การควบคุมระยะไกลผ่านช่องสัญญาณโทรศัพท์

Remote Controller Using Telephone System

นายดิตถานนท์ ครุฑเมือง รหัส 46363180

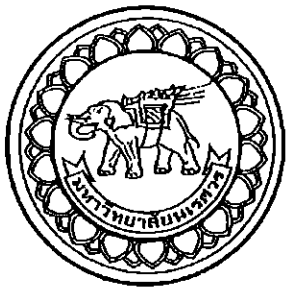
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 / พ.ค. 2553 /
เลขทะเบียน i 5004457
เลขเรียกหนังสือ ปก. ด522ก. 2549
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549



การควบคุมระยะไกลผ่านช่องสัญญาณโทรศัพท์

Remote Controller Using Telephone System

นายดิตถานนท์ ครุฑเมือง รหัส 46363180

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2549

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	การควบคุมระยะไกลผ่านช่องสัญญาณโทรศัพท์
ผู้ดำเนินงาน	นายคิตฉานนท์ ครุฑเมือง รหัส 46363180
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานคณะกรรมการ
(ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห)

.....กรรมการ
(ดร.ชัยรัตน์ พินทอง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา)

หัวข้อโครงงาน	การควบคุมระยะไกลผ่านช่องสัญญาณโทรศัพท์
ผู้ดำเนินโครงการ	นายคิตถานนท์ ครุฑเมือง รหัส 46363180
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. อัครพันธ์ วงศ์กังแห
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาการใช้โทรศัพท์ เพื่อควบคุมสถานะ การเปิด – ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งควบคุมโดยไมโครคอนโทรเลอร์ โดยใช้หลักการแปลงสัญญาณ DTMF จากโทรศัพท์เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งสัญญาณดิจิตอลที่ได้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลควบคู่กับวงจรตอบรับอัตโนมัติ เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้วส่งสัญญาณไฟกระพริบ เพื่อบอกสถานะของการทำงาน แล้วรอคำสั่งต่อไปที่ได้จากการกดแป้นโทรศัพท์

Project Title	Remote Controller Using Telephone System
Name	Mr.Dithanon Khrutmuang
Project Advisor	Dr. Argkrarapan Vongkunghae
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic Year	2006

.....

ABSTRACT

This project is about the study of using a telephone to control the on – off states of electrical appliances which is controlled by the microcontroller . The principle is based on converting DTMF signal from telephone to digital code. Then send the digital code to microcontroller to process with an automatic answering circuit for control turning on and off electrical appliances.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมเรื่องการควบคุมระยะไกลผ่านช่องสัญญาณโทรศัพท์ (Remote Controller Using Telephone System) สำเร็จตามวัตถุประสงค์และเป็นรูปเล่มได้ เพราะได้รับความกรุณาจากดร. อัครพันธ์ วงศ์กังแห ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้วางรากฐานและประสิทธิ์วิชาความรู้ให้แก่ผู้ดำเนินโครงงาน ทั้งยังได้เอื้ออำนวยให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ดำเนินโครงงานนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงขอแสดงความขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอแสดงความขอบคุณผู้ที่ช่วยเหลือให้โครงงานวิศวกรรมนี้สำเร็จได้ด้วยดี

นายดิตถานนท์ ครุฑเมือง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ก

บทคัดย่อย่อภาษาอังกฤษ .....ข

กิตติกรรมประกาศ .....ค

สารบัญ .....ง

สารบัญตาราง .....ฉ

สารบัญรูป .....ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผลของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน 1

1.4 แผนการทำงาน 2

1.5 งบประมาณที่ต้องใช้ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 ระบบโทรศัพท์ 4

2.1.1 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย(Subscriber Signaling) 4

1. สัญญาณที่ส่งมาจากผู้ใช้ไปยังชุมสาย 4

2. สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสายไปยังเครื่องรับ 4

2.1.2 การติดต่อกันระหว่างผู้เรียก (Calling) และผู้ถูกเรียก (Called) 5

1. กรณีผู้เรียก (Calling subsciber) 5

2. กรณีผู้ถูกเรียก (Called subsciber) 5

2.1.3 เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) 6

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์ 6

2.1.4 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF[2] 7

2.1.5 LOCAL LOOP 9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับ MT8870 10
2.2.1 โครงสร้างของMT8870 10
- คุณสมบัติของ MT8870 12
- การนำ MT8870ไปใช้งาน 12
2.3 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 13
2.3.1 คุณสมบัติของ PIC 16 F877 13

บทที่ 3 การออกแบบและการทำงานของวงจร
3.1 ส่วนประกอบภายในเครื่อง (Hard ware) 19
3.2 การทำงานโดยรวมของวงจร 19
3.3 วงจรภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและยกหูโทรศัพท์ 21
3.4 วงจรภาคนับเวลา 22
3.5 วงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF 23
3.6 วงจรภาคการประมวลผลกลาง 24
3.7 วงจรเอาท์พุท 25
3.8 วงจรภาคจ่ายไฟ 25
3.9 ส่วนของโปรแกรม (Software) 26

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง
4.1 ผลการดำเนินงาน 29
4.2 ภาคตรวจจับสัญญาณเกระดิ่งและยกหูโทรศัพท์ 30
4.3 วงจรนับ 31
4.4 วงจรถอดสัญญาณ DTMF 32

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง
5.1 สรุปผลการทดลอง 33
5.2 การใช้งาน 33
5.3 ปัญหา ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข 34
5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง.....35
ภาคผนวก.....36
ภาคผนวก ก. โปรแกรม.....37
ภาคผนวก ข. DATA SHEET.....41
ประวัติผู้เขียนโครงงาน.....54

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน 2

2.1 ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ.... 11

2.2 สรุปหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณของแต่ละขา.....17

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การติดต่อกันระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับโทรศัพท์.....5

2.2 กระแสไฟฟ้าตรงที่เลี้ยงคู่สายเมื่อมีการวางหูและยกหูทั้งกรณีเป็นผู้เรียกและผู้ถูกเรียก 6

2.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ 7

2.4 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF (ก) 7

ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF (ข) 8

2.5 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้น ๆ 8

2.6 โลคอลลูป 9

2.7 ส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ 10

2.8 Charecteristic ที่ได้จากความถี่ 11

2.9 ลักษณะของไอซี MT 8870 12

2.10 วงจรการใช้งานเบื้องต้นของ MT8870 13

2.11 ตัวถัง CPU PIC 16F877 และการจัดวาง 15

2.12 ตัวถัง CPU PIC 16F877 และการจัดวางตำแหน่งของขาต่าง ๆ 16

3.1 การต่อวงจรรวม 20

3.2 การต่อวงจรภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและยกหูโทรศัพท์ 21

3.3 การต่อวงจรภาคนับเวลา 22

3.4 การต่อวงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF 23

3.5 การเชื่อมต่อวงจรภาคประมวลผลกลาง 24

3.6 การเชื่อมต่อวงจรภาคเอาท์พุต.....25

3.7 การต่อวงจรภาคจ่ายไฟ 26

3.8 Flow Chart การทำงานของเครื่องควบคุมและสั่งการทางโทรศัพท์ 27

3.9 Flow Chart ระบบการทำงาน 28

4.1 เครื่องสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ 29

4.2 ภายในเครื่องสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์.....30

4.3 สัญญาณสัญญาณไอซี Timer 555(กราฟบน) และสัญญาณนับ(กราฟล่าง) 32

4.4 สัญญาณ DTMF ที่วัดจากการกดหมายเลข "2" 32

บทที่1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผลของโครงงาน

ในปัจจุบัน วิถีชีวิตของคนเราเปลี่ยนแปลงไปมาก ทุกคนเริ่มออกไปทำงานนอกบ้าน กว่าจะกลับเข้าบ้านก็มืดค่ำ จึงไม่ค่อยมีคนอยู่บ้าน และสมมุติว่าเราต้องกลับบ้านดึก การปิดบ้านมืดๆจะเป็นอันตรายอย่างมาก เราจึงน่าจะมีใครมาช่วยเราเปิดไปทิ้งไว้ให้ จึงได้เกิดความคิดของโครงงานชิ้นนี้ขึ้น ว่าน่าจะมีเครื่องที่คอยเปิด-ปิดไฟในเวลาที่เราไม่อยู่บ้าน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาช่วยในการควบคุม และในเมื่อเครื่องนี้สามารถควบคุมการเปิด-ปิดไฟในบ้านได้ จึงคิดว่าน่าจะออกแบบเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เปิด-ปิดไฟได้ด้วย และในการควบคุมนั้นเรามีแนวคิดว่าอุปกรณ์ที่เราสามารถนำมาติดต่อสื่อสารกันได้ง่ายที่สุด คือ "โทรศัพท์" เพราะในปัจจุบันโทรศัพท์มีบทบาทสำคัญกับชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมาก เราจึงนำโทรศัพท์มาใช้เป็นตัวสื่อกลางการควบคุมของโครงงานนี้ โดยระบบที่ใช้กับโครงงานนี้จะเป็นโทรศัพท์ในระบบ Dual Tone Multi Frequency (DTMF)

การแปลงสัญญาณ DTMF ในปัจจุบันไม่ใช้เรื่องยาก เพราะมีไอซีสำเร็จรูปมากมายที่ใช้แปลงสัญญาณ DTMF เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งในโครงงานนี้ได้นำไอซีเบอร์ MT8870 เพราะมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ออกแบบเลือกใช้วงจรควบคุมโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าจากการสั่งงานจากทางโทรศัพท์

1.2.2 ออกแบบแผงวงจรไอซีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการถอดรหัสสัญญาณDTMF เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมวลผล

1.2.3 ออกแบบซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมการสั่งงานของใช้ไฟฟ้าและสั่งงานอื่นๆ

1.3 ขอบข่ายของโครงงาน

โครงงานฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องสั่งงานทางโทรศัพท์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 16F877 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง ในการควบคุมการทำงาน จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการควบคุมการรับข้อมูลจากวงจรดีเทคเตอร์ ส่วนที่สองเป็นการควบคุมการส่งข้อมูลไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อควบคุม

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาเรื่องของหม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดัน

1.4.2 ศึกษาเรื่องเครื่องมือวัดกระแสและแรงดัน

1.4.3 ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4.4 ศึกษาการเขียนภาษาซี

1.4.5 เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เหมาะสมกับโครงงาน

1.4.6 ออกแบบวงจรและเขียนโปรแกรมทีละส่วน

1.4.7 ทดสอบฮาร์ดแวร์กับซอฟท์แวร์ทีละส่วน

1.4.8 นำฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ทุกส่วนมารวมกันแล้วทดสอบ

1.4.9 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา

1.4.10 สรุปผลการทดลอง

1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินงาน(เดือน)							
	1 พ.ย 48	2 ธ.ค.48	3 ม.ค 49	4 ก.พ. 49	5 มี.ค.49	6 เม.ย. 49	7 พ.ค. 49	8 มิ.ย.49
1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล	←	→						
2. ศึกษาระบบการทำงาน			←	→				
3. เขียนโปรแกรม.ให้ระบบทำงาน					←	→		
4. ทดสอบโปรแกรม							←	→
5. จัดทำรายงานและเตรียมเสนองาน								← →

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม ในการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซีเพิ่มขึ้น

2. สามารถสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านช่องสัญญาณโทรศัพท์ได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

1.7 งบประมาณ

1. ถ่ายเอกสารและค่าเข้าเล่ม	100 บาท
2. ค่าปริ้นท์เอกสาร	100 บาท
3. ค่าหนังสือ	100 บาท
4. ค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	700 บาท

รวมเป็นเงิน 1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถั่วเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ [1] คือ ระบบสื่อสารที่โครงข่ายชุมชนสายบริการระหว่างสมาชิกผู้เรียกและผู้รู้เลขหมายสมาชิกให้สามารถเรียกทำการติดต่อระหว่างคู่สนทนาต่าง ๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นออกไปได้

โทรศัพท์ที่ใช้ในอยู่ปัจจุบันมี 2 ระบบ คือ ระบบครอสบาร์ กับ ระบบดีทีเอ็มเอฟ (Dual Tone Multi Frequency) ซึ่งระบบครอสบาร์ เป็นระบบเดิมที่ใช้มาตั้งแต่เริ่มมีการใช้โทรศัพท์ ส่วนระบบ DTMF [2] เป็นระบบใหม่ที่ใช้แทนที่ระบบครอสบาร์เพราะมีประสิทธิภาพสูงกว่าใช้เวลาในการส่งหมายเลขน้อยกว่าและการใช้ระบบดีทีเอ็มเอฟ ที่ชุมสายจะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีความทนทาน และมีอายุการใช้งานนานกว่าระบบครอสบาร์ เป็นระบบแม็คคานิกส์ ที่มีการสึกหรอและเสียง่าย ซึ่งในรายงานนี้จะกล่าวถึงเฉพาะระบบดีทีเอ็มเอฟ ซึ่งเป็นระบบที่ใช้อย่างมากในปัจจุบัน

2.1.1 สัญญาณระหว่างผู้ใช้กับชุมสาย(Subscriber Signaling)

1. สัญญาณที่ส่งจากผู้ใช้ไปยังชุมสาย

1.1 Off-Hook คือ สภาพที่ผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ สายจะมีสภาพ Closed Loop (Low Impedance)

1.2 On-Hook คือ สภาพผู้ใช้วางหู หรือ สภาพว่าง สายจะมีสภาพ Open Loop (High Impedance)

1.3 Dialing คือ สภาพที่ผู้ใช้หมุนหมายเลขเข้าเครื่องเป็น Rotary Dial สัญญาณจะเป็น Pulsing ค่า Impedance จะสูงต่ำสลับกันไปตามที่หมุนเลขหมาย ถ้าเป็นเครื่องแบบกดปุ่ม Touch-Tone สัญญาณออกจะเป็นความถี่ DTMF ส่งออกไปชุมสาย

2. สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสายไปยังเครื่องรับ

2.1 สัญญาณให้หมุน (Dialing Tone) ใช้เพื่อแสดงให้ผู้ใช้ทราบว่า ขณะนี้ผู้ใช้สามารถที่จะเรียกไปยังหมายเลขที่ต้องการได้ ซึ่งเป็นสัญญาณต่อเนื่องขนาด 400 เฮิรตซ์ มอดูเลตด้วย 50 เฮิรตซ์ ผู้ใช้จะได้ยินเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์

2.2 สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง แต่ ถ้ายกหูแล้วได้ยินสัญญาณนี้แสดงว่า อุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่างและถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนหมายเลขแล้ว แสดงว่าอุปกรณ์สั่งการไม่ว่าง กรณีต่างชุมสาย สัญญาณที่ส่งจะเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วงๆ ส่ง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที ความถี่ของสัญญาณ 400 เฮิรตซ์ รูปคลื่นไซน์

2.3 สัญญาณเรียกกลับ (Ringing Tone) เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบว่าการต่อทำได้สำเร็จแล้ว ในขณะนี้จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปยังผู้ถูกเรียก ความถี่ของสัญญาณ 400 เฮิรตซ์รูปคลื่นไซน์โดยจะส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

สัญญาณโทนอื่น ๆ เช่น Nu Tone (Number Unobtainable Tone) บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีการใช้งานอยู่ เป็นต้น

2.1.2 การติดต่อกันระหว่างผู้เรียก (Calling) และผู้ถูกเรียก (Called)

ขั้นตอนการทำงานของโทรศัพท์แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ผู้เรียก (Calling) และผู้ถูกเรียก (Called)

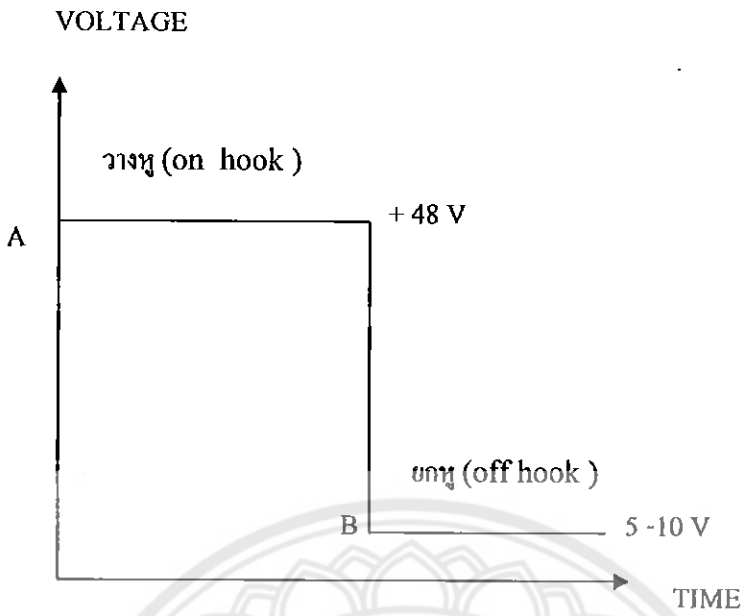
รูปที่ 2.1 การติดต่อกันระหว่างชุมสายโทรศัพท์กับโทรศัพท์

1. กรณีผู้เรียก (Calling Subscriber)

ขณะที่โทรศัพท์ว่างอยู่นั้น ที่คู่สายโทรศัพท์นั้นจะมีกระแสไฟฟ้าตกคร่อมอยู่+48 โวลต์ และเมื่อหูโทรศัพท์ถูกยกขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ตกคร่อมอยู่นั้น จะตกลงมาเหลือ 5 – 10 โวลต์ ดังรูปที่ 2.2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบชุมสายย่อย ขณะเดียวกันนั้น ก็จะมีสัญญาณเสียงให้หมุนหมายเลข (Dialing Tone) ถ้าเลขหมายที่ถูกเรียกไม่ว่าง ผู้เรียกก็จะได้ยินเสียงสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) และถ้าได้ยินเสียงกริ่งเรียก (Ring Back Tone) ก็แสดงว่าเลขหมายที่เรียกพร้อมที่จะทำการสนทนาได้ เพียงแต่รอจนกว่าผู้ถูกเรียกจะทำการยกหูรับ ก็จะเริ่มทำการสนทนา

2. กรณีผู้ถูกเรียก (Called Subscriber)

ขณะที่คู่สายว่างอยู่นั้นจะมีกระแสไฟฟ้าตกคร่อมอยู่ +48 โวลต์ และเมื่อมีการถูกเรียกจากต้นทาง ทางชุมสายจะทำการต่อให้และจะส่งสัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone) เป็นแรงดันไฟสลับประมาณ 110 – 150 โวลต์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ ซึ่งทำให้มีความต้านทานประมาณ 600 โอห์ม แล้วต่อเข้ากับชุมสาย ในขณะเดียวกันทางชุมสายก็จะหยุดส่งสัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone) และทำการต่อคู่สายโทรศัพท์ให้เพื่อเริ่มการสนทนา (ทำให้แรงดันตกคร่อมเหลือเพียง 5 – 10 โวลต์) ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 กระแสไฟฟ้าตรงที่เลี้ยงคู่สาย เมื่อมีการวางหูและยกหูทั้งกรณีเป็นผู้เรียกและผู้ถูกเรียก

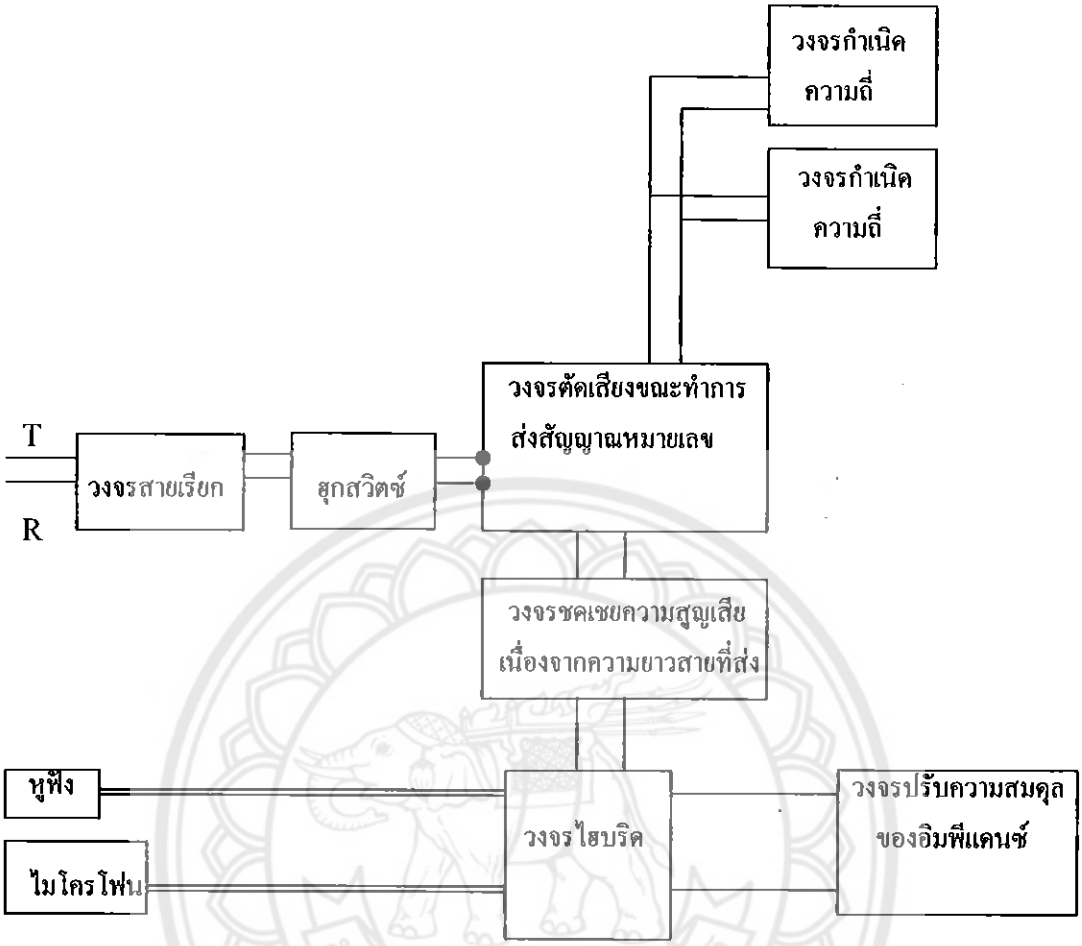
2.1.3 เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set)

จัดเป็นอุปกรณ์ปลายทางอย่างหนึ่งโดยทำหน้าที่แปลงพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่งไปในสายและในทางกลับกันก็เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้ากลับมาเป็นพลังงานเสียง นอกจากนั้น เครื่องโทรศัพท์ยังทำหน้าที่ต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น (Local-Exchange), (Hook-Off)
2. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ Code ที่ใช้แทนหมายเลขของผู้ถูกเรียก (B.Subscriber)
3. ทำหน้าที่รับเสียงโทน (Tone) ที่ตอบรับจากชุมสาย ตลอดจนสัญญาณเรียก (Ringing Tone)
4. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อเรียกไปชุมสาย (Hook-Off)

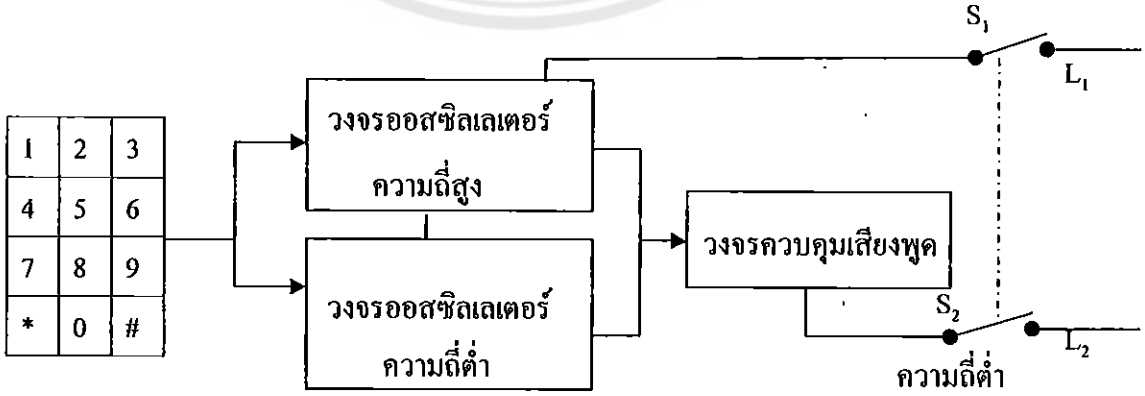
บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์

ในรูปที่ 2.3 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโทรศัพท์ ไม่ว่าจะเป็นระบบพัลส์หรือระบบโทนก็มีลักษณะเหมือนกัน แตกต่างกันตรงที่การกำเนิดสัญญาณเลขหมาย ว่าจะเป็นระบบพัลส์หรือ DTMF วงจรเสียงเรียกทำหน้าที่แจ้งให้ผู้ใช้โทรศัพท์ทราบว่ามีการเรียกเข้ามา สุดสวิตซ์เป็นตัวบอกให้ชุมสายโทรศัพท์รับรู้ว่า มีการยกหูใช้งานโทรศัพท์แล้ว ก็จะทำการตัดต่อคู่สายให้ติดต่อกันได้ ในส่วนของวงจรตัดเสียงขณะทำการส่งเลขหมาย จะช่วยให้การส่งเลขหมาย มีความชัดเจนถูกต้อง ไม่ถูกรบกวนด้วยสัญญาณเสียงพูด

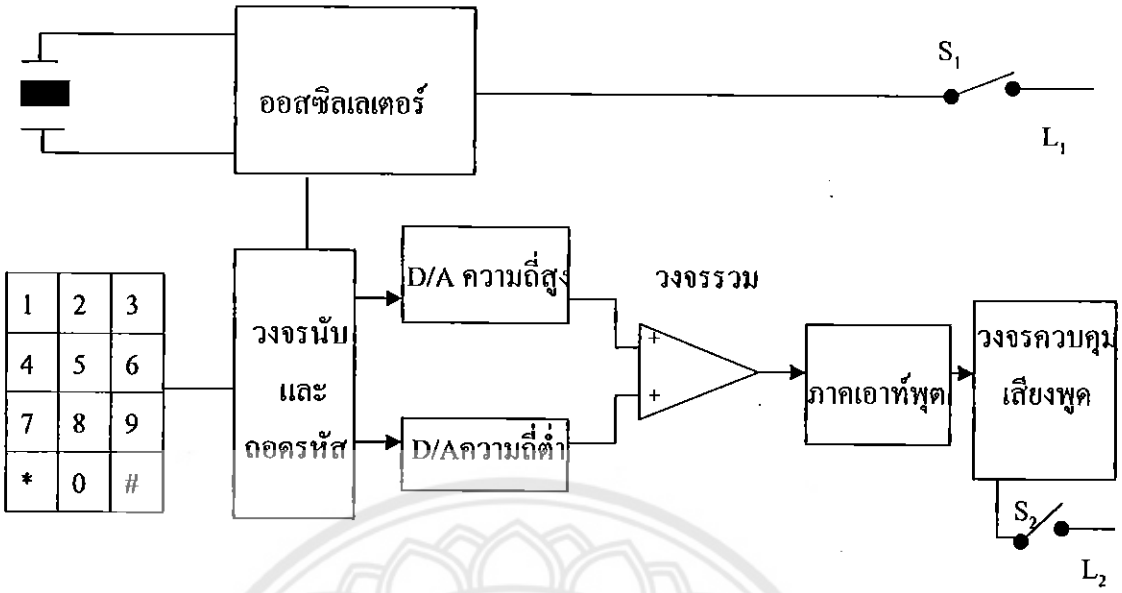


รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องโทรศัพท์

2.1.4 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF [2]



(ก) วงจรแบบแรก

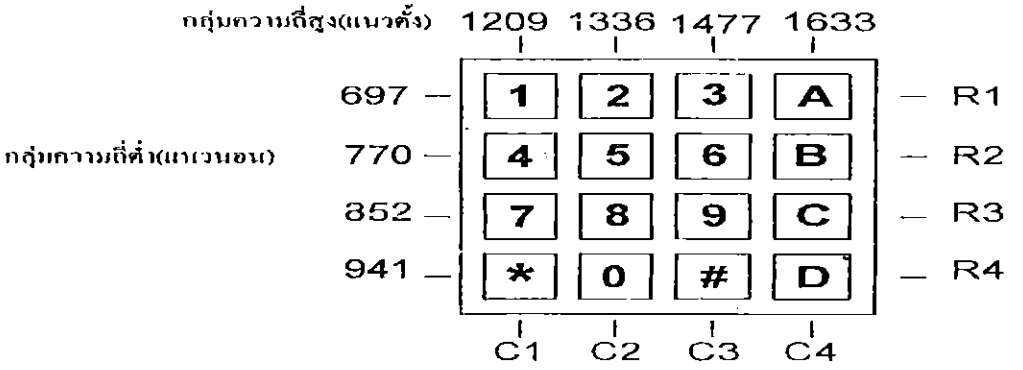


(ข) ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF

รูปที่ 2.4 ระบบโทรศัพท์แบบ DTMF

โทรศัพท์ชนิดนี้สร้างสัญญาณ DTMF (Dual Tone Multiple Frequency) ในการส่งเลขหมาย โดยการกดแต่ละเลขหมายบนหน้าปัดโทรศัพท์จากการกดปุ่มแต่ละปุ่มจะมีสองความความถี่ส่งออกไปพร้อมกันความถี่แต่ละคู่ที่ส่งออกไปจะมีค่าเวลาประมาณ 40 มิลลิวินาที แต่ช่วงเวลาห่างระหว่างเลขหมายมีค่า 60 มิลลิวินาทีเป็นอย่างต่ำ โทรศัพท์แบบกดปุ่มจึงทำงานเร็วกว่าแบบหมุนประมาณ 10 เท่า ดังรูปที่ 2.4

ในการออกแบบระบบควบคุมดังกล่าว จำเป็นต้องทราบการทำงานของระบบกล่าวคือ โทรศัพท์ชนิดนี้เป็นโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มระบบ Tone ประกอบด้วยปุ่มกดจำนวน 12 ปุ่มและมีการทำงานแบบ Dual Multi Frequency แป้นกดจะแบ่งออกเป็น 4 แถวกับ 3 คอลัมน์ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แป้นกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้น ๆ

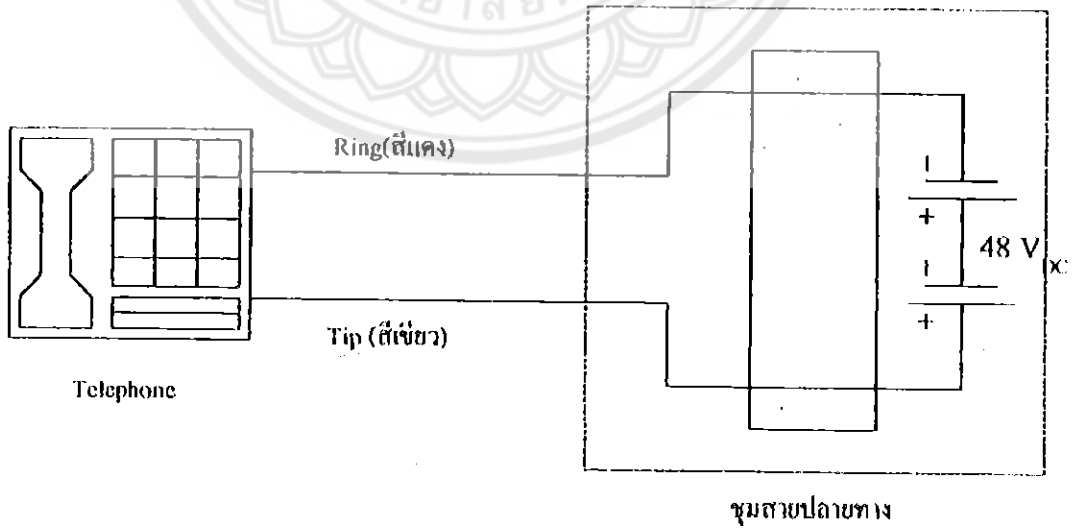
ระบบนี้มีวิธีการส่งหมายเลขโดยการส่งสัญญาณ 2 ความถี่ ที่มอดูเลตกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด และความถี่ที่ส่งออกไป จะอยู่ในย่านของความถี่เสียงพูด (0 ถึง 4 กิโลเฮิรตซ์) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่า จะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอน และอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้ง ค่าต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 2.5 เช่น การกดหมายเลข 1 จะได้ค่าความถี่ 697 เฮิรตซ์ และ 1209 เฮิรตซ์

บล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF เป็นวงจรในยุคแรก ๆ ซึ่งจะต้องมีวงจรแยกความถี่สูงและความถี่ต่ำออกจากกัน เพื่อตรวจสอบหมายเลขที่ส่งเข้ามา ต่อมามีการพัฒนามาใช้ไอซีสำเร็จรูป โดยใช้หลักการของวงจรดิจิตอลแปลงรหัสทางดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก ซึ่งมีความแม่นยำในการถอดรหัส DTMF มากกว่าจากการพัฒนานี้เองทำให้ปัจจุบันขนาดของโทรศัพท์

มีขนาดเล็กลงมาก เพราะไม่ต้องมีขดลวดกระดิ่งใหญ่ ๆ แบบระบบพัลส์ เนื่องจากในการใช้ทรานสดิวเซอร์เป็นตัวส่งเสียงแทน

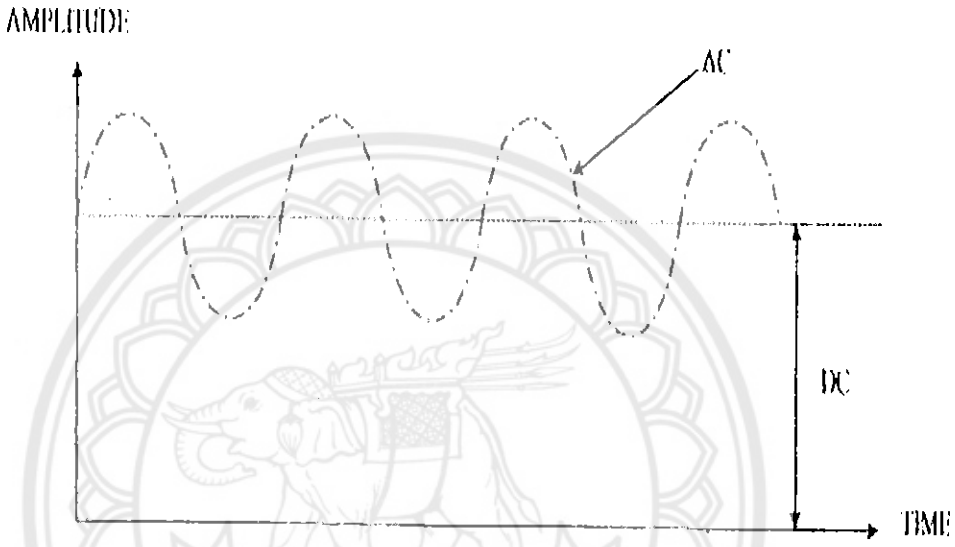
2.1.5 LOCAL LOOP [3]

ความหมายของ Local Loop [3] คือ สายส่งสองสายจากเครื่องโทรศัพท์ไปชุมสายปลายทาง และมีค่าอิมพิแดนซ์ของสายเองประมาณ 500 – 1000 โอห์ม แต่ค่าที่ใช้ทั่วไปคือ 600 โอห์ม ถ้าในชุมสายปลายทางมีการติดตั้งแหล่งจ่ายไฟร่วม DC ขนาด 48 โวลต์ ให้แต่ละลูปของผู้ใช้โทรศัพท์ลวดตัวนำ 2 เส้นในลูป มีชื่อว่า ทิป (Tip) และ ริง (Ring) โดยริงจะต่อกับสัญญาณไฟ 48 V_{DC} ทิปจะต่อกับกราวด์ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โลคอลลูป [3]

เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์ มีผลทำให้ฮุคสวิตซ์ปิดลง (Hook- Off) จากนั้นกระแสไฟตรงขนาด 20 มิลลิแอมแปร์ไหลวนอยู่ในลูปซึ่งสภาวะยกหูโทรศัพท์นี้ ระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างทิปกับริงมีค่าลดลงเหลือประมาณ 5 - 10 โวลต์ ส่วนสัญญาณเสียงพูดจากโทรศัพท์ถูกส่งไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งในลูป โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ภายในกระแสลูป (20 mA) ซึ่งเกิดจากสัญญาณ AC ทับบนกระแสลูป DC ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับ MT8870 [ภาคผนวก ข]

2.2.1 โครงสร้างของMT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบด้วย วงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสทางดิจิตอลเป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO – CMOS ในส่วนของวงจรความถี่ใช้รหัสของ SWITCH CAPACITER FILTER สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัส เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิท และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราการขยายได้ โดยต่อกับอุปกรณ์ภายนอกซึ่งเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ

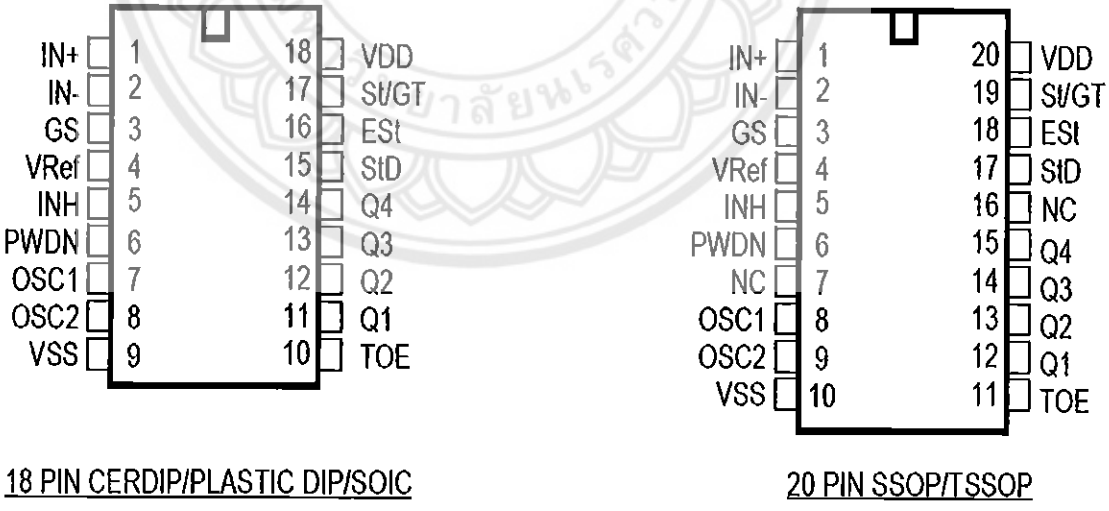
จากการออกแบบได้ใช้ ขา1 และ ขา2 เป็นinput รับการต่อสายโทรศัพท์ T และ R ตามลำดับ และใช้ขา 10,11,12,13,14และ15 เป็นเอาท์พุตส่งสัญญาณ STD และข้อมูลไบนารี่4 บิท ส่งให้กับPIC16F877 [3] ตามลำดับ ซึ่งค่า Characteristic ที่ได้จากความถี่ มีลักษณะ ดังรูปที่ 2.8

คุณสมบัติของ MT8870 [ภาคผนวก ก]

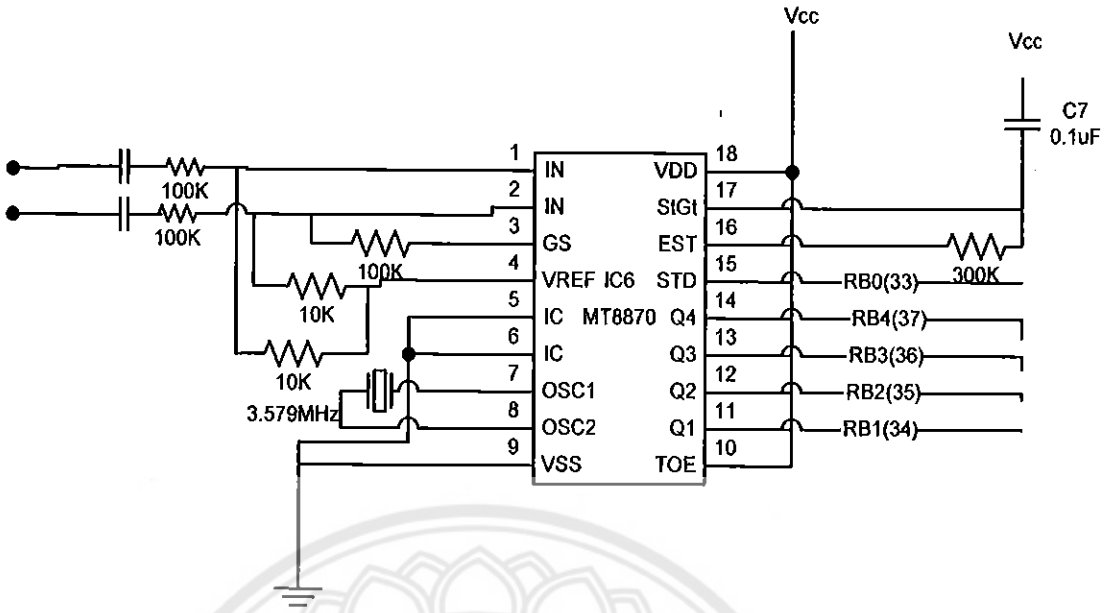
1. เป็นตัวรับและถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF
2. กินไฟน้อยใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
3. สามารถตั้งอัตราการขยายได้
4. สามารถปรับการ์ดไทม์ได้

การนำ MT8870ไปใช้งาน

1. นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
2. เครื่องป้องกันการโทรศัพท์
3. ใช้งานเกี่ยวกับบัตรเครดิต
4. ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
5. ใช้งานในชุมสายขนาดเล็ก หรือ PABX
6. ใช้งานกับโทรศัพท์ทั่วไป
7. เครื่องป้องกันขโมย
8. ใช้ควบคุมอุปกรณ์ผ่านทางโทรศัพท์



รูปที่ 2.9 ลักษณะของไอซี MT8870 [ภาคผนวก ข]



รูปที่ 2.10 วงจรการใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877

2.3.1 คุณสมบัติของ PIC 16 F877

คุณสมบัติต่าง ๆของไมโครคอนโทรเลอร์ PIC 16 F877 สามารถสรุปอย่างคร่าว ๆ ได้ดังนี้

- 35 Instruction คำสั่ง
- ในการปฏิบัติงานคำสั่งต่าง ๆ จะใช้ Cycle เดียวและ 2 Cycle ในคำสั่งที่เป็นการกระโดด
- ความถี่สูงสุดที่ทำงานได้คือ 20 MHz (16F877-20/P)
- การทำงานเป็นลักษณะ Pipeline ทำให้มีการทำงานที่เร็วขึ้น
- หน่วยความจำโปรแกรม FLASH Program Memory มีขนาด 8k (14 – Bit Works)
- หน่วยความจำข้อมูล (RAM) 368 Bytes
- หน่วยความจำข้อมูล (REEPROM) 256 Bytes
- สามารถตอบสนองอินเตอร์รัพได้ถึง 14 แหล่ง
- STACK 8 ระดับ
- เพาเวอร์ออนรีเซต (PWRT) และ Oscillator Start – Up Timer
- เพาเวอร์ออนรีเซต(POR), เพาเวอร์ฮัปไทเมอร์(PWRT) และ Oscillator Start – Up Timer
- Watching Timer

- สามารถเลือกการป้องกันข้อมูลได้ (Code Protection)
- โหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)
- เลือกโหวตของสัญญาณนาฬิกาได้หลายโหมด
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5V ได้
- ฟังก์ชันการโปรแกรม ICSP (In – Circuit Serial Programming)
- ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.0V ถึง 15.5V
- กระแสทั้งซิงค์และเซอร์สของพอร์ตคือ 25 mA
- Timer / Counter จำนวน 3 ตัว คือ Timer0 , Timer1 และ Timer2
- โมดูล Capture /Compare / PWM จำนวน 2 ชุด
- Analog to Digital Converter ความละเอียด 10 บิต 8 แชนเนล ภายในตัว
- มีโมดูลการสื่อสาร USART
- มีโมดูลตรวจจับนะดับแรงดันไฟเลี้ยง Brown – out reset(BOR)
- มีพอร์ต I/O 5 พอร์ต ประกอบด้วย A,B,C,D และ E แต่ละพอร์ตจะมีจำนวนบิตไม่เท่ากัน ซึ่งรวมแล้วจะมีI/O จำนวน 33 บิต

  PORTA = RA5-RA0 จำนวน 6 บิต

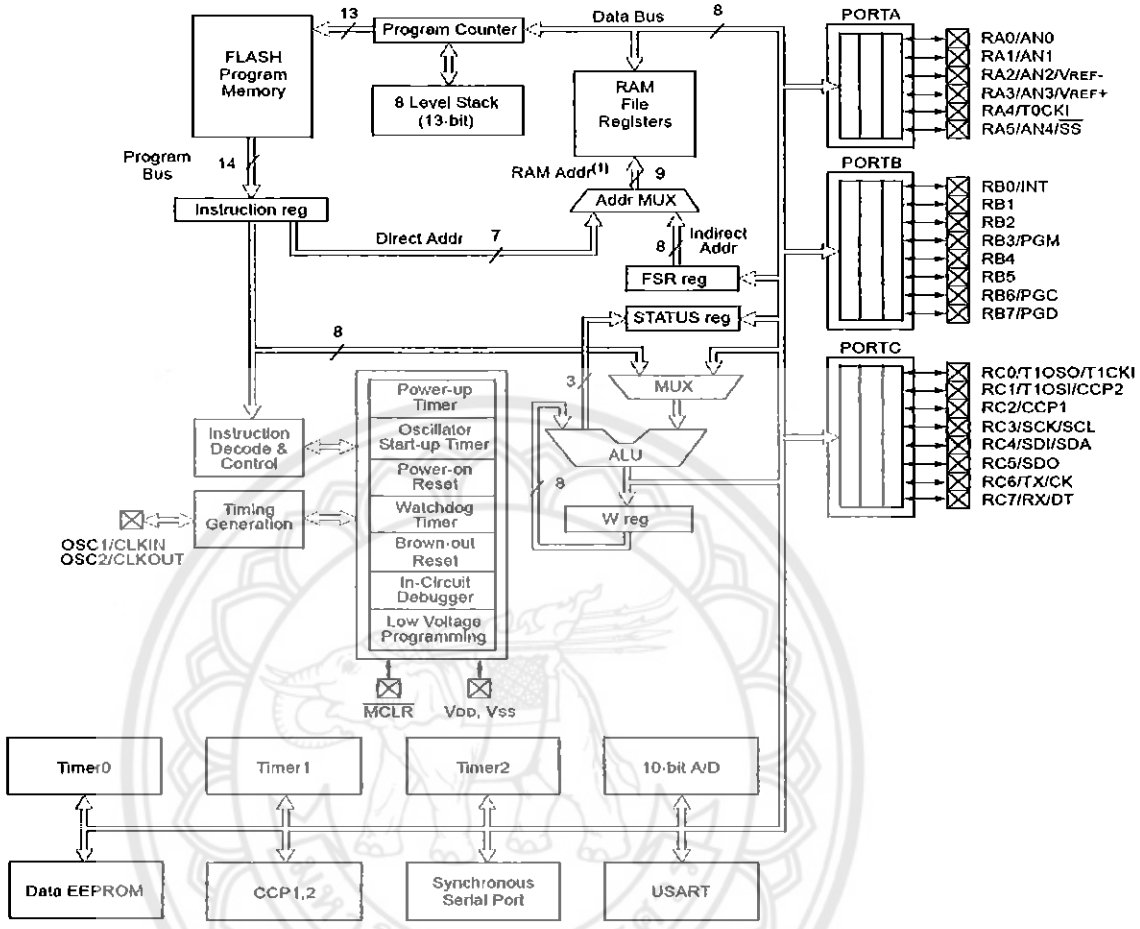
  PORTB = RB7-RA0 จำนวน 8 บิต

  PORTC = RC7-RA0 จำนวน 8 บิต

  PORTD = RD7-RA0 จำนวน 8 บิต

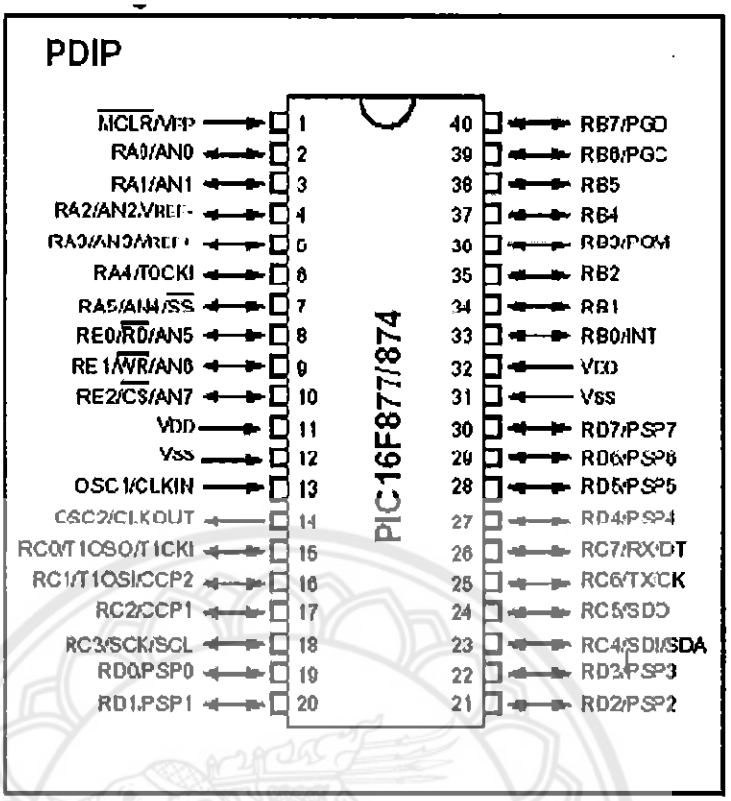
  PORTE = RE2-RA0 จำนวน 3 บิต

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F873	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F876	8K	368 Bytes	256 Bytes



Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

รูปที่ 2.11 ตัวถังของ CPU PIC 16F877 และการจัดวาง



รูปที่ 2.12 ตัวถังของ CPU PIC 16F877 และการจัดวางตำแหน่งขาต่าง ๆ

สัญญาณของPIC 16F877 นี้จะมีทั้งหมด 40 ขา จะประกอบไปด้วยขาที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ โดยจะมีขาสัญญาณ I/O Ports ทั้งหมดจำนวน 33 ขาโดยสามารถนำไปใช้เป็นอินพุต / เอาต์พุตได้ทั้งหมดทุกขา ยกเว้นขา RA4 ซึ่งโครงสร้างภายในเป็นแบบ Open Drain ดังนั้นหากต้องการนำไปใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุต จะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพ (Pull-up) ไว้ด้วย ส่วนขาที่เหลือสามารถใช้งานได้ตามปกติ นอกจากขาสัญญาณ I/O แล้ว ยังประกอบด้วยขาสัญญาณอื่นๆ อีกคือ ขาไฟเลี้ยง, กราวด์, ขารีเซ็ท และขาออสซิลเลเตอร์ ซึ่งสามารถสรุปหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณของขาที่ใช้งานในโครงงานนี้ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 สรุปหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณของแต่ละขา

ขาสัญญาณ	DIP PIN	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	I	ST/CMOS	ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณนาฬิกาของ CPU
OSC2/CLKOUT	14	0	-	เป็นขาเอาท์พุตของสัญญาณนาฬิกาขาที่ (1/4ของ CLKIN) ใช้ต่อร่วมกับขาสัญญาณ OSC1 เพื่อกำเนิดสัญญาณนาฬิกาในกรณีที่ใช้คริสตอลแบบเรโซเนเตอร์ หรือวงจร RC ภายนอก
MCLR/VPP	1	I/P	ST	ขาสัญญาณรีเซ็ตแอคทีฟ "0" , ขารับแรงดันสำหรับการโปรแกรม
				ขาสัญญาณอินพุตพอร์ต B
RB0/INT	33	I/O	TTL/ST	- ขาสัญญาณอินพุตสัญญาณ STD
RB1	34	I/O	TTL	- ขาสัญญาณอินพุตรับข้อมูลบิทที่ 1
RB2	35	I/O	TTL	- ขาสัญญาณอินพุตรับข้อมูลบิทที่ 2
RB3	36	I/O	TTL	- ขาสัญญาณอินพุตรับข้อมูลบิทที่ 3
RB4	37	I/O	TTL	- ขาสัญญาณอินพุตรับข้อมูลบิทที่ 4
				ขาสัญญาณเอาท์พุตพอร์ต C
RC6	25	I/O	ST	ขาสัญญาณเอาท์พุตสั่งเครื่องใช้ไฟฟ้า
RC7	26	I/O	ST	ขาสัญญาณเอาท์พุตสั่งเครื่องใช้ไฟฟ้า
Vss	12.31	P	-	ขาสัญญาณกราวด์
VDD	11.32	P	-	ขาสัญญาณไฟเลี้ยง

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) สรุปหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณของแต่ละขา

I=อินพุต	O=เอาท์พุต	I/O=อินพุต/เอาท์พุต	P=Power
-=ไม่ใช้	TTL=ระดับสัญญาณTT	LST=วงจรชมิตทริกเกอร์ อินพุต	

Note

1. Buffer จะเป็นแบบ ชมิททริกเกอร์ เมื่อมีการใช้งานอินเตอร์รัพท์ภายนอก
2. Buffer จะเป็นแบบ ชมิททริกเกอร์ เมื่อทำงานในโหมดโปรแกรม
3. Buffer จะเป็นแบบ ชมิททริกเกอร์ เมื่อใช้งานทั่ว ๆ ไป และจะเป็นแบบ TTL เมื่ออยู่ในโหมด Parallel Slave Port ในการติดต่อกับระบบบัสของไมโครโปรเซสเซอร์
4. Buffer จะเป็นแบบ แบบ ชมิททริกเกอร์ เมื่อใช้งานในโหมด RC oscillator และจะเป็นแบบ CMOS เมื่อใช้งานอื่น ๆ

บทที่ 3

การออกแบบและการทำงานของวงจร

การทำงานภายในเครื่องประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1. ส่วนของวงจรและอุปกรณ์ (Hard Ware)
2. ส่วนของ Program (Soft Ware)

3.1 ส่วนประกอบภายในเครื่อง (Hard Ware)

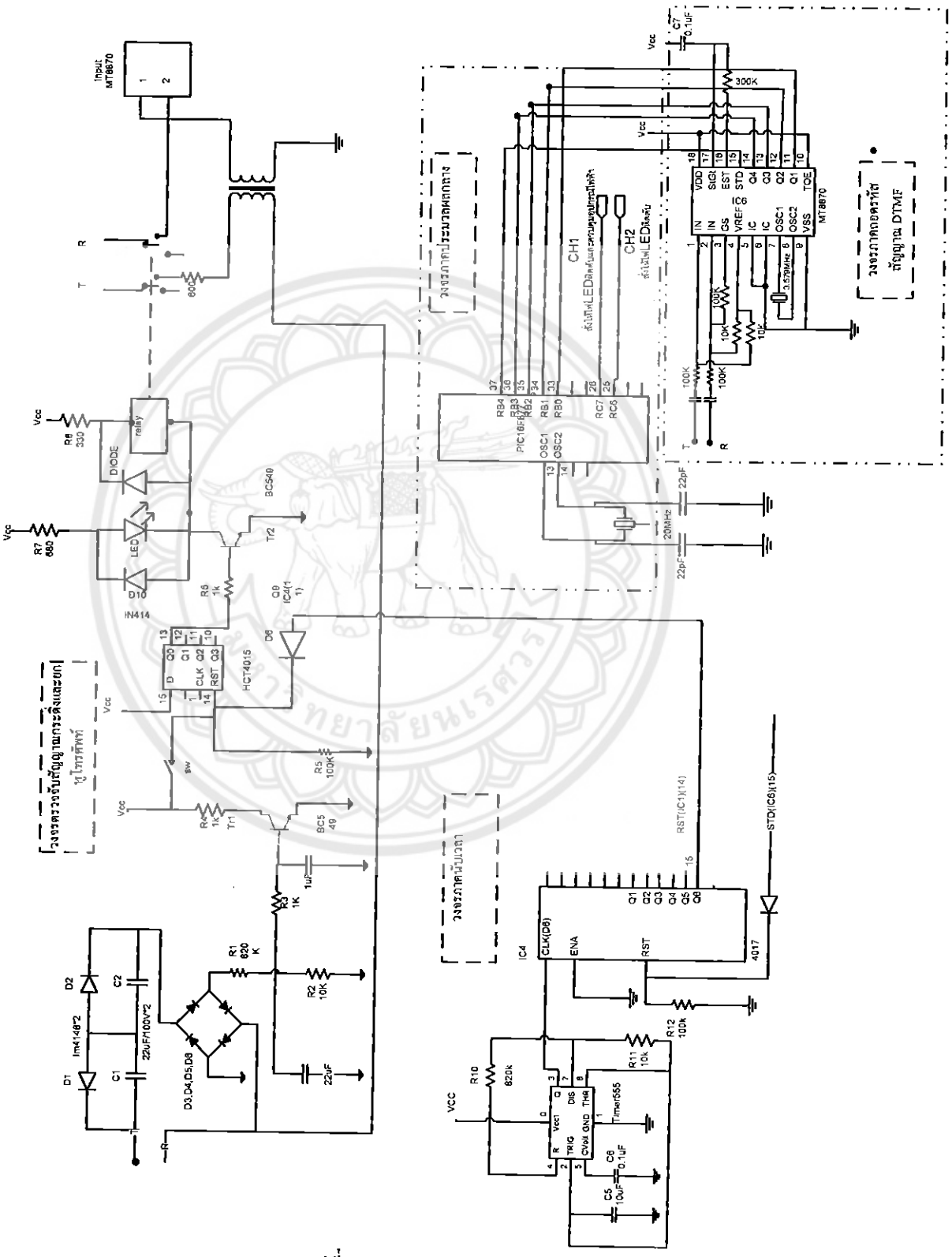
ภายในเครื่องประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ภาคตรวจรับสัญญาณกระดิ่งและยกหู-วางหูโทรศัพท์
   (Direct Ringing & On – Off Hook)
2. ภาคนับเวลา (Counter & Timer)
3. ภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF (DTMF Decoder)
4. ภาคประมวลผลกลาง (Auto Answering)
5. ภาคตัวขับเอาท์พุต (Output Driver)
6. ภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

3.2 การทำงานโดยรวมของวงจร

การทำงานคร่าว ๆ ของวงจรเป็นดังนี้

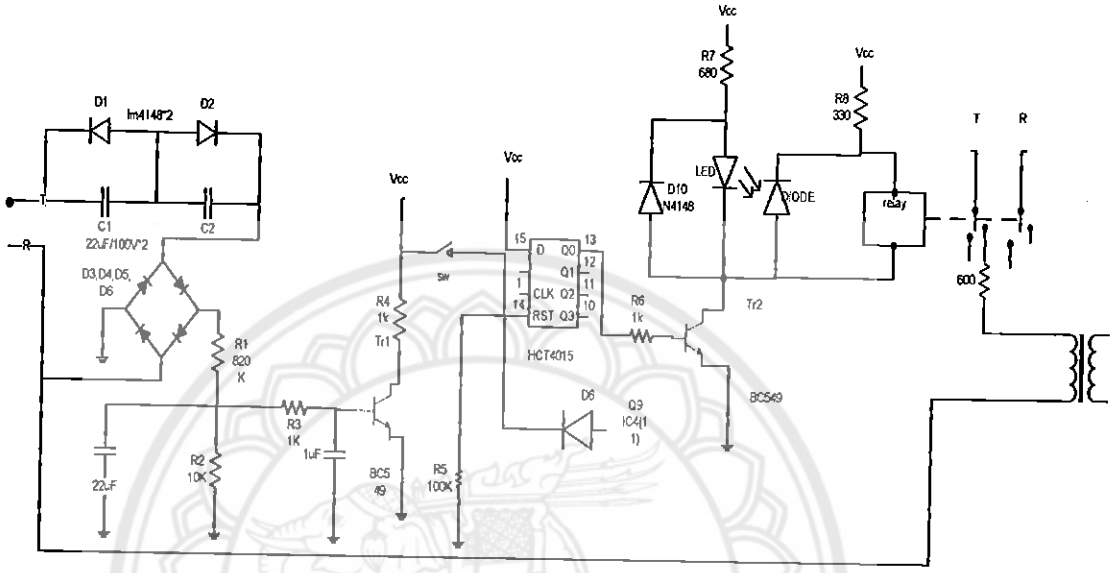
เริ่มเมื่อมีสัญญาณโทรศัพท์เข้ามาภาคตรวจสอบสัญญาณจะสั่งให้ไฟLEDติดขึ้นเพื่อให้รับรู้ว่ามีการโทรเข้ามาแล้ว หลังจากนั้นเครื่องจะเตรียมพร้อมรับคำสั่งการทำงาน เมื่อผู้ใช้เริ่มมีการกดปุ่มโทรศัพท์เข้ามา ก็ให้ภาคแปลงรหัสสัญญาณ DTMF ให้เป็นรหัส ไบนารี่ 4 บิท ให้ภาคประมวลผลกลางทำการแปลคำสั่ง แล้วประมวลผลต่อไปว่าต้องการทำอะไรต่อไป หลังจากนั้นสั่งการออกไปยังภาคเอาท์พุตให้มีการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ต่อร่วมอยู่กับช่องสัญญาณต่าง ๆ โดยในเครื่องนี้ได้มีการป้องกันผู้ไม่หวังดีเข้ามาภายในระบบโดยตั้งรหัสผ่านไว้ ซึ่งจะเป็นผลทำให้เครื่องทำงานไม่ครบวงรอบการทำงานจึงทำให้เครื่องค้างรอคำสั่งอยู่ต่อไป แม้ว่าผู้ใช้จะวางหูแล้ว เพื่อเป็นการป้องกันจึงออกแบบให้มีวงจรนับขึ้นมาหนึ่งชุด เมื่อไม่มีการกดปุ่มใด ๆเข้ามาในระยะเวลาหนึ่ง (ซึ่งในเครื่องนี้ตั้งเวลาไว้ 1 นาที) ก็จะมีสัญญาณออกไปเพื่อให้เครื่องวางหูโทรศัพท์ต่อไป



รูปที่ 3.1 การต่อวงจรรวม

3.3 วงจรภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและยกหูโทรศัพท์

รูปวงจรภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและยกหูโทรศัพท์ แสดงดังรูปที่ 3.2 ซึ่งมีการต่อวงจรภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและยกหูโทรศัพท์ ดังนี้



รูปที่ 3.2 การต่อวงจรภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและยกหูโทรศัพท์

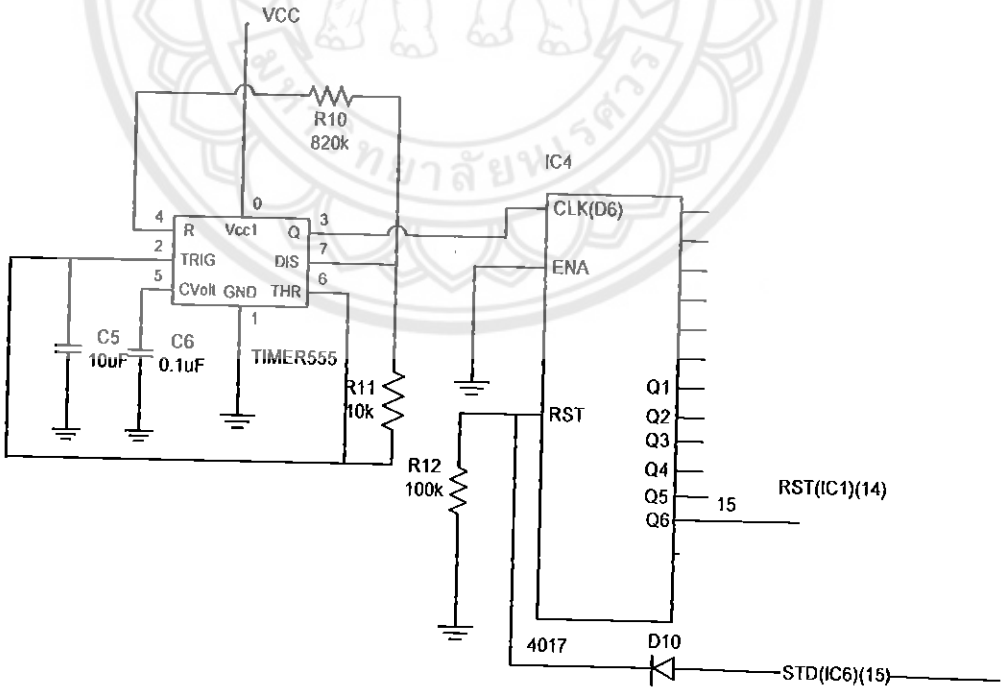
จากสัญญาณ โทรศัพท์ เมื่อไม่มีการยกหู จะมีไฟเลี้ยวที่โทรศัพท์ประมาณ 48 V_{DC} แต่เมื่อมีการโทรเข้ามาที่ชุมสายจะมีการส่งสัญญาณกระดิ่งเข้าเป็นแรงดันไฟประมาณ 110 V_{DC} วิ่งมาบนไฟ DC เป็นเวลาประมาณ 2 วินาที หลับกับไม่มีการส่งสัญญาณกระดิ่งอีก 4 วินาที จากสัญญาณตรงนี้ เราจึงสามารถลดขนาดให้เหลือเป็นสัญญาณพัลส์ได้ดังนี้

เริ่มแรกโดยการกรองเอาไฟ DC ออกจาก AC ก่อนโดยใช้ D1, D2และ C1,C2 ดังรูปวงจร ดังนั้น เอาท์ขาพุทของขา D2และ C2 จึงมีแรงดัน 110 V_{AC} นำไป เร็คติฟายโดย D3- D6 จะทำให้ได้เป็นแรงดันตกคร่อม R2 ตรงนี้ประมาณ 1.5 V_{DC} นำไปขับให้ทรานซิสเตอร์ทำงานโดยมี R3 และ C4 เป็นฟิลเตอร์กรองสัญญาณรบกวนจากกราวด์จากเดิมเอาท์พุทที่ขาคอลเล็ตเตอร์ เป็น 5 V ก็จะกลายเป็น 0 V ส่วน SW1 ต่อไว้สำหรับให้ผู้ใช้ทำงานที่หน้าเครื่อง (กรณีไม่ได้โทรเข้ามา แต่ต้องการใช้เครื่องนี้ภายในบ้าน) เมื่อมีการกดสวิทซ์เข้ามา ก็จะทำให้วงจรขาด จากเดิมมี 5 V ก็จะกลายเป็นช็อตผ่าน 5V ก็จะกลายเป็นช็อตผ่าน R5 ลงกราวน์ ไปทำให้มีการเปลี่ยนแรงดัน เมื่อมีการเปลี่ยนระดับของแรงดันที่ขา Clock ของ IC1 ก็จะทำให้ IC1 ซึ่งเป็น Shift register เกิดการเลื่อนเอาระดับ Logic ที่ขา D ไปออกที่ Q0 (ขา 13)หรือเลื่อน 5 V ไปที่ Q0 นั่นเองซึ่งจะทำให้ Q0 มีระดับแรงดันเป็น 5 V ผ่าน R6 ไปทำให้ Tr2 นำกระแสเสมือนช็อตขาคอลเล็ตเตอร์ ลงกราวด์

แล้วก็มีเอาท์พุทที่ขา C เป็น 0 V เสมือนไปต่อขา รีเลย์ให้ลงกราวด์เกิดการครบลูปทำให้ รีเลย์เกิดการเหนี่ยวนำสวิทซ์ต่อหน้าสัมผัส ทำให้ R9 คร่อมสายโทรศัพท์ จึงทำให้ความต้านทานภายในโทรศัพท์มีค่าต่ำกว่า 600 โอห์ม จึงเสมือนมีการยกหูโทรศัพท์เกิดขึ้น แล้วยังมีการนำเอาเอาท์พุทที่ขา Q0 ของ IC1 ไปบอกให้ภาคประมวลผลกลาง ได้รับรู้ว่ามีการยกหูโทรศัพท์เกิดขึ้นแล้ว เตรียมตัวรับคำสั่งอื่นต่อไป

3.4 วงจรภาคนับเวลา

สร้างขึ้นมาเพื่อกันการโทรเข้ามาแล้วไม่ได้สั่งการใด ๆ เลย แล้วก็วางหูทิ้งไปเฉย ๆ หรือไม่ก็สั่งการแต่ไม่ครบลูปการทำงาน ทำให้โทรศัพท์เกิดการยกหูค้างเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถโทรเข้ามาสั่งการใด ๆ ได้อีก เพราะโทรศัพท์สายจะไม่วางไป ดังนั้น ทำการออกแบบเพื่อเป็นวงจรนับโดยใช้ไอซีเบอร์ 4017 ซึ่งเป็นตระกูล CMOS กับไอซีผลิตความถี่ Timer 555 ซึ่งต่อคร่อมกันดังรูปที่ 3.3 ซึ่งจะมีการเอาท์พุทออกมาทุก ๆ 1 นาที ถ้าไม่มีการรีเซต และยังเอาไปเป็นสัญญาณรีเซต IC1 ทำให้เอาท์พุทของ Q0 เป็น 0 V และ Tr2 หยุดทำกระแส ทำให้รีเลย์ไม่ครบลูปไม่เกิดการเหนี่ยวนำ สวิทซ์หน้าสัมผัสทางด้านเอาท์พุทเกิดการเปิดออก ทำให้โทรศัพท์มีความต้านทานที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 600 โอห์ม จึงเสมือนมีการวางหูโทรศัพท์เกิดขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 3.3 การต่อวงจรภาคนับเวลา

IC3 จะผลิตความถี่ขึ้นมา 0.1717 Hz ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

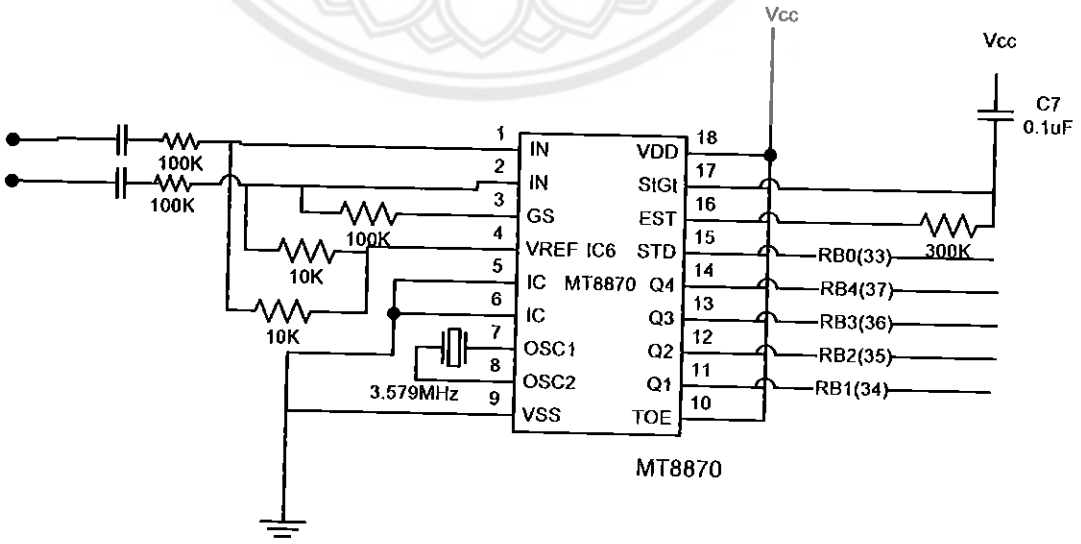
$$f = \frac{1}{(R_{10} + 2R_{11})C_5 In2}$$

$$f = \frac{1}{(820K + 2*10K)10\mu F \ln 2)} = 0.171\text{Hz}$$

ดังนั้นได้ความถี่มีค่า 0.171 Hz หรือ T = 1/f หรือมีค่าเท่ากับ 1/0.171 หรือเท่ากับ 5382 วินาที ซึ่งจะได้สัญญาณพัลส์ออกมาทุก ๆ ประมาณ 6 วินาที โดยจะเอาสัญญาณพัลส์ตัวนี้ไปเป็นสัญญาณ Clock ให้กับไอซี 4017 นับไป 10 ครั้ง ก็คือ จะได้เอาท์พุท ออกที่ขา Q6 ประมาณ 5.8X 10 วินาที หรือประมาณ 1 นาทีนั่นเอง

3.5 วงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ใช้ไอซีเบอร์ MT 8870 ของ Mitel ซึ่งเป็นไอซีใช้เฉพาะงาน ดังนั้นการออกแบบวงจรจึงสร้างจาก Data sheet ที่ทางบริษัทให้มา ซึ่งมีการต่ออุปกรณ์ต่อรอบมาให้เรียบร้อยอยู่แล้ว สามารถนำไปใช้งานได้เลย ซึ่งวงจรจะแสดงให้ดูดังรูปที่ 3.4 ซึ่งอินพุทจะต่อเข้ากับขั้วของสายโทรศัพท์กับกราวด์โดยใช้คริสตอลความถี่ 3.579 MHz ให้กับ QSC ภายในไอซีโดยต่อร่วมที่ขา QSC1 และ QSC2 ดังรูปวงจร

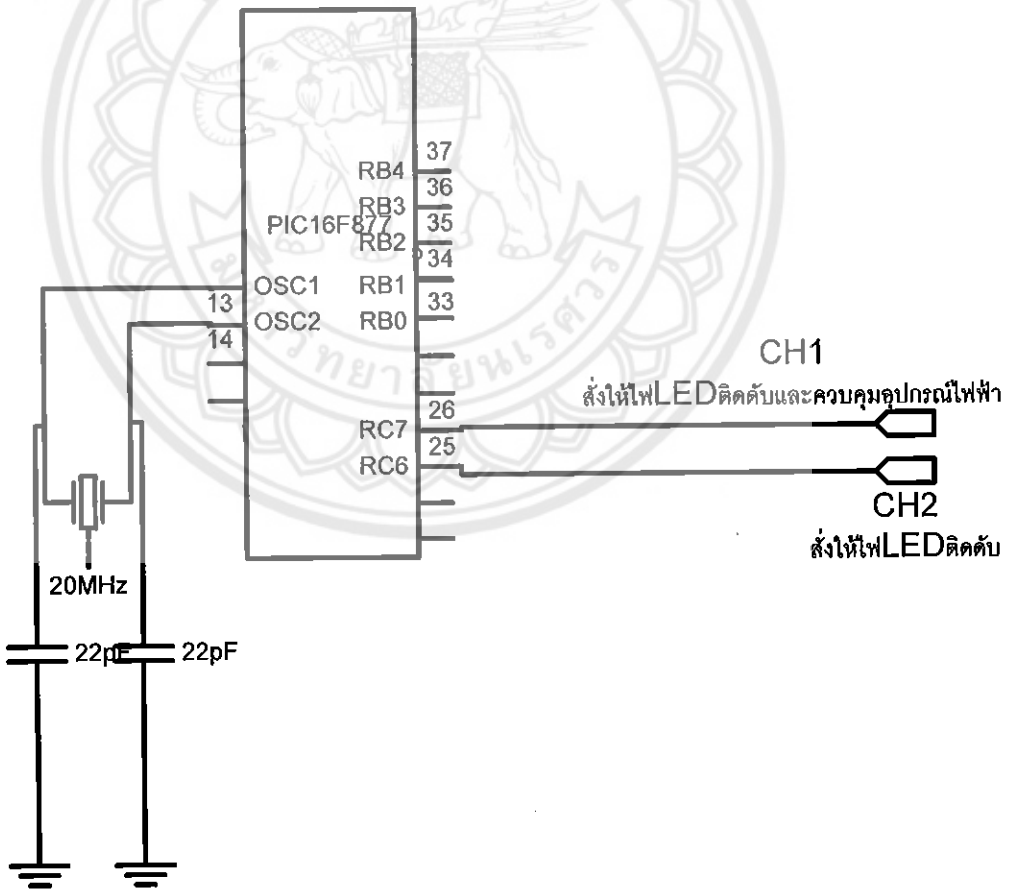


รูปที่ 3.4 การต่อวงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ซึ่งการถอดรหัสสัญญาณ DTMF จะได้ออกมาเป็นไบนารี่ 4 บิท พร้อมกับที่ขา STD จะมีพัลส์ช่วงสั้น ๆ ออกไป เมื่อมีการถอดรหัสเกิดขึ้น ซึ่งเราจะนำ STD ตัวนี้ไปให้ภาคประมวลผลกลางรับรู้ว่ามีการกดปุ่มใด ๆ เข้ามาแล้ว ให้วนมารับคำสั่งต่อไป โดยติดต่อกับ CPU ที่พอร์ต P3.4 แล้วยังนำไปรีเซตไอซีเบอร์ 4017 ให้เริ่มนับ 1 ใหม่ เพราะมีการกดปุ่มใด ๆ เข้ามาแล้ว (แสดงว่ามีผลตอบสนองให้ทำรายการต่อไป)

3.6 วงจรภาคการประมวลผลกลาง

ออกแบบโดยใช้ CPU ตระกูล PIC16F877 ที่มีหน่วยความจำภายในตัว 8KB ทำให้ไม่ต้องต่อ ROM ภายนอกเพิ่ม และใช้แร่คริสตอลความถี่ 20 MHz เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณทางด้านเวลา ส่วนการเปิด – ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า หน่วยประมวลผลกลางติดต่อกับภาคเอาท์พุตโดยผ่านทางพอร์ต การเชื่อมต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อวงจรภาคประมวลผลกลาง

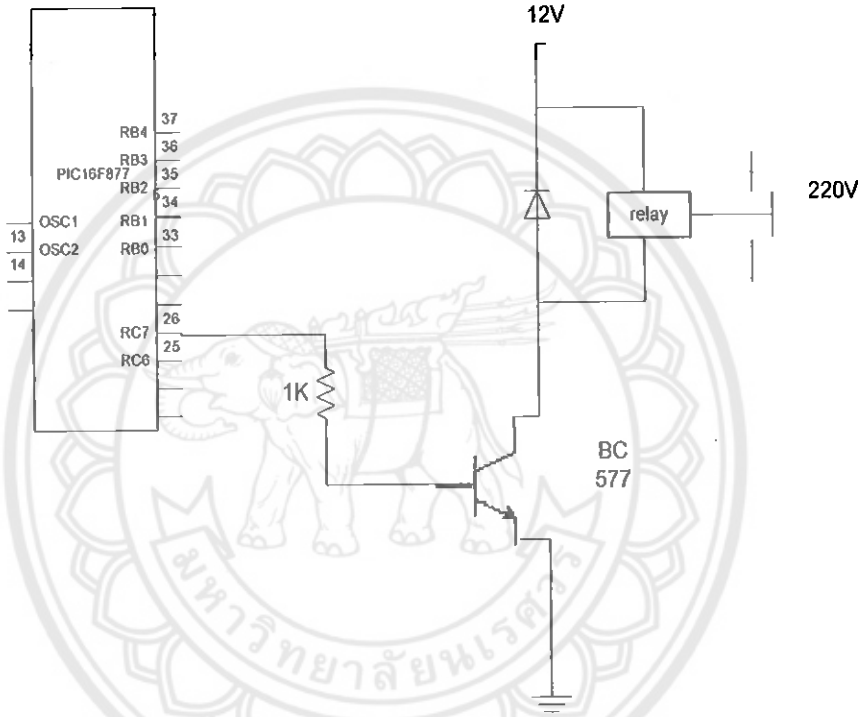
i 50 4457
ปร.
05221
2549.

การกำหนดพอร์ตของ CPU กับอุปกรณ์ภายนอกกำหนดไว้ดังนี้คือ

1. RC6-RC7 ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
2. RB0-RB4 รับข้อมูลจากโทรศัพท์ (4บิท) รวมกับ STD อีก 1บิท

3.7 วงจรเอาท์พุต

ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์BC577เป็นตัวจุดชนวนกระแสเกทให้เกิดการเหนี่ยวนำความต่างศักย์ 220 V ที่ผ่านการสั่งงานมาจากRC7ของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ ซึ่งวงจรแสดงให้ดูดังรูปที่ 3.6

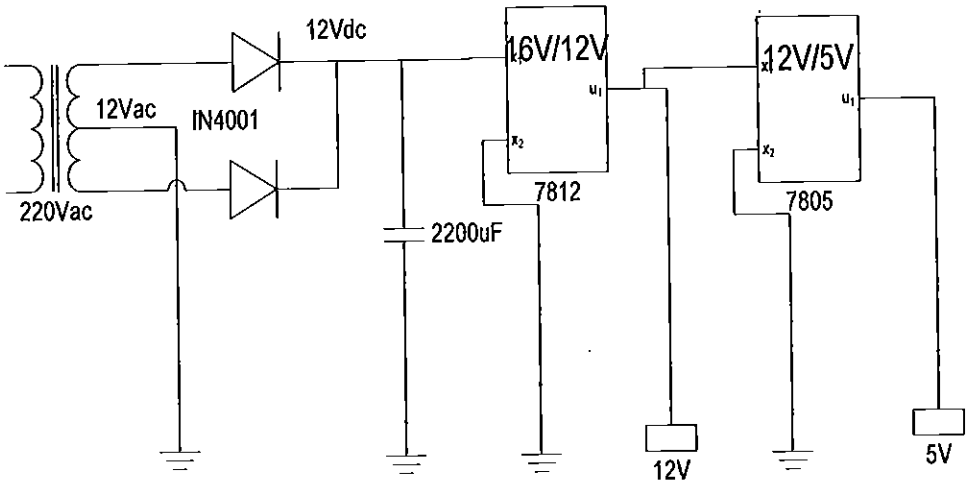


รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อวงจรภาคเอาท์พุต

จึงเสมือนมีการปิดสวิทซ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่อร่วมอยู่กับเครื่องควบคุมและสั่งการทางโทรศัพท์นี้ทำงานตามไปด้วย

3.8 วงจรภาคจ่ายไฟ

เป็นภาคแปลงแรงดันไฟสลับ (220 V_{AC}) ให้เป็นไฟกระแสตรง 5 V_{DC} ออกแบบโดยใช้ไอซีเรคกูเลทเบอร์ 7805และ7812 ซึ่งวงจรจะแสดงดังรูปที่ 3.7



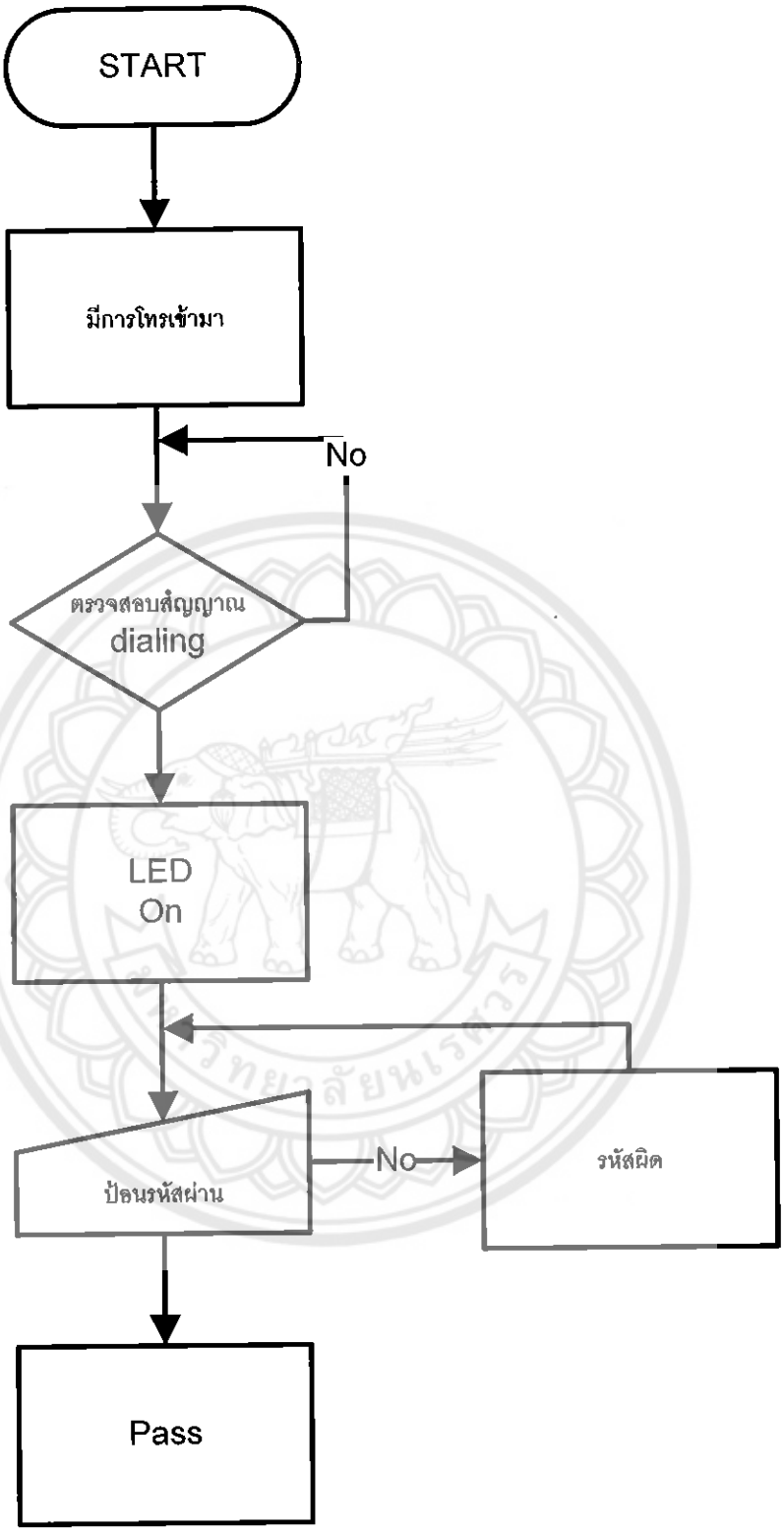
รูปที่ 3.7 การต่อวงจรภาคจ่ายไฟ

การทำงาน เริ่มจากไฟกระแสสลับ (220 V_{AC}) ผ่านหม้อแปลง 12 V ลดขนาดแรงดันเหลือ 12 V_{AC} เสร็จแล้วทำให้เกิดการเรียบยิ่งขึ้นด้วย Cที่มีค่า2200uF แล้วต่อไปยังไอซีเรคกูเลทเบอร์ 7812 ซึ่งจะได้เอาท์พุตเป็นไฟกระแสตรง 12V เอาไปใช้งานเป็นแหล่งจ่ายไฟให้วงจรต่าง ๆ ในเครื่องต่อไป

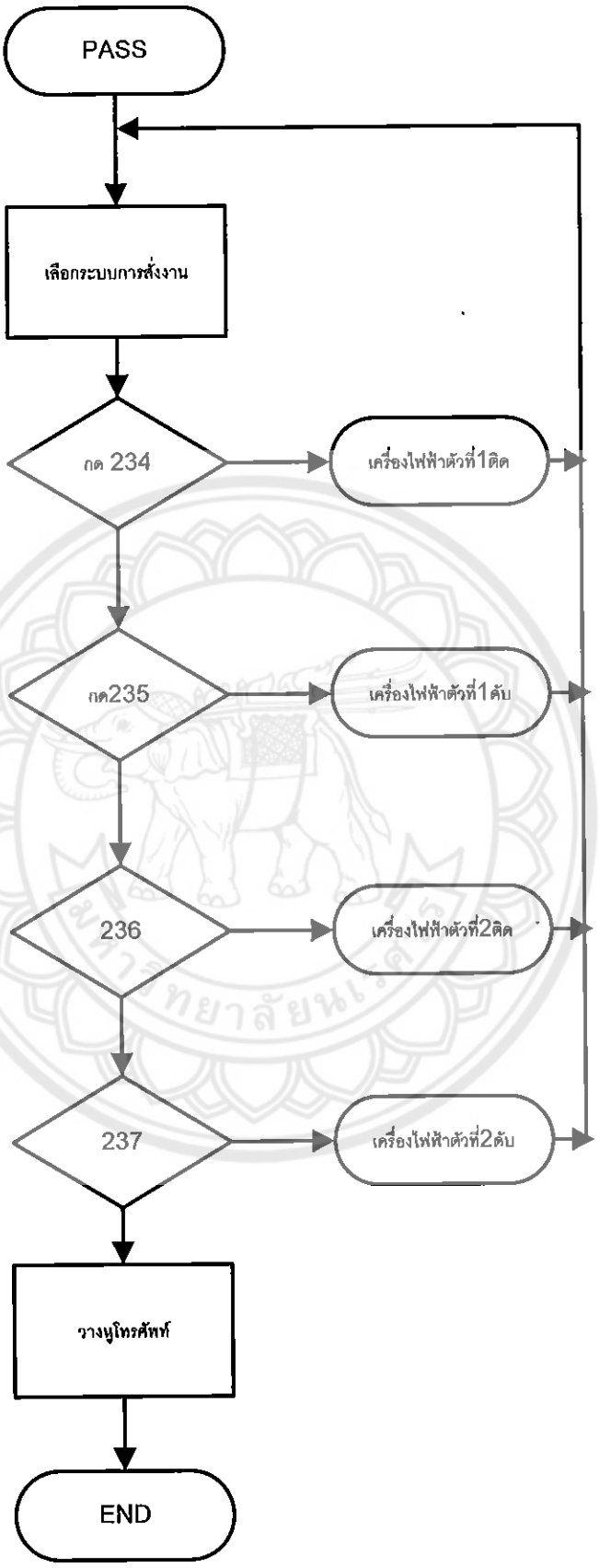
ส่วนในแหล่งจ่ายที่ต้องการไฟ 5V ก็นำไปผ่านไอซีเรคกูเลทเบอร์7805 ก็จะได้ไฟที่ความต่างศักย์ 5 V

3.9 ส่วนของโปรแกรม (Soft Ware)

ในส่วนของโปรแกรมการทำงานของเครื่องควบคุมและสั่งการทางโทรศัพท์นี้ จะขออธิบายให้ดูในรูปของ Flow Chart การทำงานดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.8 Flow Chart การทำงานของเครื่องควบคุมและสั่งการทางโทรศัพท์



รูปที่ 3.9 Flow Chart การทำงานของระบบ

บทที่ 4

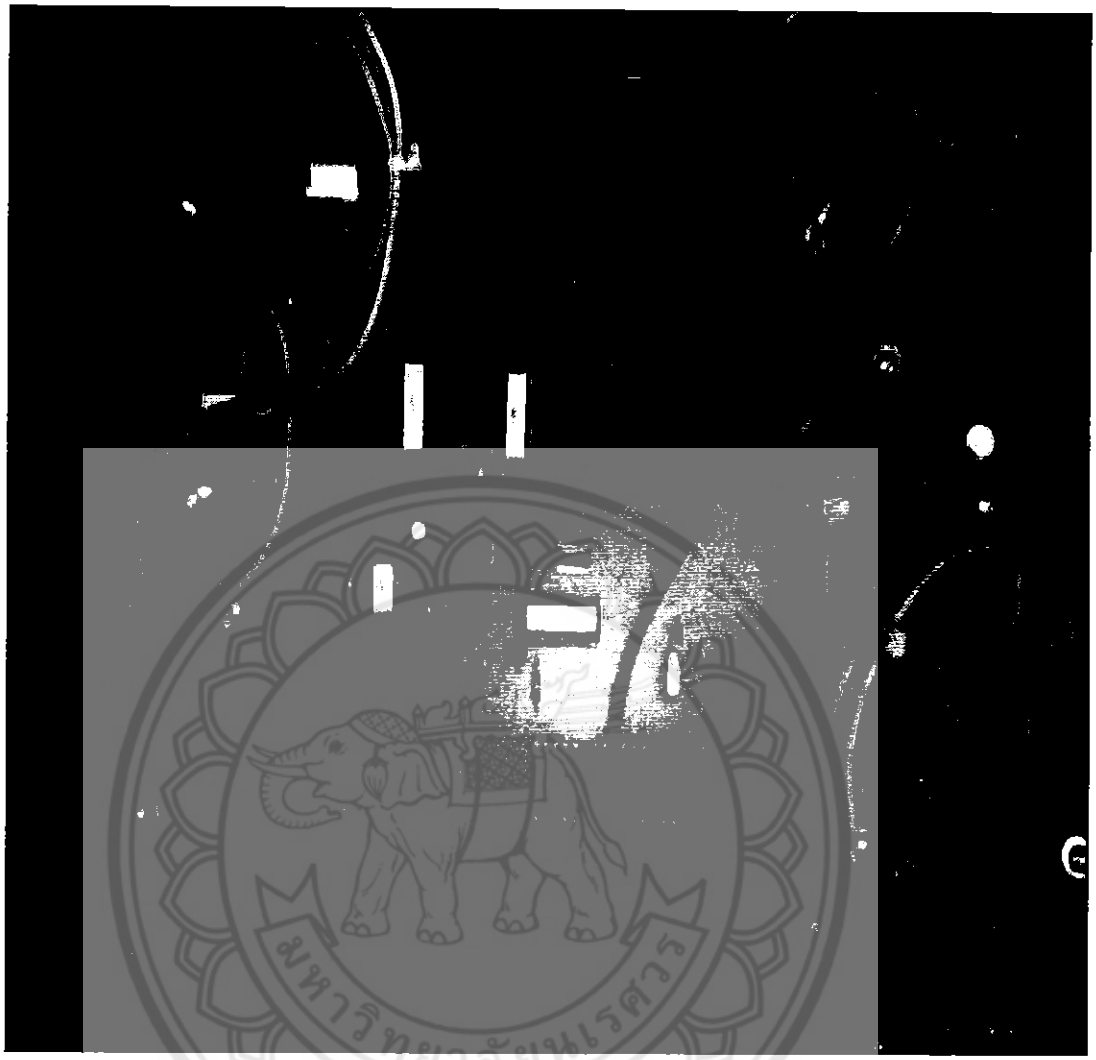
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการดำเนินงาน

หลังจากที่ได้ทำโครงงานเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว ผลการทดลองใช้งานมีดังนี้

ระบบนี้สามารถสั่งให้เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานและไม่ทำงานได้เป็นจำนวน 1 เครื่อง และสามารถที่จะต่อRelayเพิ่มขึ้นได้อีกเพื่อที่จะสั่งให้เครื่องใช้ไฟฟ้าอีก 1 เครื่องทำงานและไม่ทำงานได้ โดยจะสังเกตได้ว่ามีไฟLEDที่เป็นตัวบอกสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าว่าทำงานหรือไม่ทำงาน

รูปที่ 4.1 เครื่องสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์



รูปที่ 4.2 ภายในเครื่องสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์

4.2 ภาคตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและยกหูโทรศัพท์

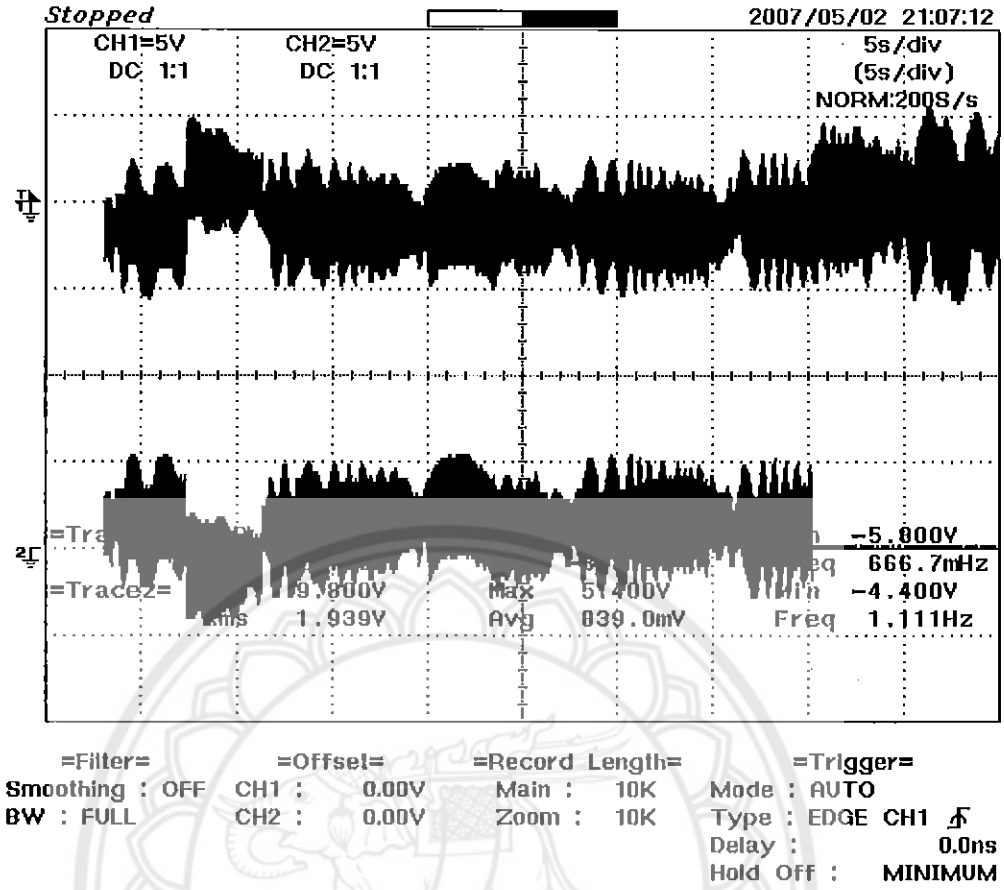
จากการทดลองต่อกับสายคู่โทรศัพท์ ขณะที่ไม่มีสัญญาณเข้ามาที่โทรศัพท์ เมื่อวัดที่สายโทรศัพท์ ได้แรงดันจากไฟตรงประมาณ 50 V_{DC} และเมื่อมีสัญญาณเรียกเข้า (สัญญาณกระดิ่ง) ทำการวัดที่สายโทรศัพท์จะได้ค่าประมาณ 150 V_{DC} ซึ่งลักษณะของสัญญาณที่วัดได้จะเป็นช่วงสัญญาณประมาณ 1 วินาที และช่วงที่เงียบหรือไม่มีสัญญาณประมาณ 4 วินาที และจะเป็นอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีการยกหูโทรศัพท์ จากการออกแบบเราต้องนำสัญญาณกระดิ่งมาทำการยกหูโทรศัพท์ เราจึงนำสัญญาณกระดิ่งไปผ่านตัวเก็บประจุ เพื่อทำการตัดแรงดันไฟ DC ที่วิ่งมาบนไฟ AC ให้เหลือแต่สัญญาณกระดิ่งที่เป็นไฟสลับเท่านั้น แล้วผ่านไปยังวงจร Bridge Rectifier เพื่อทำการแปลงไฟ AC เป็นไฟ DC ออกมาเป็นพัลส์

ซึ่งสัญญาณพัลส์นี้ยังมีขนาดสูงเกินไปที่จะส่งต่อไปยังตัวทรานซิสเตอร์ ดังนั้น จึงต้องนำไปผ่านวงจรแบ่งแรงดัน เพื่อทำให้แรงดันลดเหลือประมาณ 2 V_{DC} แล้วจึงป้อนให้กับทรานซิสเตอร์ (Q1) ทางขาเบส ทำให้มีแรงดันตกคร่อมที่ตัวทรานซิสเตอร์ ประมาณ 0.7 V_{DC}ตัวทรานซิสเตอร์จะทำงาน ทำให้มีการส่งสัญญาณไฟตรงไปขับไอซีที่ทำหน้าที่เป็นตัว Shift Register ทำการส่งแรงดันประมาณ 5 VDC ที่ขา 15 ออกไปขาที่ 13 ที่อยู่ติดกับทรานซิสเตอร์ (Q2) เมื่อ ทรานซิสเตอร์ (Q2) ทำงานก็จะทำให้มีสัญญาณไฟตรงไปขับตัว Relay ให้ทำการยกหูโทรศัพท์ซึ่ง LED ก็จะสว่างขึ้นเพื่อบอกว่าทำการยกหูโทรศัพท์ขึ้นแล้ว

4.3 วงจรนับ

จากการทดลองวัดที่ขา 3 ของไอซี Timer 555 ซึ่งเป็นขาที่สร้างสัญญาณนาฬิกา ออกมาตามค่าที่กำหนดไว้ประมาณ 0.171 Hz ซึ่งคำนวณเป็นคาบเวลาจะได้ประมาณ 6 วินาที และส่งสัญญาณจากขา 3 นี้ ไปที่ขาที่ 4 ของตัว Counter เพื่อใช้เป็นสัญญาณในการนับ จากที่ได้ออกแบบไว้ เราต้องการให้มีการนับเป็นเวลา 60 วินาที ซึ่งเท่ากับการนับของ Counter 10 ครั้ง (10 ครั้ง ๆ ละ 6 วินาที= 60 วินาที)

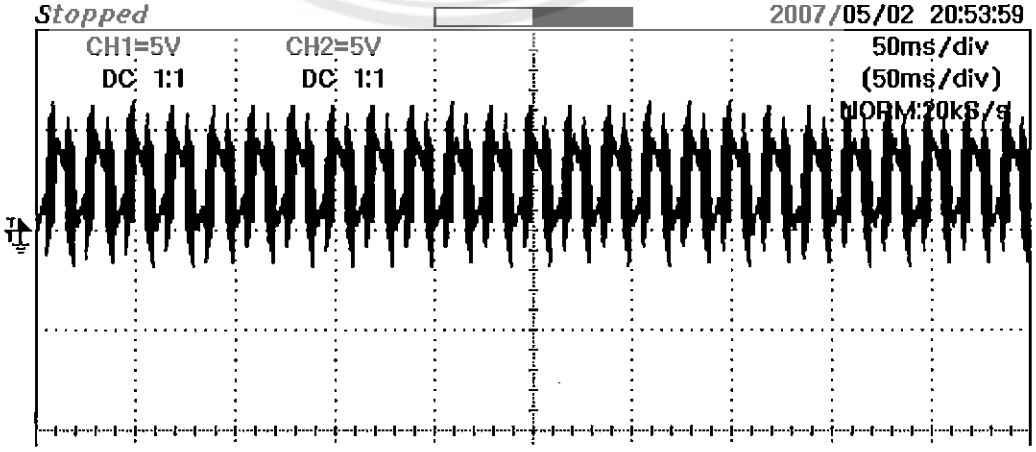
วงจรนับนี้ใช้กรณีที่ไม่มีการกดปุ่มใด ๆ นานเกิน 60 วินาที ก็จะทำการวางหูโทรศัพท์ แต่ในรูปที่ 4.3 จะเป็นการวัดสัญญาณที่ขา 3 ของไอซี Timer 555 (กราฟบน) ส่วนในกราฟล่างเราทำการวัดสัญญาณขาที่ 4 ของไอซีเบอร์ 4017 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในส่วนปลายที่กราฟด้านล่างจะไม่มีสัญญาณซึ่งเกิดจากการวางหูโทรศัพท์หรือยกหูโทรศัพท์ค้างทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนด



รูปที่ 4.3 สัญญาณไอซี Timer555(กราฟบน)และสัญญาณนับ(กราฟล่าง)

4.4 วงจรถอดสัญญาณ DTMF

จากรูปจะเป็นสัญญาณ DTMF ที่วัดจากคู่สายโทรศัพท์



รูปที่ 4.4 สัญญาณDTMF ที่วัดได้จากการกดหมายเลข "2"

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาโทรศัพท์พื้นฐานมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์และอำนวยความสะดวกให้แก่เราอย่างมากมาย นอกเหนือจากการใช้โทรศัพท์พื้นฐานในการติดต่อสื่อสารเท่านั้น อย่างเช่นในโครงงานนี้ เป็นการนำเอาโทรศัพท์พื้นฐานมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า สำหรับเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์นี้ สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้ทั้งหมด 2 เครื่อง โดยตัวประมวลผลกลางใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล PIC16F877 ซึ่งมีพอร์ทให้ใช้งานด้วยกัน 4 พอร์ท ซึ่งในโครงงานนี้ เราได้ออกแบบให้ทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางพอร์ท C ส่วนพอร์ท B ใช้เพื่อทำการรับค่าต่าง ๆ จากวงจรภาค DTMF Decoding ซึ่งใช้ไอซี MT8870 ในการถอดรหัสจากสัญญาณ DTMF ไปเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 4 บิท

สำหรับการสั่งงานที่ทำได้จริงของตัวชิ้นงานนี้จะสั่งเครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานได้จริงเพียง 1 เครื่อง โดยสั่งผ่านทางพอร์ท C7 ส่วนทางพอร์ท C6 ก็สามารถที่จะติดตั้งrelayเพิ่มขึ้นได้เพื่อที่จะสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เพิ่มอีกตัว

5.2 การใช้งาน

การทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์นี้มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. ใช้โทรศัพท์บ้านเป็นตัวสั่งงาน โดยยกหูโทรศัพท์ขึ้นและกดหมายเลขเบอร์ โทรศัพท์ของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์
2. ตัวเครื่องจะทำการ Detect สัญญาณ Dialing จากการเรียกของโทรศัพท์บ้าน และจะมีเสียงสัญญาณ Ring Back Tone ให้ผู้เรียกทราบว่า ได้ติดต่อกับเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์แล้ว
3. กดรหัสผ่านที่ถูกต้อง
4. จะเข้าสู่การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
5. เมื่อสั่งงานเรียบร้อยแล้ว ก็วางหูโทรศัพท์ ระบบจะทำการรอเวลาประมาณ 1 นาทีจึงจะยกเลิกสัญญาณโทรศัพท์ที่โทรเข้ามาโดยมีหลอดไฟ LED แสดงสถานการณ์ทำงานอยู่

5.3 ปัญหา ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข

1. กรณีที่มีการสั่งงานโดยการกดรหัสที่ผิดหลายๆครั้งอาจทำให้เครื่องไม่สามารถรับคำสั่งอื่นอีกได้ วิธีแก้ไขจะต้องรีเซตเครื่อง

2. เนื่องจากไม่ได้ใส่ไอซีเกี่ยวกับเสียงไว้ทำให้เวลาสั่งงานเราจะไม่ได้ยินเสียงตอบกลับทำให้ไม่รู้ว่าเครื่องทำงานอยู่ในขั้นตอนไหน

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

เครื่องสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านช่องสัญญาณโทรศัพท์เครื่องนี้สามารถที่จะต่อช่องเสียบอุปกรณ์ไฟฟ้าเพิ่มได้ ทำให้เราสามารถสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เพิ่มมากขึ้น และอาจยังพัฒนาให้สามารถตั้งเวลาเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

เอกสารอ้างอิง (Reference)

[1] วสันต์ อาชาเดโช & ADVANCED ENGINEERING GROUP. **ระบบโทรศัพท์ดิจิตอล.** Architectural Overview of the MSC-51 Family.

[2] LEON W.COUCH II . **DIGITAL AND ANALOG COMMUNICATION SYSTEMS.** 6th Ed., Prentice Hall. 2001.

[3] มงคล ทองสงคราม. **อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.** กรุงเทพมหานคร. วี.เจ.พริ้นติ้ง.2547.

[4] วัชรินทร์ เดารพ . **เรียนรู้และเข้าใจสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.** กรุงเทพมหานคร. บริษัท อีทีที จำกัด. 2546.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

โปรแกรม

```
#include <16f877.h> // เพิ่มเติมไฟล์ LIB ของ 16F877
#use delay(clock=20000000) // ใช้ความถี่ Clock CPU ที่ 20 Mhz
#define Stob  input(PIN_B4) // กำหนดให้ Port B ตำแหน่ง Pin ที่ 4  = ตัวแปร  Stop
#define DTMF_Data1 PIN_B0  // กำหนดให้ Port B ตำแหน่ง Pin ที่ 0  = ตัวแปร  DTMF_Data0
#define DTMF_Data2 PIN_B1     // กำหนดให้ Port B ตำแหน่ง Pin ที่ 1  = ตัวแปร  DTMF_Data1
#define DTMF_Data3 PIN_B2     // กำหนดให้ Port B ตำแหน่ง Pin ที่ 2  =  ตัวแปร  DTMF_Data2
#define DTMF_Data4 PIN_B3   // กำหนดให้ Port B ตำแหน่ง Pin ที่ 3  = ตัวแปร  DTMF_Data3void
main()
{
int DTMF_CMD;
Byte  a,b ;
boolean on;
long c,CODE_0,CODE_1,CODE_2,DECODER;
char q[4];
SET_TRIS_B( 0xfF );
output_low(PIN_c6);
port_b_pullups(true);
c=1;
on=false;
DECODER=0;
CODE_0=0;
CODE_1=0;
CODE_2=0;

While (true)
{
    while (stob)   /// Check Switch To High      ///
    { }
    while (!stob) ///  Check Stob Pluse To Low  ///
    { }
b=input_B();       //// Read 4 Bit For Port B To Variable B  ////
a=b&0x0F;          /// Cut Low byte 4 Bit Get To Variable A  ////
```

```
DTMF_CMD= input(DTMF_Data1) + ( 2 * input(DTMF_Data2)) + (4 * input(DTMF_Data3)) + (8 *
input(DTMF_Data4));
//// Converse 4 Bit BCD From Port B To Variable DTMF_CMD ////


if ( (DTMF_CMD>0)  & (DTMF_CMD<=15) )  /// Check Key DTMF Between "0-9"  And "*" , "#"
///
      {
      output_high(PIN_c1); /// Design Pin Port C7 Active Tone black to Line Phone ///
      DELAY_MS(100);      ///                                    ///
      output_low(PIN_c1); ////              Off Tone                  ///
      q[C]=DTMF_CMD;      ///  Get DTMF_CMD To Array Q[1] , Q[2] ,Q[3]      ///
      C=C+1;              /// Increase Var C to 3 Digit or Down Key 3 Digit       ///
      If (c>=4)           /// Check Full 3 Digit   ///
       {
      Decoder=((Q[1]*100)+(Q[2]*10)+(Q[3])); //// Converse BCD To DEC ////
          If (Decoder==234)           /// Check Key is CODE '234' ///
          {
          output_High(PIN_c6);        /// Turn On Pin C6 or Port Output ///
          DECODER=0;        ///////// Clear Variable  /////////
          Q[1]=0;           ////////////////////////////////
          Q[2]=0;           ////////////////////////////////
          Q[3]=0;           ////////////////////////////////
          }
          If (Decoder==235)           /// Turn Off Pin C6 or Port Output ///
          {
          output_Low(PIN_c6);  ///////// Clear Variable  /////////
          DECODER=0;         ////////////////////////////////
          Q[1]=0;            ////////////////////////////////
          Q[2]=0;            ////////////////////////////////
          Q[3]=0;            ////////////////////////////////
          }
```

```
        If (Decoder==236)          /// Turn Off Pin C6 or Port Output ///
        {
        output_High(PIN_c7); ///////// Clear Variable //////////
        DECODER=0;       ////////////////////////////////////
        Q[1]=0;          ////////////////////////////////////
        Q[2]=0;          ////////////////////////////////////
        Q[3]=0;          ////////////////////////////////////
        }
        If (Decoder==237)          /// Turn Off Pin C6 or Port Output ///
        {
        output_Low(PIN_c7); ///////// Clear Variable //////////
        DECODER=0;       ////////////////////////////////////
        Q[1]=0;          ////////////////////////////////////
        Q[2]=0;          ////////////////////////////////////
        Q[3]=0;          ////////////////////////////////////
        }
      c=1;
      }

     }

}

 } //// END Main LOOP ////
```

ภาคผนวก ข.

DATA SHEET

ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
Integrated DTMF Receiver

ISSUE 3 May1995

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

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

Ordering Information

MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DC/DC-1	18 Pin Ceramic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP
MT8870DT/DT-1	20 Pin TSSOP

-40 °C to +85 °C

Description

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

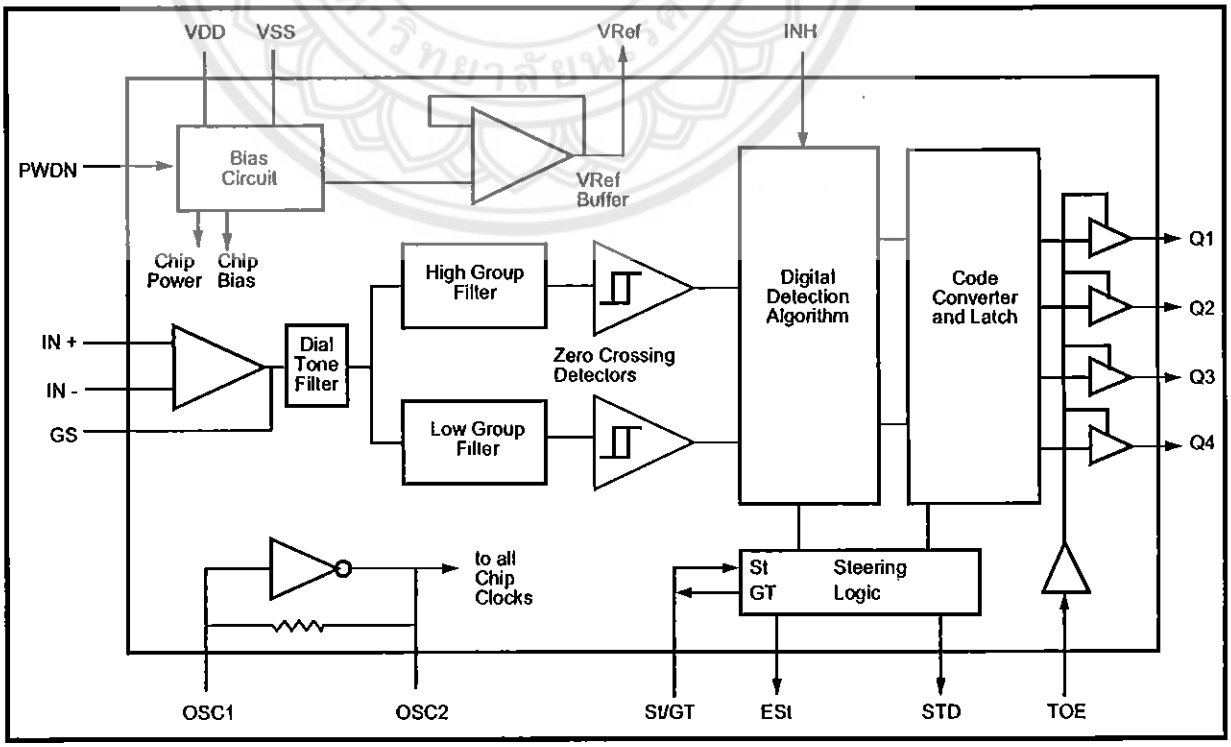


Figure 1 - Functional Block Diagram

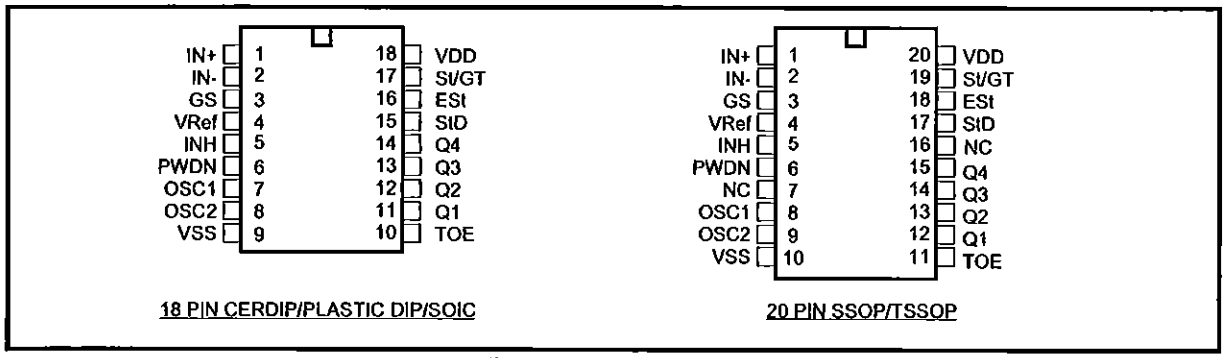


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

Functional Description

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

Filter Section

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

Decoder Section

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone simulation by extraneous signals such as voice while

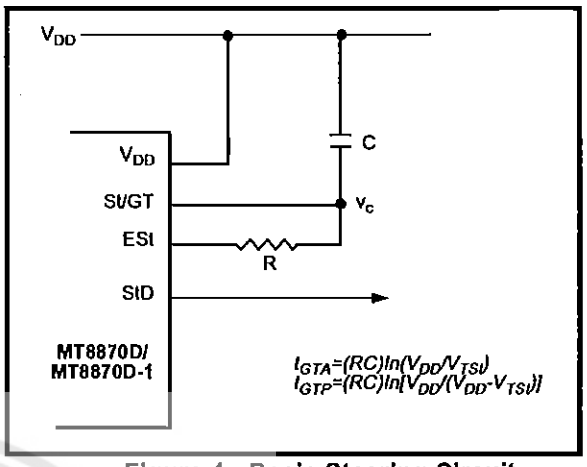


Figure 4 - Basic Steering Circuit

providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (ESt) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause ESt to assume an inactive state (see "Steering Circuit").

Steering Circuit

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

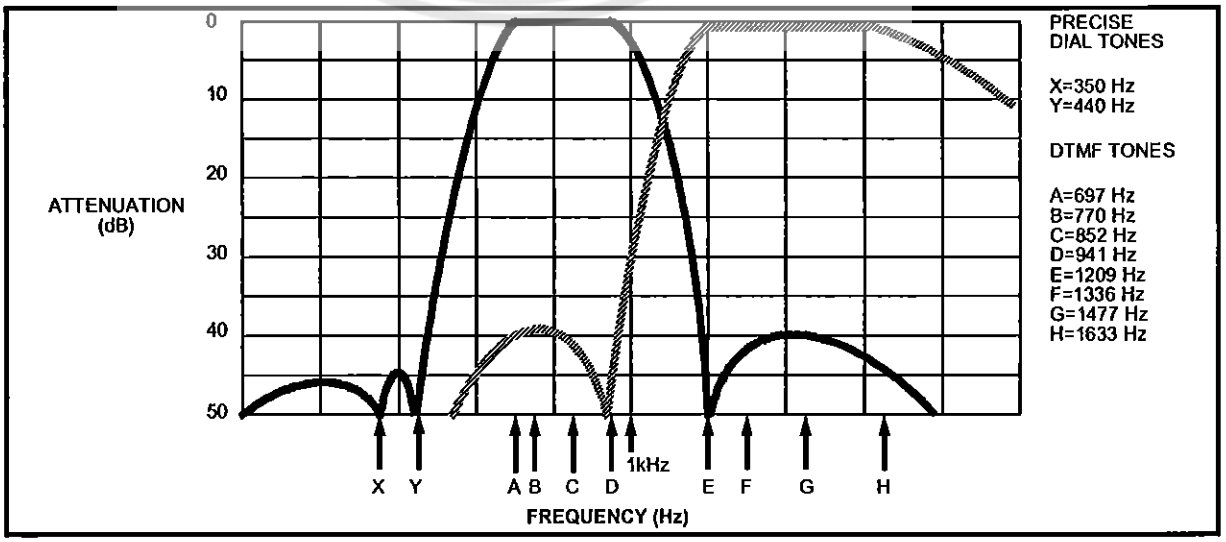


Figure 3 - Filter Response

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

Guard Time Adjustment

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

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

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

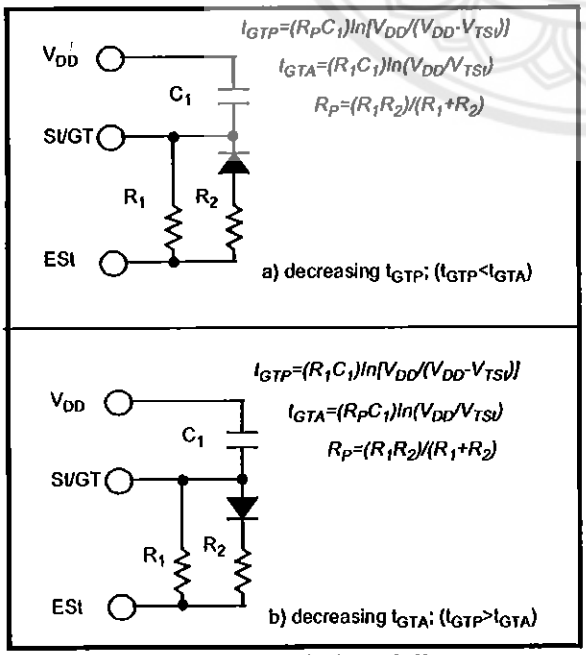


Figure 5 - Guard Time Adjustment

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

Table 1. Functional Decode Table

L=LOGIC LOW, H=LOGIC HIGH, Z=HIGH IMPEDANCE
X = DON'T CARE

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

Power-down and Inhibit Mode

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

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

Differential Input Configuration

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

Crystal Oscillator

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

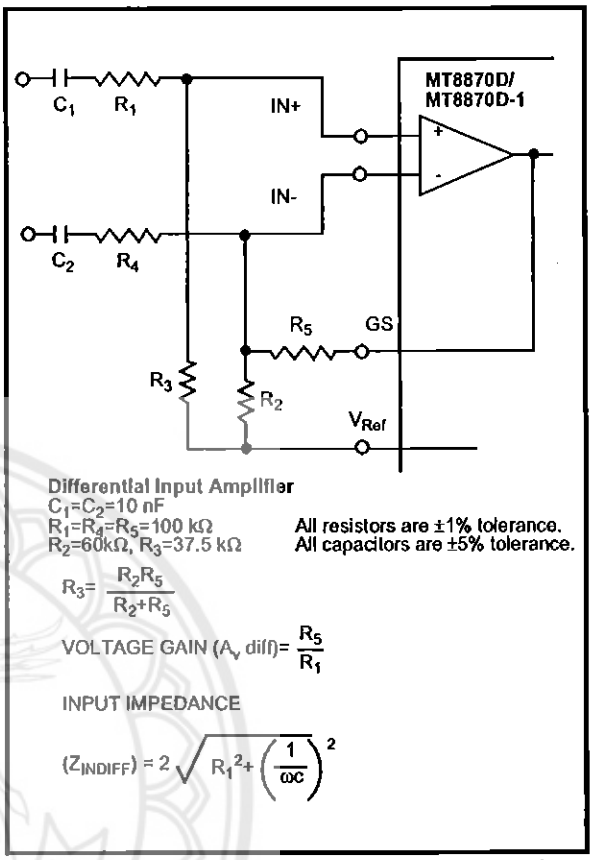


Figure 6 - Differential Input Configuration

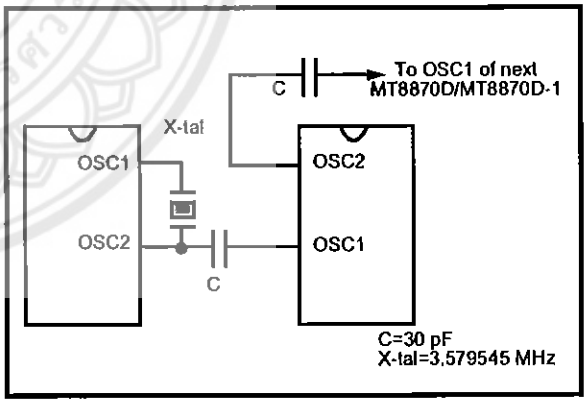


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications

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

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

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

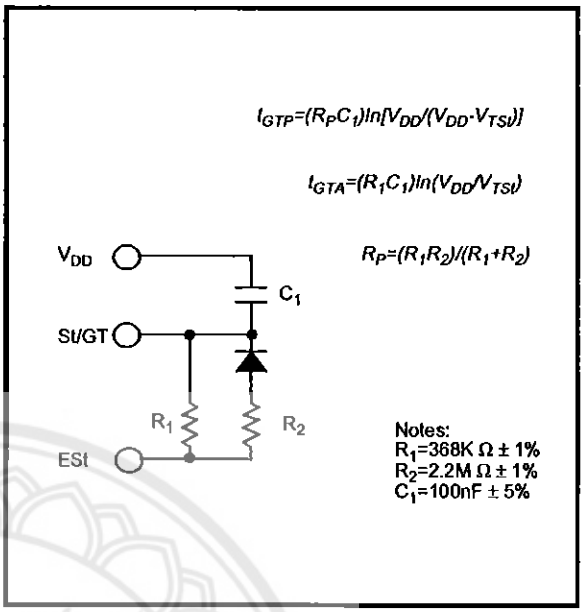


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

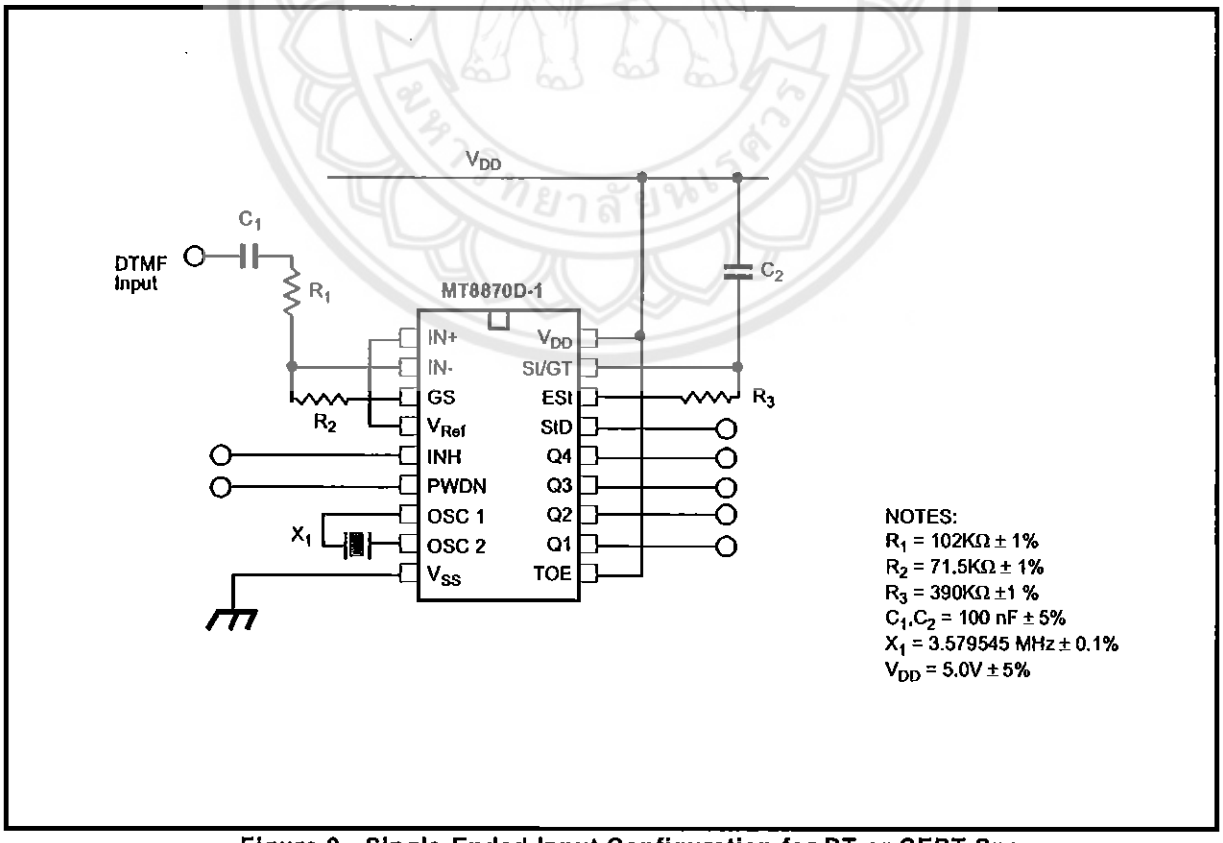


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

Absolute Maximum Ratings†

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Gain Setting Amplifier

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

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

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

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

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

MT8870D-1 AC Electrical Characteristics - V_{DD}=5.0V±5%, V_{SS}=0V, -40°C ≤ T_O ≤ +85°C , using Test Circuit shown in Figure 10.

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

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

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

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

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

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

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

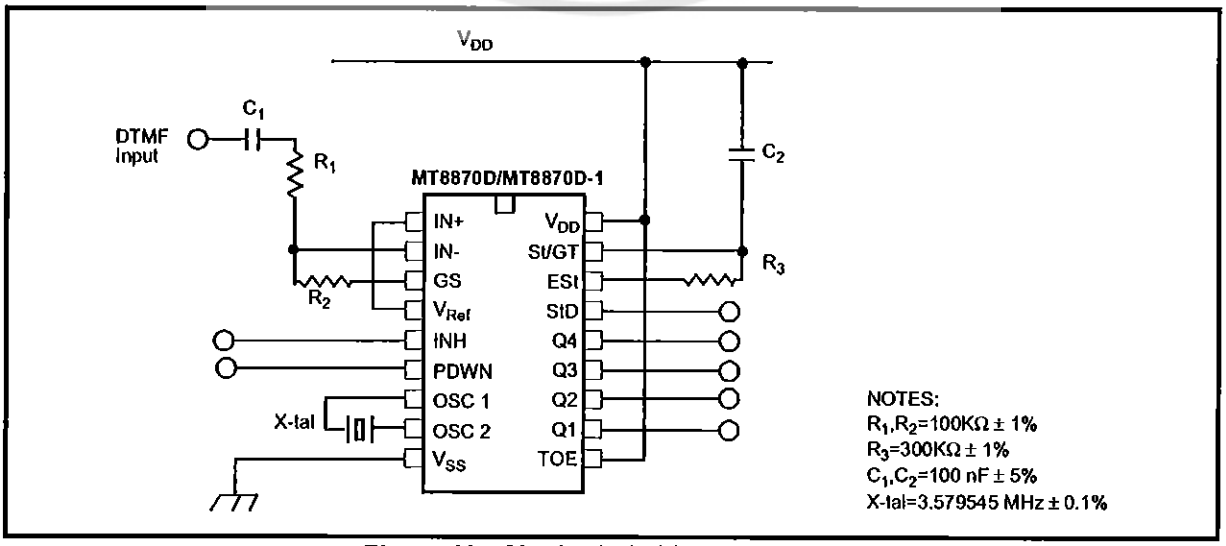
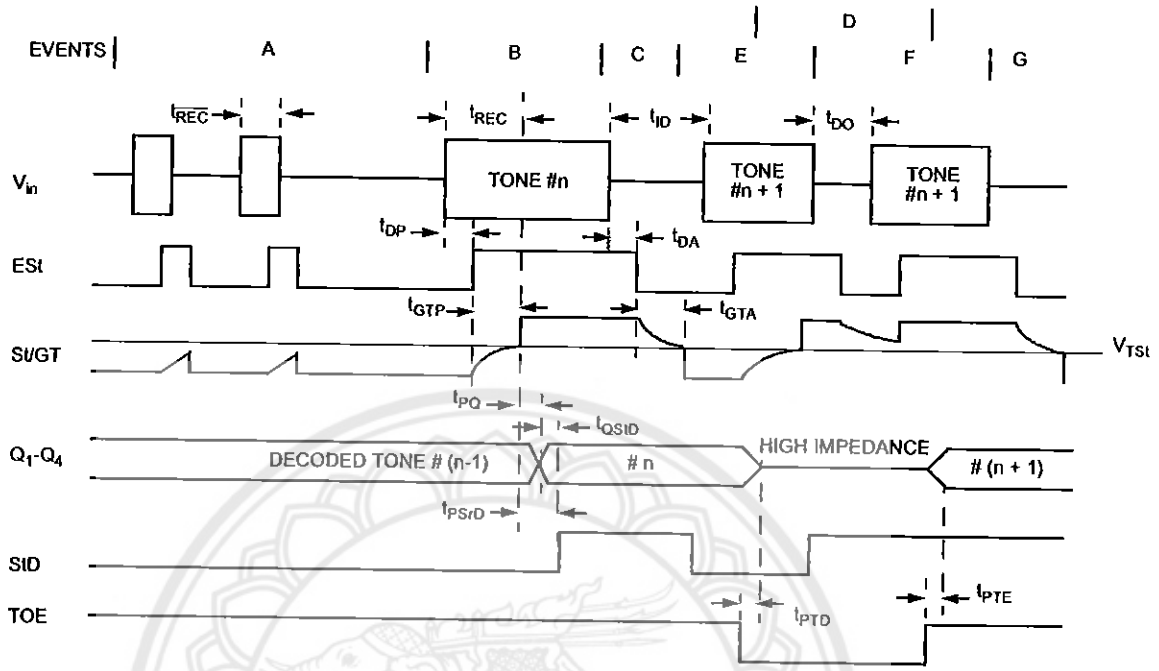


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration



EXPLANATION OF EVENTS

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

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

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

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

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

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

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

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

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

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

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

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

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

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

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

t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

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

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

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

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Timing Diagram

NOTES:

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายดิตถานนท์ ครุฑเมือง

ภูมิลำเนา 252 ซ.สนามบิน1 ถ.สนามบิน ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E – mail : dithanon@hotmail.com