

เครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติ
TELEPHONE FOR DEAF AND DUMB PEOPLE WITH AUTOMATIC
WARNING ALARM SYSTEM



โดย

นาย กงศักดิ์ สันติธรรมบุญ
นาย จำนงศักดิ์ ช่วยบุญ
นาย สิทธิชัย นาชัยเพิ่ม

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 42220
วัน, เดือน, ปี..... 15 พ.ค. 2545

.....
.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติ
TELEPHONE FOR DEAF AND DUMB PEOPLE WITH AUTOMATIC
WARNING ALARM SYSTEM

โดย
นายกศศักดิ์ สันติธรรมบุญ 41013004
นายจ่านกศักดิ์ ช่วยบุญ 41013006
นายสิทธิชัย นาชัยเพิ่ม 41013075

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติ

TELEPHONE FOR DEAF AND DUMB PEOPLE AND AUTOMATIC WARNING
ALARM SYSTEM

ผู้จัดทำ

- | | | |
|-------------------|--------------|----------|
| 1. นาย กงศักดิ์ | สันติธรรมบุญ | 41013004 |
| 2. นาย จำนงศักดิ์ | ช่วยบุญ | 41013006 |
| 3. นาย สิทธิชัย | นาชัยเพิ่ม | 41013075 |


(รศ. สมยศ จุณณะปิยะ)
อาจารย์ที่ปรึกษา



เครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติ
TELEPHONE FOR DEAF AND DUMB PEOPLE WITH
AUTOMATIC WARNING ALARM SYSTEM

โดย 1. นาย กงศักดิ์ สันติธรรมบุญ 41013004
2. นาย จันทศักดิ์ ช่วยบุญ 41013006
3. นาย สิทธิชัย นาชัยเพิ่ม 41013075

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

ในปฏิญานพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึง โครงการเครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติผ่านคู่สายโทรศัพท์เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน โครงการนี้เกิดจากแนวคิดที่จะทำให้โลกแห่งการสื่อสารของผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้กว้างไกลยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องใช้บริการทาง Internet โดยจะแสดงผลผ่านทางจอ LCD ในรูปตัวอักษรได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

การทำงานของระบบใช้หลักการถอดรหัสและเข้ารหัส DTMF(Dual Tone Multi Frequency) การใช้งานโดยการกดคีย์ผ่านแป้นโทรศัพท์ การทำงานอยู่ภายใต้การควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) และแสดงผลผ่านจอ LCD

ในส่วนของวงจรแจ้งเหตุฉุกเฉินขณะเกิดเหตุ วงจรจะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อโทรไปแจ้งเหตุโดยอัตโนมัติ

ABSTRACT

This thesis presents a project a telephone with automatic alarm-given machine for deaf and dumb people. This project is based on an idea which helps them communicate worldwide without browsing through the internet. The system will show both Thai and English characters on LCD.

The operation is based on DTMF(Dual Tone Multi Frequency) encoding-decoding. The user can communicate by using a keypad of a telephone set. The system is controlled by a microcontroller (MCS-51) and the result is shown on LCD.

In case of an emergency, the signal is transmitted to the microcontroller and then an automatic emergency call center.

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 โครงสร้างของระบบ	1
1.3 เนื้อหาโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน	
2.1 คำนำ	4
2.2 ระบบโทรศัพท์	4
2.3 ระบบโทรศัพท์แบบส่งความถี่คู่	5
2.3.1 ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม(DTMF)	5
2.3.2 การเข้ารหัสและถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์แบบความถี่คู่ผสม	5
2.4 ระบบหน้าปิดแบบกดปุ่ม	6
2.5 ระบบสัญญาณ	7
2.6 การทำงานของโทรศัพท์	9
2.6.1 เครื่องส่ง	10
2.6.2 เครื่องรับ	11
2.7 การใช้งาน LCD	11
2.7.1 ชุดคำสั่งการควบคุม	11
2.8 การควบคุมผ่านทาง RS-232	14
2.9 การควบคุมผ่านทาง 3 บิตซีเรียล	14
2.10 โครงสร้างทั่วไปเกี่ยวกับ MT8870	16
บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	
3.1 บทนำ	22
3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	22
3.3 พอร์ตของ 8051	22
3.4 การต่อหน่วยความจำ Program Memory และ Data Memory	24
3.4.1 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ	24
3.5 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์	25
3.5.1 โครงสร้างของไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์	25
3.6 การโปรแกรมไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์	29
3.7 การเชื่อมโยง 8255 กับไมโครคอนโทรลเลอร์	38
3.8 การเชื่อมโยง 8255 กับซีพียู	41
3.8.1 THE BIT SET/RESET MODE	41

3.8.2 ผังเวลา(โหมด 1)อินพุทพอร์ท	41
3.9 คำอธิบายความหมายในแต่ละบิตใน(IP)	42
บทที่ 4 รายละเอียดโครงสร้างและระบบ	
4.1 คำนำ	46
4.2 หลักการทำงาน	46
4.3 อุปสรรคในการทำโครงการ	47
4.4 แนวทางการพัฒนา	48
4.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	48
บทที่ 5 รายละเอียดและการออกแบบของระบบ	
5.1 คำนำ	49
5.2 บริดจ์ เรคตีไฟเออร์ (Bridge Rectifier)	49
5.3 การออกแบบภาคตรวจจับและเข้า-ถอดรหัสความถี่ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม	49
5.3.1 การตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	49
5.3.2 ภาคเข้ารหัสความถี่ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม	49
5.3.3 วงจรถอดรหัสสัญญาณระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม	51
5.3.4 วงจรยก/วางหูโทรศัพท์	52
5.4 วงจรสัญญาณเสียง ISD2500	54
5.5 การใช้งานเครื่องเตือนไฟไหม้	58
5.6 การออกแบบส่วนประมวลผลกลาง	63
5.7 การใช้ส่วนแสดงผลชนิด LCD กับไมโครคอนโทรลเลอร์	63
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง	
6.1 ภาคเข้ารหัสและระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม	64
6.2 ภาคถอดรหัสและระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม	64
6.3 ส่วนของวงจรเตือนภัย	64
6.4 ส่วนของวงจรบันทึกเสียง	65
บทที่ 7 สรุปผลและวิจารณ์	69
กิตติกรรมประกาศ	
ภาคผนวก	
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงความถี่ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม	6
2.2 แสดงความถี่ที่ผสมกันเมื่อคหมายเลข	8
2.3 แสดงชุดคำสั่ง	12
2.4 แสดงตำแหน่งของตัวอักษรที่จะแสดง	12
2.5 แสดงตำแหน่งของ TLCD-164	13
2.6 แสดงกราฟฟีกแบบแผนภาพบิท	13
2.7 แสดงรหัสตัวอักษร	16
2.8 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ	19
3.1 ตระกูลไมโครคอนโทรลเลอร์	22
3.2 แสดงสัญลักษณ์ชื่อและตำแหน่งต่างๆที่มีอยู่ใน SFR	26
3.3 โหมดการทำงานของโหมดเมอร์ 2	28
3.4 รีจิสเตอร์แบบซีเรียลคอนโทรล	32
3.5 การใช้โหมดเมอร์ 1 กำหนดบอร์คเรท	33
3.6 อินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์	33
3.7 รายละเอียดของขา IE	34
3.8 อินเตอร์รัปต์เวกเตอร์	36
3.9 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆใน SFR หลังจากทีรีเซ็ทโดยสัญญาณจาก Watchdog	38
3.10 สรุปโหมดต่างๆของ 8255	39
3.11 ความจริงของ 8255	40
3.12 แสดงชื่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์	43
3.13 อินเตอร์รัปต์อีนาเบิลรีจิสเตอร์ (IE : Interrupt Enable Register)	43
5.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของ DS1620	57
5.2 ลักษณะข้อมูลที่ออกมาจาก DQ ทั้งสองรูปแบบ	59
6.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ	62

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่	หน้า
1.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงเครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูและเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติ	2
2.1 แสดงการจัดปุ่มและระบบสัญญาณ	7
2.2 แสดงสัญญาณพื้นฐานในเครื่องชุมสายโทรศัพท์	9
2.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์	10
2.4 แสดงตำแหน่งของสัญญาณการควบคุมทาง 3 บิตซีเรียล	15
2.5 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870	17
2.6 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่	18
2.7 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่	20
2.8 แสดงรายละเอียดของ MT8870	20
2.9 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870	21
4.1 บล็อกแสดงการทำงานของโครงงาน	46
5.1 แสดงวงจรตรวจรับสัญญาณกระดิ่ง	49
5.2 ตำแหน่งขาของ TCM5087	50
5.3 วงจรกำเนิดสัญญาณโทนโทรศัพท์	50
5.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม	52
5.5 รูปแสดงตำแหน่งและชื่อเรียกประจำไอซี	58
5.6 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1620	60
5.7 แสดงลักษณะข้อมูล 9 บิตที่ออกมาทางเอาต์พุต	60
5.8 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ออกมาทางขา THIGH, TLOW, TCOM	61
5.9 แสดงการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ LCD	61
6.1 สัญญาณในสถานะที่เครื่องโทรศัพท์วางสายอยู่	63
6.2 สัญญาณกระดิ่งเรียก	63
6.3 สัญญาณมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสมที่ได้จากการกดหมายเลข 1 จากไอซีเบอร์ TCM5087	64
6.4 การทดสอบสัญญาณเสียงที่ได้จากไอซีบันทึกเสียงเบอร์ ISD2560	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในยุคแห่งกระแสโลกาภิวัตน์ (Globalization) นี้ เทคโนโลยีการสื่อสารและการโทรคมนาคมได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากไม่ว่าจะเป็นวงการธุรกิจหรือแม้แต่ในชีวิตประจำวัน เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ อำนวยความสะดวกสบายหรือแม้แต่เพื่อความปลอดภัยแก่ชีวิตและทรัพย์สิน

โทรศัพท์เป็นผลผลิตจากเทคโนโลยีการสื่อสารแขนงหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันกลายเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีไว้ทุกครัวเรือน เพื่อติดต่อสื่อสารกับบุคคลตามที่เราร้องการในเวลาอันรวดเร็ว และเนื่องจากเครือข่ายโทรศัพท์ที่มีอยู่ทั่วประเทศ และเป็นเครือข่ายที่ครอบคลุมมากที่สุดในระบบการสื่อสารของประเทศไทย ดังนั้นการเลือกโทรศัพท์มาใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวกด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากหน้าที่หลักของมัน จึงเป็นแนวคิดที่น่าสนใจ โครงการนี้เกิดขึ้นจากการนำแนวคิดดังกล่าวมาประยุกต์ใช้งานโทรศัพท์

เนื่องจากการสื่อสารโดยใช้โทรศัพท์ในปัจจุบันยังจำกัดอยู่ที่การใช้เสียงเท่านั้น ทำให้คนหูหนวกไม่มีโอกาสที่จะใช้สื่อสารทางโทรศัพท์ได้เลย จึงมีความคิดที่จะพัฒนาระบบการสื่อสารรูปแบบพิเศษสำหรับผู้ด้อยโอกาสเหล่านี้ โดยมีแนวคิดที่ว่าไม่ควรจะเป็นเครื่องมือที่ซับซ้อน หมายถึงระบบที่ง่ายต่อการใช้และราคาไม่สูงจนเกินไปนัก เนื่องจากในปัจจุบันระบบโทรศัพท์ที่ใช้เป็นระบบมัลติเพล็กซ์แบบความถี่คู่ผสม DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ซึ่งทางเทคนิคแล้วสามารถถอดรหัสออกมาเป็นอักขระบนจอแสดงผลได้ ซึ่งจะทำให้คนหูหนวกส่วนใหญ่ซึ่งสายตายังปกติและอ่านหนังสือได้สามารถมีช่องทางสื่อสารระยะไกลได้อีกทางหนึ่ง เพื่ออำนวยความสะดวกและเพื่อความปลอดภัยโดยจะใช้โทรศัพท์ควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและแจ้งเหตุเพลิงไหม้โดยอัตโนมัติ โดยจะมีหลักการทำงานกว้าง ๆ ดังนี้

1.2 โครงสร้างของระบบ

ตามลักษณะของเครื่องมือในรูปที่ 1.1 จัดเป็นเครื่องสื่อสารแบบตัวอักษรโดยอาศัยสัญญาณโทรศัพท์เป็นตัวกลาง ซึ่งแสดงผลเป็นคำผสมของอักขระอย่างต่อเนื่องบนจอ LCD โดยจะอาศัย การผสมของสัญญาณ การมัลติเพล็กซ์แบบความถี่คู่ผสม เป็นตัวกำหนดรหัสของอักขระ ซึ่งการแสดงผลนั้นจะผ่านภาคถอดรหัส (Decoder) เพื่อแปลงรหัสและแสดงผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) อุปกรณ์ชุดนี้หากติดตั้งที่ปลายทางทั้ง 2 ฝ่ายก็สามารถโต้ตอบกันได้ไม่ว่าจะเป็นระหว่างบุคคลปกติด้วยกัน หรือระหว่างผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้ด้วยกัน หรือบุคคลปกติกับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้

จากบล็อกไดอะแกรมสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

- 1.1 วงจรบริดจ์ (Bridge) จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟสลับ (AC) ที่มีทั้งขั้วบวกและลบให้เป็นสัญญาณไฟตรง (DC) ซึ่งมีเพียงขั้วเดียว

- 2) วงจรโทรออกอัตโนมัติ (Automatic Call) ซึ่งจะมีการโทรออกเมื่อได้รับสัญญาณที่ตัวตรวจจับสัญญาณอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าที่ตั้งไว้ โดยจะมีหมายเลขที่ได้โปรแกรมไว้ 3 หมายเลข และทุกๆ หมายเลขจะหมุนซ้ำเป็นจำนวน 9 ครั้งต่อ 1 หมายเลข

- 2.1 วงจรควบคุมการยก / วาง จะทำหน้าที่ตัวคอยยกหรือวาง ทำให้เครื่องตอบรับทำงาน โดยจะคอยรับคำสั่งควบคุมซึ่งจะถูกส่งมาจาก 8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าจะยกหรือไม

3) วงจรเข้ารหัส (Encode Tone) เป็นภาคที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงโทน (Tone) ของโทรศัพท์ ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล 4 บิต 0000-1111 แล้วส่งสัญญาณที่ได้ไปยัง 8051 ต่อไป เพื่อนำสัญญาณที่ได้จาก 8051 ไปแสดงผลออก LCD หากติดตั้งระบบที่ปลายทางทั้งสองฝ่ายก็จะสามารถโต้ตอบกันได้ไม่ว่าเป็นบุคคลปกติกับผู้พิการทางหู หรือระหว่างผู้พิการทางหูด้วยกัน

4) วงจรเข้ารหัส (Decode Tone) เป็นภาคที่จะทำการเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลจาก 8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เป็นสัญญาณโทน ของโทรศัพท์ เพื่อทำการโทรออกอัตโนมัติเมื่อมีสัญญาณเตือนภัยเกิดขึ้นตามเลขหมายที่ได้บันทึกและกำหนดไว้แล้ว

5) 8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ภาคนี้จะเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการทำงานของเครื่องส่งงานทางโทรศัพท์ เพราะจะเป็นส่วนประมวลสัญญาณต่าง ๆ ที่รับเข้ามา แล้วจะทำการส่งสัญญาณควบคุมไปยังส่วนต่าง ๆ ต่อไป หน้าที่ของ 8051 กับภาคตรวจจับสัญญาณคือ จะทำการตรวจสัญญาณและนับจำนวนสัญญาณกระตุ้นว่าเข้ามาครบตามที่กำหนดหรือไม่ โดยจะสามารถกำหนดจำนวนครั้งได้จากโปรแกรมที่ควบคุม เมื่อครบจำนวนที่ได้กำหนดแล้วก็จะทำการ แชนด์เซตให้เครื่องออน (ON) ซึ่งเปรียบเสมือนการยกหู โดยการควบคุมที่ภาคควบคุมการยกหู / วางหู จากนั้นเครื่องจะทำการตรวจจับรหัสสัญญาณต่าง ๆ ที่จะทำการส่งงานให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานหรือหยุดทำงาน และขณะเดียวกันก็จะคอยตรวจจับสัญญาณไม่ว่าเพื่อคอยทำการวางหูหรือออฟ (OFF) เครื่องต่อไปรวมทั้งควบคุมวงจรการโทรออกอัตโนมัติเมื่อมีสัญญาณจากวงจรเตือนไฟไหม้อีกด้วย

6) วงจรสัญญาณเตือนภัยไฟไหม้ จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังวงจรโทรออกอัตโนมัติ เพื่อไปควบคุมให้วงจรโทรออกอัตโนมัติ โทรออกตามเบอร์ที่ได้ทำการโปรแกรมไว้แล้ว

7) วงจรบันทึกสัญญาณเสียง จะทำหน้าที่บันทึกเสียงที่ได้ทำการตอบรับแล้ว โดยทำงานตามสัญญาณควบคุมที่จะถูกส่งมาจาก 8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 เนื้อหาของโครงงาน

ในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงผลจากการศึกษาและทดลองตลอดปีการศึกษาตามแนวคิดข้างต้น โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นบทดังนี้

- บทที่ 1 บทนำนำเสนอความเป็นมา แนวคิดและโครงสร้างของงาน
- บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการทำงานของระบบโทรศัพท์โดยสังเขปเพื่อนำมาใช้ในโครงงาน
- บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีบทของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051
- บทที่ 4 กล่าวถึงรายละเอียดโครงสร้างของระบบและการทำงาน
- บทที่ 5 กล่าวถึงรายละเอียดการออกแบบระบบ
- บทที่ 6 การทดลอง และผลการทดลอง
- บทที่ 7 เป็นการสรุปเนื้อหาทั้งหมดของงานที่กระทำในปีการศึกษานี้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน

2.1 คำนำ

ในการออกแบบเครื่องช่วยโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูและเป็นใบ้ นั้น จำเป็นจะต้องมีความรู้ในระบบโทรศัพท์ เกี่ยวข้อง ได้แก่ สัญญาณต่าง ๆ ภายในระบบโทรศัพท์ หลักการของระบบการมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสมรวมทั้งการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) และการโปรแกรมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.2 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการสมาชิกและผู้รู้เลขหมายสมาชิกให้สามารถเรียกสลับคู่สนทนาต่าง ๆ โดยการเดินทางไม่จำเป็นต้องได้

โทรศัพท์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 ระบบ คือ ระบบ Cross bar (หน้าปัดแบบหมุน) กับระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม(หน้าปัดแบบกดปุ่ม) ซึ่งต่างกันว่าแบบหมุนจะส่งสัญญาณออกแบบลักษณะความถี่ต่างกัน ส่วนแบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณที่เป็นจำนวนพัลส์ แต่ทั้งสองทำหน้าที่ในลักษณะเดียวกันซึ่งเป็นระบบเดิมที่ใช้แต่แรก ส่วนระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสมนั้นเป็นระบบที่นำมาใช้แทนที่สำหรับข้อดีกว่าจะนำเสนอต่อไป และในที่นี้จะเน้นเฉพาะ ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม ซึ่งเป็นระบบที่ใช้มากในปัจจุบัน เนื่องจากในปัจจุบันระบบโทรศัพท์ที่ใช้ภายในประเทศเกือบทุกชุมสายใช้เป็นแบบกดปุ่ม โครงงานนี้จึงใช้ระบบโทรศัพท์แบบกดปุ่มเป็นพื้นฐานในการออกแบบ

การสื่อสารทางโทรศัพท์จะใช้สัญญาณเสียงซึ่งอยู่ในช่วงแบนด์วิดธ์ (300-3000) เฮิรตซ์ เครื่องโทรศัพท์เชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย 1 คู่ คือสายทิป (TIP) และสายริง (RING) ขณะวางหูความต่างศักย์ในสายจะเป็นไฟ 48 โวลท์

ในระบบโทรศัพท์จะประกอบด้วย

1.การเรียกทางโทรศัพท์ (TELEPHONE CALL) คือการเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ระหว่างสมาชิกผู้เรียกและผู้รับ

2.เครื่องโทรศัพท์ (TELEPHONE SET) คืออุปกรณ์สำหรับสมาชิกใช้พูดและฟังในการสนทนาผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ เมื่อต้องการเรียกก็หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับเมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของเครื่องชุมสายอัตโนมัติ

3.ผู้เรียก (CALLING SUBSCRIBER) หรือสมาชิกผู้ถูกเรียก คือผู้เริ่มต้นการเรียกจะด้วยการแจ้งให้พนักงาน ช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับเมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของเครื่องชุมสายอัตโนมัติ

4.ผู้รับ (CALLED SUBSCRIBER) หรือสมาชิกผู้ถูกเรียกคือผู้ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก (RINGING SIGNAL)

5.คู่สายสมาชิก (SUBSCRIBER LINE) คือคู่สายนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูดแจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายท้องถิ่นไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

6.เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ(AUTOMATIC TELEPHONE SWITCHING) คือเครื่องทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกกับผู้รับโดยอัตโนมัติสัญญาณพื้นฐานการสื่อสารโทรศัพท์ในระบบกลุ่มมีสัญญาณสำหรับการเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้และชุมสายดังนี้

1.สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) ใช้เพื่อแสดงให้รู้ว่า สามารถกดหมายเลขของผู้รับได้ เป็นสัญญาณเสียงต่อเนื่องซึ่งมีความถี่ 350 เฮิรตซ์ กับ 440 เฮิรตซ์ ผสมกัน

2.สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ใช้เพื่อเตือนให้ผู้เรียกทราบว่าทางผู้รับ สายไม่ว่าง เป็นสัญญาณ 400 เฮิรตซ์ ช่วงเวลาส่งประมาณ 0.5 วินาที

3.สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) ใช้เมื่อการติดต่อผู้รับสำเร็จซึ่ง ชุมสาย โทรศัพท์จะแจ้งให้ผู้เรียกทราบด้วยสัญญาณเสียง 400 เฮิรตซ์ ช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที แล้วเงียบ 4 วินาที

4.สัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone) ใช้เมื่อการติดต่อจากผู้เรียกสำเร็จเป็นสัญญาณเสียงความถี่ 50 เฮิรตซ์. เพื่อแจ้งให้ผู้รับทราบว่ามีการเรียกเข้ามาที่เครื่องโทรศัพท์ของตนและให้มาตอบแทนรับการเรียก นั้น ซึ่งมีช่วงระยะเวลาส่งและเงียบเช่นเดียวกับสัญญาณเรียกกลับสัญญาณกริ่งเรียกจะมีขนาดประมาณ 100 โวลท์ เป็นไฟสลับมีความถี่ 25 เฮิรตซ์คร่อมอยู่บนศักดากระแสตรง 48 โวลท์ โดยจะดัง 1 วินาที และเงียบ 4 วินาที ซึ่งตรงกับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องส่งเมื่อผู้รับโทรศัพท์ขนาดศักดากระแสตรงลดลงเหลือ 8 โวลท์ และมีการกระเพื่อม ตามขนาดและความถี่เสียงพูด

2.3 ระบบโทรศัพท์แบบส่งความถี่คู่ผสม (Dual Tone Multi Frequency)

ระบบนี้มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วย โดยการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ ผสมกันไป ซึ่งจะเป็ตัวแทนหมายเลขที่กด ซึ่งความถี่ที่กดออกไปจะอยู่ในย่านความถี่เสียงพูด (0-4 กิโลเฮิรตซ์) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอน และอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้ง ซึ่งค่าต่างๆจะแสดงไว้ในรูป ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 5 ก็จะมีค่าความถี่ 770 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ ผสมกันออกมา

2.3.1 ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกลุ่มคีย์แพด

1)สามารถลดเวลาหมุนเลขหมายลงได้ ทำให้มีผลคือเวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์แต่ละครั้งลดลง ซึ่งทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถรับ จำนวนของผู้ใช้ได้มากขึ้น(High Traffic)

2)สามารถใช่วงจรทางโซลิดสเตต(Solid State Electronic) แทนอุปกรณ์ทางด้านเครื่องกล (Mechanic) จึงทำให้มีความรวดเร็วและแม่นยำในการส่งหมายเลขมากขึ้น

3)สามารถเพิ่มปุ่มขึ้นได้อีก 4 ปุ่ม(Column ที่ 4) เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณการบริการประเภทอื่นๆ

4)มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบโปรแกรมควบคุมสโตร์ (Stored Program Control)

2.3.2 การเข้ารหัสและถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม

-การเข้ารหัสระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม (Dual Tone Multi Frequency Encoder)

ระบบโทรศัพท์แบบนี้จะใช้การส่งสัญญาณไปบนสายส่งของระบบโทรศัพท์ โดยจะมีข้อดีกว่าระบบพัลส์หลายอย่าง เช่นหมุนโทรศัพท์ได้รวดเร็วกว่าและสามารถที่จะส่งสัญญาณไปบนสายส่งระดับใดๆก็ได้วิธีนี้เป็น การส่งสัญญาณแถบความถี่เสียงที่แตกต่างกัน 16 ค่า โดยแต่ละค่าจะเป็นสัญญาณคลื่นรูปไซน์ 2 แบบ แบ่งเป็นกลุ่มความถี่ต่ำ และกลุ่มความถี่สูง และจะมีลักษณะแสดงดังตารางข้างล่างนี้

กลุ่มของความถี่ต่ำ (เฮิรตซ์)	กลุ่มของความถี่สูง (เฮิรตซ์)		
-	1209	1336	1477
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#

ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่กลุ่ม

-การถอดรหัสความถี่ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่กลุ่ม

การถอดรหัสความถี่ทางโทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขทางโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่กลุ่ม) ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อนำไปใช้กับระบบดิจิทัล ข้อกำหนดต่างๆ ที่จำเป็นเพื่อที่จะไม่ให้การถอดรหัส ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่กลุ่ม เกิดความผิดพลาดขึ้น ซึ่งผู้ออกแบบวงจรต้องคำนึงถึงเสมอ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) วงจรจะยังคงสามารถถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ถึงแม้สัญญาณที่รับเข้ามาจะมีความถี่เบี่ยงเบนไปจากค่าที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน แต่ต้องไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ และจะไม่ยอมให้สัญญาณที่มีค่าเบี่ยงเบนมากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ จากค่ามาตรฐาน ผ่านวงจรองความถี่ได้

2) วงจรถอดรหัสจะสามารถถอดรหัสได้ ก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณเข้าอย่างน้อย 40 มิลลิวินาที

3) วงจรถอดรหัสจะทำการถอดรหัสได้อย่างถูกต้อง ก็ต่อเมื่อสัญญาณระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่กลุ่ม ที่รับเข้ามาในวงจรจะต้องมีช่วงเวลาที่ยาวนานกว่าสัญญาณระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่กลุ่ม ที่รับเข้ามาก่อนหน้านี้เป็นเวลาอย่างน้อย 35 มิลลิวินาที

4) วงจรถอดรหัสจะต้องสามารถถอดรหัสสัญญาณระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่กลุ่ม ที่มีไคเนติกมิกเร็นจ์สูงกว่า 27.5 เดซิเบล ได้โดยไม่เกิดการผิดพลาด และยังสามารถทำงานได้ในกรณีที่สัญญาณทั้ง 2 ความถี่ที่ประกอบกันขึ้นเป็นสัญญาณ ความถี่กลุ่ม มีแอมพลิจูดต่างกันมากกว่า 6 เดซิเบล

5) วงจรถอดรหัสยังคงทำงานได้ตลอดเวลา ไม่ว่าขณะนั้นจะปรากฏเสียงพูด หรือมีสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามารบกวนวงจรถอดรหัส ก็ไม่ทำให้การถอดรหัสผิดพลาด ในการออกแบบเครื่องช่วยในการใช้โทรศัพท์สำหรับคนหูหนวกนั้น จำเป็นต้องทราบเกี่ยวกับเทคโนโลยีต่างๆ ของระบบโทรศัพท์ อันได้แก่

2.4 ระบบหน้าปิดแบบกดปุ่ม

ในระบบสวิตซ์ซึ่ง S*S หรือ *B ที่ได้กล่าวมาแล้ว สัญญาณเรียกของผู้เช่า (Subscriber's Address Signal) เป็นสัญญาณไฟตรงที่เท่ากับจำนวนครั้งของหน้าปิด เพื่อให้แผงสวิตซ์ทำงานจากการพัฒนาแผ่นแผงสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ เราจึงมีระบบสัญญาณหลายความถี่ (Multi Frequency Signal System) ขึ้น ระบบมีลักษณะดังนี้

1. เวลาของการหมุนหมายเลข

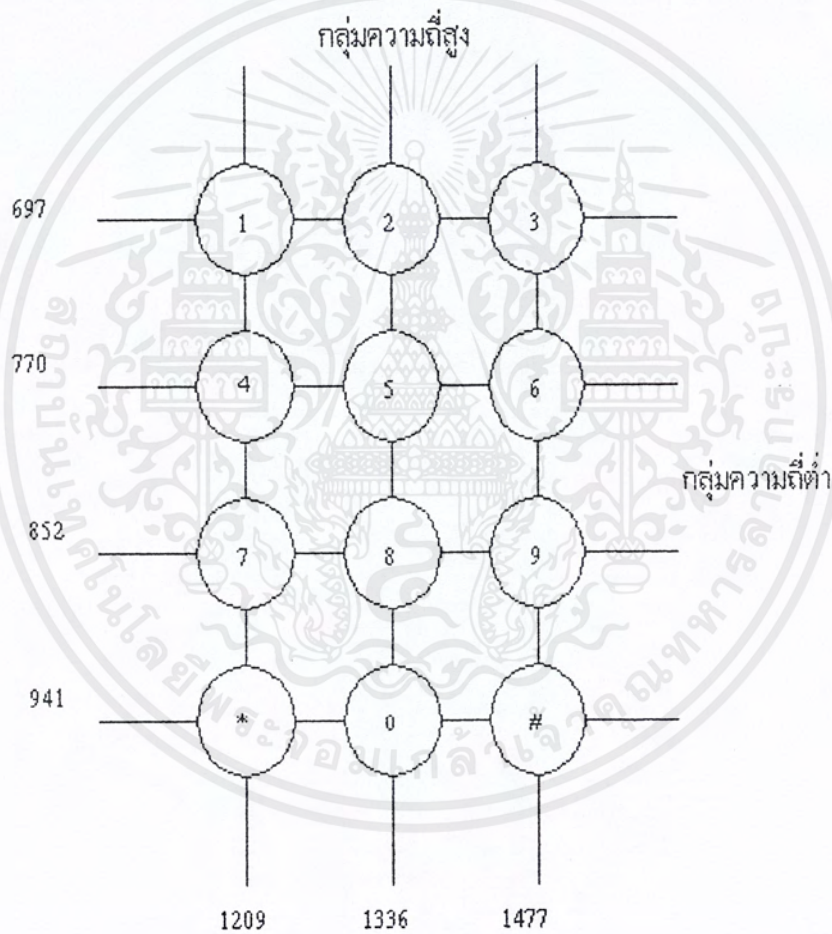
2. การหมุนหมายเลขช้ากว่า

3.สามารถเพิ่มคูปุ่มอื่น นอกจากปุ่มกดหมายเลข เพื่อส่งสัญญาณบริการประเภทอื่นได้ด้วย

4.เราใช้สัญญาณความถี่ของเสียง (Voice Frequency Signal) ซึ่งสามารถส่งผ่านระหว่างสถานีได้ และสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง

2.5 ระบบสัญญาณ

ระบบนี้เรียกว่า ระบบ 4*3 ในระบบนี้สัญญาณประกอบด้วยการรวมความถี่ 2 ค่าที่เลือกมาจากความถี่ 2 กลุ่ม (กลุ่มความถี่สูง และ กลุ่มความถี่ต่ำ) โดยจะมีตัวเลข และรหัสดังที่แสดงในรูปที่ 2.1 ในระบบนี้ ตำแหน่ง *,# สามารถใช้โค้ดอื่นที่ไม่ใช่ตัวเลข สำหรับงานอื่นได้



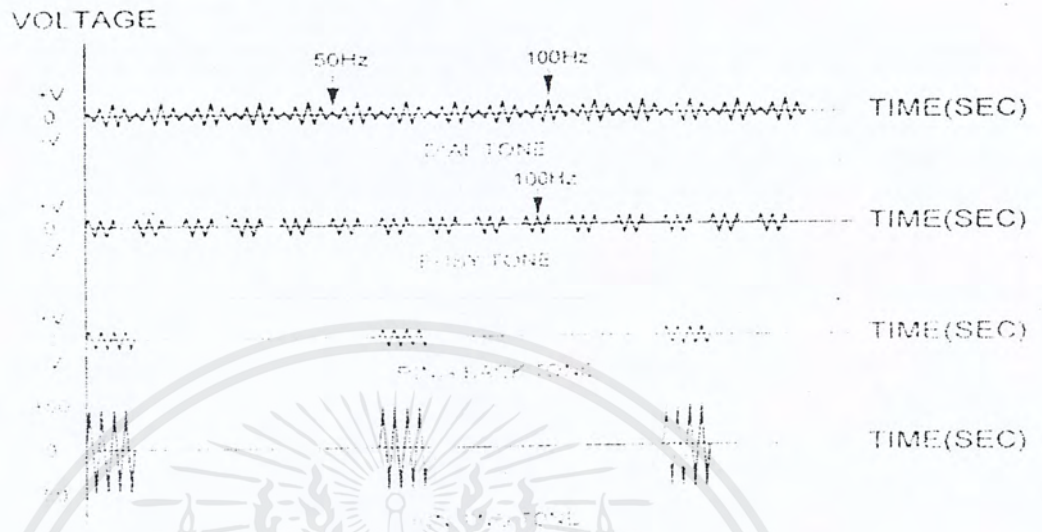
รูปที่ 2.1 แสดงการจัดปุ่มและระบบสัญญาณ

หมายเลข	กลุ่มความถี่สูง	กลุ่มความถี่ต่ำ
1	1209	697
2	1336	697
3	1477	697
4	1209	770
5	1336	770
6	1477	770
7	1209	852
8	1336	852
9	1477	852
0	1336	941
*	1209	941
#	1477	941
A	1633	697
B	1633	770
C	1633	852
D	1633	941

ตารางที่ 2.2 แสดงความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดเลขหมาย

- 1.สัญญาณให้หมุน (DT:Dual Tone) ใช้เพื่อแสดงให้สมาชิกรู้ว่า ให้กดปุ่มเลขหมาย ผู้รับได้เป็นสัญญาณเสียงต่อเนื่อง 400 เฮิรตซ์ ความถี่ประมาณ 50 เฮิรตซ์แบบการมอดูเลตทางแอมพลิจูด
- 2.สัญญาณไม่ว่าง (BT:Busy Tone) ใช้เตือนให้สมาชิกทราบว่าผู้รับ หรือ BT ไม่ว่างควรวางหูก่อนสักระยะ แล้วจึงเริ่มติดต่อใหม่ เป็นสัญญาณ 40 เฮิรตซ์ ช่วงเวลาประมาณ 0.5 วินาที แล้วเงียบ ประมาณ 0.5 วินาที
- 3.สัญญาณเรียกกลับ (RBT:Ring Back Tone) ใช้เมื่อการต่อทุกขึ้นตอนตามความประสงค์ ของผู้เรียก มายังผู้รับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อจนสำเร็จแล้ว แจ้งให้ผู้เรียกทราบว่า การเรียกสำเร็จเป็นสัญญาณ 40 เฮิรตซ์ ช่วงเวลาประมาณ 1 วินาที เงียบประมาณ 4 วินาที

4.สัญญาณกริ่งเรียก (RGT:Ring Tone) ใช้เมื่อมีการต่อขึ้นตอน ตามความประสงค์ของผู้เรียก มายังผู้รับเครื่องชุมสายโทรศัพท์ ดำเนินการต่อจนเสร็จ ด้วยกริ่งเรียกผู้รับมาตอบเรียกเป็นสัญญาณ 5 เฮิร์ตซ์ ช่วงเวลาการส่งและเงียบเช่นเดียวกับสัญญาณเรียกกลับ

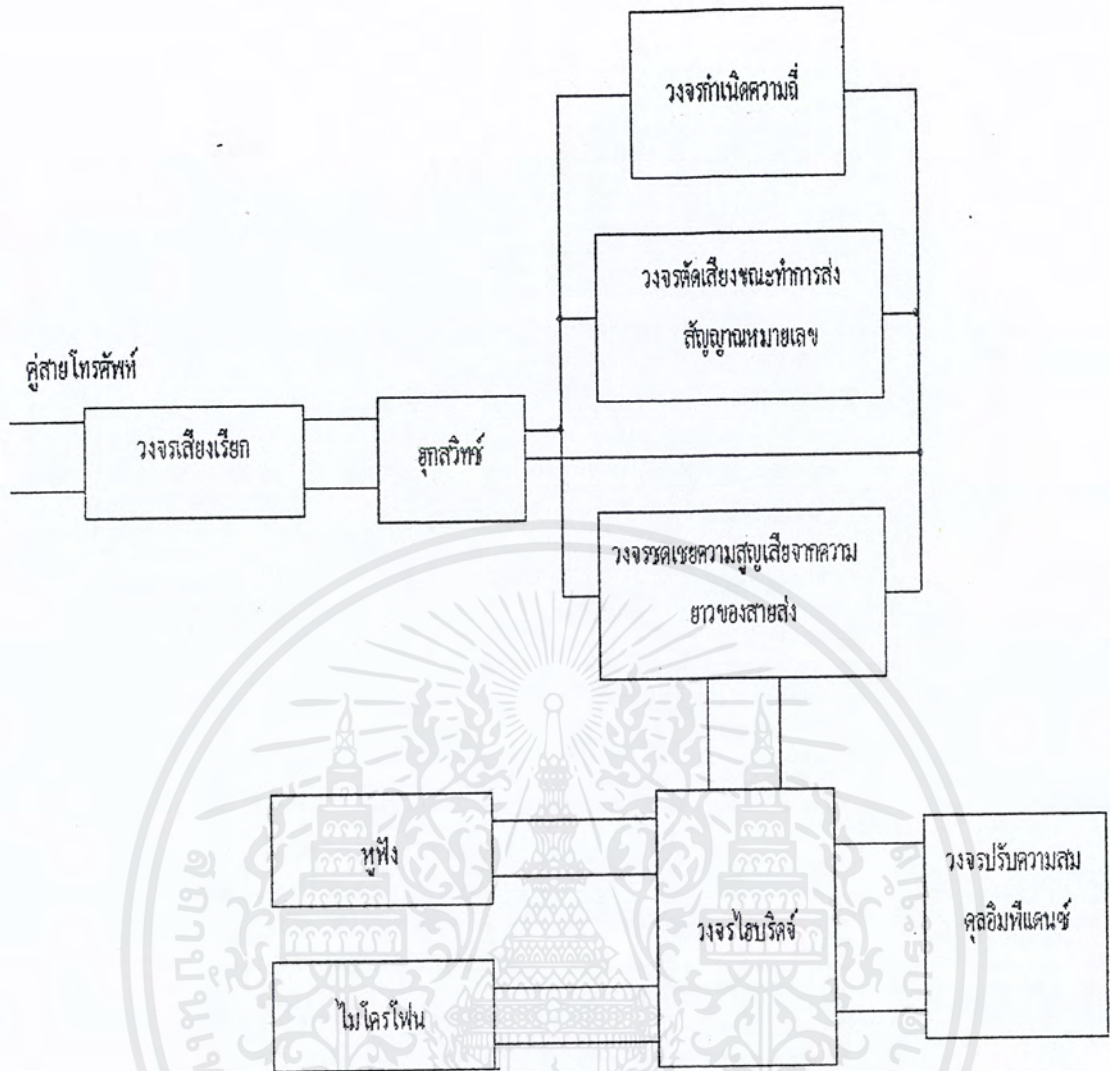


รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณพื้นฐาน ในเครื่องชุมสายโทรศัพท์

2.6 การทำงานของโทรศัพท์

โทรศัพท์จะมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานดังรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงส่วนต่างๆที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์ โดยจะเชื่อมต่อด้วยสายทวิป และสายริง วงจรแรกที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ของชุมสายก็คือ วงจรกำเนิดสัญญาณเรียกสัญญาณซึ่งจะส่งสัญญาณเรียก (Ring signal) เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลบางประการสำคัญที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรงคือ เมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางตามปกติ สุกสวิทช์ (Hook Switch) จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังสุกสวิทช์ได้ ดังนั้นถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีผู้ติดต่อเข้ามา

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น สุกสวิทช์จะปิดวงจรทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ ในขณะที่เดียวกันกระแสค่าเดียวกันนี้จะไหลผ่านขดลวดรีเลย์ที่ชุมสายด้วยก็จะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลง เพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ได้ จากนั้นชุมสายก็ส่ง สัญญาณหมุน (Dial tone) ไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์เพื่อกดให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ติดต่อด้วยมายังชุมสาย หลังจากชุมสายได้รับหมายเลขที่ถูกส่งออกมาแล้วชุมสายก็จะเลิกส่งสัญญาณหมุนซึ่งกระบวนการตอนนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์

การติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

2.6.1 เครื่องส่ง

-ขณะที่ไม่ได้มีการขกนุโทรศัพท์ จะมีศักดาคลกร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลท์

-เมื่อมีผู้เรียกขกนุโทรศัพท์ศักดาจะลดลงเหลือ 8 โวลท์พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุ่นซึ่งเป็นสัญญาณกระแสลับขนาด 250 มิลลิโวลท์ ความถี่ 400 เฮิรตซ์ กับความถี่ประมาณ 50 เฮิรตซ์ ซึ่งเมื่อกครหัสสัญญาณความถี่แล้ว สัญญาณให้หมุ่นนี้จะหายไป

-กครหัส (Code) เบอร์โทรศัพท์ทั้งหมด 7 หลัก รหัสความถี่ที่ส่งจะเป็นสัญญาณผสมสองความถี่เป็นความถี่สูงและต่ำผสมกัน แต่ละหมายเลขจะมีความถี่คู่ผสมอยู่หนึ่งคู่

-ขณะที่รอรับจะมีสัญญาณตอบกลับสองแบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่คือสัญญาณเรียกกลับหรือสัญญาณสายไม่ว่าง ตามลำดับ

-เมื่อมีการรับสายแล้ว สัญญาณจะขึ้นกับความดังของเสียงพูดตามสาย

-เมื่อวางนุโทรศัพท์หรือเลิกการติดค่อ ขนาดศักดาจะกลับไป 48 โวลท์ ตามเดิม

2.6.2 เครื่องรับ

-ขณะที่วางหูอยู่จะมีศักดากระแสตรงคร่อมสายอยู่ 48 โวลต์

-เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกจะมีขนาดประมาณ 100 โวลต์ จังหวะดัง 1 วินาที และหยุด 4 วินาที ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องส่ง

-จากนั้นเมื่อผู้รับยกหูโทรศัพท์ ขนาดศักดากระแสตรงจะเหลือ 8 โวลต์ และมีการกระเพื่อมตามขนาดและความถี่ของเสียงพูด

-เมื่อสิ้นสุดการสนทนา วางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาจะกลับไป 48 โวลต์ ตามเดิม

2.7 การใช้งาน LCD

ปัจจุบัน LCD เป็นที่นิยมกันอย่างมาก สำหรับการแสดงผลในเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ทั้งนี้ เนื่องจากมีความเหมาะสมด้วยประการทั้งปวง ทั้งในด้านของการใช้กระแสไฟฟ้าต่ำ สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรและตัวเลข หรือแสดงเป็นกราฟได้ ซึ่งมีการใช้งานดังนี้

การตั้งคิปลิวิตช์(DIP-Switch)

SW-1	SW-2 (Default ON,OFF)
OFF	OFF โหมด SELF-TEST (สำหรับการผลิตและตรวจซ่อม)
OFF	ON โหมดรับข้อมูลทาง 3 บิตซีเรียล
ON	OFF รับข้อมูลทาง RS-232 ทั้งแบบมาตรฐาน และแบบ ลอจิก ซึ่งเลือกได้จากจัมเปอร์
ON	ON โหมด DEMO
SW-3	SW-4 (Default ON,ON)
OFF	OFF ความเร็ว 1200
OFF	ON ความเร็ว 2400
ON	OFF ความเร็ว 4800
ON	ON ความเร็ว 9600

การตั้งความเร็วการสื่อสาร จะมีต่อการทำงานในโหมด RS 232 เท่านั้น

2.7.1 ชุดคำสั่งการควบคุม

คำสั่งในการควบคุม TLCD-164 จะมีทั้งหมด 8 คำสั่ง ทั้งนี้ไม่ว่าจะควบคุมผ่านทาง RS-232 หรือ 3 BIT SERIAL ก็จะมีรูปแบบของคำสั่งเหมือนกัน โดยรายละเอียดของฟอร์แมต(FORMAT)ซึ่งเป็นรหัส ASCII ทั้งหมด จะเป็นดังนี้

:CXX.....X <CR>

: คีอรหัสนำของคำสั่ง (3AH)

C คีอรหัสคำสั่ง ตั้งแต่ 1-8 (31H-38H)

XX.....Xคือข้อมูลติดตามของแต่ละคำสั่ง ซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ รวมมีความยาวตามกำหนดในแต่ละคำสั่งด้วย

<CR> คือรหัสลงท้ายของคำสั่ง (ODH)

คือตัว TLCD-164 เมื่อรับคำสั่งแล้ว ก็จะทำงานตามคำสั่งนั้นๆ ทันทีและจำเป็นต้องใช้เวลาในการทำงานด้วย ซึ่งจะเรียกว่าเป็น ช่วงเวลาไม่ว่าง Busy Time เพราะฉะนั้นเมื่อส่งคำสั่งควบคุมมาแล้วจะต้องใช้หน่วงเวลาตามที่กำหนดเป็นอย่างน้อยด้วย จึงจะสามารถส่งคำสั่งต่อไปมาได้ ในกรณี RS-232 เมื่อ TLCD-164 ทำงานตามคำสั่งเรียบร้อยแล้ว เครื่องจะส่งคำว่า OK <CR> ข้อนกลับมาให้ทราบด้วยส่วนกรณี 3 บิทซีเรียล จะไม่มีการส่งข้อมูลย้อนกลับ เพราะฉะนั้นผู้ใช้จะต้องหน่วงเวลาตามที่กำหนดการทำงานต่างๆ จึงจะถูกต้องตามต้องการ ชุดคำสั่งทั้งหมดจะสรุปเป็นตารางที่ 2.3

คำสั่ง	รายละเอียด	BUSYTIME
:1RCC<cr>	Set CharacterRow&Colume R=0-3 CC=00-15	4mS
:2XX..X<cr>	Set Character(Max=25Char)	115mS
:3PPYY<cr>	Set GraphicPage & Y PP=00-15 YY=00-63	6mS
:4XX..X <cr>	Set Graphic (Max=25Data)	3mS
:5<cr>	Clear LCD	50mS
:6<cr>	Cursor ON	3mS
:7<cr>	Cursor OFF	6mS
:8<cr>	Back Space (BLOCK)	6mS

ตารางที่ 2.3 แสดงชุดคำสั่ง

คำสั่งที่1 : 1RCC<cr> สำหรับกำหนดตำแหน่งของตัวอักษรที่จะแสดงดังตาราง โดยกำหนดเป็น แถว ตั้งแต่ 0-3 และ คอลัมน์ ตั้งแต่ 00-15 ทั้งนี้การจัดวางตำแหน่งของตัว TLCE-164 จะเป็นดังนี้

ROW	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
0																
1																
2																
3																

ตารางที่ 2.4 แสดงตำแหน่งของตัวอักษรที่แสดง

คำสั่งที่ 2 : 2XX..Z<cr> สำหรับแสดงตัวอักษร XX..X โดยเป็นได้ทั้งภาษาไทยและอังกฤษ กรณีภาษาไทยจะจัดบรรทัดตามวรรณยุกต์ให้เองอย่างถูกต้องในคำสั่งจะส่งตัวอักษรได้สูงสุด 25 ตัวอักษร (สามารถส่งได้น้อยกว่าได้) ถ้าต้องการส่งมากกว่านี้ จะต้องแยกเป็นอีกคำสั่งแล้วตามอีกครั้ง

คำสั่งที่ 3 : 3PPYY<cr> สำหรับกำหนดของกราฟฟิกที่จะแสดง โดยกำหนดเป็น Page ตั้งแต่ 00-15 และ YY ตั้งแต่ 00-63 ทั้งนี้การจัดแสดงตำแหน่งของ TLCD -164 ดังตารางที่ 2.5

YY 00.....63

Page 0	Page 8
Page 1	Page 9
Page 2	Page 10
Page 3	Page 11
Page 4	Page 12
Page 5	Page 13
Page 6	Page 14
Page 7	Page 15

ตารางที่ 2.5 แสดงตำแหน่งของ TLCD-164

คำสั่งที่ 4 : 4XX.X <cr> สำหรับการแสดงกราฟฟิก แบบ BIT-MAP โดยข้อมูล X จะส่งข้อมูล ถ้าต้องการส่งมากกว่านี้จะต้องแยกเป็นอีกคำสั่ง แล้วจึงส่งตามอีกครั้ง ข้อมูลจะเป็นดังนี้ ข้อมูล X จะแสดงบน LCD ในแบบ 1 บิตต่อ 1 คอทโดยถ้าเป็น 1 คือแสดงจุดคำ และจะเรียงข้อมูลจากซ้ายมาขวาเสมอ การส่งข้อมูล X จะทำได้ภายในหน้า (Page) นั้นๆที่กำหนดจากคำสั่งหมายเลข 3 เท่านั้น ถ้ามีการข้ามหน้า จะต้องกำหนดตำแหน่งใหม่อีกครั้ง การแสดงกราฟฟิกสามารถทำควบคู่ไปกับการแสดงตัวอักษรได้ เพียงแต่ต้องระวังไม่ให้เกิดการทับกันของข้อความหรือภาพเท่านั้น

ข้อมูล	X(1)	X(2)	X(3)	X(4)	X(5)		X(25)
Bit0	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bit1	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bit2	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bit3	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bit4	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bit4	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bit5	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bit6	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bit7							

ตารางที่ 2.6 แสดงกราฟฟิก แบบแผนภาพบิต(BIT-MAP)

คำสั่งที่ 5 : 5<cr> สำหรับการ CLEAR LCDทั้งหมด (ไม่มีจุดคำ) และ จะกำหนดค่าให้ แถวและคอลัมน์ เท่ากับ 0 รวมทั้ง Page Y เท่ากับ 0 ด้วย

คำสั่งที่ 6 : 6<cr> สำหรับกำหนดให้แสดง เคอร์เซอร์ จะแสดง ณ ตำแหน่งที่กำหนดจากคำสั่งหมายเลข 1 หรือ กรณีถ้ามีการส่งตัวอักษรมาแล้ว เคอร์เซอร์ ก็จะเลื่อนไปตามอักษรเหล่านั้น เคอร์เซอร์ จะแสดงเป็นเครื่องหมายขีดเส้นใต้ตัวอักษร และกระพริบเป็นจังหวะช้าๆ

คำสั่งที่ 7: 7<cr> สำหรับกำหนดให้หยุดแสดง เคอร์เซอร์

คำสั่งที่ 8 : 8 <cr> สำหรับทำการ แล็กสเปซแบบบล็อก คือจะลบตัวอักษรล่าสุดไป 1 บล็อก พร้อมทั้งถอย เคอร์เซอร์ กลับไป 1 ตำแหน่ง การลบแบบ 1 บล็อก จะหมายถึงว่าารณยุคต้นและล่างของตัวอักษรภาษาไทยจะหายไปพร้อมกับตัวพยัญชนะด้วย

2.8 การควบคุมผ่านทาง RS-232

การควบคุมผ่านทาง RS-232 สามารถเลือกสัญญาณได้ 2 แบบ คือ แบบมาตรฐาน ทางขั้ว ต่อ 3 PIN หรือ จุดบัดกรีข้างบอร์ด RXD,TXD โดยมีระดับแรงไฟเป็น ลอจิก 5 โวลท์ดีซี (TTL) ซึ่งสามารถต่อเข้ากับขา RXD,TXD ของตัว 80C31 ได้โดยตรง การเลือกทำได้โดย การเลือกทำได้โดยการปรับตัว จัมเปอร์ ทั้ง 2 ตัวไปตามตำแหน่งที่ต้องการ ลักษณะสัญญาณ RS-232 จะใช้คุณสมบัติดังนี้

SPEED 1200,2400,4800,9800 เลือกได้ด้วย DIP-SW 3,4

DATA 8 BIT

STOP 1 BIT

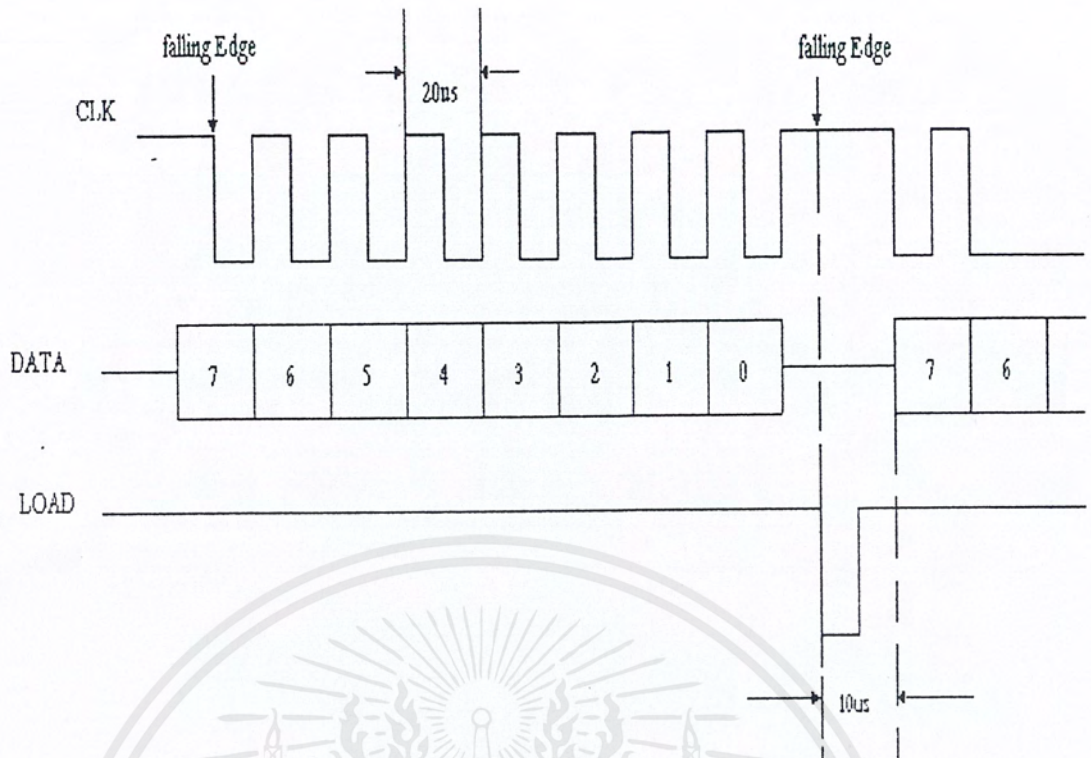
PARITY NO

การส่งคำสั่งทาง RS-232 นี้ ตัว TLCD-164 จะส่งคำตอบรับ OK<cr> มาให้เสมอหลังจากที่ทำงานตามคำสั่งเรียบร้อยแล้ว ซึ่งผู้ใช้อาจจะตรวจสอบหรือไม่ก็ได้ ตามแต่ลักษณะงานที่นำไปใช้

2.9 การควบคุมผ่านทาง 3 บิตซีเรียล

การควบคุมผ่านทาง 3 บิตซีเรียล จะทำงานได้รวดเร็วกว่า RS-232 ขณะเดียวกันจะเป็นแบบ Synchronous กล่าวคือ สัญญาณจะขึ้นอยู่กับ สัญญาณนาฬิกาขอบขาลงที่กำหนด โดยบอร์ดที่ส่งข้อมูลมาโดยไม่ขึ้นกับระยะเวลาของสัญญาณ (เหมือน RS-232) ซึ่งจะเหมาะสมกับงานที่ค่อนข้างซับซ้อน และต้องดูแลอินพุต/เอาต์พุต ที่ไม่แน่นอนจำนวนมาก การควบคุมแบบนี้จะใช้ขาสัญญาณ 3 เส้น คือ

DIN(DATA-IN),CLK (Clock), LD (Load) โดยรูปแบบการส่งข้อมูลจะกระทำทีละ 8 บิต (1 ไบต์) ทั้งนี้รูปแบบของข้อมูลจะเป็นเหมือนกับ RS-232 ทุกประการ การควบคุมแบบนี้จะไม่มีการตอบรับจากตัว TLCD-164 เพราะฉะนั้น ผู้ใช้จะต้องหน่วงเวลาตามช่วงเวลาไม่ว่าที่กำหนดเสมอ หลังจากส่งคำสั่งไปแล้ว รายละเอียดของสัญญาณจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งของสัญญาณการควบคุมทาง 3 บิตซีเรียล



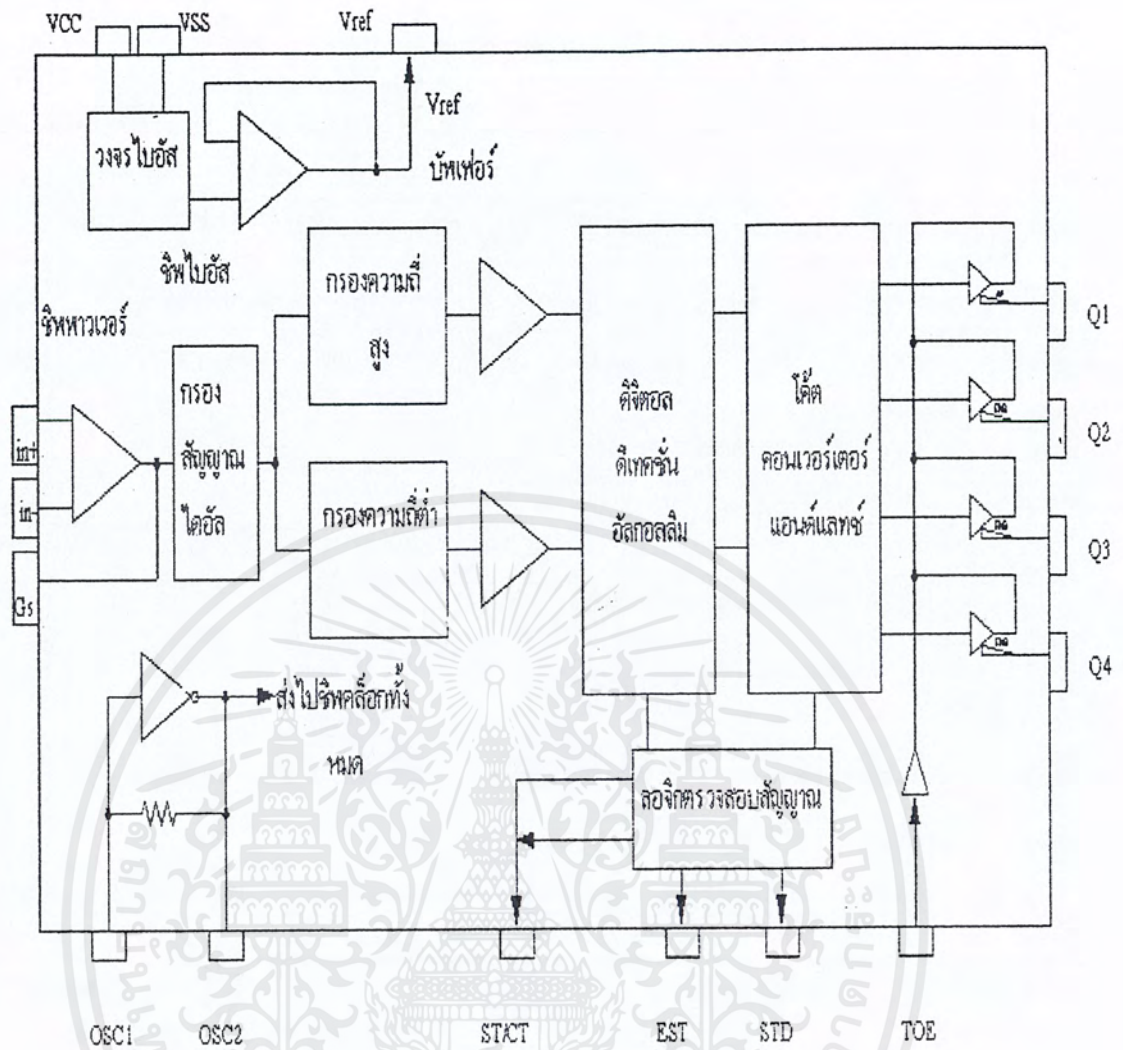
A	2*	U	80	n	06	7	17			ถ	42	ท	64	๕	86
B	20	V	8#	o	#6	8	18	ก	21	ท	43	พ	65	'	87
C	2#	W	9*	p	*7	9	19	ข	22	ธ	44	อ	66	๖	88
D	3*	X	90	q	0*	0	10	ค	23	น	45	ส	67	๗	89
E	30	Y	9#	r	07	BLANK	00	ฅ	24	บ	46	ะ	68	*	91
F	3#	Z	#0	s	#7	,	01	ง	25	ป	47	๘	69	๘	92
G	4*			t	*8	(	1*	จ	26	ผ	48	า	71	+	93
H	40	a	*2	u	08	)	1#	ฉ	27	ฝ	49	ำ	72	-	94
I	4#	b	02	v	#8	;	*1	ช	28	พ	51	ิ	73	*	95
J	5*	c	#2	w	*9	.	**	ช	29	ฟ	52	ี	74	/	96
K	50	d	*3	x	09	?	*#	ฌ	31	ภ	53	ื	75	=	97
L	5#	e	03	y	#9	BACK SPACE	#1	ญ	32	ม	54	๙	76	<	98
M	6*	f	#3	z	0#	&	#*	ฎ	33	ช	55	,	77	>	99
N	60	g	*4			#	##	ฏ	34	ร	56	๐	78		
O	6#	h	04	1	11			ฐ	35	ฤ	57	เ	79		
P	7*	i	#4	2	12			ฑ	36	ล	58	แ	81		
Q	*0	j	*5	3	13			ฒ	37	ว	59	โ	82		
R	70	k	05	4	14			ณ	38	ศ	61	ใ	83		
S	7#	l	#5	5	15			ด	39	ษ	62	ไ	84		
T	8*	m	*6	6	16			ต	41	ส	63	า	85		

ตารางที่ 2.7 แสดงรหัสตัวอักษร

2.10 โครงสร้างทั่วไปเกี่ยวกับ MT8870

โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัส ฟังก์ชันทางดิจิทัล เป็นไอซีที่สร้างขึ้นโดยเทคโนโลยี ISO-CMOS ในส่วนวงจรกรองความถี่ที่ใช้เทคนิค สวิทช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและกรองความถี่ต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับดิจิทัลเพื่อตรวจจับ ถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่ยืนยันเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาท์พุตเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ

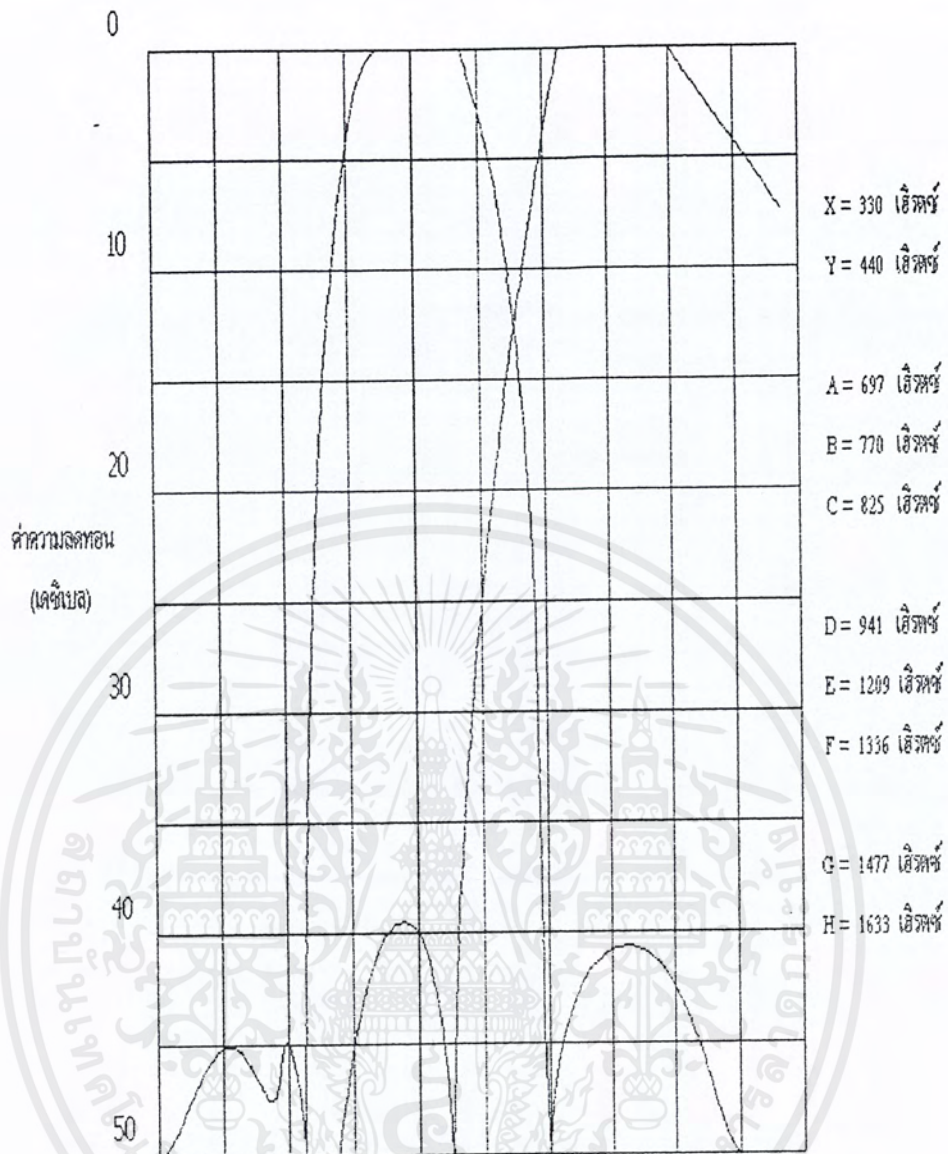


รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างภายในของ MT 8870

ฟังก์ชันการทำงานภายในของ MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

ภาคกรองสัญญาณความถี่ (Filter Section)

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่สูง และช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองผ่านแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิตช์คาปาซิเตอร์ (Six Orders Switched Capacitor Band Pass Filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วงคือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ



รูปที่ 2.6 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

ภาคถอดรหัส (Decoder Section)

ความถี่ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม ที่ถูกกรองความถี่เรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัลและมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม หรือไม่เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสมเมื่อตรวจสอบความถี่นั้นว่าถูกต้องสัญญาณที่เข้า Est (early steering) ก็จะแอสทิฟสำหรับค่าถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ นั้นแสดงในตารางที่ 2.8

f-Low	f-High	NO	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1447	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1447	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1447	9	H	1	0	0	1
941	1209	0	H	1	0	1	0
941	1336	*	H	1	0	1	1
941	1447	#	H	1	1	0	0

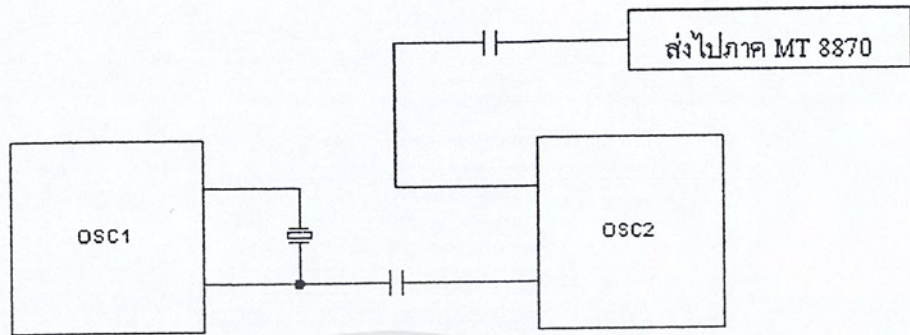
ตารางที่ 2.8 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุตจะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามกำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลาที่หาว่าสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอกสัญญาณที่ขา Est จะเป็น “high” นานใกล้เคียงกับเวลาที่มีความถี่ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม เข้ามาจากรูปที่ 2.5 เมื่อขา Est เป็น “high” ทำให้ V_c สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลต์วงจรถอดรหัสจึงถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต สำหรับคำว่า การ์ดไทม์ (Guard Time) นั้นหมายถึงช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่า ช่วงที่เราตั้งไว้จึงจะได้รับการยอมรับว่า สัญญาณความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่เรารับไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานาน หรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้จึงจะสามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป

ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายในเพียงแต่ต่อแร่คริสตอล ขนาด 3.579 เมกะเฮิรตซ์ ก็สามารถใช้งานได้ทันที การกำเนิดความถี่แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่

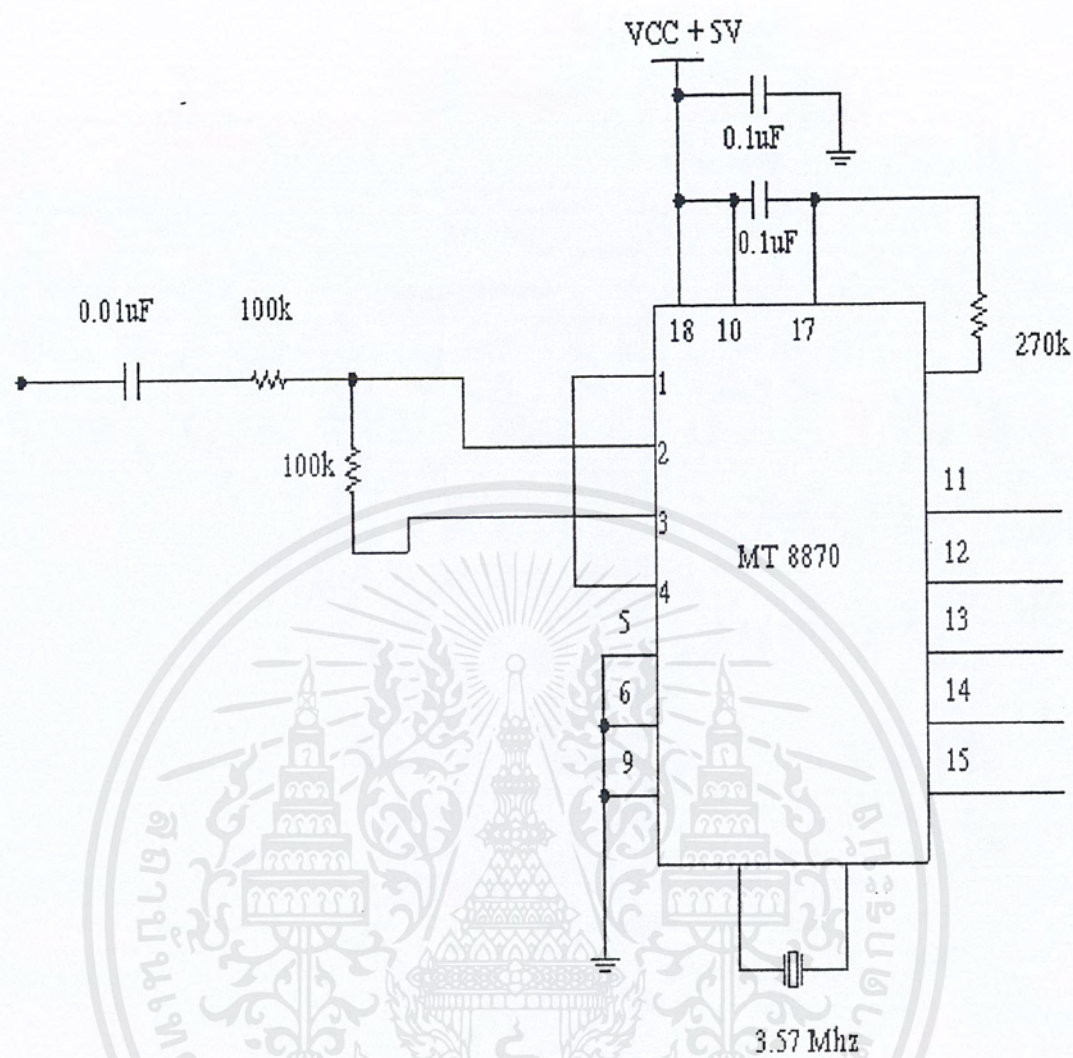
การนำ MT8870 ไปใช้งาน

1. นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
2. เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
3. ใช้งานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
4. ใช้งานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์
5. ใช้ในงานชุมสายย่อยหรือ PABX
6. ใช้งานด้านโทรศัพท์ทั่วไป
7. เครื่องกันขโมย
8. การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์

1	IN+	VDD	18
2	IN-	SUGT	17
3	GS	EST	16
4	VREF	STD	15
5	IC	Q4	14
6	IC	Q3	13
7	OSC1	Q2	12
8	OSC2	Q1	11
9	VSS	TOE	10

MT 8870

รูปที่ 2.8 แสดงรายละเอียดขาของ MT 8870



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT 8870

บทที่ 3

Microcontroller

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 บทนำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิปเดี่ยวตระกูล ไมโครคอนโทรลเลอร์ นี้ผลิตโดยบริษัทอินเทล มีอยู่ด้วยกันหลายเบอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

Device	Processor Version	EEPROM Version	ROM Bytes	RAM Bytes	8-Bit IO Ports	16-Bit Timer Counter	Programmable Controller Array (PCA)	UART	Interrupt Expansion Ports (SPI)	On-Chip Interrupt Controller (NMI)	DMA Channels	A/D Channels	Encoder Inputs/ Source/ Version	Power Down And Stand- by Mode
8051	8051	-	4K	128	4	2	-	1	-	-	-	-	6/5	-
8051AH	8051AH	8751H 8751BH	4K	128	4	2	-	1	-	-	-	-	4/5	-
8751AH	8751AH	8752BH	8K	256	4	3	-	1	-	-	-	-	8/6	-
80C2B01	80C2B01	87C51	4K	128	4	2	-	1	-	-	-	-	6/5	1
87C52	87C52	-	8K	256	4	3	1	1	-	-	-	-	3/6	1
87C51FA	87C51FA	87C51FA	8K	256	4	3	1	1	-	-	-	-	14/7	1
87C51FB	87C51FB	87C51FB	16K	256	4	3	-	1	-	1	2	-	14/7	1
87C512A	87C512A	-	8K	256	5	2	-	1	-	1	2	-	19/11	1
-	87C512B	-	-	256	7	2	-	1	-	1	1	-	19/11	1
87C512C	87C512C	-	8K	256	5	2	-	1	-	1	2	-	19/11	1
-	87C512D	-	-	256	7	2	-	1	-	1	2	-	19/11	1
87C452	87C452	87C452H	8K	256	5	2	-	1	-	-	-	-	9/8	1

ตารางที่ 3.1 ตระกูลไมโครคอนโทรลเลอร์

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลไมโครคอนโทรลเลอร์

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5V ชั่วคราว
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไป มีถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีไทม์เมอร์ เคนเตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับ 8052 มี 3ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด
- รับอินพุตพัลส์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แหล่ง 6 เวกเตอร์
- มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ตแบบ Full Duplex เลือกรูปได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND, OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้เทคโนโลยีในการผลิตเป็นแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงจะสะดวกสำหรับโปรแกรมเมอร์ที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิก โครงสร้างภายในสำหรับเบอร์ 8051

3.3 พอร์ตของ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาต่างๆ ดังนี้

- V_{CC} (ขา 40) ต่อกับ +5V

- Vss (ขา 20) เป็นขา GND
- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7 – P0.0) มีโครงสร้างแบบ

Open-Drain Bi-Directional

พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7-P0.0) ใช้งานได้ 2 หน้าที่คือ แอคเครสส์ และ คาส์บัส เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุตพอร์ทต้องส่งลอจิก "1" ไปยังพอร์ตนี้นี้ จะมีผลให้ Q ของ D-FF เป็น "0" ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะเป็น OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุตพอร์ทแลตช์โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ตัวบนและอ่าน พอร์ต (pin) จะใช้สัญญาณ Read (pin)

พอร์ต 1 (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0-P1.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน Internal Pull up Register

พอร์ต 2 (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P2.7-P2.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียว ส่วนด้านบนใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน (Internal pull up) พอร์ตนี้นี้ทำงาน 2 หน้าที่คือ สามารถใช้เป็นแอคเครสส์ขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ตใช้งานทั่วไป เมื่อจะใช้งานเป็นอินพุตพอร์ทต้องส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ตนี้นี้ก่อน เพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF

พอร์ต 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ ขา (P3.7-P3.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่คือ เป็นไอโอพอร์ต ถ้าจะโปรแกรมให้เป็นอินพุตพอร์ท ต้องส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ตนี้นี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมาและรับสัญญาณเข้าไป สัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

P3.0/RXD (ซีเรียล อินพุต พอร์ต) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.1/TXD (ซีเรียล เอาท์พุต พอร์ต) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.2/INT0 (เอ็กซ์เทอร์เนล อินเตอร์รัปต์ 0) ใ้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0

P3.3/INT1 (เอ็กซ์เทอร์เนล อินเตอร์รัปต์ 1) ใ้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1

P3.4/To (เคาท์เดอร์ 0 เอ็กซ์เทอร์เนล อินพุต) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุตเข้าไปยังวงจร เคาท์เดอร์ 0 (เป็นอินพุตโหมดเคาน์เตอร์)

P3.5/T1 (เคาท์เดอร์ 1 เอ็กซ์เทอร์เนล อินพุต) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุตเข้าไปยังวงจร เคาท์เดอร์ 1 (เป็นอินพุตโหมดเคาน์เตอร์)

P3.6/WR (เอ็กซ์เทอร์เนล Data Memory Write strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

P3.7/RD (เอ็กซ์เทอร์เนล Data Memory read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

- ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตช์แอคเครสส์ไปค้ด้า (A7-A0) ที่ส่งออกมาจาก (พอร์ต 0) สัญญาณนี้จะแอคทีฟทุก ๆ 2 ครั้งใน 1 แมกซีนไซเคิล
- PSEN (ขา 29) เป็นขาสโตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอกสัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมกซีนไซเคิล แต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้

Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขา

- EA (ขา30) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
 ป้อน "0" จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิพ
 ป้อน "1" จะอ่านโปรแกรมจากภายในชิพ
- RST (ขา9) ขารีเซ็ต จะรีเซ็ตได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขาเป็นานอย่างน้อย 2 แมกซิมัซเซค

- XTAL1 (ขา19) ใช้ต่อคริสตัลภายนอกโดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

- XTAL2 (ขา18) ใช้ต่อคริสตัลภายนอกโดยเป็นเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

(การอ่านข้อมูลจาก Program Memory จะใช้สัญญาณ PSEN และการอ่านข้อมูลจาก Data Memory จะใช้สัญญาณ RD ส่วนสัญญาณ ALE คือสัญญาณที่ใช้ในการแลทช์แอดเดรส A7-A0 นั้นเอง)

3.4 การต่อหน่วยความจำ Program Memory และ Data Memory

3.4.1 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

หน่วยความจำที่ใช้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ

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

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ 8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมี ROM ขนาด 8 กิโลไบต์

RAM แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำข้อมูลภายในชิพมีเพียง 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และ 256 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปและหน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิพมีความจุ 64 กิโลไบต์

บางครั้งอาจจะสงสัยว่า ตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม และค่าตำแหน่งที่ซ้อนกัน ชิพจะรู้ได้อย่างไรว่าติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล บริษัทอินเทลได้ออกแบบแยกคำสั่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

MOV ใช้ติดต่อกับ RAM ภายใน

MOVE ใช้ติดต่อ Program Memory

MOVX ใช้ติดต่อ Data Memory ภายนอกชิพ โดยระบุตำแหน่งผ่าน DPTR และ PC

พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยผ่านทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area)

พื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80h - FFh) ตามรูป 3.15 เป็นพื้นที่ซ้อนกันอยู่อย่างละ 128 ไบต์ โดยส่วนแรกจะเป็น SFR แอดเดรส และ Indirect Address Area ดังนั้นผู้เขียนโปรแกรมถ้าจะติดต่อกับ SFR จะต้องใช้คำสั่งแบบเข้าถึงข้อมูลโดยตรงเท่านั้น (Direct Address Area) ส่วนพื้นที่อีกส่วนหนึ่งจะเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area) ส่วนตำแหน่ง (00h - 7Fh) จะเข้าถึงข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ พื้นที่ส่วนที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area)

พื้นที่ 128 ไบต์ ล่างสุดจะแบ่งเป็น 3 ส่วน

1. รีจิสเตอร์ แบงก์ (Register Banks 0-3)

ตั้งแต่ตำแหน่ง (00-1Fh) จะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์เบงค์ (0-3) โดยแบ่งเป็นเบงค์ละ 8 ไบต์ รวมแล้วได้ 32 ไบต์ (แต่ละเบงค์จะมีรีจิสเตอร์ R0,R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7) ถ้าชิพทำงานอยู่ที่เบงค์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ตก็กลับมาทำงานที่เบงค์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทันที

2. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนทีละบิตได้ (Bit Addressable Area)

พื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส (20h-7Fh) จำนวน 16 ไบต์แบ่งเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิต ซึ่ง ตำแหน่งบิตมีดังนี้ 00,01,02,03,04,05,06,07 จนถึง 7FH

เช่น บิต 00 ก็คือ D0 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h

บิต 01 ก็คือ D1 ของหน่วยความจำตำแหน่งที่ 20h

บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area)

พื้นที่ตั้งแต่ (30h – 7Fh) จะเขียนข้อมูลได้ทีละไบต์เท่านั้น ไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ ถ้าย้ายเนื้อหาที่สแตคมาบริเวณนี้โปรเซสซิงในการเขียนข้อมูลมาทับกับสแตค

Spatial Function Register (SFR) มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2

3.5 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ สามารถเลือกให้มีการทำงานเป็นไทม์เมอร์ หรือเคาน์เตอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเลือกที่บิต C/T ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD โหมดไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ อัฟ เคาท์เตอร์ รีจิสเตอร์ (TH_x, TL_x) ตัวเดียวกันซึ่งเป็นแบบนับขึ้น

โหมดไทม์เมอร์ UP เคาท์เตอร์ Register (TH_x, TL_x) จะถูกเพิ่มค่าทุก ๆ 1 แมกซีนไซเคิล (12 คาบเวลาของ ชิพยู OSC) โหมดนี้ไม่ต้องป้อนสัญญาณจากภายนอกเข้ามาแต่จะใช้สัญญาณ ชิพยู OSC

โหมดเคาน์เตอร์ UP เคาท์เตอร์ Register (TH_x, TL_x) จะถูกเพิ่มค่าทีละหนึ่งเมื่อป้อนสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้ามา 1 ลูกเข้ามาทางขา T0 (pin) หรือ T1 (pin) อยู่ที่ขา 14 และ 15 ตามลำดับ โดยไม่สนใจคาบเวลาของพัลส์แต่ละลูก การตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาทางขา นี้ โดยจะตรวจสอบทุก ๆ SSP2 ของแต่ละแมกซีนไซเคิล ดังนั้นการตรวจสอบสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก จะต้องใช้ถึง 1 แมกซีนไซเคิล (1/4 คาบเวลาของ ชิพยู OSC)

3.5.1 โครงสร้างของไทม์เมอร์ และเคาน์เตอร์

- เคาน์เตอร์ แบบนับขึ้น UP เคาท์เตอร์ Register (TH_x, TL_x)
- ส่วนเลือกโหมดไทม์เมอร์ และเคาน์เตอร์เลือกที่บิต C/T
- ส่วนควบคุมการนับ และหยุดนับ (สตาร์ท เคาท์เตอร์) ควบคุมที่บิต TRX ,GATE และสัญญาณจากภายนอกที่ขา NITX (pin)

- ในโหมดเคาน์เตอร์จะรับอินพุตพัลส์ จากภายนอกที่ขา TX pin
- ในโหมดไทม์เมอร์จะรับอินพุตพัลส์จากคล็อกซีพียูที่หารด้วย 12 แล้ว
- โหมดเคาน์เตอร์และไทม์เมอร์ใช้เคาน์เตอร์ตัวเดียวกันเป็นแบบนับขึ้น

Symbol	Name	Address
* ACC	Accumulator	0E0H
* B	B register	0F0H
* PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer 2 Bytes	
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
* P0	พอร์ท 0	80H
* P1	พอร์ท 1	90H
* P2	พอร์ท 2	0A0H
* P2	พอร์ท 3	0B0H
* IP	อินเตอร์รัพต์ Priority Control	0B8H
* IE	อินเตอร์รัพต์ ถิ่นเปิด Control	0A8H
TMOD	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ Mode	89H
* TCON	Control	88H
* +T2CON	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 Control	0C8H
TH0	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 High Byte	8CH
TL0	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 High Byte	8AH
TH1	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 Low Byte	8AH
TL1	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 High Byte	8BH
+TH2	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 Low Byte	8BH
+TH2	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 High Byte	0CDH
+TL2	ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 Low Byte	0DDH
+RCAP2H	T/C 2 Capture Reg. High	0CBH
+RCAP2L	Byte	0CAH
* SCON	T/C 2 Capture Reg. Low	98H
SBUF	Byte	99H
PCON	ซีเรียล Control	87H
	ซีเรียล Data Buffer	
	Power Control	

* = Bit Addressable

+ = 8052 Only

ตารางที่ 3.2 แสดงสัญลักษณ์ชื่อ และตำแหน่งต่างๆ ที่มีอยู่ใน SFR

ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ Mode Control Register (TMOD) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ (98H)

- GATEx - เป็นบิตเลือกการสตาท์ไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ x
- 0 ควบคุมโดย Software (Internal Control)
 - 1 ควบคุมโดย Hardware (เอ็กซ์เทอร์เนล Control โดยการทรiggerจากภายนอก)
- C/T - บิตเลือกการทำงานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ โดยเลือกดังนี้

ถ้า $C/T = 0$ เป็นการเลือกโหมด ไทม์เมอร์ (นับจำนวนเมกซ์ซินไซเคิล)

ถ้า $C/T = 1$ เป็นการเลือกโหมดเคาน์เตอร์ (นับจำนวนพัลส์จากภายนอก)

M1, M0

- เลือกโหมดการทำงานได้ 4 โหมด

M1	M0	โหมด	การทำงาน
0	0	0	13 บิต ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์
0	1	1	16 บิต ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์
1	0	2	8 บิต ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์แบบโวลต์ดิโมนัม
1	1	3	8 บิต ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์โดยใช้ TL0
1	1	3	8 บิต ไทม์เมอร์โดยใช้ TH0

ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ Control Register (TCR) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ (088H)

- บิต TF1 - แฟล็กซ์แสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 จะเซตไทม์เมอร์ 1 โอเวอร์โฟลว์และจะถูกเคลียร์เอง เมื่อซีพียูย้ายการไปที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์หรือใช้คำสั่ง CLR TF
- บิต TR1 - บิตควบคุมการนับของไทม์เมอร์ เคาน์เตอร์ 1 ควบคุมจากโปรแกรม
- 1 ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 1 เริ่มทำงานต่อ
 - 2 ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 1 หยุดทำงาน
- (กรณีนี้ต้องเซตหรือรีเซตบิต GATE ใน TMOD ก่อน)
- บิต TF0 - แฟล็กซ์แสดงการเกิด โอเวอร์โฟลว์ ของไทม์เมอร์ 0 ถูกเซตเมื่อไทม์เมอร์ 0 เกิดโอเวอร์โฟลว์ เช่นเดียวกับ TF1
- บิต TR0 - เช่นเดียวกับ TR1 แต่ใช้ควบคุมไทม์เมอร์ 0
- บิต IE1 - แฟล็กซ์แสดงการเกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา INT0 และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัปต์
- บิต IT1 - แฟล็กซ์เลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ ที่เกิดขึ้นที่ขา INT1 โดย
- 1 จะตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระดับแบบขอบขาขึ้นที่ขา INT1
 - 0 จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณที่ขา INT1
- บิต IE0 - แฟล็กซ์แสดงการเกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 0 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา INT1 และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัปต์
- บิต IT0 - เช่นเดียวกับ IT1

RCLK + TCLK	CP/RL2	TR2	MODE
0	0	1	16-bit auto-rload
0	1	1	16-bit capture
1	X	1	Baud rate generator
X	X	0	(off)

ตารางที่ 3.3 โหมดการทำงานของไทม์เมอร์ 2

- บิต TF2 - แฟล็กส์แสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 2 จะเซตเมื่อไทม์เมอร์ 2 เกิดโอเวอร์โฟลว์และจะถูกเคลียร์โดยใช้ซอฟต์แวร์เท่านั้น โดยใช้คำสั่ง CLR TF2 เท่านั้น บิต TF2 จะไม่ถูกเซตถ้าบิต RCLK = 1 และ TCLK = 1
- บิต EXE2 - แฟล็กส์แสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์จากภายนอกเบอร์ 2 เมื่อมีสัญญาณทริกจากภายนอกแบบขอบขาขึ้นที่ขา T2EX pin และบิต EXEN2 ต้อง = 1 การเคลียร์จะใช้ซอฟต์แวร์เท่านั้นเช่น CLR EXF2
- บิต RCLK - ใช้เลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาสำหรับกำหนดขอบเขตสำหรับพอร์ทสื่อสาร ทางด้านรับ
 1 = เลือกจาก ไทม์เมอร์ 2
 0 = เลือกจาก ไทม์เมอร์ 1
- บิต TCLK - ใช้เลือกตำแหน่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาสำหรับกำหนดขอบเขตสำหรับพอร์ทสื่อสาร ทางด้านส่ง
 1 = เลือกจาก ไทม์เมอร์ 2
 2 = เลือกจาก ไทม์เมอร์ 1
- บิต EXE2 - บิตเลือก อนุญาตหรือไม่อนุญาตสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากขา T2EX pin
 1 = อนุญาต
 0 = ไม่อนุญาต
- บิต TR2 - บิตควบคุมการสตาร์ทของไทม์เมอร์ 2 ควบคุมจากโปรแกรม
 1 = ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 2 เริ่มทำงาน
 0 = ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 2 หยุดทำงาน
- บิต C/T2 - บิตเลือกโหมดการทำงาน ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 2
 1 = ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 2 ทำงาน โหมดเคาน์เตอร์โดยทริกขอบขาขึ้นที่ขา T2EX pin และต้องเซตบิต EXEN2 ไว้ล่วงหน้า
 0 = ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 2 เลือกการทำงานโหมดเคาน์เตอร์

บิต CP/RL2 - บิตเลือกโหมดการทำงาน Capture หรือ Reload

1 = ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 2 ทำงาน Capture mode โดยทริกแบบ
ขอบขาสูงที่ขา T2EX pin และต้องเซ็ตบิต EXEN2 ไว้ล่วงหน้า

0 = ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 2 เลือกการทำงานแบบ Reload mode
โหลดค่าซ้ำอัตโนมัติเมื่อ TF2 = 1 หรือโดยการทริกแบบขอบขา
ลงที่ขา T2EX pin และต้องเซ็ตบิต EXEN2 ไว้ก่อน

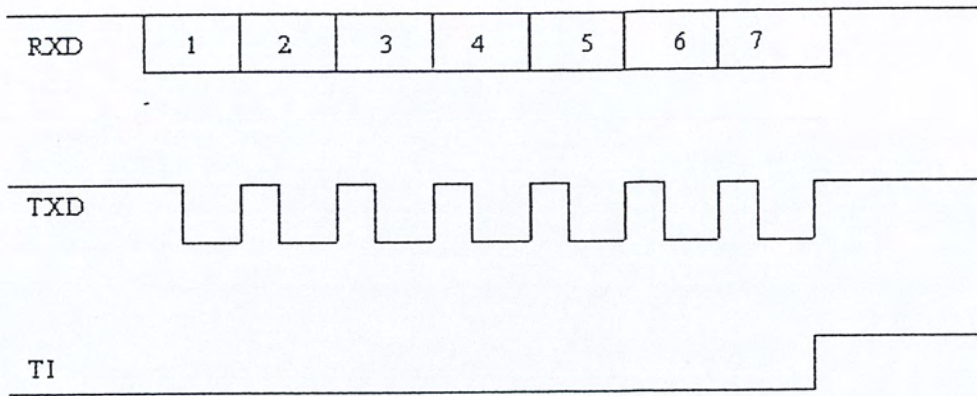
3.6 การโปรแกรมไทม์เมอร์ เคาน์เตอร์

การโปรแกรมจะต้องโปรแกรมค่า TMOD ดังตารางที่ 3.4 ซึ่งเลือกสแตร์ทแบบ Internal Control สแตร์ทโดยใช้คำสั่ง SETB TRXเลือกสแตร์ทแบบ เอ็กซ์เทอร์เนล Control สแตร์ทโดยใช้ การกระตุ้นจาก สัญญาณภายนอกที่ขา INTX pin สำหรับ 8051การ โปรแกรมไทม์เมอร์ เคาน์เตอร์ 2การ โปรแกรมจะต้อง โปรแกรมค่าใน TMOD ซึ่งเลือกสแตร์ทแบบ Internal Control สแตร์ทโดยใช้คำสั่ง SETB TR2เลือกสแตร์ทแบบ เอ็กซ์เทอร์เนล Control สแตร์ทโดยใช้ การกระตุ้นจากสัญญาณภายนอกที่ขา T2EX pin สำหรับ 80C154การรับ-ส่งข้อมูลอนุกรม (UART) ของ 8051 และ 8052

พอร์ทสื่อสารอนุกรมของ 8051, 8052 มีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่าฟูลดูเพลกซ์ (Full Duplex) ในการรับส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน โดยทางด้านส่งใช้ขา TXD (พอร์ท 3.1) ทางด้านรับใช้ขา RXD (พอร์ท 3.0) SBUF ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรม

พอร์ทสื่อสารอนุกรมของ 8051 สามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกันโดยเลือกที่ บิต SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานทั้ง 4 โหมด ของพอร์ทสื่อสารอนุกรม มีดังนี้

โหมด 0 พอร์ทสื่อสารอนุกรม 8 บิต โดยการส่งจะเลื่อนออกทีละบิตโดยส่งบิต D0 ออกไปก่อน ทางขา RXD และ ไม่มีการส่งสแตร์ทบิต แต่จะส่ง ซิฟลล๊อคทางขา TXD (ความเร็ว 1/12 เท่าของ ซิฟิยู CLOCK)



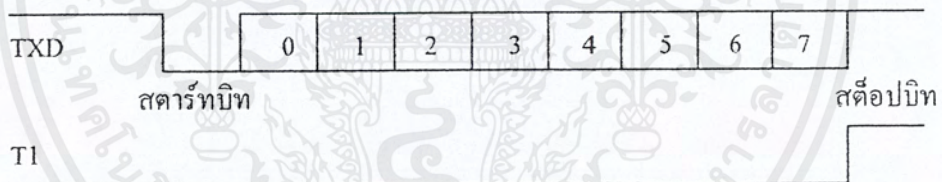
โหมด 1 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 10 บิต ข้อมูล 8 บิต สตาร์ทบิต และ สต็อบบิต และสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โพล์ของ ไทม์เมอร์ 1

$$\text{Baud Rate Mode 1} = (K * \text{Oscillator Freq.}) / (32 * 12 * (256 - (TH1)))$$

;สำหรับ 8032,8052 โดยใช้ ไทม์เมอร์ 1

$$\text{Baud Rate Mode 1} = (\text{Oscillator Freq.}) / (32 * [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)])$$

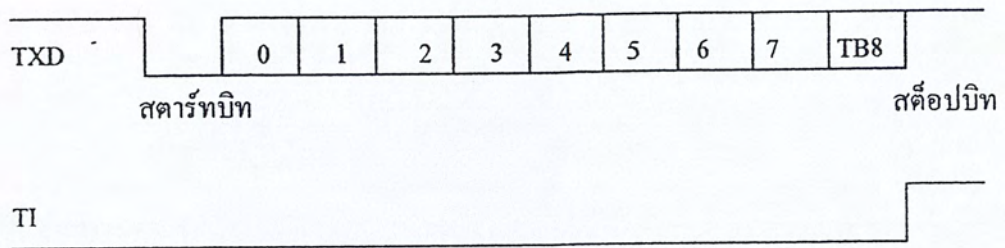
สำหรับ 8032,8052 โดยใช้ ไทม์เมอร์ 2



โหมด 2 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 11 บิต ใช้ข้อมูล 9 บิต 1 สตาร์ทบิต และสต็อบบิต (TB8 นิยมนำมาใช้ส่ง Parity bit) (ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ 1/32 และ 1/64 ของ ซีพียู Clock โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON)

$$\text{Baud Rate Mode 2} = 1(32 \text{ Osc Freq.}) \text{ เมื่อ SMOD} = 1$$

$$\text{Baud Rate Mode 2} = 1(64 \text{ Osc Freq.}) \text{ เมื่อ SMOD} = 0$$



โหมด 3 พอร์ตสื่อสารอนุกรมแบบ 11 บิต UART โดยส่งข้อมูล 9 บิต 1 สตาร์ทบิต และ 1 สตั๊อปบิต เหมือนโหมด 2 ยกเว้นอัตราความเร็วจะขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โพล์ของ ไทม์เมอร์ 1 สำหรับ 8051 หรือขึ้นกับ อัตราโอเวอร์โพล์ของ ไทม์เมอร์ 2 สำหรับ 80C154D

$$\text{Baud Rate Mode 3} = (K * \text{Oscillator Freq.}) / [32 * 12 * (256 - (TH1))]$$

;สำหรับ 8032,8052 โดยใช้ ไทม์เมอร์ 1

$$\text{Baud Rate Mode 3} = (\text{Oscillator Freq.}) / (32 * [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)])$$

;สำหรับ 8032,8052 โดยใช้ ไทม์เมอร์ 2



การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART)

มีอยู่ 2 โหมดด้วยกัน

Single Processor Mode

Multiprocessors Mode

Single Processors Mode : ในโหมดนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวเชื่อมเข้าหากัน

Multiprocessors Mode : ในโหมดนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ตัวเป็นตัวแม่ (Master) และอีก 256 ตัวลูก (Slave) รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม

Serial Control Register (SCON) อยู่ในตำแหน่ง SFR ตำแหน่ง (98H)

SM1	SM0	โหมด	การทำงาน
0	0	0	Shift register อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเท่ากับ $\frac{1}{2}$ ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ของ ซีพียู
0	1	1	8 บิต UART อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลขึ้นกับ ไทม์เมอร์ 1, 2 และบิต SMOD
1	0	2	9 บิต UART อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูล = $1/32$ หรือ $1/64$ ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ ขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON
1	1	3	9 บิต UART อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดที่ ไทม์เมอร์ 1, 2 และบิต SMOD

ตารางที่ 3.4 รีจิสเตอร์แบบซีเรียลคอนโทรล

SM2 บิตเลือกการทำงานแบบ Single Processors หรือ Mode Multiprocessors Mode

1 : เลือก Multiprocessors Mode ใช้ได้กับโหมด 2,3

0 : เลือก Single Processors Mode ใช้ได้กับทุกโหมด

เมื่อเลือกการทำงานรับข้อมูลแบบ Multiprocessors Mode แล้ว

ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับได้มีค่าเป็น 1 RI จะเซต

ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับได้มีค่าเป็น 0 RI จะเคลียร์

REN (Receive enable) บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

1 : ให้รับข้อมูลได้

0 : ห้ามรับข้อมูล

TB8 (Transmit bit D8) ข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปใน โหมด 2,3 ให้ใส่ในบิตนี้

RB8 (Receive bit D8) ข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจะมากับในบิตนี้
(ข้อมูลบิตที่ 9 ก็คือค่าใน TB8 ทางด้านส่งนั่นเอง)

TI แฟล็กส์ TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูลบิตสุดท้าย

RI แฟล็กส์ RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จบิตสุดท้ายเข้ามา (บิต RI, TI ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเคลียร์เอง)

Baud Rate	Fosc	SMOD	ไทม์เมอร์ 1		
			C/T	MODE	Reload Value
(MODE0) Max : 1MHz	12 MHz	X	X	X	X
(MODE2) Max : 375MHz	12 MHz	1	X	X	X
(MODE2) Min : 187.5MHz	12 MHz	0	X	X	X
MODE1,3 : 26.5 K	12 MHz	1	0	2	FFH
19.2 K	11.059 MHz	1	0	2	FDH
9.6 K	11.059 MHz	0	0	2	FDH
4.8 K	11.059 MHz	0	0	2	FAH
2.4 K	11.059 MHz	0	0	2	F4H
1.2 K	11.059 MHz	0	0	2	E8H
137.5	11.059 MHz	0	0	2	1DH
110	6 MHz	0	0	2	72H
110	12 MHz	0	0	1	FEEDH

ตารางที่ 3.5 การใช้ไทม์เมอร์ 1 กำหนดบอรัลเรท

การอินเตอร์รัปต์

คือการขัดจังหวะโปรแกรมชั่วคราวแล้วมาทำโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ (อินเตอร์รัปต์ Service Routine; ISR) การตรวจสอบสัญญาณการร้องขออินเตอร์รัปต์จะตรวจสอบที่ตำแหน่ง S5P2 ของทุก ๆ แมกซีนไซเคิล เมื่อพบแล้วในช่วงแมกซีนไซเคิลที่ 2 จะเป็นการตรวจสอบว่าเป็นของอุปกรณ์ใด และแมกซีนไซเคิลที่ 3 จะกระโดดไปทำโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ (อินเตอร์รัปต์ Service Routine; ISR) ดังรูป 2.3.28 อินเตอร์รัปต์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้มาจาก 8 แหล่ง แต่มีเพียง 6 เวกเตอร์ (TI และ RI ใช้ตำแหน่งเดียวกัน) ตำแหน่งของเวกเตอร์ดังแสดงดังตารางที่ 3.6

ลำดับ	ชื่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์	Vector Address	Priority
1	INT1	0003H	Highest ↑ ↓ Lowest
2	FT0	000BH	
3	INT1	0013H	
4	FT1	001BH	
5	TI+RI	0023H	
6	TF2+EXF2	002BH	

ตารางที่ 3.6 อินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์
อินเตอร์รัปต์ อินเเบ็ค Register (IE) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ (0A8H)

ใน อินเทอร์รัปต์ อินเเบิต Register (IE) ถ้าต้องการ อินาเบิต อินเตอร์รัปต์จากอุปกรณ์ตัวไหนก็เพียงแต่ไปเซตบิตของอุปกรณ์ตัวนั้นไว้ แค่อ่าลิมเซตบิต EA รายละเอียดของ IE

บิต	ชื่อบิต	การทำงาน
IE.7	EA	= 1 หมายถึง ขอมให้เลือกการทำอินเตอร์รัปต์จากแหล่งต่าง ๆ ได้ = 0 หมายถึง ไม่ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากแหล่งใด ๆ ทั้งสิ้น
IE.6	X	ไม่ได้ใช้งาน
IE.5 ET.2		= 1 หมายถึง ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF2 เกิดโอเวอร์โฟลว์ = 0 หมายถึง ไม่ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF2 เกิดโอเวอร์โฟลว์
IE.4	ES	= 1 หมายถึง ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากพอร์ทสื่อสารอนุกรมได้ = 0 หมายถึง ไม่ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากพอร์ทสื่อสารอนุกรมได้
IE.2 ET1		= 1 หมายถึง ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF1 เกิดโอเวอร์โฟลว์ = 0 หมายถึง ไม่ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF1 เกิดโอเวอร์โฟลว์
IE.2 EX1		= 1 หมายถึง ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอกหมายเลข 1 = 0 หมายถึง ไม่ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอกหมายเลข 1
IE.1 ET0		= 1 หมายถึง ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF0 เกิดโอเวอร์โฟลว์ = 0 หมายถึง ไม่ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF0 เกิดโอเวอร์โฟลว์
IE.0	EX0	= 1 หมายถึง ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอกได้ (ขาINT0) = 0 หมายถึง ไม่ขอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอกได้ (ขาINT0)

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดของ IE

- เช่น
- ถ้าต้องการคีสเอเบิต ทั้งหมดให้ใช้คำสั่ง CLR,EA
 - ถ้าต้องการอินเเบิต ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 ให้ใช้คำสั่ง
 - SETB EA ; อินเเบิต อินเตอร์รัปต์
 - SETB ET0 ; อินเเบิต ET0
 - SETB ET1 ; อินเเบิต ET1
 - ถ้าต้องการ อินเเบิต ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 และ คีสเอเบิต พอร์ทสื่อสาร
 - SETB EA ; อินเเบิต อินเตอร์รัปต์
 - SETB ET0 ; อินเเบิต ET0
 - SETB ET1 ; อินเเบิต ET1
 - CLR ES

ความหมายของสัญลักษณ์

E = อินเเบิต หรือ เอ็กซ์เทอร์เนล

T = ไทม์เมอร์

0,1,2 = Channel 0, Channel 1, Channel 2

- อินเตอร์รัปต์ภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้จาก ไทม์เมอร์0, ไทม์เมอร์1 โดยใช้ตรวจสอบ

ที่ TF0 และ TF1 และ

อินเทอร์รัปต์จากซีเรียลพอร์ทโดยตรวจ สอบที่ TI และ RI

- ขา INT0 และ INT ใช้งาน 2 หน้าที่ โดยที่

เมื่อทำอินเทอร์รัปต์จะเป็นขา เอ็กซ์เทอร์เนล อินเทอร์รัปต์ อินพุท

เมื่อไม่ทำอินเทอร์รัปต์จะใช้ สตาร์ท เคาท์เตอร์ หรือที่เราเรียกว่า ฮาร์ดแวร์

การขัดจังหวะของการอินเทอร์รัปต์เราสามารถกำหนดลำดับความสำคัญได้จาก สตาร์ท อินเทอร์รัปต์

Priority Register (IP)

อินเทอร์รัปต์ Priority Register (IP) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ (0B8H)

ใช้กำหนดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์

คำอธิบายความหมายในแต่ละบิตใน (IP)

- PT2 : 0 ไทม์เมอร์ มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
1 ไทม์เมอร์ มีลำดับความสำคัญสูงสุด
- PS : 0 ไทม์เมอร์ พอร์ทสื่อสารอนุกรม UART มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
1 ไทม์เมอร์ พอร์ทสื่อสารอนุกรม มีความสำคัญสูงสุด
- PT1 : 0 ไทม์เมอร์ มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
1 ไทม์เมอร์ มีลำดับความสำคัญสูงสุด
- PT0 : 0 ไทม์เมอร์ มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
1 ไทม์เมอร์ มีลำดับความสำคัญสูงสุด
- PX0 : 0 ไทม์เมอร์ อินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
1 ไทม์เมอร์ อินเทอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
- PCT : (83C154/83C154D Only)
: 0 ไทม์เมอร์ ยอมให้มีการจัดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์ (Priority)
: 1 ไทม์เมอร์ ไม่ยอมให้มีการจัดลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์

ถ้าทุกอินพุทเป็น 1 หมด จะถือว่าทุกตัวมีลำดับความสำคัญสูงสุดเท่ากัน เมื่อสัญญาณมาพร้อมกัน จะต้องตัดสินใจ ตามตารางที่ 3.7 เราสามารถสรุประบบการขัดจังหวะของ 8052 ได้ดังรูปที่ 3.31

83C154,83C154D มี อินเทอร์รัปต์ Source เพิ่มจาก 8051 อยู่คือ TF2 และ EXF2

อินเทอร์รัปต์เวคเตอร์ ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีอยู่ 8 แหล่งดังแสดงในตาราง ดังนี้

Source	Vector Address
IE0	0003H
TF0	000BH
IE1	0013H
TF1	001BH
RI+TI	0023H
TF2+EXF2	002BH

* มีเฉพาะในเบอร์ 8052 ขึ้นไป

ตารางที่ 3.8 อินเตอร์รัปต์เวกเตอร์

รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการประหยัคพลังงาน Power Control Register (PCON) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ (87H)

บิต SMOD - บิตกำหนดอัตราความเร็วการรับส่งข้อมูลอนุกรม UART

0 = อัตราความเร็ว 1 เท่า

1 = อัตราความเร็ว 2 เท่า

บิต HPD - Hard Power Down bit (มีใน 83C154, 83C154D เท่านั้น) หมายถึงการใช้สัญญาณจากภายนอกมากระตุ้นให้หยุดหรือเริ่ม Power Down Mode เมื่อถูกรีเซ็ตจะหยุดการทำงานในโหมดนี้

บิต RPD - Recover Power Down bit (มีใน 83C154, 83C154D เท่านั้น) มันได้ถูกนำไปใช้สำหรับยกเลิก Power-Down/Idle mode

1 = ถ้าการร้องขออินเตอร์รัปต์ถูกอินเทิลไว้ จะกระโดดไปทำ

โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์

0 = ถ้าการร้องขออินเตอร์รัปต์ถูกคีสเอเบิลไว้ โปรแกรมจะทำงาน

ต่อหลังจาก Power-Down/Idle Instruction

บิต GF1 - แฟล็กใช้งานทั่วไป

บิต GF2 - แฟล็กใช้งานทั่วไป

บิต PD - Power Down bit

1 = หยุดสัญญาณออสซิลเลเตอร์ของซีพียูสัญญาณรีเซ็ตหรืออินเตอร์รัปต์ (83C154, 83C154D เท่านั้นที่จะยกเลิกโหมดนี้)

บิต IDL - Idle Mode bit

1 = หยุดการทำงานของซีพียู สัญญาณรีเซ็ตหรืออินเตอร์รัปต์ เท่านั้นที่จะยกเลิกโหมดนี้

IOCON Register (83C154, 83C154D เท่านั้น) อยู่ใน SFR ตำแหน่ง (0F8H)

ใช้ควบคุมการทำงานของพอร์ท วอตดอก (Watch Dog 16/32 บิต) และแฟล็กชี้ที่แสดงการรับข้อมูลผิดพลาด (Frame error และ Overrun error) บิต WDT - = 0 Watch Dog = off

- = 1 Watch Dog = on
- บิต T32
 - = 0 เลือก ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์แบบ 16 บิต
 - = 1 เลือก ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์แบบ 32 บิต
- บิต SERR
 - ซีเรียล พอร์ต Error Detection เป็นแฟล็กซ์แสดงการรับข้อมูลผิดพลาด (Frame error and Overrun error) เมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้น
- บิต ALF
 - เมื่อเซต ALF = 1 และเซต Power Mode ไว้ จะมีผลให้พอร์ตทั้ง 3 มีสถานะเป็นสถานะความต้านทานสูง (High Impedance)
- บิต PIHZ
 - เลือกการทำงานของพอร์ต 1 โดยควบคุมร่วมกับบิต IAC ดังนี้

PIHZ	IZC	สถานะ
0	0	พอร์ต 1 = Low Impedance
0	1	พอร์ต 1 = High Impedance
1	x	พอร์ต 1 = Floating

- บิต P2HZ
 - เลือกการทำงานของพอร์ต 2 โดยควบคุมร่วมกับบิต IZC ดังนี้

PIHZ	IZC	สถานะ
0	0	พอร์ต 2 = Low Impedance
0	1	พอร์ต 2 = High Impedance
1	x	พอร์ต 2 = Floating

- บิต P3HZ
 - เลือกการทำงานของพอร์ต 3 โดยควบคุมร่วมกับบิต IZC ดังนี้

PIHZ	IZC	สถานะ
0	0	พอร์ต 3 = Low Impedance
0	1	พอร์ต 3 = High Impedance
1	x	พอร์ต 3 = Floating

REGISTER	VALUE IN BINARY
* ACC	0000 0000
* B	0000 0000
* PSW	0000 0000
SP	0000 1111
DPTR	0000 0000
* P0	1111 1111
* P1	1111 1111
* P2	1111 1111
* P3	1111 1111
* IP	XXX0 0000 80C51 XXX0 0000 83C154/C154D
* IE	0XX0 0000 80C51 0X000 0000 83C154/C154D and 80C52
TMOD	0000 0000

REGISTER	VALUE IN BINARY
* TCON	0000 0000
+* T2CON	0000 0000
TH0	0000 0000
TL0	0000 0000
TH1	0000 0000
TL1	0000 0000
- TH2	0000 0000
+ TL2	0000 0000
+ RCAP2L	0000 0000
- RCAP2H	0000 0000
* SCON	0000 0000
SBUF	Indeterminate
PCON	0xxx 0000 80C51 and 80C52 000X 0000 83C154 and 83C154D
-* IOCON	0000 0000

* : bit addressable

+ : 80C52, 83C154 and 83C154D only

- : 83C154 and 83C154D only

X : Undefined.

ตารางที่ 3.9 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ใน SFR หลังจากกรีเซตโดยสัญญาณจาก Watch Dog

TXD	0	1	2	3	4	5	6	7	TB8
สตาร์ทบิต									สต็อปปิต Missing
SERR									

3.7 การเชื่อมโยง 8255 กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

8255A RROMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

เป็นชิพขนาด 40 ขา มีอยู่ 3 พอร์ตคือ A, B, C เป็นพอร์ต 8 บิตที่สามารถโปรแกรมให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยที่พอร์ต C ยังเป็น 4 บิตล่างและ 4 บิตบน โดยมีโครงสร้างตามรูปที่ 3.41

3.7.1 โหมดการทำงาน

การทำงานมีอยู่ด้วยกัน 3 โหมด ดังตารางที่ 3.10

โหมด 0 มีการทำงานแบบ BASIC I/O ไม่มี handshake

โหมด 1 โหมดนี้ใช้พอร์ต A, B ในการรับหรือส่งข้อมูล และใช้พอร์ต C ในการตรวจสอบสัญญาณ (handshake)

โหมด 2 โหมดนี้ใช้พอร์ต A ในการรับส่งข้อมูล 2 ทิศทางและพอร์ต B ในการรับหรือส่งข้อมูล และใช้พอร์ต C บิต 0, 1, 2 ในการรับส่งข้อมูลบิตและบิต 3, 4, 5, 6 และ 7 เป็นสัญญาณ แอนด์เชก

	MODE0			MODE1			MODE2
	IN	OUT		IN	OUT		
PA ₀	IN	OUT		IN	OUT		↔
PA ₁	IN	OUT		IN	OUT		↔
PA ₂	IN	OUT		IN	OUT		↔
PA ₃	IN	OUT		IN	OUT		↔
PA ₄	IN	OUT		IN	OUT		↔
PA ₅	IN	OUT		IN	OUT		↔
PA ₆	IN	OUT		IN	OUT		↔
PA ₇	IN	OUT		IN	OUT		↔
PB ₀	IN	OUT		IN	OUT		_____
PB ₁	IN	OUT		IN	OUT		_____
PB ₂	IN	OUT		IN	OUT		_____
PB ₃	IN	OUT		IN	OUT		_____
PB ₄	IN	OUT		IN	OUT		_____
PB ₅	IN	OUT		IN	OUT		_____
PB ₆	IN	OUT		IN	OUT		_____
PB ₇	IN	OUT		IN	OUT		_____
PC ₀	IN	OUT		INTR _B	INTR _B		IN ₁
PC ₁	IN	OUT		IBF _B	OBF _B		IN ₁
PC ₂	IN	OUT		STB _B	ACK _B		IN ₁
PC ₃	IN	OUT		INT _A	INTR _A		INTR ₁
PC ₄	IN	OUT		STB _A	I/O		STB ₁
PC ₅	IN	OUT		IBF _A	I/O		IBF ₁
PC ₆	IN	OUT		I/O	ACK _A		ACK ₁
PC ₇	IN	OUT		I/O	OBF _A		OBF ₁

MODE 0
OR MODE 1
ONLY

ตารางที่ 3.10 สรุปลักษณะต่าง ๆ ของ 8255

ขาสัญญาณต่าง ๆ ของ 8255

- D₇- D₀ - บัสข้อมูลเชื่อมโยงกับซีพียู
- A₇- A₀ - ใช้เลือกพอร์ท A, B, C และพอร์ทควบคุม
- RESET - เมื่อเข้าขาได้รับสัญญาณกระตุ้นลอจิก1 จะทำให้ 8255 ถูกรีเซ็ตมีผลทำให้ทุกพอร์ทเป็นอินพุตทันที
- PA₇- PA₀ - เป็นพอร์ทขนาน 8 บิต
- PB₇- PB₀ - เป็นพอร์ทขนาน 8 บิต
- PC₇- PC₀ - เป็นพอร์ทขนาน 8 บิต
- RD - ในการอ่านข้อมูลที่พอร์ทของ 8255 ต้องทำให้ขานี้เป็นลอจิก 0 พร้อมกับ CS

WR - ในการเขียนข้อมูลหรือโปรแกรมลงบน 8255 ต้องทำให้ขา WR เป็นลอจิก 0 พร้อมกับ CS

CS - เป็นขาเลือกชิพ 8255 ได้ ขา WR โดยต่อกับ IO/ DECODER

เมื่อขา WR, RD, A0, A1, CS ทำงานทั้ง 5 ขาจะมีฟังก์ชันการทำงานดังตารางที่ 3.11

A0	A1	RD	WR	CS	
					อินพุต operation (READ)
0	0	0	1	0	พอร์ท A → data bus
0	1	0	1	0	พอร์ท B → data bus
1	0	0	1	0	พอร์ท C → data bus
					เอาต์พุต operation (WRITE)
0	0	1	0	0	Data bus → พอร์ท A
0	1	1	0	0	Data bus → พอร์ท B
1	0	1	0	0	Data bus → พอร์ท C
1	1	1	0	0	Data bus → พอร์ท D
					คีสเอเบิล function
X	X	X	X	1	Data bus → 3-state
1	1	0	1	0	Illegal condition
X	X	1	1	0	Data bus → 3-state

ตารางที่ 3.11 ความจริงของ 8255

การถอดรหัสตำแหน่งพอร์ทของ 8255 ได้เบอร์พอร์ทดังนี้

(8000H - 8FFFH)

(9000H - 9FFFH)

(A000H - AFFFH)

(B000H - BFFFH)

(C000H - CFFFH)

(D000H - DFFFH)

(E000H - EFFFH)

(F000H - FFFFH)

และเอาต์พุตที่ตำแหน่ง (F000H - FFFFH) มาถอดรหัสร่วมกับ A8, A9, A10 โดยใช้ 74LS138

ได้พอร์ท

(F800H - F8FFFH)

(F900H - F9FFFH)

(FA00H - FAFFFFH)

(FB00H – FBFFH)

(FC00H – FCFFH)

(FD00H – FDFFH)

(FE00H – FEFFH)

(FF00H – FFFFH)

สัญญาณเลือกชิพ 8255 ใช้เบอร์พอร์ท (FC00H - FCFFH) และ A_0 , A_1 ต่อเข้า $A0$, $A1$ ของ 8255 จะได้เบอร์พอร์ทของ 8255 ดังตารางที่ 3.1?

3.8 การเชื่อมโยง 8255 เข้ากับ ซีพียู

ดังแสดงการต่อในรูปที่ 3.42 , I/O Address และตารางที่ 3.12

3.8.1 The Bit set/Reset Mode

นอกจากเราจะใช้พอร์ท A,B,C ในการโปรแกรมให้เป็นอินพุตแล้วเรายัง สามารถที่จะ โปรแกรม พอร์ท C บิต PC0-PC7 ให้เป็นลอจิก 0 หรือ 1 (ใช้งานเป็นเอาต์พุต) เพื่อใช้เป็นสัญญาณ STROBE ได้ วิธีการโปรแกรมพอร์ท C

3.8.2 พัลส์เวลา (โหมด 1) อินพุตพอร์ท

เมื่อพอร์ท A, B ได้ถูกโปรแกรมเป็นพอร์ทในการรับส่งข้อมูลแล้ว จะต้องใช้สัญญาณควบคุม 3 สัญญาณ คือ IBF, STB, INTR

IBF เป็นขาเอาต์พุตแอกทีฟที่ 1 แสดงถึงอินพุตบัฟเฟอร์ เต็ม (เมื่อ ซีพียู อ่านข้อมูลจาก พอร์ทอินพุตไปแล้วจะทำให้ขานี้เปลี่ยนเป็นลอจิก 0 คือ ว่างพร้อมที่จะรับข้อมูล ใหม่)

STB เป็นขาอินพุตแอกทีฟที่ 0 เป็นขาที่อุปกรณ์ภายนอกส่งมากระตุ้นให้อินพุตพอร์ท แลatches ข้อมูลไว้

INTR เป็นขาเอาต์พุตแอกทีฟที่ 1 จะแอกทีฟหลังจากที่ได้รับ STB แอกทีฟ 0 ช่วงที่ STB เปลี่ยนจากระดับต่ำไปสูง ขา INTR จะแอกทีฟทันที (ต้องอินาเบิล อินเตอร์รัปต์ ฟลิปฟลอป ไว้ก่อน โดย เช็ตที่ PC_4 ถ้าใช้งานที่พอร์ท A และเช็ตที่ PC_2 ใช้ใช้งานที่พอร์ท B) มี ไทม์มิงไดอะแกรม ของ (โหมด 1) อินพุตพอร์ท

จะเห็นว่า ก่อนที่อุปกรณ์ภายนอกจะส่ง STB เข้ามา 8255 จะต้องตรวจสอบขา IBF ว่าว่างหรือเปล่า (0 คือ ว่าง) ก็จะส่งข้อมูล 8 บิตมา ตามหลังด้วย STB แอกทีฟที่ 0 หลังจากนั้นไม่นาน IBF ก็จะ เป็น 1 แสดงว่าข้อมูลถูกแลตช์ไว้ได้แล้ว ช่วงที่ STB เปลี่ยนกลับเป็น 1 ช่วงนี้เอง INTR ก็จะแอกทีฟ (มีลอจิก 1) สัญญาณนี้ถูกต่อกับขา INT ของ ซีพียู ก็จะกระโดดไปโปรแกรมอินเตอร์รัปต์ ภายใน โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ จะมีการอ่านข้อมูลไปเก็บ เมื่ออ่านข้อมูลไปเก็บเรียบร้อยแล้ว IBF ก็จะว่างลงอีกครั้ง (เป็นลอจิก 0)

3.8.3 ผังเวลา (โหมด 1) เอาท์พุทพอร์ท

เมื่อพอร์ท A, B ได้ถูกโปรแกรมใน (โหมด เพื่อใช้ในการส่งข้อมูล 8 บิต พอร์ท C จะถูกกำหนดให้เป็นพอร์ทในการตรวจสอบสัญญาณ (Handshake) สัญญาณที่ใช้มี 3 สัญญาณคือ OBF, ACK, INTR

OBF เป็นขาเอาท์พุทแอกทีฟ 0 เมื่อ ซีพียู ส่งข้อมูลออกมาที่พอร์ทของ 8255 แล้วขานี้จะเป็น 0 หลังจากช่วงขอบขาขึ้นของ WR จะเปลี่ยนเป็น 1 ในช่วงขอบขาขึ้นของ ACK (ขา OBF ถ้ามีลอจิก 0 หมายถึงเอาท์พุทบัฟเฟอร์เต็ม, ถ้าเป็น 1 หมายถึงว่าง)

ACK เป็นขาอินพุทแอกทีฟที่ 0 เป็นสัญญาณตอบรับอุปกรณ์ภายนอกส่งมายัง 8255 หลังจากทีอินพุทพอร์ทเก็บข้อมูลได้แล้ว

INTR เป็นขาเอาท์พุทแอกทีฟที่ 1 ส่งไปอินเตอร์รัปต์ ซีพียู หลังจากที 8255 ได้รับ ACK ช่วงขอบขาขึ้นก็จะส่ง INTR แอกทีฟ 1 ออกไป (ต้องโปรแกรม INTR ไว้ก่อนถ้าเป็นพอร์ท A ต้องเซตที่ PC₆ และพอร์ท B ต้องเซตที่ PC₂) มี TIMMING PROGRAM (โหมด 1) เอาท์พุทพอร์ท

จะเห็นว่าการทำงานสามารถอธิบายได้ดังนี้ ก่อนที่ซีพียู จะส่งข้อมูลใหม่มายังเอาท์พุทพอร์ท จะต้องตรวจเช็ค OBF ก่อน ถ้า OBF = 1 (คือว่าง) ก็สามารถส่งข้อมูลใหม่มาที่เอาท์พุทพอร์ทได้ ขณะการส่งข้อมูลมา สัญญาณ WR จะแอกทีฟ 0 และช่วง WR เปลี่ยนเป็น 1 ช่วงนี้เองจะทำให้ OBF และ INTR เป็น 0 อยู่ช่วงหนึ่งจนกว่าจะมีสัญญาณ ACK (สัญญาณตอบรับจากอุปกรณ์ภายนอก บอกว่ารับข้อมูลไว้แล้ว หลังจาก ACK เป็นสถานะต่ำ ทำให้ OBF เป็น 1 คือเอาท์พุทบัฟเฟอร์จะว่างลงอีกครั้งเมื่อ ACK เปลี่ยนเป็น 1 ช่วง leading edge จะทำให้ INTR เปลี่ยนเป็น 1 ด้วย ช่วงนี้เองโปรแกรมจะกระโดดไป ISR (อินเตอร์รัปต์ Service Routine) เพื่อจะได้นำข้อมูลใหม่มาที่เอาท์พุทพอร์ท 8255 (โหมด 2) ใช้พอร์ท A รับส่งข้อมูลแบบบัส 2 ทิศทาง พอร์ท B เป็นไอโอพอร์ท และพอร์ท C ใช้สำหรับรับส่งสัญญาณตรวจสอบความพร้อม มีตาราง Control Word และผังเวลา

3.9 คำอธิบายความหมายในแต่ละบิตใน (IP)

PT2	0	ไทม์เมอร์ 2 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
	1	ไทม์เมอร์ 2 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PS	0	พอร์ทสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญต่ำสุด
	1	พอร์ทสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญสูงสุด
PT1	0	ไทม์เมอร์ 1 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
	1	ไทม์เมอร์ 1 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PT0	0	ไทม์เมอร์ 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
	1	ไทม์เมอร์ 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PX0	0	อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
	1	อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PCT (83C154/83C154D Only)		
	0	ยอมให้มีการจัดความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์ (Priority)

1 ไม่ยอมให้มีการจัดความสำคัญ ของการอินเตอร์รัปต์ การทำหรือไม่ทำอินเตอร์รัปต์ควบคุมจาก IE

ถ้าทุกบิตเป็น 1 หมด จะถือว่าทุกตัวมีลำดับความสำคัญสูงสุดเท่ากัน เมื่อสัญญาณมาพร้อมกัน จะต้องตัดสินใจตามตารางที่ 3.7 เราสามารถสรุประบบการจัดจังหวะของ 8052 ได้

การเลือกลักษณะของการทริก (อินเตอร์รัปต์ Type Control) ไม่ได้อยู่ในรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมอินเตอร์รัปต์ แต่ไปอยู่ในรีจิสเตอร์ TCON แทน ดังรายละเอียดดังนี้

ไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์ Register (TCON) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ (008H)

ใช้งานหลายหน้าที่ คือ

- TFx ใช้เป็นที่เก็บ Flag ของ ไทม์เมอร์ 0, 1
- TRX ใช้ สตาร์ท ไทม์เมอร์ เคาท์เตอร์ 0, 1
- IEx ใช้เป็นที่เก็บ Flag ของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0, 1
- ITX ใช้เลือกลักษณะของการทริกที่ขา INTX บิต TF1

(ไทม์เมอร์ Over Flow Flag) บิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ 1 จะเซตเมื่อเกิดการโอเวอร์โฟลว์ และจะถูกเคลียร์เองเมื่อซีพียูย้ายการไปที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์

บิต TR1 บิตควบคุมการนับของไทม์เมอร์ 1 ควบคุมจากโปรแกรม

1 ไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ 1 เริ่มทำงานต่อ

0 ไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ 1 หยุดทำงาน

บิต TF0 (ไทม์เมอร์ Over Flow Flag) บิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ 0 จะถูกเซตเมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ เช่นเดียวกับ TF1

บิต TR0 เช่นเดียวกับ TR1 แต่ใช้ควบคุมไทม์เมอร์ เคาน์เตอร์ 0

บิต IE1 บิตแสดงสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา INT1 และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัปต์

บิต IT1 บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เข้ามาทางขา INT1

1 จะตรวจสอบการเปลี่ยนระดับสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ขา INT1

0 จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณที่ขา INT1

ข้อควรสังเกต

- | | |
|-----|---|
| T | หมายถึง ไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์ หรือ Type |
| R | หมายถึง Run |
| F | หมายถึง Flag |
| E | หมายถึง เอ็กซ์เทอร์เนล |
| 1,0 | หมายถึง Channel 0 หรือ Channel 1 บางทีก็ใช้คำว่า x เช่น TRX |

- ถ้าต้องการ อินเนบิล ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 ให้ใช้เพียงคำสั่งเดียว

SETB EA ; อินเนบิล อินเตอร์รัปต์

SETB ET0 ; อินเนบิล ET0

SETB ET1 ; อินเนบิล ET1

- ถ้าต้องการ อินเนบิล ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 และคิสเอเบิล พอร์ตสื่อสารอนุกรมให้ใช้คำ

สั่ง

SETB BA ; อินเนบิล อินเตอร์รัปต์

SETB ET0 ; อินเนบิล ET0

SETB ET1 ; อินเนบิล ET1

CLR ES ; คิสเอเบิล ซีเรียลพอร์ต

ความหมายของสัญลักษณ์ E = อินเนบิล หรือ เอ็กซ์เทอร์เนล ; T = ไทม์เมอร์

0,1,2 = Channel 0, Channel 1, Channel 2

- อินเตอร์รัปต์ภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้จาก ไทม์เมอร์ 0, ไทม์เมอร์ 1 โดยตรวจสอบที่ TF0 และ TF1 และอินเตอร์รัปต์จาก ซีเรียลพอร์ตโดยตรวจสอบที่ TI และ RI

- ขา INT0 และ INT1

เมื่อทำการอินเตอร์รัปต์ จะใช้ เอ็กซ์เทอร์เนล อินเตอร์รัปต์ อินพุต

เมื่อไม่ทำการอินเตอร์รัปต์ จะใช้ สตาร์ท ไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์ หรือที่เราเรียกว่า ฮาร์ดแวร์ คาร์ท

การจัดจังหวะของการอินเตอร์รัปต์เราสามารถกำหนดลำดับความสำคัญได้จาก อินเตอร์รัปต์ Priority Register (IP)

3.10 คำอธิบายความหมายในแต่ละบิตใน (IP)

PT2 0 ไทม์เมอร์ 2 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด

1 ไทม์เมอร์ 2 มีลำดับความสำคัญสูงสุด

PS 0 พอร์ตสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญต่ำสุด

1 พอร์ตสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญสูงสุด

PT1 0 ไทม์เมอร์ 1 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด

1 ไทม์เมอร์ 1 มีลำดับความสำคัญสูงสุด

PT0 0 ไทม์เมอร์ 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด

1 ไทม์เมอร์ 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด

PX0 0 อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด

1 อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด

PCT (83C154/83C154D Only)

0 ขอมให้มีการจัดความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์ (Priority)

1 ไม่ขอมให้มีการจัดความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์ การทำหรือไม่ทำอินเตอร์รัปต์

ควบคุมจาก IE

ถ้าทุกบิตเป็น 1 หมด จะถือว่าทุกตัวมี ลำดับความสำคัญสูงสุดเท่ากัน เมื่อสัญญาณมาพร้อมกันจะต้องตัดสินใจตามตารางที่ 3.13 เราสามารถสรุประบบการจัดจังหวะของ 8052 ได้

การเลือกลักษณะของการทริก (อินเตอร์รัปต์ Type Control) ไม่ได้อยู่ในรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมอินเตอร์รัปต์ แต่ไปอยู่ในรีจิสเตอร์ TCON แทน ดังรายละเอียดดังนี้

ไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์ Register (TCON) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ (008H)

ใช้งานหลายหน้าที่ คือ

- TFx ใช้เป็นที่เก็บ Flag ของ ไทม์เมอร์ 0, 1
- TRX ใช้ สตาร์ท ไทม์เมอร์ เคาท์เตอร์ 0,1
- IEx ใช้เป็นที่เก็บ Flag ของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0,1
- ITX ใช้เลือกลักษณะของการทริกที่ขา INTX

บิต TF1 (ไทม์เมอร์ Over Flow Flag) บิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์เคาท์เตอร์ 1
จะ

เซตเมื่อเกิดการโอเวอร์โฟลว์ และจะถูกเคลียร์เองเมื่อซีพียูย้ายการไปที่โปรแกรม
บริการอินเตอร์รัปต์

บิต TR1 บิตควบคุมการนับของไทม์เมอร์ 1 ควบคุมจากโปรแกรม
1 ไทม์เมอร์เคาท์เตอร์ 1 เริ่มทำงานต่อ
0 ไทม์เมอร์เคาท์เตอร์ 1 หยุดทำงาน

บิต TF0 (ไทม์เมอร์ Over Flow Flag) บิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์เคาท์เตอร์ 0
จะถูกเซตเมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ เช่นเดียวกับ TF1

บิต TR0 เช่นเดียวกับ TR1 แต่ใช้ควบคุมไทม์เมอร์ เคาท์เตอร์ 0

บิต IE1 บิตแสดงสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่
ขา INT1 และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัปต์

บิต IT1 บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เข้ามาทางขา INT1

- 1 จะตรวจสอบการเปลี่ยนระดับสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ขา INT1
- 0 จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณที่ขา INT1

ข้อควรสังเกต

- T หมายถึง ไทม์เมอร์/เคาท์เตอร์ หรือ Type
- R หมายถึง Run
- F หมายถึง Flag
- E หมายถึง เอ็กซ์เทิร์นแนล
- 1,0 หมายถึง Channel 0 หรือ Channel 1 บางทีก็ใช้คำว่า x เช่น TRX

บทที่ 4

รายละเอียดโครงสร้างของระบบ

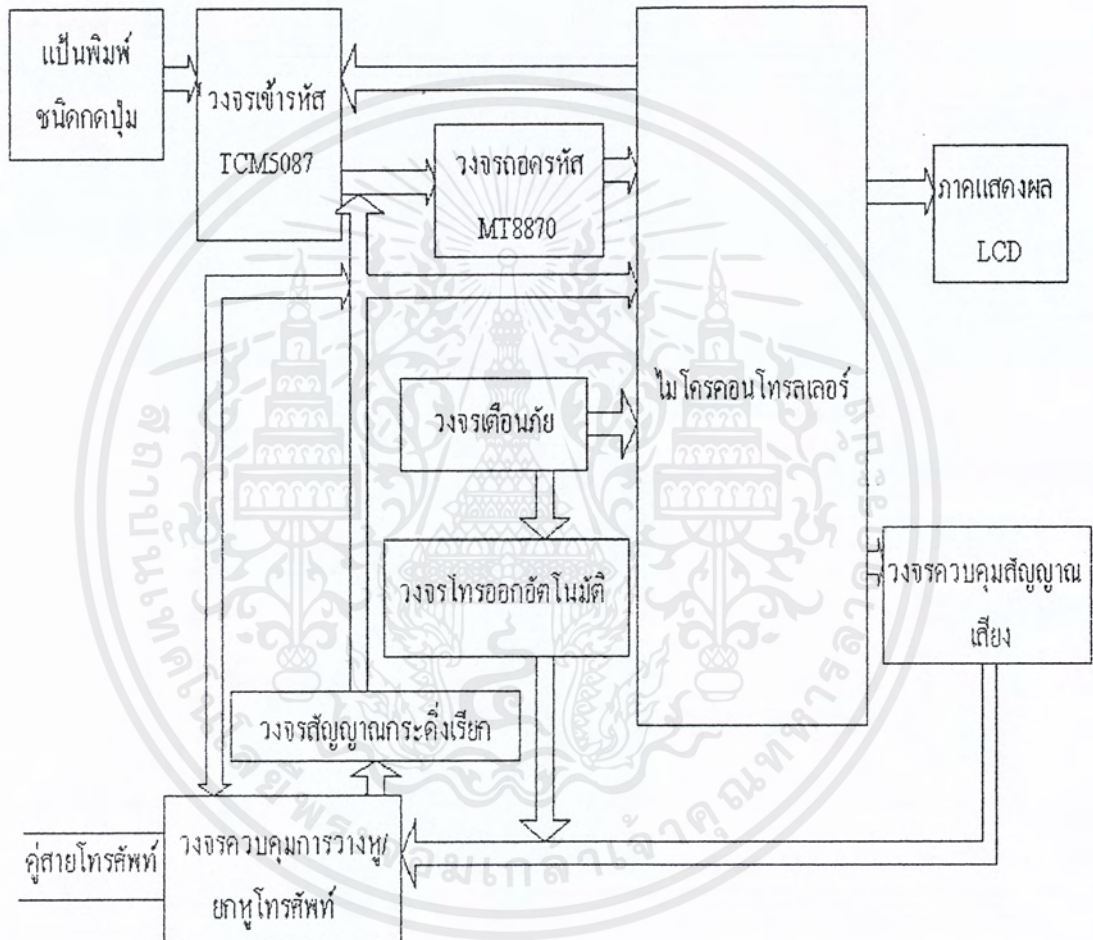
4.1 คำนำ

บทนี้จะกล่าวถึงการทำงานตามโครงสร้างของระบบ เพื่อจะนำไปใช้ออกแบบในบทต่อไป

4.2 หลักการทำงาน

การทำงานของเครื่องสื่อสารสำหรับคนหูหนวกผ่านทางคู่สายโทรศัพท์สามารถแสดงได้ดังรูปที่

4.1



รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรม แสดงการทำงาน ของโครงการ

จาก บล็อกไดอะแกรม สามารถที่จะอธิบายหลักการทำงานได้ดังนี้

1. สัญญาณ โทรศัพท์จะเข้าสู่ระบบวงจรจับสัญญาณเรียกเข้าก่อน โดยถ้ามีสัญญาณเรียกเข้าเข้ามา จะแสดงผลที่ LED

2.เมื่อ LED เรืองแสง แสดงว่ามีสายเรียกเข้ามา ก็ทำการขงูโทรศัพท์ หรือสับ สวิทช์คอนเน็ค เครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูและเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติเข้ากับองค์การ โทรศัพท์

3.ถ้าเป็นฝ่ายรับสัญญาณจากองค์การ โทรศัพท์จะเข้าที่ไอซี MT8870 เพื่อถอดรหัสความถี่ที่ได้ จากการกดคีย์หมายเลขจากเครื่อง โทรศัพท์หรือทางแป้นพิมพ์ของผู้เรียกเข้าให้เป็นตัวเลขใบนารีขนาด 4 บิต ส่งต่อไป ไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อไป

4.ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการ ประมวลผลข้อมูล แล้วจึงส่งไปแสดงผลที่ LCD

5.ถ้าเป็นฝ่ายส่งก็สามารถที่จะกดหมายเลขเครื่อง โทรศัพท์หรือที่เครื่อง โทรศัพท์สำหรับผู้พิการ ทางหูและเตือนภัยอัตโนมัติโดยจะมีไอซี TCM5087 เข้าได้ทำให้เป็นสัญญาณระบบมัลติเพล็กซ์แบบความถี่ คู่ผสมส่งออกไปยังคู่สาย โทรศัพท์ส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งจะส่งไปยังภาคถอดรหัส MT8870 แล้วส่งต่อไป ไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะประมวลผลแล้วจะแสดงผลทาง LCD

6.ฝ่ายวงจรแจ้งเหตุอัตโนมัติ จะอาศัยหลักการของไอซีตรวจจับความร้อนคือ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น จากที่ได้ตั้งเกณฑ์ไว้ จะทำการส่งสัญญาณส่วนนี้ แล้วส่งสัญญาณไป ไมโครคอนโทรลเลอร์

7.ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะสั่งให้วงจรโทรออกอัตโนมัติ เพื่อแจ้งเหตุ (ตามหมายเลขที่ได้กำหนดไว้)

8.หากมีผู้รับสายแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะสั่งให้วงจรบันทึกเสียงทำงานบอกเหตุหรือ ตำแหน่งที่เกิดเหตุเพื่อให้หน่วยงานนั้น ๆ แก้ไขได้ทันทั่วทั้ง

จากบล็อกไดอะแกรมสามารถที่จะดำเนินงานได้ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษารายละเอียดของระบบ โทรศัพท์ และการแปลงสัญญาณเข้ารหัส ถอดรหัสของ ระบบมัลติเพล็กซ์แบบความถี่คู่ผสม การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจร โทรออกอัตโนมัติ วงจร บันทึกเสียง วงจรเตือนภัย

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบวงจรตรวจจับสัญญาณรบกวน วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ระบบมัลติเพล- ล็กซ์แบบความถี่คู่ผสม วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ระบบมัลติเพล็กซ์แบบความถี่คู่ผสม วงจรบันทึก เสียง วงจรเตือนภัย วงจร โทรออกอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 3 สร้างวงจรตามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบวงจรในแต่ละส่วนตามที่ได้สร้างเอาไว้ในขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 5 เขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผลข้อมูลที่ได้จาก MT8870 ไปแสดงผลเป็นตัวอักษรที่

LCD

ขั้นตอนที่ 6 ทดสอบการทำงานของชิ้นงานที่สมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผลการทำโครงการ ปัญหาในการทำงาน แล้วก็พิมพ์รายงาน

4.3 อุปสรรคในการทำโครงการ

1.หาซื้ออุปกรณ์บางตัวไม่ได้ ทำให้เสียเวลาในการศึกษาอุปกรณ์ตัวใหม่

2.การทำงานของคีย์บอร์ดล่าช้า

3.การทำงานด้านฮาร์ดแวร์ บางครั้งการทำงานอาจจะไม่เต็ม 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากบางครั้งงาน ยังไม่ค่อยมีเสถียรภาพมากนัก ฉะนั้นผลที่ได้ออกมาจะไม่ตรงกันก็ได้

4. ส่วนของคีย์บอร์ดยังขาดความชำนาญในการกดคีย์พิเศษที่ได้กำหนดขึ้น โดยที่จะต้องอาศัยตารางเป็นหลัก

5. ระบบการสื่อสารยังไม่สามารถที่จะสื่อสารแบบสวนทางได้ ดังนั้นจึงเกิดความไม่สะดวกต่อการใช้งานเท่าที่ควร

4.4 แนวทางการพัฒนา

1. ทางด้านซอฟต์แวร์ซึ่งเดิมที่เป็นแบบกดคีย์ 2 ตัวจะได้ 1 ตัวอักษร เราก็จะนำเลขที่มีลักษณะเหมือนกัน หรือ เบิ้ลกันมาทำเป็น คีย์ค่วน(HOT KEY) ซึ่งจะใช้เป็นประโยชน์ที่ใช้กันบ่อย ๆ เช่น สวัสดีรับ(กะ), ยินดีต้อนรับ เป็นต้น

2. สามารถเพิ่มอุปกรณ์ในการสื่อสารได้

3. สามารถเพิ่มจากเดิม 2 ภาษาเป็นหลายๆภาษาได้

4. สามารถพิมพ์ข้อมูลที่ร่วมสนทนากันออกมาได้

5. สามารถพิมพ์ข้อมูลที่ร่วมสนทนากันออกมาได้

6. สามารถสื่อสารกันได้หลายๆสายและพร้อมๆกัน(เช่น การประชุม 3 สาย, การรับสายเรียกซ้อน)

4.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

ทำให้คนหนุ่มสาวสามารถใช้โทรศัพท์ได้และสร้างความปลอดภัยให้กับชีวิตและทรัพย์สิน และเสริมสร้างความรู้ความชำนาญในการทำงานและยังให้พวกเราเข้าใจหลักการทำงานเป็นทีมได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

บทที่ 5

รายละเอียดและการออกแบบของระบบ

5.1 คำนำ

ในการออกแบบวงจรนี้จะแบ่งวงจรออกเป็นส่วนภาคต่างๆ 5 ภาคด้วยกันคือ ภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ภาคตรวจสอบการยกหูโทรศัพท์ ภาคเข้าและถอดรหัส ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม ภาคประมวลผล และภาคแสดงผล LED

5.2 บริดจ์เรกติไฟเออร์ (Bridge Rectifier)

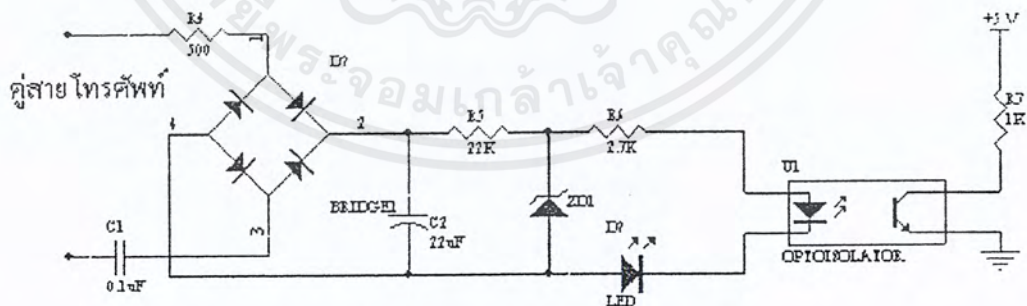
จากคู่สายโทรศัพท์ผ่านมาที่ บริดจ์ไดโอดเรกติไฟเออร์เพื่อเปลี่ยนสัญญาณไฟสลับให้เป็นสัญญาณที่มีขั้ว เพราะสัญญาณไฟสลับนั้นมีขั้วไม่แน่นอนทำให้การเช็กระดับเป็นไปได้อาก จึงต้อง จึงต้องเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณสลับที่มีขั้วแน่นอน คือมากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

5.3 การออกแบบภาคตรวจจับและเข้า-ถอดรหัสความถี่ ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม

ในส่วนภาคตรวจจับนี้จะเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณโทรศัพท์ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมนี้ประกอบด้วยวงจรหลัก ๆ อยู่ 5 ส่วนด้วยกันคือ

5.3.1 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งนี้มีอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการตรวจสอบ อันได้แก่ ออปโตไอโซเลเตอร์ (ออปโตไอโซเลเตอร์) เบอร์ 4N26 ซึ่งภายในเป็นทรานซิสเตอร์ (Transistor) ชนิดเอ็นพีเอ็นคาาลิงตัน มีค่าไอโวลเตจัน โวลท์เดจ (Vce) 30 โวลท์ และคอลเลคเตอร์เคอร์เรนท์ (Ic) 100 มิลลิแอมป์ ค่าดังกล่าวเป็นค่าสูงสุดที่มันสามารถทนได้และจะมีไดโอด (Diode) ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟสลับ 100 โวลท์ ซึ่งได้จากสัญญาณกระดิ่ง ทำให้เป็นกระแสไฟตรงเพื่อไบอัส (Bias) ให้แก่ LED ภายในตัวของ ออปโตไอโซเลเตอร์ จากวงจรรวมจะเห็นว่ามีการใช้ตัวต้านทานคั่นอยู่ก็เพื่อต้องการให้ไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้นที่ผ่านเข้ามาได้ ส่วนซีเนอร์ไดโอด ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันไบอัส ให้กับออปโตไอโซเลเตอร์ 4N26

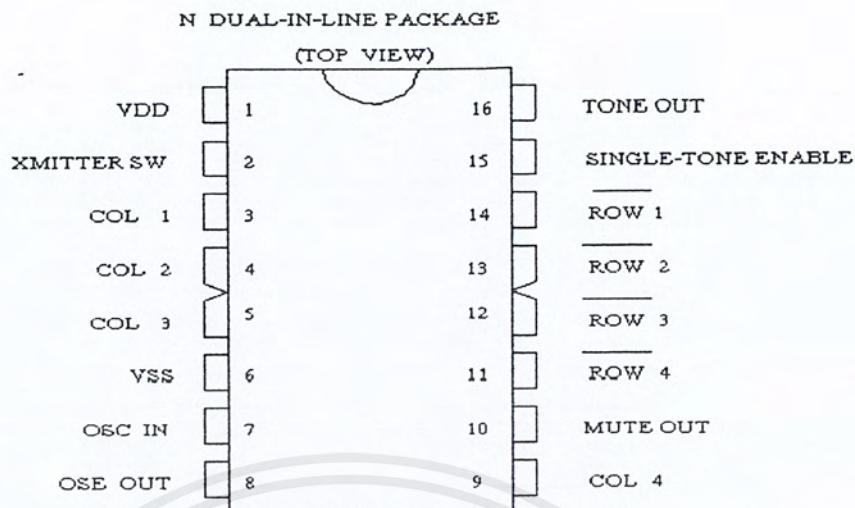


รูปที่ 5.1 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

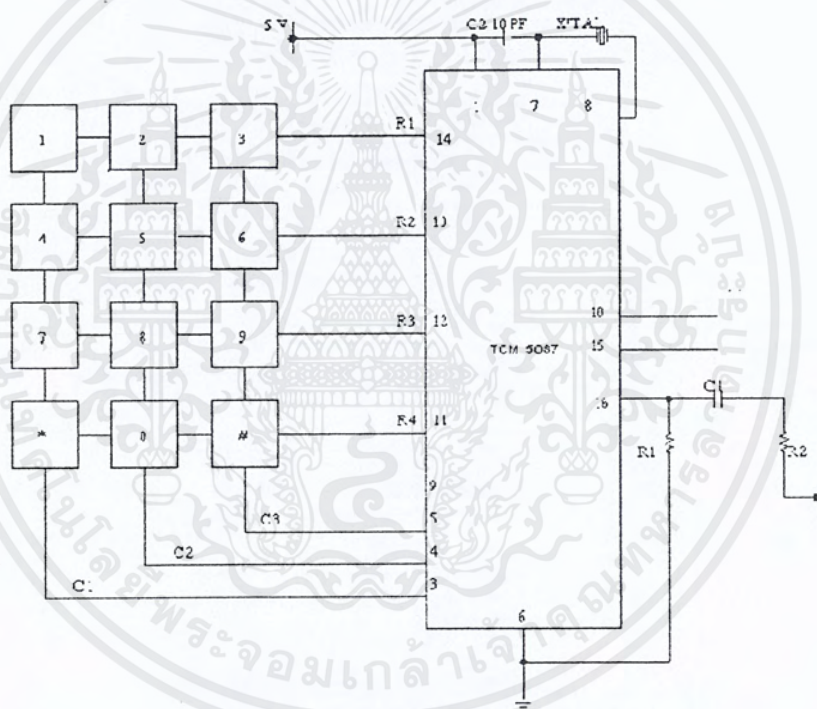
5.3.2 ภาคเข้ารหัสสัญญาณความถี่ ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม

การสร้างโทนเสียงขึ้นมานั้นเพื่อนำไปใช้ประโยชน์เช่น ใช้เป็นตัวเปิดและปิดระบบบริฟิเตอร์ สามารถใช้ทำวิทยุโทรศัพท์ทำเครื่องบังคับให้ทำงานต่างๆ ได้มากมาย

หลักการคือสร้างโทนเสียงแบบมาตรฐาน เราสามารถใช้ไอซีที่ผลิตความถี่ของบริษัทเทกซัส อินสตรูमेंท์ ซึ่งมีหน้าที่ผลิตความถี่ด้าเบอร์ TCM5087 ตำแหน่งขาคงรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ตำแหน่งขาของ TCM 5087



รูปที่ 5.3 วงจรกำเนิดสัญญาณโทนโทรศัพท์

ซึ่งไอซีเบอร์ TCM5087 จะเป็นตัวผลิตโทนสัญญาณรูปที่ 5.3 วงจรกำเนิด สัญญาณโทนโทรศัพท์ ความถี่ออกมาครั้งละ 2 ความถี่ การต่อคีย์บอร์ดจะต่อแบบเมทริกซ์ จะมีทางขา R1-R4 และ C1-C4 (R มาจาก ROW แปลว่า แถวในแนวนอน ที่ไม่ใช่เป็นตัวค้นหา C มาจาก COL แปลว่า แถวในแนวตั้งที่ไม่ใช่ตัวเก็บประจุ) ในแต่ละขาทั้ง R และ C จะมีความถี่ประจำอยู่ที่ผู้ผลิตออกแบบมาเป็นมาตรฐาน เมื่อมีการกดปุ่มใดจะมีการลัดวงจรระหว่างขา R และ C เข้าด้วยกัน ความถี่ที่ได้จะรวมกันออกที่เอาต์พุตเป็นความถี่ ดังได้กล่าวมาแล้วในตารางที่ 2.2

ในวงจรจะเห็นการทำงานจะมี C4 ต่อที่ขา 9 เอาไว้ด้วยจะทำให้ความถี่ออกมาเป็น 16 หมายเลข
ซึ่งมักจะนิยมใช้กับระบบโทรศัพท์ในต่างประเทศ และจะมีใช้ต่อไปในเรื่อนี้ ดังนั้นการใช้งานในบ้านเรา

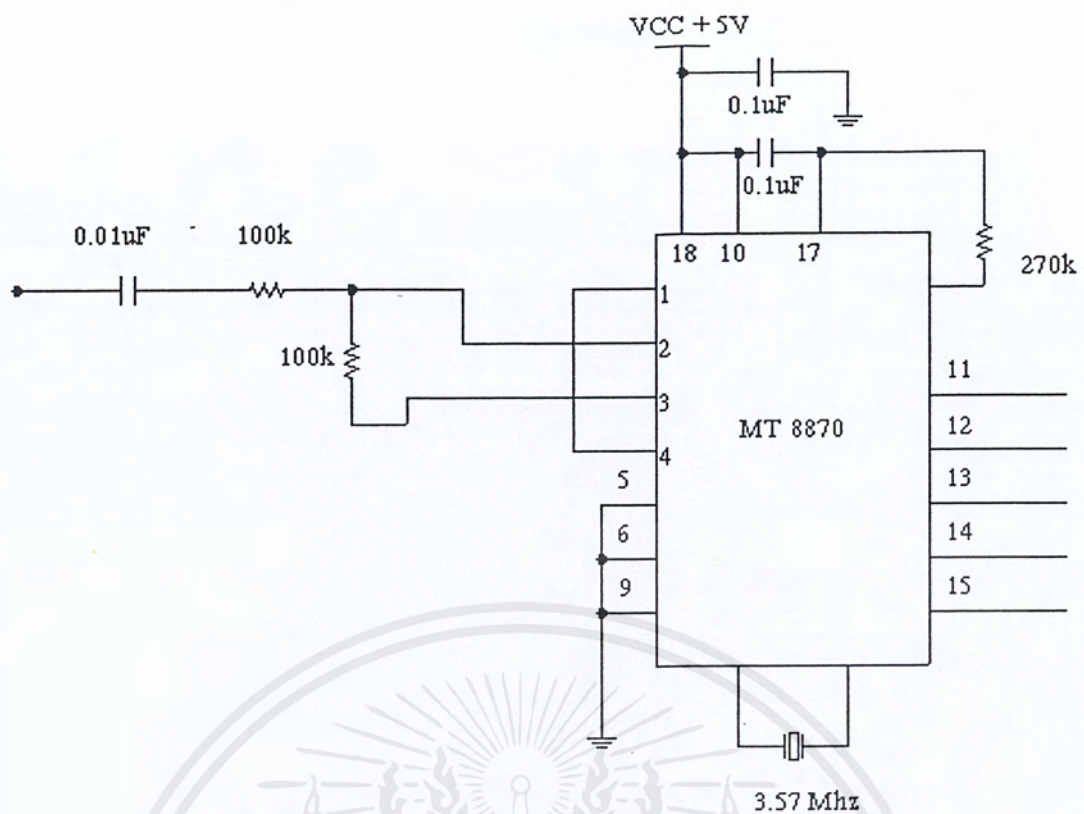
จึงไม่ได้นำขา 9 ไปใช้งานจึงปล่อยเอาไว้เฉยๆ จากการออกแบบวงจรต้องการมีอุปกรณ์ในการประกอบน้อยและยอมให้ความถี่ผ่านไปได้ง่าย จึงทำให้ความถี่ที่ออกไปจากเอาต์พุตมีความถี่ที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจะทำให้ความถี่ที่ผลิออกมาเกือบเท่าความถี่ที่กำหนด แต่ในด้านรับก็สามารถรับความถี่ที่มีความใกล้เคียงเข้ามาได้แต่ไม่เกิน ± 10 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เครื่องที่องค์การรับได้ถูกต้อง

ในวงจรจะเห็นว่าขา 1 ต้องการไฟเลี้ยงวงจรประมาณ 5-12 โวลต์ ขา 3 4 5 และ 9 เป็น คอลัมน์ 1 2 3 4 ตามลำดับ ขาที่ 7 จะเป็นอินพุตของความถี่ที่ผลิตโดยคริสตัล 3.579 เมกะเฮิร์ตซ์ ขาที่ 16 เป็นเอาต์พุตผ่านคาปาซิเตอร์ C1 ผ่าน R2 ขา 14 13 12 11 เป็น ROW 1 2 3 และ 4 ส่วนขา 10 และขา 15 เมื่อมีการกดคีย์ทุกครั้งจะมี MUTE ออกมาทุกครั้งประมาณ 5 โวลต์ จึงนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ได้ การสร้าง เราสามารถประกอบลงปริ้นท์ไอซีเอนกประสงค์ได้ เพราะวงจรมีจำนวนอุปกรณ์น้อย ส่วนคีย์สวิตช์นั้นใช้สวิตช์ไมโคร (เป็นสวิตช์ที่กดติดปล่อยดับชนิดที่เป็นสี่เหลี่ยมบางๆ มาทำเป็นตำแหน่งสวิตช์ โดยเรียงตามตำแหน่งตัวอักษรเหมือนโทรศัพท์)

การใช้งานโทนเสียงระบบมัลติเพล็กซ์แบบความถี่คู่ผสม (Dual Tone Multi Frequency) จะใช้งานได้กว้างมาก เช่น เป็ครหัสของเครื่องรีพิดเตอร์หรือสถานีทวนสัญญาณ ใช้ในการกดโทรศัพท์ นอกจากนี้แล้วยังสามารถใช้ทำวิทยุบังคับเครื่องใช้ต่างๆ ได้อีกมาก

5.3.3 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ ระบบมัลติเพล็กซ์แบบความถี่คู่ผสม

วงจรถอดสัญญาณความถี่ระบบมัลติเพล็กซ์แบบความถี่คู่ผสม จะมีหน้าที่ตรวจสอบความถี่เสียงที่ได้จากการกดคีย์หมายเลขจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกเข้า เพื่อเป็นรหัสผ่านอุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่ MT8870 ซึ่งเป็นตัวถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม ให้เป็นตัวเลขไบนารี ขนาด 4 บิตและจะส่งตัวเลข ไบนารีนี้ให้แก่ ซีพียู เพื่อทำการตรวจสอบ และนำสัญญาณที่ได้นี้ไปประมวลผลเพื่อที่จะส่งให้ระบบอื่นทำงานตามรหัสที่ได้กดคีย์หมายเลข การออกแบบวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ ระบบมัลติเพล็กซ์แบบความถี่คู่ผสม สามารถทำได้โดยอาศัยวงจรการทำงานนำพื้นฐานของ MT8870 ตามทฤษฎีวงจรเบื้องต้นของ MT8870 จะพบว่ามีการ์ด ไทม์ (Guard Time) เท่ากับ 30 มิลลิวินาที ซึ่งเพียงพอแก่การทำงานของวงจร ดังแสดงในรูป 5.4



รูปที่ 5.4 วงจรออสซิลเลเตอร์สัญญาณความถี่ ระบบมัลติเพล็กซ์แบบความถี่คู่ผสม

5.3.4 วงจรยก/วางหูโทรศัพท์

หน้าที่การทำงาน

ใช้ตัด-ต่อตัวต้านทานขนาด 220 โอห์ม คร่อมคู่สาย เพื่อทำหน้าที่เสมือนมีการยกและวางหูโทรศัพท์ตามลำดับ

หลักการทำงาน

วงจรตัดต่อคู่สายโทรศัพท์นั้นเป็นวงจรขั้วรีเลย์ให้ทำงานเป็นสวิตช์ตัวต่อตัวต้านทานของ 220 โอห์ม คร่อมคู่สาย เพื่อให้แรงดันไฟฟ้าคร่อมรีเลย์มีค่าอยู่ในช่วง $\pm 10\%$ ของค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวรีเลย์นั้น และกระแสที่ไหลผ่านต้องมีค่าตามการทำงานของรีเลย์โดยเราใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวขับให้เกิดการทำงานของรีเลย์ ทำให้รีเลย์ต่อครบวงจรโดยทรานซิสเตอร์จะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อเราใช้สัญญาณลอจิก 0 แก่ทรานซิสเตอร์เท่านั้น และเมื่อทรานซิสเตอร์เริ่มทำงานจะมีกระแสไหลจากขาคอลเลกเตอร์ไปยังขาอีมิเตอร์ โดยที่รีเลย์จะมีไดโอดต่อไบอัสกลับอยู่ เพื่อให้เกิดกระแสไหลได้ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงกระแสผ่านขดลวดอย่างกะทันหันเพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไปทำให้ทรานซิสเตอร์พัง

5.4 วงจรสัญญาณเสียง ISD2500

สายพันธุ์ตระกูล ISD25xx

หากมองดูผิวเผิน ตระกูล ISD12xx/14xx ก็ไม่แตกต่างไปจาก ISD25xx เท่าใดนัก หากแต่เมื่อพิจารณาอย่างละเอียดแล้ว ISD25xx ก็มีข้อแตกต่างให้เห็นอยู่หลายอย่าง ที่เด่นชัดคือระยะเวลาในการบันทึกนานกว่ามากและไม่ต้องใช้อุปกรณ์เป็นภาคขยายเสียงต่อรวมภายนอก สามารถขับลำโพงได้โดยตรง ในส่วนของไมโครโฟนใช้ได้กับไดนามิกไมโครโฟน หรือคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนก็ได้

คุณสมบัติของ ISD25xx

คุณสมบัติหลักๆที่สำคัญที่น่าจะครอบคลุมถึงความยุ่งยากต่างๆ ให้ง่ายและกระชับรัดกุมมาเสริจสรรพในการใช้งานในตัวเดียวจริงๆดังคุณสมบัติของ ISD25xx ต่อไปนี้

- เพียงไอซีตัวเดียวก็สามารถบันทึกและเล่นกลับได้อย่างง่ายดาย
- ไม่มีอุปกรณ์ประเภทไอซีอื่นๆประกอบรวมภายนอก
- ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
- มีประสิทธิภาพในการบันทึกและเล่นกลับที่ให้เสียงได้เหมือนต้นกำเนิดเสียง
- ควบคุมการบันทึกและเล่นกลับด้วยสวิทช์หรือควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
- ระยะเวลาในการบันทึก/เล่นกลับตั้งแต่ 45,60,75 และ 90 วินาที ตามแต่เบอร์ในตระกูล ISD25xx
- ต่อкасเกิดกัน ได้โดยตรงเพื่อเพิ่มระยะเวลาให้ยาวมากขึ้น
- ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป
- สามารถเก็บความจำไว้ได้นาน 100 ปี ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง
- วงรอบการบันทึก 100,000 ครั้ง
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณพิกภายในตัว
- สามารถโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับเพียงอย่างเดียวเพื่อพัฒนารูปแบบใช้งานได้

เบื้องต้นการทำงาน ต้องทำความเข้าใจหรือทราบรายละเอียดของคุณสมบัติทางเทคนิคของไอซีตระกูลนี้กันเสียก่อน ในที่นี้จะกล่าวถึงหน้าที่การใช้งานของแต่ละขาทั้งหมด เพราะหากกล่าวถึงการทำงานธรรมดา ก็คือ ไอซีบันทึกเสียงนั้นคือการทำงาน แต่การทำงานของแต่ละขาและหน้าที่ของแต่ละขาจะมีความสำคัญมากกว่า เพราะสามารถนำเอาไอซีไปใช้งานได้ถูกต้องและปลอดภัย

Address/Mode Inputs (A_0 - A_9 / M_0 - M_9) ขา 1-10

ขาแอดเดรสและโหมดอินพุตจะมีอยู่สองฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กับระดับของสมอง MSB ของแอดเดรส ถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งของ MSBs เป็น “0” อินพุตก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิตทั้งหมดและใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกและเล่นกลับ และขาแอดเดรสจะเกิดการแลตช์โดยขอบขาของพัลส์ที่ขา CE และถ้า MSBs มีสถานะเป็น “1” ขาแอดเดรส/โหมดอินพุต จะมาขึ้นอยู่ที่โหมดบิตทั้งหมด และเกิดการแลตช์เพื่อพัลส์ขอบขาของปรากฏที่ขา CE

Auxiliary Input (AUX IN) ขา 11

Auxiliary Input (AUX IN) ขา 11

จะเป็นขารับอินพุตจากภายนอก ซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาต์พุตของวงจรขยายภายในและขับออกสู่ขาเอาต์พุตลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา CE มีสถานะเป็น “1” วงรอบของการเล่นกลับก็จะสิ้นสุดลง หรือเมื่อสัญญาณที่บันทึกไว้ถูกเล่นกลับจนหมดสิ้นแล้วมีการต่อคาสเคด ISD25xx กันหลายๆตัว ขา AUX IN จะถูกใช้ต่อเข้ากับสัญญาณเล่นกลับที่ออกมาจากเอาต์พุตลำโพงของตัวก่อนหน้านี้นี้หรือจากตัวอันดับแรก

Ground Inputs (V_{SSA} , V_{SSD}) ขา 12 และ 13

โดยคุณสมบัติของไอซีในตระกูล ISD25xx จะมีการแยกกันระหว่างกราว์นของสัญญาณอะนาล็อก และกราว์นของสัญญาณดิจิทัล ขากราว์นทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถังบรรจุของไอซี การใช้งานขากราว์นทั้งสองนี้จะเลือกต่อกับกราว์นของพาวเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราว์นทั้งสอง

Speaker Outputs (Sp+, Sp-) ขา 14 และ 15

เป็นขาเอาต์พุตต่อออกลำโพง ในตระกูล ISD25xx นี้ จะมีวงจรขับสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพง ซึ่งประกอบอยู่ในตัวไอซีเรียบร้อยแล้ว โดยมีความสามารถในการขับลำโพงเอาต์พุตได้ 50 มิลลิวัตต์ ที่โหลดลำโพง 16 โอห์ม ขาต่อลำโพงเอาต์พุตทั้งสองนี้จะไม่ต่อขนานกันโดยตรงเด็ดขาดเมื่อต้องถูกใช้ต่อคาสเคดกันหลายๆตัว และไม่เหมาะในการต่อลำโพงขนานกันทางเอาต์พุตหลายๆตัว โดยเฉพาะในบางครั้งขาเอาต์พุตลำโพงสามารถต่อคาสเคดกับไอซีอีกตัวได้โดยตรง เพราะมีตัวเก็บประจุคัปปลิงอยู่ในเรียบร้อยแล้ว

Voltage Inputs (V_{CCA} , V_{CCD}) ขา 16 และ 28

เป็นขารับแรงดันที่จะต้องแยกกันต่างหากระหว่างขารับแรงดันของวงจรอะนาล็อกและวงจรดิจิทัล ที่ประกอบอยู่ในตัวไอซีแล้ว ขารับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์ และต้องเป็นแรงดันไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

Microphone Input (MIC) ขา 17

จะรับสัญญาณอินพุตที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าสู่สัญญาณปริแอมป์ที่ประกอบอยู่ในตัวไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายของวงจรปริแอมป์ให้มีอัตราขยายอยู่ในช่วง -15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนภายนอกจะถูกคัปปลิงผ่านตัวเก็บประจุภายนอกในลักษณะอนุกรมกับขา 17 นี้ ค่าความจุของตัวเก็บประจุคัปปลิงจะกำหนดค่าโดยคำนึงถึงค่าความต้านทาน 10 กิโลโอห์มที่ต่ออยู่ภายในกับขา 17 ของไอซีเพื่อทำให้เกิดการคัตออฟที่ความถี่ต่ำ

Microphone Reference Input (MIC REF) ขา 18

จะต่อขา 18 นี้เข้ากับกราว์นอะนาล็อก(V_{SSA}) โดยมีตัวเก็บประจุต่ออนุกรมอยู่ก่อน เพื่อทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุต 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 เดซิเบล

Automatic Gain Control Input (AGC) ขา 19

เป็นขาอินพุตเพื่อควบคุมการปรับอัตราขยายของปรีแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่มีย่านกว้างมากของสัญญาณทางอินพุตจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุดที่ขา AGC นี้ จะต้องต่อร่วมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่โดยมีค่าความต้านทานภายใน 5 กิโลโอห์มและจะต่อร่วมกับตัวเก็บประจุภายนอกอีกหนึ่งตัวผ่านลงกราวด์อะนาล็อก ค่าที่เหมาะสมบางครั้งกำหนดไว้ที่ค่าความต้านทาน 470 กิโลโอห์ม และตัวเก็บประจุ 4.7 ไมโครฟารัด

Analog Input (ANA IN) ขา 20

จะรับสัญญาณที่ผ่านวงจรปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิงภายนอกกลับปลั๊กสัญญาณเข้าที่ขา 20 นี้ เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ในตัวไอซี ตัวเก็บประจุคัปปลิงภายนอกนี้จะต้องสัมพันธ์กันกับค่าความต้านทานภายในค่า 3 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นอินพุตอิมพีแดนซ์ เพื่อที่จะทำให้เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบคัตออฟ

Analog Output (ANA OUT) ขา 21

เป็นขาเอาต์พุตของวงจรปรีแอมป์ขยายสัญญาณจากไมโครโฟนที่ได้รับอัตราการควบคุมการขยายจากวงจร AGC ภายในแล้ว

Overflow Output (OVF) ขา 22

สัญญาณพัลส์ “0” จะปรากฏออกมาทางขาเอาต์พุตนี้เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายในตัวไอซีได้ถูกอ่านออกมาหมดแล้วและจะแสดงเป็นสถานะหยุดการเล่นกลับ พัลส์เอาต์พุตจากขา OVF นี้จะจ่ายให้กับขา CE อินพุตจนกว่าขา PD จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซ็ต และเริ่มวงจรการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขา OVF นี้ สามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของ ISD25xx ในตัวถัดไปได้ เมื่อถูกต่อคาสเคดกันอยู่หลายตัว

Chip Enable Input (CE) ขา 23

ขา CE จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ “0” เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเล่นกลับและการบันทึกที่ขาแอดเดรสอินพุตและขา P/R อินพุตจะถูกแลตช์จากพัลส์ขอบขาของพัลส์ที่ขา CE

Power Down Input (PD) ขา 24

ในขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับที่ขา PD จะมีสถานะเป็น “1” ก็จะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมากๆแต่เมื่อขา OVF มีสถานะเป็น “0” ที่แสดงถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลง ปรากฏขึ้นขา PD ปกติจะเป็น “1” อยู่ในขณะนั้นก็จะถูกรีเซ็ต และจะเริ่มกระบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

End-Of-Message/RUN Output (EOM) ขา 25

เป็นส่วนของอุปกรณ์ non-volatile ภายในตัวไอซีที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลทำการบันทึกขา EOM นี้จะให้เอาต์พุตออกมาเป็น “0” เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว

External Clock Input (XCLK) ขา 26

เป็นารับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติได้ระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาการสุ่มสัญญาณถูกกำหนดไว้ภายในแล้ว ซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือย่านแรงดันไฟฟ้าเลี้ยงที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 25 นี้เข้ากับกราวด์ของไฟฟ้าเลี้ยง Playback/Record Input (P/R) ขา 27

เมื่อขาอินพุตควบคุมการเล่นกลับและบันทึกได้รับพัลส์ “1” จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับ และถ้าเป็นพัลส์ “0” จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบขาของขา CE จะเป็นการแลตช์อินพุตที่ขา P/R

เมื่อการทำงานทุกอย่างเชื่อมโยงกันอยู่แค่ภายในตัวไอซีเพียงตัวเดียว มีการต่ออุปกรณ์ภายนอกร่วน้อยมากก็เป็นการง่ายที่จะประยุกต์เอาไอซีตระกูลนี้ไปใช้งานการประยุกต์ใช้งาน

การประยุกต์ใช้งานตระกูล ISD25xx นี้ก็ง่ายมากดังการทำงานของแต่ละขาใช้งานของไอซีที่ได้อธิบายมาแล้ว ไมโครโฟนนั่นหากใช้แบบไดนามิกไมโครโฟนก็สามารถต่อเข้ากับอินพุตไมโครโฟนหรือไอซีได้โดยตรง หากเป็นแบบคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนจะต้องมีการไบอัสค่าแรงดันให้กับไมโครโฟนอย่างเหมาะสม ดังที่ได้แสดงไว้ในวงจรประยุกต์ใช้งานนี้

การประยุกต์ใช้งานไอซีนอกเหนือจากนั้นก็คือ การประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม และการพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถที่จะทำให้ ISD25xx ทำการบันทึกและเล่นกลับได้ในหลากหลายของฟังก์ชัน การทำงานขึ้นอยู่กับความสามารถและประสิทธิภาพของโปรแกรมควบคุม

5.5 การใช้งานเครื่องเตือนไฟไหม้

ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์และเทอร์โมสตัต

ในบรรดาอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิโดยทั่วไปแล้ว จะให้เอาต์พุตออกมาเป็นสัญญาณอะนาลอกซึ่งอาจจะสามารถอ่านค่าได้เลขหรือใช้งานร่วมกับชุดแสดงผลอื่น ๆ เช่น ดิจิตอลโวลท์มิเตอร์, อะนาลอกมิเตอร์ (มิเตอร์เข็ม) และก็สะดวกพอสมควรกับการใช้งาน แต่ข้อเสียก็คือการประยุกต์ใช้งานตรวจจับอุณหภูมิต่างๆ ก่อนข้างจะถูกจำกัด ทางด้านลักษณะการใช้งานและความละเอียดของค่าที่แสดงผลออกมา บางครั้งไม่เป็นเชิงเส้นและการรวมไปถึงการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิเองทำได้ลำบาก มีฟังก์ชันการทำงานพิเศษน้อยมากหรือไม่มีเลย

ไอซี DS1620 ทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิและฟังก์ชันเทอร์โมสตัตในตัวด้วยอาศัยอุปกรณ์เองทำหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบริเวณ โดยรอบตัวไอซีจากการที่สามารถเชื่อมต่อบัสซีพียูได้ จึงทำให้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานและการแสดงผลได้อย่างมากมาย ทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลายลักษณะ ก็ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนโปรแกรมควบคุมซึ่งรวมไปถึงการแสดงผลคุณสมบัติของ DS1620

หากจะกล่าวถึงคุณสมบัติทางการใช้งานและความสามารถที่เป็นจุดเด่นของไอซีตัวนี้ก็พอจะแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

-ไม่มีอุปกรณ์ประกอบร่วมภายนอก

หากจะกล่าวถึงคุณสมบัติการใช้งานและความสามารถที่เป็นจุดเด่นของไอซีตัวนี้ก็พอจะแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

- ไม่มีอุปกรณ์ประกอบร่วมภายนอก
- วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -55 องศาเซลเซียส +125 องศาเซลเซียส ในทุกการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 0.5 องศาเซลเซียส
- การอ่านข้อมูลของอุณหภูมิออกมาเป็นแบบ 9 บิต

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันซัพพลาย	V_{DD}	5	โวลต์
ระดับลอจิก“1”	V_{IH}	$V_{CC}+0.3$	โวลต์
ระดับลอจิก“0”	V_{IL}	+0.8	โวลต์
ระดับลอจิก“0”เอาต์พุต	V_{CL}	+0.4	โวลต์
ระดับลอจิก“1”เอาต์พุต	V_{CH}	2.4	โวลต์
กระแสรั่วไหลทางอินพุต	I_{LI}	+1	ไมโครแอมป์
กระแสรั่วไหลทางเอาต์พุต	I_{LD}	+1	ไมโครแอมป์
การสิ้นเปลืองกระแสไฟ	V_{CC}	1	ไมโครแอมป์
กระแสขณะสแตนด์บายจากแหล่งจ่าย	I_{STBY}	1	ไมโครแอมป์
ค่าความจุทางอินพุต	C_I	5	พิโกฟารัด
ค่าความจุทางเอาต์พุต	C_O	10	พิโกฟารัด

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติทางเทคนิคของDS1620

- แปลงค่าอุณหภูมิไปเป็นสัญญาณดิจิทัลได้ภายใน 1 วินาที
- แบบเทอร์โมสตัทสามารถใช้แบบจำกัดอุณหภูมิหรือแบบเปลี่ยนของอุณหภูมิได้
- การอ่านและเขียนข้อมูลจากตัวตรวจจับผ่านสายนำสัญญาณ 3 เส้น อินเทอร์เฟซกับพอร์ทอนุ-กรม (CLK,DQ,RST)

-สามารถประยุกต์ใช้งานได้กว้าง เช่น วงจรควบคุมเทอร์โมสตัท,ระบบควบคุมอุณหภูมิในโรงงานอุตสาหกรรม,เทอร์โมมิเตอร์ และ ตัวตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทั่วไป เป็นต้น

จากคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น ก็ทำให้พอจะมองออกได้ว่าสามารถที่จะพัฒนา และ ประยุกต์ใช้งานในระบบอุตสาหกรรมโรงงานขนาดใหญ่ได้ รวมไปถึงควบคุมการทำงานได้ง่ายจากจุดควบคุมจุดเดียวในกรณีที่ออกแบบใช้งานเป็นชุดตรวจจับอุณหภูมิหลายๆ จุด และกระจายอยู่ในบริเวณกว้าง เนื่องจากการโปรแกรมผ่านซีพียู

เพื่อใช้ในการควบคุมและแสดงผล ดังนั้นจึงเป็นการง่ายที่จะต่อเป็นระบบตรวจจับอุณหภูมิหลายจุด โดยมีวิธีการตรวจสอบแต่ละจุดบนมอโนเตอร์ได้หรือเป็นแบบสลับแสดงผลก็ได้ ขึ้นอยู่กับการพัฒนาโปรแกรมควบคุมผ่านซีพียูเท่านั้นเอง เพียงแต่คุณสมบัติข้างต้นยังไม่ละเอียดพอให้ดูคุณสมบัติทางเทคนิคได้ในตารางที่ 5.1

หลักการทำงานเบื้องต้น

หลักการทำงานเบื้องต้นของ DS1620 นี้จะแยกการทำงานคร่าวๆ อยู่ 2 ส่วนคือส่วนทำการวัดอุณหภูมิและส่วนควบคุมเทอร์โมสตัต นอกจากนั้นการทำงานส่วนประกอบอื่นๆ อีกที่บรรจุอยู่ในไอซีและที่จะต้องควบคุมจากภายนอกอีกทางหนึ่งแต่ก่อนที่จะเข้าไปความเข้าใจกับการทำงานของไอซี มาทำความรู้จักกับรูปร่างของไอซีและลักษณะชื่อเรียกขาใช้งานแต่ละขาด้วยกันก่อน แสดงไว้ในรูปที่ 5.5 เป็นรูปแสดงลักษณะของ Ds1620 ซึ่งเป็นไอซี DIP 8 ขาและมีชื่อเรียกประจำขาแต่ละขาไว้ให้ทราบด้วย นอกจากนั้นหน้าที่การทำงานและความสำคัญของขาแต่ละขาก็จะได้อธิบายไว้ให้ทราบเพื่อง่ายแก่การนำไปใช้งานดังนี้

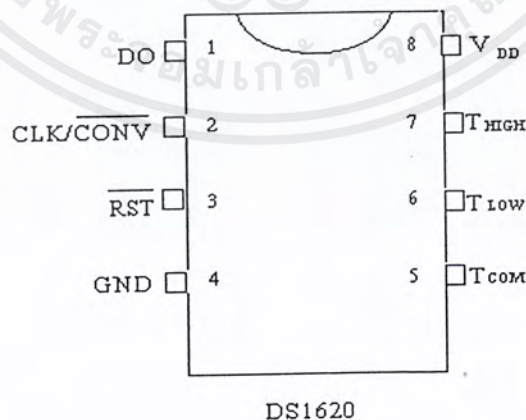
-ขา DQ (ขา 1) เป็นขาข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตของไอซี ซึ่งจะให้ข้อมูลที่ผ่านการแปลงสัญญาณแรงดันที่เกิดจากการตรวจจับอุณหภูมิของไอซีแล้วแปลงเป็นสัญญาณทางดิจิทัลมาทางขา 1 นี้

-ขา CLK/CONV (ขา 2) เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาเวลาและในฟังก์ชันของการวัดอุณหภูมิขานี้จะทำหน้าที่ควบคุมการแปลงสัญญาณ แต่ถ้าหากใช้เป็นฟังก์ชันเทอร์โมสตัตอย่างเดียวขานี้ไม่ใช้งานและจะไม่เป็นการอินเทอร์เฟสแบบ 3 เส้นแบบนำสัญญาณ

-ขา RST (ขา 3) เป็นการควบคุมการรีเซ็ตข้อมูลทางอินพุต/เอาต์พุตของไอซี

-ขา GND (ขา 4) ขาค่อไฟเลี้ยงด้านกราวด์

-ขา Tcom (ขา 5) เป็นขาควบคุมการกระตุ้นรวมของฟังก์ชันเทอร์โมสตัตจะให้เอาต์พุตออกมาเป็น "1" เมื่ออุณหภูมิมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่กำหนดไว้ (TH) แล้วจะให้เอาต์พุตออกมาเป็น "0" เมื่ออุณหภูมิที่วัดมีค่าต่ำกว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่กำหนดไว้ (TL)



รูปที่ 5.5 รูปแสดงตำแหน่งและชื่อเรียกประจำขาไอซี

-ขา T_{Low} (ขา 6) เป็นขากระตุ้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่าค่าอุณหภูมิลดต่ำกว่าค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ต่ำสุด (TL) จะให้เอาต์พุตออกมาเป็น“1”เพื่อแสดงผลหรือกระตุ้นส่วนทำงานต่อไป

-ขา T_{High} (ขา 7) เป็นขากระตุ้นโดยเมื่อค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้สูงสุด (TH) เอาต์พุตจะถูกกระตุ้นออกมาเป็น“1”เพื่อควบคุมส่วนการทำงานต่อไปหรือแสดงผล

-ขา V_{DD} (ขา 8) เป็นขารับแรงดันไฟเลี้ยงไอซี +5 โวลต์

ย้อนกลับมาดูหลักการทำงานเบื้องต้นกันอีกครั้งในรายละเอียดที่มากขึ้นกว่าเดิม โดยจะอธิบายหลักการการทำงานแยกของแต่ละฟังก์ชันการใช้งานเพื่อเข้าใจเป็น ขั้นตอนที่ย่อยขึ้น

การวัดค่าอุณหภูมิ

ตัวตรวจจับอุณหภูมิ DS1620 เมื่อใช้วัดอุณหภูมิแล้วมันสามารถวัดผ่านตัวมันเองได้โดยตรงอาจจะติดตั้งบนบอร์ดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ หรือบอร์ดเล็กๆ สำหรับติดตั้ง DS1620 เพื่อสะดวกในการติดตั้งตำแหน่งของการตรวจวัดตำแหน่งต่างๆ ซึ่งก็สามารถคิดแปลงใช้งานตามเทคนิคของแต่ละโอกาสที่จะทำการวัดค่าอุณหภูมิที่ทำการวัดจะถูกอ่านออกมาเป็นค่าตัวเลขทางดิจิตอลขนาด 9 บิต ซึ่งก็มีสองรูปแบบของรหัสเอาต์พุตก็คือเป็นค่าตัวเลขฐานสอง กับค่าตัวเลขฐานสิบหก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.2 ซึ่งเป็นค่าของตัวเลขทั้งสองรูปแบบที่ค่าอุณหภูมิการตรวจจับแตกต่างกัน ข้อมูลที่ออกมาทางเอาต์พุตจะถูกต่ออินเทอร์เฟซกับระบบ ซีพียู ผ่านทางพอร์ตอนุกรม คูบล็อกไดอะแกรมการทำงานภายในตัว DS1620 ได้ในรูปที่ 5.6 ข่ายการวัดอุณหภูมิ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียสทุกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ 0.5 องศาเซลเซียส

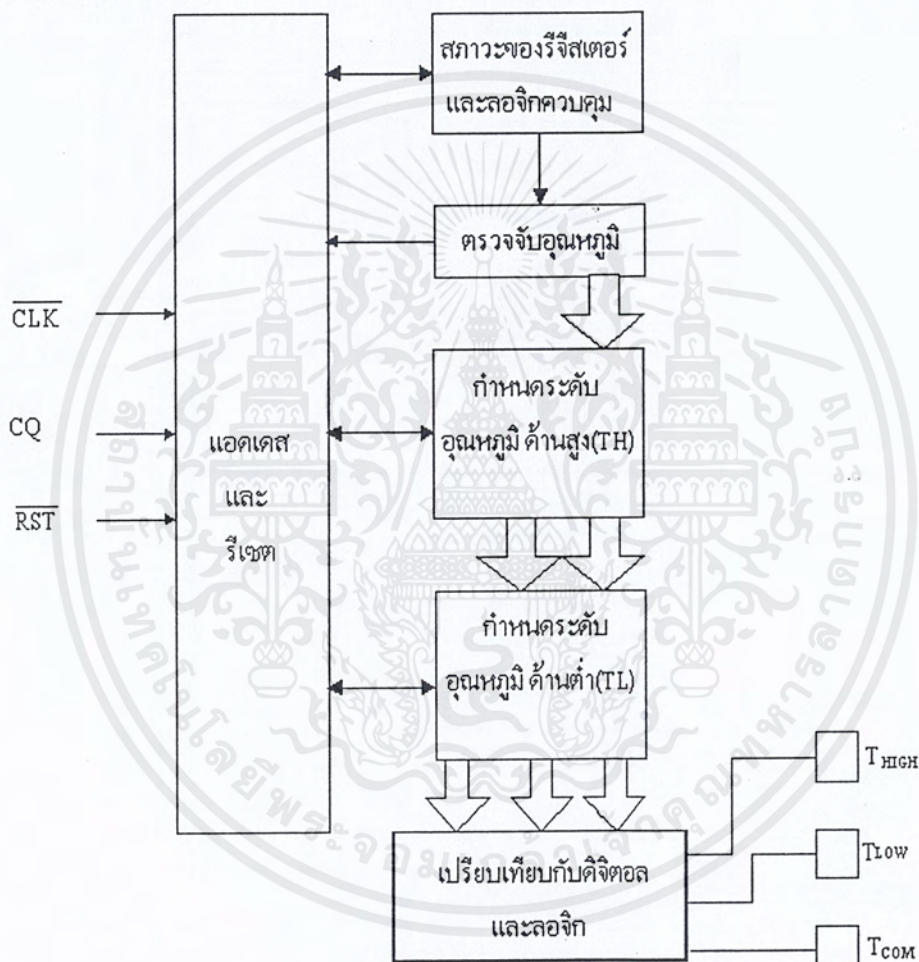
ข้อมูลที่ถูส่งออกไปทางบัสข้อมูลนั้นจะประกอบด้วยบัส LSB เป็นส่วนแรกที่ถูกส่งออกไปละข้อมูลของอุณหภูมิจะถูกเขียนและอ่านออกมาจาก DS1620 เป็นขนาด 9 บิตที่ขา RST จะเป็น “0” หลังจากบิตที่ 9 (MSB) ถูกส่งไปเป็นอันดับสุดท้าย ต่อจากนั้นเมื่อสิ้นสุดแล้ว MSB จะเป็น “0” ดังรูปแสดงในรูปที่ 5.7

ค่าอุณหภูมิ	ดิจิตอลเอาต์พุต	
	ฐานสอง	ฐานสิบหก
+125 องศาเซลเซียส	0 11111010	00FA
+25 องศาเซลเซียส	0 00110010	0032h
1/2 องศาเซลเซียส	0 00000001	0001h
0 องศาเซลเซียส	0 00000000	0000h
-1/2 องศาเซลเซียส	1 11111111	01FFh
-25 องศาเซลเซียส	1 11001110	01CFh
-55 องศาเซลเซียส	1 10010010	0192h

ตารางที่ 5.2 ลักษณะข้อมูลที่ออกมาจาก DQ ทั้งสองรูปแบบ

การควบคุมเทอร์โมสตัต

การควบคุมเทอร์โมสตัตจะอาศัยขาเอาต์พุต 3 ขา คือ T_{HIGH} , T_{LOW} และ T_{COM} ซึ่งลักษณะของสัญญาณของสัญญาณเอาต์พุตแสดงไว้ในรูปที่ 5.8 โดยเมื่ออุณหภูมิที่ DS1620 ตรวจจับได้มีค่าสูงเกินกว่าค่าอุณหภูมิที่ถูกกำหนดไว้ในระดับสูงสุดในรีจิสเตอร์ที่ขาเอาต์พุต T_{HIGH} จะกลับมามีสถานะเป็น“1”และจะคงสถานะอยู่เช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าอุณหภูมิที่ตรวจจับด้วย DS1620 นี้ สามารถนำไปจับชุดแสดงผลให้ทราบว่าอุณหภูมิขณะนั้นของอุปกรณ์ที่ตรวจจับมีสถานะเป็นเช่นไร หรือใช้ควบคุมการทำงานอย่างอื่นได้อย่างกว้างขวางที่อยู่ในลักษณะควบคุมไม่ให้อุณหภูมิสูงเกิน เป็นต้น

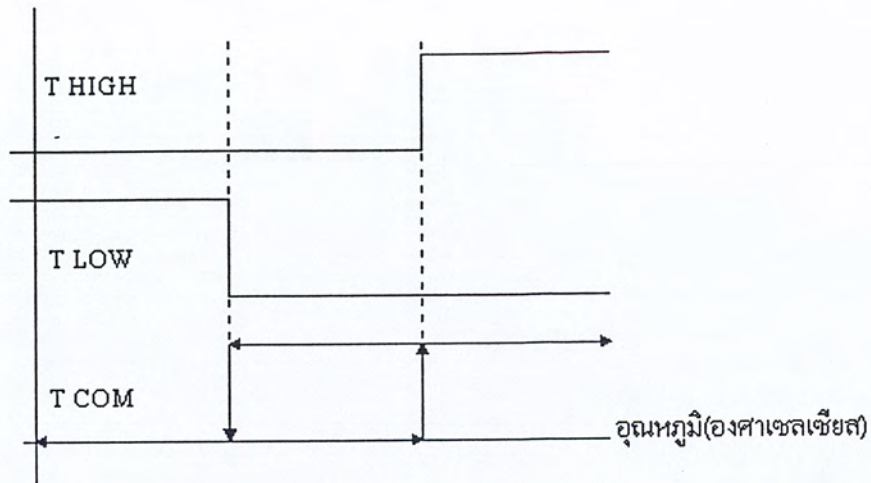


รูปที่ 5.6 บล็อกไดอะแกรมภายในของ DS1620

MSB								LSB						
x	X	x	x	x	X	x	1	1	1	0	0	1	1	0

อุณหภูมิ = -25 องศาเซลเซียส

รูปที่ 5.7 แสดงลักษณะข้อมูล 9 บิตที่ออกมาทางเอาต์พุต



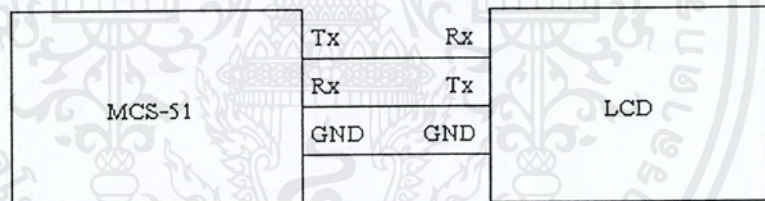
รูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ออกมาทางขา T_{HIGH}, T_{LOW}, T_{COM}

5.6 การออกแบบส่วนประมวลผลกลาง

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีคำสั่งในการเขียนโปรแกรมจำนวนมาก สามารถทำความเข้าใจได้ด้วยตนเองและการเขียนโปรแกรมก็สะดวก และยังสามารถดัดแปลงไปใช้งานได้มาก การนำไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ให้เหมาะสมกับงานต่าง ๆ นั้นไม่ยุ่งยากนัก

5.7 การใช้ส่วนแสดงผลชนิด LCD กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

ปัจจุบัน LCD ที่มีขายในท้องตลาดส่วนใหญ่จะประกอบเป็นโมดูล เพื่อให้สะดวกในการใช้งาน



รูปที่ 5.9 แสดงการต่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ LCD

การนำ LCD มาใช้งานโดยวิธีการต่อหลายแบบด้วยกัน เช่น 3 บิตซีเรียล, RS-232 (แบ่งย่อยอีกเป็น 2 ชนิด คือ แบบ RS-232 TTL และแบบมาตรฐาน) โดยที่แบบมาตรฐานต้องเชื่อมต่อ บอร์ดเรท ให้ตรงแต่ในที่นี้ใช้ต่อแบบ RS-232 TTL นั่นคือไม่ต้องเชื่อมต่อบอร์ดเรท วิธีการต่อดังรูปที่ 5.9 นั่นคือ นำ Tx ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาต่อเข้ากับขา Rx ของ LCD นำขา Rx ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาต่อเข้ากับขา Tx ของ LCD และนำ GND ของทั้งสองมาต่อกัน พร้อมตั้งคิฟสวิทช์ ไปที่ SW1 ON, SW2 OFF (อย่าลืมเชื่อมต่อจัมเปอร์ให้เป็นแบบ TTL)

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

6.1 ภาคเข้ารหัสความถี่ ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม

การทดลองสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้ฮอสซิลโลสโคป วัดสัญญาณ ที่ผสม(Mixed) ของวงจรเข้ารหัสความถี่ ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม แล้วดูการเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุต แต่ในที่นี้จะทำการทดลองโดยให้เป็น อินพุตของภาคถอดรหัสความถี่ ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม

6.2 ภาคถอดรหัสความถี่ ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว จะทำการทดลองร่วมกับ ภาคเข้ารหัสความถี่ ระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม แล้วดูการเปลี่ยนแปลงที่ LED โดย เอาต์พุตที่ได้จะมี จำนวน 5 บิต (bit) ส่งเป็นเลขฐาน 2 จำนวน 4 บิต (bit) ส่วนอีก 1 บิต (bit) มีไว้ตรวจสอบสองความถี่ที่เข้ามา เป็นความถี่มาตรฐานระบบมัลติเพลกซ์แบบความถี่คู่ผสม หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้องแล้ว สัญญาณที่ Est (Early Steerting) ก็จะมี Active สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ นั้น แสดงดังตารางที่ 6.1

NO	TOE	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

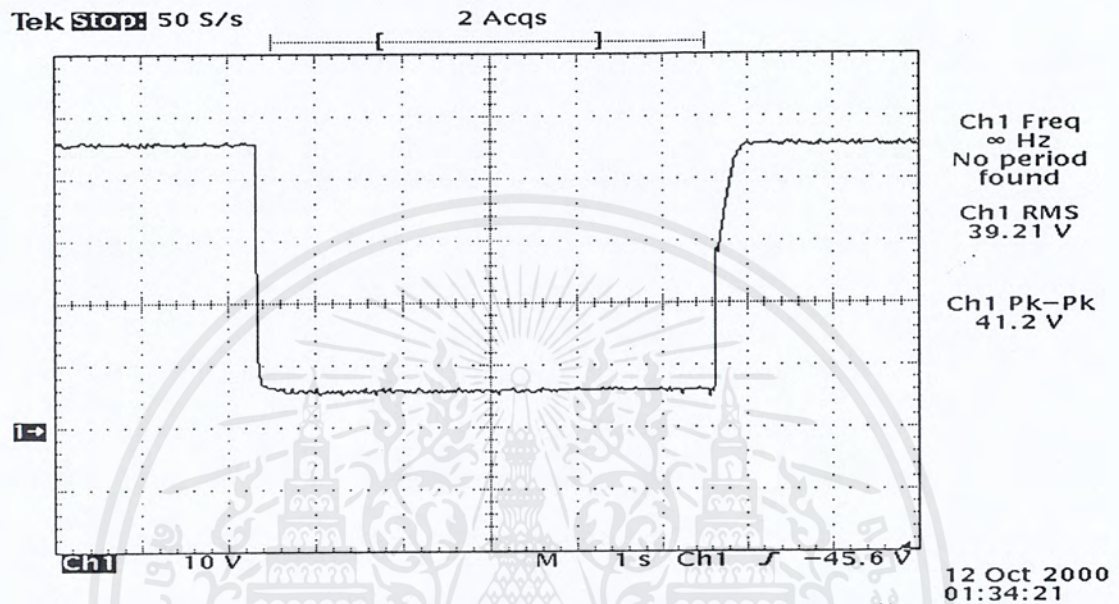
ตารางที่ 6.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ

6.3 ส่วนของวงจรเตือนภัย

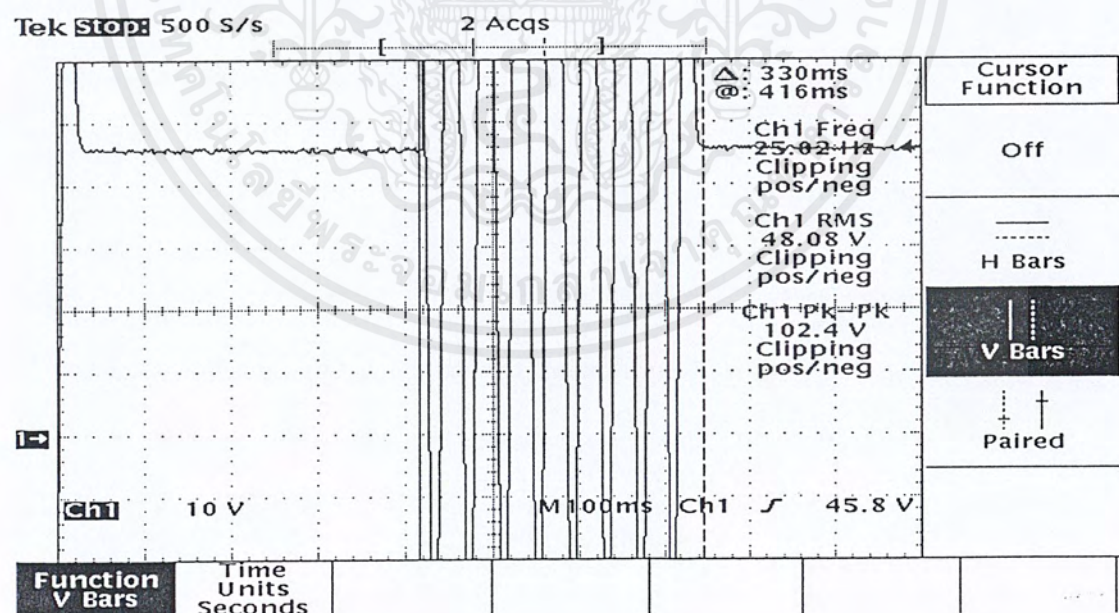
สำหรับภาคการศึกษานี้เป็นการทดลองการทำงานของอุปกรณ์ไอซีตรวจจับความร้อนเพื่อนำไปใช้กับวงจรโทรออกอัตโนมัติไปยังหมายเลขโทรศัพท์ที่เราโปรแกรมไว้ และแจ้งเหตุโดยอัตโนมัติ

6.4 ส่วนของวงจรบันทึกเสียง

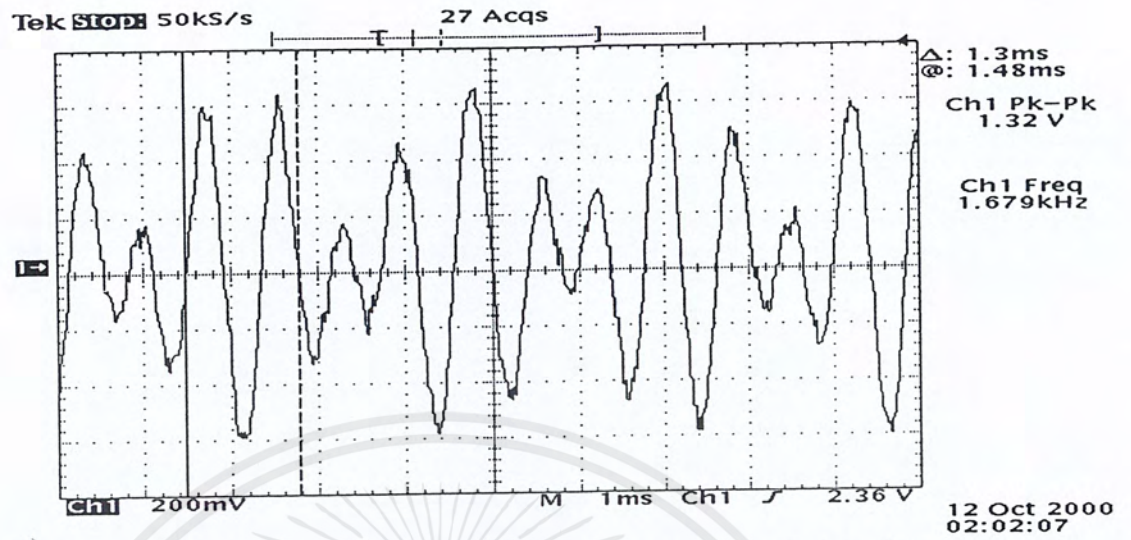
จากการทดลองเราใช้ไอซีเบอร์ ISD2560 สามารถสัญญาณเสียงได้ในระยะเวลาทั้งหมด 60 วินาทีโดยสัญญาณที่ได้จากการบันทึกเป็นสัญญาณที่ค่อนข้างเหมือนกับคลื่นบบมาก ผลการทดลองจากการวัดสัญญาณต่างๆ



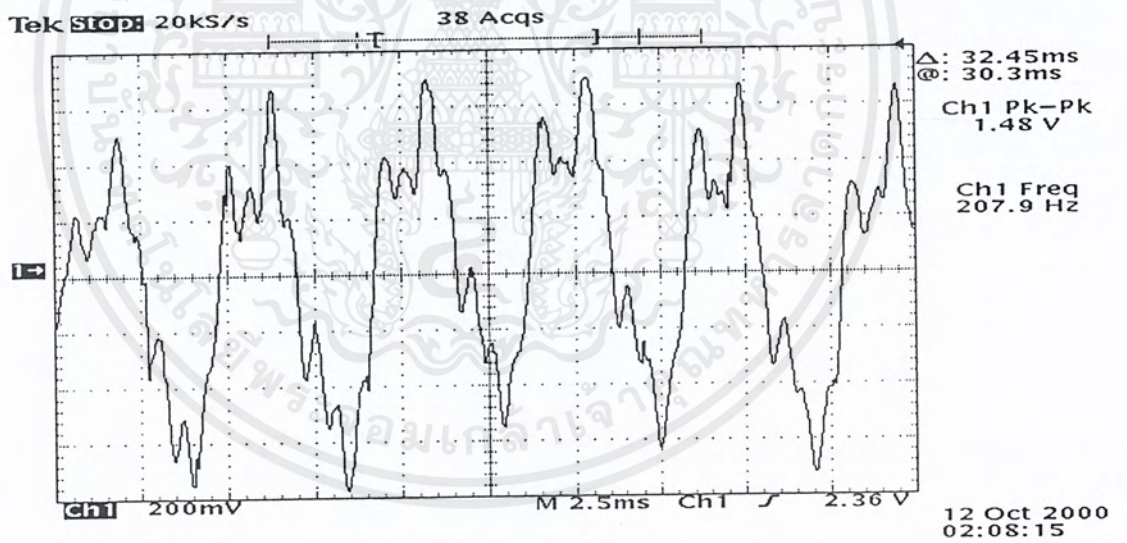
รูปที่ 6.1 สัญญาณในสถานะขณะวางหูโทรศัพท์และยกหูโทรศัพท์



รูปที่ 6.2 สัญญาณกระดิ่งเรียก



รูปที่ 6.3 สัญญาณมัลติเพล็กซ์แบบความถี่ผสมที่ได้จากการกดหมายเลข 1 จากไอซีเบอร์ TCM5087



รูปที่ 6.4 การทดสอบสัญญาณเสียงที่ได้จากไอซีบันทึกเสียงเบอร์ ISD 2560

บทที่ 7

สรุปผลและวิจารณ์

ในปัจจุบันนี้โทรศัพท์มีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราอย่างมากเราสามารถนำเอาโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้งานและอำนวยความสะดวกให้แก่เราได้อย่างมากมาย นอกเหนือจากที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารโดยใช้เสียงแล้ว เครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ก็เป็นส่วนหนึ่งของการนำเอาสัญญาณต่างๆของโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้งานอีกรูปแบบหนึ่งจากที่ได้กล่าวมาแล้วถึงความเป็นมาของการทำโครงการนี้ และการออกแบบสร้างและพัฒนาระบบตลอดปีการศึกษานี้ จนได้เครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติออกมา

จากการทดลองของปีการศึกษานี้เมื่อมีผู้ต้องการติดต่อโทรเข้ามายังเครื่องที่ใช้ในการทดลองเครื่องนี้จะแสดงผลให้กับผู้ใช้(ผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้) ได้ทราบด้วยการแสดงไฟกระพริบเป็นสัญญาณแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่าเมื่อผู้ต้องการจะติดต่อด้วย ในช่วงนี้เจ้าเครื่องนี้จะคอยตรวจสอบว่ามีการยกหูโทรศัพท์หรือไม่เพื่อทำงานต่อไป ในส่วนของการทำงานของวงจรในภาคเข้ารหัสจะให้ความถี่ที่ออกมาในลักษณะของ 2 ความถี่ผสมกันเมื่อนำไปเข้าภาคถอดรหัสเพื่อที่จะได้สัญญาณออกมาเป็นสัญญาณดิจิทัลก็ได้สัญญาณออกมาตามต้องการคือจะออกมาในลักษณะของสัญญาณ 5 บิต โดยมี 1 บิตเป็นตัวตรวจสอบการกคคยเพื่อนำไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์และทำงานต่อไป ในส่วนของไอซีบันทึกเสียง ISD2560 นั้นจากการทดลองสัญญาณเสียงที่ได้จากการเล่นกลับจะให้คุณภาพของเสียงที่ดีไม่มีสัญญาณรบกวน และได้ระยะเวลาในการบันทึก/เล่นกลับ นาน 60 วินาทีสามารถเก็บความจำไว้ได้โดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง และสามารถบันทึกเสียงได้หลายครั้ง (ในคู่มือบอกว่าสามารถบันทึกและเก็บความจำไว้ได้นานถึง 100 ปี และมีวงรอบในการบันทึกได้ถึง 100,000 ครั้ง) ในส่วนนี้จะถูกนำไปใช้ในส่วนของระบบเตือนภัยซึ่งจะถูกพัฒนาขึ้นไปพร้อมกับการพัฒนาโปรแกรมการใช้งานต่างๆ

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ประสบความสำเร็จได้ด้วย ความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำ ทั้งในด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนสำคัญที่สุดของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คืออาจารย์ที่ปรึกษา รศ.สมยศ จุณณะปิยะ และคำแนะนำในเรื่องต่างๆที่ยังจาก รศ. ดร.กอบชัย เฉลยหาญ ที่ได้ช่วยเป็นที่ปรึกษาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไป ด้วยดี

และขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ รวมทั้งเพื่อน ๆ นักศึกษาทุกคนและผู้ที่มีส่วนร่วมในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย



ภาคผนวก ก

โปรแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติ



```
;FILENAME   KJS.ASM
;DESCRIPTION PROJECT TELECOMMUNICATION ENG.
;HARDWARE   89C52
;ASSEMBLER   SXA51
;START-DATE 19/12/43
;SOFTWARE ENG JKS
;UNIVERSITY  KMITL
;          TEL ??????
```

```
;***** VARIABLE SET *****
```

```
TLCDDA EQU P0.0
TLCDL D EQU P0.1
TLCDC K EQU P0.2
TONE    EQU P2.3
W1      EQU 20H
W2      EQU 21H
```

```
;***** MAIN *****
```

```
ORG 0000H
```

```
MAIN: MOV DPTR,#DEMO
CALL SEND
MAIN2: MOV R2,#20
```

```
;***** DTSEC SUB *****
```

```
;IN = R2
;REG = R2,R4
```

```
DTSEC: MOV R4,#0
        DJNZ R4,$
        NOP
        NOP
```


DJNZ R2,DTSEC

RET

; ***** TLCDC SUB *****

; IN = DPTR (INDEX TO COMMAND TEXT)

; OUT = DPTR (NEXT)

; REG = A,R2,R3,DPTR

TLCDC: CLR A

MOVC A,@A+DPTR

CALL TLCDB

INC DPTR

MOV R2,#216

MOV R3,#0

DJNZ R3,S

CALL TLCDB

INC DPTR

RET

; ***** TLCDB SUB *****

; IN = A

; REG = A,R2,R3

TLCDB: MOV R2,#8

RLC A

MOV TLCDDA,C

CLR TLCDCCK

MOV R3,#4

DJNZ R3,\$

SETB TLCDCCK

MOV R3,#4

DJNZ R3,S

CLR TLCDLD

MOV R3,#50

```
DJNZ R3,$
SETB TLCDLD
RET
```

***** START PROJECT *****

```
START:      MOV DPTR,#CURSOR
            CALL SEND
START1:     DJNZ B,START1
            MOV R1,#64
```

```
SCAN_KEY:  JNB TONE,SCAN_KEY
KEY1:       JB TONE,KEY1
            MOV A,P2
            ANL A,#0F0H
            SWAP A
            MOV W1,A
```

```
CHECK_TO_CLR: CJNE R1,#0,W_0
            MOV DPTR,#CURSOR
            CALL SEND
            MOV R1,#63
```

```
W_0:       MOV A,W2
            CJNE A,#0AH,W_1
            MOV A,W1
            JMP W00
```

```
W_1:       CJNE A,#01H,W_2
            MOV A,W1
            JMP W01
```

```
W_2:       CJNE A,#02H,W_3
            MOV A,W1
```



```

        JMP W02
W_3:    CJNE A,#03H,W_4
        MOV A,W1
        JMP W03
W_4:    CJNE A,#04H,W_5
        MOV A,W1
        JMP W04
W_5:    CJNE A,#05H,W_6
        MOV A,W1
        JMP W05
W_6:    CJNE A,#06H,W_7
        MOV A,W1
        JMP W06
W_7:    CJNE A,#07H,W_8
        MOV A,W1
        JMP W07
W_8:    CJNE A,#08H,W_9
        MOV A,W1
        JMP W08
W_9:    CJNE A,#09H,W_X
        MOV A,W1
        JMP W09
W_X:    CJNE A,#0BH,W_E
        MOV A,W1
        JMP W0X
W_E:    CJNE A,#0CH,W_EE
        MOV A,W1
        JMP W0E

W00:    CJNE A,#0AH,W10
        MOV DPTR,#CHAR_00
        CALL SEND
        JMP SCAN_KEY

```

W10: CJNE A,#01H,W20
MOV DPTR,#CHAR_10
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W20: CJNE A,#02H,W30
MOV DPTR,#CHAR_20
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W30: CJNE A,#03H,W40
MOV DPTR,#CHAR_30
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W40: CJNE A,#04H,W50
MOV DPTR,#CHAR_40
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W50: CJNE A,#05H,W60
MOV DPTR,#CHAR_50
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W60: CJNE A,#06H,W70
MOV DPTR,#CHAR_60
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W70: CJNE A,#07H,W80
MOV DPTR,#CHAR_70
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W80: CJNE A,#08H,W90
MOV DPTR,#CHAR_80
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W90: CJNE A,#09H,WX0
MOV DPTR,#CHAR_90


```
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
WX0:  CJNE A,#0BH,WE0
      MOV DPTR,#CHAR_X0
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WE0:  CJNE A,#0CH,WE00
      MOV DPTR,#CHAR_E0
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W01:  CJNE A,#0AH,W11
      MOV DPTR,#CHAR_01
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W11:  CJNE A,#01H,W21
      MOV DPTR,#CHAR_11
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W21:  CJNE A,#02H,W31
      MOV DPTR,#CHAR_21
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W31:  CJNE A,#03H,W41
      MOV DPTR,#CHAR_31
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W41:  CJNE A,#04H,W51
      MOV DPTR,#CHAR_41
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W51:  CJNE A,#05H,W61
      MOV DPTR,#CHAR_51
      CALL SEND
```

```
JMP SCAN_KEY
W61:  CJNE A,#06H,W71
      MOV DPTR,#CHAR_61
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W71:  CJNE A,#07H,W81
      MOV DPTR,#CHAR_71
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W81:  CJNE A,#08H,W91
      MOV DPTR,#CHAR_81
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W91:  CJNE A,#09H,WX1
      MOV DPTR,#CHAR_91
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WX1:  CJNE A,#0BH,WE1
      MOV DPTR,#CHAR_X1
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WE1:  CJNE A,#0CH,WE11
      MOV DPTR,#CHAR_E1
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W02:  CJNE A,#0AH,W12
      MOV DPTR,#CHAR_02
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W12:  CJNE A,#01H,W22
      MOV DPTR,#CHAR_12
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
```



```
W22:  CJNE A,#02H,W32
      MOV DPTR,#CHAR_22
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W32:  CJNE A,#03H,W42
      MOV DPTR,#CHAR_32
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W42:  CJNE A,#04H,W52
      MOV DPTR,#CHAR_42
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W52:  CJNE A,#05H,W62
      MOV DPTR,#CHAR_52
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W62:  CJNE A,#06H,W72
      MOV DPTR,#CHAR_62
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W72:  CJNE A,#07H,W82
      MOV DPTR,#CHAR_72
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W82:  CJNE A,#08H,W92
      MOV DPTR,#CHAR_82
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W92:  CJNE A,#09H,WX2
      MOV DPTR,#CHAR_92
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WX2:  CJNE A,#0BH,WE2
      MOV DPTR,#CHAR_X2
```

```
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
WE2:  CJNE A,#0CH,WE22
      MOV DPTR,#CHAR_E2
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W03:  CJNE A,#0AH,W13
      MOV DPTR,#CHAR_03
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W13:  CJNE A,#01H,W23
      MOV DPTR,#CHAR_13
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W23:  CJNE A,#02H,W33
      MOV DPTR,#CHAR_23
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W33:  CJNE A,#03H,W43
      MOV DPTR,#CHAR_33
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W43:  CJNE A,#04H,W53
      MOV DPTR,#CHAR_43
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W53:  CJNE A,#05H,W63
      MOV DPTR,#CHAR_53
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W63:  CJNE A,#06H,W73
      MOV DPTR,#CHAR_63
      CALL SEND
```



```
JMP SCAN_KEY
W73:  CJNE A,#07H,W83
      MOV DPTR,#CHAR_73
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W83:  CJNE A,#08H,W93
      MOV DPTR,#CHAR_83
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W93:  CJNE A,#09H,WX3
      MOV DPTR,#CHAR_93
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WX3:  CJNE A,#0BH,WE3
      MOV DPTR,#CHAR_X3
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WE3:  CJNE A,#0CH,WE33
      MOV DPTR,#CHAR_E3
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W04:  CJNE A,#0AH,W14
      MOV DPTR,#CHAR_04
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W14:  CJNE A,#01H,W24
      MOV DPTR,#CHAR_14
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W24:  CJNE A,#02H,W34
      MOV DPTR,#CHAR_24
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
```

W34: CJNE A,#03H,W44
MOV DPTR,#CHAR_34
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W44: CJNE A,#04H,W54
MOV DPTR,#CHAR_44
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W54: CJNE A,#05H,W64
MOV DPTR,#CHAR_54
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W64: CJNE A,#06H,W74
MOV DPTR,#CHAR_64
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W74: CJNE A,#07H,W84
MOV DPTR,#CHAR_74
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W84: CJNE A,#08H,W94
MOV DPTR,#CHAR_84
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W94: CJNE A,#09H,WX4
MOV DPTR,#CHAR_94
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

WX4: CJNE A,#0BH,WE4
MOV DPTR,#CHAR_X4
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

WE4: CJNE A,#0CH,WE44
MOV DPTR,#CHAR_E4


```
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W05:  CJNE A,#0AH,W15
      MOV DPTR,#CHAR_05
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W15:  CJNE A,#01H,W25
      MOV DPTR,#CHAR_15
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W25:  CJNE A,#02H,W35
      MOV DPTR,#CHAR_25
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W35:  CJNE A,#03H,W45
      MOV DPTR,#CHAR_35
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W45:  CJNE A,#04H,W55
      MOV DPTR,#CHAR_45
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W55:  CJNE A,#05H,W65
      MOV DPTR,#CHAR_55
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W65:  CJNE A,#06H,W75
      MOV DPTR,#CHAR_65
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W75:  CJNE A,#07H,W85
      MOV DPTR,#CHAR_75
      CALL SEND
```

```
JMP SCAN_KEY
W85:  CJNE A,#08H,W95
      MOV DPTR,#CHAR_85
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W95:  CJNE A,#09H,WX5
      MOV DPTR,#CHAR_95
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WX5:  CJNE A,#0BH,WE5
      MOV DPTR,#CHAR_X5
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WE5:  CJNE A,#0CH,WE55
      MOV DPTR,#CHAR_E5
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W06:  CJNE A,#0AH,W16
      MOV DPTR,#CHAR_06
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W16:  CJNE A,#01H,W26
      MOV DPTR,#CHAR_16
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W26:  CJNE A,#02H,W36
      MOV DPTR,#CHAR_26
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W36:  CJNE A,#03H,W46
      MOV DPTR,#CHAR_36
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
```


W46: CJNE A,#04H,W56
MOV DPTR,#CHAR_46
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W56: CJNE A,#05H,W66
MOV DPTR,#CHAR_56
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W66: CJNE A,#06H,W76
MOV DPTR,#CHAR_66
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W76: CJNE A,#07H,W86
MOV DPTR,#CHAR_76
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W86: CJNE A,#08H,W96
MOV DPTR,#CHAR_86
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W96: CJNE A,#09H,WX6
MOV DPTR,#CHAR_96
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

WX6: CJNE A,#0BH,WE6
MOV DPTR,#CHAR_X6
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

WE6: CJNE A,#0CH,WE66
MOV DPTR,#CHAR_E6
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W07: CJNE A,#0AH,W17

```
MOV DPTR,#CHAR_07
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W17:  CJNE A,#01H,W27
      MOV DPTR,#CHAR_17
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W27:  CJNE A,#02H,W37
      MOV DPTR,#CHAR_27
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W37:  CJNE A,#03H,W47
      MOV DPTR,#CHAR_37
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W47:  CJNE A,#04H,W57
      MOV DPTR,#CHAR_47
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W57:  CJNE A,#05H,W67
      MOV DPTR,#CHAR_57
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W67:  CJNE A,#06H,W77
      MOV DPTR,#CHAR_67
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W77:  CJNE A,#07H,W87
      MOV DPTR,#CHAR_77
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W87:  CJNE A,#08H,W97
      MOV DPTR,#CHAR_87
      CALL SEND
```



```
JMP SCAN_KEY
W97:  CJNE A,#09H,WX7
      MOV DPTR,#CHAR_97
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WX7:  CJNE A,#0BH,WE7
      MOV DPTR,#CHAR_X7
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WE7:  CJNE A,#0CH,WE77
      MOV DPTR,#CHAR_E7
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W08:  CJNE A,#0AH,W18
      MOV DPTR,#CHAR_08
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W18:  CJNE A,#01H,W28
      MOV DPTR,#CHAR_18
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W28:  CJNE A,#02H,W38
      MOV DPTR,#CHAR_28
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W38:  CJNE A,#03H,W48
      MOV DPTR,#CHAR_38
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W48:  CJNE A,#04H,W58
      MOV DPTR,#CHAR_48
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
```

W58: CJNE A,#05H,W68
MOV DPTR,#CHAR_58
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W68: CJNE A,#06H,W78
MOV DPTR,#CHAR_68
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W78: CJNE A,#07H,W88
MOV DPTR,#CHAR_78
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W88: CJNE A,#08H,W98
MOV DPTR,#CHAR_88
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W98: CJNE A,#09H,WX8
MOV DPTR,#CHAR_98
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

WX8: CJNE A,#0BH,WE8
MOV DPTR,#CHAR_X8
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

WE8: CJNE A,#0CH,WE88
MOV DPTR,#CHAR_E8
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W09: CJNE A,#0AH,W19
MOV DPTR,#CHAR_09
CALL SEND
JMP SCAN_KEY

W19: CJNE A,#01H,W29


```
MOV DPTR,#CHAR_19
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W29:  CJNE A,#02H,W39
      MOV DPTR,#CHAR_29
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W39:  CJNE A,#03H,W49
      MOV DPTR,#CHAR_39
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W49:  CJNE A,#04H,W59
      MOV DPTR,#CHAR_49
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W59:  CJNE A,#05H,W69
      MOV DPTR,#CHAR_59
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W69:  CJNE A,#06H,W79
      MOV DPTR,#CHAR_69
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W79:  CJNE A,#07H,W89
      MOV DPTR,#CHAR_79
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W89:  CJNE A,#08H,W99
      MOV DPTR,#CHAR_89
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W99:  CJNE A,#09H,WX9
      MOV DPTR,#CHAR_99
      CALL SEND
```

```
JMP SCAN_KEY
WX9:  CJNE A,#0BH,WE9
      MOV DPTR,#CHAR_X9
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WE9:  CJNE A,#0CH,WE99
      MOV DPTR,#CHAR_E9
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W0X:  CJNE A,#0AH,W1X
      MOV DPTR,#CHAR_0X
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W1X:  CJNE A,#01H,W2X
      MOV DPTR,#CHAR_1X
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W2X:  CJNE A,#02H,W3X
      MOV DPTR,#CHAR_2X
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W3X:  CJNE A,#03H,W4X
      MOV DPTR,#CHAR_3X
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W4X:  CJNE A,#04H,W5X
      MOV DPTR,#CHAR_4X
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W5X:  CJNE A,#05H,W6X
      MOV DPTR,#CHAR_5X
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
```



```
W6X:  CJNE A,#06H,W7X
      MOV DPTR,#CHAR_6X
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W7X:  CJNE A,#07H,W8X
      MOV DPTR,#CHAR_7X
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W8X:  CJNE A,#08H,W9X
      MOV DPTR,#CHAR_8X
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W9X:  CJNE A,#09H,WXX
      MOV DPTR,#CHAR_9X
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WXX:  CJNE A,#0BH,WEX
      MOV DPTR,#CHAR_XX
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WEX:  CJNE A,#0CH,WEXX
      MOV DPTR,#CHAR_EX
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY

W0E:  CJNE A,#0AH,W1E
      MOV DPTR,#CHAR_0E
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W1E:  CJNE A,#01H,W2E
      MOV DPTR,#CHAR_1E
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W2E:  CJNE A,#02H,W3E
```

```
MOV DPTR,#CHAR_2E
CALL SEND
JMP SCAN_KEY
W3E:  CJNE A,#03H,W4E
      MOV DPTR,#CHAR_3E
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W4E:  CJNE A,#04H,W5E
      MOV DPTR,#CHAR_4E
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W5E:  CJNE A,#05H,W6E
      MOV DPTR,#CHAR_5E
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W6E:  CJNE A,#06H,W7E
      MOV DPTR,#CHAR_6E
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W7E:  CJNE A,#07H,W8E
      MOV DPTR,#CHAR_7E
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W8E:  CJNE A,#08H,W9E
      MOV DPTR,#CHAR_8E
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
W9E:  CJNE A,#09H,WXE
      MOV DPTR,#CHAR_9E
      CALL SEND
      JMP SCAN_KEY
WXE:  CJNE A,#0BH,WEE
      MOV DPTR,#CHAR_XE
      CALL SEND
```



```
JMP SCAN_KEY  
WEE:  CJNE A,#0CH,WEE  
      MOV DPTR,#CHAR_EE  
      CALL SEND  
      JMP SCAN_KEY
```

```
SEND:  CALL TLCDC  
      RET
```

```
DEMO: DB  ':5',0DH  
      DB  ':1001',0DH  
      DB  ':1100',0DH  
      DB  ':1206',0DH  
      DB  ':1304',0DH
```

```
CLR_LCD: DB  ':5',0DH  
CURSOR:  DB  ':5',0DH  
      DB  ':6',0DH
```

```
CHAR_00: DB  ':2',0DH  
CHAR_10: DB  ':20',0DH  
CHAR_20: DB  ':2B',0DH  
CHAR_30: DB  ':2E',0DH  
CHAR_40: DB  ':2H',0DH  
CHAR_50: DB  ':2K',0DH  
CHAR_60: DB  ':2N',0DH  
CHAR_70: DB  ':2R',0DH  
CHAR_80: DB  ':2U',0DH  
CHAR_90: DB  ':2X',0DH  
CHAR_X0: DB  ':2Q',0DH  
CHAR_E0: DB  ':2Z',0DH  
CHAR_11: DB  ':21',0DH  
CHAR_02: DB  ':2b',0DH  
CHAR_12: DB  ':22',0DH
```

CHAR_X2: DB '2a',0DH
CHAR_E2: DB '2c',0DH
CHAR_03: DB '2e',0DH
CHAR_13: DB '23',0DH
CHAR_X3: DB '2d',0DH
CHAR_E3: DB '2f',0DH
CHAR_04: DB '2h',0DH
CHAR_14: DB '24',0DH
CHAR_X4: DB '2g',0DH
CHAR_E4: DB '2i',0DH
CHAR_05: DB '2k',0DH
CHAR_15: DB '25',0DH
CHAR_X5: DB '2j',0DH
CHAR_E5: DB '2l',0DH
CHAR_06: DB '2n',0DH
CHAR_16: DB '26',0DH
CHAR_X6: DB '2m',0DH
CHAR_E6: DB '2o',0DH
CHAR_07: DB '2r',0DH
CHAR_17: DB '27',0DH
CHAR_X7: DB '2p',0DH
CHAR_E7: DB '2s',0DH
CHAR_08: DB '2u',0DH
CHAR_18: DB '28',0DH
CHAR_X8: DB '2t',0DH
CHAR_E8: DB '2v',0DH
CHAR_09: DB '2x',0DH
CHAR_19: DB '29',0DH
CHAR_X9: DB '2w',0DH
CHAR_E9: DB '2y',0DH
CHAR_0X: DB '2q',0DH
CHAR_2X: DB '2A',0DH
CHAR_3X: DB '2D',0DH
CHAR_4X: DB '2G',0DH



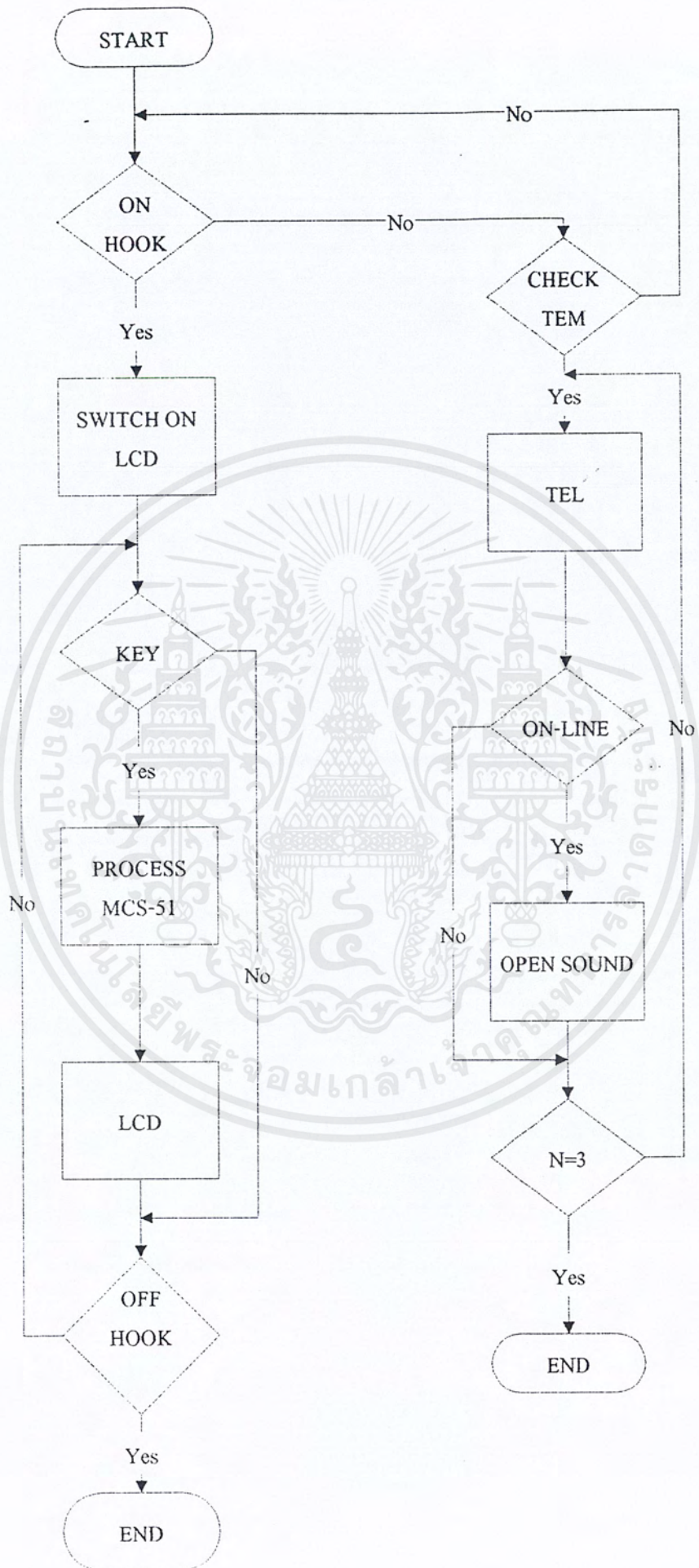
CHAR_5X: DB ':2J',0DH
CHAR_6X: DB ':2M',0DH
CHAR_7X: DB ':2P',0DH
CHAR_8X: DB ':2T',0DH
CHAR_9X: DB ':2W',0DH
CHAR_0E: DB ':2z',0DH
CHAR_2E: DB ':2C',0DH
CHAR_3E: DB ':2F',0DH
CHAR_4E: DB ':2I',0DH
CHAR_5E: DB ':2L',0DH
CHAR_6E: DB ':2O',0DH
CHAR_7E: DB ':2S',0DH
CHAR_8E: DB ':2V',0DH
CHAR_9E: DB ':2Y',0DH

END



ภาคผนวก ข
ไฟล์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรม





ภาคผนวก ก

รูปและการทำงานของเครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติ

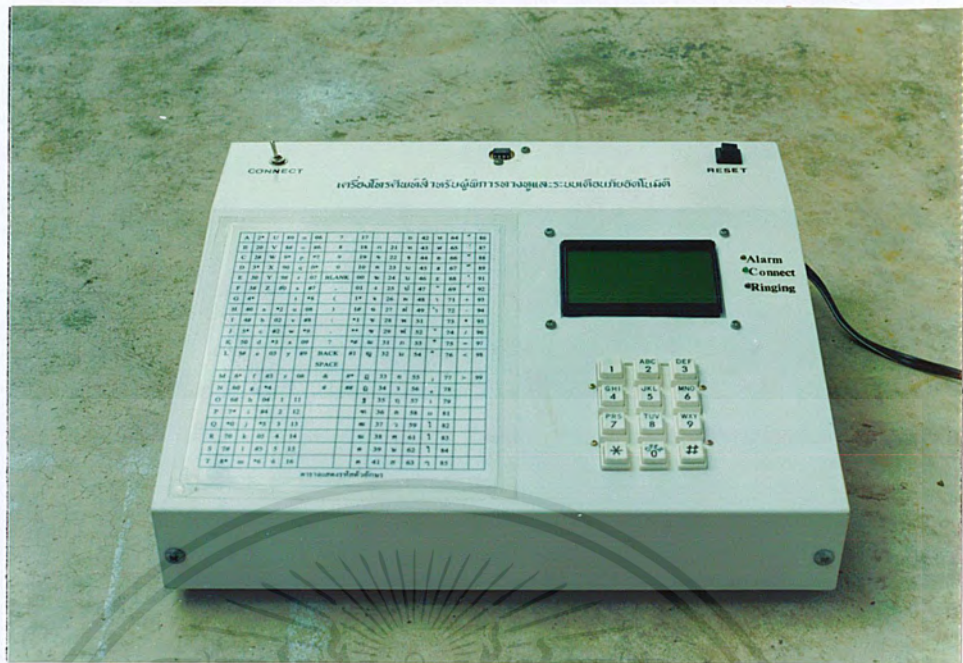


ขั้นตอนการใช้งานและรหัสที่ใช้แทนตัวเลขและตัวอักษร

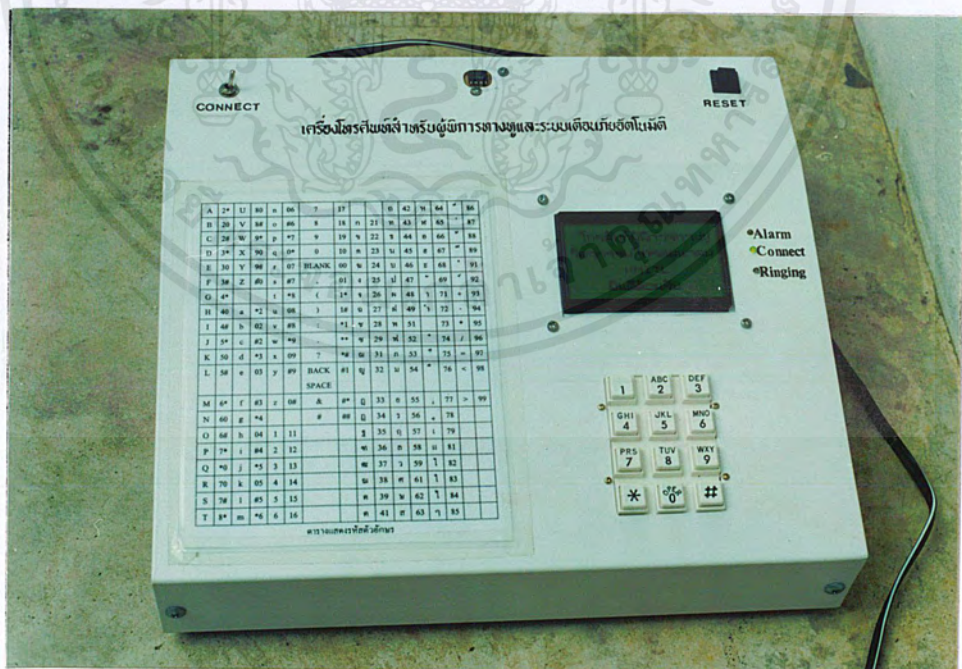
ซึ่งสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. เมื่อทำการจ่ายไฟให้แก่วงจร โดยการกดสวิตช์ ปิด-เปิด โดยจะมี LED แสดงสถานะของเครื่อง
2. เมื่อมีสัญญาณ Ringing เข้ามา LED ที่เครื่องจะกระพริบ สามารถทำการรับสายได้โดยการยกหูโทรศัพท์ที่ต่อเครื่อง โดยจะมี LED แสดงสถานะของเครื่อง
3. ทำการกดสวิตช์ Reset เพื่อเซตให้ LCD พร้อมที่จะทำงาน หลังจากนั้น ที่จอ LCD จะแสดงสถานะพร้อมจะใช้งาน โดยแสดง DEMO ที่หน้าจอ
4. ถ้าท่านเป็นฝ่ายส่งก็ทำการพิมพ์ข้อความที่จะส่งได้เลย โดยมีวิธีส่งด้วยกัน 2 แบบ คือ ใช้คีย์บอร์ด และแป้นโทรศัพท์ เช่น “HELLO สวัสดี” ถ้าใช้คีย์บอร์ดก็พิมพ์ “HELLO สวัสดี” ที่จอ LCD
5. สำหรับการใช้เป็นโทรศัพท์ ต้องกดให้ตรงกับ Code ที่กำหนด โดยในที่นี้ต้องกดปุ่ม 2 ครั้งจึงจะได้อักษร 1 ตัว เช่น “H” ต้องกดปุ่มดังนี้ “4” “0” จะได้อักษรตัว “H”





รูปเครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติ



รูปแสดง DEMO ของเครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูแบบเป็นใบ้พร้อมระบบเตือนภัยอัตโนมัติ



รูปแสดงตัวอย่างข้อความที่พิมพ์จากคีย์บอร์ด

รหัสที่ใช้แทนตัวเลขและตัวอักษร

1.รหัสที่ใช้แทนตัวเลข

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

รูปที่ 8-ค แสดงรหัสที่ใช้แทนตัวเลข

2. รหัสที่ใช้แทนตัวอักษรภาษาอังกฤษ

รหัส 1	รหัส 2	ตัวเลขที่แสดง
2	*	A
2	0	B
2	#	C
3	*	D
3	0	E
3	#	F
4	*	G
4	0	H
4	#	I
5	*	J
5	0	K
5	#	L
6	*	M
6	0	N
6	#	O
7	*	P
*	0	Q
7	0	R
7	#	S
8	*	T
8	0	U
8	#	V
9	*	W
9	0	X
9	#	Y
#	0	Z

3. รหัสที่ใช้แทนตัวอักษรภาษาไทย (พยัญชนะ)

รหัส 1	รหัส 2	ตัวเลขที่แสดง
2	1	ก
2	2	ข
2	3	ค
2	4	ฅ
2	5	ง
2	6	จ
2	7	ฉ
2	8	ช
2	9	ซ
3	1	ฌ
3	2	ญ
3	3	ฎ
3	4	ฏ
3	5	ฐ
3	6	ฑ
3	7	ฒ
3	8	ณ
3	9	ด
4	1	ต
4	2	ถ
4	3	ท
4	4	ธ
4	5	น
4	6	บ
4	7	ป
4	8	ผ
4	9	ฝ
5	1	พ

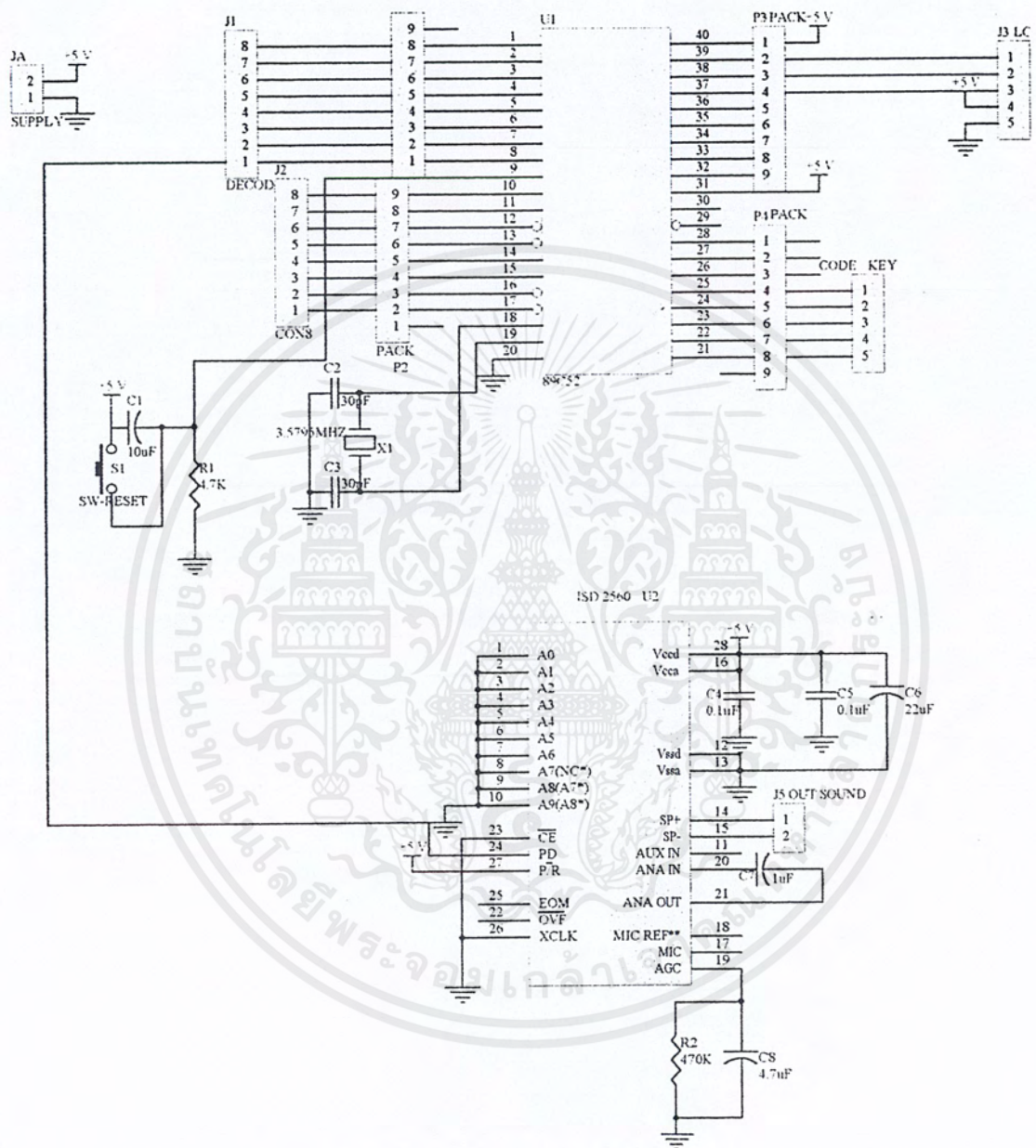
5	2	ฟ
5	3	ภ
5	4	ม
5	5	ย
5	6	ร
5	7	ฤ
5	8	ล
5	9	ว
6	1	ศ
6	2	ษ
6	3	ส
6	4	ห
6	5	พ
6	6	อ
6	7	ฮ

รูปที่ 10-ค แสดงรหัสที่ใช้แทนตัวอักษรภาษาไทย

4. รหัสที่ใช้แทนตัวอักษรภาษาไทย (สระ)

รหัส 1	รหัส 2	ตัวเลขที่แสดง
6	8	๕
6	9	๕
7	1	า
7	2	ำ
7	3	า
7	4	า
7	5	า
7	6	า
7	7	ง
7	8	ง
7	9	เ
8	1	แ
8	2	เ
8	3	อ
8	4	อ
8	5	อ
8	6	อ
8	7	อ
8	8	อ
8	9	อ
9	1	+
9	2	๘

รูปที่ 11-ค แสดงรหัสที่ใช้แทนตัวอักษรภาษาไทย (สระ)



ภาพประมวลผลและวงจรบันทึกเสียง

Contents

- DTMF Receiver Development
- Mobile Radio Applications
- Inside The MT8870
- Distributed Control Systems
- DTMF Receiver Application
- Data Communication Using DTMF

Introduction

The purpose of this Application Note is to provide information on the operation and application of DTMF Receivers. The MT8870 Integrated DTMF Receiver will be discussed in detail and its use illustrated in the application examples which follow.

More than 25 years ago the need for an improved method for transferring dialling information through the telephone network was recognized. The traditional method, Dial pulse signalling, was not only slow, suffering severe distortion over long wire loops, but required a DC path through the communications channel. A signalling scheme was developed utilizing voice frequency tones and implemented as a very reliable alternative to pulse dialling. This scheme is known as DTMF (Dual Tone Multi-Frequency), Touch-Tone™ or simply, tone dialling. As its acronym suggests, a valid DTMF signal is the sum of two tones, one from a low group (697-941Hz) and one from a high group (1209-1633Hz) with each group containing four individual tones. The tone

frequencies were carefully chosen such that they are not harmonically related and that their intermodulation products result in minimal signalling impairment (Fig. 1a). This scheme allows for 16 unique combinations. Ten of these codes represent the numerals zero through nine, the remaining six (*, #, A, B, C, D) being reserved for special signalling. Most telephone keypads contain ten numeric push buttons plus the asterisk (*) and octothorp (#). The buttons are arranged in a matrix, each selecting its low group tone from its respective row and its high group tone from its respective column (Fig. 1b).

The DTMF coding scheme ensures that each signal contains one and only one component from each of the high and low groups. This significantly simplifies decoding because the composite DTMF signal may be separated with bandpass filters, into its two single frequency components each of which may be handled individually. As a result DTMF coding has proven to provide a flexible signalling scheme of excellent reliability, hence motivating innovative and competitive decoder design.

Development

Early DTMF decoders (receivers) utilized banks of bandpass filters making them somewhat cumbersome and expensive to implement. This generally restricted their application to central offices (telephone exchanges).

The first generation receiver typically used LC filters, active filters and/or phase locked loop techniques to

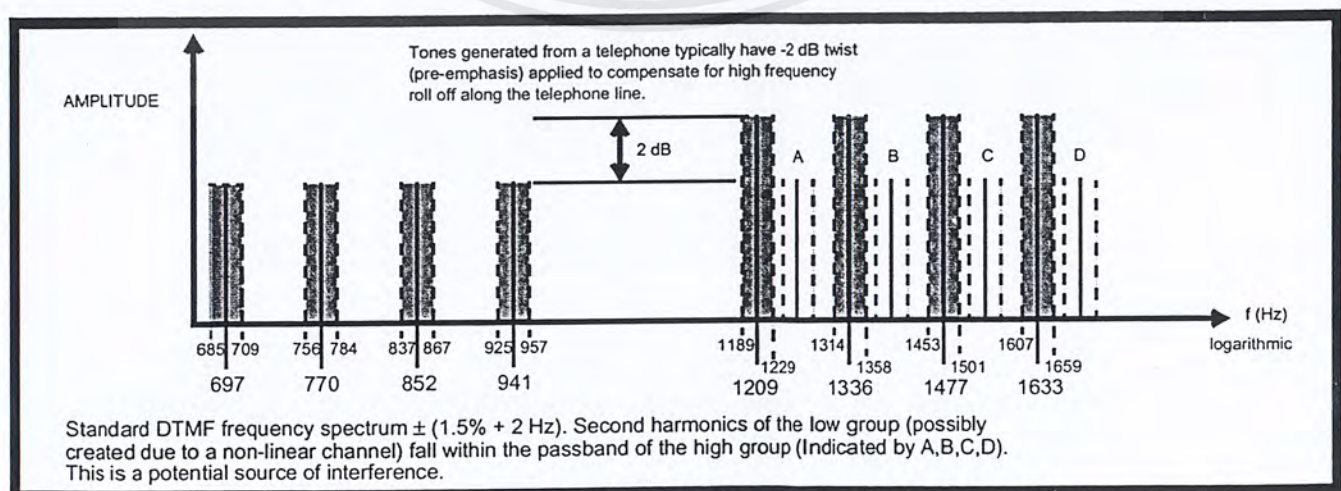


Figure 1a - The Dual Tone Multifrequency (DTMF) Spectrum

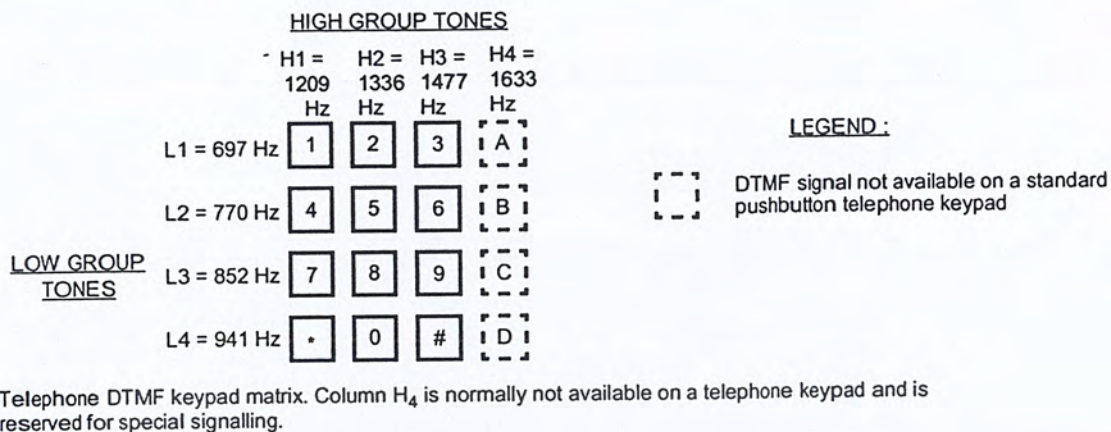
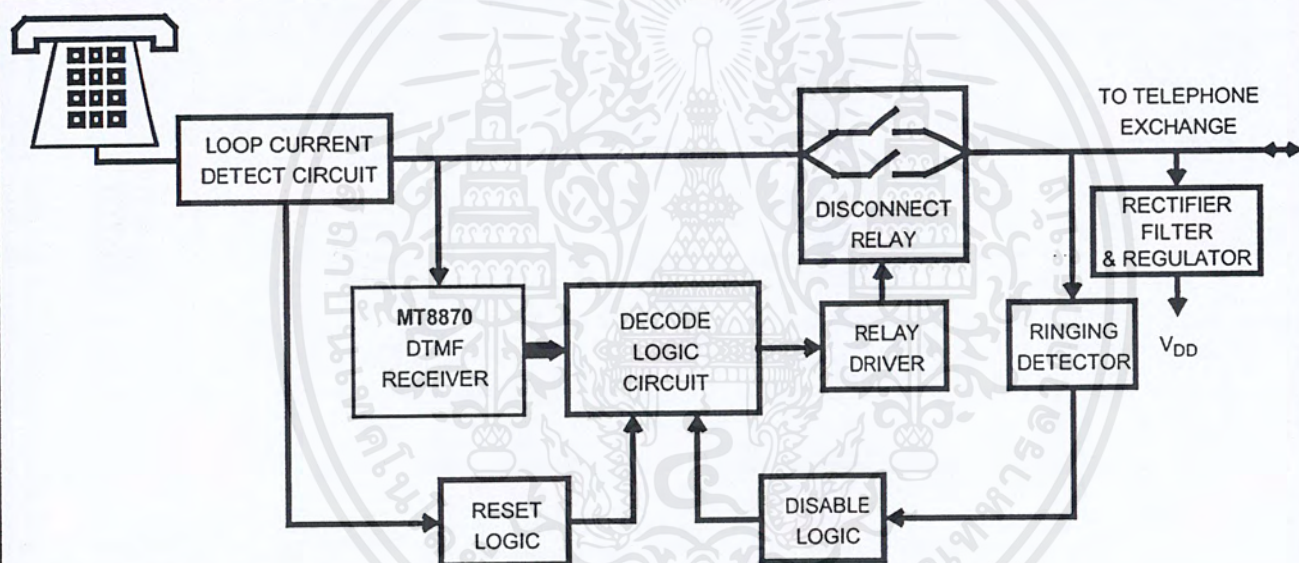
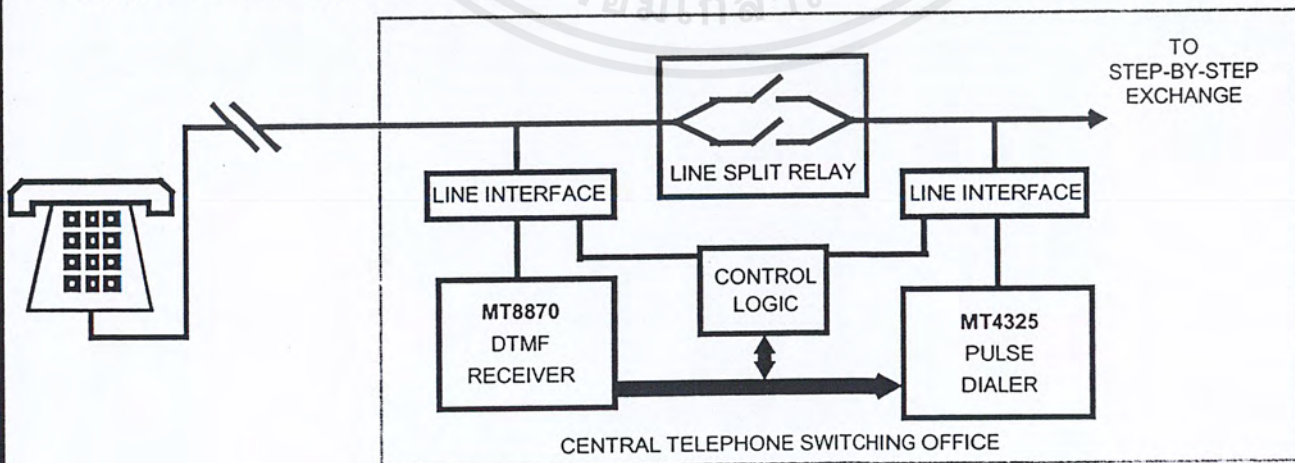


Figure 1b - The Dual Tone Multifrequency (DTMF) Keypad



- a) Block diagram of a toll call restrictor. This could be implemented on a small pc board and installed in a telephone to disallow long distance calling.



- b) Block diagram of a simple tone to pulse converter to allow TOUCH-TONE dialing into a step-by-step or crossbar exchange.

Figure 2 - Typical DTMF Receiver Applications

receive and decode DTMF tones. Initial functions were, commonly, phone number decoders and toll call restrictors. A DTMF receiver is also frequently used as a building block in a tone-to-pulse converter which allows Touch-Tone dialling access to mechanical step-by-step and crossbar exchanges (Fig. 2).

The introduction of MOS/LSI digital techniques brought about the second generation of tone receiver development. These devices were used to digitally decode the two discrete tones that result from decomposition of the composite signal. Two analog bandpass filters were used to perform the decomposition.

Totally self-contained receivers implemented in thick film hybrid technology depicted the start of third generation devices. Typically, they also used analog active filters to bandsplit the composite signal and MOS digital devices to decode the tones.

The development of silicon-implemented switched capacitor sampled filters marked the birth of the fourth and current generation of DTMF receiver technology. Initially single chip bandpass filters were combined with currently available decoders enabling a two chip receiver design. A further advance in integration has merged both functions onto a single chip allowing DTMF receivers to be realized in minimal space at a low cost.

The second and third generation technologies saw a tendency to shift complexity away from the analog circuitry towards the digital LSI circuitry in order to reduce the complexity of analog filters and their inherent problems. Now that the filters themselves can be implemented in silicon, the distribution of complexity becomes more a function of performance and silicon real estate.

Inside The MT8870

The MT8870 is a state of the art single chip DTMF receiver incorporating switched capacitor filter technology and an advanced digital counting/averaging algorithm for period measurement. The block diagram (Fig. 3) illustrates the internal workings of this device.

To aid design flexibility, the DTMF input signal is first buffered by an input op-amp which allows adjustment of gain and choice of input configuration. The input stage is followed by a low pass continuous RC active filter which performs an antialiasing function. Dial tone at 350 and 440Hz is then rejected by a third order switched capacitor notch filter. The

signal, still in its composite form, is then split into its individual high and low frequency components by two sixth order switched capacitor and pass filters. Each component tone is then smoothed by an output filter and squared up by a hard limiting comparator.

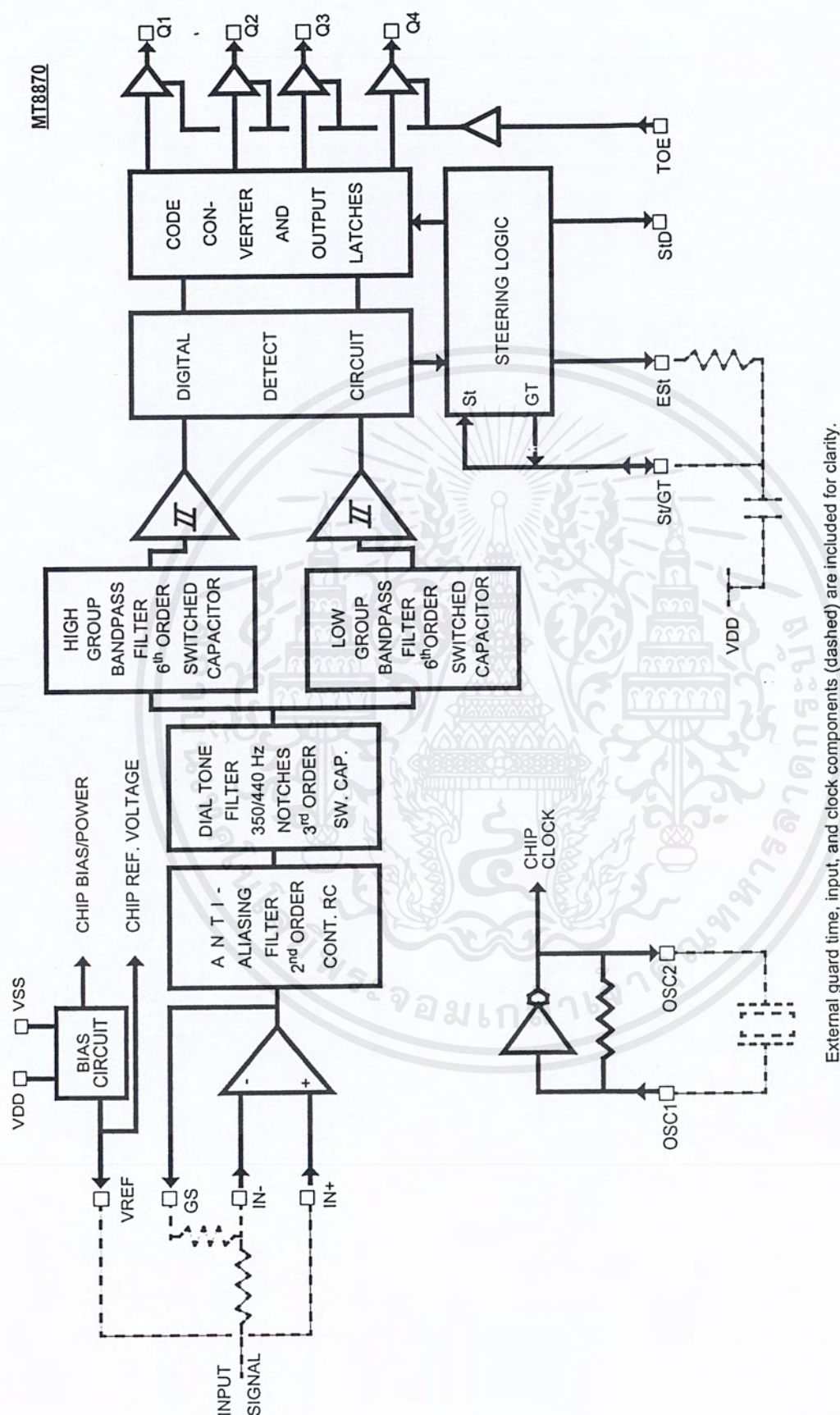
The two resulting rectangular waves are applied to digital circuitry where a counting algorithm measures and averages their periods. An accurate reference clock is derived from an inexpensive external 3.58MHz colourburst crystal.

The timing diagram (Fig. 4) illustrates the sequence of events which follow digital detection of a DTMF tone pair. Upon recognition of a valid frequency from each tone group the Early Steering (EST) output is raised. The time required to detect the presence of two valid tones, t_{DP} is a function of the decode algorithm, the tone frequency and the previous state of the decode logic. EST indicates that two tones of proper frequency have been detected and initiates an RC timing circuit. If both tones are present for the minimum guard time, t_{GTP} which is determined by the external RC network, the DTMF signal is decoded and the resulting data (Table 1) is latched in the output register. The Delayed Steering (StD) output is raised and indicates that new data is available. The time required to receive a valid DTMF signal, t_{REC} , is equal to the sum of t_{DP} and t_{GTP}

f _{LOW}	f _{HIGH}	KEY	TOE	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁
697	1209	1	1	0	0	0	1
697	1336	2	1	0	0	1	0
697	1477	3	1	0	0	1	1
770	1209	4	1	0	1	0	0
770	1336	5	1	0	1	0	1
770	1477	6	1	0	1	1	0
852	1209	7	1	0	1	1	1
852	1336	8	1	1	0	0	0
852	1477	9	1	1	0	0	1
941	1209	0	1	1	0	1	0
941	1336	*	1	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1	1
941	1633	D	1	0	0	0	0
-	-	ANY	0	Z	Z	Z	Z

Table 1. MT8870 Output Truth Table
0=LOGIC LOW 1=LOGIC HIGH Z=HIGH IMPEDANCE
Output truth table. Note that key "0" is output as "1010₂
(ie:10₁₀)" corresponding to standard telephony coding.

A simplified circuit diagram (Fig. 5) illustrates how the chip's steering circuit drives the external RC network to generate guard times. Pin 17, St/GT (Steering/Guard Time), is a bidirectional signal pin which controls StD, the output latches, and resets the timing circuit. When St/GT is in its input mode (St function) both Q₁ and Q₂ are turned off and the voltage level at St/GT is compared to the steering threshold voltage V_{Tst} . A transition from below to above V_{Tst} will switch the comparator's output from



External guard time, input, and clock components (dashed) are included for clarity.

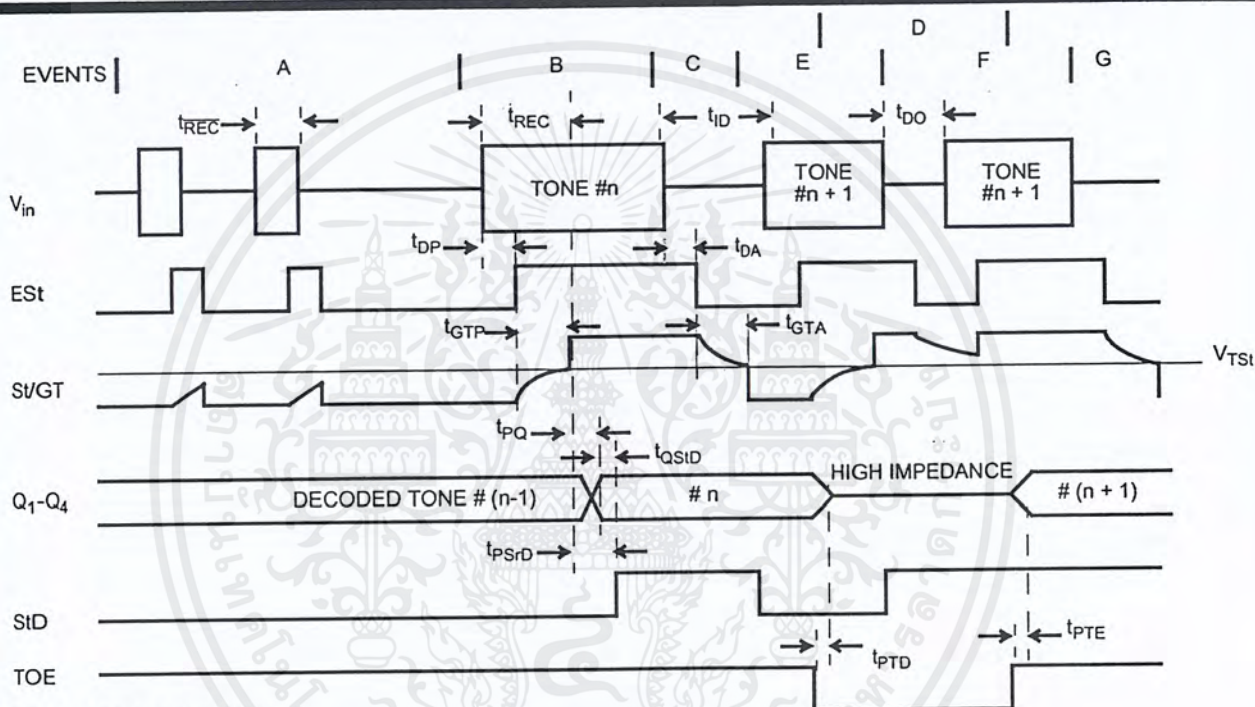
Figure 3 - MT8870 Functional Block Diagram

low to high strobing new data into the output latches, and raising the StD output. As long as an input level above V_{TSI} is maintained StD will remain high indicating the presence of a valid DTMF signal.

Initially, when no valid tone-pairs are present, capacitor C is fully charged applying a low voltage to St/GT. This causes a low at the comparator's output and since Est is also low, Q₂ turns on ensuring that C is completely charged. In this condition St/GT is in its output mode (GT function). When a valid tone-pair is received Est is raised turning off Q₂ which puts St/GT in its high impedance input mode and allows C to discharge through R. If this condition

persists for the tone-present guard time, t_{GTP} the voltage at St/GT rises above V_{TSI} raising StD which indicates reception of a valid DTMF signal. If the tone pair drops out before the duration of t_{GTP} Est is lowered turning on Q₂ which charges C resetting the tone-present guard time.

Once a DTMF signal is recognized as valid both Est and the comparator output are high. This turns on Q₁ which discharges C and initializes the tone-absent guard time, t_{GTA} . After the DTMF signal is removed, Est is lowered, Q₁ turns off placing St/GT in its input mode and C begins to charge through R.



EXPLANATION OF EVENTS

- A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.
- B) TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS
- C) END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.
- D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.
- E) TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).
- F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.
- G) END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

EXPLANATION OF SYMBOLS

- V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.
- Est EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.
- St/GT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
- Q₁-Q₄ 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 Q₁-Q₄ TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.
- t_{REC} MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECTED 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 4 - MT8870 Timing Diagram

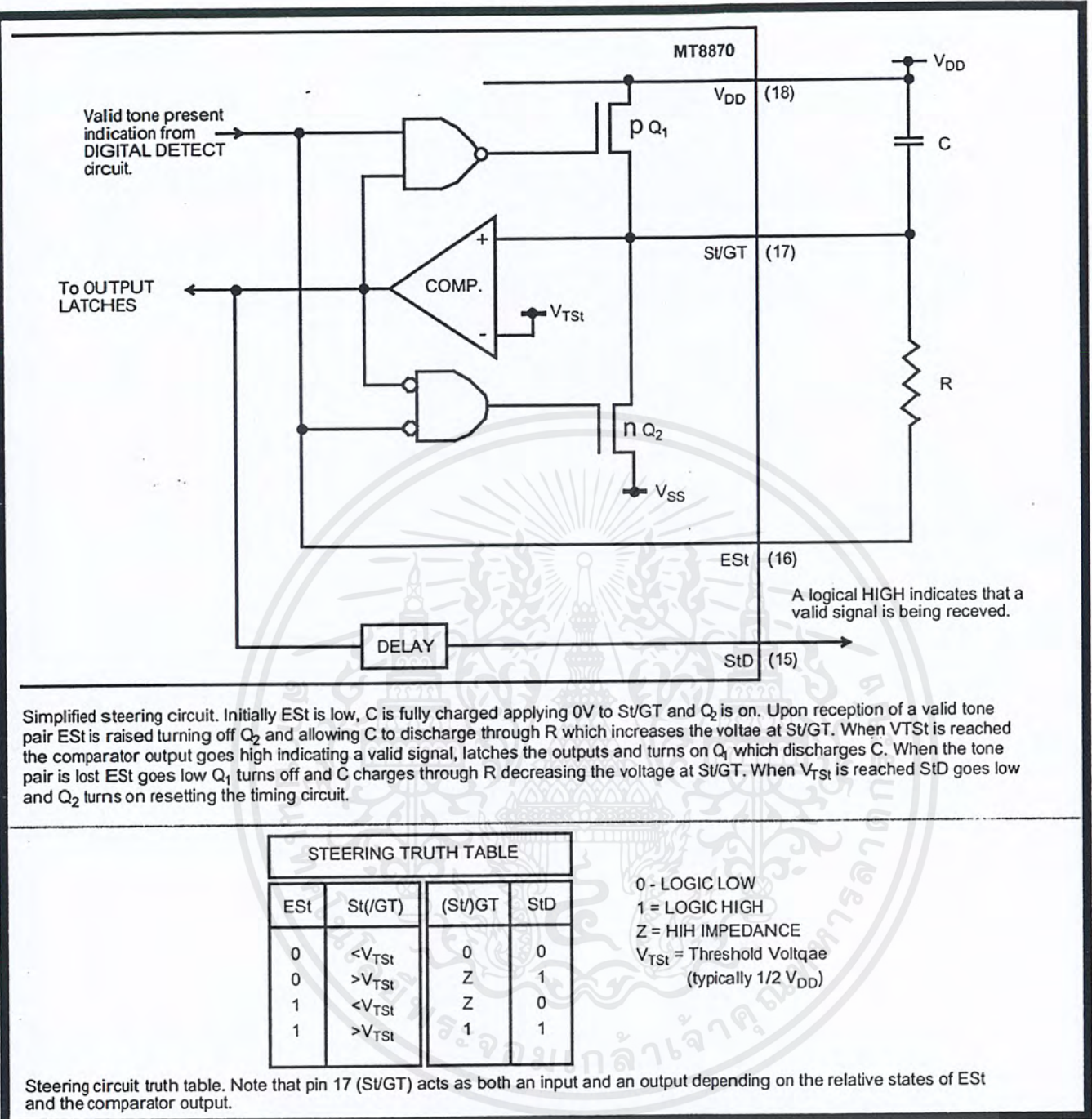


Figure 5 - MT8870 Steering And GuardTime Circuit Operation

If the same valid tone-pair does not reappear before t_{GTA} then the voltage at St/GT falls below V_{TSt} which resets the timing circuit via Q₂ and prepares the device to receive another signal. If the same valid tone-pair reappears before t_{GTA} , Est is raised turning on Q₁ and discharging C which resets t_{GTA} . In this case StD remains high and the tone dropout is disregarded as noise.

To provide good reliability in a typical telephony environment, a DTMF receiver should be designed to recognize a valid tone-pair greater than 40ms in duration and, to accept as successive digits, tone-pairs that are greater than 40ms apart. However in

other environments, such as two-way radio, the optimum tone duration and intra-digit times may differ due to noise considerations.

By adding an extra resistor and steering diode (Fig. 6b, 6c) t_{GTP} and t_{GTA} can be set to different values. Guard time adjustment allows tailoring of noise immunity and talk-off performance to meet specific system needs.

Talk-off is a measure of errors that occur when the receiver falsely detects a tone pair due to speech or background noise simulating a DTMF signal. Increasing t_{GTP} improves talk off performance since

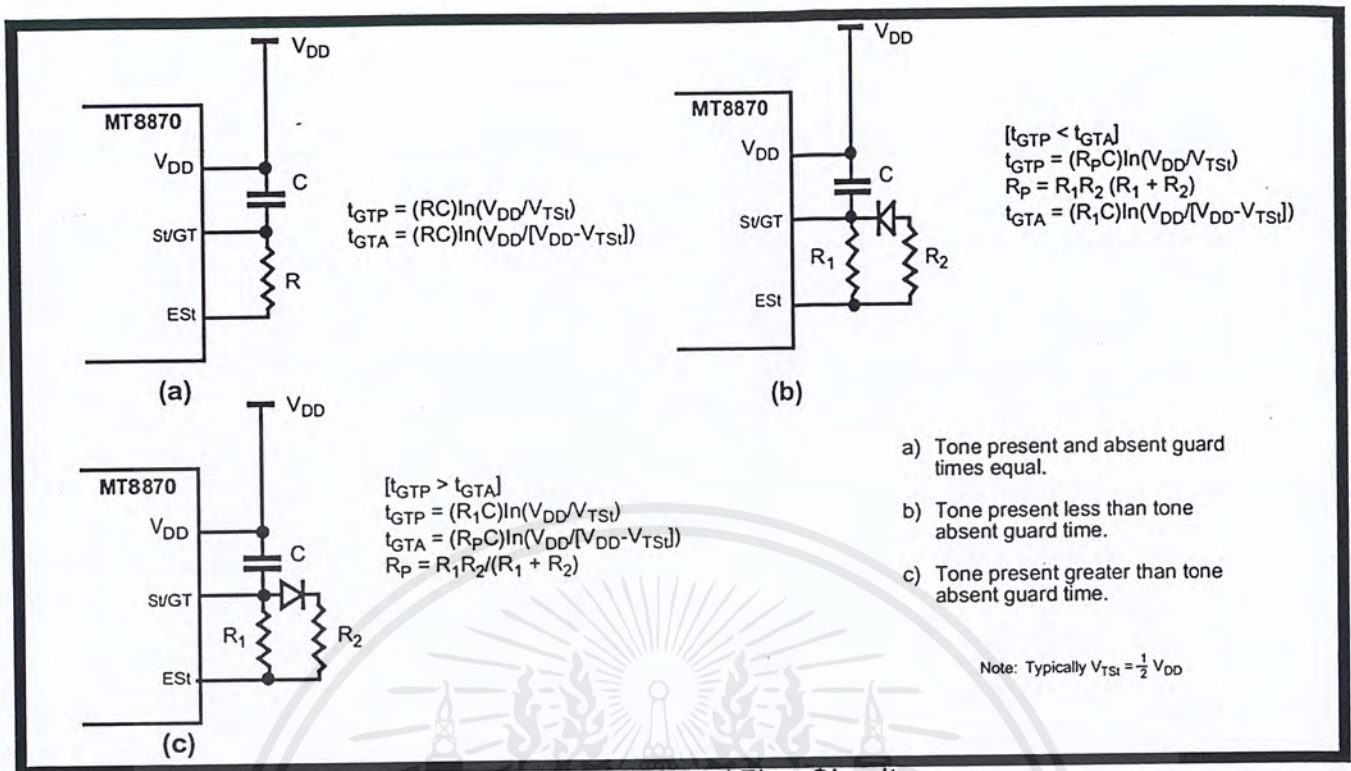


Figure 6 - Guard Time Circuits

it reduces the probability that speech will maintain DTMF simulation long enough to be considered valid. The trade-off here is decreased noise immunity because dropout (longer than t_{DA}) due to noise pulses will restart t_{GTP} . Therefore, for noisy environments, t_{GTP} should be decreased. The signal absent guard time, t_{GTA} , determines the minimum time allowed between successive DTMF signals. A dropout shorter than t_{GTA} will be considered noise and will not register as a successive valid tone detection. This guards against multiple reception of a single character. Therefore, lengthening t_{GTA} will increase noise immunity and tolerance to the presence of an unwanted third tone at the expense of decreasing the maximum signalling rate.

The intricacies of the digital detection algorithm have a significant impact on the overall receiver performance. It is here that the initial decision is made to accept the signal as valid or reject it as speech or noise.

Trade-offs must be made between eliminating talk off errors and eliminating the effects of unwanted third tone signals and noise. These are mutually conflicting events. On one hand valid DTMF signals present in noise must be recognized which requires relaxation of the detection criteria. On the other hand, relaxing the detection criteria increases the probability of receiving "hits" due to talk off errors.

Many considerations must be taken into account in evaluating criteria for noise rejection. In the telephony environment two sources of noise are predominant. These are, third tone interference, which generally comes from dial tone harmonics, and band-limited white noise. In the MT8870 a complex digital averaging algorithm provides excellent immunity to voice, third tone and noise signals which prevail in a typical voice bandwidth channel.

The algorithm used in the MT8870 combines the best features from two previous generations of Mitel digital decoders with improvements resulting from years of practical use within the telephone environment. The algorithm has evolved through a combination of statistical calculations and empirical "tweaks" to result in the realization of an extremely reliable decoder.

Applications

The proven reliability of DTMF signalling has created a vast spectrum of possible applications. Until recently, many of these applications were rendered ineffective due to cost or size considerations. Now that a complete DTMF receiver can be designed with merely a single chip and a few external passive components one can take full advantage of a highly developed signalling scheme as a small, cost-effective signalling solution.

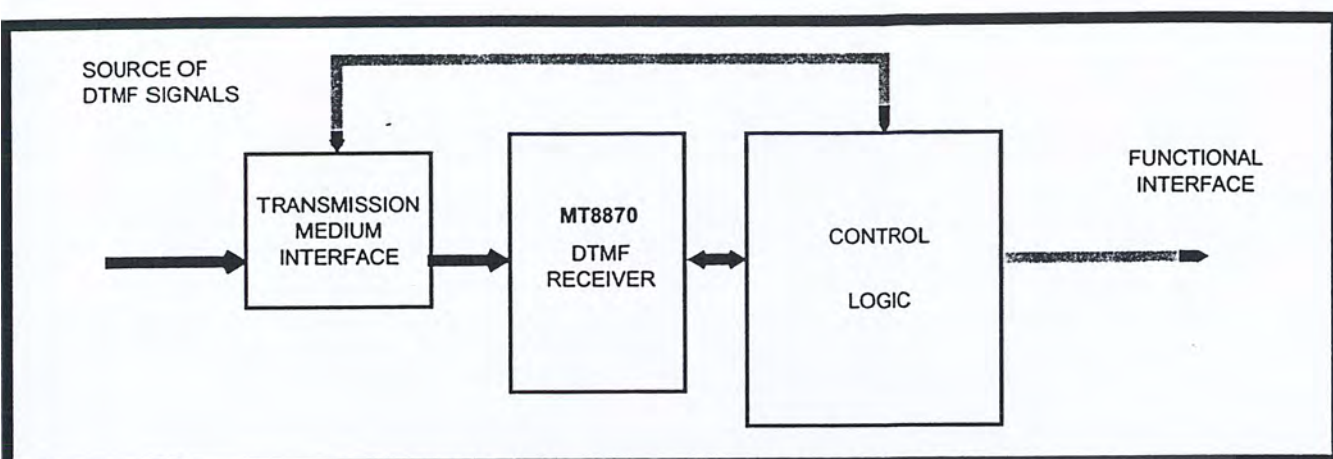


Figure 7 - Modular Approach to DTMF Receiver Systems

The design of a DTMF receiving system can generally be broken down into three functional blocks (Fig. 7). The first consideration is the interface to the transmission medium. This may be as simple as a few passive components to adequately configure the MT8870's input stage or as complex as some form of demodulation, multiplexing or analog switching system. The second functional block is the DTMF receiver itself. This is where the receiving system's parameters can be optimized for the specific signal conditions delivered from the "front end" interface. The third, and perhaps most widely varying function, is the output control logic. This may be as simple as a 4 to 16 line decoder, controlling a specific function for each DTMF code, or as complex as a full blown computer handling system protocols and adaptively varying the tone receiver's parameters to adjust for changing signal conditions. Several currently applied and conceptually designed applications are described subsequently but first let's consider the design of a typical input stage.

The input arrangement of the MT8870 provides a differential input op amp as well as a bias source (V_{REF}) which is used to bias the inputs at mid-rail. The output of this op amp is available to provide feedback for gain adjustment.

A typical single ended input configuration having unity gain is shown in Figure 8.

For balanced line applications good common mode rejection is offered by the differential configuration (Fig. 9). In both cases, the inputs are biased to $1/2 V_{DD}$ by V_{REF} . Consider an input stage which will interface to a 600Ω balanced line. To reject common mode noise signals, a balanced differential amplifier input provides the solution.

With the input configured for unity gain the MT8870 will accept maximum signal levels of +1 dBm (into 600Ω). The lowest DTMF frequency that must be detected is approximately 685Hz. Allowing 0.1dB of

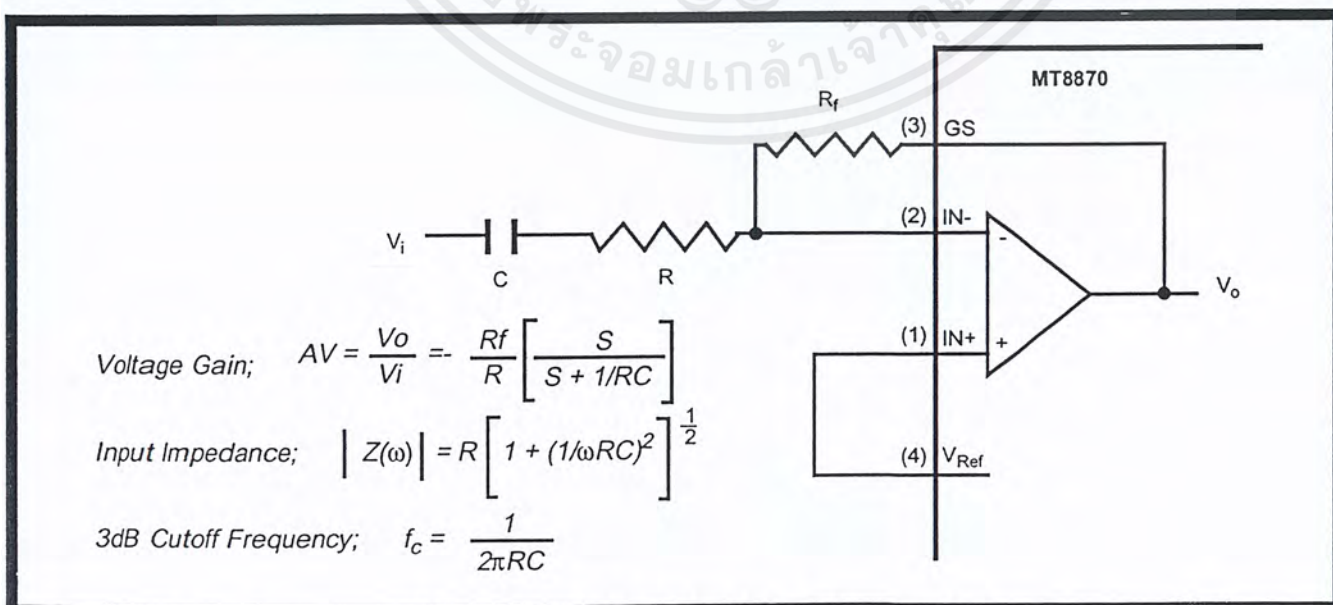


Figure 8 - Single Ended Input Configuration

attenuation at 685Hz, the required input time constant may be derived from;

$$M(\omega)_{dB} = 20 \log_{10} \frac{R_f}{R} + 20 \log_{10} \frac{\omega\tau}{\{(\omega\tau)^2 + 1\}^{1/2}}$$

where $M(\omega)_{dB}$ is the amplifier gain in decibels

ω is the radian frequency

τ is the input time constant

$$\text{Therefore } -0.1 = 20 \log_{10} \frac{(2\pi)685\tau}{\{[(2\pi)685\tau]^2 + 1\}^{1/2}}$$

$$\text{or } \tau = 1.52\text{mS}$$

Now, choosing $R=220\text{K}$ gives a high input impedance (440K in the passband) and $C=\tau/R=6.9\text{nF}$ (use a standard value of 10 nF). For unity gain in the passband we choose $R_f=R$. R_a and R_b are biasing resistors. The choice of R_a is not critical and could be set at, say... 68K. Bias resistor R_a adds a zero to the non-inverting path through the differential amplifier but has no effect on the inverting

path. This zero can be exactly cancelled by the added pole due to R_b if R_b is chosen as;

$$R_b = \frac{R_a R_f}{R_a + R_f}$$

With appropriate input transient protection, this circuit will provide an excellent bridging interface across a properly terminated telephone line for end-to-end or key system applications. Transient protection may be achieved by splitting the input resistors and inserting zener diodes to achieve voltage clamping (Fig. 10). This allows the transient energy to be dissipated in the resistors and diodes and limits the maximum voltage that may appear at the op-amp inputs.

It is important to consider the amount of shunt capacitance introduced by the protection devices. In this case the parasitic capacitances of the zener diodes are in series which reduces their effect. Relatively large shunt capacitances will attenuate the high group frequencies causing the input signal to "twist" which degrades receiver performance.

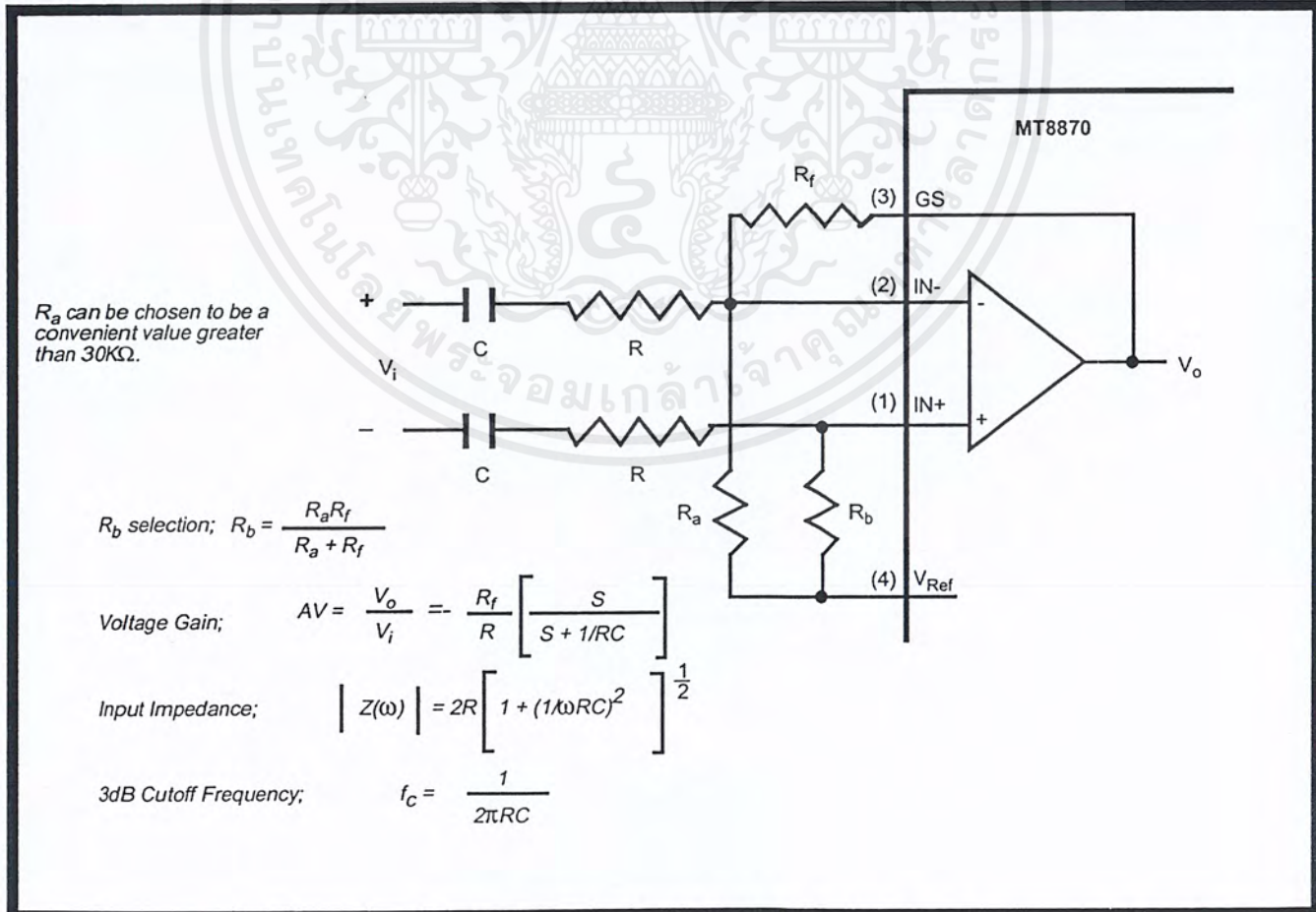


Figure 9 - Differential Input Configuration

"Twist" is known as the difference in amplitude between the low and high group tones. It is specified in dB as:

$$TWIST = 20 \log_{10} \frac{V_L}{V_H}$$

where V_L is the amplitude of the low frequency tone

and V_H is the amplitude of the high frequency tone.

Twist is usually caused by the frequency response characteristic of the communication channel. Along a telephone line higher frequencies tend to roll off faster than the lower ones so the line response is usually compensated for by applying pre-emphasis (negative twist) to the originating DTMF signal. In extreme cases the receiver may require compensation. This could be realized with a filter arrangement utilizing the input op amp.

Any communication path that can pass the human voice spectrum is eligible for DTMF signalling. Therefore a variety of "front-end" interfaces may be applicable in a given control system. More commonly used media are copper wire and RF channels. An optical fibre could carry a light beam modulated by DTMF. Although this would incur a large overhead in terms of bandwidth utilization, optical fibres do offer isolation from external electromagnetic interference. For example, if control or data signals must be sent near a high power transmission line environment, strong electric and magnetic fields could have a devastating effect on signals transmitted over wires. DTMF over fibre-

optics could easily be employed as a highly reliable communications method in a harsh interference infested environment.

In modern digital switching equipment the MT8870 can easily be interfaced to a digital PCM line by using a codec as an input interface (Fig. 11). Actually, all that is required for the interface is a PCM decoder. In fact, the output filter that normally is associated with PCM decoders is not required since the high group DTMF bandpass filter has an upper cutoff frequency low enough to meet the required roll-off of the PCM filter.

DTMF In Mobile Radio Applications

DTMF signalling plays an important role in distributed communications systems, such as multi-user mobile radio (Fig. 12). It is a "natural" in the two-way radio environment since it slips neatly into the center of the voice spectrum, has excellent noise immunity and highly integrated methods of implementation are currently available. It is also directly compatible with telephone signalling, simplifying automatic phone patch systems.

Several emergency medical service networks currently use DTMF signals to control radio repeaters. Functions are, typically, mobile identification, selection of appropriate repeater links, selection of repeater frequencies, reading of repeater status, and for completing automatic phone patch links.

If available in a system of this type, audio from a long distance communications link (microwave,

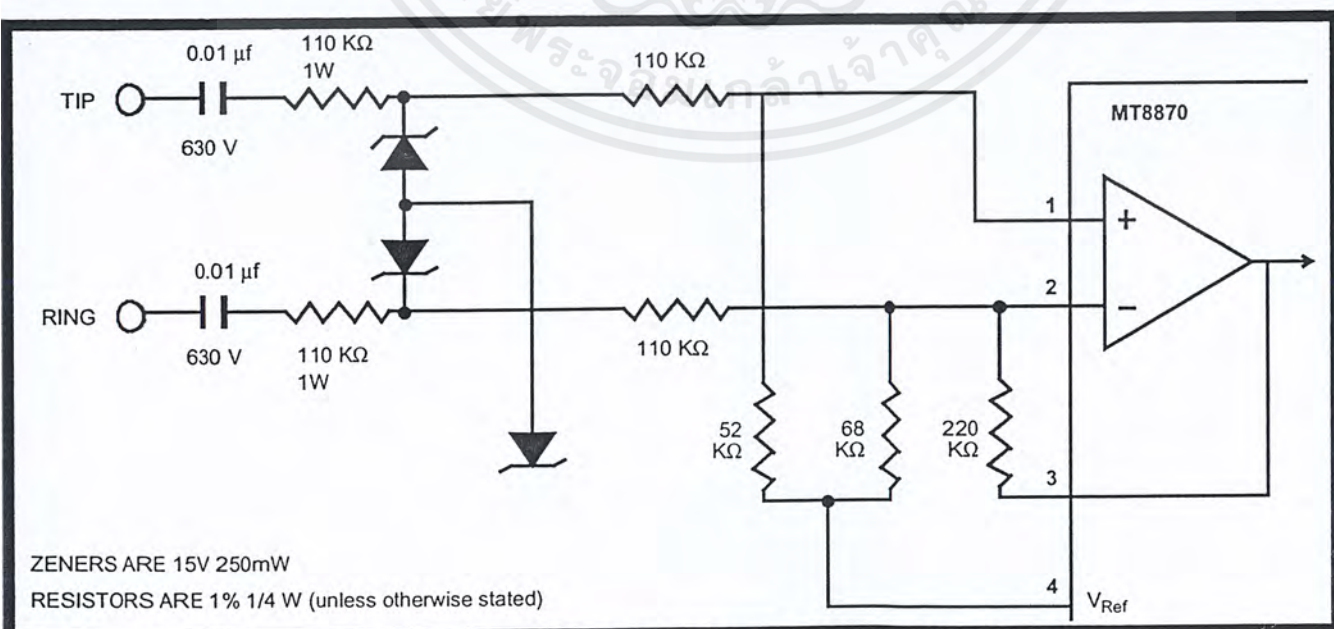


Figure 10 - MT8870 Front End Protection Circuit

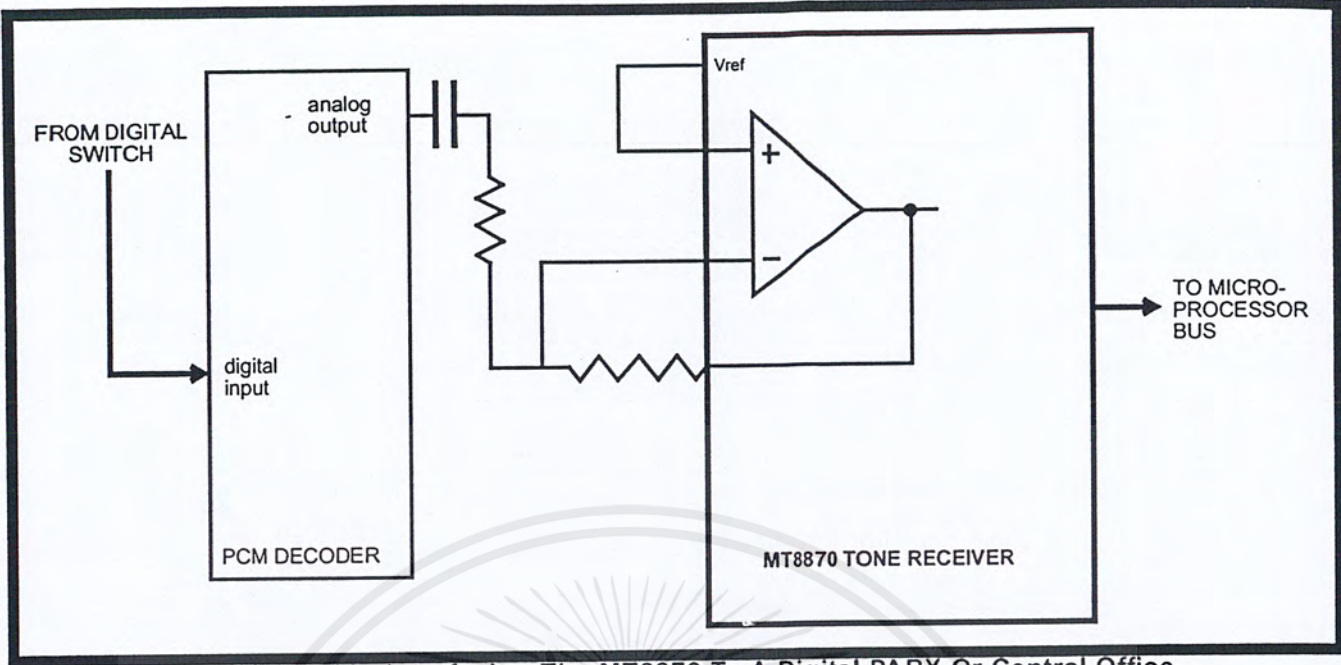


Figure 11 - Interfacing The MT8870 To A Digital PABX Or Central Office

satellite, etc.) could be switched, via commands from the user's DTMF keypad, into the local repeater. This would offer the mobile user a variety of paths for communication without the assistance of a human operator.

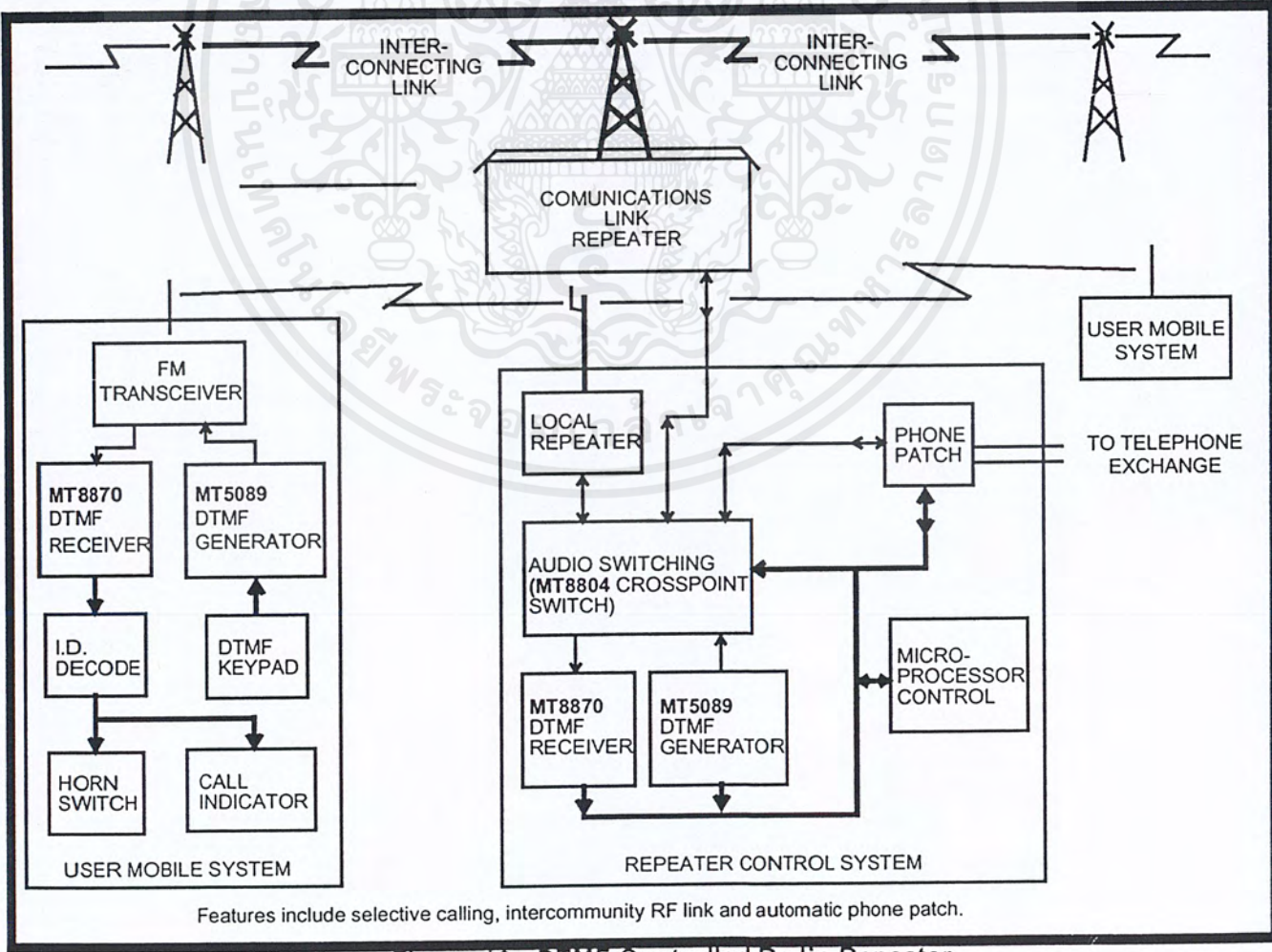


Figure 12 - DTMF Controlled Radio Repeater

A multi-channel repeater system serving a multitude of user groups may be found to achieve its most effective performance in the "trunked" mode. In this case, one RF channel is reserved for system signalling. System operation could be achieved as follows.

Each mobile plus the repeater system contain a DTMF receiver, DTMF generator and appropriate control logic. Mobiles are assigned individual DTMF I.D. codes and always monitor the signalling channel when idle. An originating mobile automatically sends a DTMF sequence containing its own I.D. and the I.D. of the called party. This is recognized by the repeater control which retransmits the called party's I.D. The answering mobile returns a DTMF handshake indicating to the repeater control that it is available to accept a call. At this time the repeater control sends a DTMF command sequence to both the originating and answering mobiles which instructs their logic circuits to switch to a specific, available channel. If all channels are busy the repeater control could send DTMF sequences to put both mobiles on "hold" and add their I.D.'s to a "channel-request" queue. This arrangement would

allow users to access any available frequency and converse privately instead of being restricted to one assigned channel which is shared among several user groups.

As well as an individual I.D., each mobile belonging to a particular organization could also have a common group I.D. This would allow dispatch messages to be sent to all company mobiles simultaneously. Since mobiles would be under DTMF control, messages could be sent to an unattended vehicle and, at the user's convenience, displayed on a readout.

Each radio link either established or attempted would result in DTMF I.D. codes being sent to the repeater control. These occurrences could easily be collected by a computer for statistical analysis or billing information. Customers who have defaulted on rental payments could be denied access to the system.

Simplified block diagrams of the control systems for both the repeater and mobiles are shown in Figures 13 and 14 respectively.

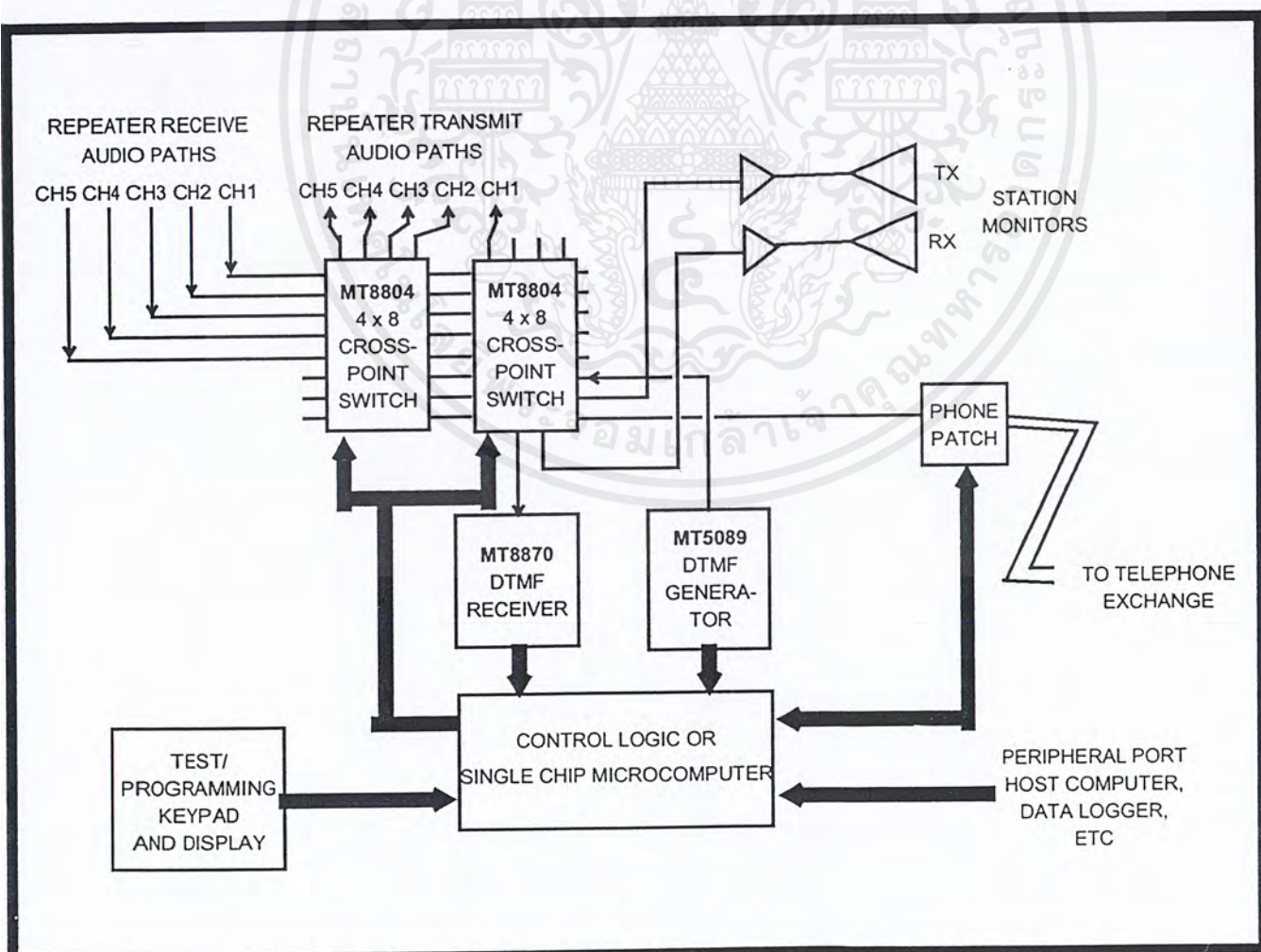


Figure 13 - Block Diagram of Control for "Trunked" Repeater System"

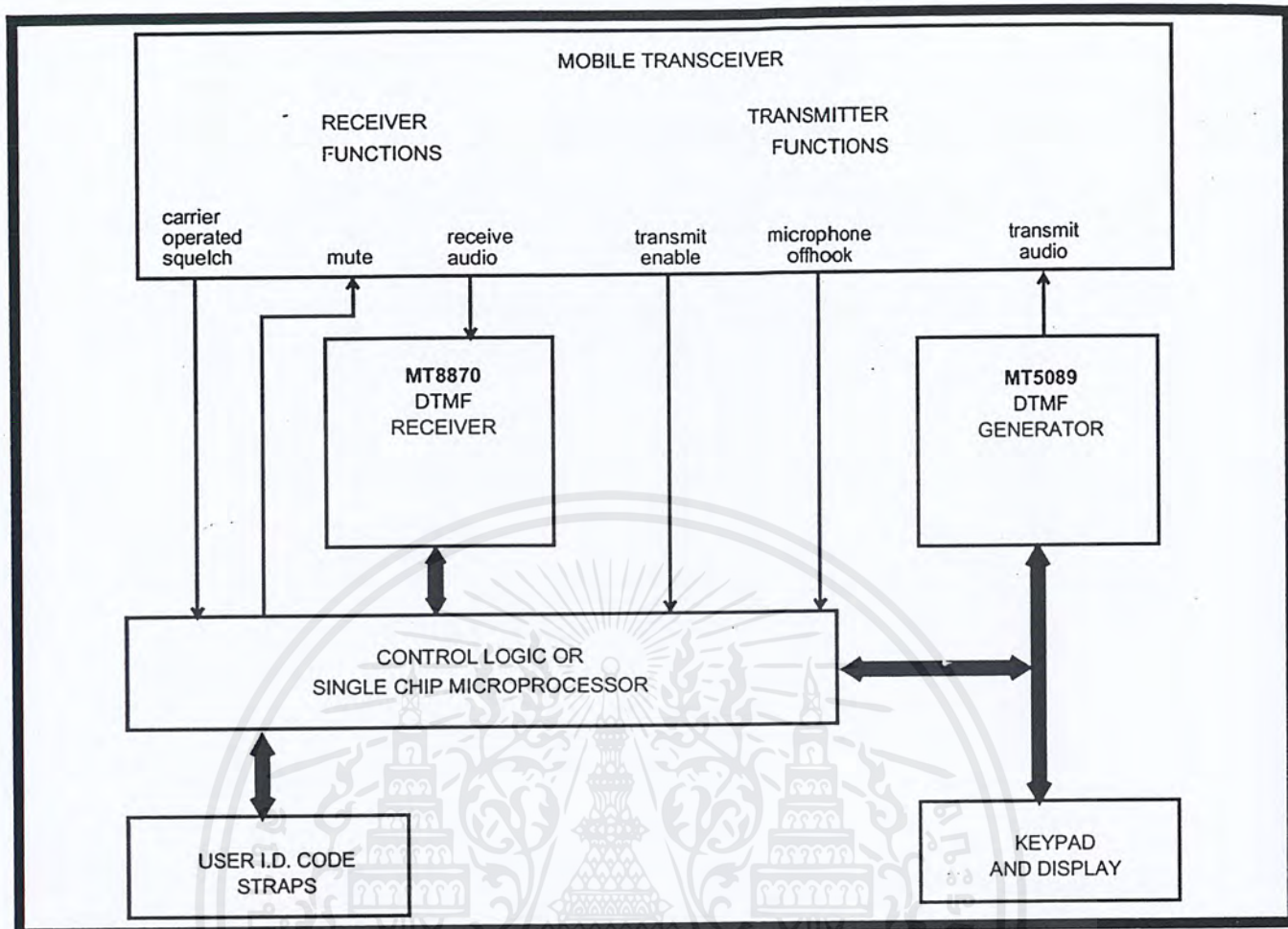


Figure 14 - Block Diagram of Mobile Radio Control System

Distributed Control Systems

There are many other applications which also fall into the distributed communications/control class. That is, several devices being controlled via a common communications medium whether it be RF, copper wire or optical fibres, etc.

Consider, for example, an existing pair of wires circulating throughout a plant. By connecting DTMF receivers at strategic points along this path one could conceivably control the whole plant from a single DTMF transmitter (Fig. 15). Each DTMF receiver would monitor the common line until its specific I.D. was received, at which time it would transfer data to its functional control logic.

With some simple logic a circuit can be devised to recognize a sequence of programmed DTMF code. Figure 16 illustrates a method of detecting a DTMF code sequence of arbitrary length, N . The object is to compare N sequential 4-bit DTMF data words to N preprogrammed 4-bit I.D. words. Programming the I.D. code is accomplished by applying the desired logic levels to the inputs of N 4-bit bus buffers. This may be achieved with straps as

shown, dipswitches or thumbwheels. Pull-up resistors should be applied to the buffer inputs. Initially, after a RESET has occurred, Q_0 of the presettable shift register is set logically high, the remaining outputs are reset. This activates the first bus buffer which applies its outputs to the Y inputs of a 4-bit comparator. The "LAST DIGIT" latch is reset, the "ERROR-" flip-flop and "VALID DIGIT" latch are set. These three signals are ANDed indicating a "no-match" condition. When a valid DTMF signal is received its data appears at the comparators "X" inputs, a comparison occurs and the result appears at the "X=Y" output. After 3.4 μ S (typical) Std rises indicating that the MT8870 output data is valid and strobes "X=Y" into the "VALID DIGIT" latch. The shift register advances one position which enables the next bus buffer. If the result of the comparison was true then the "VALID DIGIT" output is high. If all digits of the sequence match then the high output from the shift register "wraps around" from Q_{N-1} to Q_0 , which strobes the "LAST DIGIT" latch high. This activates the three input AND gate indicating a "match" condition. If non-matching data is received any time during the detection sequence the "ERROR-" flip-flop is reset which disables the AND gate until a system "RESET" occurs. "RESET" may be generated in a variety of ways depending on the

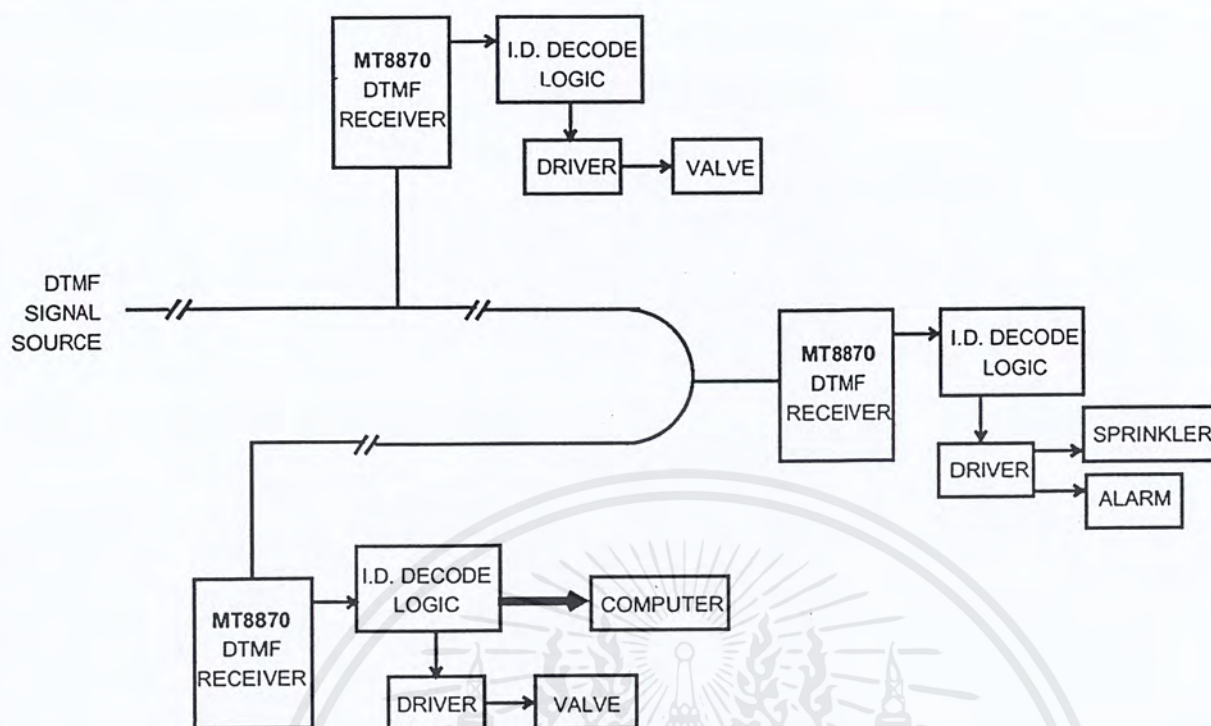


Figure 15 - Distributed Control System

system design objective. If one DTMF code is reserved exclusively for the "RESET" function then the MT8870 outputs can be decoded directly. This requires that the controller send a "RESET" command prior to sending an I.D. sequence. Alternatively a "time-out" timer, triggered by StD, could serve to generate a system reset if a certain time lapse occurs between received signals. This method places time constraints on the system but eliminates the need to consume a DTMF command for the "RESET" function.

The concept of using a common transmission medium for control signalling applies to several possible situations. Plant process control, remote measurement control, selective intercom call systems, institutional intercom systems, two way radio control, pocket pagers and model car or boat remote control, just to mention a few.

Conversely, data could be collected from distributed sources. Implemented on a circulating wire or an RF channel, as illustrated in Figure 17, information could be collected by a central unit which individually polls each monitor to ask for data. Alternatively, the system could be interrupt driven (Fig.18). In this case each monitor, when ready to send data, generates an interrupt request by sending a DTMF I.D. sequence followed by a data stream. Interrupt masking or prioritizing could be achieved from the central control end by applying DC levels across

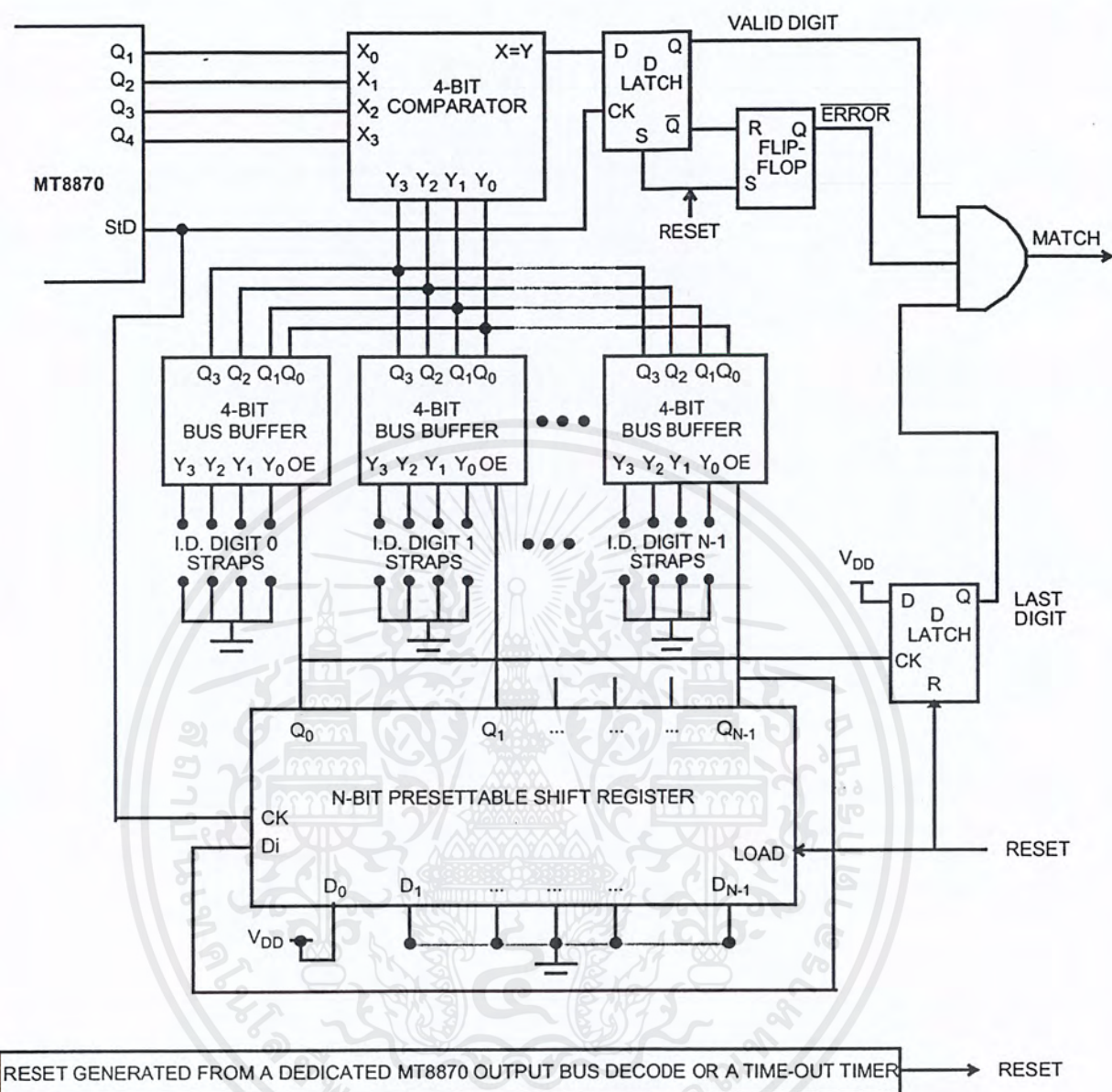
a wire pair or sending a pilot tone in an RF system. Remote data collection units would monitor this signal to detect when a higher priority interrupt is being handled or the communications channel is busy.

Data Communication Using DTMF

There is a vast array of potential applications for DTMF signalling using the existing telephone network. Considering that there are millions of ready-made data sets installed in convenient locations (i.e. the Touch Tone telephone) remote control and data entry may be performed by users without requiring them to carry around bulky data modems.

Potential applications include:

- home remote control
- remote data entry from any Touch-Tone keypad
- credit card verification and inquiry
- salesman order entry
- catalogue store (stock/price returned via voice synthesis)
- stock broker buy/sell/inquire -using stock exchange listing mnemonics
- answering machine message retrieval
- automatic switchboard extension forwarding

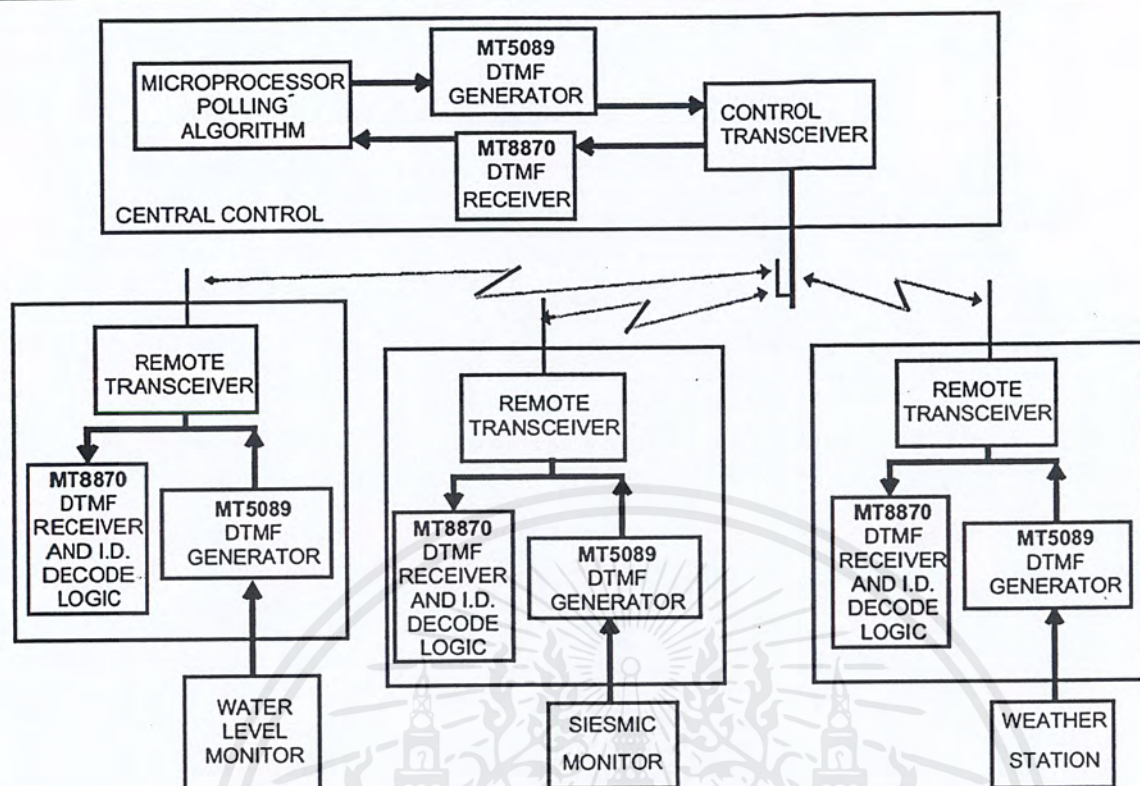


This circuit could be used to detect a valid I.D. number (address) or a "password".

Figure 16 - N-Character Sequence Identifier

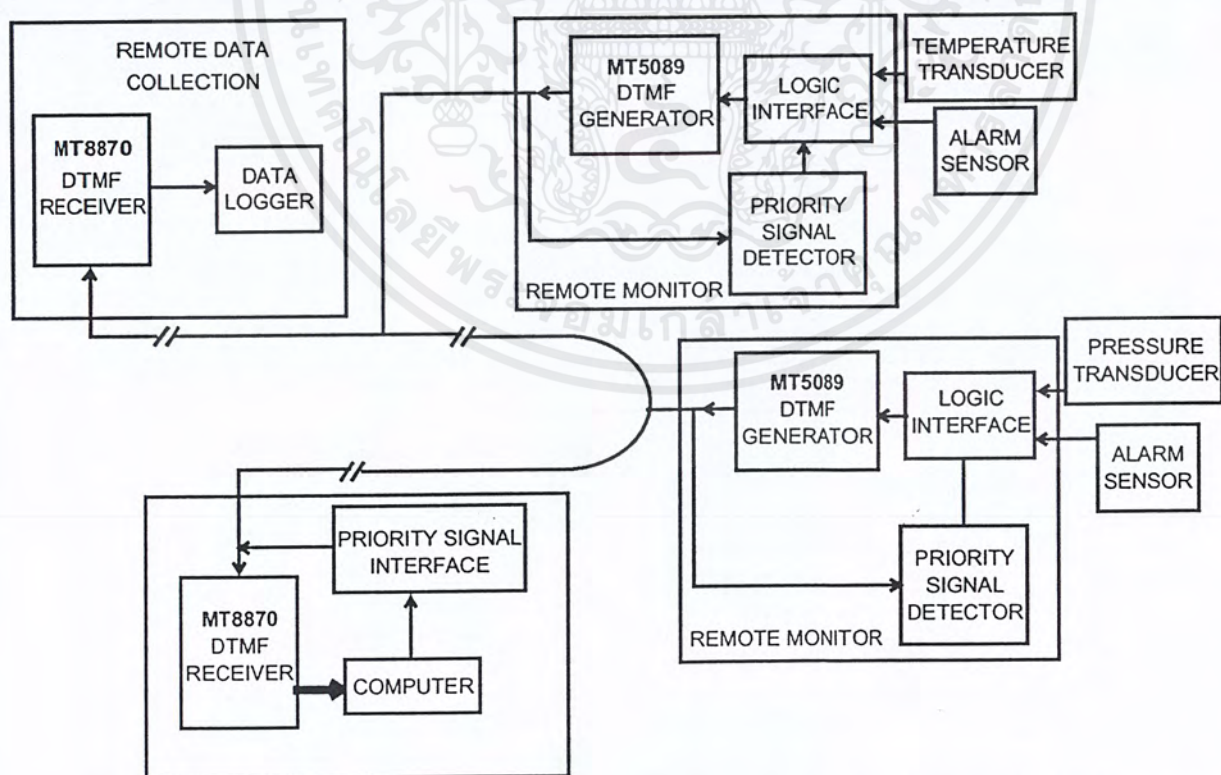
A household DTMF remote control system with an optional data port can boast a variety of conveniences (Fig. 19). Remote ON/OFF control may be given to electric appliances such as a slow cooker, exterior lighting and garage heater. An electro-mechanical solenoid operated valve allows remote control of a garden sprinkler. Video buffs could interface to their VCR remote control inputs and record T.V. shows with a few keystrokes of their friend's telephone. This would enhance the function of timers which are currently available on most VCR's. Schedule changes or unexpected broadcasts could be captured from any remote

location featuring a Touch-Tone™ phone. Security systems could be controlled and a microphone could be switched in for remote audio monitoring. Interfacing a home computer to the data port makes an excellent family message center. At the remote end messages are entered from a telephone keypad. The computer responds with voice messages generated by a speech synthesizer. In the home, messages to be left are entered via the computer keyboard. Messages to be read may be displayed on the computer monitor or "played back" through the speech synthesizer.



Polling system for multiple location remote data collection.

Figure 17 - DTMF Controlled Data Collection



Remote monitors send data while the interconnecting pair of wires is clear of other interrupts.

Figure 18 - Interrupt Driven Data Collection System

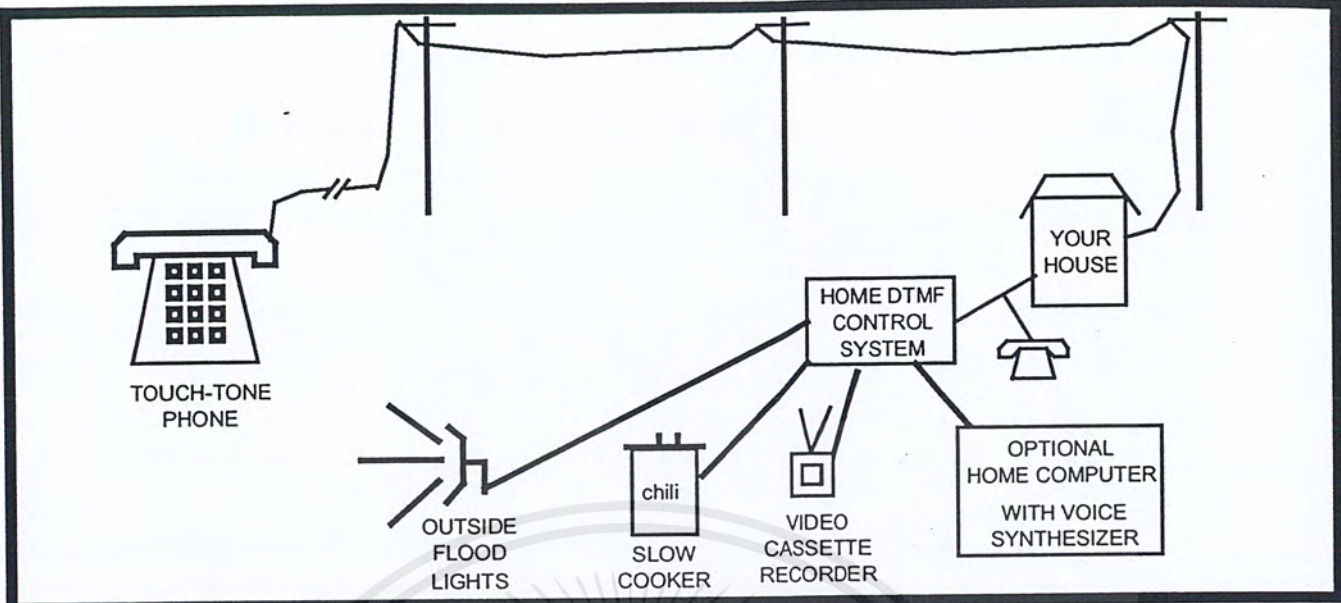


Figure 19 - Home DTMF Remote Control System

1	ABC 2	DEF 3
GHI 4	JKL 5	MNO 6
PRS 7	TUV 8	WXY 9
*	OPER 0	#

(a)

POS.4 POS.5 POS.6
(?) (@) (Λ)

POS.1 POS.2 POS.3
(W) (X) (Y)

NUMERAL
(9)

TYPICAL KEY

ESC ' '	DEL ()	BS \ /
! " .	# \$ %	* + -
, ; :	< = >	? @ ^
	BEL Q Z	
SPACE	RETURN	

(b)

ACK=11 DC2=38 EM=59 ETX=07
CAN=58 DC3=39 ENQ=09 FF= 18
CR=19 DC4=47 EOT=04 FS=68
DC1=37 DLE=29 ETB=57 GS=69

KEYS "2" THROUGH "9" EACH REPRESENT THREE ALPHABETIC CHARACTERS HENCE HAVE THREE INHERENT "POSITIONS" (POS.1, POS.2, AND POS.3) A PLASTIC OVERLAY CARD ADDS THREE MORE POSITIONS (POS.4, POS.5, AND POS.6) TO KEYS "1" THROUGH "0". * AND # ARE RESERVED EXCLUSIVELY FOR THE SPACE AND RETURN FUNCTIONS.

a) Layout of a standard telephone keypad showing inherent character positions for coding purposes.

b) Credit card size overlay expands each keys function by adding three more character positions. The * and # are reserved to send "SPACE" and "RETURN" as single key operations. Each other ASCII code requires two keystrokes. To send a character simply push the button on or over which it appears, then push the numeral corresponding to its position. For example, to send a "T" push '8' followed by '1', to send "%" push '5' followed by '6'.

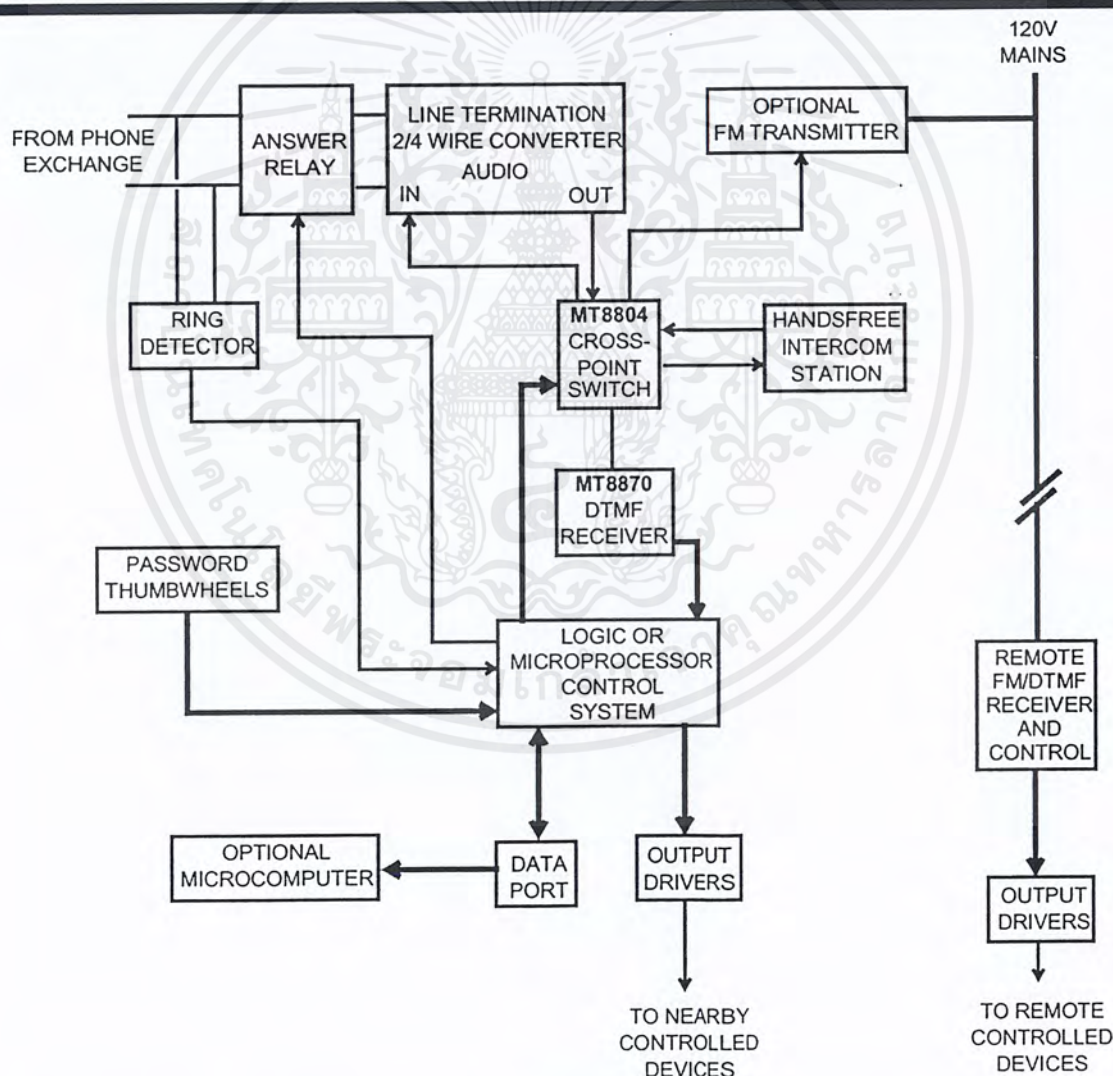
Figure 20 - Using A Pushbutton Phone As A Data Terminal

A scheme for coding ASCII characters using one and two digit DTMF signals is outlined in the appendix. Notice that on a telephone keypad keys 2 through 9 are represented by three alpha-characters as well as a numeral. To send an alpha-character, using this scheme, first press the key on which the character appears then press the key corresponding to the position in which the character appears on its key (1, 2 or 3). Numerals are sent by touching the desired number followed by a zero. The asterisk (*) and octothorp (#) have been reserved for "space" and "return" respectively. A plastic overlay the size of a credit card expands the number of useable "positions" on each button (Fig. 20). This serves as a guide for sending other ASCII codes and fits snug into a credit card wallet. ASCII control characters that are not commonly used could be listed at the bottom of the card. This user-friendly algorithm

eliminates the need to memorize conversion codes and allows significant functionality even without the overlay reference.

A simple block diagram shows how this scheme may be implemented for a home DTMF control system (Fig. 21). A ringing voltage detector signals the microprocessor of an incoming call. The microprocessor, after the prescribed number of rings, closes the answer relay engaging the proper terminating impedance. A two-to-four wire converter splits bidirectional audio from the balanced telephone line into separate single ended transmit and receive paths.

Receive audio is then switched to the DTMF receiver through the crosspoint switch. Upon receiving a valid DTMF signal, the microprocessor is alerted by



An FM transmitter could be used to couple control signals for distribution over existing power lines. This would eliminate the need for installing wires between the DTMF control unit and remote controlled devices.

Figure 21 - Block Diagram of Home DTMF Remote Control System

the rising edge of StD. The microprocessor then checks for a valid password sequence and decodes subsequent commands. A command can be entered to put the system into remote-control mode. In this case the crosspoint switch is configured to route DTMF signals into the FM-over-mains transmitter as well as the system tone receiver. Forwarding of control signals is accomplished by applying an FM carrier to the power line. This eliminates the need to string control wires haphazardly about the house. The appropriate device is selected by its unique DTMF I.D. code. The microcomputer keeps track of all device locations and their I.D. codes since it must decide when to supply function outputs to the "nearby" devices and when to let the "remote" receivers handle the data. Subsequent data is transmitted to a selected device until a 'reset' command is entered.

Upon receiving any DTMF signal, answer back tones are returned by the microprocessor to acknowledge valid or invalid operations and to indicate the state of an interrogated device. For example, a low to high tone transition could indicate that a particular device is on, a high to low transition indicating the off state. A command could be entered to put the system in an 'external' mode which would allow communications through the data port. A host computer could be connected to this port to broaden the scope of the system.

The resident microprocessor unit contains the software and hardware to control ringing verification,

password and command decoding, answer back tone generation, audio routing, output function latches and an optional data port. Output drivers buffer the latches and switch relays or SCRs to control peripheral devices.

An infinite variety of devices could be controlled by such a system, the spectrum of which is limited only by the ability to provide appropriate interfacing. This system could also be the heart of a DTMF intercom system allowing intercommunication, "phone-patching", and remote control from varied household locations. This type of system concept is, of course, anything but limited to home use. Many applications can provide conveniences to consumers, salespeople and executives.

For example, a merchant could verify credit card accounts quickly utilizing only a telephone keypad for data entry (Fig. 22). Each credit card company could reserve one or more telephone lines to provide this function, reducing the human effort required. The receiving end system would be required to answer the call, provide a short answer back tone or message, receive and decode the credit card account number, verify it, verify the owner's name and give a go/no-go authorization. This return data could easily be provided with the aid of a voice synthesizer. An auto-dialler containing appropriate phone numbers could be installed at the merchant end as an added time saver.

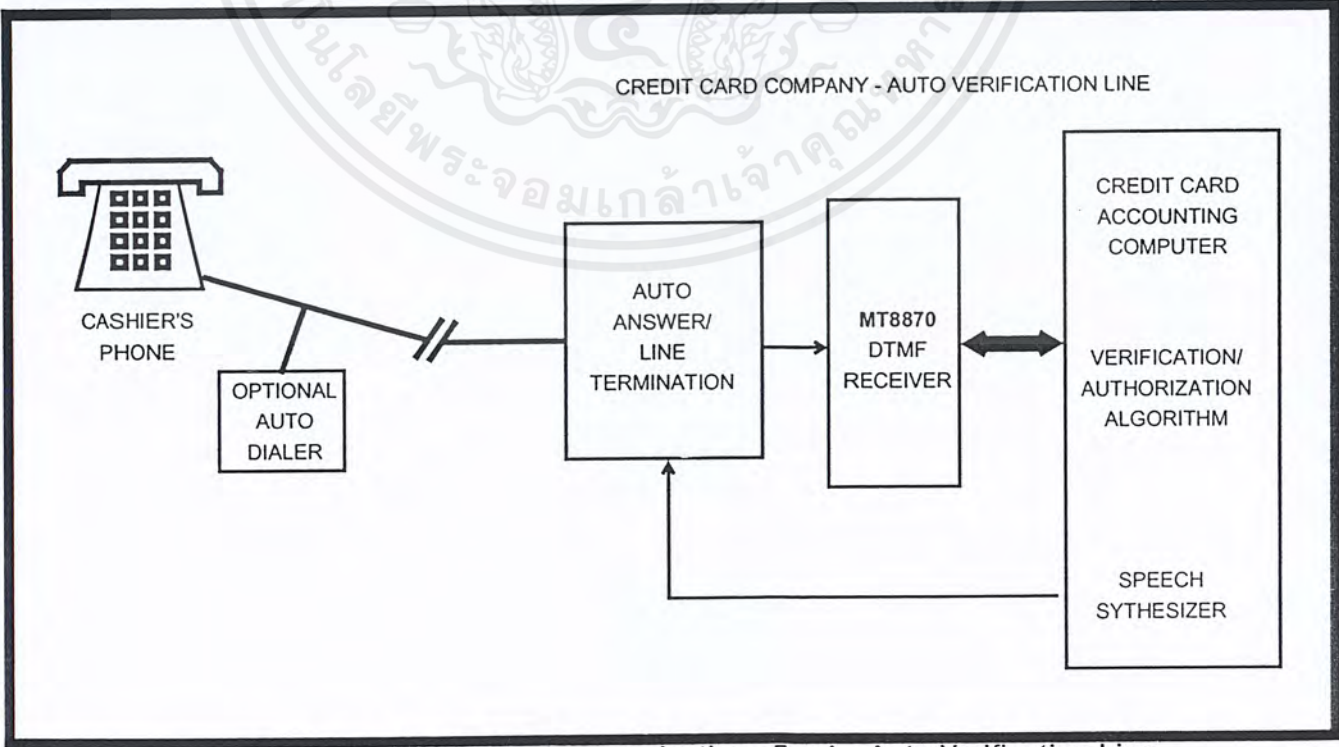


Figure 22 DTMF Data Communications For An Auto Verification Line

With a similar arrangement, a travelling salesman could access price, delivery and customer status, enter or delete merchandise orders and retrieve messages all from the comfort of the customer's office (Fig. 23a). A department store could provide shop-by-phone service to its customers using telephone keypad data entry (Fig. 23b). Brokerage firms, utilizing the stock exchange mnemonic listings could provide trading price information and buy/sell service via telephone keypad entry. A voice synthesizer could provide opening and current trading price, volume of transactions and other pertinent data. A telephone answering system manufacturer could apply this technique, allowing users to access and change outgoing and incoming messages from a Touch-Tone phone.

A PBX manufacturer could offer a feature that relieves the switchboard attendant from unnecessary interaction. A call could be answered automatically and a recording may reply "Thank you for calling XYZ. Please dial the extension you wish to contact or zero for the switchboard". If the caller knows the called party's extension in advance it is not necessary to wait for the switchboard attendant to

forward the call. The attendant could be notified to intervene if there is no action by the caller say, ten seconds after the recording ends. This provides a similar function to a "Direct Inward Dialling" (DID) trunk but without the additional overhead incurred with renting a block of phone numbers as in the DID case.

Now that a DTMF receiver is so easy and inexpensive to implement there are many simple dedicated uses that become attractive. A useful home and office application for DTMF receivers is in a self-contained telephone-line-powered toll call restrictor similar to the block diagram in Fig. 2a. This could be installed in an individual telephone or at the incoming main termination depending on which phone or phones are to be restricted. While disallowing visitors from making unauthorized long distance calls, the owner may still desire access to toll dialling. This could be provided by adding a logic circuit that disables the toll restrictor upon receiving a predetermined sequence of DTMF characters (Fig. 16). In this case, the user must enter his password before dialling a long distance number.

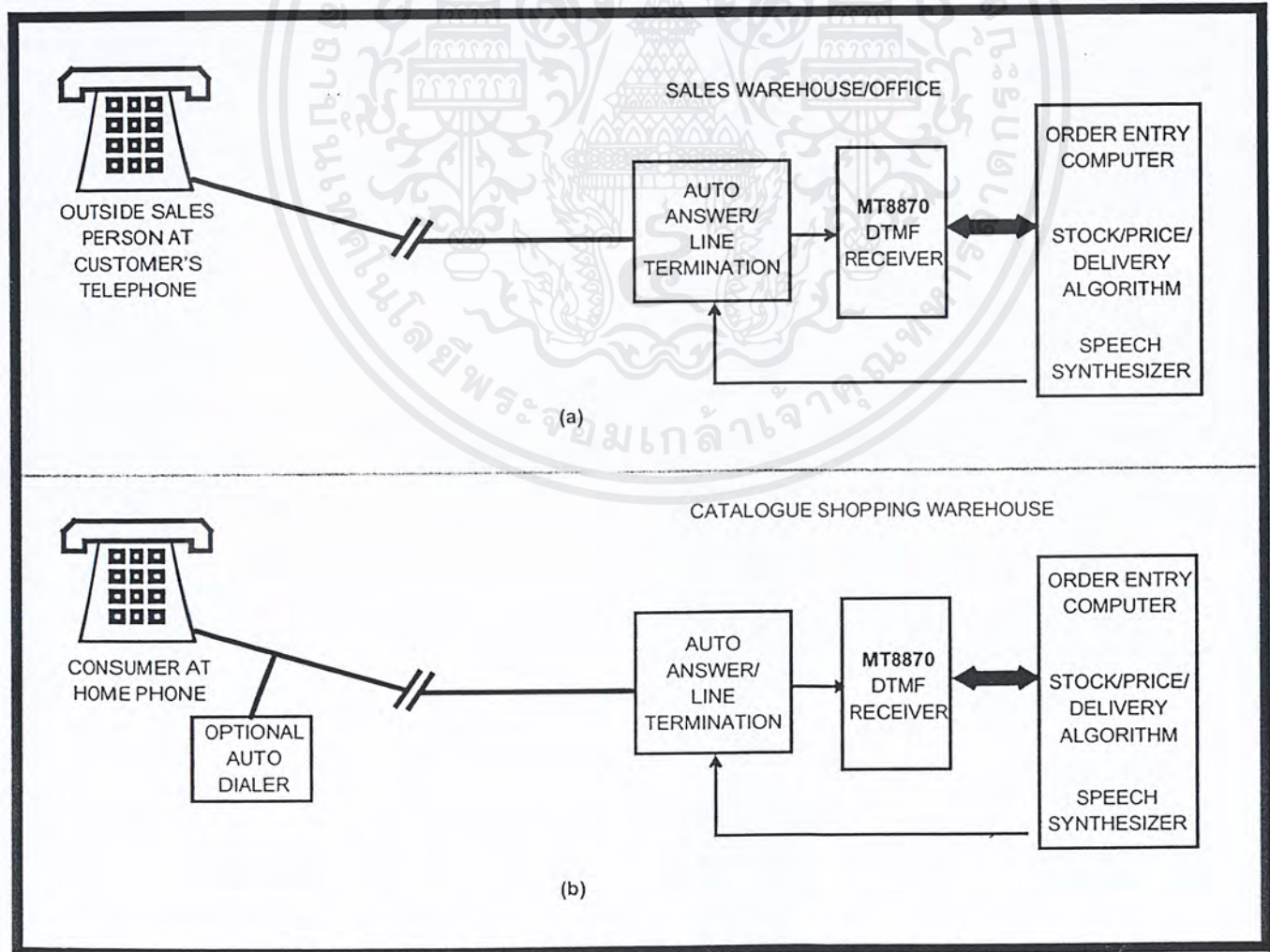
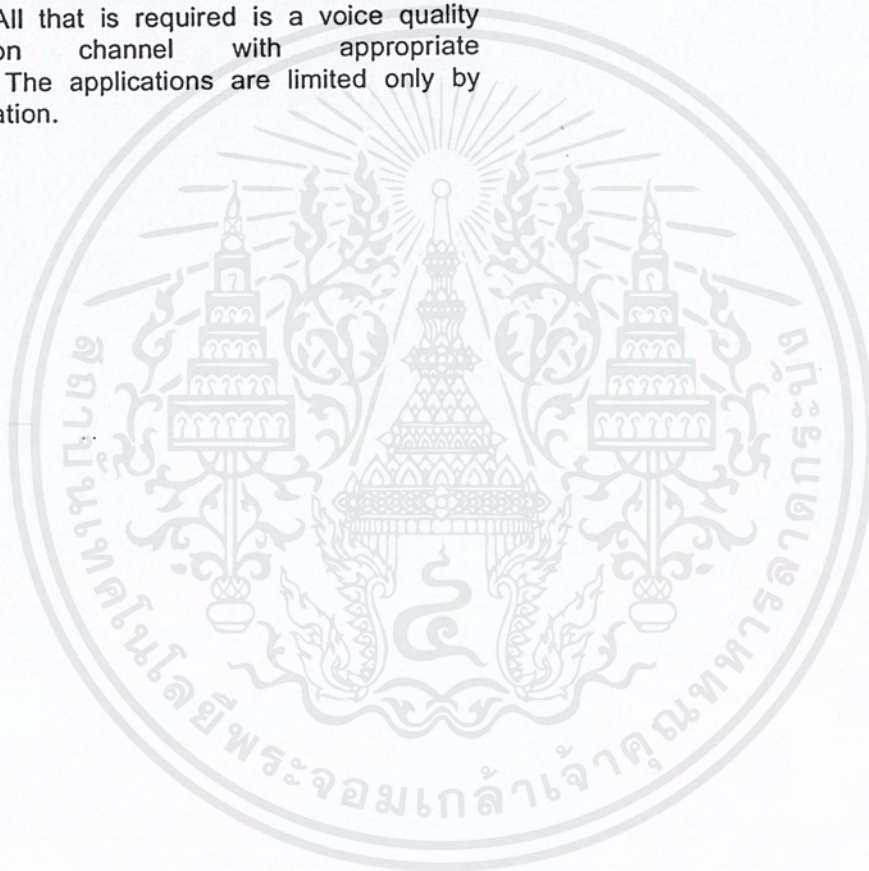


Figure 23 - Two Applications Of DTMF Data Communications

Conclusion

The applications for DTMF signalling are tremendous and due to innovative technological advances its use is increasingly widespread. DTMF offers highly reliable, cost effective signalling solutions which require no development effort on the user's part. The advent of single chip receivers has allowed many products that were previously not cost-effective to be manufactured in production quantities.

DTMF signalling was originally designed for telephony signalling over voice quality telephone lines. This signalling technique has been applied to a multitude of control and data communications systems. All that is required is a voice quality communication channel with appropriate interfacing. The applications are limited only by one's imagination.



Appendix

ASCII TO DTMF CONVERSION								
Partial ASCII coding and conversion to 2 sequential DTMF signals								
ASCII	HEX	DTMF	ASCII	HEX	DTMF	ASCII	HEX	DTMF
ACK	06	11	!	21	44	A	41	21
BEL	07	01	"	22	45	B	42	22
BS	08	34	#	23	54	C	43	23
CAN	18	58	\$	24	55	D	44	31
CR	0D	19	%	25	56	E	45	32
DC1	11	37	&	26	79	F	46	33
DC2	12	38	'	27	16	G	47	41
DC3	13	39	(	28	25	H	48	42
DC4	14	47	)	29	26	I	49	43
DEL	7F	24	*	2A	64	J	4A	51
DLE	10	29	+	2B	65	K	4B	52
EM	19	59	,	2C	74	L	4C	53
ENQ	05	09	-	2D	66	M	4D	61
EOT	04	08	.	2E	46	N	4E	62
ESC	1B	14	/	2F	36	O	4F	63
ETB	17	57	0	30	00	P	50	71
ETX	03	07	1	31	10	Q	51	02
FF	0C	18	2	32	20	R	52	72
FS	1C	68	3	33	30	S	53	73
GS	1D	69	4	34	40	T	54	81
HT	09	12	5	35	50	U	55	82
LF	0A	13	6	36	60	V	56	83
NAK	15	48	7	37	70	W	57	91
NUL	00	04	8	38	80	X	58	92
RS	1E	77	9	39	90	Y	59	93
S0	0E	27	:	3A	76	Z	5A	03
S1	0F	28	;	3B	75	[	5B	87
SOH	01	05	<	3C	84	\	5C	35
SP	20	*	=	3D	85	]	5D	88
STX	02	06	>	3E	86	^	5E	96
SUB	1A	67	?	3F	94	_	5F	89
SYN	16	49	@	40	95	DEL	7F	15
US	1F	78						24
VT	0B	17						

54LS05/DM54LS05/DM74LS05 Hex Inverters with Open-Collector Outputs

General Description

This device contains six independent gates each of which performs the logic INVERT function. The open-collector outputs require external pull-up resistors for proper logical operation.

Features

- Alternate Military/Aerospace device (54LS05) is available. Contact a National Semiconductor Sales Office/Distributor for specifications.

Pull-Up Resistor Equations

$$R_{MAX} = \frac{V_{CC} (Min) - V_{OH}}{N_1 (I_{OH}) + N_2 (I_{IH})}$$

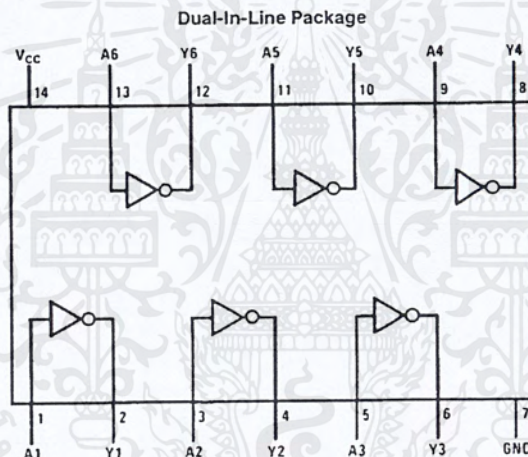
$$R_{MIN} = \frac{V_{CC} (Max) - V_{OL}}{I_{OL} - N_3 (I_{IL})}$$

Where: $N_1 (I_{OH})$ = total maximum output high current for all outputs tied to pull-up resistor

$N_2 (I_{IH})$ = total maximum input high current for all inputs tied to pull-up resistor

$N_3 (I_{IL})$ = total maximum input low current for all inputs tied to pull-up resistor

Connection Diagram



TL/F/6346-1

Order Number 54LS05DMQB, 54LS05FMQB, DM54LS05J, DM54LS05W, DM74LS05M or DM74LS05N
See NS Package Number E20A, J14A, M14A, N14A or W14B

Function Table

$$Y = \bar{A}$$

Input	Output
A	Y
L	H
H	L

H = High Logic Level

L = Low Logic Level

Absolute Maximum Ratings (Note)

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

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Output Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	
DM54LS and 54LS	-55°C to +125°C
DM74LS	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54LS05			DM74LS05			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V _{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High Level Input Voltage	2			2			V
V _{IL}	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
V _{OH}	High Level Output Voltage			5.5			5.5	V
I _{OL}	Low Level Output Current			4			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

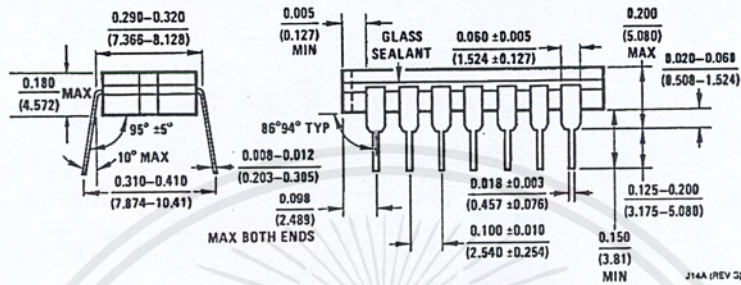
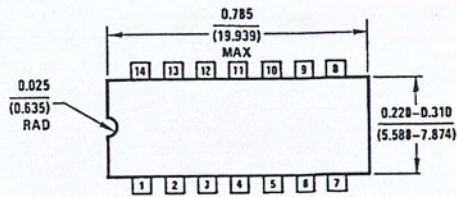
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 1)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA			-1.5	V
I _{CEX}	High Level Output Current	V _{CC} = Min, V _O = 5.5V V _{IL} = Max			100	μA
V _{OL}	Low Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max				
		DM54		0.25	0.4	
		DM74		0.35	0.5	
		I _{OL} = 4 mA, V _{CC} = Min		0.25	0.4	V
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V			0.1	mA
I _{IH}	High Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 2.7V			20	μA
I _{IL}	Low Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 0.4V			-0.36	mA
I _{CCH}	Supply Current with Outputs High	V _{CC} = Max		1.2	2.4	mA
I _{CCL}	Supply Current with Outputs Low	V _{CC} = Max		3.6	6.6	mA

Switching Characteristics at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C (See Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

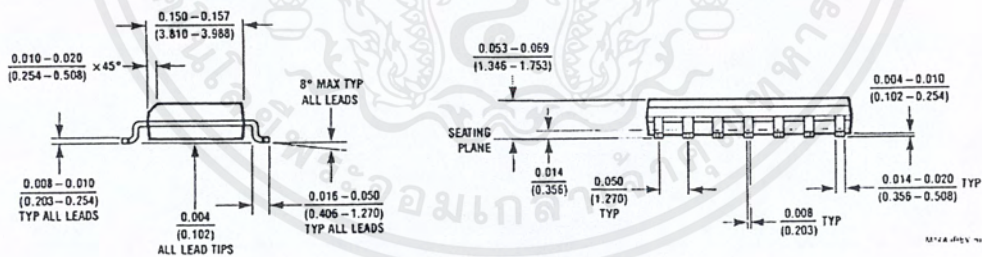
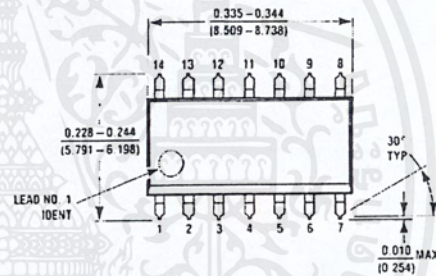
Symbol	Parameter	R _L = 2 kΩ				Units
		C _L = 15 pF		C _L = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t _{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	6	20	20	45	ns
t _{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	3	15	4	20	ns

Note 1: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Physical Dimensions inches (millimeters)

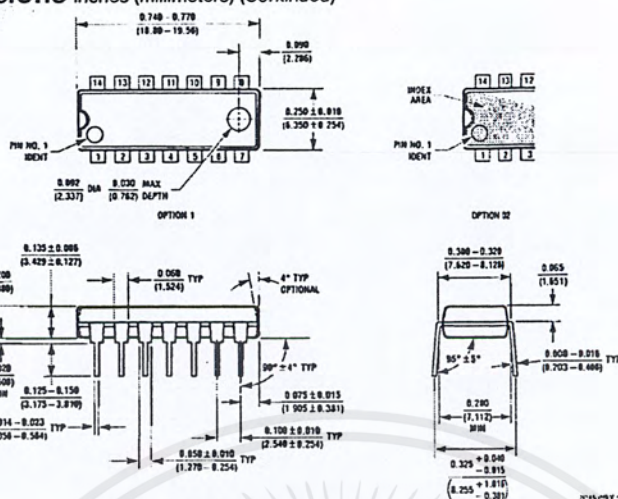


14-Lead Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number 54LS05DMQB or DM54LS05J
NS Package Number J14A

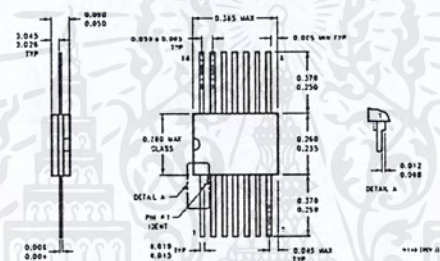


14-Lead Small Outline Molded Package (M)
Order Number DM74LS05M
NS Package Number M14A

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



14-Lead Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number DM74LS05N
NS Package Number N14A



14-Lead Ceramic Flat Package (W)
Order Number 54LS05FMQB or DM54LS05W
NS Package Number W14B

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

**National Semiconductor
Europe**

Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com

Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

**National Semiconductor
Hong Kong Ltd.**
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

**National Semiconductor
Japan Ltd.**
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

54LS244/DM74LS244 Octal TRI-STATE® Buffers/Line Drivers/Line Receivers

General Description

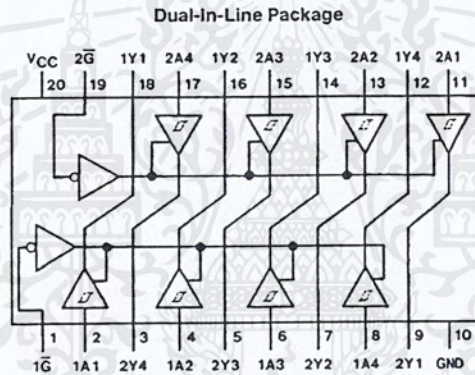
These buffers/line drivers are designed to improve both the performance and PC board density of TRI-STATE buffers/drivers employed as memory-address drivers, clock drivers, and bus-oriented transmitters/receivers. Featuring 400 mV of hysteresis at each low current PNP data line input, they provide improved noise rejection and high fanout outputs and can be used to drive terminated lines down to 133Ω.

Features

- TRI-STATE outputs drive bus lines directly
- PNP inputs reduce DC loading on bus lines
- Hysteresis at data inputs improves noise margins

- Typical I_{OL} (sink current)
 - 54LS 12 mA
 - 74LS 24 mA
- Typical I_{OH} (source current)
 - 54LS -12 mA
 - 74LS -15 mA
- Typical propagation delay times
 - Inverting 10.5 ns
 - Noninverting 12 ns
- Typical enable/disable time 18 ns
- Typical power dissipation (enabled)
 - Inverting 130 mW
 - Noninverting 135 mW

Connection Diagram



TL/F/8442-1

Order Number 54LS244DMQB, 54LS244FMQB, 54LS244LMQB,
DM74LS244WM or DM74LS244N
See NS Package Number E20A, J20A, M20B, N20A or W20A

Function Table

Inputs		Output
$\bar{G}$	A	Y
L	L	L
L	H	H
H	X	Z

L = Low Logic Level
H = High Logic Level
X = Either Low or High Logic Level
Z = High Impedance

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

Absolute Maximum Ratings (Note)

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

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	
54LS	-55°C to +125°C
DM74LS	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	54LS244			DM74LS244			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V _{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	High Level Input Voltage	2			2			V
V _{IL}	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I _{OH}	High Level Output Current			-12			-15	mA
I _{OL}	Low Level Output Current			12			24	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ (Note 1)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA				-1.5	V
HYS	Hysteresis (V _{T+} - V _{T-}) Data Inputs Only	V _{CC} = Min		0.2	0.4		V
V _{OH}	High Level Output Voltage	V _{CC} = Min, V _{IH} = Min V _{IL} = Max, I _{OH} = -1 mA	DM74	2.7			V
		V _{CC} = Min, V _{IH} = Min V _{IL} = Max, I _{OH} = -3 mA	54LS/DM74	2.4	3.4		
		V _{CC} = Min, V _{IH} = Min V _{IL} = 0.5V, I _{OH} = Max	54LS/DM74	2			
V _{OL}	Low Level Output Voltage	V _{CC} = Min V _{IL} = Max V _{IH} = Min	I _{OL} = 12 mA I _{OL} = Max	54LS/DM74 DM74		0.4 0.5	V
I _{OZH}	Off-State Output Current, High Level Voltage Applied	V _{CC} = Max V _{IL} = Max V _{IH} = Min	V _O = 2.7V			20	μA
I _{OZL}	Off-State Output Current, Low Level Voltage Applied		V _O = 0.4V			-20	μA
I _I	Input Current at Maximum Input Voltage	V _{CC} = Max	V _I = 7V (DM74) V _I = 10V (54LS)			0.1	mA
I _{IH}	High Level Input Current	V _{CC} = Max	V _I = 2.7V			20	μA
I _{IL}	Low Level Input Current	V _{CC} = Max	V _I = 0.4V	-0.5		-200	μA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 2)		54LS DM74	-50 -40		-225 mA
I _{CC}	Supply Current	V _{CC} = Max, Outputs Open	Outputs High		13	23	mA
			Outputs Low		27	46	
			Outputs Disabled		32	54	

Note 1: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

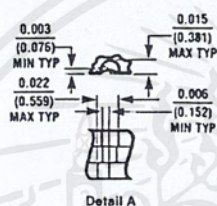
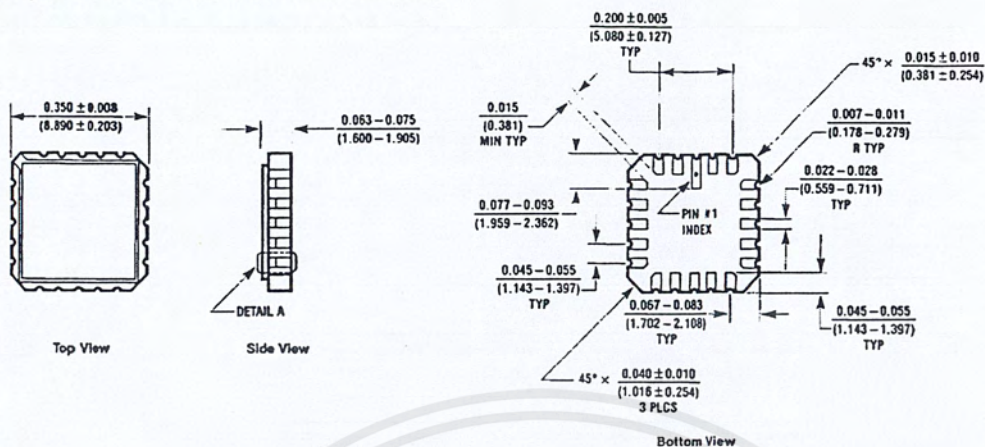
Note 2: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Switching Characteristics at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ C$ (see Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

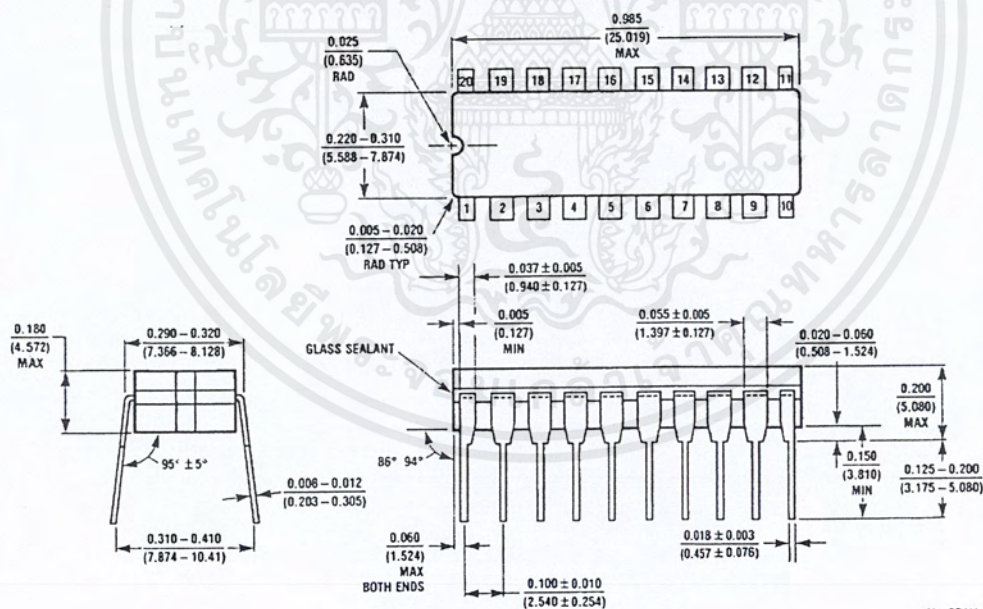
Symbol	Parameter	Conditions	54LS Max	DM74LS Max	Units
t_{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	$C_L = 45 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	18	18	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	$C_L = 45 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	18	18	ns
t_{PZL}	Output Enable Time to Low Level	$C_L = 45 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	30	30	ns
t_{PZH}	Output Enable Time to High Level	$C_L = 45 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	23	23	ns
t_{PLZ}	Output Disable Time from Low Level	$C_L = 5 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	25	25	ns
t_{PHZ}	Output Disable Time from High Level	$C_L = 5 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$	18	18	ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	$C_L = 150 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$		21	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	$C_L = 150 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$		22	ns
t_{PZL}	Output Enable Time to Low Level	$C_L = 150 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$		33	ns
t_{PZH}	Output Enable Time to High Level	$C_L = 150 \text{ pF}$ $R_L = 667 \Omega$		26	ns

Note: 54LS Output Load is $C_L = 50 \text{ pF}$ for t_{PLH} , t_{PHL} , t_{PZL} and t_{PZH} .

Physical Dimensions inches (millimeters)

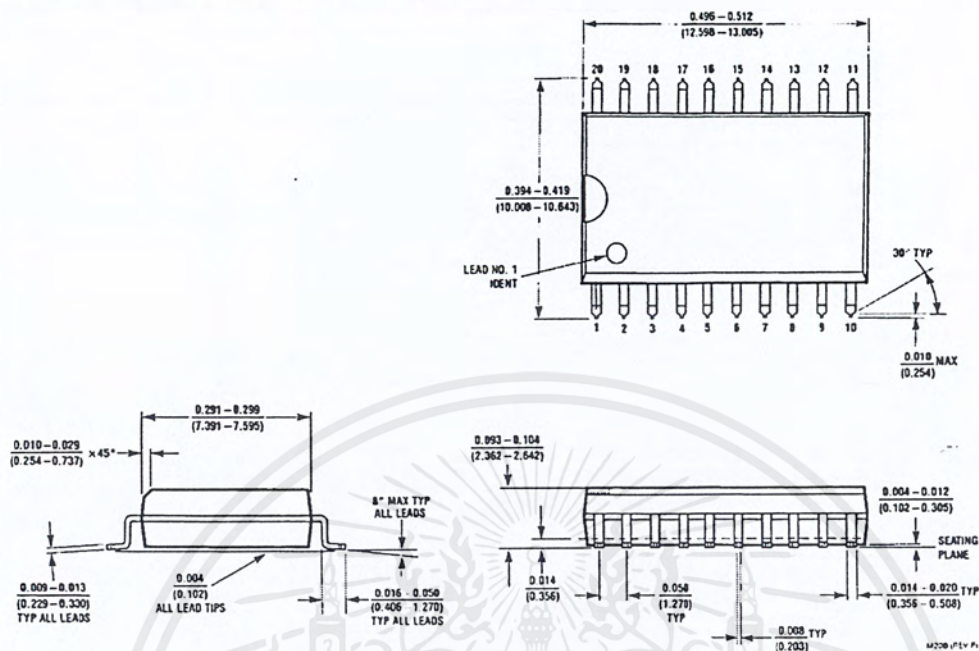


Ceramic Leadless Chip Carrier Package (E)
Order Number 54LS244LMQB
NS Package Number E20A

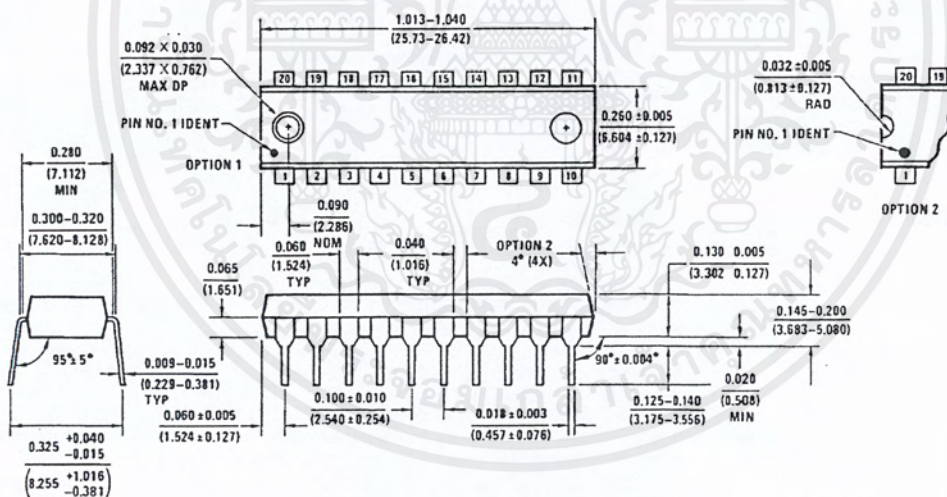


20-Lead Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number 54LS244DMQB
NS Package Number J20A

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)

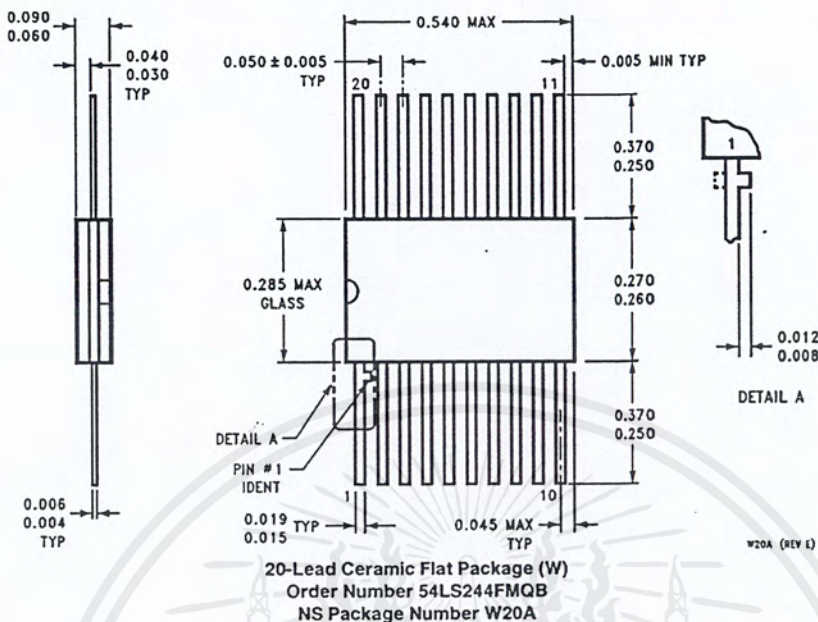


20-Lead Wide Small Outline Molded Package (M)
Order Number DM74LS244WM
NS Package Number M20B



20-Lead Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number DM74LS244N
NS Package Number N20A

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor
Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor
Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: cnjwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor
Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2737-1600
Fax: (852) 2736-9960

National Semiconductor
Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

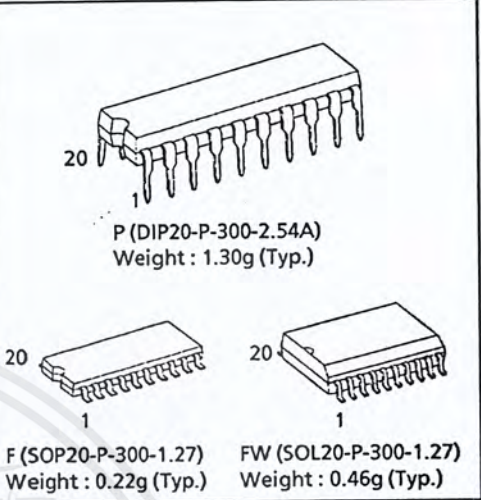
TOSHIBA CMOS DIGITAL INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

TC74HC240AP, TC74HC240AF, TC74HC240AFW, TC74HC241AP
TC74HC241AF, TC74HC244AP, TC74HC244AF, TC74HC244AFW

OCTAL BUS BUFFER
TC74HC240AP/AF/AFW INVERTED, 3 – STATE OUTPUTS
TC74HC241AP/AF NON – INVERTED, 3 – STATE OUTPUTS
TC74HC244AP/AF/AFW NON – INVERTED, 3 – STATE OUTPUTS

(Note) The JEDEC SOP (FW) is not available in Japan.

The TC74HC240A, 241A and 244A are high speed CMOS OCTAL BUS BUFFERS fabricated with silicon gate C²MOS technology.
They achieve the high speed operation similar to equivalent LSTTL while maintaining the CMOS low power dissipation.
The 74HC240A is an inverting 3-state buffer having two active-low output enables. The TC74HC241A and TC74HC244A are non-inverting 3-state buffers that differ only in that the 241A has one active-high and one active-low output enable, and the 244A has two active-low output enables.
These devices are designed to be used with 3-state memory address drivers, etc.
All inputs are equipped with protection circuits against static discharge or transient excess voltage.



FEATURES:

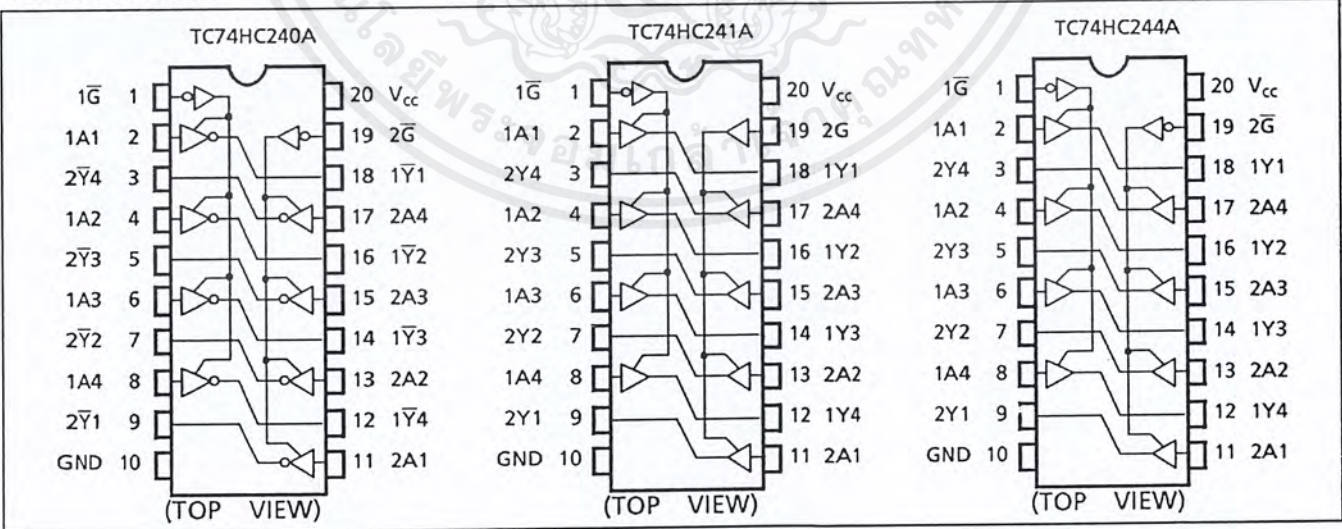
- High Speed..... $t_{pd} = 10\text{ns}(\text{typ.})$ at $V_{CC} = 5\text{V}$
- Low Power Dissipation..... $I_{CC} = 4\mu\text{A}(\text{Max.})$ at $T_a = 25^\circ\text{C}$
- High Noise Immunity..... $V_{NIH} = V_{NIL} = 28\% V_{CC}(\text{Min.})$
- Output Drive Capability..... 15 LSTTL Loads
- Symmetrical Output Impedance... $|I_{OH}| = I_{OL} = 6\text{mA}(\text{Min.})$
- Balanced Propagation Delays..... $t_{pLH} \approx t_{pHL}$
- Wide Operating Voltage Range... $V_{CC}(\text{opr.}) = 2\text{V} \sim 6\text{V}$
- Pin and Function Compatible with 74LS 240/241/244

TRUTH TABLE

INPUTS			OUTPUTS	
$\overline{G}$	$G\Delta$	A_n	Y_n	$\overline{Y}_n\Delta\Delta$
L	H	L	L	H
L	H	H	H	L
H	L	X	Z	Z

Δ : for TC74HC241A only
 $\Delta\Delta$: for TC74HC240A only
X : Don't Care
Z : High Impedance

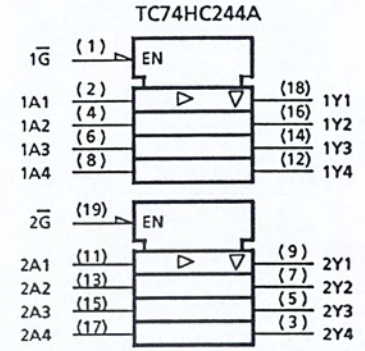
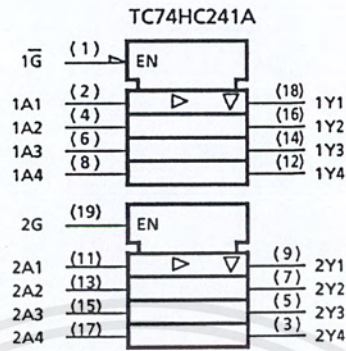
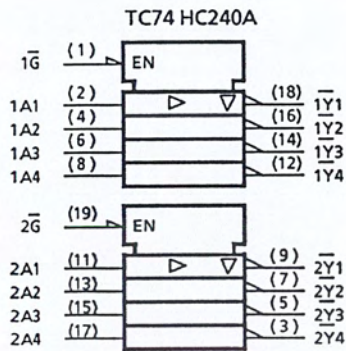
PIN ASSIGNMENT



● TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.

980508EBA2

IEC LOGIC SYMBOL



980508EBA2'

- The products described in this document are subject to foreign exchange and foreign trade laws.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
- The information contained herein is subject to change without notice.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	SYMBOL	VALUE	UNIT
Supply Voltage Range	V_{CC}	$-0.5 \sim 7$	V
DC Input Voltage	V_{IN}	$-0.5 \sim V_{CC} + 0.5$	V
DC Output Voltage	V_{OUT}	$-0.5 \sim V_{CC} + 0.5$	V
Input Diode Current	I_{IK}	± 20	mA
Output Diode Current	I_{OK}	± 20	mA
DC Output Current	I_{OUT}	± 35	mA
DC V_{CC} / Ground Current	I_{CC}	± 75	mA
Power Dissipation	P_D	500 (DIP)* / 180 (SOP)	mW
Storage Temperature	T_{stg}	$-65 \sim 150$	°C

*500mW in the range of $T_a = -40^\circ\text{C} \sim 65^\circ\text{C}$. From $T_a = 65^\circ\text{C}$ to 85°C a derating factor of $-10\text{mW}/^\circ\text{C}$ shall be applied until 300mW.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	SYMBOL	VALUE	UNIT
Supply Voltage	V_{CC}	2~6	V
Input Voltage	V_{IN}	0~ V_{CC}	V
Output Voltage	V_{OUT}	0~ V_{CC}	V
Operating Temperature	T_{opr}	$-40 \sim 85$	°C
Input Rise and Fall Time	t_r, t_f	0~1000 ($V_{CC} = 2.0\text{V}$) 0~500 ($V_{CC} = 4.5\text{V}$) 0~400 ($V_{CC} = 6.0\text{V}$)	ns

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITION	V_{CC} (V)	$T_a = 25^\circ\text{C}$			$T_a = -40 \sim 85^\circ\text{C}$		UNIT
				MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	MAX.	
High - Level Input Voltage	V_{IH}		2.0 4.5 6.0	1.50 3.15 4.20	— — —	— — —	1.50 3.15 4.20	— — —	V
Low - Level Input Voltage	V_{IL}		2.0 4.5 6.0	— — —	— — —	0.50 1.35 1.80	— — —	0.50 1.35 1.80	V
High - Level Output Voltage	V_{OH}	$V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$ $I_{OH} = -20\mu\text{A}$	2.0 4.5 6.0	1.9 4.4 5.9	2.0 4.5 6.0	— — —	1.9 4.4 5.9	— — —	V
			4.5 6.0	4.18 5.68	4.31 5.80	— —	4.13 5.63	— —	
Low - Level Output Voltage	V_{OL}	$V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$ $I_{OL} = 20\mu\text{A}$	2.0 4.5 6.0	— — —	0.0 0.0 0.0	0.1 0.1 0.1	— — —	0.1 0.1 0.1	V
			4.5 6.0	— —	0.17 0.18	0.26 0.26	— —	0.33 0.33	
3 - State Output Off - State Current	I_{OZ}	$V_{IN} = V_{IH} \text{ or } V_{IL}$ $V_{OUT} = V_{CC} \text{ or } \text{GND}$	6.0	—	—	± 0.5	—	± 5.0	μA
Input Leakage Current	I_{IN}	$V_{IN} = V_{CC} \text{ or } \text{GND}$	6.0	—	—	± 0.1	—	± 1.0	
Quiescent Supply Current	I_{CC}	$V_{IN} = V_{CC} \text{ or } \text{GND}$	6.0	—	—	4.0	—	40.0	

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Input $t_r = t_f = 6\text{ns}$)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITION	CL (pF)	V _{CC} (V)	Ta = 25°C			Ta = - 40~85°C		UNIT
					MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	MAX.	
Output Transition Time	t _{TLH} t _{THL}		50	2.0	—	25	60	—	75	ns
				4.5	—	7	12	—	15	
				6.0	—	6	10	—	13	
Propagation Delay Time	t _{pLH} t _{pHL}		50	2.0	—	36	90	—	115	
				4.5	—	12	18	—	23	
				6.0	—	10	15	—	20	
			150	2.0	—	51	130	—	165	
				4.5	—	17	26	—	33	
				6.0	—	14	22	—	28	
Output Enable time	t _{pZL} t _{pZH}	R _L = 1kΩ	50	2.0	—	48	125	—	155	
				4.5	—	16	25	—	31	
				6.0	—	14	21	—	26	
			150	2.0	—	63	165	—	205	
				4.5	—	21	33	—	41	
				6.0	—	18	28	—	35	
Output Disable time	t _{pLZ} t _{pHZ}	R _L = 1kΩ	50	2.0	—	32	125	—	155	
				4.5	—	15	25	—	31	
				6.0	—	14	21	—	26	
Input Capacitance	C _{IN}				—	5	10	—	10	pF
Output Capacitance	C _{OUT}				—	10	—	—	—	
Power Dissipation Capacitance	C _{PD} (1)	TC74HC240A			—	31	—	—	—	
		TC74HC241A / 244A			—	33	—	—	—	

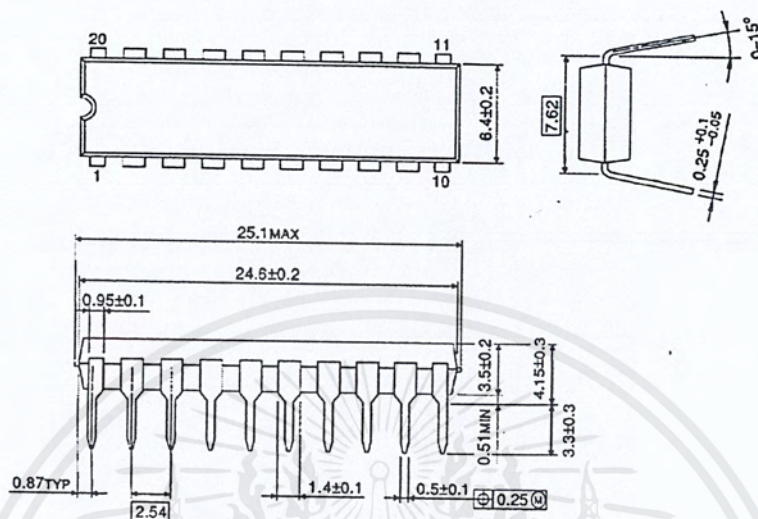
Note (1) C_{PD} is defined as the value of the internal equivalent capacitance which is calculated from the operating current consumption without load.

Average operating current can be obtained by the equation:

$$I_{CC}(\text{opr}) = C_{PD} \cdot V_{CC} \cdot f_{IN} + I_{CC} / 8 \text{ (per bit)}$$

DIP 20PIN OUTLINE DRAWING (DIP20-P-300-2.54A)

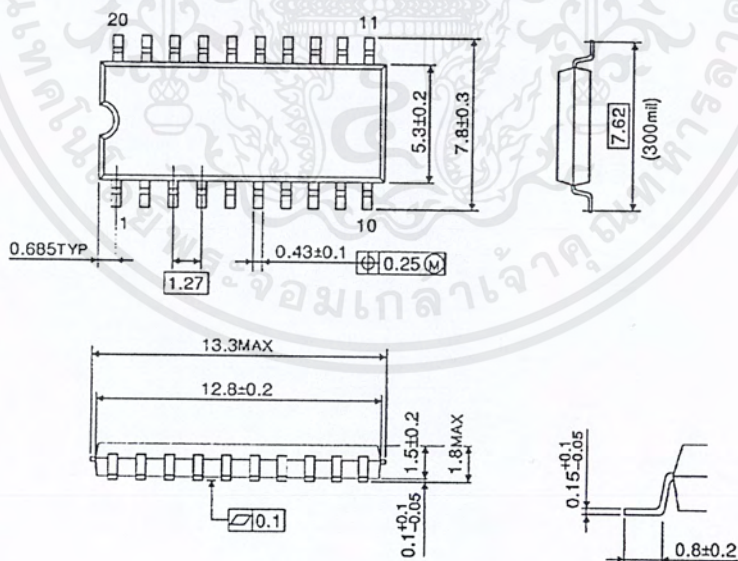
Unit in mm



Weight : 1.30g (Typ.)

SOP 20PIN (200mil BODY) OUTLINE DRAWING (SOP20-P-300-1.27)

Unit in mm

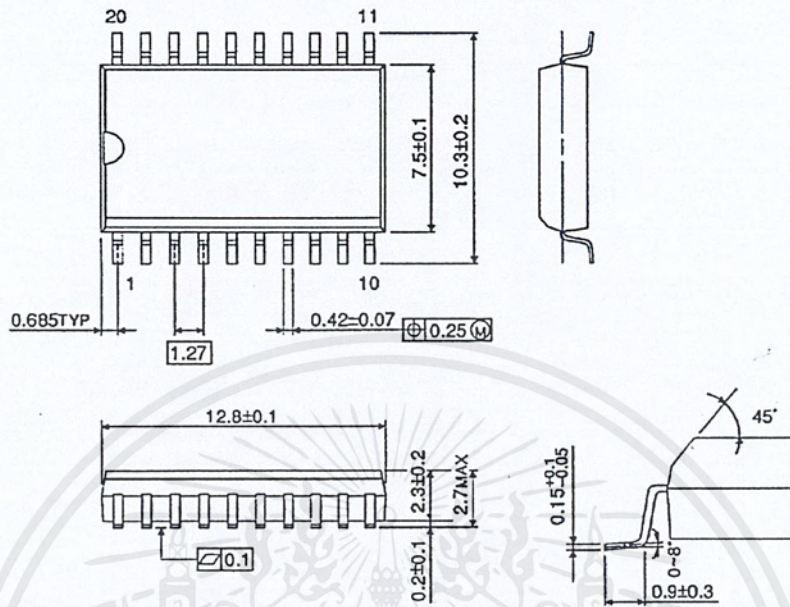


Weight : 0.22g (Typ.)

SOP 20PIN (300mil BODY) OUTLINE DRAWING (SOL20-P-300-1.27)

Unit in mm

(Note) This package is not available in Japan.



Weight : 0.46g (Typ.)

TOSHIBA CMOS DIGITAL INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

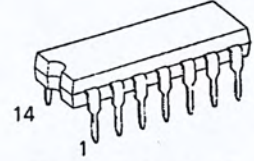
TC4081BP, TC4081BF, TC4081BFN

TC4081B QUAD 2 INPUT AND GATE

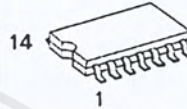
TC4081B is positive logic AND gates with two inputs respectively.

Since all the outputs of these gates are equipped with the buffer circuits of inverters, the input/output propagation characteristic has been improved and variation of propagation time caused by increase of load capacity is kept minimum.

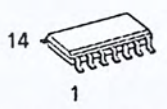
(Note) The JEDEC SOP (FN) is not available in Japan.



P (DIP14-P-300-2.54)
Weight : 0.96g (Typ.)



F (SOP14-P-300-1.27)
Weight : 0.18g (Typ.)



FN (SOL14-P-150-1.27)
Weight : 0.12g (Typ.)

MAXIMUM RATINGS

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
DC Supply Voltage	V_{DD}	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{SS} + 20$	V
Input Voltage	V_{IN}	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{DD} + 0.5$	V
Output Voltage	V_{OUT}	$V_{SS} - 0.5 \sim V_{DD} + 0.5$	V
DC Input Current	I_{IN}	± 10	mA
Power Dissipation	P_D	300 (DIP) / 180 (SOIC)	mW
Operating Temperature Range	T_{ope}	$-40 \sim 85$	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{stg}	$-65 \sim 150$	$^{\circ}C$

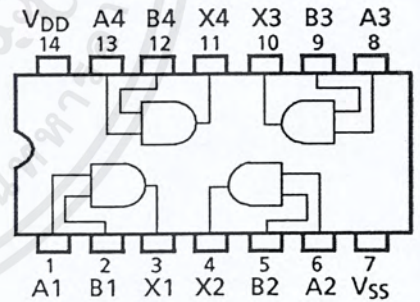
LOGIC DIAGRAM

1/4 TC4081B



PIN ASSIGNMENT (TOP VIEW)

TC4081B



980910EBA2

● TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS ($V_{SS} = 0V$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
DC Supply Voltage	V_{DD}		3	—	18	V
Input Voltage	V_{IN}		0	—	V_{DD}	V

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{SS} = 0V$)

CHARACTERISTIC	SYM-BOL	TEST CONDITION	V_{DD} (V)	-40°C		25°C			85°C		UNIT
				MIN.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	MAX.	
High-Level Output Voltage	V_{OH}	$ I_{OUT} < 1\mu A$ $V_{IN} = V_{SS}, V_{DD}$	5	4.95	—	4.95	5.00	—	4.95	—	V
			10	9.95	—	9.95	10.00	—	9.95	—	
			15	14.95	—	14.95	15.00	—	14.95	—	
Low-Level Output Voltage	V_{OL}	$ I_{OUT} < 1\mu A$ $V_{IN} = V_{SS}, V_{DD}$	5	—	0.05	—	0.00	0.05	—	0.05	V
			10	—	0.05	—	0.00	0.05	—	0.05	
			15	—	0.05	—	0.00	0.05	—	0.05	
Output High Current	I_{OH}	$V_{OH} = 4.6V$	5	-0.61	—	-0.51	-1.0	—	-0.42	—	mA
		$V_{OH} = 2.5V$	5	-2.50	—	-2.10	-4.0	—	-1.70	—	
		$V_{OH} = 9.5V$	10	-1.50	—	-1.30	-2.2	—	-1.10	—	
		$V_{OH} = 13.5V$ $V_{IN} = V_{DD}$	15	-4.00	—	-3.40	-9.0	—	-2.80	—	
Output Low Current	I_{OL}	$V_{OL} = 0.4V$	5	0.61	—	0.51	1.2	—	0.42	—	mA
		$V_{OL} = 0.5V$	10	1.50	—	1.30	3.2	—	1.10	—	
		$V_{OL} = 1.5V$	15	4.00	—	3.40	12.0	—	2.80	—	
		$V_{IN} = V_{SS}, V_{DD}$									
Input High Voltage	V_{IH}	$V_{OUT} = 0.5V, 4.5V$	5	3.5	—	3.5	2.75	—	3.5	—	V
		$V_{OUT} = 1.0V, 9.0V$	10	7.0	—	7.0	5.50	—	7.0	—	
		$V_{OUT} = 1.5V, 13.5V$ $ I_{OUT} < 1\mu A$	15	11.0	—	11.0	8.25	—	11.0	—	
Input Low Voltage	V_{IL}	$V_{OUT} = 0.5V, 4.5V$	5	—	1.5	—	2.25	1.5	—	1.5	V
		$V_{OUT} = 1.0V, 9.0V$	10	—	3.0	—	4.50	3.0	—	3.0	
		$V_{OUT} = 1.5V, 13.5V$	15	—	4.0	—	6.75	4.0	—	4.0	
		$ I_{OUT} < 1\mu A$									
Input Current	"H" Level	I_{IH} $V_{IH} = 18V$	18	—	0.1	—	10^{-5}	0.1	—	1.0	μA
	"L" Level	I_{IL} $V_{IL} = 0V$	18	—	-0.1	—	-10^{-5}	-0.1	—	-1.0	
Quiescent Supply Current	I_{DD}	$V_{IN} = V_{SS}, V_{DD}^*$	5	—	0.25	—	0.001	0.25	—	7.5	μA
			10	—	0.50	—	0.001	0.50	—	15.0	
			15	—	1.00	—	0.002	1.00	—	30.0	

* All valid input combinations.

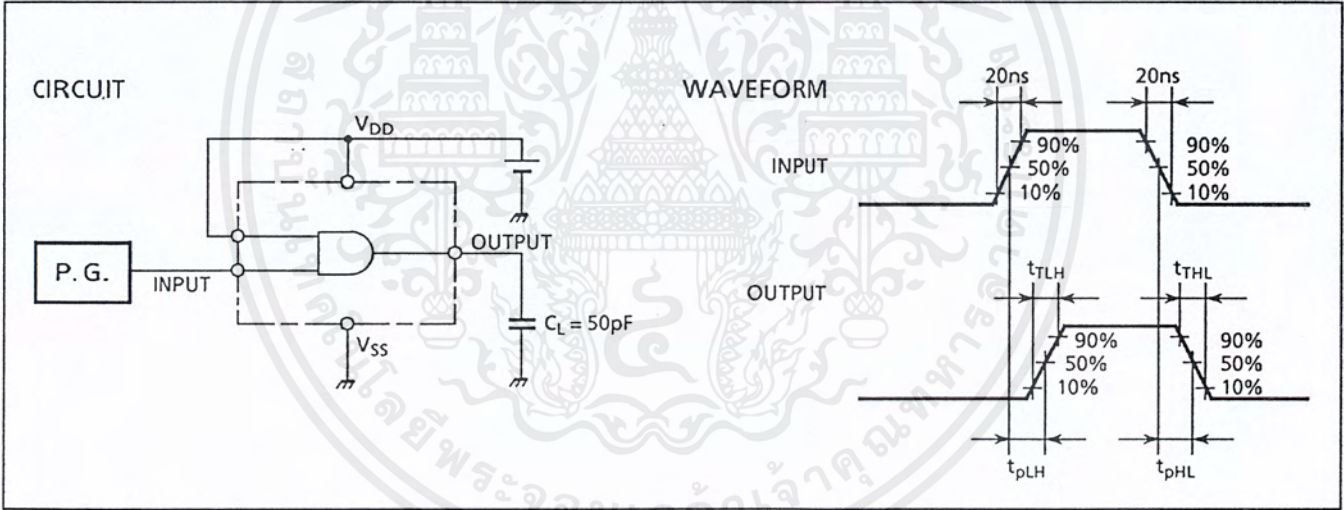
980910EBA2*

- The products described in this document are subject to the foreign exchange and foreign trade laws.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
- The information contained herein is subject to change without notice.

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C, Vss = 0V, CL = 50pF)

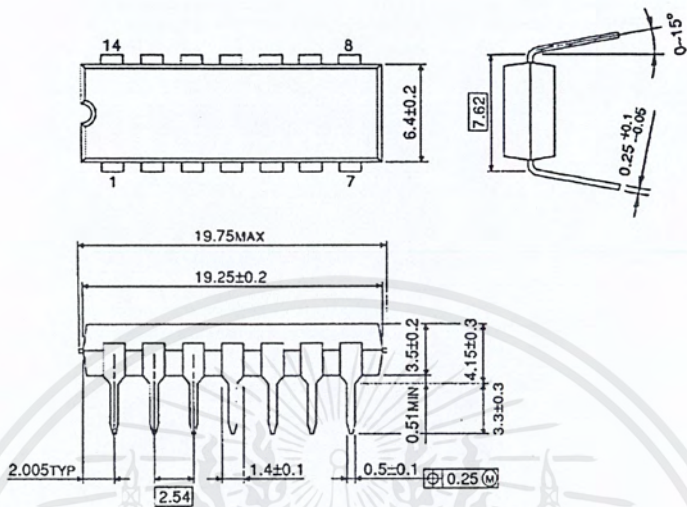
CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	VDD(V)	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Transition Time	tTLH		5	—	70	200	ns
			10	—	35	100	
			15	—	30	80	
Output Transition Time	tTHL		5	—	70	200	
			10	—	35	100	
			15	—	30	80	
Propagation Delay Time	tPLH		5	—	65	200	
			10	—	30	100	
			15	—	25	80	
Propagation Delay Time	tPHL		5	—	65	200	
			10	—	30	100	
			15	—	25	80	
Input Capacitance	CIN			—	5	7.5	pF

CIRCUITS AND WAVEFORM FOR MEASUREMENT OF DYNAMIC CHARACTERISTICS



DIP 14PIN OUTLINE DRAWING (DIP14-P-300-2.54)

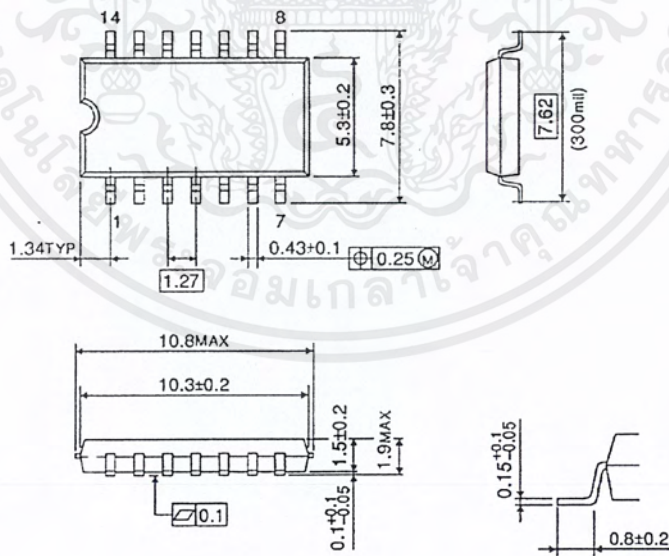
Unit in mm



Weight : 0.96g (Typ.)

SOP 14PIN (200mil BODY) OUTLINE DRAWING (SOP14-P-300-1.27)

Unit in mm

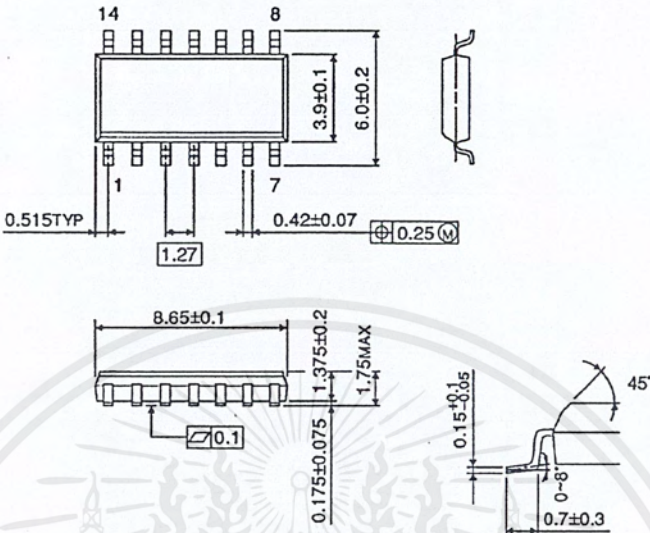


Weight : 0.18g (Typ.)

SOP 14PIN (150mil BODY) OUTLINE DRAWING (SOL14-P-150 -1.27)

Unit in mm

(Note) This package is not available in Japan.



Weight : 0.12g (Typ.)