

ปริญญาบัตร
เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ
(ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)
PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE



ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อปริญญาโท เครื่องขุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

(PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE)

- | | | | |
|--------------|-----------------------------|--------------|----------|
| ชื่อนักศึกษา | 1. นายกุลยศ -ปริดิสนธิ | รหัสประจำตัว | 36031205 |
| | 2. นายณคณ นาควังไทร | รหัสประจำตัว | 36031215 |
| | 3. นายนรินทร์ คำรงค์ | รหัสประจำตัว | 36031219 |
| | 4. นายวิเชียร ประพัฒน์รังษี | รหัสประจำตัว | 36031226 |

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

1. อาจารย์กิติพงศ์ มะโน
2. อาจารย์วรวิทย์ สมหา
3. อาจารย์โกศล ตราขู

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือ
1. อาจารย์กิติพงศ์ มะโน	
2. อาจารย์วรวิทย์ สมหา	
3. อาจารย์โกศล ตราขู	
4. ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี	
5. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 20 เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2538 เวลา 18.00 น.ถึง 19.00. น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.301 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชาวิศวกรรม
 ลงนาม
 (ผศ.ดร.ธีระพล เข้มหลัด ณ อยุธยา)
 หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรม
 วันที่ 20 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ (ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)

PRIVATE AUTOMATIC BRARCH EXCHANGE

ผู้จัดทำ

1. นายกุลยศ ปรีดีสนิท
2. นายนพดล นาควังไทร
3. นายนรินทร์ คำรงค์
4. นายวิเชียร ประพัฒน์รังษี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม

(อาจารย์กิติพงศ์ มะโน)

ลงนาม

(อาจารย์วรวิทย์ สมหา)

ลงนาม

(อาจารย์โกศล ทรายชู)

หัวหน้าภาควิชา

ลงนาม

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

(ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

นายกุลยศ ปรีดีสนิท
 นายนภดล นาควังไทร
 นายนรินทร์ คำรงค์
 นายวิเชียร ประพัฒน์รังษี

อาจารย์ที่ปรึกษา
 อาจารย์กิติพงศ์ มะโน
 อาจารย์วรัญญา สมหา
 อาจารย์โกศล ตราชู
 ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เสนอการนำระบบไมโคร โปรเซสเซอร์ไปประยุกต์ใช้กับระบบ
 ชุมสายโทรศัพท์สาขาขนาดเล็ก ที่สามารถขยายคู่สายจาก 2 คู่สายภายนอกเป็น 8 คู่สายภายใน โดย
 ที่ผู้ใช้โทรศัพท์สามารถติดต่อโดยตรงกับเครื่องลูกภายในได้โดยไม่ต้องผ่านพนักงานต่อสาย
 หรือ โอเปอเรเตอร์ (Operator) โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้ง
 หหมดแทนระบบเก่าที่ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีขนาดใหญ่ทำงานช้ายากแก่การซ่อมแซม แก้ไข
 และตัดแปลง แนวความคิดนี้ยังผลให้เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติทำงานรวดเร็ว ไม่ผิด
 พลาด ทั้งยังตัดแปลงแก้ไข ซ่อมแซมเคลื่อนย้ายง่าย และมีขีดความสามารถสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

MR.KULYOT PREDEESANITH

MR NOPPADON NAKWANGSAL

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ (ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบชุมสายโทรศัพท์ในปัจจุบัน
2. เพื่อศึกษาระบบชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน
3. เพื่อศึกษาระบบไมโครโปรเซสเซอร์
4. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน
5. เพื่อออกแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน
6. เพื่อสร้างเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจการทำงานของระบบโทรศัพท์ในปัจจุบัน
2. เข้าใจระบบการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน
3. เข้าใจระบบไมโครโปรเซสเซอร์
4. เข้าใจโปรแกรมควบคุมการทำงานได้
5. สร้างเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่ปริญญานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้นคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษารวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านเป็นอย่างมาก ที่ท่านได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ปัญหาในด้านต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุก ๆ ท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และเพื่อน ๆ ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจมาตลอด และที่สำคัญที่สุด คือสมาชิกภายในกลุ่มของคณะผู้จัดทำทุกท่านที่ได้ร่วมกันช่วยเหลือกันแก้ปัญหาต่าง ๆ และทำงานในส่วนที่รับผิดชอบอย่างเต็มความสามารถ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.2.1 ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง	22
2.2.2 ชุมสายต่อผ่าน (Transit Exchange)	23
2.3 ระบบสวิตซ์ซึ่ง (Switching System) ชนิดต่าง ๆ	23
2.3.1 ระบบสวิตซ์ซึ่งด้วยมือ (Manual Switching System)	23
2.3.2 ระบบสวิตซ์ซึ่งอัตโนมัติ (Automatic Switching System)	23
2.3.3 ระบบสวิตซ์ซึ่งแบบควบคุมร่วม	24
2.3.4 ชุมสายโทรศัพท์ระบบดิจิทัล (SPC. Storage Program Control)	25
2.4 มาตรฐานของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ	25
บทที่ 3 การออกแบบและหลักการทำงาน	27
3.1 หลักการเบื้องต้น	27
3.2 การทำงานของชุมสายโทรศัพท์สามารถแบ่งการทำงานออกได้เป็น	27
3.2.1 ส่วนกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์และกำเนิดเสียงคนตรี	27
3.2.2 ส่วนติดต่อภายนอกและส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	31
3.2.3 ส่วนตอบรับอัตโนมัติ	32
3.2.4 ส่วนติดต่อภายใน (Internal Line Interface)	33
3.2.5 ส่วนถอดรหัส DTMF (Dual Tone Multi Frequency)	34
3.2.6 ส่วนรีเลย์ (Relay)	36
3.2.7 ส่วนเมตริกซ์สวิตซ์ (Matrix Switch)	36
3.2.8 ส่วนภาคจ่ายไฟ (Power Supply)	38
3.3 การทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขา และโอเพอร์เรเตอร์อัตโนมัติ	40
3.4 รูปต้นแบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติและโอเพอร์เรเตอร์ (ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)	45
3.5 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติและ โอเพอร์เรเตอร์ (ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)	47
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	51
4.1 ผลการทดลอง	51
4.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
4.3 การแก้ปัญหา	55
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	57
5.1 บทสรุป	57
5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการนำโครงการ	58
5.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงการ	58
5.4 แนวทางในการพัฒนาโครงการ	58
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก ก. โปรแกรมการทำงานของเครื่องหุ้มสายโทรศัพท์สาขา อัตโนมัติและโอเปอร์เรเตอร์ (ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)	61
ข. ลายปริ้นซ์ของเครื่องหุ้มสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติและโอเปอร์เรเตอร์ (ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)	85
ค. รายการอุปกรณ์ของเครื่องหุ้มสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ (ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)	89
ง. คู่มือการใช้เครื่อง	94
จ. คู่มืออุปกรณ์	99

สารบัญภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น	4
รูปที่ 2.2 แถบความถี่พลังงานของเสียงพูด	6
รูปที่ 2.3 สัญญาณต่าง ๆ ที่อยู่ทั้งในและนอกย่านความถี่เสียง	7
รูปที่ 2.4 วงจรอย่างง่ายในการอธิบายกำลังของสัญญาณ	7
รูปที่ 2.5 สัญญาณเสียงที่มอดูเลตกับคลื่นพาห์	9
รูปที่ 2.6 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นพาห์	10
รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์	11
รูปที่ 2.8 (ก) วงจรหมุนหมายเลขแบบพัลส์อย่างง่าย (ข) ไดอะแกรมของเวลาค่ำ ๆ ของสัญญาณที่ติดจากการหมุนเลข “4”	12
รูปที่ 2.9 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้น ๆ	15
รูปที่ 2.10 วงจรพื้นฐานที่ใช้อุปกรณ์แบบแยกชิ้นของโทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF	16
รูปที่ 2.11 วงจรหมุนหมายเลขต่อแบบขนานกับวงจรไฮบริด	18
รูปที่ 2.12 วงจรไฮบริด	18
รูปที่ 2.13 วงจรหมุนหมายเลขต่อแบบอนุกรมกับวงจรไฮบริด	19
รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมของไอซีที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์	20
รูปที่ 2.15 ไดอะแกรมเวลาของสัญญาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการส่งสัญญาณพัลส์	21
รูปที่ 2.16 วงจรสมบูรณของระบบที่ใช้ในการส่งสัญญาณพัลส์	23
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาและ โอเปอร์เตอร์อัตโนมัติ	27
รูปที่ 3.2 วงจรกำเนิดสัญญาณให้หมุน	28
รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่าง	29
รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณเรียกกลับ	30
รูปที่ 3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	30
รูปที่ 3.6 วงจรกำเนิดเสียงคนตรี	31
รูปที่ 3.7 วงจรส่วนติดต่อภายนอก	32
รูปที่ 3.8 วงจรระบบตอบรับอัตโนมัติ	33
รูปที่ 3.9 วงจรส่วนติดต่อภายใน	34
รูปที่ 3.10 วงจรถอดรหัส DTMF	35
รูปที่ 3.11 วงจรส่วนขับรีเลย์ (Drive Relay) เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า	36

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 3.12 วงจรเมตริกซ์ สวิตช์	37
รูปที่ 3.13 วงจรส่วนภาคจ่ายไฟ (Power Supply)	40
รูปที่ 3.14 วงจรเครื่องผสมสายโทรศัพท์สาขาและโอเปอร์เรเตอร์อัตโนมัติ	44
2 คู่สายภายนอกและ 8 คู่สายภายใน	
รูปที่ 3.15 ด้านหน้าของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น	45
รูปที่ 3.16 ด้านหลังของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น	45
รูปที่ 3.17 วงจรทั้งหมดของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น	46
รูปที่ 3.18 แผนผังส่วนโปรแกรมโทรศัพท์ภายนอกโทรเข้า	47
รูปที่ 3.19 แผนผังส่วนโปรแกรมโทรศัพท์ภายในโทรเข้าและโทรออก	49
รูปที่ 4.1 รูปร่างสัญญาณให้หมุน	51
รูปที่ 4.2 สัญญาณเรียกกลับ	52
รูปที่ 4.3 สัญญาณเรียก	52
รูปที่ 4.4 สัญญาณสายไม่ว่าง	53
รูปที่ 1 ข. ลายปริ้นซ์ด้านบนของวงจรติดต่อกับซีพียู	86
รูปที่ 2 ข. ลายปริ้นซ์ด้านล่างของวงจรติดต่อกับซีพียู	87
รูปที่ 3 ข. ลายปริ้นซ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ	88

สารบัญตาราง

ตาราง.	หน้า
ตารางที่ 2.1 ความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อคความเลข	5
ตารางที่ 3.1 ระดับและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนต่าง ๆ ของวงจร	38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในการติดต่อสื่อสาร ข่าวดสารในหน่วยงาน องค์กร สำนักงาน มักประสบปัญหาอย่างมาก เมื่อต้องติดต่อกัน ต้องเดินไปพบกัน หรือเมื่อต้องการใช้โทรศัพท์ติดต่อภายนอกก็จะมีโทรศัพท์เพียงหนึ่งหรือสองเครื่องใช้งาน ทำให้การดำเนินกิจการในหน่วยงาน องค์กรสำนักงาน เป็นไปอย่างไม่สะดวกเท่าที่ควร

ดังนั้นความต้องการในการใช้งานโทรศัพท์ภายในและภายนอกจึงเป็นสิ่งจำเป็น ทางออกของปัญหา คือ การใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ตู้ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ หรือที่เรียกว่า PABX (PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE) ซึ่งสามารถสร้างระบบโทรศัพท์ขึ้นมาใช้งานเองในหน่วยงาน และยังสามารถติดต่อออกไปยังชุมสายโทรศัพท์ ขององค์การโทรศัพท์ภายนอกได้ เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัตินี้มีจำหน่ายทั่วไปแต่มักเป็นที่ผลิตมาจากต่างประเทศราคาสูง มีวงจรที่สลับซับซ้อน ยากต่อการทำความเข้าใจ

ในโครงการปริญญาโท ได้ออกแบบสร้างชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติขึ้น โดยเน้นการออกแบบวงจรที่ง่ายต่อความเข้าใจ โดยส่วนควบคุมได้นำเอา ระบบไมโครโปรเซสเซอร์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งการแก้ไขและพัฒนาโปรแกรมซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ย่อมทำได้สะดวกรวดเร็วกว่าการแก้ไขวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์

คุณสมบัติของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

1. สามารถต่อกับคู่สายภายนอก (EXTERNAL LINE) หมายถึงคู่สายขององค์การโทรศัพท์ได้ 2 คู่
2. มีคู่สายภายใน (INTERNAL LINE) 8 คู่สาย
3. ในระบบเครื่องชุมสายนี้มีช่องสัญญาณในการติดต่อ 4 ช่องทาง
4. โทรศัพท์เครื่องภายในสามารถติดต่อกันได้โดย กดหมายเลขที่ระบุประจำเครื่อง
5. เครื่องโทรศัพท์ภายในสามารถโอนสายภายนอกให้กับเครื่องภายในได้โดยกดหมายเลข 9 นำหน้าเลขประจำเครื่องที่ต้องการ
6. เครื่องโทรศัพท์ภายในสามารถโทรออกภายนอกได้โดยกดคีย์หมายเลข 0 นำหน้าเลขหมายที่ต้องการ
7. ในขณะที่เครื่องโทรศัพท์กำลังใช้คู่สายอยู่เครื่องอื่นไม่สามารถแอบฟังได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

8. มีการตอบรับโดยอัตโนมัติเมื่อมีสายนอกเข้ามา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ในกรณีที่ไฟดับชุมสายทั้งสองจะทำการตัดให้เครื่องที่ 1 และ 2 เป็นคู่สาย ภายนอก

สำหรับบทที่ 2 นั้นได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีของระบบโทรศัพท์ทั้งระบบคดปุ่มและแบบหมุนซึ่งกล่าวถึงความแตกต่างของระบบทั้งสอง และหน้าที่เหมือนกันของสองระบบนี้ และกล่าวถึงระบบชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันแบบต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรงและชุมสายแบบต่อผ่าน ระบบสวิตซ์ซึ่งที่ต่อด้วยมือแบบอัตโนมัติ , แบบควบคุมร่วมและแบบดิจิทัลด้วย สำหรับในบทที่ 3 นั้นจะกล่าวถึงการออกแบบวงจรและการทำงานของแต่ละวงจรย่อย ๆ และวงจรของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาและโอเปอร์เรเตอร์อัตโนมัติ สำหรับในบทที่ 4 นั้นจะเป็นผลการทดลอง ที่ได้จากการทดลองทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นและวิธีแก้ปัญหาในบทสุดท้ายก็จะเป็นการสรุปและวิจารณ์ , ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการชุดนี้และแนวทางในการพัฒนาระบบต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ระบบโทรศัพท์

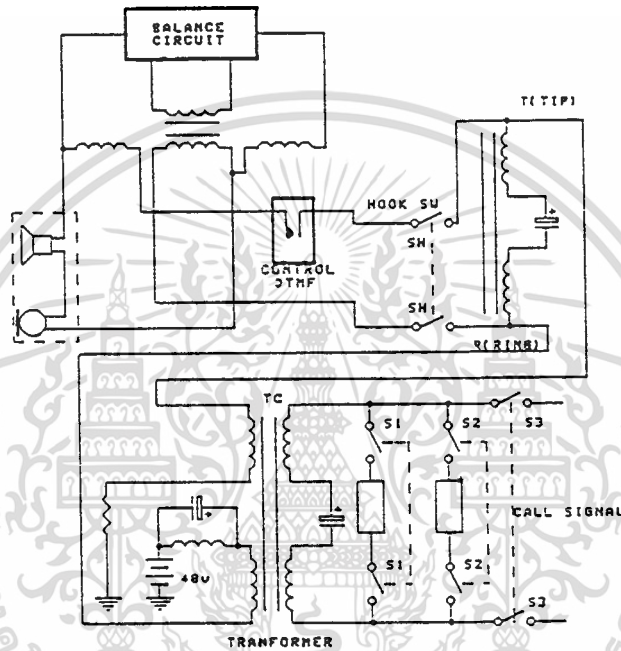
โทรศัพท์ที่เคยเห็นกันทุกๆ ไปก็มีอยู่ 2 แบบคือ แบบกดปุ่มและแบบหมุนแต่ละหน้าที่ของทั้ง 2 ระบบก็จะเหมือน ๆ กัน จะต่างกันก็ตรงที่แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกไปเป็นความถี่ที่แตกต่างกัน ส่วนแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลส์หน้าที่หลักของทั้ง 2 แบบที่เหมือนกันสามารถสรุปได้ดังนี้

1. เครื่องโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น
2. เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณหมุน (dial tone) บอกว่าพร้อมที่จะให้ทำการกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ซึ่งก็คือ เสียงที่ได้ยินเมื่อเวลายกหู เป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ มอดูเลตรวมกัน
3. เครื่องโทรศัพท์จะทำหน้าที่ส่งรหัสหมายเลขที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อด้วย ไปยังชุมสายที่ควบคุม
4. เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณบอกผู้เรียกว่า หมายเลขที่ต้องการติดต่อดังว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่ง สัญญาณกลับ (Ring Back) ซึ่งมีความถี่ 440 เฮิรตซ์ กับ 480 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมาโดยจะดัง 2 วินาทีแล้วเงียบ 4 วินาที สลับกันไปแต่ถ้าหมายเลขที่ต้องการจะเรียกไม่ว่าง ก็จะส่งสัญญาณความถี่ 480 เฮิรตซ์ กับ 620 เฮิรตซ์ มอดูเลตกันมา
5. สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นพลังงานเสียง
6. เครื่องโทรศัพท์จะปรับระดับแรงดันอย่างอัตโนมัติ ในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขึ้น
7. เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปยังชุมสายเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิ้นสุดการใช้งานแล้ว และให้ชุมสายเลิกทำการติดต่อกับอีกฝ่ายหนึ่งได้

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่าโทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสาย 2 เส้นคือ T (TIP) และ R (RING) เมื่อผู้ชักยกหูโทรศัพท์ขึ้นแหล่งจ่ายไฟตรงของชุมสาย (48 โวลต์) ก็จะถูกต้องเข้ากับวงจรของเครื่องโทรศัพท์โดยฮุกสวิทช์(Hook Switch) ในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟัง (ซึ่งรวมทั้งไมโครโฟนด้วย) กับสายโทรศัพท์ก็จะต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติ (Auto Transformer) ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลกัน เพื่อให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพที่สุด รวมไปถึงการทำ
ให้ผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไป (Side Tone) ในระดับที่เหมาะสมด้วย
เมื่อมีการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายแล้วก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์สวิทซ์ซึ่ง
เพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายนี้ไม่ว่างแล้ว



รูปที่ 2.1 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ก็คือ การส่งขบวนพัลส์ (Pulse Train) ตั้งแต่ 1 ถึง 10 พัลส์ เช่น ถ้ามีการส่งพัลส์ 1 พัลส์ ก็หมายถึงการหมุนหมายเลขศูนย์ส่ง 2 พัลส์ ก็หมายถึงเลขหนึ่ง ดังนั้นถ้าหมุนเลข 9 ก็จะมีการส่งพัลส์จำนวน 10 พัลส์นั่นเอง และความเร็วในการส่งก็คือ 10 พัลส์ต่อวินาที สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้การกดปุ่มนั้นก็จะเป็นการส่งสัญญาณที่มีค่าความถี่ที่แตกต่างกันออกไป สำหรับแต่ละหมายเลขที่มีอยู่ 10 ตัวความถี่ที่ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียงเพียงแต่ว่าในการกดครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณเสียงที่มอดูเลตแล้วถูกส่งออกไป 2 ความถี่ตามตารางที่ 2.1

ทางชุมสายเมื่อได้รับข้อมูลจากผู้เรียกแล้ว ก็จะแปลงสัญญาณที่ได้รับมาส่งให้อุปกรณ์สวิทซ์ซึ่งทำงานเพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียก ถ้าปลายสายที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่า ไม่สามารถต่อวงจรให้ได้ แต่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าปลายสายว่างชุมสายก็จะส่ง สัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปยังปลายสาย และ ส่งสัญญาณเรียกกลับ (Rinback Tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบที่สามารถต่อวงจรให้ได้ตามต้องการแล้ว

ความถี่ (Hz)	รหัสหรือหมายเลข			
697	1	2	3	
770	4	5	6	
825	7	8	9	
	*	0	#	
	1209	1336	1447	ความถี่ (Hz)

ตารางที่ 2.1 ความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดหมายเลข

2.1.1 การสนทนา

เมื่อปลายทางหรือผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ที่ขึ้นการทำงานในส่วนควบคุมของชุมสายโทรศัพท์ก็จะหยุดเพื่อที่จะรอทำงานให้กับผู้อื่นที่เรียกเข้ามาต่อไปแต่หน้าที่ของมิเตอร์สำหรับเรียกเก็บค่าบริการในภายหลัง

ในระหว่างที่ทำการสนทนาอยู่เครื่องโทรศัพท์ก็จะทำงาน 2 โหมดไปพร้อม ๆ กันคือ แปลงจากสัญญาณไฟฟ้าให้เป็น สัญญาณเสียง (Acoustic Energy) ซึ่งจะเรียกว่าโหมดรับสัญญาณ (Receiver Mode) และในทางกลับกัน โหมดทำหน้าที่แปลงจากสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า จะเรียกว่า โหมดส่งสัญญาณ (Transmitter Mode) ในโหมดนี้เองที่มีเรื่องของการป้อนกลับของสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้อง นั่นก็คือ การที่ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองจากหูฟังด้วยเรียกเสียงนี้ว่า Side Tone ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องป้อนกลับมา เพราะไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าควรพูดให้มีเสียงดังระดับใดจึงจะพอเหมาะที่คู่สนทนาได้ยินเสียงพูดของผู้เรียกอย่างชัดเจน

เมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้ง 2 ฝ่ายวางหูโทรศัพท์ลงสัญญาณจากสวิตช์ก็จะบอกชุมสายทำการเปิดวงจรที่ทำการติดต่ออยู่ออกอุปกรณ์ต่าง ๆ ก็จะว่างและพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

2.1.2 ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง

ตอนนี้มาดูกันว่าในสายส่งโทรศัพท์นั้นมีสัญญาณอะไรบ้างที่เข้ามาเกี่ยวข้องจนทำให้เราสามารถพูดคุยกันในระยะทางไกล ๆ ได้ สัญญาณที่จะปรากฏในสายส่งจะสามารถแยกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ได้ก็คือ สัญญาณเสียงที่พูดคุยกัน และอีกสัญญาณก็คือ สัญญาณที่ใช้ในการควบคุม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

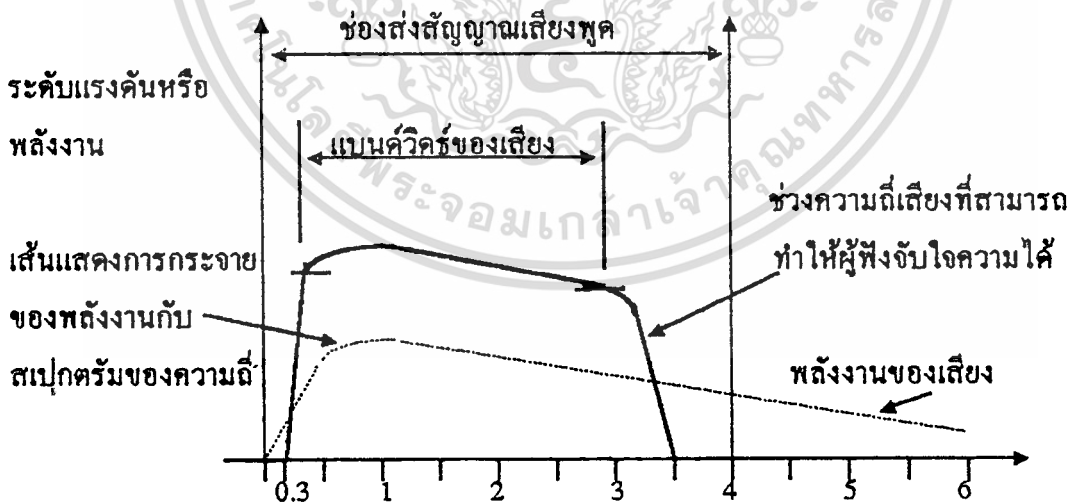
ระบบสวิตช์ซึ่ง ซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อวงจรระหว่างผู้เรียกกลับ สัญญาณบอกไม่ว่างสัญญาณควบคุม ที่ว่านี่ก็อาจจะเป็นได้ทั้งสัญญาณอะนาล็อกหรือสัญญาณดิจิทัลก็ได้อย่าลืมว่าโทรศัพท์แบบหมุน กับแบบกดปุ่มมีการส่งรหัสหมายเลขโทรศัพท์คนละแบบกัน

ดังนั้น ในการส่งสัญญาณออกไปในสายส่งบางครั้งอาจจะมีการส่งทั้งสัญญาณดิจิทัลและ สัญญาณอะนาล็อกไปพร้อม ๆ กันก็ได้

2.1.3 สัญญาณเสียงพูด

สัญญาณเสียงพูดจัดเป็นสัญญาณอะนาล็อกถ้าดูจากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าเสียงพูดมีแบนด์วิดท์ตั้งแต่ 100 เฮิรตซ์ไปจนถึง 6 กิโลเฮิรตซ์ แต่จริง ๆ แล้วเสียงพูดที่ทำให้คนสามารถฟังแล้วจับใจความ ได้สบาย ๆ จะอยู่ในช่วง 200-4,000 เฮิรตซ์ สามารถผ่านเข้าไปในระบบได้และความถี่ย่านนี้ก็มีชื่อ เรียกว่า ช่องสัญญาณเสียงพูด (Voice Channel) หรือ VF Channel แต่อย่างไรก็ตามแบนด์วิดท์ของ เสียงพูดในการส่งจริงจะอยู่ในช่วง 300-3,000 เฮิรตซ์เท่านั้น ไม่ได้มีการใช้ช่องสัญญาณในการส่ง เต็มย่านความถี่

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าในช่วงความถี่ 300-3,000 เฮิรตซ์ ประกอบไปด้วยสัญญาณต่าง ๆ หลายสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็น สัญญาณหมุน หรือสัญญาณควบคุมต่าง ๆ ก็จะถูกส่งไปในช่วงความถี่ นี้ทั้งสิ้น



รูปที่ 2.2 แถบความถี่พลังงานของเสียงพูด

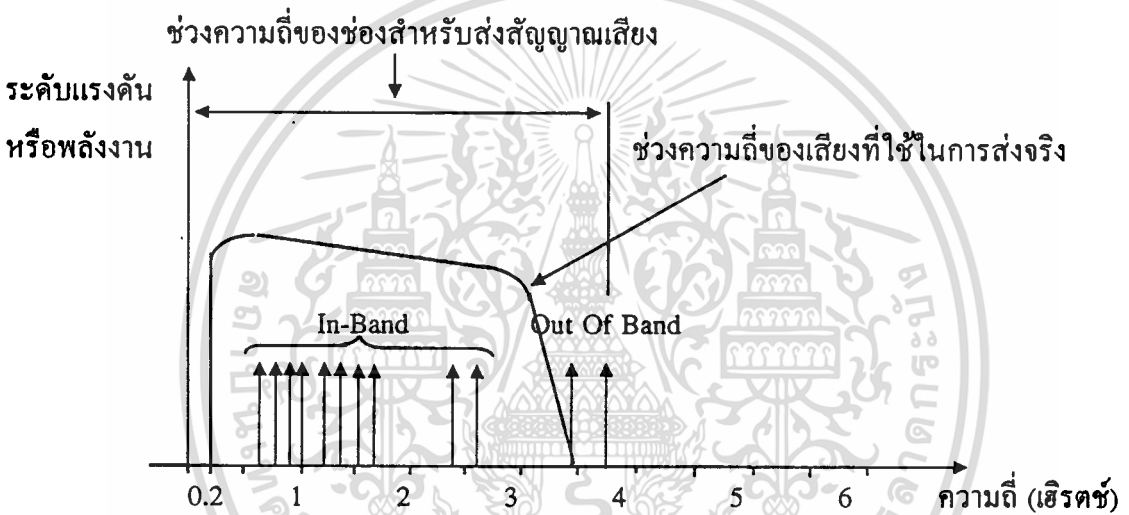
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกล่าวถึงระดับความดังของเสียงที่ได้ยินนั้นก็คือ ขนาดแอมพลิจูดของสัญญาณซึ่งสามารถอธิบายให้เห็นภาพพจน์ให้ได้ดียิ่งขึ้น โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ โดยอธิบายในรูปของพลังงานที่ปรากฏที่โหนด ดังรูปที่ 2.4 เช่น สายโทรศัพท์คู่หนึ่งมีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม พลังงานที่ปรากฏที่โหนดก็คือ

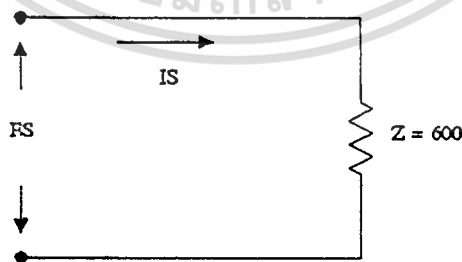
$$P_{load} = e_s^2 / 600$$

P_{load} คือ กำลังที่ตกคร่อมโหนด (วัตต์)

e_s คือ ระดับแรงดันของสัญญาณที่ส่งไป (โวลต์)



รูปที่ 2.3 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่อยู่ทั้งในและนอกย่านความถี่เสียง



รูปที่ 2.4 วงจรอย่างง่ายในการอธิบายกำลังของสัญญาณ

แต่ในระบบโทรศัพท์และวงจรรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเสียงแล้วมักจะใช้การเปรียบเทียบกับกำลังขนาด 1 มิลลิวัตต์อยู่เสมอ โดยอยู่ในรูปของเดซิเบล ซึ่งมีสมการดังนี้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{dB} = 10 \log_{10} (p_1/p_2)$$

แต่เนื่องจากมักจะใช้ค่า 1 มิลลิวัตต์เป็นค่าเปรียบเทียบ (ค่า $p_2 = 1$ มิลลิวัตต์ ในสมการนั่นเอง) ก็จะใช้สัญลักษณ์เป็น dBm แทน ซึ่งความหมายจริง ๆ แล้วก็คือ การเปรียบเทียบกำลังที่จุดใด ๆ กับกำลังขนาด 1 มิลลิวัตต์ นั่นเอง

ในระบบโทรศัพท์ที่ใช้กันจริง ๆ จะมีการกำหนดจุด ๆ หนึ่งในสายส่งให้มีค่า dBm = 0 ซึ่งเรียกจุดนี้ว่า Zero Level Transmission Point (Zero LTP) ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับจากการกำหนดจุด ๆ นี้ขึ้นมาก็คือ สามารถทำให้ทราบที่ระยะต่าง ๆ ที่ห่างจากจุด Zero LTP มีค่ากำลังของสัญญาณที่ dBm เมื่อทราบเพียงค่าแรงดันจากการวัดที่ระยะนั้น ๆ

2.1.4 สัญญาณรบกวน

ในระบบใด ๆ ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ย่อมจะต้องมีสัญญาณรบกวนเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ อาจทำให้เกิดความผิดเพี้ยน (Distortion) ของสัญญาณเสียงพูดได้และสิ่งที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นเป็นสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ กับสายส่งสัญญาณ หรือแม้แต่ข้อต่อของสายที่บดพร่อง สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่มีผลให้ประสิทธิภาพของสัญญาณ โทรศัพท์ด้อยลงทั้งสิ้น นอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งคือ เสียงสะท้อน (Echo) ในสายโทรศัพท์สาเหตุของการเกิดเสียงสะท้อนก็คือเกิดการไม่สมดุลกัน (Mismatching) ระหว่างอิมพีแดนซ์ของสายส่งกับอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุตโดยมากแล้วมักจะพบในการเชื่อมต่อกันระหว่างระบบโทรศัพท์ที่มี 2 สาย กับระบบที่มี 4 สาย และปัญหาเรื่องของเสียงสะท้อนจะมากยิ่งขึ้นถ้าหากระยะทางระหว่างจุดที่ทำให้เกิดเสียงสะท้อนไกลกันมาก ๆ แต่โดยปกติแล้วมักจะไม่มีใครสังเกตเห็นการสะท้อนกลับของเสียงจนถึงขั้นที่ทำให้รู้สึกรำคาญ

2.1.5 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณ

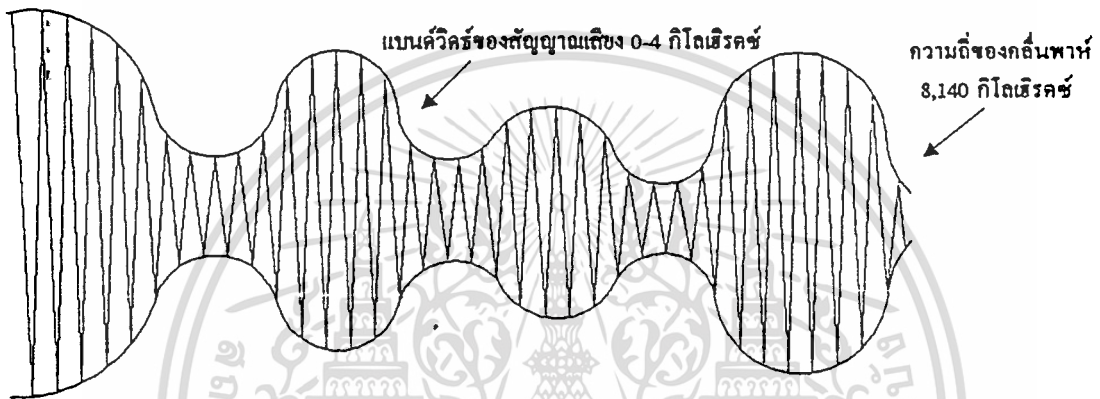
ถ้าหากทำให้สายส่งสัญญาณโทรศัพท์เส้นหนึ่ง ๆ สามารถใช้ส่งสัญญาณจากหลาย ๆ เครื่องได้ภายในเส้นเดียวกันก็จะทำให้สะดวกและประหยัดในการเดินสาย ดังนั้นในระบบส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่บริการ (Service Area) กับชุมสายท้องถิ่นนั้นจึงได้มีการนำวิธีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณมาใช้ ซึ่งเป็นระบบที่เรียกว่า (Frequency Division Multiplexing:FDM) ซึ่งระบบนี้จะทำให้สามารถส่งสัญญาณที่มีความถี่ต่างกันไปในสายส่งเดียวกันได้

ในรูปที่ 2.5 แสดงถึงหลักการของวิธีนี้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าความถี่ของสัญญาณเสียงที่เหมาะสม ที่ใช้ในการส่งไปนั้นจะอยู่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 0-4 กิโลเฮิร์ตซ์ ถ้าหากต้องการจะส่งสัญญาณเสียงจากหลาย ๆ แหล่งไปพร้อมกัน จะต้องทำการมอดูเลตสัญญาณเหล่านั้นด้วยคลื่นพาห้ที่มีความถี่สูงกว่าสัญญาณเสียงมาก ๆ สำหรับวิธีการมอดูเลตที่ใช้จะเป็นแบบ AM ดังตัวอย่าง

รูปที่ 2.5 เป็นการมอดูเลตความถี่พาห้ขนาด 8,140 กิโลเฮิร์ตซ์ เข้าไปกับสัญญาณเสียง

สำหรับสัญญาณเสียงที่มาจากแหล่งอื่นก็ต้องนำมามอดูเลตกับคลื่นพาห้ที่มีความถี่แตกต่างกันออกไปจาก 8,140 กิโลเฮิร์ตซ์ สมมติว่าสายส่งเส้นหนึ่งต้องการจะส่งสัญญาณเสียงพูดจากโทรศัพท์ 12 เครื่อง ภายในสายส่งเส้นเดียวกันก็สามารถทำได้

ก่อนอื่นต้องพิจารณาเห็นว่าแบนด์วิธของสัญญาณเสียงมีค่าเท่ากับ 4 กิโลเฮิร์ตซ์ แต่มีสัญญาณที่ต้องการทั้งหมด 12 สัญญาณ เพราะฉะนั้นแบนด์วิธใหม่จึงเท่ากับ 48 กิโลเฮิร์ตซ์ (12 x 4 กิโลเฮิร์ตซ์)



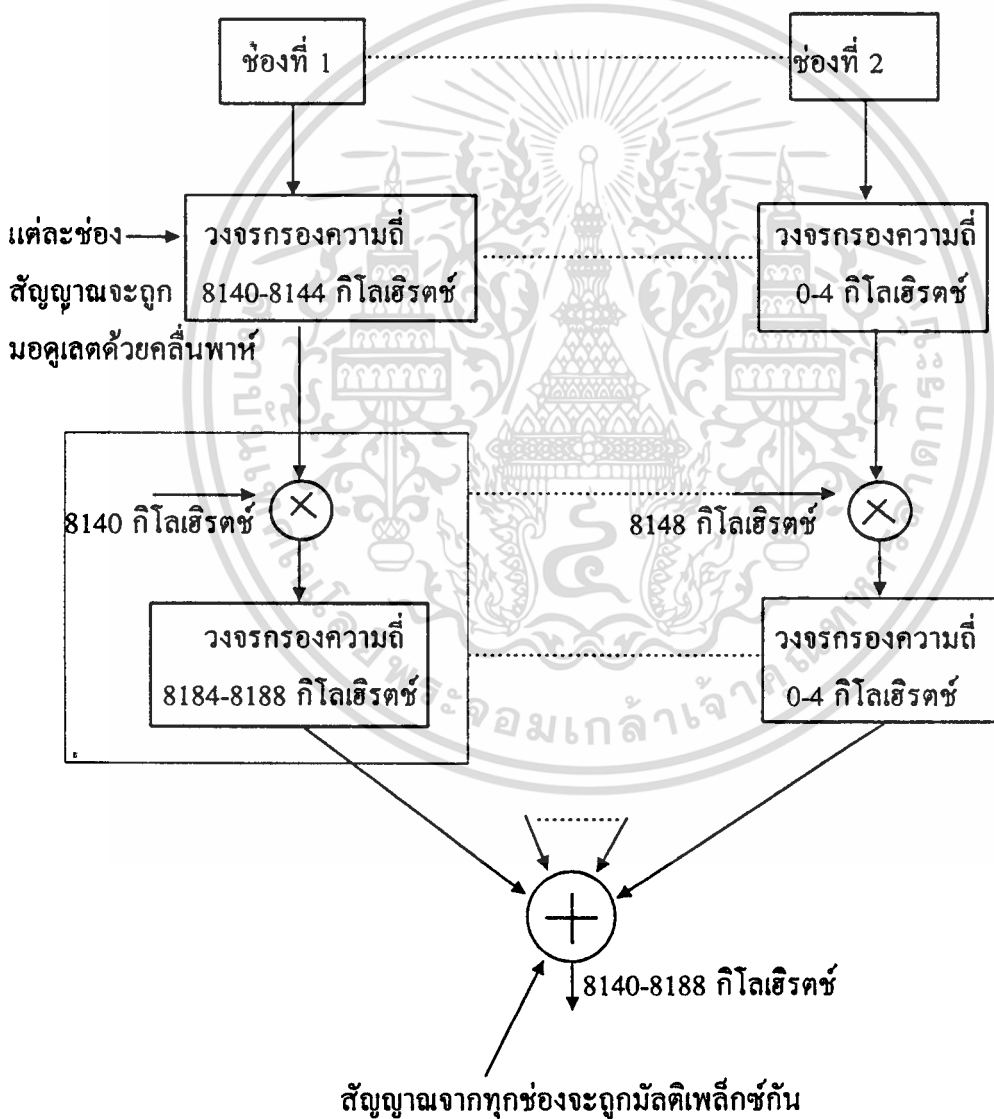
รูปที่ 2.5 สัญญาณเสียงที่มอดูเลตกับคลื่นพาห้

ในตัวอย่างที่ยกมาความถี่ของคลื่นพาห้ที่ต่ำที่สุดคือ 8,140 กิโลเฮิร์ตซ์ เพราะฉะนั้นความถี่ของคลื่นพาห้สำหรับที่จะต้องการมอดูเลตกับสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์เครื่องที่ 12 ก็คือ 8,188 กิโลเฮิร์ตซ์ (8,140 กิโลเฮิร์ตซ์ + 48 กิโลเฮิร์ตซ์) เห็นได้ว่า วิธีการนี้จะทำให้ส่งสัญญาณได้มากขึ้น โดยสัญญาณไม่เกี่ยวข้องกันเลย สำหรับทางฝ่ายรับก็จะต้องมีการดีมอดูเลตเพื่อจะเอาสัญญาณเสียงพูดจริง ๆ ผ่านเข้าไปยังหูฟังของผู้รับ โดยการใช้วงจรกรองความถี่เข้ามาช่วยในการดีมอดูเลต เหนือก็สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและความยุ่งยากในเรื่องของสายส่งสัญญาณลงไปได้ดังรูปที่ 2.6

ในตอนนี้เป็นรายละเอียดของวงจรหมุนหมายเลขทั้งแบบปุ่มกดและแบบเป็นหมุน โดยจะกล่าวถึงทั้งวงจรพื้นฐานและวงจรที่ได้รับการพัฒนาแล้วรวมทั้งการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบการส่งหมายเลขทั้ง 2 ระบบ

ในรูปที่ 2.7 เป็นบล็อกไดอะแกรมของส่วนต่าง ๆ ที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์โดยจะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย T (Tip) และสาย R (Ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อกะหว่างวงจรถ่ายในเครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ของชุมสายก็คือ วงจรกำเนิดเสียงเรียก (Ringing Generator Circuit) เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรง ก็คือ เมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางตามปกติทุกสวิตช์จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสาย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

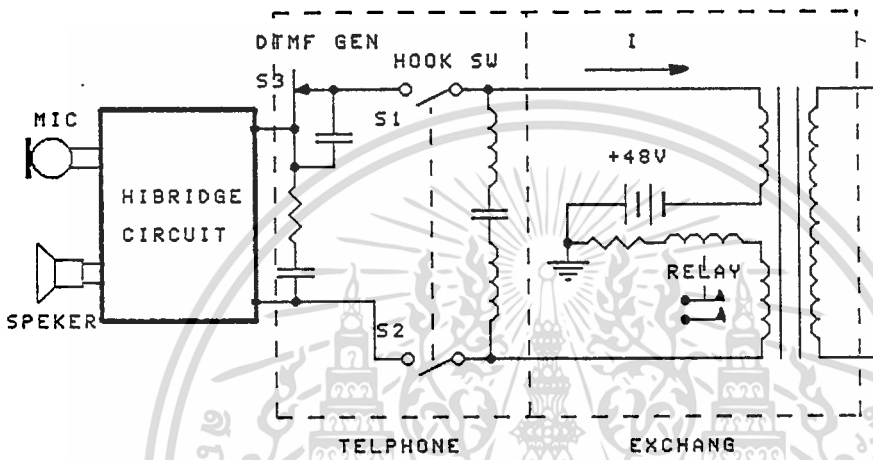
ผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังสุกสวิตช์ได้ ดังนั้นถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกอยู่หลังจากสุกสวิตช์ ก็ จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีผู้ติดต่อเข้ามา เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นสุกสวิตช์ S_1 และ S_2 ในรูปที่ 2.8 ก็จะปิดวงจรทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ ได้ในขณะเดียวกันกระแสค่าเดียวกันนี้ก็จะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ที่ชุมสายด้วย ก็จะทำให้หน้า สัมผัสของรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลง เพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆ ในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับ เครื่องโทรศัพท์ได้ จากนั้นชุมสายก็จะส่งสัญญาณหมุน



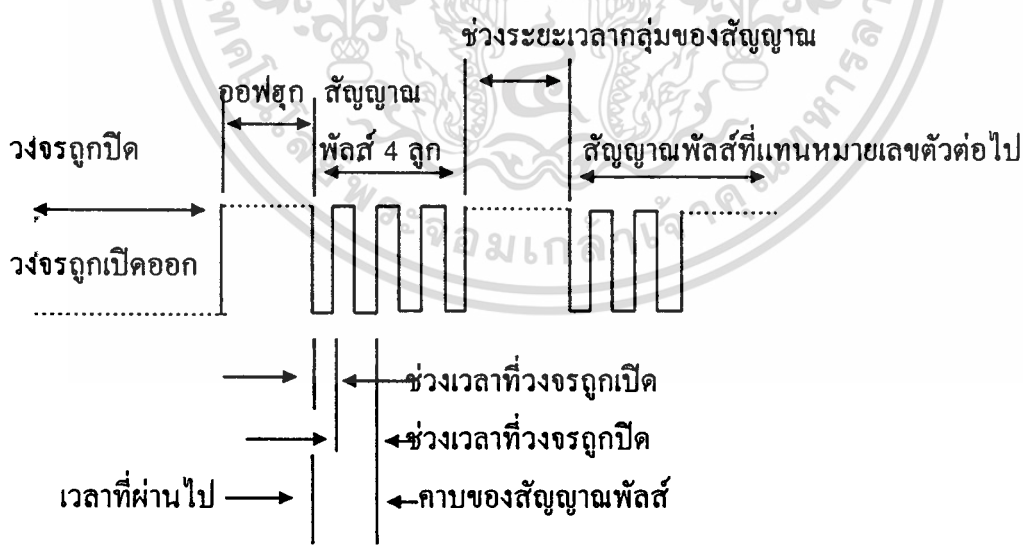
รูปที่ 2.8 การมัลติเพล็กซ์สัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นพาห้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้จึงเสมือนว่าเป็นการขัดจังหวะ (Interruption) การไหลของกระแส สำหรับจำนวนครั้งที่สวิทช์ S_3 ถูกเปิดออกจะขึ้นกับระยะห่างของแป้นหมุน (Dialer) ที่ถูกหมุนไปกับตำแหน่งปกติในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลข 4 สวิทช์ S_3 ก็จะถูเปิดออก 7 ครั้ง ซึ่งสวิทช์ S_3 จะถูกเปิดวงจรในช่วงที่ปล่อยให้แป้นหมุนกลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการหมุนหมายเลขอยู่



รูป (ก)



รูป (ข)

รูปที่ 2.8 (ก) ถึงวงจรหมุนหมายเลขแบบพัลส์อย่างง่าย

(ข) โค้ดแกรมของเวลาราว ๆ ของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนเลข “4”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8(ข) จะแสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ จากรูปนี้ จะเห็นว่าในตอนแรกโทรศัพท์ที่อยู่ในสถานะออนฮุก (On-Hook) คือ หูโทรศัพท์จะถูกวางอยู่บนที่วางหูโทรศัพท์ตามปกติไม่มีกระแสจากชุมสายเข้าสู่โทรศัพท์ เพราะขณะนั้นวงจรถูกเปิดออกโดย สุกสวิทช์ แต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นโทรศัพท์จะอยู่ในสถานะออฟฮุก (Off-Hook) สุกสวิทช์จะ ถูกปิดวงจรลงทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้และเมื่อมีการหมุนหมายเลขโดยในรูปจะเป็นการ หมุนหมายเลข “4” ก็จะทำให้วงจรถูกเปิด ด้วยสวิทช์ S_3 เป็นจำนวน 4 ครั้ง ก็จะได้รูปสัญญาณ ออกมาอย่างเห็น

ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณด้วยจำนวนพัลส์นี้จะถูกกำหนดให้สามารถส่งสัญญาณใน อัตรา 10 พัลส์ต่อวินาที หรือ 10 pps (Pulses Per Second) และเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันในการ พิจารณาสัญญาณที่เกิดขึ้นจึงควรที่จะทราบความหมายของคำต่อไปนี้

1. คาบของสัญญาณพัลส์ (Pulse Period) เท่ากับ ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิด (Break Duration) บวกช่วงเวลาที่วงจรถูกปิด (Make Duration) ซึ่งคาบของสัญญาณพัลส์จะถูกออกแบบให้มีค่าอย่างต่ำ 100 มิลลิวินาที

2. อัตราการส่งสัญญาณพัลส์ (Pulse Rate) เท่ากับจำนวนพัลส์ที่ถูกส่งออกไปใน 1 วินาที เท่ากับ 1000/คาบเวลาของสัญญาณพัลส์ (เป็นมิลลิวินาที)

3. เปอร์เซ็นต์ของการเปิดวงจร (Percent Break) เท่ากับ 100 คูณช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดต่อ คาบของสัญญาณพัลส์

4. ช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณ (Interdigit Interval) ถูกกำหนดให้ค่ามาตรฐานของ สัญญาณไว้แน่นอน เช่นช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดจะต้องไม่ต่ำกว่า 60 มิลลิวินาที หรืออัตราการเปิดวง จรเท่ากับ 60 % เป็นส่วนใหญ่

2.1.6 ความเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์แฝง

ตามปกติในสายส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อกันระหว่างชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์จะมีค่าความต้านทาน ตัวเก็บประจุ และขดลวดเหนี่ยวนำแฝงอยู่ โดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ ระยะทาง 1 ไมล์ ที่เพิ่มขึ้นของสาย ส่งจะเสมือนว่ามีตัวเก็บประจุต่อคร่อมอยู่ โดยจะมีค่าประมาณ 42 โอห์ม และ 1 มิลลิเฮนรี่ ตาม ลำดับซึ่งอุปกรณ์แฝงพวกนี้จะมีผลทำให้สัญญาณพัลส์ที่ถูกส่งไปตามสายส่งเกิดความผิดเพี้ยนทั้ง ขนาด (Amplitude) และคาบเวลา (Period) ดังนั้นชุมสายจึงจำเป็นต้องมีวงจรที่สามารถจะรับรู้ สัญญาณที่ผิดเพี้ยนเหล่านี้ไว้ และไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการติดต่อ

2.1.7 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (Dual Tone Multifrequency Type)

เป็นระบบการส่งสัญญาณอีกแบบหนึ่งซึ่งจะพบได้มากกว่าในระบบการส่งเป็นสัญญาณพัลส์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนี้หรือเรียกชื่อย่อว่า DTMF มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่ง สัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดูเลตกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ซึ่งความถี่ที่ถูกส่ง ออกไปจะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด(0-4กิโลเฮิร์ตซ์) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แสดง ในแนวนอนและอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นในแนวตั้งซึ่งค่าต่างๆ จะแสดงไว้ในรูปที่ 2.9 ตัวอย่างเช่น เมื่อ มีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ 770 เฮิร์ตซ์ และ 1,336 เฮิร์ตซ์ มอดูเลตกันออกมา

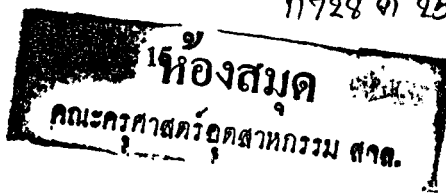
รูปที่ 2.10 ซึ่งเป็นวงจรที่ยังคงใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ มาต่อรวมกันเป็นวงจรอยู่ ซึ่งปัจจุบันจะมีการใช้ อุปกรณ์ที่ถูกผลิตในรูปไอซีสำเร็จรูปมาใช้งานมากกว่า แต่บทความนี้ต้องการให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงหลักการของระบบจึงหาเอาวงจรพื้นฐานมาประกอบคำอธิบาย

การทำงานของวงจรนี้จะเริ่มจาก สวิตช์ S_1 (สวิตช์ในแนวนอน) S_2 (สวิตช์ในแนวตั้ง) และ S_3 จะถูกเปิดวงจรอยู่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น กระแสจากชุมสายจะผ่าน RV_1, L_{1A} และ L_{2A} ทรานซิสเตอร์ Q_1 จะไม่นำกระแส เมื่อมีการกดหมายเลข สวิตช์ S_1, S_2 จะถูกปิดลงตามตำแหน่งของหมายเลขที่ถูกกด C_1, C_2 จะถูกต่อเข้ากับ L_{1A} และ L_{2A} ตามลำดับ เกิดเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ขึ้น โดย L_{1A} และ C_1 จะเป็นออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่ที่เกิดจาก L_{2A} และ C_2 และขณะที่ S_3 จะถูกปิดลงเช่นกัน ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ทั้งสองเข้าด้วยกันและส่งไปยังชุมสาย ในขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่นั้นส่วนของหูฟังและไมโครโฟนก็จะถูกต่อขนานกันจึงทำให้ได้ยินสัญญาณที่เกิดขึ้นจากวงจรออสซิลเลเตอร์ด้วย สำหรับทางชุมสายก็จะมียังวงจรตรวจจับเอาสัญญาณไปประมวลผลต่อไปและยังต้องมีวงจรกรองความถี่ป้องกันไม่ให้มีความถี่แปลกปลอมอื่น ๆ เข้าไปในชุมสายด้วย

2.1.8 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบทั้งสอง

คราวนี้มาลองเปรียบเทียบระหว่างระบบโทรศัพท์ทั้ง 2 ระบบว่าแบบ 1 ลูก ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 100 มิลลิวินาที (60) มิลลิวินาที สำหรับการเปิดวงจรและ 40 มิลลิวินาที (สำหรับการปิดวงจร) และยังต้องมีช่วงเวลาที่ยกสัญญาณแต่ละกลุ่มออกอีกอย่างน้อย 700 มิลลิวินาที และยิ่งถ้าหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยมีค่ามาก และยาวมากขึ้นเท่าใด ย่อมต้องทำให้เสียเวลาในการส่งสัญญาณมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น หมายเลข 555-5555 จะใช้เวลาในการส่งสัญญาณพัลส์เท่ากับ 5 (พัลส์/มิลลิวินาที) คูณ 1000 (มิลลิวินาที/พัลส์) คูณ 7 (หมายเลข) เท่ากับ 3.5 วินาทีและระยะเวลาของช่องว่างระหว่างกลุ่มสัญญาณ เท่ากับ 700 (มิลลิวินาที) คูณ 6 เท่ากับ 4.2 วินาที จะใช้เวลาในการส่งทั้งหมด เท่ากับ 3.5 บวก 4.2 เท่ากับ 7.7 วินาที แต่ถ้าเป็นโทรศัพท์ที่ใช้การส่งระบบ DTMF จะใช้เวลาเท่ากับ 7 คูณ 100 เท่ากับ 0.7 วินาทีเท่านั้น

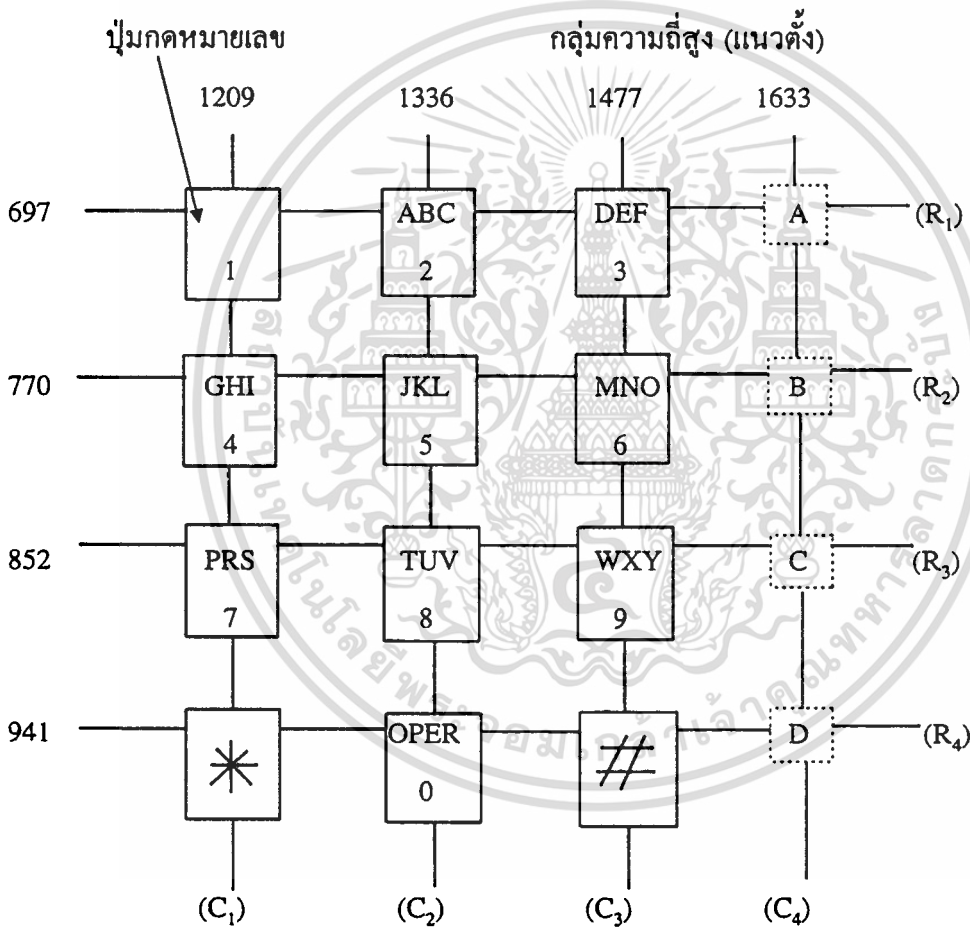
ดังนั้นจะเห็นได้ชัดเจนประการหนึ่งแล้วว่าระบบ DTMF จะสามารถประหยัดเวลาในการส่ง



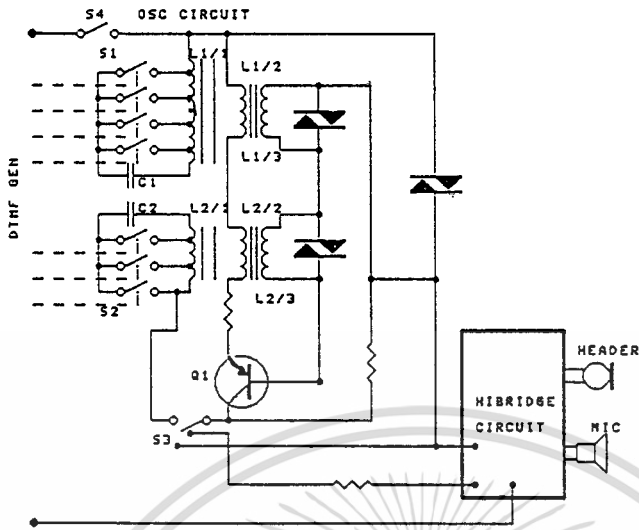
หมายเลขไปยังชุมสายได้มากกว่าระบบที่ใช้การส่งสัญญาณพัลส์ ซึ่งเป็นผลให้ชุมสายสามารถใช้ อุปกรณ์ประเภทหน่วยความจำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย

2.1.9 ข้อควรคำนึงในการเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ

1. ระดับแรงดันและกระแสจะต้องรักษาให้คงที่ตลอดระยะทางของสายส่งสัญญาณ
2. วงจรออสซิลเลเตอร์จะต้องมีอิมพีแดนซ์ที่สมดุลย์ (Matching) กับสายส่งสัญญาณ



รูปที่ 2.9 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้น ๆ



รูปที่ 2.10 วงจรพื้นฐานที่ใช้อุปกรณ์แบบแยกชิ้นของโทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF

2.1.10 ความผิดเพี้ยนของสัญญาณ

สำหรับข้อกำหนดของความผิดเพี้ยนของสัญญาณมีดังต่อไปนี้

1. สัญญาณอื่นที่แทรกสอดเข้ามาในสายส่งสัญญาณรวมกันแล้วจะต้องน้อยกว่าระดับของสัญญาณที่ถูกส่งออกไปจริงอย่างน้อย 20 dB
2. สำหรับสัญญาณที่แทรกสอดเข้ามาจะต้องมีข้อกำหนดดังต่อไปนี้
 - 2.1 ต้องมีค่าไม่มากกว่า -33 dBm ในช่วง 300 ถึง 3,400 เฮิรตซ์
 - 2.2 ที่ความถี่ที่สูงกว่า 3,400 เฮิรตซ์ สัญญาณแทรกสอดจะต้องลดลง 12 dB
 - 2.3 ต้องมีระดับสัญญาณไม่มากกว่า -80 dB ต่อออกไปจนถึงความถี่ 50 กิโลเฮิรตซ์โดยที่

ความผิดเพี้ยนถ้าถูกกำหนดในรูปของเดซิเบลคือ

$$\text{ความผิดเพี้ยน} = 20 \log \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2}}{\sqrt{V_L^2 + V_H^2}} \quad \text{สมการที่ 2.1}$$

โดยที่ V_1 ถึง V_n คือ ระดับแรงดันของสัญญาณที่แทรกสอดเข้ามา

V_L คือ ระดับแรงดันของสัญญาณความถี่ต่ำกว่า

2.1.11 ไคนามิกอิมพีแดนซ์

วงจรกำเนิดความถี่สำหรับระบบ DTMF จะต้องมีอิมพีแดนซ์อย่างน้อย 900 โอห์ม ขณะที่ทำ

การผลิตความถี่ออกมา และต้องมีอิมพีแดนซ์ให้ค่าที่สุทธขณะที่ไม่ทำการผลิตสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.12 ความสูญเสียที่เกิดจากการสะท้อนกลับสัญญาณ (Return Loss)

ก็เป็นพารามิเตอร์อีกตัวที่จะต้องควบคุม โดยกำหนดค่าความสูญเสียในการสะท้อนกลับของสัญญาณหรือ R_L ด้วยสมการ

$$R_L = 20 \log \frac{Z_L + Z_g}{Z_L - Z_g} \quad \text{สมการที่ 2.2}$$

โดยที่ Z_L คือ อิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณ

Z_g คือ อิมพีแดนซ์ของเครื่องโทรศัพท์

ค่ามาตรฐานสำหรับ R_L จะต้องมากกว่า 14 dB ในช่วงความถี่ระหว่าง 300 เฮิรตซ์ ถึง 3,400 เฮิรตซ์ ในช่วงความถี่ 50 ถึง 300 เฮิรตซ์ และ 3,400 ถึง 20,000 เฮิรตซ์

2.1.13 ข้อดีสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปถึงข้อดีของระบบ DTMF ได้คือ

1. ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
2. สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์โซลิดสเตตได้ซึ่งจะทำให้เกิดความประหยัดและสะดวก
3. สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ

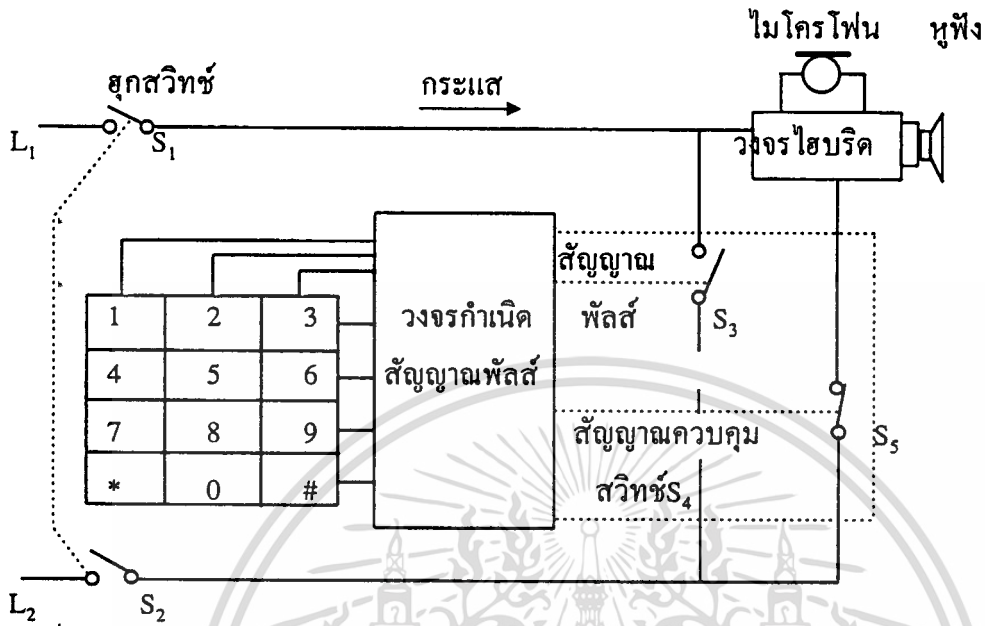
2.1.14 วงจรที่ได้รับการพัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 2.8 (ก) ยังคงเป็นวงจรพื้นฐานในโทรศัพท์แบบหมุนอยู่ลงมาวงจรที่ได้รับการพัฒนาจากวงจรพื้นฐานกัน วงจรนี้จะประกอบด้วยไอซีเป็นส่วนใหญ่ดังนั้นจึงทำให้มีฟังก์ชันที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้มากขึ้นเป็นต้นว่าการเรียกซ้ำหรือมีหน่วยความจำสำหรับเก็บหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการได้เป็นต้น

2.1.15 วงจรของระบบที่ใช้การสื่อสารสัญญาณแบบพัลส์

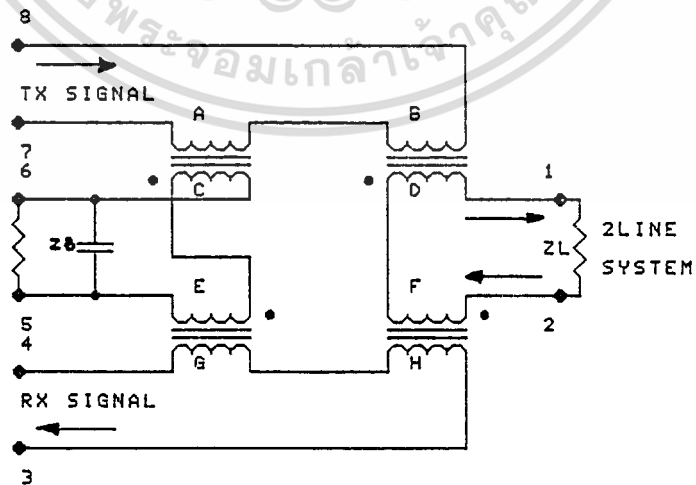
ถึงตอนนี้คงจะทราบแล้วว่า การส่งรหัสแบบพัลส์ก็คือ การขจัดจังหวะการไหลของกระแสตนเอง ดังนั้นวงจรที่ได้รับการพัฒนาแล้วก็ยังคงใช้หลักการเดียวกันอยู่เพียงแต่ใช้อุปกรณ์ที่เป็นไอซีแทนอุปกรณ์ทางกล (Mechanical) วงจรที่จะกล่าวถึงขอเรียกว่า วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse Dialer) ซึ่งยังคงสามารถสร้างสัญญาณพัลส์ด้วยความเร็ว 10 พัลส์ต่อวินาทีและจะต้องมีวงจรที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เกิดเสียงเล็ดลอดเข้าไปสู่หูฟัง เนื่องจากการส่งสัญญาณพัลส์ จากวงจรที่ได้ถูกออกแบบใหม่นี้จะมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 วงจรหมุนหมายเลขต่อแบบขนานกับวงจรไฮบริด

แบบแรกจะเป็นวงจรที่ออกแบบให้วงจรมหุณหมายเลข (Dial Circuit) ต่อขนานกับวงจรไฮบริด (Hybrid) หรือวงจรเสียงพูด (Speech Network) ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.11 (Interface) ระหว่างระบบ 4 สายเข้ากับระบบ 2 สาย โดยเมื่อเชื่อมต่อเข้าด้วยสารแบบสวนทางกันได้ในเวลาเดียวกันนั่นเอง แสดงไว้ในรูปที่ 2.12

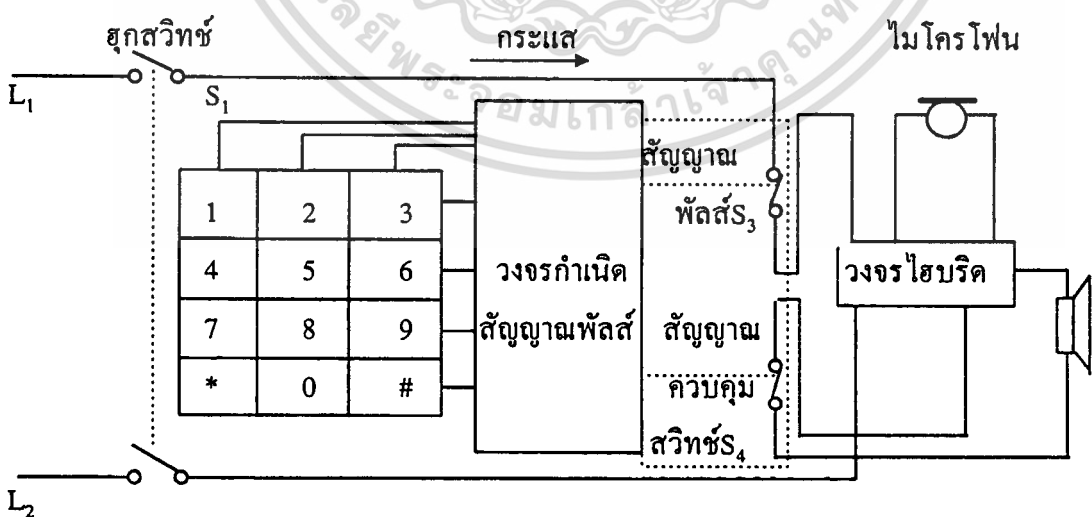


รูปที่ 2.12 วงจรไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบบวกลายคือ ใช้ 2 สายรับส่งสัญญาณเสียงพูดและอีก 2 สายสำหรับนำสัญญาณเข้าสู่หูฟัง แต่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายระดับ ต้องมีวงจรไฮบริดที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อทั้งระบบ 2 สาย และ 4 สาย ให้สามารถติดต่อกันได้นั่นเองเป็นวงจรไฮบริดแล้วการติดต่อระหว่างชุมสายท้องถิ่นด้วยกันก็จำเป็นต้องมีวงจรไฮบริด ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ในส่วนของวงจรไฮบริดเอง ก็จะมีวงจรที่ทำหน้าที่ปรับความสมดุลอิมพีแดนซ์ของระบบที่จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เพื่อให้สัญญาณที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันมีประสิทธิภาพที่สุด

เมื่อทราบถึงหน้าที่ของวงจรไฮบริดแล้วก็ย้อนกลับมาดูวงจรหมุนหมายเลขกันต่อ ในรูปที่ 2.11 สวิตช์ S_3 จะทำหน้าที่ขัดจังหวะกระแสไหลของกระแส ทำให้เกิดเป็นสัญญาณพัลส์ขึ้น ในรูปจะเห็นว่าสวิตช์ S_3 จะขนานอยู่กับวงจรไฮบริด สวิตช์ S_4 จะเป็นตัวควบคุมไม่ให้เราได้ยินเสียงของสัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้น ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากตอนที่ยกหูโทรศัพท์ขึ้นสวิตช์ S_4 จะปิดวงจร ส่วนสวิตช์ S_3 จะเปิดวงจรออก กระแสจะไหลผ่านวงจรไฮบริด (ซึ่งเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ) ทำให้ผู้ใช้โทรศัพท์สามารถได้ยินสัญญาณหมุน เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์เริ่มกดหมายเลข วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์จะส่งสัญญาณออกไปควบคุมให้สวิตช์ S_3 ปิดวงจร และ S_4 เปิดวงจร ดังนั้นจึงทำให้กระแสไหลผ่านวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์แต่จะไม่ไหลผ่านวงจรไฮบริดจึงเสมือนว่าส่วนของหูฟังถูกตัดออกจากวงจร ผู้ใช้โทรศัพท์จึงไม่ได้ยินเสียงที่เกิดจากการส่งสัญญาณพัลส์ในระหว่างที่ทำการส่งสัญญาณอยู่ สวิตช์ S_3 จะถูกปิดลงเป็นจำนวนครั้งตามหมายเลขที่กด เมื่อสิ้นสุดการกดหมายเลขแล้วสวิตช์ S_3 จะอยู่ในตำแหน่งเปิดวงจรและสวิตช์ S_4 จะปิดวงจรตามเดิม



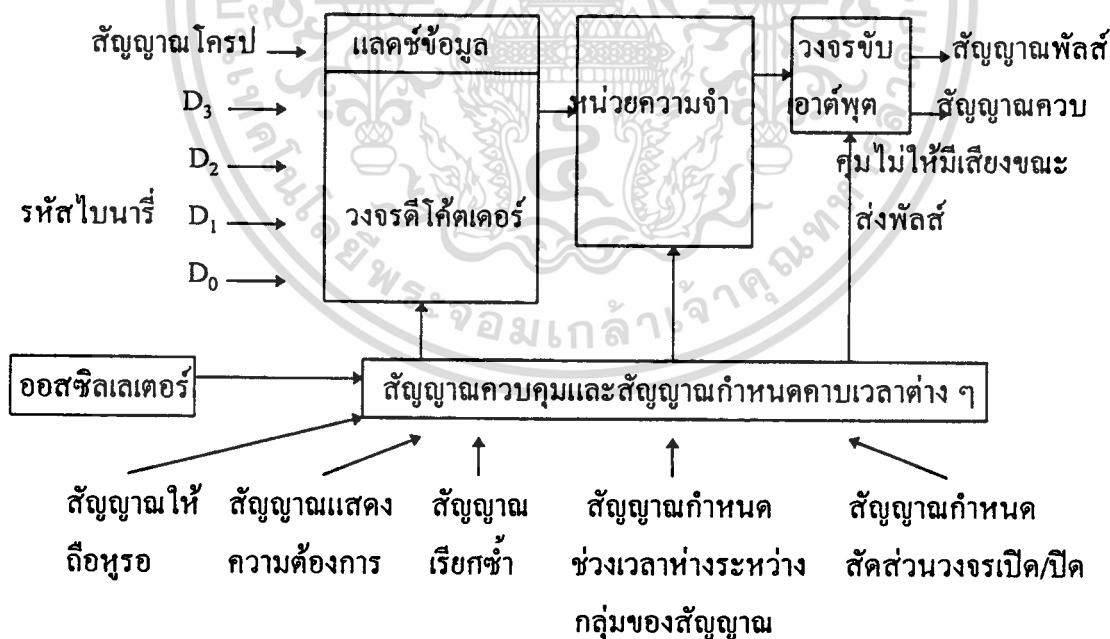
รูปที่ 2.13 วงจรหมุนหมายเลขต่อแบบอนุกรมกับวงจรไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

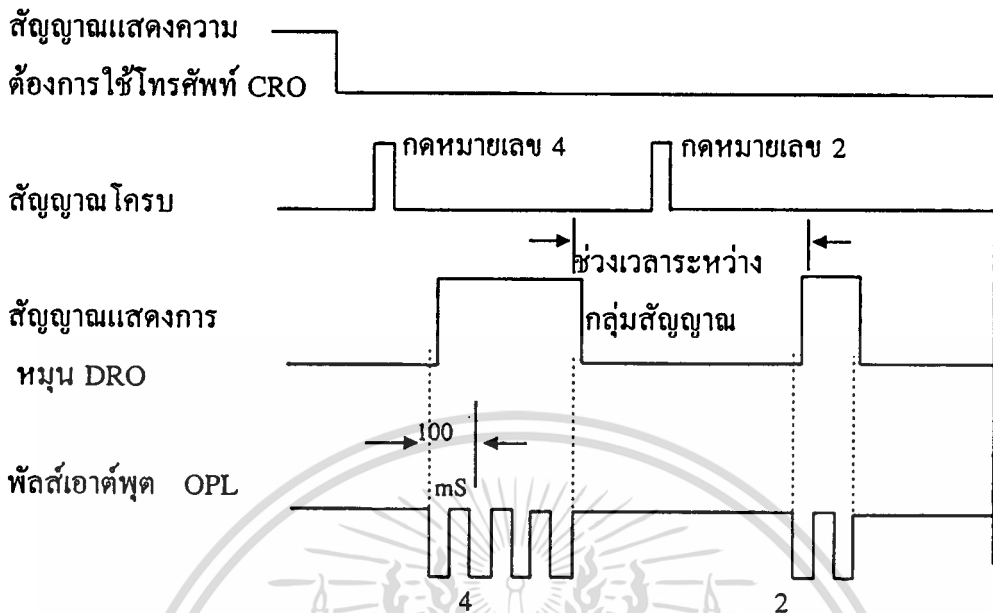
ตามวงจรที่แสดงในรูปที่ 2.13 จะเห็นว่าสวิตช์ S_3 จะถูกต่ออนุกรมกับวงจรไฮบริดอยู่ โทรศัพท์ ระบบนี้จะใช้สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์มาควบคุมสวิตช์ S_3 ให้เปิดปิดวงจรเพื่อทำให้เกิดเป็นสัญญาณพัลส์ขึ้น ซึ่งเหมือนกับระบบแรกที่ได้กล่าวไปแล้วขณะเดียวกันก็จะมีสัญญาณควบคุมให้สวิตช์ S_4 เปิดวงจรเพื่อไม่ให้เกิดสัญญาณออกทางหูฟังขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่ จะเห็นว่าหลักการทำงานของทั้ง 2 ระบบจะเหมือน ๆ

ต่อไปจะพิจารณาถึงไอซีที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์และสัญญาณควบคุมต่าง ๆ กันดูบ้าง ในรูปที่ 2.14 ได้แสดงบล็อกโคอะแกรมของไอซีตัวนี้ จะเห็นว่าเอาต์พุตของไอซีจะเป็นสัญญาณพัลส์และสัญญาณควบคุมจำเป็นต้องใช้ ส่วนสัญญาณอินพุตจะเป็นรหัสไบนารีซึ่งใช้แทนหมายเลขโทรศัพท์ สัญญาณให้ถือหูรือ สัญญาณหมุนซ้ำเป็นต้น วงจรออสซิลเลตสำหรับภาคขับสัญญาณเอาต์พุตจำเป็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์ที่ทนแรงดันสูง ๆ ได้ และต้องสามารถทำงานที่ความถี่สูง ๆ ได้ดี

สัญญาณลอจิกที่ควบคุมช่วงเวลาในการส่งสัญญาณที่มีความจำเป็นก็คือ สัญญาณอนสติกต่อออฟสติกสัญญาณบอกช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณพัลส์ และสัญญาณกำหนดอัตราส่วนการเปิดต่อเปิดวงจร สำหรับสัญญาณจากวงจรออสซิลเลตอร์นั้นจะไม่สามารถผลิตความถี่ออกมาได้ถ้าวงจรถูกโทรศัพท์ไว้ตำแหน่งปกติ



รูปที่ 2.14 บล็อกโคอะแกรมของไอซีที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์



รูปที่ 2.15 ไลอะแกรมเวลาของสัญญาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการส่งสัญญาณพัลส์

สัญญาณที่กำหนดช่วงห่างระหว่างกลุ่มของสัญญาณพัลส์ หรือสัญญาณ IDT จะกำหนดช่วงห่างของเวลาได้ระหว่าง 200 ถึง 1,000 มิลลิวินาที เมื่ออัตราในการส่งสัญญาณพัลส์อยู่ที่ 10 พัลส์ต่อวินาที และอยู่ระหว่าง 100 ถึง 500 มิลลิวินาที ถ้าส่งสัญญาณพัลส์ในอัตรา 20 พัลส์ต่อวินาที ส่วนค่าของอัตราส่วนการเปิดต่อเปิดวงจรจะมีค่าประมาณ 67 เปอร์เซ็นต์ (ลอจิก "0" 67% ใน 1 คาบสัญญาณ) หรืออาจจะใช้ค่า 61% ก็ได้เช่นกัน

ในปัจจุบัน ไอซีที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ก็มี เบอร์ MC14408 ซึ่งเป็นของโมโตโลร์ว่า โครงสร้างภายในเป็นแบบ CMOS และเนื่องจากการใช้งานต้องการสัญญาณอินพุตเป็นรหัสไบนารี จึงจำเป็นต้องมีตัวเข้ารหัส (Encoder) เบอร์ MC14419 มาอินเตอร์เฟสเข้ากับแป้นกดหมายเลขด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งเป็นวงจรที่ได้รับการพัฒนาให้สามารถนำมาใช้งานได้ สามารถอธิบายได้ด้วยไลอะแกรมของเวลา (Timing Diagram) ดังในรูปที่ 2.15 ซึ่งจะเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

เมื่อมีการกดปุ่มโทรศัพท์ขึ้นสัญญาณแสดงความต้องการจะใช้โทรศัพท์ (Call Request:CRQ) จะเป็นลอจิก "0" การที่สัญญาณ CRQ เป็นลอจิก "0" ก็เท่ากับเป็นการรีเซตให้ MC14408 เริ่มต้นที่จะรับหมายเลขใหม่เข้ามาหรืออาจจะให้เข้ามาหรืออาจจะให้ส่งสัญญาณพัลส์ของหมายเลขชุดเก่า เมื่อมีการใช้ฟังก์ชันหมุนซ้ำหลังจากนั้นสัญญาณสโตรลและสัญญาณแสดงการหมุน(Dial Rotating Output:DRO) ซึ่งการตัดเสียงที่จะเกิดขึ้นในระหว่าง การส่งสัญญาณพัลส์ออกไปโดยการทำให้ทรานซิสเตอร์ MPS-L01 ไม่นำกระแสตลอดเวลาที่สัญญาณ CRO ยังคงเป็นลอจิก "1" อยู่ สำหรับสัญญาณ (Output Pulse:OPL) จะถูกนำไปเป็นอินพุตให้กับไดโอดและทรานซิสเตอร์เพื่อส่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณพัลส์ออกไปอีกทีหนึ่งหลังจากนั้นก็จะเป็นหน้าที่ของชุมสายที่จะรับข้อมูลไปและคิดคํากับหมายเลขที่ถูกเรียกให้กับผู้ใช้ให้ถูกต้อง

ทั้งหมดนี้เป็นหลักการทํางานของวงจรที่ใช้ส่งหมายเลขไปยังชุมสายโทรศัพท์ทั้ง 2 ระบบคือทั้งระบบการส่งสัญญาณพัลส์และระบบ DTMF

2.2 ชุมสายโทรศัพท์ชนิดต่าง ๆ

ชุมสายโทรศัพท์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่ ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง และชุมสายที่ไม่มีผู้เช่าต่อเข้า

2.2.1 ชุมสายที่มีผู้เช่าต่อเข้าโดยตรง ได้แก่ตู้สาขาและชุมสายท้องถิ่น

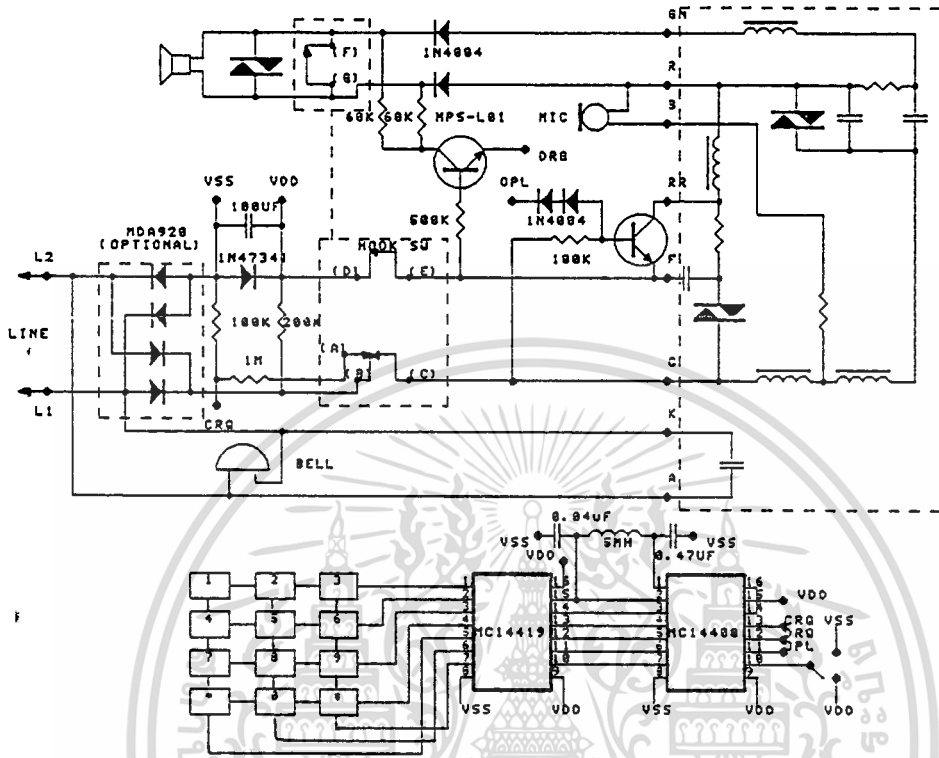
ตู้สาขา (Private Branch Exchange) PBX และ PABX ถูกนำมาใช้ในสำนักงาน ฯลฯ เพื่อใช้ต่อกันภายในโดยไม่ต้องผ่านเครื่องชุมสายของตู้สาขา เช่น calls, back abbreviated dialling และ conference calls เป็นต้น นอกจากนี้เบอร์ภายในยังสามารถต่อไปยังชุมสายท้องถิ่น เพื่อเรียกไปยังเบอร์ภายนอกได้ด้วยตู้สาขามีขนาดตั้งแต่จำนวน 2-3 เอ็กเทินชันจนถึงจำนวนหลายๆ พันเอ็กเทินชัน

ชุมสายท้องถิ่น (Local Exchange) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Large Urban Exchanges ลากเออเป็นเอ็กซ์เชนจ์ และ Rural Exchanges รูแรนเอ็กซ์เชนจ์ สำหรับลากเออเป็นเอ็กซ์เชนจ์ หมายถึงชุมสายท้องถิ่นซึ่งเป็น สวิตซ์จิง เซ็นเตอร์ (Switching Center) สำหรับแทรฟฟิค จากผู้เช่าภายในพื้นที่ของตัวเองชุมสายแบบนี้ มีขนาดตั้งแต่ร้อย ๆ เลขหมายจนถึงจำนวนไม่มีจำกัด ความจำกัดจำนวนนั้นขึ้นอยู่กับราคาค่าสายของผู้เช่ามายังชุมสาย ชุมสายแบบนี้มักจะใช้ในเมืองและชุมชนขนาดใหญ่ ส่วนรูแรนเอ็กซ์เชนจ์ คือ ชุมสายที่มีขนาดเล็ก ขนาดตั้งแต่สิบ ๆ หมายเลขจนถึงจำนวนพัน ๆ หมายเลขมักจะใช้ในชุมชนขนาดเล็ก เนื่องจากรูแรนเอ็กซ์เชนจ์มีขนาดเล็ก และแทรฟฟิค (Traffic) ไปยังเซ็นทรอล เอ็กซ์เชนจ์ (Central Exchange) หรือ ลากเออเป็น เอ็กซ์เชนจ์สูง หน้าที่ทางสวิตซ์จิงบางอย่างของ รูแรน เอ็กซ์เชนจ์ จะเป็นหน้าที่ของเซ็นทรอล เอ็กซ์เชนจ์ การที่นำเอาหน้าที่ของ รูแรน เอ็กซ์เชนจ์มารวมไว้ที่ เซ็นทรอล เอ็กซ์เชนจ์ นั้นเป็นการประหยัดเงินและเนทเวิร์ค (Net Work)

2.2.2 ชุมสายต่อผ่าน (Transit Exchange)

ชุมสายต่อผ่านเป็นชุมสายที่รับแทรฟฟิค ระหว่างชุมสายกับชุมสายและไม่มีผู้เช่าต่อตรงเข้ามายังชุมสาย การทํางานของเครื่องชุมสายต่อผ่านนี้จะต้องทํางานอย่างรวดเร็ว เพราะการที่ผู้เรียกเรียกไปยังผู้ถูกเรียกนั้นอาจจะต้องผ่านชุมสายต่อผ่านจำนวนหลาย ๆ ชุมสายก็ได้ ชุมสายต่อผ่านยังแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นและชุมสายต่อผ่านทางไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 วงจรสมบูรณ์ของระบบที่ใช้ในการส่งสัญญาณพัลส์

2.3 ระบบสวิตช์ซึ่ง (Switching System) ชนิดต่าง ๆ

2.3.1 ระบบสวิตช์ซึ่งด้วยมือ (Manual Switching System)

ในกรณีของการสวิตช์ซึ่งทำงานด้วยมือการต่อสายสื่อสารในแผงสวิตช์กระทำด้วยมือ โดยพนักงานโทรศัพท์ (Operator) มีแผงสวิตช์แมกนีโต (Magneto Switchboard) แผงสวิตช์แบตเตอรี่ร่วม (Common Battery Switchboard) แผงสวิตช์แมกนีโตใช้สำหรับต่อวงจรของผู้เข้าที่สิ้นสุดแต่ละเครื่องโทรศัพท์ภายในอาคารของผู้เข้าพร้อมทั้งมีเซลล์ปฐมภูมิ (Primary Cell) สำหรับเสียง และเครื่องกำเนิดเสียงกระดิ่งแม่เหล็กด้วย แผงสวิตช์แม่เหล็กร่วมได้มาจากการปรับปรุงแผงสวิตช์แมกนีโตเพื่อความสะดวกในการทำงานและการบำรุงรักษาระบบนี้ใช้แบตเตอรี่สะสม (Storage Battery) ติดตั้งที่ชุมสายกลางสำหรับเสียง (Speech) และการสื่อสารแผงสวิตช์แบตเตอรี่ใช้สำหรับต่อวงจรของผู้เข้า และใช้เป็นแผงสวิตช์ทางไกล (Toll Switchboard) และโต๊ะสอบถามหมายเลขโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์แบบใช้พนักงานต่อแบ่งแยกออกไปตามแหล่งกำเนิดของพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับปากพูด (Transmitter) มีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ ระบบแบตเตอรี่ประจำเครื่อง (Local Battery System) และระบบแบตเตอรี่ร่วม (Common Battery System)

โทรศัพท์ระบบแบตเตอรี่ประจำเครื่องแหล่งกำเนิดของพลังงานไฟฟ้าสำหรับปากพูด และเครื่องกำเนิดสัญญาณเรียกจะร่วมกันอยู่ในเครื่องโทรศัพท์แต่ละเครื่อง คำว่า ประจำเครื่อง (Local) หมายความว่า แหล่งกำเนิดของพลังงานไฟฟ้าสำหรับปากพูด และสัญญาณเรียก เป็นส่วนหนึ่งของโทรศัพท์แต่ละเครื่อง แบตเตอรี่ประจำเครื่องจะจ่ายกระแสสำหรับวงจรปากพูด ส่วนมือหมุนเครื่องทำไฟ (Hand Generator) หรือแมกนีโตจะจ่ายกระแสสำหรับสัญญาณกระดิ่งแม่เหล็ก

2.3.2 ระบบสวิทซ์จิ้งอัตโนมัติ (Automatic Switching System)

แผงสวิทซ์อัตโนมัติแบบขั้นต่อขั้น (Step By Step Automatic Switch) ระบบนี้จะทำงานตามกระแสพัลส์ของหน้าปัทม์ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นจากการหมุนเลขหน้าปัทม์เครื่องโทรศัพท์ของผู้เข้าที่ เป็นผู้เรียกหมุนหมายเลข 3054 ซึ่งเป็นเลขหมายของผู้ที่ถูกเรียกโดยผู้เข้าที่ เป็นผู้เรียกจะหมุนหมายเลข 3 เป็นหมายเลขแรกก่อน สวิทซ์เลือกตัวแรกก็จะเลื่อนไปตามตำแหน่งที่ 3 ซึ่งจะเลื่อนไปโดยกระแสพัลส์จากการหมุนนั่นเองจากนั้นก็หมุนหมายเลขของผู้ที่ถูกเรียกหมายเลขต่อไปซึ่งก็คือ 0-5-4 สวิทซ์เลือกตัวที่ 2 ถึง 4 ก็จะเลื่อนไปตามตำแหน่งที่ถูกกำหนดจากการหมุน จะเห็นได้ว่าจำนวนเลขหมายของผู้เข้าที่นั้นจะกำหนดจากจำนวนของสวิทซ์ทั้งหมด เช่น สวิทซ์เลือกตัวที่ 1 มี 10 จุด, ตัวที่ 2 มี 10 จุด, ตัวที่ 3 มี 10 จุด, และตัวที่ 4 มี 10 จุด เราสามารถกำหนดจำนวนหมายเลขได้ $10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10000$ หมายเลข ต่อจากนั้นได้พัฒนาทำให้มีเฟรมที่ต่อออก ที่เครื่องต่อ (Connector) โดยการทำงานจะยังคงใช้กระแสพัลส์จากการหมุนหน้าปัทม์ของผู้เข้าที่ที่ต้องการเรียก เช่นเดิม เพียงแต่ว่าจำนวนของเส้น ของสวิทซ์เลือกนั้นเพิ่มได้มาก

จากการทำงานทั้งหมด เราสามารถสรุปได้ว่าเครื่องเลือก (Selector) จะจับเลขทีละตัวด้วยพัลส์ของหน้าปัทม์และต่อสายทีละสาย เราเรียกวิธีการขั้นต่อขั้น (Step By Step)

2.3.3 ระบบสวิทซ์จิ้งแบบควบคุมร่วม

ในระบบนี้ส่วนที่ประกอบเป็นแขนแนลและส่วนควบคุมแขนแนลแยกจากกันแต่ส่วนควบคุมแขนแนลใช้ร่วมกัน เมื่อผู้พูดยกหูโทรศัพท์วงจรควบคุมจะได้รับสัญญาณการทำงานของอุปกรณ์วงจรของผู้เข้าซึ่งติดตั้งที่ขุมสายเฉพาะสายของผู้เข้าทุกสายและทำให้ทราบหมายเลขของผู้เรียก เขาอาจจะหมุนเลขบนหน้าปัทม์ (หรือกดปุ่ม) ได้แล้วเมื่อรีจิสเตอร์ได้รับสัญญาณควบคุมเช่น สัญญาณหน้าปัทม์ (Dial Signal) จากผู้เรียกเรียบร้อยแล้ว วงจรควบคุมจะค้นหาตำแหน่งของผู้ถูกเรียกถ้าสายว่างก็จะต่อผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกเท่านั้นและการพูดโทรศัพท์จะอยู่ในระบบแขนแนลอย่างเดียว ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมร่วมนี้มีระบบครอสบาร์สวิตช์ซึ่ง และระบบอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ซึ่งซึ่งเกี่ยวข้องอยู่ด้วย ระบบแรกใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ส่วนระบบหลังเป็นระบบใหม่ กำลังได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว

การใช้งาน และความสามารถในการทำงานของสวิตช์ชนิดครบวงจร

1. การใช้งาน (Applicability) สวิตช์ครอสบาร์เป็นสวิตช์ท้องถิ่นชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับติดต่อระหว่างผู้เช่าโดยตรง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสวิตช์เร็ว หรือสวิตช์แทนเคมออก และเข้าท้องถิ่นและทางไกล

2. ความสามารถในการทำงานของสวิตช์ (Applicapacity) ความสามารถในการทำงานของสวิตช์กำหนดโดยปลายสายและความสามารถในการควบคุมการติดต่อหรือแทรฟฟิกในกรณีของสวิตช์ระบบควบคุมร่วม ความสามารถในการควบคุมแทรฟฟิก ขึ้นอยู่กับเวลารอของอุปกรณ์ร่วมและองค์ประกอบอื่น ๆ สำหรับสวิตช์ครอสบาร์ชนิด ซี400 ความสามารถต่อเฟรม เท่ากับ 86 Erlangs เนื่องจากด้วยจำนวนสูงสุดของเฟรมในหนึ่งหน่วยสวิตช์เท่ากับ 32 ดังนั้นความสามารถในการรับแทรฟฟิก (Traffic Capacity) ต่อหน่วยสวิตช์ซึ่งเท่ากับ 2,752 Erlangs

2.3.4 ซุ่มสายโทรศัพท์ระบบดิจิทัล (SPC : Storage Program Control)

เมื่อทุกอย่างเป็นดิจิทัลหมดระบบโครงข่ายข่าวสารจะสมบูรณ์ดังนั้นระบบโทรศัพท์จึงหันเข้าสู่ยุคดิจิทัลเต็มตัว เพื่อให้ตอบสนองระบบโครงสร้างข่ายส่งข่าวสารได้ ซุ่มสายโทรศัพท์มีการนำเอาเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ เรียกเป็นลักษณะพิเศษว่าระบบ SPC

จากที่กล่าวมา เป็นความก้าวหน้าของระบบซุ่มสายโทรศัพท์ แบบดิจิทัล ที่เป็นหนึ่งของโครงสร้างพื้นฐานของระบบโครงข่ายข่าวสาร (INS) ที่สมบูรณ์ในอนาคตอันใกล้

2.4 มาตรฐานของซุ่มสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

ในการออกแบบซุ่มสายโทรศัพท์จำเป็นต้องคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นเมื่อนำตัวซุ่มสายต่อเข้ากับระบบโทรศัพท์หลักซึ่งข้อที่สำคัญที่สุดคือ ต้องไม่รบกวนหรือทำให้ระบบโทรศัพท์หลักทำงานผิดพลาดและยังสามารถติดต่อกับระบบ โทรศัพท์ได้ด้วยดังนั้นการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงมาตรฐานที่องค์การโทรศัพท์กำหนดไว้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลเสียที่อาจเกิดขึ้นได้และยังช่วยให้การศึกษาและพัฒนาในอนาคต ทำได้อย่างมีระบบและมีความเชื่อถือได้

ข้อกำหนดทั่วไปของซุ่มสายมีดังนี้

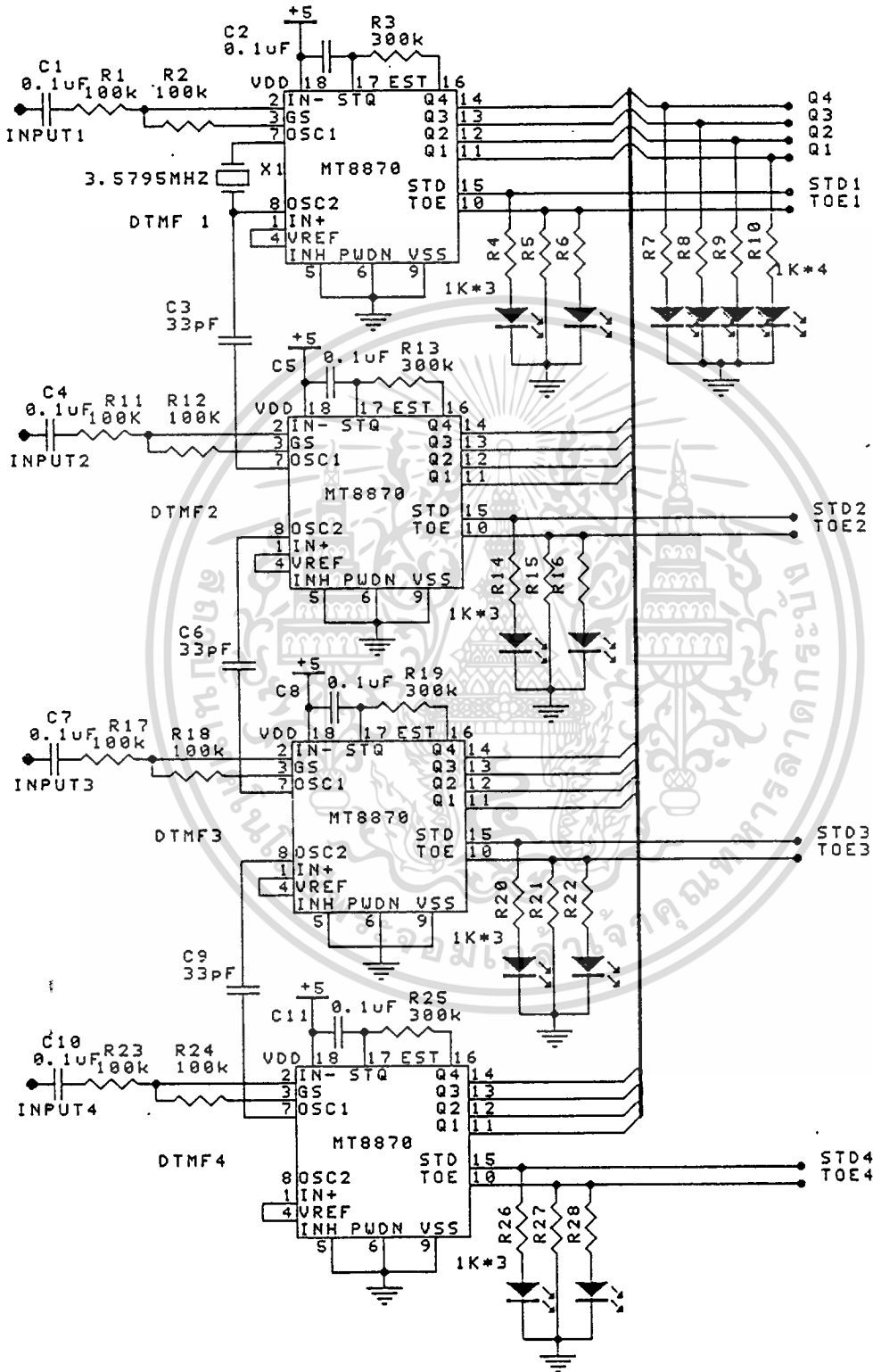
1. อิมพีแดนซ์ของวงจรที่ความถี่เสียง 600 โอห์ม
2. ค่าความต้านทานระหว่างสายตัวนำกับกราวด์ของระบบ ต้องมีค่าน้อย 24 กิโลโอห์ม
3. กระแสในสายโทรศัพท์มีค่าน้อย 20 มิลลิแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การลดทอนระหว่างขุมสายโทรศัพท์กับเครื่องโทรศัพท์สูงสุดไม่เกิน 7 เดซิเบล
5. การลดทอนสัญญาณรวมในระบบไม่เกิน 33 เดซิเบล
6. อุปกรณ์ที่ต้องมีความเกี่ยวข้องกับสัญญาณกระดิ่งหรือวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งต้องมีอิมพีแดนซ์มากกว่า 800 โอห์ม ที่ความถี่ 25 เฮิรตซ์ และไม่น้อยกว่า 20 กิโลโอห์มที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์
7. การเชื่อมต่อกระดิ่งกับวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ต้องต่อผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิงค่า 1 ถึง 2.2 ไมโครฟารัด
8. กระดิ่งหรือวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง จะต้องสามารถทำงานได้ที่ระดับสัญญาณกระดิ่งตั้งแต่ 35 โวลต์ และสูงสุดไม่เกิน 100 โวลต์ ที่ความถี่ 25 เฮิรตซ์



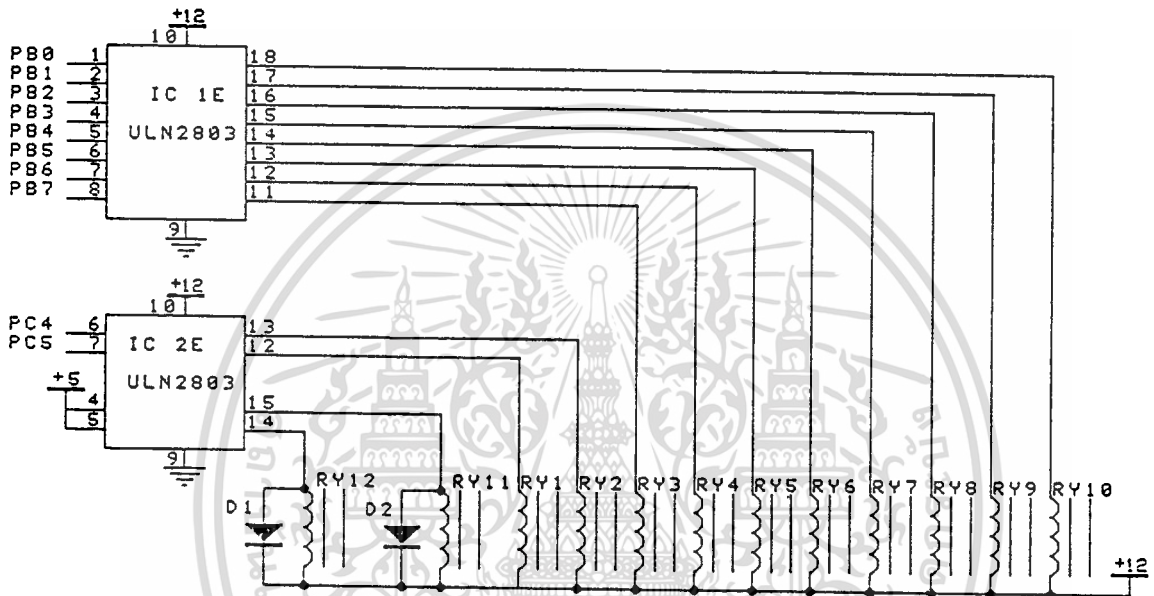
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 8.10 วงจรถอดรหัส DTMF
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 ส่วนขับรีเลย์ (Drive Relay)

วงจรถับรีเลย์ หัวใจสำคัญคือ IC_{1E} กับ IC_{2E} เบอร์ ULN2803 โดยเป็น IC ขับรีเลย์โดยป้อนสัญญาณอินพุต บวก 5V TTL และต่อ R_y ทุกตัวที่ขาเอาต์พุตกับบวก Vcc โดย IC_{1E} จะขับรีเลย์ในส่วนติดต่อกภายใน 8 คู่สายที่เหลือ คือ R_{y1}-R_{y8}



รูปที่ 3.11 วงจรส่วนขับรีเลย์ (Drive Relay)

ส่วน IC_{2E} จะขับรีเลย์ในส่วนติดต่อกภายในอีก 2 คู่สายที่เหลือ คือ R_{y9}-R_{y10} และขับรีเลย์ในส่วนติดต่อกภายนอก 2 ตัว คือ R_{y11} กับ R_{y12} และขับรีเลย์ในกรณีไฟดับ 2 ตัวคือ R_{y13} กับ R_{y14} โดยรับสัญญาณอินพุตที่มาควบคุมจากพอร์ตของ IC8255

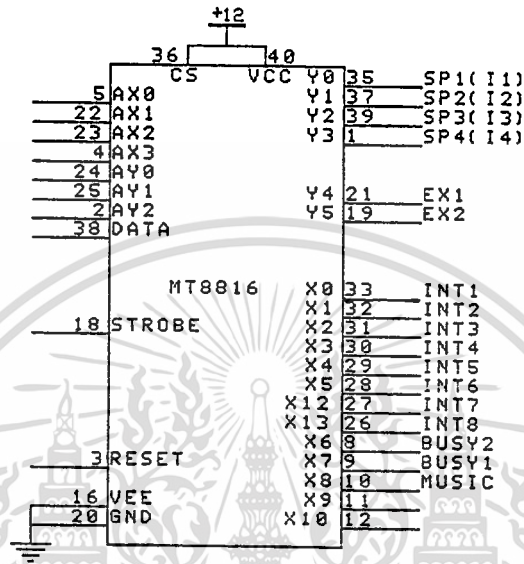
3.2.7 ส่วนเมตริกซ์ สวิตช์ (Matrix Switch)

วงจรถ่านนี้เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่ง เพราะเป็นจุดศูนย์กลางการติดต่อสื่อสารต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยช่องสัญญาณต่าง ๆ ส่วนกำเนิดเสียงดนตรี, ส่วนตอบรับอัตโนมัติ, ส่วนช่องสัญญาณของคู่สายภายนอก ซึ่งรายละเอียดจากขาต่าง ๆ มีดังนี้

1. AX₀, AX₁, AX₂, AX₃, AY₀, AY₁, AY₂ เป็นขากำหนดตำแหน่งของจุดต่อสวิตช์
2. Data กับ Strobe เป็นตัวควบคุมการเชื่อมต่อสวิตช์และรีเซ็ตสวิตช์ตามตำแหน่งที่กำหนด ถ้าป้อนขา Data กับ Strobe ด้วยลอจิก "1" ทั้งคู่ จะเป็นการเชื่อมต่อสวิตช์ค้างถ้าป้อนขา Data เป็น "0" และ Strobe เป็น "1" จะเป็นการรีเซ็ตสวิตช์ให้แยกออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. CS เป็นขาเลือกตัวไอซี ในกรณีใช้ MT8816 เพียงตัวเดียว ให้ต่อกับลอจิก “1” ตลอดถ้าใช้ เมตริกซ์สวิตช์หลายตัว จะใช้ขานี้เป็นตัวเลือกโดยจะแอกทีฟสูง



รูปที่ 3.12 วงจรเมตริกซ์สวิตช์

4. Reset จะต่อกับวงจรอาร์ชิตექเฟอเรนเชียล เมื่อมีการเปิดเครื่องใหม่ ไอซีเมตริกซ์สวิตช์จะทำการรีเซ็ตสถานะเดิมทั้งหมดเพื่อเริ่มการทำงานใหม่
5. ขา X_0, Y_1, Y_2, Y_3 เป็นขาทางด้านแนวนอน โดยกำหนดเป็นช่องสัญญาณ (Speech Path) จำนวน 4 ช่อง และต่อกับภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF
6. Y_4 กับ Y_5 เป็นขาทางด้านแนวนอนโดยขา Y_4 ต่อกับสายสัญญาณคู่สายภายนอกที่ 1 และขา Y_5 ต่อกับสายสัญญาณคู่สายภายนอกที่ 2
7. ขา $X_0, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_{12}$ และ X_{13} เป็นขาทางด้านแนวตั้งโดยต่อกับสายสัญญาณของเครื่องโทรศัพท์ภายในตั้งแต่เครื่องที่ 1 ถึง เครื่องที่ 8 ตามลำดับ
8. ขา X_6 กับ X_7 ต่อกับช่องสัญญาณสำรองสำหรับคู่สายภายนอก เพื่อเพิ่มความสามารถในการติดต่อภายในระบบ
9. ขา X_8 เป็นขาสัญญาณเสียงเพลง ในกรณีการโอนสายภายนอก
10. ขา X_9 กับ X_{10} เป็นขาสัญญาณของ ระบบตอบรับอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 ส่วนภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

ภาคจ่ายไฟเป็นสิ่งสำคัญในโครงการทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะโครงการที่ต้องทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ดังเช่นโครงการชุดนี้ ชุดสายโทรศัพท์ที่สร้างขึ้นต้องการแรงดันไฟเลี้ยงหลายระดับและปริมาณกระแสที่แตกต่างกันออกไป

ชุดสายโทรศัพท์ที่สร้างขึ้นต้องการไฟเลี้ยงวงจรส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

วงจร	แรงดันไฟเลี้ยงที่ต้องการ	ปริมาณกระแสไฟฟ้า
วงจรกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์	+5 โวลต์	50 มิลลิแอมป์
	+100 โวลต์	200 มิลลิแอมป์
วงจรถอดรหัส DTMF	+5 โวลต์	30 มิลลิแอมป์
วงจรควบคุม 8031	+5 โวลต์	800 มิลลิแอมป์
ส่วนสวิทช์ซิงเนตเวอ์	+5 โวลต์	600 มิลลิแอมป์
ส่วนติดต่อภายนอก	+12 โวลต์	2 แอมป์
ส่วนติดต่อภายใน	+24 โวลต์	700 มิลลิแอมป์
วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ และตรวจสอบและส่วนตอบรับอัตโนมัติ	+5 โวลต์	140 มิลลิแอมป์

ตารางที่ 3.1 ระดับและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนต่าง ๆ ของวงจร

จากตารางสรุปได้ว่า ชุดสายโทรศัพท์ที่สร้างขึ้นต้องการแรงดัน 5 โวลต์ กระแสไฟฟ้าประมาณ 1,620 มิลลิแอมป์ แรงดัน 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้าประมาณ 2 แอมป์แปร แรงดัน 100 โวลต์ 200 มิลลิแอมป์ และ 24 โวลต์ 700 มิลลิแอมป์

การออกแบบภาคจ่ายไฟ ที่แรงดัน 5 โวลต์ก่อน ที่จะผ่านการควบคุมแรงดันจากวงจรเรกูเลเตอร์จะต้องมีแรงดันอินพุตมากกว่าแรงดันที่ต้องการที่เอาท์พุต

โดยปกติเมื่อแรงดันไฟสลับผ่านการเรียงกระแสและกรองแรงดันแล้วจะเกิดแรงดันตกคร่อมตรงจุดนี้ประมาณ 3.5 โวลต์ ดังนั้นแรงดันอินพุตก่อนเข้าเรกูเลเตอร์ต้องมีอย่างน้อยเท่ากับ แรงดันเอาท์พุต +3.5 โวลต์ เมื่อต้องการแรงดันเอาท์พุต 5 โวลต์ ดังนั้นแรงดันอินพุต จึงมีอย่างน้อย $5 + 3.5 = 8.5$ โวลต์ จากนั้นแปลงค่าแรงดันไฟตรงให้เป็นไฟสลับด้วยการหารด้วย 1.414 จึงได้ค่าแรงดันไฟสลับเมื่อผ่านหม้อแปลงออกมา อย่างน้อยอีก 6.01 โวลต์ แต่ด้วยประสิทธิภาพของหม้อแปลงไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงจึงควรเพื่อแรงดันไว้ประมาณ 1 โวลต์ จึงได้หม้อแปลงลดแรงดันไฟสลับจาก 220 โวลต์เป็น 7 โวลต์มาพิจารณาเรื่องกระแสไฟฟ้าบ้าง เมื่อทราบว่าภาคจ่ายไฟต้องการจ่ายกระแสแก่ส่วนต่าง ๆ ของวงจรอย่างน้อย 1.62 แอมป์แปร์ ที่แรงดัน 5 โวลต์ จะต้องกำหนดความสามารถของการจ่ายกระแสของหม้อแปลงให้มากกว่าที่ต้องการ โดยนำค่ากระแสที่ต้องการนั้นหารด้วย 0.7 ก็จะได้ค่ากระแสที่หม้อแปลงออกมาที่แรงดัน 5 โวลต์ ต้องการกระแส 1.62 แอมป์แปร์ ดังนั้นหม้อแปลงต้องสามารถจ่ายกระแสได้ 1.62 หาร 0.7 เท่ากับ 2.3 แอมป์แปร์ เพื่อแก้ปัญหาประสิทธิภาพของหม้อแปลง จึงควรใช้หม้อแปลงขนาด 3 แอมป์แปร์ ดังนั้นที่แรงดันเอาท์พุท 5 โวลต์ ต้องใช้หม้อแปลงขนาด 7 โวลต์ 3 แอมป์แปร์

ต่อไปพิจารณาที่ 12 โวลต์ ก็จะได้แรงดันอินพุท 15.5 โวลต์ และต้องใช้หม้อแปลงขนาด 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 3 แอมป์แปร์ ที่ระดับแรงดันไฟเลี้ยง 24 โวลต์ ต้องการแรงดันอินพุท 27.5 โวลต์ ใช้หม้อแปลง 21 โวลต์ 1 แอมป์แปร์

ส่วนที่แรงดัน 100 โวลต์ ที่จ่ายให้แก่วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งไม่จำเป็นต้องผ่านการเรกูเลต จึงสามารถเลือกใช้แรงดันอินพุท เป็น 100 หาร 1.414 เท่ากับ 70.7 โวลต์ จึงควรใช้หม้อแปลงขนาด 71 โวลต์ 300 มิลลิแอมป์ จะเห็นว่าต้องใช้หม้อแปลงหลายระดับกระแสและแรงดันจึงออกแบบใช้ หม้อแปลง 2 ตัว โดยตัวหนึ่งเป็น 7 โวลต์ 3 แอมป์แปร์ กับขนาด 21 โวลต์ 1 แอมป์แปร์ และขนาด 12 โวลต์ 3 แอมป์แปร์ กับ 71 โวลต์ 300 มิลลิแอมป์ อีกหนึ่งตัวเพื่อลดขนาดของเครื่อง

การทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟ เป็นวงจรสมบูรณ์ของภาคจ่ายไฟของซุมสายโทรศัพท์หม้อแปลง T_1 ลดแรงดันเหลือ 71 โวลต์ ผ่านการเรียงกระแสและกรองแรงดันโดย B_1, C_1, C_2 จะได้แรงดันเอาท์พุท ประมาณ 100 โวลต์ จ่ายให้แก่วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

สำหรับแรงดัน 12 โวลต์ ได้จาก หม้อแปลง T_2 ลดระดับแรงดันเหลือ 12 โวลต์ ผ่านการเรียงกระแส และกรองแรงดันโดย B_2, C_3, C_4 โดย IC_1 เป็นไอซีเรกูเลเตอร์ รักษาแรงดันให้มีค่า 12 โวลต์ คงที่ ร่วมกับ Q_1 เป็นตัวขยายกระแสให้ได้กระแสที่เอาท์พุท 2 แอมป์แปร์ C_5 กับ C_6 ต่อไว้เพื่อช่วยให้ วงจรตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดได้ดีขึ้น

สำหรับแรงดัน 5 โวลต์ ได้จากหม้อแปลง T_3 ลดระดับแรงดันเหลือ 7 โวลต์ ผ่านการเรียงกระแสและกรองแรงดันโดย B_3, C_7, C_8 โดยมี R_3 กับ Q_2 ทำหน้าที่เพิ่มความสามารถในการจ่ายกระแสของวงจร

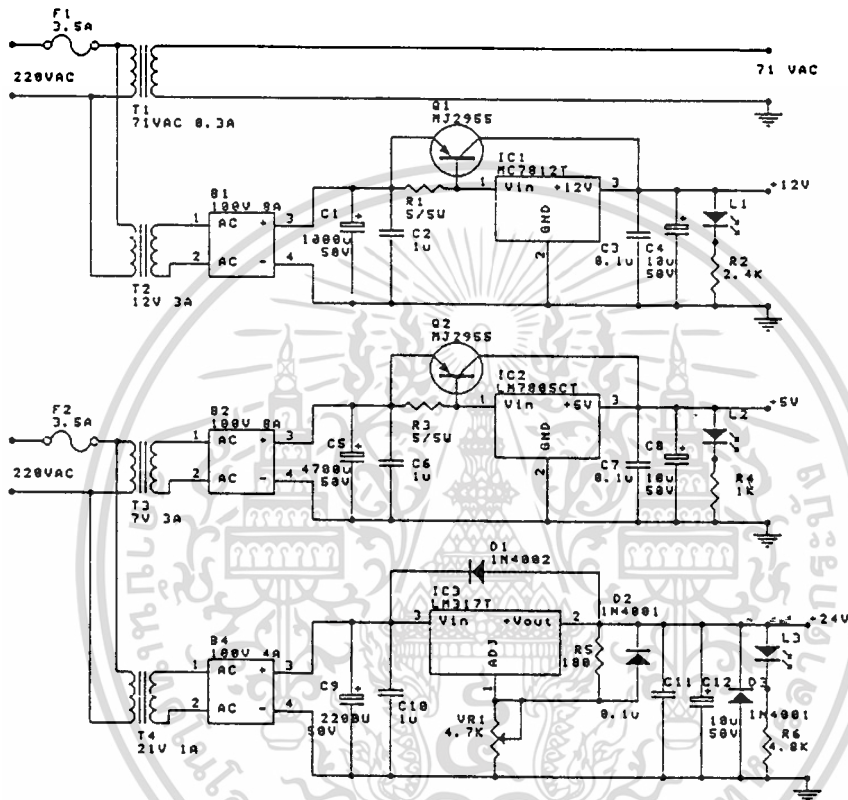
IC_2 ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันเอาท์พุทให้คงที่ 5 โวลต์ C_9 กับ C_{10} ต่อไว้เพื่อช่วยให้วงจรสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดได้ดีขึ้น

สำหรับแรงดัน 24 โวลต์ ได้จากการลดแรงดันผ่าน T_4 ผ่านการเรียงกระแสและกรองแรงดัน โดย B_4, C_{11}, C_{12} จากนั้นผ่านการควบคุมแรงดันโดยใช้ IC_3 เบอร์ LM317T ซึ่งสามารถจ่ายกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ 1.5 แอมป์แปร์ ต่อกับ R_5, VR_1, D_2, D_1 โดย D_1 ทำหน้าที่ป้องกันแรงดันย้อนกลับมาเข้าขา ADJUST ของ IC_3 ส่วน VR_1 ใช้ในการปรับแรงดันเอาท์พุทให้มีค่า 24 โวลต์ ไดโอด D_3 ป้องกันแรงดันลอบอกไปทางเอาท์พุท



รูปที่ 3.18 วงจรส่วนภาคจ่ายไฟ (POWER SUPPLY)

3.3 หลักการทำงานของเครื่องหุ้มสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

การทำงานของเครื่องสามารถทำงานได้ดังนี้

3.3.1 กรณีเครื่องโทรศัพท์ภายในต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายในด้วยกัน

สมมุติว่าเครื่องหมายเลข 1 ต้องการติดต่อกับเครื่องหมายเลข 3

เครื่องหมายเลข 1 ทำการยกหูโทรศัพท์ซึ่งจะทำให้ วงจรตรวจเช็คการยกหูส่งสัญญาณพัลส์ “0” (จากเอาท์พุทของ IC_{41} 74LS14) ผ่านพอร์ตเอ 8255 ตัวที่ 1 (ขา PA0) เพื่อให้ IC_7 MT8861 ซีพียู 8031 รับรู้ว่าเครื่องหมายเลข 1 มีการยกหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีพียูจะควบคุมเมตริกซ์สวิตช์ตัดต่อ ให้เครื่องหมายเลข 1 (XO) กับช่องสัญญาณที่ว่าง (Speech Path) (Y_0 - Y_3 ในที่นี้กำหนดให้เป็น Y_0) ในขณะที่เดียวกัน ก็ควบคุมพอร์ทบีของ 8255 ตัวที่ 2 ให้เครื่องหมายเลข 1 ได้รับสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) โดยให้ลอจิก "0" ที่ขา 1 ของ $IC_{16/1}$ ก็ จะส่งสัญญาณให้หมุนไปยังเครื่องหมายเลข 1

เครื่องหมายเลข 1 กดหมายเลข 3 ซึ่งสัญญาณจะถูกถอดรหัส โดยวงจรถอดรหัส (DTMF Decoder) วงจรถอดรหัสจะส่งสัญญาณรหัสไบนารี 4 บิต ผ่านทางพอร์ทซี ของ 8255 ตัวที่ 2 ไปยังซีพียูโดยเมื่อมีสัญญาณเข้ามาที่ขา I_1 แล้วที่ขา STD_1 จะส่งลอจิก "1" ไปบอกให้ซีพียูรับรู้ว่ามี สัญญาณ DTMF เข้ามา ซีพียูจะส่งลอจิก "1" เมื่อให้วงจรถอดรหัสแล้วส่งสัญญาณไบนารี 4 บิต ไปให้แก่ซีพียู

ซีพียูจะตรวจว่าเครื่องหมายเลข 3 ถูกใช้งานอยู่หรือไม่ ถ้าไม่ถูกใช้งานซีพียูจะควบคุมให้ เครื่องหมายเลข 1 ได้รับสัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) โดยให้ลอจิก "0" แก่ $IC_{16/2}$ และส่ง สัญญาณเรียก (Ringing Signal) ให้กับเครื่องหมายเลข 3 โดยส่งลอจิก "1" ให้แก่ IC_{12} ที่ขา 6 เพื่อ สั่งให้รีเลย์ 8 ทำงานเมื่อเครื่องหมายเลข 3 มีการยกหูรับสาย (ที่วงจรตรวจจับการยกหูที่ขา 2 ของ $IC_{4/3}$ จะส่งลอจิก "0" ไปยังขา PA_2 ของ IC_8 ซีพียูจะตัดสัญญาณเรียก และสัญญาณเรียกกลับออก ทันที และทำการควบคุมเมตริกซ์สวิตช์ให้เครื่องหมายเลข 3 ติดต่อกับเครื่องหมายเลข 1 ที่ช่อง สัญญาณเดียวกัน (คือขา X_0 ต่อกับขา Y_0 และ X_2

แต่ถ้าเครื่องหมายเลข 3 ถูกใช้งานอยู่ เครื่องหมายเลข 1 จะได้รับสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)

เมื่อสิ้นสุดการสนทนาเครื่องหมายเลข 1 และเครื่องหมายเลข 3 วางหูเรียบร้อยแล้ว วงจร ตรวจสอบการยกหู (ที่ขา 12 ของ $IC_{4/1}$ และขา 2 ของ $IC_{4/3}$) จะส่งสัญญาณ (ลอจิก "1") ให้ซีพียูรับ รู้เพื่อควบคุม เมตริกซ์สวิตช์ ตัดต่อให้อยู่ในสภาวะปกติ

3.3.2 กรณีเครื่องโทรศัพท์ภายในต้องการติดต่อกับโทรศัพท์ภายนอก

สมมุติว่าเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 ต้องการโทรออกไปยังหมายเลขภายนอก

เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 ยกหูโทรศัพท์ วงจรตรวจสอบการยกหู (ขา 12 ของ $IC_{4/1}$) จะส่ง (ลอจิก "0" ผ่านขา PA_0 ของ IC_9) สัญญาณไปยังซีพียู และซีพียูจะควบคุมเมตริกซ์สวิตช์ตัดต่อ สายสัญญาณเครื่องหมายเลข 1 เข้ากับช่องสัญญาณ (ระหว่างขา Y_0 - Y_4 ที่ว่างโดยกำหนดเป็น Y_0 ก่อน) แล้วป้อนสัญญาณให้หมุนกับเครื่องหมายเลข 1 โดยการส่งลอจิก "0" ออกไปที่ขา PB_0 ของ IC_9

เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 จะทำการกดหมายเลข 0 ก็ผ่านวงจรถอดรหัส เมื่อซีพียูรับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทรานว่ามีกรกดหมายเลข 0 เพื่อต้องการติดต่อกับสายภายนอก ในขณะที่เดียวกันซีพียู จะทำการ ไม่วางกรณเดาทั้งสิน อีกทั้งห้ามมีเหตุดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบว่ามีการใช้สายภายนอกหรือไม่ (โดยตรวจสอบที่ขา Y_4 กับ Y_5) ถ้ามีการใช้ ซีพียูจะสร้างสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ให้แก่เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 (โดยให้ลอจิก “0” ที่ขา PA_0 ของ IC₉ แทน) แต่ถ้าไม่มีการใช้คู่สายภายนอก ซีพียูจะทำการต่อเมตริกซ์สวิทช์ระหว่างเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 กับสายนอกขององค์การโทรศัพท์ (ที่ช่องสัญญาณ X_0 กับ PA_0 หรือ Y_5 ก็ได้) และควบคุมรีเลย์ 1 ให้ต่อกับสายภายนอก

ในขณะที่เครื่องหมายเลข 1 จะติดต่อกับองค์การโทรศัพท์โดยตรง เครื่องหมายเลข 1 จะได้รับสัญญาณให้หมุนจากชุมสายขององค์การโทรศัพท์ ดังนั้นเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 จะทำการกดหมายเลขของกลุ่มสายภายนอก และกระบวนการต่างๆ จะเป็นไปตามปกติขององค์การโทรศัพท์ เมื่อสิ้นสุดการสนทนา เครื่องหมายเลข 1 วางหูเรียบร้อยแล้ว วงจรตรวจเช็คการยกหูจะส่งสัญญาณให้ซีพียูรับรู้ ซีพียูจะควบคุมเมตริกซ์สวิทช์ ให้กลับสภาพปกติ

9.3.3 กรณีเครื่องโทรศัพท์ภายนอกต้องการติดต่อกับเครื่องภายใน

เมื่อมีผู้รับโทรศัพท์ และไม่มีผู้รับสายโทรศัพท์

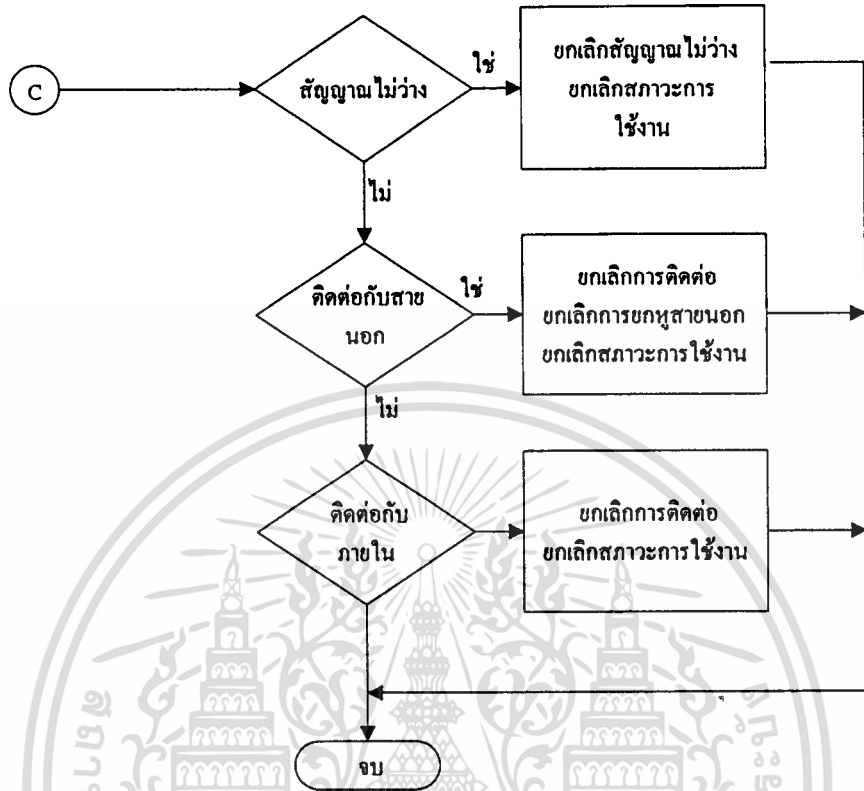
เมื่อสายนอกโทรเข้ามา จะมีสัญญาณเรียกผ่าน เข้าวางจรตรวจจับสัญญาณเรียกซึ่งเอาท์พุทของวงจรตรวจจับสัญญาณเรียก (ที่ขาซีของ Q₁) จะเป็น “0” ส่งไปยังซีพียู ทำให้ซีพียูรับรู้ว่ามีกรโทรเข้าจากสายภายนอก

ซีพียูทำการควบคุมขั้วรีเลย์ 1 ปิดวงจรซึ่งทำงานเหมือนการยกหูโทรศัพท์ขึ้นรับสายนอก ในขณะเดียวกันจะส่งระบบตอบรับอัตโนมัติ (ให้ขา PC_5 ของเป็นลอจิก “1”) โดยมีข้อความดังนี้ “สวัสดีค่ะ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม กรุณาจดหมายเลขติดต่อที่ต้องการ เมื่อจบข้อความนี้หรือรอสักครู่ จะมีคนรับสาย”

เมื่อจบข้อความ หน่วยประมวลผลกลาง จะควบคุมเมตริกซ์สวิทช์เพื่อตัดต่อสวิทช์ ให้สายภายนอกต่อเข้ากับช่องสัญญาณที่ว่าง ทำให้สายภายนอกที่โทรเข้ามาได้รับสัญญาณให้หมุนเพื่อกดหมายเลขติดต่อภายในที่ต้องการ ถ้าเครื่องภายในว่างซีพียูจะส่งสัญญาณเรียกกลับ ให้เครื่องภายนอกและส่งสัญญาณเรียกให้เครื่องภายใน ซีพียูจะตรวจสอบการยกหูเมื่อเครื่องภายในยกหู ซีพียูจะหยุดส่งสัญญาณเรียกและสัญญาณเรียกกลับพร้อมทั้งควบคุมเมตริกซ์สวิทช์ ต่อสายภายนอกเข้ากับเครื่องภายใน สามารถสนทนากันได้

เมื่อต้องการ โอนสายภายนอกไปยังสายภายในหมายเลขอื่น

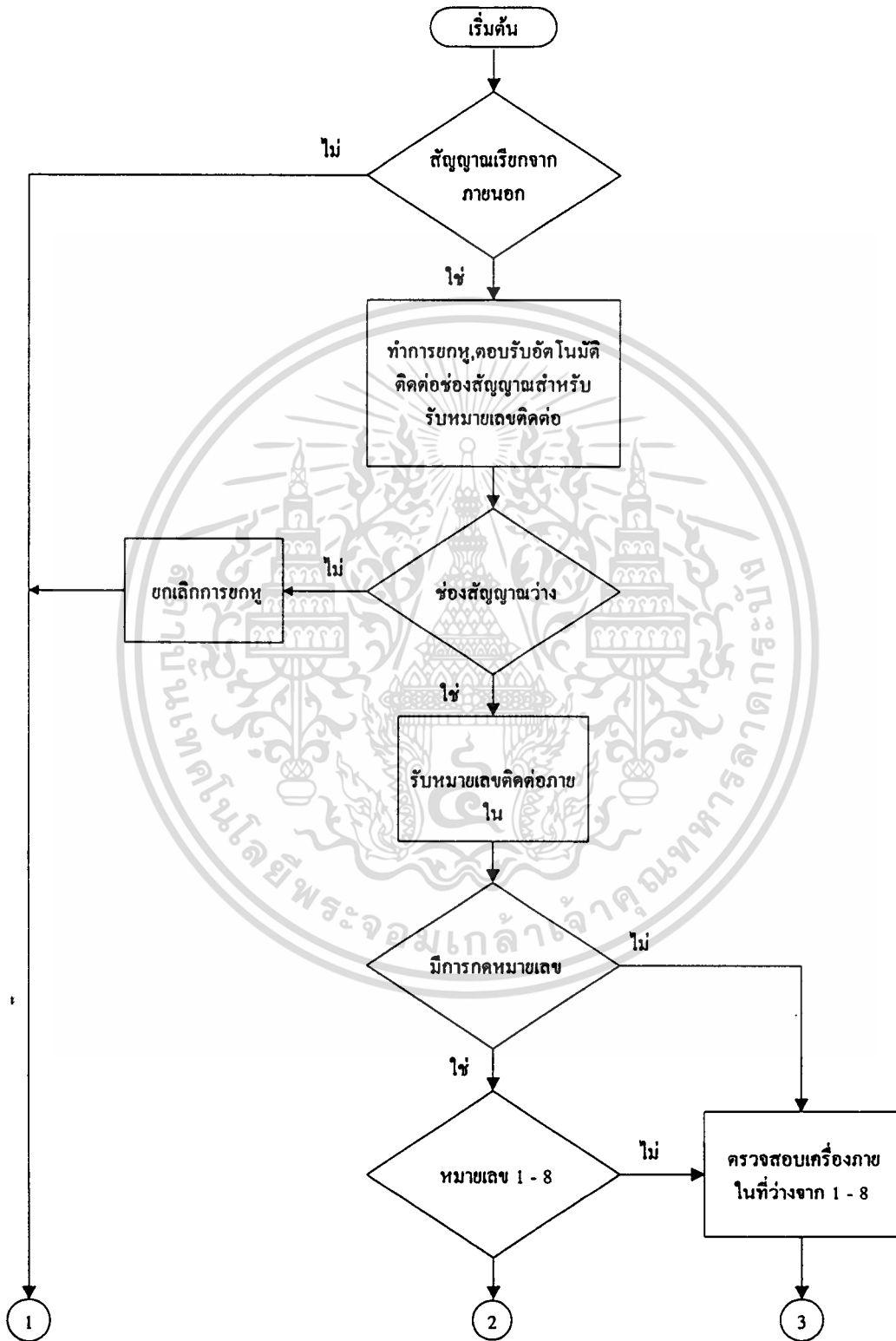
สมมุติว่าในขณะที่สายภายนอกเส้นที่ 1 ติดต่อสนทนาอยู่กับเครื่องภายในหมายเลข 2 และต้องการย้ายไปติดต่อกับเครื่องภายในหมายเลขที่ 5 แทน



รูปที่ 3.18 (ต่อ) แผนผังส่วนโปรแกรมโทรศัพท์ภายนอกโทรเข้า

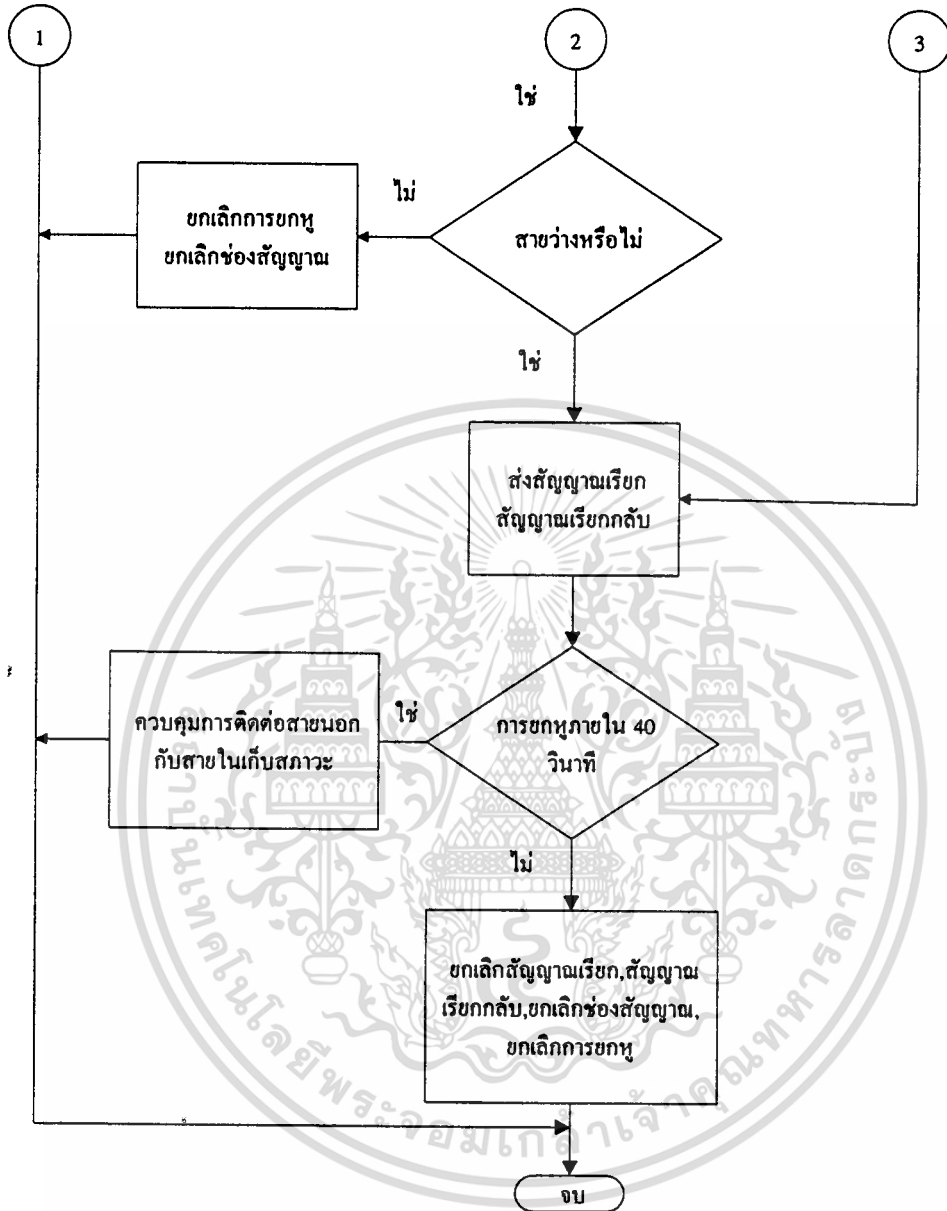
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังส่วน โปรแกรม โทรศัพท์ภายใน โทรเข้าและโทรออก



รูปที่ 8.19 แผนผังส่วน โปรแกรม โทรศัพท์ภายใน โทรเข้าและโทรออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 (ต่อ) แผนผังส่วน โปรแกรมโทรศัพท์ภายในโทรเข้าและโทรออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

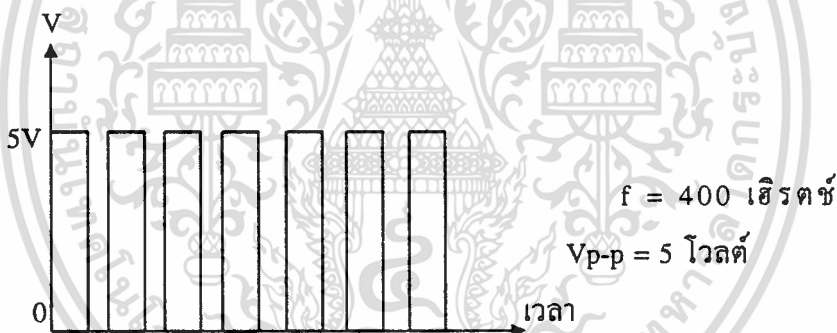
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 การติดต่อภายใน

การทดลองติดต่อภายในระหว่างคู่สายภายใน 8 คู่สาย เริ่มทดลองโดยยกหูโทรศัพท์ (Hand Set) จะได้รับสัญญาณให้กดหมายเลข (Dial Tone) ซึ่งสัญญาณนี้มีลักษณะความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ ดังติดต่อกันตลอด ดังรูปที่ 4.1 ความชัดเจนของสัญญาณเสียงดีแต่คุณภาพของเสียงจะไม่ได้มาตรฐาน เหมือนกับองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย เพราะเสียงสัญญาณให้กดหมายเลขขององค์การโทรศัพท์ เป็นเสียงที่มอดูเลตระหว่าง สัญญาณความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ เป็นรูปไซน์ แต่วงจรผลิตสัญญาณในวงจรเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

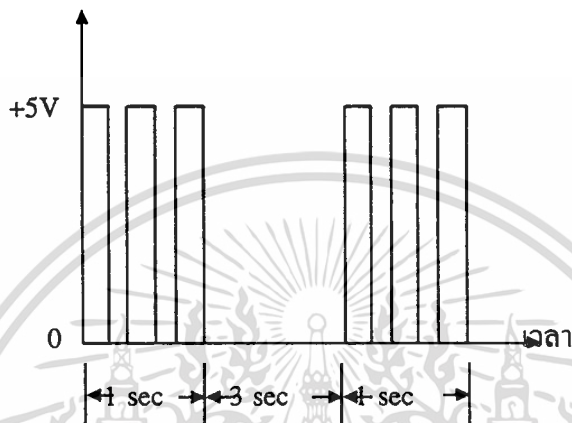


รูปที่ 4.1 รูปร่างสัญญาณให้หมุนที่ได้จากการวัด

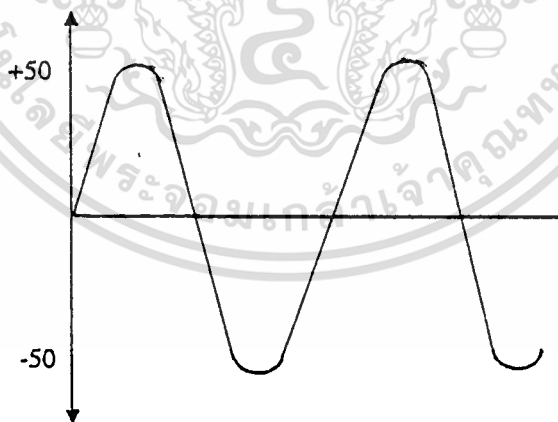
การทดลองขั้นต่อมาได้ทำการกดหมายเลขภายใน ทดลองโดยให้เครื่องโทรศัพท์เครื่องที่ 1 ทำการกดหมายเลขประจำเครื่องภายในที่ต้องการติดต่อ โดยกดหมายเลขประจำเครื่องได้ทันที เมื่อเครื่องโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อว่างอยู่ก่อนทำการเรียก เครื่องที่ 1 ที่ทำการเรียกจะได้รับสัญญาณเรียกกลับ(Ringback Tone) และเครื่องที่ถูกเรียกจะได้รับสัญญาณเรียก (Ringing Tone)

จากการทดลองวัดสัญญาณเรียกกลับ สัญญาณที่วัดได้มีความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ มีระดับความดังของสัญญาณเสียงชัดเจนดี ดังและเงียบเป็นช่วง ๆ สลับกัน คือ ดังประมาณ 1 วินาที และเงียบประมาณ 3 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.2

จากการทดลองวัดสัญญาณเรียก สัญญาณที่วัดได้มีความถี่ 50 เฮิรตซ์ระดับความแรง 71 V_{AC} ตัดและดับเป็นจังหวะเดียวกันกับ สัญญาณเรียกกลับ เครื่องที่ถูกเรียก สัญญาณเสียงกระดิ่งที่ได้รับมีความแรงและความชัดเจนดี สัญญาณที่วัดได้แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 สัญญาณเรียกกลับที่ได้จากการวัด



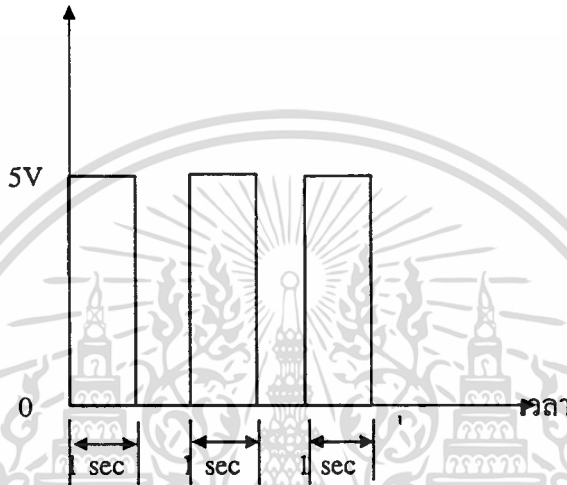
รูปที่ 4.3 สัญญาณเรียกกลับที่ได้จากการวัด

การทดลองสัญญาณสายไม่ว่าง ถ้าเครื่องโทรศัพท์ที่ถูกเรียกมีการใช้งานอยู่ก่อนแล้ว เครื่องโทรศัพท์ภายในที่ต้องการติดต่อที่ทำการเรียก จะได้รับสัญญาณไม่ว่าง จากการทดลองวัดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ ดังและเงียบในเวลา 1 วินาทีเท่า ๆ กัน สัญญาณไม่ว่าง ที่ได้ยินมีความแรงชัดเจนดี สัญญาณไม่ว่างแสดงดังรูปที่ 4.4

การทดลองสนทนาระหว่างสายภายในด้วยกัน สัญญาณที่สนทนา มีความแรงชัดเจนดีการทดลองสนทนาพร้อม ๆ กันหลายคู่สายภายใน สัญญาณเสียงมีความแรงและชัดเจนดี



รูปที่ 4.4 สัญญาณสายไม่ว่าง

มีการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างภายในด้วยกันบ้างเล็กน้อย และมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นขณะสนทนาบ้างเล็กน้อย จากนั้นได้ทำการทดลองสลับเครื่องคู่สายภายใน โดยทำการเปลี่ยนเครื่องที่ทำการเรียกและเครื่องที่ถูกเรียกสลับกันไปมา ผลการทดลองเหมือนที่กล่าวมาข้างต้น

4.1.2 การติดต่อจากคู่สายภายในไปยังคู่สายภายนอก

การติดต่อจากคู่สายภายในไปยังคู่สายภายนอก โดยมีคู่สายภายนอกมี 2 คู่สาย และคู่สายภายใน 8 คู่สาย การใช้งานในการต่อคู่สายภายนอกจะต้องทำการกดรหัสผ่านก่อน คือให้กดหมายเลข "0" ถ้าสายนอกว่างอยู่หรือไม่มีคู่สายภายในเครื่องอื่นต่อกับคู่สายภายนอกอยู่ เครื่องที่ต้องการติดต่อ กับภายนอกจะได้รับสัญญาณให้กดหมายเลข ซึ่งเป็นไปตามกระบวนการขององค์การโทรศัพท์แต่ถ้าคู่สายภายนอกมีการใช้งานอยู่ก่อนแล้ว เครื่องที่ต้องการสายภายนอกจะได้รับสัญญาณสายไม่ว่าง

การทดลองเริ่มจากให้เครื่องภายในโทรออกสายนอก โดยผลัดกันโทรออกโดยเริ่มจากเครื่องที่ 1 ถึง 8 ตามลำดับ ปรากฏว่าสามารถติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายนอกได้ และมีคุณภาพของ

สัญญาณเสียงมีความชัดเจนดี ทรัพยากรการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่สายภายนอกถูกใช้งานอยู่ 2 คู่สาย เครื่องหมายเลขอื่นที่ต้องการติดต่อกับคู่สายภายนอก ภายหลังจากกดเลข “0” แล้ว จะได้รับสัญญาณสายไม่ว่างทันที

การทดลองสนทนากับคู่สายภายนอก คุณภาพของสัญญาณเสียงมีความแรงและชัดเจนดีมาก

4.1.3 การทดลองติดต่อกับคู่สายภายนอก

กรณีมีผู้รับสาย โทรศัพท์

ทำการทดลองเรียกจากคู่สายภายนอกมายังคู่สายภายในผลปรากฏว่าจะได้ยินเสียงตอบรับว่า “สวัสดีค่ะ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม กรุณากดหมายเลขติดต่อที่ต้องการเมื่อจบข้อความนี้หรือรอสักครู่จะมีคนรับสาย” เสียงตอบรับมีความชัดเจนพอสมควร จากนั้นทำการกดหมายเลข 2 ขณะที่กำลังรอติดต่อกับเครื่องที่ 1 จะได้ยินเสียงสัญญาณเรียกกลับ เมื่อเครื่องที่ 1 ทำการรับสายก็สามารถสนทนากันได้ซึ่งสัญญาณเสียงมีความชัดเจนมาก

กรณีไม่มีผู้รับสาย

ทำการทดลองเรียกจากคู่สายภายนอกมายังคู่สายภายในเครื่องหมายเลข 1 แล้วรอประมาณ 30 วินาที ชุดควบคุมจะตัดขาดการติดต่อกับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ ทางองค์การโทรศัพท์จะส่งสัญญาณสายไม่ว่างให้กับผู้โทรเข้า

4.1.4 กรณีทำการโอนสายจากคู่สายภายนอกให้เครื่องโทรศัพท์ภายในอีกเครื่อง

ทำการทดลองเรียกจากคู่สายภายนอกมายังคู่สายภายในหมายเลข 1 และทำการโอนสายภายนอกให้ไปติดต่อกับเครื่องภายในหมายเลข 2 โดยการกดสวิทช์วางหู 1 ครั้ง และกดหมายเลข “9” เพื่อทำการโอนสายและตามด้วยหมายเลข “2” เพื่อโอนไปยังเครื่องหมายเลข 2 คู่สายภายนอกจะได้ยินเสียงเพลง เครื่องหมายเลข 1 จะได้รับสัญญาณเรียกกลับในกรณีสายว่าง และได้ยินสัญญาณไม่ว่างในกรณีสายไม่ว่าง เมื่อเครื่องหมายเลข 2 ยกหูรับสาย ก็ทำการวางสายของเครื่องหมายเลข 1 สายนอกจะสามารถสนทนากับคู่สายภายในหมายเลข 2 ได้โดยตรง จากการทดลองผลปรากฏว่าสัญญาณเสียงดังชัดเจนดีและสามารถทำการสนทนากันได้

4.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

4.2.1 ในขั้นตอนการออกแบบและทดลองวงจรในส่วนเชื่อมต่อภายในจะพบว่าเกิดการกระชากของกระแสไฟฟ้าในขณะป้อนสัญญาณเรียก ทำให้ไอซีออปโตคัปเปิล เบอร์ 4N37 เสียหายบ่อย ๆ

4.2.2 ในส่วนควบคุมที่เป็นอินพุต พอร์ต และเอาต์พุต พอร์ต ของไอซีเบอร์ 8255 สภาวะในทางดิจิทัล ไม่เป็น “1” และ “0” ที่แน่นอน

4.2.3 ระบบตอบรับอัตโนมัติเมื่อไม่ได้ใช้งานจะเกิดสัญญาณรบกวนทำให้สายนอกไม่สามารถกดรหัสความถี่ DTMF เพื่อที่จะได้ติดต่อกับเครื่องภายในได้ โดยสัญญาณรบกวนนี้จะเกิดขึ้นที่หม้อแปลงแมชชีน ทำให้เกิดสัญญาณปลอมปนเหนี่ยวนำเข้ามาไปยังช่องสัญญาณ

4.2.4 ในส่วนของภาคขั้วรีเลย์สายในสัญญาณเรียก จะพบว่า พอร์ตของไอซี 8255 กระแสมาขั้วไอซี ขั้วรีเลย์ ULN2803 ไม่พอ

4.2.5 ในภาคกำเนิดสัญญาณต่าง ๆ เมื่อป้อนให้กับ ไอซีทีทีแอล บัฟเฟอร์ 74125 สัญญาณเหล่านี้ไม่สามารถผ่านออกทางเอาต์พุตไอซีได้

4.2.6 ภาคกำเนิดสัญญาณเรียกผลิตสัญญาณกระดิ่งออกมาในระดับแรงดันต่ำจะทำให้โทรศัพท์บางรุ่นไม่มีเสียงกระดิ่งออกมา

4.8 การแก้ไขปัญหา

4.3.1 การแก้ปัญห ไอซี 4N37 ซึ่งเสียบ่อย ๆ กระทำได้โดยการตัดวงจรซีเนอร์ไดโอดที่ส่วนเชื่อมต่อภายใน กับ ตัวเก็บประจุ 0.01 ไมโครฟารัด นำออกไปทั้ง 4 ตัว เพราะซีเนอร์ไดโอดเวลามีสัญญาณเรียก สัญญาณเรียกบางส่วนจะทำให้ IC 4N37 เสี่ยงหายได้ ส่วนตัวเก็บประจุเวลาป้อนสัญญาณเรียก วงจรจะกลายลักษณะเป็น ถัดวงจรลงกราวด์ ทำให้หม้อแปลงที่ภาคจ่ายไฟสั้นและอาจเกิดผลเสียหายได้

4.3.2 ในส่วนอินพุตพอร์ต และเอาต์พุตพอร์ต เกิดจากการที่ ภาคจ่ายไฟ บวก 5 โวลต์ จ่ายกระแสได้ไม่พอเพียงทำให้แรงดันลดลงเหลือประมาณ 4.5 โวลต์ จึงทำให้สภาวะลอจิกที่เอาต์พุตพอร์ตต่าง ๆ มีสภาวะอยู่ระหว่าง “1” กับ “0” จึงไม่สามารถส่งการทำงานของวงจรได้ ปัญหานี้เราแก้ไขได้ โดยการเพิ่มเติมตัวต้านทานพูลอัพ ค่า 7.5 กิโลโอห์ม เข้าที่ขาเอาต์พุตต่าง ๆ ในส่วนที่เป็นอินพุตพอร์ต เราจะเพิ่มเติมตัวต้านทานพูลอัพหรือพูลดาวน์ ก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมต่อวงจร

4.3.3 ระบบตอบรับเราใช้ไอซีเบอร์ T6668 เป็นไอซีบันทึกเสียงและเล่นกลับได้ โดยภาคเอาต์พุตขยายเสียงใช้ออปแอมป์ เบอร์ LM386 ซึ่งในสภาวะปกติที่ไม่ได้ใช้งานเอาต์พุตของออปแอมป์จะต่ออยู่ที่ขั้วลบของหม้อแปลงแมชชีนซึ่งจะพบว่ามีสัญญาณเสียงซ่าเสีลลอดเข้าไปรบกวนการทำงานของระบบถอดรหัส DTMF ทำให้ไม่สามารถทำงานได้จึงได้ย้ายมาเข้าภายในเมตริกซ์สวิทช์ แทนโดยนำสายเอาต์พุตของออปแอมป์มาต่อเข้าทางด้าน X_9 และ X_{10} แทนระบบถอดรหัสจึงเป็นปกติ

4.3.4 ภาคขั้วรีเลย์สำหรับสัญญาณเรียกจะพบว่า ใช้กระแสในปริมาณที่มากกว่าที่พอร์ตเอาต์พุตของ 8255 จะจ่ายให้ได้ทำให้ส่งการทำงานไม่ได้ ถึงแม้จะเพิ่มตัวต้านทานพูลอัพให้แล้วก็ตาม จึงได้นำทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณขนาดเล็ก ชนิด NPN มาตัดแปลงเพิ่มเติมเป็นวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมมอน อิมิตเตอร์ แบบไบอัสคิงที่ทำงานในลักษณะสวิทช์ ทำให้สามารถควบคุมการทำงานของ ไอซี ULN2803 ได้ตามปกติ

4.3.5 ในภาคกำเนิดสัญญาณต่าง ๆ ที่ขาเอาต์พุตของสัญญาณนั้นจะต้องต่อผ่านตัวต้านทานค่า 5.6 กิโลโอห์ม ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ 10 ไมโครฟารัด ฉะนั้นสัญญาณที่ออกไปจึงเป็น สัญญาณความถี่กระแสสลับจึงผ่านตัวเก็บประจุไปได้ แต่พอป้อนเข้า ไอซี 74125 บัฟเฟอร์ สัญญาณเหล่านี้ไม่สามารถผ่านได้ เนื่องจากบัฟเฟอร์ยอมให้แต่เฉพาะสัญญาณความถี่กระแสตรง ผ่านได้เท่านั้น จึงต้องทำการแก้ไข โดยการถอดตัวเก็บประจุออกและตัวต้านทานเข้า ไอซี 74125 โดยตรงจึงจะมีสัญญาณผ่านทางเอาต์พุตได้

4.3.6 สัญญาณกระดิ่ง เราใช้ไตรแอกเป็นสวิทช์ ความแรงและเบาของสัญญาณเรียก อยู่ที่ ประมาณกระแสเกท เราสามารถปรับกระแสเกท เพื่อเพิ่มระดับความแรงของสัญญาณได้ตาม ต้องการ

หมายเหตุ การทดลองที่ได้นี้ได้จากการทดลองในลักษณะเมนวล (Manual) คือ ทำการทดลองที ละขั้นตอน โดยยังไม่ผ่าน โปรแกรม ส่วนในการทดลองโดยผ่าน โปรแกรมนั้นยังไม่สามารถที่จะ ทำงานได้สมบูรณ์

บทที่ 5

บทสรุปและวิจารณ์

5.1 บทสรุป

ปริญญาานิพนธ์นี้เสนอผลงานเกี่ยวกับ เครื่องขุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติพร้อมระบบตอบรับ (โอเปอร์เรเตอร์) ซึ่งมี 2 คู่สายภายนอกและ 8 คู่สายภายในซึ่งใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบขุมสายโทรศัพท์ทั้งหมด ทำให้เครื่องขุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมาทำงานได้รวดเร็ว และมีขนาดเล็กกว่าเครื่องขุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติที่ใช้วงจรเชิงเส้น เป็นส่วนควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งเป็นผลให้เกิดความสะดวกในการติดตั้งและเคลื่อนย้าย ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง ทั้งยังออกแบบวงจรต่าง ๆ ที่ประกอบเข้ากับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ เมื่อควบคุมเครื่องขุมสายโทรศัพท์ ให้ใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดในราคาถูก ทำให้เครื่องขุมสายสาขาอัตโนมัติในปริญญาานิพนธ์นี้ สามารถผลิตได้เองในประเทศในราคาถูกและสะดวกในการซ่อมแซม และยังสามารถใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการเรียน การสอนได้อีกด้วย

ทั้งนี้ปริญญาานิพนธ์นี้มีความจำกัดเรื่องเวลาในการทำโครงการ ซึ่งในตอนแรกได้กำหนดคู่สายภายนอกไว้ 2 คู่สาย และคู่สายภายใน 10 คู่สาย แต่ติดขัดในด้านเวลาและในการออกแบบจำต้องเพิ่ม ไอซี 8255 ขึ้นมาอีก 1 ตัว เพื่อใช้เพียงอีก 2 พอร์ต ซึ่งเมื่อเพิ่มขึ้นมาแล้วจะส่งผลให้สิ้นเปลืองทั้งเนื้อที่ของปริ้นซ์ ทำให้ปริ้นซ์มีขนาดใหญ่ขึ้น ผู้จัดทำจึงลดคู่สายภายในเป็น 8 คู่สาย ซึ่งความแตกต่างก็ไม่แตกต่างกันมากนักในส่วนของโปรแกรม แต่ในส่วนของอุปกรณ์ ทำให้ประหยัดขึ้นได้มาก จากการทดลองเครื่องขุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัตินี้ ในส่วนของการทดลองโดยการสั่งทำงานทีละขั้น โดยผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมนั้น สามารถทำงานได้ในส่วนของการควบคุมสัญญาณเสียงต่าง ๆ ได้ การติดต่อระหว่างคู่สายภายนอก,ภายใน และภายในด้วยกันได้ สั่งให้ระบบตอบรับทำงานได้ แต่สามารถส่งสัญญาณแมวกรนได้เมื่อทำการยกหูโทรศัพท์ ทั้งนี้ก็เนื่องจากในการออกแบบวงจรและทดลองนั้นจำเป็นที่จะต้องใช้ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับโครงการนี้ และปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นก็จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการแก้ไขปัญหาค้าง ๆ รวมถึงงบประมาณที่ใช้ด้วย ซึ่งทางคณะผู้จัดทำหวังว่าจะมีผู้สนใจที่จะนำโครงการชุดนี้ไปพัฒนาในส่วนของโปรแกรมให้เครื่องสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ โดยนำเอาแนวคิดที่ผู้จัดทำได้ทำขึ้นไปพัฒนาและปรับปรุงให้โครงการนี้สมบูรณ์อย่างแท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ

5.2.1 ทำให้ได้รับความรู้ความเข้าใจการทำงาน เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ และระบบตอบรับ (โอเปอร์เรเตอร์) ทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

5.2.2 เพื่อเป็นแนวทางให้นักศึกษารุ่นต่อ ๆ ไป ได้ศึกษาและพัฒนาระบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ และระบบตอบรับ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.3 ทำให้ได้รับประสบการณ์ ในการร่วมทำงานเป็นกลุ่ม

5.2.4 ทำให้สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน

5.2.5 เพื่อใช้ในการสอบในรายวิชา โครงการสร้างอุปกรณ์เพื่อการสอน

5.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงการ

ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ได้เกิดปัญหาและอุปสรรคขึ้น ซึ่งคณะผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นรวมทั้งแนวทางแก้ไขไว้ดังนี้

1. อุปกรณ์ไอซีเมตริกซ์สวิทช์จะเสียหายบ่อยมาก อันเนื่องจากแรงดันกระชากขณะทำการต่อระหว่างแกน X และ Y จึงแก้ไขโดยการใส่ไอซีบัฟเฟอร์ในขาที่กำหนดให้เป็นอินพุต
2. อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแยกกราวนด์หรือไอซีออฟได้นั้นเสียหาย เมื่อส่งสัญญาณกระตุ้นไปให้แก่ วงจรคู่สายภายใน ดังนั้นจึงในวงจรภายในคือ Z_{D1} - Z_{D2} และ C6,C7 ออกเมื่อให้สัญญาณกระตุ้นที่มีระดับแรงดันสูงนั้น ไม่ไปรบกวนในส่วนของอุปกรณ์ออฟได
3. ในส่วนขั้วรีเลย์นั้น เมื่อเราทำการส่งให้รีเลย์ทำงานหลาย ๆ ตัวพร้อมกันจะทำให้เกิดการดึงกระแสขึ้นทำให้ สภาวะในการทำงานไม่ถูกต้องดังนั้นจึงต้องใส่ทรานซิสเตอร์ช่วยเพื่อเป็นตัวขับกระแส
4. ในการทดสอบการทำงานที่ละชั้นโดยผ่านคอมพิวเตอร์นั้น เมื่อส่งสัญญาณกระตุ้นนั้นต้องตรวจสอบโทรศัพท์เครื่องที่เราจะส่งสัญญาณกระตุ้นไปว่าทำการวางหูแล้วหรือไม่ ถ้าไม่วางหูจะทำให้โทรศัพท์เครื่องนั้นได้รับความเสียหายได้
5. ในการทดสอบโดยใช้โปรแกรมเป็นตัวควบคุมเครื่องนั้น เครื่องไม่สามารถทำการติดต่อกันระหว่างคู่สายได้

5.4 แนวทางในการพัฒนาโครงการ

5.3.1 โครงการสามารถเพิ่มคู่สายภายในและภายนอกได้ โดยเพิ่มอุปกรณ์ติดต่อกภายในและภายนอกและเขียน โปรแกรมเพิ่มเติมขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 โครงการนี้ สามารถเพิ่มฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ เช่นการประชุมร่วมทางโทรศัพท์โดยเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมเข้าไปโดยไม่ต้องเพิ่มทางฮาร์ดแวร์

5.3.3 สามารถเพิ่มระบบการคิดเงินอัตโนมัติและมอเนิเตอร์แสดงผลต่าง ๆ ได้


5.3.4 จากหลักการของโครงการนี้เป็น ชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติแบบอนาล็อกซึ่งสามารถนำแนวคิดนี้ ไปพัฒนาให้เป็นระบบดิจิทัลได้ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงงบประมาณและระยะเวลาในการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. มังกร สุขสันติสวัสดิ์ , “PABX” , วิศวกรรม ลาดกระบัง , ปีที่ 9 , ฉบับที่ 4 , หน้า 40-45 2532
2. ผศ. สุชิน จำจด , “วิศวกรรมโทรศัพท์” , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. น.ต.ชัชชัย เลื่อนฉวี , “เทคโนโลยีโทรศัพท์” , ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์ , 2531
4. สุเจตน์ จันทรงยี , “ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยว 8051” , โครงการตำราวิชาการวิทยาลัย มหานคร
5. “คู่มือการใช้งาน SB31” , อีทีที จำกัด , 2538
6. Hand Book “TTL Data Book” , Texas Instruments Inc. , U.S.A. , 1981
7. Hand Book “CMOS Data Book” , National Semiconductor Inc. , U.S.A. , 1980
8. “Telecommunication Device Data” , Motorola Inc. , 1987

The seal of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central sun with rays, flanked by two traditional Thai stupas. Below the sun is a crown-like structure. The entire emblem is surrounded by a decorative border. The text 'ภาคผนวก ก.' is centered over the seal.

ภาคผนวก ก.

**โปรแกรมการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ
และโอเพอร์เรเตอร์ (ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORG 0000H

IN_USE	EQU	20H	; STATUS IN USE EACH SUB
BY_CALL	EQU	21H	; STATUS BY CALL EACH SUB
IN_CALL	EQU	22H	; STATUS IN CALL EACH SUB
BY_BUSY	EQU	23H	; STATUS BY BUSY EACH SUB
TEMP	EQU	24H	; TEMP.
SAVE_HOOK	EQU	25H	; STATUS IN LINE
SAVE_EX	EQU	26H	; STATUS EX. LINE
COUNT	EQU	27H	; COUNTER
BUSY_STATI	EQU	28H	; BUSY STATUSOF INT. LINE.
BUSY_STATE	EQU	29H	; BUSY STATUSOF EXT. LINE.
SUB_NUM	EQU	30H	; SUB1 - SUB8
MARK_SUB	EQU	31H	; MRAK BIT
SPEECH_STAT	EQU	32H	; SPEECH PATH STATUS
NOW_PATH	EQU	33H	; SELECT PATH TO USE NOW
CTRL_SW	EQU	34H	; CONTROL IC SW.
VAL_1C	EQU	35H	; VALUE OF PORT 1C OPE. CTRL
VAL_2A	EQU	36H	; VALUE OF PORT 2A BUSY
VAL_2B	EQU	37H	; VALUE OF PORT 2B DIAL & RBT
VAL_3B	EQU	38H	; VALUE OF PORT 3B RINGING
VAL_3C	EQU	39H	; VALUE OF PORT 3C EXT. BUSY
FLAG2B	EQU	40H	; FLAG SHOW NOW SEND DIAL OR RBT
PATH_SUB1	EQU	41H	; PATH USE WITH LINE 1
PATH_SUB2	EQU	42H	; PATH USE WITH LINE 2
PATH_SUB3	EQU	43H	; PATH USE WITH LINE 3
PATH_SUB4	EQU	44H	; PATH USE WITH LINE 4
PATH_SUB5	EQU	45H	; PATH USE WITH LINE 5
PATH_SUB6	EQU	46H	; PATH USE WITH LINE 6
PATH_SUB7	EQU	47H	; PATH USE WITH LINE 7
PATH_SUB8	EQU	48H	; PATH USE WITH LINE 8
CALL_IN	EQU	49H	; STATUS IN USE CALL IN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL_OUT      EQU    50H    ; STATUS IN USE CALL OUT
IN_DIAL       EQU    51H    ; STATUS IN USE IN DIAL
XY1           EQU    52H    ; CALL & RECIEVE
XY2           EQU    53H
XY3           EQU    54H
XY4           EQU    55H
IN_RBT        EQU    56H    ; STATUS IN USE RBT.
WORD1_CTL     EQU    91H    ; PORT A:IN PORT B:OUT PORT CU:OUT

```

CL:IN

```

WORD2_CTL     EQU    89H    ; PORT A:OUT PORT B:OUT PORT C:OUT
WORD3_CTL     EQU    80H    ; PORT A:X PORT B:OUT PORT C:OUT
WORDCTL1_PORT EQU    0E003H ; PORT CTRL OF 8255 1ST
WORDCTL2_PORT EQU    0E023H ; PORT CTRL OF 8255 2ND
WORDCTL3_PORT EQU    0E043H ; PORT CTRL OF 8255 3RD
PORT1A        EQU    0E000H
PORT1B        EQU    0E001H
PORT1C        EQU    0E002H
PORT2A        EQU    0E020H
PORT2B        EQU    0E021H
PORT2C        EQU    0E022H
PORT3A        EQU    0E040H
PORT3B        EQU    0E041H
PORT3C        EQU    0E042H

```

START:

```

MOV SP,#65H      ; SET STACK POINTER
MOV B,#01H
DELAY1: MOV R1,#40H ; DELAY FOR WAIT ANATHER
DELAY2: MOV R0,#80H ; DEVICE
DELAY3: DJNZ R0,DELAY3
      DJNZ R1,DELAY2
      DJNZ B,DELAY1

```

```

MOV B,#40H          ; # OF INTERNAL RAM USED
MOV R0,#20H        ; POINTER TO BEGIN ADDRESS
CLRRAM: MOV @R0,#00H ; CLEAR VALUE
INC R0             ; NEXT ADDRESS
DJNZ B,CLRRAM

```

```

; %%%%%%%%%% TEST %%%%%%%%%%

```

```

MOV A,#0FH          ; 0 0 0 0 1 1 1 1
MOV SPEECH_STAT,A
MOV DPTR,#WORDCTL1_PORT
MOV A,#WORD1_CTL    ; SET CONTROL WORD OF 1ST
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#WORDCTL2_PORT
MOV A,#WORD2_CTL    ; SET CONTROL WORD OF 2ND
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#WORDCTL3_PORT
MOV A,#WORD3_CTL    ; SET CONTROL WORD OF 3RD
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#PORT1B
MOV A,#00H          ; INITAIL SW. PORT TO 0
MOVX @DPTR,A        ; 0 0 0 0 0 0 0 0
MOV DPTR,#PORT1C
MOV A,#0EFH         ; INITAIL STROBE PORT TO 0
MOV VAL_1C,A        ; STORE CURRENT VALUE
MOVX @DPTR,A        ; 1 1 1 0 1 1 1 1

MOV DPTR,#PORT2A
MOV A,#0FFH         ; INITAIL BUSY PORT TO OFF ALL
MOV VAL_2A,A        ; STORE CURRENT VALUE
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#PORT2B

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV VAL_2B,A                ; STORE CURRENT VALUE
MOVX @DPTR,A                ; INTAIL DIAL PORT TO OFF ALL
MOV DPTR,#PORT3B
MOV A,#OFFH                 ; INTAIL RINGING PORT TO OFF ALL
MOV VAL_3B,A                ; STORE CURRENT VALUE
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#PORT3C
MOV A,#0C0H                 ; 1 1 0 0 0 0 0 0
MOV VAL_3C,A                ; STORE CURRENT VALUE
MOVX @DPTR,A                ; INTAIL RINGING PORT TO OFF

; ***** CHECK INTERNAL LINE. *****

LOOP: MOV A,#00H
LOOP8: MOV SUB_NUM,A        ; SUB1 - SUB8
      PUSH ACC
      LCALL HAND_FUNC        ; CALL INT. LINE PROCESS
      POP ACC
      INC A                  ; CHANGE NEXT LINE
      CJNE A,#08H,LOOP8

; ***** CHECK EXTERNAL LINE. *****

MOV DPTR,#PORT1C           ; POINTER TO EX. LINE PORT
MOVX A,@DPTR               ; INPUT STATUS
ANL A,#03H
MOV SAVE_EX,A              ; STORE STATUS
ANL A,#01H                 ; X X X X X X X 1
CJNE A,#01H,CHECK_EX2

;LCALL EXRING              ; PROCESS EXT. LINE 1

CHECK_EX2:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อ; LOAD STATUS ม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านกรค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ANL A,#02H                ; X X X X X X 1 X
CJNE A,#02H,LOOP
;LCALL EXRING              ; PROCESS EXT. LINE 2
SJMP LOOP                  ; IF NOT JUMP LOOP AGAIN

```

```
; ***** HAND FUNCTION *****
```

```
HAND_FUNC:
```

```

MOV A,SUB_NUM
MOV DPTR,#SUBSMARK_TAB
MOVC A,@A+DPTR            ; LOAD MARK SUB
MOV MARK_SUB,A           ; STORE MARK SUB

MOV DPTR,#PORT1A         ; CHECK HOOK STATUS
MOVX A,@DPTR
ANL A,MARK_SUB           ; MARK BIT
JNZ NOHOOK               ; IF A <> 0 THEN NO HOOK
LJMP HOOK_ON             ; IF A = 0 THEN HOOK ON

```

```

NOHOOK: MOV A,BY_BUSY     ; RECEIVE BUSY
ANL A,MARK_SUB
CJNE A,#00H,BUSY_OUT     ; YES JUMP

MOV A,CALL_OUT           ; CALL TO EXT. LINE
ANL A,MARK_SUB
CJNE A,#00H,OUT_OUT      ; YES JUMP

MOV A,CALL_IN            ; CALL INT. SUB
ANL A,MARK_SUB
CJNE A,#00H,IN_OUT       ; YES JUMP
;MOV A,IN_CALL           ; RECIEVE RBT
;ANL A,MARK_SUB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;CJNE A,#00H,INCALL_OUT      ; YES JUMP
MOV A,IN_DIAL                 ; RECIEVE DIAL TONE
ANL A,MARK_SUB
CJNE A,#00H,DIAL_OUT        ; YES JUMP
MOV A,IN_RBT                 ; RECIEVE RING BACK TONE
ANL A,MARK_SUB
CJNE A,#00H,RBT_OUT        ; YES JUMP
RET
BUSY_OUT:
MOV A,MARK_SUB               ; LOAD MARK SUB
ORL VAL_2A,A
MOV DPTR,#PORT2A            ; POINTER
MOV A,MARK_SUB              ; LOAD MARK SUB HAVE "1" 1 BIT
CPL A                       ; COMPLEMENT TO HAVE "0" 1 BIT
ANL BUSY_STATI,A           ; CLEAR BUSY STATUS "1" IS BUSY
ORL BY_BUSY,A              ; CLEAR BUSY FLAG
RET
OUT_OUT:MOV R0,#PATH_SUB1    ; POINTER
MOV A,SUB_NUM               ; LOAD SUB NUM
ADD A,R0                    ; POINTER
MOV R0,A
MOV A,@R0                   ; LOAD FROM TABLE
ANL A,#7FH                  ; AND WITH 0 1 1 1 1 1 1 1
MOV DPTR,#PORT1B           ; POINTER TO SW. CONTROL PORT PORT
MOV A,MARK_SUB
CPL A
ANL IN_USE,A                ; CLEAR IN USE FLAG
ANL BUSY_STATI,A           ; CLEAR BUSY STATUS
ANL CALL_OUT,A             ; CLEAR CALL OUT FLAG
RET
IN_OUT:MOV R0,#PATH_SUB1    ; POINTER
MOV A,SUB_NUM               ; LOAD SUB NUM

```

```

ADD A,R0                ; CHANGE POINTER
MOV R0,A
MOV A,@R0              ; LOAD VALUE FROM POINTER
ANL A,#7FH             ; AND WITH 0 1 1 1 1 1 1 1
MOV DPTR,#PORT1B      ; POINTER TO SW. CONTROL PORT PORT
MOVX @DPTR,A          ; OUT OFF SW.
LCALL SEND_STB        ; SEND STROBE
MOV A,MARK_SUB
CPL A                  ; COMPLEMENT TO HAVE "0" 1 BIT
ANL IN_USE,A          ; CLEAR IN USE FLAG
ANL BUSY_STATI,A      ; CLEAR BUSY STATUS
ANL CALL_IN,A         ; CLEAR CALL IN FLAG
RET
DIAL_OUT:
MOV R0,#PATH_SUB1     ; POINTER
MOV A,SUB_NUM         ; LOAD SUB NUM
ADD A,R0              ; CHANGE POINTER
MOV R0,A
MOV A,@R0             ; LOAD FROM POINTER
ANL A,#70H           ; AND WITH 0 1 1 1 0 0 0 0
RR A
RR A                   ; ROTATE RIGHT
RR A                   ; 4 BIT
RR A                   ; 0 0 0 0 0 1 1 1
MOV DPTR,#DIAL_CTRL   ; POINTER
MOVC A,@A+DPTR        ; LOAD FROM TABLE
CPL A
ORL VAL_2B,A          ; OR WITH OLD VALUE OF PORT 2B
MOV A,VAL_2B          ; STORE NOW VALUE OF PORT 2B
MOV DPTR,#PORT2B
MOVX @DPTR,A         ; OUT VALUE
MOV A,MARK_SUB

```

```

CPL A ; COMPLEMENT TO HAVE "0" 1 BIT
;ANL IN_USE,A
ANL BUSY_STAT1,A ; CLEAR BUSY STATUS
ANL IN_DIAL,A ; CLEAR IN DIAL FLAG
RET
INCALL_OUT:
MOV A,MARK_SUB ; LOAD MARK SUB
ORL VAL_2A,A ; OR WITH OLD VALUE OF PORT 2A
MOV A,VAL_2A ; STORE NEW VALUE
MOV DPTR,#PORT2A ; POINTER TO PORT 2A
MOVX @DPTR,A ; OUT NEW VALUE
MOV A,MARK_SUB ; LOAD MARK SUB
CPL A ; COMPLEMENT TO HAVE "0" 1 BIT
ANL BUSY_STAT1,A ; CLEAR BUSY STATUS
ANL IN_CALL,A ; CLEAR IN CALL FLAG
RET

RBT_OUT:
MOV R0,#PATH_SUB1 ; POINTER
MOV A,SUB_NUM ; LOAD SUB NUM
ADD A,R0 ; CHANGE POINTER
MOV R0,A
MOV A,@R0 ; LOAD FROM POINTER
ANL A,#70H ; AND WITH 01110000
RR A
RR A ; ROTATE RIGHT
RR A ; 4 BIT
RR A ; 00000111
MOV DPTR,#DIAL_CTRL ; POINTER
MOVC A,@A+DPTR ; LOAD FROM TABLE
CPL A
RL A ; ROTATE LEFT 1 BIT FOR RBT

```

```

ORL VAL_2B,A           ; OR WITH OLD VALUE OF PORT 2B
MOV A,VAL_2B           ; STORE NOW VALUE OF PORT 2B
MOV DPTR,#PORT2B
MOVX @DPTR,A           ; OUT VALUE
MOV A,MARK_SUB
CPL A                   ; COMPLEMENT TO HAVE "0" 1 BIT
;ANL IN_USE,A
ANL BUSY_STATI,A       ; CLEAR BUSY STATUS
ANL IN_RBT,A           ; CLEAR IN RBT FLAG
RET

```

```

; ##### PROCESS HOOK ON #####

```

```

HOOK_ON:MOV A,IN_USE    ; LOAD BUSY STATUS
ANL A,MARK_SUB         ; MARK BIT
JNZ NOTDONE            ; IF < 0 JUMP NOTHING TO DONE
MOV A,BY_CALL          ; BY CALL STATUS
ANL A,MARK_SUB
JZ SEND_DIAL           ; IF NO JUMP TO SEND DIAL
MOV A,MARK_SUB         ; LOAD MARK SUB
;CPL A                 ; COMPLEMENT TO HAVE "0" 1 BIT
ORL VAL_3B,A           ; OR OLD VALUE WITH MARK SUB
MOV A,VAL_3B           ; STORE NEW VALUE
MOV DPTR,#PORT3B      ; POINTER TO PORT 3B
MOVX @DPTR,A           ; OUT TO STOP RINGING
MOV A,MARK_SUB         ; LOAD MARK SUB
ORL BUSY_STATI,A       ; SET BUSY STATUS
MOV R0,#XY1
NEXT: MOV A,@R0
ANL A,#0FH
CJNE A,SUB_NUM,NEXT2
SJMP OFF_RBT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NEXT2: INC R0
SJMP NEXT
OFF_RBT:MOV A,@R0
SWAP A
ANL A,#07H
MOV TEMP,A
MOV R0,PATH_SUB1
ADD A,R0
MOV R0,A
MOV A,@R0
SWAP A
ANL A,#07H
MOV TEMP,A
MOV DPTR,#DIAL_CTRL
MOVC A,@A+DPTR
RL A
ANL VAL_2B,A
MOV A,VAL_2B
MOV DPTR,#PORT2B
MOVX @DPTR,A
MOV A,@R0
ANL A,#0F0H
ORL A,SUB_NUM
MOV DPTR,#PORT1B
MOVX @DPTR,A
LCALL SEND_STB
; %^##^&#^@#%#^*($@#@#
NOTDONE:RET
HELP5: LJMP OTHER
SEND_DIAL:
MOV A,IN_DIAL ; NOW SEND DIAL ?
ANL A,MARK_SUB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JNZ WAIT_STB      ; YES JUMP
MOV A,IN_RBT
ANL A,MARK_SUB
JNZ HELP5
MOV A,MARK_SUB    ; LOAD MARK
ORL BUSY_STAT1,A  ; SET BUSY FLAG
MOV A,SPEECH_STAT ; LOAD SPEECH PATH STATUS
ANL A,#0FFH       ; CHECK PATH STATUS
JZ HELP1          ; IF BUSY THEN JUMP TO SEND BUSY
SJMP HELP2        ; IF NOT FIND PATH

```

```

HELP1: LJMP SEND_BUSY
HELP2: MOV A,#00H      ; FIND PATH
MOV DPTR,#PATHS_MARK ; POINTER TO TABLE PATHS
NEXT_PATH:
PUSH ACC              ; PUSH ACC TO STACK
MOVC A,@A+DPTR        ; LOAD PATHS
MOV TEMP,SPEECH_STAT
ANL TEMP,A            ; MARK BIT
MOV A,TEMP
ANL A,#0FFH
JNZ CONNECT          ; IF = 1 JUMP TO CONNECT
POP ACC               ; LOAD ACC FROM STACK
INC A                 ; CHECK NEXT PATH
SJMP NEXT_PATH
CONNECT:POP ACC
MOV NOW_PATH,A        ; STORE NOW PATH TO USE
MOV A,SUB_NUM         ; LOAD #INT. LINES
ORL A,#80H            ; OR WITH SW. ON (CONNECT)
MOV CTRL_SW,A        ; STORE IT
MOV A,NOW_PATH
MOV DPTR,#PATH_CTRL  ; POINTER

```

```

MOVC A,@A+DPTR      ; LOAD PATH Y
ANL A,#70H           ; MARK BIT
ORL CTRL_SW,A        ; OR X AND Y
MOV R0,#PATH_SUB1    ; POINTER SUB STORE PATH
MOV A,SUB_NUM         ; CURRENT SUB
ADD A,R0              ; POINTER CURRENT SUB
MOV R0,A
MOV A,CTRL_SW         ; LOAD CONTROL SW.
MOV @R0,A
MOV DPTR,#PORT1B     ; POINTER TO SW. CTRL PORT
MOVX @DPTR,A         ; OUT CONTROL SW. WORD
LCALL SEND_STB       ; CALL ROUTINE SEND STROBE
MOV DPTR,#DIAL_CTR    ; POINTER TO TABLE
MOV A,NOW_PATH        ; LOAD NOW PATH
MOVC A,@A+DPTR        ; LOAD FROM TABLE
MOV DPTR,#PORT2B     ; POINTER TO PORT 2B
ANL VAL_2B,A         ; AND OLD VALUE WITH VALUE FROM TABLE
MOV A,VAL_2B         ; STORE NEW VALUE
MOVX @DPTR,A         ; OUT NEW VALUE
MOV A,MARK_SUB
ORL IN_DIAL,A        ; SET IN DIAL FLAG
MOV DPTR,#PATHS_MARK ; POINTER TO TABLE
MOV A,NOW_PATH        ; LOAD NOW PATH
MOVC A,@A+DPTR        ; LOAD VALUE FROM TABLE
CPL A                ; COMPLEMENT TO HAVE "0" 1 BIT
ANL A,#0FH           ; AND WITH 0 0 0 0 1 1 1 1
ANL SPEECH_STAT,A    ; SET SPEECH PATH STATUS
WAIT_STB:
MOV A,SUB_NUM         ; LOAD CURRENT SUB NUM
MOV R0,#PATH_SUB1    ; POINTER
ADD A,R0              ; CHANGE POINTER
MOV R0,A

```

```

MOV A,@R0          ; LOAD VALUE FROM TABLE
ANL A,#70H         ; AND WITH 0111 0000
RR A
RR A               ; ROTATE RIGHT
RR A               ; 4 BIT
RR A               ; 0000 0111
MOV NOW_PATH,A    ; STORE IT ON NOW PATH
MOV DPTR,#PATHS_MARK ; POINTER
MOVC A,@A+DPTR    ; LOAD MARK PATH
ANL A,#0FH        ; 0000 1111
RL A               ; SHIFT LEFT IT
RL A               ; 4 BIT
RL A
RL A
MOV TEMP,A
MOV DPTR,#PORT2C  ; POINTER TO STROBE INPUT PORT
MOVX A,@DPTR      ; CHECK STROBE
ANL A,TEMP        ; MARK BIT
JNZ CHECK_Q       ; IF <> 0 THEN JUMP TO CHECK Q
LJMP OTHER
CHECK_Q:
MOV A,NOW_PATH    ; LOAD TOE PATH
MOV DPTR,#PATHS_MARK ; POINTER
MOVC A,@A+DPTR    ; LOAD MARK PATH
ANL A,#0FH        ; 0000 1111
ORL A,#0C0H       ; 1100 0000
ORL VAL_3C,A      ; STORE CURRENT STATUS OF PORT 3C
MOV A,VAL_3C
MOV DPTR,#PORT3C  ; POINTER TO TOE PORT
MOVX @DPTR,A      ; OUT TOE
MOV DPTR,#DIAL_CTRL ; POINTER TO TABLE
MOV A,NOW_PATH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV C A,@A+DPTR          ; LOAD VALUE FROM TABLE
CPL A
ORL VAL_2B,A             ; STORE CURRENT STATUS PORT 2B
MOV A,VAL_2B
MOV DPTR,#PORT2B        ; POINTER TO DIAL PORT
MOVX @DPTR,A            ; SEND OFF DIAL
MOV DPTR,#PORT2C
MOVX A,@DPTR
ANL A,#0FH              ; 0 0 0 0 1 1 1 1

; ===== GET DTMF =====

GET_0: CJNE A,#0AH,GET_9  ; PRESS "0" ? IF NO JUMP
      MOV DPTR,#DIAL_CTRL ; YES, POINTER
      MOV A,NOW_PATH      ; LOAD NOW PATH
      MOV C A,@A+DPTR     ; LOAD VALUE FROM TABLE
      CPL A               ; COMPLEMENT IT TO HAVE "1" 1 BIT
      MOV DPTR,#PORT2B   ; POINTER TO DIAL PORT
      MOV VAL_2B,A       ; STORE NEW VALUE OF PORT 2B
      MOVX @DPTR,A       ; OUT FOR OFF DIAL
      MOV A,BUSY_STATE   ; LOAD BUSY STATUS EXT.
      ANL A,#03H         ; AND WITH 0 0 0 0 0 0 1 1
      CJNE A,#03H,HELP3  ; IF BOTH EXT. LINE BUSY JUMP
      CJNE A,#01H,CONEXT2 ; IF EXT. LINE "1" BUSY JUMP LINE "2"
      CONEXT1:MOV A,SUB_NUM ; LOAD CURRENT SUB
      ORL A,#0C0H        ; OR WITH 1 1 0 0 0 0 0 0 (SW. ON)
      MOV DPTR,#PORT2B   ; POINTER TO PORT SW. CTRL
      MOVX @DPTR,A       ; OUT SW. CTRL WORD
      MOV TEMP,A
      LCALL SEND_STB     ; CALL SEND STROBE SUB
      MOV A,#01H
      ORL BUSY_STATE,A

```

```

    SJMP CONEXT3
CONEXT2:MOV A,SUB_NUM      ; LOAD CURRENT SUB
    ORL A,#0D0H           ; OR WITH 1 1 0 1 0 0 0 0 (SW. ON)
MOV DPTR,#PORT2B         ; POINTER TO PORT SW. CTRL
    MOVX @DPTR,A         ; OUT SW. CTRL WORD
    MOV TEMP,A
    LCALL SEND_STB       ; CALL SEND STROBE SUB
    MOV A,#02H
    ORL BUSY_STATE,A
CONEXT3:
    MOV A,SUB_NUM        ; LOAD SUB_NUM
    MOV R0,#PATH_SUB1   ; POINTER TO PATH_SUB1
    ADD A,R0             ; CHANGE POINTER
    MOV R0,A
    MOV A,@R0           ; LOAD VALUE
    ANL A,#70H          ; AND WITH 0 1 1 1 0 0 0 0
    RR A
    RR A                 ; ROTATE RIGHT
    RR A                 ; 4 BIT
    RR A                 ; 0 0 0 0 0 1 1 1
    MOV R0,#XY1         ; POINTER
    ADD A,R0            ; CHANGE POINTER
    MOV R0,A
    MOV A,TEMP          ; LOAD TEMP
    SWAP A              ; SWAP HIGH AND LOW NIBBLES
    MOV @R0,A           ; STORE CALL AND RECIEVE
    MOV A,MARK_SUB      ; LOAD MARK SUB
    ORL IN_USE,A        ; SET IN USE FLAG
    LJMP OTHER
HELP3: LJMP SEND_BUSY
GET_9: CJNE A,#09H,SHARP ; PRESS "9" ? IF NO JUMP
    MOV DPTR,#PORT2B   ; YES

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#0FFH
MOV VAL_2B,A
MOVX @DPTR,A
MOV A,MARK_SUB
ANL VAL_2A,A
MOV A,VAL_2A
MOV DPTR,#PORT2A
MOVX @DPTR,A
MOV A,MARK_SUB
ORL BY_BUSY,A
SJMP OTHER
SHARP: CJNE A,#0BH,STAR ; PRESS "#" ? IF NO JUMP
SJMP OTHER ; YES
STAR: CJNE A,#0CH,INLINE ; PRESS "*" ? IF NO JUMP
SJMP OTHER ; YES
INLINE: ANL A,#0FH ; PRESS "1" - "8"
MOV COUNT,A
MOV DPTR,#SUBSMARK_TAB
MOVC A,@A+DPTR
MOV TEMP,A
MOV A,BUSY_STATI
ANL A,TEMP
JNZ SEND_BUSY
MOV A,COUNT
DEC A
MOV DPTR,#SUBSMARK_TAB
MOVC A,@A+DPTR
ORL BY_CALL,A
CPL A
ANL VAL_3B,A
MOV A,VAL_3B
MOV DPTR,#PORT3B ; OUT RINGING

```

```

MOVX @DPTR,A
MOV R0,#PATH_SUB1
ADD A,R0
MOV R0,A
MOV A,@R0
MOV CTRL_SW,A
ANL A,#70H
SWAP A
MOV TEMP,A
MOV DPTR,#DIAL_CTRL
MOVC A,@A+DPTR
RL A
MOV DPTR,#PORT2B ; OUT RBT
MOVX @DPTR,A
MOV R0,#XY1
MOV A,TEMP
ADD A,R0
MOV R0,A
MOV A,@R0
ORL A,COUNT
DEC A
MOV @R0,A
MOV A,SUB_NUM
SWAP A
ANL A,#0F0H
MOV TEMP,A
MOV A,@R0
ORL A,TEMP
MOV @R0,A
MOV A,MARK_SUB
ORL CALL_IN,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

OTHER: RET
SEND_BUSY:                ; SNED BUSY FOR INT. SUB
MOV A,MARK_SUB
CPL A
ANL VAL_2A,A
MOV A,VAL_2A
MOV DPTR,#PORT2A
MOVX @DPTR,A
MOV A,MARK_SUB
ORL BY_BUSY,A
RET

```

===== EXTERNAL LINE PROCESS =====

```

EXRING:
MOV A,SAVE_EX              ; LOAD STATUS EX. LINE
RL A
RL A
RL A
RL A
;CPL A                      ; CHANGE TO ACTIVE HIGH FOR

```

RELAY

```

MOV TEMP,A
MOV A,VAL_3C
ORL A,TEMP
MOV VAL_3C,A
;ANL A,#30H                ; MASK BIT 0011 0000
;ORL A,#0C0H               ; 11 X X X X X X (HOLD = 1)
MOV DPTR,#PORT3C
MOVX @DPTR,A              ; CONNECT EX. LINE
MOV A,SAVE_EX
CJNE A,#01H,OPE2
OPE1: MOV A,#11001011B

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOVX @DPTR,A
LCALL SEND_STB
SJMP OPE3
OPE2:MOV A,#11011100B
MOV DPTR,#PORT1B
MOVX @DPTR,A
LCALL SEND_STB
OPE3:ANL A,#30H
RL A ; 0 X X 0 0 0 0
MOV TEMP,A
CPL A ; ACTIVE LOW
ANL VAL_1C,A
MOV A,VAL_1C
MOV DPTR,#PORT1C
MOVX @DPTR,A ; ON OPERATOR
MOV R1,#0FFH ; INITAIL BEGIN DELAY
DLY1OPE:MOV R2,#0FFH
DLY2OPE:DJNZ R2,DLY2OPE ; LOOP DELAY
DJNZ R1,DLY1OPE ; 64 mS.
MOV A,TEMP
ORL VAL_1C,A
MOV A,VAL_1C ; OFF OPERATOR
MOVX @DPTR,A ; SEND OPERATOR
MOV A,SAVE_EX
CJNE A,#01H,EBUSY2
EBUSY1: MOV A,#11001000B
MOV DPTR,#PORT1B
MOVX @DPTR,A
LCALL SEND_STB
SJMP EBUSY3
EBUSY2: MOV A,#11011001B
MOV DPTR,#PORT1B

```

```

MOVX @DPTR,A
LCALL SEND_STB
EBUSY3: MOV A,SPEECH_STAT
ANL A,#0FH ; 0 0 0 0 1 1 1 1
JZ SEND_EBUSY
MOV A,#00H ; FIND PATH
MOV DPTR,#PATHS_MARK ; POINTER TO TABLE PATHS
EXT_PATH:
PUSH ACC ; PUSH ACC TO STACK
MOVC A,@A+DPTR ; LOAD PATHS
MOV TEMP,SPEECH_STAT
ANL TEMP,A ; MARK BIT
MOV A,TEMP
ANL A,#0FFH
JNZ ECONNECT ; IF = 1 JUMP TO CONNECT
POP ACC ; LOAD ACC FROM STACK
INC A ; CHECK NEXT PATH
SJMP EXT_PATH
ECONNECT:
POP ACC
MOV NOW_PATH,A ; STORE NOW PATH TO USE
MOV DPTR,#PATH_CTRL
MOVC A,@A+DPTR
MOV TEMP,A
MOV A,SAVE_EX
CJNE A,#01H,EPATH2
EPATH1: MOV A,VAL_3C
ORL A,#80H
MOV VAL_3C,A
MOV DPTR,#PORT3C
MOVX @DPTR,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
EPATH2: MOV A,VAL_3C
```

```
ORL A,#40H
```

```
MOV VAL_3C,A
```

```
MOV DPTR,#PORT3C
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
EPATH3:
```

```
RET
```

```
SEND_EBUSY:
```

```
MOV A,SAVE_EX
```

```
CJNE A,#01H,BUSYE2
```

```
BUSYE1: MOV A,TEMP
```

```
ORL A,#10001000B
```

```
MOV DPTR,#PORT1B
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
LCALL SEND_STB
```

```
SJMP BUSYE3
```

```
BUSYE2: MOV A,TEMP
```

```
ORL A,#10001001B
```

```
MOV DPTR,#PORT1B
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
LCALL SEND_STB
```

```
BUSYE3:
```

```
RET
```

```
; ----- SEND STROBE SUB -----
```

```
SEND_STB:
```

```
MOV DPTR,#PORT1C
```

```
MOV A,#0EFH
```

```
ANL VAL_1C,A
```

```
MOV A,VAL_1C
```

```
MOVX @DPTR,A
```

```
MOV B,#00H
```

```
DLY_STB:DJNZ B,DLY_STB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,#10H
ORL VAL_1C,A
MOV A,VAL_1C
MOVX @DPTR,A
RET

```

```

; ----- DELAY SUB -----
; DELAY 1/10 SECOND
; IN = R2
; REG = R2,R3,R4

```

```
SEC10: MOV R3,#179
```

```
SEC101:MOV R4,#0
```

```
DJNZ R4,$
```

```
NOP
```

```
NOP
```

```
DJNZ R3,SEC101
```

```
DJNZ R2,SEC10
```

```
RET
```

```

; ----- DELAY SUB -----
; DELAY R1 SECOND
; IN = R1
; REG = R1,R2,R3,R4

```

```
SEC: MOV R2,#10
```

```
LCALL SEC10
```

```
DJNZ R1,SEC
```

```
RET
```

```

SUBSMARK_TAB: DB 00000001B ; MARK SUB1
                DB 00000010B ; MARK SUB2
                DB 00000100B ; MARK SUB3
                DB 00001000B ; MARK SUB4
                DB 00010000B ; MARK SUB5
                DB 00100000B ; MARK SUB6

```

DB 01000000B ; MARK SUB7
 DB 10000000B ; MARK SUB8
 EXTS_TAB: DB 00000100B ; EXT1 Y4
 DB 00000101B ; EXT2 Y5
 SUBS_TAB: DB 00H ; SUB1 X0
 DB 01H ; SUB2 X1
 DB 02H ; SUB3 X2
 DB 03H ; SUB4 X3
 DB 04H ; SUB5 X4
 DB 05H ; SUB6 X5
 DB 06H ; SUB7 X12
 DB 07H ; SUB8 X13
 PATHS_MARK: DB 00000001B ; MARK PATH1
 DB 00000010B ; MARK PATH2
 DB 00000100B ; MARK PATH3
 DB 00001000B ; MARK PATH4
 PATH_CTRL: DB 00000000B ; PATH0 Y0
 DB 00010000B ; PATH1 Y1
 DB 00100000B ; PATH2 Y2
 DB 00110000B ; PATH3 Y3
 DIAL_CTRL: DB 1111110B ; PATH1
 DB 11111011B ; PATH2
 DB 11101111B ; PATH3
 DB 10111111B ; PATH4

 END

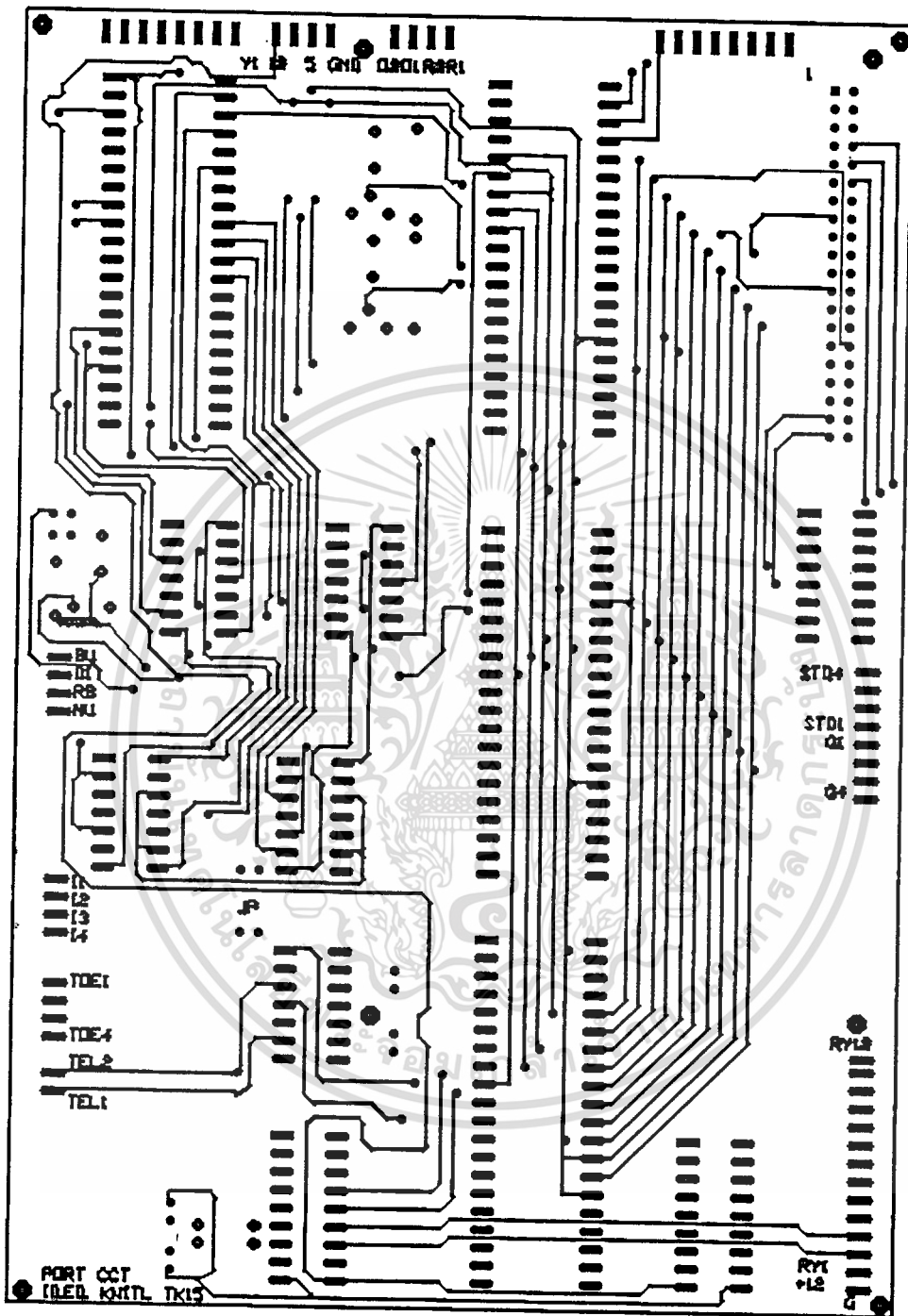
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ลายปริ้นซ์ของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติและโอเปอร์เรเตอร์

(ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)

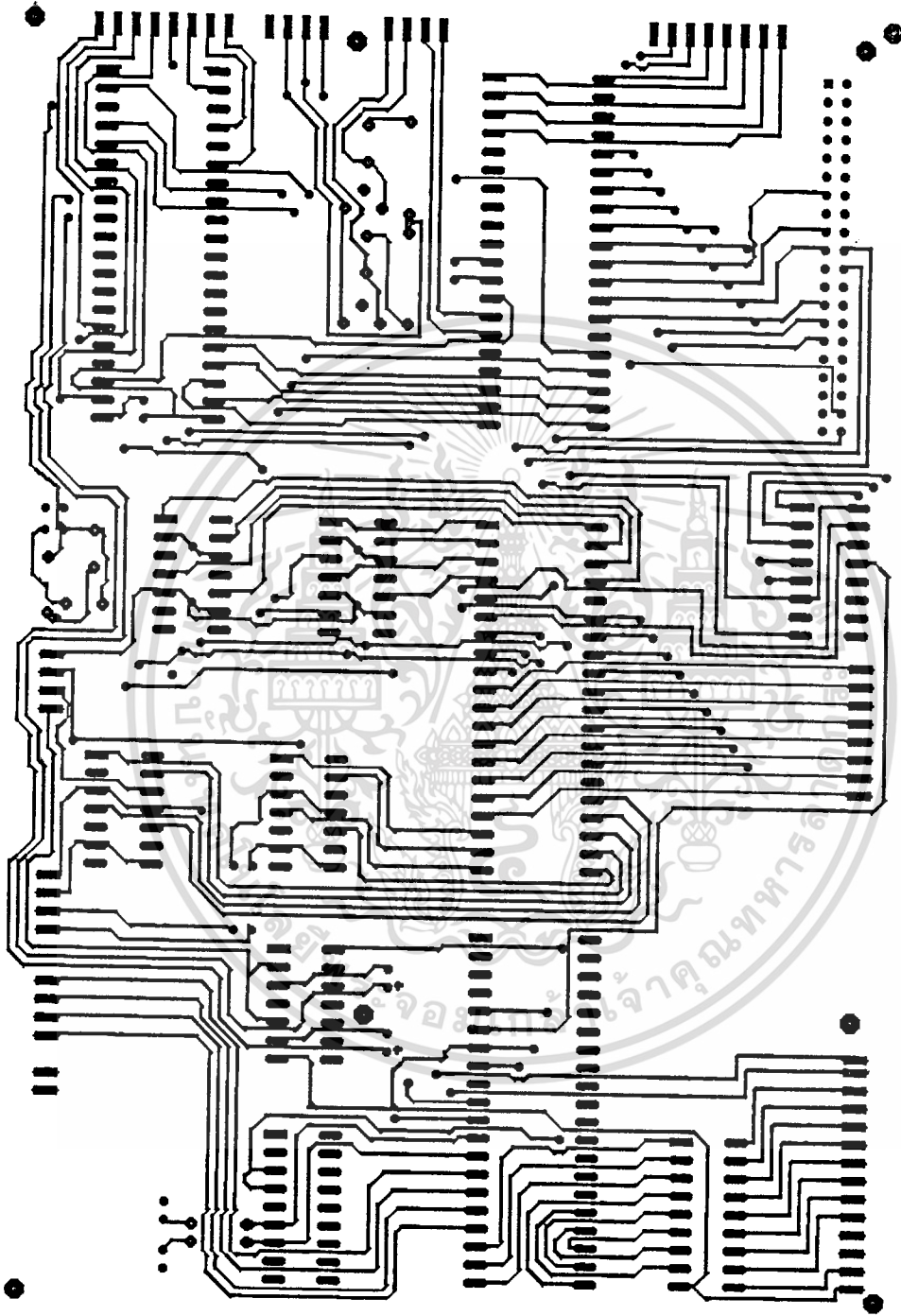
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



B:\PORT2H.PCB Top Layer

รูปที่ 1 ข. ลายปริ้นซ์ด้านบนของวงจรถัดกับซีพียู

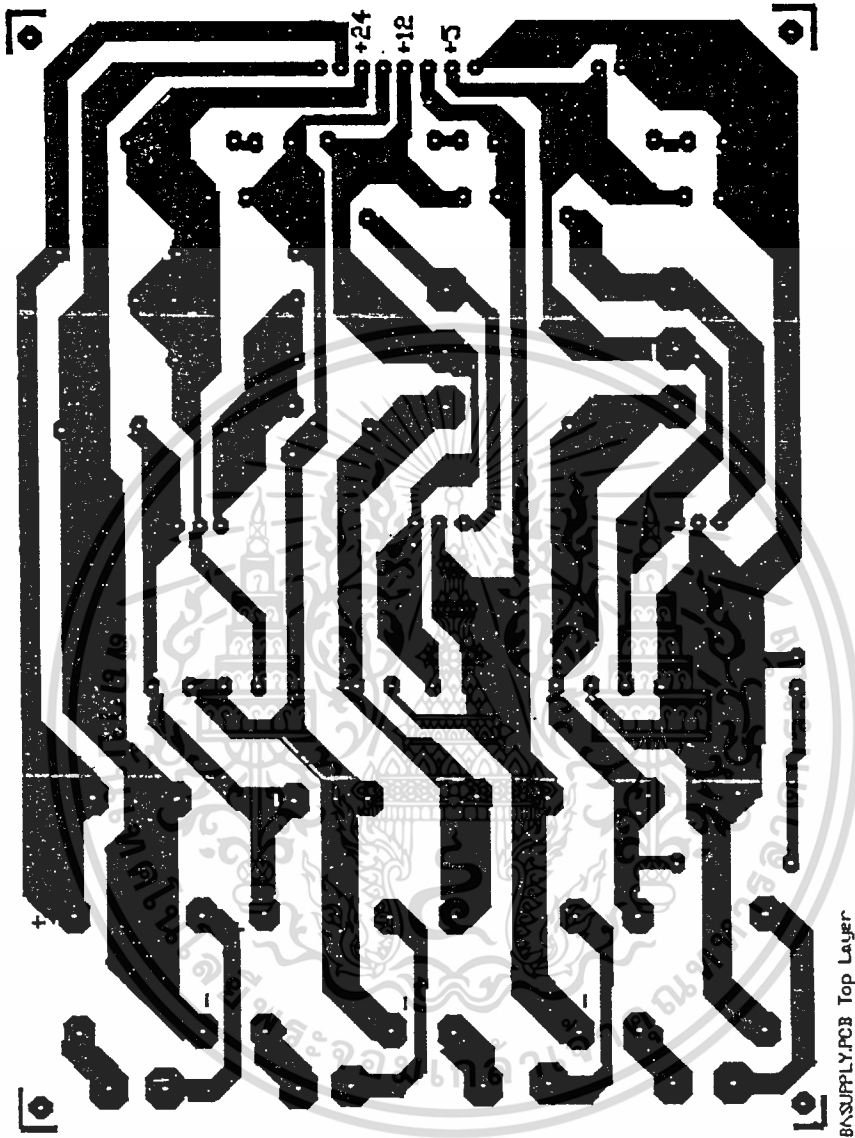
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



B:\PORT2\HPCB Bottom Layer

รูปที่ 2 ข. ลายปริ้นซ์ด้านล่างของวงจรติดต่อกับซีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 ข. ลายปรินซ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.
รายการอุปกรณ์ของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ
(ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ของชุด โอเปอร์เรเตอร์ (Operator)

R1		27K	1 ตัว
R2		330 โอห์ม	1 ตัว
R3		4.7K	1 ตัว
R4		100	1 ตัว
R5		22K	1 ตัว
R6		1K	1 ตัว
VR1		4.7K	1 ตัว
C1,C2	ชนิดไมลาร์	0.1uF	2 ตัว
C3,C4	ชนิดเซรามิก	100pF	2 ตัว
C5,C6,C7,C11,C12	ชนิดโพลีเอสเตอร์	1uF	5 ตัว
C8	ชนิดไมลาร์	0.01uF	1 ตัว
C10	ชนิดอิเล็กโตรไลต์	220uF	1 ตัว
Q1 2N918			1 ตัว
Q2 BC547			1 ตัว
D1 1N4148			1 ตัว
LED 1,2			
X-TAL		650K	1 ตัว
IC T6668			1 ตัว
IC 4125			1 ตัว
IC LM7805CT			1 ตัว
IC LM386			1 ตัว
MIC			1 ตัว
SWITCH กดติดปล่อยดับ			4 ตัว
รังต้น 3 ก้อน			1 ตัว

รายการอุปกรณ์ของชุด PORT

IC7 MT8816 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC8,IC9,IC10	8255	3 ตัว
IC11	74LS138	1 ตัว
IC12,IC13	ULN2803	2 ตัว
IC14,IC15,IC16,IC17,IC18	74LS125	5 ตัว
CONNECTOR 40 ขา		1 ตัว
R13 - R36	7.5K	26 ตัว
D7 , D8	1N4148	2 ตัว
C	10uF	1 ตัว
R	10K	1 ตัว
D	1N4148	1 ตัว

รายการอุปกรณ์ชุดภายนอก

R1	47K 0.5W.	1 ตัว
R2	1K 0.5W.	1 ตัว
R3	4.7K 0.5W.	1 ตัว
R4	300K 0.5W.	1 ตัว
R5,R6	1K 0.5W.	2 ตัว
C1	ชนิดอิเล็กโตรไลต์ 220uF 50V.	1 ตัว
C2	ชนิดอิเล็กโตรไลต์ 0.47uF 250V.	1 ตัว
C3	ชนิดอิเล็กโตรไลต์ 10uF 50V.	1 ตัว
C4	ชนิดไมลาร์ 0.2uF	1 ตัว
BD1	600V. 2A	1 ตัว
MATCHING TRANSFORMER	600 โอห์ม	1 ตัว
IC1	4N26	1 ตัว
IC2	NE555	1 ตัว
CONNECTOR	10 ขา	1 ตัว
CONNECTOR	2 ขา	1 ตัว
CONNECTOR	8 ขา	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ชุดสายใน

R7,R9,R11,R13,R15,R17,R19,R21	330 โอห์ม 5W.	8 ตัว
R8,R10,R12,R14,R16,R18,R20,R22	1K 1/4W.	8 ตัว
D1 - D16	1N4007	16 ตัว
C5,C9,C13,C17,C21,C25,C29,C33	10uF 50V.	8 ตัว
C6,C7,C11,C14,C15,C18,C19,C22	0.1uF	8 ตัว
C23,C26,C27,C30,C31,C34,C35	0.1uF	7 ตัว
C8,C12,C16,C20,C24,C28,C32,C36	100uF/160V.	8 ตัว
IC3,IC5,IC6,IC7,IC8,IC9,IC10,IC11	CNY 17-1	8 ตัว
IC4,IC12	74LS14	2 ตัว
ZD1 - ZD16		16 ตัว
RY1 - RY10	1 CONTACT	10 ตัว
RY11,RY12	2 CONTACT	2 ตัว
LED1 - LED8		8 ตัว

รายการอุปกรณ์ภาคกำเนิดสัญญาณ

R1C,R2C	300K	2 ตัว
R3C,R8C,R11	1.2K	3 ตัว
R4C,R9C,R12	3K	3 ตัว
R5C,R10,R13,R18	5.6K	4 ตัว
R6C,R14	270K	2 ตัว
R7C,R15	910K	2 ตัว
R16,R17	1K	2 ตัว
C1,C6,C14	4.7uF	3 ตัว
C2,C4,C7,C9,C12,C15	0.1uF	6 ตัว
C3,C8,C11	0.47uF	3 ตัว
C5,C10,C13,C16	10uF	4 ตัว

IC1,IC2 NE555 2 ตัว

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC3,IC4	LM555	2 ตัว
IC5	MOC3020	1 ตัว
IC6	UM66TXX	1 ตัว
D1,D2,D3	1N4148	3 ตัว
D4,D5	1N4001	2 ตัว
TRIAC		1 ตัว
Q1	Q4010L4	1 ตัว
VR.	10K	1 ตัว

รายการอุปกรณ์ DTMF

IC1,IC2,IC3,IC4	MT8870	4 ตัว
R1,R2,R11,R12,R17,R18,R23,R24	100K	8 ตัว
R3,R13,R19,R25	300K	4 ตัว
R4 - R10,R14 - R16	1K	8 ตัว
R20 - R22,R26 - R28	1K	4 ตัว
C1,C2,C4,C5,C7,C8,C10,C11	0.1uF	8 ตัว
C3,C6,C9	33pF	3 ตัว
LED		12 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง.

คู่มือการใช้เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

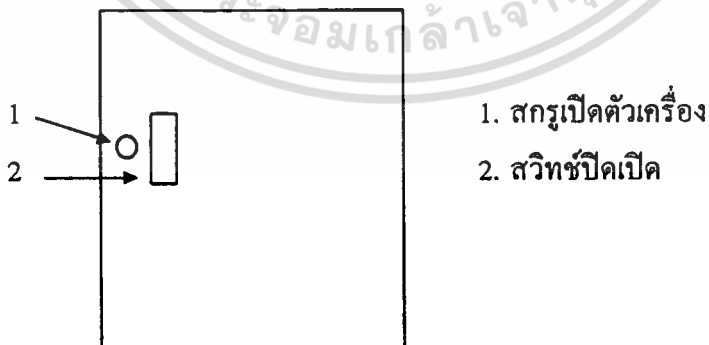


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ (ขนาด 2 คู่สายภายนอก 8 คู่สายภายใน) มีดังต่อไปนี้

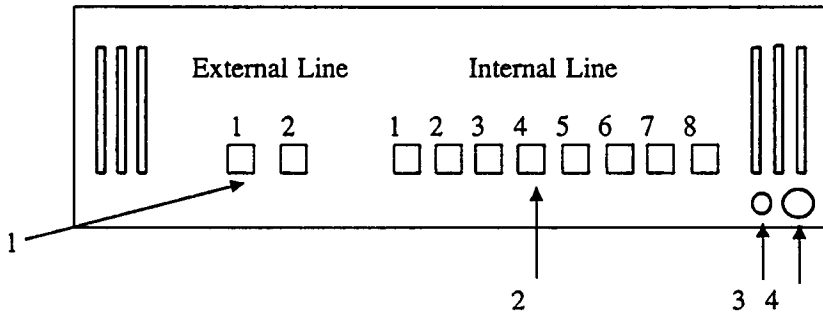
1. สามารถต่อกับคู่สายภายนอก (EXTERNAL LINE) หมายถึงคู่สายขององค์การโทรศัพท์ได้ 2 คู่สาย
2. มีคู่สายโทรศัพท์ภายใน (INTERNAL LINE) 8 คู่สาย
3. ในระบบเครื่องชุมสายนี้มีช่องสัญญาณในการติดต่อ (CHANNEL TALKING PATH OR ROUTH) 4 ช่องสัญญาณ คือ โทรศัพท์ภายในสามารถติดต่อกันได้ 8 เครื่องพร้อมกัน
4. เครื่องโทรศัพท์ภายในเครื่องใดเครื่องหนึ่งสามารถพิกคู่สายนอก เพื่อติดต่อไปยังคู่สายภายในแล้วจึงโอนคู่สายภายนอกนั้น ๆ ให้กับคู่สายภายในได้ตามต้องการ
5. เครื่องโทรศัพท์ภายในสามารถโทรติดต่อกันได้โดยกดหมายเลขที่ระบุประจำเครื่อง
6. เครื่องโทรศัพท์ภายใน สามารถโอนสายภายนอกให้กับเครื่องโทรศัพท์ภายในได้ โดยกดหมายเลขประจำเครื่องที่ต้องการ
7. เครื่องโทรศัพท์ภายใน สามารถโทรออกภายนอกได้โดยกดคีย์หมายเลข 0 นำหน้าเลขหมายที่ต้องการ
8. ในขณะที่เครื่องโทรศัพท์เครื่องหนึ่งเครื่องใดกำลังใช้คู่สายอยู่ เครื่องอื่นไม่สามารถแอบฟังได้
9. กรณีที่ไฟดับเครื่องชุมสายทั้งสองจะทำการตัดให้เครื่องที่ 1 และ 2 เป็นคู่สายภายนอกโดยตรงโดยอัตโนมัติ

ลักษณะของเครื่อง



รูปที่ 1 รูปด้านหน้าของตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ด้านข้างของตัวเครื่อง

1. คู่สายภายนอก เครื่องที่ 1 และเครื่องที่ 2
2. คู่สายภายนอก เครื่องที่ 1 ถึงเครื่องที่ 8
3. ครอบสวิทช์
4. สายไฟ เอซี.

ขั้นตอนการใช้เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

1. ตรวจสอบพิวส์แล้วเสียบปลั๊กไฟ
2. ต่อกอนเน็กเตอร์ของคู่สายภายนอกและคู่สายภายใน
3. เปิดสวิทช์
4. ทดสอบยกหูโทรศัพท์จะได้ยินเสียงสัญญาณให้หมุนแสดงว่าเครื่องพร้อมที่จะทำงาน

เมื่อต้องการติดต่อสนทนาภายในกับภายในต่อกันมีขั้นตอนดังนี้

1. ยกหูโทรศัพท์จะได้ยินเสียงสัญญาณให้หมุน
2. กดหมายเลขห้องที่ต้องการติดต่อด้วย (1-9)
3. ถ้าหากคู่สายว่างจะได้ยินสัญญาณว่างติด "1" วินาที ดับ "3" วินาที ถ้าคู่สายไม่ว่างจะได้ยินเสียงสัญญาณไม่ว่าง ติด "1" วินาที ดับ "1" วินาที สลับกันไป
4. ถ้าหากคู่สนทนารับสายก็สามารถสนทนาได้เลย เมื่อสนทนาเสร็จก็ทำการวางหู

เมื่อต้องการติดต่อสนทนาภายในกับภายนอกมีขั้นตอนดังนี้

1. ยกหูโทรศัพท์จะได้ยินสัญญาณให้หมุน
2. กดหมายเลข "0" เพื่อทำการต่อคู่สายภายในกับภายนอก
3. กดหมายเลขเบอร์ที่ต้องการจะติดต่อด้วย
4. เมื่อสนทนาเสร็จทำการวางหูเครื่องก็จะกลับไปอยู่ในสถานะพร้อมทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อกรณีที่สายนอกต้องการติดต่อกับสายในจะมีขั้นตอนดังนี้

1. เมื่อสายนอกโทรเข้ามาติดแล้วจะได้ยินเสียงของระบบตอบรับอัตโนมัติให้ทำการกดหมายเลขห้องที่ต้องการจะติดต่อหรือรอสักครู่ เพื่อติดต่อโอเปอเรเตอร์โดยตรง
2. ทำการกดหมายเลขห้องที่ต้องการจะติดต่อด้วย
3. ถ้ากรณีโทรโอเปอเรเตอร์รับสาย แล้วต้องการโอนสายไปยังห้องที่ต้องการ กระทำได้โดยกดขลุ่ยสวิทช์หนึ่งครั้ง ขณะที่สายนอกก็จะได้ยินเสียงดนตรี หลังจากนั้นก็กดหมายเลขห้องที่สายนอกต้องการติดต่อ สายนอกก็จะสามารถติดต่อกับกลุ่มสายภายในที่ต้องการได้
4. หลังจากเสร็จการสนทนาทำการวางหูเครื่องจะกลับไปสู่สภาวะการพร้อมทำงานต่อไป

กรณีไฟดับ

1. เครื่องภายนอกหมายเลข “1” จะต่อโดยตรงกับเครื่องภายในหมายเลข “1” และเครื่องภายนอกหมายเลข “2” ก็จะต่อกับเครื่องภายในหมายเลข “2” เช่นเดียวกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ.

คู่มืออุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISO-CMOS MT8816 8 x 16 Analog Switch Array

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
- $R_{ON} \leq 65\Omega$ max. @ $V_{DD} = 12V, 25^\circ C$
- $\Delta R_{ON} \leq 10\Omega$ @ $V_{DD} = 12V, 25^\circ C$
- Full CMOS switch for low distortion
- Minimum feedthrough and crosstalk
- Separate analog and digital reference supplies
- Low power consumption ISO-CMOS technology

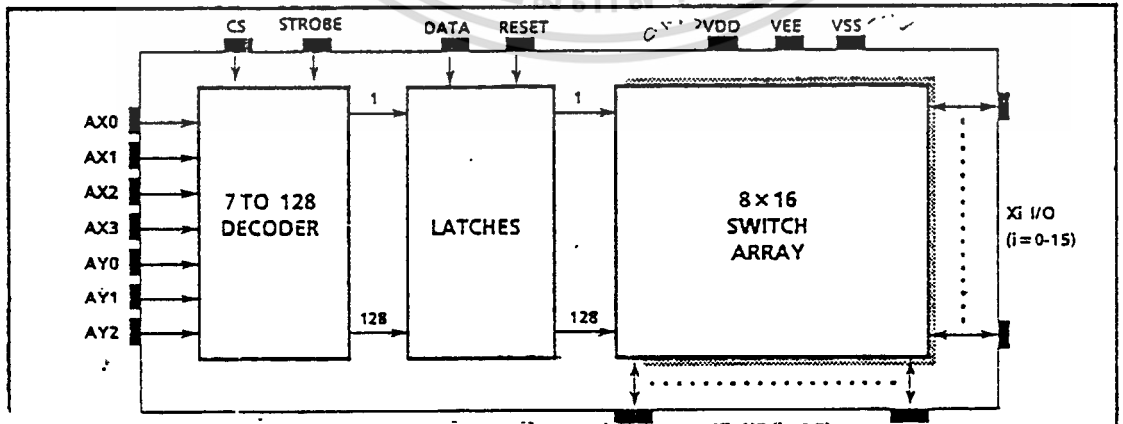
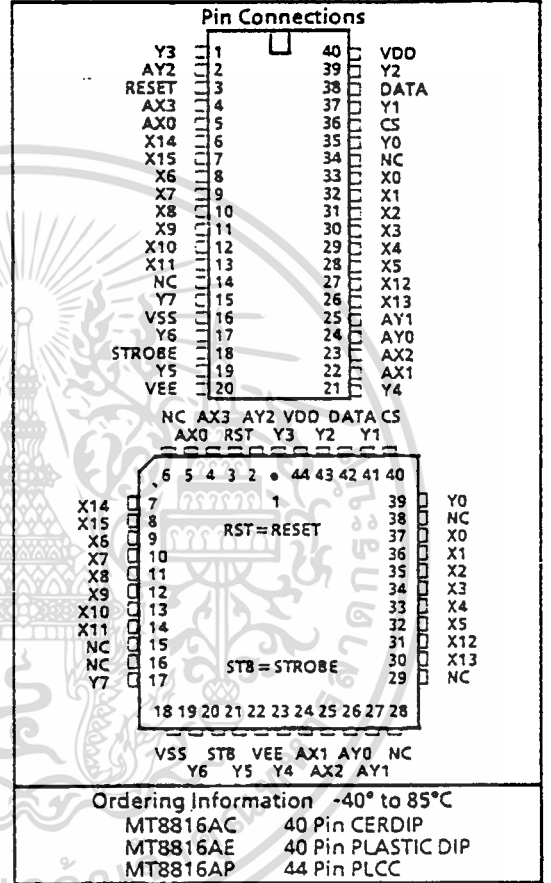
Applications

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

Description

The Mitel MT8816 is fabricated in MITEL's ISO-CMOS technology providing low power dissipation and high reliability. The device contains a 8x16 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 reference 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.

9161-002-101-NA ISSUE 2 November 1988



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics¹ - Crosspoint Performance- Voltages are with respect to $V_{DD} = 5V$, $V_{SS} = 0V$.

 $V_{EE} = -7V$, unless otherwise stated

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

¹ Timing is over recommended temperature range. See Fig. 2 for control and I/O timing details.

² 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 Characteristics¹ - 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 ²	Max	Units	Test Conditions
1 Control Input crosstalk to switch (for CS, DATA, STROBE, Address)	CX_{talk}		30		mVpp	$V_{IN} = 3V$ squarewave; $R_{IN} = 1k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$. See Appendix, Fig. A.6
2 Digital Input Capacitance	C_{DI}		10		pF	$f = 1\text{MHz}$
3 Switching Frequency	F_O			20	MHz	
4 Setup Time DATA to STROBE	t_{DS}	10			ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$
5 Hold Time DATA to STROBE	t_{DH}	10			ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$
6 Setup Time Address to STROBE	t_{AS}	10			ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$
7 Hold Time Address to STROBE	t_{AH}	10			ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$
8 Setup Time CS to STROBE	t_{CSS}	10			ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$
9 Hold Time CS to STROBE	t_{CSH}	10			ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$
10 STROBE Pulse Width	t_{SPW}	20			ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$
11 RESET Pulse Width	t_{RPW}	40			ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$
12 STROBE to Switch Status Delay	t_S		40	100	ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$
13 DATA to Switch Status Delay	t_D		50	100	ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$
14 RESET to Switch Status Delay	t_R		35	100	ns	$R_L = 1k\Omega$, $C_L = 50\text{pF}$

¹ Timing is over recommended temperature range. See Fig. 2 for control and I/O timing details.

 Digital input rise time (t_r) and fall time (t_f) = 5ns.

² Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

Refer to Appendix, Fig. A.7 for test circuit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8816 ISO-CMOS

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

Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1 Supply Voltage	V_{DD}	-0.3	15.0	V
	V_{SS}	-0.2	$V_{DD} + 0.3$	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	$^{\circ}C$
6 Package Power Dissipation	PLASTIC DIP	P_D	0.6	W
	CERDIP	P_D	1.0	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	$^{\circ}C$	
2 Supply Voltage	V_{DD}	4.5		13.2	V	
	V_{SS}	V_{EE}		$V_{DD} - 4.5$	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 $V_{IN} = 2.4 + V_{SS}$; $V_{SS} = 7.0V$
			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	$ V_{X1} - V_{Y1} = 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 $^{\circ}C$ 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 $^{\circ}C$		70 $^{\circ}C$		85 $^{\circ}C$		Units	Test Conditions
		Typ	Max	Typ	Max	Typ	Max		
1 On-state Resistance $V_{DD} = 12V$ $V_{DD} = 10V$ $V_{DD} = 5V$ (See G.1, G.2, G.3 in Appendix)	R_{ON}	45	65	75		80		Ω	$V_{SS} = V_{EE} = 0V$, $V_{DC} = V_{DD}/2$, $ V_{X1} - V_{Y1} = 0.4V$
		55	75	85		90		Ω	See Appendix, Fig. A.2
		120	185	215		225		Ω	
2 Difference in on-state resistance between two switches (See G.4 in Appendix)	ΔR_{ON}	5	10	10		10		Ω	$V_{DD} = 12V$, $V_{SS} = V_{EE} = 0$, $V_{DC} = V_{DD}/2$, $V_{X1} - V_{Y1} = 0.4V$ See Appendix, Fig. A.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8816 ISO-CMOS

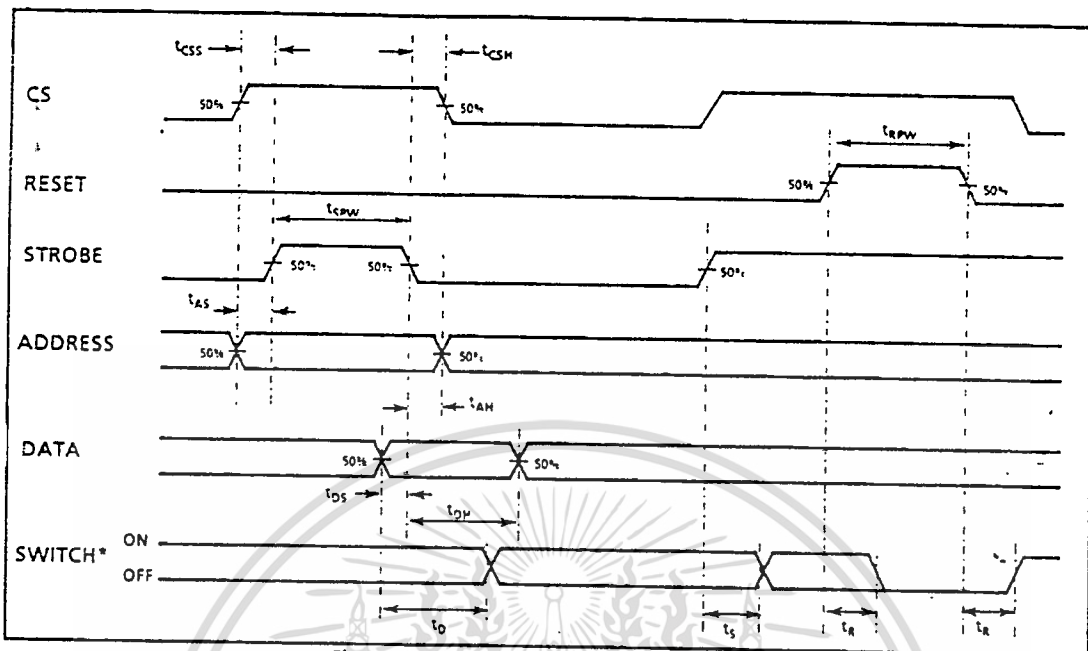


Figure 2 - Control Memory Timing Diagram

*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	0	0	0	1	0	0	X0 - Y1
0	0	0	0	0	1	0	X15 - Y1
1	0	0	0	0	1	0	X15 - Y1
0	0	0	0	1	1	0	X0 - Y2
1	0	0	0	1	1	0	X0 - Y2
0	0	0	0	0	0	1	X15 - Y2
1	0	0	0	0	0	1	X15 - Y2
0	0	0	0	1	0	1	X0 - Y3
1	0	0	0	1	0	1	X0 - Y3
0	0	0	0	0	0	1	X15 - Y3
1	0	0	0	0	0	1	X15 - Y3
0	0	0	0	1	1	1	X0 - Y4
1	0	0	0	1	1	1	X0 - Y4
0	0	0	0	0	0	1	X15 - Y4
1	0	0	0	0	0	1	X15 - Y4
0	0	0	0	1	0	1	X0 - Y5
1	0	0	0	1	0	1	X0 - Y5
0	0	0	0	0	1	1	X15 - Y5
1	0	0	0	0	1	1	X15 - Y5
0	0	0	0	1	1	1	X0 - Y6
1	0	0	0	1	1	1	X0 - Y6
0	0	0	0	0	1	1	X15 - Y6
1	0	0	0	0	1	1	X15 - Y6
0	0	0	0	1	1	1	X0 - Y7
1	0	0	0	1	1	1	X0 - Y7
0	0	0	0	0	1	1	X15 - Y7
1	0	0	0	0	1	1	X15 - Y7

Figure 3 - Address Decode Truth Table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

Pin #	Name	Description
1	Y3	Y3 Analog (Input/Output): this is connected to the Y3 column of the switch array.
2	AY2	Y2 Address Line (Input).
3	RESET	Master RESET (Input): this is used to turn off all switches regardless of the condition of CS. Active High.
4,5	AX3,AX0	X3 and X0 Address Lines (Inputs).
6,7	X14, X15	X14 and X15 Analog (Inputs/Outputs): these are connected to the X14 and X15 rows of the switch array.
8-13	X6-X11	X6-X11 Analog (Inputs/Outputs): these are connected to the X6-X11 rows of the switch array.
14	NC	No Connection
15	Y7	Y7 Analog (Input/Output): this is connected to the Y7 column of the switch array.
16	VSS	Digital Ground Reference.
17	Y6	Y6 Analog (Input/Output): this is connected to the Y6 column of the switch array.
18	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	Y5	Y5 Analog (Input/Output): this is connected to the Y5 column of the switch array.
20	VEE	Negative Power Supply.
21	Y4	Y4 Analog (Input/Output): this is connected to the Y4 column of the switch array.
22, 23	AX1,AX2	X1 and X2 Address Lines (Inputs).
24, 25	AY0,AY1	Y0 and Y1 Address Lines (Inputs).
26, 27	X13, X12	X13 and X12 Analog (Inputs/Outputs): these are connected to the X13 and X12 rows of the switch array.
28 - 33	X5-X0	X5-X0 Analog (Inputs/Outputs): these are connected to the X5-X0 rows of the switch array.
34	NC	No Connection.
35	Y0	Y0 Analog (Input/Output): this is connected to the Y0 column of the switch array.
36	CS	Chip Select (Input): this is used to select the device. Active High.
37	Y1	Y1 Analog (Input/Output): this is connected to the Y1 column of the switch array.
38	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	Y2	Y2 Analog (Input/Output): this is connected to the Y2 column of the switch array.
40	VDD	Positive Power Supply.

* Plastic DIP and CERDIP only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Appendix: Analog Switch Array Measurements

MT8806/08/09/12/14/15/16 ANALOG SWITCH ARRAY FAMILY: TEST CIRCUITS FOR KEY PARAMETER MEASUREMENTS

- A.1 Off-State Leakage Current (I_{OFF}) Measurement
- A.2 $R_{ON}/\Delta R_{ON}$ vs. V_{DC} Measurements
- A.3 Frequency Response (F_{3dB}) Measurement
- A.4 Feedthrough (FDT) Measurement
- A.5 Crosstalk (X_{talk}) Measurement
- A.6 Control Input Crosstalk (CX_{talk}) Measurement
- A.7 Control Memory Timing Measurements

Appendix: Analog Switch Array Measurements

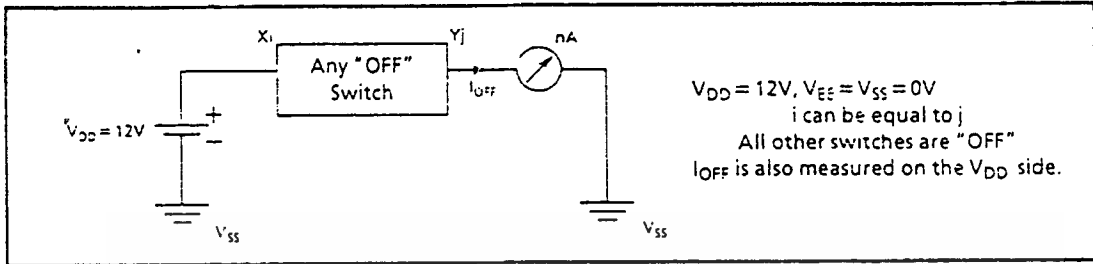


Figure A.1 - Off-State Leakage Current (I_{OFF}) Measurement *

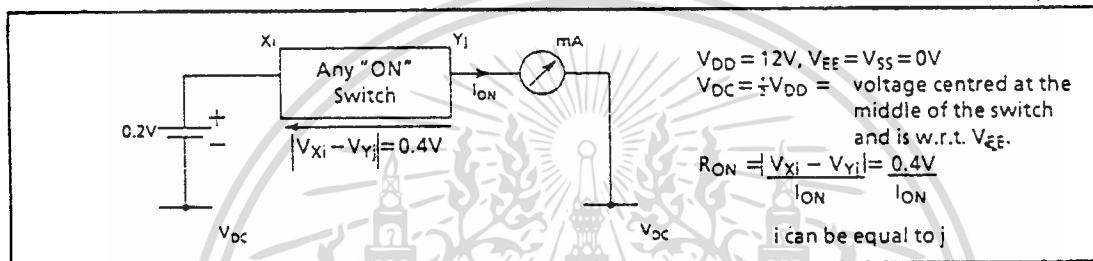


Figure A.2 - $R_{ON}/\Delta R_{ON}$ Measurement *

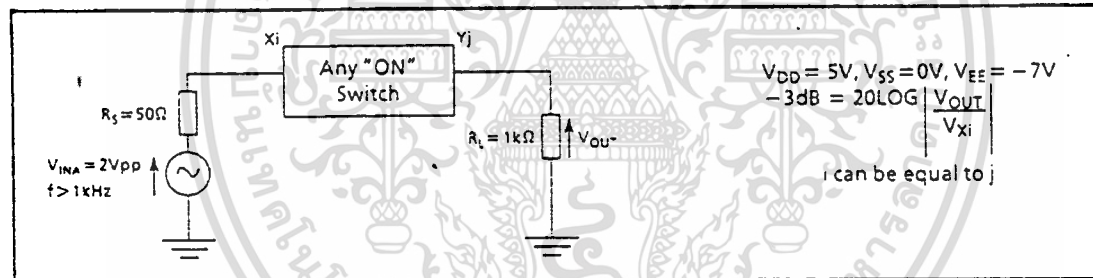


Figure A.3 - Frequency Response (F_{3dB}) Measurement †

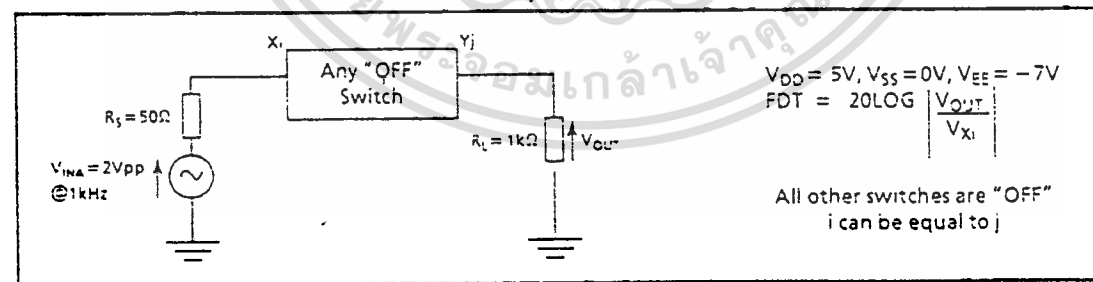


Figure A.4 - Feedthrough (FDT) Measurement †

Notes:

* Test Conditions for MT8809 and MT8812 are respectively: $V_{DD} = 12V$, $V_{SS} = 0V$ and $V_{DC} = 14V$, $V_{SS} = 0V$

† Test Conditions for MT8809 and MT8812 are respectively: $V_{DD} = 5V$, $V_{DC} = 0V$, $V_{SS} = -7V$ and $V_{DC} = 7V$, $V_{DC} = 0V$, $V_{SS} = -7V$

All X_i and Y_j analog I/O pins can be interchanged for all measurements.

Appendix: Analog Switch Array Measurements

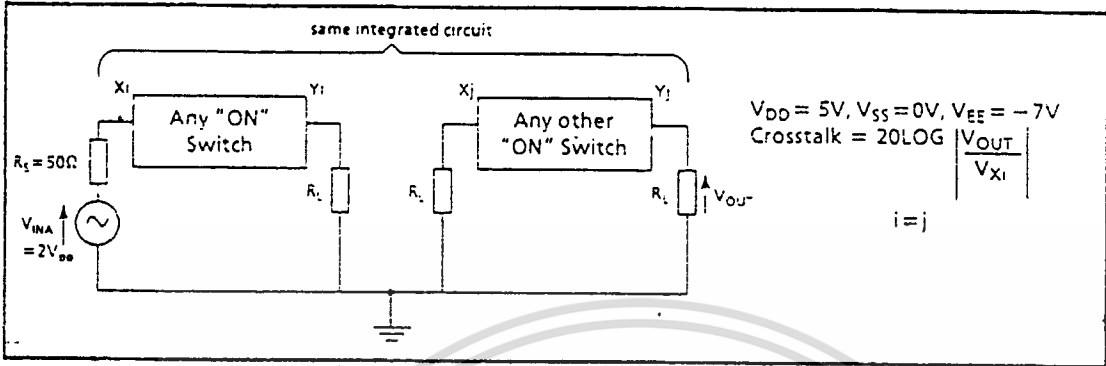


Figure A.5 - Crosstalk (X_{talk}) Measurement †

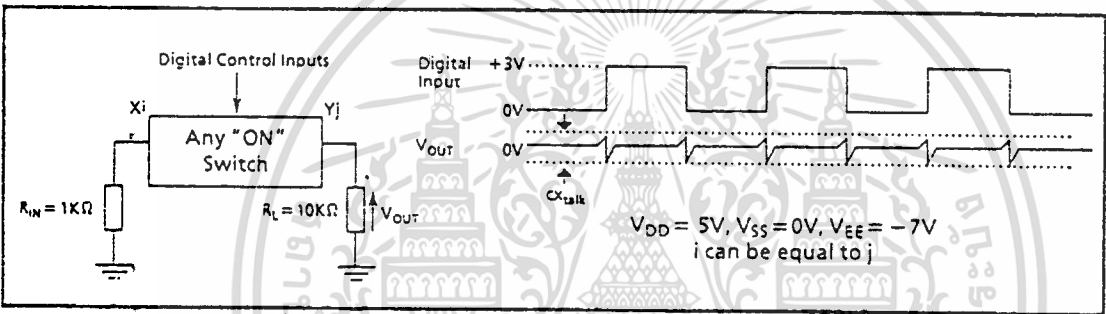


Figure A.6 - Control Input Crosstalk to Switch (CX_{talk}) †

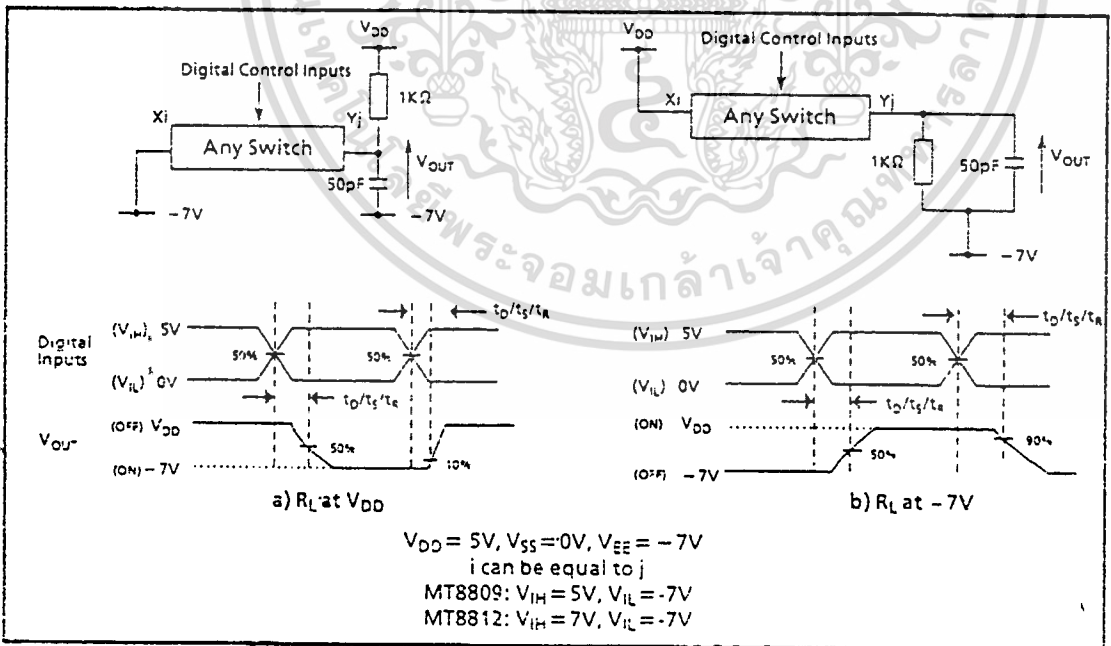


Figure A.7 - Control Memory Timing Measurement †

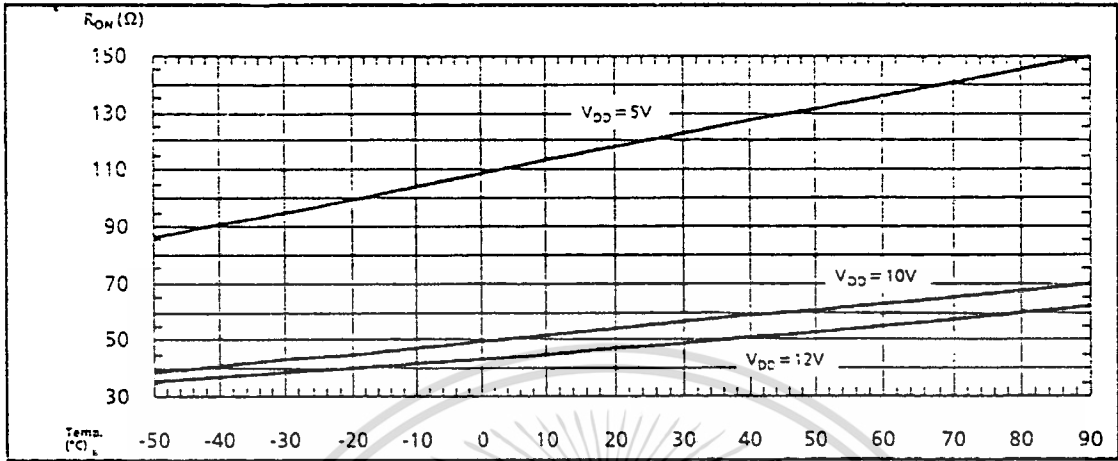
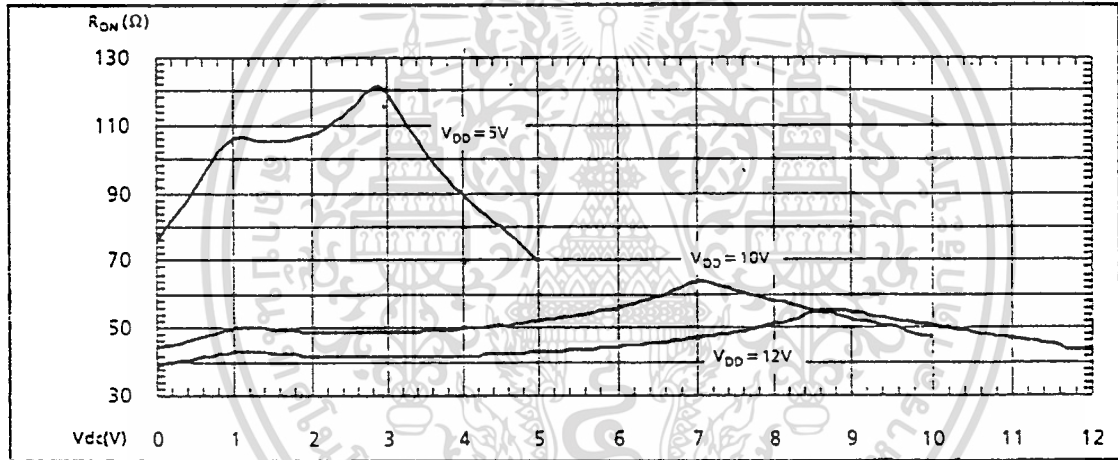
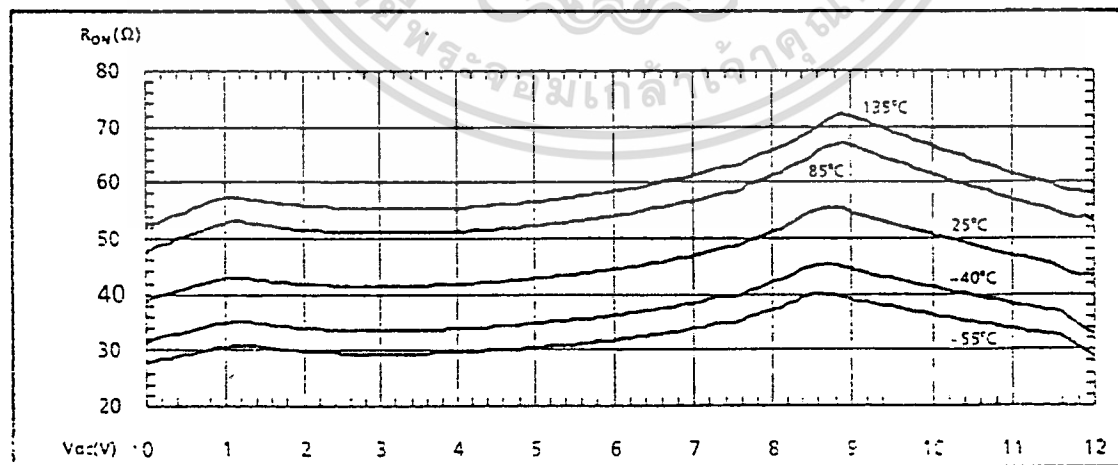
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Appendix: Analog Switch Array Measurements

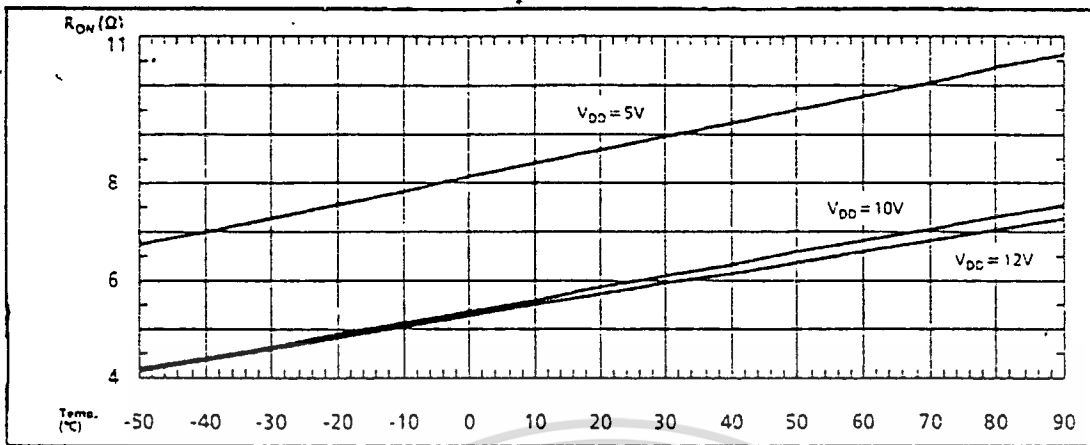
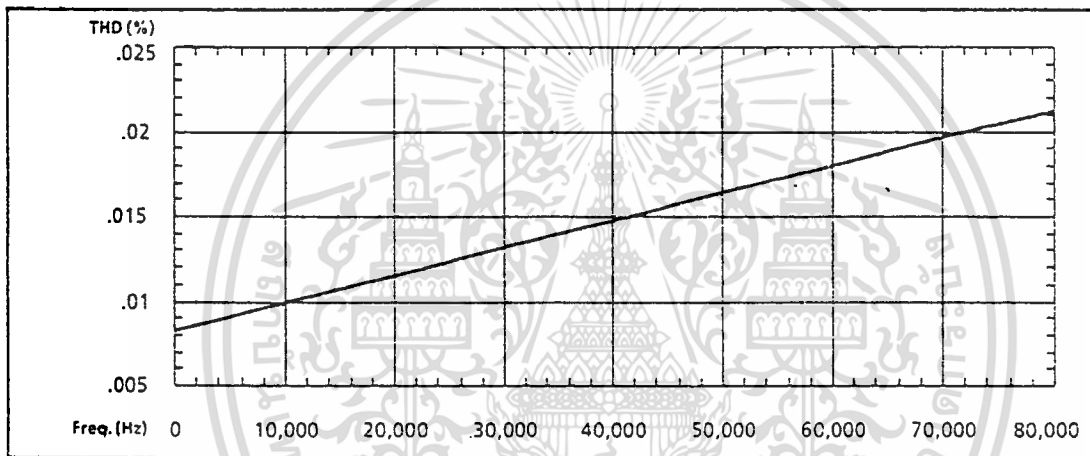
MT8806/08/09/12/14/15/16 ANALOG SWITCH ARRAY FAMILY: TYPICAL GRAPHS FOR SELECTED PARAMETERS

- G.1 On-state Resistance (R_{ON}) vs. Temperature @ $V_{DD} = 5V, 10V, 12V$
- G.2 On-state Resistance (R_{ON}) vs. DC Offset (V_{DC}) @ $V_{DD} = 5V, 10V, 12V @ 25^{\circ}C$
- G.3 On-state Resistance (R_{ON}) vs. DC Offset (V_{DC}) @ $V_{DD} = 12V @ -40^{\circ}C, 25^{\circ}C, 85^{\circ}C$
- G.4 ΔR_{ON} vs. Temperature @ $V_{DD} = 5V, 10V, 12V$
- G.5 Total Harmonic Distortion (THD) vs. Frequency
- G.6 Total Harmonic Distortion (THD) vs. I/P Signal Amplitude (V_{peak})
- G.7 Crosstalk (X_{talk}) vs. Frequency
- G.8 Feedthrough (FDT) vs. Frequency
- G.9 Off-State Leakage Current (I_{OFF}) vs. Switch Voltage

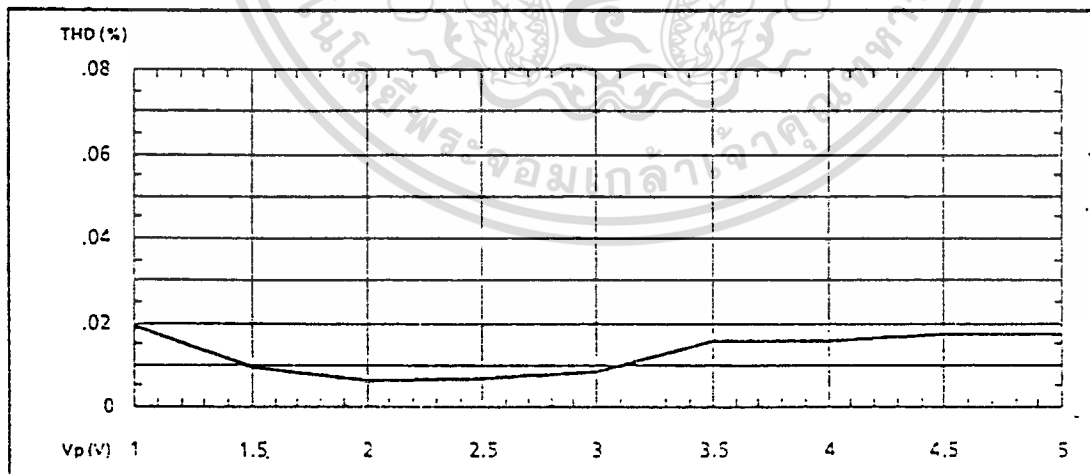
Appendix: Analog Switch Array Measurements

G.1 On-State Resistance (R_{ON}) vs. TemperatureG.2 On-State Resistance (R_{ON}) vs. DC Offset (V_{dc}) @ $25^{\circ}C$ G.3 On-state Resistance (R_{ON}) vs. DC Offset (V_{dc}) @ $V_{DD} = 12V$

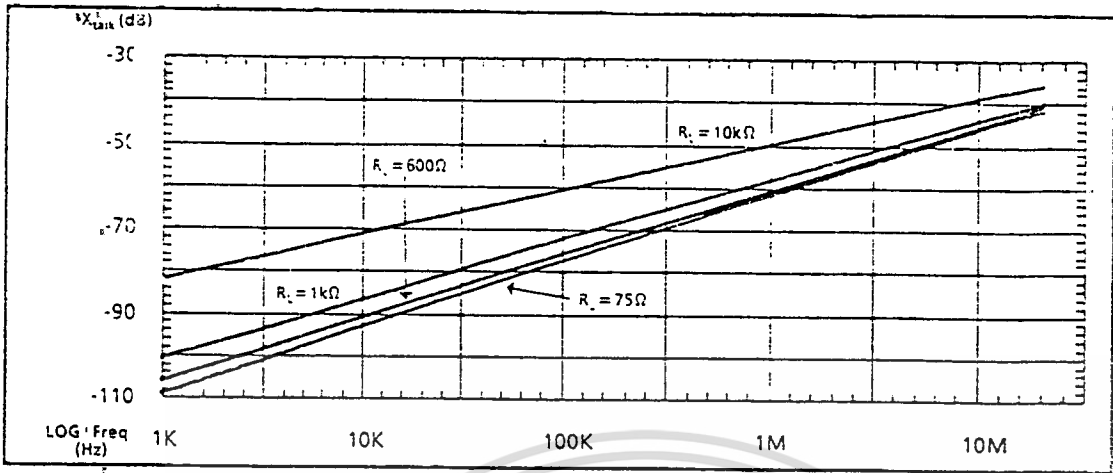
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G.4 ΔR_{ON} vs. Temperature

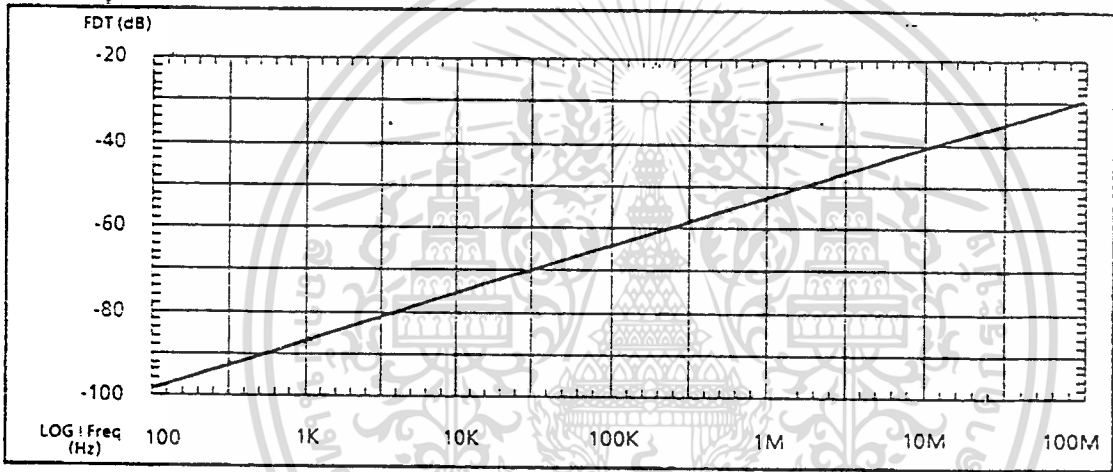
G.5 Distortion (THD) vs. Frequency

G.6 Distortion (THD) vs. I/P Signal Amplitude (V_p)

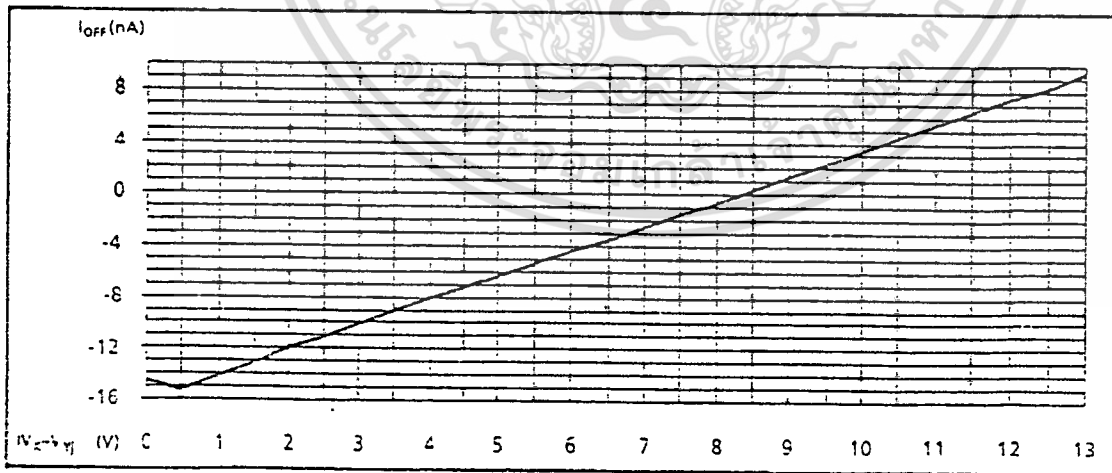
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



G.7 Crosstalk (X_{talk}) vs. Frequency



G.8 Feedthrough (FDT) vs. Frequency



G.9 Off-State Leakage Current (I_{off}) vs. Switch Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8806/08/09/12/14/15/16 ANALOG SWITCH ARRAY FAMILY:

Analog Switch Array Applications

The analog switch array is shown in Figure A.8 as a switching matrix for a typical key system. The system shown below allows connection of outside Central Office telephone lines to inside extension telephones.

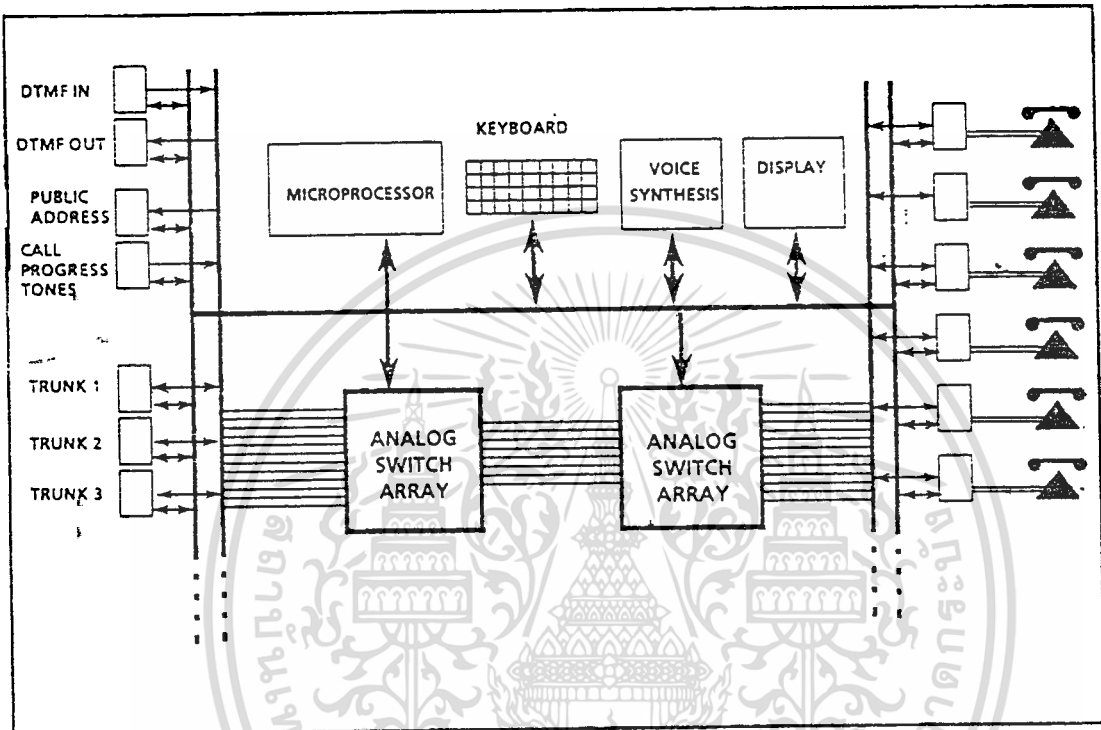


Figure A.8. Typical Key System Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISO²-CMOS MT8870C/MT8870C-1 Integrated DTMF Receiver

Features

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

Applications

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

Description

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

9161-002 094-NA ISSUE 1 November 1987

Pin Connections

IN +	1	18	VDD
IN -	2	17	SVGT
GS	3	16	EST
VRef	4	15	STD
INH	5	14	Q4
PWON	6	13	Q3
OSC1	7	12	Q2
OSC2	8	11	Q1
VSS	9	10	TOE

Ordering Information

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

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

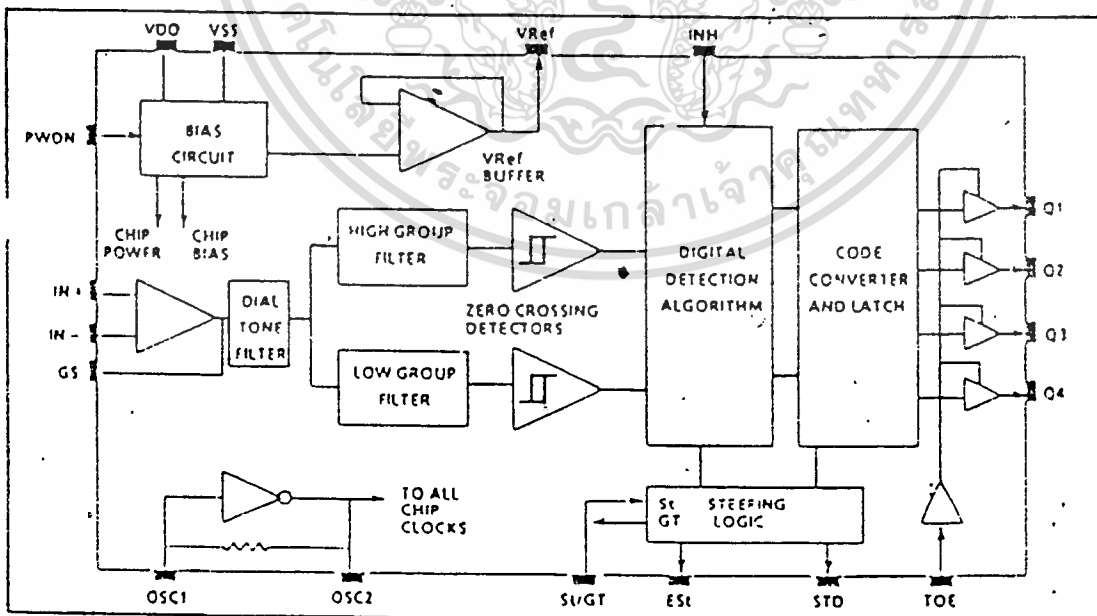


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOSAbsolute Maximum Ratings¹

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

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

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 ¹	Max	Units	Test Conditions	
1	S U P P L Y	Standby supply current	I _{DDO}		100	μA	PWDN = V _{DD}	
2		Operating supply current	I _{DD}	3.0	9.0	mA		
3		Power consumption	P _O		15	50	mW	f _c = 3.579545 MHz
4	I N P U T	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		2.5	V	V _{DD} = 5.0V
11	O U T	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}	2.4		2.7	V	No load, V _{DD} = 5.0V
16		V _{REF} output resistance	R _{OR}		10		kΩ	

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870C/MT8870C-1 ISO-CMOS

Pin Description

Pin #	Name	Description
1	IN+	Non-Inverting Op-Amp (Input).
2	IN-	Inverting Op Amp (Input).
3	GS	Gain Select. Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	V _{Ref}	Reference Voltage (Output), Nominally V _{DD} /2 is used to bias inputs at mid-rail (see Fig.2).
5	INH	Inhibit (Input). Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	PW _{DN}	Power Down (Input). Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
7	OSC1	Clock (Input).
8	OSC2	Clock (Output). A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	V _{SS}	Negative Power Supply (Input).
10	TOE	Three State Output Enable (Input). Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	Q1-Q4	Three State Data (Output). When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	StD	Delayed Steering (Output). Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V _{TS1} .
16	ES _t	Early Steering (Output). Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ES _t to return to a logic low.
17	St/GT	Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional. A voltage greater than V _{TS1} detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V _{TS1} frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ES _t and the voltage on St.
18	V _{DD}	Positive power supply (Input).

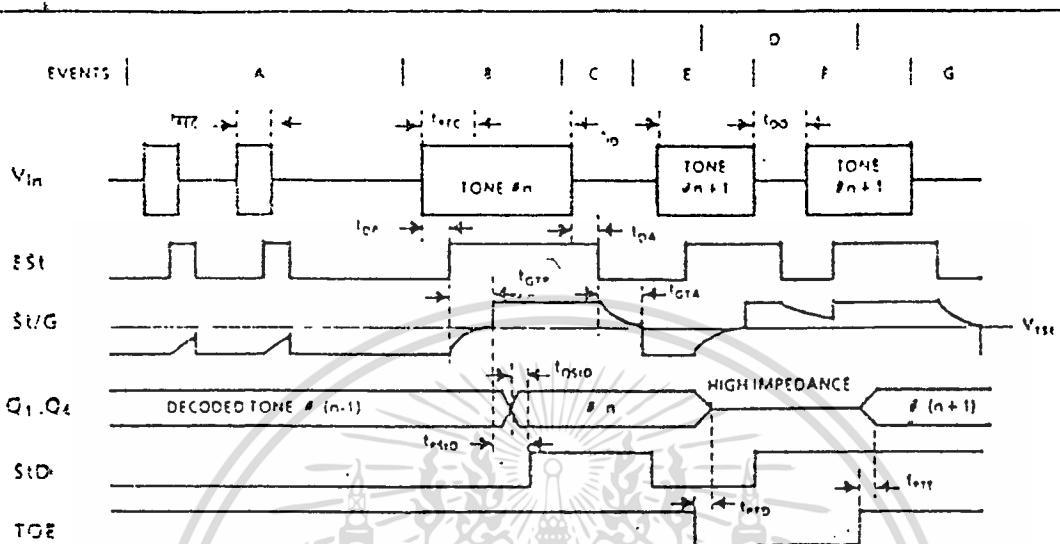
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOS

Pin Description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO²-CMOS MT8870C/MT3370C-1

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 REMAIN 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/G STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
 Q₁-Q₄ 4-BIT DECODED TONE OUTPUT
 S/D 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 Q₁, Q₄ TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.
 t_{arc} MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECTED AS VALID
 t₀ MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION.
 t₀₀ MINIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS
 t_{0e} MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL
 t_{0a} TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS
 t_{0a} TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS
 t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT
 t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT

Figure 3- Timing Diagram

MT8370C/MT8370C-1 ISO²-CMOS

Functional Description

The MT8370C/MT8370C-1 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance. Its architecture consists of a bandsplit filter section, which separates the high and low group tones, followed by a digital counting section which verifies the frequency and duration of the received tones before passing the corresponding code to the output bus.

Filter Section

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

Decoder Section

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

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

Steering Circuit

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

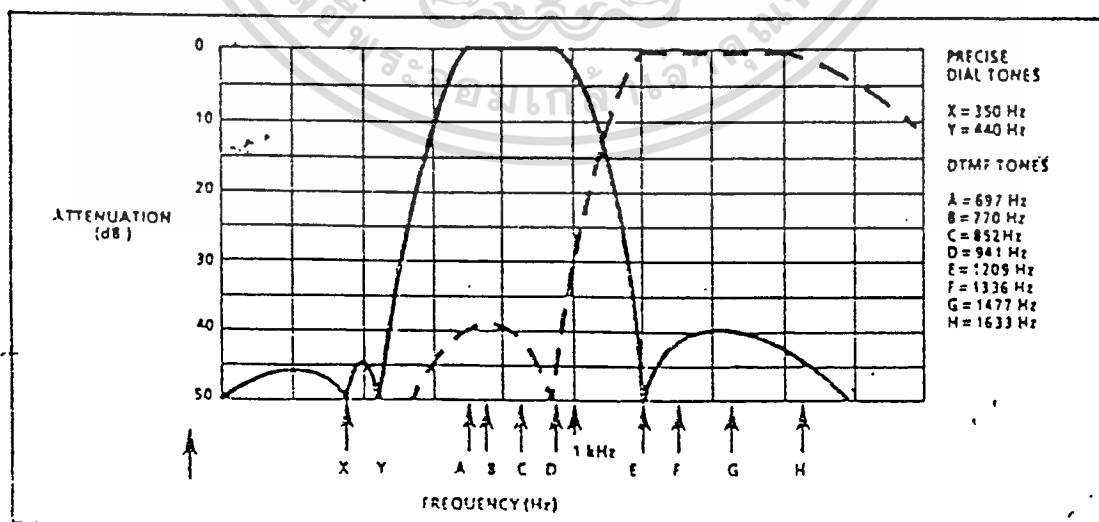


Figure 4- Filter Response

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOS

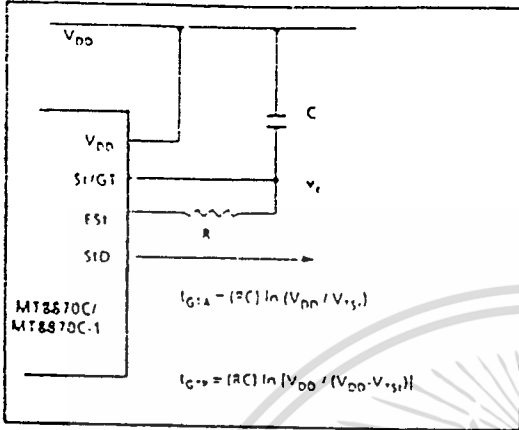


Figure 5- Basic Steering Circuit

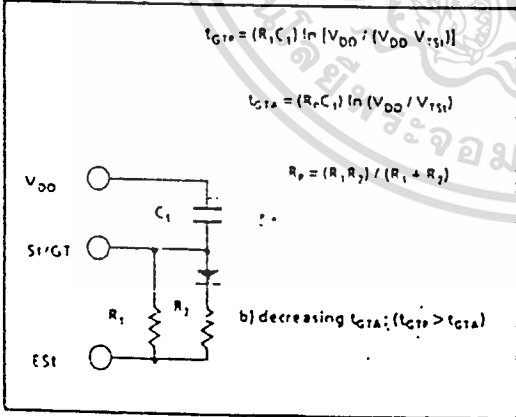
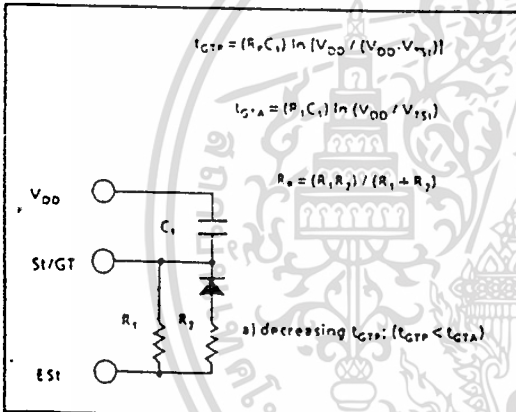


Figure 5- Guard Time Adjustment

Crystal Oscillator

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

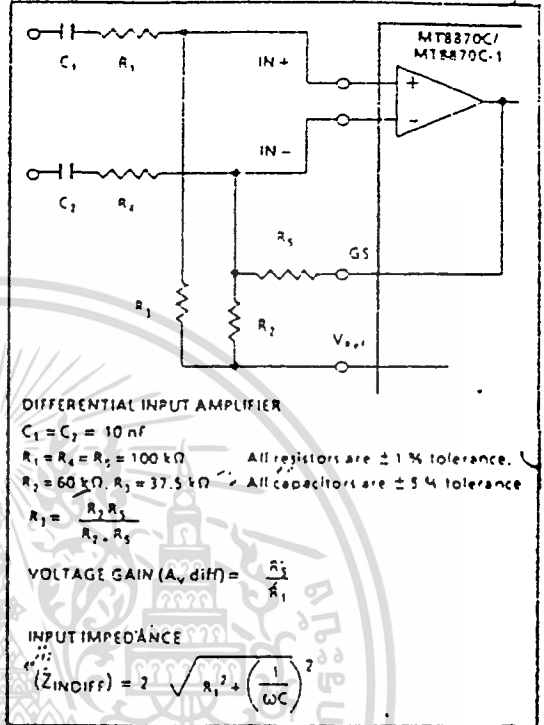


Figure 7- Differential Input Configuration

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

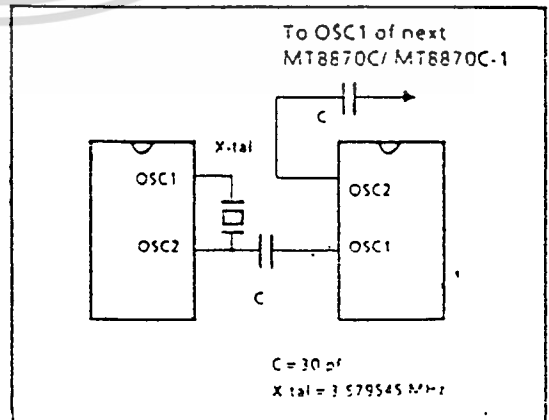


Figure 8- Oscillator Connection

15C²-CMOS MT3870C/MT8870C-1

APPLICATION

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC FOR 115 f

The circuit shown in Fig. 10 illustrates the use of MT8870C-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signal is 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 2 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870C-1. As shown in the diagram, the component values of R_1 and C_1 are the guard time requirements when the total component tolerance is 5%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 9.

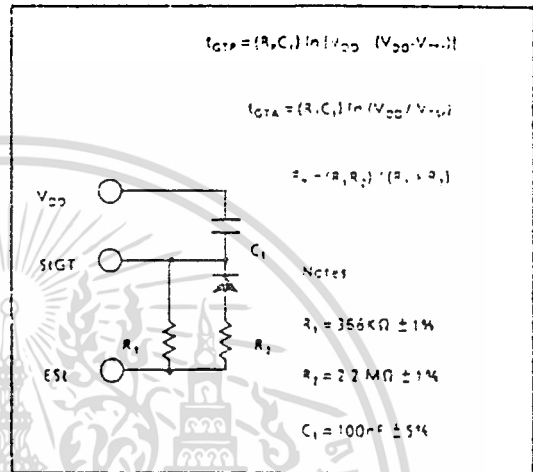


Figure 9 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

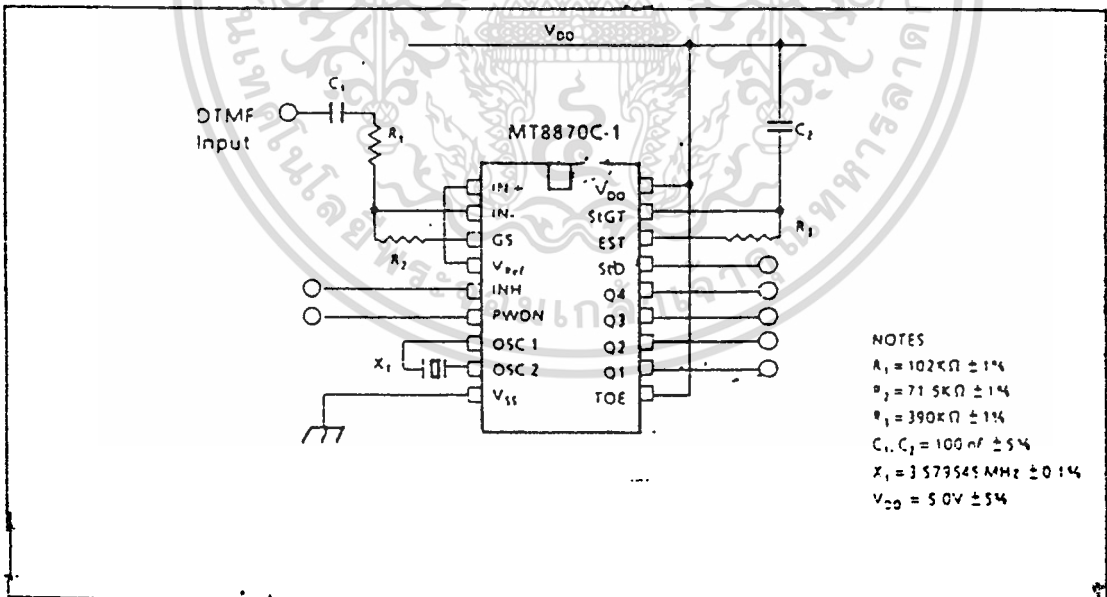


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MOTOROLA

**ULN2801
ULN2802
ULN2803
ULN2804**

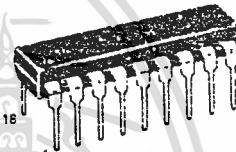
OCTAL HIGH-VOLTAGE, HIGH-CURRENT DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS

The eight NPN Darlington-connected transistors in this family of arrays are ideally suited for interfacing between low logic level digital circuitry (such as TTL, CMOS or PMOS) and the higher current/voltage requirements of lamps, relays, printer hammers or other similar loads for a broad range of computer, industrial, and consumer applications. All devices feature open-collector outputs and free-wheeling clamp diodes for transient suppression.

The ULN2801 is a general purpose device for use with CMOS, PMOS or TTL logic. The ULN2802 contains a zener diode and resistor in series with the input to limit input currents and assure compatibility with 14 to 25 volt PMOS logic. The ULN2803 is designed to be compatible with standard TTL families while the ULN2804 is optimized for 6 to 15 volt high level CMOS or PMOS.

OCTAL PERIPHERAL DRIVER ARRAYS

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUITS



A SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 707-02

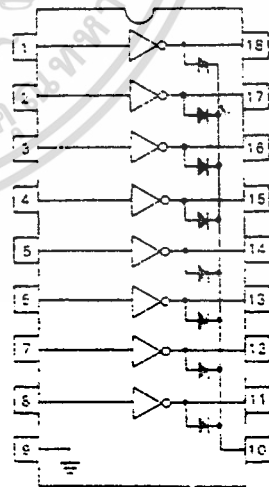
MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ and rating apply to any one device in the package unless otherwise noted):

Rating	Symbol	Value	Unit
Output Voltage	V_O	50	V
Input Voltage (Except ULN2801)	V_I	30	V
Collector Current — Continuous	I_C	500	mA
Base Current — Continuous	I_B	25	mA
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature	T_J	125	$^\circ\text{C}$

$R_{\theta JA} = 55^\circ\text{C/W}$
Do not exceed maximum current per driver

*Higher voltage selection available. See your local representative.

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

DEVICE	CHARACTERISTICS		
	INPUT COMPATIBILITY	$V_{CE(MAX)}/I_C(MAX)$	T_A
ULN2801A	General Purpose CMOS, PMOS	50 V/500 mA	0 to +70 $^\circ\text{C}$
ULN2802A	14-25 Volt PMOS	50 V/500 mA	0 to +70 $^\circ\text{C}$
ULN2803A	TTL, 5.0 V CMOS	50 V/500 mA	0 to +70 $^\circ\text{C}$
ULN2804A	6-15 V CMOS, PMOS	50 V/500 mA	0 to +70 $^\circ\text{C}$

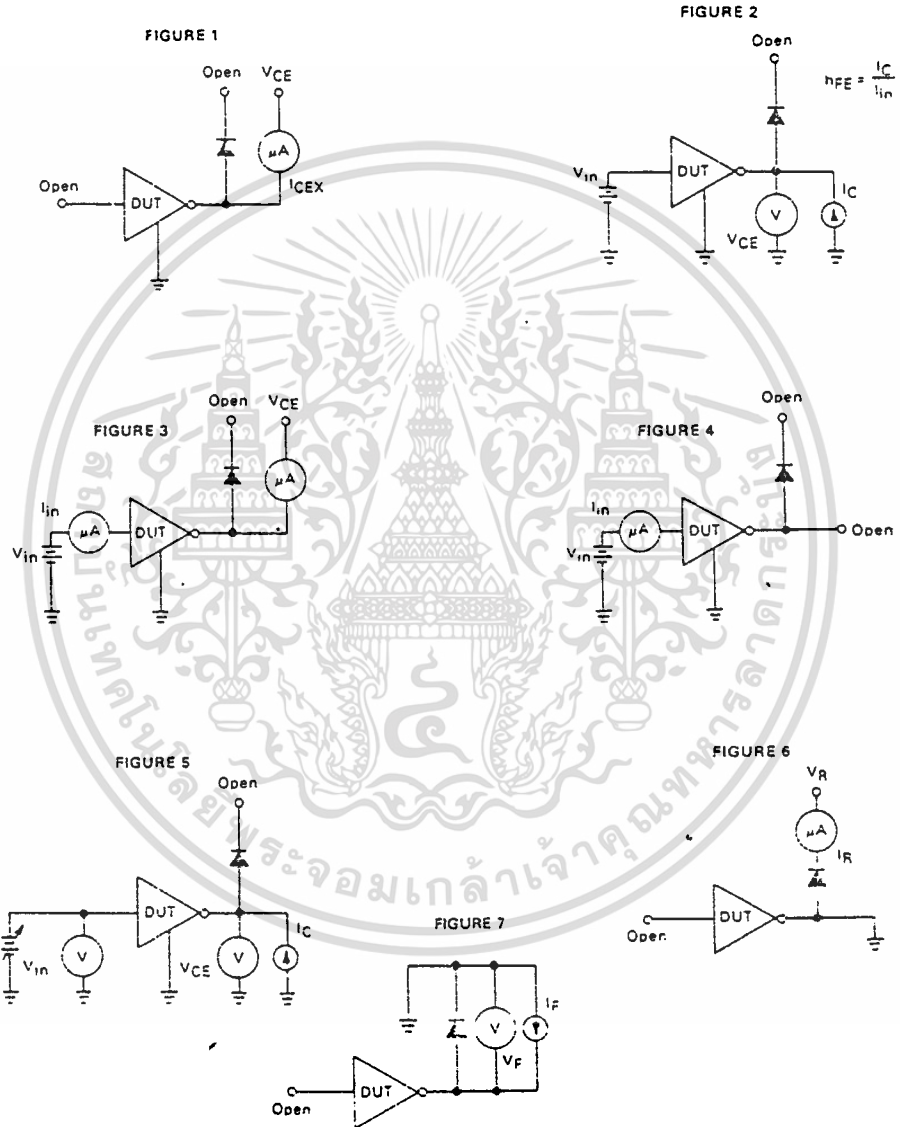
MOTOROLA LINEAR INTERFACE DEVICES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2801, ULN2802, ULN2803, ULN2804

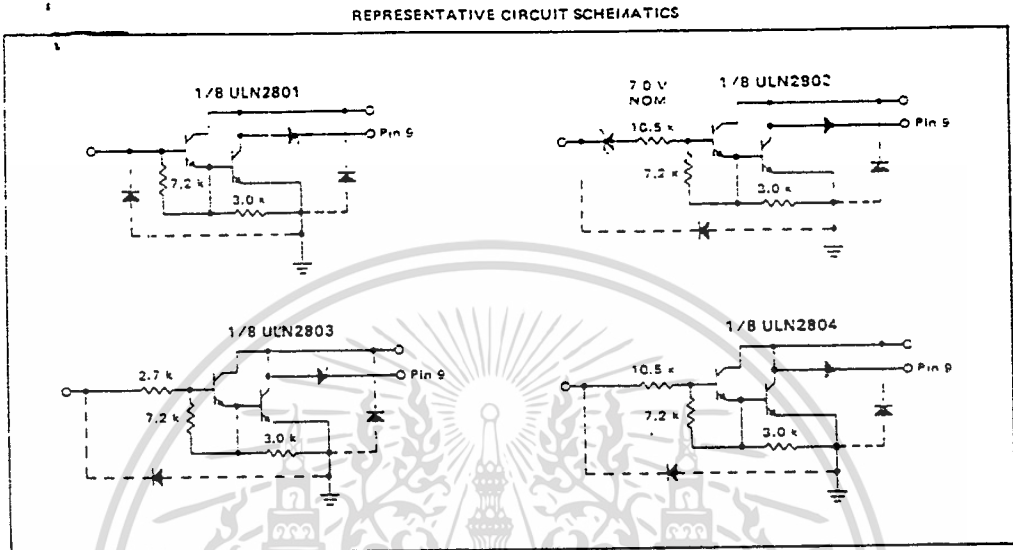
TEST FIGURES

(SEE FIGURE NUMBERS IN ELECTRICAL CHARACTERISTICS TABLES)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2801, ULN2802, ULN2803, ULN2804



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2801, ULN2802, ULN2803, ULN2804

TYPICAL CHARACTERISTIC CURVES — $T_A = 25^\circ\text{C}$
(unless otherwise noted)

OUTPUT CHARACTERISTICS

FIGURE 8 — OUTPUT CURRENT versus SATURATION VOLTAGE

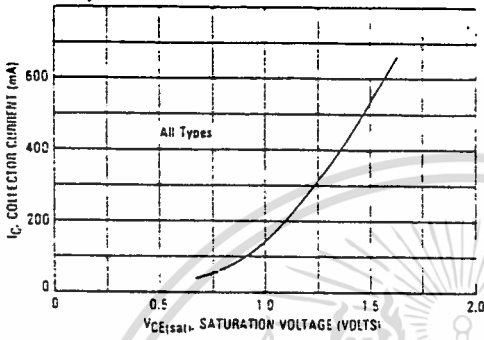
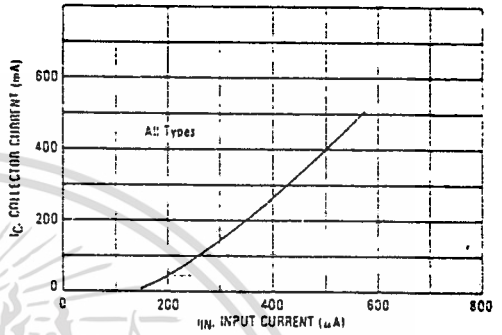


FIGURE 9 — OUTPUT CURRENT versus INPUT CURRENT



INPUT CHARACTERISTICS

FIGURE 10 — ULN2802 INPUT CURRENT versus INPUT VOLTAGE

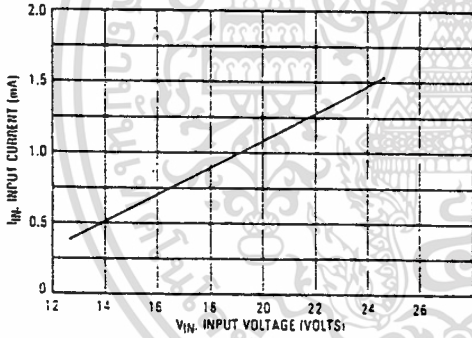


FIGURE 11 — ULN2803 INPUT CURRENT versus INPUT VOLTAGE

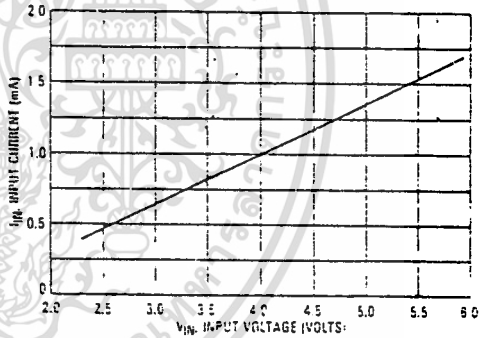
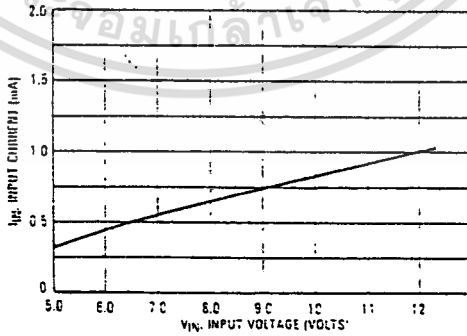


FIGURE 12 — ULN2804 INPUT CURRENT versus INPUT VOLTAGE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 10 — $T_A = 70^\circ\text{C}$ w/STAVER V-7
HEAT SINK (27.5 $^\circ\text{C}/\text{W}$)

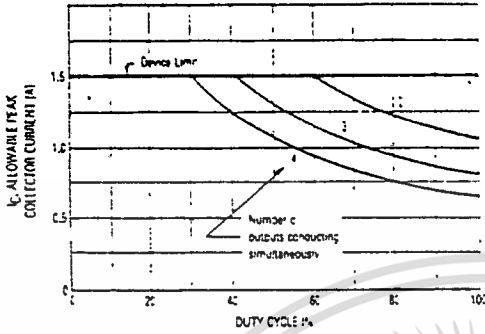


FIGURE 11 — $T_A = 50^\circ\text{C}$ w/o HEAT SINK

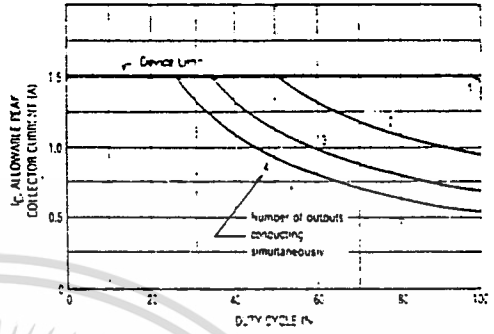


FIGURE 12 — $T_A = 50^\circ\text{C}$ w/STAVER V-8
HEAT SINK (37.5 $^\circ\text{C}/\text{W}$)

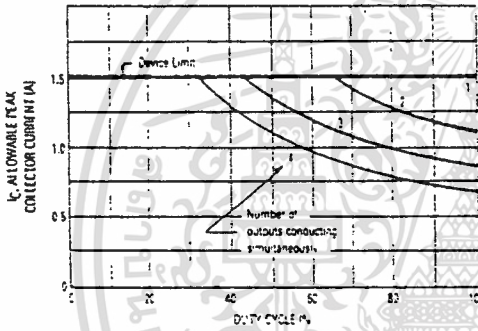
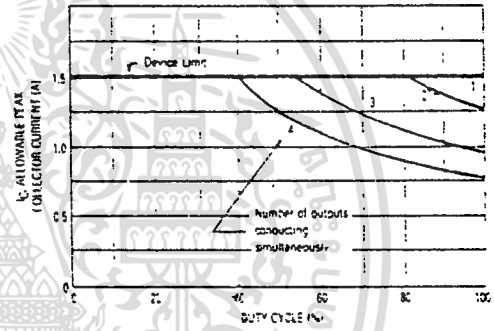


FIGURE 13 — $T_A = 50^\circ\text{C}$ w/STAVER V-7
HEAT SINK (27.5 $^\circ\text{C}/\text{W}$)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2801, ULN2802, ULN2803, ULN2804

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.)

Characteristic		Fig.	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Output Leakage Current (* $V_O = 50\text{ V}$, $T_A = -70^\circ\text{C}$) (* $V_O = 50\text{ V}$, $T_A = -25^\circ\text{C}$) (* $V_O = 50\text{ V}$, $T_A = -70^\circ\text{C}$, $V_I = 6.0\text{ V}$) (* $V_O = 50\text{ V}$, $T_A = -70^\circ\text{C}$, $V = 1.0\text{ V}$)	All Types All Types ULN2802 ULN2804	1	I_{CEX}	—	—	100 50 500 500	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 350\text{ mA}$, $I_B = 500\text{ }\mu\text{A}$) ($I_C = 200\text{ mA}$, $I_B = 350\text{ }\mu\text{A}$) ($I_C = 100\text{ mA}$, $I_B = 250\text{ }\mu\text{A}$)	All Types All Types All Types	2	$V_{CE(sat)}$	—	1.1 0.95 0.85	1.6 1.3 1.1	V
Input Current — On Condition ($V_I = 17\text{ V}$) ($V_I = 3.85\text{ V}$) ($V_I = 5.0\text{ V}$) ($V_I = 12\text{ V}$)	ULN2802 ULN2803 ULN2804 ULN2804	4	$I_{I(on)}$	—	0.82 0.93 0.35 1.0	1.25 1.35 0.5 1.45	mA
Input Voltage — On Condition ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 300\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 200\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 250\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 300\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 125\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 200\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 275\text{ mA}$) ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 350\text{ mA}$)	ULN2802 ULN2803 ULN2803 ULN2804 ULN2804 ULN2804 ULN2804	5	$V_{I(on)}$	—	—	13 2.4 2.7 3.0 5.0 6.0 7.0 8.0	V
Input Current — Off Condition ($I_C = 500\text{ }\mu\text{A}$, $T_A = -70^\circ\text{C}$)	All Types	3	$I_{I(off)}$	50	100	—	μA
DC Current Gain ($V_{CE} = 2.0\text{ V}$, $I_C = 350\text{ mA}$)	ULN2801	2	β_{FE}	1000	—	—	—
Input Capacitance			C_i	—	15	25	pF
Turn-On Delay Time (50% E_i to 50% E_O)			t_{on}	—	0.25	1.0	μs
Turn-Off Delay Time (50% E_i to 50% E_O)			t_{off}	—	0.25	1.0	μs
Clamp Diode Leakage Current ($V_R = 50\text{ V}$)	$T_A = -25^\circ\text{C}$ $T_A = -70^\circ\text{C}$	6	I_R	—	—	50 100	μA
Clamp Diode Forward Voltage ($I_F = 350\text{ mA}$)		7	V_C	—	1.5	2.0	V




*Higher voltage selections available; contact your local representative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
 TECHNICAL DATA

6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

These devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Convenient Plastic Dual-In-Line Package
- High Current Transfer Ratio — 100% Minimum at Spec Conditions
- Guaranteed Switching Speeds
- High Input-Output Isolation Guaranteed — 7500 Volts Peak
- UL Recognized. File Number E54915 
- VDE approved per standard 0883/6.80 (Certificate number 41853), with additional approval to DIN IEC380/VDE0806, IEC435/VDE0805, IEC65/VDE0860, VDE0110b, covering all other standards with equal or less stringent requirements, including IEC204/VDE0113, VDE0160, VDE0832, VDE0833, etc. 
- Meets or Exceeds All JEDEC Registered Specifications 
- Special lead form available (add suffix "T" to part number) which satisfies VDE0883/6.80 requirement for 8 mm minimum creepage distance between input and output solder pads.
- Various lead form options available. Consult "Optoisolator Lead Form Options" data sheet for details.

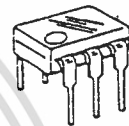
MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	6	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.41	mW/°C
OUTPUT TRANSISTOR			
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	30	Volts
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	7	Volts
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	mW/°C
TOTAL DEVICE			
Isolation Source Voltage (1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250	mW
		2.94	mW/°C
Ambient Operating Temperature Range	T_A	-55 to +100	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 seconds, 1/16" from case)	—	260	°C

(1) Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating.
For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

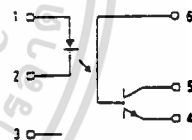
4N35
4N36
4N37

6-PIN DIP
OPTOISOLATORS
TRANSISTOR
OUTPUT



CASE 730A-02
PLASTIC

SCHEMATIC



1. LED ANODE
2. LED CATHODE
3. N.C.
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4N35, 4N36, 4N37

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

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	
INPUT LED						
Forward Voltage ($I_F = 10\text{ mA}$)	V_F	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.8	1.15	1.5	V
		$T_A = -55^\circ\text{C}$	0.9	1.3	1.7	
		$T_A = 100^\circ\text{C}$	0.7	1.05	1.4	
Reverse Leakage Current ($V_R = 6\text{ V}$)	I_R	—	—	10	μA	
Capacitance ($V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$)	C_J	—	18	—	pF	
OUTPUT TRANSISTOR						
Collector-Emitter Dark Current ($V_{CE} = 10\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$)	I_{CEO}	—	1	50	nA	
($V_{CE} = 30\text{ V}, T_A = 100^\circ\text{C}$)		—	—	500	μA	
Collector-Base Dark Current ($V_{CB} = 10\text{ V}$)	I_{CBO}	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	0.2	20	nA
		$T_A = 100^\circ\text{C}$	—	100	—	
Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1\text{ mA}$)	$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	V	
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$)	$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	V	
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$)	$V_{(BR)EBO}$	7	7.8	—	V	
DC Current Gain ($I_C = 2\text{ mA}, V_{CE} = 5\text{ V}$)	h_{FE}	—	400	—	—	
Collector-Emitter Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{CE} = 0$)	C_{CE}	—	7	—	pF	
Collector-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{CB} = 0$)	C_{CB}	—	19	—	pF	
Emitter-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{EB} = 0$)	C_{EB}	—	9	—	pF	
COUPLED						
Output Collector Current ($I_F = 10\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$)	I_C	$T_A = 25^\circ\text{C}$	10	30	—	mA
		$T_A = -55^\circ\text{C}$	4	—	—	
		$T_A = 100^\circ\text{C}$	4	—	—	
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 0.5\text{ mA}, I_F = 10\text{ mA}$)	$V_{CE(sat)}$	—	0.14	0.3	V	
Turn-On Time	$I_C = 2\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega, \text{ Figure 11}$		t_{on}	7.5	10	μs
Turn-Off Time			t_{off}	5.7	10	
Rise Time			t_r	3.2	—	
Fall Time			t_f	4.7	—	
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}, t = 1\text{ sec}$)	V_{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)	
Isolation Current ($V_{I-O} = 3550\text{ Vpk}$)	4N35 4N36 4N37	I_{ISO}	—	—	100	μA
($V_{I-O} = 2500\text{ Vpk}$)			—	—	100	
($V_{I-O} = 1500\text{ Vpk}$)			—	8	100	
Isolation Resistance ($V = 500\text{ V}$)	R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω	
Isolation Capacitance ($V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$)	C_{ISO}	—	0.2	2	pF	

TYPICAL CHARACTERISTICS

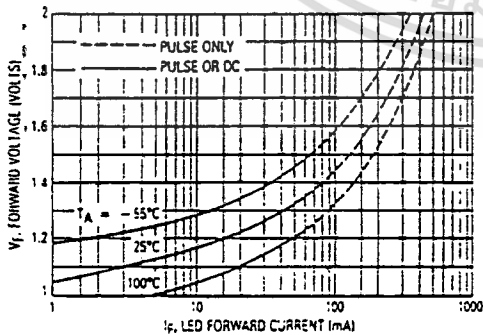


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

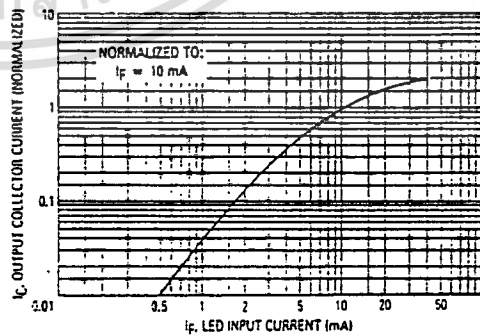


Figure 2. Output Current versus Input Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4N35, 4N36, 4N37

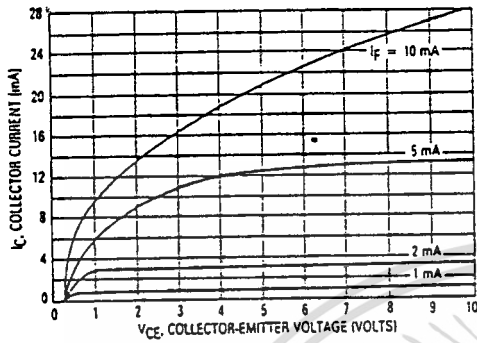


Figure 3. Collector Current versus Collector-Emitter Voltage

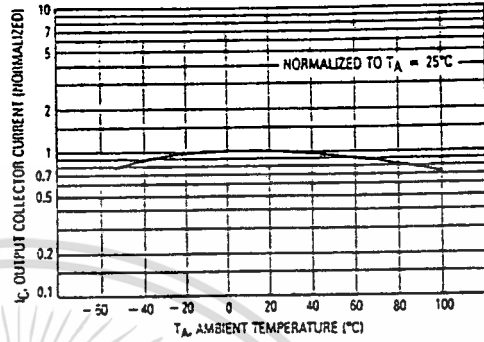


Figure 4. Output Current versus Ambient Temperature

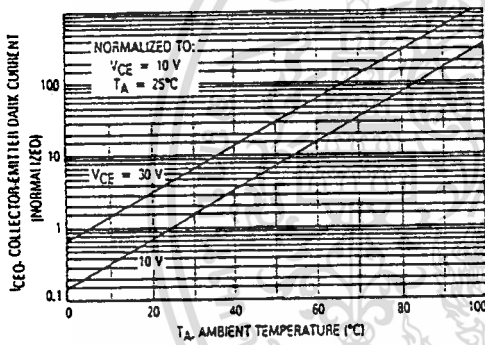


Figure 5. Dark Current versus Ambient Temperature

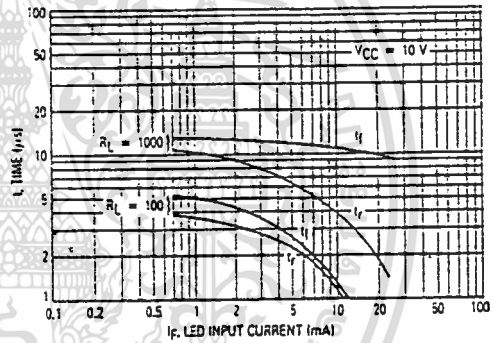


Figure 6. Rise and Fall Times

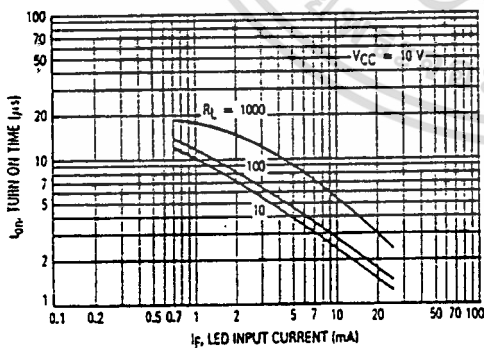


Figure 7. Turn-On Switching Times

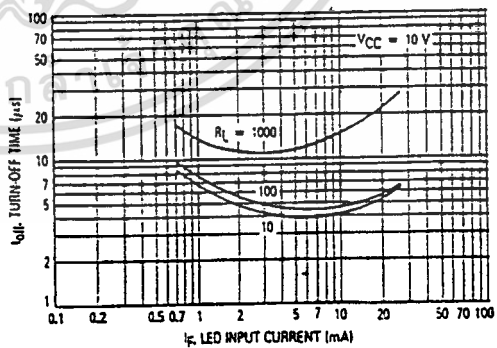


Figure 8. Turn-Off Switching Times

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4N35, 4N36, 4N37

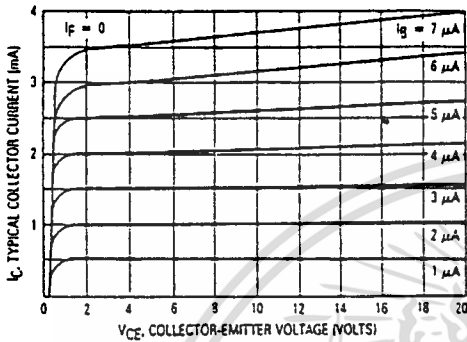


Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)

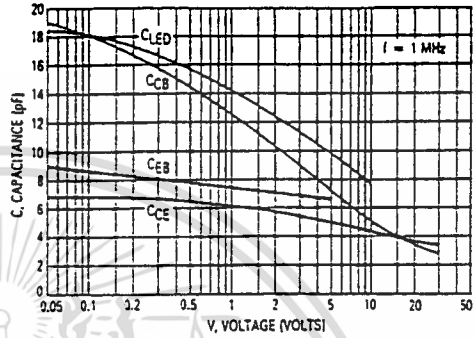


Figure 10. Capacitances versus Voltage

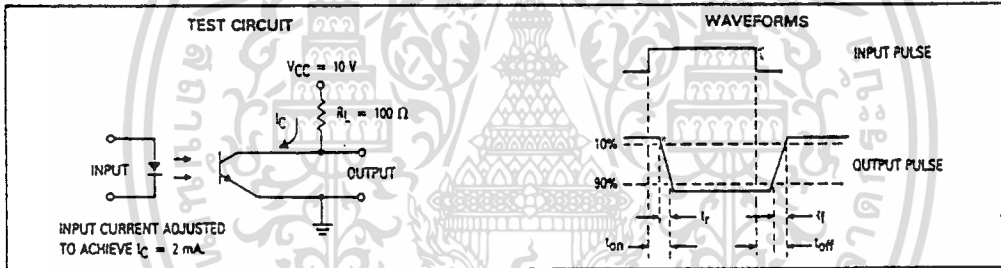


Figure 11. Switching Times

OUTLINE DIMENSIONS

