สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมระบบไฟฟ้าผ่านเครือข่ายโทรศัพท์

Electrical System Control Via Telephone Network

T 050334

โดย

นายณัฐพล ชัญมาตรกิจ รหัส 42010107

นายณัฐพล พรมชัย รหัส 42010108

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....50334
วัน,เดือน,ปี.....29 เม.ย. 2547

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

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระบบไฟฟ้าผ่านเครือข่ายโทรศัพท์

Electrical System Control Via Telephone Network

โดย

นายณัฐพล ชัญมาตรกิจ รหัส 42010107

นายณัฐพล พรมชัย รหัส 42010108

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์

ผู้จัดทำ

1 นาย ณัฐพล ชัญมาตรกิจ รหัส 42010107

2 นาย ณัฐพล พรมชัย รหัส 42010108

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์

Control Electrical Devices by Computer Via Telephone Network

นาย ณัฐพล ชัญมาตรกิจ รหัส 42010107

นาย ณัฐพล พรมชัย รหัส 42010108

โครงงานนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบ

.....

(รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ใช้เวลาในการศึกษาหาข้อมูลรวบรวมข้อมูลและเก็บรายละเอียดต่างๆ ใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานประมาณหนึ่งเทอม ซึ่งแต่ละขั้นตอนของการทำงานได้พบกับอุปสรรคต่างๆ มากมาย แต่ก็สามารถทำงานได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการดำเนินงาน และผู้จัดทำหวังว่าความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่ได้จากการทำงานในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานครั้งต่อๆ ไป

ผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ท่านอื่นๆ และเพื่อนๆ ร่วมคณะทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนผู้จัดทำเป็นอย่างดี ตลอดจนบิดา มารดาและญาติพี่น้อง ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนผู้จัดทำมาโดยตลอดจนงานนี้บรรลุจุดประสงค์ที่ได้ตั้งใจไว้

ทั้งนี้ทางผู้จัดทำได้ขอขอบคุณผู้ร่วมงาน และบุคคลอื่นๆ ที่มิได้กล่าวถึงในที่นี้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญยิ่งที่ทำให้ผู้จัดทำสามารถทำงานได้อย่างที่ตั้งใจไว้

.....

(นาย ณัฐพล ชัญมาตรกิจ)

.....

(นาย ณัฐพล พรมชัย)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระบบไฟฟ้าผ่านเครือข่ายโทรศัพท์

นาย ณัฐพล ชัญมาตรกิจ
นาย ณัฐพล พรมชัย
รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและนำเอาไมโครคอนโทรเลอร์มาประยุกต์ใช้งานเพื่อควบคุมระบบไฟฟ้าผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ การทำงานของระบบจะมีส่วนที่ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ในการควบคุมและทำหน้าที่ในการตรวจสอบสถานะของเซ็นเซอร์ ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ที่อยู่ภายนอกผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL SYSTEM CONTROL VIA TELEPHONE NETWORK

Nuttapon Chanmartgit
Nuttapon Phromchai
Assoc.Prof.Dr.Manas Sangwornsin Advisor
2002

ABSTRACT

This project concerns about the application of micro-controller for electrical system control via telephone network.The micro-controller is used for receiving data from sensor, controlling electric devices, and communicating with computer via telephone network.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
ABSTRACT	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ระบบโทรศัพท์	2
2.1 ส่วนประกอบของระบบ	3
2.2 สัญญาณในการติดต่อ	4
2.3 การติดต่อกันระหว่างเครื่องส่ง และ เครื่องรับโทรศัพท์	4
2.4 การส่งสัญญาณแบบความถี่คู่ (Dual Tone Multi Frequency Type)	7
บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51	8
3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS – 51	8
3.2 โครงสร้างภายในของ 8051	8
3.3 พอร์ทของ 8051	9
3.3.1 พอร์ท 0	9
3.3.2 พอร์ท 1	10
3.3.3 พอร์ท 2	10
3.3.4 พอร์ท 3	10
3.4 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม ของ MCS-51	14
3.4.1 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม SCON	15
3.5 การสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัว (Multi Processor Communication)	18
บทที่ 4 ไอซีถอดรหัส DTMF เบอร์ MT8888C	21
4.1 คุณสมบัติของ MT8888C	21
4.2 โครงสร้างภายในของ MT8888C	21
4.3 ข้อกำหนดในส่วนของภาครับ	22
4.4 การกรองสัญญาณลำดับการเรียก	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

4.5 ส่วนกำเนิดสัญญาณ DTMF 24
4.6 การกำเนิดสัญญาณซิงเกิลโทน 24
4.7 ฐานเวลาสัญญาณ DTMF 24
บทที่ 5 การใช้งานเครือข่ายโทรศัพท์ 26
5.1 การส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์ 26
5.2 พื้นฐานของโมเด็ม 27
5.3 การเลือกใช้โมเด็ม 27
5.3.1 ความเร็วและมาตรฐานของโมเด็ม 27
5.4 โมเด็มแบบติดตั้งภายในและภายนอก 28
5.4.1 โมเด็มแบบติดตั้งภายใน 28
5.4.2 โมเด็มแบบติดตั้งภายนอก 29
5.5 การเชื่อมต่อโมเด็มกับคอมพิวเตอร์ 29
5.6 การอ้างแอดเดรสของพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม 29
5.7 การต่อสายโทรศัพท์เข้ากับโมเด็ม 31
5.8 ชุดคำสั่งของโมเด็ม 31
5.8.1 สภาวะ Online และ Offline 32
5.8.2 รูปแบบของชุดคำสั่ง AT 32
5.8.3 การตอบสนองคำสั่งของโมเด็ม 32
5.9 การเชื่อมต่อกับ RS-232-C 32
5.9.1 Data Terminal Ready 33
5.9.2 Carrier Detect 33
5.9.3 Flow Control 33
บทที่ 6 บล็อกไดอะแกรม 35
บทที่ 7 ผลการทดลอง 39
บทที่ 8 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 49
8.1 สรุปผลการทดลอง 49
8.2 ปัญหาที่เกิดระหว่างการทดลอง 49
8.3 แนวทางในการพัฒนา 49
ภาคผนวก ก. รูปวงจร
ภาคผนวก ข. Source Code
ภาคผนวก ค. Data Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงระบบโทรศัพท์	3
รูปที่ 2.2	แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการติดต่อ	6
รูปที่ 2.3	แสดงหมายเลข และ ค่าความถี่ DTMF	7
รูปที่ 3.1	แสดง 8051 บล็อกไดอะแกรมของ MCS – 51	8
รูปที่ 3.2	แสดงตำแหน่งขาของ 89C2051	9
รูปที่ 3.3	แสดงโครงสร้าง พอร์ท 0	10
รูปที่ 3.4	แสดงผังเวลาการทำงานของแต่ละคำสั่ง	12
รูปที่ 3.5	แสดงบิตของรีจิสเตอร์ SCON	15
รูปที่ 3.6	แสดงสัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 2 และ โหมด 3	18
รูปที่ 3.7	แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แบบจุดต่อจุดและหลายจุด	18
รูปที่ 3.8	แสดงข้อมูลกำหนดตำแหน่ง (Address Byte)	19
รูปที่ 3.9	แสดงข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)	20
รูปที่ 4.1	แสดงย่านความถี่ที่มีการตอบสนองในลำดับสัญญาณเรียก	23
รูปที่ 6.1	แสดง Block Diagram การทำงานของเครื่องควบคุมปิด / เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าทางสายโทรศัพท์	35
รูปที่ 7.1	แสดงฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ	39
รูปที่ 7.2	แสดงการ check ที่ช่อง active	40
รูปที่ 7.3	แสดงการติดต่อกับปลายทาง	40
รูปที่ 7.4	แสดงสถานะต่าง ๆ ของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ช่องของ สถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า	41
รูปที่ 7.5	แสดงการตรวจสอบสถานะแล้วให้ผู้ใช้ยืนยันว่าต้องการเปิด/ปิดหรือไม่	41
รูปที่ 7.6	แสดงการยืนยันการเปลี่ยนสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้า	42
รูปที่ 7.7	แสดงก่อนการติดต่อ	43
รูปที่ 7.8	แสดงการเปลี่ยนสถานะหลอดไฟดวงที่ 2	44
รูปที่ 7.9	แสดงการเปลี่ยนสถานะหลอดไฟดวงที่ 4	45
รูปที่ 7.10	แสดงการเปลี่ยนสถานะหลอดไฟดวงที่ 1	46
รูปที่ 7.11	แสดงการเปลี่ยนสถานะหลอดไฟดวงที่ 2	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม 15

ตารางที่ 4.1 แสดงการแบ่งกลุ่มความถี่ DTMF และ ผลของการถอดรหัสสัญญาณโทน 22

ตารางที่ 5.1 แสดงการอ้างพอร์ตสื่อสารอนุกรมเพิ่มเติม 2 พอร์ตของ 30
เครื่อง PC และ PS/2 ทั่วไป

ตารางที่ 7.1 แสดงการเปิด/ปิดของวงจร 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

โครงงานชิ้นนี้เป็นโครงงานเกี่ยวกับการควบคุมระบบไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ โดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนซอฟต์แวร์ของคอมพิวเตอร์ที่เป็นส่วนที่ใช้สั่งงาน และส่วนฮาร์ดแวร์ที่เป็นส่วนปฏิบัติการส่วนซอฟต์แวร์หรือส่วนที่ใช้สั่งงานนั้นประกอบไปด้วยโปรแกรมการสื่อสารเพื่อติดต่อกับโมเด็มในโครงงานนี้ใช้ VISUAL BASIC ในการเขียนโปรแกรม ในส่วนของฮาร์ดแวร์หรือเครื่องควบคุมใช้ MCS51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน การติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องควบคุมนั้นจะใช้สัญญาณ DTMF เป็นตัวติดต่อ

หลักการทำงานโดยคร่าวๆ นั้นคือ เมื่อใช้คอมพิวเตอร์เปิดโปรแกรมเพื่อจะควบคุมระบบไฟฟ้า โปรแกรมการทำงานก็จะสั่งโมเด็มให้โทรติดต่อไปยังหมายเลขโทรศัพท์ที่มีเครื่องรับอยู่ ที่เครื่องรับก็จะส่งสถานะต่างๆ ของเครื่องใช้ไฟฟ้ากลับมายังคอมพิวเตอร์ เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้า ก็สั่งให้โปรแกรมส่งสัญญาณไปควบคุม เครื่องควบคุมก็จะแปรความหมายของสัญญาณแล้วทำการเปลี่ยนแปลงสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิก และ ผู้รู้หมายเลขระหว่างสมาชิกให้สามารถเรียกสลับคู่สนทนาต่าง ๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นลงได้

โทรศัพท์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 ระบบ คือ ระบบ Cross bar กับระบบ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ซึ่งระบบแรกเป็นระบบเดิม ใช้มาตั้งแต่เริ่มมีการใช้โทรศัพท์ส่วนระบบ DTMF เป็นระบบใหม่ที่ เข้ามาแทนที่ระบบ Cross bar เพราะมีประสิทธิภาพสูงกว่า ใช้เวลาในการส่งหมายเลขน้อยกว่า และ การใช้ ระบบ DTMF นั้นที่ชุมสายโทรศัพท์จะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีความทนทาน และ มีอายุการใช้งานนานกว่าระบบ Cross bar ซึ่งเป็นระบบ Mechanic ที่มีการสึกหรอ และ เสียหายง่าย ซึ่งในโครงงานนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะระบบ DTMF ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันมากในปัจจุบัน

ระบบโทรศัพท์ประกอบด้วย

การเรียกทางโทรศัพท์ (Telephone Call) คือ การเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ระหว่างสมาชิกผู้เรียก และ ผู้รับ

เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) คือ อุปกรณ์สำหรับสมาชิกใช้พูด และ ฟังในการสนทนาระยะไกลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ เมื่อต้องการเรียกก็หมุน หรือ กดหมายเลขผู้รับที่หน้าปัทม์

ผู้เรียก (Calling Subsciber) หรือสมาชิกผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียกจะด้วยการแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับเมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของเครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

ผู้รับ (Called Subscriber Line) หรือสมาชิกผู้เรียก คือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Signal)

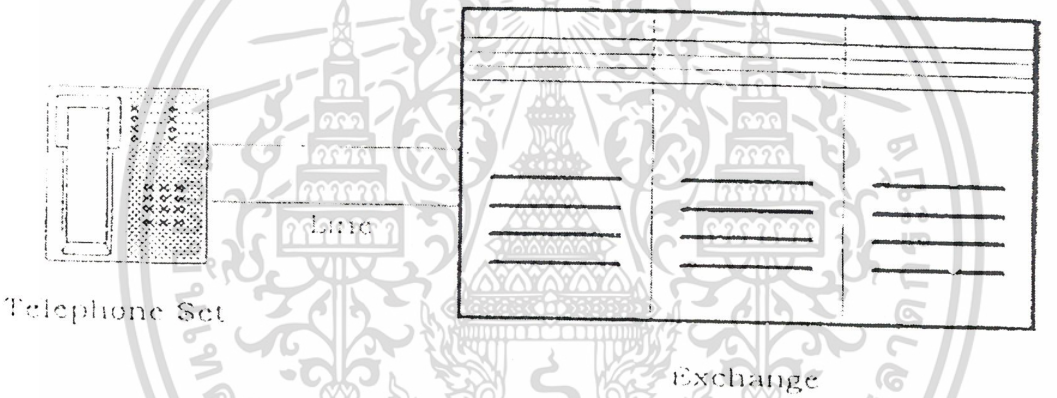
คู่สายสมาชิก (Subsciber Line) คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูดแจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายท้องถิ่น ไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ (Automatic Telephone Switching) คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่ สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกกับผู้รับโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นเครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่มีการพัฒนาแล้ว

2.1 ส่วนประกอบของระบบ

ระบบโทรศัพท์ เป็นระบบการสื่อสารโทรคมนาคม ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารได้สะดวก รวดเร็ว ให้ข่าวสารชัดเจน เป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่ หลาย มีส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ 3 ส่วน คือ เครื่องรับโทรศัพท์ (Telephone Set) สายโทรศัพท์ (Line) และ ชุมสายโทรศัพท์ (Exchange) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงระบบโทรศัพท์

จากรูปที่ 2.1 เครื่องรับโทรศัพท์ จะต่อกับชุมสายโทรศัพท์ ผ่านทางสายโทรศัพท์ (Line) ซึ่งมีการทำงานดังนี้ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น จะทำให้กระแสไฟจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ อุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมที่จะทำงาน ชุมสายจะส่งสัญญาณหมุน (Deal Tone) ไปยังเครื่องโทรศัพท์ที่ยกหู เพื่อให้ ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อไปยังชุมสาย ชุมสายจะหยุดส่งสัญญาณหมุน และดำเนินการจัดเส้นทางเชื่อมโยงกับเครื่องรับโทรศัพท์ปลายทางให้ จากนั้น จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปยังปลายทางที่ถูกเรียก และ ส่งสัญญาณให้ผู้ยกหูเรียกรับรู้ (Ring Back Tone) เมื่อปลายทางรับสาย จึงติดต่อสนทนากันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สัญญาณในการติดต่อ

สัญญาณที่ใช้ในการติดต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์ กับ เครื่องรับโทรศัพท์ เรียกว่า Signaling มี 2 แบบ คือ Line Signal ได้แก่ Loop Line , Open Line และ อีกอย่าง คือ Register Signal ได้แก่ สัญญาณ การส่งเลขหมายต่าง ๆ

สัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งมายังเครื่องรับโทรศัพท์

สัญญาณให้หมุน (**Dial Tone**) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า ขณะนี้ชุมสายโทรศัพท์พร้อมที่จะรับเลขหมายจากผู้เรียกแล้ว ให้ผู้เรียกส่งหมายเลขได้ สัญญาณมีความถี่ 400-425 MHz แบบต่อเนื่อง

สัญญาณกระดิ่ง (**Ringing Tone**) เป็นสัญญาณเรียก ซึ่งส่งไปให้เครื่องของผู้ถูกเรียก จะได้ยินเป็นเสียงกระดิ่ง หรือ เสียงโทนต่าง ๆ ตามชนิดของเครื่องรับโทรศัพท์ มีความถี่ 25 Hz มีช่วงการส่งและหยุดสลับกันไป

สัญญาณเรียกกลับ (**Ring Back Tone**) เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่า ให้รอการตอบรับจากปลายทาง ขณะนี้ชุมสายโทรศัพท์กำลังส่งสัญญาณเรียกอยู่ สัญญาณนี้มี ความถี่ 425 Hz ช่วงการส่ง และ หยุดสลับกันไป

สัญญาณไม่ว่าง (**Busy Tone**) เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่า การติดต่อทำไม่สำเร็จอาจจะเป็นปลายทาง หรือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่ว่างสัญญาณนี้ใช้ความถี่ 425 Hz มี ช่วงการส่ง และ หยุดสลับกันไป แต่ช่วงเวลาต่างจากสัญญาณ Ring Back Tone

2.3 การติดต่อกันระหว่างเครื่องส่ง และ เครื่องรับโทรศัพท์

เครื่องส่ง

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 Volts
- เมื่อผู้เรียกยกหู โทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือ 8 Volts พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุน ซึ่งเป็นสัญญาณ กระแสสลับขนาด 250 mVolts ความถี่ 350 Hz กับ 440 Hz มอดูเลตรวมกันซึ่งเมื่อกดรหัสสัญญาณเลขหมายแล้ว สัญญาณให้หมุนนี้จะหายไป

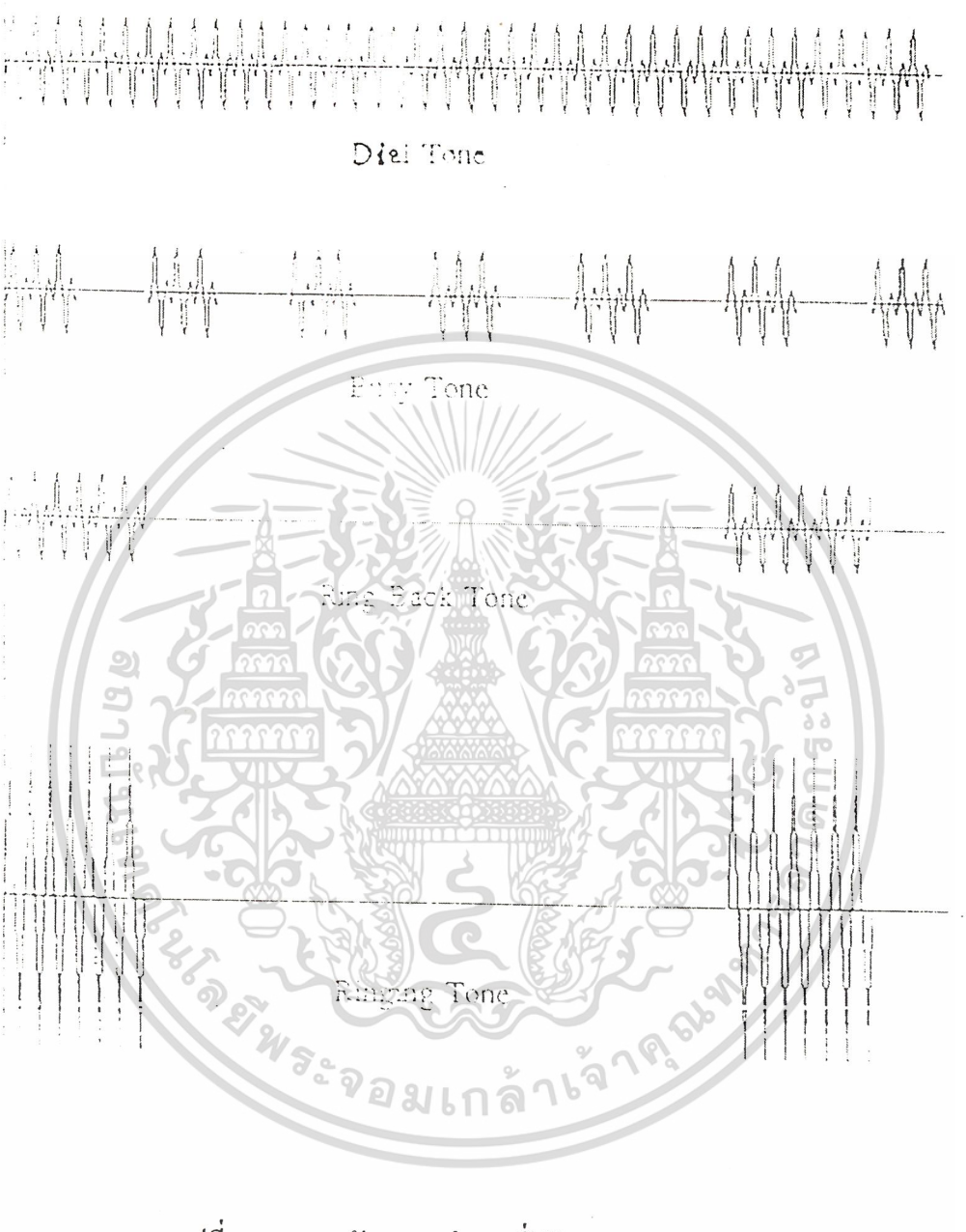
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กดรหัสนี้ (Code) เบอร์โทรศัพท์ทั้งหมด 7 หลักรหัสความถี่ที่ส่งจะเป็นสัญญาณผสม 2 ความถี่ เป็นความถี่สูงและต่ำผสมกัน แต่ละหมายเลขจะมี DTMF อยู่คู่หนึ่ง
- ขณะที่รอรับสาย จะมีสัญญาณตอบรับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ คือ สัญญาณเรียกกลับ หรือ สัญญาณสายไม่ว่าง ตามลำดับ
- เมื่อมีการรับสายแล้วสัญญาณเสียง จะขึ้นอยู่กับความดัง และ ความถี่ ของเสียงพูดตามสาย
- เมื่อวางหูโทรศัพท์เลิกการติดต่อ ขนาดศักดาจะกลับไปที่ 48 Volts

เครื่องรับ

- ขณะที่วางหูอยู่จะมีศักดากระแสคร่อมสายอยู่ 48 Volts
- เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกจะมีขนาดประมาณ 100 Vrms จังหวะดัง 1 วินาที หยุด 4 วินาที ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องส่ง
- จากนั้น เมื่อผู้รับยกหูโทรศัพท์ ขนาดศักดากระแสตรงจะเหลือ 8 Volts และมีการกระเพื่อมตามขนาด และ ความถี่ของเสียงพูด
- เมื่อวางหูโทรศัพท์ขนาดศักดาก็จะกลับไปที่ 48 Volts ตามเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

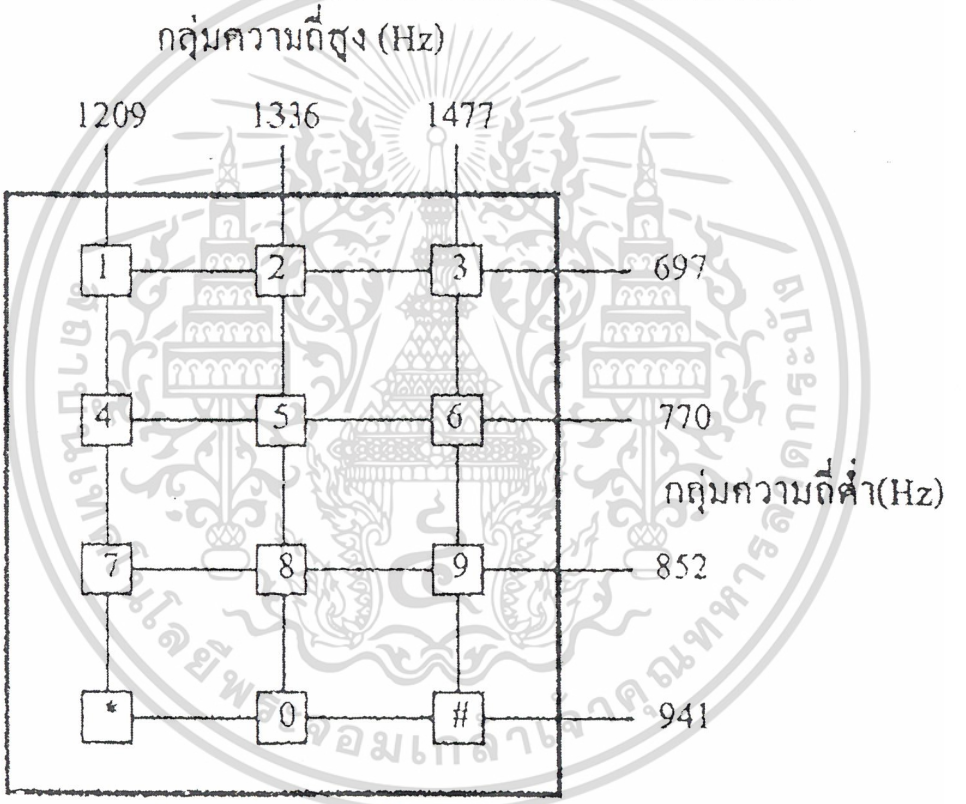


รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การส่งสัญญาณแบบความถี่คู่ (Dual Tone Multi Frequency Type)

เป็นการส่งสัญญาณแบบหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้มาก ในปัจจุบันนี้ ซึ่งมีชื่อย่อ เรียกว่า DTMF ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ โดยนำสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มามอดูเลตกัน แล้วนำมาใช้แทนหมายเลขตามที่ กำหนด ความถี่ที่ใช้จะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด (0 - 4 KHz) โดยการกำหนดให้ ความถี่ทางแนวนอนเป็นความถี่ด้านต่ำ และ ความถี่ทางแนวตั้งจะเป็นความถี่สูงกว่า ซึ่งจะแสดงไว้ในรูปที่ 2.3 ตัวอย่าง เช่น หมายเลข 2 จะใช้แทนด้วยความถี่ 693 Hz และ 1336 Hz มอดเลตกันออกมาแทนหมายเลข 2



รูปที่ 2.3 แสดงหมายเลข และ ค่าความถี่ DTMF

ข้อดีสำหรับระบบการส่งแบบ DTMF

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปถึงข้อดีของระบบ DTMF ได้คือ

- ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
- สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์โซลิดสเตตได้ ซึ่งจะทำให้เกิด ความประหยัด และ สะดวก
- ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ภายในชุมสาย
- สามารถนำไปใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

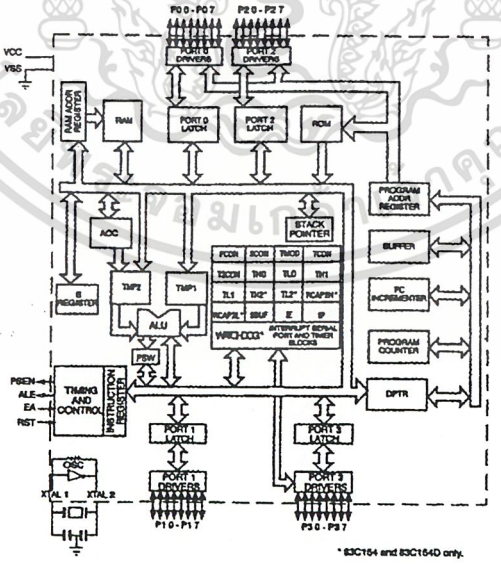
ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51

3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS – 51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ + 5 Volts ชุดเดียว
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 kbite สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง kbite
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data memory) ขนาด 128 bite สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไป มีถึง 256 bite
- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 kbite
- มีไทมเมอร์ เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด
- รับอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวคเตอร์
- มีพอร์ทรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ทแบบ Full Duplex เลือกรูปได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND , OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ 1 บิต

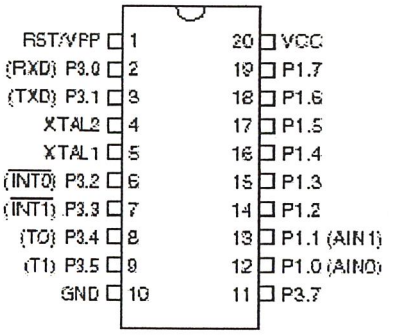
3.2 โครงสร้างภายในของ 8051

MCS – 51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ NMOS และ CMOS โครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดง 8051 บล็อกไดอะแกรมของ MCS – 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งขาของ 89C2051

3.3 พอร์ทของ 8051

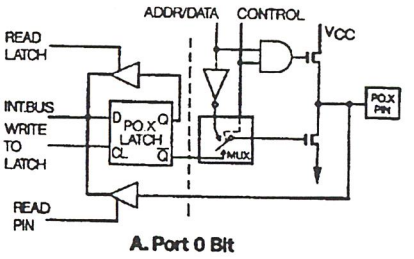
8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขาซึ่งมีขาต่างๆดังนี้

- Vcc (ขา 40) ต่อกับ + 5V
- Vss (ขา 20) เป็นขา GND
- พอร์ท 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0-P0.7)

3.3.1 พอร์ท 0

(ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0-P0.7) ใช้งานได้ 2 หน้าที่คือ แอดเดรสบัส และดาต้าบัสเมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นไอโอพอร์ท ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ทต้องส่งลอจิก " 1 " ไปยังพอร์ทนี้ จะมีผลให้ Q ของ D-FF เป็น " 1 " ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุทพอร์ทแลทช์โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ตัวบนและการอ่าน Port (pin) จะใช้สัญญาณ READ (pin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้าง พอร์ท 0

3.3.2 พอร์ท 1

(ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิตคือ (P1.0-P01.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ท 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน

3.3.3 พอร์ท 2

(ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิตคือ (P3.0-P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพูลอัพแทน พอร์ทนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือ สามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ทใช้งานทั่วไป เมื่อจะ ใช้งานเป็นอินพุทพอร์ทต้องส่งลอจิค " 1 " มาที่พอร์ท นี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF

3.3.4 พอร์ท 3

(ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ ขา (P3.7-P3.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ เป็นไอโอพอร์ทถ้าจะให้เป็นอินพุทต้องส่งลอจิก " 1 " มาที่พอร์ทนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้ามาไปสัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

- P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)
- P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)
- P3.2/INT0 (External Interrupt 0) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0
- P3.3/INT1 (External Interrupt 1) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- P3.4/T0 (Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณพัลซ์อินพุทเข้าไปยังวงจรCounter 0
- P3.5/T1 (Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณพัลซ์อินพุทเข้าไปยังวงจรCounter 1
- P3.6/$\overline{WR}$ (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
- P3.7/$\overline{RD}$ (External Data Memory Read Strobe)ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

-ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A7-A0) ที่ส่งออกมาจากพอร์ท (0) สัญญาณนี้จะแอคทีฟทุกๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมชชีนไซเคิล

-$\overline{PSEN}$ (ขา 29) เป็นขาสโตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอก สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้

-$\overline{EA}$ (ขา 31)ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

ป้อน " 0 " จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิพ

ป้อน " 1 " จะอ่านโปรแกรมจากภายในชิพ

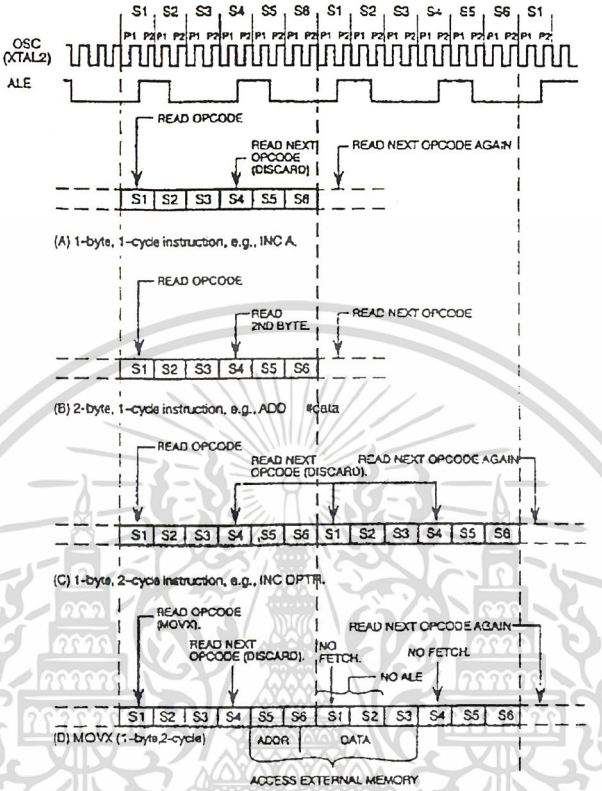
-RST (ขา 9) ขารีเซ็ท จะรีเซ็ทได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขานี้นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล

-XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุทของวงจรออสซิสเลเตอร์ภายใน

-XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นเอาท์พุทของวงจรออสซิสเลเตอร์ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังเวลาของซีพียู (CPU Timing)



รูปที่ 3.4 แสดงผังเวลาการทำงานของแต่ละคำสั่ง

การทำงานใน 1 คำสั่งต่ำสุดกินเวลาเพียง 1 μs ซึ่งจะใช้คล็อคไปเท่ากับ 12 ลูก โดยปกติซีพียูจะ RUN ด้วยความเร็วเท่ากับ 12 MHz ดังนั้น คล็อค 12 ลูกจะกินเวลาเท่ากับ 1 μs

การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม**

เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ 8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็ คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมี ROM ขนาด 8 kbite

- **หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล** (RAM)

แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในชิพมีเพียง 128 ไบต์ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิพมีความจุ 64 กิโลไบต์

- **พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น (Indriect Address Area)**

พื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80h-FFh) เป็นพื้นที่ซ้อนกันอยู่อย่างละ 128 ไบต์โดยส่วนแรกจะเป็น SFR แอดเดรส และ Indirect Address Area ดังนั้นถ้าต้องการติดต่อกับ SFR ต้องใช้คำสั่งแบบเข้าถึงข้อมูลโดยตรงเท่านั้น (Direct Address Area) ส่วนพื้นที่อีกส่วนจะเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area) ส่วนตำแหน่ง (00h-7Fh) จะเข้าถึงข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ

- **พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area)**

พื้นที่ 128 ไบต์ ล่างสุดจะแบ่งเป็น 3 ส่วน

1) รีจิเตอร์แบงค์ (Register Bank 0-3)

ตั้งแต่ตำแหน่ง (00h-1Fh) เป็นส่วนของรีจิเตอร์แบงค์ (0-3) โดยแบ่งเป็นแบงค์ละ 8 ไบต์ รวมแล้วได้ 32 ไบต์ (แต่ละแบงค์ จะมีรีจิเตอร์ R0,R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7) ถ้าซีพียูทำงานอยู่ที่แบงค์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ทก็จะกลับมาทำงานที่แบงค์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทันที

2) บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนทีละบิตได้ (Bit Address Area)

พื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส (20h-2Fh) จำนวน 16 ไบต์หรือแบ่งเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิตซึ่งตำแหน่งบิตนี้มีดังนี้ 00,01,02,03,04,05,06,07 จนถึง 2Fh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area)

พื้นที่ตั้งแต่ (30h-7Fh) จะเขียนข้อมูลได้ทีละไบต์เท่านั้นไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ ถ้าย้ายเนื้อที่สแตคมาบริเวณนี้ต้องระวังในการเขียนข้อมูลมาทับสแตค

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C2051 เป็นประเภท CMOS 8 Bit ไมโครคอมพิวเตอร์ ที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง มีส่วนของหน่วยความจำที่สามารถโปรแกรมใหม่และลบข้อมูลใน ROM ได้ ประเภท Flash Programmable and Read Only Memory (PEROM) จำนวน 2 kbite และ 4 kbite สำหรับเบอร์ 98C4051 ผลิตตรงตามมาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ของตระกูล MCS-51 โดยบริษัท Atmel Corporation เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ที่ ราคาถูก มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานได้หลายด้าน และ หาซื้อได้ทั่วไปตามห้องตลาด ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปจะเหมือนกับไมโคร-คอนโทรลเลอร์ เบอร์ 8051 ดังนั้น จึงได้รับการผลิตขึ้นมาให้มีส่วนของ Memory ที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้โดยง่าย (PEROM) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีแบบใหม่

3.4 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม ของ MCS-51

การสื่อสารแบบอนุกรมเป็นการส่งข้อมูลครั้งละบิตแบบต่อเนื่องกันไปโดยส่งบิตต่ำออกไปก่อนแล้วตามด้วยบิตสูง ซึ่งแตกต่างกับการส่งข้อมูลแบบขนานที่ส่งข้อมูลทุกบิตออกไปพร้อมกัน การส่งข้อมูลแบบขนานจะใช้สายสัญญาณ 1 เส้นต่อ 1 บิต แต่การส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียวสำหรับข้อมูลทุกบิต

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีโครงสร้างที่สำคัญหลายอย่างเช่นความเร็วในการส่งข้อมูลซึ่งเรียกว่า Baud rate มีหน่วยเป็น บิต/วินาที เช่นความเร็ว 1200 , 2400 , 4800 หรือ 9600 เป็นต้น หากใช้ความเร็ว 2400 บิต/วินาที จะใช้เวลาในการส่ง 1 บิตเท่ากับ 1/2400 วินาที ซึ่งสามารถคำนวณเวลาในการส่งข้อมูลได้

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Port) ที่สามารถรับและส่งข้อมูลแบบ Full Duplex อยู่ 1 พอร์ต การรับส่งแบบ Full Duplex หมายถึงว่าพอร์ตอนุกรมสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน การควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมทางด้านส่งและรับข้อมูล ทำโดยการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมชื่อ SCON

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม SCON

รีจิสเตอร์ SCON เป็นรีจิสเตอร์เฉพาะที่ทำหน้าที่ควบคุมโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม และเป็นที่เก็บข้อมูลบิตที่ 9 ของการรับข้อมูล (บิต TB8 และ RB8) และมีแฟลกของการร้องขออินเตอร์รัพต์ของพอร์ตอนุกรมรวมอยู่ด้วย บิตต่างๆดังแสดงในรูป 3.5 การควบคุมการทำงานเราจะกำหนดบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์ตัวนี้ด้วย คำสั่งการโอนย้ายข้อมูล(MOV) หรือ ใช้คำสั่งการเซต(SET) หรือ เคลียร์(CLR)บิต ก็ได้เนื่องจาก รีจิสเตอร์ SCON อ้างอิงตำแหน่งแบบบิตได้

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SCON : Serial Port Control Register

รูปที่ 3.5 แสดงบิตของรีจิสเตอร์ SCON

ความหมายของบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์ SCON เป็นดังนี้

- **SM0** และ **SM1** เป็นบิตกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมซึ่งมี 4 โหมดดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน	อัตรารับส่ง
0	0	0	Shift Register	Fosc/12
0	1	1	8 bit UART	Variable
1	0	2	9 bit UART	$f_{osc}/32$ หรือ $f_{osc}/64$
1	1	3	9 bit UART	Variable

- **SM2** เป็นบิตควบคุมให้ทำงานในลักษณะการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวเข้าด้วยกัน สำหรับการใช้งานในโหมด 2 หรือ โหมด 3 เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SM2 = 1 จะทำให้แฟลกอินเตอร์รัพต์ทางด้านรับ (RI) ไม่ถูกเซตเมื่อรับข้อมูลเข้ามาแล้วมีค่าบิตที่ 9 เป็น 0 (อยู่ในบิต RB8) สำหรับการทำงานในโหมด 1 ถ้าเซต SM2 = 1 แฟลกอินเตอร์รัพต์ทางด้านรับ (แฟลก RI) จะไม่ถูกเซตหากข้อมูลที่รับเข้ามาไม่มี STOP BIT การใช้งานในโหมด 0 ต้อง กำหนด SM2 = 0

- **REN** เซตหรือรีเซ็ต ด้วยซอฟต์แวร์เป็นตัวควบคุมการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ดังนี้

  1 = ให้มีการรับข้อมูล

  2 = ไม่ให้มีการรับข้อมูล

- **TB8** เป็นบิตข้อมูลที่ 9 ที่ต้องการส่งในโหมด 2 และ 3 สามารถเซ็ตหรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์

- **RB8** เป็นบิตเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาบิตที่ 9 ในโหมด 2 หรือ 3 สำหรับการทำงานในโหมด 1 หากกำหนดให้ บิต SM2 = 0 บิต RB8 จะเป็นค่าของ STOP BIT ที่รับเข้ามา สำหรับโหมด 0 ไม่มีการใช้ RB8

- **TI** แฟลกของการอินเตอร์รัพต์ด้านส่งข้อมูล แฟลกนี้จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อจบการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือเมื่อเริ่มต้นส่ง STOP BIT ในโหมด 1 , 2 หรือ 3 เราต้องเคลียร์แฟลกนี้ด้วยซอฟต์แวร์ เมื่อจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของการส่งข้อมูลแล้ว

- **RI** แฟลกอินเตอร์รัพต์ด้านรับข้อมูล ถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อข้อมูลบิตที่ 8 ในโหมด 0 ถูกรับเข้ามาหรือเมื่อ STOP BIT ถูกรับเข้ามาในครึ่งเวลาแรกในโหมด 1 , 2 หรือ 3 เราต้องเคลียร์แฟลกนี้ด้วยซอฟต์แวร์เมื่อจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของการรับข้อมูลแล้ว

การส่งและรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรมจะมีรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลอยู่ 1 ตัวคือรีจิสเตอร์ SBUF การส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำโดยการใส่ข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ SBUF การอ่านข้อมูลจากภายนอกที่รับเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมจะอ่านจากรีจิสเตอร์ SBUF เช่นกัน วงจรด้านรับจะมีบัพเฟอร์ขนาด 1 ไบต์ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่รับเข้ามาประกอบอยู่ภายใน (การมีบัฟเฟอร์รับข้อมูลทำให้ด้านรับสามารถรับข้อมูลไบต์ที่ 2 เข้ามาได้ทันทีหลังจากข้อมูลไบต์แรกเข้ามาแล้วแม้ยังไม่ถูกอ่านออกไป แต่ถ้าข้อมูลไบต์แรกยังไม่ถูกอ่านก่อนที่ข้อมูลไบต์ที่ 2 จะเข้ามาครบข้อมูลไบต์ที่ 2 จะถูกยกเลิก)

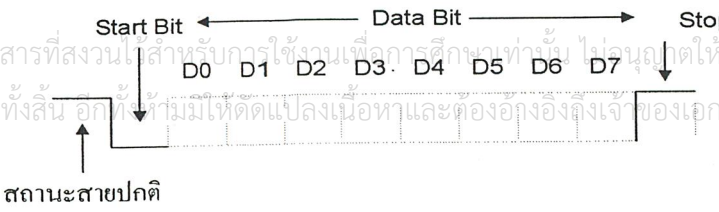
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำงานของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 โหมดคือ โหมด 0 , 1 , 2 และ 3 แต่ละโหมดมีการทำงานดังต่อไปนี้

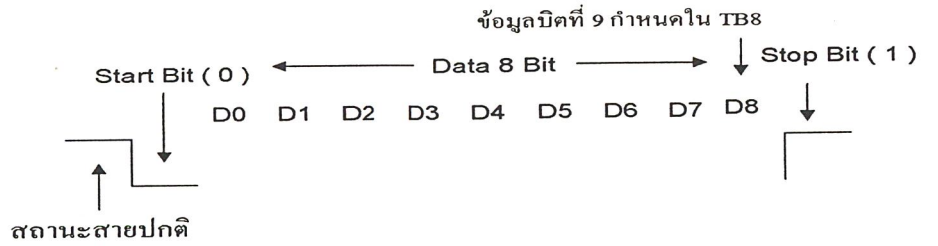
- **โหมด 0** ข้อมูลขนาด 8 บิต แบบอนุกรมรับเข้ามาทางขา RXD และ ข้อมูล 8 บิต ส่งออกแบบอนุกรมทางขา TXD การรับและส่งข้อมูลจะเริ่มจากบิตต่ำ (LSB) ก่อน อัตราการรับส่งข้อมูล (Baud rate) จะเป็น 1/12 เท่าของสัญญาณนาฬิกา
- **โหมด 1** ใช้การรับและส่งข้อมูลแบบ 10 บิต ซึ่งข้อมูลอนุกรม 10 บิตเข้ามาทาง RXD และข้อมูลขนาด 10 บิต ส่งออกทางขา TXD โดยข้อมูล 10 บิตประกอบด้วย 1 Start bit (ค่า 0) ตามด้วย 8 บิตข้อมูล(การรับ/ส่งจะเริ่มจากบิตต่ำก่อน) และ 1 Stop bit (ค่า 1) ด้านรับข้อมูลจะนำค่า Stop bit ที่รับเข้ามาไปเก็บในบิต RB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON อัตราการรับส่งข้อมูลในโหมดนี้สามารถกำหนดได้ตามต้องการ
- โหมด 2 ใช้การรับส่งข้อมูลขนาด 11 บิต ข้อมูลแบบอนุกรมรับเข้ามาทางขา RXD และส่งออกไปทางขา TXD ซึ่งข้อมูล 11 บิต ประกอบด้วย 1 Start bit (ค่า 0) ตามด้วย 8 บิตข้อมูล (การรับ/ส่งเริ่มจากบิตต่ำก่อน) , 1 บิตข้อมูลที่กำหนดค่าได้ และ 1 Stop bit (ค่า 1) สำหรับด้านส่งข้อมูลบิตที่ 9 จะกำหนดไว้ใน TB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ซึ่งเราสามารถกำหนดเป็น 1 หรือ 0 ก็ได้ ในการใช้งานเราอาจใช้บิตข้อมูลบิตที่ 9 เป็นบิตตรวจสอบ (Parity) ก็ได้โดยการนำค่าในแฟลก P มากำหนดให้กับ TB8 เมื่อข้อมูล 8 บิตมาจากแอคคิวมูเลเตอร์ ซึ่งจะทำให้เราได้การตรวจสอบการส่งข้อมูลแบบพาริตี้คู่ ในกรณีของการรับข้อมูลจะนำข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาไปเก็บในบิต RB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ส่วน Stop bit จะไม่มีการนำมาเก็บ อัตราการรับและส่งข้อมูลในโหมดนี้จะเลือกใช้ความเร็วได้ 2 ค่าคือ 1/31 หรือ 1/64 เท่าของสัญญาณนาฬิกา
- โหมด 3 การทำงานในโหมด 3 จะมีลักษณะคล้ายกับโหมด 2 แต่ในโหมด 3 เราสามารถกำหนดอัตราการรับและส่งข้อมูลได้ตามต้องการ

การทำงานของพอร์ตอนุกรมทั้ง 4 โหมด การส่งข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อมีการกำหนดข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ SBUF ซึ่งการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ SBUF จะใช้คำสั่งการโอนย้ายข้อมูล เช่น MOV SBUF,#15H หรือ MOV SBUF,@R1 ก็ได้ การรับข้อมูลในโหมด 0 จะเริ่มต้นรับข้อมูลเมื่อค่าของบิต RI = 0 และ REN = 1 ส่วนในโหมดอื่นๆ การรับข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อกำหนดบิต REN = 1 และมี Start bit เข้ามาที่ขา RXD



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

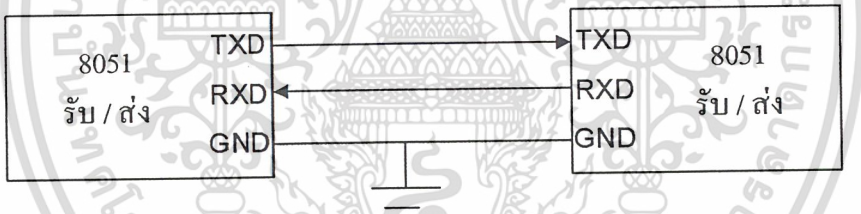
50334



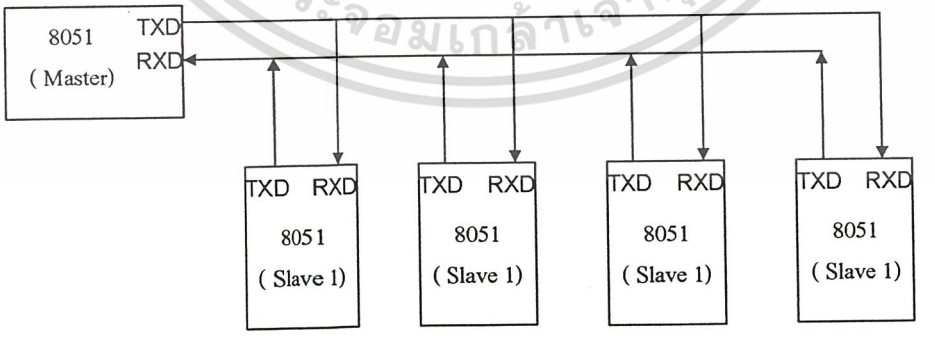
รูปที่ 3.6 แสดงสัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 2 และ โหมด 3

3.5 การสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัว (Multi Processor Communication)

การติดต่อสื่อสารทั่วไปจะใช้การติดต่อสื่อสารแบบจุดต่อจุดซึ่งมีตัวส่ง 1 ตัวและตัวรับ 1 ตัว แต่ในบางครั้งการควบคุมจำเป็นต้องทำการสื่อสารแบบหลายจุด ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลกันได้หลายตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.7



(ก) การต่อแบบจุดต่อจุด



(ข) การเชื่อมต่อแบบหลายจุด

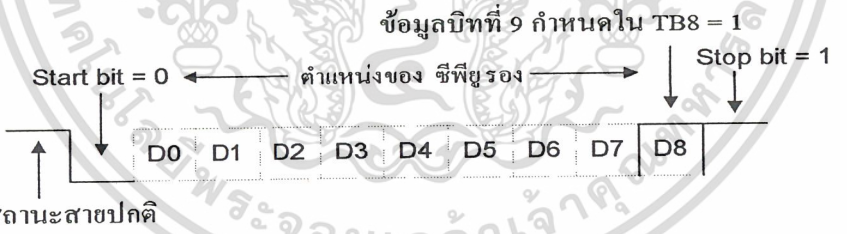
รูปที่ 3.7 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แบบจุดต่อจุดและหลายจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในโหมด 2 และโหมด 3 มีการทำงานพิเศษ ที่สามารถใช้สำหรับการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัวได้ การทำงานทั้ง 2 โหมดนี้ข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกนำไปเก็บในบิต RB8 เราสามารถโปรแกรมเพื่อกำหนดให้พอร์ตอนุกรมส่งสัญญาณร้องขออินเตอร์รัพต์ได้เมื่อรับข้อมูลเข้ามาแล้วได้ค่าใน RB8 = 1 ซึ่งการควบคุมนี้กำหนดจากการเซตบิต SM2 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON การทำงานในการเชื่อมต่อสื่อสารกับซีพียูหลายตัวจะมีลักษณะการทำงานดังนี้ ในระบบที่เชื่อมต่อแบบหลายจุดเรากำหนดให้ซีพียูตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นซีพียูหลัก (Master) สำหรับควบคุมการติดต่อกับซีพียูตัวอื่นๆ ซึ่งเรียกว่าเป็นซีพียูรอง (Slave) สัญญาณ TXD ของซีพียูหลักต่อเข้ากับสัญญาณ RXD ของซีพียูรองทุกตัว ทำให้ข้อมูลจากซีพียูหลักสามารถส่งไปยังซีพียูรองได้ทุกตัว ที่ตัวซีพียูรองจะมีตำแหน่งของตัวเอง (Address) ที่กำหนดไว้จากโปรแกรมหรือฮาร์ดแวร์ โดยมีการแบ่งลักษณะของข้อมูลที่ใช้ส่งออกเป็น 2 แบบ คือ

แบบ 1 ข้อมูลที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Address Byte)

ข้อมูลที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง จะมีค่าบิตข้อมูลบิตที่ 9 (D8) มีค่าเป็น 1 ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งของซีพียูรอง ที่ซีพียูหลักต้องการติดต่อด้วย ลักษณะของข้อมูลที่กำหนดตำแหน่งแสดงในรูปที่ 3.8

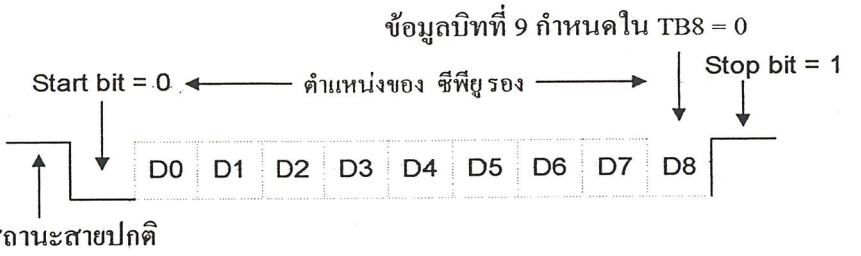


รูปที่ 3.8 แสดงข้อมูลกำหนดตำแหน่ง (Address Byte)

แบบ 2 ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)

เป็นไบต์ที่ใช้สำหรับการรับและส่งข้อมูลและนำไปใช้งานโดยข้อมูลไบต์นี้จะกำหนดให้บิตที่ 9 (D8) เป็น 0 ซึ่งรูปแบบของไบต์ข้อมูลจะเป็นดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)

เมื่อซีพียูหลักต้องการส่งข้อมูล 1 บล็อกไปให้ซีพียูรองตัวใดตัวหนึ่งในหลายๆตัว ขั้นแรกซีพียูหลักต้องส่งค่า 1 ไบต์ ซึ่งถือเป็นตัวบอกตำแหน่งของซีพียูรอง (Address byte) ออกไปก่อนเพื่อเป็นการเลือกซีพียูรองที่ต้องการให้รับข้อมูล โดยข้อมูล 1 ไบต์นี้จะแตกต่างกับข้อมูลอื่นๆ คือบิตที่ 9 มีค่าเป็น 1 ข้อมูลไบต์นี้ถูกส่งออกไปยังซีพียูรองทุกตัว หากเรากำหนดให้ซีพียูรองทุกตัวมีค่าบิต SM2 = 1 เมื่อซีพียูรองทุกตัวได้รับข้อมูลไบต์ตำแหน่งแล้วจะเกิดการอินเตอรัพต์ขึ้นภายในตัวซีพียูรอง ซีพียูรองจะทำการตรวจสอบว่าตำแหน่งที่รับมานั้นมีค่าตรงกับตัวเองหรือไม่ ซีพียูรองตำแหน่งที่มีตำแหน่งตรงกับตำแหน่งที่รับได้จะทำการเคลียร์บิต SM2 และเตรียมรับข้อมูลที่เป็นข่าวสารต่อไป สำหรับซีพียูรองตำแหน่งที่ไม่ตรงกับตำแหน่งที่รับมาจะยังคงค่า SM2 = 1 อยู่ต่อไป และจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์แล้วกลับไปทำโปรแกรมที่ค้างอยู่ และรอการอินเตอร์รัพต์ที่เกิดขึ้นจากการรับไบต์ตำแหน่งในครั้งใหม่อีก หลังจากซีพียูหลักส่งข้อมูลไบต์แรกซึ่งเป็นตำแหน่งออกไปแล้ว จะเริ่มส่งข้อมูลซึ่งถือเป็นไบต์ข้อมูลมีบิตที่ 9 เป็น 0 ตามออกไป ข้อมูลนี้จะมีเพียงซีพียูที่มีตำแหน่งตรงกันเท่านั้นที่รับข้อมูลไว้ การส่งข้อมูลก็จะเป็นระหว่างซีพียูหลักกับซีพียูรองที่มีตำแหน่งตรงกันเท่านั้น เมื่อการส่งข้อมูลสิ้นสุดลงซีพียูหลักจะต้องส่งข้อมูลไบต์สุดท้ายที่ใช้เป็นตัวบอกให้ด้านรับทราบว่าสิ้นสุดข้อมูล ซึ่งอาจใช้รหัส ASCII ค่า 03 (ETX End of text) หรือ 04 (EOT End of transmission) ก็ ได้ เมื่อซีพียูรองได้รับรหัสนี้แล้วก็จะทราบว่าเป็นข้อมูลตัวสุดท้ายและหยุดการรับข้อมูล แล้วเซตค่าบิต SM2 = 1 เพื่อเริ่มต้นรอรับการส่งข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในรอบต่อไป

บิต SM2 จะไม่มีผลในโหมด 0 สำหรับการใช้งานในโหมด 1 หาก SM2 = 1 การอินเตอร์รัพต์ของการรับข้อมูลจะไม่เกิดขึ้นหากไม่มี Stop bit เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ไอซีถอดรหัส DTMF เบอร์ MT8888C

ไอซีถอดรหัสสัญญาณ DTMF เบอร์ MT8870 นับว่าเป็นไอซีเบอร์หนึ่งที่มีการใช้งานกันบ่อยและกว้างขวางมากมาโดยตลอดหากแต่ว่าไอซีเบอร์ดังกล่าวยังมีคุณสมบัติที่ยังไม่สามารถอินแตอร์เฟสกับหน่วยประมวลผลอื่นจากภายนอกได้ไม่มากนักและจำเป็นต้องออกแบบวงจรอินเตอร์เฟสอื่นใช้งานร่วมค่อนข้างหลายส่วน และ อาจจะทำให้กลายเป็นระบบที่ยุ่งยากก็เป็นได้ เอาต์พุตที่ผ่านการถอดรหัสดังกล่าวของไอซียังออกมาเป็นรหัส BCD ด้วย

ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดที่นอกเหนือจากไอซีเบอร์ MT8870 ก็เห็นจะเป็นรูปร่างตัวถังบรรจุ และ ฟังก์ชันต่าง ๆ ในการใช้งาน ที่สามารถอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ภายนอกได้

MT8888C นี้จัดอยู่ในประเภทโมโนลิธิค DTMF ทรานส์ซีฟเวอร์ที่มีการแบ่งย่านการกรองสัญญาณ DTMF ด้วย และ ยังใช้เทคโนโลยีของซีมอสทำให้ไอซีกินกำลังงานต่ำ และ มีประสิทธิภาพสูงต่อสภาวะแอคทีฟในการใช้งาน โดยในส่วนของภาครับจะทำหนาที่ รับสัญญาณ DTMF และ ภาคส่งนั้นจะใช้แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก ที่มีลักษณะเป็นแบบสวิตช์คาปาซิเตอร์ทำให้มีความเพี้ยนต่ำมาก ทำให้สัญญาณ DTMF มีความเที่ยงตรงสูง

4.1 คุณสมบัติของ MT8888C

- ใช้กำลังงานต่ำ
- อินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ที่ความเร็วสูง
- สามารถปรับเปลี่ยนเวลาการ์ดไทม์ได้ (guard time)
- มีการเลือกโทนเบิรสต์โหมดได้อย่างอัตโนมัติ

4.2 โครงสร้างภายในของ MT8888C

ส่วนภาครับสัญญาณ DTMF ที่มีคุณภาพสูง และ มีวงจรขยายสัญญาณที่สามารถกำหนดอัตราการขยายสัญญาณได้ และ มีวงจรกำเนิดสัญญาณ DTMF ที่ทำงานสัมพันธ์กับส่วนของเบิรสต์เคาน์เตอร์เพื่อทำการสังเคราะห์สัญญาณไปสู่โทนเบิรสต์ และ สัญญาณสั่งการหยุดสภาวะการทำงานในส่วนที่เกี่ยวข้องที่ต้องการ ในโหมดลำดับการเรียกสามารถทำการเลือกช่วงความถี่ที่มีคุณสมบัติตรงกับช่วงการกรองสัญญาณ เพื่อให้สามารถทำการดีเท็กต์สัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ข้อกำหนดในส่วนของภาครับ

ในส่วนของภาครับจะต้องทำการแยกกันระหว่างสัญญาณโทนกลุ่มความถี่ต่ำกับสัญญาณโทนกลุ่มความถี่สูง เพื่อแยกจะจ่ายสัญญาณ DTMF เข้าไปยังอินพุตของวงจรสวิตช์คาปาซิเตอร์แบนด์พาสฟิวเตอร์ ซึ่งแบนด์วิดธ์ของการตอบสนองความถี่ของสัญญาณโทนกลุ่มความถี่ต่ำและกลุ่มความถี่สูงนั้นจะแสดงไว้ในตารางที่ 2 และ คุณภาพของการกำจัดสัญญาณนั้นจะขึ้นอยู่กับวงจรเปรียบเทียบสัญญาณอีตราการขยายสูง ซึ่งจะต้องถูกกำหนดไว้ด้วยคุณลักษณะของฮีสเตอรีซิส เพื่อป้องกันการดีเท็กต์สัญญาณที่ไม่ทราบ และ ไม่ต้องการที่มีระดับต่ำ ๆ ใกล้เคียงกัน ระดับสัญญาณเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะทำให้ระดับสัญญาณลอจิกสวิงสูงสุดถึงระดับแรงดันไฟเลี้ยง ณ ความถี่ที่เข้ามาตรงกับสัญญาณ DTMF ที่ถูกกำเนิดขึ้นภายใน

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	1447	**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

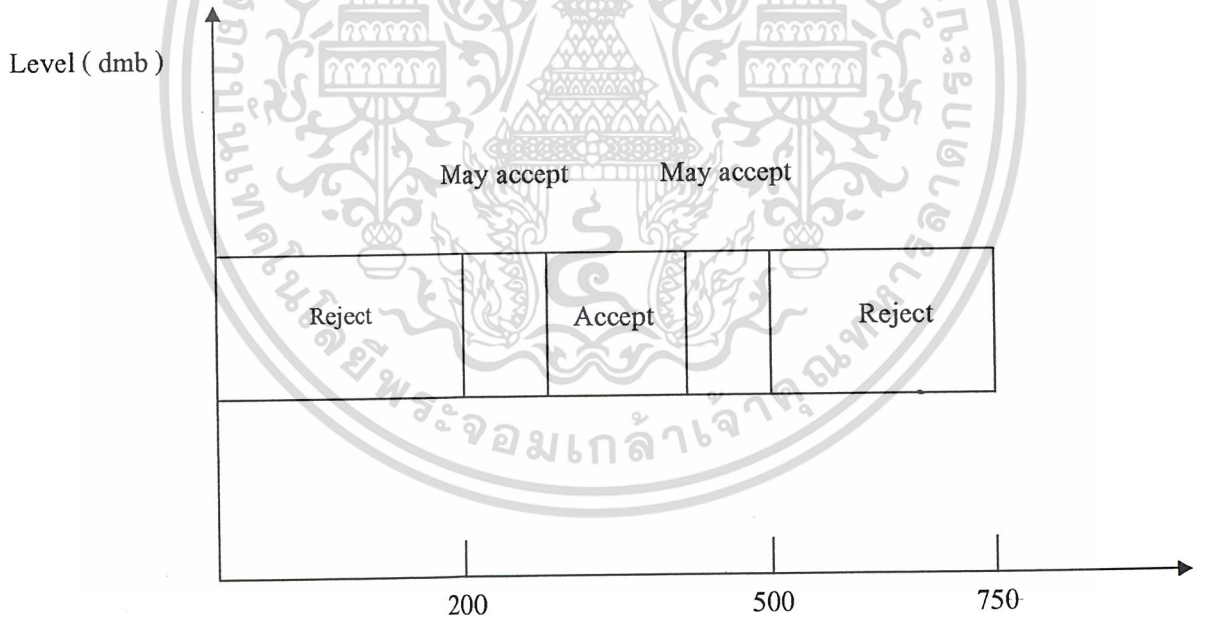
ตารางที่ 4.1 แสดงการแบ่งกลุ่มความถี่ DTMF และ ผลของการถอดรหัสสัญญาณโทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การกรองสัญญาณลำดับการเรียก

ในโหมดของการรียกสำหรับ MT8888C นี้สามารถที่จะทำการเลือกยอมรับดีเท็กต์สัญญาณโทนที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยการระบุรหัสประจำตัว หรือ หลังพิสูจน์ทราบลำดับของสัญญาณการเรียกของโทรศัพท์บนเครือข่ายได้แล้ว ในสภาวะปกติแล้วสัญญาณลำดับการเรียกทางอินพุตและ สัญญาณ DTMF ทางอินพุตจะปรากฏพร้อมกัน และ สัมพันธ์กัน กล่าวคือ สัญญาณโทนลำดับการเรียกสามารถที่จะถูกดีเท็กต์ได้เพียงสัญญาณเดียวก็ได้ เมื่อไอซีถูกเลือกให้อยู่ในโหมดของ CP โหมด

สัญญาณ DTMF จะไม่สามารถถูกดีเท็กต์ได้เมื่อไอซีถูกกำหนดให้อยู่ในสถานะ CP โหมด ในรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงแบนด์วิดธ์ช่วงของการดีเท็กต์สัญญาณลำดับการเรียกในวงจรกรองสัญญาณความถี่ที่ปรากฏที่อินพุต ซึ่งจะเป็นสัญญาณที่ยอมรับได้ และ มีแบนด์วิดธ์ตามข้อจำกัดของวงจรกรองความถี่และจะถูกจำกัดด้วยวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่มีอัตราการขยายสูงด้วยขา $\overline{IRQ}$ /CP ซึ่งจะคอยจำกัดสัญญาณดานขาออก



รูปที่ 4.1 แสดงย่านความถี่ที่มีการตอบสนองในลำดับสัญญาณเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ส่วนกำเนิดสัญญาณ DTMF

การใช้งานภาคส่งสัญญาณ DTMF ใน MT8888C นี้ จะเป็นการกำเนิดสัญญาณโทน DTMF ตามมาตรฐานทั้งหมด 16 ลำดับ ซึ่งจะเป็นโทนสัญญาณแบบคู่ (กลุ่มความถี่ย่านต่ำ และ กลุ่มความถี่ย่านสูง) ที่มีความเพี้ยนสัญญาณต่ำมาก ๆ และมีความถูกต้องแม่นยำของสัญญาณสูงมาก ในทุกความถี่สัญญาณโทน DTMF จะได้รับมาจากฐานความถี่จากคริสตอลภายนอก ที่มีความถี่ฐานเท่ากับ 3.579545 เมกะเฮิรตซ์ รูปคลื่นสัญญาณซายน์สำหรับการทำเป็นสัญญาณโทนโดยเฉพาะนั้นจะถูกนำมาสังเคราะห์ทางดิจิตอลเพื่อใช้ในการโปรแกรมค่าความถี่สัญญาณในแนว (row) และแนวคอลัมน์ (column) และทำการแปลงสัญญาณเป็น D/A ด้วยวิธีการแบบสวิตช์คาปาซิเตอร์เพื่อให้ค่าความถี่ประจำคีย์แต่ละคีย์ตามแบบของแป้นคีย์ของเครื่องโทรศัพท์มาตรฐาน

สัญญาณในแนวแถวและคอลัมน์นั้น จะถูกทำการรวมสัญญาณและกรองสัญญาณเพื่อกำหนดให้เป็นสัญญาณ DTMF ที่มีความเพี้ยนทางฮาร์มอนิกส์รวมต่ำที่สุด และ มีความเที่ยงตรงของความถี่สูงสุด คุณสมบัติของสัญญาณ DTMF จะถูกทำการเข้ารหัสและจัดให้อยู่ในรูปของสัญญาณข้อมูล และสัญญาณขอมูลนี้เองก็จะถูกเขียนเข้าไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ข้อมูลของสัญญาณส่ง (transmit data register) ซึ่งรูปแบบของรหัสสัญญาณนี้จะมีคุณสมบัติเหมือนกันกับรหัสสัญญาณทางเอาต์พุตของภาครับ

4.6 การกำเนิดสัญญาณซิงเกิลโทน

ในโหมดซิงเกิลโทนไอซีดังกล่าวก็สามารถที่จะกำเนอดสัญญาณโทนโดยเฉพาะได้ ทั้งสัญญาณโทนด้านต่ำ และ สัญญาณโทนด้านสูง โดยในโหมดซิงเกิลโทนนี้สามารถที่จะใช้สัญญาณ DTMF เพื่อการทดสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องขณะประยุกต์ใช้งานได้ด้วยสัญญาณโทนที่กำเนิดขึ้นมานี้เป็นคุณสมบัติเดียวกันทุกประการ และ มีความเพี้ยนของสัญญาณต่ำมาก

4.7 ฐานเวลาสัญญาณ DTMF

วงจรมาตรฐานของสัญญาณนาฬิกาของสัญญาณ DTMF ที่ประกอบเสร็จไว้ในไอซีแล้วนั้นใช้คริสตอลเป็นตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ที่รวมเอามาตรฐานสัญญาณเบิรสต์ของโทรทัศน์สีมาตรฐานไว้ด้วย โดยที่คริสตอลนี้ได้ระบุคุณสมบัติไว้ดังนี้

- ความถี่ของคริสตอล 3.579545 เมกะเฮิรตซ์
- ค่าเบี่ยงเบนความถี่ +0.1 % ถึง –0.1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เรโซแนนซ์โหมดขนาน
- ค่าความจุโหลด 18 พิโกฟารัด
- ค่าความต้านทานอนุกรมสูงสุด 150 โอห์ม
- ระดับสัญญาณเอาต์พุตสูงสุด 2 มิลลิวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การใช้งานเครือข่ายโทรศัพท์

เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์ (off hook) ขึ้นเพื่อต้องการเรียกสนทนา ทำให้ส่วนฮุคสวิตซ์ภายในเครื่องแตะลง และเกิดกระแสไหลในวงจรโลเคิลลูปของผู้ใช้ ชุมสายก็จะสามารถรับรู้การยกหูโทรศัพท์นี้ และตรวจหาตำแหน่งของโทรศัพท์ของผู้ใช้ที่เป็นฝ่ายเรียก จากนั้นชุมสายจะส่งสัญญาณให้หมุน หรือกดหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วย สัญญาณนี้เรียกว่า ไดอัลโทน (dial tone) เมื่อชุมสายได้รับหมายเลขที่หมุนหรือกดเข้ามาแล้ว ชุมสายจะทำหน้าที่ให้อุปกรณ์สวิตซ์ชิงในชุมสายหาตำแหน่งของวงจรของหมายเลขที่ต้องการติดต่อ โดยชุมสายจะพิจารณาก่อนว่าเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกตามหมายเลข กำลังอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่หรือไม่ ถ้ากำลังอยู่ในขณะใช้งาน ชุมสายจะส่งสัญญาณสายไม่ว่างหรือ busy tone ให้ผู้เรียกทราบว่าไม่สามารถติดต่อได้ แต่ในกรณีที่เครื่องโทรศัพท์ตามหมายเลขไม่อยู่ในสภาพใช้งาน ชุมสายจะส่งสัญญาณไปสองทิศทางดังนี้

ส่งสัญญาณเรียกให้รับ (ringing tone) แจ้งให้ผู้ถูกเรียกมารับโทรศัพท์

ส่งสัญญาณเรียกกลับ (ringback tone) แจ้งให้ผู้เรียกทราบว่าการติดต่อทำได้

เมื่อผู้ถูกเรียก ยกหูโทรศัพท์ขึ้น ทั้งผู้ถูกเรียกและผู้เรียกก็จะติดต่อสื่อสารกันได้

5.1 การส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์

การส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์นั้น ไม่สามารถจะกระทำโดยตรงได้ เพราะว่า สายโทรศัพท์ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ในช่วงความถี่เสียงเท่านั้น(ประมาณ 0 – 4kHz) ถ้าส่งสัญญาณดิจิตอล ซึ่งมีลักษณะเป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยม จะทำให้ส่วนประกอบของคลื่นรูปซายน์ที่ความถี่สูงๆ ถูกกรองออกไป ทำให้สัญญาณที่ผ่านออกมาไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมตามเดิม ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์แปลงสัญญาณให้อยู่ในช่วงความถี่เสียงด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่าโมเด็ม (MODEM; Modulation-Demodulation) ซึ่งจะทำหน้าที่รวมสัญญาณดิจิตอลกับสัญญาณพาหะที่อยู่ในช่วงความถี่เสียง ในโมเด็มรุ่นแรกๆ นั้นจะใช้การรวมสัญญาณทางความถี่ (Frequency Modulation) โดยที่กำหนดให้ความถี่สูงมีค่าลอจิก 1 และความถี่ต่ำมีค่าลอจิก 0 โมเด็มในปัจจุบันได้ใช้วิธีการรวมสัญญาณทางเฟสและแอมปลิจูด ซึ่งทำให้เพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 พื้นฐานของโมเด็ม

ดังที่กล่าวมาแล้ว เราจะสามารถส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ หรือเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านสายโทรศัพท์ได้ด้วยโมเด็ม

โมเด็มทุกเครื่อง จะใช้วิธีการในการเคลื่อนย้ายข้อมูลผ่านไปตามสายโทรศัพท์ โดยจะเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลของคอมพิวเตอร์ไปเป็นสัญญาณเสียงก่อนที่จะส่งไปตามสายโทรศัพท์ จากนั้นสัญญาณเสียงก็ จะเดินทางผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ไปยังโมเด็มปลายทาง ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงไปเป็นสัญญาณดิจิตอลตามเดิม

การใช้คอมพิวเตอร์ในการเชื่อมต่อกับโมเด็มนั้น ควรที่จะทราบคำจำกัดความต่างๆ ที่เกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลดังนี้

Baud เป็นหน่วยการวัดที่ใช้วัดอัตราการส่งข้อมูลของโมเด็ม โมเด็มนั้นจะส่งสัญญาณเสียงเป็นชุดๆ ไปตามสายโทรศัพท์ การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณเสียงนั้น จะแทนสัญญาณดิจิตอล 0 และ 1 ดังนั้น หน่วย Baud ก็คือจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณในเวลาหนึ่งวินาทีนั่นเอง ในโมเด็มรุ่นเก่าๆ นั้น จะส่งข้อมูลหนึ่งบิตต่อการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเสียงหนึ่งครั้ง หรือ 1 Bit ต่อ 1 Baud ดังนั้น ทำให้คนส่วนใหญ่คิดว่า Baud ก็คือจำนวนบิตต่อวินาที ซึ่งในความเป็นจริงแล้วไม่ได้เป็นเช่นนั้น โมเด็มรุ่นใหม่ๆ สามารถส่งข้อมูล 4 บิตหรือมากกว่านั้นต่อหนึ่ง Baud

บิตต่อวินาที (BPS) เป็นหน่วยวัดที่ใช้แสดงจำนวนบิตของข้อมูลที่ส่งออกไปจากโมเด็มภายในในเวลาหนึ่งวินาที

5.3 การเลือกใช้โมเด็ม

5.3.1 ความเร็วและมาตรฐานของโมเด็ม

ความเร็วและมาตรฐานของโมเด็ม เป็นสิ่งแรกที่จะใช้พิจารณาเลือกใช้โมเด็ม ยกตัวอย่างเช่น โมเด็มที่ใช้มาตรฐาน V.32 และ V.32 bis ที่มีความเร็ว 9600 BPS และ 14400 BPS ตามลำดับ แน่นอนว่า โมเด็มที่มีความเร็วมากกว่าย่อมมีราคาสูงกว่าโมเด็มที่มีราคาต่ำกว่า แต่ราคาที่เพิ่มขึ้นนั้นหากนำไปเทียบกับความเร็วในการรับส่งข้อมูลแล้วจะพบว่า มันเป็นการประหยัดเวลาและค่าโทรศัพท์ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้โมเด็มโทรศัพท์ไปยังที่ไกลๆ

โมเด็มบางประเภทที่ใช้มาตรฐานการบีบอัดข้อมูลหรือมาตรฐานการควบคุมความผิดพลาดมักจะมีราคาค่อนข้างสูงเนื่องจากผู้ผลิตโมเด็มจะต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ของมาตรฐานดังกล่าวเมื่อนำมาตรฐานนั้นไปใส่เข้าไปในผลิตภัณฑ์ของตน จึงทำให้การผลิตมีต้นทุนที่สูงขึ้น แต่ถ้าผู้ผลิตบางรายใช้มาตรฐานหรือเทคโนโลยีของตนเองเพื่อลดต้นทุนเรื่องค่าลิขสิทธิ์ ก็จะทำให้โมเด็มไม่เป็น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้

มาตรฐานสากล ซึ่งจะไม่สามารถใช้ได้กับโมเด็มโดยทั่วไป ดังนั้นในการเลือกโมเด็มความเร็วสูงนั้นควรจะเลือกโมเด็มที่สนับสนุนมาตรฐาน V.32 หรือ V.32 bis ส่วนการเลือกโมเด็มที่ใช้การบีบอัดข้อมูล ควรจะเลือกที่สนับสนุนมาตรฐาน V.42 และการเลือกโมเด็มที่มีการควบคุมความผิดพลาด ก็ควรจะเลือกที่สนับสนุนมาตรฐาน V.42 bis เพราะว่าจะสามารถเชื่อมต่อกับโมเด็มอื่นๆ ได้

5.4 โมเด็มแบบติดตั้งภายในและภายนอก

5.4.1 โมเด็มแบบติดตั้งภายใน

โมเด็มแบบติดตั้งภายใน จะมีลักษณะเป็นการ์ดเสียบลงในช่องเสียบ (Slot) ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้ประหยัด ตัดปัญหาเกี่ยวกับสายนำสัญญาณและคอนเนกเตอร์ RS-232-C แต่ก็ทำให้เสียช่องเสียบในเครื่องคอมพิวเตอร์ไปหนึ่งช่อง นอกจากนี้ โมเด็มแบบติดตั้งภายในเครื่องจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้นเหตุที่ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นได้

โมเด็มทุกชนิดจะต้องมีพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมหรือที่เรียกว่าพอร์ต RS-232-C เพื่อใช้ในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ในโมเด็มแบบติดตั้งภายใน จะมีพอร์ต RS-232-C ติดตั้งมาภายในการ์ดอยู่แล้ว การติดตั้งก็เพียงแต่กำหนดให้วงจรพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมบนการ์ดของโมเด็มเป็น COM1 หรือ COM2 เท่านั้น (บางทีอาจจะกำหนดให้เป็น COM3 หรือ COM4 ไปจนถึง COM8 ก็ได้) ถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์มีพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม COM1 และ COM2 มาให้เรียบร้อยแล้ว ควรกำหนดพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมให้เป็น COM อื่นๆ อย่างเช่น COM3 หรือ COM4 เป็นต้น เพื่อป้องกันไม่ให้การอ้างพอร์ตในคอมพิวเตอร์เกิดการซ้ำซ้อนกัน

เนื่องจากโมเด็มแบบติดตั้งภายในจะต้องถูกติดตั้งลงในช่องเสียบการ์ดภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงไม่ค่อยสะดวกนักถ้าหากต้องการเคลื่อนย้ายโมเด็มออกไปใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นๆ รวมทั้งไม่สะดวกในการปรับตั้งสวิตซ์ต่างๆ บนตัวโมเด็ม แต่อย่างไรก็ตาม โมเด็มประเภทนี้สามารถตัดปัญหาเกี่ยวกับสายนำสัญญาณและคอนเน็กเตอร์ RS-232-C ออกไปได้ นอกจากนี้ โมเด็มแบบติดตั้งภายในยังมีข้อดีอีกประการหนึ่งคือ ค่อนข้างจะปลอดภัยเนื่องจากไม่สามารถถอดหรือเคลื่อนย้ายออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ง่ายนัก ส่วนข้อเสียที่สำคัญของโมเด็มประเภทนี้คือ บนตัวโมเด็มมักจะไม่มีหลอดไฟ LED แสดงสถานะเหมือนกับโมเด็มแบบติดตั้งภายนอก ถึงแม้ว่าบางยี่ห้ออาจจะมีหลอดไฟดังกล่าวแต่ก็จะอยู่บนตัวการ์ดภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ทำให้ไม่สะดวกในการมอง ซึ่งสัญญาณไฟแสดงสถานะเหล่านี้มีประโยชน์มากในการแก้ไขปัญหาของโมเด็ม เช่น

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ CD (Carrier Detect), Off-hook, RD (Received Data), หรือ TD (Transmitted Data) จะเป็นสิ่งสำคัญและอำนวยความสะดวกในการค้นหาสาเหตุ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบรุ่นที่มีความสามารถเท่าเทียมกันแล้ว โมเด็มแบบติดตั้งภายในจะมีราคาต่ำกว่าแบบติดตั้งภายนอก

5.4.2 โมเด็มแบบติดตั้งภายนอก

โมเด็มแบบติดตั้งภายนอกจะมีลักษณะเป็นกล่องต่ออยู่ภายนอกเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยจะมีคอนเน็กเตอร์ RS-232-C ซึ่งอาจจะอยู่ติดกับตัวของโมเด็มเองหรืออาจจะมีสายสัญญาณพร้อมคอนเน็กเตอร์ที่สามารถใช้เสียบลงบนคอนเน็กเตอร์ RS-232-C อีกด้านหนึ่งที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ และโมเด็มประเภทนี้มักจะต้องใช้ไฟฟ้าจากภายนอกดังนั้นจึงจะต้องหาปลั๊กเสียบเพิ่มเติมสำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับโมเด็มด้วย

ข้อดีของโมเด็มแบบติดตั้งภายนอกก็คือ ในกรณีที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่องอยู่ใกล้กัน ก็สามารถติดตั้งให้ใช้โมเด็มร่วมกันได้โดนใช้อุปกรณ์ตัดต่อสัญญาณ RS-232-C ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายเพราะไม่จำเป็นต้องใช้โมเด็มหลายตัวเพื่อใช้ติดตั้งคอมพิวเตอร์ทุกเครื่อง และยังเป็นการใช้สายโทรศัพท์ร่วมกันอีกด้วย

5.5 การเชื่อมต่อโมเด็มกับคอมพิวเตอร์

โมเด็มโดยทั่วไปทุกตัว จะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์เพิ่มเติมในการใช้งานต่อไปนี้

1. สายสัญญาณและคอนเน็กเตอร์ RS-232-C
2. สายโทรศัพท์และคอนเน็กเตอร์ RJ-11
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับโมเด็ม

5.6 การอ้างแอดเดรสของพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม

โมเด็มทุกชนิดจำเป็นที่จะต้องต่อเข้ากับพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมของคอมพิวเตอร์ ยกเว้นโมเด็มแบบติดตั้งภายในจะมีพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมอยู่ในตัว จึงสามารถเสียบลงบนช่องเสียบสล็อตของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปจะมีพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมได้ไม่เกิน 8 พอร์ต หรือ 8 แอดเดรส ซึ่งก็หมายความว่าแต่ละพอร์ตจะมีแอดเดรสสามารถติดต่อกันได้ โดยแต่ละแอดเดรสก็จะมี IRQ (Interrupt Request) อยู่ 1 ค่าเพื่อใช้สำหรับให้ Serial Controller Chip (SCC) สามารถติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแล้ว CPU ตระกูล 80x86 จะสามารถอ้างพอร์ตต่างๆ ได้มากถึง 65536 พอร์ต แต่ IRQ นั้นจะมีให้เลือกใช้ได้เพียง 8 ค่า อย่างเช่น IRQ1, IRQ2 เป็นต้น แต่สำหรับ IRQ ที่ใช้กับพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะมีให้เลือกใช้ได้เพียง 2 ค่าเท่านั้นคือ IRQ3 และ IRQ4

ในสมัยที่ทีมผู้ออกแบบเครื่องคอมพิวเตอร์ของ IBM ได้ออกแบบ ROM BIOS ที่ใช้สำหรับ IBM/PC นั้น อุปกรณ์รอบนอก (Peripheral) ที่ใช้การสื่อสารแบบอนุกรมยังไม่มีหลากหลายดังเช่นในปัจจุบัน ดังนั้น IBM จึงกำหนดให้คอมพิวเตอร์มีพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมได้เพียง 2 พอร์ตเท่านั้น ซึ่งนับว่าเป็นจำนวนที่เพียงพอกับการใช้งานในสมัยนั้น แต่ในปัจจุบัน อุปกรณ์รอบนอกที่ใช้การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นมีจำนวนและประเภทต่างๆ มากมาย เช่น เมาส์, แทร็กบอล, Drawing Table, serial printer, กล้องวีดีโอแบบดิจิตอล และโมเด็ม เป็นต้น ดังนั้น IBM จึงได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการออกแบบเครื่อง PS/2 ให้สามารถอ้างเอดเดรสได้มากถึง 8 พอร์ต แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตซอฟต์แวร์และผู้ผลิตคอมพิวเตอร์ที่ใช้ได้กับ IBM/PC รายอื่นๆ ก็ได้ร่วมมือกันกำหนดมาตรฐานของการเพิ่มเติมพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมขึ้นมาใช้กันเอง ซึ่งไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐานของ IBM โดยมาตรฐานดังกล่าวจะแสดงอยู่ในตารางที่ 1 โดยที่จะรวมเอาการอ้างแอดเดรส และ IRQ ของเครื่อง PS/2 เอาไว้ด้วย

ตารางที่ 5.1 แสดงการอ้างพอร์ตสื่อสารอนุกรมเพิ่มเติม 2 พอร์ตของเครื่อง PC และ PS/2 ทั่วไป

พอร์ต	ระบบ	แอดเดรส	IRQ
COM 1	ALL	3F8	4
COM 2	ALL	2F8	3
COM 3	PC	3E8	4
COM 4	PC	2E8	3
COM 5	PS/2	3220	3
COM 6	PS/2	3228	3

จากตารางจะเห็นได้ว่า เครื่อง PS/2 จะใช้อ้างแอดเดรส และ PRQ ที่พอร์ต COM1 และ COM2 เช่นเดียวกับในเครื่อง PC ทั่วไป แต่จะอ้าง COM3 และ COM4 แตกต่างออกไป ซึ่งถ้าผู้ผลิตซอฟต์แวร์ต้องการจะให้ผลิตภัณฑ์ของตนสามารถใช้งานได้บนเครื่อง PS/2 แล้ว จะต้องสนับสนุนการอ้างพอร์ตของ PS/2 ดังตารางด้วย

เมื่อเสียบการ์ดวงจรพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมหรือการ์ดโมเด็มแบบติดตั้งภายในลงในช่องเสียบของ PC หรือ PS/2 ก็จำเป็นที่จะต้องกำหนดแอดเดรสและ IRQ ที่ตัวการ์ดเสมอ ซึ่งถ้าเป็นเครื่อง PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไป บนตัวการ์ดจะมีสวิตซ์หรือ Jumper ให้สามารถ set แอดเดรสและ IRQ ได้ ส่วนถ้าเป็นเครื่อง PS/2 ก็จะต้องใช้โปรแกรมเฉพาะ ทำการเซตพอร์ตดังกล่าว

การที่จะทำให้พอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม หรือการ์ดโมเด็มแบบติดตั้งภายในทำงานได้อย่างถูกต้อง ก็จำเป็นที่จะต้องระมัดระวังสิ่งต่อไปนี้

พอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมแต่ละพอร์ตต้องใช้แอดเดรสเดียวเท่านั้น เช่น ถ้าเครื่องมีพอร์ต COM1 อยู่แล้ว จะใส่พอร์ต COM2 เพิ่ม จะต้องอ้างแอดเดรสใหม่ ไม่ให้ซ้ำกับแอดเดรสเดิม

พอร์ตสื่อสารอนุกรมแต่ละพอร์ต จะต้องใช้ IRQ เพียงหมายเลขเดียวเท่านั้น แต่พอร์ตอื่นๆ จะสามารถอ้าง IRQ ซ้ำกันได้ โดยจะต้องไปกำหนดในโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานพอร์ตที่มี IRQ ที่ซ้ำกัน จึงจะทำให้สามารถแบ่งการใช้งาน IRQ ร่วมกันได้

ปัญหาเกี่ยวกับการอ้าง IRQ นั้นมักจะเกิดขึ้นเสมอ ถ้าใช้การ์ด LAN หรือการ์ดสำหรับเน็ทเวิร์คร่วมกับการ์ด I/O หรือการ์ดโมเด็มแบบติดตั้งภายใน เนื่องจากผู้ผลิตการ์ดสำหรับเน็ทเวิร์คมักจะออกแบบให้การ์ดของตนเองใช้ IRQ3 ซึ่งถ้าการ์ด I/O หรือการ์ดโมเด็มแบบติดตั้งภายในอ้างแอดเดรสตรงกันแล้ว อาจทำให้การ์ดเน็ทเวิร์คหยุดทำงานได้

5.7 การต่อสายโทรศัพท์เข้ากับโมเด็ม

โมเด็มโดยทั่วไปทุกชนิดจะถูกออกแบบมาให้ใช้กับคอนเน็กเตอร์แบบ RJ-11 ได้ ซึ่งเป็นมาตรฐานของคอนเน็กเตอร์สายโทรศัพท์ที่ใช้กันทั่วไป มาตรฐานของคอนเน็กเตอร์แบบ RJ-11 ของระบบโทรศัพท์นั้นมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน บ้านหรืออาคารบางแห่งนั้นอาจจะใช้มาตรฐานหัวต่อแบบ RJ-12 ซึ่งมีลักษณะของหัวต่อเหมือนกับ RJ-11 แต่จะใช้สายภายใน 4 เส้น เพื่อให้สามารถใช้กับโทรศัพท์ได้ 2 เครื่อง (โทรศัพท์1 เครื่องจะใช้สาย 2 เส้น) หรืออาจจะใช้งานเพียง 2 เส้นและสำรองเผื่อเอาไว้อีก 2 เส้นซึ่งจะต้องระวังในการติดตั้งสายโทรศัพท์เข้ากับโมเด็ม

5.8 ชุดคำสั่งของโมเด็ม

โมเด็มส่วนใหญ่จะถูกควบคุมการทำงานโดยชุดคำสั่งที่ถูกส่งออกมาทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม เรียกว่าชุดคำสั่ง AT (AT Command) ซึ่งชุดคำสั่งเหล่านี้มีต้นกำเนิดมาจากบริษัท Hayes และบริษัทผู้ผลิตโมเด็มรายอื่นๆ ก็ได้พัฒนาเพิ่มเติมคำสั่งพิเศษเข้ามาใช้อีกหลายคำสั่งเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานของผลิตภัณฑ์ของตน แม้กระทั่งยี่ห้อเดียวกันแต่รุ่นต่างกัน ชุดคำสั่งพิเศษเหล่านี้ก็อาจจะต่างกันไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8.1 สภาวะ Online และ Offline

สภาวะออฟไลน์สามารถจะเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าสภาวะคำสั่ง (Command state) หมายถึง สภาวะที่ผู้ใช้สามารถจะส่งคำสั่งต่างๆ ไปยังโมเด็มได้ ซึ่งก็คือ โมเด็มจะแปลความหมายของข้อมูลที่ได้รับมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นคำสั่งเท่านั้น ซึ่งสภาวะนี้โมเด็มไม่ได้รับส่งข้อมูลกับเครื่องปลายทาง แต่จะสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์เท่านั้น ส่วนสภาวะออนไลน์ หมายถึง สภาวะที่โมเด็มได้เชื่อมต่อเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ข้อมูลที่ส่งออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์จะถูกส่งผ่านโมเด็มไปยังปลายทางเสมอ ในกรณีนี้ถ้าหากต้องการที่จะส่งคำสั่งให้กับโมเด็มโดยไม่ต้องให้โมเด็มวางสาย สามารถกระทำได้โดยส่งชุดอักขระ Escape Sequence เข้าไปยังโมเด็มในขณะที่ออนไลน์ และหลังจากที่ได้ส่งคำสั่งต่างๆ ให้กับโมเด็มเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะสามารถกลับเข้าไปอยู่ในสภาวะออนไลน์ได้ดังเดิม วิธีการส่งชุดอักขระ Escape Sequence สำหรับโมเด็มที่เข้ากันได้กับโมเด็มของ Hayes คือให้รอ 1 วินาที (เรียกว่า Guard Time) แล้วกดปุ่ม + ติดต่อกัน 3 ครั้ง การที่ต้องรอ 1 วินาทีก่อนที่จะกดเครื่องหมาย + เป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากว่าโมเด็มจะได้รู้ว่าอักษร + นั้นเป็นส่วนของอักขระ Escape Sequence ไม่ใช่ส่วนของข้อมูลที่ต้องส่งไปยังปลายทาง

5.8.2 รูปแบบของชุดคำสั่ง AT

การใช้ชุดคำสั่ง AT จะต้องขึ้นต้นด้วยอักษร AT และลงท้ายด้วยการกด Enter หรือ Cariage Retern ยกเว้นเฉพาะคำสั่ง A/ ไม่ต้องกดปุ่ม Enter ซึ่งหมายถึงให้โมเด็มกลับไปทำคำสั่งล่าสุดอีกครั้งหนึ่ง การที่ Hayes ได้กำหนดให้คำสั่งต่างๆ ขึ้นต้นด้วยอักษร AT ก็เพราะต้องการให้โมเด็มรับรู้ถึงความเร็วและรูปแบบของอักษรคำสั่ง ที่ถูกส่งออกมาจากพอร์ตสื่อสารอนุกรมของคอมพิวเตอร์

5.8.3 การตอบสนองคำสั่งของโมเด็ม

เมื่อส่งคำสั่งต่างๆ ไปให้กับโมเด็มแล้ว โมเด็มก็จะตอบสนองคำสั่งโดยจะส่งข้อความที่เรียกว่า Result code กลับมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ และจะปรากฏบนจอภาพขณะรันโปรแกรม

5.9 การเชื่อมต่อกับ RS-232-C

วงจร RS-232-C จะประกอบไปด้วยวงจรรับ (Receive Data: RD) และวงจรส่ง (Transmit Data: TD) แยกอิสระไม่ขึ้นต่อกัน ซึ่งแต่ละวงจรก็จะมีลักษณะการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบทางเดียว คือยอมให้ข้อมูลเข้าหรือออกเท่านั้น ดังนั้นจึงทำให้การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับโมเด็มมี

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะ 2 ทางคือ การรับข้อมูลเข้าและส่งข้อมูลออกไปพร้อมๆ กันได้ นอกจากนี้ โมเด็มยังมีวงจรต่างๆ ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ และอาจเป็นวงจรที่จำเป็นต่อโปรแกรมสื่อสารอีกด้วย

5.9.1 Data Terminal Ready

สัญญาณ Data Terminal Ready (DTR) คือสัญญาณไฟฟ้าที่ขา 20 ของคอนเน็กเตอร์แบบ RS-232-C ซึ่งเป็นสัญญาณที่ส่งออกมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพื่อให้โมเด็มรับทราบว่าในขณะนั้นคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะติดต่อกับโมเด็มแล้ว ถ้าสัญญาณ DTR มีค่าเป็น 0 ในระหว่างที่โมเด็มกำลังติดต่อสื่อสารอยู่ ก็จะทำให้โมเด็มหยุดการสื่อสารและวางหูโทรศัพท์ทันที ดังนั้น ถ้าต้องการจะหยุดการสื่อสาร ก็อาจจะกำหนดให้โปรแกรมส่งสัญญาณ DTR ในลักษณะนี้ได้

5.9.2 Carrier Detect

สัญญาณ Carrier Detect (CD) คือสัญญาณไฟฟ้าที่ขา 8 ของคอนเน็กเตอร์แบบ RS-232-C ซึ่งเป็นสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมเด็มไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์รับทราบว่าในขณะนั้นโมเด็มได้เชื่อมต่อกับปลายทางหรือยัง ถ้าสามารถเชื่อมต่อได้เรียบร้อยแล้ว โมเด็มก็จะทำให้สัญญาณ CD มีค่าเป็น 1 พร้อมกับส่งข้อความ Result Code คำว่า “CONNECT” ออกมา ซึ่งโปรแกรมก็จะรับทราบสถานะของโมเด็มว่าโมเด็มกำลังออนไลน์หรือออฟไลน์ได้จากค่าของสัญญาณ CD

5.9.3 Flow Control

การควบคุมการไหล (Flow Control) ของข้อมูล เปรียบเสมือนกับวาล์วปิด-เปิดทางเดินของข้อมูลทั้งทางด้านขาเข้าและขาออก มีหน้าที่คอยควบคุมจังหวะการไหลเข้าและออกของข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และโมเด็ม การที่จำเป็นต้องมีการควบคุมการไหลก็เพราะว่า โมเด็มไม่สามารถจะรับส่งข้อมูลได้รวดเร็วเท่าคอมพิวเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์อาจจะต้องไปทำงานอย่างอื่น จึงต้องสั่งให้โมเด็มหยุดการส่งข้อมูลให้แก่คอมพิวเตอร์ชั่วคราว การควบคุมการไหลของข้อมูลจะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบซอฟต์แวร์ และแบบฮาร์ดแวร์ นอกจากนี้โมเด็มที่มีโปรโตคอลการควบคุมความผิดพลาด (error control) อย่างเช่น MNP และ V.42 จะสามารถส่งสัญญาณการควบคุมการไหลของข้อมูลไปให้กับโมเด็มปลายทางที่ไม่มีการควบคุมการไหลดังกล่าวได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การควบคุมการไหลแบบฮาร์ดแวร์ (Hardware Flow Control)

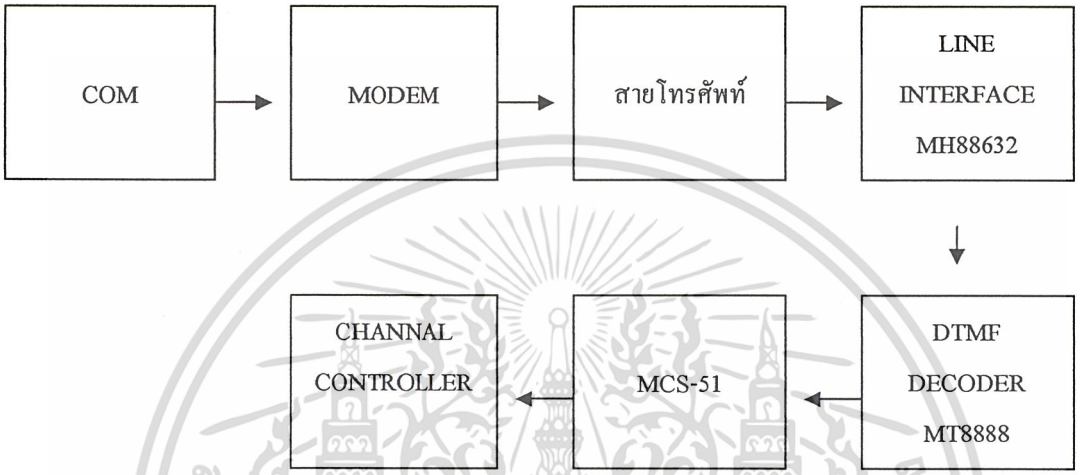
วงจรควบคุมการไหลในโมเด็มนั้นจะมีอยู่ 2 วงจรคือ RTS (Request to Send) และ CTS (Clear to Send) ซึ่งจะเป็นตัวอนุญาตให้โมเด็มหรือคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลให้แก่กัน ซึ่งข้อมูลที่จะรับหรือส่งนั้นจะถูกหยุดเอาไว้ชั่วคราวจนกว่าสัญญาณดังกล่าวจะอยู่ในสถานะ ON ซึ่งในกรณีที่โมเด็มไม่สามารถที่จะรับข้อมูลได้โมเด็มก็จะควบคุมให้สัญญาณ RTS อยู่ในสถานะ OFF และโปรแกรมสื่อสารก็จะรับรู้ความเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ RTS แล้วก็จะหยุดการส่งข้อมูลให้กับโมเด็มไว้ชั่วคราวจนกระทั่ง RTS กลับมาอยู่ในสถานะ ON อีกครั้งหนึ่ง และเช่นเดียวกัน ถ้าโปรแกรมสื่อสารต้องการจะหยุดการรับส่งข้อมูลของโมเด็มไว้ชั่วคราว ก็จะต้องไปควบคุมให้สัญญาณ CTS อยู่ในสภาวะ OFF และโมเด็มก็จะหยุดการส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ชั่วคราวจนกว่า CTS จะกลับมาอยู่ในสถานะ ON อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการรับส่งข้อมูลก็จะดำเนินต่อไปเช่นเดิม

- การควบคุมการไหลแบบซอฟต์แวร์ (Software Flow Control)

การควบคุมการไหลแบบซอฟต์แวร์มีลักษณะการทำงานคล้ายกับการควบคุมการไหลแบบฮาร์ดแวร์ แต่แทนที่จะใช้วงจร RTS/CTS การควบคุมการไหลแบบซอฟต์แวร์จะใช้ตัวอักขระที่เรียกว่า XON และ XOFF ซึ่งจะตรงกับอักขระ CTRL-Q และ CTRL-S ที่พิมพ์มาจากคีย์บอร์ดตามลำดับ เทคนิคดังกล่าวได้พัฒนามาจากการใช้งานโทรพิมพ์ในอดีต เมื่อคอมพิวเตอร์ต้องการให้โมเด็มหยุดส่งข้อมูลชั่วคราว คอมพิวเตอร์ก็จะส่ง XOFF ไปยังโมเด็ม และหลังจากที่โมเด็มได้รับ XOFF แล้วก็จะหยุดส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ไว้ชั่วคราวจนกว่าคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลได้ใหม่ เครื่องคอมพิวเตอร์จึงจะส่ง XON ไปยังโมเด็มแล้วข้อมูลก็จะมีการรับส่งกันอย่างเดิม และเช่นเดียวกัน โมเด็มก็สามารถส่ง XON/XOFF ไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะควบคุมจังหวะการหยุดและไหลของข้อมูลจากคอมพิวเตอร์มายังโมเด็มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

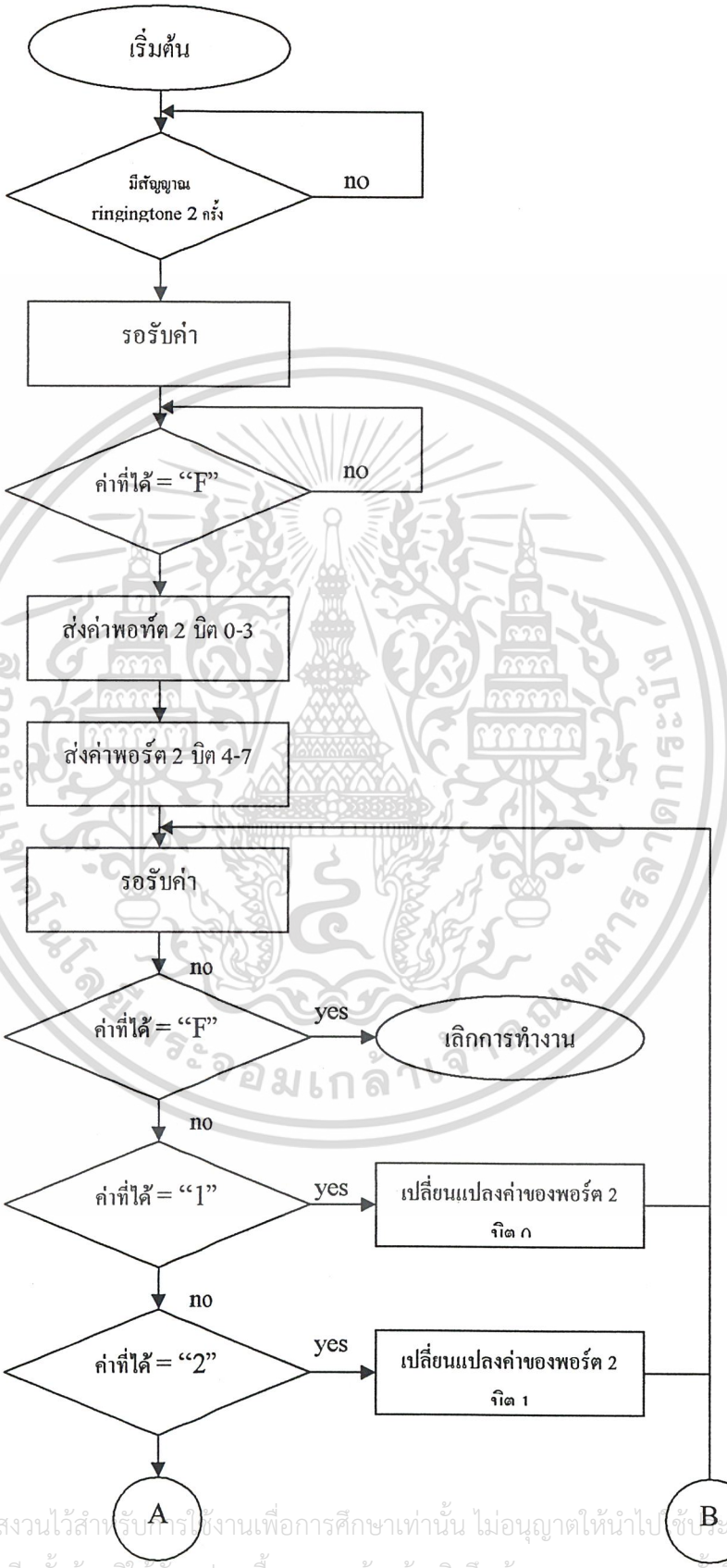
บทที่ 6
บล็อกไดอะแกรม



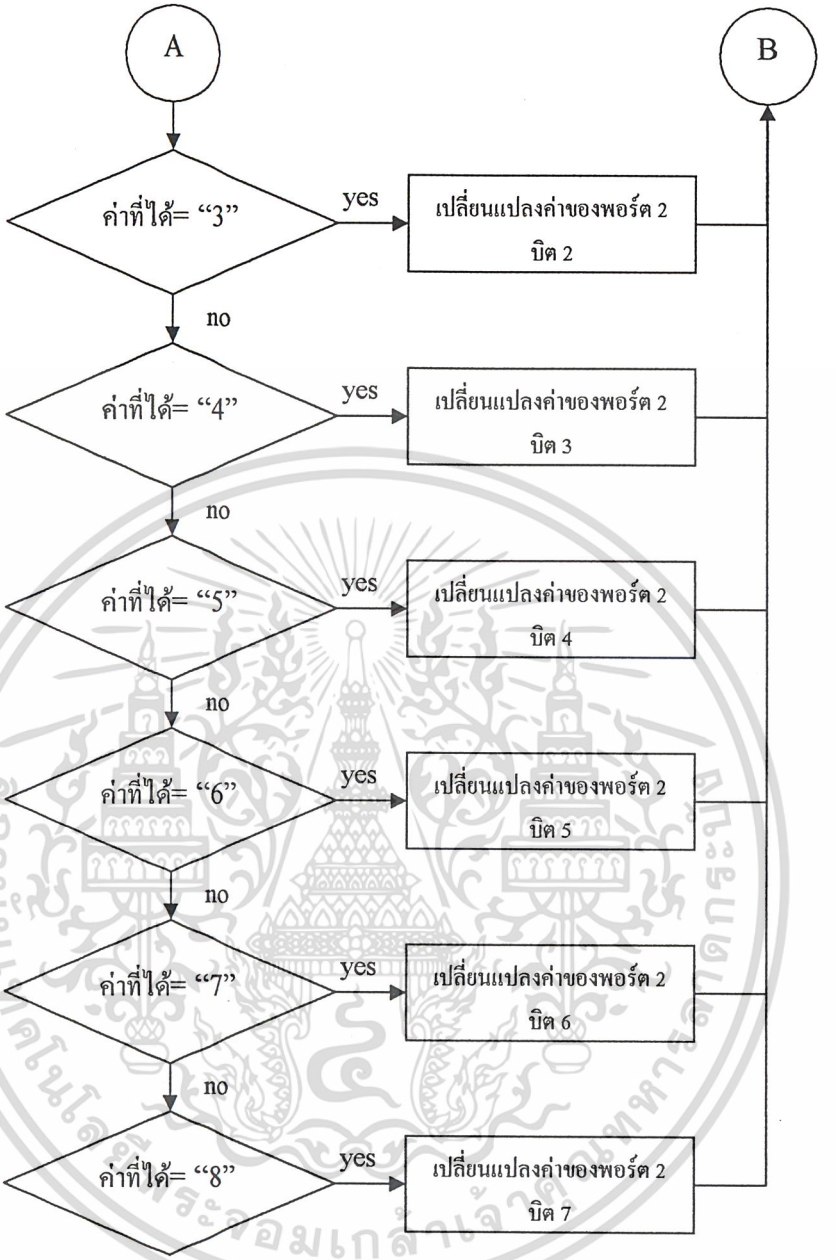
รูปที่ 6.1 แสดง Block Diagram การทำงานของเครื่องควบคุมปิด / เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทางสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.2 แสดง Flow Chart Hardware

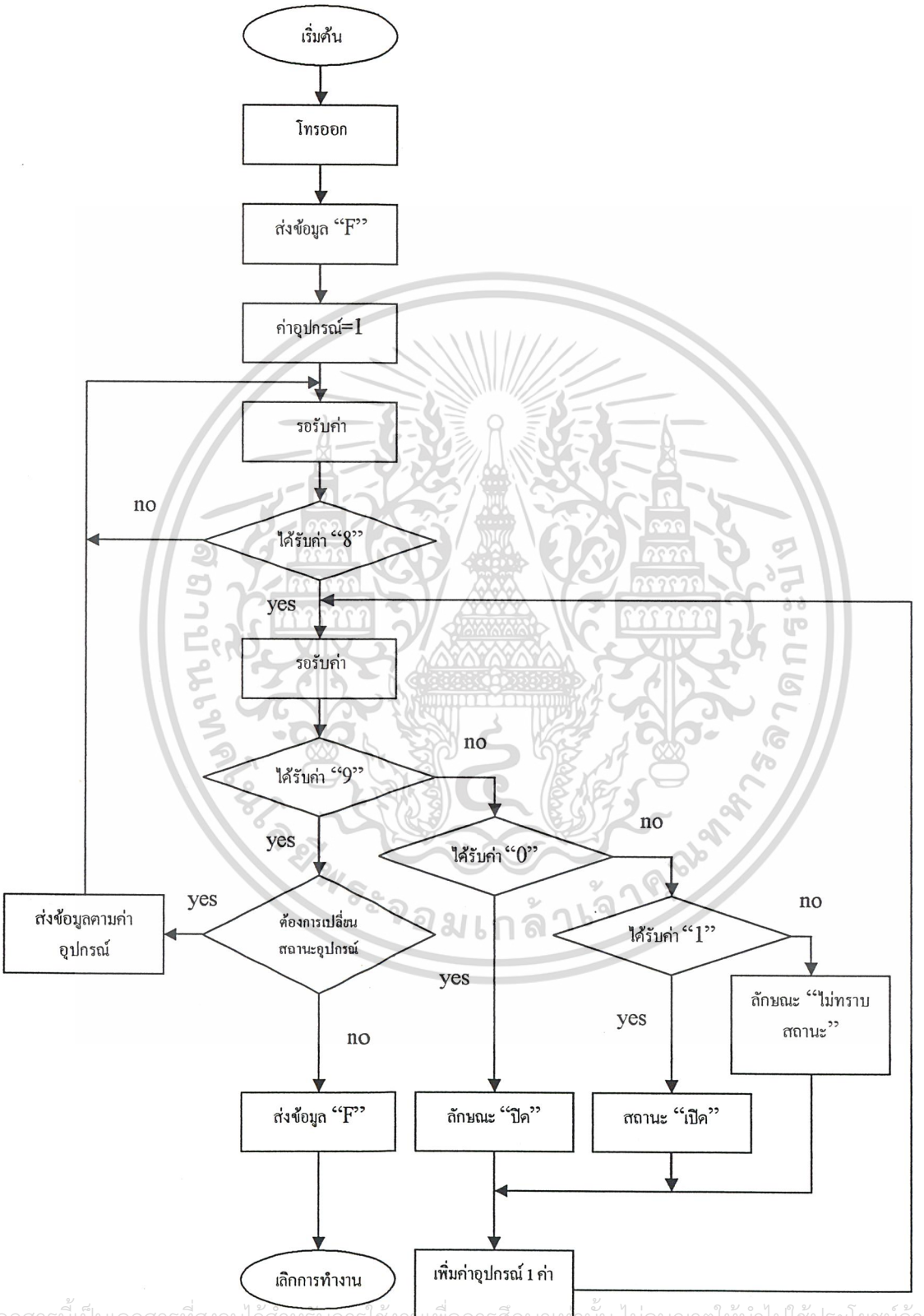


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.3 แสดง Flow Chart Solfware



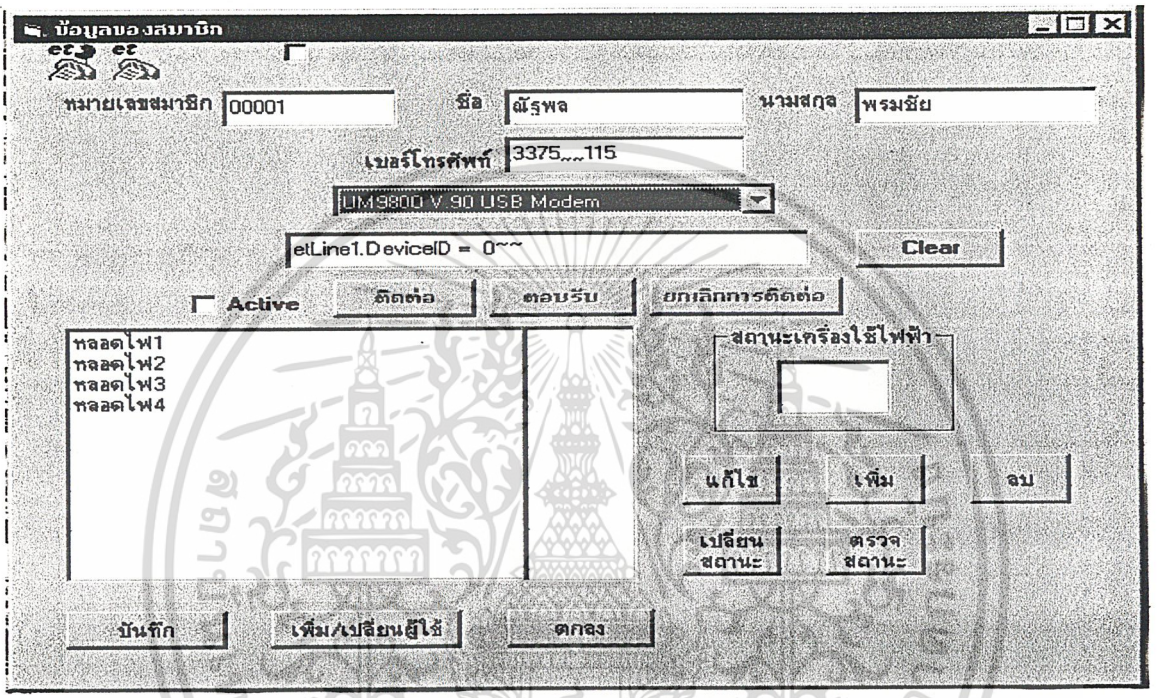
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

ผลการทดลอง

การทดลองโปรแกรมผ่านเครือข่ายโทรศัพท์

โดยส่วนของ Solfware



รูปที่ 7.1 แสดงฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ

เราจะกำหนดให้สถานะเริ่มต้นเป็น

หลอดไฟ1 - ปิด

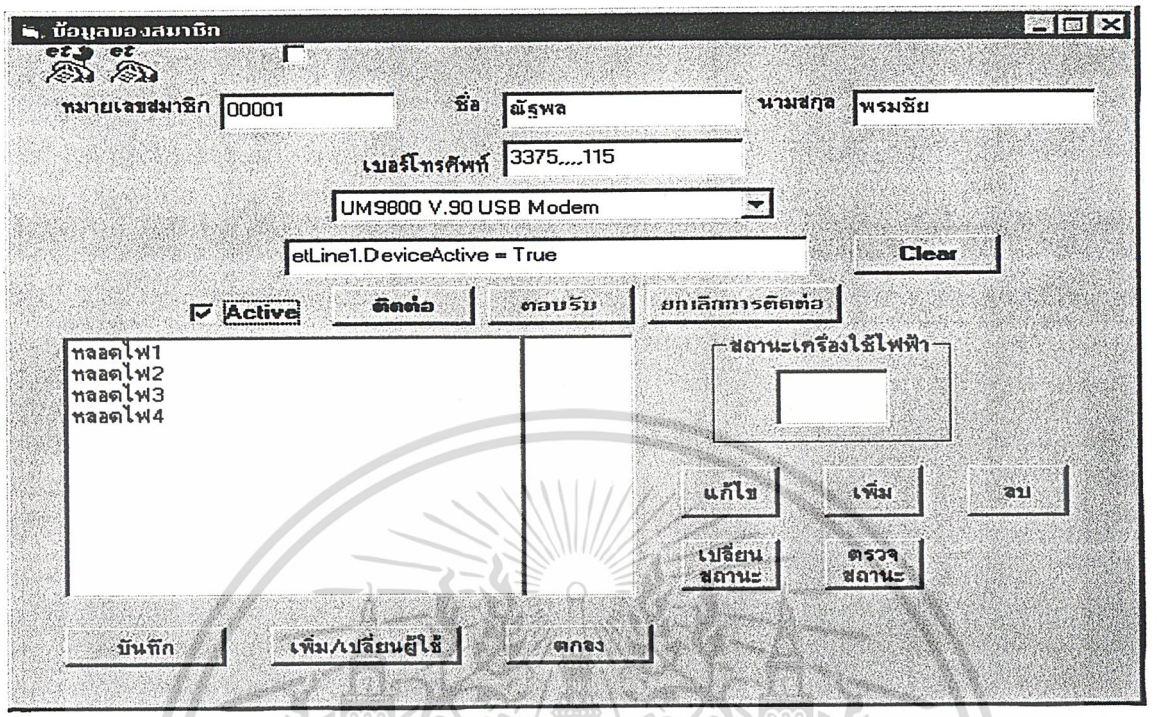
หลอดไฟ2 - ปิด

หลอดไฟ3 - ปิด

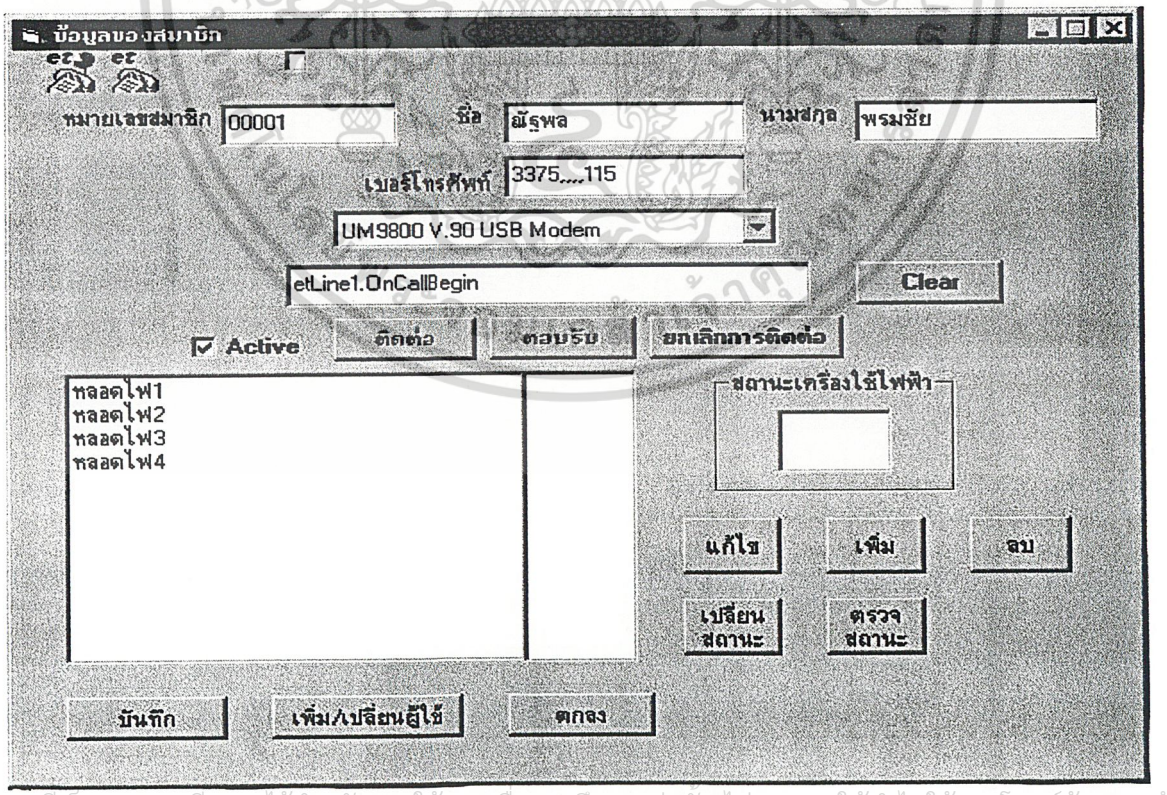
หลอดไฟ4 - ปิด

เมื่อเราจะทำการติดต่อ เราต้อง click ที่ ช่องของ active ก่อนจึงจะสามารถติดต่อกับปลายทางได้ จะเกิดปุ่มติดต่อดังที่แสดงในรูปที่ 7.2 เมื่อเรา click ซึ่งจะสามารถติดต่อได้เลยเมื่อกดปุ่มนี้ ดังแสดงในรูปที่ 7.3 หลังจากนั้นเราก็สามารถ click สถานะต่าง ๆ ของเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยการ click ที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะแสดงผลออกมาที่ช่องของ สถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า (เปิด/ปิด) ดังรูปที่ 7.4 แต่เมื่อเราต้องการเปลี่ยนแปลงสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าเราก็ต้องกดปุ่มเปลี่ยนสถานะดังแสดงในรูปที่ 7.5 โปรแกรมก็จะทำการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าก่อน แล้วจะให้เรายืนยันว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวนี้จะเปิด/ปิดหรือไม่ ดังรูปที่ 7.6

เอกสารนี้ ... ไม่อนุญาตให้ ... ด้านการค้า ... ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

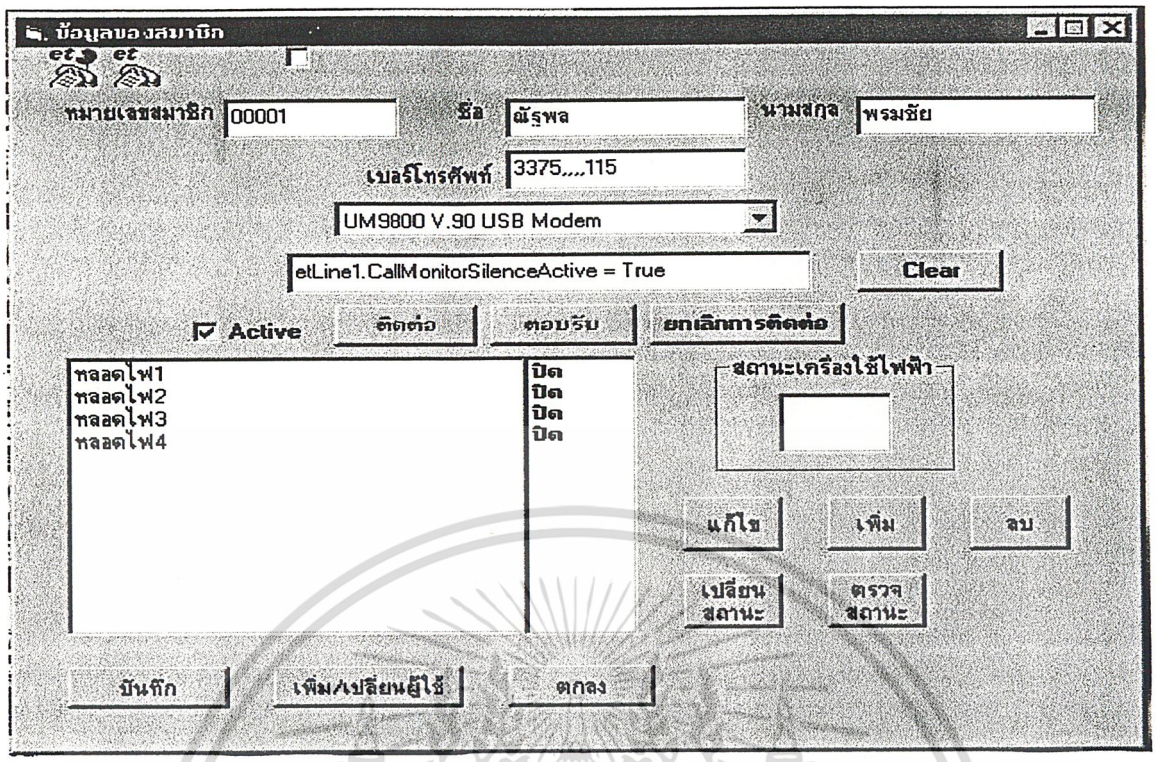


รูปที่ 7.2 แสดงการ check ที่ช่อง active

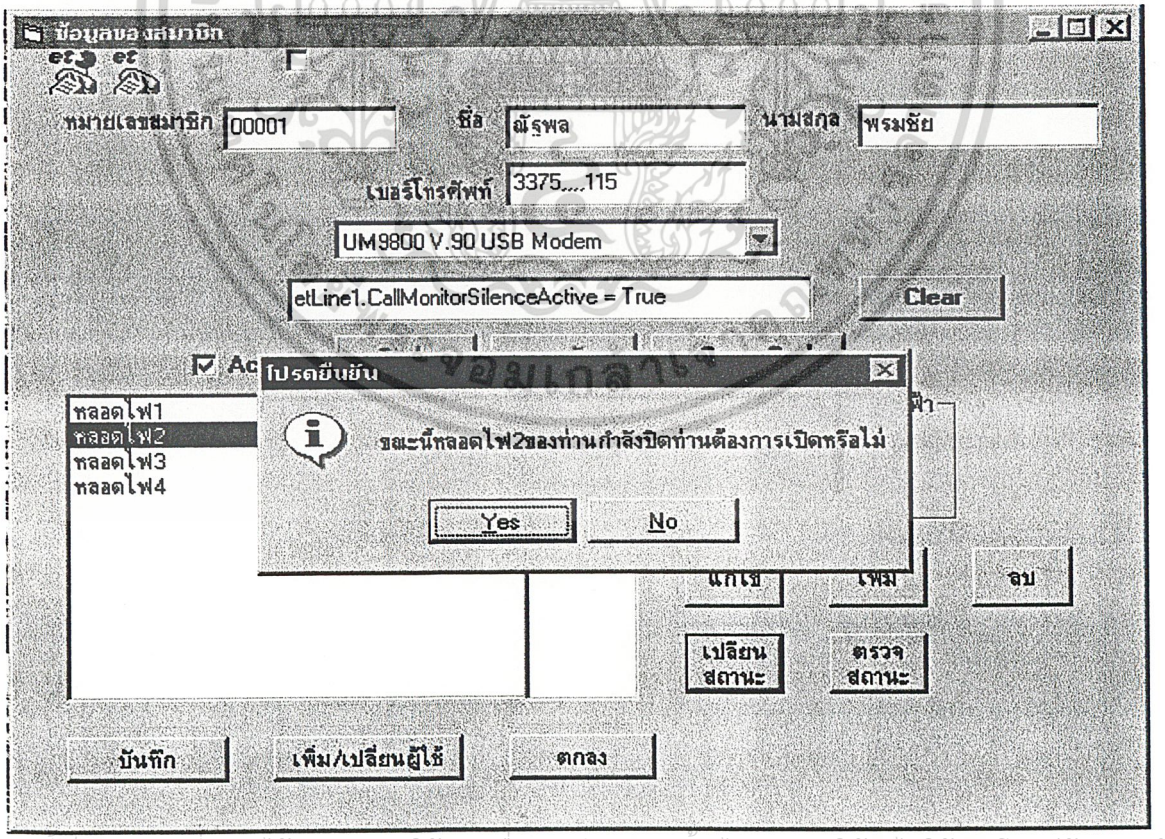


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7.3 แสดงการติดต่อกับปลายทาง

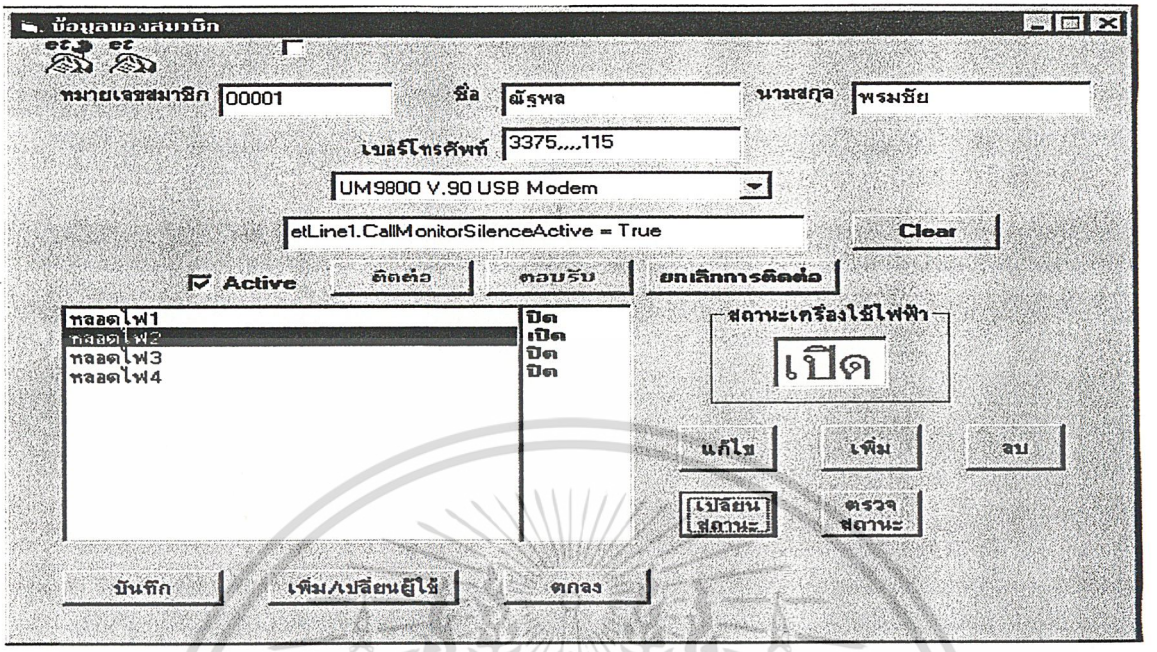


รูปที่ 7.4 แสดงสถานะต่าง ๆ ของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ช่องของ สถานะเครื่องใช้ไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น การอ้างอิงหรือสำเนาส่วนใดส่วนหนึ่งของเอกสารนี้ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้เขียนเท่านั้น

รูปที่ 7.5 แสดงการตรวจสอบสถานะแล้วให้ผู้ใช้ยืนยันว่าต้องการเปิด/ปิดหรือไม่



รูปที่ 7.6 แสดงการยืนยันการเปลี่ยนสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้า

เครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีสถานะดังนี้

หลอดไฟ1 - ปิด

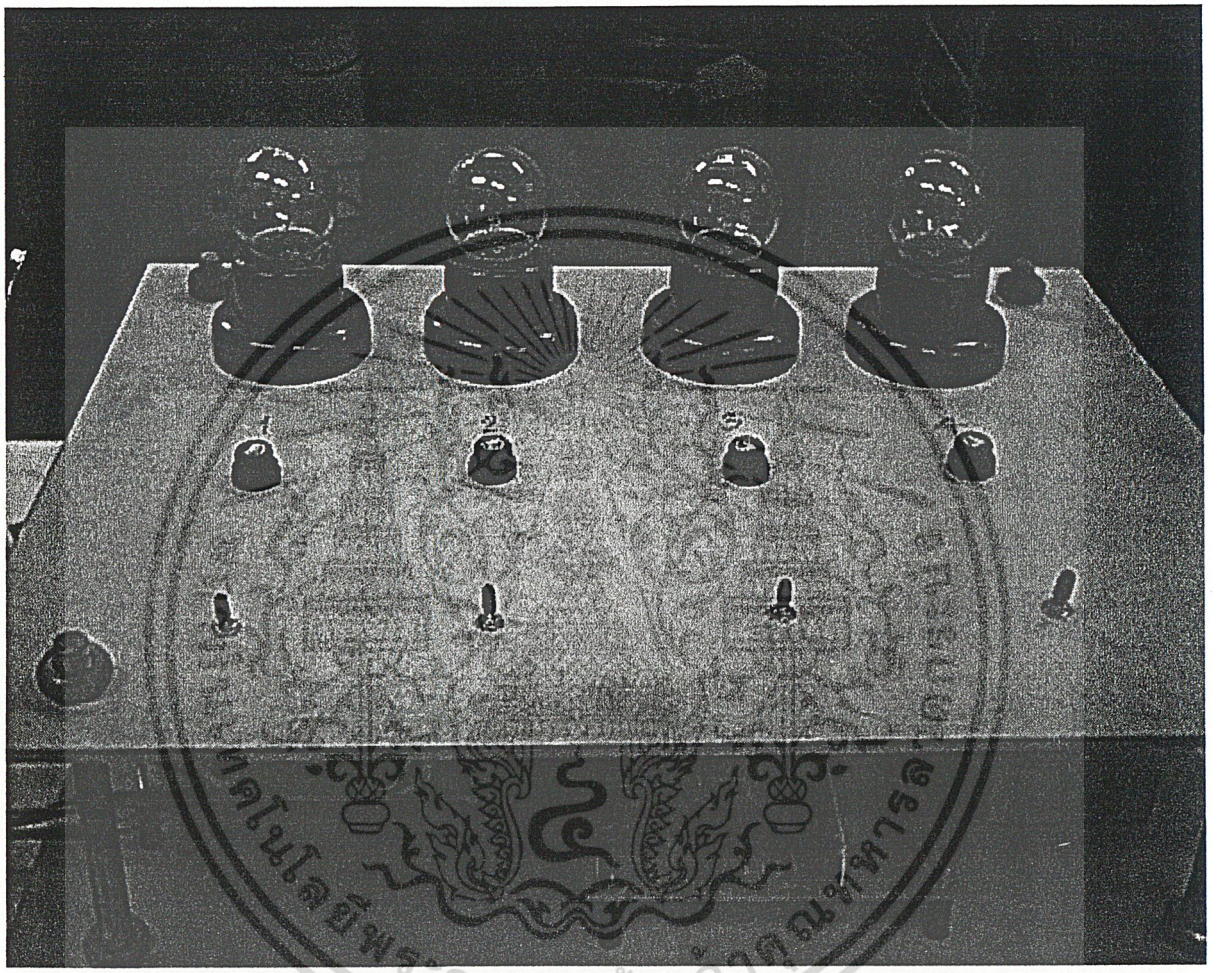
หลอดไฟ2 - เปิด

หลอดไฟ3 - ปิด

หลอดไฟ4 - ปิด

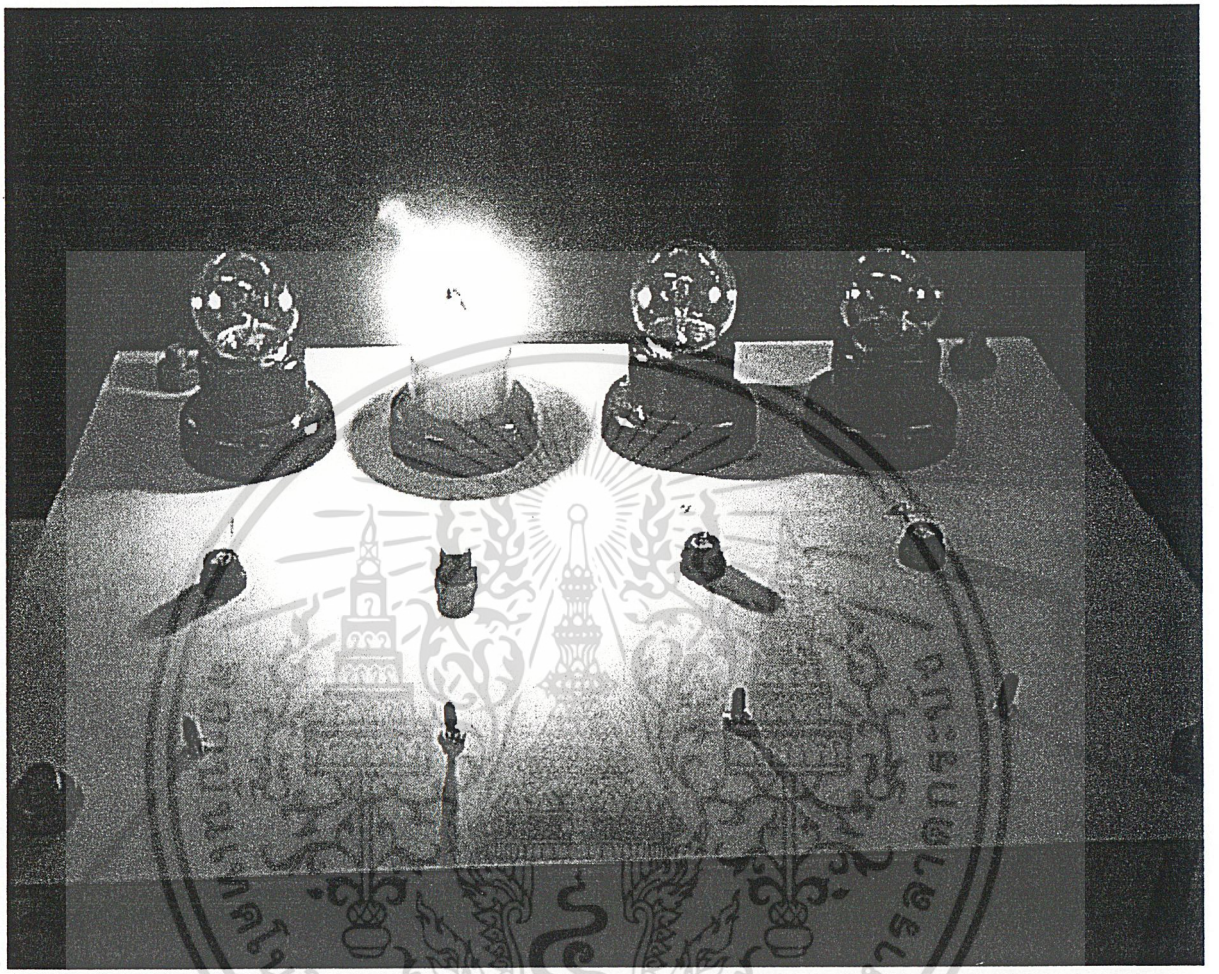
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>โดยส่วนของ hardware</u>



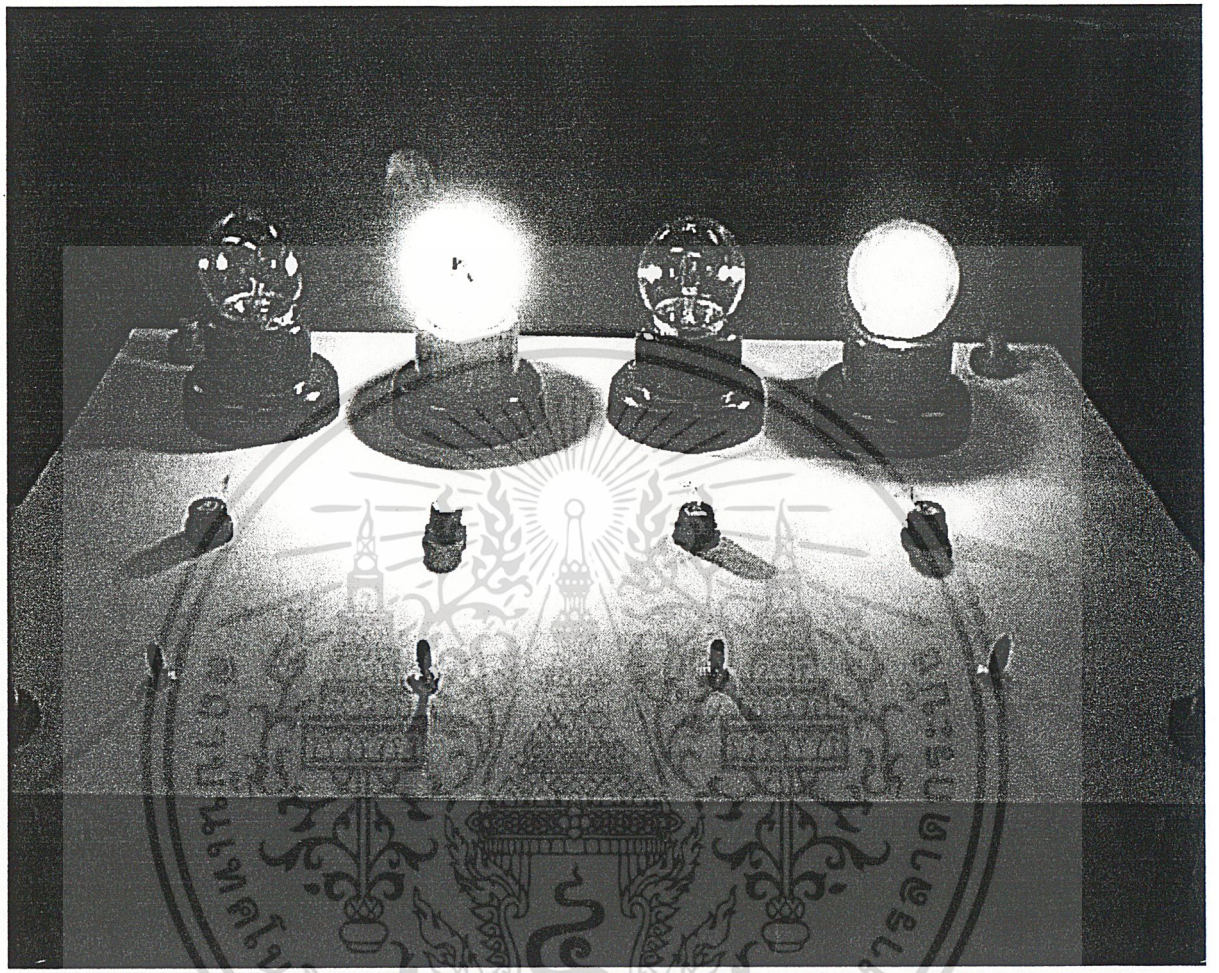
รูปที่ 7.7 แสดงก่อนการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



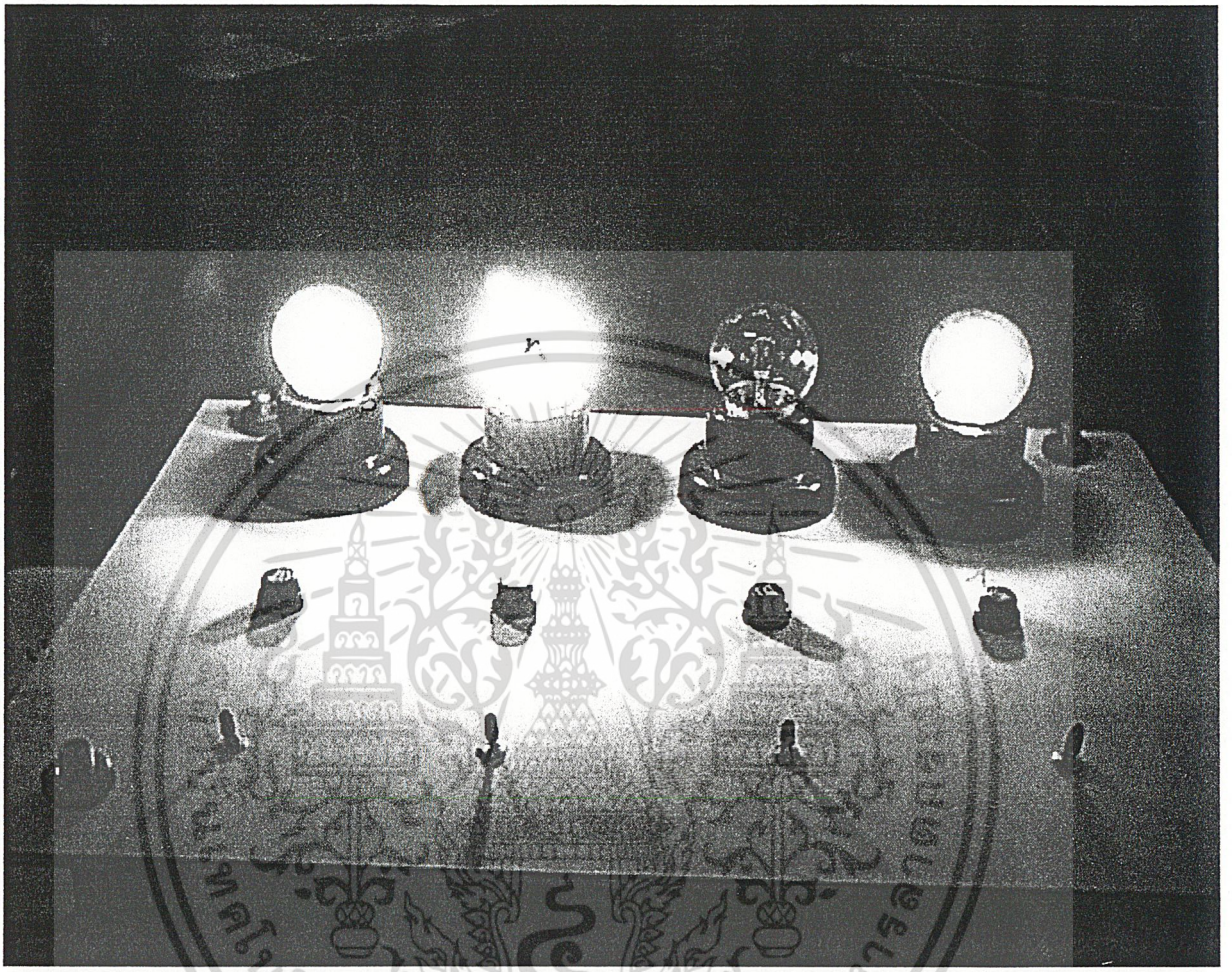
รูปที่ 7.8 แสดงการเปลี่ยนสถานะหลอดไฟดวงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



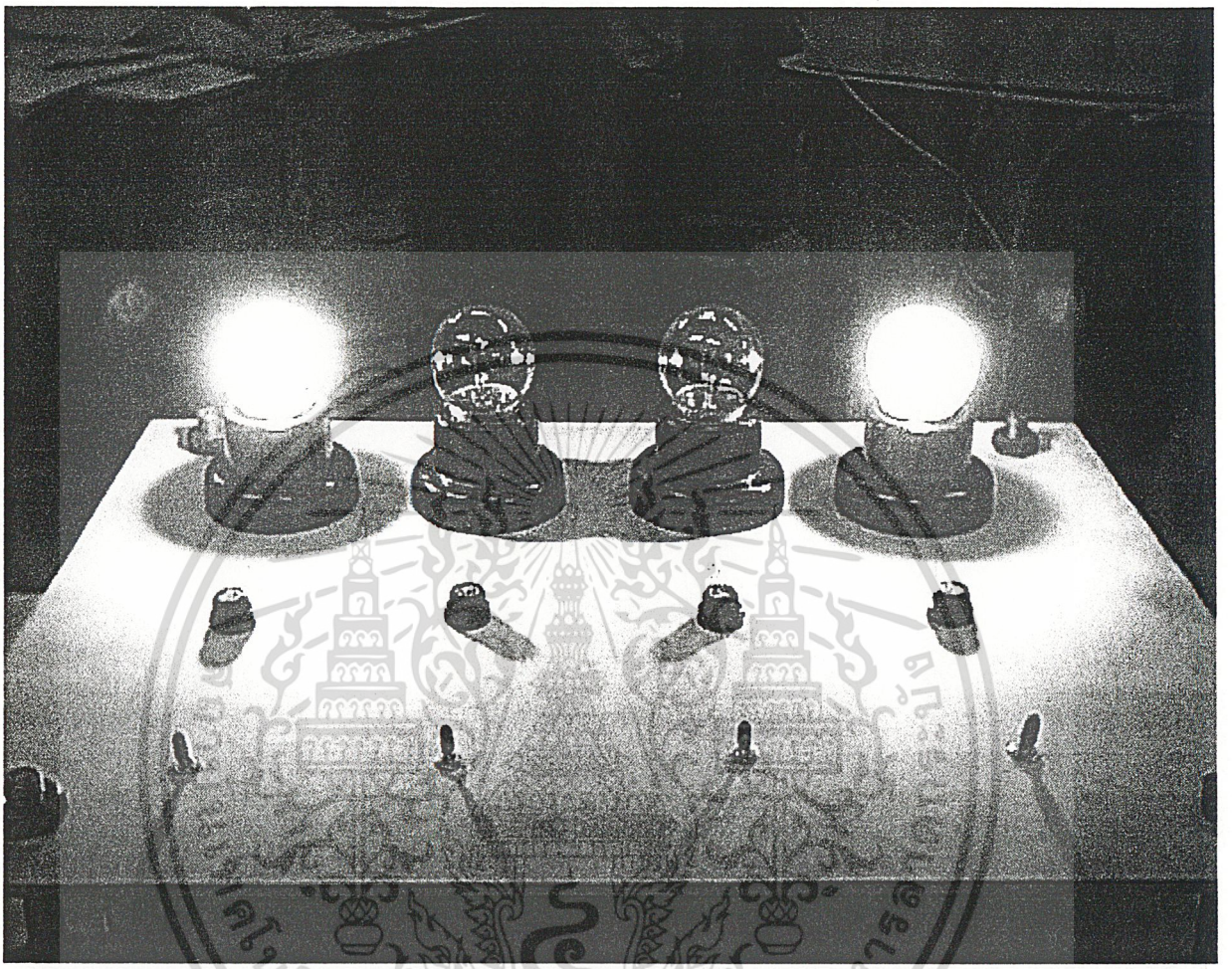
รูปที่ 7.9 แสดงการเปลี่ยนสถานะหลอดไฟดวงที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.10 แสดงเปลี่ยนสถานะหลอดไฟดวงที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.11 แสดงการเปลี่ยนสถานะหลอดไฟดวงที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง	สถานะของหลอดไฟบนหน้าจอ computer ก่อนการทดลอง	สถานะของหลอดไฟบนหน้าจอ computer หลังการทดลอง	ผลของวงจรที่ใช้ทดลองก่อนการทดลอง	ผลของวงจรที่ใช้ทดลองหลังการทดลอง
ปิดหลอดไฟดวงที่ 1	เปิด	ปิด	ติด	ดับ
เปิดหลอดไฟดวงที่ 1	ปิด	เปิด	ดับ	ติด
ปิดหลอดไฟดวงที่ 2	เปิด	ปิด	ติด	ดับ
เปิดหลอดไฟดวงที่ 2	ปิด	เปิด	ดับ	ติด
ปิดหลอดไฟดวงที่ 3	เปิด	ปิด	ติด	ดับ
เปิดหลอดไฟดวงที่ 3	ปิด	เปิด	ดับ	ติด
ปิดหลอดไฟดวงที่ 4	เปิด	ปิด	ติด	ดับ
เปิดหลอดไฟดวงที่ 4	ปิด	เปิด	ดับ	ติด

ตารางที่ 7.1 แสดงการเปิด/ปิดของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

8.1 สรุปผลการทดลอง

วัตถุประสงค์ในการทำโครงงานฉบับนี้ก็เพื่อที่จะสามารถเช็คและควบคุมเครื่องไฟฟ้าโดยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นที่เดียว หลาย ๆ ที่ก็ได้

จากการทดลองที่ผ่านมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าโครงงานนี้เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถปิด/เปิดได้โดยการควบคุมผลทางจอคอมพิวเตอร์ และ สามารถเช็คสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งเราจะสามารถควบคุมให้ปิด/เปิดก็ได้

8.2 ปัญหาที่เกิดระหว่างการทดลอง

- ในการทดลองการทำงานจะแสดงผลตรงตามสถานะเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง แต่ในบางครั้ง Computer จะไม่สามารถรับสถานะของวงจรที่ส่งมาได้ทั้งหมด
- กำลังขยายที่ถูกส่งมาจากวงจรต่ำมาก ทำให้ Computer ไม่สามารถรับรู้สถานะได้

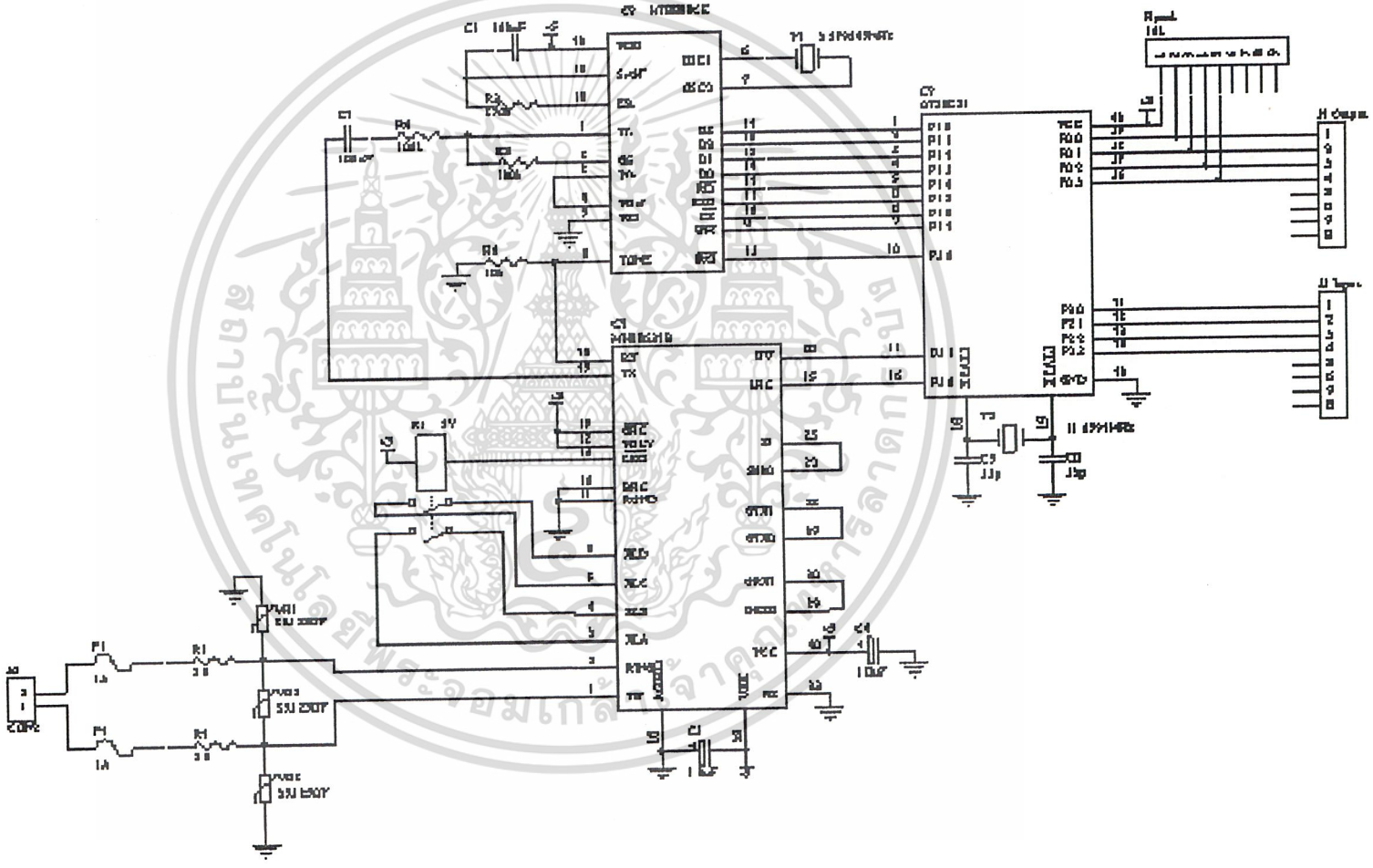
8.3 แนวทางในการพัฒนา

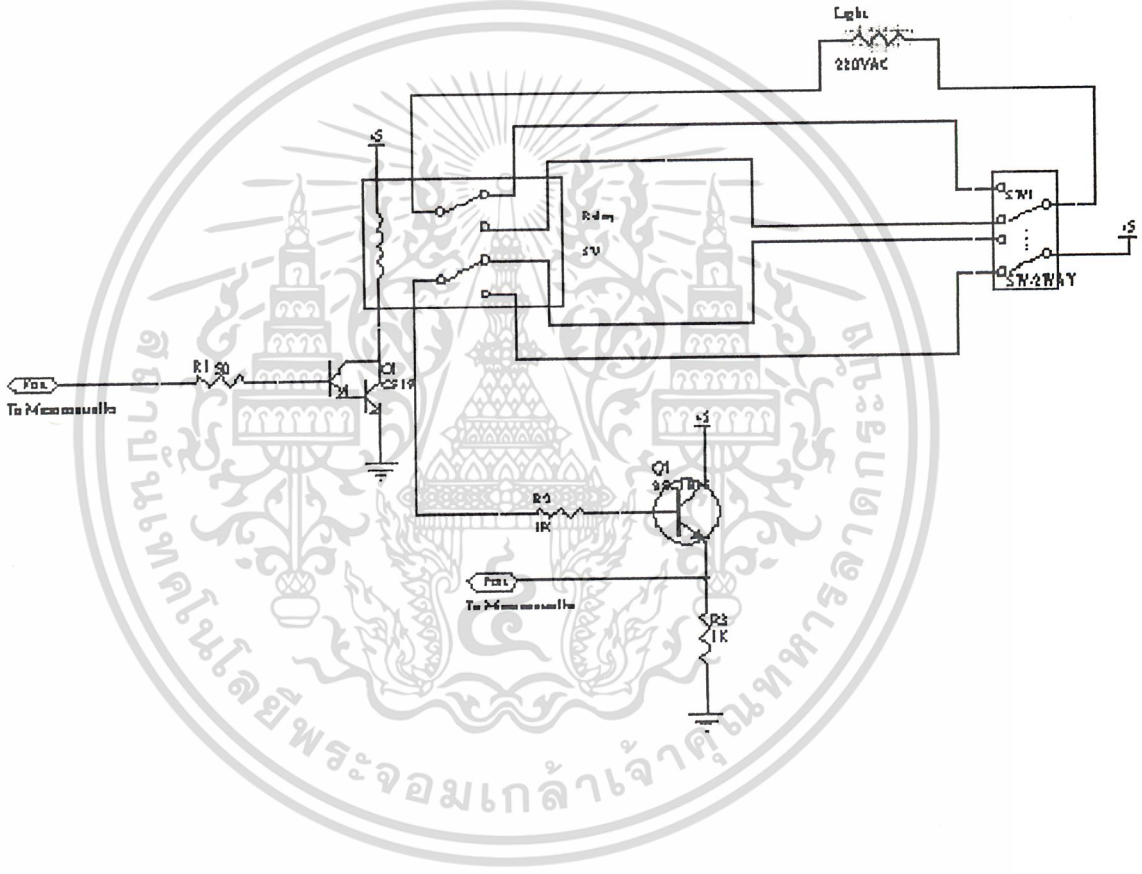
เนื่องจากระบบนี้เป็นระบบ อนาลอก และ ดิจิตอล ในการพัฒนาต่อไปถ้าสามารถทำให้อยู่ในรูปแบบของดิจิตอลทั้งระบบได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของไอซีวงจรรวมของบริษัทผู้ผลิต ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมในการใช้งาน ทั้งขนาดเล็ก น้ำหนักเบา กินกำลังไฟต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




Light
220VAC
+5
Relay
5V
SW1
SW-2WAY
+5
R1 50
Q1
S9014
Post
To Microcontroller
+5
Q1
R2
1K
Post
To Microcontroller
R3
1K

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program MCS-51

```
DATA            EQU     P1
WR              BIT     P1.7
CS              BIT     P1.6
RSO             BIT     P1.5
RD              BIT     P1.4

IRQ             BIT     P3.0
RV              BIT     P3.1
RELAY_DRIVE     BIT     P3.6
RING            BIT     P3.7
STATUS          EQU     7FH

                ORG     0000H
                MOV     P0,#00H   ;FIRST_STATUS
                MOV     P1,#0FFH
                SETB    IRQ
                SETB    RV
                CLR     RELAY_DRIVE
                SETB    IRQ
                ACALL   DELAY_100ms
                ACALL   INITIAL
                NOP

MAIN:           ACALL   DELAY_100ms
RINGLOOP:       JB      RV,$
                JNB     RV,$
                JB      RV,$
                JNB     RV,$
                SETB    RELAY_DRIVE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL     BURST          ;Select Burst Mode
                ACALL     DELAY_1s

; ********* Send digit status ***********

SEND:           ACALL     DELAY_1s
                MOV       A,#00000001B   ;send 8
                ACALL     SEND_DIGIT
                MOV       C,P2.0
                ACALL     CHECK          ;?
                MOV       C,P2.1
                ACALL     CHECK          ;?
                MOV       C,P2.2
                ACALL     CHECK          ;?
                MOV       C,P2.3
                ACALL     CHECK          ;?
                MOV       A,#00001001B
                ACALL     SEND_DIGIT     ;send 9

WAITDATA:       JB        IRQ,$
                ACALL     RECIEVE_DIGIT
                ANL       A,#0FH
                CJNE      A,#00000101B,GO_NEXT
                          ;If command = "0" then send status
                LJMP      SEND
GO_NEXT:        CJNE      A,#00000011B,NOT_END
                          ;If command = "#" then end program
                CLR       RELAY_DRIVE
                LJMP      MAIN
NOT_END:        CJNE      A,#00001101B,WAITDATA
                          ;If command = "*" then wait for next command
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LOOPDATA:       JB      IRQ,$
                ACALL   RECIEVE_DIGIT
                ANL     A,#0FH
                CJNE    A,#00001000B,DATA2    ; press 1
                 XRL    P0,#00000001B
                AJMP    SEND
DATA2:          CJNE    A,#00000100B,DATA3    ; press 2
                XRL     P0,#00000010B
                AJMP    SEND
DATA3:          CJNE    A,#00001100B,DATA4    ; press 3
                XRL     P0,#00000100B
                AJMP    SEND
DATA4:          CJNE    A,#00000010B,WAITDATA  ; press 4
                XRL     P0,#00001000B
                AJMP   SEND

; ************************************
; *       SUBSCRIBER PROGRAM         *
; ************************************


; ****** RECIEVE DIGIT********
;OUT = A

RECIEVE_DIGIT:  CLR     A
                ACALL   RDRS
                JNB     ACC.1,RECIEVE_DIGIT
                CLR     A
                ACALL   RDDT
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;******* SEND DIGIT **********
; IN = A
SEND_DIGIT:     ACALL     WRDT
WAIT_SEND:      CLR       A
                ACALL     RDRS
                JNB       ACC.2,WAIT_SEND
                RET

; ****** INITIAL MT8888 *******
INITIAL:        MOV       DATA,#0FFH
                ACALL     RDRS
                MOV       A,#0
                ACALL     WRCRA
                MOV       A,#0
                ACALL     WRCRA
                MOV       A,#01H
                ACALL     WRCRA
                MOV       A,#00H
                ACALL     WRCRA
                ACALL     RDRS
                RET

; ******** READ STATUS ********
; READ STATUS FROM MT8888C
; OUT = A
RDRS:           MOV       DATA,#10111111B
                NOP
                MOV       DATA,#10101111B
                NOP
                MOV       A,DATA
                NOP
                MOV       DATA,#10111111B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                NOP
                MOV         DATA,#11111111B
                NOP
                RET

; ********* WRITE REGISTOR *******
; WRITE COMMAND TO REGISTOR IN MT8888C
; IN  = A
WRCRA:          ANL         A,#0FH
                MOV         DATA,#10111111B
                NOP
                MOV         DATA,#00111111B
                ORL         A,#030H
                NOP
                MOV         DATA,A
                NOP
                MOV         DATA,#10111111B
                NOP
                MOV         DATA,#0FFH
                NOP
                RET

; ******* WRITE DATA TO MT8888C *******
; IN  = A
; REG = A
WRDT:           ANL         A,#0FH
                MOV         DATA,#10011111B
                NOP
                MOV         DATA,#00011111B
                ORL         A,#10H
                NOP
                MOV         DATA,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                NOP
                MOV         DATA,#10011111B
                NOP
                MOV         DATA,#0FFH
                NOP
                RET

; ******** READ DATA FROM MT8888C *******
; OUT = A
; REG = A
RDDT:           MOV         DATA,#10011111B
                NOP
                MOV         DATA,#10001111B
                NOP
                MOV         A,DATA
                NOP
                MOV         DATA,#10011111B
                NOP
                MOV         DATA,#11111111B
                NOP
                RET

; ********* SELECT BURST MODE ********
BURST:          MOV         A,#00001011B
                ACALL       WRCRA
                MOV         A,#0
                ACALL       WRCRA
                RET

CHECK:          MOV         A,#00H
                JNC         NOT_1
                MOV         A,#0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
NOT_1:          ACALL       SEND_DIGIT
                RET

; ********* DELAY TIME **********
DELAY_10ms:     MOV         R7,#010             ;10MS
DELAY_10ms_1:   MOV         R6,#0E6H
DELAY_10ms_2:   NOP
                NOP
                DJNZ        R6,DELAY_10ms_2
                DJNZ        R7,DELAY_10ms_1
                RET

DELAY_100ms:    MOV         R7,#100             ;100MS
DELAY_100ms_1:  MOV         R6,#0E6H
DELAY_100ms_2:  NOP
                NOP
                DJNZ        R6,DELAY_100ms_2
                DJNZ        R7,DELAY_100ms_1
                RET

DELAY_500ms:    MOV         R5,#5
DELAY_500ms_1:  ACALL       DELAY_100ms
                DJNZ        R5,DELAY_500ms_1
                RET

DELAY_1s:       MOV         R5,#100             ;DO 100 TIME
DELAY_1s_1:     ACALL       DELAY_10ms
                DJNZ        R5,DELAY_1s_1
        RET

        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Visual Basic

```
Dim State As String
Dim gsPath As String
Dim gsWavPath As String
Dim gdtConnected As Date
Dim Connect As Boolean
Dim Status1(1 To 8) As String
Dim Status2(1 To 8) As String

'Personal data
Dim n As Integer
Dim Cod As String * 5
Dim Fname As String * 15
Dim Lname As String * 15
Dim Pnumber As String * 15
Dim Ent As String * 2
Dim data As History
Dim DeviceNumber As Integer
Dim DataRecieve As Boolean
Dim m As Integer

Private Sub AddChange_Click()
If Not NewData Then
Unload namelist
Load namelist
namelist.Show
End If
Unload Personaldata
End Sub

Private Sub AddDevice_Click()
DeviceList.AddItem InputBox("กรุณาใส่เครื่องใช้ไฟฟ้า", "เพิ่มเครื่องใช้ไฟฟ้า")
 If Not update.Enabled Then update.Enabled = True
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub ChangeStatus_Click()
Dim Tool As String
Dim StartTime
If Connect Then
If DeviceList.ListIndex <> -1 Then
DeviceNumber = DeviceList.ListIndex + 1
  If DeviceNumber = 1 Then Tool = "1"
  If DeviceNumber = 2 Then Tool = "2"
  If DeviceNumber = 3 Then Tool = "3"
  If DeviceNumber = 4 Then Tool = "4"
   If Status1(DeviceNumber) = "" And Status2(DeviceNumber) = "" Then
    MsgBox "ไม่ทราบสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้า  ", vbOKOnly, "กรุณาตรวจสอบอีกครั้ง"
    Else
  If MsgBox("ขณะนี้" & Trim(Device(DeviceNumber)) & "ของท่านกำลัง" & Status1(DeviceNumber) & "ท่าน
ต้องการ" & Status2(DeviceNumber) & "หรือไม่", vbYesNo + vbInformation, "โปรดยืนยัน") = vbYes Then
   etLine1.CallSendDigits "*", 51
   StartTime = Timer
   While Timer < StartTime + 0.5
   DoEvents
   Wend
   etLine1.CallSendDigits Tool, 51
   If etLine1.CallDial Then TextStatus.Text = "Dialing"
   End If
    End If
   Else
     MsgBox "กรุณาเลือกอุปกรณ์ก่อน      ", vbOKOnly + vbCritical, "ท่านยังไม่ได้เลือกอุปกรณ์"
     End If
 Else
  MsgBox "กรุณาติดต่อเลขหมายของผู้ใช้ก่อน      ", vbOKOnly + vbCritical, "ไม่สามารถติดต่อได้"
 End If
 End Sub

 Private Sub DeviceList_DblClick()
  ChangeStatus_Click
 End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Okay_Click()
Unload Personaldata
End Sub

Private Sub CheckActive_Click()
  If CheckActive.Value = 0 Then
    If etLine1.DeviceActive Then
      If etPhone1.DeviceActive Then
        TextStatus.Text = "etPhone1.DeviceActive = False"
        etPhone1.DeviceActive = False
        If etPhone1.DeviceActive Then
          TextStatus.Text = "ผิดพลาด"
        End If
      End If
      TextStatus.Text = "etLine1.DeviceActive = False"
      etLine1.DeviceActive = False
      If Not etLine1.DeviceActive Then
        CommandDial.Enabled = False
      Else
        TextStatus.Text = "Error = " & etLine1.ErrorText
        CheckActive.Value = 1
      End If
    End If
  Else
    If Not etLine1.DeviceActive Then
      TextStatus.Text = "etLine1.DeviceActive = True"
      etLine1.DeviceActive = True
      If etLine1.ErrorNumber = INVALID_SERIAL_NUMBER Then
        MsgBox ("Error opening line device: " & etLine1.ErrorText & vbCrLf & vbCrLf & _
            "See the help topic:" & vbCrLf & vbCrLf & _
            vbTab & "Why Serial Numbers Are Important")
      End If
      If (Not etLine1.DeviceActive) And (etLine1.ErrorNumber = LINEERR_INVALMEDIAMODE) Then
        TextStatus.Text = "This device is not 100% TAPI compliant" & vbCrLf
        etLine1.DeviceMediaModesActive = LINEMEDIAMODE_DATAMODEM
        etLine1.DeviceActive = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        End If
        If etLine1.DeviceActive Then
          CommandDial.Enabled = True
        Else
          TextStatus.Text = "Error = " & etLine1.ErrorText
          CheckActive.Value = 0
        End If
      End If
    End If
  ' UpdatePhoneDisplay
End Sub

Private Sub ComboDevice_Click()
  If etLine1.DeviceActive Then
    CheckActive.Value = 0
  End If
  TextStatus.Text = TextStatus.Text & "etLine1.DeviceID = " & Str(ComboDevice.ListIndex) & vbCrLf
  etLine1.DeviceID = ComboDevice.ListIndex
  If etLine1.ErrorNumber <> 0 Then
    TextStatus.Text = "Error = " & etLine1.ErrorText
  Else
    etLine1.PrivilegeMonitor = True
    etLine1.PrivilegeOwner = True
  End If
End Sub

Private Sub CommandAnswer_Click()
  TextStatus.Text = "Answering"
  If Not etLine1.CallAnswer Then
    TextStatus.Text = "Error = " & etLine1.ErrorText
  End If
End Sub

Private Sub CommandClear_Click()
  TextStatus.Text = ""
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub CommandDial_Click()
   State = "Dial"
   etLine1.CallPhoneNumber = TextPhoneNumber.Text
   TextStatus.Text = "Dialing [" & TextPhoneNumber.Text & "]"
   If etLine1.CallDial Then
      CommandDial.Enabled = False
      CommandHangup.Enabled = True
   Else
      etLine1.CallMonitorSilenceActive = False
      etLine1.CallHangup 'Just in case the device didn't drop the call
   End If
End Sub

Private Sub CommandHangup_Click()
etLine1.CallSendDigits "#", 51
   StartTime = Timer
   While Timer < StartTime + 0.5
   DoEvents
   Wend
    TextStatus.Text = "Hangup"
    etLine1.CallMonitorSilenceActive = False
    If Not etLine1.CallHangup Then
       TextStatus.Text = "Error = " & etLine1.ErrorText
    End If
End Sub

Private Sub DeviceList_Click()
DeviceNumber = DeviceList.ListIndex + 1
TextDeviceStatus.Text = Status1(DeviceNumber)
End Sub

Private Sub EditDevice_Click()
DeviceList.List(DeviceNumber - 1) = InputBox("เปลี่ยนเครื่องใช้จาก" & DeviceList.Text, "แก้ไข")
If Not update.Enabled Then update.Enabled = True
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub etLine1_OnBusy(ByVal CallHandle As Long)
   TextStatus.Text = "etLine1.OnBusy"
   CommandHangup_Click
End Sub

Private Sub etLine1_OnCallBegin(ByVal CallHandle As Long)
   TextStatus.Text = "etLine1.OnCallBegin"
End Sub

Private Sub etLine1_OnCalledID(ByVal CallHandle As Long)
   TextStatus.Text = "etLine1.OnCalledID" & vbCrLf
   TextStatus.Text = "CalledIDName = " & etLine1.CallCalledIDName
   TextStatus.Text = "CalledIDNumber = " & etLine1.CallCalledIDNumber
End Sub

Private Sub etLine1_OnCallEnd(ByVal CallHandle As Long)
   TextStatus.Text = "etLine1.OnCallEnd"
   Connect = False
End Sub

Private Sub etLine1_OnCallerID(ByVal CallHandle As Long)
   TextStatus.Text = "etLine1.OnCallerID"
   TextStatus.Text = "CallerIDName = " & etLine1.CallCallerIDName
   TextStatus.Text = "CallerIDNumber = " & etLine1.CallCallerIDNumber
End Sub

Private Sub etLine1_OnConnected(ByVal CallHandle As Long)
   TextStatus.Text = "etLine1.OnConnected"
   etLine1.CallMonitorDigitsActive = True
   If (etLine1.AboutLevel = "Standard") Or _
     (etLine1.AboutLevel = "Professional") Or _
     (etLine1.AboutLevel = "Enterprise") Then
      If (etLine1.CallOrigin = LINECALLORIGIN_OUTBOUND) Then
         TextStatus.Text = "Check for automated device"
         TextStatus.Text = "etLine1.CallMonitorSilenceActive = True"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        gdtConnected = Now
        etLine1.CallMonitorSilenceDuration = 1500
        etLine1.CallMonitorSilenceActive = True
      End If
    End If
    CommandAnswer.Enabled = False
    CommandHangup.Enabled = True
    etLine1.CallMonitorDigitsActive = True
    Connect = True
End Sub

Private Sub etLine1_OnConnectedID(ByVal CallHandle As Long)
    TextStatus.Text = "etLine1.OnConnectedID"
    TextStatus.Text = "ConnectedIDName = " & etLine1.CallConnectedIDName
    TextStatus.Text = "ConnectedIDNumber = " & etLine1.CallConnectedIDNumber
    Connect = True
End Sub

Private Sub etLine1_OnDialing(ByVal CallHandle As Long)
    TextStatus.Text = "etLine1.OnDialing"
End Sub

Private Sub etLine1_OnDigitReceived(ByVal CallHandle As Long, ByVal Digit As Integer, ByVal Tag As
Long)
     etLine1.CallMonitorDigitsActive = True
     Textwavefile.Text = Textwavefile.Text & Chr(Digit)
    If Chr(Digit) = "8" Then
    DataRecieve = True
    ListStatus.Clear
    m = 0
    End If
    If Chr(Digit) = "9" Then DataRecieve = False

        If DataRecieve And Chr(Digit) <> "8" Then
        m = m + 1
         If Chr(Digit) = "D" Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ListStatus.AddItem "ปิด"
            Status1(m) = "ปิด"
            Status2(m) = "เปิด"
            Else
            If Chr(Digit) = "C" Then
              ListStatus.AddItem "เปิด"
              Status1(m) = "เปิด"
              Status2(m) = "ปิด"
            End If
          End If
          DeviceStatus(m) = Chr(Digit)
        End If
      If DeviceList.ListIndex <> -1 Then DeviceList_Click
End Sub

Private Sub etLine1_OnDisconnected(ByVal CallHandle As Long)
    TextStatus.Text = "etLine1.OnDisconnected"
    TextStatus.Text = "etLine1.CallDisconnectMode = " & _
                etLine1.StringLINEDISCONNECTMODE(etLine1.CallDisconnectMode)
    etLine1.CallMonitorSilenceActive = False
    etLine1.CallHangup
End Sub

Private Sub etLine1_OnIdle(ByVal CallHandle As Long)
    State = ""
    TextStatus.Text = "etLine1.OnIdle"
    CommandAnswer.Enabled = False
    CommandHangup.Enabled = False
    CommandDial.Enabled = True
    etLine1.CallMonitorDigitsActive = False
    etLine1.CallMonitorSilenceActive = False
End Sub

Private Sub etLine1_OnOffering(ByVal CallHandle As Long)
    TextStatus.Text = "etLine1.OnOffering"
    CommandAnswer.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub etLine1_OnRedirectingID(ByVal CallHandle As Long)
    TextStatus.Text = "etLine1.OnRedirectingID"
    TextStatus.Text = "RedirectingIDName = " & etLine1.CallRedirectingIDName
    TextStatus.Text = "RedirectingIDNumber = " & etLine1.CallRedirectingIDNumber
End Sub

Private Sub etLine1_OnRing(ByVal Count As Long, ByVal RingMode As Long)
    TextStatus.Text = "etLine1.OnRing [" & Str(Count) & ", " & Str(RingMode) & "]"
End Sub

Private Sub etLine1_OnRingBack(ByVal CallHandle As Long)
    TextStatus.Text = "etLine1.OnRingBack"
End Sub

Private Sub etLine1_OnSilence(ByVal CallHandle As Long)
    TextStatus.Text = "etLine1.OnSilence"
    If etLine1.CallOrigin = LINECALLORIGIN_OUTBOUND Then
      TimerAutomatedAnsweringDevice.Enabled = False
      etLine1.CallMonitorSilenceActive = False
      If ((Now - gdtConnected) < (ONE_SECOND * 3)) Then
        TextStatus.Text = "Silence detected in less than 3 seconds"
        TextStatus.Text = "Likely a human"
      Else
        TextStatus.Text = "Silence detected in greater than 3 seconds"
        TextStatus.Text = "Likely an automated device"
      End If
    End If
End Sub

Private Sub etLine1_OnSpecialInfo(ByVal CallHandle As Long)
    TextStatus.Text = "etLine1.OnSpecialInfo"
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub etPhone1_OnDigitDown(ByVal wDetail As Integer)
   TextStatus.Text = "etPhone1.OnDigitDown [" & Chr(wDetail) & "]"
End Sub

Private Sub etPhone1_OnDigitUp(ByVal wDetail As Integer)
   TextStatus.Text = "etPhone1.OnDigitUp [" & Chr(wDetail) & "]"
End Sub

Private Sub etPhone1_OnError()
   TextStatus.Text = TextStatus.Text & "etPhone1.OnError" & vbCrLf
   TextStatus.Text = TextStatus.Text & vbTab & "etPhone1.ErrorText = " & etPhone1.ErrorText & vbCrLf
End Sub

Private Sub etPhone1_OnHandsetHookSwitch()
   TextStatus.Text = "etPhone1.OnHandsetHookSwitch"
   If etPhone1.HandsetMicrophoneAndSpeaker Then
      TextStatus.Text = "etPhone1.HandsetMicrophoneAndSpeaker = True"
   Else
      TextStatus.Text = "etPhone1.HandsetMicrophoneAndSpeaker = False"
   End If
   If etPhone1.HandsetMicrophoneOnly Then
      TextStatus.Text = "etPhone1.HandsetMicrophoneOnly = True"
   Else
      TextStatus.Text = "etPhone1.HandsetMicrophoneOnly = False"
   End If
   If etPhone1.HandsetOnHook Then
      TextStatus.Text = "etPhone1.HandsetOnHook = True"
   Else
      TextStatus.Text = "etPhone1.HandsetOnHook = False"
   End If
   If etPhone1.HandsetSpeakerOnly Then
      TextStatus.Text = "etPhone1.HandsetSpeakerOnly = True"
   Else
      TextStatus.Text = "etPhone1.HandsetSpeakerOnly = False"
   End If
   UpdatePhoneDisplay
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub etPhone1_OnPhoneState()
   TextStatus.Text = "etPhone1.OnPhoneState [" & Hex(lState) & "] [" & Hex(lDetail) & "]"
End Sub

Private Sub etPhone1_OnSpeakerphoneGain()
   TextStatus.Text = "etPhone1.OnSpeakerphoneGain"
   TextStatus.Text = "etPhone1.SpeakerphoneGain = " & Str(etPhone1.SpeakerphoneGain)
End Sub

Private Sub Form_Load()
Me.Show
'Load Data
If Not NewPersonalData Then
freearea = FreeFile
Open drive1 For Random As #freearea Len = Len(data)
Get #freearea, recordnum, data

Cod = data.code
Fname = data.Fnam
Lname = data.Lnam
Pnumber = data.Tele
Device(1) = data.Dev1
Device(2) = data.Dev2
Device(3) = data.Dev3
Device(4) = data.Dev4
Ent = data.Ent

textcode.Text = Cod
textname.Text = Fname
textlnam.Text = Lname
TextPhoneNumber = Pnumber
Close #freearea
   If Device(1) <> "          " Then DeviceList.AddItem Device(1)
   If Device(2) <> "          " Then DeviceList.AddItem Device(2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    If Device(3) <> "            " Then DeviceList.AddItem Device(3)
    If Device(4) <> "            " Then DeviceList.AddItem Device(4)
End If
 DataRecieve = False
 m = 0

'Enabled all ExceleTel TeleTools controls before using them
    etLine1.Enabled = True
    ComboDevice.Clear
    etLine1.DeviceID = 0
    For L = 0 To etLine1.DeviceCount - 1
       ComboDevice.AddItem etLine1.DeviceList(L)
    Next L
    If ComboDevice.ListCount > 0 Then
       ComboDevice.Text = ComboDevice.List(0)
    End If
    ComboDevice.ListIndex = 0
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    etLine1.DeviceActive = False
    CommandHangup_Click
End Sub

Private Sub Remove_Click()
DeviceList.RemoveItem DeviceNumber
If Not update.Enabled Then update.Enabled = True
End Sub

Private Sub StatusCheck_Click()
If Connect Then
    etLine1.CallSendDigits "0", 51
Else
  MsgBox "กรุณาติดต่อเลขหมายของผู้ใช้ก่อน      ", vbOKOnly + vbCritical, "ไม่สามารถติดต่อได้"
  End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub textcode_Change()
If Not update.Enabled Then update.Enabled = True
End Sub

Private Sub textlnam_Change()
If Not update.Enabled Then update.Enabled = True
End Sub

Private Sub textname_Change()
If Not update.Enabled Then update.Enabled = True
End Sub

Private Sub TextPhoneNumber_Change()
If Not update.Enabled Then update.Enabled = True
End Sub

Private Sub update_Click()
data.code = textcode.Text
data.Fnam = textname.Text
data.Lnam = textlnam.Text
data.Tele = TextPhoneNumber.Text
data.Dev1 = DeviceList.List(0)
data.Dev2 = DeviceList.List(1)
data.Dev3 = DeviceList.List(2)
data.Dev4 = DeviceList.List(3)
data.Ent = Chr(13) & Chr(10)
If NewData Then
CommonDialog1.ShowSave
drive1 = CommonDialog1.FileName
End If
  If drive1 = "" Then
  MsgBox "กรุณาเลือกไฟล์        ", vbOKOnly + vbCritical, "Error"
  Else
  recordnum = 1
  freearea = FreeFile
  Open drive1 For Random As #freearea Len = Len(data)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Put #freearea, recordnum, data
Close #freearea
update.Enabled = False
If NewData Then NewData = False
End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8888C

Integrated DTMF Transceiver with Intel Micro Interface

ZARLINK SEMICONDUCTOR

DS5432 ISSUE 8 April 2002

Features

- Central office quality DTMF transmitter/receiver
- Low power consumption
- High speed Intel micro interface
- Adjustable guard time
- Automatic tone burst mode
- Call progress tone detection to -30dBm

Applications

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

Ordering Information

MT8888CE	20 Pin Plastic DIP
MT8888CS	20 Pin SOIC
MT8888CN	24 Pin SSOP

-40°C to +85°C

Description

The MT8888C is a monolithic DTMF transceiver with call progress filter. It is fabricated in CMOS technology offering low power consumption and high reliability.

The receiver section is based upon the industry standard MT8870 DTMF receiver while 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.

The MT8888C utilizes an Intel micro interface, which allows the device to be connected to a number of popular microcontrollers with minimal external logic.

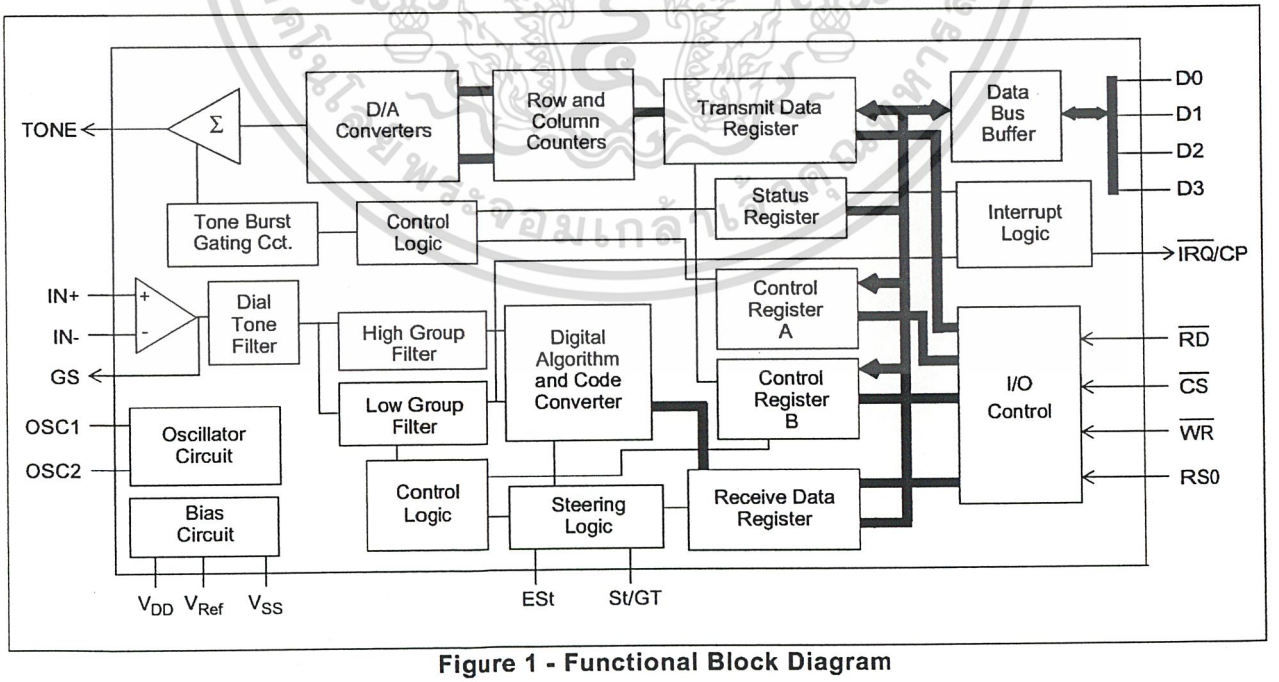


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

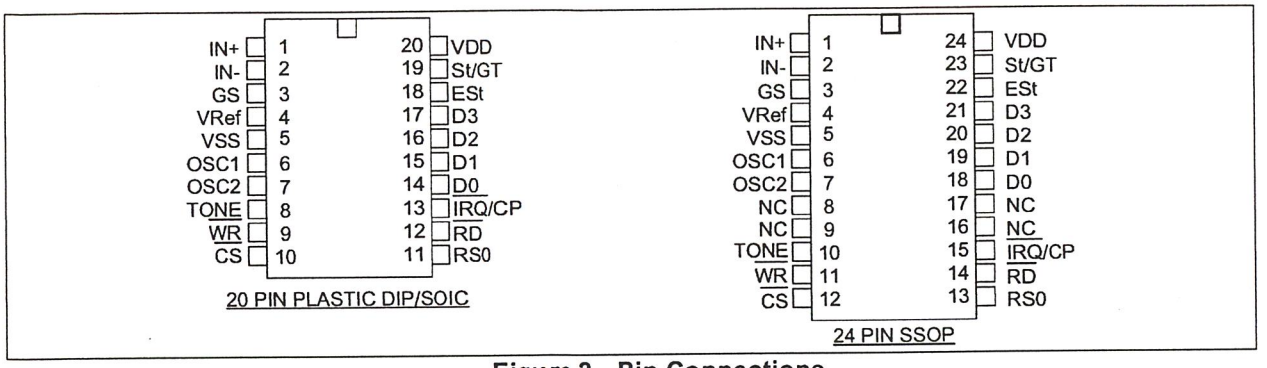


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #		Name	Description
20	24		
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 ($V_{DD}/2$).
5	5	V_{SS}	Ground (0V).
6	6	OSC1	DTMF clock/oscillator input. Connect a 4.7MΩ resistor to VSS if crystal oscillator is used.
7	7	OSC2	**Oscillator** output. A 3.579545 MHz crystal connected between OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit. Leave open circuit when OSC1 is driven externally.
8	10	TONE	Output from internal DTMF transmitter.
9	11	$\overline{WR}$	**Write** microprocessor input. TTL compatible.
10	12	$\overline{CS}$	**Chip Select** input. Active Low. This signal must be qualified externally by address latch enable (ALE) signal, see Figure 12.
11	13	RS0	**Register Select** input. Refer to Table 3 for bit interpretation. TTL compatible.
12	14	$\overline{RD}$	**Read** microprocessor input. TTL compatible.
13	15	$\overline{IRQ}$/ CP	**Interrupt Request/Call Progress** (open drain) output. In interrupt mode, this output goes low when a valid DTMF tone burst has been transmitted or received. In call progress mode, this pin will output a rectangular 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	D0-D3	Microprocessor Data Bus. High impedance when $\overline{CS}$ = 1 or $\overline{RD}$ = 1. TTL compatible.
18	22	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	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	V_{DD}	Positive power supply (5V typical).
	8, 9, 16,17	NC	No Connection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

The MT8888C Integrated DTMF Transceiver consists of a high performance DTMF receiver with an internal gain setting amplifier and a DTMF generator which employs a burst counter to synthesize precise tone bursts and pauses. A call progress mode can be selected so that frequencies within the specified passband can be detected. The Intel micro interface allows microcontrollers, such as the 8080, 80C31/51 and 8085, to access the MT8888C internal registers.

Input Configuration

The input arrangement of the MT8888C 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 gain adjustment. 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.

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 Table 1). These filters 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 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.

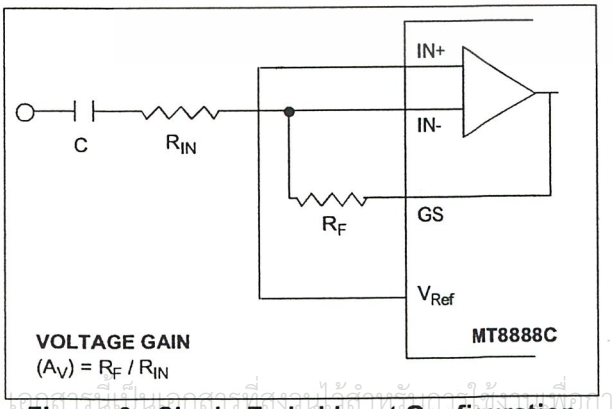


Figure 3 - Single-Ended Input Configuration

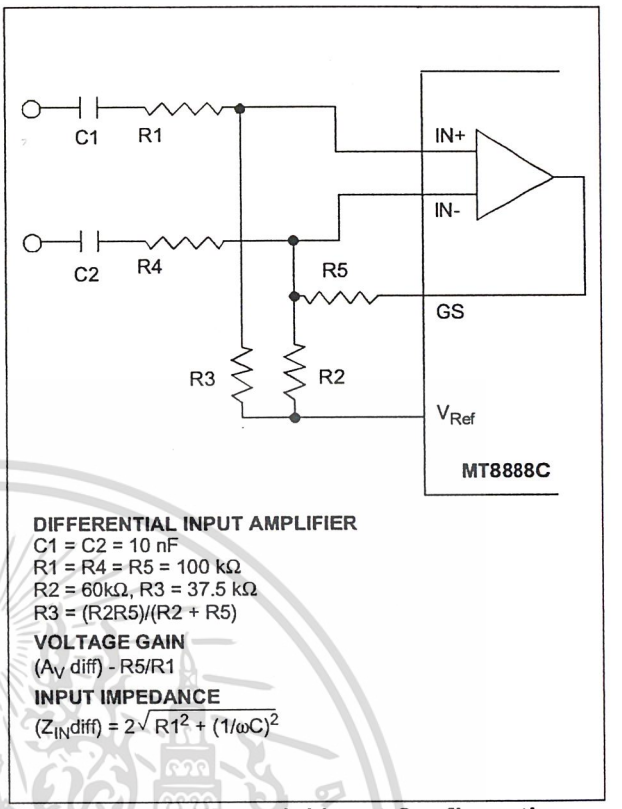


Figure 4 - Differential Input Configuration

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

Table 1. Functional Encode/Decode Table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

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 Table 1) 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 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.

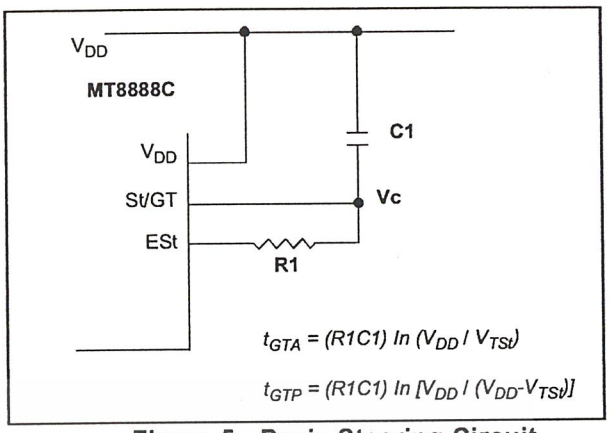


Figure 5 - Basic Steering Circuit

Guard Time Adjustment

The simple steering circuit shown in Figure 5 is adequate for most applications. Component values are chosen according to the following inequalities (see Figure 7):

$$t_{REC} \geq t_{DPmax} + t_{GTPmax} - t_{DAmin}$$
$$t_{\overline{REC}} \leq t_{DPmin} + t_{GTPmin} - t_{DAmax}$$
$$t_{ID} \geq t_{DAmax} + t_{GTAmax} - t_{DPmin}$$
$$t_{DO} \leq t_{DAmin} + t_{GTAmin} - t_{DPmax}$$

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

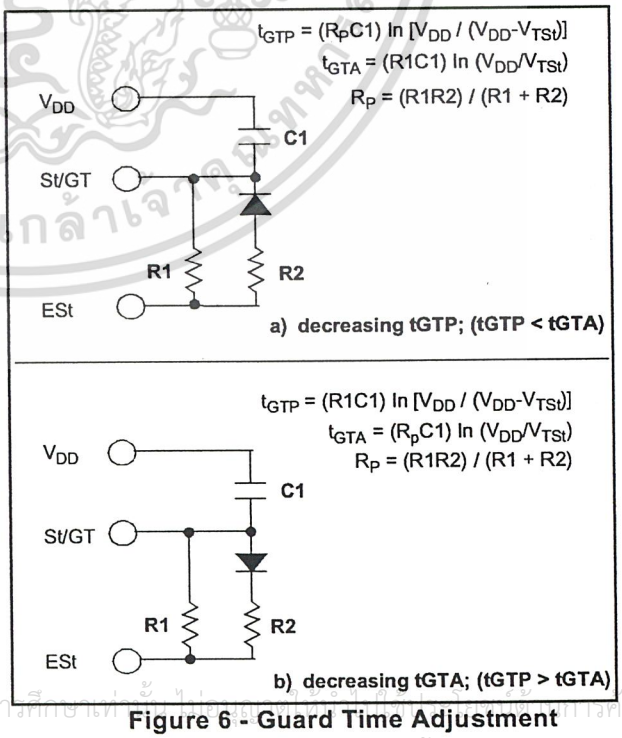


Figure 6 - Guard Time Adjustment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

applications, leaving R1 to be selected by the designer. Different steering arrangements may be used to select independent tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}) guard times. This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on 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 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 7 with a description of the events in Figure 9.

Call Progress Filter

A call progress mode, using the MT8888C, 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 7). 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 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 IRQ/CP pin will remain low.

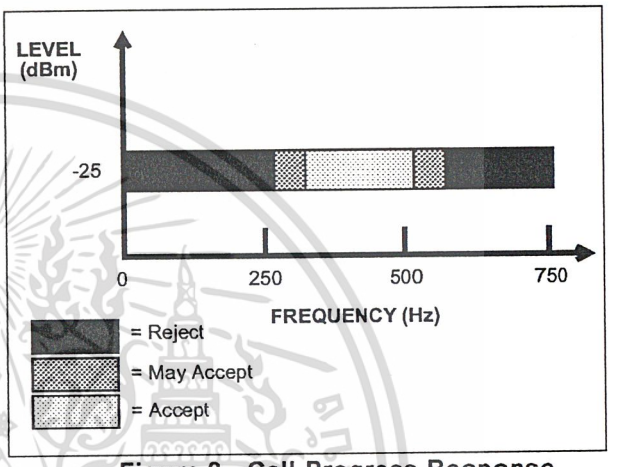


Figure 8 - Call Progress Response

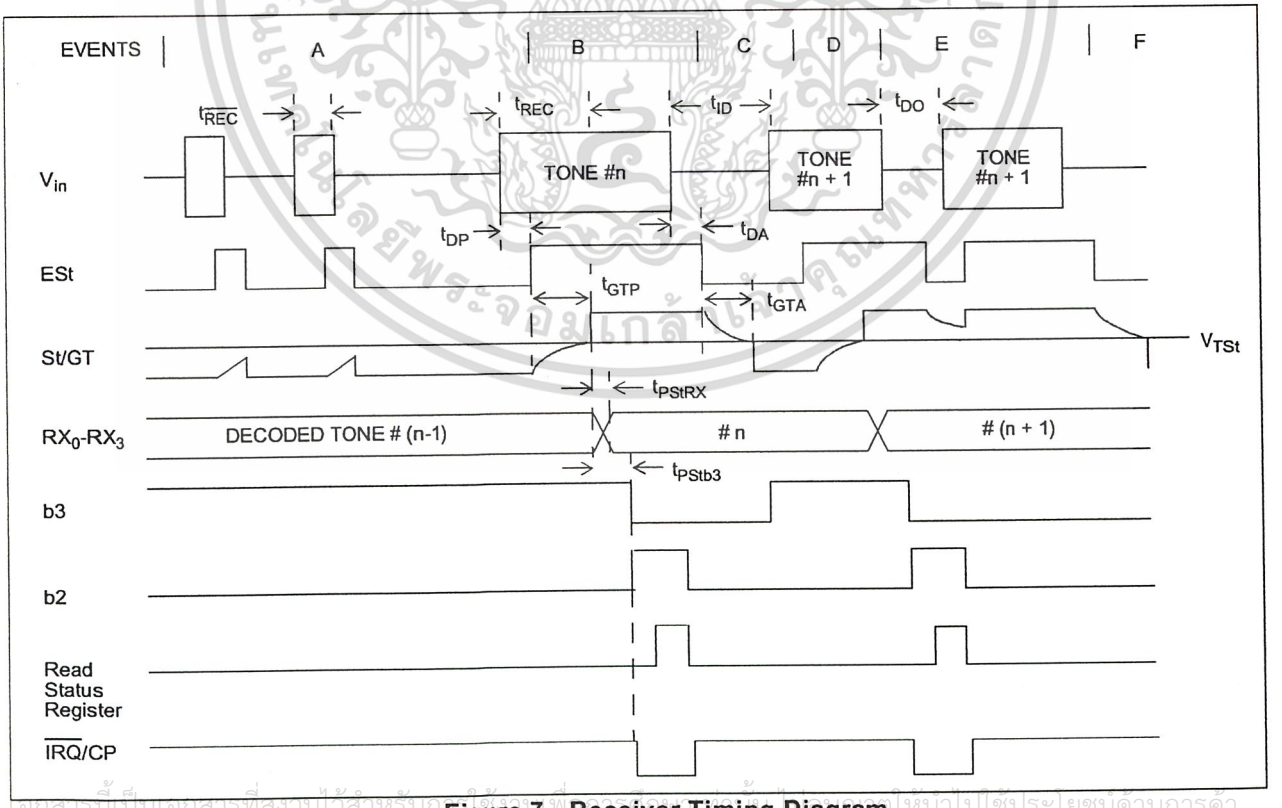


Figure 7 - Receiver Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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_{REC} MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECTED AS VALID.
$t_{\overline{REC}}$ 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 9 - Description of Timing Events

DTMF Generator

The DTMF transmitter employed in the MT8888C 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 Table 1 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 (twist) is 2 dB to com-pensate for high group attenuation on long loops.

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 of time segments is fixed at 32, however, by varying the segment length as described above the frequency can also 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 8 that the distortion products are very low in amplitude.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

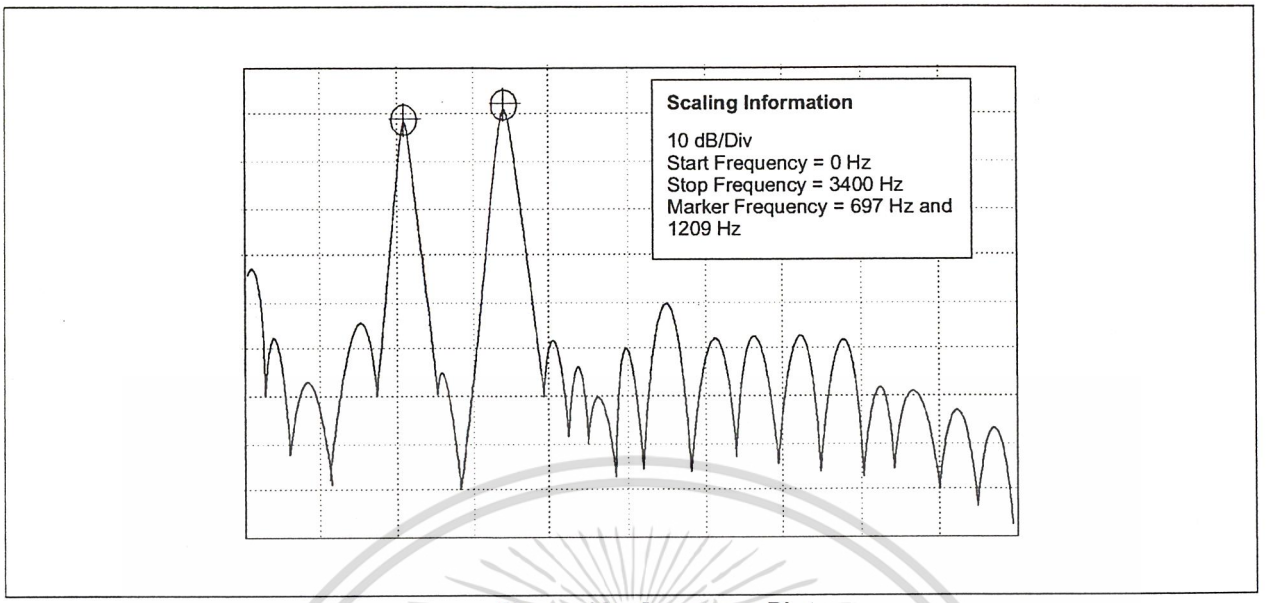


Figure 10 - Spectrum Plot

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, the burst/pause duration is doubled to 102 ms ±2 ms. 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 time is desirable, a software timing loop or external timer can be used to provide the timing pulses when the burst mode is disabled by enabling and disabling the transmitter.

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.

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 2. Actual Frequencies Versus Standard Requirements

Distortion Calculations

The MT8888C is capable of producing precise tone bursts with minimal error in frequency (see Table 2). 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.

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

Equation 1. THD (%) For a Single Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 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.

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

Equation 2. THD (%) For a Dual Tone

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 MT8888C devices can be connected as shown in Figure 11 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.

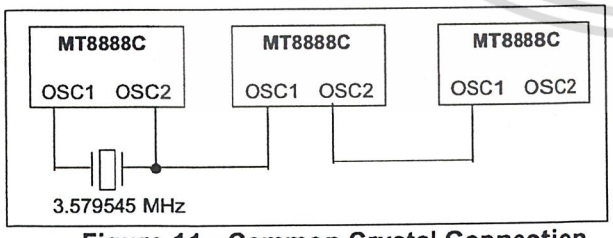


Figure 11 - Common Crystal Connection

Microprocessor Interface

The MT8888C incorporates an Intel microprocessor interface which is compatible with fast versions (16 MHz) of the 80C51. No wait cycles need to be inserted.

Figures 17 and 18 are the timing diagrams for the Intel 8031, 8051 and 8085 (5 MHz) microcontrollers. By NANDing the address latch enable (ALE) output with the high-byte address (P2) decode output, CS is generated. Figure 12 summarizes the connection of these Intel processors to the MT8888C transceiver.

The microprocessor interface provides access to five internal registers. The read-only Receive Data Register contains the decoded output of the last valid DTMF digit received. Data entered into the write-only Transmit Data Register will determine which tone pair is to be generated (see Table 1 for coding details). Transceiver control is accomplished with two control registers (see Tables 6 and 7), CRA and CRB, which have the same address. A write operation to CRB is executed by first setting the most significant bit (b3) in CRA. The following write operation to the same address will then be directed to CRB, and subsequent write cycles will be directed back to CRA. The read-only status register indicates the current transceiver state (see Table 8).

A software reset must be included at the beginning of all programs to initialize the control registers upon power-up or power reset (see Figure 17). Refer to Tables 4-7 for bit descriptions of the two control registers.

The multiplexed $\overline{IRQ}$/CP pin can be programmed to generate an interrupt upon validation of DTMF signals or when the transmitter is ready for more data (burst mode only). Alternatively, this pin can be configured to provide a squarewave output of the call progress signal. The $\overline{IRQ}$/CP pin is an open drain output and requires an external pull-up resistor (see Figure 13).

RS0	$\overline{WR}$	$\overline{RD}$	FUNCTION
0	0	1	Write to Transmit Data Register
0	1	0	Read from Receive Data Register
1	0	1	Write to Control Register
1	1	0	Read from Status Register

Table 3. Internal Register Functions

b3	b2	b1	b0
RSEL	IRQ	CP/DTMF	TOUT

Table 4. CRA Bit Positions

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

Table 5. CRB Bit Positions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIT	NAME	DESCRIPTION
b0	TOUT	Tone Output Control. A logic high enables the tone output; a logic low turns the tone output off. This bit controls all transmit tone functions.
b1	CP/$\overline{\text{DTMF}}$	Call Progress or DTMF Mode Select. A logic high enables the receive call progress mode; a logic low enables DTMF mode. In DTMF mode the device is capable of receiving and transmitting DTMF signals. In CP mode a rectangular wave representation of the received tone signal will be present on the $\overline{\text{IRQ}}$/CP output pin if IRQ has been enabled (control register A, b2=1). In order to be detected, CP signals must be within the bandwidth specified in the AC Electrical Characteristics for Call Progress. Note: DTMF signals cannot be detected when CP mode is selected.
b2	IRQ	Interrupt Enable. A logic high enables the interrupt function; a logic low de-activates the interrupt function. When IRQ is enabled and DTMF mode is selected (control register A, b1=0), the $\overline{\text{IRQ}}$/CP output pin will go low when either 1) a valid DTMF signal has been received for a valid guard time duration, or 2) the transmitter is ready for more data (burst mode only).
b3	RSEL	Register Select. A logic high selects control register B for the next write cycle to the control register address. After writing to control register B, the following control register write cycle will be directed to control register A.

Table 6. Control Register A Description

BIT	NAME	DESCRIPTION
b0	$\overline{\text{BURST}}$	Burst Mode Select. A logic high de-activates burst mode; a logic low enables burst mode. When activated, the digital code representing a DTMF signal (see Table 1) can be written to the transmit register, which will result in a transmit DTMF tone burst and pause of equal durations (typically 51 msec). Following the pause, the status register will be updated (b1 - Transmit Data Register Empty), and an interrupt will occur if the interrupt mode has been enabled. When CP mode (control register A, b1) is enabled the normal tone burst and pause durations are extended from a typical duration of 51 msec to 102 msec. When $\overline{\text{BURST}}$ is high (de-activated) the transmit tone burst duration is determined by the TOUT bit (control register A, b0).
b1	TEST	Test Mode Control. A logic high enables the test mode; a logic low de-activates the test mode. When TEST is enabled and DTMF mode is selected (control register A, b1=0), the signal present on the $\overline{\text{IRQ}}$/CP pin will be analogous to the state of the DELAYED STEERING bit of the status register (see Figure 7, signal b3).
b2	S/$\overline{\text{D}}$	Single or Dual Tone Generation. A logic high selects the single tone output; a logic low selects the dual tone (DTMF) output. The single tone generation function requires further selection of either the row or column tones (low or high group) through the C/R bit (control register B, b3).
b3	C/$\overline{\text{R}}$	Column or Row Tone Select. A logic high selects a column tone output; a logic low selects a row tone output. This function is used in conjunction with the S/D bit (control register B, b2).

Table 7. Control Register B Description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	$\overline{\text{DELAYED}}$ $\overline{\text{STEERING}}$	Set upon the valid detection of the absence of a DTMF signal.	Cleared upon the detection of a valid DTMF signal.

Table 8. Status Register Description

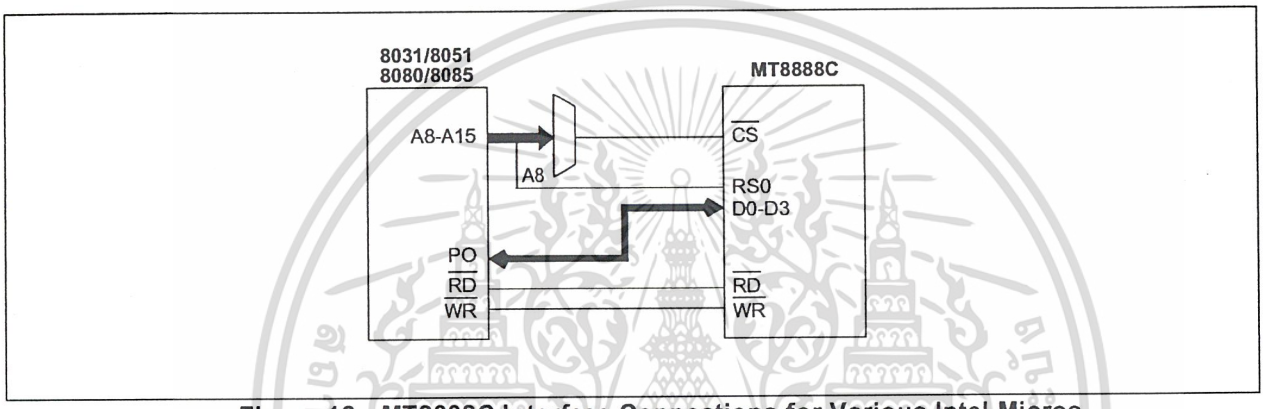
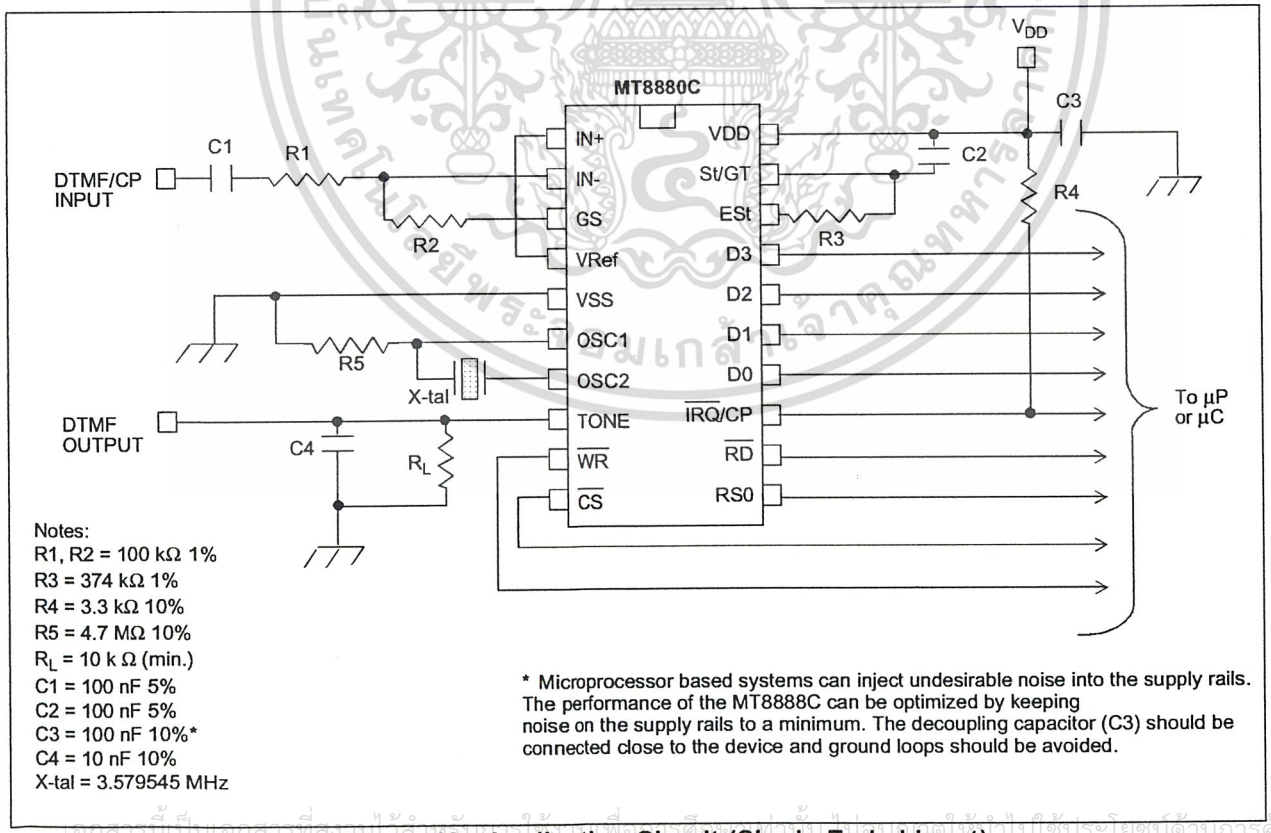


Figure 12 - MT8888C Interface Connections for Various Intel Micros



Notes:
R1, R2 = 100 kΩ 1%
R3 = 374 kΩ 1%
R4 = 3.3 kΩ 10%
R5 = 4.7 MΩ 10%
R_L = 10 k Ω (min.)
C1 = 100 nF 5%
C2 = 100 nF 5%
C3 = 100 nF 10%*
C4 = 10 nF 10%
X-tal = 3.579545 MHz

* Microprocessor based systems can inject undesirable noise into the supply rails. The performance of the MT8888C can be optimized by keeping noise on the supply rails to a minimum. The decoupling capacitor (C3) should be connected close to the device and ground loops should be avoided.

Figure 13 - Application Circuit (Single-Ended Input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

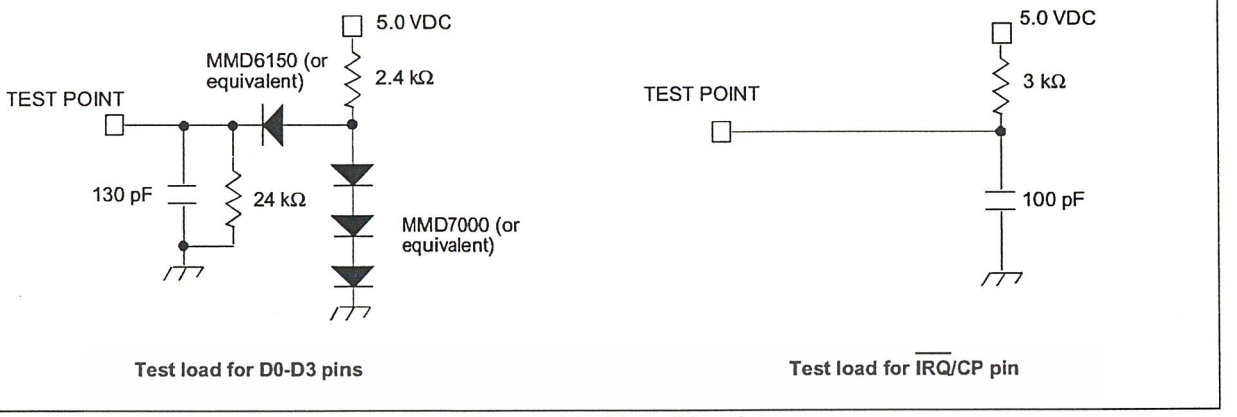


Figure 14 - Test Circuits

INITIALIZATION PROCEDURE

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			
	RS0	**$\overline{WR}$**	**$\overline{RD}$**	**b3**	**b2**	**b1**	**b0**
1) Read Status Register	1	1	0	X	X	X	X
2) Write to Control Register	1	0	1	0	0	0	0
3) Write to Control Register	1	0	1	0	0	0	0
4) Write to Control Register	1	0	1	1	0	0	0
5) Write to Control Register	1	0	1	0	0	0	0
6) Read Status Register	1	1	0	X	X	X	X

TYPICAL CONTROL SEQUENCE FOR BURST MODE APPLICATIONS

Transmit DTMF tones of 50 ms burst/50 ms pause and Receive DTMF Tones.

Sequence:

	RS0	**$\overline{WR}$**	**$\overline{RD}$**	**b3**	**b2**	**b1**	**b0**
1) Write to Control Register A (tone out, DTMF, $\overline{IRQ}$, Select Control Register B)	1	0	1	1	1	0	1
2) Write to Control Register B (burst mode)	1	0	1	0	0	0	0
3) Write to Transmit Data Register (send a digit 7)	0	0	1	0	1	1	1
4) Wait for an interrupt or poll Status Register							
5) Read the Status Register	1	1	0	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	1	0	1	0	1
-if bit 2 is set, a DTMF tone has been received, in which case....							
Read the Receive Data Register	0	1	0	X	X	X	X
-if both bits are set...							
Read the Receive Data Register	0	1	0	X	X	X	X
Write to Transmit Data Register	0	0	1	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 15 - Application Notes

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	SUP	Operating supply current	I_{DD}		7.0	11	mA	
3	SUP	Power consumption	P_C			57.8	mW	
4	INPUTS	High level input voltage (OSC1)	V_{IHO}	3.5			V	Note 9*
5	INPUTS	Low level input voltage (OSC1)	V_{ILO}			1.5	V	Note 9*
6	INPUTS	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 Note 9*
8	OUTPUTS	High level output voltage (OSC2)	V_{OHO}	4.9			V	No load Note 9*
9	OUTPUTS	Output leakage current (IRQ)	I_{OZ}		1	10	µA	V_{OH}=2.4 V
10	OUTPUTS	V_{Ref} output voltage	V_{Ref}	2.4	2.5	2.6	V	No load, V_{DD}=5V
11	OUTPUTS	V_{Ref} output resistance	R_{OR}		1.3		kΩ	
12	Digital	Low level input voltage	V_{IL}			0.8	V	
13	Digital	High level input voltage	V_{IH}	2.0			V	
14	Digital	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	Data Bus	Sink current	I_{OL}	2.0	4.0		mA	V_{OL}=0.4V
17	ESt and St/Gt	Source current	I_{OH}	-0.5	-3.0		mA	V_{OH}=4.6V
18	ESt and St/Gt	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.
* See "Notes" following AC Electrical Characteristics Tables.

เอกสารนี้เพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

MT8888C AC Electrical Characteristics† - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

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

† 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	RX	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
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

† 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

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

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	Accept Bandwidth	f_A	310		500	Hz	@ -25 dBm, Note 9
2	Lower freq. (REJECT)	f_{LR}		290		Hz	@ -25 dBm
3	Upper freq. (REJECT)	f_{HR}		540		Hz	@ -25 dBm
4	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

AC Electrical Characteristics† - DTMF Reception - Typical DTMF tone accept and reject requirements. Actual values are user selectable as per Figures 5, 6 and 7.

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	Minimum tone accept duration	t_{REC}		40		ms	
2	Maximum tone reject duration	$t_{\overline{REC}}$		20		ms	
3	Minimum interdigit pause duration	t_{ID}		40		ms	
4	Maximum tone drop-out duration	t_{DO}		20		ms	

† 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

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

		Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	TONE IN	Tone present detect time	t_{DP}	3	11	14	ms	Note 11
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 11
3		Delay St to b3	t_{PStb3}		13		µs	See Figure 7
4		Delay St to RX_0-RX_3	t_{PStRX}		8		µs	See Figure 7
5	TONE OUT	Tone burst duration	t_{BST}	50		52	ms	DTMF mode
6		Tone pause duration	t_{PS}	50		52	ms	DTMF mode
7		Tone burst duration (extended)	t_{BSTE}	100		104	ms	Call Progress mode
8		Tone pause duration (extended)	t_{PSE}	100		104	ms	Call Progress mode
9		High group output level	V_{HOUT}	-6.1		-2.1	dBm	R_L=10kΩ
10		Low group output level	V_{LOUT}	-8.1		-4.1	dBm	R_L=10kΩ
11		Pre-emphasis	dB_P	0	2	3	dB	R_L=10kΩ
12		Output distortion (Single Tone)	THD		-35		dB	25 kHz Bandwidth
13								R_L=10kΩ
14		Frequency deviation	f_D		±0.7	±1.5	%	f_C=3.579545 MHz
15		Output load resistance	R_{LT}	10		50	kΩ	
16	XTAL	Crystal/clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
17		Clock input rise and fall time	t_{CLRF}			110	ns	Ext. clock
18		Clock input duty cycle	DC_{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
19		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.

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	$\overline{RD}/\overline{WR}$ clock frequency	f_{CYC}		4.0		MHz	Figure 16
2	$\overline{RD}/\overline{WR}$ cycle period	t_{CYC}		250		ns	Figure 16
3	$\overline{RD}/\overline{WR}$ rise and fall time	t_R, t_F			20	ns	Figure 16
4	Address setup time	t_{AS}	23			ns	Figures 17 & 18
5	Address hold time	t_{AH}	26			ns	Figures 17 & 18
6	Data hold time (read)	t_{DHR}	22			ns	Figures 17 & 18
7	$\overline{RD}$ to valid data delay (read)	t_{DDR}			100	ns	Figures 17 & 18
8	$\overline{RD}$, $\overline{WR}$ pulse width low	t_{PWL}	150			ns	Figures 16, 17 & 18
9	$\overline{RD}$, $\overline{WR}$ pulse width high	t_{PWH}		100		ns	Figures 16, 17 & 18
10	Data setup time (write)	t_{DSW}	45			ns	Figures 17 & 18
11	Data hold time (write)	t_{DHW}	10			ns	Figures 17 & 18
12	Input Capacitance (data bus)	C_{IN}		5		pF	
13	Output Capacitance ($\overline{IRQ}$/CP)	C_{OUT}		5		pF	

† 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

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) Guaranteed by design and characterization. Not subject to production testing.
10) Referenced to the lowest amplitude tone in the DTMF signal.
11) For guard time calculation purposes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

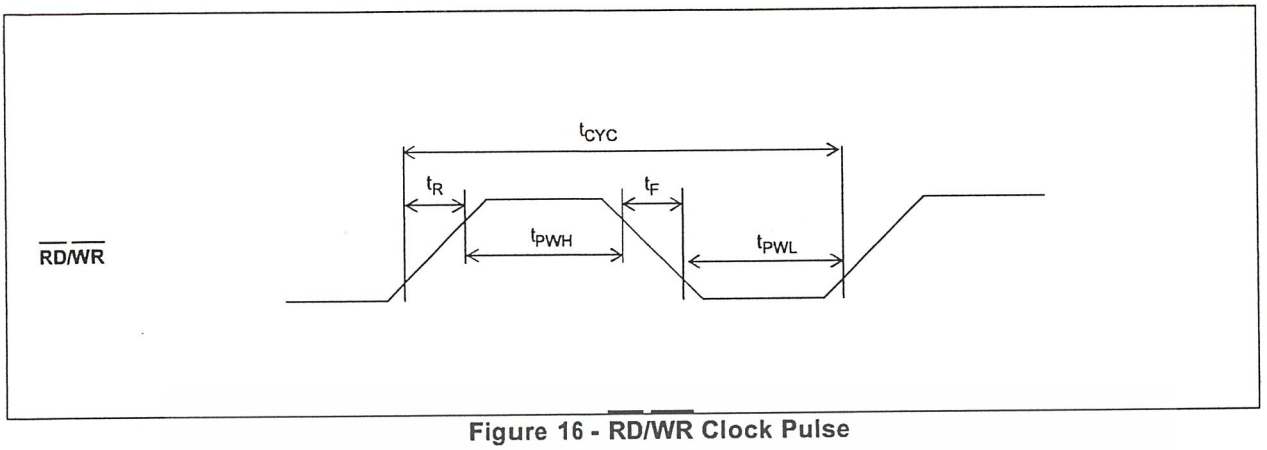


Figure 16 - RD/WR Clock Pulse

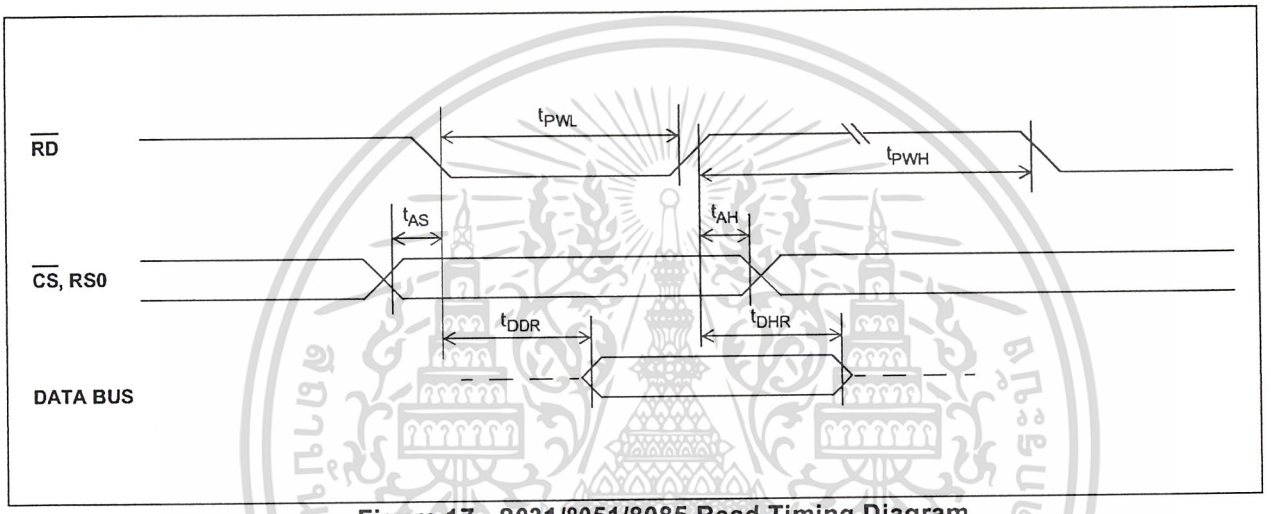


Figure 17 - 8031/8051/8085 Read Timing Diagram

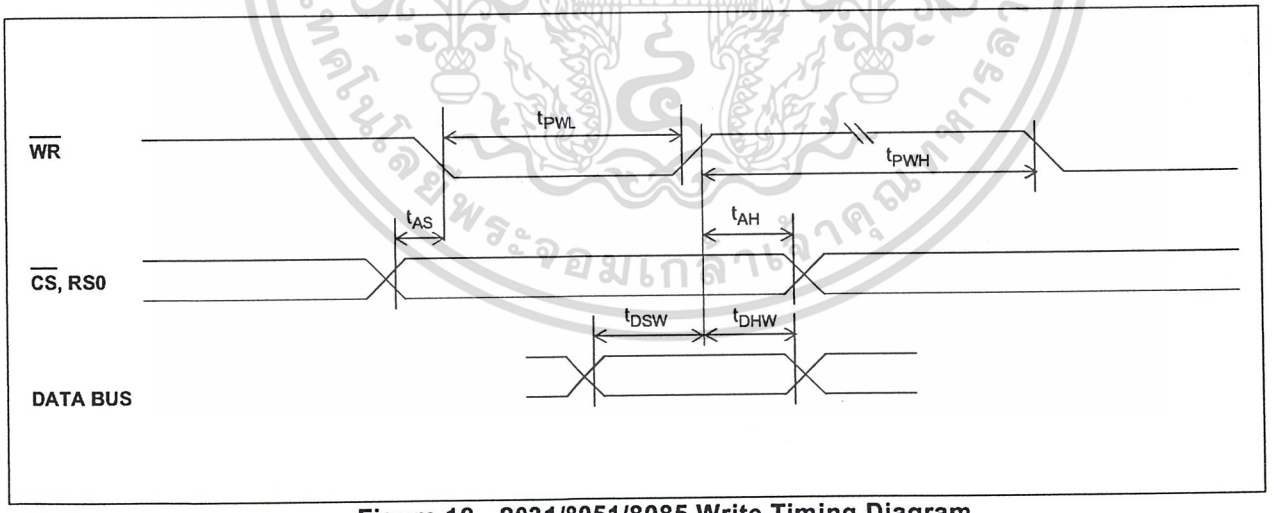
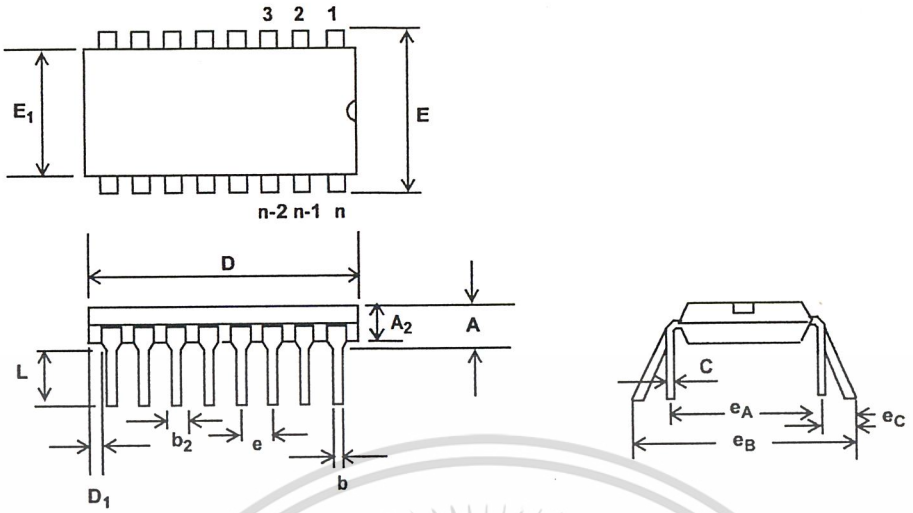


Figure 18 - 8031/8051/8085 Write Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Outlines



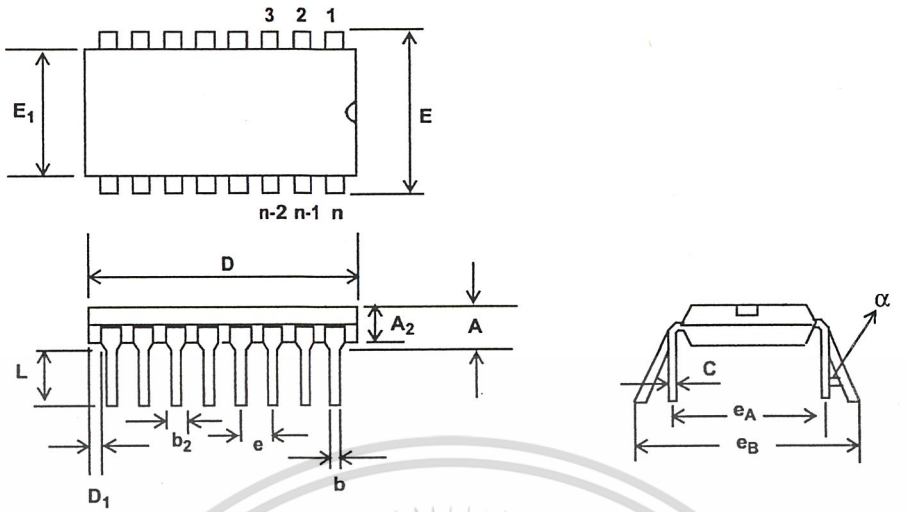
Notes:
1) Not to scale
2) Dimensions in inches
3) (Dimensions in millimeters)

Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

DIM	8-Pin Plastic		16-Pin Plastic		18-Pin Plastic		20-Pin Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)
A_2	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b_2	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014(0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)
D	0.355 (9.02)	0.400 (10.16)	0.780 (19.81)	0.800 (20.32)	0.880 (22.35)	0.920 (23.37)	0.980 (24.89)	1.060 (26.9)
D_1	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)
E_1	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e_A	0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)	
L	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)
e_B		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)
e_C	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)

NOTE: Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



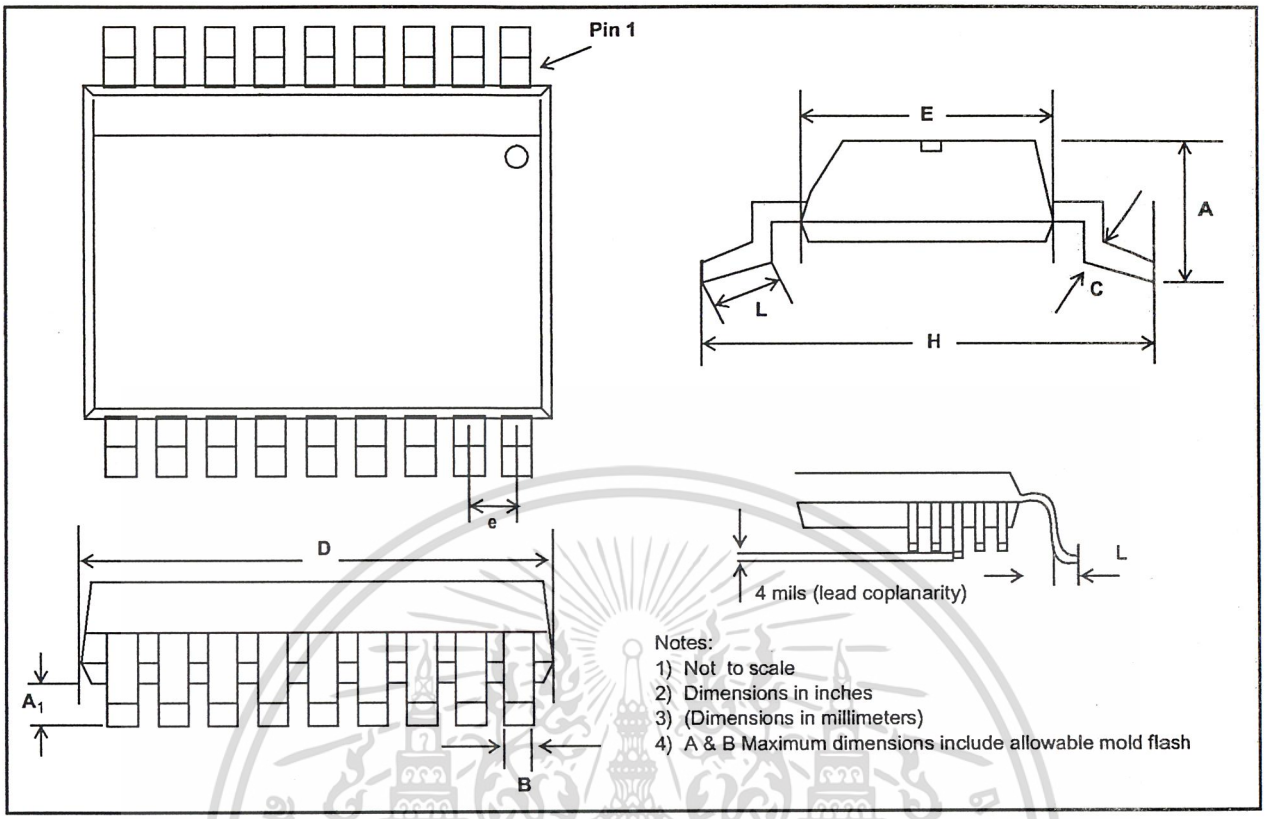
Notes:
1) Not to scale
2) Dimensions in inches
3) (Dimensions in millimeters)

Plastic Dual-In-Line Packages (PDIP) - E Suffix

DIM	22-Pin Plastic		24-Pin Plastic		28-Pin Plastic		40-Pin Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)
A_2	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b_2	0.045 (1.15)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)
D	1.050 (26.67)	1.120 (28.44)	1.150 (29.3)	1.290 (32.7)	1.380 (35.1)	1.565 (39.7)	1.980 (50.3)	2.095 (53.2)
D_1	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.390 (9.91)	0.430 (10.92)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)
E			0.290 (7.37)	.330 (8.38)				
E_1	0.330 (8.39)	0.380 (9.65)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)
E_1			0.246 (6.25)	0.254 (6.45)				
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e_A	0.400 BSC (10.16)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)	
e_A			0.300 BSC (7.62)					
e_B				0.430 (10.92)				
L	0.115 (2.93)	0.160 (4.06)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)
α		15°		15°		15°		15°

Shaded areas for 300 Mil Body Width 24 PDIP only

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

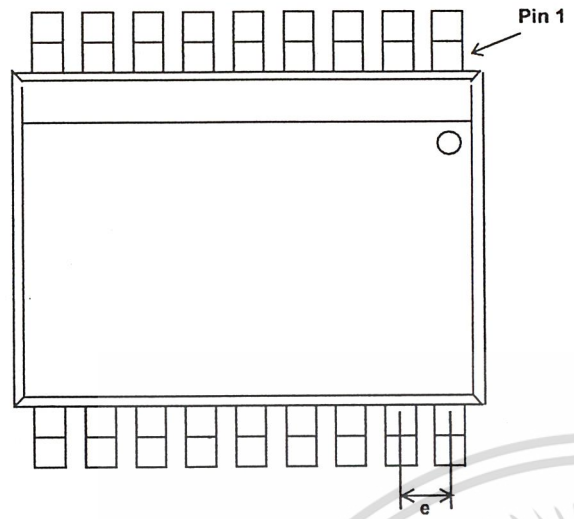


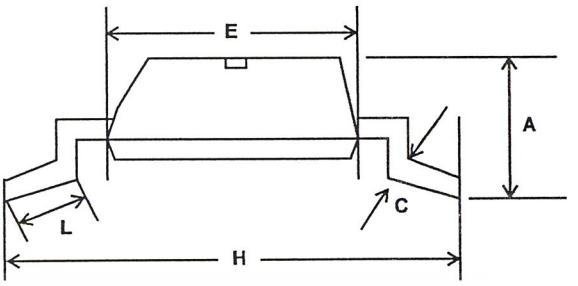
DIM	16-Pin		18-Pin		20-Pin		24-Pin		28-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)
A_1	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)
B	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.030 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)
C	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)
D	0.398 (10.1)	0.413 (10.5)	0.447 (11.35)	0.4625 (11.75)	0.496 (12.60)	0.512 (13.00)	0.5985 (15.2)	0.614 (15.6)	0.697 (17.7)	0.7125 (18.1)
E	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)
e	0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)	
H	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)
L	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)

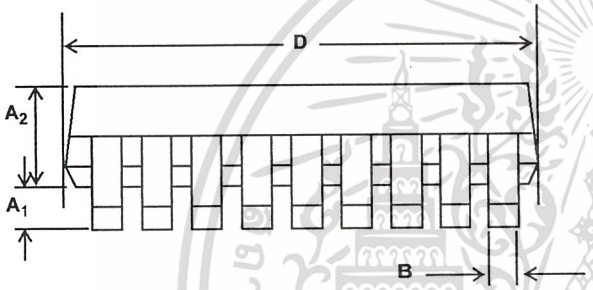
Lead SOIC Package - S Suffix

NOTES: 1. Controlling dimensions in parenthesis ( ) are in millimeters.
2. Converted inch dimensions are not necessarily exact.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







Notes:
1) Not to scale
2) Dimensions in inches
3) (Dimensions in millimeters)
4) Ref. JEDEC Standard M0-150/M0118 for 48 Pin
5) A & B Maximum dimensions include allowable mold flash

Dim	20-Pin		24-Pin		28-Pin		48-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.079 (2)	-	0.079 (2)		0.079 (2)	0.095 (2.41)	0.110 (2.79)
A_1	0.002 (0.05)		0.002 (0.05)		0.002 (0.05)		0.008 (0.2)	0.016 (0.406)
B	0.0087 (0.22)	0.013 (0.33)	0.0087 (0.22)	0.013 (0.33)	0.0087 (0.22)	0.013 (0.33)	0.008 (0.2)	0.0135 (0.342)
C		0.008 (0.21)		0.008 (0.21)		0.008 (0.21)		0.010 (0.25)
D	0.27 (6.9)	0.295 (7.5)	0.31 (7.9)	0.33 (8.5)	0.39 (9.9)	0.42 (10.5)	0.62 (15.75)	0.63 (16.00)
E	0.2 (5.0)	0.22 (5.6)	0.2 (5.0)	0.22 (5.6)	0.2 (5.0)	0.22 (5.6)	0.291 (7.39)	0.299 (7.59)
e	0.025 BSC (0.635 BSC)		0.025 BSC (0.635 BSC)		0.025 BSC (0.635 BSC)		0.025 BSC (0.635 BSC)	
A_2	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.089 (2.26)	0.099 (2.52)
H	0.29 (7.4)	0.32 (8.2)	0.29 (7.4)	0.32 (8.2)	0.29 (7.4)	0.32 (8.2)	0.395 (10.03)	0.42 (10.67)
L	0.022 (0.55)	0.037 (0.95)	0.022 (0.55)	0.037 (0.95)	0.022 (0.55)	0.037 (0.95)	0.02 (0.51)	0.04 (1.02)

Small Shrink Outline Package (SSOP) - N Suffix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ZARLINK™
SEMICONDUCTOR

For more information about all Zarlink products visit our Web Site at

www.zarlink.com

Information relating to products and services furnished herein by Zarlink Semiconductor Inc. trading as Zarlink Semiconductor or its subsidiaries (collectively "Zarlink") is believed to be reliable. However, Zarlink assumes no liability for errors that may appear in this publication, or for liability otherwise arising from the application or use of any such information, product or service or for any infringement of patents or other intellectual property rights owned by third parties which may result from such application or use. Neither the supply of such information or purchase of product or service conveys any license, either express or implied, under patents or other intellectual property rights owned by Zarlink or licensed from third parties by Zarlink, whatsoever. Purchasers of products are also hereby notified that the use of product in certain ways or in combination with Zarlink, or non-Zarlink furnished goods or services may infringe patents or other intellectual property rights owned by Zarlink.

This publication is issued to provide information only and (unless agreed by Zarlink in writing) may not be used, applied or reproduced for any purpose nor form part of any order or contract nor to be regarded as a representation relating to the products or services concerned. The products, their specifications, services and other information appearing in this publication are subject to change by Zarlink without notice. No warranty or guarantee express or implied is made regarding the capability, performance or suitability of any product or service. Information concerning possible methods of use is provided as a guide only and does not constitute any guarantee that such methods of use will be satisfactory in a specific piece of equipment. It is the user's responsibility to fully determine the performance and suitability of any equipment using such information and to ensure that any publication or data used is up to date and has not been superseded. Manufacturing does not necessarily include testing of all functions or parameters. These products are not suitable for use in any medical products whose failure to perform may result in significant injury or death to the user. All products and materials are sold and services provided subject to Zarlink's conditions of sale which are available on request.

Purchase of Zarlink s I^2C components conveys a licence under the Philips I^2C Patent rights to use these components in and I^2C System, provided that the system conforms to the I^2C Standard Specification as defined by Philips.

Zarlink and the Zarlink Semiconductor logo are trademarks of Zarlink Semiconductor Inc.

Copyright 2001, Zarlink Semiconductor Inc. All Rights Reserved.

TECHNICAL DOCUMENTATION - NOT FOR RESALE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้