สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กล่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโครงข่ายโทรศัพท์

Electronic controller box through PSTN

โดย

นายสิบทิศ วรรณภินพงศ์

นายอำพน พานิชกุลพงศ์

วพ.
ส1277ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....83279
วัน,เดือน,ปี.....11 ส.ค. 2551

b.11966026
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโครงข่ายโทรศัพท์

Electronic controller box through PSTN

โดย

นายสิบทิศ วรรณภินพงศ์ 47010837

นายอำพน พานิชกุลพงศ์ 47010991

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดรงสุทธิชัย นพนาคีพงษ์

รศ.ดร.สมยศ จุณณะปิยะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง กล่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโครงข่ายโทรศัพท์

Electronic controller box through PSTN

ผู้จัดทำ

1. นายสิบทิศ วรรณภินพงศ์ 47010837
2. นายอำพน พานิชกุลพงศ์ 47010991

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ดร.สุทธิชัย นพนาคีพงษ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.สมยศ จุณณะปิยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโครงข่ายโทรศัพท์

Electronic controller box through PSTN

โดย นายสิบทิศ วรรณภินพงศ์ 47010837
นายอำพน พานิชกุลพงศ์ 47010991

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร.สุทธิชัย นพนาคีพงษ์
รศ.สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ผ่านโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน โดยใช้สัญญาณ DTMF ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยมีการใช้รหัสเพื่อเข้าสู่ระบบควบคุม และมีข้อความเสียงบอกวิธีการใช้งาน พร้อมทั้งแจ้งสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าขณะนั้น และผู้ใช้งานสามารถเลือกรูปแบบเป็นโทรศัพท์บ้านเพื่อใช้ในการสนทนาได้อีกด้วย

Abstract

This project presents electronic controller circuit, working through public switched telephone network (PSTN) with DTMF signaling to switch an electric equipment. Password require before active controller mode. The automatic operator will report status and explain how to control each electronic equipment. User can use this system as house phone as well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญรูปภาพ	IV
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1. ความเป็นมาของหัวข้อปริญญานิพนธ์	1
1.2. วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3. ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1. ระบบโทรศัพท์พื้นฐาน	2
2.1.1. ระบบสัญญาณ	2
1. สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)	2
2. สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter Exchange Signaling)	4
2.1.2. การติดต่อกันระหว่างผู้เรียก (Calling) และผู้ถูกเรียก (Called)	4
2.1.3. เครื่องโทรศัพท์	4
2.1.4. ชุมสายโทรศัพท์	9
2.2. ไอซีแปลงสัญญาณ DTMF (MT8870)	10
2.2.1. โครงสร้างของ MT8870	10
2.2.2. ฟังก์ชั่นการทำงานภายในของ MT8870	12
2.2.3. การประยุกต์ใช้งานอื่นของ MT8870	15
2.3. ไอซีบันทึกเสียง ISD2590	16
2.3.1. โครงสร้างภายในและคุณสมบัติของไอซี ISD2590	16
2.3.2. หน้าที่ขาต่างๆของ ISD2590	17
2.3.3. โหมดการทำงานM0-M6	19
2.3.4. การต่อวงจรประยุกต์ใช้งานไอซี ISD2590	21
2.4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	22
2.4.1. โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	22
2.4.2. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Progressing Unit)	23
2.4.3. หน่วยความจำ (Memory Unit)	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

2.4.4. พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต (I/O port) 24

2.4.5. การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 33

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง 35

3.1. ส่วนประกอบภายในเครื่อง (Hard ware) 35

3.1.1. วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 36

3.1.2. วงจรควบคุมการยกหูโทรศัพท์ 36

3.1.3. วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF 37

3.1.4. วงจรสวิตช์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 38

3.1.5. วงจร detect กระแส 38

3.1.6. วงจรส่วนควบคุม 39

3.2. ส่วนของโปรแกรม (Software) 40

3.2.1. แผนภาพการทำงานของโปรแกรมหลัก 40

3.2.2. แผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า 41

3.2.3. แผนภาพการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบการกดปุ่มโทรศัพท์ 42

3.2.4. แผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมไอซีเก็บเสียง 43

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 44

4.1. ทดสอบสัญญาณกระดิ่ง 44

4.2. ทดสอบสัญญาณ DTMF 45

4.3. วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 46

4.4. วงจรควบคุมการยกหู / วางหู และ แมชชิ่งสายโทรศัพท์ 47

4.5. วงจรควบคุมสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้า 47

4.6. วงจรตรวจจับกระแส 47

4.7. วงจรทดสอบรวม (ไม่มีไมโครคอนโทรลเลอร์) 48

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 49

ภาคผนวก 50

เอกสารอ้างอิง 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงสัญญาณที่ส่งจากชุมสายไปยังเครื่องรับ	3
รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์	5
รูปที่ 2.3 สัญญาณพัลส์เลขหมายของระบบโทรศัพท์แบบพัลส์	6
รูปที่ 2.4 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF	7
(ก) วงจรโทรศัพท์แบบดั้งเดิม	7
(ข) วงจรที่พัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของไอซี	7
รูปที่ 2.5 การจัดปุ่มกดและระบบสัญญาณ	8
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์	9
รูปที่ 2.7 แสดงโลคัลลูปของระบบโทรศัพท์	10
รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ	10
รูปที่ 2.9 ฟังก์ชั่นบล็อกไดอะแกรมของไอซี MT8870	11
รูปที่ 2.10 การตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่ Filter Respond	13
รูปที่ 2.11 การต่อวงจรสำหรับการปรับขนาดการ์ดไทม์อย่างง่าย	13
รูปที่ 2.12 ไดอะแกรมเวลาของไอซี MT8870	14
รูปที่ 2.13 การต่อวงจรโดยสามารปรับเกนได้ที่ R_5	15
รูปที่ 2.14 วงจรภายในไอซี ISD2590	16
รูปที่ 2.15 แสดงการต่อวงจรประยุกต์ใช้งานไอซี ISD2590	22
รูปที่ 2.16 โครงสร้างของพอร์ต A (RA0, RA1, RA2, RA3, RA5)	25
รูปที่ 2.17 โครงสร้างของพอร์ต A (RA4)	26
รูปที่ 2.18 โครงสร้างของพอร์ต B (RB0-RB3)	27
รูปที่ 2.19 โครงสร้างของพอร์ต B (RB4-RB7)	28
รูปที่ 2.20 โครงสร้างพอร์ต C (RC0, RC2, RC5, RC7)	29
รูปที่ 2.21 โครงสร้างของพอร์ต C (RC3, RC4)	30
รูปที่ 2.22 โครงสร้างของพอร์ต D	31
รูปที่ 2.23 โครงสร้างของพอร์ต E	32
รูปที่ 2.24 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ Microcontroller PIC16F877	34
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของวงจร	35
รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	36
รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการยกหูโทรศัพท์	37
รูปที่ 3.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	37
รูปที่ 3.5 วงจรสวิตช์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	38
รูปที่ 3.6 วงจรตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ 3.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ที่ใช้ในโครงงาน 39
รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก 40
รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า 41
รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบการกดปุ่มโทรศัพท์ 42
รูปที่ 3.11 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมไอซีเก็บเสียง 43
รูปที่ 4.1 รูปสัญญาณของสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์ 44
รูปที่ 4.2 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 1 " 45
รูปที่ 4.3 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 2 " 45
รูปที่ 4.4 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 3 " 45
รูปที่ 4.5 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 4 " 45
รูปที่ 4.6 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 5 " 45
รูปที่ 4.7 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 6 " 45
รูปที่ 4.8 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 7 " 46
รูปที่ 4.9 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 8 " 46
รูปที่ 4.10 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 9 " 46
รูปที่ 4.11 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " * " 46
รูปที่ 4.12 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 0 " 46
รูปที่ 4.13 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " # " 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดหมายเลขต่างๆ	8
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของขาต่างๆของไอซี MT8870	11
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการทำงานของวงจรควบคุมการยกหู / วางหู และ แมชชิงสายโทรศัพท์	47
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการทำงานของวงจรควบคุมสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้า	47
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการทำงานของวงจรตรวจจับกระแส	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาของหัวข้อปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันการใช้งานโทรศัพท์พื้นฐานหรือโทรศัพท์บ้านนั้นมีการใช้งานน้อยมาก เนื่องจากคนส่วนใหญ่นิยมใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ติดต่อสื่อสารกันมากขึ้นซึ่งใช้งานได้สะดวกสบายกว่าจนหลายคนแทบจะลืมให้ความสำคัญกับการใช้งานผ่านเทคโนโลยีโทรศัพท์พื้นฐานกัน ในโครงงานนี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้งานโทรศัพท์พื้นฐานในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน (Public Switched Telephone Network: PSTN) ซึ่งจะนำสัญญาณ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ที่ถูกส่งมาจากชุมสายมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

1.2. วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาการรับ-ส่งสัญญาณ DTMF และการนำไปประยุกต์ใช้
2. เพื่อศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC
3. ศึกษาการทำงานของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานเพื่อนำมาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน

1.3. ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สร้างวงจรตรวจจับสัญญาณ DTMF ที่ส่งมาจากชุมสาย
2. นำสัญญาณ DTMF ที่ตรวจจับได้มาประยุกต์ใช้งาน
3. เขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาการทำงานของระบบโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานและนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งาน
2. เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆจากระยะไกลได้ (Remote Switch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1. ระบบโทรศัพท์พื้นฐาน

ระบบโทรศัพท์นั้นถือกำเนิดขึ้นจากการคิดค้นของ อเล็กซานเดอร์ เกรแฮมเบลล์ โทรศัพท์ระบบแรกที่เกิดขึ้นคือ ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์(Pulse) การเรียกหมายเลขต่างๆจะให้สัญญาณพัลส์เป็นตัวกำหนดทั้งสิ้น เช่น เลข 3 จะมีสัญญาณพัลส์ 3 ลูก เลข 4 จะมีสัญญาณพัลส์ 4 ลูก เลข 0 มีพัลส์ 10 ลูก เป็นต้น

ส่วนประกอบหลักๆ ของระบบโทรศัพท์มีดังนี้

1. เครื่องโทรศัพท์
2. สายโทรศัพท์
3. ชุมสายโทรศัพท์ ทำหน้าที่ตัดต่อคู่สายต่างๆ ให้ผู้เรียกต้นทางสามารถติดต่อปลายทางได้

2.1.1. ระบบสัญญาณ

1. สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)

- **สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่าไปยังชุมสาย**

Off hook คือ สภาพผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ คู่สายโทรศัพท์จะมีสภาพ Closed Loop (Low Impedance)

On hook คือ สภาพผู้เช่าวางหูหรือสภาพว่าง คู่สายโทรศัพท์จะมีสภาพ Open Loop (High Impedance)

Dialing คือ สภาพที่ผู้เช่าหมุนเลขหมายเข้าเครื่องเป็น Rotary Dial สัญญาณจะเป็น pulsing ค่าความต้านทานจะสูง- ต่ำ สลับกันไปตามที่หมุนเลขหมาย ถ้าเครื่องเป็นแบบกดปุ่ม Touch Tone สัญญาณออกจะเป็นความถี่ DTMF ส่งออกไปยังชุมสาย

- **สัญญาณที่ส่งจากชุมสายไปยังเครื่องรับ**

สัญญาณให้หมุน(Dial Tone) เป็นสัญญาณเพื่อแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่าขณะนี้ผู้ใช้สามารถที่จะเรียกไปยังหมายเลขที่ต้องการได้ ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ต่อเนื่อง 400 เฮิรตซ์ มอดูเลตกับความถี่ 50 เฮิรตซ์ แบบ AM

สัญญาณไม่ว่าง(Busy Tone) เป็นสัญญาณเพื่อให้ผู้เรียกทราบว่า หมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยในขณะนี้ยังไม่ว่างควรจะวางหูระยะหนึ่งแล้วจึงทำการติดต่อไปใหม่อีกครั้ง ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ โดยมีช่วงเวลาการส่งประมาณ 0.5 วินาที แล้วหยุดประมาณ 0.5 วินาที สลับกัน

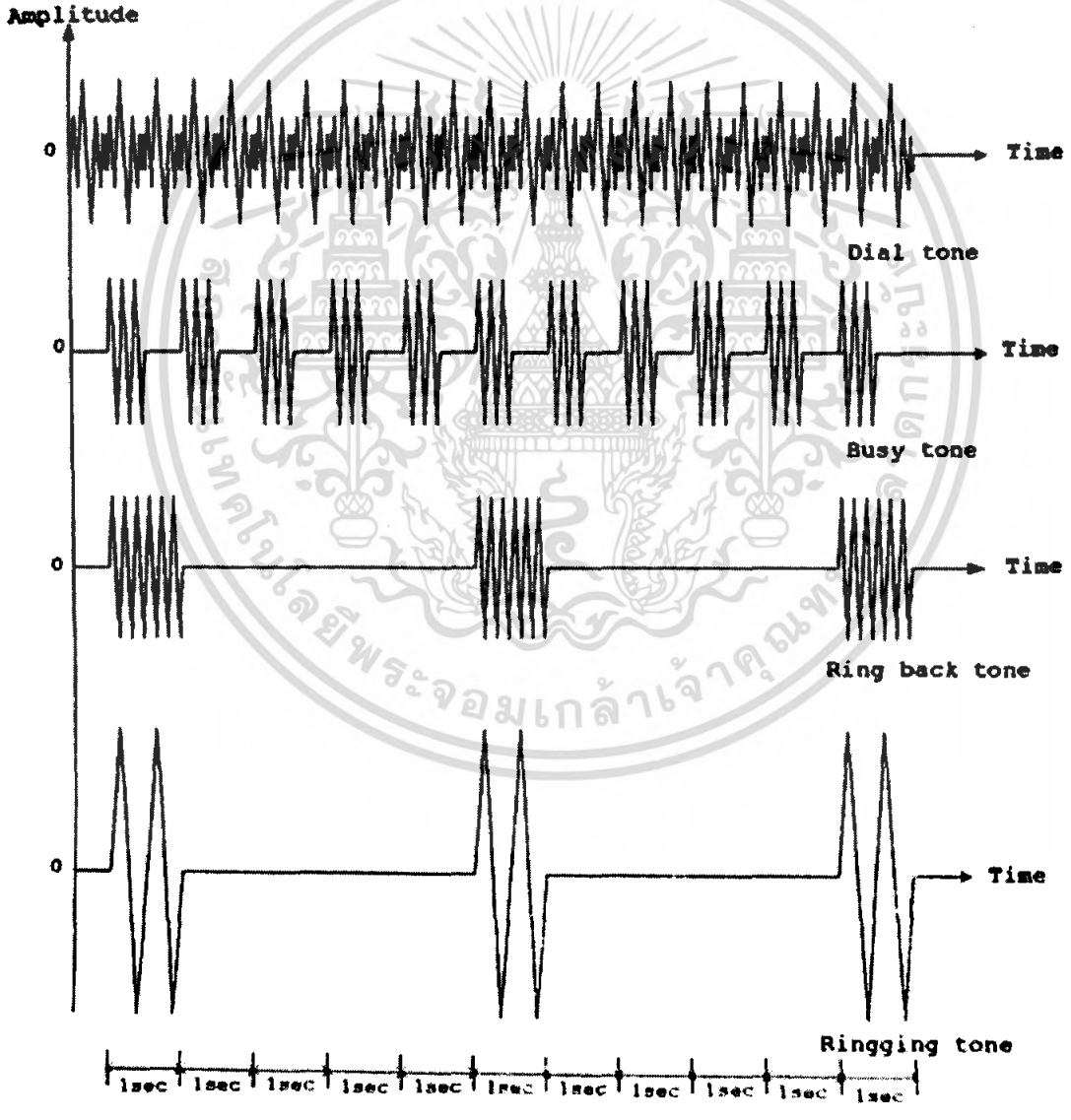
สัญญาณเรียกกลับ(Ring Back Tone) เป็นสัญญาณเพื่อแสดงให้ผู้เรียกทราบว่าสามารถที่จะติดต่อกับผู้ที่จะสนทนาด้วยได้แล้ว แต่ยังอยู่ในระหว่างรอการยกหูจากปลายทางซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณความถี่ต่อเนื่อง 400 เฮิรตซ์ โดยมีช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที แล้วหยุดประมาณ 4 วินาที สลับกัน

สัญญาณกระดิ่งเรียก(Ringing Tone) ใช้พร้อมกับสัญญาณเรียกกลับเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งดังขึ้นก็จะมีสัญญาณเรียกกลับดังขึ้นพร้อมๆกัน แต่สัญญาณนี้จะมีความแรงมากเพื่อทำให้วงจรเสียงกระดิ่งในเครื่องโทรศัพท์ทำงานได้ ซึ่งเป็นสัญญาณความถี่ 50 เฮิรตซ์ โดยมีช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที แล้วหยุดประมาณ 4 วินาที สลับกันเหมือนกับสัญญาณเรียกกลับ

สัญญาณโทนอื่นๆ เช่น Nu Tone (Number Unobtained Tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนไปนั้นยังไม่มีการเปิดใช้งาน ลักษณะของสัญญาณจะเป็นความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ โดยมีช่วงเวลาการส่งประมาณ 1 วินาที แล้วหยุดประมาณ 4 วินาที อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.1 แสดงสัญญาณที่ส่งจากชุมสายไปยังเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter Exchange Signaling)

สัญญาณพื้นฐานมีอยู่ 5 ประเภท คือ

Seizer (สัญญาณจับเวลา) เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่า คู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ชุมสายปลายทางจะจัดทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเลขหมายของผู้ถูกเรียกที่จะส่งมา

Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมายหรือประเภทของผู้เช่า

Address Signal (สัญญาณตอบรับ) สัญญาณนี้ถูกส่งเมื่อผู้ถูกเรียกทำการยกหูรับ หน้าที่ของสัญญาณนี้ก็คือ 1. เริ่มคิดเงิน 2. ส่งสัญญาณคิดเงิน 3. ตัดวงจรจับเวลาการใช้อุปกรณ์

สัญญาณยกเลิกการต่อตรง (Clear Forward) จะถูกส่งเมื่อผู้เรียกทำการวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทำการยกเลิกการต่อวงจรต่างๆ

สัญญาณยกเลิกการตอบกลับ (Clear Back) จะถูกส่งเมื่อผู้ถูกเรียกทำการวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้นจับเวลา เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 90-120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อมาพร้อมกับส่งสัญญาณ Clear Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

2.1.2. การติดต่อกันระหว่างผู้เรียก (Calling) และผู้ถูกเรียก (Called)

ขั้นตอนการทำงานของโทรศัพท์แบ่งออกเป็น 2 กรณี ผู้เรียกและผู้ถูกเรียก

กรณีผู้เรียก (Calling subscriber)

ขณะที่โทรศัพท์ว่างอยู่นั้น ที่คู่สายโทรศัพท์จะมีกระแสไฟตรงตกคร่อมอยู่ประมาณ 48 โวลต์ และเมื่อหูโทรศัพท์ถูกยกขึ้น กระแสไฟตรงที่คร่อมอยู่นั้นจะตกลงมาเหลือประมาณ 5-10 โวลต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบชุมสายโทรศัพท์ย่อยแต่ละพื้นที่ ขณะเดียวกันนั้นก็จะมีสัญญาณเสียงให้หมุนหมายเลข ถ้าหมายเลขที่ถูกเรียกไม่ว่าง ผู้เรียกก็จะได้ยินเสียงสัญญาณไม่ว่าง และถ้าได้ยินเสียงเรียกกลับตอบกลับมาก็แสดงว่าเลขหมายที่เรียกพร้อมที่จะทำการสนทนาได้เพียงแต่รอจนกว่าผู้ถูกเรียกจะทำการยกหูรับ ก็สามารถเริ่มทำการสนทนาได้

กรณีผู้ถูกเรียก (Called subscriber)

ขณะที่โทรศัพท์ว่างอยู่นั้นจะมีกระแสไฟตรงตกคร่อมอยู่ 48 โวลต์ และเมื่อมีการถูกเรียกจากต้นทาง ทางชุมสายจะทำการเชื่อมต่อให้และจะส่งสัญญาณกระดิ่ง เป็นแรงดันไฟสลับประมาณ 110-150 โวลต์ และเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ซึ่งจะทำให้เกิดค่าความต้านทานประมาณ 600 โอห์ม ต่อเข้ากับชุมสาย (แรงดันตกคร่อมจะลดลงเหลือประมาณ 5-10 โวลต์) ทำให้ชุมสายรู้ว่ามีการยกหูโทรศัพท์แล้ว ชุมสายก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่ง และทำการต่อคู่สายโทรศัพท์ให้เพื่อเริ่มต้นการสนทนา

2.1.3. เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์(Telephone Set) จัดเป็นอุปกรณ์ปลายทางอย่างหนึ่งทำหน้าที่รับ-ส่งสัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

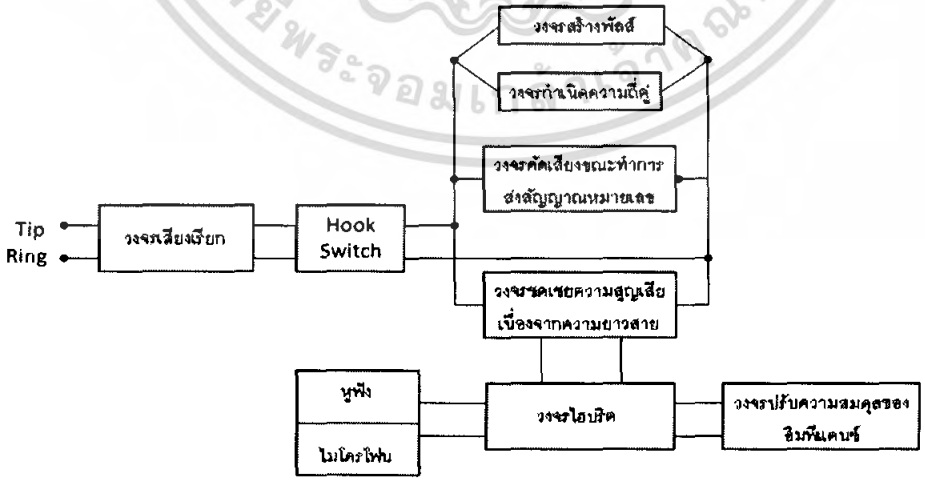
คู่สายโทรศัพท์และในทางกลับกันก็เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากลับมาเป็นพลังงานเสียง นอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์ยังทำหน้าที่ต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น(Local – Exchange), (Hook-Off)
2. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ Code ที่ใช้แทนเลขหมายผู้เรียก(B Subscriber)
3. ทำหน้าที่รับเสียงโทน(Tone) ที่ตอบรับจากชุมสาย ตลอดจนสัญญาณเรียก(Ringing Tone)
4. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อไปยังชุมสาย(Hook-On)

- **บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์**

รูปที่ 2.2 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์ ไม่ว่าจะเป็นระบบพัลส์หรือโทนก็มีลักษณะเหมือนกัน แต่แตกต่างกันตรงที่การกำเนิดสัญญาณเลขหมายว่าจะเป็นระบบพัลส์หรือ DTMF วงจรเสียงเรียกทำหน้าที่แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่ามีการเรียกเข้ามา สุดสวิตช์เป็นตัวบอกให้ชุมสายโทรศัพท์รับรู้ว่ามีการยกหูใช้งานโทรศัพท์แล้ว ก็จะทำการตัดต่อคู่สายให้ติดต่อกันได้ ในส่วนของวงจรตัดเสียงขณะทำการส่งหมายเลขจะช่วยให้การส่งหมายเลขให้มีความชัดเจนถูกต้องไม่ถูกรบกวนด้วยสัญญาณเสียงพูด

ขณะที่วงจรชดเชยความสูญเสียเนื่องจากความยาวของสายส่งจะทำให้สัญญาณที่ติดต่อระหว่างต้นทางและปลายทางมีความแรงและชัดเจนมากที่สุด แม้ว่าต้นทางและปลายทางจะมีระยะห่างกันแค่ไหนก็ตาม ส่วนวงจรไฮบริดจ์ทำหน้าที่เสมือนเป็นวงจรขยาย 2 ทิศทาง หรือสามารถให้สัญญาณผ่านเข้าออกได้ตลอดเวลาจึงมีเสียงจากปลายทางมาปรากฏที่หูผู้ฟัง ในขณะที่สัญญาณจากปากผู้พูดก็สามารถผ่านออกไปทางคู่สายได้และวงจรไฮบริดจ์ยังทำหน้าที่ลดสัญญาณไซด์โทนหรือเสียงสะท้อนได้อีกด้วย ส่วนวงจรปรับความสมดุลของความต้านทานมีไว้เพื่อทำให้ความต้านทานของส่วนต่างๆ ในโทรศัพท์มีความเหมาะสมเพื่อให้การถ่ายทอดสัญญาณเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบหลักของเครื่องโทรศัพท์แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

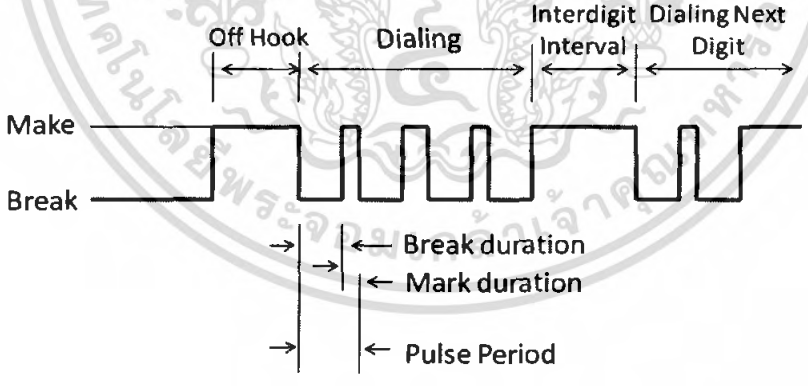
1. ส่วนรับ-ส่งสัญญาณเสียงพูด(Speech Transmission)
2. ส่วนกำเนิดสัญญาณเลขหมายของผู้เรียก(Generator Tone Code)
3. ส่วนที่รับสัญญาณเรียกจากชุมสาย (Ringing Tone)

นอกจากนี้เครื่องโทรศัพท์ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังที่จะอธิบายต่อไปนี้

- **ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์**

ระบบโทรศัพท์แบบพัลส์จะทำงานด้วยสัญญาณพัลส์ที่เกิดจากการตัดต่อวงจร โดยเมื่อมีการหมุนหมายเลขจะทำให้สวิตช์เกิดการตัดต่อตามจำนวนของเลขหมายที่ทำการติดต่อ ทำให้เกิดการไหลของกระแสแบบไม่ต่อเนื่องเป็นพัลส์ตามจังหวะของการตัดต่อของสวิตช์ดังรูปที่ 2.3 เป็นการกำเนิดสัญญาณพัลส์เมื่อหมุนหมายเลข 4

ก่อนการใช้งานสัญญาณจะมีระดับต่ำอยู่เมื่อมีการยกหูจะเกิดสภาวะออฟฮุค เกิดสัญญาณบวกขึ้นจนกระทั่งเริ่มหมุนหมายเลข ในที่นี้กำหนดให้หมุนหมายเลข 4 ก็จะเกิดพัลส์ 4 ลูก และจะเกิดช่องว่างสำหรับแยกหมายเลขด้วยจากนั้นจึงเริ่มหมุนหมายเลยต่อไป ในทางปฏิบัติผู้ใช้สามารถหมุนหมายเลขต่อเนื่องไปได้เลย วงจรภายในของโทรศัพท์จะเป็นตัวแบ่งแยกของแต่ละหมายเลขเอง ในระบบโทรศัพท์แบบพัลส์นี้จำนวนพัลส์ถูกกำหนดให้มีอัตรา 10 พัลส์ต่อวินาที คาบของสัญญาณพัลส์มีค่าอย่างต่ำ 100 มิลลิวินาที ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดจะต้องไม่น้อยกว่า 60 มิลลิวินาที (ในเมริกา) หรือ 67 มิลิวินาที (สำหรับประเทศอื่นๆ) และจากการใช้มือหมุนพบว่า ช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนหมุนแต่ละเลขมีค่าประมาณ 0.5-3 วินาที



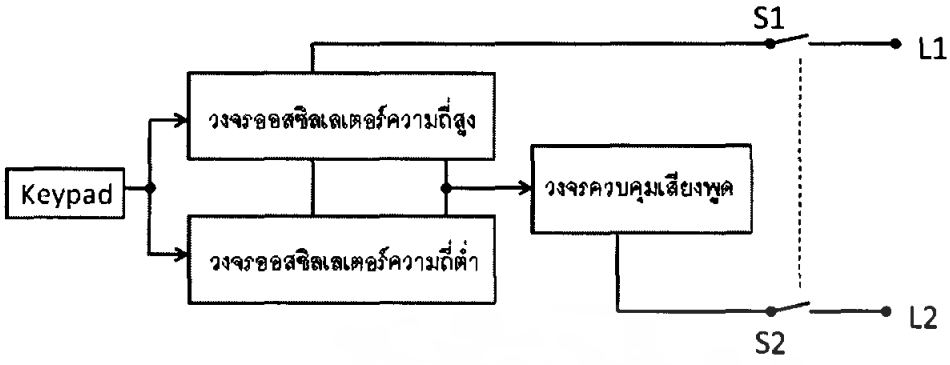
รูปที่ 2.3 สัญญาณพัลส์เลขหมายของระบบโทรศัพท์แบบพัลส์

- **ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF**

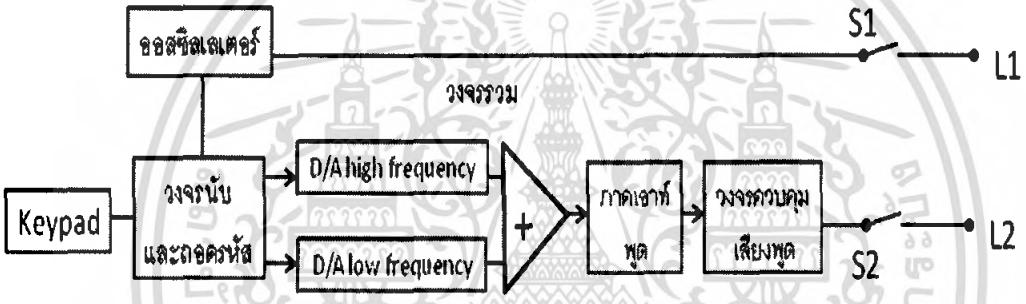
บล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF แสดงดังรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าจากรูปที่ 2.4(ก) เป็นวงจรในยุคแรกๆ ซึ่งจะต้องมีวงจรแยกความถี่สูงและความถี่ต่ำออกจากกันเพื่อตรวจสอบหมายเลขที่ส่งเข้ามา ต่อมามีการพัฒนามาใช้ไอซีสำเร็จรูปดังรูปที่ 2.4(ข) โดยใช้หลักการของวงจรดิจิตอลแปลงรหัสทางดิจิตอลเป็นสัญญาณอะนาล็อก ซึ่งมีความแม่นยำในการถอดรหัส DTMF มากกว่า จากการพัฒนานี้เองทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ปัจจุบันขนาดของโทรศัพท์เล็กลงมากเพราะไม่ต้องมีขดลวดกระดิ่งขนาดใหญ่ๆ เหมือนกับระบบพัลส์ เนื่องจากการใช้ทรานดิวเซอร์เป็นตัวส่งเสียงแทน



(ก) วงจรโทรศัพท์แบบดั้งเดิม



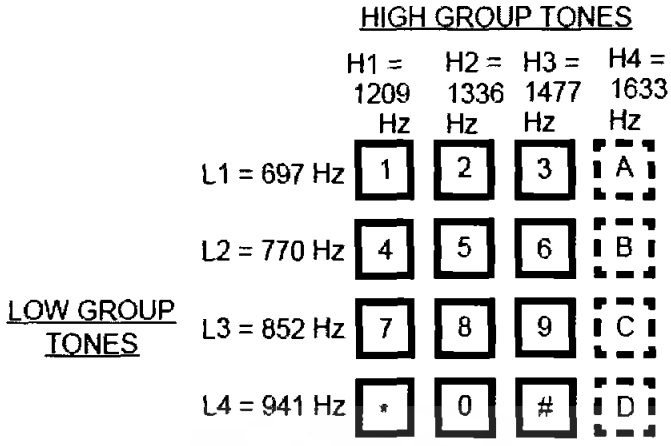
(ข) วงจรที่พัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของไอซี

รูปที่ 2.4 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF

โทรศัพท์ชนิดนี้สร้างสัญญาณ DTMF (Dual Tone Multiple Frequency) ในการส่งเลขหมายโดยการกดแต่ละหมายเลขบนหน้าปัดโทรศัพท์ จากการกดปุ่มแต่ละปุ่มจะมีสองความถี่ส่งออกไปพร้อมกัน ความถี่แต่ละคู่ที่ส่งออกไปจะมีช่วงเวลาประมาณ 40 มิลลิวินาทีเป็นอย่างต่ำ โทรศัพท์แบบกดปุ่มจึงทำงานเร็วกว่าแบบหมุนอยู่ประมาณ 10 เท่า ในการออกแบบระบบควบคุมดังกล่าวจำเป็นต้องทราบการทำงานของระบบดังกล่าวคือโทรศัพท์ชนิดนี้เป็นโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มระบบ Tone ประกอบด้วยปุ่มกดจำนวน 16 ปุ่ม แต่ใช้ปกติเพียง 12 ปุ่ม ส่วนอีก 4 ปุ่มคือ A B C D มีไว้สำหรับตอบรับบริการพิเศษที่ชุมสายมีให้ โดยการทำงานจะเป็นแบบ Dual Tone Multi Frequency

แป้นกดจะแบ่งออกเป็น 4 แถวกับ 4 คอลัมน์ ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การจัดปุ่มกดและระบบสัญญาณ

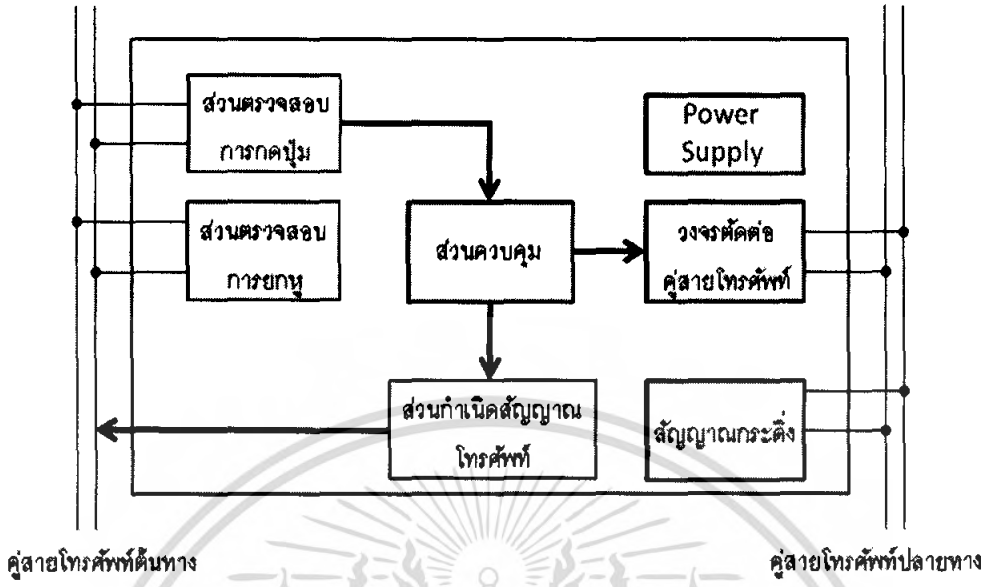
เมื่อกดหมายเลขใดหมายเลขหนึ่งจะประกอบด้วยโทนเสียง 2 ความถี่ด้วยกันคือ ความถี่สูงและความถี่ต่ำ (ความถี่ทางด้านคอลัมน์และแถวตามลำดับ)

ตารางที่ 2.1 ความถี่ที่มอดูเลตกันเมื่อกดหมายเลขต่างๆ

หมายเลข	ความถี่ต่ำ (เฮิรตซ์)	ความถี่สูง (เฮิรตซ์)
1	697	1209
2	697	1336
3	697	1477
4	770	1209
5	770	1336
6	770	1477
7	852	1209
8	852	1336
9	852	1477
0	941	1336
*	941	1209
#	941	1477
A	697	1633
B	770	1633
C	852	1633
D	941	1633

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4. ชุมสายโทรศัพท์



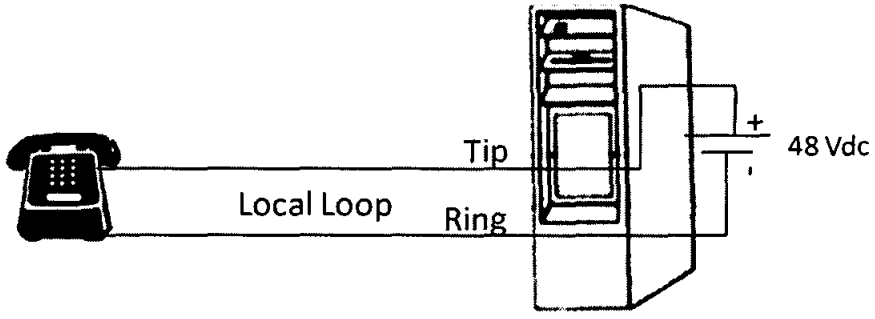
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของชุมสายโทรศัพท์

ชุมสายโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากในระบบโทรศัพท์ เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อคู่สายโทรศัพท์ให้ต้นทางและปลายทางสามารถติดต่อพูดคุยกันได้ จากระบบชุมสายใหญ่ๆ ก็มีการประยุกต์ใช้ในสำนักงาน เพื่อให้การติดต่อระหว่างแผนกต่างๆ ในสำนักงานได้อย่างคล่องตัว จากเดิมที่ใช้รีเลย์เป็นตัวตัดต่อคู่สาย ทำให้ชุมสายมีขนาดใหญ่โตมาก จึงได้มีการพัฒนามาเป็นอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ ในรูปที่ 2.6 เป็นบล็อกไดอะแกรมของชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ

<u>โลคัลลูป (Local Loop)</u>

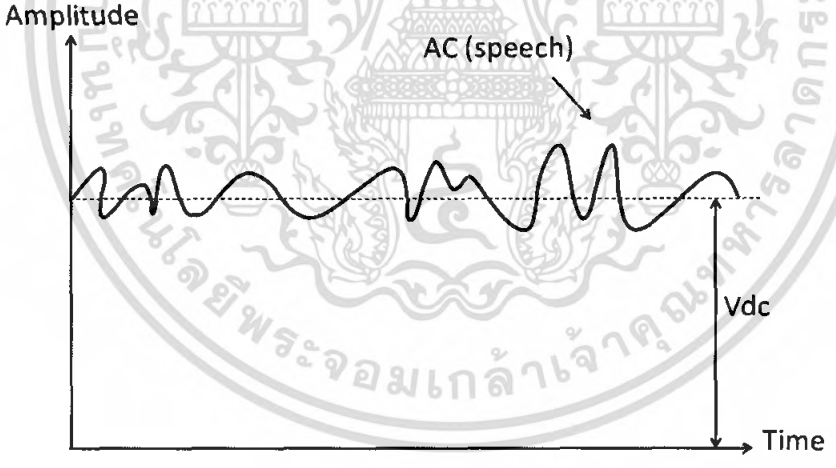
ความหมายของโลคัลลูปคือ สายส่งสองสายจากเครื่องโทรศัพท์ไปยังชุมสายปลายทางซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์ของสายประมาณ 500-1,000 โอห์ม แต่ค่าที่ใช้โดยทั่วไปคือ 600 โอห์ม ในชุมสายปลายทางมีการติดตั้งแหล่งจ่ายไฟร่วม DC ขนาด 48 โวลต์ ให้แต่ละลูปของผู้ใช้โทรศัพท์ โดยจะมีลวดตัวนำ 2 เส้น ในลูปทำหน้าที่เป็นตัวนำสัญญาณที่เรียกว่าทิป(Tip) และริง(Ring) โดยริงจะต่อสัญญาณไฟ -48 V_{DC} ทิปจะต่อกับกราวด์ ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงโลคัลลูปของระบบโทรศัพท์

เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์มีผลทำให้สุดสวิตช์ปิดลง(Off Hook) จากนั้นกระแสไฟตรงขนาด 20 มิลลิแอมป์ ไหลอยู่ในลูป ซึ่งสภาวะยกหูโทรศัพท์นี้ระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายทิปกับสายริงมีค่าประมาณ 5-10 โวลต์ ส่วนสัญญาณเสียงพูดจากเครื่องโทรศัพท์ถูกส่งไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งในลูป โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยภายในกระแสลูป (ประมาณ 20 มิลลิแอมป์) ซึ่งเกิดจากสัญญาณ AC ทับบนกระแสลูป DC แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

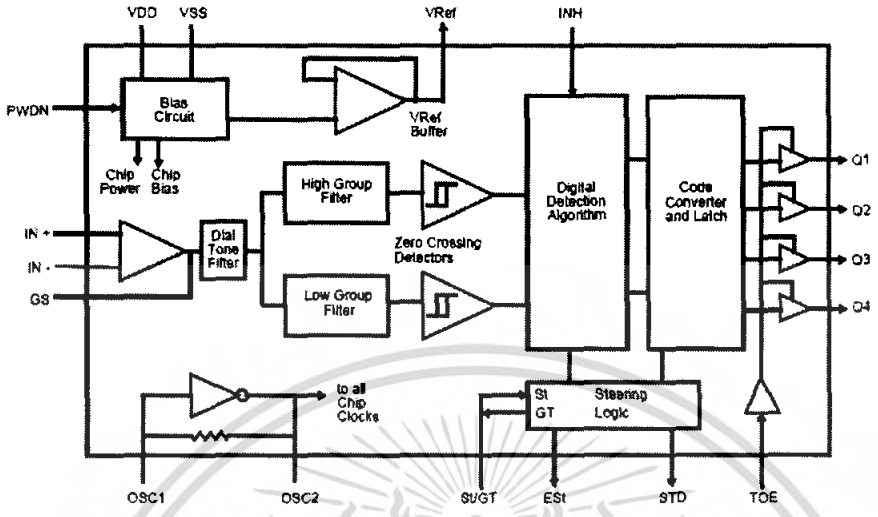
2.2. ไอซีแปลงสัญญาณ DTMF (MT8870)

2.2.1. โครงสร้างของ MT8870

MT8870 เป็นอุปกรณ์รับที่สมบูรณ์แบบที่รวมทั้ง ตัวกรองแบบแยกแบนด์(Bandsplit filter) และ มีฟังก์ชั่นถอดรหัสดิจิตอล(Digital decoder function) ในภาคของตัวกรองนั้นใช้สวิตช์คาปาซิเตอร์เทคนิค(Switch Capacitor Technique) เพื่อแยก ความถี่ย่านสูง และ ย่านต่ำออกจากกัน และในภาคถอดรหัสได้ใช้ดิจิตอลเคาน์ติง(Digital Counting) เพื่อตรวจจับ และ ถอดรหัสDTMF ทั้ง 16 คู่เสียง ให้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส 4 บิต และไอซีตัวนี้ยังประกอบด้วย วงจรขยายผลต่าง (Differential Amplifier), วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Clock Oscillator) และ Latched 3-state bus interface



รูปที่ 2.9 ฟังก์ชั่นบล็อกไดอะแกรมของไอซี MT8870

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของขาต่างๆของไอซี MT8870

Pin#		Name	Description
18	20		
1	1	IN+	Non-Inverting Op-Amp (input)
2	2	IN-	Inverting Op-Amp (input)
3	3	GS	Gain Select เป็นขาเอาท์พุทของวงจรขยายผลต่าง เพื่อใช้ต่อกับตัวต้านทานไว้ควบคุมอัตราขยาย
4	4	V_{Ref}	Reference Voltage (output) เป็นขาเอาท์พุทที่ให้ค่าโวลเตจ $V_{DD}/2$ หรือใช้ไบอัส IN+ ในวงจรOP-Amp
5	5	INH	Inhibit (input)
6	6	PWDN	Power Down (input)
7	8	OSC1	Clock (input) เป็นสัญญาณนาฬิกาอินพุท
8	9	OSC2	Clock (output) มีค่า 3.579545 Mเฮิรตซ์ ต่ออยู่ระหว่าง OSC1 และ OSC2 เพื่อช่วยสร้างสัญญาณนาฬิกาภายใน
9	10	V_{SS}	Ground (input) ปกติมีค่า 0 โวลต์
10	11	TOE	Tree State Output Enable (input) ควบคุม Q1-Q4 ด้วยลอจิก โดยจะปล่อยเอาท์พุทเมื่อเป็น HIGH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11-14	12-15	Q1-Q4	Tree State Data (Output) จะแสดงรหัสล่าสุดของโทนที่ได้รับหลังจาก TOE เป็น HIGH แล้วและถ้า TOE มีลอจิกเป็น LOW Q1-Q4 จะมีสภาวะเป็น High impedance
15	17	StD	Delayed Steering (output) จะแสดงลอจิก HIGH เมื่อได้รับคู่เสียง และหลังเอาท์พุทแลทช์เปลี่ยน และจะกลับเป็น LOW เมื่อโวลต์ของ St/GT ต่ำกว่า V_{TSt}
16	18	ESt	Early Steering (output) ขานี้จะเป็น HIGH เมื่อรหัสได้ถูกถอดเสร็จ และจะเป็น LOW ทันทีที่เกิดการผิดเงื่อนไขสัญญาณ (signal condition)
17	19	St/GT	Steering Input/guard time (Output) Bidirectional โวลเตจที่ได้นั้นดีกว่า V_{TSt} ที่ได้ตรวจจับที่ ST ตรงที่อุปกรณ์สามารถทั้งบันทึกคู่เสียงที่ถูกตรวจจับ และ อัพเดทเอาท์พุทแลทช์ ส่วน GT เอาท์พุทจะรีเซ็ท steering time-constant ภายนอก คือ สถานะจะเป็นฟังก์ชั่นของ ESt และ โวลเตจบน St
18	20	V_{DD}	Positive power supply (Input) +5โวลท์
	7,16	NC	ไม่มีการใช้งาน

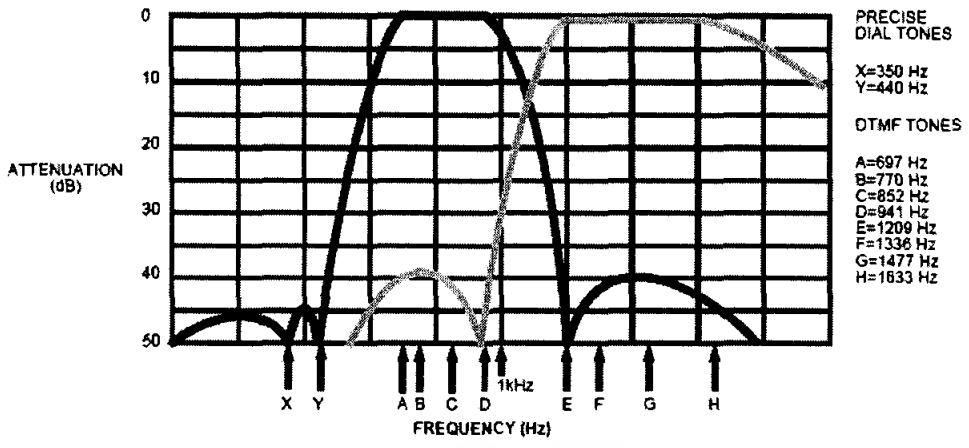
MT8870 ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของเครื่องรับ DTMF และเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก, กินไฟน้อย และ มีประสิทธิภาพสูง ภายในสถาปัตยกรรมนั้นประกอบด้วย ภาคตัวกรองความถี่แบบแยกแบนด์ ที่ทำหน้าที่แยกระหว่างกลุ่มโทนสูง และ กลุ่มโทนต่ำ, ภาคดิจิตอลเคาน์ติง ที่จะคอยตรวจสอบความถี่ และช่วงเวลาของโทนที่รับเข้ามาว่าเป็นรหัสที่ตรงกันหรือไม่ ก่อนที่จะส่งไปยังเอาท์พุทบัส

2.2.2. ฟังก์ชั่นการทำงานภายในของ MT8870

- **ภาคกรองความถี่(Filter Section)**

การแยกกลุ่มโทนสูงและกลุ่มโทนต่ำออกจากกันนั้นทำได้โดย ป้อนสัญญาณ DTMF เข้าที่ขาอินพุททั้งสองของวงจรความถี่แถบผ่านอันดับ 6 (sixth-order switched capacitor bandpass filter) สัญญาณที่ได้ก็จะตรงกับแบนด์วิธกลุ่มโทนต่ำหรือกลุ่มโทนสูง ภาคกรองความถี่นี้จะยกเว้นความถี่ที่ 350 เฮิรตซ์ และ 440 เฮิรตซ์ สำหรับไดอัลโทน ตัวกรองแต่ละตัวจะต่อด้วยภาคกรอง (Single order switched capacitor filter section) เพื่อทำให้สัญญาณเรียบก่อนที่จะทำการลิมิต(limiting) การลิมิตนั้นทำได้ด้วย High gain comparators ที่จะทำหน้าที่ป้องกันตรวจจับสัญญาณขนาดเล็กที่ไม่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่ Filter Respond

- **ภาคถอดรหัสสัญญาณ(Decoder Section)**

เป็นภาคที่ต่อจากภาคกรองความถี่ ในการถอดรหัสนั้นอาศัยเทคนิคดิจิตอลเคาน์ติงเพื่อหาค่าความถี่ของโทนที่เข้ามา และยืนยันว่าตรงกับความถี่ DTMF มาตรฐาน และมีกระบวนการป้องกันสัญญาณผิดเพี้ยนที่เกิดจากการถูกรบกวนโดยให้ช่วงกว้างเล็กน้อยสำหรับความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไป และกระบวนการนี้ยังสามารถช่วยสำหรับกรณีที่มีความถี่ที่สามหรือสัญญาณรบกวนได้อีกด้วย

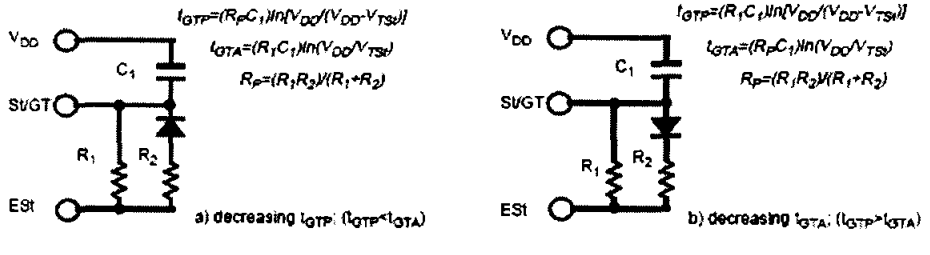
เมื่อผ่านการตรวจสอบโทนทั้งสองว่าเป็นไปตาม Signal condition แล้ว ESt ก็จะมีสถานะพร้อมทำงาน แต่ถ้าไม่ผ่าน ESt ก็จะไม่อยู่ในสถานะพร้อมทำงาน

- **วงจรขับเคลื่อน(Steering Circuit)**

ก่อนจะทำการถอดรหัสคู่เสียงนั้นจะมีการตรวจสอบค่าเวลาของสัญญาณ (Signal duration) การตรวจสอบนั้นทำโดย ESt ที่จะขับ RC time constant ภายนอก ลอจิก HIGH ของ ESt นั้นเกิดจาก V_C ของตัวเก็บประจุที่ดิสชาร์จ และหาก ESt นั้นคงสถานะนี้นานจนถึง tGDP

- **การปรับการ์ดไทม์(Guard Time Adjustment)**

ในหลายๆเหตุการณ์ที่เราไม่ต้องการเลือกสัญญาณจากช่วงเวลาของโทน และขนาดพัลส์ ดังนั้นเราสามารถเลือกใช้ วงจรสเตียร์ริงอย่างง่าย ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การต่อวงจรสำหรับการปรับขนาดการ์ดไทม์อย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

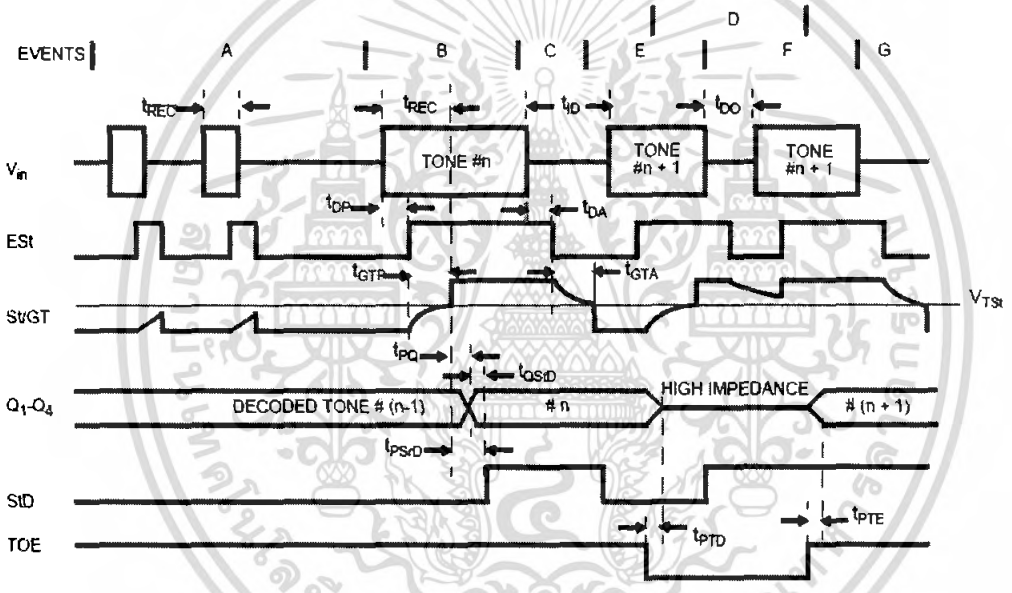
ค่าต่างๆของอุปกรณ์เราสามารถคำนวณหาได้จากสูตร

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$

$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

ค่า t_{DP} ดูรูปที่ 2.12 และค่า t_{REC} คือเวลาน้อยที่สุดของสัญญาณที่เครื่องรับใช้ตรวจสอบ ค่าของตัวเก็บประจุนั้นใช้ 0.1 ไมโครฟารัด สำหรับประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย และค่าตัวต้านทานนั้นผู้ออกแบบสามารถเปลี่ยนได้

การปรับค่าต่างๆได้ อาจใช้ปรับการ์ดไทม์ให้ได้ตามความต้องการทั้งสำหรับ t_{GTP} แ ละ t_{GTA} หรืออาจจำเป็นมากสำหรับการที่จะหาระบบที่เจาะจง



รูปที่ 2.12 ไดอะแกรมเวลาของไอซี MT8870

- **Power-down and Inhibit Mode**

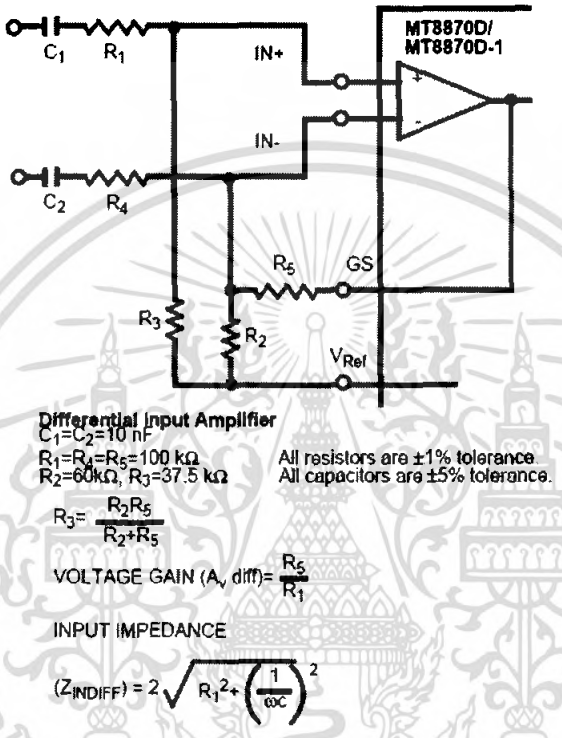
Power-down (PWDN) หรือขาที่ 6 ทำหน้าที่ลดพลังงานของอุปกรณ์เพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงานให้อยู่ในโหมด สแตนด์บาย (Standby mode) คือการหยุดการทำงานของออสซิลเลเตอร์และตัวกรองความถี่ เมื่อขา PWDN ได้รับลอจิก HIGH

Inhibit Mode (INH) หรือขา 5 ทำงานที่ HIGH และจะหยุดการตรวจจับโทนที่ใช้แทน A, B, C และ D ถ้ามีโทนดังกล่าวเข้ามาเอาพุทที่ได้ก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง (คือจะเหมือนกับตัวก่อนหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การปรับภาคขยายผลต่างอินพุท (Differential Input Configuration)**

ภาคอินพุทของ MT8870 นั้น มีวงจรขยายผลต่าง ที่เป็นออปแอมป์ พร้อมทั้งมีขา V_{REF} ไว้เพื่อใช้ในการไบอัส และมีขา GS ไว้ปรับค่าตัวต้านทานป้อนกลับ (feedback resistor) ของตัวออปแอมป์ เพื่อใช้ปรับอัตราขยาย หรือ เกน (Gain) ในการปรับวงจรเป็นแบบซิงเกิลเอนด์ (Single-end) นั้นขาอินพุท จะต่อขา IN- และ GS เข้าด้วยกันและต่อกับอินพุท ดังรูปที่ 10 เป็นการต่อออปแอมป์แบบเกนคงที่ และใช้ V_{REF} ไบอัสโดยมีค่าเป็น $0.5V_{DD}$ รูปที่ 2.13 แสดงการต่อวงจรโดยสามารถรับเกนได้ที่ R_5



รูปที่ 2.13 การต่อวงจรโดยสามารถปรับเกนได้ที่ R_5

- **ภาคกำเนิดสัญญาณนาฬิกา หรือ คริสตอลออสซิลเลเตอร์ (Crystal Oscillator)**

วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในนั้นต้องอาศัย คริสตอล 3.579545 Mเฮิรตซ์ จากภายนอกปกติแล้วจะต่อคร่อมระหว่าง OSC1 กับ OSC2 อย่างไรก็ตามเราสามารถต่อ MT8870 หลายตัวเข้าด้วยกันโดยใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์เพียงตัวเดียวได้โดย ต่อคริสตอลแบบปกติสำหรับตัวแรก จากนั้นต่อต่อตัวเก็บประจุ 30 พิโคฟารัด จาก OSC2 ของตัวที่แรก เข้ากับ OSC1 ของตัวถัดไป การต่อวงจรแบบนี้ไม่ใช่สาเหตุทำให้เกิดปัญหาโหลดไม่บาลานซ์ (Unbalanced loading)

2.2.3. การประยุกต์ใช้งานอื่นของ MT8870

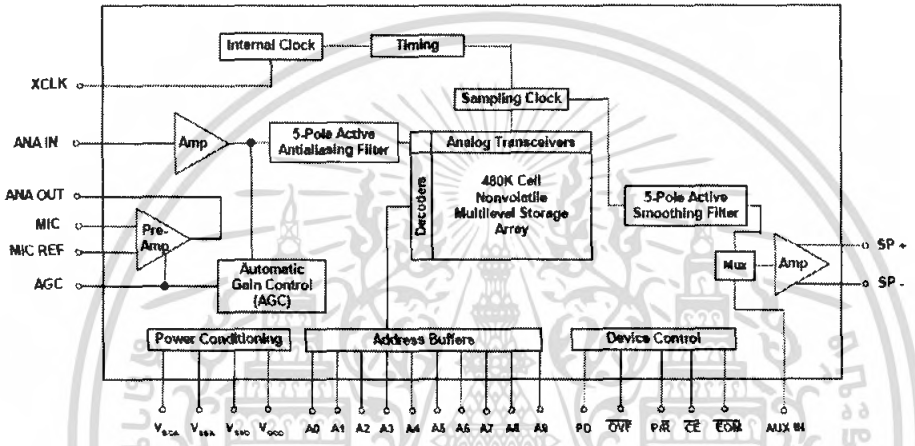
1) ใช้เป็นตัวรับในระบบของ British Telecom (BT) หรือ CEPT Spec (MT8870D-1)
2) ใช้ในระบบเพจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ใช้ในระบบวิทยุเคลื่อนที่ และ ในระบบรีพีทเตอร์
4) ใช้ในระบบบัตรเครดิต
5) ใช้ในรีโมทคอนโทรล
6) ใช้ในคอมพิวเตอร์
7) ใช้ในเครื่องโทรศัพท์ตอบรับ

2.3. ไอซีบันทึกเสียง ISD2590

2.3.1. โครงสร้างภายในและคุณสมบัติของไอซี ISD2590



รูปที่ 2.14 วงจรภายในไอซี ISD2590

- **คุณภาพเสียง และ ระยะเวลา (Speech/Sound Quality and Duration)**

ISD2590 สามารถอัดเสียงได้นานไม่เกิน 90 วินาที มี input sampling rate 5.3 kเฮิรตซ์ และมี Typical Filter Pass Band 2.3 kเฮิรตซ์ (3dB roll-off point)

เสียงถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำถาวรในตัว Chip โดยตรงโดยไม่ผ่านกระบวนการ digitalization และ compression

- **EEPROM Storage**

ISD2590 ใช้หน่วยความจำเป็นแบบ EEPROM เป็นหน่วยความจำแบบถาวรบนชิพทำให้เก็บข้อมูลได้นานถึง 100 ปี โดยไม่ต้องอาศัยพลังงาน นอกจากนี้ยังสามารถลบ และบันทึกซ้ำได้มากกว่าหนึ่งแสนครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์**

ข้อดีของ ISD2590 นอกจากจะไม่ซับซ้อนในการใช้งานแล้ว ยังได้รวมเอาการเชื่อมต่อหลายรูปแบบเพื่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้ด้วย ตำแหน่งและการควบคุมสามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำหน้าที่ได้หลายรูปแบบ

- **รูปแบบการทำงาน (Operation Mode)**

ISD2590 ถูกออกแบบมาให้มีรูปแบบการใช้งานภายในหลายรูปแบบโดยให้อาศัยอุปกรณ์ภายนอกน้อยที่สุด

เมื่อ MSB สองหลัก (ขา A8 และขา A9) มีสถานะเป็น HIGH สัญญาณที่ตามมาจะถูกแปลเป็น รูปแบบการทำงานของบิต ไม่ใช่ตำแหน่งของบิต เนื่องจากรูปแบบการทำงาน และ ตำแหน่งโดยตรง (direct addressing) นั้นจะไม่สอดคล้องกัน และไม่สามารถใช้งานได้พร้อมกันได้

มีเงื่อนไขสำหรับรูปแบบการทำงานอยู่สองข้อ ข้อแรก ทุกการทำงานจะเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 0 ของหน่วยความจำ ซึ่งเป็นตำแหน่งว่างของ ISD2590 เสมอ หลังจากนั้นการทำงานจึงสามารถเริ่มจากตำแหน่งอื่นๆได้ แต่ก็ขึ้นอยู่กับรูปแบบการทำงานที่ผู้ใช้เลือก ปกติแล้วตัวชี้ตำแหน่ง (Address pointer) จะกลับเป็น 0 เมื่อเปลี่ยนจากการบันทึกเป็นเล่นกลับ, จากเล่นกลับเป็นบันทึก (ยกเว้นการทำงานแบบ M6) หรืออยู่ในช่วง ลดพลังงาน (power-down) ข้อที่สอง รูปแบบการทำงานต่างๆจะทำงานก็ต่อเมื่อ CE นั้นมีสภาวะ LOW และจะทำงานจนกว่า สัญญาณต่อไปจะเป็นแอดเดรสปัจจุบัน (Current address)

2.3.2. หน้าที่ขาต่างๆของ ISD2590

ขาต่างๆของ ISD2590 เป็นไปตามรูปที่ 2 และการใช้งานเบื้องต้นนั้นต้องทำความเข้าใจในรายละเอียดของคุณสมบัติทางเทคนิคของไอซีตัวนี้กันเสียก่อนซึ่งรายละเอียดนี้มีความสำคัญมากต่อการใช้เป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบการใช้งานและการทำงานเบื้องต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงหน้าที่การใช้งานของแต่ละขา เพื่อที่จะนำไอซีไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

- <u>ขาที่ 1-10 Address Input (A0-A9), (M0-M6)</u> ขาแอดเดรสและโหมดอินพุตจะมีอยู่สองรูปแบบการทำงานขึ้นอยู่กับระดับของ MSB ทั้งสองของแอดเดรส ถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งของ MSB สถานะเป็น “0” อินพุตก็จะเข้าสู่แอดเดรสบิตทั้งหมด และใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นของการบันทึกและเล่นกลับ และขาแอดเดรสจะเกิดแลตช์ที่ขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE และถ้า MSB มีสถานะเป็น “1” ขาแอดเดรสและโหมดอินพุตจะมาอยู่ที่โหมดบิตทั้งหมด และเกิดการแลตช์เมื่อขอบขาลงของพัลส์ ปรากฏที่ขา CE
- <u>ขาที่ 11 Auxiliary Input (AUX IN)</u> จะเป็นขาที่รับอินพุตภายนอกซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณที่ผ่านออกไปทางเอาท์พุตของวงจรขยายภายในและขับออกสู่ลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา CE มีสถานะเป็น 1 รอบของการเล่นก็จะสิ้นสุดลง หรือเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
83279

ข้อมูลที่บันทึกไว้ถูกเล่นกลับจนจบ ถ้ามีการต่อคาสเคด ISD2590 หลายๆตัว ขา AUX IN จะถูกใช้ต่อเข้ากับสัญญาณเล่นกลับที่ออกจากขาเอาท์พุตของตัวก่อนหน้านี้

- ขาที่ 12 และ 13 Ground Input (V_{SSA}, V_{SSD}) โดยคุณสมบัติของไอซีในตระกูล ISD2590 กราวด์ของสัญญาณอะนาล็อก และกราวด์ของสัญญาณดิจิตอลนั้นจะแยกกัน ขากราวด์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและมีอยู่ในไอซีแล้ว การใช้งานของกราวด์ทั้งสองนี้จะเลือกต่อกับกราวด์ของเพาเวอร์ซับพลายในส่วนที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง
- ขาที่ 14 และ 15 Speaker Output (Sp+, Sp-) เป็นขาเอาท์พุทที่ต่อกับลำโพง ภายใน ISD2590 นี้มีวงจรขยายสัญญาณความต่างก่อนออกสู่ลำโพง โดยสามารถขับกำลังงานออกลำโพงได้ 50 มิลลิวัตต์ ที่โหลด อิมพีแดนซ์ 16 โอห์ม ขาเอาท์พุททั้งสองนี้ห้ามต่อขนานกันโดยตรงในกรณีที่ต่อคาสเคดกันหลายตัว และไม่เหมาะในการต่อลำโพงขนานกันหลายตัวที่เอาท์พุท
- ขาที่ 16 และ 28 Voltage Input (V_{CCA}, V_{CCD}) เป็นขารับแรงดันของสัญญาณอะนาล็อกและสัญญาณดิจิตอล ขารับแรงดันทั้งสองต้องการไฟเลี้ยง 5 โวลต์ และต้องเป็นไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก
- ขาที่ 17 Microphone Input (Mic) ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุทจากไมโครโฟนแล้วส่งผ่านเข้าสู่วงจรปรีแอมป์(Pre-Amp) ภายในไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ(AGC) โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายของปรีแอมป์ให้มีอัตราขยายที่เหมาะสม (อยู่ในช่วง -15 ถึง 24 เดซิเบล) ไมโครโฟนภายนอกจะถูกคัปปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุภายนอกในลักษณะอนุกรมกับขา 17 ของไอซี เพื่อทำให้เกิดการคัตออฟที่ความถี่ต่ำได้เหมาะสม
- ขาที่ 18 Micro Reference Input (MIC REF) ขานี้ไว้ต่อกับกราวด์อะนาล็อกโดยต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนของอินพุทที่ขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ ดีกว่า 10 เดซิเบล
- ขาที่ 19 Automatic Gain Control (AGC) เป็นขาอินพุตที่ควบคุมการปรับอัตราการขยายของปรีแอมป์ของไดนามิกไมโครโฟน เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่มีย่านกว้างมากของสัญญาณอินพุตจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกเกิดความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ที่ขา ACG นี้จะต้องต่อรวมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่ โดยมีค่าความต้านทานภายใน 5 กิโลโอห์ม และจะต่อร่วมกับตัวเก็บประจุภายนอกอีกตัวหนึ่งแล้วผ่านลงกราวด์อะนาล็อก ค่าที่เหมาะสมจะกำหนดไว้ที่ค่าความต้านทาน 470 กิโลโอห์ม และตัวเก็บประจุ 4.7 ไมโครฟารัด
- ขาที่ 20 Analog Input (ANA IN) อะนาล็อกอินพุท รับสัญญาณมาจากเอาท์พุทของปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุเพื่อทำการคัปปลิ้งสัญญาณที่เข้ามาทางขา 20 นี้ เพื่อผ่านเข้าไปบันทึก และค่าตัวเก็บประจุต้องเหมาะสมกับค่าความต้านทานภายใน 3 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นอินพุทอิมพีแดนซ์เพื่อที่จะทำให้เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบคัตออฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาที่ 21 Analog Output เป็นขาเอาท์พุทของวงจรปรีแอมป์ที่ขยายสัญญาณจากไมโครโฟนหลังผ่านวงจรควบคุมอัตราการขยายจากวงจร ACG
- ขาที่ 22 Overflow Output (OVF) เมื่อสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายในไอซีได้อ่านออกไปหมดแล้วจะมีพัลส์ "0" จากขานี้ และจะแสดงเป็นสภาวะหยุดการเล่นกลับ พัลส์จากขา OVF นี้จะจ่ายให้กับขา CE จนกว่าขา PD จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซตและเริ่มรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขา OVF นี้สามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของไอซี เมื่อถูกต่อคาสเคดกันหลายๆตัวได้
- ขาที่ 23 Chip Enable Input (CE) จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ "0" เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงระหว่างการบันทึกและการเล่นกลับที่ขาอินพุทและขา P/R อินพุตจะถูกแลตช์จากพัลส์ที่ขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE
- ขา 24 Power Down input (PD) ในขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับที่ขา PD จะมีสภาวะเป็น "1" ซึ่งจะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานให้อยู่ในระดับต่ำ แต่เมื่อขา OVF มีสภาวะเป็น "0" จะหมายถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลง ขา PD ปกติจะอยู่ในสภาวะเป็น "0" ขณะนั้นก็จะถูกรีเซต และจะเริ่มกระบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่

- ขาที่ 25 End Of Message/RUN output(EOM) เป็นส่วนของอุปกรณ์ non-volatile ภายในตัวไอซีที่จะถูกใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึก ขา EOM นี้จะให้เอาท์พุตออกมาเป็น "0" เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว
- ขาที่ 26 External Clock Input (XCLK) เป็นขาที่รับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติมีการระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาของการสุ่มสัญญาณได้ถูกกำหนดไว้ภายในแล้ว ซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือค่าแรงดันที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 26 นี้เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง
- ขาที่ 27 Playback/Record Input (P/R) เมื่อขาที่ควบคุมการเล่นหรือการบันทึกได้รับพัลส์ "1" จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับ และถ้าได้รับพัลส์ "0" จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบขาลงของ CE จะเป็นแลตช์อินพุทที่ขา P/R

2.3.3. โหมดการทำงานM0-M6

- M0 Message cueing M0 นั้นอนุญาตให้ผู้ใช้ข้ามข้อความโดยไม่ต้องรู้ถึงลายละเอียดของแต่ละข้อความ เนื่องจากสถานะของ CE แต่ละอันเป็น LOW ทำให้ตัวชี้แอดเดรสภายใน (Internal Address Pointer) ข้ามไปที่ข้อความต่อไป การทำงานในรูปแบบนี้ใช้สำหรับการเล่นกลับเท่านั้น และปกติจะใช้งานร่วมกับ รูปแบบการทำงาน M4
- M1 Delete EOM Markers รูปแบบการทำงาน M1 นั้นอนุญาตให้ข้อความที่ถูกบันทึกไว้แล้วที่อยู่ตำแหน่งติดกันนั้นมารวมกันเป็นข้อความเดียวกัน โดยมี EOM marker ร่วมกันเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งเดียวคือที่ปลายของข้อความสุดท้าย หลังจากใช้โหมดนี้แล้วข้อความที่เราบันทึกต่อกันก็จะถูกเล่นแบบต่อเนื่องเหมือนเป็นข้อความเดียวกัน

- M2 Unused ถ้ารูปแบบการทำงานใดๆทำงานก็จะแสดงสถานะ LOW
- M3 Message Looping เป็นการเล่นกลับแบบอัตโนมัติของข้อความโดยจะเริ่มต้นที่แอดเดรสแรกซึ่งเป็นแอดเดรสว่าง และข้อความจะเล่นกลับตั้งแต่เริ่มจนจบได้โดยที่ OVF ไม่เป็น LOW
- M4 Consecutive Addressing ระหว่างการทำงานปกติแล้ว Address pointer จะรีเซ็ตเมื่อข้อความถูกเล่นกลับผ่าน EOM marker แต่ในโหมดการทำงาน M4 จะทำหน้าที่ห้ามไม่ให้ address pointer นั้นรีเซ็ต EOM จะปล่อยให้ข้อความถูกเล่นกลับต่อไปได้ (ไม่ต้องกลับไปเริ่มเล่นตอนเริ่มต้น)
- M5 CE-Level Activated ISD2590 ปกติแล้ว CE จะเป็น edge-activated ในส่วนของการเล่นกลับ และจะเป็น level-activated เพื่อบันทึก รูปแบบการทำงาน M5 ทำให้ ขาCE นั้นจะแปล ขา CE เป็น level-activated และจะป้องกันไม่ให้กลับไปเป็น edge-activated ระหว่างที่เล่นกลับ การทำงานโหมดนี้มีประโยชน์มากในการหยุดการเล่นกลับโดยใช้ สัญญาณ CE มีผลทำให้เมื่อใช้งานโหมดนี้การเล่นกลับจะเริ่มการทำงานของวงรอบเมื่อ CE เป็น LOW ที่ตำแหน่งเริ่มต้นของหน่วยความจำ วงรอบเล่นกลับจะเล่นวนไปเรื่อยๆหาก CE ยังคงเป็น LOW แต่ถ้า CE เปลี่ยนเป็น HIGH การเล่นกลับก็จะสิ้นสุดการทำงานทันที และหาก CE มีสถานะเป็น LOW อีกครั้งก็จะเริ่มเล่นข้อความตั้งแต่เริ่มใหม่อีกครั้ง (ถ้า M4 ไม่เป็น HIGH)
- M6 Push-Button mode ไอซีในตระกูล ISD 2500 นั้นทุกตัวจะมี การทำงานโหมด Push-button ซึ่งเป็นพื้นฐานให้ไอซีสามารถใช้งานได้กับอุปกรณ์ต้นทุนต่ำ โดยออกแบบมาเพื่อลดการใช้อุปกรณ์และวงจรภายนอกให้น้อยลงพร้อมทั้งเป็นการลดขนาดวงจรรวมและลดค่าใช้จ่ายได้ เพื่อที่จะจัดโครงสร้างของอุปกรณ์ในโหมดการทำงานโดย MSB 2 บิต คือ ขา 9 และ ขา 10 จะต้องมีสภาวะเป็น “HIGH” และขา M6 ก็ต้องเป็น HIGH ด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ในโหมดนี้จะ power down ทุกครั้งที่จบการเล่นกลับ หรือ จบการบันทึก ในทุกๆวงรอบ หลังจาก CE มีสภาวะเป็น HIGH เมื่อโหมดนี้ทำงาน ขาทั้งสามของอุปกรณ์จะเปลี่ยนแปลงดังนี้

ขา 23 (CE): Start / Stop ในโหมดการทำงานแบบ Push-Button ขา CE จะทำงานที่พัลส์ LOW ซึ่งจะเริ่มการเล่นกลับหรือเริ่มการันทึกตามระดับลอจิกที่ขา P/R พัลส์ต่อมาบนขา CE จะทำให้อุปกรณ์หยุดการทำงานและจะไม่รีเซตและพัลส์ต่อมาจะทำให้อุปกรณ์ทำงานต่อไป

ขา 24 (PD): Stop / Reset ในโหมดการทำงานแบบ Push-Button Mode ขา CE จะทำงานที่พัลส์เป็น HIGH ในขณะที่ทำการเล่นกลับ

ขา 25 (EOM): Run ในโหมดนี้ EOM จะเป็น HIGH เมื่อมีการบันทึกหรือเล่นกลับอยู่ขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การบันทึกในโหมด Push-Button**
  1. ขา PD ควรจะเป็น LOW
  2. ทำขา P/R ให้กำหนดเป็น LOW
  3. ขา CE เป็น LOW เมื่อเริ่มการบันทึก และ EOM จะเป็น HIGH เพื่อแสดงการทำงาน
  4. ขา CE เป็น LOW อีกครั้งเมื่อหยุดการบันทึก และ EOM จะกลับไปเป็น LOW (ตัวชี้แอดเดรสภายในจะไม่ถูกรีเซ็ตและจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อเป็นตัวชี้จุดสิ้นสุดของข้อความ)
  5. ขา CE เป็น LOW อีกครั้งเพื่อเริ่มการบันทึกที่แอดเดรสต่อไป และ EOM จะกลับเป็น HIGH อีกครั้ง

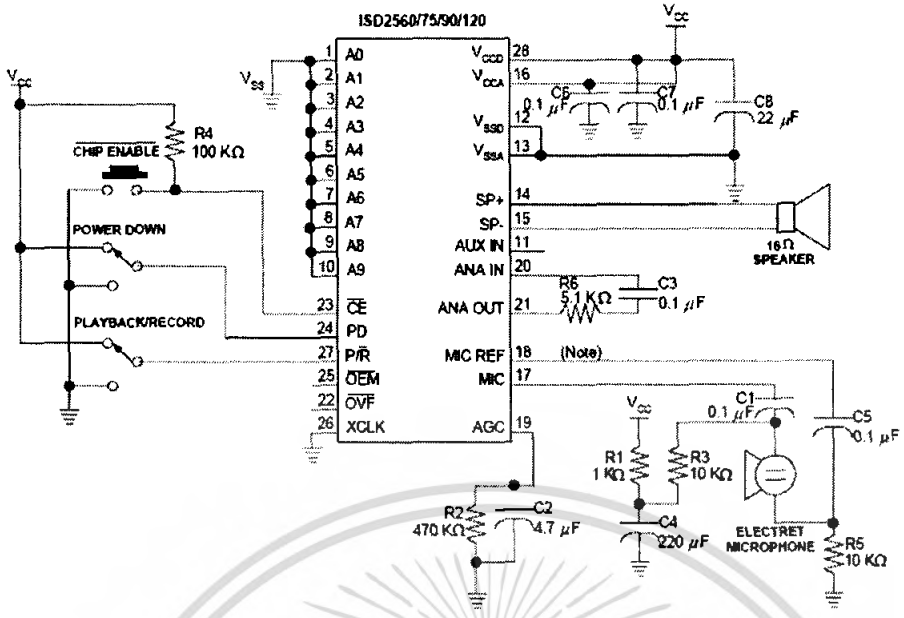
- **การเล่นกลับในโหมด Push Button**
  1. ขา PD ควรจะเป็น LOW
  2. ทำขา P/R ให้กำหนดเป็น HIGH
  3. ขา CE เป็น LOW เมื่อเริ่มการเล่นกลับ และ EOM จะเป็น HIGH เพื่อแสดงการทำงาน
  4. ขา CE เป็น LOW อีกครั้งเมื่อหยุดการเล่นกลับ และ EOM จะกลับไปเป็น LOW
  5. ขา CE เป็น LOW อีกครั้งเพื่อเริ่มการเล่นกลับต่อไป
  6. การเล่นกลับจะกระทำจากข้อ 4 และ 5 จนกว่า PD จะเป็น HIGH หรือเกิดการ Overflow ขึ้น

  (หมายเหตุ : ถ้าเกิดการ Overflow ขา CE จะเป็น LOW เพื่อทำการรีเซตตัวชี้แอดเดรสและเริ่มการเล่นกลับจากจุดเริ่มต้น)

2.3.4. การต่อวงจรประยุกต์ใช้งานไอซี ISD2590

การประยุกต์ใช้งาน ISD2590 นั้นง่ายแสดงดังรูปที่ 2.15 ดังการทำงานของแต่ละขาที่ได้อธิบายมาแล้ว จะสังเกตเห็นว่าวงจรมีความเรียบง่ายและอุปกรณ์ต่อร่วมน้อย นับตั้งแต่ลำโพงที่ต่อโดยตรงกับไอซีเลย และไมโครโฟนถ้าหากใช้เป็นแบบไดนามิกก็สามารถต่อเข้ากับไอซีโดยตรง แต่ถ้าหากเป็นแบบคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนจะต้องมีการไบแอสค่าแรงดันให้กับไมโครโฟนอย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงการต่อวงจรประยุกต์ใช้งานไอซี ISD2590

2.4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

2.4.1. โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC มีโครงสร้างหลายลักษณะ ทั้ง 8pins, 14pins, 18pins, 28pins และ 40pins ซึ่งมีให้เลือกใช้มากมายขึ้นอยู่ว่าจะเลือกใช้ขนาดหน่วยความจำ เท่าใดให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่ทำ โดยสามารถแบ่งหน่วยความจำได้ 3 แบบ คือ (1) หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (FLASH Program Memory) มีขนาดความจุ 1 ถึง 32 words (2) หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory Ram) มีขนาดความจุถึง 256 byte ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีพอร์ตใช้งานทั้งสิ้น 5 พอร์ต คือ PORT A 6 บิต, PORT B 8 บิต, PORT C 8 บิต, PORT D 8 บิต และ PORT E 3 บิต เป็นพอร์ตแบบมี 2 ทิศทาง คือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุต และเอาต์พุต และยังมีพอร์ตที่สามารถแปลงสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ได้อีกด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

- มีพอร์ต I/O ขนาด 3 บิต, 6 บิต, 8 บิต, จำนวน 5 พอร์ต
- มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 1 ถึง 32 words
- มีหน่วยความจำข้อมูลแรม 64 ถึง 1536 bytes
- มีหน่วยความจำข้อมูล อีอีพรอม 256 bytes
- Timer / Counter
  - Timer 0 ขนาด 8 บิต
  - Timer 1 ขนาด 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Timer 2 ขนาด 8 บิต

- มีกระแสซิงก์ และ กระแสซอร์ส (High Sink/Source Current) 25 mA
- มีวงจรแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter 10 บิต
- มีวงจรสื่อสารแบบอนุกรมทั้ง SPI และ I^2C (Master/Slave)
- มีวงจร Pulse Width Modulation (PWM) ความละเอียดสูงถึง 10 บิต
- มีหน่วยความจำแบบ Flash สามารถเขียนและลบได้มากกว่า 100,000 ครั้ง

2.4.2. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Progressing Unit)

CPU ประกอบด้วยวงจรต่างๆ หลายวงจร เช่น วงจรควบคุมเวลาและระบบการทำงาน(Timing and Control Unit) ซึ่งจะทำหน้าที่จัดการทั้งหมดของวงจรทั้งประมวลผลและควบคุมตามคำสั่งที่ได้รับ การคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก(ALU: Arithmetic and Logic Unit) โดยจะทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลทางคณิตศาสตร์และระบบลอจิก วงจรถอดรหัสคำสั่ง(Instruction Decoder) จะทำหน้าที่แปลงคำสั่งทั้งหมดให้เป็นภาษาเครื่อง(Machine Language) วงจรควบคุมการทำงานของเคาน์เตอร์(Program Counter) วงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา(Oscillator) ตลอดจนหน่วยความจำภายใน Register , Adder, Subtraction, Buffer และอื่นๆที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและการประมวลของ CPU เป็นต้น

2.4.3. หน่วยความจำ (Memory Unit)

ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องคำนึงถึงชนิดของหน่วยความจำและวิธีการเข้าถึงด้วย ซึ่งต่างจากการเขียนบนคอมพิวเตอร์ ที่สนใจเพียงชนิดของตัวแปรว่าจะใช้เก็บข้อมูลประเภทใดสำหรับหน่วยความจำในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC นั้น จะมีหน่วยความจำในการใช้งาน 3 ประเภท ดังนี้

- <u>หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช(FLASH Program Memory)</u>

หน่วยความจำแบบแฟลช(Flash ROM) ในปัจจุบันนี้หน่วยความจำชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ หลายบริษัทหลายรุ่น โดยมีคุณสมบัติในการเขียนโปรแกรมและลบโปรแกรมได้มากกว่า 100,000 ครั้ง ซึ่งการทำงานจะมีความเร็วสูงมากเหมาะกับการพัฒนางานที่มีขนาดใหญ่

- <u>หน่วยความจำโปรแกรม(Data Memory RAM)</u>

หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้ใช้เก็บข้อมูลขณะประมวลผลโปรแกรม สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ขณะมีไฟเลี้ยง แต่เมื่อไม่จ่ายไปเลี้ยงข้อมูลต่างๆ จะสลายไป หากหน่วยความจำส่วนนี้ไม่พอใช้งานจะต้องต่อหน่วยความจำแรมภายนอกเพิ่ม (External RAM หรือ Data Memory) ปัจจุบันเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้นมากชิปบางตัวจะมีการบรรจุหน่วยความจำประเภท Data Memory เข้าไปในชิปเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยความจำแบบอีอีพรอม(EEPROM Data Memory)

หน่วยความจำแบบอีอีพรอม เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบโปรแกรมด้วยกระแสไฟฟ้าในหน่วยความจำถาวรของ PROM (Programmable Read Only Memory) โดยภายในมีการพัฒนาให้ RAM (Random Access Memory) โดยสามารถเขียนและลบโปรแกรมจำนวนหลายๆครั้งได้

2.4.4. พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Port)

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีพอร์ตสำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกแล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานและคุณสมบัติของพอร์ต โดยสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกทำหน้าที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตได้ เช่น Pushbutton, Keypad, Sensor, LCD Timer/Counter ตลอดจนการแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ถูกพัฒนามาเพื่อใช้งานด้านอุตสาหกรรมโดยมีการผลิตมากมายหลายชนิดหลายรุ่นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้

ในตัว CPU ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC PIC16F877 ขนาด 40 pins มีขาสัญญาณที่ใช้ติดต่อ Input/Output Port มีจำนวนขาสัญญาณทั้งสิ้น 33 pins ดังนี้

- PORTA RA0_RA5 จำนวน 6 Pins
- PORTB RB0_RB7 จำนวน 8 Pins
- PORTC RC0_RC7 จำนวน 8 Pins
- PORTD RD0_RD7 จำนวน 8 Pins
- PORTE RE0_RE2 จำนวน 3 Pins

ขาสัญญาณแต่ละขาของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีหน้าที่การทำงานดังนี้

1. PORT_RA0-RA5 พอร์ต A มีขาสัญญาณจำนวน 6 pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อ Input/Output Port และยังทำหน้าที่เป็น Input ของสัญญาณ ADC ด้วย

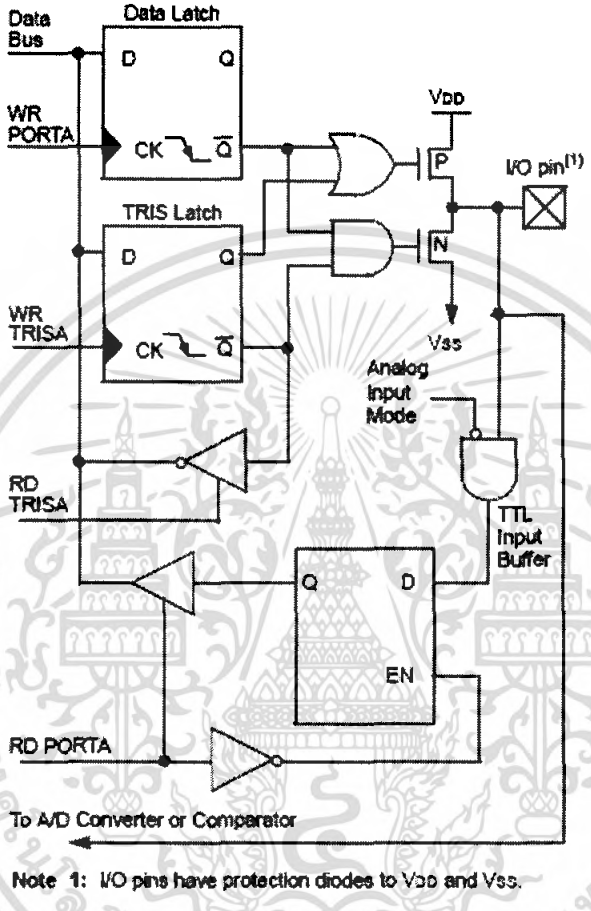
RA0/AN0	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 0
RA1/AN1	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 1
RA2/AN2	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 2
RA3/AN3	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
	- ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 3
RA4/TOCK1/C1OUT	- ขาสัญญาณนาฬิกา Input Timer 0
	- ขาสัญญาณ output เปรียบเทียบ ADC ช่อง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RA5/AN4/SS/ - ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 4

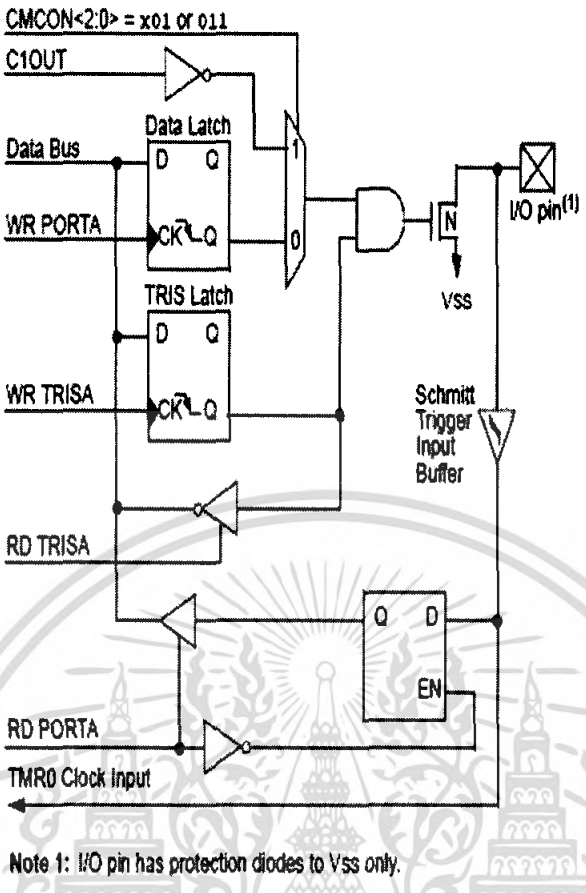
- ขาสัญญาณ Slave Select สื่อสาร Serial Port แบบ Synchronize

- ขาสัญญาณ Output เปรียบเทียบ ADC ช่อง 2



รูปที่ 2.16 โครงสร้างของพอร์ต A (RA0, RA1, RA2, RA3, RA5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

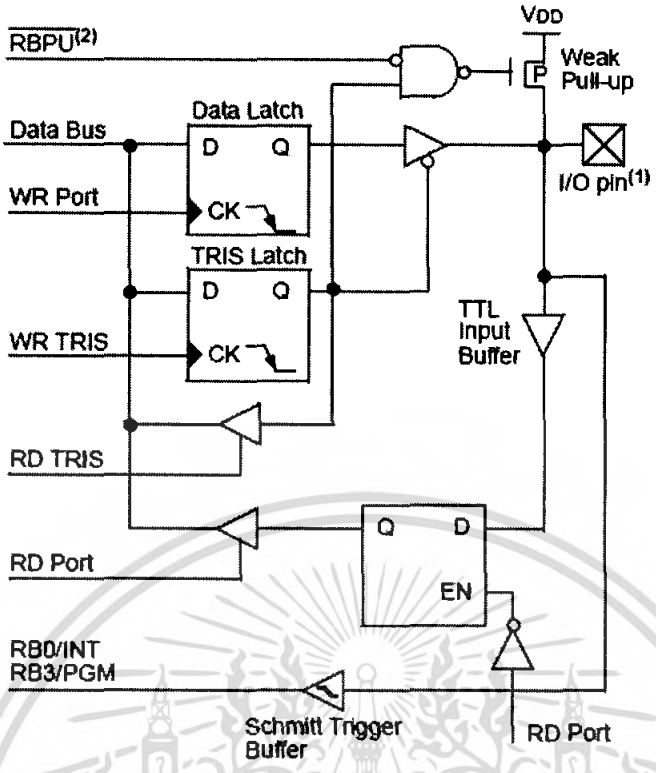


รูปที่ 2.17 โครงสร้างของพอร์ต A (RA4)

2. PORT RB0-RB7 พอร์ต B มีขาสัญญาณจำนวน 8 pins ภายในมีวงจรพูลอัพ (R-Pull-Up) ใช้ติดต่อ Input/Output และยังทำหน้าที่เป็นสัญญาณ Input ในการอินเตอร์รัพท์(Interrupt) จากภายนอกด้วย

RB0/INT	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output
	- ขาสัญญาณ Input รับสัญญาณ Interrupt จากภายนอก
RB1	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output
RB2	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output
RB3/LVP	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output
	- ขาสัญญาณ Input รับแรงดันต่ำ (+5V) ถ้ามีการ Enable
RB4-RB7	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output
	- ภายในมีวงจรพูลอัพ (R-Pull-Up) และ Interrupt Logic
	- ขาที่สามารถเกิด Interrupt ได้ถ้ามีการ Enable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

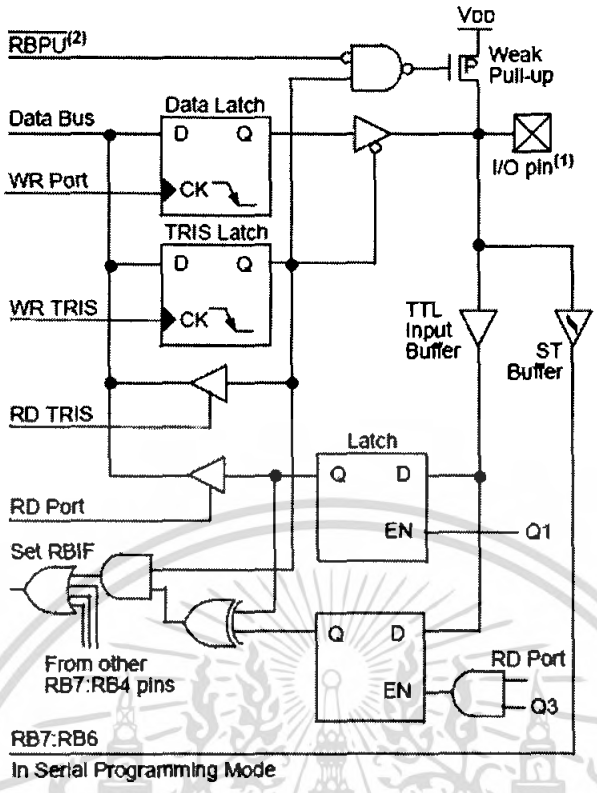


Note 1: I/O pins have diode protection to VDD and Vss.

2: To enable weak pull-ups, set the appropriate TRIS bit(s) and clear the RBPU bit (OPTION_REG<7>).

รูปที่ 2.18 โครงสร้างของพอร์ต B (RB0-RB3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของพอร์ต B (RB4-RB7)

3. PORT RC0-RC7 พอร์ต C มีขาสัญญาณจำนวน 8 pins โดยพอร์ต C เป็นพอร์ตที่ติดต่อสัญญาณได้หลายรูปแบบ เช่น ติดต่อ Input/Output Port, Timer, I^2C, PMW เป็นต้น

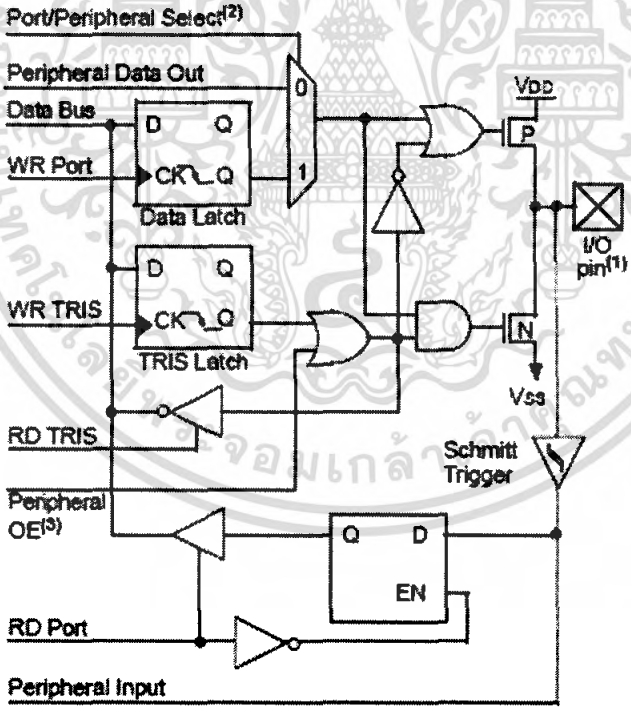
RC0/T1OSO/TICK
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Output วงจร Oscillator ของ Timer1
- ขาสัญญาณ Input ของสัญญาณ Clock Timer1

RC1/T1OSI/CCP2
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Input วงจร Oscillator ของ Timer1
- ขาสัญญาณ Output วงจรเปรียบเทียบสัญญาณของโมดูล CCP2
- ขาสัญญาณ Output PWM

RC2/CCP1
- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Output วงจรเปรียบเทียบสัญญาณของโมดูล CCP1
- ขาสัญญาณ Output PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

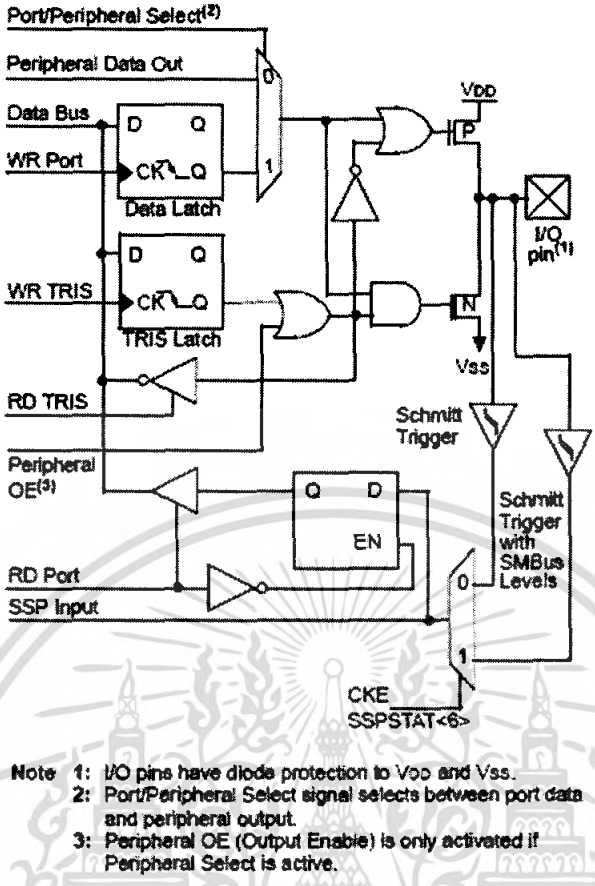
RC3/SCK/SCL	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port - ขาสัญญาณ Clock ของวงจรClock ของวงจร SPI (SCK) - ขาสัญญาณ Clock ของระบบบัส I^2C(SCL)
RC4/SDI/SDA	- ขาสัญญาณติดต่อInput/Output Port - ขาสัญญาณ Input/Serial Data ของระบบ SPI (SDI) - ขาสัญญาณ Data ของระบบบัส I^2C(SDA)
RC6/TxD/CK	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port - ขาสัญญาณส่ง Data/Serial Port (TxD) - ขาสัญญาณ Clock/Synchronize (CK)
RC7/RxD/DT	- ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port - ขาสัญญาณรับ Data/Serial Port - ขาสัญญาณ Data/Synchronize (DT)



Note 1: I/O pins have diode protection to Vdd and Vss.
2: Port/Peripheral Select signal selects between port data and peripheral output.
3: Peripheral OE (Output Enable) is only activated if Peripheral Select is active.

รูปที่ 2.20 โครงสร้างพอร์ต C (RC0, RC2, RC5, RC7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 โครงสร้างของพอร์ต C (RC3, RC4)

4. <u>PORT RD0-RD7 พอร์ต D มีขาสัญญาณจำนวน 8 pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อ Input/Output Port และยังทำหน้าที่ขยายพอร์ตแบบขนาน (PSP : Parallel Slave Port)</u>

RD0/PSP0 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 0

RD1/PSP1 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 1

RD2/PSP2 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 2

RD3/PSP3 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 3

RD4/PSP4 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 4

RD5/PSP5 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 5

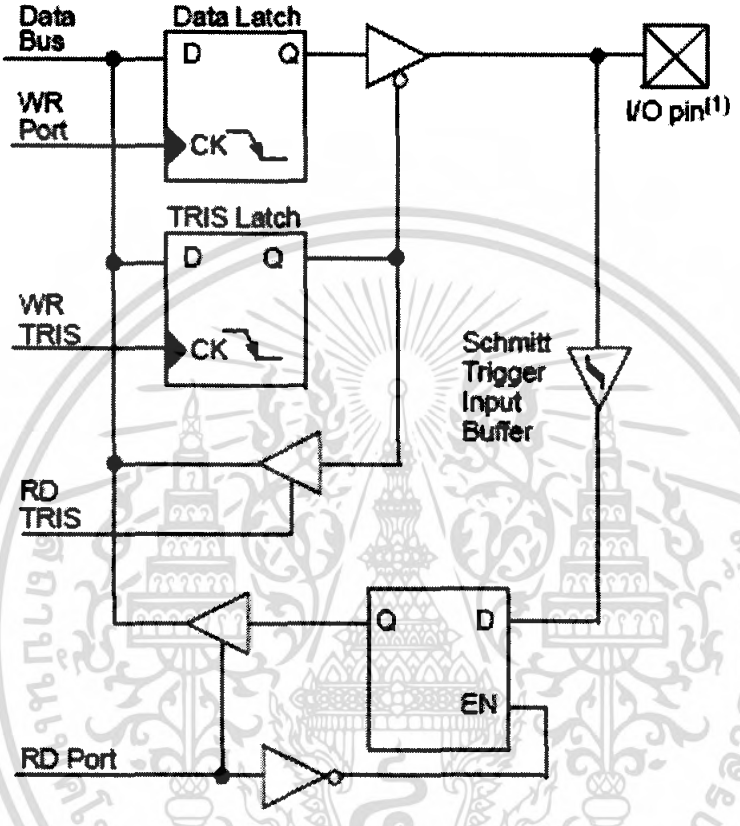
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RD6/PSP6 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port

- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 6

RD7/PSP7 - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port

- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 7



รูปที่ 2.22 โครงสร้างของพอร์ต D (RD0-RD7)

5. PORT RE0-RE2 พอร์ต E มีขาสัญญาณจำนวน 3 pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อ Input/Output Port และยังทำหน้าที่เป็น Input ของสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ด้วย

RE0/AN5/RD - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port

- ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 5

- ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการอ่าน (RD: Read)

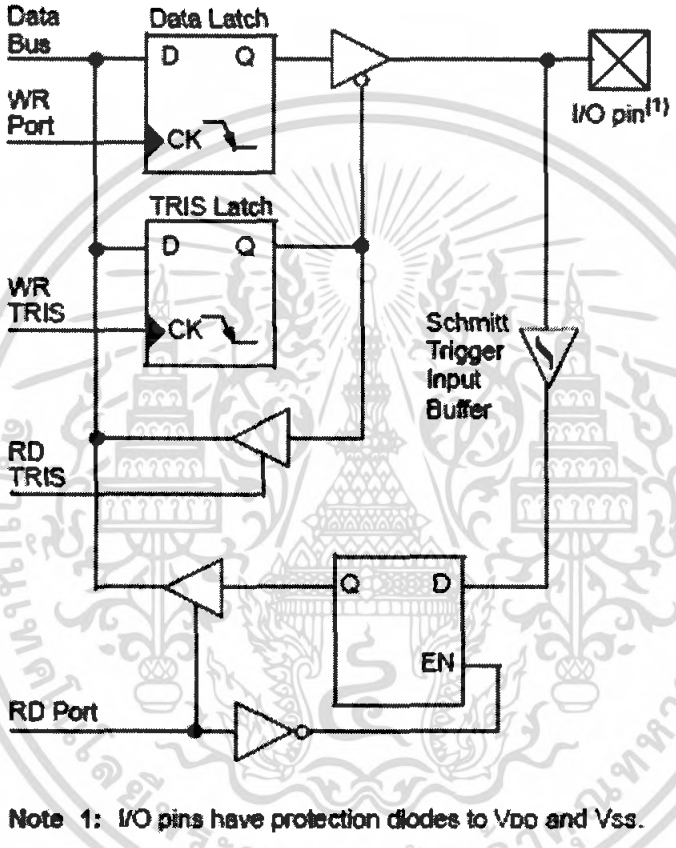
RE1/AM6/WR - ขาสัญญาณติดต่อ Input/output Port

- ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาสัญญาขยายพอร์ตแบบขนานควบคุมการเขียน (WR: Write)

RE2/AN7/CS - ขาสัญญาณติดต่อ Input/Output Port
- ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 7
- ขาสัญญาณขยายพอร์ต แบบขนานควบคุมการเลือกอุปกรณ์ (CS: Chip Select)



รูปที่ 2.23 โครงสร้างของพอร์ต E (RE0-RE7)

ขาสัญญาณทั่วไปจะมีหน้าที่ในการติดต่อสัญญาณดังนี้

MCLR/Vpp - ขาสัญญาณสำหรับ Reset จะทำหน้าที่ลอจิก 0 (Master Clear Input)
- ขาสัญญาณรับแรงดันโปรแกรม (Programming Voltage)

OSC1/CLKIN - ขาสัญญาณสำหรับต่อ Crystal / รับสัญญาณ Clock

OSC2/CLKOUT - ขาสัญญาณสำหรับต่อ Crystal / รับสัญญาณ Clock

Vdd - ขาต่อไฟเลี้ยง (+5V)

Vss - ขาต่อกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการควบคุมพอร์ตในการใช้งานจะต้องกำหนดที่ Register ว่าต้องการให้ขาสัญญาณของพอร์ตเป็น Input หรือ Output

2.4.5. การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 แบบ Flash Memory มีหน่วยความจำข้อมูบ (Data Memory) แบบ RAM 368 bytes และ EEPROM 256 byte โดย CPU จะมีการจัดสรรพื้นที่ในการใช้งานทั้งหมด 4 bank ในแต่ละ bank จะมีขนาดสูงสุด 128 byte โดยในแต่ละ bank จะมีพื้นที่ในการทำงานที่แตกต่างกัน การจัดสรรพื้นที่มีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ bank 0 Address (0x00-0x7F)

- Address (0x00-0x7F) เป็นพื้นที่ของ Register
- Address (0x00-0x7F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 90 byte

พื้นที่ bank 1 Address (0x80-0xFF)

- Address (0x00-0x7F) เป็นพื้นที่ของ Register
- Address (0x00-0x7F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 80 byte
- Address (0xF0-0xFF) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0x70-0x7F) ใน bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

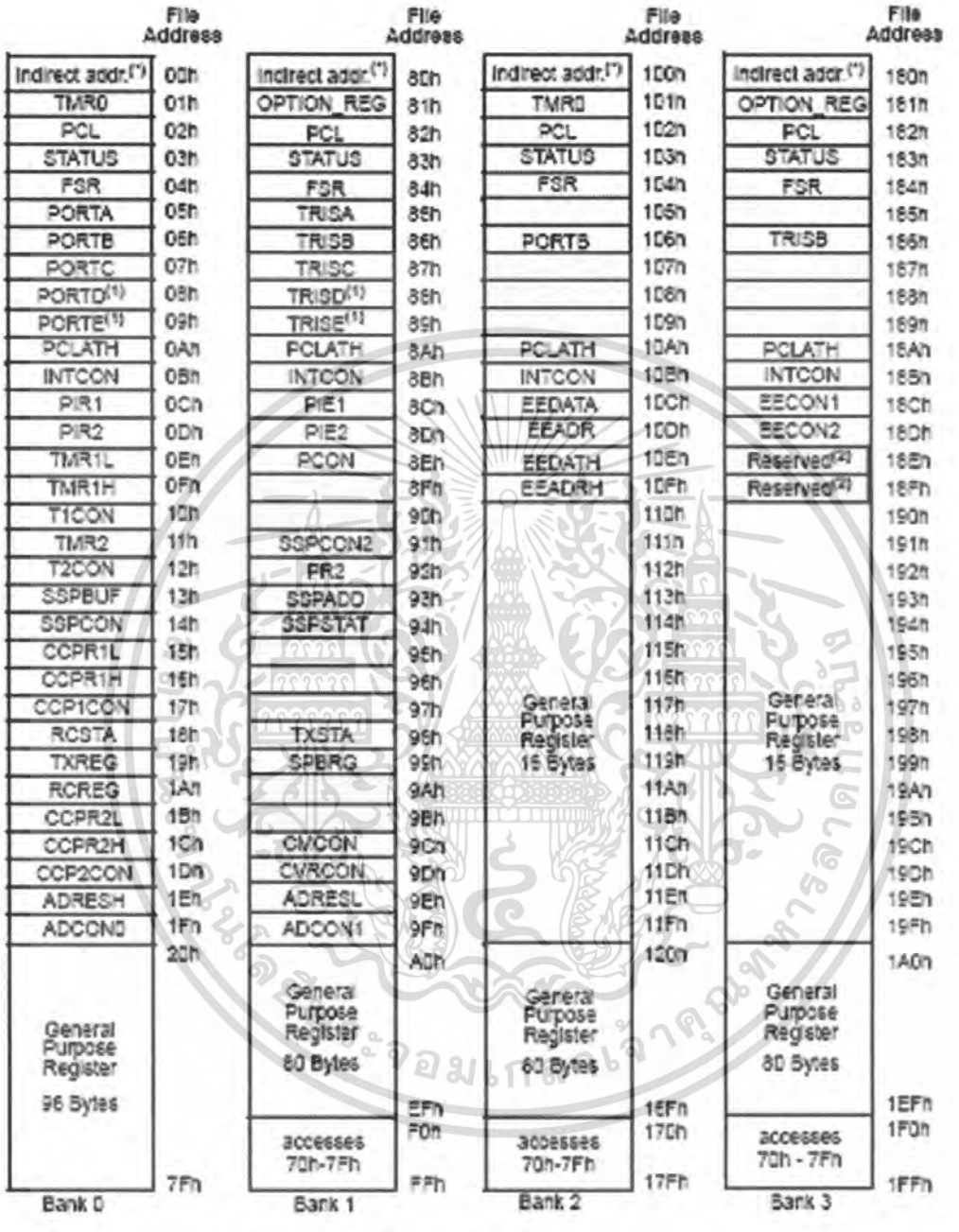
พื้นที่ bank 2 Address (0x10-0x1F)

- Address (0z100-0x10F) เป็นพื้นที่ของ Register
- Address (0x110-0x11F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 16 bytes
- Address (0x110-0x11F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 18 bytes
- Address (0x110-0x11F) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0x70-0x7F) bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

พื้นที่ bank 3 Address (0x180-0x1FF)

- Address (0x180-0x18F) เป็นพื้นที่ของ Register
- Address (0x190-0x19F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไป โดยมีขนาด 16 bytes
- Address (0x2A0-1XEF) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูบหำหรับใช้งานทั่วไป โดยมีขนาด 80 bytes
- Address (0x1F0-0x1FF) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0x70-0x7F) bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

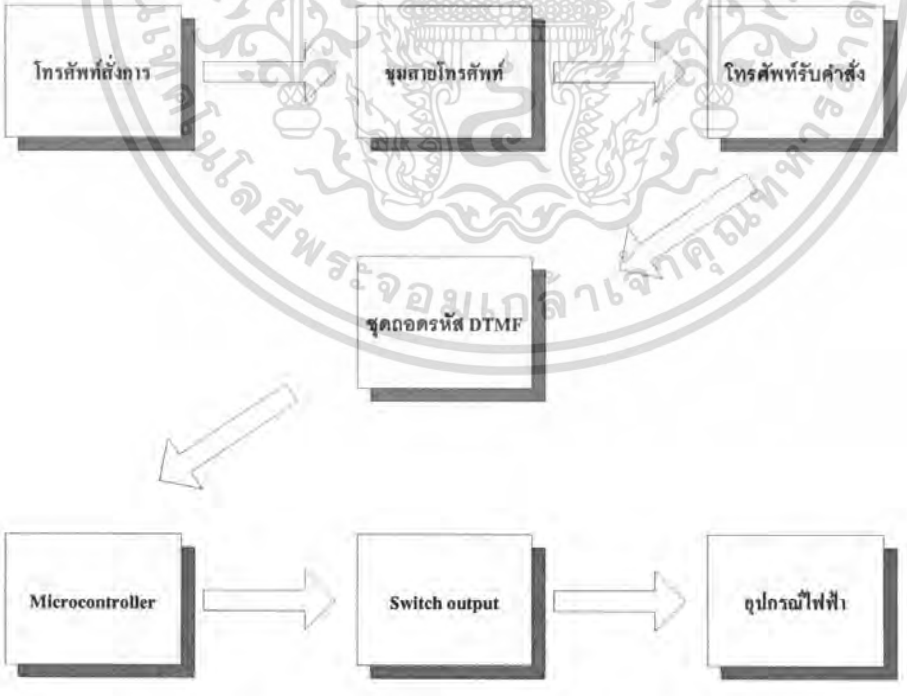
การทำงานภายในเครื่องประกอบด้วยส่วนหลักๆดังนี้

1. ส่วนประกอบของอุปกรณ์ (Hard ware)
2. ส่วนของโปรแกรม (Soft ware)

3.1. ส่วนประกอบภายในเครื่อง (Hard ware)

1. ภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง
2. ภาคควบคุมการยกหูโทรศัพท์
3. ภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF
4. ภาคบันทึกเสียง
5. ส่วนควบคุม (ไมโครคอนโทรลเลอร์)
6. ภาคเอาต์พุต

หลักการทำงานของโครงงานนี้สามารถอธิบายคร่าวๆ ได้ดังนี้

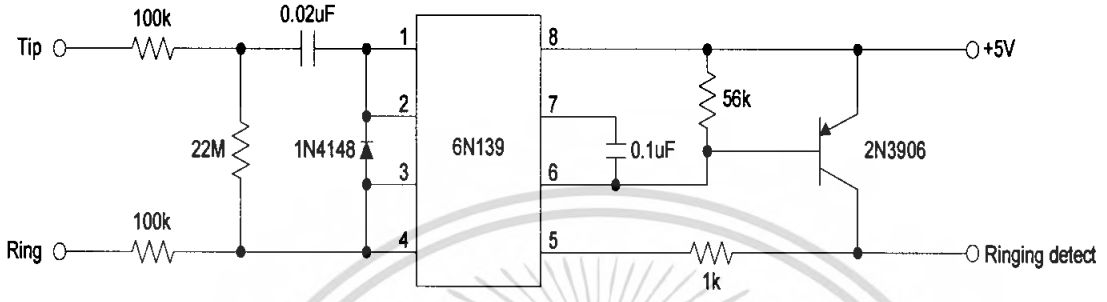


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1. วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

เมื่อใช้กับระบบที่มีอินพุตเป็นดิจิตอลในบ้านเรือนวงจรนี้จะแจ้งให้ทราบเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาในสายโทรศัพท์ ในกรณีที่เป็นตู้ชุมสายจะต้องมีวงจรนี้เฉพาะในแต่ละสายเพื่อบ่งบอกให้ทราบว่าสายใดที่มีสัญญาณกระดิ่ง วงจรนี้เป็นส่วนหนึ่งที่ถูกใช้ในการทำงานรูปแบบเปิดเสียงหรือปิดเสียง หรือใช้ในอุปกรณ์หรี่เสียงวิทยุเมื่อมีสายเข้า หรือใช้ในเครื่องตอบรับอัตโนมัติ เป็นต้น



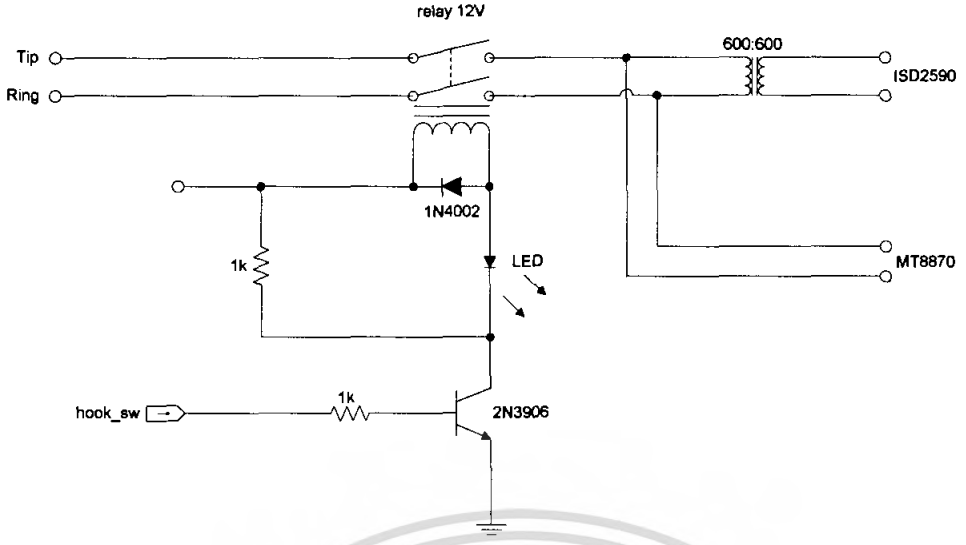
รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

เมื่อตรวจจับสัญญาณ (สัญญาณ 90 โวลท์ / 20เฮิร์ตหรือเรียก “จิงเกิ้ล จุ๊ยส์”) ได้ 100 กิโลโอห์ม จะทำหน้าที่จำกัดกระแส และตัวเก็บประจุขนาด 0.02 ไมโครฟารัดจะทำให้หลอดแอลอีดีภายในไอซีเปล่งแสง และตัวไดโอดที่ต่ออยู่จะทำหน้าที่ป้องกันกระแสที่เป็นลบในไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อไม่ให้หลอดแอลอีดีภายในไหม้ เมื่อแสงจากแอลอีดีประทบกับโฟโต้ไดโอด โฟโต้ไดโอดก็จะสร้างกระแสขนาดเล็กจากนั้นจะส่งให้ทรานซิสเตอร์ภายในตัวแรกที่จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณเพื่อทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่สองเกิดการแซททูเลท และสุดท้าย 2N3906 จะทำหน้าที่จะขับสัญญาณที่เป็นสถานะ “สูง” ออกมา จะได้ว่าเมื่อมีสัญญารกระดิ่งเข้าวงจรก็จะแสดงเป็นสถานะ “สูง” ที่ Ringing detect

3.1.2. วงจรควบคุมการยกหูโทรศัพท์

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาที่ขา ringing ครบสามครั้งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรับสายโดยการส่งสถานะ “high” ออกมาที่ขา hook_sw ทำให้รีเลย์ทำงาน ซึ่งจะทำการต่อหม้อแปลงแมชชิ่งเข้ากับคู่สายโทรศัพท์ เปรียบเสมือนการรับสายแล้ว

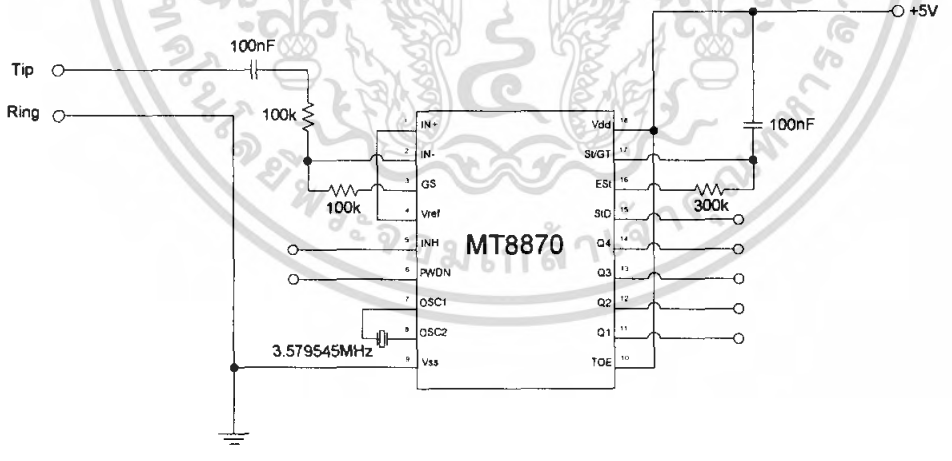
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการยกหูโทรศัพท์

3.1.3. วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ซึ่งเป็นไอซีถอดรหัสสัญญาณ DTMF ซึ่งวงจรได้ต่อตาม datasheet ที่ทางบริษัทให้มา สามารถนำไปใช้งานได้เลยซึ่งวงจรแสดงดังรูปที่ 3.45 ซึ่งอินพุตจะต่อเข้ากับคู่สายโทรศัพท์กับกราวด์ โดยใช้คริสตอลความถี่ 3.579545 เมกะเฮิรตซ์ ผลิตความถี่ให้กับ OSC ภายในไอซี ต่อร่วมกันที่ขา XTAL1 และ XTAL2 ดังรูป



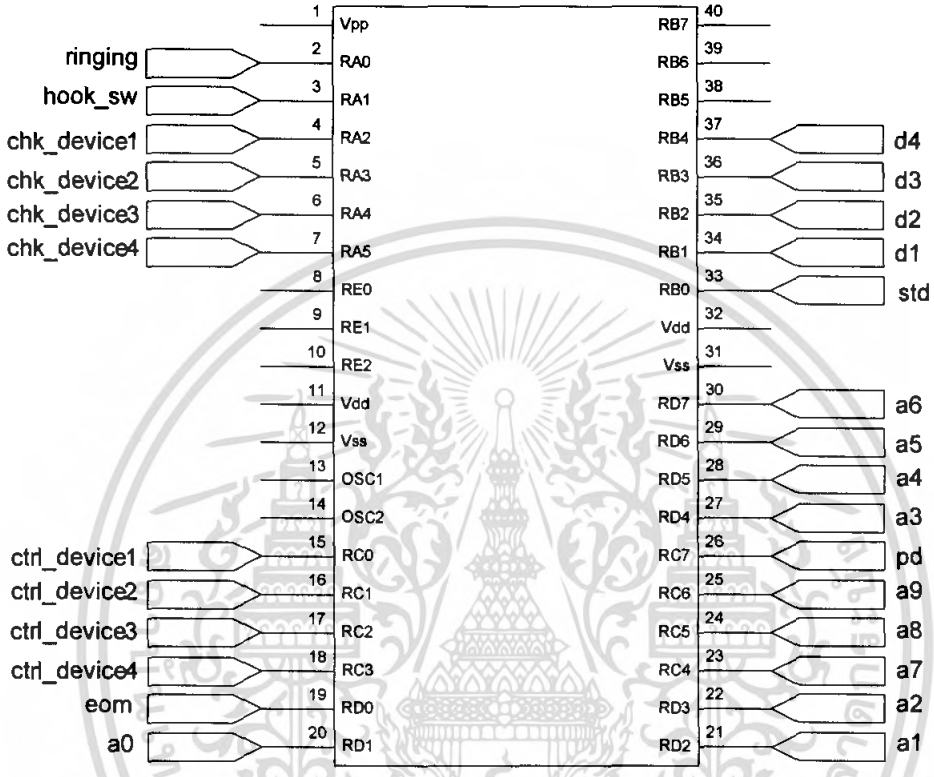
รูปที่ 3.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

การถอดรหัสสัญญาณ DTMF จะได้ออกมาเป็นไบนารี 4 บิต พร้อมกับที่ขา STD จะมีพัลส์ช่วงสั้นๆ ออกไป เมื่อมีการถอดรหัสเกิดขึ้นซึ่งเราจะนำ STD ตัวนี้ไปให้ภาคประมวลผลกลางรับรู้ว่ามีการกดปุ่มใดๆเข้ามาแล้วให้วนมารับคำสั่งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6. วงจรส่วนควบคุม

ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ในการควบคุมวงจรที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด



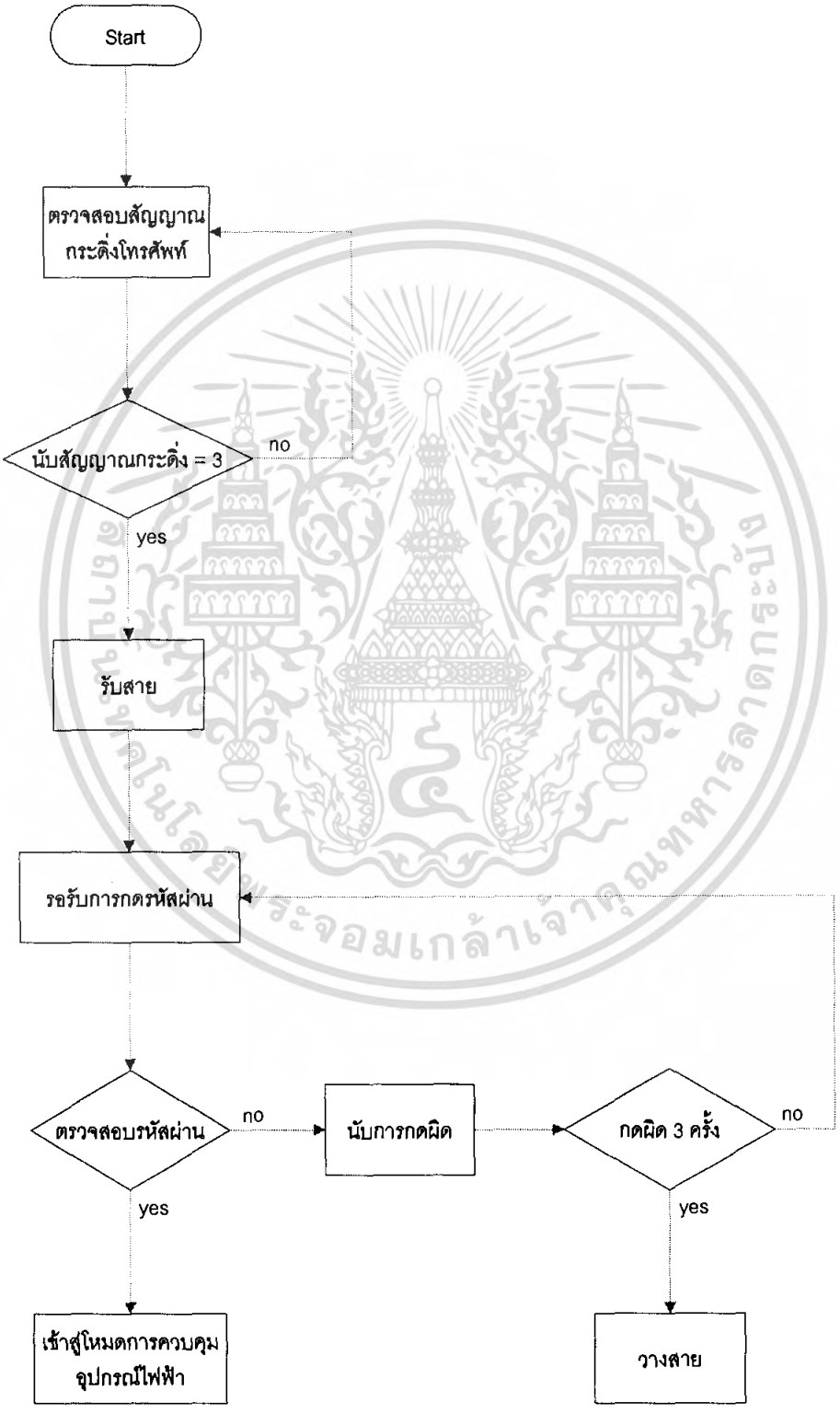
รูปที่ 3.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2. ส่วนของโปรแกรม (Software)

ส่วนประกอบของโปรแกรมทั้งหมดมีดังนี้

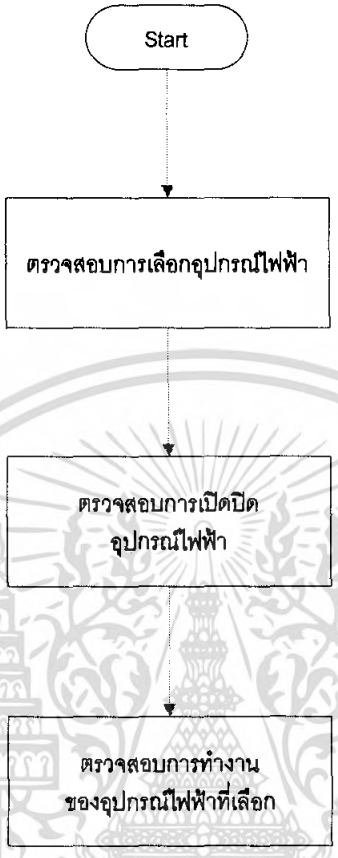
3.2.1. แผนภาพการทำงานของโปรแกรมหลัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก

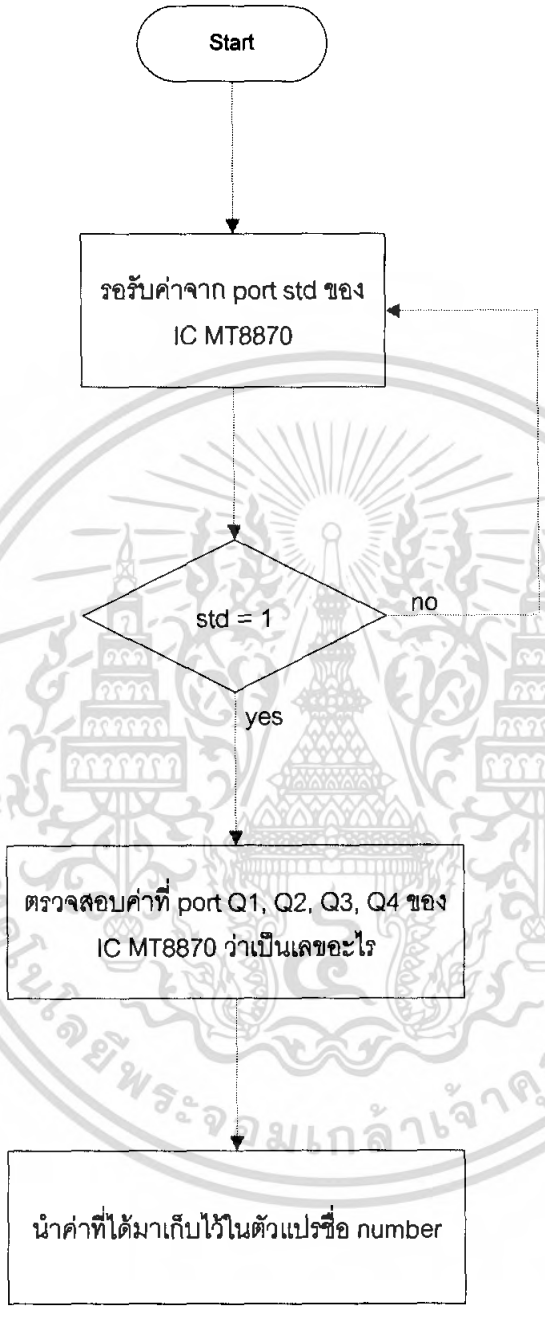
3.2.2. แผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3. แผนภาพการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบการกดปุ่มโทรศัพท์



รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบการกดปุ่มโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4. แผนภาพการทำงานของโปรแกรมควบคุมไอซีเก็บเสียง

รูปที่ 3.11 แผนภาพแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมไอซีเก็บเสียง

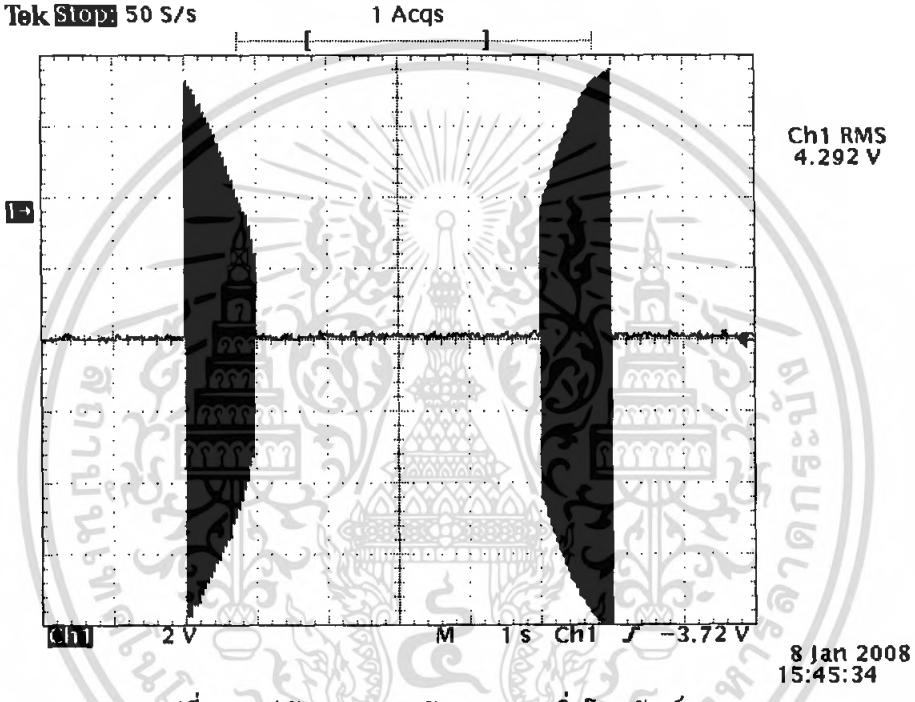
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อมีการโทรเข้ามาที่เครื่องอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน จะมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาที่วงจรเป็น

4.1. ทดสอบสัญญาณกระดิ่ง

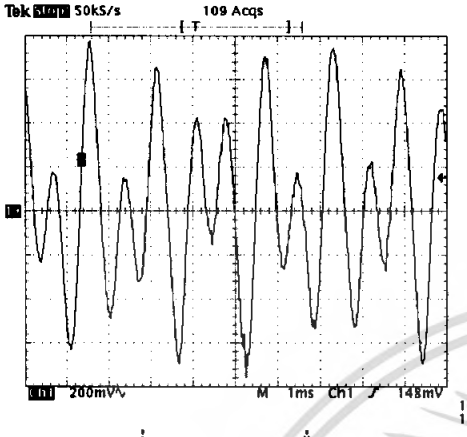


รูปที่ 4.1 รูปสัญญาณของสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์

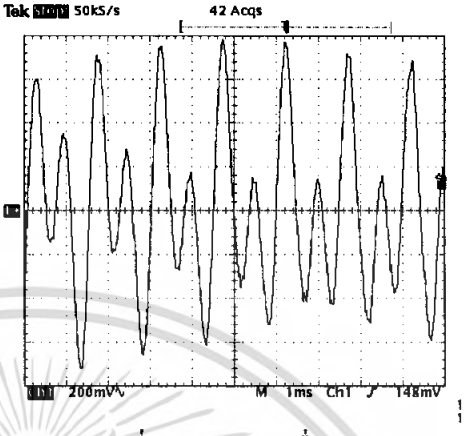
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. ทดสอบสัญญาณ DTMF

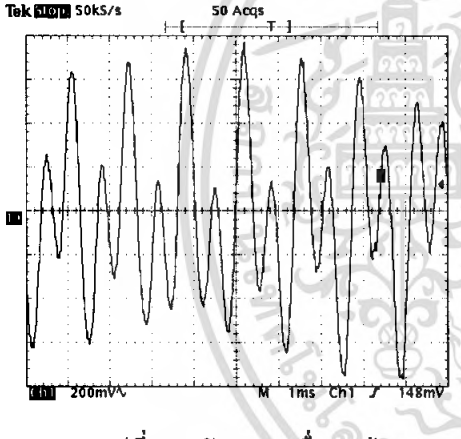
เมื่อนำสัญญาณ DTMF มาป้อนเข้าที่ออสซิลโลสโคปเพื่อวัดผลจะได้ผลของสัญญาณ DTMF ของแต่ละเลขดังต่อไปนี้



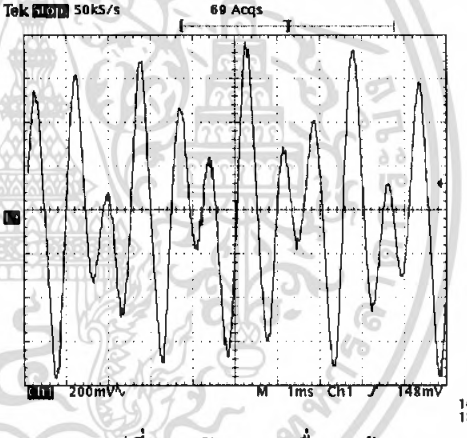
รูปที่ 4.2 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 1 "



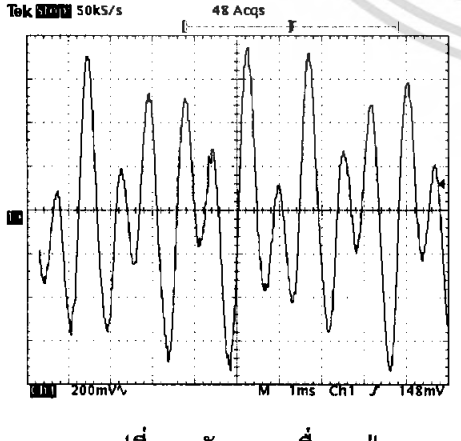
รูปที่ 4.3 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 2 "



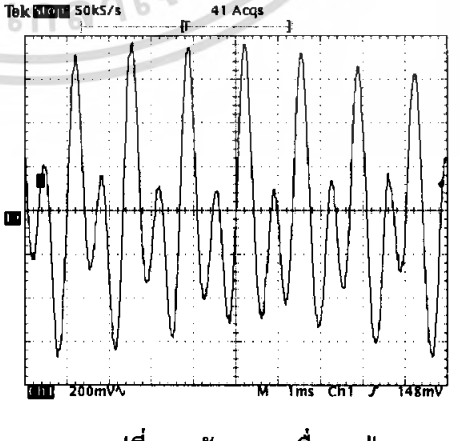
รูปที่ 4.4 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 3 "



รูปที่ 4.5 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 4 "

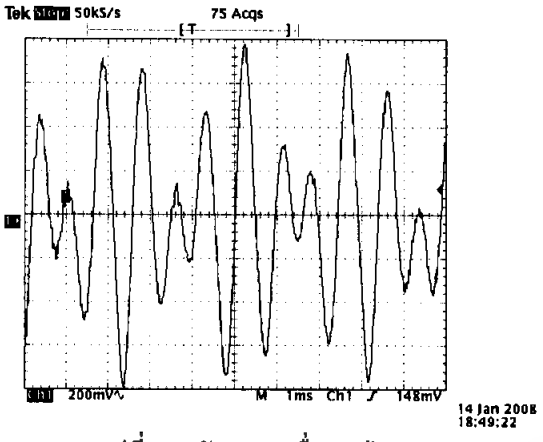


รูปที่ 4.6 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 5 "

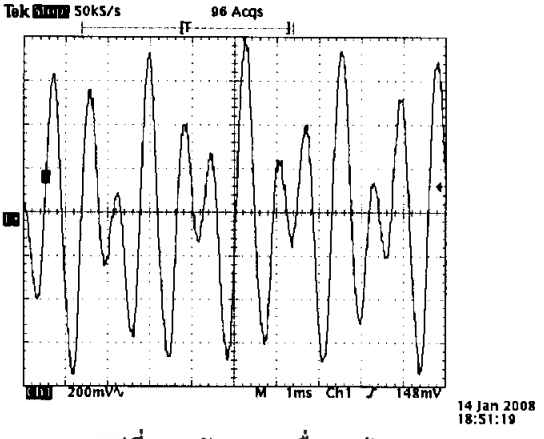


รูปที่ 4.7 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม " 6 "

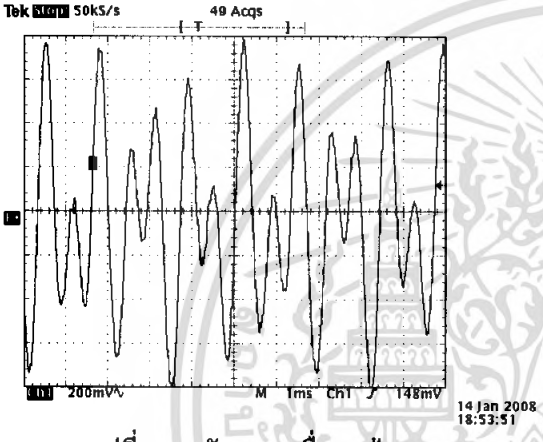
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



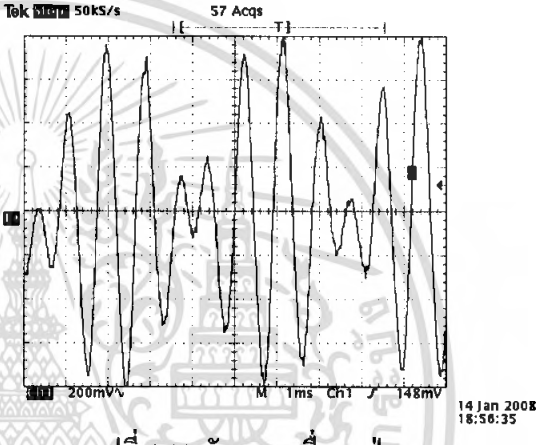
รูปที่ 4.8 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม “ 7 ”



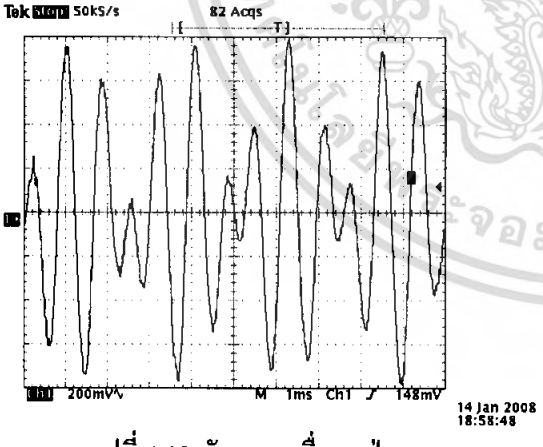
รูปที่ 4.9 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม “ 8 ”



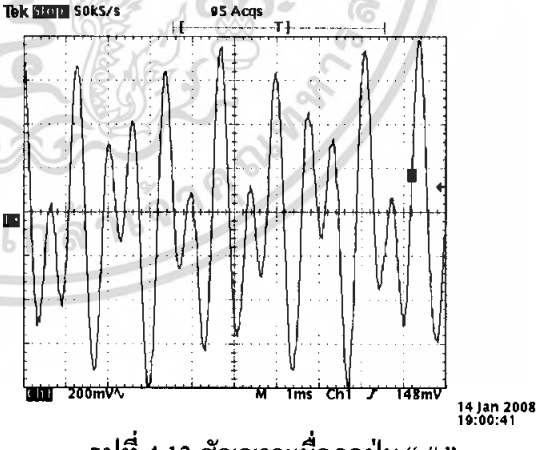
รูปที่ 4.10 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม “ 9 ”



รูปที่ 4.11 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม “ * ”



รูปที่ 4.12 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม “ 0 ”



รูปที่ 4.13 สัญญาณเมื่อกดปุ่ม “ # ”

4.3. วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาที่วงจรนี้ ก็จะแสดงผลออกทางหลอด LED โดยจะมีเปล่งแสงเป็นเวลา 1 วินาที และ ดับ 4 วินาที สลับกันไปจนกว่าจะมีการรับสาย หลอด LED ก็จะดับลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4. วงจรควบคุมการยกหู / วางหู และ แมชชิ่งสายโทรศัพท์

วงจรนี้จะมีอินพุตเป็นสัญญาณเดียวกันกับวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ปกติสถานะของสวิตช์รีเลย์จะมีสถานะเป็น "วงจรเปิด" จนกว่าจะมีการส่งสัญญาณที่เป็นสถานะ "สูง" มาที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ ตัวรีเลย์ก็จะทำการสวิตช์ให้มีสถานะ "วงจรปิด" ซึ่งจะส่งผลให้ วงจรนั้นทำการรับสายและ สัญญาณอินพุตนั้นถูกส่งผ่านไปยัง วงจรแปลงสัญญาณ DTMF ดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการทำงานของวงจรควบคุมการยกหู / วางหู และ แมชชิงสายโทรศัพท์

สถานะอินพุต	สถานะที่ขาคอลเล็คเตอร์	LED	สัญญาณเอาท์พุท
ไม่มีสัญญาณ	ต่ำ	ดับ	ไม่มีสัญญาณ
มีสัญญาณกระดิ่ง	ต่ำ	ดับ	ไม่มีสัญญาณ
มีสัญญาณกระดิ่ง	สูง	ติด (ค้าง)	สัญญาณ DTMF (เมื่อมีการกดที่แป้นโทรศัพท์)

4.5. วงจรควบคุมสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้า

สถานะของขาอินพุตของวงจรนี้มีเพียง "สูง" และ "ต่ำ" ถ้าหากมีสถานะเป็น "สูง" อุปกรณ์ไฟฟ้าก็จะทำงาน แต่ถ้าหากมีสถานะเป็น "ต่ำ" อุปกรณ์ไฟฟ้าก็จะ "ไม่ทำงาน"

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการทำงานของวงจรควบคุมสวิตส์อุปกรณ์ไฟฟ้า

สถานะที่ขาอินพุท	สถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า
ต่ำ	ปิด
สูง	เปิด

4.6. วงจรตรวจจับกระแส

เมื่อมีกระแสไหลผ่านโหลด อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน วงจรก็จะแสดงการทำงานออกมาทางหลอด LED พร้อมทั้งจะส่งสัญญาณเป็นสถานะ "สูง" ออกมาทางเอาท์พุตของวงจร

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการทำงานของวงจรตรวจจับกระแส

สถานะอุปกรณ์ไฟฟ้า	สถานะหลอด LED	สถานะเอาท์พุต
ไม่ทำงาน	ดับ	ต่ำ
ทำงาน	ติด	สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7. วงจรทดสอบรวม (ไม่มีไมโครคอนโทรลเลอร์)

วงจรนี้เป็นการตรวจสอบฮาร์ดแวร์ทั้งหมดโดยใช้สายทิป และริง เป็นอินพุตต่อเข้าวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง และ ใช้สายทั้งสองเป็นสัญญาณเข้าที่วงจรยกหู/วางหูและแมชชิงสายโทรศัพท์ โดยวงจรนี้ต้องการสัญญาณสถานะสูงที่ขาคอลเล็คเตอร์เพื่อเป็นตัวควบคุมการเปิดปิดวงจร จากนั้นก็จะนำสัญญาณเมื่อยกหูนั้นส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณ DTMF เพื่อแปลงสัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณไบนารี่4บิต (เพื่อป้อนเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC แต่ในวงจรทดสอบรวมนี้เราจะยังไม่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC) และเราจะนำสัญญาณสถานะที่ได้จากวงจรนี้ (Q1 เลขคู่เป็น “ต่ำ” เลขคี่เป็น “สูง”) ไปควบคุมวงจรควบคุมสวิตช์อุปกรณ์ไฟฟ้า และต่อเข้ากับหลอดไฟ และไฟบ้าน(220โวลต์) และนำวงจรตรวจจับกระแสมาต่อกับโหลด เพื่อแจ้งสถานะของสวิตช์ขณะนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปัญหาและวิธีการแก้ไข

ในวงจรตรวจจับกระแสจะมีวงจรเรียงกระแสที่ใช้เรียงไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับกระแส1โวลต์ แต่หม้อแปลงที่ใช้นั้นแปลงไฟจาก220โวลต์ลงมาเป็นขนาด3โวลต์ทำให้ใช้งานกับวงจรนี้ไม่ได้ จึงแก้ไขโดยการใช้โวลเตจดีไวเดอร์ เพื่อลดความต่างศักย์ให้เหลือเพียง1โวลต์ก่อนเข้าวงจรเรียงกระแสและได้ตรวจสอบโดยการนำมิเตอร์วัดที่อินพุตของวงจร (ก่อนต่อเข้ากับวงจร) พบว่าเมื่อมีกระแสไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าค่าความต่างศักย์ของอินพุตที่วงจรตรวจจับกระแสได้ค่า1โวลต์พอดี จึงทำการต่อเข้ากับวงจรดังกล่าว

ในการทดสอบวงจรทดสอบรวมพบว่าเมื่อนำสิ่งของเข้าใกล้วงจรจะทำให้หลอด LED นั้นเปล่งแสงหรี่ๆ และเมื่อสัมผัสกับบอร์ด ก็จะพบว่า LED นั้นสว่างทันทีที่มีการป้อนไฟ ทำให้ความต่างศักย์ที่เอาท์พุตนั้นมีความต่างกันไม่เด่นชัดทำให้ไม่สามารถนำไปเป็นอินพุตให้กับ PIC ได้จึงแก้ไขปัญหาโดยการต่อกราวด์ของวงจรเข้ากับแผ่นบอร์ดที่เกิดปัญหาก็ทำให้หลอด LED นั้นติดและดับตามผลที่ควรจะเป็น

ค่าความต่างศักย์ที่ขาเอาท์พุตของวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งนั้นมีค่าเพียง 1-2 โวลต์ ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับส่งลอจิก 1 ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงแก้ไขโดยใส่วงจรบัฟเฟอร์ก่อนที่จะเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์

เริ่มแรกในการทดสอบวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF นั้นหลังจากผ่านวงจรยกหูแล้วสัญญาณ DTMF นั้นไม่สามารถเข้าสู่วงจรได้จึงแก้ไขโดยการนำหม้อแปลงแมชชิง มาต่อเพื่อทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรรับสายและวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF นั้นมีค่าเท่ากันเพื่อสะท้อนการสะท้อนกลับของสัญญาณ

ในการวัดสัญญาณคู่ความถี่เสียงด้วยออสซิลโลสโคปนั้นพบว่าเมื่อป้อนสัญญาณ DTMF เข้าไปที่เครื่องออสซิลโลสโคปนั้นค่าความถี่ที่ได้นั้นมีค่าไม่คงที่และรูปคลื่นที่ได้ก็มีรูปแบบที่เปลี่ยนแปลงไม่คงที่ทำให้ไม่สามารถวัดค่าความถี่และรูปคลื่นออกมาเพื่อทำการเปรียบเทียบกันได้ จึงทดลองใช้ Spectrum Analysis เพื่อทำการวัดค่าความถี่ต่างๆ

ในการวัดค่าสัญญาณ DTMF ได้ทดลองใช้เครื่อง Spectrum Analysis วัดค่าของคู่ความถี่เสียงพบว่าไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากมีไฟฟ้ากระแสตรงเป็นองค์ประกอบ และเมื่อกำจัดไฟฟ้ากระแสตรงออกก็พบว่าความถี่ที่ใช้นั้นมีค่าความถี่ต่ำเกินกว่าที่เครื่องจะสามารถวัดได้จึงได้ใช้ค่าที่ได้จากการวัดค่าความถี่ด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป ได้ผลดังบทที่4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1) เดชฤทธิ์ มณีธรรม, "คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC (ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC)", เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์, กรุงเทพฯ, 2549
2) ประจิน พลังสันติกุล, "เรียนรู้และใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์, บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ
3) วารสารเซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 163 กันยายน 2531, หน้า 28-38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define _PIC16F877_                    //use PIC16F877 device

#ifdef _PIC16F877_
#include <16F877.h>                    //Standard Header file for the
PIC16F877
#define TxD PIN_C6                     //Define Transmitted Data
#define RxD PIN_C7                     //Define Received Data
#define CLOCK_sp 4000000               //Clock Speed(Hz)

#else
#include <16F628.h>                    //Standard Header file for the
PIC16F628
#define TxD PIN_B2                     //Define Transmitted Data
#define RxD PIN_B1                     //Define Received Data
#define CLOCK_sp 4000000               //Clock Speed(Hz)

#endif

//Device Specification
#fuses XT                              //Oscillator mode XT
#fuses NOLVP,NOWDT                     //No Low Voltage Program, No
Watchdog timer
#fuses NOPROTECT                       //Code no protection
#use delay (clock=CLOCK_SP)            //Use built-in function:
delay_ms() & delay_us()

/*********************************************************************
* Constants
*********************************************************************/
#define ringing PIN_A0
#define hook_sw PIN_A1
#define chk_device1 PIN_A2
#define chk_device2 PIN_A3
#define chk_device3 PIN_A4
#define chk_device4 PIN_A5

#define ctrl_device1 PIN_C0
#define ctrl_device2 PIN_C1
#define ctrl_device3 PIN_C2
#define ctrl_device4 PIN_C3

#define std PIN_B0
#define d1 PIN_B1
#define d2 PIN_B2
#define d3 PIN_B3
#define d4 PIN_B4

#define SBT PIN_D2
#define s1 PIN_D3
#define s2 PIN_C4
#define s3 PIN_C5
#define s4 PIN_C6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*********************************************************************
* Variable
*********************************************************************/
int
ringing_count,ringtemp,number,stdtemp,pflag,y,passwrong,offhook,selec
t,device,sw,working;
int tempchk_device1,tempchk_device2,tempchk_device3,tempchk_device4;
int tempsw1,tempsw2,tempsw3,tempsw4;
int tempd1,tempd2,tempd3,tempd4;
int chk_pass[4];
int pass[4]={0x01,0x02,0x03,0x04};
int x0,x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7;
int ichktime,xchktime,Enablet;

#INT_TIMER0
void IntTimer0_isr(void)
{
   if(Enablet==1)
   {
      ichktime++;
      if(ichktime==100)
      {
         xchktime++;
         ichktime=0;
      }
   }
}

/*********************************************************************
* VOICE Program
*********************************************************************/
void voice1()
{
   output_low(s1);
   output_low(s2);
   output_low(s3);
   output_low(s4);
   delay_ms(100);
   output_high(SBT);
   delay_ms(100);
   output_low(SBT);
}

void voice2()
{
   output_high(s1);
   output_low(s2);
   output_low(s3);
   output_low(s4);
   delay_ms(100);
   output_high(SBT);
   delay_ms(100);
   output_low(SBT);
}

void voice3()
{
   output_low(s1);
   output_high(s2);
   output_low(s3);
   output_low(s4);
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    delay_ms(100);
    output_high(SBT);
    delay_ms(100);
    output_low(SBT);
}

void voice4()
{
    output_high(s1);
    output_high(s2);
    output_low(s3);
    output_low(s4);
    delay_ms(100);
    output_high(SBT);
    delay_ms(100);
    output_low(SBT);
}

void voice5()
{
    output_low(s1);
    output_low(s2);
    output_high(s3);
    output_low(s4);
    delay_ms(100);
    output_high(SBT);
    delay_ms(100);
    output_low(SBT);
}

void voice6()
{
    output_high(s1);
    output_low(s2);
    output_high(s3);
    output_low(s4);
    delay_ms(100);
    output_high(SBT);
    delay_ms(100);
    output_low(SBT);
}

void voice7()
{
    output_low(s1);
    output_high(s2);
    output_high(s3);
    output_low(s4);
    delay_ms(100);
    output_high(SBT);
    delay_ms(100);
    output_low(SBT);
}

void voice8()
{
    output_high(s1);
    output_high(s2);
    output_high(s3);
    output_low(s4);
    delay_ms(100);
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   output_high(SBT);
   delay_ms(100);
   output_low(SBT);
}

void voice9()
{
   output_low(s1);
   output_low(s2);
   output_low(s3);
   output_high(s4);
   delay_ms(100);
   output_high(SBT);
   delay_ms(100);
   output_low(SBT);
}

void voice10()
{
   output_high(s1);
   output_low(s2);
   output_low(s3);
   output_high(s4);
   delay_ms(100);
   output_high(SBT);
   delay_ms(100);
   output_low(SBT);
}

void voice11()
{
   output_low(s1);
   output_high(s2);
   output_low(s3);
   output_high(s4);
   delay_ms(100);
   output_high(SBT);
   delay_ms(100);
   output_low(SBT);
}

void voice12()
{
   output_high(s1);
   output_high(s2);
   output_low(s3);
   output_high(s4);
   delay_ms(100);
   output_high(SBT);
   delay_ms(100);
   output_low(SBT);
}

void voice13()
{
   output_low(s1);
   output_low(s2);
   output_high(s3);
   output_high(s4);
   delay_ms(100);
   output_high(SBT);
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   delay_ms(100);
   output_low(SBT);
}

void voice14()
{
   output_high(s1);
   output_low(s2);
   output_high(s3);
   output_high(s4);
   delay_ms(100);
   output_high(SBT);
   delay_ms(100);
   output_low(SBT);
}

void voice15()
{
   output_low(s1);
   output_high(s2);
   output_high(s3);
   output_high(s4);
   delay_ms(100);
   output_high(SBT);
   delay_ms(100);
   output_low(SBT);
}

/*********************************************************************
* check_device program
*********************************************************************/
void chkdevice1()
{
   tempchk_device1=input(chk_device1);
   if(tempchk_device1==0x01)
   {
      delay_ms(700);
      voice6();
      delay_ms(500);
      delay_ms(1000);
      delay_ms(500);
      delay_ms(1000);
      delay_ms(500);
   }
   else if(tempchk_device1==0x00)
   {
      delay_ms(700);
      voice10();
      delay_ms(500);
      delay_ms(1000);
      delay_ms(500);
      delay_ms(1000);
      delay_ms(500);
   }
}

void chkdevice2()
{
   tempchk_device2=input(chk_device2);
   if(tempchk_device2==0x01)
   {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        delay_ms(700);
        voice7();
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
    }
    else if(tempchk_device2==0x00)
    {
        delay_ms(700);
        voice11();
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
    }
}

void chkdevice3()
{
    tempchk_device3=input(chk_device3);
    if(tempchk_device3==0x01)
    {
        delay_ms(700);
        voice8();
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
    }
    else if(tempchk_device3==0x00)
    {
        delay_ms(700);
        voice12();
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
    }
}

void chkdevice4()
{
    tempchk_device4=input(chk_device4);
    if(tempchk_device4==0x01)
    {
        delay_ms(700);
        voice9();
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
    }
    else if(tempchk_device4==0x00)
    {
        delay_ms(700);
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        voice13();
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
        delay_ms(1000);
        delay_ms(500);
    }
}

/*********************************************************************
* Check_key_press program
*********************************************************************/
void chkkeypress()
{
        stdtemp=input(PIN_B0);
        if(stdtemp==0x00)
        {
            stdtemp=0x00;
            while(stdtemp==0x00)
            {
                stdtemp=input(PIN_B0);
                Enablet=1;
                if(xchktime==200)
                {
                    output_low(hook_sw);
                    reset_cpu();
                }
            }
            xchktime=0;
            Enablet=0;
        }

        tempd1=input(d1);
        tempd2=input(d2);
        tempd3=input(d3);
        tempd4=input(d4);
        number=0;

        if((tempd4==0)&&(tempd3==0)&&(tempd2==0)&&(tempd1==1))
            number=0x01;
        else if((tempd4==0)&&(tempd3==0)&&(tempd2==1)&&(tempd1==0))
            number=0x02;
        else if((tempd4==0)&&(tempd3==0)&&(tempd2==1)&&(tempd1==1))
            number=0x03;
        else if((tempd4==0)&&(tempd3==1)&&(tempd2==0)&&(tempd1==0))
            number=0x04;
        else if((tempd4==0)&&(tempd3==1)&&(tempd2==0)&&(tempd1==1))
            number=0x05;
        else if((tempd4==0)&&(tempd3==1)&&(tempd2==1)&&(tempd1==0))
            number=0x06;
        else if((tempd4==0)&&(tempd3==1)&&(tempd2==1)&&(tempd1==1))
            number=0x07;
        else if((tempd4==1)&&(tempd3==0)&&(tempd2==0)&&(tempd1==0))
            number=0x08;
        else if((tempd4==1)&&(tempd3==0)&&(tempd2==0)&&(tempd1==1))
            number=0x09;
        else if((tempd4==1)&&(tempd3==0)&&(tempd2==1)&&(tempd1==0))
            number=0x0A;
        else if((tempd4==1)&&(tempd3==0)&&(tempd2==1)&&(tempd1==1))
            number=0x0B;
        else if((tempd4==1)&&(tempd3==1)&&(tempd2==0)&&(tempd1==0))
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
         number=0x0C;

      if(stdtemp==0x01)
      {
         stdtemp=0x01;
         while(stdtemp==0x01)
         {
            stdtemp=input(PIN_B0);
         }
      }
}

/*********************************************************************
***********
* control_device program
*********************************************************************
**********/

void ctrldevice()
{
   x2=0;
      while(x2==0)
      {
         delay_ms(500);
         voice14();
         chkkeypress();
         device=number;

         if(device==0x01)
         {
            delay_ms(500);
            voice15();
            chkkeypress();
            tempsw1=number;
            if(tempsw1==0x01)
            {
               output_high(ctrl_device1);
               chkdevice1();
            }
            else if(tempsw1==0x0A)
            {
               output_low(ctrl_device1);
               chkdevice1();
            }
         }

         else if(device==0x02)
         {
            delay_ms(500);
            voice15();
            chkkeypress();
            tempsw1=number;
            if(tempsw1==0x01)
            {
               output_high(ctrl_device2);
               chkdevice2();
            }
            else if(tempsw1==0x0A)
            {
               output_low(ctrl_device2);
               chkdevice2();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            }
         }

         else if(device==0x03)
         {
            delay_ms(500);
            voice15();
            chkkeypress();
            tempsw1=number;
            if(tempsw1==0x01)
            {
               output_high(ctrl_device3);
               chkdevice3();
            }
            else if(tempsw1==0x0A)
            {
               output_low(ctrl_device3);
               chkdevice3();
            }
         }
         else if(device==0x04)
         {
            delay_ms(500);
            voice15();
            chkkeypress();
            tempsw1=number;
            if(tempsw1==0x01)
            {
               output_high(ctrl_device4);
               chkdevice4();
            }
            else if(tempsw1==0x0A)
            {
               output_low(ctrl_device4);
               chkdevice4();
            }
         }
         else if(device==0x0C)
         {
            x2=1;
         }
      }
}

/*********************************************************************
* Check_password program
*********************************************************************/
void chkpassword()
{
   chk_pass[0]=0;
   chk_pass[1]=0;
   chk_pass[2]=0;
   chk_pass[3]=0;
   passwrong=0;
   pflag=0;

      while(pflag==0)
      {
         x0=0;
            while(x0<4)
            {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                chkkeypress();
                x0++;
                    if(x0==1)
                        chk_pass[0]=number;
                    if(x0==2)
                        chk_pass[1]=number;
                    if(x0==3)
                        chk_pass[2]=number;
                    if(x0==4)
                        chk_pass[3]=number;
            }


if((pass[0]==chk_pass[0])&&(pass[1]==chk_pass[1])&&(pass[2]==chk_pass
[2])&&(pass[3]==chk_pass[3]))
            {
                chk_pass[0]=0;
                chk_pass[1]=0;
                chk_pass[2]=0;
                chk_pass[3]=0;
                pflag=1;
            }

            else
            {
                delay_ms(500);
                voice2();
                delay_ms(1000);
                delay_ms(1000);
                delay_ms(1000);
                delay_ms(1000);
                delay_ms(1000);
                passwrong++;
            }

            if(passwrong==3)
            {
                output_low(hook_sw);        // on hook
            }
        }
}


/************************************************************************
* Main program
************************************************************************/
void main(void)
{
   setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
   setup_adc(ADC_OFF);
   setup_psp(PSP_DISABLED);
   setup_spi(FALSE);
   setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_4);
   setup_timer_1(T1_DISABLED);
   setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
   enable_interrupts(INT_TIMER0);
   enable_interrupts(GLOBAL);
   set_timer0(0);
   set_tris_a(0xFD);
   set_tris_b(0x1F);
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
set_tris_c(0x00);
set_tris_d(0x00);
ringing_count=0;
offhook=0;
ichktime=0;
xchktime=0;
Enablet=0;
output_low(hook_sw);
output_low(std);
output_low(PIN_B6);
output_low(PIN_B7);

while(TRUE)
{
   while(ringing_count<2)
   {
      ringtemp = input(ringing);
      if((ringtemp==0x01)&&(ringing_count<2))
      {
         ringing_count++;
         delay_ms(1000);
      }
      if(ringing_count==2)
      {
         output_high(hook_sw);          // off hook
         offhook=1;
         delay_ms(700);
         voice1();
      }
   }
   if(offhook==1)
   {
      chkpassword();                    // check_password program
   }
   x6=0;

   while(x6==0)
   {
         delay_ms(1000);
         voice3();
         delay_ms(1000);
         delay_ms(1000);
         delay_ms(1000);
         delay_ms(700);
         voice4();

      chkkeypress();
      select=number;

         if(select==0x01)
         {
            tempchk_device1=0;
            tempchk_device2=0;
            tempchk_device3=0;
            tempchk_device4=0;
            chkdevice1();
            chkdevice2();
            chkdevice3();
            chkdevice4();
         }
         else if(select==0x02)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            {
               ctrldevice();                // control device program
               x6=1;
            }
            else if(select==0x0C)
            {
               output_low(hook_sw);         // on hook
               x6=1;
            }
      }
      output_low(hook_sw);
      ringing_count=0;
   }
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้