

อุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

Interface of Transceiver with Automatic Telephone System



โดย
นาย กลยุทธ จันทวงศ์
นาย เทววรรณ จิตต์เจียรนัย

เลขหนังสือ.....
เลขทะเบียน..... 42138
วัน, เดือน, ปี..... 13 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

อุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

Interface of Transceiver with Automatic Telephone System

โดย

นาย กลยุทธ จันทวงศ์

41013045

นาย เทววรรณ จิตต์เจียรนัย

41013051

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

อุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

Interface of Transceiver with Automatic Telephone System

โดย นาย กลยุทธ จันทวงศ์ 41013045

นาย เทววรรณ จิตต์เจียรนัย 41013051

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.กอบชัย เฉลยหาญ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอ โครงงานอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์ ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อวิทยุลูกข่ายให้สามารถติดต่อสื่อสารกับเครื่องโทรศัพท์อัตโนมัติ และระหว่างโทรศัพท์อัตโนมัติกับวิทยุลูกข่าย นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นสถานีถ่ายทอดสัญญาณ (Repeater) ให้กับวิทยุลูกข่ายด้วยกัน ทำให้สามารถขยายระยะทางในการติดต่อสื่อสารได้กว้างไกลยิ่งขึ้น ฮาร์ดแวร์ของโครงงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ชุดควบคุมเชื่อมต่อ เครื่องถ่ายทอดสัญญาณ และวงจรเข้ารหัส/วงจรถอดรหัส

Abstract

This thesis presents the applications of the transceiver - telephone interface. That can connect transceiver to telephone system and telephone system to transceiver. So it intercepts and retransmits a signal to provide wide - area communication. The hardware is divided into 3 sections, there are interface control section, repeater section and decoder / encoder.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

Interface of Transceiver with Automatic Telephone System

ผู้จัดทำ

1. นายกลยุทธ จันทวงศ์ 41013045

2. นายเทววรรณ จิตต์เจียรนัย 41013051



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ)



สารบัญ

เรื่อง

หน้า

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการของระบบโทรศัพท์และเครื่องวิทยุรับ-ส่ง	3
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	3
2.2 ระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข	4
2.3 ความเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์แฝง	6
2.4 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม	6
2.5 ข้อเปรียบเทียบระหว่างระบบ DTMF กับ pulse	7
2.6 สัญญาณการติดต่อระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์	8
2.7 เครื่องวิทยุรับ-ส่ง	9
2.8 การใช้งานอุปกรณ์ทวนสัญญาณความถี่วิทยุ	11
2.9 ความคมชัดของสัญญาณในการรับส่งวิทยุมือถือผ่านสถานีทวนสัญญาณ	11
2.10 การเลือกใช้ระบบสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ	11
2.11 ความเบี่ยงเบนความถี่	12
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	13
3.1 การทำงานของอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ	13
3.2 หลักการทำงานของวงจรต่าง ๆ	15
3.2.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่งเรียก	15
3.2.2 ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน สัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ	16
3.2.3 ส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง	21
3.2.4 ส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF	22
3.2.5 ส่วนของวงจรตัดต่อคู่สายโทรศัพท์	23
3.2.6 ส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟ	23
3.2.7 ส่วนของ RS – 232	24
3.2.8 ส่วนชุดทวนสัญญาณ	24
3.2.9 ส่วนของตัวดูข่าย	24
3.3 Flowchart การทำงานของส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง	24
3.4 รายละเอียดโปรแกรมของส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง	31

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

3.5	รายละเอียดโปรแกรมของส่วนเก็บข้อมูลจากส่วนควบคุม และประมวลผลกลาง	46
3.5.1	ส่วนโปรแกรมเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล	46
3.5.2	ส่วนโปรแกรมแสดงผล	51
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	53
4.1	ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน	53
4.2	ส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่าง และสัญญาณเรียกกลับ	54
4.3	ส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF	56
4.4	ลำดับขั้นตอนการทำงานในโหมดต่าง ๆ	57
บทที่ 5	บทวิจารณ์และบทสรุป	58
5.1	ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง	58
5.2	แนวทางในการพัฒนา	58
ภาคผนวก	ก รายละเอียดและการใช้งาน ไอซีเบอร์ 4N25	
ภาคผนวก	ข รายละเอียดและการใช้งาน ไอซีเบอร์ MT8888	
ภาคผนวก	ค รายละเอียดและการใช้งาน RS - 232	
ภาคผนวก	ง รายละเอียดและการใช้งาน ไอซีเบอร์ LM350	

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์	3
รูปที่ 2.2 แสดงระบบโทรศัพท์แบบหมุนเลขหมาย (Rotating – type)	5
รูปที่ 2.3 แสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์	5
รูปที่ 2.4 แสดงเป็นกคหมายเลขและค่าความถี่ต่างๆ	7
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรพื้นฐานที่ใช้อุปกรณ์แบบแยกชิ้นของโทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF	8
รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์ อัตโนมัติ	14
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่งเรียก(Ringing Tone)	15
รูปที่ 3.3 แสดงการต่อวงจรของ IC Phase Lock Loop LM567	16
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุน(Dial Tone)	18
รูปที่ 3.5 แสดงส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน สัญญาณไม่ว่าง และสัญญาณเรียกกลับ	20
รูปที่ 3.6 แสดงส่วนควบคุมและประมวลผล	21
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรรับ-ส่ง สัญญาณ DTMF	22
รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อ MT 8888 กับ 89C51	22
รูปที่ 3.9 วงจรตัดต่อคู่สายโทรศัพท์	22
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 V	23
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรการทำงานของส่วน RS 232	23
รูปที่ 3.12 Flow Chart แสดงหลักการทำงานของส่วนควบคุมและประมวลผล	25
รูปที่ 3.13 Flow Chart แสดงการทำงานในโหมดที่ 1	26
รูปที่ 3.14 Flow Chart แสดงการทำงานในโหมดที่ 2	27
รูปที่ 3.15 แสดงการส่งค่าไปยังคอมพิวเตอร์	28
รูปที่ 3.16 แสดงการส่งค่าไปยังคอมพิวเตอร์	29
รูปที่ 3.17 แสดงการทำงานในโหมดที่ 3	30
รูปที่ 3.18 แสดงโปรแกรมเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล	46
รูปที่ 3.19 แสดงโปรแกรมแสดงฐานข้อมูล	51
รูปที่ 4.1 (บน) แสดงสัญญาณให้หมุนที่ออกจากชุมสายโทรศัพท์ (ล่าง) แสดงสัญญาณให้หมุนที่ตรวจจับได้จากขา 8 ของไอซี LM 567	53
รูปที่ 4.2 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณไม่ว่าง (ล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วยไอซี LM567	54

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่

หน้า

รูปที่ 4.3 (บน) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วยไอซี 74LS123	
(ล่าง) แสดงลักษณะของสัญญาณเรียกกลับ	55
รูปที่ 4.4 (บน) แสดงสัญญาณการกดหมายเลข DTMF หมายเลข 1 ก่อนผ่านวงจรขยาย	
(ล่าง) แสดงสัญญาณการกดหมายเลข DTMF หมายเลข 1 หลังผ่านวงจรขยาย	56



สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

ตารางที่ 4.1 ค่าเอาต์พุตของไอซีโมโนสเตเบิลแบบทริกซ์ 74LS123 ทั้งสองชุด

55



บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการทางด้านการสื่อสาร เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกในธุรกิจและความเป็นอยู่มากขึ้น ระบบที่จะสามารถให้บริการได้มีหลายระดับด้วยกัน ทั้งวิทยุโทรศัพท์, วิทยุติดตามตัวและวิทยุสื่อสาร ระบบวิทยุสื่อสารเป็นระบบหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการติดต่อเฉพาะกลุ่ม วิทยุสื่อสารที่นิยมใช้กันในปัจจุบันจะอยู่ในย่าน 144-146 เมกกะเฮิรตซ์ หรือที่เรียกว่าย่านความถี่ 2 เมตร เป็นย่านวิทยุสมัครเล่นและวิทยุ CB ที่ใช้ความถี่ 27 เมกกะเฮิรตซ์ และ 425 เมกกะเฮิรตซ์ เป็นย่านที่ไม่ต้องขออนุญาตในการใช้งาน เนื่องจากเครื่องวิทยุรับส่งชนิดมือถือเป็นเครื่องที่หาซื้อได้ง่าย มีจำนวนมากมายหลายชนิด การใช้งานยังคงอยู่ในวงจำกัดเฉพาะกลุ่มด้วยตนเอง

ดังนั้นเพื่อให้ประสิทธิภาพใช้งานของเครื่องดังกล่าวมีคุณค่าสูงขึ้น จึงได้คิดสร้างโครงงานอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ โดยได้แนวความคิด และหลักการมาจากระบบการบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ ถ้าจะเปรียบเทียบองค์ประกอบของโครงข่ายระหว่างโทรศัพท์มือถือกับวิทยุรับ-ส่งจะพบว่ามีส่วนที่คล้ายคลึงกันคือ

- หูมสาย ซึ่งทำหน้าที่ ต่อให้ผู้ให้บริการ 2 ราย ให้สามารถทำการติดต่อพูดคุยกันได้ เปรียบได้กับวงจรทวนสัญญาณ (REPEATER) ของชุดเชื่อมต่อ
- สถานีวิทยุ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม ระหว่างหูมสายกับลูกข่าย โดยที่ระบบชุดเชื่อมต่อระหว่างวิทยุรับ-ส่งเข้ากับวิทยุโทรศัพท์จะมีวงจรอินเทอร์เฟซ (INTERFACE) คอยเป็นตัวเชื่อมให้วิทยุมือถือสามารถพูดคุยกับระบบโทรศัพท์ได้
- ลูกข่าย คือ ตัวเครื่องโทรศัพท์มือถือของผู้ที่ให้บริการ ส่วนในระบบชุดเชื่อมต่อจะมีวิทยุรับ-ส่งเป็นลูกข่ายแทน

จะเห็นได้ว่าระบบทั้งสองจะมีส่วนที่คล้ายคลึงกันมาก จะมีความแตกต่างกันบ้างก็ตรงเรื่องของความสามารถและประสิทธิภาพ การใช้งานของตัวเครื่องและรูปแบบทิศทางการสื่อสาร ซึ่งระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะมีรูปแบบการสื่อสารเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) คือสามารถพูดสวนทางกันได้เลย ส่วนวิทยุรับ-ส่งจะเป็นการสื่อสารแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) คือการรับ-ส่งจะไม่สามารถพูดสวนทางกันได้ เมื่อมีผู้ใช้กดคีย์เพื่อที่จะพูดผู้ใช้เครื่องอื่น ๆ ก็จะต้องเป็นผู้ฟังไม่สามารถพูดได้ จนกว่าผู้พูดจะปล่อยคีย์ PTT (Push To Talk) ผู้ใช้เครื่องอื่นจึงจะสามารถกดคีย์เพื่อที่สนทนาได้ โครงงานนี้ได้นำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้งานนี้ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานในระบบเหล่านั้นให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นความเที่ยงตรงหรือความแม่นยำ

ฉะนั้นจากหลักการดังกล่าวอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ จึงถูกประยุกต์ใช้งานขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานในสำนักงาน การทำงานของระบบอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัตินี้ มีการทำงาน 3 โหมด (Mode) คือ

1. โหมดการใช้งานของระบบโทรศัพท์เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย)

2. โหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบโทรศัพท์
3. โหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง

คุณลักษณะพิเศษของชุดเชื่อมต่อกับวิทยุรับส่งเข้ากับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติที่พอจะสรุปได้ดังนี้
คือ

- เป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ 169.875 เมกกะเฮิรตซ์ ระบบ FM ในการติดต่อสื่อสาร
- มีการควบคุมการติดต่อใช้งานโดยการป้อนรหัสเลือกโหมดการทำงาน
- มีการนำเอาความถี่มาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่เพียงแต่ใช้สำหรับรับ-ส่งวิทยุกันเองแล้ว แต่ยังสามารถนำเอาความถี่ดังกล่าวมาพูดคุยกับโทรศัพท์ได้อีกด้วย
- ทำให้พื้นที่การติดต่อสื่อสารระหว่างวิทยุด้วยกันมีรัศมีที่ทำการกว้างไกล

ในปฏิญานฉบับฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาต่าง ๆ ออกเป็น 5 บทด้วยกัน

บทแรกเป็นบทนำ จะกล่าวถึงรายละเอียดพอคร่าว ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงงานชุดนี้โดยสรุป

บทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของระบบโทรศัพท์และเครื่องวิทยุรับ-ส่ง เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบและเข้าใจหลักการพื้นฐานต่าง ๆ ของระบบทั้งสองได้ดียิ่งขึ้น ช่วยให้การอธิบายส่วนอื่น ๆ เป็นไปได้ง่ายขึ้น

บทที่ 3 กล่าวถึงรายละเอียดของวงจร แต่ละส่วนของโครงงานชุดนี้โดยตลอด อธิบายหน้าที่การทำงานของวงจรแต่ละส่วนอย่างละเอียด พร้อมสูตรการคำนวณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและจำเป็นกับวงจรส่วนนั้น ๆ

บทที่ 4 เป็นผลการทดลองที่ได้ และขั้นตอนของการปฏิบัติการทดสอบโครงงานชุดนี้ ผลของการวัดสัญญาณ ณ ตำแหน่งจุดต่าง ๆ ของวงจร โดยผลการทดลองที่ได้อาจจะอยู่ในรูปของแรงดันหรือค่าของกระแสพร้อมรูปคลื่นสัญญาณ (Wave Form)

บทที่ 5 เป็นสรุปที่ได้จากการสร้างโครงงานทั้งหมด ตั้งแต่เริ่มแรกจนเสร็จเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ เป็นการแนะนำชี้แนะแนวทางแก้ไขวงจร เพื่อให้การทำงานของวงจรเป็นไปตามทฤษฎีที่ต้องการ

บทแทรก จะเป็นการกล่าวถึงรายละเอียด ของการใช้งาน และหลักการการทำงานของ ไอซีที่ใช้ในโครงงานชุดนี้ เช่น ออฟไดคัปเปิลเลอร์ 4N25

ภาคผนวก เป็นการแสดงรายละเอียดข้อมูล (Data sheet) ของอุปกรณ์ที่จำเป็นจำพวก ไอซี TTL หรือ LINEAR IC รวมทั้งเอกสารอ้างอิงที่ใช้ในการทำโครงงานนี้

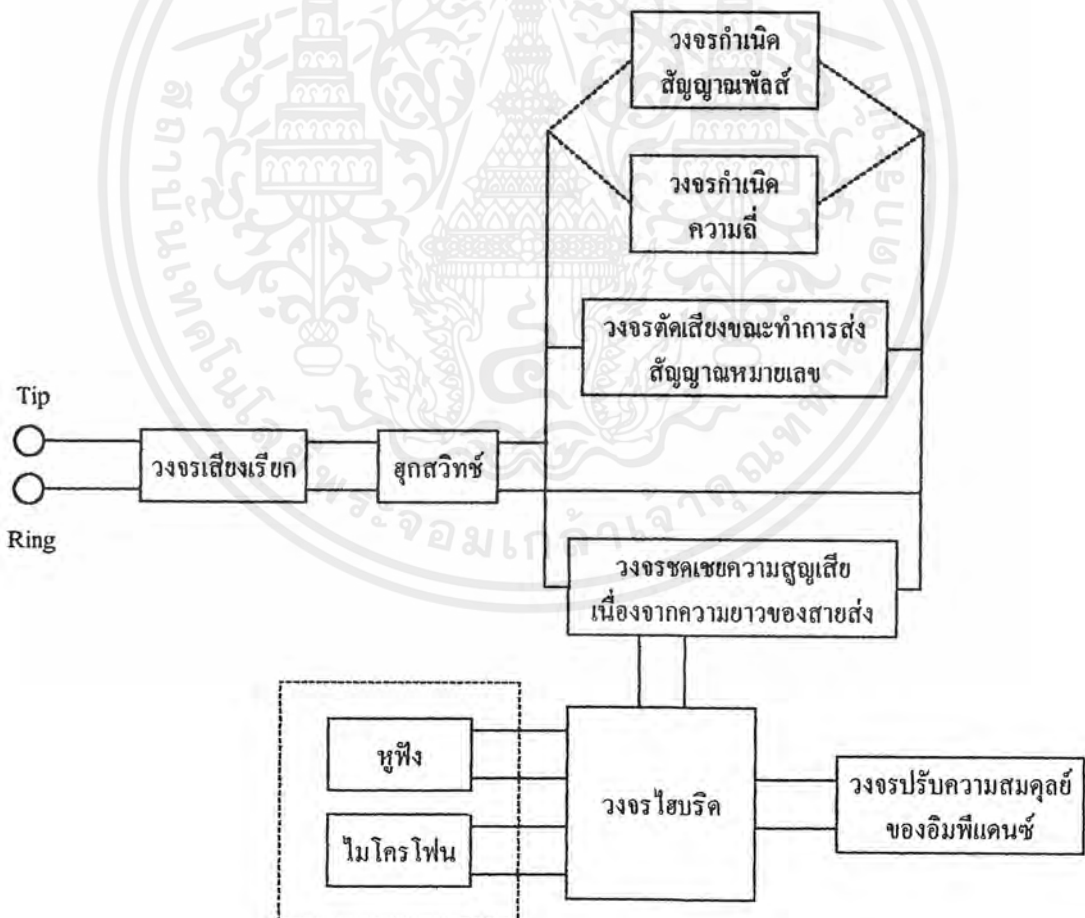
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการของระบบโทรศัพท์ และเครื่องวิทยุรับ-ส่ง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

เครื่องรับโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์โทรคมนาคมที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ให้ข่าวสารที่ชัดเจน ฉับไว ค่าใช้จ่ายถูก เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยมีองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยเป็นผู้ให้บริการด้านชุมสายและจำหน่ายเลข ผู้เช่าจะเป็นผู้จัดหาเครื่องรับโทรศัพท์เองตามใจชอบ ซึ่งมีผู้ผลิตเครื่องรับโทรศัพท์ออกมามากมายหลายยี่ห้อ ทั้งรูปสัญลักษณ์และราคา ตลอดจนหน้าที่พิเศษต่าง ๆ ก็แตกต่างกันไป เครื่องรับโทรศัพท์นั้นมีอยู่ด้วยกัน 2 ระบบ คือ ระบบกดปุ่ม และระบบหมุน ระบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ ระบบกดปุ่ม (DTMF)

รายละเอียดของวงจรหมุนหมายเลขทั้งแบบกดปุ่มและแบบเป็นหมุนนั้น จะกล่าวถึงทั้งวงจรพื้นฐานและวงจรที่ได้รับการพัฒนาแล้ว รวมทั้งการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของ ระบบการส่งหมายเลขทั้งสองระบบด้วยดังนี้



รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์

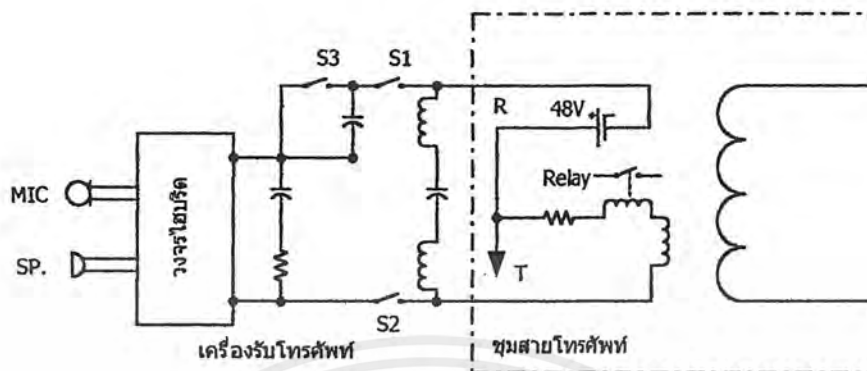
ในรูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของส่วนต่าง ๆ ของโทรศัพท์ จะเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์ ด้วยสาย T (Tip) และสาย R (Ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรภายในเครื่องรับโทรศัพท์กับอุปกรณ์ของชุมสายก็คือวงจรกำเนิดเสียงเรียก (Ringer) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียก (Ring signal) เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรงก็คือ เมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางหูตามปกติ (Hook switch) จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันไฟฟ้าจากชุมสายผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังสวิตช์ได้ ดังนั้นถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกอยู่หลังจากสวิตช์ก็จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีผู้ติดต่อเข้ามา วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse) จะทำหน้าที่ส่งเลขหมายไปให้ชุมสายโทรศัพท์แบบพัลส์ และวงจรกำเนิดความถี่จะทำหน้าที่ส่งเลขหมายไปให้ชุมสายโทรศัพท์แบบความถี่ผสมที่เรียกว่า DTMF (Dual Tone Multi Frequency) เมื่อชุมสายโทรศัพท์ได้รับเลขหมายของผู้เรียกปลายทางแล้ว จะดำเนินการจัดหาเส้นทางเชื่อมต่อเครื่องรับโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกปลายทางให้ จากนั้นก็จะส่งสัญญาณให้ผู้เรียกได้รับรู้ (Ring back tone) และส่งสัญญาณเรียก (Ring) ไปให้ผู้ถูกเรียกปลายทาง วงจรตัดเสียงขณะทำการส่งสัญญาณหมายเลขจะทำหน้าที่ตัดวงจรภาคเสียงพูดออก ในขณะที่เครื่องรับโทรศัพท์กำลังส่งหมายเลขโทรศัพท์ วงจรจะลดระดับความสูญเสียเนื่องจากความยาวของสายส่งจะทำหน้าที่ชดเชยสัญญาณที่สูญเสียไป เนื่องจากเครื่องรับโทรศัพท์และชุมสายโทรศัพท์ที่อยู่ห่างไกลกันมาก ส่วนวงจรไฮบริด (Hybrid) จะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์เข้ากับวงจรเสียงพูด ประกอบไปด้วย ไมโครโฟนและหูฟัง วงจรปรับความสมดุลของอิมพีแดนซ์ (Balance line) จะทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของ เครื่องรับโทรศัพท์ให้สมดุลกับคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งโดยปกติจะมีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น สวิตช์ก็จะปิดวงจรทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านโทรศัพท์ ในขณะที่เดียวกันกระแสค่าเดียวกันนี้จะไหลผ่านวงจรเชื่อมต่อสายโทรศัพท์ที่ชุมสายด้วย เพื่อให้ให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในชุมสายโทรศัพท์พร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ได้ จากนั้นชุมสายก็จะส่งสัญญาณหมุน (Dial tone) ไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสายหลังจากชุมสายได้รับหมายเลขแรกที่ถูส่งมาแล้ว ชุมสายก็จะเลิกส่งสัญญาณหมุนซึ่งกระบวนการตอนนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสายนั้นสามารถทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ที่แสดงถึงค่าของหมายเลขต่าง ๆ อีกหนึ่งวิธีคือการส่งสัญญาณความถี่ต่างกันโดยค่าของตัวเลขจะถูกแทนค่าด้วยความถี่ 2 ความถี่ที่มอดูเลตกัน

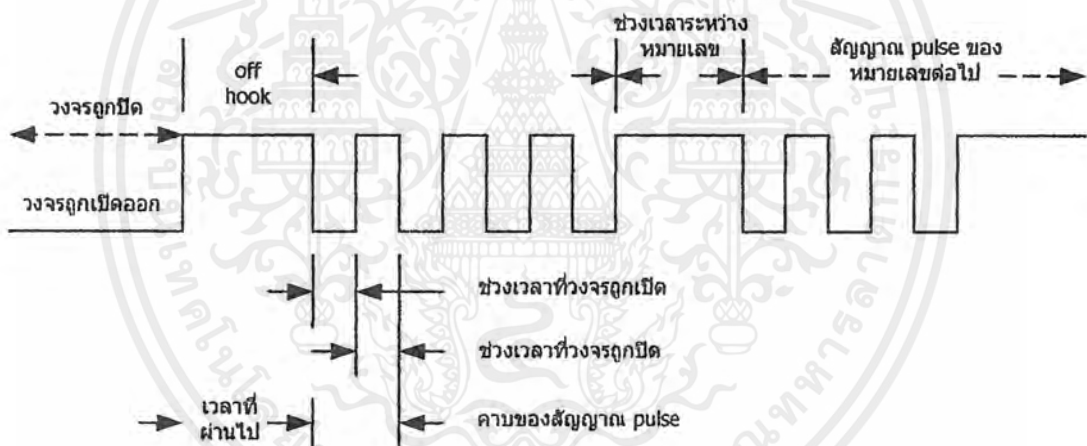
2.2 ระบบโทรศัพท์แบบหมุนเลขหมาย (Rotating - type)

ในรูปที่ 2.2 จะเป็นวงจรที่ใช้ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ ก็จะไม่มีการแสไหลผ่านเข้าไปในแบบหมุน จะเห็นว่าสวิตช์ S3 จะเปิดวงจรออก เมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ ก็จะไม่มีการแสไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้ จึงเสมือนกับว่าเป็นการขัดจังหวะ (Interruption) การไหลของกระแสสำหรับจำนวนครั้งที่สวิตช์ S3 ถูกเปิดออกจะขึ้นกับระยะห่างของแป้นหมุน (Dialer) ที่ถูกหมุนไป กับตำแหน่งปกติในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลขใด ๆ เป็นต้นว่าการหมุนหมายเลข 4 สวิตช์ S3 ก็จะถูกทำให้เปิดออก 4 ครั้ง หรือว่าหมุนหมายเลข 7 สวิตช์ S3 ก็จะถูกเปิดออก 7 ครั้ง ซึ่งสวิตช์ S3 จะถูกเปิดวงจร

จรในช่วงที่ปล่อยให้เป็นหมุนกลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการหมุนหมายเลขอยู่



รูปที่ 2.2 แสดงระบบโทรศัพท์แบบหมุนหมายเลข (Rotating - type)



รูปที่ 2.3 แสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์

รูปที่ 2.3 จะแสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ จากภาพนี้จะเห็นว่าในตอนแรกโทรศัพท์อยู่ในสถานะวางหู (On hook) คือหูโทรศัพท์จะถูกวางอยู่บนที่วางหูโทรศัพท์ตามปกติไม่มีกระแสชุมสายไหลเข้าสู่เครื่องรับโทรศัพท์ เพราะขณะนี้วงจรถูกเปิดออกโดยสวิตช์ แต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นโทรศัพท์จะอยู่ในสถานะยกหู (Off hook) จะถูกปิดวงจรลงทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้ และเมื่อมีการหมุนหมายเลขโดยในรูปจะเป็นการหมุนหมายเลข “4” ก็จะทำให้วงจรถูกเปิดออกด้วยสวิตช์ S3 เป็นจำนวน 4 ครั้ง ก็จะได้สัญญาณดังรูปที่ 2.3 ข้างบน

ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณด้วยจำนวนพัลส์นี้ จะถูกกำหนดให้สามารถส่งสัญญาณในอัตรา 10 พัลส์ต่อวินาทีหรือ 10 pps (pulses per second) และเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันในการพิจารณาสัญญาณที่เกิดขึ้นจึงควรที่จะทราบความหมายของคำต่อไปนี้

- คาบของสัญญาณพัลส์ (Pulse period) = ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิด (Break duration) + ช่วงเวลาที่วงจรถูกปิด (make duration) ซึ่งคาบสัญญาณพัลส์จะถูกออกแบบให้มีค่าอย่างต่ำเท่ากับ 100 มิลลิวินาที
- อัตราการส่งสัญญาณพัลส์(Pules rate) = จำนวนพัลส์ที่ถูกส่งไปใน 1 วินาที = 1000 คาบของสัญญาณพัลส์ (เป็นมิลลิวินาที)
- เปอร์เซ็นต์ของการเปิดวงจร (Percent break) = $100 \times \text{ช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณ (Interdigit interval)}$ ถูกกำหนดให้มีค่าอย่างต่ำ 700 มิลลิวินาที

สำหรับในสหรัฐอเมริกาจะกำหนดค่ามาตรฐานของสัญญาณไว้แน่นอน เช่นช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดจะต้องไม่ต่ำกว่า 60 มิลลิวินาที หรืออัตราการเปิดวงจรเท่ากับ 60% สำหรับ ประเทศอื่น ๆ มักจะใช้ที่อัตรา 67% เป็นส่วนใหญ่

2.3 ความเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากอุปกรณ์แฝง

ปกติในสายส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อกะหว่างชุมสายกับเครื่องรับโทรศัพท์จะมีค่าความต้านทาน ตัวเก็บประจุ และขดลวดเหนี่ยวนำแฝงอยู่ โดยเฉลี่ยแล้วทุก ๆ ระยะทาง 1 ไมล์ที่เพิ่มขึ้นของสายส่งจะเสมือนว่ามีตัวเก็บประจุต่อคร่อมอยู่ระหว่างสายส่งประมาณ 0.07 ไมโครฟารัด และมีตัวต้านทานกับขดลวดเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกันอยู่โดยจะมีค่าประมาณ 42 โอห์ม และ 1 มิลลิเฮนรี่ ตามลำดับ ซึ่งอุปกรณ์แฝงพวกนี้จะมีผลให้สัญญาณ Pulse ที่จะถูกส่งไปตามสายส่งเกิดความผิดเพี้ยนทั้งขนาด (Amplitude) และคาบเวลา (Period) ดังนั้นชุมสายจึงจำเป็นต้องมีวงจรที่สามารถรับรู้สัญญาณที่ผิดเพี้ยนเหล่านี้ไว้และไม่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการติดต่อ

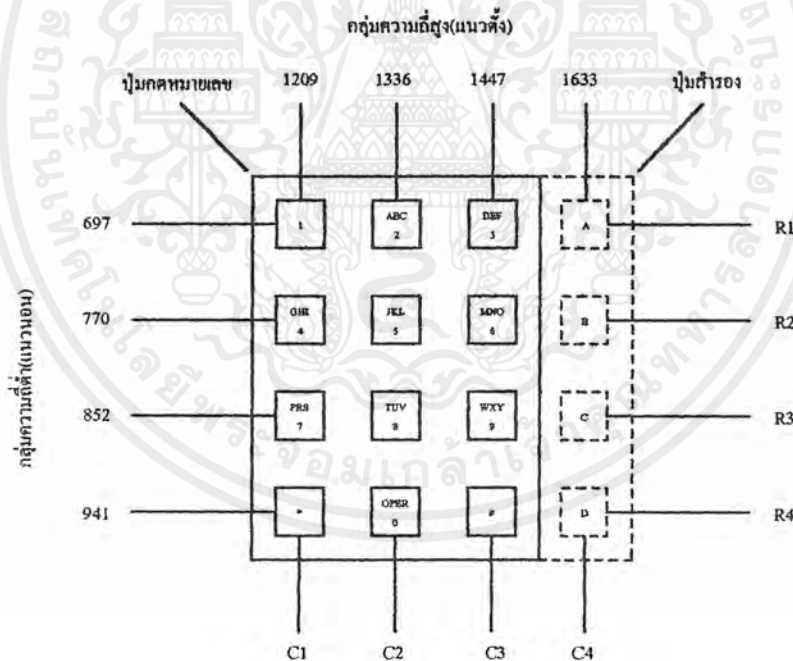
2.4 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่ผสม (DTMF: Dual Tone Multi Frequency Type)

เป็นระบบการส่งสัญญาณอีกแบบหนึ่ง ซึ่งจะพบได้มากกว่าระบบการส่งแบบ Pulse ระบบนี้หรือเรียกชื่อย่อว่า DTMF มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดูเลตกันไปเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กดความถี่ของเสียงพูด (0-4 กิโลเฮิร์ตซ์) ซึ่งความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แสดงใน แนวนอนและอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้ง ซึ่งค่าต่าง ๆ จะแสดงไว้ในรูปที่ 2.4 ตัวอย่าง เช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีค่าความถี่ 770 เฮิร์ตซ์ และ 1336 เฮิร์ตซ์ มอดูเลตกันออกมา สำหรับวงจรออสซิลเลเตอร์ที่สร้างความถี่เหล่านี้ขึ้นมาคือ วงจรในภาพที่ 2.5 ซึ่งเป็นวงจรที่ยังคงใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ มาต่อรวมกันเป็นวงจรซึ่งปัจจุบันจะมีการใช้อุปกรณ์ที่ถูกผลิตในรูปไอซีสำเร็จรูปกันมากกว่า

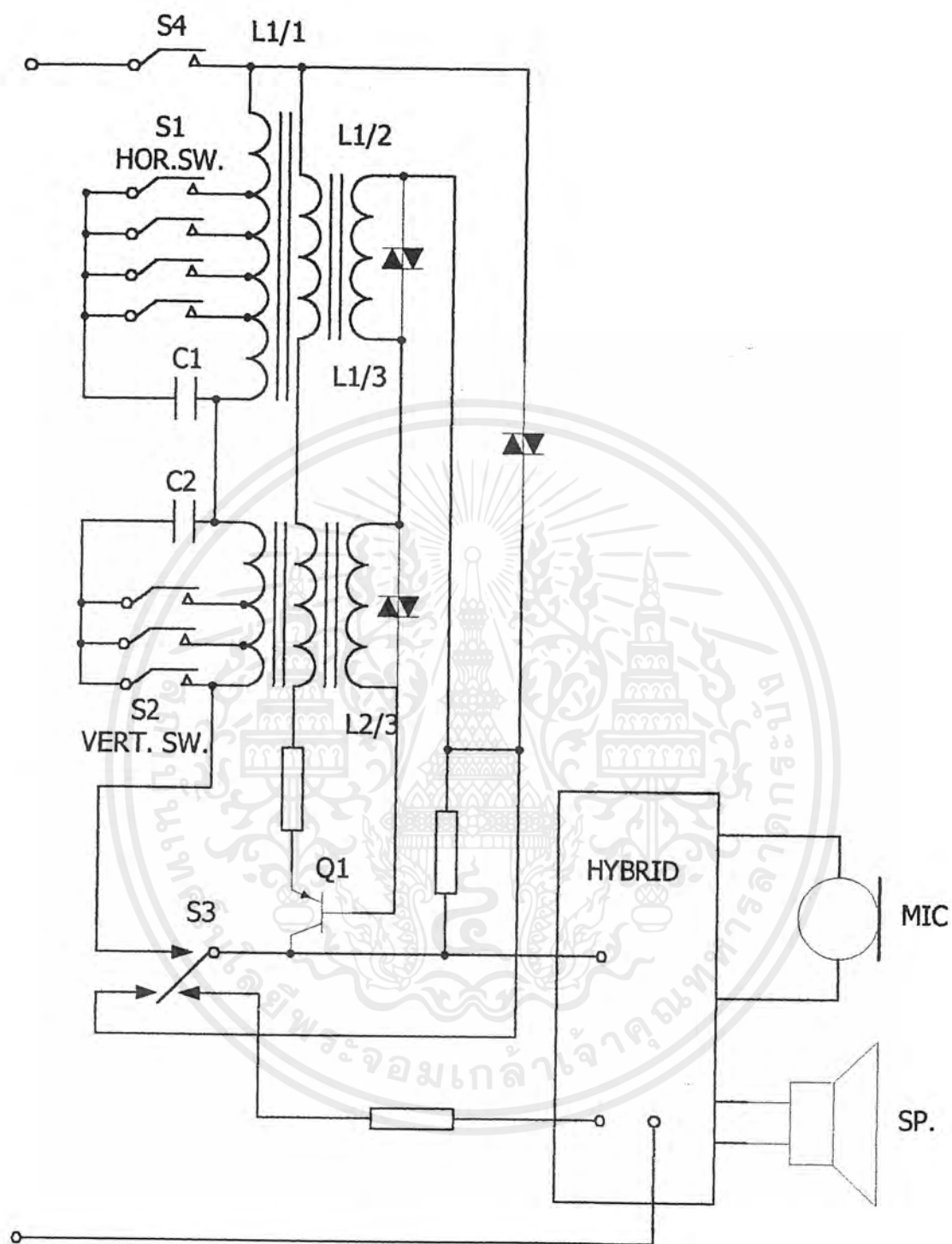
การทำงานของวงจรจะเริ่มสวิตช์ S1 (สวิตช์ในแนวนอน), S2 (สวิตช์ในแนวตั้ง) และ S3 จะถูกเปิดวงจรอยู่เมื่อมีการกดปุ่มโทรศัพท์ขึ้นกระแสดจากชุมสายโทรศัพท์จะผ่าน S4, L1/1 และ L2/1

ทรานซิสเตอร์ Q1 จะไม่นำกระแสเมื่อมีการกดหมายเลขสวิตช์ S1, S2 จะถูกปิดลงตามตำแหน่งของหมายเลขที่ถูกกด C1, C2 จะถูกต่อเข้ากับ L1/1 และ C1 จะเป็นออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ที่ต่ำกว่าความถี่ที่เกิดจาก L2/1 และ C2 และขณะที่ S3 จะถูกปิดลงเช่นกันทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณ

ออกจากออสซิลเลเตอร์ทั้งสองเข้าด้วยกัน และส่งไปยังหุ้มนาฬิกา ในขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่นั้นส่วนของหูฟังและไมโครโฟนก็จะถูกต่อขนานกัน จึงทำให้ได้ยินสัญญาณที่เกิดขึ้นจากวงจรตรวจจับสัญญาณไปประมวลผลต่อไป และยังมีการกรองความถี่ป้องกันไม่ให้ความถี่แปลกปลอมอื่น ๆ เข้าไปในหุ้มนาฬิกาโทรศัพท์อีกอย่างน้อย 700 มิลลิวินาที ยิ่งถ้าหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยมีค่ามากและยาวมากขึ้นเท่าใด ย่อมต้องทำให้เสียเวลาในการส่งสัญญาณมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่นหมายเลข 555-5555 จะใช้เวลาในการส่งสัญญาณพัลส์ = 500 (มิลลิวินาที) x (หมายเลข) = 3.5 วินาที และระยะเวลาของช่องว่างระหว่างกลุ่มสัญญาณ = 700 (มิลลิวินาที) x 6 = 4.2 วินาที จะใช้เวลาในการส่งทั้งหมด = 3.5 + 4.2 = 7.7 วินาที ถ้าเป็นโทรศัพท์ที่ใช้การส่งระบบ DTMF จะใช้เวลาเท่ากับ 7×100 (มิลลิวินาที) = 0.7 วินาทีเท่านั้นเอง ดังนั้นจะเห็นได้ชัดเจนประการหนึ่งแล้วว่าระบบ DTMF จะสามารถประหยัดเวลาในการส่งหมายเลขไปยังหุ้มนาฬิกาโทรศัพท์ได้มากกว่าระบบที่ใช้การส่งสัญญาณพัลส์เป็นผลให้หุ้มนาฬิกาโทรศัพท์สามารถใช้อุปกรณ์ประเภทหน่วยความจำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.4 แสดงเป็นกดหมายเลขและค่าความถี่ต่าง ๆ



รูปที่ 2.5 แสดงวงจรพื้นฐานที่ใช้อุปกรณ์แบบแยกชิ้นของโทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF

ข้อดีสำหรับระบบการส่งสัญญาณแบบ DTMF

- ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย สามารถใช้อุปกรณ์โซลิตสเต็ดได้ซึ่งจะทำให้เกิดความประหยัด และสะดวก
- ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ภายในชุมสายโทรศัพท์ สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายโทรศัพท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 สัญญาณการติดต่อระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์

สัญญาณที่ในการติดต่อกันระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์มี 2 ชนิดด้วยกันคือ Line signaling เช่น สัญญาณ Loop line, Open line และ Register signaling เช่น สัญญาณความถี่ต่าง ๆ การส่งเลขหมาย เป็นต้น

2.6.1 สัญญาณที่ส่งจากเครื่องรับโทรศัพท์ไปยังชุมสายโทรศัพท์

- On Hook หมายถึงสถานะที่ผู้เช่าวางหูหรือสถานะว่าง (idle) ลักษณะของวงจรจะเป็น Open loop
- Off Hook หมายถึงสถานะที่ผู้เช่ายกหู สายจะมีสถานะ Close loop
- Dialing หมายถึงผู้เช่าทำการหมุนเลขหมาย เครื่องแบบ Rotary จะส่งเลขหมายออกไปเป็น Pulse เครื่องแบบกดปุ่มจะส่งเลขหมายไปเป็นความถี่ผสม DTMF

2.6.2 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์

- Dialing Tone เป็นสัญญาณบอกให้ทราบว่าขณะนี้อุปกรณ์ที่ชุมสายพร้อมที่จะรับเลขหมายของเครื่องรับปลายทางจากผู้เรียกแล้วให้ผู้เรียกทำการส่งเลขหมายได้ สัญญาณ Dial tone นี้เป็นสัญญาณต่อเนื่องมีความถี่ 400-425 Hz
- Busy tone เป็นสัญญาณที่ส่งมาบอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ไม่ว่าง เช่น ถ้าผู้เช่ายกหูแล้วได้ยินเสียงนี้แสดงว่าอุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่าง แต่ถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนเลขหมายไปแล้ว แสดงว่าเครื่องรับปลายทางไม่ว่าง หรืออุปกรณ์สำหรับต่อออกไปยังชุมสายอื่นไม่ว่าง สัญญาณที่ชุมสายส่งมาเป็นสัญญาณขาดตอนเป็นช่วง ๆ ส่ง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที เป็นสัญญาณ Sinewave มีความถี่ 425 Hz
- Ringback tone เป็นสัญญาณที่ส่งมาบอกให้ผู้เรียกทราบว่า การต่อกระทำสำเร็จแล้ว ขณะนี้ชุมสายได้ส่งสัญญาณเรียก (Ringin signal) ไปยังผู้ถูกเรียกแล้ว สัญญาณนี้เป็น Sinewave ความถี่ 425 Hz โดยจะส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที
- Ringin signal หรือสัญญาณเรียก เป็นสัญญาณที่ส่งไปยังเครื่องผู้ถูกเรียก ซึ่งจะได้ยินเป็นเสียงกระดิ่งหรือโทน ขึ้นอยู่กับวงจรที่ใช้ เป็นสัญญาณ Sinewave มีความถี่ 25 Hz มีแรงดันประมาณ 70-90 Vrms ช่วงการส่งเช่นเดียวกับ Ringback tone คือ ส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที
- NU tone (Number Unobtainable tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า เลขหมายที่ส่งมานี้ ไม่มีในระบบหรือไม่อนุญาตให้เรียกเข้า

2.7 เครื่องวิทยุรับ-ส่ง

เครื่องวิทยุรับ-ส่งชนิดมือถือแบบต่าง ๆ ที่มีจำหน่ายหรือที่นิยมใช้กันในปัจจุบันนี้มีอยู่ด้วยกันมากมายหลายแบบ แต่ละแบบต่างก็มีข้อดีหรือจุดเด่นที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องบางรุ่นมีจุดเด่นในด้านของความไวของการรับ หลายแบบมีจุดเด่นในด้านการตัดคลื่นข้างเคียงได้ดี หลายแบบมีจุดเด่นที่ภาครับมีความไวในการรับในย่านความถี่กว้าง บางรุ่นมีจุดเด่นที่มีกำลังส่งออกอากาศมาก หลายรุ่นมีจุดเด่นที่มีหน่วยความจำมาก หลายรุ่นมีจุดเด่นที่มีความสามารถในการสแกนความถี่ หลายรุ่นมีจุดเด่นในด้านการซ่อมง่าย หออะไหล่ง่าย และหลายรุ่นมีจุดเด่นในด้านรูปลักษณ์สวยงาม

เราสามารถที่จะทำการแบ่งเครื่องรับส่งวิทยุได้หลายประเภทด้วยกันคือ กลุ่มแรกคือกลุ่มที่ได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์ ให้ใช้ความถี่ย่าน 144 ถึง 146 เมกกะเฮิร์ต ซึ่งเป็นย่านช่วงความถี่แคบ หรือที่เรียกว่าย่านกว้างความถี่ 2 เมตร เป็นย่านความถี่ที่กลุ่มนักวิทยุสมัครเล่นใช้ในการสื่อสารกัน และหน่วยงานราชการบางหน่วยงาน กลุ่มที่สอง ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับอนุญาตจากกรมไปรษณีย์ให้ใช้ความถี่หลายย่าน แต่ละย่านห่างกันมากกว่า 10 เมกกะเฮิร์ต เช่นหน่วยงานขององค์การโทรศัพท์ กรมตำรวจ หน่วยกู้ภัย เป็นต้น และกลุ่มที่ไม่ต้องขออนุญาตจากกรมไปรษณีย์ ซึ่งใช้ความถี่ 27 เมกกะเฮิร์ตซ์ หรือที่เรียกว่า วิทยุ CB ใช้สื่อสารกันในระยะใกล้ ๆ

ในแง่ของการนำเอาเครื่องมาใช้งาน ผู้ใช้กลุ่มแรกจะไม่ค่อยมีปัญหา เหมือนกับผู้ใช้กลุ่มที่สองคือ เลือกใช้เครื่องวิทยุมือถือแบบใดก็ได้ เพียงแต่ปรับความไวในการรับให้ดีที่สุดที่ย่านความถี่ใช้งานของตน และปรับกำลังส่งออกอากาศให้ออกดีที่สุดที่ความถี่เดียวกัน หากเป็นนักวิทยุสมัครเล่นก็ไม่จำเป็นต้องปรับอะไรเลยเพราะการปรับแต่งจะทำมาจากโรงงานเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้กลุ่มนี้จำเป็นต้องเลือกใช้เครื่องที่มีความไวในการรับที่ความถี่อื่นได้น้อยถ้าหากเลือกใช้เครื่องที่ย่านความถี่แบนด์วิดท์กว้างอาจจะมีปัญหาในการถูกรบกวนจากความถี่อื่น ๆ สำหรับวิทยุ CB สามารถซื้อหาได้ง่ายเพราะไม่ต้องขอใบอนุญาต

สำหรับผู้ใช้งานในกลุ่มที่สองนั้น การเลือกใช้เครื่องจะต้องพิถีพิถันมากกว่าโดยจะต้องใช้เครื่องที่มีภาครับชนิดแบนด์วิดท์กว้าง พอที่จะรับได้ดีทั้ง 2 ย่านความถี่ ซึ่งห่างกันมากเช่น ใช้ความถี่ 150 กับ 170 เมกกะเฮิร์ต หากเลือกใช้เครื่องที่มีแบนด์วิดท์แคบ จะไม่สามารถใช้งานได้ทั้งสองย่าน หากปรับให้ย่านหนึ่งรับได้ดี อีกย่านหนึ่งก็จะรับไม่ได้

โดยทั่วไปแล้วคลื่นวิทยุที่ใช้ในการสื่อสารทั้งสองกลุ่มแรกนี้ จะใช้คลื่นวิทยุช่วงความถี่ VHF จะมีความถี่ในช่วง 30-300 เมกกะเฮิร์ต คลื่นดังกล่าวนี้จะเดินทางเป็นเส้นตรงระหว่างการสื่อสารแต่ละจุด หรือที่เรียกว่าคลื่นวิทยุแบบ Line Of Sight ถ้าหากมีสิ่งกีดขวางกั้นทิศทางของคลื่นอยู่ จะทำให้คลื่นวิทยุเกิดการเบี่ยงเบนและจางหายไปโน่นที่สุด ดังนั้นระยะทางหรือรัศมีการติดต่อรับส่งคลื่นวิทยุ VHF/FM นี้จะถูกจำกัดโดยขึ้นอยู่กับ

- ระยะทาง
- ภูมิประเทศ
- ความสูงของสายอากาศรับและส่ง

ดังนั้นการใช้วิทยุรับส่งแบบมือถือให้มีประสิทธิภาพและสามารถทำการติดต่อรับส่งกันให้มีระยะทางที่ไกลขึ้นนั้น จึงขึ้นอยู่กับการจัดระบบและข่ายการติดต่อสื่อสาร ซึ่งสามารถจัดได้เป็นหลักใหญ่ ๆ ดังนี้

1. แบบ Simple signal frequency เป็นแบบที่เครื่องรับและเครื่องส่งใช้คลื่นการติดต่อเป็นคลื่นความถี่เดียวกัน แบบนี้จะเป็นการสะดวกในการติดต่อสื่อสารระหว่างจุดต่อจุด หรือกลุ่มต่อกลุ่ม

2. แบบ Simple double frequency จะคล้ายกับแบบแรกแต่จะแตกต่างกันตรงที่ความถี่ที่ผู้รับและส่งจะเป็นคนละความถี่กัน ข้อดีสำหรับการสื่อสารแบบนี้ทำให้สามารถใช้ร่วมกับสถานีทวนสัญญาณได้ ส่งผลทำให้ระยะทางในการติดต่อไกลขึ้น

3. แบบ Duplex double frequency เป็นแบบที่ใช้คลื่นรับและส่งความถี่ต่างกันและสามารถรับส่งกันได้ในเวลาเดียวกัน แบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในการติดต่อโทรศัพท์

เครื่องวิทยุรับ-ส่งมือถือที่มีใช้กันในปัจจุบันนี้จะเป็นแบบที่หนึ่ง และสองเสียเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการนำเอาวิทยุรับส่งเหล่านี้มาใช้งานให้มีประสิทธิภาพโดยใช้ร่วมกับสถานีทวนสัญญาณจึงเป็นไปได้ อย่างสะดวกเพราะ ไม่จำเป็นต้องแก้ไขวงจรภายในตัวเครื่องวิทยุรับส่งแต่อย่างใด

ปัญหาสำคัญที่จะพบได้กับผู้ที่ใช้เครื่องวิทยุรับ-ส่งมือถือ ก็คือกำลังส่งออกอากาศจะออกอากาศได้ไม่ติดต่อบ้านของความถี่ เครื่องในแต่ละรุ่นจะมีความสามารถที่แตกต่างกัน เช่น เมื่อใช้เครื่องวิทยุเครื่องเดียวกันที่ความถี่ 145 เมกกะเฮิร์ต จะมีกำลังส่งออกอากาศที่สูง แต่เมื่อเปลี่ยนความถี่ไปที่ 155 เมกกะเฮิร์ต กำลังในการส่งก็จะตกลงไป

2.8 การใช้งานอุปกรณ์ทวนสัญญาณความถี่วิทยุ

ระบบสถานีทวนสัญญาณโดยทั่วไปก็คือ สถานีตัวกลางที่ทำหน้าที่ในการรับเอาสัญญาณความถี่จากสถานีลูกข่ายความถี่หนึ่งมาทำการขยาย ให้แรงขึ้นแล้วส่งออกอากาศไปอีกความถี่หนึ่ง ช่วยถ่ายทอดสัญญาณให้ระหว่างสถานีสองสถานีที่ไม่สามารถติดต่อกันได้โดยตรง ซึ่งโดยมากจะเป็นระบบอัตโนมัติ ดังนั้นเมื่อต้องการให้การติดต่อสื่อสารครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวางที่สุด จำเป็นที่จะต้องทำการติดตั้งสถานีทวนสัญญาณขึ้นหลาย ๆ แห่งตามต้องการ

2.9 ความคมชัดของสัญญาณในการรับส่งวิทยุมือถือผ่านสถานีทวนสัญญาณ

การพูดคุยติดต่อรับส่งข่าวสารของวิทยุมือถือผ่านทางสถานีทวนสัญญาณ จะให้เสียงที่คมชัดหรือไม่ ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ ได้แก่

- การเลือกใช้ระบบสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ
- การเบี่ยงเบนความถี่ (Deviation)

2.10 การเลือกใช้ระบบสายอากาศของสถานีทวนสัญญาณ

ดังที่ทราบแล้วว่าเครื่องวิทยุรับส่งแบบมือถือ จะติดต่อสื่อสารด้วยกันโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ ดังนั้นการเลือกใช้สายอากาศ จึงมีความสำคัญมากเพราะสายอากาศคือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับ-ส่งคลื่นวิทยุในส่วน

ของเครื่องวิทยุรับ-ส่ง

โดยทั่วไปจะใช้สายอากาศขนาดเล็กทั้งนี้เพื่อความสวยงามกะทัดรัด สายอากาศแบบนี้มีประสิทธิภาพการทำงานค่อนข้างต่ำ ถ้าหากจะให้มีประสิทธิภาพที่สูงก็จำเป็นต้องใช้สายอากาศที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งไม่เป็นที่นิยมใช้กัน ฉะนั้นในส่วนนี้จึงไม่สามารถที่จะแก้ไขอะไรได้ ในทางกลับกัน สายอากาศของสถานีทวนสัญญาณสามารถเลือกใช้ตามความต้องการ ซึ่งจะว่ากันไปแล้วสายอากาศที่ใช้ก็มีกันอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันกับสถานีทวนสัญญาณมีอยู่ 2 ชนิด คือ

- สายอากาศแบบรอบตัว(Omnidirectional Antenna) หมายถึงสายอากาศที่จะทำการส่งและรับคลื่นวิทยุได้ทุกทิศทางรอบตัวเอง
- สายอากาศแบบมีทิศทาง(Sector Antenna) หมายถึงสายอากาศที่จะส่งและรับคลื่นวิทยุได้บางทิศทางเท่านั้น มีอยู่ 2 ชนิด คือ

แบบ 120 องศา ซึ่งรับคลื่นวิทยุได้ในแนว 120 องศา รอบตัวเอง

แบบ 60 องศา ซึ่งรับส่งได้ในแนว 60 องศา รอบตัวเอง

โดยที่คลื่นวิทยุที่จะส่งออกอากาศมีกำลังอยู่จำนวนหนึ่ง ถ้าใช้สายอากาศแบบรอบตัวกำลังที่มีอยู่จะกระจายไปทุกทิศทาง ทำให้ไม่มีความแรง ส่งผลให้การติดต่อไม่คมชัด แต่ถ้าใช้สายอากาศแบบทิศทาง 120 องศา กำลังที่มีอยู่จะอัดตัวกันแน่นขึ้น และจะกระจายไปเฉพาะบางทิศทาง ส่งผลให้การติดต่อคมชัดขึ้น สายอากาศแบบทิศทาง 60 องศา จะให้ผลทำนองเดียวกัน แต่กำลังคลื่นจะอัดแน่นยิ่งขึ้นไปอีก อนึ่งเมื่อใช้สายอากาศแบบทิศทางมักจะต้องใช้หลายๆตัวประกอบกัน เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ได้มากที่สุด

ที่กล่าวมาเป็นการพิจารณาเมื่อสถานีทวนสัญญาณส่งคลื่นไปหาเครื่องวิทยุรับส่ง อย่างไรก็ตามเมื่อสถานีทวนสัญญาณรับคลื่นจากเครื่องวิทยุรับส่งบ้าง กรณีจะเป็นเช่นเดียวกันเพราะสายอากาศเหล่านี้ใช้ได้ทั้งการรับและการส่ง โดยสรุปแล้วสายอากาศแบบทิศทาง 60 องศา จะให้ความคมชัดของสัญญาณสูงสุดตามด้วยแบบทิศทาง 120 องศา และแบบรอบตัวตามลำดับ

2.11 การเบี่ยงเบนความถี่ (Deviation)

ระบบเครื่องวิทยุรับส่งมือถือ อาศัยการรับส่งคลื่นแบบเอฟเอ็ม (FM) ในการรับส่งคลื่นแบบเอฟเอ็ม(FM) ปัจจัยสำคัญที่กำหนดความคมชัด คือ สิ่งที่เราเรียกว่า การเบี่ยงเบนความถี่ เมื่อคลื่น FM ที่ส่งออกไปมีการเบี่ยงเบนความถี่น้อยจะทำให้สัญญาณเสียงที่รับฟังจากเครื่องรับวิทยุ มีความคมชัดน้อยตามไปด้วย ถ้าคลื่น FM ที่ส่งออกไปมีการเบี่ยงเบนความถี่สูง สัญญาณเสียงที่รับฟังจากเครื่องรับจะมีความคมชัดดีขึ้น

นอกจากนี้การเบี่ยงเบนของความถี่ยังมีผลต่อรัศมีการให้บริการอีกด้วย โดยระบบที่มีการเบี่ยงเบนความถี่สูงจะมีรัศมีการให้บริการกว้างกว่า เหตุผลในเรื่องนี้มีง่าย ๆ และสืบเนื่องมาจากสาเหตุเดียวกับเรื่องความคมชัดกล่าวคือ ที่ระยะในการติดต่อไกลเท่ากัน ระบบที่มีการเบี่ยงเบนสูงจะติดต่อได้ระยะทางที่ไกลกว่า ซึ่งหมายถึงว่ารัศมีการให้บริการกว้างกว่านั่นเอง

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 การทำงานของอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ ซึ่งมีการทำงานใน 3 โหมดคือ

1. โหมดการใช้งานของระบบโทรศัพท์เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย)

จากรูปที่ 3.1 เมื่อมีการเรียกเข้ามาของโทรศัพท์จากภายนอก ส่วนของการตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่งเรียกจะส่งสัญญาณไปบอกส่วนควบคุมและประมวลผลกลางว่ามีการเรียกเข้ามา ส่วนควบคุมและประมวลผล กลางจะส่งสัญญาณไปควบคุมรีเลย์ S3 ให้ "ON" เพื่อให้สัญญาณเสียงกริ่งเรียกถูกส่งออกไปบอกลูกข่ายให้ทราบว่ามีการเรียกเข้ามา เมื่อลูกข่ายทราบว่ามีการเรียกเข้ามาและพร้อมทำการสนทนา ก็จะทำการส่งรหัสมาบอกส่วนควบคุมและประมวลผลกลางผ่านส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF เพื่อแสดงความพร้อมในการสื่อสาร เมื่อส่วนควบคุมและประมวลผลกลางได้รับการตอบรับจากลูกข่ายแล้วก็จะสั่งให้ S3 "OFF", S1 และ S2 "ON" (มีสถานะคล้ายกับการยกหูโทรศัพท์ และ S1 "ON" เพื่อตรวจจับสัญญาณไม่ว่างจากชุมสาย กรณีระบบโทรศัพท์ทำการวางหูก่อน) ลูกข่ายก็สามารถสนทนากับโทรศัพท์ได้ เมื่อต้องการยกเลิกการติดต่อ ลูกข่ายก็จะทำการกด รหัสยกเลิกการติดต่อมายังส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF หรือถ้าระบบโทรศัพท์วางสายก่อน ก็จะมีสัญญาณจากส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างเข้ามา เมื่อส่วนควบคุมและประมวลผลกลางตรวจพบก็จะสั่งให้ S1 และ S2 "OFF" ก็จะสิ้นสุดการติดต่อในโหมดนี้

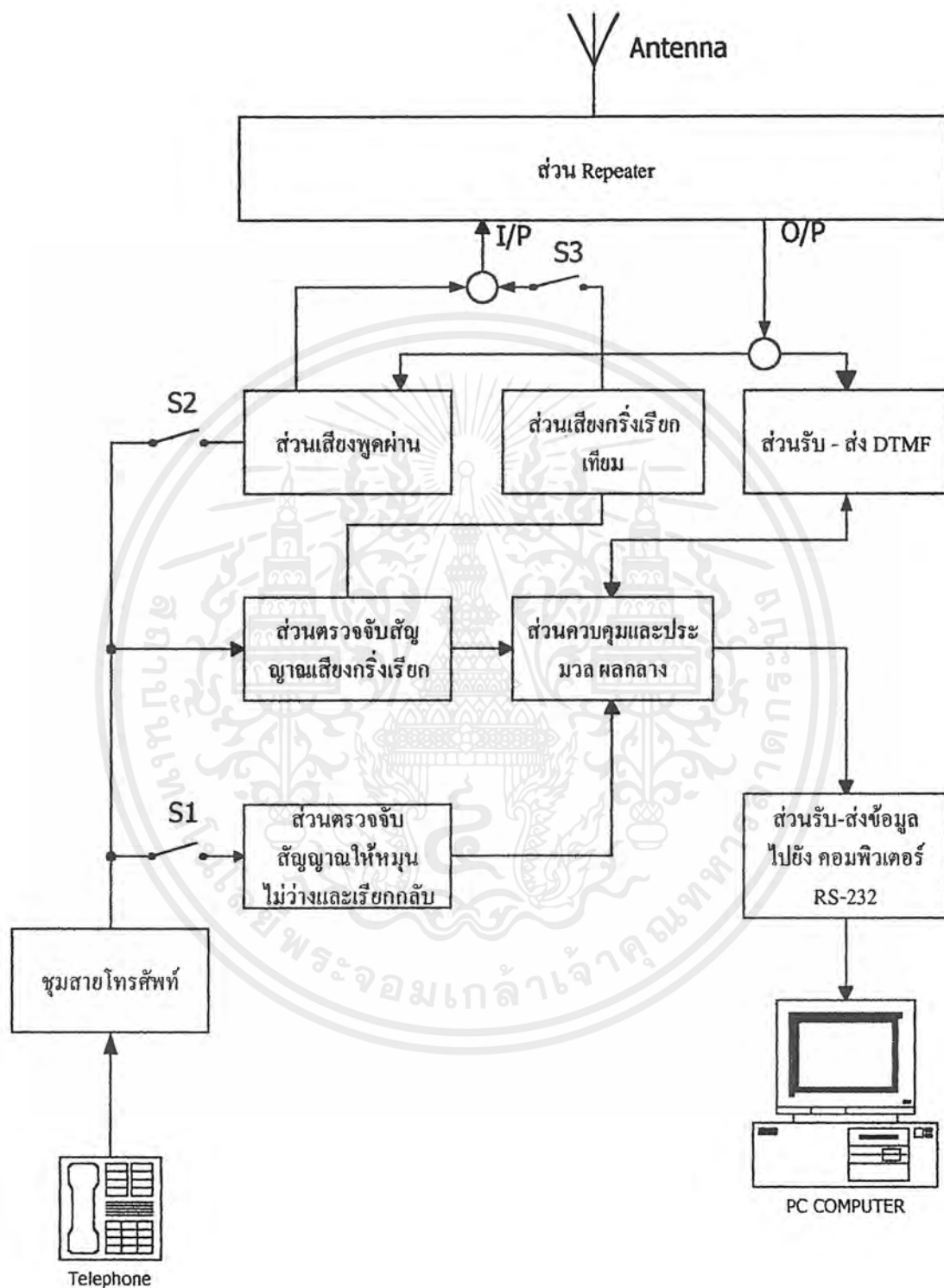
2. โหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบโทรศัพท์

จากรูปที่ 3.1 เมื่อลูกข่ายต้องการติดต่อกับโทรศัพท์ภายนอก ก็จะทำการกดรหัสร้องขอการติดต่อในโหมดนี้มายังส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF และเมื่อส่วนควบคุมและประมวลผลกลางตรวจพบก็จะสั่งให้ S1 "ON" เพื่อตรวจสอบสถานะของคู่สายโทรศัพท์ เมื่อพบสัญญาณให้หมุน ก็จะสั่งให้ S2 "ON" เพื่อส่งสัญญาณให้หมุนไปให้ลูกข่าย เมื่อลูกข่ายได้รับสัญญาณให้หมุนก็ทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ปลายทางที่ต้องการติดต่อผ่านมายังส่วน Repeater และส่วนเสียงพูดผ่านไปยังชุมสาย และทำการตรวจสอบว่าเป็นสถานะว่าง หรือไม่ว่าง ถ้าไม่ว่างจะสั่งให้ S1,S2 "OFF" และ "ON" S1 เพื่อทำการส่งหมายเลขซ้ำอีก 2 ครั้ง และถ้ายังไม่ว่างอีกก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างไปบอกลูกข่าย ให้ยกเลิกการติดต่อ และถ้าว่างก็ให้ส่งสัญญาณเรียกกลับไปที่ลูกข่ายทราบ และเมื่อมีผู้รับสายก็สามารถสนทนาได้ ได้ เมื่อต้องการยกเลิกการติดต่อ ลูกข่ายก็จะทำการกด รหัสยกเลิกการติดต่อมายังส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF หรือถ้าระบบโทรศัพท์วางสายก่อน ก็จะมีสัญญาณจากส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างเข้ามา เมื่อส่วนควบคุมและประมวลผลกลางตรวจพบก็จะสั่งให้ S1 และ S2 "OFF" ก็จะสิ้นสุดการติดต่อในโหมดนี้

3. โหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย)

จากรูปที่ 3.1 เมื่อลูกข่ายต้องการติดต่อกับลูกข่ายในโหมดนี้จะทำหน้าที่เป็นชุดทวนสัญญาณ จะทำให้ระยะในการติดต่อเพิ่มขึ้น การติดต่อในโหมดนี้ทำได้โดย ลูกข่ายทำการส่งรหัสร้องขอการติดต่อในโหมดนี้ (กด

รหัสแสดงสถานะขง) ผ่านส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF เพื่อบอกให้ส่วนควบคุมทราบ และเมื่อต้องการยกเลิกก็ส่งรหัสยกเลิกมาบอกแก่ส่วนควบคุม การติดต่อในโหมดนี้ก็สิ้นสุดลง



รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ

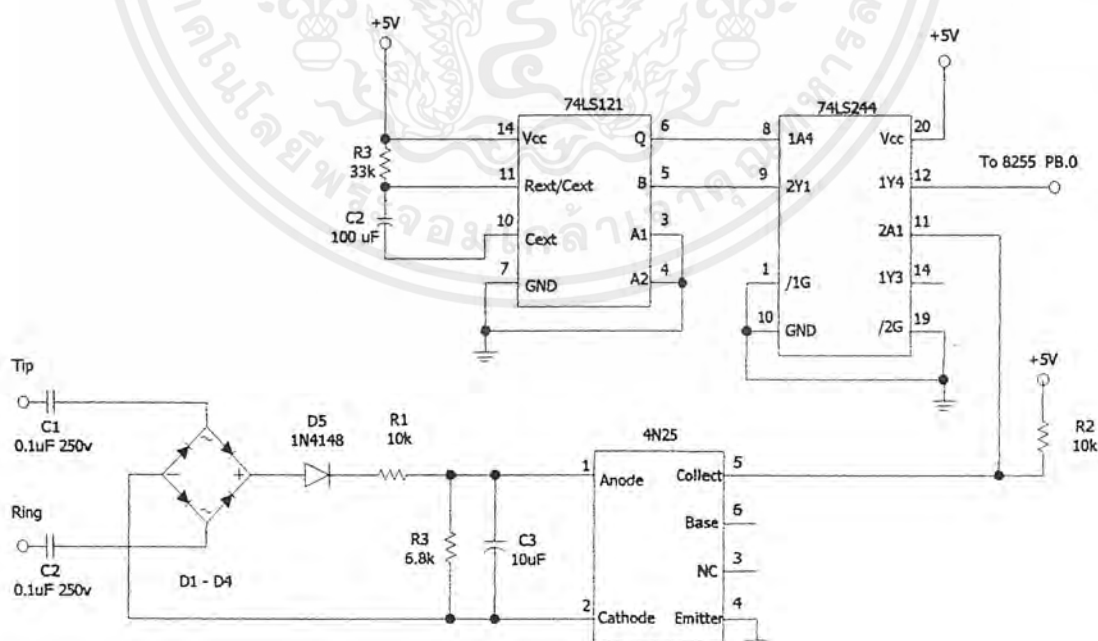
3.2 หลักการทำงานของวงจรต่าง ๆ

จากบล็อกไดอะแกรม รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่งเรียก
2. ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน สัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ
3. ส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง
4. ส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF
5. ส่วนของวงจรตัดต่อคู่สายโทรศัพท์
6. ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ
7. ส่วนของชุดทวนสัญญาณ
8. ส่วนของตัวลูกข่าย

3.2.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่งเรียก

เป็นส่วนที่ตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่งเรียกที่มีผู้เรียกเข้ามา ซึ่งอยู่ในโหมดการใช้งานของระบบโทรศัพท์เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) ส่วนนี้เป็นส่วนที่ต่อโดยตรงกับคู่สายโทรศัพท์ เมื่อมีการเรียกเข้ามาสัญญาณจากคู่สาย (Ringing Tone) จะมีค่าประมาณ 100 V_{AC} จะถูกต่อผ่านเข้ามายังวงจรบริคไดโอด เพื่อจัดชั่วแรงดันสัญญาณให้ตรงตามการใช้งาน โดยแรงดันบวกจะออกมาจากขั้วแอนดของไดโอด D5 และ R1 ทำหน้าที่จำกัดแรงดันและกระแสให้น้อยลง เพียงพอที่จะขับให้ LED ภายใน IC 4N25 ซึ่งเป็นไอซีออปโตคัปเบิล ทำการเชื่อมต่อสัญญาณด้วยแสงไปเข้าไอซี 74LS244 เป็นตัวรับให้สัญญาณมีความ



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่งเรียก

เที่ยงตรงและใช้ไอซีเบอร์ 74LS121 ซึ่งเป็นไอซีโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเตอร์ เป็นตัวเปรียบเทียบกับสัญญาณ เมื่อมีสัญญาณเสียงกริ่งเรียกเข้ามา จะได้เอาท์พุทเป็นลอจิก "1" แล้วส่งต่อไปยังส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง เพื่อบอกสถานะว่ามีการเรียกเข้ามา

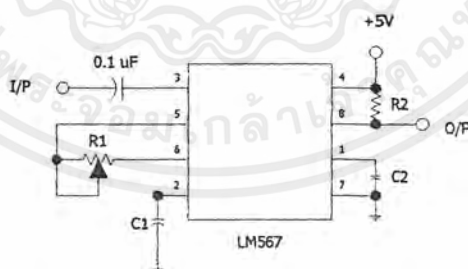
3.2.2 ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมูน สัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ

เป็นส่วนที่ใช้ในโหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบโทรศัพท์ คือทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณให้หมูน เมื่อลูกข่ายต้องการโทรออก ส่วนควบคุมและประมวลผลกลางจะทำการตรวจสอบสถานะของสายโทรศัพท์ว่ามีสัญญาณให้หมูนหรือไม่ ก่อนที่จะให้ลูกข่ายส่งหมายเลขปลายทาง และตรวจจับสัญญาณว่างหรือไม่ว่างของสายหลังจากทำการส่งหมายเลข และตรวจสอบสัญญาณเรียกกลับหลังจากได้รับสัญญาณว่าง วงจรในส่วนนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมูน ส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างและส่วนตรวจจับเรียกกลับ

หลักการทำงานและออกแบบของวงจรส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมูน

สัญญาณให้หมูนที่ส่งออกมาจากชุมสายขององค์การโทรศัพท์จะเป็นสัญญาณความถี่ 400 Hz ต่อเนื่องกันมา ดังนั้นในการออกแบบจะใช้ไอซีเฟสล็อกลูป (Phase lock loop) เบอร์ LM567 Tone Decoder ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณให้หมูน ความถี่ที่ทำการตรวจจับจะขึ้นอยู่กับขนาดของคาปาซิเตอร์ และความต้านทานที่ต่ออยู่ระหว่างขา 5 และขา 6 ของไอซี LM567 ซึ่งจะต้องทำการปรับจูนความถี่ให้อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 400 Hz

การที่ส่วนของวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมูนที่ใช้ไอซีเฟสล็อกลูป เบอร์ LM567 จะสามารถตรวจจับสัญญาณให้หมูนได้นั้น เราจำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับวงจรซึ่งประกอบด้วย R_1 , C_1 , C_2 และ C_3 ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการต่อวงจรของ IC Phase Lock Loop LM567

โดยค่า R_1 และ C_1 จะต้องมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$f_0 = \frac{1}{1.1 R_1 C_1}$$

โดยที่ค่า f_0 คือค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตซึ่งก็คือสัญญาณให้หมุนที่เราต้องการตรวจจับนั่นเอง ซึ่งจะมีค่าความถี่เท่ากับ 400 Hz

จากคุณสมบัติของไอซี LM567 ที่ได้กำหนดให้ค่า R_1 ที่ทำให้วงจรทำงานอย่างมีเสถียรภาพควรมีค่าอยู่ในช่วง 2-20 กิโลโอห์ม เพื่อให้ได้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดีที่สุด ดังนั้นเมื่อเราทราบค่าสัญญาณความถี่อินพุตซึ่งเท่ากับ 400 เฮิรตซ์ และกำหนดค่า $C_1 = 0.47$ ไมโครฟารัด ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด จากสมการ เราสามารถหาค่า R_1 ได้ดังนี้

$$R_1 = \frac{1}{1.1 \times 400 \times 0.47 \times 10^{-6}} = 4.84 \text{ k}\Omega$$

ซึ่งจากค่าความต้านทาน R_1 ที่ได้ เพื่อความสะดวกในการปรับจูนความถี่จะเลือกใช้เป็นความต้านทานแบบปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม เนื่องจากความถี่ของสัญญาณให้หมุนในแต่ละชุดสายโทรศัพท์อาจจะมีค่าแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ทำให้เราสามารถปรับแต่งค่า R_1 เพื่อให้วงจรสามารถจับสัญญาณความถี่ที่ต้องการได้

ส่วนค่า C_2 และ C_3 จะที่หน้าที่เป็นตัวกรองความถี่ต่ำของวงจรซึ่งจะสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$C_2 = \frac{130}{f_0}$$

$$C_2 = \frac{260}{f_0}$$

จากสัญญาณความถี่อินพุตที่เป็นสัญญาณให้หมุนมีค่าประมาณ 400 Hz ก็จะสามารถหาค่า C_2 และ C_3 ได้ดังนี้

$$C_2 = \frac{130}{f_0} = \frac{130}{400} = 0.325 \mu\text{F}$$

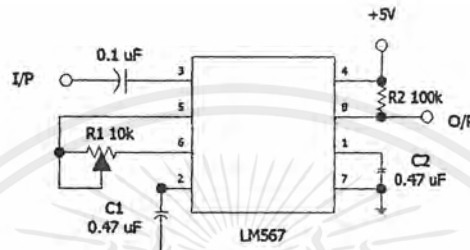
$$C_3 = \frac{260}{f_0} = \frac{260}{400} = 0.650 \mu\text{F}$$

เนื่องจากคาปาซิเตอร์ค่าดังกล่าวไม่มีขายในท้องตลาดจึงเลือกค่า $C_2 = 0.47$ ไมโครฟารัด และค่า $C_3 = 1$ ไมโครฟารัด ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด

เมื่อเรากำหนดหาค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการได้แล้ว ก็นำไปต่อในวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุน โดยนำค่า C_1 มาต่อกับขาที่ 6 ส่วนค่า C_2 ต่อเข้ากับขาที่ 2 และ C_3 ต่อเข้ากับขาที่ 1 ลงกราวด์ หลังจากนั้น

นำค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ R_1 มาต่ออนุกรมกับขาที่ 5 และขาที่ 6 ของไอซีเฟสล็อกกลูป LM567 และทำการปรับค่าความต้านทานให้มีค่าประมาณ 4.84 กิโลโอห์ม ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุนจะมีการทำงานดังนี้

เมื่อมีสัญญาณให้หมุนที่มีความถี่ 400 Hz ส่งมาจากขั้วสายโทรศัพท์ผ่านหม้อแปลง 600 โอห์มเข้ามา ถ้าวางวงจรจับสัญญาณให้หมุนได้เอาท์พุทที่ขา 8 ของไอซี LM567 ที่ปรกติจะเป็นลอจิก 1 ก็จะเป็นลอจิก 0 ผ่านไปยังไอซีอินเวอร์เตอร์ 74LS14 ซึ่งจะกลับลอจิกจาก 0 เป็น 1 ส่งไปยังส่วนควบคุมและประมวลผล และเอาท์พุทที่ขา 8 จะเปลี่ยนเป็นลอจิก 1 เมื่อสัญญาณให้หมุนหายไป



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุน

หลักการทํางานและออกแบบของวงจรส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างและเรียกกลับ

หลังจากที่ถูกข่ายทำการกดหมายเลขที่ต้องการติดต่อไปยังขั้วสาย ก็จะมีสัญญาณควบคุมอยู่สองสัญญาณที่ส่งออกมาจากขั้วสายโทรศัพท์ เพื่อแจ้งให้ทราบว่ามีหมายเลขที่เราต้องการติดต่อด้วยนั้นสามารถติดต่อได้หรือเปล่า ซึ่งสัญญาณนั้นก็คือนสัญญาณเรียกกลับ (Ringback tone) และสัญญาณไม่ว่าง (Busy tone) โดยถ้าปลายทางของหมายเลขที่ถูกข่ายไม่ว่างขั้วสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างกลับมา เมื่อตรวจพบสัญญาณไม่ว่างส่วนควบคุมและประมวลผลกลางจะส่งสัญญาณไปบอกให้ถูกข่ายทำการวางหูและขั้วสายโทรศัพท์ใหม่เพื่อส่งสัญญาณ DTMF ที่เป็นหมายเลขปลายทางที่ต้องการติดต่อด้วยอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้สัญญาณไม่ว่างในระบบโทรศัพท์ก็จะสามารถเกิดจาก เมื่อผู้สนทนาทั้ง 2 ฝ่ายเสร็จสิ้นการสนทนาและทำการวางหูฟังลงก็จะทำให้เกิดสัญญาณไม่ว่างขึ้นเหมือนกัน โดยสัญญาณไม่ว่างจะมีความถี่ประมาณ 400 Hz ดังแล้วหยุดทุก ๆ 0.5 วินาที แต่ถ้าคู่สายของหมายเลขที่ถูกข่ายว่างขั้วสายก็จะส่งสัญญาณเรียกกลับมา โดยสัญญาณเรียกกลับจะมีความถี่ประมาณ 400 Hz เหมือนกัน แต่จะมีคาบเวลามากกว่าคือจะดัง 1 วินาทีแล้วเงียบ 4 วินาที

การออกแบบวงจรของส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างจะอาศัยการทำงานของไอซีเฟสล็อกกลูป เบอร์ LM567 ซึ่งสามารถปรับจูนความถี่ให้อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 400 Hz ของสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ที่ต่ออยู่ระหว่างขาที่ 5 กับขาที่ 6 ให้มีค่าประมาณ 4.84 กิโลโอห์ม และใช้ไอซีโมโนสเตเบิลมัลติไวเบเรเตอร์ (Monostable multivibrator) แบบทริกซ์เบอร์ 74LS123 จำนวน 2 ชุด ทำหน้าที่เป็นตัวออครหัสของ

สัญญาณที่เข้ามาว่าเป็นสัญญาณเรียกกลับหรือสัญญาณไม่ว่าง โดยอาศัยคาบเวลาที่แตกต่างกันของสัญญาณทั้งสอง เพื่อบอกให้ส่วนควบคุมและประมวลผล กลางทราบ

ในการที่จะทราบว่าสัญญาณไม่ว่างหรือสัญญาณเรียกกลับ จะอาศัยคุณสมบัติการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลแบบทริกซ์ โดยหลักการทำงานของไอซีโมโนสเตเบิลแบบทริกซ์เบอร์ 74LS123 เมื่อวงจรได้รับการกระตุ้นที่ขาอินพุตหรือเกิดการทริกที่อินพุตแล้วจะทำให้เกิดสัญญาณเอาต์พุตที่มีสถานะแรงดันเป็นบวก (5 โวลต์) ที่มีคาบเวลาเท่ากับความกว้างของพัลส์ (Pulse width) ในช่วงเวลาคงที่ (Time constant) และถ้าเกิดการทริกหรือการกระตุ้นซ้ำต่อไปในช่วงเวลาที่น้อยกว่าความกว้างของพัลส์ สัญญาณเอาต์พุตก็เกิดซ้ำต่อไปอีก ในช่วงเวลาที่คงที่อยู่ จะทำให้ระดับเอาต์พุตมีค่าเป็นบวกจากจุดที่มีการทริกต่อไปอีกช่วงเวลาคงที่

การหาค่าพัลส์วิดท์สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการ

$$t_w = KR_{ext}C_{ext}$$

สำหรับไอซีเบอร์ 74LS123 มีเงื่อนไขสำหรับการหาค่า K ดังนี้คือค่า $K = 0.45$ เมื่อค่า $C_{ext} > 1000$ pF และในกรณีที่ค่า $C_{ext} < 1000$ pF จะสามารถหาค่า K ได้จากกราฟ เมื่อเราเลือกค่า $C_{ext} = 100$ ไมโครฟารัด และ $R_{ext} = 29$ กิโลโอห์ม ค่า K ที่ได้ประมาณ 0.45 ดังนั้น t_w ก็สามารถหาค่าได้ดังนี้

โดยที่ค่า $K = 0.45$

$$t_w = 0.45 \times 100 \times 10^{-6} \times 29 \times 10^3 = 1.305 \text{ วินาที}$$

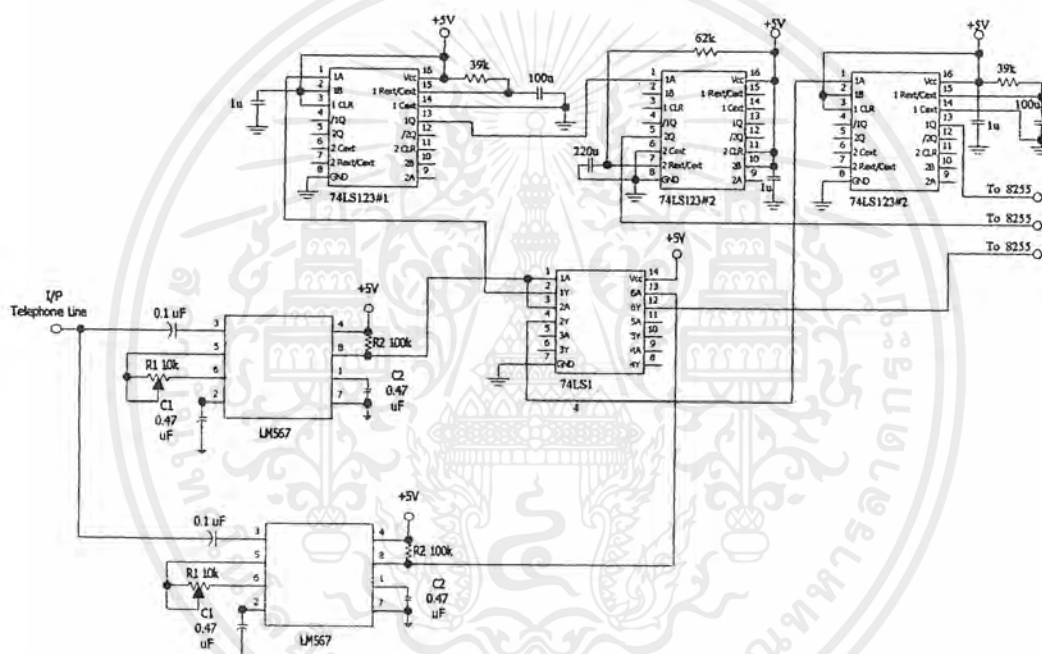
ส่วนค่าของไอซี LS123 ตัวที่สองของชุดแรกและชุดที่สองจะต้องมีค่ามากกว่า 2 วินาที โดยเลือก $C_{ext} = 220$ ไมโครฟารัด และ $R_{ext} = 68$ กิโลโอห์ม

$$t_w = 0.45 \times 220 \times 10^{-6} \times 68 \times 10^3 = 6.732 \text{ วินาที}$$

ดังนั้นจะได้วงจรสมบูรณ์ของส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.5

วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างจะมีการทำงานดังนี้ เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างหรือสัญญาณเรียกกลับที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ เข้ามาที่ขา 3 ของไอซี LM567 จะทำให้เอาต์พุตที่ขา 8 มีสถานะเป็น 0 โวลต์หรือลอจิก 0 แต่ถ้าเป็นสัญญาณความถี่อื่นที่นอกเหนือจากความถี่ที่ได้ปรับจูนไว้ หรือไม่มีสัญญาณใด ๆ สถานะลอจิกที่ขา 8 จะเป็นลอจิก 1 เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างเข้ามา สถานะเอาต์พุตที่ขา 8 ของ LM 567 จะมีสถานะเป็นลอจิก 0 เป็นเวลา 0.5 วินาที และ 5 โวลต์หรือลอจิก 1 ประมาณ 0.5 วินาที หลังจากนั้นนำเอาเอาต์พุตของ LM 567 ไปต่อผ่านไอซี 74LS14 ซึ่งเป็นไอซีอินเวอร์เตอร์ ไปยังไอซี 74LS123 ที่ต่อขนานกันอยู่ 2 ชุด โดยชุดแรกจะประกอบด้วยไอซีโมโนสเตเบิล 2 ตัว ต่ออนุกรมกันอยู่

โดยที่ไอซีตัวแรกจะถูกกำหนดค่าช่วงเวลาคงที่ด้วย R และ C ให้มีค่ามากกว่า 1 วินาทีเล็กน้อย ทำให้เอาต์พุตของไอซี 74LS123 ตัวแรกเป็นลอจิก 0 เป็นผลให้ไอซีตัวที่สองไม่เกิดการทริกทำให้เอาต์พุตเป็นศูนย์ตลอด แต่ดันเป็นสัญญาณเรียกกลับที่มีคาบเวลา 2 วินาทีเข้ามาจะทำให้เกิดการทริกซ้ำที่ไอซี 74LS123 ตัวแรกให้เอาต์พุตเป็น 1 ออกมาทำให้มีสัญญาณไปทริกขา 1 ของไอซีตัวที่ 2 ที่มีค่าช่วงเวลาคงที่มากกว่า 2 วินาทีเป็นผลให้เอาต์พุตเป็น 1 ตลอด ส่วนในชุดที่สองจะประกอบด้วยไอซี 74LS123 ตัวเดียวที่มีคาบเวลามากกว่า 2 วินาที ไม่ว่าจะมีความถี่สัญญาณอะไรเข้ามาก็จะเกิดการทริกซ้ำให้เอาต์พุตออกมาเป็นลอจิก 1 ตลอดเวลา ทำให้เราสามารถเปรียบเทียบได้ว่ามีสัญญาณอะไรเข้ามา สัญญาณที่ออกจากเอาต์พุตของไอซีโมโนสเตเบิลแบบทริกซ้ำทั้งสองชุดจะถูกส่งไปยังส่วนควบคุมและประมวลผลเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงาน

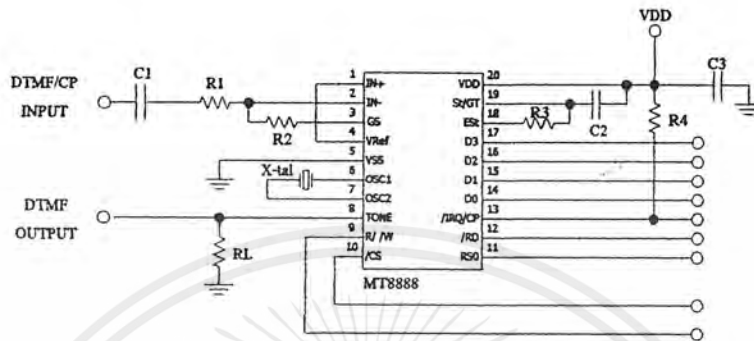


รูปที่ 3.5 ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน สัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ

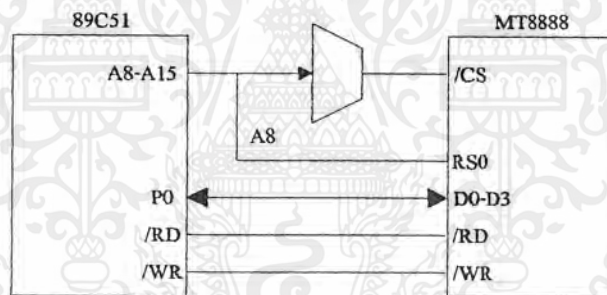
3.2.3 ส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง

ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของแต่ละส่วนให้ทำงานสอดคล้องกัน โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 89C51 ของบริษัท ATMEL ร่วมกับ 8255 เช่น ในโหมดการใช้งานของระบบโทรศัพท์เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) ส่วนควบคุมจะทำการตรวจสอบสถานะว่ามีการเรียกเข้ามาหรือไม่ผ่านทางส่วนตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่งเรียก เมื่อมีการเรียกเข้ามาส่วนควบคุมก็จะสั่งให้ S3 “ON” เพื่อส่งสัญญาณเสียงเรียกเข้าไปบอกลูกข่าย เมื่อลูกข่ายได้รับสัญญาณเสียงเรียกเข้าก็ทำการกดรหัส DTMF “00” (เหมือนกับสถานะยกหูของระบบโทรศัพท์) ส่วนควบคุมก็จะทำการ “ON” S2 เพื่อทำการสุ่มให้ทั้งสองฝ่ายสนทนากันได้ และทำการเช็คว่ามีฝ่ายใดทำการวางหูก่อน โดยให้ S1 “ON” ถ้าระบบ

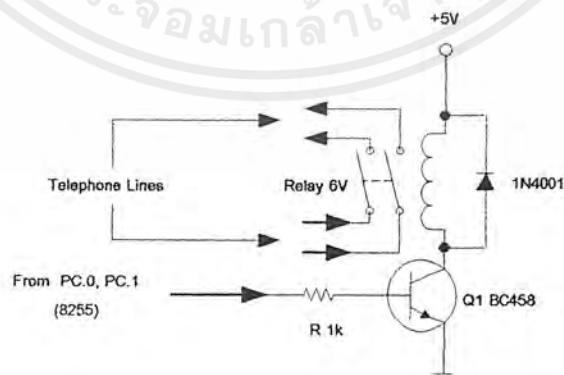
การ เมื่อส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF ตรวจพบ ส่วนควบคุมและประมวลผลกลางก็จะทำการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปให้คอมพิวเตอร์เพื่อทำการบันทึกลงฐานข้อมูล และเมื่อลูกค้าต้องการยกเลิกการติดต่อก็ทำการกดรหัส "11" เมื่อส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF ตรวจพบ ส่วนควบคุมและประมวลผลกลางก็จะทำการยกเลิกการติดต่อในโหมดนี้



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรรับ-ส่ง สัญญาณ DTMF



รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อ MT8888 กับ 89C51



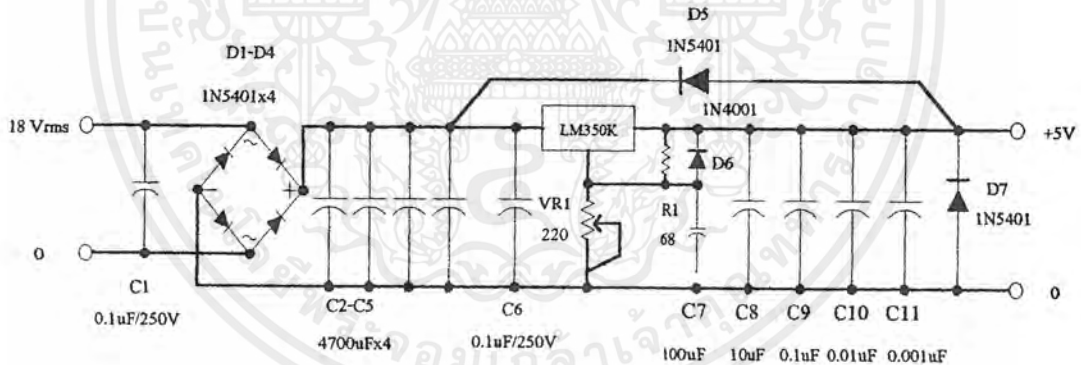
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรตัดต่อคู่สายโทรศัพท์

3.2.5 ส่วนของวงจรตัดต่อคู่สายโทรศัพท์

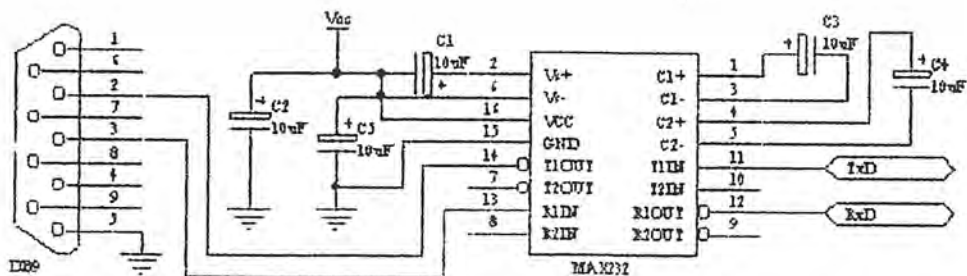
ทำหน้าที่ในการตัดต่อคู่สายโทรศัพท์กับหม้อแปลงคัปปลิงเพื่อทำการคู่สายโทรศัพท์ในการติดต่อผ่านสถานีทวนสัญญาณ ซึ่งประกอบด้วย Relay และ Transistor ดังในรูปที่ 3.9 ส่วนของวงจรตัดต่อคู่สายโทรศัพท์จะทำงานก็ต่อเมื่อส่วนควบคุมส่งสัญญาณมาทริกที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์

3.2.6 ส่วนของวงจรแหล่งจ่ายไฟ

เป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟแรงดัน 5 V_{DC} ใช้ไอซี 3 ขาเบอร์ LM-350K เป็นไอซีเรกูเลเตอร์แบบรูปทรง TO-3 ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับ LM-317 โดยจะสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดถึง 3 แอมแปร์ โดยไม่ต้องมีทรานซิสเตอร์มาช่วยขยายกระแส การทำงานของวงจร เมื่อไฟ AC 220 Vrms ผ่านหม้อแปลง จะถูกหม้อแปลงแปลงแปลงลงมาเหลือ 18 Vrms ผ่านไดโอดบริด ที่ประกอบไปด้วย ไดโอดเบอร์ 1N5401 จำนวน 4 ตัว ไฟที่ได้จะผ่านไปยัง C₂ - C₅ ทำให้ได้ไฟกระแสตรงที่เรียบมากขึ้น โดยใช้ค่าความจุของคาปาซิเตอร์ที่มีค่ามาก ๆ ไฟกระแสตรงที่ได้จะผ่านเข้าไปยัง ไอซี LM350K R1 จะเป็นตัวกำหนดกระแสที่สร้างแรงดันอ้างอิงภายในตัวไอซี ความต้านปรับค่าได้ VR1 เป็นตัวกำหนดแรงดันที่เอาท์พุท สามารถเลือกปรับค่าได้ตั้งแต่ 1.2 - 26 V โดยปรับค่าที่ตัว VR1 ส่วนคาปาซิเตอร์ค่าต่าง ๆ ที่ต่อคร่อมอยู่ทางด้านเอาท์พุท (C8, C9, C10, C11) เป็นตัวกรองสัญญาณรบกวนต่าง ๆ อันอาจมาจากความถี่วิทยุของเครื่องส่ง D6 เป็นตัวช่วยคายประจุให้ C7 ส่วน D5 นั้นใส่ไว้เพื่อป้องกันการคายประจุจากเครื่องใช้ที่ต่อไว้ทางเอาท์พุท ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ตัวไอซีเกิดการเสียหายได้



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ 5 V_{DC}



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรการทำงานของส่วน RS232

3.2.7 ส่วนของ RS-232

ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูลจากส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง ไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านไอซีเบอร์ MAX232 โดยใช้มาตรฐาน RS - 232 ในการส่งข้อมูลเป็นการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส ซึ่งการสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาที่ร่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายเทข้อมูล หรือ บอเดรต (Baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second: bps) การทำงานของวงจร ไอซี MAX232 แบ่งออกเป็นสองด้านคือด้านอินพุตจะมีขา Tx(IN) และ Rx(IN) ในการติดต่อกับส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง ที่ใช้ไอซีเบอร์ 89C51 ผ่านทางพอร์ต 3 ขา Tx และ Rx และด้านเอาต์พุตจะมีขา Tx(OUT) และ Rx(OUT) ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง COMPORT เพื่อทำการเก็บผลการติดต่อที่มีการติดต่อสื่อสารผ่านตัว Interface โดยจะเก็บอยู่ในรูปของฐานข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ในการติดต่อและเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล

3.2.8 ส่วนชุดทวนสัญญาณ

ทำหน้าที่รับ-ส่งสัญญาณ และทำการขยายสัญญาณที่ได้รับจากลูกข่าย เพื่อให้สื่อสารได้ไกลขึ้น ในโหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบโทรศัพท์ และโหมดการใช้งานของระบบโทรศัพท์เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) และยังทำหน้าที่เป็นตัวทวนสัญญาณในโหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่งอีกด้วย ซึ่งในส่วนนี้ได้ใช้ชุดทวนสัญญาณย่านความถี่ 144 - 146 เมกกะเฮิรตซ์ แบบ FM โดยใช้การสื่อสารแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ คือผลัดกันรับ-ส่ง ไม่สามารถพูดสวนทางกันได้

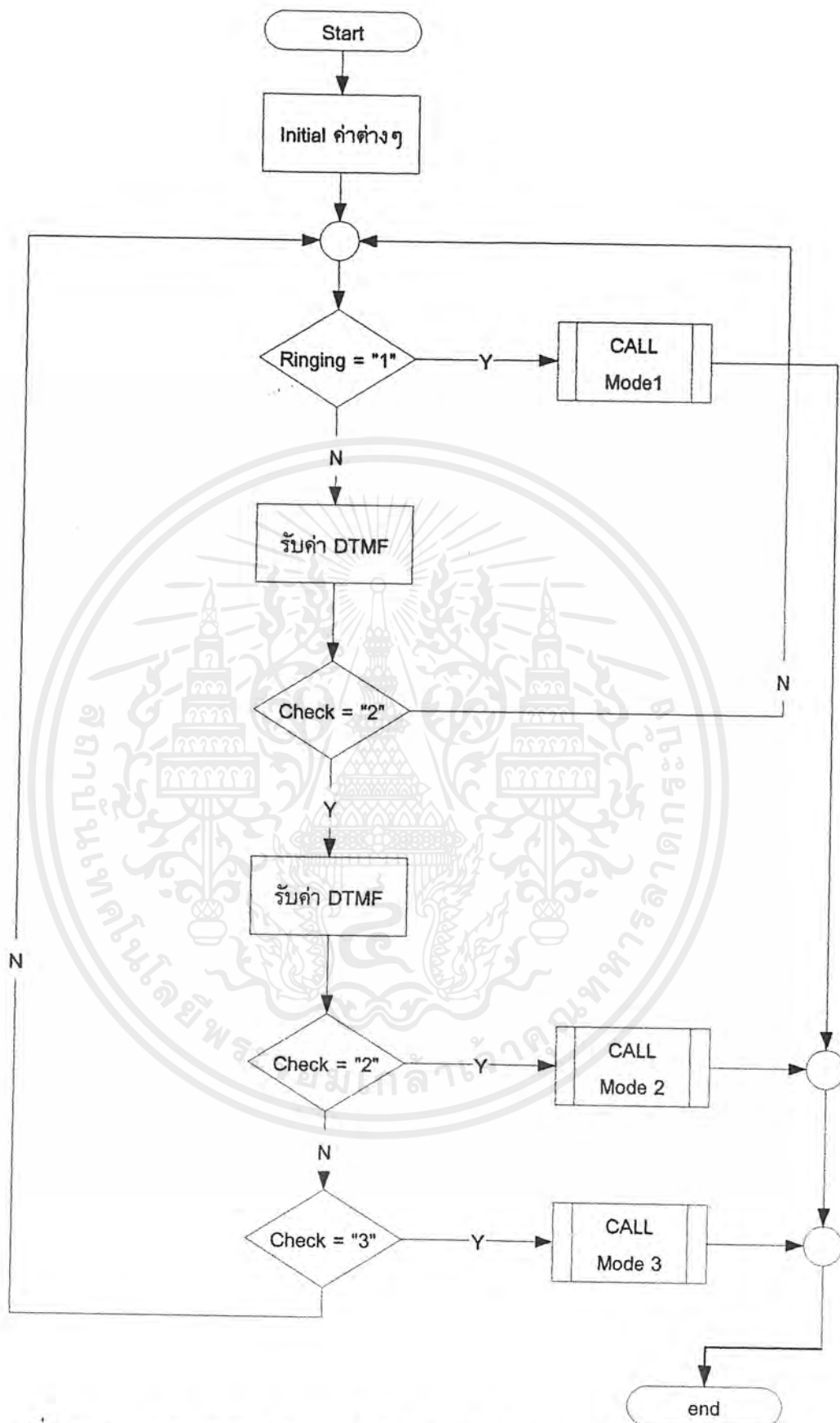
3.2.9 ส่วนของตัวลูกข่าย

เป็นวิทยุรับ-ส่งที่ใช้ในการสื่อสาร มีความถี่ 144 - 146 เมกกะเฮิรตซ์ แบบ FM ซึ่งเป็นย่านช่วงความถี่แคบ หรือที่เรียกว่าย่านกว้างความถี่ 2 เมตร เป็นย่านความถี่ที่กลุ่มนักวิทยุสมัครเล่นใช้ในการสื่อสารกัน และหน่วยงานราชการบางหน่วยงาน

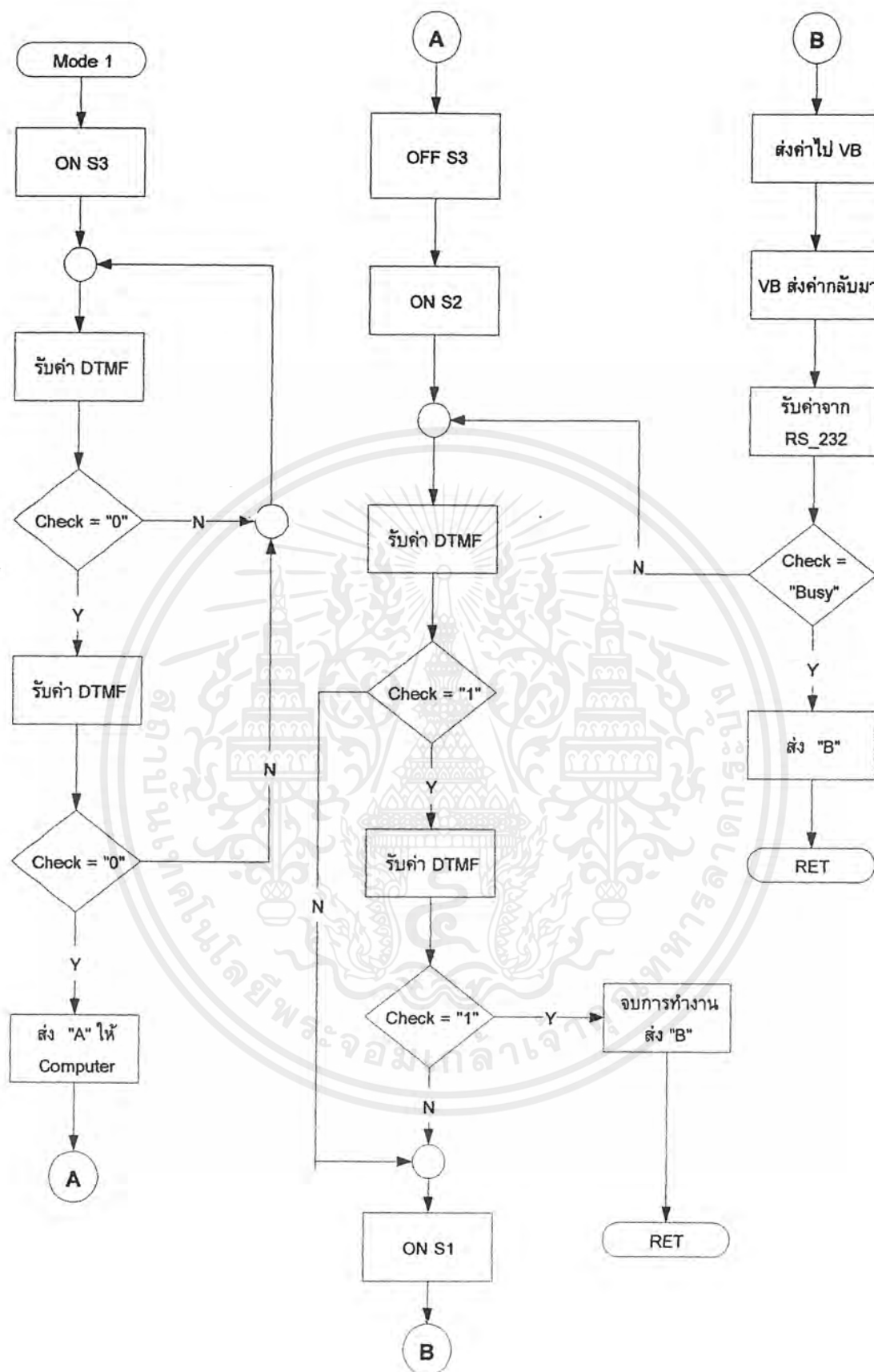
3.3 Flow chart การทำงานของส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง

Flow chart การทำงานของส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง แบ่งออกเป็น 4 ส่วนด้วยกันคือ

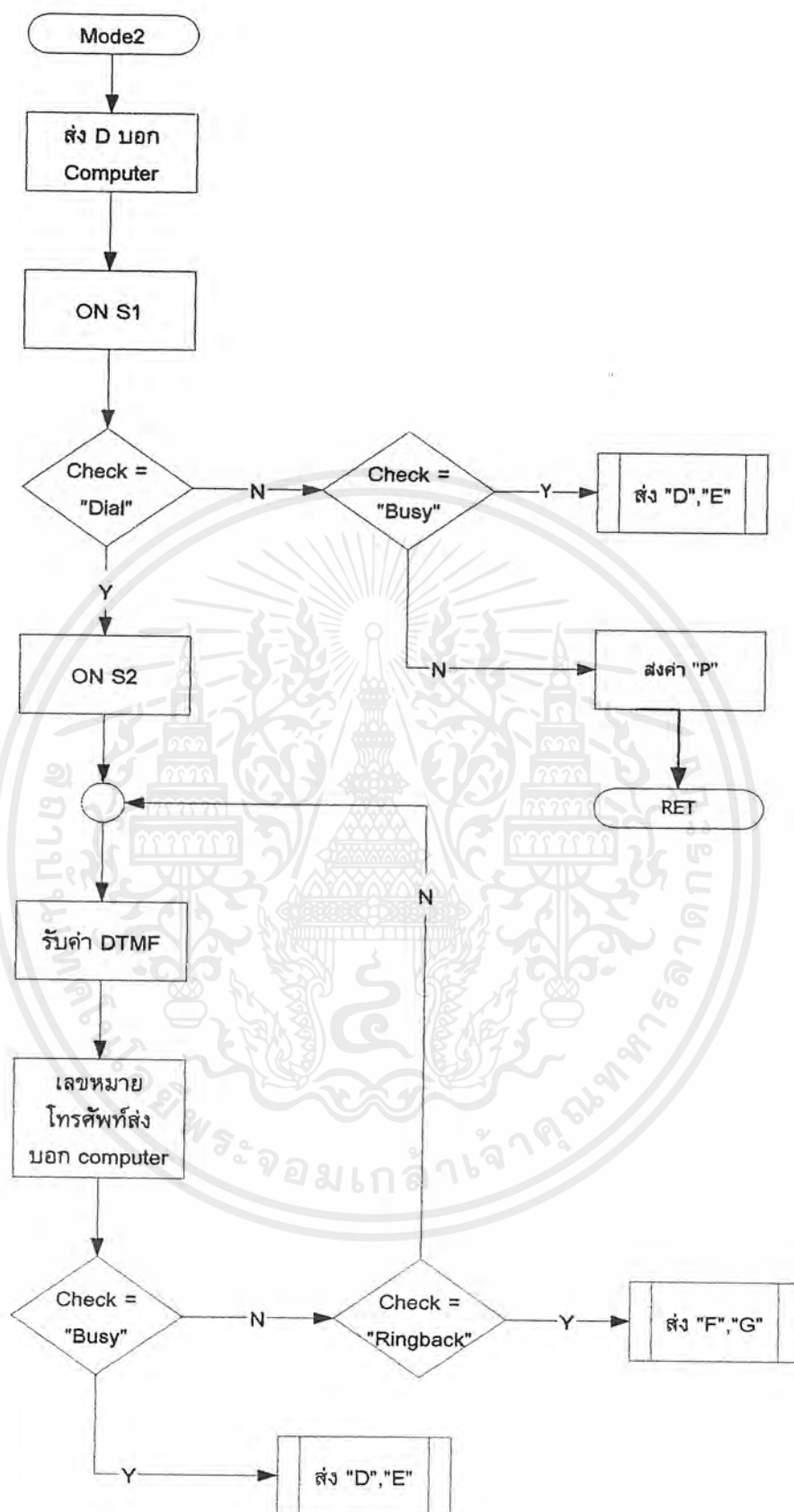
1. Mode 1 โหมดการใช้งานของระบบโทรศัพท์เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย)
2. Mode 2 โหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบโทรศัพท์
3. Mode 3 โหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย)
4. ส่วนส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลและเก็บเข้าฐานข้อมูล



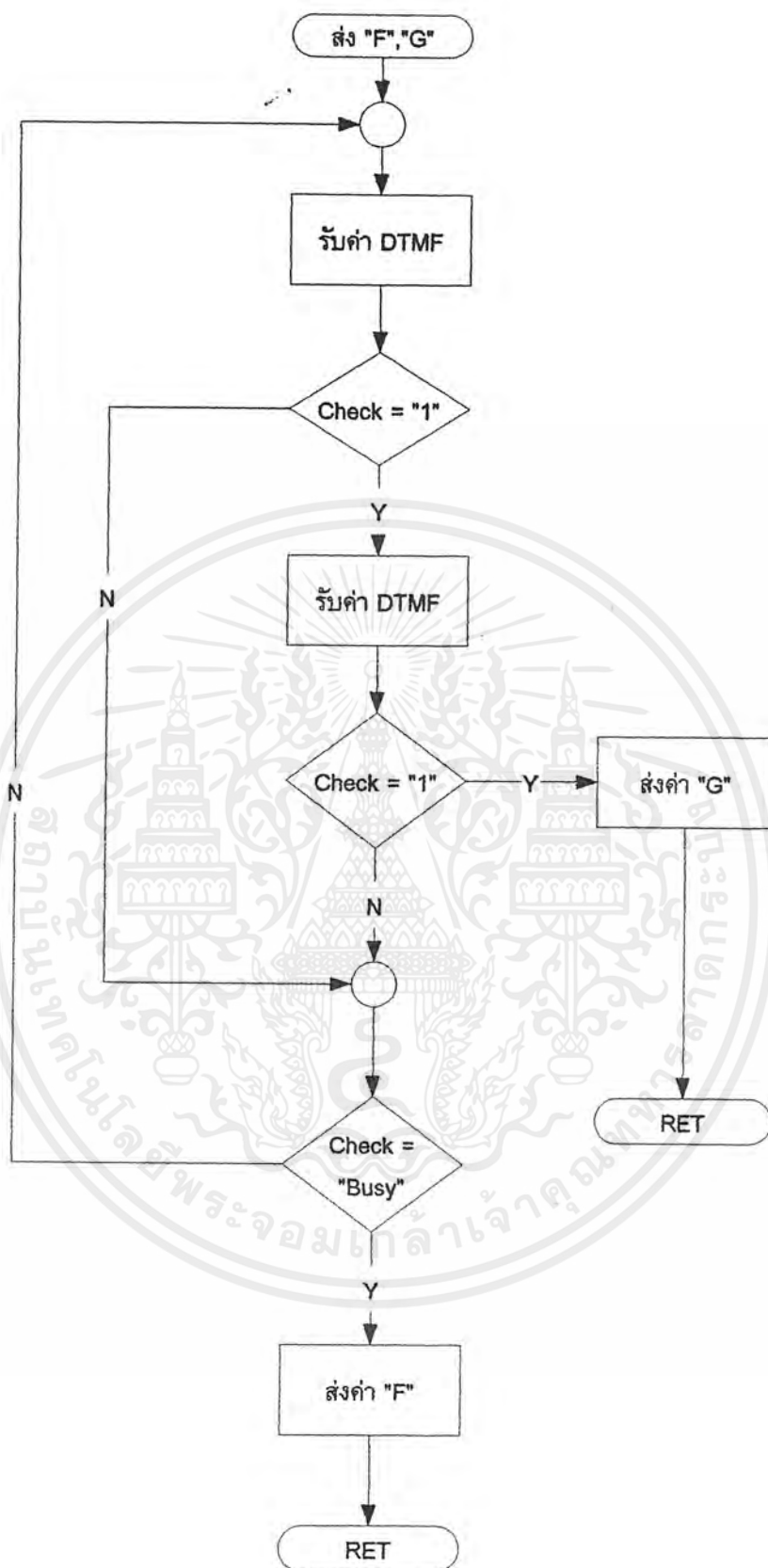
รูปที่ 3.12 Flowchart แสดงหลักการทำงานของส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง



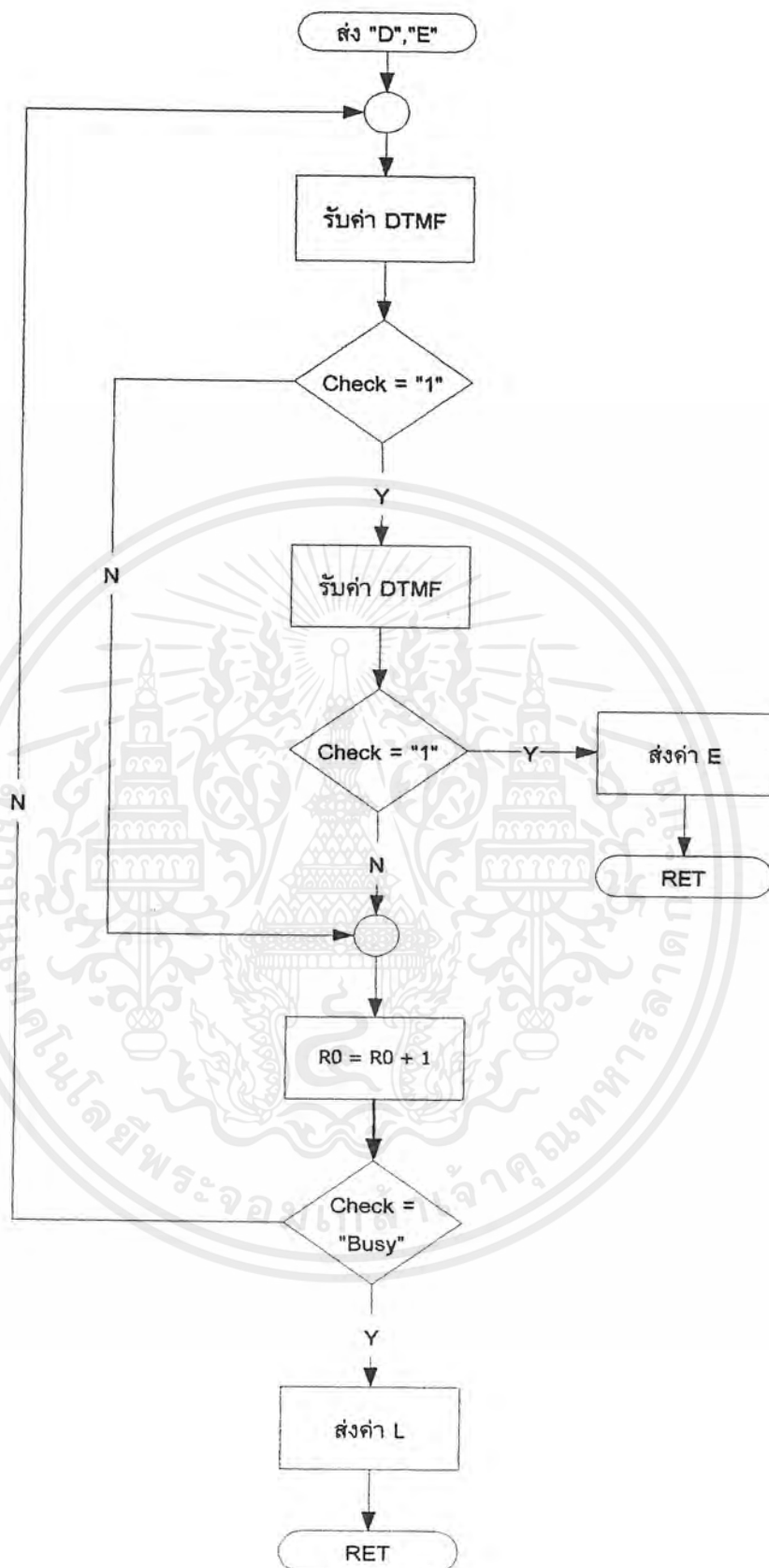
รูปที่ 3.13 Flowchart แสดงการทำงานในโหมดที่ 1



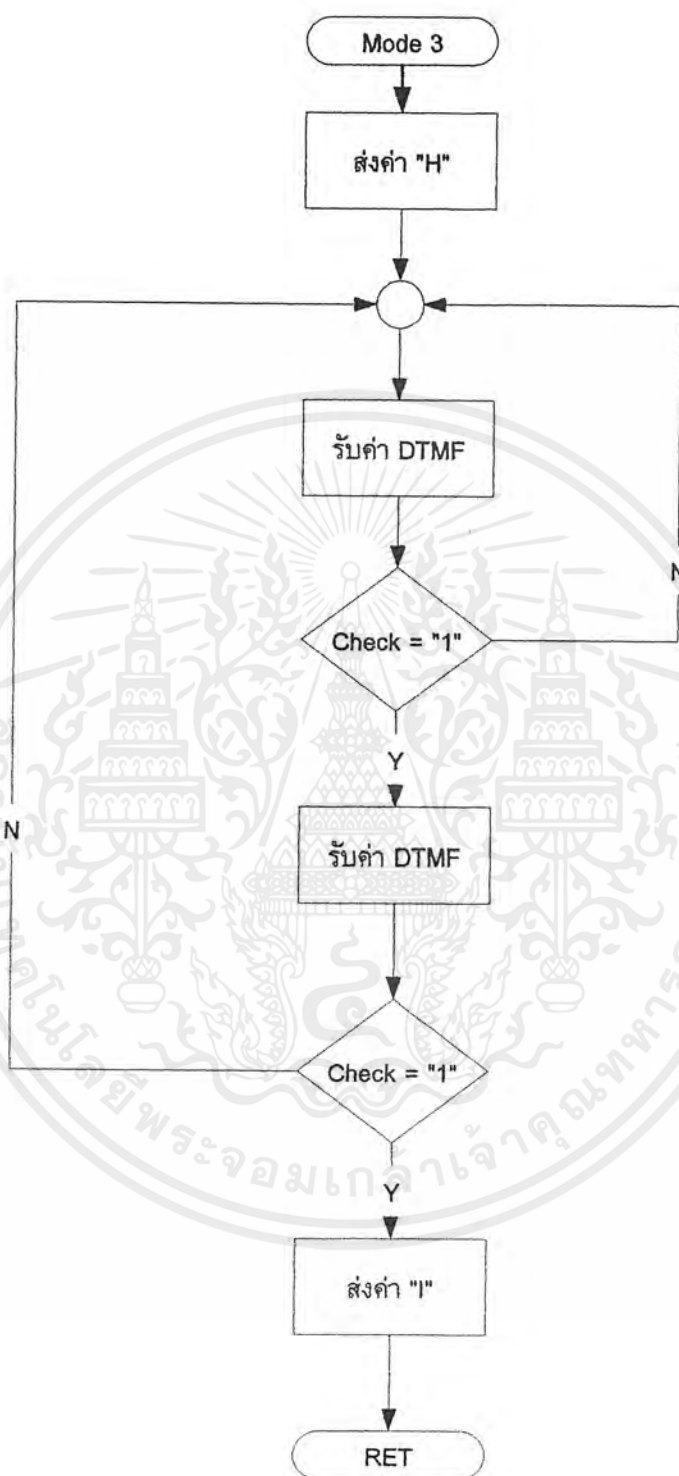
รูปที่ 3.14 Flowchart แสดงการทำงานในโหมดที่ 2



รูปที่ 3.15 Flowchart แสดงการส่งค่าไปยังคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.16 Flowchart แสดงการส่งค่าไปยังคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.17 Flowchart แสดงการทำงานในโหมดที่ 3

3.4 รายละเอียดโปรแกรมของส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง

```

ORG 0000H
LCALL DELAY
LCALL INIT
MOV P0,#82H
MOV P1,#73H
MOV P1,#0FFH
MOV SCON,#52H
MOV TMOD,#22H
MOV TH1,#0FDH
SETB TR1
SETB TB8
MOV A,#00H ;CLEAR ALL SWITCH
MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH
MOV P2,#0FFH
MOV R0,#00H ;COUNTER FOR TIME OUT
MOV R1,#00H
MOV R2,#00H
MOV R3,#00H ;COUNTER FOR DIAL BUSY RINGBACK
MOV R4,#00H ;COUNTER FOR DELAY
MOV R5,#00H
MOV R6,#00H
MOV R7,#00H ;STACK
MAIN: LCALL DELAY2
LCALL CHK_RINGING
CJNE A,#'O',W1
MOV SBUF,A
JNB TI,S
CLR TI
LJMP W8
W1: LCALL CHK_CODE_22
LCALL DELAY1
CJNE A,#'M',W9
LCALL DELAY1
MOV A,#00H ;CLEAR ALL SWITCH
MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH
LCALL MODE2
LJMP MAIN
W9: CJNE A,#'N',W10 ;MODE 3
LCALL DELAY1
MOV A,#'H'
MOV SBUF,A
JNB TI,S
CLR TI
LCALL CHK_CODE_EXIT

```

```

W12:    CJNE  A,#'B',W11
        MOV  A,#'I'
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        LCALL DELAY1
        MOV  A,#00H           ;CLEAR ALL SWITCH
        MOV  P0,A
        MOV  P1,#72H
        MOV  P1,#0FFH
        LJMP MAIN

W11:    CJNE  A,#'X',W12
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        LCALL DELAY1
        MOV  A,#00H           ;CLEAR ALL SWITCH
        MOV  P0,A
        MOV  P1,#72H
        MOV  P1,#0FFH

W10:    LJMP MAIN

W8:     MOV  A,#11H           ;ON S3 AND ENABLE REPEATER
        MOV  P0,A
        MOV  P1,#72H
        MOV  P1,#0FFH

W6:     LCALL CHK_CODE_RING
        CJNE  A,#'Q',WW1      ;CODE 00
        LJMP WW2

WW1:    LJMP W2

WW2:    MOV  A,#'A'           ;START MODE 1
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        MOV  A,#' '
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        MOV  A,#16H           ;OFF S3,ON S1,S2 AND ENABLE REPEATER
        MOV  P0,A
        MOV  P1,#72H
        MOV  P1,#0FFH
        LCALL DELAY2
        LCALL CHK_CODE_EXIT
        LCALL DELAY2
        CJNE  A,#'B',W4       ;RADIO IS HOOK ON
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        MOV  A,#' '
        MOV  SBUF,A

```



```

JNB TI,$
CLR TI
LCALL DELAY1
MOV A,#00H ;CLEAR ALL SWITCH
MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH
LJMP MAIN
W4: CJNE A,#'J',W5 ;TELEPHONE IS HOOK ON
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#' '
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
LCALL DELAY1
MOV A,#00H ;CLEAR ALL SWITCH
MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH
LJMP MAIN
W5: CJNE A,#'X',W7 ;TIME OUT
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#' '
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
LCALL DELAY1
MOV A,#00H ;CLEAR ALL SWITCH
MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH
LJMP MAIN
W2: CJNE A,#'Y',WW3 ;RADIO IS NOT OOK OFF
LJMP WW4
WW3: LJMP W6
WW4: MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#' '
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#00H ;CLEAR ALL SWITCH
MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH

```

W7: LJMP MAIN

***** MODE 2 *****

MODE2:

```

MOV A,#'C'
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#' '
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#04H          : ON S1

```

```

MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH

```

```

LCALL DELAY1
LCALL CLS_REG
LCALL DELAY2

```

CCC3: LCALL CHK_DIAL1
CJNE A,#'T',CCC1
LCALL CLS_REG

LJMP CCC4

CCC1: CJNE A,#'S',CCC2

```

MOV A,#'X'
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#' '
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI

```

```

LCALL DELAY1
LCALL CLS_REG
MOV A,#00H          :CLEAR ALL SWITCH

```

```

MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH

```

```

LCALL DELAY1
RET

```

CCC2: CJNE A,#'R',CCC3

```

LCALL CLS_REG
LJMP CCC3

```

CCC4: LCALL DELAY1

```

MOV A,#'B'
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#' '
MOV SBUF,A
JNB TI,$

```

```

CLR TI
MOV A,#16H          ;OFF S3 ON S1,S2 AND ENABLE
MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH
LCALL DELAY1
LCALL CLS_REG
LCALL DELAY2
CCC9: LCALL READ_DTMF
      CJNE A,#00H,CCC5
      LJMP CCC6
CCC5: MOV SBUF,A
      JNB TI,$
      CLR TI
CCC6: LCALL CHK_DIAL1
      CJNE A,#'S',CCC7
      LCALL CLS_REG
      MOV A,#'E'
      MOV SBUF,A
      JNB TI,$
      CLR TI
      MOV A,#' '
      MOV SBUF,A
      JNB TI,$
      CLR TI
      MOV A,#00H      ;CLEAR ALL SWITCH
      MOV P0,A
      MOV P1,#72H
      MOV P1,#0FFH
      LCALL DELAY1
      RET
CCC7: CJNE A,#'R',CCC8
      LCALL CLS_REG
      MOV A,#'F'
      MOV SBUF,A
      JNB TI,$
      CLR TI
      MOV A,#' '
      MOV SBUF,A
      JNB TI,$
      CLR TI
      LCALL CHK_TIME_RINGBACK
      RET
CCC8: CJNE A,#'T',CCC9
      LCALL CLS_REG
      LJMP CCC9
CCC10: RET
;***** CHK_TIME_RINGBACK *****
CHK_TIME_RINGBACK:
      NOP

```



```

LCALL CLS_REG
LCALL DELAY2
G3: LCALL CHK_DIAL1
CJNE A,#'R',G1
LCALL CLS_REG
MOV R0,#00H
LJMP G1
G1: CJNE A,#'S',G4
LCALL CLS_REG
MOV R0,#00H
MOV A,#'D' ;TELEPHONE IS HOOK ON
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#' '
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#00H ;CLEAR ALL SWITCH
MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH
LCALL DELAY1
RET
G4: CJNE A,#'4',G3
INC R0
CJNE R0,#2AH,G3
MOV R0,#00H
MOV A,#'O'
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#'K'
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#' '
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
LCALL CHK_CODE_EXIT
LCALL DELAY2
CJNE A,#'B',G5 ;RADIO IS HOOK ON
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
LCALL DELAY1
MOV A,#00H ;CLEAR ALL SWITCH
MOV P0,A
MOV P1,#72H

```

```

MOV P1,#0FFH
RET
G5: CJNE A,#'J',G6 ;TELEPHONE IS HOOK ON
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
MOV A,#' '
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
LCALL DELAY1
MOV A,#00H ;CLEAR ALL SWITCH
MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH
RET
G6: CJNE A,#'X',G7 ;TIME OUT
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
LCALL DELAY1
MOV A,#00H ;CLEAR ALL SWITCH
MOV P0,A
MOV P1,#72H
MOV P1,#0FFH
G7: RET
;***** CHK_RINGING *****
CHK_RINGING:
LCALL DELAY2
MOV A,P2
ANL A,#01H
CJNE A,#00H,A1
LCALL DELAY1
INC R2
CJNE R2,#20H,A1 ;IF R2=60H IS RINGING
MOV A,#'O'
MOV R2,#00H
RET
A1: MOV A,#'L'
RET
;***** CODE 22 *****
CHK_CODE_22:
LCALL DELAY1
AA1: LCALL READ_DTMF
CJNE A,#'2',AA4
AA2: LCALL READ_DTMF
CJNE A,#'2',AA3
MOV A,#'M'
AA4: RET
AA3: CJNE A,#'3',AA5

```

```

        MOV  A,#'N'
        RET
AA5:    CJNE  A,#00H,AA1
        LJMPL AA2
;***** CHK_CODE_EXIT 2.30 MINUTES *****
CHK_CODE_EXIT:
        NOP
        MOV  R7,#00H
        LCALL DELAY1
        LCALL CLS_REG
T_0:    MOV  R0,#00H
Y3:     MOV  R1,#00H
Y2:     MOV  R2,#00H
Y1:     LCALL READ_DTMF
        CJNE  A,#'1',T_1
        LJMPL T8
T_1:    MOV  R7,A
;***** CHK_DIAL *****
        LCALL DELAY2
        LCALL CHK_DIAL1
        CJNE  A,#'S',Z1
        MOV  A,#'J'
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        MOV  A,#' '
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        LCALL CLS_REG
        MOV  R0,#00H
        MOV  R1,#00H
        MOV  R2,#00H
        RET
Z1:     CJNE  A,#'L',ZZ1
        LCALL CLS_REG
ZZ1:    MOV  A,R7
        CJNE  R2,#05H,T2
        LJMPL T3
T2:     INC  R2
        CJNE  R2,#05H,Y1
        LJMPL T3
T3:     CJNE  R1,#05H,T4
        LJMPL T5
T4:     INC  R1
        CJNE  R1,#05H,TOT1
        LJMPL T5
TOT1:   LJMPL Y2
T5:     CJNE  R0,#05H,T6
        LJMPL T7

```



```

T6:      INC  R0
        CJNE R0,#05H,TOT2
        LJMP T7
TOT2:    LJMP Y3
T8:      MOV  A,R0
        MOV  R0,A
        MOV  A,R1
YY3:     MOV  R1,A
        MOV  A,R2
YY2:     MOV  R2,A
YY1:     LCALL READ_DTMF
        CJNE A,#'1',U1
        LJMP T14
U1:      MOV  R7,A
;***** CHK_DIAL *****
        LCALL DELAY2
        LCALL CHK_DIAL1
        CJNE A,#'S',Z2
        MOV  A,#'J'      ;TELEPHONE IS HOOK ON
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        MOV  A,#' '
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        LCALL CLS_REG
        MOV  R0,#00H
        MOV  R1,#00H
        MOV  R2,#00H
        RET
Z2:      CJNE A,#'L',ZZ2
ZZ2:     LCALL CLS_REG
        MOV  A,R7
        CJNE A,#00H,U2
        LJMP TT1
TT1:     CJNE R2,#05H,TT2
        LJMP TT3
TT2:     INC  R2
        CJNE R2,#05H,TOT3
        LJMP TT3
TOT3:    LJMP YY1
TT3:     CJNE R1,#05H,TT4
        LJMP TT5
TT4:     INC  R1
        CJNE R1,#05H,TOT4
        LJMP TT5
TOT4:    LJMP YY2
TT5:     CJNE R0,#05H,TT6
        LJMP T7

```

```

TT6:    INC  R0
        CJNE R0,#05H,TOT5
        LJMP T7
TOT5:   LJMP YY3
U2:
TTT1:   CJNE R2,#05H,TTT2
        LJMP TTT3
TTT2:   INC  R2
        CJNE R2,#05H,Z3
        LJMP TTT3
Z3:     LJMP Y1
TTT3:   CJNE R1,#05H,TTT4
        LJMP TTT5
TTT4:   INC  R1
        CJNE R1,#05H,U3
        LJMP U4
U3:     LJMP Y2
U4:     LJMP TTT5
TTT5:   CJNE R0,#05H,TTT6
        LJMP T7
TTT6:   INC  R0
        CJNE R0,#05H,U5
        LJMP U6
U5:     LJMP Y3
U6:     LJMP T7
T14:    MOV  R0,#00H
        MOV  R1,#00H
        MOV  R2,#00H
        MOV  A,#'B'
        LCALL CLS_REG
        RET
T7:     MOV  R0,#00H
        MOV  R1,#00H
        MOV  R2,#00H
        MOV  A,#'X'
        LCALL CLS_REG
        RET

```

```

..... CHK_DIAL1 .....

```

```

CHK_DIAL1:
    NOP
    MOV  P0,#0FFH
    MOV  P1,#0B1H      ;READ DATA FROM PORT B TO REGISTER A
    MOV  A,P0
    MOV  P1,#0FFH
    LCALL DELAY1
    ANL  A,#0EH         ;SELECT PB.1 - PB.3 0000 1110
    CJNE A,#0EH,M1
    MOV  A,#'0'
    MOV  SBUF,A
    JNB  TI,S

```

```

CLR TI
LJMP MM
M1: CJNE A,#0CH,M2      :(T)  0000 0010
MOV A,#'1'
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
LJMP MM
M2: CJNE A,#0AH,M3      :      0000 0100
MOV A,#'2'              :      0000 1010
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
INC R5
CJNE R5,#40H,PP5
LJMP PP6
PP5: LJMP MM
PP6: MOV R5,#00H
MOV A,#'S'              :      0000 0100
LJMP M8
M3: CJNE A,#08H,M4      :      0000 0110
MOV A,#'3'              :      0000 1000
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
INC R5
CJNE R5,#40H,PP7
LJMP PP8
PP7: LJMP MM
PP8: MOV R5,#00H
MOV A,#'S'
LJMP M8
M4: CJNE A,#06H,M5      :      0000 1000
MOV A,#'4'              :      0000 0110
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
LJMP MM
M5: CJNE A,#04H,M6      :(T)  0000 1010
MOV A,#'5'              :      0000 0100
MOV SBUF,A
JNB TI,$
CLR TI
INC R6
MOV A,R6
CJNE R6,#02H,PP11
LJMP PP12
PP11: LJMP MM
PP12: MOV R6,#00H
MOV A,#'T'              :      0000 0100

```



```

        LJMP M8
M6:      CJNE A,#02H,M7      :      0000 1100
        MOV  A,#'6'         :      0000
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        LJMP MM
M7:      CJNE A,#00H,M9      :      0000 1110
        MOV  A,#'7'         :      0000 0000
        MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        INC  R7
        CJNE R7,#20H,PP15
        LJMP PP16
PP15:    LJMP MM
PP16:    MOV  R7,#00H
        MOV  A,#'R'         :      0000 0100
        LJMP M8
M9:      LJMP MM
M8:      MOV  SBUF,A
        JNB  TI,$
        CLR  TI
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        RET
MM:
;..... CLS_REG BANK 1 .....
CLS_REG:
        NOP
        MOV  R5,#00H
        MOV  R6,#00H
        MOV  R7,#00H
        RET
;..... CHK_CODE_RING .....
CHK_CODE_RING:
        NOP
B0:      MOV  R0,#00H
F3:      MOV  R1,#00H
F2:      MOV  R2,#00H
F1:      LCALL READ_DTMF
        CJNE A,#'0',B1
        LJMP B8
B1:      CJNE R2,#60H,B2
        LJMP B3
B2:      INC  R2
        CJNE R2,#60H,F1

```

```

        LJMP B3
B3:     CJNE R1,#60H,B4
        LJMP B5
B4:     INC R1
        CJNE R1,#60H,F2
        LJMP B5
B5:     CJNE R0,#60H,B6
        LJMP B7
B6:     INC R0
        CJNE R0,#60H,F3
        LJMP B7
B8:     MOV A,R0
        MOV R0,A
        MOV A,R1
FF3:    MOV R1,A
        MOV A,R2
FF2:    MOV R2,A
FF1:    LCALL READ_DTMF
        CJNE A,#0',C1
        LJMP B14
C1:     CJNE A,#00H,C2
        LJMP BB1
BB1:    CJNE R2,#60H,BB2
        LJMP BB3
BB2:    INC R2
        CJNE R2,#60H,FF1
        LJMP BB3
BB3:    CJNE R1,#60H,BB4
        LJMP BB5
BB4:    INC R1
        CJNE R1,#60H,FF2
        LJMP BB5
BB5:    CJNE R0,#60H,BB6
        LJMP B7
BB6:    INC R0
        CJNE R0,#60H,FF3
        LJMP B7
C2:
BBB1:   CJNE R2,#30H,BBB2
        LJMP BBB3
BBB2:   INC R2
        CJNE R2,#30H,F1
        LJMP BBB3
BBB3:   CJNE R1,#30H,BBB4
        LJMP BBB5
BBB4:   INC R1
        CJNE R1,#30H,C3
        LJMP C4
C3:     LJMP F2
C4:     LJMP BBB5

```

```

BBB5:    CJNE  R0,#30H,BBB6
          LJMP  B7
BBB6:    INC   R0
          CJNE  R0,#30H,C5
          LJMP  C6
C5:      LJMP  F3
C6:      LJMP  B7
B14:     MOV   R0,#00H
          MOV   R1,#00H
          MOV   R2,#00H
          MOV   A,#'Q'
          RET
B7:      MOV   R0,#00H
          MOV   R1,#00H
          MOV   R2,#00H
          MOV   A,#'Y'
          RET

```

```

;***** INITIAL MT8888 *****
INIT:    MOV   A,#0DH      ;DATA = 1101
          MOV   P0,A
          MOV   P1,#68H    ;WRITE TO CONTROL REGISTER A OF MT8888
          MOV   P1,#0FFH
          MOV   A,#00H
          MOV   P0,A
          MOV   P1,#68H    ;WRITE TO CONTROL REGISTER B OF MT8888
          MOV   P1,#0FFH
          RET

```

```

;***** READ DTMF *****
READ_DTMF:
          NOP
          MOV   P0,#0FFH
          NOP
          NOP
          NOP
S1:      MOV   P1,#0A8H    ;READ STATUS REGISTER OF MT8888
          MOV   A,P0
          MOV   P1,#0FFH
          ANL   A,#04H    ;SELECT b2
          CJNE  A,#04H,S14 ;CHECK DTMF TONE HAS BEEN RECEIVED AT b2
          MOV   P0,#0FFH
          NOP
          NOP
          NOP
          MOV   P1,#88H    ;READ FROM RECEIVE DATA REG. OF MT8888
          MOV   A,P0      ;TO REGISTER A
          MOV   P1,#0FFH
          MOV   P1,#0A8H
          ANL   A,#0FH    ;SELECT BITS LOW
          CJNE  A,#01H,S2  ;1
          MOV   A,#31H

```



```

                L JMP  S13
S2:             C JNE  A,#02H,S3  ;2
                M OV   A,#32H
                L JMP  S13
S3:             C JNE  A,#03H,S4  ;3
                M OV   A,#33H
                L JMP  S13
S4:             C JNE  A,#04H,S5  ;4
                M OV   A,#34H
                L JMP  S13
S5:             C JNE  A,#05H,S6  ;5
                M OV   A,#35H
                L JMP  S13
S6:             C JNE  A,#06H,S7  ;6
                M OV   A,#36H
                L JMP  S13
S7:             C JNE  A,#07H,S8  ;7
                M OV   A,#37H
                L JMP  S13
S8:             C JNE  A,#08H,S9  ;8
                M OV   A,#38H
                L JMP  S13
S9:             C JNE  A,#09H,S10 ;9
                M OV   A,#39H
                L JMP  S13
S10:            C JNE  A,#0AH,S11 ;0
                M OV   A,#30H
                L JMP  S13
S11:            C JNE  A,#0BH,S12 ;*
                M OV   A,#2AH
                L JMP  S13
S12:            C JNE  A,#0CH,S14 ;#
                M OV   A,#23H
S13:            R ET
S14:            M OV   A,#00H
                R ET

```

```

***** DELAY *****
DELAY:          M OV   R3,#00H                ;142 msec
L1:             M OV   R4,#00H
L2:             D JNZ  R4,L2
                D JNZ  R3,L1
                R ET
DELAY1:         M OV   R3,#9FH                ;55 msec
LL1:            M OV   R4,#9FH
LL2:            D JNZ  R4,LL2
                D JNZ  R3,LL1
                R ET
DELAY2:         M OV   R3,#03FH               ;35 msec
LLL1:           M OV   R4,#0FFH
LLL2:           D JNZ  R4,LLL2

```

```

DJNZ R3,LLL1
RET
END

```

3.5 รายละเอียดของส่วนโปรแกรมเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลและแสดงผล

การบันทึกข้อมูลที่มีการใช้งานผ่านระบบ

Time: 06:36:44

Date:

Start Time:

Stop Time:

Mode:

Telephone Number:

Status:

Cause:

รูปที่ 3.18 แสดงโปรแกรมการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล

ในส่วนของโปรแกรมการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล ได้ใช้โปรแกรม Visual Basic ในการเขียนขึ้นมา โดยโปรแกรมจะทำการเก็บข้อมูลการติดต่อผ่านอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อนี้ โดยการรับค่าที่ส่งมาจากส่วนควบคุมและประมวลผลกลางผ่านทางส่วนของวงจร RS-232 เพื่อทำการเริ่มเก็บข้อมูล ข้อมูลที่ทำการเก็บลงฐานข้อมูลได้แก่ วัน เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุด โหมดการทำงาน และผลของการติดต่อ

3.5.1 ส่วนโปรแกรมเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล

Option Explicit

ประกาศตัวแปรแบบ Workspace, Database และ Recordset

เพื่อใช้งานในทุก ๆ โปรแกรมย่อย

Public OrderWs As Workspace

Public OrderDb As Database

Public ProjectDyn As Recordset

Public Instring As String

Public TelephoneNumber As String

Public r, s, t As Integer

```

Private Sub Initial()
    TelephoneNumber = ""
    MSComm1.CommPort = 1
    MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"
    MSComm1.InputLen = 1
    MSComm1.PortOpen = True
    r = 0
    s = 0
    t = 0
    'ถ้าเกิด Error ขึ้น ให้ข้ามไปทำงานที่ HandleError
    On Error GoTo HandleError
    'เลือกใช้ Workspaces(0)
    Set OrderWs = DBEngine.Workspaces(0)
    'เปิดฐานข้อมูล project.mdb
    Set OrderDb = OrderWs.OpenDatabase("c:\project\project.mdb", False, False)
    'เปิดตาราง project โดยใช้เรกคอร์ดเซต ProjectDyn
    Set ProjectDyn = OrderDb.OpenRecordset("select*from project order by date", dbOpenDynaset)
    Exit Sub
    HandleError:
    'แสดง Error Masseur เมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้น
    MsgBox Error(Err.Number)

End Sub

Private Sub SaveData()
    On Error GoTo HandleError
    'กำหนดค่าให้กับฟิลด์ต่าง ๆ ตามข้อมูลที่อยู่บนหน้าจอ
    ProjectDyn("Date") = txtDate(0).Text
    ProjectDyn("StartTime") = txtStartTime.Text
    ProjectDyn("StopTime") = txtStopTime.Text
    ProjectDyn("Mode") = txtMode.Text
    ProjectDyn("TelephoneNo") = txtTelephoneNumber.Text
    ProjectDyn("Status") = txtStatus.Text
    ProjectDyn("Cause") = txtCause.Text
    ProjectDyn("Month") = txtDate(1).Text
    'ใช้ Method Update เพื่อบันทึกข้อมูลลงใน Recordset
    ProjectDyn.Update

```



```

'จัดเรียงข้อมูลใน Recordset ใหม่
ProjectDyn.Requery
Exit Sub

HandleError:
'แสดง Error Message เมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้น
MsgBox Error(Err.Number)
End Sub

Private Sub ClearData()
'Clear ค่าของฟิลด์ต่าง ๆ บนหน้าจอ
txtDate(0).Text = ""
txtDate(0).Enabled = False
txtDate(1).Text = ""
txtDate(1).Enabled = False
txtStartTime.Text = ""
txtStartTime.Enabled = False
txtStopTime.Text = ""
txtStopTime.Enabled = False
txtMode.Text = ""
txtMode.Enabled = False
txtTelephoneNumber.Text = ""
txtTelephoneNumber.Enabled = False
txtStatus.Text = ""
txtStatus.Enabled = False
txtCause.Text = ""
txtCause.Enabled = False
r = 0
s = 0
t = 0
End Sub

Private Sub Form_Load()
Call Initial
Call ClearData
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
Dim Newmonth As String, Newyear As String
Dim Ringback, Dial, Busy As String

```

lbTime.Caption = Time\$

If MSComm1.InBufferCount Then

 Instring = MSComm1.Input

 If Instring = "A" Or Instring = "B" Or Instring = "C" Or Instring = "D" Or Instring = "E" Or Instring = "F" Or
Instring = "G" Or Instring = "H" Or Instring = "I" Or Instring = "R" Or Instring = "S" Or Instring = "T" Then

 Select Case Instring

 Case "A"

 ProjectDyn.AddNew

 txtDate(0).Text = Format\$(Date, "dd/mm/yyyy")

 txtDate(1).Text = Format\$(Date, "mm/yyyy")

 txtStartTime.Text = Format\$(Time, "hh:mm:ss")

 txtMode.Text = "Mode 1 Telephone To Radio Transceiver"

 Case "B"

 txtStopTime.Text = Format\$(Time, "hh:mm:ss")

 txtStatus.Text = "Complete"

 txtTelephoneNumber.Text = ""

 Call SaveData

 Call ClearData

 Case "C"

 ProjectDyn.AddNew

 txtDate(0).Text = Format\$(Date, "dd mm yyyy")

 txtDate(1).Text = Format\$(Date, "mm yyyy")

 txtStartTime.Text = Format\$(Time, "hh:mm:ss")

 txtMode.Text = "Mode 2 Radio Transceiver To Telephone"

 Case "D"

 txtStopTime.Text = Format\$(Time, "hh:mm:ss")

 txtStatus.Text = "Not Complete"

 txtCause.Text = "Run time out"

 Call SaveData

 Call ClearData

 Case "E"

 txtStopTime.Text = Format\$(Time, "hh:mm:ss")

 txtStatus.Text = "Not Complete"

 txtCause.Text = "Radio Transceiver is hook on"

 Call SaveData

 Call ClearData

Case "F"

```
txtStopTime.Text = Format$(Time, "hh:mm:ss")
txtStatus.Text = "Complete"
txtCause.Text = "Telephone is hook on"
Call SaveData
Call ClearData
```

Case "G"

```
txtStopTime.Text = Format$(Time, "hh:mm:ss")
txtStatus.Text = "Complete"
txtCause.Text = "Radio Transceiver is hook on"
Call SaveData
Call ClearData
```

Case "H"

```
ProjectDyn.AddNew
txtDate(0).Text = Format$(Date, "dd mm yyyy")
txtDate(1).Text = Format$(Date, "mm yyyy")
txtStartTime.Text = Format$(Time, "hh:mm:ss")
txtMode.Text = "Mode 3 Repeater"
Call SaveData
Call ClearData
```

Case "I"

```
txtStopTime.Text = Format$(Time, "hh:mm:ss")
txtStatus.Text = "Complete"
Call SaveData
Call ClearData
```

Case "R" 'Ringback

```
r = r + 1
If r = 50 Then
    MSComm1.Output = "R"
Else
    MSComm1.Output = "Z"
End If
```

Case "S" 'Busy

```
s = s + 1
If s = 50 Then
    MSComm1.Output = "S"
```



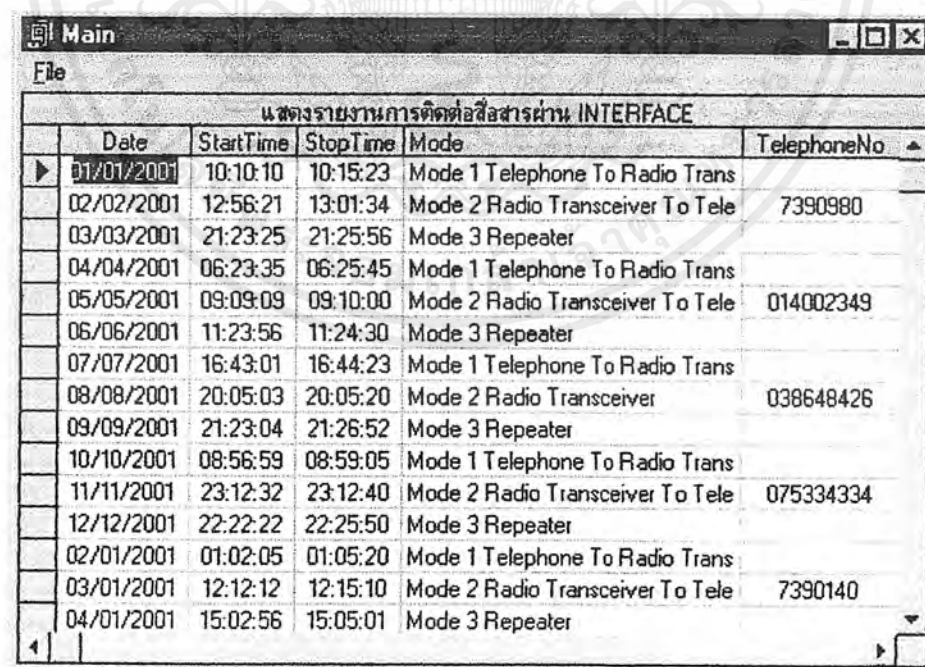
```

Else
    MSComm1.Output = "Z"
End If
Case "T" 'Dial
    t = t + 1
    If t = 50 Then
        MSComm1.Output = "T"
    Else
        MSComm1.Output = "Z"
    End If
End Select

ElseIf Instring = "0" Or Instring = "1" Or Instring = "2" Or Instring = "3" Or Instring = "4" Or Instring = "5"
Or Instring = "6" Or Instring = "7" Or Instring = "8" Or Instring = "9" Then
    TelephoneNumber = TelephoneNumber + Instring
End If
End If
End Sub

```

3.5.2 ส่วนโปรแกรมแสดงผล



แสดงรายการการติดต่อสื่อสารผ่าน INTERFACE				
Date	StartTime	StopTime	Mode	TelephoneNo
01/01/2001	10:10:10	10:15:23	Mode 1 Telephone To Radio Trans	
02/02/2001	12:56:21	13:01:34	Mode 2 Radio Transceiver To Tele	7390980
03/03/2001	21:23:25	21:25:56	Mode 3 Repeater	
04/04/2001	06:23:35	06:25:45	Mode 1 Telephone To Radio Trans	
05/05/2001	09:09:09	09:10:00	Mode 2 Radio Transceiver To Tele	014002349
06/06/2001	11:23:56	11:24:30	Mode 3 Repeater	
07/07/2001	16:43:01	16:44:23	Mode 1 Telephone To Radio Trans	
08/08/2001	20:05:03	20:05:20	Mode 2 Radio Transceiver	038648426
09/09/2001	21:23:04	21:26:52	Mode 3 Repeater	
10/10/2001	08:56:59	08:59:05	Mode 1 Telephone To Radio Trans	
11/11/2001	23:12:32	23:12:40	Mode 2 Radio Transceiver To Tele	075334334
12/12/2001	22:22:22	22:25:50	Mode 3 Repeater	
02/01/2001	01:02:05	01:05:20	Mode 1 Telephone To Radio Trans	
03/01/2001	12:12:12	12:15:10	Mode 2 Radio Transceiver To Tele	7390140
04/01/2001	15:02:56	15:05:01	Mode 3 Repeater	

รูปที่ 3.19 แสดงโปรแกรมแสดงผลฐานข้อมูล

Option Explicit

Private Sub Form_Resize()

 DBGrid.Visible = True

If WindowState <> 1 Then

 DBGrid.Left = 0

 DBGrid.Top = 0

 DBGrid.Height = ScaleHeight

 DBGrid.Width = ScaleWidth

End If

End Sub

Private Sub mnExit_Click()

 End

End Sub



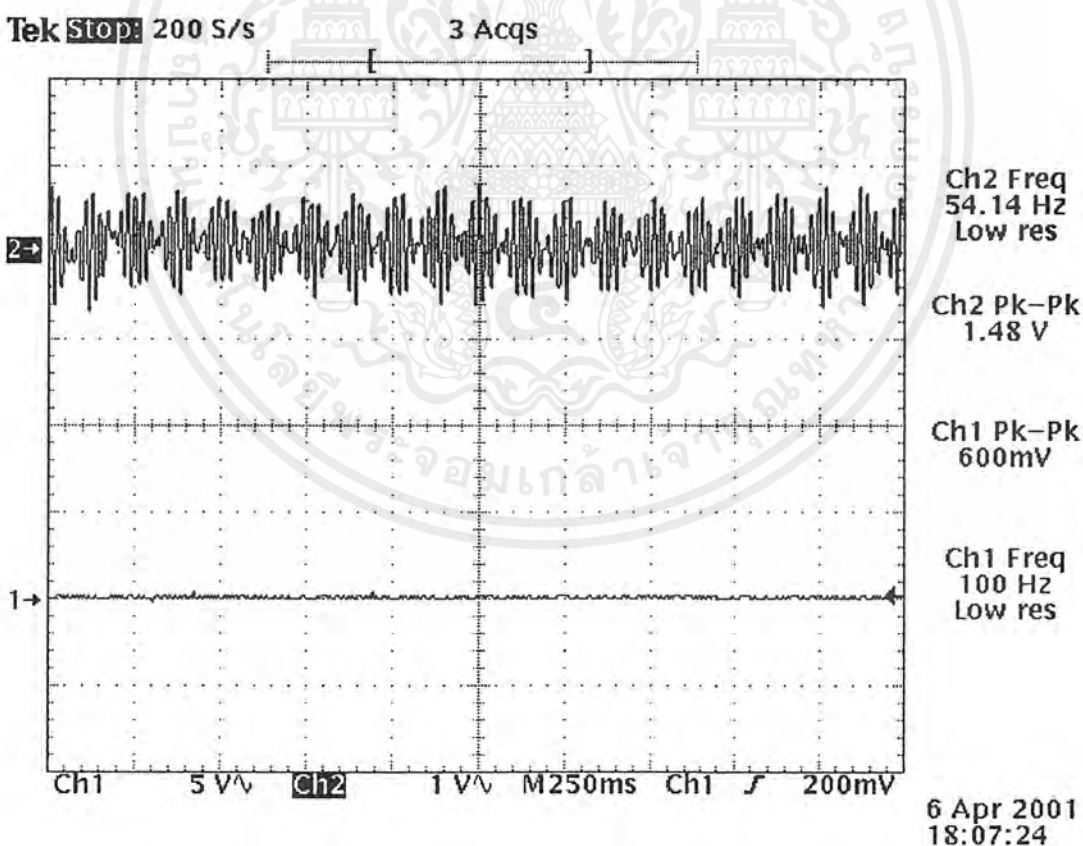
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติทั้งส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เสร็จเรียบร้อยแล้วดังรายละเอียดจากบทที่ 3 จากนั้นทำการสร้างและปรับแต่งจนอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ชุดเชื่อมต่อเครื่องรับ-ส่งวิทยุกับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ โดยในการทดสอบสามารถแยกออกเป็น ส่วน ๆ ได้ดังนี้

4.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน สัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ

เมื่อถูกขั้วต้องการติดต่อไปยังระบบโทรศัพท์ ก็จะทำการแจ้งมายังส่วนควบคุม ส่วนควบคุมก็จะทำการเช็คสัญญาณ Dial Tone ที่ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์ผ่านหม้อแปลงที่มีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์มเข้ามา วงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุนก็จะทำงาน ก่อนการทดสอบเราจะใช้สัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ (Function Generator) เป็นสัญญาณอินพุตป้อนให้กับวงจรที่ขา 3 ของไอซี LM567 และ



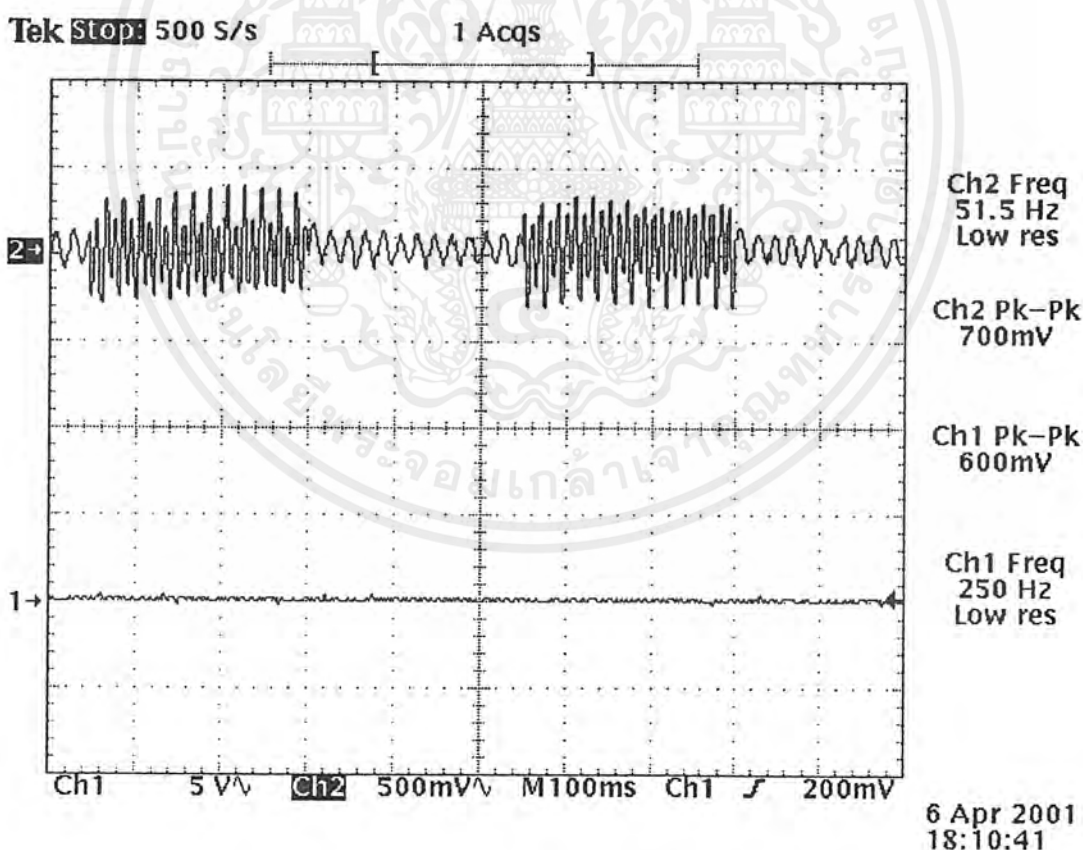
รูปที่ 4.1 (บน) แสดงสัญญาณให้หมุนที่ออกมาจากชุมสายโทรศัพท์

(ล่าง) แสดงสัญญาณให้หมุนที่ตรวจจับได้จากขาอินพุตของ 8255

ทำการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ จนกระทั่งแรงดันที่เอาต์พุตขา 8 ของ LM567 มีระดับแรงดันเป็น 0 โวลต์ เพื่อให้ง่ายต่อการจูนความถี่สัญญาณให้หมุนของชุดสายโทรศัพท์ หลังจากนั้นให้ทำการจูนความถี่สัญญาณให้หมุนที่ส่งออกมาจากชุดสายจริง เมื่อวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุนได้ สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้จากขา 8 ของไอซี LM567 จะให้ลอจิก 0 ออกมา เมื่อผ่านไอซีอินเวอร์เตอร์ 74LS14 ก็จะเปลี่ยนเป็น 1 จะสามารถแสดงได้ดังรูป 4.1

4.2 ส่วนตรวจจับสัญญาณสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ

วงจรในส่วนนี้จะมีการทำงานแบ่งออกเป็นสองส่วน คือตรวจจับสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ เริ่มแรกเราจะใช้ความถี่ 400 เฮิรตซ์ จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ เป็นสัญญาณอินพุตป้อนให้กับวงจรขา 3 ของไอซี LM567 และทำการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้จนกระทั่งระดับแรงดันที่เอาต์พุตขา 8 ของไอซี LM567 เปลี่ยนเป็นระดับแรงดัน 0 โวลต์ หรือลอจิก 0 จากเดิมที่มีระดับแรงดัน 5 โวลต์ หรือลอจิก 1 หลังจากนั้นทำการนำสัญญาณจากชุดสายโทรศัพท์มาป้อนที่อินพุตแทน เมื่อสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณไม่ว่าง สถานะแรงดันที่เอาต์พุตของ LM567 (ขา 8) จะเปลี่ยนแปลงจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0 สลับกันทุกช่วงเวลา 0.5 วินาที ตามสัญญาณไม่ว่างที่เข้ามา ซึ่งเป็นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม (Square) ที่มีคาบเวลา 1 วินาทีที่สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณไม่ว่างที่ออกจากชุดสายโทรศัพท์

(ล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณไม่ว่างที่ตรวจจับได้จากขาอินพุตของ 8255

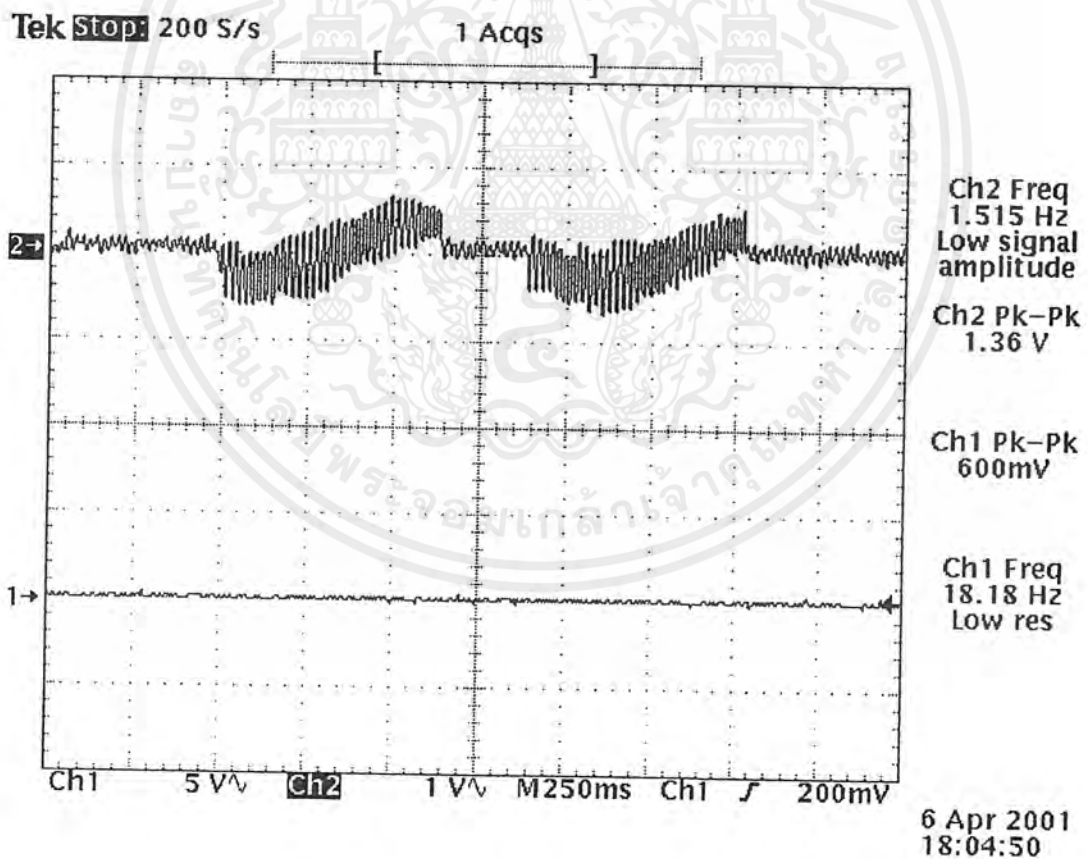
เมื่อสัญญาณไม่ว่างที่มีคาบเวลา 1 วินาที สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 8 ของไอซี LM567 จะเป็นลอจิก 0 เมื่อผ่านไอซี 74LS14 จะเป็นลอจิก 1 เป็นผลให้เกิดการทรiggerที่ขาอินพุตของไอซี 74LS123 ชุดแรกซึ่งเป็นวงจร โมโนสเตเบิลแบบทรiggerซ้ำที่มีการตั้งค่าเวลาช่วงเวลาที่ไว้

เมื่อสัญญาณเรีบกกลับมีความถี่ 400 เฮิรตซ์เข้ามา จะมีช่วงเวลาที่สัญญาณ 1 วินาที และช่วงที่ไม่มีสัญญาณจะมีช่วงเวลา 3 วินาที ช่วงที่มีสัญญาณ 400 เฮิรตซ์จะได้สัญญาณเอาต์พุตเป็นลอจิก 0 และช่วงที่ไม่มีสัญญาณเอาต์พุตของวงจรจะได้ลอจิกเป็น 1

สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้จากวงจร โมโนสเตเบิลแบบทรiggerซ้ำ เมื่อสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรีบกกลับเข้ามา จะมีค่าดังตารางที่ 4.1

สัญญาณ	ไอซี 74LS123ชุดที่หนึ่ง	ไอซี 74LS123ชุดที่สอง
สัญญาณไม่ว่าง	1	0
สัญญาณเรีบกกลับ	0	1

ตารางที่ 4.1 ค่าเอาต์พุตของไอซี โมโนสเตเบิลแบบทรiggerซ้ำ 74LS123 ทั้งสองชุด



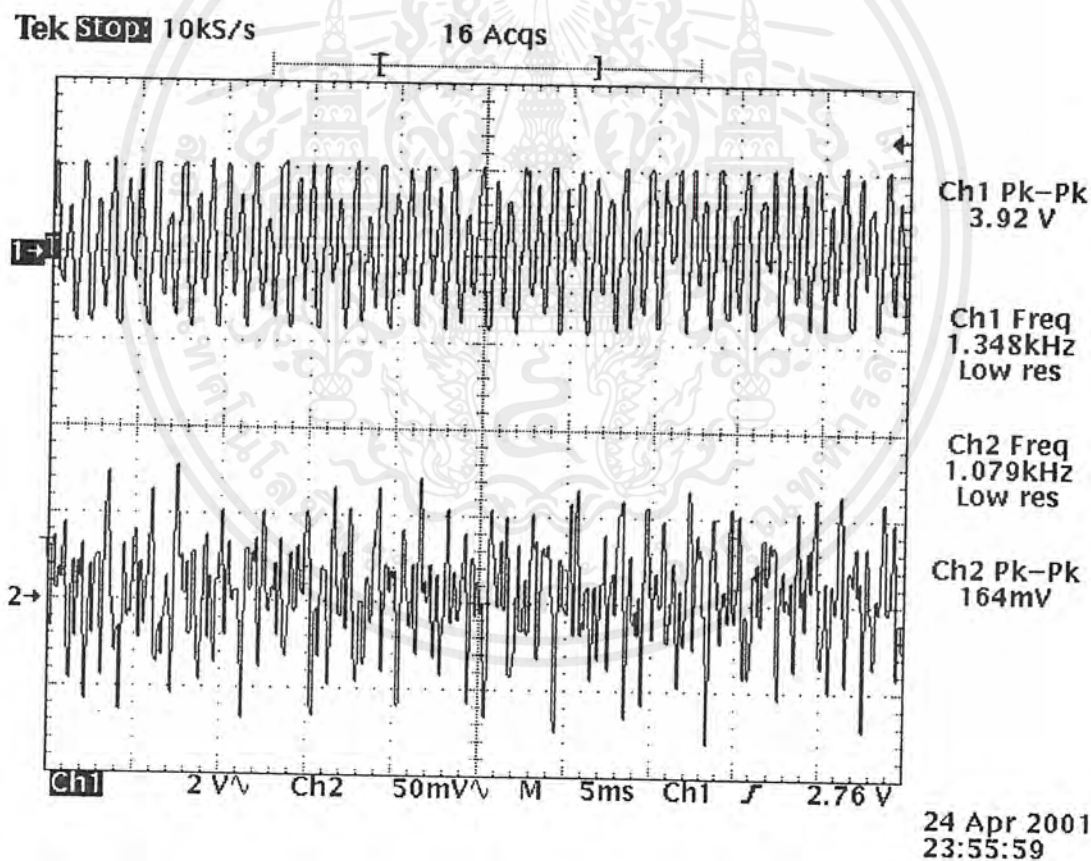
รูปที่ 4.3 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณเรีบกกลับที่ออกจากขั้วสายโทรศัพท์

(ล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเรีบกกลับที่ตรวจจับได้จากขาอินพุตของ 8255

สัญญาณที่ออกมาจากไอซี 74LS123 ทั้งสองชุดจะถูกส่งไปยังไอซี 89C51 ในส่วนควบคุมและประมวลผลกลางเพื่อดำเนินการต่อไป

4.3 ส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF

ส่วนรับ-ส่งสัญญาณ DTMF ทำหน้าที่ในการรับรหัสการร้องขอและ รับหมายเลขโทรศัพท์ที่ถูกข่ายโทรออก ในโหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบโทรศัพท์ และส่งหมายเลข DTMF ที่ตรวจพบไปให้แก่ส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง เพื่อทำการตรวจว่าเป็นรหัสการร้องขอหรือหมายเลขโทรศัพท์ สัญญาณ DTMF ส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่านหม้อแปลงในกรณีที่เป็นการเรียกใช้งานในโหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบโทรศัพท์ สัญญาณที่ผ่านหม้อแปลงออกไปจะมีระดับสัญญาณที่ต่ำมาจึงต้องทำการขยายก่อนที่จะส่งออกผ่านหม้อแปลง และอีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งเข้าไปยังส่วนรับ-สัญญาณ DTMF



รูปที่ 4.4 (บน) แสดงสัญญาณการกดหมายเลข DTMF หมายเลข 1 ก่อนผ่านวงจรขยาย
(ล่าง) แสดงสัญญาณการกดหมายเลข DTMF หมายเลข 1 หลังผ่านวงจรขยาย

4.4 ลำดับขั้นตอนการทำงานในโหมดต่าง ๆ

4.4.1 โหมดการใช้งานของระบบโทรศัพท์เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย)

1. เมื่อมีสัญญาณเสียงกริ่งดังขึ้น ระบบจะทำการส่งสัญญาณเสียงเรียกเทียมออกอากาศเพื่อบอกให้ลูกข่ายทราบว่ามี การเรียกเข้ามา
2. เมื่อลูกข่ายได้ยินสัญญาณสัญญาณเรียกเข้า และต้องการรับสายก็กดรหัส “00” ระบบก็จะทำการเชื่อมต่อกับระบบโทรศัพท์กับชุดทวนสัญญาณ ก็สามารถทำการสื่อสารกันได้
3. เมื่อต้องการสิ้นสุดการสนทนา ลูกข่ายต้องกดรหัส “11” ระบบก็จะทำการยกเลิกการติดต่อ

4.4.2 โหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบโทรศัพท์

1. เมื่อลูกข่ายต้องการติดต่อกับระบบ โทรศัพท์ ก็จะต้องกดรหัสรื่องขอ “22”
2. ระบบก็จะทำการตรวจจับสัญญาณให้หมุน เมื่อตรวจพบก็จะทำการส่งออกอากาศเพื่อบอกให้ลูกข่ายทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อ
3. ระบบก็จะทำการตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ เมื่อระบบโทรศัพท์ได้ยินสัญญาณเรียกทำการรับสาย ก็สามารถสนทนาได้
4. เมื่อลูกข่ายต้องการยกเลิกการติดต่อกับรหัส “11” ระบบก็จะทำการยกเลิกการติดต่อ

4.4.3 โหมดการใช้งานของระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย) เรียกเข้าระบบวิทยุรับ-ส่ง (ลูกข่าย)

1. เมื่อลูกข่ายต้องการติดต่อกับลูกข่ายด้วยกันนี้ ระบบจะทำงานเหมือนกับชุดทวนสัญญาณนั่นเอง ลูกข่ายต้องกดรหัสรื่องขอคือ “23”
2. ระบบก็จะทำการ ON REPEATER ให้ทำงานในหน้าที่ชุดทวนสัญญาณ
3. เมื่อลูกข่ายต้องการยกเลิกการติดต่อกับรหัส “11” ระบบก็จะทำการยกเลิกการติดต่อ

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

5.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

5.1.1 ความผิดพลาดในการต่อวงจรในการต่อวงจรได้ใช้แผ่นปริ้นซ์เอนกประสงค์ในการต่อวงจรในการทดลอง ทำให้เกิดความยุ่งยากในการแก้ไข หาข้อบกพร่องเวลาเจอปัญหา ทำให้ต้องเสียเวลามากในการค้นหาจุดเสีย

5.1.2 อุปกรณ์บางตัวไม่สามารถหาซื้อได้ อย่างเช่นวงจรในส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน ไม่ว่างและเรียกกลับ เนื่องจากค่าที่คำนวณได้จากทฤษฎี ไม่มีขายในท้องตลาด จึงต้องเลือกค่าที่ใกล้เคียงแทน ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น

5.1.3 ในวงจรตรวจจับสัญญาณต้องใช้ความละเอียดในการปรับจูน ทุกครั้งที่มีการเป็นสถานที่ในการทดลองจะทำการปรับทุกครั้ง เนื่องจากมีความถี่ของสัญญาณเช่น สัญญาณให้หมุน สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง ที่ไม่เท่ากัน

5.1.3 การเกิดการรบกวนกันระหว่างบอร์ดของวงจรที่สร้างขึ้นมา ทำให้การทำงานของวงจรเกิดการผิดเพี้ยน ต้องทำการแก้ไขโดยการต่อคาปาซิเตอร์เพิ่มในส่วนของแหล่งจ่ายไฟ เพื่อทำการขจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นออกไป

5.2 แนวทางการพัฒนา

1. พัฒนาให้สามารถติดต่อและควบคุมผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้
2. พัฒนาให้สามารถควบคุมและแก้ไขโปรแกรมบางส่วนได้จากภายนอก โดยการเพิ่มส่วนของคีย์บอร์ด และ มอนิเตอร์
3. พัฒนาให้เป็นระบบการสื่อสารระหว่างบุคคลหรือเฉพาะกลุ่ม
4. พัฒนาให้มีระบบบันทึกเวลาการใช้งานของเครื่องโดยอัตโนมัติ
5. พัฒนาระบบชุดทวนสัญญาณให้มีระยะทางไกลมากขึ้น
6. พัฒนาให้ระบบสามารถสื่อสารแบบสองทิศทางได้
7. พัฒนาให้ระบบใช้ความถี่ให้เกิดประโยชน์ในการสื่อสารมากขึ้น
8. พัฒนาให้ระบบการควบคุมเป็นแบบอัตโนมัติมากขึ้น



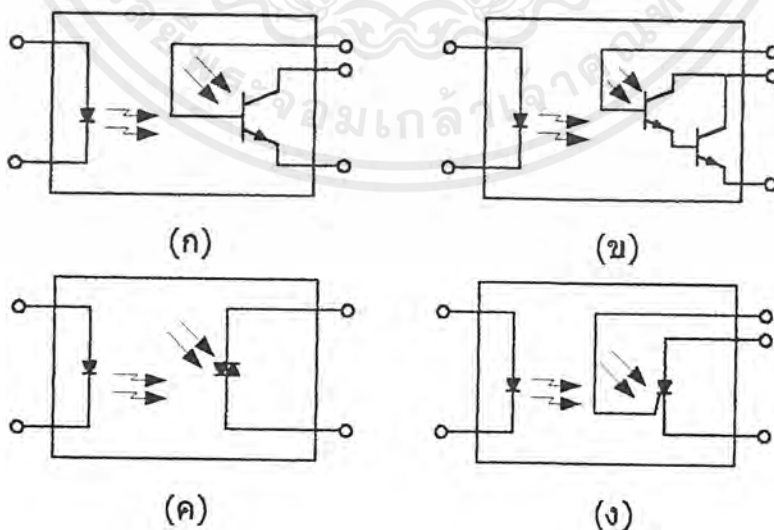
การเชื่อมโยงทางแสง (Opto coupler) สามารถใช้ในงานที่ต้องการแยกระบบไฟฟ้าของทั้งสองวงจรออกจากกัน เช่น เมื่อใช้เอาต์พุตที่เป็นแรงดันต่ำของวงจรทางดิจิทัลไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟสลัป ทั้งนี้เนื่องจากวงจรทางด้านดิจิทัลไม่สามารถส่งเอาต์พุตออกเป็นแรงดันไฟกระแสสลับได้ นอกจากนี้ กระแสไฟสลัปที่เหนี่ยวนำขึ้นในวงจรทางด้านดิจิทัลนั้น สามารถทำให้เกิดข้อยุ่งยากต่าง ๆ ได้ ดังนั้นมอเตอร์และวงจรทางด้านดิจิทัลจึงต้องแยกจากกันทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นหน้าที่หลักของตัวเชื่อมโยงทางแสงที่สำคัญ

ตัวเชื่อมโยงทางแสงจะถูกนำไปใช้งานซึ่งเอาต์พุตที่มีแรงดันสูงของอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดถูกป้อนเข้าสู่วงจรควบคุมที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมการเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงาน เมื่อถึงจุดที่ต้องการอย่างอัตโนมัติ (ยกตัวอย่าง เช่น ในสายการผลิตที่ใช้หุ่นยนต์)

1. พื้นฐานของตัวเชื่อมโยงทางแสง

ตัวเชื่อมโยงทางแสง บางครั้งเรียกว่า ตัวแยกโดยใช้แสง (optoisolator) เป็นอุปกรณ์เดี่ยวที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสง โดยที่ทั้งสองชิ้นส่วนนี้แยกจากกันและกันโดยมีฉนวนที่โปร่งใสคั่นกลาง และชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังที่กันแสง

แหล่งกำเนิดแสงสำหรับตัวเชื่อมโยงทางแสงส่วนมากแล้วจะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (Infrared Emitting Diode) ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอาร์เซไนด์ (Gallium arsenide: GaAs) ส่วนตัวตรวจจับหรืออุปกรณ์ภาคเอาต์พุตนั้น อาจจะเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์, โฟโตคาร์ดิคัล, สวิตช์สองทิศทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้น และ SCR ที่กระตุ้นด้วยแสง ในรูปที่ 6.1 ได้แสดงให้เห็นถึงสัญลักษณ์ของวงจรชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ถึงแม้ว่าจะมีหลายชนิดมากกว่านี้ แต่รูปที่แสดงก็นำมาเฉพาะที่พบเห็นกันบ่อย ๆ เท่านั้น



รูปที่ 6.12 : ตัวเชื่อมโยงทางแสงแบบทั่ว ๆ ไป

รูป ก : มีเอาต์พุตเป็นโฟลต์ทรานซิสเตอร์

รูป ข : มีเอาต์พุตเป็นโฟลต์คาร์ลิงตัน

รูป ค : มีเอาต์พุตเป็นสวิตช์สองทิศทางซึ่งทำงาน เมื่อมีแสงมากระตุ้น

รูป ง : มีเอาต์พุตเป็น SCR ที่กระตุ้นด้วยแสง

สัญญาณจะถูกส่งระหว่างชั้นส่วนทั้งสองชั้นที่แยกจากกันทางไฟฟ้า โดยในรูปของสัญญาณแสง โดยที่ชั้นส่วนทั้งสองนี้ไม่สามารถสลับหน้าที่กันได้และไม่มีการเชื่อมโยงทางไฟฟ้าระหว่างชั้นส่วนทั้งสองนี้ สัญญาณที่ถูกส่งผ่านจึงมีได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น

2. คุณสมบัติต่าง ๆ ของออปโตคัปเปิลอร์

การออกแบบโดยใช้ตัวเชื่อมต่อโยทางแสงนี้ จึงควรทำความเข้าใจถึงตัวแปลต่าง ๆ ที่สำคัญ เนื่องจากเราสนใจเฉพาะวงจรความถี่ต่ำ จึงจะจำกัดเฉพาะตัวแปรทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงของอุปกรณ์เหล่านี้ ตัวแปรทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงสามารถแบ่งออกเป็นอินพุตเอาต์พุตและอัตราส่วนของการส่งผ่านกระแส (current transfer ratio)

อัตราส่วนของการส่งผ่านกระแสหรือ CTR นั้นเป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุตต่อกระแสเอาต์พุตของตัวเชื่อมต่อโยทางแสง (หรือเรียกกันว่าไบแอส) ส่วนใหญ่จะแทนด้วยตัวอักษรกรีก คือ η ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด และช่องว่างระหว่างชั้นส่วนทางอินพุตและเอาต์พุต โดยที่พื้นที่, ความไว (sensitivity) และอัตราขยายของตัวตรวจจับก็มีบทบาทที่สำคัญเช่นกัน ตัวแปรอินพุตทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งเป็นตัวกำหนดตัวแปรทางด้านไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดได้แก่ กระแสของไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรง (I_F) แรงดันตกคร่อมไดโอดเมื่อได้รับไบแอสตรง (V_F) และแรงดันสูงสุดที่ทนได้ (V_R)

เนื่องจากตัวแปรเอาต์พุตทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงและตัวแปรส่งถ่าย (transfer parameter) นั้นจะแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับชนิดของชั้นส่วน ที่เป็นตัวตรวจจับที่ใช้ใน ตัวเชื่อมต่อโยทางแสง ในที่นี้จะแจกแจงรายละเอียดและกำหนดความหมายของมันต่างหาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวตรวจจับนั้น ๆ ตัวเชื่อมต่อโยทางแสงที่ใช้โฟลต์ทรานซิสเตอร์ และโฟลต์คาร์ลิงตันนั้นมีหลักการทำงานเหมือนกัน รอยต่อระหว่างขาคอลเลคเตอร์ กับขาเบสถูกทำให้กว้างขึ้น แสงที่ตกกระทบบนรอยต่อจะทำให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอนและโฮลขึ้นมา เกิดการนำกระแสได้ ตัวแปรสำหรับตัวเชื่อมต่อโยทางแสงชนิดโฟลต์คาร์ลิงตันและโฟลต์ทรานซิสเตอร์ มีดังนี้

I_C : เป็นกระแสสูงสุดที่ไหลต่อเนื่องผ่านขาคอลเลคเตอร์ (เอาต์พุต)

$V_{(BR)CBO}$: เป็นแรงดันพังทลายสูงสุด จาก ขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาเบส

$V_{(BR)CEO}$: เป็นแรงดันพังทลายสูงสุด จาก ขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอีมิเตอร์

$V_{(BR)ECO}$: เป็นแรงดันพังทลายสูงสุด จาก ขาอีมิเตอร์ไปยังขาคอลเลคเตอร์

ตัวเชื่อมต่อโยทางแสงที่ใช้สวิตช์สองทิศทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้นเป็นภาคเอาต์พุตนั้นถูกออกแบบมาสำหรับใช้ในงานซึ่งต้องการการแยกการทริกหรือกระตุ้นตัวใดแตรการแยกการสวิตช์ทาง

ด้านไฟกระแสกลับที่มีขนาดกระแสต่ำ และการแยกกันทางไฟฟ้ามีค่าสูงสำหรับอุปกรณ์ชนิดนี้มีตัวแปรที่สำคัญดังนี้ คือ

$I_{T(RMS)}$: เป็นค่ากระแส RMS สูงสุด ขณะอยู่ในสถานะที่ทำงาน (on state)

V_{DRM} : เป็นค่าแรงดันซ้ำ ๆ ระหว่างชั่วเอทที่หยุด เมื่ออยู่ในสถานะหยุดทำงาน (repetitive off-state output terminal voltage)

V_{TM} : เป็นแรงดันยอดสูงสุด (peak voltage) เมื่ออยู่ในสถานะที่ทำงาน

ตัวเชื่อมต่อทางแสงที่ใช้ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงนั้น ถูกออกแบบมาสำหรับใช้ในงานที่ต้องการการแยกกันทางไฟฟ้าที่มีค่าสูงระหว่างวงจรด้านแรงดันต่ำ (ซึ่งใช้ไอซี) และทางด้านไฟฟ้ากระแสกลับแรงดันสูงตัวแปรที่สำคัญสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง มีดังนี้

$I_{T(RMS)}$: เป็นค่ากระแส RMS สูงสุด เมื่ออยู่ในสถานะที่ทำงาน

V_{DRM} : เป็นค่าแรงดันซ้ำ ๆ ระหว่างชั่วเอทที่หยุด เมื่ออยู่ในสถานะหยุดทำงาน

V_{RM} : เป็นค่าแรงดันย้อนกลับสูงสุด

ตัวแปรของการส่งผ่านของตัวเชื่อมต่อทางแสงนั้น (ดังที่กล่าวมาข้างต้น) เป็นการวัดอัตราส่วนอินพุตและเอาต์พุตสำหรับตัวเชื่อมต่อทางแสงที่ใช้โฟโตรีสซิสเตอร์โฟโตรีสซิสเตอร์นั้น มีค่าตัวแปรที่สำคัญคือ

$CRT(n)$: เป็นอัตราส่วน (เป็นเปอร์เซ็นต์) ค่าสุทธระหว่างกระแสเอาต์พุตของคอลเลคเตอร์สูงสุดต่อกระแสไดโอดที่ค่า V_{CE} และ IF ที่กำหนด

$V_{CE(sat)}$: เป็นแรงดันอินต้วระหว่างขาคอลเลคเตอร์และขาอีมิเตอร์

สำหรับตัวเชื่อมต่อทางแสงที่ใช้สวิตช์สองทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้นระบบที่ใช้ SCR นั้น มีตัวแปรที่สำคัญดังนี้

I_{FT} : เป็นค่ากระแสกระตุ้นไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดสูงสุด ซึ่งต้องการใช้เพื่อคงสถานะให้เอาต์พุตค้าง (latch) ไว้

I_H : เป็นค่ากระแสยึด (holding current) ซึ่งต้องการสำหรับเอาต์พุตเพื่อที่จะยังคงสถานะค้างเอาไว้ได้

4N25, 4N26, 4N27, 4N28 OPTOCOUPERS

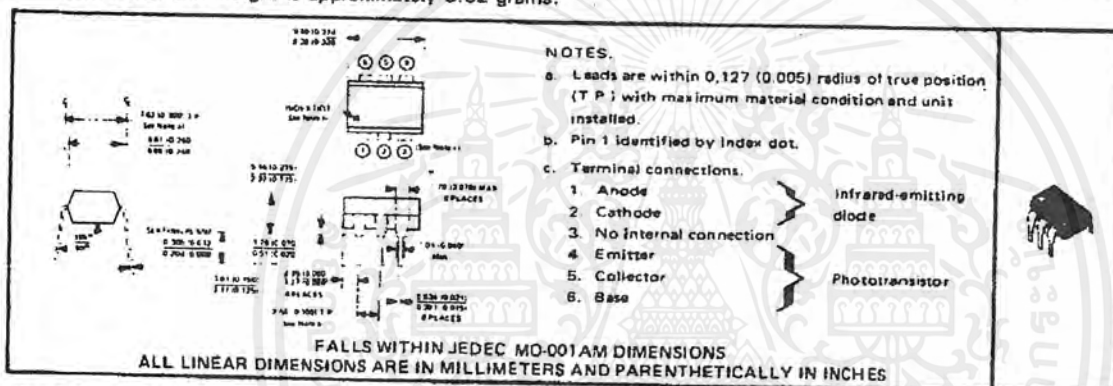
SO08035 D2493 SEPTEMBER 1978 - REVISED MARCH 1983

COMPATIBLE WITH STANDARD TTL INTEGRATED CIRCUITS

- Gallium Arsenide Diode Infrared Source Optically Coupled to a Silicon N-P-N Phototransistor
- High Direct-Current Transfer Ratio
- High-Voltage Electrical Isolation . . . 2.5-kV, 1.5-kV, or 0.5-kV Rating
- Plastic Dual-In-Line Package
- High-Speed Switching . . . $t_r = 2 \mu s$, $t_f = 2 \mu s$ Typical

mechanical data

The package consists of a gallium arsenide infrared-emitting diode and an n-p-n silicon phototransistor mounted on a 6-lead frame encapsulated within an electrically nonconductive plastic compound. The case will withstand soldering temperature with no deformation and device performance characteristics remain stable when operated in high-humidity conditions. Unit weight is approximately 0.52 grams.



absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

*Peak Input-to-Output Voltage:	4N25	±2.5 kV
	4N26, 4N27	±1.5 kV
	4N28	±0.5 kV
*Collector-Base Voltage		70 V
*Collector-Emitter Voltage (See Note 1)		30 V
*Emitter-Collector Voltage		7 V
*Emitter-Base Voltage		7 V
*Input-Diode Reverse Voltage		3 V
*Input-Diode Continuous Forward Current at (or below) 25°C Free-Air Temperature (See Note 2)		80 mA
*Input-Diode Peak Forward Current ($t_w = 300 \mu s$, duty cycle = 2%)		3 A
*Continuous Power Dissipation at (or below) 25°C Free-Air Temperature:		
Infrared-Emitting Diode (See Note 3)		150 mW
Phototransistor (See Note 3)		150 mW
Total, Infrared-Emitting Diode plus Phototransistor (See Note 4)		250 mW
*Storage Temperature Range		-55°C to 150°C
*Lead Temperature 1.6 mm (1/16 inch) from Case for 10 Seconds		260°C

*JEDEC registered data. This data sheet contains all applicable JEDEC-registered data in effect at the time of publication.

- NOTES:
- This value applies when the base-emitter diode is open-circuited.
 - Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 1.33 mW/°C.
 - Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 2 mW/°C.
 - Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 3.33 mW/°C.

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS
INSTRUMENTS

Copyright © 1983, Texas Instruments Incorporated

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

4N25, 4N26, 4N27, 4N28 OPTOCOUPERS

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	4N25, 4N26			4N27, 4N28			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
*V _{(BR)CBO} Collector-Base Breakdown Voltage	I _C = 100 μ A, I _E = 0, I _F = 0	70			70			V
*V _{(BR)CEO} Collector-Emitter Breakdown Voltage	I _C = 1 mA, I _B = 0, I _F = 0	30			30			V
*V _{(BR)ECO} Emitter-Collector Breakdown Voltage	I _E = 100 μ A, I _B = 0, I _F = 0	7			7			V
*I _R Input Diode Static Reverse Current	V _R = 3 V			100			100	μ A
*I _{C(on)} On-State Collector Current (Phototransistor Operation)	V _{CE} = 10 V, I _B = 0, I _F = 10 mA	2	5		1	3		mA
I _{C(on)} On-State Collector Current (Photodiode Operation)	V _{CB} = 10 V, I _E = 0, I _F = 10 mA		20			20		μ A
*I _{C(off)} Off-State Collector Current (Phototransistor Operation)	V _{CE} = 10 V, I _B = 0, I _F = 0		1	50		1	50	nA
*I _{C(off)} Off-State Collector Current (Photodiode Operation)	V _{CB} = 10 V, I _E = 0, I _F = 0		0.1	20		0.1	20	nA
*V _F Input Diode Static Forward Voltage	I _F = 10 mA	1.25	1.5		1.25	1.5		V
*V _{CE(sat)} Collector-Emitter Saturation Voltage	I _C = 2 mA, I _B = 0, I _F = 50 mA	0.25	0.5		0.25	0.5		V
r _{IO} Input-to-Output Internal resistance	V _{in-out} = ± 2.5 kV for 4N25, = 1.5 kV for 4N26, 4N27, = 0.5 kV for 4N28, See Note 5	10 ¹¹	10 ¹²		10 ¹¹	10 ¹²		Ω
C _{IO} Input-to-Output Capacitance	V _{in-out} = 0, f = 1 MHz, See Note 5		1			1		pF

*JEDEC registered data

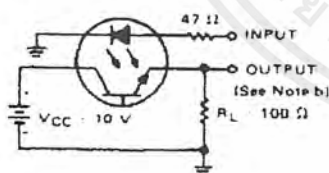
NOTE 5: These parameters are measured between both input diode leads shorted together and all the phototransistor leads shorted together

switching characteristics at 25°C free-air temperature

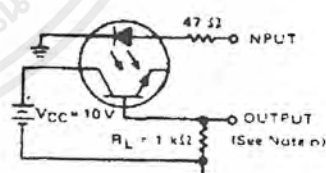
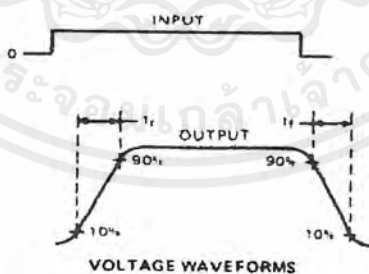
PARAMETER		TEST CONDITIONS		TYP	UNIT
t _r	Rise Time	Phototransistor	V _{CC} = 10 V, I _B = 0, I _{C(on)} = 2 mA,	2	μ s
t _f	Fall Time	Operation	R _L = 100 Ω , See Test Circuit A of Figure 1	2	
t _r	Rise Time	Photodiode	V _{CC} = 10 V, I _E = 0, I _{C(on)} = 20 μ A,	1	μ s
t _f	Fall Time	Operation	R _L = 1 k Ω , See Test Circuit B of Figure 1	1	

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

Adjust amplitude of input pulse for:
I_{C(on)} = 2 mA (Test Circuit A) or
I_{C(on)} = 20 μ A (Test Circuit B)



TEST CIRCUIT A
PHOTOTRANSISTOR OPERATION



TEST CIRCUIT B
PHOTODIODE OPERATION

- NOTES
- The input waveform is supplied by a generator with the following characteristics: Z_{OUT} = 50 Ω , t_r < 15 ns, duty cycle $\approx$ 1%, t_w = 100 μ s.
 - The output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: t_r < 12 ns, R_{IN} > 1 M Ω , C_{IN} < 20 pF.

FIGURE 1 - SWITCHING TIMES

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.

Copyright © 1996, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE ("CRITICAL APPLICATIONS"). TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.





MT8888C

Integrated DTMF Transceiver with Intel Micro Interface

Features

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

ISSUE 6

March 1987

Ordering Information

MT8888CE	20 Pin Plastic DIP
MT8888CS	20 Pin SOIC
MT8888CN	24 Pin SSOP
-40°C to +85°C	

Description

Applications

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

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

The receiver section is based upon the industry standard MT8870 DTMF receiver while the transmitter utilizes a switched capacitor D/A converter for low distortion, high accuracy DTMF signalling. Internal counters provide a burst mode such that tone bursts can be transmitted with precise timing. A call progress filter can be selected allowing a microprocessor to analyze call progress tones.

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

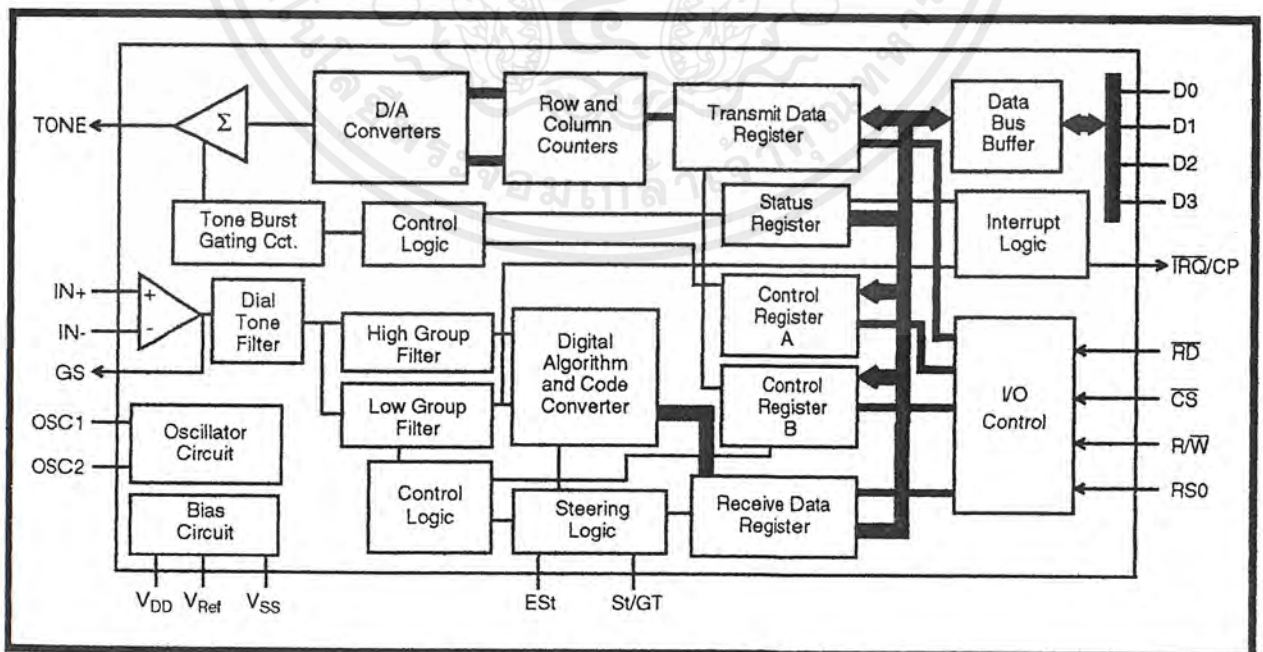


Figure 1 - Functional Block Diagram

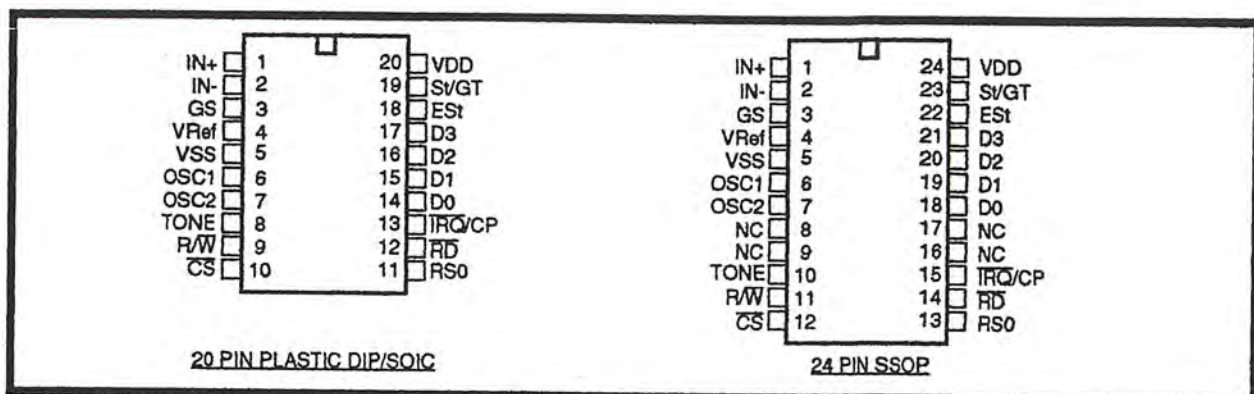


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #		Name	Description
20	24		
1	1	IN+	Non-inverting op-amp input.
2	2	IN-	Inverting op-amp input.
3	3	GS	Gain Select. Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	V _{Ref}	Reference Voltage output ($V_{DD}/2$).
5	5	V _{SS}	Ground (0V).
6	6	OSC1	Oscillator input. This pin can also be driven directly by an external clock.
7	7	OSC2	Oscillator output. A 3.579545 MHz crystal connected between OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit. Leave open circuit when OSC1 is driven externally.
8	10	TONE	Output from internal DTMF transmitter.
9	11	WR	Write microprocessor input. TTL compatible.
10	12	CS	Chip Select input. Active Low. This signal must be qualified externally by address latch enable (ALE) signal, see Figure 12.
11	13	RS0	Register Select input. Refer to Table 3 for bit interpretation. TTL compatible.
12	14	RD	Read microprocessor input. TTL compatible.
13	15	IRO/CP	Interrupt Request/Call Progress (open drain) output. In interrupt mode, this output goes low when a valid DTMF tone burst has been transmitted or received. In call progress mode, this pin will output a rectangular signal representative of the input signal applied at the input op-amp. The input signal must be within the bandwidth limits of the call progress filter, see Figure 8.
14-17	18-21	D0-D3	Microprocessor Data Bus. High impedance when $\overline{CS} = 1$ or $\overline{RD} = 1$. TTL compatible.
18	22	ESt	Early Steering output. Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESt to return to a logic low.
19	23	S/GT	Steering Input/Guard Time output (bidirectional). A voltage greater than V_{TSt} detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V_{TSt} frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ESt and the voltage on St.
20	24	V _{DD}	Positive power supply (5V typ.).
	8,9 16,17	NC	No Connection.

Functional Description

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

Input Configuration

The input arrangement of the MT8888C provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}), which is used to bias the inputs at $V_{DD}/2$. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for gain adjustment. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 3.

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

Receiver Section

Separation of the low and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies (see Table 1). These filters incorporate notches at 350 Hz and 440 Hz for exceptional dial tone rejection. Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section, which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

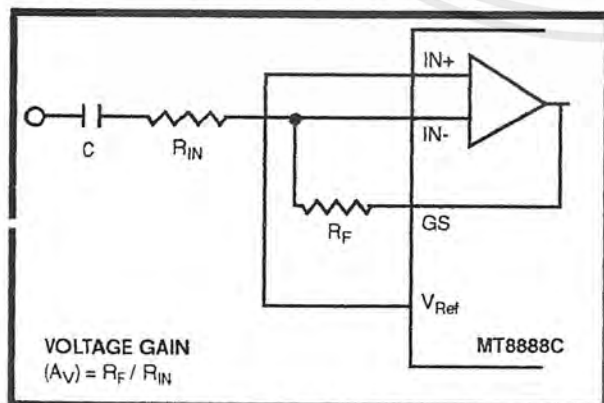


Figure 3 - Single-Ended Input Configuration

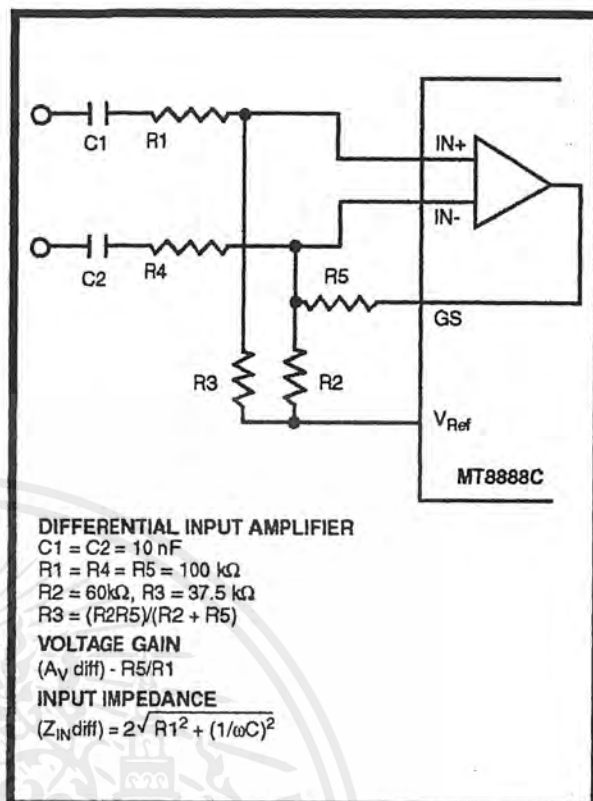


Figure 4 - Differential Input Configuration

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

0= LOGIC LOW, 1= LOGIC HIGH

Table 1. Functional Encode/Decode Table

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

Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by Est. A logic high on Est causes v_c (see Figure 5) to rise as the capacitor discharges. Provided that the signal condition is maintained (Est remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TS}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the Receive Data Register. At this point the GT output is activated and drives v_c to V_{DD} . GT continues to drive high as long as Est remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The status of the delayed steering flag can be monitored by checking the appropriate bit in the status register. If Interrupt mode has been selected, the $\overline{IRQ}/CP$ pin will pull low when the delayed steering flag is active.

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

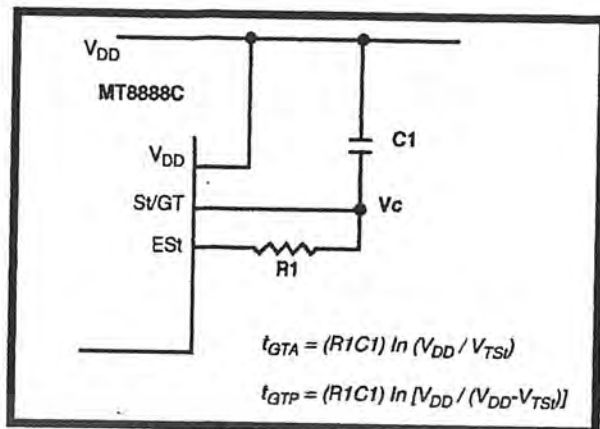


Figure 5 - Basic Steering Circuit

Guard Time Adjustment

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

$$t_{REC} \geq t_{DPmax} + t_{GTPmax} - t_{DAmin}$$

$$t_{REC} \leq t_{DPmin} + t_{GTPmin} - t_{DAmax}$$

$$t_{ID} \geq t_{DAmax} + t_{GTAmx} - t_{DPmin}$$

$$t_{DO} \leq t_{DAmin} + t_{GTAmn} - t_{DPmax}$$

The value of t_{DP} is a device parameter (see AC Electrical Characteristics) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C1 of 0.1 μF is recommended for most

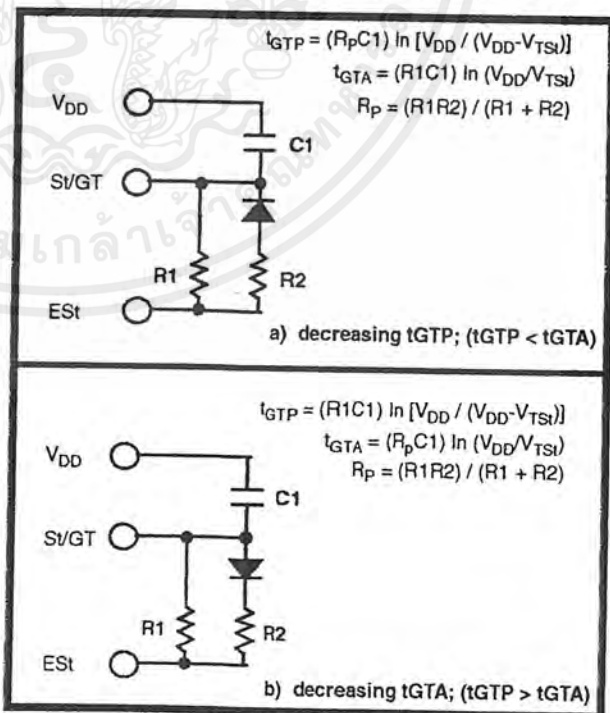


Figure 6 - Guard Time Adjustment

applications, leaving R1 to be selected by the designer. Different steering arrangements may be used to select independent tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}) guard times. This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity.

Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain a valid signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{DO} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 6. The receiver timing is shown in Figure 7 with a description of the events in Figure 9.

Call Progress Filter

A call progress mode, using the MT8888C, can be selected allowing the detection of various tones, which identify the progress of a telephone call on the network. The call progress tone input and DTMF input are common, however, call progress tones can only be detected when CP mode has been selected.

DTMF signals cannot be detected if CP mode has been selected (see Table 7). Figure 8 indicates the useful detect bandwidth of the call progress filter. Frequencies presented to the input, which are within the 'accept' bandwidth limits of the filter, are hard-limited by a high gain comparator with the $\overline{IRQ}/CP$ pin serving as the output. The squarewave output obtained from the schmitt trigger can be analyzed by a microprocessor or counter arrangement to determine the nature of the call progress tone being detected. Frequencies which are in the 'reject' area will not be detected and consequently the $\overline{IRQ}/CP$ pin will remain low.

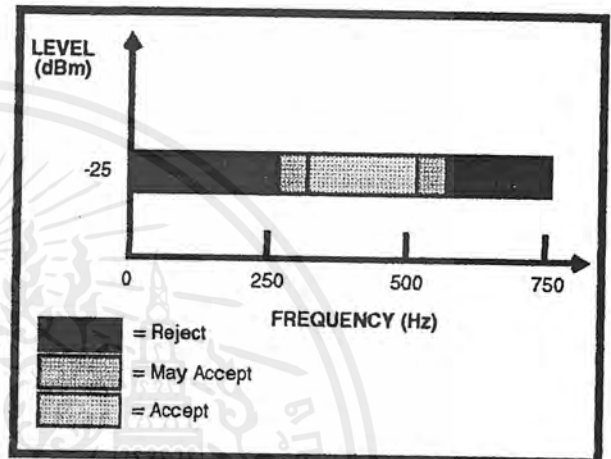


Figure 8 - Call Progress Response

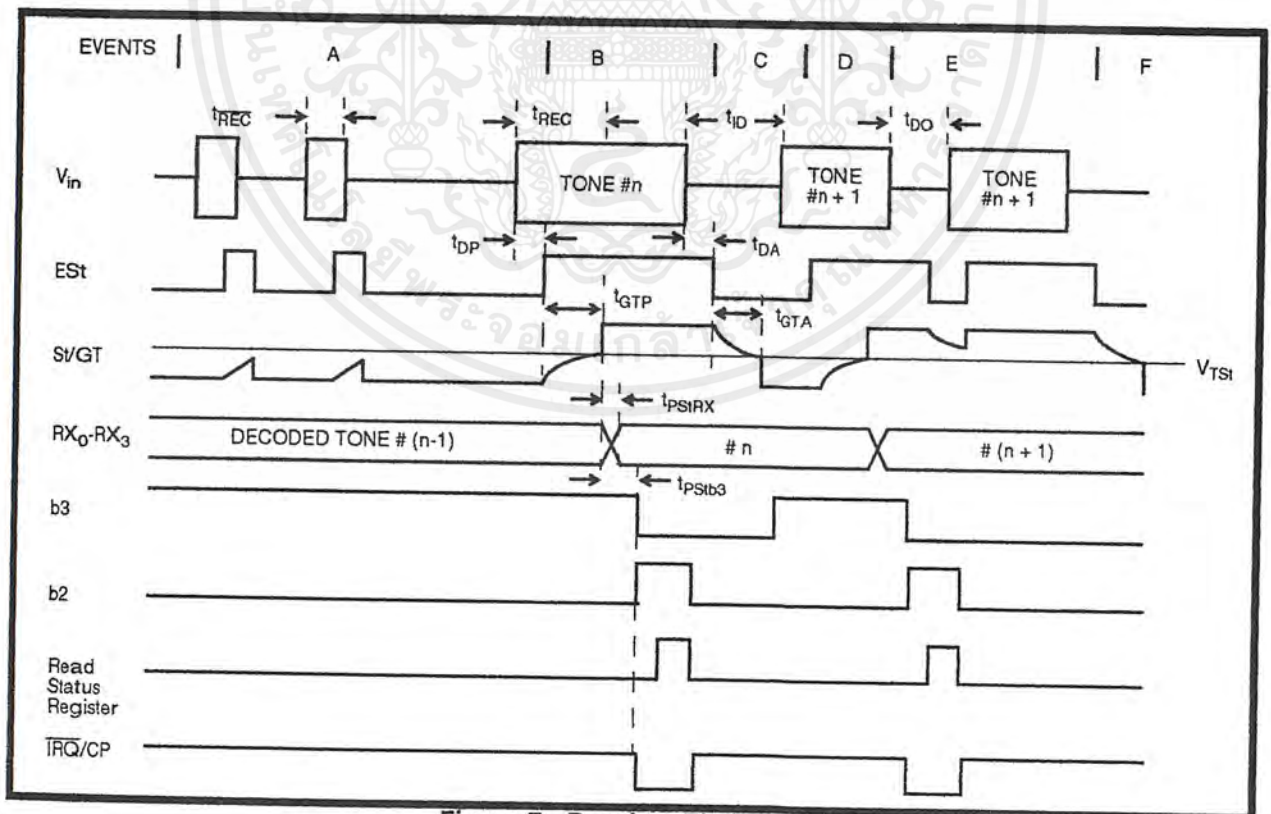


Figure 7 - Receiver Timing Diagram

EXPLANATION OF EVENTS

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

EXPLANATION OF SYMBOLS

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

Figure 9 - Description of Timing Events

DTMF Generator

The DTMF transmitter employed in the MT8888C is capable of generating all sixteen standard DTMF tone pairs with low distortion and high accuracy. All frequencies are derived from an external 3.579545 MHz crystal. The sinusoidal waveforms for the individual tones are digitally synthesized using row and column programmable dividers and switched capacitor D/A converters. The row and column tones are mixed and filtered providing a DTMF signal with low total harmonic distortion and high accuracy. To specify a DTMF signal, data conforming to the encoding format shown in Table 1 must be written to the transmit Data Register. Note that this is the same as the receiver output code. The individual tones which are generated (f_{LOW} and f_{HIGH}) are referred to as Low Group and High Group tones. As seen from the table, the low group frequencies are 697, 770, 852 and 941 Hz. The high group frequencies are 1209, 1336, 1477 and 1633 Hz. Typically, the high group to low group amplitude ratio (twist) is 2 dB to compensate for high group attenuation on long loops.

The period of each tone consists of 32 equal time segments. The period of a tone is controlled by varying the length of these time segments. During

write operations to the Transmit Data Register the 4 bit data on the bus is latched and converted to 2 of 8 coding for use by the programmable divider circuitry. This code is used to specify a time segment length, which will ultimately determine the frequency of the tone. When the divider reaches the appropriate count, as determined by the input code, a reset pulse is issued and the counter starts again. The number of time segments is fixed at 32, however, by varying the segment length as described above the frequency can also be varied. The divider output clocks another counter, which addresses the sinewave lookup ROM.

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

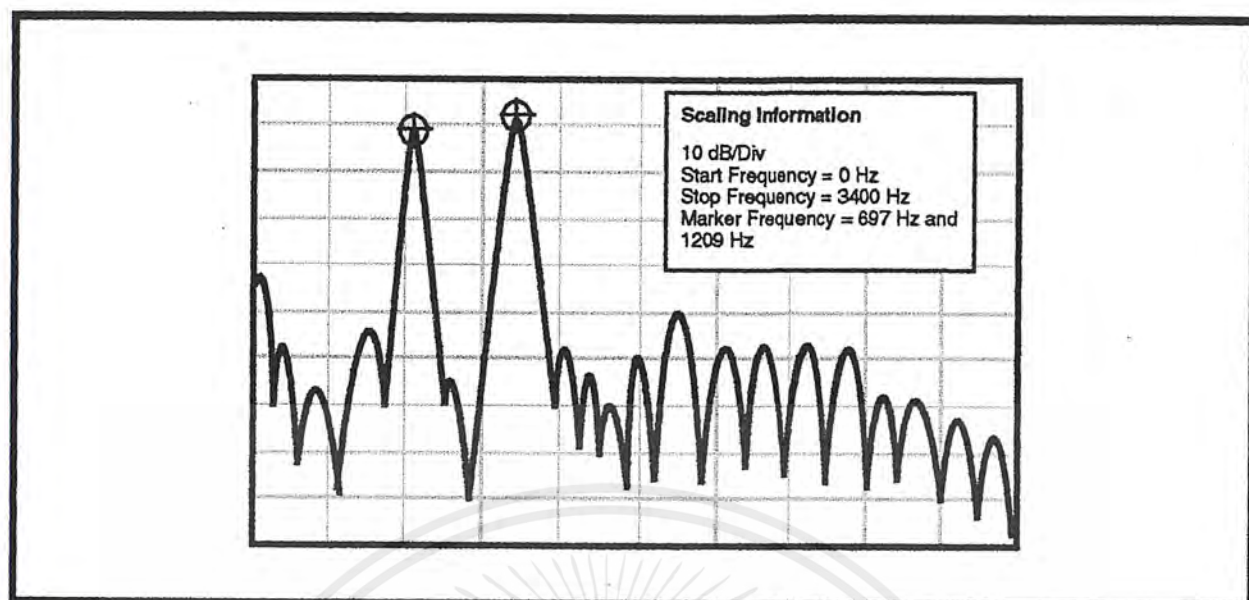


Figure 10 - Spectrum Plot

Burst Mode

In certain telephony applications it is required that DTMF signals being generated are of a specific duration determined either by the particular application or by any one of the exchange transmitter specifications currently existing. Standard DTMF signal timing can be accomplished by making use of the Burst Mode. The transmitter is capable of issuing symmetric bursts/pauses of predetermined duration. This burst/pause duration is $51 \text{ ms} \pm 1 \text{ ms}$, which is a standard interval for autodialer and central office applications. After the burst/pause has been issued, the appropriate bit is set in the Status Register indicating that the transmitter is ready for more data. The timing described above is available when DTMF mode has been selected. However, when CP mode (Call Progress mode) is selected, the burst/pause duration is doubled to $102 \text{ ms} \pm 2 \text{ ms}$. Note that when CP mode and Burst mode have been selected, DTMF tones may be transmitted only and *not* received. In applications where a non-standard burst/pause time is desirable, a software timing loop or external timer can be used to provide the timing pulses when the burst mode is disabled by enabling and disabling the transmitter.

Single Tone Generation

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

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

Table 2. Actual Frequencies Versus Standard Requirements

Distortion Calculations

The MT8888C is capable of producing precise tone bursts with minimal error in frequency (see Table 2). The internal summing amplifier is followed by a first-order lowpass switched capacitor filter to minimize harmonic components and intermodulation products. The total harmonic distortion for a *single tone* can be calculated using Equation 1, which is the ratio of the total power of all the extraneous frequencies to the power of the fundamental frequency expressed as a percentage.

$$\text{THD (\%)} = 100 \frac{\sqrt{V_{2f}^2 + V_{3f}^2 + V_{4f}^2 + \dots + V_{nf}^2}}{V_{\text{fundamental}}}$$

Equation 1. THD (%) For a Single Tone

MT8888C

The Fourier components of the tone output correspond to $V_{2f}, \dots, V_{nf}$ as measured on the output waveform. The total harmonic distortion for a *dual tone* can be calculated using Equation 2. V_L and V_H correspond to the low group amplitude and high group amplitude, respectively and V_{IMD}^2 is the sum of all the intermodulation components. The internal switched-capacitor filter following the D/A converter keeps distortion products down to a very low level as shown in Figure 10.

$$THD (\%) = 100 \frac{\sqrt{V_{2L}^2 + V_{3L}^2 + \dots + V_{nL}^2 + V_{2H}^2 + V_{3H}^2 + \dots + V_{nH}^2 + V_{IMD}^2}}{\sqrt{V_L^2 + V_H^2}}$$

Equation 2. THD (%) For a Dual Tone

DTMF Clock Circuit

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

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

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

A number of MT8888C devices can be connected as shown in Figure 11 such that only one crystal is required. Alternatively, the OSC1 inputs on all devices can be driven from a TTL buffer with the OSC2 outputs left unconnected.

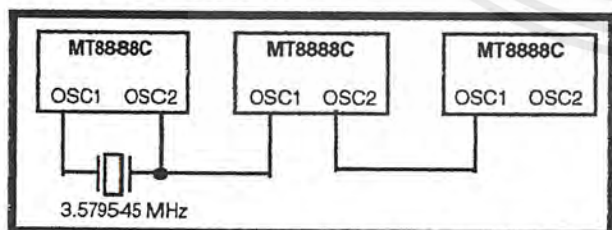


Figure 11 - Common Crystal Connection

Microprocessor Interface

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

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

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

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

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

RS0	WR	RD	FUNCTION
0	0	1	Write to Transmit Data Register
0	1	0	Read from Receive Data Register
1	0	1	Write to Control Register
1	1	0	Read from Status Register

Table 3. Internal Register Functions

b3	b2	b1	b0
RSEL	IRQ	CP/DTMF	TOUT

Table 4. CRA Bit Positions

b3	b2	b1	b0
C/R	S/D	TEST	BURST ENABLE

Table 5. CRB Bit Positions

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

Table 6. Control Register A Description

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

Table 7. Control Register B Description

MT8888C

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

Table 8. Status Register Description

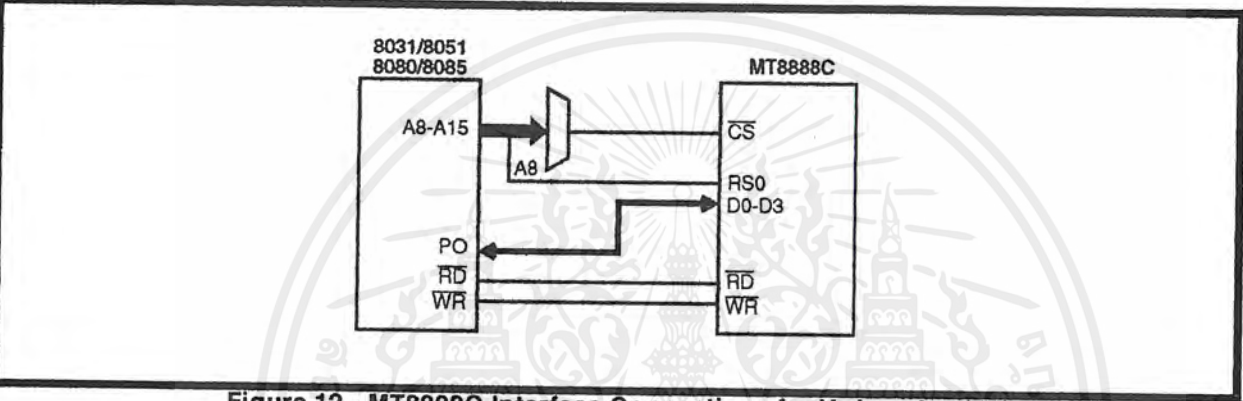


Figure 12 - MT8888C Interface Connections for Various Intel Micros

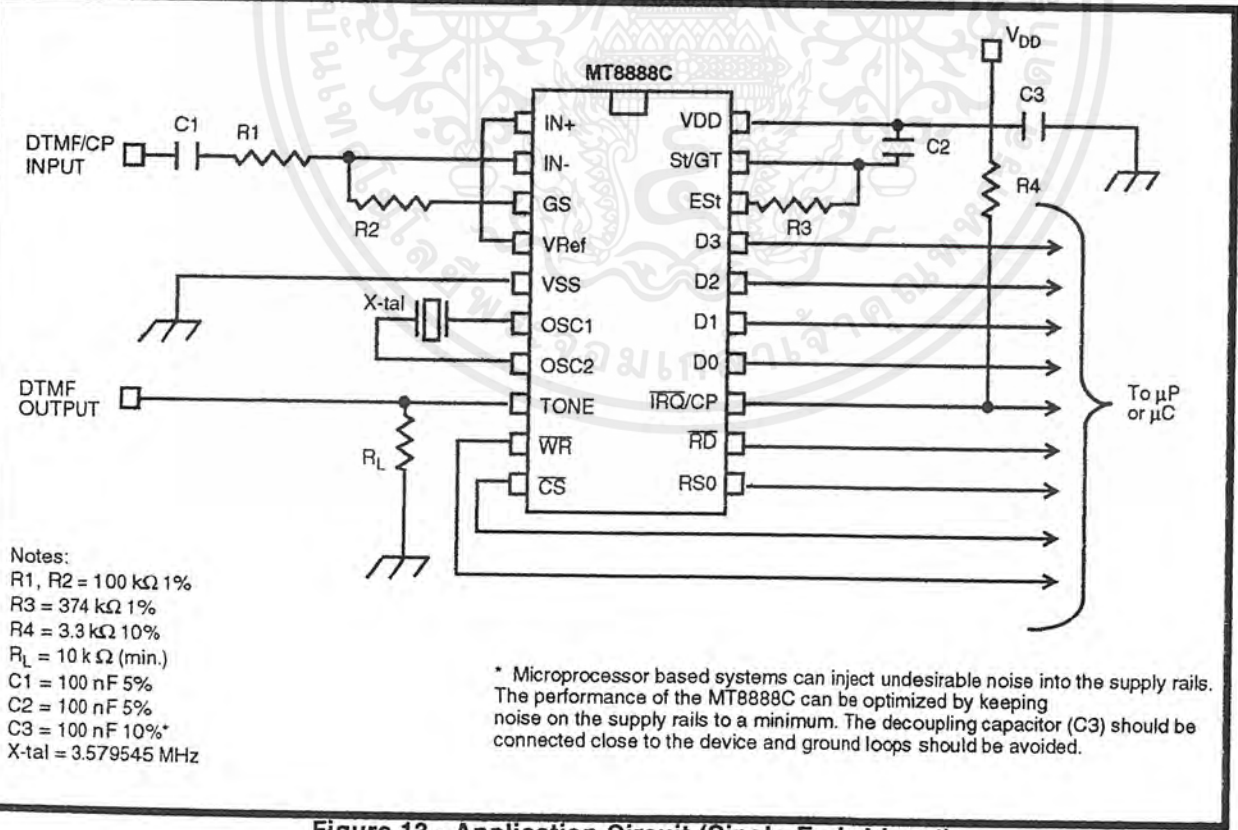


Figure 13 - Application Circuit (Single-Ended Input)

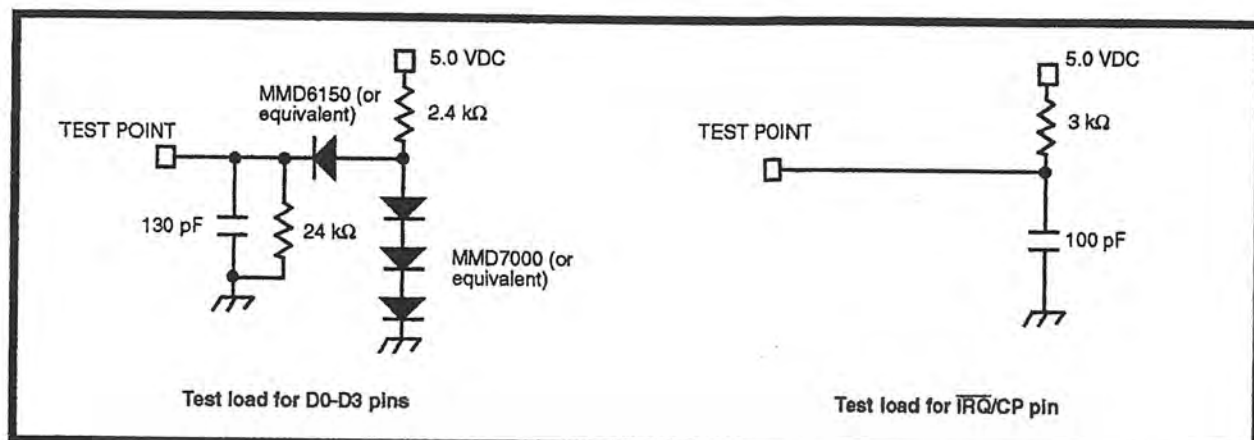


Figure 14 - Test Circuits

INITIALIZATION PROCEDURE

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

Description:

	Control			Data			
	RS0	WR	RD	b3	b2	b1	b0
1) Read Status Register	1	1	0	X	X	X	X
2) Write to Control Register	1	0	1	0	0	0	0
3) Write to Control Register	1	0	1	0	0	0	0
4) Write to Control Register	1	0	1	1	0	0	0
5) Write to Control Register	1	0	1	0	0	0	0
6) Read Status Register	1	1	0	X	X	X	X

TYPICAL CONTROL SEQUENCE FOR BURST MODE APPLICATIONS

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

Sequence:

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

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

Figure 15 - Application Notes

Absolute Maximum Ratings*

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	Power supply voltage $V_{DD}-V_{SS}$	V_{DD}		6	V
2	Voltage on any pin	V_I	$V_{SS}-0.3$	$V_{DD}+0.3$	V
3	Current at any pin (Except V_{DD} and V_{SS})			10	mA
4	Storage temperature	T_{ST}	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P_D		1000	mW

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

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

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

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

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

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

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.

‡ Typical figures are at 25 °C, $V_{DD}=5V$ and for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

* See "Notes" following AC Electrical Characteristics Tables.

Electrical Characteristics

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

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

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

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

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

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

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

	Characteristics	Sym	Min	Typ†	Max	Units	Notes*
1	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9
2	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9
3	Freq. deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2\text{Hz}$				2,3,5
4	Freq. deviation reject		$\pm 3.5\%$				2,3,5
5	Third tone tolerance			-16		dB	2,3,4,5,9,10
6	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
7	Dial tone tolerance			22		dB	2,3,4,5,8,9

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.

‡ Typical figures are at 25°C, $V_{DD} = 5V$, and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

* See "Notes" following AC Electrical Characteristics Tables.

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

	Characteristics	Sym	Min	Typ‡	Max	Units	Conditions
1	Accept Bandwidth	f_A	310		500	Hz	@ -25 dBm, Note 9
2	Lower freq. (REJECT)	f_{LR}		290		Hz	@ -25 dBm
3	Upper freq. (REJECT)	f_{HR}		540		Hz	@ -25 dBm
4	Call progress tone detect level (total power)		-30			dBm	

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated

‡ Typical figures are at 25°C, $V_{DD}=5V$, and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing

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

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

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated

‡ Typical figures are at 25°C, $V_{DD}=5V$, and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing

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

		Characteristics	Sym	Min	Typ [‡]	Max	Units	Conditions
1	T O N E I N	Tone present detect time	t _{DP}	3	11	14	ms	Note 11
2		Tone absent detect time	t _{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 11
3		Delay St to b3	t _{PStb3}		13		μs	See Figure 7
4		Delay St to RX ₀ -RX ₃	t _{PSIRX}		8		μs	See Figure 7
5	T O N E O U T	Tone burst duration	t _{BST}	50		52	ms	DTMF mode
6		Tone pause duration	t _{PS}	50		52	ms	DTMF mode
7		Tone burst duration (extended)	t _{BSTE}	100		104	ms	Call Progress mode
8		Tone pause duration (extended)	t _{PSE}	100		104	ms	Call Progress mode
9		High group output level	V _{HOUT}	-6.1		-2.1	dBm	R _L =10kΩ
10		Low group output level	V _{LOUT}	-8.1		-4.1	dBm	R _L =10kΩ
11		Pre-emphasis	dB _P	0	2	3	dB	R _L =10kΩ
12		Output distortion (Single Tone)	THD		-35		dB	25 kHz Bandwidth R _L =10kΩ
13								
14		Frequency deviation	f _D		±0.7	±1.5	%	f _C =3.579545 MHz
15	Output load resistance	R _{LT}	10		50	kΩ		
16	X T A L	Crystal/clock frequency	f _C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
17		Clock input rise and fall time	t _{CLRF}			110	ns	Ext. clock
18		Clock input duty cycle	DC _{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
19		Capacitive load (OSC2)	C _{LO}			30	pF	

† Timing is over recommended temperature & power supply voltages.

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

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

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

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated

‡ Typical figures are at 25°C, $V_{DD}=5V$, and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing

- NOTES: 1) dBm=decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
 2) Digit sequence consists of all 16 DTMF tones.
 3) Tone duration=40 ms. Tone pause=40 ms.
 4) Nominal DTMF frequencies are used.
 5) Both tones in the composite signal have an equal amplitude.
 6) The tone pair is deviated by $\pm 1.5\% \pm 2$ Hz.
 7) Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
 8) The precise dial tone frequencies are 350 and 440 Hz ($\pm 2\%$).
 9) Guaranteed by design and characterization. Not subject to production testing.
 10) Referenced to the lowest amplitude tone in the DTMF signal.
 11) For guard time calculation purposes.

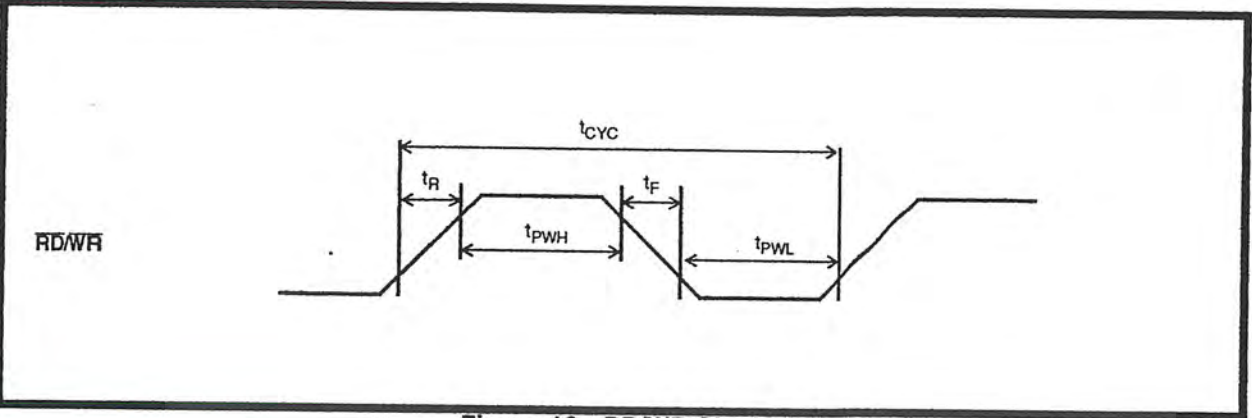


Figure 16 - RD/WR Clock Pulse

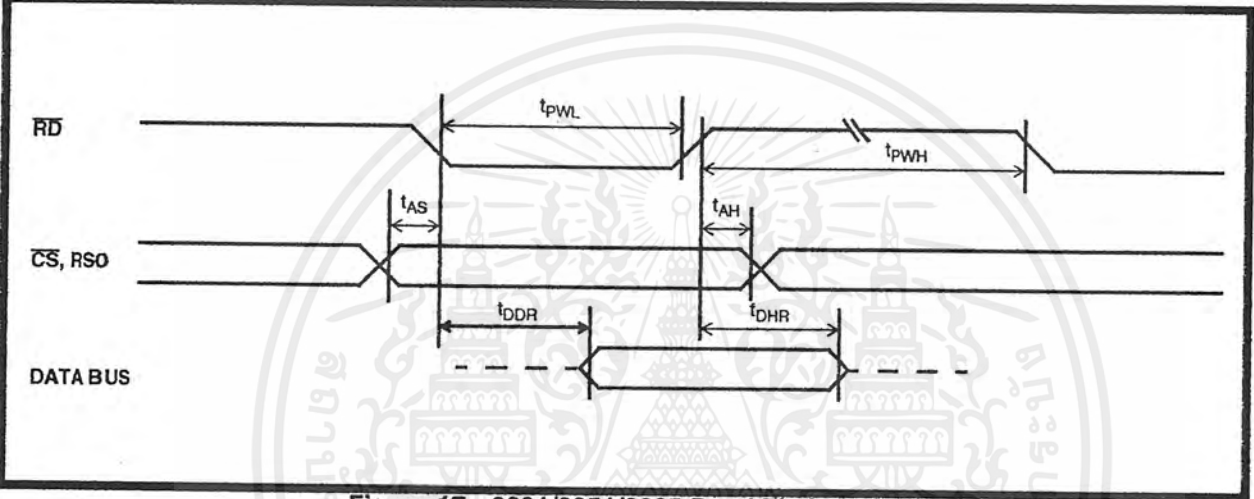


Figure 17 - 8031/8051/8085 Read Timing Diagram

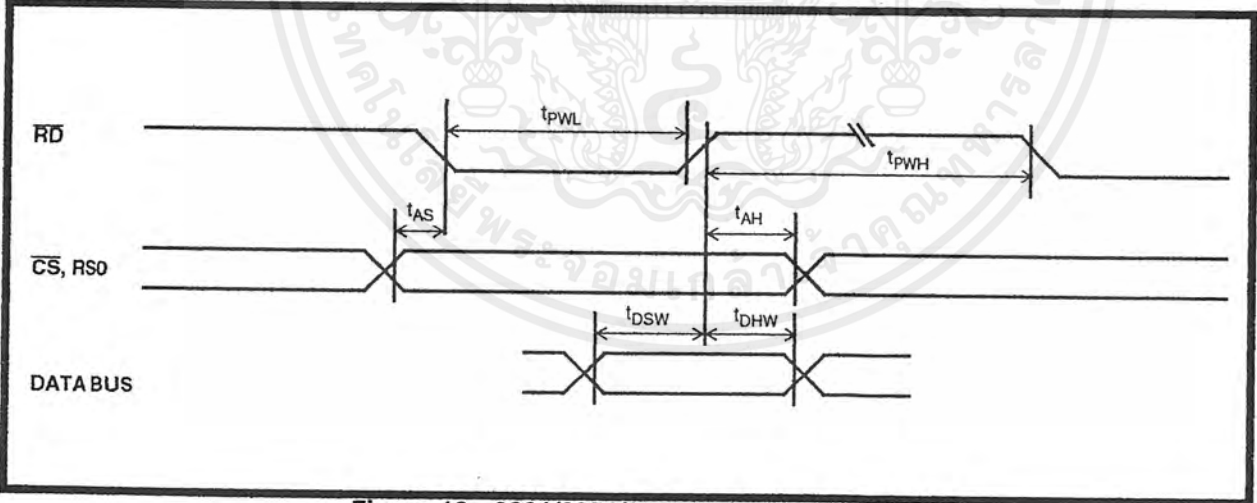
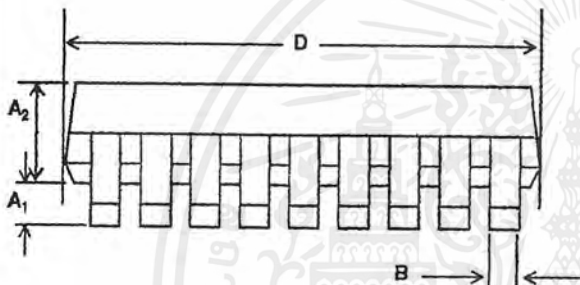
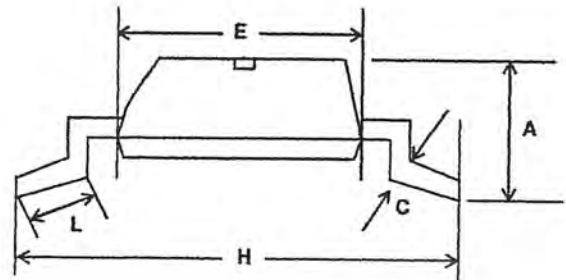
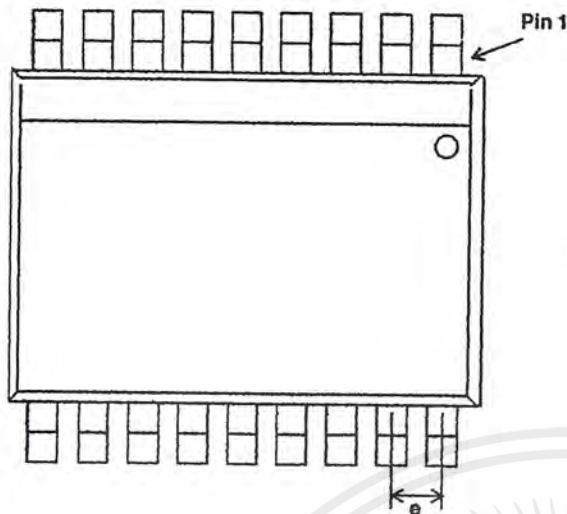


Figure 18 - 8031/8051/8085 Write Timing Diagram

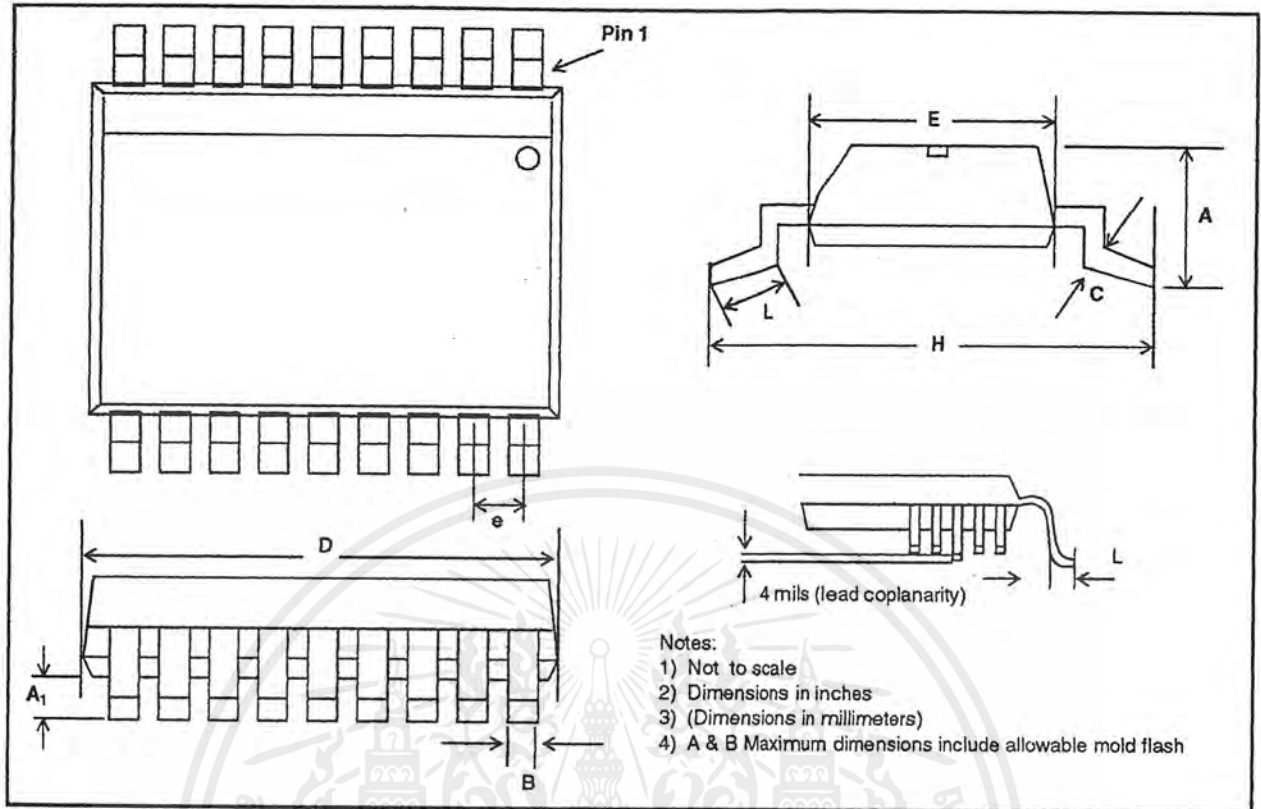


Notes:

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

Dim	20-Pin		24-Pin		28-Pin		48-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.079 (2)	-	0.079 (2)		0.079 (2)	0.095 (2.41)	0.110 (2.79)
A ₁	0.002 (0.05)		0.002 (0.05)		0.002 (0.05)		0.008 (0.2)	0.016 (0.406)
B	0.0087 (0.22)	0.013 (0.33)	0.0087 (0.22)	0.013 (0.33)	0.0087 (0.22)	0.013 (0.33)	0.008 (0.2)	0.0135 (0.342)
C		0.008 (0.21)		0.008 (0.21)		0.008 (0.21)		0.010 (0.25)
D	0.27 (6.9)	0.295 (7.5)	0.31 (7.9)	0.33 (8.5)	0.39 (9.9)	0.42 (10.5)	0.62 (15.75)	0.63 (16.00)
E	0.2 (5.0)	0.22 (5.6)	0.2 (5.0)	0.22 (5.6)	0.2 (5.0)	0.22 (5.6)	0.291 (7.39)	0.299 (7.59)
e	0.025 BSC (0.635 BSC)		0.025 BSC (0.635 BSC)		0.025 BSC (0.635 BSC)		0.025 BSC (0.635 BSC)	
A ₂	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.065 (1.65)	0.073 (1.85)	0.089 (2.26)	0.099 (2.52)
H	0.29 (7.4)	0.32 (8.2)	0.29 (7.4)	0.32 (8.2)	0.29 (7.4)	0.32 (8.2)	0.395 (10.03)	0.42 (10.67)
L	0.022 (0.55)	0.037 (0.95)	0.022 (0.55)	0.037 (0.95)	0.022 (0.55)	0.037 (0.95)	0.02 (0.51)	0.04 (1.02)

Small Shrink Outline Package (SSOP) - N Suffix

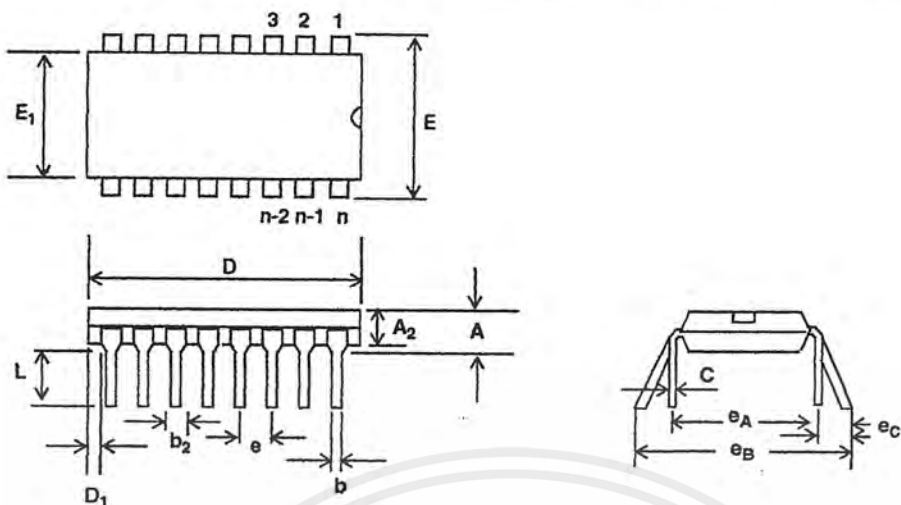


DIM	16-Pin		18-Pin		20-Pin		24-Pin		28-Pin	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)	0.093 (2.35)	0.104 (2.65)
A ₁	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)	0.004 (0.10)	0.012 (0.30)
B	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.030 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)	0.013 (0.33)	0.020 (0.51)
C	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)	0.009 (0.231)	0.013 (0.318)
D	0.398 (10.1)	0.413 (10.5)	0.447 (11.35)	0.4625 (11.75)	0.496 (12.60)	0.512 (13.00)	0.5985 (15.2)	0.614 (15.6)	0.697 (17.7)	0.7125 (18.1)
E	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)	0.291 (7.40)	0.299 (7.40)
e	0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)		0.050 BSC (1.27 BSC)	
H	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)	0.394 (10.00)	0.419 (10.65)
L	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)	0.016 (0.40)	0.050 (1.27)

Lead SOIC Package - S Suffix

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

Package Outlines

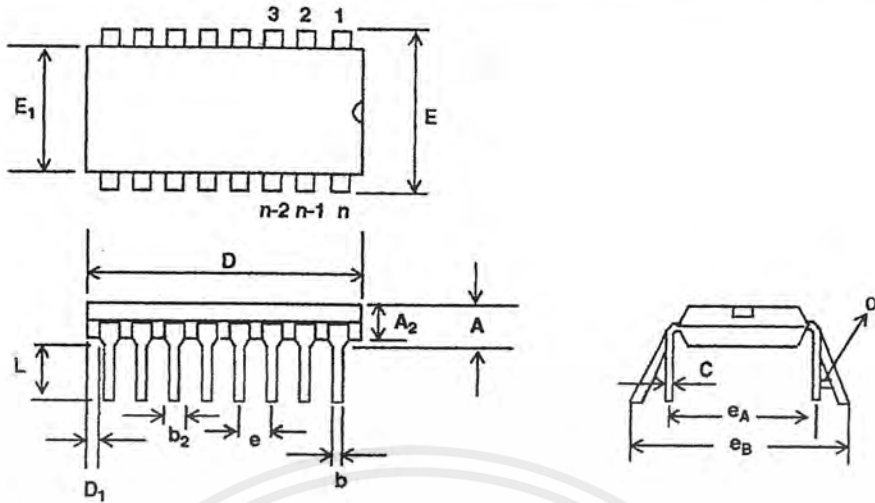


- Notes:
- 1) Not to scale
 - 2) Dimensions in inches
 - 3) (Dimensions in millimeters)

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

DIM	8-Pin		16-Pin		18-Pin		20-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)		0.210 (5.33)
A ₂	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)	0.115 (2.92)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b ₂	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)	0.045 (1.14)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)	0.008 (0.203)	0.014 (0.356)
D	0.355 (9.02)	0.400 (10.16)	0.780 (19.81)	0.800 (20.32)	0.880 (22.35)	0.920 (23.37)	0.980 (24.89)	1.060 (26.9)
D ₁	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)	0.300 (7.62)	0.325 (8.26)
E ₁	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)	0.240 (6.10)	0.280 (7.11)
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e _A	0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)		0.300 BSC (7.62)	
L	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)	0.115 (2.92)	0.150 (3.81)
e _B		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)		0.430 (10.92)
e _C	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)	0	0.060 (1.52)

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



Notes:

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

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

DIM	22-Pin		24-Pin		28-Pin		40-Pin	
	Plastic		Plastic		Plastic		Plastic	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
A		0.210 (5.33)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)		0.250 (6.35)
A ₂	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)	0.125 (3.18)	0.195 (4.95)
b	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)	0.014 (0.356)	0.022 (0.558)
b ₂	0.045 (1.15)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)	0.030 (0.77)	0.070 (1.77)
C	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)	0.008 (0.204)	0.015 (0.381)
D	1.050 (26.67)	1.120 (28.44)	1.150 (29.3)	1.290 (32.7)	1.380 (35.1)	1.565 (39.7)	1.980 (50.3)	2.095 (53.2)
D ₁	0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)		0.005 (0.13)	
E	0.390 (9.91)	0.430 (10.92)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)	0.600 (15.24)	0.670 (17.02)
E			0.290 (7.37)	.330 (8.38)				
E ₁	0.330 (8.39)	0.380 (9.65)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)	0.485 (12.32)	0.580 (14.73)
E ₁			0.246 (6.25)	0.254 (6.45)				
e	0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)		0.100 BSC (2.54)	
e _A	0.400 BSC (10.16)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)		0.600 BSC (15.24)	
e _A			0.300 BSC (7.62)					
e _B				0.430 (10.92)				
L	0.115 (2.93)	0.160 (4.06)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)	0.115 (2.93)	0.200 (5.08)
α		15°		15°		15°		15°

Shaded areas for 300 Mil Body Width 24 PDIP only



<http://www.mitelsemi.com>

World Headquarters - Canada

Tel: +1 (613) 592 2122

Fax: +1 (613) 592 6909

North America

Tel: +1 (770) 486 0194

Fax: +1 (770) 631 8213

Asia/Pacific

Tel: +65 333 6193

Fax: +65 333 6192

**Europe, Middle East,
and Africa (EMEA)**

Tel: +44 (0) 1793 518528

Fax: +44 (0) 1793 518581

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

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

M Mitel (design) and ST-BUS are registered trademarks of MITEL Corporation

Mitel Semiconductor is an ISO 9001 Registered Company

Copyright 1999 MITEL Corporation

All Rights Reserved

Printed in CANADA

TECHNICAL DOCUMENTATION - NOT FOR RESALE



รายละเอียดและการใช้งาน RS – 232

มีทางเลือกอยู่ 2 ทางในการที่จะเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ หรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน นั่นคือการรับส่งข้อมูลแบบขนานและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมการรับส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิต ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การรับและส่งข้อมูลทำได้ด้วยความเร็วสูง ซึ่งก็หมายความว่าจำนวนของสายที่ใช้ในการส่งจะต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่จะส่งด้วย นอกจากนี้ยังจะต้องรวมถึงสายที่ใช้สำหรับการควบคุมและการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลที่จะก็ได้ ซึ่งก็เป็นปัญหาในเรื่องราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง

ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถรับส่งข้อได้คราวละหลาย ๆ บิตได้ หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งและตัวรับว่า จะรับส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอข้อมูลมาให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลอนุกรมอาจมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน ในด้านจำนวนสายสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายที่น้อยกว่ามาก อย่างน้อยที่สุดใช้เพียง 2-3 เส้นเท่านั้น แต่อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลอาจต่ำกว่าแบบขนาน อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมากกว่าแบบขนาน ทำให้ระยะทางในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถทำได้มากกว่า

1. การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือซีบีอาร์คของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูลและกราวด์

2. การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกา ร่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (Baudrate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต

รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ขา DATA จะมีสถานะลอจิก “1” ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก “0” ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิตนี้ว่าบิตเริ่มต้นจากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นจะตามด้วยบิตพาริตี ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตพิตท้าย ซึ่งจะให้ขา Data มีสถานะลอจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver / Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือ ค่าบอดเรต ซึ่งก็คือค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูล บอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้แก่ 110,150,300,600,1200,2400,4800,9600 และ 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรตคือจำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่าง ข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตพิตท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 9600 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตีความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่(Odd) ,แบบคู่(Even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้ การตรวจสอบพาริตีเป็นการตรวจสอบจำนวนของบิตที่เป็นลอจิก “1” ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ โดยต้องรวมบิตของพาริตีเข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่ทำการส่งมีขนาด 8 บิตและมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 10011001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในบิตนี้มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตีเป็นคู่ ค่าในบิตพาริตีจะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้าพาริตีเป็นคี่ ค่าที่พาริตีจะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตีมีจำนวนบิตที่

ข้อมูล	บิตพาริตีคู่	บิตพาริตีคี่
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
11111110	0	1
11111111	1	0

ตาราง 1.1 แสดงบิตพาริตีของข้อมูล

เป็นลอจิก "1" มีจำนวนรวมกันเป็นคี่ ในตารางที่ 1.1 แสดงตัวอย่างของบิตพาริตีในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

บิตพาริตีถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของ UART ซึ่งทางภาครับจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตีให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตีคี่หรือพาริตีคู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตีที่เกิดขึ้นว่าเป็นคี่หรือเป็นคู่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งพาริตีด้วย ถ้ากำหนดพาริตีไว้เป็นคู่ แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการถ่ายข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้ เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำให้การส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำให้การส่งมีการผิดพลาดมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล การตั้งพาริตีบิตเป็น NONE นั้น ทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี

คอมพิวเตอร์ในรุ่น AT เกือบทั้งหมดจะใช้ UART เบอร์ 16450 และ 16550 ส่วนคอมพิวเตอร์ในรุ่น XT ใช้ UART เบอร์ 8250 UART ชิปเหล่านี้มีระดับแรงดันที่เป็นทีทีแอล (0 และ +5V) แต่เพื่อให้มีแรงดันเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 และเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ในระยะไกลมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับที่สูงขึ้น โดยลอจิก "0" มีระดับ +3V ถึง +12V ในขณะที่ลอจิก "1" มีระดับแรงดัน -3V จนถึง -12V

3. มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS-232 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทาง โดยมาตรฐาน RS-232 ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่า สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12V แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +12V แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment : DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data circuit terminating : DCE) ไว้ว่า อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE อย่างหนึ่งที่เราเห็นได้ชัดคือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ทีโมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม RS-232 มักถูกใช้เชื่อมต่อกับ โมเด็มหรือเมาส์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร

4. คอนเน็คเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็คเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่น ๆ ที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนักจึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงตำแหน่งขาในตารางที่ 1.2

คอนเน็คเตอร์ DB-9	คอนเน็คเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect : DCD	อินพุต
2	3	Received Data : RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data : DTR	เอาต์พุต
4	20	Data Terminal Ready : DTR	เอาต์พุต
5	7	Signal Ground :GND	-
6	6	Data Set Ready :DSR	อินพุต
7	4	Request To Send : RTS	เอาต์พุต
8	5	Clear To Send : CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator : RI	อินพุต

ตารางที่ 1.2 แสดงการจัดขาของคอนเน็คเตอร์พอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232 แบบ DB-9 และ DB-25

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก แบบการเชื่อมต่อแบบ Null modem หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ และการเชื่อมต่อแบบ Null modem ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีดังนี้

- **Data Carrier Detect : DCD** หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะแอกติฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก
- **Receive Data : RD หรือ RxD** ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์
- **Transmitted Data : TD หรือ TxD** ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป

- **Data Terminal Ready : DTR** เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ Null Modem ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์
- **Signal Ground : GND** ขากราวด์ของระบบ
- **Data Set Ready : DSR** ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR
- **Request To Send : RTS** เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Null modem 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อกับขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- **Clear To Send : CTS** ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่
- **Ring Indicator : RI** ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

5. UART

UART มาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่น ๆ ให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น

ภายใน UART จะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบโปรแกรมได้ (programmable baudrate generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของ UART โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้น

จึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1 – 65,535 UART สามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (half duplex) และฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex) โดยการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

6. ชนิดของ UART

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมี UART ที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์คือ 8250 ซึ่งเป็น UART มาตรฐานที่มีใช้กันมายาวนาน UART เบอร์นี้จะมีบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ UART เบอร์นี้ก็ถือว่าเป็นต้นแบบของ UART ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุก ๆ รุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของ UART เบอร์นี้

UART อีกเบอร์หนึ่งคือ 16450 มีความสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 115,200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับ UART นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนของชิพรีจิสเตอร์แบบ FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ UART เบอร์นี้หรือใหม่กว่า เช่น เบอร์ TL16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบ FIFO ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5V และ +3V มีโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาที เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 MHz

อย่างไรก็ตาม ความเร็วในการส่งข้อมูลที่มากมาของ UART เบอร์ใหม่ ๆ ก็ไม่ได้ช่วยให้การรับส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์เร็วขึ้น เนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ยังใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาในการแปลงข้อมูลเพียง 1.8432 MHz เท่านั้น

7. วงจรภายในและรีจิสเตอร์ของพอร์ตอนุกรม RS-232

เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปสามารถต่อพอร์ตอนุกรม RS-232 สูงสุดได้ 4 พอร์ต ซึ่งจะมีชื่อเรียกเป็น COM1, COM2, COM3 และ COM4 ซึ่งพอร์ตอนุกรมแต่ละตัวต่างก็ใช้งาน UART ภายในคอมพิวเตอร์ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกัน

การทำงานภายในของพอร์ตอนุกรม ซึ่งประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 8 ตัวที่ใช้งานร่วมกับ UART แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายในพอร์ตอนุกรมสามารถคำนวณได้จากค่ารีจิสเตอร์พื้นฐานของพอร์ตอนุกรม ยกตัวอย่าง พอร์ตอนุกรม COM1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 3F8H ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ จะเป็นตำแหน่งที่บวกเข้าไปกับค่า 3F8H โดยรีจิสเตอร์ที่ใช้งานกับพอร์ตอนุกรมมีดังนี้

- 00H เป็นรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาหรือเตรียมข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป
- 01H รีจิสเตอร์อินทิลการอินเตอร์รัปต์ ใช้ในการเซตโหมดการอินเตอร์รัปต์ของพอร์ตอนุกรม
- 02H รีจิสเตอร์แสดงโหมดการอินเตอร์รัปต์ ใช้เพื่อตรวจสอบโหมดของการอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น
- 03H รีจิสเตอร์กำหนดรูปแบบของข้อมูล
- 04H รีจิสเตอร์ควบคุมโมเด็ม ใช้ตรวจสอบบิตสำหรับติดต่อกับโมเด็ม เช่น RTS หรือ DTR

05H รีจิสเตอร์แสดงสถานะการรับและการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

06H รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโมเด็ม ซึ่งจะแสดงสถานะของขา DCD, RI, DSR และ CTS

07H รีจิสเตอร์สำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว

8. ลักษณะสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของพอร์ต RS-232

สัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ควบคุม (RTS และ DTR) และสัญญาณแสดงสถานะอินพุต (CTS, DSR และ DCD) ของพอร์ตอนุกรม RS-232 จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้งภาคส่งและรับจะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้ระดับสัญญาณเอาต์พุต

ออกมาเป็นแบบทีทีแอลเท่านั้น ดังนั้นเมื่อสัญญาณถูกส่งออกมาจาก UART จึงต้องส่งเข้าสู่วงจรขับเพื่อปรับระดับแรงดันให้ได้ระดับสัญญาณเป็นไปตามมาตรฐาน RS-232 ก่อนส่งออกไปจากคอมพิวเตอร์ สำหรับอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะเช่นเดียวกัน เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณในระดับเดียวกัน แด่วงจรขับที่ใช้ทั้งภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะถูกกลับสถานะ

9. แอนเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอนเดรสพื้นฐานของพอร์ตอนุกรมมี 4 ตำแหน่งดังนี้คือ

COM1 : 3F8H

COM2 : 2F8H

COM3 : 3E8H

COM4 : 2E8H

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไปออสภายในคอมพิวเตอร์จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์ สำหรับพอร์ตอนุกรม COM1 จะเก็บไว้ที่แอดเดรส 0000:0400H และ 0000:0401H ส่วนตำแหน่งอื่น ๆ มีรายละเอียดดังนี้

COM2 = 0000:0402H – 0000:0403H

COM3 = 0000:0404H – 0000:0405H

COM4 = 0000:0406H – 0000:0407H

นอกจากนี้ที่หน่วยความจำแอดเดรส 0000:0411H ยังใช้สำหรับแสดงจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่มีใช้อยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วย โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1.3

บิต 3	บิต 2	บิต 1	จำนวนพอร์ต
0	0	0	ไม่มีพอร์ตอนุกรม
0	0	1	มีพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ต
0	1	0	มีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต
0	1	1	มีพอร์ตอนุกรม 3 พอร์ต
1	0	0	มีพอร์ตอนุกรม 4 พอร์ต

ตารางที่ 1.3 แสดงข้อมูลในแอดเดรส 0000:0411H ที่ใช้แจ้งจำนวนพอร์ตอนุกรม





LM150/LM350A/LM350 3-Amp Adjustable Regulators

General Description

The LM150 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 3A over a 1.2V to 33V output range. They are exceptionally easy to use and require only 2 external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are comparable to discrete designs. Also, the LM150 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM150 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is accidentally disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An output capacitor can be added to improve transient response, while bypassing the adjustment pin will increase the regulator's ripple rejection.

Besides replacing fixed regulators or discrete designs, the LM150 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential voltage, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., avoid short-circuiting the output.

By connecting a fixed resistor between the adjustment pin and output, the LM150 can be used as a precision current

regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

The part numbers in the LM150 series which have a K suffix are packaged in a standard Steel TO-3 package, while those with a T suffix are packaged in a TO-220 plastic package. The LM150 is rated for $-55^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +150^{\circ}\text{C}$, while the LM350A is rated for $-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$, and the LM350 is rated for $0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$.

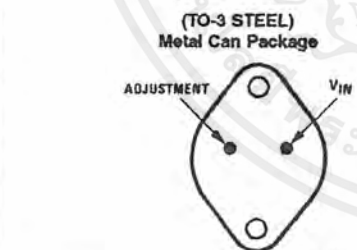
Features

- Adjustable output down to 1.2V
- Guaranteed 3A output current
- Guaranteed thermal regulation
- Output is short circuit protected
- Current limit constant with temperature
- P+ Product Enhancement tested
- 86 dB ripple rejection
- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM350A)
- Guaranteed max. 0.01%/V line regulation (LM350A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM350A)

Applications

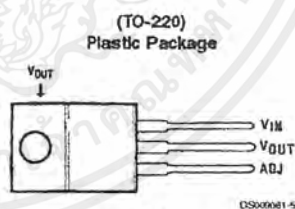
- Adjustable power supplies
- Constant current regulators
- Battery chargers

Connection Diagrams



Case is Output

Bottom View
Order Number LM150K STEEL
or LM350K STEEL
See NS Package Number K02A
Order Number LM150K/883
See NS Package Number K02C



Front View
Order Number LM350AT or LM350T
See NS Package Number T03B

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 4)

Power Dissipation	Internally Limited
Input-Output Voltage Differential	+35V
Storage Temperature	-65°C to +150°C

Lead Temperature

Metal Package (Soldering, 10 sec.)
Plastic Package (Soldering, 4 sec.)

300°C
260°C

ESD Tolerance

TBD

Operating Temperature Range

LM150	-55°C ≤ T _J ≤ +150°C
LM350A	-40°C ≤ T _J ≤ +125°C
LM350	0°C ≤ T _J ≤ +125°C

Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V_{IN} - V_{OUT} = 5V, and I_{OUT} = 10 mA. (Note 2)

Parameter	Conditions	LM150			Units
		Min	Typ	Max	
Reference Voltage	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 35V, 10 mA ≤ I _{OUT} ≤ 3A, P ≤ 30W	1.20	1.25	1.30	V
Line Regulation	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 35V (Note 3)		0.005	0.01	%/V
			0.02	0.05	%/V
Load Regulation	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ 3A (Note 3)		0.1	0.3	%
			0.3	1	%
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.002	0.01	%/W
Adjustment Pin Current			50	100	μA
Adjustment Pin Current Change	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ 3A, 3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 35V		0.2	5	μA
Temperature Stability	T _{MIN} ≤ T _J ≤ T _{MAX}		1		%
Minimum Load Current	V _{IN} - V _{OUT} = 35V		3.5	5	mA
Current Limit	V _{IN} - V _{OUT} ≤ 10V	3.0	4.5		A
	V _{IN} - V _{OUT} = 30V	0.3	1		A
RMS Output Noise, % of V _{OUT}	10 Hz ≤ f ≤ 10 kHz		0.001		%
Ripple Rejection Ratio	V _{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C _{ADJ} = 0 μF		65		dB
	V _{OUT} = 10V, f = 120 Hz, C _{ADJ} = 10 μF	66	86		dB
Long-Term Stability	T _J = 125°C, 1000 hrs		0.3	1	%
Thermal Resistance, Junction to Case	K Package		1.2	1.5	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Ambient (No Heat Sink)	K Package		35		°C/W

Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, V_{IN} - V_{OUT} = 5V, and I_{OUT} = 10 mA. (Note 2)

Parameter	Conditions	LM350A			LM350			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reference Voltage	I _{OUT} = 10 mA, T _J = 25°C	1.238	1.250	1.262				V
	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 35V, 10 mA ≤ I _{OUT} ≤ 3A, P ≤ 30W	1.225	1.250	1.270	1.20	1.25	1.30	V
Line Regulation	3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 35V (Note 3)		0.005	0.01		0.005	0.03	%/V
			0.02	0.05		0.02	0.07	%/V
Load Regulation	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ 3A (Note 3)		0.1	0.3		0.1	0.5	%
			0.3	1		0.3	1.5	%
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.002	0.01		0.002	0.03	%/W
Adjustment Pin Current			50	100		50	100	μA
Adjustment Pin Current Change	10 mA ≤ I _{OUT} ≤ 3A, 3V ≤ (V _{IN} - V _{OUT}) ≤ 35V		0.2	5		0.2	5	μA

Electrical Characteristics (Continued)

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$, and $I_{OUT} = 10\text{ mA}$. (Note 2)

Parameter	Conditions	LM350A			LM350			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Temperature Stability	$T_{MIN} \leq T_J \leq T_{MAX}$		1			1		%
Minimum Load Current	$V_{IN} - V_{OUT} = 35\text{V}$		3.5	10		3.5	10	mA
Current Limit	$V_{IN} - V_{OUT} \leq 10\text{V}$	3.0	4.5		3.0	4.5		A
	$V_{IN} - V_{OUT} = 30\text{V}$	0.3	1		0.25	1		A
RMS Output Noise, % of V_{OUT}	$10\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$		0.001			0.001		%
Ripple Rejection Ratio	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 0\text{ }\mu\text{F}$		65			65		dB
	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 10\text{ }\mu\text{F}$		66			66		dB
Long-Term Stability	$T_J = 125^\circ\text{C}$, 1000 hrs		0.25	1		0.25	1	%
Thermal Resistance, Junction to Case	K Package					1.2	1.5	$^\circ\text{C/W}$
	T Package		3	4		3	4	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient (No Heat Sink)	K Package					35		$^\circ\text{C/W}$
	T Package		50			50		$^\circ\text{C/W}$

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.

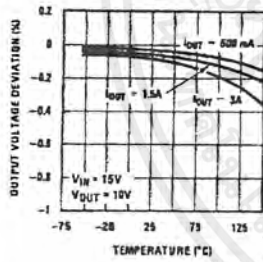
Note 2: These specifications are applicable for power dissipations up to 30W for the TO-3 (K) package and 25W for the TO-220 (T) package. Power dissipation is guaranteed at these values up to 15V input-output differential. Above 15V differential, power dissipation will be limited by internal protection circuitry. All limits (i.e., the numbers in the Min. and Max. columns) are guaranteed to National's AOQL (Average Outgoing Quality Level).

Note 3: Regulation is measured at a constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output voltage due to heating effects are covered under the specifications for thermal regulation.

Note 4: Refer to RETS150K drawing for military specifications of the LM150K.

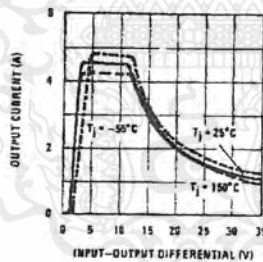
Typical Performance Characteristics

Load Regulation



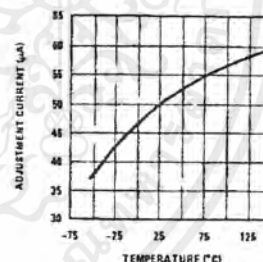
DS000001-33

Current Limit



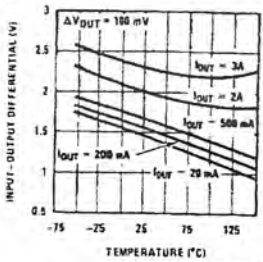
DS000001-34

Adjustment Current



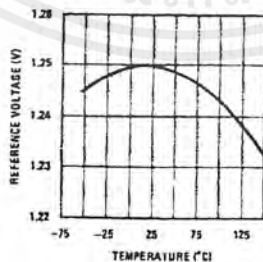
DS000001-35

Dropout Voltage



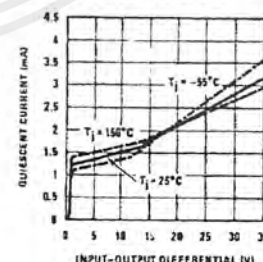
DS000001-36

Temperature Stability



DS000001-37

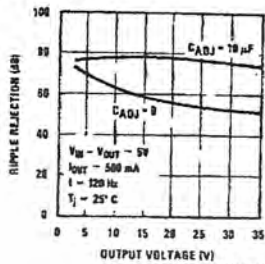
Minimum Operating Current



DS000001-38

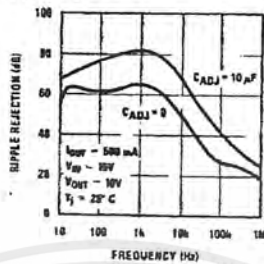
Typical Performance Characteristics (Continued)

Ripple Rejection



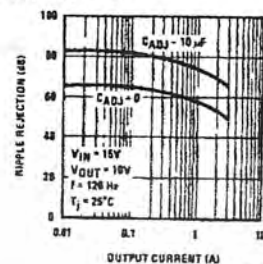
DS000061-39

Ripple Rejection



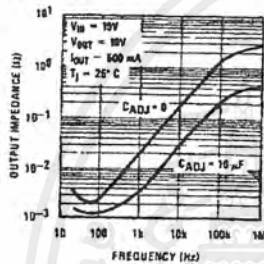
DS000061-40

Ripple Rejection



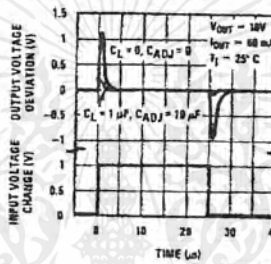
DS000061-41

Output Impedance



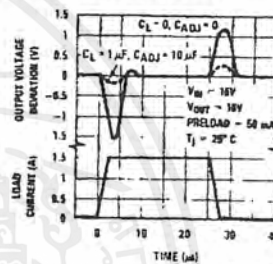
DS000061-42

Line Transient Response



DS000061-43

Load Transient Response



DS000061-44

Application Hints

In operation, the LM150 develops a nominal 1.25V reference voltage, V_{REF} , between the output and adjustment terminal. The reference voltage is impressed across program resistor R_1 and, since the voltage is constant, a constant current I_1 then flows through the output set resistor R_2 , giving an output voltage of

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} R_2$$

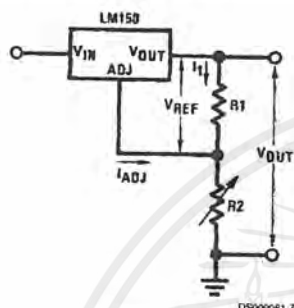


FIGURE 1.

Since the 50 μA current from the adjustment terminal represents an error term, the LM150 was designed to minimize I_{ADJ} and make it very constant with line and load changes. To do this, all quiescent operating current is returned to the output establishing a minimum load current requirement. If there is insufficient load on the output, the output will rise.

EXTERNAL CAPACITORS

An input bypass capacitor is recommended. A 0.1 μF disc or 1 μF solid tantalum on the input is suitable input bypassing for almost all applications. The device is more sensitive to the absence of input bypassing when adjustment or output capacitors are used but the above values will eliminate the possibility of problems.

The adjustment terminal can be bypassed to ground on the LM150 to improve ripple rejection. This bypass capacitor prevents ripple from being amplified as the output voltage is increased. With a 10 μF bypass capacitor 86 dB ripple rejection is obtainable at any output level. Increases over 10 μF do not appreciably improve the ripple rejection at frequencies above 120 Hz. If the bypass capacitor is used, it is sometimes necessary to include protection diodes to prevent the capacitor from discharging through internal low current paths and damaging the device.

In general, the best type of capacitors to use is solid tantalum. Solid tantalum capacitors have low impedance even at high frequencies. Depending upon capacitor construction, it takes about 25 μF in aluminum electrolytic to equal 1 μF solid tantalum at high frequencies. Ceramic capacitors are also good at high frequencies, but some types have a large decrease in capacitance at frequencies around 0.5 MHz. For this reason, 0.01 μF disc may seem to work better than a 0.1 μF disc as a bypass.

Although the LM150 is stable with no output capacitors, like any feedback circuit, certain values of external capacitance can cause excessive ringing. This occurs with values be-

tween 500 pF and 5000 pF. A 1 μF solid tantalum (or 25 μF aluminum electrolytic) on the output swamps this effect and insures stability.

LOAD REGULATION

The LM150 is capable of providing extremely good load regulation but a few precautions are needed to obtain maximum performance. The current set resistor connected between the adjustment terminal and the output terminal (usually 240 Ω) should be tied directly to the output (case) of the regulator rather than near the load. This eliminates line drops from appearing effectively in series with the reference and degrading regulation. For example, a 15V regulator with 0.05 Ω resistance between the regulator and load will have a load regulation due to line resistance of $0.05\Omega \times I_{OUT}$. If the set resistor is connected near the load the effective line resistance will be $0.05\Omega (1 + R_2/R_1)$ or in this case, 11.5 times worse.

Figure 2 shows the effect of resistance between the regulator and 240 Ω set resistor.

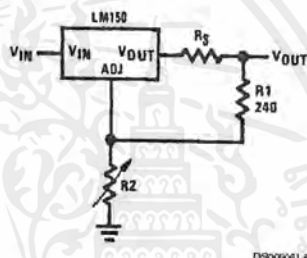


FIGURE 2. Regulator with Line Resistance in Output Lead

With the TO-3 package, it is easy to minimize the resistance from the case to the set resistor, by using two separate leads to the case. The ground of R_2 can be returned near the ground of the load to provide remote ground sensing and improve load regulation.

PROTECTION DIODES

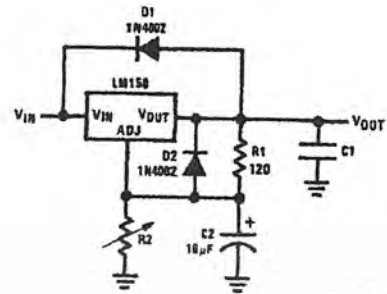
When external capacitors are used with any IC regulator it is sometimes necessary to add protection diodes to prevent the capacitors from discharging through low current points into the regulator. Most 10 μF capacitors have low enough internal series resistance to deliver 20A spikes when shorted. Although the surge is short, there is enough energy to damage parts of the IC.

When an output capacitor is connected to a regulator and the input is shorted, the output capacitor will discharge into the output of the regulator. The discharge current depends on the value of the capacitor, the output voltage of the regulator, and the rate of decrease of V_{IN} . In the LM150, this discharge path is through a large junction that is able to sustain 25A surge with no problem. This is not true of other types of positive regulators. For output capacitors of 25 μF or less, there is no need to use diodes.

The bypass capacitor on the adjustment terminal can discharge through a low current junction. Discharge occurs when either the input or output is shorted. Internal to the LM150 is a 50 Ω resistor which limits the peak discharge current. No protection is needed for output voltages of 25V or

Application Hints (Continued)

less and 10 μF capacitance. Figure 3 shows an LM150 with protection diodes included for use with outputs greater than 25V and high values of output capacitance.



DS000061-6

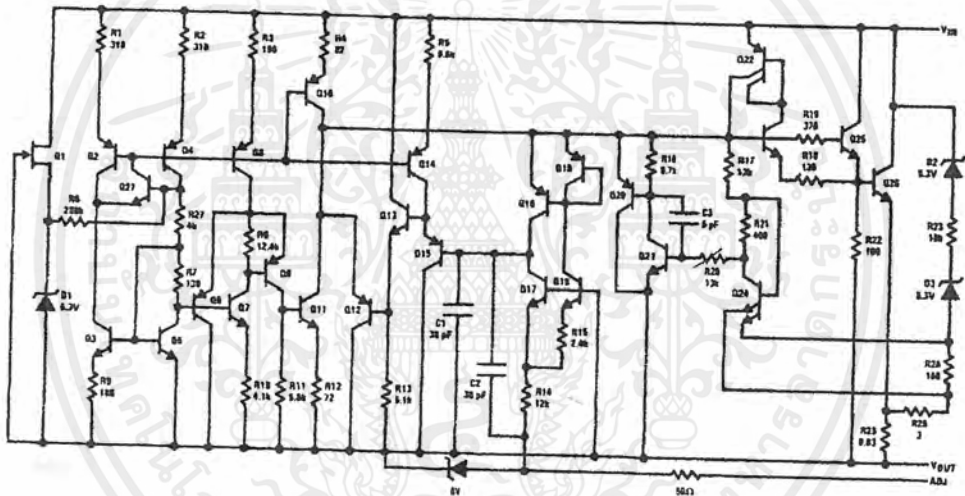
D1 protects against C1

D2 protects against C2

$$V_{OUT} = 1.25V \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{ADJ}R2$$

FIGURE 3. Regulator with Protection Diodes

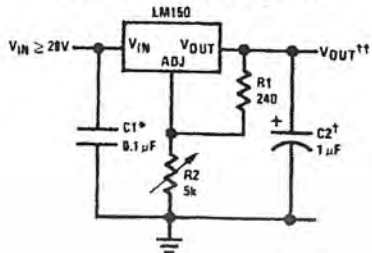
Schematic Diagram



DS000061-10

Typical Applications

1.2V-25V Adjustable Regulator



DSO-09061-1

Full output current not available at high input-output voltages.

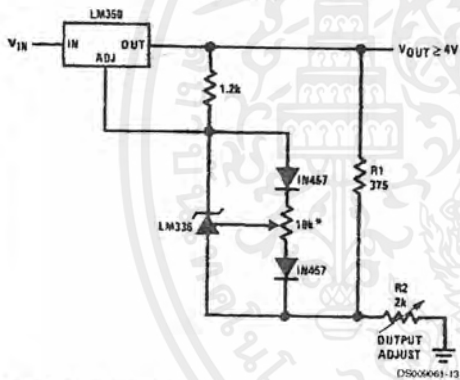
*Optional—improves transient response. Output capacitors in the range of 1 μF to 1000 μF of aluminum or tantalum electrolytic are commonly used to provide improved output impedance and rejection of transients.

*Needed if device is more than 6 inches from filter capacitors.

$$V_{OUT} = 1.25V \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} (R_2)$$

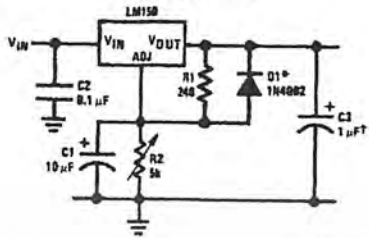
Note: Usually $R1 = 240\Omega$ for LM150 and $R1 = 120\Omega$ for LM350.

Precision Power Regulator with Low Temperature Coefficient



*Adjust for 3.75V across R1

Adjustable Regulator with Improved Ripple Rejection

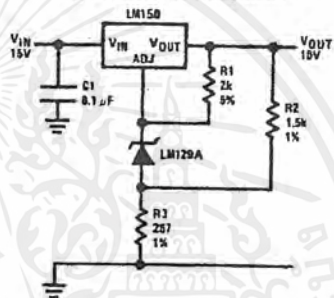


DS000001-75

†Solid tantalum

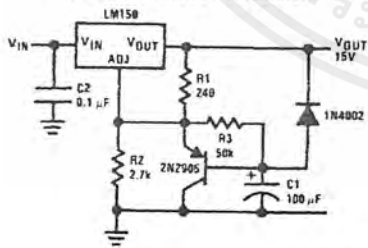
*Discharges C1 if output is shorted to ground

High Stability 10V Regulator



DS000061-10

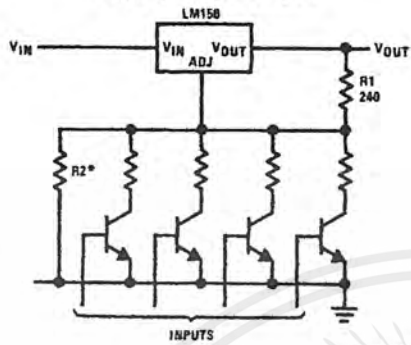
Slow Turn-ON 15V Regulator



DS004061-14

Typical Applications (Continued)

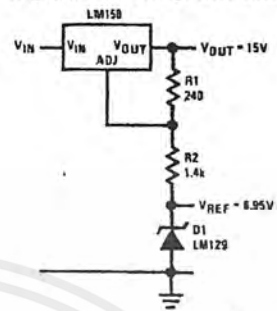
Digitally Selected Outputs



*Sets maximum V_{OUT}

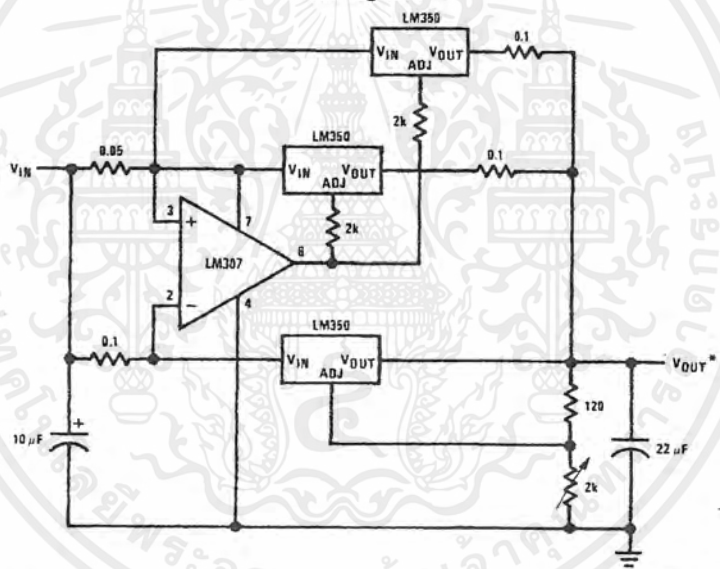
DS000061-17

Regulator and Voltage Reference



DS000061-3

10A Regulator

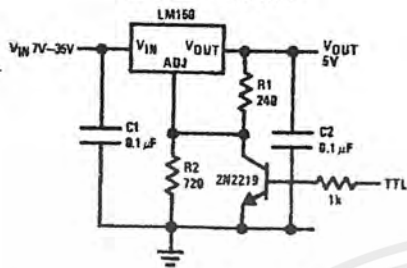


*Minimum load current 50 mA

DS000061-18

Typical Applications (Continued)

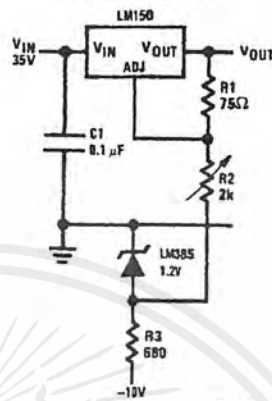
5V Logic Regulator with Electronic Shutdown*



*Min output = 1.2V

DS000061-10

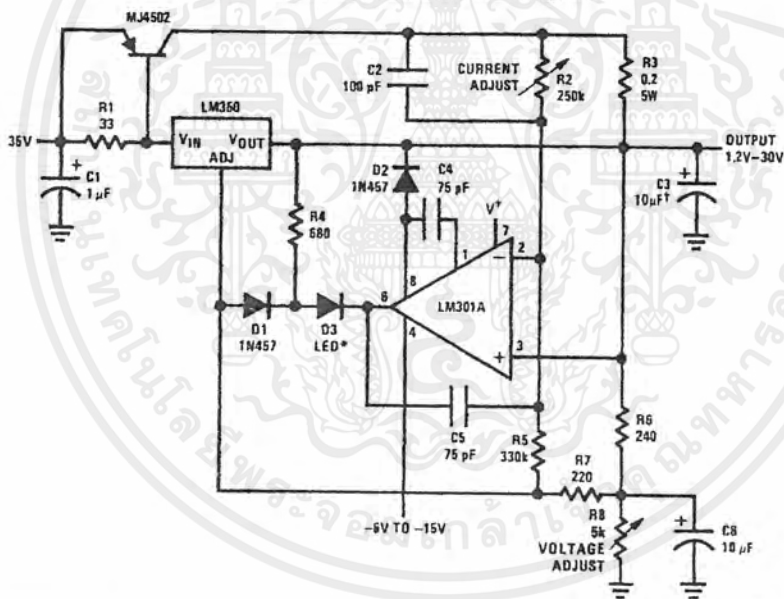
0 to 30V Regulator



DS000061-20

Full output current not available at high input-output voltages

5A Constant Voltage/Constant Current Regulator



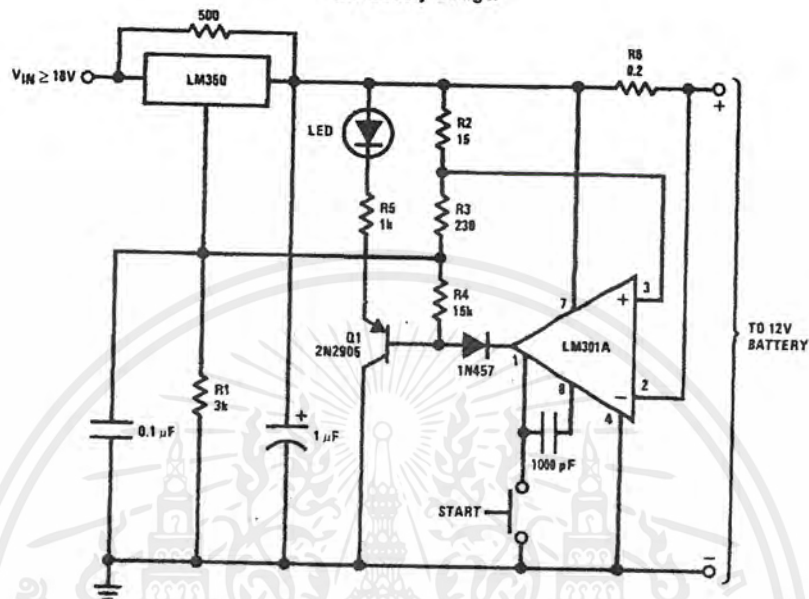
DS000061-21

†Solid tantalum

*Lights in constant current mode

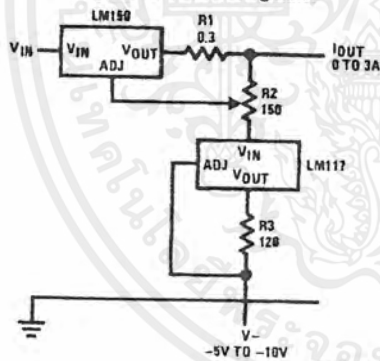
Typical Applications (Continued)

12V Battery Charger



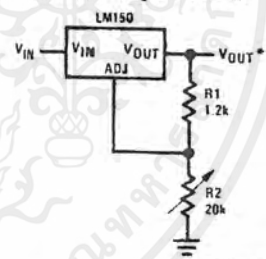
DS000061-22

Adjustable Current Regulator



DS000061-23

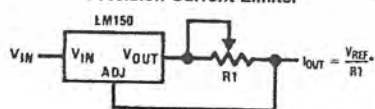
1.2V-20V Regulator with Minimum Program Current



DS000061-25

*Minimum output current = 4 mA

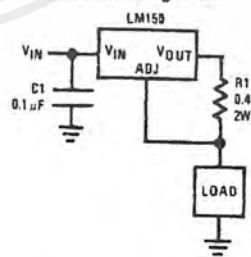
Precision Current Limiter



DS000061-24

* $0.4 \leq R_1 \leq 120\Omega$

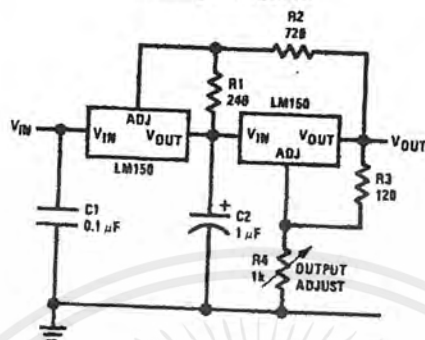
3A Current Regulator



DS000061-26

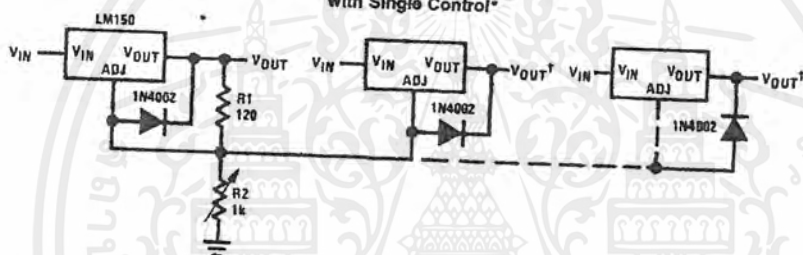
Typical Applications (Continued)

Tracking Preregulator



DS000061-27

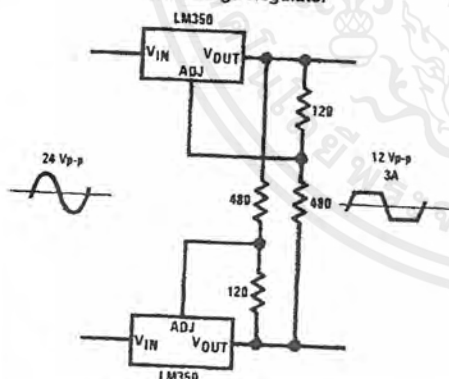
Adjusting Multiple On-Card Regulators with Single Control*



DS000061-28

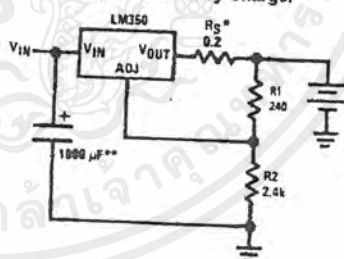
*Minimum load—10 mA
*All outputs within ± 100 mV

AC Voltage Regulator



DS000061-29

Simple 12V Battery Charger

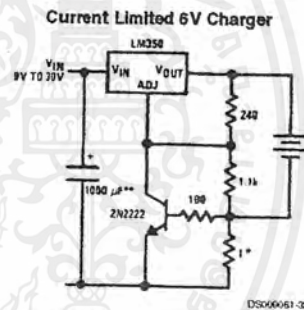
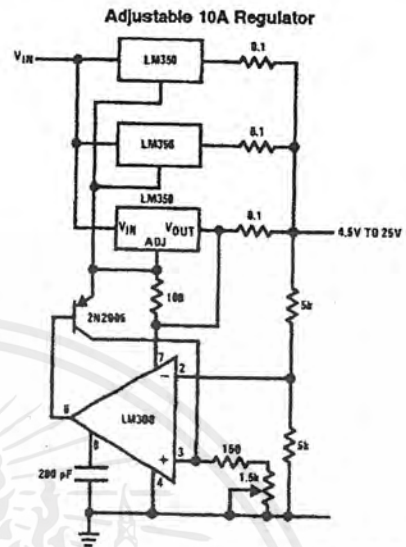
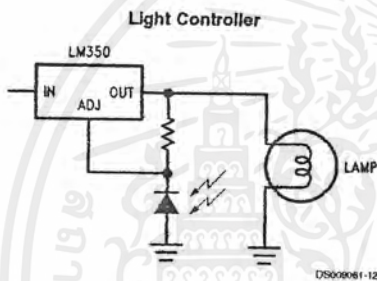
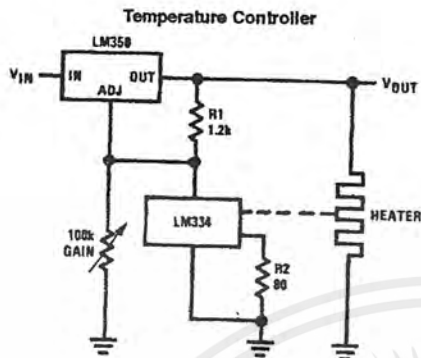


DS000061-30

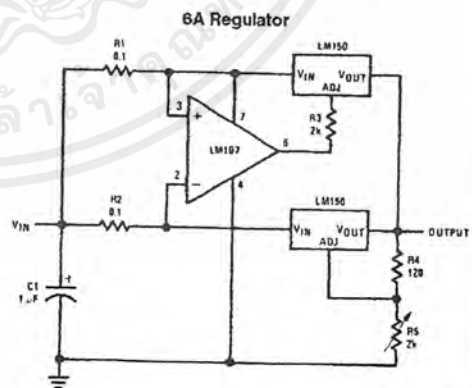
* R_3 sets output impedance of charger: $Z_{OUT} = R_3 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$

Use of R_3 allows low charging rates with fully charged battery.
**1000 μ F is recommended to filter out any input transients

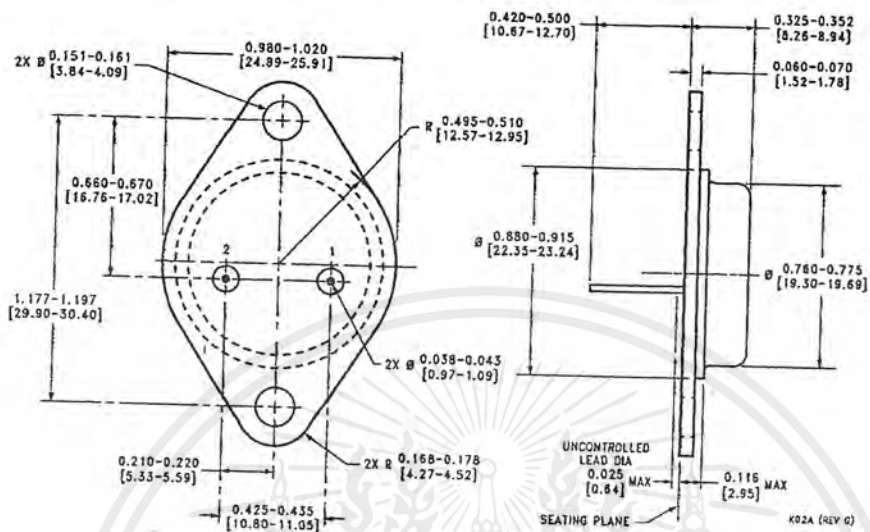
Typical Applications (Continued)



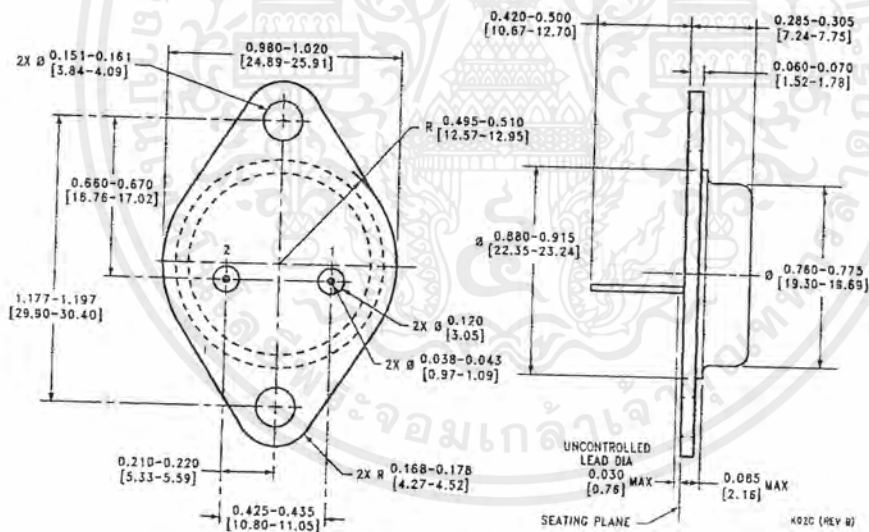
*Sets peak current (2A for 0.3Ω)
 **1000 μF is recommended to filter out any input transients.



Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



2 Lead TO-3 Metal Can Package (K)
Order Number LM150K STEEL or LM350K STEEL
NS Package Number K02A

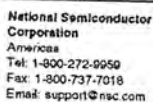


2 Lead TO-3 Metal Can Package (K)
Mil-Aero Product
Order Number LM150K/893
NS Package Number K02C



1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor
Asia Pacific Customer
Response Group
Tel: 65-2544468
Fax: 65-2504466
Email: asa.support@nsc.com

National Semiconductor
Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน อาทิ พี่กมล เล็กทองน้อยและพี่ ๆ ที่การทำอากาศยานแห่งชาติที่ได้ให้คำปรึกษาต่าง ๆ และเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ ในการทดลอง รวมทั้งเพื่อนนิสิตทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา



หนังสืออ้างอิง

1. รองศาสตราจารย์ สมยศ จุณณะปิยะ, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS 51", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 358 หน้า, 2543

