สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ (2 คู่สายนอก 8 คู่สายใน)

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE 2 TO 8

T050110

โดย

นายคัมภีร์ เรืองจิตรานนท์

นายสุพจน์ จินดารัตน์

นางสาวสุรัตน์ดา คิดถูก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50110
วัน,เดือน,ปี 21 เม.ย. 2547
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ (2 คู่สายนอก 8 คู่สายใน)

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE 2 TO 8

โดย

นายคัมภีร์ เรืองจิตรานนท์ 43015058

นายสุพจน์ จินดารัตน์ 43015096

นางสาวสุรัตน์ดา คิดถูก 43015099

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร.สุวิพล สิทธิชีวภาค

ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ (2 คู่สายนอก 8 คู่สายใน)**

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE 2 TO 8

ผู้จัดทำ

1. นายคัมภีร์	**เรืองจิตรานนท์**	**43015058**
2. นายสุพจน์	**จินดารัตน์**	**43015096**
3. นางสาวสุรัตน์ดา	**คิดถูก**	**43015099**

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ (2 คู่สายนอก 8 คู่สายใน)

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE 2 TO 8

โดย นายคัมภีร์ เรืองจิตรานนท์ 43015058

นายสุพจน์ จินดารัตน์ 43015096

นางสาวสุรัตน์ดา คิดถูก 43015099

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค

ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ ขนาด 2 คู่สายนอก 8 คู่สายใน เพื่อใช้ในสำนักงานขนาดเล็กและห้องเช่าเป็นต้น ทำให้ประหยัดค่าเช่าคู่สายโทรศัพท์ โดยการทำงานของชุมสายสามารถโอนสายพักสายสามารถฝากข้อความอัตโนมัติโดยการควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์นี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาควบคุมการทำงาน อีกทั้งยังสามารถพัฒนาระบบการทำงานต่างๆ ได้โดยง่ายด้วยการพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงาน

ABSTRACT

This project presents automatic private branch exchange 2 to 8's operation, where for use in small office and the rent room. It made to save with the rent line telephone. Automatic PBX can be use for line transferring, line holding and can be keep the massage. By use microcontroller is used as control this project. For another thing can be developed it easy by apply program control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญรูปภาพ	II
สารบัญตาราง	III
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประเภทของชุมสายโทรศัพท์	2
1.4 ความหมายของ PABX	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	4
2.1.1 องค์ประกอบของระบบโทรศัพท์	4
2.1.2 หน้าที่ของเครื่องโทรศัพท์	15
2.1.3 ประเภทของชุมสาย	16
2.1.4 สัญญาณที่ส่งระหว่างผู้เช่า-ชุมสาย (Subscriber Line signaling)	22
2.1.5 สัญญาณที่ส่งระหว่างชุมสาย-ชุมสาย (Subscriber Line signaling)	23
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์	24
2.2.1 โครงสร้างภายในของ 8051	26
2.2.2 พอร์ตใช้งานของ 8051	28
2.2.3 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ	30
2.3 การติดต่อ 8255 กับซีพียู	33
2.4 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่ (Dual Tone Multifrequency Type)	34
2.4.1 วงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์	35
2.4.2 โครงสร้างของ MT8870	35
2.4.3 ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870	37
2.5 ISD12xx/14xx SERIES (ไอซีบันทึกเสียง)	37
2.5.1 คุณสมบัติของ ISD 12xx/14xx	37
2.5.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD 12xx/14xx	38
2.5.3 การทำงานเบื้องต้น	40
2..5.4 การทำงานของขาใช้งานแต่ละขา	41
2.5.5 การกำหนดแอดเดรส	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและหลักการทำงาน	43
3.1 หลักการเบื้องต้น	43
3.2 การออกแบบวงจรต่างๆ ภายในเครื่องชุมสายโทรศัพท์	44
3.2.1 วงจรกำเนิดสัญญาณให้หมุน (Dial Tone)	45
3.2.2 วงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)	45
3.2.3 วงจรกำเนิดสัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone)	47
3.2.4 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)	47
3.2.5 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก (Detect Ringing)	48
3.2.6 วงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก	48
3.2.7 วงจรตรวจจับสัญญาณความถี่โทรศัพท์	51
3.2.8 ส่วนเมตริกซ์สวิทช์ (Matrix Switch)	53
3.2.9 วงจรส่วนติดต่อภายใน (Internal Line Interface)	54
3.2.10 ส่วนของวงจรฝากข้อความอัตโนมัติ	56
3.2.11 วงจรตอบรับอัตโนมัติ	58
3.2.12 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Ringback and Busy detect tone)	59
3.2.13 วงจรภาคจ่ายไฟ (Power Supply)	60
3.3 หลักการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	60
3.3.1 กรณีเครื่องโทรศัพท์ภายในต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายในด้วยกัน	61
3.3.2 กรณีเครื่องโทรศัพท์ภายในต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายนอก	61
3.3.3 กรณีเครื่องโทรศัพท์สายนอกติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายใน	61
3.4 การทำงานของโปรแกรมแสดงดังโฟลชาร์ต	62
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	68
4.1 ผลการทดลองของวงจรกำเนิดสัญญาณ (Tone Generator)	68
4.1.1 สัญญาณพร้อมกดหมายเลข (Dial Tone)	68
4.1.2 สัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE)	68
4.1.3 สัญญาณเรียกกลับ (Ring-back Tone)	69
4.1.4 สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)	69
4.2 ผลการทดลองวงจรถอดรหัส	70
4.3 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Ringback and Busy detect tone)	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
4.4 การทดลองวงจรตอบรับอัตโนมัติ (Automatic Operator)	73
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	74
5.1 คุณสมบัติของโครงงาน	74
5.1.1 ส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์	74
5.1.2 รายละเอียดของซอฟต์แวร์	74
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา	75
5.3 แนวทางการพัฒนาโครงงาน	75
ภาคผนวก DATA SHEET	
บรรณานุกรม	
กิตติกรรมประกาศ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงระบบของ PABX	3
รูปที่ 2.1 แสดงระบบการสื่อสารทางโทรศัพท์และโลคอลลูป	4
รูปที่ 2.2 แสดงภาคส่งแบบคาร์บอน	5
รูปที่ 2.3 แสดงภาครับโทรศัพท์	5
รูปที่ 2.4 แสดงวงจรพื้นฐานที่ 1	6
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรแบบพื้นฐานที่ 2	6
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรใช้งานแบบ Induction coil	7
รูปที่ 2.7 แสดง Telephone Hybrid	7
รูปที่ 2.8 แสดง Hybrid (Transmit)	8
รูปที่ 2.9 แสดง Hybrid (Receive)	8
รูปที่ 2.10 แสดง Telephone Impedance	9
รูปที่ 2.11 แสดง Subscriber signaling	9
รูปที่ 2.12 แสดง Loop or Dial pulse signaling	10
รูปที่ 2.13 แสดงสัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter exchange signaling)	11
รูปที่ 2.14 แสดง Dial pulse	12
รูปที่ 2.15 แสดงพัลส์ที่เกิดขึ้นเมื่อหมุนเลข 4	13
รูปที่ 2.16 แสดงหน้าปัดแบบกดปุ่มและความถี่ที่ใช้	13
รูปที่ 2.17 แสดง Ringing voltage for the telephone	14
รูปที่ 2.18 แสดงกระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์	14
รูปที่ 2.19 แสดงตู้สาขาโทรศัพท์ (Private Automatic Branch Exchange : PABX)	17
รูปที่ 2.20 แสดง DID (Direct Inward Dialing)	19
รูปที่ 2.21 แสดง DOD (Direct Outward Dialing)	19
รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างของตู้สาขาโทรศัพท์แบบอัตโนมัติ (PABX)	20
รูปที่ 2.23 แสดงสัญญาณโต้ตอบการสนทนา	22
รูปที่ 2.24 แสดงถึงบล็อกไดอะแกรมของไมโครคอลโทรลเลอร์	24
รูปที่ 2.25 แสดงเบอร์ของไมโครคอลโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	25
รูปที่ 2.26 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ 8051	26
รูปที่ 2.27 แสดงสถาปัตยกรรมภายในและการจัดตำแหน่งขาต่างๆ ของไมโครคอลโทรลเลอร์	27
รูปที่ 2.28 แสดงตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆ และหน่วยความจำภายใน	27
รูปที่ 2.29 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 0	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.30 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 1	28
รูปที่ 2.31 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 2	29
รูปที่ 2.32 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 3	29
รูปที่ 2.33 แสดงการต่อขารีเซ็ทให้กับ 8051	30
รูปที่ 2.34 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8051	31
รูปที่ 2.35 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมเบอร์ 8052	31
รูปที่ 2.36 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับ Data Memory เบอร์ 8051	31
รูปที่ 2.37 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับ Program Memory ของ 8052	31
รูปที่ 2.38 แสดง 128 Bytes ของ RAM ที่เข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงและทางอ้อม	32
รูปที่ 2.39 แสดงความถี่ของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม	34
รูปที่ 2.40 แสดงรายละเอียดขาของ MT8870	35
รูปที่ 2.41 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ ISD 12xx/14xx Series	40
รูปที่ 2.42 แสดงรายละเอียดขาของ ISD 1200/1400 Series	41
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ	46
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณให้หมุน	45
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่าง	45
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงเรียกกลับ	47
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	47
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก	48
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์ภายนอก	50
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	52
รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างภายใน IC MT8816 (Analog matrix switch array)	53
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์ภายใน	55
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรส่วนการฝากข้อความอัตโนมัติ	57
รูปที่ 3.12 แสดงวงจรตอบรับอัตโนมัติ	58
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง	59
รูปที่ 3.14 แสดงส่วนสร้างกระแสไฟตรง 24 โวลท์และ 5 โวลท์	60
รูปที่ 3.15 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมหลัก	62
รูปที่ 3.16 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมบริการสายนอก	63
รูปที่ 3.17 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมบริการสายใน	64
รูปที่ 3.18 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมบริการฝากข้อความอัตโนมัติ	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.19 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมบริการการเล่นกลับวงจรฝากข้อความอัตโนมัติ	66
รูปที่ 3.20 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมบริการการบันทึกโอนสายพักสาย	67
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณกดหมายเลข (DIAL TONE)	68
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE)	68
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเรียกกลับ (RINGBACK TONE)	69
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณกระดิ่ง (RINGING TONE)	69
รูปที่ 4.5 แสดงวงจรถอดรหัสจาก MT8870	70
รูปที่ 4.6 แสดงเอาท์พุทของไอซี 74LS123	71
รูปที่4.7 (รูปบน) แสดงลักษณะของสัญญาณไม่ว่าง (รูปล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วย NE567	72
รูปที่ 4.8 (รูปบน) แสดงลักษณะของสัญญาณเรียกกลับ (รูปล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วย NE567	72
รูปที่ 4.9 แสดงผลการทดลองของวงจรตอบรับอัตโนมัติ	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่และระยะเวลาการทำงานของสัญญาณต่างๆ	10
ตารางที่ 2.2 แสดง Special Function Register (SFR)	33
ตารางที่ 2.3 แสดงการต่อพอร์ทต่างๆ	33
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ	36
ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตระกูล ISD 12xx/14xx Series	39
ตารางที่ 3.1 แสดงค่า BCD ที่ได้จากการกดหมายเลขโทรศัพท์	51
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จาก MT8870	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 คำนำ

การติดต่อสื่อสารในปัจจุบันนี้ ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันมากขึ้นมีความต้องการในการใช้บริการทางการติดต่อสื่อสารมากยิ่งขึ้นในอนาคตเพราะฉะนั้นการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีทางการติดต่อสื่อสารจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการรองรับการเพิ่มปริมาณการสื่อสารที่จะเกิดขึ้น

แต่เดิมในการติดต่อสื่อสารในระบบโทรศัพท์ระหว่างภายในกับภายนอกนั้นจะแยกระบบอุปกรณ์การติดต่อระหว่างภายในและภายนอกออกจากกัน เช่น มีโทรศัพท์ติดต่อระหว่างชุมสายภายนอกได้ 2-4 คู่สาย และมีการอินเตอร์คอม (Intercom) สำหรับการติดต่อภายใน ซึ่งจะเห็นว่าเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก จึงได้มีการพัฒนาโดยจัดทำเป็นระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ (PABX) ขึ้น ซึ่งเป็นชุมสายขนาดเล็กสามารถควบคุมได้โดยใช้พนักงานเพียงคนเดียว (Operator) แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาชุมสายขึ้นโดยไม่ต้องมีพนักงานตัดต่อให้ ทำให้สะดวกรวดเร็วในการติดต่อ

ในการพัฒนาทางด้านอุปกรณ์การสื่อสารอย่างหนึ่งก็คือ การพัฒนาทางด้านระบบชุมสายโทรศัพท์ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการพัฒนาจากยุคชุมสายโทรศัพท์ระบบครอสบาร์ (Crossbar) ซึ่งเป็นยุคเริ่มต้นของระบบชุมสายโทรศัพท์ มาจนถึงปัจจุบันนี้ ได้มีการพัฒนาจนเป็นระบบชุมสายแบบ ISDN (integrated Service Digital Network) ซึ่งสามารถรวบรวมการใช้บริการต่างๆ แบบดิจิตอลไว้ในโครงข่ายเดียวกันได้ ทำให้ความสามารถของระบบเพิ่มขึ้นอย่างมาก

ชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ หรือ PABX (Private Automatic Branch Exchange) ก็เป็นอุปกรณ์ภายในสำนักงานชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ซึ่งสามารถอำนายความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ภายในชุมสายได้เป็นอย่างมาก

1.2 วัตถุประสงค์

สำหรับโครงงานนี้ได้เสนอระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติที่มีการควบคุมการทำงานของระบบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยขยายคู่สายจากองค์การโทรศัพท์ 2 คู่สายนอก ขยายเป็น 8 คู่สายใน และใช้ IC MT8816 ที่ทำหน้าที่ในการตัดต่อช่องสัญญาณเสียง (speech path) เครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่พัฒนาขึ้นนี้ ยังคงมีคุณสมบัติของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่ขายตามท้องตลาดคือ มีการโอนสาย มีการพักสาย และมีการฝากข้อความอัตโนมัติ เป็นต้น เหมาะสำหรับห้างร้าน บริษัท หรือตามหอพักขนาดเล็กที่ต้องอาศัยความสะดวกในการใช้โทรศัพท์ในการติดต่ออีกทั้งยังเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านการสื่อสารอีกด้วย

1.3 ประเภทของชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ประเภทแรกเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่ ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local Exchange) และชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาปลายทางอัตโนมัติ (PABX) ประเภทที่สองเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่ ชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านท้องถิ่น (Tandem Exchange) และชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านทางไกล (Transit Exchange)

ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local Exchange) หมายถึง ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ชุมสายแบบนนี้มีขนาดตั้งแต่เป็นร้อยๆ เลยหมายจนถึงหมื่นเลขหมาย หรือมากกว่านั้น

ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ PABX เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีลักษณะคล้ายกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นแต่การใช้งานใช้ติดต่อกันภายในสำนักงานโดยไม่ต้องผ่านชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น ตู้สาขาจะเป็นชุมสายที่ให้บริการพิเศษ (Facilities) แก่หมายเลขภายใน (Extension) ได้หลายอย่าง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับว่าตู้สาขานั้นๆ จะมีขีดความสามารถเป็นอย่างไร การบริการดังกล่าว ได้แก่ การโอนสายให้กันระหว่างผู้ใช้ภายในชุมสาย, การประชุมร่วม, การพักสายด้วยเสียงดนตรี เป็นต้น

นอกจากนี้ ในกรณีที่ตู้สาขาทำการเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น ก็จะทำให้ผู้ใช้โทรศัพท์ภายในชุมสายสามารถติดต่อออกไปยังภายนอกได้โดยผ่านชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น และในทำนองเดียวกันผู้ใช้โทรศัพท์จากภายนอกชุมสายก็สามารถติดต่อเข้ามายังผู้ใช้โทรศัพท์ภายในชุมสายได้ โดยผ่านชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นและตู้สาขาตามลำดับ

ชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่าน หมายถึง ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีหมายเลขโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง แต่จะให้บริการเรียกระหว่างชุมสายท้องถิ่นกับชุมสายท้องถิ่นด้วยกัน การเรียกระหว่างโทรศัพท์สองเลขหมายอาจเรียกผ่านไปยังชุมสายต่อผ่านหลายๆ ชุมสายก็ได้ ชุมสายต่อผ่านยังแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นซึ่งเป็นชุมสายที่ใช้ต่อผ่านภายใน Local Network หนึ่งๆ เท่านั้น และชุมสายต่อผ่านทางไกล (Transit Exchange) ซึ่งเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้ต่อผ่านไปยัง Local Network อื่นๆ

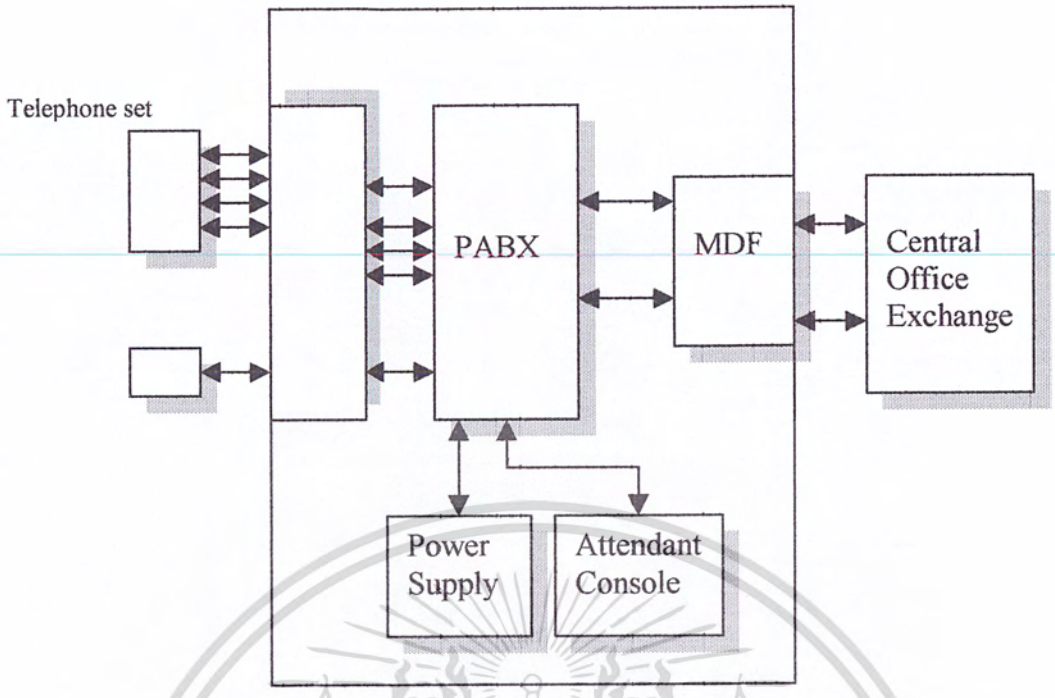
1.4 ความหมายของ PABX

PABX ย่อมาจาก “Private Automatic Branch Exchange” มีหน้าที่ให้บริการติดต่อกับโทรศัพท์ภายในที่ต่ออยู่กับระบบ และยังสามารถให้บริการต่อไปยังชุมสายภายนอกขององค์การโทรศัพท์ได้อีกด้วย ตู้สาขาอัตโนมัติจะทำการติดต่อภายในโดยไม่ผ่านชุมสายท้องถิ่น และติดต่อภายนอกโดยผ่านชุมสายท้องถิ่น เป็นอุปกรณ์ที่นิยมนำมาใช้กันมากในการสื่อสารภายในสำนักงานหรือหน่วยงานต่างๆในปัจจุบัน

ระบบ PABX มีส่วนประกอบพื้นฐานดังนี้

1. ส่วนอุปกรณ์ PABX หลัก (PABX Main Equipment)
2. ส่วนควบคุม (Attendant Console)
3. ส่วนต่อหลัก (Main Distribution : MDF)
4. แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)
5. เครื่องโทรศัพท์ (Telephone sets)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



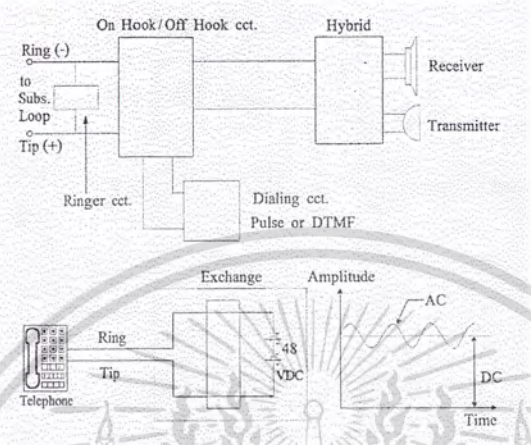
รูปที่ 1.1 แสดงระบบของ PABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

2.1.1 องค์ประกอบของระบบโทรศัพท์



รูปที่ 2.1 แสดงระบบการสื่อสารทางโทรศัพท์และโลคอลลูป (Local loop)

ความหมายของ Local loop คือ สายส่ง 2 wire จากเครื่องโทรศัพท์ไปชุมสายปลายทางและมีค่าอิมพีแดนซ์ของสายประมาณ 500-1000 โอห์ม แต่ค่าที่ใช้โดยทั่วไปคือ 600 โอห์ม ถ้าในชุมสายปลายทางมีการติดตั้งแหล่งจ่ายไฟร่วม DC ขนาด 48 โวลต์ ให้แต่ละลูปของผู้ใช้โทรศัพท์ ลวดตัวนำ 2 เส้นในลูปที่มีชื่อว่า ทิป (Tip) และริง (Ring) โดยริงจะต่อกับสัญญาณไฟ -48 VDC ทิปจะต่อกับกราวด์ดังรูปที่ 2.1 เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์มีผลทำให้สุดสวิทช์ปิดลง (Hook off) จากนั้นกระแสไฟตรงขนาด 20 mA ไหลวนอยู่ในลูป ซึ่งสภาวะยกหูโทรศัพท์นี้ ระดับแรงดันไฟระหว่างทิปและริงจะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 4 โวลท์ สัญญาณเสียงพูดจากเครื่องโทรศัพท์จะถูกส่งไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งในลูป โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ภายในลูป (20 mA) ซึ่งเกิดจากสัญญาณ AC ทับบนกระแสลูป DC

1.1 ภาคส่งโทรศัพท์ (Telephone Transmitter)

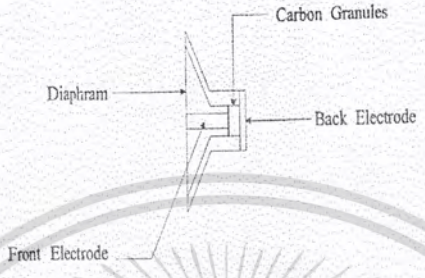
1.1.1 ปากพูดแบบใช้ถ่าน (Carbon Mic.) เป็นแบบที่ใช้กันมานานตั้งแต่เริ่มมีโทรศัพท์ การเปลี่ยนแปลงพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า อาศัยการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของผงถ่านตามการอัดและคลายตัว เนื่องจากแผ่นไดอะเฟรม ที่มากดผงถ่านตามพลังงานเสียง ข้อดีของปากพูดแบบนี้ คือ มีความคงทน และให้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงพลังงานสูง ทำให้ไม่ต้องใช้วงจรขยายสัญญาณช่วย ข้อเสียคือ คุณสมบัติของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณเสียง

1.1.2 ปากพูดแบบ electromagnetic ใช้หลักการของสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงในขดลวดทำให้เกิดสนามไฟฟ้าในขดลวดนั้น แบบที่นิยมใช้คือ แบบขดลวดเป็นตัวเคลื่อนที่ที่เรียกว่า Electrodynamic ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร ขดลวดซึ่งเชื่อมต่อกับ Diaphragm สวมอยู่บนแกนแม่เหล็ก เมื่อมีเสียงพูดส่วนของลวดจะเคลื่อนที่ขึ้นลง ตามแรงที่กระทำบน Diaphragm ทำให้สนามแม่เหล็กที่ผ่านขดลวดเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลง จึงเกิดกำลังงานไฟฟ้าขึ้น ข้อดีของปากพูดแบบนี้คือมีคุณสมบัติแบบ Linear ทำให้คุณภาพเสียงดีแต่ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานต่ำ จึงต้องมีวงจรขยายสัญญาณให้แรงขึ้น

เครื่องโทรศัพท์นั้นจำเป็นจะต้องใช้ ภาคส่งที่มีประสิทธิภาพ และความไวสูง เราจึงใช้ภาคส่งแบบคาร์บอน (Carbon Transmitter) ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ ของคาร์บอน (เรียกว่า Carbon Granule) แผ่นคาร์บอนอิเล็คโทรด (Carbon Electrode) 2 แผ่นและไดอะเฟรม (Diaphragm) ดังแสดงตามดังรูปที่ 2.2



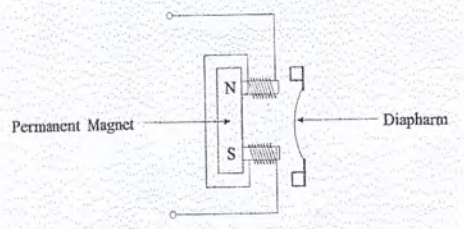
รูปที่ 2.2 แสดงภาคส่งแบบคาร์บอน (Carbon Transmitter)

หลักการทำงานของภาคส่งคาร์บอน คือ เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบแผ่นไดอะเฟรม จะทำให้แผ่นไดอะเฟรมสั่นไปมา พลังงานเสียงก็จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ในตำแหน่งที่แผ่นไดอะเฟรมถูกกดจะทำให้อิเล็กโทรดแผ่นหน้าเคลื่อนเข้า เป็นผลทำให้ผงถ่าน (Carbon Granule) ถูกอัดติดกันมากยิ่งขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อแผ่นไดอะเฟรมเคลื่อนที่ออก ก็เป็นผลทำให้อิเล็คโทรดแผ่นหน้าเคลื่อนที่ออกด้วย จึงทำให้ความต้านทานของภาคส่งเพิ่มขึ้น การอัดตัวของผงถ่านนี้จะทำให้ความต้านทานระหว่างแผ่นอิเล็คโทรดทั้งสองมีค่าลดลง

เมื่อนำแบตเตอรี่ต่อเข้าระหว่างแผ่นอิเล็คโทรดทั้งสอง กระแสไฟตรงจะไหลผ่านผงถ่านและเนื่องจากความต้านทานของภาคส่งมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับสัญญาณเสียง ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่านภาคส่งจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย นั่นคือพลังงานเสียงสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้

1.2 ภาครับโทรศัพท์ (Telephone Receiver)

1.2.1 หูฟัง (Receiver) แบบที่นิยมใช้คือ Electrodynamics โครงสร้างอาจเหมือนปากพูด Dynamic และสามารถใช้แทนกันได้ โดยสัญญาณไฟฟ้าจะเข้าที่จุดทางออก (Output) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายในขดลวด เป็นผลให้มีแรงดูด-แรงผลัก กับแท่งแม่เหล็กถาวรทำให้ขดลวดเคลื่อนที่ นั่นคือแผ่นไดอะเฟรมเคลื่อนที่ทำให้เกิดสัญญาณเสียงออกมา



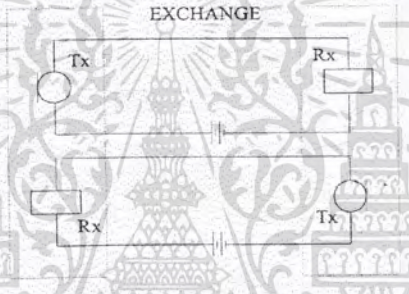
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 แสดงภาครับโทรศัพท์ (Telephone Receiver)

หลักการของภาครับแสดงตามรูปที่ 2.3 คือมีขดลวดพันอยู่ที่ขั้วทั้งสองของแม่เหล็กถาวรที่ต่อกันแบบอนุกรม แต่ขดลวดจะพันกลับทิศทางกัน แม่เหล็กถาวรนี้จะมีอำนาจแม่เหล็กดึงดูดแผ่นไดอะเฟรมเข้ามาเมื่อมีกระแสไฟสลับ (Speech current) ไหลผ่านขดลวด ก็จะมีผลทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้น ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ซึ่งอาจจะไปเสริมหรือต้านกับเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร แผ่นไดอะเฟรมก็จะเคลื่อนที่เข้าหรือออกตามขนาดและความถี่ของ speech current ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดคลื่นเสียงที่มีขนาด และความถี่เท่ากับ Speech current ที่ไหลเข้ามาในวงจร คลื่นเสียงที่เกิดขึ้นนั้นย่อมจะมีการสูญเสียไปบ้าง เนื่องจากมีการเปลี่ยนรูปพลังงาน ดังนั้นเอาท์พุทของคลื่นเสียงจะน้อยกว่า อินพุทของพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับที่ภาครับ

1.3 วงจรรับ-ส่งสัญญาณเสียง (Speech Transmission)

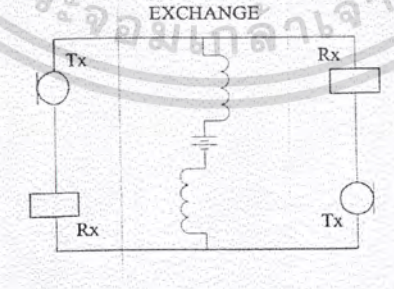
1.3.1 แบบพื้นฐานที่ 1 หน้าที่หลักของชุมสายโทรศัพท์คือ การเชื่อมโยงสายระหว่างผู้เช่าฝ่ายเรียก (A-sub) และผู้เช่าฝ่ายถูกเรียก (B-sub) พร้อมทั้งช่วยจ่ายกำลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องโทรศัพท์ทั้ง 2 เครื่อง ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรพื้นฐานที่1

จากรูปจะเห็นว่าการทำงานไม่ยุ่งยากเพราะมีการแยกสัญญาณเสียงทางการรับ-ส่ง แต่มีข้อเสียคือต้องใช้สายถึง 4 เส้น คือ 2 คู่ ซึ่งเป็น 2 เท่าของจำนวนคู่สายที่ใช้อยู่จริงในปัจจุบัน

1.3.2 แบบพื้นฐานที่ 2 ดังรูปที่ 2.5



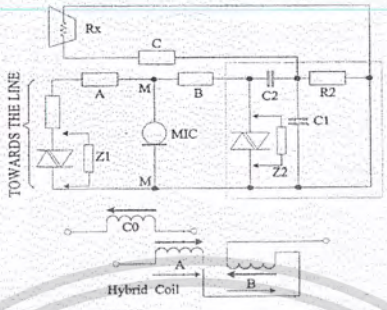
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรแบบพื้นฐานที่ 2

แบบนี้ให้ความประหยัดด้านสายแต่มีข้อเสียคือ ประสิทธิภาพของการรับ-ส่ง ไม่ดีเพราะขณะที่พูดไป สัญญาณไฟฟ้าจะผ่านไปที่หูฟังของตัวเองอย่างเต็มที่ ทำให้ได้ยินเสียงของตัวเองดังมาก และยิ่งทำให้พลังงานที่ส่งออกไปลดลงเสียงที่เราได้ยินที่หูฟังขณะพูดไป เรียกว่า Side tone เสียงนี้มีความสำคัญต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับส่งมาก เพราะถ้ามีขนาดแรงเกินไป ผู้พูดจะพูดค่อยลงทำให้สัญญาณที่ส่งไปยังผู้รับค่อยลงทำให้สัญญาณที่ส่งไปยังผู้รับค่อยไปด้วย แต่ถ้า Side tone ต่ำไป ผู้พูดจะพูดดังมาก ซึ่งอาจจะทำให้สัญญาณเพี้ยนผู้รับจะได้ยินเสียงจนน่ารำคาญ

1.3.3 วงจรใช้งานแบบ Induction coil ดังรูปที่ 2.6



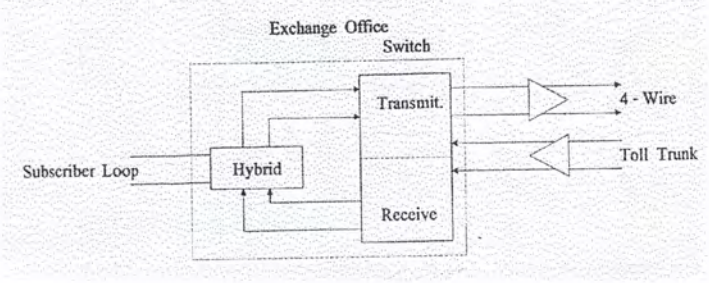
รูปที่ 2.6 แสดงวงจรใช้งานแบบ Induction coil

จากรูป เป็นวงจรที่ใช้งานจริง วงจรใช้สายรับ-ส่ง เพียง 1 คู่ การลดทอน Side tone และการเพิ่มประสิทธิภาพในการรับ-ส่งสัญญาณ อาศัยหลักการการทำงานของ Induction coil ปากพูดที่ใช้เป็นแบบถ่าน ส่วนหูฟังเป็นแบบ Electromagnetic ในขณะที่พูดไป กระแสที่ผ่านไมโครโฟน จะไหลผ่านขดลวด A และ B ถ้า Z1 = Z2 กระแสที่ไหลผ่านขดลวดทั้งสองจะเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้ามทำให้เส้นแรงแม่เหล็กผลลัพธ์ในแกนแม่เหล็กเป็นศูนย์จึงไม่เส้นแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด c หูฟังจึงไม่ได้ยินเสียงที่พูดแต่ในทางปฏิบัติเรายอมให้มี Side tone ได้บ้าง เพื่อประโยชน์ในที่กล่าวไว้ข้างต้น ในขณะที่ฝ่ายรับสัญญาณกระแสไหลผ่านขด A,B จะมีทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กเสริมกันทำให้เกิดการเคลื่อนเหนี่ยวนำที่จุด c ทำให้ผู้ฟังได้ยินเสียงที่พูดมา วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนจากการทำงานเป็น 2 สาย มาเป็นแบบ 4 สาย ที่ชื่อเรียกว่า วงจร Hybrid ดังนั้น Induction Coil อาจจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Hybrid Coil

Induction Coil นอกจากจะทำหน้าที่ลดขนาดของ Side tone แล้วยังทำหน้าที่เป็นตัวให้เกิด Implement Matching ระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับสายที่มาจากชุมสาย ทั้งนี้เพื่อกำลังงานที่ส่งออกไปหรือรับเข้ามามีค่าสูงสุด

1.4 ภาคไฮบริดของโทรศัพท์ (Telephone Hybrid)

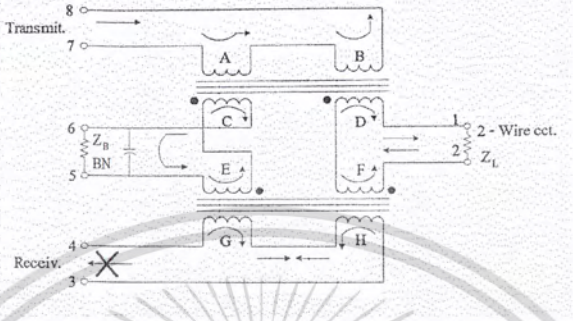
อุปกรณ์ไฮบริดใช้ในการเชื่อมต่อภาคส่ง (Transmitter) กับภาครับ (Receiver)



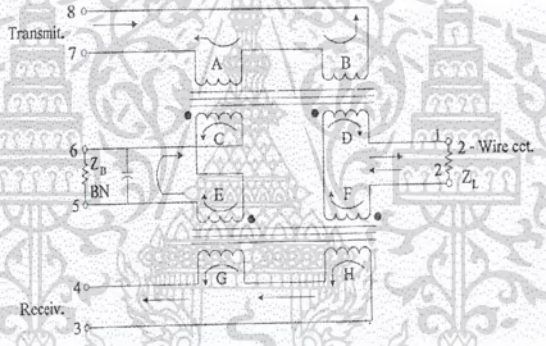
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 แสดง Telephone Hybrid

ในการสื่อสารระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้โทรศัพท์กับ central office ต้องใช้สาย 1 คู่ แต่เมื่อมีผู้ใช้หลายคนต้องติดต่อผ่าน central office จะติดต่อกับผู้ใช้แต่ละคน และส่งสัญญาณออกไปในแต่ละทิศทาง โดยกระบวนการเช่นนี้ central office ต้องใช้สาย 4 เส้นทำหน้าที่แปลง 2 w เป็น 4 w (และในทางกลับกันก็แปลงกลับไปมาระหว่าง 2 w กับ 4 w) ด้วยอุปกรณ์นั้นคือ Hybrid เราอาจเรียกอย่างหนึ่งว่าเป็น "วงจรที่ทำหน้าที่แปลงกลับไปมาระหว่าง 2 w กับ 4 w"



รูปที่ 2.8 แสดง Hybrid (Transmit)



รูปที่ 2.9 แสดง Hybrid (Receive)

1.5 สัญญาณ (Signaling)

สัญญาณ (Signaling) คือข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือข่าวสารที่ติดต่อกันระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่วๆ ไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบันมีอยู่ 4 หน้าที่คือ

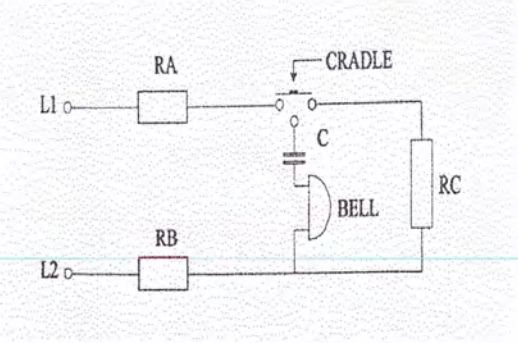
1. การเตรียมพร้อม (Alerting)
2. การส่งที่อยู่ของข่าวสาร (Transmission Address Information)
3. การตรวจตรา (Supervising)
4. การส่งสัญญาณข่าวสาร (Transmission Information Signaling)

1.5.1 สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่ากับชุมสาย (subscriber signaling)

1. off-hook คือ สภาพของผู้เช่ายกหูโทรศัพท์สายจะมีสภาพ Closed loop (Low impedance)

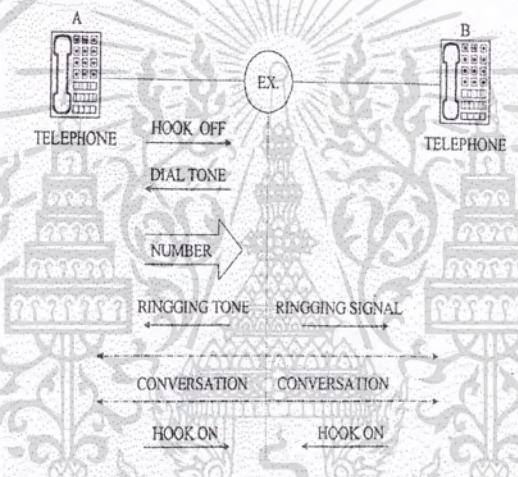
2. on-hook คือสภาพที่ผู้เช่าวางหู สายมีสภาพ opened loop (High impedance) RA,RB = ค่าความต้านทานของสายโทรศัพท์ RC = ค่าความต้านทานของเครื่องโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดง Telephone Impedance

3. Dialing คือสภาพที่ผู้เช่าหมุนเลขหมายเข้าเครื่องเป็น Rotary dial สัญญาณจะเป็น Pulsing ค่า Impedance จะสูง ต่ำสลับกันไปตามที่หมุนหมายเลข ถ้าเครื่องเป็นแบบกดปุ่ม Touch-tone สัญญาณออกจะเป็นความถี่ DTMF ส่งออกไปชุมสาย



รูปที่ 2.11 แสดง Subscriber Signaling

4. Dialing Tone คือสัญญาณที่บอกสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสาย และชุมสายพร้อมจะรับ Code ที่ทำการหมุนเข้ามา สัญญาณ Dial Tone นี้จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425 Hz Modulated ด้วย 50 Hz ผู้เช่าจะได้ยินเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์

5. Busy tone คือสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง แต่ถ้ายกหูแล้วได้สัญญาณนี้แสดงว่า อุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่างและถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนจากเลขหมายไปแล้วแสดงว่า ผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง ในกรณีเรียกต่างชุมสาย ลักษณะสัญญาณที่ส่งจะเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วงๆ ส่ง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที ความถี่ของสัญญาณ 425 Hz Sine wave

6. Ringing tone เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่าการต่อกระทำได้สำเร็จ ในขณะนี้ชุมสายจะส่งสัญญาณเรียก (Ringing signal) ไปยังผู้ถูกเรียกความถี่ของสัญญาณ 425 Hz Sine wave โดยจะส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

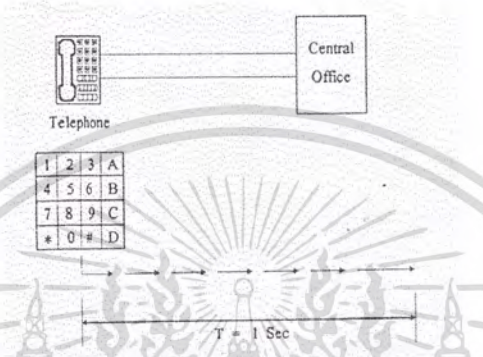
7. Ringing Signal เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ของสัญญาณ 25 Hz ค่าแรงดัน 70-90 Vrms โดยส่งไปยังผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกส่ง 1 วินาทีหยุด 4 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. สัญญาณโทนอื่นๆ เช่น Nu tone (Number Unobtainble Tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีการใช้งานอยู่ เป็นต้น

9. Receiver off-hook เป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นแทน Dial tone หลังจากผู้เรียกยกหูเอาไว้เกิน 20 วินาที โดยไม่กดเลขหมายโทรศัพท์ของผู้ที่จะทำการติดต่อปลายทาง

10. Loop or Dial Pulse Signaling คือเมื่อโทรศัพท์ถูกยกหูทำให้ Subscriber Loop ถูกปิดลูปลง ชุมสายจะทำการส่ง Dial tone ออกไปยังเครื่องโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้เรียกทำการส่งเลขหมายปลายทางที่ต้องการติดต่อโดยการหมุน



รูปที่ 2.12 แสดง Loop or Dial Pulse Signaling

เมื่อมีการหมุนเลขหมายลูปนี้ก็จะถูกเปิดออกด้วยอัตรา 10 ครั้ง/วินาที เมื่อเลขหมาย 1 ถูกหมุนลูปนี้จะถูกเปิดออก 1 ครั้ง ใน 1 วินาที หมายเลข 0 ถูกหมุน ลูปจะเปิดด้วยอัตรา 10 ครั้งใน 1นาที

Tone	Frequency (Hz)	On time (Sec)	Off time (Sec)
Dial	350+440	Continuous	
Busy	480+620	0.5	0.5
Ring Back,Normal	440+480	2	4
Ring Back,PBX	440+480	1	3
Congestion (Toll)	480+620	0.2	0.3
Re-order (Local)	480+620	0.3	0.2
Receiver Off-Hook	1400+2060+ 2450+2600	0.1	0.1
No such Number	200 to 600	Continuous,Frequency Modulated at 1 Hz Rate	Continuous,Frequency Modulated at 1 Hz Rate

ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่และระยะเวลาการทำงานของสัญญาณต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกันชุมสาย (Inter exchange signaling)

สัญญาณพื้นฐานมีอยู่ 5 ประเภทคือ

1. Seizure (สัญญาณจับวงจร) เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่ตัวรับเลขหมายของผู้ถูกเรียกที่จะส่งมา

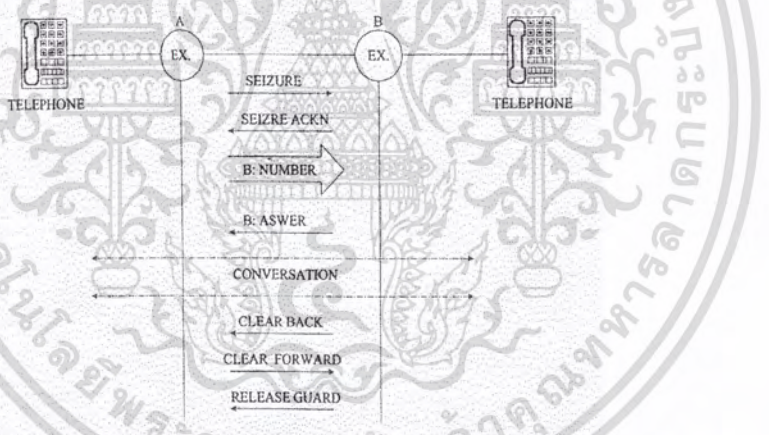
2. Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมายหรือประเภทของผู้เช่า

3. Answer Signal (สัญญาณตอบรับ) สัญญาณนี้ถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B ยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณก็คือ

1. เริ่มต้นคิดเงิน
2. ส่งสัญญาณคิดเงิน
3. ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

4. Clear- forward (สัญญาณยกเลิกการต่อตรง) จะถูกส่งเมื่อฝ่าย A วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

5.Clear-back (สัญญาณยกเลิกการต่อกลับ) จะถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B วางหูผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทาง เริ่มต้นการจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90-120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อมาพร้อมกับส่งสัญญาณ Clear-forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน



รูปที่ 2.13 แสดงสัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter exchange signaling)

1.6 ไซด์โทน (side tone)

วงจรสมดุลอยู่ใน Hybrid จะทำหน้าที่ปรับระดับของเสียงที่สะท้อน (Feedback) กลับจากไมโครโฟนมาสู่หูฟัง เสียงที่สะท้อนกลับมานี้เรียกว่า Side tone ถ้าขนาดของ Side tone ดังเกินไปผู้พูดจะได้ยินเสียงของตนเองพูดชัดเจน ซึ่งอาจจะทำให้ไม่ได้ยินเสียงที่คู่สนทนาพูด หรืออาจจะได้ยินไม่ชัดเจน ในทางกลับกันถ้าขนาดของ Side tone เบาเกินไปผู้พูดจะต้องพูดดังขึ้นเพื่อให้ได้ยินเสียงตนเอง

1.7 วงจรแป้นหมายเลขโทรศัพท์ (Dialing Circuit)

หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์ที่ใช้กับชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ ปัจจุบันมีอยู่ 2 แบบคือแบบหมุน (rotary Dial) ซึ่งการหมุนจะทำให้เกิดพัลส์ขึ้น เป็นจำนวนเท่ากับเลขหมายที่หมุน และแบบกดปุ่ม (Pulse Button) ซึ่งใช้กรรมวิธีการของ Dial Multi-Frequency (DTMF) ในการส่งเลขหมายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7.1 หน้าปัดแบบหมุน

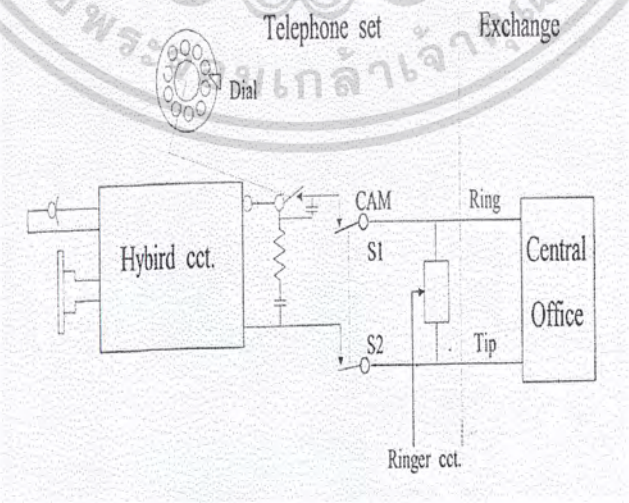
เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ (Handset) ขึ้นจากที่รองรับ (Cradle) ทำให้ hook switch (s1และ s2 ตามรูปที่ 2.15) ปิดวงจรของสายเส้น Tip (T) และ Ring (R) ซึ่งเป็นผลทำให้ครบวงจรของ Relay coil ในชุมสายโทรศัพท์ อุปกรณ์สวิทช์ในชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณ Dial tone มายังเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียก เพื่อเป็นสัญญาณแสดงให้ผู้เรียกทราบว่าเริ่มหมุนเลขหมายได้แล้ว และชุมสายโทรศัพท์ก็พร้อมที่จะรับเลขหมายที่ผู้เรียกหมุน เมื่อผู้เรียกหมุนเลขหมายใดเลขหมายหนึ่งเสร็จแล้ว และปล่อยมือ หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์จะหมุนกลับมาที่เดิม ในขณะที่หน้าปัดหมุนกลับที่เดิมจะมีผลคือ ทำให้ลูกเบี้ยว (Cam) หมุนตาม การหมุนของลูกเบี้ยวนี้จะทำให้ Contact s3 เปิดละปิดวงจรเป็นจำนวนครั้งเท่ากับเลขหมายที่หมุนการที่ Contact s3 ปิดวงจรจะทำให้กระแสไหลได้ ซึ่งเรียกว่ากระแส Impulse และเมื่อ contact s3 เปิดวงจร กระแสจะหยุดไหล การที่กระแสไหลและหยุดไหลนี้มีผลทำให้เกิดพัลส์ขึ้น และจำนวนพัลส์ที่เกิดขึ้นก็จะมีจำนวนเท่ากับเลขหมายที่หมุน เช่น หมุนเลข 1 จะเกิด 1 พัลส์ หมุนเลข 5 จะเกิด 5 พัลส์ และหมุนเลข 0 จะเกิด 10 พัลส์ เป็นต้น

ความเร็วหน้าปัด (Dial speed) ของเครื่องโทรศัพท์ก็มีความสำคัญที่ต้องกำหนดให้อยู่ในมาตรฐาน ซึ่งประกอบด้วยความเร็วของกระแส Impulse อัตราส่วนการตัดต่อ (Break-Make Ratio) ของ Contact และช่วงหยุดระหว่างเลขหมาย (Interdigit Interval) ตามปกติแล้วความเร็วของกระแส Impulse จะใช้อยู่ 2 ค่า คือ 20 และ 20 IPS (Impulse Per Second) ส่วนค่ามาตรฐานสำหรับส่วนการตัดต่อ จะมีค่าเท่ากับ 2:1 ซึ่งหมายความว่า Contact จะต้องตัดต่อวงจรเป็นเวลา 2 หน่วยเวลา และต้องต่อวงจรเป็นเวลา 1 หน่วยเวลา ในกรณีที่ความเร็วของ Impulse เป็น 10 IPS ก็จะทำให้ได้ค่าของ Pulse Period เป็น 100 ms นั่นคือ

ช่วงเวลาของการตัดวงจร (Break) = 100 ms x 2/3 = 66.6 ms

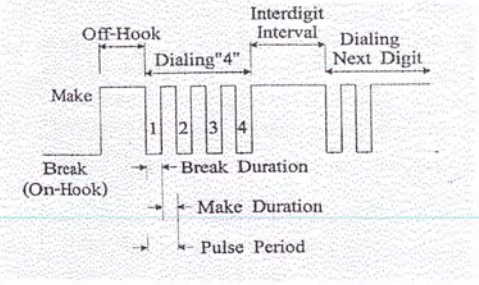
ช่วงเวลาของการต่อวงจร (Make) = 100 ms x 1/3 = 33.3ms

ส่วนช่วงเวลาหยุดระหว่างเลขหมายโดยทั่วไปมีค่าเป็น 700 ms แต่ก็อาจจะใช้ได้ในช่วงตั้งแต่ 600 ms ถึง 900 ms



รูปที่ 2.14 แสดง Dial pulse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

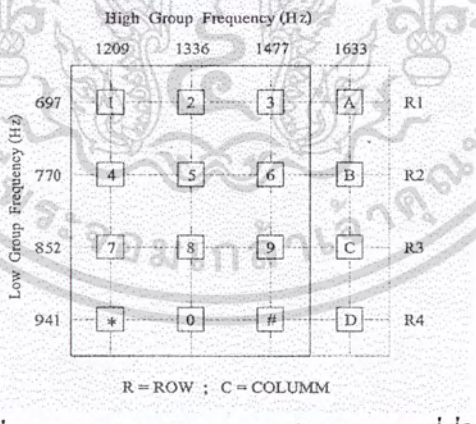


รูปที่ 2.15 แสดงพัลส์ที่เกิดขึ้นเมื่อหมุนเลข 4

1.7.2 หน้าปัดแบบกดปุ่ม

เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัดแบบกดปุ่ม และใช้กรรมวิธีของ DTMF ในการส่งเลขหมายโทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปหน้าปัดจะมี 12 ปุ่ม แบ่งเป็น 4 แถว และ 3 หลัก และในเครื่องโรศัพท์บางแบบอาจจะมีถึง 16 ปุ่ม โดยเพิ่มหลักที่4 ขึ้นมาอีก แสดงตามรูปที่ 2.16 ความถี่ที่ใช้ในแต่ละแถวและหลักจะมีความถี่ต่างกัน ความถี่ของทั้ง 4 แถวเรียกว่ากลุ่มความถี่สูง (High Group Frequency) การกดปุ่มที่เลขหมายใดๆ จะทำให้วงจรอิเล็คทรอนิกส์ภายในเครื่องโทรศัพท์ผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่ เช่น เมื่อกดเลข 5 ความถี่ที่ผลิตออกมา 770 Hz และ 1126 Hz เป็นต้น

มาตรฐานของความถี่ที่ใช้ และตำแหน่งของเลขหมายต่างๆ จะถูกจัดให้มีลักษณะแสดงตามรูปที่ 2.16 สำหรับความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้จะเป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการผลิตความถี่และ 2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับรับเลขหมาย



รูปที่ 2.16 แสดงหนาปัดแบบกดปุ่มและความถี่ที่ใช้

ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม (DTMF Dialing) คือ

1 .สามารถใช้วงจรทาง Solid-state electronic แทนอุปกรณ์ทางด้าน Mechanic จึงทำให้มีความเร็วและแม่นยำในการส่งเลขหมาย

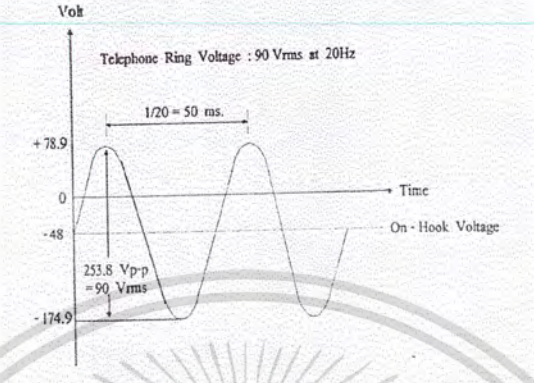
2 สามารถเพิ่มปุ่มกดขึ้นได้อีก 4 ปุ่ม (หลักที่ 4) เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณการบริการประเภทอื่นๆ

3. มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบ Store Program Control

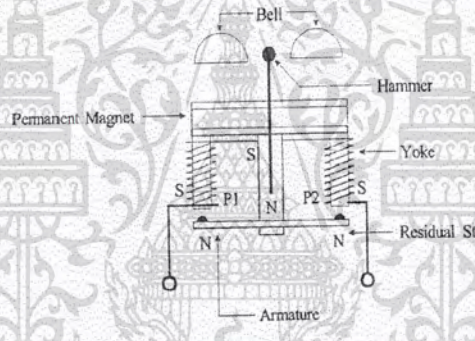
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 วงจรกระดิ่ง (Ringing Circuit)

เมื่อมีการเรียก กระดิ่งที่เครื่องโทรศัพท์ผู้เรียกจะดังขึ้น ซึ่งหมายความถึงชุมสายโทรศัพท์ได้ทำการส่งสัญญาณสั่นกระดิ่ง (Ring Current) มาป้อนที่กระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์โดยทั่วไปแล้ว Ring Current จะประมาณ 70-90 โวลท์ 12-25 เฮิรตซ์ ลักษณะของกระดิ่งเครื่องโทรศัพท์แสดงตามรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดง Ringing Voltage for the Telephone set



รูปที่ 2.18 แสดงกระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์

จากรูปที่ 2.18 เป็นกระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ ประกอบด้วยขดลวด 2 ขดต่อกันแบบอนุกรมพันอยู่บนแกนเหล็ก ซึ่งติดอยู่กับ Yoke และมีแท่งแม่เหล็กถาวรติดอยู่ตรงกึ่งกลางของ Yoke ส่วน Armature จะวางอยู่ในลักษณะที่ตรงกึ่งกลางติดอยู่กับแกนของแม่เหล็กถาวร โดยมีสารที่ไม่ใช่เป็นแม่เหล็กยึดอยู่ที่ปลายของ Armature ทั้งสองข้างจะมี Residual Stub ติดอยู่ซึ่งตรงข้ามกับขั้ว P1 ปละ P2 หลักการทำงานของกระดิ่งโทรศัพท์ อธิบายได้คือ เส้นแรงแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวรจะทำให้เกิดขั้ว S ขึ้นที่ขั้ว P1 และ P2 และจะทำให้เกิดขั้ว N ที่ปลายทั้งสองของ Armature ในสภาวะปกติหรือไม่มีการเรียกจะไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวด จึงทำให้ Armature ถูกดูดด้วยแรงที่เท่ากัน หรืออาจจะถูกดูดไปข้างใดข้างหนึ่งคือ ที่ขั้ว P1 หรือ P2 ก็ได้

เมื่อมีการเรียกจะมีกระแสไฟฟ้าสลับไหลผ่านขดลวดทั้งสอง ก็จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก N และ S ขึ้นที่ขั้ว P1 และ P2 ซึ่งจะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กมากมายที่ปลายขั้ว S (P2) และที่ปลายอีกข้างหนึ่ง (P1) เมื่ออำนาจแม่เหล็กหมดลง Armature ก็จะถูกดูดมาทางขั้วที่มีอำนาจแม่เหล็กแรงกว่า แต่เนื่องจากกระแสที่ป้อนให้กับขดลวดเป็นไฟสลับ ดังนั้น Armature จึงถูกดูดสลับข้างกัน ทำให้กระดิ่งดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 Switch Hook

1.9.1 On-Hook

จากรูป 2.1 เป็นบล็อกไดอะแกรม แสดงการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ โดยทั่วไปแล้ว Ringer จะเชื่อมต่ออยู่กับสายโทรศัพท์คือ TIP(+) และ RING (-) ทำให้สามารถรับสัญญาณ Incoming Call หรือสัญญาณสั่นกระดิ่งซึ่งส่งมาจาก Central Office ส่วนวงจรที่เหลือเช่น Dialing cct., Hybrid, Tx, Rx จะแยกออกจากสายโทรศัพท์ในกรณีโทรศัพท์อยู่ในสภาวะวางหู (On hook) เมื่อ Handset อยู่ในสภาวะวางหู (On hook) จะไม่มีกระแสไหลผ่านเครื่องโทรศัพท์ วงจร Ring จะมี Capacitor ทำให้หน้าที่ป้องกันกระแสไฟฟ้าตรงไหลผ่านตัวมัน

1.9.2 Off-Hook

เมื่อ Handset จะถูกยกจะมีสภาวะเป็น Off-Hook หน้าสัมผัสของ Switch Hook S1, S2 ในรูป 2.12 จะปิดลง ทำให้เกิดกระแสลูป (Loop Current) ไหลจากแบตเตอรี่ของ Central Office ผ่านเครื่องโทรศัพท์และกลับมายัง Central Office เมื่อมีกระแสไหลผ่านที่พอเพียงจะทำให้ Central Office ทราบได้ว่ามีการยกหูเกิดขึ้นที่ฝั่งผู้ใช้โทรศัพท์และหลังจาก “Line Finder” จะค้นหาว่าคู่สายใดได้มีการ Off-Hook หลังจากนั้น Line Finder จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สวิทช์ชิ่งเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ดังกล่าว และพร้อมจะรับสัญญาณจากโทรศัพท์ หลังจากนั้นตัวกำเนิดสัญญาณ Dial Tone ของ Central Office จะส่งสัญญาณทำให้ Dial tone ไปให้แก่ผู้เรียก (Caller) หลังจากที่ผู้เรียกได้รับสัญญาณ Dial Toneที่มาจาก Central office ทำให้ผู้เรียกสามารถที่จะเริ่มต้นส่งหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อไปให้กับ Central Office โดยรูปแบบของการส่งสัญญาณ (Dialing) สามารถแบ่งได้ 2 แบบคือ ใช้วิธี Interrupt Loop Current (Pulse) หรือส่งสัญญาณ Audio Tone (DTMF) ก็ได้เมื่อผู้พูดเริ่มกดหมายเลขโทรศัพท์ตัวแรกสัญญาณ Dial Tone นี้จะหายไป หลังจากที่ผู้พูดกดหมายเลขโทรศัพท์ครบทุกตัว ทางชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณ Ring Back Tone ไปให้ทางฝั่งผู้รับทำให้ผู้รับทราบว่ามีการเรียกเกิดขึ้น เมื่อผู้รับยกหูฟังขึ้นจึงสามารถเริ่มทำการสนทนาได้

2.1.2 หน้าที่ของชุมสาย (Telephone Office Function)

Central office ที่ทำหน้าที่ต่อเข้ากับแต่ละเครื่องโทรศัพท์ จะมีวงจรเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้เรียกว่า “Subscriber Loop Interface Circuit” (SLIC) ในแต่ละ SLIC ประกอบด้วยการทำงานพื้นฐาน 6 อย่าง คือ Battery, Over voltage-Protection, Ring Tip, Supervision, Hybrid Test เรียกสั้นๆ ว่า” BORSHT” โดยจะแยกอธิบายได้ดังนี้คือ

1. Battery

เป็นตัวจ่ายแรงดันให้แก่เครื่องโทรศัพท์ในสภาวะ Off-Hook (ยกหู) โดยปกติมีแรงดันประมาณ –48 Vdc

2 Over voltage Protection

สายโทรศัพท์ที่ออกจาก Central Office ส่วนมากจะอยู่บริเวณนอกสถานที่ บางครั้งอาจจะได้รับอันตรายจากฟ้าฝ่า ซึ่งทำให้เกิดปริมาณกระแสไฟฟ้าจำนวนมากอาจทำให้วงจรในส่วนของ Central Office เสียหายได้ดังนั้น SLIC จึงต้องมีวงจรป้องกันแรงดันดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Ring Tip

Central Office จะส่ง Ringing Voltage ไปสู่เครื่องโทรศัพท์เมื่อมีการเรียกใช้โทรศัพท์ขึ้น SLIC จะทำงานและตัดค่าแรงดันที่ทำให้เกิดสัญญาณ Ringing ออกและสามารถเริ่มทำการสนทนาได้

4. Supervision

ทำหน้าที่เหมือนส่วนตรวจสอบสายโทรศัพท์ของ SLIC ว่าเมื่อใดมีการยกหู วางหู ส่งสัญญาณต่างๆ

5.Hybrid

ในการสื่อสารระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้โทรศัพท์กับ Central Office ต้องใช้สาย 1 คู่ แต่เมื่อมีผู้ใช้โทรศัพท์หลายคนต้องคิดต่อผ่าน Central office ต้องใช้สาย 4 เส้น จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลง 2 w เป็น 4 w (และในทางกลับกันก็แปลง 4 w แปลง 2 w ด้วย) อุปกรณ์นั้น คือ Hybrid เราอาจเรียกอีกอย่างว่าเป็น "วงจรที่ทำหน้าที่แปลงกลับไปกลับมาระหว่าง 2 w เป็น 4 w"

6.Test

เมื่อ Central Office ต้องการทดสอบสัญญาณหรือทดสอบคุณภาพของสาย SLIC จะยอมให้สัญญาณทดสอบ (Test Signals) จาก Central Office ผ่านเข้าไปในเครื่องโทรศัพท์และส่งผลการทดสอบกลับไปยัง Central office

2.1.3 ประเภทของชุมสาย

ชุมสายโทรศัพท์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ประเภทแรกเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่ ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local Exchange) และตู้สาขา (Private Automatic Branch Exchange : PABX) ประเภทที่สอง เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่ ชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านท้องถิ่น (Tandem Exchange) และชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านทางไกล (Transit Exchange)

1. ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น หมายถึง ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ชุมสายแบบนี้มีขนาดตั้งแต่เป็นร้อยๆ เลขหมายจนถึงหมื่นเลขหมายหรือมากกว่า

2. ตู้สาขา (PABX) เป็นชุมสายที่มีลักษณะคล้ายกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น แต่จะใช้ติดต่อกับภายในสำนักงาน โดยไม่ต้องผ่านชุมสายท้องถิ่น ตู้สาขาจะเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีการบริการพิเศษ (Facilities) แก่หมายเลขภายใน (Extension) ได้หลายอย่าง ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าตู้สาขานั้นๆ มีขีดความสามารถเป็นอย่างไร การบริการพิเศษดังกล่าวได้แก่ การย่อหมายเลข (Abbreviated Dialing), การเรียกกลับอัตโนมัติ (Automatic Callback), การโอนโทรศัพท์ติดตามตัว (Follow Me) เป็นต้น นอกจากนี้ในกรณีที่ตู้สาขาได้ทำการเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น ก็จะทำให้โทรศัพท์เลขหมายภายในสามารถติดต่อไปยังเลขหมายภายนอกได้ โดยผ่านชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น และในทำนองเดียวกันการเรียกระหว่างโทรศัพท์ 2 เลขหมาย อาจเรียกผ่านไปยังชุมสายต่อผ่านหลายๆ ชุมสายก็ได้ชุมสายต่อผ่านยังแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น ซึ่งเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้สำหรับต่อผ่านภายใน Local Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

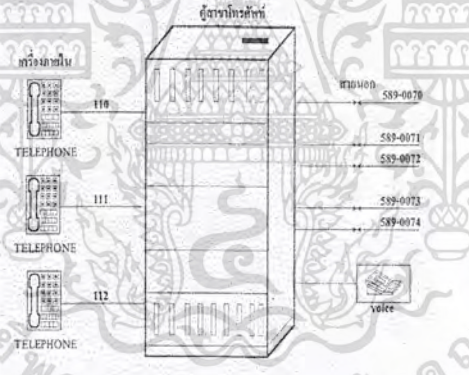
หนึ่งๆ เท่านั้น เช่น การเรียกภายในกรุงเทพฯ เป็นต้น และชุมสายต่อผ่านทางไกล ซึ่งเป็นชุมสายที่ใช้สำหรับต่อผ่านไปยัง Local Network อื่นๆ เช่น การเรียกจากชลบุรีมายังกรุงเทพฯ เป็นต้น

2.1.3.1 ตู้สาขา (Private Automatic Branch Exchange)

ตู้สาขาโทรศัพท์ หมายถึง อุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ในการติดต่อระหว่างสายภายในด้วยกันและระหว่างสายภายในกับสายนอกได้ การทำงานของตู้สาขาโทรศัพท์จะเหมือนกับชุมสายโทรศัพท์คือใช้สัญญาณกระดิ่งในการเรียกใช้การหมุนหน้าปัดหรือการกดปุ่มเป็นรหัสในการกำหนดจุดหมายของการติดต่อคู่สายตู้สาขาโทรศัพท์

ตู้สาขาโทรศัพท์ ยังมีความสามารถพิเศษมากกว่าชุมสายโทรศัพท์อีกหลายประการ เช่น สามารถโอนสายที่เรียกจากภายนอก ให้สามารถติดต่อกับเครื่องใดเครื่องหนึ่งก็ได้สามารถตัดออกจากสายภายในออกไปสู่สายภายนอกได้ โดยใช้รหัสเพียงหมายเลขเดียว นอกจากนั้นตู้สาขาโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ จะมีหน้าที่ทำงานในการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้อีกมากมาย

สายนอกของตู้สาขาฯ ก็คือ คู่สายของเลขหมายโทรศัพท์จากชุมสายโทรศัพท์ที่จะเชื่อมโยงมาเข้าเครื่องโทรศัพท์ แต่เข้ามาที่วงจรสายนอกของตู้สาขาแทน และเครื่องโทรศัพท์ภายในตู้สาขาต้องการจะเรียกออกไปยังชุมสายโทรศัพท์ ก็จะใช้วงจรนอกเหล่านั้น โดยปกติเครื่องชุมสายโทรศัพท์ของชุมสายโทรศัพท์เรียกว่า ผู้เช่า (Subscriber) ดังนั้น เครื่องโทรศัพท์ภายในตู้สาขา จึงเรียกว่า เครื่องภายใน (Extension)



รูปที่ 2.19 แสดงตู้สาขาโทรศัพท์ (Private Automatic Branch exchange :PABX)

- กรณีการเรียก (Traffic cases) ต่างๆ ของตู้สาขาโทรศัพท์ การเรียกของเครื่องภายใน จะกระทำอยู่ 5 กรณี คือ
  1. การเรียกภายในตู้สาขา (Internal call)
  2. การเรียกพนักงานสลับสาย (Operator Call)
     2.1 เพื่อทำการเรียกออกไปยังชุมสายโทรศัพท์
     2.2 เพื่อช่วยทำการเรียกภายในหรือเพื่อการบริการเช่นการสอบถามเลขหมาย เป็นต้น
  3. การเรียกออกไปยังชุมสายโทรศัพท์ (Outgoing Call)
  4. การเรียกเข้ามาจากชุมสายโทรศัพท์ (Incoming Call)
  5. การเรียกผ่านไปยังตู้สาขาอื่น (Transit Call) ใช้เฉพาะตู้ในโครงข่ายของตู้สาขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50110

- ประเภทของตู้สาขาโทรศัพท์

ตู้สาขาโทรศัพท์จำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ตู้สาขาโทรศัพท์แบบพนังงานต่อ (PMBX : Private Manual Branch Exchange)
2. ตู้สาขาโทรศัพท์แบบอัตโนมัติ (PABX : Private Automatic branch Exchange)

1. ตู้สาขาโทรศัพท์แบบพนังงานต่อ (PMBX)

เป็นตู้สาขาที่มีพนังงานสลับสาย (Operator) เป็นผู้ทำการต่อ การเรียกใช้ตู้สาขาแบบนี้ใช้อุปกรณ์ตัดต่อเป็นตู้ Switch card ของพนักงานสลับสาย กรณีการเรียกต่างๆจะต้องกระทำการต่อให้โดยพนักงานสลับสายทั้งสิ้น การทำงานนของตู้สาขาแบบนี้จะเหมือนกับการทำงานของชุมสายโทรศัพท์แบบ manual ซึ่งเป็นชุมสายระบบแรกในโลกในปัจจุบันนี้ส่วนใหญ่ได้เลิกใช้ไปแล้ว

ตู้สาขาโทรศัพท์ระบบ Manual ตู้สาขาโทรศัพท์ระบบนี้เป็นแบบดั้งเดิมที่ใช้กันอยู่ในสมัยแรกๆ ลักษณะของตัวตู้สาขานั้นจะจัดอยู่ในรูปแผงขั้วสายโทรศัพท์จะมีขั้วสายของโทรศัพท์ภายใน (Extension) กับสายภายนอก (Trunk) มารวมกันอยู่และ Operator จะทำหน้าที่รับสายทั้งภายในและภายนอกจากนั้นก็จะทำการต่อสายให้ตามความต้องการของผู้ที่เรียกเข้ามา การต่อสายก็จะทำการต่อโดยใช้สายโยง(Cord)ที่ทำไว้ใช้งานโดยเฉพาะโยงระหว่างขั้วสายโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อกัน

ตู้สาขาระบบ Manual นี้เป็นง่ายที่สุด มีต้นทุนการผลิตต่ำและไม่ต้องการเทคโนโลยีสูงแต่มีข้อเสียในการใช้งานดังกล่าวคือ การต่อสายนั้น จะต้องต่อผ่าน Operator ทุกครั้ง ทำให้ Operator ต้องทำงานหนักซึ่งหมายถึง ต้องใช้ Operator ในอัตรส่วนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบใหม่ที่มีเทคนิคในการให้บริการที่ดีกว่า นอกจากนั้นความสะดวกในการใช้งานก็อยู่ในระดับต่ำ เพราะไม่มีความสามารถพิเศษอะไรทั้งสิ้น

2. ตู้สาขาแบบอัตโนมัติ (PABX)

เป็นชุมสายขนาดเล็กที่ใช้เฉพาะหน่วยงาน เช่น โรงแรม บริษัท หน่วยงาน ราชการ ฯลฯ การออกแบบในขั้นพื้นฐานแล้วจะเหมือนกับชุมสายโทรศัพท์ขนาดใหญ่ขององค์การโทรศัพท์ ต่างกันที่ขนาดเล็กจำนวนคู่สายน้อยกว่า

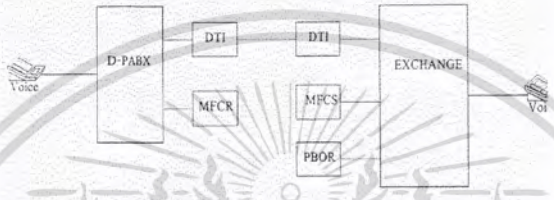
จากทั้ง 5 ระบบนี้ ยังคงมีการใช้งานอยู่ แต่ส่วนมากหรือระบบใหม่ๆ จะเลือกระบบ Store Program Control หรือ SPC เพราะมีความคล่องตัวในหลายๆด้าน ตู้สาขาได้โดยไม่ต้องเรียกผ่านพนักงานสลับสายเพื่อช่วยทำการต่อให้ และสามารถทำการเรียกออกไปยังชุมสายจะต้องผ่านพนักงานสลับสายเพื่อทำการต่อไปยังเครื่องภายใน ตู้สาขาประเภทนี้เรียกว่า ตู้สาขาโทรศัพท์อัตโนมัติระบบหมุนออกตรง (DOD PABX)

ตู้สาขาระบบอัตโนมัติที่สามารถทำการเรียกภายในและสามารถเรียกออกไปยังชุมสายได้โดยตรงจนกระทั้งการเรียกเข้าก็สามารถหมุนหมายเลขของเครื่องภายในได้โดยตรงจากผู้เช่าของชุมสายโทรศัพท์ตรงขั้ว (DID PABX) ย่อมาจาก DIRECT INWARD DIALLING

ตู้สาขาระบบ DID จะต้องมีการกำหนดเลขหมายตรงของเครื่องภายในเข้าไวในชุมสายโทรศัพท์จำนวนหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณของโทรศัพท์ภายในของโทรศัพท์ตู้สาขา โดยจะกำหนดเลขหมาย 1 เลขหมายต่อ 1 คู่สายของโทรศัพท์ลูก ซึ่งเป็นโทรศัพท์ภายในของโทรศัพท์ตู้สาขา เลขหมายที่กำหนดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

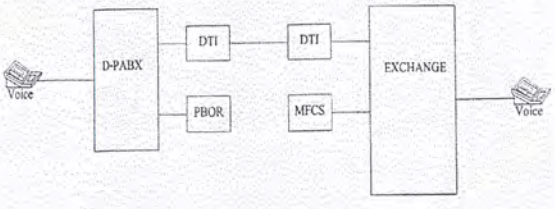
ไปตามมาตรฐานของเลขหมายโทรศัพท์ต่อตรงทั่วไป คือเป็นเลข 4 หลัก การเรียกภายในระหว่างโทรศัพท์ลูกสามารถทำได้ง่ายกว่าการเรียกออก เพราะกดรหัสเพียงตัวเลข 4 หลักท้ายของเบอร์โทรศัพท์ปลายทางที่เป็นโทรศัพท์ลูกนั่นเอง แต่การเรียกออกต้องกดรหัสออกก่อนแล้วจึงค่อยกดหมายเลขปลายทางได้ ส่วนการเรียกเข้าผู้เรียกสามารถกดเลขหมาย7 หลักของโทรศัพท์ลูกได้ด้วยทำให้โทรศัพท์ตู้สาขาแบบนี้สะดวกต่อการใช้งานมากและเหมาะกับธุรกิจขนาดใหญ่ที่ต้องการความสะดวกในการติดต่อสื่อสารเพราะการสลับสายสามารถเป็นไปอย่างอัตโนมัติรวดเร็วและช่วยประหยัดให้ไม่ต้องใช้พนักงานสลับสายมากเกินไป ความจำเป็นจำนวนเลขหมายโทรศัพท์ภายในของตู้สาขาแบบนี้ที่องค์การโทรศัพท์กำหนดไว้จะต้องมีอย่างน้อย 400 เลขหมายขึ้นไป



รูปที่ 2.20 แสดงDID (Direct Inward Dialing)

DID (Direct Inward Dialing)

DID หมายถึง การเรียกชุมสายโทรศัพท์เข้าไปยังเบอร์ภายในตู้สาขาได้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านพนักงานสลับสายที่ชุมสายโทรศัพท์จะต้องมีการกำหนดรหัสเลขหมาย 4 ตัว สำหรับตู้สาขาในเขตนครหลวงที่มีเลขหมายในขนาด 1000 เลขหมาย เมื่อผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ขึ้นและหมุนหมายเลขของตู้สาขา (4 ตัวแรก) เครื่องชุมสายจะเลือกจับวงจร Trunk ไปยังตู้สาขาและส่ง Line signal ไปให้ เมื่อตู้สาขาไปรับ Line Signal จะต่อวงจรไปยัง MFCR ทางชุมสายก็จะต่อวงจร Trunk กับ MFCR และส่ง Register signal (เลขหมาย 3 ตัวสุดท้ายซึ่งเป็นเลขหมายของเบอร์ภายใน และชนิดของผู้เช่าเรียกไปให้ตู้สาขา) ตู้สาขาตะตรวจสภาพของเบอร์ภายในว่าว่างหรือไม่ ถ้าว่างจะส่งสัญญาณ Backward signal บอกไปยังชุมสายและส่งสัญญาณ Ring back tone ไปให้ชุมสายได้รับ Backward signal แสดงภาพว่างของเบอร์ภายในก็จะตัด MFCS ออก และต่อวงจร Trunk ไปยังผู้เช่าฝ่ายเรียก ผู้เช่าฝ่ายเรียกจะได้ยินเสียง Ring back tone เมื่อเบอร์ภายในได้ยินเสียงกระดิ่งและยกหูรับ ทางตู้สาขาจะส่ง Line Signal ไปยังตู้สาขาที่ชุมสายจะเริ่มบันทึกการคิดเงินของผู้เช่าฝ่ายเรียก ผู้เช่าฝ่ายเรียกและเบอร์ภายในของตู้สาขาสามารถสนทนากันได้



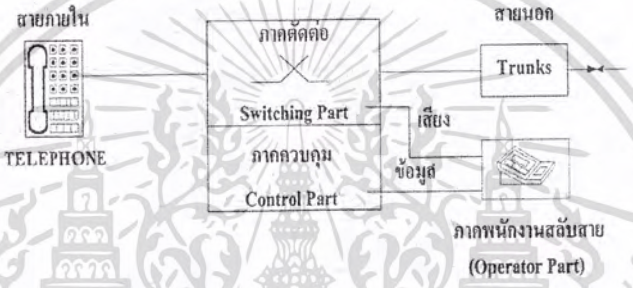
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.21 แสดง DOD (Direct Outward Dialing)

DOD (Direct Outward Dialing)

DOD หมายถึง การเรียกออกของเบอร์ภายในไปยังชุมสายโทรศัพท์ โดยที่เบอร์ภายในยกหูโทรศัพท์ขึ้นครั้งแรกจะได้ยินเสียง Dial tone ของตู้สาขาและเมื่อหมุนเลขหมาย Prefix ของตู้ (เช่น หมุน "0") ตู้สาขาจะต่อวงจรของเลขหมายภายในกับวงจร trunk เรียกเข้าไปยังชุมสายโทรศัพท์และส่ง Line Signal ไปให้เครื่องชุมสาย เครื่องชุมสายจะทำการต่อวงจร Trunk เข้ากับวงจรรับ เลขหมาย (PBOR หรือ DPOR) และส่ง Dial tone ไปให้เบอร์ภายในตู้สาขา เบอร์ภายในจะสามารถหมุนเลขหมายเรียกไปยังที่ต่างๆ ได้

สำหรับการคิดเงิน ที่ตู้สาขาจะมีการบันทึกว่าเบอร์ภายในเลขหมายใดหมุนออกไปที่ใด สำหรับที่ชุมสายโทรศัพท์ก็จะมีการบันทึกการเรียกไว้ที่หมายเลขที่กำหนดไว้เพียงเลขหมายเดียว



รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างของตู้สาขาโทรศัพท์แบบอัตโนมัติ (PABX)

- คุณสมบัติและสมรรถนะของตู้สาขาโทรศัพท์

คุณสมบัติทั่วๆ ไปสำหรับเครื่องโทรศัพท์ภายใน และ Operator console นั้น ระบบตู้สาขาสามารถทำได้ เช่น การย่อเลขหมายโทรออกสายนอก การประชุม 3 คน การหมุนหมายเลขซ้ำสำหรับสายนอกชุดสุดท้าย การรับสายแทนกัน การสลับสายไปมาขณะสนทนาสายนอก การพักสาย การโอนสาย การจัดลำดับการรับสาย การตอบรับหลังเลิกงาน เป็นต้น แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติที่เด่นของระบบบางหัวข้อเท่านั้น คือ

1. Over Flow Transfer ในขณะที่สายนอกเรียกเข้ามายัง Operator แต่ Operator กำลังสนทนากับสายอื่นอยู่ สามารถกำหนดให้โดยสายที่เรียกเข้ามานั้นไปยังสายอื่นๆ โดยอัตโนมัติภายในเวลาที่กำหนด

2. Disa (Direct Inward system Access) เป็นการัดแบ่งกลุ่มสายองค์การฯ ให้ระบบสามารถบริการสายนอกที่เรียกเข้ามายังระบบให้สามารถต่อสายไปยังเครื่องภายในโดยไม่ต้องอาศัยพนักงานรับสาย (Operator) กล่าวคือ เมื่อมีสายนอกโทรเข้ายังระบบฯ จะทำการรับสายอย่างอัตโนมัติและเข้ากับวงจร Voice Massage Card เพื่อเป็นเสียงพูดให้ผู้ที่เรียกเข้ามาให้หมุนเลขหมายภายในที่ต้องการ จากนั้นสายนอกที่เรียกเข้ามาสามารถคุยกับเลขหมายภายในได้โดยตรง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายไฟและแหล่งจ่ายไฟสำรอง

ระบบจ่ายไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 25 โวลท์ ซึ่งประกอบด้วย Bulti-in Automatic Change and Rectifier ผลิตภัณฑ์เดียวกับตู้สาขา พร้อมกับมีแบตเตอรี่แบบ Maintenace free เป็นแหล่งจ่ายไฟสำรอง ซึ่งมีขนาดเพียงพอใช้กับตู้สาขา ได้นาน 6 ชั่วโมงติดต่อกัน

2.1.3.2 โครงสร้างของตู้สาขาโทรศัพท์

ตู้สาขาอัตโนมัติ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ประการ

1. ภาคตัดต่อ (Switching Part)
2. ภาคควบคุม (Control Part)
3. ภาคพนักงานสลับสาย (Operator Part)

ภาคตัดต่อ ทำหน้าที่ ต่อการเรียกในกรณีต่างๆ ดังกล่าวไว้

ภาคควบคุม ทำหน้าที่ ควบคุมการต่อเรียก โดยอาจจำแนกได้เช่น การวิเคราะห์ข้อมูล การทดสอบและการเลือกอุปกรณ์ และหรือตัวต่อ การออกคำสั่งเพื่อการต่อการสนทนา เป็นต้น นอกจากนี้ภาคควบคุมยังทำหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุมการต่อสัญญาณ (Signaling) และ Tone ต่างๆ ในการเรียกแต่ละกรณี

ภาคพนักงานสลับสาย อันที่จริงไม่ใช่เป็นภาคหลักดังเช่นสองภาคที่กล่าวมา แต่จะเป็นหน้าที่สนับสนุนในการเรียกมายังพนักงานสลับสาย

ชนิดของตู้สาขาโทรศัพท์ตามหลักการทำงานของวงจร

ตู้สาขาโทรศัพท์สามารถแบ่งตามการทำงานของวงจรได้ 2 ชนิด

1. ตู้สาขาอัตโนมัติแบบ Cross Bar ตู้สาขาชนิดนี้จะใช้สวิทช์แม่เหล็กในการติดต่อคู่สายโทรศัพท์
2. ตู้สาขาโทรศัพท์แบบ SPC (Store Program Control) ตู้สาขาชนิดนี้ใช้โปรแกรมในการกำหนดหน้าที่การทำงานของระบบ

ชนิดของตู้สาขาโทรศัพท์ตามหลักการติดต่อของคู่สาย

ตู้สาขาโทรศัพท์สามารถแบ่งออกตามวิธีการติดต่อคู่สาย หรือการกดสวิทช์ได้เป็น 2 ชนิด

1. แบบ Space Division ส่วนใหญ่แล้วมักใช้กับตู้สาขาโทรศัพท์ที่มีขนาดเล็กและขนาดกลาง ซึ่งตู้สาขาแบบ Space division นี้จะมีการใช้วิธีการสลับสายโดยใช้การตัดต่อคู่สายโทรศัพท์โดยตรง ตู้สาขาโทรศัพท์ที่ใช้วิธีการสลับคู่สายแบบนี้ได้แก่ แบบ Manual , แบบ Step by Step และแบบ Cross Bar เป็นต้น
2. แบบ Time Division เป็นการสลับสายโดยอาศัยเทคนิคแบบ ดิจิตอล กล่าวคือใช้วิธีแบ่งช่วงเวลา (time slot) ให้กับคู่สายที่ต้องการติดต่อกัน และถ้าแบ่งขนาดของตู้สาขาโทรศัพท์ ซึ่งดูจากจำนวนภายนอก (Extension Line) หรือจำนวนเครื่องรับโทรศัพท์สูงสุด ที่สามารถต่อเข้าตู้สาขาโทรศัพท์ได้อาจยึดเกณฑ์ต่อไปนี้

- ขนาดเล็ก EXT < 16
- ขนาดกลาง 16 < EXT < 50

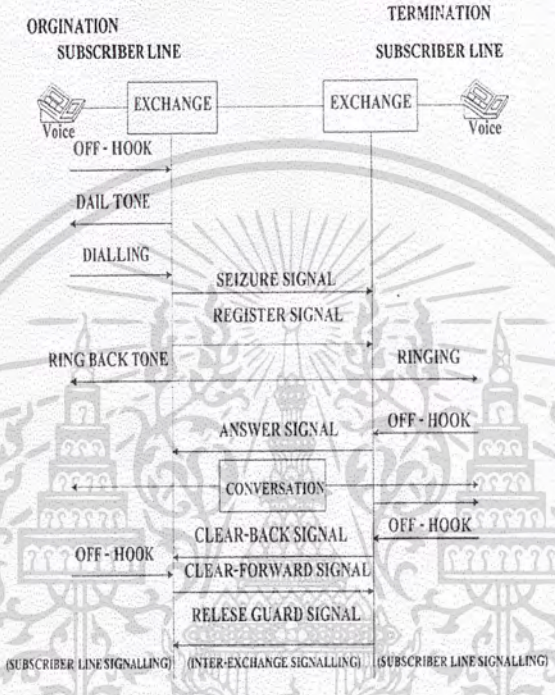
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ขนาดใหญ่ 50 < EXT < 200

- ขนาดใหญ่มาก EXT < 200

สัญญาณโต้ตอบการสนทนา

- สัญญาณที่ส่งระหว่างผู้เช่า-ชุมสายฯ (Subscriber Line Signaling)
- สัญญาณที่ส่งระหว่างชุมสาย – ชุมสาย (Inter-Exchange Signaling)



รูปที่ 2.23 แสดงสัญญาณโต้ตอบการสนทนา

2.1.4 สัญญาณที่ส่งระหว่างผู้เช่า-ชุมสาย (Subscriber Line signaling)

สัญญาณที่ส่งระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย มีชนิดของสัญญาณและลำดับดังนี้

1. การยกหูโทรศัพท์ (Hook Off) ตัวชุมสายฯ มองสภาวะที่เกิด 2 ลักษณะ คือ
   ก. ผู้เช่าต้องการเรียกออก สัญญาณจากหูโทรศัพท์ถูกส่งไปที่ชุมสายฯ
   ข. ผู้ถูกเรียก ยกหูเมื่อได้รับสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Signal)
2. สัญญาณ Dialing Tone จะถูกส่งกลับไปที่ผู้เช่าเพื่อบอกให้ทราบว่าชุมสายพร้อมรับเลขหมายผู้ถูกเรียกแล้ว
   ก. สัญญาณเลขหมายผู้ถูกเรียกถูกส่งออก เมื่อผู้เช่ากดปุ่มสัญญาณส่งออกเป็นความถี่หรือหมุนหน้าปัด จะได้สัญญาณผู้ถูกเรียกเป็น Pulse
   ข. เมื่อชุมสายได้รับสัญญาณเลขหมายของผู้ถูกเรียก ก็จะทำการวิเคราะห์ว่าเป็นการเรียกในชุมสายเดียวกันหรือต้องต่อออกต่างชุมสาย สมมุติว่าเป็นการเรียกภายในชุมสาย ชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำการตรวจสอบเบอร์ผู้ถูกเรียกว่า ว่างหรือไม่ หากว่างก็จะส่งสัญญาณกระดิ่งไปให้ผู้ถูกเรียกและส่งสัญญาณ Ring back tone ไปให้ผู้เรียกเพื่อจะได้ทราบว่าโทรติดแล้ว

ค. สัญญาณตอบรับ (Answer) ถูกส่งกลับมายังชุมสายเมื่อผู้ถูกเรียกรับสายและเริ่มสนทนา

ง. สัญญาณจากการวางหู (Hook On) เมื่อผู้เรียกหรือผู้ถูกเรียกจบการสนทนา

2.1.5 สัญญาณที่ส่งระหว่างชุมสาย-ชุมสาย (Inter –Exchange Signaling)

สัญญาณที่ส่งระหว่างชุมสายกับชุมสาย นั้นจะขึ้นอยู่กับระบบการส่งสัญญาณว่าใช้ในการส่งสัญญาณแบบใด โดยทั่วไปมีหลักการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายอยู่ 2 ระบบคือ การส่งแบบ Channel associated signaling (CAS) และแบบ Common Channel Signaling (CCS) ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในต่อไปนี้

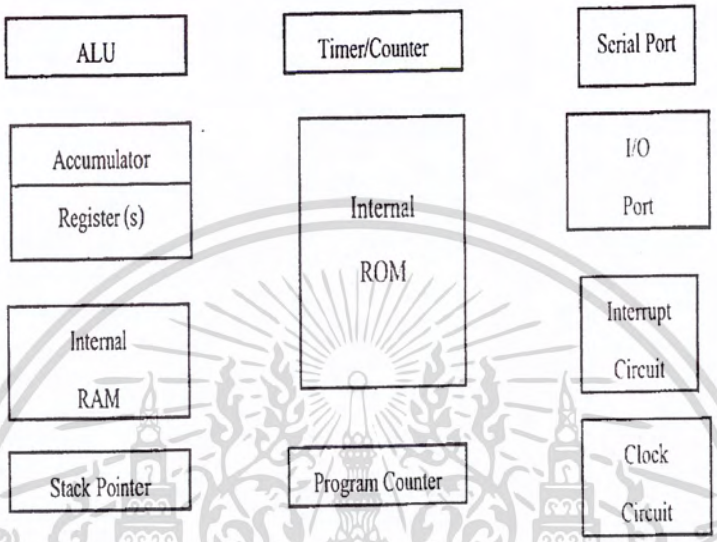
ในตอนนี้จะอธิบายการส่งสัญญาณระหว่างชุมสาย และหน้าที่ของสัญญาณขั้นพื้นฐานหลังจากที่ขั้นตอนการส่งสัญญาณจากผู้เช่าถึงชุมสาย ถึงจุดที่ชุมสายรับสัญญาณเลขหมายของผู้ถูกเรียกครบแล้ว ชุมสายจะวิเคราะห์เลขหมายและเมื่อวิเคราะห์แล้วว่าเป็นการเรียกออกต่างชุมสาย ก็จะเริ่มส่งสัญญาณดังนี้

1. Seizure Signal เป็นสัญญาณที่ชุมสายต้นทางส่งไปจองวงจร Trunk ที่จะใช้ติดต่อกับชุมสายปลายทาง
2. Seizure acknowledgement signal เป็นสัญญาณตอบรับจากชุมสายปลายทางว่า มีวงจร Trunk ว่างและชุมสายพร้อมที่จะรับเลขหมายผู้ถูกเรียกแล้ว แต่หากชุมสายไม่ว่างปลายทางจะส่งสัญญาณ Busy Tone กลับไปยังชุมสายปลายทาง
3. Register Signal หรือ Address Information เป็นสัญญาณเลขหมายผู้ถูกเรียกที่ส่งจากชุมสายต้นทางไปยังชุมสายปลายทาง เพื่อให้ชุมสายปลายทางทราบว่าต้องการให้ชุมสายติดต่อกับเลขหมายใด
4. เมื่อชุมสายปลายทางรับสัญญาณเลขหมายผู้ถูกเรียกครบแล้วก็จะทำการเช็คว่าเบอร์ผู้ถูกเรียกว่างหรือไม่ หากว่างก็ต่อวงจรนั้นทันทีพร้อมกับส่งสัญญาณกระดิ่งไปให้ผู้ถูกเรียก การส่งสัญญาณ Ring back tone ไปที่ผู้ถูกเรียกพร้อมกับกำหนดให้วงจรที่ถูกใช้ที่ชุมสายปลายทางนั้นมีสภาวะ “ไม่ว่าง” (Busy)
5. Answer signal เป็นสัญญาณที่ส่งมาจากชุมสายปลายทางเมื่อผู้ถูกเรียกรับสายต้นทางต่อวงจรพูดเพื่อเริ่มการสนทนา และเริ่มคิดค่าบริการ
6. Clear back signal สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสายปลายทางเมื่อผู้ถูกเรียกรับสาย เพื่อให้ชุมสายต้นทางยุติการคิดเงินและจบการสนทนา
7. Clear forward signal สัญญาณที่ส่งจากชุมสายต้นทางไปยังชุมสายปลายทางเมื่อผู้เรียกวางหูเสียก่อน เพื่อยุติการคิดเงินและจบการสนทนา
8. Release Guard Signal เป็นสัญญาณที่ส่งจากชุมสายปลายทางไปชุมสายต้นทางเมื่อชุมสายปลายทางได้รับสัญญาณ Clear forward (ผู้เรียกวางหู) แล้วเพื่อบอกว่าวงจร Trunk ที่ถูกใช้งานว่างแล้ว สามารถรับการเรียกครั้งต่อไปได้ (ก่อนหน้านั้นสถานะ Busy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครโปรคอนโทรลเลอร์คือไมโครโปรเซสเซอร์ที่รวมเอาส่วนของหน่วยความจำไอโอพอร์ท Timer/Counter มาบรรจุไว้ในชิพเดี่ยวมีชื่อเรียกว่า ซิงเกิลชิพโมโครคอนโทรลเลอร์ (Single Chip Microcomtrollers) ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงถึงบล็อกไดอะแกรมของโมโครคอนโทรลเลอร์

จะเห็นว่า โมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วย

- ALU
- แอคคิวมูเลเตอร์ (ACC)
- รีจีสเตอร์
- แรมภายใน (Internal RAM)
- สแตคพอยเตอร์ (SP)
- อินเทอนอลรอม (Internal ROM)
- โปรแกรมเคาร์เตอร์ (PC)
- ไอโอพอร์ท (I/O Port)
- วงจรอินเตอร์รัพต์ (Interrupt Circuit)
- วงจรคล็อค (Clock Circuit)
- ไทเมอร์เคาร์เตอร์ (Timer/Counter)
- Serial Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS-51 นี้ผลิตโดยบริษัทอินเทลมีอยู่ด้วยกันหลายเบอร์ซึ่งมีรายละเอียดดังตาราง

Device	ROMless Version	EPROM Version	ROM Bytes	RAM Bytes	8-Bit I/O Ports	16-Bit Timer/ Counters	Programmable Counter Array (PCA)	UART	Serial Expansion Port (SEP)	Global Serial Channel (GSC)	DMA Channels	A/D Channels	Interrupt Sources/ Vectors	Power Down and Idle Modes
8051	8031	-	4K	128	4	2		√					6/5	
8051AH	8031AH	8751H 8751BH	4K	128	4	2		√					6/5	
8052AH	8032AH	8752BH	8K	256	4	3		√					8/6	
80C51BH	80C31BH	87C51	4K	128	4	2		√					6/5	√
80C52	80C32	-	8K	256	4	3		√					8/6	√
83C51FA	80C51FA	87C51FA	8K	256	4	3	√	√					14/7	√
83C51FB	80C51FB	87C51FB	16K	256	4	3	√	√					14/7	√
83C152JA	80C152JA	-	8K	256	5	2		√		√	2		19/11	√
-	80C152JB	-	-	256	7	2		√		√	2		19/11	√
83C152JC	80C152JC	-	8K	256	5	2		√		√	2		19/11	√
-	80C152JD	-	-	256	7	2		√		√	2		19/11	√
83C452	80C452	87C452P	8K	256	5	2		√					9/8	√

รูปที่ 2.25 แสดงเบอร์ของโมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

<u>คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51</u>

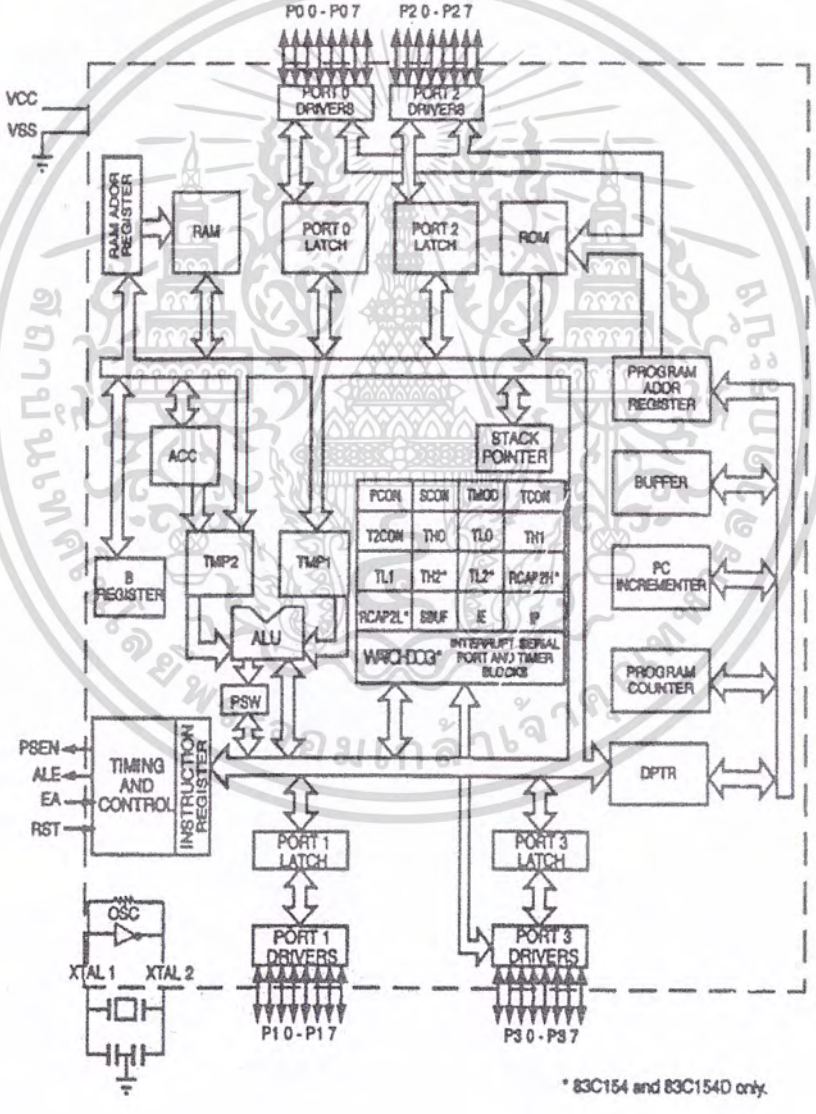
1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 bit
2. มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรผลิตเวลาภายในตัว
3. มีขาสัญญาณ อินพุท เอาท์พุท จำนวน 32 bit
4. สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External data memory) และสามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External program memory)
5. มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว (On-chip program memory) ขนาด 4 Kbyte โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 8 Kbyte สำหรับเบอร์ 8031 และ 8032 จะไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้
6. มีหน่วยความจำข้อมูลภายใน (On-chip data memory) ขนาด 128 byte โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 byte
7. หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วน สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิทได้ด้วย ทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น
8. มีไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์ (timer/counter) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 หรือ 8052 จะมีไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์จำนวน 3 ตัว
9. การอินเตอร์รัปต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิด โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำการอินเตอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเตอร์รัปต์ยังสามารถจัดลำดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ
10. มีพอร์ทสื่อสารอนุกรมได้ภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) เลือกรูปแบบได้ 4 โหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์
12. คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาในการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์
13. ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลท์เพียงชุดเดียว

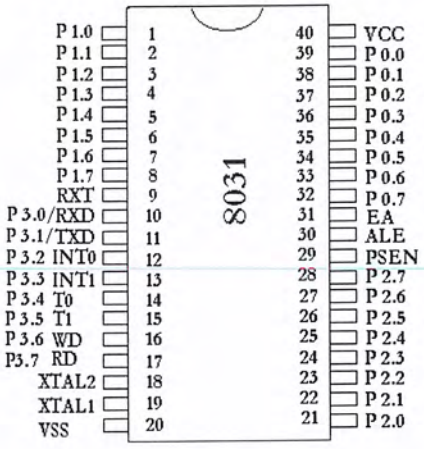
2.2.1 โครงสร้างภายในของ 8051

MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงสะดวกสำหรับโปรแกรมเมอร์ที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิก โครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051 แสดงดังรูปที่ 2.26



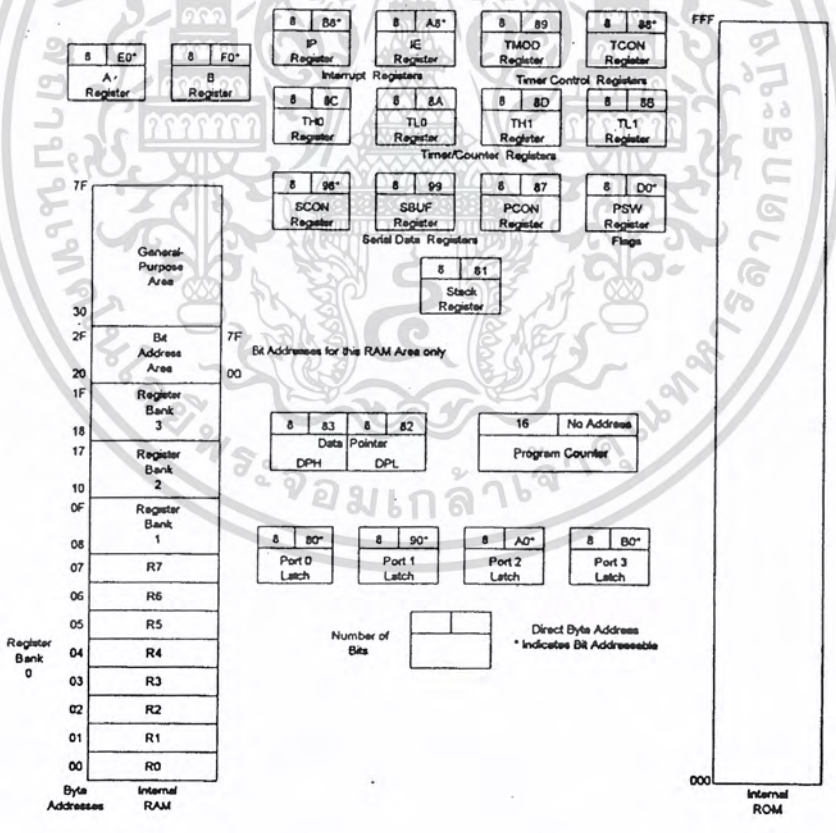
รูปที่ 2.26 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดงสถาปัตยกรรมภายนอกและการจัดตำแหน่งขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031

จากรูปที่2.26 เป็นการแสดงโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 จะเห็นว่ามีส่วนประกอบภายในมากมายบรรจุอยู่ภายในวงจรรวมเดียวกันนี้จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพ เพราะจะไม่เกิดการรบกวนจากระบบอื่น เนื่องจากส่วนประกอบต่างๆ ถูกบรรจุไว้ภายในจึงไม่เกิดการรบกวนได้ง่าย



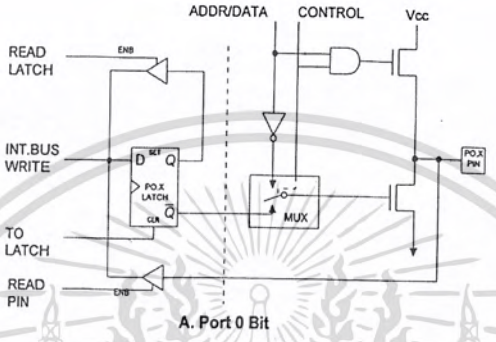
รูปที่ 2.28 แสดงตำแหน่งของรีจีสเตอร์ต่างๆ และหน่วยความจำภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 พอร์ทของ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

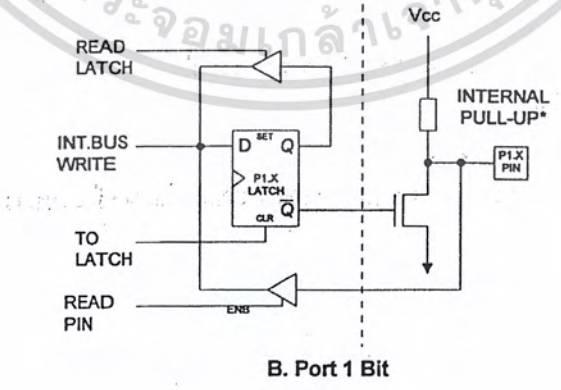
- Vcc (ขา 40) ต่อกับ +5V
- Vss (ขา 20) ต่อกับ GND
- พอร์ท 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7-P0.0) มีโครงสร้างแบบ Open-Drain Bi-derectional ดังแสดงในรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 แสดงโครงสร้างพอร์ท 0

- **ขาพอร์ท 0 (Port 0)**

มี 8 ขา ได้แก่ P0.0 – P0.7 เป็นขาพอร์ทอินพุทเอาท์พุทแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุทพอร์ทต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ท เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ทเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ทอินพุทอิมพิแดนซ์สูงได้ นอกจากพอร์ทจะสามารถใช้งานเป็นพอร์ทอินพุทเอาท์พุทแล้วยังถูกใช้งานกับหน่วยความจำภายนอกด้วยโดยทำหน้าที่ในการกำหนดแอดเดรส byte ต่ำ (A0-A7) ส่วนตำแหน่งแอดเดรส byte สูงจะอยู่ที่พอร์ท 2

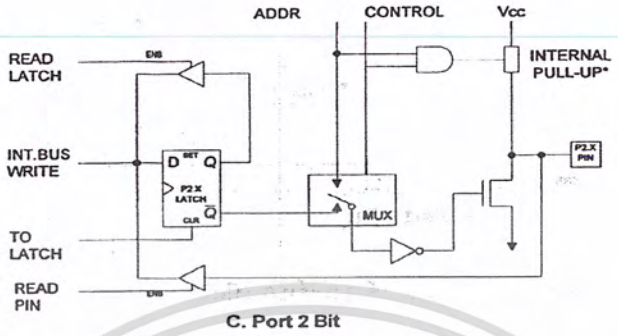


รูปที่ 2.30 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ขาพอร์ท 1 (Port 1)**

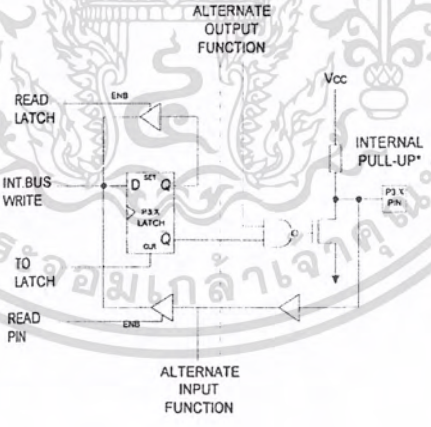
มี 8 ขา ได้แก่ขา P1.0- P1.7 เป็นขาพอร์ทอินพุทเอาท์พุทแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไปโดยถ้าใช้งานเป็นอินพุทต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ทเพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ทอินพุท



รูปที่ 2.31 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 2

- **ขาพอร์ท 2 (Port 2)**

มีขา 8 ได่แก่ P2.0-P2.7 เป็นขาอินพุทพอร์ท เอาท์พุทแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไปโดยถ้าใช้งานเป็นอินพุทพอร์ทต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ท เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ทอินพุท นอกจากพอร์ทนี้จะใช้งานเป็นพอร์ทอินพุทเอาท์พุทแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรส byte สูง (A1-A15)



รูปที่ 2.32 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 3

- **ขาพอร์ท 3(Port 3)**

มีขา 8 ขาได้แก่ขา P3.0 – P3.7 เป็นขาพอร์ทอินพุทเอาท์พุทแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไปโดย ถ้าใช้งานเป้นอินพุทเอาท์พุทต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ท เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ทอินพุท นอกจากพอร์ทนี้จะใช้งานเป็นพอร์ทอินพุทเอาท์พุทแล้วมันยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ เพื่อส่งสัญญาณควบคุมออกม้าและรับสัญญาณเข้าไป สัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.0/ RXD (Serial Input Port) : เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.1/ TXD (Serial Output Port) : เป็นขาที่ให้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.2/ $\overline{\text{INT0}}$ (Exinternal Interrupt 0) : ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0

P3.3/ $\overline{\text{INT1}}$ (Exinternal Interrupt 1) : ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1

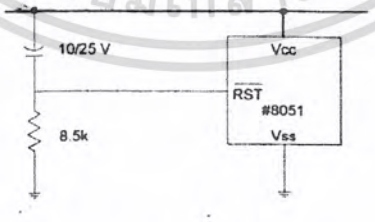
P3.4/ T0 (Counter 0 External Input) : ขารับสัญญาณพัลซ์อินพุทเข้าไปยังวงจร Counter 0 (เป็นอินพุทโหมดเคาเตอร์)

P3.5/ T1 (Counter 1 External Input) : ขารับสัญญาณพัลซ์อินพุทเข้าไปยังวงจร Counter 1 (เป็นอินพุทโหมดเคาเตอร์)

P3.6/ $\overline{\text{WR}}$ (External Data Memory Write Strobe) : ขารับสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

P3.7/ $\overline{\text{RD}}$ WR (External Data Memory Read Strobe) : ขารับสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

- ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A7-A0) ที่ส่งออกมาจากพอร์ต 0 สัญญาณนี้จะแอคทีฟทุก ๆ 2 ครั้งใน 1 แมชชีนไซเคิล
- $\overline{\text{PSEN}}$ (ขา 29) เป็นขาสโตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอกสัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกมาที่ขานี้
- $\overline{\text{EA}}$ (ขา 30) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
  ป้อน "0" จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิพ
  ป้อน "1" จะอ่านโปรแกรมจากภายในชิพ
- RST (ขา 9) ขารีเซ็ท จะรีเซ็ทได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขานี้นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล
- XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิสเลเตอร์ภายใน
- XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิสเลเตอร์ภายใน



รูปที่ 2.33 การต่อขารีเซ็ทให้กับ 8051

2.2.3 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

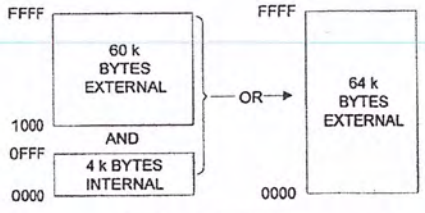
หน่วยความจำที่ใช้กับ MCS-51 มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ

— หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)

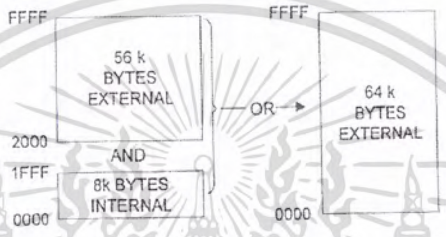
— หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ 8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 kbytes นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมี ROM ขนาด 8 kbytes ดังแสดงในรูปที่ 2.34

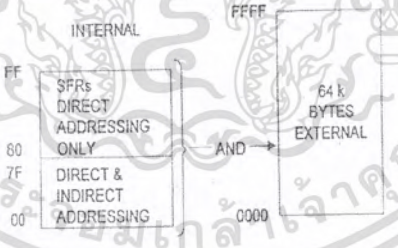


รูปที่ 2.34 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8051

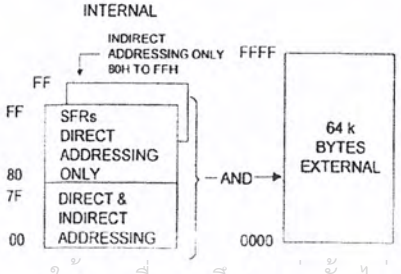


รูปที่ 2.35 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมเบอร์ 8052

Data Memory (RAM) แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในชิพมีเพียง 128 bytes สำหรับเบอร์ 8051 และ 256 bytes สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปและหน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิพมีความจะ 64 kbytes ดังแสดงในรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับ Data Memory เบอร์ 8051



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.37 แสดงผังหน่วยความจำสำหรับ Program Memory ของ 8052

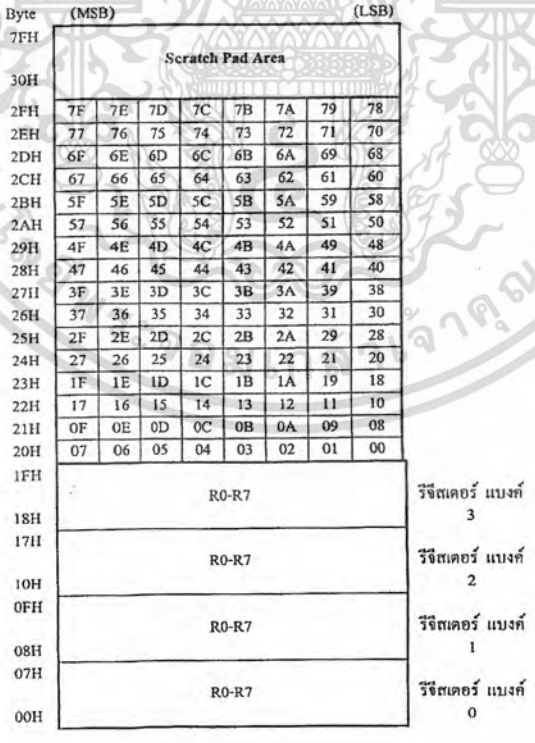
พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area)

พื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80h-FFh) ตามรูป 2.38 เป็นพื้นที่ซ้อนกันอยู่อย่างละ 128 bytes โดยส่วนแรกจะเป็น SFR แอดเดรสและ Indirect Address Area ดังนั้นผู้เขียนโปรแกรมถ้าจะติดต่อกับ SFR จะต้องใช้คำสั่งแบบเข้าถึงข้อมูลงโดยตรงเท่านั้น (Direct Address Area) ส่วนพื้นที่อีกส่วนหนึ่งจะเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area) ส่วนตำแหน่ง (00h-7Fh) จะเข้าถึงข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ

- พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลได้โดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area) พื้นที่ 128 bytes ล่างสุดจะแบ่งเป็น 3 ส่วนดังรูป 2.48

1. รีจิสเตอร์แบงค์ (Register Banks 0-3) ตั้งแต่ตำแหน่ง (00-1Fh) จะแบ่งเป็นส่วนของรีจิสเตอร์แบงค์ (0-3) โดยแบ่งเป็นแบงค์ละ 8 bytes รวมแล้วได้ 32 bytes (แต่ละแบงค์จะมีรีจีสเตอร์ R0,R1,R2,R3,R4,R5,R6 และ R7) ถ้าซีพียูทำงานอยู่ที่แบงค์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ทก็จะกลับมาทำงานที่แบงค์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทันที

2. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนทีละบิตได้ (Bit Addressable Area) คือพื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส(20h-7Fh)จำนวน16bytesหรือแบ่งเป็นบิตจะได้เท่ากับ128bitซึ่งตำแหน่งบิตมีดังนี้ 00,01,02,03,04,05,06,07 จนถึง 7FH เช่นบิต 00 ก็คือ D0 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h ดูรูปที่ 2.48 ประกอบ บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Seatch Pad Area) พื้นที่ตั้งแต่ (03h-7Fh) จะเขียนข้อมูลได้มีละไบต์เท่านั้นไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ถ้าย้ายเนื้อที่สแตคที่บริเวณนี้โปรดระวังในการเขียนข้อมูลมาทับสแตค



รูปที่ 2.38 แสดง 128 bytes ของ RAM ที่เข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงและทางอ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Function Register (SFR) มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.2

Symbol	Name	Address
*ACC	Accumulator	0E0H
*B	B Register	0F0H
*PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer 2 Bytes	
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
*P0	Port 0	80H
*P1	Port 1	90H
*P2	Port 2	0A0H
*P3	Port 3	0B0H
*IP	Interrupt Priority Control	0B8H
*IE	Interrupt Enable Control	0A8H
TMOD	Timer/Counter Mode	89H
*TCON	Control	88H
*+T2CON	Timer/Counter Control	0C8H
TH0	Timer/Counter 2 Control	8CH
TL0	Timer/Counter 0 High Byte	8AH
TH1	Timer/Counter 0 Low Byte	8DH
	Timer/Counter 1 High Byte	
TL1	Timer/Counter 1 Low Byte	8BH
+TH2	Timer/Counter 2 High Byte	0CDH
+TL2	Timer/Counter 2 Low Byte	0CCH
+RCAP2H	T/C 2 Capture Reg. High	0CBH
+RCAP2L	Byte	0CAH
*SCON	T/C 2 Capture Reg. Low	98H
SBUF	Byte	99H
PCON	Serial Control	87H
	Serial Data Buffer	
	Power Control	

* — Bit addressable

+ — 8052 only

ตารางที่ 2.2 แสดง Special Function Register (SFR)

2.3 การติดต่อ 8255 กับซีพียู

การติดต่อ 8255 กับซีพียูนั้น 8255 เป็นอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท ซึ่งเหมือนกับอุปกรณ์ภายนอกชนิดอื่นๆ ขา A0 และ A1 จะต่อโดยตรงกับขา A0,A1 ของซีพียูขา CS ของ 8255 จะต่ออยู่กับภาคถอดรหัสของแอดเดรส ดังตารางที่ 2.3 จะแสดงการต่อพอร์ทต่างๆ

	A0	A1	RD	WR	CS
Input Operator (READ)					
Port A Data Bus	0	0	0	1	0
Port B Data Bus	0	1	0	1	0
Port C Data Bus	1	0	0	1	0
Output Operator (WRITE)					
Data Bus Port A	0	0	1	0	0
Data Bus Port B	0	1	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Bus Port C Data Bus Port Control	1 1	0 1	1 1	0 0	0 0
Disable Function					
Data Bus 3-Strate Illegal condition	X 1	X 1	X 0	X 1	1 0
Data Bus 3-State	X	X	1	1	0

ตารางที่ 2.3 แสดงการต่อพอร์ทต่างๆ

การทำงานของพอร์ท A,B,C จะกำหนดโดยข้อมูลที่ส่งไปยังพอร์ทควบคุม โดยสามารถทำงานได้ 3 โหมด คือ โหมด 0-3 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

2.4 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่ (Dual Tone Multifrequency Type)

เป็นระบบการส่งสัญญาณ ซึ่งจะพบได้มากกว่าในระบบการส่งเป็นสัญญาณพัลส์ ระบบนี้หรือเรียกชื่อย่อว่า DTMF วิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ พร้อมกันออกไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ซึ่งความถี่ที่ถูกส่งออกไปจะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด (0-4 Hz) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอนและอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้งซึ่งค่าต่างๆ จะแสดงดังรูปที่ 2.39 ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ 770 Hz และ 1336 Hz มอดูเลตกันออกมา

ความถี่ต่ำ (Hz)	รหัสหรือหมายเลข				
697	1	2	3	A	
770	4	5	6	B	
352	7	8	9	C	
941	*	0	#	D	
	1209	1336	1477	1633	ความถี่สูง (Hz)

รูปที่ 2.39 แสดงความถี่ของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม

2.4.1 วงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

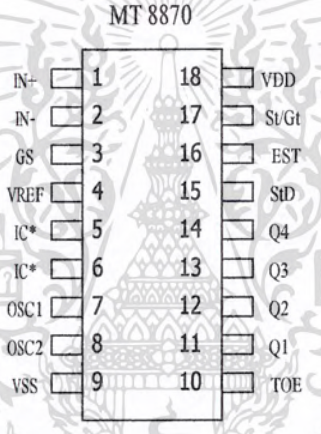
จะใช้ไอซี MT8870 ถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (DTMF) ให้เป็นตัวเลข BCD ขนาด 4 บิท โดยเพียงใช้งานร่วมกับคริสตอล 3.579 MHz เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งไอซี MT8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิท ในยุคก่อน การออกแบบวงจรถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ มักใช้ไอซีจำพวกเฟสล็อกลูปซึ่งสร้างปัญหาสารพัด ไม่ว่าเรื่องของความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไป การปรับแต่งวงจรขนาดของวงจรที่ใหญ่ เพราะต้องใช้ไอซีจำนวนมาก

คุณสมบัติของ MT8870

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF receiver)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard time)
- เป็นไอซีคุณภาพสูง



รูปที่ 2.40 แสดงรายละเอียดขาของ MT8870

การนำ MT8870 ไปใช้งาน

- นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
- เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อยหรือ PABX
- ใช้กับงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไป
- เครื่องกันขโมย
- การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
- ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอลเป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO^2-MOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิทช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาท์พุทเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ

F_{LOW}	F_{HIGH}	NO	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	ANY	L	Z	Z	Z	Z

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

2.4.3 ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

1. ภาคกรองสัญญาณความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิทช์คาปาซิเตอร์ (Six order switched band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

2. ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐานDTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสมเมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (early steering) ก็จะแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ นั้น

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปเอาท์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นระยะเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้องส่วนช่วงเวลานานยาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็น “High” นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา เมื่อขา Est เป็น “High” ทำให้ V_C จะคายประจุทำให้แรงดัน V_C สูงขึ้นจนถึงค่าเทรสโฮลด์ วงจรถอดรหัส ถึงจะถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป

5. ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ภายในตัวไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อกับคริสตอลขนาด 3.58 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที

2.5 ISD12xx/14xx SERIES (ไอซีบันทึกเสียง)

ไอซีในตระกูล ISD นี้อาศัยเทคโนโลยีการบันทึกเสียงทางอนาลอกโดยตรงและภายในประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลไว้ภายใน หรือเรียกว่า NV RAM (Nonvolatile RAM) ทำให้สามารถบันทึกได้นานตั้งแต่ 10-20 นาที ตามเบอร์ไอซีในตระกูล ISD 12xx/14xx ซึ่งการใช้งานและการจัดขาของไอซีตระกูลนี้เหมือนกันหมดต่างกันตรงความสามารถในการบันทึกเสียงเท่านั้นเอง คุณลักษณะที่แตกต่างไปจากไอซีเสียงทั่วไปก็คือระยะเวลาบันทึกเสียงด้วยตัวของไอซีเอง (ไม่มีหน่วยความจำมาต่อเพิ่มภายนอก) สามารถบันทึกเสียงได้นาน โดยจะกำหนดมาเป็นเบอร์ซึ่งแต่ละเบอร์ไอซีจะมีระยะเวลาต่างกันในการบันทึกเสียงและก็อยู่ในตระกูล ISD เช่นกัน

2.5.1 คุณสมบัติของ ISD 12xx/14xx

1. เมื่อใช้ในฟังก์ชั่นการบันทึกและเล่นกลับด้วยตัวไอซีเองง่ายมาก
   - ไม่มีไอซีเบอร์อื่นๆ ประกอบเพิ่มเติมภายนอก
   - ต่ออุปกรณ์พาสซิฟภายนอกน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ให้ระดับสัญญาณในการบันทึกที่มีประสิทธิภาพสูง
3. สามารถสวิทช์ควบคุมการบันทึกเล่นกลับ, หยุดชั่วขณะและปรับระดับสัญญาณต่างๆได้
4. ข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ไม่สูญหายถึงแม้ว่าจะไม่มีแรงดันจ่ายให้กับไอซี และไม่ต้องการแบตเตอรี่สำรอง
5. เก็บข้อมูลได้นานถึง 100 ปี แม้ไม่มีแรงดันไฟเลี้ยง
6. สามารถบันทึกใหม่ได้ถึง 100,000 ครั้ง
7. มีวงจรฐานเวลาภายใน
8. ไม่มีการโปรแกรมในตัวไอซีและไม่ต้องพัฒนาระบบเพิ่มเติมเพื่อให้ทำงานได้
9. มีระบบสแตนด์บายเพื่อประหยัดพลังงานจากแหล่งจ่ายเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ
10. ใช้แรงดันไฟเลี้ยงเดี่ยวกินกระแสขณะสแตนด์บาย 0.5 ไมโครแอมป์

2.5.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD 12xx/14xx

จากตารางนี้จะทำให้ทราบว่าค่าพรรามิเตอร์บางอย่างที่แตกต่างกันของไอซีแต่ละเบอร์ในตระกูล ISD 12xx/14xx นี้ ซึ่งบอกถึงความสามารถของระยะเวลาในการบันทึกที่แตกต่างกัน รวมทั้งความถี่ของการสุ่มสัญญาณก็ต่างกัน

สัญลักษณ์	คุณสมบัติ	ISD1210	ISD1212	ISD1416	ISD1420	หน่วย
F_S	อัตราความถี่ในการแซมปลิ้งสัญญาณ	6.4	5.3	8	6.4	KHz
BW	ความกว้างของแบนด์	2.7	2.3	3.4	2.7	KHz
T_{RPW}	ความกว้างของพัลส์ขณะบันทึก	10	12	16	20	Sec
T_{PLAY}	ระยะเวลาในการบันทึก(สูงสุด)	10	12	16	20	Sec
T_{LED2}	การหน่วงเวลาที่ขา RECLED ขณะปิด	48.6	58.3	38.9	48.6	.msec
T_{RPUD}	การหน่วงเวลาขณะเริ่มบันทึก	32	39	26	32	.mSec
T_{RPDD}	การหน่วงเวลาขณะหยุดบันทึก	32	39	26	32	.msec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_{PPUD}	การหน่วงเวลาขณะเล่นกลับ	32	39	26	32	Msec
T_{PPDD}	การหน่วงเวลาขณะเล่นกลับสิ้นสุด	32	39	25	32	Msec
THD	ความเพี้ยนทางฮาร์โมนิกส์	1	1	1	1	%
T_{LED1}	หน่วงเวลาขณะเริ่มบันทึกของ LED	5	5	5	5	µsec
T_{OUT}	กำลังขับลำโพงทางเอาท์พุท	12.2	12.2	12.2	12.2	Mw
V_{OUT}	แรงดันตกคร่อมขาต่อลำโพง	2..5	2.5	2.5	2.5	V_{P-P}
V_{IN1}	แรงดันอินพุทที่ไมโครโฟน	20	20	20	20	MV
V_{IN2}	แรงดันอินพุทอนาลอก	50	50	50	50	MV

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของตระกูล ISD12xx/14xx SERIES

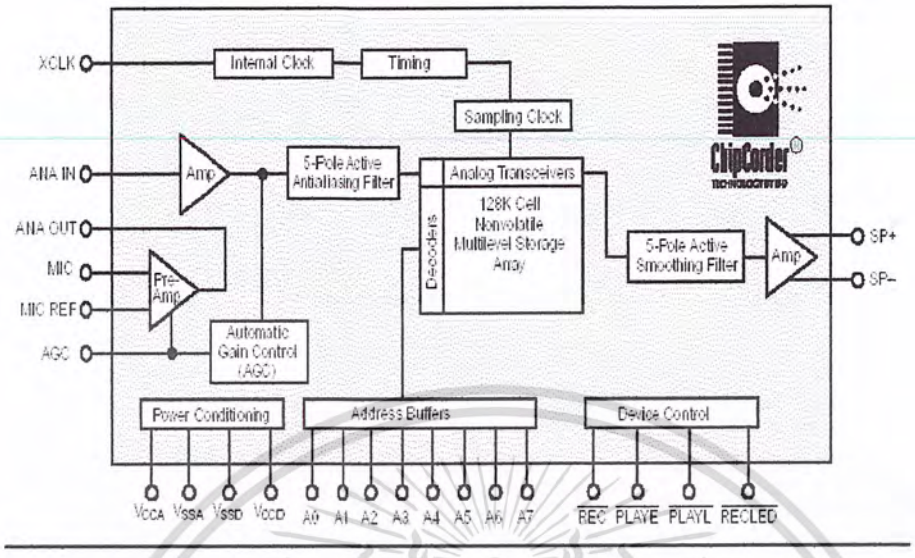
โดยทั่วไปของ ISD 12xx/14xx แล้วก็มีรูปร่างหน้าตาเหมือนกับไอซีทั่วไป แต่ว่าขาใช้งานและบล็อกไดอะแกรมการทำงานภายในทำงานไม่เหมือนกัน โดยเฉพาะไอซีในตระกูล ISD 12xx/14xx นี้จะถูกผลิตขึ้นมาเป็นไอซีที่ในหน้าที่บันทึกและเล่นกลับ ก็ถือได้ว่าดีมากไม่แตกต่างจากการบันทึกลงตลับเทปคลาสเซต

ภายในตัวไอซีจะประกอบไปด้วยส่วนของการทำงานที่สำคัญทุกส่วน โดยมีอุปกรณ์พาสซีฟต่อภายในก็มีวงจรกำเนิดความถี่ฐานเวลาชนิดซีมอส, วงจรขยายสัญญาณไมโครโฟน, วงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ, วงจรกรองความถี่และวงจรขยายสัญญาณออกสู่ลำโพงโดยตรงจากไอซีตัวนี้แต่ไม่ดังมากพอ สามารถเพิ่มวงจรขยายเสียงภายนอกเพื่อขับลำโพงให้ได้ยินเสียงดังมากขึ้น

สัญญาณที่จะทำการบันทึกจะถูกเก็บหรือบันทึกลงบนหน่วยความจำภายในไอซี ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ไม่ต้องการแรงดันไฟฟ้าสำรองขณะเก็บข้อมูลไว้ได้นานเป็น 100 ปี ลักษณะการบันทึกหน่วยความจำภายในไอซีตัวนี้จะทำการบันทึกสัญญาณอนาลอกโดยตรง (Direct Analog Storage Technology : DAST) ซึ่งสัญญาณอนาลอก นี้อาจจะเป็นสัญญาณย่านความถี่ 20 Hz ถึง 22 kHz การบันทึก 100,000 ครั้งตลอกอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISD1400 SERIES BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 2.41 Block Diagram ของ ISD12xx/14xx Series

2.5.3 การทำงานเบื้องต้น

การทำงานเบื้องต้นของ ISD12xx/14xx จะเป็นชิพไอซีเพียงตัวเดียวและมีสัญญาณแบบเดี่ยว (Single Signal) เพื่อควบคุมที่ขา REC และสัญญาณควบคุมการเล่นกลับจะถูกควบคุมด้วยสวิตช์ควบคุมสองสวิทช์คือ ควบคุมที่ขา PLAYE และ PLAYL นอกจากนั้นหารต้องการให้สามารถควบคุมการบันทึกได้หลายๆ ลักษณะก็สามารถใช้ขาแอดเดรสไลน์ มาทำการประยุกต์ใช้งานควบคุมได้เช่นกัน

- ประสิทธิภาพของเสียงที่บันทึก (Speech Quality)

ประสิทธิภาพของสัญญาณเสียงที่ทำการบันทึกและเล่นกลับจะมีคุณภาพของสัญญาณที่ทำการบันทึกและเล่นกลับดีมากเนื่องจากการบันทึกและเล่นกลับจะใช้เทคโนโลยี DAST ดังได้กล่าวมาแล้ว โดยที่สัญญาณที่ทำการบันทึกหรือสัญญาณเสียงพูดที่เข้ามาทางอินพุทจะถูกบันทึกหรือเก็บเข้าไปไว้ใน EEPROM ซึ่งเป็นหน่วยความจำภายในโดยตรงด้วยสัญญาณแบบอนาลอกและการเล่นกลับออกมาก็จะเหมือนกับสัญญาณที่ก่อนทำการบันทึกแน่นอน

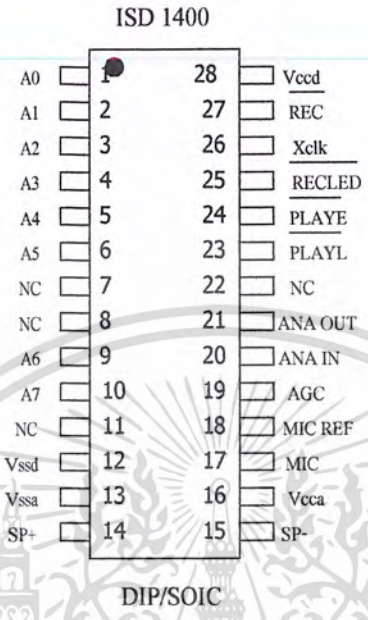
- ปิดตัวเองเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ (Automatic Power-Down Mode)

ในขณะที่วงรอบหรือขั้นตอนการทำงานเล่นกลับหรือบันทึกสิ้นสุดลงไอซีนี้ก็จะมีฟังก์ชันการทำงานให้ตัดเข้ามาสู่โหมดของการสแตนบายด์เพื่อให้ปริมาณการใช้กำลังต่ำ ซึ่งกินกระแสเพียง 0.5 ไมโครแอมป์เท่านั้น ในช่วงที่ทำการเล่นกลับลงวงจรภายในก็จะตัดกลับมาสู่ภาวะสแตนบายด์ในโหมดของการบันทึกเสียงหลังจากที่ทำการบันทึกเสร็จสิ้นลง ก็จะกลับสู่โหมดสแตนบายด์เมื่อขาควบคุม REC มีระดับลอจิกเป็น "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การทำงานของขาใช้งานแต่ละขา

สามารถอธิบายถึงหน้าที่และการทำงานของขาที่สำคัญได้ดังนี้



รูปที่ 3.42 แสดงรายละเอียดขาของ ISD1200/1400 Series

- ขาควบคุมการบันทึก ($\overline{REC}$)

ที่ขาควบคุมการบันทึกทางอินพุทนี้ต้องการระดับลอจิก “0” เพื่อทำการบันทึกสัญญาณ และจะเริ่มทำการบันทึกเมื่อระดับลอจิกที่ขา REC นี้เป็นลอจิก “0” และสภาวะลอจิกที่ขานี้จะต้องคงสภาวะอยู่ที่ “0” ตลอดขณะทำการบันทึก และการบันทึกที่ขา REC จะต้องได้รับสัญญาณให้ทำการบันทึกก่อนที่จะทำการเล่นกลับหรือก่อนที่จะมีสัญญาณควบคุมที่ขา PLAYE หรือขา PLAYL ถ้าที่ขา REC มีระดับลอจิก “0” ขณะที่มีการเล่นกลับ การเล่นกลับจะหยุดและจะเริ่มทำการบันทึก เมื่อการบันทึกจบลง ขา REC จะเพิ่มขึ้นไปเป็น “1” แล้วจะมีมาร์คเกอร์ (Marker) ของจุดสิ้นสุดของข้อมูล จากนั้นจะเข้าสู่โหมดสแตนบายด์

- ขาควบคุมการเล่นกลับอย่างสมบูรณ์ ($\overline{PLAYE}$)

เมื่อขาควบคุมการเล่นกลับนี้ได้รับระดับลอจิกเป็น “0” หรือได้รับการกระตุ้นด้วยลอจิก “0” ที่อินพุทนี้วงจรก็จะเริ่มทำการเล่นกลับเพื่อนำข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่แสดงออกมาทางลำโพง ฟังก์ชันการเล่นกลับนี้ จะเป็นการเล่นกลับอย่างต่อเนื่อง จนกว่าจะถึงข้อมูลสุดท้ายที่ทำการบันทึกตามเวลาที่กำหนดไว้(10-20 วินาที) หรือการเล่นกลับจนกว่าข้อมูลที่บันทึกไว้ใน EEPROM ทุกข้อมูลจะถูกเล่นกลับออกมาทั้งหมด ซึ่งเป็นการเล่นกลับอย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้นก็ตัดเข้าสู่โหมดสแตนบายด์ ในระหว่างกำลังอยู่ในสภาวะเล่นกลับนั้นถ้าที่ขา PLAYE มีสภาวะเป็น “1” การเล่นกลับก็จะยังไม่หยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาควบคุมการเล่นกลับ ($\overline{\text{PLAYL}}$)

เมื่อขาอินพุทนี้มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกเป็น"1"ไปถึง "0" จะเป็นการเล่นกลับแบบต่อเนื่องจนกระทั่งที่ขา PLAYL เพิ่มขึ้นเป็น "1" หมายถึงเกิดการตรวจจับการเล่นสิ้นสุดลงแล้วหรือตรวจจับมาร์คเกอร์ ซึ่งเป็นจุดสิ้นสุดของข้อมูลในหน่วยความจำ และก็จะกลับมาสู่สภาวะสแตนด์บาย

- ขาอินพุทของสัญญาณอนาลอก (ANA IN)

ค่า C ภายนอกที่ต่อระหว่างขา ANA IN และขา ANA OUT สามารถกำหนดความถี่ cut off ที่ low-frequency ของความถี่เสียงได้ โดยสามารถที่จะนำสัญญาณอนาลอกมาใส่เข้าไปที่ขาที่นี้ได้เลย (แทนสัญญาณจากไมโครโฟน) โดยต่อผ่าน C คัปปลิ้งเข้ามา

- ขา Automatic Gain Control (AGC)

จุดประสงค์ของสัญญาณ AGC คือควบคุมค่า gain ของวงจร preamplifier และช่วยขยายช่วงความดังของ input signal จากเสียงกระซิบจนถึงเสียงตระโกน ซึ่งจะควบคุมให้เอาท์พุทไม่ดังเกินไป

2.5.5 การกำหนดแอดเดรส

การกำหนดแอดเดรสของการบันทึกและการเล่นกลับนั้น สามารถกำหนดได้โดยขา A0-A5 เมื่อขา A7 ต้องเป็นลอจิก"0" และจะใช้ขา A6 เป็นตัวกำหนดว่าจะเป็น 10 วินาทีแรกหรือ 10 วินาทีหลัง

- เมื่อขา A6 เป็นลอจิก "0" จะกำหนดเป็น 10 วินาทีแรก
- เมื่อขา A6 เป็นลอจิก "1" จะกำหนดเป็น 10 วินาทีหลัง

ในการบันทึกหรือการเล่นกลับนั้น จะต้องกำหนดตำแหน่งแอดเดรสก่อน แล้วจึงจะสามารถควบคุมให้บันทึกหรือเล่นกลับได้ โดยการควบคุมที่ขา PLAYL และ REC ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและหลักการทำงาน

3.1 หลักการเบื้องต้น

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่สร้างขึ้นนี้ จะทำหน้าที่คล้ายชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ คือกำหนดสัญญาณต่างๆ ตัดต่อการสื่อสารระหว่างโทรศัพท์ภายในชุมสายให้สามารถติดต่อกันได้ โดยเครื่องชุมสายที่สร้างขึ้นนี้ ต้องสามารถใช้งานกับชุมสายหลักภายนอกได้ หรือเมื่อต่อเข้ากับระบบโทรศัพท์ภายนอก ต้องไม่เกิดการรบกวนต่อระบบหลัก สำหรับวงจรของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่สร้างขึ้น ประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญต่อไปนี้คือ

1. โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (HARDWARE) ของตัวเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ สามารถแบ่งได้เป็นส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้ ซึ่งได้แสดงไว้ดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่3.1

- ส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์ภายนอก (TRUNK-LINE INTERFACE CIRCIUT SECTION)
- ส่วนเมตริกซ์สวิทช์ (MATRIX SWITCH CIRCUIT SECTION)
- ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียงกระดิ่ง (RINGING DECODER CIRCUIT SECTION)
- ส่วนถอดรหัสสัญญาณ DTMF (DTMF DECODER CIRCUIT SECTION)
- ส่วนกำหนดสัญญาณเสียง (TONE GENERATOR CIRCUIT SECTION)
- ส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์ภายใน (SUBSCRIBER LINE INTERFACE CIRCUIT SECTION : SLIC)
- ส่วนตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ (AUTOMATIC ANSWER CIRCUIT SECTION)
- ส่วนอินพุท/เอาท์พุท (I/O PORT SECTION)
- ส่วนแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง (POWER SUPPLY CIRCUIT SECTION)
- ส่วนควบคุมระบบ (CONTROL CIRCUIT SECTION)

2. โครงสร้างทางซอฟแวร์ (SOFTWARE) เป็นส่วนที่เกี่ยวกับโปรแกรมคำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติให้ทำงานตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้

จากบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 3.1 แสดงภาคต่างๆ ซึ่งทำงานสัมพันธ์กัน สามารถอธิบายการทำงานรวมกันได้ดังนี้

การทำงานของวงจรทั้งหมดจะแบ่งออกเป็น 2 โหมดคือ

1. โหมดการติดต่อภายใน
2. โหมดการติดต่อภายนอก

ซึ่งทั้ง 2 โหมดมีการทำงานดังนี้คือ

เมื่อมีผู้เรียกมาจากภายนอกส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายนอกซึ่งประกอบไปด้วยวงจรตรวจจับเสียงกระดิ่ง เมื่อจับได้แล้วก็จะส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุมระบบ เพื่อให้ส่วนควบคุมระบบส่งสัญญาณมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายภายนอก ทำการปรับอิมพีแดนซ์ของตัวเอง ซึ่งในตอนแรกมีค่าความต้านทานมากให้เหลือค่าความต้านทาน 600 โอห์ม คือเป็นการรับสายนั้นเองแล้วก็จะส่งสัญญาณเสียงจากส่วนตอบรับอัตโนมัติ ออกเพื่อให้ผู้เรียกเข้ามาทำการเลือกหมายเลขของคู่สายภายในได้จากนั้นเมื่อมีผู้เรียกกดหมายเลขของคู่สายแล้วสัญญาณ DTMF ที่จะส่งมายังส่วนควบคุมถอดรหัสสัญญาณ DTMF และถอดรหัสไปเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งไปยังส่วนควบคุม เมื่อส่วนควบคุมรับรหัสที่ได้มาแล้วก็จะตรวจดูว่าคู่สายที่ถูกเรียกเข้ามาว่าว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่งไปให้ส่วนของเมตริกซ์สวิทช์ทำการตัดต่อสัญญาณเรียกกลับ (RING BACK TONE) ไปยังผู้ที่เรียกเข้ามา พร้อมกับส่งสัญญาณกระดิ่ง (RINGING SIGNAL) ไปยังคู่สายภายในที่ถูกเรียก แต่ถ้าคู่สายภายในที่ถูกเรียกไม่ว่าง ส่วนควบคุม ก็จะส่งสัญญาณไปในส่วนเมตริกซ์สวิทช์ต่อสัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE) ไปยังผู้เรียกเข้ามา ถ้าหากคู่สายที่ถูกเรียกว่างพร้อมที่จะใช้งานได้เมื่อได้ยินสัญญาณกระดิ่ง ถ้าหากมีการยกหูส่วนตรวจจับการยกหูซึ่งเป็นภาคย่อยของส่วนอินเตอร์เฟสกลับคู่สายภายใน ก็จะสามารถรับรู้ว่ามีการยกหูและส่งสัญญาณมายังส่วนควบคุม และส่วนควบคุม ก็จะสั่งให้เมตริกซ์สวิทช์ทำการเชื่อมต่อคู่สายที่เรียกเข้ามากับคู่สายที่ถูกเรียก และเมื่อฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดวางหูก็จะหมดช่วงของการสนทนา ส่วนโหมดการติดต่อภายในนั้นเมื่อมีคู่สายใดคู่สายหนึ่งของคู่สายภายในมีการยกหูขึ้นมาทางภาคการตรวจจับการยกหู ซึ่งเป็นภาคย่อยของส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายภายใน จะตรวจจับได้แล้วจะส่งสัญญาณมายังส่วนควบคุม หลังจากนั้นส่วนควบคุม ก็พร้อมที่จะรับสัญญาณที่เข้ามาอีกจากการกดหมายเลขของคู่สายภายในที่ทำการยกหู ซึ่งเมื่อผู้ยกหูกดหมายเลขสัญญาณหมายเลขที่ถูกกดก็มาผ่านส่วนถอดรหัสสัญญาณ DTMF เป็นสัญญาณดิจิตอลและส่งมายังส่วนควบคุมต่อไป เมื่อส่วนควบคุมได้รับสัญญาณจากหมายเลขที่กดได้แล้วก็จะทำการวิเคราะห์คู่สายภายในที่ถูกเรียก ถ้าหากไม่ว่าง ก็จะสั่งให้ส่วนเมตริกซ์สวิทช์ต่อสัญญาณไม่ว่าง ไปยังผู้เรียกเข้า ถ้าหากว่า ผู้ถูกเรียกว่างทางผู้ถูกเรียกจะได้ยินสัญญาณกระดิ่ง และต่อสัญญาณเรียกกลับ ไปยังผู้เรียกเมื่อผู้เรียกยกหูขึ้น การเรียกเข้าจากสายนอกไปยังคู่สายภายในพบว่าถ้าสายไม่ว่างหรือไม่มีการรับสายระบบควบคุมจะทำการตัดต่อเมทตริกซ์ในส่วนของการฝากข้อความอัตโนมัติ และเมื่อขณะที่สายนอกกับสายในใดๆ มีการสนทนากันอยู่พบว่าสายในใดๆนั้นมีการกด "*" ส่วนของระบบควบคุมจะทำการ โอนสายไปยังสายในที่กดหลังจากกด "*" และถ้ามีการกดดอกจันอีกครั้งจะเป็นการโอนสายกลับมายังสายในก่อนหน้านั้น

3.2 การออกแบบวงจรต่างๆ ภายในเครื่องชุมสายโทรศัพท์

การทำงานของชุมสายโทรศัพท์สามารถแบ่งการทำงานออกได้เป็นส่วนๆดังนี้

สัญญาณต่างๆ ของโทรศัพท์ที่ใช้ในเครื่องชุมสายนี้ ประกอบด้วยสัญญาณ 4 สัญญาณคือ สัญญาณหมุน (Dial Tone) สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) และสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone) โดยมีลักษณะของสัญญาณดังนี้

1. สัญญาณหมุน ความถี่ 425 เฮิรตซ์ ติดต่อเนื่องกันตลอด ระดับสัญญาณ 5 V_{P-P}
2. สัญญาณไม่ว่าง ความถี่ 425 เฮิรช์ ติด 0.5 วินาที ดับ 0.5 วินาที ระดับสัญญาณ 5 V_{P-P}
3. สัญญาณเรียกกลับ ความถี่ 425 เฮิรช์ ติด 1 วินาที ดับ 3 วินาที ระดับสัญญาณ 5 V_{P-P}
4. สัญญาณกระดิ่ง ความถี่ 425 เฮิร์ต ติด 1 วินาที ดับ 3 วินาที ระดับสัญญาณ 70-90 Vrms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

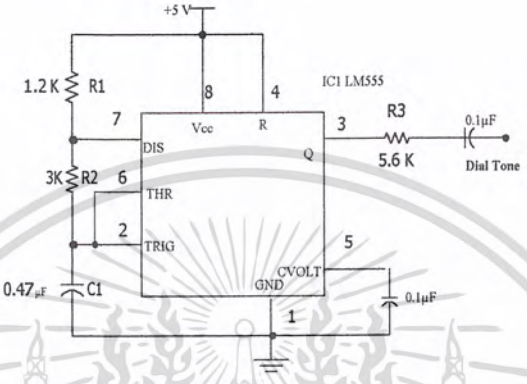
3.2.1 วงจรกำเนิดสัญญาณให้หมุน (Dial Tone)

ใช้ IC เบอร์ NE555 ต่อวงจรในลักษณะวงจรอะสเตเบิ้ล กำเนิดความถี่ต้องการประมาณ 425 Hz R_1 , R_2 และ C_1 เป็นตัวกำหนดค่าความถี่ที่ต้องการ โดยคำนวณค่าความถี่ได้จากสูตร ดังรูปที่ 3.2

$$ft = 1.443/(R_1 + 2R_2)C_1$$

$$= [1.443/(1.2K + 2(3\ K))]0.47\mu F$$

$$= 426 \quad Hz$$



รูปที่ 3.2 วงจรกำเนิดสัญญาณให้หมุน

3.2.2 วงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)

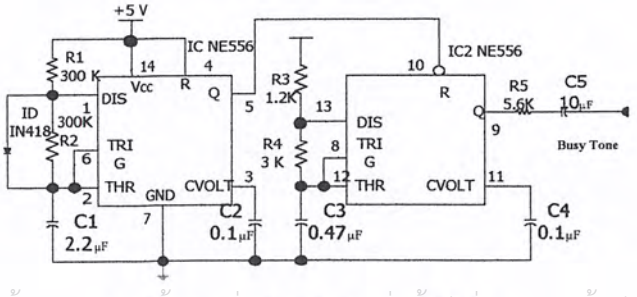
วงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่างมีความถี่ประมาณ 425 เฮิรต์ ติด 0.5 วินาที ดับ 0.5 วินาที โดยใช้ IC เบอร์ NE555 2 ชุด ชุดแรก IC_1 ประกอบเป็นวงจรผลิตความถี่ 1 เฮิร์ต ไดโอด D_1 ต่อไว้เพื่อช่วยให้ Duty cycle น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ และสำหรับ IC_2 เป็นวงจรอะสเตเบิ้ล ผลิตความถี่ประมาณ 425 เฮิร์ต โดยควบคุมการทำงานจาก IC_1 ที่ขา Reset โดยในช่วง T_1 จะผลิตความถี่ 425 Hz ออกทางเอาท์พุท ในช่วง T_0 จะไม่ความถี่ออกมาทางเอาท์พุท ไดโอด D_1 เป็นตัวช่วยปรับค่า Duty cycle โดยหาค่าสภาวะ “1” และสภาวะ “0” ได้ดังนี้ดังรูปที่ 3.3

$$ft = 1.443/(R_1 + R_2)C_1$$

$$= [1.443/(300\ K + 300\ K))]2.2\mu F = 1 \quad Hz$$

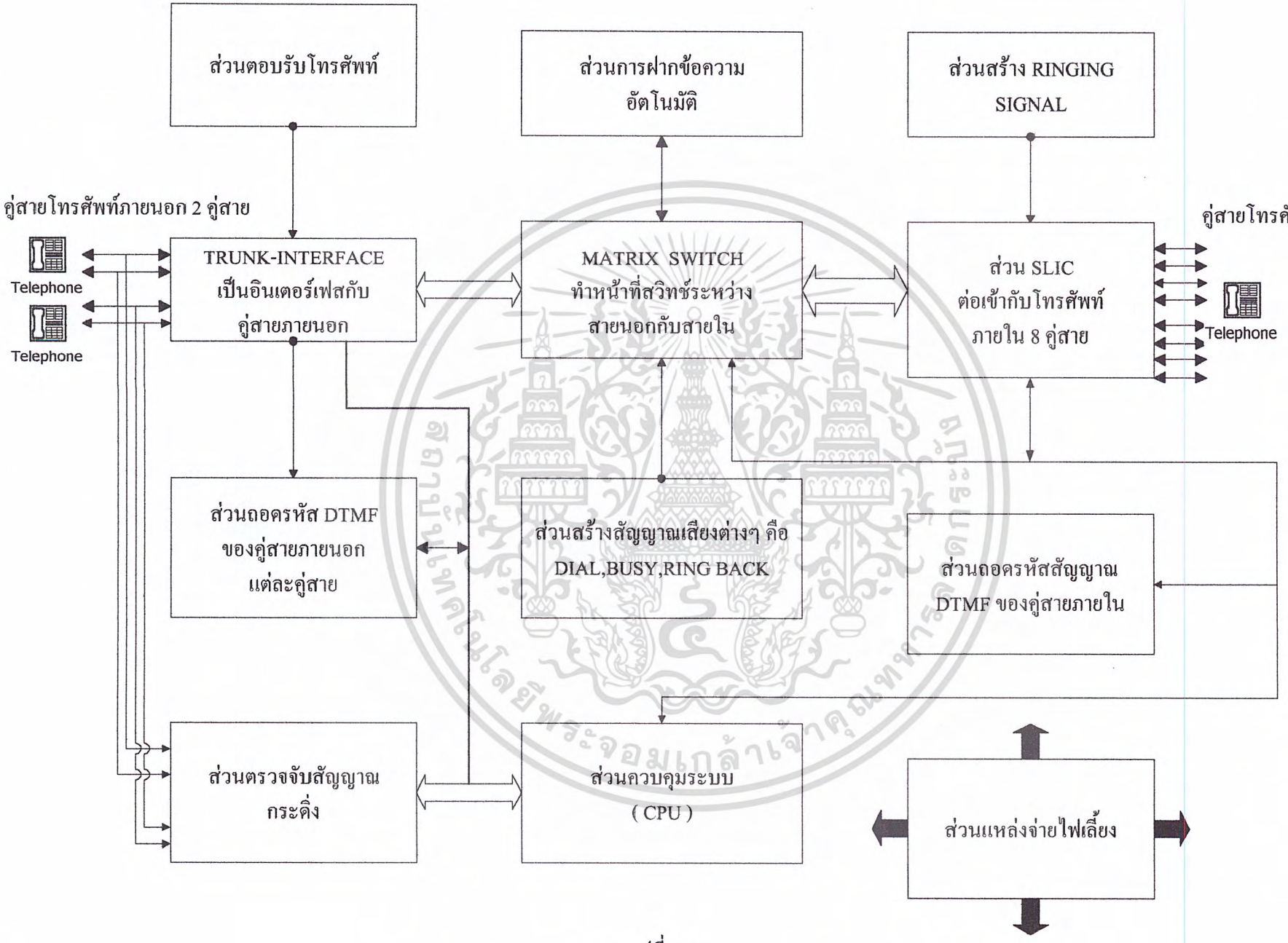
$$\text{Duty cycle}(\%) = R_2/(R_1 + R_2)*100\%$$

$$= [300\ K/(300\ K + 300\ K)]*100\% = 50\%$$



รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1
แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ

3.2.3 วงจรกำเนิดสัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone)

วงจรกำเนิดสัญญาณเรียกกลับ ประกอบด้วย IC เบอร์ NE555 2 ชุด ชุดแรก IC_1 ประกอบเป็นวงจรผลิตสัญญาณที่มีอัตราการติด (เอาท์พุทสภาวะ "1") นาน 1วินาที อัตราการดับ (สภาวะ "0") นาน 3 วินาที สำหรับ IC_2 เป็นวงจรอะสเตเบิ้ล ผลิตความถี่ประมาณ 425 เฮิร์ต โดยควบคุมการทำงานจาก IC_1 ที่ขา Reset โดยในช่วง T_1 จะผลิตความถี่ 425 Hz ออกทางเอาท์พุท ในช่วง T_0 ไม่มีความถี่ออกมาทางเอาท์พุท ไดโอด D_1 เป็นตัวช่วยปรับค่า Duty cycle โดยหาค่าสภาวะ "1" และสภาวะ "0" ได้ดังนี้ ดังรูปที่ 3.4

$$ft = 1.443/(R_1 + R_2)C_1$$

$$ft = 1.443/(270\ K + 940\ K)4.7\mu F$$

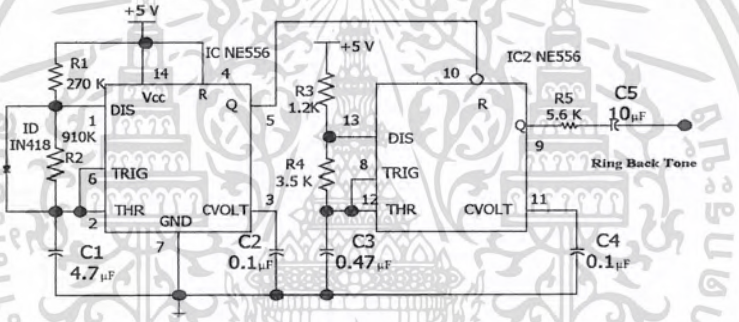
$$ft = 0.25 \quad Hz$$

$T_1 = 0.693 : \quad T_{ON} = 0.693*270\ K*4.7\ \mu F$

$= 0.9$ วินาที

$T_0 = 0.693 : \quad T_{OFF} = 0.693*910\ K*4.7\mu F$

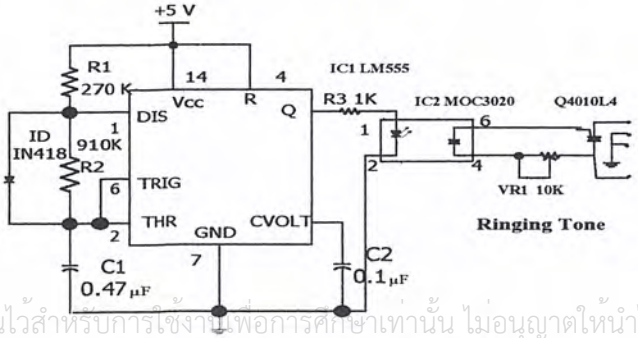
$= 3$ วินาที



รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงเรียกกลับ

3.2.4 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)

โดยหลักการ สัญญาณเรียกกลับจะมีความถี่ และอัตราการติดดับ เหมือนกันกับวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งทุกประการ ซึ่งเราจะไม่กล่าวถึงในส่วนผลิตความถี่ IC เบอร์ NE555 แต่จะกล่าวถึงส่วนเชื่อมต่อกับสัญญาณ 71 V_{AC} IC_2 เป็น IC Opto Isolator เป็นตัวแยกกราวด์ของระบบไฟ 5 V ออกจากระบบไฟ 71 V_{AC} โดย Q_1 ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ ส่งสัญญาณกระดิ่งออกไป ซึ่งความแรงของสัญญาณกระดิ่งจะถูกควบคุมโดย VR_1 ดังรูปที่ 3.5

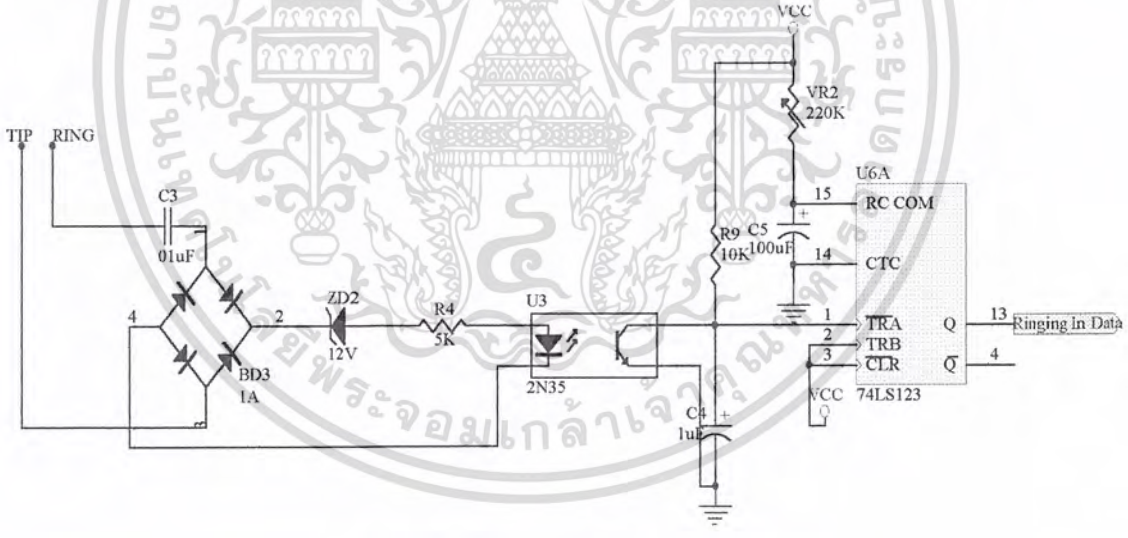


รูปที่ 3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก (Detect Ringing)

สัญญาณเรียกเป็นสัญญาณที่ชุมสายส่งมายังผู้ถูกเรียกซึ่งเป็นสัญญาณไซน์ความถี่ประมาณ 25 เฮิรตซ์ แรงดันประมาณ 100 Vp-p หรือประมาณ 70-90 Vrms โดยสัญญาณเรียกจะดัง 1 วินาที ดับ 4 วินาที เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาจะมีตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัดเป็นตัวกั้นไฟกระแสตรงไม่ให้เข้ามาในวงจร สัญญาณจะผ่านวงจรบริดจ์ซึ่งทำหน้าที่จัดขั้วของแรงดันให้มีค่าแน่นอนโดยในขณะที่มีสัญญาณเรียกค่าของแรงดันของสัญญาณจะมีค่ามากกว่าแรงดันพังของซีเนอร์ไดโอดทำให้มีโวลท์เตท ตกคร่อมที่ขา 1 ของออปโตไอโซเลเตอร์ แอลอีดีที่อยู่ภายในออปโตไอโซเลเตอร์ติดทำให้มีแสงสว่างไปในไบอัสให้กับโฟโต้ทรานซิสเตอร์นำกระแส ทำให้ที่ขา 5 ของออปโตไอโซเลเตอร์มีโวลท์เตทเท่ากับ 0 ซึ่งจะแสดงสภาวะของ 0V ด้วยสภาวะลอจิก “0” และเมื่อไม่มีสัญญาณเรียกแรงดันที่เข้ามาจะต่ำกว่าแรงดันซีเนอร์ไดโอดทำให้ซีเนอร์ไดโอดมีคุณสมบัติเสมือนเป็นไดโอดต่อรีเวิร์สอยู่ทำให้ไม่มีกระแสไหลที่ขา 1 ของออปโตไอโซเลเตอร์แอลอีดีที่อยู่ภายในออปโตไอโซเลเตอร์ดับทำให้ไม่มีแสงสว่างไปในไบอัสให้กับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์คัทออฟ ดังนั้นที่ขา 5 ของออปโตไอโซเลเตอร์จึงมีโวลท์เตทตกคร่อมประมาณ 3.5 โวลท์แทนสถานะของ 3.5 โวลท์ ด้วยสภาวะลอจิก “1” เพราะฉะนั้นเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาที่ขา 5 ของออปโตไอโซเลเตอร์จะมีสถานะ “0” 1 วินาทีและ “1” 4 วินาที สลับกันไปแต่



รูปที่3.6 วงจรตรวจจับสัญญาณเรียก

สภาวะลอจิก “0 ” สภาวะลอจิก “1” ที่สลับกันนี้ยากในการเขียนโปรแกรมควบคุมดังนั้นจึงต้องต่อ 74LS123 ทำหน้าที่เป็นวงจรโมโนสเตเบิล (Monostable Multivibrator) เพื่อคงสถานะของสภาวะลอจิก “1” ตลอดเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามา และจะเป็นสภาวะลอจิก “0 ”เมื่อไม่มีสัญญาณเรียกเข้ามาซึ่งวงจรโมโนสเตเบิลนี้จะปรับช่วงของเวลาที่ทริกส์โดยการปรับ VR2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

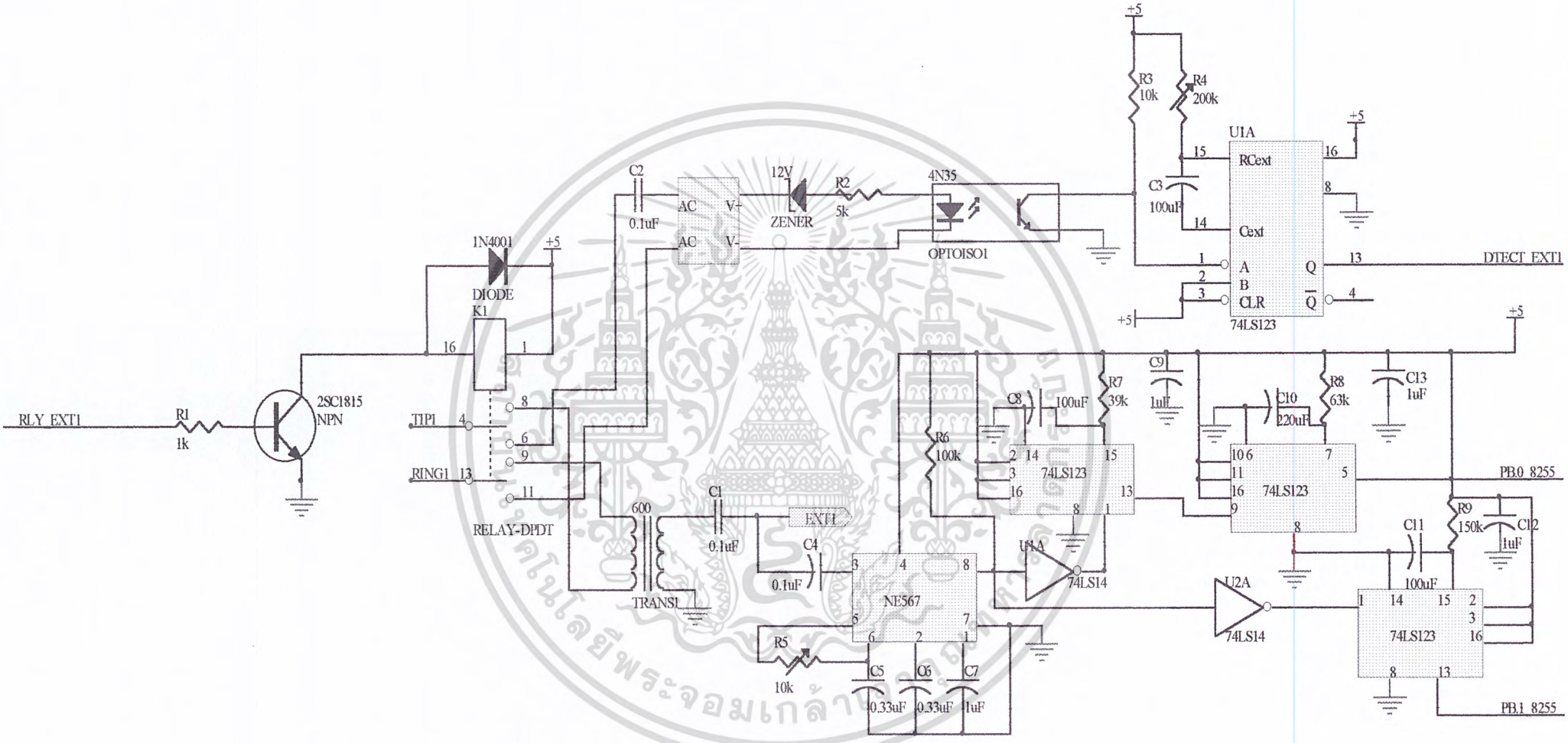
3.2.6 วงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก

วงจรตรวจจับสัญญาณความถี่โทรศัพท์นี้จะต่อตรงกับโทรศัพท์ 2 คู่สาย ส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นการเชื่อมต่อระบบการติดต่อกับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ คือการปรับสภาพของวงจรให้มีสภาพเหมือนกับการยกหูและการวางหูนั่นเอง แต่เป็นการยกหูที่ไม่ให้คนยกหูแต่จะใช้หลักการทางโทรศัพท์ คือสภาวะสายว่างโทรศัพท์จะมีแรงดัน 48 โวลท์ ซึ่งจ่ายมาจากชุมสายโทรศัพท์ และเมื่อมีผู้เรียกเข้ามา ทางชุมสายจะจ่ายสัญญาณกระดิ่ง มาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันประมาณ 100 V_{P-P} เป็นเวลา 1 วินาทีและหยุด 4 วินาที เป็นจังหวะอย่างนี้ ซึ่งแรงดันจะทำให้วงจรภายในโทรศัพท์ทำงานและชุมสายจะรับทราบการยกหูและจะทำการต่อสายเข้ากับวงจรภายในที่มีความต้านทานกระแสตรงต่ำ จะเกิดการครบวงจรขึ้นทำให้แรงดัน 48 โวลท์ ลดลงเหลือ 6-10 โวลท์

จากรูปที่ 3.7 วงจร สัญญาณกระดิ่งจากชุมสายจะส่งมาตามคู่สายผ่านวาริเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแรงดันไฟเกิน (Overload Protection) ผ่านบริดจ์ไดโอดและเข้าขาอิมิตเตอร์ (Emitter) ของทรานซิสเตอร์ 1015 ถ้ามองเข้าไปข้างในวงจรจะมีค่าอิมพีแดนซ์มากเปรียบได้กับการยกหูขณะนี้หากส่วนควบคุมระบบนับจำนวนสัญญาณกระดิ่งครบแล้วจะสั่งให้มีการยกหู โดยส่งลอจิก “1” ผ่านความต้านทาน 680 โอห์ม และ LED ทำให้ LED สว่างแล้วสัญญาณจะเข้าไปยัง ขา 1 ของ 4N26 ซึ่งเป็นออปโต้ทรานซิสเตอร์ (Opto-Transistor) ทำให้ออปโต้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ทำให้ขา 5 และขา 4 นำกระแสซึ่งเป็นการไบแอสให้กับ 1015 ทำให้ 1015 นำกระแสด้วย ก็เลยทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ ที่เคยสูงอยู่ก่อนจะลดลงมา เนื่องจากขาอิมิตเตอร์และคอลเลคเตอร์ของ 1015 นำกระแสทำให้อิมพีแดนซ์ของวงจรขณะนั้นอิมพลีแดนซ์ของหม้อแปลง (Transformer) คือ 600 โอห์ม จึงเปรียบเสมือนการยกหูโทรศัพท์เกิดขึ้น จากนั้นสัญญาณจากชุมสายก็จะผ่านตัวต้านทาน และไปไบแอสทรานซิสเตอร์ 1815 ให้สวิทช์ ON ให้สัญญาณทางขาเบส (Base) ออกมาทางขาอิมิตเตอร์เข้าไปกระตุ้นให้ 4N26 ทำงานที่ขา 1 แล้วขา 5 ของ 4N26 จะต่อกับไฟ –5V และตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม จะนำกระแสทำให้ระดับสัญญาณที่ขา 5 เป็นลอจิก “0” สัญญาณนี้ถูกส่งไปยัง ส่วนควบคุมระบบเพื่อแจ้งให้ทราบว่ามีการยกหูโทรศัพท์เกิดขึ้น

ปกติหาก 4N26 ถ้าไม่มีการยกหูโทรศัพท์หรืออีกนัยหนึ่งไม่มีสัญญาณเข้ามากระตุ้นการทำงานของ 4N26 ขา 5 จะมีระดับสัญญาณเป็นลอจิก “1” สัญญาณจะผ่านไปยังหม้อแปลงอิมพีแดนซ์ หม้อแปลงจะเหนี่ยวนำให้สัญญาณเกิดทางด้านทุติยภูมิ(Secondary) แล้วส่งไปส่วนของเมตริกซ์ ส่วนสัญญาณอีกชุด จะส่งไปยังส่วนถอดรหัสสัญญาณ DTMF และส่วนตรวจจับสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.7 แสดงวงจรส่วนอินเตอร์เฟสกับตู่สายโทรศัพท์ภายในและวงจรการตรวจจับสัญญาณไม่ว่าง,สัญญาณเรียกกลับ

3.2.7 วงจรตรวจจับสัญญาณความถี่โทรศัพท์

วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. ส่วนที่หนึ่งทำหน้าที่ถอดรหัส DTMF จากการเรียกที่มาจากคู่สายภายนอก
2. ส่วนที่สองทำหน้าที่ถอกรหัส DTMF จากการติดต่อภายในด้วยกัน หรือทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณ DTMF ขณะที่มีการติดต่อไปยังภายนอก

โดยวงจรทั้งสองทำหน้าที่เหมือนกันแต่อยู่คนละตำแหน่งกัน

วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF ส่วนที่ 1

เนื่องจากว่าสัญญาณที่ได้จากการกดหมายเลขแต่ละตัวบนหน้าปัทม์โทรศัพท์จะออกมาเป็นความถี่คลื่นรูปไซน์ 2 ความถี่ตามลักษณะของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม ในการใช้งานเราจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนสัญญาณความถี่คลื่นรูปไซน์ ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน ก็คือต้องผ่านสัญญาณความถี่คลื่นรูปไซน์เข้าไปยังวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF ซึ่งเมื่อผู้เรียกเข้ามา ทางภาครับทำการรับคู่สายแล้วส่วนตอบรับอัตโนมัติจะส่งสัญญาณเสียงตอบรับผู้เรียกเข้ามาเพื่อให้ทำการกดหมายเลขของคู่สายภายใน เมื่อมีการกดหมายเลขของคู่สายภายในที่ได้ออกมาเป็นสัญญาณ DTMF ก็จะมาผ่านภาควงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF เพื่อที่จะแปลงสัญญาณคลื่นรูปไซน์ไปเป็นสัญญาณดิจิตอล 4 บิท เพื่อที่จะส่งให้ภาคควบคุมระบบ ทำการวิเคราะห์ต่อไป ในวงจรใช้งานจริงจะใช้เบอร์ MT8870 ทำหน้าที่ถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์แบบกดปุ่มให้ตัวเลข BCD ขนาด 4 บิท โดยใช้งานร่วมกับคริสตอล 3.579 MHz สามาเขียนตารางแสดง BCD สามารถเขียนตารางแสดงค่า BCD ที่ได้จากการกดหมายเลขแต่ละตัวดังนี้

หมายเลข	BCD CODE	หมายเลข	BCD CODE
1	0001	7	0111
2	0010	8	1000
3	0011	9	1001
4	0100	0	1010
5	0101	*	1011
6	0110	#	1100

ตารางที่ 3.1 แสดงค่า BCD ที่ได้จากการกดหมายเลขโทรศัพท์

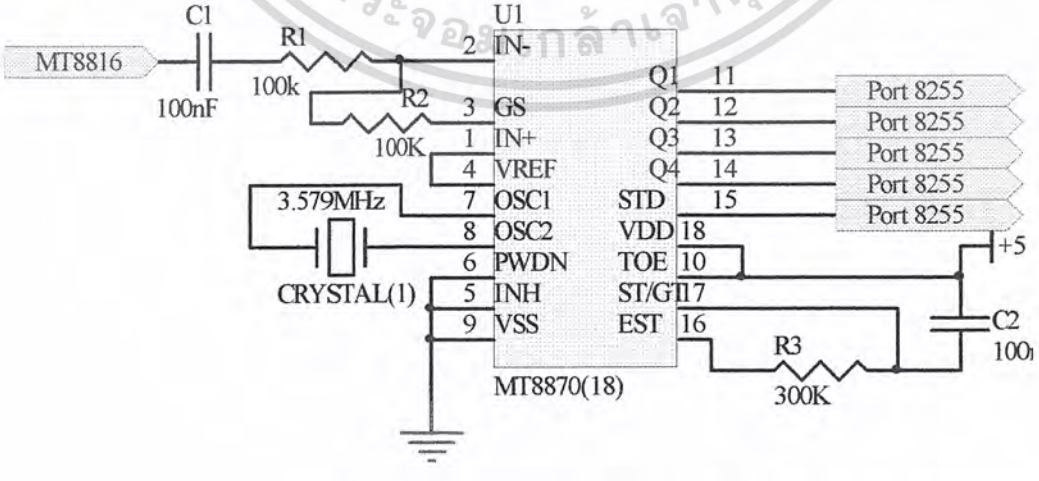
จึงมีการต่อไอซีเบอร์ MT8870 ใช้งานจริงดังรูปที่ 3.8 เมื่อส่วนอินเตอร์เฟสคู่สายภายนอกทำการปรับอิมพีแดนซ์ให้เหลือ 600 โอห์ม หรือยกหูสัญญาณ DTMF ก็สามารถผ่านภาคนี้มาได้คือ จากขั้วทุติยภูมิของหม้อแปลง ผ่านเข้ามายังขาอินพุทของไอซี MT8870 ส่วนที่ขาอินพุทของไอซี MT8870 จะส่งไปยังส่วนควบคุมระบบ คือ ขา Q1-Q4 เพื่อให้สามารถวิเคราะห์สัญญาณ BCD ที่ถอดรหัสมาได้ แต่การทำงานของไอซี MT8870 นั้น จะถูกควบคุมด้วยขา 10 (TOE) จะเป็นระดับแรงดันลอจิก “0” ทำให้เอาท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พุทของไอซี MT8870 เป็นไฮท์อิมพีแดนซ์ (High impedance) ถ้ามีอินพุทเข้ามา เมื่อ MT8870 ถอดรหัสได้แล้วก็จะเป็นการแปลงสถานะทางลิจิกของขา 15 (STO) จากลอจิก "0" ไปเป็น "1" เพื่อบอกให้ส่วนควบคุมระบบทราบแล้วจะส่งค่าลอจิก "1" ออกมาที่ขา 10 (TOE) เพื่อที่จะปรับสภาพค่าอิมพีแดนซ์ของขาเอาท์พุท (Q1-Q4) ให้ต่ำลงและส่งข้อมูลไปยังส่วนควบคุมระบบต่อไปซึ่งในขณะปกติเอาท์พุทเป็นไฮซ์อิมพีแดนซ์อยู่นั้นจะไม่มีผลต่อการกดคีย์บอร์ดของโทรศัพท์เพราะข้อมูลส่วนออกมาไม่ได้

วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF ส่วนที่2

ในส่วนที่ 2 การทำงานของวงจรนั้นก็จะทำงานเหมือนส่วนที่ 1 ที่ได้เสนอไปแล้วแต่ที่เสนอไปแล้วนั้นถอดรหัสเฉพาะในกรณีของสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาจากสายนอกเท่านั้นซึ่งวงจรถอดรหัส DTMF ซึ่งวงจรถอดรหัสในส่วนนี้จะเป็นจะถอดรหัสสัญญาณ DTMFของคู่สายภายใน เช่นในกรณีคู่สายภายในยกหูขึ้น ภาคตรวจจับการยกหูตรวจสอบได้ว่ามีการยกคู่สาย ส่วนควบคุมระบบก็จะสั่งให้ภาคเมตริกซ์ ต่อสัญญาณให้กดหมายเลข (Dial Tone) ไปยังคู่สายที่มีการยกหูเพื่อให้ผู้เรียกที่ทำการยกหูกดหมายเลขเพื่อที่จะให้ส่วนถอดรหัสสัญญาณ DTMF ถอดรหัสออกมาว่าต้องการติดต่อภายในหรือภายนอกเช่น กด 9 เป็นการติดต่อภายนอก ภาคควบคุมระบบก็จะได้ไปส่งให้ส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายภายนอก ทำการปรับอิมพีแดนซ์ให้ต่ำลงเหลือ 600 โอห์ม เหมือนกับการยกหูโทรศัพท์ทั่วไป แล้วก็ให้ผู้เรียกกดหมายเลขที่ต้องการต่อไป ส่วนในกรณีที่ผู้ยกหูโทรศัพท์กดหมายเลข 0 คือการติดต่อภายในภาคถอดรหัส DTMF ก็จะถอดรหัสแล้วส่งให้ภาคควบคุมระบบ ภาคควบคุมระบบก็จะส่วนสัญญาณให้กดหมายเลขไปยังคู่สายที่ยกหูเมื่อผู้ยกหูโทรศัพท์กดหมายเลขของคู่สายภายในที่ต้องการ ส่วนถอดรหัสสัญญาณ DTMF ก็จะถอดรหัสเพื่อทำการส่งให้ส่วนควบคุมระบบวิเคราะห์ต่อไป ว่าถ้าคู่สายที่เรียกไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังผู้ถูกเรียก และจะส่งสัญญาณเรียกกลับไปยังผู้เรียกส่วนในกรณีที่ส่วนควบคุมระบบ ตรวจสอบแล้วพบว่าคู่สายย่อยเรียกไปไม่ว่างก็จะทำการสั่งให้เมตริกซ์ต่อสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้ที่ทำการเรียกทันที ในวงจรใช้งานจริงจะประกอบด้วย ไอซี MT8870 ซึ่งด้านอินพุทของวงจรจะต่ออยู่กับเมตริกซ์เพื่อที่จะควบคุมให้คู่สายภายในที่ทำการยกหูมาใช้บริการของภาควงจร ถอดรหัส DTMF นี้แบบแบ่งเวลากันส่วนทางด้านเอาท์พุทของวงจรต่ออยู่กับส่วนควบคุมระบบ เพื่อจะได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามที่ได้ถอดรหัสออกมาได้

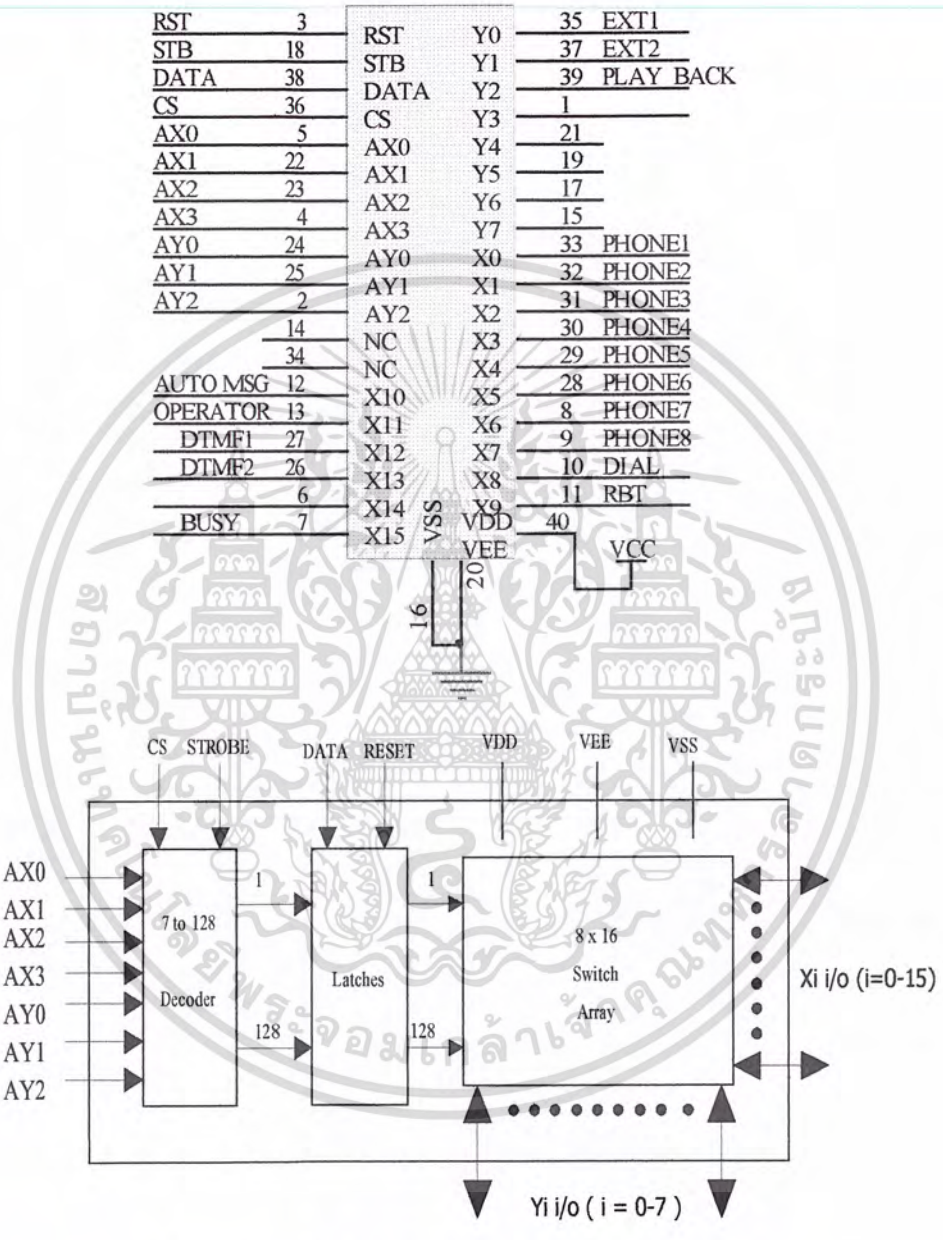


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

3.2.8 ส่วนเมตริกซ์สวิทช์ (Matrix Switch)

วงจรส่วนนี้เป็นส่วนหนึ่ง เพราะเป็นจุดศูนย์กลางการติดต่อสื่อสารต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยช่องสัญญาณต่างๆ ส่วนตอบรับอัตโนมัติ ส่วนช่องสัญญาณของคู่สายภายนอก การทำงานของวงจรส่วนนี้ใช้ IC เบอร์ MT8816 มีลักษณะเป็น 8x16 Analog Switch Array ซึ่งรายละเอียดจากขาต่างๆ มีดังนี้



รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างภายใน IC MT8816 (Analog Matrix Switch Array)

1. AX_0,AX_1,AX_2,AX_3,AY_0,AY_1AY_2 เป็นขากำหนดตำแหน่งของจุดต่อสวิทช์
2. Data .ใช้กับ Strobe เป็นตัวควบคุมการเซ็ทสวิทช์และรีเซ็ทสวิทช์ตามตำแหน่งที่กำหนดถ้าป้อนขา Data กับ Strobe ด้วยลอจิก "0" และ Strobe เป็น "1" จะเป็นการรีเซ็ทสวิทช์ให้แยกออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. CS เป็นขาเลือกตัวไอซี ในกรณีใช้ MT8816 เพียงตัวเดียว ให้ต่อกับลอจิก "1" ตลอดถ้าใช้เมตริกซ์หลายตัว จะใช้ขานี้เป็นตัวเลือกโดยจะแอคทีฟสูง

4. Reset จะต่อกับวงจรอาร์ซีดิฟเฟอเรนเชียล เมื่อมีการเปิดเครื่องใหม่ ไอซีเมตริกซ์จะทำการรีเซ็ทสภาวะเดิมทั้งหมดเพื่อเริ่มการทำงานใหม่

5. ขา Y_0,Y_1 , Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6 Y_7 เป็นขาทางด้านแนวนอนโดยกำหนดเป็นช่องสัญญาณ (speech path) จำนวน 4 ช่อง และต่อกับภาคถอดสัญญาณ DTMF4 และสัญญาณภายนอกทั้ง 2 สาย

6. ขา Y_0,Y_1 เป็นขาทางด้านแนวนอนโดยขา Y0 ต่อกับสายสัญญาณคู่สายนอกที่ 1 และขา Y1 ต่อกับสายสัญญาณคู่สายนอกที่ 2

7. ขา X_0 ,X_1,X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7เป็นขาทางด้านแนวตั้งโดยต่อกับสายสัญญาณของเครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องที่ 1 ถึงเครื่องที่ 8 ตามลำดับ

8. ขา X_{12} ,X_{13} ต่อกับสัญญาณ DTMF

9. ขา X_8 ต่อกับสัญญาณ Dial Tone

10. ขา X_{11} ต่อกับสัญญาณ AUTO ANSWER

11. ขา X_{15} ต่อกับสัญญาณ BUSY TONE

12. ขา X_9 ต่อกับสัญญาณ RINGBACK TONE

13. ขา X_{10} ต่อกับสัญญาณ AUTO MESSAGE

14. ขา Y_3 ต่อกับสัญญาณ PLAY BACK

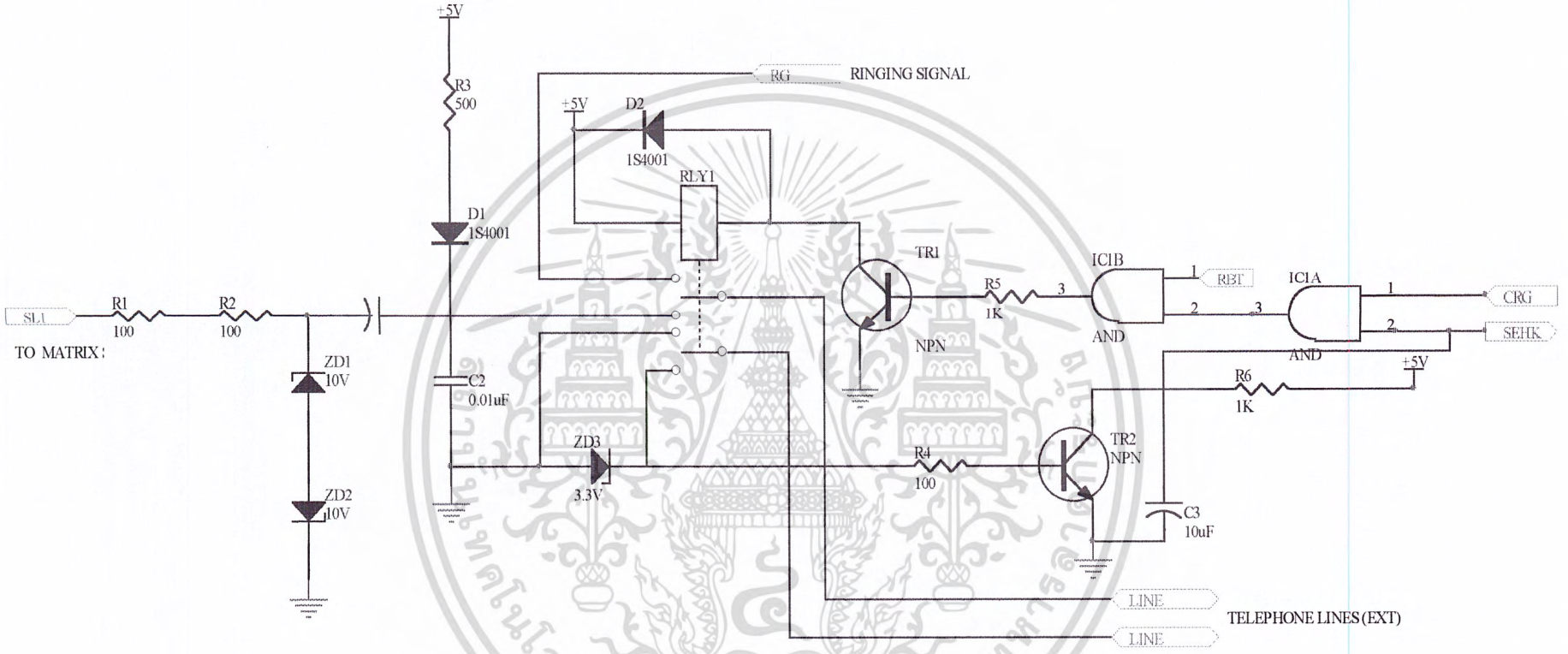
3.2.9 วงจรส่วนติดต่อภายใน (Internal Line Interface)

หลักการทำงาน

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์คู่สายภายในและมีการตรวจเช็คการยกหูโทรศัพท์โดยอัตโนมัติด้วย นอกจากนี้สัญญาณต่างๆ ที่จะผ่านเข้ามายังเครื่องโทรศัพท์ ก็จะผ่านภาคนี้ก่อนซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างดังรูปที่ 3.10

ในกรณีของการโทรเข้ามาจากคู่สายภายนอก จะเห็นว่าสัญญาณส่วนควบคุมที่ผ่าน ขาที่ 1 ของแอนด์เกต 7408 ทำหน้าที่ตรวจสอบด้วยการยกหูของคู่สายภายใน ถ้าคู่สายภายในยกหูโทรศัพท์สัญญาณที่เข้ามาที่ขา 1ของแอนด์เกต 7408 จะเป็นค่าลอจิก "0" ทำให้ไม่ได้รับสัญญาณกระดิ่งจากคู่สายภายนอก แต่ถ้าคู่สายภายในวางหู จะทำให้ได้รับสัญญาณกระดิ่งเข้ามาได้โดยการควบคุมจากส่วนควบคุมระบบ สัญญาณเอาท์พุทของแอนด์เกต จะไปขับขาเบสของทรานซิสเตอร์ 2SC1815 เพื่อที่จะทำหน้าที่ควบคุมรีเลย์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณที่ผ่านเข้ามาจากเมตริกซ์สวิทช์ กล่าวคือขณะที่ สายในวางสายโทรศัพท์และสามารถรับสัญญาณกระดิ่งได้ เมื่อคู่สายภายในยกหู รีเลย์ที่ต่อสัญญาณกระดิ่งอยู่ จะสวิทช์ไปให้สัญญาณเสียงพูดจากภาคเมตริกซ์ผ่านเข้ามาทำให้ ผู้สนทนาด้านคู่สายภายในสามารถได้ยินเสียงพูดจากคู่สายภายนอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์ภายใน

3.2.10 ส่วนของวงจรฝากข้อความอัตโนมัติ

หลักการทำงาน

จะ ใช้ IC บันทึกเสียงเบอร์ ISD2590 เป็นตัวบันทึกเสียงที่จะใช้สำหรับตอบรับผู้ที่ทำการติดต่อเข้ามา และบันทึกเสียงของผู้ที่มาติดต่อเข้าฝากข้อความไว้ การคำนวณและการสร้างส่วนตอบรับอัตโนมัติและบันทึกความ จากคู่มือของ ISD2590 จะได้วงจรดังรูป 3.11 วงจรที่ใช้สำหรับการบันทึก/เล่นกลับ โดยใช้ IC หนึ่งตัว ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นเพื่อเพิ่มช่วงเวลาใช้งานให้มากขึ้น จึงต้องมีการกัดแปลงวงจรซึ่งจะได้วงจรสมบูรณ์ดังรูปที่ 3.11

การคำนวณการจัดแบ่งช่วงเวลา (Time Slot) สำหรับการบันทึก/เล่นกลับ

วงจรบันทึกเสียงจะมีช่วงเวลาที่ใช้บันทึกเสียงทั้งหมด 180 วินาทีโดยใช้ไอซีเบอร์ ISD2590 ซึ่งมีช่วงเวลาการบันทึก 90 วินาทีต่อหนึ่งตัวมาทำการต่อคาสเคดกันจำนวน 2 ตัว

ช่วงเวลาการบันทึกทั้งหมด 180 วินาทีนั้น จะแบ่งออกเป็น Time slot ทั้งหมด 8 ช่วง Time slot ละ 22.5 วินาที เพื่อเป็นพื้นที่สำหรับทำการบันทึกข้อความที่ผู้โทรเข้าฝากไว้ โดย 1 Time slot จะจัดสรรไว้รับฝากข้อความ 1 ข้อความ ดังนั้นภาคบันทึกเสียงจะมีพื้นที่สำหรับรับฝากข้อความได้ 8 ข้อความ

- ช่วงเวลาการบันทึกของ ISD 2590 จำนวน 90 วินาทีนั้นสามารถเลือกตำแหน่งที่จะใช้เริ่มการบันทึกหรือเล่นกลับได้โดยขาแอดเดรส A_0-A_9
- ขาแอดเดรส A_0-A_9 จำนวน 10 ขานั้นจะใช้อ้างแอดเดรสโดยเริ่มต้นจาก 00H ถึง 257H
- แอดเดรสจาก 00H ถึง 257H นั้นคือค่าที่จะใช้เลือกตำแหน่งเริ่มต้น การบันทึก/การเล่นกลับ โดยมีรายละเอียดการคำนวณเพื่อหาตำแหน่งที่ต้องการบันทึก/เล่นกลับ

แอดเดรส 00H ตรงกับตำแหน่งบันทึก/เล่นกลับ ที่วินาทีที่ 0.00

แอดเดรส 00H ตรงกับตำแหน่งบันทึก/เล่นกลับ ที่วินาทีที่ 0.15

ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มค่าของแอดเดรส 1 ตำแหน่งบันทึก/เล่นกลับจะเริ่มที่วินาทีที่ 0.15

ดังนั้นที่ Time Slot ที่ 1 (วินาที 0-22.35) ต้องเริ่มที่แอดเดรส 00H

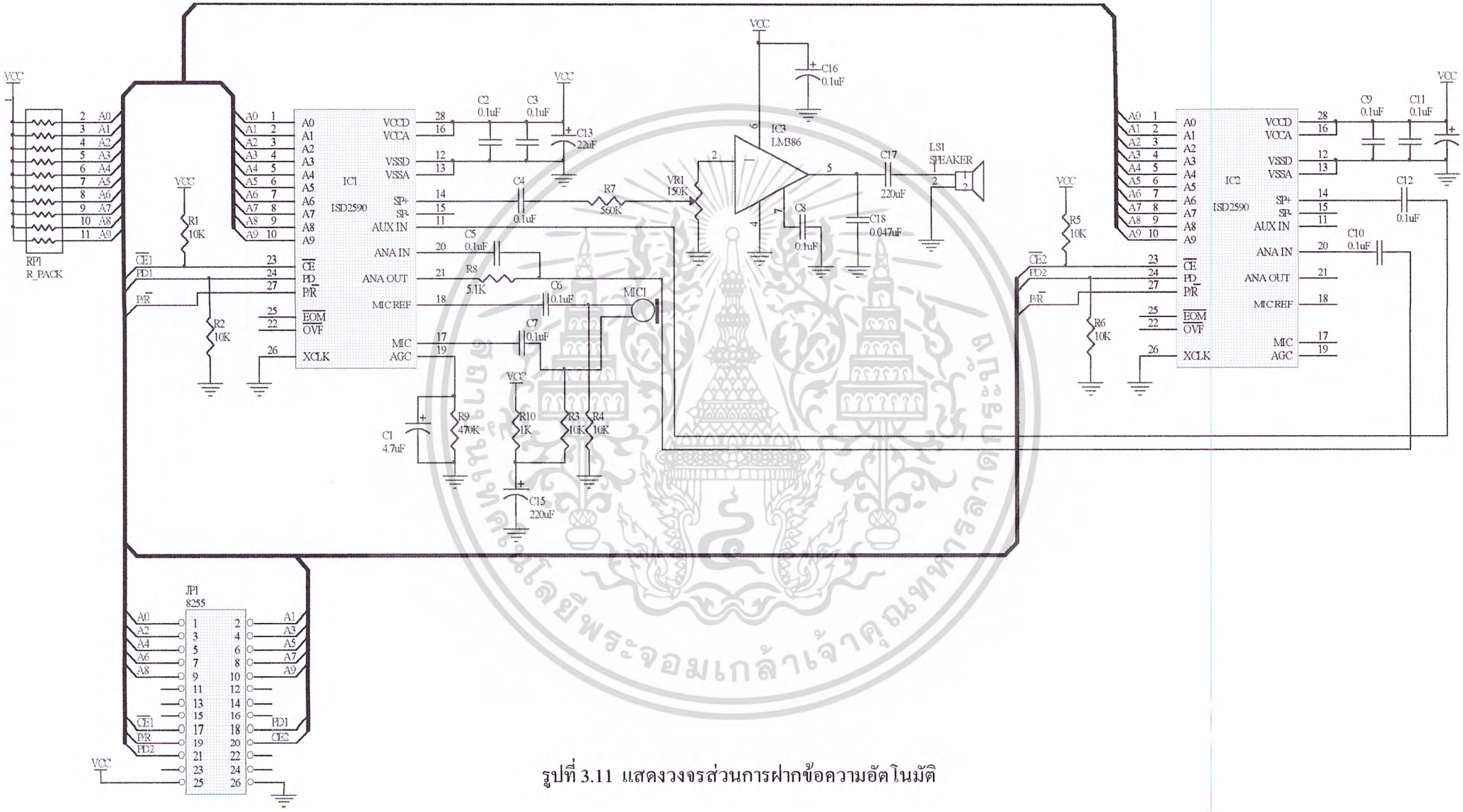
Time Slot ที่ 2 (วินาที 22.5-44.85) ต้องเริ่มที่แอดเดรส 96H

Time Slot ที่ 3 (วินาที 45 -67.35) ต้องเริ่มที่แอดเดรส 12CH

Time Slot ที่ 4 (วินาที 67.5-89.85) ต้องเริ่มที่แอดเดรส 1C2H

ISD2590 สามารถกำหนดเริ่มต้นการบันทึก/เล่นกลับ ได้ว่าต้องการเริ่มที่ตำแหน่งใดโดยการเซตแอดเดรส ที่ขา $A_0 - A_9$ แต่ว่าไม่สามารถกำหนดตำแหน่งสิ้นสุดของการบันทึกและเล่นกลับได้ ดังนั้นจึงใช้วงจรไทม์เมอร์เป็นตัวจับเวลาเพื่อเป็นตัวจับเวลาในการกำหนดตแหน่งสิ้นสุดของการบันทึกและการเล่นกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



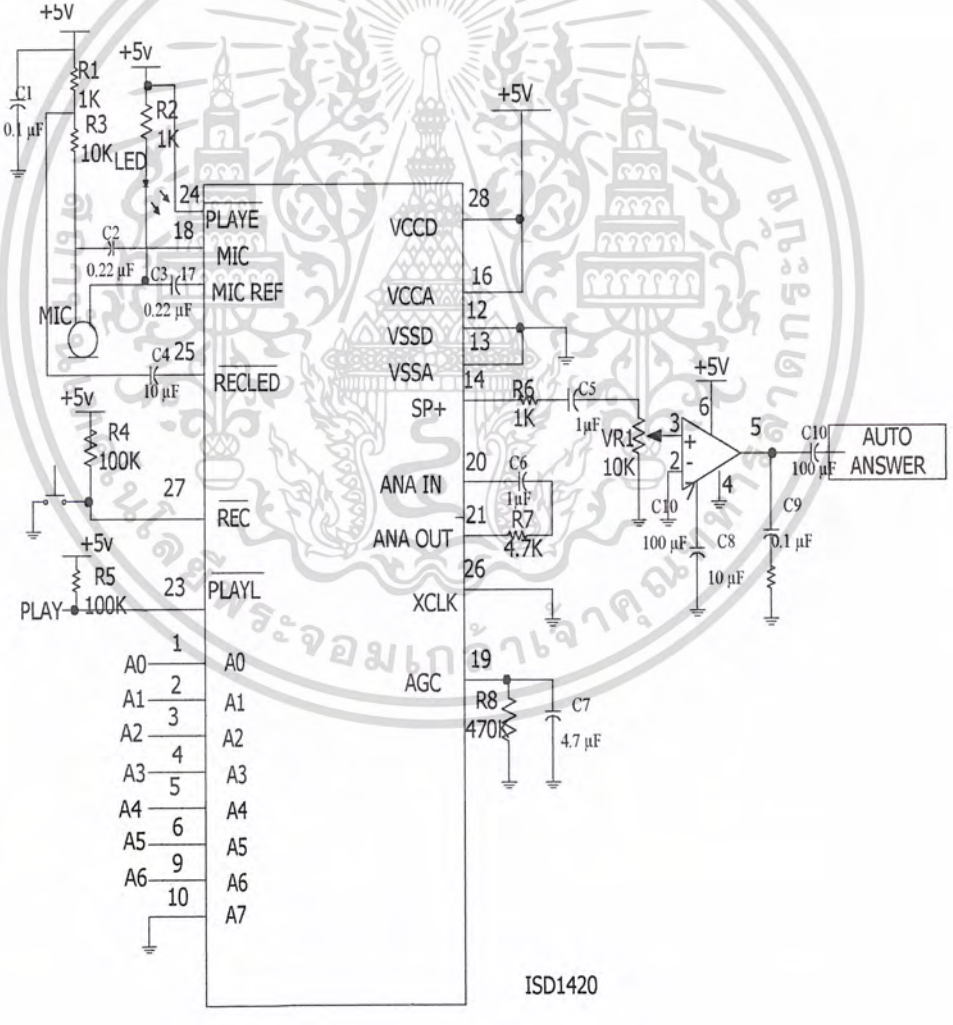
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรส่วนการฝากข้อความอัตโนมัติ

3.2.11 วงจรตอบรับอัตโนมัติ

ส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ ISD1420 ซึ่งมีความจุ 128000 เซล การกำหนดแอดเดรสของการบันทึกและการเล่นกลับนั้น สามารถกำหนดได้โยขา A0-A5 เมื่อขา A7 ต้องเป็นลอจิก “0” และจะใช้ขา A6 เป็นตัวกำหนดว่าจะเป็น 10 วินาทีแรกหรือ 10 วินาทีหลัง

- เมื่อขา A6 เป็นลอจิก “0” จะกำหนดเป็น 10 วินาทีแรก
- เมื่อขา A6 เป็นลอจิก “1” จะกำหนดเป็น 10 วินาทีหลัง

จากรูปที่ 3.12 เมื่อขา PLAYL ได้รับลอจิก “0” จะทำให้สัญญาณเสียงที่ถูกกำหนดแอดเดรสโดยขา A0-A5 ออกจากขา 14 ของไอซี ISD1420 แล้วเข้าวงจรขยายเสียงที่ใช้ไอซี LM386 จากนั้นจึงออกลำโพง และสัญญาณเสียงนั้นจะเข้าที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวขับ (Driver) ทำให้รีเลย์ทำงาน เสียงจึงออกไปยังคู่สายโทรศัพท์ได้โดยผ่านหม้อแปลงคัปปลิ้ง ขากำหนดแอดเดรส (A0-A5) ขา A6 และขา PLAYL จะต้องเข้ากับพอร์ทของ 8255 เพื่อใช้ในการควบคุมการเล่นกลับ



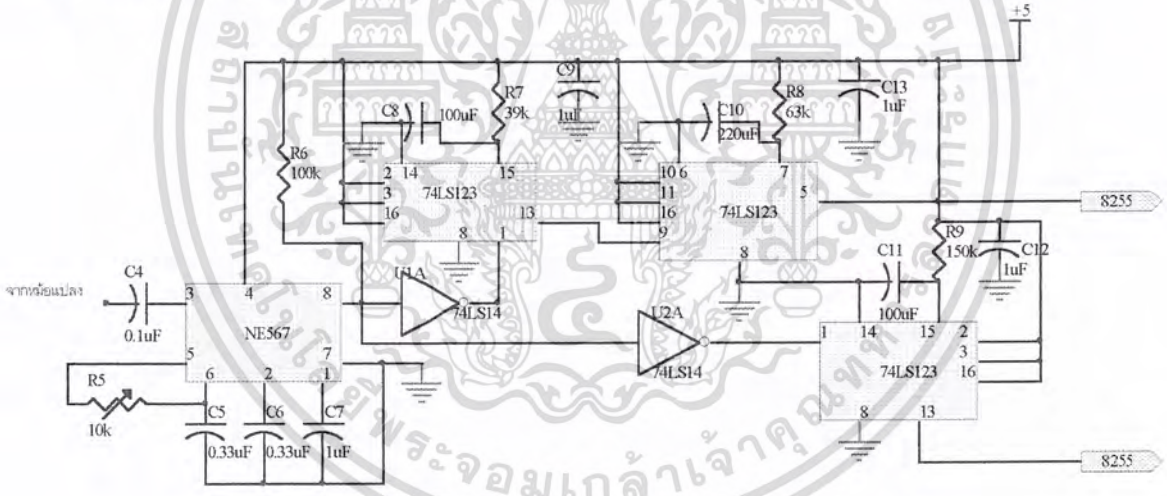
รูปที่ 3.12 วงจรตอบรับอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.12 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Ringback and Busy detect tone)

เมื่อส่วนควบคุมและประมวลผลกลางสั่งให้ส่วนสร้างสัญญาณ DTMF ส่งสัญญาณไปยัง PABX เพื่อให้ PABX ทำการเรียกไปยังเลขหมายภายในที่ต้องการติดต่อ ถ้าเครื่องภายใน PABX ทำการเรียกไม่ว่าง PABX จะส่งสัญญาณเรียกกลับมายังปลายทางที่เรียกไป ถ้าเครื่องภายในดังกล่าวไม่ว่าง PABX ก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังปลายทางเช่นกัน

การออกแบบวงจรส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างจะอาศัยการทำงานของไอซี Tone Detect เบอร์ NE567 ซึ่งสามารถปรับจูนความถี่ให้อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 400 เฮริตซ์ของสัญญาณไม่ว่าง โดยการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ที่ต่ออยู่ระหว่างขาที่ 5 กับขาที่ 6 ให้มีค่าประมาณ 2.24 กิโลโอห์ม และใช้ไอซีโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบเตอร์ (Monostable Multivibrator) แบบทริกซ้ำเบอร์ LS123 จำนวน 2 ชุด โดยหลักการทำงานของไอซีแบบทริกซ้ำ เมื่อเกิดการทริกที่อินพุทแล้วจะทำให้เอาท์พุทมีสภาวะแรงดันเป็นบวก (5 Volt) ในช่วงเวลาและเมื่อเกิดการทริกซ้ำสัญญาณเอาท์พุทยังอยู่ในช่วงเวลาที่คงที่อยู่ ซึ่งทำให้ระดับเอาท์พุทมีค่าเป็นบวกจากจุดที่มีการทริกต่อไปยังอีกช่วงเวลาคงที่ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสของสัญญาณที่เข้ามาว่าเป็นสัญญาณเรียกกลับหรือสัญญาณไม่ว่างเพื่อบอกให้ส่วนประมวลผลทราบดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง

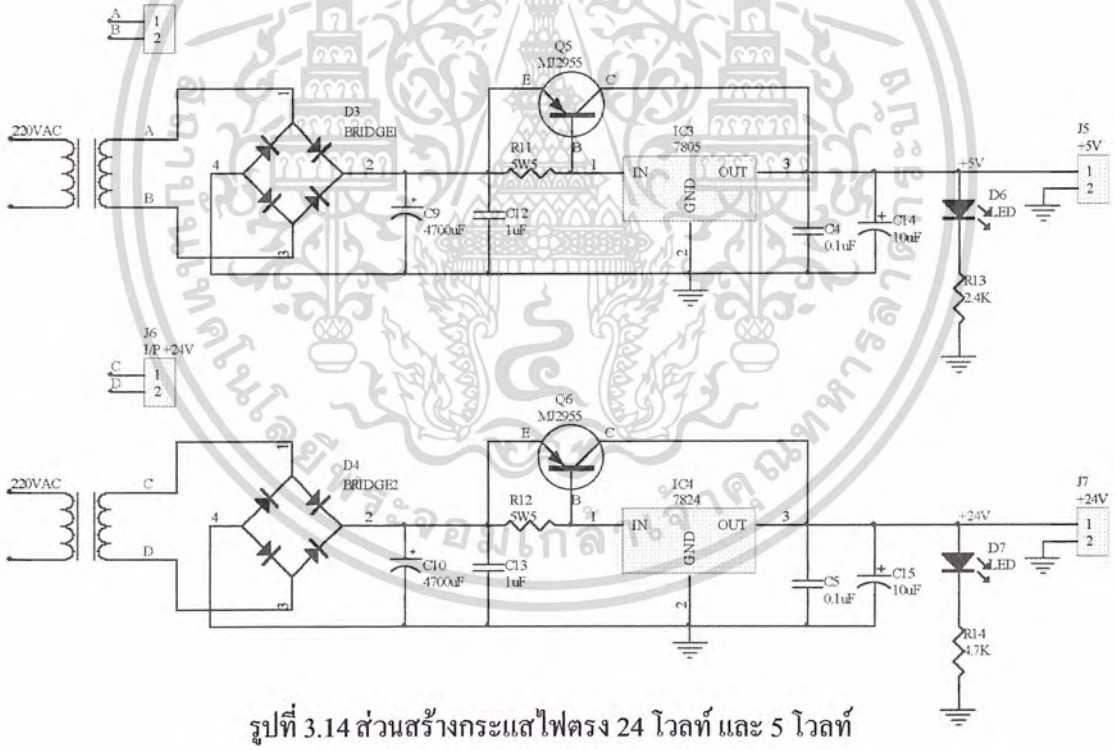
จากรูปที่ 3.13 เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างความถี่ 400 เฮิรตซ์เข้ามาที่ขา 3 ของไอซี NE567 จะทำให้เอาท์พุทที่ขา 8 มีสภาวะเป็น 0 โวลท์ แต่ถ้าเป็นสัญญาณความถี่อื่นที่นอกเหนือจากความถี่ที่ได้ปรับจูนไว้หรือไม่มีสัญญาณใดๆ สภาวะลอจิกที่ขา 8 จะเป็นลอจิก 1 หรือ 5 โวลท์ เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างเข้ามาสภาวะเอาท์พุทที่ขา 8 ของ NE567 จะเป็นสัญญาณ 0 โวลท์ 0.5 วินาทีและ +5 โวลท์ประมาณ 0.5 วินาที หลังจากนั้นจะนำเอาเอาท์พุทของ NE567 ไปต่อกับไอซี LS123 ที่ต่อขนานกันอยู่ 2 ชุด โดยชุดแรกจะประกอบไปด้วยไอซีโมโนสเตเบิ้ล 2 ตัวต่อนุกรมกันอยู่โดยที่ไอซีตัวแรกจะถูกกำหนดค่าช่วงเวลาคงที่ด้วย R และ C ให้มีค่ามากกว่า 1 วินาทีเล็กน้อย เพื่อทำให้เอาท์พุทเป็นบวกตลอด เมื่อสัญญาณอินพุทเป็น

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัย

สัญญาณไม่ว่างเข้ามาเป็นผลให้ไอซีตัวที่ 2 ไม่เกิดการทริกทำให้เอาท์พุทเป็น 0 ตลอด แต่ถ้าสัญญาณเรียกกลับที่มีคาบเวลา 2 วินาทีเข้ามาจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถาวะเอาท์พุท LS123 ตัวแรกเป็นผลให้มีสัญญาณไปทริกที่ขา 1 ของไอซีตัวที่ 2 ที่มีค่าช่วงเวลาคงที่มากกว่า 2 วินาทีเป็นผลให้เอาท์พุทเป็น 1 ตลอด ส่วนชุดที่ 2 ประกอบด้วยไอซีโมโนสเตเบิ้ลตัวเดียวที่มีค่าช่วงเวลาคงที่มากกว่า 2 วินาที ไม่ว่าจะมีสัญญาณอะไรเข้ามาก็จะให้เอาท์พุทเป็นบวกตลอด ซึ่งสัญญาณที่ออกจากเอาท์พุทของไอซีโมโนสเตเบิ้ลแบบทริกซ้ำ จะส่งไปยังไอซี 8255 ซึ่งเรากำหนดโหมดการทำงานให้อยู่ในโหมดศูนย์ทำให้เราสามารถกำหนดเงื่อนไขการตรวจสอบสัญญาณที่จะนำไปใช้การถอดรหัสให้กับส่วนควบคุมและประมวลผลกลางได้ทราบว่าเมื่อใดสัญญาณเรียกกลับเข้ามา หรือสัญญาณไม่ว่างเข้ามา

3.2.13 วงจรภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

ชุมสายโทรศัพท์สาขาที่สร้างขึ้นนี้ ต้องใช้ไฟเลี้ยงวงจรส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้ ต้องการแรงดัน 5 โวลท์ 12 โวลท์ 24 โวลท์ และแรงดัน 70 โวลท์ การทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟ หม้อแปลง T1 ลงแรงดันเหลือประมาณ 70 โวลท์ จ่ายให้แก่วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งกระแสไฟตรง 24 โวลท์ ซึ่งจะใช้เรกกูเลเตอร์ในการสร้างไฟตรง 24 โวลท์ให้แก่คู่สายภายใน และไฟตรง 5 โวลท์ ให้สำหรับไอซีในวงจรต่างๆ



รูปที่ 3.14 ส่วนสร้างกระแสไฟตรง 24 โวลท์ และ 5 โวลท์

3.3 หลักการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

3.3.1 กรณีเครื่องโทรศัพท์ภายในต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายในด้วยกัน

สมมติว่าเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 ต้องการติดต่อกับเครื่องหมายเลข 3

เครื่องหมายเลข 1 ทำการยกหูโทรศัพท์ซึ่งจะทำให้ วงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์ ส่งสัญญาณพัลส์ “0” ผ่านพอร์ต 8255 ขา PA0 เพื่อที่จะแจ้งให้ซีพียูทราบว่า เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 ทำการยกหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อซีพียูทราบก็จะส่งสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) จากนั้นซีพียูจะส่งสัญญาณให้หมุน ผ่านวงจรสร้างสัญญาณหมุน ไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 จะได้ยินเสียงสัญญาณให้หมุน ก็สามารถกดหมายเลข 3 ซึ่งสัญญาณจะถูกถอดรหัส โดยวงจรถอดรหัส (DTMF Decoder) วงจรถอดรหัสจะส่งสัญญาณพัลส์ที่ขาสโตปทุกครั้งที่มีการกดคีย์ พร้อมกับส่งสัญญาณรหัสไบนารี่4 บิท เพื่อแจ้งให้ซีพียูทราบว่ามีการกดคีย์ชองเครื่องหมายเลข 1 ซึ่งเครื่องหมายเลข 1 กดเลข 3 ซีพียูจะตรวจสอบว่าเครื่องหมายเลข 3 นั้นทำการยกหูโทรศัพท์อยู่หรือไม่ โดยการตรวจสอบจากวงจรส่วนติดต่อภายใน ถ้ามีการใช้อยู่หรือมีการยกหูโทรศัพท์ ซีพียูก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังเครื่องหมายเลข 1 แต่ถ้าเครื่องหมายเลข 3 วางหูอยู่ ซีพียูจะส่งสัญญาณควบคุมรีเลย์ ให้รีเลย์ทำการต่อสัญญาณไฟเอซีประมาณ 70 โวลท์ไปที่เครื่องหมายเลข 3 จะได้รับสัญญาณเรียก (Ringing) ในขณะที่เครื่องหมายเลข 1 ได้รับสัญญาณเรียกกลับ (Ringback) เมื่อเครื่องหมายเลข 3 ยกหูรับ วงจรส่วนติดต่อภายใน ก็จะส่งสัญญาณไปที่ซีพียู ซีพียูจะทำการหยุดส่งสัญญาณเรียก และสัญญาณเรียกกลับ พร้อมกับส่งสัญญาณควบคุมไปยังเมตริกซ์ ทำการต่อเครื่องหมายเลข 1 เข้ากับเครื่องหมายเลข 1 เข้ากับเครื่องหมายเลข 3 จากนั้นสองเครื่องก็สามารถสนทนากันได้

3.3.2 กรณีเครื่องโทรศัพท์ภายในต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายนอก

กรณีเครื่องโทรศัพท์ ภายในต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายนอก จะต้องมีการกดรหัสผ่านให้ได้รับสัญญาณให้หมุน ซึ่งส่งมาจากชุมสายภายนอกก่อน แล้วตามด้วยหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อ เช่น ต้องการติดต่อกับหมายเลข 1234567 จะต้องกดดังนี้คือ กดหมายเลข 9 รอจนให้ได้ยินสัญญาณให้หมุนก่อน (Dial) จากนั้นก็กดหมายเลข 1234567 การทำงานสมมุติให้เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 ต้องการติดต่อกับสายนอก เมื่อทำการยกหูขึ้น ซีพียูจะส่งสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ผลิตขึ้นจากซีพียูส่งไปยังเครื่องหมายเลข 1 ดังนั้นเครื่องหมายเลข 1 ต้องทำการกดหมายเลข 9 ซึ่งเป็นรหัสผ่านก่อน ถ้าสายนอกมีการใช้งาน ซีพียูจะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังเครื่องหมายเลข 1 ถ้าสายนอกไม่มีการใช้งาน ซีพียูจะสั่งงานควบคุมให้วงจรเมตริกซ์สวิทช์ทำการต่อเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 กับคู่สายนอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 จะได้รับสัญญาณหมุน ซึ่งมาจากชุมสายนอก จากนั้นสามารถกดหมายเลขที่ต้องการติดต่อสนทนาได้ทันที

3.3.3 กรณีเครื่องโทรศัพท์สายนอกติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายใน

กรณีเมื่อมีเครื่องโทรศัพท์สายนอกต้องการติดต่อกับโทรศัพท์ภายในโดยมีการส่งสัญญาณเรียกเข้ามายังวงจร (เชื่อมต่อคู่สายภายนอก) สัญญาณเรียกจะถูกทำการเร็กติไฟเออร์ออกมาเป็นสัญญาณดีซีพัลส์เข้า ออปโต้ทรานซิสเตอร์ มีเอาท์พุทออกมาเป็นพัลส์ลบ ตามสัญญาณเรียกไป
ทริกให้วงจรโมโนสเตเบิ้ลจะมีลอจิก 1 เพียงชั่วระยะหนึ่งแล้วจะกลับเป็นลอจิก 0 อีกครั้ง (พัลส์ที่ออกมาจากเอาท์พุทของโมโนสเตเบิ้ลจะมีคาบเวลาคงที่) สัญญาณนี้จะผ่านพอร์ต 8255 ไปให้ซีพียูทราบว่าขณะนี้ได้มีสายนอกต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายใน ซีพียูจะทำการส่งสัญญาณไปให้เครื่องตอบรับโทรศัพท์ โดยที่เครื่องตอบรับนี้จะบอกให้สายนอกกดหมายเลขที่ต้องการติดต่อ จากนั้นซีพียูจะส่งสัญญาณเรียกไปที่โทรศัพท์เครื่องนั้น พร้อมส่งสัญญาณเรียกกลับไปที่สายนอกที่โทรเข้ามา ถ้าโทรศัพท์เครื่องที่ต้องการจะติดต่อไม่ว่างก็ส่งสัญญาณไม่ว่างกลับไป

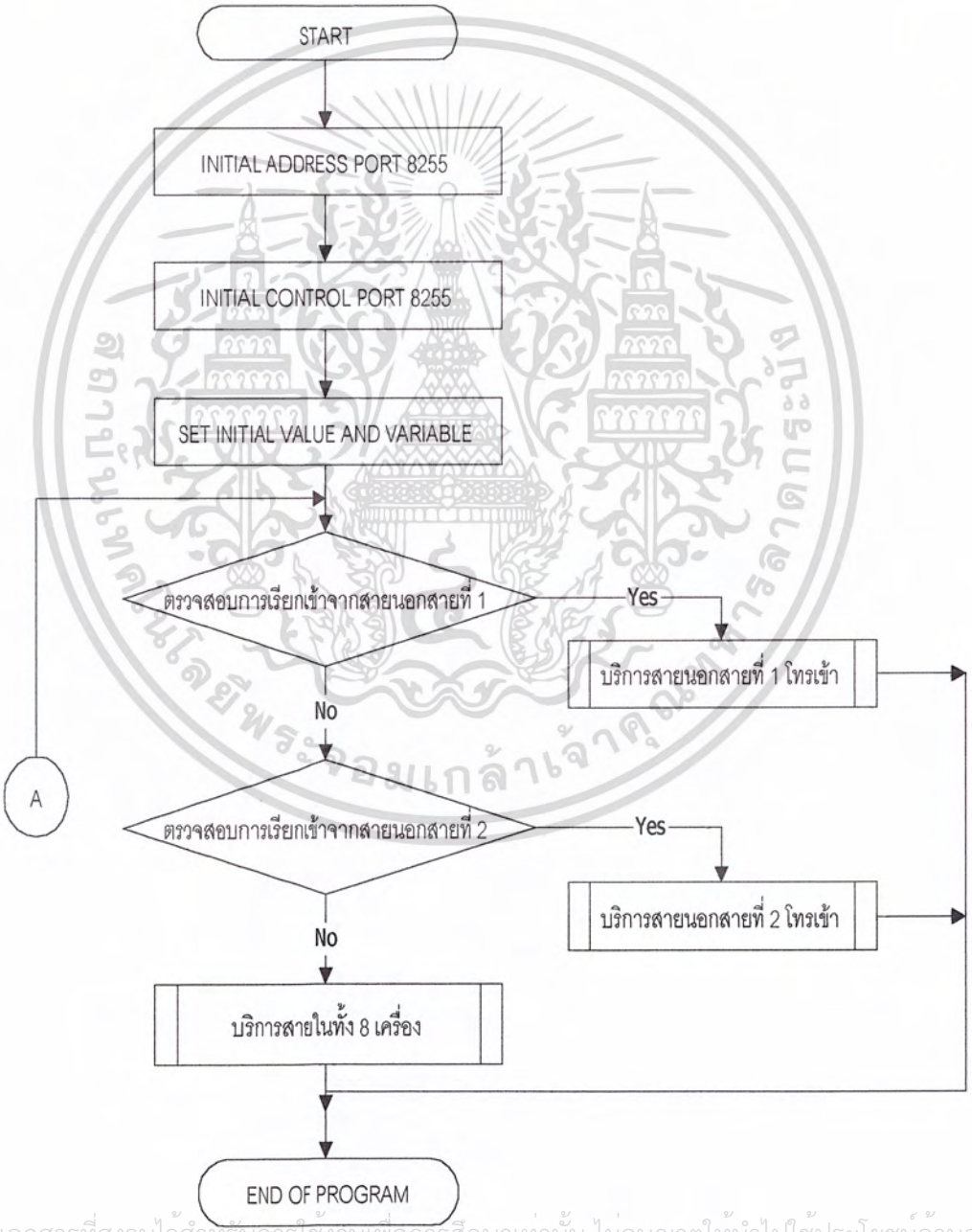
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 กรณีการทำงานในขณะไฟฟ้าดับ

ในขณะไฟดับคู่สายภายนอกจะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายใน หมายเลข 1 โดยการต่อ Relay 2 หน้าสัมผัส ซึ่งหมายความว่า เวลาไฟดับ เครื่องโทรศัพท์ภายในทุกเครื่องไม่สามารถทำงานได้ ยกเว้นเครื่องโทรศัพท์ภายในหมายเลข 1 เท่านั้น

3.4 การทำงานของโปรแกรมแสดงดังโฟลชาร์ตดังนี้

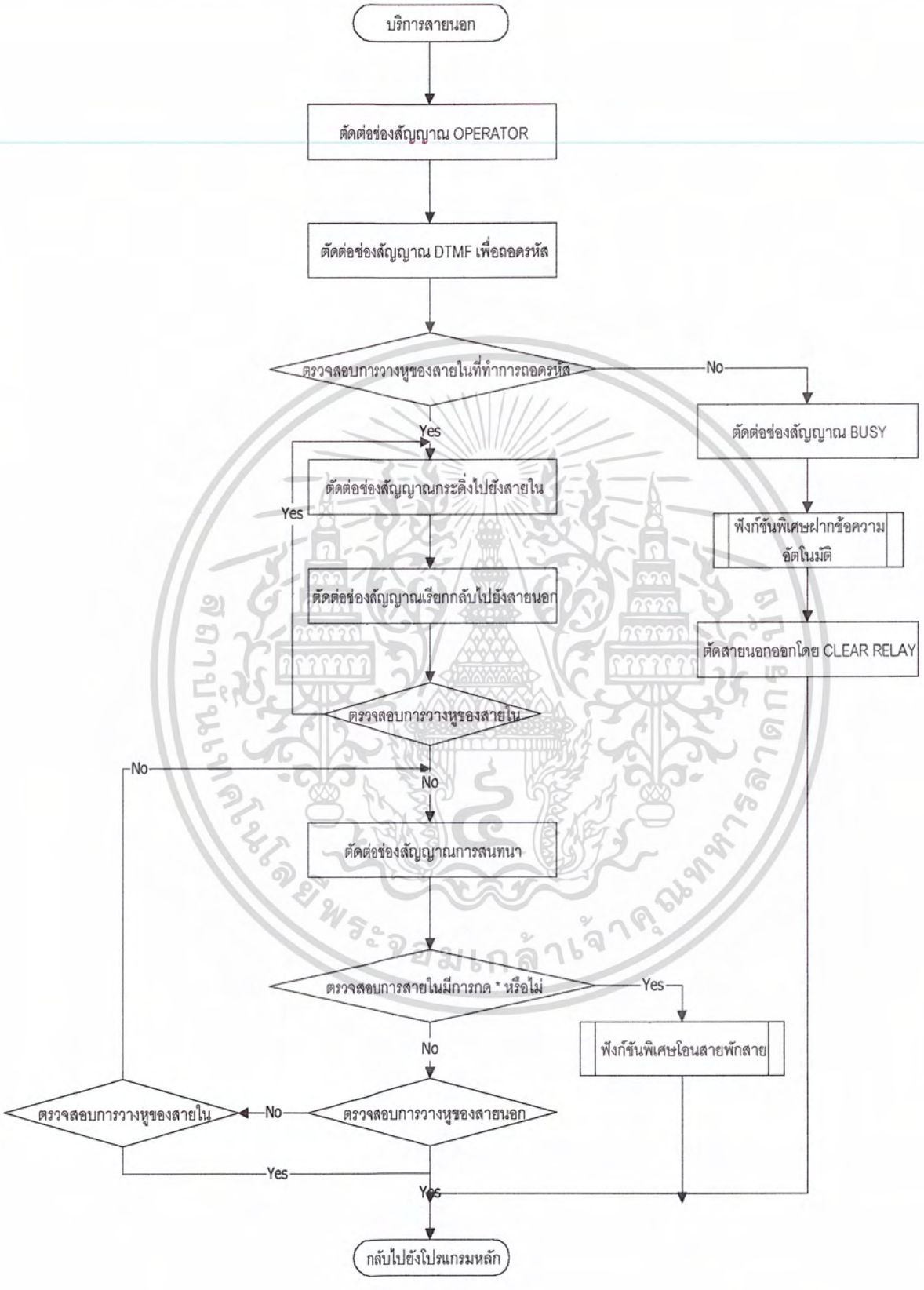
MAIN PROGRAM



รูปที่ 3.15 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

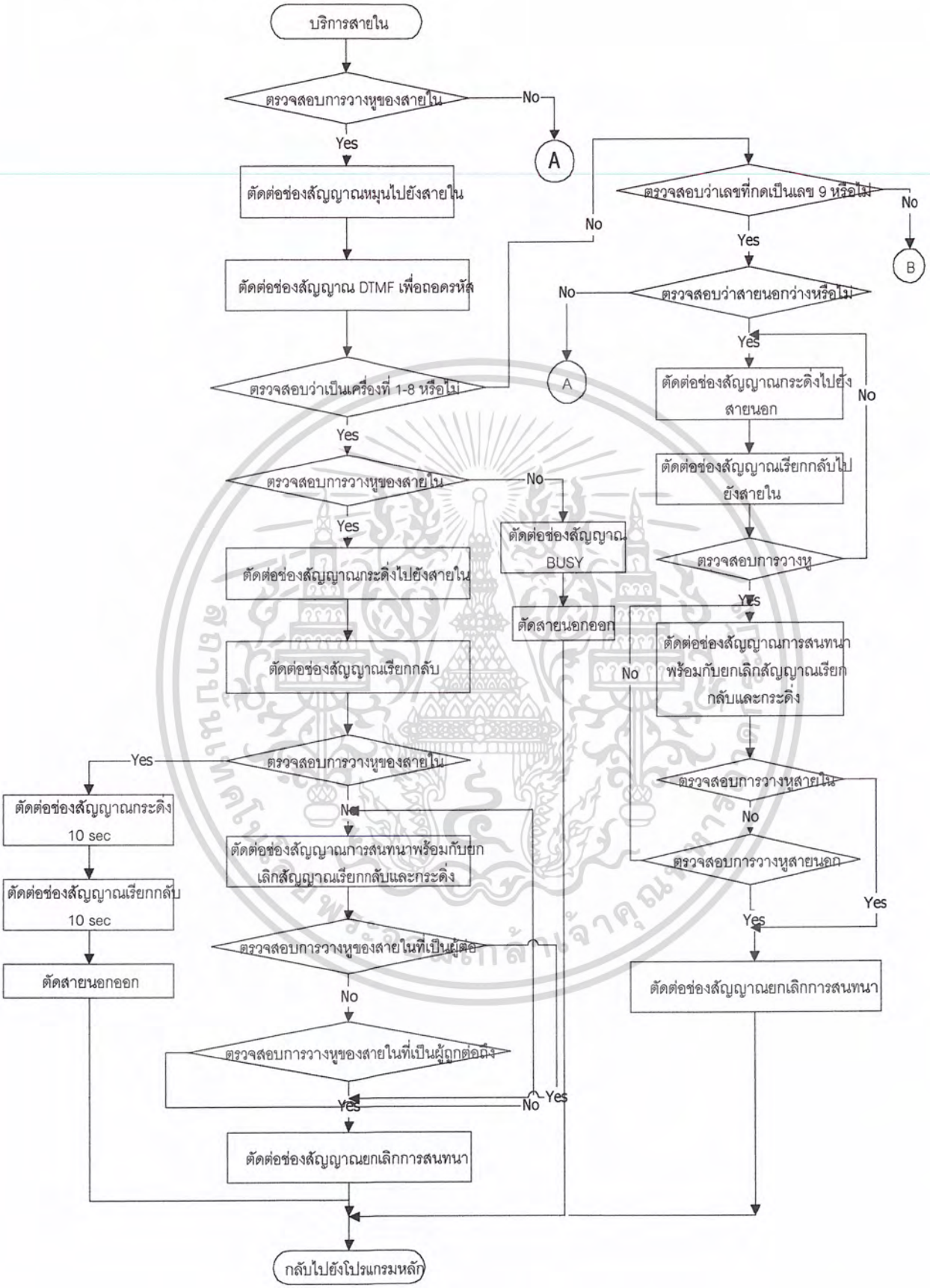
บริการสายนอกสายที่ 1 และ 2 ที่โทรเข้า



รูปที่ 3.16 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมบริการสายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

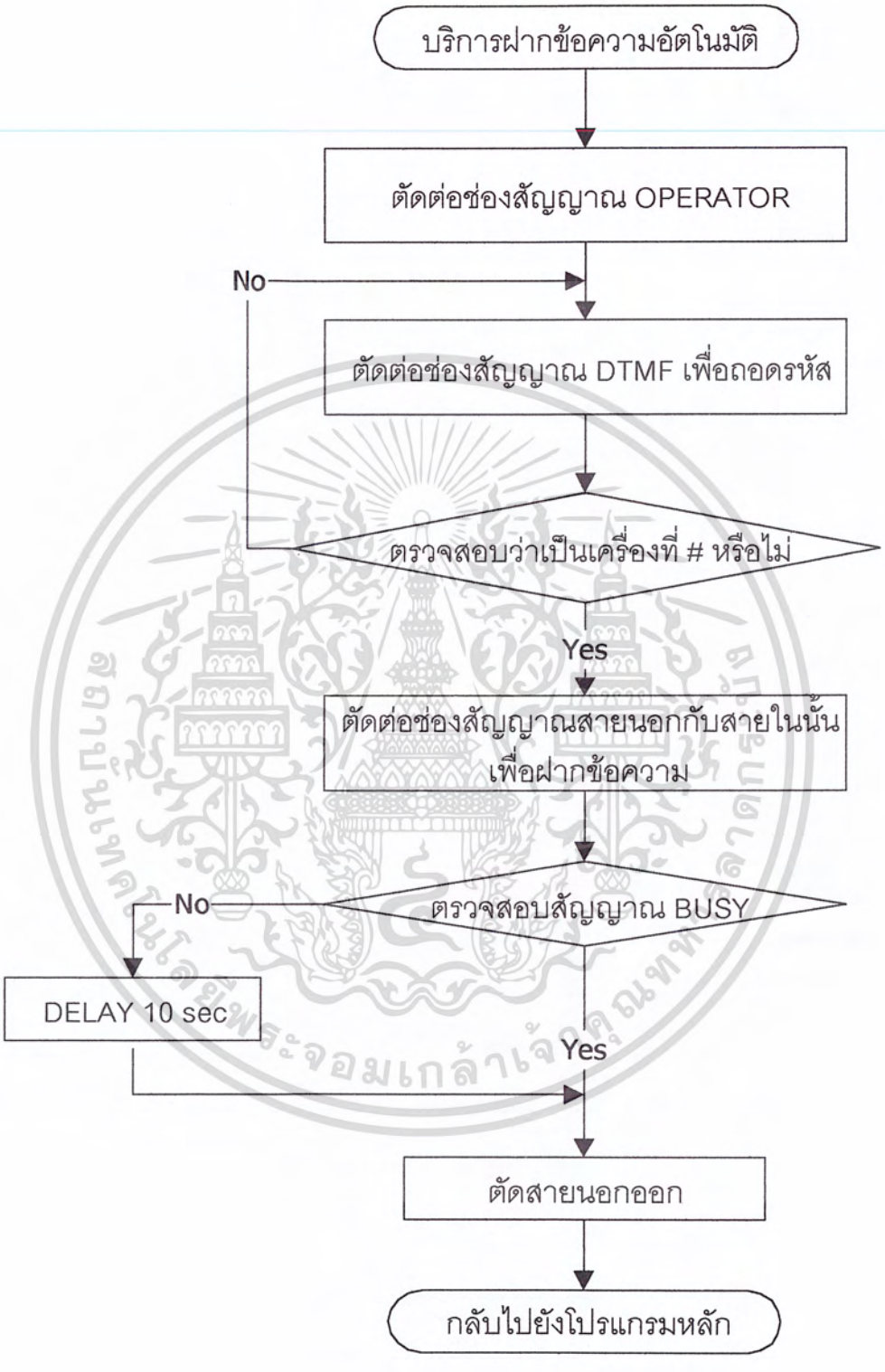
บริการสายในเครื่องที่ 1-8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมบริการสายใน

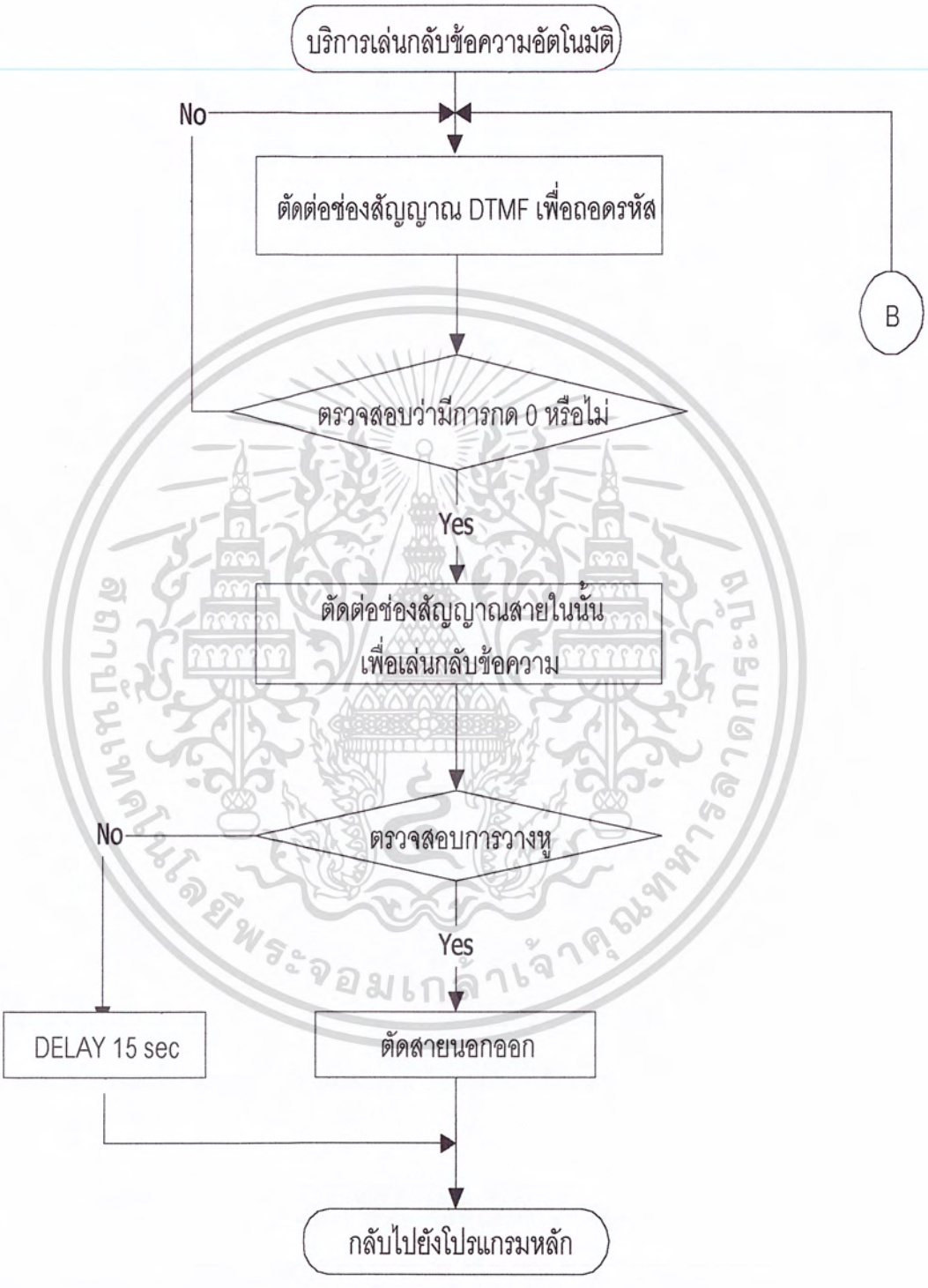
ฟังก์ชันพิเศษฝากข้อความอัตโนมัติ



รูปที่ 3.18 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมบริการฝากข้อความอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

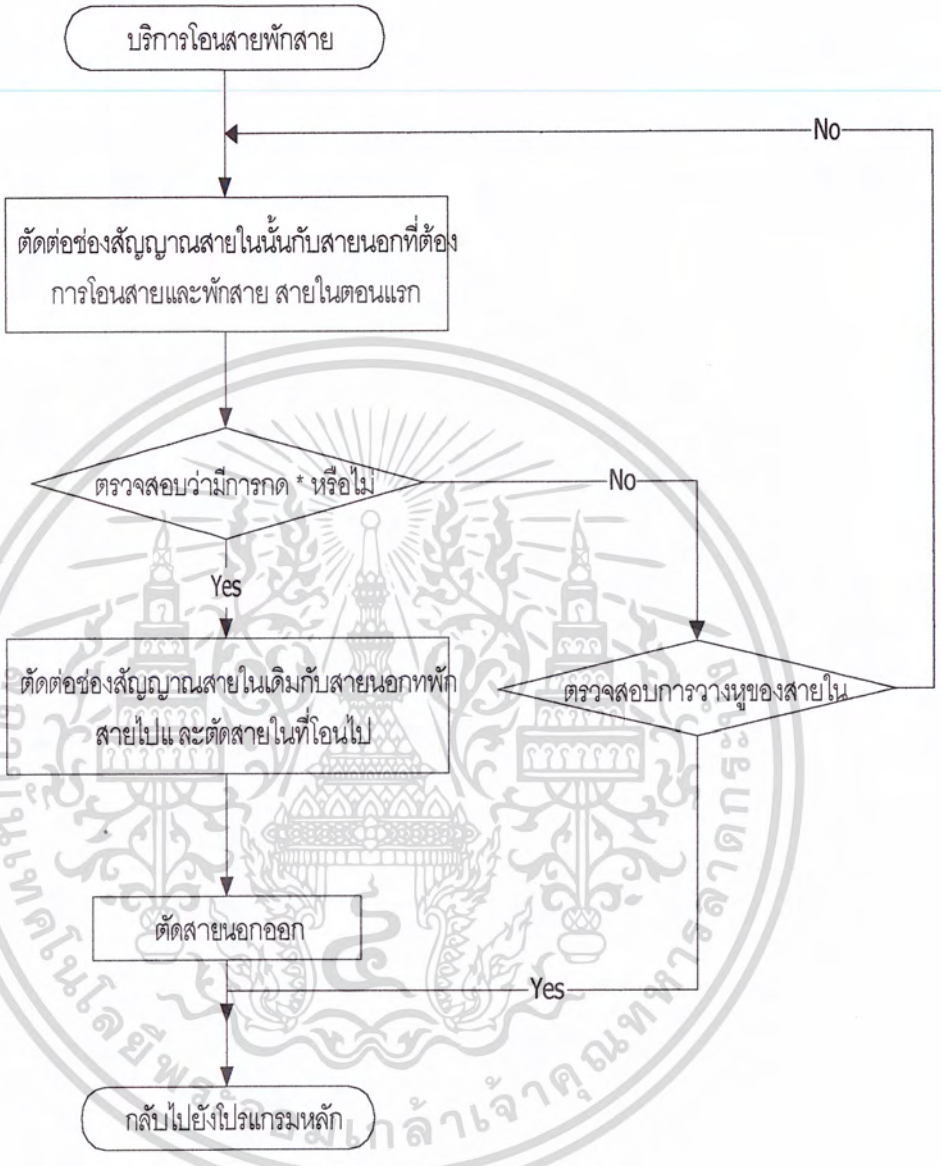
ฟังก์ชันพิเศษในการเล่นกลับข้อความอัตโนมัติ



รูปที่ 3.19 แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมบริการการเล่นกลับวงจรฝากข้อความอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันพิเศษโอนสายพักสาย



รูปที่ 3.20แสดงโฟลชาร์ตของโปรแกรมบริการการบันทึกโอนสายพักสาย

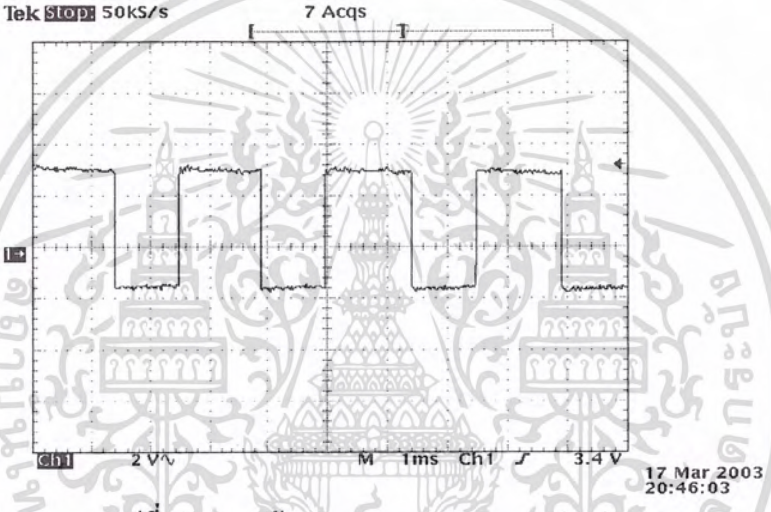
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองของวงจรกำเนิดสัญญาณ (Tone Generator)

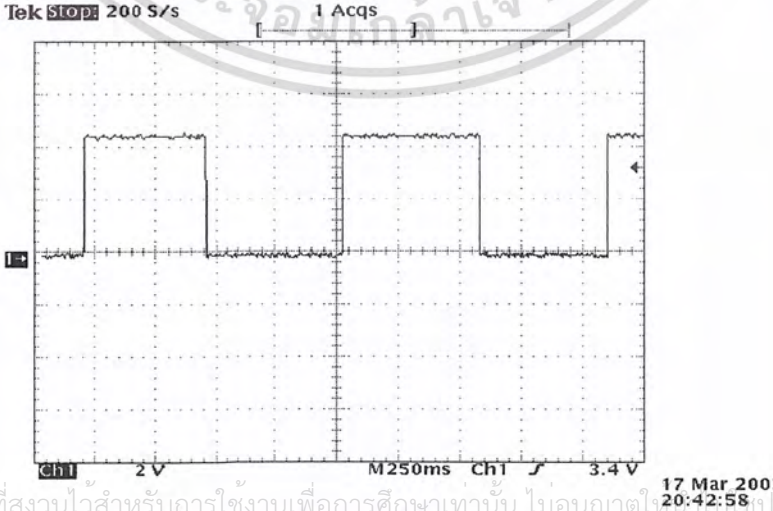
เมื่อทำการประกอบวงจรที่ออกแบบมาแล้วทำการวัดสัญญาณต่างๆ ที่ออกมาทางเอาท์พุทของวงจรกำเนิดสัญญาณต่างๆที่ส่งมายังคู่สายภายในทั้ง 8 คู่สาย โดยสัญญาณต่างๆ ที่ทำการทดลองปรากฏผลการทดลองดังนี้

4.1.1 **สัญญาณพร้อมกดหมายเลข (Dial Tone)** ซึ่งสร้างมาจากไอซี 555 ซึ่งเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม มีความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ต ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณกดหมายเลข (DIAL TONE)

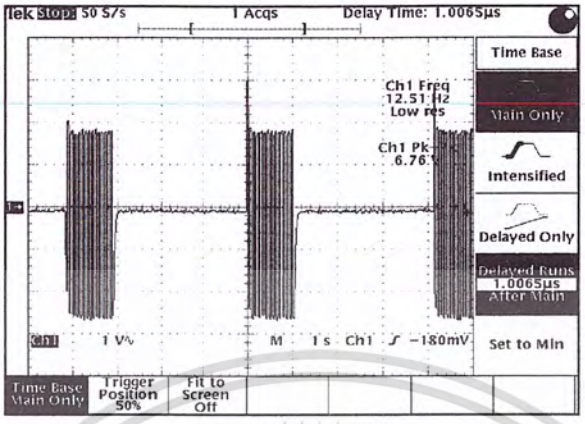
4.1.2 **สัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE)** ซึ่งสร้างมาจากไอซี 556 มีความถี่ 400 เฮิร์ต ติด 0.5 วินาทีดับ 0.5 วินาที ระดับสัญญาณ 5 V_{P-P} ดังรูปที่ 4.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

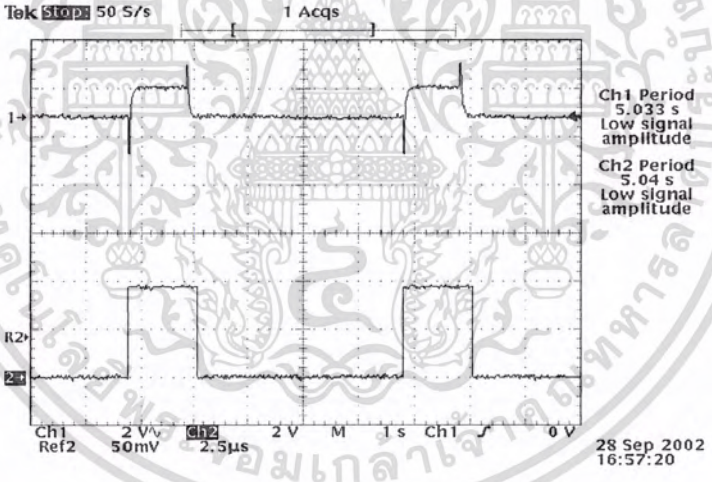
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE)

4.1.3 **สัญญาณเรียกกลับ (Ring-back Tone)** ซึ่งสัญญาณมาจากไอซี 556 มีความถี่ 400 เฮิร์ท ติด 1 วินาทีดับ 3 วินาทีสัญญาณ 5 V_{P-P} ดังรูปที่ 4.3 (a) และ รูปที่ 4.3 (b) ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเรียกกลับ (RINGBACK TONE)

4.1.4 **สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)** ความถี่ 400 เฮิร์ต ติด 1 วินาที ดับ 3 วินาที ระดับสัญญาณ 70-90 Vrms เป็นสัญญาณควบคุมสัญญาณ Ringing จากไอซี 555 ดังรูปที่ 4.4

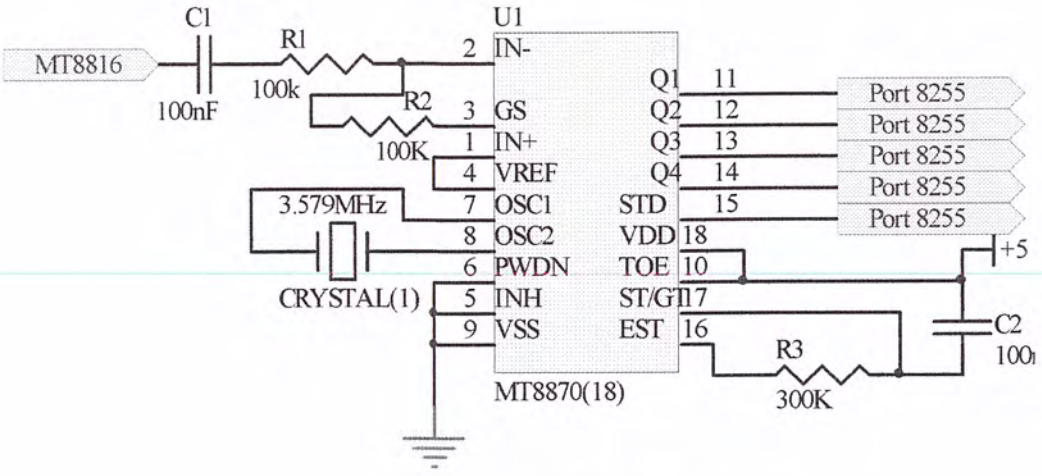


รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณกระดิ่ง (RINGING TONE)

4.2 ผลการทดลองวงจรถอดรหัส

เมื่อมีการกดหมายเลขโทรศัพท์จากคู่สายภายในและคู่สายภายนอก จะถูกถอดรหัสโดยวงจรถอดรหัสแล้วส่งไปยังหน่วยความจำประมวลผลกลางเพื่อทำการประมวลผลรหัสนั้นๆ แล้วทำงานตามรหัสที่กดเพื่อติดต่อกับคู่สายภายในหรือเพื่อติดต่อกับคู่สายภายนอก เพื่อให้ส่วนสามมารถทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ โดยวงจรที่ทำการถอดรหัสและผลการทดลองจะแสดงดังรูปที่ 4.5 และตารางที่ 4.1 ตามลำดับดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงวงจรถอดรหัสจาก MT8870

Frequency (Low)	Frequency (High)	KEY	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	0	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	0	1	1
770	1209	4	0	0	1	0	0
770	1336	5	0	0	1	0	1
770	1477	6	0	0	1	1	0
852	1209	7	0	0	1	1	1
852	1336	8	1	1	0	0	0
852	1477	9	1	1	0	0	1
941	1209	0	1	1	0	1	0
941	1336	*	1	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	1	0	0

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จาก MT8870

4.3 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Ringback and Busy detect tone)

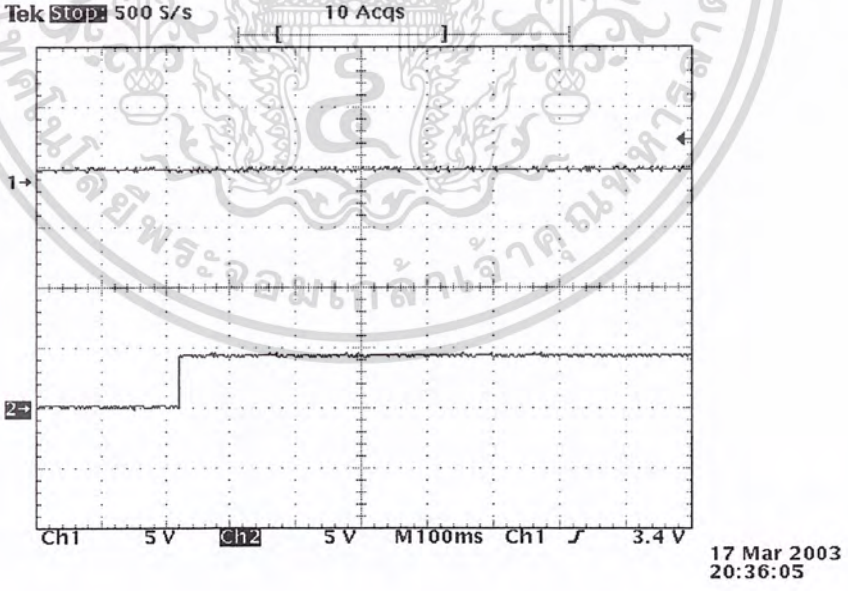
จากวงจรรูปที่ 3.13 แสดงวงจรในส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง โดยจะอาศัยการทำงานของไอซี Detect Tone เบอร์ NE567 ซึ่งสามารถปรับจูนความถี่ให้อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 400 เฮิร์ตของสัญญาณไม่ว่าง โดยการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ จนกระทั่งระดับแรงดันที่เอาท์พุทขา 8 ของ NE567 มีระดับแรงดันเป็น 0 โวลท์ หลังจากนั้นทำการนำสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้

มาป้อนที่อินพุทแทน เมื่อสัญญาณอินพุทเป็นสัญญาณไม่ว่าง สภาวะแรงดันที่เอาท์พุทของ NE567 (ขา 8) จะเปลี่ยนแปลงจากไฟ +5 โวลท์ เป็น 0 โวลท์ สลับกันทุกช่วงเวลา 0.5 วินาที ตามสัญญาณไม่ว่างที่เข้ามา เป็นผลให้เกิดการทริกที่ขาอินพุทของ 74LS123 ที่ต่อขนานกัน 2 ชุด โดยกำหนดการทริกที่ขอบขาขึ้น เมื่อสัญญาณเอาท์พุทของ NE567 เป็นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมที่มีคาบเวลา 1 วินาที ค่าช่วงเวลาคงที่ของ 74LS123 ชุดแรกมีค่าเท่ากับ 1.3 วินาที เป็นวงจรโมโนสเตเบิ้ลแบบทริกซ้ำทำให้เอาท์พุทของ 74LS123 ตัวถัดมาเป็นผลให้เอาท์พุทของ 74LS123 ชุดที่สองที่มีคาบเวลาของสัญญาณเอาท์พุทเท่ากับ 0.7 วินาที เมื่อสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับเข้ามามีคาบเวลาน้อยกว่า 7.7 วินาที ทำให้เกิดการทริกซ้ำที่ขาอินพุทของ 74LS123 อยู่ตลอดเวลาเป็นผลให้เอาท์พุทเป็น 1 ตลอด

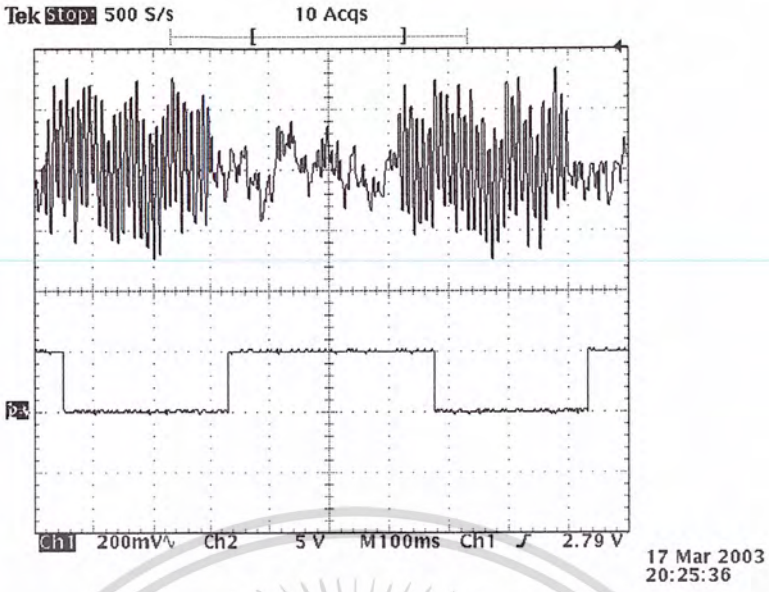
แต่กรณีที่สัญญาณเรียกกลับเข้ามา คาบเวลามีค่า 2 วินาทีเข้ามาที่อินพุทของโมโนสเตเบิ้ลชุดแรก เอาท์พุทของ 74LS123 ตัวแรกมีคาบเวลาเพราะค่าช่วงเวลาคงที่มีค่า 1.3 วินาที ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางเอาท์พุทของตัวแรก เป็นผลให้เกิดการทริกแบบทริกซ้ำ 74LS123 ตัวที่สองจะให้เอาท์พุทเป็นบวกตลอด ค่าช่วงเวลาคลที่มีค่า 0.7 วินาที ส่วนเอาท์พุทของ 74LS123 ชุดที่สองจะเป็นบวกตลอด เราตั้งค่าช่วงเวลาคงที่มีค่ามากกว่า 2 วินาที ซึ่งจะได้รหัสสัญญาณเอาท์พุทดังนี้

สัญญาณไม่ว่าง	0	1
สัญญาณเรียกกลับ	1	1

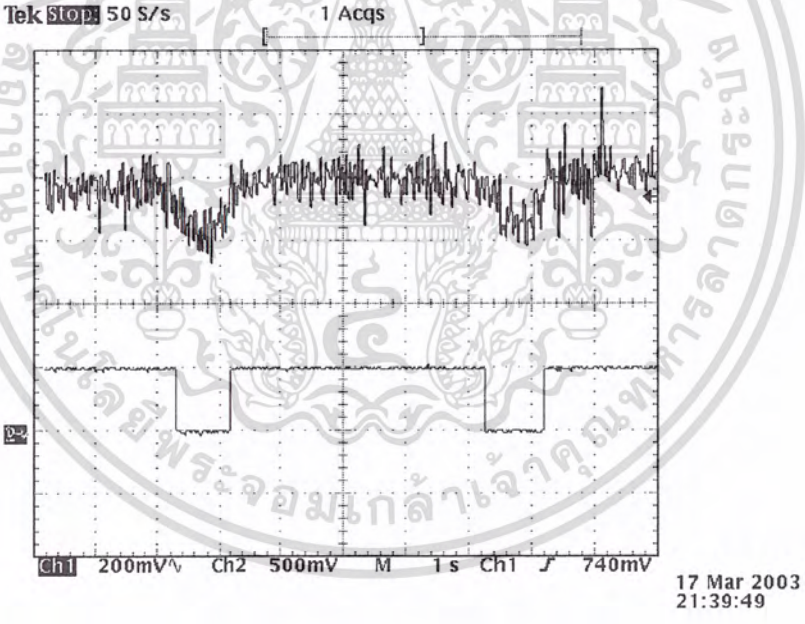


รูปที่ 4.6 แสดงเอาท์พุทของไอซี 74LS123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.7 (รูปบน) แสดงลักษณะของสัญญาณไม่ว่าง
(รูปล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วย NE567



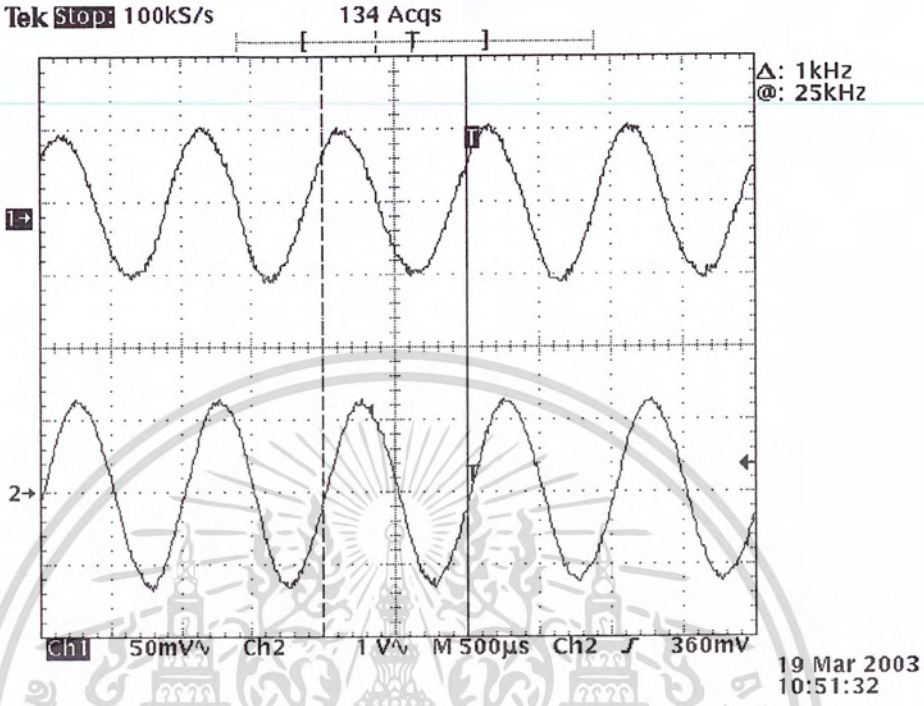
รูปที่ 4.8 (รูปบน) แสดงลักษณะของสัญญาณเรียกกลับ
(รูปล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วย NE567

4.4 การทดลองวงจรตอบรับอัตโนมัติ (Automatic Operator)

จากผลการทดลองเราสามารถบันทึกเสียงได้นานประมาณ 20 วินาที หลังจากนั้น PLAY โดย เสียงที่จากการบันทึกนั้นมีความคมชัดมาก และไม่มีเสียงรบกวนคุณภาพเสียงนับว่าใช้ได้ และสามารถทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบันทึกใหม่ได้โดยไม่มีเสียงเดิมแทรกอยู่ เสียงที่บันทึกไว้ ระบบนี้เป็นระบบตอบรับดทรศัพท์อัตโนมัติเมื่อกดหมายเลขภายในที่ต้องการติดต่อ ได้ผลดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 แสดงผลการทดลองของวงจรตอบรับอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

5.1 คุณสมบัติของโครงงาน

โครงงานนี้ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) บอร์ดวงจรส่วนต่างๆ ทำหน้าที่แตกต่างกัน ซอฟแวร์ (Software) เป็นโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี (Assembly) เขียนขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานของโครงงานนี้

5.1.1 ฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย

- ส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์ภายนอก (TRUNK-LINE INTERFACE CIRCIUT SECTION)
- ส่วนเมตริกซ์สวิทช์ (MATRIX SWITCH CIRCUIT SECTION)
- ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียงกระดิ่ง (RINGING DECODER CIRCUIT SECTION)
- ส่วนถอดรหัสสัญญาณ DTMF (DTMF DECODER CIRCUIT SECTION)
- ส่วนกำหนดสัญญาณเสียง (TONE GENERATOR CIRCUIT SECTION)
- ส่วนอินเตอร์เฟสกับคู่สายโทรศัพท์ภายใน (SUBSCRIBER LINE INTERFACE CIRCUIT SECTION : SLIC)
- ส่วนตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ (AUTOMATIC ANSWER CIRCUIT SECTION)
- ส่วนอินพุท/เอาท์พุท (I/O PORT SECTION)
- ส่วนแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง (POWER SUPPLY CIRCUIT SECTION)
- ส่วนควบคุมระบบ (CONTROL CIRCUIT SECTION)

5.1.2 ซอฟแวร์

โปรแกรมหลักควบคุมการทำงานของวงจรส่วนต่างๆ รับสัญญาณเข้ามาทำการประมวลผลและส่งสัญญาณไปยังวงจรในส่วนที่เกี่ยวข้องให้ทำหน้าที่ตามที่ต้องการ

จากการสร้างและการทดลองวงจรส่วนต่างๆ ของโครงงานนี้ สามารถสรุปคุณสมบัติในการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ได้ดังนี้

- สามารถทำการเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างคู่สายโทรศัพท์ภายนอกจากชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น 2 คู่สายสายเข้ากับคู่สายโทรศัพท์ภายในของโครงงานจำนวน 8 คู่สาย
- ใช้สัญญาณเสียงอัตโนมัติเพื่อตอบรับการโทรจากคู่สายนอกเพื่อแนะนำการเลือกกดหมายเลขของคู่สายภายใน 8 คู่สายที่ต้องการติดต่อ และยังบอกสถานะการกดฟังก์ชันพิเศษเพื่อทำการบันทึกข้อความและเล่นกลับข้อความนั้นๆ
- ใช้วงจรสร้างสัญญาณเสียงโทนต่างๆเพื่อใช้ในงานชุมสายโทรศัพท์ที่สามารถกำหนดช่วงเวลาของสัญญาณให้เหมาะสมได้ เช่นสัญญาณไม่ว่าง สัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณอนุญาตให้กดหมายเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถใช้วงจรในส่วนของการฝากข้อความอัตโนมัติในการบันทึกและเล่นกลับข้อความได้
- สามารถทำการโอนสายจากการโทรเข้าของสายนอกเพื่อติดต่อกับสายในอื่นๆได้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา

ในการทดสอบการทำงานของวงจรมีปัญหาที่เกิดขึ้นดังนี้

1. ส่วนของวงจรในการตัดต่อสัญญาณเสียง MT8816 ลดทอนสัญญาณเสียง
2. ส่วนของวงจรสัญญาณกระดิ่งเกิดการรบกวนกับสัญญาณในช่องสัญญาณเสียงส่วนอื่นๆ ซึ่งแก้ไขปัญหาในส่วนนี้โดยไม่ใช้สัญญาณ 25 เฮิร์ท แต่ใช้การแปลงไฟ 110 โวลท์ 50 เฮิร์ทเป็นสัญญาณกระดิ่งแทน
3. ในวงจรส่วนการตัดต่อกระดิ่งเปลี่ยนจากไตรแอคเป็นรีเลย์ตัดต่อสัญญาณกระดิ่ง

5.3 แนวทางการพัฒนาโครงงาน

1. สามารถพัฒนาให้มีการเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลและควบคุมการทำงานของ ระบบที่ใหญ่ขึ้น เช่น เพิ่มจำนวนคู่สายภายนอกและสายภายใน การสั่งพิมพ์สภาวะการทำงานต่างๆออกทางเครื่องพิมพ์ เป็นต้นว่าการจำนวนการใช้งาน วันและเวลาในการโทรออกของคู่สายภายใน
2. สามารถพัฒนาให้โปรแกรมมีการยืดหยุ่นมากกว่านี้ หรือจะออกแบบให้มีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น เช่น การส่งสัญญาณเตือนเมื่อมีการฝากข้อความเข้ามาที่คู่สายภายในนั้นเมื่อคู่สายภายในยกหูหรือมีการเตือนเมื่อคู่สายภายในยกหูค้างไว้นานเกินไป และสามารถพัฒนาให้คิดเงินค่าโทรศัพท์ได้
3. สามารถยืดหยุ่นการฝากข้อความอัตโนมัติโดยการมใช้ไอซีบันทึกเสียงที่มีความจุในการบันทึกให้มากขึ้น เช่น ไอซีเบอร์ 3340 สามารถบันทึกข้อความได้ยาวนานถึง 120 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

DATA SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
Integrated DTMF Receiver

ISSUE 5 March 1997

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

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

Ordering Information

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

-40 °C to +85 °C

Description

The MT8870D/MT8870D-1 is a complete DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions. The filter section uses switched capacitor techniques for high and low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

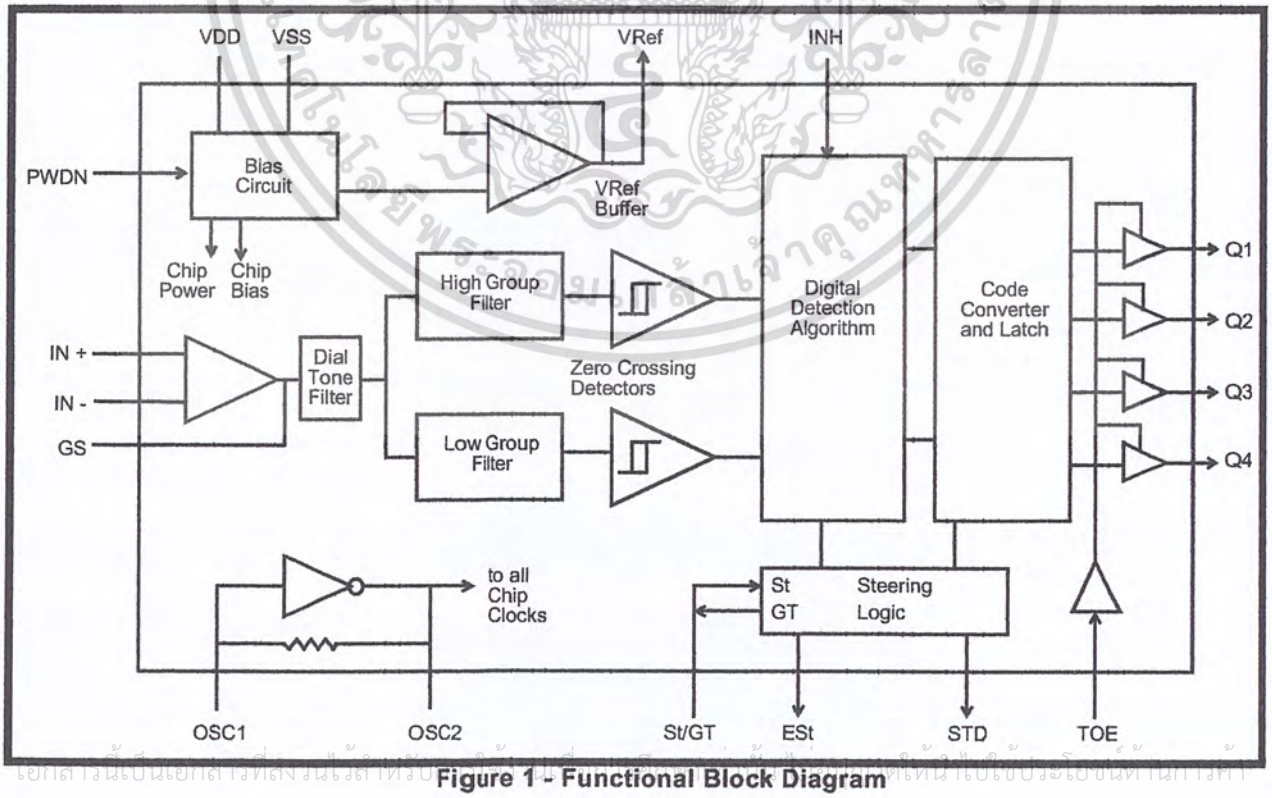


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ ... ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

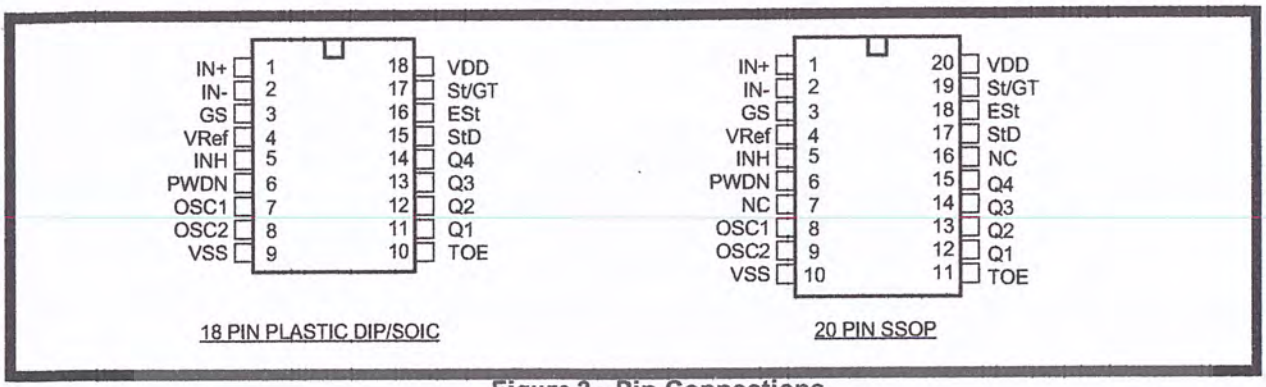


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #		Name	Description
18	20		
1	1	IN+	**Non-Inverting Op-Amp (Input).**
2	2	IN-	**Inverting Op-Amp (Input).**
3	3	GS	**Gain Select.** Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V_{Ref}	**Reference Voltage (Output).** Nominally $V_{DD}/2$ is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 6 and Fig. 10).
5	5	INH	**Inhibit (Input).** Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	6	PWDN	**Power Down (Input).** Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	8	OSC1	**Clock (Input).**
8	9	OSC2	**Clock (Output).** A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	10	V_{SS}	**Ground (Input).** 0V typical.
10	11	TOE	**Three State Output Enable (Input).** Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	12-15	Q1-Q4	**Three State Data (Output).** When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	17	StD	**Delayed Steering (Output).**Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V_{TSt}.
16	18	ESt	**Early Steering (Output).** Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESt to return to a logic low.
17	19	St/GT	**Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional.** A voltage greater than V_{TSt} detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V_{TSt} frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ESt and the voltage on St.
18	20	V_{DD}	**Positive power supply (Input).** +5V typical.
	7, 16	NC	No Connection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The MT8870D/MT8870D-1 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance. Its architecture consists of a bandsplit filter section, which separates the high and low group tones, followed by a digital counting section which verifies the frequency and duration of the received tones before passing the corresponding code to the output bus.

Filter Section

Separation of the low-group and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies. The filter section also incorporates notches at 350 and 440 Hz for exceptional dial tone rejection (see Figure 3). Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

Decoder Section

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone simulation by extraneous signals such as voice while providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (ESt) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause ESt to assume an inactive state (see "Steering Circuit").

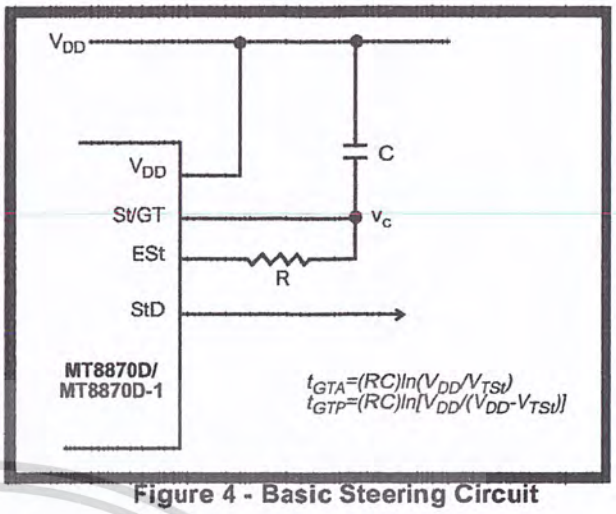


Figure 4 - Basic Steering Circuit

Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by ESt. A logic high on ESt causes v_c (see Figure 4) to rise as the capacitor discharges. Provided signal

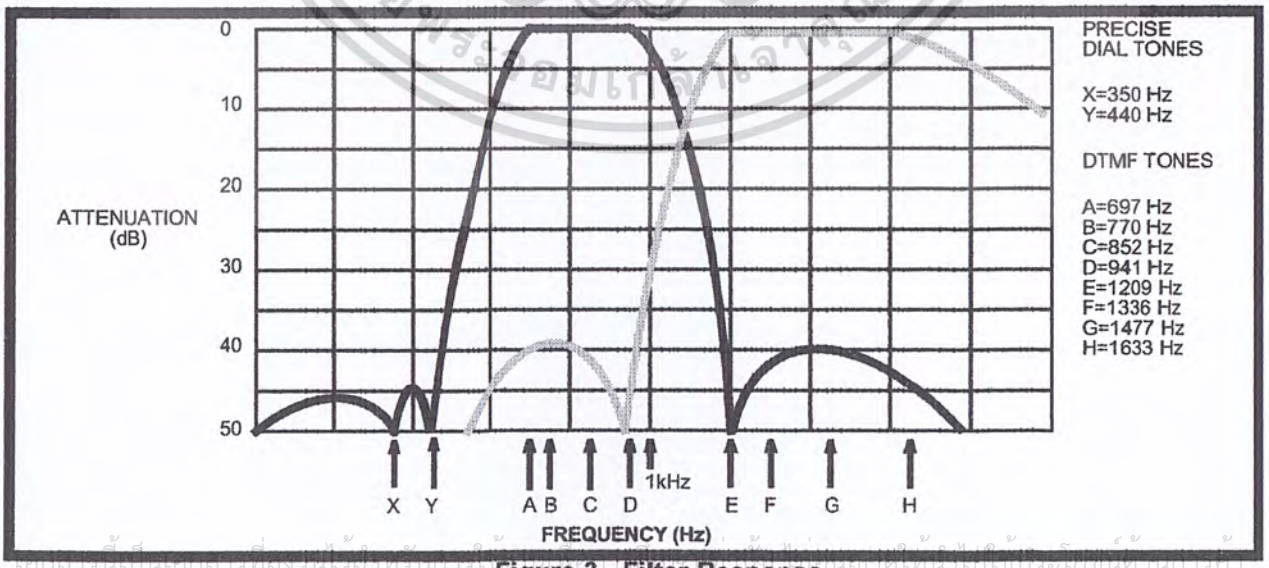


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

condition is maintained (ESt remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TSt}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives v_c to V_{DD}. GT continues to drive high as long as ESt remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

Digit	TOE	INH	ESt	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

Table 1. Functional Decode Table

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

Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 4 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC}=t_{DP}+t_{GTP}$$
$$t_{ID}=t_{DA}+t_{GTA}$$

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 11) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 µF is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

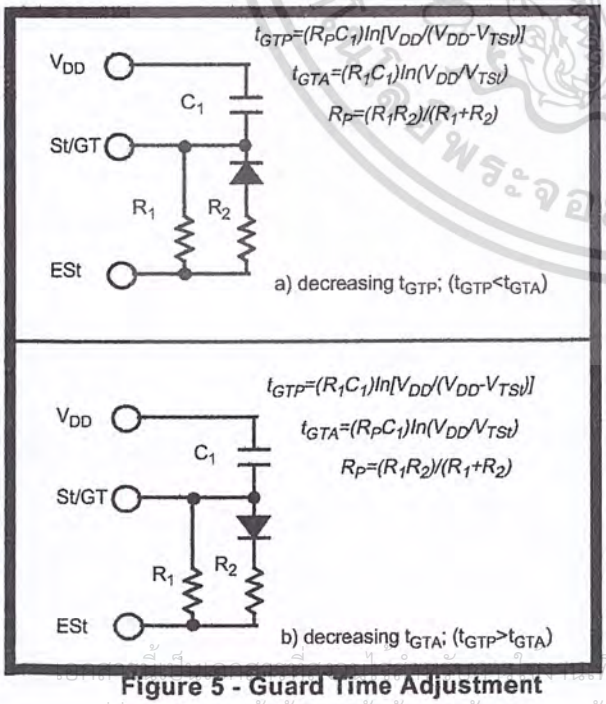


Figure 5 - Guard Time Adjustment

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{DO} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power-down and Inhibit Mode

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

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

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870D/MT8870D-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and V_{Ref} biasing the input at $^1/_2V_{DD}$. Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5.

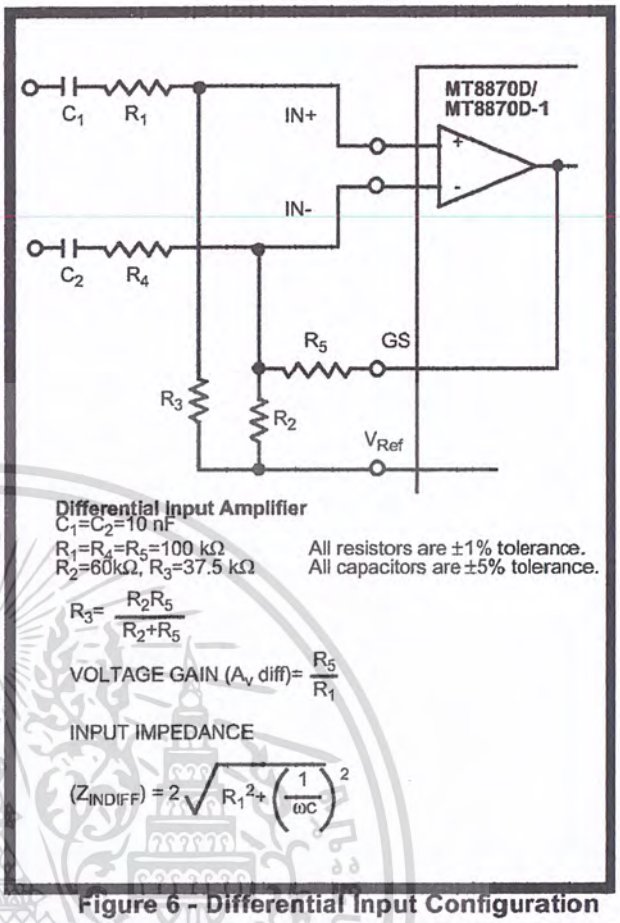


Figure 6 - Differential Input Configuration

Crystal Oscillator

The internal clock circuit is completed with the addition of an external 3.579545 MHz crystal and is normally connected as shown in Figure 10 (Single-Ended Input Configuration). However, it is possible to configure several MT8870D/MT8870D-1 devices employing only a single oscillator crystal. The oscillator output of the first device in the chain is coupled through a 30 pF capacitor to the oscillator input (OSC1) of the next device. Subsequent devices are connected in a similar fashion. Refer to Figure 7 for details. The problems associated with unbalanced loading are not a concern with the arrangement shown, i.e., precision balancing capacitors are not required.

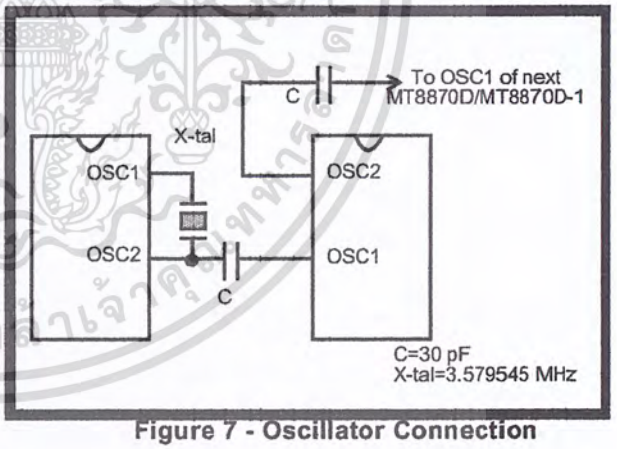


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications

Note: Qm=quality factor of RLC model, i.e., $1/2\Pi fR1C1$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 9 illustrates the use of MT8870D-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signals less than -34 dBm as the non-operate level. This condition can be attained by choosing a suitable values of R_1 and R_2 to provide 3 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870D-1. As shown in the diagram, the component values of R_3 and C_2 are the guard time requirements when the total component tolerance is 6%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 8.

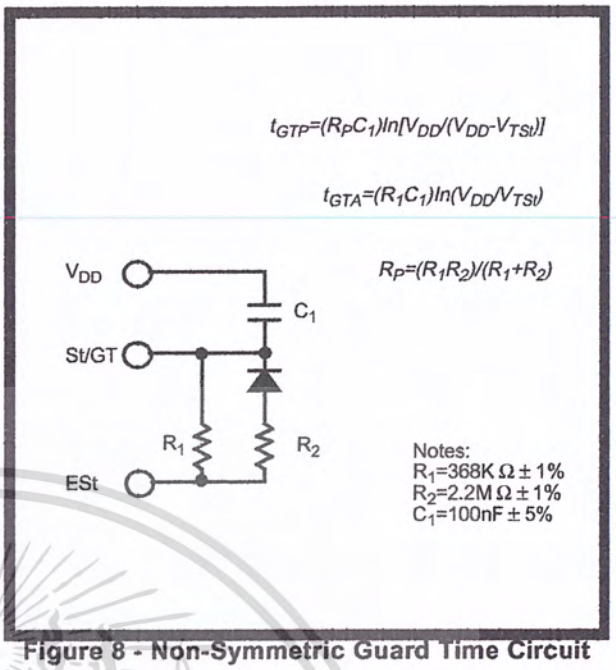


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

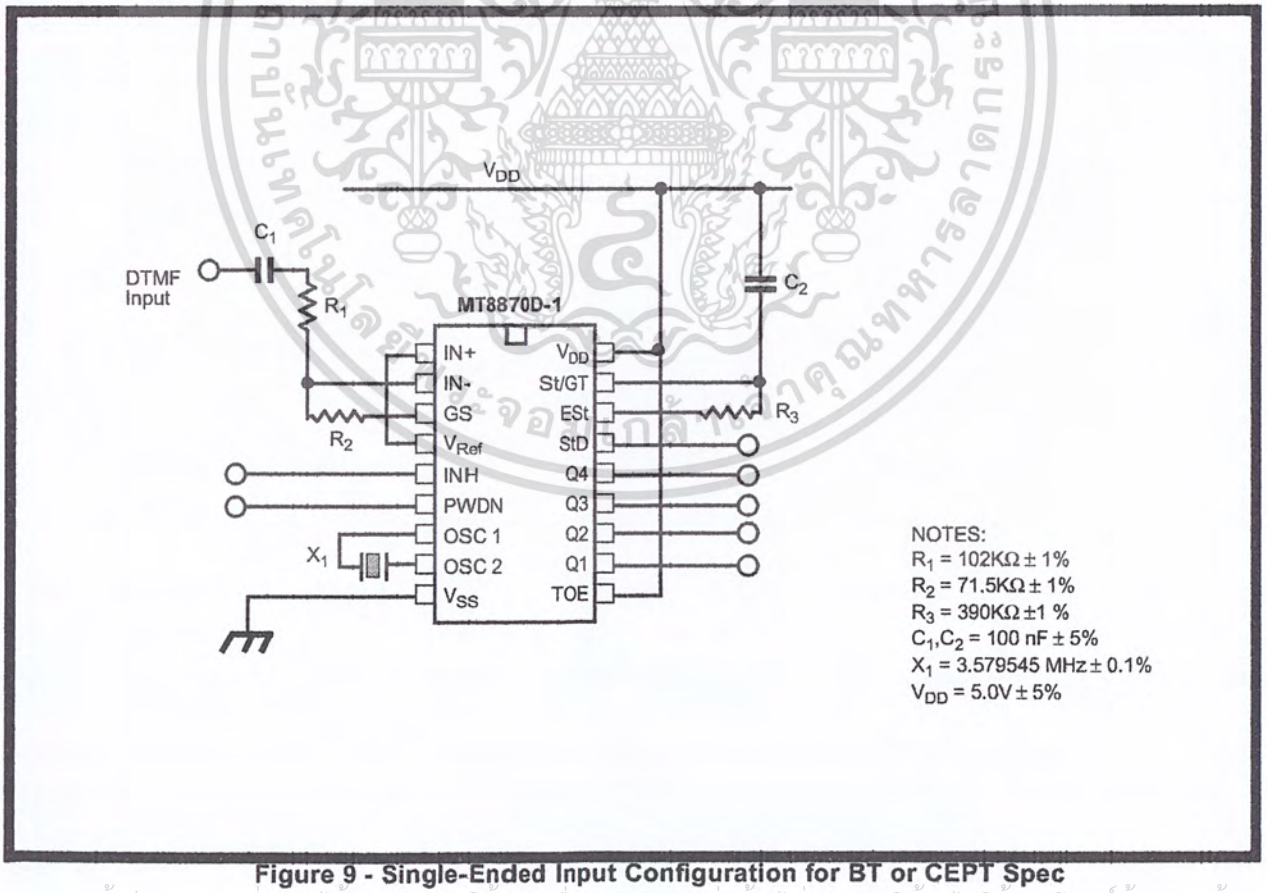


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings†

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}		7	V
2	Voltage on any pin	V_I	V_{SS}-0.3	V_{DD}+0.3	V
3	Current at any pin (other than supply)	I_I		10	mA
4	Storage temperature	T_{STG}	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P_D		500	mW

† Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.
Derate above 75 °C at 16 mW / °C. All leads soldered to board.

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

	Parameter	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}	4.75	5.0	5.25	V	
2	Operating Temperature	T_O	-40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	fc		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq.Tolerance	Δfc		±0.1		%	

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

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

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	SUPPLY	Standby supply current	I_{DDQ}		10	25	µA	PWDN=V_{DD}
2		Operating supply current	I_{DD}		3.0	9.0	mA	
3		Power consumption	P_O		15		mW	fc=3.579545 MHz
4	INPUTS	High level input	V_{IH}	3.5			V	V_{DD}=5.0V
5		Low level input voltage	V_{IL}			1.5	V	V_{DD}=5.0V
6		Input leakage current	I_{IH}/I_{IL}		0.1		µA	V_{IN}=V_{SS} or V_{DD}
7		Pull up (source) current	I_{SO}		7.5	20	µA	TOE (pin 10)=0, V_{DD}=5.0V
8		Pull down (sink) current	I_{SI}		15	45	µA	INH=5.0V, PWDN=5.0V, V_{DD}=5.0V
9		Input impedance (IN+, IN-)	R_{IN}		10		MΩ	@ 1 kHz
10		Steering threshold voltage	V_{TSt}	2.2	2.4	2.5	V	V_{DD} = 5.0V
11	OUTPUTS	Low level output voltage	V_{OL}			V_{SS}+0.03	V	No load
12		High level output voltage	V_{OH}	V_{DD}-0.03			V	No load
13		Output low (sink) current	I_{OL}	1.0	2.5		mA	V_{OUT}=0.4 V
14		Output high (source) current	I_{OH}	0.4	0.8		mA	V_{OUT}=4.6 V
15		V_{Ref} output voltage	V_{Ref}	2.3	2.5	2.7	V	No load, V_{DD} = 5.0V
16		V_{Ref} output resistance	R_{OR}		1		kΩ	

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}			100	nA	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}	10			MΩ	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	0.75 V ≤ V_{IN} ≤ 4.25 V biased at V_{Ref} =2.5 V
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	f_C	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	V_O	4.0			V_{pp}	Load ≥ 100 kΩ to V_{SS} @ GS
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L			100	pF	
10	Resistive load (GS)	R_L			50	kΩ	
11	Common mode range	V_{CM}	2.5			V_{pp}	No Load

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	TIMING	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	Note 1
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 1
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	Note 2
4		Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	Note 2
5		Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	Note 2
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	Note 2
7	OUTPUTS	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}		8	11	µs	TOE=V_{DD}
8		Propagation delay (St to StD)	t_{PStD}		12	16	µs	TOE=V_{DD}
9		Output data set up (Q to StD)	t_{QStD}		3.4		µs	TOE=V_{DD}
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		300		ns	load of 10 kΩ, 50 pF
12	PDWN	Power-up time	t_{PU}		30		ms	Note 3
13		Power-down time	t_{PD}		20		ms	
14	CLOCK	Crystal/clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
15		Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
16		Clock input fall time	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
17		Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
18		Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			30	pF	

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

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

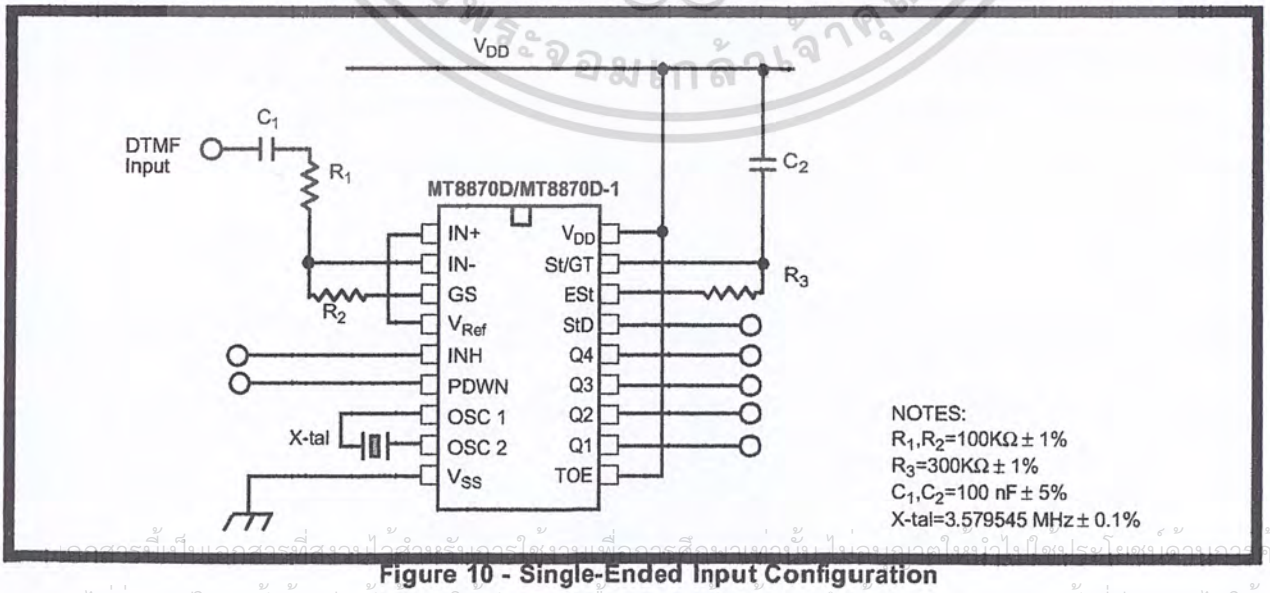
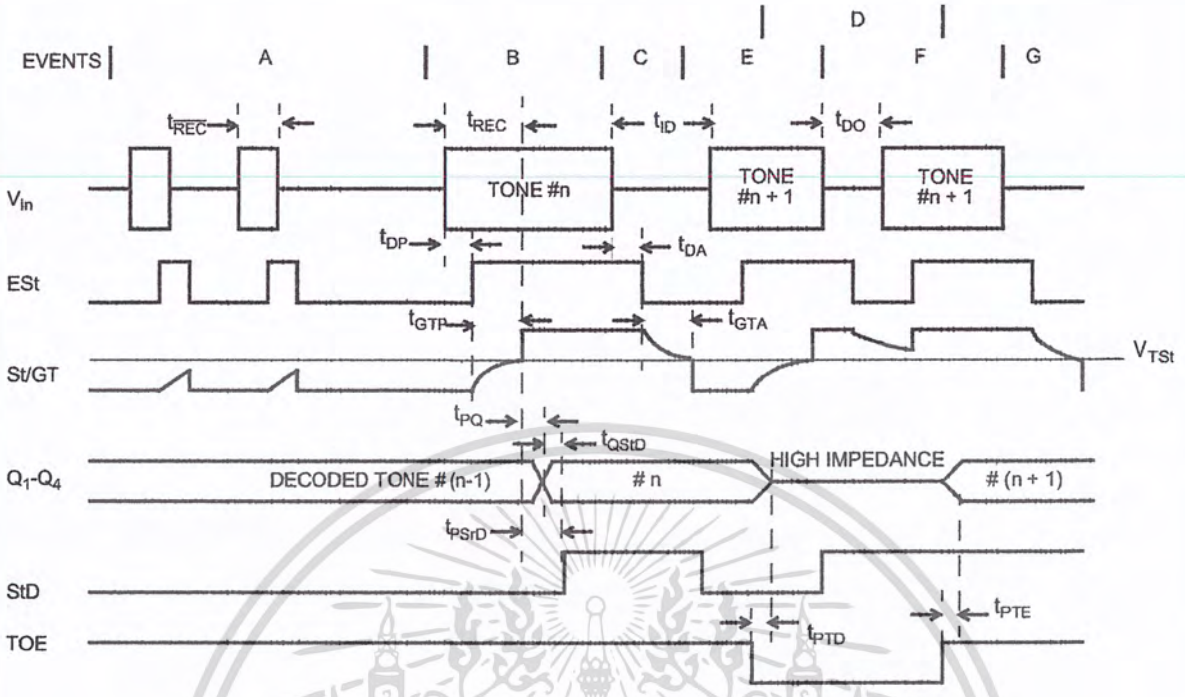


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

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

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

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

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

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

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

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

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

ESt EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.

St/GT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

StD DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.

TOE TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS Q_1-Q_4 TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.

$t_{\overline{REC}}$ MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID

t_{REC} MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION

t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

t_{DO} MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.

t_{DP} TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.

t_{DA} TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Timing Diagram

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISSUE3 March 1997

Features

- Internal control latches and address decoder
- Short set-up and hold times
- Wide operating voltage: 4.5V to 13.2V
- 12Vpp analog signal capability
- R_{ON} 65Ω max. @ V_{DD}=12V, 25°C
- ΔR_{ON} ≤10Ω @ V_{DD}=12V, 25°C
- Full CMOS switch for low distortion
- Minimum feedthrough and crosstalk
- Separate analog and digital reference supplies
- Low power consumption ISO-CMOS technology

Applications

- Key systems
- PBX systems
- Mobile radio
- Test equipment/instrumentation
- Analog/digital multiplexers
- Audio/Video switching

Ordering Information

MT8816AE	40 Pin Plastic DIP
MT8816AP	44 Pin PLCC

-40° to 85°C

Description

The Mitel MT8816 is fabricated in MITEL's ISO-CMOS technology providing low power dissipation and high reliability. The device contains a 8 x 16 array of crosspoint switches along with a 7 to 128 line decoder and latch circuits. Any one of the 128 switches can be addressed by selecting the appropriate seven address bits. The selected switch can be turned on or off by applying a logical one or zero to the DATA input. V_{SS} is the ground refer-ence of the digital inputs. The range of the analog signal is from V_{DD} to V_{EE}. Chip Select (CS) allows the crosspoint array to be cascaded for matrix expansion.

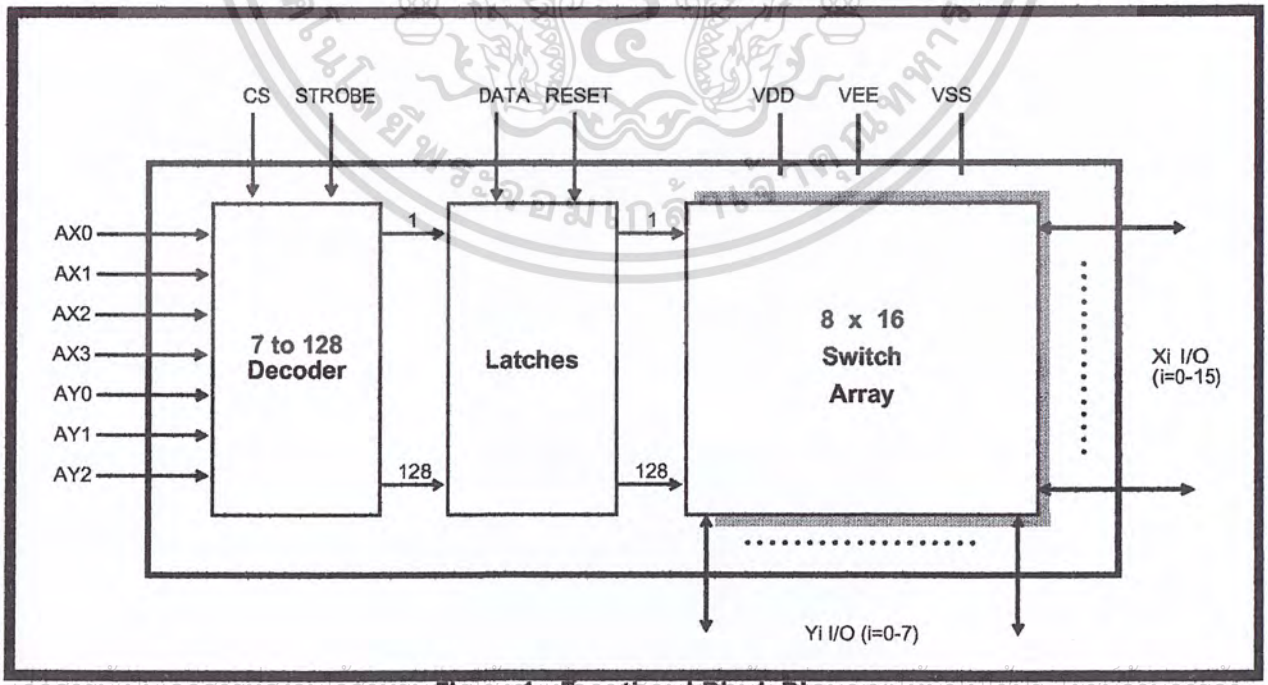


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... เพื่อประโยชน์ด้านการศึกษาเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

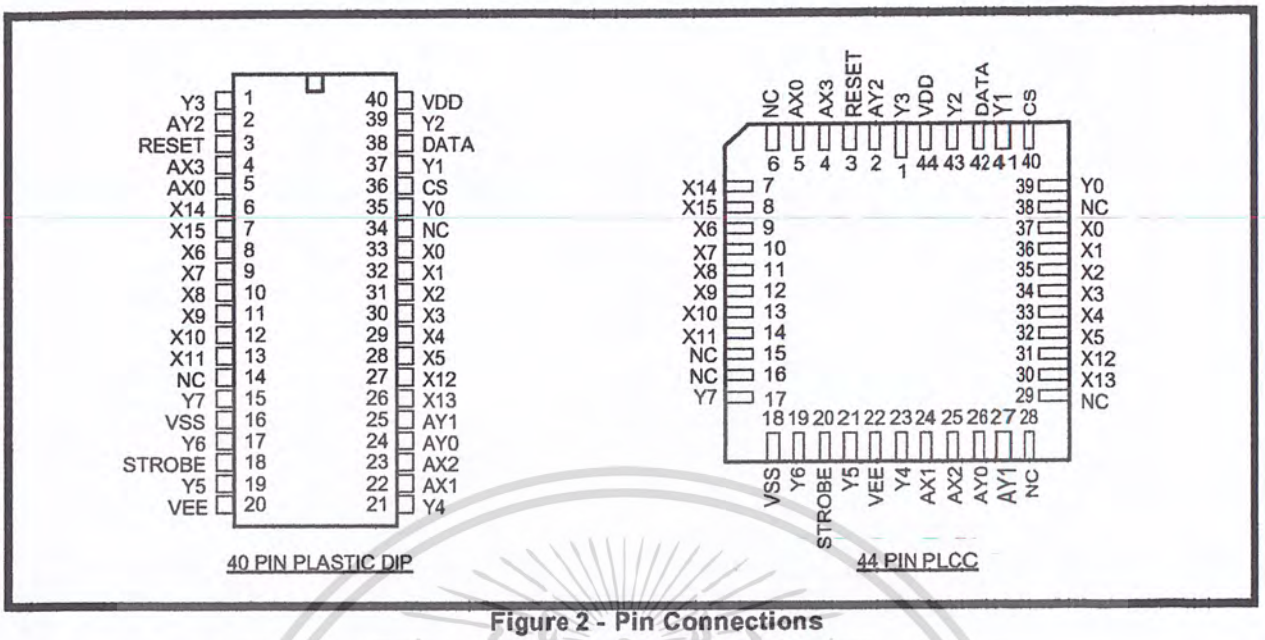


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #		Name	Description
PDIP	PLCC		
1	1	Y3	**Y3 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y3 column of the switch array.
2	2	AY2	**Y2 Address Line (Input).**
3	3	RESET	**Master RESET (Input):** this is used to turn off all switches regardless of the condition of CS. Active High.
4,5	4,5	AX3,AX0	**X3 and X0 Address Lines (Inputs).**
6,7	7,8	X14, X15	**X14 and X15 Analog (Inputs/Outputs):** these are connected to the X14 and X15 rows of the switch array.
8-13	9-14	X6-X11	**X6-X11 Analog (Inputs/Outputs):** these are connected to the X6-X11 rows of the switch array.
14	6,15,16	NC	**No Connection**
15	17	Y7	**Y7 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y7 column of the switch array.
16	18	V_{SS}	**Digital Ground Reference.**
17	19	Y6	**Y6 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y6 column of the switch array.
18	20	STROBE	**STROBE (Input):** enables function selected by address and data. Address must be stable before STROBE goes high and DATA must be stable on the falling edge of the STROBE. Active High.
19	21	Y5	**Y5 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y5 column of the switch array.
20	22	V_{EE}	**Negative Power Supply.**
21	23	Y4	**Y4 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y4 column of the switch array.
22, 23	24,25	AX1,AX2	**X1 and X2 Address Lines (Inputs).**
24, 25	26,27	AY0,AY1	**Y0 and Y1 Address Lines (Inputs).**
26, 27	30,31	X13, X12	**X13 and X12 Analog (Inputs/Outputs):** these are connected to the X13 and X12 rows of the switch array.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description (continued)

Pin #		Name	Description
PDIP	PLCC		
28 - 33	32-37	X5-X0	**X5-X0 Analog (Inputs/Outputs):** these are connected to the X5-X0 rows of the switch array.
34	28,29, 38	NC	**No Connection.**
35	39	Y0	**Y0 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y0 column of the switch array.
36	40	CS	**Chip Select (Input):** this is used to select the device. Active High.
37	41	Y1	**Y1 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y1 column of the switch array.
38	42	DATA	**DATA (Input):** a logic high input will turn on the selected switch and a logic low will turn off the selected switch. Active High.
39	43	Y2	**Y2 Analog (Input/Output):** this is connected to the Y2 column of the switch array.
40	44	V_{DD}	**Positive Power Supply.**

Functional Description

The MT8816 is an analog switch matrix with an array size of 8 x 16. The switch array is arranged such that there are 8 columns by 16 rows. The columns are referred to as the Y inputs/outputs and the rows are the X inputs/outputs. The crosspoint analog switch array will interconnect any X I/O with any Y I/O when turned on and provide a high degree of isolation when turned off. The control memory consists of a 128 bit write only RAM in which the bits are selected by the address inputs (AY0-AY2, AX0-AX3). Data is presented to the memory on the DATA input. Data is asynchronously written into memory whenever both the CS (Chip Select) and STROBE inputs are high and are latched on the falling edge of STROBE. A logical "1" written into a memory cell turns the corresponding crosspoint switch on and a logical "0" turns the crosspoint off. Only the crosspoint switches corresponding to the addressed memory location are altered when data is written into memory. The remaining switches retain their previous states. Any combination of X and Y inputs/outputs can be interconnected by establishing appropriate patterns in the control memory. A logical "1" on the RESET input will asynchronously return all memory locations to logical "0" turning off all crosspoint switches regardless of whether CS is high or low. Two voltage reference pins (V_{SS} and V_{EE}) are provided for the MT8816 to enable switching of negative analog signals. The range for digital signals is from V_{DD} to V_{SS} while the range for analog signals is from V_{DD} to V_{EE}. V_{SS} and V_{EE} pins can be tied together if a single voltage reference is needed.

Address Decode

The seven address inputs along with the STROBE and CS (Chip Select) are logically ANDed to form an enable signal for the resettable transparent latches. The DATA input is buffered and is used as the input to all latches. To write to a location, RESET must be low and CS must go high while the address and data are set up. Then the STROBE input is set high and then low causing the data to be latched. The data can be changed while STROBE is high, however, the corresponding switch will turn on and off in accordance with the DATA input. DATA must be stable on the falling edge of STROBE in order for correct data to be written to the latch.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*- Voltages are with respect to V_{EE} unless otherwise stated.

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	Supply Voltage	V_{DD} V_{SS}	-0.3 -0.3	16.0 V_{DD}+0.3	V V
2	Analog Input Voltage	V_{INA}	-0.3	V_{DD}+0.3	V
3	Digital Input Voltage	V_{IN}	V_{SS}-0.3	V_{DD}+0.3	V
4	Current on any I/O Pin	I		±15	mA
5	Storage Temperature	T_S	-65	+150	°C
6	Package Power Dissipation PLASTIC DIP	P_D		0.6	W

* Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.

Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to V_{EE} unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
1	Operating Temperature	T_O	-40	25	85	°C	
2	Supply Voltage	V_{DD} V_{SS}	4.5 V_{EE}		13.2 V_{DD}-4.5	V V	
3	Analog Input Voltage	V_{INA}	V_{EE}		V_{DD}	V	
4	Digital Input Voltage	V_{IN}	V_{SS}		V_{DD}	V	

DC Electrical Characteristics†- Voltages are with respect to V_{EE}=V_{SS}=0V, V_{DD} =12V unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Quiescent Supply Current	I_{DD}		1	100	µA	All digital inputs at V_{IN}=V_{SS} or V_{DD}
				0.4	1.5	mA	All digital inputs at V_{IN}=2.4V + V_{SS}; V_{SS}=7.0V
				5	15	mA	All digital inputs at V_{IN}=3.4V
2	Off-state Leakage Current (See G.9 in Appendix)	I_{OFF}		±1	±500	nA	$IV_{Xi} - V_{Yj}I = V_{DD} - V_{EE}$ See Appendix, Fig. A.1
3	Input Logic "0" level	V_{IL}			0.8+V_{SS}	V	V_{SS}=7.5V; V_{EE}=0V
4	Input Logic "1" level	V_{IH}	2.0+V_{SS}			V	V_{SS}=6.5V; V_{EE}=0V
5	Input Logic "1" level	V_{IH}	3.3			V	
6	Input Leakage (digital pins)	I_{LEAK}		0.1	10	µA	All digital inputs at V_{IN} = V_{SS} or V_{DD}

† DC Electrical Characteristics are over recommended temperature range.
‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

DC Electrical Characteristics- Switch Resistance - V_{DC} is the external DC offset applied at the analog I/O pins.

	Characteristics	Sym	25°C		70°C		85°C		Units	Test Conditions
			Typ	Max	Typ	Max	Typ	Max		
1	On-state V_{DD}=12V Resistance V_{DD}=10V V_{DD}= 5V (See G.1, G.2, G.3 in Appendix)	R_{ON}	45 55 120	65 75 185		75 85 215		80 90 225	Ω Ω Ω	V_{SS}=V_{EE}=0V,V_{DC}=V_{DD}/2, IV_{Xi}-$V_{Yj}I$ = 0.4V See Appendix, Fig. A.2
2	Difference in on-state resistance between two switches (See G.4 in Appendix)	ΔR_{ON}	5	10		10		10	Ω	V_{DD}=12V, V_{SS}=V_{EE}=0, V_{DC}=V_{DD}/2, IV_{Xi}-$V_{Yj}I$ = 0.4V See Appendix, Fig. A.2

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics† - Crosspoint Performance

-Voltages are with respect to V_{DD}=5V, V_{SS}=0V, V_{EE}=-7V, unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Switch I/O Capacitance	C_S		20		pF	f=1 MHz
2	Feedthrough Capacitance	C_F		0.2		pF	f=1 MHz
3	Frequency Response Channel "ON" 20LOG(V_{OUT}/V_{Xi})=-3dB	F_{3dB}		45		MHz	Switch is "ON"; V_{INA} = 2Vpp sinewave; R_L = 1kΩ See Appendix, Fig. A.3
4	Total Harmonic Distortion (See G.5, G.6 in Appendix)	THD		0.01		%	Switch is "ON"; V_{INA} = 2Vpp sinewave f= 1kHz; R_L=1kΩ
5	Feedthrough Channel "OFF" Feed.=20LOG (V_{OUT}/V_{Xi}) (See G.8 in Appendix)	FDT		-95		dB	All Switches "OFF"; V_{INA}= 2Vpp sinewave f= 1kHz; R_L= 1kΩ. See Appendix, Fig. A.4
6	Crosstalk between any two channels for switches Xi-Yi and Xj-Yj. Xtalk=20LOG (V_{Yj}/V_{Xi}). (See G.7 in Appendix).	X_{talk}		-45		dB	V_{INA}=2Vpp sinewave f= 10MHz; R_L = 75Ω.
				-90		dB	V_{INA}=2Vpp sinewave f= 10kHz; R_L = 600Ω.
				-85		dB	V_{INA}=2Vpp sinewave f= 10kHz; R_L = 1kΩ.
				-80		dB	V_{INA}=2Vpp sinewave f= 1kHz; R_L = 10kΩ. Refer to Appendix, Fig. A.5 for test circuit.
7	Propagation delay through switch	t_{PS}			30	ns	R_L=1kΩ; C_L=50pF

† Timing is over recommended temperature range. See Fig. 3 for control and I/O timing details.
‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.
Crosstalk measurements are for Plastic DIPS only, crosstalk values for PLCC packages are approximately 5dB better.

AC Electrical Characteristics† - Control and I/O Timings

- Voltages are with respect to V_{DD}=5V, V_{SS}=0V, V_{EE}=-7V, unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Control Input crosstalk to switch (for CS, DATA, STROBE, Address)	CX_{talk}		30		mVpp	V_{IN}=3V squarewave; R_{IN}=1kΩ, R_L=10kΩ. See Appendix, Fig. A.6
2	Digital Input Capacitance	C_{DI}		10		pF	f=1MHz
3	Switching Frequency	F_O			20	MHz	
4	Setup Time DATA to STROBE	t_{DS}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①
5	Hold Time DATA to STROBE	t_{DH}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①
6	Setup Time Address to STROBE	t_{AS}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①
7	Hold Time Address to STROBE	t_{AH}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①
8	Setup Time CS to STROBE	t_{CSS}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①
9	Hold Time CS to STROBE	t_{CSH}	10			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①
10	STROBE Pulse Width	t_{SPW}	20			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①
11	RESET Pulse Width	t_{RPW}	40			ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①
12	STROBE to Switch Status Delay	t_S		40	100	ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①
13	DATA to Switch Status Delay	t_D		50	100	ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①
14	RESET to Switch Status Delay	t_R		35	100	ns	R_L= 1kΩ, C_L=50pF ①

† Timing is over recommended temperature range. See Fig. 3 for control and I/O timing details.
Digital Input rise time (tr) and fall time (tf) = 5ns.
‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.
① Refer to Appendix, Fig. A.7 for test circuit.

ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

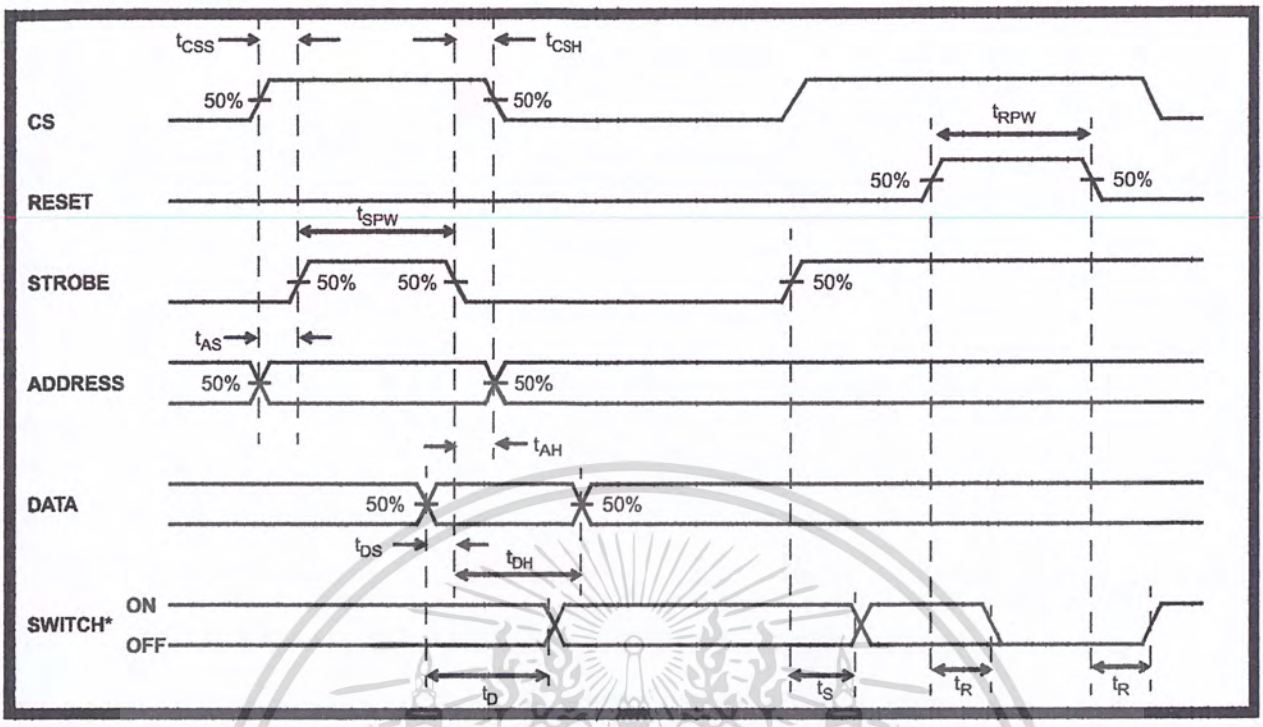


Figure 3 - Control Memory Timing Diagram

* See Appendix, Fig. A.7 for switching waveform

AX0	AX1	AX2	AX3	AY0	AY1	AY2	Connection*
0	0	0	0	0	0	0	X0-Y0
1	0	0	0	0	0	0	X1-Y0
0	1	0	0	0	0	0	X2-Y0
1	1	0	0	0	0	0	X3-Y0
0	0	1	0	0	0	0	X4-Y0
1	0	1	0	0	0	0	X5-Y0
0	1	1	0	0	0	0	X12-Y0
1	1	1	0	0	0	0	X13-Y0
0	0	0	1	0	0	0	X6-Y0
1	0	0	1	0	0	0	X7-Y0
0	1	0	1	0	0	0	X8-Y0
1	1	0	1	0	0	0	X9-Y0
0	0	1	1	0	0	0	X10-Y0
1	0	1	1	0	0	0	X11-Y0
0	1	1	1	0	0	0	X14-Y0
1	1	1	1	0	0	0	X15-Y0
0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	1 ↓	0 ↓	0 ↓	X0-Y1 ↓↓
1	1	1	1	1	0	0	X15-Y1
0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	1 ↓	0 ↓	X0-Y2 ↓↓
1	1	1	1	0	1	0	X15-Y2
0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	1 ↓	1 ↓	0 ↓	X0-Y3 ↓↓
1	1	1	1	1	1	0	X15-Y3
0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	1 ↓	X0-Y4 ↓↓
1	1	1	1	0	0	1	X15-Y4
0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	1 ↓	0 ↓	1 ↓	X0-Y5 ↓↓
1	1	1	1	1	0	1	X15-Y5
0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	1 ↓	1 ↓	X0-Y6 ↓↓
1	1	1	1	0	1	1	X15-Y6
0 ↓	0 ↓	0 ↓	0 ↓	1 ↓	1 ↓	1 ↓	X0-Y7 ↓↓
1	1	1	1	1	1	1	X15-Y7

Table 1. Address Decode Truth Table

* Switch connections are not in ascending order

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED DESCRIPTION

SPEECH/SOUND QUALITY

The ISD2500 series includes devices offered at 4.0, 5.3, 6.4, and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. Increasing the duration within a product series decreases the sampling frequency and bandwidth, which affects sound quality. Please refer to the ISD2560/75/90/120 Product Summary table on page *ii* to compare filter pass band and product durations.

The speech samples are stored directly into on-chip nonvolatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

DURATION

To meet end system requirements, the ISD2500 series offers single-chip solutions at 60, 75, 90, and 120 seconds. Parts may also be cascaded together for longer durations.

EEPROM STORAGE

One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

MICROCONTROLLER INTERFACE

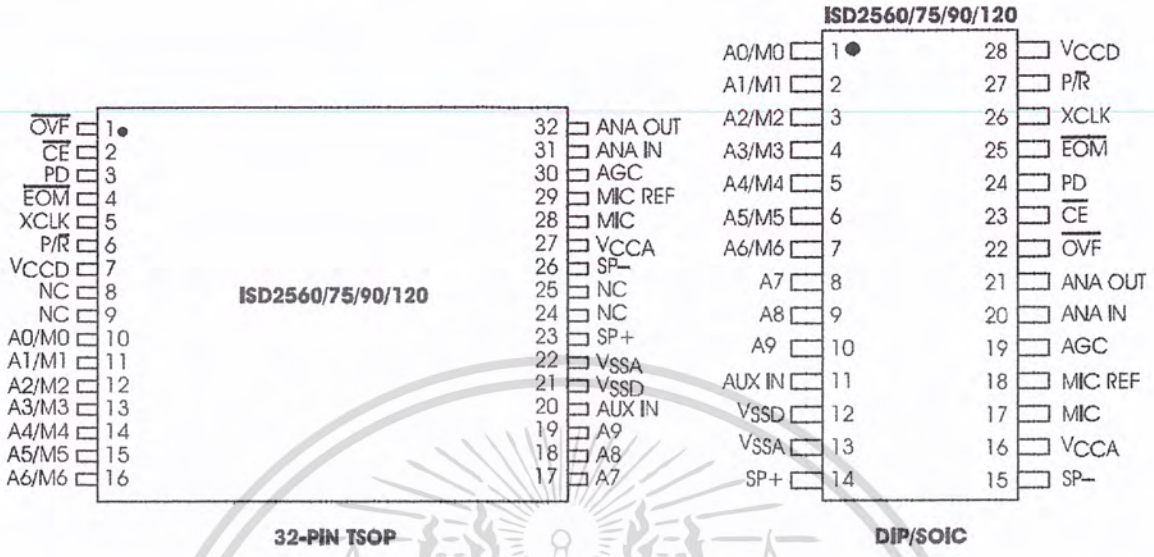
In addition to its simplicity and ease of use, the ISD2500 series includes all the interfaces necessary for microcontroller-driven applications. The address and control lines can be interfaced to a microcontroller and manipulated to perform a variety of tasks, including message assembly, message concatenation, predefined fixed message segmentation, and message management.

PROGRAMMING

The ISD2500 series is also ideal for playback-only applications, where single or multiple messages are referenced through buttons, switches, or a microcontroller. Once the desired message configuration is created, duplicates can easily be generated via an ISD programmer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

Figure 1: ISD2560/75/90/120 Device Pinouts



PIN DESCRIPTIONS

VOLTAGE INPUTS (V_{CCA}, V_{CCD})

To minimize noise, the analog and digital circuits in the ISD2500 series devices use separate power busses. These voltage busses are brought out to separate pins and should be tied together as close to the supply as possible. In addition, these supplies should be decoupled as close to the package as possible.

GROUND INPUTS (V_{SSA}, V_{SSD})

The ISD2500 series of devices utilizes separate analog and digital ground busses. These pins should be connected separately through a low-impedance path to power supply ground.

POWER DOWN INPUT (PD)

When not recording or playing back, the PD pin should be pulled HIGH to place the part in a very low power mode (see I_{SB} specification). When overflow ($\overline{OVF}$) pulses LOW for an overflow condition, PD should be brought HIGH to reset the address pointer back to the beginning of the record/playback space. The PD pin has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

CHIP ENABLE INPUT ($\overline{CE}$)

The $\overline{CE}$ pin is taken LOW to enable all playback and record operations. The address inputs and playback/record input (P/$\overline{R}$) are latched by the falling edge of $\overline{CE}$. $\overline{CE}$ has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

PLAYBACK/RECORD INPUT (P/$\overline{R}$)

The P/$\overline{R}$ input is latched by the falling edge of the $\overline{CE}$ pin. A HIGH level selects a playback cycle while a LOW level selects a record cycle. For a record cycle, the address inputs provide the starting address and recording continues until PD or $\overline{CE}$ is pulled HIGH or an overflow is detected (i.e. the chip is full). When a record cycle is terminated by pulling PD or $\overline{CE}$ HIGH, an End-Of-Message ($\overline{EOM}$) marker is stored at the current address in memory. For a playback cycle, the address inputs provide the starting address and the device will play until an $\overline{EOM}$ marker is encountered. The device can continue past an $\overline{EOM}$ marker in an Operational Mode, or if $\overline{CE}$ is held LOW in address mode. (See page 5 for more Operational Modes).

END-OF-MESSAGE / RUN OUTPUT ($\overline{EOM}$)

A nonvolatile marker is automatically inserted at the end of each recorded message. It remains there until the message is recorded over. The $\overline{EOM}$ output pulses LOW for a period of T_{EOM} at the end of each message.

In addition, the ISD2500 series has an internal V_{CC} detect circuit to maintain message integrity should V_{CC} fall below 3.5 V. In this case, $\overline{EOM}$ goes LOW and the device is fixed in playback-only mode.

When the device is configured in Operational Mode M6 (Push-Button Mode), this pin provides an active-HIGH RUN signal, indicating the device is currently recording or playing. This signal can conveniently drive an LED for a visual indicator of a record or playback operation in process.

OVERFLOW OUTPUT ($\overline{OVF}$)

This signal pulses LOW at the end of memory space, indicating the device has been filled and the message has overflowed. The $\overline{OVF}$ output then follows the $\overline{CE}$ input until a PD pulse has reset the device. This pin can be used to cascade several ISD2500 devices together to increase record/playback durations.

MICROPHONE INPUT (MIC)

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-chip Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from –15 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 KΩ resistance on this pin, determines the low-frequency cutoff for the ISD2500 series passband. See Application Information for additional information on low-frequency cutoff calculation.

MICROPHONE REFERENCE INPUT (MIC REF)

The MIC REF input is the inverting input to the microphone preamplifier. This provides a noise-canceling or common-mode rejection input to the device when connected to a differential microphone.

AUTOMATIC GAIN CONTROL INPUT (AGC)

The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of whispers to loud sounds to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 KΩ internal resistance and an external capacitor (C2 on the schematic on page 18) connected from the AGC pin to V_{SSA} analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R2) and an external capacitor (C2) connected in parallel between the AGC Pin and V_{SSA} analog ground. Nominal values of 470 KΩ and 4.7 μF give satisfactory results in most cases.

ANALOG OUTPUT (ANA OUT)

This pin provides the preamplifier output to the user. The voltage gain of the preamplifier is determined by the voltage level at the AGC pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALOG INPUT (ANA IN)

The analog input pin transfers its signal to the chip for recording. For microphone inputs, the ANA OUT pin should be connected via an external capacitor to the ANA IN pin. This capacitor value, together with the 3.0 KΩ input impedance of ANA IN, is selected to give additional cutoff at the low-frequency end of the voice passband. If the desired input is derived from a source other than a microphone, the signal can be fed, capacitively coupled, into the ANA IN pin directly.

EXTERNAL CLOCK INPUT (XCLK)

The external clock input for the ISD2500 devices has an internal pull-down device. These devices are configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to ±1 percent of specification. The frequency is then maintained to a variation of ±2.25 percent over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a ±5 percent tolerance over the industrial temperature and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

Table 1: External Clock Sample Rates

Part Number	Sample Rate	Required Clock
ISD2560	8.0 KHz	1024 KHz
ISD2575	6.4 KHz	819.2 KHz
ISD2590	5.3 KHz	682.7 KHz
ISD25120	4.0 KHz	512 KHz

These recommended clock rates should not be varied because the antialiasing and smoothing filters are fixed, and aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two. **If the XCLK is not used, this input must be connected to ground.**

SPEAKER OUTPUTS (SP+/SP–)

All devices in the ISD2500 series include an on-chip differential speaker driver, capable of driving 50 mW into 16 Ω from AUX IN (12.2 mW from memory).

The speaker outputs are held at V_{SSA} levels during record and power down. It is therefore not possible to parallel speaker outputs of multiple ISD2500 devices or the outputs of other speaker drivers.

NOTE *Connection of speaker outputs in parallel may cause damage to the device.*

A single output may be used alone (including a coupling capacitor between the SP pin and the speaker). These outputs may be used individually with the output signal taken from either pin. Using the differential outputs results in a 4 to 1 improvement in output power.

NOTE *Never ground or drive an unused speaker output.*

AUXILIARY INPUT (AUX IN)

The Auxiliary Input is multiplexed through to the output amplifier and speaker output pins when $\overline{CE}$ is HIGH, P/$\overline{R}$ is HIGH, and playback is currently not active or if the device is in playback overflow. When cascading multiple ISD2500 devices, the AUX IN pin is used to connect a playback signal from a following device to the previous output speaker drivers. For noise considerations, it is suggested that the auxiliary input not be driven when the storage array is active.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

ADDRESS/MODE INPUTS (AX/MX)

The Address/Mode Inputs have two functions depending on the level of the two Most Significant Bits (MSB) of the address (A8 and A9).

If either or both of the two MSBs are LOW, the inputs are all interpreted as address bits and are used as the start address for the current record or playback cycle. The address pins are inputs only and do not output internal address information as the operation progresses. Address inputs are latched by the falling edge of $\overline{CE}$.

If both MSBs are HIGH, the Address/Mode Inputs are interpreted as Mode bits according to the Operational Mode table. There are six Operational Modes (M0..M6) available as indicated in the table. It is possible to use multiple Operational Modes simultaneously. Operational Modes are sampled on each falling edge of $\overline{CE}$, and thus Operational Modes and direct addressing are mutually exclusive.

OPERATIONAL MODES

The ISD2500 series is designed with several built-in Operational Modes that provide maximum functionality with minimum additional components. These are described in detail below. The Operational Modes use the address pins on the ISD2500 devices, but are mapped outside the valid address range. When the two Most Significant Bits (MSBs) are HIGH (A8 and A9), the remaining address signals are interpreted as mode bits and not as address bits. Therefore, Operational Modes and direct addressing are not compatible and cannot be used simultaneously.

There are two important considerations for using Operational Modes. First, all operations begin initially at address 0, which is the beginning of the ISD2500 address space. Later operations can begin at other address locations, depending on the Operational Mode(s) chosen. In addition, the address pointer is reset to 0 when the device is changed from record to playback, playback to record (except M6 mode), or when a Power-Down cycle is executed.

Second, Operational Modes are executed when $\overline{CE}$ goes LOW and the two MSBs are HIGH. This Operational Mode remains in effect until the next LOW-going $\overline{CE}$ signal, at which point the current address/mode levels are sampled and executed.

Table 2: Operational Modes Table

Mode Control	Function	Typical Use	Jointly Compatible[1]
M0	Message cueing	Fast-forward through messages	M4, M5, M6
M1	Delete $\overline{EOM}$ markers	Position $\overline{EOM}$ marker at the end of the last message	M3, M4, M5, M6
M2	Not applicable	Reserved	N/A
M3	Looping	Continuous playback from Address 0	M1, M5, M6
M4	Consecutive addressing	Record/play multiple consecutive messages	M0, M1, M5
M5	$\overline{CE}$ level-activated	Allows message pausing	M0, M1, M3, M4
M6	Push-button control	Simplified device interface	M0, M1, M3

1. *Additional Operational Modes can be used simultaneously with the given mode.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATIONAL MODES DESCRIPTION

The Operational Modes can be used in conjunction with a microcontroller, or they can be hardwired to provide the desired system operation.

M0 — MESSAGE CUEING

Message Cueing allows the user to skip through messages, without knowing the actual physical addresses of each message. Each $\overline{CE}$ LOW pulse causes the internal address pointer to skip to the next message. This mode should be used for playback only, and is typically used with the M4 Operational Mode.

M1 — DELETE $\overline{EOM}$ MARKERS

The M1 Operational Mode allows sequentially recorded messages to be combined into a single message with only one $\overline{EOM}$ marker set at the end of the final message. When this Operational Mode is configured, messages recorded sequentially are played back as one continuous message.

M2 — UNUSED

When Operational Modes are selected, the M2 pin should be LOW.

M3 — MESSAGE LOOPING

The M3 Operational Mode allows for the automatic, continuously repeated playback of the message located at the beginning of the address space. A message can completely fill the ISD2500 device and will loop from beginning to end without $\overline{OVF}$ going LOW.

M4 — CONSECUTIVE ADDRESSING

During normal operations, the address pointer will reset when a message is played through to an $\overline{EOM}$ marker. The M4 Operational Mode inhibits the address pointer reset on $\overline{EOM}$, allowing messages to be played back consecutively.

M5 — $\overline{CE}$-LEVEL ACTIVATED

The default mode for ISD2500 devices is for $\overline{CE}$ to be edge-activated on playback and level-activated on record. The M5 Operational Mode causes the $\overline{CE}$ pin to be interpreted as level-activated as opposed to edge-activated during playback. This is specifically useful for terminating playback operations using the $\overline{CE}$ signal.

In this mode, $\overline{CE}$ LOW begins a playback cycle, at the beginning of the device memory. The playback cycle continues as long as $\overline{CE}$ is held LOW. When $\overline{CE}$ goes HIGH, playback will immediately end. A new $\overline{CE}$ LOW will restart the message from the beginning unless M4 is also HIGH.

M6 — PUSH-BUTTON MODE

The ISD2500 series of devices contain a Push-Button Operational Mode. The Push-Button mode is used primarily in very low-cost applications and is designed to minimize external circuitry and components, thereby reducing system cost. In order to configure the device in Push-Button Operational Mode, the two most significant address bits must be HIGH, and the M6 mode pin must also be HIGH. A device in this mode always powers down at the end of each playback or record cycle after $\overline{CE}$ goes HIGH.

When this Operational Mode is implemented, several of the pins on the device have alternate functionality:

Table 3: Alternate Functionality in Pins

Pin Name	Alternate Functionality in Push-Button Mode
$\overline{CE}$	Start/Pause Push-Button (LOW pulse-activated)
PD	Stop/Reset Push-Button (HIGH pulse activated)
$\overline{EOM}$	Active-HIGH Run Indicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

$\overline{\text{CE}}$ PIN (START/PAUSE)

In Push-Button Operational Mode, $\overline{\text{CE}}$ acts as a LOW-going pulse-activated START/PAUSE signal. If no operation is currently in progress, a LOW-going pulse on this signal will initiate a playback or a record cycle according to the level on the P/$\overline{\text{R}}$ pin. A subsequent pulse on the $\overline{\text{CE}}$ pin, before an End-Of-Message is reached in playback or an overflow condition occurs, will cause the device to pause. The address counter is not reset, and another $\overline{\text{CE}}$ pulse will cause the device to continue the operation from the place where it was paused.

PD PIN (STOP/RESET)

In push-button Operational Mode, PD acts as a HIGH-going pulse-activated STOP/RESET signal. When a playback or record cycle is in progress and a HIGH-going pulse is observed on PD, the current cycle is terminated and the address pointer is reset to address 0, the beginning of the message space.

$\overline{\text{EOM}}$ PIN (RUN)

In Push-Button Operational Mode, $\overline{\text{EOM}}$ becomes an active-HIGH RUN signal which can be used to drive an LED or other external device. It is HIGH whenever a record or playback operation is in progress.

Recording in Push-Button Mode

1. The PD pin should be LOW, usually using a pull-down resistor.
2. The P/$\overline{\text{R}}$ pin is taken LOW.
3. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Recording starts, $\overline{\text{EOM}}$ goes HIGH to indicate an operation in progress.
4. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Recording pauses, $\overline{\text{EOM}}$ goes back LOW. The internal address pointers are not cleared, but an EOM marker is stored in memory to point to the message end. The P/$\overline{\text{R}}$ pin may be taken HIGH at this time. Any subsequent $\overline{\text{CE}}$ would start a playback at address 0.
5. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Recording starts at the next address after the previous set EOM marker. $\overline{\text{EOM}}$ goes back HIGH.

NOTE *If the M1 Operational Mode pin is also HIGH, the just previously written EOM bit is erased, and recording starts at that address.)*

---

6. When the recording sequences are finished, the final $\overline{\text{CE}}$ pulse LOW will end the last record cycle, leaving a set $\overline{\text{EOM}}$ marker at the message end. Recording may also be terminated by a HIGH level on PD, which will leave a set EOM marker.

Playback in Push-Button Mode

1. The PD pin should be LOW.
2. The P/$\overline{\text{R}}$ pin is taken HIGH.
3. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Playback starts, $\overline{\text{EOM}}$ goes HIGH to indicate an operation in progress.
4. If the $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW or an EOM marker is encountered during an operation, the part will pause. The internal address pointers are not cleared, and $\overline{\text{EOM}}$ goes back LOW. The P/$\overline{\text{R}}$ pin may be changed at this time. A subsequent record operation would not reset the address pointers and the recording would begin where playback ended.
5. $\overline{\text{CE}}$ is again pulsed LOW. Playback starts where it left off, with $\overline{\text{EOM}}$ going HIGH to indicate an operation in progress.
6. Playback continues as in steps 4 and 5 until PD is pulsed HIGH or overflow occurs.
7. If in overflow, pulling $\overline{\text{CE}}$ LOW will reset the address pointer and start playback from the beginning. After a PD pulse, the part is reset to address 0.

NOTE *Push-button mode can be used in conjunction with modes M0, M1, and M3.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GOOD AUDIO DESIGN PRACTICES

ISD products are very high-quality single-chip voice recording and playback systems. To ensure the highest quality voice reproduction, it is important that good audio design practices on layout and power supply decoupling be followed. See the ISD Application Notes in this book for details.

ISD1000A COMPATIBILITY

The ISD2500 series of devices is designed to provide upward compatibility with the ISD1000A family. When designing with the ISD2500 series, the following differences should be noted.

ADDRESSING

The ISD2560/75/90/120 devices have 480K storage cells designed to provide 60 seconds of storage at a sampling rate of 8.0 KHz. This is approximately four times the storage of the ISD1000A family. To enable the same addressing resolution, two additional address pins have been added. The address space of each device is divisible into 600 increments with valid addressing from 00 to 257 Hex. Some higher addresses are mapped into the Operational Modes. All other addresses are invalid.

OVERFLOW

The ISD1000A series combined two functions on the $\overline{EOM}$ pin: end-of-message indication and overflow. The ISD2500 separates these two functions. Pin 25 (PDIP package) remains as $\overline{EOM}$, but outputs only the EOM signal indication. Pin 22 (PDIP package) becomes $\overline{OVF}$ and pulses LOW only when the device reaches its end of memory, or is "full." This change allows easy message cueing and addressability across device boundaries. This also means that the M2 Operational Mode found in the ISD1000A family is not implemented in the ISD2500 series.

PUSH-BUTTON MODE

The ISD2500 series includes an additional Operational Mode called Push-Button mode. This provides an alternative interface to the record and playback functions of the part. The $\overline{CE}$ and PD pins become redefined as edge-activated "push-buttons." A pulse on $\overline{CE}$ initiates a cycle, and if triggered again, pauses the current cycle without resetting the address pointer (i.e., a Start or Pause function). PD stops any current cycle and resets the address pointer to the beginning of the message space (i.e., a Stop and Reset function). Additionally, the $\overline{EOM}$ pin functions as an active-HIGH run indicator, and can be used to drive an LED indicating a record or playback operation is in progress. Devices in the Push-Button mode cannot be cascaded.

LOOPING MODE

The ISD2500 series can loop with a message that completely fills the memory space.

NOTE *Additional descriptions of ISD2500 device functionality and application examples are provided in the ISD Application Notes in this book.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

TIMING DIAGRAMS

Figure 2: Record

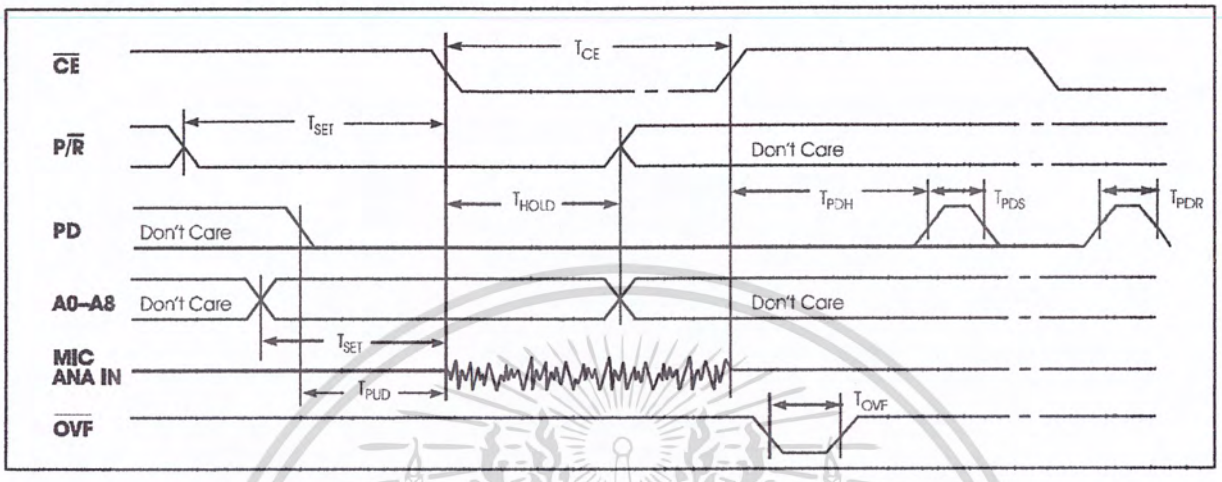
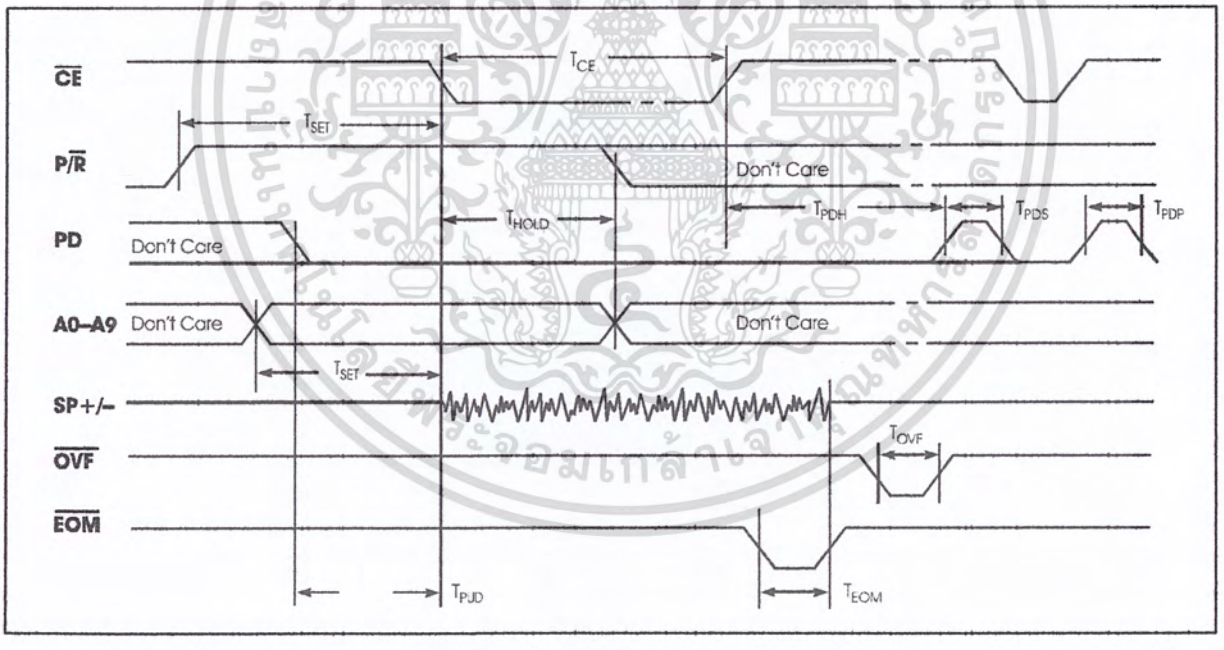


Figure 3: Playback



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์ และอาจารย์ รศ. ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค ที่ได้ให้คำปรึกษาด้วยดีและขอบคุณผู้ให้การสนับสนุนและคำปรึกษาในส่วนของเนื้อหาวิชาในส่วนต่างๆ อีกทั้งในส่วนของเนื้อหาที่สำคัญในปริญญานิพนธ์ของรุ่นพี่เพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบและการประยุกต์ที่เกี่ยวกับผลงานชิ้นนี้และขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นทุกคนที่คอยให้กำลังใจและให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้านด้วยดีเรื่อยมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

สมยศ จุณณะปิยะ. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอลโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51** พิมพ์ครั้งที่ 4 : กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2537. **เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ** : ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541. **เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ** : ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542. **เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาปลายทางอัตโนมัติ 2 คู่สายนอก 8 คู่สายใน** : ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้