T032802

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์

Signal Transmission Trough Telephone Network Demonstrator

ชื่อนักศึกษา	1. นายนาวิน	พรหมกูล	รหัสประจำตัว	40031115
	2. นายยโสธร	ช่วยนุกูล	รหัสประจำตัว	40031123
	3. นายศุภชัย	ประทุมศาลา	รหัสประจำตัว	40031134
	4. น.ส.สุปราณี	ภิญโญ	รหัสประจำตัว	40031138

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์โกศล ตราชู

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	.....
2. อาจารย์โกศล	ตราชู	.....
3. ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	.....
4. อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	.....
5. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันเสาร์ที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2542 เวลา 10.30 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน มี.ค. พ.ศ. 42

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32802
วัน, เดือน, ปี 10 มิ.ย. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

ชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์

SIGNAL TRANSMISSION TROUGH TELEPHONE NETWORK DEMONSTRATOR

นายนาวิน พรหมกูล

นายยโสธร ช่วยนุกูล

นายศุภชัย ประทุมศาลา

นางสาวสุปราณี ภิญโญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์

Signal Transmission Trough Telephone Network Demonstator

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเรื่องการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์
2. เพื่อออกแบบชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์
3. เพื่อสร้างชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์
4. เพื่อทดสอบชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์
5. เพื่อนำชุดสาธิตการส่งสัญญาณไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้เรื่องการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์
2. ได้วงจรต้นแบบชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์
3. ได้เครื่องต้นแบบชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์
4. ได้ผลการทดสอบประสิทธิภาพชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์
5. ได้นำชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์ไปใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์
นักศึกษา	นายนาวิน พรหมกูล
	นายยโสธร ช่วยนุกูล
	นายศุภชัย ประทุมศาลา
	นางสาวสุปราณี ภิญโญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์โกศล ตราชู
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2541

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์ สามารถแสดงการเชื่อมต่อของชุมสายโทรศัพท์แบบดาว แบบวงรอบ แบบตาข่าย แบบลำดับขั้น การส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์ แบบเอ็น-ทู-เอ็น และแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์ โดยชุมสายแต่ละชุมสายได้ออกแบบเป็นโมดูล มีขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายได้ง่าย เหมาะสมที่จะใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน อีกทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงๆ ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Signal Transmission Trough Telephone Network Demonstrator	
Students	Mr.Nawin	Promkul
	Mr.Yasothon	Chuainukul
	Mr.Suppachai	Prathumsala
	Miss Supranee	Pinyo
Advisor	Mr.Peerawut	Suwanjun
Co- Advisor	Mr.Koson	Trachu
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Acadamic Year	1998	

ABSTRACT

This thesis presents the signal transmission through telephone network demonstrator. System can be show telephone exchange network have star network, Loop network, Mesh network and ordinal network. The transmission signal Link–by–Link, End to End and display by computer. Exchange design small model easily to move . Fix use to instructional media and apply use to works.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกในกลุ่มทุกท่าน ความอนุเคราะห์ของอาจารย์ในภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมทุกท่าน โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาทั้ง 2 ท่าน คือ อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ และอาจารย์โกศล ตราชู ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักหอสมุดกลาง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล ขอบคุณชาวครุศาสตร์วิศวกรรมแห่งบ้านทรงไทย ที่ช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านและเป็นกำลังใจให้โดยตลอดมา สุดท้ายที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดาและมารดาที่เป็นผู้ให้ความสนับสนุนด้านการศึกษา และเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการพัฒนาการสร้างชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามรถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 การส่งสัญญาณของชุมสาย	3
2.2.1 สัญญาณต่างๆ ที่ติดต่อระหว่างชุมสาย	4
2.2.2 สัญญาณพื้นฐาน	4
2.2.3 สัญญาณที่ตอบกลับจากชุมสายปลายทาง	5
2.2.4 สัญญาณโอเปอเรเตอร์	7
2.2.5 ขั้นตอนการส่งสัญญาณกรณีเรียกออกไปต่างชุมสาย	7
2.2.6 ขั้นตอนการต่อการเรียกที่ต้องต่อผ่านชุมสายอื่น	11
2.2.7 การส่งสัญญาณโต้ตอบแบบบังคับซึ่งกันและกัน	13
2.2.8 การส่งสัญญาณของรีจิสเตอร์	14
2.3 โครงข่ายสายส่ง	17
2.3.1 แบบดาว	17
2.3.2 แบบวงรอบ	18
2.3.3 แบบตาข่าย	18
2.3.4 แบบลำดับชั้น	19
2.4 ขั้นตอนการทำงานของโทรศัพท์	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5 ชุมสายโทรศัพท์	21
2.6 สัญญาณต่างๆ ภายในระบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ	26
2.6.1 สัญญาณให้หมุน	26
2.6.2 สัญญาณไม่ว่าง	26
2.6.3 สัญญาณเรียกกลับ	27
2.6.4 สัญญาณกระดิ่ง	27
2.7 กระบวนการทำงานของโทรศัพท์	27
2.8 โครงข่ายโทรศัพท์	29
2.8.1 การเชื่อมต่อระหว่างชุมสาย	29
2.8.2 โครงข่ายระดับชาติ	30
2.8.3 การวางโครงข่าย	31
2.9 วงจรอินเตอร์เฟซ RS232	34
2.10 เครื่องโทรศัพท์หน้าปัทม์แบบปุ่มกด	37
2.11 โครงสร้างสถาปัตยกรรม MCS-51	38
2.12 โครงสร้างไอซี MT8880C/MT8880C-1	44
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	48
3.1 กล่าวนำ	48
3.2 การออกแบบ	48
3.3 โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์	49
3.3.1 วงจรคู่สายภายใน	49
3.3.2 วงจรเมตริกซ์สวิตช์	50
3.3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณโทน	50
3.3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	52
3.3.5 วงจรสร้างสัญญาณความถี่คู่	52
3.3.6 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่	52
3.3.7 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	54
3.4 โครงสร้างทางด้านซอฟแวร์	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.5 ระบบการทำงานของชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสาย	56
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	59
4.1 กล่าวนำ	59
4.2 การทดลองวงจรคู่สายภายใน	59
4.3 การทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณโทน	60
4.4 การทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	65
4.5 การทดลองการเรียกภายในชุมสาย	66
4.6 การทดลองเรียกภายนอกชุมสาย	68
4.7 การทดลองวงจรควบคุม	70
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	71
5.1 บทสรุป	71
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงงาน	71
5.3 แนวทางแก้ไข และพัฒนา	72
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	73
ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์	77
ภาคผนวก ค ผังการทำงานและโปรแกรม	85
ภาคผนวก ง ใบงานการทดลอง	136
ภาคผนวก จ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์	157
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน	215
บรรณานุกรม	219
ประวัติผู้แต่ง	220

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนการทำงานของชุมสายโทรศัพท์	23
ตารางที่ 2.2 รหัสประเทศต่างๆ แบ่งตามพื้นที่โลก	33
ตารางที่ 2.3 ตารางรายละเอียดของตระกูล MCS-51	39
ตารางที่ 2.4 ฟังก์ชั่นของหน่วยความจำภายใน	45
ตารางที่ 2.5 ตำแหน่งบิต CRA	45
ตารางที่ 2.6 ตำแหน่งบิต CRB	45
ตารางที่ 2.7 ลักษณะการควบคุมรีจิสเตอร์ A	46
ตารางที่ 2.8 ลักษณะสถานะของรีจิสเตอร์	47
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรคู่สายภายใน	59
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณโทน	60
ตรารงที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (สภาวะของ LED)	65
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (สภาวะของเสียง)	65
ตารางที่ 4.5 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 12 เมื่อเครื่อง 12 วางหูโทรศัพท์อยู่ (เครื่อง 11)	67
ตารางที่ 4.6 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 12 เมื่อเครื่อง 12 ยกหูโทรศัพท์อยู่ (เครื่อง 12)	67
ตารางที่ 4.7 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 12 เมื่อเครื่อง 12 ยกหูโทรศัพท์อยู่	68
ตารางที่ 4.8 เครื่อง 11 เรียกไปยังเลขหมาย 14	68
ตารางที่ 4.9 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 62 เมื่อเครื่อง 62 วางหูโทรศัพท์อยู่	69
ตารางที่ 4.10 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 62 เมื่อเครื่อง 62 ยกหูโทรศัพท์อยู่	69
ตารางที่ 4.11 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 62 เมื่อเครื่อง 62 ยกหูโทรศัพท์อยู่	70
ตารางที่ 4.12 เครื่อง 11 เรียกไปยังเลขหมาย 73	70
ตารางที่ 4.13 สถานะการทำงานของวงจรควบคุม	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสาย	4
รูปที่ 2.2 การต่อเรียกกรณีที่ผู้ถูกเรียกอยู่ต่างชุมสาย	8
รูปที่ 2.3 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายในขั้นตอนยกเลิกวงจร กรณีผู้เรียกวางหูก่อน	10
รูปที่ 2.4 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายในขั้นตอนยกเลิกวงจรกรณีผู้ถูกเรียกวางหูก่อน	10
รูปที่ 2.5 การรับส่งสัญญาณระหว่างชุมสายแบบผ่านชุมสายต่อผ่าน	11
รูปที่ 2.6 การส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์	14
รูปที่ 2.7 ลำดับการส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์	15
รูปที่ 2.8 การส่งสัญญาณแบบเอ็น-ทู-เอ็น	16
รูปที่ 2.9 โครงข่ายสายส่งแบบดาว	17
รูปที่ 2.10 โครงข่ายสายส่งแบบวงรอบ	18
รูปที่ 2.11 โครงข่ายสายส่งแบบตาข่าย	18
รูปที่ 2.12 โครงข่ายแบบลำดับขั้นตามมาตรฐาน AT&T	19
รูปที่ 2.13 โครงข่ายแบบลำดับขั้นตามมาตราฐาน CCITT	20
รูปที่ 2.14 ไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้คู่สาย	21
รูปที่ 2.15 โครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์	22
รูปที่ 2.16 สัญญาณให้หมุน	26
รูปที่ 2.17 สัญญาณไม่ว่าง	27
รูปที่ 2.18 สัญญาณเรียกกลับ	28
รูปที่ 2.19 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างชุมสาย	30
รูปที่ 2.20 โครงข่ายระดับชาติ 2 ระดับ	31
รูปที่ 2.21 การกำหนดและเลือกเส้นทางระหว่างชุมสาย	34
รูปที่ 2.22 ขั้นตอนการทำงานของ RS-232 ผ่านสายโทรศัพท์สาธารณะ	36
รูปที่ 2.23 การจัดกลุ่มและระบบสัญญาณ	37
รูปที่ 2.24 ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51	40
รูปที่ 3.1 วงจรคู่สายภายใน	49
รูปที่ 3.2 วงจรเมตริกซ์สวิตช์	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณโทน	51
รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	52
รูปที่ 3.5 วงจรถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ	53
รูปที่ 3.6 การกำหนดพอร์ตของ ไอซี 89C51 ในวงจรกำเนิดสัญญาณโทน	54
รูปที่ 4.1 สัญญาณจากเอาต์พุตของพอร์ต 1.5 ของ ไอซี 89C51	61
รูปที่ 4.2 สัญญาณจาก เอาต์พุตของพอร์ต 1.6 ของ ไอซี 89C51	61
รูปที่ 4.3 สัญญาณจาก เอาต์พุตของพอร์ต 1.7 ของ ไอซี 89C51	62
รูปที่ 4.4 สัญญาณจาก เอาต์พุตของพอร์ต 2.0 ของ ไอซี 89C51	62
รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาต์พุตของสัญญาณสายว่าง	63
รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาต์พุตของสัญญาณสายไม่ว่าง	63
รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาต์พุตของสัญญาณเรียกกลับ	64
รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุตของสัญญาณไม่มีเลขหมาย	64
รูปที่ 4.9 สัญญาณจากเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	66
รูปที่ ก.1 เครื่องต้นแบบภายนอกด้านบน	74
รูปที่ ก.2 เครื่องต้นแบบภายนอกด้านข้าง	74
รูปที่ ก.3 เครื่องต้นแบบภายใน	75
รูปที่ ก.4 เครื่องต้นแบบเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์	75
รูปที่ ข.1 วงจรคู่สายภายใน	77
รูปที่ ข.2 วงจรกำเนิดสัญญาณโทน	78
รูปที่ ข.3 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง	79
รูปที่ ข.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ	79
รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์	80
รูปที่ ข.6 แผ่นวงจรด้านวางอุปกรณ์	81
รูปที่ ข.7 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรคู่สายภายใน	82
รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรด้านวางอุปกรณ์	83
รูปที่ ข.9 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุม	84
รูปที่ ข.10 แผ่นวงจรด้านวางอุปกรณ์	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในยุคปัจจุบันนี้เทคโนโลยีด้านการสื่อสารโทรคมนาคมมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วและไม่มีขีดจำกัด ไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนสามารถที่จะติดต่อสื่อสารถึงกันได้ ซึ่งในการติดต่อสื่อสารนั้นสามารถกระทำได้หลายรูปแบบ โทรศัพท์นับว่าเป็นทางเลือกหนึ่งของการสื่อสารที่มีความสะดวกรวดเร็วและมีความคล่องตัวสูง อีกทั้งมีบทบาทมากในชีวิตประจำวัน การที่จะพัฒนาระบบการสื่อสารทางด้านโทรศัพท์ให้ก้าวหน้าทันกับโลกปัจจุบันนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาถึงหลักการเบื้องต้นของโทรศัพท์เสียก่อน โดยในระบบโทรศัพท์นั้นมีส่วนประกอบที่สำคัญหลายอย่างระบบการเชื่อมต่อของชุมสายโทรศัพท์ นับเป็นหัวใจที่สำคัญของการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์จำเป็นที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับ โครงข่ายของชุมสายโทรศัพท์แบบต่างๆ การส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์ เช่น การส่งสัญญาณไปยังชุมสายและผู้เช่า ซึ่งเรื่องเหล่านี้ผู้เรียนจำเป็นจะต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง แต่ในปัจจุบันนี้ระบบการเรียนการสอนเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว ยังไม่มีสื่อการเรียนการสอนที่จะแสดงให้ผู้เรียนเห็นอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนการสอน ดังนั้นเพื่อเสริมสร้างให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นจึงได้จัดทำชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์ขึ้น ซึ่งง่ายต่อการใช้งานและทำความเข้าใจ และสามารถแสดงให้เห็นการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์แบบต่างๆ ได้อย่างชัดเจน

ชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์นี้ ออกแบบให้สะดวกในการใช้งาน สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และควบคุมการทำงานด้วยซอฟต์แวร์ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในงานจริงได้อีกด้วย

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

1. แสดงการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์แบบดาว
2. แสดงการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์แบบวงรอบ
3. แสดงการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์แบบตาข่าย
4. แสดงการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์แบบลำดับขั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แสดงการส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์

6. แสดงการส่งสัญญาณแบบเอ็น-ทู-เอ็น

7. แสดงการทำงานและรูปแบบการส่งสัญญาณบนจอไมโครคอมพิวเตอร์

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกในการศึกษาและทำความเข้าใจ โดยแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงลักษณะทั่วไปของปริญญานิพนธ์ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของโครงงานหลักการ เหตุผล และประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ บทนี้ประกอบด้วย ขั้นตอนการทำงานของโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ระบบเอสพีซี สัญญาณต่างๆ ภายในชุมสายโทรศัพท์ โครงข่ายโทรศัพท์ ตลอดจนหลักการต่างๆ ที่นำมาใช้ในการทำปริญญานิพนธ์

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบ การสร้างและการทำงานของวงจรภายในชุมสายโทรศัพท์ การเชื่อมต่อและการทำงานของระบบชุมสายที่เชื่อมต่อแบบต่างๆ รูปแบบของการส่งสัญญาณระหว่างชุมสาย

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง บทนี้กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองการติดต่อระหว่างคู่สายในชุมสายเดียวกัน และต่างชุมสายในกรณีชุมสายต่อแบบต่างๆ และการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์ พร้อมทั้งนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่ใช้อ้างอิง

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และการพัฒนา กล่าวถึงบทสรุปของการจัดทำปริญญานิพนธ์ โดยการนำผลการทำงานที่ได้จากปริญญานิพนธ์มาเปรียบเทียบกับผลที่คาดว่าจะได้รับจากการทำปริญญานิพนธ์ที่ได้ตั้งเป้าหมายเอาไว้ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการทดลอง พร้อมทั้งแนวทางแก้ไข และพัฒนาปริญญานิพนธ์นี้ต่อไป

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค ผังการทำงานและโปรแกรม

ภาคผนวก ง ใบงานการทดลอง

ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

ในการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์นั้นจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการหลายขั้นตอนด้วยกันไม่ว่าจะเป็นเครื่องรับ-ส่งโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ การติดต่อสื่อสารระหว่างชุมสายโทรศัพท์หรือระบบโครงข่ายโทรศัพท์ ซึ่งแต่ละส่วนก็มีหน้าที่และความสำคัญแตกต่างกัน การที่จะพัฒนาระบบการสื่อสารโทรศัพท์ให้ก้าวหน้าขึ้นนั้นจะเป็นที่จะต้องพัฒนาในทุกๆ ส่วนควบคู่กันไป จึงจะทำให้การพัฒนาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและทันยุคสมัย

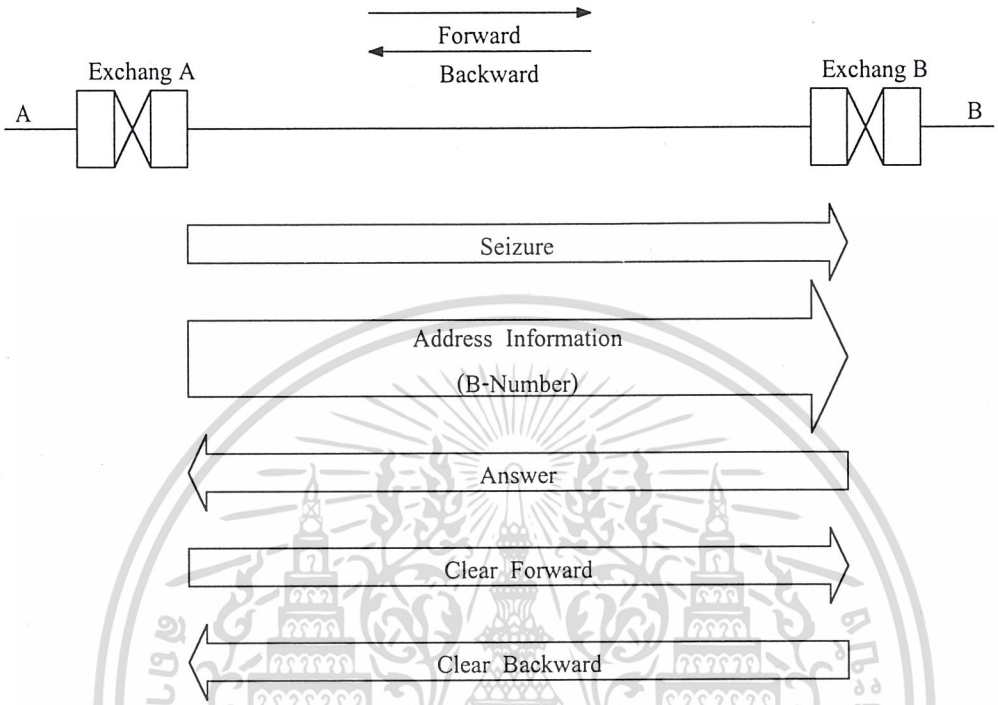
การพัฒนาระบบการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์ มาจนถึงชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์นั้นเพื่อให้การเรียนการสอน ในส่วนของการเชื่อมต่อและการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายสามารถที่จะแสดงให้เห็นภาพได้อย่างเป็นรูปธรรม เพื่อเสริมสร้างความรู้และความเข้าใจในการเรียนการสอน อันจะนำไปสู่กระบวนการพัฒนาทางด้านความรู้ ความคิดของผู้เรียนที่จะก่อให้เกิดความคิดริเริ่มในการสร้างเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อพัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารทางด้านโทรศัพท์ให้สอดคล้องกับสภาพการณ์ปัจจุบันมากที่สุด ในการที่จะพัฒนากระบวนการต่างๆ ของการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์จำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของชุมสายโทรศัพท์ โครงข่ายโทรศัพท์และการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์ให้ลึกซึ้ง ซึ่งเนื้อหาหลักๆ ดังกล่าวเป็นหลักการที่สำคัญของชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์ที่ได้จัดทำขึ้นนี้

2.2 การส่งสัญญาณระหว่างชุมสาย

ในอดีตการติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสายจะใช้คน (โอเปอเรเตอร์) เป็นผู้ดำเนินการส่งสัญญาณเองทั้งหมด สัญญาณที่ส่งไปสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือสัญญาณบอกสภาพการจับใช้งานของสาย (Line Signaling) กับสัญญาณที่บอกเลขหมายของผู้เรียก (Address Signaling หรือ Register Signaling) โอเปอเรเตอร์จะบอกการจับใช้งานของสายโดยการต่อวงจรไฟฟ้า และบอกเลขหมายโดยการใช้เสียงพูดโต้ตอบกันกับโอเปอเรเตอร์ที่ชุมสายปลายทาง ปัจจุบันชุมสายโทรศัพท์เป็นระบบอัตโนมัติ ผู้เช่าสามารถต่อโทรศัพท์ไปต่างชุมสายได้เองโดยตรง สัญญาณที่ใช้ยังคงเป็น 2 ลักษณะเหมือนเดิม เพียงแต่ให้อุปกรณ์ในชุมสายทำงานแทนโอเปอเรเตอร์เท่านั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 สัญญาณต่างๆ ที่ใช้ติดต่อระหว่างชุมสาย



รูปที่ 2.1 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสาย

สัญญาณที่ส่งจาก A ไปยัง B เรียกว่าส่งไปข้างหน้า (Forward) ส่วนสัญญาณโต้ตอบกลับจากชุมสายปลายทาง (จากชุมสาย B มายัง ชุมสาย A) เรียกว่าส่งกลับ (Backward)

สัญญาณที่ใช้รับส่งระหว่างชุมสายทั้งสองจะถูกแทนด้วยรหัสที่แตกต่างกันออกไป เช่น ส่งด้วยระบบพัลส์, ความถี่ ฯลฯ ขึ้นอยู่กับระบบของสายส่งและเครื่องชุมสาย

2.2.2 สัญญาณพื้นฐาน

สัญญาณพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการติดต่อระหว่างชุมสายในระบบโครงข่ายโดยทั่วไปมี 5 ชนิด คือ

1) สัญญาณจับวงจร (Seizure) เป็นสัญญาณบอกสภาพการจับใช้งานของสายที่มีทิศทางส่งไปข้างหน้า ทำหน้าที่บอกให้ชุมสายปลายทางทราบว่าช่องสัญญาณนี้ถูกชุมสายต้นทางจับใช้งาน เมื่อได้รับสัญญาณจับวงจร ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการรับเลข-หมายที่ต้นทางจะส่งมา สัญญาณนี้จะใช้เฉพาะช่วงเริ่มต้นของการต่อวงจรเท่านั้น ในบางระบบชุมสายปลายทางทราบว่าสามารถใช้ช่องสัญญาณได้หรือเรียกว่าเป็นสัญญาณตอบรับการจับนั่นเอง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สัญญาณที่อยู่ (Address Information) เป็นสัญญาณบอกเลขหมายของผู้เรียกมีทิศทางส่งไปข้างหน้า เป็นสัญญาณบอกเลขหมายหรือประเภทของผู้เช่า (A)

3) สัญญาณตอบรับ (Answer Signaling) เป็นสัญญาณบอกสภาพการจับใช้งานของสายมีทิศทางส่งกลับ สัญญาณนี้จะถูกส่งเมื่อผู้เรียก (B) ยกหูตอบรับการเรียก หน้าที่หลักของสัญญาณนี้คือ

1. บอกว่าเป็นช่วงเริ่มต้นการคิดเงิน
2. ส่งสัญญาณให้ตู้โทรศัพท์สาธารณะเก็บค่าบริการ
3. ตัดวงจรจับเวลาการใช้อุปกรณ์ (Time Supervision Equipment) ในกรณีที่ไม่มีกาตอบรับจากเครื่องที่ถูกเรียกภายในระยะเวลาที่กำหนด

4) สัญญาณยกเลิกการต่อตรง (Clear Forward) เป็นสัญญาณบอกสภาพการจับใช้งานของสาย ที่ทิศทางส่งไปข้างหน้า สัญญาณนี้จะถูกส่งเมื่อผู้เรียกวางหู หรือชุมสาย A ได้รับสัญญาณการเลิกแบบบังคับ

5) สัญญาณยกเลิกการต่อกลับ (Clear Backward) เป็นสัญญาณบอกสภาพการจับใช้งานของสายมีทิศทางส่งกลับ สัญญาณนี้จะส่งเมื่อผู้ถูกเรียก (B) วางหู ผลของการส่งสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มทำการจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90-120 วินาที ชุมสายต้นทาง (A) จะยกเลิกการต่อพร้อมกับส่งสัญญาณยกเลิกการต่อตรงออกไป เพื่อให้ชุมสายปลายทาง (B) ยกเลิกการต่อเช่นกัน

2.2.3 สัญญาณที่ตอบกลับจากชุมสายปลายทาง

สัญญาณที่ส่งกลับมาจากชุมสายปลายทางเพื่อรายงานสภาวะของคู่สายในวงจรต่อผ่านหรือรายงานสภาพของฝ่ายผู้เช่า B ได้แก่

1) สัญญาณสิ้นสุดการเลือก (End of Selection) เป็นสัญญาณที่บอกเลขหมายของผู้เรียกมีทิศทางส่งกลับใช้เพื่อ

1. บอกสภาวะของการเชื่อมต่อไปยังชุมสายฝ่ายปลายทาง ว่าทำการเลือกผู้เช่าฝ่าย B ได้แล้ว
2. บอกสภาพของผู้เช่าฝ่าย B ว่าว่างหรือไม่
3. บอกสภาวะของการคิดเงิน (คิดหรือไม่คิด)
4. บอกว่าวงจรถูกจับใช้งานหมดแล้ว (Congestion)
5. ส่งข้อมูลเกี่ยวกับการตัดวงจร
6. บอกสภาวะต่างๆ ของวงจรเสียงพูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สัญญาณตอบรับการจับวงจรใช้งาน (Seizure Acknowledgement) เป็นสัญญาณบอกสภาพการจับใช้งานของสาย ใช้บอกให้ชุมสายต้นทางทราบว่าสามารถใช้งานวงจรที่จับใช้งานอยู่นั้นได้

3) สัญญาณหยุดใช้งาน (Blocking) เป็นสัญญาณบอกสภาพการจับใช้งานของสายมีทิศทางส่งกลับ เพื่อบอกให้ชุมสายต้นทางทราบว่า วงจรนี้หยุดการใช้งานอยู่ ไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากข้อขัดข้องบางประการ ห้ามจับวงจรนี้ใช้งานในครั้งต่อไป

4) สัญญาณยกเลิกการจองวงจร (Release Guard) เป็นสัญญาณตอบรับสัญญาณยกเลิกการต่อตรง เพื่อบอกให้ชุมสายต้นทางทราบว่าได้ยกเลิกการเชื่อมต่อทางด้านปลายทางเรียบร้อยแล้ว วงจรต่อผ่านพร้อมที่จะถูกนำมาใช้งานในคราวต่อไป

เพื่อให้ชุมสายต่างๆ มีขีดความสามารถในการติดต่อกันมากขึ้น จึงได้มีการเพิ่มสัญญาณการติดต่อระหว่างชุมสายในลักษณะต่างๆ ขึ้นมาอีกหลายสัญญาณดังนี้

สัญญาณคิดค่าบริการ (Metering Signal) จัดอยู่ในประเภทสัญญาณบอกเลขหมายของผู้เรียกมีทิศทางส่งกลับ ส่งจากชุมสายปลายทางหรือจากชุมสายที่มีความสามารถในการคิดค่าบริการไปยังชุมสายของผู้เช่าฝ่าย A เมื่อได้รับสัญญาณนี้ชุมสายของผู้เช่าฝ่าย A จะเลื่อนมิเตอร์คิดค่าบริการขึ้นตามจำนวนพัลส์ที่ได้รับ สัญญาณนี้จะใช้กับชุมสายต้นทางที่ไม่สามารถคิดค่าบริการเองได้ ส่วนในชุมสายระบบ SPC ที่มีข้อมูลอัตราการคิดค่าบริการอยู่แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องใช้ เว้นแต่กรณีที่เป็นการต่อทางไกลภายในหรือระหว่างประเทศ ที่ต้องอาศัยข้อมูลจากชุมสายที่มีความสามารถในการคิดค่าบริการ ก็จะต้องขอพัลส์คิดค่าบริการจากชุมสายอื่น

สัญญาณเลขหมาย A (A-Number) เป็นสัญญาณบอกเลขหมายของผู้เรียกมีทิศทางส่งไปข้างหน้า ใช้เพื่อบ่งเลขหมายของผู้เรียกเพื่อประโยชน์ในการคำนวณค่าบริการ สัญญาณนี้จะถูกส่งจากชุมสายต้นทาง ไปยังชุมสายที่ทำการคิดค่าบริการ เพื่อคำนวณค่าบริการ แล้วชุมสายที่ทำหน้าที่คิดค่าบริการจะส่งพัลส์คิดค่าบริการเพื่อบันทึกค่าบริการต่อไป

สัญญาณบอกประเภทผู้เช่า (A- Category) จัดอยู่ในประเภทสัญญาณที่บอกเลขหมายของผู้เรียกมีทิศทางส่งไปข้างหน้า สัญญาณนี้ใช้บอกประเภทของผู้เช่าฝ่ายผู้เรียก ในระบบ SPC ได้แบ่งประเภทของผู้เช่าเป็น

4.1) เลขหมายที่ยังไม่ได้กำหนดใช้งาน (Unassigned Line)

4.2) เลขหมายโทรศัพท์ของที่พักอาศัย (Domestic Subscriber's Line)

4.3) เลขหมายโทรศัพท์ที่ใช้ในงานธุรกิจ (Business subscriber's Line)

4.4) เลขหมายที่ใช้งานภายในชุมสาย (Annoucement Within Exchange)

4.5) เลขหมายที่ใช้โทรศัพท์สาธารณะ (Coin Box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6) ใช้สื่อสารข้อมูล (Data Terminal)

4.7) ตู้สาขา (PABX)

4.8) เลขหมายประเภทบริการร่วมข้อมูลดิจิตอล (ISDN Line)

ข้อมูลเหล่านี้จะต้องถูกส่งไปยังชุมสายที่ทำการคิดค่าบริการ เพื่อวิเคราะห์อัตราค่าบริการที่ถูกต้องต่อไป

2.2.4 สัญญาณโอเปอเรเตอร์

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันชุมสายส่วนมากจะเป็นระบบอัตโนมัติ แต่ก็ยังคงต้องมีโอเปอเรเตอร์ประจำการอยู่ โดยโอเปอเรเตอร์จะช่วยอำนวยความสะดวกในการต่อโทรศัพท์ให้สะดวกมากยิ่งขึ้น เช่น การให้บริการในการจองเวลาพูด การเรียกที่ระบุผู้รับปลายทาง การบอกราคาค่าบริการ เป็นต้น ในการติดต่อโอเปอเรเตอร์จะอาศัยสัญญาณต่างๆ ดังนี้

1) สัญญาณขอต่อสายผ่าน (Trunk Offering) มีทิศทางส่งไปข้างหน้า เป็นสัญญาณที่ทำให้โอเปอเรเตอร์สามารถต่อเข้าไปยังผู้เช่าที่กำลังใช้โทรศัพท์อยู่ได้ ทำให้โอเปอเรเตอร์สามารถพูดคุยกับโอเปอเรเตอร์ฝ่ายผู้ถูกเรียก (B) เพื่อบอกว่าขณะนี้มีผู้เช่าต้องการจะเรียกเข้ามา

2) สัญญาณยกเลิก (Cancelling Signal) มีทิศทางส่งไปข้างหน้า เป็นสัญญาณยกเลิกการขอต่อสายผ่าน แต่ผู้เช่าที่เรียกเข้ามาจะยังคงพูดคุยกับโอเปอเรเตอร์ได้

3) สัญญาณเรียกซ้ำ (Re-Ringing) เป็นสัญญาณบอกเลขหมายของผู้เรียก มีทิศทางส่งไปข้างหน้า ใช้ในกรณีที่เกิดการเรียกในช่วงที่ผู้เช่าฝ่าย B ใช้เครื่องโทรศัพท์อยู่ ซึ่งจะเกิดสภาวะไม่ว่าง เมื่อผู้เช่าฝ่าย B วางหูลง โอเปอเรเตอร์ก็จะเรียกฝ่าย B ซ้ำ เพื่อให้ฝ่าย B ได้ยินเสียงกระดิ่งและตอบรับการเรียกจากฝ่าย A

4) สัญญาณการเรียกล้มเหลว (False Answer) เป็นสัญญาณที่บอกเลขหมายของผู้เรียก ที่ส่งกลับมายังชุมสายที่มีโอเปอเรเตอร์ ในขณะที่โอเปอเรเตอร์กระทำการส่งสัญญาณต่อสายผ่านแล้วพบว่าคู่สายฝ่าย B วางหูแล้วกระทำการส่งสัญญาณเรียกซ้ำ

2.2.5 ขั้นตอนการส่งสัญญาณกรณีเรียกออกไปต่างชุมสาย

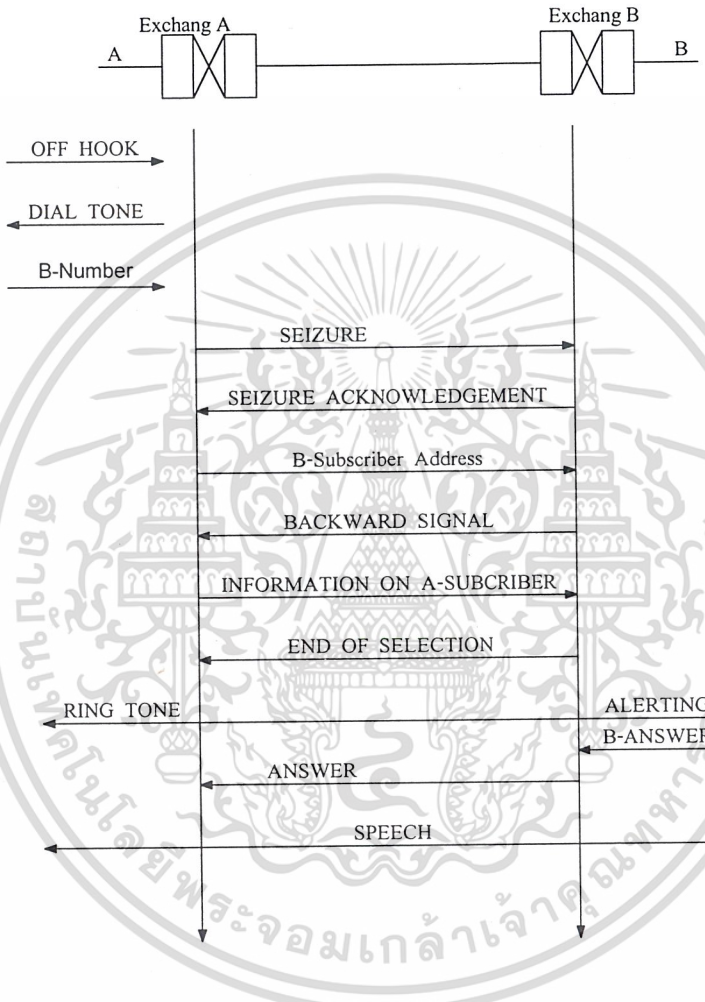
ในการเรียกออกไปต่างชุมสาย จะเกิดการส่งสัญญาณใน 2 ลักษณะ คือ การส่งสัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling) และการส่งสัญญาณระหว่างชุมสาย (Interswitch Signaling)

ในการต่อโทรศัพท์แต่ละครั้งจะมีขั้นตอนต่างๆ เหมือนกัน เราสามารถแบ่งช่วงการทำงานออกได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงต่อการเรียก, ช่วงสนทนาและช่วงสิ้นสุดการสนทนา เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนโดยเฉลี่ยแล้วพบว่าช่วงสนทนาจะนานที่สุด (ช่วงสนทนาโทรศัพท์ปกติประมาณ 3 นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ขั้นตอนการต่อเรียกของผู้เช่าทั้งสองต่อถึงกันโดยตรง

เราสามารถอธิบายขั้นตอนต่อการเรียกของผู้เช่า A (ชุมสาย A) ไปยังผู้เช่า B ซึ่งอยู่ต่างชุมสาย (ชุมสาย B) ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 การต่อเรียกกรณีที่ผู้ถูกเรียกอยู่ต่างชุมสาย

1.1) ผู้เช่า A ยกหูขึ้น เป็นการส่งสัญญาณยกหูไปยังชุมสาย A

1.2) ชุมสาย A รับรู้และเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ ที่จำเป็นสำหรับการต่อวงจรเพื่อทำการสนทนา

1.3) ชุมสาย A บอกว่าพร้อมสำหรับการต่อวงจรสนทนา ด้วยการส่งเสียงสัญญาณให้ทำการกดเลขหมาย (Dial Tone) กลับไปให้ผู้เช่า A

1.4) ผู้เช่า A ส่งเลขหมายของผู้เช่า B (B-Number)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5) ชุมสาย A รับ, วิเคราะห์เลขหมายพบว่าปลายทางคือคู่สายหนึ่งในชุมสาย B

1.6) ชุมสาย A จับวงจรต่อผ่านขาออกไปยังชุมสาย B พร้อมทั้งส่งสัญญาณจับวงจรไปในวงจรดังกล่าว

1.7) ชุมสาย B รับทราบว่าชุมสาย A จับวงจรต่อผ่าน ถ้าชุมสาย B พร้อมให้บริการก็จะส่งสัญญาณตอบรับการจับวงจรใช้งาน กลับไปให้ชุมสาย A

1.8) เมื่อชุมสาย A รับทราบการตอบรับ ก็จะทยอยส่งเลขหมายของผู้เช่า B (B-Number) ออกไปจนชุมสาย A ได้รับสัญญาณจบการเลือก หมายถึงชุมสาย B พบคู่สายปลายทางแล้ว

1.9) ชุมสาย B จะกระทำกระบวนการเรียกผู้เช่า B โดยการส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังผู้เช่า B และส่งสัญญาณเรียกติดไปยังผู้เช่า A

1.10) ผู้เช่า B จะส่งสัญญาณตอบรับการเรียก ไปยังชุมสาย B โดยการยกหูเครื่องรับโทรศัพท์

1.11) ชุมสาย B จะตัดกระดิ่งและเสียงสัญญาณเรียกออก

1.12) ชุมสาย B ส่งสัญญาณตอบรับไปให้ชุมสาย A

1.13) ขณะนี้ คู่สนทนาสามารถสนทนากันได้แล้ว

1.14) การคิดเงินเริ่มต้น

หลังจากนี้ไป อุปกรณ์ตรวจสอบของทั้งสองชุมสาย จะทำหน้าที่เฝ้ามองสภาวะของคู่สนทนาอยู่ตลอดเวลา แต่มันจะไม่รู้ว่าเขากำลังคุยเรื่องอะไรอยู่ (ถึงจะเป็นการใช้งานโมเด็มเราก็ยังเรียกว่าทั้งสองฝ่ายเป็นคู่สนทนากัน)

เรื่องราวต่อไปที่น่าสนใจก็คือ ใครจะวางหูก่อน เพราะแต่ละฝ่ายที่วางหูก่อน จะทำให้เกิดขั้นตอนในการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายที่แตกต่างกันพอสมควร สมมติว่าฝ่าย A วางหูก่อน จะมีขั้นตอนการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายดังต่อไปนี้

2) ขั้นตอนยกเลิกการเรียกกรณีที่ฝ่ายผู้เรียกวางหูก่อน

2.1) ผู้เช่าฝ่ายผู้เรียก (A) วางหูลง

2.2) ชุมสาย A รับรู้การวางหูของผู้เช่า A เนื่องจากวงจรของผู้เช่า A ถูกตัดขาด

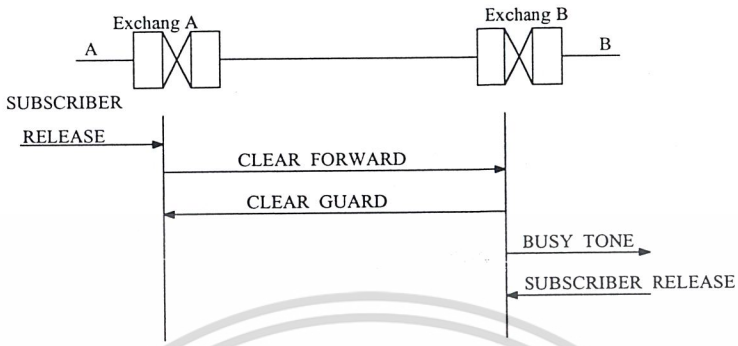
2.3) ชุมสาย A ส่งสัญญาณยกเลิกการต่อตรง ออกไปยังชุมสาย B

2.4) ชุมสาย B ยกเลิกการต่อวงจรของผู้เช่า B และส่งเสียงสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังผู้เช่า B

2.5) ชุมสาย B ส่งสัญญาณยกเลิกการจองวงจรกลับไปยังชุมสาย A เป็นการบอกให้ทราบว่าได้ยกเลิกวงจรสนทนาโดยการตัดวงจรต่างๆ เรียบร้อยแล้วพร้อมที่จะรับการเรียกเข้า ในครั้งต่อไป

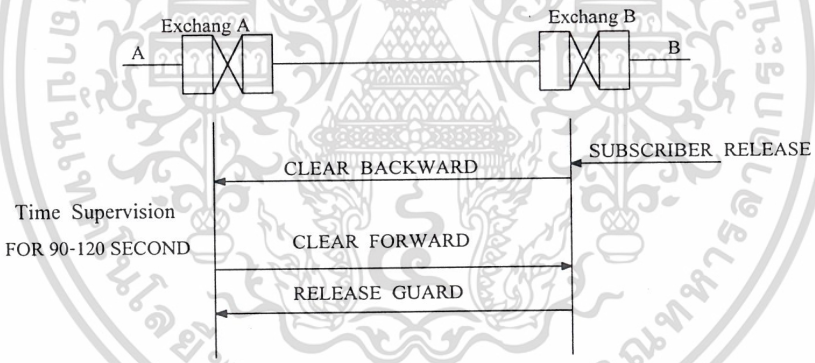
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติว่าฝ่าย B วางหูก่อน จะมีขั้นตอนการส่งสัญญาณที่ต่างกันออกไปจากการที่ผู้เรียกวางหูก่อนเล็กน้อย



รูปที่ 2.3 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายในขั้นตอนยกเลิกวงจร กรณีผู้เรียกวางหูก่อน

3) ขั้นตอนยกเลิกการเรียกกรณีที่ฝ่ายผู้ถูกเรียกวางหูก่อน



รูปที่ 2.4 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายในขั้นตอนยกเลิกวงจรกรณีผู้ถูกเรียกวางหูก่อน

3.1) ผู้เช่าฝ่ายผู้ถูกเรียกวางหูลง

3.2) ชุมสาย B รับทราบการวางหูของผู้เช่า B เนื่องจากวงจรของฝ่าย B ถูกตัดขาด

3.3) ชุมสาย B ส่งสัญญาณยกเลิกการต่อกลับ กลับไปยังชุมสาย A แต่จะยังไม่ตัดวงจรของผู้เช่าฝ่าย B

3.4) ชุมสาย A จะเริ่มจับเวลา (Time supervision)

3.5) ในช่วงนี้ถ้าฝ่าย B ยกหูขึ้นมา การจับเวลาของชุมสาย A ก็จะถูกยกเลิก คู่สนทนาสามารถสนทนากันอีกครั้ง ไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ระหว่างชุมสาย (ถ้ามีการวางหูอีกก็จะทำขั้นตอนที่ 3-4 อีกรอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

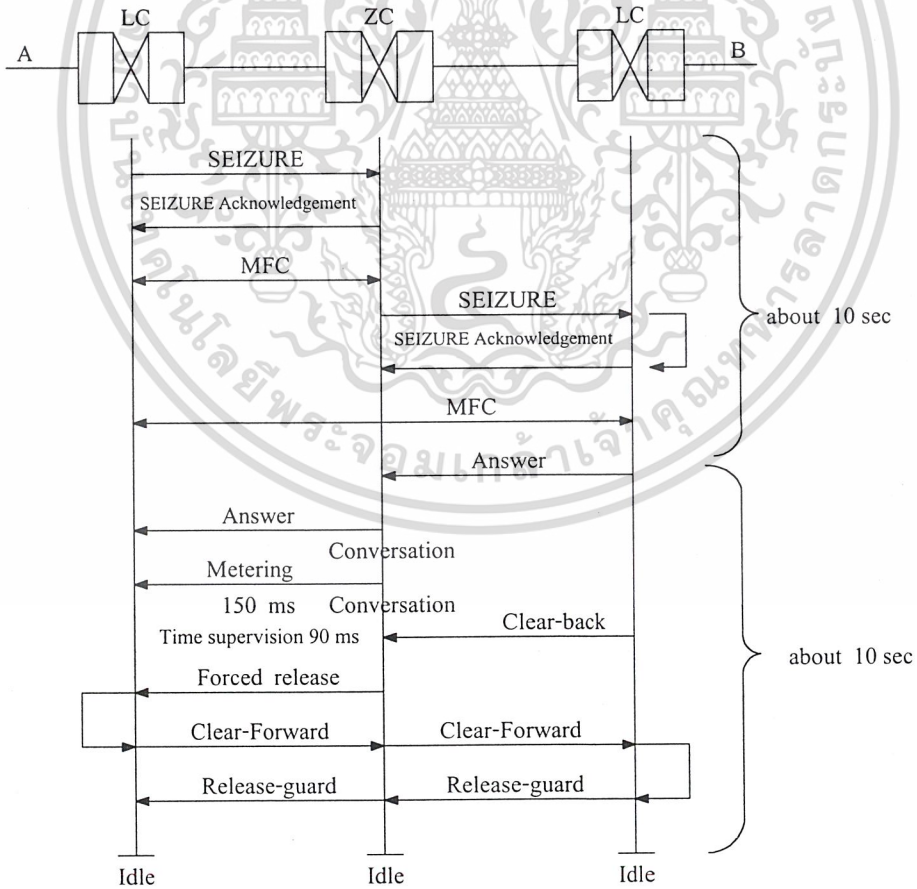
3.6) ถ้าเวลาผ่านไป 90-120 วินาทีแล้ว ฝ่าย B ยังคงวางหูอยู่ ชุมสาย A จะส่งสัญญาณยกเลิกการต่อตรงไปยังชุมสาย B

3.7) ชุมสาย B ยกเลิกการต่อวงจรของผู้เช่า B โดยถาวร ผู้เช่า B ไม่สามารถยกหูขึ้นมาสนทนากับฝ่าย A ได้อีก (ถ้าต้องการสนทนาต่อก็ต้องเริ่มกระบวนการเรียกใหม่ฐานะที่ตนเป็นฝ่ายผู้เรียก)

3.8) ชุมสาย B ส่งสัญญาณยกเลิกการจองวงจรกลับไปให้ชุมสาย A เป็นการบอกให้ทราบว่าได้ยกเลิกวงจรสนทนาโดยการตัดวงจรต่างๆ เรียบร้อยแล้ว และพร้อมจะรอรับการเรียกเข้าในครั้งต่อไป

2.2.6 ขั้นตอนการต่อการเรียกที่ต้องผ่านชุมสายอื่น

ตัวอย่างการเรียกที่ผ่านมาเป็นการเรียกที่ชุมสายทั้งสองต่อถึงกันโดยตรง ถ้าหากว่าชุมสายของผู้เช่าทั้งสองไม่ได้ต่อถึงกันโดยตรง เป็นการต่อผ่านชุมสายต่อผ่านหรือชุมสายทางไกลก็จะมีขั้นตอนในการต่อที่ซับซ้อนขึ้น



รูปที่ 2.5 การรับส่งสัญญาณระหว่างชุมสายแบบผ่านชุมสายต่อผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ขั้นตอนการต่อการเรียกผ่านชุมสายต่อผ่าน

1.1) ผู้เช่า A ยกหูขึ้น เป็นการส่งสัญญาณยกหูไปยังชุมสาย A

1.2) ชุมสาย A รับรู้และเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ ที่จำเป็นสำหรับทำการต่อวงจรสนทนา

1.3) ชุมสาย A บอกว่าพร้อมสำหรับการต่อวงจรสนทนา ด้วยการส่งเสียงสัญญาณให้กดเลขหมายกลับไปให้ผู้เช่า A

1.4) ผู้เช่า A ส่งเลขหมายของผู้เช่า B (B-Number)

1.5) ชุมสาย A รับ, วิเคราะห์เลขหมาย พบว่าปลายทางคือคู่สายหนึ่งในชุมสาย B

1.6) ชุมสาย A จับวงจรต่อผ่านขาออก (OGT) ไปยังชุมสาย T (Tandem) พร้อมทั้งส่งสัญญาณจับวงจรไปในวงจรดังกล่าวเพื่อจับวงจรใช้งาน

1.7) ชุมสาย T จะตอบกลับมาด้วยสัญญาณตอบรับการจับวงจรใช้งาน เพื่อให้ชุมสาย A เริ่มต้นส่งสัญญาณเลขหมายของ B ไปยังชุมสาย T

1.8) ชุมสาย T วิเคราะห์เลขหมายที่รับได้ พบว่าเป็นของชุมสาย B ก็จะจับวงจรสายผ่านขาออกไปยังชุมสาย B ด้วยการส่งสัญญาณจับวงจรออกไป

1.9) ชุมสาย B รับทราบการขอใช้วงจรต่อผ่านเมื่อได้ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ไว้รองรับการเรียกเรียบร้อย ก็จะส่งสัญญาณตอบรับการจับวงจรใช้งานกลับไปยังชุมสาย T

1.10) ชุมสาย T จะเชื่อมต่อสายต่อขาเข้าไปยังสายต่อขาออกเพื่อให้ชุมสาย A สามารถส่งสัญญาณเลขหมายผู้เช่า B ไปยังชุมสาย B ได้โดยตรง

1.11) ชุมสาย A จะส่งสัญญาณเลขหมายผู้เช่า B ไปยังชุมสาย B จนครบทุกตัว

1.12) ชุมสาย B จะส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังผู้เช่าฝ่าย B และส่งเสียงสัญญาณกระดิ่งไปให้ผู้เช่าฝ่าย A

1.13) ชุมสาย B จะส่งสัญญาณตอบรับให้ชุมสาย T เป็นการบอกว่าผู้เช่าฝ่าย B ตอบรับการเรียกนั้นแล้ว

1.14) ชุมสาย T ส่งสัญญาณตอบรับไปยังชุมสาย A

1.15) ในขณะนี้คู่สนทนาสามารถพูดคุยโต้ตอบกันได้ และชุมสายจึงจะเริ่มทำการคิดเงินโดยการส่งสัญญาณคิดค่าบริการตามอัตราการคิดเงิน

2) กรณีที่ผู้เช่าฝ่าย A วางหูก่อน

2.1)ชุมสาย A ได้รับสัญญาณการเลิกจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าฝ่าย A เนื่องจากวงจรผู้เช่าฝ่าย A ถูกตัดขาด

2.2) ชุมสาย A ส่งสัญญาณยกเลิกการต่อตรงไปยังชุมสาย T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้ห้ามมิให้ลบเลือนข้อความนี้ออก และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) ชุมสาย T ส่งสัญญาณยกเลิกการต่อตรงไปยังชุมสาย B

2.4) ชุมสาย B ยกเลิกวงจรผู้เช่าฝ่าย B และส่งเสียงสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)ไปให้ผู้เช่าฝ่าย B

2.5) ชุมสาย B ส่งสัญญาณยกเลิกการจองวงจร กลับไปให้ชุมสาย T

2.6) ชุมสาย T ส่งสัญญาณยกเลิกการจองวงจรไปให้ชุมสาย A เป็นการสิ้นสุดขั้นตอนการยกเลิกวงจรสนทนา

3) กรณีที่ผู้เช่าฝ่าย B วางหูก่อน

3.1) ชุมสาย B จะส่งสัญญาณยกเลิกการต่อกลับไปยังชุมสาย T

3.2) ชุมสาย T จะเริ่มจับเวลาเป็นเวลาประมาณ 90 วินาที ถ้าผู้เช่าฝ่าย B ยกหูขึ้นมาใหม่การจับเวลาจะถูกยกเลิก

3.3) เมื่อเวลาผ่านไปครบ 90 วินาทีแล้วผู้เช่าฝ่าย B ยังคงวางหูอยู่ ชุมสาย T จะส่งสัญญาณการเลิกแบบบังคับไปให้ชุมสาย A

3.4) ชุมสาย A จะส่งสัญญาณยกเลิกการต่อตรงไปยังชุมสาย T

3.5) ชุมสาย T ส่งสัญญาณยกเลิกการต่อตรงไปยังชุมสาย B

3.6) ชุมสาย B ยกเลิกวงจรผู้เช่าฝ่าย B และส่งเสียงสัญญาณไม่ว่างไปให้ ผู้เช่าฝ่าย B

3.7) ชุมสาย B ส่งสัญญาณยกเลิกการจองวงจรกลับไปให้ชุมสาย T

3.8) ชุมสาย T ส่งสัญญาณยกเลิกการจองวงจรไปให้ชุมสาย A เป็นการสิ้นสุดขั้นตอนยกเลิกวงจรสนทนา

2.2.7 การส่งสัญญาณโต้ตอบแบบบังคับซึ่งกันและกัน

ในชุมสายเกือบทุกประเภท จะให้ความสำคัญต่อเวลาในการใช้งานอุปกรณ์ส่งสัญญาณไม่น้อยเลยทีเดียว เช่น ในการสร้างเส้นทางสนทนา ชุมสายต้นทางจะส่งสัญญาณจับวงจรเป็นช่วงเวลานานประมาณ 100 มิลลิวินาที เมื่อสัญญาณดังกล่าวเดินทางไปชุมสายปลายทาง ชุมสายปลายทางก็จะตอบกลับด้วยสัญญาณกระทำทางด้านส่งหากเป็นระบบ R-1 สัญญาณนี้จะมีช่วงเวลาอย่างน้อย 140 มิลลิวินาที แล้วชุมสายต้นทางก็จะทยอยส่งเลขหมายไปจนครบ สัญญาณที่ส่งจะเป็นสัญญาณ MF ที่มีช่วงการส่งความถี่ 68 มิลลิวินาที และช่วงหยุด 68 มิลลิวินาทีเท่ากันหลังจากส่งเลขหมายไปครบทุกหลักแล้วก็จะส่งสัญญาณ ST (end-of-pulsing) ออกไปปิดท้ายรีจิสเตอร์ด้านรับของชุมสายปลายทางก็จะเข้าใจและทราบดีว่าเป็นการส่งเลขหมายครบทุกหลักแล้ว ส่วนระบบที่เป็นการส่งสัญญาณแบบบังคับจะส่งความถี่ออกไปอย่างต่อเนื่อง จนกว่าฝ่ายตรงข้ามจะโต้ตอบกลับมาด้วยสัญญาณที่บอกว่ารับรู้แล้ว ดังนั้นช่วงเวลาของความถี่จึงไม่ใช่สิ่งที่จำเป็นอีกต่อไป ระบบนี้มีข้อดีตรงที่ภาครับไม่จำเป็นต้องวัดคาบเวลาการเกิดของสัญญาณที่รับได้ทำให้วงจรในส่วนการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น มีความผิดตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

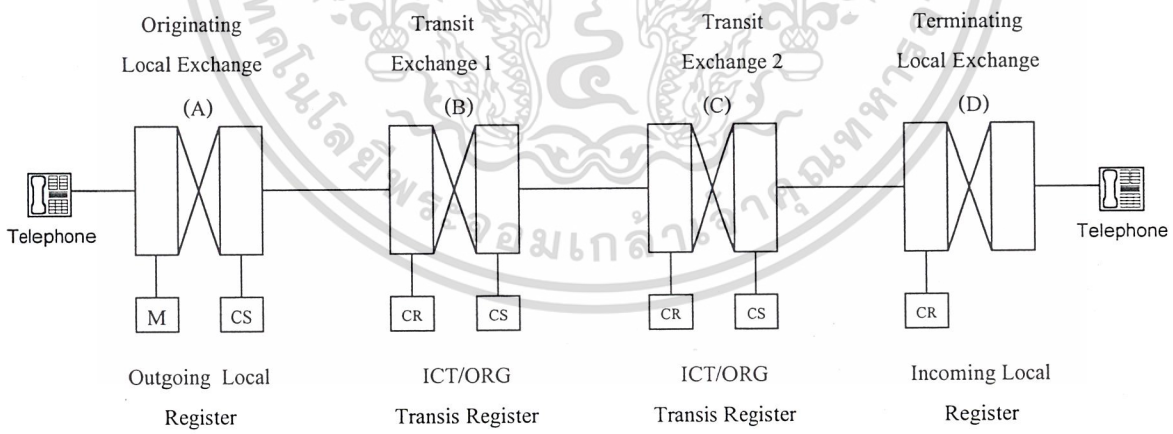
สัญญาณมีความกระทัดรัด ออกแบบได้ง่ายและประหยัดขึ้น คุณสมบัติพิเศษของระบบการส่งสัญญาณแบบบังคับคือมันเป็นระบบที่มีความสามารถปรับตัวให้เข้ากับความเร็วในการส่งสัญญาณได้โดยอัตโนมัติไม่ว่าจะเป็นการส่งผ่านวงจรทางไกลหรือวงจรท้องถิ่นส่งผ่านลวดตัวนำโลหะหรือระบบคลื่นพาห์ และมันยังถูกออกแบบให้มีช่วงเวลาในการสร้างวงจรสนทนาอันสั้น แม้กระทั่งการสร้างวงจรสนทนาในระยะทางไกลมากๆ ก็ปรากฏว่าได้ผลดีเป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตาม ระบบนี้อาจทำให้เกิดความล่าช้า เนื่องจากสัญญาณในแต่ละทิศทางต้องรอคอยซึ่งกันและกันซึ่งก็เป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบระบบที่จะต้องพัฒนากันต่อไป

มีวิธีการหลายอย่างในการส่งการส่งสัญญาณแบบบังคับให้ประหยัดเวลามากขึ้น เช่นการกำหนดช่วงเวลาที่แน่นอนในการส่งสัญญาณทั้งสองด้าน หรือวิธีการส่งที่ใช้ช่วงเวลาด้านส่งเป็นไปตามธรรมชาติแต่เวลาด้านตอบกลับคงที่ ระบบสัญญาณ CCITT No.4 ได้เริ่มต้นนำวิธีการส่งสัญญาณแบบบังคับมาใช้งาน

2.2.8 การส่งสัญญาณของรีจิสเตอร์

ในการติดต่อทางไกลผ่านชุมสายต่างๆ จำนวนมากจำเป็นต้องมีการรับ-ส่งสัญญาณระหว่างรีจิสเตอร์ของชุมสายในทางผ่าน ซึ่งจำเป็นต้องให้เวลาในการสร้างเส้นทางน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ เราสามารถแบ่งวิธีการส่งสัญญาณได้ 2 แบบใหญ่ๆ คือ

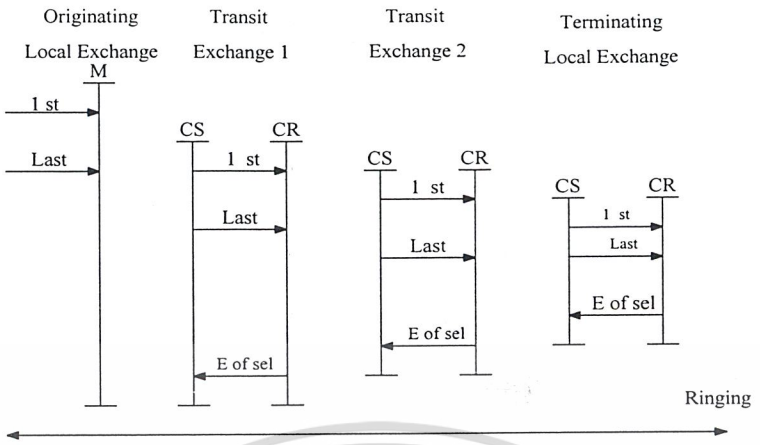
1) การส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์



รูปที่ 2.6 การส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์

การส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์ ใช้เมื่อชุมสาย ในเส้นทางจะมีระบบการส่งสัญญาณที่แตกต่างกัน เพราะแต่ละช่วงของการส่งสัญญาณ จะมีการสร้างสัญญาณขึ้นใหม่ให้สอดคล้องกับตัวรับสัญญาณของชุมสายถัดไป มีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ลำดับการส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์

1.1) ช่วงที่ 1

1. ผู้เรียกในชุมสาย A มีความประสงค์จะเรียกไปยังผู้เช่าในชุมสาย D

2. ชุมสาย A รับเลขหมายของผู้ถูกเรียกแล้วเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ท้องถิ่นที่สายผ่านขาออก (OGT Local Register)

1.2) ช่วงที่ 2

1. ชุมสายต้นทางวิเคราะห์เส้นทางจากแผนโครงข่าย พบว่าต้องส่งผ่านชุมสาย B

2. ชุมสาย A จับวงจรทางไกลต่อผ่านของชุมสาย B

3. CS (Code Sender) ของชุมสาย A ส่งเลขหมายใน ไปยังชุมสาย B

4. CR (Code Receiver) ของชุมสาย B รับเลขหมายจากชุมสาย A ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ของสายผ่านขาเข้า (ICT Transit Register)

1.3) ช่วงที่ 3

1. ชุมสาย B วิเคราะห์เส้นทางจากแผนโครงข่าย พบว่าต้องต่อผ่านชุมสาย C

2. ชุมสาย B จับวงจรทางไกลต่อผ่านของชุมสาย C

3. CS ของชุมสาย B ส่งเลขหมายออกจากรีจิสเตอร์สายผ่านขาออก (OGT transit Register) ไปยังชุมสาย C

4. CR (Code Receiver) ของชุมสาย C รับเลขหมายจากชุมสาย B ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ของสายผ่านขาเข้า (ICT Transit Register)

1.4) ช่วงที่ 4

1. ชุมสาย C วิเคราะห์เส้นทางจากแผนโครงข่ายพบว่าต้องต่อผ่านชุมสาย D

2. ชุมสาย C จะจับวงจรทางไกลขาเข้าของชุมสายปลายทาง (D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. CS ของชุมสาย C ส่งเลขหมายออกจากรีจิสเตอร์สายผ่านขาออกไปยังชุมสาย D

4. CR ของชุมสาย D รับเลขหมายจากชุมสาย B เก็บไว้ในในรีจิสเตอร์ของสายผ่านขาเข้า

1.5) ช่วงที่ 5

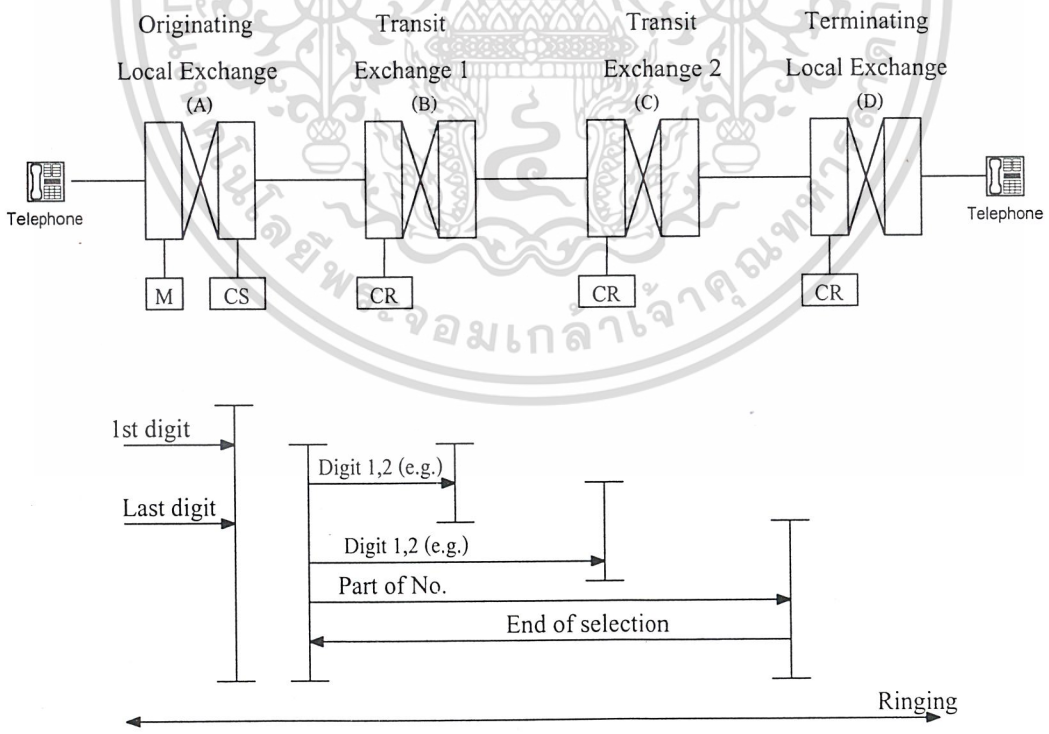
1. ชุมสาย D ส่งสัญญาณสิ้นสุดการเลือกกลับไปยังชุมสาย C
2. ชุมสาย C ส่งสัญญาณสิ้นสุดการเลือกกลับไปยังชุมสาย B
3. ชุมสาย B ส่งสัญญาณสิ้นสุดการเลือกกลับไปยังชุมสาย A

1.6) ช่วงที่ 6

1. เป็นการเรียกผู้เช่าปลายทาง และช่วงของการสนทนา

ในระหว่างชุมสายแต่ละช่วง สามารถใช้ระบบการส่งสัญญาณที่แตกต่างกันได้เพราะเมื่อในแต่ละชุมสายรับเลขหมายเก็บไว้แล้ว ก็จะเลือกเส้นทางไปยังชุมสายถัดไป และระหว่างชุมสายทั้งสองนั้น อาจมีระบบการส่งสัญญาณที่ต่างกัน เช่น ระหว่างชุมสาย A และ B เป็นสายผ่านแบบ TDM และใช้ การส่งสัญญาณแบบ CITT No.7 เป็นต้น

2) การส่งสัญญาณแบบเอ็น-ทู-เอ็น



รูปที่ 2.8 การส่งสัญญาณแบบเอ็น-ทู-เอ็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

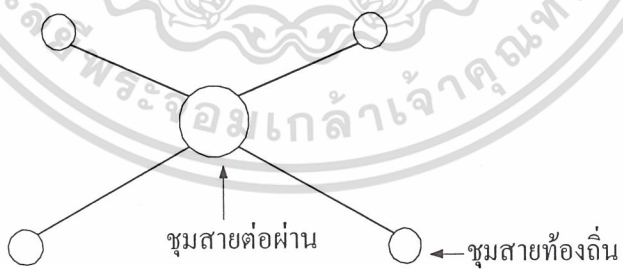
ในระบบนี้ CS ของชุมสายต้นทางจะส่งเลขหมายจำนวนหนึ่งไปยังชุมสายต่อผ่านที่ 1 ที่พอเพียงที่จะทำให้ชุมสายนี้เลือกเส้นทางออกไปยังชุมสายถัดไปได้ หลังจากนั้น CR ของชุมสายต่อผ่านที่ 1 จะถูกตัดออก พร้อมกับตัวสวิตช์ของชุมสายจะทำการต่อผ่านให้ หลังจากนั้น CS ของชุมสายต้นทางจะส่งเลขหมายไปยังชุมสายต่อผ่านที่ 2 จนกระทั่ง CR ของชุมสายที่ 2 ตัดออก และสวิตช์ของชุมสายทำการต่อผ่านให้ CS ของชุมสายต้นทางจะทำการส่งเลขหมายที่จำเป็นตรงไปยัง CR ของชุมสายปลายทาง

ในการส่งสัญญาณแบบเอ็น-ทู-เอ็น สัญญาณจะถูกส่งหลายช่วงโดยอาศัยการต่อตรงโดยชุมสายต่อผ่าน การส่งแบบนี้อุปกรณ์ CR ของชุมสายต่อผ่านจะถูกจับใช้งานในช่วงสั้นๆ ส่วนอุปกรณ์ CS ไม่ถูกจับใช้งาน จึงทำให้ประหยัดอุปกรณ์ลงได้ ระบบนี้มีข้อจำกัดตรงที่การส่งสัญญาณต้องเป็นระบบเดียวกันตลอดทุกช่วง และอุปกรณ์รับส่งสัญญาณจะต้องมีความสามารถในการรับส่งได้เป็นอย่างดี เนื่องจากระยะทางการติดต่อสื่อสารยิ่งไกลการลดทอนของสัญญาณจะมีค่ามากตามไปด้วย

2.3 โครงข่ายสายส่ง

เพื่อให้การสื่อสารระหว่างชุมสายเกิดประสิทธิภาพสูงสุดจำเป็นต้องมีการวางแผนโครงข่ายสายส่งรูปแบบทั่วไปของโครงข่ายสายส่ง

2.3.1 แบบดาว



รูปที่ 2.9 โครงข่ายสายส่งแบบดาว

ลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบดาว

1) ประหยัดสายส่งเพราะลดความยาวของสายโดยรวม

2) ชุมสายต่อผ่านจะรองรับปริมาณการสื่อสารสูง

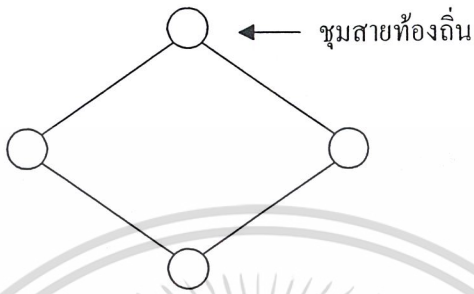
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32802

3) ความเชื่อถือได้ต่ำ เพราะมีวงจรเชื่อมต่อระหว่าง 2 ชุมสาย

4) นิยมใช้กับชุมสายท้องถิ่น

2.3.2 แบบวงรอบ



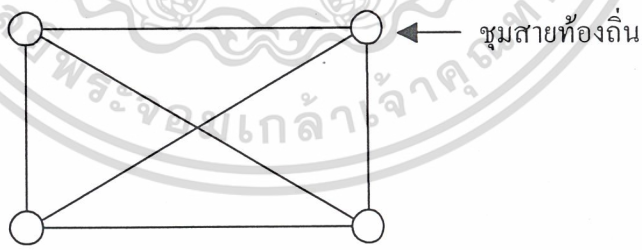
รูปที่ 2.10 โครงข่ายสายส่งแบบวงรอบ

ลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบวงรอบ

1) มีความเชื่อถือได้สูงเพราะมีทิศทางการส่งทั้งทวนเข็มและตามเข็ม

2) มีความยาวของสายโดยรวมลดลงจากแบบตาข่ายแต่ระยะทางระหว่างชุมสายเพิ่มมากขึ้น (เช่น จาก a ไป c) ไม่เหมาะที่จะใช้กับการส่งที่ความเร็วสูงๆ

2.3.3 แบบตาข่าย



รูปที่ 2.11 โครงข่ายสายส่งแบบตาข่าย

ลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบตาข่าย

1) ความยาวของสายส่งโดยรวมยาวที่สุด

2) ไม่ประหยัดแต่ความเชื่อถือได้สูง เพราะมีเส้นทางระหว่างชุมสายมากกว่า 1 ทาง

3) นิยมใช้กับชุมสายท้องถิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 โครงข่ายสายส่งแบบลำดับขั้น

1) โครงข่ายแบบลำดับขั้นตามมาตรฐาน AT&T

AT&T ได้แบ่งตามลำดับขั้นของชุมสายไว้ 5 ระดับ เพื่อความสะดวกในการออกแบบและบริหารโครงข่ายได้แก่

ระดับที่ 1 ชุมสายประจำภาค

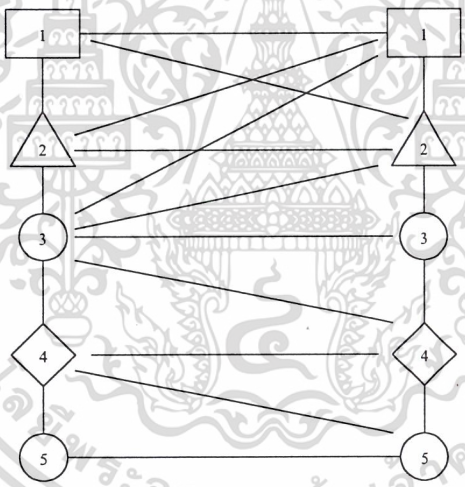
ระดับที่ 2 ชุมสายประจำเขต

ระดับที่ 3 ชุมสายปฐมภูมิ

ระดับที่ 4 ศูนย์ต่อผ่านทางไกล

ระดับที่ 5 ชุมสายปลายทาง

การที่จะโทรออกต่างชุมสายจะต้องมีการเชื่อมต่อทราฟฟิค (Traffic) เข้าไปในชุมสายในระดับสูงกว่า ถ้าเป็นชุมสายที่อยู่ใกล้ๆ กันจะมีสายผ่านให้



รูปที่ 2.12 โครงข่ายแบบลำดับขั้นตามมาตรฐาน AT&T

2) โครงข่ายแบบลำดับขั้นตามมาตรฐาน CCITT

CCITT แบ่งลำดับขั้นของโครงข่ายเป็น 5 ขั้น คือ

ระดับที่ 1 ชุมสายควอเทอร์นารี (Quaternary Center)

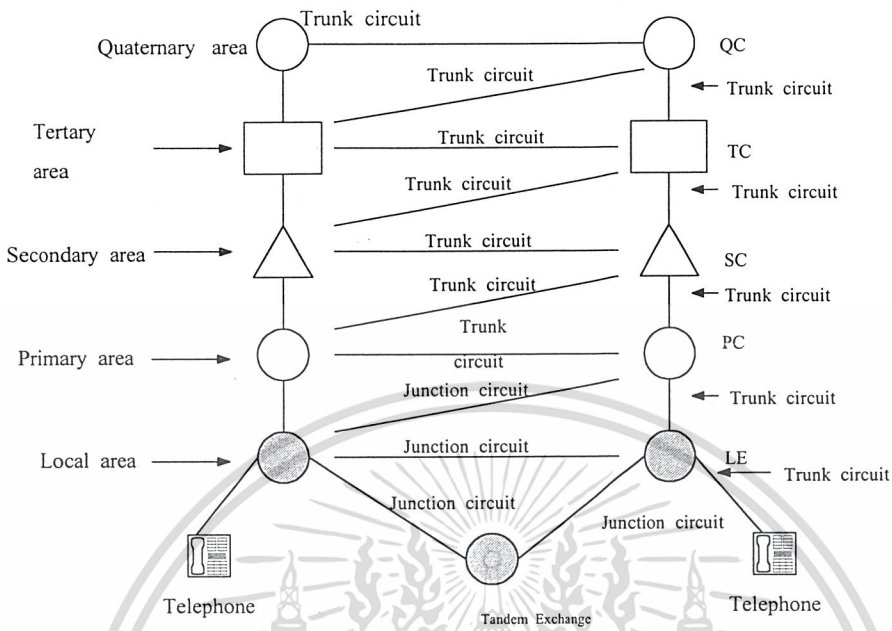
ระดับที่ 2 ชุมสายตติภูมิ

ระดับที่ 3 ชุมสายทุติยภูมิ

ระดับที่ 4 ชุมสายปฐมภูมิ

ระดับที่ 5 ชุมสายท้องถิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



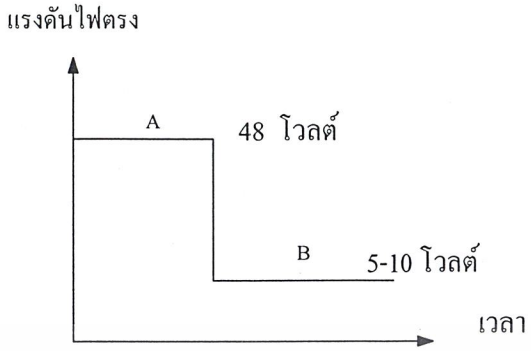
รูปที่ 2.13 โครงข่ายแบบลำดับขั้นตามมาตราฐาน CCITT

2.4 ขั้นตอนการทำงานของระบบโทรศัพท์

ขั้นตอนการทำงานของระบบโทรศัพท์สามารถแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ ผู้เรียก (Calling) และผู้ถูกเรียก (Called) สรุปพอสังเขปได้ดังนี้

กรณีผู้เรียก (Calling Subscriber) ขณะที่หูโทรศัพท์วางอยู่นั้นจะมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตกคร่อมคู่สายโทรศัพท์อยู่ -48 โวลต์ และเมื่อหูโทรศัพท์ถูกยกขึ้นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ตกคร่อมคู่สายโทรศัพท์ -48 โวลต์ จะลดลงมาเหลือ –5 ถึง -10 โวลต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบชุมสาย ขณะเดียวกันก็จะมีสัญญาณส่งมาจากชุมสายซึ่งเสียงที่ได้ยิน คือ เสียงให้หมุน แสดงว่าพร้อมที่จะหมุนเลขหมายได้ ถ้าเลขหมายที่ถูกเรียกไม่ว่าง ผู้เรียกจะได้ยินเสียงสัญญาณไม่ว่าง (เสียงดังสลับกัน คือ ดัง 0.5 วินาที และเงียบ 0.5 วินาที) ในกรณีที่คู่สายเลขหมายที่ถูกเรียกว่าง คือ ชุมสายเลขหมายที่จะเรียกให้จะได้ยินสัญญาณเรียกดัง 1 วินาที แล้วเงียบ 4 วินาที สัญญาณนี้เรียกว่าสัญญาณเรียกกลับ แสดงว่าเลขหมายที่เรียกไปว่างพร้อมที่จะพูดได้ให้คอยจนกว่าฝ่ายผู้ถูกเรียกจะทำการยกหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้คู่สาย

A : ขณะที่วางหูโทรศัพท์อยู่ มีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตกคร่อม -48 โวลต์

B : ขณะที่หูโทรศัพท์ถูกยกขึ้นมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง -5 ถึง -10 โวลต์

กรณีผู้ถูกเรียก (Called Subscriber) ขณะที่คู่สายว่างนั้น จะมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมาตกคร่อมคู่สาย -48 โวลต์ และมีการเรียกมายังเลขหมายของผู้ถูกเรียก ชุมสายจะทำการต่อให้และส่งสัญญาณเรียกเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับประมาณ 110-150 โวลต์ เป็นจังหวะให้กระดิ่งดัง 2 วินาที และเงียบ 4 วินาทีสลับกันไป . และเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ทำให้วงจรภายในของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งมีอิมพิแดนซ์ประมาณ 600 โอห์ม ต่อเข้ากับชุมสาย และในขณะเดียวกันชุมสายจะหยุดส่งสัญญาณเรียกและทำการต่อคู่สายโทรศัพท์ให้

2.5 ชุมสายโทรศัพท์

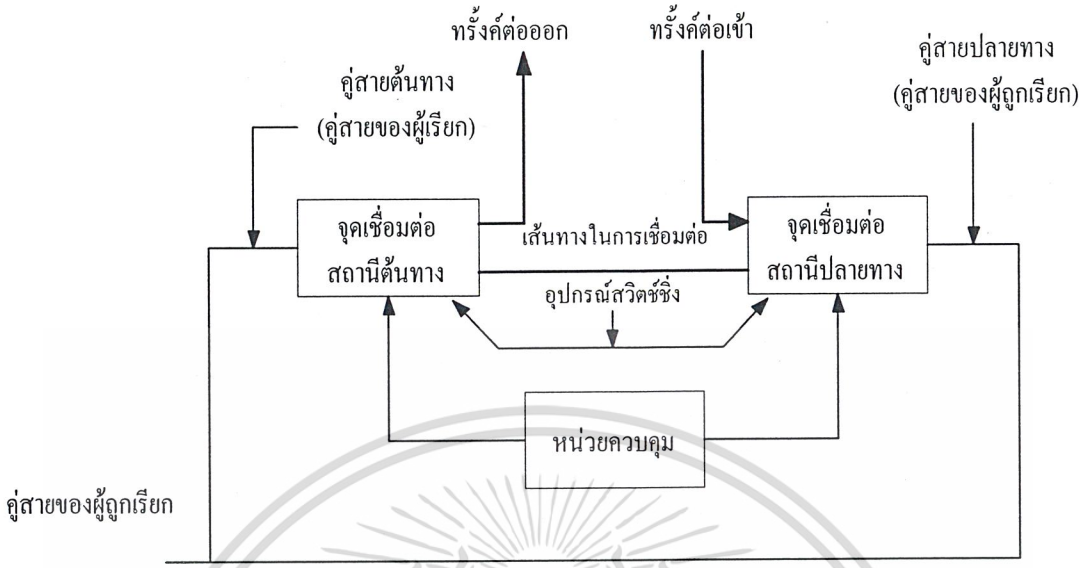
ในปัจจุบันระบบชุมสายโทรศัพท์ที่มีใช้กันมีด้วยกัน 2 ระบบ คือ

1. ชุมสายระบบครอสบาร์ (Crossbar System)
2. ชุมสายระบบเอสพีซี (SPC)

ซึ่งทั้งสองระบบจะมีโครงสร้างพื้นฐานดังนี้

โครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์เป็นวงจรพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์โดยทั่วไป เครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกจะต่ออยู่ที่คู่สายผู้เรียก และเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกจะต่ออยู่กับคู่สายของผู้ถูกเรียก กรณีที่เป็นการต่อเข้าหรือออกจากชุมสายอื่น จุดของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกของแต่ละชุมสายจะทำงานร่วมกันเสมือนอยู่ในชุมสายเดียวกัน ถ้าหากเป็นการเรียกในชุมสายเดียวกัน ผู้เรียกและผู้ถูกเรียกจะถูกเชื่อมต่อถึงกันโดยผ่านเส้นทางภายในชุมสายนั้นโดยไม่ยุ่งเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างชุมสายเลย แสดงรายละเอียดในรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 โครงสร้างพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์

การเชื่อมต่อไปยังชุมสายอื่นจะผ่านเคเบิลที่มีหลายคู่สายภายใน เรียกว่าสายผ่าน (Trunk) สายผ่านอาจเป็นเคเบิลโลหะ (Metallic Cables) สายมัลติเพล็กซ์ความถี่สูง (TI และ PCM) สายใยแก้วนำแสง (Optic Fiber) หรือตัวกลางอื่นๆ ที่มีหลายช่องสัญญาณ โดยทั่วไปสายผ่านจะเป็นสายที่มีความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลข่าวสารได้ดีกว่าคู่สายธรรมดา มีการเชื่อมต่อที่ยุ่งยากและสลับซับซ้อนต้องการการบำรุงรักษาที่ดีกว่า จึงมีราคาสูงกว่าคู่สายธรรมดา สายที่ใช้เชื่อมต่อภายในชุมสายระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกจะถูกเรียกว่า ตัวเชื่อม (Junctors) ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องจุดที่เชื่อมต่อและวิธีการที่ใช้เชื่อมต่อ

ภาคควบคุมเป็นส่วนประกอบหนึ่งของชุมสายที่มีความสลับซับซ้อนและมีความฉลาดสามารถวิเคราะห์และประมวลผลได้รวดเร็ว เพื่อควบคุมระบบสวิตช์ของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในชุมสายระบบใหม่ๆ ที่ใช้ในปัจจุบันจะมีภาคควบคุมที่มีความสามารถสูงมาก มีความละเอียดในการควบคุมวงจรสวิตช์ที่เป็นลอจิกเกต แยกการควบคุมภาคของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกออกจากกันได้อย่างเด็ดขาด แต่ละชุมสายอาจมีภาคควบคุมหลายตัวช่วยกันทำงานเพื่อประสิทธิภาพสูงที่สุด

โดยปกติเมื่อมีการเรียกเข้ามาจากผู้เช่า ชุมสายจะได้รับเลขหมายจากการถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ เลขหมายที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อเชื่อมเส้นทางจากผู้เรียกไปยังผู้ถูกเรียก เพื่อต่อเข้ากับคู่สายของเลขหมายที่ถูกเรียก ถ้าเป็นการเรียกออกไปยังต่างชุมสายจะทำการต่อคู่สายผู้เรียกของชุมสายออกไปยังจุดเชื่อมต่อของชุมสายปลายทาง และเมื่อถึงชุมสายปลายทางก็จะต่อเข้ากับจุดต่อของชุมสายปลายทางเพื่อต่อไปยังคู่สายของผู้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ตัวอย่างการเรียก

ในการใช้งานโทรศัพท์แต่ละครั้ง ชุมสายจะมีขั้นตอนการทำงานที่เหมือนกัน คือ จะรอสัญญาณยกหู (Off Hook)โดยมีวงจรสำหรับตรวจสอบสภาวะของคู่สายอยู่ภายใน โดยส่วนหน่วยตรวจสอบ เฝ้าสังเกตการณ์ทุกคู่สายอยู่ตลอดเวลา ดังนั้น อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนนี้จึงต้องมีจำนวนเท่ากับคู่สายที่ต่ออยู่กับผู้เช่า

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนการทำงานของชุมสายโทรศัพท์

ผู้เรียก (Caller)	ผู้ถูกเรียก (Called)	ชุมสาย (Central Office)
ยกหู		1. รับรู้การยกหู 2. เชื่อมต่อวงจรรับหมายเลข 3. ส่งสัญญาณให้หมุน
หมุนหรือกดเลขหมาย		1. เก็บข้อมูลการเรียก 2. แปลข้อมูลการเรียก 3. ส่งหมายเลขให้ส่วนค้นหาเส้นทาง 4. ควบคุมสวิตช์ 5. ตรวจสอบคู่สายปลายทาง
	ไม่ว่าง	1. ส่งสัญญาณไม่ว่างให้ผู้เรียก 2. เฝ้าดู (Supervise) จนกว่าจะว่าง
	ว่าง	1. ส่งสัญญาณกระดิ่งให้ผู้ถูกเรียก 2. ส่งสัญญาณ (Ring Back) ให้ผู้เรียก 3. เฝ้ามองการยกหูตอบรับ
	ยกหู	1. เชื่อมต่อวงจรสนทนา 2. เฝ้ามองการใช้คู่สาย
วางหู		1. ยกเลิกการใช้เส้นทาง 2. คิดค่าบริการ

เมื่อชุมสายรู้ถึงความต้องการใช้คู่สายของผู้เช่าชุมสายจะต่อวงจรผ่านเส้นทางและทำการตรวจสอบว่าเลขหมายปลายทางว่างหรือไม่ ถ้าว่างจะส่งสัญญาณเรียกออกไป และจะมีวงจรคอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบ (Supervise) การยกหูของผู้ถูกเรียก หากผู้รับยกหูภาคควบคุมจะต่อวงจรให้สนทนากันได้และคอยจนกว่าผู้ใช้จะวางหูโทรศัพท์ โดยจะเลิกใช้เส้นทางตั้งแต่ผู้เรียกผ่านเส้นทางของใช้งานจนถึงผู้ถูกเรียกออกไป

หากคู่สนทนามิได้อยู่ในชุมสายเดียวกัน ชุมสายจะค้นหาเส้นทางของสายผ่านที่จะต่อออกไปยังชุมสายอื่น ถ้าหากการเชื่อมต่อสำเร็จ ชุมสายต้นทางจะส่งข้อมูลเกี่ยวกับเลขหมายของผู้รับไปยังชุมสายที่ต่ออยู่

ในทุกระบบของเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะต้องมีความสามารถพื้นฐาน คือ

1) การรับสัญญาณ (Signal Reception)

2) การแปลความหมาย (Signal Intepretation)

3) การเก็บและการแปลเลขหมาย (Storage)

4) การเลือกเส้นทาง (Path Selection)

5) การสังเกตการณ์และควบคุมโครงข่าย (Network Path Provision and Control)

6) การส่งสัญญาณ (Signal Transmission)

2.5.2 การรับสัญญาณ

สัญญาณ หมายถึง สัญญาณเลขหมายที่มาจากผู้เช่าหรือสายผ่านจากชุมสายอื่นและสัญญาณอื่นๆ ที่ติดต่อระหว่างชุมสาย เช่น CCIS (Common Channel Interoffice Signaling), DC Current, Single Frequency (SF), Multi Frequency (MF, 2-out-of-5) และอื่นๆ ซึ่งโดยปกติวงจรส่วนที่ใช้สัญญาณที่มาจากผู้เช่าจะเป็นอุปกรณ์ที่แบ่งกันใช้ เช่น ส่วนถอดรหัส DTMF จะถูกนำมาต่อเข้ากับคู่สายเฉพาะเวลาเริ่มต้นของการเรียก เมื่อต่อวงจรสนทนาแล้วส่วนถอดรหัสนี้จะถูกตัดออกไป เพื่อให้คู่สายอื่นสามารถนำไปใช้ได้ และด้วยเหตุที่อุปกรณ์ส่วนที่ใช้ร่วมกันมีจำนวนจำกัดจึงอาจทำให้เกิดการจำกัดปริมาณในการเรียกขึ้นได้ แต่จะไม่มีผลต่อวงจรสนทนาที่ทำการต่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว

2.5.3 ส่วนแปลความหมายของสัญญาณ

เป็นส่วนประกอบหนึ่งของชุมสายที่มีความซับซ้อน ใช้แปลความหมายของสัญญาณที่รับส่งระหว่างเครื่อง ซึ่งเป็นภาษาที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าใจได้โดยตรง (ภาษาเครื่อง) โดยจะเป็นสัญญาณที่ชุมสายใช้ตกลงกันว่าจะใช้เส้นทางใดในการเชื่อมต่อคู่สายสนทนาระหว่างชุมสาย

2.5.4 การเก็บข้อมูล

เป็นอีกส่วนจำเป็นเบื้องต้นของการเก็บข้อมูลของการเรียก สภาวะของการเรียกและเป็นที่เก็บข้อมูลอื่นๆ ที่แปลความหมายแล้ว ส่วนนี้มีความจำเป็นต้องใช้หน่วยความจำและสัญญาณส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นทั้งแบบอนุกรม ดังนั้นวงจรส่วนใหญ่ในระบบถูกออกแบบให้ส่งข้อมูลอย่างอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(แต่ในตอนจัดเก็บจะจัดเก็บแบบขนาน) เพื่อความสะดวกในการค้นหาและแยกแยะหรือการส่งต่อไปยังที่อื่น ข้อมูลสถานะของการเรียกจะถูกเก็บในรูปแบบที่เหมาะสม การแปลข้อมูล การเตรียมอุปกรณ์หรือจัดหาตำแหน่งของอุปกรณ์สวิตช์ เพื่อให้สอดคล้องกับเลขหมายที่เรียก พื้นที่บริการ รหัสทางไกล กลุ่มของสายผ่าน เป็นต้น โดยข้อมูลที่เก็บนี้จะต้องเป็นข้อมูลที่เวลาจริง (Real Time Data) พร้อมที่จะเรียกใช้ได้ทุกเวลา

2.5.5 การเลือกเส้นทาง

ในชุมสายจะมีตัวตรวจสอบสภาวะของคู่สาย หากมีการเรียกออกจากชุมสายจะต้องจัดหาเส้นทางที่ว่าง วิธีการของแต่ละระบบจะแตกต่างกันออกไป ปัจจุบันชุมสาย SPC จะใช้วิธีการคำนวณหาตำแหน่งหน่วยความจำเพื่อเลือกการเชื่อมต่อในระดับลอจิกเกต ส่วนการค้นหาเส้นทางที่ว่างในระบบ Electromachnical จะใช้การทดสอบระดับแรงดันและกระแสในคู่สาย

2.5.6 การสังเกตการณ์และควบคุมโครงข่าย

การทำงานของส่วนนี้จะต้องสอดคล้องสัมพันธ์กับการทำงานของส่วนเลือกเส้นทางในระยะแรกๆ จะถูกควบคุมโดยตรงจากผู้ใช้ พัฒนามาเป็นการควบคุมโดยผู้ใช้จากระยะไกลและปัจจุบันถูกแทนที่ด้วยระบบการควบคุมร่วม

2.5.7 การส่งสัญญาณ

เป็นส่วนที่จำเป็นอีกส่วนหนึ่งเพื่อที่จะติดต่อผู้เช่า หรือชุมสายอื่น ในยุคแรกๆ จะใช้ขบวนพัลส์ (Pulse Train) ปัจจุบันเป็นการส่งแบบการแบ่งเวลาและสวิตช์-อิน (switched-in) ซึ่งจะค้นหาสายผ่านที่ว่างอยู่และถูกส่งไปตามสายนั้น ฟังก์ชันการทำงานอีกส่วนหนึ่งเพื่อใช้ติดต่อระหว่างผู้เช่ากับชุมสายซึ่งคอยตรวจสอบสภาวะของคู่สาย จ่ายกำลังไฟฟ้าให้คู่สาย ส่งสัญญาณกระดิ่งและอื่นๆ มีชื่อเรียกว่า BORSHT ประกอบด้วย

2.5.8 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่จะเป็นตัวจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (-48 VDC) จากชุมสายไปยังผู้เช่า เพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาวะของคู่สาย และเป็นแหล่งจ่ายให้กับไมโครโฟน

2.5.9 ป้องกันแรงดันเกิน

ป้องกันแรงดันที่เข้ามากับคู่สาย เนื่องจากฟ้าผ่าหรือสายโทรศัพท์แตะกับสายไฟฟ้าแรงสูง วงจรป้องกันนี้จะต้องตั้งแรงดันที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้ทำงานเนื่องจากสัญญาณกระดิ่ง

2.5.10 สัญญาณเรียก

สัญญาณเรียกเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 88 โวลต์ ความถี่ 20 เฮิรตซ์ ทำการส่งสัญญาณไปยังผู้เช่าเพื่อบอกว่ามีการเรียกเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.11 การตรวจสอบการยกหู

ใช้สำหรับตรวจสอบสภาวะการยกหู-วางหูของคู่สายโดยตรวจสอบจากกระแสในคู่สาย เมื่อคู่สายยาวมากจะต้องออกแบบให้มีความไวในการตรวจสอบมากขึ้นและต้องลดความไวของการตรวจสอบลงเมื่อใช้กับสายที่เปียกชื้น

ไฮบริดเป็นตัวแยกสัญญาณที่เข้าและออกตามทิศทางสัญญาณที่มาจากปากพูดและฟัง

2.5.12 การทดสอบ

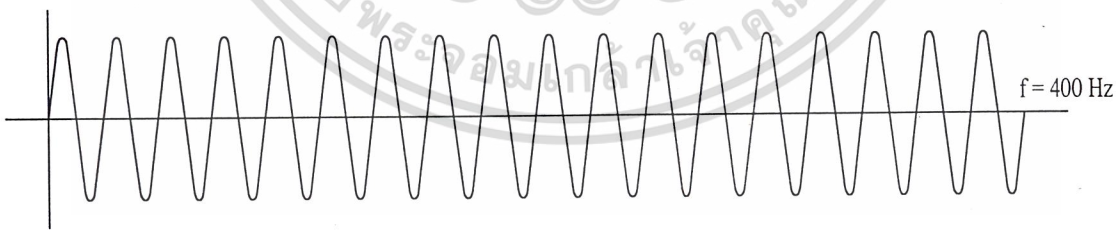
สำหรับตรวจสอบว่าคู่สายที่ต้องการไปมีสภาวะเช่นใด เช่น กำลังสนทนาอยู่ส่วนนี้จะแตกต่างจากการตรวจสอบ ตรงที่จะทำงานเมื่อต้องการเรียกออกเท่านั้น และใช้ตรวจสอบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของคู่สายผู้เช่า ว่า ลัดวงจร ขาด หรือเปียกชื้นหรือไม่

สำหรับชุมสายระบบดิจิตอลวงจร BORSHT จะมีส่วนที่ทำการแปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณแอนะลอก/ดิจิตอล (CODEC ประกอบด้วย A/D และ D/A converter) ใช้อักษรย่อ C ดังนั้นวงจรในส่วนนี้จึงได้ชื่อใหม่ว่า BORSCHT

2.6 สัญญาณต่างๆ ภายในระบบเครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

2.6.1 สัญญาณให้หมุน

เป็นสัญญาณที่เครื่องชุมสายแจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่าเครื่องชุมสายโทรศัพท์พร้อมแล้วที่จะรับเลขหมายจากผู้เรียก ซึ่งสัญญาณนี้มีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ ดังต่อเนื่องกันตลอด

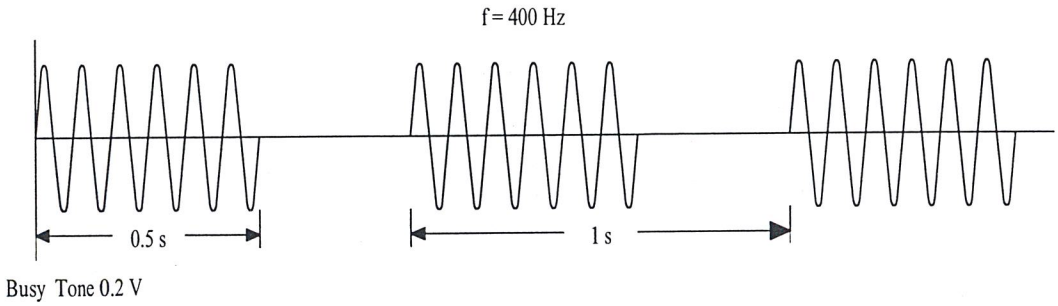


รูปที่ 2.16 สัญญาณให้หมุน

2.6.2 สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone : BT)

เป็นสัญญาณ 400 เฮิรตซ์ เวลาส่ง 0.5 วินาที เงียบ 0.5 วินาที

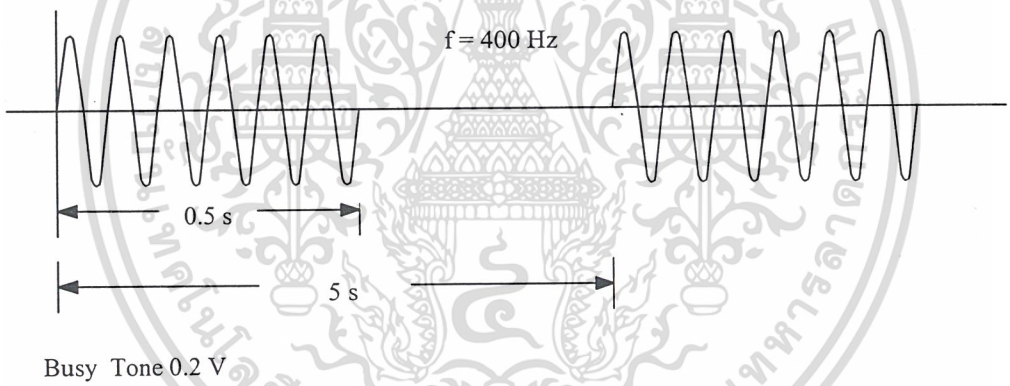
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 สัญญาณไม่ว่าง

2.6.3 สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone : RTB)

ใช้เมื่อการต่อทุกขั้นตอนสำเร็จเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งให้ผู้เรียกทราบ เป็นสัญญาณ 16 เฮิรตซ์ มอดูเลตกับสัญญาณขนาด 400 เฮิรตซ์ แบบเอเอ็มส่ง 0.67-1.5 วินาที เงียบ 2-4 วินาที



รูปที่ 2.18 สัญญาณเรียกกลับ

2.6.4 สัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone : RGT)

ใช้เมื่อมีการต่อของผู้เรียกดำเนินการโดยเครื่องชุมสายโทรศัพท์จะแจ้งให้ผู้รับทราบ เป็นสัญญาณ 16 เฮิรตซ์ ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสัญญาณเสียงสัญญาณเรียกกลับ คือ ช่วงเวลาที่ส่งและช่วงเวลาที่เงียบจะเหมือนกันสัญญาณดังกล่าวจะใช้ในการสั่นกระดิ่งของผู้รับมีแรงดันประมาณ 75-100 โวลต์พีค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 กระบวนการทำงานของโทรศัพท์

ในการต่อคู่สายโทรศัพท์ของสมาชิกผู้ใช้ที่ชุมสายโทรศัพท์ใดๆ นั้น การทำงานในช่วงเวลาต่างๆ ของชุมสายโทรศัพท์จะเป็นดังนี้

2.7.1 สัญญาณยกหู

สมาชิกผู้ใช้ที่ต้องการเรียกออกจะต้องยกหูฟังของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณการยกหู จะทำให้ชุมสายรับรู้ได้ว่ามีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์ การยกหูโทรศัพท์จะทำให้เกิดการครบวงจรทางไฟฟ้าที่ชุมสายและที่เครื่องโทรศัพท์ โดยอุปกรณ์ในชุมสายจะเริ่มทำงาน

2.7.2 การแสดงตัวของสมาชิกผู้ใช้ที่ทำการเรียก

หน่วยเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ในชุมสายโทรศัพท์จะทำหน้าที่ตรวจจับการเรียกโดยระบบควบคุมจะต้องระบุเลขหมายเพื่อสามารถคิดค่าบริการได้อย่างถูกต้องและเพื่อการพิจารณาว่าจะต้องใช้เส้นทางการต่อออกทางใด

2.7.3 การกำหนดเรื่องการเก็บข้อมูลและการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ร่วม

เมื่อได้รับสัญญาณ ยกหูระบบควบคุมจะต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์ร่วมเข้ากับคู่สาย โดยชุมสายจะจัดหาเส้นทางจากคู่สายมายังอุปกรณ์ร่วมนี้

2.7.4 การรับเลขหมายปลายทาง

หลังจากที่ได้รับสัญญาณให้หมุน ผู้ใช้ก็จะกดหมายเลข เครื่องโทรศัพท์ก็จะส่งเลขหมายมายังชุมสาย เมื่อชุมสายได้รับแล้วก็จะเก็บเลขหมายดังกล่าวไว้

2.7.5 การวิเคราะห์เลขหมาย

ระบบควบคุมจะต้องทำวิเคราะห์เลขหมายที่ได้รับเข้ามา เพื่อที่จะหาเส้นทางการต่อออกจากชุมสาย ถ้าหากเครื่องที่ถูกเรียกนั้นมีการใช้งานอยู่ ทางชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังเครื่องที่เรียก

2.7.6 การกำหนดเส้นทางของสวิตช์

ระบบควบคุมจะรู้ว่าเส้นทางการต่อจากเครื่องที่เรียกไปยังเครื่องที่ถูกเรียกนั้น เป็นเส้นทางใด ดังนั้นจะต้องสร้างวงจรสนทนาโดยสวิตช์ของชุมสายผ่านเส้นทางนั้น ในส่วนของระบบควบคุมก็จะมีอัลกอริทึมต่างๆ ที่ใช้ในการเลือกเส้นทางที่ใกล้ที่สุด โดยสวิตช์ที่จุดดังกล่าวจะต้องถูกตรวจสอบจนแน่ใจว่าไม่อยู่ในช่วงการใช้งานและเมื่อทำการต่อเส้นทางการสนทนาแล้วอุปกรณ์ในส่วนนี้ก็จะหมดหน้าที่การทำงาน จึงถูกตัดออกจากวงจรเพื่อรอคอยที่จะสร้างเส้นทางสนทนาอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.7 กระแสและเสียงการเรียก

สัญญาณต่อไปที่จะถูกส่งออกจากชุมสาย หลังจากสร้างเส้นทางการสนทนาแล้วนั้น คือ สัญญาณกระดิ่ง เพื่อทำหน้าที่บอกให้ผู้รับรู้ว่ามีการเรียกเข้ามาที่เครื่องรับเมื่อทุกสิ่งทุกอย่างเรียบร้อย คือ สามารถต่อไปยังเครื่องรับได้แล้ว ชุมสายก็จะเริ่มส่งกระแสกระดิ่งไปยังเครื่องที่ถูกเรียกและสัญญาณกระดิ่งไปยังเครื่องที่เรียกเข้ามา

2.7.8 สัญญาณตอบกลับ

สัญญาณตอบกลับมาเป็นสัญญาณที่เกิดจากผู้รับยกหูฟังโทรศัพท์ หรือเกิดจากชุมสายที่เรียกไปส่งสัญญาณตอบกลับมา ระบบควบคุมจะรับรู้ได้โดยการตรวจสอบแรงดันและกระแสในคู่สาย ดังนั้นแสดงว่าวงจรสนทนาถูกทำการเชื่อมต่อระหว่างผู้ส่งและผู้รับเป็นที่เรียบร้อยจึงเริ่มสนทนากันได้และหน่วยคิดค่าบริการก็จะเริ่มทำงาน

2.7.9 การตรวจสอบ

ในขณะที่คู่สนทนากำลังสนทนาผ่านคู่สายโทรศัพท์อยู่นั้น จะส่วนหนึ่งของคู่สายคอยตรวจสอบอยู่ หน้าที่ของส่วนนี้ก็คือการตรวจสอบการสิ้นสุดของการสนทนา (การวางหูโทรศัพท์) โดยที่ทุกๆ คู่สายในชุมสายที่เป็นวงจรสนทนา

2.7.10 สัญญาณเคเบิล

เมื่อมีสัญญาณยกเลิกวงจรเกิดขึ้นที่ชุมสาย อุปกรณ์ต่างๆ ในชุมสายก็จะทำการปลดตัวเองออกจากวงจรเพื่อพร้อมที่จะสร้างวงจรสนทนาใหม่

2.8 โครงข่ายโทรศัพท์

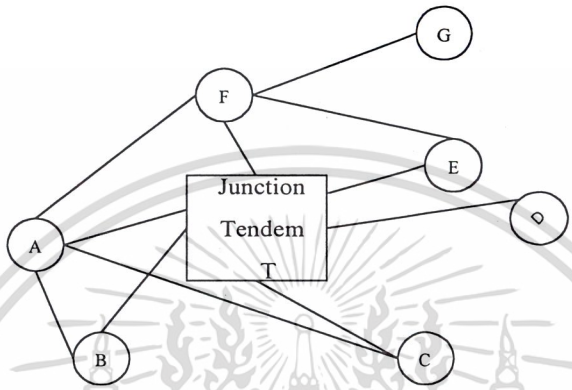
ที่ผ่านมาเป็นการกล่าวถึงโครงข่ายระดับชุมสายท้องถิ่น เมื่อมีการเชื่อมโยงระบบโทรศัพท์ทางไกล จะต้องมีเส้นทางในการติดต่อเพิ่มขึ้นคือ

2.8.1 การเชื่อมต่อระหว่างชุมสาย

การต่อโทรศัพท์ทางไกล ทุกชุมสายท้องถิ่นจะต้องสามารถติดต่อถึงกันได้ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาในการเชื่อมต่อทุกชุมสายเข้าด้วยกัน ได้มีการตั้งชุมสายต่อเรียงกันขึ้นมาเพื่อเหตุผลในการประหยัดสายผ่านระหว่างชุมสาย ชุมสายใกล้เคียงจะมีสายผ่านตรง (Direct Trunk) ไว้คอยตอบสนองปริมาณการใช้ หากสายผ่านตรงถูกใช้งานเต็ม (Over Flow) ชุมสายจะมองหาทางออกผ่านชุมสายต่อเรียงกันจึงสรุปได้ว่า จะมีสายผ่านสำรองอย่างน้อยที่สุด 1 สายผ่าน ต่ออยู่ระหว่าง 2 ชุมสาย โดยเรียกว่าเส้นทางสำหรับเลือก การทำเช่นนี้เป็นการทำให้เกิดการแบ่งระดับชั้นของชุมสายโทรศัพท์ซึ่งจะได้กล่าวถึงในตอนหลังรูปที่ 2.19 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างชุมสาย A, B,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C, D, E และ F เข้ากับชุมสายต่อเรียงกัน ที่ชุมสายใกล้เคียงจะมีสายผ่าน หากมีการติดต่อระหว่างชุมสาย A และ D จะต้องต่อผ่านชุมสายต่อเรียงกัน หรือในกรณีปกติการเชื่อมต่อระหว่าง A และ F จะใช้สายผ่านแต่หากเกิดปริมาณการใช้งานล้นที่สายผ่านเลือกใช้สายผ่านผ่านชุมสายที่ต่อเรียงกันแทน



รูปที่ 2.19 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างชุมสาย

อย่างไรก็ตาม ชุมสายท้องถิ่นก็อาจทำหน้าที่แทนชุมสายต่อเรียงกัน ตัวอย่าง เช่นการต่อระหว่าง A และ G จะต้องต่อผ่านชุมสาย F แทนชุมสายต่อเรียงกัน เช่นเดียวกับการต่อผ่านชุมสาย E และ A ผ่าน ชุมสายต่อเรียงกัน

แต่ละชุมสายจะมีอัลกอริทึมในการเลือกเส้นทางที่จะว่างและใกล้ที่สุด ในชุมสายแบบ Electromechanical อัลกอริทึมในการค้นหาเส้นทางจะตรวจสอบคู่สายก่อนโดยการวัดแรงดัน แต่ในชุมสายแบบ SPC จะเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้ในหน่วยความจำของระบบ ซึ่งมีความเร็วและความสะดวกตลอดจนความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

2.8.2 โครงข่ายระดับชาติ

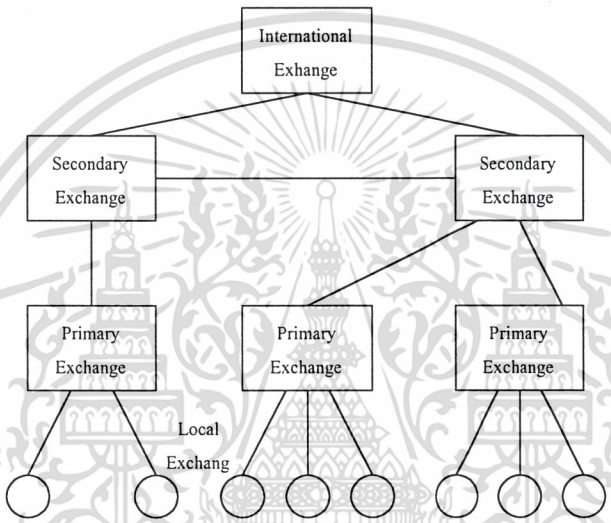
มันเป็นไปได้ยากที่จะต่อวงจรโทรศัพท์ทางไกลผ่านชุมสายท้องถิ่นและชุมสายเรียงกันเพียงอย่างเดียว เนื่องจากแต่ละชุมสายจะมีสายผ่านไว้คอยบริการจำนวนจำกัด ในการเชื่อมต่อระดับประเทศจะมีการแบ่งพื้นที่ให้บริการออกเป็นระดับจังหวัด ตามรหัสทางไกลระดับเขตหรือระดับภูมิภาค ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างประเทศก็จะมีชุมสายอีกระดับหนึ่งไว้คอยบริการ

โครงข่ายชุมสายระดับชาติจะแบ่งการให้บริการของชุมสายออกเป็นลำดับชั้นต่างๆ หลักการเชื่อมต่อเปรียบเสมือนการเรียกโทรศัพท์สองเครื่องที่ต่ออยู่กับชุมสายเดียวกัน ดังนั้นระยะทางของสายผ่านที่ใช้ในโครงข่ายชุมสายระดับชาติจะมีความยาวมาก และปัจจุบันจะใช้สื่อกลางอื่นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความจุช่องสัญญาณสูงกว่าสายเคเบิลโลหะ เช่น ไมโครเวฟ ดาวเทียม เคเบิลใต้น้ำ เส้นใยแก้วนำแสง ฯลฯ

ชุมสายปฐมภูมิจะเป็นชุมสายลำดับแรกของโครงข่ายระดับชาติ และชุมสายระดับสูงขึ้นไปก็จะครอบคลุมพื้นที่กว้างขึ้นตามลำดับ ชุมสายเริ่มต้นชุมสายปฐมภูมิ จะสามารถติดต่อกันได้โดยการต่อผ่านชุมสายทุติยภูมิ แต่ถ้าชุมสายปฐมภูมิ 2 ชุมสายอยู่ใกล้กันก็อาจเชื่อมต่อด้วยสายผ่านตรง



รูปที่ 2.20 โครงข่ายระดับชาติ 2 ระดับ

2.8.3 การวางโครงข่าย (Network Planning)

1) การวางเลขหมาย (Numbering plan)

ในอดีตชุมสายโทรศัพท์มีขนาดเล็ก จำนวนเครื่องน้อย และชุมชนอยู่ห่างไกลกันมาก แต่ละชุมสายจะแยกจากกันโดยอิสระ และผู้เช่าโทรศัพท์เองก็ไม่สามารถเรียกออกไปยังผู้เช่าที่อยู่ต่างชุมสายได้ เลขหมายที่ใช้ในชุมสายมีจำนวนไม่มาก จึงง่ายในการต่อวงจรสนทนา เช่น ชุมสายหนึ่งอาจมีปริมาณคู่สายที่ต่ออยู่คือ 000-999 ซึ่งมีจำนวนมากถึง 1,000 คู่สาย

ต่อมาเมื่อมีการต่อชุมสายโทรศัพท์ร่วมกับชุมสายอื่นโดยผ่านตัวเชื่อมผู้เช่าที่สังกัดชุมสายนั้น ต้องการที่จะติดต่อกับผู้กับผู้ใช้ที่สังกัดอยู่กับชุมสายอื่น เมื่อมีพนักงานสลับคู่สายผู้เช่าจะบอกความต้องการของตนแก่พนักงานสลับคู่สาย ส่วนในระบบอัตโนมัติเองก็จำเป็นจะต้องมีจำนวนหมายเลขเพิ่มขึ้นมา นั่นคือหมายเลขของชุมสายที่ผู้รับสังกัดอยู่ ถึงตอนนี้เลขหมายของผู้รับจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมายของชุมสายท้องถิ่นปลายทาง + เลขหมายของผู้ถูกเรียก

ความซับซ้อนของชุมสายจะตามมาเมื่อผู้ใช้มีความประสงค์ที่จะเรียกเลขหมายระหว่างชุมสายโดยอัตโนมัติด้วยตนเอง และการวางแผนเลขหมายก็จะกระทำได้ลำบากขึ้น เพราะผู้เช่าแต่ละรายทั่วโลกจะมีเลขหมายซ้ำกันไม่ได้เลย

เมื่อเลขหมายที่หมุนมีรหัสชุมสายปลายทางรวมอยู่ด้วย และเป็นไปได้ที่ชุมสายที่เรียกไม่ได้ต่ออยู่กับชุมสายปลายทางโดยตรง ชุมสายที่อยู่ระหว่างทางจะถูกใช้เป็นชุมสายเรียงกันและจะทำให้ลดภาระในการวางแผนข่ายสายผ่าน รวมถึงสายเคเบิลและอุปกรณ์เชื่อมต่อจึงสามารถกล่าวได้ว่าจะไม่มีการเชื่อมต่อโดยตรงระหว่างชุมสายที่มีการใช้งานคู่สายทรั้งค์น้อยกว่าที่กำหนดและวางแผนไว้

การวางสายผ่านหมายความรวมถึงการกำหนดพื้นที่ให้บริการโดยแต่ละชุมสายอาจจะมีเลขหมายภายในที่ตรงกัน ดังนั้นในข่ายสายระดับชาติ จะใช้เลขหมายในการติดต่อที่ยาวกว่าการติดต่อในท้องถิ่น

การหมุนเลขหมายแต่ละครั้งจะเป็นการบ่งบอกถึงปลายทางเพียงที่เดียวเท่านั้นเมื่อมีจำนวนหลักของตัวเลขมากขึ้น ภาคควบคุมของชุมสายจะต้องรับภาระมากขึ้นด้วย การต่อภายในท้องถิ่นจะมีจำนวนหลักน้อยกว่า และใช้ความสามารถของภาคควบคุมน้อยกว่า (หมายถึงราคาของระบบชุมสายที่ถูกลงด้วย) เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและลดความยุ่งยากในการออกแบบภาคควบคุมจึงได้มีการนำเอาเลขศูนย์ '0' มานำหน้าเลขหมายทางไกล

การต่อระหว่างประเทศจะต้องมีการระบุเลขหมายนำหน้ามากกว่าการต่อทางไกลภายในประเทศ เช่นปัจจุบันมีการใช้เลข 010 (เป็นมาตรฐานทั่วโลก) และจะต้องมีมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก CCITT และ ITU ได้กำหนดมาตรฐานดังกล่าวขึ้นมาเพื่อความเข้ากันได้ของโทรศัพท์ทุกระบบโดยแบ่งพื้นที่ของโลกออกเป็นส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ส่วนแต่ละประเทศจะมีรหัสประเทศ

การวางแผนเลขหมายภายในประเทศอาจแบ่งตามภูมิภาคต่างๆ ภายในภูมิภาคต่างๆ โดยที่อาจแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ ส่วนใหญ่ทุกประเทศทั่วโลกจะนิยมแบ่งตามพื้นที่การปกครอง เช่น เมือง จังหวัด เป็นต้น

เลขหมายที่ขึ้นต้นเลข 1 จะเป็นการสำรองไว้เพื่อหมายเลขฉุกเฉิน หรือหมายเลขที่ใช้เพื่อสาธารณะประโยชน์ โดยข้อกำหนดนี้จะใช้กับโทรศัพท์ทุกระบบทั่วโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 รหัสประเทศต่างๆ แบ่งตามพื้นที่โลก

International Digit	World Zone
0	Not Allocate
1	North Amarica
2	Africa
3	Europe
4	Europe
5	South Amrica
6	Australia
7	Ussr
8	Far East
9	Middle East And Asia

2) การวางแผนการส่งสัญญาณ

โครงสร้างของระบบโครงข่ายโทรศัพท์ จะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายอย่าง ตัวแปรที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งคือระบบการส่งสัญญาณ การสูญเสียหรือลดทอนของระบบการส่ง การใช้ตัวทวน-สัญญาณ จะขึ้นอยู่กับระยะทางของสายส่ง จึงต้องมีการวางแผนการส่งสัญญาณขึ้น โดยการส่งสัญญาณจะยอมให้มีการสูญเสีย คู่สายที่ต่ออยู่ระหว่างเครื่องของผู้เช่ากับชุมสายท้องถิ่นจะเป็นคู่สายโลหะตัวนำธรรมดา การสูญเสียของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับความต้านทานภายในคู่สาย ระยะทางจากชุมสายไปยังผู้เช่าแต่ละรายจะยาวไม่เท่ากัน และสายที่เดินออกจากชุมสายจะมีหลายขนาด ดังนั้นจึงมีการกำหนดค่าสูญเสียสัญญาณสูงสุดแทนระยะทางไกลสุดของคู่สาย

ในการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายจะมีปริมาณการสื่อสารที่มากกว่าคู่สายผู้เช่าในข่ายสายประเภทนี้จะไม่ยอมให้เกิดการสูญเสียสัญญาณ จึงต้องใช้สายที่มีคุณภาพดีกว่า มีขนาดโตกว่า ราคาสูงกว่าทำให้ยากแก่การออกแบบ เพราะแต่ละสายผ่านจะมีความจุคู่สายไม่เท่ากัน สัญญาณดิจิตอลถูกนำมาใช้แทนสัญญาณแบบแอนะลอกเพราะมีความจุช่องสัญญาณมากกว่าทนต่อสัญญาณรบกวนที่ตัวทวนสัญญาณ

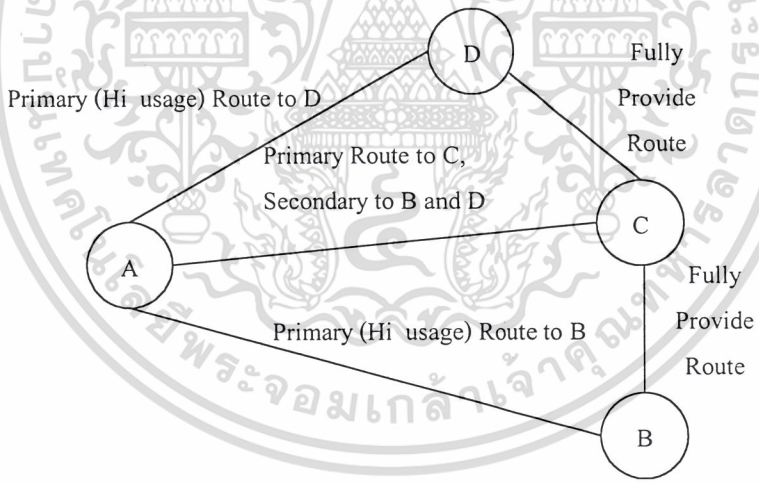
การเรียกในทุกระดับที่สูงกว่าชุมสายปฐมภูมิจะไม่ยอมให้มีการสูญเสียเกิดขึ้นเลยโดยเฉพาะการเรียกระหว่างประเทศ ระบบสัญญาณและระบบสายนำสัญญาณจะเป็นดิจิตอลทั้งหมด โดยอาจใช้ระบบสื่อสารระหว่างประเทศเช่นดาวเทียม หรือเคเบิลใต้น้ำแทนคู่สายโลหะตัวนำไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การกำหนดและเลือกเส้นทางระหว่างชุมสาย

หากต้องการให้ทั้งระบบมีความสมบูรณ์จะต้องมีการวางแผนเส้นทางของสายต่อด้วย ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าระหว่างชุมสายจะมีเส้นทางตรงเชื่อมต่ออยู่ แต่ถ้าหากปริมาณการใช้งานระหว่างสองชุมสายเกินความสามารถที่สายต่อทั้งสองชนิดจะรับไว้ได้ ก็จะต้องมีเส้นทางสำรองไว้เสมอ

การเชื่อมต่อระหว่างชุมสายจะมีกฎเกณฑ์บางประการเป็นตัวกำหนดว่าเมื่อใดที่จะใช้สายผ่านชนิดใด ในระบบโครงข่ายแอนะลอก การวางแผนเส้นทางจะขึ้นอยู่กับการกำหนดปริมาณคู่สายที่ไม่ต้องใช้วงจรขยาย ต่อมาเมื่อทุกสายผ่านมีวงจรขยายสัญญาณจึงขึ้นอยู่กับปริมาณคู่สายในสายผ่าน เพราะข้อกำหนดของสัญญาณที่ใช้ในการรับส่งจะมีการสูญเสียสูงสุดได้ไม่เกิน 3 เดซิเบล สายผ่านสำรองเส้นทางการเลือก จะถูกเลือกใช้เมื่อสายผ่านหลักถูกใช้งานเต็ม เช่นในรูปที่ 2.21 มีสายผ่านตรงระหว่างชุมสาย A และ B ปกติการสื่อสารระหว่างชุมสายทั้งสองจะใช้สายผ่านเส้นดังกล่าวแต่ถ้าหากเส้นทางดังกล่าวถูกใช้งานเต็มและไม่มีเส้นทางสำรองการเรียกในครั้งนั้นก็จะถูกยกเลิกไป แต่ในกรณีในรูปที่ 2.21 นี้มีเส้นทางสำรองที่สามรถต่อจากชุมสาย A ผ่านชุมสาย C ไปยัง B ได้



รูปที่ 2.21 การกำหนดและเลือกเส้นทางระหว่างชุมสาย

2.9 วงจรอินเตอร์เฟซ RS-232

เป็นไปได้ที่ว่าอินเตอร์เฟสแบบอนุกรมที่ใช้กันมากที่สุด คือ RS232 ซึ่งจริงๆ แล้วเป็นการรวมวงจร V.24 และข้อกำหนดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ V.28 เข้าด้วยกัน

RS232 ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1969 และถูกแทนที่ด้วย RS232 D ในปี ค.ศ. 1987 แต่การอินเตอร์เฟซรุ่น C ยังคงมีใช้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน RS232 ที่พัฒนาใหม่ในปี ค.ศ. 1987 รู้จักกันในชื่อหนึ่งว่า EIA232D ซึ่งสิ่งที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มเข้ามาในรุ่นใหม่นี้ มีดังนี้

1. เปลี่ยนแปลงในด้านความหมายหรือการใช้คำให้ใกล้เคียงกับ V.24 และ V.28
2. วงจร Earth บนขา 1 แทนด้วยการชิลด์ (Shield)
3. มีกำหนดคุณสมบัติทางกลเพิ่มเข้ามา
4. มีระบุวงจรสำหรับทดสอบแบบระยะไกลและท้องถิ่น เพิ่มมาดังต่อไปนี้

4.1 ขา 18 ทำหน้าที่ โลเคิล ลูปแบ็ค (Local Loopback : LL)

4.2 ขา 21 ทำหน้าที่ รีโมท ลูปแบ็ค (Remote Loopback : RL)

4.3 ขา 25 ทำหน้าที่ เทสโหมด (Test Mode : TM)

รวมทั้งไม่มีการจำกัดความยาวของสายเคเบิลที่ใช้

การทำงานของ RS232 อธิบายอย่างสรุปได้ดังต่อไปนี้

การต่อแบบหมุนหมายเลขผ่านสายโทรศัพท์สาธารณะ

พิจารณาจากรูป 2.22 สามารถอธิบายได้ดังนี้

การติดต่อกันเริ่มจากวงจร DTR ทำงาน เพื่อแจ้งโมเด็มให้รู้ว่าเทอร์มินอลต้องการติดต่อแบบหมุนหมายเลขผ่าน เน็ตเวิร์คของสายโทรศัพท์สาธารณะ

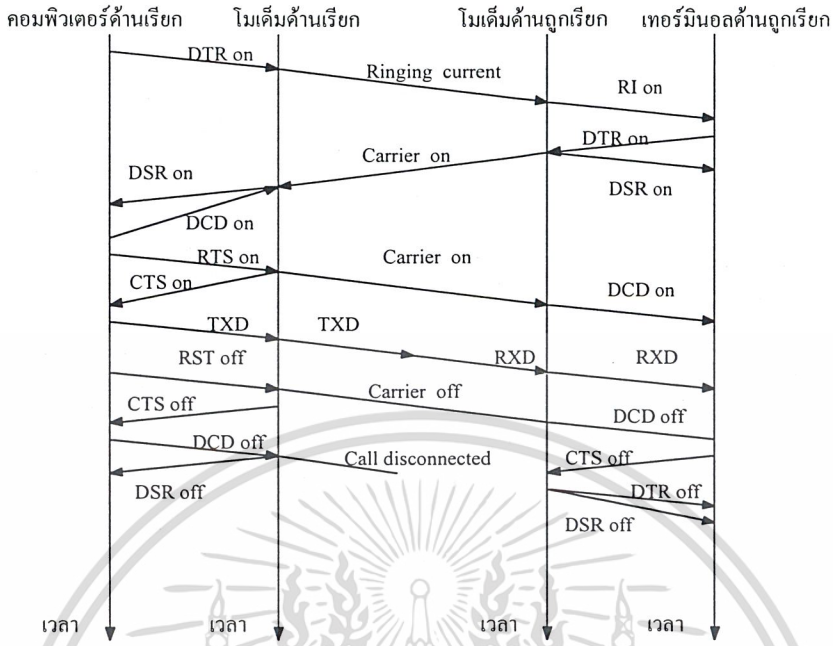
สำหรับหมายเลขโทรศัพท์ ของเทอร์มินอลปลายทาง ที่ต้องการติดต่อด้วยถูกหมุนโดยโมเด็ม โดยหมายเลขอาจถูกเก็บไว้ในโมเด็มหรือส่งผ่านมาทางสายข้อมูล

เมื่อมีการเรียก(หรือหมายถึงการขอติดต่อด้วย ได้ยินเป็นสัญญาณริงกิ้งไปถึงเทอร์มินอลที่ถูกเรียก วงจร RI ของโมเด็มปลายทางมีสถานะ “ON” คือแจ้งให้เทอร์มินอลปลายทางทราบถึงการเรียกเข้ามา ถ้าเทอร์มินอลด้านถูกเรียก พร้อมที่จะรับข้อมูล วงจร DTR เปลี่ยนสถานะเป็น “ON” ทำให้โมเด็มปลายทางต่อเข้ากับสายโทรศัพท์สาธารณะที่เรียกเข้ามา

โมเด็มด้านถูกเรียก (ปลายทาง) ทำให้วงจร DSR มีสถานะ “ON” แจ้งให้เทอร์มินอลปลายทางรู้ว่าโมเด็มพร้อมรับข้อมูลแล้วจากนั้นส่งสัญญาณแคเรียร์กลับไป เทอร์มินอลด้านเรียก แจ้งให้รู้ว่าการเรียกได้ถูกตอบรับแล้ว ซึ่งสัญญาณแคเรียร์นี้ทำให้วงจร DCD ในโมเด็มด้านเรียกมีสถานะ “ON” จากนั้นโมเด็มนี้ ทำให้วงจร DSR “ON” เพื่อแจ้งในเทอร์มินอลด้านเรียกรู้ว่าการต่อสายสื่อสารเกิดขึ้นแล้ว

เมื่อเทอร์มินอลด้านเรียกพร้อมที่จะเริ่มส่งข้อมูล วงจร RTS จะมีสถานะ “ON” และโมเด็มด้านเรียกตอบรับโดยทำให้วงจร CTS มีสถานะ “ON” และทำการส่งสัญญาณแคเรียร์กลับไปหาโมเด็มด้านถูกเรียกมีผลให้วงจร DCD ในโมเด็มปลายทางมีสถานะ “ON” ทำให้เทอร์มินอลด้านเรียกสามารถส่งข้อมูลได้ทันทีและโมเด็มด้านถูกเรียกสามารถรับข้อมูลที่ส่งเข้ามาได้ทันทีเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดงขั้นตอนทำงานของ RS232 ผ่านสายโทรศัพท์สาธารณะ

ในกรณีเทอร์มินอลด้านถูกเรียกมีข้อมูล ต้องการส่งให้เทอร์มินอลด้านเรียกจะทำให้วงจร RTS มีสถานะ "ON" และขั้นตอนต่างๆ ข้างต้นเกิดขึ้นซ้ำอีกในทิศทางตรงกันข้าม

ถ้าลักษณะการติดต่อเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ทำให้วงจร RTS และ DCD มีสถานะ "ON" ค้างไว้ตลอดทั้งสองด้านของวงจร และโมเด็มทั้งคู่ทำให้วงจร CTS มีสถานะ "ON" ตลอดเพื่อให้โมเด็มส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

เมื่อข้อมูลทั้งหมดถูกส่งไปหมดแล้ว เทอร์มินอลด้านเรียกทำให้วงจร RTS กลับมาสถานะ "OFF" และโมเด็มด้านเรียกตอบรับด้วยการให้วงจร CTS มีสถานะ "OFF" ตามไปด้วย ทั้งหมดนี้ทำให้วงจร DCD มีสถานะ "OFF" เป็นการเลิกต่อสายโทรศัพท์ และให้วงจร DSR มีสถานะ "OFF" ตามไปด้วยที่ปลายทางเมื่อไม่มีสัญญาณแคเรียร์ส่งเข้ามา โมเด็มด้านถูกเรียกก็จะหยุดการติดต่อลง

การต่อโดยตรงผ่านสายวงจรเช่า

การต่อลักษณะนี้ไม่ต้องมีกฎเกณฑ์หรือขั้นตอนต่างๆ ในการสร้างเส้นทางการสื่อสารก่อนส่งข้อมูล มีเพียงข้อกำหนดไม่กี่ข้อดังนี้

1. ตลอดเวลาวงจร DSR ต้องมีสถานะ "ON"

2. เมื่อเทอร์มินอลพร้อมที่จะส่งข้อมูล วงจร RTS มีสถานะ "ON" และโมเด็มตอบรับด้วยการให้วงจร CTS มีสถานะ "ON" ตามจากนั้นเทอร์มินอลด้านเรียกสามารถส่งข้อมูลได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 เครื่องโทรศัพท์หน้าปัทม์แบบปุ่มกด

2.10.1 ระบบหน้าปัทม์แบบปุ่มกด

ในระบบสวิชต์ชิ่ง Step by Step หรือ Crossbar ที่ได้กล่าวมาแล้วสัญญาณเรียกของผู้เช่าเป็นจังหวะไฟตรงที่เท่ากับจำนวนครั้งของการหมุนของหน้าปัทม์เพื่อใช้แผงสวิตช์ทำงาน

จากการพัฒนาด้านแผงสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ เราจึงมีระบบสัญญาณหลายความถี่ขึ้น ระบบนี้มีลักษณะดังนี้

1) เวลาของการหมุนหมายเลขได้ลดลงมาก

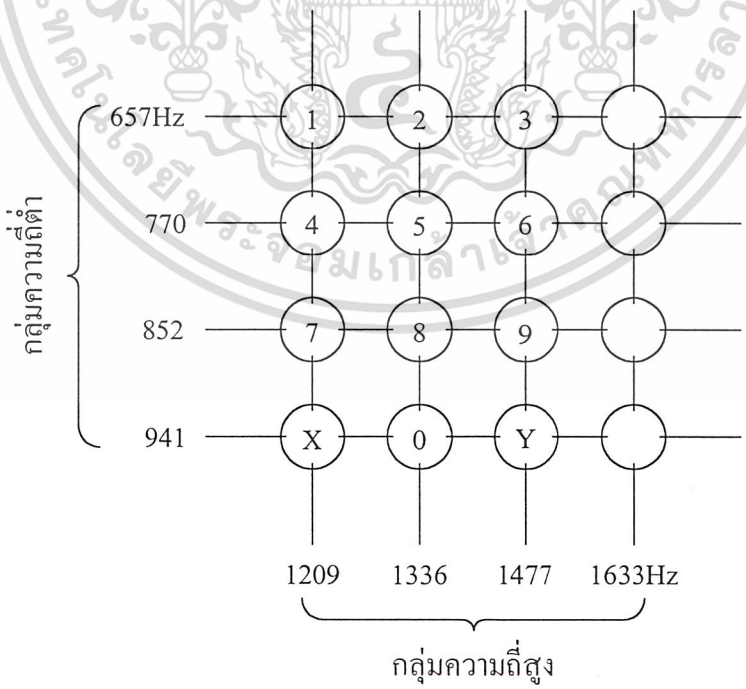
2) การหมุนหมายเลขง่ายลง

3) สามารถเพิ่มปุ่มกดอื่นนอกจากปุ่มกดหมายเลข เพื่อส่งสัญญาณบริการประเภทอื่นได้

4) เราใช้สัญญาณความถี่ของเสียงซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้ และสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง

2.10.2 ระบบสัญญาณ

ระบบนี้เรียกว่าระบบ 4 x 4 ในระบบนี้สัญญาณประกอบด้วย การรวมความถี่ 2 ค่า ที่เลือกมาจากความถี่ 2 กลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มมีความถี่ 4 ค่า และตรงกับตัวเลข ดังแสดงในรูปในระบบนี้ตำแหน่ง X,Y และหลักที่สี่ สามารถใช้เป็นโค๊ดอื่นที่ไม่ใช่ตัวเลข สำหรับงานอื่นได้



รูปที่ 2.23 การจัดกลุ่มและระบบสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 โครงสร้างสถาปัตยกรรม MCS-51

ไมโครคอลโทรลเลอร์มีหลายตระกูล แต่ละตระกูลมีข้อดีต่างกัน ในปัจจุบันไมโครคอล-โทรลเลอร์ตระกูลที่ได้รับความนิยม คือ ตระกูล MCS-51 เนื่องจากมีหน่วยความจำภายในที่สามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์ แล้วยังมีพอร์ตสำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ ซึ่งเราสามารถปรับความเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมได้จากโปรแกรมตามความต้องการของผู้ใช้

ตระกูล MCS-51 ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมมาตรฐานขนาด 8 บิตไมโครคอลโทรลเลอร์ และให้มีความสามารถในการงานควบคุมประยุกต์ใช้งานในเรื่อง Sequential Real Time Control, Close Loop Control และ Data Control และมีส่วนคล้ายกับ MCS-48 แต่จะทำงานได้เร็วกว่าเป็น 2 ถึง 5 เท่า รวมทั้งอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นตามลักษณะหลักทั่วๆ ไปต่อไปนี้

1. ใช้ HMOS และ CHMOS เทคโนโลยีการสร้างและทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟขนาด 5 V, เพียงแหล่งเดียว
2. ซีพียูมีขนาด 8 บิต
3. มีวงจรออสซิลเลเตอร์ และวงจรนาฬิกาบนชิป
4. ชุดแบงค์ (Bank) รีจิสเตอร์มี 4 ชุด แต่ละชุดมี รีจิสเตอร์ 8 ตัว ทำงานเช่นเดียวกับ MCS-48
5. มีตัวจับเวลา/มีตัวนับ ขนาด 16 บิต 2 ชุด และสำหรับเบอร์ 8032/8052 มี 3 ชุด
6. มีพอร์ตสองทิศทางแบบขนานจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิตรวมทั้งหมดเป็น 32 เส้น แต่จะเหลือเพียง 16 เส้น สำหรับเบอร์ 8031 อีก 16 เส้นจะใช้ในการเข้าถึงแอดเดรสและข้อมูล
7. พอร์ตแบบอนุกรมสามารถที่จะโปรแกรมการรับส่งแบบ Full Duplex ที่ความเร็วสูง
8. หนึ่งวัฏจักรคำสั่งจะใช้เวลา 1 ไมโครวินาที ด้วยการใช้คริสตัลความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์
9. แอดเดรสข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
10. แอดเดรสโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
11. สามารถกำหนดเลขที่อยู่ข้อมูลขนาดไบต์หรือบิตได้โดยตรง
12. มีซอฟแวร์บิตแฟลกสำหรับผู้ใช้ที่จะกำหนดเองได้ถึง 128 ตำแหน่งบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. โครงสร้างอินเตอร์รัพต์จะติดตั้งได้ถึง 5 แหล่งและ 6 แหล่งสำหรับ 8032/8052 พร้อมด้วยการจัดลำดับความสำคัญ (Priority) ได้ 2 ระดับ

14. ตัวโปรเซสเซอร์สามารถที่จะใช้งานแบบบูลีน (Boolean) ได้สำหรับการใช้กับกระบวนการงานควบคุม

15. มีคำสั่งคูณ และหารทางฮาร์ดแวร์ที่ทำภายใน 4 ไมโครวินาที

16. ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ ใช้ได้ทั้งระบบไบนารี และเลขฐานสิบ

17. การใช้พื้นที่สแตกสำหรับโปรแกรมย่อยต่างๆ ทำได้กว้างกว่า MCS-48

18. ชุดคำสั่งของ MCS-51 จะมีความสามารถสูงกว่าคำสั่งของ MCS-48

MCS-51 จะมีทั้งแบบมี ROM ในตัวหรือไม่มี ROM หรือมี EPROM บนชิบเดียวกัน ตารางที่ 2.3 แสดงถึงตารางรายละเอียดของเบอร์ต่างๆ ในตระกูล MCS-51 ที่จำหน่ายในท้องตลาด 8751H อยู่ในกลุ่มรุ่นเดียวกับ 8051AH ที่เราสามารถทำการโปรแกรมได้ด้วยระบบไฟสามารถลบโปรแกรมออกได้ด้วยแสงอุลตร้าไวโอเลต นอกจากไอซีที่แสดงในตารางข้างบนที่ใช้เทคโนโลยี HMOS แล้วยังมีตระกูลอื่นที่ใช้เทคโนโลยี CHMOS ที่ประหยัดพลังงานได้มากกว่า 4 เท่าของ HMOS ที่มีจำหน่ายขณะนี้ คือ เบอร์ 80C51, 80C31 และ 87C51

2.11.1 การจัดขาลักษะภายนอกของ MCS-51

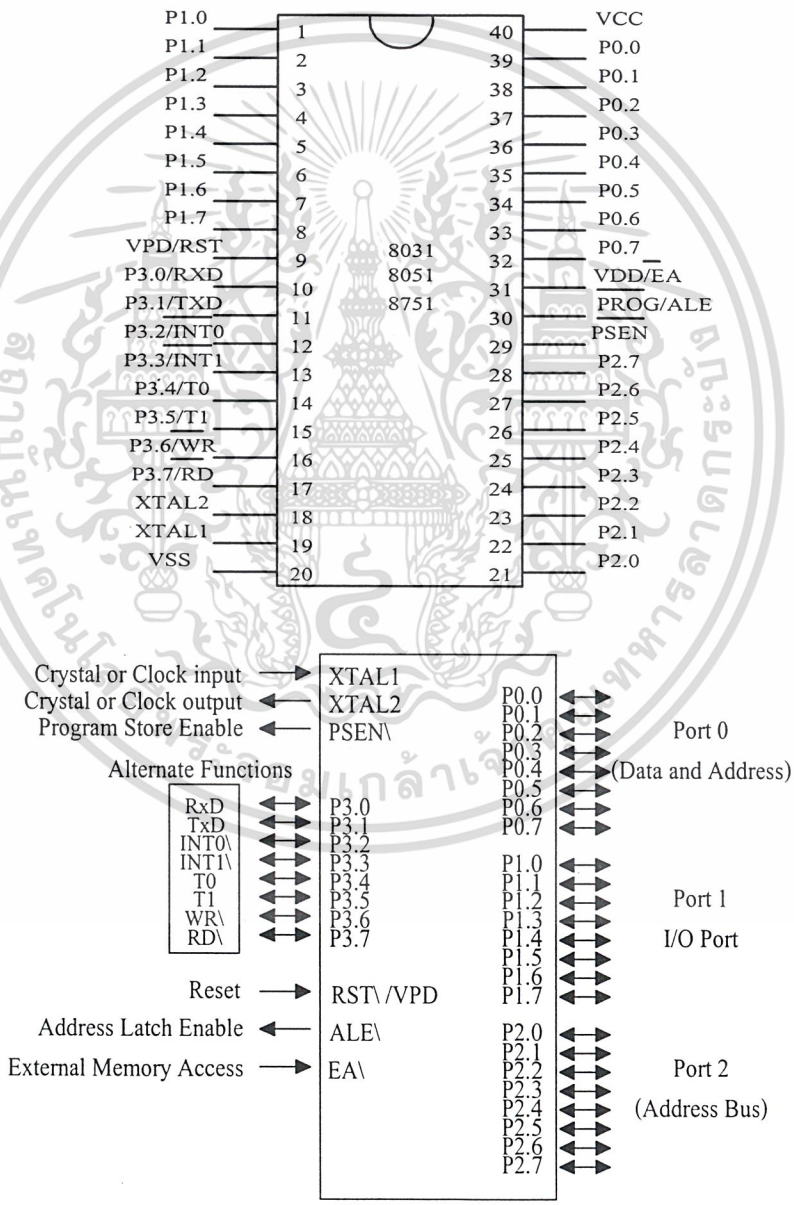
ตารางที่ 2.3 ตารางรายละเอียดของตระกูล MCS-51

เบอร์				อินเตอร์รัพต์
	โปรแกรม	ข้อมูล	ตัวจับเวลา/ตัวนับ จำนวน	
8052 AH	8K X 8 ROM	256 X 8 RAM	3 X 16 BIT	6
8051 AH	4K X 8 ROM	128 X 8 RAM	2 X 16 BIT	5
8051	4K X 8 ROM	128 X 8 RAM	2 X 16 BIT	5
8032 AH	NO ROM	256 X 8 RAM	3 X 16 BIT	6
8031 AH	NO ROM	128 X 8 RAM	2 X 16 BIT	5
8031	NO ROM	128 X 8 RAM	2 X 16 BIT	5
8751 H	4K X 8EPROM	128 X 8 RAM	2 X 16 BIT	5
8752 H	8K X 8EPROM	256 X 8 RAM	3 X 16 BIT	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 แสดงการจัดขาลักษะภายนอกของชิป MCS-51 ซึ่งจะมีการแบ่งกลุ่มการจัดขาตามสถาปัตยกรรมของ MCS-51 อยู่ 4 กลุ่มคือ

1. กลุ่มขารับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และระบบสัญญาณนาฬิกา
2. กลุ่มขาแอดเดรสและข้อมูล
3. กลุ่มขาควบคุม
4. กลุ่มขาพอร์ตขนานและอนุกรม



รูปที่ 2.24 ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาบางขาจะทำหน้าที่ได้สองหน้าที่ขึ้นอยู่กับการติดตั้งด้วยซอฟแวร์หรือฮาร์ดแวร์ เช่น ขาที่ 32-39 จะทำหน้าที่ได้เป็นกลุ่มขาแอดเดรสและข้อมูล หรือจะทำหน้าที่เป็นกลุ่มขาพอร์ตแบบขนาเป็นต้น รายละเอียดหน้าที่แต่ละขาจะมีดังนี้

ขา Vss (ขา 20) เป็นขาสำหรับต่อลงดิน

ขา Vcc (ขา 40) เป็นขาที่ต่อแรงดันไฟกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ และใช้สำหรับการโปรแกรม

ขา PORT 0 (P0.0-P0.7/ AD0-AD7) (ขา 32-39) ทำหน้าที่เป็นพอร์ตสองทิศทางขนาด 8 บิตแบบเปิดรับข้อมูลสองทิศทางสามารถที่จะรับโหลดทีทีแอลได้ 8 ตัว การเขียนค่า '1' ไปที่พอร์ตนี้จะเป็นการปล่อยลอยขาของพอร์ตนี้ทำให้มันทำงานเป็นอินพุตมีสถานะอิมพิแดนซ์สูง ในการให้พอร์ตนี้บริการแบบสองทิศทางและอีกหน้าที่หนึ่งของพอร์ต 0 จะทำงานเป็นมัลติเพลกซ์ด้วยสัญญาณแอดเดรส ไบต์ต่ำกับบัสข้อมูล สำหรับการใช้งานด้านหน่วยความจำภายนอก ในการใช้งานแบบนี้จะใช้ลักษณะภายในเป็นตัวพูลอัพนอกจากหน้าที่หลัก 2 หน้าที่ดังกล่าวแล้ว พอร์ต 0 ยังใช้งานพิเศษเป็นตัวส่งข้อมูลออกทางพอร์ตนี้ เมื่อใช้บริการทางด้านการตรวจสอบโปรแกรมรอมภายใน และการโปรแกรมตัวอีพรอมภายใน ถ้าใช้งานในลักษณะนี้การพูลอัพจากภายนอกจะต้องต่อด้วยค่าความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม

ขา PORT 1 (P1.0-P1.7) (ขา1-8) เป็นพอร์ตสองทิศทางขนาด 8 บิตแบบเปิดรับข้อมูลสองทิศทาง พร้อมด้วยการพูลอัพภายใน ถ้าเป็นพอร์ตเอาท์พุต บัฟเฟอร์สามารถขับโหลดทีทีแอลตระกูลแอลเอสไอได้ 4 ตัว พอร์ต 1 เมื่อถูกเขียนค่า '1' ด้วยโปรแกรม มันจะมีสถานะสูงด้วยการพูลอัพภายใน การให้สถานะเช่นนี้ จะเป็นการ Initial ใช้งานพอร์ตนี้ให้เป็นอินพุต ขณะที่พอร์ต 1 เป็นอินพุต การให้สัญญาณลงต่ำจะเป็นการจ่ายกระแสออกเนื่องการพูลอัพภายใน

ในเบอร์ 8052 ขา P1.0 และ P1.7 จะใช้งานเป็น T2 และ T2EX โดยขา T2 จะทำหน้า ที่รับสัญญาณจากภายนอกให้ตัวจับเวลา 2 ทำงาน และขา T2EX จะเป็นอินพุตผ่านเข้าตัวจับเวลา 2 ถูกกระตุ้นให้ทำงานแบบปกติตามโปรแกรมที่ติดตั้งไว้ หรือ แค็ปเจอร์ (Capture)

ขา PORT 2 (P2.0-P2.7) (ขา 21-28) เป็นพอร์ตสองทิศทางขนาด 8 บิตแบบ เปิดรับข้อมูลสองทิศทาง ด้วยการพูลอัพภายในพอร์ต 2 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เอาต์พุตสามารถจ่ายโหลดทีทีแอลตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว อีกหน้าที่หนึ่งของพอร์ตจะถูกใช้งาน เป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์สูงด้วย เมื่อใช้งานร่วมกับหน่วยความจำภายนอกเพื่อให้แอดเดรสได้ถึง 16 บิต ด้วยการใช้งานแบบนี้มันจะมีพูลอัพภายในที่ช่วยให้การส่งค่า '1' ได้ระดับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แน่นอนนอกจากการใช้งานสำหรับแอดเดรสอันดับสูงยังใช้เป็นขาควบคุมในการใช้งานตรวจสอบและเขียนโปรแกรมเบอร์ 8751 และตรวจสอบโปรแกรมภายใน 8051

ขา PORT 3 เป็นพอร์ตสองทิศทางขนาด 8 บิตแบบพูลอัพภายใน นอกจากทำเป็นพอร์ตสองทิศทางที่สามารถรับโหลดทีทีแอลพวกตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัวแล้วยังมีอีกหน้าที่หนึ่งของตระกูล MCS-51 ตามรายการข้างล่างนี้ด้วย

ขาพอร์ต	ขา	การทำงานตามฟังก์ชันพิเศษ	
P3.0	10	RxD	พอร์ตอนุกรมอินพุต
P3.1	11	TxD	พอร์ตอนุกรมเอาต์พุต
P3.2	12	$\overline{\text{INT0}}$	อินเตอร์รัพภายนอกตัวที่ 1
P3.3	13	$\overline{\text{INT1}}$	อินเตอร์รัพภายนอกตัวที่ 2
P3.4	14	T0	สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวจับเวลา/ตัวนับ0
P3.5	15	T1	สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวจับเวลา/ตัวนับ1
P3.6	16	$\overline{\text{WR}}$	สัญญาณควบคุมการเขียน
P3.7	17	$\overline{\text{RD}}$	สัญญาณควบคุมการอ่าน

การที่จะทำงานตามฟังก์ชันข้างบนได้ จะต้องติดตั้งโปรแกรมด้วยการส่งค่า '1' ไปแลทซ์ไว้ก่อนที่ให้ทำงานตามฟังก์ชันข้างบน

ขา RST (ขา 9) ต้องคงสถานะค่าสูงเป็นเวลาประมาณอย่างน้อยสองวัฏจักร ระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ทำงานขณะที่ต้องการรีเซตทั้งระบบงาน โดยจะต่อรีซิสเตอร์พูลดาวน์ จากขา RST ไปลงดินและเพื่อใช้ตัวชิฟรีเซตได้โดยอัตโนมัติ ขณะเปิดไฟจะใช้ตัวเก็บประจุต่อคร่อมระหว่างขา RST กับขา Vcc

ขา ALE/$\overline{\text{PROG}}$ (ขา 30) เป็นขาแอดเดรสแลทซ์อีนาเบิ้ลด้วยการส่งพัลซ์ออกไปใช้สำหรับแลทช์ ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ จากพอร์ต 0 ในระหว่างการเข้าถึงข้อมูลจากหน่วยความจำภายใน ALE จะถูกส่งสัญญาณนาฬิกาออกมาในอัตราความเร็วคงที่ ที่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ตลอดเวลาแม้บางช่วงจังหวะจะไม่มีการเข้าถึงข้อมูลจากภายใน ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้สัญญาณจากขานี้เป็นตัวจับเวลาภายนอกหรือความถี่สัญญาณนาฬิกาแต่อย่างไรก็ตามความถี่สัญญาณนี้จะลดความถี่ช้าลงไปเท่าหนึ่งระหว่างการทำงานแบบการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะยังใช้เป็นสัญญาณพัลซ์เข้า สำหรับการควบคุมการโปรแกรมอีพรอม ภายในชิป

ขา $\overline{\text{PSEN}}$ โปรแกรมสตอเรตอีนาเบิล (Program Storage Enable) เป็นสโตรบอ่านข้อมูลจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ขา 29) โปรแกรมหน่วยความจำภายนอก เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมภายนอก ขา PSEN จะสร้างสโตรบต่ำสองครั้งภายในแต่ละวัฏจักรแมชชีนสัญญาณจะมีสถานะสูงหรือต่ำทั้งสองลูกจะหายไปเมื่อทำงานในช่วงการอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก และPSEN จะไม่มีพัลส์ส่งออกถ้าชิปทำงานด้วยโปรแกรมหน่วยความจำภายใน

ขา $\overline{EA}$/Vpp (ขา 31) มีสถานะสูงตัวซีพียูในชิปจะทำงานตามโปรแกรมภายในหน่วยความจำภายใน ซึ่งการทำให้ EA มีสถานะต่ำจะเป็นการควบคุมให้ซีพียูทำงานตามโปรแกรมหน่วยความจำภายนอก ซึ่งขยายโปรแกรมได้ยาวถึง 64 กิโลไบต์ ในตัว 8031 AH และ 8032 AH ขา EA จะต้องต่อลงดินเช่นกันแม้ว่าจะไม่มี ROM อยู่ภายในก็ตาม ในตัว 8751 H จะใช้ขานี้จ่ายแรงดันขนาด 21 V ขณะทำการเขียนโปรแกรมเข้า EPROM ของชิป 8751 H ตัวนี้

ขา XTAL 1 (ขา 18) ใช้เป็นตัวอินพุตเข้าสู่ตัวออสซิลเลเตอร์ขยายแบบ INVERT

ตามตาราง MCS-51 ทั้งสามกลุ่ม คือ กลุ่มที่มี ROM ไม่มี ROM และพวก EPROM จะมีขาใช้งานเหมือนกันหมด ยกเว้นขา 1 จะใช้งานเป็น T2 และขา 2 เป็น T2EX ในเบอร์ 8032/8052 ตลอดถึงจังหวะเวลา และคุณสมบัติทางไฟฟ้าทั้งสามจะแตกต่างกัน เฉพาะการโปรแกรมบนชิป MCS-51 เท่านั้นซึ่งแต่ละแบบจัดไปตามความต้องการของผู้ใช้เช่น 8751 จะมี Ultraviolet Erasable Programmable Read Only Memory (EPROM) ขนาด 4 กิโลไบต์ เหมาะสำหรับการพัฒนาเครื่องต้นแบบ และการผลิตอุปกรณ์ที่มีจำนวนจำกัด เมื่อต้องการจะเขียนโปรแกรมเข้า EPROM จะมีตัวเขียนโปรแกรมพิเศษสำหรับเขียนโปรแกรมที่ผู้ออกแบบเขียนขึ้นมาได้ ถ้าโปรแกรมมีบักหรือส่วนผิดพลาดที่ต้องการจะแก้ไข ก็สามารถแก้ไขได้โดยการนำตัว 8751 นี้ไปล้างโปรแกรมเดิมออกด้วยแสงอุลตร้าไวโอเลต และอัดข้อมูลโปรแกรมที่ได้แก้ไขแล้วเข้าไปใหม่ ทำเช่นนี้จนกระทั่งได้โปรแกรมสมบูรณ์ และเมื่อต้องการผลิตจำนวนมากก็สามารถที่จะใช้ MCS-51 เบอร์ 8051 ที่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบต์ ซึ่งจะถูกอัดข้อมูลโปรแกรมความต้องการของผู้ออกแบบโดยโรงงานผู้ผลิตชิปเบอร์นี้ การผลิตลักษณะนี้จะถูกกว่าการใช้เบอร์ 8751 แต่โปรแกรมภายในจะไม่สามารถลบ และโปรแกรมใหม่ได้หลังการผลิตไปแล้ว

ส่วนเบอร์ 8031 จะไม่มีหน่วยความจำของโปรแกรมบนชิป แต่อาจต่อหน่วยความจำภายนอกด้วยรอม EPROM หรือ PROM ได้ถึง 64 กิโลไบต์ ดังนั้น 8031 จึงเหมาะสำหรับการใช้ที่โปรแกรมมีขนาดใหญ่กว่า 4 กิโลไบต์ และสำหรับผู้ออกแบบที่ต้องการแยกส่วนของโปรแกรมออกจากชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 โครงสร้างของไอซี MT8880C/MT8880C-1

2.12.1 การกรองของสัญญาณเรียก

รูปแบบของสัญญาณการเรียกซึ่งใช้ MT8880C/C-1 สามารถเลือกให้ตรวจจับระยะของโทน ซึ่งเหมือนกันกับระบบการเรียกของโทรศัพท์ในเน็ตเวิร์ค ความก้าวหน้าของสัญญาณการเรียกโทนอินพุตและสัญญาณความถี่คู่อินพุตร่วมกันอย่างไรก็ตามระบบความก้าวหน้าของสัญญาณโทนในการเรียกเท่านั้นที่จะตรวจจับเมื่อโหมด CP ถูกเลือก ไม่สามารถที่จะตรวจจับสัญญาณความถี่คู่ได้ ซึ่งความถี่อินพุตที่ให้มาภายในขอบเขตของแบนด์วิทของการกรองเป็นขอบเขตสูงสุดซึ่งผ่านการเปรียบเทียบด้วยเกณฑ์ที่สูงด้วยขา IRQ/CP เหมือนดังเอาต์พุต คลื่นเอาต์พุตรูปสี่เหลี่ยมได้รับจากสมิชต์ทริกเกอร์สามารถที่จะวิเคราะห์โดยไมโครโปรเซสเซอร์ หรือจัดการโดยเคาน์เตอร์ที่กำหนดลักษณะของการตรวจจับ CP โทน ความถี่ที่ต้องการตัดจะไม่ถูกตรวจสอบ และผลที่เกิดจากขา IRQ/CP จะเหลือค่าต่ำ

2.12.2 เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่คู่

การใช้ชุดส่งสัญญาณความถี่คู่ใน MT8880C/C-1 สามารถที่จะให้กำเนิดสัญญาณความถี่คู่โทนคู่ทั้งหมด 16 สัญญาณ ด้วยสัญญาณรบกวนต่ำและความแน่นอนสูง ความถี่ทั้งหมดได้มาจากอุปกรณ์ภายนอกคือ คริสตอล 3.579545 MHz สัญญาณรูปคลื่นของโทนแต่ละอันจะเป็นดิจิตอลประกอบกันโดยการใช้แถวและคอลัมน์ในการแบ่งโปรแกรมและสวิตช์ที่ตัวเก็บประจุจะทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอกและทำการกรองให้เป็นสัญญาณความถี่คู่ตามที่กำหนดโดยมีฮาโมนิคต์โดยรวมต่ำและมีความแน่นอนสูงซึ่งจะเหมือนกับรหัสที่ได้รับทางเอาต์พุตสัญญาณโทนที่ถูกสร้างกำเนิดขึ้นมา เป็นสัญญาณอ้างอิงด้วยสัญญาณโทนกลุ่มต่ำ คือ 697, 770, 852 และ 941 เฮิรตซ์ และความถี่กลุ่มสูง คือ 1209, 1336, 1477 และ 1633 เฮิรตซ์ อัตราส่วนแอมปลิจูดของกลุ่มต่ำและกลุ่มสูงคือ 2 เดซิเบล ที่ชดเชยจากการลดทอนของกลุ่มสูงในลูปที่ยาว

2.12.3 เครื่องกำเนิดสัญญาณโทน

วิธีกำเนิดสัญญาณโทนโดยการเรียงตัวของสัญญาณโทนจากกลุ่มต่ำหรือกลุ่มสูง เป็นตัวกำเนิดในโหมดนี้สามารถใช้สัญญาณความถี่คู่ซึ่งเป็นส่วนประกอบในการตรวจสอบการกำเนิดสัญญาณโทนที่เป็นารยอมรับและแตกต่างจากการใช้เครื่องวัด โดยลักษณะและรายละเอียดต่างๆ จะถูกควบคุมโดยรีจิสเตอร์ B

2.12.4 การติดต่อระหว่างตัวประมวลผล

การใช้ MT8880C/C-1 เป็นอุปกรณ์ต่อร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งสามารถควบคุมฟังก์ชันการรับและส่งได้ ภายในตัวนี้จะมีรีจิสเตอร์ 5 ตัว ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอุปกรณ์ต่อร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครโปรเซสเซอร์ สามารถแบ่งย่อยได้ 3 ประเภท คือ การถ่ายโอนข้อมูล, ควบคุมการรับ-ส่งและรีจิสเตอร์ 2 ตัว จะทำงานสัมพันธ์กันกับการถ่ายโอนข้อมูล

ความจุของรีจิสเตอร์ในการรับข้อมูลจากรหัสเอาต์พุตของสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่ถูกถอดรหัสและรีจิสเตอร์ตัวนี้จะอ่านได้อย่างเดียว โดยข้อมูลที่เข้ามาในรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลจะกำหนดให้เป็นตัวกำเนิดความถี่ดีทีเอ็มเอฟซึ่งจะเหมือนกับแอดเดรสที่ว่าง ในการเขียนให้ CRB ทำงานให้สำเร็จโดยการตั้งค่าบิต CRA มันจะทำงานตามการเขียนเหมือนกับแอดเดรสตรง CRB และหลังจากการเขียนไซเคิลต่อมาจะกลับทิศทางไปยัง CRA โปรแกรมทุกโปรแกรมจะประกอบด้วยจุดเริ่มต้นควบคุม และสถานะของรีจิสเตอร์หลังจากจ่ายไฟหรือรีเซตอ้างอิงจากตารางที่ 2.4, 2.5, 2.6 และ 2.7 สำหรับรายละเอียดการควบคุมรีจิสเตอร์ขา $\overline{\text{IRQ}}$/CP สามารถโปรแกรมได้โดยการจัดเตรียมการอินเตอร์รัพ ในการอินเตอร์รัพจะเกิดขึ้นเมื่อมีการป้อนสัญญาณดีทีเอ็มเอฟหรือมีการเตรียมการส่งข้อมูล

ตารางที่ 2.4 ฟังก์ชั่นของหน่วยความจำภายใน

RS0	R/$\overline{\text{W}}$	ฟังก์ชั่น
0	0	เขียนข้อมูล
0	1	อ่านจากหน่วยความจำข้อมูลทางด้านรับ
1	0	เขียนไปควบคุมหน่วยความจำ
1	1	อ่านจากสถานะหน่วยความจำ

ตารางที่ 2.5 ตำแหน่งบิต CRA

b3	b2	b1	b0
RSEL	IRQ	CP/$\overline{\text{DTMF}}$	TOUT

ตารางที่ 2.6 ตำแหน่งบิต CRB

B3	b2	b1	b0
C/$\overline{\text{R}}$	S/$\overline{\text{D}}$	TEST	BURST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ลักษณะการควบคุมรีจิสเตอร์ A

บิต	ชื่อ	ฟังก์ชั่น	ลักษณะ
B0	TOUT	โทนเอาต์พุต	ถ้าเป็นลอจิก '1' จะทำให้สามารถใช้โทนเอาต์พุตได้
B1	CP/$\overline{\text{DTMF}}$	รูปแบบการควบคุม	ในโหมดความถี่คู่ (ลอจิก '0') จะสามารถกำเนิดและรับสัญญาณให้หมุนได้ ถ้าเป็นลอจิก '1' จะเป็นโหมดของ CP จะสามารถใช้แบนด์พาสฟิลเตอร์ 6th จะสามารถตรวจจับ CP ได้ มันจะรับสัญญาณ CP โทนเฉพาะเมื่อขา $\overline{\text{IRQ}}$/CP เป็น 1 เมื่อมีการเลือกทั้งโหมด CP และโหมด BURST ซึ่งจะมีการจ่ายสัญญาณความถี่คู่ออกมาและหยุดเป็นเวลา 102 มิลลิวินาที
B2	IRQ	อินเตอร์รัพต์เอ็นเนเบิล	จะสามารถเป็นอินเตอร์รัพโหมดได้เมื่อ b2 เป็นลอจิก '1' เมื่อโหมดนี้ทำงานและ b1 = 0 จะทำให้ขา $\overline{\text{IRQ}}$/CP เป็นลอจิก '0' การรับสัญญาณความถี่คู่จะมีช่วงเวลาเผื่อไว้ระหว่างสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่รับเข้ามา
B3	RSEL	การเลือกหน่วยความจำ	เป็นลออจิก '1' จะสามารถใช้รีจิส-เตอร์ B ได้ในไซเคิลถัดไป มันจะควบคุมแอดเดรสรีจิสเตอร์ของรีจิส-เตอร์ B อีกที การควบคุมรีจิสเตอร์จะถูกควบคุมโดยรีจิสเตอร์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ลักษณะสถานะของรีจิสเตอร์

บิต	ชื่อ	ลักษณะการตั้งค่าแฟลก	ลักษณะการลบค่าแฟลก
b0	IRQ	ถ้ามีการอินเตอร์รัพต์บิตแรกหรือบิตที่ 2 จะเป็น 1	จะไม่มีการอินเตอร์รัพต์จะลบหลังจากมีการอ่านสถานะของรีจิสเตอร์
b1	การส่งรีจิสเตอร์หน่วยความจำ	หยุดดูว่ามีการสิ้นสุดของพัลส์โหมดหรือยังและพร้อมที่จะส่งข้อมูลตัวใหม่	จะลบหลังจากมีการอ่านสถานะของรีจิสเตอร์
b2	การรับข้อมูลรีจิส-เตอร์หน่วยความจำ	เมื่อมีการรับข้อมูลเข้ามาจะทำให้ b2 เป็น 1	จะลบหลังจากมีการอ่านสถานะของรีจิสเตอร์
b3	$\overline{\text{DELAYED}}$ $\overline{\text{STEERING}}$	จะทำการตรวจสอบสัญญาณความถี่คู่ ที่ส่งออกไป	จะลบหลังจากมีการตรวจจับสัญญาณความถี่คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์ ทำการออกแบบวงจรเป็นส่วนต่างๆ คือ วงจรในส่วนของแต่ละชุมสาย ส่วนวงจรกำเนิดสัญญาณโทน วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง วงจรแหล่งจ่ายไฟ จะสร้างขึ้นมาเพียงชุดเดียวและจ่ายให้กับทุกชุมสายเพื่อความประหยัด และลดสภาวะการทำงานที่ซับซ้อนของวงจรโดยในแต่ละชุมสายประกอบด้วย สองแผงวงจร คือ

1) แผงวงจรคู่สายภายใน

2) แผงวงจรควบคุม ซึ่งประกอบด้วยวงจรส่วนต่างๆ ดังนี้

2.1) วงจรสวิตช์เมตริกซ์

2.2) วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่คู่

2.3) วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่

และการจัดวางอุปกรณ์ลงกล่องได้ออกแบบให้ทั้ง 6 ชุมสายจัดวางอยู่ในกล่องเดียวกันเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ส่วนการแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ใช้พอร์ตปริ๊นซ์เตอร์ในการเชื่อมต่อระหว่างชุดสาธิตกับคอมพิวเตอร์

3.2 การออกแบบ

ในการออกแบบและการสร้าง ชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์ ได้ออกแบบโดยเน้นความประหยัด มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง มีขนาดเล็ก โดยชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์สามารถแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆได้ 2 ส่วน คือ

3.2.1 โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์

เป็นส่วนของวงจรทั้งหมดโดยในหนึ่งชุมสายประกอบด้วย แผงวงจรควบคุมภายในชุมสาย และวงจรคู่สายภายใน ส่วนของวงจรควบคุมแต่ละชุมสายประกอบด้วย วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง วงจรกำเนิดสัญญาณโทน วงจรแหล่งจ่ายไฟ และแผงวงจรควบคุม

3.2.2 โครงสร้างทางด้านซอฟต์แวร์

เป็นส่วนของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของวงจรส่วนต่างๆ

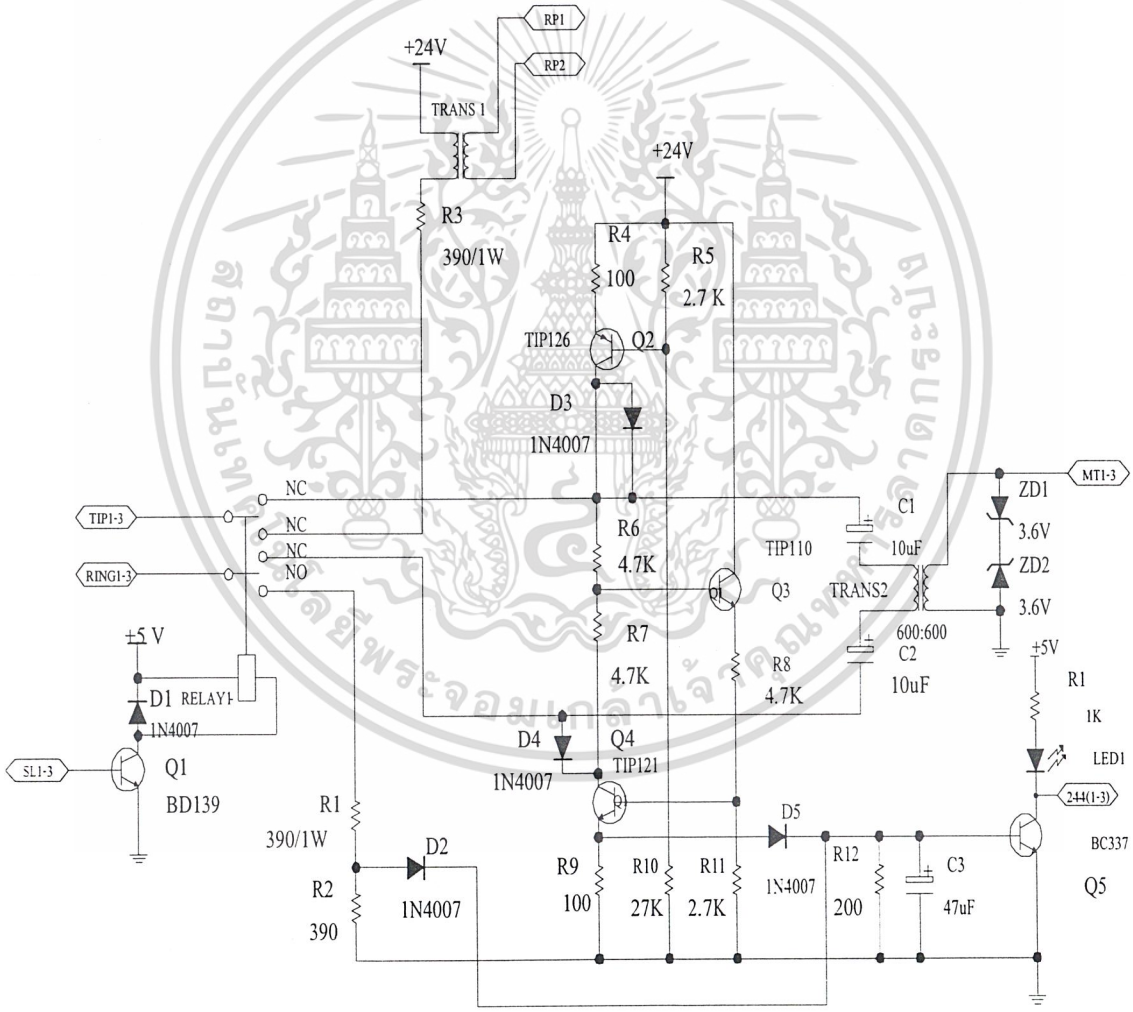
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์

โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์จะประกอบด้วยวงจรส่วนสำคัญ 7 ส่วนดังนี้

3.3.1.วงจรคู่สายภายใน

วงจรของคู่สายภายในจะทำหน้าที่ตรวจสอบการยกหูของเครื่องโทรศัพท์ ตั้งแต่เครื่องที่ 1-3 ถ้าเครื่องใดทำการยกหูโทรศัพท์ วงจรนี้ก็จะส่งสัญญาณไปยังซีพียู เพื่อแจ้งให้ทราบว่าเครื่องโทรศัพท์ที่ยกหูนั้นเป็นเครื่องที่เท่าไร ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่ตรวจสอบการยกหูแล้ววงจรในภาคนี้ยังมีหน้าที่คือ ตัดต่อสัญญาณเรียกโดยใช้ขาควบคุมสัญญาณเรียก

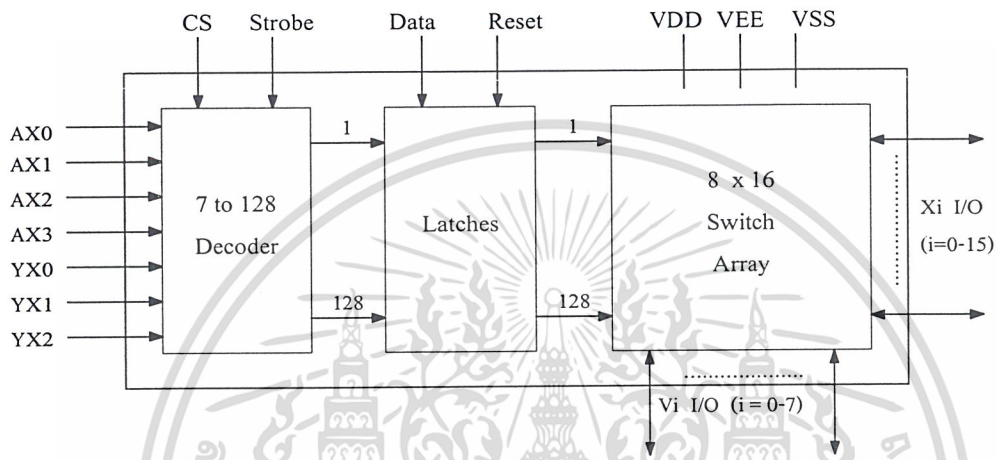


รูปที่ 3.1 วงจรคู่สายภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.วงจรเมตริกซ์สวิตช์

วงจรนี้จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ในการตัดต่อวงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์เข้ากับคู่สายภายนอกจากวงจรเชื่อมคู่สายภายนอก โดยทำหน้าที่ในการติดต่อวงจรภาคไลน์การ์ดของเครื่องที่ 1-3 เข้าด้วยกัน ทำการตัดต่อวงจรภาคไลน์การ์ดเข้ากับวงจรสร้างสัญญาณโทน



รูปที่ 3.2 วงจรเมตริกซ์สวิตช์

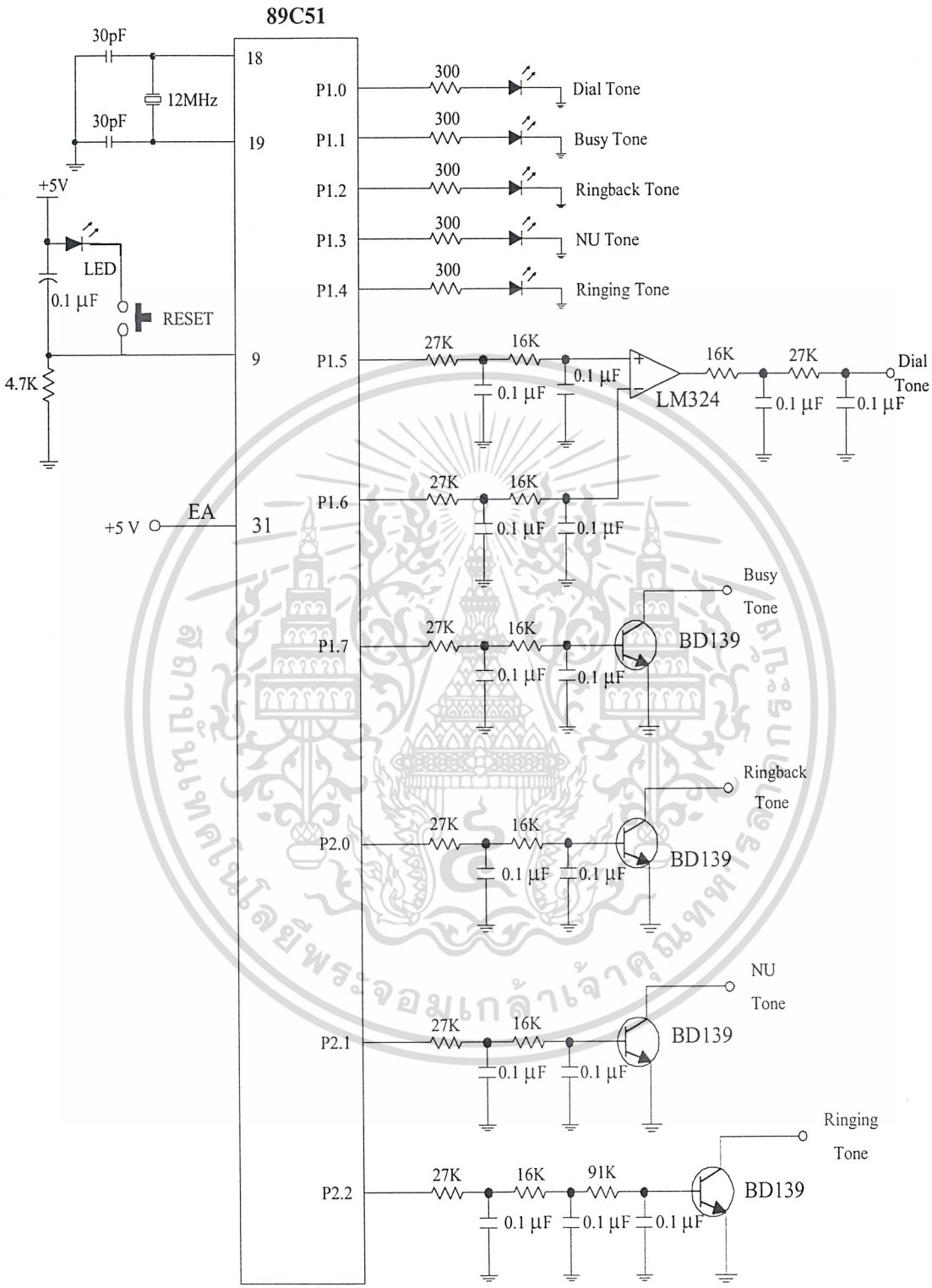
จากรูปที่ ใช้ไอซี MT8816 เป็น 8x16 ครอสพอยน์สวิตซ์ใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ และ –5 โวลต์ โดยที่ขา y1-y3 จะต่อเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ ส่วน X0-X15 จะเชื่อมต่อกับสัญญาณโทนต่างๆ และจะมีขา CS ,Strobe Data และ Reset เพื่อใช้ในการควบคุมการติดต่อ ซึ่งไอซี 8816 นี้มีขา Ax0-Ax3 และ Ay0-Ay2 ซึ่งขาทั้งหมดนี้จะต่อเชื่อมเข้ากับพอร์ต A ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะใช้ในการคอนโทรลให้สวิทช์ที่ต้องการต่อเข้าด้วยกัน

3.3.3.วงจรกำเนิดสัญญาณโทน

วงจรนี้จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้หมุนสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับเพื่อส่งไปให้เครื่องโทรศัพท์เครื่องลูกทั้ง 3 เครื่องในแต่ละชุมสาย จากรูปเป็นวงจรสร้างสัญญาณโทนทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ส่งมาจากซีพียู ได้แก่ สัญญาณให้หมุน สัญญาณสายไม่ว่าง สัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณไม่มีเลขหมาย เอาต์พุตจะต่อเข้ากับเมตริกซ์สวิตช์ต่อไป

การทำงานของวงจรนี้ จะรับสัญญาณโทนที่กำเนิดจากไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C51 โดยจะรับสัญญาณดังกล่าวมาทำการแปลงรูปสัญญาณ คือจากที่ไมโครคอนโทรลเลอร์กำเนิดออกมาเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 400 เฮิรตซ์ มาเป็นสัญญาณรูปไซน์ความถี่ 400 เฮิรตซ์ แล้วจึงส่งต่อไปยังวงจรในภาคเมตริกซ์สวิตช์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

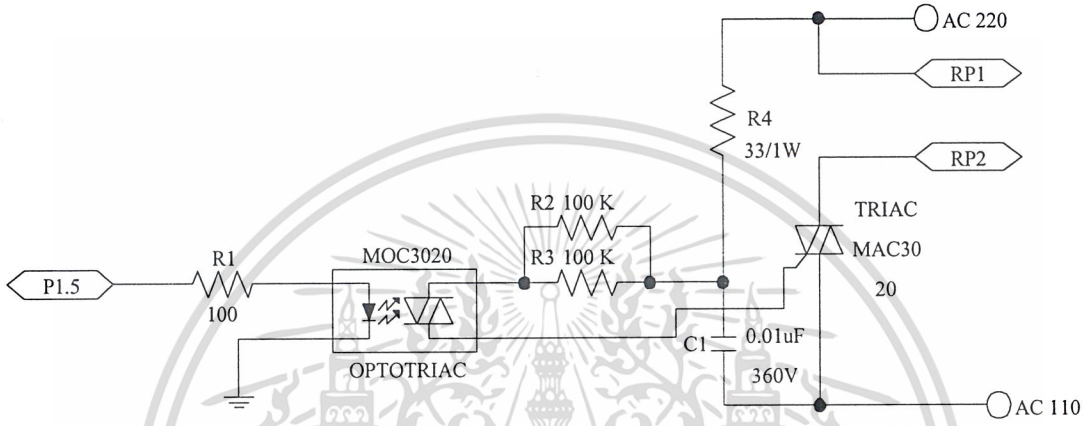


รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณโทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

วงจรในส่วนของวงจรสร้างสัญญาณกระดิ่งนี้ จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปให้เครื่องโทรศัพท์ภายในที่ต้องการติดต่อเพื่อทำการเรียกโดยอาศัยการควบคุมการส่งสัญญาณจากซีพียู ซีพียูจะสั่งงานให้ออฟโตไอโซเลเตอร์ทำงาน ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมให้ไตรแอคทำงานต่อไปนั่นเอง



รูปที่ 3.4 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

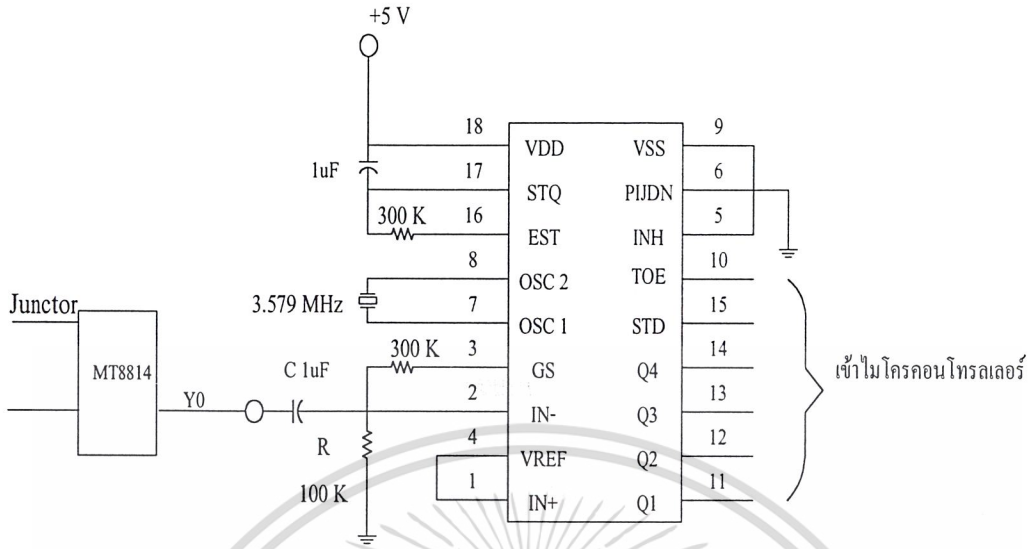
3.3.5.วงจรสร้างสัญญาณความถี่คู่

วงจรนี้จะสร้างสัญญาณความถี่คู่ เพื่อส่งไปยังเมตริกซ์สวิตซ์ให้จ่ายไปยังชุมสายปลายทางทำการวิเคราะห์เลขหมายที่ชุมสายต้นทางต้องการติดต่อ โดยวงจรที่ใช้จะใช้ไอซีเบอร์ UM91914B ซึ่งจะสร้างสัญญาณความถี่คู่ออกมาตามที่กดคีย์เลขหมายต่างๆ โดยมีเอาต์พุตของวงจรต่อเข้ากับวงจรเมตริกซ์สวิตซ์ เพื่อรอจ่ายให้กับชุมสายปลายทางตามการสั่งของซีพียูต่อไป

3.3.6.วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่

วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ โดยใช้ไอซีเบอร์ MT8870 เป็นตัวถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ อันเกิดจากการกดคีย์ที่หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์โดยวงจรนี้จะรับสัญญาณเข้ามาจากชุมสายปลายทาง จากนั้นจะทำการถอดรหัสสัญญาณเป็นรหัสไบนารี 4 บิต และในขณะที่มีการกดคีย์จะทำให้ขาสโตรบซึ่งเป็นเอาต์พุตของไอซี MT8870 ส่งสัญญาณไปยังซีพียูเพื่อให้ทราบว่ามีการกดคีย์โทรศัพท์ ซีพียูจะรับข้อมูลซึ่งเป็นรหัสไบนารี่ไปทำงานตามคีย์ที่กดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่

รูปที่ 3.5 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ วงจรนี้ใช้ไอซี MT8870 เป็นตัวถอดรหัสความถี่คู่ โดยที่สามารถทำการถอดรหัสความถี่ออกมา เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่นี้ จะต่อกันกับสวิตช์เมตริกซ์ทางขา y0-y3 ส่วนขาสโตรบและ TOE จะต่อกับพอร์ตของซีพียูต่อไป

1) คุณสมบัติของไอซี MT8870

1.1) เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่คู่

1.2) กินไฟน้อยใช้ไฟเลี้ยงระดับกับไอซีตระกูลทีทีแอล

1.3) สามารถตั้งอัตราขยายในตัวไอซีได้

1.4) เป็นไอซีที่มีคุณภาพ

2) หน้าที่การทำงานของไอซี MT8870

2.1) นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล

2.2) เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล

2.3) ใช้งานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด

2.4) ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์

2.5) ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อยหรือพีเอบีเอ็กซ์

2.6) ใช้งานในด้านโทรศัพท์ทั่วไป

2.7) การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

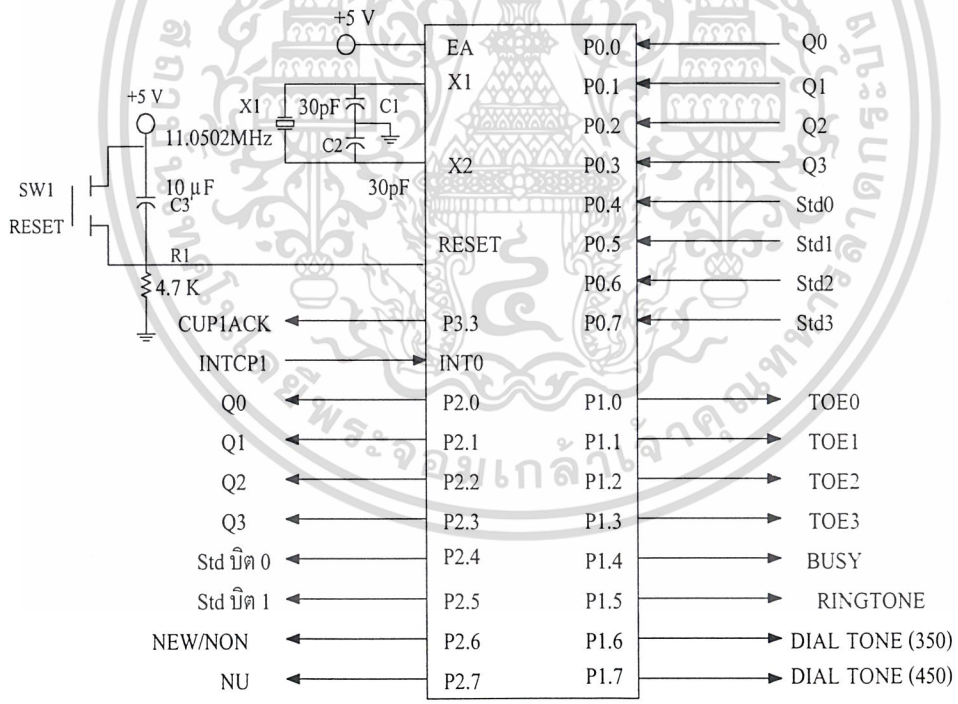
3.3.7.วงจรแหล่งจ่ายไฟ

วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้แก่วงจรภายในเครื่องทั้งหมด ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง +5 โวลต์, -5โวลต์, +12 โวลต์ ,-12 โวลต์ , + 24 โวลต์ โดยจะใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายเป็นแหล่งจ่าย และแหล่งไฟกระแสสลับ 110 โวลต์

3.4 โครงสร้างทางด้านซอร์ฟแวร์

3.4.1 หลักการออกแบบ

ในการออกแบบภาคการควบคุมของปริญญานิพนธ์ใช้ไอซี AT89C51 เป็นตัวประมวลผลกลางและควบคุมการทำงานหลักของชุมสายโทรศัพท์แต่ละชุมสายโดยใช้โปรแกรมภาษาแอสเซ็มบลี้เป็นโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรโดยมีไอซี AT89C51 อีกตัวเป็นตัวกำเนิดสัญญาณโทนต่าง ๆ และควบคุมการจ่ายสัญญาณกระดิ่ง



รูปที่ 3.6 การกำหนดพอร์ตของ ไอซี AT89C51 ในวงจรกำเนิดสัญญาณโทน

โดยไอซี AT89C51 ในวงจรกำเนิดสัญญาณโทนนั้นจะจ่ายสัญญาณโทนต่างๆ ออกมาตลอดเวลาทางพอร์ต 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การกำหนด พอร์ตของ ไอซี AT89C51 ในวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

พอร์ต P1.0 เป็นไฟแสดงสถานะของสัญญาณให้หมุน

พอร์ต P1.1 เป็นไฟแสดงสถานะของสัญญาณสายไม่ว่าง

พอร์ต P1.2 เป็นไฟแสดงสถานะของสัญญาณเรียก

พอร์ต P1.3 เป็นไฟแสดงสถานะของสัญญาณไม่มีเลขหมาย

พอร์ต P1.4 เป็นไฟแสดงสถานะของสัญญาณเรียกกลับ

พอร์ต P1.5 จ่ายสัญญาณให้หมุน

พอร์ต P1.6 จ่ายสัญญาณสายไม่ว่าง

พอร์ต P1.7 จ่ายสัญญาณเรียก

พอร์ต P2.0 จ่ายสัญญาณไม่มีเลขหมาย

พอร์ต P2.1 จ่ายสัญญาณเรียกกลับ

พอร์ต P2.2 จ่ายสัญญาณควบคุมการทำงานของกระดิ่ง

โดยสัญญาณทุกสัญญาณจะจ่ายออกมาตลอดเวลาที่เครื่องทำงาน และสัญญาณจะไปรออยู่ที่วงจรเมตริกซ์สวิตช์เพื่อรอให้ ไอซีเบอร์ 89C51 ในแผงวงจรควบคุมในชุมสายสั่งให้เมตริกซ์สวิตช์จ่ายสัญญาณต่างๆ ไปยังคู่สายที่ต้องการใช้ต่อไป

ในส่วนของแผงวงจรควบคุมภายในแต่ละชุมสายจะมี ไอซี 89C51 อีกตัวเป็นตัวควบคุมการทำงานในแต่ละชุมสาย โดย จะมีการกำหนดพอร์ตใช้งานดังนี้

2) การกำหนดพอร์ทของ ไอซี 89C51 ในแผงวงจรควบคุมภายในชุมสาย

พอร์ต 0 ใช้ในการตรวจสอบสภาวะการวางหู – ยกหู ของเครื่องโทรศัพท์

พอร์ต P0.0 ตรวจสอบสภาวะการติดต่อจากต่างชุมสาย

พอร์ต P0.1 ตรวจสอบสภาวะการติดต่อจากต่างชุมสาย

พอร์ต P0.2 ตรวจสอบสภาวะการติดต่อจากต่างชุมสาย

พอร์ต P0.3 ตรวจสอบสภาวะการยกหู – วางหู ของเครื่องโทรศัพท์เครื่องที่ 1

พอร์ต P0.4 ตรวจสอบสภาวะการยกหู – วางหู ของเครื่องโทรศัพท์เครื่องที่ 2

พอร์ต P0.5 ตรวจสอบสภาวะการยกหู – วางหู ของเครื่องโทรศัพท์เครื่องที่ 3

พอร์ต P0.6 ควบคุมการทำงานของไอซี 74HC373 ตัวที่ 1

พอร์ต P0.7 ควบคุมการทำงานของไอซี 74HC373 ตัวที่ 2

พอร์ต 1 ใช้ควบคุมการเข้ารหัส - ถอดรหัสสัญญาณ ดีทีเอ็มเอฟ

พอร์ต P1.0 เข้ารหัส – ถอดรหัส บิตที่ 3

พอร์ต P1.1 เข้ารหัส – ถอดรหัส บิตที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต P1.2 เข้ารหัส – ถอดรหัส บิตที่ 1

พอร์ต P1.3 เข้ารหัส – ถอดรหัส บิตที่ 0

พอร์ต P1.4 เซ็ตสภาวะการทำงานของไอซี MT8880C (ขาCS) และไอซี MT8870 (ขา TOE)

พอร์ต P1.5 เซ็ตสภาวะการทำงานของ ไอซี MT8880C (ขา RS0)

พอร์ต P1.6 เซ็ตสภาวะการทำงานของ ไอซี MT8880C ให้เป็นเข้ารหัส หรือ ถอดรหัส (ขา R/W ถ้าเป็นสภาวะเป็น 1 เป็นการถอดรหัส สภาวะเป็น 0 เป็นการเข้ารหัส)

พอร์ต P1.7 เซ็ตสภาวะการทำงานของ ไอซี MT8880C (Ø2)

พอร์ต 2 ใช้ควบคุมวงจรเมตริกซ์สวิตช์ ในแผงควบคุมภายในวงจร และรีเลย์ที่วงจรคู่สายภายในผ่านทาง ไอซี 74HC373 ตัวที่ 1 และ 2

พอร์ต P2.0 เซ็ตสภาวะข้อมูลบิตที่ 0 ของ ไอซี 74HC373

พอร์ต P2.1 เซ็ตสภาวะข้อมูลบิตที่ 1 ของ ไอซี 74HC373

พอร์ต P2.2 เซ็ตสภาวะข้อมูลบิตที่ 2 ของ ไอซี 74HC373

พอร์ต P2.3 เซ็ตสภาวะข้อมูลบิตที่ 3 ของ ไอซี 74HC373

พอร์ต P2.4 เซ็ตสภาวะข้อมูลบิตที่ 4 ของ ไอซี 74HC373

พอร์ต P2.5 เซ็ตสภาวะข้อมูลบิตที่ 5 ของ ไอซี 74HC373

พอร์ต P2.6 เซ็ตสภาวะข้อมูลบิตที่ 6 ของ ไอซี 74HC373

พอร์ต P2.7 เซ็ตสภาวะข้อมูลบิตที่ 7 ของ ไอซี 74HC373

3.5 ระบบการทำงานของชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์

ในการออกแบบชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสาย ได้ออกแบบให้แต่ละชุมสายมีคู่สายภายใน 3 คู่สาย สามารถติดต่อกับคู่สายภายในชุมสายและนอกชุมสายได้โดยอาศัยหลักการทำงานดังนี้

เมื่อมีเครื่องโทรศัพท์ถูกยกหูขึ้นเพื่อทำการติดต่อกับคู่สายที่ต้องการ ส่วนควบคุมจะตรวจจับได้ว่ามีคู่สายที่ยกหูก็จะสั่งให้สวิตซ์เมตริกซ์ต่อสัญญาณให้หมุนเลขหมาย เมื่อผู้ใช้ได้ยินเสียงสัญญาณก็จะกดเลขหมายปลายทางที่ต้องการติดต่อ ให้ส่วนควบคุมทำการประมวลผลรหัสที่ส่งมาแล้วสั่งให้วงจรกำเนิดสัญญาณดีทีเอ็มเอฟจ่ายสัญญาณดีทีเอ็มเอฟตามรหัสที่สั่งมาผ่านทางวงจรสวิตซ์เมตริกซ์ จากนั้นสัญญาณความถี่คู่จะถูกนำไปถอดรหัสเป็นสัญญาณดิจิตอล ที่วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ แล้วส่งกลับมาให้ ส่วนควบคุมอีกครั้งเพื่อทำการประมวลผลว่าเป็นการเรียกภายในชุมสายหรือนอกชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 กรณีเป็นการเรียกภายในชุมสาย

เมื่อส่วนควบคุม ทำการประมวลผลได้ว่าเป็นการเรียกภายในชุมสายก็จะทำการตรวจสอบสภาวะของคู่สายที่ถูกเรียก

1) ถ้าว่าง

สั่งให้วงจรสวิตซ์เมตริกซ์ต่อสัญญาณกระดิ่งจากวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งไปยังคู่สายปลายทางและจ่ายสัญญาณเรียกลับไปยังคู่สายต้นทางผ่านทางวงจรสวิตซ์เมตริกซ์ จนเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ที่คู่สายปลายทาง ส่วนควบคุมจะตรวจสอบได้ว่ามีการยกหูแล้ว ก็จะสั่งให้สวิตช์เมตริกซ์ตัดสัญญาณ ออกทั้งสองสัญญาณ แล้วต่อคู่สายทั้งสองให้สามารถคุยกันได้กัน

เมื่อคุยกันเสร็จแล้วมีการวางหูโทรศัพท์ ส่วนควบคุมจะทำการตรวจสอบว่าคู่สายใดที่วางหูหากคู่สายที่วางหูเป็นคู่สายต้นทาง ส่วนควบคุมก็จะสั่งเคลียร์เส้นทางทั้งหมด หากคู่สายที่วางหูเป็นคู่สายปลายทางเส้นทางจะยังต่อถึงกันอยู่ยังไม่มีการเคลียร์เส้นทางในทันทีทันใด จนกว่าเวลาจะผ่านไป 90 วินาที จึงจะเคลียร์เส้นทาง ซึ่งในระหว่าง 90 วินาทีนี้หากว่าคู่สายปลายทางยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาก็จะสามารถคุยกันได้ต่อ

2) ถ้าไม่ว่าง

สั่งให้วงจรกำเนิดสัญญาณจ่ายสัญญาณสายไม่ว่างไปยังคู่สายต้นทางเพื่อให้คู่สายต้นทางทราบว่าคู่สายที่ต้องการติดต่อไม่ว่าง จนกระทั่ง 2 นาทีหากไม่มีการวางสายก็จะหยุดส่งสัญญาณหรือหากมีการวางสายก็จะทำการเคลียร์เส้นทา ง

3) ถ้าไม่มีคู่สายที่ต้องการติดต่อ

สั่งให้วงจรกำเนิดสัญญาณ จ่ายสัญญาณไม่มีเลขหมายไปยังคู่สายต้นทางให้ทราบว่าไม่มีคู่สายที่ต้องการติดต่อ จนกระทั่ง 2 นาทีหากไม่มีการวางสายก็จะหยุดส่งสัญญาณ หรือหากมีการวางสายก็จะทำการเคลียร์เส้นทา ง

3.5.2 กรณีเป็นการเรียกต่างชุมสาย

เมื่อทำการประมวลผลได้ว่าเป็นการเรียกออกไปยังชุมสายปลายทางใดส่วนควบคุมของชุมสายต้นทางก็จะตรวจสอบเส้นทางไปยังชุมสายปลายทางผ่านทางแผงวงจรควบคุมหลัก ส่วนควบคุมในแผงวงจรควบคุมหลักจะตรวจสอบสภาวะของเส้นทางระหว่างชุมสายถ้ามีเส้นทางระหว่างชุมสายว่างก็จะส่งสัญญาณให้ ส่วนควบคุมของชุมสายปลายทางตรวจสอบสภาวะของคู่สายปลายทางว่าว่างหรือไม่

1) ถ้าว่าง

ส่วนควบคุมของชุมสายปลายทางจะส่งสัญญาณ ไปยังส่วนควบคุมในแผงวงจรควบคุมหลักให้รู้ว่าคู่สายที่ต้องการติดต่อว่างอยู่ส่วนควบคุมในแผงวงจรควบคุมหลักก็จะส่งสัญญาณไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนควบคุมของชุมสายต้นทางให้รู้ว่าคู่สายที่ต้องการติดต่อว่างแล้ว ส่วนควบคุมในแผงวงจรหลักจะสั่งให้วงจรสวิตซ์เมตริกซ์ในแผงวงจรควบคุมหลักต่อสัญญาณกระดิ่งไปยังคู่สายปลายทางและจ่ายสัญญาเรียกกลับไปยังคู่สายต้นทางผ่านทางวงจรสวิตซ์เมตริกซ์ของแต่ละชุมสาย จนเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ที่คู่สายปลายทาง ส่วนควบคุมของชุมสายปลายทางจะตรวจสอบได้ว่ามีการยกหูแล้วก็จะส่งสัญญาณให้ ส่วนควบคุม ของแผงวงจรควบคุมหลักรู้ว่ามีการยกหูโทรศัพท์ตอบรับการเรียก ส่วนควบคุมของแผงวงจรควบคุมหลักจะสั่งให้สวิตช์เมตริกซ์ในแผงวงจรควบคุมหลักตัดสัญญาณกระดิ่งและสัญญาณเรียกลับออก แล้วให้สวิตช์เมตริกซ์ทำการต่อเส้นทางทั้งสองชุมสายให้สามารถคุยกันได้เมื่อคุยกันเสร็จแล้วมีการวางหูโทรศัพท์ ส่วนควบคุม ของแผงวงจรหลักจะทำการตรวจสอบว่าคู่สายใดที่วางหูก่อนหากคู่สายที่วางหูก่อนเป็นคู่สายต้นทาง ก็จะสั่งให้ทั้งสองชุมสายเคลียร์เส้นทางทั้งหมด หากคู่สายที่วางหูก่อนเป็นคู่สายปลายทางเส้นทางจะยังไม่มีการเคลียร์เส้นทางในทันทีทันใด จนกว่าเวลาจะผ่านไป 90 วินาที จึงจะสั่งให้ชุมสายทั้งสองเคลียร์เส้นทาง ซึ่งในระหว่าง 90 วินาทีนี้หากว่าคู่สายปลายทางยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาก็จะสามารถคุยกันได้ต่อ แต่หากว่าในระหว่างนี้คู่สายต้นทางวางหู ส่วนควบคุมก็จะสั่งให้ชุมสายทั้งสองเคลียร์เส้นทางทันที

2) ถ้าไม่ว่าง

ส่วนควบคุมของแผงวงจรควบคุมหลักก็จะส่งสัญญาณไปให้ชุมสายต้นทางรู้ว่าสายไม่ว่าง ชุมสายต้นทางจะสั่งให้วงจรสวิตซ์เมตริกซ์ในแผงวงจรควบคุมในชุมสายต่อสัญญาณสายไม่ว่างไปยังคู่สายต้นทางต่อไปเพื่อให้คู่สายต้นทางทราบว่าคู่สายที่ต้องการติดต่อไม่ว่างจนกระทั่ง 2 นาที หากไม่มีการวางสายก็จะหยุดส่งสัญญาณแล้วเคลียร์เส้นทาง หรือหากมีการวางสายก็จะทำการเคลียร์เส้นทางทันที

3) ถ้าไม่มีคู่สายที่ต้องการติดต่อ

สั่งให้วงจรสวิตซ์เมตริกซ์ต่อสัญญาณไม่มีเลขหมายจากวงจรกำเนิดสัญญาณไปยังคู่สายต้นทางให้ทราบว่าไม่มีคู่สายที่ต้องการติดต่อ จนกระทั่ง 2 นาทีหากไม่มีการวางสายก็จะหยุดส่งสัญญาณแล้วเคลียร์เส้นทาง หรือหากมีการวางสายก็จะทำการเคลียร์เส้นทางทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์สร้างขึ้นเพื่อแสดงการเชื่อมต่อของชุมสายและแสดงการส่งสัญญาณระหว่างชุมสาย ซึ่งในบทที่ 1-3 ได้กล่าวถึง แนวความคิดทฤษฎีการออกแบบและการสร้างมาแล้วในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองการทำงานของวงจรในระบบของชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์

ในการทดลองแยกทำการทดลองในแต่ละวงจร ก่อนที่จะทดลองการทำงานของชุดสาธิตเมื่อประกอบเป็นเครื่องต้นแบบเรียบร้อยแล้ว

4.2 การทดลองวงจรคู่สายภายใน

4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

1) นำโทรศัพท์มาต่อเข้ากับแผงวงจร ที่ขา 4 และ ขา 5

2) จ่ายไฟเลี้ยง 24 , 5 และ 0 โวลต์ ให้วงจรที่ขา 1, 2 และ 9 ตามลำดับ

3) ทดลองยกหูและวางหูโทรศัพท์ สังเกตสภาวะของ LED และวัดค่าแรงดันที่ขา 6 ของแผงวงจร

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรคู่สายภายใน

	วางหูโทรศัพท์	ยกหูโทรศัพท์
สถานะของ LED	ดับ	ติด
แรงดันที่ ขา 1	24 โวลต์	24 โวลต์
แรงดันที่ ขา 2	5 โวลต์	5 โวลต์
แรงดันที่ ขา 3	3.6 โวลต์	3.6 โวลต์
แรงดันที่ ขา 4	23 โวลต์	12 โวลต์
แรงดันที่ ขา 5	12 โวลต์	10 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ผลการทดลองวงจรคู่สายภายใน

	วางหูโทรศัพท์	ยกหูโทรศัพท์
แรงดันที่ ขา 6	3.5 โวลต์	0 โวลต์
แรงดันที่ ขา 7	5 โวลต์	0 โวลต์
แรงดันที่ ขา 8	24 โวลต์	24 โวลต์
แรงดันที่ ขา 9	0 โวลต์	0 โวลต์

4.3 การทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณโทน

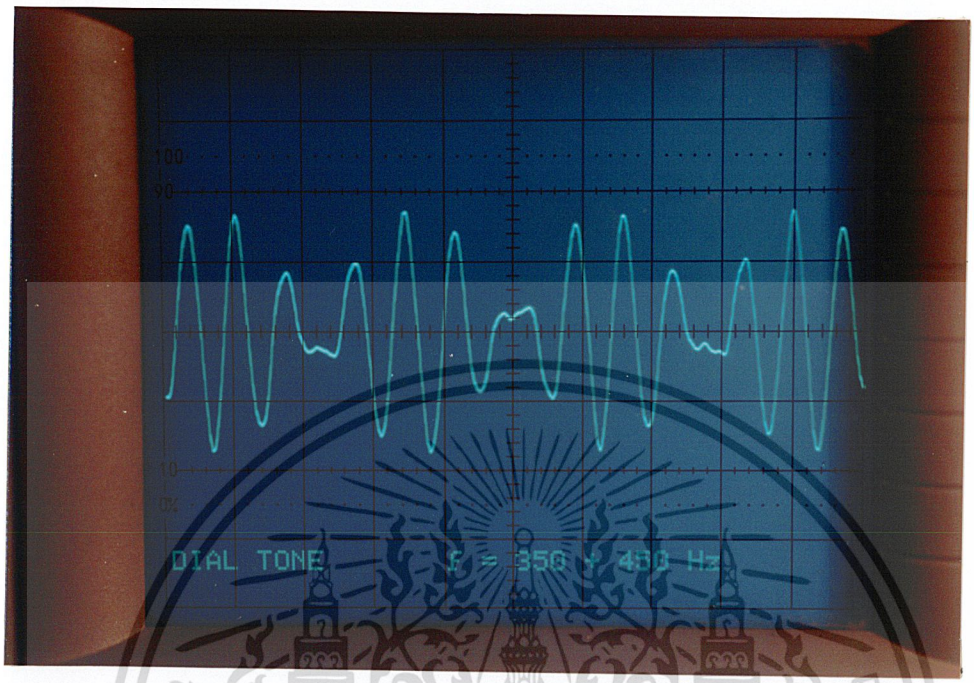
4.3.1 ขั้นตอนการทดลอง

1) จ่ายไฟ 5 โวลต์ ให้วงจรกำเนิดสัญญาณโทน
2) วัดสัญญาณเอาต์พุต จากพอร์ต 1.5 ของ ไอซี 89C51
3) วัดสัญญาณเอาต์พุต จากพอร์ต 1.6 ของ ไอซี 89C51
4) วัดสัญญาณเอาต์พุต จากพอร์ต 1.7 ของ ไอซี 89C51
5) วัดสัญญาณเอาต์พุต จากพอร์ต 2.0 ของ ไอซี 89C51
6) สังเกตสภาวะ LED ที่แทนสภาวะการเกิดสัญญาณต่าง ๆ
7) วัดสัญญาณที่เอาต์พุตของสัญญาณต่าง ๆ

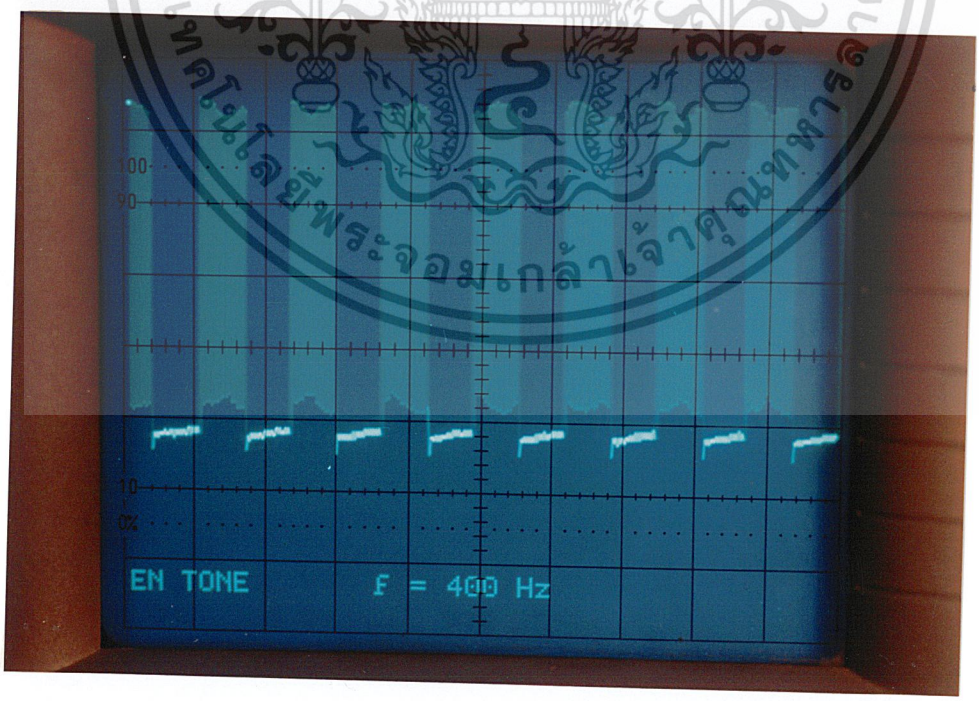
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณโทน

สภาวะ LED ของสัญญาณ	ช่วงเวลาติด	ช่วงเวลาดับ
สัญญาณสายว่าง	ติดตลอด	-
สัญญาณสายไม่ว่าง	0.5 วินาที	0.5 วินาที
สัญญาณเรียกกลับ	1 วินาที	4 วินาที
สัญญาณไม่มีเลขหมาย	0.2 , 0.5 วินาที	0.2 ,0.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

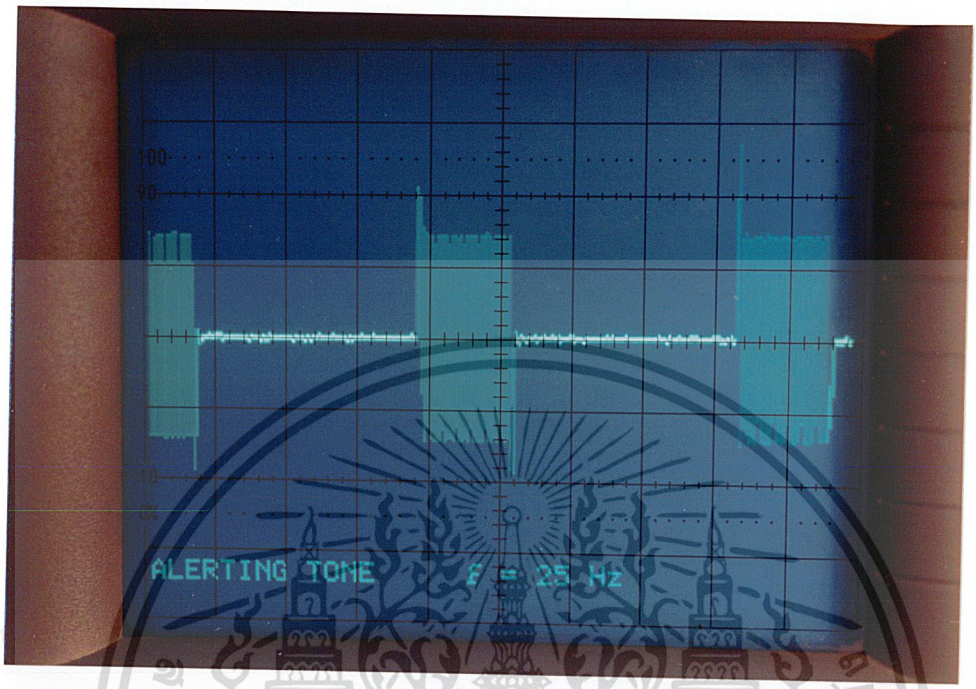


รูปที่ 4.1 สัญญาณเอาต์พุตของพอร์ต P1.5 ของ ไอซี AT89C51

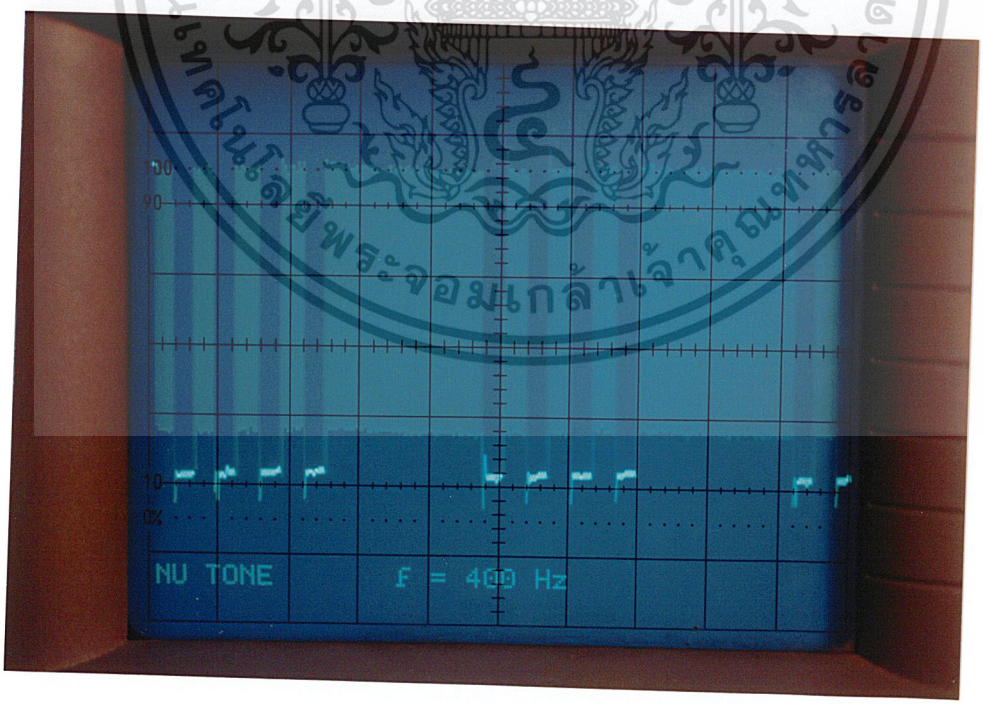


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาต์พุตของพอร์ต P1.6 ของ ไอซี AT89C51

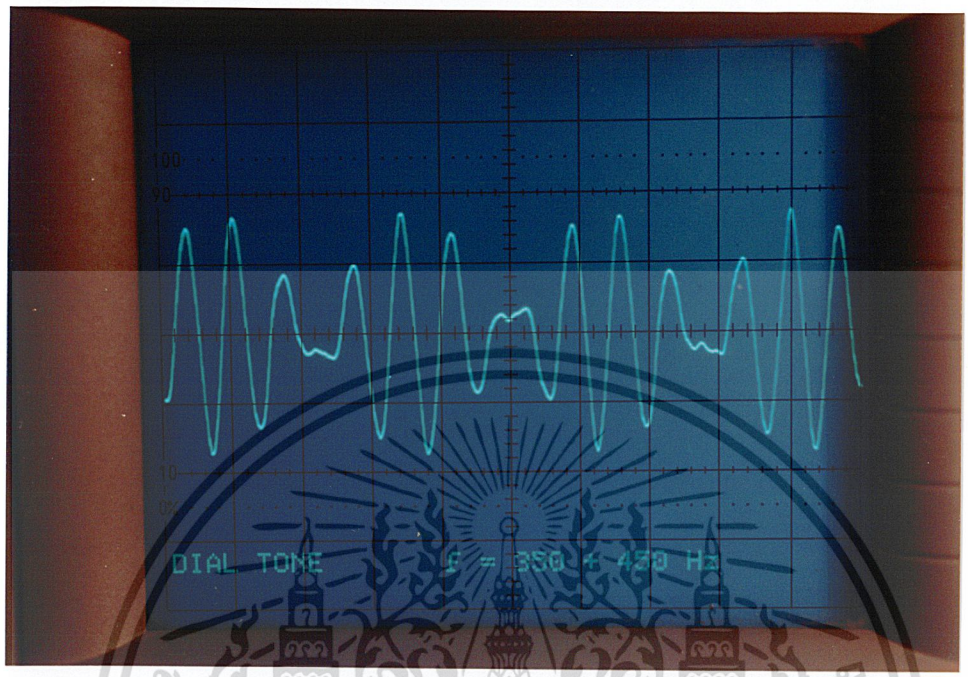


รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาต์พุตของพอร์ต P1.7 ของ ไอซี AT89C51

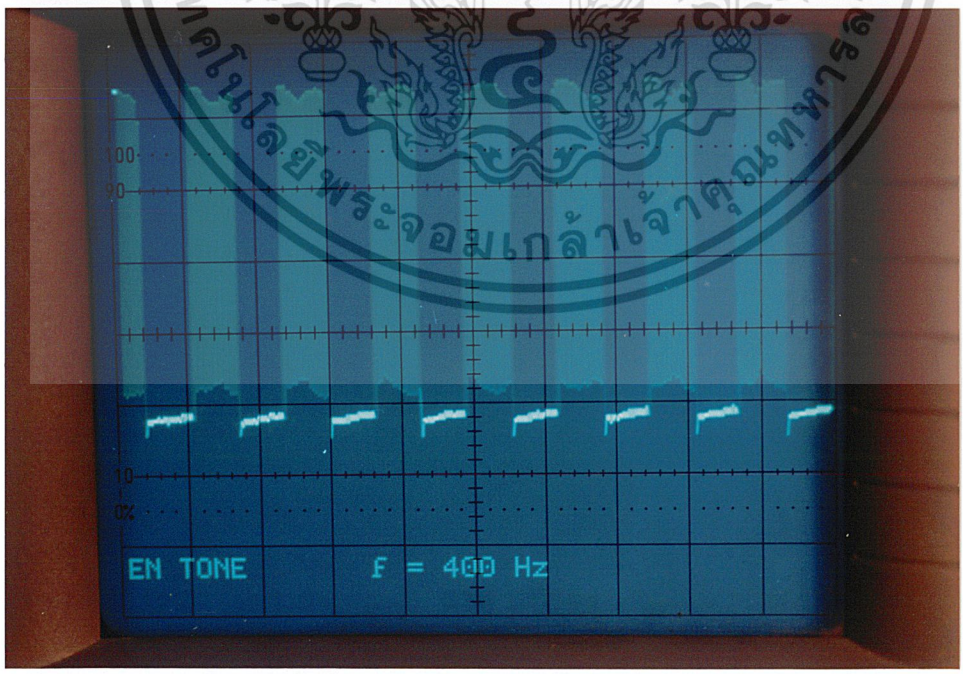


รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาต์พุตของพอร์ต P2.0 ของ ไอซี AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

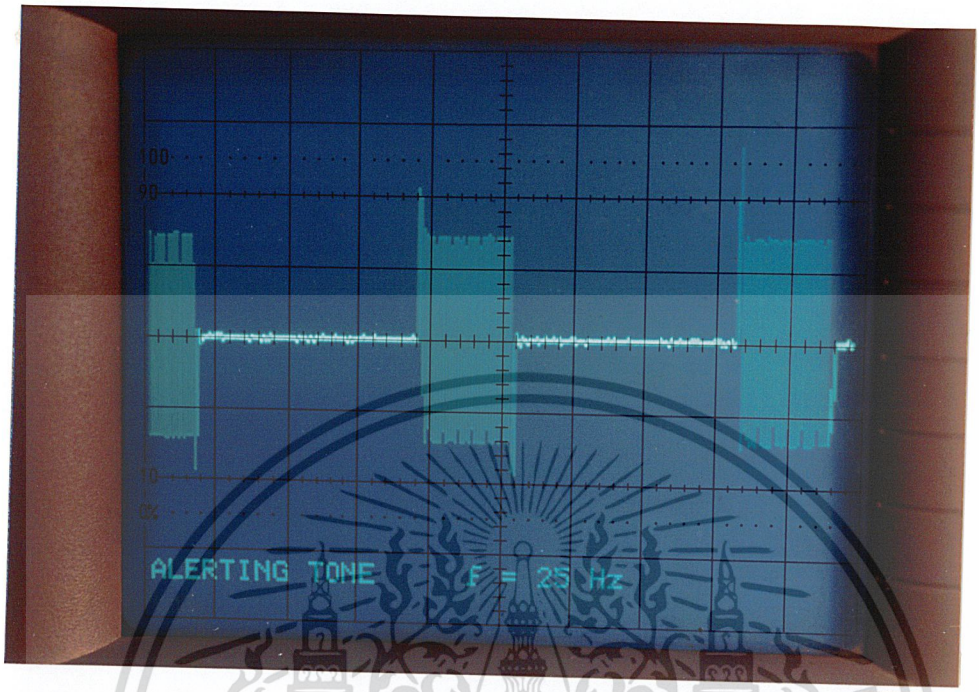


รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาต์พุตของสัญญาณสายว่าง

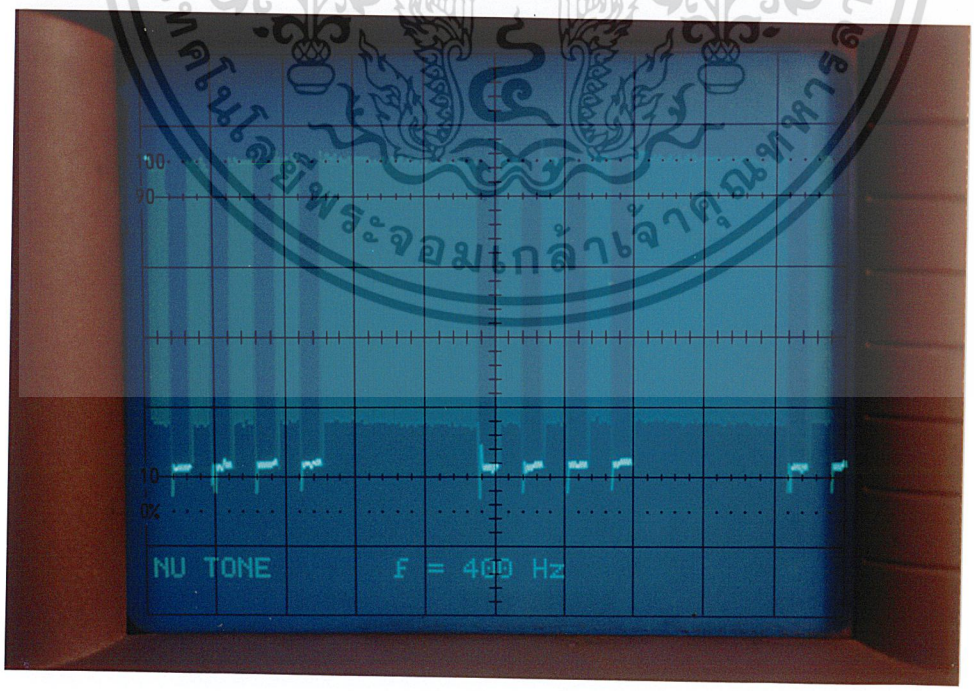


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาต์พุตของสัญญาณสายไม่ว่าง



รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาต์พุตของสัญญาณเรียกกลับ



รูปที่ 4.8 สัญญาณเอาต์พุตของสัญญาณไม่มีเลขหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

4.4.1 ขั้นตอนการทดลอง

1) จ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ ให้กับวงจร

2) ต่อเอาต์พุตจากขา C ของทรานซิสเตอร์จากพอร์ต P2.2 ของแผงวงกำเนิดสัญญาณโทน เข้ากับแผงวงจรคู่สายภายในขาที่ 8

3) ต่อเครื่องรับโทรศัพท์เข้าที่ขา 4 และ5 ของแผงวงจรคู่สายภายใน

4) จ่ายไฟกระแสตรง +24 , + 5 และ 0 โวลต์ ให้แผงวงจรคู่สายภายใน

5) จ่ายไฟกระแสตรง + 5 โวลต์ให้ขา 7 ของแผงวงจรคู่สายภายใน

6) ทดลองวางหูและยกหูโทรศัพท์

7) วัดสัญญาณที่ขา C ของทรานซิสเตอร์จากพอร์ต P2.2 ของแผงวงจรกำเนิดสัญญาณโทน

8) สังเกตการติดดับของ LED ที่พอร์ต 1.4 ของ ไอซี AT98C51ในแผงวงจรกำเนิดสัญญาณโทนและบันทึกผลการเกิดสัญญาณกระดิ่ง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (สภาวะของ LED)

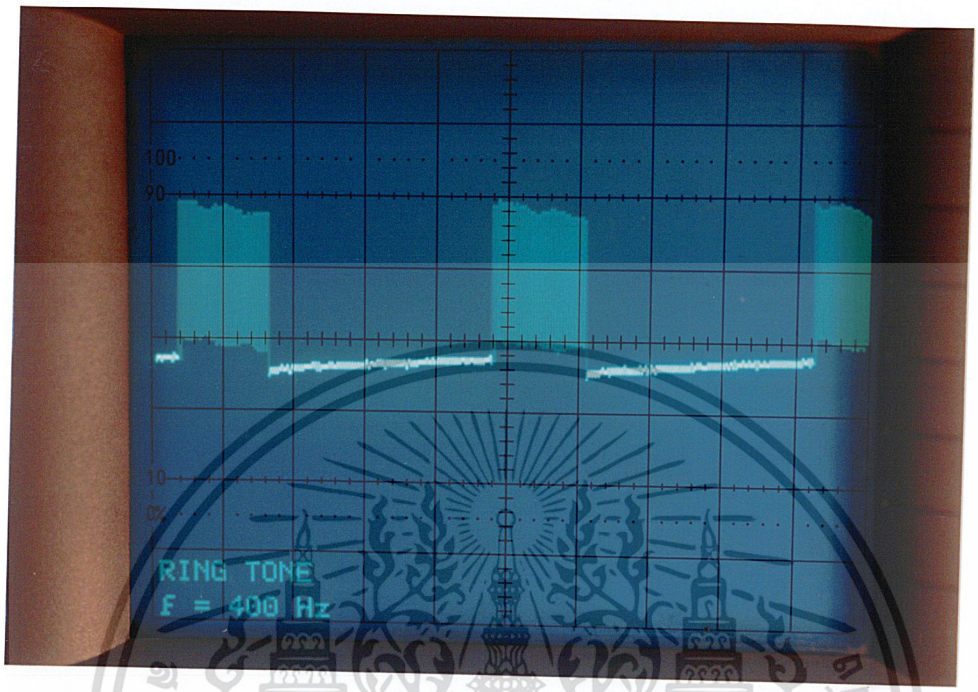
สภาวะของ LED	ช่วงเวลา
ติด	1 วินาที
ดับ	4 วินาที

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (สภาวะของเสียง)

สภาวะของเสียง	ช่วงเวลา
ดัง	1 วินาที
หยุด	4 วินาที

หมายเหตุ เมื่อยกหูโทรศัพท์ต้องตัดสัญญาณกระดิ่งออกทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

4.5 การทดลองการเรียกภายในชุมสาย

4.5.1 ขั้นตอนการทดลอง

1) ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 11

2) ฟังสัญญาณก่อนการกดเลขหมาย กดเลขหมาย 12 และฟังสัญญาณหลังการกดเลขหมาย บันทึกผล

3) รอฟังเสียงสัญญาณกระดิ่งที่เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 12 บันทึกผล

4) ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 12 และสนทนาโต้ตอบ บันทึกผล

5) วางหูโทรศัพท์หมายเลข 12 เป็นเวลา น้อยกว่า 90 วินาที แล้วยกหูขึ้นมาสนทนาใหม่บันทึกผล

6) วางหูโทรศัพท์หมายเลข 12 เป็นเวลา มากกว่า 90 วินาที แล้วยกหูขึ้นมาสนทนาใหม่บันทึกผล

7) วางหูโทรศัพท์หมายเลข 11 แล้วยกหูขึ้นมาสนทนาใหม่บันทึกผล

8) ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 12 วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 11

10) ฟังสัญญาณก่อนการกดเลขหมาย กดเลขหมาย 12 และฟังสัญญาณหลังการกดเลขหมาย บันทึกผล

11) ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 11

12) ฟังสัญญาณก่อนการกดเลขหมาย กดเลขหมาย 14 และฟังสัญญาณหลังการกดเลขหมาย บันทึกผล

ตารางที่ 4.5 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 12 เมื่อเครื่อง 12 วางหูโทรศัพท์อยู่ (เครื่อง 11)

สถานะเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 11	**ผล**
ก่อนกดเลข 1	เสียงสัญญาณสายว่าง
หลังกดเลข 1	ไม่มีเสียงสัญญาณ
หลังกดเลข 2	เสียงสัญญาณเรียกกลับ
เครื่อง 12 ยกหู	สนทนาได้
เครื่อง 12 วางหู แล้วยกก่อน 90 วินาที	สนทนาได้
เครื่อง 12 วางหู แล้วยกหลัง 90 วินาที	ไม่มีสัญญาณ
วางหูแล้วยกใหม่	เสียงสัญญาณสายว่าง

ตารางที่ 4.6 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 12 เมื่อเครื่อง 12 วางหูโทรศัพท์อยู่ (เครื่อง 12)

สถานะเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 12	**ผล**
ก่อนการยกหู	เสียงกระดิ่งดัง
ยกหูเมื่อได้ยินเสียงกระดิ่ง	สนทนาได้
วางหูแล้วยกก่อน 90 วินาที	สนทนาได้
วางหูแล้วยกหลัง 90 วินาที	เสียงสัญญาณสายว่าง
เครื่อง 11 วางหู	ไม่มีสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 12 เมื่อเครื่อง 12 ยกหูโทรศัพท์อยู่

สถานะเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 11	**ผล**
ก่อนกดเลข 1	เสียงสัญญาณสายว่าง
หลังกดเลข 1	ไม่มีสัญญาณ
หลังกดเลข 2	เสียงสัญญาณสายไม่ว่าง

ตารางที่ 4.8 เครื่อง 11 เรียกไปยังเลขหมาย 14

สถานะเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 11	**ผล**
ก่อนกดเลข 1	เสียงสัญญาณสายว่าง
หลังกดเลข 1	ไม่มีสัญญาณ
หลังกดเลข 4	เสียงสัญญาณไม่มีเลขหมาย

4.6 การทดลองการเรียกภายนอกชุมสาย

4.6.1 ขั้นตอนการทดลอง

เลขหมาย 11 ชุมสาย 1 เรียกไป เลขหมาย 62 ชุมสาย 6

1) ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 11

2) ฟังสัญญาณก่อนการกดเลขหมาย กดเลขหมาย 62 และฟังสัญญาณหลังการกดเลขหมาย บันทึกผล

3) รอฟังเสียงสัญญาณกระดิ่งที่เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 62 บันทึกผล

4) ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 62 และสนทนาโต้ตอบ บันทึกผล

5) วางหูโทรศัพท์หมายเลข 62 เป็นเวลา น้อยกว่า 90 วินาที แล้วยกหูขึ้นมาสนทนาใหม่ บันทึกผล

6) วางหูโทรศัพท์หมายเลข 62 เป็นเวลา มากกว่า 90 วินาที แล้วยกหูขึ้นมาสนทนาใหม่ บันทึกผล

7) วางหูโทรศัพท์หมายเลข 11 แล้วยกหูขึ้นมาสนทนาใหม่บันทึกผล

8) ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 62 วางไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 11

10) ฟังสัญญาณก่อนการกดเลขหมาย กดเลขหมาย 62 และฟังสัญญาณหลังการกดเลขหมาย บันทึกผล

11) ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 11

12) ฟังสัญญาณก่อนการกดเลขหมาย กดเลขหมาย 73 และฟังสัญญาณหลังการกดเลขหมาย บันทึกผล

ตารางที่ 4.9 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 62 เมื่อเครื่อง 62 วางหูโทรศัพท์อยู่

สถานะเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 11	**ผล**
ก่อนกดเลข 6	เสียงสัญญาณสายว่าง
หลังกดเลข 6	ไม่มีเสียงสัญญาณ
หลังกดเลข 2	เสียงสัญญาณเรียกกลับ
เครื่อง 62 ยกหู	สนทนาได้
เครื่อง 62 วางหู แล้วยกก่อน 90 วินาที	สนทนาได้
เครื่อง 62 วางหู แล้วยกหลัง 90 วินาที	ไม่มีสัญญาณ
วางหูแล้วยกใหม่	เสียงสัญญาณสายว่าง

ตารางที่ 4.10 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 62 เมื่อเครื่อง 62 วางหูโทรศัพท์อยู่

สถานะเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 62	**ผล**
ก่อนการยกหู	เสียงกระดิ่งดัง
ยกหูเมื่อได้ยินเสียงกระดิ่ง	สนทนาได้
วางหูแล้วยกก่อน 90 วินาที	สนทนาได้
วางหูแล้วยกหลัง 90 วินาที	เสียงสัญญาณสายว่าง
เครื่อง 11 วางหู	ไม่มีสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 เครื่อง 11 เรียกไปยังเครื่อง 62 เมื่อเครื่อง 62 ยกหูโทรศัพท์อยู่

สถานะเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 11	ผล
ก่อนกดเลข 6	เสียงสัญญาณสายว่าง
หลังกดเลข 6	ไม่มีสัญญาณ
หลังกดเลข 2	เสียงสัญญาณสายไม่ว่าง

ตารางที่ 4.12 เครื่อง 11 เรียกไปยังเลขหมาย 73

สถานะเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 11	ผล
ก่อนกดเลข 7	เสียงสัญญาณสายว่าง
หลังกดเลข 7	ไม่มีสัญญาณ
หลังกดเลข 3	เสียงสัญญาณไม่มีเลขหมาย

4.7 การทดลองวงจรควบคุม

4.7.1 ขั้นตอนการทดลอง

1) ทำการป้อนโปรแกรมให้แก่วงจรควบคุม

2)ทำการยกหู-วางหูและทำการกดเลขหมายต่างๆ

3) ทำการเชื่อมต่อระหว่างชุดควบคุมด้วยกันและติดต่อกัน

ตารางที่ 4.13 สถานะการทำงาน

สถานะการทำงาน	ผล
การยกหู-วางหู	ตรวจเช็คได้
กดเลขหมาย	รับเลขหมายและตัดสัญญาณให้หมุน
การเชื่อมต่อ	ติดต่อระหว่างชุมสายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

ชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมมสายโทรศัพท์สร้างขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นการเชื่อมต่อและการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายแบบต่างๆ ตามขอบเขตที่วางไว้ คือ สามารถแสดงการเชื่อมต่อแบบดาว แบบวงรอบ แบบตาข่าย แบบลำดับชั้น และแสดงการส่งสัญญาณแบบลิงค์- บาย-ลิงค์ แบบเอ็น-ทู-เอ็น ประกอบไปด้วย 6 ชุมสายขนาดย่อม แต่ละชุมสายมี 3 คู่สายภายใน

จากการออกแบบ การสร้างและการทดลอง พอจะสรุปปัญหา แนวทางแก้ไขและการพัฒนาได้เป็น 2 ส่วนคือ ทางด้านฮาร์ดแวร์และทางด้านซอร์ฟแวร์

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำโครงงาน

1. ปัญหาในการประกอบวงจรกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์ (Tone Generator) นั้น สัญญาณที่ผลิตออกมานั้นเบาเกินไปเมื่อผ่านวงจรกรองแล้ว และมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นด้วย

การแก้ปัญหา คือ ได้ทำการใส่ทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณที่เอาท์พุตของวงจรทำให้สัญญาณมีความแรงขึ้นและได้ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยการใส่คาปาซิสเตอร์คัปปลิ้งทางเอาท์พุตของวงจรด้วย

2. ปัญหาในการประกอบวงจรควบคุมหลัก ที่พอร์ตหนึ่งเมื่อรับสัญญาณการกดคีย์ไม่เกิดการรับรู้ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และที่ชุดแลตข้อมูลไม่มีการรับข้อมูล

การแก้ปัญหา คือ ทำการใส่วงจรบัฟเฟอร์เข้าไปที่พอร์ตแล้วเกิดการรับคีย์ได้ และทำการเปลี่ยนขาควบคุมแลตที่ลอจิก ‘0’ เป็นลอจิก ‘1’ การทำงานเป็นไปตามต้องการ

3. ปัญหาในการประกอบวงจรคู่สายภายใน สัญญาณกระดิ่งรบกวนชุดตรวจจับการยกหู

การแก้ปัญหา คือ ใส่ตัวเก็บประจุบายพาสที่ชุดตรวจจับการยกหู

4. ปัญหาในการประกอบวงจรสัญญาณกระดิ่ง เนื่องจากเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับไม่สามารถต่อร่วมกับไฟฟ้ากระแสตรงไม่ได้โดยตรง

การแก้ปัญหา คือ ทำการใส่หม้อแปลงเพื่อทำการผสมไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการแก้ไขและการพัฒนา

1. สามารถวางเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์ให้มีรูปแบบที่กว้างขึ้น เพื่อรองรับการจัดระบบโครงข่าย

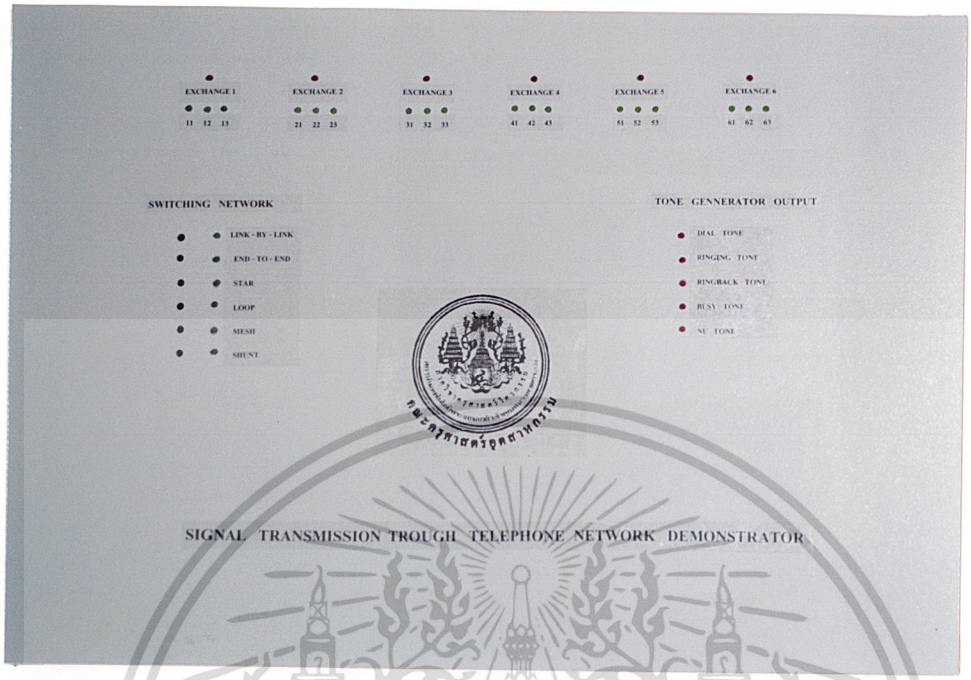
2. สามารถเพิ่มจำนวนเส้นทางในการติดต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์ให้มากขึ้นเพื่อเป็นการขยายรูปแบบการเชื่อมต่อโครงข่าย

3. สามารถเพิ่มจำนวนชุมสายโทรศัพท์ขึ้นเพื่อขยายระบบให้ใหญ่ขึ้น และเป็นการรองรับจำนวนเลขหมายที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

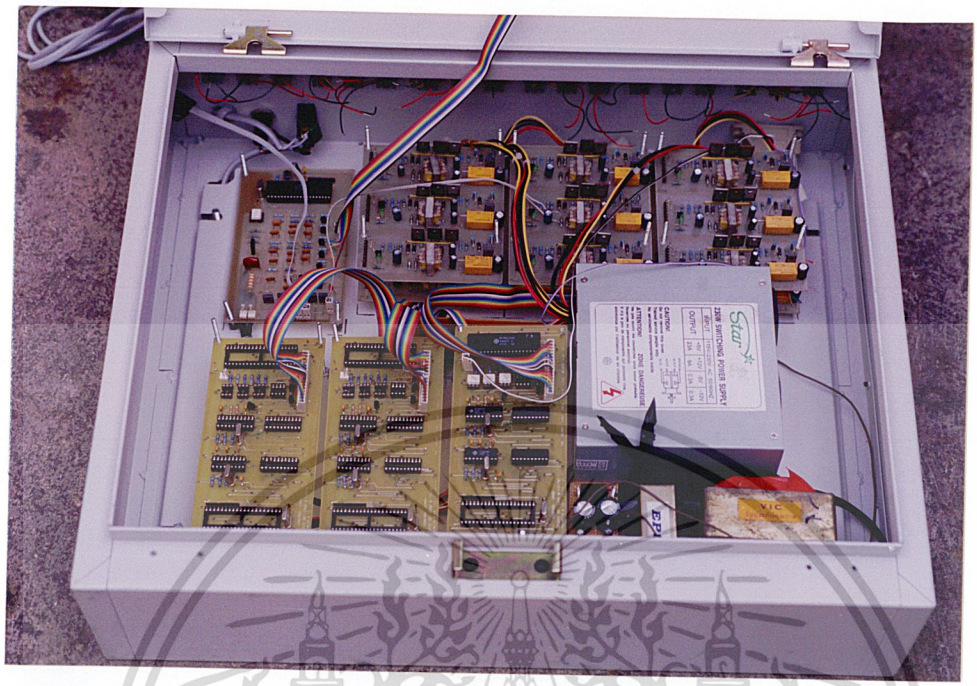
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 เครื่องต้นแบบภายนอกด้านบน

รูปที่ ก.2 เครื่องต้นแบบภายนอกด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 เครื่องต้นแบบภายใน

รูปที่ ก.4 เครื่องต้นแบบภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

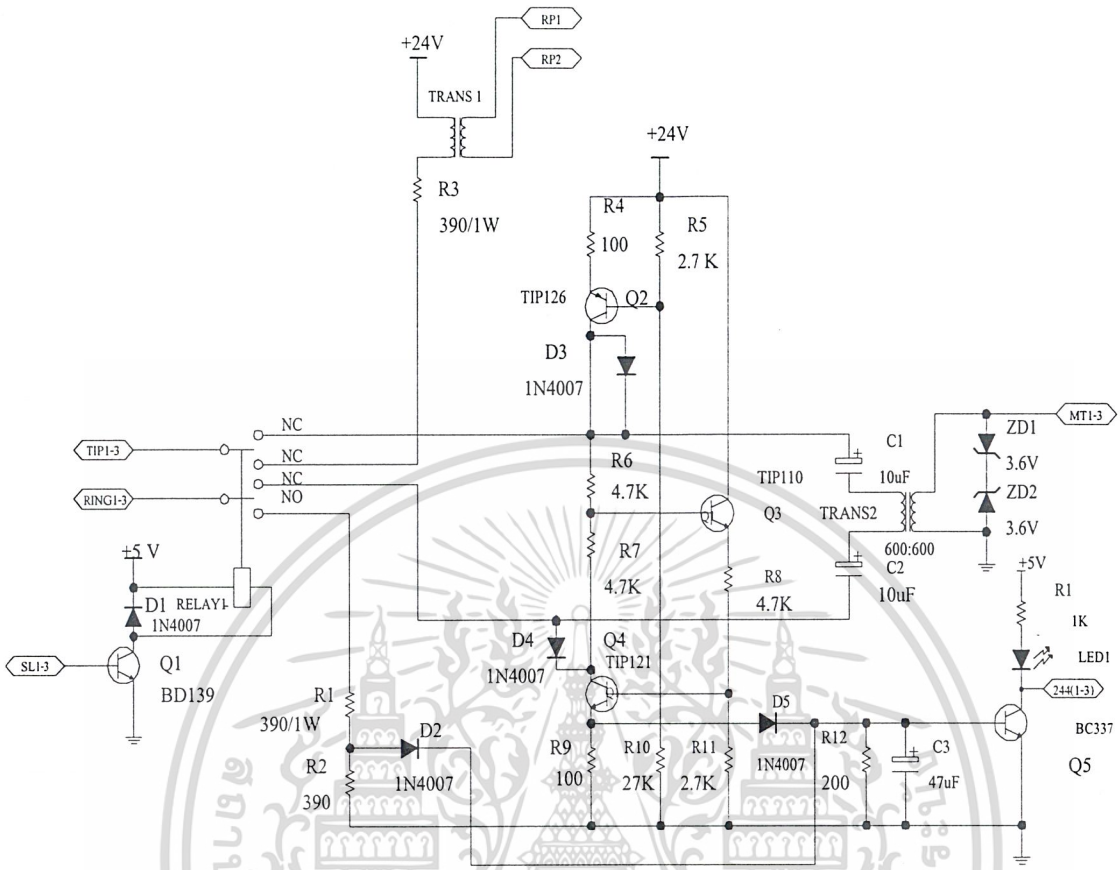
รูปที่ ก.5 รูปหน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

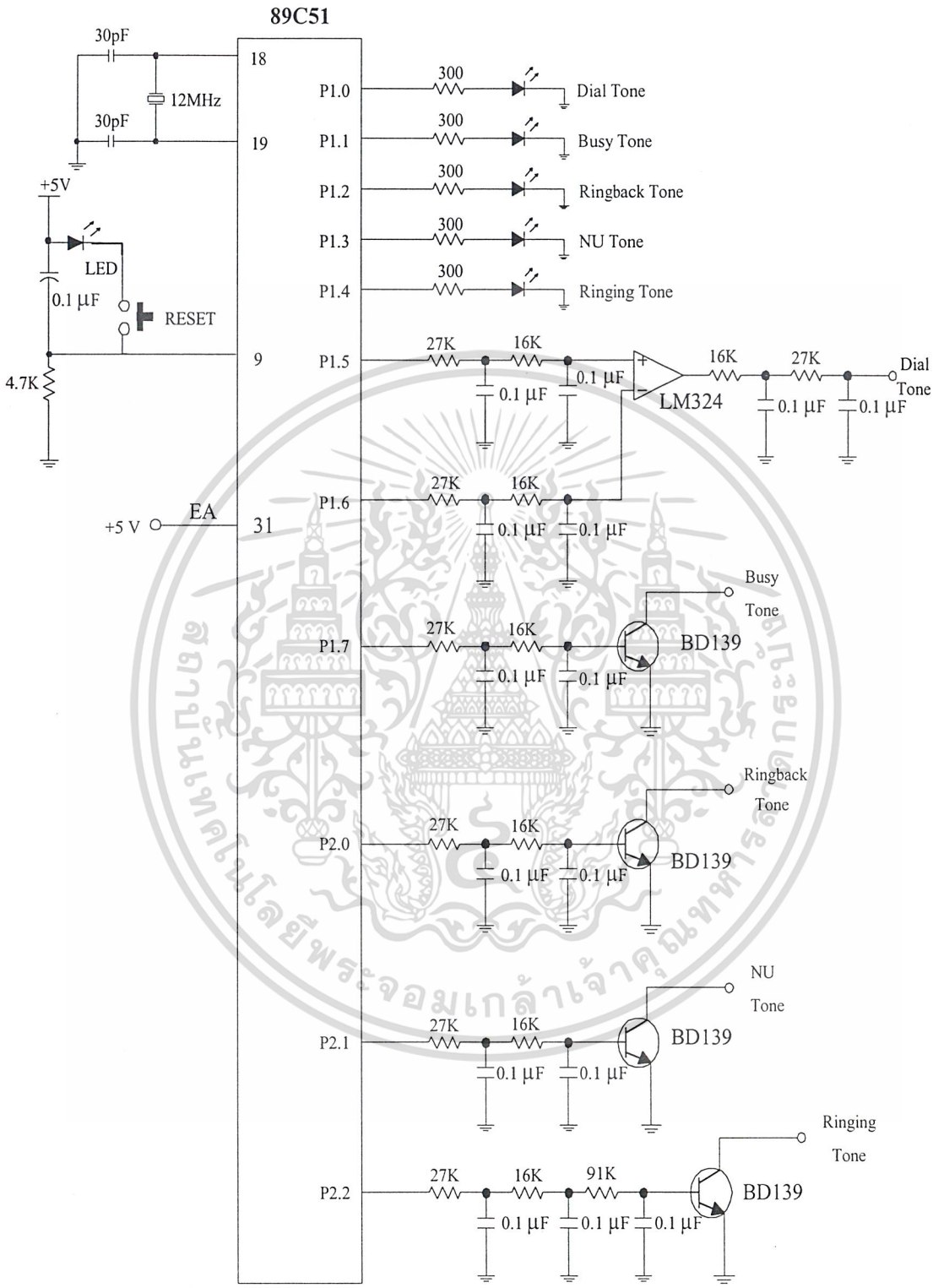
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



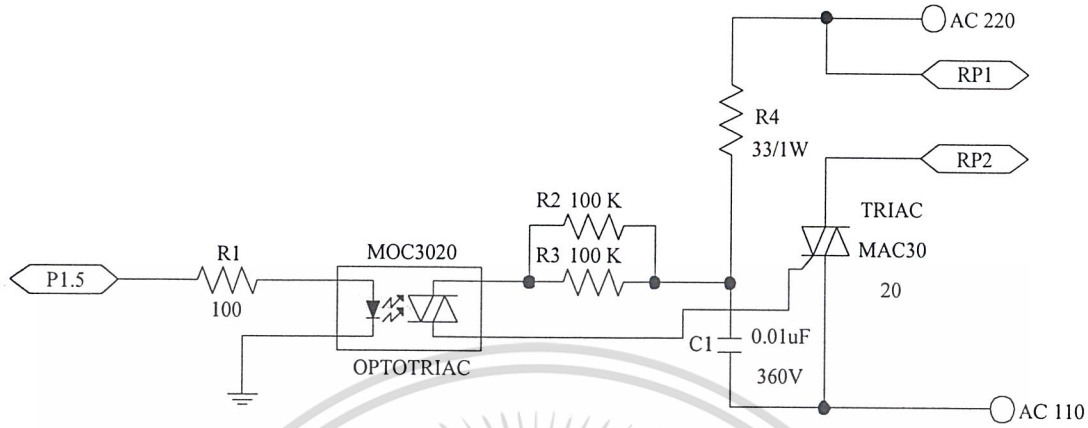
รูปที่ ข.1 วงจรคู่สายภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

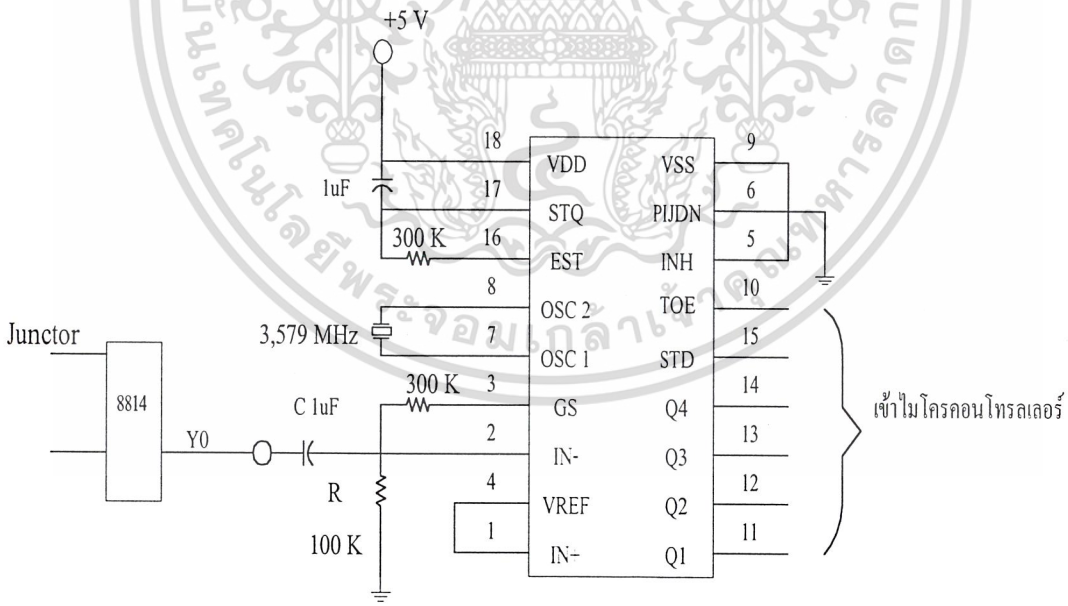


รูปที่ ข.2 วงจรกำเนิดสัญญาณโทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

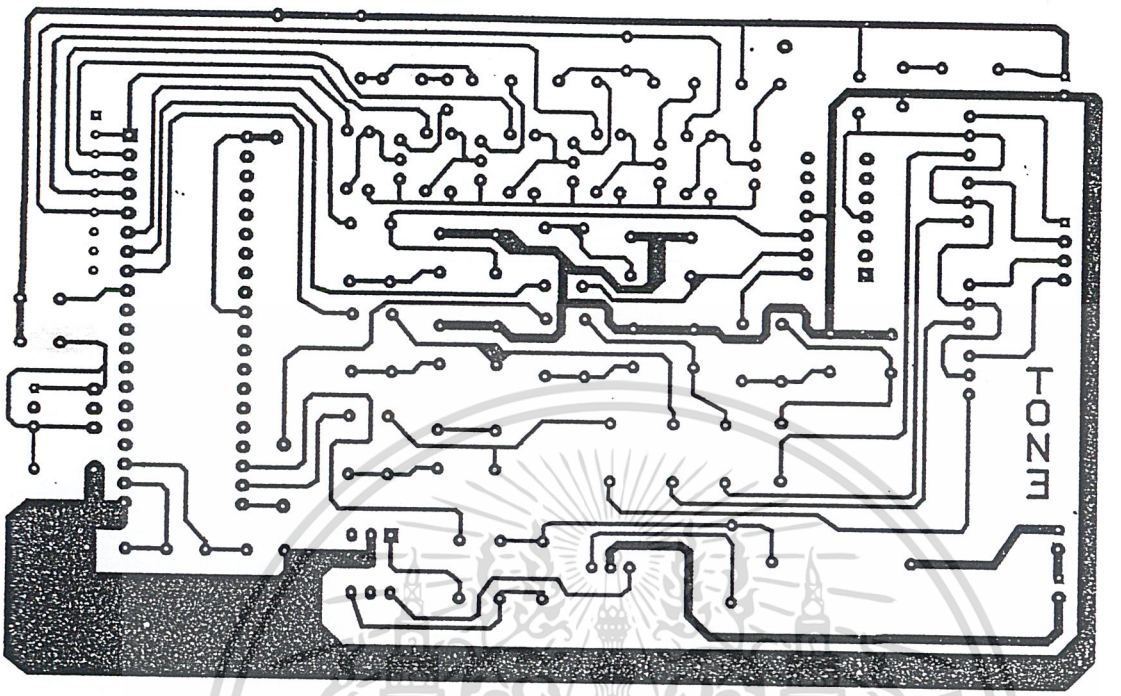


รูปที่ ข.3 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

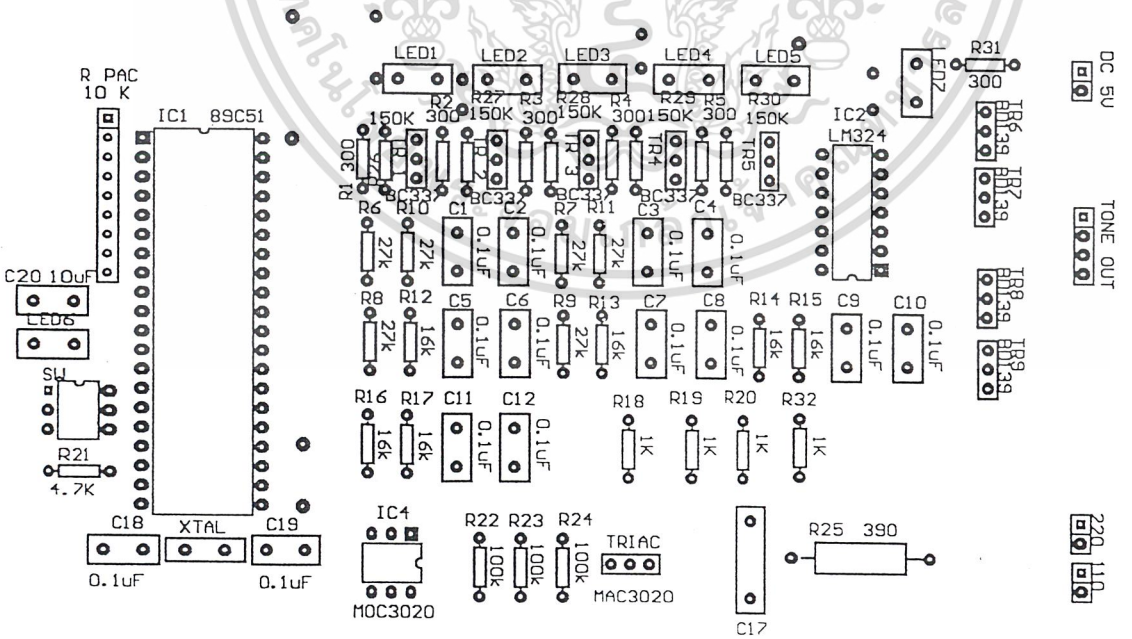


รูปที่ ข.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

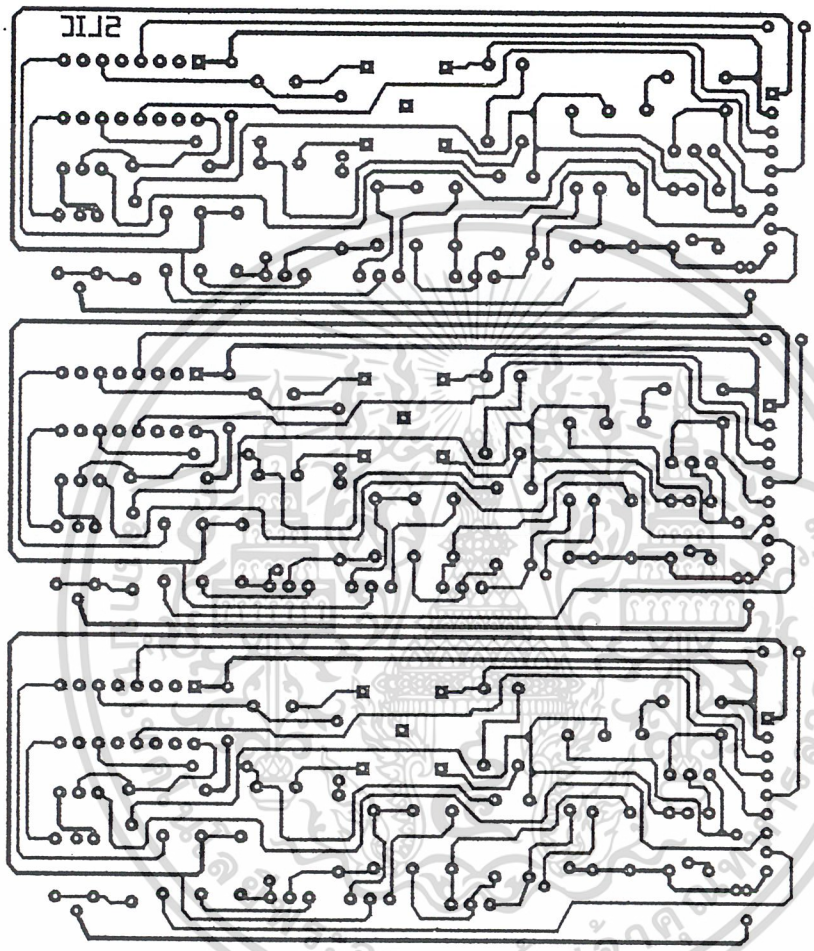


รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์



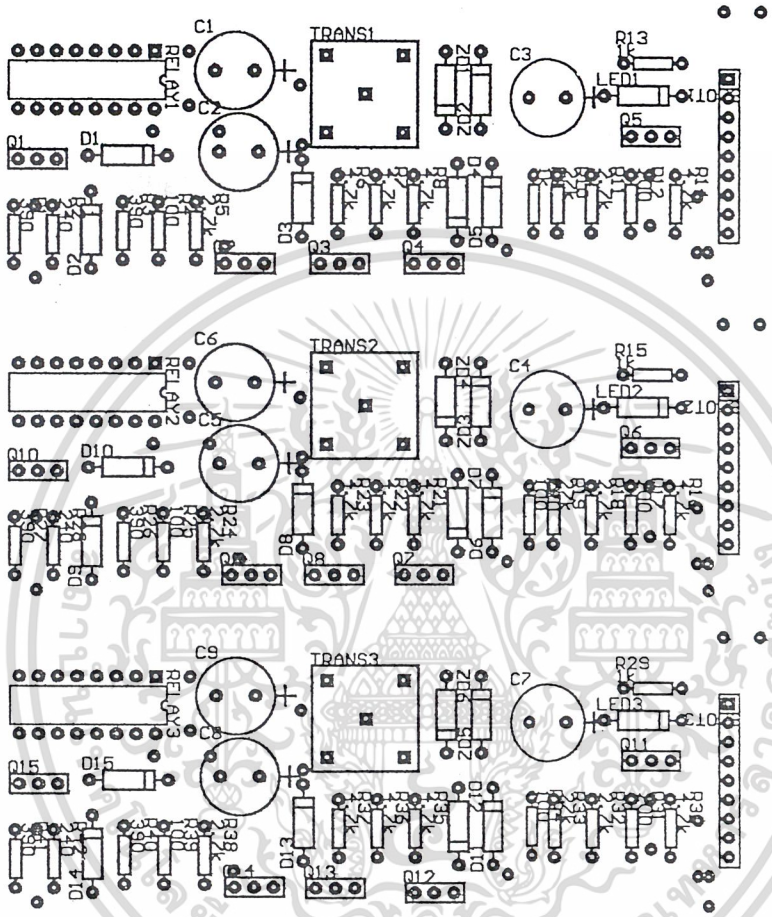
รูปที่ ข.6 แผ่นวงจรด้านวางอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



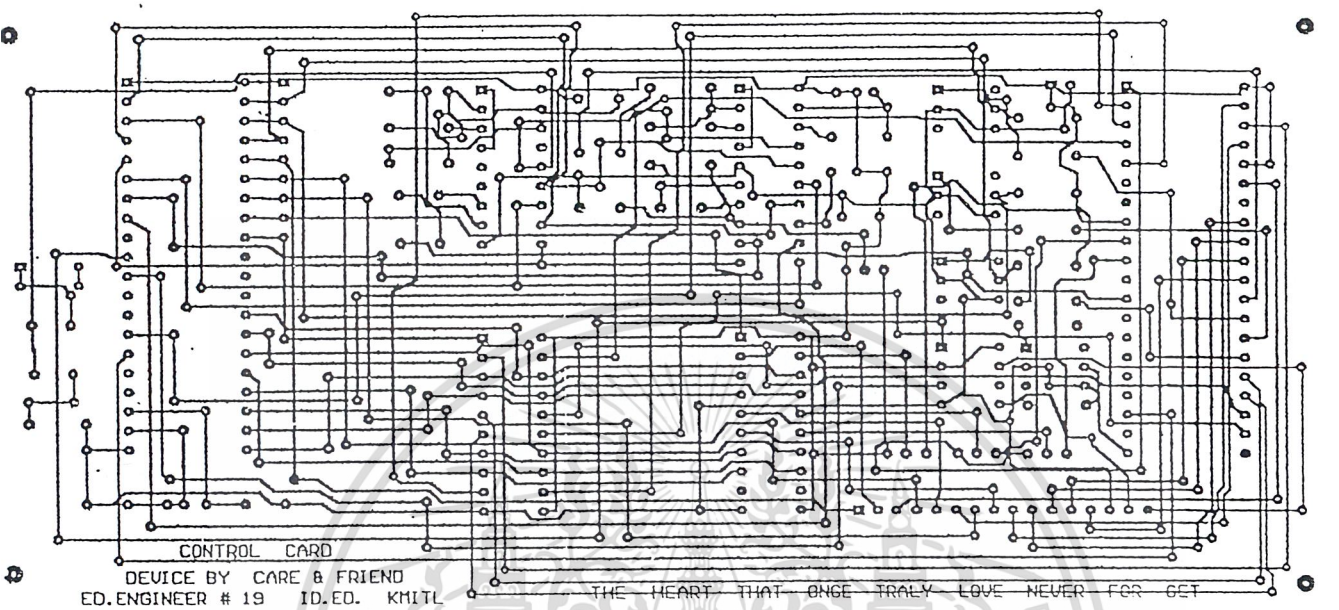
รูปที่ ข.7 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรคู่สายภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

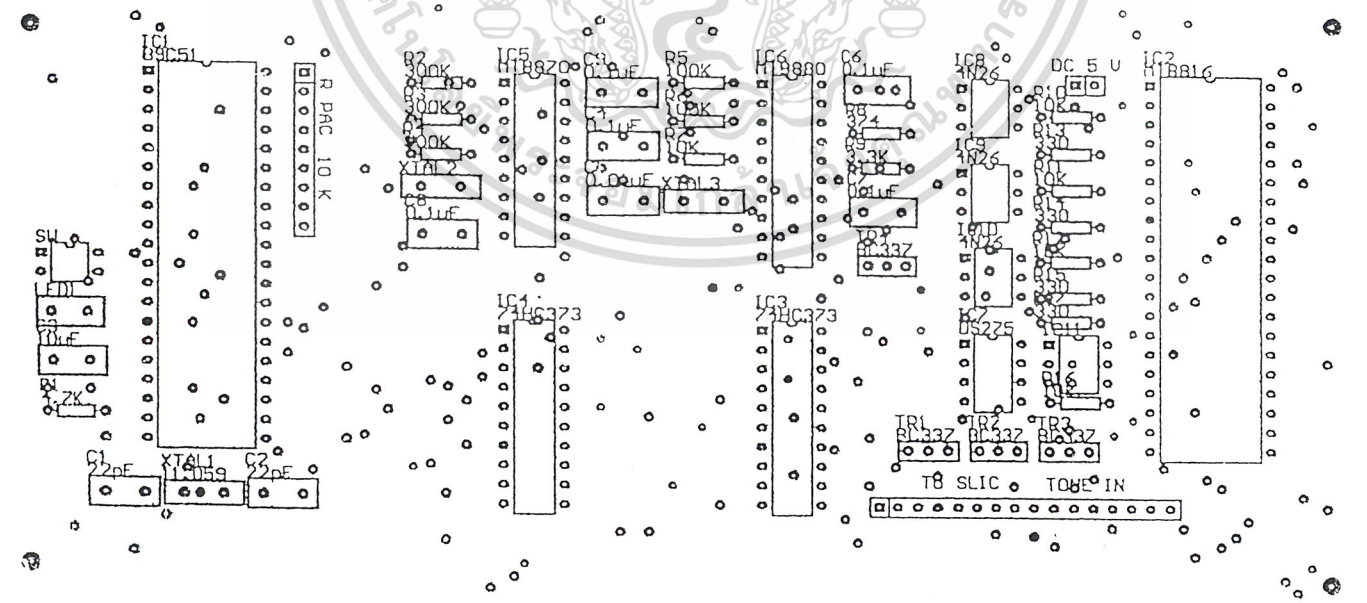


รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรด้านวางอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.9 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุม



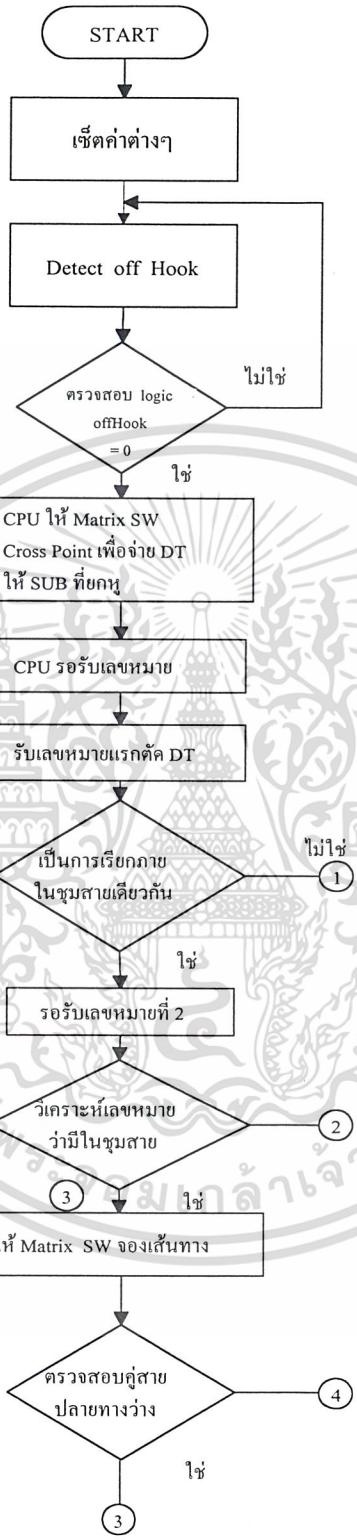
รูปที่ ข.10 แผ่นวงจรด้านวางอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

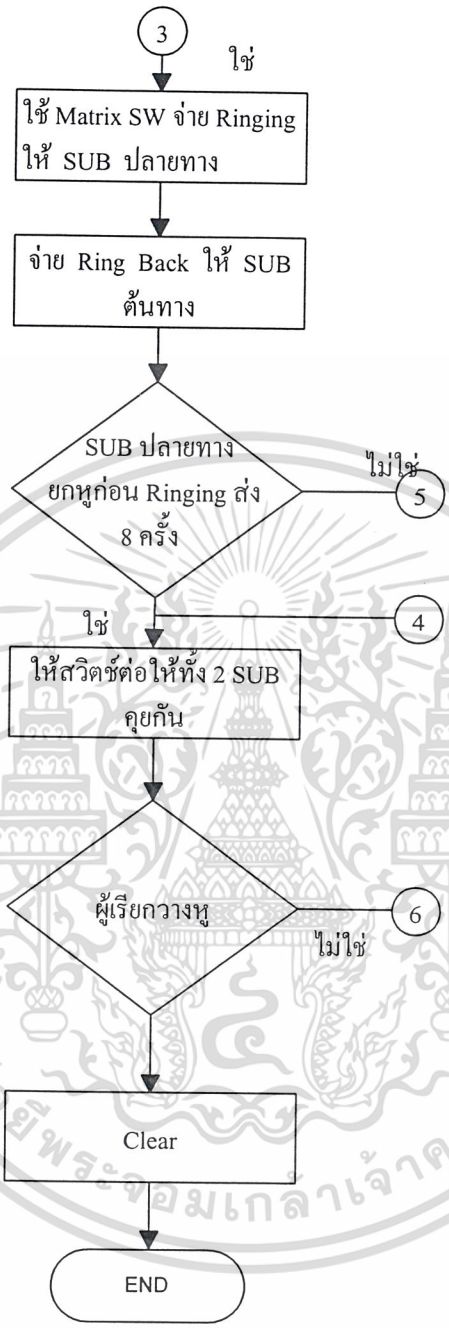
ภาคผนวก ค

ผังการทำงานและโปรแกรม

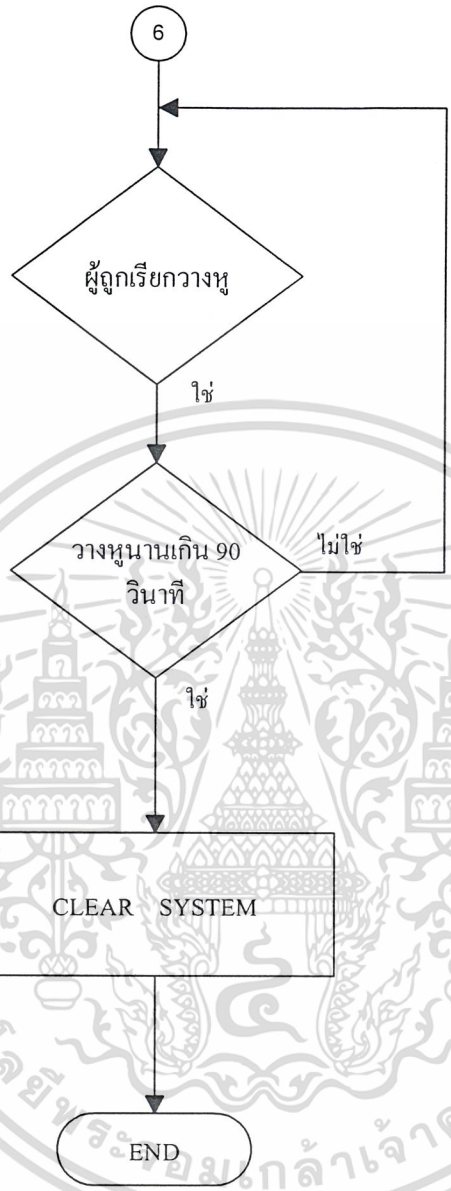
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



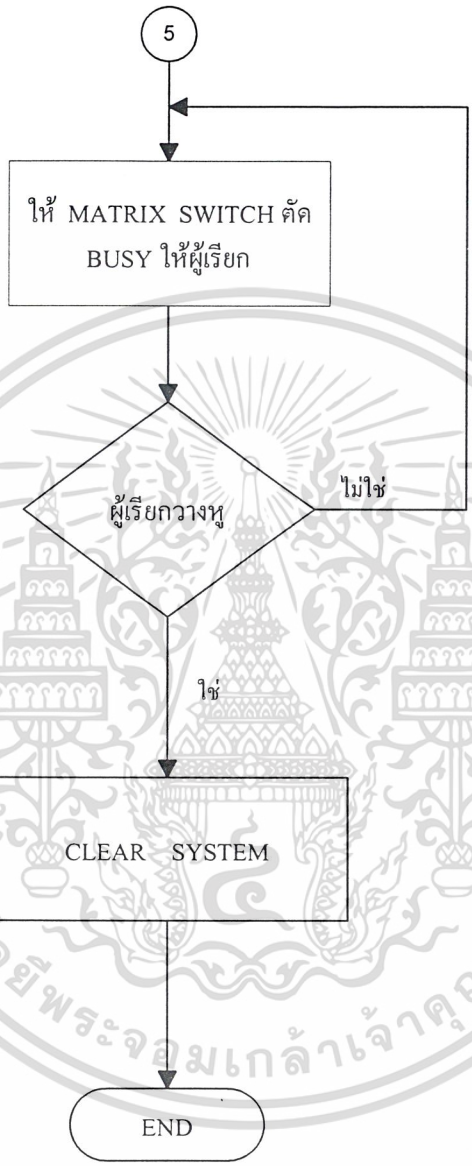
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



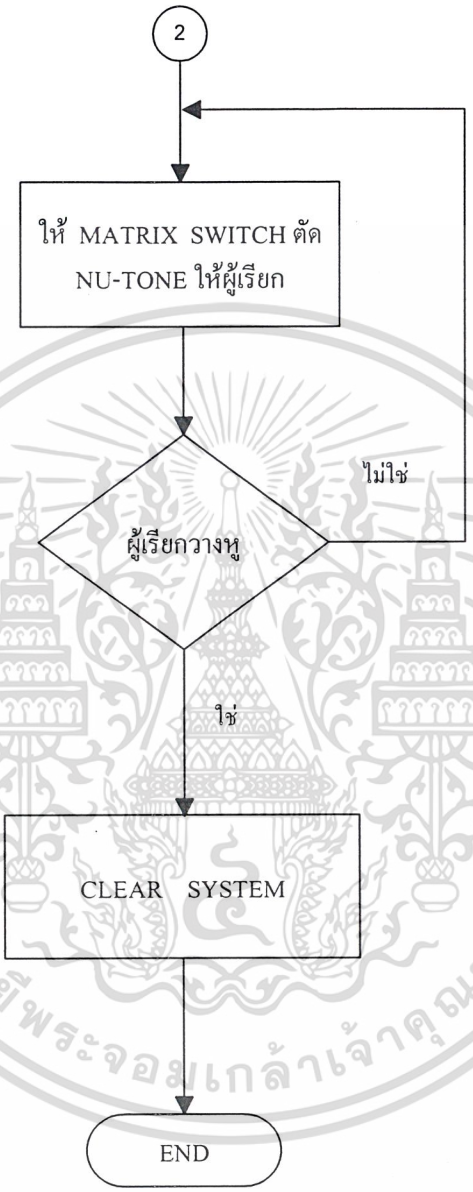
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



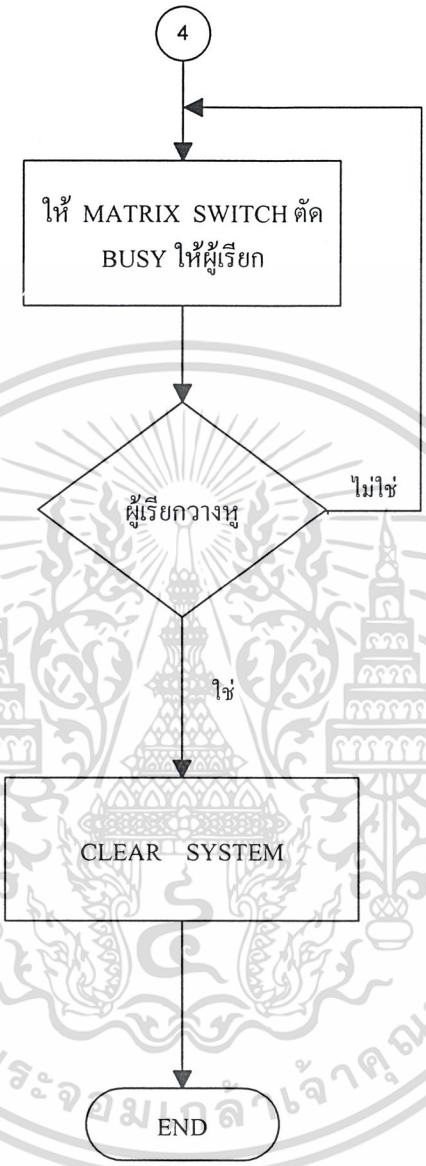
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



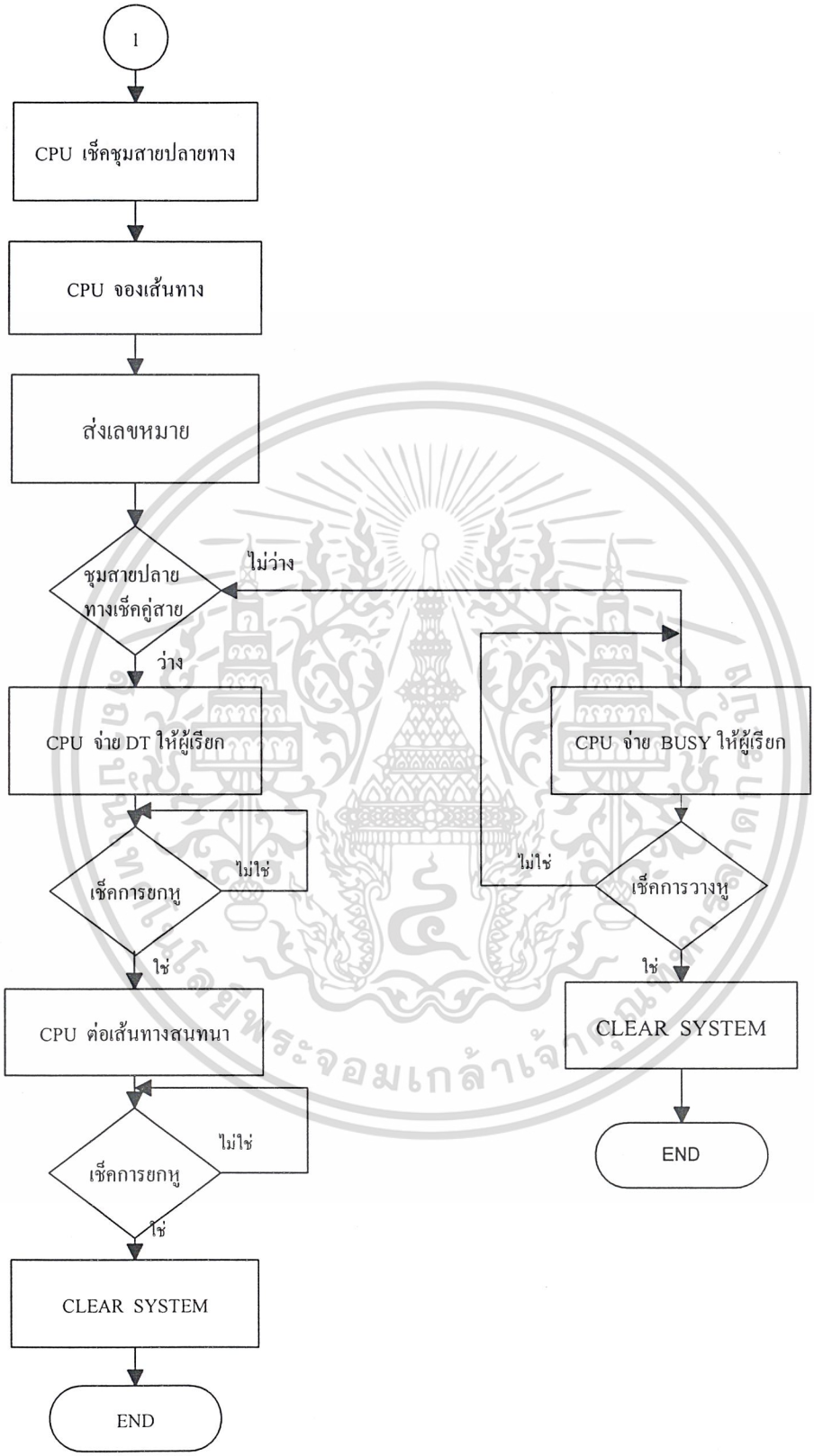
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.1 ผังงานของโปรแกรมควบคุมระบบ

```
;******************CONTROL EXCHANGE****************
            P00     EQU     80H
            P01     EQU     81H
            P02     EQU     82H
            P03     EQU     83H
            P04     EQU     84H
            P05     EQU     85H
            P06     EQU     86H
            P07     EQU     87H
            OGT1    EQU     00H
            OGT2    EQU     01H
            OGT3    EQU     02H
            ICT1    EQU     03H
            ICT2    EQU     04H
            ICT3    EQU     05H

            X0Y0    EQU     00000001B
            X1Y0    EQU     00010001B
            X2Y0    EQU     00100001B
            X3Y0    EQU     00110001B
            X4Y0    EQU     01000001B
            X5Y0    EQU     01010001B
            X6Y0    EQU     01100001B
            X7Y0    EQU     01110001B
            X8Y0    EQU     10000001B
            X9Y0    EQU     10010001B
            X10Y0   EQU     10100001B
            X11Y0   EQU     10110001B
            X12Y0   EQU     11000001B
            X13Y0   EQU     11010001B
            X14Y0   EQU     11100001B
            X15Y0   EQU     11110001B

            X0Y1    EQU     00000011B
            X1Y1    EQU     00010011B
            X2Y1    EQU     00100011B
            X3Y1    EQU     00110011B
            X4Y1    EQU     01000011B
            X5Y1    EQU     01010011B
            X6Y1    EQU     01100011B
            X7Y1    EQU     01110011B
            X8Y1    EQU     10000011B
            X9Y1    EQU     10010011B
            X10Y1   EQU     10100011B
            X11Y1   EQU     10110011B
            X12Y1   EQU     11000011B
            X13Y1   EQU     11010011B
            X14Y1   EQU     11100011B
            X15Y1   EQU     11110011B

            X0Y2    EQU     00000101B
            X1Y2    EQU     00010101B
            X2Y2    EQU     00100101B
            X3Y2    EQU     00110101B
            X4Y2    EQU     01000101B
            X5Y2    EQU     01010101B
            X6Y2    EQU     01100101B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
X7Y2    EQU     01110101B
X8Y2    EQU     10000101B
X9Y2    EQU     10010101B
X10Y2   EQU     10100101B
X11Y2   EQU     10110101B
X12Y2   EQU     11000101B
X13Y2   EQU     11010101B
X14Y2   EQU     11100101B
X15Y2   EQU     11110101B

X0Y3    EQU     00000111B
X1Y3    EQU     00010111B
X2Y3    EQU     00100111B
X3Y3    EQU     00110111B
X4Y3    EQU     01000111B
X5Y3    EQU     01010111B
X6Y3    EQU     01100111B
X7Y3    EQU     01110111B
X8Y3    EQU     10000111B
X9Y3    EQU     10010111B
X10Y3   EQU     10100111B
X11Y3   EQU     10110111B
X12Y3   EQU     11000111B
X13Y3   EQU     11010111B
X14Y3   EQU     11100111B
X15Y3   EQU     11110111B

X0Y4    EQU     00001001B
X1Y4    EQU     00011001B
X2Y4    EQU     00101001B
X3Y4    EQU     00111001B
X4Y4    EQU     01001001B
X5Y4    EQU     01011001B
X6Y4    EQU     01101001B
X7Y4    EQU     01111001B
X8Y4    EQU     10001001B
X9Y4    EQU     10011001B
X10Y4   EQU     10101001B
X11Y4   EQU     10111001B
X12Y4   EQU     11001001B
X13Y4   EQU     11011001B
X14Y4   EQU     11101001B
X15Y4   EQU     11111001B

X0Y5    EQU     00001011B
X1Y5    EQU     00011011B
X2Y5    EQU     00101011B
X3Y5    EQU     00111011B
X4Y5    EQU     01001011B
X5Y5    EQU     01011011B
X6Y5    EQU     01101011B
X7Y5    EQU     01111011B
X8Y5    EQU     10001011B
X9Y5    EQU     10011011B
X10Y5   EQU     10101011B
X11Y5   EQU     10111011B
X12Y5   EQU     11001011B
X13Y5   EQU     11011011B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
X14Y5   EQU     11101011B
X15Y5   EQU     11111011B

X0Y6    EQU     00001101B
X1Y6    EQU     00011101B
X2Y6    EQU     00101101B
X3Y6    EQU     00111101B
X4Y6    EQU     01001101B
X5Y6    EQU     01011101B
X6Y6    EQU     01101101B
X7Y6    EQU     01111101B
X8Y6    EQU     10001101B
X9Y6    EQU     10011101B
X10Y6   EQU     10101101B
X11Y6   EQU     10111101B
X12Y6   EQU     11001101B
X13Y6   EQU     11011101B
X14Y6   EQU     11101101B
X15Y6   EQU     11111101B

X0Y7    EQU     00001111B
X1Y7    EQU     00011111B
X2Y7    EQU     00101111B
X3Y7    EQU     00111111B
X4Y7    EQU     01001111B
X5Y7    EQU     01011111B
X6Y7    EQU     01101111B
X7Y7    EQU     01111111B
X8Y7    EQU     10001111B
X9Y7    EQU     10011111B
X10Y7   EQU     10101111B
X11Y7   EQU     10111111B
X12Y7   EQU     11001111B
X13Y7   EQU     11011111B
X14Y7   EQU     11101111B
X15Y7   EQU     11111111B

KEY1    EQU     00000001B
KEY2    EQU     00000010B
KEY3    EQU     00000011B
KEY4    EQU     00000100B
KEY5    EQU     00000101B
KEY6    EQU     00000110B
KEY7    EQU     00000111B
KEY8    EQU     00001000B
KEY9    EQU     00001001B
KEY0    EQU     00001010B
KEYS    EQU     00001011B
KEYC    EQU     00001100B

MEMO1   EQU     30H
MEMO2   EQU     31H
MEMOT   EQU     32H

ADDR_DELAY EQU  33H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;****** INITIAL EXCHANGE CONTROL CIRCUIT ******

      INIT:  MOV     R0,#MEMO2
             MOV     ADDR_DELAY,#10
             MOV     P2,#00H

             SETB    P0.6
             SETB    P0.7
             MOV     R5,#5
             ACALL   DELAY10
             CLR     P0.6
             CLR     P0.7
             SETB    P1.4
             SETB    P3.4
             CLR     RS0
             CLR     RS1
             MOV     P1,#0FFH
             RET

  ;********* DELAY TIME 10m per ROUND **********
;INPUT-R5(ROUND)
;OUTOUT-TIME DELAY

    DELAY10:  MOV     R6,#99   ;TIME=12*(1/11.0592*10^6)*
   DELAY10_1: MOV     R7,#45   ;      (R5(1+R6(1+R7(2)+2)
   DELAY10_2: DJNZ    R7,DELAY10_2 ;      +2)+2)
              DJNZ    R6,DELAY10_1 ;10 mSec
              DJNZ    R5,DELAY10
              RET

  ;********* DELAY TIME 100m per ROUND**********
  ;INPUT-R5(ROUND)
  ;OUTOUT-TIME DELAY

    DELAY100:   MOV     R6,#190 ;TIME=12*(1/11.0592*10^6)*

  DELAY100_1:   MOV     R7,#241 ;      (R5(1+R6(1+R7(2)+2)
  DELAY100_2:   DJNZ    R7,DELAY100_2;      +2)+2)
                DJNZ    R6,DELAY100_1;100 mSec
                DJNZ    R5,DELAY100
                RET

   ;************ RECEIVE DTMF ************
     ;INPUT-R3(DIAL),R4(DTMF),R5(DETECT HOOK)
     ;OUTOUT-ADDR MEMOT(33H)

     RECEIVE:   MOV     R2,03H  ;DIAL TONE ON
                ACALL   CROSS_ON
                MOV     R2,04H
                ACALL   CROSS_ON
                ACALL   CHK_HOOK
                MOV     R2,03H  ;DIAL TONE OFF
                ACALL   CROSS_OFF
                MOV     MEMO1,P1
                ACALL   CHK_HOOK
                MOV     MEMO2,P1
                MOV     R2,04H
                ACALL   CROSS_OFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                PUSH    MEMO2
                MOV     A,MEMO1     ;NUMBER TO CONTACT
                SWAP    A
                XCHD    A,@R0
                MOV     MEMOT,A
                POP     MEMO2
                RET

   ;********* CHECK HOOKS **********
       ;INPUT-R5
       ;OUTOUT-CHECK HOOKS IN LINE CIRCUITS

CHK_HOOK:       PUSH    05H
                MOV     R5,#50
                ACALL   DELAY10
                POP     05H
  NEXT_0:       CJNE    R5,#P03,NEXT_1
                JNB     P0.3,NEXT_3
                AJMP    START
  NEXT_1:       CJNE    R5,#P04,NEXT_2
                JNB     P0.4,NEXT_3
                AJMP    START
  NEXT_2:       CJNE    R5,#P05,NEXT_3
                JNB     P0.5,NEXT_3
                AJMP    START
  NEXT_3:       JNB     P3.2,NEXT_0     ;SECOND NUMBER
                JB      P3.2,$
                RET

   ;********* RINGING **********
   ;INPUT-R2
   ;OUTOUT-CROSS POINT

  RINGING:      CLR     P0.7
                MOV     A,R2
                ANL     A,#00001111B
                CJNE    A,#00000001B,RING_1
                SJMP    RING_END
  RING_1:       CJNE    A,#00000010B,RING_2
                SJMP    RING_END
  RING_2:       CJNE    A,#00000011B,END
                MOV     A,#00000100B
                SJMP    RING_END
RING_END:       MOV     P2,A
                SETB    P0.6
                MOV     R5,#5
                ACALL   DELAY10
                CLR     P0.6
     END:       RET

   ;********* CLEAR RINGING **********

CLR_RING:       CLR     P0.7
                MOV     P2,#00H
                SETB    P0.6
                MOV     R5,#5
                ACALL   DELAY10
                CLR     P0.6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    RET

      ********* CROSS POINT ON **********
         ;INPUT-R2
         ;OUTOUT-CROSS POINT ON

   CROSS_ON:        CLR       P0.6
                    MOV       P2,R2
                    SETB      P0.7
                    MOV       R5,#5
                    ACALL     DELAY10
                    CLR       P0.7
                    RET

      ;********* CROSS POINT OFF **********
         ;INPUT-R2
;OUTOUT-CROSS POINT OFF

 CROSS_OFF:         CLR       P0.6
                    MOV       A,R2
                    CLR       ACC.0
                    MOV       P2,A
                    SETB      P0.7
                    MOV       R5,#5
                    ACALL     DELAY10
                    CLR       P0.7
                    RET
      $INCLUDE "INIT.ASM"
                    ORG       0000H
                    LJMP      START
                    DS        8
                    DS        8
                    DS        8
                    DS        8
                    DS        8



      ;*********** START PROGRAM ***************

      START:        MOV       SP,#0FH
                    ACALL     INIT
                    JB        P0.0,ST_1
                    AJMP      OGT_1
      ST_1:         JB        P0.1,ST_2
                    AJMP      OGT_2
      ST_2:         JB        P0.2,ST_3
                    AJMP      OGT_3
      ST_3:         JB        P0.3,ST_4
                    AJMP      ICT_1
      ST_4:         JB        P0.4,ST_5
                    AJMP      ICT_2
      ST_5:         JB        P0.5,START
                    AJMP      ICT_3
      OGT_1:        AJMP      START
      OGT_2:        AJMP      START
      OGT_3:        AJMP      START
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;******** TELEPHONE 1 IN EXCHANGE CONTROL CIRCUIT ********

ICT_1:          CLR     P3.4
                MOV     R3,#X0Y0
                MOV     R4,#X12Y0
                MOV     R5,#P03
                ACALL   RECEIVE
                MOV     A,MEMOT


;******** TELEPHONE 1 CONTACT TO TELEPHONE 1 ************

 TACT_11:       CJNE    A,#11H,TACT_12 ;TELEPHONE1CONTACT TO
                AJMP    TACT_1E     ; TELEPHONE 1

;******** TELEPHONE 1 CONTACT TO TELEPHONE 2 ********

 TACT_12:       CJNE    A,#12H,TACT_13 ;TELEPHONE1CONTACT TO
                JB      P0.4,CONT_12   ; TELEPHONE 2
                MOV     R2,#X2Y0
                ACALL   CROSS_ON
                JNB     P0.3,$
                MOV     R2,#X2Y0       ; BUSY TONE
                ACALL   CROSS_OFF
                AJMP    START
 CONT_12:       MOV     R2,MEMO2       ; RINGING TELEPHONE 2
                MOV     R5,#P03
                ACALL   RINGING
                MOV     R2,#X3Y0       ; RINGBACK TELEPHONE 1
                ACALL   CROSS_ON
 CON_121:       JNB     P0.4,CON_122
                JNB     P0.3,CON_121
                AJMP    START
 CON_122:       ACALL   CLR_RING
                MOV     R2,#X3Y0
                ACALL   CROSS_OFF
                MOV     R2,#X11Y0   ; CONNECT TELEPHONE 1 TO
                ACALL   CROSS_ON
                MOV     R2,#X11Y1   ; TELEPHONE 2
                ACALL   CROSS_ON

 LOOP_12:       JB      P0.3,CLR_12
                JB      P0.4,CLR_12
                SJMP    LOOP_12
  CLR_12:       MOV     R2,#X11Y0   ; CLEAR CONNECT 1 TO 2
                ACALL   CROSS_OFF
                MOV     R2,#X11Y1
                ACALL   CROSS_OFF
                JNB     P0.3,$
                JNB     P0.4,$
                AJMP    START

;******** TELEPHONE 1 CONTACT TO TELEPHONE 3 ********

TACT_13:  CJNE  A,#13H,TACT_1E  ; TELEPHONE 1 CONTACT TO
                JB      P0.5,CONT_13          ; TELEPHINE 3
                MOV     R2,#X2Y0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   CROSS_ON
                JNB     P0.3,$
                MOV     R2,#X2Y0    ; BUSY TONE
                ACALL   CROSS_OFF
                AJMP    START
 CONT_13:       MOV     R2,MEMO     ; RINGING TELEPHONE 2
                MOV     R5,#P03
                ACALL   RINGING
                MOV     R2,#X3Y0    ; RINGBACK TELEPHONE 1
                ACALL   CROSS_ON
 CON_131:       JNB     P0.5,CON_132
                JNB     P0.3,CON_131
                AJMP    START

 CON_132:       ACALL   CLR_RING
                MOV     R2,#X3Y0
                ACALL   CROSS_OFF
                MOV     R2,#X11Y0   ; CONNECT TELEPHONE 1 TO
                ACALL   CROSS_ON
                MOV     R2,#X11Y2   ; TELEPHONE 3
                ACALL   CROSS_ON
 LOOP_13:       JB      P0.3,CLR_13
                JB      P0.5,CLR_13
                SJMP    LOOP_13
  CLR_13:       MOV     R2,#X11Y0   ; CLEAR CONNECT 1 TO 3
                ACALL   CROSS_OFF
                MOV     R2,#X11Y2
                ACALL   CROSS_OFF
                JNB     P0.3,$
                JNB     P0.5,$
                AJMP    START

;******** TELEPHONE 1 DON'T CONTACT ********
 TACT_1E:       MOV     R2,#X1Y0    ; NU TONE
                ACALL   CROSS_ON
                JNB     P0.3,$
                MOV     R2,#X1Y0
                ACALL   CROSS_OFF
                AJMP    START
;******** TELEPHONE 2 IN EXCHANGE CONTROL CIRCUIT **********

   ICT_2:       CLR     P3.4
                MOV     R3,#X0Y1
                MOV     R4,#X12Y1
                MOV     R5,#P04
                ACALL   RECEIVE
                MOV     A,MEMOT

 ;******** TELEPHONE 2 CONTACT TO TELEPHONE 1 ********

 TACT_21:       CJNE    A,#21H,TACT_22 ;TELEPHONE2CONTACT TO
                JB      P0.3,CONT_21   ; TELEPHONE 1
                MOV     R2,#X2Y1
                ACALL   CROSS_ON
                JNB     P0.4,$
                MOV     R2,#X2Y1    ; BUSY TONE
                ACALL   CROSS_OFF
                AJMP    START
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONT_21:    MOV     R2,MEMO2    ; RINGING TELEPHONE 1
            MOV     R5,#P04
            ACALL   RINGING
            MOV     R2,#X3Y1    ; RINGBACK TELEPHONE 2
            ACALL   CROSS_ON
CON_211:    JNB     P0.3,CON_212
            JNB     P0.4,CON_211
            AJMP    START
CON_212:    ACALL   CLR_RING
            MOV     R2,#X3Y1
            ACALL   CROSS_OFF
            MOV     R2,#X11Y1 ; CONNECT TELEPHONE 2 TO 1
            ACALL   CROSS_ON
            MOV     R2,#X11Y0     ; TELEPHONE 1
            ACALL   CROSS_ON
LOOP_21:    JB      P0.4,CLR_21
            JB      P0.3,CLR_21
            SJMP    LOOP_21
 CLR_21:    MOV     R2,#X11Y1     ; CLEAR CONNECT 2 TO 1
            ACALL   CROSS_OFF
            MOV      R2,#X11Y0
            ACALL   CROSS_OFF
            JNB     P0.4,$
            JNB     P0.3,$
            AJMP    START

;******** TELEPHONE 2 CONTACT TO TELEPHONE 2 ********
          TACT_22:  CJNE     A,#22H,TACT_23     ; TELEPHONE 2
CONTACT TO 2
            AJMP    TACT_2E                    ; TELEPHONE 2

;******** TELEPHONE 2 CONTACT TO TELEPHONE 3 ********
  TACT_23:  CJNE    A,#23H,TACT_2E  ; TELEPHONE 2 CONTACT TO
            JB      P0.5,CONT_23      ; TELEPHINE 3
            MOV     R2,#X2Y1
            ACALL   CROSS_ON
            JNB     P0.4,$
            MOV     R2,#X2Y1          ; BUSY TONE
            ACALL   CROSS_OFF
            AJMP    START
   CONT_23: MOV     R2,MEMO2       ; RINGING TELEPHONE 3
            MOV     R5,#P04
            ACALL   RINGING
            MOV     R2,#X3Y1       ; RINGBACK TELEPHONE 2
            ACALL   CROSS_ON
  CON_231:  JNB     P0.5,CON_232
            JNB     P0.4,CON_231
            AJMP    START
  CON_232:  ACALL   CLR_RING
            MOV     R2,#X3Y1
            ACALL   CROSS_OFF
            MOV     R2,#X11Y1 ; CONNECT TELEPHONE 2 TO 3
            ACALL   CROSS_ON
            MOV     R2,#X11Y2             ; TELEPHONE 3
            ACALL   CROSS_ON
 LOOP_23:   JB      P0.4,CLR_23
            JB      P0.5,CLR_23
            SJMP    LOOP_23
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CLR_23:     MOV     R2,#X11Y1   ; CLEAR CONNECT 2 TO 3
            ACALL   CROSS_OFF
            MOV     R2,#X11Y2
            ACALL   CROSS_OFF
            JNB     P0.4,$
            JNB     P0.5,$
            AJMP    START

;******** TELEPHONE 2 DON'T CONTACT ********
 TACT_2E:   MOV     R2,#X1Y1     ; NU TONE
            ACALL   CROSS_ON
            JNB     P0.4,$
            MOV     R2,#X1Y1
            ACALL   CROSS_OFF
            AJMP    START

;******** TELEPHONE 3 IN EXCHANGE CONTROL CIRCUIT ********
   ICT_3:   CLR     P3.4
            MOV     R3,#X0Y2
            MOV     R4,#X12Y2
            MOV     R5,#P05
            ACALL   RECEIVE
            MOV     A,MEMOT
;******** TELEPHONE 3 CONTACT TO TELEPHONE 1 ********
 TACT_31:   CJNE    A,#21H,TACT_32 ;TELEPHONE3CONTACTTO1
            JB      P0.3,CONT_31   ; TELEPHONE 1
            MOV     R2,#X2Y2
            ACALL   CROSS_ON
            JNB     P0.5,$
            MOV     R2,#X2Y2     ; BUSY TONE
            ACALL   CROSS_OFF
            AJMP    START
CONT_31:    MOV     R2,MEMO2     ; RINGING TELEPHONE 1
            MOV     R5,#P05
            ACALL   RINGING
            MOV     R2,#X3Y2     ; RINGBACK TELEPHONE 3
            ACALL   CROSS_ON
CON_311:    JNB     P0.3,CON_312
            JNB     P0.5,CON_311
            AJMP    START
CON_312:    ACALL   CLR_RING
            MOV     R2,#X3Y2
            ACALL   CROSS_OFF
            MOV     R2,#X11Y2  ; CONNECT TELEPHONE 3TO 2
            ACALL   CROSS_ON
            MOV     R2,#X11Y0    ; TELEPHONE 1
            ACALL   CROSS_ON

LOOP_31:    JB      P0.5,CLR_31
            JB      P0.3,CLR_31
            SJMP    LOOP_31
CLR_31:     MOV     R2,#X11Y2    ; CLEAR CONNECT 3 TO1
            ACALL   CROSS_OFF
            MOV     R2,#X11Y0
            ACALL   CROSS_OFF
            JNB     P0.5,$
            JNB     P0.3,$
            AJMP    START
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          ;******** TELEPHONE 3 CONTACT TO TELEPHONE 2 ********
           TACT_32:    CJNE     A,#23H,TACT_33  ; TELEPHONE 3
CONTACT TO 2
                       JB       P0.4,CONT_32    ; TELEPHINE 2
                       MOV      R2,#X2Y2
                       ACALL    CROSS_ON
                       JNB      P0.5,$
                       MOV      R2,#X2Y2        ; BUSY TONE
                       ACALL    CROSS_OFF
                       AJMP     START
          CONT_32:     MOV      R2,MEMO2        ; RINGING TELEPHONE 2
                       MOV      R5,#P05
                       ACALL    RINGING
                       MOV      R2,#X3Y2      ; RINGBACK TELEPHONE 3
                       ACALL    CROSS_ON
          CON_321:     JNB      P0.4,CON_322
                       JNB      P0.5,CON_321
                       AJMP     START
          CON_322:     ACALL    CLR_RING
                       MOV      R2,#X3Y2
                       ACALL    CROSS_OFF
                       MOV      R2,#X11Y2 ; CONNECT TELEPHONE 3 TO 3
                       ACALL    CROSS_ON
                       MOV      R2,#X11Y1     ; TELEPHONE 2
                       ACALL    CROSS_ON
         LOOP_32:      JB       P0.5,CLR_32
                       JB       P0.4,CLR_32
                       SJMP     LOOP_32
          CLR_32:      MOV      R2,#X11Y2    ; CLEAR CONNECT 3 TO 2
                       ACALL    CROSS_OFF
                       MOV      R2,#X11Y1
                       ACALL    CROSS_OFF
                       JNB      P0.5,$
                       JNB      P0.4,$
                       AJMP     START
        ;******** TELEPHONE 3 CONTACT TO TELEPHONE 3 ********
         TACT_33:      CJNE     A,#33H,TACT_3E  ; TELEPHONE 3
CONTACT TO 3
                       AJMP     TACT_3E                ; TELEPHONE 3
        ;******** TELEPHONE 3 DON'T CONTACT ********
         TACT_3E:      MOV      R2,#X1Y2                       ; NU
TONE
                       ACALL    CROSS_ON
                       JNB      P0.5,$
                       MOV      R2,#X1Y2
                       ACALL    CROSS_OFF
                       AJMP     START
            $INCLUDE "SUB.ASM"
                       END
```

รูปที่ ค.2 โปรแกรมควบคุมชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************************;
;              PROGRAMER BY
;
 ; NAWIN   PROMKUL&NONGNUCH   PROMKUL;
;              TONE  GENNERATOR
;*****************************************;
              ORG       0000H
              LJMP      START
              ORG       000BH
              LCALL     LOOP
              LCALL     NU
 LOAD:        MOV       TH0,#0FFH
              MOV       TL0,#061H
              SETB      TR0
              RETI
              ORG       001BH
              CPL       00H      ; GEN 400 Hz
              LCALL     GEN_10
              LCALL     BUSY
              LCALL     RINGTONE
              LCALL     NU
 LOAD1:       MOV       TH1,#0FBH
              MOV       TL1,#0ACH
              SETB      TR1
              RETI
 LOOP:        MOV       A,R2
              DEC       A        ; R2=0 IS 350 Hz
              JZ        GEN450
              MOV       R2,A
 SUB_R3:      MOV
              DEC       A        ; R3=0 IS 450
              JZ
              MOV       R3,A
              RET
 GEN450:      CPL       P1.5
              CPL       P1.0
              MOV       R2,#0FH ; ----- OLD 14H
              AJMP      SUB_R3
 GEN350:      CPL       P1.6
              MOV       R3,#13H ; ----- OLD 18H
              AJMP      LOAD
 GEN_10:      INC       R0
              CJNE      R0,#28H,GO
              CPL       01H      ; COUNT 10 Hz
              INC       R5       ; DATA OF 5 Hz
              CJNE      R5,#02H,N_ON     ; 2
              CPL       04H              ; GEN_5 Hz
              INC       R6
              CJNE      R6,#07H,N_ON1    ; 7
              CPL       05H             ; GEN_0.3 Hz
              MOV       R6,#00H
 N_ON1:       MOV       R5,#00H
  N_ON:       MOV       R0,#00H
              INC       R1            ; COUNT OF 1 Hz
              CJNE      R1,#0AH,GO
              CPL       02H
              MOV       R1,#00H
              DEC       R4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    R4,#00H,GO
                CPL     03H         ; GEN_0.2 Hz
                JB      03H,RE_LOAD
                MOV     R4,#05H     ; 6
                SJMP    GO

RE_LOAD:        MOV     R4,#02H
     GO:        RET
                ORG     0200H

  START:        MOV     IE,#0FFH
                MOV     IP,#00H
                CLR     00H  ; f = 400 Hz
                CLR     001H ; f = 10 Hz
                CLR     02H  ; f = 1 Hz
                SETB    03H  ; f = 0.2 Hz
                SETB    04H  ; f = 5 Hz
                SETB    05H  ; f = 0.3 Hz
                CLR     06H  ; COMPLEMENT NU
                MOV     TMOD,#10H
                MOV     R0,#00H ; DATA f = 10 Hz
                MOV     R1,#00H ; DATA f = 1 Hz
                MOV     R2,#0FH ; DATA f = 350 Hz
                MOV     R3,#13H ; DATA f = 450 Hz
                MOV     R4,#02H ; DATA f = 0.2 Hz
                MOV     R5,#00H ; DATA f = 5 Hz
                MOV     R6,#00H ; DATA f = 0.3 Hz
                MOV     TH0,#0FFH
                MOV     TL0,#061H
                MOV     TH1,#0FBH
                MOV     TL1,#0ACH
                SETB    TR0
                SETB    TR1
                SJMP    $

  BUSY:         MOV     C,00H
                ANL     C,02H ; 400 Hz MOD1Hz IS BUSY
                MOV     P1.7,C
                MOV     P1.1,C
                RET

RINGTONE:       MOV     C,00H
                ANL     C,03H ; 400 Hz MOD 0.2 Hz IS
     RINGTONE
                MOV     P2.0,C
                MOV     P2.2,C ; 50 Hz TO RINGING
     TONE
                MOV     P1.4,C
                MOV     P1.2,C
                RET
   NU:          MOV     C,04H
                ANL     C,05H ; 5 Hz MOD 0.3 Hz
                CPL     C
                MOV     06H,C
                MOV     C,00H
                ANL     C,06H ; 400 HZ MOD NU-
          COMPLEMENT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     P2.1,C
                MOV     P1.3,C
                RET
                END
```

รูปที่ ค.3 โปรแกรมสร้างสัญญาณโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
################    SUB 1   ##################
Object = "{3B7C8863-D78F-101B-B9B5-04021C009402}#1.1#0";
      "RICHTX32.OCX"
      Begin VB.Form frmAbout
      Caption          =   "ผู้จัดทำ"
      ClientHeight     =   6975
      ClientLeft       =   4395
       ClientTop       =   3600
      ClientWidth      =   7170
      BeginProperty Font
      Name             =   "CordiaUPC"
      Size             =   15.75
      Charset          =   222
      Weight           =   400
      Underline        =   0   'False
      Italic           =   0   'False
      Strikethrough    =   0   'False
      EndProperty
      LinkTopic        =   "Form1"
      LockControls     =   -1  'True
      MDIChild         =   -1  'True
      ScaleHeight      =   6975
      ScaleWidth       =   7170
      Begin VB.CommandButton Command1
      Caption          =   "ปิด"
      BeginProperty Font
      Name             =   "MS Sans Serif"
      Size             =   8.25
      Charset          =   222
      Weight           =   400
      Underline        =   0   'False
      Italic           =   0   'False
      Strikethrough    =   0   'False
      EndProperty
      Height           =   495
      Left             =   5400
      TabIndex         =   2
      Top              =   6360
      Width            =   1215
      End
      Begin RichTextLib.RichTextBox RichTextBox1
      Height           =   5295
      Left             =   600
      TabIndex         =   0
      Top              =   960
      Width            =   6015
      _ExtentX         =   10610
      _ExtentY         =   9340
      _Version         =   327681
      ReadOnly         =   -1  'True
      ScrollBars       =   2
      DisableNoScroll  =   -1  'True
      FileName         =   "C:\Noi\About.txt"
      End
      Begin VB.Label Label1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Caption         =   "ผู้จัดทำ"
      BeginProperty Font
      Name            =   "MS Sans Serif"
      Size            =   18
      Charset         =   222
      Weight          =   400
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
      EndProperty
      Height          =   495
      Left            =   3000
      TabIndex        =   1
      Top             =   240
      Width           =   1095
End
End
Attribute VB_Name = "frmAbout"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Sub Command1_Click()
Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Load()
Top = 500
Left = 1700
Width = 7380
Height = 7380
End Sub

####################   SUB 2 ####################

Line 40: Class RichTextLib.RichTextBox of control RichTextBox1
was not a loaded control class.
Line 46: The property name _ExtentX in RichTextBox1 is invalid.
Line 47: The property name _ExtentY in RichTextBox1 is invalid.
Line 48: The property name _Version in RichTextBox1 is invalid.
Line 49: The property name ReadOnly in RichTextBox1 is invalid.
Line 50: The property name ScrollBars in RichTextBox1 is
invalid.
Line 51: The property name DisableNoScroll in RichTextBox1 is
invalid.
Line 52: The property name FileName in RichTextBox1 is invalid.

####################  SUB 3  ####################

Object = "{3B7C8863-D78F-101B-B9B5-04021C009402}#1.1#0";
"RICHTX32.OCX"
Begin VB.Form frmAim
Caption         =   "วัตถุประสงค์"
 ClientHeight    =   6930
ClientLeft      =   4140
ClientTop       =   3345
ClientWidth     =   7260
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LinkTopic       =   "Form2"
LockControls    =   -1  'True
MDIChild        =   -1  'True
ScaleHeight     =   6930
ScaleWidth      =   7260
Begin VB.CommandButton Command1
Caption         =   "ปิด"
Height          =   495
Left            =   5640
TabIndex        =   1
Top             =   6360
Width           =   1335
End
egin RichTextLib.RichTextBox RichTextBox1
Height          =   5295
Left            =   480
TabIndex        =   0
Top             =   840
Width           =   6255
_ExtentX        =   11033
_ExtentY        =   9340
_Version        =   327681
ReadOnly        =   -1  'True
ScrollBars      =   2
FileName        =   "C:\Noi\Aim.txt"
BeginProperty Font {0BE35203-8F91-11CE-9DE3-00AA004BB851}
Name            =   "CordiaUPC"
Size            =   14.25
Charset         =   222
Weight          =   400
Underline       =   0   'False
Italic          =   0   'False
Strikethrough   =   0   'False
EndProperty
End
Begin VB.Label Label1
Caption         =   "วัตถุประสงค์"
BeginProperty Font
Name            =   "MS Sans Serif"
Size            =   18
Charset         =   222
Weight          =   400
Underline       =   0   'False
Italic          =   0   'False
Strikethrough   =   0   'False
EndProperty
Height          =   495
Left            =   2760
TabIndex        =   2
Top             =   240
Width           =   1815
End
Attribute VB_Name = "frmAim"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Unload Me
            End Sub
            Private Sub Form_Load()
            Top = 500
            Left = 1700
            Width = 7380
            Height = 7380
            End Sub

#####################  SUB 4 ###################
Line 22: Class RichTextLib.RichTextBox of control RichTextBox1 was
not a loaded control class.
Line 28: The property name _ExtentX in RichTextBox1 is invalid.
Line 29: The property name _ExtentY in RichTextBox1 is invalid.
Line 30: The property name _Version in RichTextBox1 is invalid.
Line 31: The property name ReadOnly in RichTextBox1 is invalid.
Line 32: The property name ScrollBars in RichTextBox1 is invalid.
Line 33: The property name FileName in RichTextBox1 is invalid.

#####################  SUB 5 ###################

Object = "{3B7C8863-D78F-101B-B9B5-04021C009402}#1.1#0";
"RICHTX32.OCX"
Begin VB.Form frmHelp
            Caption         =   "ช่วยเหลือ"
            ClientHeight    =   6990
            ClientLeft      =   60
            ClientTop       =   345
            ClientWidth     =   7350
            LinkTopic       =   "Form1"
            MDIChild        =   -1  'True
            ScaleHeight     =   6990
            ScaleWidth      =   7350
            Begin RichTextLib.RichTextBox RichTextBox1
            Height          =   5655
            Left            =   480
            TabIndex        =   1
            Top             =   480
            Width           =   6375
            _ExtentX        =   11245
            _ExtentY        =   9975
            _Version        =   327681
            ReadOnly        =   -1  'True
            ScrollBars      =   2
            FileName        =   "C:\Noi\Help.txt"
            BeginProperty Font {0BE35203-8F91-11CE-9DE3-00AA004BB851}
            Name            =   "CordiaUPC"
            Size            =   14.25
            Charset         =   222
            Weight          =   400
            Underline       =   0   'False
            Italic          =   0   'False
            Strikethrough   =   0   'False
            EndProperty
            End
      Begin VB.CommandButton Command1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Caption         =   "ปิด"
            Height          =   495
            Left            =   5640
            TabIndex        =   0
            Top             =   6360
            Width           =   1215
      End
End
Attribute VB_Name = "frmHelp"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Sub Command1_Click()
      Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Load()
      Top = 500
      Left = 1700
      Width = 7500
      Height = 7400
End Sub

#####################  SUB 6 ###################
Line 13: Class RichTextLib.RichTextBox of control RichTextBox1 was
not a loaded control class.
Line 19: The property name _ExtentX in RichTextBox1 is invalid.
Line 20: The property name _ExtentY in RichTextBox1 is invalid.
Line 21: The property name _Version in RichTextBox1 is invalid.
Line 22: The property name ReadOnly in RichTextBox1 is invalid.
Line 23: The property name ScrollBars in RichTextBox1 is invalid.
Line 24: The property name FileName in RichTextBox1 is invalid.
Line 19: The property name _ExtentX in RichTextBox1 is invalid.
Line 20: The property name _ExtentY in RichTextBox1 is invalid.
Line 21: The property name _Version in RichTextBox1 is invalid.
Line 22: The property name ReadOnly in RichTextBox1 is invalid.
Line 23: The property name ScrollBars in RichTextBox1 is invalid.
Line 24: The property name FileName in RichTextBox1 is invalid.



#####################  SUB 7 ###################

Object = "{3B7C8863-D78F-101B-B9B5-04021C009402}#1.1#0";
"RICHTX32.OCX"
Begin VB.Form frmlimit
      Caption         =   "ขอบเขตความสามารถ"
      ClientHeight    =   7095
      ClientLeft      =   3630
      ClientTop       =   3345
      ClientWidth     =   7365
      BeginProperty Font
            Name            =   "CordiaUPC"
            Size            =   14.25
            Charset         =   222
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Weight          =   400
Underline       =   0   'False
Italic          =   0   'False
Strikethrough   =   0   'False
EndProperty
LinkTopic       =   "Form1"
MDIChild        =   -1  'True
ScaleHeight     =   7095
ScaleWidth      =   7365
Begin VB.CommandButton Command1
Caption         =   "ปิด"
BeginProperty Font
Name            =   "MS Sans Serif"
Size            =   8.25
Charset         =   222
Weight          =   400
Underline       =   0   'False
Italic          =   0   'False
Strikethrough   =   0   'False
EndProperty
Height          =   495
Left            =   5520
TabIndex        =   1
Top             =   6360
Width           =   1215
End
Begin RichTextLib.RichTextBox RichTextBox1
Height          =   5415
Left            =   360
TabIndex        =   0
Top             =   840
Width           =   6615
_ExtentX        =   11668
_ExtentY        =   9551
_Version        =   327681
ScrollBars      =   2
FileName        =   "C:\Noi\limit.txt"
End
Begin VB.Label Label1
Caption         =   "ขอบเขตความสามารถ"
BeginProperty Font
Name            =   "MS Sans Serif"
Size            =   18
Charset         =   222
Weight          =   400
Underline       =   0   'False
Italic          =   0   'False
Strikethrough   =   0   'False
EndProperty
Height          =   495
Left            =   2400
TabIndex        =   2
Top             =   240
Width           =   3015
End
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Attribute VB_Name = "frmlimit"
            Attribute VB_GlobalNameSpace = False
            Attribute VB_Creatable = False
            Attribute VB_PredeclaredId = True
            Attribute VB_Exposed = False
            Private Sub Command1_Click()
            Unload Me
            End Sub

            Private Sub Form_Load()
            Top = 500
            Left = 1700
            Width = 7500
            Height = 7500
            End Sub

####################  SUB 8 ###################

Line 39: Class RichTextLib.RichTextBox of control RichTextBox1 was
not a loaded control class.
Line 45: The property name _ExtentX in RichTextBox1 is invalid.
Line 46: The property name _ExtentY in RichTextBox1 is invalid.
Line 47: The property name _Version in RichTextBox1 is invalid.
Line 48: The property name ScrollBars in RichTextBox1 is invalid.
Line 49: The property name FileName in RichTextBox1 is invalid.
Line 45: The property name _ExtentX in RichTextBox1 is invalid.
Line 46: The property name _ExtentY in RichTextBox1 is invalid.
Line 47: The property name _Version in RichTextBox1 is invalid.
Line 48: The property name ScrollBars in RichTextBox1 is invalid.
Line 49: The property name FileName in RichTextBox1 is invalid.
Line 45: The property name _ExtentX in RichTextBox1 is invalid.
Line 46: The property name _ExtentY in RichTextBox1 is invalid.
Line 47: The property name _Version in RichTextBox1 is invalid.
Line 48: The property name ScrollBars in RichTextBox1 is invalid.
Line 49: The property name FileName in RichTextBox1 is invalid.
####################  SUB 9 ###################

Object = "{6B7E6392-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}#1.3#0";
"COMCTL32.OCX"
Begin VB.Form frmload
            BackColor       =   &H80000004&
            BorderStyle     =   0  'None
            Caption         =   "Form1"
            ClientHeight    =   5325
            ClientLeft      =   1785
            ClientTop       =   2745
            ClientWidth     =   7020
            LinkTopic       =   "Form1"
            MDIChild        =   -1  'True
            ScaleHeight     =   5325
            ScaleWidth      =   7020
            ShowInTaskbar   =   0   'False
            Begin VB.Timer Timer2
            Interval        =   30
            Left            =   600
            Top             =   120
            End
            Begin ComctlLib.ProgressBar ProgressBar1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            DragMode        =   1  'Automatic
            Height          =   255
            Left            =   2640
            TabIndex        =   1
            Top             =   4800
            Width           =   3255
            _ExtentX        =   5741
            _ExtentY        =   450
            _Version        =   327682
            Appearance      =   1
            End
            Begin VB.PictureBox Picture1
            BackColor       =   &H00000000&
            Height          =   3855
            Left            =   720
            Picture         =   "frmload.frx":0000
            ScaleHeight     =   3795
            ScaleWidth      =   5715
            TabIndex        =   0
            Top             =   720
            Width           =   5775
            End
            Begin VB.Label Label1
            Caption         =   "Loading X movie"
            Height          =   255
            Left            =   1320
            TabIndex        =   2
            Top             =   4800
            Width           =   1215
            End
            End
            Attribute VB_Name = "frmload"
            Attribute VB_GlobalNameSpace = False
            Attribute VB_Creatable = False
            Attribute VB_PredeclaredId = True
            Attribute VB_Exposed = False
            Dim a As Byte
            Private Sub Form_Load()
            Top = 1500
            Left = 2000
            End Sub
            Private Sub Timer2_Timer()
            If a < 99 Then
            ProgressBar1.Value = a
            a = a + 1
            Else
            Unload Me
            End If
            End Sub



#####################  SUB 10 ###################=#

Line 21: Class ComctlLib.ProgressBar of control ProgressBar1 was not
a loaded control class.
Line 28: The property name _ExtentX in ProgressBar1 is invalid.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Line 29: The property name _ExtentY in ProgressBar1 is invalid.
Line 30: The property name _Version in ProgressBar1 is invalid.
Line 28: The property name _ExtentX in ProgressBar1 is invalid.
Line 29: The property name _ExtentY in ProgressBar1 is invalid.
Line 30: The property name _Version in ProgressBar1 is invalid.
Line 28: The property name _ExtentX in ProgressBar1 is invalid.
Line 29: The property name _ExtentY in ProgressBar1 is invalid.
Line 30: The property name _Version in ProgressBar1 is invalid.
Line 28: The property name _ExtentX in ProgressBar1 is invalid.
Line 29: The property name _ExtentY in ProgressBar1 is invalid.
Line 30: The property name _Version in ProgressBar1 is invalid.
Line 28: The property name _ExtentX in ProgressBar1 is invalid.
Line 29: The property name _ExtentY in ProgressBar1 is invalid.
Line 30: The property name _Version in ProgressBar1 is invalid.

#####################  SUB 11 ###################

      Begin VB.Form frmMain
            BackColor       =   &H8000000C&
            Caption         =   "Form1"
            ClientHeight    =   5505
            ClientLeft      =   2865
            ClientTop       =   1875
            ClientWidth     =   7545
            LinkTopic       =   "Form1"
            ScaleHeight     =   5505
            ScaleWidth      =   7545
            Begin VB.Menu mnuAim
            Caption         =   "วัตถุประสงค์"
            End
            Begin VB.Menu mnulimit
            Caption         =   "ขอบเขตความสามารถ"
            End
            Begin VB.Menu mnumain
            Caption         =   "ใบงาน"
            Begin VB.Menu mnut1
            Caption         =   "ใบงานที่1"
            End
            Begin VB.Menu mnut2
            Caption         =   "ใบงานที่2"
            End
            Begin VB.Menu mnut3
            Caption         = "ใบงานที่3"
            End
            Begin VB.Menu mnut4
            Caption         =   "ใบงานที่4"
            End
            Begin VB.Menu mnut5
            Caption         =   "ใบงานที่5"
            End
            Begin VB.Menu mnut6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Caption         =    "ใบงานที่6"
            End
            End
            Begin VB.Menu mnuAbout
            Caption         = "ผู้จัดทำ"
            End
            Begin VB.Menu mnuexit
            Caption         =    "ออก"
            End
            End
            Attribute VB_Name = "frmMain"
            Attribute VB_GlobalNameSpace = False
            Attribute VB_Creatable = False
            Attribute VB_PredeclaredId = True
            Attribute VB_Exposed = False
            Private Sub mnuAim_Click()
            frmAim.Show
            End Sub
            Private Sub mnuexit_Click()
            End
            End Sub
            Private Sub mnulimit_Click()
            frmlimit.Show
            End Sub
            Private Sub mnut1_Click()
            frmt1.Show
            End Sub
            Private Sub mnut2_Click()
            frmt2.Show
            End Sub
            frmt3.Show
            End Sub
            Private Sub mnut4_Click()
            frmt4.Show
            End Sub
            Private Sub mnut5_Click()
            frmt5.Show
            End Sub
            Private Sub mnut6_Click()
            frmt6.Show
            End Sub


######################  SUB 12 ###################

            Begin VB.Form frmt1
            Caption         =    "ใบงานที่ 1"
            ClientHeight    =    6780
            ClientLeft      =    4905
            ClientTop       =    4350
            ClientWidth     =    7725
            LinkTopic       =    "Form1"
            LockControls    =    -1  'True
            MDIChild        =    -1  'True
            ScaleHeight     =    6780
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ScaleWidth      =   7725
WindowState     =   2  'Maximized
Begin VB.Timer Timer1
Interval        =   500
Left            =   600
Top             =   480
End
Begin VB.CommandButton Command1
Caption         =   "ปิด"
Height          =   495
Left            =   8760
TabIndex        =   1
Top             =   6840
Width           =   1575
End
Begin VB.PictureBox Picture1
Height          =   6255
Left            =   1200
Picture         =   "frmt1.frx":0000
ScaleHeight     =   6195
ScaleWidth      =   8955
TabIndex        =   0
Top             =   480
Width           =   9015
Begin VB.Line Line15
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   6840
X2              =   7800
Y1              =   1920
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line14
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   7800
X2              =   7800
Y1              =   4320
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line13
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   6840
X2              =   6840
Y1              =   2520
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line12
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   5640
X2              =   6480
Y1              =   1920
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line11
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BorderColor      =   &H80000002&
BorderWidth      =   5
X1               =   6480
X2               =   6480
Y1               =   2520
Y2               =   1920
End
Begin VB.Line Line10
BorderColor      =   &H80000002&
BorderWidth      =   5
X1               =   5640
X2               =   5640
Y1               =   4080
Y2               =   1920
End
Begin VB.Line Line9
BorderColor      =   &H80000002&
BorderWidth      =   5
X1               =   4440
X2               =   5280
Y1               =   1920
Y2               =   1920
End
Begin VB.Line Line8
BorderColor      =   &H80000002&
BorderWidth      =   5
X1               =   5280
X2               =   5280
Y1               =   4080
Y2               =   1920
End
Begin VB.Line Line7
BorderColor      =   &H80000002&
BorderWidth      =   5
X1               =   4440
X2               =   4440
Y1               =   2520
Y2               =   1920
End
Begin VB.Line Line6
BorderColor      =   &H80000002&
BorderWidth      =   5
X1               =   3120
X2               =   3960
Y1               =   1920
Y2               =   1920
End
Begin VB.Line Line5
BorderColor      =   &H80000002&
BorderWidth      =   5
X1               =   3960
X2               =   3960
Y1               =   2520
Y2               =   1920
End
Begin VB.Line Line4
BorderColor      =   &H80000002&
BorderWidth      =   5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 X1              =   3120
X2              =   3120
Y1              =   4080
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line3
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   2040
X2              =   2640
Y1              =   1920
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line2
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   2640
X2              =   2640
Y1              =   4080
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line1
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   2040
X2              =   2040
Y1              =   2520
Y2              =   1920
End
Begin VB.Shape Shape6
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1695
Left            =   7080
Top             =   4080
Visible         =   0   'False
Width           =   1575
End
Begin VB.Shape Shape5
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1575
Left            =   5880
Top             =   2520
Visible         =   0   'False
Width           =   1575
End
Begin VB.Shape Shape4
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1575
        Left            =   4680
        Top             =   4080
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1575
        End
        Begin VB.Shape Shape3
        BackColor       =   &H00C0FFFF&
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1575
        Left            =   3360
        Top             =   2520
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1575
        End
        Begin VB.Shape Shape2
        BackColor       =   &H00C0FFFF&
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1575
        Left            =   2160
        Top             =   4080
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1575
        End
        Begin VB.Shape Shape1
        BackColor       =   &H00C0FFFF&
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1575
        Left            =   960
        Top             =   2520
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1455
        End
        End
    Begin VB.Label Label1
        Caption         =   "Label1"
        Height          =   255
        Left            =   5640
        TabIndex        =   2
        Top             =   120
        Width           =   855
        End
        End
    Attribute VB_Name = "frmt1"
    Attribute VB_GlobalNameSpace = False
    Attribute VB_Creatable = False
    Attribute VB_PredeclaredId = True
    Attribute VB_Exposed = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Private Sub Command1_Click()
      Unload Me
      End Sub
      Private Sub Form_Load()
      'Shape1.Visible = True
      End Sub
      Private Sub Timer1_Timer()
            If (Shape1.Visible) Then
            Shape1.Visible = False
            Else
            Shape1.Visible = True
            End If
            Out &H378, 1
            rdata = Inp(&H378)
            Label1.Caption = rdata
            End Sub

####################  SUB 13 ###################

            Begin VB.Form frmt2
            Caption         =   "ใบงานที่ 2"
            ClientHeight    =   3195
            ClientLeft      =   5160
            ClientTop       =   4095
            ClientWidth     =   4680
            LinkTopic       =   "Form1"
            LockControls    =   -1  'True
            MDIChild        =   -1  'True
            ScaleHeight     =   3195
            ScaleWidth      =   4680
            WindowState     =   2  'Maximized
            Begin VB.PictureBox Picture1
            Height          =   6255
            Left            =   1320
            Picture         =   "frmt2.frx":0000
            ScaleHeight     =   6195
            ScaleWidth      =   8955
            TabIndex        =   1
            Top             =   600
            Width           =   9015
            Begin VB.Shape Shape1
            BackColor       =   &H00C0FFFF&
            BackStyle       =   1  'Opaque
            BorderColor     =   &H80000006&
            DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
            FillColor       =   &H00C0FFC0&
            Height          =   1575
            Left            =   960
            Top             =   2520
            Visible         =   0   'False
            Width           =   1455
            End
            Begin VB.Shape Shape2
            BackColor       =   &H00C0FFFF&
            BackStyle       =   1  'Opaque
            BorderColor     =   &H80000006&
            DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1575
Left            =   2160
Top             =   4080
Visible         =   0   'False
Width           =   1575
End
Begin VB.Shape Shape3
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1575
Left            =   3360
Top             =   2520
Visible         =   0   'False
Width           =   1575
End
Begin VB.Shape Shape4
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1575
Left            =   4680
Top             =   4080
Visible         =   0   'False
Width           =   1575
End
Begin VB.Shape Shape5
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1575
Left            =   5880
Top             =   2520
Visible         =   0   'False
Width           =   1575
End
Begin VB.Shape Shape6
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1695
Left            =   7080
Top             =   4080
Visible         =   0   'False
Width           =   1575
End
Begin VB.Line Line1
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
X1              =   2040
X2              =   2040
Y1              =   2520
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line2
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   2640
X2              =   2640
Y1              =   4080
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line3
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   2040
X2              =   2640
Y1              =   1920
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line4
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   3120
X2              =   3120
Y1              =   4080
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line5
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   3960
X2              =   3960
Y1              =   2520
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line6
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   3120
X2              =   3960
Y1              =   1920
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line7
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   4440
X2              =   4440
Y1              =   2520
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line8
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   5280
X2              =   5280
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Y1              =   4080
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line9
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   4440
X2              =   5280
Y1              =   1920
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line10
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   5640
X2              =   5640
Y1              =   4080
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line11
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   6480
X2              =   6480
Y1              =   2520
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line12
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   5640
X2              =   6480
Y1              =   1920
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line13
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   6840
X2              =   6840
Y1              =   2520
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line14
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   7800
X2              =   7800
Y1              =   4320
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line15
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   6840
X2              =   7800
Y1              =   1920
Y2              =   1920
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            End
            End
            Begin VB.CommandButton Command1
            Caption         =   "ปิด"
            Height          =   495
            Left            =   8760
            TabIndex        =   0
            Top             =   7200
            Width           =   1575
            End
            End
            Attribute VB_Name = "frmt2"
            Attribute VB_GlobalNameSpace = False
            Attribute VB_Creatable = False
            Attribute VB_PredeclaredId = True
            Attribute VB_Exposed = False
            Private Sub Command1_Click()
            Unload Me
            End Sub

####################  SUB 14  ###################

      Begin VB.Form frmt3
            Caption         =   "ใบงานที่ 3"
            ClientHeight    =   3195
            ClientLeft      =   4905
            ClientTop       =   4845
            ClientWidth     =   4680
            LinkTopic       =   "Form1"
            LockControls    =   -1  'True
            MDIChild        =   -1  'True
            ScaleHeight     =   3195
            ScaleWidth      =   4680
            WindowState     =   2  'Maximized
            Begin VB.CommandButton Command1
            Caption         =   "ปิด"
            Height          =   495
            Left            =   9000
            TabIndex        =   1
            Top             =   6960
            Width           =   1455
            End
            Begin VB.PictureBox Picture1
            Height          =   6495
            Left            =   1440
            Picture         =   "frmt3.frx":0000
            ScaleHeight     =   6435
            ScaleWidth      =   8955
            TabIndex        =   0
            Top             =   240
            Width           =   9015
            Begin VB.Line Line7
            BorderColor     =   &H80000002&
            BorderWidth     =   5
            X1              =   4800
            X2              =   4800
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Y1              =   3000
Y2              =   3960
End
Begin VB.Line Line6
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   5040
X2              =   6360
Y1              =   1440
Y2              =   1440
End
Begin VB.Line Line5
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   6360
X2              =   6360
Y1              =   1920
Y2              =   1440
End
Begin VB.Line Line4
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   5040
X2              =   5040
Y1              =   2280
Y2              =   1440
End
Begin VB.Line Line3
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   4560
X2              =   3240
Y1              =   1440
Y2              =   1440
End
Begin VB.Line Line2
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   4560
X2              =   4560
Y1              =   2280
Y2              =   1440
End
Begin VB.Line Line1
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   3240
X2              =   3240
Y1              =   1920
Y2              =   1440
End
Begin VB.Shape Shape4
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1575
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Left            =   3960
            Top             =   3960
            Visible         =   0   'False
             Width           =   1695
            End
            Begin VB.Shape Shape2
            BackColor       =   &H00C0FFFF&
            BackStyle       =   1  'Opaque
            BorderColor     =   &H80000006&
            DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
            FillColor       =   &H00C0FFC0&
            Height          =   1575
            Left            =   5640
            Top             =   1800
            Visible         =   0   'False
            Width           =   1695
            End
            Begin VB.Shape Shape1
            BackColor       =   &H00C0FFFF&
            BackStyle       =   1  'Opaque
            BorderColor     =   &H80000006&
            DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
            FillColor       =   &H00C0FFC0&
            Height          =   1575
            Left            =   2280
            Top             =   1800
            Visible         =   0   'False
            Width           =   1575
            End
            Begin VB.Shape Shape3
            BackColor       =   &H00C0FFFF&
            BackStyle       =   1  'Opaque
            BorderColor     =   &H80000006&
            DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
            FillColor       =   &H00C0FFC0&
            Height          =   1575
            Left            =   4080
            Top             =   2160
            Visible         =   0   'False
            Width           =   1455
            End
            End
            End
            Attribute VB_Name = "frmt3"
            Attribute VB_GlobalNameSpace = False
            Attribute VB_Creatable = False
            Attribute VB_PredeclaredId = True
            Attribute VB_Exposed = False
            Private Sub Command1_Click()
            Unload Me
            End Sub

#####################  SUB 15  ###################

Begin VB.Form frmt4
      Caption         =   "ใบงานที่ 4"
      ClientHeight    =   3195
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ClientLeft      =   5160
      ClientTop       =   5100
      ClientWidth     =   4680
      LinkTopic       =   "Form1"
      LockControls    =   -1  'True
      MDIChild        =   -1  'True
      ScaleHeight     =   3195
      ScaleWidth      =   4680
      WindowState     =   2  'Maximized
      Begin VB.CommandButton Command1
            Caption         =   "ปิด"
            Height          =   495
            Left            =   9480
            TabIndex        =   1
            Top             =   7080
            Width           =   1215
      End
      Begin VB.PictureBox Picture1
            Height          =   6375
            Left            =   1080
            Picture         =   "frmt4.frx":0000
            ScaleHeight     =   6315
            ScaleWidth      =   9555
            TabIndex        =   0
            Top             =   480
            Width           =   9615
            Begin VB.Line Line6
            BorderColor     =   &H80000002&
            BorderWidth     =   5
            X1              =   2040
            X2              =   2040
            Y1              =   2520
            Y2              =   3720
            End
            Begin VB.Line Line5
            BorderColor     =   &H80000002&
            BorderWidth     =   5
            X1              =   4200
            X2              =   2400
            Y1              =   4080
            Y2              =   4080
            End
            Begin VB.Line Line4
            BorderColor     =   &H80000002&
            BorderWidth     =   5
            X1              =   6600
            X2              =   4920
            Y1              =   4080
            Y2              =   4080
            End
            Begin VB.Line Line3
            BorderColor     =   &H80000002&
            BorderWidth     =   5
            X1              =   6960
            X2              =   6960
            Y1              =   2520
            Y2              =   3720
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End
Begin VB.Line Line2
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   4800
X2              =   6600
Y1              =   2160
Y2              =   2160
End
Begin VB.Line Line1
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   2400
X2              =   4080
Y1              =   2160
Y2              =   2160
End
Begin VB.Shape Shape6
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1575
Left            =   6120
Top             =   3600
Visible         =   0   'False
Width           =   1695
End
Begin VB.Shape Shape5
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1575
Left            =   3600
Top             =   3600
Visible         =   0   'False
 Width          =   1695
End
Begin VB.Shape Shape4
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1575
Left            =   1200
Top             =   3600
Visible         =   0   'False
Width           =   1695
End
Begin VB.Shape Shape3
BackColor       =   &H00C0FFFF&
ackStyle        =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            FillColor       =   &H00C0FFC0&
            Height          =   1575
            Left            =   6120
            Top             =   1680
            Visible         =   0   'False
            Width           =   1575
            End
            Begin VB.Shape Shape1
            BackColor       =   &H00C0FFFF&
            BackStyle       =   1  'Opaque
            BorderColor     =   &H80000006&
            DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
            FillColor       =   &H00C0FFC0&
            Height          =   1575
            Left            =   1200
            Top             =   1680
            Visible         =   0   'False
            Width           =   1695
            End
            Begin VB.Shape Shape2
            BackColor       =   &H00C0FFFF&
            BackStyle       =   1  'Opaque
            BorderColor     =   &H80000006&
            DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
            FillColor       =   &H00C0FFC0&
            Height          =   1575
            Left            =   3600
            Top             =   1680
            Visible         =   0   'False
            Width           =   1695
            End
      End
      End
      Attribute VB_Name = "frmt4"
      Attribute VB_GlobalNameSpace = False
      Attribute VB_Creatable = False
      Attribute VB_PredeclaredId = True
      Attribute VB_Exposed = False
      Private Sub Command1_Click()
      Unload Me
      End Sub


####################  SUB 16  ###################

Begin VB.Form frmt5
            Caption         =   "ใบงานที่ 5"
            ClientHeight    =   3195
            ClientLeft      =   5160
            ClientTop       =   5100
            ClientWidth     =   4680
            LinkTopic       =   "Form1"
            LockControls    =   -1  'True
            MDIChild        =   -1  'True
            ScaleHeight     =   3195
            ScaleWidth      =   4680
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      WindowState     =   2  'Maximized
Begin VB.CommandButton Command1
      Caption         =   "□□ "
      Height          =   495
      Left            =   9360
      TabIndex        =   1
      Top             =   6840
      Width           =   1215
      End
Begin VB.PictureBox Picture1
      Height          =   6135
      Left            =   1560
      Picture         =   "frmt5.frx":0000
      ScaleHeight     =   6075
      ScaleWidth      =   8955
      TabIndex        =   0
      Top             =   480
      Width           =   9015
      Begin VB.Line Line6
      BorderColor     =   &H80000002&
      BorderWidth     =   5
      X1              =   3240
      X2              =   6240
      Y1              =   3960
      Y2              =   2640
      End
      Begin VB.Line Line5
      BorderColor     =   &H80000002&
      BorderWidth     =   5
      X1              =   3240
      X2              =   6240
      Y1              =   2640
      Y2              =   3960
      End
      Begin VB.Line Line4
      BorderColor     =   &H80000002&
      BorderWidth     =   5
      X1              =   2880
      X2              =   2880
      Y1              =   2640
      Y2              =   3960
      End
      Begin VB.Line Line3
      BorderColor     =   &H80000002&
      BorderWidth     =   5
      X1              =   3240
      X2              =   6240
      Y1              =   4320
      Y2              =   4320
      End
      Begin VB.Line Line2
      BorderColor     =   &H80000002&
      BorderWidth     =   5
      X1              =   6600
      X2              =   6600
      Y1              =   2640
      Y2              =   3960
      End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Begin VB.Line Line1
        BorderColor     =   &H80000002&
        BorderWidth     =   5
        X1              =   3240
        X2              =   6240
        Y1              =   2400
        Y2              =   2400
        End
        Begin VB.Shape Shape4
        BackColor       =   &H00C0FFFF&
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1575
        Left            =   5760
        Top             =   3840
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1695
        End
        Begin VB.Shape Shape3
        BackColor       =   &H00C0FFFF&
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1575
        Left            =   2040
        Top             =   3840
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1695
        End
        Begin VB.Shape Shape2
        BackColor       =   &H00C0FFFF&
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1575
        Left            =   5760
        Top             =   1920
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1695
        End
        Begin VB.Shape Shape1
        BackColor       =   &H00C0FFFF&
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1575
        Left            =   2040
        Top             =   1920
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1695
        End
    End
    End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Attribute VB_Name = "frmt5"
      Attribute VB_GlobalNameSpace = False
      Attribute VB_Creatable = False
      Attribute VB_PredeclaredId = True
      Attribute VB_Exposed = False
      Private Sub Command1_Click()
      Unload Me
      End Sub

#####################  SUB 17  ###################

      Begin VB.Form frmt6
            Caption         =   "ใบงานที่ 6"
            ClientHeight    =   3195
            ClientLeft      =   4905
            ClientTop       =   4590
            ClientWidth     =   4680
            LinkTopic       =   "Form1"
            LockControls    =   -1  'True
            MDIChild        =   -1  'True
            ScaleHeight     =   3195
            ScaleWidth      =   4680
            WindowState     =   2  'Maximized
            Begin VB.CommandButton Command1
            Caption         =   "ปิด"
            Height          =   495
            Left            =   9240
            TabIndex        =   1
            Top             =   7080
            Width           =   1215
            End
      Begin VB.PictureBox Picture1
            Height          =   6375
            Left            =   1440
            Picture         =   "frmt6.frx":0000
            ScaleHeight     =   6315
            ScaleWidth      =   9075
            TabIndex        =   0
            Top             =   600
            Width           =   9135
            Begin VB.Line Line6
            BorderColor     =   &H80000002&
            BorderWidth     =   5
            X1              =   3480
            X2              =   6120
            Y1              =   3480
            Y2              =   3480
            End
            Begin VB.Line Line5
            BorderColor     =   &H80000002&
            BorderWidth     =   5
            X1              =   6480
            X2              =   6480
            Y1              =   3840
            Y2              =   4680
            End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Begin VB.Line Line4
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   6480
X2              =   6480
Y1              =   2280
Y2              =   3120
End
Begin VB.Line Line3
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   3480
X2              =   6120
Y1              =   1920
Y2              =   1920
End
Begin VB.Line Line2
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   3120
X2              =   3120
Y1              =   3120
Y2              =   2280
End
Begin VB.Line Line1
BorderColor     =   &H80000002&
BorderWidth     =   5
X1              =   3120
X2              =   3120
Y1              =   4680
Y2              =   3840
End
Begin VB.Shape Shape6
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1455
Left            =   5640
Top             =   4680
Visible         =   0   'False
Width           =   1575
End
Begin VB.Shape Shape5
BackColor       =   &H00C0FFFF&
BackStyle       =   1  'Opaque
BorderColor     =   &H80000006&
DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
FillColor       =   &H00C0FFC0&
Height          =   1455
Left            =   5640
Top             =   3120
Visible         =   0   'False
Width           =   1575
End
Begin VB.Shape Shape4
BackColor       =   &H00C0FFFF&
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1575
        Left            =   5640
        Top             =   1440
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1575
        End
        Begin VB.Shape Shape3
        BackColor       =   &H00C0FFFF&
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1575
        Left            =   2280
        Top             =   1440
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1695
        End
        Begin VB.Shape Shape2
        BackColor       =   &H00C0FFFF&
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1455
        Left            =   2280
        Top             =   3120
        Visible         =   0   'False
        Width           =   1695
        End
        Begin VB.Shape Shape1
        BackColor       =   &H00C0FFFF&
        BackStyle       =   1  'Opaque
        BorderColor     =   &H80000006&
        DrawMode        =   9  'Not Mask Pen
        FillColor       =   &H00C0FFC0&
        Height          =   1455
        Left            =   2280
        Top             =   4680
        Visible         =   0   'False
End
Attribute VB_Name = "frmt6"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Sub Command1_Click()
Unload Me
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.4 โปรแกรมแสดงผลทางคอมพิวเตอร์

ภาคผนวก ง
ใบงานการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 1
การส่งสัญญาณแบบลิงค์- บาย- ลิงค์

วัตถุประสงค์

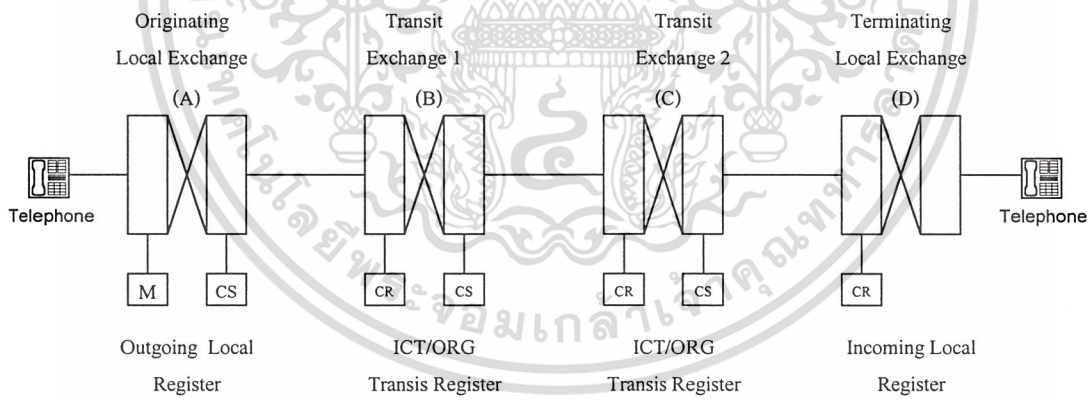
1. เพื่อศึกษาระบบการส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์
2. คอมพิวเตอร์
3. พอร์ต RS 232

ทฤษฎีเบื้องต้น

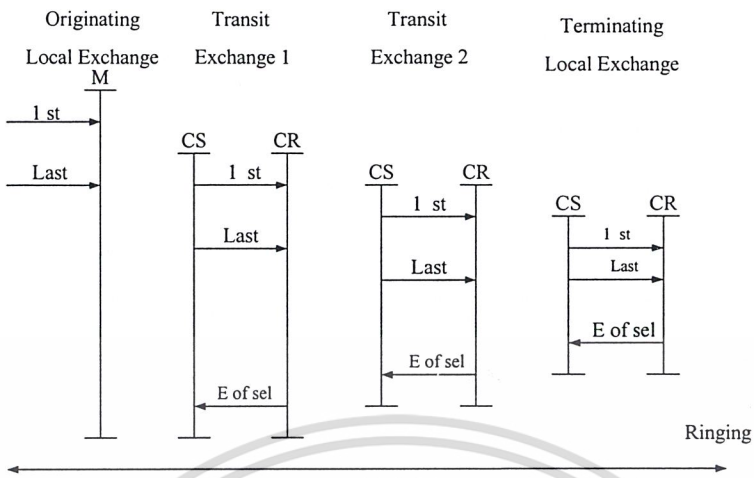
การส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์



รูปที่ 1.1 การส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์

การส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์ ใช้เมื่อชุมสายในเส้นทางมีระบบการส่งสัญญาณที่แตกต่างกัน เพราะแต่ละช่วงของการส่งสัญญาณจะมีการสร้างสัญญาณขึ้นใหม่ให้สอดคล้องกับตัวรับสัญญาณของชุมสายถัดไป มีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 ลำดับการส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์

1) ช่วงที่ 1

1.1) ผู้เรียกในชุมสาย A มีความประสงค์จะเรียกไปยังผู้เช่าในชุมสาย D

1.2) ชุมสาย A รับเลขหมายของผู้ถูกเรียกแล้วเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ท้องถิ่นที่สายผ่านขาออก (OGT Local Register)

2) ช่วงที่ 2

2.1) ชุมสายต้นทางวิเคราะห์เส้นทางจากแผนโครงข่าย พบว่าต้องส่งผ่านชุมสาย B

2.2) ชุมสาย A จับวงจรทางไกลต่อผ่านของชุมสาย B

2.3) CS (Code Sender) ของชุมสาย A ส่งเลขหมายใน ไปยังชุมสาย B

2.4) CR (Code Receiver) ของชุมสาย B รับเลขหมายจากชุมสาย A ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ของสายผ่านขาเข้า (ICT Transit Register)

3) ช่วงที่ 3

3.1) ชุมสาย B วิเคราะห์เส้นทางจากแผนโครงข่าย พบว่าต้องต่อผ่านชุมสาย C

3.2) ชุมสาย B จับวงจรทางไกลต่อผ่านของชุมสาย C

3.3) CS ของชุมสาย B ส่งเลขหมายออกจากรีจิสเตอร์สายผ่านขาออก (OGT transit Register) ไปยังชุมสาย C

3.4) CR (Code Receiver) ของชุมสาย C รับเลขหมายจากชุมสาย B ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ของสายผ่านขาเข้า (ICT Transit Register)

4) ช่วงที่ 4

4.1) ชุมสาย C วิเคราะห์เส้นทางจากแผนโครงข่ายพบว่าต้องต่อผ่านชุมสาย D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2) ชุมสาย C จะจับวงจรทางไกลขาเข้าของชุมสายปลายทาง (D)

4.3) CS ของชุมสาย C ส่งเลขหมายออกจากรีจิสเตอร์สายผ่านขาออกไปยังชุมสาย D

4.4) CR ของชุมสาย D ทำการรับเลขหมายจากชุมสาย B เก็บไว้ในในรีจิสเตอร์ของสายผ่านขาเข้า

5) ช่วงที่ 5

5.1) ชุมสาย D ส่งสัญญาณสิ้นสุดการเลือกกลับไปยังชุมสาย C

5.2) ชุมสาย C ส่งสัญญาณสิ้นสุดการเลือกกลับไปยังชุมสาย B

5.3) ชุมสาย B ส่งสัญญาณสิ้นสุดการเลือกกลับไปยังชุมสาย A

6) ช่วงที่ 6

6.1) เป็นการเรียกผู้เช่าปลายทาง และช่วงของการสนทนา

ในระหว่างชุมสายแต่ละช่วง สามารถใช้ระบบการส่งสัญญาณที่แตกต่างกันได้เพราะเมื่อในแต่ละชุมสายรับเลขหมายเก็บไว้แล้ว ก็จะเลือกเส้นทางไปยังชุมสายถัดไป และระหว่างชุมสายทั้งสองนั้น อาจมีระบบการส่งสัญญาณที่ต่างกัน เช่น ระหว่างชุมสาย A และ B เป็นสายผ่านแบบ TDM และใช้ การส่งสัญญาณแบบ CITT No.7 เป็นต้น

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุดสาธิตเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วย พอร์ต RS 232
2. เปิดสวิตซ์ชุดสาธิตและคอมพิวเตอร์
3. เข้าโปรแกรม เมนูหลัก แล้วเลือกที่ ใบงาน
4. กดสวิตซ์เลือกใบงานที่ 1 ที่ชุดสาธิต และเลือกใบงานที่ 1 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
5. สังเกตรูปที่ปรากฏที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
6. ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ และบันทึกผลเสียงสัญญาณ
7. กดเลขหมาย 63 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพและบันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
8. ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 63 เมื่อได้ยินเสียงกระดิ่งสังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ
9. สนทนาระหว่างหมายเลข 11 และหมายเลข 63 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ
10. วางหูโทรศัพท์หมายเลข 63 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ บันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
11. ทดลองกดเลขหมายที่ไม่มีในระบบ บันทึกผลเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
12. สรุปผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1.1 บันทึกผลการทดลอง

เงื่อนไข	ผล
ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	
กดเลขหมาย 63	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 63	
วางหูโทรศัพท์หมายเลข 63	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 แล้วยกขึ้นใหม่	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 63	
กดเลขหมาย 63	
วางหูโทรศัพท์หมายเลข 63	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 63	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 แล้วยกขึ้นใหม่	
ทดลองเรียกเลขหมายที่ไม่มีในระบบ	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ระบบการส่งสัญญาณโทรศัพท์แบบลิงค์-บาย-ลิงค์ มีหลักการทำงานอย่างไร
2. จงบอกข้อดีและข้อเสียของการส่งสัญญาณโทรศัพท์แบบลิงค์-บาย-ลิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 2
การส่งสัญญาณแบบ เอ็น- ทู- เอ็น

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาหลักการทำงานของการส่งสัญญาณแบบเอ็น- ทู- เอ็น
2. สรุปหลักการส่งสัญญาณแบบเอ็น- ทู- เอ็น ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์
2. คอมพิวเตอร์
3. พอร์ต RS 232

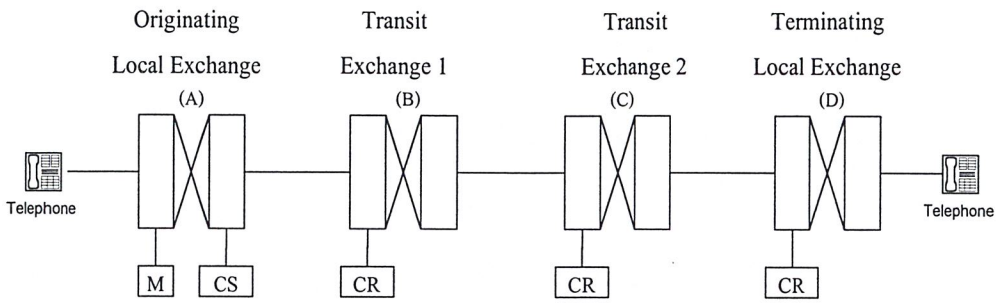
ทฤษฎีเบื้องต้น

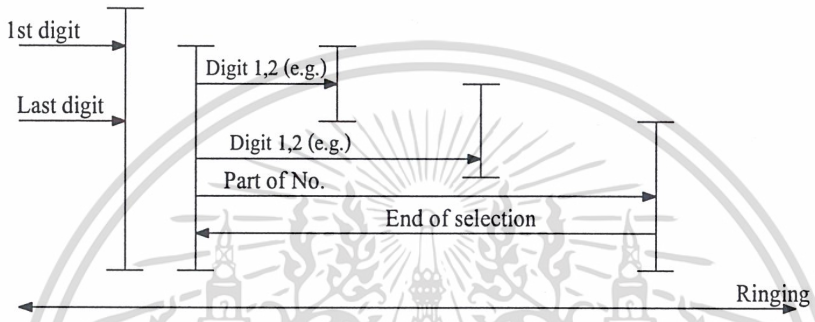
การส่งสัญญาณแบบเอ็น-ทู-เอ็น

ในระบบนี้ CS ของชุมสายต้นทางจะส่งเลขหมายจำนวนหนึ่งไปยังชุมสายต่อผ่านที่ 1 ที่พอเพียงที่จะทำให้ชุมสายนี้เลือกเส้นทางออกไปยังชุมสายถัดไปได้ หลังจากนั้น CR ของชุมสายต่อผ่านที่ 1 จะถูกตัดออก พร้อมกับตัวสวิตช์ของชุมสายจะทำการต่อผ่านให้ หลังจากนั้น CS ของชุมสายต้นทางจะส่งเลขหมายไปยังชุมสายต่อผ่านที่ 2 จนกระทั่ง CR ของชุมสายที่ 2 ตัดออก และสวิตช์ของชุมสายทำการต่อผ่านให้ CS ของชุมสายต้นทางจะทำการส่งเลขหมายที่จำเป็นตรงไปยัง CR ของชุมสายปลายทาง

ในการส่งสัญญาณแบบเอ็น-ทู-เอ็น สัญญาณจะถูกส่งหลายช่วงโดยอาศัยการต่อตรงโดยชุมสายต่อผ่าน การส่งแบบนี้อุปกรณ์ CR ของชุมสายต่อผ่านจะถูกจับใช้งานในช่วงสั้นๆ ส่วนอุปกรณ์ CS ไม่ถูกจับใช้งาน จึงทำให้ประหยัดอุปกรณ์ลงได้ ระบบนี้มีข้อจำกัดตรงที่การส่งสัญญาณต้องเป็นระบบเดียวกันตลอดทุกช่วง และอุปกรณ์รับส่งสัญญาณจะต้องมีความสามารถในการรับส่งได้เป็นอย่างดี เนื่องจากระยะทางการติดต่อสื่อสารยิ่งไกลการลดทอนของสัญญาณจะมีค่ามากตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 2.1 การส่งสัญญาณแบบเอ็น-ทู-เอ็น

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุดสาธิตเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วย พอร์ต RS 232
2. เปิดสวิตซ์ชุดสาธิตและคอมพิวเตอร์
3. เข้าโปรแกรม เมนูหลัก แล้วเลือกที่ ใบงาน
4. กดสวิตซ์เลือกใบงานที่ 1 ที่ชุดสาธิต และเลือกใบงานที่ 1 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
5. สังเกตรูปที่ปรากฏที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
6. ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ และทำการบันทึกผลเสียงสัญญาณ
7. กดเลขหมาย 63 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพและบันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
8. ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 63 เมื่อได้ยินเสียงกระดิ่งสังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ
9. สนทนาระหว่างหมายเลข 11 และหมายเลข 63 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ
10. วางหูโทรศัพท์หมายเลข 63 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ บันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
11. ทดลองกดเลขหมายที่ไม่มีในระบบ บันทึกผลเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
12. สรุปผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 2.1 บันทึกผลการทดลอง

เงื่อนไข	ผล
ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	
กดเลขหมาย 63	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 63	
วางหูโทรศัพท์หมายเลข 63	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 แล้วยกขึ้นใหม่	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 63	
กดเลขหมาย 63	
วางหูโทรศัพท์หมายเลข 63	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 63	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 แล้วยกขึ้นใหม่	
ทดลองเรียกเลขหมายที่ไม่มีในระบบ	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ระบบการส่งสัญญาณโทรศัพท์แบบเอ็น-ทู-เอ็น มีหลักการทำงานอย่างไร
2. จงบอกข้อดีและข้อเสียของการส่งสัญญาณโทรศัพท์แบบเอ็น-ทู-เอ็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 3
การส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบดาว

วัตถุประสงค์

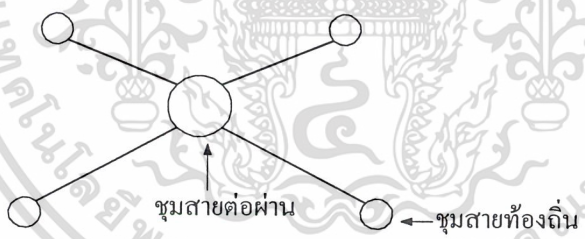
1. เพื่อศึกษาระบบการส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบดาว

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์
2. คอมพิวเตอร์
3. พอร์ต RS 232

ทฤษฎีเบื้องต้น

การส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบดาว



รูปที่ 3.1 โครงข่ายสายส่งแบบดาว

ลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบดาว

1) ประหยัดสายส่งเพราะลดความยาวของสายโดยรวม
2) ชุมสายต่อผ่านจะรองรับปริมาณการสื่อสารสูง
3) ความเชื่อถือได้ต่ำ เพราะมีวงจรเชื่อมต่อระหว่าง 2 ชุมสาย
4) นิยมใช้กับชุมสายท้องถิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุดสาธิตเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วย พอร์ต RS 232
2. เปิดสวิตซ์ชุดสาธิตและคอมพิวเตอร์
3. เข้าโปรแกรม เมนูหลัก แล้วเลือกที่ ใบงาน
4. กดสวิตซ์เลือกใบงานที่ 3 ที่ชุดสาธิต และเลือกใบงานที่ 3 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
5. สังเกตรูปที่ปรากฏที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
6. ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ และบันทึกผลเสียงสัญญาณ
7. กดเลขหมาย 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพและบันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
8. ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33 เมื่อได้ยินเสียงกระดิ่งสังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ
9. สนทนาระหว่างหมายเลข 11 และหมายเลข 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ
10. วางหูโทรศัพท์หมายเลข 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ บันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
11. ทดลองกดเลขหมายที่ไม่มีในระบบ บันทึกผลเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
12. สรุปผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลอง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 3.1 บันทึกผลการทดลอง

เงื่อนไข	ผล
ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	
กดเลขหมาย 33	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 แล้วยกขึ้นใหม่	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
กดเลขหมาย 33	
วางหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ระบบการส่งสัญญาณโทรศัพท์ของโครงข่ายแบบดาว มีหลักการทำงานอย่างไร
2. จงบอกข้อดีและข้อเสียของการส่งสัญญาณโทรศัพท์ของโครงข่าย แบบดาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 4
การส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบวงรอบ

วัตถุประสงค์

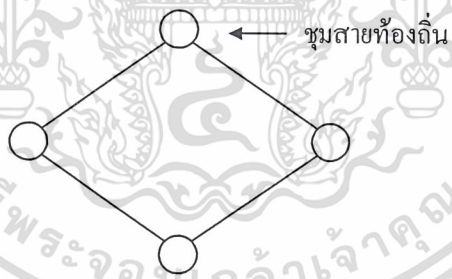
1. เพื่อศึกษาระบบการส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบวงรอบ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์
2. คอมพิวเตอร์
3. พอร์ต RS 232

ทฤษฎีเบื้องต้น

การส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบวงรอบ



รูปที่ 4.1 โครงข่ายสายส่งแบบวงรอบ

ลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบวงรอบ

1) มีความเชื่อถือได้สูงเพราะมีทิศทางการส่งทั้งทวนเข็มและตามเข็ม

2) มีความยาวของสายโดยรวมลดลงจากแบบตาข่ายแต่ระยะทางระหว่างชุมสายเพิ่มมากขึ้น (เช่น จาก a ไป c) ไม่เหมาะที่จะใช้กับการส่งที่ความเร็วสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุดสาธิตเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วย พอร์ต RS 232
2. เปิดสวิตซ์ชุดสาธิตและคอมพิวเตอร์
3. เข้าโปรแกรม เมนูหลัก แล้วเลือกที่ ใบงาน
4. กดสวิตซ์เลือกใบงานที่ 4 ที่ชุดสาธิต และเลือกใบงานที่ 4 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
5. สังเกตรูปที่ปรากฏที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
6. ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ และทำการบันทึกผลเสียงสัญญาณ
7. กดเลขหมาย 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพและบันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
8. ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33 เมื่อได้ยินเสียงกระดิ่งสังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ
9. สนทนาระหว่างหมายเลข 11 และหมายเลข 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ
10. วางหูโทรศัพท์หมายเลข 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ บันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
11. ทดลองกดเลขหมายที่ไม่มีในระบบ บันทึกผลเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
12. สรุปผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลอง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการทดลอง

เงื่อนไข	ผล
ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	
กดเลขหมาย 33	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 แล้วยกขึ้นใหม่	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
กดเลขหมาย 33	
วางหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ระบบการส่งสัญญาณโทรศัพท์ของโครงข่ายแบบวงรอบ มีหลักการทำงานอย่างไร

2. จงบอกข้อดีและข้อเสียของการส่งสัญญาณโทรศัพท์ของโครงข่ายแบบวงรอบเมื่อทำการเทียบกับแบบ ดาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 5
การส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบตาข่าย

วัตถุประสงค์

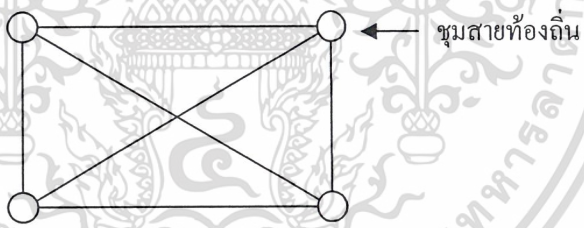
1. เพื่อศึกษาระบบการส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบตาข่าย

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์
2. คอมพิวเตอร์
3. พอร์ต RS 232

ทฤษฎีเบื้องต้น

การส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบตาข่าย



รูปที่ 5.1 โครงข่ายสายส่งแบบตาข่าย

ลักษณะเฉพาะของโครงข่ายแบบตาข่าย

1) ความยาวของสายส่งโดยรวมยาวที่สุด

2) ไม่ประหยัดแต่ความเชื่อถือได้สูง เพราะมีเส้นทางระหว่างชุมสายมากกว่า 1 ทาง

3) นิยมใช้กับชุมสายท้องถิ่น

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุดสาธิตเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วย พอร์ต RS 232
2. เปิดสวิตซ์ชุดสาธิตและคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เข้าโปรแกรม เมนูหลัก แล้วเลือกที่ ใบงาน

4. กดสวิตซ์เลือกใบงานที่ 5 ที่ชุดสาธิต และเลือกใบงานที่ 5 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

5. สังเกตรูปที่ปรากฏที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

6. ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพและทำการบันทึกผลเสียงสัญญาณ

7. กดเลขหมาย 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพและบันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน

8. ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33 เมื่อได้ยินเสียงกระดิ่งสังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ

9. สนทนาระหว่างหมายเลข 11 และหมายเลข 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ

10. วางหูโทรศัพท์หมายเลข 33 และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพบันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน

11. ทดลองกดเลขหมายที่ไม่มีในระบบ บันทึกผลเสียงสัญญาณที่ได้ยิน

12. สรุปผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลอง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 บันทึกผลการทดลอง

เงื่อนไข	ผล
ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	
กดเลขหมาย 33	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
วางหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 แล้วยกขึ้นใหม่	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
กดเลขหมาย 33	
วางหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 แล้วยกขึ้นใหม่	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ระบบการส่งสัญญาณโทรศัพท์ของโครงข่ายแบบตาข่าย มีหลักการทำงานอย่างไร

2. จงบอกข้อดีและข้อเสียของการส่งสัญญาณโทรศัพท์ของโครงข่าย แบบตาข่าย เมื่อเทียบกับแบบวงรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานที่ 6
การส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบลำดับ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบการส่งสัญญาณของโครงข่ายแบบลำดับชั้น

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดสาธิตการส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์
2. คอมพิวเตอร์
3. พอร์ต RS 232

ทฤษฎีเบื้องต้น

โครงข่ายสายส่งแบบลำดับขั้น

1) โครงข่ายแบบลำดับขั้นตามมาตรฐาน AT&T

AT&T ได้แบ่งตามลำดับขั้นของชุมสายไว้ 5 ระดับ เพื่อความสะดวกในการออกแบบและบริหารโครงข่ายได้แก่

ระดับที่ 1 ชุมสายประจำภาค

ระดับที่ 2 ชุมสายประจำเขต

ระดับที่ 3 ชุมสายปฐมภูมิ

ระดับที่ 4 ศูนย์ต่อผ่านทางไกล

ระดับที่ 5 ชุมสายปลายทาง

การที่จะโทรออกต่างชุมสายจะต้องมีการเชื่อมต่อทราฟฟิค (Traffic) เข้าไปในชุมสายในระดับสูงกว่า ถ้าเป็นชุมสายที่อยู่ใกล้ๆ กันจะมีสายผ่านให้

2) โครงข่ายแบบลำดับขั้นตามมาตรฐาน CCITT

CCITT แบ่งลำดับขั้นของโครงข่ายเป็น 5 ขั้น คือ

ระดับที่ 1 ชุมสายควอเทอร์นารี (Quaternary Center)

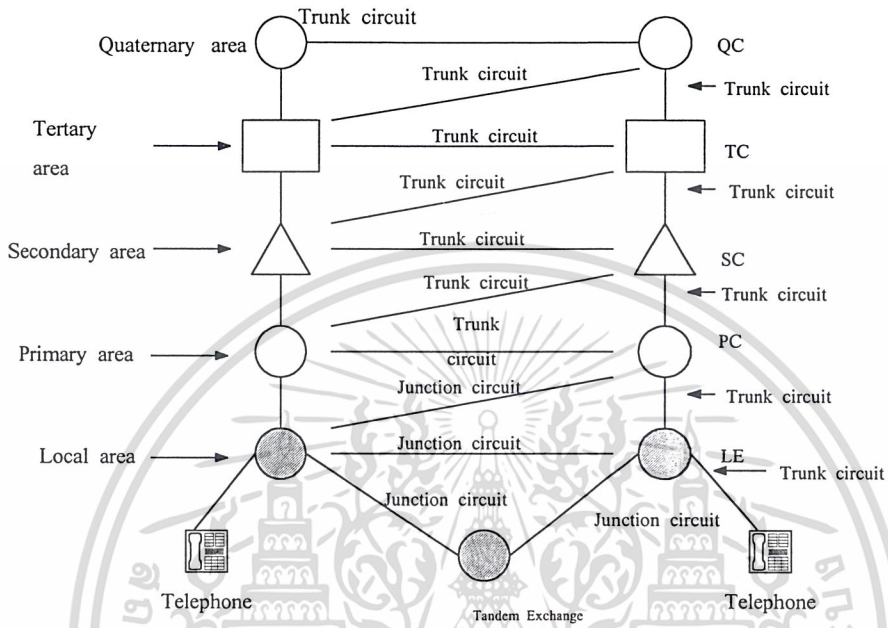
ระดับที่ 2 ชุมสายตติภูมิ

ระดับที่ 3 ชุมสายทุติยภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับที่ 4 ชุมสายปฐมภูมิ

ระดับที่ 5 ชุมสายท้องถิ่น



รูปที่ 6.1 โครงข่ายแบบลำดับขั้นตามมาตราฐาน CCITT

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อชุดสาธิตเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วย พอร์ต RS 232
2. เปิดสวิตซ์ชุดสาธิตและคอมพิวเตอร์
3. เข้าโปรแกรม เมนูหลัก แล้วเลือกที่ ใบงาน
4. กดสวิตซ์เลือกใบงานที่ 6 ที่ชุดสาธิต และเลือกใบงานที่ 6 ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
5. สังเกตรูปที่ปรากฏที่หน้าจอคอมพิวเตอร์
6. ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 11 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพและทำการบันทึกผลเสียงสัญญาณ
7. กดเลขหมาย 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพและบันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน
8. ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33 เมื่อได้ยินเสียงกระดิ่งสังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ
9. สนทนาระหว่างหมายเลข 11 และหมายเลข 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ
10. วางหูโทรศัพท์หมายเลข 33 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของจอภาพ บันทึกเสียงสัญญาณที่ได้ยิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ทดลองกดเลขหมายที่ไม่มีในระบบ บันทึกผลเสียงสัญญาณที่ได้ยิน

12. สรุปผลการทดลอง และตอบคำถามท้ายการทดลอง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.1 บันทึกผลการทดลอง

เงื่อนไข	ผล
ยกหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	
กดเลขหมาย 33	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
วางหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 แล้วยกขึ้นใหม่	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
กดเลขหมาย 33	
วางหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
ยกหูโทรศัพท์หมายเลข 33	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11 แล้วยกขึ้นใหม่	
ทดลองเรียกเลขหมายที่ไม่มีในระบบ	
วางหูโทรศัพท์ หมายเลข 11	

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามท้ายการทดลอง

1. ระบบการส่งสัญญาณโทรศัพท์ของโครงข่ายแบบลำดับชั้น มีหลักการทำงานอย่างไร

2. จงบอกข้อดีและข้อเสียของการส่งสัญญาณโทรศัพท์ของโครงข่าย แบบลำดับชั้น เมื่อเทียบกับแบบต่าง ๆ ตามใบงานที่ 3 ถึงใบงานที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

วงจรคู่สายภายใน

1.	ทรานซิสเตอร์ BD 139	1	ตัว
2.	ทรานซิสเตอร์ TIP110	1	ตัว
3.	ทรานซิสเตอร์ TIP121	1	ตัว
4.	ทรานซิสเตอร์ TIP126	1	ตัว
5.	ทรานซิสเตอร์ BC 337	1	ตัว
6.	รีซิสเตอร์ 100 โอห์ม ¼ วัตต์	1	ตัว
7.	รีซิสเตอร์ 200 โอห์ม ¼ วัตต์	1	ตัว
8.	รีซิสเตอร์ 240 โอห์ม ¼ วัตต์	1	ตัว
9.	รีซิสเตอร์ 390 โอห์ม ¼ วัตต์	2	ตัว
10.	รีซิสเตอร์ 1 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	1	ตัว
11.	รีซิสเตอร์ 2.7 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	1	ตัว
12.	รีซิสเตอร์ 27 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	1	ตัว
13.	รีซิสเตอร์ 4.7 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	3	ตัว
14.	คาปาซิเตอร์ 0.1 uF	3	ตัว
15.	ไดโอด 1N4007	5	ตัว
16.	ซีเนอร์ไดโอด 3.6 โวลต์	2	ตัว
17.	รีเลย์ 5 โวลต์ 8 ขา	1	ตัว

วงจรกำเนิดสัญญาณโทน

1. ไอซี 98C51	1	ตัว
2. ไอซี	1	ตัว
3.ทรานซิสเตอร์ BD139	5	ตัว
4. รีซิสเตอร์ 10 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	10	ตัว
5. รีซิสเตอร์ 16 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	7	ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.รีซิสเตอร์ 27 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	7	ตัว
7.รีซิสเตอร์ 91 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	1	ตัว
8.รีซิสเตอร์ 150 กิโลโอห์ม ¼ วัตต์	5	ตัว
9.คาปาซิเตอร์ 0.1uF	15	ตัว

แผงวงจรควบคุมภายในชุมสาย

1. ไอซี AT89C51	1	ตัว
2. ไอซี MT8880C	1	ตัว
3. ไอซี AT8870	1	ตัว
4. ไอซี 4N26	1	ตัว
5. ทรานซิสเตอร์ BC 337	4	ตัว
6. คริสตัล 3.57952 MHz	2	ตัว
7. คริสตัล 11.0592 MHz	1	ตัว
8. ความต้านทาน 300 โอห์ม	3	ตัว
9. ความต้านทาน 374 โอห์ม	1	ตัว
10.ความต้านทาน 100 กิโลโอห์ม	2	ตัว
11. ความต้านทาน 470 กิโลโอห์ม	1	ตัว
12.ความต้านทาน 100 กิโลโอห์ม	2	ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

DS275
Line-Powered RS-232 Transceiver Chip

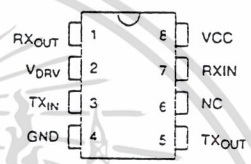
FEATURES

- Low–power serial transmitter/receiver for battery-backed systems
- Transmitter steals power from receive signal line to save power
- Ultra–low static current, even when connected to RS–232–E port
- Variable transmitter level from +5 to +12 volts
- Compatible with RS–232–E signals
- Available in 8–pin, 150–mil wide SOIC package (DS275S) and 14–pin TSSOP package
- Low–power CMOS

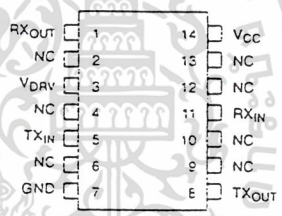
ORDERING INFORMATION

DS275	8–pin DIP
DS275S	8–pin SOIC
DS275E	14–pin TSSOP

PIN ASSIGNMENT



DS275 8–PIN DIP (300 MIL)
DS275S 8–PIN SOIC (150 MIL)



DS275E 14–PIN TSSOP

PIN DESCRIPTION

RX_{OUT}	– RS–232 Receiver Output
V_{DRV}	– Transmit Driver +V
TX_{IN}	– RS–232 Driver Input
GND	– System Ground (0V)
TX_{OUT}	– RS–232 Driver Output
NC	– No Connection
RX_{IN}	– RS–232 Receiver Input
V_{CC}	– System Logic Supply (+5V)

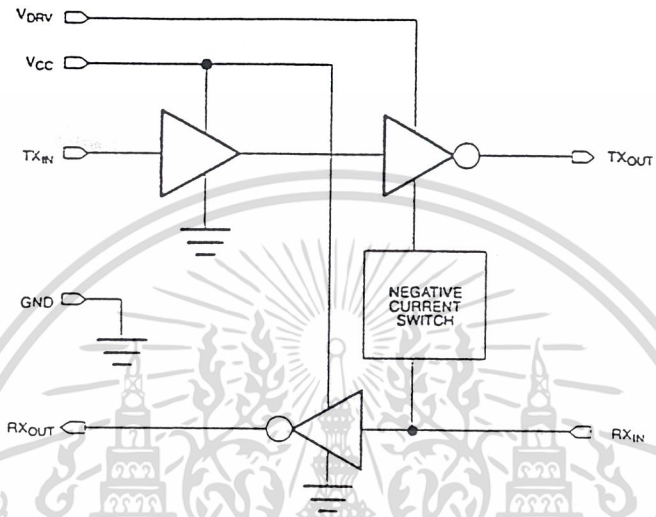
DESCRIPTION

The DS275 Line–Powered RS–232 Transceiver Chip is a CMOS device that provides a low–cost, very low–power interface to RS–232 serial ports. The receiver input translates RS–232 signal levels to common CMOS/TTL levels. The transmitter employs a unique circuit which steals current from the receive RS–232 signal when that signal is in a negative state (marking). Since most serial communication ports remain in a negative state statically, using the receive signal for negative power greatly reduces the DS275's static power consumption. This feature is especially important for battery–powered systems such as laptop computers, remote sensors, and portable medical instruments. During an actual communication session, the DS275's transmitter will use system power (5–12 volts) for positive transitions while still employing the receive signal for negative transitions.

©Copyright 1995 by Dallas Semiconductor Corporation.
All Rights Reserved. For important information regarding patents and other intellectual property rights, please refer to Dallas Semiconductor data books.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS275 BLOCK DIAGRAM Figure 1



OPERATION

Designed for the unique requirements of battery–backed systems, the DS275 provides a low–power half–duplex interface to an RS–232 serial port. Typically, a designer must use an RS–232 device which uses system power during both negative and positive transitions of the transmit signal to the RS–232 port. If the connector to the RS–232 port is left connected for an appreciable time after the communication session has ended, power will statically flow into that port, draining the battery capacity. The DS275 eliminates this static current drain by stealing current from the receive line (RX_{IN}) of the RS–232 port when that line is at a negative level (marking). Since most asynchronous communication over an RS–232 connection typically remains in a marking state when data is not being sent, the DS275 will not consume system power in this condition. System power would only be used when positive–going transitions are needed on the transmit RS–232 output (TX_{OUT}) when data is sent. However, since synchronous communication sessions typically exhibit a very low duty–cycle, overall system power consumption remains low.

RECEIVER SECTION

The RX_{IN} pin is the receive input for an RS–232 signal whose levels can range from ±3 to ±15 volts. A negative data signal is called a mark while a positive data signal is called a space. These signals are inverted and then level–shifted to normal +5 volt CMOS/TTL logic levels. The logic output associated with RX_{IN} is RX_{OUT} which swings from +V_{CC} to ground. Therefore, a mark on RX_{IN} produces a logic 1 at RX_{OUT}; a space produces a logic 0.

The input threshold of RX_{IN} is typically around 1.8 volts with 500 millivolts of hysteresis to improve noise rejection. Therefore, an input positive–going signal must exceed 1.8 volts to cause RX_{OUT} to switch states. A negative–going signal must now be lower than 1.3 volts (typically) to cause RX_{OUT} to switch again. An open on RX_{IN} is interpreted as a mark, producing a logic 1 at RX_{OUT}.

TRANSMITTER SECTION

TX_{IN} is the CMOS/TTL–compatible input for digital data from the user system. A logic 1 at TX_{IN} produces a mark (negative data signal) at TX_{OUT} while a logic 0 produces a space (positive data signal). As mentioned earlier, the transmitter section employs a unique driver design that uses the RX_{IN} line for swinging to negative levels. The RX_{IN} line must be in a marking or idle state to take advantage of this design; if RX_{IN} is in a spacing state, TX_{OUT} will only swing to ground. When TX_{OUT} needs to transition to a positive level, it uses the V_{DRV} power pin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

for this level. V_{DRV} can be a voltage supply between 5 to 12 volts, and in many situations it can be tied directly to the +5 volt V_{CC} supply. *It is important to note that V_{DRV} must be greater than or equal to V_{CC} at all times.*

The voltage range on V_{DRV} permits the use of a 9–volt battery in order to provide a higher voltage level when TX_{OUT} is in a space state. When V_{CC} is shut off to the DS275 and V_{DRV} is still powered (as might happen in a battery–backed condition), only a small leakage current (about 50–100 nA) will be drawn. If TX_{OUT} is loaded during such a condition, V_{DRV} will draw current only if RX_{IN} is not in a negative state. During normal operation (V_{CC}=5 volts), V_{DRV} will draw less than 2 uA when TX_{OUT} is marking. Of course, when TX_{OUT} is spacing, V_{DRV} will draw substantially more current – about 3 mA depending upon its voltage and the impedance that TX_{OUT} sees.

The TX_{OUT} output is slew–rate limited to less than 30 volts/us in accordance with RS–232 specifications. In the event TX_{OUT} should be inadvertently shorted to ground, internal current–limiting circuitry prevents damage, even if continuously shorted.

RS–232 COMPATIBILITY

The intent of the DS275 is not so much to meet all the requirements of the RS–232 specification as to offer a low–power solution that will work with most RS–232 ports with a connector length of less than 10 feet. As a prime example, the DS275 will not meet the RS–232 requirement that the signal levels be at least ±5 volts minimum when terminated by a 3KΩ load and V_{DRV}= +5 volts. Typically 4 volts will be present at TX_{OUT} when spacing under this condition. However, since most RS–232 receivers will correctly interpret any voltage over 2 volts as a space, there will be no problem transmitting data.

APPLICATIONS INFORMATION

The DS275 is designed as a low–cost, RS–232–E interface expressly tailored for the unique requirements of battery–operated handheld products. As shown in the electrical specifications, the DS275 draws exceptionally low operating and static current. During normal operation when data from the handheld system is sent from the TX_{OUT} output, the DS275 only draws significant V_{DRV} current when TX_{OUT} transitions positively (spacing). This current flows primarily into the RS–232 receiver's 3–7KΩ load at the other end of the attaching cable. When TX_{OUT} is marking (a negative data signal), the V_{DRV} current falls dramatically since the negative voltage is provided by the transmit signal from the other end of the cable. This represents a large reduction in overall operating current, since typical RS–232 interface chips use charge–pump circuits to establish both positive and negative levels at the transmit driver output.

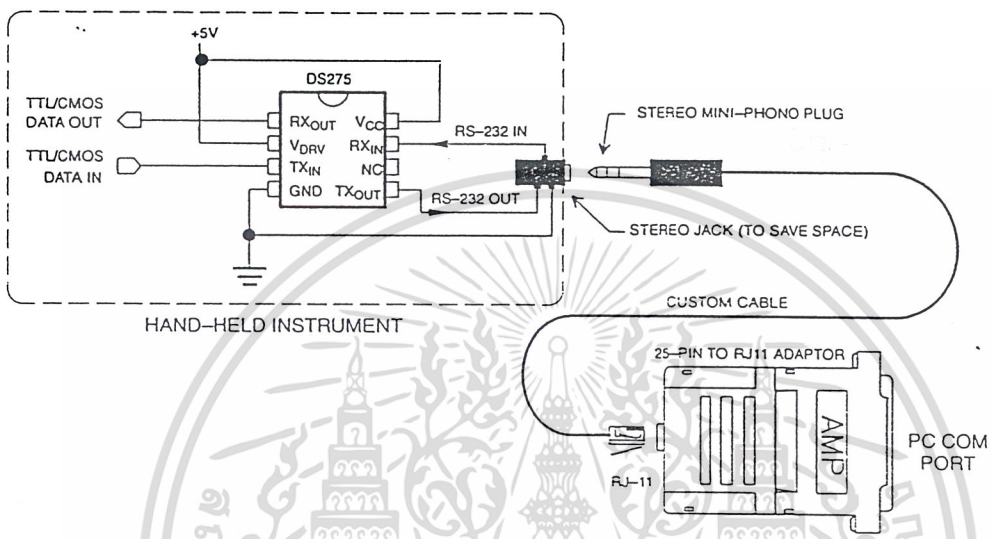
To obtain the lowest power consumption from the DS275, observe the following guidelines. First, to minimize V_{DRV} current when connected to an RS–232 port, always maintain TX_{IN} at a logic 1 when data is not being transmitted (idle state). This will force TX_{OUT} into the marking state, minimizing V_{DRV} current. Second, V_{DRV} current will drop to less than 100 nA when V_{CC} is grounded. Therefore, if V_{DRV} is tied directly to the system battery, the logic +5 volts can be turned off to achieve the lowest possible power state.

FULL–DUPLEX OPERATION

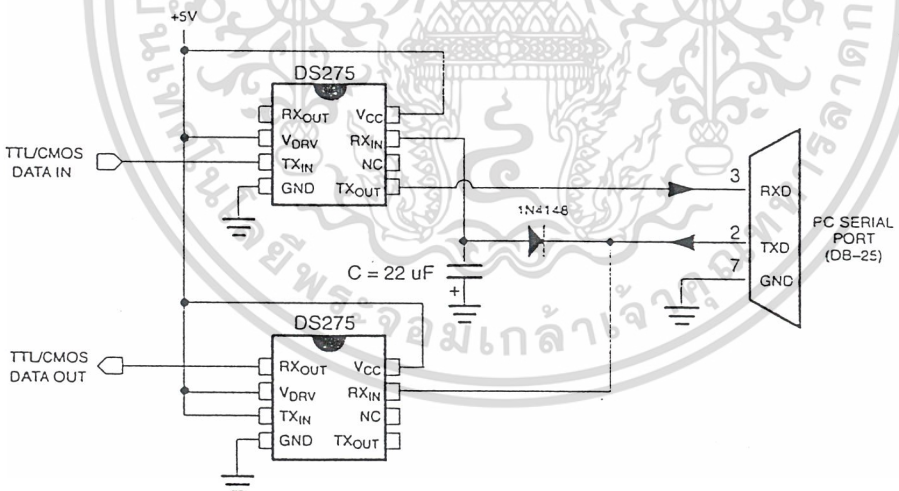
The DS275 is intended primarily for half–duplex operation; that is, RX_{IN} should remain idle in the marking state when transmitting data out TX_{OUT} and visa versa. However, the part can be operated full–duplex with most RS–232–E serial ports since signals swinging between 0 and +5V will usually be correctly interpreted by an RS–232–E receiver device. The 5–volt swing occurs when TX_{OUT} attempts to swing negative while RX_{IN} is at a positive voltage, which turns on an internal weak pull–down to ground for the TX_{OUT} driver's negative reference. So, transmit mark signals at TX_{OUT} may have voltage jumps from some negative value (corresponding to RX_{IN} marking) to approximately ground. One possible problem that may occur in this case is if the receiver at the other end requires a negative voltage for recognizing a mark. In this situation, the full–duplex circuit shown in Figure 3 can be used as an alternative. The 22 µF capacitor forms a negative–charge reservoir; consequently, when the TXD line is spacing (positive), TX_{OUT} still has a negative source available for a time period determined by the capacitor and the load resistance at the other end (3–7KΩ). This circuit was tested from 150–19,200 bps with error–free operation using a SN75154 Quad Line Receiver as the receiver for the TX_{OUT} signal. Note that the SN75154 can have a marking input threshold below ground; hence there is the need for TX_{OUT} to swing both positive and negative in full–duplex operation with this device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HANDHELD RS–232–C APPLICATION USING A STEREO MINI–JACK Figure 2



FULL–DUPLEX CIRCUIT USING NEGATIVE–CHARGE STORAGE Figure 3



NOTE:

The capacitor stores negative charge whenever the TXD signal from the PC serial port is in a marking data state (a negative voltage that is typically –10 volts). The top DS275's TX_{OUT} uses this negative charge reservoir when it is in a marking state. The capacitor will discharge to 0 volts when the TXD line is spacing (and TX_{OUT} is still marking) at a time constant determined by its value and the value of the load resistance reflected back to TX_{OUT}. However, when TXD is marking, the capacitor will quickly charge back to –10 volts. Note that TXD remains in a marking state when idle, which improves the performance of this circuit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

V_{CC}	–0.3 to +7.0 volts
V_{DRV}	–0.3 to +13.0 volts
RX_{IN}	±15 volts
TX_{IN}	–0.3 to V_{CC} + 0.3 volts
TX_{OUT}	±15 volts
RX_{OUT}	–0.3 to V_{CC} + 0.3 volts
Storage Temperature	–55°C to +125°C
Operating Temperature	0°C to 70°C

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Logic Supply	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	1
Transmit Driver Supply	V_{DRV}	4.5	5–12	13.0	V	1
Logic 1 Input	V_{IH}	2.0		V_{CC}+0.3	V	2
Logic 0 Input	V_{IL}	–0.3		+ 0.8	V	
RS-232 Input Range (RX_{IN})	V_{RS}	–15		+15	V	
Dynamic Supply Current						
TX_{IN} = V_{CC}	I_{DRV1}		400	800	µA	3
	I_{CC1}		40	100	µA	
TX_{IN} = GND	I_{DRV1}		3.8	5.0	mA	
	I_{CC1}		40	100	µA	
Static Supply Current						
TX_{IN} = V_{CC}	I_{DRV2}		1.5	10.0	µA	4
	I_{CC2}		10.0	15.0	µA	
TX_{IN} = GND	I_{DRV2}		3.8	5.0	mA	
	I_{CC2}		10.0	20.0	µA	
Driver Leakage Current (V_{CC}= 0V)	I_{DRV3}		0.05	1.0	µA	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(0°C to 70°C; $V_{CC} = V_{DRV} = 5V \pm 10\%$)

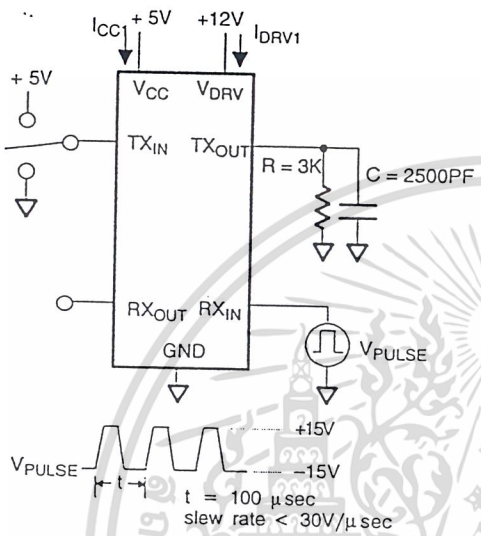
PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
TX_{OUT} Level High	V_{OTXH}	3.5	4.0	5.0	V	6
TX_{OUT} Level Low	V_{OTXL}	–8.5	–9.0		V	7
TX_{OUT} Short Circuit Current	I_{SC}		+20	+85	mA	
TX_{OUT} Output Slew Rate	t_{SR}			30	V/µs	
Propagation Delay	t_{PD}		5		µs	8
RX_{IN} Input Threshold Low	V_{TL}	0.8	1.2	1.6	V	
RX_{IN} Input Threshold High	V_{TH}	1.6	2.0	2.4	V	
RX_{IN} Threshold Hysteresis	V_{HYS}	0.5	0.8		V	9
RX_{OUT} Output Current @ 2.4 V	I_{OH}	–1.0			mA	
RX_{OUT} Output Current @ 0.4 V	I_{OL}			3.2	mA	

NOTES:

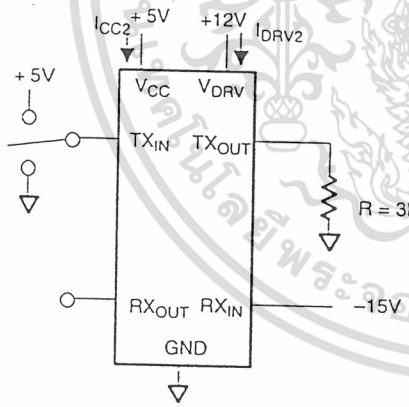
1. V_{DRV} must be greater than or equal to V_{CC}.
2. $V_{CC} = V_{DRV} = 5V \pm 10\%$.
3. See test circuit in Figure 4.
4. See test circuit in Figure 5.
5. See test circuit in Figure 6.
6. $TX_{IN} = V_{IL}$ and TX_{OUT} loaded by 3KΩ to ground.
7. $TX_{IN} = V_{IH}$, $RX_{IN} = -10$ volts and TX_{OUT} loaded by 3KΩ to ground.
8. TX_{IN} to TX_{OUT} – see Figure 7.
9. $V_{HYS} = V_{TH} - V_{TL}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

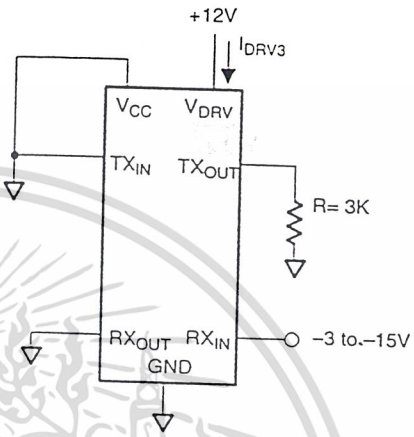
DYNAMIC OPERATING CURRENT
TEST CIRCUIT Figure 4



STATIC OPERATING CURRENT
TEST CIRCUIT Figure 5



DRIVER LEAKAGE TEST CIRCUIT Figure 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The MT88L70 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance, with 3 volt operation. 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. Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

Decoder Section

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

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

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

Table 1. Functional Decode Table
L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE
X = DON'T CARE

Guard Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigital pause, the simple steering circuit shown in Figure 3 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL®

ISO²-CMOS MT88L70
3 Volt Integrated DTMF Receiver

ISSUE 2 May 1995

Features

- 2.7 - 3.6 volt operation
- Complete DTMF receiver
- Low power consumption
- Internal gain setting amplifier
- Adjustable guard time
- Central office quality
- Power-down mode
- Inhibit mode
- Functionally compatible with Mitel's MT8870D

Ordering Information

MT88L70AC	18 Pin Ceramic DIP
MT88L70AE	18 Pin Plastic DIP
MT88L70AS	18 Pin SOIC
MT88L70AN	20 Pin SSOP
MT88L70AT	20 Pin TSSOP

-40 °C to + 85 °C

Applications

- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Credit card systems
- Remote control
- Personal computers
- Telephone answering machine

Description

The MT88L70 is a complete 3 Volt, DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions. The filter section uses switched capacitor techniques for high and low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

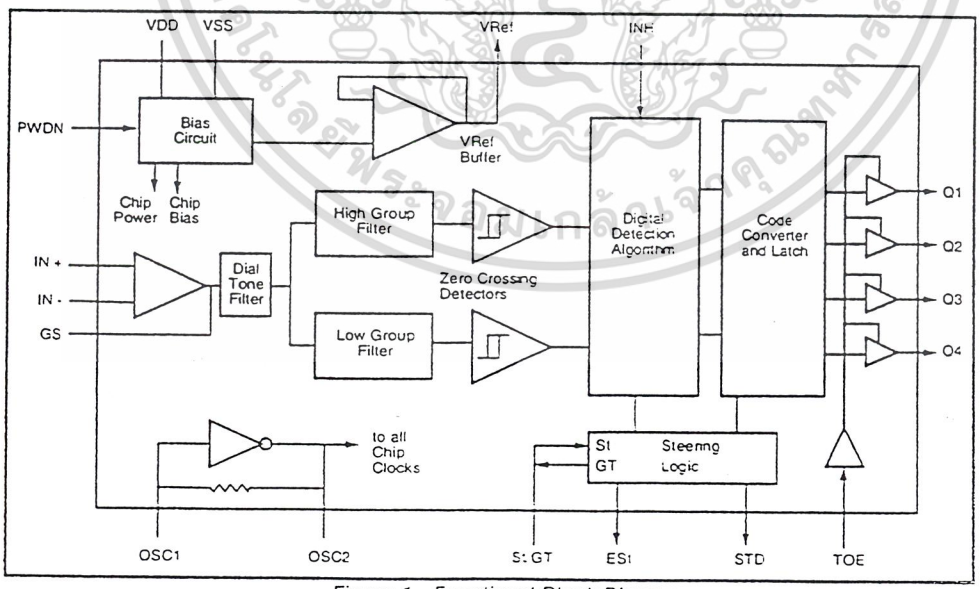


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

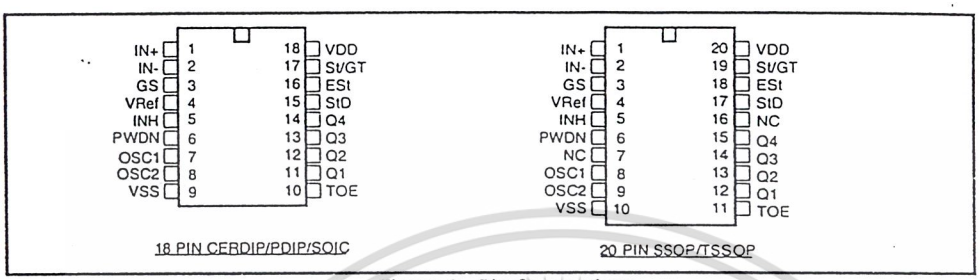


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 7) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 µF is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

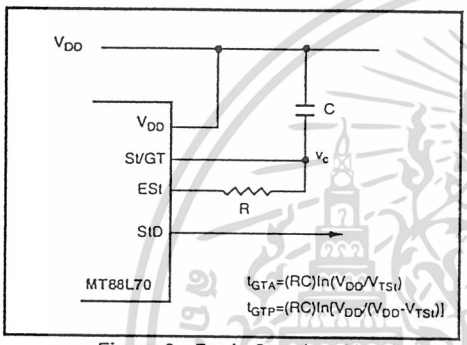


Figure 3 - Basic Steering Circuit

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{DO} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 4.

Power-down and Inhibit Mode

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

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

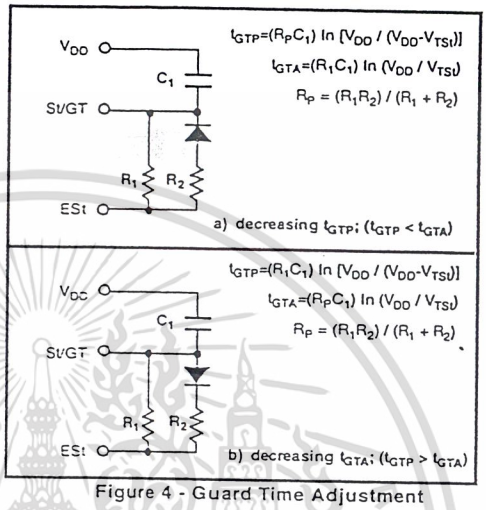


Figure 4 - Guard Time Adjustment

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT88L70 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration,

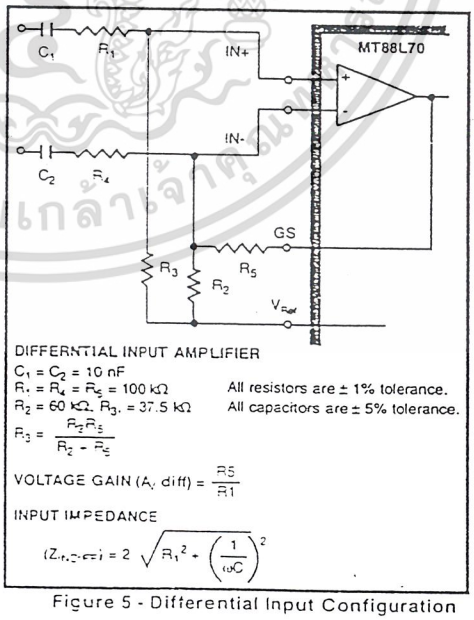


Figure 5 - Differential Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating Characteristics - V_{DD}=3.0V+20%/-10%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, unless otherwise stated.

Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}			100	nA	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}	10			MΩ	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	V_{SS} + 0.75 V ≤ V_{IN} ≤ V_{DD}-0.75 biased at V_{Ref}=1.5 V
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	f_C	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	V_O		2.2		V_{pp}	Load ≥ 100 kΩ to V_{SS} @ GS
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L			100	pF	
10	Resistive load (GS)	R_L			50	kΩ	
11	Common mode range	V_{CM}		1.5		V_{pp}	No Load

AC Electrical Characteristics - V_{DD}=3.0V +20%/-10%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C, using Test Circuit shown in Fig. 6.

	Characteristics	Sym	Min	Typ ‡	Max	Units	Notes*
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-34 15.4		-4.0 489	dBm mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9 Min @ V_{DD}=3.6V Max @ V_{DD}=2.7V
2	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
3	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9,12
4	Frequency deviation accept		±1.5% ± 2 Hz				2,3,5,9
5	Frequency deviation reject		±3.5%				2,3,5,9
6	Third zone tolerance			-16		dB	2,3,4,5,9,10
7	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
8	Dial zone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

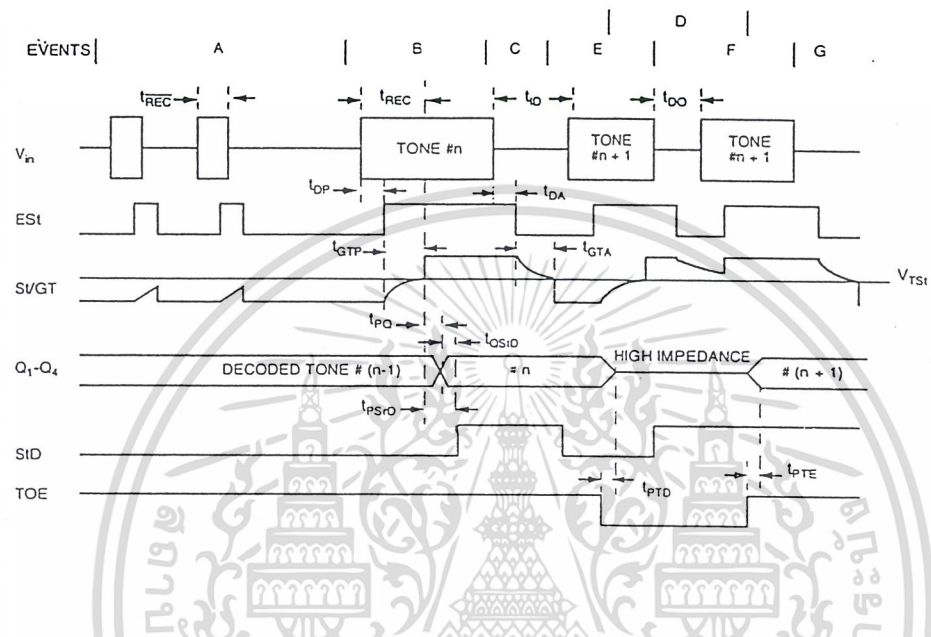
AC Electrical Characteristics - V_{DD}=3.0V+20%/-10%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ To ≤ +85°C, using Test Circuit shown in Figure 6.

		Characteristics	Sym	Min	Typ ‡	Max	Units	Conditions
1	TIMING	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	Note 1
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 1
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	Note 2
4		Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	Note 2
5		Interdigit pause accept	t_{tD}			40	ms	Note 2
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	Note 2
7	OUTPUTS	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}			11	µs	TOE=V_{DD}
8		Propagation delay (St to StD)	t_{PStD}			20	µs	TOE=V_{DD}
9		Output data set up (Q to StD)	t_{QStD}		5.0		µs	TOE=V_{DD}
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 kΩ 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		130		ns	load of 10 kΩ 50 pF
12	PDWN	Power-up time	t_{PU}		30		ms	Note 3
13		Power-down time	t_{PD}		20		ms	
14	CLOCK	Crystal/clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
15		Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
16		Clock input fall time	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
17		Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
18		Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			15	pF	

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

*NOTES:
1. Used for guard-time calculation purposes only and tested at -4dBm.
2. These, user adjustable parameters, are not device specifications. The adjustable settings of these minimums and maximums are recommendations based upon network requirements.
3. With valid tone present at input, t_{PU} equals time from PDWN going low until ESt going high.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

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

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

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

Figure 7 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

Description

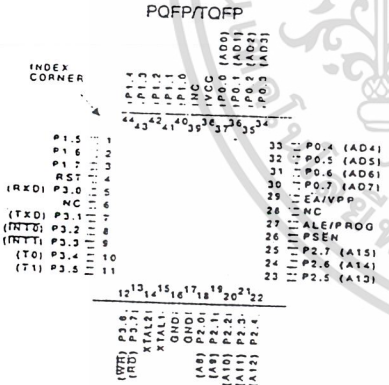
The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations

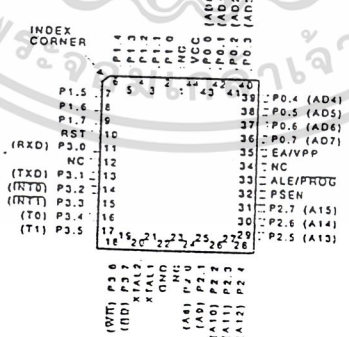
(continued)

PDIP

PQFP/TQFP



PLCC



ATMEL

8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

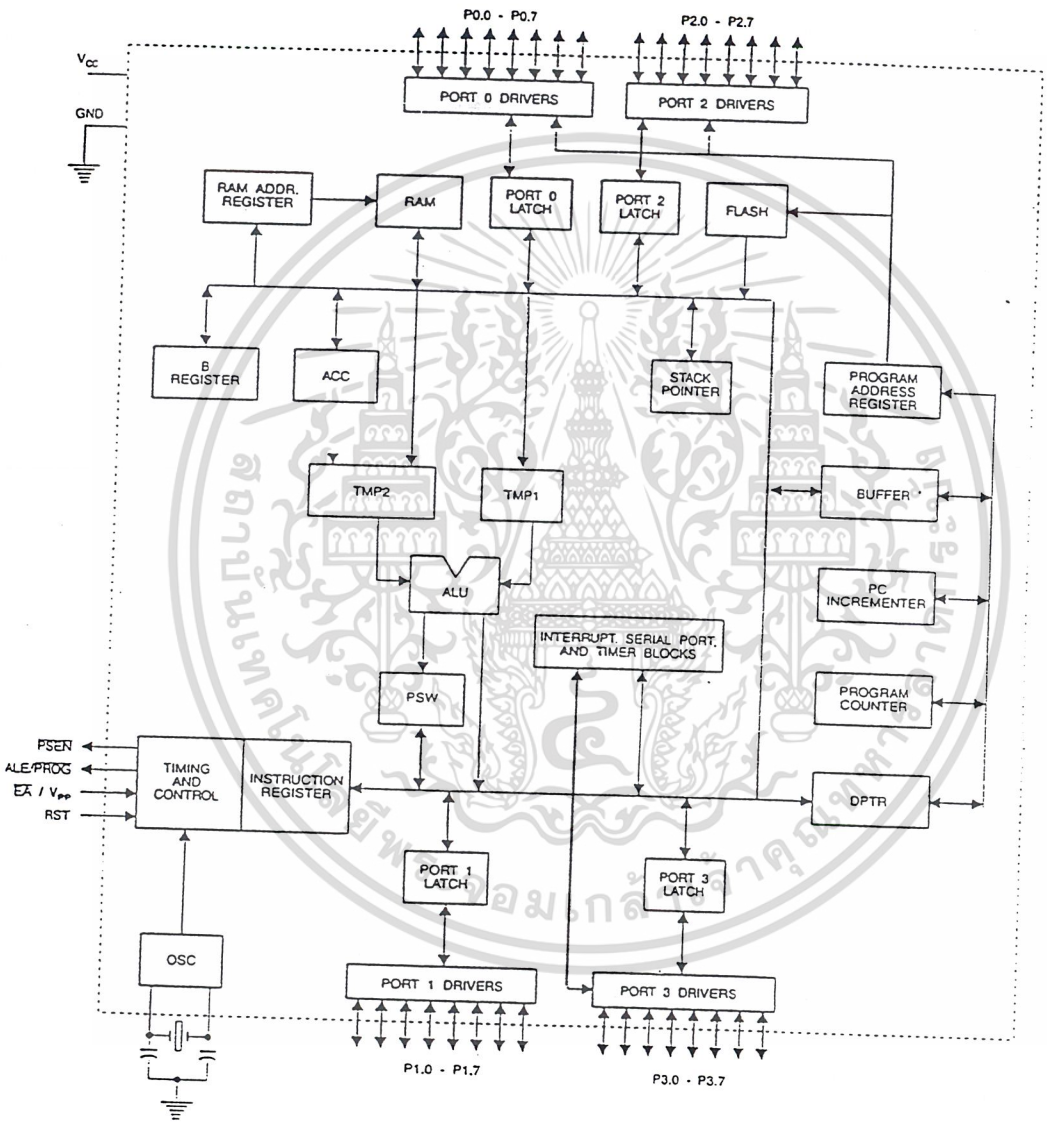
AT89C51

0265F-A-12/97

ATMEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

lock Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2
Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST
Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$
Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}$/V_{PP}
External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP}.

XTAL1
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

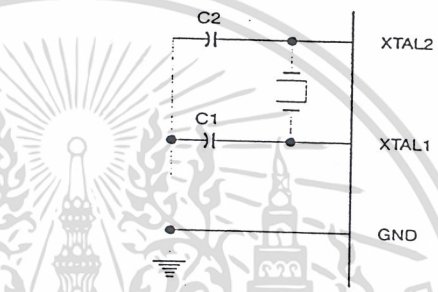
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

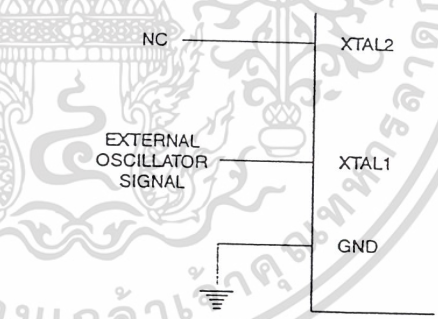
It should be noted that when idle is terminated by a hard ware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Down Mode

In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled.

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12V	V_{PP} = 5V
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{EA}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of $\overline{EA}$ be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89C51 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode		RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data		H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase		H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

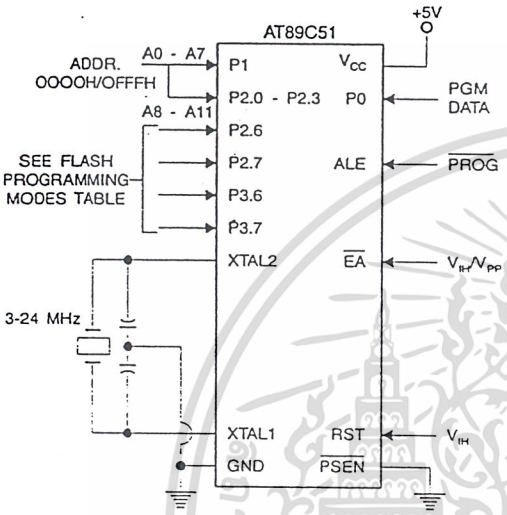
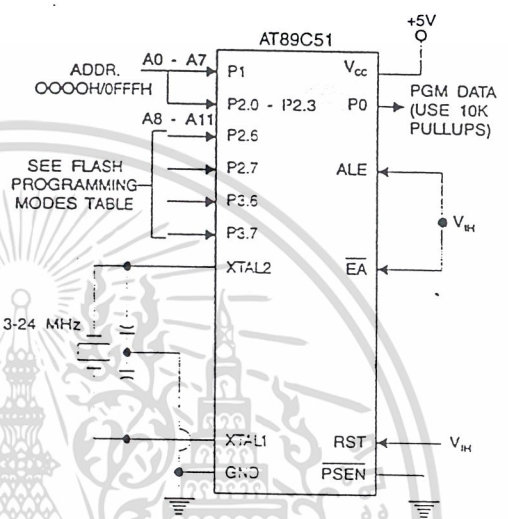


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

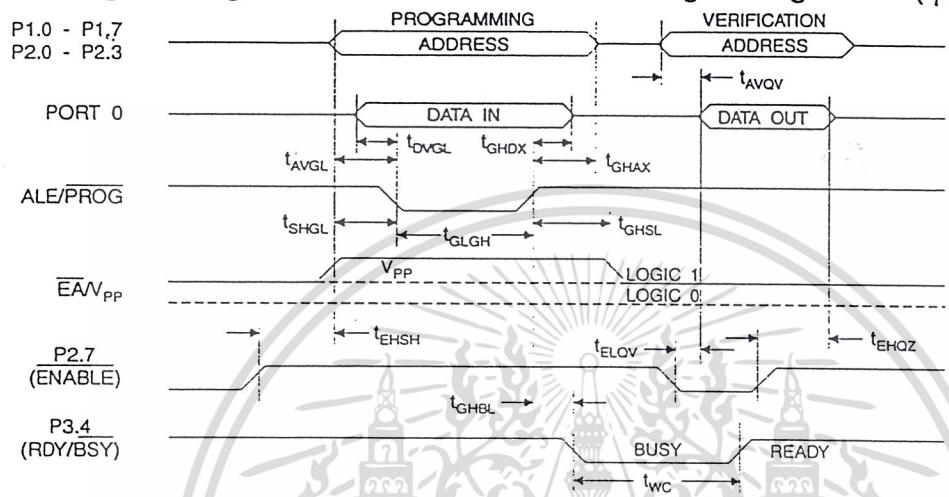
T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}[1]	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}[1]	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}[1]	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

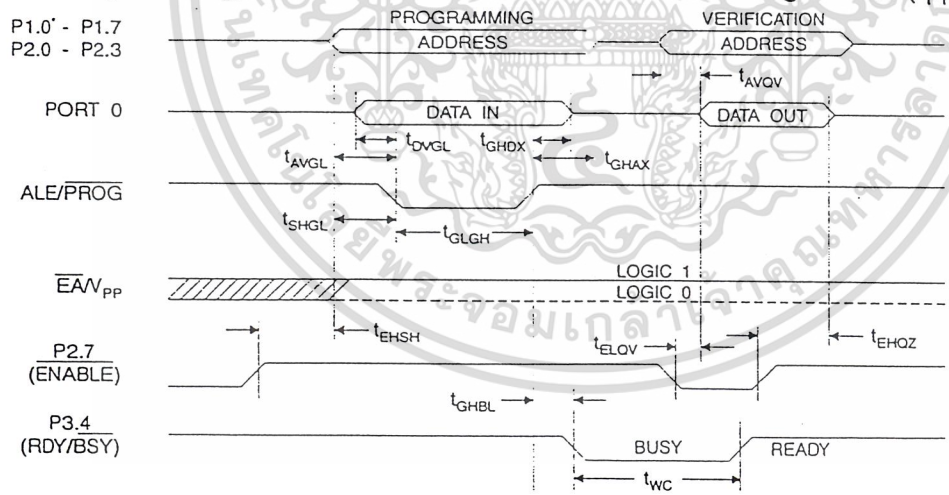
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode (V_{PP} = 12V)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode (V_{PP} = 5V)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0V ± 20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC} - 0.1	V
V_{IL1}	Input Low Voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC} - 0.3	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC} + 0.9	V_{CC} + 0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC} + 0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage[1] (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage[1] (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, VCC = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode[2]	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA
Ports 1, 2, 3: 15 mA
Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

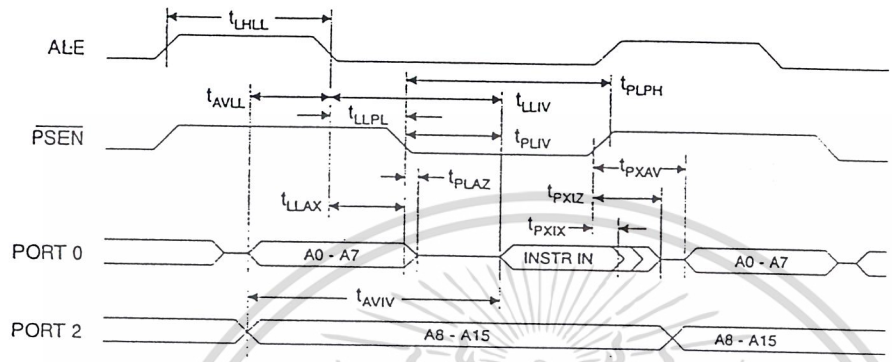
(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

External Program and Data Memory Characteristics

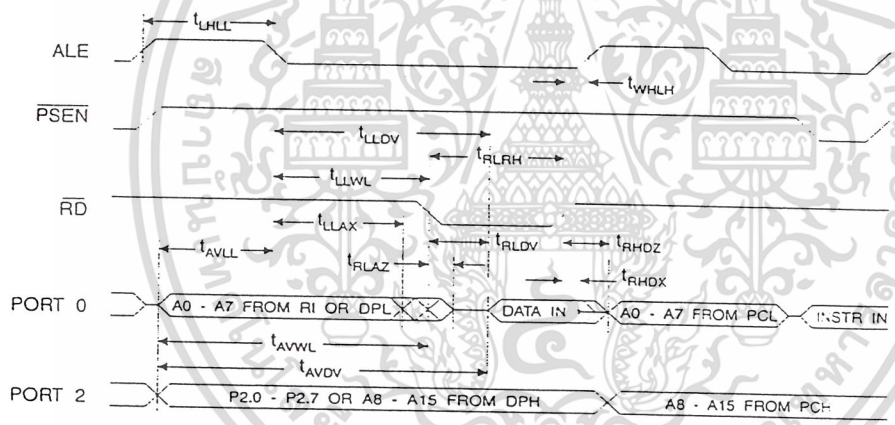
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		$t_{CLCL}-10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}-120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-20$	$t_{CLCL}+25$	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

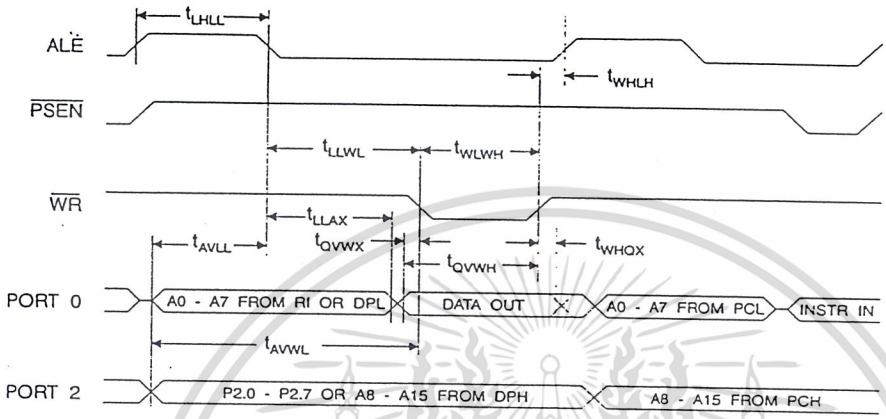


External Data Memory Read Cycle

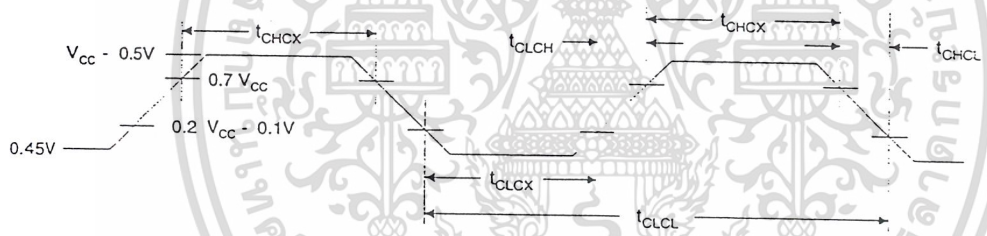


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

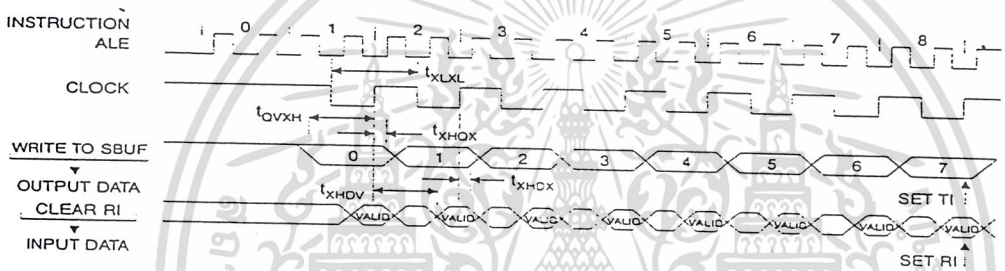
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

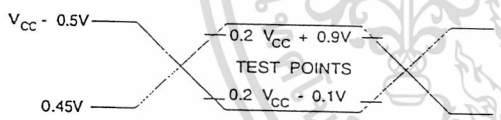
(V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

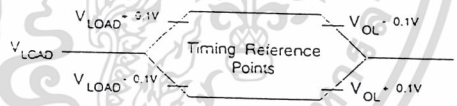


AC Testing Input/Output Waveforms[1]



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms[1]



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-12JC	44J	
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-12JI	44J	
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
		AT89C51-12AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C51-12JA	44J	
		AT89C51-12PA	40P6	
		AT89C51-12QA	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-16JC	44J	
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-16JI	44J	
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
		AT89C51-16AA	44A	Automotive (-40°C to 105°C)
		AT89C51-16JA	44J	
		AT89C51-16PA	40P6	
		AT89C51-16QA	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-20JC	44J	
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-20JI	44J	
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL®

CMOS MT8804A
8 x 4 Analog Switch Array

ISSUE 2 October 1989

Features

- Microprocessor compatible control inputs
- On chip control memory and address decoding
- Row addressing
- Master reset
- 32 crosspoint switches in 8 x 4 array
- 5.0V to 15.0V operation
- Low crosstalk between switches
- Low on resistance: 90Ω (typ.) at 13V
- Matched switch characteristics
- Switches frequencies up to 40MHz

Applications

- PABX and key sytems
- Data acquisition systems
- Test equipment/instrumentation
- Analog/digital multiplexers

Ordering Information

MT8804AC	24 Pin Ceramic DIP
MT8804AE	24 Pin Plastic DIP
MT8804AP	28 Pin PLCC

-40° to 85°C

Description

The MT8804A is a CMOS/LSI 8 x 4 Analog Switch Array incorporating control memory (32 bits), decoder and digital logic level converters. This circuit has digitally controlled analog switches having very low "ON" resistance and very low "OFF" leakage current. Switches will operate with analog signals at frequencies to 40 MHz and up to 15.0Vp-p. A "HIGH" on the Master Reset input switches all channels "OFF" and clears the memory. This device is ideal for crosspoint switching applications.

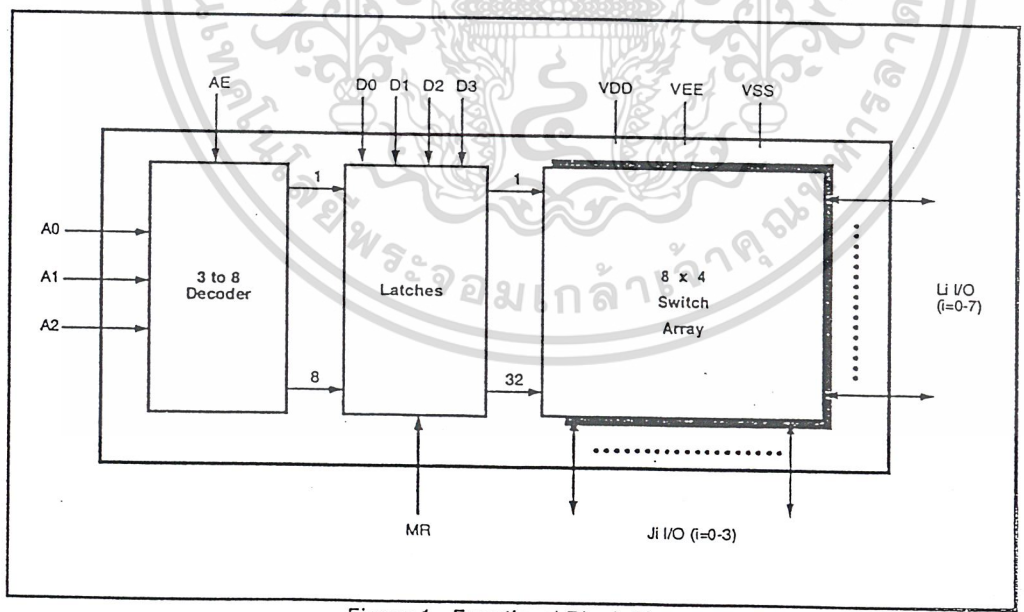


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

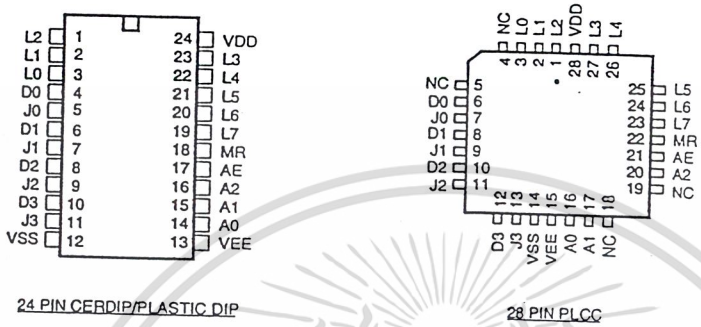


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #*	Name	Description
1-3	L2-L0	**L2-L0 Analog Lines (Inputs/Outputs):** these are connected to the L2-L0 columns of the switch array.
4	D0	**D0 Data (Input):** Active High.
5	J0	**J0 Analog Junctor (Input/Output):** this is connected to the J0 row of the switch array.
6	DI	**DI Data (Input).** Active High.
7	J1	**J1 Analog Junctor (Input/Output):** this is connected to the J1 row of the switch array.
8	D2	**D2 Data (Input):** Active High.
9	J2	**J2 Analog Junctor (Input/Output):** this is connected to the J2 row of the switch array.
10	D3	**D3 Data (Input):** Active High.
11	J3	**J3 Analog Junctor (Input/Output):** this is connected to the J3 row of the switch array.
12	V_{SS}	**Digital Ground Reference.**
13	V_{EE}	**Negative Power Supply.**
14-16	A0-A2	**A0-A2 Address Lines (Inputs).**
17	AE	**Address Enable/Strobe (Input):** enables function selected by address and data. Address must be stable before AE goes high and D0-D3 must be stable on the falling edge of the AE. Active High.
18	MR	**Master RESET (Input):** this is used to turn off all switches. Active High.
19-23	L7-L3	**L7-L3 Analog Lines (Inputs/Outputs):** these are connected to the L7-L3 columns of the switch array.
24	V_{DD}	**Positive Power Supply.**

* Plastic DIP and CERDIP only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The MT8804A is a CMOS/LSI 8 X 4 Analog Switch Array incorporating an 8 X 4 analog switch array, address decoder, control memory, and digital logic level converter.

The analog switch array is arranged in 8 rows and 4 columns. The row input/outputs are referred to as Lines (L0-L7) and the column input/outputs as Junctors (J0-J3). The crosspoint analog switches interconnect the lines and junctors when turned "ON" and provide a high degree of isolation when turned "OFF". Interchannel crosstalk is minimal despite the high density of the analog switch array. The control memory of the MT8804A can be treated as an 8 word by 4 bit random access memory. The 8 words are selected by the ADDRESS (A0-A2) inputs through the on chip address decoder. Data is presented to the memory via the four DATA inputs (D0-D3). This data is asynchronously written into the control memory whenever the ADDRESS ENABLE (AE) input is HIGH. A HIGH level written into a memory cell turns the corresponding crosspoint switch "ON" while a LOW level causes the crosspoint to turn "OFF".

Only the crosspoint switches corresponding to the addressed memory word are affected when data is written into the memory. The remaining switches retain their previous states. By establishing appropriate patterns in the control memory, any combination of lines and junctors may be interconnected. A HIGH level on the MASTER RESET (MR) input returns all memory locations to a LOW level and turns all crosspoint switches "OFF" effectively isolating the lines from the junctors. The digital logic level converters allow the digital input levels to differ from limits of the analog levels switched through the array. For example, with

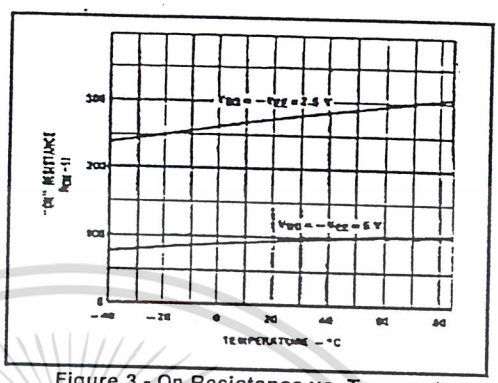


Figure 3 - On Resistance vs. Temperature (Input Signal Voltage=Supply Voltage/2)

V_{DD}=5V, V_{SS}=0V and V_{EE}=-6V, the control inputs can be driven by a 5V system while the analog voltages through the crosspoint switches can swing from +5V to -6V.

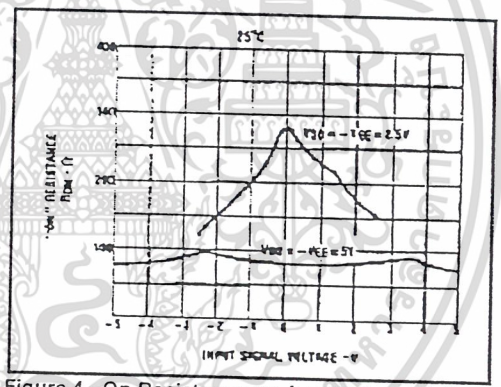


Figure 4 - On Resistance vs. Input Signal Voltage

8x8 Analog/Digital Switch

Two MT8804s configured as shown, implement an 8 x 8 analog/digital switch. The switch capacity can be expanded to an M x N array of inputs/outputs. Expansion in the M dimension is as shown with the MT8804A lines (L0-L7) commoned. Expansion in the N dimension is accomplished by replicating the circuit shown and connecting the MT8804A junctors (J0-J3) in common. The address and data control inputs of the MT8804A's can be connected in common for any size and switch provided that the address enable (AE) inputs are driven individually. A particular signal path is connected by setting up the appropriate signals or the address and data lines and taking the corresponding address enable input high. The master reset (MR), when taken high, disconnects all signal paths.

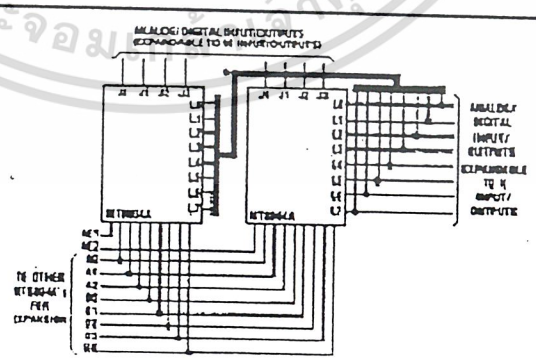


Figure 5 - 8 x 8 Analog/Digital Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

	Parameter		Symbol	Min	Max	Units
1	Supply Voltage		V_{DD}-V_{SS} V_{DD}-V_{EE} V_{SS}-V_{EE}	-0.3 -0.3 -0.3	16 16 16	V V V
2	Analog Input Voltage		V_{INA}	V_{EE}-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 Logic Pin		I		10	mA
5	Storage Temperature		T_S	-65	+150	°C
6	Package Power Dissipation	PLASTIC DIP CERDIP	P_D P_D		0.6 1.2	W W

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

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

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
1	Operating Temperature	T_O	-40	25	85	°C	
2	Supply Voltage	V_{DD}-V_{SS} V_{DD}-V_{EE} V_{SS}-V_{EE}	5 5 0	5 10 5	15 15 10	V V V	
3	Analog Input Voltage	V_{INA}	V_{EE}		V_{DD}	V	
4	Digital Input Voltage	V_{IN}	V_{SS}		V_{DD}	V	

DC Electrical Characteristics† - Voltages are with respect to V_{EE}=V_{SS}=0V.

	Characteristics	Sym	Min	Typ ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Quiescent Supply Current	I_{DD}		1	100	µA	V_{DD}=15V. All digital inputs at V_{IN}=V_{SS} or V_{DD}
2	Off-state Leakage Current (Any line to any junctor)	I_{OFF}		±0.1	±500	nA	V_{DD}=13V, Switch is 'Off' $\|V_{Ji} - V_{Lj}\| = V_{DD} - V_{EE}$
3	Input Logic "0" level	V_{IL}			3.0 1.5	V V	V_{DD} =10V V_{DD}=5V V_{INA}=V_{DD} through 1kΩ
4	Input Logic "1" level	V_{IH}	7.0 3.5			V V	V_{DD} =10V V_{DD}=5V V_{INA}=V_{DD} through 1kΩ
5	Maximum current through Crosspoint Switch	I_{MAX}			±8.0	mA	V_{DD}=13V

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

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

	Characteristics	Sym	25°C			70°C	85°C	Units	Test Conditions
			Min	Typ	Max	Typ	Typ		
1	On-state Resistance V_{DD}=13V V_{DD}=10V V_{DD}= 5V	R_{ON}	60	90 105 290	108 160 650	105 120 320	110 125 325	Ω Ω Ω	V_{SS}=V_{EE}=0V, V_{DC}=V_{DD}/2, $\|V_{Ji} - V_{Lj}\|$ = 0.6V
2	Difference in on-state resistance between two switches V_{DD}=13V V_{DD}=10V	ΔR_{ON}		 20 30		 20 30	 20 30	 Ω Ω	V_{SS}=V_{EE}=0V, V_{DC}=V_{DD}/2, $\|V_{Ji} - V_{Lj}\|$ = 0.6V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics† - Crosspoint Performance -V_{DC} is the external DC offset applied at the analog I/O pins. Voltages are with respect to V_{DD}=10V, $V_{SS}=V_{EE}$=0V unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Switch Line Capacitance	C_{IS}		5		pF	
2	Switch Junctor Capacitance	C_{OS}		20		pF	
3	Feedthrough Capacitance	C_I		0.2		pF	
4	Frequency Response Channel "ON" 20LOG(V_{OUT} / V_{INA}) = -3dB	F_{3dB}		40		MHz	Switch is "ON"; V_{DC}=5V, V_{INA}=5Vpp sinewave f= 1kHz; R_L = 1kΩ
5	Total Harmonic Distortion	THD					Switch is "ON"; $V_{EE}=V_{SS}$=0V
	V_{DD}=15V/V_{DC}=7.5V			0.1		%	V_{INA}=5Vpp sinewave
	V_{DD}=10V/V_{DC}=5V			0.2		%	f= 1kHz;
	V_{DD}=5V/V_{DC}=2.5V			1.0		%	R_L = 10kΩ
6	Feedthrough Channel "OFF" Feed.=20LOG (V_{OUT} / V_{INA})	FDT		-50		dB	All Switches "OFF"; V_{INA}= 5Vpp sinewave f= 1MHz; R_L= 1kΩ V_{DC}=5V
7	Crosstalk between any two channels for switches Li - Ji and Lj - Jj.	X_{talk}		-40		dB	V_{INA}=2Vpp sinewave f= 1.0MHz; R_L = 600Ω
	Li - Ji is "ON" Lj - Jj is "OFF"			-90		dB	V_{INA}=2Vpp sinewave f= 3.4kHz; R_L = 600Ω.
	Xtalk=20LOG (V_{Ji}/V_{Li}).						V_{DC} = 5V
8	Propagation delay through switch	t_{PS}		10		ns	C_L=50pF

† AC Electrical Characteristics are at ambient temperature (25°C).
‡ Typical figures are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

AC Electrical Characteristics† - Control and I/O Timings- Voltages are with respect to $V_{SS}=V_{EE}$=0V unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions	
1	Digital Input Capacitance	C_{DI}		5		pF	V_{DD}=10V	
2	Setup Time D0-D3 to AE	t_{DS}	150			ns	V_{DD}=10V	
			200			ns	V_{DD}=5V	
3	Hold Time D0-D3 to AE	t_{DH}	120			ns	V_{DD}=10V	
			300			ns	V_{DD}=5V	
4	Setup Time Address to AE	t_{AS}	0			ns	V_{DD}=10V	
			50			ns	V_{DD}=5V	
5	Hold Time Address to AE	t_{AH}	120			ns	V_{DD}=10V	
			300			ns	V_{DD}=5V	
6	AE Pulse Width	t_{AEW}	100			ns	V_{DD}=10V	
			250			ns	V_{DD}=5V	
7	AE to Switch Status Delay	t_{PAE}		200	300	ns	V_{DD}=10V	See Note 1
				650	900	ns	V_{DD}=5V	
8	DATA to Switch Status Delay	t_{PLH} t_{PHL}		250	400	ns	V_{DD}=10V	See Note 1
				650	1000	ns	V_{DD}=5V	
9	MR to Switch Status Delay	t_{MR}		250	400	ns	V_{DD}=10V	
				500	600	ns	V_{DD}=5V	See Note 2
		t_{MRR}		200	350	ns	V_{DD}=10V	
				500	750	ns	V_{DD}=5V	

† AC Electrical Characteristics are at ambient temperature (25°C).
‡ Typical figures are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.
Note 1 R_L= 10kΩ C_L=50pF
Note 2 R_L= 1kΩ C_L=50pF
Digital Input rise time (tr) and fall time (tf) = 5ns.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

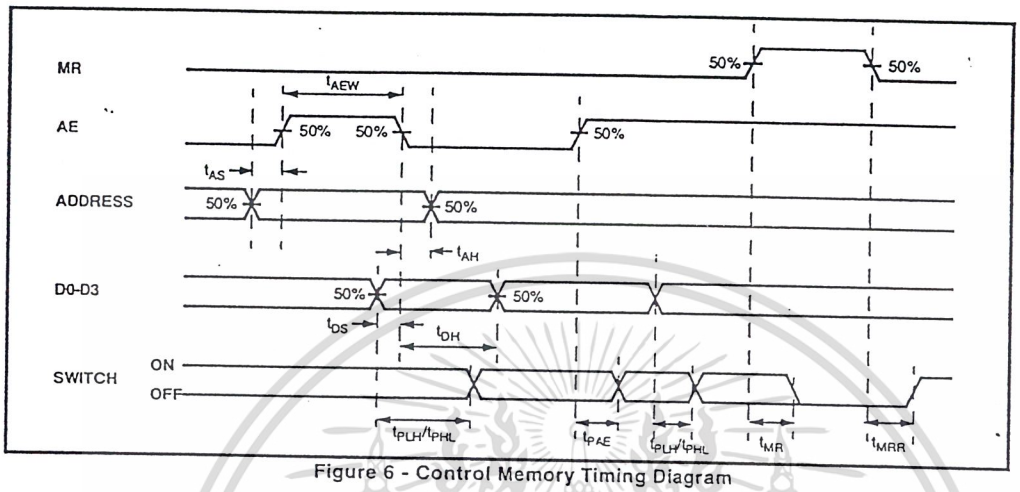


Figure 6 - Control Memory Timing Diagram

Memory Reset MR	Address Enable AE	Address A2	A1	A0	Addressed Line	Input Data To Control Memory D3	D2	D1	D0	Junctors Connected To Addressed Line J3	J2	J1	J0
1	X	X	X	X	ALL	X	X	X	X	All Switches "OFF"			
0	0	X	X	X	NONE	X	X	X	X	No Change of State			
0	1	0	0	0	L0	0	0	0	0	•	•	•	+
0	1	0	0	0	L0	0	0	0	1	•	•	+	•
0	1	0	0	0	L0	0	0	1	0	•	+	•	•
0	1	0	0	0	L0	0	0	1	1	•	+	+	+
0	1	0	0	0	L0	0	1	0	0	+	•	•	•
0	1	0	0	0	L0	0	1	0	1	+	•	•	+
0	1	0	0	0	L0	0	1	1	0	+	•	+	•
0	1	0	0	0	L0	0	1	1	1	+	•	+	+
0	1	0	0	0	L0	1	0	0	0	+	+	•	•
0	1	0	0	0	L0	1	0	0	1	+	+	•	+
0	1	0	0	0	L0	1	0	1	0	+	+	+	•
0	1	0	0	0	L0	1	0	1	1	+	+	+	+
0	1	0	0	0	L0	1	1	0	0	+	+	•	•
0	1	0	0	0	L0	1	1	0	1	+	+	•	+
0	1	0	0	0	L0	1	1	1	0	+	+	+	•
0	1	0	0	0	L0	1	1	1	1	+	+	+	+
0	1	0	0	1	L1	0	0	0	0	•	•	•	•
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
0	1	0	0	1	L1	1	1	1	1	+	+	+	+
0	1	0	1	0	L2	0	0	0	0	•	•	•	•
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
0	1	0	1	0	L2	1	1	1	1	+	+	+	+
0	1	0	1	1	L3	0	0	0	0	•	•	•	•
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
0	1	0	1	1	L3	1	1	1	1	+	+	+	+
0	1	1	0	0	L4	0	0	0	0	•	•	•	•
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
0	1	1	0	0	L4	1	1	1	1	+	+	+	+
0	1	1	0	1	L5	0	0	0	0	•	•	•	•
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
0	1	1	0	1	L5	1	1	1	1	+	+	+	+
0	1	1	1	0	L6	0	0	0	0	•	•	•	•
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
0	1	1	1	0	L6	1	1	1	1	+	+	+	+
0	1	1	1	1	L7	0	0	0	0	•	•	•	•
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
0	1	1	1	1	L7	1	1	1	1	+	+	+	+

Table 1 - Address Decode Truth Table

NOTES:
0 - Low Logic Level
1 - High Logic Level
X - Don't Care Condition
+ - Indicates Connection Between Junctor and Addressed Line
• - Indicates No Connection Between Junctor and Addressed Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL®

ISO-CMOS **MT8816**

8 x 16 Analog Switch Array

ISSUE3 March 1997

Features

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

Ordering Information

MT8816AE	40 Pin Plastic DIP
MT8816AP	44 Pin PLCC

-40° to 85°C

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 8 x 16 array of crosspoint switches along with a 7 to 128 line decoder and latch circuits. Any one of the 128 switches can be addressed by selecting the appropriate seven address bits. The selected switch can be turned on or off by applying a logical one or zero to the DATA input. V_{SS} is the ground refer-ence of the digital inputs. The range of the analog signal is from V_{DD} to V_{EE}. Chip Select (CS) allows the crosspoint array to be cascaded for matrix expansion.

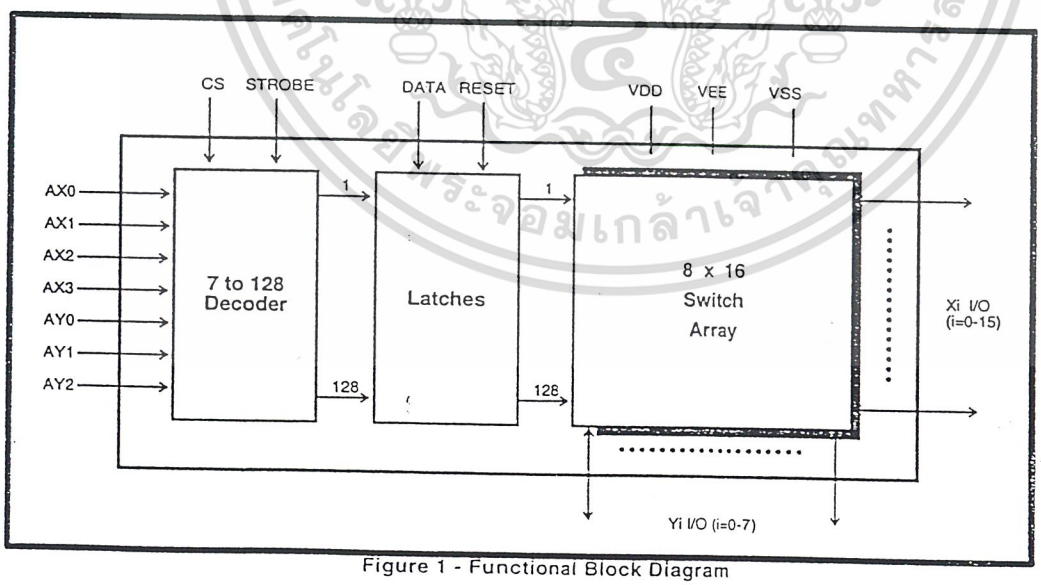


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics† - Crosspoint Performance-Voltages are with respect to V_{DD}=5V, V_{SS}=0V, V_{EE}=-7V, unless otherwise stated.

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

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

AC Electrical Characteristics† - Control and I/O Timings- Voltages are with respect to V_{DD}=5V, V_{SS}=0V, V_{EE}=-7V, unless otherwise stated.

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

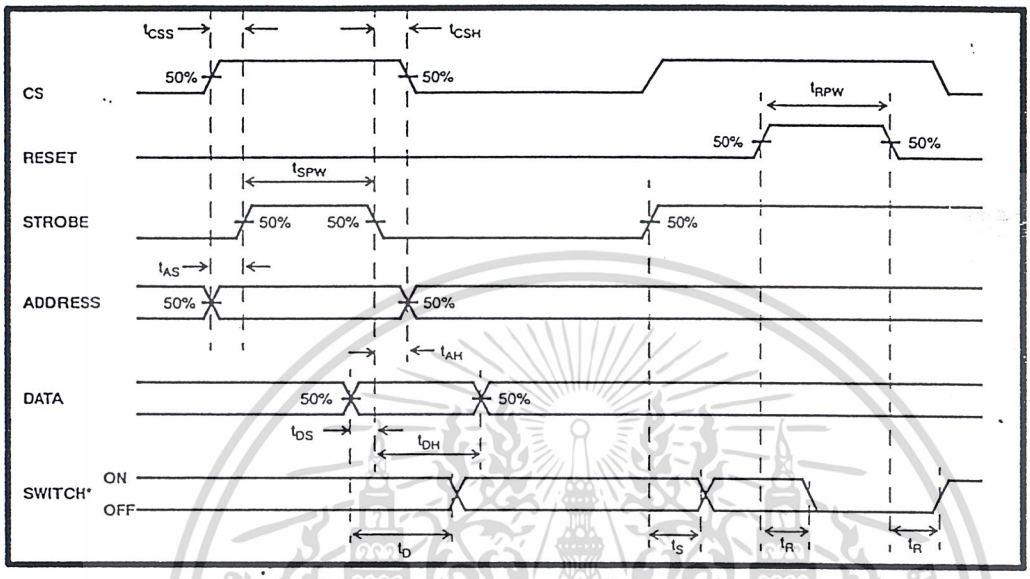


Figure 3 - Control Memory Timing Diagram

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

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

Table 1. Address Decode Truth Table

* Switch connections are not in ascending order

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL®

ISO²-CMOS **MT8880C**

Integrated DTMF Transceiver

ISSUE 6 March 1997

Features

- Complete DTMF transmitter/receiver
- Central office quality
- Low power consumption
- Microprocessor port
- Adjustable guard time
- Automatic tone burst mode
- Call progress mode

Applications

- Credit card systems
- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Interconnect dialers
- Personal computers

Ordering Information

MT8880CE	20 Pin Plastic DIP
MT8880CS	20 Pin SOIC
MT8880CN	24 Pin SSOP
MT8880CP	28 Pin Plastic LCC

-40°C to +85°C

Description

The MT8880C is a monolithic DTMF transceiver with call progress filter. It is fabricated in Mitel's ISO²-CMOS technology, which provides low power dissipation and high reliability. The DTMF receiver is based upon the industry standard MT8870 monolithic DTMF receiver; the transmitter utilizes a switched capacitor D/A converter for low distortion, high accuracy DTMF signalling. Internal counters provide a burst mode such that tone bursts can be transmitted with precise timing. A call progress filter can be selected allowing a microprocessor to analyze call progress tones. A standard microprocessor bus is provided and is directly compatible with 6800 series microprocessors.

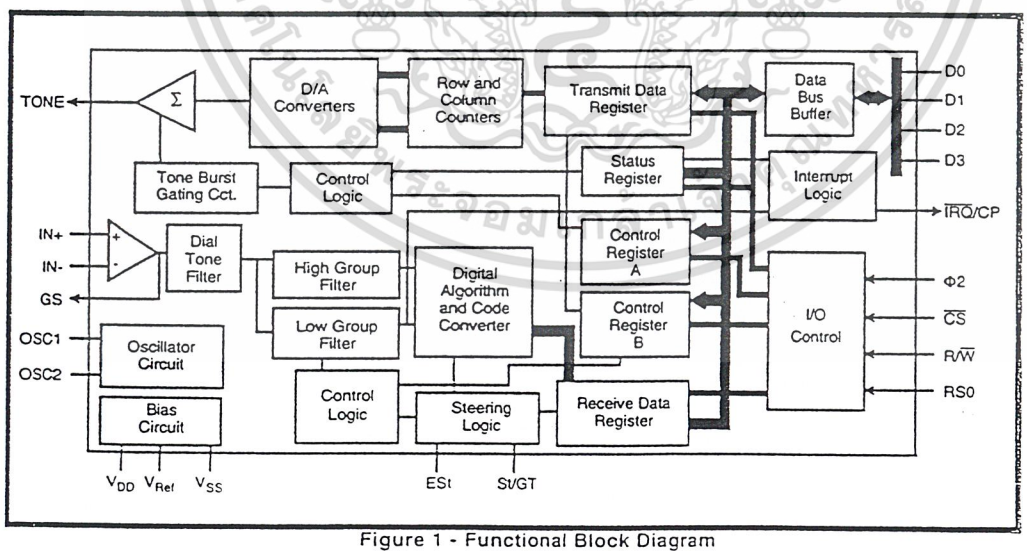


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

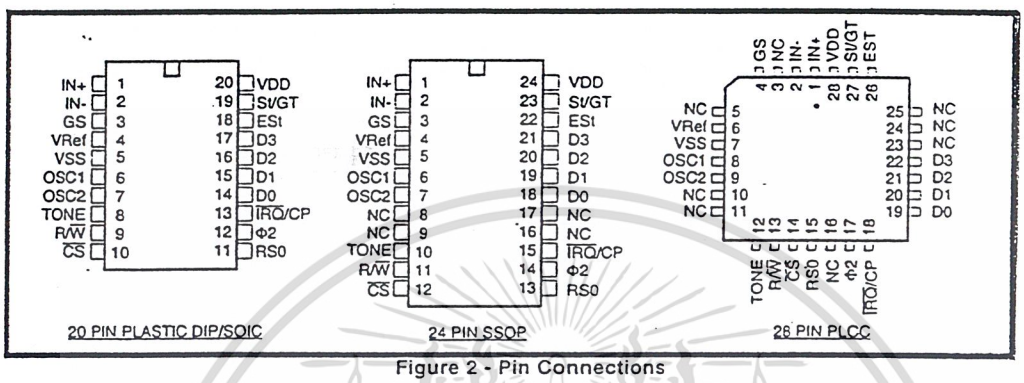


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #			Name	Description
20	24	28		
1	1	1	IN+	Non-inverting op-amp input.
2	2	2	IN-	Inverting op-amp input.
3	3	4	GS	**Gain Select.** Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	6	V_{Ref}	**Reference Voltage** output, nominally $V_{DD}/2$ is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 13).
5	5	7	V_{SS}	Ground input (0V).
6	6	8	OSC1	DTMF clock/oscillator input.
7	7	9	OSC2	Clock output. A 3.579545 MHz crystal connected between OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit. Leave open circuit when OSC1 is clock input.
8	10	12	TONE	**Tone** output (DTMF or single tone).
9	11	13	R/$\overline{W}$	**Read/Write** input. Controls the direction of data transfer to and from the MPU and the transceiver registers. TTL compatible.
10	12	14	$\overline{CS}$	**Chip Select**, TTL input ($\overline{CS}$=0 to select the chip).
11	13	15	RS0	**Register Select** input. See register decode table. TTL compatible.
12	14	17	Φ2	**System Clock** input. TTL compatible. N.B. Φ2 clock input need not be active when the device is not being accessed.
13	15	18	$\overline{IRQ}$/ CP	**Interrupt Request to MPU** (open drain output). Also, when call progress (CP) mode has been selected and interrupt enabled the $\overline{IRQ}$/CP pin will output a rectangular wave signal representative of the input signal applied at the input op-amp. The input signal must be within the bandwidth limits of the call progress filter. See Figure 8.
14-17	18-21	19-22	D0-D3	Microprocessor Data Bus (TTL compatible). High impedance when $\overline{CS}$ = 1 or Φ2 is low.
18	22	26	ESt	**Early Steering** output. Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESt to return to a logic low.
19	23	27	St/GT	**Steering Input/Guard Time** output (bidirectional). A voltage greater than V_{TSt} detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V_{TSt} frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ESt and the voltage on St.
20	24	28	V_{DD}	Positive power supply input (+5V typical).
	8,9, 16, 17	3,5, 10, 11, 16, 23-25	NC	No Connection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The MT8880C Integrated DTMF Transceiver architecture consists of a high performance DTMF receiver with internal gain setting amplifier and a DTMF generator which employs a burst counter such that precise tone bursts and pauses can be synthesized. A call progress mode can be selected such that frequencies within the specified passband can be detected. A standard microprocessor interface allows access to an internal status register, two control registers and two data registers.

Input Configuration

The input arrangement of the MT8880C provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}) which is used to bias the inputs at $V_{DD}/2$. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 3.

Figure 4 shows the necessary connections for a differential input configuration.

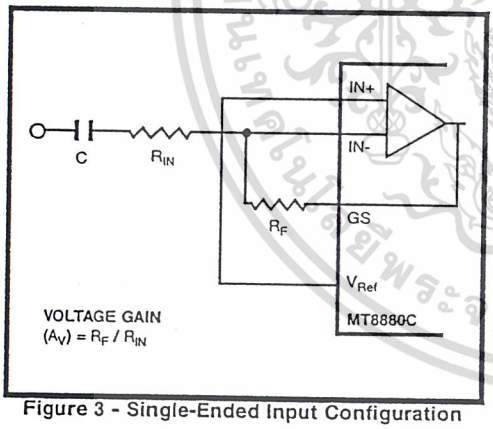


Figure 3 - Single-Ended Input Configuration

Receiver Section

Separation of the low 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 (see Fig. 7). These filters also incorporate notches at 350 Hz and 440 Hz for exceptional dial tone rejection. 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

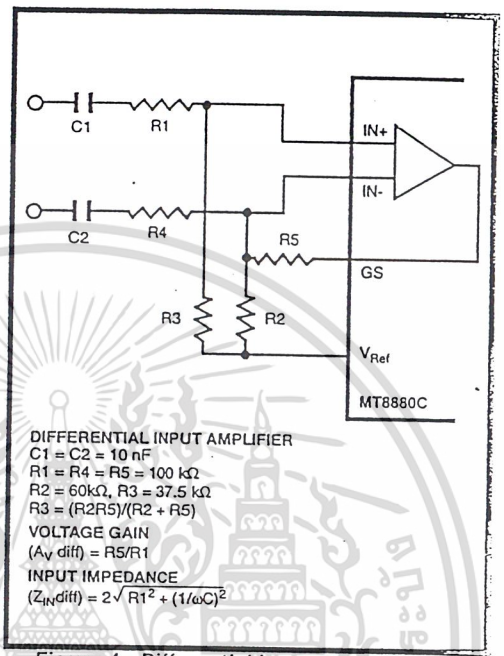


Figure 4 - Differential Input Configuration

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.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 that the signal condition is maintained (ESt remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TSt}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Figure 7) into the Receive Data Register. 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 goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The status of the delayed steering flag can be monitored by checking the appropriate bit in the status register. If Interrupt mode has been selected, the $\overline{IRQ}$/CP pin will pull low when the delayed steering flag is active.

The contents of the output latch are updated on an active delayed steering transition. This data is presented to the four bit bidirectional data bus when the Receive Data Register is read. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (drop out) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

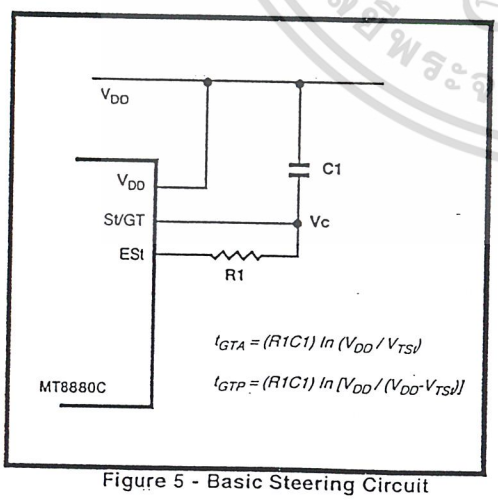


Figure 5 - Basic Steering Circuit

Guard Time Adjustment

The simple steering circuit shown in Figure 5 is adequate for most applications. Component values are chosen according to the formula:

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

The value of t_{DP} is a device parameter (see AC Electrical Characteristics) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C1 of 0.1 µF is recommended for most applications, leaving R1 to be selected by the designer. Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity.

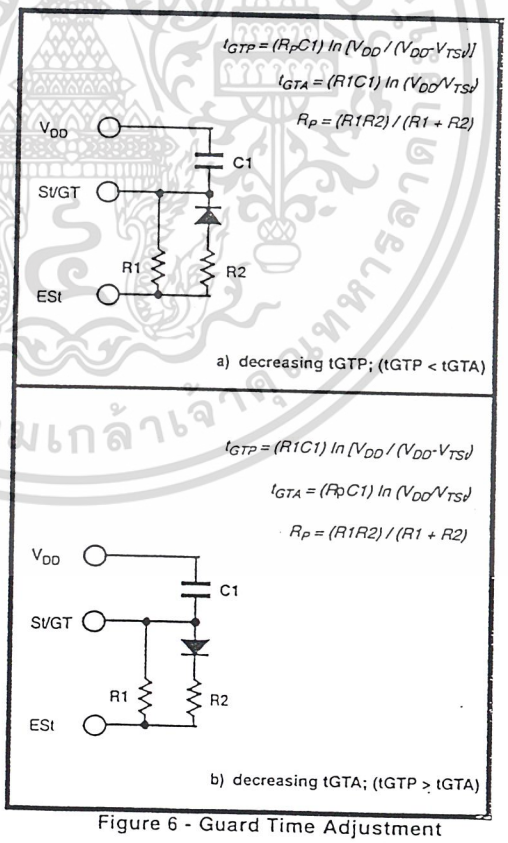


Figure 6 - Guard Time Adjustment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain a valid signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{DO} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 6. The receiver timing is shown in Figure 9 with a description of the events in Figure 11.

Call Progress Filter

A call progress mode, using the MT8880C, can be selected allowing the detection of various tones which identify the progress of a telephone call on the network. The call progress tone input and DTMF input are common, however, call progress tones can only be detected when CP mode has been selected. DTMF signals cannot be detected if CP mode has been selected (see Table 5). Figure 8 indicates the useful detect bandwidth of the call progress filter. Frequencies presented to the input, which are within the 'accept' bandwidth limits of the filter, are hard-limited by a high gain comparator with the $\overline{IRQ}$/CP pin serving as the output. The squarewave output obtained from the schmitt trigger can be analyzed by a microprocessor or counter arrangement to determine the nature of the call progress tone being detected. Frequencies which are in the 'reject' area will not be detected and consequently the $\overline{IRQ}$/CP pin will remain low.

DTMF Generator

The DTMF transmitter employed in the MT8880C is capable of generating all sixteen standard DTMF tone pairs with low distortion and high accuracy. All frequencies are derived from an external 3.579545 MHz crystal. The sinusoidal waveforms for the individual tones are digitally synthesized using row and column programmable dividers and switched capacitor D/A converters. The row and column tones are mixed and filtered providing a DTMF signal with low total harmonic distortion and high accuracy. To specify a DTMF signal, data conforming to the encoding format shown in Figure 7 must be written to the transmit Data Register. Note that this is the same as the receiver output code. The individual tones which are generated (f_{LOW} and f_{HIGH}) are referred to as Low Group and High Group tones. As seen from the table, the low group frequencies are 697, 770, 852 and 941 Hz. The high group frequencies are 1209, 1336, 1477 and 1633 Hz. Typically, the high group to low group amplitude ratio (pre-emphasis) is 2dB to compensate for high group attenuation on long loops.

F_{LOW}	F_{HIGH}	DIGIT	D_3	D_2	D_1	D_0
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	0	1	0	1	0
941	1209	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	0	0	0	0

0= LOGIC LOW, 1= LOGIC HIGH

Figure 7 - Functional Encode/Decode Table

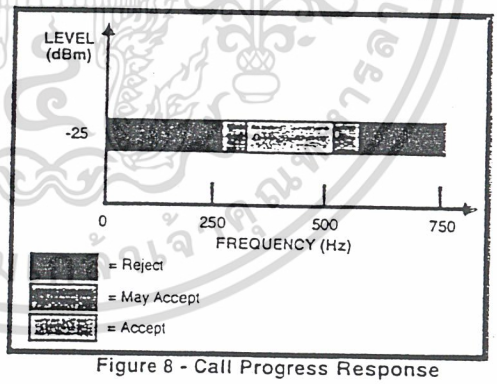


Figure 8 - Call Progress Response

The period of each tone consists of 32 equal time segments. The period of a tone is controlled by varying the length of these time segments. During write operations to the Transmit Data Register the 4 bit data on the bus is latched and converted to 2 of 8 coding for use by the programmable divider circuitry. This code is used to specify a time segment length which will ultimately determine the frequency of the tone. When the divider reaches the appropriate count, as determined by the input code, a reset pulse is issued and the counter starts again. The number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

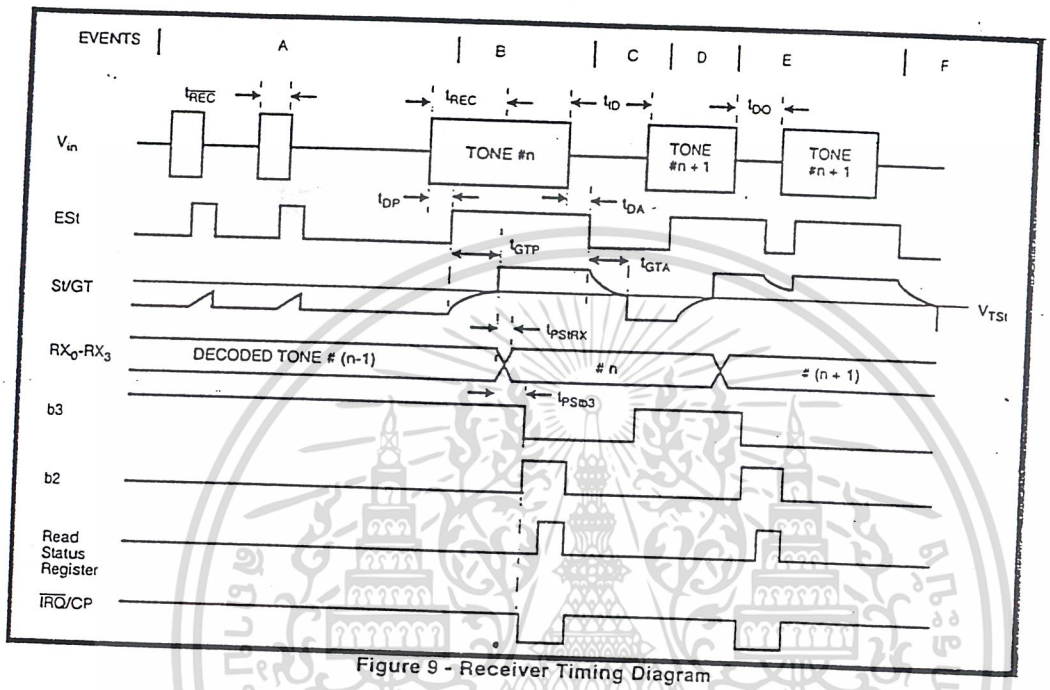


Figure 9 - Receiver Timing Diagram

of time segments is fixed at 32, however, by varying the segment length as described above the tone output signal frequency will be varied. The divider output clocks another counter which addresses the sinewave lookup ROM.

The lookup table contains codes which are used by the switched capacitor D/A converter to obtain discrete and highly accurate DC voltage levels. Two identical circuits are employed to produce row and column tones which are then mixed using a low noise summing amplifier. The oscillator described needs no "start-up" time as in other DTMF generators since the crystal oscillator is running continuously thus providing a high degree of tone burst accuracy. A bandwidth limiting filter is incorporated and serves to attenuate distortion products above 8 kHz. It can be seen from Figure 10 that the distortion products are very low in amplitude.

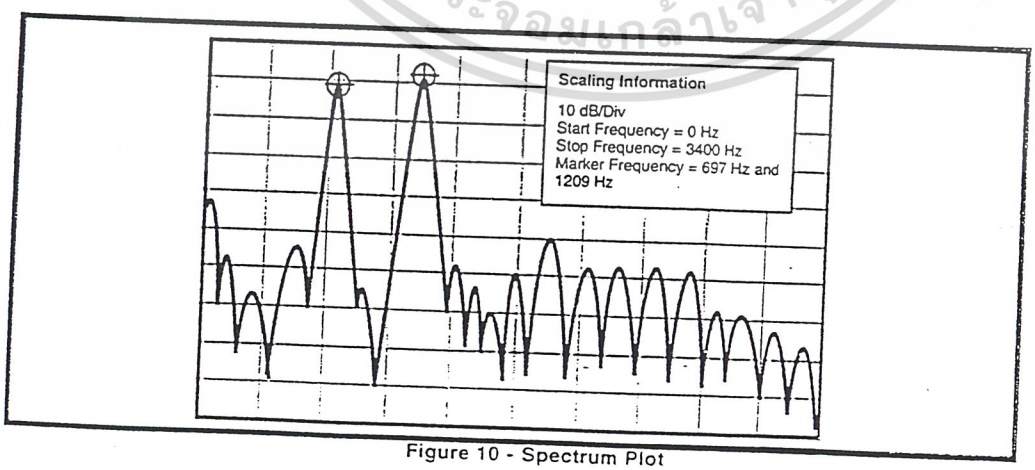


Figure 10 - Spectrum Plot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Burst Mode

In certain telephony applications it is required that DTMF signals being generated are of a specific duration determined either by the particular application or by any one of the exchange transmitter specifications currently existing. Standard DTMF signal timing can be accomplished by making use of the Burst Mode. The transmitter is capable of issuing symmetric bursts/pauses of predetermined duration. This burst/pause duration is 51 ms±1 ms which is a standard interval for autodialer and central office applications. After the burst/pause has been issued, the appropriate bit is set in the Status Register indicating that the transmitter is ready for more data. The timing described above is available when DTMF mode has been selected. However, when CP mode (Call Progress mode) is selected, a second burst/pause time of 102 ms ±2 ms is available. This extended interval is useful when precise tone bursts of longer than 51 ms duration and 51 ms pause are desired. Note that when CP mode and Burst mode have been selected, DTMF tones may be transmitted only and *not* received.

In applications where a non-standard burst/pause duration is required, burst mode must be disabled and the transmitter gated on and off by an external hardware or software timer.

Single Tone Generation

A single tone mode is available whereby individual tones from the low group or high group can be generated. This mode can be used for DTMF test equipment applications, acknowledgment tone generation and distortion measurements. Refer to Control Register B description for details.

Distortion Calculations

The MT8880C is capable of producing precise tone bursts with minimal error in frequency (see Table 1). The internal summing amplifier is followed by a first-order lowpass switched capacitor filter to minimize harmonic components and intermodulation products. The total harmonic distortion for a *single tone* can be calculated using Equation 1, which is the ratio of the total power of all the extraneous frequencies to the power of the fundamental frequency expressed as a percentage. The Fourier components of the tone output correspond to V_{2f}.... V_{nf} as measured on the output waveform. The total harmonic distortion for a *dual tone* can be calculated

EXPLANATION OF EVENTS

A) TONE BURSTS DETECTED. TONE DURATION INVALID. RX DATA REGISTER NOT UPDATED.
B) TONE #n DETECTED. TONE DURATION VALID. TONE DECODED AND LATCHED IN RX DATA REGISTER.
C) END OF TONE #n DETECTED. TONE ABSENT DURATION VALID. INFORMATION IN RX DATA REGISTER RETAINED UNTIL NEXT VALID TONE PAIR.
D) TONE #n+1 DETECTED. TONE DURATION VALID. TONE DECODED AND LATCHED IN RX DATA REGISTER.
E) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n+1. TONE ABSENT DURATION INVALID. DATA REMAINS UNCHANGED.
F) END OF TONE #n+1 DETECTED. TONE ABSENT DURATION VALID. INFORMATION IN RX DATA REGISTER RETAINED UNTIL NEXT VALID TONE PAIR.

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.
ESt EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.
St/GT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
RX_0-RX_3 4-BIT DECODED DATA IN RECEIVE DATA REGISTER
b3 DELAYED STEERING. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL. ACTIVE LOW FOR THE DURATION OF A VALID DTMF SIGNAL.
b2 INDICATES THAT VALID DATA IS IN THE RECEIVE DATA REGISTER. THE BIT IS CLEARED AFTER THE STATUS REGISTER IS READ.
$\overline{IRQ}$/CP INTERRUPT IS ACTIVE INDICATING THAT NEW DATA IS IN THE RX DATA REGISTER. THE INTERRUPT IS CLEARED AFTER THE STATUS REGISTER IS READ.
$t_{\overline{REC}}$ MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECTED AS VALID.
t_{REC} MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION.
t_{ID} MINIMUM TIME BETWEEN VALID SEQUENTIAL DTMF SIGNALS.
t_{DO} MAXIMUM ALLOWABLE DROPOUT DURING VALID DTMF SIGNAL.
t_{DP} TIME TO DETECT VALID FREQUENCIES PRESENT.
t_{DA} TIME TO DETECT VALID FREQUENCIES ABSENT.
t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.
t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Description of Timing Events

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$THD(\%) = \frac{\sqrt{V^2_{2f} + V^2_{3f} + V^2_{4f} + ... V^2_{nf}}}{V_{fundamental}} \times 100$$

Equation 1. THD (%) For a Single Tone

$$THD\ (\%) = \frac{\sqrt{V^2_{2L} + V^2_{3L} + ... V^2_{nL} + V^2_{2H} + V^2_{3H} + .. V^2_{nH} + V^2_{IMD}}}{\sqrt{V^2_L + V^2_H}} \times 100$$

Equation 2. THD (%) For a Dual Tone

ACTIVE INPUT	OUTPUT FREQUENCY (Hz)		%ERROR
	SPECIFIED	ACTUAL	
L1	697	699.1	+0.30
L2	770	766.2	-0.49
L3	852	847.4	-0.54
L4	941	948.0	+0.74
H1	1209	1215.9	+0.57
H2	1336	1331.7	-0.32
H3	1477	1471.9	-0.35
H4	1633	1645.0	+0.73

Table 1. Actual Frequencies Versus Standard Requirements

using Equation 2. V_L and V_H correspond to the low group amplitude and high group amplitude, respectively, and V^2_{IMD} is the sum of all the intermodulation components. The internal switched-capacitor filter following the D/A converter keeps distortion products down to a very low level as shown in Figure 10.

DTMF Clock Circuit

The internal clock circuit is completed with the addition of a standard television colour burst crystal. The crystal specification is as follows:

Frequency:	3.579545 MHz
Frequency Tolerance:	±0.1%
Resonance Mode:	Parallel
Load Capacitance:	18pF
Maximum Series Resistance:	150 ohms
Maximum Drive Level:	2mW

e.g. CTS Knights MP036S
Toyocom TQC-203-A-9S

A number of MT8880C devices can be connected as shown in Figure 12 such that only one crystal is required. Alternatively, the OSC1 inputs on all devices can be driven from a TTL buffer with the OSC2 outputs left unconnected.

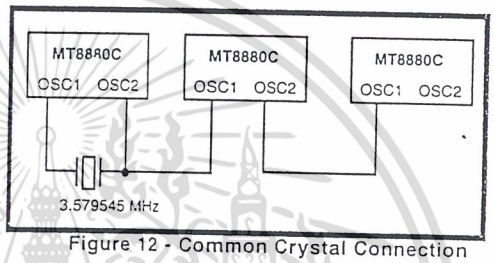


Figure 12 - Common Crystal Connection

Microprocessor Interface

The MT8880C employs a microprocessor interface which allows precise control of transmitter and receiver functions. There are five internal registers associated with the microprocessor interface which can be subdivided into three categories, i.e., data transfer, transceiver control and transceiver status. There are two registers associated with data transfer operations.

The Receive Data Register contains the output code of the last valid DTMF tone pair to be decoded and is a read only register. The data entered in the Transmit Data Register will determine which tone pair is to be generated (see Figure 7 for coding details). Data can only be written to the transmit register. Transceiver control is accomplished with two Control Registers (CRA and CRB) which occupy the same address space. A write operation to CRB can be executed by setting the appropriate bit in CRA. The following write operation to the same address will then be directed to CRB and subsequent write cycles will then be directed back to CRA. A software reset must be included at the beginning of all programs to initialize the control and status registers after power up or power reset (see Figure 16). Refer to Tables 3, 4, 5 and 6 for details concerning the Control Registers. The $\overline{IRQ}$/CP pin can be programmed such that it will provide an interrupt request signal upon validation of DTMF signals or when the transmitter is ready for more data (Burst mode only). The $\overline{IRQ}$/CP pin is configured as an open drain output device and as such requires a pull-up resistor (see Figure 13).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS0	R/$\overline{W}$	FUNCTION
0	0	Write to Transmit Data Register
0	1	Read from Receive Data Register
1	0	Write to Control Register
1	1	Read from Status Register

Table 2. Internal Register Functions

b3	b2	b1	b0
RSEL	IRQ	CP/$\overline{DTMF}$	TOUT

Table 3. CRA Bit Positions

b3	b2	b1	b0
C/$\overline{R}$	S/$\overline{D}$	TEST	BURST

Table 4. CRB Bit Positions

BIT	NAME	FUNCTION	DESCRIPTION
b0	TOUT	TONE OUTPUT	A logic '1' enables the tone output. This function can be implemented in either the burst mode or non-burst mode.
b1	CP/$\overline{DTMF}$	MODE CONTROL	In DTMF mode (logic '0') the device is capable of generating and receiving Dual Tone Multi-Frequency signals. When the CP (Call Progress) mode is selected (logic '1') a 6th order bandpass filter is enabled to allow call progress tones to be detected. Call progress tones which are within the specified bandwidth will be presented at the $\overline{IRQ}$/CP pin in rectangular wave format if the IRQ bit has been enabled (b2=1). Also, when the CP mode and BURST mode have both been selected, the transmitter will issue DTMF signals with a burst and pause of 102 ms (typ) duration. This signal duration is twice that obtained from the DTMF transmitter if DTMF mode had been selected. Note that DTMF signals cannot be decoded when the CP mode of operation has been selected.
b2	IRQ	INTERRUPT ENABLE	A logic '1' enables the INTERRUPT mode. When this mode is active and the DTMF mode has been selected (b1=0) the $\overline{IRQ}$/CP pin will pull to a logic '0' condition when either 1) a valid DTMF signal has been received and has been present for the guard time duration or 2) the transmitter is ready for more data (BURST mode only).
b3	RSEL	REGISTER SELECT	A logic '1' selects Control Register B on the next Write cycle to the Control Register address. Subsequent Write cycles to the Control Register are directed back to Control Register A.

Table 5. Control Register A Description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIT	NAME	FUNCTION	DESCRIPTION
b0	BURST	BURST MODE	A logic '0' enables the burst mode. When this mode is selected, data corresponding to the desired DTMF tone pair can be written to the Transmit Register resulting in a tone burst of a specific duration (see AC Characteristics). Subsequently, a pause of the same duration is induced. Immediately following the pause, the Status Register is updated indicating that the Transmit Register is ready for further instructions and an interrupt will be generated if the interrupt mode has been enabled. Additionally, if call progress (CP) mode has been enabled, the burst and pause duration is increased by a factor of two. When the burst mode is not selected (logic '1') tone bursts of any desired duration may be generated.
b1	TEST	TEST MODE	By enabling the test mode (logic'1'), the $\overline{IRQ}$/CP pin will present the delayed steering (inverted) signal from the DTMF receiver. Refer to Figure 9 (b3 waveform) for details concerning the output waveform. DTMF mode must be selected (CRA b1=0) before test mode can be implemented.
b2	S/$\overline{D}$	SINGLE /DUAL TONE GENERATION	A logic '0' will allow Dual Tone Multi-Frequency signals to be produced. If single tone generation is enabled (logic '1'), either row or column tones (low group or high group) can be generated depending on the state of b3 in Control Register B.
b3	C/$\overline{R}$	COLUMN/ROW TONES	When used in conjunction with b2 (above) the transmitter can be made to generate single row or single column frequencies. A logic '0' will select row frequencies and a logic '1' will select column frequencies.

Table 6. Control Register B Description

BIT	NAME	STATUS FLAG SET	STATUS FLAG CLEARED
b0	IRQ	Interrupt has occurred. Bit one (b1) or bit two (b2) is set.	Interrupt is inactive. Cleared after Status Register is read.
b1	TRANSMIT DATA REGISTER EMPTY (BURST MODE ONLY)	Pause duration has terminated and transmitter is ready for new data.	Cleared after Status Register is read or when in non-burst mode.
b2	RECEIVE DATA REGISTER FULL	Valid data is in the Receive Data Register.	Cleared after Status Register is read.
b3	$\overline{DELAYED\ STEERING}$	Set upon the valid detection of the absence of a DTMF signal.	Cleared upon the detection of a valid DTMF signal.

Table 7. Status Register Description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

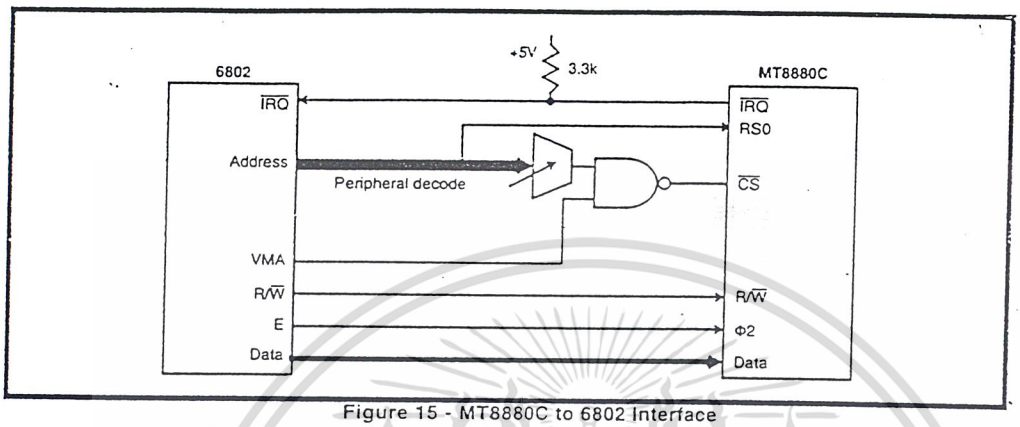


Figure 15 - MT8880C to 6802 Interface

EXAMPLE 1: A software reset must be included at the beginning of all programs to initialize the control registers after power up. The initialization procedure should be implemented 100ms after power up.

Description	Control			Data			
	CS	RS0	R/W	b3	b2	b1	b0
1) Read Status Register	0	1	1	X	X	X	X
2) Write to Control Register	0	1	0	0	0	0	0
3) Write to Control Register	0	1	0	0	0	0	0
4) Write to Control Register	0	1	0	1	0	0	0
5) Write to Control Register	0	1	0	0	0	0	0
6) Read Status Register	0	1	1	X	X	X	X

EXAMPLE 2: Transmit DTMF tones of 50 ms burst/50 ms pause and Receive DTMF Tones

Description	CS	RS0	R/W	b3	b2	b1	b0
1) Write to Control Register A (tone out, DTMF, IRQ, Select Control Register B)	0	1	0	1	1	0	1
2) Write to Control Register B (burst mode)	0	1	0	0	0	0	0
3) Write to Transmit Data Register (send a digit 7)	0	0	0	0	1	1	1
wait for an interrupt or poll Status Register							
4) Read the Status Register	0	1	1	X	X	X	X
-if bit 1 is set, the Tx is ready for the next tone, in which case... Write to Transmit Register (send a digit 5)	0	0	0	0	1	0	1
-if bit 2 is set, a DTMF tone has been received, in which case.... Read the Receive Data Register	0	0	1	X	X	X	X
-if both bits are set...							
Read the Receive Data Register	0	0	1	X	X	X	X
Write to Transmit Data Register	0	0	0	0	1	0	1

NOTE: IN THE TX BURST MODE, STATUS REGISTER BIT 1 WILL NOT BE SET UNTIL 100 ms (±2 ms) AFTER THE DATA IS WRITTEN TO THE TX DATA REGISTER. IN EXTENDED BURST MODE THIS TIME WILL BE DOUBLED TO 200 ms (± 4 ms).

Figure 16 - Application Hints

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	Power supply voltage V_{DD}-V_{SS}	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 (Except V_{DD} and V_{SS})			10	mA
4	Storage temperature	T_{ST}	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P_D		1000	mW

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

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

	Parameter	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	Positive power supply	V_{DD}	4.75	5.00	5.25	V	
2	Operating temperature	T_O	-40		+85	°C	
3	Crystal clock frequency	f_{CLK}	3.575965	3.579545	3.583124	MHz	

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

DC Electrical Characteristics† - V_{SS}=0 V.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Test Conditions
1	SUP	Operating supply voltage	V_{DD}	4.75	5.0	5.25	V	
2		Operating supply current	I_{DD}		7.0	11	mA	
3		Power consumption	P_C			57.8	mW	
4	INPUTS	High level input voltage (OSC1)	V_{IHO}	3.5			V	
5		Low level input voltage (OSC1)	V_{ILO}			1.5	V	
6		Steering threshold voltage	V_{TSt}	2.2	2.3	2.5	V	V_{DD}=5V
7	OUTPUTS	Low level output voltage (OSC2)	V_{OLO}			0.1	V	No load
8		High level output voltage (OSC2)	V_{OHO}	4.9			V	No load V_{DD}=5 V
9		Output leakage current (IRQ)	I_{OZ}		1	10	µA	V_{OH}=2.4 V
10		V_{Ref} output voltage	V_{Ref}	2.4	2.5	2.6	V	No load, V_{DD}=5V
11		V_{Ref} output resistance	R_{OR}		1.3		kΩ	
12	Digital	Low level input voltage	V_{IL}			0.8	V	
13		High level input voltage	V_{IH}	2.0			V	
14		Input leakage current	I_{IZ}			10	µA	V_{IN}=V_{SS} to V_{DD}
15	Data Bus	Source current	I_{OH}	-1.4	-6.6		mA	V_{OH}=2.4V
16		Sink current	I_{OL}	2.0	4.0		mA	V_{OL}=0.4V
17	ESt and StGt	Source current	I_{OH}	-0.5	-3.0		mA	V_{OH}=4.6V
18		Sink current	I_{OL}	2	4		mA	V_{OL}=0.4V
19	$\overline{IRQ}$/CP	Sink current	I_{OL}	4	16		mA	V_{OL}=0.4V

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.
‡ Typical figures are at 25 °C, V_{DD} =5V and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics† (Cont'd) - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
28		Data hold time (write)	t_{DHW}	10			ns	
29		Input Capacitance (data bus)	C_{IN}		5		pF	
30		Output Capacitance ($\overline{IRQ}$/CP)	C_{OUT}		5		pF	
31	DTMF CLK	Crystal/clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
32	DTMF CLK	Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
33	DTMF CLK	Clock input duty cycle	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
34	DTMF CLK	Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
35	DTMF CLK	Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			30	pF	

† Timing is over recommended temperature & power supply voltages.
‡ Typical figures are at 25°C and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.
* The data bus output buffers are no longer sourcing or sinking current by t_{DHR}.
# See Figure 6 regarding guard time adjustment.

NOTES: 1) dBm=decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2) Digit sequence consists of all 16 DTMF tones.
3) Tone duration=40 ms. Tone pause=40 ms.
4) Nominal DTMF frequencies are used.
5) Both tones in the composite signal have an equal amplitude.
6) The tone pair is deviated by ±1.5%±2 Hz.
7) Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8) The precise dial tone frequencies are 350 and 440 Hz (±2%).
9) For an error rate of less than 1 in 10,000.
10) Referenced to the lowest amplitude tone in the DTMF signal.
11) Referenced to the minimum valid accept level.
12) For guard time calculation purposes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

Gain Setting Amplifier - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated. V_{SS}= 0V.

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}			100	nA	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}	10			MΩ	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	40			dB	C_L = 20p
7	Unity gain bandwidth	BW	1.0			MHz	C_L = 20p
8	Output voltage swing	V_O	0.5		V_{DD}-0.5	V	$R_L \ge 100$ kΩ to V_{SS}
9	Allowable capacitive load (GS)	C_L			100	pF	PM>40°
10	Allowable resistive load (GS)	R_L	50			kΩ	V_O = 4Vpp
11	Common mode range	V_{CM}	1.0		V_{DD}-1.0	V	R_L = 50kΩ

Figures are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.
Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.

MT8880C AC Electrical Characteristics† - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1	R X	Valid Input signal levels (each tone of composite signal)		-29			dBm	1,2,3,5,6,9
				27.5			mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9
						+1	dBm	1,2,3,5,6,9
						869	mV_{RMS}	1,2,3,5,6,9

† Characteristics are over recommended operating conditions (unless otherwise stated) using the test circuit shown in Figure 13.

AC Electrical Characteristics† - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated. f_C=3.579545 MHz.

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1	R X	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9
2		Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9
3		Freq. deviation accept		±1.5%±2Hz				2,3,5,9
4		Freq. deviation reject		±3.5%				2,3,5
5		Third tone tolerance			-16		dB	2,3,4,5,9,10
6		Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
7		Dial tone tolerance			22		dB	2,3,4,5,8,9,11

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.
‡ Typical figures are at 25°C, V_{DD} = 5V, and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.
* See "Notes" following AC Electrical Characteristics Tables.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

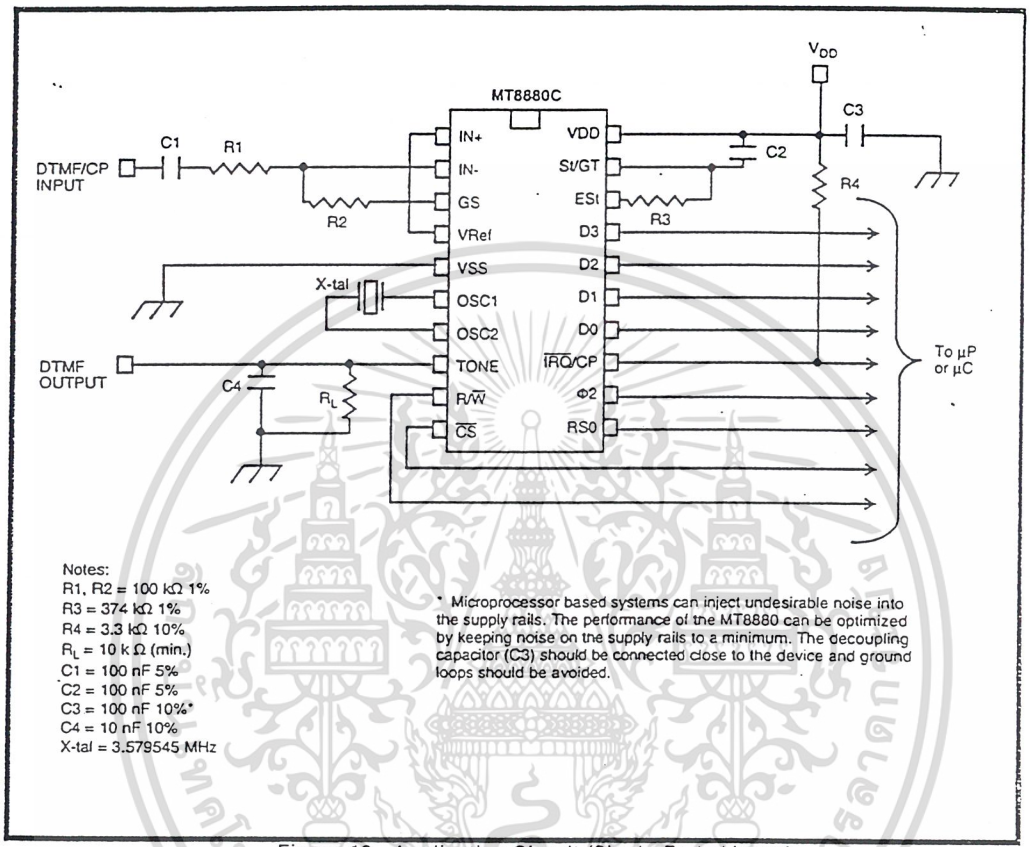


Figure 13 - Application Circuit (Single-Ended Input)

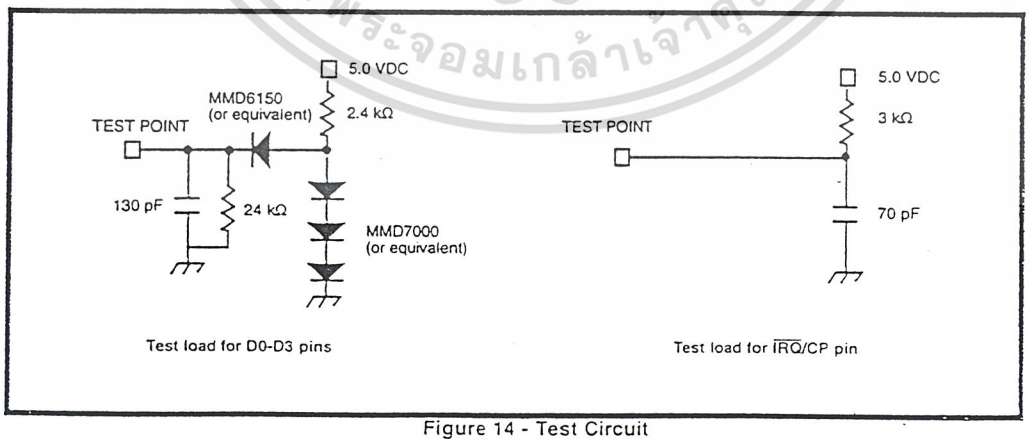


Figure 14 - Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics† - Call Progress - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Notes*
1	Lower freq. (ACCEPT)	f_{LA}		320		Hz	@ -25 dBm
2	Upper freq. (ACCEPT)	f_{HA}		510		Hz	@ -25 dBm
3	Lower freq. (REJECT)	f_{LR}		290		Hz	@ -25 dBm
4	Upper freq. (REJECT)	f_{HR}		540		Hz	@ -25 dBm
5	Call progress tone detect level (total power)		-30			dBm	

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated
‡ Typical figures are at 25°C, V_{DD} = 5V, and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing
* See "Notes" AC Electrical Characteristics Tables

AC Electrical Characteristics† - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

-		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	RX	Tone present detect time	t_{DP}	3	11	14	ms	Note 12
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 12
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	User adjustable#
4		Tone duration reject	$t_{\overline{REC}}$	20			ms	User adjustable#
5		Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	User adjustable#
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	User adjustable#
7		Delay St to b3	t_{PStb3}		13		µs	
8		Delay St to RX_0-RX_3	t_{PStRX}		8		µs	
9	TX	Tone burst duration	t_{BST}	50		52	ms	DTMF mode
10		Tone pause duration	t_{PS}	50		52	ms	DTMF mode
11		Tone burst duration (extended)	t_{BSTE}	100		104	ms	Call Progress mode
12		Tone pause duration (extended)	t_{PSE}	100		104	ms	Call Progress mode
13	TONE OUT	High group output level	V_{HOUT}	-6.1		-2.1	dBm	R_L=10kΩ
14		Low group output level	V_{LOUT}	-8.1		-4.1	dBm	R_L=10kΩ
15		Pre-emphasis	dB_P		2	3	dB	R_L=10kΩ
16		Output distortion (Single Tone)	THD		-35		dB	25 kHz Bandwidth R_L=10kΩ
17		Frequency deviation	f_D		±0.7	±1.5	%	f_C=3.579545 MHz
18		Output load resistance	R_{LT}	10		50	kΩ	
19	MPU INTERFACE	Φ2 cycle period	t_{CYC}		250		ns	
20		Φ2 high pulse width	t_{CH}		115		ns	
21		Φ2 low pulse width	t_{CL}		110		ns	
22		Φ2 rise and fall time	t_R, t_F			25	ns	
23		Address, R/$\overline{W}$ hold time	t_{AH},t_{RWH}	26			ns	
24		Address, R/$\overline{W}$ setup time (before Φ2)	t_{AS},t_{RWS}	23			ns	
25		Data hold time (read)	t_{DHR}	22			ns	
26		Φ2 to valid data delay (read)	t_{DDR}			100	ns	200 pF load
27		Data setup time (write)	t_{DSW}	45			ns	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

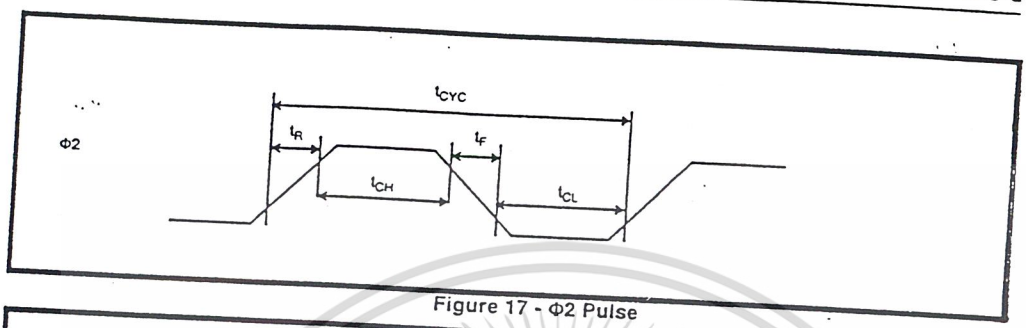


Figure 17 - Φ2 Pulse

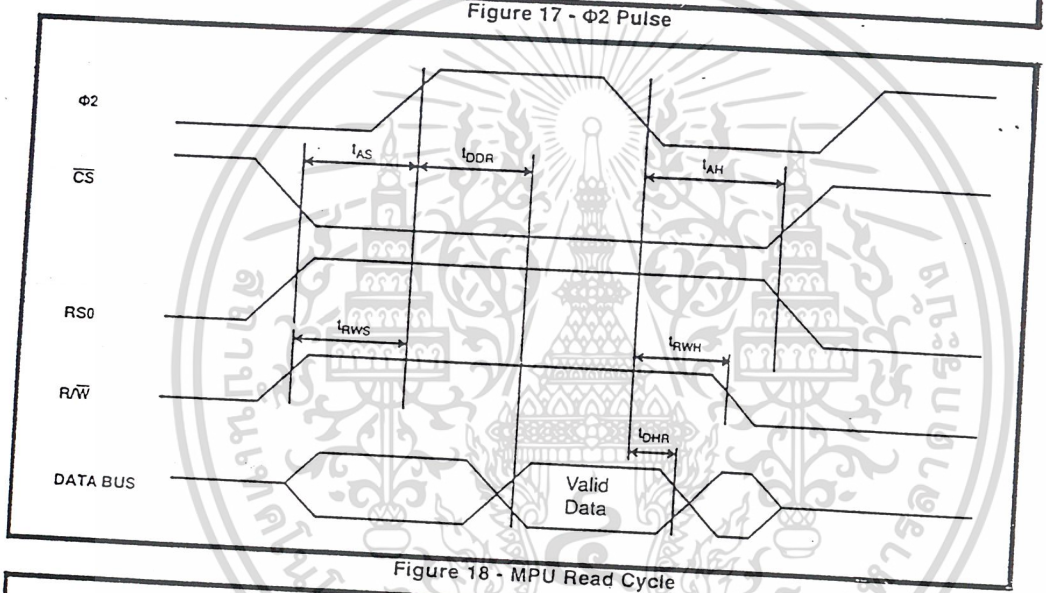


Figure 18 - MPU Read Cycle

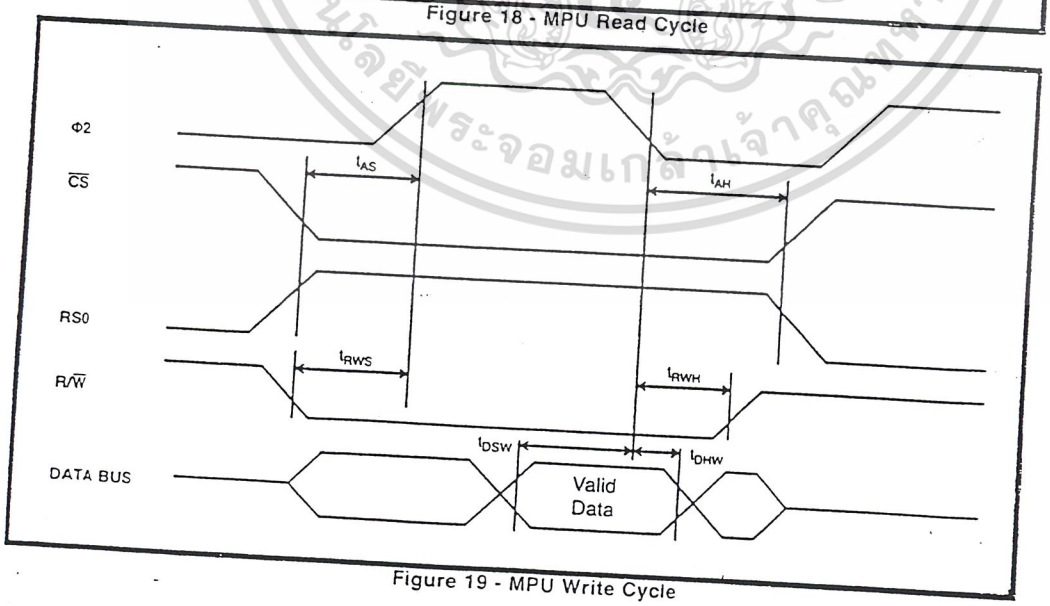


Figure 19 - MPU Write Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์
(Signal Transmission Trough Telephone Network Demonstrator)

1. ความเป็นมาของชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์

ในยุคปัจจุบันนี้เทคโนโลยีด้านการสื่อสารโทรคมนาคมมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วและไม่มีขีดจำกัด ไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนสามารถที่จะติดต่อสื่อสารถึงกันได้ ซึ่งในการติดต่อสื่อสารนั้นสามารถกระทำได้หลายรูปแบบ โทรศัพท์นับว่าเป็นทางเลือกหนึ่งของการสื่อสารที่มีความสะดวกรวดเร็วและมีความคล่องตัวสูง อีกทั้งมีบทบาทมากในชีวิตประจำวัน การที่จะพัฒนาระบบการสื่อสารทางด้านโทรศัพท์ให้ก้าวหน้าทันกับโลกปัจจุบันนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาถึงหลักการเบื้องต้นของโทรศัพท์เสียก่อน โดยในระบบโทรศัพท์นั้นมีส่วนประกอบที่สำคัญหลายอย่างระบบการเชื่อมต่อของชุมสายโทรศัพท์ นับเป็นหัวใจที่สำคัญของการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์จำเป็นที่จะต้องศึกษาเกี่ยวกับโครงข่ายของชุมสายโทรศัพท์แบบต่างๆ การส่งสัญญาณระหว่างชุมสายโทรศัพท์ เช่น การส่งสัญญาณไปยังชุมสายและผู้เช่า ซึ่งเรื่องเหล่านี้ผู้เรียนจำเป็นจะต้องเรียนรู้ให้ลึกซึ้ง แต่ในปัจจุบันนี้ระบบการเรียนการสอนเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว ยังไม่มีสื่อการเรียนการสอนที่จะแสดงให้ผู้เรียนเห็นอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนการสอน ดังนั้นเพื่อเสริมสร้างให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นจึงได้จัดทำชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์ขึ้น ซึ่งง่ายต่อการใช้งานและทำความเข้าใจและสามารถแสดงให้เห็นการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์แบบต่างๆ ได้อย่างชัดเจน

ชุดสาธิตการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์นี้ ออกแบบให้สะดวกในการใช้งานสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และควบคุมการทำงานด้วยซอฟแวร์ (Software) อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในงานจริงได้อีกด้วย

2. ขีดความสามารถของชุดทดลอง

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

1. แสดงการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์แบบดาว
2. แสดงการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์แบบวงรอบ
3. แสดงการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์แบบตาข่าย

เอกสารนี้เป็น... ...ญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณี... ...ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แสดงการส่งสัญญาณผ่านระบบชุมสายโทรศัพท์แบบลำดับขั้น

5. แสดงการส่งสัญญาณแบบลิงค์-บาย-ลิงค์

6. แสดงการส่งสัญญาณแบบเอ็น-ทู-เอ็น

7. แสดงการทำงานและรูปแบบการส่งสัญญาณบนจอไมโครคอมพิวเตอร์

3. สิ่งที่ต้องมี

1. โปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อรองรับการแสดงผลของชุดสาธิต

2. ชุดสาธิตจำนวน 1 ชุด

2.1 ชุดควบคุม	1	เครื่อง
2.2 โทรศัพท์	18	เครื่อง
2.3 คู่มือการใช้งาน	1	ชุด

3. ใบงานการทดลอง

4. การติดตั้งชุดสาธิต

1. ประกอบโทรศัพท์เข้ากับขั้วต่อโทรศัพท์ทั้ง 18 ขั้ว ให้ครบ

2. ต่อพอร์ต RS-232 เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการติดต่อส่งและรับข้อมูล

3. นำโปรแกรมแสดงผลไปติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์

5. การใช้งาน

1. เสียบปลั๊กไฟกระแสสลับ 220 โวลต์

2. ต่อโทรศัพท์ทั้ง 18 เครื่องเข้ากับขั้วต่อให้เรียบร้อย

3. เปิดสวิตซ์ไฟเลี้ยงชุดสาธิต หลอดไฟแสดงการทำงานจะติดสว่างขึ้นให้ทราบว่ามีไฟเลี้ยงชุด สาธิตแล้ว

4. หลอดไฟของแต่ละชุมสายจะติดแสดงการพร้อมใช้งาน หากไม่ติดแสดงว่าเสียให้ติดต่ออาจารย์ผู้ควบคุมใบงานนั้นด่วน

5. ที่หลอดประจำเลขหมายจะต้องดับเนื่องจากโทรศัพท์วางหูอยู่ หากเกิดการยกหูโทรศัพท์หลอด ไฟจะติดสว่างเพื่อบอกให้ทราบว่ามีการใช้งานอยู่

6. ต่อพอร์ต RS- 232 กับเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เข้าโปรแกรมการทดลอง เครื่องจะทำการรีเซ็ตทั้งระบบอัตโนมัติพร้อมเข้าโปรแกรมแสดงผลที่เมนูหลัก

8. เลือกใบงานตามโปรแกรม

9. ทำใบงานใดให้เลื่อนสวิตซ์บนชุดสาธิตเป็นไปตามใบงานนั้นด้วย

10. ทำการทดลองตามใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

โกศล เพ็ชร์สุวรรณ์. **เทคโนโลยีโทรคมนาคม .** พิมพ์ครั้งที่ 5 . กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2534

เข็มทอง นิ่มศิริ. **วิศวกรรมวางสายโทรศัพท์ตอนนอก.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2530

จเร อรุณแสงเงิน และชัยพร สายสนิท. "เครื่องชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ." ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2540

วิสันต์ อาชาเดโชพล. **ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล.** กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. 2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายนาวิน พรหมกูล
วันเดือนปีเกิด	10 กันยายน 2519
สถานที่เกิด	จังหวัด หนองคาย
ภูมิลำเนาเดิม	102 หมู่ 7 ต. หาวคำ อ. เมือง จ. หนองคาย
ที่อยู่ปัจจุบัน	102 หมู่ 7 ต. หาวคำ อ. เมือง จ. หนองคาย
โทรศัพท์	01-6018980
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเหล่าฝ้ายผดุงวิทย์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนหินโงมพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์วิศวกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ธรรมชาติให้ทุกสิ่งแก่เรา คืนให้ธรรมชาติบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายยโสธร ช่วยนุกูล
วันเดือนปีเกิด	10 เมษายน 2520
สถานที่เกิด	จังหวัด นครศรีธรรมราช
ภูมิลำเนาเดิม	383/2 หมู่ 8 ต. หน้าสตน อ. หัวไทร จ. นครศรีธรรมราช 80170
ที่อยู่ปัจจุบัน	383/2 หมู่ 8 ต. หน้าสตน อ. หัวไทร จ. นครศรีธรรมราช 80170
โทรศัพท์	075-389604
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านลำคลอง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนหัวไทรบำรุงราษฎร์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์วิศวกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	รอยร้าวในใจนักสู้ ใช่อยู่ที่การล้มเหลว แต่อยู่ที่มิยอมเริ่มต้นใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายศุภชัย ประทุมศาลา
วันเดือนปีเกิด	14 มีนาคม 2518
สถานที่เกิด	จังหวัด ร้อยเอ็ด
ภูมิลำเนาเดิม	15 หมู่ 7 ต. เมืองน้อย อ. ธวัชบุรี จ. ร้อยเอ็ด 45170
ที่อยู่ปัจจุบัน	15 หมู่ 7 ต. เมืองน้อย อ. ธวัชบุรี จ. ร้อยเอ็ด 45170
โทรศัพท์	-
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหนองเบิด
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านขี้เหล็กพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์วิศวกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นางสาวสุปราณี ภิญโญ
วันเดือนปีเกิด	24 ธันวาคม 2519
สถานที่เกิด	จังหวัด สมุทรสงคราม
ภูมิลำเนาเดิม	19 หมู่ 1 ต. บางจะเกร็ง อ. เมือง จ. สมุทรสงคราม 75000
ที่อยู่ปัจจุบัน	19 หมู่ 1 ต. บางจะเกร็ง อ. เมือง จ. สมุทรสงคราม 75000
โทรศัพท์	034-712854
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดศรัทธาธรรม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรัทธาสมุทร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์วิศวกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ฝันไม่เคยบังเกิดแก่คนท้อใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้