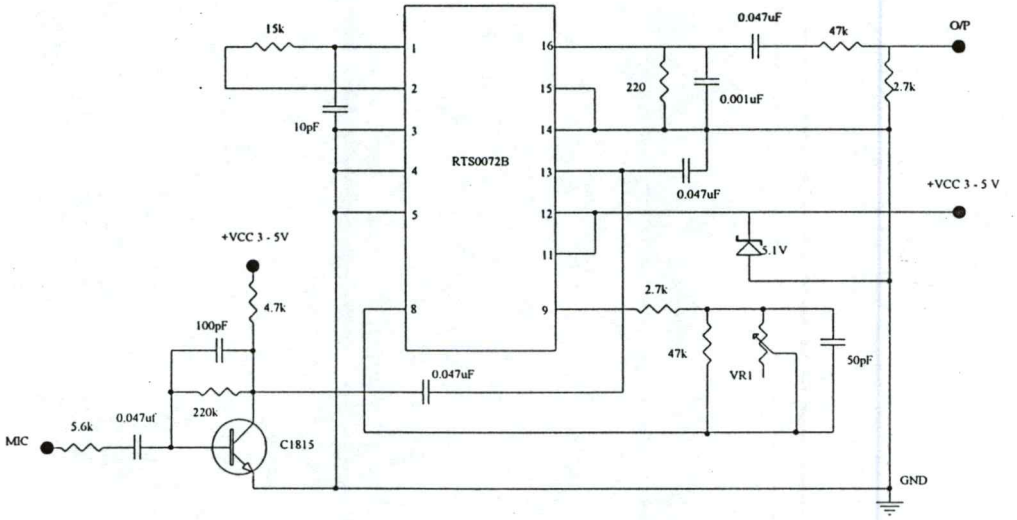
ชุดเปลี่ยนเสียงจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนดังนี้

3.2.1 วงจรปรีไมค์ (Pre-microphone) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงพูดจากไมโครโฟนให้แรงขึ้น

3.2.2 วงจรเปลี่ยนเสียงพูด (Voice) ทำหน้าที่เปลี่ยนเสียงพูดเพื่อไม่ให้ผู้อื่นจำเสียงได้ วงจรนี้จะใช้ไอซีเบอร์ RTS0072 เป็นตัวปรับความถี่เสียง

3.2.3 วงจรขยายเสียง (Audio amp.) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงที่ผ่านการเปลี่ยนเสียงมาแล้วให้มีความแรงมากขึ้น

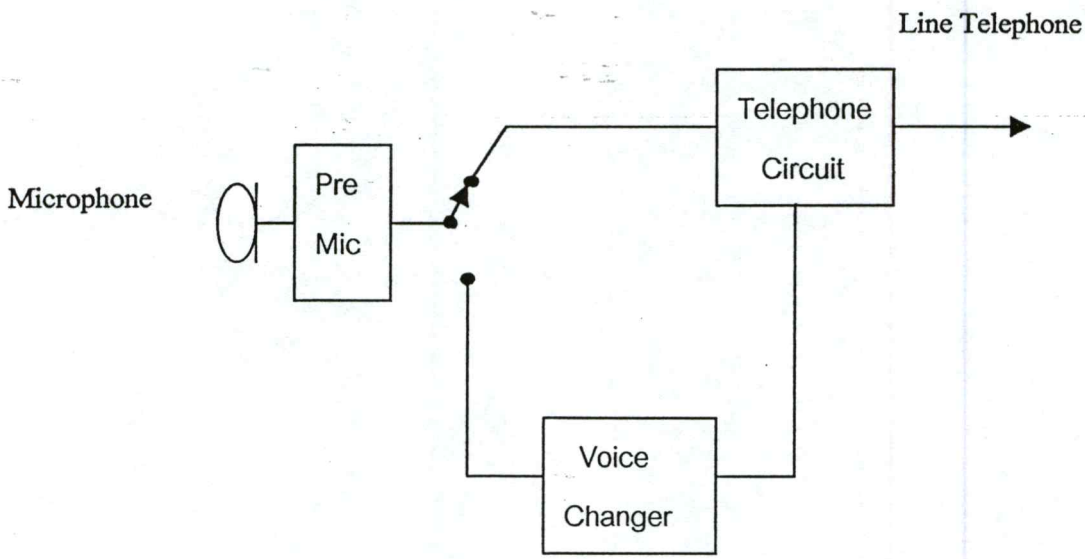
เมื่อรวมทั้ง 3 ส่วนเข้าด้วยกันจะได้วงจรรวมดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรชุดเปลี่ยนเสียงพูด

3.3 การต่อร่วมกับเครื่องรับโทรศัพท์

การต่อชุดเปลี่ยนเสียงเข้ากับชุดโทรศัพท์ จะต่อสัญญาณเอาท์พุทของวงจรขยายเสียงเข้าที่ขา 10 ของชุดโทรศัพท์ (ไอซีเบอร์ MC34114) และจะใช้สวิทช์ เป็นตัวตัดต่อสัญญาณจากไมโครโฟนว่าจะต้องการต่อเข้าวงจรเสียงพูดโดยตรง กรณีไม่ต้องการเปลี่ยนเสียง หรือต่อเข้าวงจรเปลี่ยนเสียงกรณีที่ต้องการเปลี่ยนเสียงพูด ดังแสดงตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการต่อชุดเปลี่ยนเสียงพูดเข้ากับวงจรโทรศัพท์

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

วงจรที่สร้างขึ้นและใช้ในการทดลองจะมี 2 ชุดคือ

- ชุดโทรศัพท์
- ชุดเปลี่ยนเสียงพูด

4.1 การทดลองชุดเครื่องโทรศัพท์

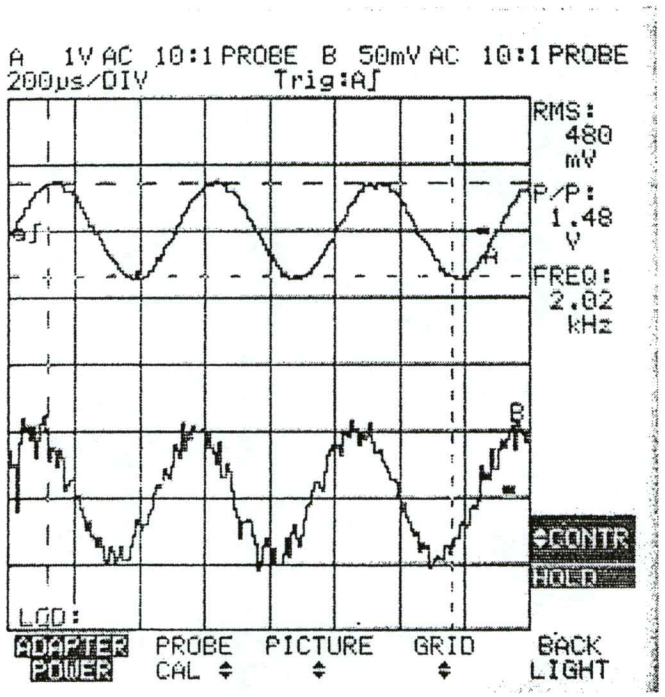
4.1.1 การทดลองวงจรเสียงพูด

ขั้นตอนการทดลอง

1.ต่อวงจรตามรูปที่ 2.11 ซึ่งเป็นวงจรเสียงพูดที่สำหรับส่งและรับเสียงพูด

2.ต่อไฟตรง 12 โวลท์เข้าที่วงจรบริดจ์จะได้ไฟเลี้ยงให้แก่วงจร

3.ทำการป้อนสัญญาณไซน์เวฟความถี่ 2 KHz ที่ตำแหน่งที่เป็นไมโครโฟนอินพุท ของวงจรเสียงพูด (ขา 6,7 ของไอซี MC34114) แล้วทำการวัดเอาท์พุทที่ออกจากวงจรเสียงพูดที่ขา 1และจะได้สัญญาณเอาท์พุทดังรูป 4.1

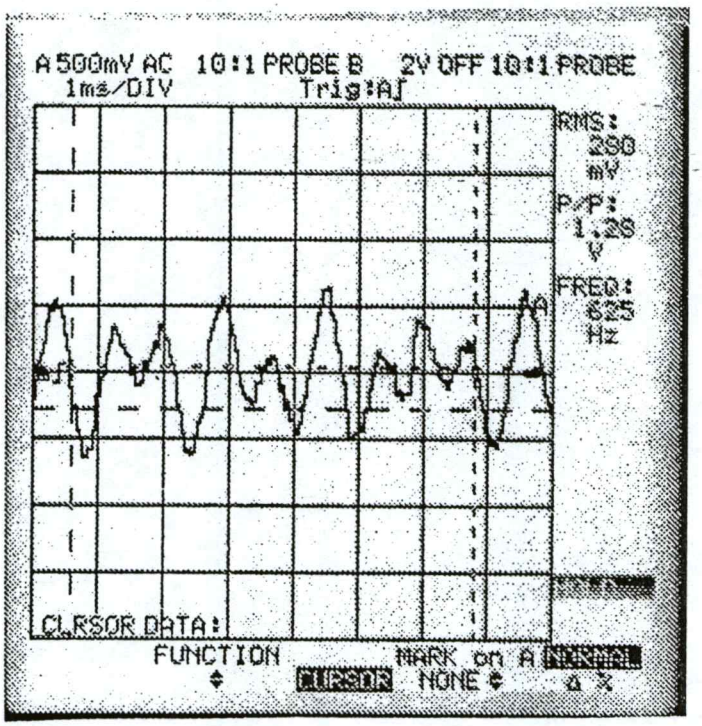


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของวงจรเสียงพูด

4.1.2 การทดลองวงจรไดอัลเลอร์

วงจรไดอัลเลอร์จะใช้ไอซีเบอร์ TCM5087 ใช้ร่วมกับวงจรเสียงพูดทำการต่อวงจรตามรูปที่2.14

การทดลองจะใช้การป้อนไฟตรงเข้าที่วงจรบริดจ์ และทำการทดลองกดปุ่มหมายเลข 1 บนแป้นหมายเลข วัดสัญญาณเอาท์พุทที่ขา 16 ของไอซี TCM5087 จะได้ผลของสัญญาณความถี่คู่ ของหมายเลขต่างๆตามรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 สัญญาณความถี่คู่ที่ได้จากการกดหมายเลข 1

4.2 การทดลองชุดเปลี่ยนเสียงพูด

วงจรเปลี่ยนเสียงพูดจะใช้ไอซีเบอร์ RTS 0072B ใช้ร่วมกับวงจรเสียงพูด ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.5

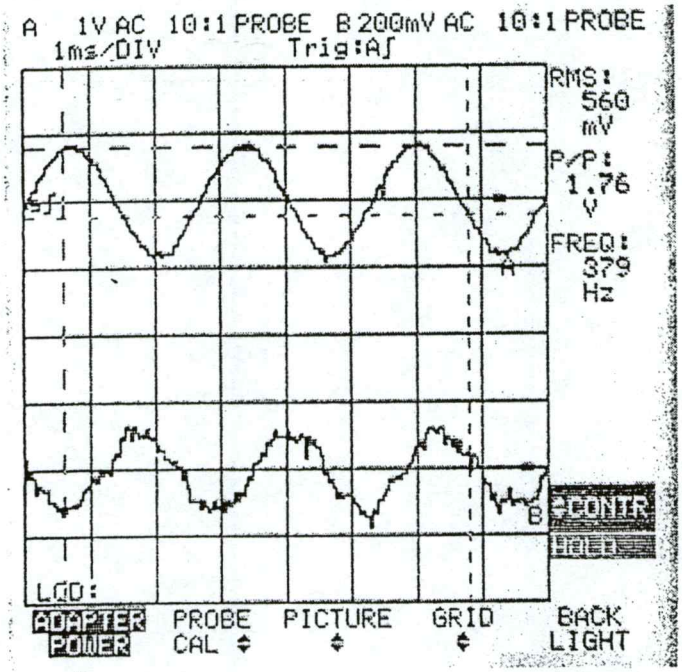
ขั้นตอนการทดลอง

1.ต่อไฟตรง 12 โวลท์เข้าที่วงจรบริดจ์จะได้ไฟเลี้ยงให้แก่วงจร

2.ป้อนสัญญาณไซน์เวฟ ความถี่ 400 Hz เขาที่ไมโครโฟน

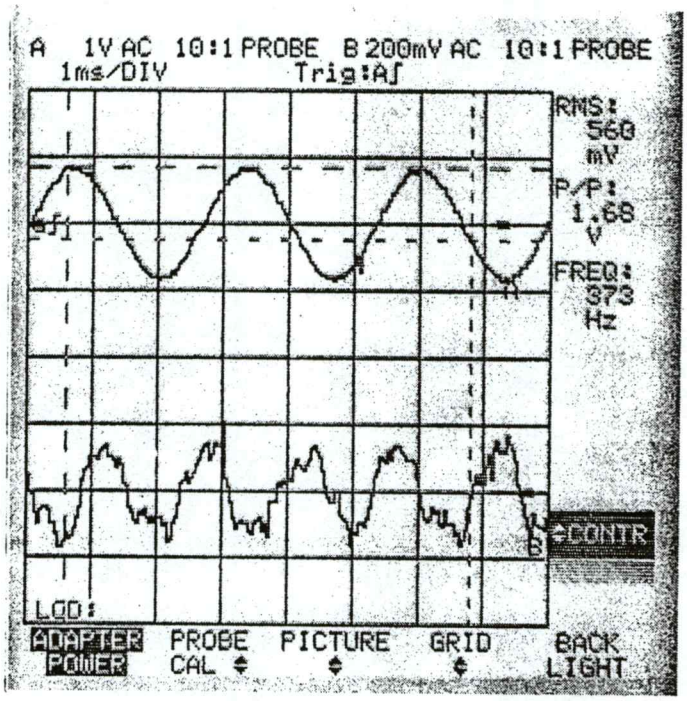
3.ปรับ VR ไว้ที่ตำแหน่งต่ำสุด

4.วัดสัญญาณเอาท์พุทของวงจรเสียงพูด (ขา 1 ของไอซี MC34114) จะได้ผลตามรูปที่ 4.3



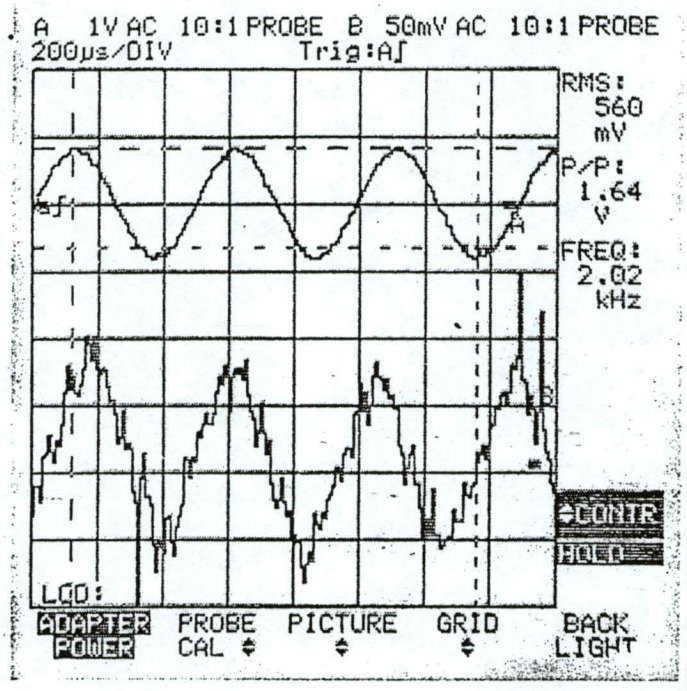
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท ที่ความที่ 400 Hz VR ต่ำสุด

5.ปรับ VR ไว้ที่ตำแหน่งสูงสุด วัดสัญญาณเช่นเดียวกับข้อ 4. จะได้ผลตามรูปที่ 4.4

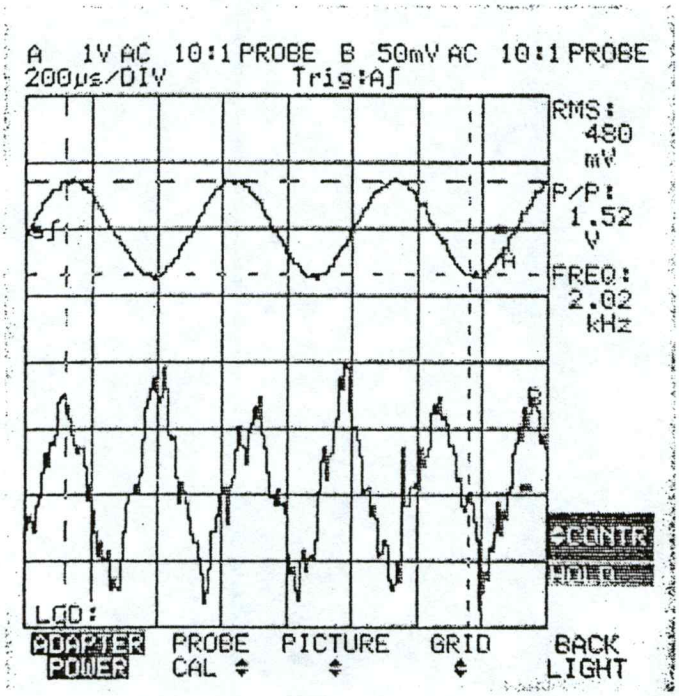


รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท ที่ความที่ 400 Hz VR สูงสุด

6.เปลี่ยนความถี่เป็น 2 KHz แล้วทำการทดลองตามข้อ 4.,5. จะได้ผลตามรูปที่ 4.5 และ 4.6



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท ที่ความที่ 2 KHz VR ต่ำสุด



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท ที่ความที่ 2K Hz VR สูงสุด

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

บทสรุป

ในส่วนของเรื่องโทรศัพท์ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญจะใช้ ไอซีโทรสำเร็จรูปการทดลองแยกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วนวงจรเลี้ยงพูด,ส่วนวงจรกำเนิดหมายเลข และวงจรกระดิ่ง เพื่อนำส่วนต่าง ๆ มาประกอบกันได้เป็นเครื่องรับโทรศัพท์ ซึ่งนำมาใช้กับส่วนของชุดเปลี่ยนเสียงได้

ส่วนเปลี่ยนเสียงจะใช้ไอซี เบอร์ RTS0072 ซึ่งเป็นไอซี ที่ใช้เป็นตัวเปลี่ยน สัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล และดิจิตอลเป็นอนาล็อก สัญญาณเสียงที่เอาท์พุทจะเปลี่ยนจากสัญญาณเสียง ความเร็วปกติเอาท์พุทที่ออกมาจะมีความเร็วที่ไม่เท่าเดิม ทำให้สัญญาณเสียงพูดที่ผู้ฟังได้ยินเป็นเสียงที่ไม่สามารถรับรู้ว่าใครเป็นผู้พูด

เครื่องเปลี่ยนเสียงนี้สามารถเปลี่ยนเสียงได้จริงแต่ยังไม่สามารถเปลี่ยนรายละเอียดของเสียงได้มากนักเนื่องจาก สัญญาณเสียง ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ หลายส่วน เช่น ความถี่เสียง, ความเร็วของเสียง และโทนของเสียง ซึ่งเป็นที่บ่งบอกลักษณะของน้ำเสียงแต่ละผู้พูดฉะนั้นการเปลี่ยนส่วนประกอบทั้งหมดจึงไม่ใช้เรื่องง่าย

แนวทางการพัฒนา

สามารถนำเครื่องเปลี่ยนเสียงไปพัฒนาได้โดยใช้เทคโนโลยีของระบบ Digital Signal Processer เข้ามาช่วยซึ่งจะทำให้การเปลี่ยนเสียงได้ละเอียดยิ่งขึ้น แต่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ให้ชำนาญจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องเปลี่ยนเสียงได้

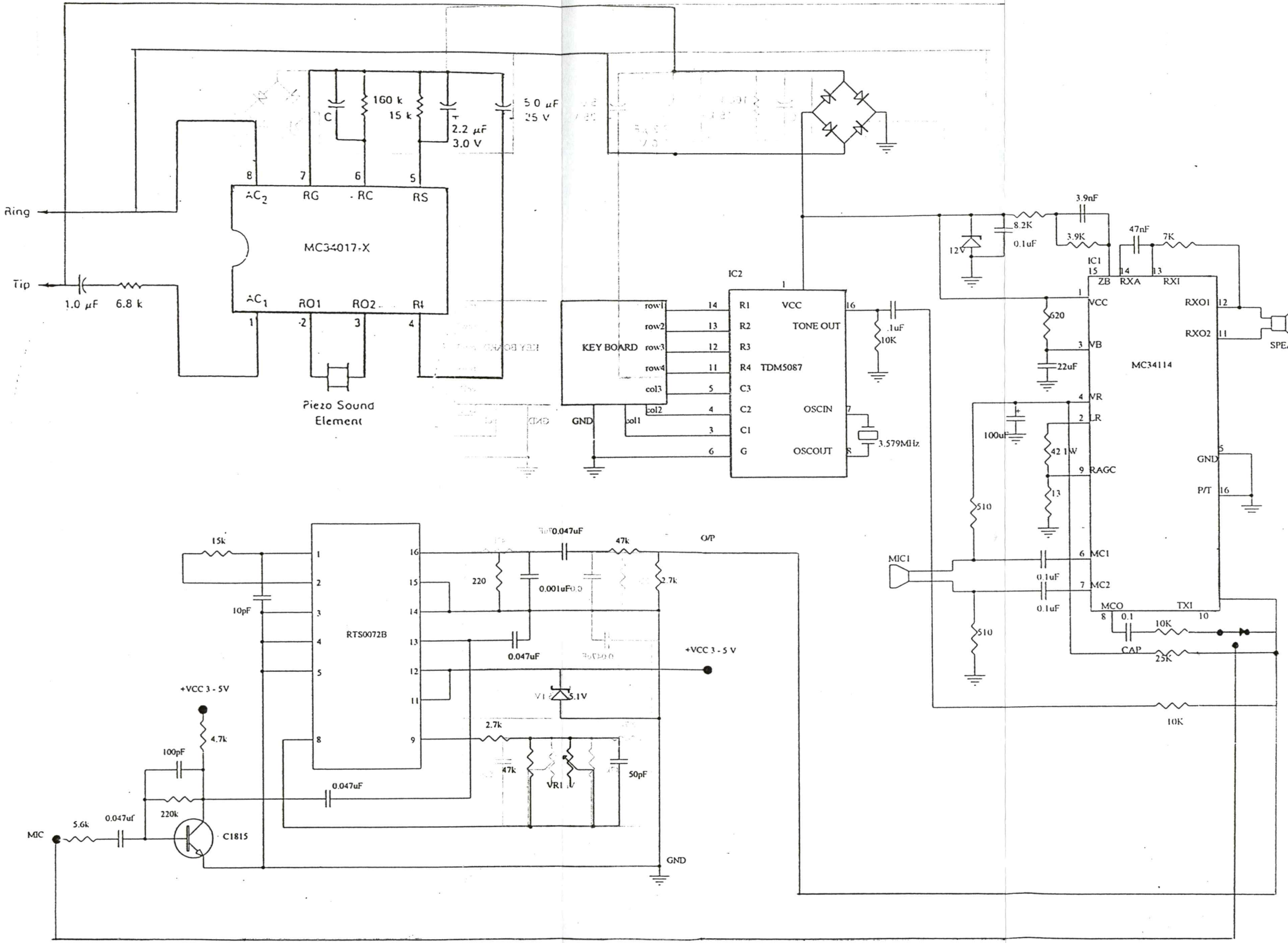
บรรณานุกรม

ฉัฐมา สืบพงษ์พันธ์ และ ปวีณ อุตสาห . เครื่องเตือนการเรียกโทรศัพท์ .กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2540

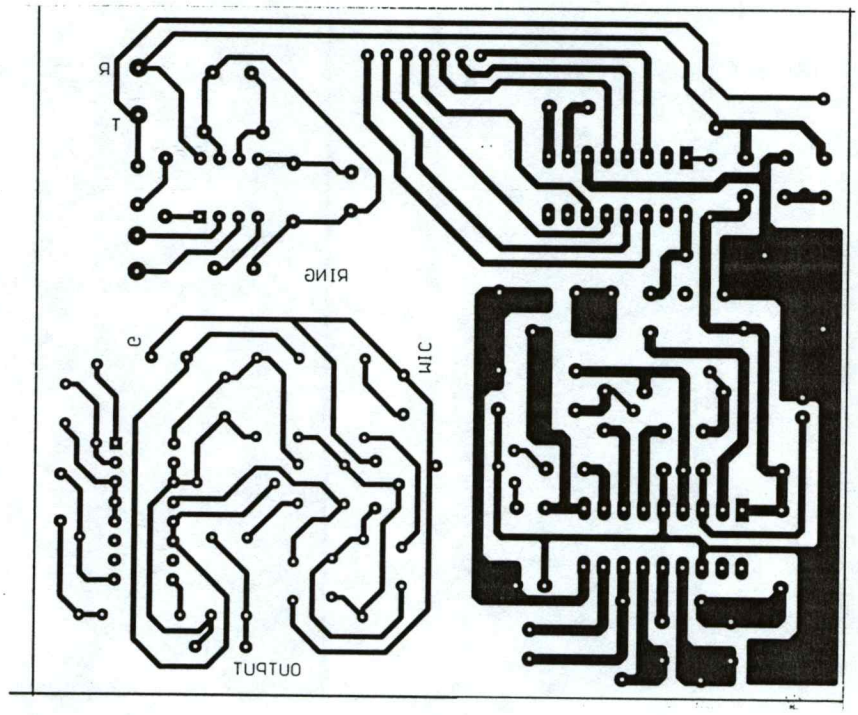
วิวัฒน์ กิรานนท์ . วิศวกรรมสื่อสาร . กรุงเทพมหานคร: อักษรสยามการพิมพ์ 2540

กฤษฎา เอกพันธ์,คชา นิยมศิลป์ และ อภิญญา ชัยวิเศษเจริญ. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2541

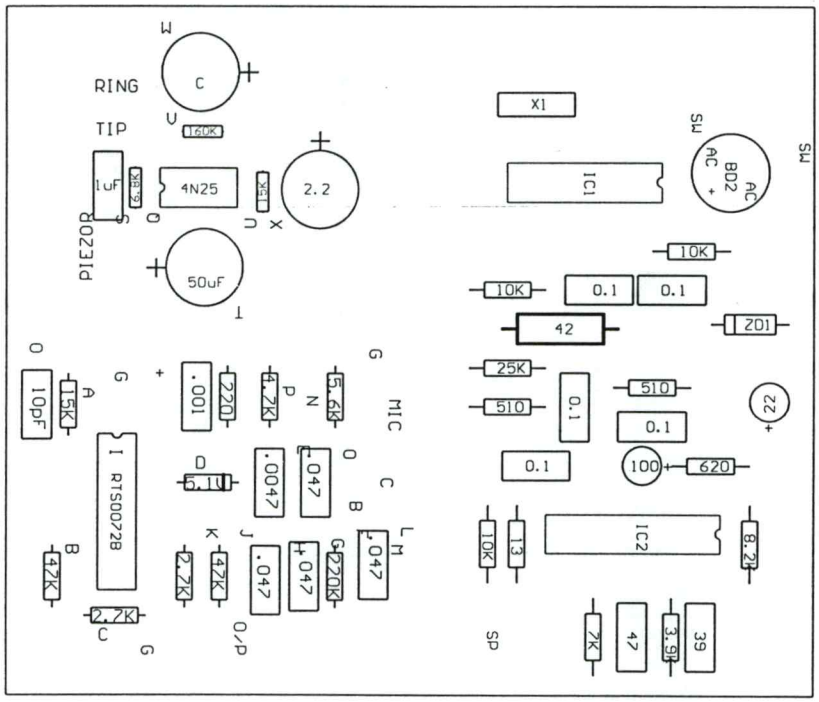
ภาคผนวก ก



วงจรสมบูรณ์ของเครื่องเปลี่ยนเสียงโทรศัพท์



ลายวงจรของเครื่องเปลี่ยนเสียงโทรศัพท์



แสดงการวางอุปกรณ์

ภาคผนวก ข

VOICE CHANGER

Features

- Wide operating voltage range: 3.0V to 5.0V
- Low power consumption
- Several selectable voice effects
  - Transposing voice (higher or lower)
  - Amplifying voice
  - Robotic voice
- External memory is not required.
- Variable resistors or switches can apply to adjust the transposed-voice effect.
- Built-in "Silence" function
- For applications in toys, masks, telephone systems and other voice fields

General Description

The RTS0072B is a single-chip CMOS LSI designed for voice changer applications, which transpose or distort one voice into another by encoding the input audio signals in normal speed, then transmit the output audio signals with an unusual speed. This is accomplished by sampling the input audio signals into digital signals and re-arranging the digital signals to generate a different voice from the original voice.

MC34114

Specifications and Applications Information

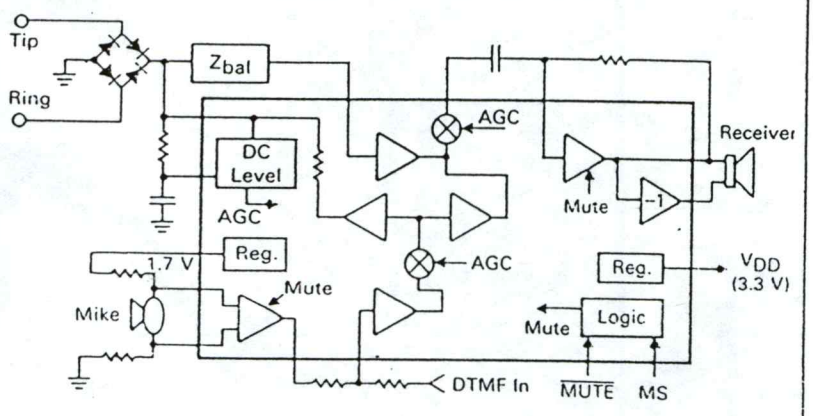
TELEPHONE SPEECH NETWORK WITH DIALER INTERFACE

The MC34114 is a monolithic integrated telephone speech network designed to replace the bulky magnetic hybrid circuit of a telephone set. The MC34114 incorporates the necessary functions of transmit amplification, receive amplification, and sidetone control, each with externally adjustable gain. Loop length equalization varies the gains based on loop current. The microphone amplifier has a balanced, differential input stage designed to reduce RFI problems. A $\overline{\text{MUTE}}$ input mutes the microphone and receive amplifiers during dialing. A regulated output voltage is provided for biasing of the microphone, and a separate output voltage powers an external dialer, microprocessor, or other circuitry. The MC34114 is designed to operate at a minimum of 1.2 volts, making party line operation possible.

A circuit using the MC34114 can be made to comply with Bell Telephone, British Telecom (BT), and NTT (Nippon Telegraph & Telephone) standards. It is available in a standard 18-pin DIP, and a 20-pin SOIC (surface mount) package.

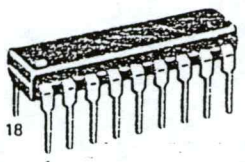
- Operation Down to 1.2 Volts
- Externally Adjustable Transmit, Receive, and Sidetone Gains
- Differential Microphone Amplifier Input Minimizes RFI Susceptibility
- Transmit, Receive, and Sidetone Equalization on Both Voice and DTMF Signals
- Regulated 1.7 Volts Output for Biasing Microphone
- Regulated 3.3 Volts Output for Powering External Dialer or MPU
- Microphone and Receive Amplifiers Muted During Dialing
- Differential Receive Amplifier Output Eliminates Coupling Capacitor
- Operates with Receiver Impedances of 50 Ohms and Higher
- Complies with NTT, Bell Telephone and BT Standards

SIMPLIFIED BLOCK DIAGRAM

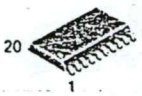


TELEPHONE SPEECH NETWORK WITH DIALER INTERFACE

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT

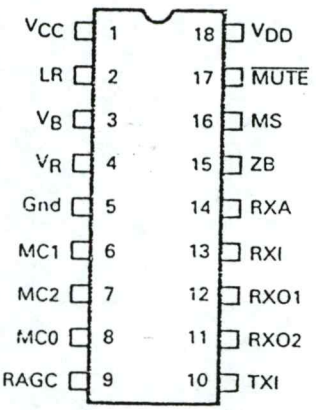


P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707



DW SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751D

PIN CONNECTIONS
(Top View)
(DIP Package)



ORDERING INFORMATION

Package	Part No.
18-Pin Plastic DIP	MC34114P
20-Pin Surface Mount	MC34114DW

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Parameter	Value	Units
V_{CC} Supply Voltage	−1.0, +12	Vdc
Voltage at V_{DD} (Externally Applied, V_{CC} = 0)	−1.0, +6.0	Vdc
Voltage at $\overline{MUTE}$, MS (V_{CC} > 1.5 Volts)	−1.0, V_{DD} + 0.5	Vdc
Voltage at $\overline{MUTE}$, MS (V_{CC} = 0)	−1.0, +6.0	Vdc
Voltage at RAGC (0 < V_{CC} < 12 Volts)	−1.0, +6.0	Vdc
Current through V_{CC}, LR	130	mA
Current into Z_B (Pin 15)	3.0	mA
Storage Temperature	−65, −150	°C

"Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. They are not meant to imply that the devices can be operated at these limits. The "Recommended Operating Conditions" provides conditions for actual device operation.

RECOMMENDED OPERATING LIMITS

Parameter	Min	Typ	Max	Units
V_{CC} Voltage (Speech, Pulse Mode) (Tone Dialing Mode)	+1.2 +3.3	— —	+10.5 +10.5	Vdc
Loop Current (into V_{CC}) (Speech, Pulse Mode) (Tone Dialing Mode)	4.0 15	— —	120 120	mA
Receiver Impedance	50	—	—	Ω
Voltage at $\overline{MUTE}$, MS (V_{CC} > 1.5 Volts)	0	—	V_{DD}	Vdc
R1 (Resistor from V_{CC} to V_B)	100	—	1800	Ω
Ambient Temperature	−20	—	+70	°C

All limits are not necessarily functional concurrently.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, See Figure 1)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
SUPPLY CURRENT					
Supply Current into V_{CC} (Pin 2 open, R12 = 25 k, V_{DD} unloaded)					mA
Speech Mode (Figure 2) V_{CC} = 1.2 Volts	I_{ccsp}	4.0	5.0	5.5	
V_{CC} = 3.5 Volts		9.0	11	12	
V_{CC} = 8.0 Volts		10	12	14	
V_{CC} = 10.5 Volts		—	13	—	
Tone Mode (Figure 4) V_{CC} = 3.3 Volts	I_{cct}	—	14	—	
V_{CC} = 8.0 Volts		—	16	—	
V_{CC} = 10 Volts		—	18	—	
VOLTAGE REGULATORS					
V_R Voltage (I_R = 65 μA, V_{CC} = 2.5 V, Figure 5)	V_R	1.6	1.7	1.85	Vdc
Load Regulation (0 < I_R < 300 μA, V_{CC} = 2.5 V)		—	0.2	0.5	Vdc
Line Regulation (I_R = 65 μA, 2.5 < V_{CC} < 10.5 V)		−70	±20	+70	mVdc
V_{DD} Voltage (V_{CC} ≥ 3.8 V, I_{DD} = 0, Figure 6)	V_{DD}	3.1	3.3	3.7	Vdc
Line Regulation (I_{DD} = 0, 5.0 V < V_{CC} < 10.5 V)		−70	±30	+70	mVdc
Maximum Output Current (V_{CC} = 3.8 V, V_{DD} ≥ 3.0 V)	$I_{DD_{MAX}}$				mA
Speech Mode		0.8	1.0	—	
Pulse, Tone Mode		2.2	2.5	—	
Input Leakage Current (V_{CC} = 0, 3.3 Volts applied to V_{DD})	I_{lkg}				μA
$\overline{Mute}$ open or at V_{DD}		—	0.02	0.5	
$\overline{Mute}$ = 0 Volts		—	180	—	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — continued (T_A = 25°C, See Figure 1)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
MICROPHONE AMPLIFIER					
Gain ($\overline{Mute}$ = V_{DD})	G_{MIC}	28	30	32	dB
Input Common Mode Rejection Ratio (1.0 kHz)	CMRR	20	26	—	dB
Input Impedance (Each Input)	R_{INMIC}	14	20	27	kΩ
MCO DC Bias Voltage (V_{CC} > 3.4 V, $\overline{Mute}$ = Hi) (V_{CC} = 1.2 V, $\overline{Mute}$ = Hi) ($\overline{Mute}$ = 0 V)	V_{MCODC}	0.85 0.6 —	1.1 0.71 0.08	1.25 0.93 —	Vdc
MCO Max Voltage Swing (THD = 5%, V_{CC} > 2.7 V) (THD = 5%, V_{CC} = 1.2 V)	V_{MCOAC}	— —	2.0 500	— —	Vp-p mVp-p
MCO Output Impedance	Z_{MCO}	—	270	—	Ω
MCO Output Current Capability (THD = 5%)	I_{MCO}	—	160	—	μA
Gain Reduction when Muted ($\overline{Mute}$ = 0 Volts, f = 1.0 kHz)	G_{MUT}	55	70	—	dB
RECEIVE AMPLIFIER					
RXI Bias Current (Mute = Hi)	I_{IBR}	—	50	—	nA
RXO1, RXO2 Bias Voltage (V_{CC} = 1.2 V) (V_{CC} > 3.0. V)	R_{XDC}	580 585	630 650	695 720	mVdc
RXO1–RXO2 Offset Voltage (V_{CC} > 3.0 V)	R_{XVOS}	−35	0	+35	mVdc
RXO1–RXO2 Max Voltage Swing (Figure 9) (THD = 5%, Receiver = ∞) (THD = 5%, Receiver = 150 Ω)	V_{RXAC}	 — —	 2.2 800	 — —	 Vp-p mVp-p
Internal Feedback Resistor (for muting)	R_{FINT}	—	1.0	—	kΩ
RXO1 & RXO2 Source Current	I_{RX}	2.6	3.2	3.5	mA
INTERNAL CURRENT AMPLIFIERS					
TXI Input Impedance	R_{TXI}	0.85	1.0	1.15	kΩ
ZB Input Impedance	R_{ZB}	—	500	—	Ω
RXA Output Impedance	R_{RXA}	—	10	—	kΩ
AC Current Gain TXI to V_{CC} (V_{RAGC} = 0 V) TXI to V_{CC} (V_{RAGC} = 1.3 V) ZB to RXA (V_{RAGC} = 0 V, RXA = AC Gnd) ZB to RXA (V_{RAGC} = 1.3 V, RXA = AC Gnd) TXI to RXA (V_{RAGC} = 0 V, RXA = AC Gnd) TXI to RXA (V_{RAGC} = 1.3 V, RXA = AC Gnd)	 G_{TX} G_{ZB} G_{STA} 	 — — — — — —	 100 50 0.5 0.25 1.22 0.61	 — — — — — —	A/A
DC INTERFACE					
LR Level Shift (V_{CC}–V_{LR}) (I_{LOOP} = 20 mA, $\overline{Mute}$ = V_{DD}) (I_{LOOP} = 80 mA, $\overline{Mute}$ = V_{DD}) (I_{LOOP} = 20 mA, $\overline{Mute}$ & MS = 0 V) (I_{LOOP} = 80 mA, $\overline{Mute}$ & MS = 0 V)	 ΔV_{LRS} ΔV_{LRT} 	 — — — —	 2.8 3.5 3.8 5.0	 — — — —	Vdc
V_{CC} Boost (I_{LOOP} = 20 mA, $\overline{Mute}$ & MS switched from Hi to Lo, R1 = 620 Ω)	ΔV_{LRB}	0.7	1.0	1.2	Vdc
RAGC Current (V_{RAGC} = 0 V) (V_{RAGC} = 1.0 V)	I_{RAGC}	— —	−40 −12	— —	μA

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — continued (T_A = 25°C, See Figure 1)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
LOGIC INPUTS					
$\overline{\text{MUTE}}$ Input Impedance (V_{CC} > 1.2 V)	R_{MUT}	—	60	—	kΩ
(V_{CC} = 0 V, 0 < $\overline{\text{Mute}}$ < 6.0 V)		—	>60	—	MΩ
Input Low Voltage	V_{ILMT}	0	—	1.0	Vdc
Input High Voltage	V_{IHMT}	V_{DD} – 0.5	—	V_{DD}	Vdc
Holdover (Delay for Receive amplifier to return to full gain after Pin 17 switches from 0 to V_{DD})	T_{MUT}	8.0	11	25	mSec
MS Input Impedance (V_{CC} > 1.2 V)	R_{MS}	—	60	—	kΩ
(V_{CC} = 0 V, $\overline{\text{Mute}}$ = open or V_{DD})		—	>50	—	MΩ
(V_{CC} = 0, $\overline{\text{Mute}}$ = 0)		—	4.0	—	kΩ
Input Low Voltage	V_{ILMS}	0	—	0.3	Vdc
Input High Voltage	V_{IHMS}	2.0	—	V_{DD}	Vdc

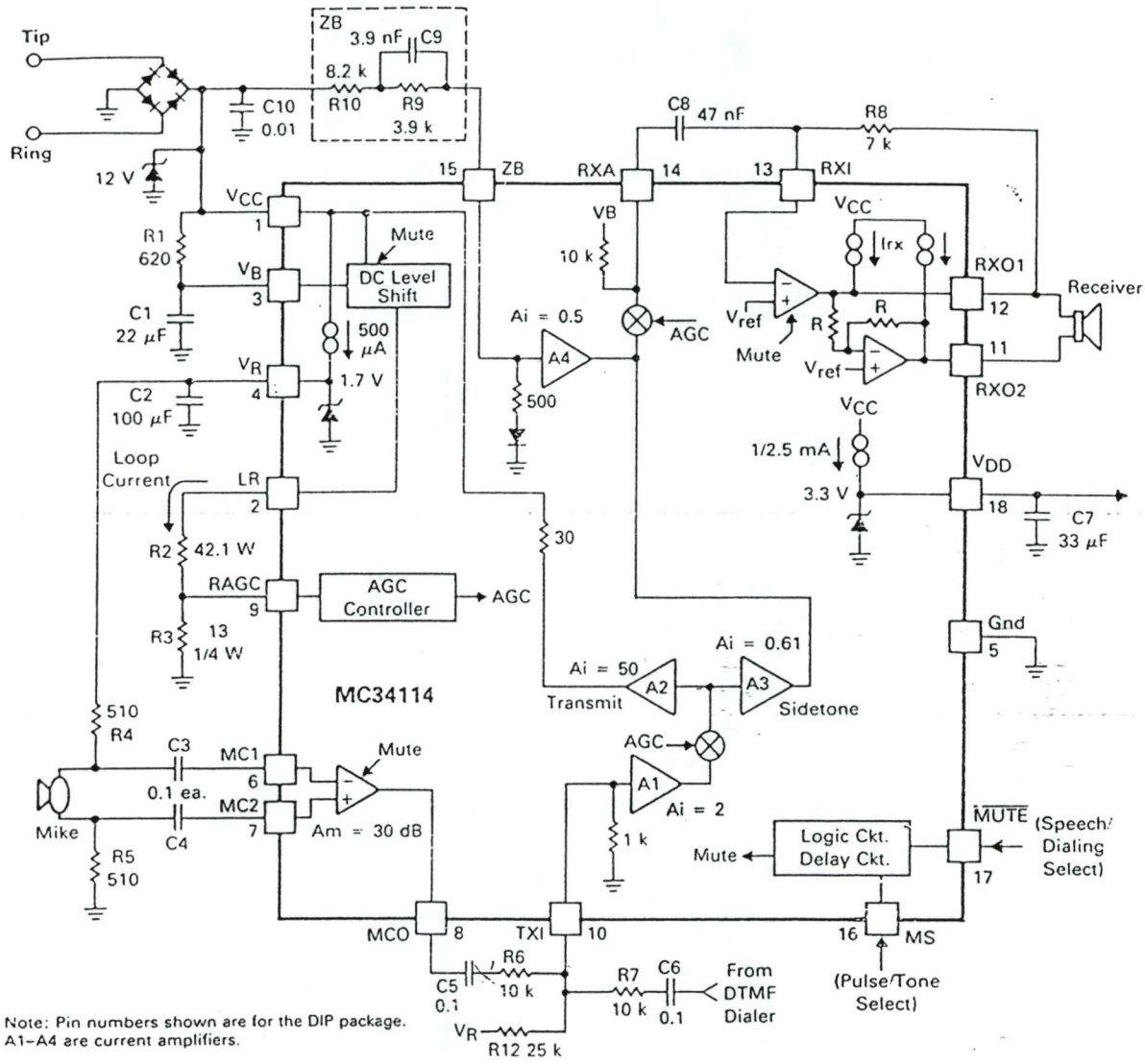
SYSTEM SPECIFICATIONS (f = 1.0 kHz unless noted, T_A = 25°C, Refer to Figure 1)

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Units
LINE INTERFACE					
V_{CC} DC Voltage (Pin 1)	V_{CC}				Vdc
Bell Telephone Standard and NTT Specs. (R2 = 43 Ω, R3 = 13 Ω)					
Speech Mode I_{LOOP} = 10 mA		1.7	2.0	2.3	
I_{LOOP} = 20 mA		3.0	3.4	3.7	
I_{LOOP} = 30 mA		3.5	4.1	4.5	
I_{LOOP} = 120 mA		8.5	9.9	10.5	
Tone Mode I_{LOOP} = 20 mA		3.9	4.1	4.3	
I_{LOOP} = 30 mA		4.5	5.1	5.5	
British Telecom Standard (R2 = 43 Ω + 2.5 V Zener, R3 = 13 Ω)					
Speech Mode I_{LOOP} = 10 mA		—	4.3	—	
I_{LOOP} = 20 mA		—	5.9	—	
I_{LOOP} = 30 mA		—	6.9	—	
I_{LOOP} = 70 mA		—	10	—	
AC Terminating Impedance (I_{LOOP} = 20 mA, Figure 11)	Z_{AC}	500	600	700	Ω
RECEIVE PATH					
Gain (V_{CC} to RXO1–RXO2, Figures 14, 15)	G_{RX}				dB
I_{LOOP} = 20 mA		–7.2	–6.1	–5.0	
I_{LOOP} = 100 mA		–13.5	–11	–9.5	
ΔGain (G_{RX} @ 100 mA versus 20 mA)	ΔG_{RX}	–7.5	–6.0	–4.5	dB
Muted Gain ($\overline{\text{Mute}}$ = Logic 0, I_{LOOP} = 20 mA)	G_{RXM}	—	–22	–20	dB
Distortion (at RXO1–RXO2, V_{CC} = 250 mVrms)	THD_R				%
f = 300 Hz		—	0.3	—	
f = 1.0 kHz		—	0.2	2.0	
f = 3.4 kHz		—	0.02	—	
Output Noise Across RXO1–RXO2 (@ 1.0 kHz)	N_{RXO}	—	4.0	—	μVrms
TRANSMIT PATH					
Gain (MC1–MC2 to V_{CC}, Figures 12, 13)	G_{TX}				dB
I_{LOOP} = 20 mA		36	38.5	40.5	
I_{LOOP} = 100 mA		29	32.5	35.5	
ΔGain (G_{TX} @ 100 mA versus 20 mA)	ΔG_{TX}	–7.5	–6.0	–4.5	dB
Max V_{CC} Voltage Swing (THD = 5%, Figure 8)	VTX_{MAX}				Vp-p
I_{LOOP} = 20 mA		—	3.0	—	
I_{LOOP} = 100 mA		—	2.3	—	
Gain Reduction when muted (MC1–MC2 to V_{CC}, $\overline{\text{Mute}}$ = 0 V)	G_{TXM}	—	68	—	dB
Distortion (0 dBm @ V_{CC})	THD_T				%
f = 300 Hz		—	0.5	—	
f = 1.0 kHz		—	1.5	3.0	
f = 3.4 kHz		—	1.3	—	
Output Noise at V_{CC} (@ 1.0 kHz)	N_{TXO}	—	17	—	μVrms
SIDETONE					
Sidetone Gain (Gain from V_{CC} to RXO1–RXO2 with signal applied to MC1/MC2, I_{LOOP} = 20 mA)	G_{ST}	—	–27	–22	dB

PIN DESCRIPTIONS

Symbol	Pin Number (SOIC)	Pin Number (DIP)	Description
V_{CC}	1	1	Power supply pin for the IC. Supply voltage is derived from loop current. Transmit amp output operates on this pin.
LR	2	2	Resistors R2 + R3 at this pin set the DC characteristics of the circuit. The majority of the loop current flows through these resistors. Other components may be used to produce required DC characteristics for individual regulatory agencies.
V_B	3	3	A resistor or appropriate network (R1) connected from this pin to V_{CC} sets the AC terminating impedance (return loss spec).
V_R	4	4	A 1.7 volt regulated output which can be used to bias the microphone. Additionally, this voltage powers a portion of the internal circuitry. Can nominally supply 300–500 μA.
GND	5	5	Ground pin for the entire IC. Normally this is not connected to, nor to be confused with earth ground.
MC1	6	6	Inverting differential input to the microphone amplifier. Input impedance is typically 20 kΩ.
MC2	7	7	Non-inverting differential input to the microphone amplifier. Input impedance is typically 20 kΩ.
MC0	8	8	Microphone amplifier output. Amplifier's gain is fixed at 30 dB.
RAGC	10	9	Loop current sensing input. The voltage at this pin, determined by the loop current and R3, operates the loop length equalization circuit.
TXI	11	10	Input to the transmit amplifier from the microphone amplifier, DTMF source, and other sources. Input impedance ≈ 1.0 kΩ.
RXO2	12	11	Receive amplifier non-inverting differential output. Current capability to the receiver is typically set at ±3.0 mA peak.
RXO1	14	12	Receive amplifier inverting differential output. Current capability to the receiver is typically ±3.0 mA peak. Gain is set by R8.
RXI	15	13	Summing input to the receive amplifier. This pin is an AC virtual ground.
RXA	16	14	Summed outputs of the receive current amplifier, sidetone amplifier, and an AGC point. Normally connected to the receive amplifier input (RXI) through a coupling capacitor.
ZB	17	15	Input to the receive current amplifier. A balance network (ZB) is connected between this pin and V_{CC}. The network affects the receive level and sidetone performance. Input impedance is ≈500 Ω in series with a diode.
MS	18	16	Mode Select Input. A logic "1" sets the IC for pulse dialing. A logic "0" sets the IC for tone (DTMF) dialing. Effective only if $\overline{\text{MUTE}}$ is at a logic "0". Input impedance is ≈ 60 kΩ.
$\overline{\text{MUTE}}$	19	17	$\overline{\text{Mute}}$ input. A logic "1" sets normal speech mode. A logic "0" mutes the microphone and receive amplifiers and allows MS to be functional. Input impedance is ≈60 kΩ referenced to V_{DD}. An internal fixed delay of 11 mSec minimizes clicks in the receiver when returning to the speech mode.
V_{DD}	20	18	A regulated 3.3 volt output for an external dialer. Output source current capability is 1.0 mA in speech mode, 2.5 mA in tone dialing mode.

FIGURE 1 — BLOCK DIAGRAM AND TEST CIRCUIT



Note: Pin numbers shown are for the DIP package.
A1–A4 are current amplifiers.

FIGURE 2 — I_{CC} versus V_{CC} (SPEECH MODE)

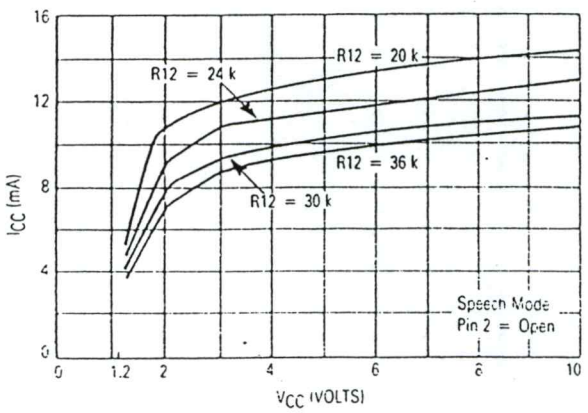


FIGURE 3 — I_{CC} versus V_{CC} (PULSE DIALING MODE)

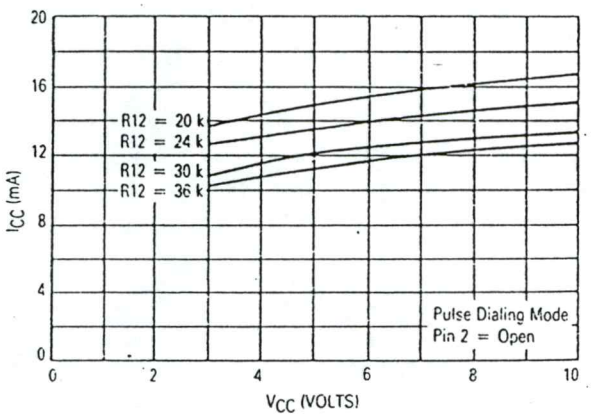


FIGURE 4 — I_{CC} versus V_{CC} (TONE DIALING MODE)

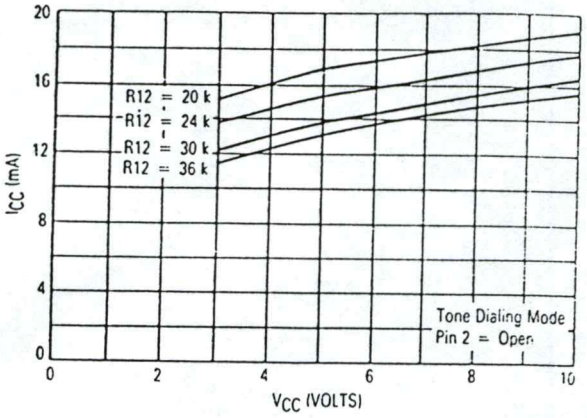


FIGURE 5 — V_R versus I_R versus V_{CC}

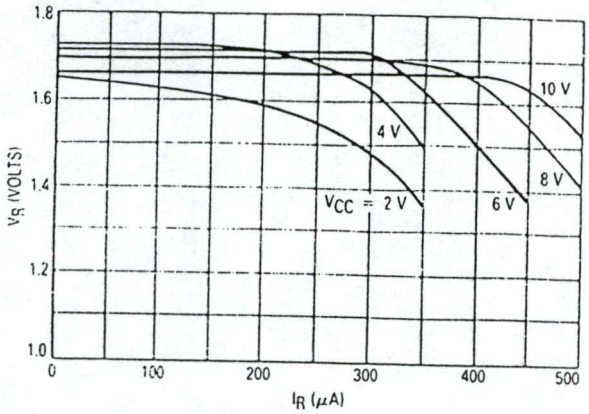


FIGURE 6 — V_{DD} versus I_{DD}

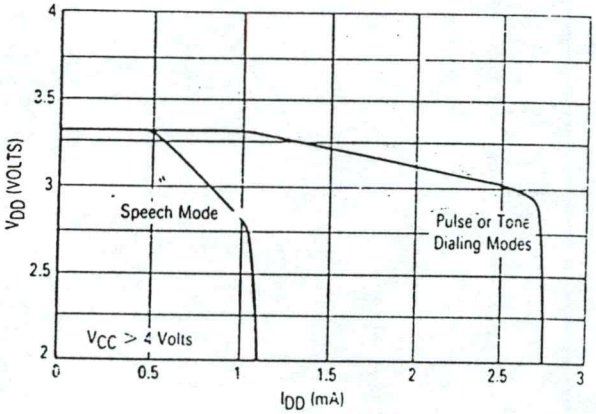


FIGURE 7 — AGC GAIN versus VOLTAGE AT PIN 9

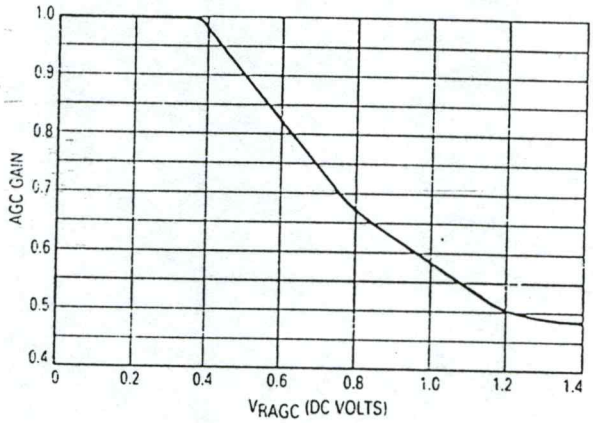


FIGURE 8 — MAXIMUM TRANSMIT SIGNAL AT V_{CC}

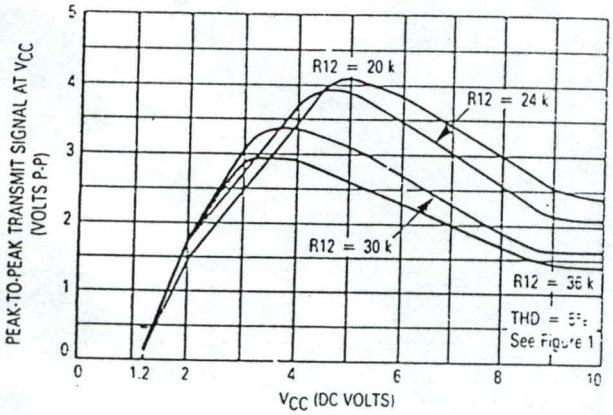
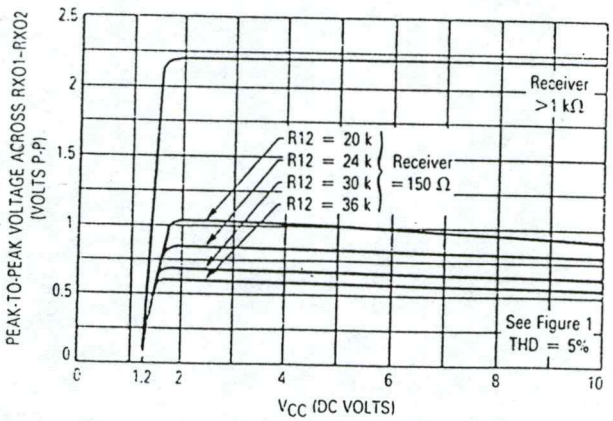


FIGURE 9 — MAXIMUM RECEIVER SIGNAL



SYSTEM PERFORMANCE

FIGURE 10 — TIP/RING VOLTAGE versus LOOP CURRENT

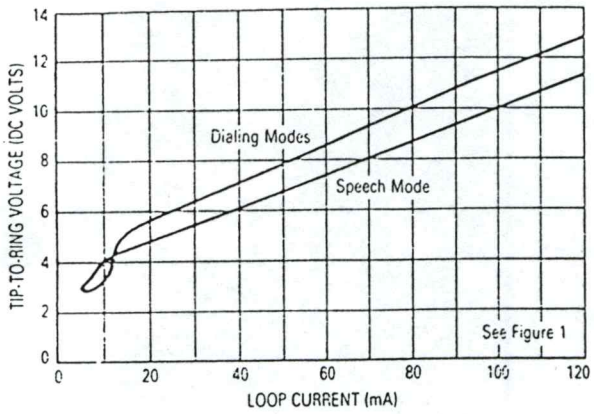


FIGURE 11 — AC TERMINATING IMPEDANCE versus LOOP CURRENT

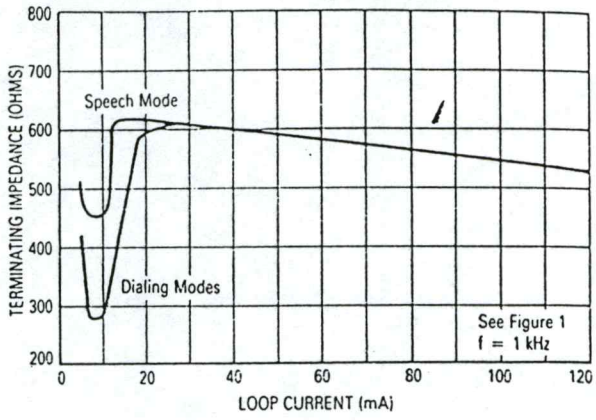


FIGURE 12 — TRANSMIT GAIN versus LOOP CURRENT

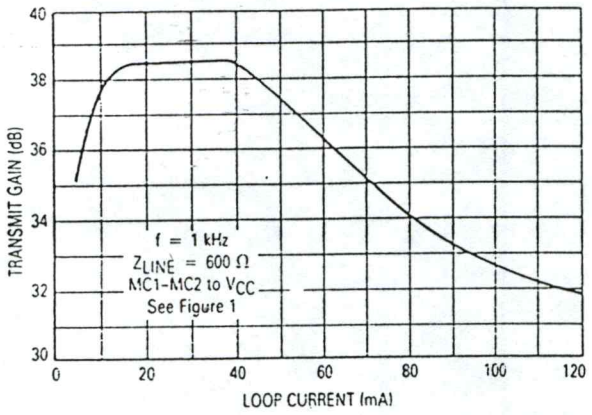


FIGURE 13 — TRANSMIT GAIN versus FREQUENCY

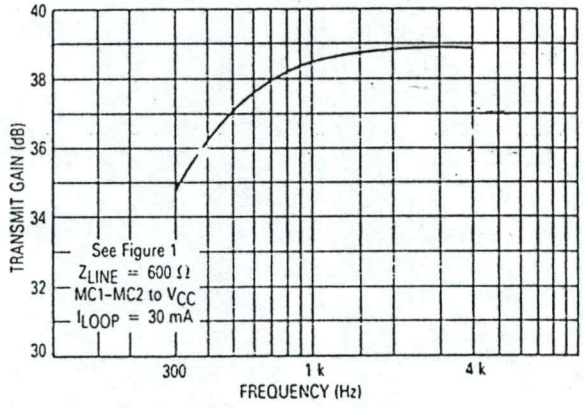


FIGURE 14 — RECEIVE GAIN versus LOOP CURRENT

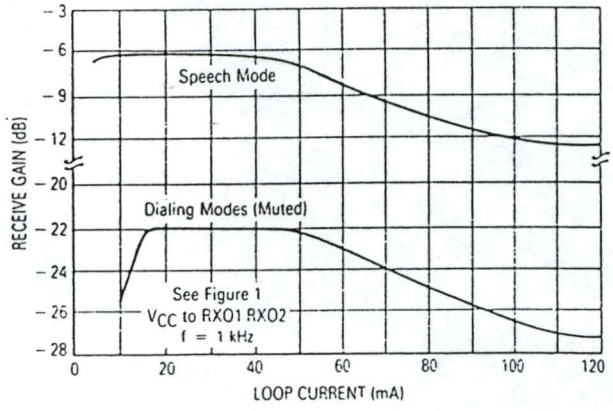
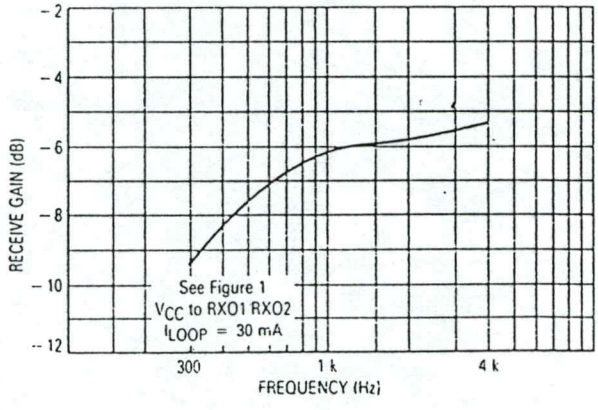


FIGURE 15 — RECEIVE GAIN versus FREQUENCY



SYSTEM PERFORMANCE

FIGURE 16 — TRANSMIT NOISE SPECTRUM

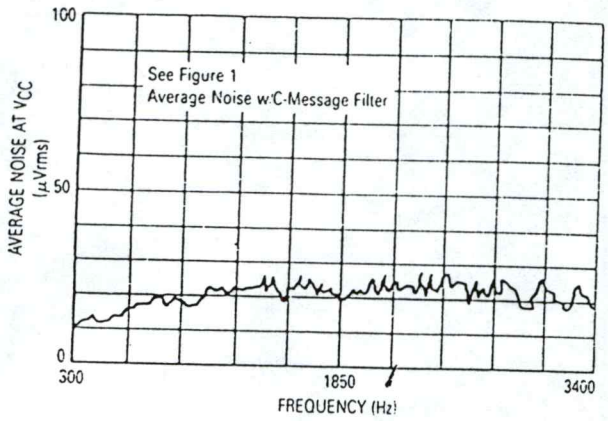


FIGURE 17 — RECEIVE NOISE SPECTRUM

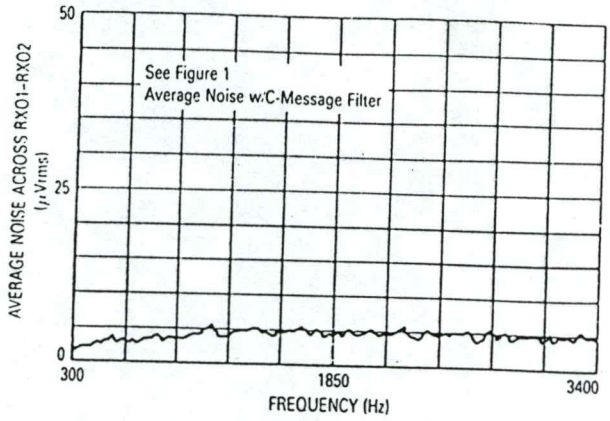


FIGURE 18 — V_{CC} versus TEMPERATURE

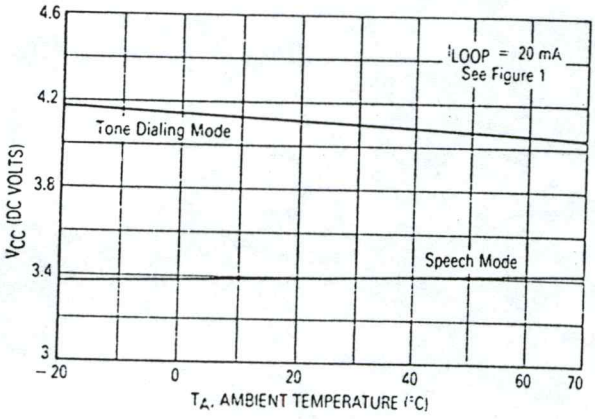


FIGURE 19 — TRANSMIT GAIN versus TEMPERATURE

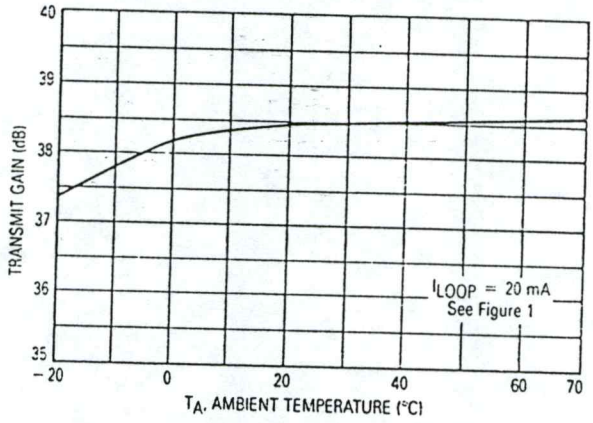


FIGURE 20 — RECEIVE GAIN versus TEMPERATURE

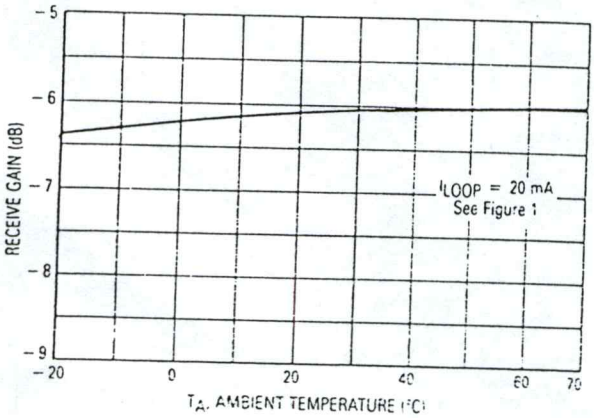
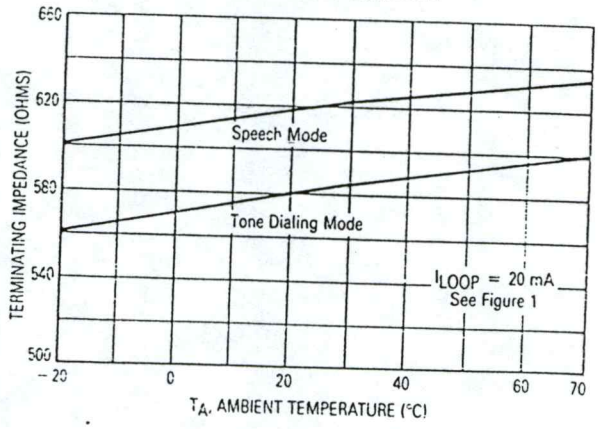


FIGURE 21 — AC TERMINATING IMPEDANCE versus TEMPERATURE



FUNCTIONAL DESCRIPTION

INTRODUCTION

The MC34114 is a speech network which provides the hybrid function and the DC loop current interface of a telephone, and is meant to connect to Tip and Ring through a polarity guard bridge. The transmit, receive, and sidetone gains are externally adjustable, and additionally, line length compensation varies the gains with variations in loop current. The microphone amplifier employs a differential input to minimize RFI susceptibility.

The loop current interface portion determines the dc voltage versus 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 among the modes, some parameters are changed in order to optimize the circuit operation for that mode. The following table summarizes those changes:

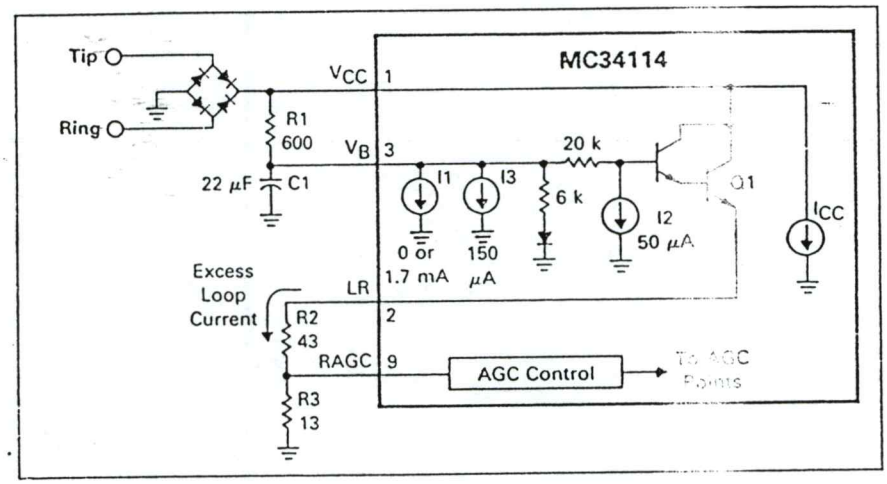
TABLE 1 — OPERATING PARAMETERS versus OPERATING MODE

Function	Speech	Pulse	Tone
LR Level Shift (V_{CC} – VLR)	2.8 V	2.8 V	3.8 V
V_{DD} Current Capability	1.0 mA	2.5 mA	2.5 mA
Microphone Amplifier	Functional	Muted	Muted
Receive Amp. Internal Feedback Resistor	Switched Out	Switched In	Switched In

DC LINE INTERFACE AND LINE LENGTH COMPENSATION

The DC line interface circuit (Pins 1, 2, 3) sets the D voltage characteristics with respect to loop current. S Figure 22.

FIGURE 22 — DC LINE INTERFACE EQUIVALENT



The DC voltage at V_{CC} is determined by the level shift from V_{CC} to LR, plus the voltage across R2 and R3. I_{CC} is the internal bias current required by the MC34114, nominally in the range of 10 mA. I_{CC} can be reduced, if necessary, by increasing R12, consistent with the transmit and receive signal requirements (see the Transmit Path section). See Figures 2–4, 8 and 9.

In the speech and pulse dialing modes current source I1 is off, and the level shift is due to Q1's base-emitter drop (≈1.4 V), 1.0 volt across the 20 k resistor, and the voltage across R1, which varies with V_{CC} from 0.15 volts to ≈1.0 volt. When the loop current coming in from Tip and Ring exceeds the I_{CC} requirement, the excess current flows through Q1, R2 and R3, to set the slope of the V-I characteristic for the circuit (Q1 has an equivalent resistance of ≈10 Ω). See Figure 10.

In the tone dialing mode, current source I1 is on, dra ing an additional 1.7 mA through R1, increasing the le shift by ≈1.0 volts (R1 = 600 Ω). This feature ensu that, at low loop currents, sufficient voltage is pres at V_{CC} for the DTMF signals, and that the V_{DD} regula supplies sufficient voltage to an external dialer. The l current increases by ≈1.3 mA in this mode.

R1 must be kept in the range of 100 to 1800 Ω. If i too large, insufficient current will flow into V_B to b up the circuit. If it is too small, insufficient filtering V_B will result unless C1 is increased accordingly. Spe signals must be well filtered from V_B.

The voltage across R3 determines the operation the AGC circuit (line length compensation). As the v age at RAGC increases from ≈0.4 volts to ≈1.2 vo the AGC Control varies the current gain of the two A

points (Figure 1) from 1.0 to 0.5, thereby reducing the gain of the transmit and receive paths by 6.0 dB. See Figure 7. Pin 9 is a high impedance input.

The values of R2 and R3 can be varied as required to comply with various regulatory agencies, to compensate for additional circuitry powered by the loop current (microprocessor, etc.), or to change the starting point of the AGC function. If the AGC is not used, Pin 9 should be connected to ground for high gains, or to V_R for low gains.

VOLTAGE REGULATORS

The MC34114 has two internal voltage regulators which are used to power external as well as internal circuitry.

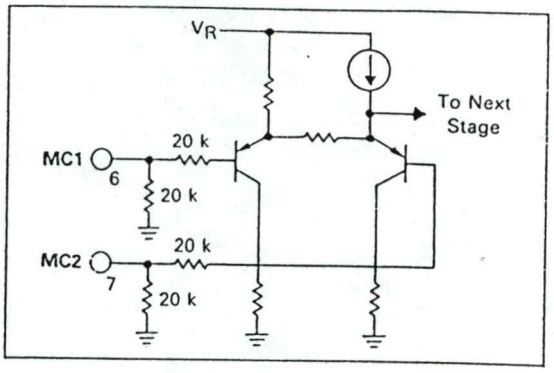
The V_R regulator provides 1.7 volts at a maximum current of 500 μA (see Figure 5). This output is normally used to set the DC bias into TXI (Pin 10), and to bias the electret microphone. V_R will typically be ≈300 mV less than V_{CC} when V_{CC} is below 2.0 volts.

The V_{DD} regulator provides 3.3 volts at a maximum of 1.0 mA in the speech mode, and 2.5 mA in the pulse or tone dialing modes (see Figure 6). It is normally used to power an external dialer, and other associated circuitry. V_{DD} is normally ≈0.5 volts less than V_{CC} until V_{DD} regulates. It is a shunt type regulator which automatically switches to a high impedance mode when V_{CC} falls below 1.4 volts. This feature prevents excessive battery drain in the event a memory sustaining battery is used with the external dialer. Leakage current (with V_{CC} = 0) is typically 0.02 μA with an applied voltage of up to 6.0 volts at V_{DD}, with pin 17 open or at V_{DD}. If Pin 17 is at ground, a current of several hundred microamps will flow into V_{DD} and out of pin 17 (see paragraph on Logic Interface).

MICROPHONE AMPLIFIER

The microphone amplifier (Pins 6, 7, 8) has a differential input, single ended output, and a fixed internal gain of +30 dB (31.1 V/V). The output is in phase with MC2, and out of phase with MC1. The inputs (see Figure 23) have a nominal impedance of 20 kΩ, and are matched to provide a high common mode rejection (typically 26 dB).

FIGURE 23 — INPUT STAGE



To preserve a high CMRR against unwanted signals induced in the microphone leads, the microphone should be biased with two equal value resistors as shown in Figure 1.

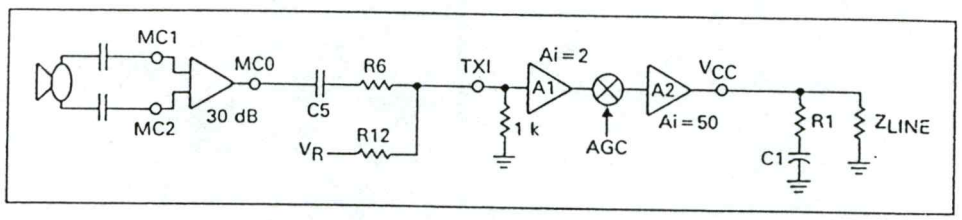
The output (MCO) has a DC bias voltage of ≈1.1 volts (V_{CC} > 3.0 volts), and can nominally swing ≈2.0 volts p-p (500 mV p-p at V_{CC} = 1.2 volts). The output impedance is ≈270 Ω, and has a peak current capability of ≈160 μA for 5% THD.

When the MC34114 is switched to either dialing mode, the microphone amplifier is muted by ≈70 dB (300 Hz–4 kHz), effectively disabling the microphone. The DC voltage at MCO is ≈80 mV when muted.

TRANSMIT PATH

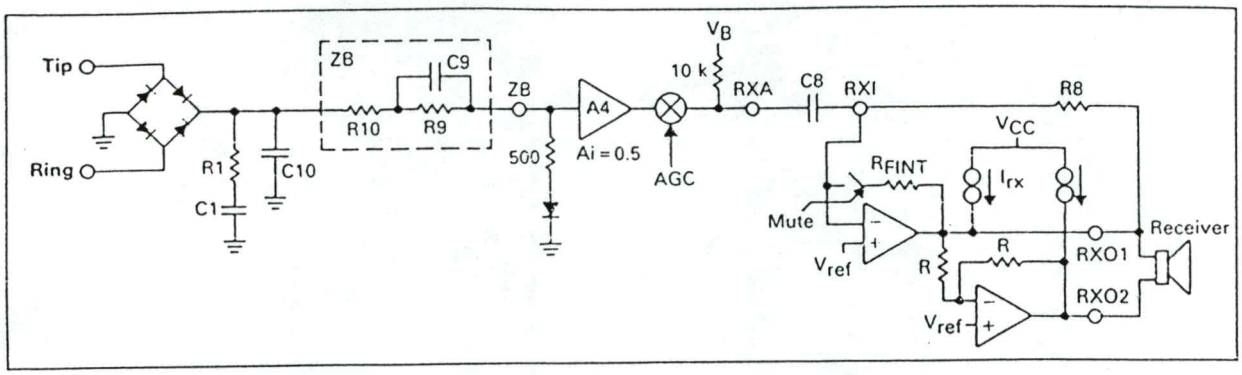
The AC transmit path consists of the components shown in Figure 24 (taken from Figure 1).

FIGURE 24 — TRANSMIT PATH



The voltage output at MCO is converted to a current into TXI by C5, R6, and TXI's 1.0 k input impedance (with a slight error due to R12). A1 and A2 are current amplifiers with a combined gain of 100. The AGC point has a current gain of 1.0 at low loop currents, and decreases to 0.5 as loop current increases. Therefore the current gain from TXI to V_{CC} varies from 100 to 50 as loop current is increased. The resulting current output at V_{CC} acts on R1 and the line impedance (nominally 600 Ω each, C1 is an AC short) to generate a voltage

FIGURE 25 — RECEIVE PATH



signal at V_{CC}, and consequently, at Tip and Ring. The voltage gain from MC1–MC2 to Tip and Ring is therefore (first order):

$$G_{TX} = \frac{Am \times 100 \times AGC \times R1//Z_{LINE}}{(R6 + 1.0\ k)} \qquad \text{(Equation 1)}$$

where Am is the gain of the microphone amplifier (31.1 V/V). At low loop currents G_{TX} ≈84 V/V (38.5 dB), and decreases to ≈42 V/V (32.5 dB) at higher loop currents, for the component values shown in Figure 1 (@ 1.0 kHz).

For more precise calculations, consideration should be given to the effects of C5 (in series with R6), R12 and R7 (each in parallel with TXI's 1.0 k impedance), and C10 and the ZB network (each in parallel with R1 and Z_{LINE}). The cumulative effects of these additional components is ≈1.5 dB.

The voltage signal at V_{CC} is out of phase with that at TXI, and in phase with that at MC1.

The maximum available voltage swing at V_{CC} is a function of the impedance at V_{CC} ($R1//Z_{LINE}$), the DC bias current at A2's output, and the V_{CC} DC voltage. A2's bias current is determined by the bias current through R12 (V_R/(R12 + 1.0 k)) which is gained up by A1, A2 and the AGC point. Figure 8 indicates the maximum voltage swing at V_{CC} (with 5% THD).

RECEIVE PATH

The AC receive path consists of the components shown in Figure 25 (taken from Figure 1).

R1, typically 600 Ω, provides the AC termination (return loss) for the receive signals coming in on Tip and Ring (C1 is an AC short). The receive signal creates an AC current through the ZB network and the 500 Ω resistor at the ZB pin. A4 reduces that current by 1/2, and then feeds it through the AGC point which has a gain of 1.0 at low loop currents. The AGC gain is reduced to 0.5 as loop current increases. The AC current out of the AGC point feeds through C8 to RXI, the receive amp's summing node (If C8 is large, RXA can be considered a virtual ground, and no AC current flows through the internal 10 k resistor). The voltage swing at RXO1 is then determined by the current through C8 and the R8 feedback resistor. The second op amp (at RXO2) is internally configured for inverting unity gain. The voltage gain from Tip and Ring to RXO1–RXO2 (differential) is (first order):

$$G_{RX} = \frac{R8 \times AGC}{(ZB + 500)} \qquad \text{(Equation 2)}$$

where ZB = R10 + R9//C9 (≈R10 + R9).

For more precise calculations, the effects of C9 and C8 must be considered. C9 provides a phase shift to aid sidetone cancellation (see paragraph on Sidetone), and C8 can be selected to provide low frequency roll-off. High frequency roll-off can be obtained by adding a feedback capacitor across R8. For the component values shown in Figure 1, the receive gain measured ≈0.495 V/V (−6.1 dB) at low loop currents, and reduces to ≈0.25 V/V (−12 dB) at higher loop currents (@ 1.0 kHz).

When the MC34114 is switched to either dialing mode ($\overline{Mute}$ = low), the receive gain is muted by the switching in of the internal feedback resistor (R_{FINT} from RXO1 to RXI) — typically 1.0 kΩ. The effective feedback resistor for the amplifier is now the parallel combination of R8 and R_{FINT}. The amount of muting (in dB) can be calculated from:

$$G_{RXM} = 20 \times \log\left(\frac{R8 + R_{FINT}}{R_{FINT}}\right) \qquad \text{(Equation 3)}$$

The internal resistor is switched in coincident with $\overline{Mute}$ (Pin 17) switching low. However, when $\overline{Mute}$ is switched high, a delay (nominally 11 mSec) occurs before the internal resistor is switched out. This feature prevents dialing transients (particularly during pulse dialing) from being heard as loud clicks in the receiver.

The DC bias voltages at RXI, RXO1 and RXO2 is ≈0.65 volts. The bias current at RXI is ≈50 nA into the pin. The maximum voltage swing at RXO1 and RXO2 is a function of the receiver impedance (typically 100–150 Ω), and the value of the two I_{rx} current sources in Figure 25. I_{rx}, set by R12 (between V_R and TXI), is equal to:

$$I_{rx} = \frac{V_R \times 50 \times AGC}{(R12 + 1.0\ k)} \qquad \text{(Equation 4)}$$

Figure 9 indicates the maximum voltage swing available to the receiver.

SIDETONE CANCELLATION

Sidetone cancellation is provided by current amplifier A3 (see Figure 1) which generates a current representative of the transmit signal to cancel the reflected sidetone signal coming in through ZB and A4. To achieve perfect cancellation (no AC current out of RXA), it is necessary that:

$$ZB = (40 \times R1 // Z_{LINE}) - 500\ \Omega \quad \text{(Equation 5)}$$

where ZB is the network composed of R9, R10, and C9, and Z_{LINE} is the AC impedance of the line. The reactive components of the line's impedance can be compensated for by making the ZB network comparably reactive. In Figure 1, C9 provides a phase shift to compensate for the phase shift created by the phone line.

LOGIC INTERFACE ($\overline{\text{Mute}}$ and MS)

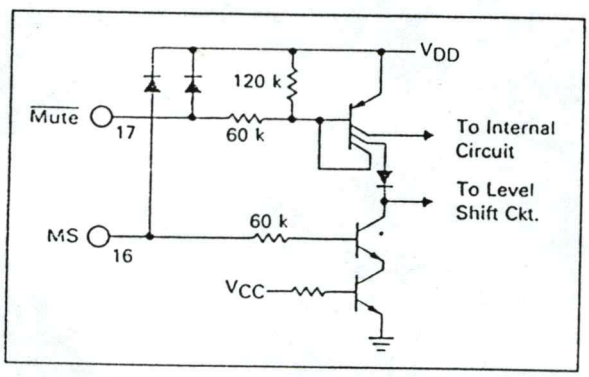
The two logic inputs ($\overline{\text{Mute}}$ and MS) are used to switch the MC34114 between the speech and dialing modes according to the following table:

TABLE 2 — LOGIC INPUTS

$\overline{\text{Mute}}$	MS	Mode
High	X	Speech
Low	High	Pulse Dialing
Low	Low	Tone Dialing

Table 2, together with Table 1, describes the condition of the MC34114 in the various modes. Figure 26 shows the input configuration for the $\overline{\text{Mute}}$ and MS pins.

FIGURE 26 — LOGIC INPUTS



The $\overline{\text{Mute}}$ input has a nominal input impedance of 60 kΩ, referenced to V_{DD}. This pin may be left open for a logic "1," or connected to V_{DD}. A logic "1" is defined as between V_{DD}–0.5 volts and V_{DD}. A logic "0" is defined as between ground and 1.0 volt. The switching threshold is ≈2.3 volts. When $\overline{\text{Mute}}$ is switched low (speech to dialing), the changes listed in Table 1 will occur within 10 μs. Upon switching high (back to speech mode), however, the receive amplifier feedback resistor will be switched out after a delay of (typically) 11 ms. This feature prevents dialing transients (particularly during pulse dialing) from being heard as loud clicks in the receiver. The other functions listed in Table 1 transfer within 10 μs.

The MS pin is functional only when $\overline{\text{Mute}}$ is low and its only function is to provide an additional voltage level shift between V_{CC} and LR in the tone dialing mode (see the section on DC Interface). The input impedance is ≈60 kΩ when $V_{CC} > 1.5$ volts. A logic "0" is between ground and 0.3 volts, and a logic "1" is between 2.0 volts and V_{DD}. The switching threshold is typically 0.75 volts. If unused, this pin must be connected to ground or V_{DD}, and not left open.

When $V_{CC} = 0$ (on-hook condition), and a voltage in the range of 0 to 6.0 volts is applied to $\overline{\text{Mute}}$, a leakage current of (typically) 0.02 μA will flow if $\overline{\text{Mute}}$ and V_{DD} are at the same voltage. If $\overline{\text{Mute}}$ is at a voltage different from V_{DD}, current will flow through the internal resistors and/or diode. If a memory sustaining battery is used in conjunction with an external dialer, and is configured so that its voltage appears at V_{DD}, $\overline{\text{Mute}}$ must be allowed to float or be connected to V_{DD} — otherwise current (in the range of 100–200 μA) will flow from the battery through V_{DD} and out of the $\overline{\text{Mute}}$ pin.

When $V_{CC} = 0$, and a voltage in the range of 0 to 6.0 volts is applied to MS, a leakage current of (typically) 0.01 μA will result as long as $\overline{\text{Mute}}$ is open or at V_{DD}. If $\overline{\text{Mute}}$ is at ground, an equivalent 3.5 kΩ parasitic resistance exists between MS and $\overline{\text{Mute}}$.

When $V_{CC} < 1.5$ volts, the Mute function is nonexistent and the MC34114 will be in the speech mode.

APPLICATIONS INFORMATION

DESIGN SEQUENCE

The design sequence for incorporating the MC34114 into most applications will be as follows (refer to Figure 1):

1) Decide on the AC terminating impedance (return loss), and select R1 to be that value (typically 600 Ω). If there are other devices powered by the loop current which will be in parallel with R1 (such as a pulse dialing circuit) which lower the effective terminating impedance, R1 can be increased accordingly.

2) Select the maximum value of R12 which will provide the minimum required transmit and receive signals according to Figures 8 and 9.

3) Select the sum {R2 + R3} to provide the desired Tip and Ring DC voltage versus loop current characteristics. Then select R3 for the desired starting point of the loop length compensation. The compensation begins when the voltage across R3 is ≈0.4 volt.

4) Select R4 and R5 (they should be equal) to properly bias the microphone. The microphone's manufacturer should be consulted for this information.

5) Select R6 for proper transmit gain. See equation 1. Then select C5 to provide low frequency roll-off. Adjust R6 as required.

6) Select the ZB network (R9, R10, C9) to provide sidetone cancellation. See equation 5.

7) Select R8 for proper receive gain (depends on the specific receiver used). See equation 2. Then select C8 to provide low frequency roll-off. Adjust R8 as required.

Additional comments on Figure 1 components:

1) Capacitors C1, C2, and C7 are required to stabilize the respective regulators. In most applications it should not be necessary to change from the values shown in Figure 1.

2) C3 and C4 can be selected to provide low frequency roll-off for the microphone signals.

3) C10 filters noise generated by the MC34114, and should be close to the V_{CC} pin. Its recommended value (0.01 μF) is such that it does not noticeably affect the system parameters. It can be increased, if desired, to provide high frequency roll-off for both transmit and receive signals. This, however, will affect the return loss specification at higher frequencies.

4) Since TXI is a (relatively) low impedance current input, it is a convenient point for injecting any signals which are to be transmitted out onto Tip and Ring. C6 and R7 are shown for transmitting the DTMF signals from a dialer. Additional RC networks can be connected to TXI for transmitting signals from speakerphones, modems, or other signal sources. The voltage gain from each signal source to Tip and Ring is:

$$G_S = \frac{Z_{LINE}//R1 \times 100 \times AGC}{(R_X + Z_{CX})} \quad \text{(Equation 6)}$$

where R_X and Z_{CX} represent the impedances of the R and C for the particular signal source. If several signal sources are connected to TXI, the parallel combination of R6, R12, the internal 1.0 k resistor, and any other RCs at this pin must be considered when setting the gain for each signal.

5) The 12 volt zener diode shown in Figure 1 is for transient protection, and normally does not conduct. Transient and overvoltage protection **MUST** be provided externally so that the Absolute Maximum Ratings are not exceeded.

BASIC TELEPHONE CIRCUIT

Figure 27 depicts a complete basic telephone using the MC34114 speech network, the MC145412 pulse/tone dialer, and the MC34017 tone ringer.

The MC34114 provides the speech network/hybrid functions, and its component values are calculated as described previously in this data sheet. The resistor from V_{CC} to V_B is 820 Ω (rather than 600 Ω) in this example since it is in parallel with the 2.0 kΩ resistor in the pulse dialing transistor network (providing and effective 600 Ω termination).

The MC145412 dialer is a pulse/tone dialer with 10 number memory, including last number redial. Power to the dialer is from the MC34114's V_{DD} output, diode connected with a memory sustaining battery.

The MC34017 tone ringer (see its data sheet for details) is connected directly to Tip and Ring as it is not necessary to disconnect it when off-hook. This circuit has an REN ≈0.5, and meets all EIA-470 and Bell system requirements for impedance, anti-bell tapping, and turn-on/off thresholds.

OPERATION WITH A POWER SUPPLY

Figure 28 indicates how to incorporate the MC34114 into a circuit where a power supply is used.

FIGURE 27 — BASIC PULSE/TONE TELEPHONE

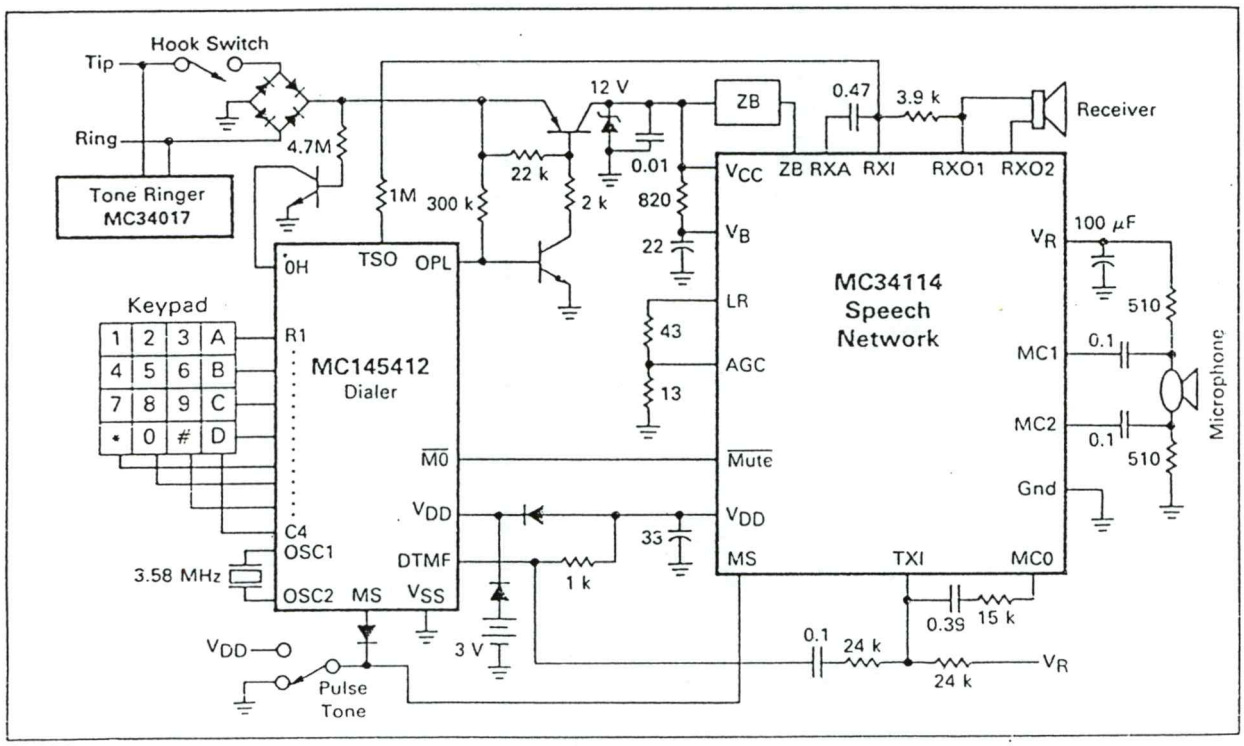
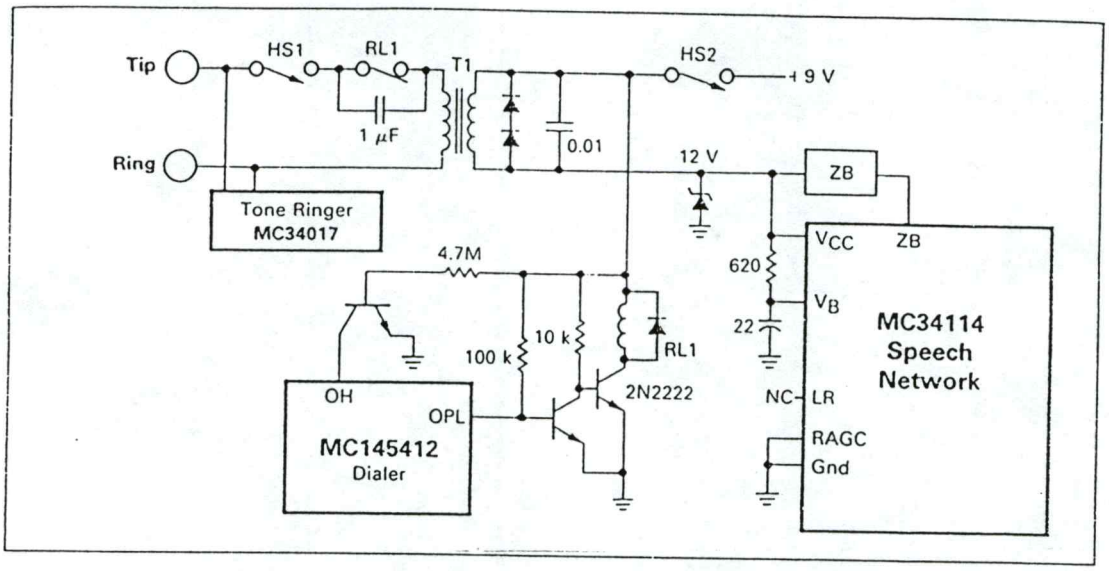


FIGURE 28 — USE WITH A POWER SUPPLY



A transformer (T1) is required at Tip and Ring to provide the isolation required between the phone line and any AC power and earth ground. (The transformer must be rated to handle the loop current.) Since the loop current does not pass through the MC34114, loop length compensation is not possible in this circuit, and pin 2 (LR) is left open. The RAGC pin is grounded, setting the transmit and receive gains to their maximum.

The transformer provides a path for the power supply to reach the MC34114, while simultaneously coupling speech signals between Tip/Ring and the MC34114. The two series diodes provide transient clamping, as does the 12 volt zener diode. Although a +9.0 volt supply is shown, other voltages can be used as long as the MC34114 receives between 4.0 and 10.5 volts at V_{CC}.

Because of the isolation requirement, the MC145412 dialer requires a relay (RL1) to break the loop current during pulse dialing. The relay is normally off, and energized only during pulse dialing. The 1.0 μF capacitor (rated 250 volts min., NPO) across the relay contacts helps absorb transients generated during pulse dialing.

ALTERNATE MICROPHONE CONFIGURATIONS

The MC34114 is designed for use with electret microphones, although dynamic microphones can be used. Carbon microphones are not recommended as they generally require considerable bias current which is not available from the MC34114's regulators.

When using an electret microphone which requires more than 1.7 volts, but less than 1.0 mA for bias, it can be biased from V_{DD} instead.

If a three terminal electret microphone (containing an internal biasing resistor or equivalent) is used, it should be connected to the MC34114 as shown in Figure 29. The common mode rejection of the balanced circuit shown in Figure 1 is not present however, and care should be taken to prevent unwanted signals (radio stations, noise, etc.) from being picked up by the microphone leads.

FIGURE 29 — 3-TERMINAL MICROPHONE

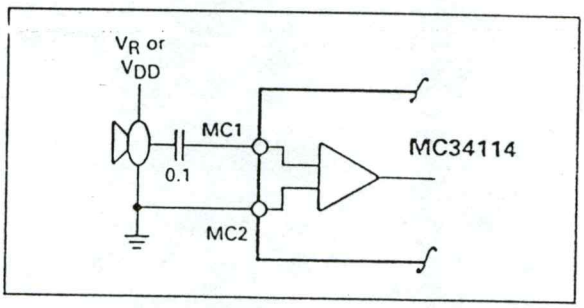
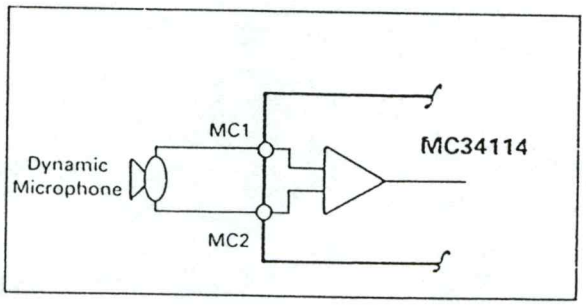


Figure 30 indicates use of the MC34114 with a dynamic microphone. The output level of dynamic microphones is generally lower than electret units, and so the gain of the transmit path will have to be adjusted accordingly.

FIGURE 30 — DYNAMIC MICROPHONE

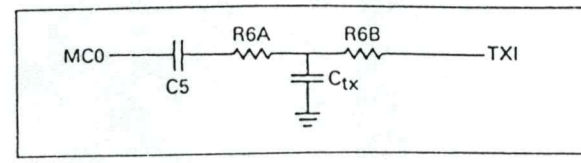


FREQUENCY CHARACTERISTICS

Frequency characteristics for both transmit and receive signals are dependent entirely on the external components. The amplifiers within the IC have bandwidths from DC extending to in excess of 50 kHz, and therefore do not provide roll-off within the voiceband.

Low frequency roll-off for the transmit signals can be set by adjusting C3 and C4, or C5, or a combination of the three. High frequency roll-off can be provided by replacing R6 with the network shown in Figure 31.

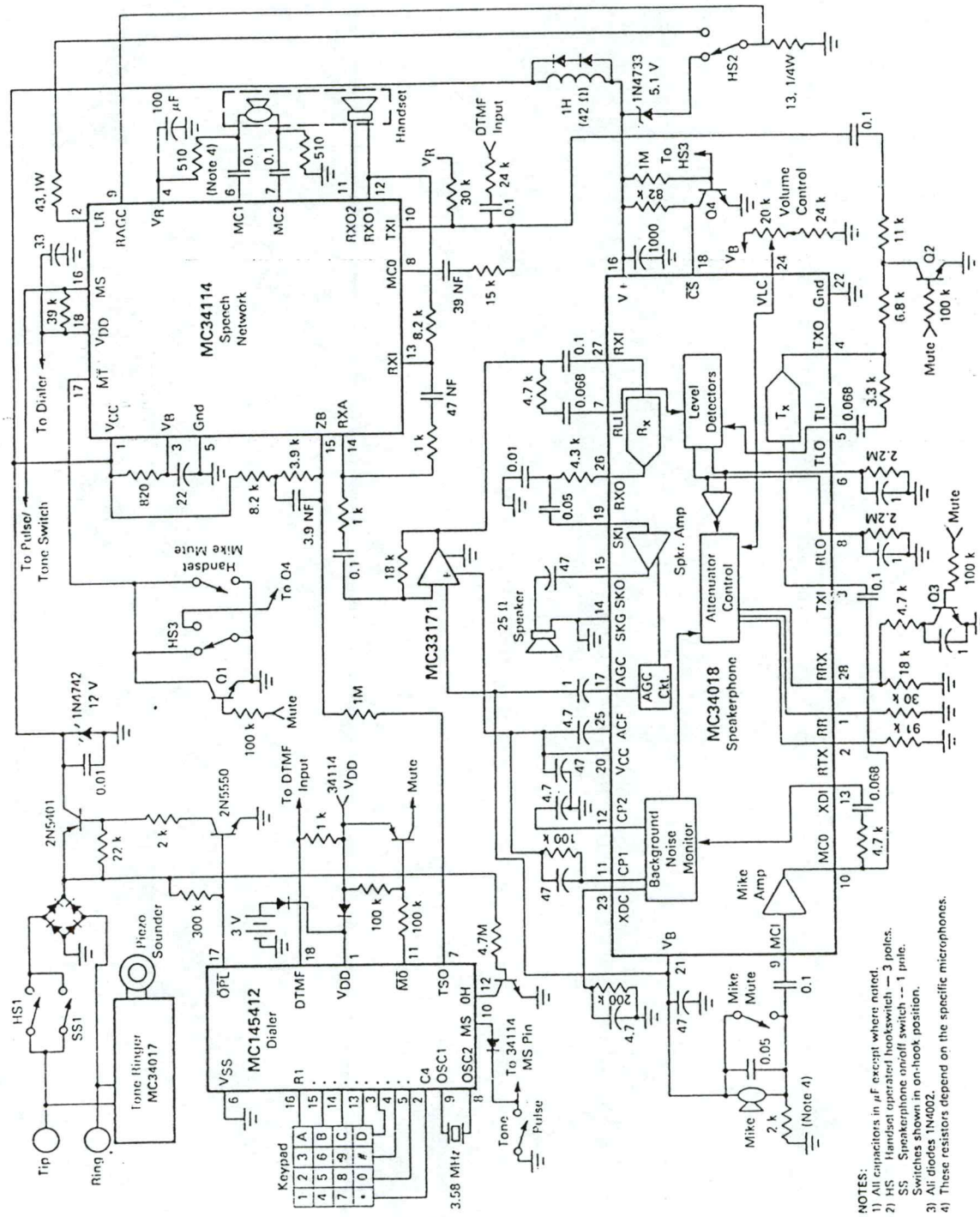
FIGURE 31 — TRANSMIT HF ROLL-OFF



The 3.0 dB upper frequency is determined by:

$$f = \frac{(R6A + R6B + 1.0\ k)}{2\pi\ (R6A \times (R6B + 1.0\ k) \times C_{tx})} \qquad \text{(Equation 7)}$$

FIGURE 32 — PULSE/TONE FEATUREPHONE WITH MEMORY — LINE POWERED



Low frequency roll-off for the receive signals can be set by adjusting C8, and high frequency roll-off can be set by placing a capacitor across R8.

FEATUREPHONE DESIGN

Figure 32 and Figure 33 depict two featurephone circuits which include the following functions: selectable handset and speakerphone operation, ten number memory pulse/tone dialer, tone ringer, a "Privacy" (Mike mute) function, and line length compensation for both handset and speakerphone operation. Figure 32 uses the MC34018 speakerphone IC, while Figure 33 uses the MC34118 speakerphone IC. Application notes AN1002 and AN1004 (for Figure 32 and Figure 33 respectively) should be consulted for design and performance details, as well as variations of these two circuits.

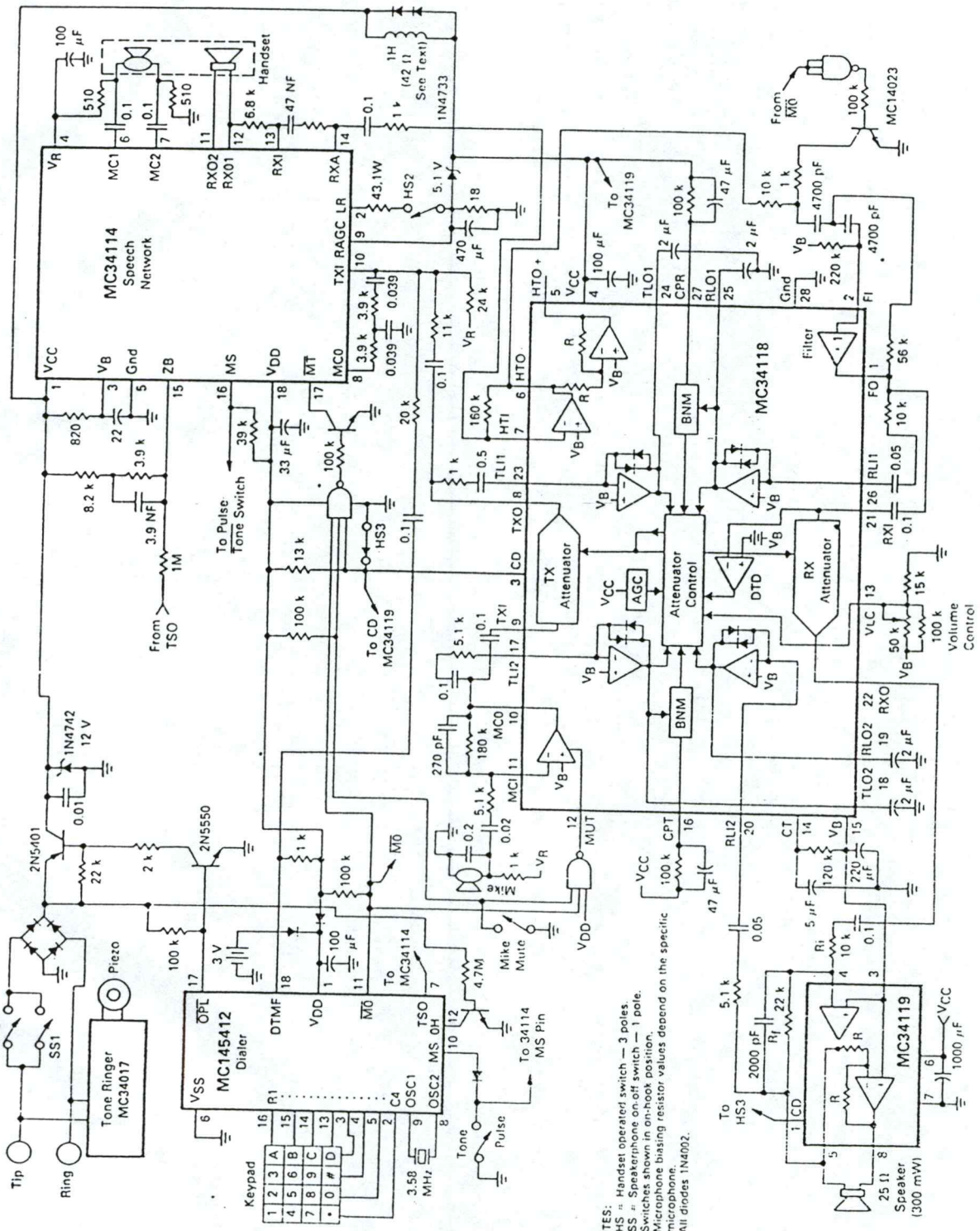


FIGURE 33 — PULSE/TONE FEATUREPHONE WITH MEMORY — LINE POWERED

EMI SUSCEPTIBILITY

Potential EMI susceptibility problems should be addressed early in the electrical and mechanical design of the telephone. EMI may enter the circuit through Tip and Ring, through the microphone wiring, or through any of the PC board traces. The most sensitive pins on the MC34114 are the microphone amplifier inputs (MC1, MC2). Board traces to these pins should be kept short, and the associated components should preferably be physically close to the pins. TXI, RXI, and ZB should also be considered sensitive to EMI signals.

The microphone wires within the handset cord can act as an antenna, and pick up nearby radio stations. If this is a problem in the final design, adding RF filters (consisting of ferrite beads and small (0.001 μF) ceramic capacitors) to the PC board where the wires attach to the board can generally reduce the problem.

SUGGESTED VENDORS

Microphones

Primo Microphones Inc.
Bensenville, Ill. 60106
312-595-1022
Model EM-60

MURA Corp.
Westbury, N.Y. 11590
516-935-3640
Model EC-983-7

Hosiden America Corp.
Elk Grove Village, Ill. 60007
312-981-1144
Model KUC2123

Telecom Transformers

Microtran Co., Inc.
Valley Stream, N.Y. 11528
516-561-6050
Ask for Applications
Bulletin F232

Stancor Products
Logansport, IN 46947
219-722-2244

PREM Magnetics, Inc.
McHenry, Ill. 60050
815-385-2700

Onan Power/Electronics
Minneapolis, MN 55437
612-921-5600

Motorola Inc. does not endorse or warrant the suppliers referenced.
Compliance with FCC or other regulatory agencies of the circuits described herein is not implied or guaranteed by Motorola Inc.