สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE THROUGH MOBILE PHONE SYSTEM

โดย

นายเดชา เติมสิริ

นายสมเจตน์ กุณาศล

นายฐาปนา เพียรเกิด

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

ว/วน.
ต.841 ส
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 54929
วัน,เดือน,ปี - 1 เม.ย. 2548

b 11954929
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE THROUGH MOBILE PHONE SYSTEM

โดย

นายเดชา เติมสิริ 44015007

นายสมเจตน์ กุณาศล 44015030

นายฐาปนา เพียรเกิด 44015056

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุรพล บุญจันทร์

อาจารย์พิสิฐ บุญศรีเมือง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่**

PRIVATE AUTOMATIC BRANCH EXCHANGE THROUGH MOBILE PHONE SYSTEM

ผู้จัดทำ

1 . นายเดชา เติมสิริ 44015007

2 . นายสมเจตน์ กุณาศล 44015030

3 . นายฐาปนา เพียรเกิด 44015056

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สุรพล บุญจันทร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์พิสิฐ บุญศรีเมือง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

Private Automatic Branch Exchange through mobile phone system

โดย นายเดชา เติมสิริ 44015007

นายสมเจตน์ กุณาศล 44015030

นายฐาปนา เพียรเกิด 44015056

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรพล บุญจันทร์

อาจารย์พิสิฐ บุญศรีเมือง

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้ ได้นำเสนอโครงงานเกี่ยวกับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในท้องถิ่นที่คู่สายโทรศัพท์พื้นฐานยังเข้าไปไม่ถึงและยังเหมาะสำหรับสำนักงานที่มีความจำเป็นจะต้องติดต่อกับโทรศัพท์ทางไกลหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่บ่อยครั้ง ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายกว่าการใช้โทรศัพท์พื้นฐานติดต่อกับโทรศัพท์ทางไกล โดยได้นำเอาชิพไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาเป็นตัวควบคุมการทำงาน

ABSTRACT

This project presents about Private Automatic Branch Exchange(PABX) through mobile phone system for the locals that do not have the telephone lines. As this system is good for the companies that frequently use mobile phones, or need to make overseas calls. Because it is cheaper to use Micro Controller MCS-51 to control its work.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 ส่วนอินเตอร์เฟสโทรศัพท์เคลื่อนที่	2
2.2 วงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	3
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับโทรศัพท์	6
2.4 เครื่องโทรศัพท์	9
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller)	13
2.6 ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89CX051	17
2.7 ชุดคำสั่ง AT Command (AT Command Set)	19
2.8 PIA 8255 (Programmable Interface Adapter 8255)	22
2.9 ไอซีบันทึกสัญญาณเสียง	27
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	33
3.1 กล่าวนำ	33
3.2 วงจรอินเตอร์เฟส	33
3.3 วงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	38
3.4 หลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่	45
3.5 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟส	47
3.6 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	49
3.7 บล็อกไดอะแกรมชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่	51
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	52
4.1 กล่าวนำ	52
4.2 การทดลองส่วนของวงจรอินเตอร์เฟส	52
4.3 การทดลองส่วนของวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	57
บทที่5 บทสรุปและวิจารณ์	63
5.1 บทสรุป	63
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น	63
5.3 การแก้ไขปัญหา	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ก. ภาพต้นแบบของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

ภาคผนวก ข. Manual Reference Modem Commands for the SIEMENS Mobile Phone S35i, C35i, M35i

ภาคผนวก ค. โปรแกรมควบคุมการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

ภาคผนวก ง. DATA SHEET ของอุปกรณ์ที่สำคัญในโครงงาน

กิตติกรรมประกาศ

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่	2
รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมส่วนอินเตอร์เฟสโทรศัพท์เคลื่อนที่	2
รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ	5
รูปที่ 2.4 แถบความถี่ของสัญญาณเสียง	8
รูปที่ 2.5 ลักษณะสัญญาณพื้นฐานของระบบโทรศัพท์	9
รูปที่ 2.6 ลักษณะของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4	10
รูปที่ 2.7 ค่าความถี่ในแต่ละหมายเลขของระบบโทรศัพท์ DTMF	10
รูปที่ 2.8 วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่คู่	12
รูปที่ 2.9 ตำแหน่งขาใช้งานของไอซี MT8870	12
รูปที่ 2.10 ตำแหน่งขาต่างๆของ ไอซี 89CX051	18
รูปที่ 2.11 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ AT89CX051	19
รูปที่ 2.12 แสดง Block Diagram ภายในของ 8255	22
รูปที่ 2.13 แสดงตำแหน่งขาต่างๆ ของ 8255	23
รูปที่ 2.14 แสดงความหมายของบิตภายในไบท์ข้อมูลควบคุมสำหรับ 8255	25
รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อ 8255 เข้ากับ 89C51	27
รูปที่ 2.16 แสดงตำแหน่งขาของ ISD 1420	28
รูปที่ 2.17 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของ ISD 1420	29
รูปที่ 3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 18โวลต์ และ 5โวลต์	33
รูปที่ 3.2 วงจรชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีเมนส์ รุ่น C45	34
รูปที่ 3.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	35
รูปที่ 3.4 วงจรรับส่งสัญญาณเสียงผ่านคู่สายโทรศัพท์	36
รูปที่ 3.5 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ (DTMF)	37
รูปที่ 3.6 วงจร Wien Bridge Oscilator	38
รูปที่ 3.7 วงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)	39
รูปที่ 3.8 วงจรกำเนิดสัญญาณเรียกกลับ (Ring - Back Tone)	40
รูปที่ 3.9 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)	40
รูปที่ 3.10 วงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก	41
รูปที่ 3.11 วงจรตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ	41
รูปที่ 3.12 วงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์	42
รูปที่ 3.13 วงจรเมตริกสวิตช์	43
รูปที่ 3.14 วงจรส่วนติดต่อภายใน	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.15 วงจรภาคจ่ายไฟ	45
รูปที่ 3.16 แผนผังระบบโปรแกรม 1	47
รูปที่ 3.16 (ต่อ) แผนผังระบบโปรแกรม 1	48
รูปที่ 3.17 แผนผังระบบโปรแกรม 2	49
รูปที่ 3.17 (ต่อ) แผนผังระบบโปรแกรม 2	50
รูปที่ 3.18 บล็อกไดอะแกรมชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่	51
รูปที่ 4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	52
รูปที่ 4.2 วงจรชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีเมนส์ C45	52
รูปที่ 4.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	53
รูปที่ 4.4 สัญญาณ Dial Tone	54
รูปที่ 4.5 สัญญาณ Busy Tone	54
รูปที่ 4.6 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่	55
รูปที่ 4.7 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงต่างๆ	57
รูปที่ 4.8 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)	58
รูปที่ 4.9 สัญญาณ Dial Tone	59
รูปที่ 4.10 สัญญาณ Busy Tone	59
รูปที่ 4.11 สัญญาณ Ring Back Tone	60
รูปที่ 4.12 สัญญาณ Ringing Tone	60
รูปที่ 4.13 วงจรตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ	61
รูปที่ 4.14 วงจรเมตริกสวิตช์	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951 15

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951 16

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงตัวอย่างชุดคำสั่ง AT COMMAND 20

ตารางที่ 2.3 แสดงผลตอบสนองต่างๆจากโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อได้รับคำสั่ง 21

ตารางที่ 2.4 ชื่อและหน้าที่ของขาต่างๆ ในคอนเน็คเตอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อซีเมนส์รุ่น C35,S35,M35,C45 21

ตารางที่ 2.5 แสดงรูปแบบการจำแนกกลุ่มของพอร์ต 24

ตารางที่ 2 .6 สัญญาณควบคุมการทำงาน 8255 25

ตารางที่ 2.7 ตำแหน่งของแอดเดรสที่จะอ้างถึงได้ของ A0และA1 26

ตารางที่ 2.8 แสดงตำแหน่งแอดเดรสภายใน 8255 26

ตารางที่ 2.9 ตารางโหมดการทำงาน ISD1420 31

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

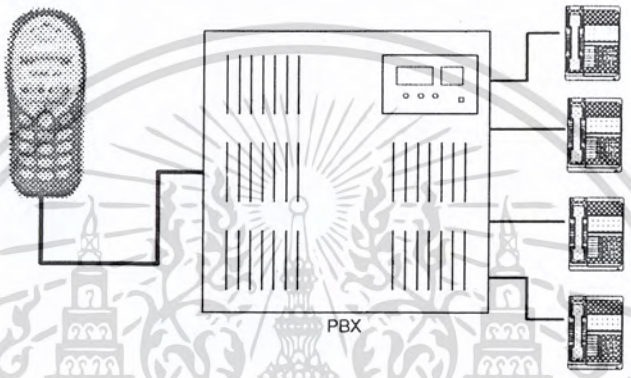
ปัจจุบันจำนวนประชากรมีมากขึ้นทุกวันการติดต่อสื่อสารก็มีความจำเป็นมากขึ้น โทรศัพท์ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารก็ยังมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชนโดยอาจมีสาเหตุมาจากการติดตั้งเครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐานไม่ครอบคลุมพื้นที่ แต่สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีการบริการครอบคลุมพื้นที่มากกว่าและด้วยอัตราค่าบริการของโทรศัพท์เคลื่อนที่ยังมีค่าบริการที่ต่ำกว่าค่าบริการของโทรศัพท์พื้นฐานในกรณีที่มีการใช้โทรทางไกลหรือการติดต่อกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จึงได้ทำการประยุกต์ทำชุมสายเครื่องโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติมาใช้ควบคู่กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อให้เกิดความสะดวกหลายๆ ด้านไม่ว่าจะเป็นด้านค่าใช้จ่ายในการให้บริการที่ลดลงและยังนำไปใช้บริเวณบางแห่งที่คู่สายโทรศัพท์พื้นฐานยังเข้าไปไม่ถึงแต่บริเวณนั้นมีสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ครอบคลุมถึง เช่น นำไปติดตั้งในสำนักงาน ที่มีการติดต่อทางไกลหรือติดต่อกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นประจำ เมื่อใช้การติดต่อผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ แทนหมายเลขของระบบของโทรศัพท์พื้นฐาน จะทำให้ค่าใช้จ่ายลดลง เนื่องจากปัจจุบันผู้ให้บริการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีรูปแบบ โปรโมชันการคิดค่าบริการหลายรูปแบบ เช่นการคิดค่าบริการแบบอัตราเดียวกันทั่วประเทศ ส่วนลดค่าบริการต่างๆ ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายภายในหน่วยงานลดลง หรือนำไปติดตั้งที่ห่างไกล เช่น หน่วยงานทางราชการ โรงเรียน ฟาร์ม รีสอร์ท ซึ่งสถานที่เหล่านี้จำเป็นต้องมีการติดต่อสื่อสารภายในหน่วยงานกันเองและจำเป็นต้องติดต่อสื่อสารกับภายนอกด้วย

สำหรับโครงงานนี้ได้นำเสนอ ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งจะเชื่อมต่อได้เฉพาะโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีเมนส์ (SIEMENS) เฉพาะรุ่น C35,M35,S35,C45 ซึ่งใช้หลักการส่งสัญญาณเสียงและสัญญาณความถี่คู่จากคู่สายภายในของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านชุดอินเตอร์เฟส ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณความถี่คู่เป็นการเข้ารหัสแล้วทำการสร้างรหัสคำสั่ง (AT COMMAMD) ซึ่งใช้ในการควบคุมการทำงานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ จากนั้นก็ทำการส่งข้อมูลออกไปในรูปแบบอนุกรมไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งโทรศัพท์เคลื่อนที่มีหน้าที่ในการส่งสัญญาณจากผู้ใช้ไปยังเลขหมายปลายทางระบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือระบบโทรศัพท์พื้นฐาน ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือหลักการ

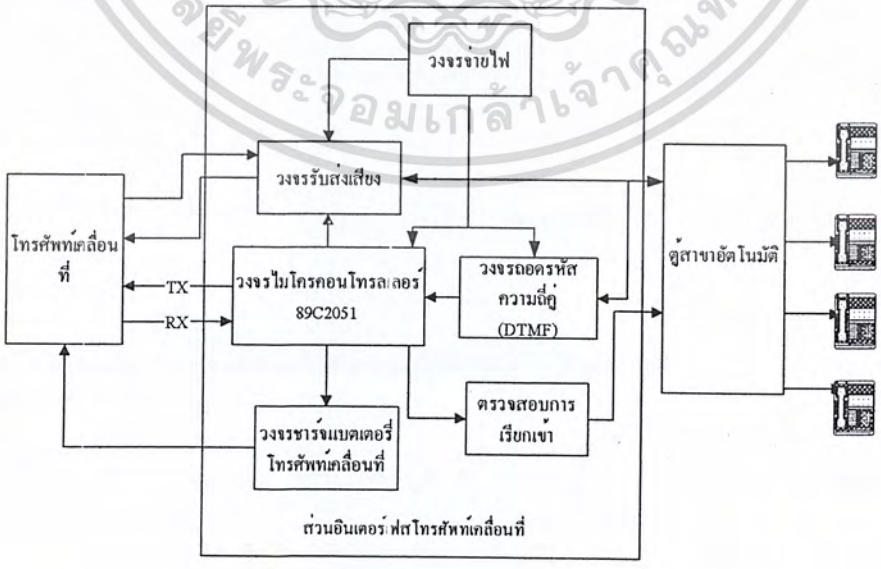
จากแนวความคิดที่ต้องการให้การติดต่อกันภายในบริษัท หรือสำนักงานขนาดเล็ก สามารถติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันและกันได้โดยผ่านคู่สายโทรศัพท์และยังทำให้คู่สายต่างๆภายในติดต่อไปยังระบบต่างๆภายนอกได้โดยผ่านทางระบบของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารลดลง โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่ 1 ส่วนอินเตอร์เฟสโทรศัพท์เคลื่อนที่, ส่วนที่ 2 วงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ



รูปที่ 2.1 ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.1 ส่วนอินเตอร์เฟสโทรศัพท์เคลื่อนที่

ดังแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรมต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมส่วนอินเตอร์เฟสโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C2051 จะเป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดของส่วนอินเตอร์เฟสโทรศัพท์เคลื่อนที่และทำหน้าที่ส่งคำสั่งต่างๆ ให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในรูปแบบข้อมูลแบบอนุกรม

2.1.2 วงจรถอดรหัสความถี่คู่ เป็นตัวถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์จากคู่สายโทรศัพท์เมื่อมีการกดปุ่มเครื่องโทรศัพท์ เพื่อถอดรหัสให้เป็นรหัส BCD8421 แล้วส่งไปเข้าอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งรหัสคำสั่งการโทรออกเป็นข้อมูลแบบอนุกรมออกไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.1.3 ส่วนตรวจสอบการเรียกเข้า จะรอรับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อมีการเรียกเข้ามายังโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้ว จะส่งคำสั่งให้กับส่วนประมวลผลของวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ เพื่อให้วงจรตอบรับอัตโนมัติทำงาน

2.1.4 วงจรรับส่งเสียง เพื่อทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงสนทนาจากวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ มายังโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.1.5 วงจรชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ ทำหน้าที่ชาร์จแรงดันของแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่

2.1.6 วงจรจ่ายไฟ จะทำหน้าที่ปรับแรงดันให้คงที่ออกมา เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรทั้งหมด

2.2 วงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าสามารถแบ่งออกเป็นภาคต่างๆ ได้ 8 ภาค คือ

2.2.1 วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์สายนอก

2.2.2 วงจรตอบรับอัตโนมัติ

2.2.3 วงจรกำเนิดสัญญาณโทนเสียงต่างๆ

2.2.4 วงจรเชื่อมต่อสัญญาณเสียง

2.2.5 วงจรตรวจจับสัญญาณ DTMF

2.2.6 วงจรเชื่อมต่อโทรศัพท์ภายใน

2.2.7 หน่วยประมวลผลกลาง

2.2.8 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

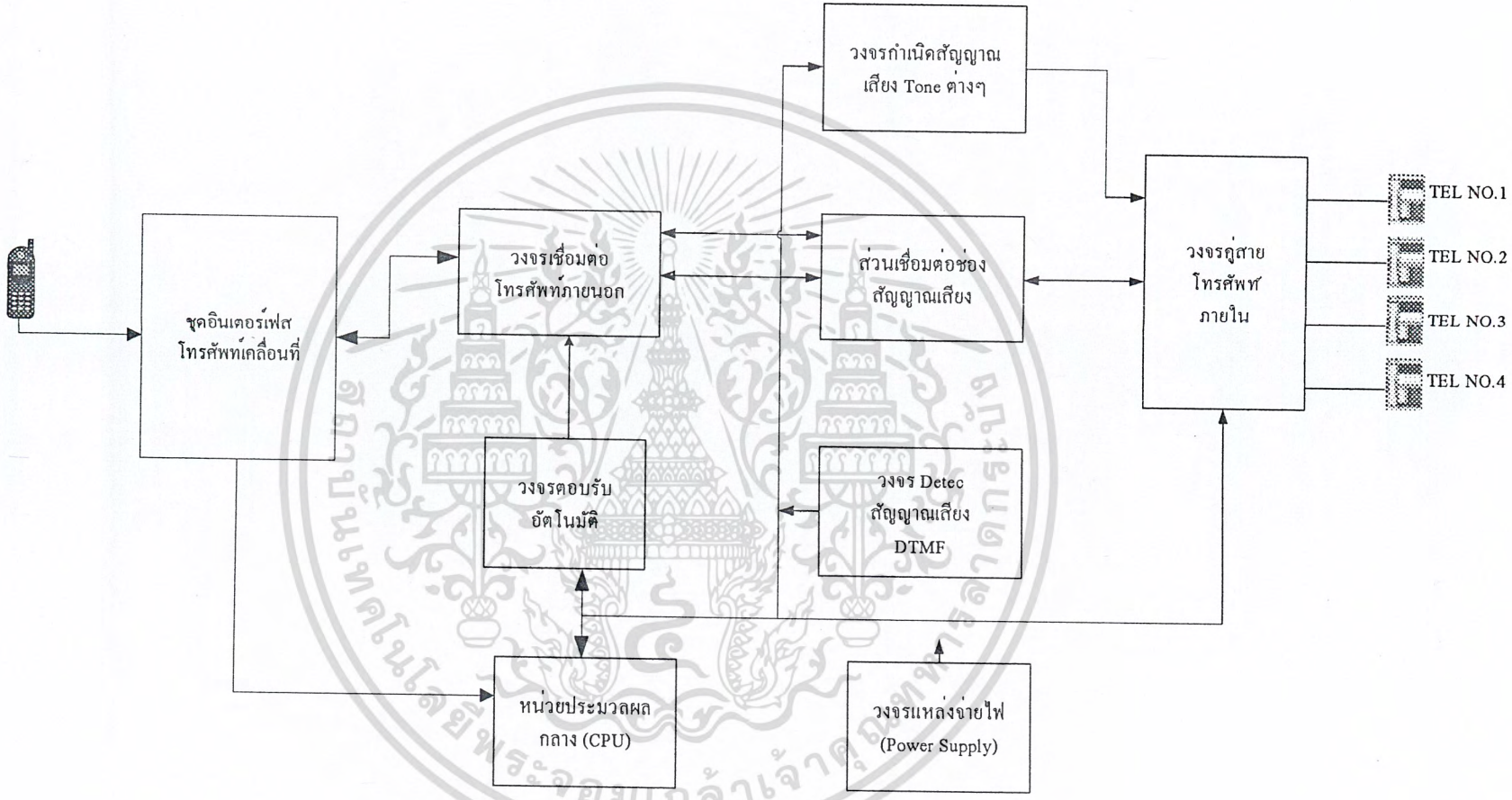
จากบล็อกไดอะแกรมแสดงภาคต่างๆ ซึ่งจะทำงานที่สัมพันธ์กันสามารถอธิบายการทำงานรวมกันได้ดังนี้ คือ การทำงานของวงจรทั้งหมดจะแบ่งออกเป็น 2 โหมด คือ โหมดการติดต่อภายในกับโหมดการติดต่อภายนอก โหมดการติดต่อภายนอก เมื่อมีผู้เรียกเข้ามาจากภายนอก ส่วนตรวจจับสัญญาณการเรียกเข้าจากส่วนอินเตอร์เฟสโทรศัพท์เคลื่อนที่จะส่งสัญญาณไปยังหน่วยประมวลผลกลาง เพื่อให้หน่วยประมวลผลกลางสั่งให้วงจรตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติทำงานเพื่อบอกให้ผู้เรียกเข้าสามารถเลือกเลขหมายของคู่สายภายในที่ต้องการติดต่อได้ จากนั้นเมื่อผู้เรียกกดเลขหมายภายในได้แล้ว สัญญาณ DTMF ก็จะถูกส่งไปยังวงจรสัญญาณตรวจจับสัญญาณ DTMF และถอดรหัสไปเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลางต่อไป เมื่อหน่วยประมวลผลกลางรับรหัสที่ได้มาแล้ว ก็จะทำการตรวจดูว่าคู่สายที่ถูกเรียกว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะสั่งให้วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง ส่งสัญญาณ Ringing Tone ไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่สายภายในที่ถูกเรียกและส่งสัญญาณ Ring Back Tone ไปยังคู่สายภายนอกที่เรียกเข้ามา แต่ถ้าคู่สายภายในที่ถูกเรียกไม่ว่าง หน่วยประมวลผลกลางก็จะสั่งให้วงจรกำเนิดเสียงโทน ส่งสัญญาณ Busy Tone ไปยังผู้เรียกเข้ามา ถ้าหากคู่สายในที่ถูกเรียกว่างพร้อมที่จะใช้งานได้ เมื่อได้ยินสัญญาณเสียง Ringing Tone ถ้ามีการยกหูโทรศัพท์ วงจรตรวจจับการยกหูโทรศัพท์ ก็จะรับรู้ว่ามีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น และส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยประมวลผลกลางก็จะสั่งให้วงจรเชื่อมสัญญาณเสียงทำการเชื่อมคู่สายที่เรียกเข้ามา กับคู่สายภายในที่ถูกเรียกและเมื่อฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งวางหู ก็จะหมดช่วงของการสนทนา

ส่วนโหมดการติดต่อภายในนั้น เมื่อคู่สายภายในสายใดคู่สายหนึ่งยกหูขึ้นมา ทางวงจรตรวจจับการยกหู ก็จะตรวจจับได้แล้วส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลาง จากนั้นหน่วยประมวลผลกลางก็จะสั่งให้วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง ส่งสัญญาณ Dial Tone ไปยังคู่สายนั้น พร้อมกับรอตรวจจับการกดสัญญาณเลขหมาย เมื่อคู่สายภายในคู่นั้นกดเลขหมายที่ต้องการติดต่อ สัญญาณเลขหมายที่ถูกกดก็จะส่งมายังวงจรตรวจจับสัญญาณ DTMF และถูกถอดรหัสเป็นดิจิตอลและส่งมายังหน่วยประมวลผลกลาง เมื่อหน่วยประมวลผลกลางได้รับรหัสเลขหมายแล้ว ก็จะทำการวิเคราะห์ว่าเป็นหมายเลขภายในคู่สายใด จากนั้นจึงตรวจสอบดูว่า คู่สายภายในนั้นว่างหรือไม่ ถ้าหากไม่ว่าง หน่วยประมวลผลกลางก็จะสั่งให้วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง ส่งสัญญาณ Busy Tone ไปยังผู้เรียก และถ้าหากคู่สายภายในของผู้ถูกเรียกว่าง หน่วยประมวลผลกลาง ก็จะสั่งให้วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง ส่งสัญญาณ Ringing Tone ไปยังผู้ถูกเรียก และส่งสัญญาณ Ring Back Tone ไปยังผู้เรียกและเมื่อผู้ถูกเรียกยกหูขึ้น หน่วยประมวลผลกลางก็จะสั่งให้วงจรเชื่อมต่อช่องสัญญาณเสียงต่อคู่สายของผู้เรียก และผู้ถูกเรียกเข้าด้วยกัน ก็สามารถสนทนากันได้ การสนทนาจะหยุดลงเมื่อฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งวางหูก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 รูปบล็อกไดอะแกรมชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับโทรศัพท์

2.3.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์เป็นผลผลิตจากเทคโนโลยีในการสื่อสารแขนงหนึ่งซึ่งในปัจจุบันกลายเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในชีวิตประจำวันในการติดต่อสื่อสารกับบุคคลหรือหน่วยงานต่างๆ ที่เราต้องการในเวลาอันรวดเร็วโดยโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน (PSTN) นั้นจะมีการกระจายอยู่ทั่วประเทศเป็นโครงข่ายที่มีความครอบคลุมมากที่สุดในระบบสื่อสารในปัจจุบันระบบโทรศัพท์ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระบบใหญ่ๆได้แก่ระบบโทรศัพท์แบบแอนะลอกคือระบบที่ใช้กันอยู่มากมายในปัจจุบันและระบบโทรศัพท์แบบดิจิตอลหรือระบบโครงข่ายการให้บริการร่วมระบบดิจิตอลยังไม่มีการใช้บริการกันมากนักในปัจจุบัน

ระบบ ISDN นั้นเกิดขึ้นจากการที่ได้มีการมองเห็นว่าโครงข่ายการสื่อสารในปัจจุบันนั้นมีวางซ้ำซ้อนกันมากมาย เช่น โครงข่ายโทรศัพท์ โครงข่ายเทเล็กซ์ โครงข่ายข้อมูล โครงข่ายอินเตอร์เน็ต และอื่นๆ ทำให้เปลืองงบประมาณในการวางโครงข่ายเป็นอย่างมากและไม่สะดวกในการใช้งานจึงมีการคิดค้นและพัฒนาโครงข่ายการให้บริการร่วมระบบดิจิตอล (Integrated Service Digital Network : ISDN) หรือระบบ ISDN ขึ้นมาเพื่อรวบรวมโครงข่ายที่ซ้ำซ้อนเหล่านี้เข้าไว้ด้วยกันเป็นโครงข่ายระบบดิจิตอลที่สามารถรองรับการบริการสื่อสารได้ทั้งทางด้านเสียง ข้อมูล และภาพพร้อมๆ กันโดยไม่รบกวนซึ่งกันและกันบนโครงข่าย ISDN โดยระบบโทรศัพท์แบบ ISDN ก็เป็นการให้บริการรูปแบบหนึ่งในระบบนี้ผู้ให้บริการ ISDN จะสามารถติดต่อกับผู้ใช้บริการอื่นๆ ในโครงข่ายโทรศัพท์ระบบเดิมได้ คู่สาย ISDN เป็นคู่สายเอนกประสงค์สำหรับเครื่องอุปกรณ์ปลายทางชนิดต่างๆ เช่น เครื่องโทรสาร เครื่องโทรศัพท์ คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นๆ จะสามารถต่อเข้ากับคู่สาย ISDN เพียงคู่สายเดียวทำให้ลดสายจากอุปกรณ์ต่างๆ ให้เหลือเพียงเส้นเดียวง่ายต่อการเดินสายมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยภายในบ้านหรือสำนักงานของผู้ใช้บริการและจะมีคุณภาพในการส่งและรับข้อมูลสูงกว่าในระบบแอนะลอก นอกจากนี้ยังง่ายต่อการบำรุงรักษาในภายหลังด้วย นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า เทอร์มินอลอะแด็ปเตอร์ (TA) ซึ่งจะใช้ในการเชื่อมต่อกับเครื่องให้บริการปลายทางที่ไม่ใช่ระบบดิจิตอลให้สามารถใช้ได้กับโครงข่ายในระบบดิจิตอลได้

2.3.2 สัญญาณต่างๆ ในคู่สายโทรศัพท์

คู่สายภายนอกที่ต่อออกมาจากชุมสายโทรศัพท์ขององค์การ โทรศัพท์ไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้จะมีสัญญาณอยู่ 2 เส้น คือ เส้นทิป (Tip) และเส้นริง (Ring) โดยจะมีไฟเลี้ยงกระแสตรงขนาด -48 โวลต์ ส่งมากับคู่สายทั้งสองเส้นนี้ด้วยในการติดต่อก็จะทำการติดต่อผ่านสายนำสัญญาณสองเส้นนี้โดยสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ ได้แก่ สัญญาณเสียงพูดจะเป็นเสียงที่พูดคุยในระหว่างการติดต่อโทรศัพท์ระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกและสัญญาณควบคุมต่างๆ ซึ่งจะเป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งออกมาเพื่อทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ผู้เช่าหรือติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ด้วยกันเอง เพื่อแสดงสภาวะการทำงานในขณะนั้น ดังมีรายละเอียดตามมาตรฐานของ CCITT ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) สัญญาณให้หมุน (Dial Tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ของบริษัท ทศท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์เพื่อบอกให้ผู้ใช้บริการทราบว่าชุมสายโทรศัพท์พร้อมที่จะรับสัญญาณในการติดต่อจากโทรศัพท์ของผู้ใช้แล้วหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าสัญญาณแมวกรนลักษณะของสัญญาณจะมีความถี่ประมาณ 400 – 450 เฮิรตซ์ ดังต่อเนื่องกัน

2) สัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งออกไปยังเครื่องโทรศัพท์หลังจากที่ผู้ใช้บริการทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการ จะติดต่อเพื่อแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบว่าทำการติดต่อหมายเลขนั้นได้แล้ว สัญญาณเรียกกลับจะเป็นสัญญาณที่ดังไม่ต่อเนื่องมีลักษณะความถี่เดียวจะมีความถี่อยู่ระหว่าง 400 – 450 เฮิรตซ์ มีจังหวะการดังและหยุดของสัญญาณ ทางบริษัท ทศท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ใช้สัญญาณมีลักษณะแบบดัง 1 วินาทีและเงียบ 3 วินาทีสลับกันไปโดยจะอยู่ในมาตรฐานของ CCITT ที่กำหนดไว้ดังนี้

2.1) จังหวะดังควรอยู่ในช่วง 0.67 ถึง 1.5 วินาที แต่ไม่เกิน 2.5 วินาที

2.2) จังหวะหยุดควรอยู่ในช่วง 3 ถึง 3.5 วินาที แต่ไม่เกิน 6 วินาที

3) สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์หลังจากที่ผู้ใช้บริการทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการ จะติดต่อเพื่อแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบว่าไม่สามารถทำการติดต่อกับหมายเลขนั้นได้ หรือหมายเลขที่ทำการเรียกไปนั้นไม่ว่างผู้เรียกควรวางหูสักครู่และค่อยทำการเรียกใหม่สัญญาณไม่ว่างจะเป็นสัญญาณดังไม่ต่อเนื่องมีลักษณะดังแล้วหยุดเหมือนกับสัญญาณเรียกกลับแต่มีคาบเวลาที่แตกต่างกัน โดยจะมีความถี่ประมาณ 0.5 วินาที เงียบ 0.5 วินาที

4) สัญญาณกริ่งเรียกหรือสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกจะทำให้กระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ดังขึ้นเพื่อที่จะแจ้งให้ผู้ถูกเรียกทราบว่ามีคนกำลังต้องการที่จะติดต่อด้วยสัญญาณกริ่งหรือสัญญาณกระดิ่งนี้จะมีจังหวะในการดังและเงียบเหมือนกับสัญญาณเรียกกลับคือจังหวะดัง 1 วินาทีและเงียบ 3 วินาที ลักษณะของสัญญาณจะเป็นสัญญาณกระแสสลับที่มีความถี่อยู่ประมาณ 25 เฮิรตซ์และมีแรงดันประมาณ 100 Vp-p

5) สัญญาณเลขหมาย (Register Signal)

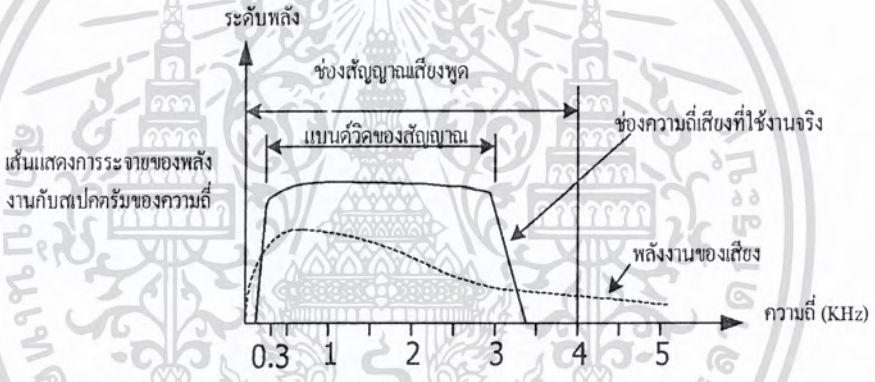
สัญญาณเลขหมายเป็นสัญญาณที่ส่งจากเครื่องโทรศัพท์เพื่อบอกให้ชุมสายทราบถึงเลขหมายที่ต้องการที่จะติดต่อด้วยสัญญาณหมายเลขจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ สัญญาณแบบพัลส์จะส่งออกมาจากเครื่องโทรศัพท์แบบหมุนซึ่งจะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาเป็นช่วงๆ ตามเลขหมายที่ทำการหมุนและสัญญาณความถี่คู่ผสมหรือสัญญาณความถี่ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) โดยการส่งหมายเลขหนึ่งหมายเลขใดจะประกอบด้วยสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ที่ถูกมอดูเลตกันส่งออกไป ตัวอย่างเช่น ในการกดหมายเลข 5 ก็จะมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ กับความถี่ 1336 เฮิรตซ์ ที่ถูกมอดูเลตกันส่งออกเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มไปยังชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) สัญญาณเสียงพูด (Voice Signal)

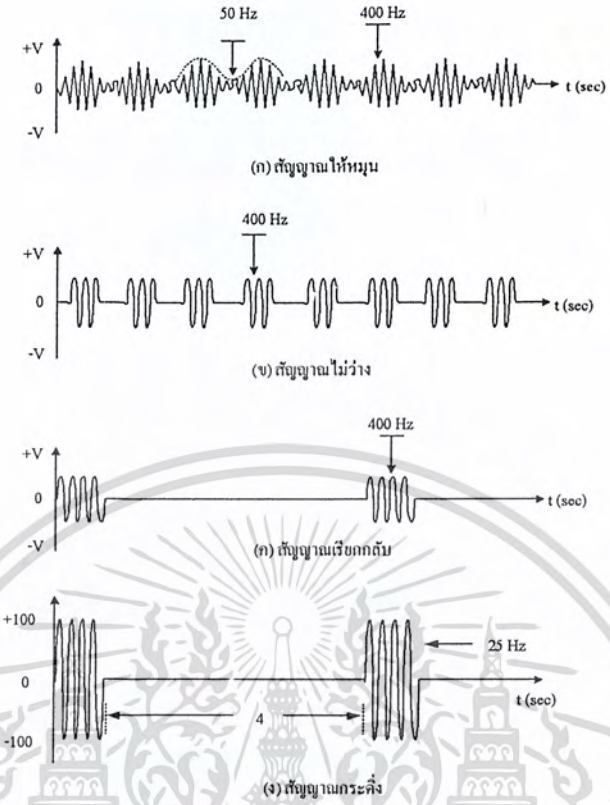
ทาง CCITT ได้มีการกำหนดให้ย่านความถี่เสียงพูด (Voice Channel หรือ VF Channel) มีช่วงความถี่อยู่ที่ 0 - 4,000 เฮิรตซ์แต่สัญญาณเสียงพูดที่ฟังแล้วสามารถจับใจความได้จะมีความถี่อยู่ในช่วง 200 เฮิรตซ์ – 4,000 เฮิรตซ์อย่างไรก็ตามช่วงความถี่เสียงพูดในการใช้งานจริงจะอยู่ในช่วง 300 เฮิรตซ์ – 3,000 เฮิรตซ์เท่านั้นไม่ได้ใช้งานเต็มช่องสัญญาณจะเห็นว่าสัญญาณควบคุมต่างๆ ที่ใช้ในชุมสายโทรศัพท์ก็จะมีช่วงความถี่อยู่ในย่านนี้ด้วย

นอกจากนี้ในสายนำสัญญาณก็จะมีสัญญาณรบกวนปรากฏอยู่ภายในสายด้วยซึ่งอาจจะเกิดได้จากหลายๆ สาเหตุเช่น จากสิ่งแวดล้อมอุณหภูมิสายส่งไฟฟ้ากำลังสูงๆ ที่อยู่ใกล้กับสายนำสัญญาณหรือแม้แต่ข้อต่อของสายนำสัญญาณที่ทำการเชื่อมต่อไม่ดีก็มีผลด้วยสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้มีการผิดเพี้ยนของสัญญาณเสียงในสายนำสัญญาณขึ้นนอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนอีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากในระบบโทรศัพท์ก็คือ สัญญาณเสียงสะท้อนซึ่งมีสาเหตุมาจากเกิดความไม่สมดุลกันระหว่างอิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณกับอุปกรณ์ด้านเอาต์พุต



รูปที่ 2.4 แถบความถี่ของสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



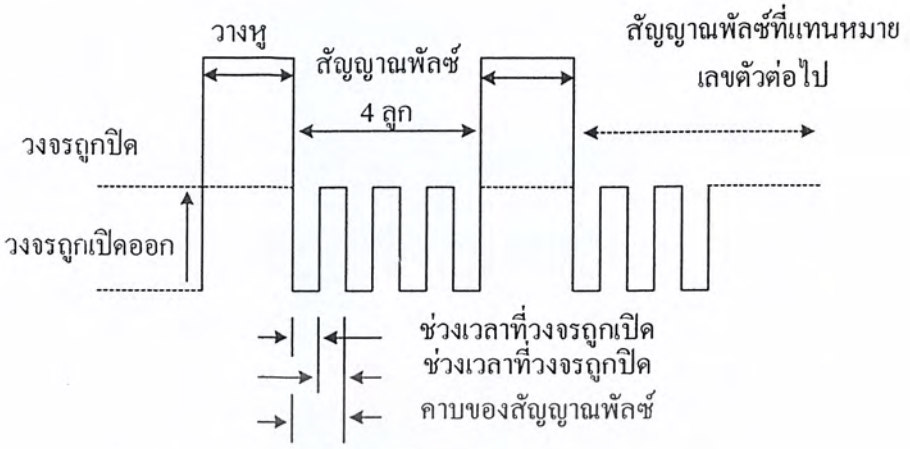
รูปที่ 2.5 ลักษณะสัญญาณพื้นฐานของระบบโทรศัพท์

2.4 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากสำหรับชุมสายจะติดตั้งอยู่ที่สำนักงานหรือที่พักอาศัยของผู้เช่ามีหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกหรือสัญญาณเลขหมายไปยังชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นและใช้สำหรับผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในการพูดและฟังผ่านชุมสายโทรศัพท์โดยเมื่อต้องการที่จะทำการเรียกหรือติดต่อก็ทำการหมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับที่หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์เพื่อแจ้งให้ชุมสายติดต่อให้

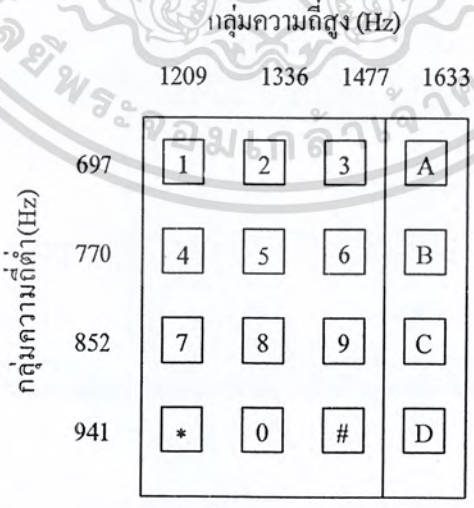
เครื่องโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันนี้จะมีอยู่ 2 ระบบได้แก่ ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์หน้าปัดแบบหมุนเป็นระบบเดิมที่ใช้ในยุคแรกๆ โดยเครื่องโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณพัลส์เมื่อทำการหมุนโทรศัพท์หน้าปัดที่หมุนของโทรศัพท์นั้นจะเชื่อมต่ออยู่กับสวิตช์ซึ่งจะทำให้สวิตช์นี้เปิดปิดเป็นจังหวะเท่ากับค่าตัวเลขที่หมุนเช่น หมุนหมายเลข 4 ก็จะทำให้สวิตช์มีการปิดเปิด 4 ครั้ง ดังแสดงในรูป 2.6 ยกเว้นตัวเลข 0 จะทำให้เกิดการขัดจังหวะเป็นจำนวน 10 ครั้ง ขบวนของพัลส์เองที่จะเป็นสัญญาณบอกให้ชุมสายสามารถเลือกต่อคู่สายได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ลักษณะของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4

ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่หรือระบบโทรศัพท์แบบ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ขึ้นมาใช้แทนระบบเก่าเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้มากขึ้นเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มนี้จะใช้วิธีในการส่งความถี่ออกไปแทนโดยในระบบนี้จะช่วยประหยัดเวลาในการส่งหมายเลขและลดความผิดพลาดในการส่งหมายเลขลงสามารถเพิ่มปุ่มอื่นๆ เพื่อใช้งานอย่างอื่นนอกจากปุ่มที่มีอยู่แล้วโดยการกดปุ่มแต่ละครั้งก็จะมีการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มความถี่ต่ำและกลุ่มความถี่สูงที่ถูกมอดูเลตกันออกไปแทนหมายเลขที่ต้องการส่งออกไปโดยความถี่นี้จะอยู่ในย่านความถี่เสียงพูดดังมีค่าแสดงในรูปที่ 2.7 ยกตัวอย่างเช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 1 ก็จะมีการผลิตความถี่ 697 เฮิรตซ์และ 1209 เฮิรตซ์ ที่มีการมอดูเลตกันส่งออกไป



รูปที่ 2.7 ค่าความถี่ในแต่ละหมายเลขของระบบโทรศัพท์ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องโทรศัพท์จะติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ด้วยสายนำสัญญาณ 2 สายคือ สายทิป (Tip) และสายริง (Ring) ปกติเมื่อไม่มีการใช้โทรศัพท์วงจรของเครื่องโทรศัพท์จะถูกตัดออกจากคู่สายของโทรศัพท์ คงเหลือแต่วงจรกำเนิดเสียงเรียก (Ringing) หรือวงจรกระดิ่งต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์เท่านั้นเพื่อส่งสัญญาณเรียกเมื่อมีการติดต่อจากผู้อื่นเข้ามาทำให้ในขณะที่โทรศัพท์ไม่ถูกใช้งานจะไม่มีกระแสไหลผ่านเครื่องรับโทรศัพท์แต่เมื่อเรายกหูโทรศัพท์ก็จะมีการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับชุมสายของบริษัท ทศท คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) เกิดการไหลของกระแสในวงจรโดยกระแสนี้จะมาจากแบตเตอรี่ในชุมสายโทรศัพท์ที่อยู่ใกล้ผู้เช่าโทรศัพท์มากที่สุดและเมื่อชุมสายโทรศัพท์เลือกคู่สายที่ต้องการจะติดต่อได้แล้วก็จะทำการส่งสัญญาณกระดิ่งซึ่งเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับออกไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกเพื่อทำการสั่นกระดิ่งให้ดังขึ้น เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์รับสายก็จะเกิดไฟฟ้ากระแสตรงไหลเมื่อชุมสายตรวจพบก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่งก็จะสามารถทำการสนทนาได้โดยในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างปากพูดและหูฟังกับสายโทรศัพท์จะต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติทำหน้าที่ในการปรับอิมพีแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลกันเพื่อให้มีการรับและการส่งสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดรวมทั้งทำให้ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองที่พูดออกไปด้วยเพื่อที่จะได้ปรับระดับการพูดของตนเองไม่ให้ดังหรือค่อยจนเกินไป

2.4.1 การเข้ารหัสสัญญาณความถี่คู่

จะเป็นตัวเข้ารหัสซึ่งจะทำการต่อคีย์สวิตช์โดยต่อแถวกับหลักเข้ากับไอซีตามรูปที่ 2.8 ความถี่ใช้ในแต่ละแถวและหลักมีความถี่ที่แตกต่างกันความถี่ของทั้ง 4 แถวเรียกว่าเป็นกลุ่มของความถี่ต่ำและความถี่ของทั้ง 3 หรือ 4 หลักเรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่สูงการกดปุ่มหมายเลขใดๆ จะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องรับโทรศัพท์ผลิตความถี่ออกมาเป็น 2 ความถี่ เช่น เมื่อกดเลข 5 ความถี่ที่ผลิตออกมาคือ 770 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ เป็นต้นซึ่งความถี่ที่ผลิตออกมาเป็นสัญญาณความถี่คู่ออกมาที่ขา 18 ของไอซี

มาตรฐานของความถี่ที่ใช้และตำแหน่งของหมายเลขต่างๆ จะถูกจัดให้มีลักษณะดังแสดงตามรูป 2.4 สำหรับค่าผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้จะเป็น 1.5% สำหรับการผลิตความถี่และ 2% สำหรับการรับเลขหมาย

1) ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม

1.1) สามารถลดเวลาในการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ลดลงได้ทำให้มีผล คือ เวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์แต่ละครั้งลดลงซึ่งทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถรับทราฟฟิก (traffic) ได้มากขึ้น

1.2) สามารถใช้เป็นวงจรทาง Solid State Electronic แทนอุปกรณ์ทางด้าน Mechanics จึงทำให้มีความรวดเร็วและแม่นยำในการส่งเลขหมาย

1.3) สามารถเพิ่มปุ่มกดได้อีก 4 ปุ่ม (หลักที่ 4) เพื่อในการส่งสัญญาณการบริการประเภทอื่นๆ

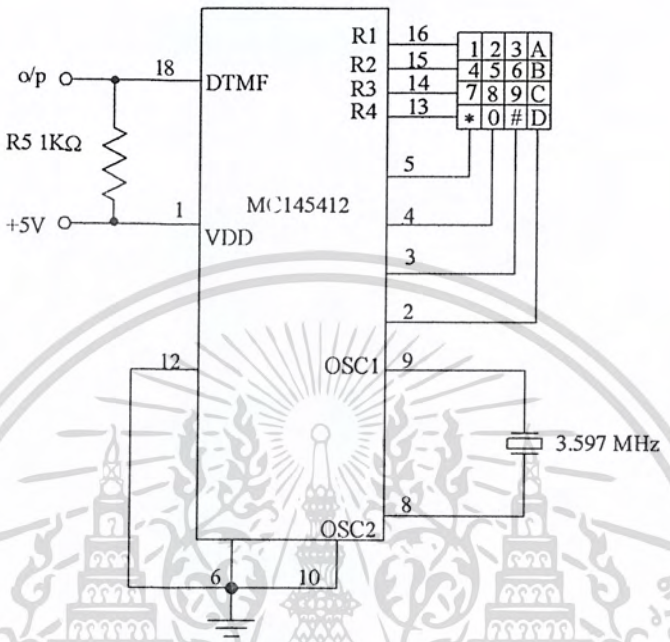
1.4) มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายโทรศัพท์ระบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ข้อควรคำนึงถึงในการเชื่อมต่อระบบ DTMF กับสายส่งสัญญาณ

2.1) ต้องรักษาระดับแรงดันและกระแสลูปให้คงที่ตลอดระยะทางในการส่งของสัญญาณ

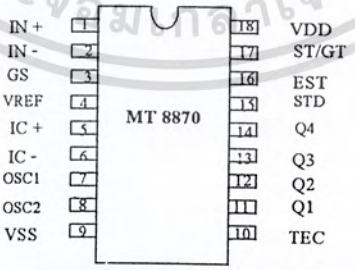
2.2) วงจรออสซิลเลเตอร์ต้องมีอิมพีแดนซ์ที่สมดุลกับสายส่งสัญญาณ



รูปที่ 2.8 วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่คู่

2.4.2 การถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่

การถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่เป็นกระบวนการแปลงสัญญาณความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มซึ่งเป็นสัญญาณแอนะลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่มีฟังก์ชั่นการทำงานดังนี้



รูปที่ 2.9 ตำแหน่งขาใช้งานของไอซี MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ภาคกรองความถี่ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวแยกสัญญาณความถี่คู่ที่เข้ามาจากภายนอก ออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำโดยใช้วงจรกรองแถบความถี่ 6 อันดับชนิดสวิตซ์ตัวเก็บประจุ วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน

2) ภาคถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสที่ ออกเป็นตัวเลขโดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอลและมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาเป็นสัญญาณความถี่คู่หรือไม่ สัญญาณที่ขา Est (Early Steering) ก็จะแอกตีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากสัญญาณความถี่คู่

3) ภาคตรวจจับการถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ ก่อนที่จะมีสัญญาณความถี่คู่ออกไปที่เอาต์พุตจะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ขาเข้ามาว่ามีระยะตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรจะไม่รับโดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้องส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยการต่อตัวเก็บประจุเข้าที่ขา Est ซึ่งเมื่อขา Est ได้รับลอจิก 1 จะทำให้แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าสูงขึ้นตัวเก็บประจุจะคายประจุทำให้แรงดันสูงถึงค่าเทรสโฮลวงจรถอดรหัสจึงทำการถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลข 4 บิต

4) ภาคขยายสัญญาณความแตกต่างของวงจร ซึ่งส่วนของอินพุต MT8870 จะเป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราการขยายโดยการต่ออุปกรณ์เพิ่มจากภายนอก

5) ภาคออสซิลเลเตอร์ในส่วนนี้ภายในตัวไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายในเพียงแต่ทำการต่อคริสตอลขนาด 3.579 เมกะเฮิรตซ์ ก็สามารถใช้งานได้ทันที

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 นั้นจะมีขนาด 8 บิตซึ่งจะมีการประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ทุกๆ เบอร์จะมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกันเพียงแต่มีขนาดหน่วยความจำภายในและภายนอกที่แตกต่างกันเพื่อความเหมาะสมในการนำเอาไปใช้งานตามความต้องการต่างๆ แต่เดิม 8951 ถูกสร้างด้วยวิธี HMOS I แต่ในปัจจุบันได้สร้างด้วยวิธี HMOS II จึงมีชื่อเป็น 8951 AH ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล 51 นั้นถึงแม้ว่าจะมีหลายเบอร์แต่เราก็จะเรียกว่าเป็น“8951” ซึ่งหมายถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 51 นั้นส่วนเบอร์ 8032 และ 8052 มีหน่วยความจำภายในเพิ่มขึ้นและมีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิตเพิ่มขึ้นมาดังตารางที่ 2.1

2.5.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

1) ต้องการแหล่งจ่ายไฟ + 5V ชุดเดียว

2) มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8951 และ 8031 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์

3) หน่วยความจำข้อมูลขนาด 128 ไบต์ สำหรับ 8952 ขึ้นไปมีถึง 256 ไบต์

4) มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแยกจำหน่ายอย่างละ 64 กิโลไบต์

5) มีไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับเบอร์ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานโหมด

6) รับอินเตอร์รัพต์ได้ 6 แหล่ง 5 เวคเตอร์สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แหล่ง 6เวคเตอร์

7) มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม 2 พอร์ตแบบ Full Duplex เลือกรับได้ 4 โหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) มีคำสั่งในการทำ AND, ORหรือComplement ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ 1 บิต

9) มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

2.5.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ภายใน 8951 จะประกอบด้วยเกตชนิดต่างๆ เช่น AND,OR,NOT ซึ่งแต่ละเกตเหล่านี้จะนำมาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่งและวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น โครงสร้างภายในของ 8951 จะประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ

2.5.3 โครงสร้างของ 8951

จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1) หน่วยประมวลผลกลาง

ซีพียูจะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุม ได้แก่สัญญาณเที่ใช้สำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำอุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกซึ่งเป็นส่วนควบคุมการขัดจังหวะและส่วนควบคุมบัสก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วยการสร้างสัญญาณวงจรควบคุมจากซีพียูนี้จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างขึ้นจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุกๆ ส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

ในซีพียูยังประกอบด้วยส่วนประมวลผลทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก ลบ คูณ หรือหารข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ

2) หน่วยความจำ

หน่วยความจำมีไว้สำหรับจดจำข้อมูลซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำเราจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บ ในหน่วยความจำเรียกว่าการเขียนข้อมูลและการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำเรียกว่าการอ่านข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์8951 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำสามารถเก็บความจำข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 00000000_2 ถึง 11111111_2 หรือ 00H ถึง 0FFH ในการติดต่อหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 2 กลุ่มคือ

2.1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลที่มีขนาดสูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่งหรือมีขนาด (64 กิโลไบต์) ดังนั้นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 65536)

2.2) วงจรนับเวลา/จับเวลา 0 และ วงจรนับเวลา/ จับเวลา 1 เป็นวงจรที่สามารถทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951 หรือจำนวนของสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951 ก็ได้สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดยซีพียู

2.3) พอร์ตอนุกรมซีพียูจะอ่านและเขียนข้อมูล พอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต ซึ่งแต่ละข้อมูลจะถูกส่งออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TXD และในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับข้อมูลก็จะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD และจัดเรียงใหม่เป็นข้อมูล 8 บิต เพื่อให้ซีพียูอ่านและนำไปใช้งานต่อไป ในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951 มีพอร์ตใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมายการนำพอร์ตไปใช้งานจะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

2.5.4 สถาปัตยกรรมภายในของ 8951

MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตแบบ NMOSและCMOS เบอร์ 8032และ8052 จะมีรอมเบสิกอยู่ภายในจึงสะดวกสำหรับโปรแกรมเมอร์ที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิกโครงสร้างภายในสำหรับเบอร์8951ซึ่งจะอธิบายถึงส่วนประกอบย่อยๆ ภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์8951และสัญญาณจากภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951 ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951 จะบรรจุภายในวงจรรวมแบบ DIP หรือ Dual InlinPac แบบ 40 ขาดังนี้

ตารางที่ 2.1 ขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951

ขา	สัญลักษณ์	หน้าที่
1-8	Port 1	มี 8 บิต คือP1.0-P1.8 ใช้งานเป็นอินพุตและเอาต์พุตพอร์ตทั่วไป
9	RST	ใช้สำหรับรีเซตวงจรภายในเพื่อเริ่มทำงานใหม่ในการรีเซตต้องป้อนลอจิก “1” นานอย่างน้อย 2 แมชชีน ไซเคิล
10-17	Port 3	มี 8 บิต คือP3.0-P3.7 ใช้งานเป็นอินพุตและเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปและใช้งานในหน้าที่พิเศษดังนี้
10	3.0/RXD	ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
11	3.1/TDX	ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
12	3.2/INT0	ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0
13	3.3/INT1	ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1
14	3.4/T0	ใช้เป็นอินพุตให้วงจรนับ/จับเวลาชุดที่ 0
15	3.5/T1	ใช้เป็นอินพุตให้วงจรนับ/จับเวลาชุดที่ 1
16	3.6/WR	ขาควบคุมการเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก
17	3.7/RD	ขาควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก
18	XTAL2	ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์
19	XTAL1	ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์
20	Vss	เป็นขากราวด์
21-28	Port 2	มี 8 บิต คือP2.0-P2.7 ใช้งานเป็นอินพุตและเอาต์พุตพอร์ตทั่วไปแล้วยังใช้เป็นตัวส่ง Address ไบต์สูงเพื่อติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก
29	PSEN	สัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเมื่อขานี้ถูกกระตุ้นจะมีลอจิกเป็น “0” จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอกและถ้าเป็นการอ่านโปรแกรมภายในขานี้จะไม่มีการกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951

ขา	สัญลักษณ์	หน้าที่
30	ALE	เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอกเพื่อควบคุมการ Latch ค่าตำแหน่งไบต์ต่ำจากพอร์ต 0
31	EA	ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายในและภายนอก
32 - 39	Port 0	มี 8 บิตคือ P0.0-P0.7 มีโครงสร้างแบบ Open Drain , Bi-Directional โดยสามารถใช้งานได้ 2 หน้าที่คือ Address BusและData นอกจากนี้ยังใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตได้
40	Vcc	ต่อกับไฟ + 5 V

2.5.5 การจัดการหน่วยความจำของ 8951

หน่วยความจำของ 8951 แบ่งออกเป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

1) หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปของภาษาเครื่องซึ่งต้องการให้ 8951 ทำงาน เมื่อ 8951 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำโปรแกรมไปทำการถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่นๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำนี้เป็นแบบรอมและผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นภาษาเครื่องของ 8951 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการส่วนที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมก็คือรอมขนาด 4 กิโลไบต์

2) หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลสามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ซึ่งหน่วยความจำภายในมีขนาดเพียง 128 ไบต์ส่วนหน่วยความจำภายนอกมีขนาด 64 กิโลไบต์

2.5.6 ฐานเวลาในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

แมชชีนไซเคิล คือรอบการทำงานของคำสั่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดในการทำคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง ถ้าเป็นคำสั่งที่ซับซ้อนมากก็ต้องใช้เวลานาน 2-3 แมชชีนไซเคิล

1 แมชชีนไซเคิล จะประกอบด้วยสัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูกโดยสัญญาณนาฬิกาแต่ละลูกเรียกว่า “เฟส” (Phase) สัญญาณนาฬิกา 2 เฟส รวมกันเป็น 1 สเตทเพราะฉะนั้นใน 1 แมชชีนไซเคิลจึงมี 6 สเตท

2.5.7 การทำงานของ 8951

เมื่อป้อนไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8951 ซึ่งมีวงจรรีเซตเมื่อปิดเครื่องจะเกิดการรีเซตการทำงาน ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951 เริ่มจากภาคโปรแกรมเคาน์เตอร์ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมลงไปบนเส้นทางหมายเลข 1 เส้นทางนี้มีขนาด 16 บิต ค่าตำแหน่งหน่วยความจำนี้ถูกส่งไปเก็บไว้ที่ Program Address Register ค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะปรากฏลงบัส 16 บิต หมายเลข 2 ถ้าเป็นค่าตำแหน่งของหน่วยความจำแรกหลังจากรีเซตค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะเป็น 0000H หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมการเลือกได้ว่าเป็นรอมภายในหรือภายนอก 8951 โดยการป้อนสภาวะของลอจิกเข้าไปที่ 8951 ทางขา EA ซึ่งจะต่ออยู่กับส่วนของวงจรนับเวลาและวงจรควบคุมถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าที่ขา EA เป็นการเลือกใช้รอมภายใน 8951 โดยที่วงจรนับเวลาและวงจรควบคุมจะสร้างสัญญาณไปยังรอมภายในให้ส่งข้อมูลเป็นคำสั่งจากตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยค่าตำแหน่งที่ส่งมายังเส้นทางหมายเลข 2 ข้อมูลจากรอมถูกส่งไปยังเส้นทางหมายเลข 3 ที่เรียกว่าเส้นทางข้อมูลภายในแล้วนำไปเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ IR (Instruction Register) เพื่อส่งไปให้กับวงจรนับเวลาและวงจรควบคุมทำการถอดรหัสแล้วควบคุมการทำงานส่วนอื่นๆ ต่อไปในกรณีที่เลือกรอมภายนอก โดยป้อนลอจิก 1 เข้าที่ขา EA จะทำให้วงจรเวลาและวงจรควบคุมส่งสัญญาณไปยังพอร์ต 0 และพอร์ต 2 เพื่อส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำบนเส้นทางหมายเลข 2 ออกไปชี้หน่วยความจำภายนอกจากนั้นจะอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาทางพอร์ต 0 ไปยังเส้นทางข้อมูลภายในแล้วไปเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ IR เพื่อทำงานต่อไปเหมือนกับตอนอ่านคำสั่งจากรอมภายในการทำงานในช่วงค่าตำแหน่งในหน่วยความจำไปยังหน่วยความจำแล้วอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ IR เรียกว่า "ช่วงของการเฟตช์ (Fetch)" ช่วงต่อไปจะเป็นช่วงของการทำงานตามคำสั่งเรียกว่า "Excute Cycle"

2.6 ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89CX051

2.6.1 คุณสมบัติของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89CX051

1) มีโครงสร้างและใช้ชุดคำสั่งเดียวกับตระกูล MCS-51 ของอินเทล

2) แหล่งจ่ายไฟใช้ได้ตั้งแต่ 2.7 โวลท์ ถึง 6 โวลท์

3) มีหน่วยความจำโปรแกรมชนิด Flash Memory ขนาด 1KBytes 2KBytes และ 4KBytes ตามเบอร์ที่เลือกใช้

4) มีหน่วยความจำแบบแรม 8 Bit ขนาด 64 Byte สำหรับ ไอซีเบอร์ AT89C1051 และ 128 Byte สำหรับเบอร์ AT89C2051และ AT89C4051

5) ทำงานที่ความเร็วสัญญาณนาฬิกาได้สูงสุดถึง 24 MHz

6) มีอินพุตเอาต์พุตพอร์ต ขนาด 15 บิต

7) พอร์ตสามารถ SINK กระแสได้ 20 mA

8) มีสัญญาณการ อินเตอร์รัพท์ ได้ 3 แหล่งสำหรับไอซีเบอร์ AT89C1051 และ 6 แหล่งสำหรับไอซี เบอร์ AT89C2051และไอซีเบอร์ AT89C4051

9) มีพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม 1 ช่อง (UART)

10) มีวงจรตั้งเวลาและวงจรนับขนาด 16 บิตจำนวน 1 ช่อง สำหรับ 89C1051 และ 2 ช่อง สำหรับAT89C2051และ AT 89C4051

11) สามารถโปรแกรมข้อมูล เพื่อป้องกันการอ่านเขียน หรือคัดลอกโปรแกรมได้ 2 ระดับ

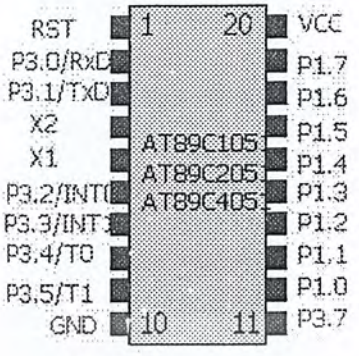
12) มีวงจรเปรียบเทียบสัญญาณอนาล็อก (Analog Comparator Input)1 ช่อง

13) มีระบบประหยัดพลังงาน (Low Power Idle And Power Down Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54929

2.6.2 หน้าที่แต่ละขาของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89CX051



รูปที่ 2.10 ตำแหน่งขาต่างๆของ ไอซี 89CX051

1) Vcc เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อไฟเพื่อเลี้ยงไอซี+5VDC

2) GND เป็นขากราวด์สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

3) พอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มีจำนวน 8 ขา แต่ละขาเรียกได้เป็น 1 บิต สามารถที่จะกำหนดให้เป็นได้ ทั้งพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าต้องการให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต ก็สามารถทำได้โดยการเขียน ข้อมูล ลอจิก "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อ

4) พอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มีจำนวน 7 ขา แต่ละขาเรียกได้เป็น 1 บิต แต่ในส่วนของวงจรภายในไอซีจะมีขาของ พอร์ต 3 อยู่ทั้งหมด 8 ขา เพียงแต่ขา P3.6 จะไม่ได้ต่อออกมาใช้งานภายนอกของตัวไอซี แต่ใช้เป็นขารับสถานะ ของผลการเปรียบเทียบสัญญาณ Analog Comparator Input ระหว่างพอร์ต P1.0 และ P1.1 จากภายนอก ดังนั้นขาทั้ง 7 ขาที่ต่อใช้งานภายนอกของไอซี สามารถที่จะกำหนดให้เป็นได้ทั้งพอร์ตอินพุต และพอร์ตเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถที่จะทำได้โดยการเขียนข้อมูลให้เป็น ลอจิก "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการ จะติดต่อด้วย นอกจากนั้นขาของ พอร์ต 3 จะยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา INT0

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา INT1

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.7 ใช้เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป

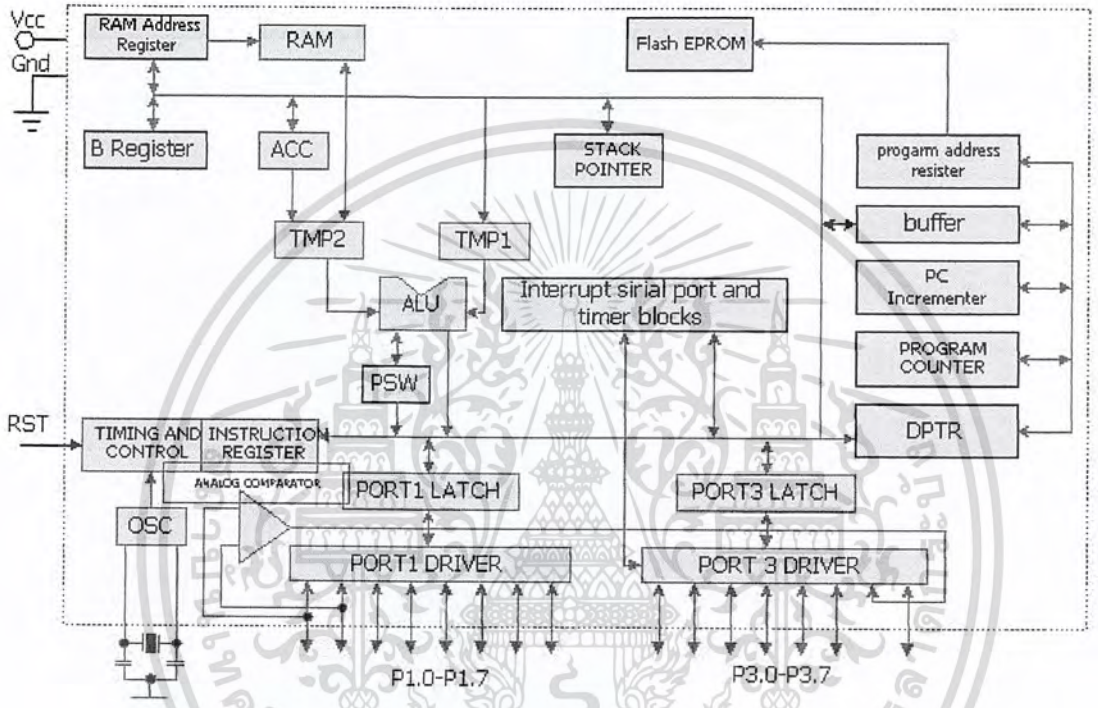
หมายเหตุ P3.6 อยู่ภายในไอซีไม่ได้ต่อออกมาภายนอก แต่ใช้เป็นขารับสถานะของการเปรียบเทียบสัญญาณ Analog Comparator Input ระหว่างพอร์ต P1.0และP1.1 จากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) รีเซต (Reset) เป็นขาที่ใช้รับสัญญาณในการรีเซต โดยจะรีเซตระบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการป้อนสัญญาณนั้นจะต้องทำให้สถานะ ที่ขานี้อยู่ในระดับลอจิก"1" (high) อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

6) XTAL 1 และ XTAL 2 เป็นขาที่ใช้สำหรับต่อกับตัวคริสตอล เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะ การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.6.3 โครงสร้างภายในของไอซีเบอร์ AT89CX051



รูปที่ 2.11 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ AT89CX051

2.7 ชุดคำสั่ง AT Command (AT Command Set)

ชุดคำสั่งนี้ใช้ในการควบคุมการทำงานของโทรศัพท์เคลื่อนที่และโมเด็ม (MODEM) โดยการส่งข้อมูลด้วยรูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication)

โดยที่เกิดจากการคิดค้นของบริษัท Hayes Microcomputer Products Inc. เพื่อใช้สั่งงานโมเด็มสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และได้รับความนิยมอย่างมาก จนถือเป็นมาตรฐานอันหนึ่ง มาตรฐานคำสั่งนี้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Hayes command set เป็นคำสั่งที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดการทำงานต่างๆ ของโมเด็มได้โดยใช้ซอฟต์แวร์สั่งงานจากคอมพิวเตอร์ ไปยังโมเด็มโดยตรง

ซึ่งในระบบของโทรศัพท์เคลื่อนที่หลายๆ รุ่นหลายยี่ห้อจะมีส่วนของโมเด็มประกอบอยู่ภายในด้วย ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้คำสั่ง AT Command ในการควบคุมการทำงานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องใช้การป้อนคำสั่งผ่านทางปุ่มกดของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อเข้าถึงฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ เช่น การสั่งให้มีการโทรออก การส่ง SMS การรับสายเรียกเข้า การปรับความดังของเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 ชุดคำสั่ง AT Command สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซีเมนส์ รุ่นC35,S35,M35,C45

ในการติดต่อกับโมเด็มของโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีเมนส์ รุ่น C35,S35,M35,C45 จะต้องใช้รูปแบบการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม ในลักษณะ 19200-N-8-1 ซึ่งหมายถึงอัตราการส่งข้อมูล 19200 บิตต่อวินาที ไม่มีพาริตี้บิต ข้อมูลมีขนาด 8บิต และมีบิตหยุด 1บิต โดยโดยใช้ชุดคำสั่ง AT Command ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยมีรูปแบบคือ ทุกคำสั่งจะขึ้นต้นด้วยตัวอักษร AT เสมอและเมื่อจบคำสั่งให้ปิดท้ายคำสั่งด้วย CR (Carriage Return) หรือกด ENTER โดยโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะรับคำสั่งไปทำงานและจะมีการตอบสนองกลับมาว่า OK หรือ ERROR หรือตอบสนองเป็นรูปแบบอื่นอีก ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

โดยเมื่อป้อนคำสั่งไปแล้วไม่ควรที่จะส่งคำสั่งอื่นให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่อีกจนกว่าจะมีการตอบสนองกลับมา มิฉะนั้น คำสั่งที่กำลังประมวลผลอยู่จะถูกอินเตอร์รัพต์

โดยจะแสดงตัวอย่างเพียงบางส่วนของชุดคำสั่ง AT Command ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ซีเมนส์ รุ่น C35 ,S35, M35, C45 ไว้ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งสามารถที่จะดูคำสั่งทั้งหมดได้ ที่ส่วนของภาคผนวก

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงตัวอย่างชุดคำสั่ง AT COMMAND

คำสั่ง	ความหมาย
A/	ทวนคำสั่งล่าสุด
AT	ส่วนที่อยู่ข้างหน้าสำหรับทุกๆคำสั่ง
ATA	เป็นคำสั่งให้มีการตอบรับสัญญาณโทรศัพท์ ที่มีการเรียกเข้า เมื่อกระทำคำสั่งนี้จะเกิดการติดต่อระหว่างปลายทางทั้งสองด้านจะเริ่มขึ้น
ATD<str> ;	เป็นคำสั่งให้โทรออกอัตโนมัติหรือที่เรียกว่า AUTO DAILING โดยที่<str>จะแทนด้วยตัวอักษร P หรือ T ซึ่งเป็นการแสดงว่าจะใช้ลักษณะการหมุนแบบ PULSE หรือ TONE ไม่จำเป็นต้องกำหนดก็ได้ แต่ส่วนที่สำคัญคือจะต้องใส่เครื่องหมาย ; ไว้ท้ายหมายเลขโทรศัพท์ที่จะทำการโทรออก ตัวอย่างเช่นต้องการโทรไปยังหมายเลข 027390120 จะใช้คำสั่ง **ATD027390120;**
ATD><n>	เป็นคำสั่งให้โทรออกหมายเลขโทรศัพท์จากสมุดโทรศัพท์ปัจจุบันที่ตำแหน่งเบอร์ n การเลือกสมุดโทรศัพท์ได้โดยใช้คำสั่ง AT+cpbs
ATH	เป็นคำสั่งวางสาย

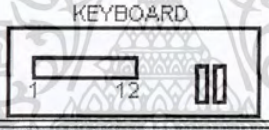
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ผลตอบสนองต่างๆจากโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อได้รับคำสั่ง

ตารางที่ 2.3 แสดงผลตอบสนองต่างๆจากโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อได้รับคำสั่ง

ผลตอบสนอง	ความหมาย
OK	ทำตามคำสั่งสำเร็จ
RING	ตรวจพบสัญญาณกระดิ่ง หรือมีสายเรียกเข้า
NO CARRIER	ไม่สามารถเชื่อมต่อได้สำเร็จหรือยกเลิกการติดต่อ
ERROR	ไม่สามารถปฏิบัติตามคำสั่งได้หรือคำสั่งมีความยาวเกินไป
NO DIALTONE	ไม่มีสัญญาณ dial tone
BUSY	สายไม่ว่าง

ตารางที่ 2.4 ชื่อและหน้าที่ของขาต่างๆ ในคอนเน็คเตอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อซีเมนส์รุ่น C35,S35,M35,C45



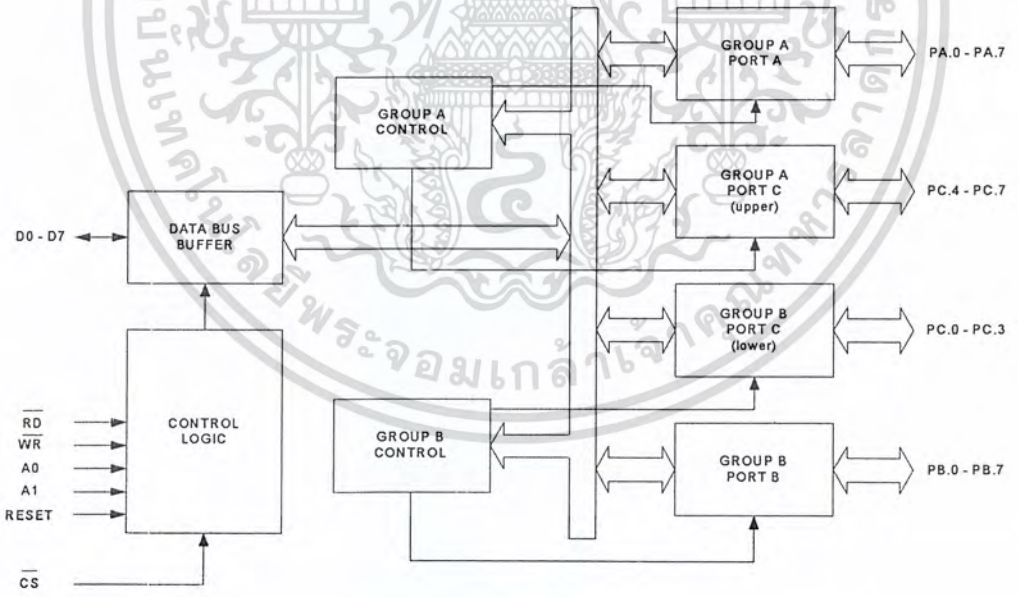
ขา	ชื่อ	หน้าที่
1	GND	กราวด์ของระบบดิจิตอล
2	SELF-SERVICE	ควบคุมการชาร์จ
3	LOAD	รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้ามาชาร์จแบตเตอรี่
4	BATTERY	แรงดันเอาต์พุต +5 โวลต์
5	DATA OUT	ส่งข้อมูลแบบอนุกรมสู่ภายนอก
6	DATA IN	รับข้อมูลแบบอนุกรมจากภายนอก
7	Z_CLK	ยอมรับและควบคุมการใช้อุปกรณ์ภายนอก
8	Z_DATA	ยอมรับและควบคุมการใช้อุปกรณ์ภายนอก
9	MICG	กราวด์ไมค์
10	MIC	อินพุตของสัญญาณเสียง
11	AUD	เอาต์พุตของสัญญาณเสียง
12	AUDG	กราวด์สำหรับลำโพงภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 PIA 8255 (Programmable Interface Adapter 8255)

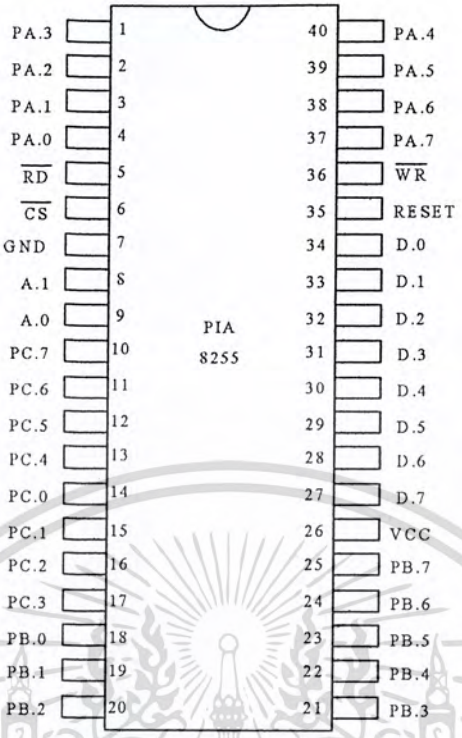
PIA 8255 เป็น ไอซี 40 ขา ถูกออกแบบมาเพื่อที่จะเป็นพอร์ตสำหรับการรับส่งข้อมูลแบบขนานระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์ มีความสะดวกในการนำเอา 8255 ไปใช้งานเนื่องจากเราสามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะการทำงานของพอร์ต ให้เป็นอินพุตหรือเอาท์พุตพอร์ตได้อย่างสะดวกเพียงการส่งข้อมูลควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กับ 8255 ก่อนที่จะเริ่มต้นใช้งานพอร์ตเท่านั้น โดยที่ความสามารถนี้จะถูกเรียกว่า Programmable คือ สามารถโปรแกรมการทำงานได้ ทำให้ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย

จากในรูปที่ 2.12 เป็นบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างการทำงานของ 8255 ส่วนรายละเอียดของตำแหน่งขาต่างๆ แสดงไว้ในรูปที่ 2.13 จะเห็นได้ว่าประกอบด้วยบล็อกของหน่วยการทำงานหลายส่วนภายในบล็อกทางขวามือทั้ง4 บล็อก เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยตรง โดยผ่านทางเส้นสัญญาณที่ระบุชื่อว่า PA.0 – PA.7 , PB.0 – PB.7 และ PC.0 – PC.7 กลุ่มของสัญญาณเหล่านี้จำแนกเป็น 3 กลุ่ม คือ พอร์ต A,BและC สำหรับบล็อกถัดเข้ามาบริเวณส่วนกลางที่มีชื่อว่า Group A Control และ Group B Control ทำหน้าที่กำหนดการทำงานของพอร์ตทั้งสาม โดยบล็อกทั้งสองนี้เชื่อมต่อกับบล็อกอื่นๆผ่านทางบัสข้อมูลภายใน 8255 เอง สำหรับบล็อกการทำงานทางด้านซ้ายที่มีชื่อว่า Data bus buffer และ read/write control logic ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างระบบบัสของไมโครคอนโทรลเลอร์กับ 8255 เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างกันตามระดับของลอจิกของขาสัญญาณ RD\ และ WR\ ตามลำดับ



รูปที่ 2.12 แสดง Block Diagram ภายในของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงตำแหน่งขาต่างๆ ของ 8255

2.8.1 หน้าที่ขาสัญญาณของ 8255

เพื่อให้เข้าใจวิธีการต่อใช้งานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับ PIA 8255 จึงจำเป็นต้องเข้าใจความหมายและตำแหน่งขาต่างๆ เสียก่อนดังนี้คือ

D0 – D7 เป็นบัสข้อมูล ทำหน้าที่อ่านหรือเขียนข้อมูลพอร์ต โดยต่อ D0 – D7 ต่อเข้ากับ Data Bus ของไมโครคอนโทรเลอร์

CS เป็นขาอินพุตชิป (select shift) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากภายนอกเพื่อเลือกชิป 8255 โดยเมื่อขานี้เป็น "low" จะทำให้ 8255 ต่อเข้ากับระบบบัสของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้อ่านหรือเขียนข้อมูลจากพอร์ตเกิดขึ้น

RD เป็นขาสัญญาณอ่านข้อมูล ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตที่ส่งมาจาก CPU เมื่อขาสัญญาณนี้เป็น "low" และขา CS เป็น "low" จะมีการอ่านข้อมูลเกิดขึ้นบนบัสข้อมูล

WR เป็นขาสัญญาณเขียนข้อมูล เมื่อ CS และ WR เป็น Logic "0" จะเกิดการเขียนข้อมูลขึ้นบนบัสข้อมูล

A0 – A1 เป็นขาสัญญาณแอดเดรสเลือกพอร์ต A,B,C และควบคุมพอร์ต (control port)

RESET เป็นขาสัญญาณเครียร์สถานะต่างๆภายใน 8255 โดยจะมีการเซทให้ทุกพอร์ตเป็นอินพุตพอร์ต

PA0 – PA7 เป็นขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุต พอร์ต A ขนาด 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PB0 – PB7 เป็นขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุต พอร์ต B ขนาด 8 บิต

PC0 – PC7 เป็นขาสัญญาณอินพุต/เอาท์พุต พอร์ต C ขนาด 8 บิต

ในบรรดาพอร์ตทั้งสามของ 8255 มีชื่อเรียกว่าพอร์ต A ,BและC โดยพื้นฐานนั้นล้วนเป็นพอร์ตแบบขนานที่ประกอบด้วยขาสัญญาณ 8 เส้น (8 บิต) ซึ่งแต่ละเส้นจะแทนบิตข้อมูลของพอร์ต (พอร์ตข้อมูลขนาน 8 บิต) ซึ่งเราสามารถอ้างถึงแต่ละบิตของเส้นสัญญาณพอร์ตนี้ได้โดยอิสระ อย่างไรก็ตาม 8255 ได้ทำการแบ่งกลุ่มของพอร์ตเหล่านี้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม A และ กลุ่ม B เพื่อประโยชน์ในการกำหนดรูปแบบการทำงานของพอร์ตดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงรูปแบบการจำแนกกลุ่มของพอร์ต

ชื่อกลุ่ม	จำนวน
GROUP A	พอร์ต A จำนวน 8 บิต (ทุกบิตของพอร์ต) พอร์ต C จำนวน 4 บิต (เฉพาะ 4 บิตบนของพอร์ต)
GROUP B	พอร์ต B จำนวน 8 บิต (ทุกบิตของพอร์ต) พอร์ต C จำนวน 4 บิต (เฉพาะ 4 บิตล่างของพอร์ต)

จากตารางข้างต้นจะเป็นได้ว่าจำนวนสัญญาณทั้งหมดของพอร์ต C (PC0 – PC7) ได้ถูกแยกออกเป็นสองกลุ่ม คือกลุ่มของ 4 บิทล่าง จาก PC0 – PC3 และกลุ่มของ 4 บิทบน จาก PC4 – PC7 ดังนั้นพอร์ตกลุ่ม A และกลุ่ม B ของ 8255 จึงมีจำนวนบิตในแต่ละกลุ่มเป็นจำนวนถึง 12 บิต

2.8.2 Register ภายในของ PIA 8255

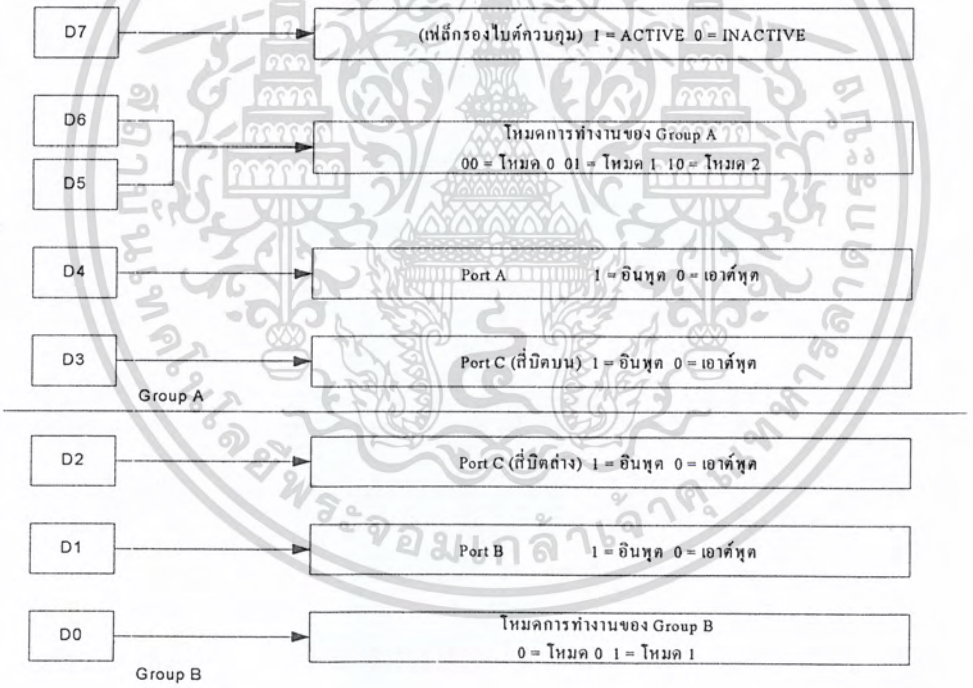
เมื่อทำการเชื่อมต่อ 8255 เข้ากับ CPU ของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ได้แล้ว สิ่งที่ผู้ใช้ต้องทำคือการโปรแกรมให้ 8255 ทำงานได้ตามต้องการ จากการที่กำหนด Decoder Address Port 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะเสมือนเป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเขียนและอ่านได้ โดยลักษณะการควบคุมจะทำการควบคุมโดย A0 –A1, WR และ RD ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.6

การกำหนดให้พอร์ตทั้งสามของ 8255 ทำงานในลักษณะต่างๆกัน หรือที่เรียกว่าโหมดการทำงานจะเริ่มจากเราจะต้องส่งค่าข้อมูลขนาดหนึ่งไบท์ ให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานภายใน 8255 ข้อมูลนี้จะเรียกว่าไบท์ข้อมูลควบคุม (control word) โดยแต่ละบิตของข้อมูลนี้จะมีความหมายที่จะระบุถึงความต้องการต่างๆกันไปดังแสดงในรูปที่ 2.14 การส่งข้อมูลไบท์นี้จะต้องเริ่มเป็นลำดับแรกก่อนที่จะมีการดำเนินการใดๆ กับ 8255 ทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 สัญญาณควบคุมการทำงาน 8255

RD	WR	A1	A2	ความหมาย
1	0	0	0	เขียนพอร์ต A ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	0	อ่านพอร์ต A ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	0	1	เขียนพอร์ต B ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	0	1	อ่านพอร์ต B ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	0	เขียนพอร์ต C ซึ่งเป็นข้อมูล
0	1	1	0	อ่านพอร์ต C ซึ่งเป็นข้อมูล
1	0	1	1	เขียนข้อมูลซึ่งเป็นรหัสควบคุม
0	1	1	1	อ่านเข้ามาซึ่งไม่มีความหมายใดๆ



รูปที่ 2.14 แสดงความหมายของบิตภายในไบท์ข้อมูลควบคุมสำหรับ 8255

2.8.3 การเชื่อมต่อ 8255 กับ 89c51

เมื่อพิจารณาแผนภาพของ 8255 จะเห็นได้ว่ามีขาสัญญาณแอดเดรสจำนวนสองเส้นคือ A0 – A1 ทำให้ตำแหน่งของแอดเดรสที่จะอ้างถึงได้มีค่าเป็น 2 ยกกำลัง 2 หรือเท่ากับ 4 ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะมีความหมายใช้ในการระบุรีจิสเตอร์หรือพอร์ตภายใน 8255 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ตำแหน่งของแอดเดรสที่จะอ้างถึงได้ของ A0และA1

A1	A0	ชื่อรีจิสเตอร์
0	0	พอร์ต A
0	1	พอร์ต B
1	0	พอร์ต B
1	1	รีจิสเตอร์ควบคุม

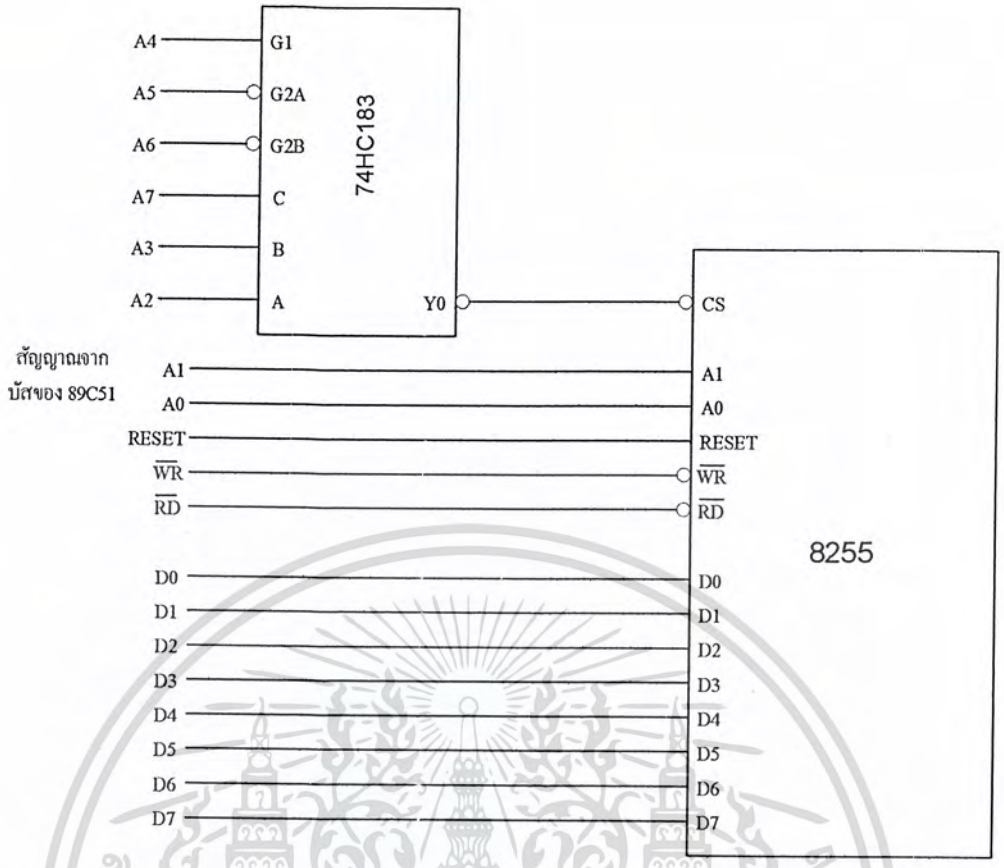
เมื่อพิจารณาค่าของแอดเดรสเหล่านี้ร่วมกับระดับลอจิกของขาสัญญาณ RD และ WR จะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลทางขาสัญญาณ D0 – D7 ให้กับรีจิสเตอร์นั้นตามลำดับ ดังตารางที่ 2.6 ดังนั้น โดยทั่วไปมักจะกำหนดให้แอดเดรสของ 8255 ทั้งสี่ตำแหน่งอยู่ในแอดเดรสช่วงใดช่วงหนึ่งของระบบเช่น 10H,11H,12H และ 13H โดยที่ขาสัญญาณแอดเดรสที่นอกเหนือไปจาก A0 และ A1 นำเข้ามายังตัวถอดรหัสแอดเดรสเพื่อสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ (CS) ในช่วงแอดเดรสที่ต้องการ ให้ดูตัวอย่างในรูปที่ 2.8 สัญญาณ CS นี้จะเป็นสภาวะลอจิกต่ำก็ต่อเมื่อค่าในแอดเดรส A2 – A7 ที่ค่าเท่ากับ 0000100xx (xx ใช้เพื่อระบุถึงรีจิสเตอร์ภายใน 8255 เพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล) ดังนั้นจากวงจรนี้แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายใน 8255 จะมีค่าตามตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงตำแหน่งแอดเดรสภายใน 8255

ตำแหน่งแอดเดรส	ความหมาย
10H	พอร์ต A
11H	พอร์ต B
12H	พอร์ต C
13H	รีจิสเตอร์ควบคุม

ขาสัญญาณควบคุมอื่นๆคือ RD และ WR มักจะเชื่อมต่อเข้ากับขาชื่อเดียวกันของ 8031 ได้โดยตรงทำให้แอดเดรสพอร์ทของ 8255 อยู่ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของ 8031 สำหรับขาสัญญาณรีเซตของ 8255 ซึ่งจะมีผลให้เกิดการรีเซต หรือเริ่มสภาวะการทำงานใหม่เมื่อระดับของขาสัญญาณเป็นลอจิกสูง ดังนั้นหากว่าจะใช้สัญญาณการรีเซตเดียวกันกับ 8031 เพื่อที่จะรีเซต 8255 ด้วยก็สามารถต่อได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อ 8255 เข้ากับ 89c51

2.9 ไอซีบันทึกสัญญาณเสียง

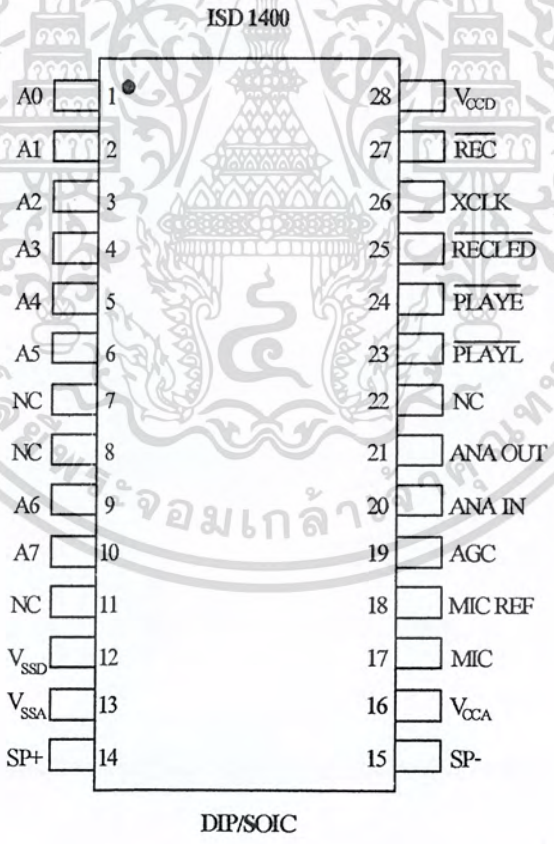
ในอุปกรณ์สื่อสารหรืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ปัจจุบัน จะเห็นว่ามีความทันสมัยมากขึ้นอย่างเช่น อุปกรณ์โทรศัพท์ ในสมัยก่อนต้องใช้คนทำหน้าที่เป็นโอเปอเรเตอร์ คอยตอบรับโทรศัพท์เมื่อมีผู้โทรเข้ามาและต่อเลขหมายตามความต้องการของผู้เรียก แต่ในปัจจุบันไม่จำเป็นต้องต้องใช้คนอีกต่อไปแล้ว ความทันสมัยของการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ ได้เข้ามามีบทบาทและเข้ามาทำงานแทนที่คน โดยใช้วงจรอิเล็คทรอนิกส์ เราสามารถใช้วงจรอิเล็คทรอนิกส์ มาทำหน้าที่ตอบรับโทรศัพท์แทนคน อุปกรณ์ที่ว่านี้สามารถตอบรับโทรศัพท์ได้ด้วยเสียงพูด ในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ก็เช่นเดียวกัน เราสามารถใช้คอมพิวเตอร์พูดแนะนำขั้นตอนต่างๆ ในการใช้คอมพิวเตอร์ให้กับผู้ใช้คอมพิวเตอร์ได้ ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ที่มีการทำงานซับซ้อนทั่วไปก็หันมานิยมใช้อุปกรณ์บันทึกเสียงพูดนี้กันมากเพราะสะดวกทำให้ผู้ใช้บริการไม่สับสนเพราะมีเสียงพูดคอยแนะนำขั้นตอนการทำงานตลอดเวลา สัญญาณเสียงพูดที่ใช้กันนั้นไม่ได้บันทึกได้ในเทปคาสเซทแต่หากว่ามันถูกบันทึกไว้ในไอซี ซึ่งมีขนาดเล็กกะทัดรัด ใช้งานสะดวกสบายเพียงแค่ต่ออุปกรณ์ประกอบวงจรเพียงเล็กน้อยไว้ภายนอกของตัวไอซีก็สามารถใช้งานได้ โดยโครงการนี้จะใช้ไอซีเบอร์ ISD 1420

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 คุณสมบัติของ ISD 1420

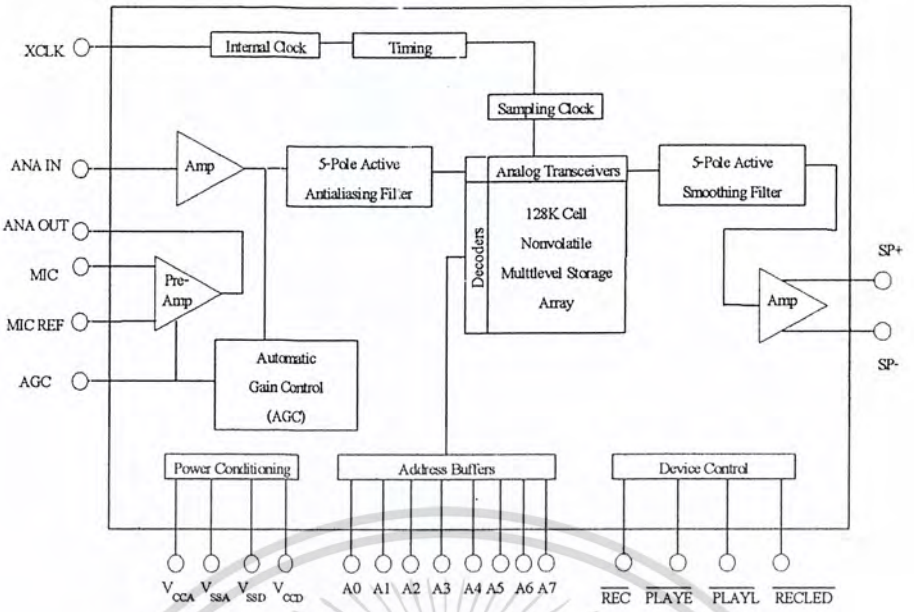
- สามารถบันทึกสัญญาณเสียงเก็บไว้ได้โดยไม่ต้องต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าเลี้ยงวงจร (nonvolatile memory)
- สามารถบันทึกซ้ำ (re-record) ได้มากกว่าจำนวน 100,000 ครั้ง
- สามารถบันทึกข้อความที่ติดต่อกันได้นานถึง 20 วินาที
- การบันทึก (record) และการเล่นกลับ (playback) ทำได้ง่าย
- สามารถเชื่อมต่อ (interface) กับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
- ให้เสียงตอบสนองที่เป็นธรรมชาติ

จากคุณสมบัติต่างๆ ที่รวบรวมอยู่ภายในไอซีเพียงตัวเดียว ทำให้ง่ายแก่การใช้งาน ตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน จนถึงหน่วยจัดเก็บข้อมูลที่บันทึกและขับออกลำโพงก็ถูกรวบรวมไว้ในไอซีเพียงตัวเดียว ในโหมดการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซลล์ แบบไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไม่ให้สูญหาย รายละเอียดการแสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานและตำแหน่งขาของ ISD 1420 แสดงดังรูปที่ 2.16 และ 2.17



รูปที่ 2.16 แสดงตำแหน่งขาของ ISD 1420

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของ ISD 1420

2.9.2 รายละเอียดตำแหน่งขาของ ISD 1420

- Microphone Input (MIC)

ขา 17 จะรับสัญญาณอินพุตที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าสู่วงจรปรีแอมป์ที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมอัตราการขยายของวงจรปรีแอมป์ให้มีการขยายอยู่ในช่วง–15ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนจากภายนอกจะถูกคับปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุในลักษณะอนุกรมกับขา 17 ค่าความจุของคาปาซิเตอร์จะกำหนดโดยคำนึงถึงค่าความต้านทานภายในของไอซี (10 กิโลโอห์ม) เพื่อทำให้เกิดการคัทออฟที่ความถี่ต่ำ

- Microphone Reference Input (MIC REF)

ขา 18 นี้จะต่อเข้ากับกราวด์อะนาล็อก (V_{SSA}) โดยต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ เพื่อทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุตขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 เดซิเบล

- ANALOG OUTPUT (ANA OUT)

ขา 21 เป็นขาเอาท์พุตของวงจรปรีแอมป์ขยายสัญญาณจากไมโครโฟนที่ได้รับการควบคุมอัตราการขยายวงจร AGC ภายในแล้ว

- ANALOG INPUT (ANA IN)

ขา 20 จะรับสัญญาณผ่านวงจรปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้งภายนอก คับปลิ้งสัญญาณเข้ามาที่ขา 20 นี้เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ภายในตัวไอซี ตัวเก็บประจุคับปลิ้งภายนอกนี้ ต้องสัมพันธ์กับความต้านทานภายในค่า 30 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ เพื่อที่จะทำให้วงจรเป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบคัทออฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- AUTOMATIC GAIN CONTROL (AGC)

ขา 19 เป็นอินพุต เพื่อควบคุมอัตราการขยายของปรีแอมป์ไมโครโฟน ทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสม กับระดับสัญญาณที่มีย่านความถี่กว้างมากของสัญญาณทางด้านอินพุตจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ขา AGC นี้จะต่อรวมกับอุปกรณ์ R,C เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่โดยค่าความต้านทานภายใน 5 กิโลโอห์ม และจะต่อกับ C ภายนอกอีกตัวหนึ่งเพื่อผ่านลงกราวด์แอนะล็อก ค่าที่เหมาะสมบางครั้งกำหนดไว้ที่ R= 470K ,C= 4.7 uF

- SPEAKER OUTPUTS (SP+/SP-)

ขา 14,15 เป็นขาเอาท์พุต ต่อออกลำโพง ในไอซีจะมีวงจรขยายความแตกต่างออกสู่ลำโพง ซึ่งมีความสามารถในการขับลำโพงเอาท์พุทได้ 50 mW ที่โหลดลำโพง 16 โอห์ม ขาเอาท์พุตนี้ ไม่สามารถต่อขนานกันหลายตัวได้ ในกรณีที่ต่อคาสเคสกันหลายตัว

- PLAYBACK,EDGE – ACTIVATED (PLAYE)

ขา 24 เมื่อควบคุมการเล่นกลับนี้ได้รับระดับลอจิกเป็น “0” หรือได้รับแรงกระตุ้นลอจิกเป็น “0” ที่อินพุตนี้ วงจรก็จะเริ่มทำการเล่นกลับเพื่อนำข้อมูลที่ถูกบันทึก อยู่แสดงออกทางลำโพง การเล่นกลับในฟังก์ชั่นนี้ จะเป็นการเล่นกลับอย่างต่อเนื่อง จนกว่าจะถึงข้อมูลสุดท้ายที่ทำการบันทึกตามเวลาที่กำหนดไว้ (10-20 วินาที) หรือเล่นกลับจนกว่าข้อมูลที่บันทึกไว้ใน EEPROM ทุกข้อมูลจะถูกเล่นกลับออกมาทั้งหมด ซึ่งเป็นการเล่นกลับอย่าสมบูรณ์ หลังจากนั้นก็จะตัดเข้าสู่โหมด สแตนด์บาย ในระหว่างที่กำลังอยู่ในสภาวะเล่นกลับนั้นทันทีที่ขา PLAYE มีสถานะเป็น “1” การเล่นกลับก็จะหยุดทันที

- PLAYBACK,LEVEL – ACTIVATED (PLAYL)

ขา 23 เมื่อขาอินพุตนี้การเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจาก “1” ไปถึง “0” จะเป็นการเล่นกลับแบบต่อเนื่อง จนกระทั่งที่ขา PLAYL เพิ่มเป็น “1” หมายถึง เกิดการตรวจจับการเล่นสิ้นสุดลง หรือจบสิ้นข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ใน EEPROM แล้ว และก็จะกลับมาสู่สภาวะสแตนด์บาย

- RECORD (REC)

ขา 27 ที่ขาควบคุมการบันทึกทางอินพุตนี้จะต้องการระดับลอจิก “0” เพื่อทำการบันทึกสัญญาณและจะเริ่มทำการบันทึกเมื่อระดับลอจิกที่ขา REC นี้เป็นลอจิก “0” และสภาวะลอจิกที่ขานี้ต้องคงอยู่ที่ “0” ตลอดขณะที่ทำการบันทึก และการบันทึกที่ขา REC จะต้องได้รับสัญญาณมาควบคุมที่ขา PLAYE หรือที่ ขา PLAYL ถ้าที่ขา REC มีระดับลอจิก “0” เพิ่มขึ้นไปเป็นค่าแรงดันบวก (ขึ้นไปเป็น “1”) ก็จะเข้าสู่การทำงานของการเล่นกลับ

- ADRESS/MODE INPUT (A0 – A7)

ขา 1-10 ขาแอดเดรสและโหมดอินพุตจะมีอยู่สองฟังก์ชั่นที่อยู่กับระดับของสอง MSB ของแอดเดรสถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งของสอง MSBS เป็น “0” อินพุทก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิตทั้งหมด และใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้น สำหรับวงจรรอบการบันทึก และเล่นกลับ ขาแอดเดรสจะเป็นอินพุตอย่างเดียว และไม่ทำหน้าที่เป็นเอาท์พุต ขาแอดเดรสจะเกิดการแลทซ์โดยขอบของขาลงของพัลส์ที่ขา PLAYE , PLAYL หรือ REC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- EXTERNAL CLOCK INPUT (XCLK)

ขา 26 เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก เพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติได้ระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกา การสุ่มสัญญาณได้กำหนดไว้ภายในแล้ว ซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอก หรือย่านไฟเลี้ยงที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 26 นี้ เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

- RECLED

ขา 25 เป็นส่วนของอุปกรณ์ non – volatile ภายในตัวไอซีที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึก ขา EOM นี้จะให้เอาท์พุทออกมาเป็น “0” เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว

- VOLTAGE INPUTS

ขา 16 และ 28 เป็นขารับแรงดันที่จะต้องแยกต่างหากระหว่าง ขารับแรงดันของวงจรอนาล็อก และขารับแรงดันของวงจรดิจิตอล ที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซี แล้วขารับแรงดันต้องการไฟเลี้ยง +15 โวลท์ และต้องเป็นแรงดันไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

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

ขา 12 และขา 13 โดยคุณสมบัติของไอซีในตระกูล ISD 1420 จะมีการแยกระหว่างกันกราวด์ของสัญญาณอนาล็อก และกราวด์ของสัญญาณดิจิตอล ขากราวด์ทั้งสองนี้ จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถังไอซี การใช้งานขากราวด์ทั้งสอง จะเลือกต่อกับกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลาย และในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวนด์ทั้งสอง

2.9.3 โหมดการทำงานของ ISD 1420 (Operation Mode)

การอธิบายโหมดการทำงาน (OPERATIONAL MODE DESCRIPTION) โหมดการทำงานสามารถต่อร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ได้หรือสามารถใช้เป็น hardware ให้กับการทำงานของระบบที่เราต้องการ

ตารางที่ 2.9 ตารางโหมดการทำงาน ISD 1420

โหมดการควบคุม	หน้าที่	การใช้	ต่อใช้ร่วมกับ
A0	massage cueing	ข้อความเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างรวดเร็ว	A4
A1	delete EOM markers	ตำแหน่ง EOM ที่จุดปลายของข้อความที่แล้ว	A1 , A4
A2	un used	ว่าง	-
A3	looping	การเล่นกลับแบบต่อเนื่องจากแอดเดรส	A1
A4	consecutive addressing	บันทึก/เล่นติดต่อกันหลายข้อความ	A0 , A1
A5	un used	ว่าง	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A0 – Message cueing

Message cueing ยอมให้ผู้ใช้งานสามารถข้ามผ่านข้อความโดยที่ไม่ต้องรู้ถึง Physical ที่แท้จริงของแต่ละข้อความได้ CE low pulse แต่ละ pulse เป็นเหตุที่ทำให้ตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรสภายในข้ามผ่านไปยังตัวข้อความตัวต่อไป โหมดนี้ควรจะใช้สำหรับการเล่นกลับเท่านั้นและใช้ร่วมโหมดการทำงาน A4

A1 – Delete EOM Markers

โหมดการทำงาน A1 จะยินยอมให้ข้อความที่ได้รับการบันทึกตามลำดับรวมกันให้กลายมาเป็นข้อความๆ เดียว ได้โดยเพียงตั้ง EOM Markers ที่ปลายข้อความที่นำมารวมกัน

A2 – Un used

ไม่ใช้งาน

A3 – Message Looping

โหมดการทำงาน A3 ใช้สำหรับการเล่นซ้ำอย่างต่อเนื่อง แบบอัตโนมัติของข้อความที่อยู่ทุกตำแหน่งเริ่มต้นของแอดเดรสว่าง เมื่อข้อความ CAN บรรจุลงใน ISD 1420 อย่างสมบูรณ์แล้วจะลูปจากจุดเริ่มต้นไปจุดสุดท้ายโดยที่ OVF ไม่เป็น low

A4 – Consecutive Addressing

ระหว่างการทำงานในปกติตัวชี้แอดเดรส จะรีเซทเมื่อข้อความถูกเล่นผ่านไปที่ EOM Markers โหมดการทำงาน A4 จะกีดกันการรีเซทของตัวแอดเดรสบน EOM และไม่ยอมให้ข้อความถูกเล่นกลับ แบบเรียงลำดับ

A5 – Un used

ไม่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำนวณและการสร้าง

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบและการสร้างชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยจะทำการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่1วงจรอินเตอร์เฟส ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อซีเมนส์ รุ่น C45 กับวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติและส่วนที่ 2 คือ วงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ซึ่งการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟสและวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติประกอบด้วยกันหลายส่วนโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด

3.2 วงจรอินเตอร์เฟส

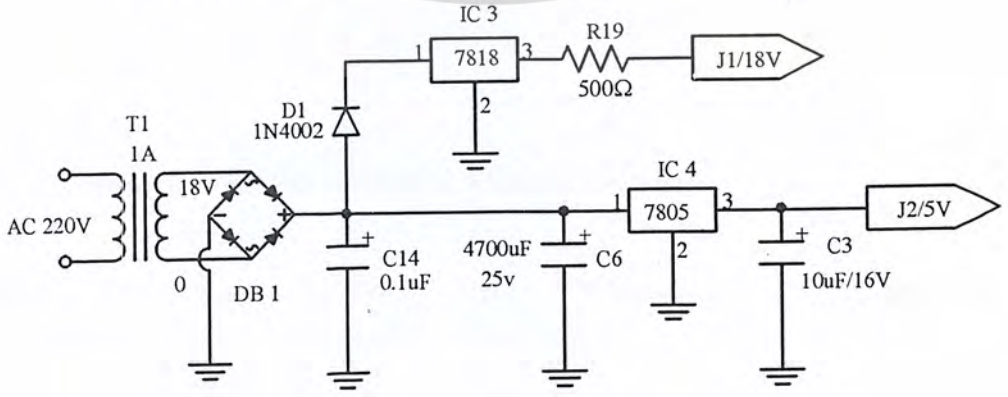
3.2.1 การออกแบบและการสร้างวงจรอินเตอร์เฟส

การออกแบบและการสร้างวงจรอินเตอร์เฟสซึ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อซีเมนส์ รุ่น C45 กับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ โดยจะแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้ คือ ส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟ ส่วนของวงจรชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อซีเมนส์ รุ่น C45 ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนของวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่และส่วนของวงจรรับส่งสัญญาณเสียงผ่านคู่สายโทรศัพท์

3.2.2 การทำงานของวงจรอินเตอร์เฟส

การทำงานทั้งหมดของวงจรจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด โดยจะรับสัญญาณจากชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ แล้วทำการแปลงสัญญาณจากนั้นก็ทำการส่งให้โทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นตัวส่งไปยังเลขหมายปลายทาง ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังมีทรานซิสเตอร์เบอร์ C458 ทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณเสียงผ่านคู่สายโทรศัพท์ระหว่างชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อสนทนากับผู้รับสายปลายทาง โดยจะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

1.วงจรแหล่งจ่ายไฟ

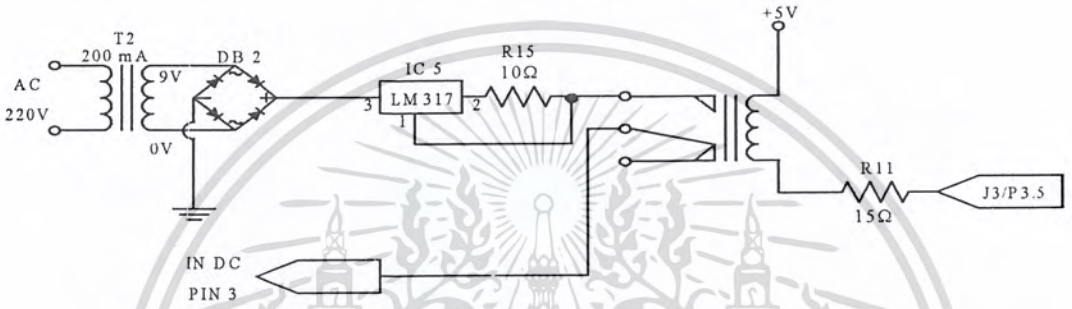


รูปที่ 3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 18โวลต์และ 5โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟ 18 โวลต์ที่ออกจากหม้อแปลง T1 (18V/1A) จะถูกแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ประมาณ 24 โวลต์ ตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุ C6 และ IC5 เบอร์ 7818 จะทำหน้าที่ปรับแรงดันให้คงที่ออกมาเท่ากับ 18โวลต์ เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับเครื่องโทรศัพท์และเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรรับส่งสัญญาณเสียงผ่านคู่สายโทรศัพท์โดยมีตัวต้านทาน R19 (500 โอห์ม) ต่ออนุกรมไว้เพื่อจำกัดกระแสให้เหมาะสมและIC4 เบอร์ 7805 จะทำหน้าที่ปรับแรงดันให้คงที่ออกมาเท่ากับ 5 โวลต์ เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรทั้งหมด

2. วงจรชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อซีเมนส์ รุ่น C45

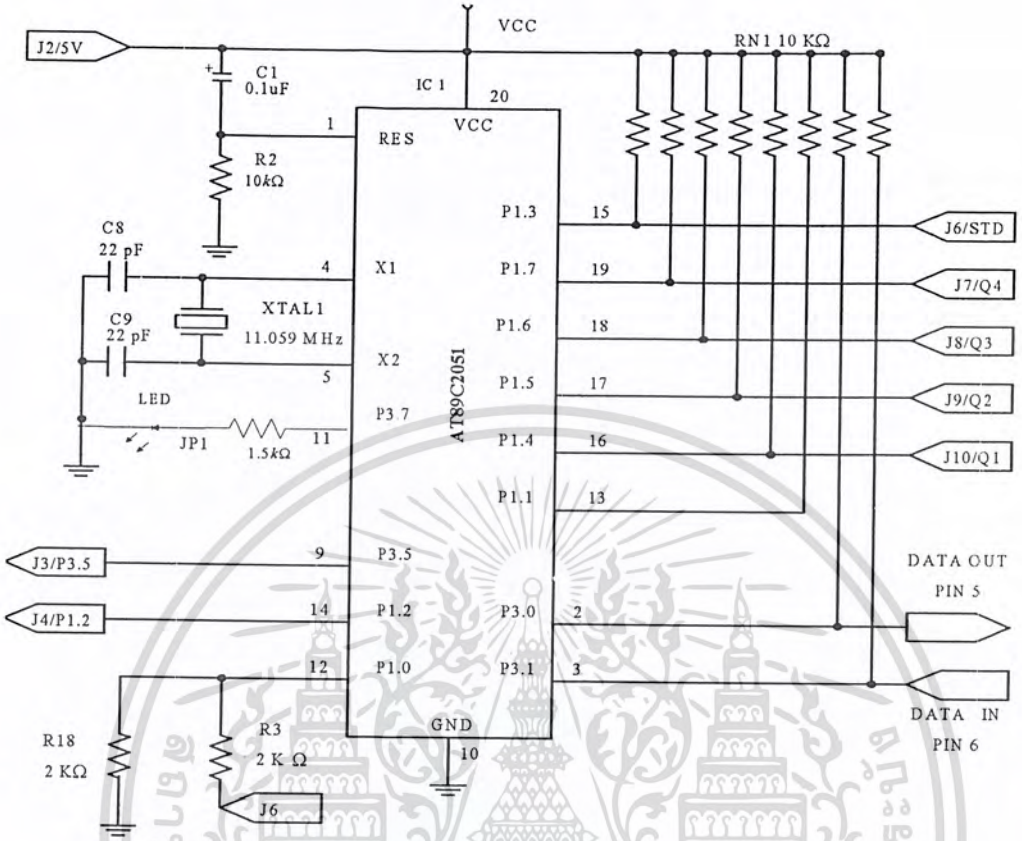


รูปที่ 3.2 วงจรชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีเมนส์ รุ่น C45

จากรูปที่ 3.2 เป็นวงจรชาร์จแรงดันของแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ยี่ห้อซีเมนส์ รุ่น C45 ประกอบด้วยหม้อแปลง T2 ทำหน้าที่จ่ายแรงดัน 9 โวลต์ ให้กับ IC3 เบอร์ LM317 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดกระแสที่จะชาร์จให้คงที่อยู่ที่ประมาณ 125 มิลลิแอมป์ โดยให้ค่า R15 เป็นตัวจำกัดกระแส เหตุผลที่ต้องให้กระแสต่ำในการชาร์จก็เพื่อไม่ให้ร้อนมากเกินไปเมื่อขณะทำการชาร์จแต่กว่าแบตเตอรี่จะถูกชาร์จเต็มก็ใช้เวลาในการชาร์จนานพอสมควรทั้งนี้เพื่อเป็นการถนอมแบตเตอรี่ให้ใช้งานได้นานขึ้น เมื่อไม่มีการยกหูโทรศัพท์ภายนอก แบตเตอรี่จะถูกชาร์จอยู่ตลอดเวลาเข้าทางขา LOAD (PIN3) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ตามหลักแล้วเมื่อมีการชาร์จเต็มโทรศัพท์เคลื่อนที่ก็จะหยุดชาร์จเองโดยอัตโนมัติแต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งสัญญาณจากขาพอร์ต P3.5 ไปสั่งรีเลย์ RY1 ให้ตัดการชาร์จแบตเตอรี่ทันที ทั้งนี้ถ้าไม่ตัดการชาร์จแบตเตอรี่ในขณะใช้งานโทรศัพท์ก็จะได้ยินเสียงรบกวนเข้ามาแทรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์



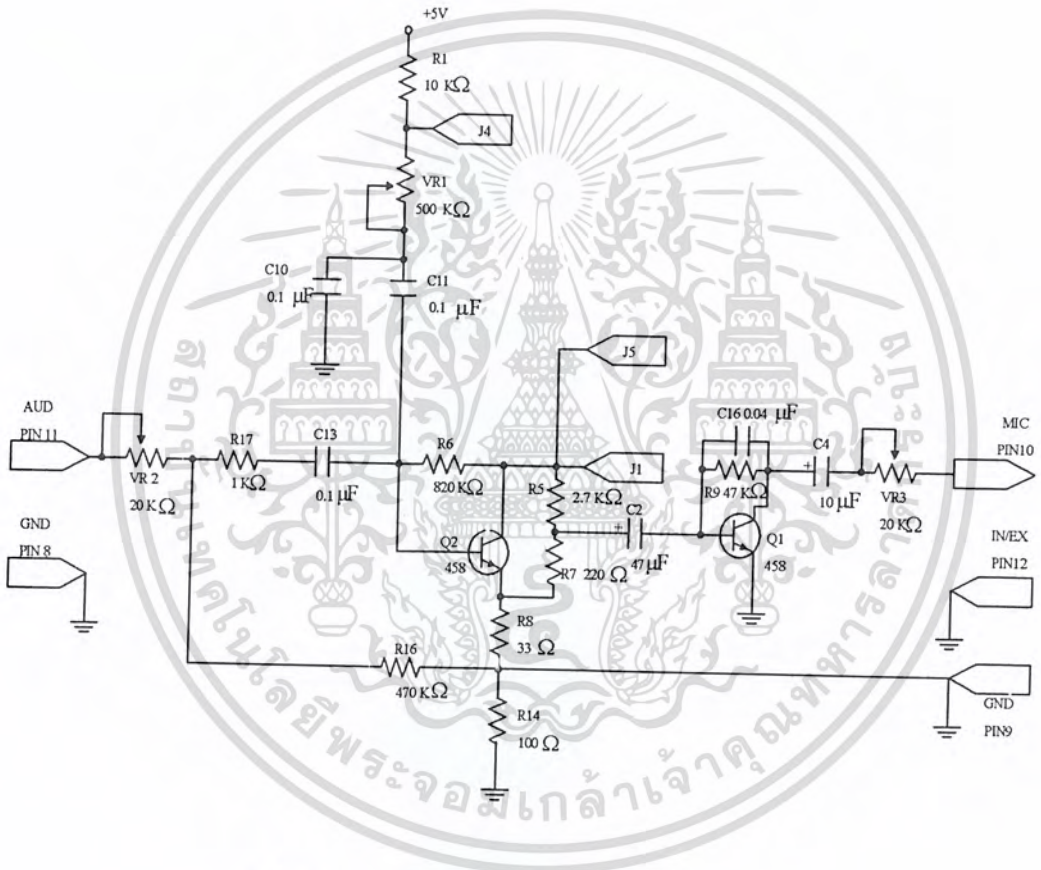
รูปที่ 3.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.3 เป็นวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์หรือวงจรควบคุมซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051 เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟสทั้งหมดเมื่อมีการยกหูจากเครื่องโทรศัพท์จะทำให้แรงดันในคู่สายโทรศัพท์ 18 โวลต์ ตกลงเหลือประมาณ 9 โวลต์โดยมีตัวต้านทาน R3และR18 ทำหน้าที่แบ่งแรงดันจากคู่สายโทรศัพท์เพื่อส่งไปยังขาพอร์ต P1.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งขานี้จะทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันกับขาพอร์ต P1.1 ซึ่งมีจะมีแรงดันตกคร่อมอยู่ประมาณ 5 โวลต์ถ้าไม่มีการยกหูโทรศัพท์แรงดันตกคร่อมขาพอร์ต P1.0 จะมีค่ามากกว่าขาพอร์ต P1.1 แต่เมื่อไรที่ทำการยกหูเครื่องโทรศัพท์ขึ้นแรงดันที่ตกคร่อมขาพอร์ต P1.0 จะลดลงเหลือน้อยกว่าขาพอร์ต P1.1 ดังนั้นเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้และทำการส่งสัญญาณไดอัลโทน (Dial Tone) หรือสัญญาณแมวกรนออกมาจากขาพอร์ต P1.2 และเข้ามายังอินพุตของวงจรรับส่งสัญญาณเสียงผ่านคู่สายโทรศัพท์ผ่าน VR1 และ C11สัญญาณไดอัลโทนจะส่งออกมาเป็นเวลาประมาณ 15 วินาที แล้วหลังจากนั้นก็จะตามด้วยสัญญาณไม่ว่างอีกประมาณ 45 วินาที หลังจากนั้นเสียงก็จะหยุดเงียบไปสัญญาณเหล่านี้จะเป็นสัญญาณหลอกที่สร้างขึ้นโดยเลียนแบบสัญญาณจากชุมสายโทรศัพท์ ส่วนขาพอร์ต P3.1 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับรู้ข้อมูลจากส่วนของวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะต้องทำการส่งรหัสคำสั่งในการโทรออกเป็นข้อมูลแบบอนุกรมไปเข้าที่ขา DATA IN (PIN 6) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ส่วนขาพอร์ต P3.0 จะต่ออยู่กับขา DATA OUT (PIN 5) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อที่จะรอรับสัญญาณตอบสนอง (acknowledged) เมื่อมีสายเรียกเข้า ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งรหัสคำสั่งรับสายออก (คำสั่งATA) ไปให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ก็ต่อเมื่อเครื่องโทรศัพท์ยกหูขึ้นและส่งสัญญาณไปให้กับส่วนควบคุมการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ เพื่อสั่งให้ ส่วนตอบรับอัตโนมัติทำงาน ถ้าเครื่องโทรศัพท์วางหูลงไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งรหัสคำสั่งวางหู (คำสั่งATH) ออกไปให้โทรศัพท์เคลื่อนที่

4. วงจรรับส่งสัญญาณเสียงผ่านคู่สายโทรศัพท์



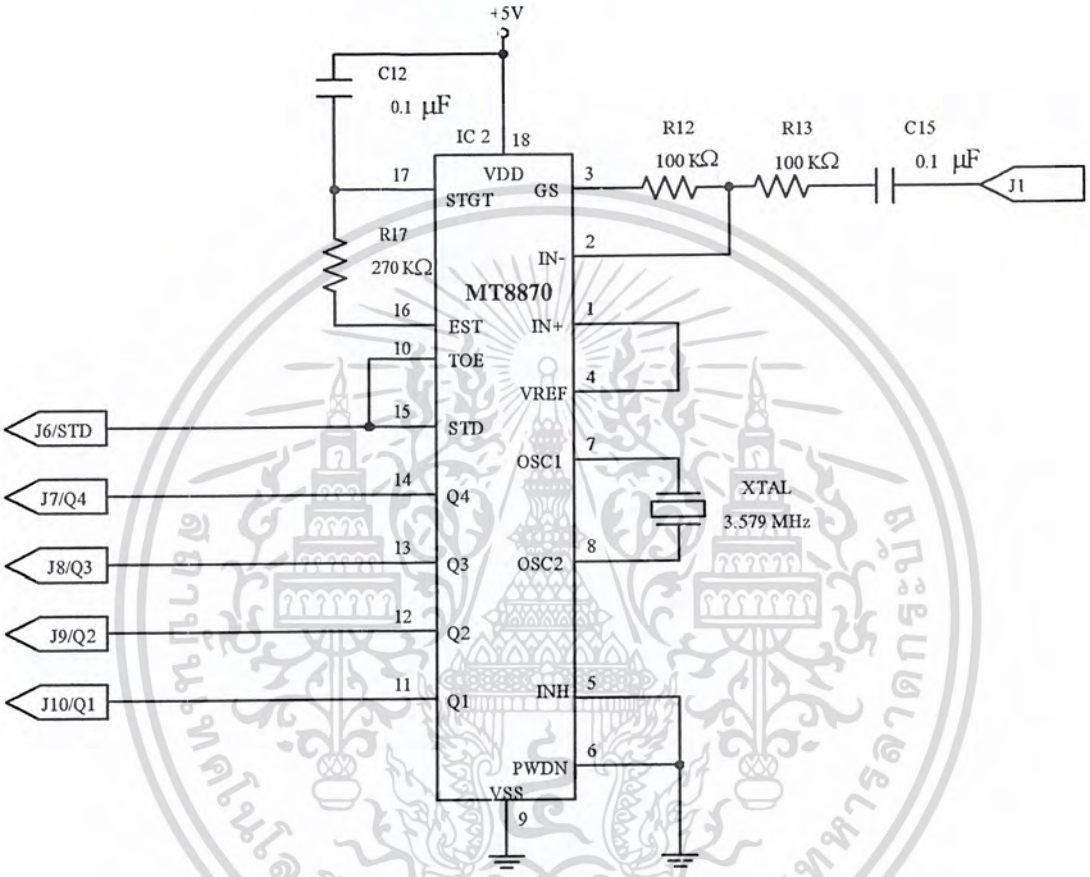
รูปที่ 3.4 วงจรรับส่งสัญญาณเสียงผ่านคู่สายโทรศัพท์

จากรูปที่ 3.4 เป็นวงจรรับส่งสัญญาณเสียงผ่านคู่สายโทรศัพท์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ Q1 และQ2 เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดเริ่มจากขา AUD (PIN 11) คือเอาต์พุตสัญญาณเสียงจากลำโพงโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมาเข้าที่ VR2 และทำหน้าที่ปรับระดับสัญญาณเสียงสนทนาจากนั้นเสียงจะเข้ามายังทรานซิสเตอร์ Q2 เพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงผ่านคู่สายโทรศัพท์ออกไปยังเครื่องโทรศัพท์ภายนอกเพื่อรับฟังสัญญาณเสียงจากโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของสัญญาณ MIC (PIN10) คืออินพุตสัญญาณเสียงของโทรศัพท์เคลื่อนที่เมื่อโทรศัพท์มีเสียงพูดเข้ามาสัญญาณเสียงพูดจะถูกส่งมาตามคู่สายโทรศัพท์โดยผ่าย R5และ C2 เข้าไปยังทรานซิสเตอร์ Q1 เพื่อทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียงพูดผ่าน VR3 ออกไปเข้าที่ขา MIC (PIN10) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อให้คนที่กำลังสนทนาได้ยินเสียงพูดขณะสนทนา

5. วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่



รูปที่ 3.5 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ (DTMF)

จากรูปที่ 3.5 เป็นวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่โดยใช้ IC2 MT8870 เป็นตัวถอดรหัส DTMF จากคู่สายโทรศัพท์เมื่อมีการกดปุ่มเครื่องโทรศัพท์เช่น กดเบอร์โทรออกในขณะที่มีสัญญาณไดอัลโทน (Dial Tone) ดัง สัญญาณ DTMF ก็จะส่งผ่านไปตามคู่สายที่ได้สร้างหลอกไว้ สัญญาณ DTMF จะผ่าน C15 และR13 เข้าไปยังไอซี MT8870 เพื่อถอดรหัสให้เป็นเลข BCD8421 แล้วส่งไปเข้าอินพุตของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขาพอร์ต P1.4-P1.7 ส่วนที่ขาพอร์ต P1.3 จะคอยรับสัญญาณที่เป็นลอจิก 1 จาก IC2 ทุกครั้งที่มีการถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ (DTMF)เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับรหัส BCD8421 จาก IC2 แล้วก็จะทำการตรวจสอบหมายเลขเบอร์โทรที่กดเข้ามาว่าถูกต้องหรือไม่ถ้าถูกต้องแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งรหัสคำสั่งการโทรออกเป็นข้อมูลแบบอนุกรมออกมาจากขาพอร์ต P3.1 ไปเข้าขา DATA IN (PIN6) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

ในวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ เราได้มีการแบ่งวงจรออกเป็นส่วนต่างๆ หลายส่วนด้วยกัน โดยแต่ละส่วนมีหลักการคำนวณและการสร้างดังต่อไปนี้

3.3.1 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงต่างๆ

สัญญาณต่างๆ ของโทรศัพท์ที่ใช้ในเครื่องชุมสายนี้ ประกอบด้วยสัญญาณ 4 สัญญาณ คือ สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) สัญญาณเรียกกลับ (Ring – Back Tone) สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) และสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone) โดยมีลักษณะของสัญญาณดังนี้

1. วงจรกำเนิดสัญญาณให้หมุน

ใช้ IC เบอร์ 741 ต่อวงจรในลักษณะวงจร WIEN BRIDGE OSCILATOR กำเนิดสัญญาณซายน์ ความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ ติดต่อเนื่องกันตลอด โดยการคำนวณค่าความถี่ได้จากสูตร

$$Vo = 2C \cos (1 / RC)\, t$$

$$W = 1 / RC$$

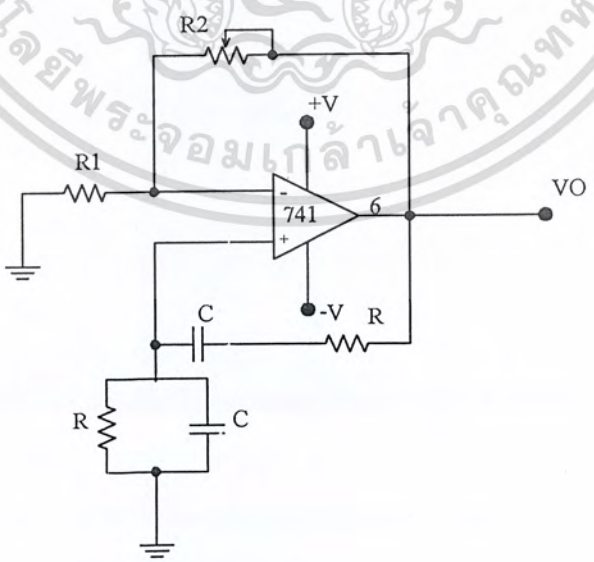
ดังนั้น $f = 1 / 2RC$

โดยความถี่พื้นฐานของสัญญาณต่างๆ มีค่าประมาณ 400 Hz ดังนั้น $f = 400$ Hz กำหนดให้ $C = 0.1\ \mu F$

$$R = 1 / 2\pi fC$$

$$= 1 / 2 \times 3.14 \times 400 \times 0.1 \times 10^{-6}$$

$$= 3.98\ K\Omega$$



รูปที่ 3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณให้หมุน (Dial Tone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่าง

วงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่างมีความถี่ประมาณ 425 เฮิรตซ์ ติด 0.5 วินาที ดับ 0.5 วินาที โดยใช้ IC เบอร์ NE 555 ประกอบเป็นวงจรผลิตความถี่ 1 เฮิตรซ์ ไดโอด D1 ต่อไว้เพื่อช่วยให้ duty cycle น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยหาค่าสภาวะ “1” และสภาวะ “0” ได้ดังนี้

$$ft = 1.433 / (R1+R2)C1$$

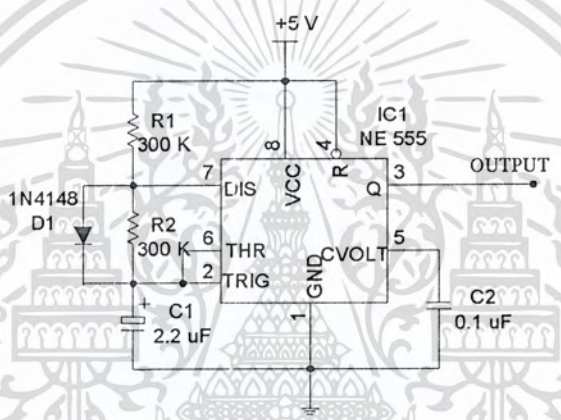
$$= 1.433 / (300k+300k)\ 2.2\ uF$$

$$= 1\ Hz$$

$$\text{Duty cycle}(\%) = (R2 / R1+R2) * 100\%$$

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

$$= 50\%$$



รูปที่ 3.7 วงจรกำเนิดสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone)

3. วงจรกำเนิดสัญญาณเรียกกลับ

วงจรกำเนิดสัญญาณเรียกกลับ ประกอบด้วย IC เบอร์ NE 555 ประกอบเป็นวงจรผลิตสัญญาณที่มีอัตราการติด (เอาท์พุตมีสถาวะ “1”) นาน 1วินาที อัตราการดับ (สภาวะ “0”) นาน 3 วินาที ไดโอด D1 เป็นตัวช่วยปรับค่า duty cycle โดยหาค่าสภาวะ “1” และสภาวะ “0” ได้ดังนี้

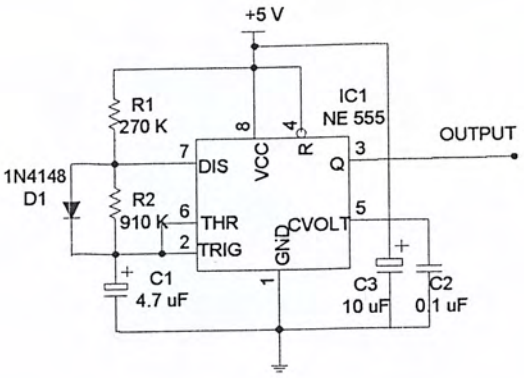
$$Ton = 0.693*270k*4.7\ uF$$

$$= 0.9\ \text{วินาที}$$

$$Toff = 0.693*910k*4.7\ uF$$

$$= 3\ \text{วินาที}$$

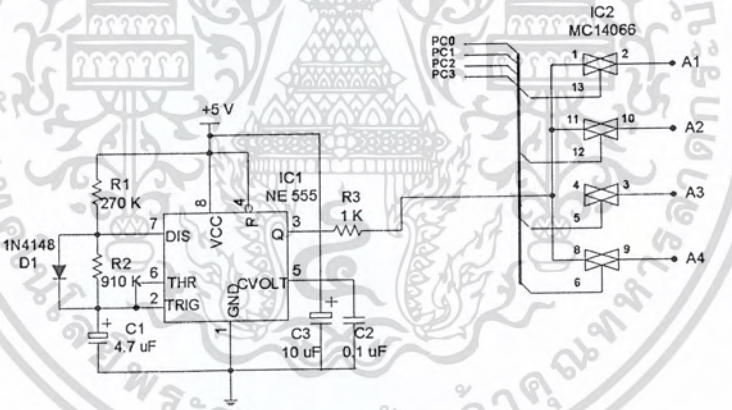
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



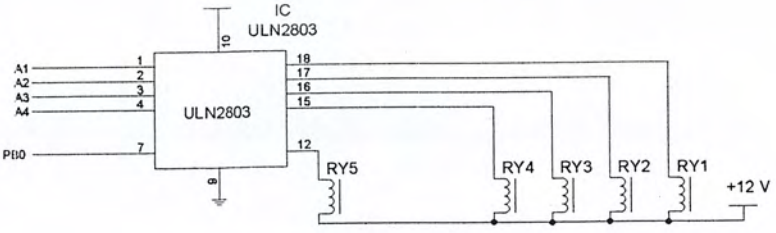
รูปที่ 3.8 วงจรกำเนิดสัญญาณเรียกกลับ (Ring - Back Tone)

4. วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

โดยหลักการ สัญญาณเรียกกลับจะมีความถี่ และอัตราการติดดับ เหมือนกับวงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่งทุกประการ ซึ่งเราจะไม่กล่าวถึงในส่วนผลิตความถี่ IC เบอร์ NE 555 แต่จะกล่าวถึงส่วนเชื่อมต่อกับสัญญาณ 71 V_{AC} โดยใช้ IC เบอร์ ULN2803 ขับรีเลย์ โดยป้อนสัญญาณอินพุตบวก 5 โวลท์ TTL และต่อ Ry ทุกตัวที่ขาเอาท์พุตกับบวก V_{CC} โดยรับสัญญาณอินพุตที่มาควบคุมจากพอร์ตของ IC 8255 โดยรีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ ส่งสัญญาณกระดิ่งออกไป



ก. วงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่ง



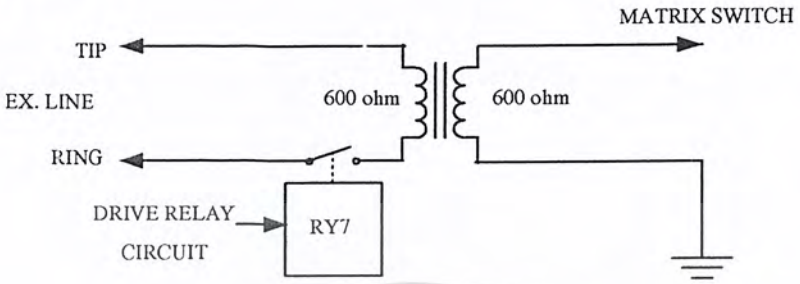
ข. วงจรขับรีเลย์

รูปที่ 3.9 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก

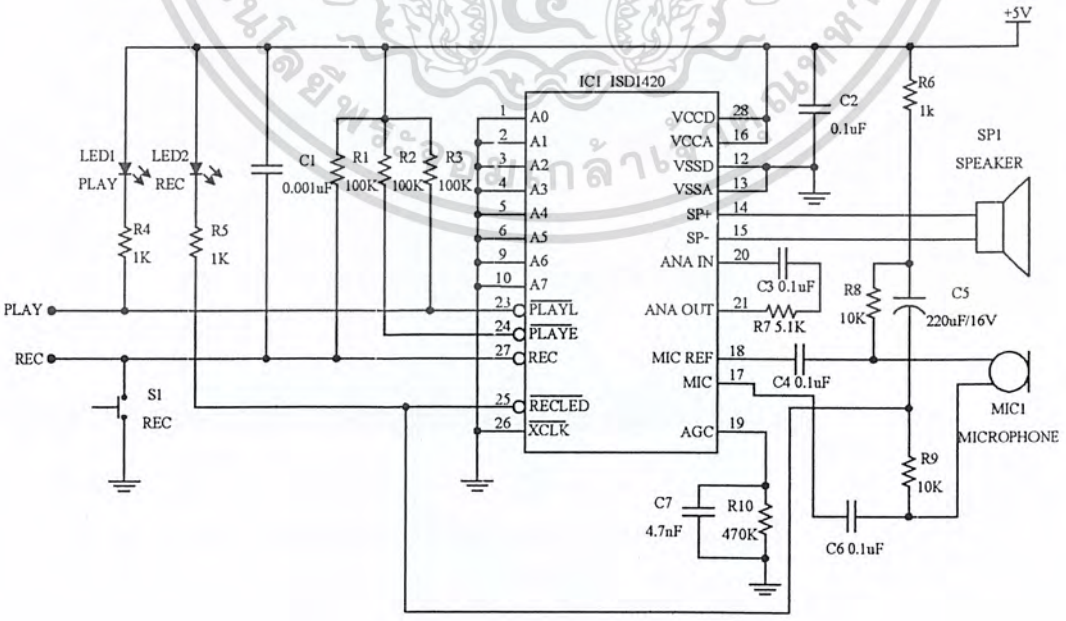
วงจรนี้ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างชุดอินเตอร์เฟสกับวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ โดยมีแมทซ์ชิ่ง 600 โอมห์ ทำหน้าที่เปรียบเสมือนเครื่องโทรศัพท์และมี RY 7 ควบคุมการตัดต่อวงจร โดยวงจรแสดงดังรูป 3.10



รูปที่ 3.10 วงจรเชื่อมต่อคู่สายภายนอก

3.3.3 วงจรตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ

วงจรตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัตินี้ใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ ISD 1420 ซึ่งสามารถบันทึกเสียงได้นาน 20 วินาที โดยไอซี ISD 1420 ได้ถูกออกแบบมาด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย สามารถทำงานด้วยตัวมันเองโดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ไอซีภายนอกมาต่อร่วม ดังเช่น chip เบอร์อื่นๆ โดยภายในไอซี ISD 1420 ประกอบด้วย EEPROM,วงจรแอมป์,วงจร Sampling ฯลฯ โดยเสียงที่บันทึกและเล่นกลับออกมามีคุณภาพเสียงดีมาก สามารถเก็บข้อมูลเสียงที่บันทึกไว้ได้นานมาก อีกทั้งทำงานในโหมด STANDBY ได้ด้วยทำให้กำลังงานต่ำมาก โดยวงจรแสดงดังรูป 3.11

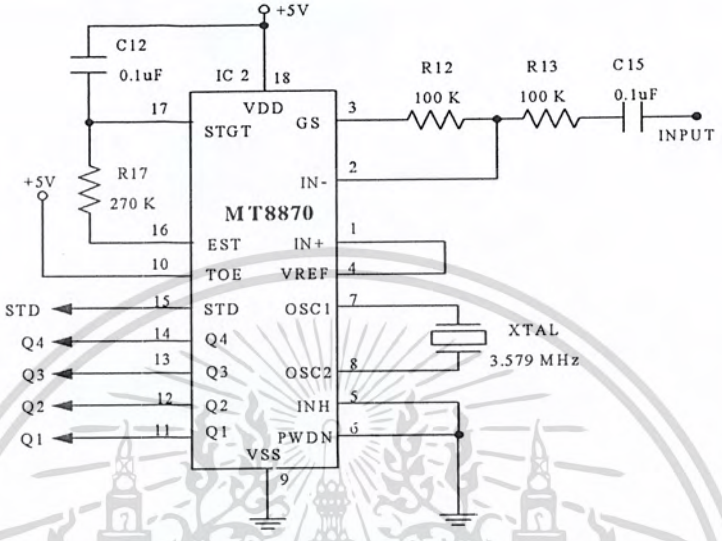


รูปที่ 3.11 วงจรตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์

ในส่วนของวงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์นี้จะใช้ไอซีเบอร์ MT 8870 เป็นตัวถอดรหัสจากปุ่มกดเลขหมายโทรศัพท์เป็นรหัสไบนารี 4 บิท เพื่อส่งไปยังหน่วยประมวลผล เพื่อทำการวิเคราะห์ว่าเป็นหมายเลข เพื่อที่จะตรวจสอบได้ถูกต้องว่าต้องการติดต่อกับ โทรศัพท์เครื่องใด วงจรแสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 วงจรถอดรหัสเลขหมายโทรศัพท์

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่

เลขหมายหน้าปัทม์โทรศัพท์	เอาต์พุต					เลขฐานสิบ
	Q4	Q3	Q2	Q1	STD	
1	0	0	0	1	1	1
2	0	0	1	0	1	2
3	0	0	1	1	1	3
4	0	1	0	0	1	4
5	0	1	0	1	1	5
6	0	1	1	0	1	6
7	0	1	1	1	1	7
8	1	0	0	0	1	8
9	1	0	0	1	1	9
0	1	0	1	0	1	10
*	1	0	1	1	1	11
#	1	1	0	0	1	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 วงจรเมตริกสวิตช์

วงจรส่วนนี้เป็นส่วนหนึ่ง เพราะเป็นจุดศูนย์กลางการติดต่อสื่อสารต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยช่องสัญญาณต่างๆ ส่วนตอบรับอัตโนมัติ ส่วนช่องสัญญาณของคู่สายนอก การทำงานของวงจรส่วนนี้ใช้ IC เบอร์ MT8816 มีลักษณะเป็น 8 x 16 Analog Switch Array ซึ่งรายละเอียดจากขาต่างๆ มีดังนี้

1. AX0,AX1,AX2,AX3,AY0,AY1,AY2 เป็นขากำหนดตำแหน่งของจุดต่อสวิทช์

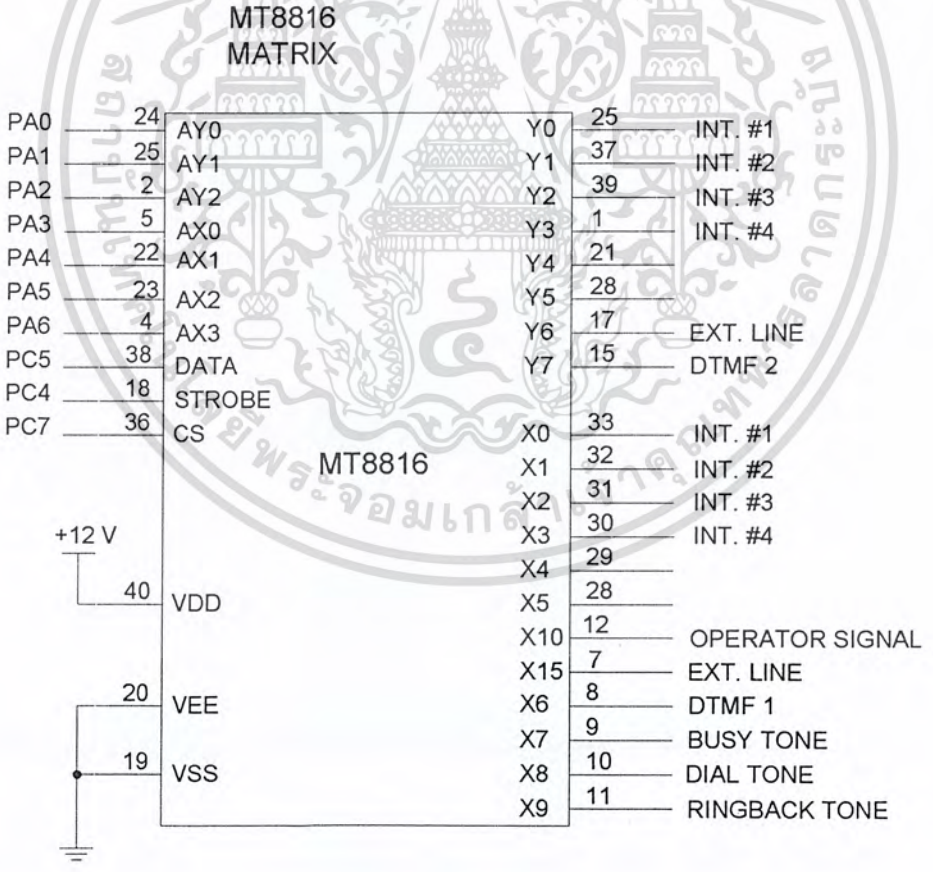
2. Data กับ Strobe เป็นตัวควบคุมการเซ็ทสวิทช์ และรีเซ็ทสวิทช์ตามตำแหน่งที่กำหนดถ้าป้อนขาData กับ Strobe ด้วยลอจิก "0" และ Strobe เป็น "1" จะเป็นการรีเซ็ทให้แยกออกจากกัน

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

4. Reset จะต่อกับวงจรอาร์ซีดิฟเฟอเรนเชียล เมื่อมีการเปิดเครื่องใหม่ ไอซีเมตริกซ์สวิทช์จะทำการรีเซ็ทสภาวะเดิมทั้งหมดเพื่อเริ่มการทำงานใหม่

5. ขา Y0,Y1,Y2,Y3,Y4,Y5,Y6,Y7 เป็นขาทางด้านแนวนอน

6. ขา X0,X1,X2,X3,X4,X5,X6,X7,X8,X9,X10,X11,X12,X13,X14,X15 เป็นขาทางแนวตั้ง

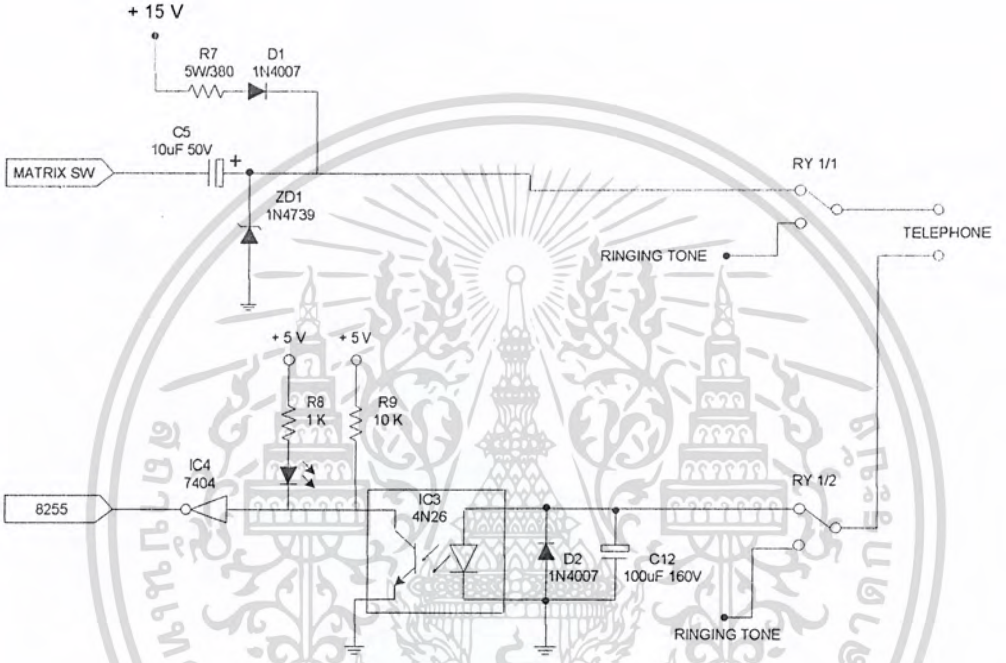


รูปที่ 3.13 วงจรเมตริกสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 วงจรส่วนติดต่อภายใน

จากรูปที่ 3.14 RY1 ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ตัดต่อสัญญาณกระดิ่ง กรณีมีการติดต่อกันควบคุมโดยภาคขับรีเลย์ เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องโทรศัพท์เกิดความเสียหาย ตัวต้านทาน R7 กับไดโอด D1 ทำการป้อนไฟเลี้ยง 15 Vdc ให้โทรศัพท์ภายใน และป้องกันสัญญาณย้อนกลับโดยไดโอด D1 ผ่านมาที่ RY1 ผ่านมาที่ C5 เป็นตัวเก็บประจุคับปลิ้งสัญญาณส่งต่อไปยังเมตริกซ์สวิทช์ ทางด้าน C12 กับ D2 เป็นตัวเก็บประจุกับไดโอดที่ช่วยป้องกันแรงดันเกินให้กับ IC3 Opto Isolator ซึ่งทำการตรวจสอบจับสัญญาณการยกหูโทรศัพท์ ส่งไปให้กับซีพียูรับรู้



รูปที่ 3.14 วงจรส่วนติดต่อภายใน

3.3.7 วงจรภาคจ่ายไฟ

ชุมสายโทรศัพท์สาขาที่สร้างขึ้นนี้ ต้องใช้ไฟเลี้ยงวงจรส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้ ต้องการแรงดัน 5 โวลต์ 12 โวลต์ 15โวลต์ การทำงานของวงจรภาคจ่ายไฟ หม้อแปลง T1 ลดแรงดันเหลือประมาณ 70 โวลต์ จ่ายให้แก่วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง

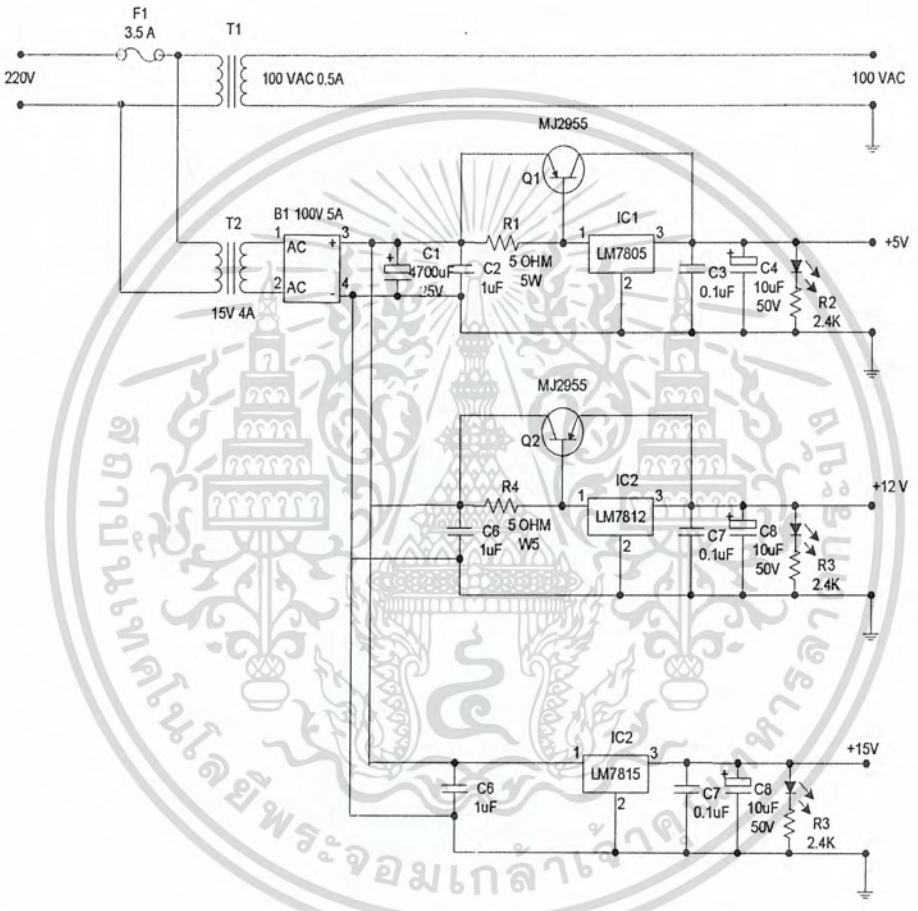
สำหรับแรงดัน 12 โวลต์ ได้จากหม้อแปลง T2 ลดระดับแรงดันเหลือ 12 โวลต์ ผ่านการเรียงกระแสและกรองแรงดันโดย B1,C1,C2 โดย IC เร็กกูเลเตอร์ รักษาแรงดันให้มีค่า 12 โวลต์คงที่ รวมกับ Q1 เป็นตัวขยายกระแสเอาท์พุต C5 กับ C6 ต่อไว้เพื่อช่วยให้ วงจรตอบสนองก่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดได้ดีขึ้น

สำหรับแรงดัน 5 โวลต์ ได้จากหม้อแปลง T1 ลดระดับแรงดันเหลือประมาณ 7 โวลต์ผ่านการเรียงกระแส และกรองแรงดันโดย B2,C5,C6 โดยมี R3 กับ Q2 ทำหน้าที่เพิ่มความสามารถในการจ่ายกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของวงจร IC2 ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันเอาท์พุตให้คงที่ 5 โวลต์ C9 กับ C10 ต่อไว้เพื่อช่วยให้วงจรสามารถตอบสนอง ต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดได้ดี

สำหรับแรงดัน 24 โวลต์ ได้จากการลดแรงดันผ่าน T4 ผ่านการเรียงกระแสและกรองแรงดันโดย B3,C9,C10 จากนั้นผ่านการควบคุมแรงดันโดยใช้ IC3 เบอร์ LM317T ซึ่งสามารถจ่ายกระแสได้ 1.5 A ต่อร่วมกับ R5,VR1,D1,D2 โดย D1 ทำหน้าที่ป้องกันแรงดันย้อนกลับ เข้าขา Adjust ของ IC3 ส่วน VR1 ใช้ในการปรับแรงดันเอาท์พุตให้มีค่า 24 โวลต์ ไดโอด D3 ป้องกันแรงดันลบออกไปทางเอาท์พุต



รูปที่ 3.15 วงจรภาคจ่ายไฟ

3.4 หลักการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.4.1 กรณีเครื่องโทรศัพท์ภายในต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายในด้วยกัน

สมมติว่าเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 ต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 3 เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 ทำการยกหูโทรศัพท์ซึ่งจะทำให้ วงจรตรวจจับสัญญาณโทรศัพท์ ส่งสัญญาณพัลส์ “0” ผ่านพอร์ต 8255 ขา PA0 เพื่อที่จะแจ้งให้ซีพียูทราบว่า เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 ทำการยกหูโทรศัพท์ เมื่อซีพียูทราบก็จะทำการส่งสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) จากนั้นซีพียูจะส่งสัญญาณให้หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านวงจรสร้างสัญญาณให้หมุน ไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 ซึ่งเครื่องหมายเลข 1 จะได้ยินเสียงสัญญาณให้หมุน ก็สามารถกดหมายเลข 3 ซึ่งสัญญาณจะถูกถอดรหัส โดยวงจรถอดรหัส (DTMF Decoder) วงจรถอดรหัสจะส่งสัญญาณพัลส์ที่ขาสโตปทุกครั้งที่มีการกดคีย์ พร้องทั้งส่งสัญญาณรหัสไปนารี่ 4 บิท เพื่อแจ้งให้ซีพียูทราบว่ามีการกดคีย์ ที่เครื่องหมายเลข 1 ซึ่งเครื่องหมายเลข 1 กดเลข 3 ซีพียูจะตรวจสอบว่าเครื่องหมายเลข 3 นั้นทำการยกหูโทรศัพท์อยู่หรือไม่ โดยการตรวจสอบจากวงจรส่วนติดต่อภายใน ถ้ามีการใช้อยู่ หรือมีการยกหูโทรศัพท์ ซีพียูก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังเครื่องหมายเลข 1 แต่ถ้าเครื่องหมายเลข 3 ว่างอยู่ ซีพียูจะส่งสัญญาณควบคุมรีเลย์ ให้รีเลย์ทำการต่อสัญญาณไฟ AC ประมาณ 70 โวลต์ ไปที่เครื่องหมายเลข 3 ขณะนี้เครื่องหมายเลข 3 จะได้รับสัญญาณเรียก (Ringing) ในขณะที่เครื่องหมายเลข 1 ได้รับสัญญาณเรียกกลับ (Ringback) เมื่อเครื่องหมายเลข 3 ยกหูรับ วงจรส่วนติดต่อภายใน ก็จะส่งสัญญาณไปที่ซีพียู ซีพียูจะทำการหยุดส่งสัญญาณเรียก และสัญญาณเรียกกลับ พร้อมกับส่งสัญญาณควบคุมไปยังเมตริกซ์ ทำการต่อเครื่องหมายเลข 1 เข้ากับเครื่องหมายเลข 3 จากนั้นทั้งสองเครื่องก็สามารถสนทนากันได้

3.4.2 กรณีเครื่องโทรศัพท์ภายในต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายนอก

กรณีเครื่องโทรศัพท์ภายในต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายนอก จะต้องมีการกดรหัสผ่านให้ได้รับสัญญาณให้หมุน ซึ่งส่งมาจากชุมสายภายนอกก่อนแล้วตามด้วยเลขหมายที่ต้องการจะติดต่อ เช่น ต้องการติดต่อกับเลขหมาย 1234567 จะต้องกดดังนี้คือ กดหมายเลข 9 รอจนให้ได้ยินสัญญาณให้หมุนก่อน (Dial Tone) จากนั้นก็กดหมายเลข 1234567 การทำงานสมมติให้เครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 ต้องการติดต่อกับสายนอก เมื่อทำการยกหูขึ้น ซีพียูจะส่งสัญญาณให้หมุน (Dial Tone) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ผลิตขึ้นจากซีพียูส่งไปยังเครื่องหมายเลข 1 ดังนั้นเครื่องหมายเลข 1 ต้องทำการกดหมายเลข 9 ซึ่งเป็นรหัสผ่านก่อน ถ้าสายนอกมีการใช้งาน ซีพียูจะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังเครื่องหมายเลข 1 ถ้าสายนอกไม่มีการใช้งาน ซีพียูจะสั่งงานควบคุมให้วงจรเมตริกซ์สวิทช์ทำการต่อเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 กับคู่สายนอก จากนั้นเครื่องโทรศัพท์หมายเลข 1 จะได้รับสัญญาณให้หมุน ซึ่งมาจากชุมสายนอก จากนั้นสามารถกดหมายเลขที่ต้องการติดต่อได้ทันที

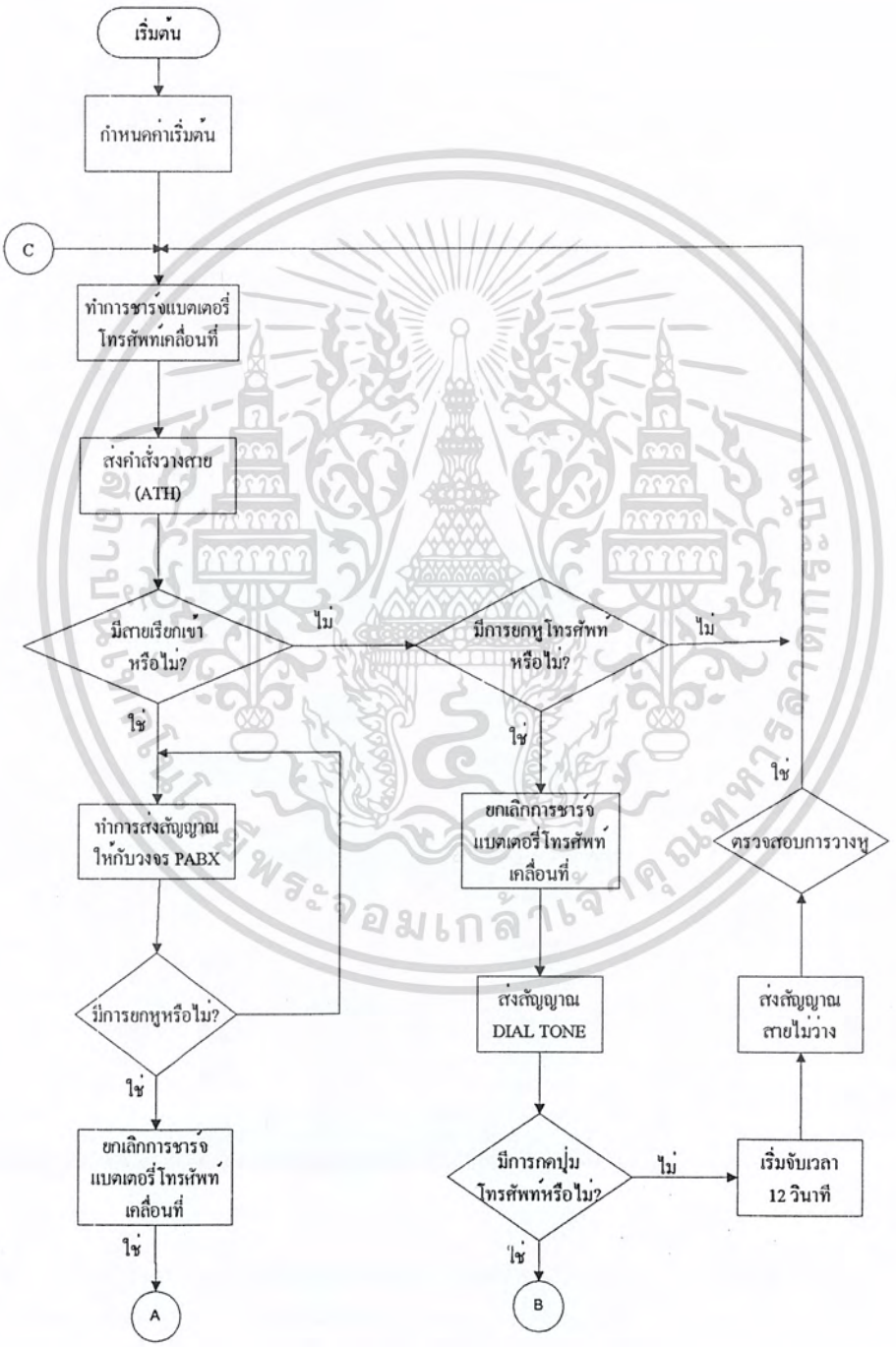
3.4.3 กรณีเครื่องโทรศัพท์สายนอกต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายใน

กรณีเมื่อมีเครื่องโทรศัพท์สายนอกต้องการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายใน โดยมีการส่งสัญญาณเรียกเข้ามายังเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะทำให้วงจรอินเตอร์เฟสส่งสถานะ '1' ไปยังวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ สัญญาณนี้จะส่งผ่านพอร์ท 8255 ไปให้ซีพียูทราบว่าขณะนี้ได้มีสายนอกต้องการติอต่อกับเครื่องโทรศัพท์ภายใน ซีพียูจะทำการส่งสัญญาณไปให้เครื่องตอบรับโทรศัพท์ โดยที่เครื่องตอบรับโทรศัพท์นี้จะบอกให้สายนอกกดหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อ จากนั้นซีพียูจะส่งสัญญาณเรียกไปที่โทรศัพท์เครื่องนั้น พร้อมส่งสัญญาณเรียกกลับไปที่สายนอกที่โทรเข้ามา ถ้าโทรศัพท์เครื่องที่ต้องการจะติดต่อไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างกลับไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

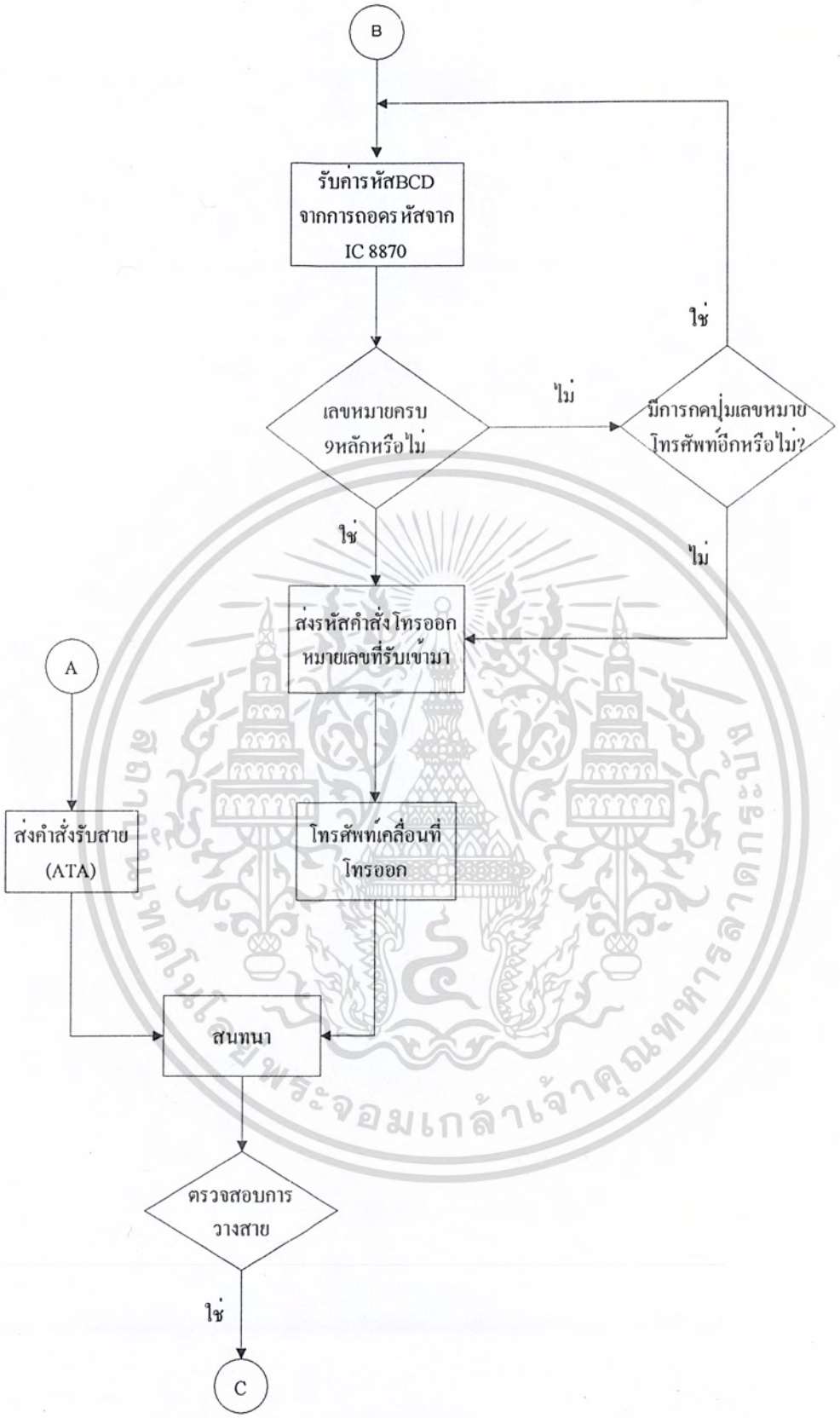
3.5 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟส

ในการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟสสัญญาณของวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ กับโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้นได้แบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังนี้คือส่วนของการสร้างสัญญาณในคู่สายโทรศัพท์ ส่วนการเชื่อมต่อรีเลย์ในการชาร์จแบตเตอรี่ ส่วนของการรับค่าจากตัวถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ ส่วนของการสั่งโทรออก และรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอก ดังรูปที่ 3.17 แผนผังโปรแกรมที่ 1



รูปที่ 3.16 แผนผังระบบโปรแกรม 1

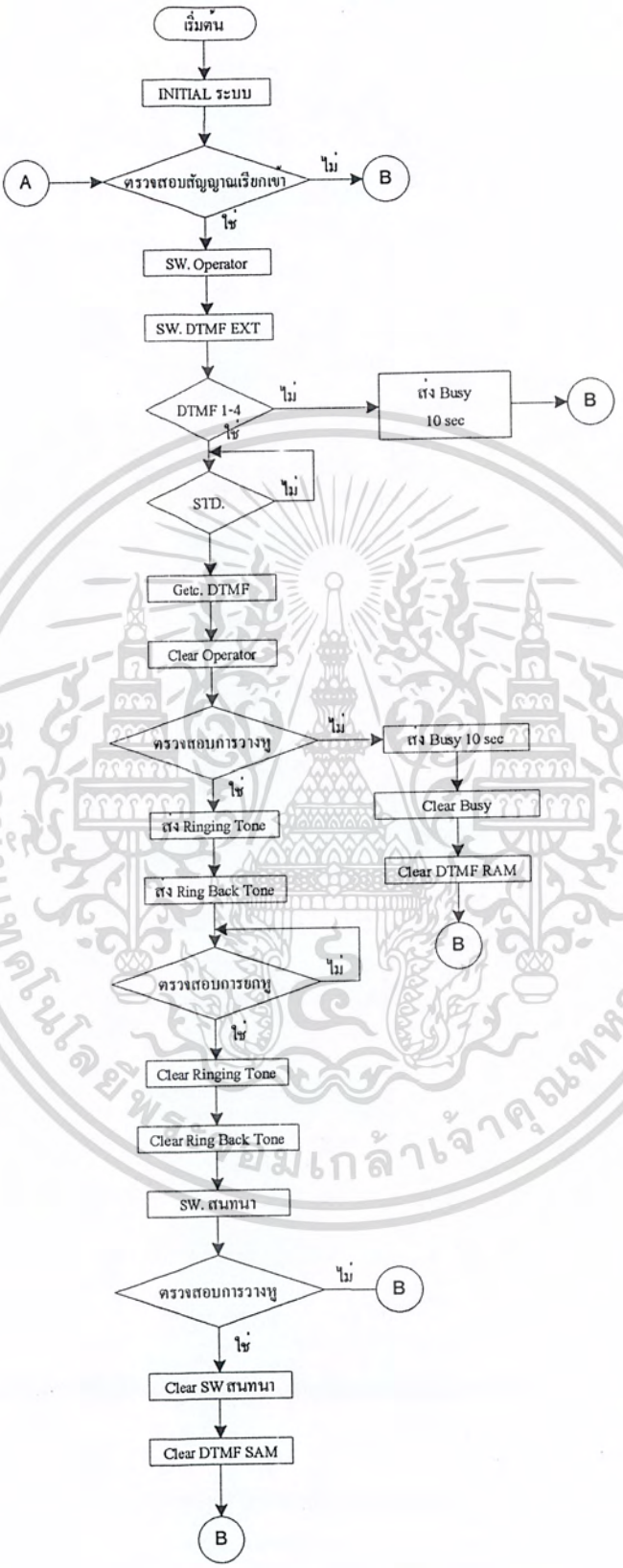
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 (ต่อ) แผนผังระบบโปรแกรม 1

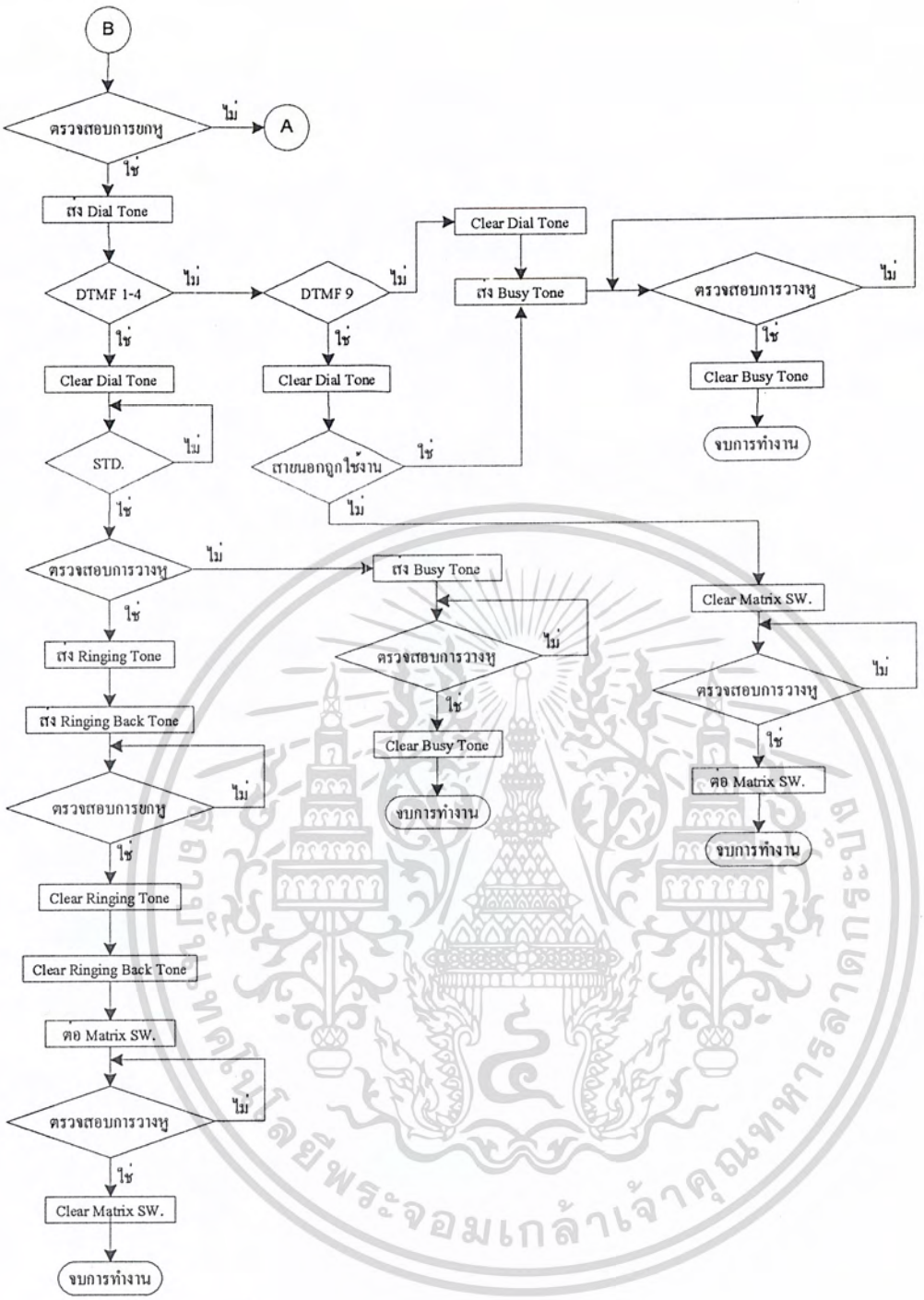
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ



รูปที่ 3.17 แผนผังระบบโปรแกรม 2

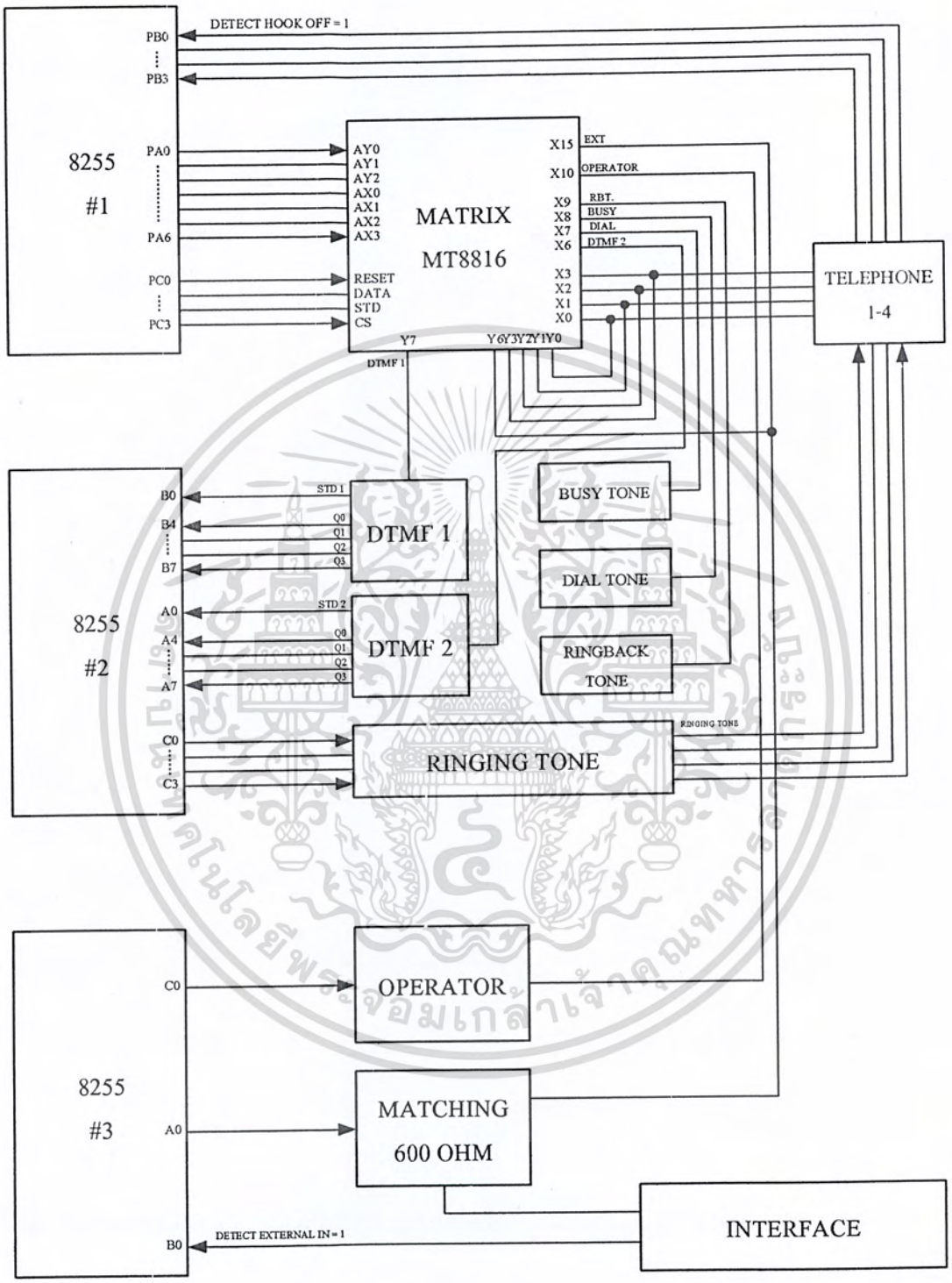
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 (ต่อ) แผนผังระบบโปรแกรม 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 บล็อกไดอะแกรมชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่



รูปที่ 3.18 บล็อกไดอะแกรมชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

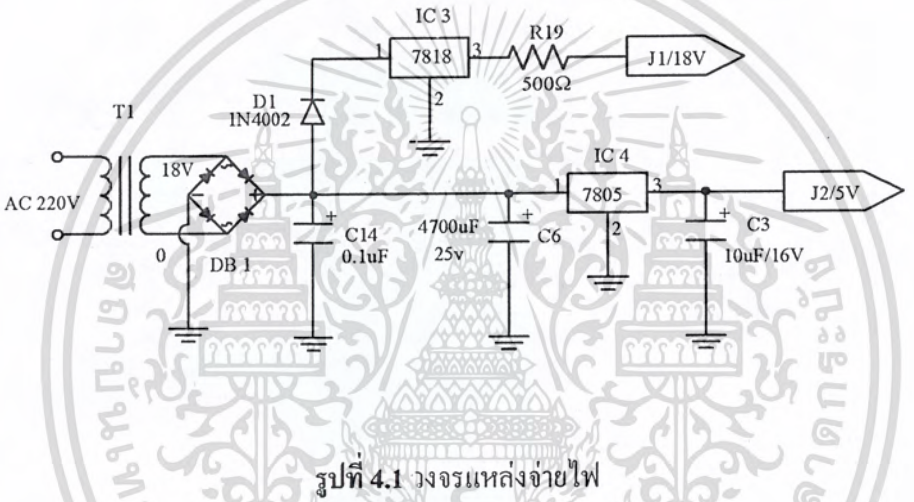
บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

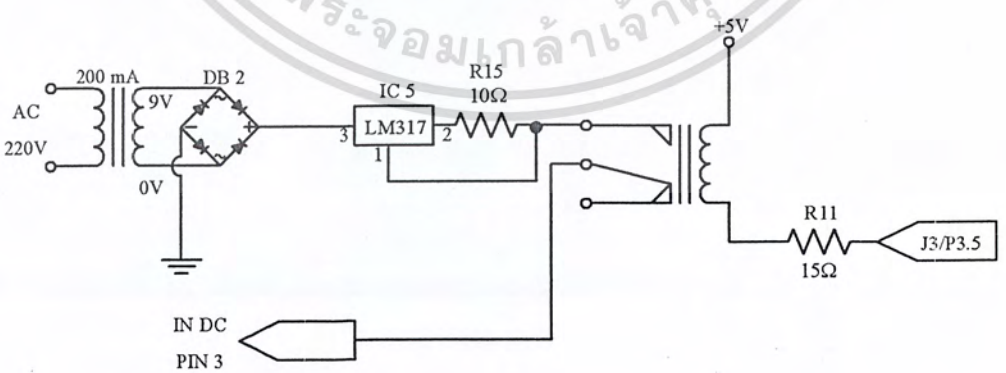
เพื่อให้ง่ายต่อการทดลองและการตรวจสอบการทำงานของระบบจึงได้แบ่งการทดลองของวงจรออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือส่วนที่ 1 การทดลองส่วนของวงจรอินเตอร์เฟสและส่วนที่ 2 การทดลองส่วนของวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

4.2 การทดลองส่วนของวงจรอินเตอร์เฟส

4.2.1 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 4.2 วงจรชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่ซีเมนส์ รุ่น C45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ลำดับขั้นการทดลอง

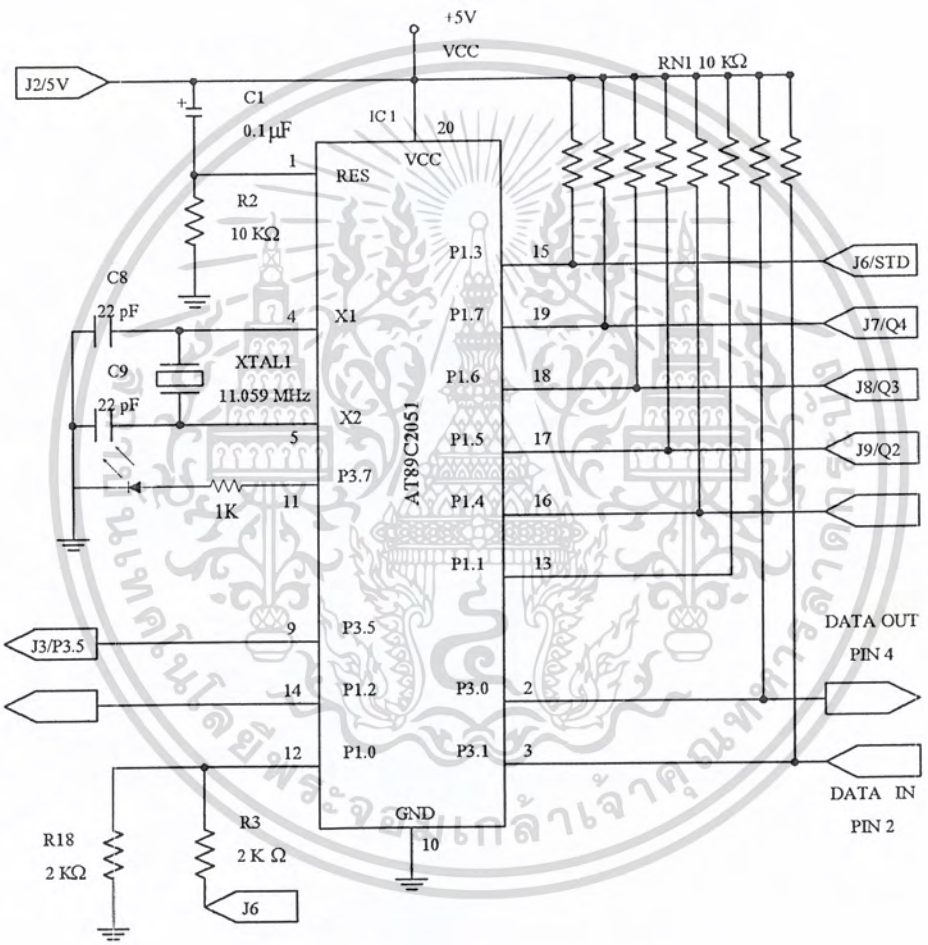
1.1) ประกอบวงจรแหล่งจ่ายไฟตามรูปที่ 4.1และรูปที่ 4.2 แล้วทำการเปิดสวิตช์

1.2) ทำการทดลองโดยใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันที่เอาต์พุตของวงจรทั้งสอง

2) ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการวัดค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรตามรูปที่ 4.1 ค่าแรงดันที่วัดได้จากจุด J1 คือ 18 โวลต์ ค่าแรงดันที่วัดได้จากจุด J2 คือ 5 โวลต์และวงจรตามรูปที่ 4.2 วัดกระแสจากจุด IN DC ไปยัง PIN3 ค่ากระแสที่วัดได้คือ 0.125 แอมป์

4.2.2 การทดลองวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรในส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตามรูปที่ 4.3

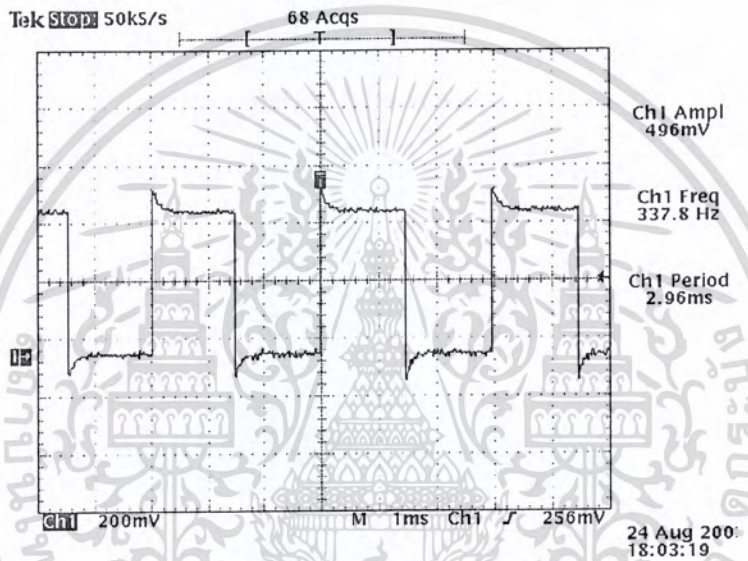
1.2) ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรและทำการจ่ายแรงดันไฟให้กับวงจร

1.3) ทำการวัดแรงดันที่ขา 9 ของพอร์ต P3.5 ทำการวัดสัญญาณ Dial Toneและ Busy Tone

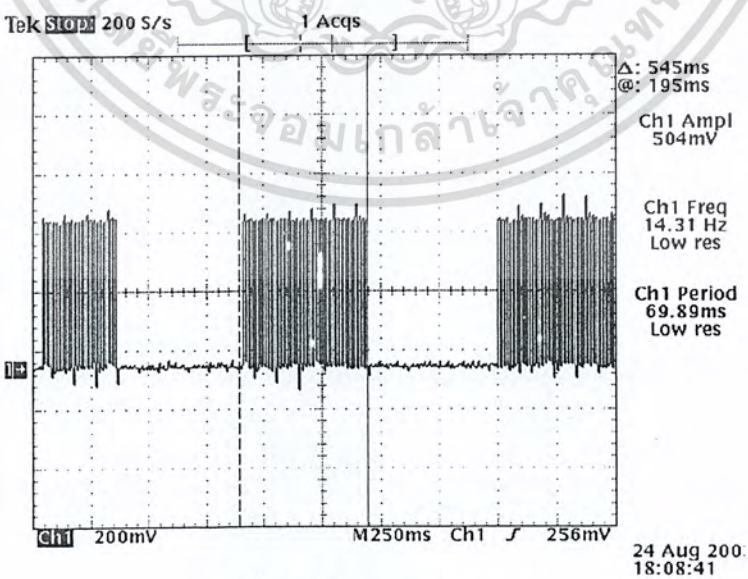
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลการทดลอง

ผลการทดลองคือ จะมีการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างขา 12 ของพอร์ต P1.0 และขา 13 ของพอร์ต P1.1 ซึ่งวัดได้ 5 โวลต์ ขณะที่วางหูโทรศัพท์แรงดันที่พอร์ต 1.0 จะมีแรงดัน 8 โวลต์ ทำให้แรงดันที่พอร์ต P1.0 มากกว่าแรงดันที่พอร์ต P1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งแรงดัน 0 โวล์ตที่พอร์ต P3.5 เมื่อยกหูโทรศัพท์ที่พอร์ต P1.0 จะมีแรงดันตกคร่อม 4 โวลต์ ทำให้แรงดันที่พอร์ต P1.0 น้อยกว่าแรงดันที่พอร์ต P1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งแรงดัน 5 โวล์ตที่พอร์ต P3.5 และมีสัญญาณ Dial Tone ออกมาเป็นเวลา 13 วินาทีดังรูปที่ 4.4 ต่อจากนั้นจะเป็นสัญญาณ Busy Tone จะออกมาเป็นเวลา 30 วินาทีส่งออกมาจากขา 14 ของพอร์ต P1.2 ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งพอร์ต P3.0 นี้จะส่งคำสั่งโทรออกและวางสายซึ่งคำสั่งโทรออก คือ ATD ตามด้วยเลขหมายปลายทางและคำสั่งวางสาย คือ ATH สั่งให้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่



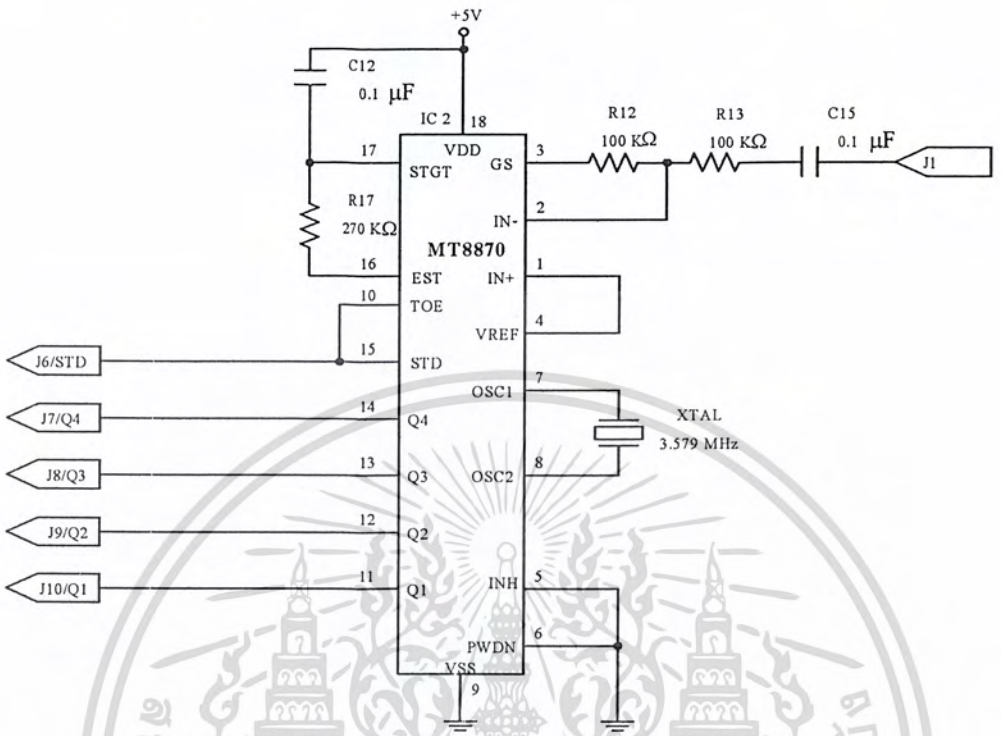
รูปที่ 4.4 สัญญาณ Dial Tone



รูปที่ 4.5 สัญญาณ Busy Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดลองวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ (DTMF)



รูปที่ 4.6 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.6

1.2) ทำการต่อคู่สายโทรศัพท์ที่ใช้ทดลองเข้ากับวงจรตามรูปที่ 4.6 ที่จุด J1

1.3) ต่อแอลอีดีแสดงผลที่เอาต์พุต Q1 ,Q2 ,Q3 ,Q4 และ STD ของ IC MT8870

1.4) ทดลองกดเลขหมายโทรศัพท์ที่หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์

2) ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการทดลองกดเลขหมายโทรศัพท์จากหน้าปัทม์ของเครื่องโทรศัพท์ จะพบว่าแอลอีดีที่ต่อกับเอาต์พุตจะสว่างขึ้นเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิตตามค่าของหมายเลขที่ทำการส่งมา ส่วน STD จะสว่างทุกครั้งที่มีการยกหูหรือกดปุ่มใดๆ ของเครื่องโทรศัพท์ ส่วนแอลอีดี Q1 - Q4 จะติดค้างจนกว่าจะมีการกดเลขหมายต่อไป เมื่อทำการแปลงเป็นเลขฐานสิบแล้วจะได้ค่าตรงตามหมายเลขที่ทำการกดและจะแสดงตามตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

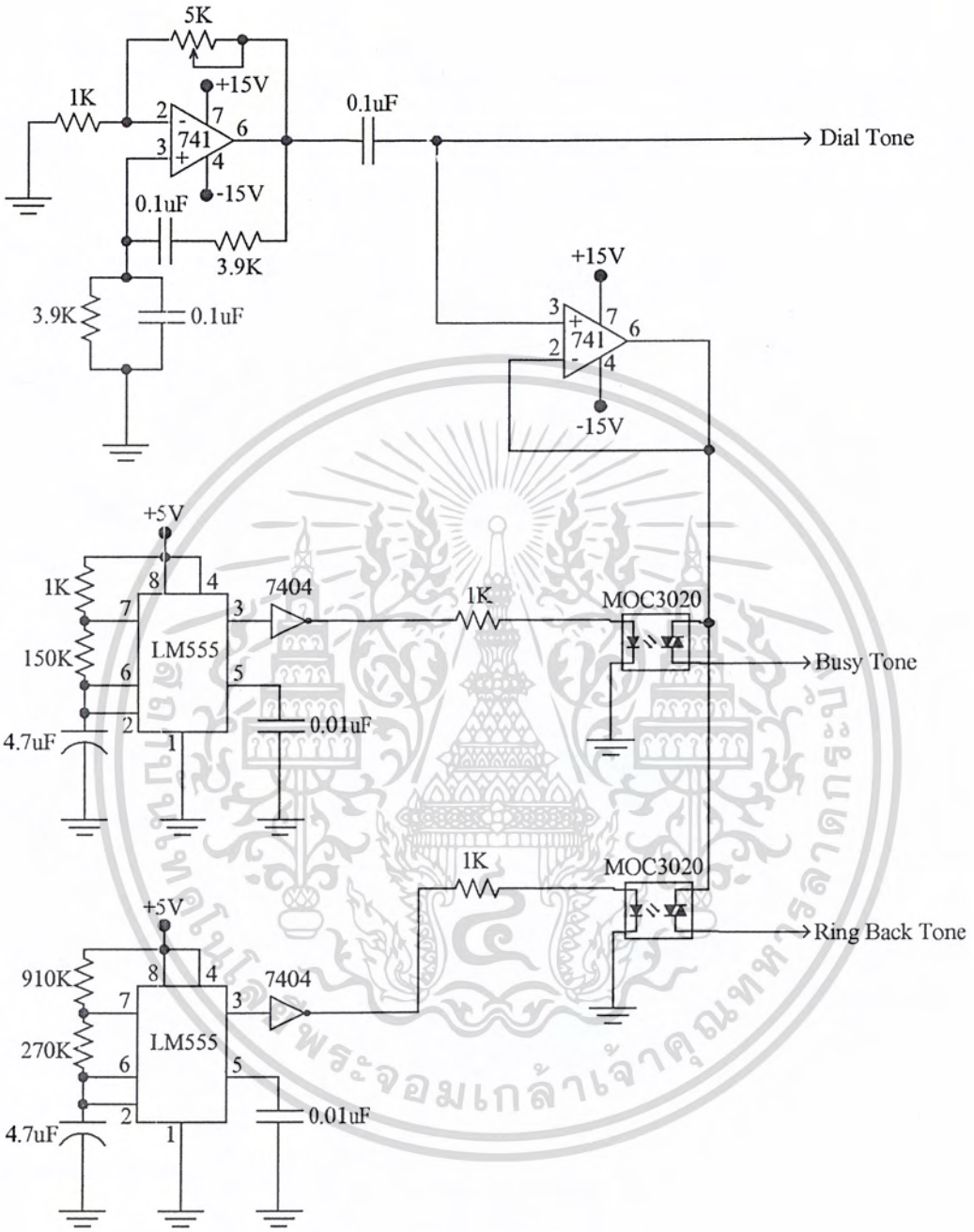
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่

เลขหมาย หน้าปัทม์โทรศัพท์	เอาต์พุต					เลขฐานสิบ
	Q4	Q3	Q2	Q1	STD	
1	0	0	0	1	1	1
2	0	0	1	0	1	2
3	0	0	1	1	1	3
4	0	1	0	0	1	4
5	0	1	0	1	1	5
6	0	1	1	0	1	6
7	0	1	1	1	1	7
8	1	0	0	0	1	8
9	1	0	0	1	1	9
0	1	0	1	0	1	10
*	1	0	1	1	1	11
#	1	1	0	0	1	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

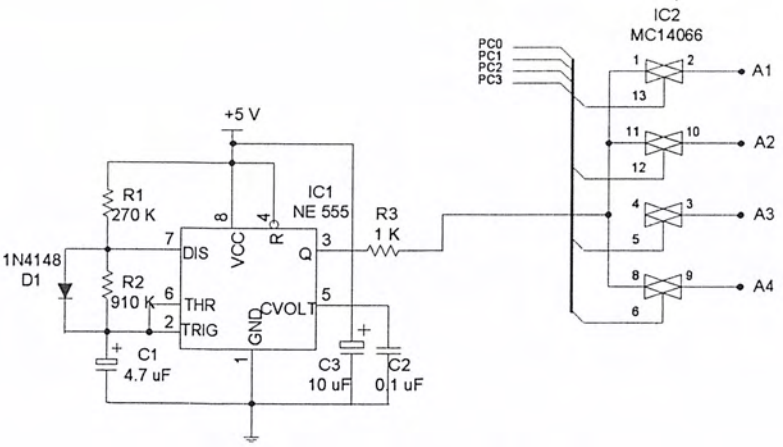
4.3 การทดลองส่วนของวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

4.3.1 การทดลองวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงต่างๆ

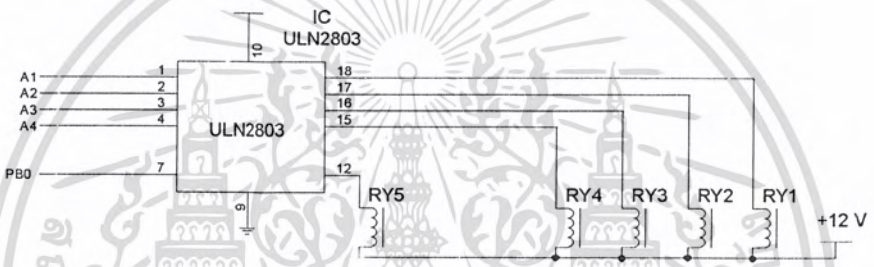


รูปที่ 4.7 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. วงจรควบคุมสัญญาณกระดิ่ง



ข. วงจรขับรีเลย์

รูปที่ 4.8 วงจรกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.7และ4.8

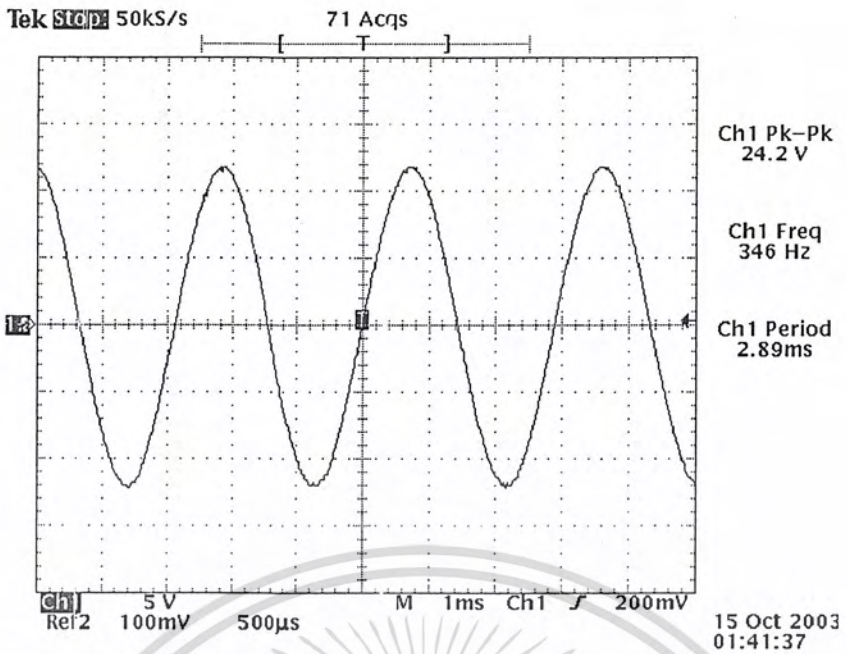
1.2) ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรและทำการจ่ายแรงดันไฟให้กับวงจร

1.3) ใช้ออสซิโลสโคปวัดสัญญาณเอาต์พุตของวงจร

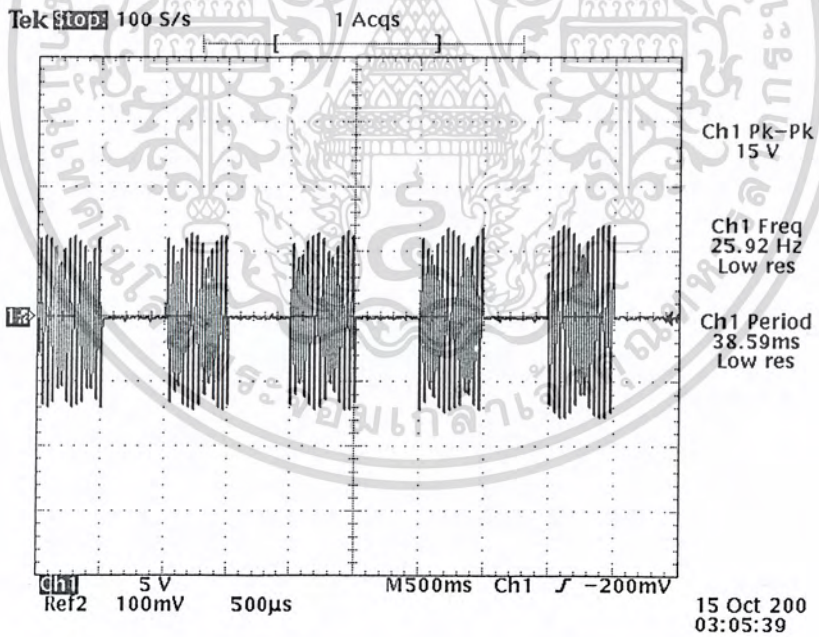
2) ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อใช้ออสซิโลสโคปทำการวัดสัญญาณที่เอาต์พุตจะได้รูปคลื่นของสัญญาณ Dial Tone,Busy Tone,Ring Back Tone และ Ringing Tone ดังแสดงในรูปที่ 4.9,4.10,11และ4.12 ตามลำดับ โดยลักษณะของรูปคลื่นที่ได้ตรงตามที่ได้คำนวนเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

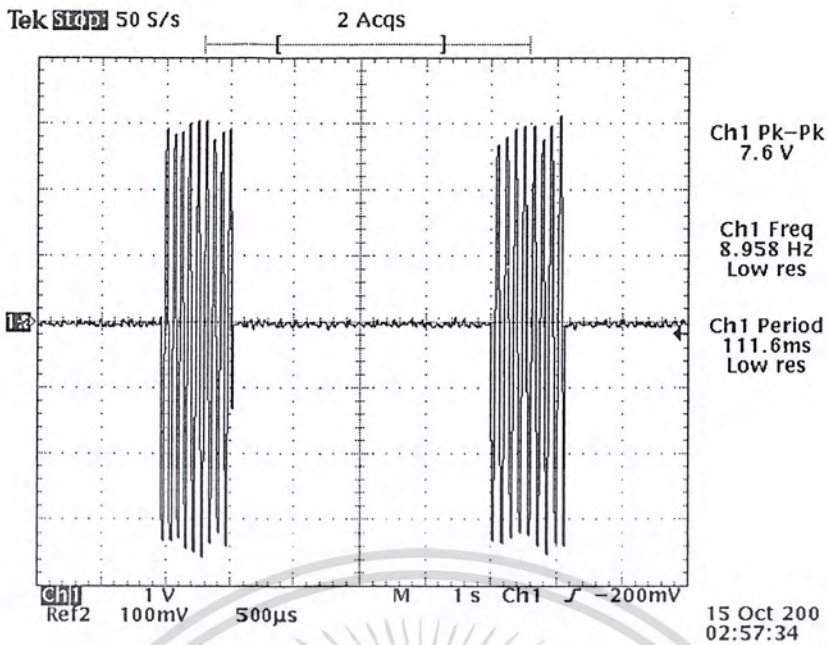


รูปที่ 4.9 สัญญาณ Dial Tone

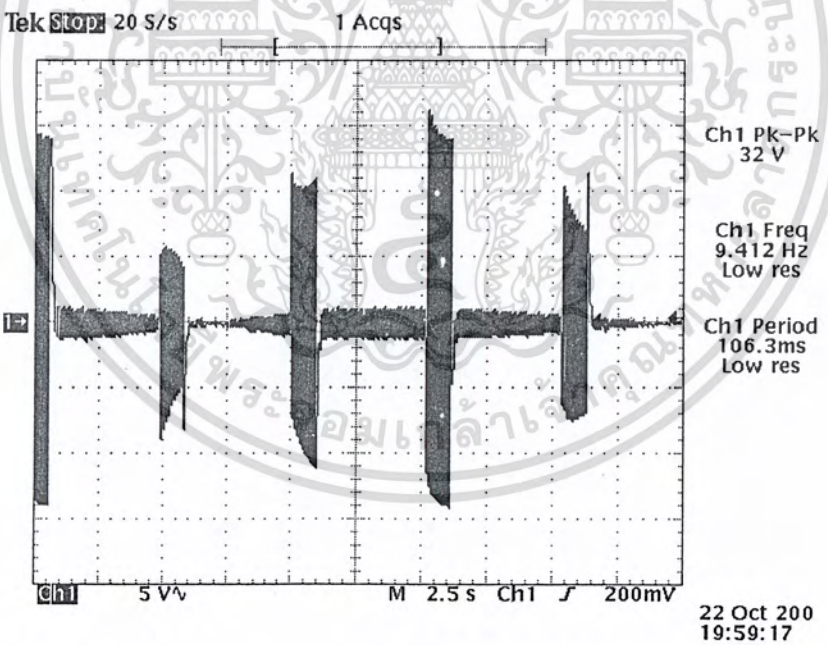


รูปที่ 4.10 สัญญาณ Busy Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



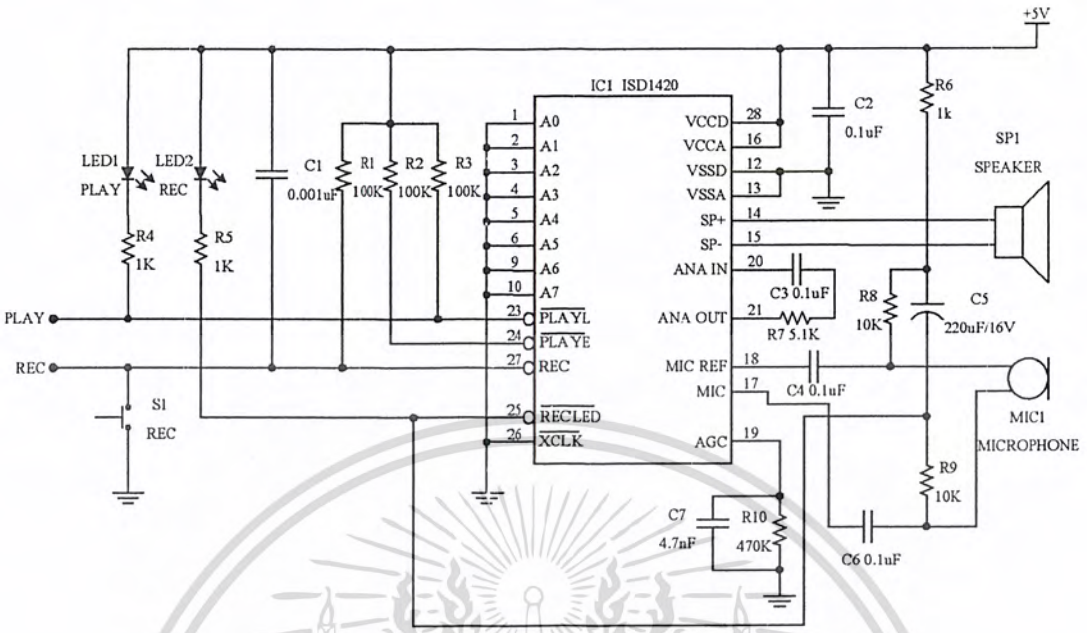
รูปที่ 4.11 สัญญาณ Ring Back Tone



รูปที่ 4.12 สัญญาณ Ringing Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การทดลองวงจรตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ



รูปที่ 4.13 วงจรกอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.13

1.2) ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรและทำการจ่ายแรงดันไฟให้กับวงจร

1.3) ทำการกดสวิทซ์ REC แล้วทดลองพูดใส่ไมโครโฟนเพื่อทำการบันทึกเสียงพูดจนกว่าไฟที่ REC จะดับ

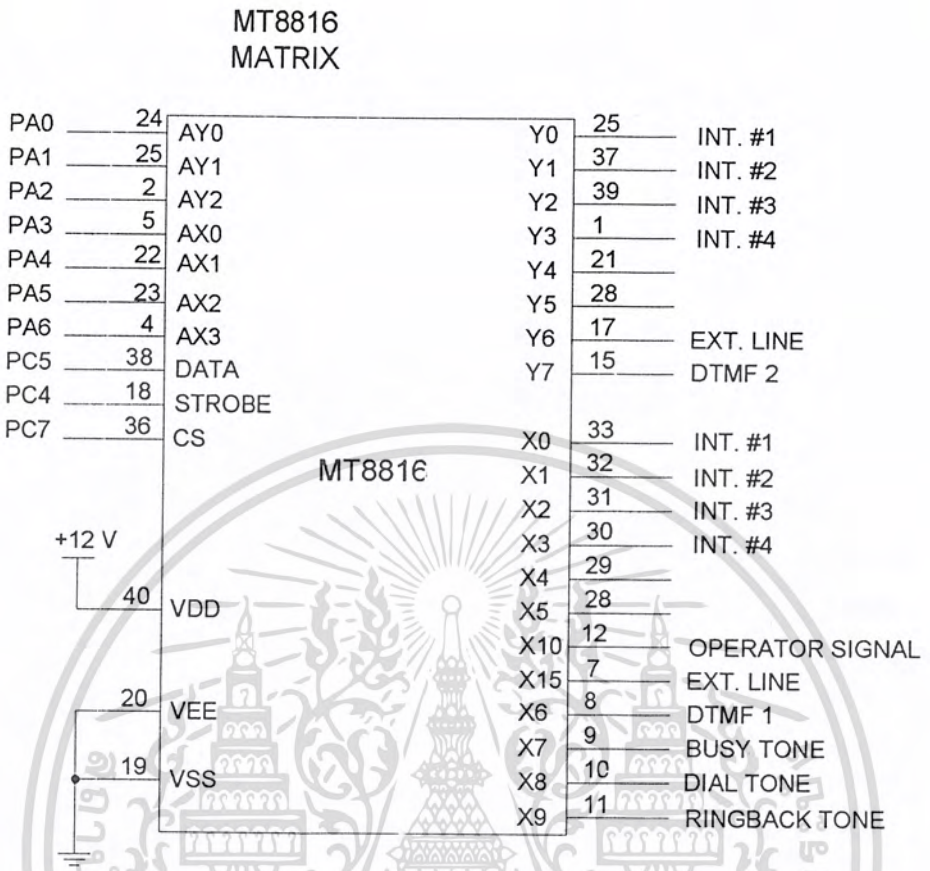
1.4) จากนั้นทำการต่อสาย PLAY ลงกราวด์เพื่อทดลองฟังเสียงที่ได้บันทึกเอาไว้

2) ผลการทดลอง

จากการทดลองวงจรนี้สามารถบันทึกเสียงได้นาน 20 วินาที โดยเสียงที่ได้จากการบันทึกมีความคมชัดอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถบันทึกใหม่ได้โดยทำการกดสวิทซ์ REC และเสียงที่ได้จากบันทึกใหม่จะไม่มีเสียงเดิมแทรกอยู่เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 การทดลองวงจรเมตริกสวิตช์



รูปที่ 4.14 วงจรเมตริกสวิตช์

1) ลำดับขั้นการทดลอง

1.1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.14

1.2) ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรและทำการจ่ายแรงดันไฟให้กับวงจร

1.3) ทำการป้อนตำแหน่งแอดเดรสดังนี้ AX0=0,AX1=0,AX2=0,AX3=0,AY0=1, AY1=0และAY2=0 บันทึกผลที่ได้

2) ผลการทดลอง

จากการทดลองป้อนแอดเดรสตามที่กำหนดไว้ จะเป็นการต่อ AX0 กับ AY0 เข้าด้วยกัน ดังนั้น เมื่อลองยกสายในสายที่1และสายในสายที่2 ปรากฏว่าสามารถสนทนากันได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมตริกสวิตช์สามารถต่อกันได้ตามต้องการโดยการป้อนแอดเดรสตามตารางภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

5.1 บทสรุป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอผลงานเกี่ยวกับชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งสามารถต่อเข้ากับโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อทำหน้าที่เป็นคู่สายภายนอก1คู่สายและมี4คู่สายภายใน เชื่อมต่อได้เฉพาะกับ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ซีเมนส์ (SIEMENS) เฉพาะรุ่น C35,M35, S35,C45 โดยที่ส่วนแรกคือวงจรอินเตอร์เฟสจะมีการรับสัญญาณเสียงและสัญญาณความถี่คู่จากคู่สายภายในของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งชุดอินเตอร์เฟสทำหน้าที่แปลงสัญญาณความถี่คู่เป็นการเข้ารหัส แล้วทำการสร้างรหัสคำสั่ง (AT COMMAMD) ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ จากนั้นก็ทำการส่งข้อมูลออกไปในรูปแบบอนุกรมไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งมีหน้าที่ในการส่งสัญญาณจากผู้ใช้ไปยังเลขหมายปลายทางระบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือระบบโทรศัพท์พื้นฐาน ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์89C2051และในส่วนที่สองคือวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัตินั้น จะถูกควบคุมการทำงานทั้งหมดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 เบอร์ 89C51RD2 ของบริษัท PHILIPS SEMICONDUCTOR ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างไปจากเบอร์อื่นๆ คือ สามารถโปรแกรมในวงจรและถูกกำหนดให้ทำงานโดยใช้สัญญาณนาฬิกา 6 ลูกต่อแมชชีนไซเกิล ซึ่งเร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาตรฐาน 2 เท่า ทำให้สามารถควบคุมการทำงานของวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติได้เป็นอย่างดี เมื่อนำวงจรทั้งสองส่วนมารวมกันผลที่ได้ จากการค้นคว้าและทดลองคือ เครื่องโทรศัพท์ภายในทั้งหมดสามารถติดต่อถึงกันได้ทั้งหมดและยังสามารถที่จะเรียกไปยังภายนอกได้ โดยผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซีเมนส์ C45 และเมื่อมีการเรียกเข้ามายังโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซีเมนส์ C45 ชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ ก็สามารถรับสายและทำการเรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์ภายในทั้ง 4คู่สายได้ คุณภาพของเสียงที่ได้เมื่อมีการเรียกกันเองภายในมีคุณภาพเสียงชัดเจนดีและเมื่อมีการเรียกไปภายนอกคุณภาพเสียงของเครื่องภายในที่เป็นผู้เรียกออกไปมีคุณภาพเสียงดีเช่นกัน แต่คุณภาพของเสียงของผู้ถูกเรียกนั้นมีสัญญาณรบกวนอยู่บ้างเล็กน้อยแต่สามารถรับฟังสนทนาโต้ตอบกันได้ ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า จะมีผู้สนใจโครงงานนี้และนำไปพัฒนาให้สามารถใช้ประโยชน์ในด้านอื่นต่อไป

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่คู่ในส่วนของวงจรอินเตอร์เฟส ไม่สามารถถอดสัญญาณรหัสความถี่คู่จากเครื่องโทรศัพท์ภายในได้ทุกหมายเลขเมื่อนำวงจรอินเตอร์เฟสและวงจรชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติมารวมกัน

2. ส่วนควบคุมการทำงานของวงจรชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติจะมีการทำงานผิดพลาดเมื่อส่งสัญญาณกระดิ่งให้กับโทรศัพท์ภายใน และโทรศัพท์ภายในยกหูรับสายในจังหวะที่มีการส่งสัญญาณกระดิ่งพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องโทรศัพท์ภายในบางเครื่อง ไม่สามารถกำเนิดสัญญาณควบคุมความถี่คู่ได้

5.3 การแก้ไขปัญหา

1. เพิ่มอัตราขยายสัญญาณความถี่คู่ด้านอินพุตของ IC MT8870 ในวงจรอินเตอร์เฟสให้เหมาะสม เพราะสัญญาณความถี่คู่จะถูกลดทอนลงไปจากหม้อแปลงแมชชิ่ง

2. ใช้คุณสมบัติความต้านทานของตัวเก็บประจุในแรงดันกระแสสลับเพื่อช่วยแบ่งแรงดันของสัญญาณกระดิ่งกับเครื่องโทรศัพท์โดยทำการต่อตัวเก็บประจุ 1 ไมโครฟารัด 100 โวลต์ อนุกรมกับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 70 VAC

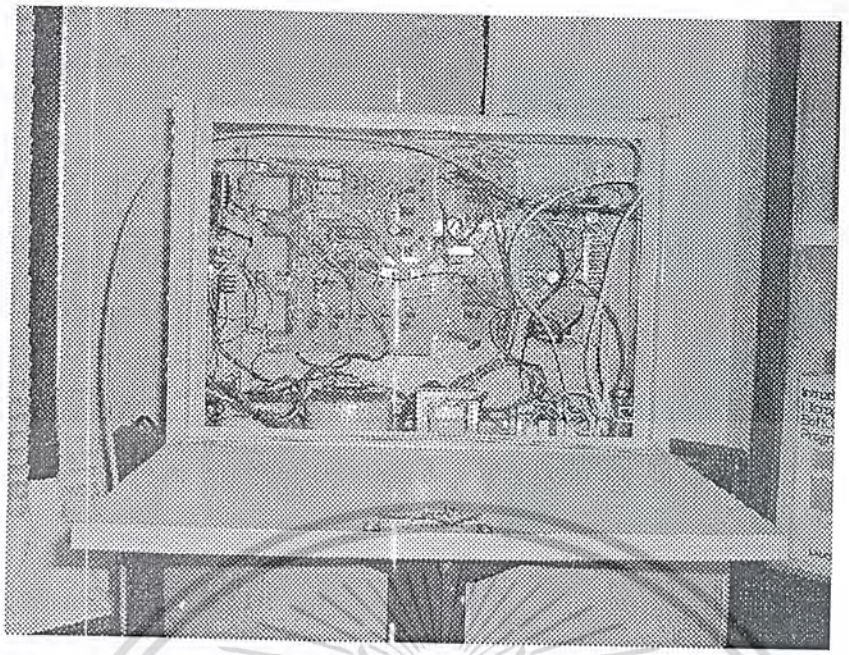
3. เพิ่มแรงดันไฟเลี้ยงให้แก่โทรศัพท์อย่างน้อยที่สุดประมาณ 7 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

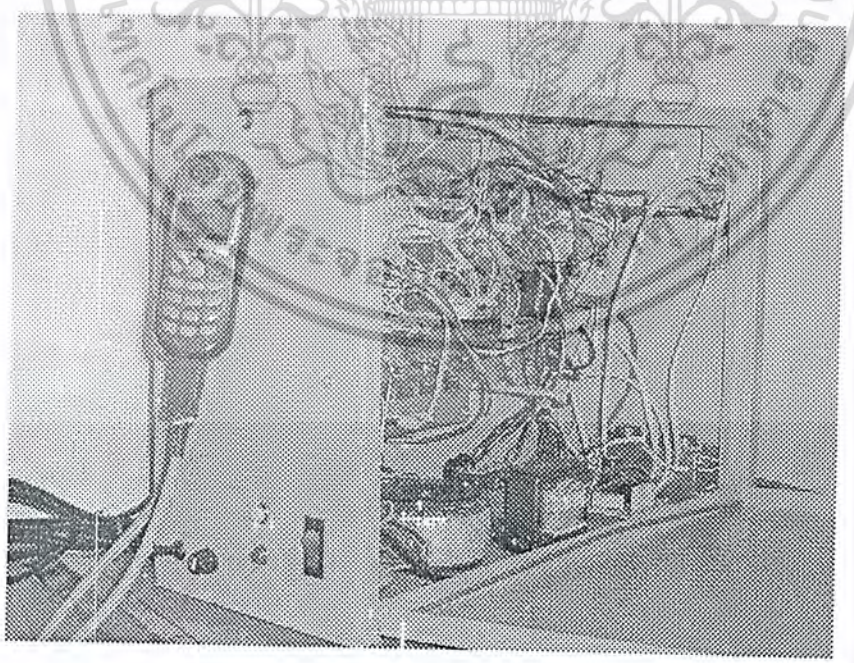
ภาคผนวก ก.

ภาพต้นแบบของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

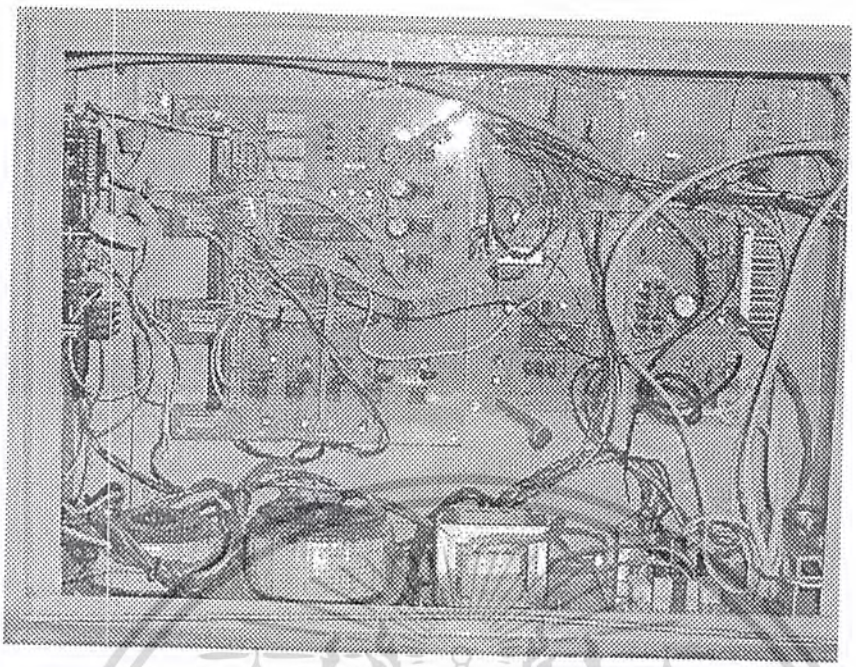


รูป ก. ภาพถ่ายชิ้นงานด้านหน้า



รูป ข. ภาพถ่ายชิ้นงานด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ค. ภาพถ่ายขวงจร

รูป ง. ภาพถ่ายชิ้นงานที่สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

Manual Reference Modem Commands for the SIEMENS Mobile Phone S35i, C35i, M35i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Manual Reference

Modem Commands

for the SIEMENS Mobile Phone

S35i, C35i, M35i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The command descriptions or example sequences in this document imply no liability or warranty in any way. The author therefore will take no responsibility and will accept no liability which results of using the content of this document in any way.

All rights reserved. No part of this work covered by the copyrights hereof may be reproduced or copied in any form or by any means (graphic, electronic, or mechanical, including photocopying, taping, or information storage and retrieval systems) without written permission of the publisher.

Revisions Overview

Date	Version	Name	Description of revision
23-05-2000	1.0	R.Sc.	File created

Table of Contents

1. AT Command Set 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. AT Command Set

A command entered at the user port generally starts with a command prefix consisting of the characters 'AT'. The remainder of the line is interpreted as a sequence of the commands described below. The commands are not case-sensitive. More than one command may be given on a single line.
With all commands in Table 1 that take a numeric argument this argument may be omitted and defaults to 0.
The ATD command is special: all characters in the same line (or up to a semicolon) are considered part of the number to dial.
The prefix 'A/' repeats the preceding command.

Command	Description
A/	Repeat the last command string.
+++	Escape sequence, switches to command mode during call
AT	Prefix for all other commands

Command	Function (default values in bold type)	Implementation comments	Reference
A	Answer a call		V.25 *ter*
B[*n*]	Sets the bearer service for data connections (cf. +CBST). Parameters: 7 2400 bps, asynchronous, V.22bis 11 4800 bps, asynchronous, V.32 **13** 9600 bps, asynchronous, V.32 25 2400 bps, asynchronous, V.110 ISDN 27 4800 bps, asynchronous, V.110 ISDN 29 9600 bps asynchronous, V.110 ISDN 99 Call: Automatic selection of the operation mode in accordance with the baud rate of the PC. Answer: All calls are accepted.		DNT
D*x*[;]	Dial phone number *x*. Some prefixes not defined in V.25 *ter* are recognised: I ISDN: This phone call will be made as a 'UDI'		V.25 *ter*, GSM 07.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Command	Function (default values in bold type)	Implementation comments	Reference
	call. An ISDN connection to a V.110 terminal adapter will be established. The data transmission speed is the same as for an 'analog' call (2400 / 4800 / 9600 / 14400 bps). P Plus: same as '+' P character.		
E[*n*]	Command echo		V.25 *ter*
H[*n*]	Disconnect existing link		V.25 *ter*
I[*n*]	Display product code 0 '032' 1 '032' 2 'OK', (check firmware checksum) 8 Display supported operation modes (cf. ATB) 9 identification of modem and mobile phone		
L[*n*]	Monitor speaker loudness	No action	V.25 *ter*
M[*n*]	Monitor speaker mode	No action	V.25 *ter*
O[0]	Switch back to transparent mode after +++ interruption		V.25 *ter*
Q[0]	Display responses or messages		V.25 *ter*
Q1	Don't display responses or messages		V.25 *ter*
S*n*=*x*	Write value *x* to S register *n*		V.25 *ter*
S*n*?	Display value of S register *n*		V.25 *ter*
V[0]	Responses in numeric format		V.25 *ter*
V1	Responses in text format		V.25 *ter*
X	Report link with CONNECT only ignore busy signal		V.25 *ter*
X1	Report link with CONNECT plus baud rate, ignore busy signal		V.25 *ter*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Command	Function (default values in bold type)	Implementation comments	Reference
X2	As ATX1		V.25 *ter*
X3	As ATX1, but report BUSY		V.25 *ter*
X4	As ATX3		V.25 *ter*
Z	Reset to default configuration		V.25 *ter*
&C[n] &C0 **&C1**	Circuit 109 (Received line signal detector / DCD) behaviour DCD always ON **DCD ON if carrier detected**		V.25 *ter*
&D[n] &D0 &D1 **&D2**	Circuit 108 (Data terminal ready / DTR) behaviour DTR ignored On DTR ON to OFF: go to online command mode, don't disconnect **On DTR ON to OFF: disconnect go to command mode. Automatic answer is disabled while DTR OFF.**		V.25 *ter*
&F	Load factory defaults		V.25 ter
&V	Display current configuration profile	customisable	
&W*n*	No action		
&Y*n*	No action		
&Z*n*=*x*	No action		
\A	No action		
\A1	No action		
\A2	No action		
\A3	No action		
\C	No action		
\C1	No action		
\G	No action		
\G1	No action		
\N	No action		
\N2	No action		
\N3	No action		
\N4	No action		
\N5	No action		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Command	Function (default values in bold type)	Implementation comments	Reference
\N6	No action		
\Q[n]	Local flow control selection (DTE ↔ DCE)	customisable	
\Q0 \Q1 \Q2 **\Q3**	Disable flow control XON-XOFF software flow control CTS only flow control **RTS/CTS flow control**		
\S	Display monitored variables		DNT
\V[n}	n = 0 No /REL or /RLP appendix with the 'connect' message n = 1 /REL or /RLP appendix with the 'connect' message		DNT
%An	No action		
%C	No action		
%C1	No action		
%Dn	No action		
^S...	Routed to MS	See *gsmxsie.c*	DNT, Siemens

Table 1: Basic AT Commands

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The commands in Table 2 are used to configure the modem .All other AT commands specified by leading +C are descripted in the **AT Command Set Reference Manual.**

Command	Function, defaults	Implementation comments	Reference
+CBST	7,0,1 (9600 bps)		GSM07.07
+CRLP	61,61,58,6		GSM07.07
+CR	0		GSM07.07

Table 2: Local AT+C (Cellular) Commands

S-Register	Function (default values in bold type)					
S 0	The number of rings before the Gipsy Soft answers the call (Default: 0, does not answer)					
S 3	Command termination character and first character of response trailer (**CR**)					
S 4	Second character of response trailer (**LF**)					
S 6	Editing character; erases the previous character (**BS**)					
S 6	Escape character					
S 7	Wait for carrier after dialling (in seconds). (Default: 60)					
S 8 + S 9	No Action					
S 10	Delay between Lost Carrier and Hang up in 0.1 sec. (Default 2 = 200ms)					
S 11 .. S17	No Action					
S 18	Bit					
	0	0	**no GSM exit cause**	1	with GSM exit cause	
	1	0	no SMS Indication '+C...'	1	**with incoming SMS Indication '+C..'**	
S 19 ... S99	No Action					

Table 3: S-Registers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

โปรแกรมควบคุมการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติผ่านทางระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของชุดอินเตอร์เฟสโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************
;          INTERFACE MOBILE PHONE SIEMENS C45
;*************************************************
LED      EQU   P3.7
PULSE    EQU   P1.2
TELE     EQU   P1.3
IN_BAT   EQU   P3.5
COUNT_1  EQU   18
COUNT_2  EQU   19
COUNT_3  EQU   20

                ORG     0000H
                MOV     SP,#80
                SJMP    MAIN

                ORG     000BH
                LCALL   SUB_TIMER0
                RETI

                ORG     0023H
                JNB     RI,U2
                MOV     A,SBUF

O:              CJNE     A,#01001111B,R
                JMP     U1

R:              CJNE    A,#01010010B,U1
                SETB    03H
                SETB     LED
                CLR     ES

U1:             CLR      RI

U2:             RETI

SUB_TIMER0:     MOV  TH0,#3CH
                MOV     TL0,#0B0H
                INC     R2
                CJNE    R2,#5,L3
                CPL     01H

L3:             CJNE    R2,#10,L1
                MOV     R2,#00
                INC     R3
                JB      00H,L2
                CJNE    R3,#24,L1
                CLR     TR0
                MOV     R2,#00
                MOV     R3,#00
                RET

L2:             CJNE    R3,#58,L1
                CLR     TR0
                MOV     R2,#00
                MOV     R3,#00

L1:             RET

MAIN:           MOV     P1,#11111111B
                MOV     P3,#01111111B
                MOV     IE,#10000010B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     TMOD,#00100001B
                MOV     TH0,#3CH
                MOV     TL0,#0B0H
                MOV     TH1,#0FDH
                MOV     TL1,#0FDH
                SETB    TR1
                MOV     SCON,#01010000B
                MOV     PCON,#10000000B
                LCALL   PRINT_SER
                DB      'AT',0DH,0AH,0FFH

W1:             LCALL   DELAY_100MS
                JB      TELE,W1
                LCALL   DELAY_1S

START: CLR      TR0
                CLR     IN_BAT
                CLR     LED
                MOV     R2,#00
                MOV     R3,#00
                MOV     20H,#00000000B
                LCALL   PRINT_SER
                DB      'ATH',0DH,0AH,0FFH

A2:             SETB     ES
                LCALL   DELAY_10MS
                JB      P3.6,A2
                SETB    IN_BAT
                CLR      LED
                JNB     03H,GO
                LCALL   PRINT_SER
                DB      'ATA',0DH,0AH,0FFH
                CLR      03H
                LJMP    A7

GO:             CLR     ES
                SETB    TR0
                CLR     00H

A3:             CPL     PULSE
                 LCALL   DELAY_10MS
                JNB     TR0,A4
                JB      TELE,TEST_KEY
                JNB     P3.6,A3
                LCALL   DELAY_10MS
                CLR      LED
                LJMP    START

A4:             LCALL   DELAY_10MS
                SETB    TR0
                SETB    00H

A5:             JNB     01H,A6
                CPL     PULSE

A6:             LCALL   DELAY_1MS
                JNB     TR0,A7
                JNB     P3.6,A5
                LCALL   DELAY_10MS
                CLR      LED
                LJMP    START
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
A7:         JNB     P3.6,A7
            LCALL   DELAY_1MS
            LCALL   DELAY_1MS
            JNB     P3.6,A7
            CLR      LED
            LJMP    START

TEST_KEY:   CLR     TR0
            MOV     R0,#08H
            MOV     08,#0FH
            MOV     09,#0FH
            MOV     10,#0FH
            MOV     11,#0FH
            MOV     12,#0FH
            MOV     13,#0FH
            MOV     14,#0FH
            MOV     15,#0FH
            MOV     16,#0FH
            MOV     17,#0FH
            LCALL   E2
B1:         MOV     @R0,A
            INC     R0
            CJNE    R0,#17,B2
            LJMP    TEL_OUT

B2:         LCALL   SCAN_KEY
            CJNE    A,#0FFH,B1
            LJMP    TEL_OUT

SCAN_KEY:   SETB    P1.7
            SETB    P1.6
            SETB    P1.5
            SETB    P1.4
            MOV     COUNT_1,#00
            MOV     COUNT_2,#00
            MOV     COUNT_3,#07
            MOV     A,P1

E1:         CJNE    A,P1,E2
            DJNZ    COUNT_1,E1
            DJNZ    COUNT_2,E1
            DJNZ    COUNT_3,E1
            MOV     A,#0FH
            SJMP    E5

E2:         MOV     A,P1
E3:         CJNE    A,P1,E4
            SJMP    E3

E4:         ANL     A,#0F0H
            MOV     B,A
            MOV     C,ACC.7
            MOV     B.4,C
            MOV     C,ACC.6
            MOV     B.5,C
            MOV     C,ACC.5
            MOV     B.6,C
            MOV     C,ACC.4
            MOV     B.7,C
            MOV     A,B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SWAP    A
                CJNE    A,#0AH,E5
                MOV     A,#00H

E5:             RET

TX_BYTE:        CLR     TI
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                RET

PRINT_SER:      POP     DPH
                POP     DPL

PRINT1:         CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                CJNE    A,#0FFH,PRINT2
                SJMP    PRINT3

PRINT2:         LCALL   TX_BYTE
                INC     DPTR
                SJMP    PRINT1

PRINT3:         PUSH    DPL
                PUSH    DPH
                RET

TEL_OUT:        LCALL   PRINT_SER
                DB      'ATD',0FFH
                MOV     R0,#08

T4:             MOV     A,@R0
                ADD     A,#30H

TS:             CJNE    A,#3BH,TC
                MOV     A,#2AH
                SJMP    T41

TC:             CJNE    A,#3CH,T41
                MOV     A,#23H
                SJMP    T41

T41:            CJNE    A,#3FH,T2
                SJMP    T3

T2:             LCALL   TX_BYTE
                INC     R0
                SJMP    T4

T3:             LCALL   PRINT_SER
                DB      ';',0DH,0AH,0FFH
                LJMP    A7

DELAY_10MS:     MOV     R7,#4

DELAY_10MS_1:   MOV   R6,#00

DELAY_10MS_2:   NOP
                DJNZ    R6,DELAY_10MS_2
                DJNZ    R7,DELAY_10MS_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET

DELAY_1MS:      MOV     R7,#2

DELAY_1MS_1:    MOV     R6,#225

DELAY_1MS_2:    NOP
                DJNZ    R6,DELAY_1MS_2
                DJNZ    R7,DELAY_1MS_1
                RET

DELAY_100MS:    MOV     R7,#100

DELAY_100MS_1:  MOV     R6,#0E6H

DELAY_100MS_2:  NOP
                NOP     R6,DELAY_100MS_2
                DJNZ    R7,DELAY_100MS_1
                RET

DELAY_1S:       MOV     R5,#50

DELAY_1S_1:     ACALL   DELAY_10MS
                DJNZ    R5,DELAY_1S_1
                RET

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของชุมสายโทรศัพท์สาขาอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;**************************
;   ADDRESS PORT 8255
;**************************
PORTA1 EQU 0FC00H
PORTB1 EQU 0FC01H
PORTC1 EQU 0FC02H
CPORT1 EQU 0FC03H
PORTA2 EQU 0FC04H
PORTB2 EQU 0FC05H
PORTC2 EQU 0FC06H
CPORT2 EQU 0FC07H
PORTA3 EQU 0FC08H
PORTB3 EQU 0FC09H
PORTC3 EQU 0FC0AH
CPORT3 EQU 0FC0BH
EXUSE  EQU 60H
INUSE1  EQU 65H
INUSE2  EQU 66H
;**********************
  ORG  0000H
  SJMP  OK
  ORG  001BH
  MOV  TH1,#00H
  MOV  TL1,#00H
  DJNZ R4,QI
  MOV  R5,#0FFH
  QI: RETI
  ORG  0030H
  OK:  MOV  R1,#00H
  DEL2: MOV  R0,#00H
  DEL1: DJNZ R0,DEL1
  DJNZ R1,DEL2
;************************

CONTROL_PORT:  MOV  DPTR,#CPORT1     ;SET 8255#1
               MOV  A,#82H           ;A-OUT ,B-IN ,C-OUT
               MOVX  @DPTR,A
               MOV  DPTR,#CPORT2     ;SET 8255#2
               MOV  A,#92H           ;A-IN ,B-IN ,C-OUT
               MOVX  @DPTR,A
               MOV  DPTR,#CPORT3     ;SET 8255#3
               MOV  A,#82H           ;A-OUT ,B-IN ,C-OUT
               MOVX  @DPTR,A
               MOV  TMOD,#16H        ;COUNTER0   TIMER1
               MOV  TL0,#0F9H
               MOV  TH0,#0F9H
               MOV  TH1,#00H
               MOV  TL1,#00H
               MOV  IE,#88H

STARTPORT:     MOV  DPTR,#PORTA1     ;8255#1
               MOV  A,#0FFH          ;SET PA#1 MT SW.FFH
               MOVX  @DPTR,A
               MOV  DPTR,#PORTC1
               MOV  A,#01H           ;RESET=1,D,S,C=0
               MOVX  @DPTR,A
               MOV  DPTR,#PORTC3     ;SET OPARATER OFF
               MOV  A,#01H
               MOVX  @DPTR,A
               MOV  DPTR,#PORTC2     ;8255#2
               MOV  A,#00H           ;DELAY RINGING=000000
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX @DPTR,A
                MOV  DPTR,#PORTC3     ;8255#3 ADDRESS OPARATOR
                MOV  A,#0FH           ;1111,PA3=RELAY=0
                MOVX  @DPTR,A
                MOV  55H,#00H
                MOV  EXUSE,#00H
                MOV  INUSE1,#00H
                MOV  INUSE2,#00H

;************* MAIN PROGRAM ***************
MAIN:           MOV  A,EXUSE
                CJNE  A,#00H,CHK_EXCON ;CHEEK EXUSE
                SJMP  EXTERNAL
EXTERNAL:       MOV  DPTR,#PORTB3     ;RECEIVE DETECT FROM EXT
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E0H,RELAY_EXT    ;RECEIVE EXT
                JNB  0E0H,Q0
Q0:             LJMP  CHK_INCON       ;CHEEK INTERNALCON?
RELAY_EXT:      MOV  DPTR,#PORTA3     ;TRIG RELAY EXT
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E0H
                MOVX  @DPTR,A
                SJMP  OPARATOR_1
OPARATOR_1:     MOV  DPTR,#PORTA1     ;SET MTSW OPARATER-EX
                MOV  A,#0BH
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                LCALL  SET_OPARATOR
                MOV  R4,#250
WAIT_1:         SETB  TR1
                CJNE  R5,#00H ,OUTW1
                MOV  DPTR,#PORTA2
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,WAIT_1      ;WAIT FOR STD
                CLR  TR1
DTMF:           MOV  DPTR,#PORTA2
                MOVX  A,@DPTR         ;RECEIVE DTMF
                ANL  A,#0F0H
                CJNE  A,#00H,OUT_L1
                LCALL  CLEAR
                LJMP  B_MAIN
OUTW1:          CLR  TR1
                MOV  R5,#00H
                LCALL  CLEAR
                LJMP  B_MAIN
OUT_L1:         LJMP  LINE_1

;******* CHEEK HOOK OFF INTERNAL INTERFACE ********
B_MAIN:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                XRL  A,55H
                ANL  A,#00001111B
                CJNE  A,#01H,SUB_1
                LCALL  PHONE_1
SUB_1:          CJNE  A,#02H,SUB_2
                LCALL  PHONE_2
SUB_2:          CJNE  A,#04H,SUB_3
                LCALL  PHONE_3
SUB_3:          CJNE  A,#08H,SUB_4
                LCALL  PHONE_4
SUB_4:          JMP  MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************
CHK_EXCON:      MOV  A,EXUSE
CHK_E1:         CJNE  A,#01H,CHK_E2
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E0H,QE1
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#03H             ;CLEAR MT SW LINE1 TO EXT
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                LCALL  CLEAR_RELAY
                MOV  EXUSE,#00H         ;Cancle LABLE EX USE
                MOV  55H,#00H
QE1:            SJMP  CHK_INCON
CHK_E2:         CJNE  A,#02H,CHK_E3
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E1H,QE2
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#43H             ;CLEAR MT SW LINE2 TO EXT
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                LCALL  CLEAR_RELAY
                MOV  EXUSE,#00H         ;Cancle LABLE EX USE
                MOV  55H,#00H
QE2:            SJMP  CHK_INCON
CHK_E3:         CJNE  A,#03H,CHK_E4
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E2H,QE3
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#23H             ;CLEAR MT SW LINE3 TO EXT
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                CALL  CLEAR_RELAY
                MOV  EXUSE,#00H         ;Cancle LABLE EX USE
QE3:            SJMP  CHK_INCON
CHK_E4:         CJNE  A,#04H,CHK_INCON
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E3H,QE4
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#63H             ;CLEAR MT SW LINE4 TO EXT
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                LCALL  CLEAR_RELAY
                MOV  EXUSE,#00H         ;Cancle LABLE EX USE
QE4:            SJMP  CHK_INCON

;*************************************
CHK_INCON:      MOV  A,INUSE1
                CJNE  A,#00H,CHK_IN
                LJMP  CHK_INCON2
CHK_IN:         CJNE  A,#12H,C13
                LJMP  CHK_12
C13:            CJNE  A,#13H,C14
                LJMP  CHK_13
C14:            CJNE  A,#14H,C21
                LJMP  CHK_14
C21:            CJNE  A,#21H,C23
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP  CHK_21
C23:            CJNE  A,#23H,C24
                LJMP  CHK_23

C24:            CJNE  A,#24H,C31
                LJMP  CHK_24
C31:            CJNE  A,#31H,C32
                LJMP  CHK_31
C32:            CJNE  A,#32H,C34
                LJMP  CHK_32
C34:            CJNE  A,#34H,C41
                LJMP  CHK_34
C41:            CJNE  A,#41H,C42
                LJMP  CHK_41
C42:            CJNE  A,#42H,C43
                LJMP  CHK_42
C43:            CJNE  A,#43H,BACK
                LJMP  CHK_43
BACK:           JMP   B_MAIN
CHK_INCON2:     MOV   A,INUSE2
                CJNE  A,#00H,CHK2
                LJMP  B_MAIN
CHK2:           CJNE  A,#12H,CH13
                MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E0H,QLU_2
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#04H            ;MT SW CLEAR L2-L1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU_2:          LJMP  B_MAIN
CH13:           CJNE  A,#13H,CH14
U2_CHK_13:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E0H,QLU3
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#02H            ;MT SW CLEAR L3-L1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU3:           LJMP  B_MAIN
CH14:           CJNE  A,#14H,CH21
U2_CHK_14:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E0H,QLU4
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#06H            ;MT SW CLEAR L4-L1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU4:           LJMP  B_MAIN
CH21:           CJNE  A,#21H,CH23
U2_CHK_21:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E1H,QLU21
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#40H            ;MT SW CLEAR L1-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
QLU21:          LJMP  B_MAIN
CH23:           CJNE  A,#23H,CH24
U2_CHK_23:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E1H,QLU23
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#42H          ;MT SW CLEAR L3-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU23:          LJMP  B_MAIN
CH24:           CJNE  A,#24H,CH31
U2_CHK_24:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E1H,QLU24
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#46H          ;MT SW CLEAR L4-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU24:          LJMP  B_MAIN
CH31:           CJNE  A,#31H,CH32
U2_CHK_31:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E2H,QLU31
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#20H          ;MT SW CLEAR L1-L3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU31:          LJMP  B_MAIN
CH32:           CJNE  A,#32H,CH34
U2_CHK_32:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E2H,QLU32
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#24H          ;MT SW CLEAR L3-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU32:          LJMP  B_MAIN
CH34:           CJNE  A,#34H,CH41
U2_CHK_34:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E2H,QLU34
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#26H          ;MT SW CLEAR L4-L3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU34:          LJMP  B_MAIN
CH41:           CJNE A,#41H,CH42
U2_CHK_41:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E3H,QLU41
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#60H          ;MT SW CLEAR L1-L4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU41:          LJMP  B_MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CH42:           CJNE  A,#42H,CH43
U2_CHK_42:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E3H,QLU42
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#64H            ;MT SW CLEAR L4-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU42:          LJMP  B_MAIN
CH43:           CJNE  A,#43H,BACK2
U2_CHK_43:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E3H,QLU43
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#62H            ;MT SW CLEAR L4-L3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV   INUSE2,#00H
QLU43:          LJMP  B_MAIN
BACK2:          JMP   B_MAIN

;************************************
MATRIX_ON:      MOV   DPTR,#PORTC1
                MOV   A,#02H
                MOVX  @DPTR,A           ;SET SW. ON MATRIX SW.
                MOV   A,#06H            ;HOLD ON MATRIX SW
                MOVX  @DPTR,A
                RET
MATRIX_OFF:     MOV   DPTR,#PORTC1
                MOV   A,#04H            ;SET SW OFF MATRIX
                MOVX  @DPTR,A
                MOV   A,#00H            ;HOLD SW ON MATRIX SW
                MOVX  @DPTR,A
                RET
BUSY:           MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#4BH            ;SET BUSY EXT X7-X6
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                LCALL  DELAY_5S
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#4BH            ;MT SW BUSY CLEAR
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
CLEAR_RELAY:    MOV   DPTR,#PORTA3
                MOV   A,#00H
                MOVX  @DPTR,A
                RET
SET_OPARATOR:   MOV   DPTR,#PORTC3
                MOV   A,#00H
                MOVX  @DPTR,A
                RET
OFF_OPARATOR:   MOV   DPTR,#PORTC3
                MOV   A,0FFH
                MOVX  @DPTR,A
                RET

;*******************************************
LINE_1:         CJNE  A,#10H,LINE_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL  CLEAR_S
                MOV  DPTR,#PORTB1     ;CHECK LINE 1 HOOK ON-OFF
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,RINGING_1
                LCALL  BUSY           ;LINE1 HOOK OFF
                LCALL  CLEAR_RELAY
                LJMP  B_MAIN
RINGING_1:      MOV  DPTR,#PORTC2     ;SEND RINGING TO LINE 1
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E0H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_EX
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF1:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  TF0,OUT1
                JNB  0E0H,WHOFF1
                CLR  TR0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;CLEAR RINGING TO LINE 1
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E0H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_EX
                MOV  DPTR,#PORTA1     ;MT SW LINE 1-EXT  X0-Y6
                MOV  A,#03H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  EXUSE,#01H       ;LABLE EXT USE TO LINE1
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                JB  0E0H,Q1
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#03H           ;CLEAR MT SW LINE 1-EXT
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  EXUSE,#00H       ;Cancle lable exuse
                MOV  55H,#00H
                LCALL  CLEAR_RELAY
                SJMP  Q1
OUT1:           CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E0H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_EX
                LCALL  CLEAR
Q1:             LJMP  MAIN

;*************************************
LINE_2:         CJNE  A,#20H,LINE_3
                LCALL  CLEAR_S
                MOV  DPTR,#PORTB1     ;CHECK LINE 2 HOOK ON-OFF
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E1H,RINGING_2
                LCALL  BUSY           ;LINE2 HOOK OFF
                LCALL  CLEAR_RELAY
                LJMP  B_MAIN
RINGING_2:      MOV  DPTR,#PORTC2     ;SEND RINGING TO LINE 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_EX
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF2:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  TF0,OUT2
                JNB  0E1H,WHOFF2
                CLR  TR0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;CLEAR RINGING TO LINE 2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_EX
                MOV  DPTR,#PORTA1     ;MT SW LINE 2-EXT  X1-Y6
                MOV  A,#43H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  EXUSE,#02H       ;LABLE EXT USE TO LINE2
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                JB  0E1H,Q2
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#43H           ;CLEAR MT SW LINE 2-EXT
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  EXUSE,#00H       ;Cancle lable exuse
                MOV  55H,#00H
                LCALL  CLEAR_RELAY
                SJMP  Q2
OUT2:           CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_EX
                LCALL  CLEAR
Q2:             LJMP  B_MAIN

;*************************************
LINE_3:         CJNE  A,#30H,LINE_4
                LCALL  CLEAR_S
                MOV  DPTR,#PORTB1     ;CHECK LINE 3 HOOK ON-OFF
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E2H,RINGING_3
                LCALL  BUSY           ;LINE3 HOOK OFF
                LCALL  CLEAR_RELAY
                LJMP  B_MAIN
RINGING_3:      MOV  DPTR,#PORTC2     ;SEND RINGING TO LINE 3
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E2H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_EX
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF3:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JB   TF0,OUT3
                JNB  0E2H,WHOFF3
                CLR  TR0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;CLEAR RINGING TO LINE 3
                MOVX A,@DPTR
                CLR  0E2H
                MOVX @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_EX
                MOV  DPTR,#PORTA1     ;MT SW LINE 3-EXT  X2-Y6
                MOV  A,#23H
                MOVX @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  EXUSE,#03H       ;LABLE EXT USE TO LINE3
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX A,@DPTR
                MOV  55H,A
                JB   0E2H,Q3
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#23H           ;CLEAR MT SW LINE 3-EXT
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  EXUSE,#00H       ;Cancle lable exuse
                MOV  55H,#00H
                LCALL  CLEAR_RELAY
                SJMP  Q3
OUT3:           CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC2
                MOVX A,@DPTR
                CLR  0E2H
                MOVX @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_EX
                LCALL  CLEAR
Q3:             LJMP  B_MAIN

;*************************************
LINE_4:         CJNE  A,#40H,LINE_ORDER
                LCALL  CLEAR_S
                MOV  DPTR,#PORTB1     ;CHECK LINE 4 HOOK ON-OFF
                MOVX A,@DPTR
                JNB  0E3H,RINGING_4
                LCALL  BUSY           ;LINE4 HOOK OFF
                LCALL  CLEAR_RELAY
                LJMP  B_MAIN
RINGING_4:      MOV  DPTR,#PORTC2     ;SEND RINGING TO LINE 4
                MOVX A,@DPTR
                SETB 0E3H
                MOVX @DPTR,A
                LCALL  RBT_EX
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF4:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX A,@DPTR
                JB   TF0,OUT4
                JNB  0E3H,WHOFF4
                CLR  TR0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;CLEAR RINGING TO LINE 4
                MOVX A,@DPTR
                CLR  0E3H
                MOVX @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_EX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV  DPTR,#PORTA1     ;MT SW LINE 4-EXT  X3-Y6
                MOV  A,#63H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  EXUSE,#04H       ;LABLE EXT USE TO LINE4
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                JB  0E3H,Q4
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#63H           ;CLEAR MT SW LINE 4-EXT
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  EXUSE,#00H       ;Cancle lable exuse
                MOV  55H,#00H
                LCALL  CLEAR_RELAY
                SJMP  Q4
OUT4:           CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E3H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_EX
                LCALL  CLEAR
Q4:             LJMP  B_MAIN

;***********************************
LINE_ORDER:     LCALL  CLEAR
                LJMP  B_MAIN
CLEAR:          MOV  DPTR,#PORTA1     ;OFF MT OPARATER-EXT
                MOV  A,#0BH
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                LCALL  OFF_OPARATOR
                LCALL  BUSY
                LCALL  CLEAR_RELAY
                RET
CLEAR_S:        LCALL  OFF_OPARATOR
                MOV  DPTR,#PORTA1     ;OFF MT OPARATER-EXT
                MOV  A,#0BH
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET

;*********************************************
;                PHONE#1
;*********************************************
PHONE_1:        LCALL  DIAL_L1
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#07H
                MOVX  @DPTR,A         ;MT Y7-X0  DTMF-L1
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  R4,#250
WAIT_2:         SETB  TR1
                CJNE  R5,#00H ,OUTW2
                MOV  DPTR,#PORTB2
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,WAIT_2
                CLR  TR1
                LCALL  OFFDIAL_L1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DTMF_1:         LCALL  CLEAR_X0_Y7
                MOV  DPTR,#PORTB2
                MOVX  A,@DPTR          ;RECEIVE DTMF
                ANL  A,#0F0H
                CJNE  A,#00H,IN_1
                LCALL  BUSY_L1
                LJMP  MAIN
OUTW2:          CLR  TR1
                MOV  R5,#00H
                LCALL  OFFDIAL_L1
                LCALL  CLEAR_X0_Y7     ;CLR DTMF -L1
                LJMP  MAIN
IN_1:           CJNE  A,#10H,IN_2
                LCALL  BUSY_L1
                LJMP  MAIN
IN_2:           CJNE  A,#20H,IN_3
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E1H,RINGING_L2
                LCALL  BUSY_L1
                LJMP  MAIN
RINGING_L2:     MOV  DPTR,#PORTC2      ;SEND RINGING TO L2
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_L1
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF_L2:       MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,OUTL2        ;L1 HOOK ON ?
                JB  TF0,OUTL2          ;TIME OUT RING ?
                JNB  0E1H,WHOFF_L2
                CLR  TR0
                MOV  DPTR,#PORTC2      ;OFF RINGING TO LINE2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L1
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#04H            ;MT SW L2-L1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  A,INUSE1          ;CHEEK INUSE1  USE?
                CJNE  A,#00H,UIN2_12
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                MOV  INUSE1,#12H
                JMP  CHK_12
UIN2_12:        MOV  INUSE2,#12H
CHK_12:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E0H,QL2
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#04H            ;MT SW CLEAR L2-L1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  INUSE1,#00H
                MOV  55H,#00H
                LJMP  CHK_INCON2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OUTL2:          CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L1
                LJMP  MAIN
QL2:            LJMP  CHK_INCON2
IN_3:           CJNE  A,#30H,IN_4
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E2H,RINGING_L3
                LCALL  BUSY_L1
                LJMP  MAIN
RINGING_L3:     MOV  DPTR,#PORTC2     ;SEND RINGING TO L3
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E2H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_L1
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF_L3:       MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,OUTL3       ;L1 HOOK ON ?
                JB  TF0,OUTL3         ;TIME OUT RING ?
                JNB  0E2H,WHOFF_L3
                CLR  TR0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE3
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E2H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L1
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#02H           ;MT SW L3-L1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  A,INUSE1         ;CHEEK INUSE1  USE?
                CJNE  A,#00H,UIN2_13
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                MOV  INUSE1,#13H
                JMP  CHK_13
UIN2_13:        MOV  INUSE2,#13H
CHK_13:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E0H,QL3
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#02H           ;MT SW CLEAR L3-L1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  INUSE1,#00H
                MOV  55H,#00H
                LJMP  CHK_INCON2
OUTL3:          CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC      ;OFF RINGING TO LINE2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E2H
                MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL  OFFRBT_L1
                LJMP  MAIN
QL3:            LJMP  CHK_INCON2
IN_4:           CJNE  A,#40H,IN_5
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E3H,RINGING_L4
                LCALL BUSY_L1
                LJMP  MAIN
RINGING_L4:     MOV  DPTR,#PORTC2     ;SEND RINGING TO L4
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E3H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_L1
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF_L4:       MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,OUTL4       ;L1 HOOK ON ?
                JB  TF0,OUTL4         ;TIME OUT RING ?
                JNB  0E3H,WHOFF_L4
                CLR  TR0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE4
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E3H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L1
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#06H           ;MT SW L4-L1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  A,INUSE1         ;CHEEK INUSE1  USE?
                CJNE  A,#00H,UIN2_14
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                MOV  INUSE1,#14H
                JMP  CHK_14
UIN2_14:        MOV  INUSE2,#14H
CHK_14:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E0H,QL4
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#06H           ;MT SW CLEAR L4-L1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  INUSE1,#00H
                MOV  55H,#00H
                LJMP  CHK_INCON2
OUTL4:          CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE4
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E3H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L1
                LJMP  B_MAIN
QL4:            LJMP  CHK_INCON2
IN_5:           CJNE  A,#50H,IN_6
                LCALL  BUSY_L1
                LJMP  MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
IN_6:           CJNE  A,#60H,IN_7
                LCALL  BUSY_L1
                LJMP  MAIN
IN_7:           CJNE  A,#70H,IN_8
                LCALL  BUSY_L1
                LJMP  MAIN
IN_8:           CJNE  A,#80H,IN_9
                LCALL  BUSY_L1
                LJMP  MAIN
IN_9:           CJNE  A,#90H,QBUSY_L1
                MOV  A,EXUSE
                CJNE  A,#00H,QBUSY_L1 ;EXT BUSY ?
                MOV  DPTR,#PORTB3
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E0H,QL9          ;CHK INCOMING
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#03H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                LCALL  DELAY_1S
                LCALL  RELAY_EXTOUT
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                MOV  EXUSE,#01H       ;LABLE  EXT-L1
QL9:            LJMP  B_MAIN
QBUSY_L1:       LCALL  BUSY_L1
                SJMP  QL9

;*****************************************************
;                PHONE#2
;*****************************************************
PHONE_2:        LCALL  DIAL_L2
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#47H
                MOVX  @DPTR,A         ;MT Y7-X1  DTMF-L2
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  R4,#250
WAIT_3:         SETB  TR1
                CJNE  R5,#00H ,OUTW3
                MOV  DPTR,#PORTB2
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,WAIT_3
                CLR  TR1
                LCALL  OFFDIAL_L2
DTMF_2:         LCALL  CLEAR_X1_Y7   ;CLR DTMF -L2
                MOV  DPTR,#PORTB2
                MOVX  A,@DPTR                    ;RECEIVE DTMF
                ANL  A,#0F0H
                CJNE  A,#00H,IN_21
                LCALL  BUSY_L2
                LJMP  MAIN
OUTW3:          CLR  TR1
                MOV  R5,#00H
                LCALL  OFFDIAL_L2
                LCALL  CLEAR_X1_Y7   ;CLR DTMF -L2
                LCALL  BUSY_L2
                LJMP  MAIN
IN_21:          CJNE  A,#10H,IN_22
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNB   0E0H,RINGING_L21
                LCALL  BUSY_L2
                LJMP  MAIN
RINGING_L21:    MOV   DPTR,#PORTC2     ;SEND RINGING TO L1
                MOVX   A,@DPTR
                SETB   0E0H
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL  RBT_L2
                MOV   TL0,#0F9H
                SETB   TR0
WHOFF_L21:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX   A,@DPTR
                JNB   0E1H,OUTL21      ;L2 HOOK ON ?
                JB   TF0,OUTL21        ;TIME OUT RING ?
                JNB   0E0H,WHOFF_L21
                CLR   TR0
                MOV   DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE1
                MOVX   A,@DPTR
                CLR   0E0H
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L2
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#40H           ;MT SW L1-L2
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV   A,INUSE1         ;CHEEK INUSE1  USE?
                CJNE   A,#00H,UIN2_21
                MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX   A,@DPTR
                MOV   55H,A
                MOV   INUSE1,#21H
                JMP   CHK_21
UIN2_21:        MOV   INUSE2,#21H
CHK_21:         MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX   A,@DPTR
                JB   0E1H,QL21
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#40H           ;MT SW CLEAR L1-L2
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV   INUSE1,#00H
                MOV   55H,#00H
                LJMP   CHK_INCON2
OUTL21:         CLR   TR0
                CLR   TF0
                MOV   DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE1
                MOVX   A,@DPTR
                CLR   0E0H
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L2
                LJMP   B_MAIN
QL21:           LJMP   CHK_INCON2
IN_22:          CJNE   A,#20H,IN_23
                LCALL  BUSY_L2
                LJMP   MAIN
IN_23:          CJNE   A,#30H,IN_24
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX   A,@DPTR
                JNB   0E2H,RINGING_L23
                LCALL  BUSY_L2
                LJMP   MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RINGING_L23:   MOV  DPTR,#PORTC2     ;SEND RINGING TO L3
               MOVX  A,@DPTR
               SETB  0E2H
               MOVX  @DPTR,A
               LCALL  RBT_L2
               MOV  TL0,#0F9H
               SETB  TR0
WHOFF_L23:     MOV  DPTR,#PORTB1
               MOVX  A,@DPTR
               JNB  0E1H,OUTL23      ;L2 HOOK ON ?
               JB  TF0,OUTL23        ;TIME OUT RING ?
               JNB  0E2H,WHOFF_L23
               CLR  TR0
               MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE3
               MOVX  A,@DPTR
               CLR  0E2H
               MOVX  @DPTR,A
               LCALL  OFFRBT_L2
               MOV  DPTR,#PORTA1
               MOV  A,#42H           ;MT SW L3-L2
               MOVX  @DPTR,A
               LCALL  MATRIX_ON
               MOV  A,INUSE1         ;CHEEK INUSE1  USE?
               CJNE  A,#00H,UIN2_23
               MOV  DPTR,#PORTB1
               MOVX  A,@DPTR
               MOV  55H,A
               MOV  INUSE1,#23H
               JMP  CHK_23
UIN2_23:       MOV  INUSE2,#23H
CHK_23:        MOV  DPTR,#PORTB1
               MOVX  A,@DPTR
               JB  0E1H,QL23
               MOV  DPTR,#PORTA1
               MOV  A,#42H           ;MT SW CLEAR L3-L2
               MOVX  @DPTR,A
               LCALL  MATRIX_OFF
               MOV  INUSE1,#00H
               MOV  55H,#00H
               LJMP  CHK_INCON2
OUTL23:        CLR  TR0
               CLR  TF0
               MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE3
               MOVX  A,@DPTR
               CLR  0E2H
               MOVX  @DPTR,A
               LCALL  OFFRBT_L2
               LJMP  B_MAIN
QL23:          LJMP  CHK_INCON2
IN_24:         CJNE  A,#40H,IN_25
               MOV  DPTR,#PORTB1
               MOVX  A,@DPTR
               JNB  0E3H,RINGING_L24
               LCALL  BUSY_L2
               LJMP  MAIN
RINGING_L24:   MOV  DPTR,#PORTC2     ; SEND RINGING TO L4
               MOVX  A,@DPTR
               SETB  0E3H
               MOVX  @DPTR,A
               LCALL  RBT_L2
               MOV  TL0,#0F9H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB  TR0
WHOFF_L24:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB   0E1H,OUTL24       ;L2 HOOK ON ?
                JB    TF0,OUTL24        ;TIME OUT RING ?
                JNB   0E3H,WHOFF_L24
                CLR   TR0
                MOV   DPTR,#PORTC2      ;OFF RINGING TO LINE4
                MOVX  A,@DPTR
                CLR   0E3H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L2
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#46H            ;MT SW L4-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV   A,INUSE1          ;CHEEK INUSE1  USE?
                CJNE  A,#00H,UIN2_24
                MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV   55H,A
                MOV   INUSE1,#24H
                JMP   CHK_24
UIN2_24:        MOV   INUSE2,#24H
CHK_24:         MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E1H,QL24
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#46H            ;MT SW CLEAR L4-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV   INUSE1,#00H
                MOV   55H,#00H
                LJMP  CHK_INCON2
OUTL24:         CLR   TR0
                CLR   TF0
                MOV   DPTR,#PORTC2      ;OFF RINGING TO LINE4
                MOVX  A,@DPTR
                CLR   0E3H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L2
                LJMP  B_MAIN
QL24:           LJMP  CHK_INCON2
IN_25:          CJNE  A,#50H,IN_26
                LCALL  BUSY_L2
                LJMP  MAIN
IN_26:          CJNE  A,#60H,IN_27
                LCALL  BUSY_L2
                LJMP  MAIN
IN_27:          CJNE  A,#70H,IN_28
                LCALL  BUSY_L2
                LJMP  MAIN
IN_28:          CJNE  A,#80H,IN_29
                LCALL  BUSY_L2
                LJMP  MAIN
IN_29:          CJNE  A,#90H,QBUSY_L2
                MOV   A,EXUSE
                CJNE  A,#00H,QBUSY_L ;EXT BUSY ?
                MOV   DPTR,#PORTB3
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E0H,QL29         ; CHK INCOMING
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#43H           ;MT SW EXT-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                LCALL  DELAY_1S
                LCALL  RELAY_EXTOUT
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                MOV  EXUSE,#02H       ;LABLE  EXT-L2
QL29:           LJMP  B_MAIN
QBUSY_L2:       LCALL  BUSY_L2
                SJMP  QL29

;*********************************************
;                    PHONE#3
;*********************************************
PHONE_3:        LCALL  DIAL_L3
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#27H
                MOVX  @DPTR,A         ;MT Y7-X2  DTMF-L3
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  R4,#250
WAIT_4:         SETB  TR1
                CJNE  R5,#00H ,OUTW4
                MOV  DPTR,#PORTB2
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,WAIT_4
                CLR  TR1
                LCALL  OFFDIAL_L3
DTMF_3:         LCALL  CLEAR_X2_Y7    ;CLR DTMF -L3
                MOV  DPTR,#PORTB2
                MOVX  A,@DPTR         ; RECEIVE DTMF
                ANL  A,#0F0H
                CJNE  A,#00H,IN_31
                LCALL  BUSY_L3
                LJMP  MAIN
OUTW4:          CLR  TR1
                MOV  R5,#00H
                LCALL  OFFDIAL_L3
                LCALL  CLEAR_X2_Y7    ;CLR DTMF -L3
                LJMP  MAIN
IN_31:          CJNE  A,#10H,IN_32
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,RINGING_L31
                LCALL  BUSY_L3
                LJMP  MAIN
RINGING_L31:    MOV  DPTR,#PORTC2     ;   SEND RINGING TO L1
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E0H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_L3
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF_L31:      MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E2H,OUTL31      ;L3 HOOK ON ?
                JB  TF0,OUTL31        ;TIME OUT RING ?
                JNB  0E0H,WHOFF_L31
                CLR  TR0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE1
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E0H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L3
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#20H    ;MT SW L1-L3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  A,INUSE1          ;CHEEK INUSE1  USE?
                CJNE  A,#00H,UIN2_31
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                MOV  INUSE1,#31H
                JMP  CHK_31
UIN2_31:        MOV  INUSE2,#31H
CHK_31:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E2H,QL31
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#20H                ;MT SW CLEAR L1-L3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  INUSE1,#00H
                MOV  55H,#00H
                LJMP  CHK_INCON2
OUTL31:         CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE1
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E0H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L3
                LJMP  B_MAIN
QL31:           LJMP  CHK_INCON2
IN_32:          CJNE  A,#20H,IN_33
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E1H,RINGING_L32
                LCALL  BUSY_L3
                LJMP  MAIN
RINGING_L32:    MOV  DPTR,#PORTC2     ;SEND RINGING TO L2
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_L3
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF_L32:      MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E2H,OUTL32      ;L3 HOOK ON ?
                JB  TF0,OUTL32        ;TIME OUT RING ?
                JNB  0E1H,WHOFF_L32
                CLR  TR0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L3
                MOV  DPTR,#PORTA1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   A,#24H            ;MT SW L3-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV   A,INUSE1          ;CHEEK INUSE1  USE?
                CJNE  A,#00H,UIN2_32
                MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV   55H,A
                MOV   INUSE1,#32H
                JMP   CHK_32
UIN2_32:        MOV   INUSE2,#32H
CHK_32:         MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB   0E2H,QL32
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#24H            ;MT SW CLEAR L3-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV   INUSE1,#00H
                MOV   55H,#00H
                LJMP   CHK_INCON2
OUTL32:         CLR   TR0
                CLR   TF0
                MOV   DPTR,#PORTC2      ;OFF RINGING TO LINE2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR   0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL   OFFRBT_L3
                LJMP  B_MAIN
QL32:           LJMP   CHK_INCON2
IN_33:          CJNE   A,#30H,IN_34
                LCALL   BUSY_L3
                LJMP   MAIN
IN_34:          CJNE   A,#40H,IN_35
                MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX   A,@DPTR
                JNB   0E3H,RINGING_L34
                LCALL   BUSY_L3
                LJMP   MAIN
RINGING_L34:    MOV   DPTR,#PORTC2      ;SEND RINGING TO L4
                MOVX   A,@DPTR
                SETB   0E3H
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL   RBT_L3
                MOV   TL0,#0F9H
                SETB   TR0
WHOFF_L34:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX   A,@DPTR
                JNB   0E2H,OUTL34       ;L3 HOOK ON ?
                JB   TF0,OUTL34         ;TIME OUT RING ?
                JNB   0E3H,WHOFF_L34
                CLR   TR0
                MOV   DPTR,#PORTC2      ;OFF RINGING TO LINE4
                MOVX   A,@DPTR
                CLR   0E3H
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL   OFFRBT_L3
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#26H            ;MT SW L4-L3
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV  A,INUSE1          ;CHEEK INUSE1  USE?
                CJNE  A,#00H,UIN2_34
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                MOV  INUSE1,#34H
                JMP  CHK_34
UIN2_34:        MOV  INUSE2,#34H
CHK_34:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E2H,QL34
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#26H            ;MT SW CLEAR L4-L3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  INUSE1,#00H
                MOV  55H,#00H
                LJMP  CHK_INCON2
OUTL34:         CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC2      ;OFF RINGING TO LINE4
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E3H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L3
                LJMP  B_MAIN
QL34:           LJMP  CHK_INCON2
IN_35:          CJNE  A,#50H,IN_36
                LCALL  BUSY_L3
                LJMP  MAIN
IN_36:          CJNE  A,#60H,IN_37
                LCALL  BUSY_L3
                LJMP  MAIN
IN_37:          CJNE  A,#70H,IN_38
                LCALL  BUSY_L3
                LJMP  MAIN
IN_38:          CJNE  A,#80H,IN_39
                LCALL  BUSY_L3
                LJMP  MAIN
IN_39:          CJNE  A,#90H,QBUSY_L3
                MOV  A,EXUSE
                CJNE  A,#00H,QBUSY_L3 ;EXT BUSY ?
                MOV  DPTR,#PORTB3
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E0H,QL39          ;CHK INCOMING
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#23H            ;MT SW EXT-L3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                LCALL  DELAY_1S
                LCALL  RELAY_EXTOUT
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                MOV  EXUSE,#03H        ;LABLE  EXT-L3
QL39:           LJMP  B_MAIN
QBUSY_L3:       LCALL  BUSY_L3
                SJMP  QL39
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;***********************************************
;                  PHONE#4
;***********************************************
PHONE_4:        LCALL  DIAL_L4
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#67H
                MOVX  @DPTR,A          ;MT Y7-X3  DTMF-L4
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  R4,#250
WAIT_5:         SETB  TR1
                CJNE  R5,#00H ,OUTW5
                MOV  DPTR,#PORTB2
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,WAIT_5
                CLR  TR1
                LCALL  OFFDIAL_L4
DTMF_4:         LCALL  CLEAR_X3_Y7     ;CLR DTMF -L4
                MOV  DPTR,#PORTB2
                MOVX  A,@DPTR          ;RECEIVE DTMF
                ANL  A,#0F0H
                CJNE  A,#00H,IN_41
                LCALL  BUSY_L4
                LJMP  MAIN
OUTW5:          CLR  TR1
                MOV  R5,#00H
                LCALL  OFFDIAL_L4
                LCALL  CLEAR_X3_Y7     ;CLR DTMF -L4
                LCALL  BUSY_L4
                LJMP  MAIN
IN_41:          CJNE  A,#10H,IN_422
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E0H,RINGING_L41
                LCALL  BUSY_L4
                LJMP  MAIN
IN_422:         LJMP  IN_42
RINGING_L41:    MOV  DPTR,#PORTC2      ;SEND RINGING TO L1
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E0H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_L4
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB TR0
WHOFF_L41:      MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E3H,OUTL41       ;L4 HOOK ON ?
                JB  TF0,OUTL41         ;TIME OUT RING ?
                JNB  0E0H,WHOFF_L41
                CLR  TR0
                MOV  DPTR,#PORTC2      ;OFF RINGING TO LINE1
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E0H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L4
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#60H            ;MT SW L1-L4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  A,INUSE1          ;CHEEK INUSE1  USE?
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE  A,#00H,UIN2_41
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                MOV  INUSE1,#41H
                JMP  CHK_41
UIN2_41:        MOV  INUSE2,#41H
CHK_41:         MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E3H,QL41
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#60H           ;MT SW CLEAR L1-L4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  INUSE1,#00H
                MOV  55H,#00H
                LJMP  CHK_INCON2
OUTL41:         CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE1
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E0H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L4
                LJMP  B_MAIN
QL41:           LJMP  CHK_INCON2
IN_42:          CJNE  A,#20H,IN_433
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E1H,RINGING_L42
                LCALL  BUSY_L4
                LJMP  MAIN
IN_433:         LJMP  IN_43
RINGING_L42:    MOV  DPTR,#PORTC2     ;SEND RINGING TO L2
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_L4
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
                MOV  TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF_L42:      MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB  0E3H,OUTL42      ;L4 HOOK ON ?
                JB  TF0,OUTL42        ;TIME OUT RING ?
                JNB  0E1H,WHOFF_L42
                CLR  TR0
                MOV  DPTR,#PORTC2     ;OFF RINGING TO LINE2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L4
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#64H           ;MT SW L4-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV  A,INUSE1         ;CHEEK INUSE1  USE?
                CJNE  A,#00H,UIN2_42
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   55H,A
                MOV   INUSE1,#42H
                JMP   CHK_42
UIN2_42:        MOV   INUSE2,#42H
CHK_42:         MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JB    0E3H,QL42
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#64H            ;MT SW CLEAR L4-L2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV   INUSE1,#00H
                MOV   55H,#00H
                LJMP  CHK_INCON2
 OUTL42:        CLR   TR0
                CLR   TF0
                MOV   DPTR,#PORTC2      ;OFF RINGING TO LINE2
                MOVX  A,@DPTR
                CLR   0E1H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L4
                LJMP  B_MAIN
QL42:           LJMP  CHK_INCON2
IN_43:          CJNE  A,#30H,IN_44
                MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB   0E2H,RINGING_L43
                LCALL  BUSY_L4
                LJMP  MAIN
RINGING_L43:    MOV   DPTR,#PORTC2      ;SEND RINGING TO L3
                MOVX  A,@DPTR
                SETB  0E2H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  RBT_L4
                MOV   TL0,#0F9H
                SETB  TR0
WHOFF_L43:      MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                JNB   0E3H,OUTL43       ;L4 HOOK ON ?
                JB   TF0,OUTL43         ;TIME OUT RING ?
                JNB   0E2H,WHOFF_L43
                CLR   TR0
                MOV   DPTR,#PORTC2      ;OFF RINGING TO LINE3
                MOVX  A,@DPTR
                CLR   0E2H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L4
                MOV   DPTR,#PORTA1
                MOV   A,#62H    ;MT SW L4-L3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                MOV   A,INUSE1          ;CHEEK INUSE1  USE?
                CJNE  A,#00H,UIN2_43
                MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV   55H,A
                MOV   INUSE1,#43H
                JMP   CHK_43
UIN2_43:        MOV   INUSE2,#43H
CHK_43:         MOV   DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JB   0E3H,QL43
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#62H            ;MT SW CLEAR L4-L3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                MOV  INUSE1,#00H
                MOV  55H,#00H
                LJMP  CHK_INCON2
OUTL43:         CLR  TR0
                CLR  TF0
                MOV  DPTR,#PORTC2      ;OFF RINGING TO LINE3
                MOVX  A,@DPTR
                CLR  0E2H
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  OFFRBT_L4
                LJMP  B_MAIN
QL43:           LJMP  CHK_INCON2
IN_44:          CJNE  A,#40H,IN_45
                LCALL  BUSY_L4
                LJMP  MAIN
IN_45:          CJNE  A,#50H,IN_46
                LCALL  BUSY_L4
                LJMP  MAIN
IN_46:          CJNE  A,#60H,IN_47
                LCALL  BUSY_L4
                LJMP  MAIN
IN_47:          CJNE  A,#70H,IN_48
                LCALL  BUSY_L4
                LJMP  MAIN
IN_48:          CJNE  A,#80H,IN_49
                LCALL  BUSY_L4
                LJMP  MAIN
IN_49:          CJNE  A,#90H,QBUSY_L4
                MOV  A,EXUSE
                CJNE  A,#00H,QBUSY_L ;EXT BUSY ?
                MOV  DPTR,#PORTB3
                MOVX  A,@DPTR
                JB  0E0H,QL49          ;CHK INCOMING
                MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#63H            ;MT SW EXT-L4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                LCALL  DELAY_1S
                LCALL  RELAY_EXTOUT
                MOV  DPTR,#PORTB1
                MOVX  A,@DPTR
                MOV  55H,A
                MOV  EXUSE,#04H        ;LABLE  EXT-L4
QL49:           LJMP  B_MAIN
QBUSY_L4:       LCALL  BUSY_L4
                SJMP  QL49

;*************************************
RELAY_EXTOUT:   MOV  DPTR,#PORTA3
                MOV  A,#01H
                MOVX  @DPTR,A
                RET
RBT_L1:         MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#68H            ;SET RING BACKTONE TO LINE1
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RET  RBT_L2:    MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#6CH          ;SET RING BACKTONE TO LINE2
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                RET
RBT_L3:         MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#6AH          ;SET RING BACKTONE TO LINE3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                RET
RBT_L4:         MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#6EH          ;SET RING BACKTONE TO LINE4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                RET
RBT_EX:         MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#6BH          ;SET RING BACKTONE TO EXT
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                RET
OFFRBT_L1:      MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#68H          ;OFF RING BACKTONE TO LINE1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
OFFRBT_L2:      MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#6CH          ;OFF RING BACKTONE TO LINE2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
OFFRBT_L3:      MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#6AH          ;OFF RING BACKTONE TO LINE3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
OFFRBT_L4:      MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#6EH          ;OFF RING BACKTONE TO LINE4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
OFFRBT_EX:      MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#6BH          ;SET RING BACKTONE TO LINE4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
 DIAL_L1:       MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#28H          ;SET DIAL TO LINE1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                RET
DIAL_L2:        MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#2CH          ;SET DIAL TO LINE2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                RET
DIAL_L3:        MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#2AH          ;SET DIAL TO LINE3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                RET
DIAL_L4:        MOV  DPTR,#PORTA1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV  A,#2EH          ;SET DIAL TO LINE4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                RET
OFFDIAL_L1:     MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#28H          ;OFF DIAL TO LINE1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
OFFDIAL_L2:     MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#2CH          ;OFF DIAL TO LINE2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
OFFDIAL_L3:     MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#2AH          ;OFF DIAL TO LINE3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
OFFDIAL_L4:     MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#2EH          ;OFF DIAL TO LINE4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
BUSY_L1:        MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#48H          ;SET BUSY TO LINE1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                LCALL  DELAY_5S
                LCALL  OFFBUSY_L1
                RET
BUSY_L2:        MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#4CH          ;SET BUSY TO LINE2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                LCALL  DELAY_5S
                LCALL  OFFBUSY_L2
                RET
BUSY_L3:        MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#4AH          ;SET BUSY TO LINE3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                LCALL  DELAY_5S
                LCALL  OFFBUSY_L3
                RET
BUSY_L4:        MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#4EH          ;SET BUSY TO LINE4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_ON
                LCALL  DELAY_5S
                LCALL  OFFBUSY_L4
                RET
OFFBUSY_L1:     MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#48H          ;OFF BUSY TO LINE1
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
OFFBUSY_L2:     MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#4CH          ;OFF BUSY TO LINE2
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET
OFFBUSY_L3:     MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#4AH             ;OFF BUSY TO LINE3
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
OFFBUSY_L4:     MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#4EH             ;OFF BUSY TO LINE4
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
CLEAR_X0_Y7:    MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#07H             ;MT Y7-XO DTMF-LINE1 CLEAR
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
CLEAR_X1_Y7:    MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#47H             ;MT Y7-X1 DTMF-LINE2 CLEAR
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
CLEAR_X2_Y7:    MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#27H             ;MT Y7-XO DTMF-LINE3 CLEAR
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
CLEAR_X3_Y7:    MOV  DPTR,#PORTA1
                MOV  A,#67H             ;MT Y7-XO DTMF-LINE4 CLEAR
                MOVX  @DPTR,A
                LCALL  MATRIX_OFF
                RET
DELAY10MS:      MOV  R7,#010
DELAY10MS1:     MOV  R6,#0E6H
DELAY10MS2:     NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                DJNZ  R6,DELAY10MS2
                DJNZ  R7,DELAY10MS1
                RET
DELAY_1S:       MOV  R5,#100
DELAY1S1:       ACALL  DELAY10MS
                DJNZ  R5,DELAY1S1
                RET
DELAY_5S:       MOV  R4,#5
DELAY_5S1:      ACALL  DELAY_1S
                DJNZ  R4,DELAY_5S1
                RET

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

DATASHEET ของอุปกรณ์ที่สำคัญในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ZARLINK SEMICONDUCTOR

ISO-CMOS MT8816
8 x 16 Analog Switch Array

ISSUE3 March 1997

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

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

Ordering Information

MT8816AE	40 Pin Plastic DIP
MT8816AP	44 Pin PLCC

-40° to 85°C

Description

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

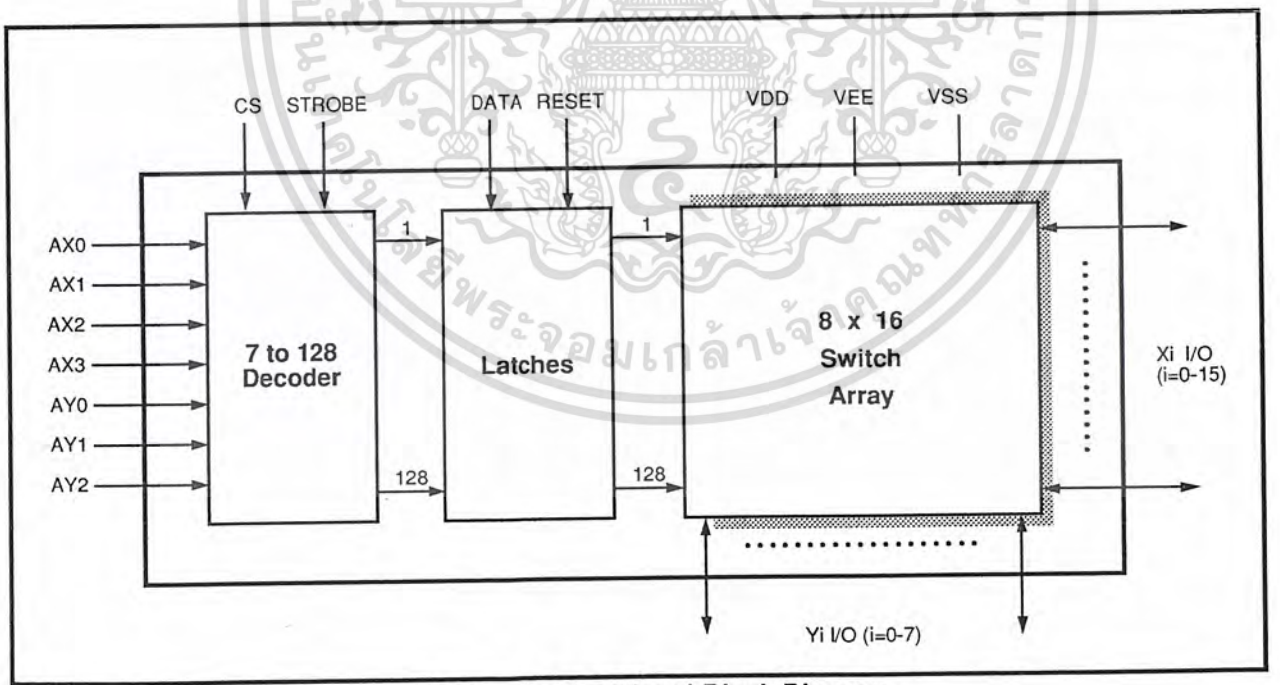


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

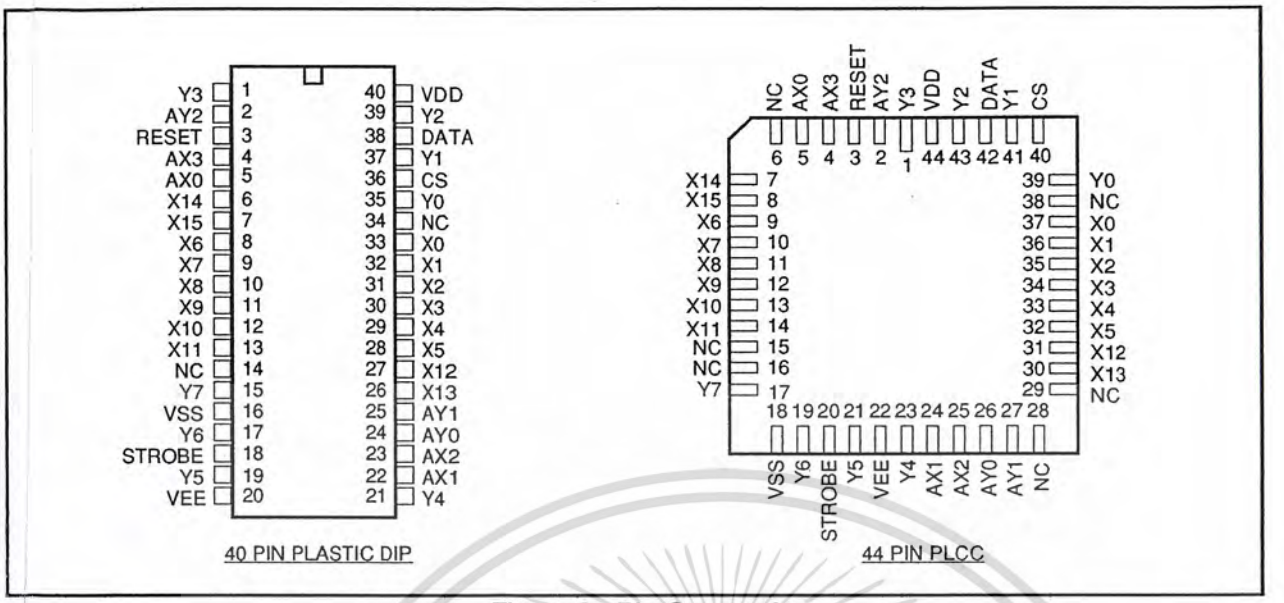


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description (continued)

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

Functional Description

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

Address Decode

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics† - Crosspoint Performance

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

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

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

AC Electrical Characteristics† - Control and I/O Timings

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

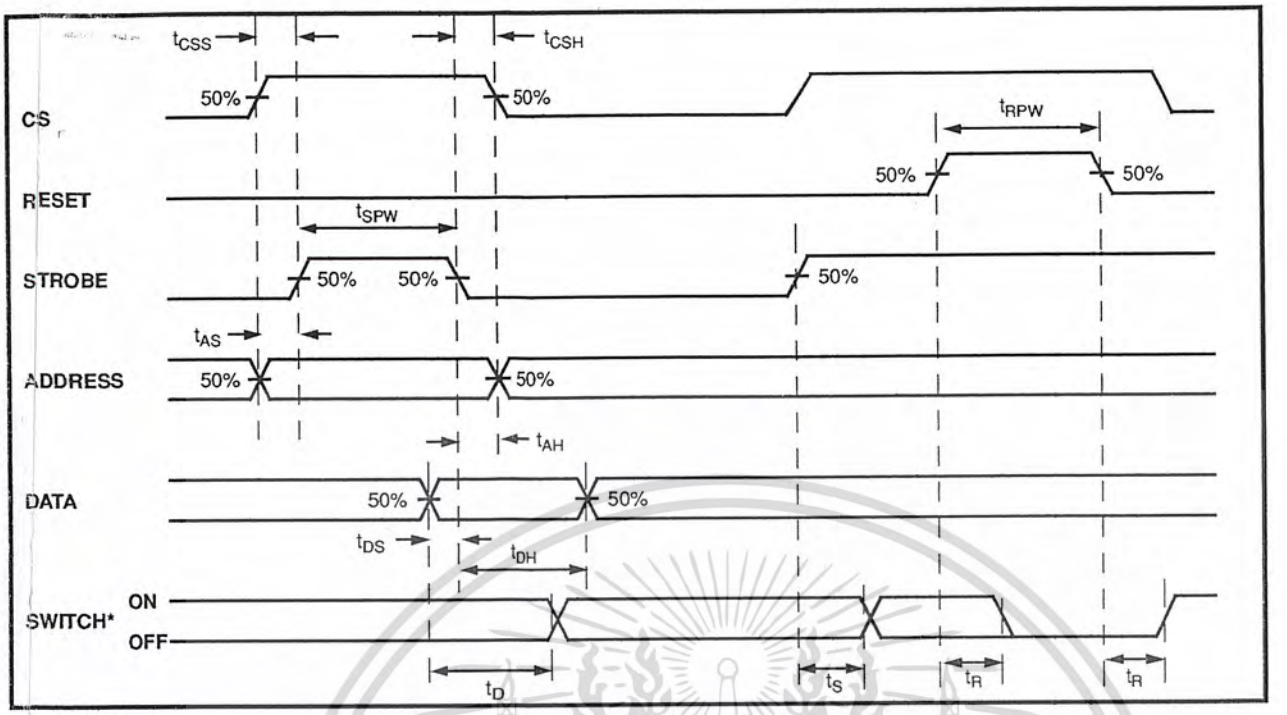


Figure 3 - Control Memory Timing Diagram

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

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

Table 1. Address Decode Truth Table

* Switch connections are not in ascending order

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
Integrated DTMF Receiver

ISSUE 4 August 1996

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

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

Ordering Information

MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DC/DC-1	18 Pin Ceramic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP

-40 °C to +85 °C

Description

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

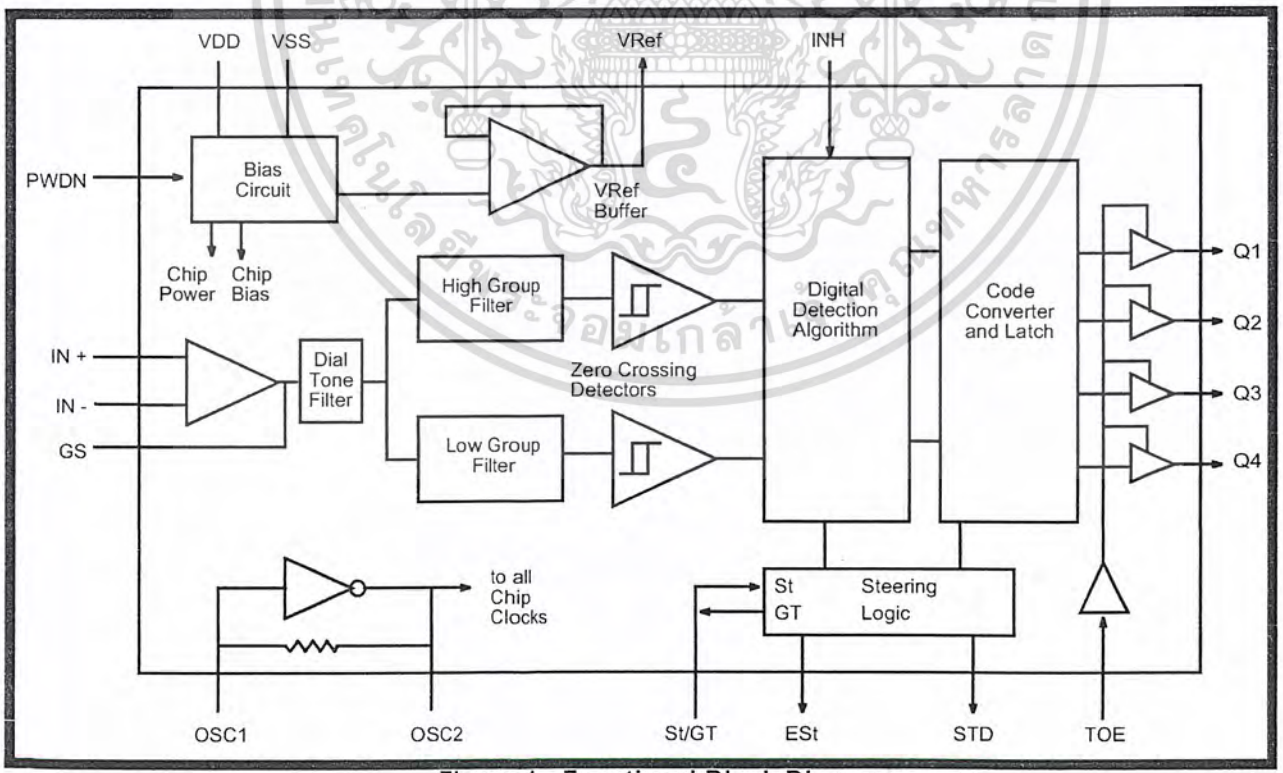


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

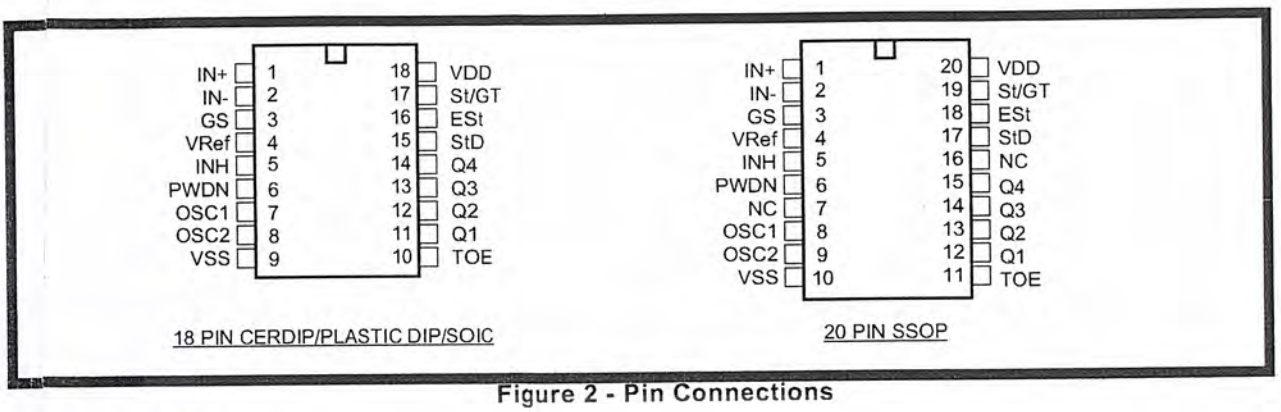


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

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

Filter Section

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

Decoder Section

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

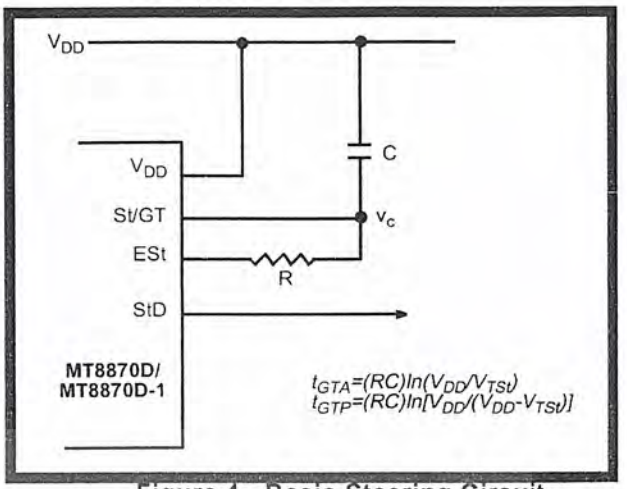


Figure 4 - Basic Steering Circuit

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

Steering Circuit

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

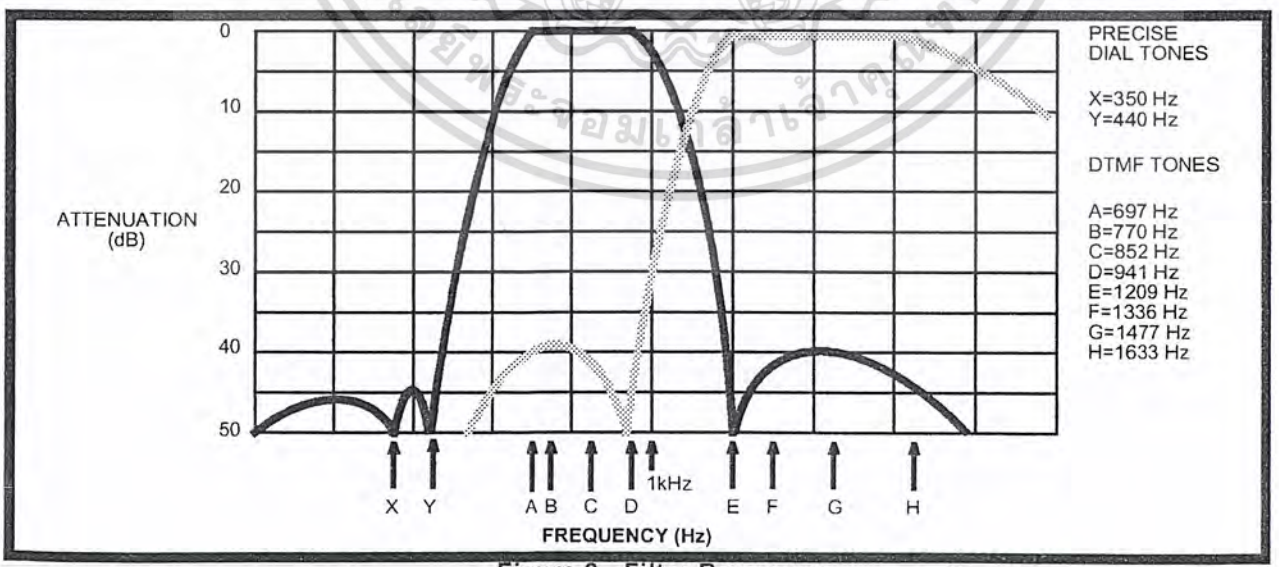


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Table 1. Functional Decode Table

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

Guard Time Adjustment

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

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

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

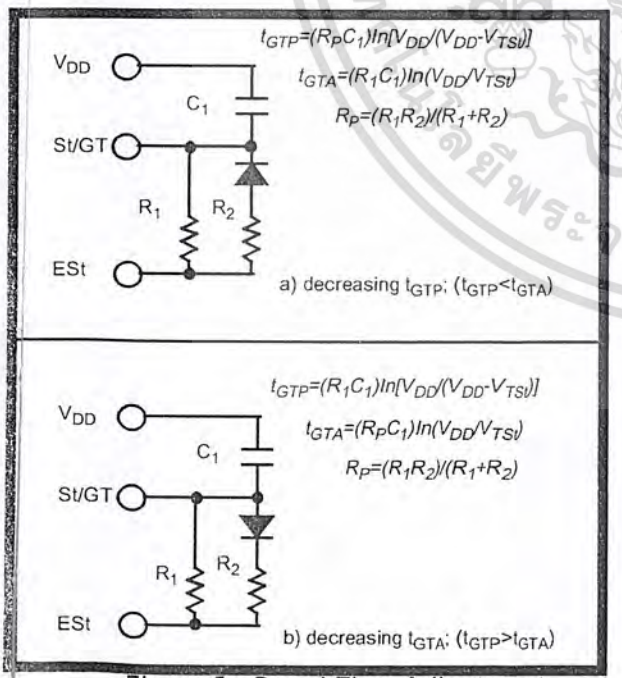


Figure 5 - Guard Time Adjustment

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power-down and Inhibit Mode

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

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

Differential Input Configuration

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

Crystal Oscillator

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

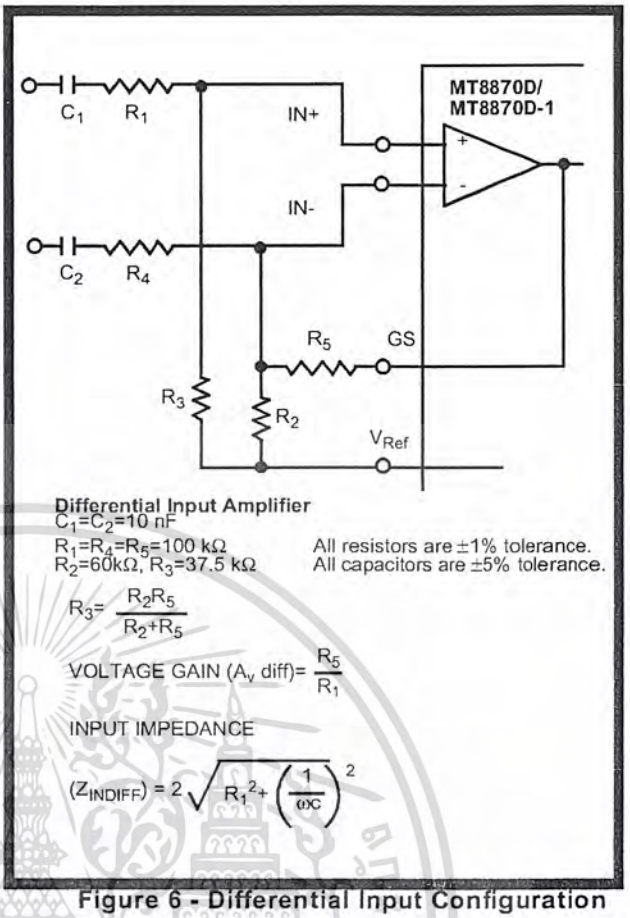


Figure 6 - Differential Input Configuration

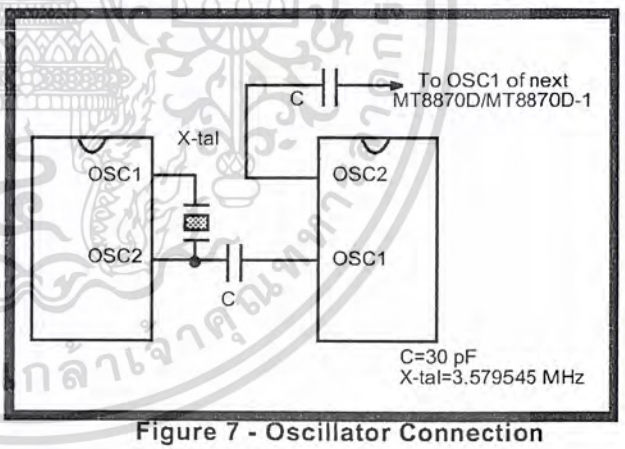


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

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

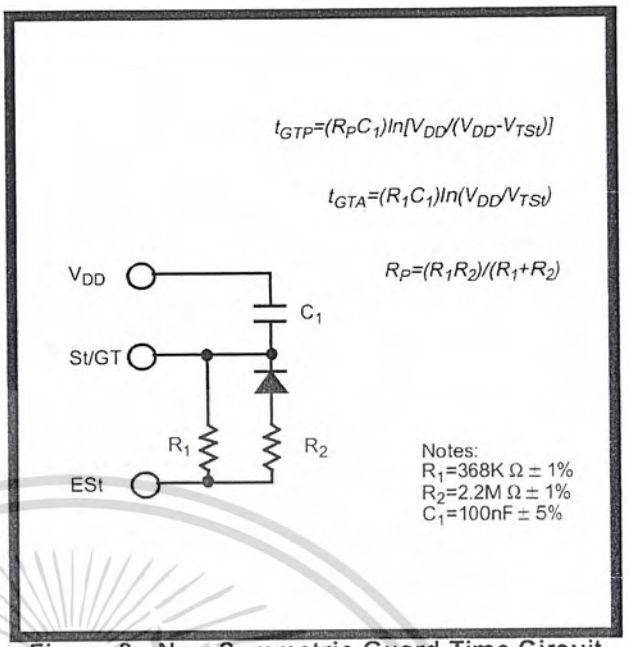


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

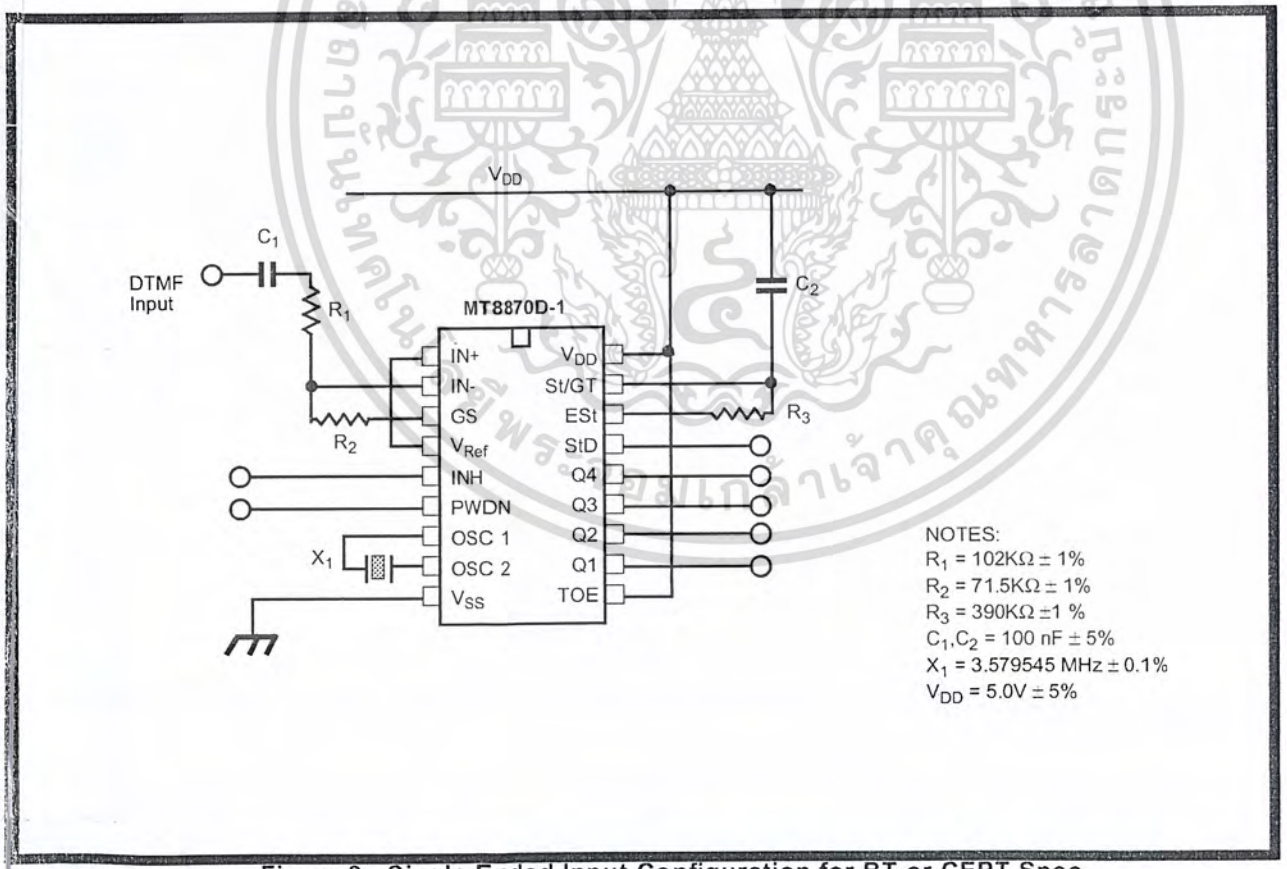


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings†

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

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

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Gain Setting Amplifier

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870D-1 AC Electrical Characteristics

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

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

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

***NOTES**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

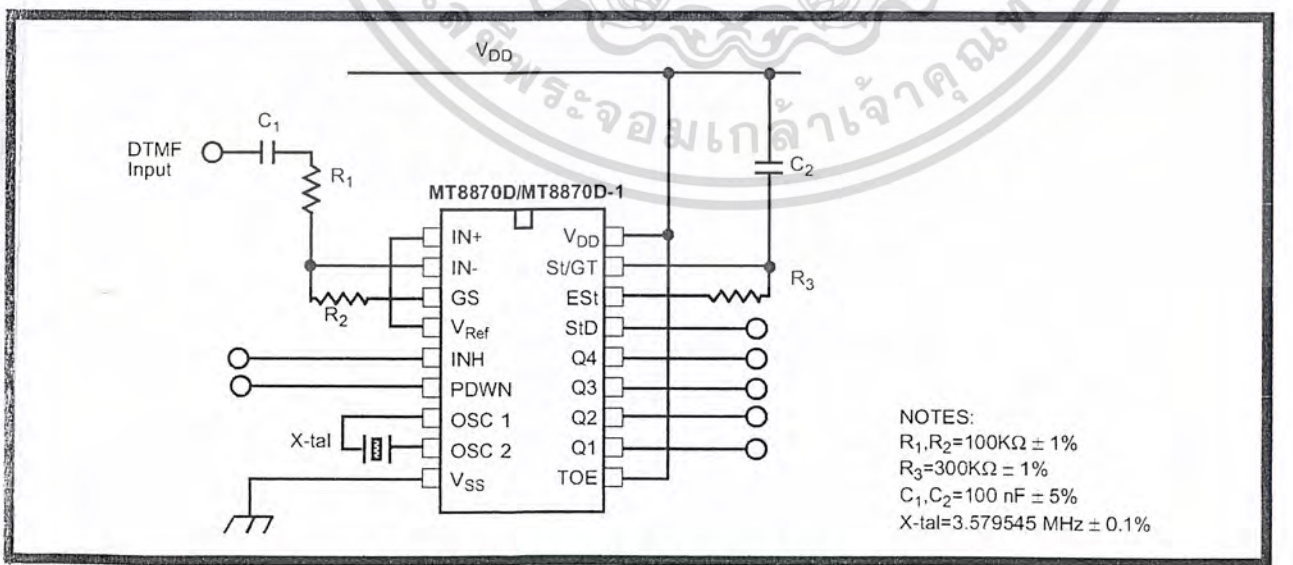
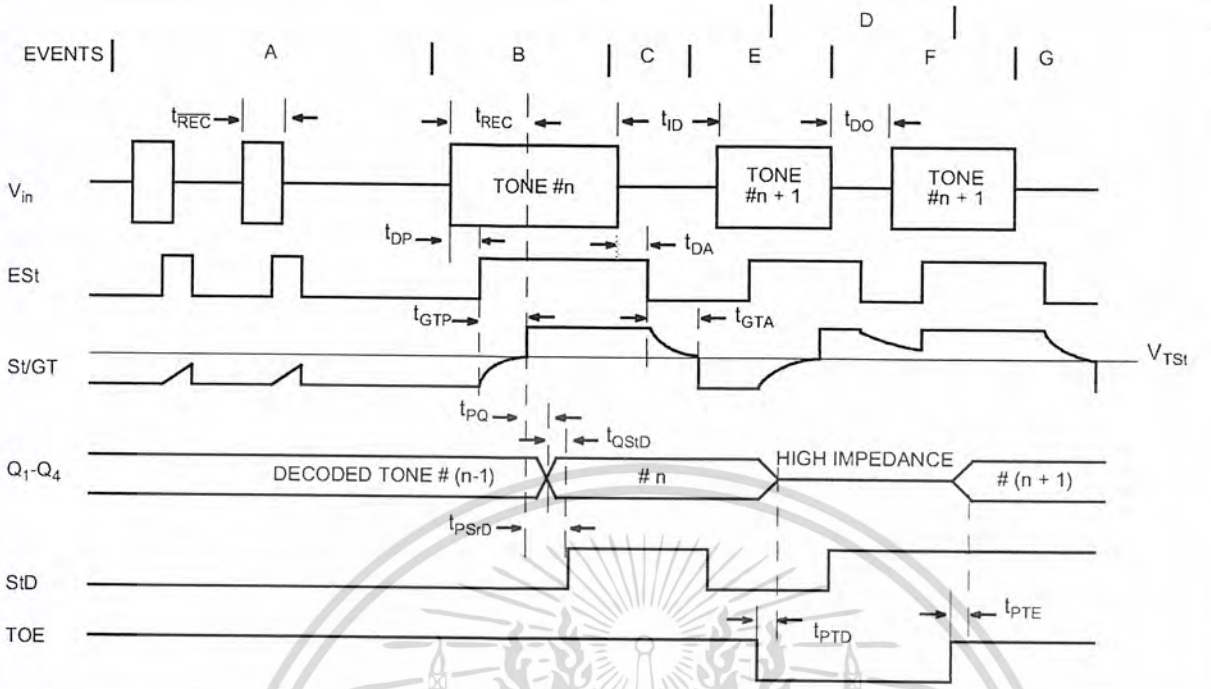


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

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

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

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

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

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

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

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

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

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

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

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

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

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

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

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

t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

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

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

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

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISD1400 Series

Single-Chip Voice Record/Playback Devices 16- and 20-Second Durations

FEATURES

- Easy-to-use single-chip voice Record/ Playback solution
- High-quality, natural voice/audio reproduction
- Push-button interface
  - Playback can be edge- or level-activated
- Single-chip durations of 16 and 20 seconds
- Automatic power-down mode
  - Enters standby mode immediately following a Record or Playback cycle
  - Standby current 0.5 µA (typical)
- Zero-power message storage
  - Eliminates battery backup circuits
- Fully addressable to handle multiple messages
- 100-year message retention (typical)
- 100,000 record cycles (typical)
- On-chip clock source
- No algorithm development required
- Single +5 volt power supply
- Available in die form, DIP, and SOIC packaging
- Industrial temperature (-40°C to +85°C) versions available

1

ISD1400 SERIES SUMMARY

Part Number	Minimum Duration (Seconds)	Input Sample Rate (KHz)	Typical Filter Pass Band (KHz)
ISD1416	16	8.0	3.3
ISD1420	20	6.4	2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GENERAL DESCRIPTION

Information Storage Devices' ISD1400 ChipCorder® Series provides high-quality, single-chip record/playback solutions to short-duration messaging applications. The CMOS devices include an on-chip oscillator, microphone preamplifier, automatic gain control, antialiasing filter, smoothing filter, and speaker amplifier. A minimum record/playback subsystem can be configured with a microphone, a speaker, several passives, two push-buttons, and a power source.

Recordings are stored in on-chip nonvolatile memory cells, providing zero-power message storage. This unique, single-chip solution is made possible through ISD's patented multilevel storage technology. Voice and audio signals are stored directly into memory in their natural form, providing high-quality, solid-state voice reproduction.

DETAILED DESCRIPTION

Speech/Sound Quality

The ISD1400 Series includes devices offered at 6.4 and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. The speech samples are stored directly into on-chip nonvolatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

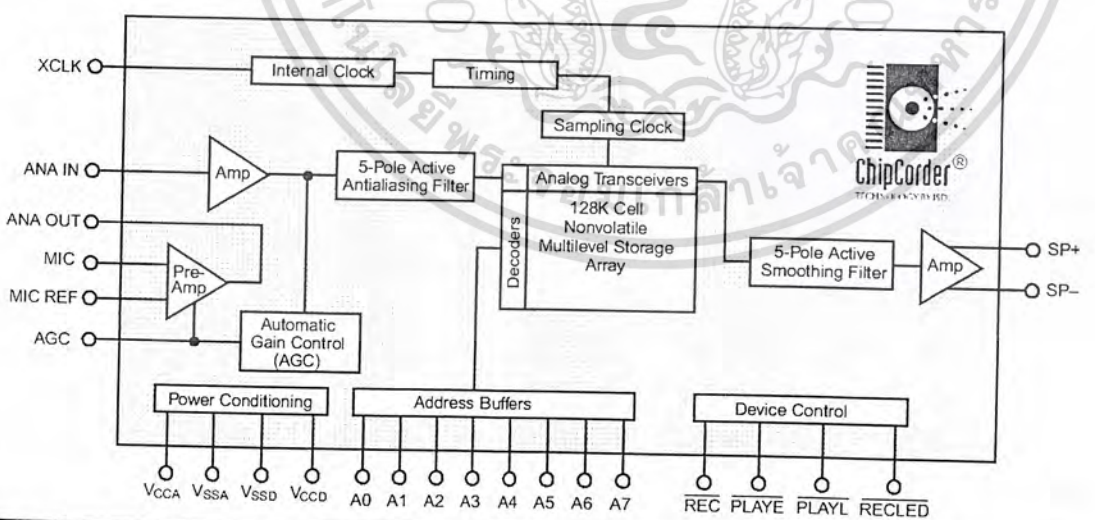
Duration

To meet end system requirements, the ISD1400 Series offers single-chip solutions at 16 and 20 seconds.

EEPROM Storage

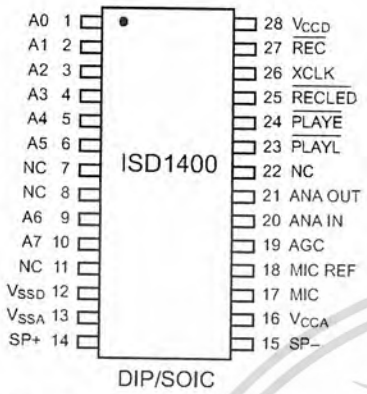
One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

ISD1400 SERIES BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISD1400 SERIES PINOUTS



DIP/SOIC

NOTE: *NC means Must Not Connect.*

Basic Operation

The ISD1400 ChipCorder Series devices are controlled by a single Record signal, $\overline{REC}$, and either of two push-button control playback signals, $\overline{PLAYE}$ (edge-activated playback), and PLAYL (level-activated playback). The ISD1400 parts are configured for simplicity of design in a single-message application. Using the address lines will allow multiple message applications. Device operation is explained on page 1-75.

Automatic Power-Down Mode

At the end of a Playback or Record cycle, the ISD1400 Series devices automatically return to a low-power standby mode, consuming typically 0.5 µA. During a Playback cycle, the device powers down automatically at the end of the message. During a Record cycle, the device powers down immediately after $\overline{REC}$ is released HIGH.

Addressing (optional)

In addition to providing simple message playback, the ISD1400 Series provides a full addressing capability.

The ISD1400 Series storage array has 160 distinct addressable segments, providing the following resolutions. See the *ISD Application Notes and Design Manual* in this book for ISD1400 address tables.

Part Number	Minimum Duration (Seconds)
ISD1416	100 ms
ISD1420	125 ms

PIN DESCRIPTION

NOTE

The $\overline{REC}$ signal is debounced for 50 ms on the rising edge to prevent a false retriggering from a push-button switch.

Voltage Inputs (V_{CCA}, V_{CCD})

Analog and digital circuits internal to the ISD1400 Series use separate power buses to minimize noise on the chip. These power buses are brought out to separate pins on the package and should be tied together as close to the supply as possible. It is important that the power supply be decoupled as close as possible to the package.

Ground Inputs (V_{SSA}, V_{SSD})

Similar to V_{CCA} and V_{CCD}, the analog and digital circuits internal to the ISD1400 Series use separate ground buses to minimize noise. These pins should be tied together as close as possible to the device.

Record ($\overline{REC}$)

The $\overline{REC}$ input is an active-LOW Record signal. The device records whenever $\overline{REC}$ is LOW. This signal must remain LOW for the duration of the Recording. $\overline{REC}$ takes precedence over either Playback ($\overline{PLAYE}$ or PLAYL) signal. If $\overline{REC}$ is pulled LOW during a Playback cycle, the Playback immediately ceases and Recording begins.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Record cycle is completed when $\overline{REC}$ is pulled HIGH or the memory space is filled.

An end-of-message marker (EOM) is internally recorded, enabling a subsequent Playback cycle to terminate appropriately. The device automatically powers down to standby mode when $\overline{REC}$ goes HIGH.

Playback, Edge-Activated ($\overline{PLAYE}$)

When a LOW-going transition is detected on this input signal, a Playback cycle begins. Playback continues until an end-of-message (EOM) is encountered or the end of the memory space is reached. Upon completion of the Playback cycle, the device automatically powers down into standby mode. Taking $\overline{PLAYE}$ HIGH during a Playback cycle will not terminate the current cycle.

Playback, Level-Activated ($\overline{PLAYL}$)

When this input signal transitions from HIGH to LOW, a Playback cycle is initiated. Playback continues until $\overline{PLAYL}$ is pulled HIGH, an EOM marker is detected, or the end of the memory space is reached. The device automatically powers down to standby mode upon completion of the Playback cycle.

NOTE:

In Playback, if either $\overline{PLAYE}$ or $\overline{PLAYL}$ is held LOW during EOM or OVERFLOW, the device will still enter standby and the internal oscillator and timing generator will stop. However, the rising edge of $\overline{PLAYE}$ and $\overline{PLAYL}$ are not debounced and any subsequent falling edge (particularly switch bounce) present on the input pins will initiate another Playback.

Record LED Output ($\overline{RECLED}$)

The output $\overline{RECLED}$ is LOW during a Record cycle. It can be used to drive an LED to provide feedback that a Record cycle is in progress. In addition, $\overline{RECLED}$ pulses LOW momentarily when an EOM is encountered in a Playback cycle.

Microphone Input (MIC)

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-chip Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from -15 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 K Ohm resistance on this pin, determine the low-frequency cutoff for the ISD1400 Series passband. See the *ISD Application Notes and Design Manual* in this book for additional information on low-frequency cutoff calculations.

Microphone Reference (MIC REF)

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

Automatic Gain Control (AGC)

The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of sound, from whispers to loud sounds, to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 KΩ internal resistance and an external capacitor (C6 on the schematic on page 1-75) connected from the AGC pin to V_{SSA} analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R5) and an external capacitor (C6) connected in parallel between the AGC Pin and V_{SSA} analog ground. Nominal values of 470 KΩ and 4.7 µF give satisfactory results in most cases.

Analog Output (ANA OUT)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analog Input (ANA IN)

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

External Clock Input (XCLK)

The external clock input for the ISD1400 devices has an internal pull-down device. The ISD1400 is configured at the factory with an internal sampling clock frequency that guarantees its minimum nominal record/playback time. For instance, an ISD1420 operating within specification will be observed to always have a minimum of 20 seconds of recording time. The sampling frequency is then maintained to a variation of ±2.25% over the commercial temperature and operating voltage ranges, while still maintaining the minimum specified recording duration. This will result in some devices having a few percent more than nominal recording time.

The internal clock has a ±5% tolerance over the industrial temperature and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

Part Number	Sample Rate	Required Clock
ISD1416	8.0 KHz	1024 KHz
ISD1420	6.4 KHz	819.2 KHz

These recommended clock rates should not be varied because the antialiasing and smoothing filters are fixed, and aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two internally. ***IF THE XCLK IS NOT USED, THIS INPUT SHOULD BE CONNECTED TO GROUND.***

Speaker Outputs (SP+, SP–)

The SP+ and SP– pins provide direct drive for loudspeakers with impedances as low as 16 ohms. A single output may be used, but, for direct-drive loudspeakers, the two opposite-polarity outputs provide an improvement in output power of up to four times over a single-ended connection. Furthermore, when SP+ and SP– are used, a speaker-coupling capacitor is not required. A single-ended connection will require an AC-coupling capacitor between the SP pin and the speaker. The speaker outputs are in a high-impedance state during a record cycle, and held at V_{SSA} during Power Down.

Address Inputs (A0-A7)

The Address Inputs have two functions, depending upon the level of the two Most Significant Bits (MSB) of the address.

If either of the two MSBs is LOW, the inputs are ***ALL*** interpreted as address bits and are used as the start address for the current Record or Playback cycle. The address pins are inputs only and do not output internal address information as the operation progresses. Address inputs are latched by the falling edge of $\overline{\text{PLAYE}}$, $\overline{\text{PLAYL}}$, or $\overline{\text{REC}}$.

OPERATIONAL MODES

The ISD1400 Series is designed with several built-in operational modes provided to allow maximum functionality with a minimum of additional components, described in detail below. The operational modes use the address pins on the ISD1400 devices, but are mapped outside the valid address range. When the two Most Significant Bits (MSBs) are HIGH (A6 and A7), the remaining address signals are interpreted as mode bits and not as address bits. Therefore, operational modes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and direct addressing are ***NOT*** compatible and cannot be used simultaneously.

There are two important considerations for using operational modes. First, all operations begin initially at address 0, which is the beginning of the ISD1400 address space. Later operations can begin at other address locations, depending on the operational mode(s) chosen. In addition, the address pointer is reset to 0 when the device is changed from Record to Playback but not from Playback to Record when A4 is HIGH in Operational Mode.

Second, an Operational Mode is executed when any of the control inputs, $\overline{\text{PLAYE}}$, $\overline{\text{PLAYL}}$, or $\overline{\text{REC}}$, go LOW and the two MSBs are HIGH. This Operational Mode remains in effect until the next LOW-going control input signal, at which point the current address/mode levels are sampled and executed.

NOTE

The two MSBs are on pins 9 and 10 for each ISD1400 Series device.

OPERATIONAL MODES DESCRIPTION

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

A0 — Message Cueing

Message Cueing allows the user to skip through messages, without knowing the actual physical addresses of each message. Each control input LOW pulse causes the internal address pointer to skip to the next message. This mode should be used for Playback only, and is typically used with the A4 Operational Mode.

A1 — Delete EOM Markers

The A1 Operational Mode allows sequentially recorded messages to be combined into a single message with only one EOM marker set at the end of the final message. When this operational mode is configured, messages recorded sequentially are played back as one continuous message.

OPERATIONAL MODES TABLE

Address Crtl. (HIGH)	Function	Typical Use	Jointly Compatible*
A0	Message cueing	Fast-forward through messages	A4
A1	Delete EOM markers	Position EOM marker at the end of the last message	A3, A4
A2	Unused		
A3	Looping	Continuous playback from Address 0	A1
A4	Consecutive addressing	Record/Play multiple consecutive messages	A0, A1
A5	Unused		

NOTE: *An asterisk (*) indicates additional operational modes which can be used simultaneously with the given mode.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A2 — Unused

A3 — Message Looping

The A3 Operational Mode allows for the automatic, continuously repeated playback of the message located at the beginning of the address space.

A message can completely fill the ISD1400 device and will loop from beginning to end. Pulsing $\overline{\text{PLAYE}}$ will start the Playback and pulsing $\overline{\text{PLAYL}}$ will end the Playback.

A4 — Consecutive Addressing

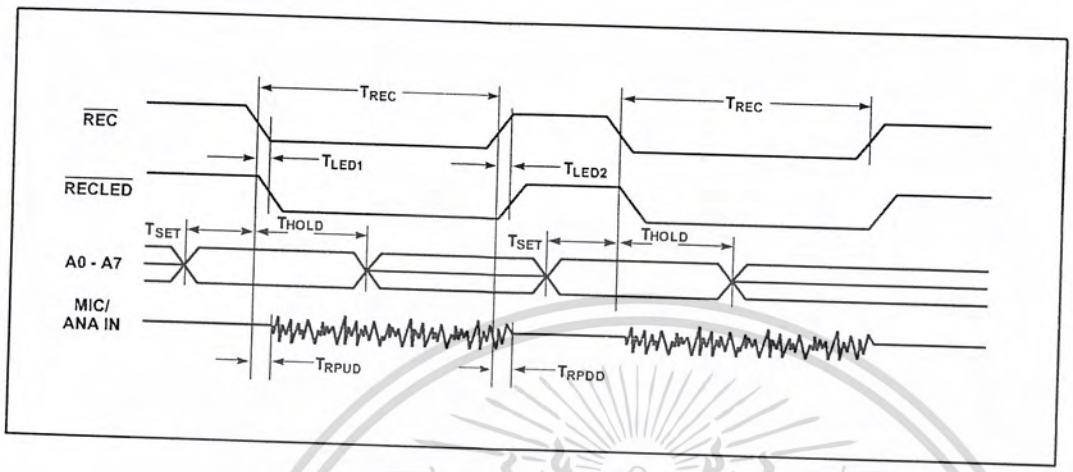
During normal operations, the address pointer will reset when a message is played through to an EOM marker. The A4 Operational Mode inhibits the address pointer reset, allowing messages to be recorded or played back consecutively. When the device is in a static state; i.e., not recording or playing back, momentarily taking this pin LOW will reset the address counter to zero.

A5 — Unused

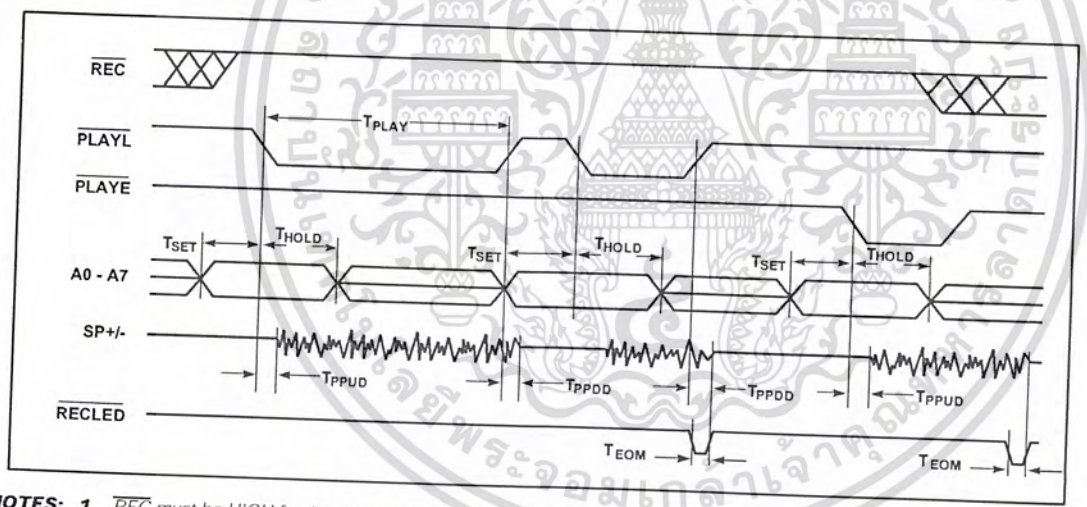
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMING DIAGRAMS

Record



Playback



NOTES: *1. $\overline{REC}$ must be HIGH for the entire duration of a Playback cycle.*
2. $\overline{RECLED}$ functions as an EOM during Playback.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (PACKAGED PARTS)

Condition	Value
Junction temperature	150° C
Storage temperature range	–65° C to +150° C
Voltage applied to any pin	(V_{SS} – 0.3 V) to (V_{CC} + 0.3 V)
Voltage applied to any pin (Input current limited to ±20 mA)	(V_{SS} – 1.0 V) to (V_{CC} + 1.0 V)
Lead temperature (soldering – 10 seconds)	300° C
V_{CC} - V_{SS}	– 0.3 V to + 7.0 V

NOTE: *Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. Exposure to the absolute maximum ratings may affect device reliability. Functional operation is not implied at these conditions.*

OPERATING CONDITIONS (PACKAGED PARTS)

Condition	Value
Commercial operating temperature range(1)	0° C to +70° C
Industrial operating temperature(1)	–40° C to +85° C
Supply voltage (V_{CC})(2)	+4.5 V to +5.5 V
Ground voltage (V_{SS})(3)	0 V

NOTES: ***1.*** *Case temperature.*
2. *$V_{CC} = V_{CCA} = V_{CCD}$*
3. *$V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}$*

1

DC PARAMETERS (PACKAGED PARTS)

Symbol	Parameters	Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage			0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.4			V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA
V_{OH}	Output High Voltage	2.4			V	I_{OH} = – 1.6 mA
I_{CC}	V_{CC} Current (Operating)		15	30	mA	V_{CC} = 5.5 V (3), R_{EXT} = ∞
I_{SB}	V_{CC} Current (Standby)		0.5	10	µA	(3) (4)
I_{IL}	Input Leakage Current			±1	µA	
I_{ILPD}	Input Current HIGH w/Pull Down			130	µA	Force V_{CC} (5)
R_{EXT}	Output Load Impedance	16			Ω	Speaker Load
R_{MIC}	Preamp In Input Resistance	4	9	17	KΩ	Pins 17, 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC PARAMETERS (PACKAGED PARTS) – CONTINUED

Symbol	Parameters	Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
$R_{ANA\ IN}$	ANA IN Input Resistance	2.5	3	5	KΩ	
A_{PRE1}	Preamp Gain 1	20	23	26	dB	AGC = 0.0 V
A_{PRE2}	Preamp Gain 2		– 45	– 15	dB	AGC = 2.5 V
A_{ARP}	ANA IN to SP+/- Gain	20	22	25	dB	
R_{AGC}	AGC Output Resistance	2.5	5	9.5	KΩ	
I_{PREH}	Preamp Out Source		– 2		mA	@ V_{OUT} = 1.0 V
I_{PREL}	Preamp In Sink		0.5		mA	@ V_{OUT} = 2.0 V

NOTES: ***1.*** *Typical values @ T_A = 25° C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100% tested.*
3. *V_{CCA} and V_{CCD} connected together.*
4. *$\overline{REC}$, $\overline{PLAYL}$, and $\overline{PLAYE}$ must be at V_{CCD}.*
5. *XCLK pin.*

AC PARAMETERS (PACKAGED PARTS)

Symbol	Characteristic		Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
F_S	Sampling Frequency	— ISD1416			8	KHz	(5)
		— ISD1420			6.4	KHz	(5)
F_{CF}	Filter Pass Band	— ISD1416		3.3		KHz	3 dB Roll-Off Point (3)(6)
		— ISD1420		2.6		KHz	3 dB Roll-Off Point (3)(6)
T_{REC}	Record Duration	— ISD1416	16			sec	
		— ISD1420	20			sec	
T_{PLAY}	Playback Duration	— ISD1416	16			sec	(5)
		— ISD1420	20			sec	(5)
T_{LED1}	$\overline{RECLED}$ ON Delay			5		msec	
T_{LED2}	$\overline{RECLED}$ OFF Delay	— ISD1416	30	38.9	95	msec	
		— ISD1420	40	48.6	110	msec	
T_{SET}	Address Setup Time		300			nsec	
T_{HOLD}	Address Hold Time		0			nsec	
T_{RPUD}	Rec. Power-Up Delay	— ISD1416		26		msec	
		— ISD1420		32		msec	
T_{RPDD}	Rec. Power-Down Delay	— ISD1416		26		msec	
		— ISD1420		32		msec	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

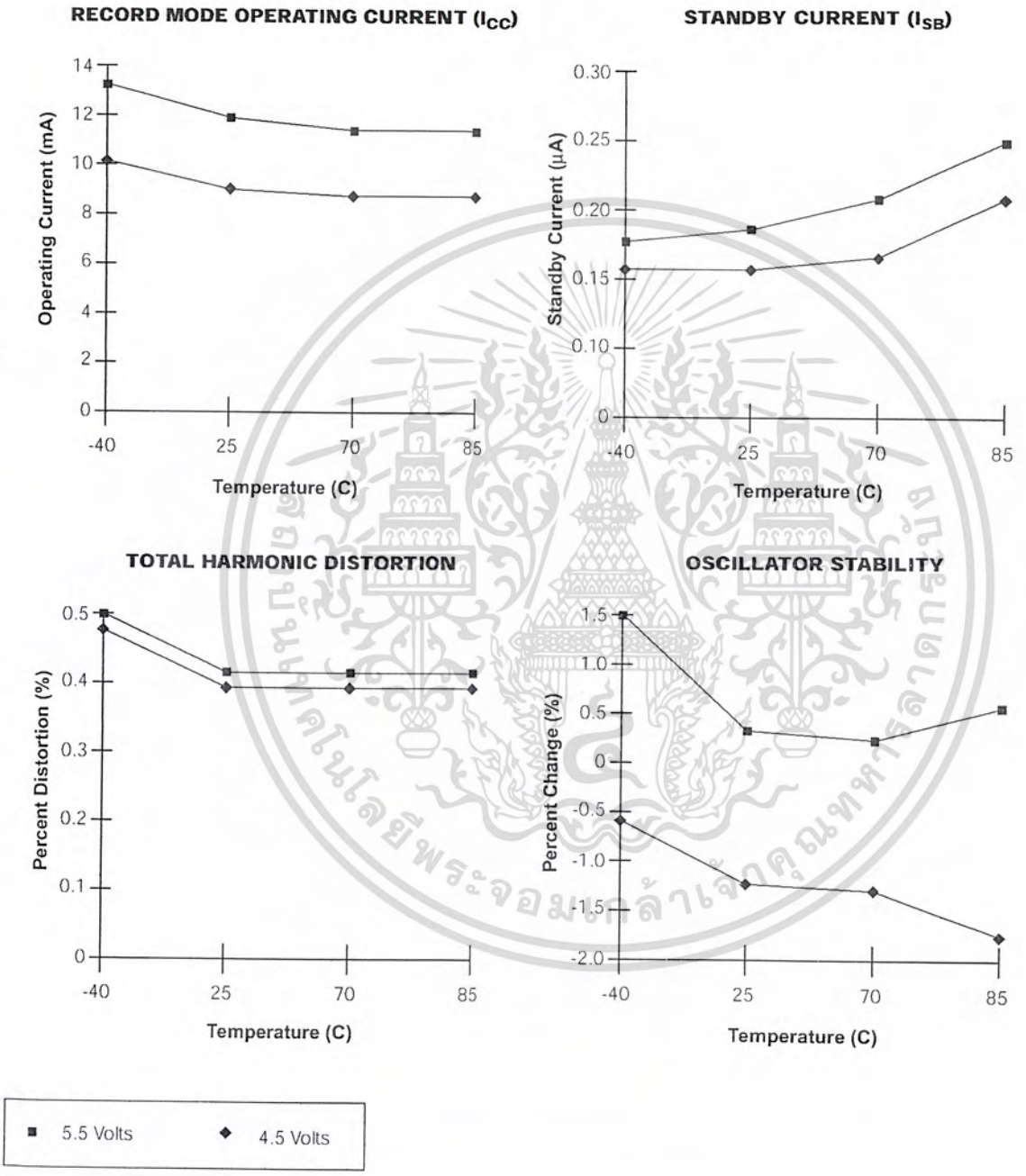
AC PARAMETERS (PACKAGED PARTS) – CONTINUED

Symbol	Characteristic		Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
T_{PPUD}	Play Power-Up Delay	— ISD1416 — ISD1420		26 32		msec msec	
T_{PPDD}	Play Power-Down Delay	— ISD1416 — ISD1420		6.5 8.1		msec msec	
T_{EOM}	EOM Pulse Width	— ISD1416 — ISD1420		12.5 15.625		msec msec	
THD	Total Harmonic Distortion			1	3	%	@ 1 KHz
P_{OUT}	Speaker Output Power			12.2		mW	R_{EXT} = 16 Ω
V_{OUT}	Voltage Across Speaker Pins			1.25	2.5	V p-p	R_{EXT} = 600 Ω
V_{IN1}	MIC Input Voltage				20	mV	Peak-to-Peak (4)
V_{IN2}	ANA IN Input Voltage				50	mV	Peak-to-Peak

NOTES:
1. *Typical values @ T_A = 25° C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100% tested.*
3. *Low-frequency cutoff depends upon value of external capacitors (see Pin Descriptions).*
4. *With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.*
5. *Sampling frequency and Playback duration will vary as much as ±2.25% over the commercial temperature and voltage ranges. It may vary as much as ±5% over the industrial temperature and voltage ranges. All devices will meet the maximum sampling frequency and minimum Playback duration parameters. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).*
6. *Filter specification applies to the antialiasing filter and to the smoothing filter.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (PACKAGED PARTS)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (DIE)

Condition	Value
Junction temperature	150° C
Storage temperature range	–65° C to +150° C
Voltage applied to any pad	(V_{SS} – 0.3 V) to (V_{CC} + 0.3 V)
Voltage applied to any pad (Input current limited to ± 20 mA)	(V_{SS} – 1.0 V) to (V_{CC} + 1.0 V)
V_{CC} - V_{SS}	– 0.3 V to + 7.0 V

NOTE: *Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. Exposure to the absolute maximum ratings may affect device reliability. Functional operation is not implied at these conditions.*

OPERATING CONDITIONS (DIE)

Condition	Value
Commercial operating temperature range	0° C to +50° C
Supply voltage (V_{CC})(1)	+4.5 V to +6.5 V
Ground voltage (V_{SS})(2)	0 V

NOTES: ***1.*** $V_{CC} = V_{CCA} = V_{CCD}$
2. $V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}$

1

DC PARAMETERS (DIE)

Symbol	Parameters	Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage			0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.4			V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA
V_{OH}	Output High Voltage	2.4			V	I_{OH} = –1.6 mA
I_{CC}	V_{CC} Current (Operating)		15	30	mA	V_{CC} = 5.5 V (3), R_{EXT} = ∞
I_{SB}	V_{CC} Current (Standby)		0.5	10	µA	(3) (4)
I_{IL}	Input Leakage Current			±1	µA	
I_{ILPD}	Input Current HIGH w/Pull Down			130	µA	Force V_{CC} (5)
R_{EXT}	Output Load Impedance	16			Ω	Speaker Load
R_{MIC}	Preamp In Input Resistance	4	9	17	KΩ	Pins 17, 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC PARAMETERS (DIE) – CONTINUED

Symbol	Parameters	Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
$R_{ANA\ IN}$	ANA IN Input Resistance	2.5	3	5	KΩ	
A_{PRE1}	Preamp Gain 1	20	23	26	dB	AGC = 0.0 V
A_{PRE2}	Preamp Gain 2		– 45	–15	dB	AGC = 2.5 V
A_{ARP}	ANA IN to SP+/- Gain	20	22	25	dB	
R_{AGC}	AGC Output Resistance	2.5	5	9.5	KΩ	
I_{PREH}	Preamp Out Source		– 2		mA	@ V_{OUT} = 1.0 V
I_{PREL}	Preamp In Sink		0.5		mA	@ V_{OUT} = 2.0 V

NOTES: ***1.*** *Typical values @ T_A = 25° C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100% tested.*
3. *V_{CCA} and V_{CCD} connected together.*
4. *$\overline{REC}$, $\overline{PLAYL}$, and $\overline{PLAYE}$ must be at V_{CCD}*
5. *XCLK pin.*

AC PARAMETERS (DIE)

Symbol	Characteristic		Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
F_S	Sampling Frequency	— ISD1416			8	KHz	(5)
		— ISD1420			6.4	KHz	(5)
F_{CF}	Filter Pass Band	— ISD1416		3.3		KHz	3 dB Roll-Off Point (3)(6)
		— ISD1420		2.6		KHz	3 dB Roll-Off Point (3)(6)
T_{REC}	Record Duration	— ISD1416	16			sec	
		— ISD1420	20			sec	
T_{PLAY}	Playback Duration	— ISD1416	16			sec	(5)
		— ISD1420	20			sec	(5)
T_{LED1}	$\overline{RECLED}$ ON Delay			5		msec	
T_{LED2}	$\overline{RECLED}$ OFF Delay	— ISD1416	30	38.9	95	msec	
		— ISD1420	40	48.6	110	msec	
T_{SET}	Address Setup Time		300			nsec	
T_{HOLD}	Address Hold Time		0			nsec	
T_{RPUD}	Rec. Power-Up Delay	— ISD1416		26		msec	
		— ISD1420		32		msec	
T_{RPDD}	Rec. Power-Down Delay	— ISD1416		26		msec	
		— ISD1420		32		msec	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC PARAMETERS (DIE) – CONTINUED

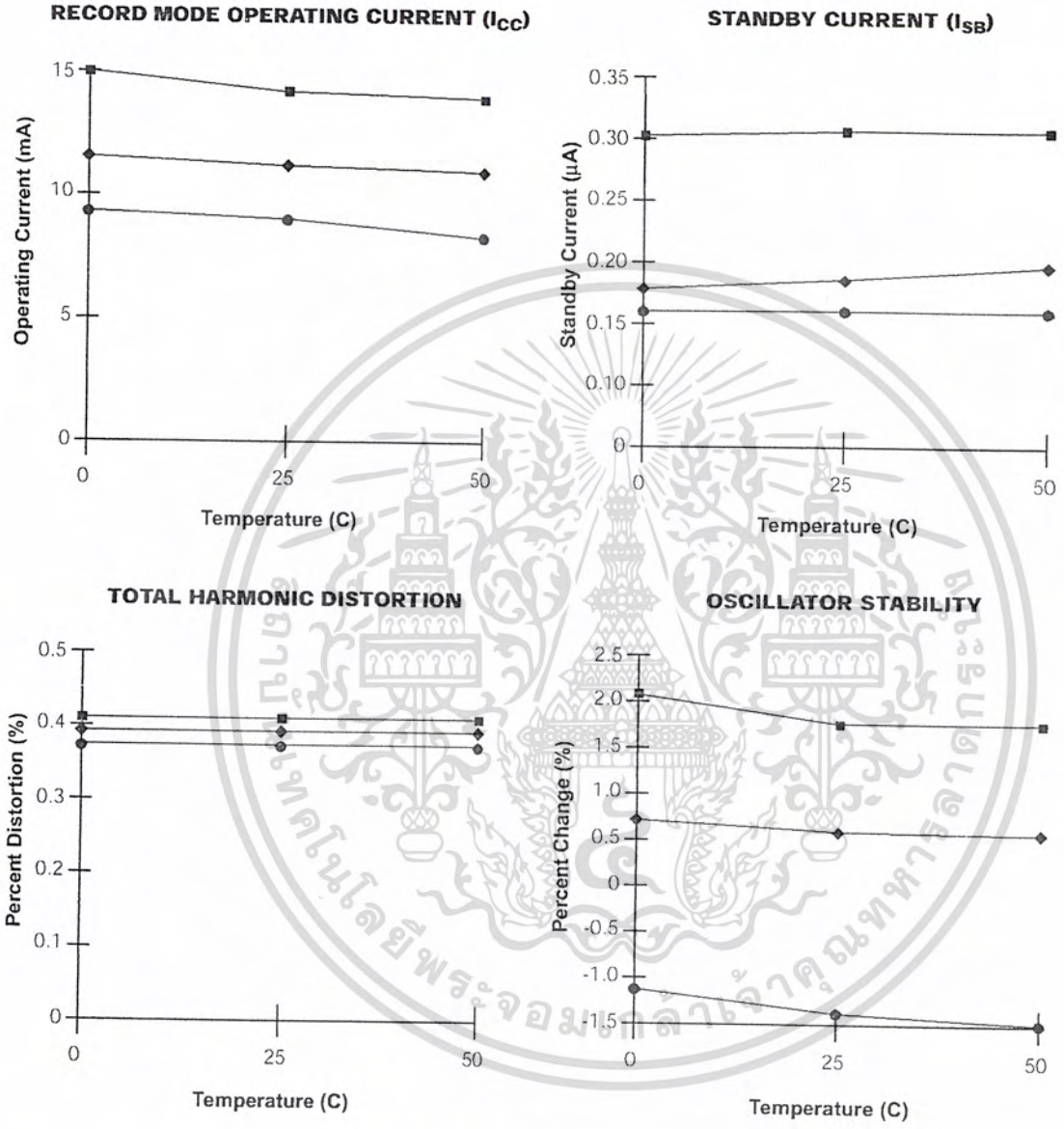
Symbol	Characteristic	Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
T_{PPUD}	Play Power-Up Delay — ISD1416 — ISD1420		26 32		msec msec	
T_{PPDD}	Play Power-Down Delay — ISD1416 — ISD1420		6.5 8.1		msec msec	
T_{EOM}	EOM Pulse Width — ISD1416 — ISD1420		12.5 15.625		msec msec	
THD	Total Harmonic Distortion		1	3	%	@ 1 KHz
P_{OUT}	Speaker Output Power		12.2		mW	R_{EXT} = 16 Ω
V_{OUT}	Voltage Across Speaker Pins		1.25	2.5	V p-p	R_{EXT} = 600 Ω
V_{IN1}	MIC Input Voltage			20	mV	Peak-to-Peak (4)
V_{IN2}	ANA IN Input Voltage			50	mV	Peak-to-Peak

NOTES:
1. *Typical values @ T_A = 25° C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100% tested.*
3. *Low-frequency cutoff depends upon value of external capacitors (see Pin Descriptions).*
4. *With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.*
5. *Sampling frequency and Playback duration will vary as much as ±2.25% over the commercial temperature and voltage ranges. All devices will meet the maximum sampling frequency and minimum Playback duration parameters. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).*
6. *Filter specification applies to the antialiasing filter and to the smoothing filter.*

1

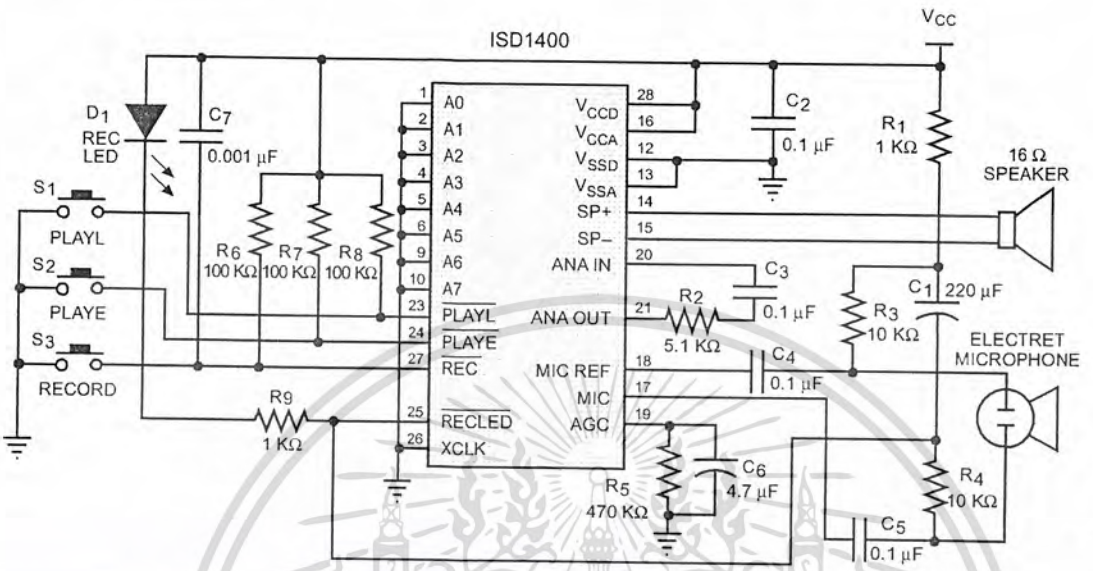
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (DIE)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION EXAMPLE



FUNCTIONAL DESCRIPTION EXAMPLE

The following example operating sequence demonstrates the functionality of the ISD1400 Series devices.

1. **Record a message filling the address space.**

   Pulling the $\overline{\text{REC}}$ signal LOW initiates a Record cycle from the beginning of the message space. If $\overline{\text{REC}}$ is held LOW, the Recording continues until the message space has been filled. Once the message space is filled, Recording ceases. The device will automatically power down after $\overline{\text{REC}}$ is pulled HIGH.

2. **Edge-activated playback.**

   Pulling the $\overline{\text{PLAYE}}$ signal LOW initiates a Playback cycle from the beginning of the message space or at a selected location. The rising edge of $\overline{\text{PLAYE}}$ has no effect on operation. If a Recording has filled the message space, the entire message is played. When the device reaches the EOM marker, it automatically powers down. A subsequent falling edge on $\overline{\text{PLAYE}}$ initiates a new Play cycle from the start address.

3. **Level-activated playback.**

   Pulling the $\overline{\text{PLAYL}}$ signal LOW initiates a Playback cycle from the beginning of the message space or a selected location. If Recording has filled the message space, the entire message is played. When the device reaches the EOM marker, it automatically powers down. A subsequent falling edge on $\overline{\text{PLAYL}}$ initiates a new Play cycle from the starting address.

4. **Level-activated playback (truncated).**

   If $\overline{\text{PLAYL}}$ is pulled HIGH any time during the Playback cycle, the device stops playing and enters the power-down mode. A subsequent falling edge on $\overline{\text{PLAYL}}$ initiates a new Play cycle from the start address.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. **Record (interrupting playback).**

   The $\overline{REC}$ signal takes precedence over other operations. Any LOW-going transition on $\overline{REC}$ initiates a new Record operation from the beginning of the start address or at a selected location, regardless of any current operation in progress.

6. **Record a message, partially filling the address space.**

   A record operation need not fill the entire message space. Releasing the $\overline{REC}$ signal HIGH before filling the message space causes the recording to stop and an EOM to be placed. The device powers down automatically.

7. **Play back a message, partially filling the address space.**

   Pulling the $\overline{PLAYE}$ or $\overline{PLAYL}$ signal LOW initiates a Playback cycle which is then completed when the EOM marker is encountered. Playback ceases and the device powers down.

8. **$\overline{RECLED}$ operation.**

   The $\overline{RECLED}$ output pin provides an active-LOW signal which can be used to drive an LED as a "record-in-progress" indicator. It returns to a HIGH state when the $\overline{REC}$ pin is released HIGH or when the recording is completed due to the message space being filled. This pin also pulses LOW to indicate an EOM at the end of a message being played.

APPLICATIONS NOTE

Some users may experience an unexpected recording taking place when their circuit is powered up, or the batteries are changed and V_{CC} rises faster than $\overline{REC}$. This undesired recording prevents playback of the previously recorded message. A spurious End Of Message (EOM) marker appears at the very beginning of the memory, preventing access to the original message, and nothing is played.

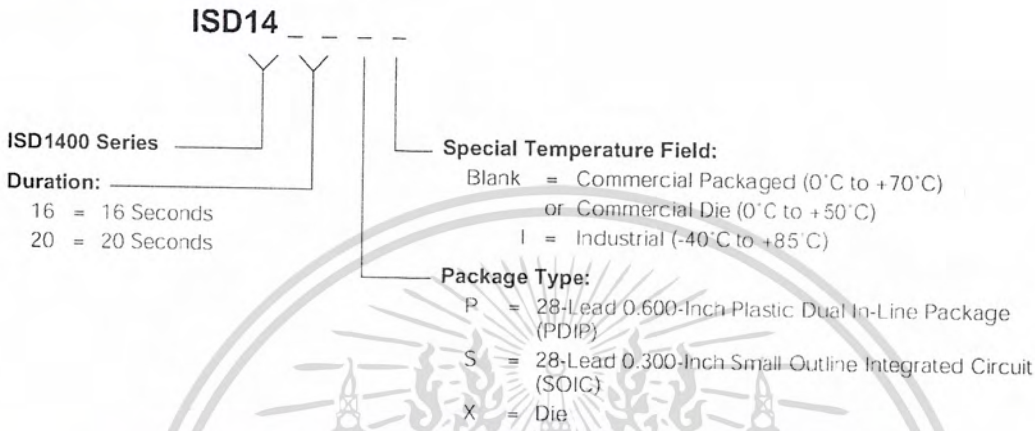
To prevent this occurrence, place a capacitor (approx. 0.001 µF) between the control pin ($\overline{REC}$) and V_{CC}. This pulls the control pin voltage up with V_{CC} as it rises. Once the voltage is HIGH, the pull-up device will keep the pin HIGH until intentionally pulled LOW, preventing the false EOM marker.

Since this anomaly depends on factors such as the capacitance of the user's printed circuit board, not all circuit designs will exhibit the spurious marker. However, it is recommended that the capacitor is included for design reliability. A more detailed explanation and resolution of this occurrence is described in the *ISD Application Notes and Design Manual* in this book.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Product Number Descriptor Key



1

When ordering ISD1400 Series devices, please refer to the following valid part numbers.

Part Number	Part Number
ISD1416P	ISD1420P
ISD1416PI	ISD1420PI
ISD1416S	ISD1420S
ISD1416SI	ISD1420SI
ISD1416X	ISD1420X

For the latest product information, access ISD's worldwide website at http://www.isd.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็ด้วยความช่วยเหลือและกำลังใจจากบุคคลหลายท่าน ได้แก่ ท่านอาจารย์สุรพล บุญจันทร์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและคอยให้คำแนะนำตลอดมา คุณไพรัช สุวรัตน์รังษี สำหรับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเพื่อนๆผู้เป็นกำลังใจทุกท่าน คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุกๆท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ธวัชชัย เลื่อนฉวี. **เทคโนโลยีโทรศัพท์.** กรุงเทพฯ: บริษัท ศุภาลัย มีเดีย จำกัด. 2533

ยืน ภู่วรวรรณ. **ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 3.** กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด มหาชน. 2536

รศ.สมยศ จุณณะปิยะ. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51.** กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2539

ฤทธิ์ ธีระโกเมน. **รวมบทความทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้