สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

TELEPHONE FOR DEAF

โดย

นายวีระพงษ์ หลวงทะ

นายสุชิน รุ่งเป้า

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่ 54983

เลขทะเบียน

วัน,เดือน,ปี - 4 มิ.ย. 2548

โทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

TELEPHONE FOR DEAF

โดย

นายวีระพงษ์ หลวงทะ 43010408

นายสุชิน รุ้งเป้า 43010477

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุรพล บุญจันทร์

รศ.สมยศ จุณณะปิยะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

Telephone for Deaf

ผู้จัดทำ

1. นายวีระพงษ์ หลวงทะ 43010408
2. นายสุชิน รุ้งเป้า 43010477

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สุรพล บุญจันทร์)

และ

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.สมยศ จุณณะปิยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

Telephone for deaf

โดย นายวีระพงษ์ หลวงทะ 43010408

นายสุชิน รุ้งเป้า 43010477

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.สมยศ จุณณะปิยะ

อ.สุรพล บุญจันทร์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการพัฒนาเครื่องสื่อสารสำหรับคนหูหนวกผ่านทางสายโทรศัพท์ โครงงานนี้เกิดจากแนวคิดที่จะทำให้โลกแห่งการสื่อสารของผู้พิการทางหูกว้างไกลยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องใช้บริการทาง Internet โดยจะแสดงผลทางจอแอลซีดี ในรูปตัวอักษรได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

Abstract

This thesis present a system used for helping people with hearing disability to communication via telephone. This project is base on an idea which helps them communicate worldwide without brosing though the internet. The system will show both Thai and English characters on LCD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 โครงสร้างของระบบ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	5
2.1 คำนำ	5
2.2 วิถีการสื่อสาร	5
2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	5
2.4 โทรศัพท์	6
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51	11
2.6 โมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว	22
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	24
3.1 วงจรตัดต่อคู่สาย	24
3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	25
3.3 วงจรตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลข,สัญญาณเรียกกลับ,สัญญาณไม่ว่าง	26
3.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF	28
3.5 วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF	29
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	30
การทดลองตอนที่ 1 การตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	30
การทดลองตอนที่ 2 การตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลข,สัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณไม่ว่าง	31
การทดลองตอนที่ 3 การถอดรหัสสัญญาณหมายเลข DTMF	33
บทที่ 5 บทสรุปและบทวิจารณ์	35
หนังสืออ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก 2

รูปที่ 1.2 แสดงบล็อกส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 2

รูปที่ 1.3 แสดงบล็อกวงจรตรวจสอบสัญญาณ (DIAL),
สัญญาณเรียกกลับ (RBT),สัญญาณไม่ว่าง (BUSY) 3

รูปที่ 1.4 แสดงภาครับสัญญาณ 4

รูปที่ 1.5 แสดงภาคส่ง 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์ 8

รูปที่ 2.2 ขาต่างๆของ MCS-51(DIP40) 12

รูปที่ 2.3 รายละเอียดสัญญาณ 23

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

รูปที่ 3.1 แสดงวงจรตัดต่อคู่สาย 24

รูปที่ 3.2 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 25

รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างไอซีเบอร์ 4N26 26

รูปที่ 3.4 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลข,
สัญญาณเรียกกลับ,สัญญาณไม่ว่าง 27

รูปที่ 3.5 วงจรถอดรหัสหมายเลข DTMF 28

รูปที่ 3.6 วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51 12

ตารางที่ 2.2 หน้าที่ของพอร์ต 3 (ขาที่ 10-17) 14

ตารางที่ 2.3 ตำแหน่งของบิตในรีจิสเตอร์ SCON 17

ตารางที่ 2.4 การใช้งานรีจิสเตอร์ SCON 17

ตารางที่ 2.5 บิตกำหนดโหมดการรับส่งข้อมูลอนุกรมด้วยบิต SM0 และ SM1 18

ตารางที่ 2.6 ตำแหน่งของบิตในรีจิสเตอร์ 18

ตารางที่ 2.7 บิตในการควบคุมการใช้งาน ไทม์เมอร์ 19

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างค่า Baud Rate และค่า Reload Value 19

ตารางที่ 2.9 การใช้งานรีจิสเตอร์ IE 20

ตารางที่ 2.10 ตำแหน่งของบิตในรีจิสเตอร์ IE 20

ตารางที่ 2.11 การใช้งาน รีจิสเตอร์ IP 21

ตารางที่ 2.12 ตำแหน่งของบิตในรีจิสเตอร์ IP 21

ตารางที่ 2.13 ค่าอินเตอร์รัพท์เวกเตอร์ 21

ตารางที่ 2.14 คำสั่งใช้งาน โมดูลแอลซีดี 22

ตารางที่ 2.15 ตำแหน่งตัวอักษร 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นการพัฒนาเครื่องสื่อสารสำหรับผู้พิการทางหูทางโทรศัพท์ เพื่อให้มีโอกาสได้ใช้โทรศัพท์ในการสื่อสารทั้งการติดต่อกับคนหูหนวกด้วยกันหรือคนธรรมดาทั่วไป โดยสร้างเครื่องโทรศัพท์สำหรับคนหูหนวกให้มีความสะดวกในการใช้งาน การใช้งานเพียงนำเครื่องโทรศัพท์สำหรับคนหูหนวกนี้ไปต่อคร่อมกับสายโทรศัพท์โดยจะมีโทรศัพท์ต่อพ่วงด้วยหรือไม่ก็ได้

1.2 โครงสร้างของระบบ

เครื่องโทรศัพท์สำหรับคนหูหนวกนี้สามารถแบ่งลักษณะการทำงานได้สองลักษณะคือ

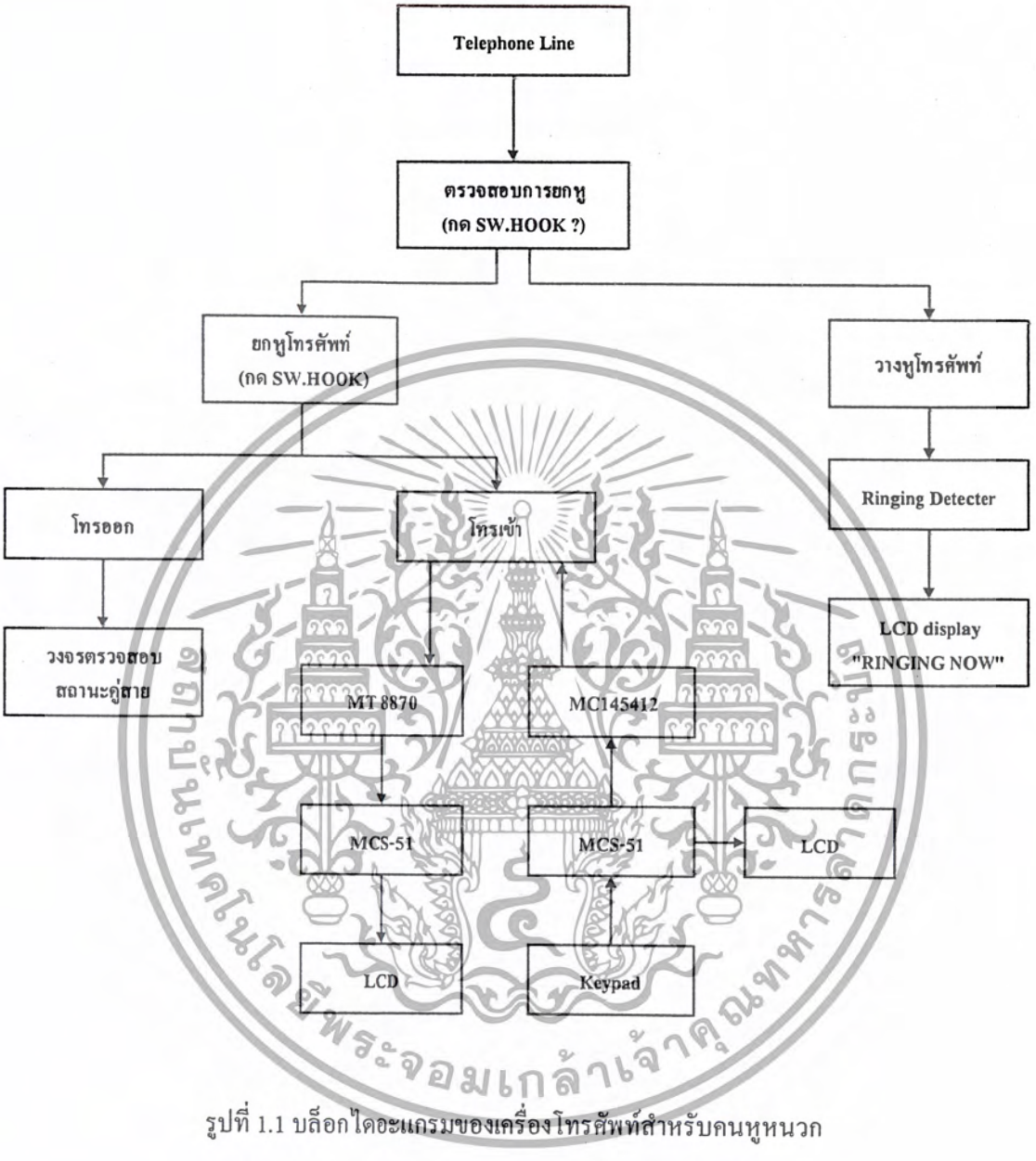
1.2.1 กรณีวางหูโทรศัพท์

1.2.2 กรณียกหูโทรศัพท์

โดยมี SW.HOOK ทำงานแทนการยกหูโทรศัพท์และทำหน้าที่ควบคุมหรือเป็นตัวตัดต่อวงจรทั้งสองลักษณะการทำงานซึ่งเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 1.1

ตามลักษณะโครงสร้างของบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 1.1 จัดเป็นเครื่องสื่อสารแบบตัวอักษรโดยอาศัยสัญญาณโทรศัพท์เป็นตัวกลาง ซึ่งแสดงผลเป็นกำผสมของอักขระบนจอแอลซีดี โดยจะอาศัยสัญญาณ DTMF เป็นตัวกำหนดรหัสของอักขระ ซึ่งการแสดงผลนั้นจะผ่านภาคถอดรหัส (Decoder) เพื่อแปลงรหัสและแสดงผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เครื่องโทรศัพท์สำหรับคนหูหนวกนี้ต้องติดตั้งทั้งสองฝ่ายจึงจะสามารถติดต่อกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



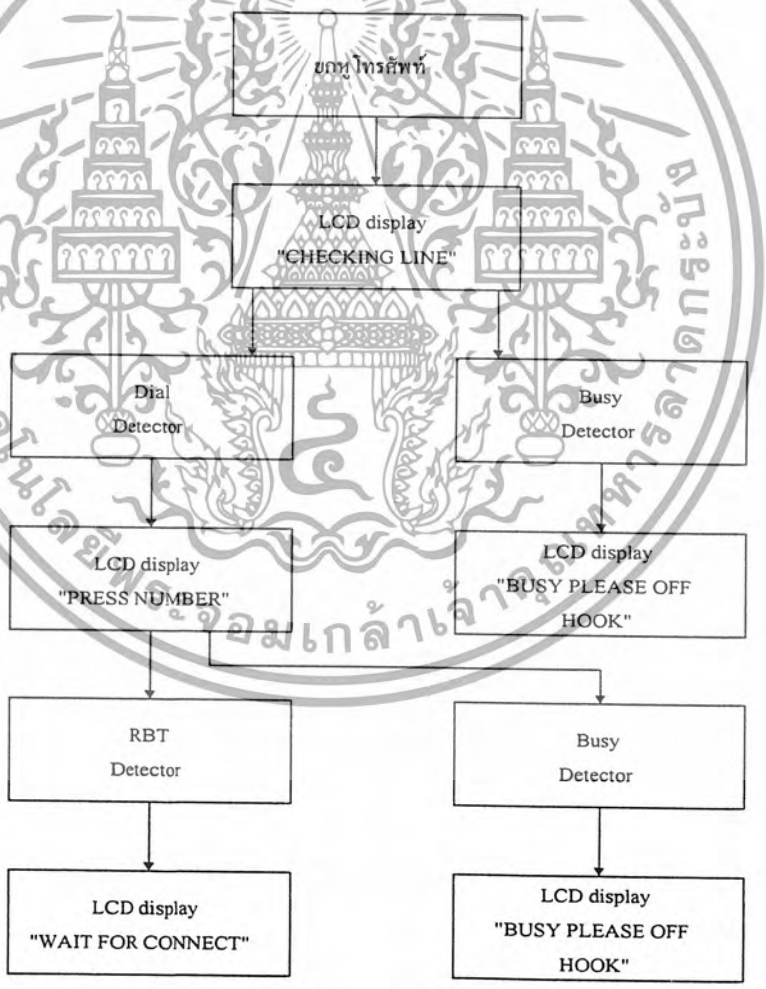
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.2 แสดงบล็อกส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

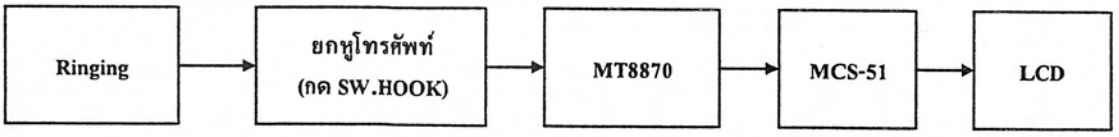
1.2.2 กรณียกหูโทรศัพท์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

- วงจรตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลข,สัญญาณเรียกกลับ,สัญญาณไม่ว่าง
- ส่วนของภาครับสัญญาณ
- ส่วนของภาคส่งสัญญาณ



รูปที่ 1.3 แสดงบล็อกวงจรตรวจสอบสัญญาณ (DIAL),สัญญาณเรียกกลับ (RBT) และสัญญาไม่ว่าง (BUSY)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 แสดงภาครับสัญญาณ

รูปที่ 1.5 แสดงภาคส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คำนำ

เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีและหลักการต่างๆ ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบโครงงาน เนื้อหาที่สำคัญได้แก่ รูปแบบการสื่อสารอนุกรม การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำงานอย่างไร การควบคุมการแสดงผลของโมดูลแอลซีดี ในโหมดตัวอักษร ระบบและสัญญาณโทรศัพท์เบื้องต้น

2.2 วิถีการสื่อสาร

วิถีการสื่อสารในการส่งข้อมูลแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

2.2.1 การติดต่อทางเดียว (Simplex) เมื่ออุปกรณ์หนึ่งส่งข้อมูล อุปกรณ์อีกชุดจะต้องเป็นฝ่ายรับข้อมูลเสมอ ตัวอย่างการใช้งานเช่น ในระบบสนามบิน คอมพิวเตอร์แม่จะทำหน้าที่ติดตามเวลาขึ้นและลงของเครื่องบิน และส่งผลไปให้มอนิเตอร์ที่วางอยู่หลายๆจุดให้ผู้โดยสาร ได้ทราบข่าวสาร คอมพิวเตอร์แม่ทำหน้าที่เป็นผู้ส่งข้อมูล มอนิเตอร์ทำหน้าที่เป็นผู้รับข้อมูล ไม่มีการเปลี่ยนทิศทางของข้อมูล เป็นการส่งข้อมูลทางเดียว

2.2.2 การติดต่อกึ่งสองทาง (Half duplex) เป็นการติดต่อที่สามารถเปลี่ยนเส้นทางในการส่งข้อมูลได้แต่คนละเวลา กล่าวคือข้อมูลจะไหลไปในทิศทางเดียว ณ เวลาใดๆ ตัวอย่างการใช้งานเช่น การติดต่อระหว่างเทอร์มินัลกับคอมพิวเตอร์แม่ ผู้ที่ใช้เทอร์มินัลเคาะแป้นเพื่อสอบถามข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ต้องใช้เวลาชั่วขณะคอมพิวเตอร์แม่จึงจะส่งข่าวสารกลับมาที่เทอร์มินัลนั้น ไม่ว่าจะเป็นเทอร์มินัลหรือคอมพิวเตอร์แม่เมื่ออุปกรณ์หนึ่งเป็นผู้ส่งข้อมูล อุปกรณ์ที่เหลือก็จะเป็นผู้รับข้อมูลในเวลาขณะนั้น

2.2.3 การติดต่อสองทาง (Full duplex) เป็นการติดต่อกันได้สองทาง กล่าวคือเป็น ผู้รับข้อมูลและเป็นผู้ส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้ เช่น การพูดคุยทางโทรศัพท์เป็นต้น

2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมแบ่งออกเป็นสองแบบคือ

2.3.1 การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส คือการรับส่งข้อมูลโดยจำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาเพื่อให้เครื่องรับและเครื่องส่งมีความเข้าใจในตำแหน่งข้อมูลตรงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือการรับส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งอัตราเร็วนี้เรียกว่า อัตราการส่งข้อมูล หรือ บอดเรต (Baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที

2.4 โทรศัพท์(TELEPHONE)

2.4.1 ส่วนประกอบของระบบโทรศัพท์หรือโครงข่ายโทรศัพท์

1. เครื่องโทรศัพท์ ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วส่งสัญญาณผ่านสายโทรศัพท์ออกไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียก หรือเปลี่ยนจากสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้รับ และนอกจากนี้ยังทำหน้าที่รับส่งสัญญาณติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่ากับทางชุมสายโทรศัพท์อีกอย่างหนึ่งด้วย

2. สายโทรศัพท์ (Telephone Line) เป็นตัวกลางในการถ่ายเสียงสัญญาณไฟฟ้าระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่ากับชุมสายโทรศัพท์ หรือระหว่างเครื่องโทรศัพท์ด้วยกัน

3. ชุมสายโทรศัพท์ (Telephone Exchange) ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างคู่สายโทรศัพท์เพื่อให้ผู้เรียกและผู้ถูกเรียก สามารถติดต่อถึงกันได้ และนอกจากนี้ยังทำหน้าที่รับส่งสัญญาณที่ใช้ติดต่อสื่อสารไปยังเครื่องโทรศัพท์อีกด้วย

2.4.2 หน้าที่หลักของเครื่องโทรศัพท์

1. เปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วส่งสัญญาณออกไปตามสายโทรศัพท์สำหรับเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกและในทางกลับกันก็มีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียงสำหรับเครื่องโทรศัพท์ของผู้รับ

2. ส่งสัญญาณบอกสภาวะยกหูโทรศัพท์ (Off Hook) และสัญญาณบอกสภาวะวางหู (On Hook) ไปยังชุมสายโทรศัพท์ เพื่อบอกชุมสายโทรศัพท์ให้ทราบสภาวะการใช้เครื่องโทรศัพท์ในขณะนั้นๆ

3. ส่งสัญญาณหมายเลขไปยังชุมสายโทรศัพท์ เพื่อบอกให้ชุมสายโทรศัพท์ทราบว่าผู้เรียกต้องการจะติดต่อกับใคร

4. รับสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อระหว่างชุมสายกับเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่า (Signaling)เพื่อที่ผู้เช่าจะได้ทราบสภาวะในการติดต่อ เช่นสัญญาณเรียก (Ringing Tone) สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) เป็นต้น

5. ปรับแรงดันอัตโนมัติในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 กลไกการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์

ก. สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสาย (Inter Exchange Signaling)

สัญญาณพื้นฐานมี 5 ประเภท ได้แก่

1.Seizure เป็นสัญญาณ ให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ สำหรับเลขหมายของผู้เรียกที่จะส่งมา

2.Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมาย หรือ ประเภทของผู้เช่า

3.Answer Signal สัญญาณนี้เมื่อผู้ถูกเรียก ยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณนี้ คือ

3.1 เริ่มต้นคิดเงิน

3.2 ส่งสัญญาณคิดเงิน

3.3 ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

3.4 Clear-Forward จะถูกส่งเมื่อผู้เรียก วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

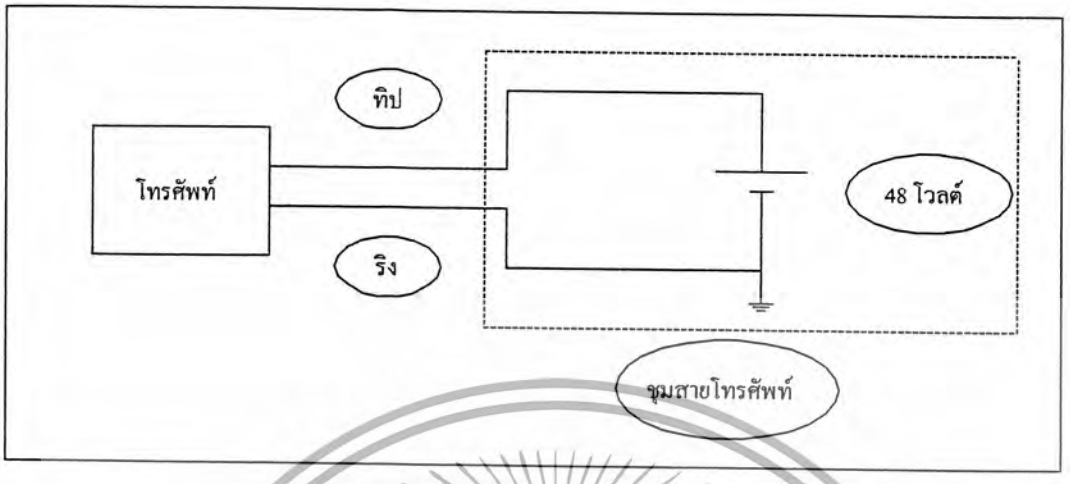
3.5 Clear-Back จะถูกส่งเมื่อผู้ถูกเรียก วางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้นจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90 - 120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อพร้อมกับส่งสัญญาณ Clear-Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

ข. กลไกการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์จะถูกเชื่อมต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์ในลักษณะที่เรียกว่าโลคอลลูป (Local Loop) โดยจะเชื่อมต่อกันโดยใช้สายโทรศัพท์สองเส้น คือ ทิป (Tip) มีสีเขียว และริง (Ring) มีสีแดง ซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ระหว่างคู่สายอยู่ในช่วงประมาณ 500 ถึง 1000 โอห์ม แต่ค่าอิมพีแดนซ์ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปคือ 600 โอห์ม

ภายในชุมสายโทรศัพท์จะมีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์ที่อยู่ปลายทางและเพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบการใช้เครื่องโทรศัพท์ของชุมสายโทรศัพท์อีกด้วย โดยจะต่อสายทิปเข้าที่ขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟตรง 48 โวลต์ และต่อสายริงเข้าที่ขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกต่อลงดิน(Ground) ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์สามารถตรวจสอบสภาวะการใช้เครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าปลายทางได้จากระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคร่อมสายทิปกับริงโดย

- สภาวะไม่มีการใช้เครื่องโทรศัพท์(วางหูโทรศัพท์) หมายถึง สุดสวิตช์ในเครื่องโทรศัพท์จะทำการเปิดโลคอลลูป (Open Local Loop) ทำให้ไม่มีกระแสลูปไหล แรงดันคร่อมคู่สายทิปกับริงจะมีค่า 48 โวลต์
- สภาวะมีการใช้เครื่องโทรศัพท์(ยกหูโทรศัพท์) หมายถึง สุดสวิตช์ในเครื่องโทรศัพท์จะทำการปิดโลคอลลูป(Close Local Loop) ทำให้มีกระแสลูปไหลซึ่งมีค่า 20 มิลลิแอมป์ไหลในโลคอลลูป และในขณะนั้นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคร่อมคู่สายโทรศัพท์จะมีค่าอยู่ในระหว่างช่วง 4 ถึง 8 โวลต์

ในขณะที่มีการสนทนากันระหว่างผู้เช่านั้น สัญญาณเสียงพูดจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าในลักษณะของกระแสสลับ(AC) ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะถูกส่งไปตามสายโทรศัพท์ โดยจะมีลักษณะที่สัญญาณไฟฟ้าของเสียงพูดที่เป็นกระแสสลับจะขี่อยู่บนระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 4 ถึง 8 โวลต์(ภายในกระแสลูป 20 มิลลิแอมป์)

2.4.4 ระบบการรับส่งสัญญาณในสายโทรศัพท์

สัญญาณที่ปรากฏในสายโทรศัพท์จะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ สัญญาณของเสียงพูด และสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมระบบสวิตชิ่งซึ่งใช้ในการติดต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับผู้เช่าโดยสัญญาณควบคุมดังกล่าวนี้อาจเป็นได้ทั้งสัญญาณอนาลอก (Analog Signaling) หรือสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ก็ได้ เนื่องจากโทรศัพท์ทั้งแบบหมุนและแบบกดปุ่มจะสร้างสัญญาณหมายเลขที่มีรูปแบบต่างกัน ดังนั้นในการส่งสัญญาณออกไปในสายส่งบางครั้งก็อาจมีจะการส่งสัญญาณทั้งสัญญาณอนาลอกและสัญญาณดิจิตอลไปพร้อมๆกันก็เป็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเสียงพูดของคน จัดเป็นสัญญาณต่อเนื่องหรือสัญญาณอนาลอก ความกว้างของความถี่ของเสียงพูดจะอยู่ในช่วงระหว่าง 100 เฮิรตซ์ ไปจนถึง 6 กิโลเฮิรตซ์ แต่เสียงพูดที่ทำให้คนฟังสามารถรับฟังและสื่อความหมายได้ชัดเจนจะอยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 200 เฮิรตซ์ ไปจนถึง 400 กิโลเฮิรตซ์ โดยย่านความถี่ดังกล่าวนี้เรียกว่า ช่องสัญญาณเสียงพูด (Voice Band Width) หรือช่องสัญญาณวีเอฟ (VF Chanel) แต่ช่วงความถี่ของเสียงพูดที่ใช้ส่งในระบบโทรศัพท์จะอยู่ในช่วงระหว่าง 300 เฮิรตซ์ ไปจนถึง 3.4 กิโลเฮิรตซ์ เท่านั้น และนอกจากสัญญาณเสียงพูดจะอยู่ในช่วงความถี่ดังกล่าวนี้แล้วสัญญาณควบคุมต่างๆ ก็ล้วนอยู่ในช่วงความถี่ดังกล่าวนี้ด้วยเช่นเดียวกัน

2.4.5 สัญญาณที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เช่ากับชุมสายโทรศัพท์ (Signaling)

ซิกแนลลิ่ง (Signaling) หมายถึง สัญญาณข้อมูลข่าวสารที่ใช้ในการติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่ากับชุมสายโทรศัพท์หรือระหว่างชุมสายโทรศัพท์ด้วยกันแต่ในที่นี้จะกล่าวเพาะในความหมายแรกเท่านั้น

หน้าที่โดยทั่วไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบันมีอยู่ 4 หน้าที่ด้วยกัน ได้แก่

1. การเตรียมความพร้อม (Alerting)
2. การส่งที่อยู่ของข่าวสาร (Transmitting Address Information)
3. การตรวจตรา (Supervising)
4. การส่งสัญญาณข่าวสาร (Transmitting Information Signaling)

- ซิกแนลลิ่งที่ใช้ส่งสัญญาณจากผู้เช่าไปยังชุมสายโทรศัพท์ ได้แก่

1. สัญญาณบอกสภาวะวางหูโทรศัพท์ (Hook On) หมายถึง ระดับแรงดันไฟตรงตกคร่อมคู่สายโทรศัพท์ (ทิปกับริง) ที่ทางชุมสายโทรศัพท์ตรวจสอบได้ มีค่า 48 โวลต์ ซึ่งจะทำให้ทางชุมสายโทรศัพท์ทราบว่า ขณะนั้นเครื่องโทรศัพท์ที่ปลายทางที่ต่ออยู่ที่ลูปนั้น อยู่ในสภาวะที่จะทำการเรียกเข้าไปได้หรือสายว่าง โดยในขณะดังกล่าวจะเรียกว่าลูปเปิด (Open Loop) ซึ่งถือว่าตัวเครื่องโทรศัพท์มีค่าอิมพิแดนซ์สูง (High Impedance)

2. สัญญาณบอกสภาวะยกหูโทรศัพท์ (Hook Off) หมายถึงระดับแรงดันไฟตรงตกคร่อมคู่สายขณะที่ฮุคสวิตช์ปิด ที่ทางชุมสายตรวจสอบพบมีค่า 4 ถึง 8 โวลต์ ซึ่งจะทำให้ชุมสายทราบว่า ขณะนั้นเครื่องโทรศัพท์ที่ต่ออยู่ที่ลูปนั้น อยู่ในสภาวะกำลังใช้งานอยู่หรือสายไม่ว่าง โดยลักษณะดังกล่าวจะเรียกว่าลูปปิด (Closed Loop) ซึ่งถือว่าตัวเครื่องโทรศัพท์มีค่าอิมพิแดนซ์ต่ำ (Low Impedance) และจะมีกระแสลูป 20 มิลลิแอมป์ ไหลวนอยู่ในลูป

3. สัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับ หมายถึง สัญญาณหมายเลขของเครื่องโทรศัพท์เครื่องที่เราต้องการติดต่อด้วยโดยเรื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกจะทำการส่งสัญญาณนี้ไปยังชุมสายโทรศัพท์ จากนั้นทางชุมสายโทรศัพท์จะทำการติดต่อไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลขดังกล่าว และเมื่อทำการติดต่อสำเร็จจึงจะทำการเชื่อมต่อเส้นทางการสนทนาระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกให้ติดต่อกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ซิกแนลลิ่งที่ส่งจากชุมสายโทรศัพท์ไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่า ได้แก่

1. สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) คือสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่าอุปกรณ์ของชุมสายโทรศัพท์ว่างและพร้อมจะรับสัญญาณหมายเลขของผู้รับ ที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อด้วยจากนั้นผู้เรียกจึงทำการส่งสัญญาณหมายเลขไปยังชุมสายโทรศัพท์ได้ โดยผู้เรียกจะได้ยินเสียงสัญญาณนี้หลังจากยกหูโทรศัพท์และเสียงสัญญาณนี้จะหายไปเมื่อทางชุมสายโทรศัพท์ได้รับสัญญาณหมายเลขนี้แล้ว และสัญญาณให้หมุนนี้จะเป็นสัญญาณต่อเนื่องโดยสัญญาณนี้จะอยู่ในย่านความถี่เสียงพูด

2. สัญญาณบอกความไม่พร้อมของเครื่องผู้รับ (Unobtainable) คือ สัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่าเครื่องโทรศัพท์ของผู้รับหมายเลขดังกล่าวไม่พร้อมใช้งานหรือยังไม่มีการติดต่อหรือถูกยกเลิกไปแล้ว สัญญาณดังกล่าวนี้ผู้เรียกจะได้ยินหลังจากที่ส่งสัญญาณหมายเลขไปครบแล้วซึ่งจะได้ยินเสียงในลักษณะ สั้น สั้น สั้น ยาว ดังติดต่อกันไปเรื่อยๆ โดยชุดเสียงสั้นจะส่งสัญญาณเสียงความถี่ความถี่ 400 เฮิรตซ์ เป็นเวลา 0.1 วินาที แล้วหยุดส่งไปเป็นเวลา 0.1 วินาที และเสียงยาวจะส่งด้วยสัญญาณเสียงความถี่เดียวกันเป็นเวลา 0.3 วินาทีแล้วหยุดส่ง

3. สัญญาณสายไม่ว่าง (Busy Tone) คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ของชุมสายโทรศัพท์ไม่ว่างถ้าได้ยินเสียงสัญญาณนี้หลังจากยกหูโทรศัพท์ และบอกให้ทราบว่าเครื่องโทรศัพท์เครื่องที่ต้องการจะติดต่อด้วยกำลังใช้งานอยู่หรือไม่ถ้าได้ยินเสียงสัญญาณนี้หลังจากส่งสัญญาณหมายเลขไปเรียบร้อยแล้ว

4. สัญญาณเรียก (Ringing Tone) คือ สัญญาณที่ทางชุมสายโทรศัพท์ส่งกลับมาบอกให้ผู้เรียกทราบว่าขณะนี้มีผู้ต้องการจะติดต่อด้วย เป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง ที่มีความถี่ 25 เฮิรตซ์ มีแอมปลิจูด 70 ถึง 90 โวลต์ RMS โดยจะส่งสัญญาณนี้เป็นเวลา 1 วินาที และหยุดส่งสัญญาณเป็นเวลา 4 วินาที

5. สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) คือ สัญญาณที่ทางชุมสายโทรศัพท์ส่งกลับมาบอกให้ผู้เรียกทราบว่าขณะนี้การเรียกได้ประสบความสำเร็จและกำลังอยู่ในระหว่างรอให้ผู้ถูกเรียกมารับสาย ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะเป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง ที่มีความถี่ 400 เฮิรตซ์ โดยจะทำการส่งสัญญาณเป็นเวลา 1 วินาที และหยุดส่งสัญญาณเป็นเวลา 4 วินาที ซึ่งในจังหวะที่เครื่องโทรศัพท์ของผู้รับมีเสียงกริ่งดังนั้นจะเป็นจังหวะเดียวกับที่ทางผู้เรียกไม่ได้ยินเสียงสัญญาณเรียกกลับ และในจังหวะที่ทางผู้เรียกได้ยินเสียงสัญญาณเรียกกลับนี้จะเป็นจังหวะเดียวกับที่ทางเครื่องโทรศัพท์ของผู้รับไม่ได้ยินสัญญาณกริ่ง

2.4.6 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

- เครื่องส่ง

1. ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์

2. เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือประมาณ 8 โวลต์ พร้อมทั้งมีสัญญาณ Dial tone เมื่อกดรหัสสัญญาณความถี่หมายเลขโทรศัพท์แล้ว สัญญาณ Dial tone จะหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดรหัสสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ รหัสสัญญาณโทรศัพท์จะเป็นสัญญาณ DTMF

4. ขณะที่รอการรับสายจากผู้ถูกเรียก จะมีสัญญาณตอบรับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ คือ Busy tone และ Ring Back tone

5. เมื่อผู้ถูกเรียกรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ระดับสัญญาณกระแสตรง 8 โวลต์ และมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียง และความดังของเสียงพูด

6. เมื่อผู้เรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์ จะกลับไปที่ 48 โวลต์ ดังเดิม

- เครื่องรับ

1. ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์

2. เมื่อมีผู้เรียก เรียกเข้ามา จะมีสัญญาณ Ringing tone เข้ามา ซึ่งจะตรงกับสัญญาณ Ring Back tone ของผู้เรียก

3. เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์ จะเหลือประมาณ 8 โวลต์ และจะมีการกระเพื่อม ตามลักษณะความถี่เสียง และความดังของเสียงพูด

4. เมื่อผู้เรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์ จะกลับไปที่ 48 โวลต์ ดังเดิม

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือของมันโดยตรง และลักษณะของขาต่างๆจะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญมีดังนี้

1. ใช้เทคโนโลยีชั้นสูงในการสร้าง โดยมีทั้งประเภท HMOS CMOS และ CHMOS ทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟ +5 Vdc เพียงแหล่งเดียว

2. มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program memory) ขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์

3. มีหน่วยประมวลผลขนาด 8 บิต

4. สามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกทั้งหน่วยความจำทั้งหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุด 64,000 ไบต์

5. มีพอร์ตรับส่งข้อมูลแบบสองทาง (Full Duplex) จำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิตและสามารถอ้างถึงได้ในระดับบิตและมีลักษณะที่คงค้างข้อมูลไว้ได้ (Latch)

6. มีพอร์ตสำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม แบบ Full Duplex เลือกได้ 4 โหมด

7. รับอินเทอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวคเตอร์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แหล่ง 6 เวคเตอร์

8. มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

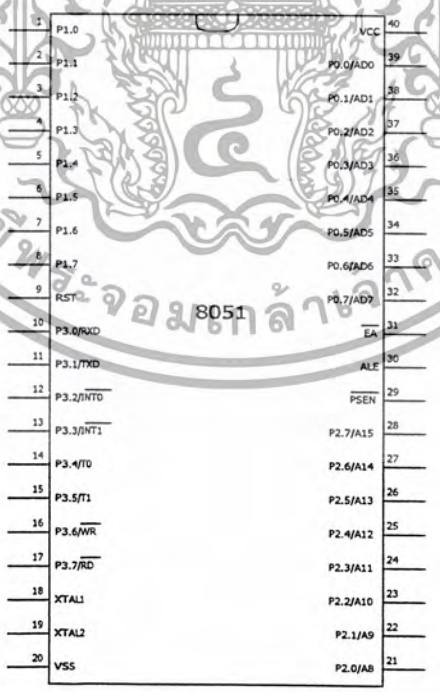
9. สามารถประมวลผลทีละบิตได้

10. สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ	หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ	จำนวน TIMERS
8051	4K ROM	128 bytes	2
8031	-	128 bytes	2
8751	4K EPROM	128 bytes	2
8052	8K ROM	256 bytes	3
8032	-	256 bytes	3
8752	8K EPROM	256 bytes	3

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51

2.5.1 การจัดขาต่างๆของ MCS-51



รูปที่ 2.2 ขาต่างๆ ของ MCS-51 (DIP40)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซี ไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 ถ้าโครงสร้าง IC เป็นแบบ DIP จะมีขาทั้งหมด 40 ขา โดยขาต่างๆ จะแบ่งเป็นกลุ่มได้ 4 กลุ่มคือ

1. กลุ่มขาไฟเลี้ยงและสัญญาณนาฬิกา
2. ใช้เป็นขาพอร์ตอินพุต เอาท์พุต ทั้งแบบขนานและแบบอนุกรม
3. ขาสัญญาณควบคุมตัวมัน
4. ขาสำหรับอ้างตำแหน่งหน่วยความจำ

ความหมายของขาต่างๆมีดังนี้

(ถ้ามีเครื่องหมาย $\overline{X}$ แสดงว่าขานั้นจะทำงานเมื่อสัญญาณเป็น 0 Active Low)

1. พอร์ต 0

คือ ขาที่ 32-39 มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7-P0.0) ใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือ แอดเดรสบัส และ ดาต้าบัส เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก หรือเป็นไอโอพอร์ท ถ้าต้องการให้เป็นอินพุตพอร์ตต้องส่งลอจิก "1" ไปยังพอร์ตนี้จะมีผลทำให้ Q ของ D-FF เป็น "0" ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุตพอร์ตแลทช์ โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ตัวบน และการอ่าน Port (pin) จะใช้สัญญาณ Read (pin)

2. พอร์ต 1

คือ ขาที่ 1-8 มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0-P1.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ต 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพลูอัพแทน (Internal Pull Up Register)

3. พอร์ต 2

คือ ขาที่ 21-28 มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P2.0-P2.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ต 0 โดยจะมี FET ตัวล่างตัวเดียว ส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพลูอัพแทน (Internal Pull Up) พอร์ตนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือ สามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ตใช้งานทั่วไป เมื่อจะใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ตนี้ก่อน เพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF

4.พอร์ต 3

คือ ขาที่ 10 - 17 มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P3.0-P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ เป็น ไอโอพอร์ต ถ้าจะโปรแกรมให้เป็นอินพุตพอร์ตต้องส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ตนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งคือ ใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้าไป ดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	ชื่อ	หน้าที่
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.2	$\overline{\text{INTO}}$	อินเตอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	อินเตอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 0
P3.5	T1	ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 1
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

ตารางที่ 2.2 หน้าที่ของพอร์ต 3 (ขาที่ 10-17)

5. PSEN (Program Store Enable)

คือ ขาที่ 29 ขานี้จะแอคทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกโดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา PSEN จะต่อกับขาเอาต์พุต Enable (OE) ของ EPROM ขานี้จะไม่ส่งสัญญาณในขณะติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

6. ALE (Address Latch Enable)

คือ ขาที่ 30 เนื่องจากพอร์ต 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS - 51 จะมีขา ALE ใช้มัลติเพลกซ์สัญญาณแอดเดรสบัสของพอร์ต 0 ในการใช้งานระบบ MCS-51 นั้น จะต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับพอร์ต 0 ที่ทำหน้าที่ Latch สัญญาณ Address Bus เมื่อ MCS-51 ถ้าต้องการติดต่อหน่วยความจำภายนอก MCS-51 จะส่งสัญญาณ Address Bus ออกมาก่อนทางพอร์ต 0 จากนั้นจะส่งสัญญาณ ALE มา Latch อุปกรณ์ภายนอก ให้เก็บค่า Address Bus ของพอร์ต 0 ไว้เพื่อใช้พอร์ต 0 เป็น Data Bus ต่อไป นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับพัลส์ในการโปรแกรม (Program Pulse Input) สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM

7. EA (External Access)

คือ ขาที่ 31 ขานี้จะใช้กับเบอร์ที่มีหน่วยความจำภายใน ถ้าเป็นลอจิก 1 ให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ถ้าเป็นลอจิก 0 ให้ MCS-51 ทำโปรแกรมโดยอ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (ถ้าขา EA เป็น 0 ขา PSEN จะแอคทีฟ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. RST (Reset)

คือ ขาที่ 9 จะใช้ในการรีเซต MCS-51 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก 1 อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ทำงานอยู่จึงจะรีเซตระบบได้

9. ความถี่สัญญาณนาฬิกาบนชิพ (On-chip Oscillator Inputs)

เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์บนชิพ ได้แก่ ขา 18-19 โดยจะต่อคริสตัลเข้ากับขานี้ โดยปกติมักจะใช้คริสตัลความถี่ 12 MHz (ความถี่ของคริสตัลนี้จะทำให้เวลาในการทำงานของ MCS-51 เร็วขึ้นหรือช้าลงได้โดย 1 Machine cycle = 12/ f_{X-TAL}) กับตัวเก็บประจุหรืออาจใช้สัญญาณนาฬิกาจาก TTL Clock Source ต่อกับ XTAL1 และ XTAL2

10. Power Connections

ใน MCS-51 จะใช้แหล่งจ่ายไฟ +5 V ต่อเข้ากับขา Vcc (ขา 40) ส่วนขา Vss (ขา 20) จะต่อลงกราวด์

2.5.2 หน่วยความจำ (Memory)

ในระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จำเป็นต้องมีหน่วยความจำซึ่งประกอบด้วย

1.หน่วยความจำโปรแกรม (ROM, Read Only Memory)

หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงไม่สูญหาย สำหรับในเบอร์ 89S8252 นั้นจะมีส่วนของ ROM อยู่ 2 ส่วนคือ

1.1 EEPROM โดย EEPROM จะเป็นหน่วยความจำที่สามารถลบและเขียนใหม่ด้วยไฟ ฟ้า ทำให้สะดวกในการใช้งานโดยสามารถลบและเขียนใหม่ได้ประมาณ 100,000 ครั้ง

2.2 Flash Memory จะมีลักษณะเหมือน EEPROM แต่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เร็วกว่าโดยสามารถลบและเขียนใหม่ได้ประมาณ 1,000 ครั้ง

2. หน่วยความจำข้อมูล (RAM,Random Access Memory)

หน่วยความจำข้อมูลมีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูล หรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้ชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำ RAM แบบสตาติค ดังนั้น เมื่อไม่มีการจ่ายไฟให้กับระบบ ก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไป

3. พอร์ตอินพุต / เอาท์พุตของ MCS-51

ใช้ส่งข้อมูลเข้าและออกจากตัว MCS-51 โดยมีทั้งแบบขนานและแบบอนุกรมได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ 0 และ 1

สามารถใช้ให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS-51 (C/T = 0) หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 ก็ได้ (C/T = 1) โดยสามารถเลือกใช้โดยการควบคุมรีจิสเตอร์ TMOD ความเร็วสูงสุดที่สามารถนับได้คือ 500 kHz เมื่อทำงานที่ความถี่ 12 MHz

3.2 อินพุต / เอาต์พุตพอร์ตแบบขนาน

มีทั้งหมด 4 พอร์ต (P0-P3) พอร์ตละ 8 บิต โดยจะรับส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออก จากตัว MCS-51 โดยบางพอร์ตจะทำงานมากกว่า 1 อย่างได้

3.3 พอร์ตอนุกรม (Serial Port)

ใน MCS-51 มีพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) อยู่ภายในอยู่แล้ว ทำให้ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน โดยการทำงานมีทั้งหมด 4 โหมด โดยมี 3 โหมด ที่เป็น UART ได้แก่

1. 8-Bit Shift Register (โหมด 0) ในโหมดนี้จะใช้ขา RXD ในการรับส่งข้อมูลโดยต่ออยู่กับชิพต์รีจิสเตอร์(Shift Register)ภายนอก ส่วนขา TXD จะใช้เป็น Output Shift Clock เพื่อกำหนดจังหวะในการรับและส่งข้อมูลให้กับชิพรีจิสเตอร์ภายนอก ซึ่งการหรือรับข้อมูลจะเริ่มที่บิตต่ำสุด (LSB) ก่อน โดยมีอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล(Baud Rate) เป็น 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

2. 8-Bit UART with Variable Baud Rate (โหมด 1) ในโหมดนี้เป็นการรับส่งข้อมูลแบบ 10 บิต โดยมีบิตเริ่มต้น 1 บิตซึ่งจะเป็น "0" ข้อมูล 8 บิต และบิตลงท้ายอีก 1 บิตซึ่งจะเป็น "1" ในการส่งนั้นจะเขียนข้อมูลที่ต้องการส่งลงในรีจิสเตอร์ SUBF และส่งออกทางขา TXD ส่วนการรับข้อมูล จะรับเข้ามาทางขา RXD โหมดนี้สามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

3. 9-Bit UART with Fixed Baud Rate (โหมด 2) ในโหมดนี้จะจะส่งข้อมูลทั้งหมด 11 บิต โดยจะส่งบิตเริ่มต้นและข้อมูล 8 บิต ต่อด้วยบิตที่สามารถโปรแกรมได้เองอีก 1 บิตตามด้วยบิตลงท้าย โดยบิตที่โปรแกรมได้นี้มักจะเป็นบิตตรวจสอบ (Parity Bit) โดยในการส่งข้อมูลจะต้องเขียนบิตนี้ลงไปที่บิต TB8 ในรีจิสเตอร์ SCON ส่วนในการรับข้อมูลนั้นบิตนี้จะถูกเก็บไว้ในบิต RB8 สำหรับในโหมดนี้ไม่สามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลได้โดยจะมีอยู่สองค่าคือ 1/64 , 1/32 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์โดยกำหนดได้จากบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON (SMOD = 1 จะได้ Baud Rate = 1/32 , SMOD = 0 จะได้ Baud Rate = 1/64)

4. 9-Bit UART with Variable Baud Rate (โหมด 3) การทำงานในโหมดนี้จะคล้ายกับโหมด 2 แต่สามารถกำหนดความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม มีดังนี้

1. SBUF (Serial Data Buffer) ใช้ในการรับส่งชุดข้อมูลอนุกรม โดยตัวซีพียูจะทำการควบคุมการใช้งานรีจิสเตอร์ SBUF ทั้งในการรับและส่งชุดข้อมูลอัตโนมัติ ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. SCON (Serial Port Control Register)

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

ตารางที่ 2.3 ตำแหน่งของบิตในรีจิสเตอร์ SCON

สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต โดยการกำหนดโหมด ซึ่งจะกำหนดที่บิต SM0 SM1 และจะมีบิต REN เป็นบิตกำหนดว่าจะให้รับข้อมูลจากภายนอกได้หรือไม่

ชื่อบิต	รายละเอียด
SM0	บิตเลือกโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม "ต่ำ"
SM1	บิตเลือกโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม "สูง"
SM2	บิตเลือกโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรม โดย SM2 จะเป็นการใช้งานในโหมด 1 และ 3
REN	REN = 1 ตัวซีพียูรับข้อมูลจากภายนอกได้ REN = 0 ตัวซีพียูไม่รับข้อมูลจากภายนอก
TB8	บิตข้อมูลที่ 9 ซึ่งจะถูกส่งออกไปในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 2 และ 3
RB8	บิตข้อมูลที่ 9 ที่รับเข้ามาจากภายนอกในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 2 และ 3
TI	บิตบอกสถานะในการส่งข้อมูลอนุกรมทำงานอัตโนมัติ
RI	บิตบอกสถานะในการรับข้อมูลอนุกรมทำงานอัตโนมัติ

ตารางที่ 2.4 การใช้งานรีจิสเตอร์ SCON

ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม บิต REN จะต้องถูกกำหนดค่าให้เป็น "1" (ยกเว้นโหมดที่ 0) เพื่ออนุญาตให้รับข้อมูลได้ นอกจากนี้ยังมีบิต TB8,RB8,TI และ RI โดยบิต TI และ RI จะมีค่าเป็น "1" เมื่อมีการส่งหรือรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ตามลำดับ เมื่อต้องการส่งหรือรับข้อมูลใหม่ต้องมีการเคลียร์ค่าบิตนี้ก่อน ตำแหน่งของบิตและการใช้งานนั้นเป็นไปตามตารางที่ 2.5 และ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
54983

SM0	SM1	โหมดการรับส่งข้อมูลอนุกรม
0	0	โหมด 0
0	1	โหมด 1
1	0	โหมด 2
1	1	โหมด 3

ตารางที่ 2.5 บิตกำหนดโหมดการรับส่งข้อมูลอนุกรมด้วยบิต SM0 และ SM1

3. TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)

ไทม์เมอร์				ไทม์เมอร์			
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

ตารางที่ 2.6 ตำแหน่งของบิตในรีจิสเตอร์

ใช้ในการกำหนด Baud Rate ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยจะเลือกใช้ไทม์เมอร์ตัวใดตัวหนึ่งก่อน เนื่องจากมี 2 ตัวโดยทั่วไปใช้เบอร์ 1 และต้องมีการเลือกโหมดเป็นโหมด 2 (8 Bit Auto Reload Mode) (โดยจะให้ไทม์เมอร์ 1 เริ่มทำงานนั้นจะต้องมีการเซตบิต TR1 ในรีจิสเตอร์ TCON) โดยจะใช้ร่วมกับรีจิสเตอร์ PCON (ไม่สามารถควบคุมได้ในระดับบิต) ซึ่งมีบิต SMOD โดยถ้า SMOD = 1 ค่า Baud Rate ที่ได้จะมีค่าเป็น 2 เท่าจากปกติ นอกจากนี้ยังมีรีจิสเตอร์อีกตัวหนึ่งคือ TH0,TH1 จะใช้เก็บค่า Reload Value ซึ่งใช้ในการกำหนดค่า Baud Rate โดยค่า Baud Rate ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมแต่ละโหมดมีความสัมพันธ์กับค่าของ TH0 TH1 และ SMOD ดังสมการต่อไปนี้

โหมด 0 : $\text{Baud Rate} = \frac{F_{OSC}}{12}$

โหมด 2 : $\text{Baud Rate} = \frac{2^{SMOD} \times F_{OSC}}{64}$

โหมด 1,3 : $\text{Baud Rate} = \frac{2^{SMOD} \times F_{OSC}}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$TH1 = 256 - \left[\frac{2^{SMOD} \times F_{OSC}}{384 \times \text{Baud Rate}} \right]$$

โดยที่ F_{OSC} = Oscillator Frequency

โดยตำแหน่งของบิตและการใช้งานของรีจิสเตอร์ TMOD นั้นเป็นไปตามตารางที่ 2.7 และค่า Baud Rate และค่า Reload Value เป็นไปตามตารางที่ 2.8

ชื่อบิต	รายละเอียด
GATE	เท่ากับ 0 จะสามารถเลือกใช้ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้
C/T	บิตเลือกการใช้งานไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ โดย เท่ากับ 1 หมายถึงใช้งานเป็นเคาน์เตอร์นับพัลส์ภายนอกที่ขา TX (T0,T1) เท่ากับ 0 หมายถึงใช้งานเป็น ไทม์เมอร์นับการทำงานของแมชชีนไซเคิล
M0	บิตเลือกโหมดการใช้งาน ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1
M1	บิตเลือกโหมดการ ใช้งาน ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1

ตารางที่ 2.7 บิตในการควบคุมการใช้งาน ไทม์เมอร์

Baud Rate	ความถี่คริสตัล	SMOD	TH1 Reload Value	Baud Rate ที่ได้รับ	%ความคลาดเคลื่อน
9600	12.000 MHz	1	-7 (F9H)	8923	7%
2400	12.000 MHz	0	-13 (F3H)	2404	0.16%
1200	12.000 MHz	0	-26 (E6H)	1202	0.16%
9300	11.059 MHz	1	-3 (FDH)	19200	0%
9600	11.059 MHz	0	-3 (FDH)	9600	0%
2400	11.059 MHz	0	-12 (F4H)	2400	0%
1200	11.059 MHz	0	-24 (E8H)	1200	0%

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างค่า Baud Rate และค่า Reload Value

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ระบบอินเทอร์รัพท์ของ MCS-51

ใน MCS-51 มีอินเทอร์รัพท์ที่แตกต่างกันทั้งหมด 5 แบบคือ

1. INTO เป็นสัญญาณจากภายนอก (IE0)
2. INT1 เป็นสัญญาณจากภายนอก (IE1)
3. อินเทอร์รัพท์จาก Timer 0 (TF0)
4. อินเทอร์รัพท์จาก Timer 1 (TF1)
5. อินเทอร์รัพท์จากการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (R1,T1)

ชื่อบิต	รายละเอียด
EA	ใช้ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ทั้งหมด
-	ไม่ได้ถูกใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ๆในอนาคต)
ET2	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ของไทม์เมอร์ 2 เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว (มีใช้เฉพาะ MCS-51 บางเบอร์ที่มี ไทม์เมอร์ 2 เช่น 8052
ES	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
ET1	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ของไทม์เมอร์ 1 เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว
EX1	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ภายนอกชนิด 1
ET0	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ของไทม์เมอร์ 0 เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว
EX0	ควบคุมการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ภายนอกชนิด 0

ตารางที่ 2.9 การใช้งานรีจิสเตอร์ IE

IE7	IE6	IE5	IE4	IE3	IE2	IE1	IE0
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ตารางที่ 2.10 ตำแหน่งของบิตในรีจิสเตอร์ IE

การที่จะทำให้ MCS-51 ทำงานในลักษณะอินเทอร์รัพท์นั้นจะต้องมีการ เซตค่าต่างๆในรีจิสเตอร์ IE (Interrupt enable) และนอกจากนี้ยังมีการจัดลำดับความสำคัญของอินเทอร์รัพท์ด้วยโดยสามารถกำหนดได้ที่รีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority) โดยจะแสดงไว้ในตารางที่ 2.11 และ 2.12 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อบิต	รายละเอียด
-	ไม่ได้ถูกใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ๆในอนาคต)
-	ไม่ได้ถูกใช้งาน (สำรองไว้ใช้ใน MCS-51 เบอร์ใหม่ๆในอนาคต)
PT2	กำหนดความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ของไทม์เมอร์ 2
PS	กำหนดความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม
PT1	กำหนดความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ของไทม์เมอร์ 1
PX1	กำหนดความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ภายนอกชนิด 1
PT0	กำหนดความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ของไทม์เมอร์ 0
PX0	กำหนดความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเทอร์รัพท์ภายนอกชนิด 0

ตารางที่ 2.11 การใช้งาน รีจิสเตอร์ IP

IP.7	IP.6	IP.5	IP.4	IP.3	IP.2	IP.1	IP.0
-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

ตารางที่ 2.12 ตำแหน่งของบิตในรีจิสเตอร์ IP

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถบริการอินเทอร์รัพท์ โดยการจำแนกตามแหล่งที่มาของสัญญาณ (Signal Source) ของสัญญาณอินเทอร์รัพท์นั้นๆ โดยแต่ละอินเทอร์รัพท์จะมีเวกเตอร์ของตัวเองดังนี้

ชนิดของอินเทอร์รัพท์	อินเทอร์รัพท์เวกเตอร์
IE0	0003H
TF0	000BH
IE1	0013H
TF1	001BH
RI,Ti	0023H

ตารางที่ 2.13 ค่าอินเทอร์รัพท์เวกเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว

โมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลวหรือ LCD (Liquid Crystal Display) ที่นิยมนำมาใช้งานนั้นพอจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. Character LCD Module
2. Graphic LCD Module

โดยองค์ประกอบสำคัญของ LCD ทั้งสองประเภท ก็จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนด้วยกัน คือ ตัวแสดงผล (Display) , ตัวควบคุม (Controller) และ ตัวขับ (Driver)

ในโครงงานนี้ใช้บอร์ด ET-GLCDEG240 คุณสมบัติของบอร์ดมีรายละเอียดดังนี้ได้ดังนี้

2.6.1 คุณสมบัติ

- สนับสนุนการแสดงผลภาษาไทย
- ทำงานในโหมดตัวอักษร และโหมดกราฟิก
- การติดต่อสื่อสารแบบ RS 232 หรือ 485/422
- บอดเรต 2400 – 19200 Bps

2.6.2 คุณลักษณะ

- ระดับแรงดันไฟตรงน้อยกว่า 2 วัตต์
- เวลาที่ใช้ในเซตการทำงานเมื่อจ่ายไฟ 20 มิลลิวินาที
- รูปแบบข้อมูลที่ใช้ควบคุมการแสดงผล ข้อมูล 8 บิต , ไม่มีพาริตี้บิต ,1 บิตหยุด (8,N,1)

2.6.3 คำสั่งใช้งาน ในโมดูลแอลซีดี

ลักษณะคำสั่งของ LCD Command ใช้ 1 ไบต์ต่อ 1 คำสั่ง และ 1 ไบต์ต่อ 1 พารามิเตอร์ ดังนั้นคำสั่งที่สั้นที่สุดคือ 1 ไบต์ คำสั่งที่ยาวที่สุดคือ 2 ไบต์

คำสั่ง	ทำหน้าที่	พารามิเตอร์
03H	Goto Position	0 – 139d
04H	Curser On	None
05H	Curser Off	None
06H	Reset LCD	None
0DH	New Line	None
08H	Back Space	None
1BH	Clear Screen	None

ตารางที่ 2.14 คำสั่งใช้งานโมดูลแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ตำแหน่งตัวอักษร

แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.15

0	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d	...	31d
32d	33d	34d	35d	36d	37d	38d	39d	...	63d
64d	65d	66d	67d	68d	69d	70d	71d	...	95d
36d	97d	98d	99d	100d	101d	102d	103d	...	127d

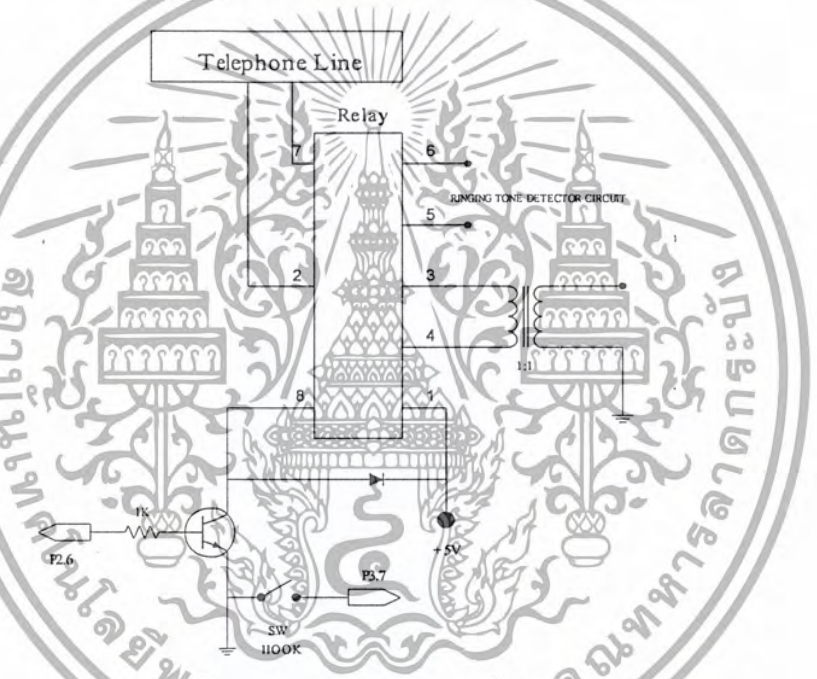
ตารางที่ 2.15 ตำแหน่งตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 วงจรตัดต่อคู่สาย

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แทนสวิตซ์ที่วางหูโทรศัพท์(Hook Switch) เพื่อทำการติดต่อ PABX กับวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ซึ่งประกอบด้วยหม้อแปลงโดยที่ขดลวดปฐมภูมิต่ออยู่กับสายโทรศัพท์ ดังรูปที่3.1



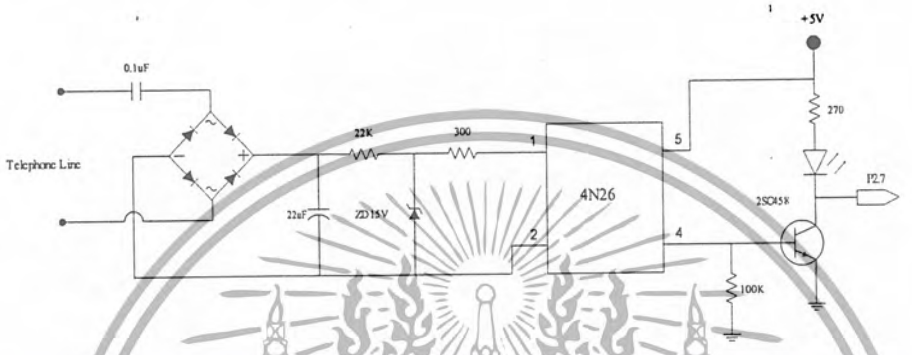
3.1 แสดงวงจรตัดต่อคู่สาย

จากรูปที่3.1 ในสภาวะปกติขั้วสัมผัสรีเลย์จะต่อเข้ากับวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและถ้าทำการกดสวิตซ์(Hook Switch) จะทำให้มีแรงดันตกคร่อมความต้านทานที่ขาอิมิตเตอร์และ ขา 8 ด้วย ทำให้ขั้วสัมผัสรีเลย์ย้ายไปสัมผัสกับหม้อแปลงเกิดการครบวงจรขึ้น แรงดันที่ขาอิมิตเตอร์นี้จะถูกส่งไปที่ PORT 0.6 ของ MCS-51 เพื่อเช็คการกดสวิตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งนี้จะทำการเปลี่ยนอินพุตสัญญาณกระดิ่งซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับความถี่20 Hz ขนาด 75-100 Vp-p หรือประมาณ 70-90 Vrms ออกเป็นพัลส์เอาท์พุตที่มีขนาด 5 โวลต์ซึ่งแสดงผลโดยใช้การกระพริบของ LED ดังรูปที่ 3.2

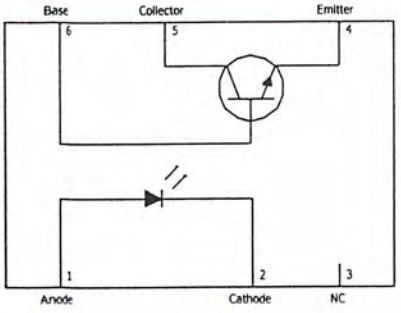


รูปที่ 3.2 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

จากรูปที่ 3.2 เมื่อมีการเรียกเข้ามายังเครื่องโทรศัพท์ สัญญาณกระดิ่งจะผ่านเข้าวงจรเจอกับตัวคาปาซิเตอร์(capacitor)ที่ทำหน้าที่ในการกันแรงดันไฟตรงไม่ให้ผ่าน จากนั้นผ่านวงจรบริดจ์เร็คติไฟเออร์(rectifier) ได้แรงดันไฟตรงโดยมี C 22 uF ทำหน้าที่กรองแรงดันให้เรียบและซีเนอร์ไดโอด 15 โวลต์ทำหน้าที่จำกัดแรงดันที่ตกคร่อมไอซีเบอร์ 4N26 ไม่ให้เกิน 15 โวลต์

ไอซีเบอร์ 4N26 นี้เป็นไอซีเชื่อมโยงทางแสง ภายในมีไดโอดเปล่งแสง(LED)และโฟโต้ทรานซิสเตอร์(Photo Transistor)อยู่ กระแสในไซเคิลบวกเท่านั้นที่สามารถไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงได้ เมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ได้รับแสงจะทำให้มีกระแสไหลจากขาคอลเลคเตอร์(Collector)ไปยังขาอีมิเตอร์(Emitter)ผ่านความต้านทาน 100K ลงกราวด์จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ 2SC458 ทำงานด้วย โดย LED1 สว่างได้ลอจิก “1” ออกมา และในทางกลับกันเมื่อไม่มีกระไซเคิลบวกเข้ามา LED จะไม่เปล่งแสงทำให้กระแสจากขาคอลเลคเตอร์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ไม่สามารถไหลลงกราวด์ที่ขาอิมิตเตอร์ได้ ทรานซิสเตอร์ 2SC458 จึงไม่ทำงาน LED1 ไม่สว่างได้ลอจิก “0” ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างไอซีเบอร์ 4N26

การใช้ไอซีเชื่อมโยงทางแสงยังมีข้อดีในการแยกระบบไฟของอินพุตและเอาท์พุตออกจากกันและใช้แสงในการเชื่อมโยงแทน ทำให้มีความปลอดภัยจากแรงดันไฟที่มีค่าสูงและสามารถป้องกันสัญญาณรบกวนหรือแรงดันที่มียอดแหลมที่เกิดจากระบบกราวด์ของวงจรภายนอกได้

3.3 วงจรตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลข(DIAL),สัญญาณเรียกกลับ(RBT),สัญญาณไม่ว่าง(BUSY)

สัญญาณหมุนหมายเลข สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างนั้นมีลักษณะเป็นคลื่นรูปไซน์ความถี่ประมาณ 400 Hz เท่ากัน แต่จะแตกต่างกันที่ช่วงเวลาของการเกิดของสัญญาณแต่ละสัญญาณเท่านั้น เราจึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ LM567 ซึ่งเป็นไอซีโทนดีโค้ดเดอร์(Tone Decoder)เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ คือจะให้เอาท์พุตเป็นลอจิก "0" เมื่อความถี่ที่ป้อนเข้ามามีค่าเท่ากับความถี่ที่เราต้องการนั่นคือ 400 Hz และถ้าความถี่ที่เข้ามาไม่ตรงกับที่กำหนดไว้จะได้เอาท์พุตเป็นลอจิก "1" การกำหนดค่าความถี่มีต้องการนั้นสามารถหาได้จากสูตร

$$f_{osc} = \frac{1}{1.1RC}$$

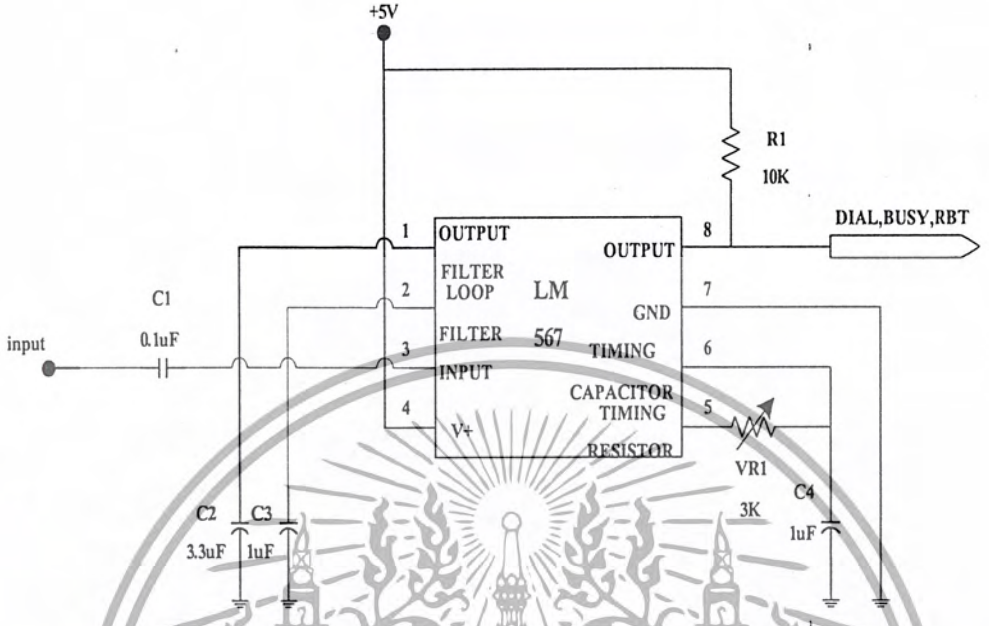
ดังนั้นเราก็ทำการกำหนดความถี่ไว้ที่ 400 Hz และเลือกค่า C เท่ากับ 1 uF จะสามารถคำนวณค่าความต้านทานปรับค่าออกมาได้ ดังนี้

$$R = \frac{1}{1.1 f_{osc} C}$$

$$= \frac{1}{1.1 \times 400 \times 1 \times 10^{-6}}$$

$$= 2.273 \times 10^{3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



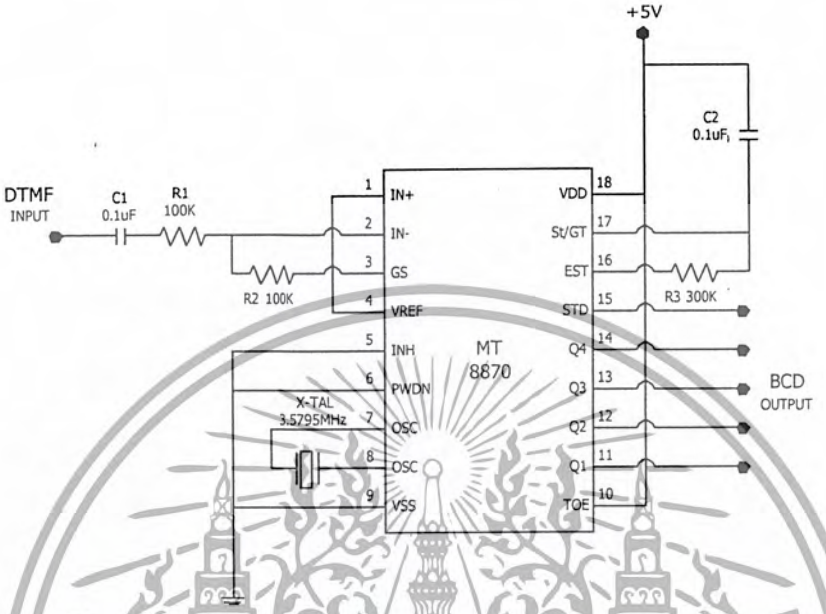
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลข,สัญญาณเรียกกลับ,สัญญาณไม่ว่าง

จากรูปที่3.4 เมื่อทำการวัดสัญญาณเอาท์พุตจะพบว่า สัญญาณเอาท์พุตจะมีลักษณะเป็นพัลส์สแควร์เวฟตามสัญญาณด้านอินพุตคือ

1. ถ้าเป็นสัญญาณหมุนหมายเลข เอาท์พุตที่ออกมาจะมีลักษณะเป็นลอจิก “0” ยาวติดกันตลอดเวลา
2. ถ้าเป็นสัญญาณไม่ว่าง เอาท์พุตที่ออกมาจะมีลักษณะเป็นลิจิก “0” และลอจิก “1” สลับกันไปและมีช่วงเวลาห่างกัน 0.5 วินาที
3. ถ้าเป็นสัญญาณเรียกกลับ เอาท์พุตที่ออกมาจะมีลักษณะเป็นลอจิก “0” 1 วินาที และเป็นลอจิก “1” 4 วิน่าที สลับกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF



รูปที่3.5 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF

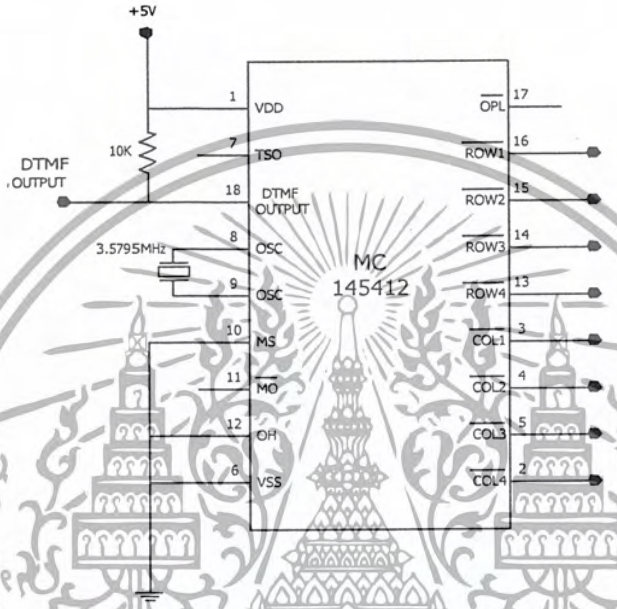
จากรูปที่3.5 สัญญาณ DTMF จะเข้ามาทางด้านขา Non-Inverting(ขา2) โดยผ่าน C1 ซึ่งเป็นตัวคัปปลิ้งสัญญาณและมี R1,R2 เป็นตัวปรับอัตราขยายให้เหมาะสม ส่วน R3,C2 จะเป็นตัวกำหนดการ์ดไทม์เอาท์พุต(Gard Time Output) ในที่นี้ใช้ R3 = 300k , C2 = 0.1 uF ซึ่งจะได้ค่าการ์ดไทม์ = 30 mS.

จากวงจรและการทำงานที่กล่าวมานี้ เมื่อนำมาประกอบวงจรทดลองเพื่อเลือกค่าอุปกรณ์ R และ C ที่เหมาะสม ปรากฏว่าค่าของ R3 และ C2 นั้นมีความสำคัญมาก เพราะจะเป็นการกำหนดช่วงเวลาของสัญญาณ DTMF ที่จะยอมรับ ซึ่งค่า C2 นั้น ทางบริษัทที่ผลิตไอซีเบอร์นี้ได้แนะนำให้ใช้ค่า = 0.1 uF แล้วเลือกค่า R3 ตามต้องการ ซึ่งค่า R3 = 300 k นั้นเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานโทรศัพท์ของคนทั่วไปที่จะกดปุ่มโทรศัพท์ ทำให้ไอซี MT8870 นี้รับรหัสตัวเลขได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF

วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF ทำหน้าที่สร้างสัญญาณความถี่ที่ได้จากการกดคีย์โทรศัพท์ อุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่ ไอซีเบอร์ MC145412 ซึ่งเป็นตัวสร้างสัญญาณความถี่ DTMF แล้วนำไปถอดรหัสเพื่อให้ CPU ประมวลผลต่อไป ดังรูปที่3.6



รูปที่3.6 วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF

จากรูปที่3.6 ขา 10 (Mode Select) เป็นขาสำหรับการเลือกการทำงาน มีด้วยกัน 3 สภาวะคือ

1. ต่อกับ Vdd จะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ 20 pps
2. ปล่อยว่างไว้จะกำเนิดสัญญาณพัลส์ 10 pps
3. ต่อกับ Vss จะผลิตสัญญาณความถี่ DTMF

ขา 12 (On-Hook) ถ้าต่อกับ Vdd จะทำการ On-Hook Mode ซึ่งจะทำการติดต่อกับหน่วยความจำภายในและถ้าต่อกับ Vss จะทำการ Off-Hook Mode ซึ่งในการออกแบบเราจะต่อกับ Vss

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองตอนที่ 1 การตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

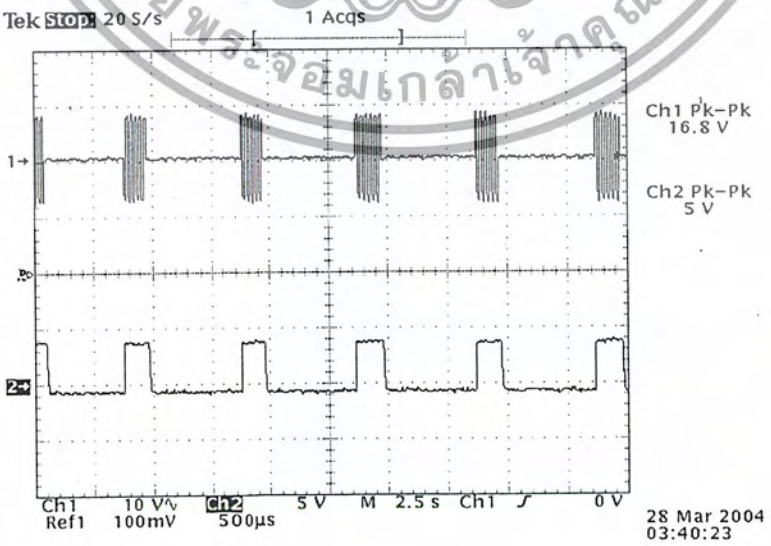
อุปกรณ์การทดลอง

1. Power Supply 1 เครื่อง
2. ไอซีเบอร์ 4N26 1 ตัว
3. Zener Diode 15V 1 ตัว
4. LED 1 ตัว
5. ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458 1 ตัว
6. ตัวต้านทานค่าต่างๆ
7. ตัวเก็บประจุค่าต่างๆ

วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.2
2. ป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณกระดิ่งของเครื่องโทรศัพท์ สังเกตการกระพริบของ LED และบันทึกผล

ผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองตอนที่ 2 การตรวจสอบสัญญาณหมุนหมายเลข,สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง

อุปกรณ์การทดลอง

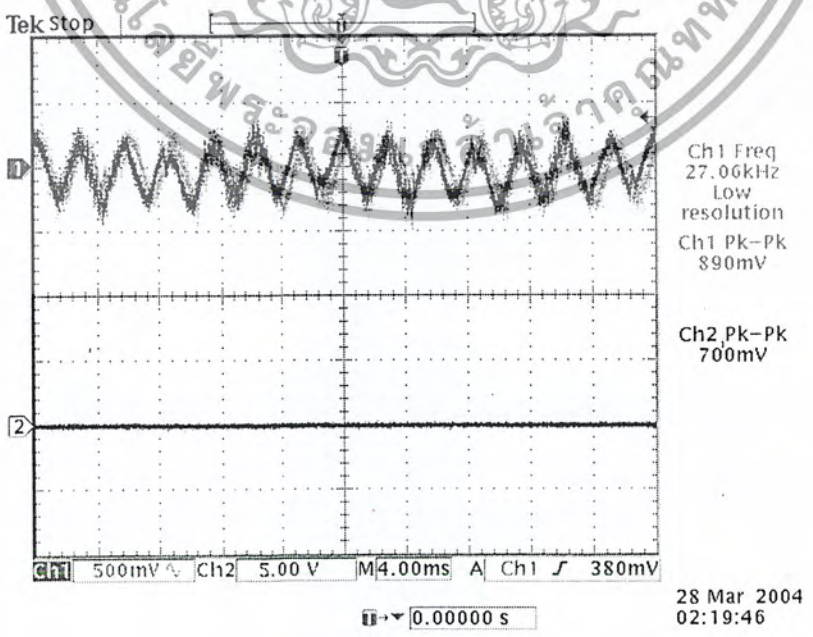
1. Power Supply 1 เครื่อง
2. Oscilloscope 1 เครื่อง
3. Function Generator 1 เครื่อง
4. ไอซีเบอร์ LM567 1ตัว
5. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 3k 1 ตัว
6. ตัวต้านทานค่าต่างๆ
7. ตัวเก็บประจุค่าต่างๆ

วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.4
2. จากสโคป ใช้ Ch1 จับที่สัญญาณอินพุต(ขา3) และ Ch2 จับที่สัญญาณเอาท์พุต(ขา8)
3. วัดสัญญาณหมุนหมาย บันทึกผลการทดลอง
4. วัดสัญญาณ ไม่ว่าง บันทึกผลการทดลอง

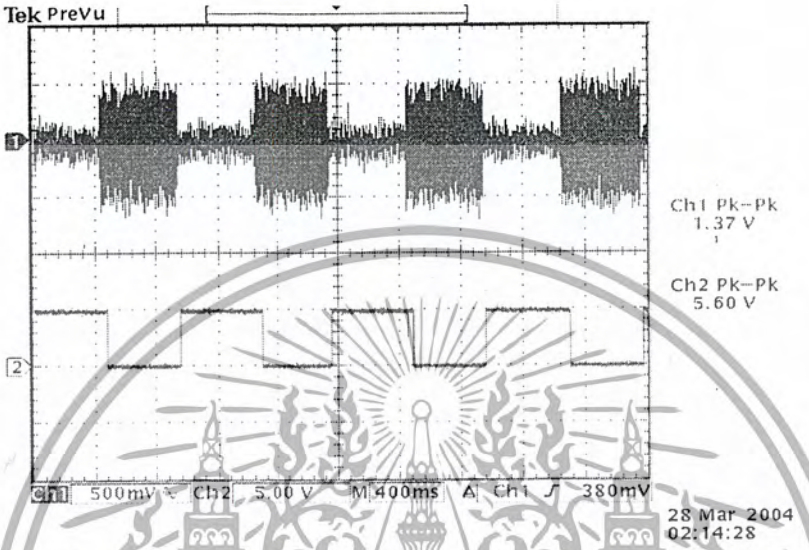
ผลการทดลอง

1. เมื่อทำการวัดสัญญาณหมุนหมายเลข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อทำการวัดสัญญาณสายไม่ว่าง



การทดลองตอนที่ 3 การถอดรหัสสัญญาณหมายเลข DTMF

อุปกรณ์การทดลอง

1. Power Supply 1 เครื่อง
2. ไอซีเบอร์ MT8870, MC145412
3. แป้นคีย์แพด
4. คริสตัล 3.5795 MHz 2 ตัว
5. LED 5 ตัว
6. ตัวต้านทานค่าต่างๆ
7. ตัวเก็บประจุค่าต่างๆ

วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.5 และ รูปที่ 3.6
2. ต่อวงจรตามรูปที่ 3.6 เข้ากับแป้นคีย์แพด
3. นำเอาท์พุตของวงจรในรูปที่ 3.6 เป็นอินพุตของวงจรในรูปที่ 3.5
4. กดแป้นคีย์แพดเลขต่างๆ สังเกต LED และบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

NO	STD	Q4	Q3	Q2	Q1
1	H	0	0	0	1
2	H	0	0	1	0
3	H	0	0	1	1
4	H	0	1	0	0
5	H	0	1	0	1
6	H	0	1	1	0
7	H	0	1	1	1
8	H	1	0	0	0
9	H	1	0	0	1
0	H	1	0	1	0
*	H	1	0	1	1
#	H	1	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและบทวิจารณ์

โครงสร้างทั้งหมดของโครงงาน

โครงงานนี้ประกอบด้วยโครงสร้างส่วนต่างๆดังนี้คือ

1. ภาคอินพุท ใช้ Key Pad ในการกดหมายเลขและข้อความต่างๆ
2. ภาคประมวลผล ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการสั่งงานและรับส่งข้อมูล
3. ภาคแสดงผล ใช้จอแอลซีดี รุ่น ET-GLCDEG240 ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
4. ภาคตัวเครื่องโทรศัพท์ จะประกอบด้วยวงจรส่วนต่างๆ ได้แก่ วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง วงจรตรวจจับสัญญาณสายไม่ว่าง,สัญญาณเรียกกลับ,สัญญาณกดหมายเลข วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่DTMFและวงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่DTMF

ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

การเชื่อมต่อกับสายโทรศัพท์ภายนอกใช้หลักการ matching impedance ทำให้การรับส่งข้อมูลอาจผิดพลาดได้ง่ายเมื่อความต้านทานของวงจรmatching เกิดการเปลี่ยนแปลง การแก้ไขสามารถทำได้โดยการเลือกใช้วงจรบริดจ์ในการเชื่องต่อกับสายโทรศัพท์

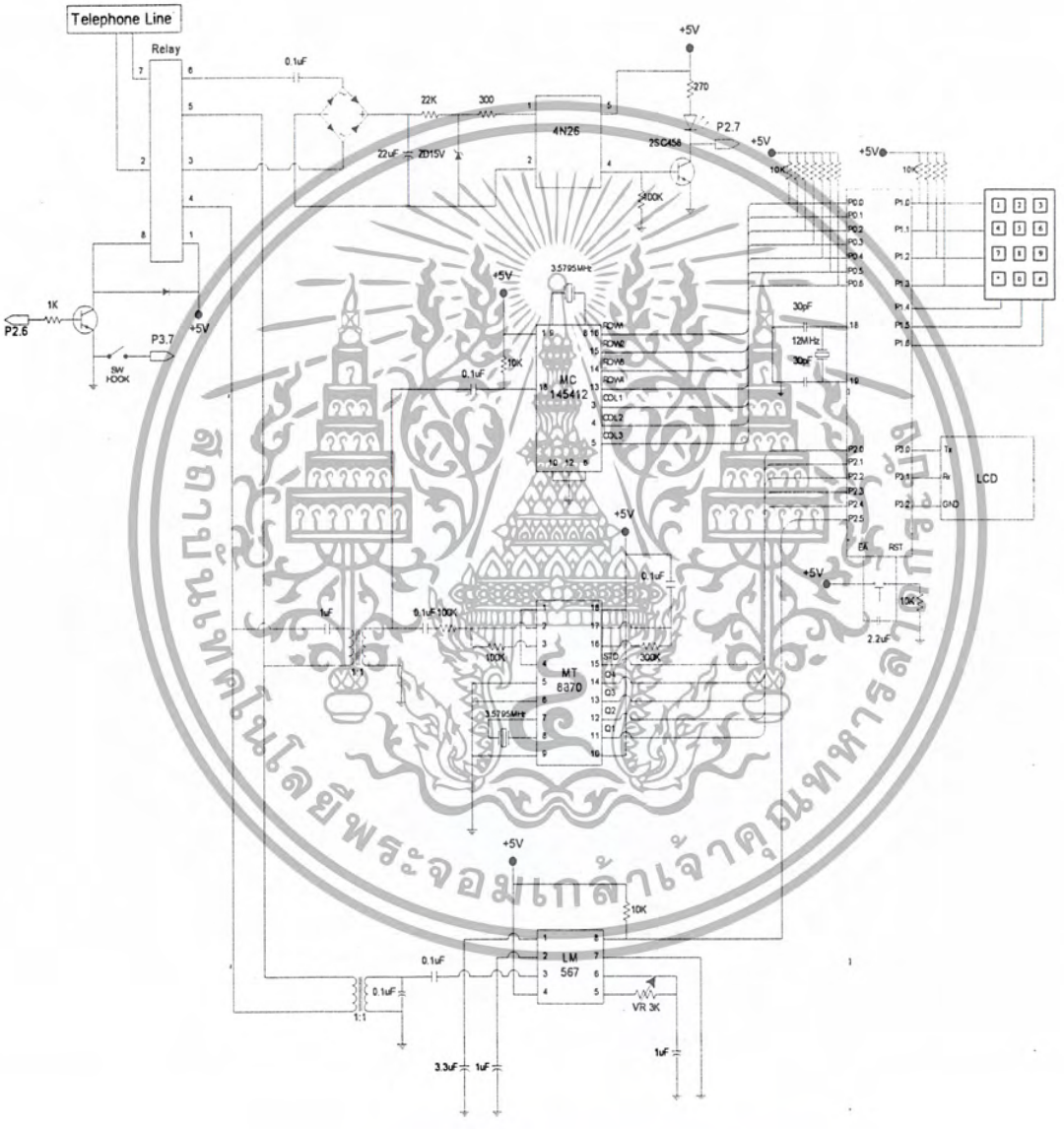
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. แสดงรูปวงจรรวมของโครงงาน

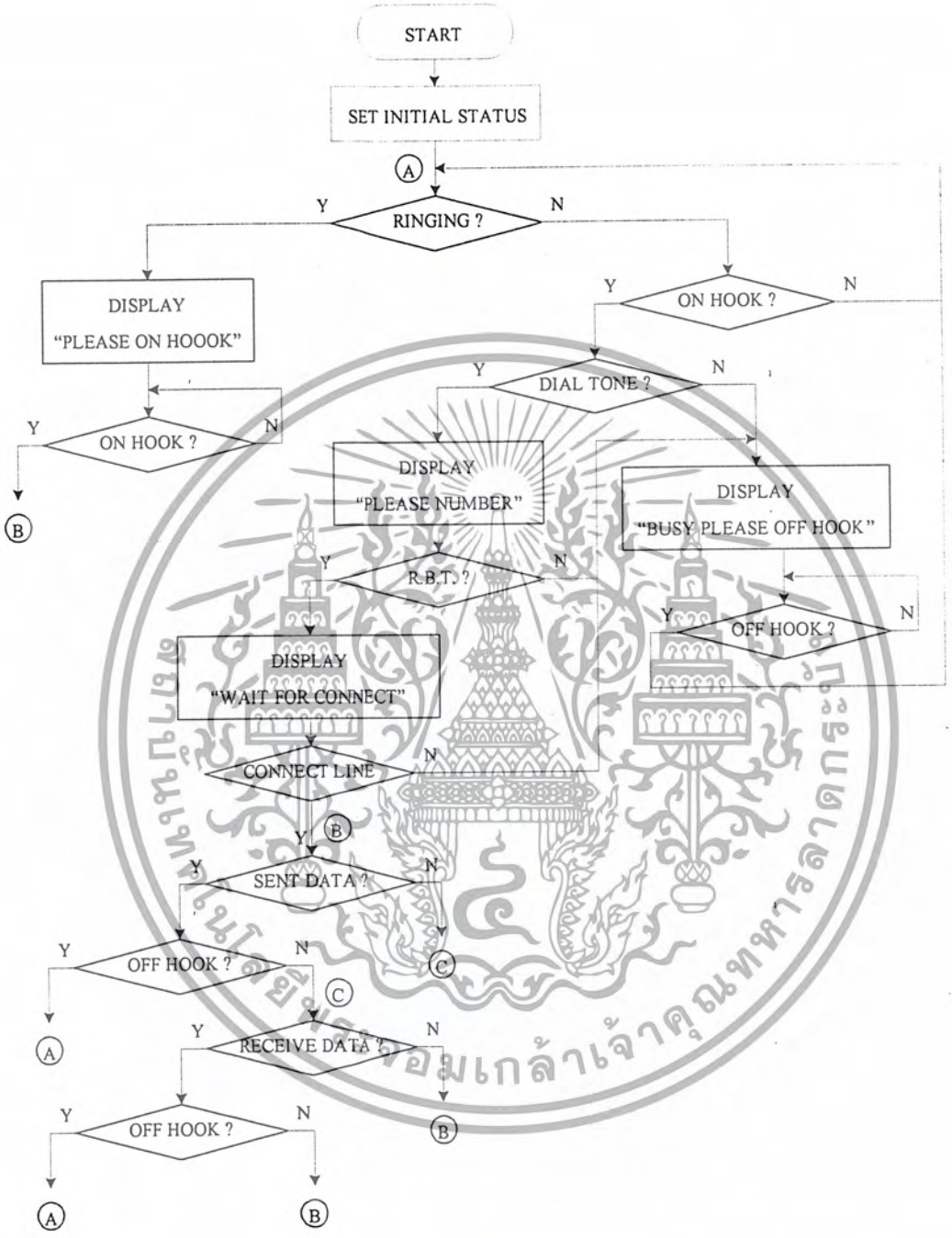
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. แสดง Flow Chart ของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

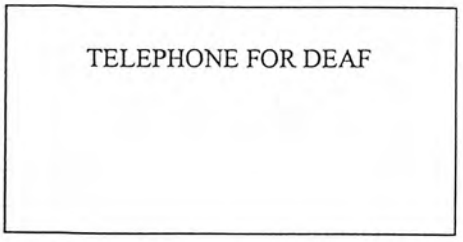


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค. คู่มือการใช้งานเครื่องโทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

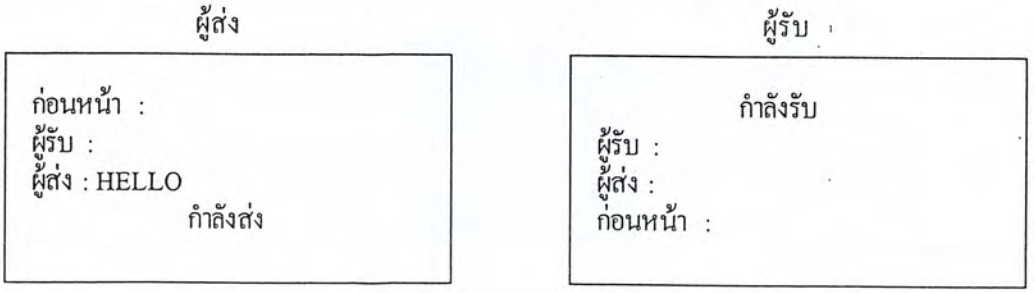
1. กดสวิตซ์เปิดเครื่องโทรศัพท์ เมื่อกดแล้วหลอด LED ะสว่างหน้าจอแอลซีดีจะแสดงข้อความ



2. กดสุดสวิตซ์จอแอลซีดีจะแสดงข้อความ "PRESS NUMBER" ให้กดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อ รอสักครู่จอจะแสดงข้อความดังรูป

3. เมื่อผู้รับกดสวิตซ์ยกหูโทรศัพท์ จอจะแสดงข้อความออกมาทั้งสองด้านดังนี้

4. กดปุ่มตัวเลขที่คีย์แพดตามตารางก็จะได้ตัวอักษรที่พร้อมจะส่งไปให้ผู้รับจากนั้นให้กด "6" ตามด้วย "*" (หมายถึงการกด Enter) ข้อความก็จะถูกส่งไปแสดงผลที่จอของทางผู้รับ ตัวอย่างเช่น ต้องการส่งคำว่า HI ให้กด 1,9,1,6,2,5,2,5,2,8,6 และ * ตามลำดับ ที่จอจะแสดงข้อความดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้รับได้รับข้อความแล้วที่จอจะแสดงข้อความที่เราได้ส่งไปแล้วดังนี้

ผู้ส่ง

ก่อนหน้า :
ผู้รับ :
ผู้ส่ง :
ก่อนหน้า :HELLO

ผู้รับ

ก่อนหน้า :
ผู้รับ : HELLO
ผู้ส่ง :
ก่อนหน้า :

เมื่อผู้รับส่งข้อความกลับมาหาเรา จะมีข้อความบอกให้เรารู้ว่ากำลังรับข้อมูล

ผู้ส่ง

กำลังรับ
ผู้รับ :
ผู้ส่ง :
ก่อนหน้า : HELLO

ผู้รับ

ก่อนหน้า :
ผู้รับ : HELLO
ผู้ส่ง : HELLO
กำลังส่ง

เมื่อข้อความมาครบจะแสดงผลดังนี้

ผู้ส่ง

ก่อนหน้า :
ผู้รับ : HELLO
ผู้ส่ง :
ก่อนหน้า : HELLO

ผู้รับ

ก่อนหน้า :
ผู้รับ : HELLO
ผู้ส่ง :
ก่อนหน้า : HELLO

4. เมื่อต้องการวางสายให้กดสวิตซ์เช่น ถ้าทางด้านผู้ส่งกดสวิตซ์ หน้าจอจะแสดงข้อความดังรูป

ผู้ส่ง

TELEPHONE FOR DEAF

ผู้รับ

NO CONNECT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รหัสที่ใช้แทนตัวเลข

รหัสที่ 1	ตัวเลขที่แสดง
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9

2. รหัสที่ใช้ตัวแทนอักษร

รหัส 1	รหัส 2	ตัวอักษรที่แสดง
1	2	A
1	3	B
1	4	C
1	5	D
1	6	E
1	7	F
1	8	G
1	9	H
2	1	I
2	3	J
2	4	K
2	5	L
2	6	M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส 1	รหัส 2	ตัวอักษรที่แสดง
2	7	N
2	8	O
2	9	P
3	1	Q
3	2	R
3	4	S
3	5	T
3	6	U
3	7	V
3	8	W
3	9	X
4	1	Y
4	2	Z
4	3	ก
4	5	ข
4	6	ค
4	7	ฆ
4	8	ง
4	9	จ
5	1	ฉ
5	2	ช
5	3	ซ
5	4	ฌ
5	*	ญ
5	6	ฎ
5	7	ฏ
5	8	ฐ
5	9	ฑ
6	1	ฒ
6	2	ณ
6	3	ด
6	4	ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส 1	รหัส 2	ตัวอักษรที่แสดง
6	5	ถ
6	7	ท
6	8	ธ
6	9	น
7	1	บ
7	2	ป
7	3	ผ
7	4	ฝ
7	5	พ
7	6	ฟ
7	8	ภ
7	9	ม
8	1	ย
8	2	ร
8	3	ล
8	4	ว
8	5	ศ
8	6	ษ
8	7	ส
8	9	ห
9	1	ฬ
9	2	อ
9	3	ฮ
9	4	ฤ
9	5	◌
9	6	◌
9	7	◌
9	8	◌
1	*	◌
2	*	◌
3	*	◌
4	*	◌

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส 1	รหัส 2	ตัวอักษรที่แสดง
5	*	ๅ
6	*	ู
7	*	เ
8	*	แ
9	*	โ
1	0	ใ
2	0	ไ
3	0	ๆ
4	0	็
5	0	่
6	0	้
7	0	๊
8	0	๋
9	0	์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง. ตารางแสดงรหัสแอสกี(เลขฐานสิบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	NA	NA	Spc	!	"	#	$	%	&	'
4	(	)	*	+	,	-	.	/	0	1
5	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;
6	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
7	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
8	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
9	Z	[	\	]	^	_	`	a	b	c
10	d	E	f	g	H	i	j	k	l	m
11	n	O	p	q	R	s	t	u	v	w
12	x	Y	z	{	|	}	~	NA	NA	NA
13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
14	NA	NA	NA	NA	๐	๑	๒	๓	๔	๕
15	๖	๗	๘	๙	NA	NA	NA	NA	NA	NA
16	NA	ก	ข	ฃ	ค	ฅ	ฆ	ง	จ	ฉ
17	ช	ซ	ฌ	ญ	ฎ	ฏ	ฐ	ฑ	ฒ	ณ
18	ด	ต	ถ	ท	ธ	น	บ	ป	ผ	ฝ
19	พ	ฟ	ภ	ม	ย	ร	ฤ	ล	ฦ	ว
20	ศ	ษ	ส	ห	ฬ	อ	ฮ	ฯ	ะ	ั
21	า	ำ	ิ	ี	ึ	ื	ุ	ู	NA	NA
22	NA	NA	NA	NA	เ	แ	โ	ใ	ไ	NA
23	ๆ	็	่	้	๊	๋	์	NA	NA	NA
24	๐	๑	๒	๓	๔	๕	๖	๗	๘	๙
25	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

NA = Space

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ. โปรแกรมของเครื่องโทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MCS51 ของเครื่องโทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

```
                ORG   0000H
                SETB  P2.7
                SETB  P3.7
                LCALL SETBAUD_12MH

START_PROGRAM:  LCALL CLEAR_SCREEN
                MOV   P2,#0FFH
                MOV   P0,#00H
                SETB  P2.7
                LCALL DELAY_3
                MOV   R0,#60H
CLE:            MOV   A,#32
                MOV   @R0,A
                INC   R0
                CJNE  R0,#7FH,CLE
                MOV   38H,#01H
                LJMP  MENU
;***************************************************************
                MOV   A,#003H                ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#00                  ;  GOTO POSITION
                LCALL TX_BYTE
                MOV   DPTR,#TITLE_6
                LCALL SENT_TXT2
RING_IN:        JB    P2.6,HOOK
                LJMP  RING
HOOK:           JB    P3.7,RING_IN
                LJMP  HOOK_OFF
;***************************************************************
RING:           JNB   P2.6,$
                LCALL CLEAR_SCREEN
                MOV   A,#003H                ; GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#00                  ; GOTO POSITION
                LCALL TX_BYTE
                MOV   DPTR,#TITLE_10
                LCALL SENT_TXT2
LOPP_RING:      MOV   R4,#05H
KSIG4:          MOV   R7,#100                ; Set gate time = 1s
KSIG1:          MOV   R6,#10                 ; Each loop = 10 ms
KSIG2:          MOV   R5,#0E6H
KSIG3:          JNB   P3.7,MENUU
                JNB   P2.6,LOPP_RING
                DJNZ  R5,KSIG3
                DJNZ  R6,KSIG2
                DJNZ  R7,KSIG1
                DJNZ  R4,KSIG4
                LJMP  START_PROGRAM
MENUU:          SETB  P2.7
                LCALL CLEAR_SCREEN
                MOV   A,#0AH
                LCALL CDH_DIAL2
                LCALL GATE_ENN
                LJMP  MENU
;***************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
HOOK_OFF:       SETB   P2.7
                LCALL  CLEAR_SCREEN
                MOV    A,#003H                  ;  GOTO COMMAND
                LCALL  TX_BYTE
                MOV    A,#00                    ;  GOTO POSITION
                LCALL  TX_BYTE
                MOV    DPTR,#TITLE_7
                LCALL  SENT_TXT2
                MOV    A,#003H                  ;  GOTO COMMAND
                LCALL  TX_BYTE
                MOV    A,#32                    ;  GOTO POSITION
                LCALL  TX_BYTE
TEL_NUM:        LCALL  CBHECK2
                MOV    A,30H
                CJNE   A,#0AH,DSS
                JMP    GO
DSS:            LCALL  DTMF_TEL
                MOV    A,30H
                LCALL  CDH_DIAL2
                JMP    TEL_NUM
GO:             MOV    A,#003H                  ;  GOTO COMMAND
                LCALL  TX_BYTE
                MOV    A,#64                    ;  GOTO POSITION
                LCALL  TX_BYTE
                MOV    DPTR,#TITLE_8            ;  WAIT CON
                LCALL  SENT_TXT2
                LCALL  GATE_ENN
                MOV    R4,#30
SSIG4:          MOV    R7,#100                  ; Set gate time = 1s
SSIG1:          MOV    R6,#10                   ; Each loop = 10 ms
SSIG2:          MOV    R5,#0E6H
SSIG3:          JB     P2.4,CHECK_DOW_RE
                JB     P3.7,CLEAR_HOOK1
                DJNZ   R5,SSIG3
                DJNZ   R6,SSIG2
                DJNZ   R7,SSIG1
                DJNZ   R4,SSIG4
 STABA:         MOV    A,#003H                  ;  GOTO COMMAND
                LCALL  TX_BYTE
                MOV    A,#96                    ;  GOTO POSITION
                LCALL  TX_BYTE
                LJMP   BUSY
CHECK_DOW_RE:   JB     P2.4,$
                MOV    A,P2
                ANL    A,#00001111B
                CJNE   A,#0BH,STABA
                LCALL  CLEAR_SCREEN
                LJMP   MENU
;*********************************************************************
BUSY:           MOV    DPTR,#TITLE_9
                LCALL  SENT_TXT2
                JNB    P3.7,$
CLEAR_HOOK1:    LJMP   START_PROGRAM

;*********************************************************************
DTMF_TEL:       MOV    A,30H
                CJNE   A,#01H,DTMF_TEL2
                MOV    A,#49
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TEL2:      MOV    A,30H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE   A,#02H,DTMF_TEL3
                MOV    A,#50
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TEL3:      MOV    A,30H
                CJNE   A,#03H,DTMF_TEL4
                MOV    A,#51
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TEL4:      MOV    A,30H
                CJNE   A,#04H,DTMF_TEL5
                MOV    A,#52
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TEL5:      MOV    A,30H
                CJNE   A,#05H,DTMF_TEL6
                MOV    A,#53
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TEL6:      MOV    A,30H
                CJNE   A,#06H,DTMF_TEL7
                MOV    A,#54
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TEL7:      MOV    A,30H
                CJNE   A,#07H,DTMF_TEL8
                MOV    A,#55
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TEL8:      MOV    A,30H
                CJNE   A,#08H,DTMF_TEL9
                MOV    A,#56
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TEL9:      MOV    A,30H
                CJNE   A,#09H,DTMF_TEL0
                MOV    A,#57
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TEL0:      MOV    A,30H
                CJNE   A,#00H,DTMF_TELDOW
                MOV    A,#48
                LCALL  TX_BYTE
                RET

DTMF_TELDOW:    MOV    A,30H
                CJNE   A,#0AH,DTMF_TELSQU
                MOV    A,#42
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TELSQU:    MOV    A,30H
                CJNE   A,#0BH,DTMF_TELNOT
                MOV    A,#35
                LCALL  TX_BYTE
                RET
DTMF_TELNOT:    RET

;*****************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MENU:           MOV   A,#003H                    ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#00                      ;  GOTO POSITION
                LCALL TX_BYTE
                MOV   DPTR,#TITLE_2
                LCALL SENT_TXT2
                MOV   A,#003H                    ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#32                      ;  GOTO POSITION
                LCALL TX_BYTE
                MOV   DPTR,#TITLE_3
                LCALL SENT_TXT2

;*****************************************************************

                MOV   A,#003H                    ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#96                      ;  GOTO POSITION
                LCALL TX_BYT
                MOV   DPTR,#TITLE_3
                LCALL SENT_TXT2
                MOV   A,#003H                    ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#64                      ;  GOTO POSITION
                LCALL TX_BYTE
                MOV   DPTR,#TITLE_1
                LCALL SENT_TXT2
;*****************************************************************
START:          MOV   33H,#68
                MOV   R1,#40H
                MOV   34H,#00H
ST:             LCALL CHECK
                LCALL CANCEL
                MOV   A,30H
                MOV   31H,A
                LCALL CHECK2
                LCALL CANCEL
                MOV   A,31H
                ADD   A,30H
                CJNE  A,#5AH,LOOP1
                LJMP  SENDING
LOOP1:          CJNE  A,#0A0H,LOOP2
                MOV   A,#08H                     ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                DEC   R1
                DEC   33H
                DEC   34H
                JMP   ST
LOOP2:          MOV   DPTR,#TEXT_TAB
                MOVC  A,@A+DPTR
                CJNE  A,#00H,NEXT
                JMP   ST
 NEXT:                MOV   @R1,A
                INC   34H
                INC   R1
                CJNE  R1,#5FH,NEXT_X1
                LJMP  SENDING
NEXT_X1:        MOV   31H,A
                MOV   DPTR,#TEXT_TAB_TOP
NEXT3:          CLR   A
                MOVC  A,@A+DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JZ      NEXT4
                CJNE    A,31H,NEXT2
                JMP     NEXT5
NEXT2:          INC     DPTR
                LJMP    NEXT3
NEXT4:          INC     33H
                MOV     A,33H
                CJNE    A,#95,NEXT5
                LJMP    SENDING

NEXT5:          MOV     A,31H
                LCALL   TX_BYTE
                LJMP    ST
;*****************************************************************
SENDING:        MOV     A,#003H                 ;  GOTO COMMAND
                LCALL   TX_BYTE
                MOV     A,#96                   ;  GOTO POSITION
                LCALL   TX_BYTE
                MOV     DPTR,#TITLE_4
                LCALL   SENT_TXT2
                MOV     R7,#32
SEND_LOOP:      MOV     A,#08H                  ;  GOTO COMMAND
                LCALL   TX_BYTE
                DJNZ    R7,SEND_LOOP
                MOV     DPTR,#TITLE_4
                LCALL   SENT_TXT2
DOW_AGIN:       MOV     A,#0AH
                LCALL   CDH_DIAL2
                LCALL   DELAY1
RE_SHAP:        MOV     R7,#100                 ; Set gate time = 1s
SED1:           MOV     R6,#10                  ; Each loop = 10 ms
SED2:           MOV     R5,#0E6H
SED3:           JB      P2.4,COMING
                DJNZ    R5,SED3
                DJNZ    R6,SED2
                DJNZ    R7,SED1
                LJMP    DOW_AGIN
COMING:         JB      P2.4,$
                MOV     A,P2
                ANL     A,#00001111B
                CJNE    A,#0CH,RE_SHAP
                LCALL   GATE_ENN
                LCALL   DTMF_DECODE
                LCALL   GATE_ENN
                MOV     A,#0BH
                LCALL   CDH_DIAL2
                LCALL   GATE_ENN
                MOV     A,#0BH
                LCALL   CDH_DIAL2
                MOV     A,#003H                 ;  GOTO COMMAND
                LCALL   TX_BYTE
                MOV     A,#68                   ;  GOTO POSITION
                LCALL   TX_BYTE

                MOV     R7,#61
SEND_LOOP7:     MOV     A,#32                   ;  GOTO COMMAND
                LCALL   TX_BYTE
                DJNZ    R7,SEND_LOOP7
                MOV     A,#003H                 ;  GOTO COMMAND
                LCALL   TX_BYTE
                MOV     A,#127                  ;  GOTO POSITION
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL TX_BYTE
                MOV   R7,#59
SEND_LOOP2:     MOV   A,#08H                    ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                DJNZ  R7,SEND_LOOP2
                MOV   A,#003H                   ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#96                     ;  GOTO POSITION
                LCALL TX_BYTE
                MOV   DPTR,#TITLE_3
                LCALL SENT_TXT2
                MOV   A,34H
                MOV   R7,A
                MOV   R1,#40H
SEND_LOOP4:     MOV   A,@R1
                LCALL TX_BYTE
                DJNZ  R7,SEND_LOOP3
                JMP   SEND_LOOP5
SEND_LOOP3:     INC   R1
                JMP   SEND_LOOP4
SEND_LOOP5:     MOV   A,#003H                   ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#68                     ;  GOTO POSITION
                LCALL TX_BYTE
                LJMP  START

;*****************************************************************
CHECK_DTMF:     MOV   3BH,#00H
                MOV   DPTR,#TEXT_TAB
DTMF2:          CLR   A
                MOVC  A,@A+DPTR
                CJNE  A,3AH,DTMF1
                RET
DTMF1:          INC   DPTR
                INC   3BH
                JMP   DTMF2
;*****************************************************************
DTMF_DECODE:    MOV   A,34H
                MOV   R4,A
                MOV   R1,#40H
DTMF3:          MOV   A,@R1
                MOV   3AH,A
                LCALL CHECK_DTMF
                LCALL DTMF_OUT
                DJNZ  R4,DTMF4
                RET
DTMF4:          INC   R1
                JMP   DTMF3

;*****************************************************************
DTMF_OUT:       MOV   A,3BH
                ANL   A,#11110000B
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CCH_DIAL1
                MOV   A,3BH
                ANL   A,#00001111B
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CDH_DIAL2
                RET
;*****************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CLEAR_CPU:      LCALL CLEAR_SCREEN
                MOV   A,#003H                   ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#00H                    ;  GOTO POSITION
                LCALL TX_BYTE
                MOV   DPTR,#TITLE_11
                LCALL SENT_TXT2
                JNB   P3.7,$
                LJMP  START_PROGRAM
;*****************************************************************
STA:            LJMP  ST
RECIVE_DOW:     JB    P2.4,$
                MOV   A,P2
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#0AH,DDD
                LJMP  CLEAR_CPU
DDD:            CJNE  A,#0BH,STA
                LCALL DELAY1
                MOV   A,#0BH
                LCALL CDH_DIAL2
                MOV   A,#003H                   ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#00                     ;  GOTO POSITION
                LCALL TX_BYTE
                MOV   DPTR,#TITLE_5
                LCALL SENT_TXT2
                MOV   R7,#32
RE_LOOP:        MOV   A,#08H                    ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                DJNZ  R7,RE_LOOP
                MOV   DPTR,#TITLE_5
                LCALL SENT_TXT2
                MOV   A,#003H                   ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                MOV   A,#63                     ;  GOTO POSITION
                LCALL TX_BYTE
                MOV   R7,#24
RE_LOOP2:       MOV   A,#08H                    ;  GOTO COMMAND
                LCALL TX_BYTE
                DJNZ  R7,RE_LOOP2
                MOV   A,38H
                MOV   R7,A
                MOV   R0,#60H
RE_LOOP4:       MOV   A,@R0
                LCALL TX_BYTE
                DJNZ  R7,RE_LOOP3
                JMP   RE_LOOP5
RE_LOOP3:       INC   R0
                JMP   RE_LOOP4
RE_LOOP5:
START_RECIVE:   MOV   R0,#60H
                MOV   38H,#00H
STT:            LCALL RECIVE_NUMBER
                LCALL RECIVE1
                MOV   A,35H
                MOV   36H,A
                LCALL RECIVE_NUMBER
                LCALL RECIVE2
                MOV   A,36H
                ADD   A,35H
                CJNE  A,#0BBH,STT2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JMP     SHOW_RE
STT2:           MOV     DPTR,#TEXT_TAB
                MOVC    A,@A+DPTR
                CJNE    A,#00H,NEXT_RE
                JMP     STT
 NEXT_RE:       MOV     @R0,A
                INC     38H
                INC     R0
                JMP     STT
SHOW_RE:        MOV     A,#003H                 ;  GOTO COMMAND
                LCALL   TX_BYTE
                MOV     A,#31                   ;  GOTO POSITION
                LCALL   TX_BYTE
                MOV     R7,#26
REEE_LOOP:      MOV     A,#08H                  ;  GOTO COMMAND
                LCALL   TX_BYTE
                DJNZ    R7,REEE_LOOP
                MOV     A,#003H                 ;  GOTO COMMAND
                LCALL   TX_BYTE
                MOV     A,#00                   ;  GOTO POSITION
                LCALL   TX_BYTE
                MOV     DPTR,#TITTLE_2
                LCALL   SENT_TXT2
                MOV     A,38H
                MOV     R7,A
                MOV     R0,#60H
REE_LOOP4:      MOV     A,@R0
                LCALL   TX_BYTE
                DJNZ    R7,REE_LOOP3
                JMP     REE_LOOP5
REE_LOOP3:      INC     R0
                JMP     REE_LOOP4

REE_LOOP5:      MOV     A,#003H                 ;  GOTO COMMAND
                LCALL   TX_BYTE
                MOV     A,33H
                LCALL   TX_BYTE
                LJMP    ST
;*****************************************************************

RECIVE_NUMBER:  JNB     P2.4,$
                JB      P2.4,$
                MOV     A,P2
                ANL     A,#00001111B
                RET
;*****************************************************************

CLEAR_SCREEN:   MOV     A,#01BH
                LCALL   TX_BYTE                 ;  CLEAR SCREEN
                LCALL   DELAY                   ;  WAIT BUSY 4 mSEC
                RET
;*****************************************************************

SENT_TXT2:      CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                JZ      TX2                     ; IF A=0 END MESSAGE
                LCALL   TX_BYTE
                INC     DPTR
                SJMP    SENT_TXT2
TX2:            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*********************************************************************
;           DELAY  4 mSEC
;*********************************************************************
DELAY:          PUSH  DPH
                PUSH  DPL
                MOV   DPTR,#0E7F6H
DEL4:           INC   DPTR
                MOV   A,DPL
                ORL   A,DPH
                JNZ   DEL4
                POP   DPL
                POP   DPH
                RET
DELAY1:         MOV   R7,#10H
                DJNZ  R7,$
                RET
DELAY_3:        MOV   R7,#500                   ; Set gate time = 1s
GATE_EN_1:      MOV   R6,#10                    ; Each loop = 10 ms
GATE_EN_2:      MOV   R5,#0E6H
GATE_EN_3:      NOP
                NOP
                DJNZ  R5,GATE_EN_3
                DJNZ  R6,GATE_EN_2
                DJNZ  R7,GATE_EN_1
                RET
;*****************************************************
;*              Send 1-Byte to SERIAL                *
;*              Input  : ACC                         *
;*              Output : Serial port                 *
;*****************************************************
TX_BYTE:        PUSH  IE
                CLR   TI
                MOV   SBUF,A
                JNB   TI,$
                CLR   TI
                POP   IE
                RET
;*****************************************************
;*            Receive Data From SERIAL               *
;*            Input  :  Serial Port                  *
;*            Output :  ACC                          *
;*****************************************************
RX_BYTE:        PUSH  IE
                JNB   RI,$                      ; Wait data
                CLR   RI
                MOV   A,SBUF
                POP   IE
                RET
;*********************************************************
CANCEL:         MOV   P1,#0FFH
                CLR   P1.6
                CLR   P1.5
                CLR   P1.4
                LCALL DELAY1
                MOV   A,P1
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#00001111B,CANCEL
                RET

;*********************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CHECK:
COL0:           MOV   P1,#0FFH
                CLR   P1.6
                LCALL DELAY1
                MOV   A,P1
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#00001110B,KEY4
                MOV   30H,#00H
                RET
KEY4:           CJNE  A,#00001101B,KEY7
                MOV   30H,#30H
                RET
KEY7:           CJNE  A,#00001011B,KEYX
                MOV   30H,#60H
                RET
KEYX:           CJNE  A,#00000111B,COL1
                MOV   30H,#0A0H
                RET
COL1:           MOV   P1,#0FFH
                CLR   P1.5
                LCALL DELAY1
                MOV   A,P1
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#00001110B,KEY5
                MOV   30H,#10H
                RET
KEY5:           CJNE  A,#00001101B,KEY8
                MOV   30H,#40H
                RET
KEY8:           CJNE  A,#00001011B,KEY0
                MOV   30H,#70H
                RET
KEY0:           CJNE  A,#00000111B,COL2
                MOV   30H,#90H
                RET
COL2:           MOV   P1,#0FFH
                CLR   P1.4
                LCALL DELAY1
                MOV   A,P1
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#00001110B,KEY6
                MOV   30H,#20H
                RET
KEY6:           CJNE  A,#00001101B,KEY9
                MOV   30H,#50H
                RET
KEY9:           CJNE  A,#00001011B,KEYS
                MOV   30H,#80H
                RET
KEYS:           CJNE  A,#00000111B,COL00
                MOV   30H,#0B0H
                RET
COL00:                JNB   P2.4,COL000
                LJMP  RECIVE_DOW
COL000:               JB    P3.7,HOOK_DATA
                LJMP  CHECK
HOOK_DATA:      LJMP  SEND_HOOK
;*********************************************************************
CHECK2:
CCOL0:          MOV   P1,#0FFH
                CLR   P1.6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL DELAY1
                MOV   A,P1
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#00001110B,CKEY4
                MOV   30H,#01H
                RET
CKEY4:          CJNE  A,#00001101B,CKEY7
                MOV   30H,#04H
                RET
CKEY7:          CJNE  A,#00001011B,CKEYX
                MOV   30H,#07H
                RET

CKEYX:          CJNE  A,#00000111B,CCOL1
                MOV   30H,#0AH
                RET
CCOL1:          MOV   P1,#0FFH
                CLR   P1.5
                LCALL DELAY1
                MOV   A,P1
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#00001110B,CKEY5
                MOV   30H,#02H
                RET
CKEY5:          CJNE  A,#00001101B,CKEY8
                MOV   30H,#05H
                RET
CKEY8:          CJNE  A,#00001011B,CKEY0
                MOV   30H,#08H
                RET
CKEY0:          CJNE  A,#00000111B,CCOL2
                MOV   30H,#00H
                RET
CCOL2:          MOV   P1,#0FFH
                CLR   P1.4
                LCALL DELAY1
                MOV   A,P1
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#00001110B,CKEY6
                MOV   30H,#03H
                RET
CKEY6:          CJNE  A,#00001101B,CKEY9
                MOV   30H,#06H
                RET
CKEY9:          CJNE  A,#00001011B,CKEYS
                MOV   30H,#09H
                RET
CKEYS:          CJNE  A,#00000111B,CCOL00
                MOV   30H,#0BH
                RET
CCOL00:         JNB   P2.4,CCOL000
                LJMP  RECIVE_DOW
CCOL000:        JB    P3.7,SEND_HOOK
                LJMP  CHECK2
;*****************************************************************
SEND_HOOK:      MOV   A,#00H
                LCALL CDH_DIAL2
                LCALL GATE_ENN
                MOV   A,#00H
                LCALL CDH_DIAL2
                LCALL GATE_ENN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP   START_PROGRAM
;*****************************************************************
RECIVE1:        CJNE   A,#01H,RE2
                MOV    35H,#00H
                RET
RE2:            CJNE   A,#02H,RE3
                MOV    35H,#10H
                RET
RE3:            CJNE   A,#03H,RE4
                MOV    35H,#20H
                RET
RE4:            CJNE   A,#04H,RE5
                MOV    35H,#30H
                RET
RE5:            CJNE   A,#05H,RE6
                MOV    35H,#40H
                RET
RE6:            CJNE   A,#06H,RE7
                MOV    35H,#50H
                RET
RE7:            CJNE   A,#07H,RE8
                MOV    35H,#60H
                RET
RE8:            CJNE   A,#08H,RE9
                MOV    35H,#70H
                RET
RE9:            CJNE   A,#09H,RE10
                MOV    35H,#80H
                RET
RE10:           CJNE   A,#0AH,RE11
                MOV    35H,#90H
                RET
RE11:           CJNE   A,#0BH,RE12
                MOV    35H,#0A0H
                RET
RE12:           CJNE   A,#0CH,RE13
                MOV    35H,#0B0H
                RET
RE13:           RET
;*****************************************************************
RECIVE2:        CJNE   A,#01H,RE22
                MOV    35H,#01H
                RET
RE22:           CJNE   A,#02H,RE33
                MOV    35H,#02H
                RET
RE33:           CJNE   A,#03H,RE44
                MOV    35H,#03H
                RET
RE44:           CJNE   A,#04H,RE55
                MOV    35H,#04H
                RET
RE55:           CJNE   A,#05H,RE66
                MOV    35H,#05H
                RET
RE66:           CJNE   A,#06H,RE77
                MOV    35H,#06H
                RET
RE77:           CJNE   A,#07H,RE88
                MOV    35H,#07H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET
RE88:           CJNE  A,#08H,RE99
                MOV   35H,#08H
                RET
RE99:           CJNE  A,#09H,RE101
                MOV   35H,#09H
                RET
RE101:          CJNE  A,#0AH,RE111
                MOV   35H,#00H
                RET
RE111:          CJNE  A,#0BH,RE121
                MOV   35H,#0AH
                RET
RE121:          CJNE  A,#0CH,RE131
                MOV   35H,#0BH
                RET
RE131:          RET
;*****************************************************************
CCH_DIAL1:      CJNE  A,#00H,CCH_DIAL2
                SETB  P0.6
                SETB  P0.0
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL2:      CJNE  A,#10H,CCH_DIAL3
                SETB  P0.5
                SETB  P0.0
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL3:      CJNE  A,#20H,CCH_DIAL4
                SETB  P0.4
                SETB  P0.0
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL4:      CJNE  A,#30H,CCH_DIAL5
                SETB  P0.6
                SETB  P0.1
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL5:      CJNE  A,#40H,CCH_DIAL6
                SETB  P0.5
                SETB  P0.1
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL6:      CJNE  A,#50H,CCH_DIAL7
                SETB  P0.4
                SETB  P0.1
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL7:      CJNE  A,#60H,CCH_DIAL8
                SETB  P0.6
                SETB  P0.2
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL8:      CJNE  A,#70H,CCH_DIAL9
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB   P0.5
                SETB   P0.2
                LCALL  GATE_ENN
                LCALL  CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL9:      CJNE   A,#80H,CCH_DIAL0
                SETB   P0.4
                SETB   P0.2
                LCALL  GATE_ENN
                LCALL  CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL0:      CJNE   A,#90H,CCH_DIAL_DOW
                SETB   P0.5
                SETB   P0.3
                LCALL  GATE_ENN
                LCALL  CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL_DOW:   CJNE   A,#0A0H,CCH_DIAL_SQU
                SETB   P0.6
                SETB   P0.3
                LCALL  GATE_ENN
                LCALL  CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL_SQU:   CJNE   A,#0B0H,CCH_DIAL00
                SETB   P0.4
                SETB   P0.3
                LCALL  GATE_ENN
                LCALL  CLEAR_DIAL
                RET
CCH_DIAL00:     RET
;***************************************************************************
CDH_DIAL2:      CJNE   A,#01H,CH_DIAL2
                SETB   P0.6
                SETB   P0.0
                LCALL  GATE_ENN
                LCALL  CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL2:       CJNE   A,#02H,CH_DIAL3
                SETB   P0.5
                SETB   P0.0
                LCALL  GATE_ENN
                LCALL  CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL3:       CJNE   A,#03H,CH_DIAL4
                SETB   P0.4
                SETB   P0.0
                LCALL  GATE_ENN
                LCALL  CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL4:       CJNE   A,#04H,CH_DIAL5
                SETB   P0.6
                SETB   P0.1
                LCALL  GATE_ENN
                LCALL  CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL5:       CJNE   A,#05H,CH_DIAL6
                SETB   P0.5
                SETB   P0.1
                LCALL  GATE_ENN
                LCALL  CLEAR_DIAL
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CH_DIAL6:       CJNE  A,#06H,CH_DIAL7
                SETB  P0.4
                SETB  P0.1
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL7:       CJNE  A,#07H,CH_DIAL8
                SETB  P0.6
                SETB  P0.2
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL8:       CJNE  A,#08H,CH_DIAL9
                SETB  P0.5
                SETB  P0.2
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL9:       CJNE  A,#09H,CH_DIAL0
                SETB  P0.4
                SETB  P0.2
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL0:       CJNE  A,#00H,CH_DIAL_DOW
                SETB  P0.5
                SETB  P0.3
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL_DOW:    CJNE  A,#0AH,CH_DIAL_SQU
                SETB  P0.6
                SETB  P0.3
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL_SQU:    CJNE  A,#0BH,CH_DIAL00
                SETB  P0.4
                SETB  P0.3
                LCALL GATE_ENN
                LCALL CLEAR_DIAL
                RET
CH_DIAL00:      RET

;*********************************************
CLEAR_DIAL:     CLR   P0.0
                CLR   P0.1
                CLR   P0.2
                CLR   P0.3
                CLR   P0.4
                CLR   P0.5
                CLR   P0.6
                RET
;************************************************************
CBHECK2:
CBCOL0:         MOV   P1,#0FFH
                CLR   P1.6
                LCALL DELAY1
                MOV   A,P1
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#00001110B,CBKEY4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   30H,#01H
                RET
CBKEY4:         CJNE  A,#00001101B,CBKEY7
                MOV   30H,#04H
                RET
CBKEY7:         CJNE  A,#00001011B,CBKEYX
                MOV   30H,#07H
                RET
CBKEYX:         CJNE  A,#00000111B,CBCOL1
                MOV   30H,#0AH
                RET
CBCOL1:         MOV   P1,#0FFH
                CLR   P1.5
                LCALL DELAY1
                MOV   A,P1
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#00001110B,CBKEY5
                MOV   30H,#02H
                RET
CBKEY5:         CJNE  A,#00001101B,CBKEY8
                MOV   30H,#05H
                RET
CBKEY8:         CJNE  A,#00001011B,CBKEY0
                MOV   30H,#08H
                RET
CBKEY0:         CJNE  A,#00000111B,CBCOL2
                MOV   30H,#00H
                RET
CBCOL2:         MOV   P1,#0FFH
                CLR   P1.4
                LCALL DELAY1
                MOV   A,P1
                ANL   A,#00001111B
                CJNE  A,#00001110B,CBKEY6
                MOV   30H,#03H
                RET
CBKEY6:         CJNE  A,#00001101B,CBKEY9
                MOV   30H,#06H
                RET
CBKEY9:         CJNE  A,#00001011B,CBKEYS
                MOV   30H,#09H
                RET
CBKEYS:         CJNE  A,#00000111B,CBCOL00
                MOV   30H,#0BH
                RET
CBCOL00:        JB    P3.7,CLEAR_HOOK
                LJMP  CBHECK2
CLEAR_HOOK:     LJMP  START_PROGRAM
;*****************************************************

GATE_ENN:       MOV   R7,#250                  ; Do 250 times
DELAY_250ms_1:  MOV   R6,#0E6H                 ; Each loop = 1 ms
DELAY_250ms_2:  NOP
                NOP
                DJNZ  R6,DELAY_250ms_2
                DJNZ  R7,DELAY_250ms_1
                RET
;*******************************
;
SETBAUD_12MH:   MOV   IE,#00000000B
                MOV   TMOD,#00100000B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   TL1,#0FDH
                MOV   TH1,#0FDH
                MOV   SCON,#01010000B
                SETB  TR1
                RET
;*********************************************************************
TITLE_1:    DB    188,217,233,202,232,167,58,00
TITLE_2:    DB    188,217,233,195,209,186,58,00
TITLE_3:    DB    161,232,205,185,203,185,233,210,58,00
TITLE_4:    DB    32,32,32,32,32,161,211,197,209,167,202,232,167,00
TITLE_5:    DB    32,32,32,32,32,161,211,197,209,167,195,209,186,00
TITLE_6:    DB    32,32,32,32,84,69,76,69,80,72,79,78,69,32, 70,79,
                  82,32, 68,69, 65,70,00
TITLE_7:    DB    80,76,69,65,83,69,32,78,85,77,66,69,82,00
TITLE_8:    DB    32,32,32,32,32,32,32,32,87,65,73,84,32, 70,79,82,
                  32,67,79,78,78,69,67,84,32,00
TITLE_9:    DB    32,32,32,32,32,32,32,80,76,69, 65,83,69, 32,79,
                  70,70,32,72,79,79,75,32,00
TITLE_10:   DB    32,32,32,32,32,32,32,32,32,80, 76,69,65,83,69,32,
                  79,78,32,72,79,79,75,32,00
TITLE_11:   DB    32,32,32,32,32,32,32,32,32,78,79, 32,67,79,78, 78,
                  69,67,84,32,00
TEXT_TAB:   DB    227,00,65,66,67,68,69,70,71,72,213,49,00
            DB    228,73,00,74,75,76,77,78,79,80,214,50,00
            DB    230,81,82,00,83,84,85,86,87,88,215,51,00
            DB    231,89,90,161,00,162,164,166,167,168,216,52,00
            DB    232,169,170,171,172,173,174,175,176,177,00,53,00
            DB    233,178,179,180,181,182,00,183,184,185,00,54,00
            DB    234,186,187,188,189,190,191,00,192,193,224,55,00
            DB    235,194,195,197,199,200,201,202,00,203,225,56,00
            DB    236,204,205,206,208,209,210,211,212,00,226,57,00
            DB    00,45,46,47,00,59,60,61,62,63,64,48,00
            DB    00,44,91,93,95,123,125,217,207,196,00,42,00
            DB    32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,43,00
TEXT_TAB_TOP:
            DB    209,212,213,214,215,216,217,231,232,233,234, 235,
                  236,00

            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

[1] รศ.สมยศ จุณณะปิยะ การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พิมพ์ครั้งที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2541

[2] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ชัยวัฒน์ลิ้มพรจิตวิไล เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ แฟลช ฉบับ AT89C5x ของ Atmel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
Integrated DTMF Receiver

ISSUE 5 March 1997

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

Ordering Information
MT8870DE/DE-1 18 Pin Plastic DIP
MT8870DS/DS-1 18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1 20 Pin SSOP
-40 °C to +85 °C

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

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

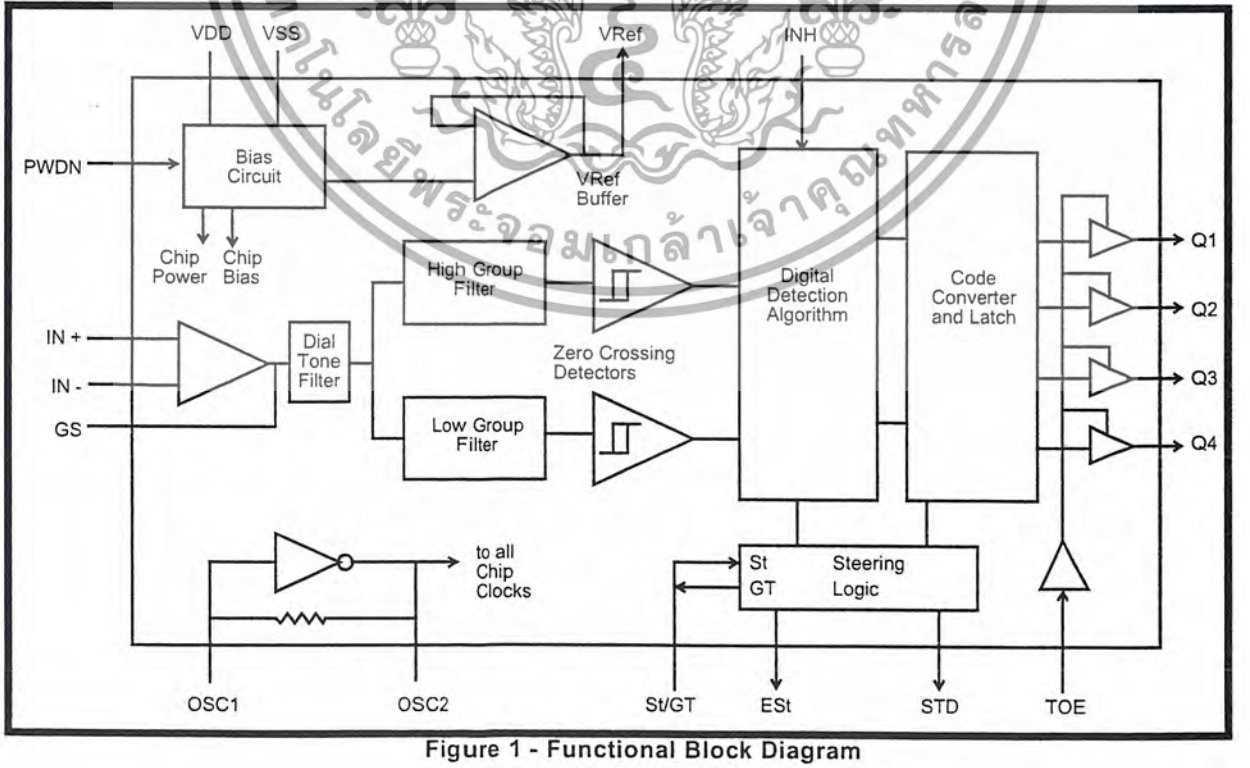
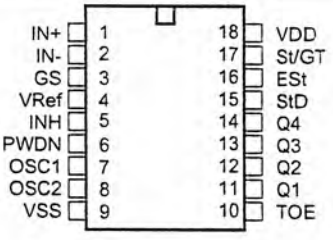
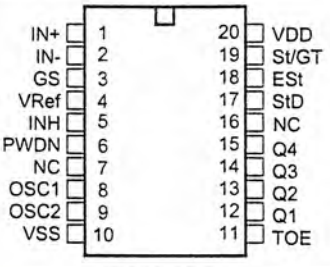


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช



18 PIN PLASTIC DIP/SOIC



20 PIN SSOP

Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

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

Filter Section

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

Decoder Section

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

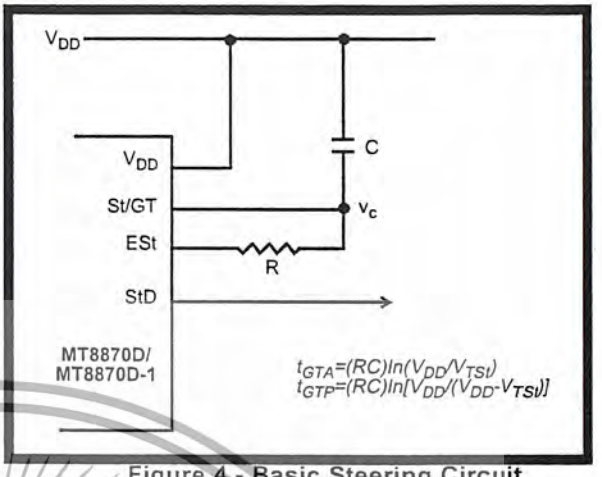


Figure 4 - Basic Steering Circuit

Steering Circuit

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

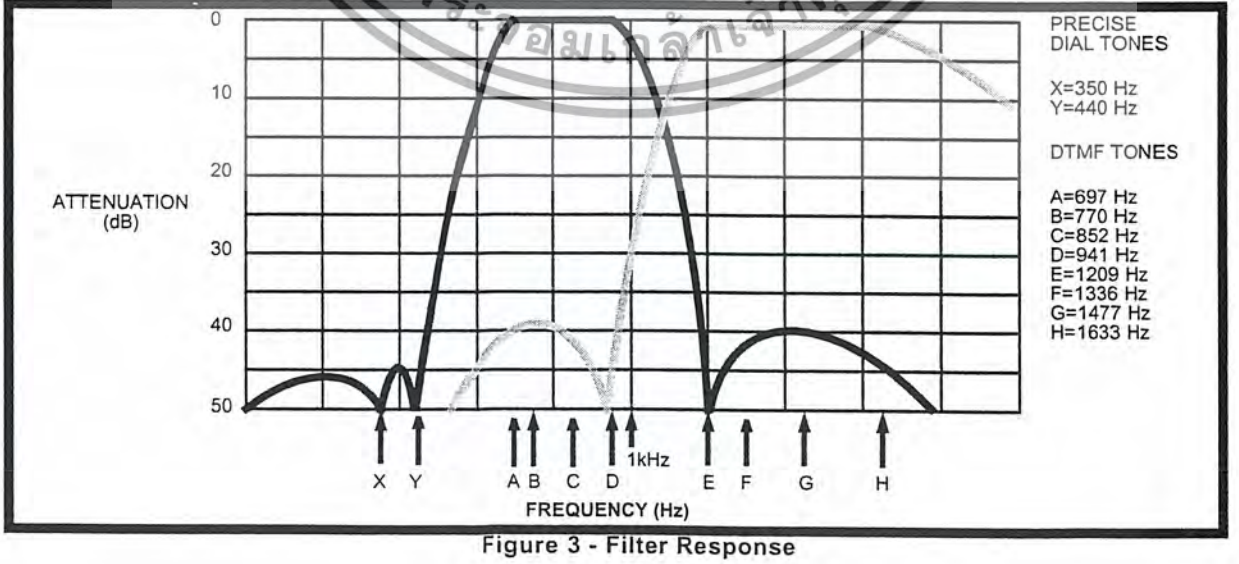


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

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

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

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

Guard Time Adjustment

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

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

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

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

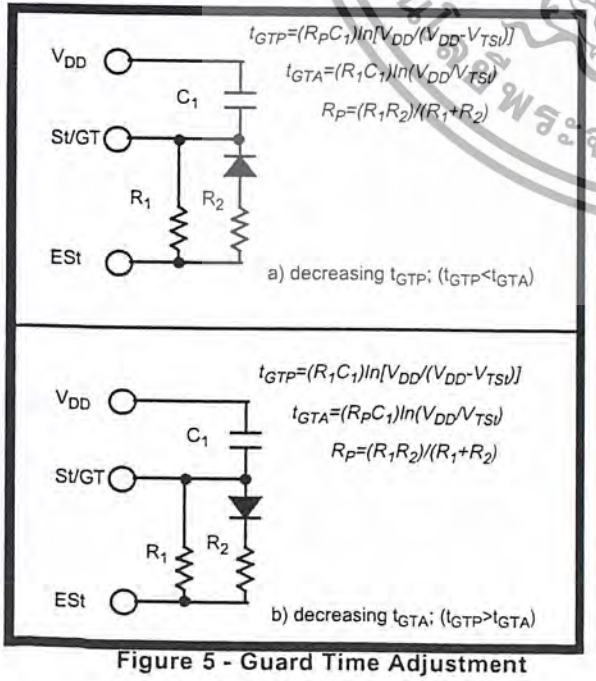


Figure 5 - Guard Time Adjustment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power-down and Inhibit Mode

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

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

Differential Input Configuration

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

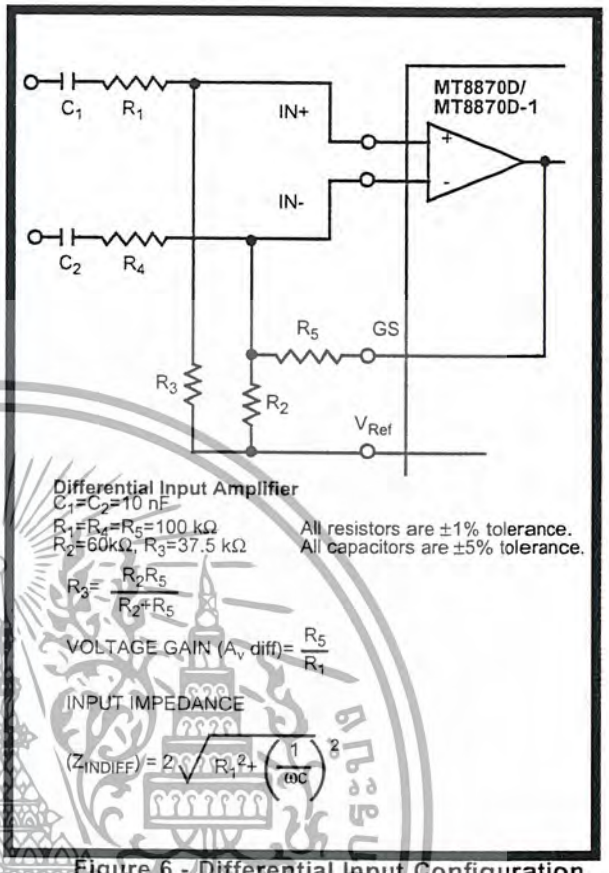


Figure 6 - Differential Input Configuration

Crystal Oscillator

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

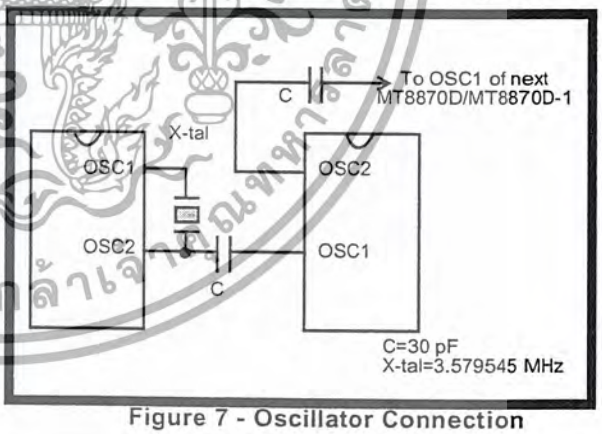


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

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

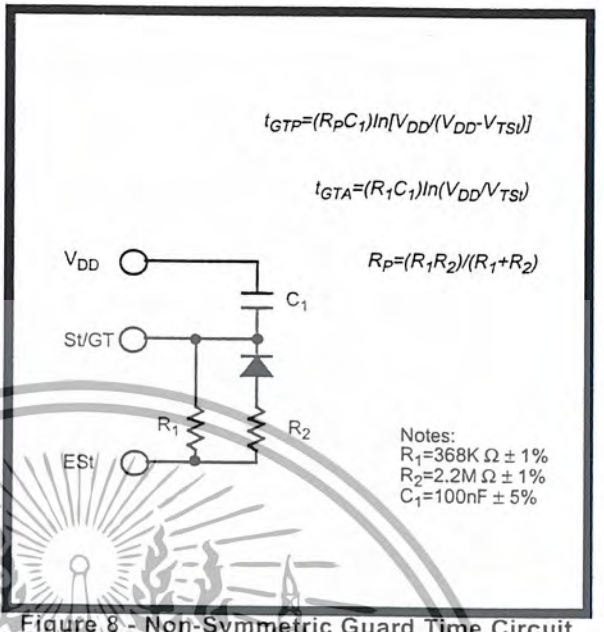


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

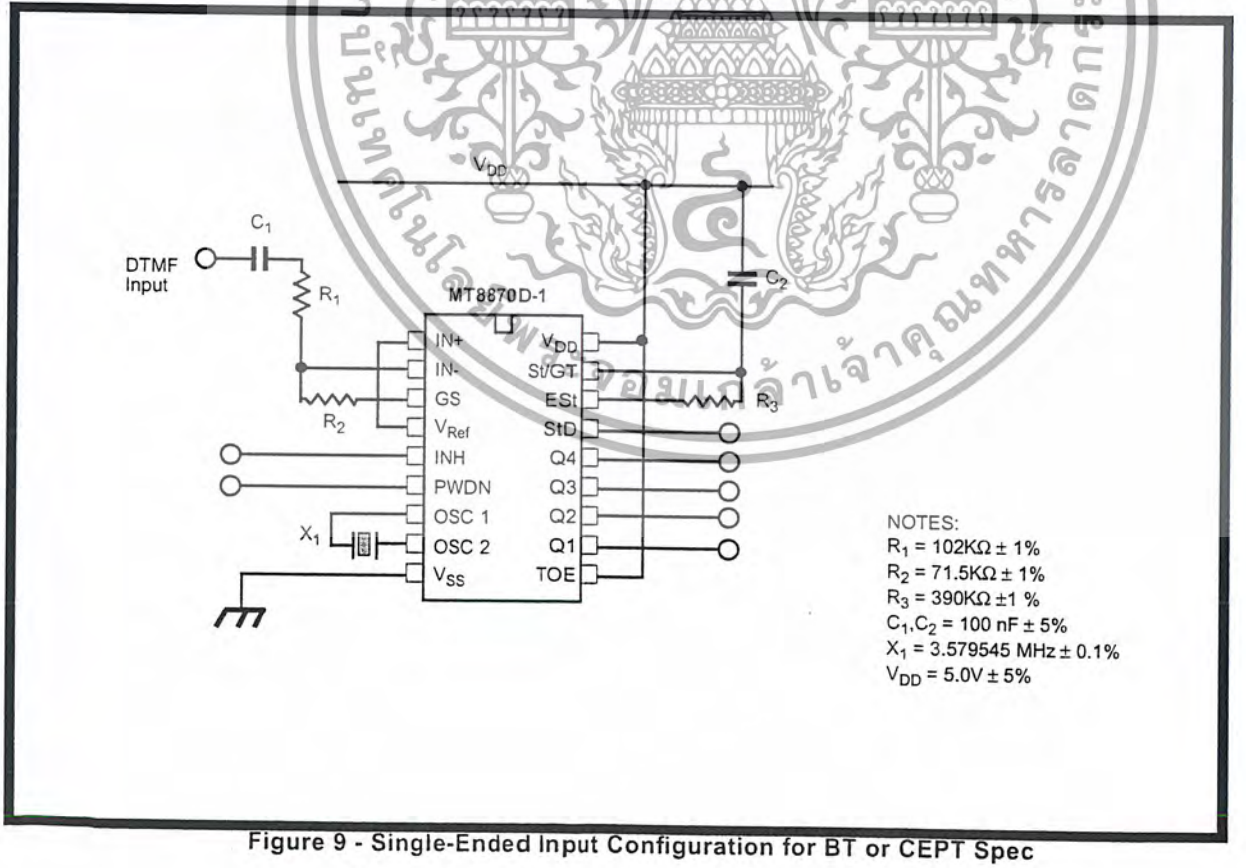


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings†

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

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

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Gain Setting Amplifier

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

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

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

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

***NOTES**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MT8870D-1 AC Electrical Characteristics

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

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

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

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

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

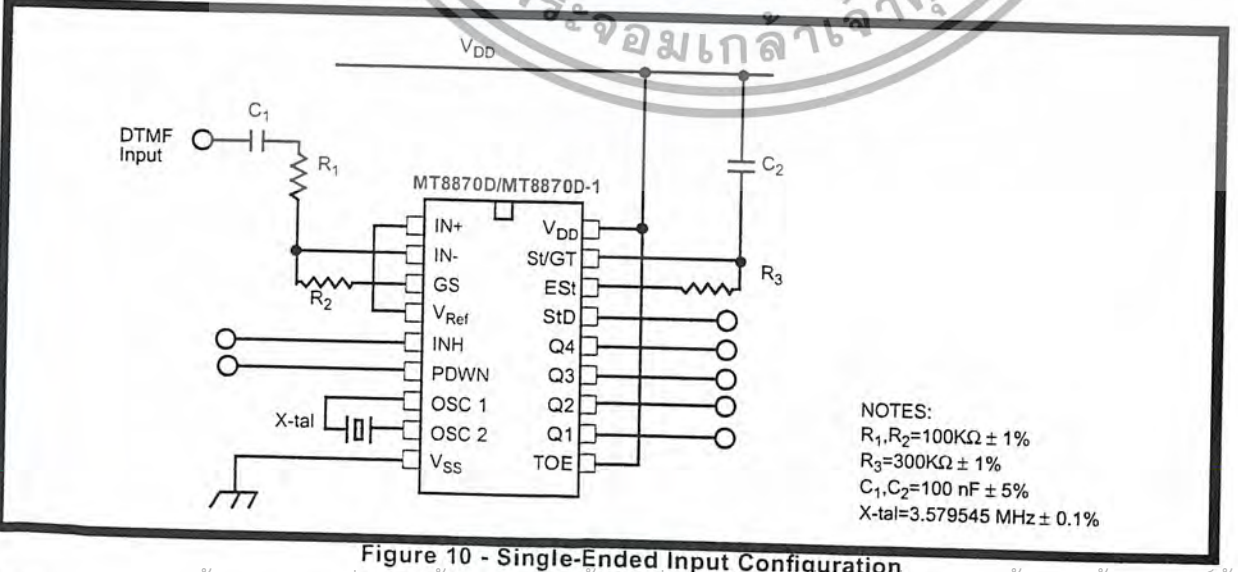
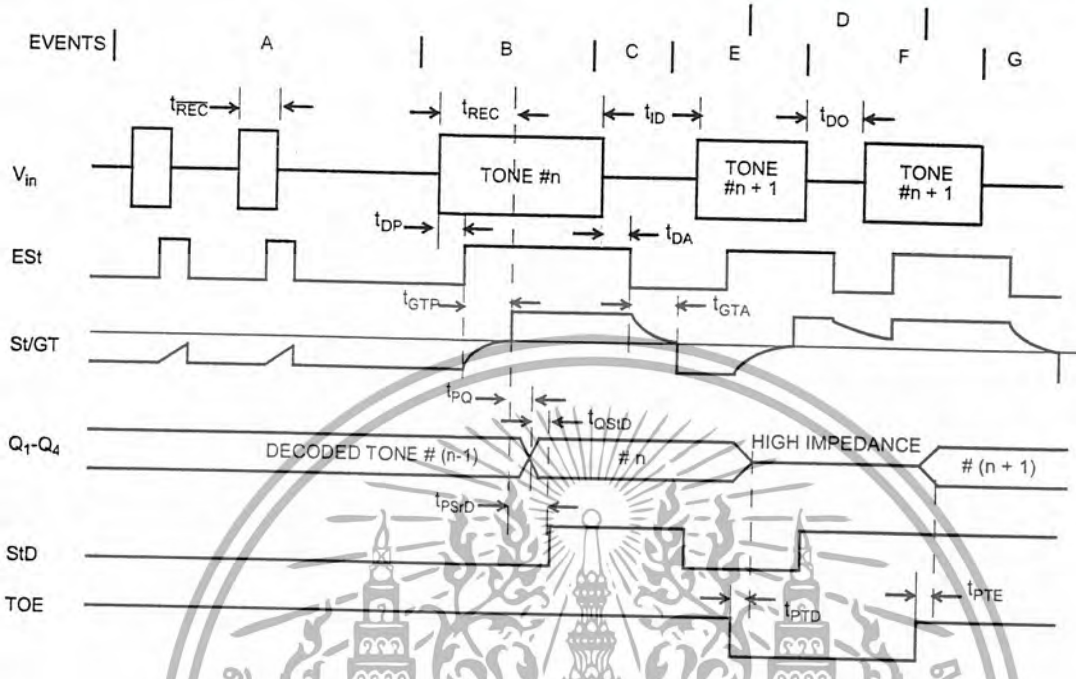


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

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

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

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

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

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

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

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

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

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

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

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

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

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

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

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

t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

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

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

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

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR MOTOROLA SC (TELECOM)
TECHNICAL DATA

MC145412
MC145413
MC145512

Advance Information

Pulse/Tone Repertory Dialer

Low Power Silicon-Gate CMOS

The MC145412/13 and MC145512 are silicon gate, monolithic CMOS intergrated circuits which convert keyboard inputs into either pulse or DTMF outputs. They are packaged in a standard 18-pin (0.3" wide) plastic DIP.

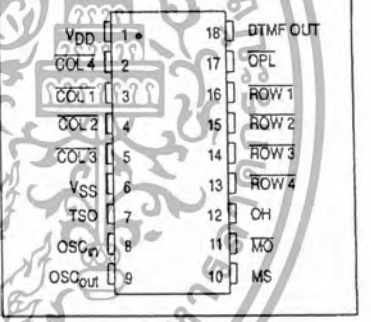
- 3 x 4 or 4 x 4 Keyboard Compatibility Which Allows the Use of 2-of-7, 2-of-8, or Form A Type Keyboards
- MC145413 Adds Keyboard Selectable Pause Switch Function
- Single Pin Switchable Between DTMF, 10 pps and 20 pps
- 500-Hz Tone Signal Output in the Pulse Dialing Mode
- Memory Storage for Ten 18-Digit Numbers, Including Last Number Redial
- Uses 3.579545-MHz Colorburst Crystal
- Telephone Line Powered
- Silicon Gate CMOS Technology for 1.7 to 5.5 V Low Power Operation
- Stand Alone DTMF Dialer/Stand Alone Pulse Dialer
- Mute Output Used to Isolate Receiver from Dialing Output
- Memory Programming Options by Keyboard Configuration

P SUFFIX
PLASTIC
CASE 707

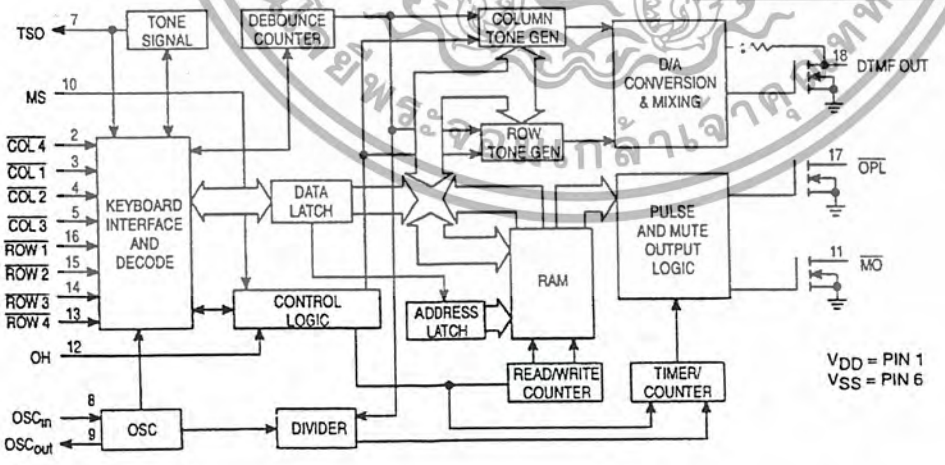
ORDERING INFORMATION

MC1454XX	Suffix	Denotes
	P	Plastic DIP
	4	40/60 M/B Ratio
	5	32/68 M/B Ratio

PIN ASSIGNMENT



BLOCK DIAGRAM



This document contains information on a new product. Specification and information herein are subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (V_{SS} = 0 V)

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	V_{DD}	– 0.5 to + 8.0	V
Operating Temperature	T_A	– 30 to + 60	°C
Storage Temperature	T_{stg}	– 65 to + 150	°C
DC Current Drain Per Pin	I	10	mA
Maximum Voltage On Any Pin Relative to V_{SS} On Any Pin Relative to V_{DD}	 V_{in1} V_{in2}	 – 0.5 + 0.5	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = –30 to + 60°C, V_{DD} = 2.5 V, V_{SS} = 0 V, Unless Otherwise Noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
DC Supply Voltage	Pulse Mode DTMF Mode	V_{DD}	2.0 2.5	— —	5.5 5.5	V
Operating Current	Pulse Mode (MS = V_{DD}) DTMF Mode (MS = V_{SS})	I_{DD}	— —	0.25 1.0	0.7 2.0	mA
Memory Retention Voltage		V_{stby}	1.7	—	—	V
Memory Retention Current	(V_{DD} = 1.7 V) (V_{DD} = 2.5 V)	I_{stby}	— —	1.0 1.2	2.0 2.5	µA
Input Voltage, Row/Column/OH	"0" Level "1" Level	V_{IL} V_{IH}	— 0.8 V_{DD}	— —	0.2 V_{DD} —	V
Row Column Input Impedance	To V_{DD} To V_{SS}	Z_{in}	— —	100 2	— —	kΩ
OH Pull-Up Resistance		R	—	50	—	kΩ
Input Capacitance (All Inputs)		C_{in}	—	10	—	pF
MS Pin Input Impedance		Z_{in}	50	200	—	kΩ
Output Sink Current	(V_{DD} = 2.5 V) TSO Pin $\overline{MO}$ Pin $\overline{OPL}$ Pin (V_{DD} = 4.0) $\overline{MO}$ Pin $\overline{OPL}$ Pin	I_{OL}	0.5 1.0 1.0 3.0 4.5	0.7 2.0 2.0 — —	— — — — —	mA
TSO Output Source Current (V_{out} = 2.0 V)		I_{OH}	0.5	0.7	—	mA
Output Leakage Current	$\overline{MO}$, $\overline{OPL}$ Pins	I_{lkg}	—	—	1.0	µA
DTMF Output Level Referenced to V_{DD}/2 (V_{DD} = 2.5 to 4.0 V, R_L = 600 Ω to V_{DD})	Row Tone Column Tone	V_{out}	260 330	310 390	370 460	mVrms
DTMF Output Tone Leakage (V_{DD} = 3.5, R_L = 600 Ω, 300 to 4000 Hz)			—	—	–80	dBm
DTMF Output Tone Distortion (V_{DD} = 3.5, R_L = 600 Ω, 300 to 4000 Hz)			—	—	5	%
Pre-Emphasis			1	2	2.5	dB
DTMF Output Leakage Current While Not Dialing Tones (V_{DD} = 2.5 V)			—	—	1.0	µA
DTMF Output Sink Current While Dialing Tones			20	—	—	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SWITCHING CHARACTERISTICS (T_A = 25°C, V_{DD} = 2.5 V, Osc. Freq.= 3.579545 MHz, Unless Otherwise Noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Row/Column Scan Frequency		f	—	250	—	Hz
Key Debounce Time		t_{DB}	16	—	20	ms
DTMF Tone Duration for Keypad Dialing		t_{w1}	60	78	—	ms
DTMF Tone Duration for Memory Dialing		t_{w2}	90	102	110	ms
Inter-Digit Pause Time	DTMF (Memory Dialing)	t_{ID}	90	98	110	ms
	Pulse 10 pps 20 pps		0.8 0.4	1.0 0.5	1.2 0.6	s
MS Pin Scan Rate		t_{ms}	—	1	—	kHz
Make/Break Ratio (MC = Open or V_{DD})	MC145412/13 MC145512	MBR	— —	40/60 32/68	— —	%
Outpulsing Rate	MS = Open MS = V_{DD}	f_{OPL}	— —	10 20	— —	pps
MUTE Output ($\overline{MO}$) Overlap Time		t_{MO}	—	2	—	ms
TSO Output Frequency		f_{TSO}	—	500	—	Hz
TSO Output Duration		t_{TSO}	35	—	40	ms
DTMF Cycle Time	(Memory Dialing (Keypad Dialing)		— —	5 10	— —	tones/s
DTMF Frequency Deviation			—	—	±1.0	%
Predigit Mute MC145412/13 MC145512	 Pulse 10 pps 20 pps Pulse 10 pps 20 pps DTMF	t_d	 — — — — —	 40 20 32 16 1	 — — — — —	ms

PIN DESCRIPTIONS

V_{DD}, V_{SS}
Power Supply (Pins 1, 6)

DC power is supplied to the part on these two pins, with V_{DD} being the most positive. Permissible ranges are from 1.7 to 5.5 V.

MS
Mode Select (Pin 10)

The MS pin is a three-state input for switching between DTMF, 10 pps, and 20 pps dialing modes. Mode selection is done during the first key entry debounce period after the dialer has completed a dialing sequence or has just come off hook. When this pin is not scanned it is high impedance.

This pin is a combination input and weak output. The input circuitry has the capability to determine each of these three states. When the pin is open, the weak driver will be able to clock the pin at 1 kHz. The relationship between pin input voltage and operating mode is shown in Table 1.

Table 1. Mode Select Options

MS	Dialing Mode
V_{DD}	20 pps Pulse Dialing
Open	10 pps Pulse Dialing
V_{SS}	DTMF Dialing

OH
On-Hook (Pin 12)

Connecting the OH pin to V_{DD} or allowing it to float sets the device in the On-hook mode. Connecting this pin to V_{SS} selects the Off-hook mode. When in the On-hook mode, repertory memory can be programmed without a dialing output.

TSO
Tone Signal Output (Pin 7)

TSO emits 500-Hz tone signals after valid key inputs are accepted providing audio feedback for key depressions (except when DTMF tones are generated). This pin also outputs a tone during on-hook programming.

DTMF OUT
Dual Tone Multifrequency Output (Pin 18)

When the MS pin is set to V_{SS} the DTMF OUT pin outputs tones corresponding to the row and column of the key depressed. Simultaneously depressing two or more keys in a single row (or column) will generate the corresponding row (or column) tone on 4 x 4 keypad mode only.

In pulse dialing mode (MS = V_{DD} or float) and during on-hook programming this pin is high impedance. While outputting tones, this pin has a dc bias at $(V_{DD} - V_{SS})/2$. DTMF OUT is an open-drain output requiring an external pull-up to V_{DD}. This pull-up resistor must satisfy the instantaneous current requirements of the internal feedback network in addition to the load applied to the pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{OPL}$
Outpulsing (Pin 17)

This pin outputs pulses at 10 pps (MS is open) or 20 pps (MS = V_{DD}). The MC145412/13 have a make/break ratio of 40/60, while the MC145512 has a make/break ratio of 32/68. In the DTMF dialing mode (MS = V_{SS}), this output is high impedance. During on-hook programming this pin will not outpulse. This pin is an open drain N-channel output which pulls low to break the loop current.

$\overline{MO}$
Mute Output (Pin 11)

The Mute Output is an open drain N-channel output that pulls to V_{SS} during $\overline{OPL}$ outpulsing and during off-hook key depressions and memory dialing in DTMF mode.

$\overline{COL\ 1}$–$\overline{COL\ 4}$ and $\overline{ROW\ 1}$–$\overline{ROW\ 4}$
KEYBOARD INPUTS (Pins 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15, 16)

The keyboard inputs allow either a single contact (Class A) keyboard, or a standard 2-of-8 or 2-of-7 keyboard with V_{SS} tied to common. A valid key entry occurs when either a single row is tied to a single column, or a single row and column are simultaneously connected to V_{SS}. Connecting pin 2, $\overline{COL\ 4}$, to V_{DD} sets the part to 3 x 4 keyboard mode. Keyboard mode selection is performed during application of power.

Typical keyboard configurations are shown in Figure 1.

OSC_{in}, OSC_{out}
Oscillator Input and Oscillator Output (Pins 8, 9)

A 3.579545-MHz crystal is required as the frequency reference for the on-chip oscillator. Crystal biasing is accomplished by an internal resistor and capacitors.

GENERAL DEVICE DESCRIPTION

The MC145412/MC145512 and the MC145413 provide users with switchable pulse and DTMF dialing functions. The MC145412/MC145512 change dialing modes via the MS pin. The MC145413 allows users to switch dialing modes via the keyboard in addition to the MS pin. All devices have 10 memories, LNR (last number redial) inclusive, each 18 digits long.

On application of power, there is a 64-ms initialization period during which the oscillator is enabled and the keyboard inputs are disabled. During initialization $\overline{COL\ 4}$ is scanned to set the keyboard mode. If the $\overline{COL\ 4}$ input is high (V_{DD}), the dialer is set to the 3 x 4 keypad mode; otherwise, the 4 x 4 keypad mode is selected. Changing modes is not possible after this initialization period.

During normal dialing, the oscillator starts when a key is depressed. The key input is debounced for 32 ms. During this debounce period the RAM and dialing circuits are disabled and the mode select pin is scanned to determine the dialing mode (either 10 pps, 20 pps, or DTMF). After debounce, the keypad entry is checked and the input is latched into LNR memory followed by a stop code. This process continues until 18 digits have been entered. If a 19th digit is entered, it will over-write the first digit and will be followed by a stop code. When dialing, the device fetches data from memory until a stop code is encountered or 18 digits have been dialed.

During manual DTMF dialing, a minimum tone duration of 60-ms DTMF is output and will continuously output in 32-ms increments as long as the key is depressed. The DTMF OUT pin is designed to drive an external PNP transistor which can be used to modulate tip and ring voltage at the DTMF frequencies.

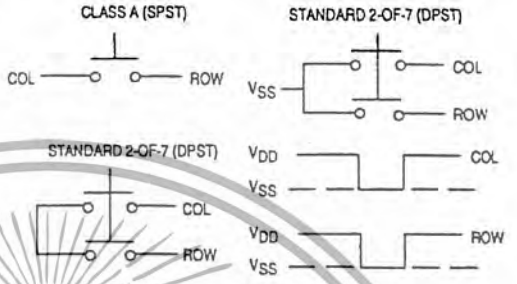


Figure 1. Keyboard Configurations

If the first key is for redial or recall, the device will respond accordingly, either redialing the last number entered, or recalling and dialing the number selected by a subsequent key depression. Responses to dialing sequences for 4 x 4 key-boards are shown in Figure 2, and 3 x 4 keyboard responses are shown in Figure 3.

The MC145412 series can be configured with an external battery to provide memory retention power and allow on-hook programming of the repertory memory. If the part is in the on-hook mode and a key is depressed, the oscillator will start and the key entry will be stored in the last number redial memory. Dialing outputs will not be activated while the device is in the on-hook condition. Dialing inputs will be stored in last number redial memory, as during off-hook operation. After the number has been entered in the on-hook mode, it can be stored in repertory memory. For the 4 x 4 keyboard, pressing the STORE key (* for 3 x 4 keyboard), followed by a digit (1 through 9) will store the number in the repertory memory location specified by the digit.

The RECALL key for the 4 x 4 keypad is used to recall and dial numbers stored in the repertory memory. The digit immediately following the RECALL key designates the memory location of the number to be auto-dialed. For the 4 x 4 keyboard, a last number redial can be accomplished if the RED/P key ($\overline{COL\ 4}$, $\overline{ROW\ 1}$) is the first key depressed after an on-hook to off-hook transition. Otherwise the RED/P key will effect a 4 second pause. If the pulse mode is selected, redial can be accomplished if the first key depressed on a transition to off-hook is #. For the 3 x 4 keyboard, redial occurs if the first key depressed is *,0.

The PAUSE key ($\overline{COL\ 4}$, $\overline{ROW\ 2}$) for the MC145412/MC145512 will cause a 4 second pause. The PAUSE/S key ($\overline{COL\ 4}$, $\overline{ROW\ 2}$) is a feature offered on the MC145413. Depressing this key will cause a 4 second delay, and will switch dialing modes, PAUSE (and PAUSE/S) is stored in memory for pauses (and mode switching) during auto-dialing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA SC (TELECOM)

1. MANUAL DIALING — OFF-HOOK (PULSE OF DTMF MODE)

D1 D2 D3 ———— DN

ALL DIGITS ENTERED WILL BE STORED IN THE LAST NUMBER REDIAL REGISTER. PRESSING * OR # WILL DIAL OUT THE DTMF SIGNAL IN TONE MODE ONLY.

2. MANUAL DIALING WITH AUTO ACCESS PAUSE — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ····· DN RED/P DX ····· DY

D1 ····· DN PAUSE DX ····· DY MC145412/MC145512 ONLY

D1 ····· DN · DX ····· DY PULSE MODE ONLY

THE AUTO ACCESS PAUSE WILL NOT OCCUR DURING MANUAL DIALING IN DTMF MODE. IT IS RETRIEVED DURING RECALL OR REDIAL.

3. STORING NUMBERS INTO MEMORY — ON-HOOK/OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ····· DN STORE A A = 1–9 MEMORY ADDRESS

THIS OPERATION TRANSFERS THE DIGITS D1 TO DN FROM THE LAST NUMBER REDIAL REGISTER TO AN ADDRESS SPACE SPECIFIED BY "A". DIALING OUTPUTS ARE NOT ACTIVATED DURING ON-HOOK PROGRAMING.

4 MEMORY REDIAL — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

RECALL A A = 1–9 MEMORY ADDRESS

5. LAST NUMBER REDIAL — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

RED/P

OR

PULSE MODE ONLY

REDIALS THE NUMBER THAT WAS PREVIOUSLY ENTERED INTO THE LAST NUMBER REDIAL REGISTER.

6. PULSE-TO-TONE MODE SWITCH — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ····· DN PAUSE/S DX ····· DY MC145413 ONLY

7 CASCADED DIALING — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ····· DN ////, RECALL A CASCADE MANUAL DIALING WITH RECALL
A = 1–9 MEMORY ADDRESS

RECALL A1 ////, RECALL A2 CASCADE MEMORY RECALLS
A1, A2 = 1–9 MEMORY ADDRESSES

RED/P ////, RECALL A CASCADE LAST NUMBER REDIAL WITH MEMORY RECALL
A = 1–9 MEMORY ADDRESS

////, WAIT UNTIL PREVIOUS REDIAL OR RECALL SIGNALS HAVE BEEN SENT BEFORE SUBSEQUENT ENTRIES ARE MADE.

8. SIGNALING * AND # TONES — OFF-HOOK (DTMF MODE ONLY)

* OUTPUTS * TONE

OUTPUTS # TONE

4 X 4 KEY MATRIX

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	
697 Hz	1	2	3	RED/P	ROW 1
770 Hz	4	5	6	PAUSE	ROW 2
852 Hz	7	8	9	STORE	ROW 3
941 Hz	*	0	#	RECALL	ROW 4
	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz		

MC145413 PAUSE/S KEY FOR PAUSE & SWITCHING DIALING MODES

Figure 2. 4 × 4 Keyboard Dialing Sequences

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. MANUAL DIALING — OFF-HOOK (PULSE OF DTMF MODE)

D1 D2 D3 — — — — DN

ALL KEY ENTRIES EXCEPT * AND # WILL BE STORED IN THE LAST NUMBER REDIAL REGISTER. PRESSING * OR # WILL NOT DIAL OUT THE DTMF SIGNAL IN TONE MODE. FOR SIGNALING, * OR # SHOULD BE PRESSED TWICE.

2. MANUAL DIALING WITH AUTO ACCESS PAUSE — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ••••• DN * # DX ••••• DY

D1 ••••• DN # DX ••••• DY PULSE MODE ONLY

THE AUTO ACCESS PAUSE WILL NOT OCCUR ON MANUAL DIALING IN DTMF MODE. IT IS RETRIEVED DURING RECALL OR REDIAL.

3. STORING NUMBERS INTO MEMORY — ON-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ••••• DN * A A = 1–9 MEMORY ADDRESS

THIS OPERATION TRANSFERS THE DIGITS D1 TO DN FROM THE LAST NUMBER REDIAL REGISTER TO AN ADDRESS SPACE SPECIFIED BY "A".

4. MEMORY REDIAL — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

* A A = 1–9 MEMORY ADDRESS

5. LAST NUMBER REDIAL — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

* 0

THIS OPERATION REDIALS THE LAST NUMBER ENTERED OFF-HOOK AND RETRIEVES DATA FROM MEMORY ADDRESS 0.

6. PULSE-TO-TONE MODE SWITCH — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ••••• DN MANUAL SWITCH DX ••••• DY

MODE SELECT (MS) PIN HAS TO BE MANUALLY SWITCHED TO DETERMINE THE DIALING MODE. DIALING MODE SELECTION WITH MANUAL SWITCH IS NOT PROGRAMMED INTO THE LAST NUMBER REDIAL MEMORY.

7. CASCADED DIALING — OFF-HOOK (PULSE OR DTMF MODE)

D1 ••••• DN * A CASCADE MANUAL DIALING WITH RECALL A = 1–9 MEMORY ADDRESS

* A1 //// * A2 CASCADE MEMORY RECALLS A1, A2 = 1–9 MEMORY ADDRESS

* 0 //// * A CASCADE LAST NUMBER REDIAL WITH MEMORY RECALL A = 1–9 MEMORY ADDRESS

//// WAIT UNTIL PREVIOUS REDIAL OR RECALL SIGNALS HAVE BEEN SENT BEFORE SUBSEQUENT ENTRIES ARE MADE.

8. SIGNALING * AND # TONES — OFF-HOOK (DTMF MODE ONLY)

* * OUTPUTS * TONE

OUTPUTS # TONE

3 x 4 KEY MATRIX

	COL 1	COL 2	COL 3	
697 Hz	1	2	3	ROW 1
770 Hz	4	5	6	ROW 2
852 Hz	7	8	9	ROW 3
941 Hz	*	0	#	ROW 4
	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	

Figure 3. 3 x 4 Keyboard Dialing Sequences

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

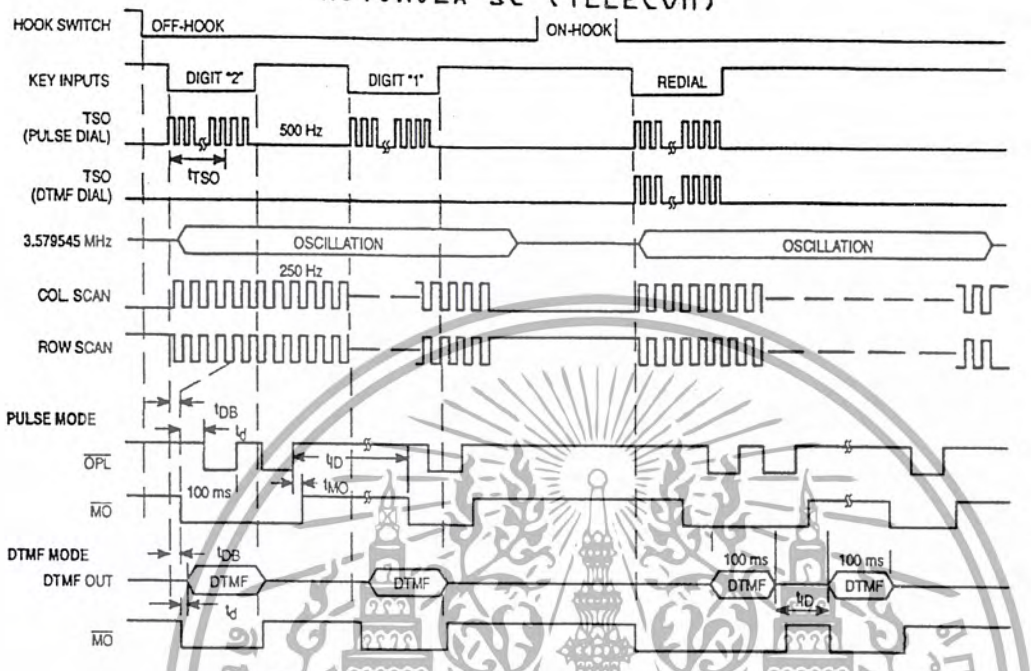


Figure 4. Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

May 1999

LM567/LM567C Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Features

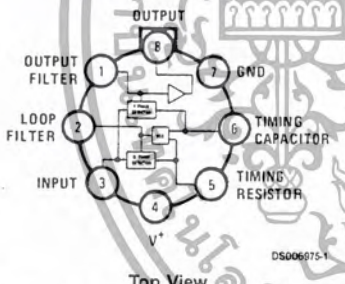
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability
- Bandwidth adjustable from 0 to 14%
- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

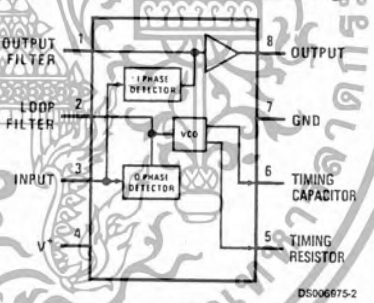
Connection Diagrams

Metal Can Package



Top View
Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line and Small Outline Packages



Top View
Order Number LM567CM
See NS Package Number M08A
Order Number LM567CN
See NS Package Number N08E

© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Supply Voltage Pin	9V
Power Dissipation (Note 2)	1100 mW
V_8	15V
V_3	−10V
V_3	V_4 + 0.5V
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Operating Temperature Range	
LM567H	−55°C to +125°C
LM567CH, LM567CM, LM567CN	0°C to +70°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec.)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics

AC Test Circuit, T_A = 25°C, V^+ = 5V

Parameters	Conditions	LM567			LM567C/LM567CM			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current Quiescent	R_L = 20k		6	8		7	10	mA
Power Supply Current Activated	R_L = 20k		11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20		15	20		kΩ
Smallest Detectable Input Voltage	I_L = 100 mA, $f_i = f_o$		20	25		20	25	mVrms
Largest No Output Input Voltage	I_C = 100 mA, $f_i = f_o$	10	15		10	15		mVrms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			6			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	B_n = 140 kHz		−6			−6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			±0.1			±0.1		%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75–6.75V		±1	±2		±1	±5	%V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability (4.75–5.75V)	$0 < T_A < 70$ $-55 < T_A < +125$		35 ± 60 35 ± 140			35 ± 60 35 ± 140		ppm/°C ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V–6.75V 4.75V–9V		0.5	1.0 2.0		0.4	2.0 2.0	%/V %/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			f_o/20			f_o/20		
Output Leakage Current	V_8 = 15V		0.01	25		0.01	25	µA
Output Saturation Voltage	e_i = 25 mV, I_8 = 30 mA e_i = 25 mV, I_8 = 100 mA		0.2 0.6	0.4 1.0		0.2 0.6	0.4 1.0	V
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

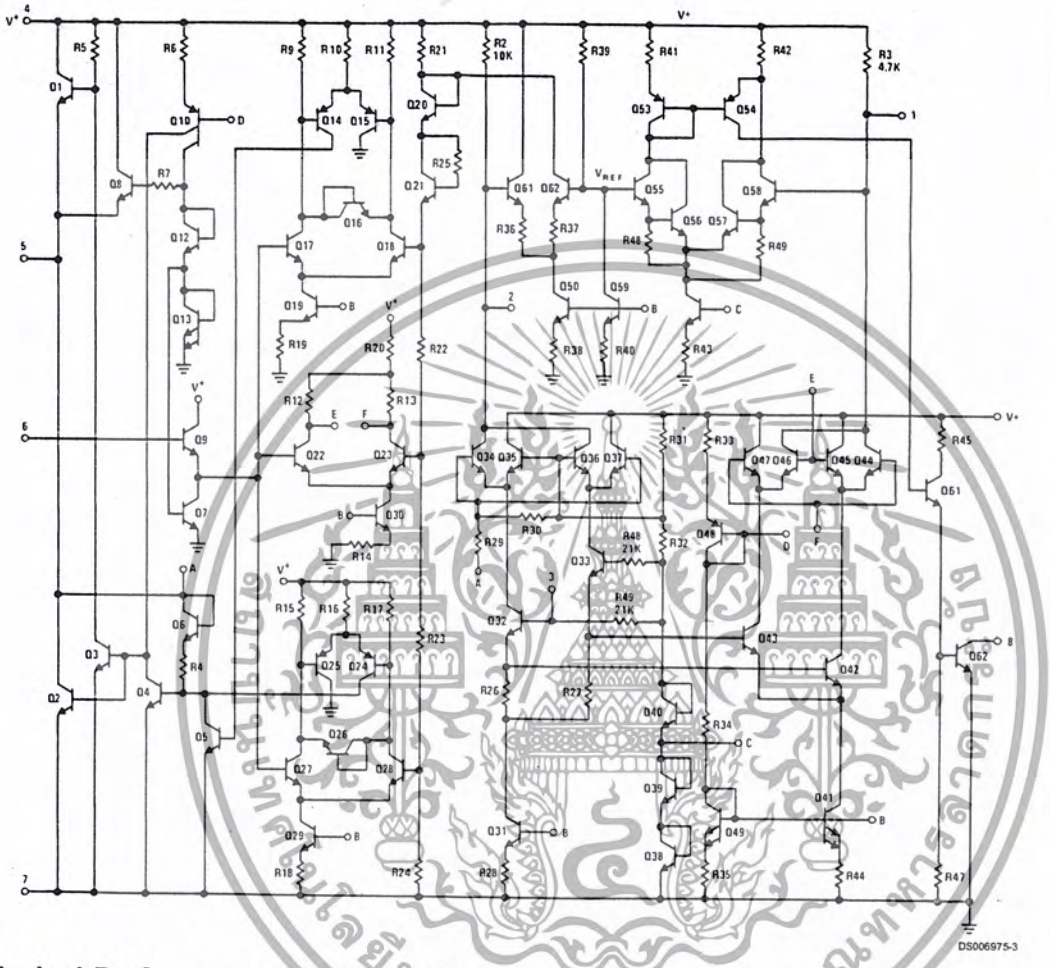
Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 2: The maximum junction temperature of the LM567 and LM567C is 150°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 110°C/W, junction to ambient. For the Small Outline package, the device must be derated based on a thermal resistance of 160°C/W, junction to ambient.

Note 3: Refer to RETS567X drawing for specifications of military LM567H version.

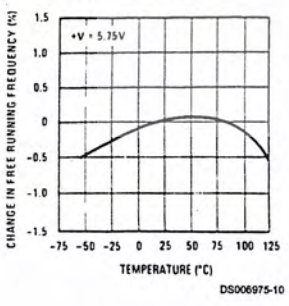
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram



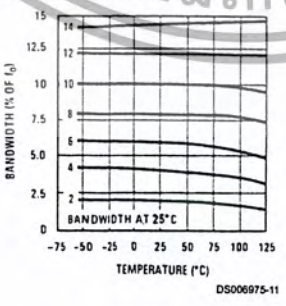
Typical Performance Characteristics

Typical Frequency Drift



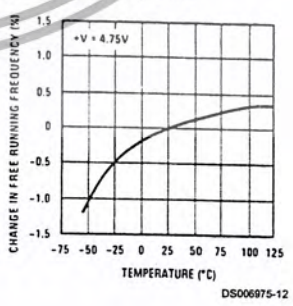
DS006975-10

Typical Bandwidth Variation



DS006975-11

Typical Frequency Drift

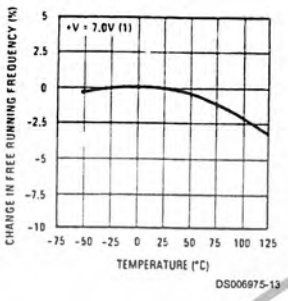


DS006975-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

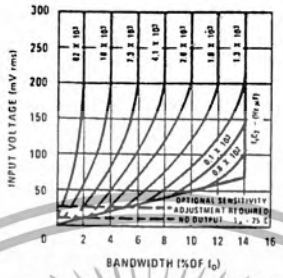
Typical Performance Characteristics (Continued)

Typical Frequency Drift



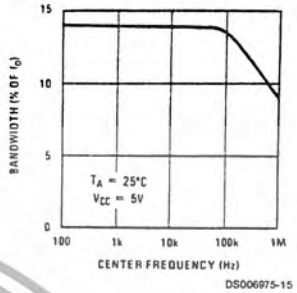
DS006975-13

Bandwidth vs Input Signal Amplitude



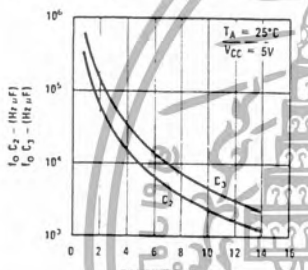
DS006975-14

Largest Detection Bandwidth



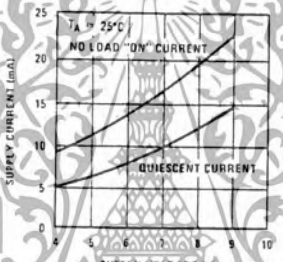
DS006975-15

Detection Bandwidth as a Function of C_2 and C_3



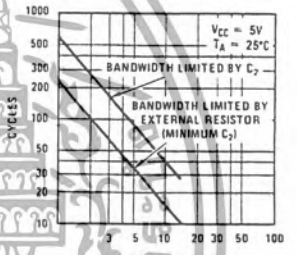
DS006975-16

Typical Supply Current vs Supply Voltage



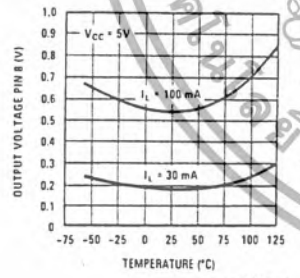
DS006975-17

Greatest Number of Cycles Before Output



DS006975-18

Typical Output Voltage vs Temperature

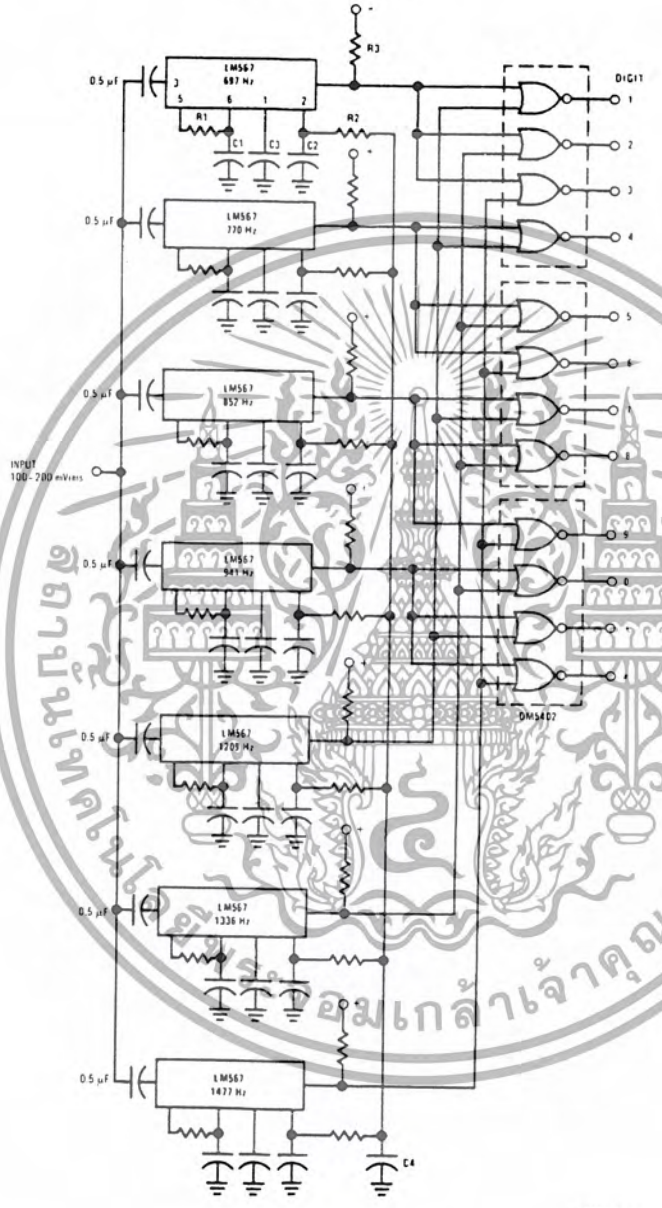


DS006975-19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

Touch-Tone Decoder



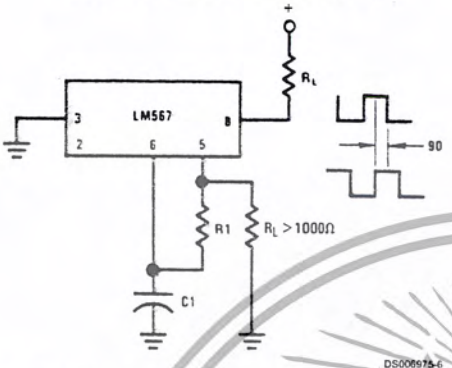
DS006975-5

Component values (typ)
R1 6.8 to 15k
R2 4.7k
R3 20k
C1 0.10 mfd
C2 1.0 mfd 6V
C3 2.2 mfd 6V
C4 250 mfd 6V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

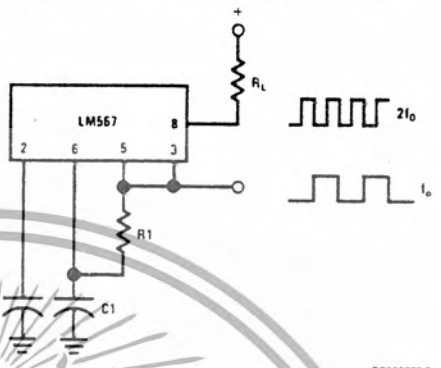
Typical Applications (Continued)

Oscillator with Quadrature Output



DS006975-6

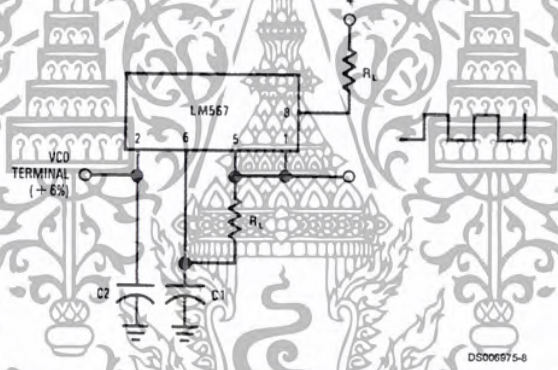
Oscillator with Double Frequency Output



DS006975-7

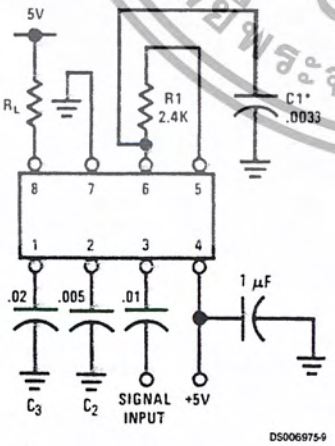
Connect Pin 3 to 2.8V to Invert Output

Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



DS006975-8

AC Test Circuit



DS006975-9

f_i = 100 kHz + 5V

*Note: Adjust for f_o = 100 kHz.

Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

$$f_o \cong \frac{1}{1.1\ R_1\ C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_o C_2}} \text{ in \% of } f_o$$

Where:

V_i = Input voltage (volts rms), $V_i \leq 200$ mV

C_2 = Capacitance at Pin 2 (µF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้