สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

Telephone for the deaf people

โดย

นายธงชัย จันทร์อี่

นางสาวเนตินันท์ ผ่องวิไล

นายวีรนนท์ ไชยมงคล

เลขหมู่ 83285
ลงทะเบียน 11 ส.ค. 2551
วัน,เดือน,ปี
b 11965952
i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

Telephone for the deaf people

โดย

นายธงชัย จันทร์อี่ 48015055

นางสาวเนตินันท์ ผ่องวิไล 48015060

นายวีรนนท์ ไชยมงคล 48015078

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

ผศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

Telephone for the deaf people

ผู้จัดทำ

1. นายธงชัย จันทร์อี่ 48015055
2. นางสาวเนตินันท์ ผ่องวิไล 48015060
3. นายวีรนนท์ ไชยมงคล 48015078

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์สำหรับคนหูหนวก

Telephone for the deaf people

โดย นายธงชัย จันทร์อี่ 48015055

นางสาวเนตินันท์ ผ่องวิไล 48015060

นายวีรนนท์ ไชยมงคล 48015078

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

ผศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสร้างเครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหู เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน โดยส่วนประกอบของโทรศัพท์มีดังนี้ 1.ส่วนวงจรรับ/ส่งสัญญาณเสียง คือไมโครโฟนและหูฟัง 2.ส่วนกำเนิดหมายเลขแบบกดปุ่ม (DTMF) 3.วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 4.ส่วนตัดต่อวงจรโทรศัพท์เข้ากับชุมสายโทรศัพท์ โดยสามารถเลือกโหมดการทำงานเป็นสำหรับคนปกติหรือแบบข้อความสำหรับผู้พิการทางหู สำหรับการทำงานในโหมดของผู้พิการทางหู ผู้ส่งจะใช้วิธีการป้อนข้อความทางคีย์บอร์ดซึ่งจะถูกส่งเข้าหน่วยประมวลผลไมโครคอนโทรเลอร์และทำการแสดงผลข้อความบนหน้าจอแสดงผล แล้วทำการมอดูเลตแบบ FSK จากนั้นส่งผ่านสัญญาณไปยังวงจรส่งสัญญาณเสียงของเครื่องโทรศัพท์แล้วไปยังด้านรับ ในส่วนของทางด้านผู้รับจะรับสัญญาณจากวงจรรับสัญญาณเสียงมาดีมอดูเลตแบบ FSK ส่งเข้าหน่วยประมวลผลไมโครคอนโทรเลอร์และทำการแสดงผลข้อความบนหน้าจอแสดงผลและทางด้านผู้รับยังสามารถที่พิมพ์ส่งข้อความตอบกลับไปยังทางด้านผู้ส่งได้

Abstract

This project presents a telephone for the deaf people that can be used to communicate to each other. It composes of: 1. microphone and headphone used for receiving and transmitting voice signal, 2.DTMF signal generator circuit 3. ringing signal detection circuit,4. speech network circuit. This telephone has two modes of operation which are for normal person and for deaf person. In operation for a deaf person, the transmitter can send messages by using keyboard which are shown on the monitor screen by the microcontroller. After that, this signal is modulated by using FSK technique and transmitted to the speech network circuit to the receiving site. For the receiver, a message is recovered by FSK demodulation and sent to the microcontroller to be shown on a monitor screen. Likewise, the receiver can send a reply message to the transmitter as well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน และ ผศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์ ที่คอยอบรมณ์สั่งสอนให้ความรู้และคำแนะนำที่ดีอีกทั้งยังได้ตรวจทานขั้นตอนการทำงานอยู่เป็นประจำทำให้ช่วยลดข้อผิดพลาดในการทำงานได้เป็นอย่างมากจึงทำให้ทางผู้จัดทำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและง่ายยิ่งขึ้น

นอกจากนี้แล้วต้องขอขอบคุณเพื่อนๆทุกๆคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านทั้งคำแนะนำที่ดีและเมตตาให้ยืมอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	2
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	2
2.2 สัญญาณโทรศัพท์	8
2.3 มอดูเลชั่นเทคนิค	13
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	20
2.5 คีย์บอร์ด (Key Board)	33
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	38
3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	38
3.1.1 หน้าที่ของ MCS-51	38
3.1.2 แผนการทำงานของ MCS-51	39
3.2 การส่งสัญญาณภายในสายโทรศัพท์โดยใช้ FSK (Frequency Shift Keying)	40
3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณ FSK (Sinusoidal FSK Generator)	41
3.4 วงจร เอฟ เอส เค ดีมอดูเลชั่น	43
3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ (Dialer Circuit)	46
3.6 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	49
3.7 วงจรตรวจจับสัญญาณการหมุนหมายเลข (DIAL), สัญญาณเรียกกลับ (RBT), สัญญาณไม่ว่าง (BUSY)	50
3.8 วงจรไฮบริด (Hybrid)	51
3.9 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟ (Active Band Pass Filter)	52
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	54
4.1 การทดลองเกี่ยวการตรวจสอบสัญญาณที่รับได้จากคีย์บอร์ด	54
4.1.1 วิธีในการทดลอง	54
4.1.2 ผลการทดลอง	54
4.1.3 สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 4.1	55
4.2 การทดลองวงจร เอฟ เอส เค มอดูเลชั่น (Frequency Shift Keying)	55
4.2.1 วิธีในการทดลอง	55
4.2.2 ผลการทดลอง	56
4.2.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.2	58
4.3 การทดลองวงจร DFSK ดีมอดูเลชั่น	58
4.3.1 วิธีในการทดลอง	59
4.3.2 ผลการทดลอง	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.3	60
4.4 การทดลองเกี่ยวกับวงจรกำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์	60
4.4.1 วิธีในการทดลอง	60
4.4.2 ผลการทดลอง	60
4.4.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.4	63
4.5 การทดลองเกี่ยวกับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างด้านส่งและด้านรับ	63
4.5.1 วิธีในการทดลอง	63
4.5.2 ผลการทดลอง	63
4.5.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.5	65
4.6 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	65
4.6.1 วิธีในการทดลอง	65
4.6.2 ผลการทดลอง	65
4.6.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.6	67
4.7 การทดลองวงจรตรวจจับความถี่ 400 Hz	67
4.7.1 วิธีในการทดลอง	67
4.7.2 ผลการทดลอง	67
4.7.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.7	71
4.8 การทดลองวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟ	71
4.8.1 วิธีในการทดลอง	71
4.8.2 ผลการทดลอง	71
4.8.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.8	73
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	74
ภาคผนวก	75
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโครงงานนี้	1
รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์	5
รูปที่ 2.3 กราฟลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าของเสียงพูดที่ส่งออกไปในสายโทรศัพท์	6
รูปที่ 2.4 แสดงหมายเลขหน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มและความถี่ที่ใช้	7
รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณ Dial Tone	10
รูปที่ 2.6 แสดงสัญญาณ Ring Back Tone	11
รูปที่ 2.7 แสดงสัญญาณ Non-Number Tone	11
รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณ Busy Tone	12
รูปที่ 2.9 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์	13
รูปที่ 2.10 สัญญาณแบบต่างๆ	14
รูปที่ 2.11 รูปคลื่นของสัญญาณ FSK	15
รูปที่ 2.12 การชิงโครนัสดีเทคชั่นของสัญญาณ FSK	16
รูปที่ 2.13 เอนเวลโลปดีเทคเตอร์	18
รูปที่ 2.14 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเพื่อสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์	18
รูปที่ 2.15 มาตรฐาน 103 แบบฟูลดูเพล็กซ์ อัตราส่งต่ำ	19
รูปที่ 2.16 มาตรฐานของ CCITT V.21 แบบฟูลดูเพล็กซ์ อัตราส่งต่ำ	20
รูปที่ 2.17 ชื่อขาต่างๆ ของ MCS-51(DIP40)	21
รูปที่ 2.18 แสดงแหล่งที่มาสัญญาณอินเตอร์รัปต์	29
รูปที่ 2.19 Interrupt Enable Register (IE)	30
รูปที่ 2.20 รายละเอียดของ IP	31
รูปที่ 2.21 Timer Counter Control register (TCON)	32
รูปที่ 2.22 รายละเอียดของระบบขัดจังหวะของ 8052	33
รูปที่ 2.23 ขาสัญญาณของคีย์บอร์ด	34
รูปที่ 3.1 โฟลชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรม MCS-51	39
รูปที่ 3.2 ความถี่ที่ใช้ในการออกแบบ FSK ย่านความถี่โทรศัพท์	40
รูปที่ 3.3 วงจร Sinusoidal FSK Generator	41
รูปที่ 3.4 วงจรเอฟเอสเคดีมอดูเลชั่นโดยใช้ไอซี XR-2211	43
รูปที่ 3.5 หน้าที่ของแต่ละขาของไอซี UM91210	46
รูปที่ 3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์	47
รูปที่ 3.7 วงจรแสดงส่วนควบคุมที่ต่ออยู่กับวงจร FSK modulator และ FSK demodulator	48
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	49
รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างไอซีเบอร์ 4N26	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณการหมุนหมายเลข, สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง	50
รูปที่ 3.11 วงจรไฮบริด	51
รูปที่ 3.12 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบ Akerberg-Mossberg Band-Pass Filter	52
รูปที่ 4.1 CH1 : สัญญาณคลื่อกที่ได้จากคีย์บอร์ด CH2 : สัญญาณ ค่าเมคโค้ดและ เบรคโค้ด จากการกดปุ่ม "T"	54
รูปที่ 4.2 CH1 : สัญญาณคลื่อกที่ได้จากคีย์บอร์ด CH2 : ขยายรูปสัญญาณ ค่าเมคโค้ดจากการกดปุ่ม "T" ค่าเมคโค้ด = 2C H หรือ 00101100 B	55
รูปที่ 4.3 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generator CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการมอดูเลตทางด้านส่ง	56
รูปที่ 4.4 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generator CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการมอดูเลตทางด้านส่ง	57
รูปที่ 4.5 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generator CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการมอดูเลตทางด้านรับ	57
รูปที่ 4.6 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generator CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการมอดูเลตทางด้านรับ	58
รูปที่ 4.7 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generatorซึ่งเป็น อินพุตของวงจร FSK ความถี่ 1070 Hz และความถี่ 1270 Hz CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการดีมอดูเลต	59
รูปที่ 4.8 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generatorซึ่งเป็น อินพุตของวงจร FSK ความถี่ 2025 Hz และความถี่ 2225 Hz CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการดีมอดูเลต	60
รูปที่ 4.9 สัญญาณและสเปกตรัมของสัญญาณความถี่คู่ โดยวัดผล ที่องค์ประกอบทางความถี่สูง เมื่อกดปุ่มหมายเลข 3 ได้ความถี่ 1460 Hz	61
รูปที่ 4.10 สัญญาณและสเปกตรัมของสัญญาณความถี่คู่ โดยวัดผลที่ องค์ประกอบทางความถี่ต่ำ เมื่อกดปุ่มหมายเลข 7 ได้ความถี่ 850 Hz	61
รูปที่ 4.11 สัญญาณและสเปกตรัมของสัญญาณความถี่คู่ โดยวัดผลที่ องค์ประกอบทางความถี่สูง เมื่อกดปุ่มหมายเลข 0 ได้ความถี่ 950 Hz	62
รูปที่ 4.12 CH1 : สัญญาณรหัสเมคโคดของตัวอักษร (K) ที่ถูกส่งออกพอร์ต TxD ฝั่งส่ง CH2 : สัญญาณเอาท์พุตของวงจร FSK ฝั่งส่ง	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.13 CH1 : สัญญาณรหัสเมคโคดที่ถูกส่งออกพอร์ต TxD ฝั่งส่ง CH2 : สัญญาณรหัสเมคโคดตัวอักษร (K) ที่ถูกดีเทกโดยวงจร FSK DEMODULATOR ฝั่งรับ	64
รูปที่ 4.14 CH1 : สัญญาณจุดที่เมื่อผ่านตัวเก็บประจุค่า 0.1 uF CH2 : สัญญาณลอจิกที่ได้จากการตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	66
รูปที่ 4.15 การแสดงผลของจอ LCD เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา	67
รูปที่ 4.16 CH1 : สัญญาณการหมุนหมายเลข (Dial tone) CH2 : สัญญาณลอจิกที่ได้จากการตรวจจับสัญญาณการหมุนหมายเลข	68
รูปที่ 4.17 การแสดงผลของจอ LCD เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา	68
รูปที่ 4.18 CH1 : สัญญาณเรียกกลับ (Ring back tone) CH2 : สัญญาณลอจิกที่ได้จากการตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ	69
รูปที่ 4.19 การแสดงผลของจอ LCD เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับ	69
รูปที่ 4.20 CH1 : สัญญาณไม่ว่าง (Busy tone) CH2 : สัญญาณลอจิกที่ได้จากการตรวจจับสัญญาณไม่ว่าง	70
รูปที่ 4.21 การแสดงผลของจอ LCD เมื่อมีสัญญาณไม่ว่าง	70
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน แบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 1070 Hz	71
รูปที่ 4.23กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน แบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 1270 Hz	72
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน แบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 2025 Hz	72
รูปที่ 4.25กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน แบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 2225 Hz	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 21

ตารางที่ 2.2 หน้าที่ของพอร์ต 3 (ขาที่ 10-17) 22

ตารางที่ 2.3 การทำงานทั้ง 4 โหมด ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม 25

ตารางที่ 2.4 การใช้งานรีจีสเตอร์SCON 26

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดในการ SET-UP ค่าใน SCON 27

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดในการ SET-UP ค่าใน SCON 27

ตารางที่ 2.7 ตำแหน่งของบิตในรีจีสเตอร์ TMOD 27

ตารางที่ 2.8 บิตในการควบคุมการใช้งานไทม์เมอร์ 28

ตารางที่ 2.9 ตัวอย่างค่า Baud Rate และค่า Reload Value 28

ตารางที่ 2.10 ชื่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ 30

ตารางที่ 2.11 แสดงการทำงานของอินเตอร์รัปต์จากรีจิสเตอร์ 30

ตารางที่ 2.12 บิตข้อมูลที่ส่งจากคีย์บอร์ด 34

ตารางที่ 2.13 แสดงค่าสแกนโค้ดของคีย์บอร์ด 35

ตารางที่ 2.13 (ต่อ) 36

ตารางที่ 4.1 ตารางผลการทดลองวงจร FSK modulation 58

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกค่าความถี่คู่ของแต่ละหมายเลข 62

ตารางที่ 4.3 ตารางผลการทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 66

ตารางที่ 4.4 ตารางผลการทดลองวงจรตรวจจับความถี่ 400 Hz 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันที่เป็นยุคแห่งประชาธิปไตยไม่ว่าคนปกติหรือคนพิการ ถือว่ามีบทบาทเท่าเทียมกันในสังคมทั้งนั้น ซึ่งคนพิการนั้นสามารถที่ชีวิตได้เหมือนกับคนปกติทั่วไป แต่ในบางครั้งสิ่งต่างๆ ก็ไม่อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้พิการจึงทำให้มีข้อจำกัดในการดำเนินชีวิตอยู่บ้าง

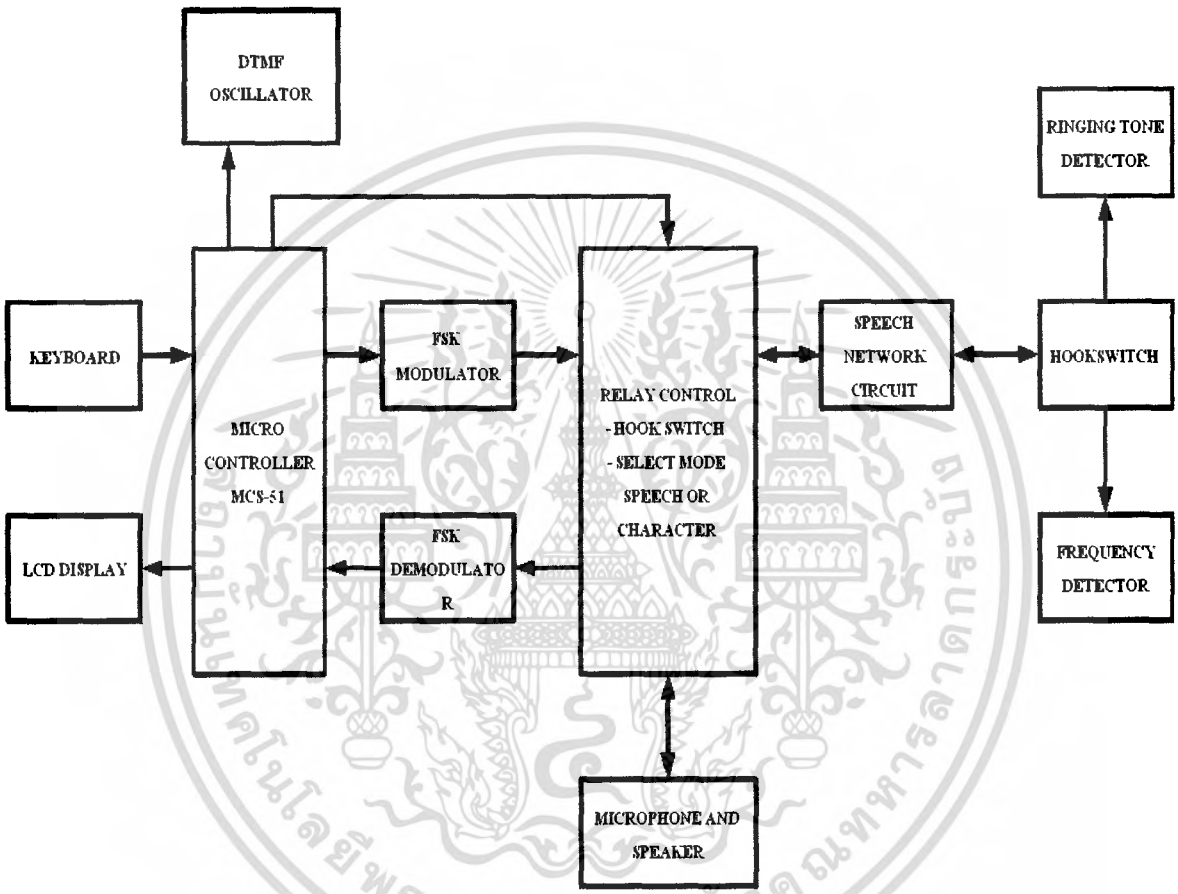
โทรศัพท์พื้นฐานโดยทั่วไปที่เราพบเห็นกันตามบ้านเรือน หอพัก สำนักงาน บริษัทห้างร้านต่างๆ นั้นโดยส่วนใหญ่โทรศัพท์พื้นฐานจะใช้เสียงพูดในการพูดคุยเป็นหลัก ซึ่งสำหรับคนปกติคงจะเป็นเรื่องธรรมดา แต่สำหรับผู้พิการทางหูที่ไม่สามารถได้ยินเสียงและไม่สามารถพูดได้นั้น จึงเป็นข้อจำกัดในการที่จะติดต่อสื่อสารกับผู้อื่นได้

โครงงานนี้เป็นการสร้างเครื่องโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหู โดยสามารถเลือกโหมดการทำงานเป็นโหมดธรรมดาสำหรับคนปกติหรือแบบข้อความสำหรับผู้พิการทางหู คือ ผู้ส่งจะพิมพ์ข้อความผ่านคีย์บอร์ดและส่งข้อมูลไปยังหน่วยประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์และแสดงผลทางหน้าจอ จากนั้นทำการมอดูเลตแบบ FSK จากนั้นส่งผ่านสัญญาณไปยังวงจรส่งสัญญาณเสียงของเครื่องโทรศัพท์แล้วไปยังด้านรับ ในส่วนของทางด้านผู้รับจะรับสัญญาณจากวงจรรับสัญญาณเสียงมาดีมอดูเลตแบบ FSK ส่งเข้าหน่วยประมวลผลไมโครคอนโทรเลอร์และทำการแสดงผลข้อความบนหน้าจอแสดงผลและทางด้านผู้รับยังสามารถที่พิมพ์ส่งข้อความตอบกลับไปยังทางด้านผู้ส่งได้ และยังสามารถเลือกโหมดอักษรได้ว่าต้องการอักษรภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ หน้าจอแสดงผลสามารถแสดงผลตัวอักษรได้ 8 บรรทัด บรรทัดละ 16 ตัวอักษรและยังสามารถแสดงผลทั้งข้อความที่ได้รับและข้อความที่ต้องการส่งในหน้าจอเดียวกัน และโทรศัพท์สำหรับผู้พิการทางหูนี้ยังสามารถส่งสัญญาณหรือติดต่อผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้โดยการเลือกโหมดการเชื่อมต่อแบบ Mobile โดยในการเรียกเลขหมายปลายทางนั้นสามารถทำได้โดยการคีย์จากแป้นคีย์บอร์ดได้โดยตรง ส่วนในการเลือกโหมดการทำงานต่างๆรวมไปถึงการควบคุม Hook switch นั้น ก็จะถูกควบคุมจากแป้นคีย์บอร์ดด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหรือหลักการ

บล็อกไดอะแกรมของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโครงงานนี้

ซึ่งมีรายละเอียดของทฤษฎีต่างๆ ดังนี้

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

2.1.1 ชนิดเครื่องรับโทรศัพท์

อุปกรณ์พื้นฐานของเครื่องโทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์ (Telephone) แบ่งเป็น 3 แบบหลัก ๆ ดังนี้

1. เครื่องรับแบบธรรมดา มี 3 แบบ คือ

1.1 แบบกดปุ่ม (Push Button) จะใช้กับชุมสายที่เป็นแบบ SPC (Stored Program Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 แบบหมุน (Dial) ใช้กับชุมสายทั่วไป

1.3 แบบ Key Telephone เป็นโทรศัพท์ที่ใช้สำหรับวงจรขนาดเล็กโดยสามารถเพิ่มเครื่องรับได้มากกว่าหนึ่งเครื่องต่อเลขหมาย เช่น เลขหมายรับเข้า 10 เลขหมาย เครื่องรับโทรศัพท์ที่ติดตั้งจะมี 36 เครื่อง

2. เครื่องรับโทรศัพท์สาธารณะ เป็นเครื่องที่ติดตั้งเพื่อบริการบุคคลทั่วไป

2.1 แบบหยอดเหรียญ

2.2 แบบหักมูลค่า

3. เครื่องโทรศัพท์แบบตู้สาขาอัตโนมัติ (PABX : Private Automatic Branch Exchange) จะทำหน้าที่คล้าย ๆ กับ Key Telephone แต่ขีดความสามารถจะมีมากกว่า กล่าวคือ สามารถกำหนดการโทรออกของหมายเลขภายในได้

2.1.2 หน้าที่หลักของเครื่องโทรศัพท์

1. เปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วส่งสัญญาณออกไปตามสายโทรศัพท์สำหรับเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกและในทางกลับกันก็มีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียงสำหรับเครื่องโทรศัพท์ของผู้รับ

2. ส่งสัญญาณบอกสภาวะยกหูโทรศัพท์ (Hook off) และสัญญาณบอกสภาวะวางหู (Hook on) ไปยังชุมสายโทรศัพท์ เพื่อบอกให้ชุมสายโทรศัพท์ทราบสภาวะการใช้เครื่องโทรศัพท์ในขณะนั้นๆ

3. ส่งสัญญาณหมายเลขไปยังชุมสายโทรศัพท์เพื่อบอกให้ทางชุมสายโทรศัพท์ทราบว่าผู้เรียกต้องการจะติดต่อกับใคร

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

5. กลไกการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์

2.1.3 ส่วนประกอบของเครื่องรับโทรศัพท์

1. HAND SET เป็นชุดที่ประกอบด้วยปากพูดและหูฟัง โดยปากพูดคือไมโครโฟนและหูฟังคือลำโพง โดยไมโครโฟนที่ใช้ในเครื่องรับโทรศัพท์มี 3 แบบ คือ

1.1 แบบ Carbon

1.2 แบบ Dynamic

1.3 แบบ Condenser ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้เพราะมีขนาดเล็ก ความไวสูง และราคาถูก

2. Dial เป็นหน้าปัดโทรศัพท์ซึ่งจะมีทั้งแบบหมุน (Rotary) และแบบกด (Push Button) ทำหน้าที่สร้างรหัสสัญญาณพัลส์หรือโทนเป็นเลขหมายที่เรากดส่งไปที่ชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Hook Switch เป็นสวิตช์ 2 ทางที่ทำหน้าที่เลือกระหว่างจะให้สายโทรศัพท์ต่อไปที่วงจรกระดิ่งหรือตัดเข้าไปในวงจรภายในของโทรศัพท์

4. Ringer เป็นตัวกำหนดเสียงในเครื่องรับโทรศัพท์เพื่อแจ้งให้ผู้รับปลายทางทราบมี 2 แบบ คือ

4.1 กระดิ่งแบบธรรมดา

4.2 กระดิ่งแบบอิเล็กทรอนิกส์

5.สายโทรศัพท์ เป็นสายที่เชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์และสายสัญญาณโทรศัพท์ที่มาจากชุมสายโทรศัพท์

2.1.4 วงจรพื้นฐานของเครื่องรับโทรศัพท์

วงจรในเครื่องโทรศัพท์ขั้นพื้นฐานสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนแสดงสัญญาณเรียก (Ringing) ส่วนสร้างสัญญาณเลขหมาย (Calling Number Encode) และส่วนของวงจรสนทนา (Speech)

1. ส่วนแสดงสัญญาณเรียก (Ringing)

จะมีตัวเก็บประจุยอมให้สัญญาณเรียกที่เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับผ่านไปยังกระดิ่งหรือวงจรกำเนิดสัญญาณเรียก

2. ส่วนสร้างสัญญาณเลขหมาย (Calling Number Encode)

มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบพัลส์หรือ DP: Dial Pulse และแบบโทนหรือ DTMF: Dual Tone Multi Frequency ระบบพัลส์นี้จะใช้การตัดต่อกระแสในวงจร (line current) โดยจำนวนครั้งจะแสดงเลขหมายนั้นเป็นเลข 2 จะมี 2 พัลส์ เลข 3 จะมี 3 พัลส์ ยกเว้นเลข 0 จะมี 10 พัลส์ ส่วนแบบโทนซึ่งจะแบ่งความถี่ประจำแถวและประจำหลัก เมื่อกดเลขหมายก็จะมีกลุ่มความถี่ทางแถวและความถี่ทางหลักออกไปอย่างละความถี่ โดยที่แต่ละเลขหมายไม่ซ้ำกัน

3. ส่วนของวงจรสนทนา (Speech)

จะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการสนทนาได้ โดยมีปากพูด (transmitter) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อส่งไปในสายโทรศัพท์ และหูฟัง (receiver) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้กลายเป็นสัญญาณเสียง

2.1.5 โทรศัพท์ระบบแอนะลอก (Single Line Telephone)

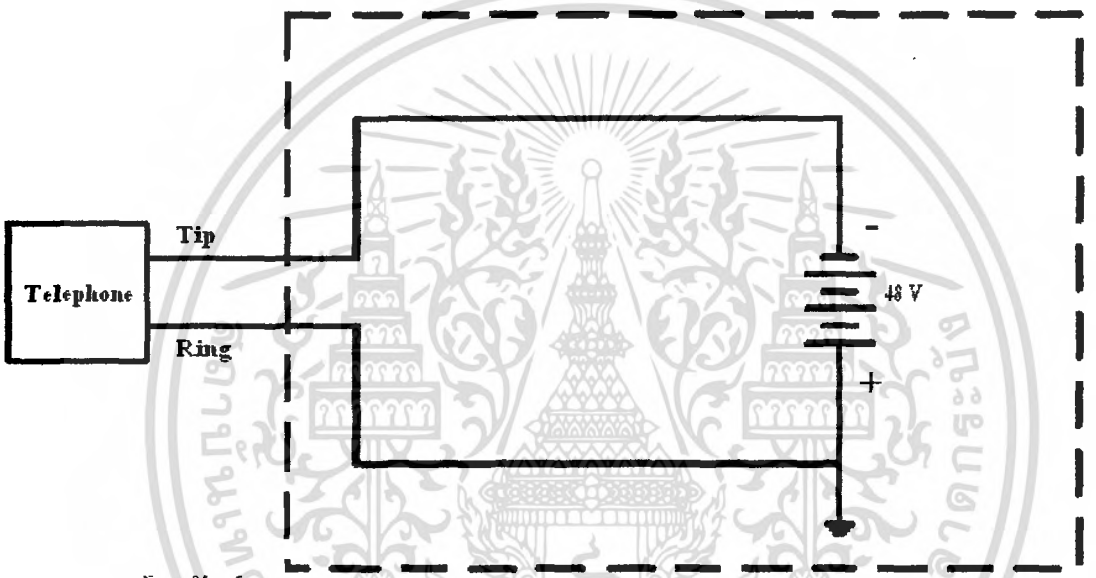
คือเครื่องโทรศัพท์ที่มีใช้อยู่ตามบ้านเรือนโดยที่การส่งและการรับสัญญาณเสียงพูดทั้งหมดจากชุด Hand set จะเป็นสัญญาณเสียงพูดที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณกระแสไฟฟ้าแบบแอนะลอก (Analog Signal) และสัญญาณนั้นจะถูกส่งไปยังชุมสายที่ให้บริการเพื่อติดต่อระหว่างคู่สนทนาที่ใช้เครื่องโทรศัพท์แบบแอนะลอกทั้งสองฝ่ายเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 กลไกการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์จะเชื่อมต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์ในลักษณะที่เรียกว่าโลคอลลูป (Local Loop) โดยจะเชื่อมต่อกันโดยใช้สายโทรศัพท์สองเส้น คือ ทิป (Tip) มีสีเขียว และริง (Ring) มีสีแดงซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance) ระหว่างคู่สายอยู่ในช่วงประมาณ 500 ถึง 1000 โอห์ม แต่ค่าอิมพีแดนซ์ที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ 600 โอห์ม

ภายในชุมสายโทรศัพท์จะมีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไฟเลี้ยงเครื่องโทรศัพท์ที่อยู่ปลายทางและเพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบการใช้เครื่องโทรศัพท์ของชุมสายโทรศัพท์อีกด้วย โดยจะต่อสายทิปเข้าที่ขั้วลบ และแหล่งจ่ายไฟตรง 48 โวลต์ และต่อสายริงเข้าที่ขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งจะถูกต่อลงดิน (Ground) ดังรูปที่ 2.2



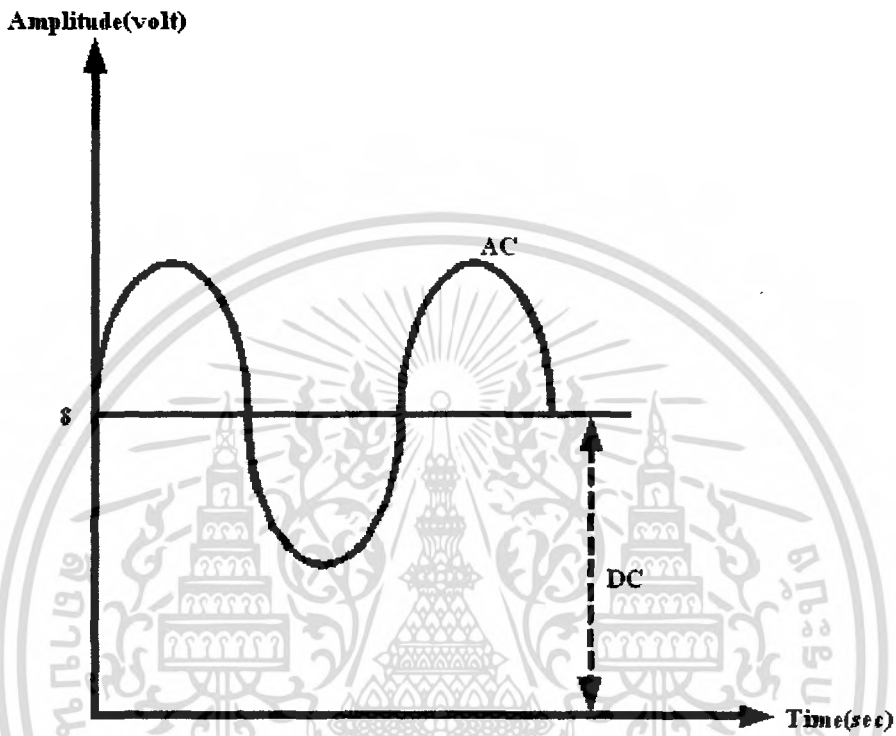
รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์สามารถตรวจสอบสภาวะการใช้งานเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าปลายทางได้จากระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคร่อมสายทิปกับริงโดย

- สภาวะไม่มีการใช้เครื่องโทรศัพท์ (วางหูโทรศัพท์) หมายถึง สุดสวิตช์ในเครื่องโทรศัพท์จะทำการเปิดโลคอลลูป (Opened Local Loop) ทำให้ไม่มีกระแสลูปไหล แรงกันคร่อมคู่สายทิปกับริงมีค่า 48 โวลต์
- สภาวะมีการใช้เครื่องโทรศัพท์ (ยกหูโทรศัพท์) หมายถึง สุดสวิตช์ในเครื่องโทรศัพท์จะทำการปิดโลคอลลูป (Closed Local Loop) ทำให้มีกระแสลูปไหลซึ่งมีค่า 20 มิลลิแอมป์ไหลในโลคอลลูป และในขณะนั้นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงคร่อมคู่สายโทรศัพท์จะมีค่าอยู่ในช่วง 4 ถึง 8 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่มีการสนทนากันระหว่างผู้เช่านั้น สัญญาณเสียงพูดจะเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าในลักษณะของกระแสสลับ (AC) ซึ่งสัญญาณดังกล่าวนี้จะถูกส่งไปตามสายโทรศัพท์ โดยจะมีลักษณะที่สัญญาณไฟฟ้าของเสียงพูดที่เป็นกระแสสลับจะขี่อยู่บนระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 4 ถึง 8 โวลต์ ดังรูปที่ 2.3

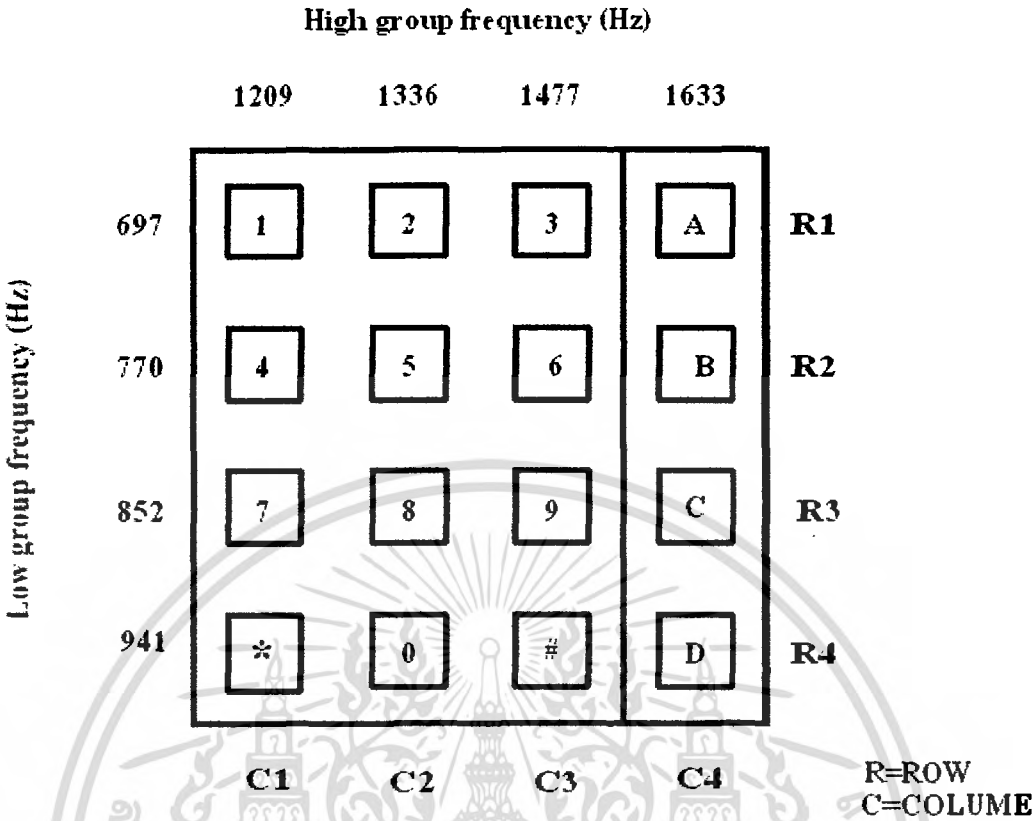


รูปที่ 2.3 กราฟลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าของเสียงพูดที่ส่งออกไปในสายโทรศัพท์

2.1.7 การเรียกหมายเลขแบบ DTMF (Dual Tone Multi Frequency)

เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัดแบบกดปุ่มและใช้กรรมวิธีของ Dual Tone Multi Frequency (DTMF) ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปหน้าปัดจะมี 12 ปุ่ม แต่แบ่งออกเป็น 4 แถว และ 3 หลัก และในเครื่องบางแบบอาจมีถึง 16 ปุ่ม โดยเพิ่ม หลัก ที่ 4 ขึ้นมาอีก ดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงหมายเลขหน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มและความถี่ที่ใช้

ความถี่ที่ใช้ในแต่ละแถวและหลัก จะมีความถี่ต่างกัน ความถี่ของทั้ง 4 แถว เรียกว่าความถี่ต่ำ และความถี่ของทั้ง 3 หรือ 4 หลัก เรียกว่าความถี่สูง การกดปุ่มที่หมายเลขใดๆ จะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องโทรศัพท์ผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่ เช่น เมื่อกดเลข 5 ความถี่ที่ผลิตออกมาคือ 770Hz และ 1336Hz เป็นต้น

มาตรฐานของความถี่ที่ใช้และตำแหน่งของเลขหมายต่างๆ จะถูกจัดให้มีลักษณะดังแสดงตามรูปที่ 2.4 สำหรับความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้จะเป็น 1.5% สำหรับการผลิตความถี่และ 2% สำหรับการรับเลขหมาย

ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม คือ

1. สามารถลดเวลาในการหมุนเลขหมายลงได้ ทำให้มีผลคือ เวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์แต่ละครั้งลดลงซึ่งทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถรับ Traffic ได้มากขึ้น
2. สามารถใช้วงจรทางโซลิสสเตทอิเล็กทรอนิกส์แทนอุปกรณ์ทางด้าน Mechanics จึงทำให้มีความรวดเร็วและแม่นยำในการส่งเลขหมาย
3. สามารถเพิ่มปุ่มกดได้อีก 4 ปุ่ม เพื่อให้ในการส่งสัญญาณการบริการประเภทอื่นๆ
4. มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายโทรศัพท์ระบบ SPC (Stored Program Control)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 ระบบแสดงผล

ตัวแสดงผล LCD (Liquid Crystal Display) เป็นอุปกรณ์แสดงผลแบบหนึ่งที่นิยมใช้กันมากและพบเห็นกันบ่อยๆ โดยที่ LCD สามารถแบ่งประเภทตามลักษณะของการแสดงผลได้ 3 แบบ ดังนี้คือ

1. LCD แบบอักขระ เป็นโมดูล LCD ที่สามารถแสดงตัวอักษร ตัวเลขและเครื่องหมายต่างๆ ได้ โดยสร้างจากจุดเล็กๆ หรือเรียกว่า ดอตเมตริกซ์ ซึ่งก็จะมีขนาดความกว้างและความสูงของอักขระแต่ละตัว โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 ขนาดคือ 5*7 จุด และ 5*10 จุด นอกจากนั้น LCD แบบนี้สามารถแสดงข้อความได้ 1 บรรทัดหรือมากกว่านั้น ขึ้นอยู่กับรุ่นของ LCD นั้นๆ
2. LCD แบบกราฟิก สามารถแสดงข้อมูลได้ทั้งตัวอักษร ตัวเลข เครื่องหมายและรูปภาพได้ ความละเอียดของภาพจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของดอตเมตริกซ์ ของ LCD นั้นๆ ขนาดของ LCD แบบนี้มีหลายขนาดให้เลือกใช้
3. LCD แบบเซกเมนต์ เป็นโมดูล LCD แบบเล็กสุดมีลักษณะการแสดงผลคล้ายกับ LED 7 ส่วน โดยปกติมักจะมีมากกว่า 1 หลัก พบเห็นทั่วไปในดิจิตอลมัลติมิเตอร์

รายละเอียดเกี่ยวกับ LCD ในโมดูล LCD มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนดังนี้

1. ตัวแสดงผล ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD
2. ตัวควบคุม เป็นตัวรับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูลLCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้จะใช้ชิฟควบคุมโดยเฉพาะ
3. ตัวขับ เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด

2.2 สัญญาณโทรศัพท์

2.2.1 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสาย (Inter Exchange Signaling)

สัญญาณพื้นฐานมี 5 ประเภท

1. Seizure เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเลขหมายของผู้เรียกที่จะส่งมา

2. Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมาย หรือประเภทของผู้เช่า

3. Answer Signal สัญญาณนี้ใช้เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณนี้คือ

3.1 เริ่มต้นคิดเงิน

3.2 ส่งสัญญาณคิดเงิน

3.3 ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

4. Clear-Forward จะถูกส่งเมื่อผู้เรียกวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Clear-Back จะถูกส่งเมื่อผู้ถูกเรียกวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้นจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90-120 วินที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อ พร้อมกับส่งสัญญาณ Clear – Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

2.2.2 ระบบการรับส่งสัญญาณในสายโทรศัพท์

สัญญาณที่ปรากฏในสายโทรศัพท์จะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ สัญญาณของเสียงพูด และสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมระบบสวิตชิ่งซึ่งใช้ในการติดต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับผู้เช่าโดย สัญญาณควบคุมดังกล่าวนี้อาจเป็นได้ทั้งสัญญาณแอนะลอก (Analog Signal) หรือสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal) ก็ได้ เนื่องจากโทรศัพท์ทั้งแบบหมุนและกดปุ่มจะสร้างสัญญาณหมายเลขที่มีรูปแบบต่างกัน ดังนั้นในการส่งสัญญาณออกไปในสายส่งบางครั้งก็อาจจะมีการส่งสัญญาณทั้งสัญญาณแอนะลอก และสัญญาณดิจิตอลไปพร้อมๆ กันก็เป็นได้

สัญญาณเสียงพูดของคน จัดเป็นสัญญาณต่อเนื่องหรือสัญญาณแอนะลอก ความกว้างของความถี่ของเสียงพูดจะอยู่ในช่วงระหว่าง 100 เฮิรตซ์ ไปจนถึง 6 กิโลเฮิรตซ์ แต่เสียงพูดที่ทำให้คนฟังสามารถรับฟังและสื่อความหมายได้ชัดเจนจะอยู่ในช่วงความถี่ระหว่าง 200 เฮิรตซ์ ไปจนถึง 4 กิโลเฮิรตซ์ โดยย่านความถี่ดังกล่าวนี้เรียกว่า ช่องสัญญาณเสียงพูด (Voice Bandwidth) หรือ หรือช่องสัญญาณวีเอฟ (VF Channel) แต่ช่วงความถี่ของเสียงพูดที่ใช่ส่งในระบบโทรศัพท์จะอยู่ในช่วงระหว่าง 300 เฮิรตซ์ ไปจนถึง 3.4 กิโลเฮิรตซ์ เท่านั้น และนอกจากสัญญาณเสียงพูดจะอยู่ในช่วงความถี่ดังกล่าวนี้แล้วสัญญาณควบคุมต่างๆ ก็ล้วนอยู่ในช่วงความถี่ดังกล่าวนี้ด้วยเช่นกัน

2.2.3 สัญญาณที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เช่ากับชุมสายโทรศัพท์ (Signaling)

ซิกเนลลิ่ง (Signaling) หมายถึง สัญญาณข้อมูลข่าวสารที่ใช้ในการติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่ากับชุมสายโทรศัพท์ด้วยกันแต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะในความหมายแรกเท่านั้น

หน้าที่โดยทั่วไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบันมีอยู่ 4 หน้าที่ด้วยกัน ได้แก่

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

ซิกแนลลิ่งที่ใช้ส่งสัญญาณจากผู้เช่าไปยังชุมสายโทรศัพท์ ได้แก่

1.สัญญาณบอกสภาวะวางหู โทรศัพท์ (Hook on) หมายถึง ระดับแรงดันไฟตรงคร่อมคู่สายโทรศัพท์ (ทิปกับริง) ที่ทางชุมสายโทรศัพท์ตรวจสอบได้มีค่า 48 โวลต์ ซึ่งจะทำให้ทางชุมสายโทรศัพท์ทราบว่าขณะนั้นเครื่องโทรศัพท์ที่ปลายทางที่ต่ออยู่ที่ลูปนั้นอยู่ในสภาวะที่จะทำการเรียกเข้าไปได้หรือสายว่าง โดยในขณะดังกล่าวจะเรียกว่าลูปเปิด (Opened Loop) ซึ่งถือว่าตัวเครื่องโทรศัพท์มีค่าอิมพีแดนซ์สูง (High Impedance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

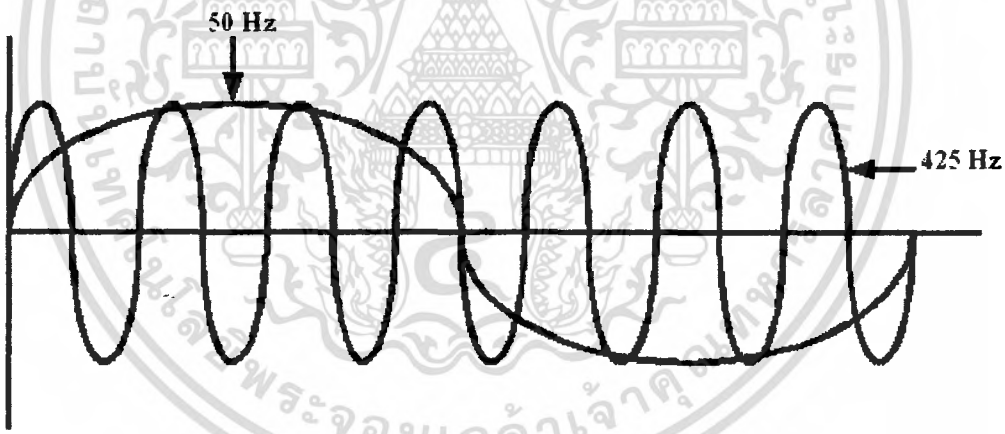
2. สัญญาณบอกสภาวะยกหูโทรศัพท์ (Hook off) หมายถึง ระดับแรงดันไฟตรงคร่อมคู่สาย ขณะที่ฮุคสวิตช์ปิด ที่ทางชุมสายตรวจสอบพบมีค่า 4 ถึง 8 โวลต์ ซึ่งจะทำให้ทางชุมสายทราบว่า ขณะนั้นเครื่องโทรศัพท์ที่ต่ออยู่ที่ลูปนั้น อยู่ในสภาวะกำลังใช้งานอยู่หรือสายไม่ว่าง โดยลักษณะดังกล่าวจะเรียกว่าลูปปิด (Close Loop) ซึ่งถือว่าตัวเครื่องโทรศัพท์มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ (Low Impedance) และจะมีกระแสลูป 20 มิลลิแอมป์ ไหลวนอยู่ในลูป

3. สัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ของผู้รับ หมายถึง สัญญาณของหมายเลขโทรศัพท์เครื่องที่เราต้องการจะติดต่อด้วยโดยเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกจะทำการส่งสัญญาณนี้ไปยังชุมสายโทรศัพท์ จากนั้นทางชุมสายจะทำการติดต่อไปยังเครื่องโทรศัพท์หมายเลขดังกล่าว และเมื่อทำการติดต่อสำเร็จจึงจะทำการเชื่อมต่อเส้นทางการสนทนาระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกให้ติดต่อกันได้

2.2.4 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย

ในการใช้งานโทรศัพท์จะได้ยินเสียงสัญญาณ Tone ในรูปแบบต่างๆ กัน ทั้งนี้แต่ละเสียงสัญญาณ Tone นั้น จะสื่อความหมายถึงความพร้อมของชุมสายต่างๆ กันไป ดังนี้

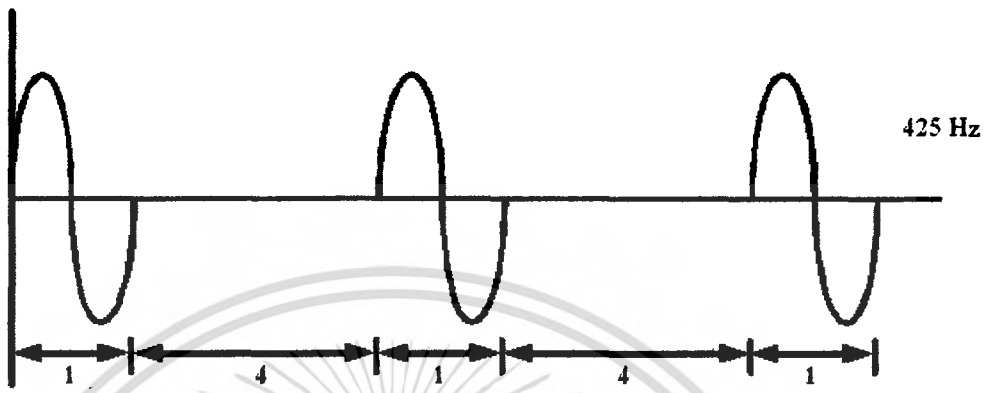
1. Dial Tone เป็นสัญญาณเสียงที่แจ้งว่าชุมสายพร้อมให้ผู้เช่าใช้งานได้ โดยลักษณะจะดังต่อเนื่องที่ความถี่ 425 Hz ผสมด้วย 50 Hz ประมาณ 30 วินาที ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณ Dial Tone

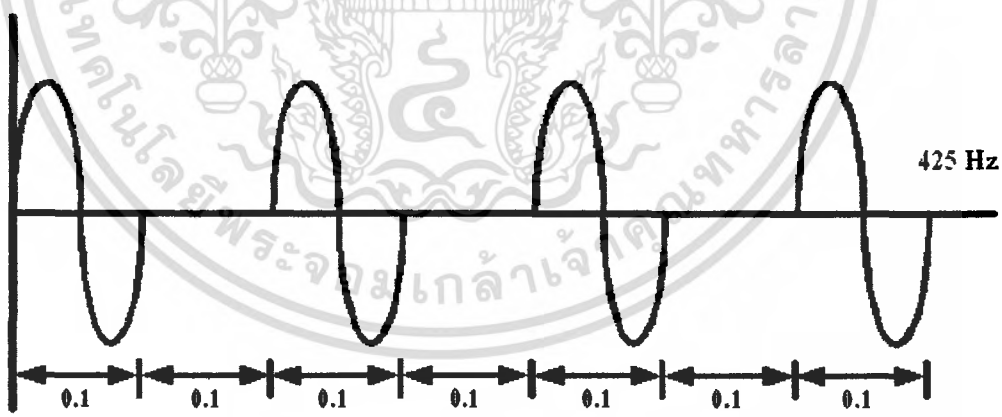
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Ring Back Tone เป็นสัญญาณเสียงที่ดังในหูฟังของผู้เรียก ทั้งนี้จะสอดคล้องกับสัญญาณ Ringing Tone ลักษณะจะเป็นความถี่ 425 Hz จะมีจังหวะ 1sec ON และ 4 sec OFF อย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงสัญญาณ Ring Back Tone

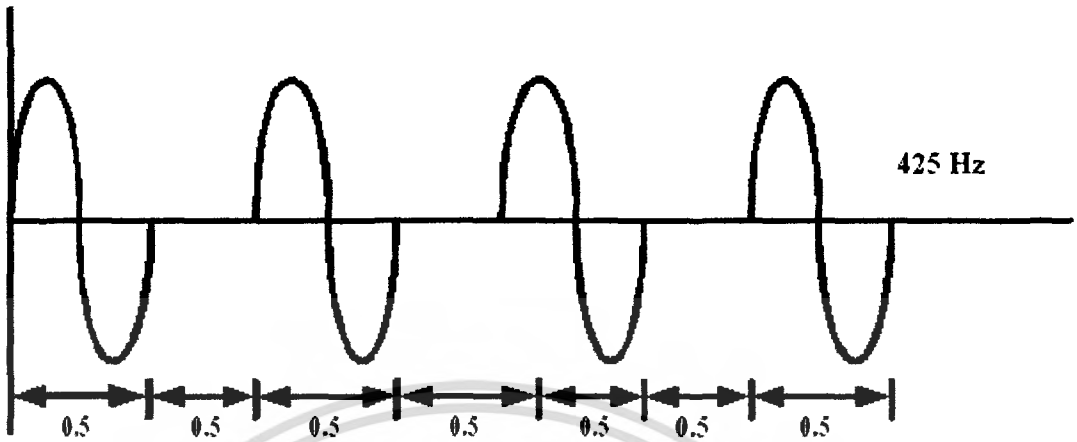
3. Non-Number Tone หมายเลขที่การเรียกไปไม่สามารถติดต่อได้ เช่น ไม่มีหมายเลขในระบบ หรือยังไม่เปิดให้บริการ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงสัญญาณ Non-Number Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Busy Tone เป็นสัญญาณเสียงที่แจ้งว่าชุมสายไม่พร้อมหรือผู้เช่าปลายสายไม่ว่าง โดยลักษณะจะดังเป็นจังหวะ 0.5sec ON และ 0.5sec OFF ความถี่ 425 Hz อย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณ Busy Tone

5. Special Tone เป็นสัญญาณตอบรับการทำงานในโหมดฟังก์ชั่นพิเศษบางอย่าง

2.2.5 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เครื่องส่ง

1.1 ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายสัญญาณโทรศัพท์เป็นกระแสตรง 48 โวลต์

1.2 เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือประมาณ 8 โวลต์ พร้อมทั้งมีสัญญาณ Dial tone เมื่อกดรหัสสัญญาณความถี่หมายเลขโทรศัพท์แล้ว สัญญาณ Dial tone จะหายไป

1.3 กดรหัสสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ รหัสสัญญาณโทรศัพท์จะเป็นสัญญาณ DTMF

1.4 ขณะที่รอการรับสายจากผู้ถูกเรียก จะมีสัญญาณตอบรับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ คือ Busy tone และ Ring Back tone

1.5 เมื่อผู้ถูกเรียกรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ระดับสัญญาณกระแสตรง 8 โวลต์ และมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียงและความดังของเสียงพูด

1.6 เมื่อผู้เรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์จะกลับไปที่ 48 โวลต์ดังเดิม

2. เครื่องรับ

2.1 ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์

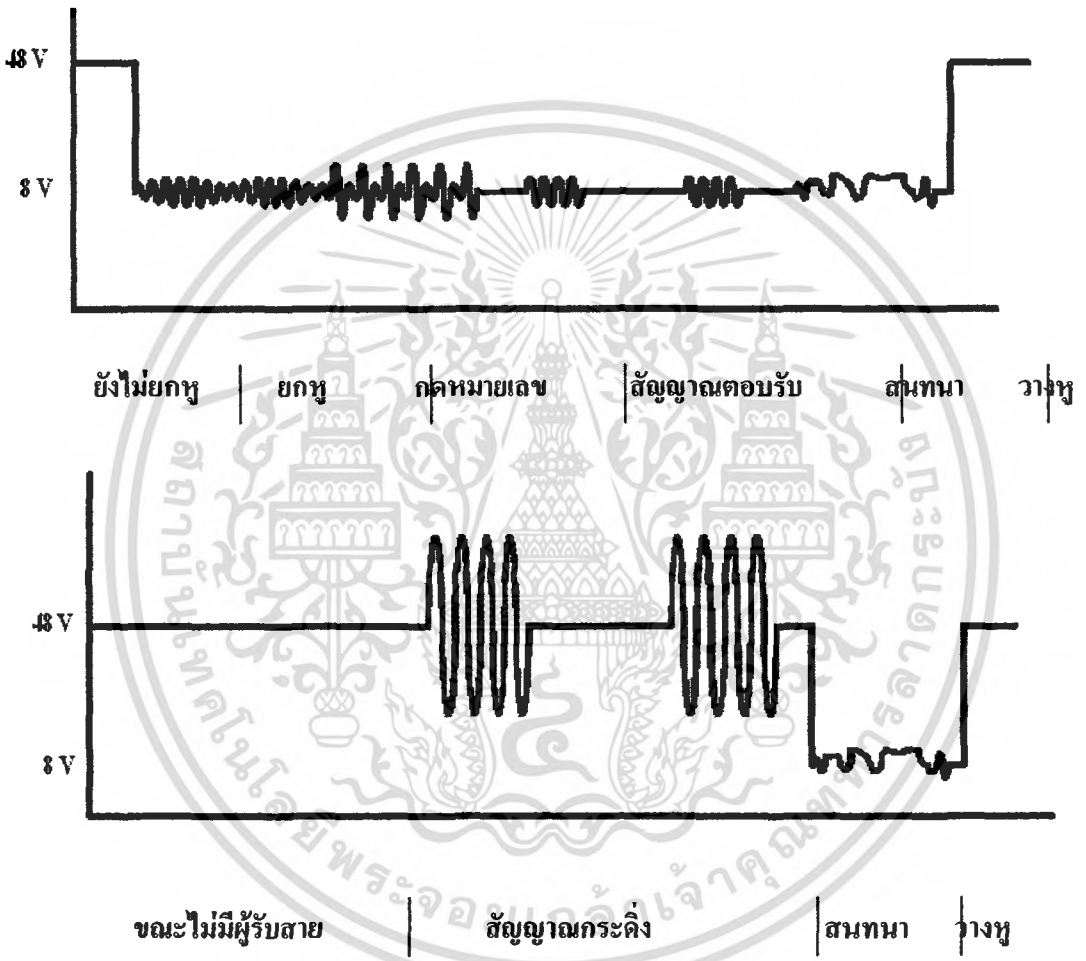
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เมื่อมีผู้เรียกๆ เข้ามา จะมีสัญญาณ Ringing tone เข้ามาซึ่งจะตรงกับสัญญาณ Ring back tone ของผู้เรียก

2.3 เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์จะเหลือประมาณ 8 โวลต์ และจะมีการกระเพื่อม ตามลักษณะความถี่เสียงและความดังของเสียงพูด

2.4 เมื่อผู้ถูกเรียกวางหูโทรศัพท์ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์ จะกลับไปที่ 48 โวลต์ ดังเดิม

สัญญาณแสดงการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์แสดงได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

2.3 มอดูเลชั่นเทคนิค

ถ้ากล่าวถึงสัญญาณดิจิตอลหรือสัญญาณแอนะลอกเมื่อเริ่มกำเนิด หมายถึง "สัญญาณเบสแบนด์" นั่นเอง และตัวกลางในการส่งได้แก่ อากาศ เส้นลวด ท่อนำคลื่น ออปติกไฟเบอร์ ฯลฯ ส่วนประสิทธิภาพในการส่งที่ต้องการได้จากกระบวนการจะได้จากการที่ทำให้สัญญาณคงทนสภาพไว้ก่อนที่จะถูกส่งไป โดยปกติแล้วสัญญาณเบสแบนด์จะถูกเลื่อนไปที่ความถี่ที่สูงกว่า เพื่อให้การส่งที่มีประสิทธิภาพด้วยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเปลี่ยนแอมปลิจูด เฟส ความถี่ของคลื่นพาหะสัญญาณไซน์ความถี่สูง ให้เปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณข่าวสาร กระบวนการที่เลือกคุณลักษณะของการเปลี่ยนแปลงคลื่นพาหะสัญญาณไซน์ เรียกว่าคลื่นไซน์หรือคอนทินิวอัสเวฟมอดูเลชั่น

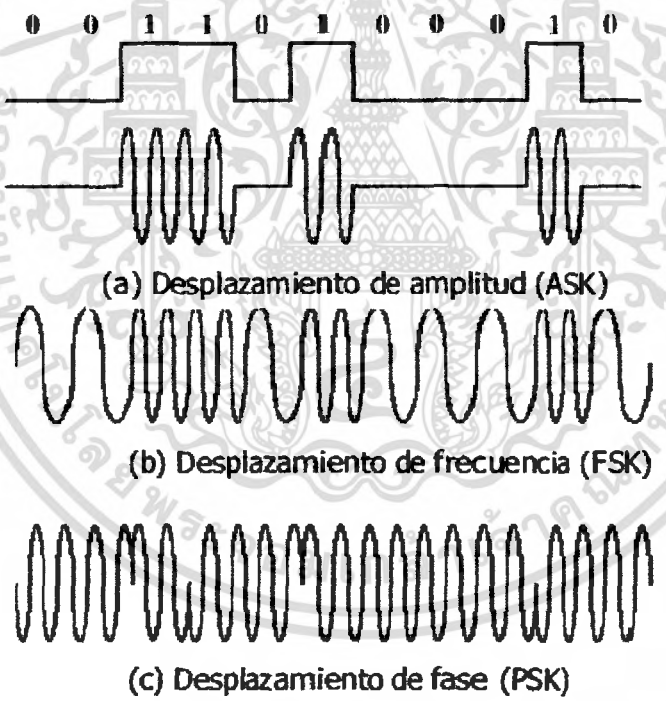
2.3.1 การสื่อสารแบบไบนารีในมอดูเลชั่นเทคนิค

การสื่อสารแบบไบนารีในมอดูเลชั่นเทคนิคสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ

1. Amplitude Shift Keying (ASK) หรือ On-Off Keying (OOK) แอมปลิจูดของคลื่นพาหะจะสวิทซ์ระหว่างค่าศูนย์ (ถือเป็นสถานะ OFF) และระดับแอมปลิจูดค่าหนึ่ง (ถือเป็นสถานะ ON)

2. Frequency Shift Keying (FSK) คลื่นพาหะจะสวิทซ์ระหว่างความถี่ 2 ความถี่ที่ได้กำหนดไว้แล้ว อาจเป็นการนำสัญญาณแต่ละค่าของสัญญาณไบนารีมามอดูเลตกับคลื่นไซน์คนละค่าความถี่ หรือทำการสวิทซ์ระหว่างค่าความถี่ออสซิลเลเตอร์ 2 ค่าที่ทำการล็อคค่าเฟสให้มีค่าตรงกัน

3. Phase Shift Keying (PSK) เฟสของคลื่นพาหะจะสวิทซ์ระหว่างเฟส π เรเดียน หรือ 180 องศา กับไม่มีการเปลี่ยนเฟสเลย หรืออาจเป็นการกลับขั้วกันของคลื่นพาหะ (เมื่อทำเป็นสัญญาณไบนารี) ก็ได้ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 สัญญาณแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 Frequency Shift Keying (FSK)

สมมติให้สัญญาณ 2 สัญญาณ คือ

$$f_1(t) = A\cos\omega_1 t \tag{2.1}$$

$$f_2(t) = A\cos\omega_2 t \tag{2.2}$$

โดย $\frac{-T}{2} \le t \le \frac{T}{2}$

โดยพิจารณาให้ค่า 1 ของรหัสไบนารีเป็นความถี่ f_1 และค่า 0 เป็นความถี่ f_2 โดยที่ f_1 และ $f_2 \rangle\rangle \frac{1}{T}$ หรืออาจแทนสัญญาณ FSK ในรูป $f_1 = f_c - \Delta f$, $f_2 = f_c + \Delta f$ ซึ่ง $\pm\Delta f$ คือ ค่าความถี่เบี่ยงเบน สัญญาณ 2 ความถี่จะมีค่าต่างกันอยู่ $2\Delta f$ เฮิรตซ์ ดังนั้นจะได้สมการเป็น

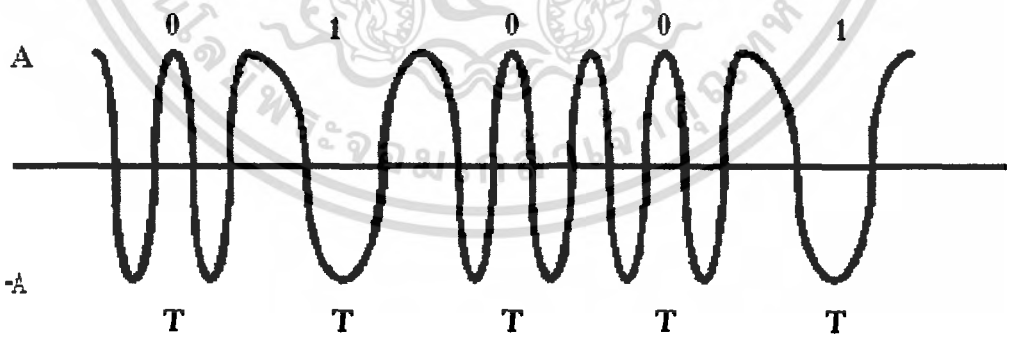
$$f_x(t) = A\cos(\omega_c \pm \Delta\omega)t; \frac{-T}{2} \le t \le \frac{T}{2} \tag{2.3}$$

ถ้าสัญญาณ f_1 และ f_2 เป็นค่าของเลขจำนวนเต็มคูณด้วย 1/T และมีเฟสตรงกัน (in phase), สัญญาณ FSK ก็จะเป็นฟังก์ชั่นคาบเวลาดังรูปที่ 2.12 และมีแบนด์วิธ $2\Delta f + 2B$ (B เป็นแบนด์วิธของสัญญาณเบสแบนด์) ซึ่งจะทำให้เกิดการพิจารณา 2 กรณี คือ

1. ถ้า $\Delta f \rangle\rangle B$ แบนด์วิธจะมีค่าเข้าใกล้ $2\Delta f$ นั่นคือ ถ้าใช้สัญญาณความถี่ของ FSK 2 ความถี่ต่างกันมากๆ ค่าแบนด์วิธจะมีค่าเท่ากับสองเท่าของค่าความถี่เบี่ยงเบนนั้น กรณีนี้เรียกว่า "Wideband FM"

2. ถ้า $\Delta f \langle\langle B$ แบนด์วิธจะมีค่าเข้าใกล้ 2B ซึ่งเป็นกรณีที่เรียกว่า "Narrowband FM"

แบนด์วิธการส่งของสัญญาณ FM (FM transmission bandwidth) โดยทั่วไปจะมากกว่าแบนด์วิธของสัญญาณ AM (AM transmission bandwidth) อยู่มาก (ปกติจะเท่ากับ 2 เท่าของแบนด์วิธของสัญญาณเบสแบนด์) แต่ที่เลือกใช้ FM กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากสัญญาณ FM มีคุณสมบัติทางความถี่ดีกว่าสัญญาณ AM ในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวน ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 รูปคลื่นของสัญญาณ FSK

การวิเคราะห์สัญญาณ FM นั้น ค่าของแบนด์วิธของการส่งจะมีความสัมพันธ์กับค่าแมคนิจูดของค่าความถี่เบี่ยงเบน และแบนด์วิธของสัญญาณเบสแบนด์ (B) โดยที่

$$\beta = \Delta f \tag{2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

β : Modulation Index ;

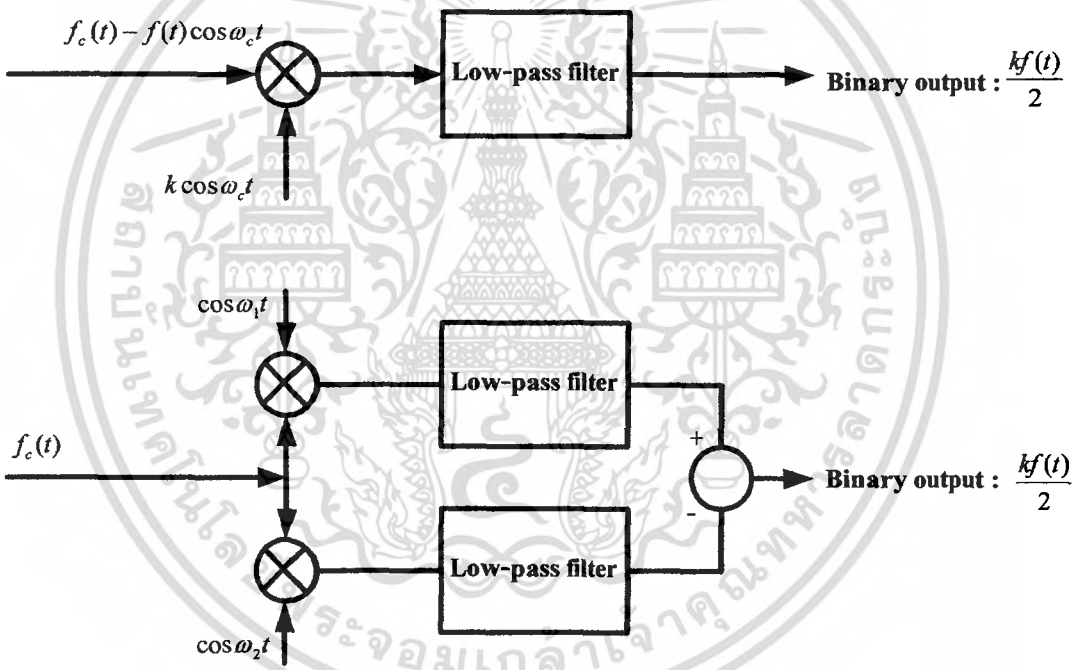
แบนด์วิธของการส่งของสัญญาณ FM (FM transmission bandwidth) : B_T

$$B_T = 2\Delta f + 2B$$
$$= 2B(1+\beta) \qquad (2.5)$$

สำหรับ Narrowband FM ค่า $\beta \langle\langle 1$ และ Wideband FM $\beta \rangle\rangle 1$

2.3.3 การตรวจจับสัญญาณไบนารี (Detection of Binary Signals)

การมอดูเลตคลื่นพาหะสัญญาณไซน์กับสัญญาณเบสแบนด์ให้สัญญาณที่ได้อยู่ในช่วงความถี่ที่ต้องการกลับมา เป็นขั้นตอนที่เรียกว่าการดีมอดูเลต (Demodulate) ซึ่งอยู่ในขบวนการตรวจจับ (Detection) และมีวิธีการโดยทั่วไปที่จะทำการตรวจจับอยู่ 2 วิธี คือ ซิงค์โครนัสหรือโคฮีเรนท์ดีเทกชั่น ซึ่งจะทำการคูณสัญญาณที่รับมาได้จากเครื่องรับเข้ากับสัญญาณความถี่คลื่นพาหะแล้วใช้ตัวกรองความถี่ต่ำกรองสัญญาณที่ได้จากการคูณอีกทีหนึ่งดังรูปที่ 2.12 ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือเอนเวลโลปดีเทกชั่น



รูปที่ 2.12 การซิงโครนัสดีเทกชั่นของสัญญาณ FSK

จากรูปที่ 2.13 ต้องใช้คลื่นไซน์ 2 ความถี่ สำหรับการดีเทกแต่ละความถี่ที่ทำการส่งมา เพื่อแปลงกลับมาเป็นสัญญาณเบสแบนด์แบบไบนารีที่เครื่องรับ โดยการทำวิธีแบบซิงค์โครนัส สมมติให้สัญญาณไบนารีที่ความถี่สูงมีรูปแบบของสัญญาณ AM เป็น $f_c(t)\cos\omega_c t$ (ถ้า $f_c(t) = \pm 1$) เราจะได้เป็นสัญญาณ PSK และถ้า f(t) เป็น 1 หรือ 0 ก็จะได้สัญญาณ OOK (ON-OFF Keying) ถ้าเราคูณสัญญาณนี้ด้วย $k\cos\omega_c t$ (k เป็นค่าคงที่ของการคูณ) เราจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$kf(t)\cos^2\omega_c t = \frac{k}{2}(1+\cos 2\omega_c t) f(t) \quad (2.6)$$

แต่เทอมของ $f(t)\cos 2\omega_c t$ คือสัญญาณ f(t) ที่ถูกแปลงให้ไปอยู่ที่ความถี่ 2f ซึ่งเป็นฮาร์โมนิกที่สองของคลื่นพาหะ โดยจะถูกกรองทิ้งไปด้วยตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน และจะได้เอาท์พุตเป็น $\frac{k}{2} f(t)$ เป็นสัญญาณเบสแบนด์ไบนารีที่ต้องการ (แฟคเตอร์ค่าคงที่ไม่มีความสำคัญเนื่องจากสามารถที่จะลดทอนหรือขยายสัญญาณเอาท์พุตให้ได้ตามที่ต้องการ)

แต่การสมมตินั้น เป็นการสมมติที่ให้ความถี่โลคอล $\cos\omega_c t$ เป็นความถี่เดียวกับสัญญาณคลื่นพาหะที่รับได้ $\cos\omega_c t$ และมีเฟสตรงกันหรือซิงค์โครไนซ์กัน แต่ถ้าความถี่โลคอลที่ได้เป็น $\cos(\omega_c + \Delta\omega)t$ ผลที่ได้จากการคูณได้เป็น

$$kf(t)\cos(\omega_c + \Delta\omega)t \cos\omega_c t = \frac{k}{2}[\cos(2\omega_c + \Delta\omega)t + \cos\omega_c t] f(t) \quad (2.7)$$

และเอาท์พุตที่วงจรกรองความถี่ต่ำเป็น $\frac{kf(t)}{2}\cos\Delta\omega$ ถ้า $\Delta\omega$ อยู่ในแบนด์ความถี่ของวงจรกรองความถี่นั้น ซึ่งแน่นอนว่าสัญญาณที่ได้จะไม่ใช่สัญญาณที่ต้องการทีเดียวหรือถ้าสัญญาณความถี่โลคอลเป็น $\cos(\omega_c t + \theta)$ เอาท์พุตที่วงจรกรองความถี่ต่ำจะได้เป็น $\frac{kf(t)}{2}\cos\theta$ ซึ่งเป็นสัญญาณเบสแบนด์ที่ต้องการแต่ถูกลดทอนลงทางแอมปลิจูด ถ้า θ เพิ่มขึ้น จะทำให้ $\cos\theta$ มีค่าลดลงและถ้า θ มีค่าเข้าใกล้ $\frac{\pi}{2}$ เอาท์พุตที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ จนถ้า θ มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า $\frac{\pi}{2}$ เอาท์พุตที่ได้จะมีการกลับขั้ว (Reverse sign) เกิดขึ้น ดังนั้นความถี่โลคอลที่ผลิตขึ้นในวิธีการซิงโครนัสดีเทกชั่นนี้จะต้องมีความถี่รวมทั้งเฟสตรงกับสัญญาณที่ต้องการดีเทกด้วย

การซิงโครไนซ์เฟสนั้นทำค่อนข้างลำบาก โดยเฉพาะถ้าต้องการส่งในระยะไกลๆ นั่นคือสัญญาณนาฬิกาทางด้านรับที่จะเตรียมทำการซิงโครนัสดีเทกชั่นนี้จะต้องมีค่าตามหลังสัญญาณทางด้านส่งจากภายในช่วงเวลาไซเคิลของสัญญาณคลื่นพาห์ อย่างเช่น ทางด้านส่งมี f_c=3 MHz 1คาบเวลา จะมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{f_c}$ หรือเท่ากับ 0.3 μs ค่าความต่างเฟสที่ $\theta < \frac{\pi}{2}$ เรเดียน จะมีค่าอย่างน้อย 0.07 μs ซึ่งค่อนข้างลำบากในการจัดทำขึ้น

วิธีที่จะทำการซิงโครไนซ์เฟส ประกอบด้วย

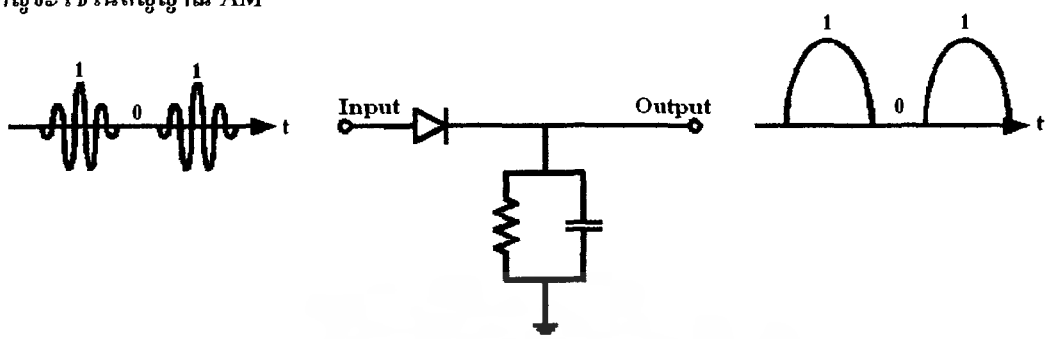
1. ความถี่ไพลอทจะถูกส่งไปบนคลื่นความถี่สูงของสัญญาณไบนารี ซึ่งจะถูกครอบครองที่ทางด้านรับ และใช้ในการทำซิงโครไนซ์ที่โลคอลออสซิลเลเตอร์

2. การทำเฟสล็อคลูป (Phase Locked Loop : PLL) เพื่อทำการล็อคสัญญาณข้อมูลหรือไพลอทโทน เพื่อทำการปรับทางเครื่องรับให้มีความต่างเฟสเป็นศูนย์

อีกวิธีหนึ่งของการดีเทกชั่น ได้แก่เอ็นเวลโลปดีเทกชั่น (Envelope Detection) จะกำจัดเรื่องการทำเฟสซิงโครไนซ์ได้ สัญญาณที่เข้ามาทางด้านรับจะนำไปผ่านอุปกรณ์ที่ไม่ลิเนียร์และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ตัวอย่างของเอนเวลโลปดีเทกเตอร์ก็คือ วงจรไดโอดฮาฟเวฟเรคติไฟเออร์ตามด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านโดยใช้ RC ค่าคงที่ของเวลา RC (RC time constant) มีค่ามากพอที่จะทำให้เกิดกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
83285

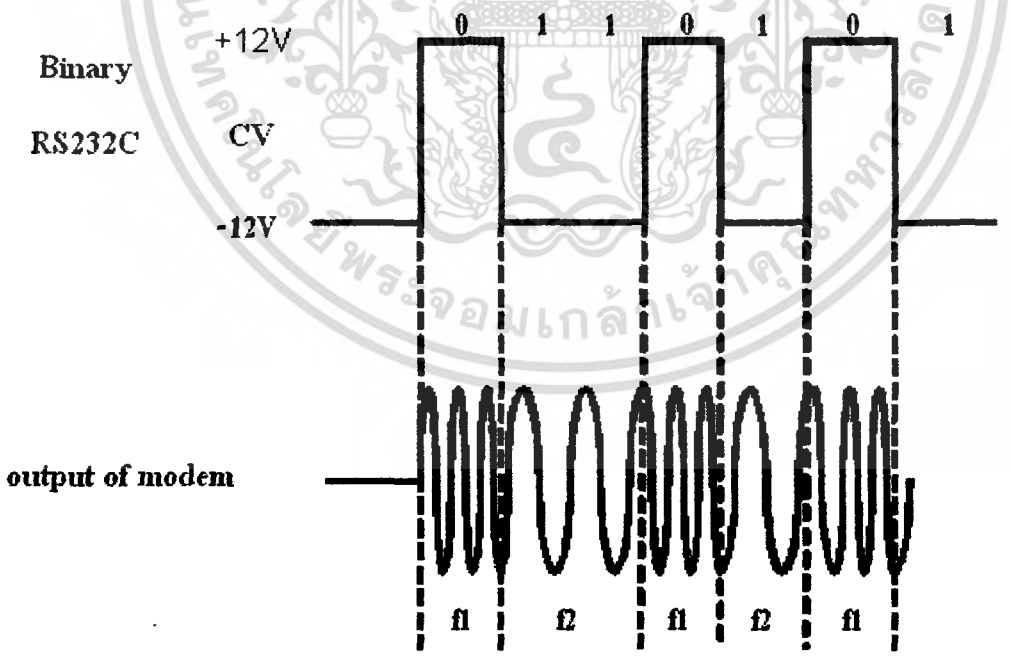
สัญญาณจากคลื่นพาหะหลายๆ ไซเคิลได้ แต่ก็มีระยะเวลาสั้นพอเมื่อเปรียบเทียบกับคาบเวลาของรหัสไบนารี เพื่อที่จะเกิดการคลายประจุได้ทัน เมื่อมีการเปลี่ยนรหัสสัญญาณ วงจรนี้แสดงในรูปที่ 2.13 ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในสัญญาณ AM



รูปที่ 2.13 เอนเวลโลปดีเทกเตอร์

2.3.4 การส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านคู่สายโทรศัพท์

เริ่มแรกการเปลี่ยนสัญญาณลอจิกให้เหมาะสมกับการส่งผ่านไปในสายโทรศัพท์ใช้วิธีการที่เรียกว่า frequency shift keying คือ ความถี่เสียงสองความถี่สำหรับแทนสัญญาณลอจิก "0" และ "1" ฝ่ายรับก็พยายามจับเอาสองความถี่ที่ว่านี้มาแปลงเป็นสัญญาณลอจิกกลับคืนมา ความถี่ของเสียงต้องห่างกันพอที่จะแยกออกจากกันได้โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์และไม่ห่างจนเกินความสามารถของสายโทรศัพท์ที่จะนำพาไปได้ รูปที่ 2.14 แสดงรูปสัญญาณของ FSK

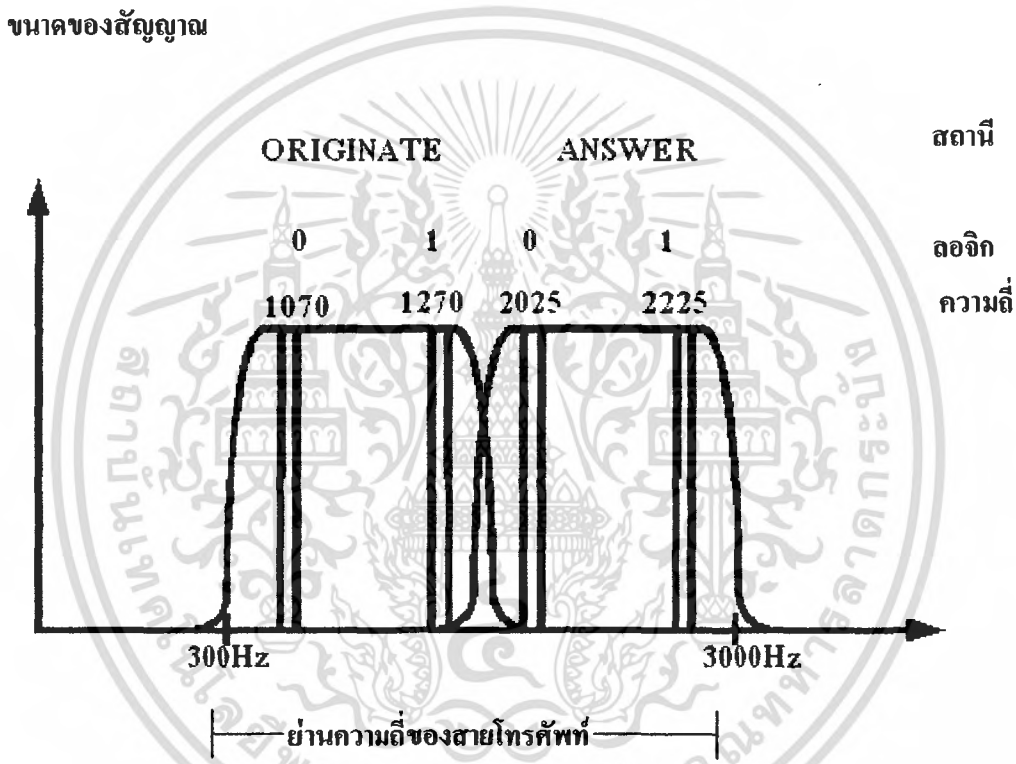


รูปที่ 2.14 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเพื่อสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์

เนื่องจากแถบความถี่คลื่นที่สายโทรศัพท์ยอมให้ผ่านไปได้อยู่ในช่วง 300 Hz ถึง 3000 Hz เราสามารถแบ่งความถี่ในย่านนั้นออกเป็น 4 คลื่นเสียงที่สำคัญ สำหรับสถานีส่ง 2 เสียงและสถานีรับ 2 เสียง

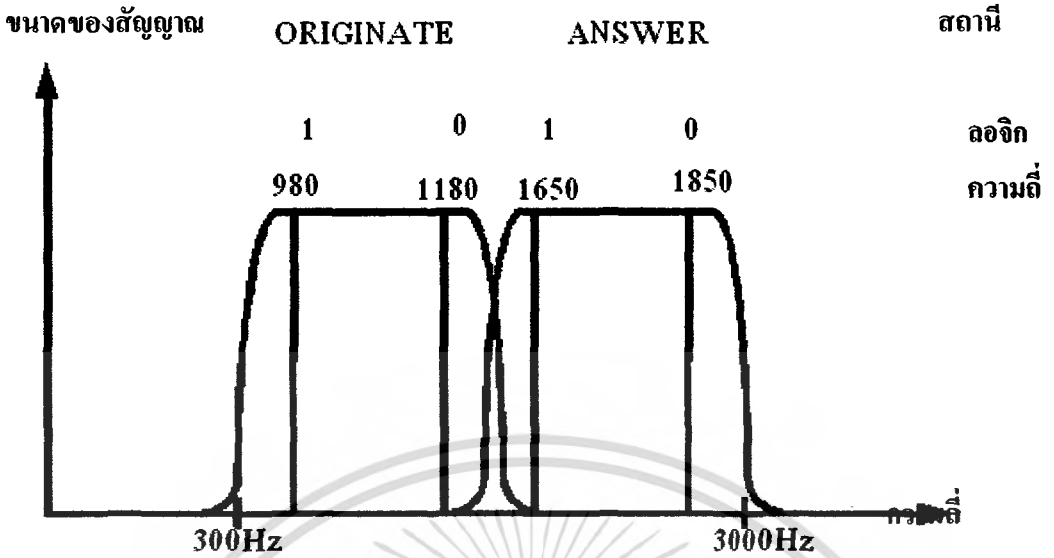
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเราต้องการให้การติดต่อเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ คือ ทั้งรับและส่งได้ในเวลาเดียวกัน จำเป็นจะต้องแยกสถานีออกเป็นสองฝ่าย ฝ่ายหนึ่งเรียกว่า originate หรือฝ่ายเริ่มการติดต่อ และอีกฝ่ายเรียกว่า answer ฝ่าย originate จะใช้ความถี่สำหรับส่งสองความถี่ สำหรับสัญญาณลอจิก "0" และ "1" ฝ่าย answer จะต้องใช้ความถี่อีกสองความถี่อีกสองความถี่ที่แตกต่างไปจากฝ่ายส่ง เพื่อป้องกันการรบกวนกันเองสำหรับแทนสัญญาณลอจิก "0" และ "1" จะได้รับและส่งในเวลาเดียวกันเป็นฟูลดูเพล็กซ์ได้ ซึ่งมีมาตรฐานอยู่ 2 แห่ง คือ ระบบ CCITT และของบริษัทเบลเทลีโฟน สำหรับการสื่อสารที่มีบอร์ดเรดไม่เกิน 300 bps ห้องปฏิบัติการวิจัยเบลใช้มาตรฐาน 103 ส่วนประเทศไทยเราใช้มาตรฐานของ CCITT V.21 ดังแสดงในรูปที่ 2.15และ 2.16



รูปที่ 2.15 มาตรฐาน 103 แบบฟูลดูเพล็กซ์ อัตราส่งต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 มาตรฐานของ CCITT V.21 แบบฟูลดูเพล็กซ์ อัตราส่งต่ำ

จากรูปจะพบว่าสถานีรับและสถานีส่งใช้ความถี่ต่างกันในการมอดูเลตสัญญาณลอจิก "0" และ "1" การดีมอดูเลตก็จะต้องให้ตรงกับความถี่ที่ฝ่ายตรงกันข้ามส่งมา เช่น ในมาตรฐานของ CCITT ฝ่ายเริ่มการติดต่อจะส่งสัญญาณลอจิก "1" ด้วยความถี่ 980 Hz ลอจิก "0" ด้วยความถี่ 1180 Hz ขณะเดียวกันจะต้องรับลอจิก "1" ด้วยความถี่ 1650 Hz และลอจิก "0" ด้วยความถี่ 1850 Hz ในการสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์โดยวิธีนี้จำเป็นต้องมีวงจรกรองความถี่เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามารบกวนเครื่องรับ

เนื่องจากความถี่ของเสียงที่ใช้มีความถี่ต่ำ การมอดูเลตแบบ FSK ย่อมทำให้การถ่ายโอนข้อมูลเร็วกว่าความถี่นั้นไม่ได้แน่นอน เนื่องจากวงจรรับจะต้องดีเทกให้ได้ว่ามีความถี่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นโดยความถี่จะต้องปรากฏให้เห็น 2 ถึง 3 ไซเคิลเป็นอย่างน้อย

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.4.2 คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายใน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น แต่คุณสมบัติที่สำคัญๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีดังนี้

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

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

3. มีหน่วยประมวลผลขนาด 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามารถติดต่อกับหน่วยความจะภายนอกทั้งหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุด 64,000 ไบต์

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

6. มีพอร์ตสำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม แบบ Full Duplex เลือกได้ 4 โหมด

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

8. มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ

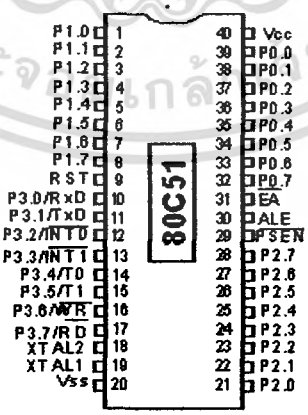
9. สามารถประมวลผลทีละบิตได้

10. สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

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

2.4.3 การจัดขาต่างๆ ของ MCS-51 แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ชื่อขาต่างๆ ของ MCS-51(DIP40)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ถ้าโครงสร้างเป็นแบบ DIP จะมีขาทั้งหมด 40 ขา โดยขาต่างๆ จะแบ่งเป็นกลุ่มได้ 4 กลุ่ม คือ

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

ความหมายของขาต่างๆ มีดังนี้

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

1. พอร์ต 0

คือขาที่ 32-39 มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7-P0.0) ใช้งานได้ 2 หน้าที่คือ แอดเดรสบัส และดาต้าบัส เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก หรือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าต้องการให้เป็นอินพุตพอร์ตต้องส่งลอจิก "1" ไปยังพอร์ตนี้จะมีผลทำให้ Q ของ D-FF เป็น "0" ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุตพอร์ตแลทช์ โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่ Tri-state Buffer ตัวบน และการอ่าน Port (pin) จะใช้สัญญาณ Read (pin)

2. พอร์ต 1

คือ ขาที่ 1-8 มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0-P1.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพลูอัพแทน (Internal pull up Register)

3. พอร์ต 2

คือ ขาที่ 21-28 มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P2.0-P2.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียว ส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพลูอัพแทน (Internal pull up) พอร์ตนี้ทำงาน 2 หน้าที่คือ สามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ตใช้งานทั่วไป เมื่อจะใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ตนี้ก่อน เพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF

4. พอร์ต 3

คือขาที่ 10-17 มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P3.0-P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่ คือ เป็นไอโอพอร์ต ถ้าจะโปรแกรมให้เป็นอินพุตพอร์ตต้องส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ตนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือ ใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้าไป ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 หน้าที่ของพอร์ต 3 (ขาที่ 10-17)

บิต	ชื่อ	หน้าที่
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.2	$\overline{INT0}$	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	$\overline{INT1}$	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.4	T0	ตัวจับเวลา/ตัวนับ ตัวที่ 0
P3.5	T1	ตัวจับเวลา/ตัวนับ ตัวที่ 1
P3.6	$\overline{WR}$	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	$\overline{RD}$	สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

5. $\overline{PSEN}$ (Program Store Enable)

คือ ขาที่ 29 ขานี้จะแอคทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา $\overline{PSEN}$ จะต่อกับขาเอาท์พุต Enable (OE) ของ EPROM ขานี้จะไม่ส่งสัญญาณในขณะติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

6. ALE (Address Latch Enable)

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

7. $\overline{EA}$ (External Access)

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

8. RST (Reset)

คือ ขาที่ 9 จะใช้ในการรีเซต MCS-51 โดยจะให้ขานี้เป็นบอจิก 1 อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ทำงานอยู่จึงจะรีเซตได้

9. ความถี่สัญญาณนาฬิกาบนชิฟ (On-chip Oscillator Inputs)

เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์บนชิฟ ได้แก่ขา 18-19 โดยต่อคริสตัลเข้ากับขานี้ โดยปกติมักจะใช้คริสตัลความถี่ 12 MHz (ความถี่ของคริสตัลนี้จะทำให้เวลาในการทำงานของ MCS-51 เร็วขึ้นหรือช้าลงได้โดย 1 Machine cycle = $12/f_{x\text{-}tal}$) กับตัวเก็บประจุหรืออาจใช้สัญญาณนาฬิกาจาก TTL Clock Source ต่อกับ XTAL1 และ XTAL2

10. Power Connection

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 หน่วยความจำ (Memory)

ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จำเป็นต้องมีหน่วยความจำซึ่งประกอบด้วย

1. หน่วยความจำโปรแกรม (ROM, Read Only Memory)

หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงไม่สูญหาย สำหรับในเบอร์ 89S8252 นั้นจะมีส่วนของ ROM อยู่ 2 ส่วน คือ

1.1 EEPROM โดย EEPROM จะเป็นหน่วยความจำที่สามารถลบและเขียนใหม่ด้วยไฟฟ้า ทำให้สะดวกในการใช้งาน โดยสามารถลบและเขียนใหม่ได้ประมาณ 100,000 ครั้ง

1.2 Flash Memory จะมีลักษณะเหมือน EEPROM แต่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้เร็วกว่าโดยสามารถลบและเขียนใหม่ได้ประมาณ 1,000 ครั้ง

2. หน่วยความจำข้อมูล (RAM, Random Access Memory)

หน่วยความจำข้อมูลมีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูล หรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้ชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำ RAM แบบสแตติก ดังนั้น เมื่อไม่มีการจ่ายไฟให้กับระบบ ก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไป

3. พอร์ตอินพุต/เอาท์พุตของ MCS-51

ใช้ส่งข้อมูลเข้าและออกจากตัว MCS-51 โดยมีทั้งแบบขนานและแบบอนุกรมได้แก่

3.1 ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ 0 และ 1 สามารถใช้ให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS-51 ($C/\overline{T}=0$) หรือ จำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 ก็ได้ ($C/\overline{T}=1$) โดยสามารถเลือกใช้โดยการควบคุมรีจีสเตอร์ TMOD ความเร็วสูงสุดที่สามารถรับได้คือ 500 kHz เมื่อทำงานที่ความถี่ 12 MHz

3.2 อินพุต/เอาท์พุตพอร์ตแบบขนาน มีทั้งหมด 4 พอร์ต (P0-P3) พอร์ตละ8 บิต โดยจะรับส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 โดยบางพอร์ตจะทำงานมากกว่า 1 อย่างได้

3.3 พอร์ตอนุกรม (Serial Port) พอร์ตสื่อสารอนุกรมมีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่าฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) สามารถรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน

- ทางด้านส่งใช้ขา TxD (พอร์ต 3.1)
- ทางด้านรับใช้ขา RxD (พอร์ต 3.0)

สำหรับ Serial Port Buffer (SBUF) ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรมโดยมีอยู่ 2 ตัว โดยการส่งข้อมูล ข้อมูลที่จะส่งให้ใส่ใน SBUF โดยใช้คำสั่ง MOV SBUF,A โดยเตรียมข้อมูลที่จะส่งเข้า A ก่อน ส่วนการรับข้อมูล ข้อมูลที่รับได้จะอยู่ใน SBUF การถ่ายข้อมูลออกมาใช้คำสั่ง MOV A,SBUF แล้วจึงนำข้อมูลใน A ไปใช้

พอร์ตสื่อสารอนุกรมสามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกันโดยเลือกที่บิต SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานทั้ง 4 โหมด ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การทำงานทั้ง 4 โหมด ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน
0	0	0	Shift register ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเท่ากับ (1/12) ของ CPU Osc
0	1	1	8 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดได้จาก Timer 1,2
1	0	2	9 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูล = (1/32) หรือ (1/64)เท่าของ CPU OSC โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON
1	1	3	9 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดที่ Timer 1, 2

REN (Receive Enable) บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

'1' : ให้รับข้อมูลได้

'0' : ห้ามรับข้อมูล

หมายเหตุ (การรับข้อมูลสามารถห้ามได้แต่การส่งข้อมูลห้ามไม่ได้)

TI แฟลกซ์ TI จะเป็น '1' เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

RI แฟลกซ์ RI จะเป็น '1' เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์ (บิต RI,TI ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเคลียร์เอง)

การเขียนโปรแกรมควบคุมการรับและส่งข้อมูลทำได้ 2 วิธี

1. การตรวจสอบบิต TI หรือ RI โดยใช้คำสั่งตรวจสอบบิต เช่นใช้คำสั่ง WAIT: JNB TI,WAIT
   คำสั่งนี้หมายความว่า ถ้า TI = '0' ให้วนไปยังแอดเดรสชื่อ WAIT
   ถ้า TI = '1' ถือว่าส่งข้อมูลเสร็จแล้วให้ทำคำสั่งถัดไป
2. การใช้อินเตอร์รัพต์ควบคุม

โหมด 0 : พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8 บิต โดยการส่งข้อมูลจะเลื่อนออกทีละบิตโดยส่งบิต D0 ออกไปก่อนทางขา RxD เนื่องจากไม่มีการส่ง Start bit แต่จะส่ง shift clock ทางขา TxD [ความเร็ว (1/12) เท่าของ CPU Clock]

โหมด 1 : พอร์ตสื่อสารอนุกรม 10 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 start bit และ 1 stop bit และสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1,2

$$\text{Baud Rate Mode 1,3} = \frac{2^{SMOD} \times \text{CPU OSC}}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]} \quad \text{โดยใช้ Timer 1} \qquad (2.8)$$

$$\text{Baud Rate Mode 1,3} = \frac{\text{CPU OSC}}{32 \times [65536 - (RCAP2H,RCAP2L)]} \quad \text{โดยใช้ Timer 2} \qquad (2.9)$$

โหมด 2 : พอร์ตสื่อสารอนุกรม 11 บิต ข้อมูล 9 บิต 1 start bit และ 1 stop bit (TB8 นิยมนำมาใช้ส่ง Parity bit) ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ (1/32) หรือ (1/64) เท่าของ CPU OSC โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON

-Baud Rate (Mode 2) = (1/32) CPU OSC เมื่อ SMOD = '1'

-Baud Rate (Mode 2) = (1/64) CPU OSC เมื่อ SMOD = '0'

โหมด 3 : พอร์ตสื่อสารอนุกรม 11 bit UART โดย DATA 8 bit, 1 start bit และ 1 stop bit เหมือนโหมด 2 ยกเว้นอัตราความเร็วจะขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตรา โอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1 สำหรับ 8051 หรือ อัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 2 (สำหรับ 80C154D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Baud Rate Mode 3} = \frac{2^{SMOD} \times CPU\ OSC}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]} \quad \text{โดยใช้ Timer 1} \qquad (2.10)$$

$$\text{Baud Rate Mode 3} = \frac{CPU\ OSC}{32 \times [65536 - (RCAP2H,RCAP2L)]} \quad \text{โดยใช้ Timer 2} \qquad (2.11)$$

การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART)

มีอยู่ 2 โหมดด้วยกันคือ

- Single Processor Mode จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวเชื่อมเข้าหากัน

- Multiprocessor Mode จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ตัวเป็นตัวแม่ (Master) และอีก 0-256 เป็นตัวลูก (Slave)

รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม SCON Serial Control Port Register (SCON) อยู่ใน SFR ตำแหน่ง (98H) แสดงดังตารางที่ 2.4

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

ตารางที่ 2.4 การใช้งานรีจีสเตอร์SCON

ชื่อบิต	รายละเอียด
SM0	บิตเลือกโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม "ต่ำ"
SM1	บิตเลือกโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม "สูง"
SM2	บิตเลือกโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม โดน SM2 จะเป็นการใช้งานโหมด 1 และ 3
REN	REN = 1 ตัวซีพียูรับข้อมูลจากภายนอกได้ REN = 0 ตัวซีพียูไม่รับข้อมูลจากภายนอก
TB8	บิตข้อมูลบิตที่ 9 ซึ่งจะถูกส่งออกไปในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม โหมด 2 และ 3
RB8	บิตข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจากภายนอกในการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม โหมด 2 และ 3
TI	บิตบอกสถานะในการส่งข้อมูลอนุกรมทำงานโดยอัตโนมัติ
RI	บิตบอกสถานะในการส่งข้อมูลอนุกรมทำงานโดยอัตโนมัติ

SM2 บิตเลือกการทำงานแบบ Single Processores Enviroment หรือ Multiprocessor Enviroment

'1' : เลือก Multiprocessor Enviroment ใช้ได้กับโหมด 2,3

'0' : เลือก Single Processore Enviroment ใช้ได้กับทุกโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกการทำงานรับข้อมูลแบบ Multiprocessors Mode แล้ว

ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับได้มีค่าเป็น '1' RI จะเซ็ท

ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับได้มีค่าเป็น '0' RI จะไม่เซ็ท

REN (Receive Enable) บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

'1' : ให้รับข้อมูลได้

'0' : ห้ามรับข้อมูล

TB8 (Transmit bit D8) ข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปในโหมด 2, 3 ให้ใส่ในบิตนี้ได้เลย

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

TI แฟลกซ์ TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

RI แฟลกซ์RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1ไบต์ (บิต RI,TI ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเคลียร์เอง)

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดในการ SET-UP ค่าใน SCON

Note1				
SM0	SM1	MODE	คำอธิบาย	BAUD RATE
0	0	0	SHIFT REGISTER	Fosc/12
0	1	1	8 bit UART	Variable
1	0	2	9 bit UART	Fosc/64 or Fosc/32
1	1	3	9 bit UART	Variable

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดในการ SET-UP ค่าใน SCON

MODE	SCON	SM2 VARIATION
0	10H	Single Processor Enviroment (SM2 = 0)
1	50H	
2	90H	
3	D0H	
0	NA	Multiprocessor Enviroment (SM2 = 1)
1	NA	
2	B0H	
3	F0H	

TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)

ตารางที่ 2.7 ตำแหน่งของบิตในรีจีสเตอร์ TMOD

ไทม์เมอร์ 1				ไทม์เมอร์			
GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0	GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ในการกำหนด Baud Rate ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยจะต้องเลือกใช้ไทม์เมอร์ตัวใดตัวหนึ่งก่อน เนื่องจากมี 2 ตัว โดยทั่วไปใช้เบอร์ 1 และต้องมีการเลือกโหมดเป็นโหมด 2 (8 Bit Auto Reload Mode) (โดยการจะให้ไทม์เมอร์ 1 เริ่มทำงานจะต้องมีการเซตบิต TR1 ในรีจีสเตอร์ TCON) โดยจะใช้ร่วมกับรีจีสเตอร์ PCON (ไม่สามารถควบคุมได้ในระดับบิต) ซึ่งมีบิต SMOD โดยถ้า SMOD = 1 ค่า Baud Rate ที่ได้จะมีค่าเป็น 2 เท่าจากปกติ นอกจากนี้ยังมีรีจีสเตอร์อีกตัวหนึ่งคือ TH0, TH1 จะใช้เก็บค่า Reload Value ซึ่งใช้ในการกำหนดค่า Baud Rate ด้วย โดยค่าบอร์ดเรดของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมแต่ละโหมดมีความสัมพันธ์กับค่าของ TH0, TH1 และ SMOD ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{โหมด 0 : Baud Rate} = \frac{F_{OSC}}{12} \tag{2.12}$$

$$\text{โหมด 2 : Baud Rate} = \frac{2^{SMOD} \times F_{OSC}}{64} \tag{2.13}$$

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

$$\text{TH1} = 256 - [\frac{2^{SMOD} \times F_{OSC}}{384 \times BaudRate}] \tag{2.14}$$

โดยที่ F_{osc} : Oscillator Frequency

โดยตำแหน่งของบิตและการใช้งานของรีจีสเตอร์ TMOD นั้นเป็นไปตามตารางที่ 2.7 และค่าบอร์ดเรดและค่า Reload Value เป็นไปตามตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 บิตในการควบคุมการใช้งานไทม์เมอร์

ชื่อบิต	รายละเอียด
GATE	เท่ากับ 0 จะสามารถเลือกใช้งานไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้
$C/\overline{T}$	บิตเลือกการใช้ไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์โดย เท่ากับ 1 หมายถึง ใช้งานเป็นเคาน์เตอร์นับพัลส์ภายนอกที่ขา TX (T0, T1) เท่ากับ 0 หมายถึง ใช้งานเป็นไทม์เมอร์นับการทำงานของแมชชีนไซเคิล
M0	บิตเลือกโหมดการใช้งานไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1
M1	บิตเลือกโหมดการใช้งานไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1

ตารางที่ 2.9 ตัวอย่างค่า Baud Rate และค่า Reload Value

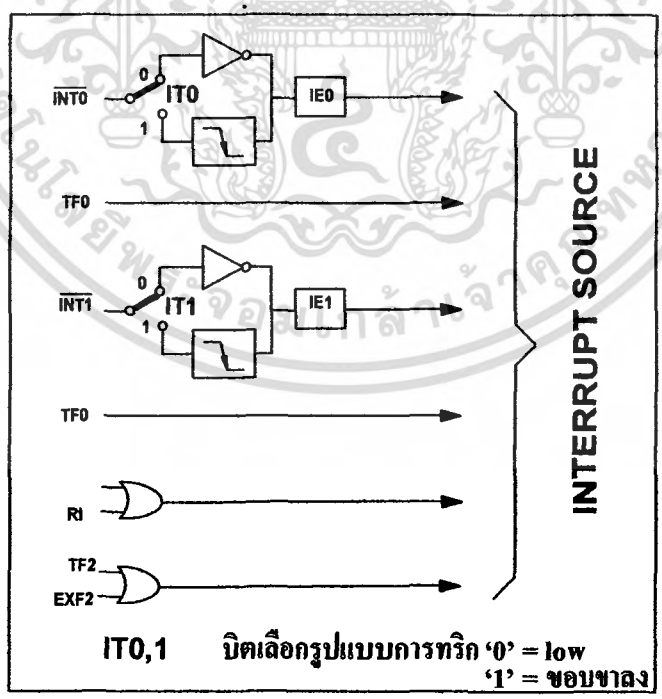
Baud Rate	ความถี่คริสตัล	SMOD	TH1 Reload Value	Baud Rate ที่ได้รับ	%ความคลาดเคลื่อน
9600	12.000 MHz	1	-7(F9H)	8923	7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2400	12.000 MHz	0	-13(F3H)	2404	0.16%
1200	12.000 MHz	0	-26(E6H)	1202	0.16%
9300	11.059 MHz	1	-3(FDH)	19200	0%
9600	11.059 MHz	0	-3(FDH)	9600	0%
2400	11.059 MHz	0	-12(F4H)	2400	0%
1200	11.059 MHz	0	-24(E8H)	1200	0%

2.4.5 พื้นฐานการอินเตอร์รัปต์

คือการขัดจังหวะโปรแกรมชั่วขณะแล้วมาทำโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt ServiceRoutine มีชื่อย่อว่า ISR การตรวจสอบสัญญาณการร้องขออินเตอร์รัปต์จะตรวจสอบที่ตำแหน่ง S5P2 ของทุกๆ แมชชีนไซเคิล เมื่อพบแล้วในช่วงแมชชีนไซเคิลที่ 2 จะเป็นการตรวจสอบว่าเป็นของอุปกรณ์ใด แมชชีนไซเคิลที่ 3 จะกระโดดไปทำบริการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine; ISR) ดังแสดงค่า Vector ดังตารางที่ 2.10 อินเตอร์รัปต์ของ MCS-51 ได้มาจาก 6 แหล่งและแต่ละแหล่งมีเพียง 5 Vector สำหรับ 8031,8051 สำหรับเบอร์ 8032,8052 ขึ้นไปจะมี 8 แหล่ง 6 Vector (เพิ่ม Timer/Counter 2 เข้ามา) ดังรูปที่ 2.18 ซึ่งแสดงแหล่งที่มาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ จากอุปกรณ์ต่างๆซึ่งมีทั้งภายในชิพและภายนอกชิพ



รูปที่ 2.18 แสดงแหล่งที่มาสัญญาณอินเตอร์รัปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 ชื่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์

ลำดับ	ชื่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์	Vector Address	Priority
1	IE0 (จากขา $\overline{INT0}$)	0003H	highest
2	TF0 (Timer/Counter 0)	000BH	
3	IE1 (จากขา $\overline{INT1}$)	0013H	
4	TF1 (Timer/Counter 1)	001BH	
5	TI+RI (จาก Serial Port)	0023H	
6	TF2+EXF2 (จากTimer/Counter 2)	002BH	lowest

(TF2+EXF2) มีเฉพาะในเบอร์ 8052 ขึ้นไป

Interrupt Enable Register

All interrupts are enabled or blocked by setting or clearing the EA bit (Enable All) of the IE (Interrupt Enable) register. Each interrupt source can be individually enabled and disabled at any time by the software by altering the value of the corresponding enable bit in the IE SFR. Table A - 6 shows the IE register and its bit assignment. Like the IP register the IE SFR is bit addressable.

Interrupt Enable Register (IE) - Bit Addressable

EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

EA	Enable Flag. If EA=1, each interrupt can be enabled via its enable bit. If EA=0, no interrupts are allowed
-	Reserved
ET2	Timer 2 overflow interrupt enable
ES	Serial receive and transmit complete interrupt enable
ET1	Timer 1 overflow interrupt enable
EX1	External interrupt 1 enable
ET0	Timer 0 overflow interrupt enable
EX0	External interrupt 0 enable

รูปที่ 2.19 Interrupt Enable Register (IE)

IE (Interrupt Enable Register)

ใช้ควบคุมอินเตอร์รัปต์ได้ 6 แหล่ง 5 Vector คือจาก (TI, RI), TF0, TF1, IE0, IE1 เราสามารถสั่งห้ามหรือไม่ห้ามการอินเตอร์รัปต์ได้จากรีจิสเตอร์ชุดนี้ ดังมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.11 แสดงการทำงานของอินเตอร์รัปต์จากรีจิสเตอร์

บิต	ชื่อบิต	การทำงาน
IE.7	EA	= 1 หมายถึง ยอมให้เลือกการทำอินเตอร์รัปต์จากอินเตอร์รัปต์จากแหล่งต่างๆได้ = 0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากแหล่งใดๆทั้งสิ้น
IE.6	X	ไม่ได้ใช้งาน
IE.5	ET2	= 1 หมายถึง ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF2 เกิดโอเวอร์โฟลว์ = 0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF2 เกิดโอเวอร์โฟลว์
IE.4	ES	= 1 หมายถึง ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตสื่อสารอนุกรมได้ = 0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตสื่อสารอนุกรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IE.3	ET1	= 1 หมายถึง ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF1 เกิดโอเวอร์โฟลว์ = 0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF1 เกิดโอเวอร์โฟลว์
IE.2	EX1	= 1 หมายถึง ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอกหมายเลข 1($\overline{INT\ 1}$) = 0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอกหมายเลข 1 ($\overline{INT1}$)
IE.1	ET0	= 1 หมายถึง ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF0 เกิดโอเวอร์โฟลว์ = 0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์เมื่อ TF0 เกิดโอเวอร์โฟลว์
IE.0	EX0	= 1 หมายถึง ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอกได้ (ขา $\overline{INT0}$) = 0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำอินเตอร์รัปต์จากสัญญาณภายนอก (ขา $\overline{INT0}$)

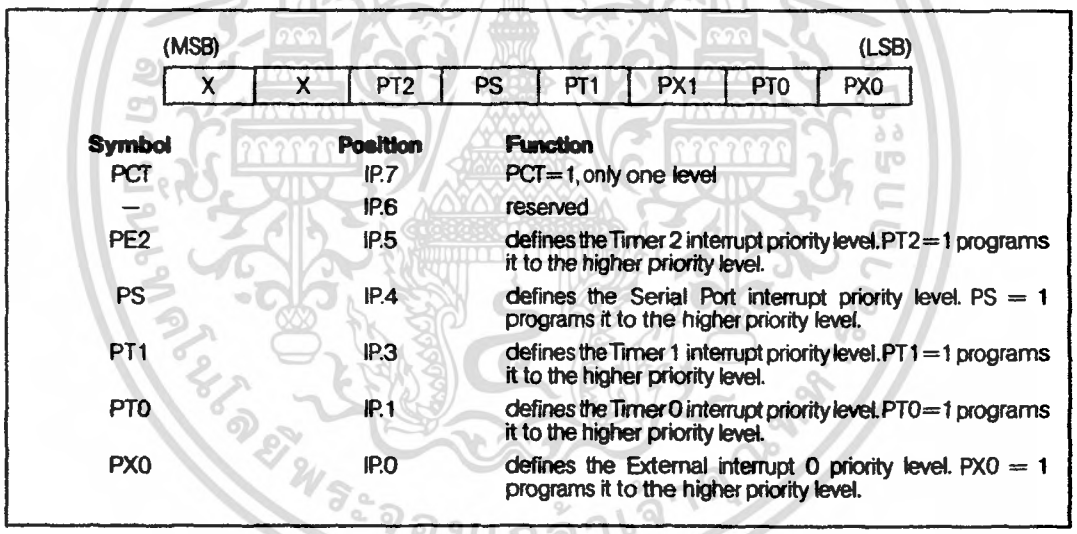
- อินเตอร์รัปต์ภายใน MCS-51 ได้จาก Timer 0, Timer 1 โดยตรวจสอบที่ TF0 และ TF1 และอินเตอร์รัปต์จาก Serial Port โดยตรวจสอบที่ TI และ RI

- ขา $\overline{INT0}$ และ $\overline{INT1}$

เมื่อทำอินเตอร์รัปต์จะเป็นขา External Interrupt Input

เมื่อไม่ทำอินเตอร์รัปต์ จะใช้ Start Timer/Counter หรือที่เราเรียกว่า Hardware Start

การขัดจังหวะของการอินเตอร์รัปต์เราสามารถกำหนดลำดับความสำคัญได้จาก Interrupt



(MSB) (LSB)

X	X	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

Symbol	Position	Function
PCT	IP.7	PCT=1, only one level
—	IP.6	reserved
PE2	IP.5	defines the Timer 2 interrupt priority level. PT2=1 programs it to the higher priority level.
PS	IP.4	defines the Serial Port interrupt priority level. PS = 1 programs it to the higher priority level.
PT1	IP.3	defines the Timer 1 interrupt priority level. PT1=1 programs it to the higher priority level.
PT0	IP.1	defines the Timer 0 interrupt priority level. PT0=1 programs it to the higher priority level.
PX0	IP.0	defines the External interrupt 0 priority level. PX0 = 1 programs it to the higher priority level.

รูปที่ 2.20 รายละเอียดของ IP

คำอธิบายความหมายในแต่ละบิตใน (IP)

PT2	:	0	Timer 2 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
		1	Timer 2 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PS	:	0	พอร์ตสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญต่ำสุด
		1	พอร์ตสื่อสารอนุกรม มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PT1	:	0	Timer 1 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
		1	Timer 1 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PT0	:	0	Timer 0 มีลำดับค่าความสำคัญต่ำสุด
		1	Timer 1 มีลำดับความสำคัญสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PX0 : 0 อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
1 อินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
(83C154/83C154D Only)
PCT : 0 ยอมให้มีการจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์ (Priority)
1 ไม่ยอมให้มีการจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์การทำหรือไม่ทำอินเตอร์รัปต์ควบคุมจาก IE

ถ้าทุกบิตเป็น 1 หมด จะไม่ถือว่าทุกตัวมีลำดับความสำคัญสูงสุดเท่ากัน เมื่อสัญญาณมาพร้อมกันจะต้องตัดสิน ตามตารางที่ 1 เราสามารถสรุประบบการขัดจังหวะของ 8052 ได้ดังรูป 2.21

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1	TCON.7	Timer 1 overflow flag. Set by hardware when the Timer/Counter 1 overflows. Cleared by hardware as processor vectors to the interrupt service routine.
TR1	TCON.6	Timer 1 run control bit. Set/cleared by software to turn Timer/Counter 1 ON/OFF.
TF0	TCON.5	Timer 0 overflow flag. Set by hardware when the Timer/Counter 0 overflows. Cleared by hardware as processor vectors to the service routine.
TR0	TCON.4	Timer 0 run control bit. Set/cleared by software to turn Timer/Counter 0 ON/OFF.
IE1	TCON.3	External Interrupt 1 edge flag. Set by hardware when External interrupt edge is detected. Cleared by hardware when interrupt is processed.
IT1	TCON.2	Interrupt 1 type control bit. Set/cleared by software to specify failling edge/flow level triggered External Interrupt.
IE0	TCON.1	External Interrupt 0 edge flag. Set by hardware when External Interrupt edge detected. Cleared by hardware when interrupt is processed.
IT0	TCON.0	Interrupt 0 type control bit. Set/cleared by software to specify failling edge/low level triggered External Interrupt.

Timer Counter Control register (TCON)

บิต TF1 - Timer Over Flow Flag บิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ 1 จะเซ็ทเมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ และจะถูกเคลียร์เองเมื่อซีพียูย้ายการไปที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์

บิต TR1 - บิตควบคุมการนับของไทม์เมอร์ 1 ควบคุมจากโปรแกรม
'1' ไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ 1 เริ่มทำงานต่อ
'0' ไทม์เมอร์ เคาน์เตอร์ 1 หยุดทำงาน

บิต TF0 - บิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ 0 ถูกเซ็ทเมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์เช่นเดียวกับ TF1

บิต TR0 - เช่นเดียวกับ TR1 แต่ใช้ควบคุมไทม์เมอร์ เคาน์เตอร์ 0

บิต IE1 - บิตแสดงสัญญาณอันเตอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา $\overline{INT1}$ และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรมส่วน บริการอินเตอร์รัปต์

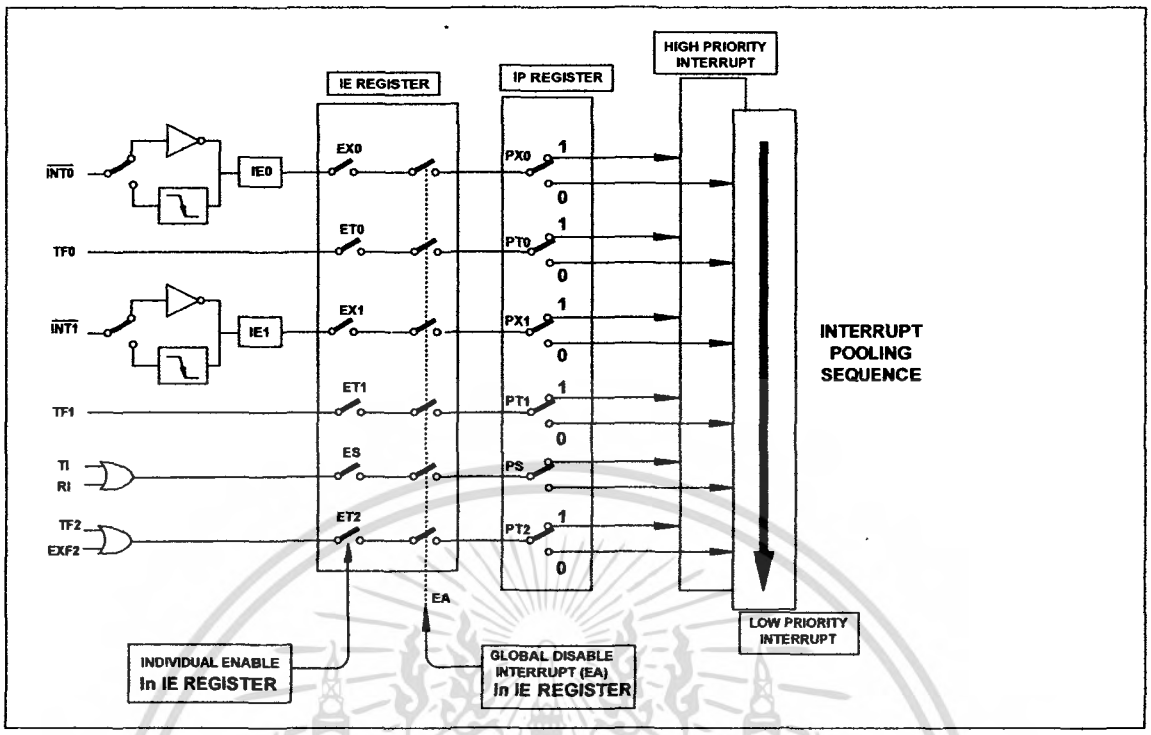
บิต IT1 - บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ ที่เข้ามาทางขาขา$\overline{INT1}$ '1' จะตรวจสอบการเปลี่ยนระดับสัญญาณจาก '1' เป็น '0' ที่ขา $\overline{INT1}$ '0' จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณที่ขา $\overline{INT1}$

บิต IE0 - บิตแสดงสัญญาณอันเตอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 0 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา $\overline{INT0}$ และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ใน โปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัปต์

บิต IT0 - บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ ที่เข้ามาทางขาขา $\overline{INT0}$ '1' จะตรวจสอบการเปลี่ยนระดับสัญญาณจาก '1' เป็น '0' ที่ขา $\overline{INT0}$ '0' จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณที่ขา $\overline{INT0}$

รูปที่ 2.21 Timer Counter Control register (TCON)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 รายละเอียดของระบบขัดจังหวะของ 8052

* 8052 มี Interrupt Source เพิ่มจาก 8051 อยู่คือ TF2 และ EXF2 *

ข้อควรสังเกต

T หมายถึง Timer/Counter หรือ Type
R หมายถึง RUN
F หมายถึง Flag
E หมายถึง External
1,0 หมายถึง Channel หรือ Channel 1 บางทีใช้คำว่า x เช่น TRx

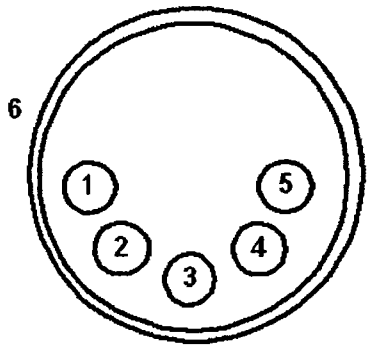
2.5 คีย์บอร์ด (Key Board)

คีย์บอร์ดเป็นอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อผู้ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง คีย์บอร์ดจะเชื่อมผ่านหัวต่อแบบ DIN สายเชื่อมโยงของคีย์บอร์ดโดยทั่วไปประกอบด้วยสายสัญญาณต่างๆ ดังนี้ ดูรูปที่ 2.23

1. สัญญาณนาฬิกา (Keyboard Clock)
2. สัญญาณข้อมูลของคีย์บอร์ด (Keyboard Data)
3. ไม่ได้ถูกใช้งาน
4. กราวด์ดิน (Ground)
5. +5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เฟรมกราวด์ (Frame Ground)



รูปที่ 2.23 ขาสัญญาณของคีย์บอร์ด

2.5.1 การส่งข้อมูลของคีย์บอร์ด (Data Transmission)

การส่งข้อมูลจากคีย์บอร์ดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์จะผ่านทางสายสัญญาณคาต้า การส่งจะส่งทีละ 11 บิต โดยมีบิตข้อมูล (Data bit) 8 บิต บิตพาริตี้ (Parity bit) 1 บิต และบิตเริ่ม (Start bit) กับบิตหยุด (Stop bit) อีกอย่างละ 1 บิต ข้อมูลที่ส่งออกมาเป็นแบบอนุกรมซึ่งเรียงลำดับดังนี้

ตารางที่ 2.12 บิตข้อมูลที่ส่งจากคีย์บอร์ด

Bit	Function
11	Stop bit (always1)
10	Parity bit (odd parity)
9	Data bit 7 (most-significant)
8	Data bit 6
7	Data bit 5
6	Data bit 4
5	Data bit 3
4	Data bit 2
3	Data bit 1
2	Data bit 0 (least-significant)
1	Start bit (always0)

คีย์บอร์ดจะทำการตรวจสอบคีย์ที่ถูกกดทุกครั้งและจะทำการส่งค่าสแกนโค้ด (scan code) ของค่าคีย์ที่ถูกกดออกไปตามลำดับ และขณะที่คีย์บอร์ดยังไม่ถูกเรียกใช้โดยระบบคีย์บอร์ดจะทำการเก็บค่าสแกนโค้ดที่ได้ในขณะนั้นไว้ในบัฟเฟอร์

บัฟเฟอร์ จะมีขนาด 16 ไบต์ แบบ First-in-First-out (FIFO) ซึ่งสแกนโค้ด จะถูกเก็บไว้จนกระทั่งระบบพร้อมที่จะรับค่าของสแกนโค้ดเข้าไป ภาวะ Buffer overrun จะเกิดขึ้นเมื่อสแกนโค้ดเข้าไปหลายๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า ที่ถูกนำมาเก็บไว้ในบัฟเฟอร์มีขนาดเกิน 16 ไบต์ โดยที่ Overrun code จะถูกนำไปเก็บไว้ในไบต์ที่ 17 ถ้าคีย์บอร์ดยังถูกกดอีกค่าสแกนโค้ดที่เพิ่มขึ้นมาก็จะสูญหายไป เมื่อคีย์บอร์ดได้รับสัญญาณที่ให้ส่งค่าสแกนโค้ดในบัฟเฟอร์ไปสู่ระบบ ค่าสแกนโค้ดก็จะถูกส่งออกไปส่วนค่าข้อมูลใหม่ก็จะเข้าสมาในบัฟเฟอร์ทุกครั้งที่มีการกด การกดคีย์ค้างไว้จะทำให้เกิดค่าสแกนโค้ดแบบต่อเนื่องซึ่งอาจจะทำให้เกิดการโอเวอร์รันได้

คีย์ยกเว้นคีย์ "PAUSE" คีย์ทุกครั้งจะมีค่ารหัสสองค่าคือ ค่าเมคโค้ด (Make code) และค่าเบรกโค้ด (Break code) ค่าเมคโค้ดจะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ของคีย์บอร์ดเมื่อคีย์ถูกกดและค่าเบรกโค้ดจะส่งออกมาเมื่อมีการปล่อยคีย์บอร์ด

ค่าสแกนโค้ดที่ใช้ในคีย์บอร์ดจะมีอยู่ทั้งหมดสามเซตแต่ระบบจะกำหนดให้เซตที่สองเป็นเซตที่ถูกใช้ตามปกติ ดังนั้น จะกล่าวถึงเฉพาะเซตที่สองเท่านั้น ค่าสแกนโค้ดจะถูกกำหนดด้วยค่าสแกนโค้ดที่ถูกส่งออกไปเมื่อมีการกดคีย์ ค่าเบรกโค้ดซึ่งจะถูกส่งออกไปเมื่อมีการปล่อยคีย์ ค่าเบรกโค้ดจะประกอบด้วยข้อมูลขนาดสองไบต์ โดยไบต์แรกจะเป็นค่าเบรกโค้ดพรีฟิกส์ (Break code prefix) ซึ่งมีค่าเท่ากับ F0H และไบต์ที่สองมีค่าเท่ากับค่าสแกนโค้ดของคีย์นั้นๆ ซึ่งค่าสแกนโค้ดของคีย์บอร์ดแต่ละตัวนั้นแสดงไว้ในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 แสดงค่าสแกนโค้ดของคีย์บอร์ด

Key number	Make code	Break code	Key number	Make code	Break code
1	0E	F0 0E	47	22	F0 22
2	16	F0 16	48	21	F0 21
3	1E	F0 1E	49	2A	F0 2A
4	26	F0 26	50	32	F0 32
5	25	F0 25	51	31	F0 31
6	2E	F0 2E	52	3A	F0 3A
7	36	F0 36	53	41	F0 41
8	3D	F0 3D	54	49	F0 49
9	3E	F0 3E	55	4A	F0 4A
10	46	F0 45	57	59	F0 59
11	45	F0 45	58	14	F0 14
12	4E	F0 4E	60	11	F0 11
13	55	F0 55	61	29	F0 29
15	66	F0 66	62	E0 11	F0 E0 11
16	0D	F0 0D	64	E0 14	F0 E0 14
17	15	F0 15	90	77	F0 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 (ต่อ)

18	1D	F0 1D	91	6C	F0 6C
19	24	F0 24	92	68	F0 68
20	2D	F0 2D	93	69	F0 69
21	2C	F0 2C	96	75	F0 75
22	35	F0 35	97	73	F0 73
23	3C	F0 3C	98	72	F0 72
24	43	F0 43	99	70	F0 70
25	44	F0 44	100	7C	F0 7C
26	4D	F0 4D	101	7D	F0 7D
27	54	F0 54	102	74	F0 74
28	5B	F0 5B	103	7A	F0 7A
29	5D	F0 5D	104	71	F0 71
30	58	F0 58	105	7B	F0 7B
31	1C	F0 1C	106	79	F0 79
32	1B	F0 1B	108	E0 5A	F0 E0 5A
33	23	F0 23	110	76	F0 76
34	2B	F0 2B	112	05	F0 05
35	34	F0 34	113	06	F0 06
36	33	F0 33	114	04	F0 04
37	3B	F0 3B	115	0C	F0 0C
38	42	F0 42	116	03	F0 03
39	4B	F0 4B	117	0B	F0 0B
40	4C	F0 4C	118	83	F0 83
41	52	F0 52	119	0A	F0 0A
42	5D	F0 5D	120	01	F0 01
43	5A	F0 5A	121	09	F0 09
44	12	F0 12	122	78	F0 78
45	61	F0 61	123	07	F0 07
46	1A	F0 1A	125	7E	F0 7E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 สัญญาณนาฬิกาและสัญญาณข้อมูลของคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ดและระบบจะติดต่อสื่อสารผ่านสายสัญญาณนาฬิกาและสายสัญญาณข้อมูล ซึ่งที่ต้นสายเหล่านี้จะเป็นอุปกรณ์ประเภทโอเพ่นคอลเลคเตอร์ (Open collector) ในขณะที่คีย์บอร์ดยังไม่มีการติดต่อสื่อสารผ่านระบบสายสัญญาณนาฬิกาและสายสัญญาณข้อมูลจะมีสภาวะเป็นแอกทีฟ (Active Level) โดยสภาวะแอกทีฟจะมีค่าศักดาอย่างน้อยสุด +2.4 โวลต์ แต่จะไม่มากกว่า +5.5 โวลต์ และมีลอจิกเป็น 1 โดยที่ศักดาจะวัดระหว่างจุดกำเนิดสัญญาณและกราวน์ ส่วนสภาวะอินแอกทีฟ (Inactive Level) จะมีค่าอย่างน้อยสุดเป็นศูนย์แต่จะไม่มากกว่า +0.7 โวลต์

เมื่อคีย์บอร์ดมีการรับหรือส่งข้อมูลกับระบบ คีย์บอร์ดจะสร้างสัญญาณนาฬิกาขึ้นมากำกับค่าข้อมูล ระบบสามารถป้องกันคีย์บอร์ดจากการส่งค่าข้อมูลโดยการป้อนค่าให้สัญญาณนาฬิกามีค่าเป็นลอจิกศูนย์ ซึ่งในช่วงนี้ค่าสัญญาณข้อมูลจะมีค่าหนึ่งหรือศูนย์ก็ได้

ในการส่งข้อมูลของคีย์บอร์ด จะส่งสัญญาณข้อมูลออกมาพร้อมๆ กับสัญญาณนาฬิกา โดยสัญญาณนาฬิกาจะซิงโครไนซ์กับสัญญาณข้อมูล โดยสัญญาณข้อมูลจะถูกส่งออกมาแบบอนุกรมซึ่งประกอบด้วยเมคโค้ดและเบรกโค้ด เช่น กดคีย์อักษร “A” คีย์บอร์ดก็จะทำการส่งเมคโค้ดออกมาคือ 1C และเมื่อปล่อยคีย์ คีย์บอร์ดก็จะส่งเบรกโค้ดออกมาคือ F0 1C โดยรูปแบบการส่งสแกนโค้ดของคีย์บอร์ดจะประกอบด้วยจำนวนบิตทั้งหมด 11 บิต คือ start bit,8 bit scan code, parity bit และ stop bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.1.1 หน้าที่ของ MCS-51

ในโครงงานนี้ MCS-51 มีหน้าที่อยู่ 4 ประการคือ

1. การรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดทางพอร์ต 3.4 (ขาที่ 14) ส่งออกพอร์ตอนุกรม (T_xD) โดยจะใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 1 ด้วย อัตราบอด 300 bps ไปยังภาคการมอดูเลตสัญญาณแบบเอฟเอส เค เพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ออกจาก MCS-51 ในเป็นสัญญาณอนาลอก ก่อนที่จะส่งข้อมูลผ่านคู่สายโทรศัพท์ไปยังผู้รับที่ปลายทาง โดยการรับจากคีย์บอร์ดนั้นจะรับสัญญาณคล็อกจากคีย์บอร์ดที่ต่ออยู่กับขา $\overline{INTO}$ (ขาที่ 12) เป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกชนิดที่ 0 เพื่อให้ MCS-51 เพื่อทำการรับค่าเมคโค้ดจากคีย์บอร์ด หลังจากนั้นทำการประมวลผลและแสดงผลที่จอ LCD (ซึ่งต่อขาข้อมูลเข้ากับพอร์ต 0 ของ MCS-51)

2. การรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม เมื่อมีการตอบกลับมา MCS-51 จะทำการรับค่าเมคโค้ด ที่ถูกส่งมาจากคู่สนทนา ผ่านทางพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (R_xD) และประมวลผลและแสดงผลบนจอ LCD

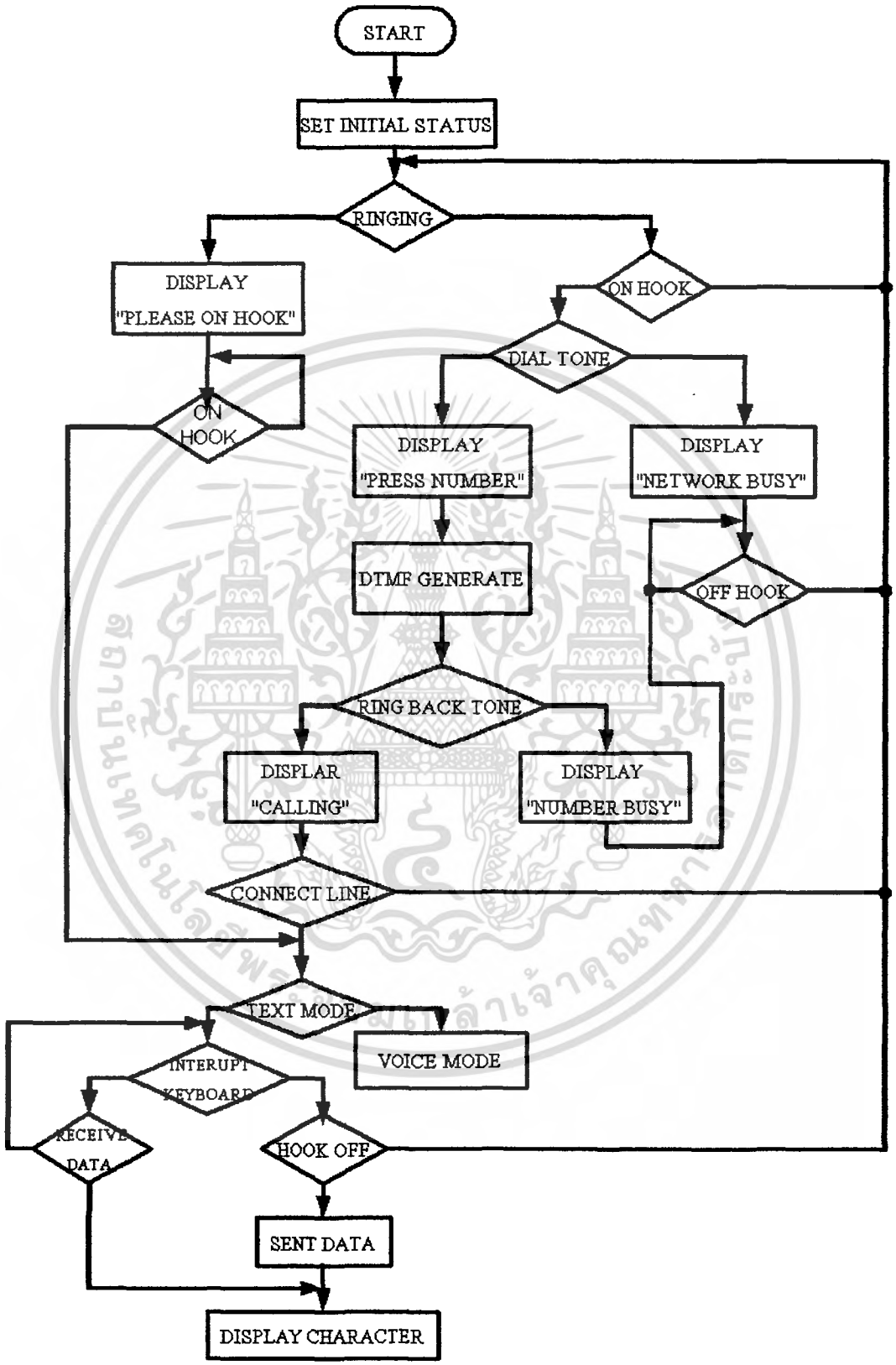
3. การควบคุมการสร้างสัญญาณ DTMF MCS-51 ทางด้านผู้เรียกจะรับค่าเมคโค้ดจากการกดเลขหมายที่คีย์บอร์ดเข้ามาประมวลผลแล้วทำการป้อนลอจิก 0 ให้ขา ROW และ COLUME ของไอซี UM91210 (ไอซีผลิตสัญญาณ DTMF) ออกทางพอร์ต 1 หลังจากนั้นทำการแสดงผลเลขหมายบนจอ LCD

4. การควบคุมสวิตซ์รีเลย์ MCS-51 จะเป็นตัวควบคุมการทำงานของรีเลย์ทั้งหมด 3 ตัว โดยรีเลย์จะทำหน้าที่สวิตซ์เลือกโหมดการทำงาน (โหมดข้อความหรือโหมดเสียงพูด) และการตัดต่อ Hook Switch โดย MCS-51 จะรับค่าเมคโค้ดปุ่มควนคุมจากคีย์บอร์ด มาประมวลผลแล้วป้อนสัญญาณไป 5 V_{dc} ให้กับขดลวดของรีย์เลย์ให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 แผนการทำงานของ MCS-51

แผนผังการทำงาน (Flow Chart) ของ MCS-51 แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โฟลชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรม MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังการทำงานของโปรแกรมข้างต้นเราสามารถค่าที่ต้องโหลดไปไว้ยังรีจีสเตอร์ TH1 เพื่อให้ได้อัตราบอดในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 1 มีค่าเท่ากับ 300 bps โดยกำหนดให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้มีค่าเท่ากับ 11.0592 MHz และ SMOD มีค่าเท่ากับ 0 ดังนี้

$$TH1 = 256 - \left[\frac{F_{OSC}}{384 \times BOUDRATE}\right] \quad (3.1)$$

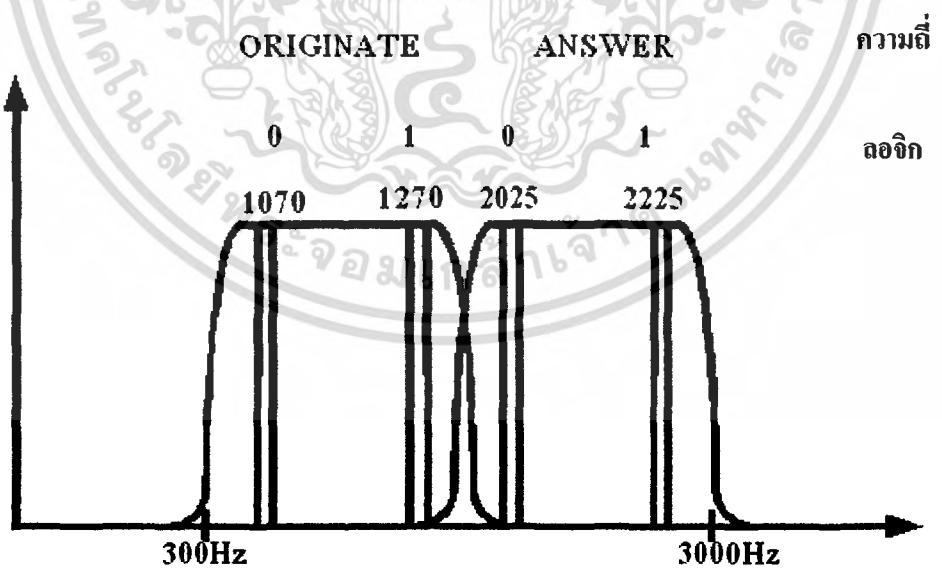
$$= 256 - \left[\frac{11.0592 \times 10^6}{384 \times 300}\right]$$

$$= 160$$

ค่าของ TH1 ที่ได้จากสมการที่ 3.1 นั้นเป็นค่าในระบบฐานสิบ ซึ่งเมื่อแปลงเป็นค่าในระบบเลขฐานสิบหกจะมีค่าเท่ากับ AOH ดังนั้น ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมโหมด 1 ที่อัตราบอดมีค่าเท่ากับ 300 bps จะต้องโหลดค่า AOH ให้กับ TH1

3.2 การส่งสัญญาณภายในสายโทรศัพท์โดยใช้ FSK (Frequency Shift Keying)

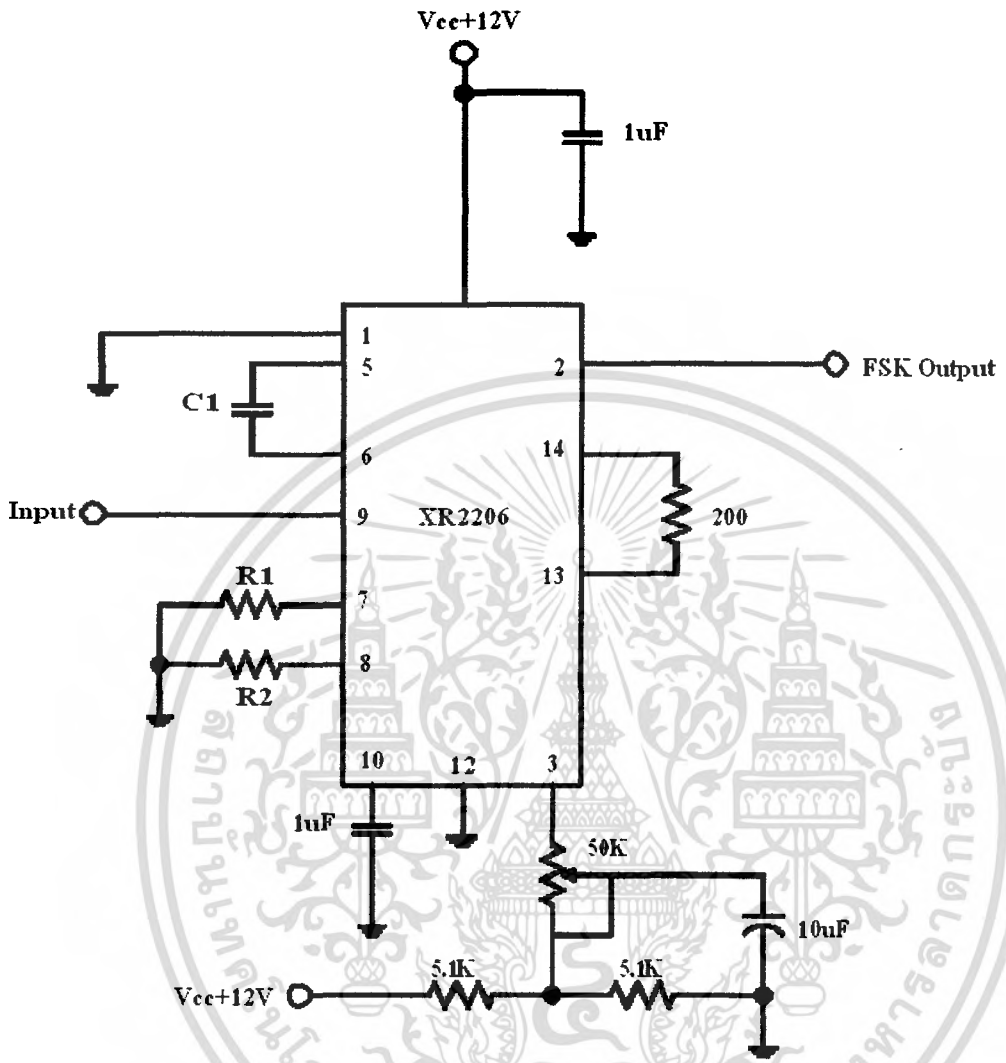
การออกแบบได้เลือกความถี่เองโดยใช้ความถี่ FSK ของทางด้านรับและด้านส่งไม่เท่ากัน ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนกันของสัญญาณภายในสายโทรศัพท์ขึ้น โดยทางด้านหนึ่งเลือกความถี่คือ 1070 Hz และความถี่ตั้งฉาก 1270 Hz ส่วนอีกด้านหนึ่งใช้ความถี่ 2025 Hz ความถี่ตั้งฉากคือ 2225 Hz ตามมาตรฐาน 103 แบบฟูลดูเพล็กซ์ อัตราส่งต่ำ แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ความถี่ที่ใช้ในการออกแบบ FSK ย่านความถี่โทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณ FSK (Sinusoidal FSK Generator) แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจร Sinusoidal FSK Generator

ไอซี XR-2206 ทำงานร่วมกับไทม์มิ่งรีจีสเตอร์ (Timing Register) R_1 และ R_2 ที่ต่อกับขา 7 และขา 8 ตามลำดับ ตัวต้านทานตัวใดทำงานจะขึ้นกับสัญญาณอินพุตที่เข้ามาจากขา 9

ถ้าอินพุตที่เข้ามาที่ขา 9 เป็นระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง $V_{in} \geq 2V$ มีเพียง R_1 เท่านั้นที่ถูกกระตุ้น

ถ้าอินพุตที่เข้ามาที่ขา 9 เป็นระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง $V_{in} \leq 2V$ มีเพียง R_2 เท่านั้นที่ถูกกระตุ้น

สัญญาณอินพุตที่ขา 9 มี 2 ระดับ คือ $V_L = 0V$ และ $V_H = 5V$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ทางด้านส่ง</u>

กรณีอินพุต $V_L = 0V$

$$f_1 = \frac{1}{R_1 C} \tag{3.4}$$

กำหนดให้ผลิตไซน์เวฟความถี่ 1070 Hz และ C=0.01 μF

$$R_1 = \frac{1}{1070 \times 0.01 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore \quad R_1 = 93.457 \text{ k}\Omega$$

กรณีอินพุต $V_H = 5V$

$$f_2 = \frac{1}{R_2 C} \tag{3.5}$$

กำหนดให้ผลิตไซน์เวฟความถี่ 1270 Hz และ C=0.01 μF

$$R_2 = \frac{1}{1270 \times 0.01 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore \quad R_2 = 7.874 \text{ k}\Omega$$

<u>ทางด้านรับ</u>

กรณีอินพุต $V_L = 0V$ จากสมการที่ 3.1

$$f_1 = \frac{1}{R_1 C}$$

กำหนดให้ผลิตไซน์เวฟความถี่ 2025 Hz และ C=0.01 μF

$$R_1 = \frac{1}{2025 \times 0.01 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore \quad R_1 = 4.938 \text{ k}\Omega$$

กรณีอินพุต $V_H = 5V$ จากสมการที่ 3.2

$$f_2 = \frac{1}{R_2 C} \tag{3.6}$$

กำหนดให้ผลิตไซน์เวฟความถี่ 2225 Hz และ C=0.01 μF

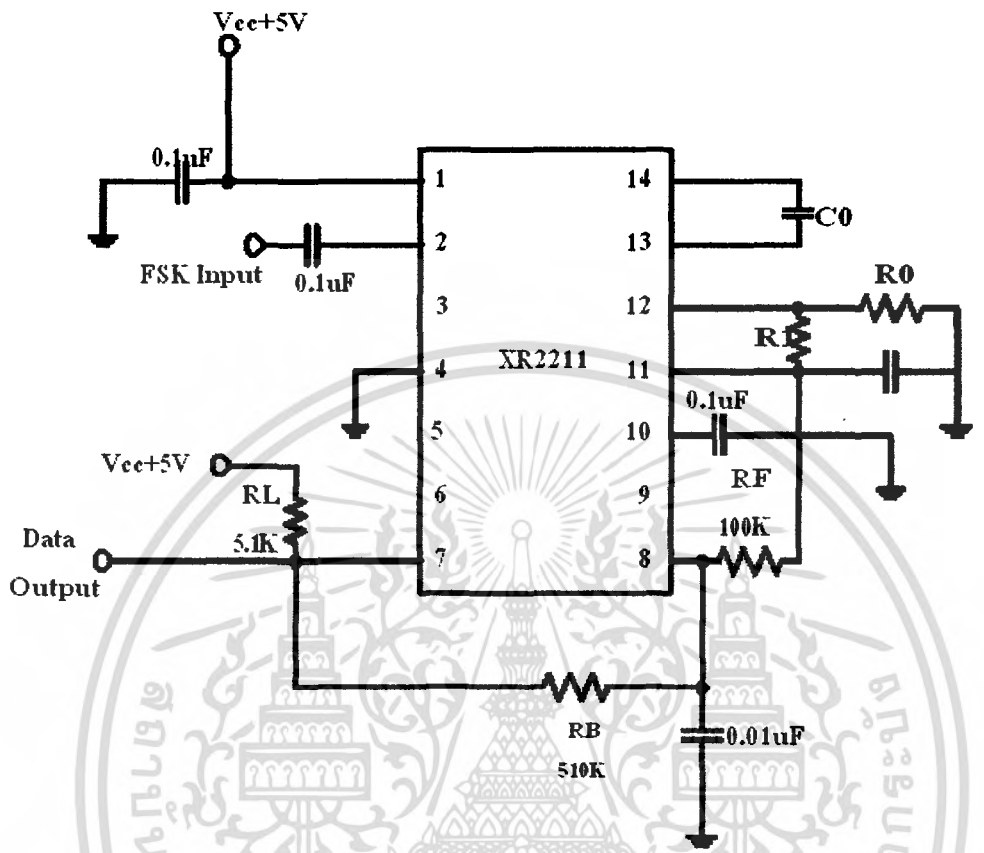
$$R_2 = \frac{1}{2225 \times 0.01 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore \quad R_2 = 44.943 \text{ k}\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจร เอฟ เอส เค ดีมอดูเลชั่น

ไอซีที่ใช้สำหรับวงจรนี้คือ ไอซี XR-2211 แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรเอฟเอสเคดีมอดูเลชั่นโดยใช้ไอซี XR-2211

จากวงจรเอฟเอสเคดีมอดูเลเตอร์ในรูปที่ 3.4

<u>ทางด้านส่ง</u>

สามารถคำนวณหาค่าความถี่กลางของ PLL

จาก

$$f_o = \frac{f_1 + f_2}{2} \tag{3.7}$$

$$f_o = \frac{1070 + 1270}{2}$$

$$\therefore \quad f_o = 1170\,\text{Hz}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก

$$f_o = \frac{1}{R_o C_o} \tag{3.8}$$

ให้ $C_o = 0.047\mu\text{F}$

$$R_O = \frac{1}{f_o C_o}$$

$$R_O = \frac{1}{1170 \times 0.047 \times 10^{-6}}$$

$$R_O = 18.185\ \text{k}\Omega$$

คำนวณหาค่า R_1 จาก

$$R_1 = R_0 \frac{f}{f_2 - f_1} \tag{3.9}$$

$$R_1 = 18.185 \times 10^3 \times \frac{1170}{1270 - 1070}$$

$$\therefore \quad R_1 = 106.382\ \text{k}\Omega$$

คำนวณหาค่า C_1 จาก

$$C_1 = \frac{C_0}{4} \tag{3.10}$$

$$C_1 = \frac{0.047}{4}$$

$$C_1 = 0.0117\mu\text{F} : \text{กรณี } \xi = \frac{1}{2}$$

คำนวณหาค่า C_F จาก

$$C_F = \frac{3}{BaudRate}$$

$$C_F = \frac{3}{300}$$

$$\therefore \quad C_F = 0.01\mu\text{F} : \text{กรณี } R_F = 100\ \text{k}\Omega\ R_R = 510\ \text{k}\Omega$$

<u>ทางด้านส่ง</u>

สามารถคำนวณหาค่าความถี่กลางของ PLL

จากสมการที่ 3.7

$$f_o = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

$$f_o = \frac{2025 + 2225}{2}$$

$$\therefore \quad f_o = 2125\,\text{Hz}$$

จากสมการที่ 3.8

$$f_o = \frac{1}{R_o C_o}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ $C_o = 0.047\mu\text{F}$

$$R_O = \frac{1}{f_o C_o}$$

$$R_O = \frac{1}{2125 \times 0.047 \times 10^{-6}}$$

$$R_O = 10.01\ \text{k}\Omega$$

คำนวณหาค่า R_1 จากสมการที่ 3.9

$$R_1 = R_0 \frac{f}{f_2 - f_1}$$

$$R_1 = 10.01 \times 10^3 \times \frac{2125}{2225 - 2025}$$

$$\therefore \quad R_1 = 106.356\ \text{k}\Omega$$

คำนวณหาค่า C_1 จาก

$$C_1 = \frac{C_0}{4} \tag{3.11}$$

$$C_1 = \frac{0.047}{4}$$

$$C_1 = 0.0117\mu\text{F} : \text{กรณี } \xi = \frac{1}{2}$$

คำนวณหาค่า C_F จาก

$$C_F = \frac{3}{BaudRate}$$

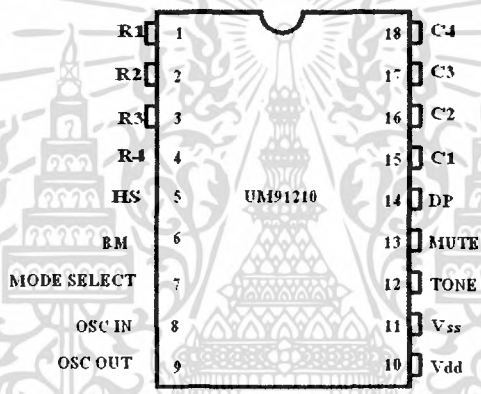
$$C_F = \frac{3}{300}$$

$$\therefore \quad C_F = 0.01\mu\ \text{F} : \text{กรณี } R_F = 100\ \text{k}\Omega\ R_R = 510\ \text{k}\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ (Dialer Circuit)

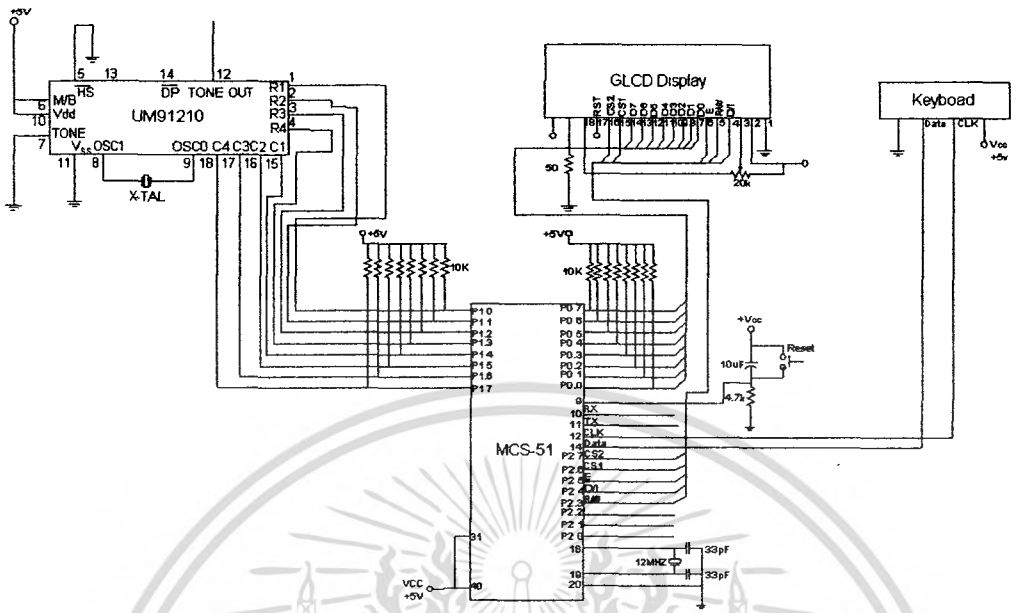
วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่ในการกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์ และส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์เพื่อบอกให้ชุมสายโทรศัพท์ทราบว่าเราต้องการจะติดต่อกับใคร ซึ่งในโครงงานใช้ไอซีเบอร์ UM91210 ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งสามารถสร้างสัญญาณหมายเลขได้ทั้งในระบบสัญญาณพัลส์และในระบบสัญญาณความถี่คู่ (DTMF) ไอซีเบอร์นี้จะใช้งานร่วมกับแป้นกดแบบเมตริกซ์เว้นแต่ในโครงงานนี้จะใช้การป้อนหมายเลขจากแป้นคีย์บอร์ด และถูกควบคุมโดย MCS-51 ซึ่ง MCS-51 จะส่งลอจิก "0" ไปให้ขา แถว และ หลัก ของหมายเลขนั้น และจะใช้คริสตอลที่ผลิตความถี่มาตรฐาน 3.579545 เมกะเฮิรตซ์ และเมื่อปุ่มใดปุ่มหนึ่งถูกกด ไอซี UM 91210 จะสามารถตรวจสอบได้จากลอจิกของแถวและหลักมีค่าเป็นลอจิก "0" โดยหน้าที่ของแต่ละขาของไอซี UM91210 แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 หน้าที่ของแต่ละขาของไอซี UM91210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

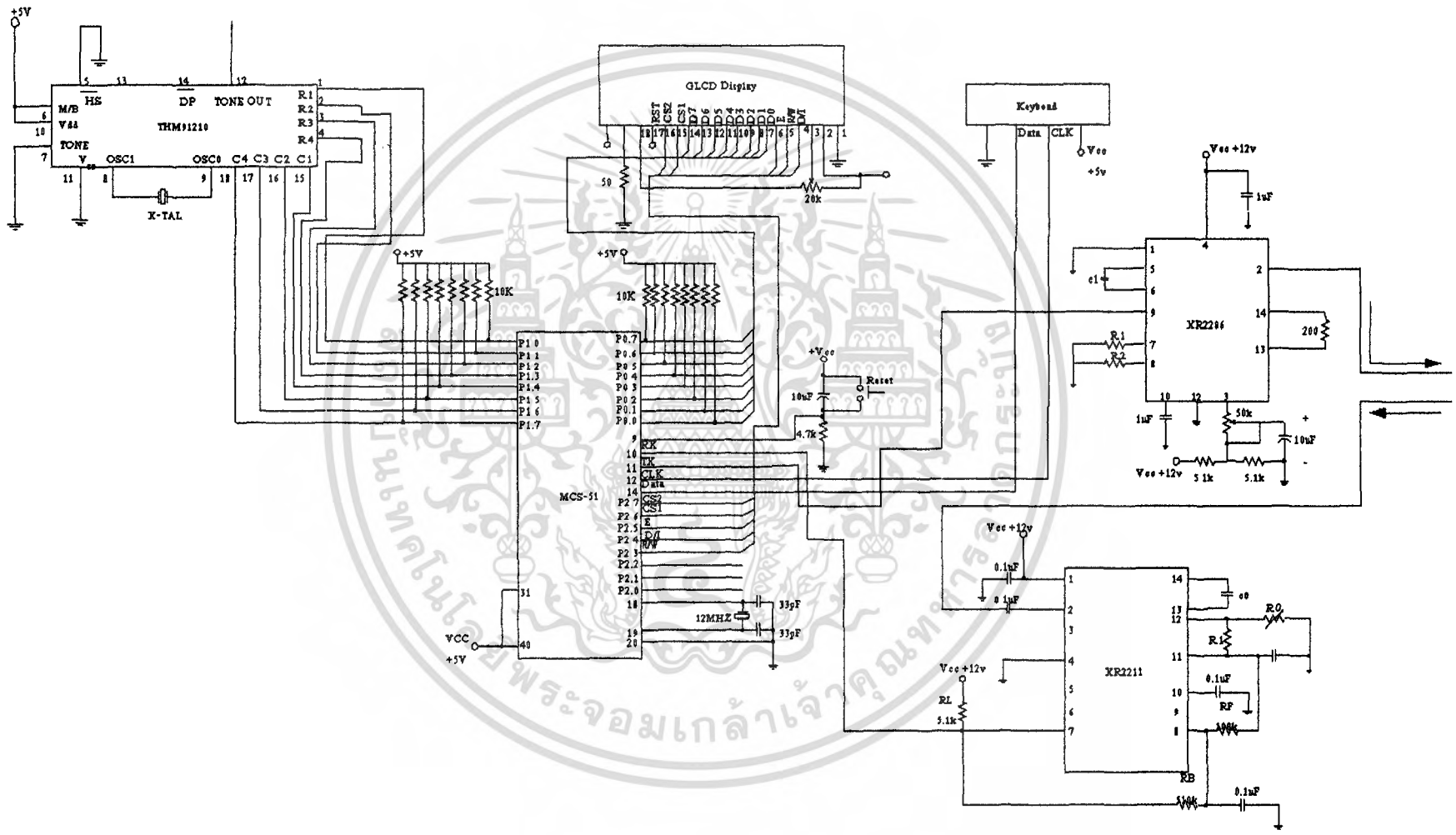
วงจรสร้างสัญญาณ DTMF ที่ถูกควบคุมโดย MCS-51 แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์

วงจรแสดงส่วนควบคุมที่ต่ออยู่กับวงจร FSK modulator และ FSK demodulator แสดงดังรูปที่ 3.7

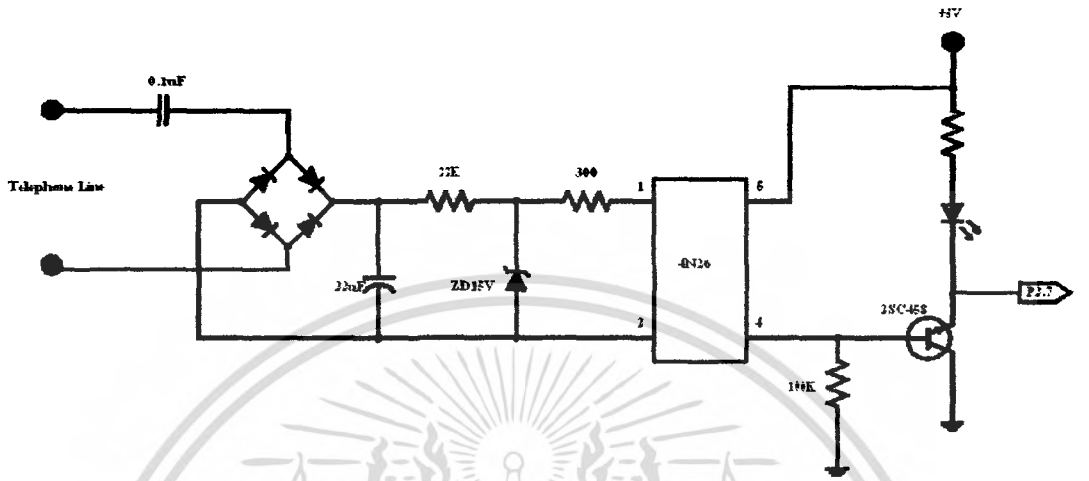
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรแสดงส่วนควบคุมที่ต่ออยู่กับวงจร FSK modulator และ FSK demodulator

3.6 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

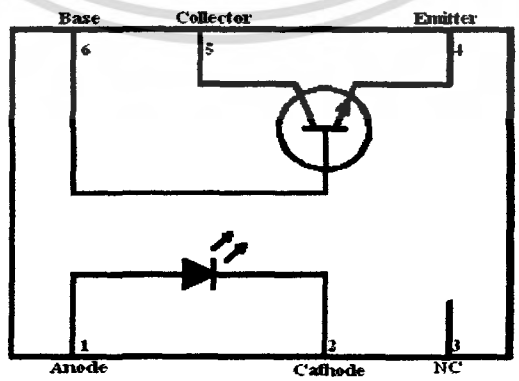
วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งนี้จะทำการเปลี่ยนอินพุตสัญญาณกระดิ่งซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับ ความถี่ 20 Hz ขนาด 75-100 V_{p-p} หรือประมาณ 70-90 Vrms ออกเป็นพัลส์เอาท์พุตที่ขนาด 5 โวลต์ ซึ่งแสดงผลโดยใช้การกระพริบของ LED ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

จารูปที่ 3.8 เมื่อมีการเรียกเข้ามายังเครื่องโทรศัพท์ สัญญาณกระดิ่งจะผ่านเข้าวงจรเจอกับตัวคาปาซิเตอร์ (capacitor) ที่ทำหน้าที่ในการกันแรงดันไฟตรงไม่ให้ผ่าน จากนั้นผ่านวงจรบริดจ์เรคติไฟเออร์ (rectifier) ได้แรงดันไฟตรงโดยมี C 22 uF ทำหน้าที่กรองแรงดันให้เรียบและซีเนอร์ไดโอด 15 โวลต์ ทำหน้าที่จำกัดแรงดันที่ตกคร่อมไอซีเบอร์ 4N26 ไม่ให้เกิน 15 โวลต์

ไอซีเบอร์ 4N26 นี้เป็นไอซีเชื่อมโยงทางแสง ภายในมีไดโอดเปล่งแสง (LED) และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) อยู่ กระแสในไซเคิลบวกเท่านั้นที่สามารถไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงได้ เมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ได้รับแสงจะทำให้มีกระแสไหลจากขาคอลเลคเตอร์ (Collector) ไปยังขาอิมิเตอร์ (Emitter) ผ่านความต้านทาน 100K ลงกราวด์ จึงทำให้ทรานซิสเตอร์ 2SC458 ทำงานด้วยจึงไม่ทำงาน LED ไม่สว่างได้ลอจิก “0” ออกมา รูปโครงสร้างไอซีเบอร์ 4N26 แสดงดังรูป 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างไอซีเบอร์ 4N26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วงจรตรวจจับสัญญาณการหมุนหมายเลข (DIAL), สัญญาณเรียกกลับ (RBT), สัญญาณไม่ว่าง (BUSY)

สัญญาณการหมุนหมายเลข, สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างนั้นมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ความถี่ประมาณ 400 Hz เท่ากัน แต่จะแตกต่างกันที่ช่วงเวลาของการเกิดของสัญญาณแต่ละสัญญาณเท่านั้น เราจึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ LM567 ซึ่งเป็นไอซีโทนดีโคดเดอร์ (Tone Decoder) เป็นตัวตรวจจับสัญญาณ คือจะให้เอาท์พุตเป็นลอจิก "0" เมื่อความถี่ที่ป้อนเข้ามามีค่าเท่ากับความถี่ที่เราต้องการนั้นคือ 400 Hz และถ้าความถี่ที่เข้ามาไม่ตรงกับที่กำหนดไว้จะได้เอาท์พุตเป็นลอจิก "1" การกำหนดค่าความถี่ที่ต้องการนั้นสามารถได้จากสูตร

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

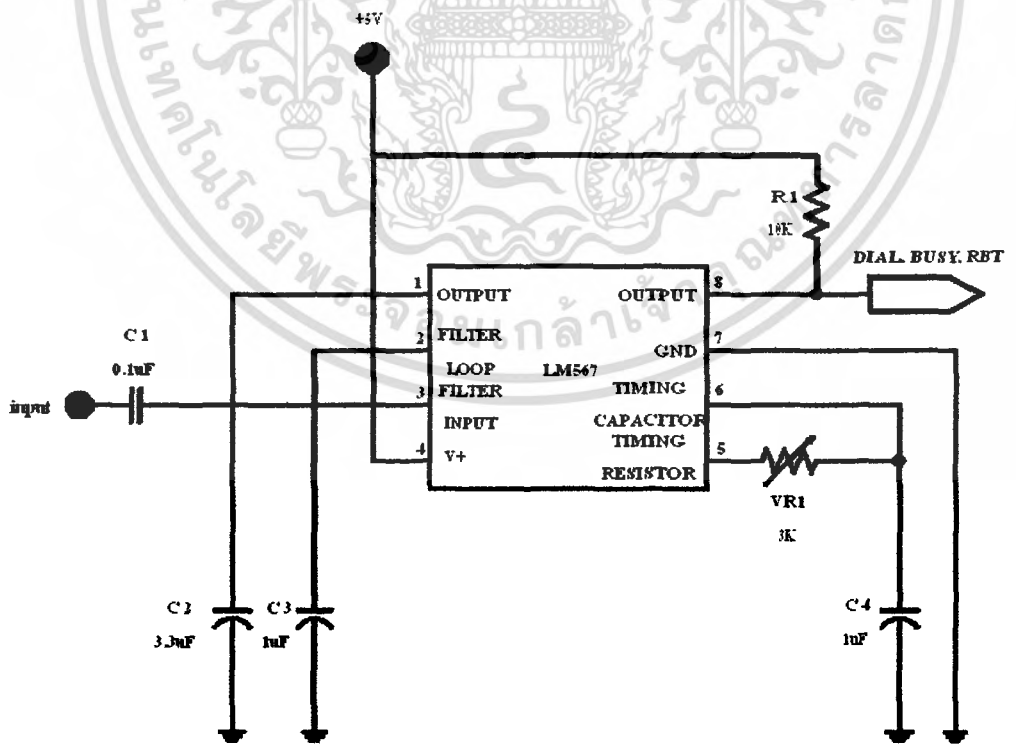
ดังนั้นเราทำการกำหนดความถี่ไว้ที่ 400 Hz และเลือกค่า C เท่ากับ 1 uF จะสามารถคำนวณค่าความต้านทานปรับค่าออกมาได้ ดังนี้

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

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

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

วงจรตรวจสอบสัญญาณการหมุนหมายเลข, สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณการหมุนหมายเลข, สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง

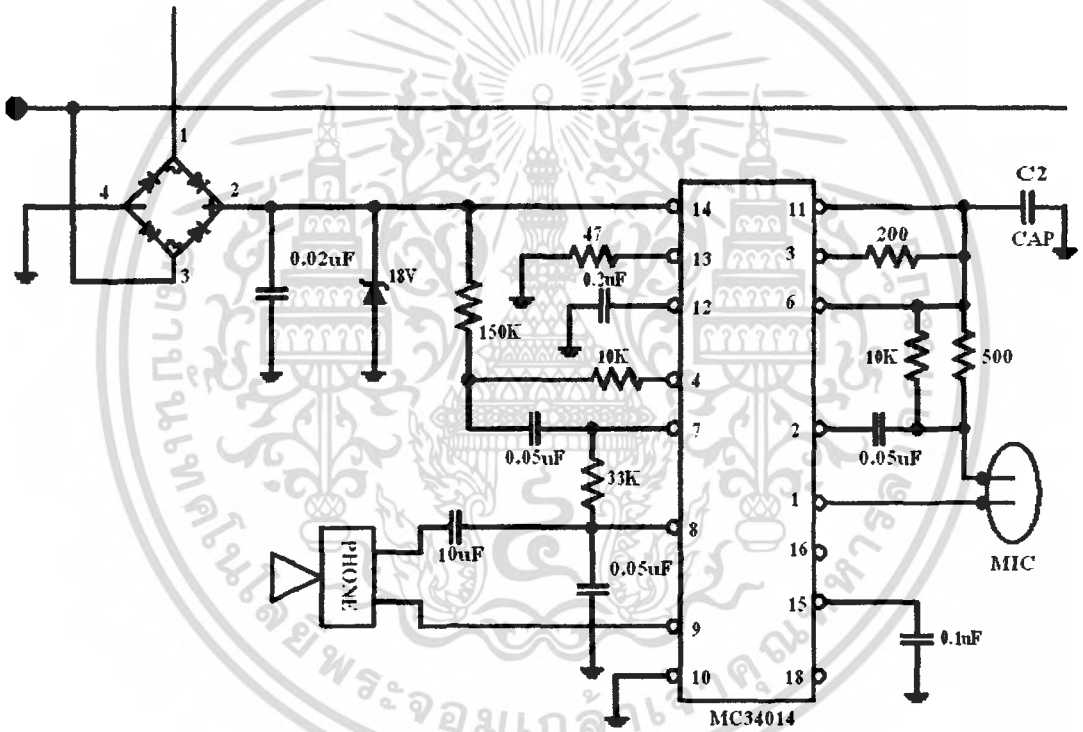
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 เมื่อทำการวัดสัญญาณเอาท์พุตจะพบว่า สัญญาณเอาท์พุตจะมีลักษณะเป็นพัลส์สแควร์เวฟตามสัญญาณด้านอินพุตคือ

1. ถ้าเป็นสัญญาณหมุนหมายเลข เอาท์พุตที่ออกมาจะมีลักษณะเป็นลอจิก "0" ยาวติดกันตลอด
2. ถ้าเป็นสัญญาณไม่ว่าง เอาท์พุตที่ออกมาจะมีลักษณะเป็นลอจิก "0" และลอจิก "1" สลับกันไป และมีช่วงเวลาห่างกัน 0.5 วินาที
3. ถ้าเป็นสัญญาณเรียกกลับ เอาท์พุตที่ออกมาจะมีลักษณะเป็นลอจิก "0" 1 วินาที และเป็นลอจิก "1" 4วินาที สลับกันไป

3.8 วงจรไฮบริด (Hybrid)

วงจรไฮบริดทำหน้าที่เป็นวงจรต่อสัญญาณจากปากพูดไปยังหูฟัง ทำให้สามารถทำการสนทนาสวนทางกันได้ (สามารถรับส่งข้อมูลพร้อมกันได้) วงจรไฮบริดแสดงดังรูปที่ 3.11



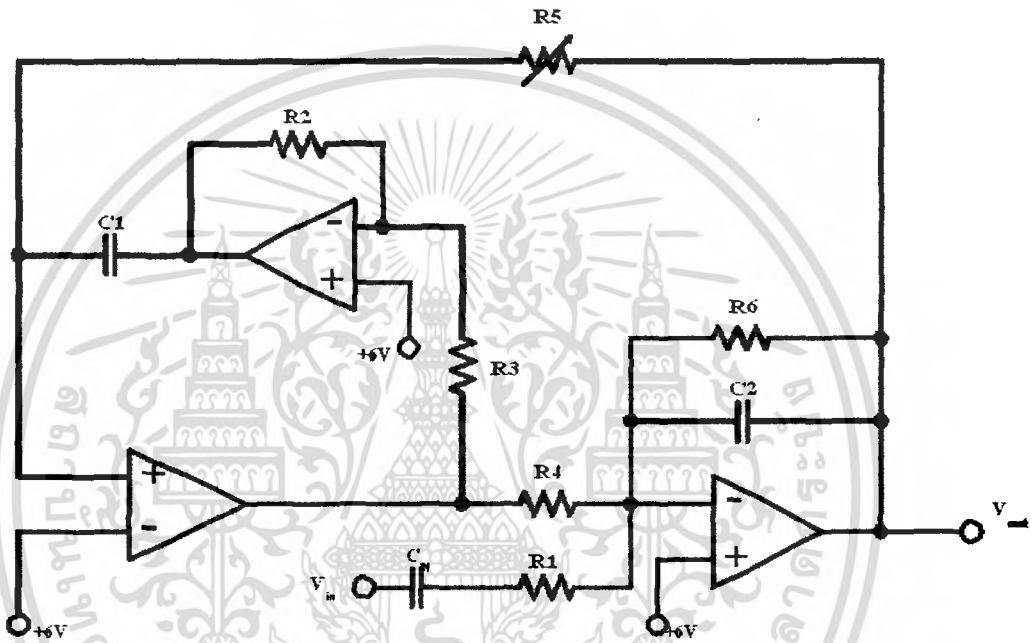
รูปที่ 3.11 วงจรไฮบริด

วงจรไฮบริดทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณเสียงพูดจากสายโทรศัพท์ จากรูปที่ 11 จะใช้ไอซีเบอร์ MC34014 โดยในการส่งสัญญาณจากไมโครโฟน ไปยังสายโทรศัพท์จะต่อเข้ากับขา MIC ของไอซี และจะผ่านการขยายสัญญาณด้วยอัตราการขยายประมาณ 26 เดซิเบล ด้วยวงจรขยายภายในไอซี เพื่อส่งสัญญาณเข้าสู่สายโทรศัพท์ ซึ่งมีความต้านทานภายในสายเท่ากับ 600 โอห์ม ส่วนการรับสัญญาณซึ่งเป็นสัญญาณไฟสลับจากคู่สายโทรศัพท์ จะผ่านวงจรขยายสัญญาณภายในไอซี และออกมาทางขา RXI เข้าสู่วงจรขยายด้วยออปแอมป์ ได้สัญญาณเอาต์พุตออกที่ขา RXO ซึ่งเป็นจุดต่อออกไปเข้าลำโพง เพื่อสามารถรับฟังสัญญาณที่รับเข้ามาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟ (Active Band Pass Filter)

ในการออกแบบวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน เราจะใช้วงจร Akerberg-Mossberg Band-Pass Filter ซึ่งจะใช้ด้านละสองวงจร โดยด้านส่งใช้กรองความถี่ 1070 Hz และ 1270 Hz จากนั้นจะนำเอาท์พุตมารวมกันโดยวงจรบวก (Summing) โดยวงจรกรองแถบความถี่ผ่านจะต้องทำการกำหนดค่าอัตราการขยายสัญญาณ (Gain; K) อันดับ (Order) ของวงจรกรองความถี่ ความถี่คัตออฟบน (Upper Cutoff Frequency) และความถี่คัตออฟล่าง (Lower Cutoff Frequency) ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นจะพิจารณาความถี่กลาง (Center Frequency ; F_c) และแบนด์วิดท์ (Bandwidth ; BW) แทนความถี่คัตออฟ วงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟแสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 วงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบ Akerberg-Mossberg Band-Pass Filter

จากรูปที่ 3.12 เพื่อความสะดวกในการคำนวณเราจะกำหนดให้ $C_1 = C_2 = C$ โดยในย่านความถี่เสียงนั้นเรานิยมใช้ค่า C = 0.01 uF เราจะสามารถหาค่าของ $R_1 - R_6$ ได้จากสมการต่อไปนี้

$$R2 = R3 = R4 = R5 = R \quad (3.12)$$

$$C1 = C2 = C \quad (3.13)$$

$$Fo = 1/(2pRC) \quad (3.14)$$

อัตราขยาย = 1

$$R1 = R6 \quad (3.15)$$

อัตราขยายอื่นๆ

$$-R6/R1 \quad (3.16)$$

R1, R6 กำหนดค่า Q

R1, R6 ต่ำ, ค่า Q ต่ำ

R1, R6 สูง, ค่า Q สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในโครงงานนี้จะทำการออกแบบวงจรกรองแถบความถี่ผ่านจำนวน 2 ชุด

1. ความถี่กลาง = 1,170 Hz อัตราการขยายสัญญาณ = 100

2. ความถี่กลาง = 2,125 Hz อัตราการขยายสัญญาณ = 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในโครงงานโทรศัพท์สำหรับคนหูหนวกได้ทำการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็นส่วนต่างๆดังนี้

4.1 การทดลองเกี่ยวการตรวจสอบสัญญาณที่รับได้จากคีย์บอร์ด

ในโครงงานนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นส่วนรับค่าเมคโคดจากคีย์บอร์ดเพื่อที่จะนำไปประมวลผลต่อ โดยในส่วนของภาคส่งจะทำการรับค่าเมคโคดที่ได้จากคีย์บอร์ดไปแสดงผลบนจอ LCD และทำการส่งออกพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม (TxD)

4.1.1 วิธีในการทดลอง

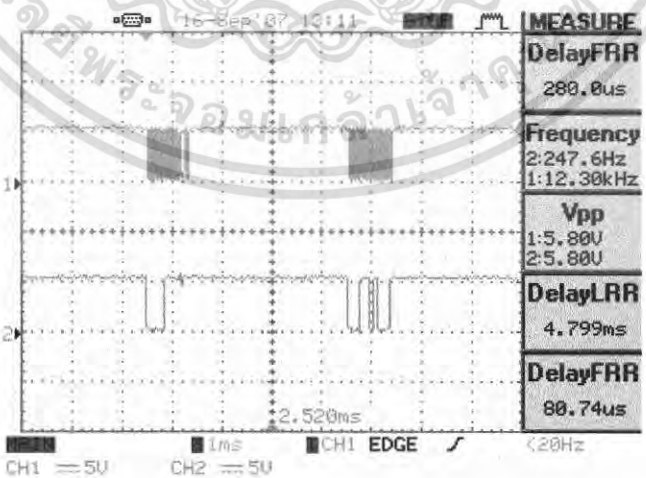
1.ทำการกดปุ่มบนแป้นคีย์บอร์ดต่างๆ โดยใช้ออสซิลโลสโคป วัดสัญญาณเทียบกับสัญญาณคล็อกของคีย์บอร์ด(แชลเนลที่ 1) และวัดสัญญาณที่ออกจากขาดาต้าของคีย์บอร์ด(แชลเนลที่ 2)

2.ตรวจสอบค่าที่แสดงผล ทำการบันทึกผลสัญญาณ ค่าเมคโคดและ เบรคโคด จากการกดปุ่มต่างๆของคีย์บอร์ด

3.สรุปผลการทดลอง

4.1.2 ผลการทดลอง

เมื่อทำการกดปุ่มตัวอักษรของคีย์บอร์ด จะมีสัญญาณถูกส่งออกมาสองสัญญาณ โดยสัญญาณแรกมาจากขา CLK ซึ่งเป็นสัญญาณซิงโครไนส์และสัญญาณที่สองมาจากขา Data เป็นสัญญาณรหัสเมคโคดของแต่ละตัวอักษรที่ถูกกดโดยจะเป็นสัญญาณไบนารีขนาด 10 บิตเมื่อรวมกับบิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุดและเมื่อปุ่มตัวอักษรถูกยกขึ้นก็จะมีสัญญาณเบรกโคดตามหลังมาเพื่อบ่งบอกถึงว่าปุ่มกดนั้นถูกยกขึ้นแล้ว เช่นเมื่อกดตัวอักษร “T” จะมีสัญญาณรหัสเมคโคดถูกส่งออกมาก่อนเป็นรหัสไบนารีหลังจากนั้นจะมีสัญญาณเบรคโคดตามหลังมาเมื่อปุ่มกด “T” ถูกปล่อยดังรูปที่ 4.1

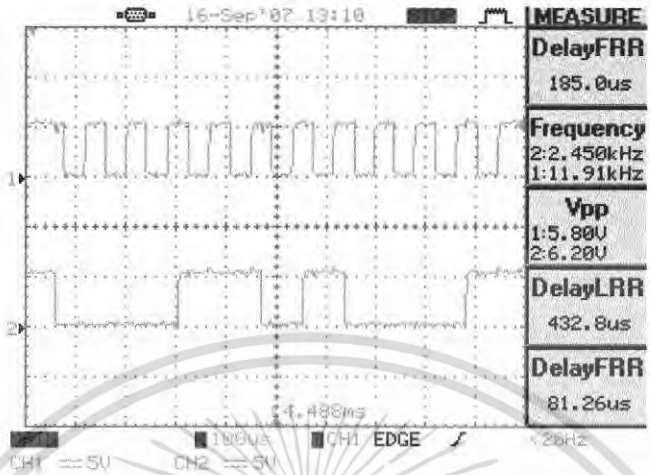


รูปที่ 4.1 CH1 : สัญญาณคล็อกที่ได้จากคีย์บอร์ด

CH2 : สัญญาณ ค่าเมคโคดและ เบรคโคด จากการกดปุ่ม “T”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการขยายรูปสัญญาณในทางเวลาที่ได้จากการกดอักษรปุ่ม "T" ให้เห็นถึงรหัสสัญญาณเมคโคดให้ชัดเจนจะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งออกม่มีค่า 2CH ในเลขฐานสิบหกซึ่งตรงกับค่าในตารางที่ 2.13 ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 CH1 : สัญญาณคล็อกที่ได้จากคีย์บอร์ด

CH2 : ขยายรูปสัญญาณ ค่าเมคโคดจากการกดปุ่ม "T"

ค่าเมคโคด = 2C H หรือ 00101100 B

4.1.3 สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 4.1

จากการทดลองนี้จะพบว่า สัญญาณเอาท์พุตจากคีย์บอร์ดที่วัดสัญญาณได้จากรูปได้ค่าเมคโคดตรงตามตัวอักษรที่กดจากแป้นคีย์บอร์ดเมื่อเทียบกับค่าเมคโคดในตารางที่ 2.13 โดยเมื่อกดปุ่มจากคีย์บอร์ดก็จะทำการแสดงตัวอักษรที่กดบนจอ LCD

4.2 การทดลองวงจร เอฟ เอส เค มอดูเลชั่น (Frequency Shift Keying)

ในโครงงานนี้จะใช้ไอซีเบอร์ XR2206 ในการมอดูเลตสัญญาณไบนารีเป็นสัญญาณไซน์เวฟ 2 ความถี่ โดยในการทดลองจะใช้สัญญาณไซน์ความถี่ 900 Hz แทนพัลส์ "0" และใช้สัญญาณไซน์ความถี่ 1350 Hz แทนพัลส์บวก (5V) ของเครื่องแรก และใช้สัญญาณไซน์ความถี่ 1900 Hz แทนพัลส์ "0" และใช้สัญญาณไซน์ความถี่ 2350 Hz แทนพัลส์บวก (5V) ของเครื่องที่สอง

4.2.1 วิธีในการทดลอง

1.ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.3 จำนวน 2 ชุดโดยวงจร FSK ชุดแรกใช้ความถี่ 900 Hz และ 1350 Hz ส่วนวงจร FSK ชุดที่สองใช้ความถี่ 1900 Hz และ 2350 Hz

2.ป้อนสัญญาณอินพุตพัลส์ 5V ความถี่ 150 Hz โดยให้เปรียบเสมือนเป็นรหัสไบนารีเข้าที่อินพุตของวงจร FSK เครื่องแรก แล้วใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณเอาท์พุตที่ได้เทียบกับสัญญาณอินพุตนี้

3..ทำการบันทึกสัญญาณที่ออกมา

4.สรุปผลการทดลอง

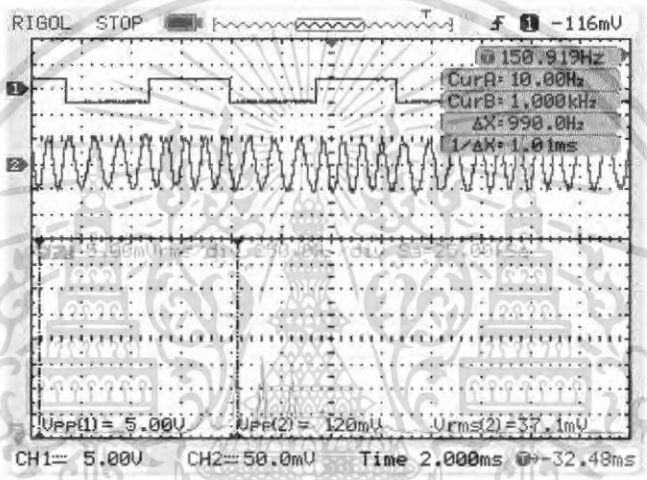
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลอง

สัญญาณมอดูเลตแบบ FSK จะเป็นสัญญาณที่แตกต่างกันสองความถี่โดยที่ระดับแรงดันสัญญาณอินพุต 5โวลต์ จะถูกแทนด้วยสัญญาณไซน์ความถี่ด้านต่ำส่วนที่ระดับแรงดันสัญญาณอินพุต 0โวลต์ จะถูกแทนด้วยสัญญาณไซน์ความถี่ด้านสูง

จากรูปที่ 4.3 เป็นรูปสัญญาณเอาท์พุตของวงจร FSK ทางด้านฝั่งส่งโดยทดลองป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณพัลส์ขนาด 5โวลต์ได้เป็นสัญญาณมอดูเลตที่มี 2 ความถี่และความถี่เปลี่ยนแปลงตามระดับของสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้

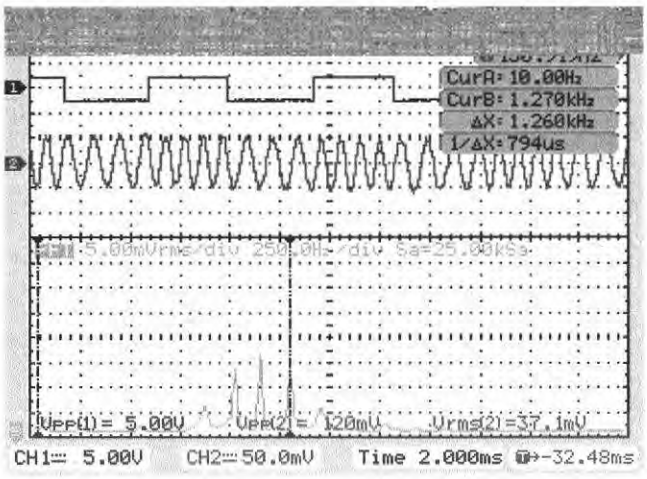
เมื่อทำการวัดค่าความถี่ของสัญญาณมอดูเลตพบว่าที่ความถี่ต่ำที่แทนระดับอินพุต 5 โวลต์ มีความถี่ 1000 Hz จากการออกแบบไว้ที่ 1070 Hz แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generator
CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการมอดูเลตทางด้านส่ง

ความถี่ด้านสูงถูกแทนจากระดับแรงดันอินพุต 0 โวลต์ มีความถี่ 1.270 kHz จากการออกแบบไว้ที่ 1.270 kHz แสดงดังรูปที่ 4.4

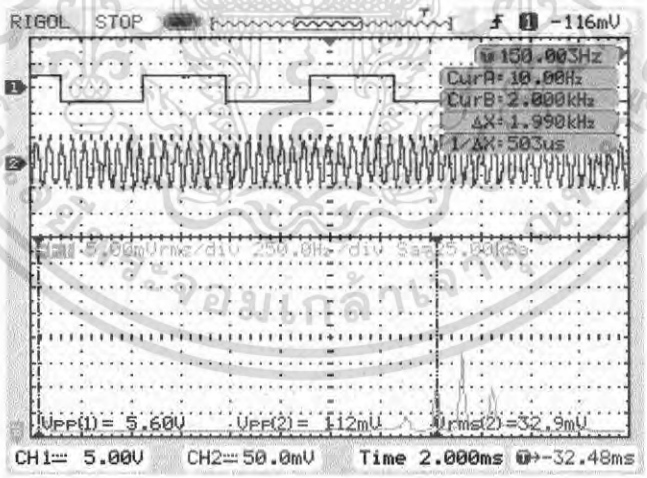
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generator
CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการมอดูเลตทางด้านส่ง

วงจร FSK ทางฝั่งรับก็ได้ถูกออกแบบคล้ายกับทางด้านฝั่งส่ง แต่มีความถี่ที่แทนระดับแรงดันอินพุตทั้งสองความถี่ที่ไม่เท่ากัน โดยที่ความถี่ 2.025 kHz แทนระดับแรงดันอินพุต 5 โวลต์ และความถี่ 2.225 kHz แทนระดับแรงดันอินพุต 0 โวลต์

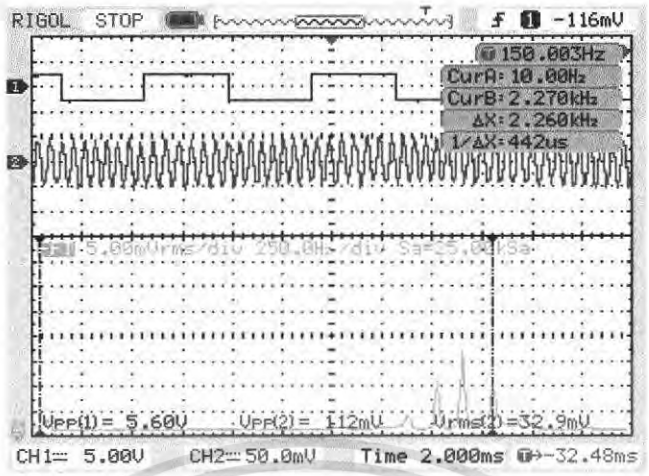
เมื่อทำการวัดค่าความถี่ของสัญญาณมอดูเลตพบว่าที่ความถี่ต่ำที่แทนระดับอินพุต 5 โวลต์ มีความถี่ 2.000 kHz (จากการออกแบบไว้ที่ความถี่ 2.025 kHz) แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generator
CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการมอดูเลตทางด้านรับ

ความถี่ด้านสูงถูกแทนจากระดับแรงดันอินพุต 0 โวลต์ มีความถี่ 2.270 kHz จากการออกแบบไว้ที่ 2.225 kHz แสดงดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generator

CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการมอดูเลตทางด้านรับ

ตารางที่ 4.1 ตารางผลการทดลองวงจร FSK modulation

ความถี่ที่ออกแบบ	ความถี่จากการทดลอง
1070 Hz	1000 Hz
1270 Hz	1270 Hz
2025 Hz	2000 Hz
2225 Hz	2270 Hz

4.2.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.2

จากการทดลอง จะเห็นว่าวงจร FSK มอดูเลชั่น สามารถทำการมอดูเลตรหัสไบนารีที่เข้ามาได้สัญญาณตามที่ต้องการ โดยที่ความถี่ 1070 Hz ได้สัญญาณที่มอดูเลตที่ความถี่ 1000 Hz ,1270 Hz ได้สัญญาณที่มอดูเลตที่ความถี่ 1270 Hz ,2025 Hz ได้สัญญาณที่มอดูเลตที่ความถี่ 2000 Hz ,2225 Hz ได้สัญญาณที่มอดูเลตที่ความถี่ 2270 Hz ซึ่งถึงแม้สัญญาณมอดูเลตที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ แต่ก็ถือว่าอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

4.3 การทดลองวงจร FSK DEMODULATOR ดีมอดูเลตชั่น

ในโครงงานนี้จะใช้ไอซี เบอร์ XR2211 ในการดีมอดูเลตสัญญาณกลับไปเป็นรหัสไบนารีตามเดิม โดยในการทดลองจะใช้สัญญาณมอดูเลตที่ได้จากการทดลองที่ 4.2 เป็นอินพุตของวงจร FSK DEMODULATOR ของฝั่งตรงข้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 วิธีในการทดลอง

1.ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 จำนวน 2 ชุด

2.ป้อนสัญญาณมอดูเลต FSK ความถี่ 900 Hz และความถี่ 1350 Hz ให้เป็นสัญญาณอินพุตของวงจรดีมอดูเลต FSK DEMODULATOR ในฝั่งตรงข้ามแล้วใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ

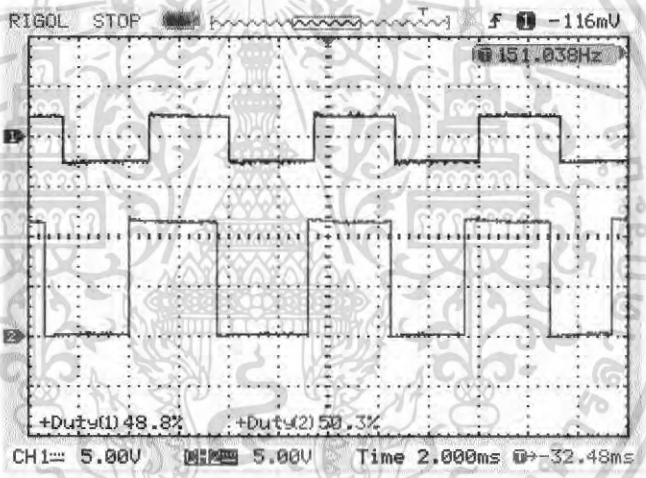
3. ป้อนสัญญาณมอดูเลต FSK ความถี่ 1900 Hz และความถี่ 2350 Hz ให้เป็นสัญญาณอินพุตของวงจรดีมอดูเลต FSK DEMODULATOR ในฝั่งตรงข้ามแล้วใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ

4.บันทึกผลสัญญาณดีมอดูเลตที่ได้ทั้งสองเครื่อง

5.สรุปผลการทดลอง

4.3.2 ผลการทดลอง

สัญญาณดีมอดูเลต FSK ของทางด้านฝั่งรับจากการรับอินพุตเป็นสัญญาณ FSK จากฝั่งส่ง เมื่อวัดเทียบกับสัญญาณอินพุตพัลส์ของวงจร FSK ฝั่งส่งจะเกิดการดีเลย์ของสัญญาณขึ้น แสดงดังรูปที่ 4.7

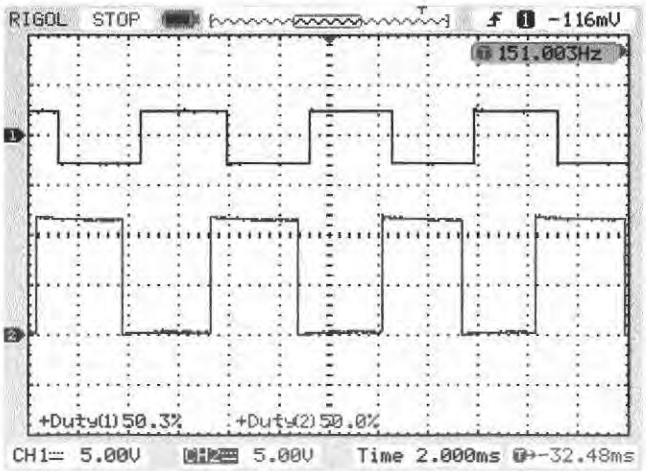


รูปที่ 4.7 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generatorซึ่งเป็นอินพุตของวงจร FSK ความถี่ 1070 Hz และความถี่ 1270 Hz

CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการดีมอดูเลต

สัญญาณดีมอดูเลต FSK ของทางฝั่งส่งจากการรับอินพุตเป็นสัญญาณ FSK ทางฝั่งรับ เมื่อวัดเทียบกับสัญญาณอินพุตพัลส์ของวงจร FSK ฝั่งรับจะเกิดการดีเลย์ของสัญญาณขึ้นเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 CH1 : สัญญาณพัลส์ความถี่ 150 Hz ที่ป้อนจากเครื่อง Generatorซึ่งเป็นอินพุตของวงจร FSK ความถี่ 2025 Hz และความถี่ 2225 Hz
CH2 : สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากการดีมอดูเลต

4.3.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.3

จากการทดลองวงจรดีมอดูเลต FSK DEMODULATOR ทั้ง2วงจรคือทางด้านรับและด้านส่ง สามารถที่จะดีเทกสัญญาณได้สัญญาณเหมือนกับอินพุตของทางต้นทางที่ส่งมาทั้ง2วงจรแต่สิ่งที่เกิดขึ้นก็คือเกิดการดีเลย์ของสัญญาณขึ้นที่ทางฝั่งรับซึ่งก็ไม่ได้มีผลทำให้การดีเทกสัญญาณเกิดความผิดพลาดและสิ่งที่สังเกตเห็นได้อีกอย่างคือ วงจรFSK DEMODULATOR มีการขยายสัญญาณ

4.4 การทดลองเกี่ยวกับวงจรกำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์

ในโครงงานนี้โทรศัพท์จะใช้ไอซีเบอร์ UM91210 ซึ่งเป็นไอซีสำเร็จในการสร้างสัญญาณ DTMF โดยใช้การควบคุมการกดหมาดเลขโดยใช้ MCS-51 จากการกดปุ่มหมายเลขที่คีย์บอร์ด แล้วส่งผ่านสายโทรศัพท์ออกไปยังชุมสายโทรศัพท์ต่อไป

4.4.1 วิธีในการทดลอง

1.ต่อวงจรดังรูปที่ 3.6

2.ทำการกดปุ่มแป้นหมายเลขต่างๆจากคีย์บอร์ดทีละหมายเลข

3.ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณหมายเลขที่ถูกส่งออกมา

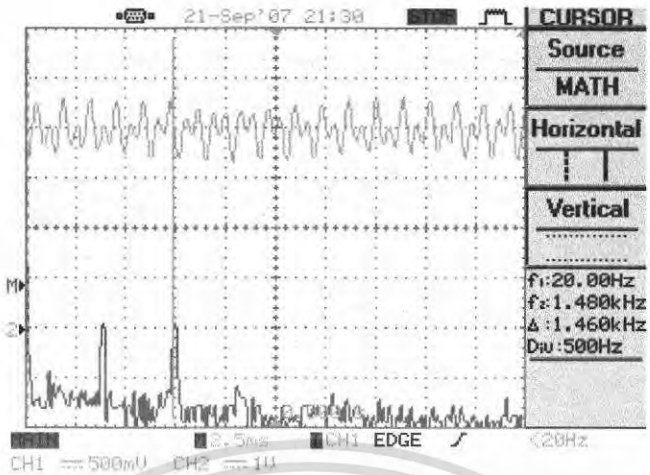
4.บันทึกผลการทดลอง

5.สรุปผลการทดลอง

4.4.2 ผลการทดลอง

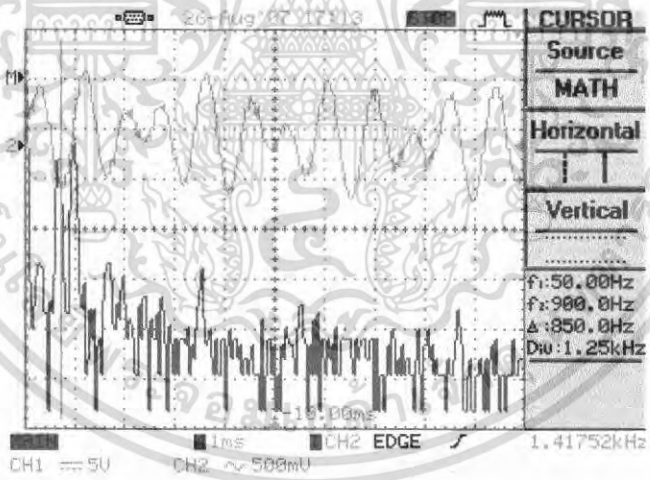
สัญญาณ DTMF เมื่อกดปุ่มหมายเลข 3 ได้สัญญาณความถี่ด้านสูง 1.460kHz จากค่าความถี่มาตราฐาน 1.447kHz แสดงดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สัญญาณและสเปกตรัมของสัญญาณความถี่คู่ โดยวัดผลที่องค์ประกอบทางความถี่สูง เมื่อกดปุ่มหมายเลข 3 ได้ความถี่ 1460 Hz

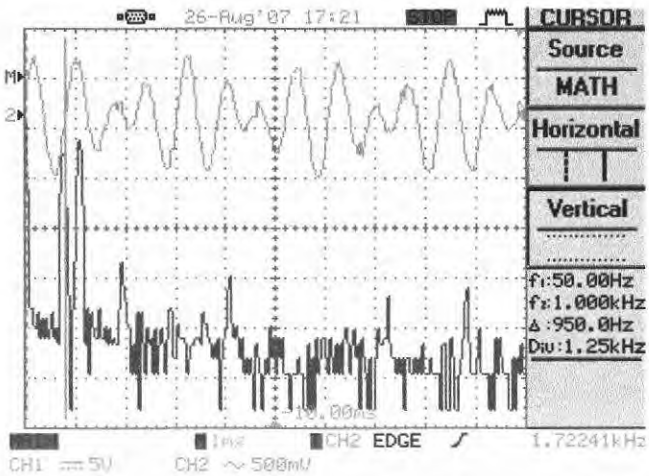
สัญญาณ DTMF เมื่อกดปุ่มหมายเลข 7 ได้สัญญาณความถี่ด้านต่ำ 850 Hz จากค่าความถี่มาตราฐาน 852 Hz แสดงดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 สัญญาณและสเปกตรัมของสัญญาณความถี่คู่ โดยวัดผลที่องค์ประกอบทางความถี่ต่ำ เมื่อกดปุ่มหมายเลข 7 ได้ความถี่ 850 Hz

สัญญาณ DTMF เมื่อกดปุ่มหมายเลข 0 ได้สัญญาณความถี่ด้านต่ำ 950 Hz จากค่าความถี่มาตราฐาน 941Hz แสดงดังรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 สัญญาณและสเปกตรัมของสัญญาณความถี่คู่ โดยวัดผลที่องค์ประกอบทางความถี่ต่ำ เมื่อกดปุ่มหมายเลข 0 ได้ความถี่ 950 Hz

เมื่อทำการทดลองและเก็บผลการทดลองจำนวน 10 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยความถี่ DTMF ได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกค่าความถี่คู่ของแต่ละหมายเลข

หมายเลข	ความถี่ต่ำ(Hz)		ความถี่สูง(Hz)		ค่าความผิดพลาด(%)	
	ค่ามาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง	ค่ามาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง	ความถี่ต่ำ	ความถี่สูง
1	697	**702**	1209	**1211**	**0.715**	**0.165**
2	697	**702**	1336	**1341**	**0.715**	**0.373**
3	697	**702**	1447	**1458**	**0.715**	**0.757**
4	770	**774**	1209	**1211**	**0.518**	**0.165**
5	770	**774**	1336	**1341**	**0.518**	**0.373**
6	770	**774**	1447	**1462**	**0.518**	**0.757**
7	852	**854**	1209	**1211**	**0.234**	**0.165**
8	852	**854**	1336	**1341**	**0.234**	**0.373**
9	852	**854**	1447	**1462**	**0.234**	**0.757**
0	941	**948**	1336	**1341**	**0.741**	**0.165**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.4

จากการทดลองนี้จะพบว่า วงจรกำเนิดสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ในระบบโทนหรือ DTMF นี้สามารถที่จะสร้างสัญญาณความถี่คู่ของแต่ละปุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ เปรียบเทียบจากความถี่เฉลี่ยจากการวัดกับค่าความถี่มาตรฐานของแต่ละหมายเลขทั้งความถี่ต่ำและความถี่สูงต่างมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก โดยมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยไม่เกิน 1%

4.5 การทดลองเกี่ยวกับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างด้านส่งและด้านรับ

การทดลองนี้จะเป็นการนำ MCS-51 เชื่อมต่อกับวงจร FSK และวงจร FSK DEMODULATOR โดยแยกออกเป็นฝั่งส่งและฝั่งรับโดยในฝั่งส่งจะส่งสัญญาณมอดูเลต FSK จากการมอดูเลตด้วยรหัสเมคโคดที่ถูกส่งออกมาจากพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม (TxD) ซึ่งสัญญาณมอดูเลต FSK จะถูกว่งไปยังวงจร FSK DEMODULATOR ในฝั่งรับ ทำการดีเทกสัญญาณรหัสเมคโคดที่ถูกส่งมาเข้าไปพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม (RxD) ของ MCS-51 ในฝั่งรับ

4.5.1 วิธีในการทดลอง

1.ต่อวงจรดังรูปที่ 3.7

2.ทำการกดปุ่มแป้นตัวอักษรต่างๆจากคีย์บอร์ด

3.ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณรหัสเมคโคดที่ถูกส่งออกมาจากพอร์ต (TxD) ของ MCS-51 ฝั่งส่ง (แชนเนลที่1) เทียบกับสัญญาณมอดูเลต FSK (แชนเนลที่2)

4. .ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณรหัสเมคโคดที่ถูกดีเทกโดยวงจร FSK DEMODULATOR ในฝั่งรับ เทียบกับสัญญาณรหัสเมคโคดที่ถูกส่งออกจากพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม (TxD) ในฝั่งส่ง

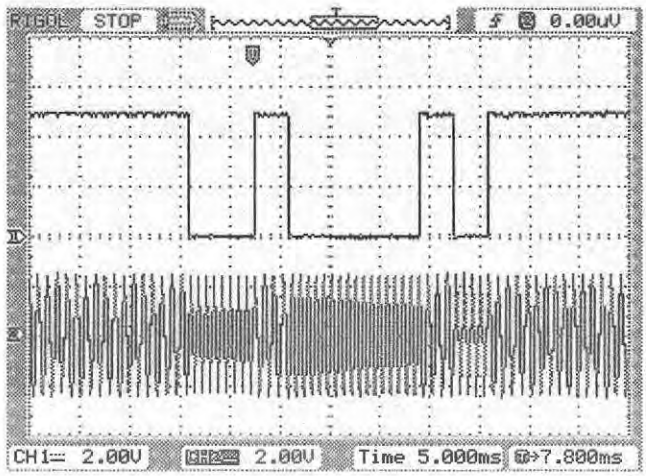
5.บันทึกผลการทดลอง

6.สรุปผลการทดลอง

4.5.2 ผลการทดลอง

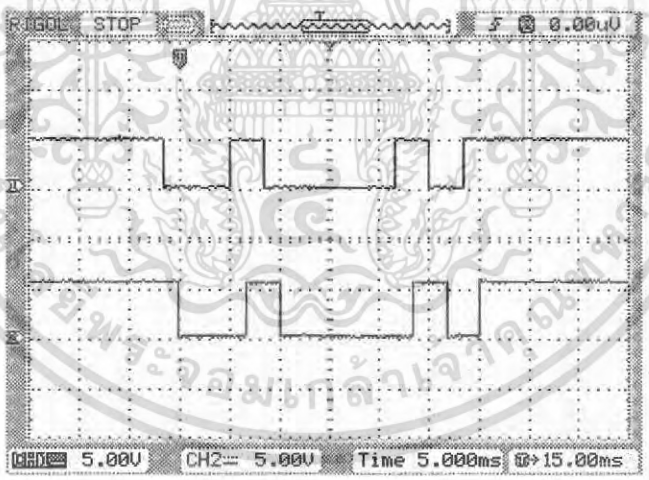
รูปที่ 4.12 เป็นสัญญาณรหัสเมคโคดของตัวอักษร “K” ที่ถูกส่งออกจากพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม (Tx) ของ MCS-51 ในฝั่งส่งซึ่งถูกส่งต่อไปเป็นสัญญาณอินพุตของวงจร FSK และที่เอาท์พุตของวงจร FSK จะได้สัญญาณ FSK ที่เปลี่ยนแปลงความถี่ตามรหัสเมคโคดของตัวอักษร “K”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 CH1 : สัญญาณรหัสเมคโคดของตัวอักษร (K) ที่ถูกส่งออกพอร์ต TxD ฝั่งส่ง
CH2 : สัญญาณเอาท์พุตของวงจร FSK ฝั่งส่ง

เมื่อทำการเปรียบเทียบสัญญาณรหัสเมคโคดของอักษรตัว "K" ที่ถูกส่งออกจากพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม (Tx) ของ MCS-51 ในฝั่งส่งกับสัญญาณที่ดีเทกได้จากวงจร FSK DEMODULATOR ในทางฝั่งรับ สัญญาณที่ฝั่งรับมีการดีเลย์ไปเล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 CH1 : สัญญาณรหัสเมคโคดที่ถูกส่งออกพอร์ต TxD ฝั่งส่ง
CH2 : สัญญาณรหัสเมคโคดตัวอักษร (K) ที่ถูกดีเทกโดยวงจร
FSK DEMODULATOR ฝั่งรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.5

จากการทดลองทั้ง 2 ฝั่งสามารถทำงานเชื่อมต่อและส่งข้อมูลระหว่างกันได้เป็นอย่างดีโดยเกิดการดีเลย์ของสัญญาณขึ้นเล็กน้อยในทางฝั่งรับและจะเห็นว่าวงจร FSK DEMODULATOR มีอัตราการขยายสัญญาณด้วยทั้งนี้เนื่องจากในการส่งสัญญาณผ่านคู่สายโทรศัพท์จริงๆ สัญญาณที่ส่งออกไปจะมีการลดทอนและมีสัญญาณรบกวน ดังนั้นการขยายสัญญาณทางฝั่งรับจึงมีความจำเป็นเพื่อให้ได้ระดับสัญญาณที่สามารถจะดีเทกได้

4.6 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ในโครงงานนี้จะใช้วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งตามรูปที่ 3.? โดยเอาท์พุตของวงจรจะให้เป็นลอจิก “0” เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา และเป็น “1” เมื่อไม่มีสัญญาณกระดิ่ง ซึ่งสถานะของลอจิกนี้จะถูกตรวจสอบโดย MCS-51 ถ้าตรวจพบลอจิก “0” จะทำการแสดงข้อความว่ามีสายเรียกเข้า

4.6.1 วิธีในการทดลอง

1.ต่อวงจรดังรูปที่ 3.8

2.ป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณกระดิ่งของโทรศัพท์

3.ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณอินพุต (แชนเนลที่1) และวัดสัญญาณเอาท์พุตที่ขา P2.5 ของ MCS-51 (แชนเนลที่2)

4.สังเกตการแสดงข้อความที่จอ LCD

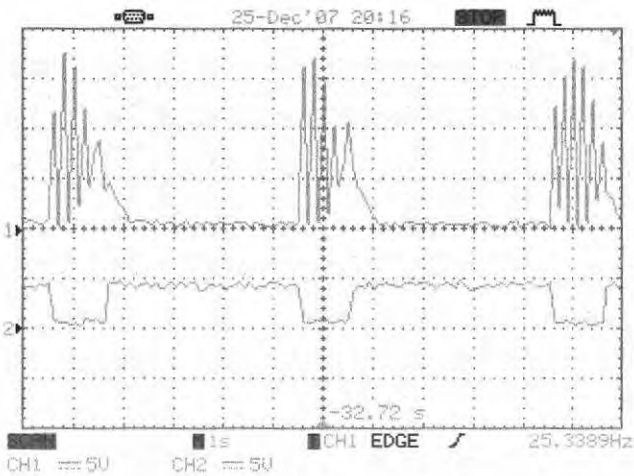
5.บันทึกผลการทดลอง

6.สรุปผลการทดลอง

4.6.2 ผลการทดลอง

สัญญาณกระดิ่งเป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์เป็นผู้ส่งมาให้ ซึ่งจะมีจังหวะON 1วินาที และ OFF 4 วินาที โดยผลการทดลองได้ลอจิก “0” 1 วินาที่ และลอจิก “1” 4 วินาที ดังรูปที่ 4.23 ซึ่ง LED จะติดและดับตามจังหวะการ ON หรือ OFF ด้วย รูปสัญญาณที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 CH1 : สัญญาณจุดที่เมื่อผ่านตัวเก็บประจุค่า 0.1 uF
CH2 : สัญญาณลอจิกที่ได้จากการตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ตารางที่ 4.3 ตารางผลการทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ลอจิก "0"	ลอจิก "1"
1 วินาที	4 วินาที

เมื่อ MCS-51 ได้รับลอจิก "0" 1 วินาทีและลอจิก "1" 4วินาที แล้วจะควบคุมจอ LCD ให้แสดงผล ดังรูปที่ 4.15

รูปที่ 4.15 การแสดงผลของจอ LCD เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.6

จากการทดลองในสภาวะปกติจะได้เอาท์พุตเป็นลอจิก “1” และเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาจะได้เอาท์พุตเป็นลอจิก “0” ซึ่งตรงกับช่วงเวลาที่ LED ดับ 4 วินาที และติด 1 วินาที และสามารถที่จะแสดงผลบนจอ LCD ให้เป็นไปตามที่ต้องการได้

4.7 การทดลองวงจรตรวจจับความถี่ 400 Hz

สัญญาณการหมุนหมายเลข, สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง ล้วนแต่มีความถี่ 400 Hz ทั้งสิ้น เพียงแต่ต่างกันตรงที่ช่วงเวลาการ ON-OFF ดังนั้นจึงสามารถที่จะแยกแยะสัญญาณทั้งสามออกจากกันได้โดยใช้วงจรตรวจจับสัญญาณความถี่ 400 Hz นี้ ซึ่งได้ให้เอาท์พุตเป็นลอจิก “0” หรือ “1” ไปให้ MCS-51 ตรวจสอบและแสดงข้อความให้รู้ถึงสถานะการเชื่อมต่อสัญญาณโทรศัพท์บนจอ LCD

4.7.1 วิธีในการทดลอง

1.ต่อวงจรดังรูปที่ 3.10

2.ป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณการหมุนหมายเลข, สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง

3.ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณอินพุต (แชนเนลที่1) และวัดสัญญาณเอาท์พุตที่ขา P2.6 ของ MCS-51 (แชนเนลที่2)

4.สังเกตการแสดงข้อความที่จอ LCD

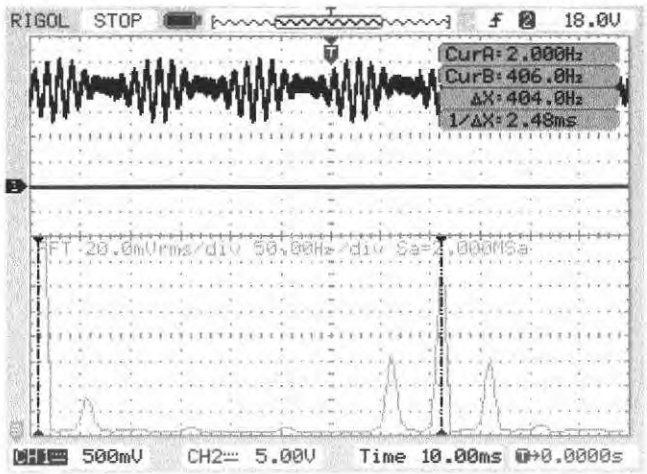
5.บันทึกผลการทดลอง

6.สรุปผลการทดลอง

4.7.2 ผลการทดลอง

สัญญาณการหมุนหมายเลข (Dial tone) มีความถี่ 400 Hz ถูกมอดูเลตอยู่กับความถี่ 50 Hz โดยสัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อมีสัญญาณการหมุนหมายเลข จะให้ลอจิก “0” และเมื่อไม่มีจะให้ลอจิก “1” ดังรูปที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



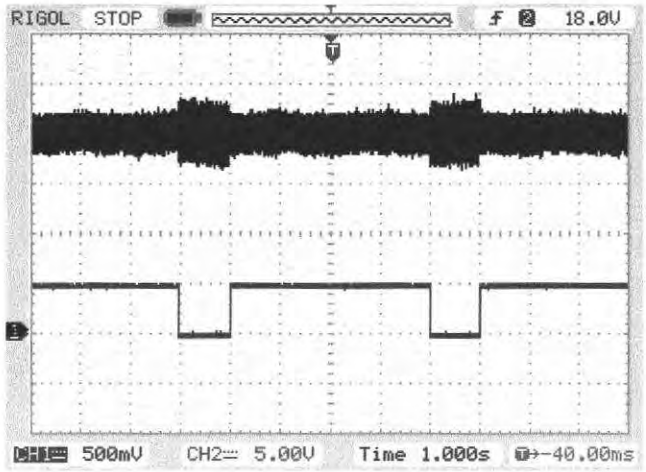
รูปที่ 4.16 CH1 : สัญญาณการหมุนหมายเลข (Dial tone)
CH2 : สัญญาณลอจิกที่ได้จากการตรวจจับสัญญาณการหมุนหมายเลข

เมื่อ MCS-51 ได้รับลอจิก "0" นานกว่า 1 วินาที แล้วจะควบคุมจอ LCD ให้แสดงผลดัง รูปที่ 4.17

รูปที่ 4.17 การแสดงผลของจอ LCD เมื่อมีสัญญาณการหมุนหมายเลขเข้ามา

สัญญาณเรียกกลับ (Ring back tone) มีความถี่ 400 Hz โดยสัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับจะให้ลอจิก "0" 1 วินาที และลอจิก "1" 4 วินาที ดังรูปที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



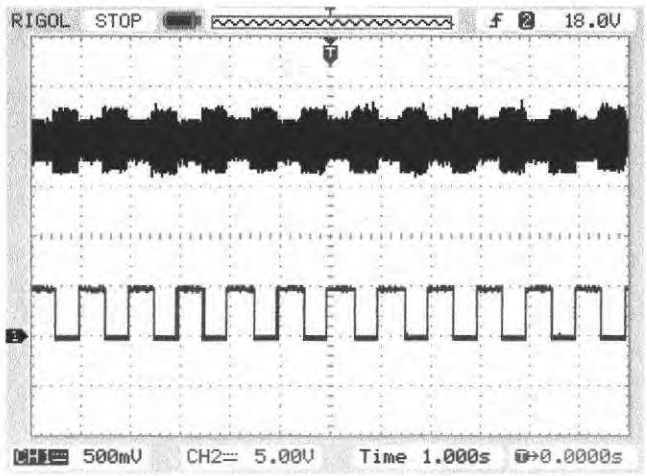
รูปที่ 4.18 CH1 : สัญญาณเรียกกลับ (Ring back tone)
CH2 : สัญญาณลอจิกที่ได้จากการตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ

เมื่อ MCS-51 ได้รับลอจิก "0" 1 วินาที และลอจิก "1" 4 วินาที แล้วจะควบคุมให้จอ LCD แสดงผลดังรูปที่ 4.19

รูปที่ 4.19 การแสดงผลของจอ LCD เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับ

สัญญาณไม่ว่าง (Busy tone) มีความถี่ 400 Hz โดยสัญญาณเอาท์พุตที่ได้เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างจะให้ลอจิก "0" 0.5 วินาที และลอจิก "1" 0.5 วินาที่ ดังรูปที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 CH1 : สัญญาณไม่ว่าง (Busy tone)
CH2 : สัญญาณลอจิกที่ได้จากการตรวจจับสัญญาณไม่ว่าง

เมื่อ MCS-51 ได้รับลอจิก "0" 0.5 วินาที และลอจิก "1" 0.5 วินาที แล้วจะควบคุมให้จอ LCD แสดงผลดังรูปที่ 4.21

รูปที่ 4.21 การแสดงผลของจอ LCD เมื่อมีสัญญาณไม่ว่าง

ตารางที่ 4.4 ตารางผลการทดลองวงจรตรวจจับความถี่ 400 Hz

สถานะ / สัญญาณ	ลอจิก "0"	ลอจิก "1"
สัญญาณการหมุนหมายเลข	ตลอดเวลาที่มีสัญญาณ	-
สัญญาณเรียกกลับ	1 วินาที	4 วินาที
สัญญาณไม่ว่าง	0.5 วินาที	0.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.7

จากการทดลองวงจรตรวจจับความถี่ 400 Hz สามารถตรวจจับสัญญาณการหมุนหมายเลข, สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง ได้อย่างแม่นยำซึ่งทำให้สามารถแสดงผลบนจอ LCD ได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการด้วย

4.8 การทดลองวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟ

วงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟ (Active Band Pass Filter) จะใช้กรองเอาแต่เฉพาะความถี่ FSK ที่ถูกส่งมาซึ่งถูกออกแบบให้มีอัตราขยาย 100 เท่า ทั้งนี้เพื่อให้ได้เอาท์พุตที่มีระดับสัญญาณสูงพอที่วงจร FSK demodulator จะสามารถดีเทกได้

4.8.1 วิธีในการทดลอง

1.ต่อวงจรดังรูปที่ 3.12

2.ป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณไซน์ขนาด 100 mV โดยเปลี่ยนความถี่จาก 0 Hz ถึง 4 kHz

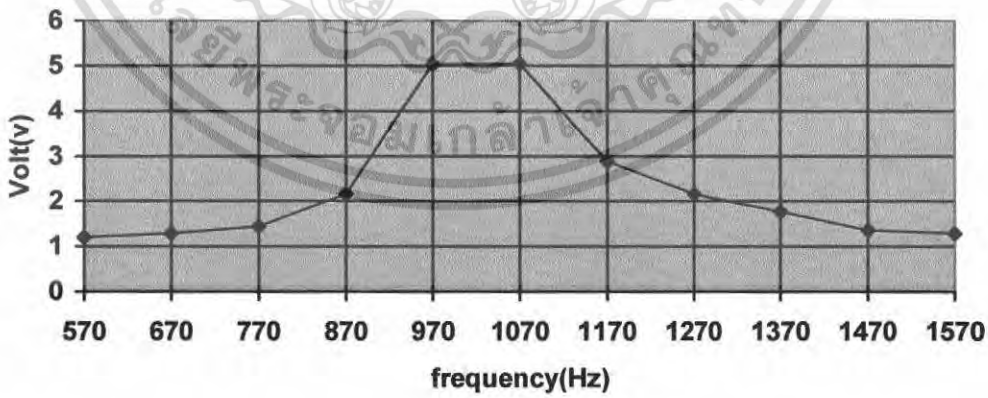
3.ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณอินพุต (แชนเนลที่1) และวัดสัญญาณเอาท์พุตของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟ (แชนเนลที่2)

5.บันทึกผลการทดลอง

6.สรุปผลการทดลอง

4.8.2 ผลการทดลอง

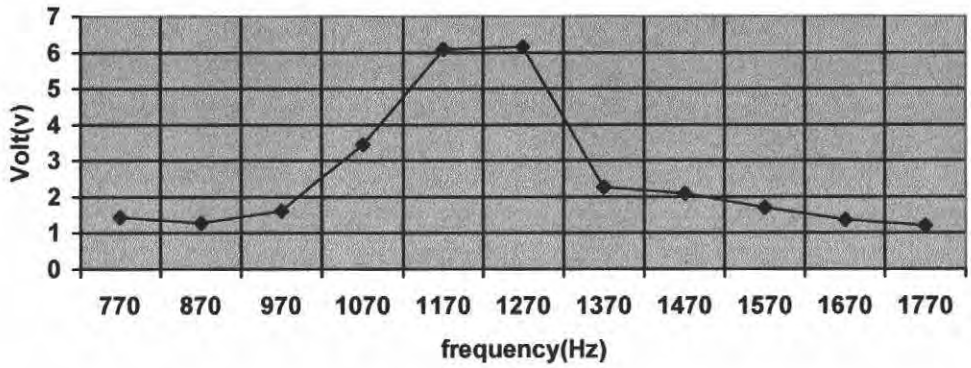
กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 1070 Hz ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 1070 Hz

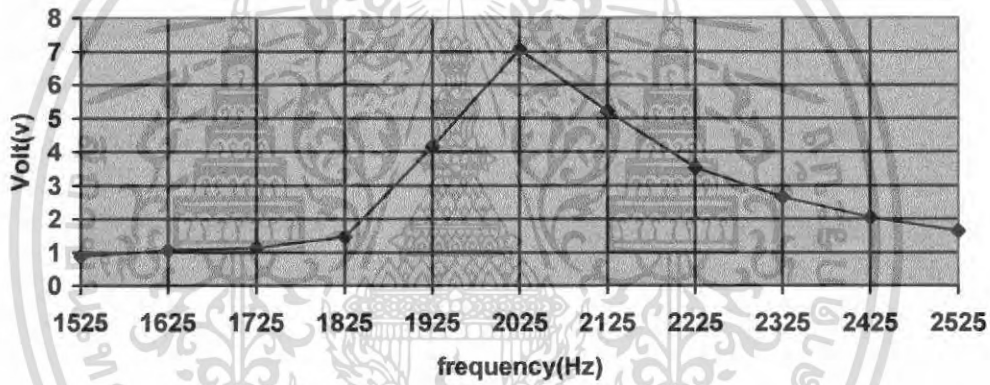
กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 1270 Hz ดังรูปที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



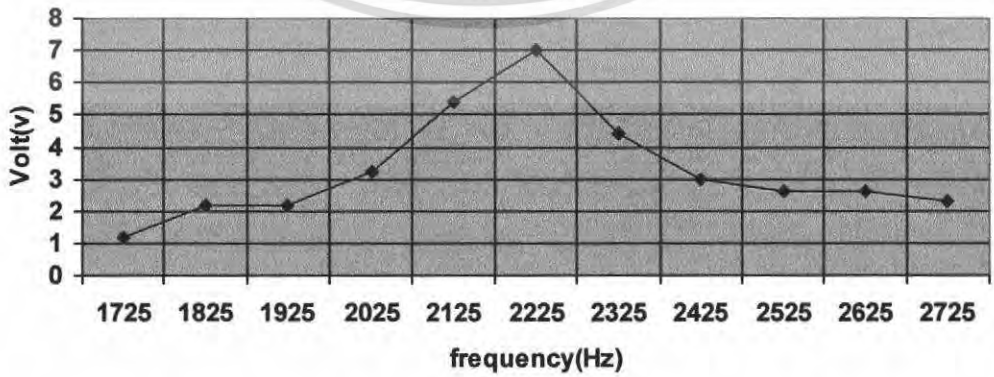
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 1270 Hz

กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 2025 Hz ดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 2025 Hz

กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 2225 Hz ดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการทำงานของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟที่มีความถี่กลาง 2225 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4.8

จากการทดลองวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบแอกทีฟ คุณสมบัติของวงจรเมื่อดูจากกราฟจะเห็นว่าผลตอบสนองทางความถี่ไม่เป็นไปตามอุดมคติ ทั้งนี้เพราะใช้การออกแบบวงจรให้เป็นแบบวงจรกรองแถบผ่านอันดับที่ 2 ความถี่อื่นๆนอกพาสแบนด์จึงมีเล็ดลอดออกไปบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

จากการศึกษาและทดลองทั้งส่วนควบคุม (MCS-51) ,ส่วนการมอดูเลต (FSK modulator, FSK demodulator) รวมไปถึงส่วนที่สร้างสัญญาณ DTMF สามารถทำงานได้ในระดับที่น่าพอใจ โดยส่วนควบคุม (MCS-51) การทำงานหลักๆคือการรับส่งค่าเมคโค้ด ประมวลผลและแสดงผลออกทางจอ LCD ตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง (Ringing tone), สัญญาณการหมุนหมายเลข (Dial tone), สัญญาณเรียกกลับ (Ring back tone) และสัญญาณไม่ว่าง (Busy tone) รวมไปถึงควบคุมการทำงานของรีเลย์ ในส่วนของการมอดูเลต การสร้างสัญญาณ FSK ทั้ง 4 ความถี่นั้นค่าความถี่ที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณเล็กน้อยทั้งนี้เนื่องมาจากค่าความผิดพลาดของอุปกรณ์คือ ค่า R และ C ที่ใช้กำหนดความถี่ แต่ค่าความถี่ที่ได้ก็ถืออยู่ในระดับที่พอจะยอมรับได้ วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและวงจรตรวจจับความถี่ 400 Hz ที่ใช้ตรวจสอบสัญญาณการหมุนหมายเลข, สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างนั้นสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี

สำหรับการเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์นั้น การใช้งานในโหมดเสียงพูดวงจรสามารถทำงานได้ดีโดยมีสัญญาณรบกวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์ให้ทำงานในโหมดข้อความนั้นเป็นสิ่งที่ยากพอสมควรเพราะต้องทำให้สัญญาณที่รับได้ทางด้านรับเมื่อดีเทกแล้วต้องได้สัญญาณไบนารี่ที่ถูกต้องตรงกับที่ต้นทางส่งมาโดยไม่ให้เกิดการผิดพลาดของบิตขึ้นเพราะไม่เช่นนั้น MCS-51 จะตรวจสอบและแสดงผลตัวอักษรนั้นผิดพลาด ซึ่งการที่จะเชื่อมต่อในโหมดข้อความให้มีประสิทธิภาพนั้นต้องสร้างวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความถี่ FSK ที่รับเข้ามา และต้องมีอัตราขยายเพียงพอที่จะทำให้วงจร FSK demodulator สามารถดีเทกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ, ประยุกต์และการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 2541, พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ศ.ดร. วิวัฒน์ กิรานนท์, วิศวกรรมการสื่อสาร, พิมพ์ครั้งที่ 4, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกูล , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แบบแฟลช, พิมพ์ครั้งที่4, บริษัทอินโนเวทีฟเอ็กเพอริเมนต์จำกัด, กรุงเทพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;/*******************************/;
;/*** Program Control and Display ***/;
;/***** Microcontroller MCS-51 *****/;
;/***************************************/;
;
;_____________________________________
;       Define Port&Pin  Name
;_____________________________________
;
GLCD_RW         BIT         P2.0
GLCD_DI         BIT         P2.1
GLCD_CS1        BIT         P2.2
GLCD_CS2        BIT         P2.3
GLCD_EN         BIT         P2.4
;
CLK             BIT         P3.2
DATA            BIT         P3.4
;/***************************************/;
;/*ADDRESS INTERNAL MEMMORY*/;
;/***************************************/;
KEYB            EQU         30H
S_RX            EQU         31H
CAP             EQU         32H
MODE1           EQU         33H
ENG_THAI        EQU         34H
NEW_PAGE        EQU         35H
CH_RING         EQU         36H
COUNT_RING      EQU         37H
STATUS_HK       EQU         38H
DTMF_NO         EQU         39H
SHIFT           EQU         40H
BACKTONE        EQU         41H

;_____________________________________
;       Define  Storage  Buffer
;_____________________________________
;
        ORG         22H             ; Start CPU-RAM Buffer
;
X_ADDR1:    DS    1                 ; X-Address1 Buffer
X_ADDR2:    DS    1                 ; X-Address2 Buffer
Y_ADDR1:    DS    1                 ; Y-Address1 Buffer
Y_ADDR2:    DS    1                 ; Y-Address2 Buffer
LINE_CNT:   DS    1                 ; Line LCD Counter
POST_CNT:   DS    1                 ; Write LCD Position Counter
;_____________________________________
;       Main   Program
;_____________________________________
;
        ORG    0000H            ; Strat Program
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        AJMP INITIAL

        ORG         0003H
        LJMP KEYBOARD

        ORG         0023H
        LJMP SERIAL_RX

INITIAL:    LCALL       PWR_DLY             ; Power-on Delay
            LCALL       INITIAL_VALUE
            LCALL       CLR_DISP
            MOV         DPTR,#TEL_
            LCALL       CHECK_PAGE
            MOV         NEW_PAGE,#00H
;
MAIN:       MOV         TMOD,#20H           ; Timer1,Mode2
            MOV         TH1,#0A0H           ; 300 Baud
            MOV         PCON,#00H           ; Smod=0
            SETB        TR1                 ; Start Timer1
            MOV         SCON,#50H           ; Sial Mode1 REN=1
            SETB        IT0
            MOV         IE,#91H
;
MAIN_LOOP1:     JNB     P2.5,LOOP
MAIN_LOOP2:     JNB     P2.6,LOOP1
                SJMP    MAIN_LOOP1

LOOP:           LCALL   DELAY_700mS
                JB      P2.5,MAIN_LOOP2
                LCALL   RINGING
LOOP_RING1:     MOV     COUNT_RING,#0CH
LOOP_RING2:     MOV     R4,CH_RING
                CJNE    R4,#01H,MAIN_LOOP2
                LCALL   DELAY_500mS
                JNB     P2.5,LOOP_RING1
                DEC     COUNT_RING
                MOV     R4,COUNT_RING
                CJNE    R4,#00H,LOOP_RING2
                SJMP    INITIAL
;
LOOP1:          MOV     R4,STATUS_HK
                CJNE    R4,#02H,MAIN_LOOP1
                LCALL   DELAY_700mS
                MOV     R4,BACKTONE
                CJNE    R4,#00H,LOOP1_1
                LCALL   TEXT_PAGE2
                LCALL   TEXT_PAGE2
                MOV     BACKTONE,#01H
LOOP1_1:        JNB     P2.6,BACK_TONE
                MOV     DPTR,#NUM_BUSY1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   CHECK_PAGE
                LCALL   TEXT_PAGE1
                MOV     DPTR,#NUM_BUSY2
                LCALL   CHECK_PAGE
                MOV     R2,#00H
                MOV     POST_CNT,#08H   ; Counter Y Position Page1
                MOV     DTMF_NO,#00H
                SJMP    MAIN_LOOP1
;
;
RINGING:    MOV     CH_RING,#01H
            LCALL   CLR_DISP
            MOV     DPTR,#RING1_
            LCALL   CHECK_PAGE
            LCALL   TEXT_PAGE1
            MOV     DPTR,#RING2_
            LCALL   CHECK_PAGE
            LCALL   TEXT_PAGE2
            RET
;
BACK_TONE:      MOV     DPTR,#BACKTONE1_
                LCALL   CHECK_PAGE
                LCALL   TEXT_PAGE1
                MOV     DPTR,#BACKTONE2_
                LCALL   CHECK_PAGE
                MOV     R2,#00H
                MOV     POST_CNT,#08H   ; Counter Y Position Page1
                MOV     DTMF_NO,#00H
                LCALL   DELAY_500mS
                LJMP    MAIN_LOOP1
;
;/*********************/;
;/*** Initial Value ***/;
;/*********************/;
INITIAL_VALUE:
                SETB    GLCD_EN
                MOV     R0,#80H
                MOV     CH_RING,#00H
                MOV     STATUS_HK,#00H
                MOV     DTMF_NO,#00H
                MOV     BACKTONE,#00H
                MOV     MODE1,#00H
                MOV     ENG_THAI,#00H
                MOV     CAP,#00H
                MOV     SHIFT,#00H
                MOV     R1,#0FFH
                MOV     P0,#00H
                MOV     P1,#0FFH
                SETB    P2.5
                SETB    P2.6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB    P2.7
                SETB    P3.5
                SETB    P3.6
                SETB    P3.7
                MOV     NEW_PAGE,#00H
                RET
;
;/***********************/;
;/* Initial Graphic LCD */;
;/***********************/;
;
INITGLCD:   MOV     R2,#00H
            MOV     LINE_CNT,#08H       ; Counter Line
            MOV     POST_CNT,#08H   ; Counter Char in Y Position Page1

            LCALL   DELAY
            MOV     A,#3FH      ; Display on-off1  X=1 ON,X=0 OFF
            LCALL   WR_COM1
      ;
            LCALL   DELAY
            MOV     A,#3FH      ; Display on-off2  X=1 ON,X=0 OFF
            LCALL   WR_COM2
      ;
            LCALL   DELAY
            MOV     A,#0C0H     ; Display Strat Page1
            LCALL   WR_COM1
      ;
            LCALL   DELAY
            MOV     A,#0C0H     ; Display Strat Page2
            LCALL   WR_COM2
      ;
            CLR     A
            MOV     X_ADDR1,A       ; Start X-Address1 = 0
            MOV     X_ADDR2,A       ; Start X-Address2 = 0
            MOV     Y_ADDR1,A       ; Start Y-Address1 = 0
            MOV     Y_ADDR2,A       ; Start Y-Address2 = 0
            RET
;
;/************************************/;
KEYBOARD:       MOV     C,DATA
                RRC     A
                INC     R1
CHECKDATA1:     CJNE    R1,#09H,CHECKDATA2
                MOV     KEYB,A
                CJNE    A,#07H,LOOP_KEY
                LCALL   CLR_DISP
                MOV     R4,ENG_THAI
                CJNE    R4,#01H,RET_KEY
                INC     X_ADDR1
                INC     X_ADDR2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET_KEY     RETI
LOOP_KEY:       MOV         R4,DTMF_NO
                CJNE        R4,#00H,LOOP_KEY1
                MOV         SBUF,A
                JNB         TI,$
                CLR         TI
LOOP_KEY1:      LJMP        CHECK_VALUE
CHECKDATA2:     CJNE        R1,#20H,RETURN
                MOV         R1,#00H
RETURN:         RETI
;
;/*************************************/;
SERIAL_RX:      JNB         RI,$
                MOV         A,SBUF
                CLR         RI
                MOV         S_RX,A
                LJMP        CHECK_CHAR_RX
                RETI
;/*************************************/;
;/*************DISPLAY***************/;
;/*************************************/;
CLR_DISP:       LCALL       INITGLCD        ; Initial Graphic LCD
;
NEW_LINE_:      LCALL       SET_X1          ; Set X_Address Page1
                LCALL       SET_Y1          ; Set Y_Address Page1
                MOV         POST_CNT,#40H ; Counter Y Position Page1
WR_PAGE1_:      LCALL       DELAY
                CLR         A
                LCALL       WR1
                DJNZ        POST_CNT,WR_PAGE1_
;
                LCALL       SET_X2          ; Set X_Address Page2
                LCALL       SET_Y2          ; Set Y_Address Page2
                MOV         POST_CNT,#40H  ; Counter Y Position Page2
WR_PAGE2_:      LCALL       DELAY
                MOV         A,#00H
                LCALL       WR2
                DJNZ        POST_CNT,WR_PAGE2_
;
                INC         X_ADDR1         ; Next Line Page1
                INC         X_ADDR2         ; Next Line Page2
                DJNZ        LINE_CNT,NEW_LINE_
                LCALL       INITGLCD        ; Initial Graphic LCD
                MOV         NEW_PAGE,#00H
                RET
;
;/*************************************/;
CHECK_PAGE:     MOV         R3,NEW_PAGE
                CJNE        R3,#00H,LOOPPAGE1
                LCALL       CLR_DISP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     NEW_PAGE,#01H
LOOPPAGE1:      CJNE    R2,#00H,PAGE2
PAGE1:          MOV     R3,POST_CNT
                CJNE    R3,#08H,WR_PAGE1
;
NEW_LINE1:      LCALL   SET_X1          ; Set X_Address Page1
                LCALL   SET_Y1          ; Set Y_Address Page1
WR_PAGE1:       LCALL   DELAY
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR       ; Get Data-Font
                CJNE    A,#099H,PAGE1_
                DJNZ    POST_CNT,RET_PAGE1
TEXT_PAGE1:     MOV     R2,#01H
                MOV     POST_CNT,#08H   ; Counter Y Position Page2
RET_PAGE1:      RET
        ;
PAGE1_:         NOP
                NOP
                LCALL   WR1
                INC     DPTR
                SJMP    WR_PAGE1
;
;/*************************/;
;
PAGE2:          MOV     R3,POST_CNT
                CJNE    R3,#08H,WR_PAGE2

;
NEW_LINE2:      LCALL   SET_X2          ; Set X_Address Page2
                LCALL   SET_Y2          ; Set Y_Address Page2
WR_PAGE2:       LCALL   DELAY
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR       ; Get Data-Font
                CJNE    A,#099H,PAGE2_
                DJNZ    POST_CNT,RET_PAGE2
TEXT_PAGE2:     MOV     R2,#00H
                MOV     POST_CNT,#08H   ; Counter Y Position Page1
                INC     X_ADDR1         ; Next Line Page1
                INC     X_ADDR2         ; Next Line Page2
                DJNZ    LINE_CNT,RET_PAGE2
                MOV     NEW_PAGE,#00H
RET_PAGE2:      RET
        ;
PAGE2_:         NOP
                NOP
                LCALL   WR2
                INC     DPTR
                SJMP    WR_PAGE2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;/*******************************/;
;/******** DISPLAY THAI *********/;
;/*******************************/;
CHECK_THAI:     MOV     R3,NEW_PAGE
                CJNE    R3,#00H,LOOPTHAI1
                LCALL   CLR_DISP
                MOV     LINE_CNT,#02H
                INC     X_ADDR1
                INC     X_ADDR1
                INC     X_ADDR2
                INC     X_ADDR2
                MOV     NEW_PAGE,#01H
LOOPTHAI1:
TH_LOOP1:       CJNE    R2,#00H,THAI2
                MOV     R3,POST_CNT
                CJNE    R3,#00H,THAI1
                MOV     R2,#01H
                MOV     POST_CNT,#08H ; Counter Y Position Page2
                LJMP    TH_LOOP2
THAI1:          MOV     R3,POST_CNT
                CJNE    R3,#08H,WR_THAI1
;
NEW_LINE_TH1:   LCALL   SET_X1          ; Set X_Address Page1
                LCALL   SET_Y1          ; Set Y_Address Page1
WR_THAI1:       LCALL   DELAY
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR       ; Get Data-Font
                CJNE    A,#099H,THAI1_
;
                MOV     A,Y_ADDR1
                ADD     A,#08H
                MOV     Y_ADDR1,A
                DEC     POST_CNT
;               DJNZ    POST_CNT,RET_PAGE1
;TEXT_THAI1:    MOV     R2,#01H
;               MOV     POST_CNT,#08H   ; Counter Y Position Page2
RET_THAI1:      RET
;
THAI1_:         NOP
                NOP
                LCALL   WR1
                INC     DPTR
                SJMP    WR_THAI1
;
;/************************/;
;
THAI2:      ;   CJNE    R2,#00H,THAI2
                MOV     R3,POST_CNT
                CJNE    R3,#00H,TH_LOOP2
                MOV     R2,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     POST_CNT,#08H  ; Counter Y Position Page2
                INC     X_ADDR1        ; Next Line Page1
                INC     X_ADDR1
                INC     X_ADDR1
                INC     X_ADDR2        ; Next Line Page2
                INC     X_ADDR2
                INC     X_ADDR2
;               MOV     A,LINE_CNT
;               SUBB    A,#06H
;               MOV     LINE_CNT,A
                DJNZ    LINE_CNT,RET_THAI2
                MOV     NEW_PAGE,#00H
                LJMP    CHECK_THAI
;
TH_LOOP2:       MOV     R3,POST_CNT
                CJNE    R3,#08H,WR_THAI2
;
NEW_LINE_TH2:   LCALL   SET_X2         ; Set X_Address Page2
                LCALL   SET_Y2         ; Set Y_Address Page2
WR_THAI2:       LCALL   DELAY
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR      ; Get Data-Font
                CJNE    A,#099H,THAI2_
                MOV     A,Y_ADDR2
                ADD     A,#08H
                MOV     Y_ADDR2,A
;               RET
                DEC     POST_CNT
;               DJNZ    POST_CNT,RET_PAGE2
;TEXT_THAI2:    MOV     R2,#00H
;               MOV     POST_CNT,#08H  ; Counter Y Position Page1
;               INC     X_ADDR1        ; Next Line Page1
;               INC     X_ADDR1
;               INC     X_ADDR1
;               INC     X_ADDR2        ; Next Line Page2
;               INC     X_ADDR2
;               INC     X_ADDR2
;               MOV     A,LINE_CNT
;               SUBB    A,#06H
;               MOV     LINE_CNT,A
;               DJNZ    LINE_CNT,RET_THAI2
;               MOV     NEW_PAGE,#00H
;               LJMP    CHECK_THAI
RET_THAI2:      RET
;
THAI2_:         NOP
                NOP
                LCALL   WR2
                INC     DPTR
                SJMP    WR_THAI2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
;/*******************/;
;/* Set X-Address1  */;
;/* Input : X_ADDR1 */;
;/*       : (0..7)  */;
;/*******************/;
;
SET_X1:             PUSH        ACC
                    LCALL       DELAY
                    MOV         A,X_ADDR1
                    ANL         A,#07H
                    ORL         A,#0B8H
                    LCALL       WR_COM1
                    POP         ACC
                    RET

;/*******************/;
;/* Set X-Address2  */;
;/* Input : X_ADDR2 */;
;/*       : (0..7)  */;
;/*******************/;
;
SET_X2:             PUSH        ACC
                    LCALL       DELAY
                    MOV         A,X_ADDR2
                    ANL         A,#07H
                    ORL         A,#0B8H
                    LCALL       WR_COM2
                    POP         ACC
                    RET

;/*******************/;
;/* Set Y-Address1  */;
;/* Input : Y_ADDR1 */;
;/*       : (0..63) */;
;/*******************/;
;
SET_Y1:             PUSH        ACC
                    LCALL       DELAY
                    MOV         A,Y_ADDR1
                    ANL         A,#3FH
                    ORL         A,#40H


                    LCALL       WR_COM1
                    POP         ACC
                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;/*******************/;
;/* Set Y-Address2  */;
;/* Input : Y_ADDR2 */;
;/*       : (0..63) */;
;/*******************/;
;
SET_Y2:         PUSH    ACC
                LCALL   DELAY
                MOV     A,Y_ADDR2
                ANL     A,#3FH
                ORL     A,#40H
                LCALL   WR_COM2
                POP     ACC
                RET
;/*********************************/;
_HIGH:          PUSH    ACC
                INC     POST_CNT
                CJNE    R2,#00H,LOOP_HIGH
                LCALL   DEC_X1
LOOP_HIGH1:     LCALL   DELAY
                MOV     A,Y_ADDR1
                SUBB    A,#08H
                MOV     Y_ADDR1,A
                ORL     A,#40H
                LCALL   WR_COM1
                POP     ACC
                RET
LOOP_HIGH:      LCALL   DEC_X2
LOOP_HIGH2:     LCALL   DELAY
                MOV     A,Y_ADDR2
                SUBB    A,#08H
                MOV     Y_ADDR2,A
                ORL     A,#40H
                LCALL   WR_COM2
                POP     ACC
                RET
;
_LOW:           PUSH    ACC
                INC     POST_CNT
                CJNE    R2,#00H,LOOP_LOW
                LCALL   INC_X1
                LCALL   DELAY
                MOV     A,Y_ADDR1
                SUBB    A,#08H
                MOV     Y_ADDR1,A
                ORL     A,#40H
                LCALL   WR_COM1
                POP     ACC
                RET
LOOP_LOW:       LCALL   INC_X2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   DELAY
                MOV     A,Y_ADDR2
                SUBB    A,#08H
                MOV     Y_ADDR2,A
                ORL     A,#40H
                LCALL   WR_COM2
                POP     ACC
                RET
;
INC_X:          CJNE    R2,#00H,INC_X2
INC_X1:         LCALL   DELAY
                INC     X_ADDR1
                MOV     A,X_ADDR1
                ORL     A,#0B8H
                LCALL   WR_COM1
                RET
INC_X2:         LCALL   DELAY
                INC     X_ADDR2
                MOV     A,X_ADDR2
                ORL     A,#0B8H
                LCALL   WR_COM2
                RET
;
DEC_X:          CJNE    R2,#00H,DEC_X2
DEC_X1:         LCALL   DELAY
                DEC     X_ADDR1
                MOV     A,X_ADDR1
                ORL     A,#0B8H
                LCALL   WR_COM1
                RET
DEC_X2:         LCALL   DELAY
                DEC     X_ADDR2
                MOV     A,X_ADDR2
                ORL     A,#0B8H
                LCALL   WR_COM2
                RET
;
;/***********************/;
;/* Read Busy Flag LCD1 */;
;/***********************/;
;
BUSY_LCD1:      PUSH    ACC
                CLR     GLCD_EN
                CLR     GLCD_CS2
                SETB    GLCD_CS1
                CLR     GLCD_DI
                SETB    GLCD_RW
                NOP
                NOP
                SETB    GLCD_EN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BUSY1:          LCALL   RD
                JB      ACC.7,BUSY1
                POP     ACC
                RET
;/***********************/;
;/* Read Busy Flag LCD2 */;
;/***********************/;
;
BUSY_LCD2:      PUSH    ACC
                CLR     GLCD_EN
                SETB    GLCD_CS2
                CLR     GLCD_CS1
                CLR     GLCD_DI
                SETB    GLCD_RW
                NOP
                NOP
                SETB    GLCD_EN
BUSY2:          LCALL   RD
                JB      ACC.7,BUSY2
                POP     ACC
                RET
;
RD:             NOP
                NOP
                MOVX    A,@R0
                CLR     GLCD_EN
                NOP
                NOP
                SETB    GLCD_EN
                RET
;/***********************/;
;/**** Write Command ****/;
;/***********************/;
;
WR_COM1:        CLR     GLCD_EN
                CLR     GLCD_RW         ; Write Instruction1
                CLR     GLCD_DI
                SETB    GLCD_CS1
                CLR     GLCD_CS2
                NOP
                NOP
                SETB    GLCD_EN
                NOP
                NOP
                MOV     P0,A
                CLR     GLCD_EN
                NOP
                NOP
                SETB    GLCD_EN
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
WR_COM2:        CLR     GLCD_EN
                CLR     GLCD_RW         ; Write Instruction2
                CLR     GLCD_DI
                CLR     GLCD_CS1
                SETB    GLCD_CS2
                NOP
                NOP
                SETB    GLCD_EN
                NOP
                MOV     P0,A
                CLR     GLCD_EN
                NOP
                NOP
                SETB    GLCD_EN
                RET
;/**********************/;
;/****** Write Data *****/;
;/**********************/;
;
WR1:            CLR     GLCD_EN
                CLR     GLCD_RW         ; Write Data1
                SETB    GLCD_DI
                SETB    GLCD_CS1
                CLR     GLCD_CS2
                NOP
                NOP
                SETB    GLCD_EN
                LCALL   BUSY_LCD1
        ;       LCALL   DELAY
                MOV     P0,A
                CLR     GLCD_EN
                NOP
                NOP
                SETB    GLCD_EN
                RET
;
WR2:            CLR     GLCD_EN
                CLR     GLCD_RW         ; Write Data2
                SETB    GLCD_DI
                CLR     GLCD_CS1
                SETB    GLCD_CS2
                NOP
                NOP
                SETB    GLCD_EN
                LCALL   BUSY_LCD2
        ;       LCALL   DELAY
                MOV     P0,A
                CLR     GLCD_EN
                NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                NOP
                SETB    GLCD_EN
                RET
;/***********************/;
;/******** Delays *******/;
;/***********************/;
;
PWR_DLY:        MOV     R2,#02H         ; Power-on Delay
PWR_DLY1:       MOV     R3,#00H
PWR_DLY2:       MOV     R4,#00H
                DJNZ    R4,$
                DJNZ    R3,PWR_DLY2
                DJNZ    R2,PWR_DLY1
                RET
;
DELAY:          MOV     R4,#0FH
                DJNZ    R4,$
                RET
;
DELAY_100mS:    MOV     R5,#0C3H        ; Delay 100mS
LOOP1_100mS:    MOV     R4,#0FFH
                DJNZ    R4,$
                DJNZ    R5,LOOP1_100mS
                RET
;
DELAY_500mS:    MOV     R7,#05H         ; Do 5 time
DELAY1_500mS:   LCALL   DELAY_100mS
                DJNZ    R7,DELAY1_500mS
                RET
;
DELAY_600mS:    MOV     R7,#06H         ; Do 6 time
DELAY1_600mS:   LCALL   DELAY_100mS
                DJNZ    R7,DELAY1_600mS
                RET
;
DELAY_700mS:    MOV     R7,#07H         ; Do 7 time
DELAY1_700mS:   LCALL   DELAY_100mS
                DJNZ    R7,DELAY1_700mS
                RET
;
DELAY_1S:       MOV     R7,#0AH         ; Do 10 time
DELAY1_1S:      LCALL   DELAY_100mS
                DJNZ    R7,DELAY1_1S
                RET
;
DELAY_2S:       MOV     R7,#14H         ; Do 20 time
DELAY1_2S:      LCALL   DELAY_100mS
                DJNZ    R7,DELAY1_2S
                RET
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_4_2S:     MOV     R7,#2AH         ; Do 42 time
DELAY1_4_2S:    LCALL   DELAY_100mS
                DJNZ    R7,DELAY1_4_2S
                RET
;/*********************************/;
;/* Check English Characters Fonts */;
;/*********************************/;
;
CHECK_VALUE:
;
_ESC:           MOV     BACKTONE,#00H
                CJNE    A,#076H,_F1_
                MOV     R4,CH_RING
                CJNE    R4,#00H,HK_R
                MOV     R4,STATUS_HK
                CJNE    R4,#00H,HOOK_OFF
                MOV     STATUS_HK,#01H
                LCALL   CLR_DISP
                CLR     P3.5
                CLR     P2.7
;
                LCALL   DELAY_1S        ; Check Dial Tone
                JB      P2.6,DELAY_DIAL
DIAL_LOOP:      JNB     P2.6,DIAL
                LCALL   CLR_DISP
                MOV     DPTR,#TRY_AGAIN1_
                LCALL   CHECK_PAGE
                LCALL   TEXT_PAGE1
                MOV     DPTR,#TRY_AGAIN2_
                LCALL   CHECK_PAGE
                LCALL   TEXT_PAGE2
                RETI
;
DIAL:           LCALL   DELAY_700mS
                JB      P2.6,NETWORK_BUSY
                LCALL   CLR_DISP
                MOV     DPTR,#DIAL_1
                LCALL   CHECK_PAGE
                LCALL   TEXT_PAGE1
                MOV     DPTR,#DIAL_2
                LCALL   CHECK_PAGE
                LCALL   TEXT_PAGE2
                MOV     DTMF_NO,#01H
                RETI
;
DELAY_DIAL:     LCALL   DELAY_1S
                SJMP    DIAL_LOOP
;
NETWORK_BUSY:   LCALL   CLR_DISP
                MOV     DPTR,#BUSY1_
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   CHECK_PAGE
                LCALL   TEXT_PAGE1
                MOV     DPTR,#BUSY2_
                LCALL   CHECK_PAGE
                LCALL   TEXT_PAGE2
                RETI
;
_F1_:           LJMP    _F1

;
HK_R:           MOV     CH_RING,#00H
                MOV     STATUS_HK,#01H
                LCALL   CLR_DISP
                CLR     P2.7
                CLR     P3.5                ; HOOK ON
                RETI
;
HOOK_OFF:       SETB    P2.7
                SETB    P3.5        ; HOOK OFF
                LCALL   CLR_DISP
                MOV     DPTR,#TEL_
                LCALL   CHECK_PAGE
                MOV     STATUS_HK,#00H
                RETI
;
_F1:            CJNE    A,#05H,SHIFT1
                MOV     R4,MODE1
                CJNE    R4,#00H,LOOP_MODE1
                CLR     P3.7
                MOV     MODE1,#01H
                RETI
LOOP_MODE1:     SETB    P3.7
                MOV     MODE1,#00H
                RETI
;
CHECK_CHAR_RX:
                MOV     BACKTONE,#00H
                CJNE    A,#076H,SHIFT1
                MOV     DPTR,#HK_OFF1
                LCALL   CHECK_PAGE
                LCALL   TEXT_PAGE1
                MOV     DPTR,#HK_OFF2
                LCALL   CHECK_PAGE
                LCALL   TEXT_PAGE2
                RETI
;
;_BLANK:         CJNE    A,#029H,SHIFT1      ; BLANK
;               MOV     DPTR,#BLANK
;               LCALL   CHECK_PAGE
;               RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
SHIFT1:          CJNE    A,#012H,SHIFT2
                 MOV     SHIFT,#01H
                 RETI
SHIFT2:          CJNE    A,#059H,CAPS_LOCK
                 MOV     SHIFT,#01H
                 RETI
;
CAPS_LOCK:       CJNE    A,#058H,_ENG_THAI
                 MOV     R4,CAP
                 CJNE    R4,#00H,LOOP_CAP
                 MOV     CAP,#01H
                 RETI
LOOP_CAP:        MOV     CAP,#00H
                 RETI
;
_ENG_THAI: C     JNE     A,#0EH,LOOP_ENG_THAI
                 MOV     R4,ENG_THAI
                 CJNE    R4,#00H,_ENG_MODE
                 MOV     ENG_THAI,#01H
                 LCALL   CLR_DISP
                 INC     X_ADDR1
                 INC     X_ADDR2
                 RETI
LOOP_ENG_THAI:
                 MOV     R4,ENG_THAI
                 CJNE    R4,#01H,ENG_MODE
                 LJMP    THAI_MODE
_ENG_MODE:       MOV     ENG_THAI,#00H
                 LCALL   CLR_DISP
                 RETI
;
;/*****************************/;
;/** English Characters Mode **/;
;/*****************************/;
ENG_MODE:
_BLANK:          CJNE    A,#029H,ENTER_E     ; BLANK
                 MOV     DPTR,#BLANK
                 LCALL   CHECK_PAGE
                 RETI
;_DELETE_E:       CJNE    A,#066H,CHE_CAP
;                 INC     POST_CNT
;                 CJNE    R2,#00H,_DELETE_E1
;                 LCALL   LOOP_HIGH1
;                 MOV     DPTR,#BLANK
;                 LCALL   CHECK_PAGE
;                 LCALL   LOOP_HIGH1
;                 RETI
;_DELETE_E1:      LCALL   LOOP_HIGH2
;                 MOV     DPTR,#BLANK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;               LCALL   CHECK_PAGE
;               LCALL   LOOP_HIGH2
;               RETI
ENTER_E:        CJNE    A,#05AH,CHE_CAP
                MOV     R2,#00H
                MOV     POST_CNT,#08H
                INC     X_ADDR1          ; Next Line Page1
                INC     X_ADDR2          ; Next Line Page2
                LCALL   SET_Y1         ; Set Y_Address Page1
                DJNZ    LINE_CNT,RET_ENTE
                MOV     NEW_PAGE,#00H
RET_ENTE:       RETI
;

CHE_CAP:        MOV     R4,CAP
                CJNE    R4,#01H,CHE_SHIFT
                MOV     R4,SHIFT
                CJNE    R4,#01H,CAPE_1
                LJMP    CHECK_ENG1
CHE_SHIFT:      MOV     R4,SHIFT
                CJNE    R4,#01H,CAPE_2
                LJMP    CHECK_ENG2
CAPE_1:         LJMP    CHECK_ENG2
CAPE_2:         LJMP    CHECK_ENG1

;
CHECK_ENG1:
                MOV     SHIFT,#00H

_0:             CJNE    A,#045H,_1     ; 0
                MOV     R4,DTMF_NO
                CJNE    R4,#01H,NO0
                CLR     P1.3
                CLR     P1.5
                LCALL   DELAY_100mS
                SETB    P1.3
                SETB    P1.5
NO0:            MOV     DPTR,#_0_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_1:             CJNE    A,#016H,_2      ; 1
                MOV     R4,DTMF_NO
                CJNE    R4,#01H,NO1
                CLR     P1.0
                CLR     P1.4
                MOV     STATUS_HK,#02H
                LCALL   DELAY_100mS
                SETB    P1.0
                SETB    P1.4
NO1:            MOV     DPTR,#_1_
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_2:             CJNE    A,#01EH,_3      ; 2
                MOV     R4,DTMF_NO
                CJNE    R4,#01H,NO2
                CLR     P1.0
                CLR     P1.5
                MOV     STATUS_HK,#02H
                LCALL   DELAY_100mS
                SETB    P1.0
                SETB    P1.5
NO2:            MOV     DPTR,#_2_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_3:             CJNE    A,#026H,_4      ; 3
                MOV     R4,DTMF_NO
                CJNE    R4,#01H,NO3
                CLR     P1.0
                CLR     P1.6
                MOV     STATUS_HK,#02H
                LCALL   DELAY_100mS
                SETB    P1.0
                SETB    P1.6
NO3:            MOV     DPTR,#_3_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_4:             CJNE    A,#025H,_5      ; 4
                MOV     R4,DTMF_NO
                CJNE    R4,#01H,NO4
                CLR     P1.1
                CLR     P1.4
                MOV     STATUS_HK,#02H
                LCALL   DELAY_100mS
                SETB    P1.1
                SETB    P1.4
NO4:            MOV     DPTR,#_4_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_5:             CJNE    A,#02EH,_6      ; 5
                MOV     R4,DTMF_NO
                CJNE    R4,#01H,NO5
                CLR     P1.1
                CLR     P1.5
                MOV     STATUS_HK,#02H
                LCALL   DELAY_100mS
                SETB    P1.1
                SETB    P1.5
NO5:            MOV     DPTR,#_5_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_6:     CJNE    A,#036H,_7      ; 6
        MOV     R4,DTMF_NO
        CJNE    R4,#01H,NO6
        CLR     P1.1
        CLR     P1.6
        MOV     STATUS_HK,#02H
        LCALL   DELAY_100mS
        SETB    P1.1
        SETB    P1.6
NO6:    MOV     DPTR,#_6_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_7:     CJNE    A,#03DH,_8      ; 7
        MOV     R4,DTMF_NO
        CJNE    R4,#01H,NO7
        CLR     P1.2
        CLR     P1.4
        MOV     STATUS_HK,#02H
        LCALL   DELAY_100mS
        SETB    P1.2
        SETB    P1.4
NO7:    MOV     DPTR,#_7_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_8:     CJNE    A,#03EH,_9      ; 8
        MOV     R4,DTMF_NO
        CJNE    R4,#01H,NO8
        CLR     P1.2
        CLR     P1.5
        MOV     STATUS_HK,#02H
        LCALL   DELAY_100mS
        SETB    P1.2
        SETB    P1.5
NO8:    MOV     DPTR,#_8_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_9:     CJNE    A,#046H,_a      ; 9
        MOV     R4,DTMF_NO
        CJNE    R4,#01H,NO9
        CLR     P1.2
        CLR     P1.6
        MOV     STATUS_HK,#02H
        LCALL   DELAY_100mS
        SETB    P1.2
        SETB    P1.6
NO9:    MOV     DPTR,#_9_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
;
_a:     CJNE    A,#01CH,_b
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     DPTR,#a_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_b:     CJNE    A,#032H,_c
        MOV     DPTR,#b_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_c:     CJNE    A,#021H,_d
        MOV     DPTR,#c_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_d:     CJNE    A,#023H,_e
        MOV     DPTR,#d_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_e:     CJNE    A,#024H,_f
        MOV     DPTR,#e_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_f:     CJNE    A,#02BH,_g
        MOV     DPTR,#f_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_g:     CJNE    A,#034H,_h
        MOV     DPTR,#g_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_h:     CJNE    A,#033H,_i
        MOV     DPTR,#h_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_i:     CJNE    A,#043H,_j
        MOV     DPTR,#i_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_j:     CJNE    A,#03BH,_k
        MOV     DPTR,#j_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_k:     CJNE    A,#042H,_l
        MOV     DPTR,#k_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_l:     CJNE    A,#04BH,_m
        MOV     DPTR,#l_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_m:     CJNE    A,#03AH,_n
        MOV     DPTR,#m_
        LCALL   CHECK_PAGE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RETI
_n:             CJNE    A,#031H,_o
                MOV     DPTR,#n_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_o:             CJNE    A,#044H,_p
                MOV     DPTR,#o_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_p:             CJNE    A,#04DH,_q
                MOV     DPTR,#p_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_q:             CJNE    A,#015H,_r
                MOV     DPTR,#q_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_r:             CJNE    A,#02DH,_s
                MOV     DPTR,#r_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_s:             CJNE    A,#01BH,_t
                MOV     DPTR,#s_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_t:             CJNE    A,#02CH,_u
                MOV     DPTR,#t_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_u:             CJNE    A,#03CH,_v
                MOV     DPTR,#u_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_v:             CJNE    A,#02AH,_w
                MOV     DPTR,#v_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_w:             CJNE    A,#01DH,_x
                MOV     DPTR,#w_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_x:             CJNE    A,#022H,_y
                MOV     DPTR,#x_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_y:             CJNE    A,#035H,_z
                MOV     DPTR,#y_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_z:             CJNE    A,#01AH,_SYMB1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR,#z_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB1:         CJNE    A,#052H,_SYMB2   ;'
                MOV     DPTR,#SYMB1
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB2:         CJNE    A,#041H,_SYMB3   ;,
                MOV     DPTR,#SYMB2
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB3:         CJNE    A,#04EH,_SYMB4   ;-
                MOV     DPTR,#SYMB3
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB4:         CJNE    A,#049H,_SYMB5   ;.
                MOV     DPTR,#SYMB4
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB5:         CJNE    A,#04CH,_SYMB6   ;;
                MOV     DPTR,#SYMB5
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB6:         CJNE    A,#04AH,_SYMB7   ;/
                MOV     DPTR,#SYMB6
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB7:         CJNE    A,#055H,_Tab1    ;=
                MOV     DPTR,#SYMB7
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_Tab1:          CJNE    A,#055H,ERROR1
                MOV     DPTR,#Tab
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
;
ERROR1:         NOP
                RETI
;
CHECK_ENG2:     MOV     SHIFT,#00H
;

_A:             CJNE    A,#01CH,_B
                MOV     DPTR,#A_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_B:             CJNE    A,#032H,_C
                MOV     DPTR,#B_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_C:     CJNE    A,#021H,_D
        MOV     DPTR,#C_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_D:     CJNE    A,#023H,_E
        MOV     DPTR,#D_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_E:     CJNE    A,#024H,_F
        MOV     DPTR,#E_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_F:     CJNE    A,#02BH,_G
        MOV     DPTR,#F_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_G:     CJNE    A,#034H,_H
        MOV     DPTR,#G_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_H:     CJNE    A,#033H,_I
        MOV     DPTR,#H_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_I:     CJNE    A,#043H,_J
        MOV     DPTR,#I_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_J:     CJNE    A,#03BH,_K
        MOV     DPTR,#J_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_K:     CJNE    A,#042H,_L
        MOV     DPTR,#K_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_L:     CJNE    A,#04BH,_M
        MOV     DPTR,#L_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_M:     CJNE    A,#03AH,_N
        MOV     DPTR,#M_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_N:     CJNE    A,#031H,_O
        MOV     DPTR,#N_
        LCALL   CHECK_PAGE
        RETI
_O:     CJNE    A,#044H,_P
        MOV     DPTR,#O_
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_P:             CJNE    A,#04DH,_Q
                MOV     DPTR,#P_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_Q:             CJNE    A,#015H,_R
                MOV     DPTR,#Q_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_R:             CJNE    A,#02DH,_S
                MOV     DPTR,#R_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_S:             CJNE    A,#01BH,_T
                MOV     DPTR,#S_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_T:             CJNE    A,#02CH,_U
                MOV     DPTR,#T_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_U:             CJNE    A,#03CH,_V
                MOV     DPTR,#U_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_V:             CJNE    A,#02AH,_W
                MOV     DPTR,#V_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_W:             CJNE    A,#01DH,_X
                MOV     DPTR,#W_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_X:             CJNE    A,#022H,_Y
                MOV     DPTR,#X_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_Y:             CJNE    A,#035H,_Z
                MOV     DPTR,#Y_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_Z:             CJNE    A,#01AH,_SYMB21
                MOV     DPTR,#Z_
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB21:        CJNE    A,#016H,_SYMB22    ;!
                MOV     DPTR,#SYMB21
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_SYMB22:        CJNE    A,#052H,_SYMB23    ;"
                MOV     DPTR,#SYMB22
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB23:        CJNE    A,#026H,_SYMB24    ;#
                MOV     R4,DTMF_NO
                CJNE    R4,#01H,NO_SHARP
                CLR     P1.3
                CLR     P1.6
                MOV     STATUS_HK,#02H
                LCALL   DELAY_100mS
                SETB    P1.3
                SETB    P1.6
NO_SHARP:       MOV     DPTR,#SYMB23
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB24:        CJNE    A,#025H,_SYMB25        ;$
                MOV     DPTR,#SYMB24
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB25:        CJNE    A,#02EH,_SYMB26        ;%
                MOV     DPTR,#SYMB25
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB26:        CJNE    A,#03DH,_SYMB27        ;&
                MOV     DPTR,#SYMB26
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB27:        CJNE    A,#046H,_SYMB28        ;(
                MOV     DPTR,#SYMB27
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB28:        CJNE    A,#045H,_SYMB29        ;)
                MOV     DPTR,#SYMB28
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB29:        CJNE    A,#03EH,_SYMB30        ;*
                MOV     R4,DTMF_NO
                CJNE    R4,#01H,NO_STAR
                CLR     P1.3
                CLR     P1.4
                MOV     STATUS_HK,#02H
                LCALL   DELAY_100mS
                SETB    P1.3
                SETB    P1.4
NO_STAR:        MOV     DPTR,#SYMB29
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB30:        CJNE    A,#055H,_SYMB31        ;+
                MOV     DPTR,#SYMB30
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB31:        CJNE    A,#04CH,_SYMB32         ; :
                MOV     DPTR,#SYMB31
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB32:        CJNE    A,#041H,_SYMB33         ; <
                MOV     DPTR,#SYMB32
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB33:        CJNE    A,#049H,_SYMB34  ; >
                MOV     DPTR,#SYMB33
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_SYMB34:        CJNE    A,#04AH,_Tab2    ; ?
                MOV     DPTR,#SYMB34
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI
_Tab2:          CJNE    A,#055H,ERROR2
                MOV     DPTR,#Tab
                LCALL   CHECK_PAGE
                RETI

;
ERROR2:         NOP
                RETI
;
;/*****************************/;
;/*** Thai Characters Mode ***/;
;/*****************************/;
THAI_MODE:
BK:             CJNE    A,#029H,_DELETE_T       ; BLANK
                MOV     DPTR,#BLANK
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_DELETE_T:      CJNE    A,#066H,ENTER_T
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#BLANK
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   _LOW
                MOV     DPTR,#BLANK
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   _LOW
                MOV     DPTR,#BLANK
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   _HIGH
                RETI
;
ENTER_T:        CJNE    A,#05AH,LOOP_TH
                MOV     R2,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     POST_CNT,#08H   ; Counter Y Position Page2
                INC     X_ADDR1         ; Next Line Page1
                INC     X_ADDR1
                INC     X_ADDR1
                INC     X_ADDR2         ; Next Line Page2
                INC     X_ADDR2
                INC     X_ADDR2
                MOV     Y_ADDR1,#03FH
                LCALL   SET_Y1
                DJNZ    LINE_CNT,RET_ENT
                MOV     NEW_PAGE,#00H
RET_ENT:        RETI
;
LOOP_TH:        MOV     R4,SHIFT
                CJNE    R4,#01H,CHECK_THAI1
                LJMP    CHECK_THAI2
CHECK_THAI1:
                MOV     SHIFT,#00H
_KI:            CJNE    A,#023H,_KAI
                MOV     DPTR,#KAI_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_KAI:           CJNE    A,#04EH,_KWAOD
                MOV     DPTR,#KHAI_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_KWAOD:         CJNE    A,#05DH,_KWAY
                MOV     DPTR,#V_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_KWAY:          CJNE    A,#03EH,_NGU
                MOV     DPTR,#BUFFALO_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_NGU:           CJNE    A,#052H,_JAN
                MOV     DPTR,#NGU_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_JAN:           CJNE    A,#045H,_CHANG
                MOV     DPTR,#JAN_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_CHANG:         CJNE    A,#055H,_DEK
                MOV     DPTR,#CHANG_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_DEK:           CJNE    A,#02BH,_TAO
                MOV     DPTR,#DEK_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_TAO:       CJNE    A,#046H,_TUNG
            MOV     DPTR,#TORTHOA_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_TUNG:      CJNE    A,#02EH,_TAHAN
            MOV     DPTR,#TUNG_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_TAHAN:     CJNE    A,#03AH,_NOO
            MOV     DPTR,#TAHAN_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_NOO:       CJNE    A,#044H,_BAIMAI
            MOV     DPTR,#NOO_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_BAIMAI:    CJNE    A,#054H,_PLAR
            MOV     DPTR,#BAIMAI_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_PLAR:      CJNE    A,#022H,_PHUNG
            MOV     DPTR,#PLAR_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   _HIGH
            MOV     DPTR,#PLARHIGH_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   INC_X
            RETI
_PHUNG:     CJNE    A,#1AH,_PHAR
            MOV     DPTR,#PUNG_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_PHAR:      CJNE    A,#04AH,_PAN
            MOV     DPTR,#PHA_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   _HIGH
            MOV     DPTR,#PHAHIGH_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   INC_X
            RETI
_PAN:       CJNE    A,#02DH,_FUN
            MOV     DPTR,#PAN_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_FUN:       CJNE    A,#01CH,_POA
            MOV     DPTR,#FUN_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   _HIGH
            MOV     DPTR,#FUNHIGH_
            LCALL   CHECK_THAI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   INC_X
                RETI
_POA:           CJNE    A,#025H,_MAR
                MOV     DPTR,#POA_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_MAR:           CJNE    A,#041H,_YUK
                MOV     DPTR,#MAR_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_YUK:           CJNE    A,#04DH,_RIER
                MOV     DPTR,#YAK_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_RIER:          CJNE    A,#043H,_LING
                MOV     DPTR,#SHIP_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_LING:          CJNE    A,#05BH,_WHAN
                MOV     DPTR,#LING_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_WHAN:          CJNE    A,#04CH,_TIGER
                MOV     DPTR,#WAN_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_TIGER:         CJNE    A,#04BH,_HEEB
                MOV     DPTR,#TIGER_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#TIGERHIGH_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_HEEB:          CJNE    A,#01BH,_OANG
                MOV     DPTR,#HEEP_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_OANG:          CJNE    A,#02AH,_SARAAA
                MOV     DPTR,#ANG_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_SARAAA:        CJNE    A,#034H,_SARAAIR
                MOV     DPTR,#SARAAA_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_SARAAIR:       CJNE    A,#021H,_MAIMOON
                MOV     DPTR,#SARAAIR_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_MAIMOON:       CJNE        A,#049H,_MALAI
                MOV         DPTR,#MAIMOON_
                LCALL       CHECK_THAI
                LCALL       _HIGH
                MOV         DPTR,#MAIMOONHIGH_
                LCALL       CHECK_THAI
                LCALL       INC_X
                RETI
_MALAI:         CJNE        A,#01DH,_SARAA
                MOV         DPTR,#MALAI_
                LCALL       CHECK_THAI
                LCALL       _HIGH
                MOV         DPTR,#MALAIHIGH_
                LCALL       CHECK_THAI
                LCALL       INC_X
                RETI
_SARAA:         CJNE        A,#02CH,_SARAAR
                MOV         DPTR,#SARAA_
                LCALL       CHECK_THAI
                RETI
_SARAAR:        CJNE        A,#042H,_SARAUM
                MOV         DPTR,#SARAAR_
                LCALL       CHECK_THAI
                RETI
_SARAUM:        CJNE        A,#024H,_YAMOK
                MOV         DPTR,#SARAUM_
                LCALL       CHECK_THAI
                LCALL       _HIGH
                MOV         DPTR,#SARAUMHIGH_
                LCALL       CHECK_THAI
                LCALL       INC_X
                RETI
_YAMOK:         CJNE        A,#015H,_HUNARKAS
                MOV         DPTR,#YAMOK_
                LCALL       CHECK_THAI
                LCALL       _HIGH
                MOV         DPTR,#YAMOKLOW_
                LCALL       CHECK_THAI
                LCALL       INC_X
                RETI
;************************************************;
_HUNARKAS:      CJNE        A,#035H,_SARAI
                LCALL       _HIGH
                MOV         DPTR,#HUN_
                LCALL       CHECK_THAI
                LCALL       INC_X
                RETI
_SARAI:         CJNE        A,#032H,_SARAE
                LCALL       _HIGH
                MOV         DPTR,#SARAI_
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_SARAE:         CJNE    A,#03CH,_SARAAU
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#SARAE_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_SARAAU:        CJNE    A,#03DH,_SARAAUE
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#SARAAU_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_SARAAUE:       CJNE    A,#031H,_EAK
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#SARAAUE_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_EAK:           CJNE    A,#03BH,_TO
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#MAIAKE_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_TO:            CJNE    A,#033H,_SARAUH
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#MAITO_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_SARAUH:        CJNE    A,#036H,ERROR3
                LCALL   _LOW
                MOV     DPTR,#SARAUH_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   DEC_X
                RETI

ERROR3:         NOP
                RETI
;*****************************;

CHECK_THAI2:
                MOV     SHIFT,#00H
_CHING:         CJNE    A,#021H,_SOO
                MOV     DPTR,#CHING_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_SOO:       CJNE    A,#04CH,_CHER
            MOV     DPTR,#SOO_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_CHER:      CJNE    A,#034H,_YING
            MOV     DPTR,#CHER_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_YING:      CJNE    A,#04DH,_MONTO
            MOV     DPTR,#YING_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   _LOW
            MOV     DPTR,#YINGLOW_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   DEC_X
            RETI
_MONTO:     CJNE    A,#02DH,_CHADA
            MOV     DPTR,#MONTO_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_CHADA:     CJNE    A,#024H,_PATAK
            MOV     DPTR,#CHADA_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   _LOW
            MOV     DPTR,#CHADALOW_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   DEC_X
            RETI
_PATAK:     CJNE    A,#023H,_TORTHOA
            MOV     DPTR,#PATAK_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   _LOW
            MOV     DPTR,#PATAKLOW_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   DEC_X
            RETI
_TORTHOA:   CJNE    A,#041H,_RAKANG
            MOV     DPTR,#TORTHOA_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_RAKANG:    CJNE    A,#018H,_TORTAN
            MOV     DPTR,#RAKANG_
            LCALL   CHECK_THAI
            RETI
_TORTAN:    CJNE    A,#054H,_NANE
            MOV     DPTR,#TORTAN_
            LCALL   CHECK_THAI
            LCALL   _LOW
            MOV     DPTR,#TORTANLOW_
            LCALL   CHECK_THAI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   DEC_X
                RETI
_NANE:          CJNE    A,#043H,_TONG
                MOV     DPTR,#NANE_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_TONG:          CJNE    A,#02CH,_SALA
                MOV     DPTR,#TONG_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_SALA:          CJNE    A,#04BH,_RUSI
                MOV     DPTR,#SALA_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_RUSI:          CJNE    A,#042H,_JURA
                MOV     DPTR,#RUSI_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_JURA:          CJNE    A,#049H,_HOOK
                MOV     DPTR,#JURA_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#JURAHIGH_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_HOOK:          CJNE    A,#02AH,_POAYAW
                MOV     DPTR,#HOOK_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#HOOKHIGH_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_POAYAW:        CJNE    A,#04AH,_LU
                MOV     DPTR,#T_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
_LU:            CJNE    A,#01CH,_PAIYAN
                MOV     DPTR,#LU_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   _LOW
                MOV     DPTR,#LULOW_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   DEC_X
                RETI
_PAIYAN:        CJNE    A,#044H,_SARAO
                MOV     DPTR,#PAIYAN_
                LCALL   CHECK_THAI
                RETI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_SARAO:         CJNE    A,#02BH,_TAIKU
                MOV     DPTR,#SARAO_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#SARAOHIGH_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
;*********************************;
_TAIKU:         CJNE    A,#033H,_MAITEE
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#TAIKU_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_MAITEE         CJNE    A,#03CH,_JATAWA
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#MAITEE_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_JATAWA:        CJNE    A,#03BH,_KARAN
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#JATAWA_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_KARAN:         CJNE    A,#031H,_SARAUU
                LCALL   _HIGH
                MOV     DPTR,#KARAN_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   INC_X
                RETI
_SARAUU:        CJNE    A,#036H,ERROR4
                LCALL   _LOW
                MOV     DPTR,#SARAUU_
                LCALL   CHECK_THAI
                LCALL   DEC_X
                RETI
ERROR4:         NOP
                RETI
;


;/****************************/;
;/* English Characters Fonts */;
;/****************************/;
;
BLANK:          DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB      099H
Tab:            DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      099H
SYMB1:          DB      000H,000H,000H,005H     ;'
                DB      003H,000H,000H,000H
                DB      099H
SYMB2:          DB      000H,000H,000H,0A0H     ;,
                DB      060H,000H,000H,000H
                DB      099H
SYMB3:          DB      000H,008H,008H,008H     ;-
                DB      008H,008H,008H,000H
                DB      099H
SYMB4:          DB      000H,000H,000H,0C0H     ;.
                DB      0C0H,000H,000H,000H
                DB      099H
SYMB5:          DB      000H,000H,080H,076H     ;;
                DB      036H,000H,000H,000H
                DB      099H
SYMB6:          DB      000H,0C0H,030H,018H     ;/
                DB      00CH,003H,000H,000H
                DB      099H
SYMB7:          DB      000H,024H,024H,024H     ;=
                DB      024H,024H,000H,000H
                DB      099H
SYMB21:         DB      000H,000H,00EH,0BFH     ;!
                DB      00EH,000H,000H,000H
                DB      099H
SYMB22:         DB      000H,000H,007H,000H     ;"
                DB      007H,000H,000H,000H
                DB      099H
SYMB23:         DB      000H,024H,0FFH,024H     ;#
                DB      024H,0FFH,024H,000H
                DB      099H
SYMB24:         DB      008H,054H,054H,0FEH     ;$
                DB      054H,054H,020H,000H
                DB      099H
SYMB25:         DB      086H,046H,020H,010H     ;%
                DB      008H,0C4H,0C2H,000H
                DB      099H
SYMB26:         DB      060H,094H,08EH,09AH     ;&
                DB      06EH,044H,0B0H,080H
                DB      099H
SYMB27:         DB      000H,000H,03CH,042H     ;(
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB      081H,000H,000H,000H
                DB      099H
SYMB28:         DB      000H,000H,000H,081H     ;)
                DB      042H,03CH,000H,000H
                DB      099H
SYMB29:         DB      000H,008H,02AH,01CH     ;*
                DB      01CH,02AH,008H,000H
                DB      099H
SYMB30:         DB      000H,008H,008H,03EH     ;+
                DB      03EH,008H,008H,000H
                DB              099H
SYMB31:         DB      000H,000H,000H,066H     ;:
                DB      066H,000H,000H,000H
                DB              099H
SYMB32:         DB      000H,000H,018H,024H     ;<
                DB      042H,081H,000H,000H
                DB              099H
SYMB33:         DB      000H,000H,081H,042H     ;>
                DB      024H,018H,000H,000H
                DB              099H
SYMB34:         DB      000H,006H,009H,00DH     ;?
                DB      0B5H,009H,006H,000H
                DB              099H
_0_:            DB      000H,07CH,0A2H,0B2H     ;0
                DB      09AH,08AH,07CH,000H
                DB              099H
_1_:            DB      000H,000H,082H,0FFH     ;1
                DB      080H,000H,000H,000H
                DB              099H
_2_:            DB      000H,086H,0C1H,0A1H     ;2
                DB      091H,089H,086H,000H
                DB              099H
_3_:            DB      000H,042H,081H,089H     ;3
                DB      089H,089H,076H,000H
                DB              099H
_4_:            DB      060H,050H,048H,044H     ;4
                DB      042H,0FFH,040H,000H
                DB              099H
_5_:            DB      05FH,085H,085H,085H     ;5
                DB      085H,049H,030H,000H
                DB              099H
_6_:            DB      000H,07CH,092H,089H     ;6
                DB      089H,089H,070H,000H
                DB              099H
_7_:            DB      000H,003H,001H,0C1H     ;7
                DB      031H,00DH,003H,000H
                DB              099H
_8_:            DB      000H,076H,089H,089H     ;8
                DB      089H,089H,076H,000H
                DB              099H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_9_:    DB   000H,00EH,091H,091H   ; 9
        DB   091H,049H,03EH,000H
        DB        099H
A_:     DB   0F8H,014H,012H,011H   ; A
        DB   012H,014H,0F8H,000H
        DB        099H
B_:     DB   081H,0FFH,089H,089H   ; B
        DB   089H,089H,076H,000H
        DB        099H
C_:     DB   000H,03CH,042H,081H   ; C
        DB   081H,081H,042H,000H
        DB        099H
D_:     DB   081H,0FFH,081H,081H   ; D
        DB   081H,042H,03CH,000H
        DB        099H
E_:     DB   081H,0FFH,089H,089H   ; E
        DB   09DH,081H,0E3H,000H
        DB        099H
F_:     DB   081H,0FFH,089H,009H   ; F
        DB   01DH,001H,003H,000H
        DB        099H
G_:     DB   000H,07EH,081H,081H   ; G
        DB   091H,051H,0F6H,000H
        DB        099H
H_:     DB   000H,0FFH,008H,008H   ; H
        DB   008H,008H,0FFH,000H
        DB        099H
I_:     DB   000H,000H,081H,0FFH   ; I
        DB   081H,000H,000H,000H
        DB        099H
J_:     DB   000H,040H,080H,080H   ; J
        DB   081H,07FH,001H,000H
        DB        099H
K_:     DB   081H,0FFH,089H,014H   ; K
        DB   022H,0C1H,081H,080H
        DB        099H
L_:     DB   000H,081H,0FFH,081H   ; L
        DB   080H,080H,0C0H,000H
        DB        099H
M_:     DB   0FFH,002H,004H,018H   ; M
        DB   004H,002H,0FFH,000H
        DB        099H
N_:     DB   081H,0FFH,083H,00CH   ; N
        DB   018H,061H,0FFH,001H
        DB        099H
O_:     DB   000H,07EH,081H,081H   ; O
        DB   081H,081H,07EH,000H
        DB        099H
P_:     DB   000H,081H,0FEH,091H   ; P
        DB   011H,011H,00EH,000H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB      099H
Q_:     DB      000H,07EH,081H,091H     ; Q
        DB      0A1H,0C1H,07FH,080H
        DB      099H
R_:     DB      081H,0FFH,089H,019H     ; R
        DB      029H,0C9H,086H,080H
        DB      099H
S_:     DB      000H,0E6H,049H,089H     ; S
        DB      091H,092H,067H,000H
        DB      099H
T_:     DB      003H,001H,081H,0FFH     ; T
        DB      081H,001H,003H,000H
        DB      099H
U_:     DB      001H,07FH,081H,080H     ; U
        DB      080H,081H,07FH,001H
        DB      099H
V_:     DB      007H,018H,060H,080H     ; V
        DB      060H,018H,00FH,000H
        DB      099H
W_:     DB      03FH,0C0H,020H,010H     ; W
        DB      020H,0C0H,03FH,000H
        DB      099H
X_:     DB      0C3H,027H,018H,018H     ; X
        DB      018H,027H,0C3H,000H
        DB      099H
Y_:     DB      001H,003H,084H,0F8H     ; Y
        DB      084H,003H,001H,000H
        DB      099H
Z_:     DB      0C3H,0A1H,091H,089H     ; Z
        DB      085H,083H,0C1H,000H
        DB      099H
a_:     DB      000H,048H,0A8H,0A8H
        DB      0A8H,0F0H,000H,000H
        DB      099H
b_:     DB      000H,0FEH,090H,088H
        DB      088H,0F0H,000H,000H
        DB      099H
c_:     DB      000H,070H,088H,088H
        DB      088H,088H,000H,000H
        DB      099H
d_:     DB      000H,0F0H,088H,088H
        DB      090H,0FEH,000H,000H
        DB      099H
e_:     DB      000H,070H,0A8H,0A8H
        DB      0A8H,030H,000H,000H
        DB      099H
f_:     DB      000H,010H,0FCH,012H
        DB      002H,004H,000H,000H
        DB      099H
g_:     DB      000H,04CH,092H,092H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DB      092H,07EH,000H,000H
        DB      099H
h_:     DB      000H,0FEH,010H,008H
        DB      008H,0F0H,000H,000H
        DB      099H
i_:     DB      000H,000H,088H,0FAH
        DB      080H,000H,000H,000H
        DB      099H
j_:     DB      000H,040H,080H,080H
        DB      088H,07AH,000H,000H
        DB      099H
k_:     DB      000H,0FEH,020H,010H
        DB      028H,0C0H,000H,000H
        DB      099H
l_:     DB      000H,000H,082H,0FEH
        DB      080H,000H,000H,000H
        DB      099H
m_:     DB      000H,0F8H,008H,030H
        DB      008H,0F8H,000H,000H
        DB      099H
n_:     DB      000H,0F8H,010H,008H
        DB      008H,0F0H,000H,000H
        DB      099H
o_:     DB      000H,070H,088H,088H
        DB      088H,070H,000H,000H
        DB      099H
p_:     DB      000H,0F8H,028H,028H
        DB      028H,010H,000H,000H
        DB      099H
q_:     DB      000H,010H,028H,028H
        DB      028H,0F8H,000H,000H
        DB      099H
r_:     DB      000H,0F8H,010H,008H
        DB      008H,010H,000H,000H
        DB      099H
s_:     DB      000H,090H,0A8H,0A8H
        DB      0A8H,048H,000H,000H
        DB      099H
t_:     DB      000H,008H,07EH,088H
        DB      080H,040H,000H,000H
        DB      099H
u_:     DB      000H,078H,080H,080H
        DB      080H,078H,000H,000H
        DB      099H
v_:     DB      000H,038H,040H,080H
        DB      040H,038H,000H,000H
        DB      099H
w_:     DB      000H,0F8H,080H,060H
        DB      080H,0F8H,000H,000H
        DB      099H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
x_:             DB      000H,0D8H,020H,020H
                DB      020H,0D8H,000H,000H
                DB      099H
y_:             DB      000H,058H,0A0H,0A0H
                DB      0A0H,078H,000H,000H
                DB      099H
z_:             DB      000H,088H,0C8H,0A8H
                DB      098H,088H,000H,000H
                DB      099H
;/*************************/;
;/* Thai Characters Fonts */;
;/*************************/;
;
KAI_:           DB    000H,0FAH,005H,001H
                DB    001H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
KHAI_:          DB    000H,002H,005H,0FEH
                DB    080H,07FH,000H,000H
                DB      099H
BUFFALO_:       DB    0FEH,021H,011H,029H
                DB    011H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
RAKANG_:        DB    062H,095H,0F2H,029H
                DB    046H,080H,0FFH,000H
                DB      099H
NGU_:           DB    000H,010H,020H,042H
                DB    085H,0FEH,000H,000H
                DB      099H
JAN_:           DB    002H,001H,009H,015H
                DB    079H,081H,0FEH,000H
                DB      099H
CHING_:         DB    012H,0E9H,0B1H,041H
                DB    021H,0FEH,0A0H,040H
                DB      099H
CHANG_:         DB    004H,0F2H,08AH,086H
                DB    084H,0FAH,001H,001H
                DB      099H
SOO_:           DB    002H,005H,002H,0FDH
                DB    082H,07DH,000H,000H
                DB      099H
CHER_:          DB    07AH,0A5H,041H,041H
                DB    0A1H,07EH,040H,0FFH
                DB      099H
YING_:          DB    07AH,0A5H,041H,001H
                DB    0FEH,080H,080H,0FFH
                DB      099H
YINGLOW_:       DB    000H,000H,000H,000H
                DB    006H,006H,004H,002H
                DB      099H
CHADA_:         DB    042H,0A5H,079H,001H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB      001H,001H,0FEH,080H
                DB      099H
CHADALOW_:      DB      000H,000H,002H,005H
                DB      002H,005H,007H,000H
                DB      099H
PATAK_:         DB      042H,0A5H,079H,001H
                DB      081H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
PATAKLOW_:      DB      002H,005H,002H,005H
                DB      002H,004H,007H,000H
                DB      099H
TORTAN_:        DB      000H,002H,015H,02DH
                DB      0F5H,085H,07AH,001H
                DB      099H
TORTANLOW_:     DB      010H,028H,010H,028H
                DB      014H,02AH,01EH,000H
                DB      099H
MONTO_:         DB      002H,0E5H,012H,009H
                DB      006H,002H,0FFH,000H
                DB      099H
TORTHOA_:   DB    0FEH,011H,02AH,052H
                DB      0A2H,07EH,040H,0BFH
                DB      099H
NANE_:          DB      07AH,0A5H,041H,0FEH
                DB      040H,0FFH,0A0H,040H
                DB      099H
DEK_:           DB      0FEH,081H,049H,035H
                DB      019H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
TORTOA_:        DB      0FEH,081H,049H,036H
                DB      019H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
TUNG_:          DB      07AH,0A5H,041H,001H
                DB      001H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
TAHAN_:         DB      002H,0F5H,00EH,004H
                DB      002H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
TONG_:          DB      000H,002H,005H,0FDH
                DB      085H,085H,0FAH,001H
                DB      099H
NOO_:           DB      002H,0F5H,08EH,040H
                DB      020H,0FFH,0A0H,040H
                DB      099H
BAIMAI_:        DB      002H,085H,0FEH,080H
                DB      080H,080H,0FFH,000H
                DB      099H
PLARHIGH_:      DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,0F0H,000H
                DB      099H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PLAR_:          DB    002H,005H,0FEH,080H
                DB    080H,080H,0FFH,000H
                DB      099H
PUNG_:          DB    000H,07EH,085H,042H
                DB    040H,080H,07EH,000H
                DB      099H
PHAHIGH_:       DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,0F0H,000H
                DB      099H
PHA_:           DB    000H,07EH,085H,042H
                DB    040H,080H,07FH,000H
                DB      099H
PAN_:           DB    002H,005H,0FEH,040H
                DB    030H,040H,0FFH,000H
                DB      099H
FUNHIGH_:       DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,0F0H,000H
                DB      099H
FUN_:           DB    002H,005H,0FEH,040H
                DB    030H,040H,0FFH,000H
                DB      099H
POA_:           DB    042H,0A5H,079H,001H
                DB    001H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
MAR_:           DB    042H,0A5H,0FEH,020H
                DB    020H,040H,0FFH,000H
                DB      099H
YAK_:           DB    000H,06EH,095H,092H
                DB    080H,080H,0FFH,000H
                DB      099H
SHIP_:          DB    000H,002H,005H,005H
                DB    045H,0A5H,07AH,001H
                DB      099H
LU_:            DB    000H,07AH,0A5H,041H
                DB    001H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
LULOW_:         DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,00FH,000H
                DB      099H
LING_:          DB    002H,071H,0A9H,045H
                DB    009H,011H,0FEH,000H
                DB      099H
WAN_:           DB    000H,002H,001H,001H
                DB    041H,0A1H,07EH,000H
                DB      099H
SALAHIGH_:      DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,080H,050H,020H
                DB      099H
SALA_:          DB    07EH,081H,079H,015H
                DB    009H,001H,0FEH,000H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB      099H
RUSI_:          DB      002H,085H,0FEH,080H
                DB      098H,090H,0FFH,010H
                DB      099H
TIGERHIGH_:     DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,080H,050H,020H
                DB      099H
TIGER_:         DB      002H,071H,0A9H,045H
                DB      009H,011H,0FEH,000H
                DB      099H
HEEP_:          DB      002H,0FDH,026H,010H
                DB      00AH,00DH,0FAH,000H
                DB      099H
JURAHIGH_:      DB      000H,000H,000H,000H
                DB      040H,0A0H,0C0H,020H
                DB      099H
JURA_:          DB      002H,0F5H,04EH,020H
                DB      020H,040H,0FFH,000H
                DB      099H
ANG_:           DB      000H,072H,0A9H,091H
                DB      081H,081H,07EH,000H
                DB      099H
HOOKHIGH_:      DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,0A0H,040H
                DB      099H
HOOK_:          DB      000H,072H,0ADH,095H
                DB      083H,081H,07EH,000H
                DB      099H
SARAA_:         DB      000H,066H,055H,0AAH
                DB      088H,044H,022H,000H
                DB      099H
TOAKUB_:        DB      000H,014H,014H,014H
                DB      014H,014H,000H,000H
                DB      099H
SARAAR_:        DB      000H,002H,001H,001H
                DB      001H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
SARAUMHIGH_:    DB      020H,050H,050H,020H
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      099H
SARAUM_:        DB      000H,002H,001H,001H
                DB      001H,001H,0FEH,000H
                DB      099H
SARAAA_:        DB      000H,07FH,0A0H,040H
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      099H
SARAAIR_:       DB      000H,07FH,0A0H,040H
                DB      07FH,0A0H,040H,000H
                DB      099H
SARAOHIGH_:     DB      010H,028H,0E8H,008H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB    008H,008H,000H,000H
                DB    099H
SARAO_:         DB    000H,000H,0FFH,0C0H
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    099H
MAIMOONHIGH_:   DB    038H,034H,004H,0FCH
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    099H
MAIMOON_:       DB    000H,000H,000H,0FFH
                DB    0C0H,000H,000H,000H
                DB    099H
MALAIHIGH_:     DB    008H,010H,020H,010H
                DB    0F8H,000H,000H,000H
                DB    099H
MALAI_:         DB    000H,000H,000H,000H
                DB    0FFH,0C0H,000H,000H
                DB    099H
YAMOK_:         DB    000H,0F0H,0D0H,020H
                DB    010H,010H,0F0H,000H
                DB    099H
YAMOKLOW_:  DB    000H,000H,018H,004H
                DB    002H,002H,001H,000H
                DB    099H
PAIYAN_:    DB    008H,014H,010H,010H
                DB    008H,004H,0FEH,000H
                DB    099H
SARAUH_:        DB    000H,000H,000H,000H
                DB    004H,00AH,03CH,000H
                DB    099H
SARAUU_:        DB    000H,000H,000H,004H
                DB    00AH,03CH,020H,03EH
                DB    099H
SARAI_:         DB    000H,030H,048H,048H
                DB    048H,050H,060H,000H
                DB    099H
SARAE_:         DB    030H,028H,028H,028H
                DB    038H,03CH,000H,000H
                DB    099H
SARAAU_:        DB    000H,003H,048H,048H
                DB    048H,050H,068H,030H
                DB    099H
SARAAUE_:       DB    000H,030H,048H,048H
                DB    050H,058H,060H,078H
                DB    099H
HUN_:           DB    000H,030H,068H,050H
                DB    040H,040H,020H,010H
                DB    099H
NAMFON_:        DB    000H,018H,024H,024H
                DB    014H,008H,000H,000H
                DB    099H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TAIKU_:     DB   070H,048H,028H,028H
            DB   048H,068H,064H,000H
            DB    099H
MAIAKE_:    DB   000H,000H,000H,000H
            DB   000H,070H,000H,000H
            DB    099H
MAITO_:     DB   000H,040H,068H,058H
            DB   040H,040H,020H,010H
            DB    099H
MAITEE_:    DB   078H,048H,010H,018H
            DB   008H,078H,020H,01EH
            DB    099H
JATAWA_:    DB   000H,000H,010H,010H
            DB   07CH,010H,010H,000H
            DB    099H
KARAN_:     DB   000H,070H,050H,010H
            DB   010H,00CH,000H,000H
            DB    099H
AKEUM_:     DB   000H,030H,048H,048H
            DB   048H,030H,006H,000H
            DB    099H
TOUM_:      DB   002H,036H,04CH,04CH
            DB   04AH,031H,000H,000H
            DB    099H
TEEUM_:     DB   006H,035H,04AH,049H
            DB   04EH,034H,002H,001H
            DB    099H
TAWAUM_:    DB   000H,030H,048H,04AH
            DB   04AH,037H,002H,002H
            DB    099H
AKEHAN_:    DB   070H,050H,070H,040H
            DB   040H,04CH,020H,010H
            DB    099H
TOHAN_:     DB   070H,052H,076H,044H
            DB   044H,044H,022H,011H
            DB    099H
TEEHAN_:    DB   070H,057H,075H,042H
            DB   041H,047H,024H,017H
            DB    099H
TAWAHAN_:   DB   070H,050H,074H,044H
            DB   04EH,044H,020H,010H
            DB    099H
AKEI_:      DB   000H,060H,050H,050H
            DB   050H,050H,066H,000H
            DB    099H
TOI_:       DB   000H,060H,052H,056H
            DB   054H,054H,062H,001H
            DB    099H
TEEI_:      DB   000H,06EH,05AH,054H
            DB   052H,05EH,068H,007H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB      099H
TAWAI_:         DB      000H,060H,050H,052H
                DB      052H,057H,062H,002H
                DB      099H
KARANI_:        DB      000H,060H,050H,050H
                DB      050H,05CH,06AH,001H
                DB      099H
AKEE_:          DB      060H,050H,050H,050H
                DB      050H,050H,07BH,000H
                DB      099H
TOE_:           DB      060H,052H,056H,054H
                DB      054H,052H,079H,000H
                DB      099H
TEEE_:          DB      06EH,05AH,054H,052H
                DB      05EH,054H,07AH,001H
                DB      099H
TAWAE_:         DB      060H,050H,052H,052H
                DB      057H,052H,07AH,000H
                DB      099H
;
HK_OFF1:        DB      000H,008H,02AH,01CH     ; *
                DB      01CH,02AH,008H,000H
                DB      000H,008H,02AH,01CH     ; *
                DB      01CH,02AH,008H,000H
                DB      000H,008H,02AH,01CH     ; *
                DB      01CH,02AH,008H,000H
                DB      000H,008H,02AH,01CH     ; *
                DB      01CH,02AH,008H,000H
                DB      000H,0FFH,008H,008H     ; H
                DB      008H,008H,0FFH,000H
                DB      000H,07EH,081H,081H     ; O
                DB      081H,081H,07EH,000H
                DB      000H,07EH,081H,081H     ; O
                DB      081H,081H,07EH,000H
                DB      081H,0FFH,089H,014H     ; K
                DB      022H,0C1H,081H,080H
                DB      099H
HK_OFF2:        DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,07EH,081H,081H     ; O
                DB      081H,081H,07EH,000H
                DB      081H,0FFH,089H,009H     ; F
                DB      01DH,001H,003H,000H
                DB      081H,0FFH,089H,009H     ; F
                DB      01DH,001H,003H,000H
                DB      000H,008H,02AH,01CH     ; *
                DB      01CH,02AH,008H,000H
                DB      000H,008H,02AH,01CH     ; *
                DB      01CH,02AH,008H,000H
                DB      000H,008H,02AH,01CH     ; *
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB      01CH,02AH,008H,000H
                DB      000H,008H,02AH,01CH     ; *
                DB      01CH,02AH,008H,000H
                DB        099H
HK_ON:          DB        000H,0FFH,008H,008H     ; H
                DB      008H,008H,0FFH,000H
                DB      000H,07EH,081H,081H     ; O
                DB      081H,081H,07EH,000H
                DB      000H,07EH,081H,081H     ; O
                DB      081H,081H,07EH,000H
                DB      081H,0FFH,089H,014H     ; K
                DB      022H,0C1H,081H,080H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,07EH,081H,081H     ; O
                DB      081H,081H,07EH,000H
                DB      081H,0FFH,083H,00CH     ; N
                DB      018H,061H,0FFH,001H
                DB        099H
RING1_:         DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,081H,0FEH,091H     ; P
                DB      011H,011H,00EH,000H
                DB      000H,081H,0FFH,081H     ; L
                DB      080H,080H,0C0H,000H
                DB      081H,0FFH,089H,089H     ; E
                DB      09DH,081H,0E3H,000H
                DB      0F8H,014H,012H,011H     ; A
                DB      012H,014H,0F8H,000H
                DB      000H,0E6H,049H,089H     ; S
                DB      091H,092H,067H,000H
                DB      081H,0FFH,089H,089H     ; E
                DB      09DH,081H,0E3H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB        099H
RING2_:         DB      000H,07EH,081H,081H     ; O
                DB      081H,081H,07EH,000H
                DB      081H,0FFH,083H,00CH     ; N
                DB      018H,061H,0FFH,001H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,0FFH,008H,008H     ; H
                DB      008H,008H,0FFH,000H
                DB      000H,07EH,081H,081H     ; O
                DB      081H,081H,07EH,000H
                DB      000H,07EH,081H,081H     ; O
                DB      081H,081H,07EH,000H
                DB      081H,0FFH,089H,014H     ; K
                DB      022H,0C1H,081H,080H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB     099H
TEL_:           DB    003H,001H,081H,0FFH    ; T
                DB    081H,001H,003H,000H
                DB    081H,0FFH,089H,089H    ; E
                DB    09DH,081H,0E3H,000H
                DB    000H,081H,0FFH,081H    ; L
                DB    080H,080H,0C0H,000H
                DB    081H,0FFH,089H,089H    ; E
                DB    09DH,081H,0E3H,000H
                DB    000H,03CH,042H,081H    ; C
                DB    081H,081H,042H,000H
                DB    000H,07EH,081H,081H    ; O
                DB    081H,081H,07EH,000H
                DB    0FFH,002H,004H,018H    ; M
                DB    004H,002H,0FFH,000H
                DB     099H
DIAL_1:         DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,081H,0FEH,091H    ; P
                DB    011H,011H,00EH,000H
                DB    081H,0FFH,089H,019H    ; R
                DB    029H,0C9H,086H,080H
                DB    081H,0FFH,089H,089H    ; E
                DB    09DH,081H,0E3H,000H
                DB    000H,0E6H,049H,089H    ; S
                DB    091H,092H,067H,000H
                DB    000H,0E6H,049H,089H    ; S
                DB    091H,092H,067H,000H
                DB     099H
DIAL_2:         DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    081H,0FFH,083H,00CH     ; N
                DB    018H,061H,0FFH,001H
                DB    000H,07EH,081H,081H    ; O
                DB    081H,081H,07EH,000H
                DB    000H,000H,000H,0C0H    ; .
                DB    0C0H,000H,000H,000H
                DB     099H
BUSY1_:         DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    081H,0FFH,083H,00CH     ; N
                DB    018H,061H,0FFH,001H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB    081H,0FFH,089H,089H    ; E
                DB    09DH,081H,0E3H,000H
                DB    003H,001H,081H,0FFH    ; T
                DB    081H,001H,003H,000H
                DB    03FH,0C0H,020H,010H    ; W
                DB    020H,0C0H,03FH,000H
                DB    000H,07EH,081H,081H    ; O
                DB    081H,081H,07EH,000H
                DB    081H,0FFH,089H,019H    ; R
                DB    029H,0C9H,086H,080H
                DB      099H
BUSY2_:         DB    081H,0FFH,089H,014H    ; K
                DB    022H,0C1H,081H,080H
                DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    081H,0FFH,089H,089H    ; B
                DB    089H,089H,076H,000H
                DB    001H,07FH,081H,080H    ; U
                DB    080H,081H,07FH,001H
                DB    000H,0E6H,049H,089H    ; S
                DB    091H,092H,067H,000H
                DB    001H,003H,084H,0F8H    ; Y
                DB    084H,003H,001H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB      099H
BACKTONE1_:     DB    000H,03CH,042H,081H    ; C
                DB    081H,081H,042H,000H
                DB    000H,048H,0A8H,0A8H    ; a
                DB      0A8H,0F0H,000H,000H
                DB      000H,000H,082H,0FEH    ; l
                DB      080H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,082H,0FEH    ; l
                DB      080H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,088H,0FAH    ; i
                DB      080H,000H,000H,000H
                DB      000H,0F8H,010H,008H    ; n
                DB      008H,0F0H,000H,000H
                DB      000H,04CH,092H,092H    ; g
                DB      092H,07EH,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,0C0H    ; .
                DB    0C0H,000H,000H,000H
                DB    099H
BACKTONE2_:     DB    000H,000H,000H,0C0H    ; .
                DB    0C0H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,0C0H    ; .
                DB    0C0H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H    ; BLANK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB        099H
NUM_BUSY1:      DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      081H,0FFH,083H,00CH     ; N
                DB      018H,061H,0FFH,001H
                DB      001H,07FH,081H,080H     ; U
                DB      080H,081H,07FH,001H
                DB      0FFH,002H,004H,018H     ; M
                DB      004H,002H,0FFH,000H
                DB      081H,0FFH,089H,089H     ; B
                DB      089H,089H,076H,000H
                DB      081H,0FFH,089H,089H     ; E
                DB      09DH,081H,0E3H,000H
                DB      081H,0FFH,089H,019H     ; R
                DB      029H,0C9H,086H,080H
                DB       099H
NUM_BUSY2:      DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      081H,0FFH,089H,089H     ; B
                DB      089H,089H,076H,000H
                DB      001H,07FH,081H,080H     ; U
                DB      080H,081H,07FH,001H
                DB      000H,0E6H,049H,089H     ; S
                DB      091H,092H,067H,000H
                DB      001H,003H,084H,0F8H     ; Y
                DB      084H,003H,001H,000H
                DB      000H,000H,000H,0C0H     ; .
                DB      0C0H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB      000H,000H,000H,000H     ; BLANK
                DB      000H,000H,000H,000H
                DB        099H
TRY_AGAIN1_:    DB      003H,001H,081H,0FFH     ; T
                DB      081H,001H,003H,000H
                DB      081H,0FFH,089H,019H     ; R
                DB      029H,0C9H,086H,080H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DB    001H,003H,084H,0F8H   ; Y
                DB    084H,003H,001H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H   ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    0F8H,014H,012H,011H   ; A
                DB    012H,014H,0F8H,000H
                DB    000H,07EH,081H,081H   ; G
                DB    091H,051H,0F6H,000H
                DB    0F8H,014H,012H,011H   ; A
                DB    012H,014H,0F8H,000H
                DB    000H,000H,081H,0FFH   ; I
                DB    081H,000H,000H,000H
                DB     099H
TRY_AGAIN2_:    DB    081H,0FFH,083H,00CH    ; N
                DB    018H,061H,0FFH,001H
                DB    000H,000H,000H,000H   ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H   ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H   ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H   ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H   ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H   ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB    000H,000H,000H,000H   ; BLANK
                DB    000H,000H,000H,000H
                DB     099H
;
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้