สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

TELEPHONE EMERGENCY CALL SYSTEM VIA RADIO PAGER NETWORK

T033360

สกุล ผลวิไล

SAKUL POLWILAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2542

ISBN 974-622-483-2

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 33360
วัน, เดือน, ปี 2 ส.ค. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TELEPHONE EMERGENCY CALL SYSTEM VIA RADIO PAGER NETWORK

SAKUL POLWILAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1999

ISBN 974-622-483-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 1999

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว
นักศึกษา	นายสกุล ผลวิไล
รหัสประจำตัว	39061100
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2542
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ถวิล พึ่งมา

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ครอบครัวของคนในเมืองส่วนใหญ่ ต้องออกไปทำงานนอกบ้าน จะกลับมาที่บ้านอีกทีหนึ่งก็ตอนเย็นหรือค่ำ ทำให้ไม่มีคนอยู่บ้านในตอนกลางวัน อาจทำให้เกิดเหตุร้ายที่เป็นอันตรายต่อทรัพย์สินขึ้นภายในบ้านได้ เช่น ขโมยขึ้นบ้าน หรือเกิดไฟไหม้ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้นำเสนอการสร้างระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวขึ้นมา โดยประยุกต์ใช้วิทยุติดตามตัวที่คนส่วนใหญ่นิยมพกพามาใช้งานร่วมกับระบบเตือนภัย ซึ่งจะทำหน้าที่เสมือนกับยามอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อระบบเตือนภัยได้รับสัญญาณจากอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับสิ่งผิดปรกติ ก็จะทำการส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุมและประมวลผล ให้ทำการฝากข้อความเตือนภัยไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัว ไปยังเครื่องรับวิทยุติดตามตัวของเจ้าของบ้าน เพื่อแจ้งเตือนถึงสิ่งผิดปรกติที่เกิดขึ้น โดยสามารถโปรแกรมให้สามารถเรียกไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัวต่างๆ ได้ตามความต้องการ ซึ่งเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาเอง ในการออกแบบจะใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้ภายในประเทศ มีราคาถูก รวมทั้งสามารถนำไปผลิตในเชิงอุตสาหกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Telephone Emergency Call System Via Radio Pager Network
Student	Mr. Sakul Polwilai
Student ID.	39061100
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	1999
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Tawil Pungma

ABSTRACT

Nowsday, People in the city state must go to work outside of the house and turn back in the evening,during that period no one is at home. Incident may happen with property at home by thief or fire. The thesis presents the telephone emergency call system via radio pager network by applied pager that persons to admire to use with emergency system. It is a guard electronics. When the signal from emergency detectors is detected by central processing unit and the unit initiales a call to pager network and consign emergency massage to pager of owner house. It can programe to call more than one pager in the same or different pager system. The design not only emphasizes on using the component that easy to find in the local market but low price also. This development can be produced by local industrial in Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี ก็เพราะได้รับความเมตตาจากท่าน รศ.ดร. ถวิล พึ่งมา และท่าน ศ. มนูญ สุขเกษม ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำผู้วิจัยมาตลอด ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งในความอนุเคราะห์ของท่านเป็นอย่างมาก รวมทั้งอาจารย์ทุกๆท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในการศึกษาระดับต่างๆ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณพ่อ ที่ให้โอกาสกับบุตรสำหรับการศึกษาเล่าเรียนในระดับต่างๆจนกระทั่งถึงการศึกษาในระดับมหาบัณฑิตนี้

ขอขอบพระคุณ มูลนิธิเพื่อการสื่อสารและคอมพิวเตอร์ (C&C) ที่ได้มอบทุนการศึกษาให้กับผู้วิจัยในขณะที่ทำการศึกษาอยู่ และทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ จากบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนในการทำวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด ความรู้และประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สกุล ผลวิไล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

คำย่อและสัญลักษณ์ X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 1

1.3 หลักการใหม่ที่นำเสนอเปรียบเทียบกับหลักการเดิม 2

1.4 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์
ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว 4

2.1 บทนำ 4

2.2 ระบบโทรศัพท์ 4

2.2.1 ชุมสายโทรศัพท์ 5

2.2.2 สัญญาณต่างๆในคู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ 8

2.2.3 เครื่องโทรศัพท์ 10

2.2.4 ลักษณะการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียก
และผู้ถูกเรียกในชุมสายโทรศัพท์ 14

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานของโครงข่ายวิทยุติดตามตัว 17

2.4 หลักการบันทึกข้อมูลสัญญาณเสียงสำหรับใช้ในการฝากข้อความเตือนภัย 20

บทที่ 3 การออกแบบระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว 30

3.1 ลักษณะการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์
ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.2 การออกแบบระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์
ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวในส่วนของตัวเครื่อง 36
3.2.1 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน 36
3.2.2 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ..... 39
3.2.3 การออกแบบส่วนส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม 42
3.2.4 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณเสียง 45
3.2.5 การออกแบบส่วนบันทึกข้อความเตือนภัย 49
3.2.6 การออกแบบส่วนควบคุมการยกหูและวางหูโทรศัพท์ 53
3.2.7 การออกแบบส่วนแสดงผล 54
3.2.8 การออกแบบส่วนควบคุมและประมวลกลาง 55
3.2.9 การออกแบบส่วนแหล่งจ่ายไฟ 55
3.3 การออกแบบโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของระบบหรือซอฟท์แวร์ 56

บทที่ 4 การทดสอบการใช้งานและผลที่ได้จากการทดสอบ 60
4.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน 60
4.2 ส่วนส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม 61
4.3 ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง 63
4.4 ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียง 65
4.5 ส่วนบันทึกข้อความเตือนภัย 66

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 68
ปัญหาและการแก้ไข 68

บรรณานุกรม 71

ภาคผนวก ก ตัวอย่างโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ที่ใช้ควบคุมการทำงานของ
ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว 73
ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยในระหว่างการศึกษาที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ 104
ประวัติผู้เขียน 111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงค่าความถี่เอาท์พุทของไอซี TP 5088 43

3.2 แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากรหัสของสัญญาณอินพุท 44

3.3 แสดงการกำหนดอัตราบิตเรตของ T6668 51

3.4 แสดงการกำหนดชนิดและจำนวนของแรมที่ใช้ 53

4.1 ตารางค่าเอาท์พุทของไอซีโมโนสเตเบิ้ลแบบทริกซ้ำ 74LS123 ทั้งสองชุด 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการเชื่อมต่อของผู้ใช้กับชุมสายโทรศัพท์โดยผ่ายชุมสาย PABX	6
2.2	แสดงการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์และเครื่องโทรศัพท์ผู้ใช้	7
2.3	แสดงแถบความถี่ของสัญญาณเสียง	10
2.4	แสดงลักษณะสัญญาณพื้นฐานของระบบโทรศัพท์	11
2.5	แสดงลักษณะของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4	12
2.6	แสดงค่าความถี่ในแต่ละหมายเลขของระบบโทรศัพท์ DTMF	12
2.7	แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องรับโทรศัพท์	13
2.8	แสดงการการติดต่อระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในชุมสายโทรศัพท์	16
2.9	แสดงโครงสร้างของระบบวิทยุติดตามตัว	18
2.10	แสดงการทำงานของระบบอัตโนมัติ	19
2.11	แสดงการทำงานของระบบที่มีพนักงานรับฝากข้อความ	20
2.12	แสดงหลักการพื้นฐานของระบบ PCM	21
2.13	แสดงลักษณะการแซมปลิ้ง	22
2.14	แสดงการควอนไทซ์สัญญาณ	23
2.15	แสดงคุณลักษณะของการอัดและการขยาย	23
2.16	แสดงคุณลักษณะของ A-law	24
2.17	แสดงคุณลักษณะของ μ-law	25
2.18	แสดงหลักการของระบบเดลต้ามอดูเลชั่น (DM)	27
2.19	แสดงโครงสร้างของระบบอแดปทีปเดลต้ามอดูเลชั่น (ADM)	28
2.20	แสดงหลักการจัดระดับของระบบ ADM	28
3.1	แสดงการเชื่อมต่อระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว กับชุมสายขององค์การโทรศัพท์ฯ	31
3.2	แสดงบล็อคไดอะแกรมการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว	31
3.3	แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่าย วิทยุติดตามตัวในระบบอัตโนมัติ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.4	แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวแบบผ่านพนักงานรับฝากข้อความ	35
3.5	แสดงบล็อคไดอะแกรมของไอซีเฟสล็อกลูป (Phase lock loop) เบอร์ NE 567	36
3.6	แสดงการต่อวงจรของไอซีเฟสล็อกลูป (Phase lock loop) เบอร์ NE 567	37
3.7	แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุน	39
3.8	แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า K,R_{ext},C_{ext}	40
3.9	แสดงวงจรของส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง	41
3.10	โครงสร้างภายในของไอซี TP 5088	42
3.11	แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่คู่ผสม (DTMF)	44
3.12	แสดงโครงสร้างภายในของไอซีเฟสล็อกลูป XR-2211	45
3.13	แสดงการต่อใช้งานไอซีเฟสล็อกลูป XR-2211	46
3.14	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ศูนย์กลางและ Timing capacitor	46
3.15	แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณเสียง	48
3.16	โครงสร้างบล็อกไดอะแกรมของไอซีบันทึกเสียง T6668	50
3.17	แสดงรายละเอียดของวงจรบันทึกข้อความเตือนภัย	52
3.18	แสดงวงจรควบคุมการยกหูและวางหูโทรศัพท์	53
3.19	แสดงการต่อใช้งานจอ LCD โมดูล	54
3.20	แสดงวงจรของหน่วยควบคุมและประมวลผลกลาง	55
3.21	แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ	56
3.22	แสดงวงจรสมบูรณ์ของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว	57
3.23	แสดงลายวงจรพิมพ์ของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว	58
3.24	แสดงรายละเอียดของโปรแกรมหลัก	59
4.1	แสดงลักษณะของเครื่องต้นแบบที่ได้ทำการสร้างขึ้น	60
4.2	แสดงสัญญาณให้หมุนที่ออกจากชุมสายโทรศัพท์และสัญญาณให้หมุนที่ตรวจจับได้จากขา 8 ของไอซี NE567	61
4.3	แสดงสัญญาณที่วัดจากขา D0 – D3 และขา Tone enable ในการส่งสัญญาณ DTMF หมายเลข 6	62
4.4	แสดงสัญญาณความถี่คู่ DTMF หมายเลข 6 ที่สร้างจากไอซี TP 5088	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.5	แสดงลักษณะของสัญญาณไม่ว่างและลักษณะสัญญาณเอาท์พุท ที่ตรวจจับด้วยวงจรเฟสล็อกลูป (NE567)	63
4.6	แสดงสัญญาณเอาท์พุทของไอซี 74LS123 ทั้งสองชุด เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างเข้ามา	64
4.7	แสดงลักษณะของสัญญาณเรียกกลับและลักษณะสัญญาณเอาท์พุท ที่ตรวจจับด้วยวงจรเฟสล็อกลูป (NE567)	64
4.8	แสดงสัญญาณเอาท์พุทของไอซี 74LS123 ทั้งสองชุด เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามา	65
4.9	แสดงลักษณะของสัญญาณเสียงที่เข้ามาและสัญญาณเสียงที่ทำการ ตรวจจับได้จากไอซี XR-2211	66
4.10	แสดงลักษณะของสัญญาณเสียงขณะเครื่องประกาศข้อความ	67
5.1	แสดงวงจรตรวจเช็คคู่สายโทรศัพท์	69
5.2	แสดงบล็อคไดอะแกรมของระบบจดจำเสียงพูด	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญญลักษณ์

ADM	Adaptive Delta Modulation
CCITT	Consultative Committee for International Telegraph and Telephone
CPU	Central Processing Unit
CVSDM	Continuous Variable Slope Delta Modulation
DM	Delta Modulation
DTMF	Dual Tone Multi Frequency
LED	Light Emitting Diode
LCD	Liquid Crystal Display
PAM	Pulse Amplitude Modulation
PABX	Private Automatic Branch Exchange
POCSAG	Post Office Code Standardization Advisory Group
PSTN	Public Switched Telephone Network
RAM	Random Access Memory
PCM	Pulse Code Modulation
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
LSI	Large Scale Integrated
A/D	Analog to Digital
D/A	Digital to Analog
ISDN	Integrated Service Digital Network
DSP	Digital Signal Processing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของการวิจัย

เนื่องจากสภาพสังคมและเศรษฐกิจที่ถดถอยในปัจจุบัน ทำให้คนทุกคนไม่ว่าจะเป็นผู้หญิงหรือผู้ชายต้องดิ้นรนในการประกอบอาชีพมากขึ้น โดยจะต้องตื่นตั้งแต่เช้าเพื่อออกไปทำงาน กว่าจะกลับบ้านก็ดึกดื่นมืดค่ำ จนอาจจะลืมนึกถึงความไม่ปลอดภัยที่อาจจะเกิดขึ้นทั้งแก่ตัวเองและทรัพย์สินได้ ดังนั้นการเตรียมพร้อมรับเหตุการณ์ร้ายต่างๆ ที่อาจจะเกิดหรือไม่เกิดขึ้นนั้นจึงเป็นสิ่งที่ควรทำเป็นอย่างยิ่ง เพราะเราจะไม่สามารถทราบได้ว่าเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์เหล่านั้นจะเกิดขึ้นเมื่อไหร่ โดยเฉพาะที่พักอาศัยที่มีความสำคัญต่อชีวิตของคนเรามาก ในตอนกลางวันส่วนใหญ่จะไม่มีคนอยู่ จึงเป็นการเสี่ยงมากที่จะเกิดเหตุร้ายขึ้นต่อทรัพย์สินภายในบ้านหรือที่พักอาศัย การนำเอาวิทยาการและเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันมาประยุกต์ใช้งาน โดยการประดิษฐ์ระบบรักษาความปลอดภัยขึ้นมาซึ่งจะทำงานร่วมกับระบบการสื่อสารโทรคมนาคมที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทำหน้าที่เสมือนกับยามอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ตรวจสอบและรักษาความปลอดภัยภายในบ้าน เมื่อพบกับเหตุการณ์ไม่ปรกติเกิดขึ้นกับที่พักอาศัย ก็จะทำการแจ้งเหตุการณ์ไม่ปกติที่เกิดขึ้นไปยังจุดหมายที่กำหนดไว้ได้โดยอัตโนมัติ

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

ระบบเตือนภัยที่ติดตามบ้านหรือที่พักอาศัยในปัจจุบันส่วนใหญ่ จะมีฟังก์ชั่นการใช้งานไม่มากเช่น มีเพียงการตรวจจับผู้บุกรุก แต่ไม่สามารถตรวจสอบการเกิดเพลิงไหม้ได้ นอกจากนี้ยังไม่สามารถแจ้งจุดที่เกิดเหตุการณ์ไม่ปรกติได้ อาจจะทำให้ไม่สามารถแก้ไขเหตุการณ์ได้อย่างทันท่วงที นอกจากนั้นระบบเตือนภัยที่มีอยู่จะสามารถแจ้งเตือนได้เพียงผู้ที่อยู่ในบ้านเท่านั้น ถ้าในกรณีที่เจ้าของบ้านไม่อยู่บ้านเช่น ออกไปทำงาน หรือไปต่างจังหวัด เมื่อมีการเตือนของสัญญาณเกิดขึ้นก็จะไม่สามารถทราบเรื่องราวที่เกิดขึ้นได้ เพื่อแก้ปัญหาข้างต้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวขึ้นมา ซึ่งระบบเตือนภัยนี้จะมีฟังก์ชั่นการใช้งานหลายอย่างเช่น มีการตรวจจับผู้บุกรุกและตรวจสอบการเกิดเพลิงไหม้ได้ และสามารถแจ้งจุดที่เกิดเหตุการณ์ไม่ปรกติได้ นอกจากนี้ระบบเตือนภัยที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นนี้จะสามารถแจ้งให้เจ้าของบ้านได้ทราบถึงเหตุการณ์ไม่ปรกติที่เกิดขึ้นที่บ้านอย่างทันทีทันใด โดยผ่านระบบวิทยุติดตามตัวที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพื่อให้เจ้าของบ้านได้รับทราบเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาต่อไป ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีประโยชน์มากในกรณีที่เจ้าของบ้านไม่อยู่บ้านเช่น ออกไปทำงาน หรือไปต่างจังหวัด ก็จะสามารถทราบเรื่องราวที่เกิดขึ้นได้ โดยระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวจะมีลักษณะการทำงานดังนี้ เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับพบสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นที่บ้าน ส่วนควบคุมและประมวลผลก็จะทำการสั่งให้มีการโทรไปยังศูนย์บริการวิทยุติดตามตัวที่มีความรวดเร็วในการติดต่อสื่อสารและสามารถกระทำการโทรติดต่อได้ง่าย เพื่อฝากข้อความเตือนภัยหรือรหัสเตือนภัยไปยังเครื่องรับวิทยุติดตามตัวของเจ้าของบ้าน แจ้งเรื่องเหตุการณ์ที่ไม่ปรกติที่เกิดขึ้นนั้น เพื่อให้เจ้าของบ้านทำการตรวจสอบและดำเนินการแก้ไขต่อไป

1.3 หลักการใหม่ที่นำเสนอเปรียบเทียบกับหลักการเดิม

จากที่ผ่านมาได้มีการสร้างเครื่องบันทึกตอบรับแจ้งภัยทางโทรศัพท์ คอยตรวจจับความผิดปรกติที่เกิดขึ้นภายในบ้าน โดยเมื่อเครื่องทำการตรวจพบสิ่งผิดปรกติก็จะทำการโทรแจ้งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไปยังหมายเลขโทรศัพท์ที่กำหนดไว้ เช่น สถานีตำรวจ หรือสถานีดับเพลิง แต่ก็พบว่าทางเจ้าหน้าที่ไม่ค่อยให้ความเชื่อถือกับข่าวสารที่ได้รับมากนัก และในบางครั้งจะพบว่าเมื่อมีการเตือนของสัญญาณดังขึ้นแต่เกิดจากความผิดพลาดของเครื่อง เมื่อเจ้าหน้าที่มาถึงแล้วไม่มีอะไรเกิดขึ้น ทำให้เจ้าหน้าที่ขาดความเชื่อถืออีกเช่นกัน หรืออาจใช้เวลาในการติดต่อมากหรือสายไม่ว่าง เนื่องจากมีการติดต่อใช้บริการมาก ทำให้ในบางครั้งไม่สามารถแก้ไขเหตุการณ์ได้ทันเวลา จึงได้มีการพัฒนาระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยประยุกต์ใช้วิทยุติดตามตัวที่คนส่วนใหญ่นิยมพกพา และมีความรวดเร็วในการติดต่อ รวมทั้งระบบโทรศัพท์พื้นฐาน มาใช้ประโยชน์ร่วมกับระบบเตือนภัยที่ได้รับการติดตั้งในบ้าน โดยเมื่อเครื่องตรวจพบสิ่งผิดปรกติก็จะทำการโทรอย่างอัตโนมัติไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัว ฝากข้อความเตือนภัยไปแจ้งให้เจ้าของบ้านทราบ เพื่อให้เจ้าของบ้านทำการตรวจสอบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อน ว่าการแจ้งเตือนของสัญญาณที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นจริงหรือเปล่า หรือเกิดจากความผิดพลาดของระบบ ก่อนที่จะทำการโทรแจ้งไปยังสถานีตำรวจหรือสถานีดับเพลิงอีกทีหนึ่ง ซึ่งข่าวสารที่ทำการแจ้งจากเจ้าของบ้านจะสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่เจ้าหน้าที่มากกว่าการใช้เครื่องเตือนภัยไปแจ้งให้ทราบ

ในการออกแบบจะประกอบด้วยส่วนหลักๆ อยู่สองส่วน คือส่วนวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ (Hardware) และส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน (Software) ในส่วนวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์นั้นจะใช้อุปกรณ์ที่มีขายอยู่ในประเทศ ราคาถูก สามารถหาได้ง่าย มาใช้งาน และทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานขึ้นมา ทำให้ได้ระบบเตือนภัยที่ราคาไม่แพงจนเกินไป นอกจากนี้ยังสามารถนำไปติดตั้งในอาคารสำนักงานขนาดเล็กได้ รวมทั้งสามารถนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 จะกล่าวถึงความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนปัญหาที่น่าสนใจของวิทยานิพนธ์ โดยเปรียบเทียบหลักการใหม่กับหลักการเดิม

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว ซึ่งจะประกอบไปด้วยเทคโนโลยีของระบบโทรศัพท์พื้นฐาน และระบบการให้บริการเพจเจอร์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ นอกจากนี้ยังกล่าวถึงลักษณะของสัญญาณต่างๆที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ตามมาตราฐานที่องค์การโทรศัพท์ฯกำหนด นอกจากนี้ยังกล่าวถึงวิธีการมอดูเลชั่นต่างๆ ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลด้วย

บทที่ 3 บทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างและลักษณะการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว รวมทั้งรายละเอียดของการออกแบบในส่วนต่างๆ ของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์

บทที่ 4 จะกล่าวถึงวิธีทดสอบการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวและผลของการทดสอบที่ได้ พร้อมทั้งอธิบายผลต่างๆที่เกิดขึ้น

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผล ข้อเสนอแนะต่างๆ รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการสร้างและการทดสอบระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

2.1 บทนำ

ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นการประยุกต์ใช้งานร่วมกันระหว่างระบบโทรศัพท์พื้นฐาน ระบบวิทยุติดตามตัว และระบบเตือนภัยต่างๆ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบที่มีอยู่เดิม โดยระบบเตือนภัยนี้จะมีหลายฟังก์ชั่นการใช้งานเช่นตรวจจับขโมย หรือไฟไหม้ พร้อมทั้งสามารถแจ้งจุดที่เกิดเหตุได้ ในแต่ละขั้นตอนการทำงานจะแสดงผลผ่านจอ LCD ในระบบเตือนภัยสิ่งที่สำคัญมากได้แก่ อุปกรณ์ตรวจจับสิ่งผิดปรกติ (Sensor) เพราะจะเป็นส่วนที่คอยตรวจจับเหตุการณ์ไม่ปรกติที่เกิดขึ้น เช่น ไฟไหม้ หรือผู้บุกรุก จึงเป็นหัวใจสำคัญของระบบรักษาความปลอดภัย จึงควรที่จะเลือกอุปกรณ์ตรวจจับที่มีเสถียรภาพในการทำงาน และมีป้องกันการทำงานที่ผิดพลาดได้ดี ซึ่งจะมีอยู่หลายแบบหลายชนิดเช่น สวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic switch) สวิตช์อ่อนตัว (Flex switch) ตัวตรวจจับความสั่นสะเทือน (Vibration sensor) ตัวตรวจจับความร้อน (Heat detecter) ตัวตรวจจับควัน (Smoke detecter) ฯลฯ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน ตัวตรวจจับเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงพลังงานให้กลายเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ส่งไปยังส่วนควบคุมและประมวลผลเพื่อดำเนินการต่อไป หลักการที่เกี่ยวข้องกับระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวนั้น ซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนต่อไป

2.2 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์เป็นผลผลิตจากเทคโนโลยีการสื่อสารแขนงหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันกลายเป็นสิ่งที่จำเป็นมากในชีวิตประจำวัน ในการติดต่อสื่อสารกับบุคคลหรือหน่วยงานต่างๆที่เราต้องการในเวลาอันรวดเร็ว โดยโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน (PSTN) นั้นจะมีกระจายอยู่ทั่วประเทศ เป็นโครงข่ายที่มีความครอบคลุมมากที่สุดในระบบการสื่อสารในปัจจุบัน ระบบโทรศัพท์จะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองระบบใหญ่ๆ ได้แก่ ระบบโทรศัพท์แบบอนาล็อกคือระบบโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่มากมายในปัจจุบัน และระบบโทรศัพท์แบบดิจิตอลหรือระบบโทรศัพท์แบบ ISDN (Integrated Service Digital Network) ซึ่งเป็นรูปแบบการให้บริการใหม่ แต่ในระบบโทรศัพท์แบบ ISDN นี้ยังไม่มีการใช้บริการกันมากนักในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ ISDN นั้นเกิดขึ้นมาจากการที่ได้มีการมองเห็นว่าโครงข่ายการสื่อสารในปัจจุบันนั้นมีวางซ้ำซ้อนกันมากมาย เช่น โครงข่ายโทรศัพท์ โครงข่ายเทเล็กซ์ โครงข่ายข้อมูล โครงข่ายอินเตอร์เน็ท ฯลฯ ทำให้เปลืองงบประมาณในการวางโครงข่ายเป็นอย่างมาก และไม่สะดวกในการใช้งาน จึงมีการคิดค้นและพัฒนาโครงข่ายการให้บริการร่วมระบบดิจิตอล (Integrated Service Digital Network) หรือระบบ ISDN ขึ้นมา เพื่อรวบรวมโครงข่ายที่ซ้ำซ้อนเหล่านี้เข้าไว้ด้วยกัน เป็นโครงข่ายระบบดิจิตอลที่สามารถรองรับการบริการสื่อสารได้ทั้งทางด้านเสียง ข้อมูล และภาพ พร้อมๆ กันโดยไม่รบกวนซึ่งกันและกันบนโครงข่าย ISDN โดยระบบโทรศัพท์แบบ ISDN ก็เป็นการให้บริการรูปแบบหนึ่งในระบบนี้ ผู้ใช้บริการ ISDN จะสามารถติดต่อกับผู้ใช้บริการอื่นในโครงข่ายโทรศัพท์ระบบเดิมได้ คู่สาย ISDN เป็นคู่สายอเนกประสงค์สำหรับเครื่องอุปกรณ์ปลายทางชนิดต่างๆ เช่น เครื่องโทรสาร เครื่องโทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์สื่อสารอิเล็คทรอนิคส์ชนิดอื่นๆ จะสามารถต่อเข้ากับคู่สาย ISDN เพียงคู่สายเดียว ทำให้ลดสายจากอุปกรณ์ต่างให้เหลือเพียงเส้นเดียว ง่ายต่อการเดินสาย มีความเป็นระเบียบเรียบร้อยภายในบ้านหรือสำนักงานของผู้ใช้บริการ และจะมีคุณภาพในการส่งและรับข้อมูลสูงกว่าในระบบอนาล็อก นอกจากนี้ยังง่ายต่อการบำรุงรักษาในภายหลังด้วย นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า เทอร์มินอลอะแด็ปเตอร์ (TA) ซึ่งจะใช้ในการเชื่อมต่อกับเครื่องให้บริการปลายทางที่ไม่ใช่ระบบดิจิตอลให้สามารถใช้ได้กับโครงข่ายในระบบดิจิตอลได้

ส่วนประกอบหลักๆ ของระบบโทรศัพท์พื้นฐานในปัจจุบันนี้จะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆด้วยกันคือ ชุมสายโทรศัพท์ เครื่องโทรศัพท์ และสายโทรศัพท์ ทำหน้าที่ในการติดต่อให้ผู้เรียกและผู้ถูกเรียกสามารถทำการติดต่อสื่อสารกันได้ตามต้องการ ดังจะมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ชุมสายโทรศัพท์ (Telephone exchange)

ชุมสายโทรศัพท์นั้นจะมีหน้าที่เลือกคู่สายหรือทำการสลับสายคู่สายโทรศัพท์ ตามสัญญาณที่ส่งออกมาจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียก เพื่อทำการเชื่อมต่อคู่สายของผู้เรียกไปยังผู้ถูกเรียกให้สามารถติดต่อกันได้ โดยชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันนี้ จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่ ประเภทแรกเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อโดยตรง จะแบ่งออกได้เป็น ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local exchange) และชุมสายโทรศัพท์แบบ PABX (Private Automatic Branch Exchange) ส่วนประเภทที่สองเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อโดยตรงหรือชุมสายต่อผ่าน จะแบ่งออกได้เป็น ชุมสายแทนเด็ม (Tandem exchange) และชุมสายต่อผ่านทางไกล (Transit exchange) ซึ่งรายละเอียดของชุมสายแต่ละชนิดจะทำการอธิบายต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อโดยตรง

จะสามารถแบ่งออกได้เป็น

1.1 ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น (Local exchange)

เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้ามาโดยตรง ชุมสายแบบนี้จะมีขนาดตั้งแต่ร้อยเลขหมายจนถึงหมื่นเลขหมายหรือมากกว่านั้น ตามสภาพของพื้นที่และปริมาณการใช้งานโทรศัพท์

1.2 ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ (PABX)

ชุมสายโทรศัพท์ปลายทางอัตโนมัติ (PABX) นั้นจะมีทั้งการใช้พนักงานทำการสลับสายและการใช้ระบบสลับสายแบบอัติโนมัติ ในการติดต่อระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียก โดยจะมีลักษณะการทำงานเหมือนกับชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น เพียงแต่มีขนาดเล็กกว่า ทำการติดตั้งใน อาคาร สำนักงาน บริษัทฯลฯ เพื่อที่จะให้บริการการเรียกสำหรับผู้ใช้ภายในสำนักงานโดยไม่ต้องผ่านชุมสายท้องถิ่น และใช้ติดต่อกับภายนอกของสำนักงานนั้นๆ โดยผ่านชุมสายท้องถิ่น จะทำให้จำนวนคู่สายโทรศัพท์ที่ต่อมายังสำนักงานและปริมาณการใช้บริการโทรศัพท์ของชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นจะลดลง ชุมสายโทรศัพท์แบบนี้จะสามารถให้บริการพิเศษแก่สมาชิกภายในชุมสายได้หลายอย่างด้วยกัน เช่น การย่อหมายเลข การประชุมทางโทรศัพท์ การโอนสายกันระหว่างผู้ใช้ภายในชุมสาย การรับสายแทนกัน การพักสายด้วยเสียงดนตรี โดยบริการพิเศษนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละชุมสายนั้นๆ การเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับชุมสาย PABX และชุมสายท้องถิ่นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 แสดงการเชื่อมต่อของผู้ใช้กับชุมสายโทรศัพท์โดยผ่ายชุมสาย PABX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชุมสายโทรศัพท์ที่ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อโดยตรง

จะเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารและให้บริการกันเองระหว่างชุมสาย เพื่อให้การติดต่อระหว่างผู้ใช้งานนั้นๆ ประสบความสำเร็จ โดยจะไม่มีเครื่องโทรศัพท์ของผู้เช่าต่อเข้ายังชุมสายนี้เลย

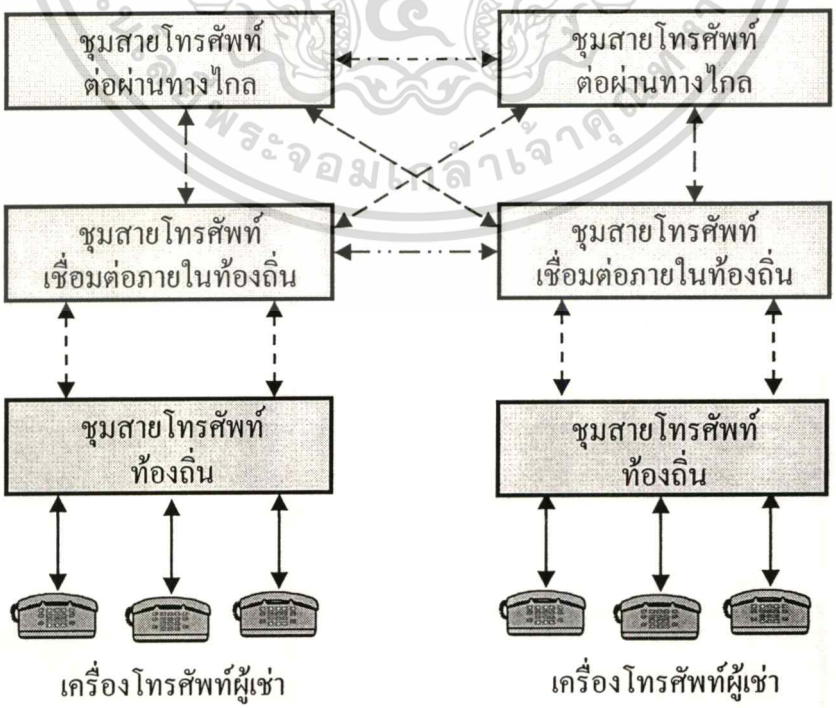
2.1.ชุมสายโทรศัพท์เชื่อมต่อภายในท้องถิ่น (Tandem exchange)

เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อภายในชุมสายท้องถิ่นเดียวกัน เพื่อให้บริการการเรียกภายในชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นนั้น โดยจะใช้ในบริเวณที่มีความหนาแน่นของการใช้โทรศัพท์สูง หรือบางครั้งอาจจะเรียกว่า Tendem switch ดังแสดงในรูปที่ 2.2

2.2.ชุมสายโทรศัพท์ต่อผ่านทางไกล (Transit exchange)

เป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์เชื่อมต่อภายในท้องถิ่นกับชุมสายโทรศัพท์เชื่อมต่อภายในท้องถิ่นอื่นๆ เช่นการเรียกจากจังหวัดหนึ่งไปยังอีกจังหวัดหนึ่งต้องผ่านชุมสายต่อผ่านทางไกล ดังแสดงในรูปที่ 2.2

ในการเรียกโทรศัพท์ครั้งหนึ่งระหว่างผู้เช่าสองคน อาจจะมีการเรียกผ่านไปยังชุมสายโทรศัพท์หลายชุมสายก็ได้ โดยจะขึ้นอยู่กับลักษณะการวางโครงข่ายของชุมสายโทรศัพท์ของแต่ละพื้นที่ และพื้นที่การใช้บริการของผู้เช่า โดยชุมสายโทรศัพท์จะทำการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากผู้ที่ทำการเรียกไปยังผู้ถูกเรียก



รูปที่ 2.2 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายโทรศัพท์และเครื่องโทรศัพท์ผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สัญญาณต่างๆในคู่สายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯ

คู่สายภายนอกที่ต่อออกมาจากชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้ จะมีสายสัญญาณอยู่ 2 เส้น คือเส้นทิบ (Tip) และเส้นริง (Ring) โดยจะมีไฟเลี้ยงกระแสตรงขนาด 48 โวลต์ส่งมากับคู่สายทั้งสองเส้นนี้ด้วย ในการติดต่อก็จะทำการติดต่อผ่านสายสัญญาณสองเส้นนี้ โดยสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อจะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ได้แก่ สัญญาณเสียงพูด จะเป็นเสียงที่พูดคุยในระหว่างการติดต่อโทรศัพท์ระหว่างผู้เรียกกับผู้ถูกเรียก และสัญญาณควบคุมต่างๆ ซึ่งจะเป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งออกมาเพื่อทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ผู้เช่า หรือติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ด้วยกันเอง เพื่อแสดงสภาวะการทำงานในขณะนั้น ดังจะมีรายละเอียดตามมาตรฐานของ CCITT ดังต่อไปนี้

1. สัญญาณให้หมุน (Dial tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ขององค์การโทรศัพท์ฯส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ เพื่อบอกให้ผู้ใช้บริการทราบว่าชุมสายโทรศัพท์พร้อมที่รับสัญญาณในการติดต่อจากโทรศัพท์ของผู้ใช้แล้ว หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สัญญาณแมวกรน ลักษณะของสัญญาณจะมีความถี่ประมาณ 400-450 Hz ดังต่อเนื่องกัน

2. สัญญาณเรียกกลับ (Ringback tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งออกไปยังเครื่องโทรศัพท์ หลังจากที่ผู้ใช้บริการทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อ เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบว่าสามารถทำการติดต่อกับหมายเลขนั้นได้แล้ว สัญญาณเรียกกลับจะเป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่อง มีลักษณะความถี่เดียว มีความถี่อยู่ระหว่าง 400-450 Hz มีจังหวะการดังและหยุดของสัญญาณ ทางองค์การโทรศัพท์ใช้สัญญาณมีลักษณะแบบดัง 1 วินาที และเงียบ 3 วินาที โดยจะอยู่ในมาตราฐานของ CCITT ที่กำหนดไว้ดังนี้

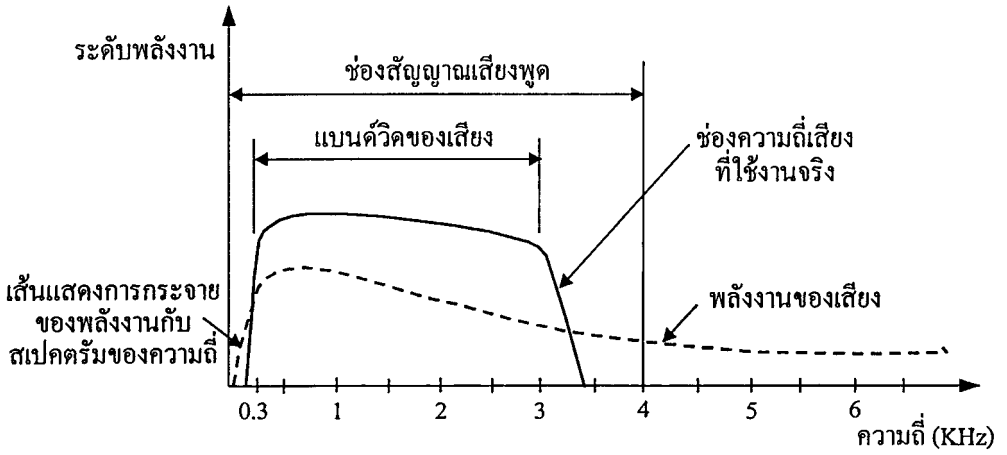
-จังหวะดัง ควรอยู่ในช่วง 0.67 ถึง 1.5 วินาที แต่ไม่เกิน 2.5 วินาที

-จังหวะหยุด ควรอยู่ในช่วง 3 ถึง 3.5 วินาที แต่ไม่เกิน 6 วินาที

3. สัญญาณไม่ว่าง (Busy tone)

เป็นสัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ หลังจากที่ผู้ใช้บริการทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการจะติดต่อแล้ว เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบว่าไม่สามารถทำการติดต่อกับหมายเลขนั้นได้หรือหมายเลขที่ทำการเรียกไปนั้นไม่ว่าง ผู้เรียกควรวางหูสักครู่แล้วค่อยทำการเรียกใหม่ สัญญาณไม่ว่างจะเป็นสัญญาณไม่ต่อเนื่องมีลักษณะดังแล้วหยุดเหมือนกับสัญญาณเรียกกลับ แต่มีคาบเวลาที่แตกต่างกัน โดยจะมีความถี่ประมาณ 400-450 Hz เสียงดังเป็นเวลาประมาณ 0.5วินาที เงียบ 0.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงแถบความถี่ของสัญญาณเสียง

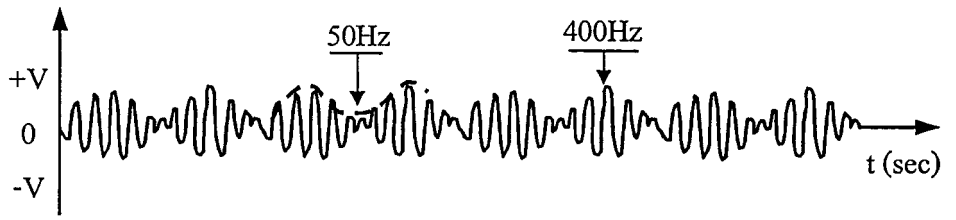
2.2.3 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากสำหรับชุมสาย จะติดตั้งอยู่ที่สำนักงานหรือที่พักอาศัยของผู้เช่า มีหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกหรือสัญญาณหมายเลขไปยังชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น และใช้สำหรับผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในการพูดและฟังผ่านชุมสายโทรศัพท์ โดยเมื่อต้องการที่จะทำการเรียกหรือติดต่อก็ทำการหมุน หรือกดหมายเลขของผู้รับที่หน้าปัดของเครื่องโทรศัพท์ เพื่อแจ้งให้ชุมสายทำการติดต่อให้

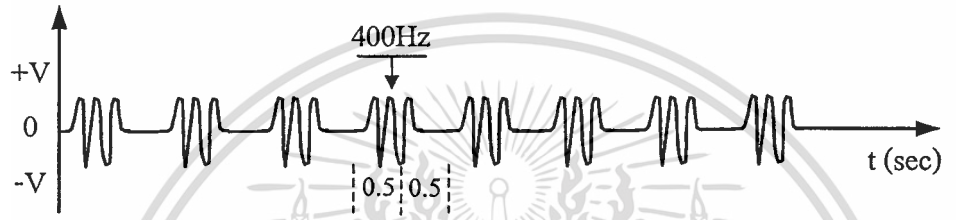
เครื่องโทรศัพท์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันนี้จะมีอยู่สองระบบได้แก่ ระบบโทรศัพท์แบบพัลซ์ หน้าปัดแบบหมุน เป็นระบบเดิมที่ใช้กันอยู่ในยุคแรกๆ โดยเครื่องโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณพัลซ์เมื่อทำการหมุนโทรศัพท์ หน้าปัดที่หมุนของโทรศัพท์นั้นจะเชื่อมต่ออยู่กับสวิตช์ ซึ่งจะทำให้สวิตช์นี้เปิดปิดเป็นจังหวะเท่ากับค่าตัวเลขที่หมุนเช่น หมุนหมายเลข 4 ก็จะทำให้สวิตช์มีการปิดเปิด 4 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ยกเว้นตัวเลข 0 จะทำให้เกิดการขัดจังหวะเป็นจำนวน 10 ครั้ง ขบวนของพัลซ์นี่เองที่จะเป็นสัญญาณบอกให้ชุมสายสามารถเลือกต่อคู่สายได้อย่างถูกต้อง

ต่อมาได้มีการพัฒนาระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่หรือระบบโทรศัพท์แบบ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ขึ้นมาใช้แทนระบบแบบเก่า เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้มากขึ้น เครื่องโทรศัพท์แบบกดปุ่มนี้จะใช้การส่งความถี่ออกไปแทน โดยในระบบนี้จะช่วยประหยัดเวลาในการส่งหมายเลข และลดความผิดพลาดในการส่งหมายเลขลง สามารถเพิ่มปุ่มอื่นๆ เพื่อใช้งานอย่างอื่น นอกจากปุ่มที่มีอยู่แล้ว โดยการกดปุ่มแต่ละครั้งก็จะมีการส่งสัญญาณความถี่ 2 ความถี่ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มความถี่ต่ำ และกลุ่มความถี่สูง ที่ถูกมอดูเลทกันออกไปแทนหมายเลขที่ต้องการส่งออกไป โดยความถี่นี้จะอยู่ในย่านความถี่เสียงพูด ดังมีค่าแสดงดังในรูปที่ 2.6 ยกตัวอย่างเช่น เมื่อมีการกดหมายเลข 1 ก็จะมีการผลิตความถี่ 697 Hz และ 1209 Hz ที่มีการมอดูเลทกันส่งออกไป

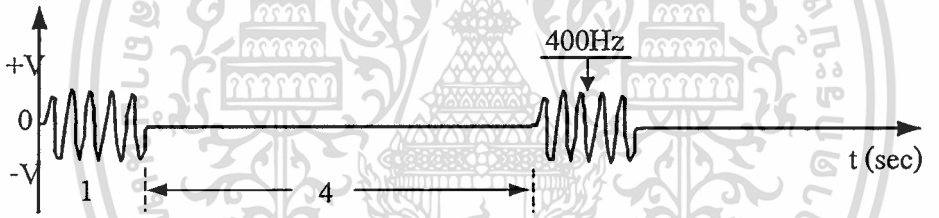
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



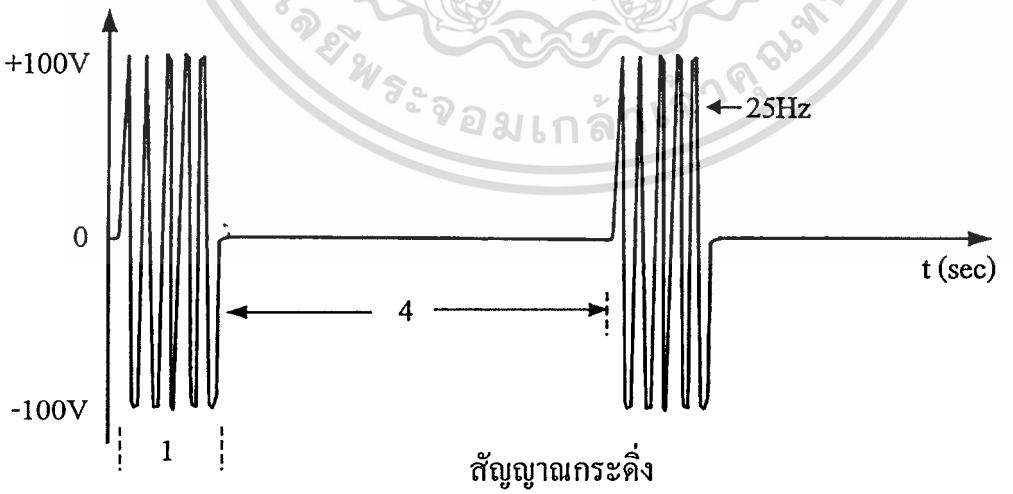
สัญญาณให้หมุน



สัญญาณไม่ว่าง



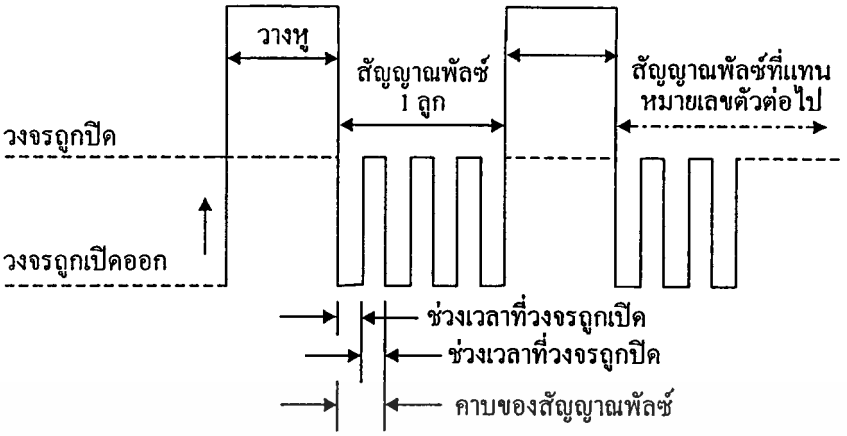
สัญญาณเรียกกลับ



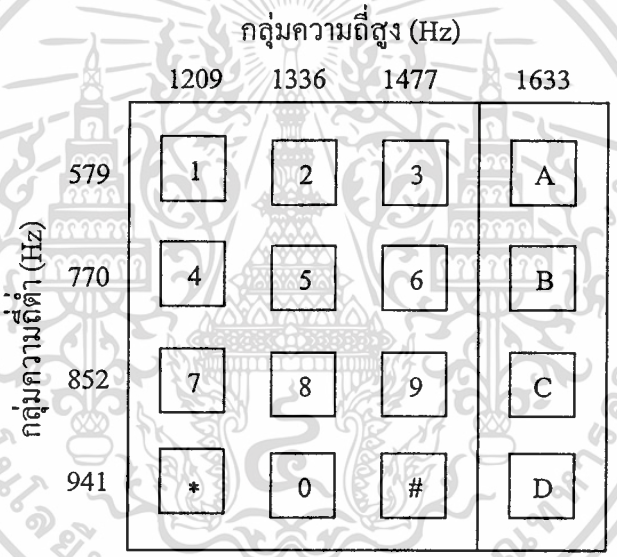
สัญญาณกระดิ่ง

รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะสัญญาณพื้นฐานของระบบโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของสัญญาณที่เกิดจากการหมุนหมายเลข 4



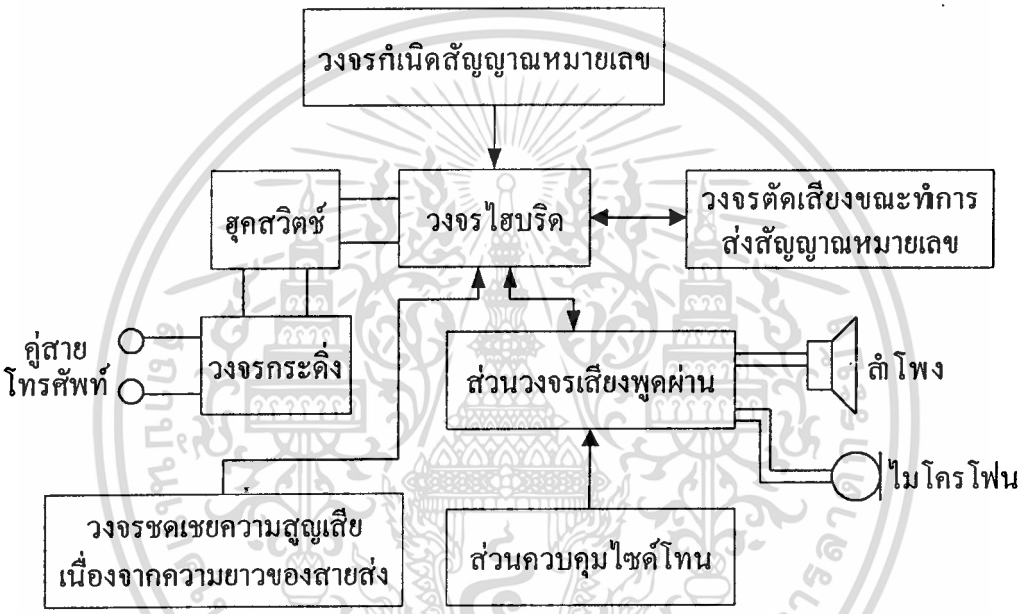
รูปที่ 2.6 แสดงค่าความถี่ในแต่ละหมายเลขของระบบโทรศัพท์ DTMF

เครื่องโทรศัพท์จะติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ด้วยสายสัญญาณสองสายคือสาย ทิบ (Tip) และสายริง (Ring) ปรกติเมื่อไม่มีการใช้โทรศัพท์ วงจรของเครื่องโทรศัพท์จะถูกตัดออกจากคู่สายของโทรศัพท์คงเหลือแต่วงจรกำเนิดเสียงเรียก (Ringing) หรือวงจรกระดิ่งต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์เท่านั้น เพื่อส่งสัญญาณเรียกเมื่อมีการติดต่อจากผู้อื่นเข้ามา ทำให้ในขณะที่โทรศัพท์ไม่ถูกใช้งานจะไม่มีกระแสไหลผ่านเครื่องรับโทรศัพท์ แต่เมื่อเรายกหูโทรศัพท์ก็จะมีการเชื่อมต่อเครื่องโทรศัพท์เข้ากับชุมสายขององค์การโทรศัพท์ เกิดการไหลของกระแสในวงจร โดยกระแสนี้จะมาจากแบตเตอรี่ในชุมสายโทรศัพท์ที่อยู่ใกล้ผู้เช่าโทรศัพท์มากที่สุด และเมื่อชุมสายโทรศัพท์เลือกคู่สายที่ต้องการจะต่อด้วยได้แล้ว ก็จะทำการส่งสัญญาณกระดิ่ง ซึ่งเป็นสัญญาณสัญญาณ AC ออกไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก เพื่อทำการสั่นกระดิ่งให้ดังขึ้น เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์รับสายก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเกิดกระแส DC ไหล เมื่อชุมสายตรวจพบก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่ง ก็จะสามารถทำการสนทนาได้ โดยในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างปากพูดและหูฟังกับสายโทรศัพท์ จะต้องมีหม้อแปลงอัตโนมัติทำหน้าที่ในการปรับอิมพิแดนซ์ของหูฟังและสายโทรศัพท์ให้สมดุลย์กัน เพื่อให้มีการรับและส่งสัญญาณอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมทั้งทำให้ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองที่พูดออกไปด้วย เพื่อที่จะได้ปรับระดับการพูดของตนเองไม่ให้ดังหรือค่อยจนเกินไป

เครื่องโทรศัพท์ทั้งสองแบบจะมีลักษณะโครงสร้างและการทำงานคล้ายๆกันดังแสดงในรูปที่ 2.7 จะมีความแตกต่างกันตรงที่ลักษณะของสัญญาณหมายเลขที่ทำการส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์เท่านั้น



รูปที่ 2.7 แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องรับโทรศัพท์

จากรูปที่ 2.7 จะสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

วงจรกำเนิดสัญญาณหมายเลข จะทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณของหมายเลขโทรศัพท์ซึ่งอาจจะเป็นสัญญาณพัลซ์หรือสัญญาณความถี่คู่ผสมก็ได้แล้วแต่ชนิดของโทรศัพท์ที่ใช้งาน

วงจรกระดิ่ง ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณเรียกเข้ามาเป็นกระแสไฟสลับประมาณ 100-120 โวลต์ ส่งเข้ามายังวงจรกระดิ่งทำให้กระดิ่งดังขึ้น เพื่อแจ้งให้เจ้าของเครื่องทราบว่ามีการเรียกเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตัดเสียง จะทำการตัดเสียงต่างๆมิให้เข้าไปในชุมสาย เพื่อป้องกันความผิดพลาด ถ้าหากบังเอิญมีสัญญาณเสียงที่มีความถี่ใกล้เคียงกับสัญญาณความถี่ของหมายเลขก็จะทำให้การส่งสัญญาณหมายเลขเกิดความผิดพลาดได้

วงจรไฮบริด เนื่องจากวงจรในเครื่องโทรศัพท์จะใช้ระบบ 4 สายนั่นก็คือใช้สองสายสำหรับส่งสัญญาณเสียงพูด และอีกสองสายสำหรับนำเสียงพูดจากอีกด้านหนึ่งมายังหูฟัง แต่ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์จะเป็นระบบ 2 สาย จะติดต่อกันโดยใช้สายสัญญาณเพียงสองเส้นเพียงเท่านั้นเอง จึงต้องใช้วงจรไฮบริดทำการเชื่อมต่อระบบ 2 สาย และระบบ 4 สาย ให้สามารถติดต่อกันได้

ส่วนวงจรปากพูดและหูฟัง ส่วนนี้จะทำหน้าที่เสมือนวงจรเครื่องรับ และเครื่องส่งที่ใช้ในการติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกและผู้ถูกเรียก เพื่อให้สามารถพูดคุยสนทนากันได้

การใช้งานโทรศัพท์ในการติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ผู้ใช้ จะกระทำผ่านชุมสายโทรศัพท์ต่างๆที่องค์การโทรศัพท์ให้บริการดังมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2.2

2.2.4 ลักษณะการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในชุมสายโทรศัพท์

ในการติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์ผู้เรียกและเครื่องโทรศัพท์ผู้ถูกเรียกผ่านชุมสายโทรศัพท์จะมีวิธีการติดต่อกันดังนี้

การเรียกทางโทรศัพท์ (Telephone Call) การเรียกผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ระหว่างผู้เรียกและผู้รับ

ผู้เรียก (Calling Subscriber) ผู้ที่ทำการติดต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์เพื่อแจ้งหมายเลขที่ต้องการติดต่อ

ผู้รับ (Called Subscriber) ผู้ที่ได้รับการติดต่อจากชุมสายโทรศัพท์ว่ามีการคนต้องการจะติดต่อด้วย

คู่สายโทรศัพท์ (Telephone Line) คือสายนำสัญญาณที่นำสัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูดไปยังจากผู้ที่ทำการเรียกและผู้ที่ถูกเรียก

การติดต่อทางด้านผู้เรียก

ในด้านผู้เรียกเมื่อยังไม่ยกหูจะมีแรงดันไฟตรงที่คู่สายประมาณ 48 V เมื่อผู้เรียกยกหูขึ้นทำการกดหมายเลขเพื่อโทรเรียกไปยังผู้รับ จะทำให้ระดับแรงดันไฟตรงที่คู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนแปลงจากระดับ 48 โวลต์ เป็นประมาณ 6 โวลต์ ถึง 10 โวลต์ ชุมสายโทรศัพท์จะรับรู้ว่ามีการเริ่มต้นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

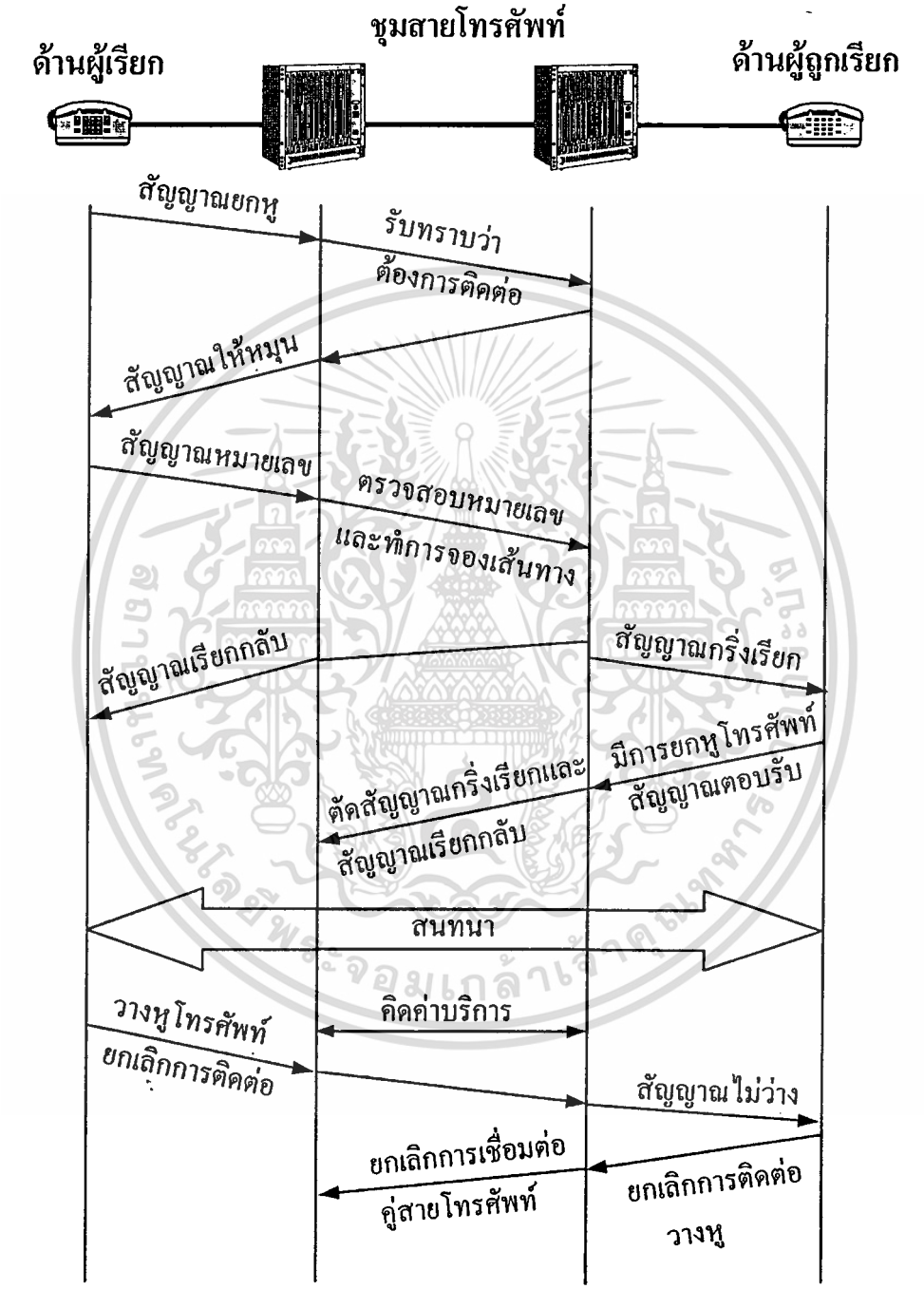
เรียก ชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการจะส่งสัญญาณให้หมุนไปยังผู้เรียก เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุนก็จะกดหมายเลขผู้รับ ในขณะที่กดหมายเลขวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์ก็จะสร้างสัญญาณรหัสหมายเลขส่งไปยังชุมสายโทรศัพท์ตามหมายเลขที่กด ชุมสายจะตัดสัญญาณให้หมุนออกทันทีที่ได้รับหมายเลขโทรศัพท์ตัวแรก เมื่อชุมสายโทรศัพท์รับทราบหมายเลขผู้รับแล้วก็จะทำการกำหนดเส้นทางระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกเพื่อใช้ในการสนทนา แต่ถ้าหากคู่สายด้านผู้รับไม่ว่างชุมสายจะส่งสัญญาณไม่ว่างไปให้ผู้เรียกทราบ เพื่อให้ผู้เรียกทำการวางหู แล้วค่อยทำการเรียกใหม่ หากคู่สายด้านผู้รับว่างชุมสายจะส่งสัญญาณกริ่งเรียกไปยังเครื่องผู้ถูกเรียกพร้อมทั้งส่งสัญญาณเรียกกลับไปยังด้านผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถติดต่อได้แล้ว เมื่อผู้ถูกเรียกได้ยินเสียงกริ่งเรียกแล้วทำการยกหูรับสาย ชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการยกเลิกสัญญาณเรียกกลับด้านผู้เรียก การสนทนาจึงจะสามารถเริ่มต้นได้

การติดต่อทางด้านผู้รับ

ด้านผู้รับเมื่อมีการเรียกจากภายนอกเข้ามา ชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณกริ่งเรียกที่มีความถี่ 25 Hz และขนาดแรงดัน 100 Vp-p ไปยังผู้รับเพื่อทำการเรียกผู้รับ ทำให้กระดิ่งที่เครื่องโทรศัพท์ดังขึ้น ในกรณีที่ไม่มีผู้รับสายสัญญาณกริ่งเรียกก็ดังอยู่ประมาณ 15 ครั้ง หลังจากนั้นชุมสายจะทำการตัดสัญญาณเอง แล้วส่งสัญญาณไม่ว่างไปยังผู้เรียก เพื่อให้ผู้เรียกทำการวางหูโทรศัพท์ เพื่อทำการวางสายหรือทำการเรียกใหม่ ถ้าผู้รับสายยกหูโทรศัพท์ระดับแรงดันไฟตรงที่คู่สายโทรศัพท์ของผู้รับจะเปลี่ยนจาก 48 โวลต์ เป็น 10 โวลต์ เกิดสัญญาณตอบรับไปยังชุมสายโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ก็จะทำการตัดสัญญาณกริ่งเรียกออกจากผู้รับ เพื่อให้คู่สนทนาพูดคุยกันได้ ในตอนนี้หน้าที่การทำงานของชุมสายในส่วนของการควบคุมก็จะหยุดลง มิเตอร์สำหรับเก็บค่าบริการของชุมสายก็จะเริ่มทำงาน เพื่อเก็บค่าบริการการใช้งานโทรศัพท์ในภายหลัง

เมื่อการสนทนาสิ้นสุดลง คู่สายสนทนาก็จะทำการวางหูระดับแรงดันของคู่สายโทรศัพท์ก็จะเปลี่ยนเป็น 48 โวลต์เหมือนเดิม เกิดสัญญาณตอบรับไปยังชุมสายโทรศัพท์ให้รับรู้ว่าการสนทนาได้ยุติลงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงการติดต่อระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกในชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานของโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

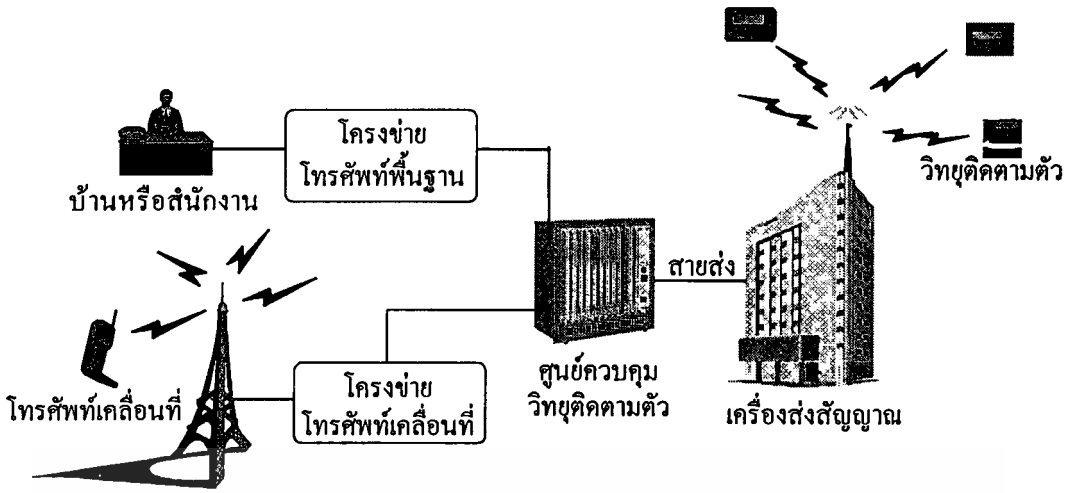
วิทยุติดตามตัวหรือเพจเจอร์ เป็นอุปกรณ์สื่อสารแบบเคลื่อนที่ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา สะดวกต่อการพกพาติดตัว ช่วยอำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสาร และได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง โดยมีลักษณะการติดต่อสื่อสารแบบทิศทางเดียวจากผู้ส่งไปยังผู้รับ โดยในการติดต่อกันนั้นส่วนที่มีความสำคัญมากก็คือ โปรโตคอล (Protocol) หรือภาษาที่ใช้ในการสื่อสารกันของระบบ โดยจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของการเข้ารหัสสัญญาณ เพื่อที่เครื่องรับวิทยุติดตามตัวจะได้เข้าใจและสามารถถอดรหัสสัญญาณได้อย่างถูกต้อง นั่นก็คือโปรโตคอลที่ใช้ในการส่งจากระบบวิทยุติดตามตัวและตัวเครื่องรับวิทยุติดตามตัวจะต้องใช้โปรโตคอลชนิดเดียวกัน ในปัจจุบันมีการให้บริการระบบวิทยุติดตามตัวอยู่ 2 ระบบดังนี้คือ ระบบ POCSAG (Post Office Code Standardization Advisory Group) และระบบ FLEX ในระบบ POCSAG นี้จะสามารถรองรับได้ถึง 2 ล้าน Address ต่อความถี่ สามารถส่งได้ทั้งเสียง (Tone) ตัวเลข (Numeric) และตัวอักษร (Alphanumeric) โดยที่ระบบ POCSAG จะมีมาตรฐานความเร็วในการส่งอยู่ที่ 512 1,200 และ 2,400 บิทต่อวินาที ในระบบ POCSAG นี้จะทำการกำหนดวิธีการติดต่อกันระหว่างศูนย์ควบคุมวิทยุติดตามตัวกับเครื่องวิทยุติดตามตัวเท่านั้น แต่จะไม่ได้ทำการกำหนดความถี่ที่ใช้ในการติดต่อกัน ดังนั้นโครงข่ายวิทยุติดตามตัวของแต่ละผู้ให้บริการจะสามารถเลือกใช้ความถี่ใดก็ได้ตามต้องการ แต่ก็มีข้อเสียคือ การเชื่อมต่อระหว่างโครงข่ายวิทยุติดตามตัว หรือการใช้เครื่องลูกข่ายข้ามระบบ (Roaming) เป็นไปได้ยาก และการให้บริการก็มีความแตกต่างกันออกไป ทำให้กลายเป็นข้อเสียของระบบนี้ ส่วนระบบ FLEX เป็นระบบใหม่ที่เพิ่งถูกพัฒนาขึ้นมาประมาณปี 1993 โดยบริษัทโมโตโรร่า จะมีความเร็วในการส่ง 1,600 3,600 6,400 บิทต่อวินาที มีการส่งสัญญาณแบบซิงโครนัส (Synchonous) ระหว่างโครงข่ายกับตัวเครื่องวิทยุติดตามตัว ซึ่งต่างจากระบบ POCSAG ที่มีการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส (Asynchonous)

โครงสร้างพื้นฐานและการทำงานของระบบวิทยุติดตามตัว

ระบบวิทยุติดตามตัวจะมีลักษณะการทำงานดังนี้ เมื่อผู้ส่งข่าวสารต้องการฝากข่าวสารก็จะทำการโทรไปยังศูนย์ควบคุมวิทยุติดตามตัวเพื่อฝากข่าวสาร ซึ่งอาจจะทำการโทรผ่านโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน หรือโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ก็ได้ และสามารถฝากได้ทั้งตัวเลข ตัวอักษร หรือสัญญาณเสียง เมื่อศูนย์ควบคุมวิทยุติดตามตัวได้รับข่าวสารก็จะทำการส่งข่าวสาร โดยผ่านเครื่องส่งสัญญาณไปยังเครื่องรับวิทยุติดตามตัวของผู้รับ

ระบบวิทยุติดตามตัวที่ใช้งานกันในปัจจุบันนี้ จะมีโครงสร้างการทำงานดังในรูปที่ 2.9 ประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของระบบวิทยุติดตามตัว

ศูนย์ควบคุมวิทยุติดตามตัว (Paging Control Terminal)

ศูนย์ควบคุมวิยุติดตามตัวเป็นศูนย์กลางของระบบ ทำหน้าที่รับข่าวสารจากผู้ฝากข้อความ และทำการจัดส่งข้อความไปยังผู้รับ โดยเปลี่ยนข่าวสารให้เป็นสัญญาณข้อมูลแล้วส่งไปยังสถานีฐานวิทยุติดตามตัว นอกจากนี้ยังจัดการเกี่ยวกับการให้บริการ และหน้าที่พิเศษอื่นๆอีกเช่น การเก็บบันทึกการใช้งาน การออกบิลเรียกเก็บเงิน การสอบถามการใช้บริการ เป็นต้น

ระบบโทรศัพท์ (Telephone)

เป็นส่วนที่ผู้ส่งข่าวสารใช้ทำการส่งข่าวสารไปยังศูนย์บริการวิทยุติดตามตัว เพื่อทำการฝากข้อความหรือหมายเลขโทรกลับไปยังผู้รับที่ต้องการติดต่อด้วย โดยอาจจะทำการโทรมาจากระบบโทรศัพท์พื้นฐานหรือจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

ส่วนส่งสัญญาณ (Transmitter)

เป็นส่วนของเครื่องส่งที่ทำหน้าที่นำเอาข้อมูลที่ได้รับมาจากศูนย์ควบคุมวิทยุติดตามตัว มาแปลงให้เป็นสัญญาณวิทยุ แล้วจะทำการกระจายข่าวสารนั้นออกไปยังเครื่องรับวิทยุติดตามตัว โดยที่เครื่องส่งอาจจะติดตั้งอยู่ในที่เดียวกับศูนย์กลางของระบบก็ได้ หรือติดตั้งในที่ที่ต้องการให้บริการ ในขณะเดียวกันยังส่งสัญญาณติดต่อกับสถานีฐานวิทยุติดตามตัวอื่น เพื่อความสอดคล้องของข้อมูล

เครื่องรับวิทยุติดตามตัว (Pager)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณวิทยุที่ส่งมาจากเครื่องส่งสัญญาณผ่านมาทางอากาศแล้วแปลงเป็นสัญญาณข้อมูลตามรูปแบบการให้บริการ หรือเครื่องรับวิทยุติดตามตัวนั่นเอง มีหลายชนิดแบ่งตามการใช้งานได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบตัวเลข (Numeric) สามารถส่งข่าวสารได้แบบตัวเลขเช่น หมายเลขโทรกลับ

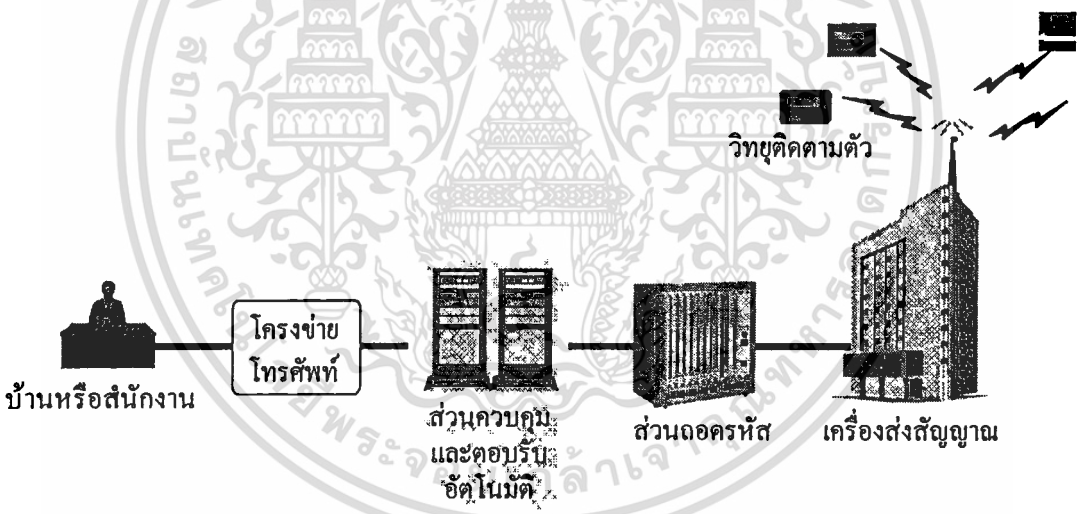
แบบตัวอักษรและตัวเลข (Alphanumeric) สามารถส่งข่าวสารได้ทั้งตัวเลขและตัวอักษร

นอกจากจะทำหน้าที่รับสัญญาณแล้ว เครื่องรับวิทยุติดตามตัวยังสามารถเก็บข้อความที่ส่งมาได้ ตั้งสัญญาณปลุก เลือกสัญญเสียงได้หลายแบบ แสดงข้อความผ่านจอ LCD สามารถเลือกแบบสัญญาณเตือนได้ทั้งแบบสั่นและแบบมีเสียง

การฝากข้อความของระบบวิทยุติดตามตัวจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

1. ระบบอัตโนมัติ (Automatic paging system)

เป็นระบบที่ผู้ส่งข่าวสารสามารถโทรศัพท์เข้าไปที่ศูนย์วิทยุติดตามตัว เพื่อทำการฝากข้อมูลต่างๆ โดยจะมีระบบอัตโนมัติทำหน้าที่รับฝากข้อมูล และทำการส่งข้อมูลไปยังเครื่องรับวิทยุติดตามตัวที่ต้องการได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งในประเทศไทยจะมีการให้บริการอยู่สองแบบด้วยกันก็คือ การฝากหมายเลขหรือเบอร์โทรที่ต้องการให้ติดต่อกลับ และการฝากสัญญาณเสียงโดยผู้รับจะต้องโทรกลับไปเช็คข้อความที่ศูนย์บริการอีกทีหนึ่ง

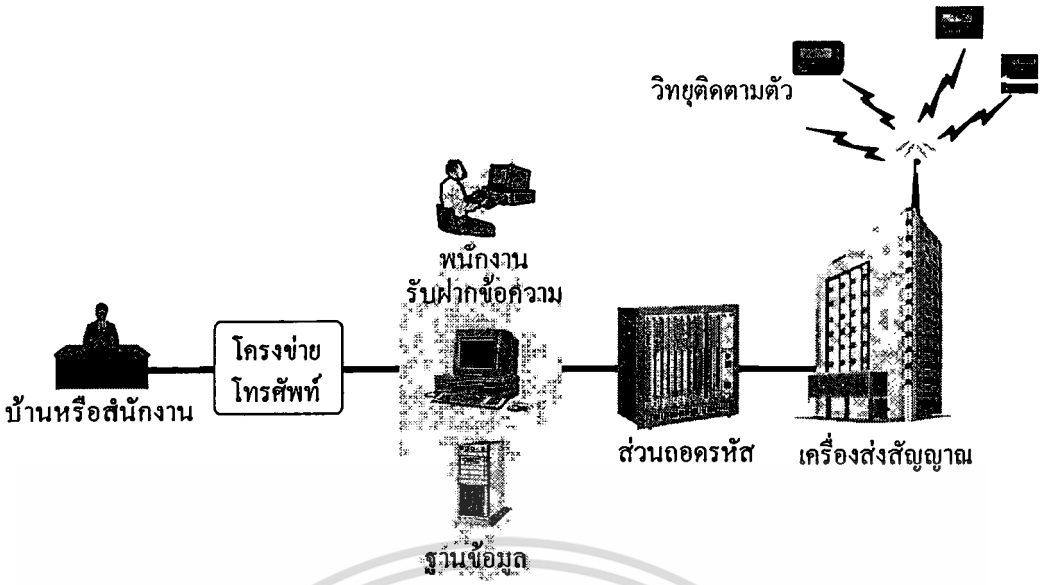


รูปที่ 2.10 แสดงการทำงานของระบบอัตโนมัติ

2. ระบบที่มีพนักงานรับฝากข้อความ (Manually operator system)

ในระบบนี้จะมีพนักงานทำหน้าที่รับฝากข้อมูลข่าวสารต่างๆจากการโทรศัพท์เข้ามาของผู้ใช้บริการ โดยลักษณะของข่าวสารที่ทำการรับฝากนั้นจะเป็นตัวเลขและตัวอักษร หลังจากนั้นก็ทำการส่งออกข้อมูลที่ได้ออกไปยังเครื่องรับวิทยุติดตามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการทำงานของระบบที่มีพนักงานรับฝากข้อความ

3. การฝากข้อความผ่านอินเตอร์เน็ต

การฝากข้อความในระบบนี้ เป็นการให้บริการแบบใหม่ของผู้ให้บริการต่างๆ โดยผู้ส่งสามารถส่งข้อความได้โดยไม่ต้องผ่านพนักงานรับฝากข้อความ แต่มักจะพบว่ามีปัญหาในระบบนี้มาก โดยเมื่อทำการส่งข้อความแล้วทางผู้รับไม่สามารถรับข้อความได้ หรือรับข้อความที่ส่งมาได้แต่อ่านข้อความที่ส่งมาไม่ได้

2.4 หลักการบันทึกข้อมูลสัญญาณเสียงสำหรับใช้ในการฝากข้อความเตือนภัย

ในส่วนของการแจ้งเตือนภัย จะมีการบันทึกเสียงพูดที่ใช้ในการเตือนภัยเก็บไว้ในหน่วยความจำ เพื่อทำการฝากให้กับพนักงานตอบรับที่ศูนย์วิทยุติดตามตัวทำการส่งไปยังเครื่องรับวิทยุติดตามตัวของเจ้าของบ้าน โดยเสียงพูดจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นจะทำการเปลี่ยนจากสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณแบบอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ เพื่อเก็บสัญญาณเสียงดังกล่าวไว้ใช้งานต่อไป เมื่อจะนำสัญญาณดังกล่าวมาใช้งานก็จะทำการแปลงจากสัญญาณดิจิตอลกลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณเสียงเหมือนเดิม

สัญญาณดิจิตอลนั้นจะมีการกระจายแบบดีสครีตทั้งเวลาและแอมปลิจูด ส่วนสัญญาณอนาล็อกนั้นแอมปลิจูดจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องไปกับเวลา วิธีการเปลี่ยนแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D) และเปลี่ยนจากสัญญาณดิจิตอลไปเป็นสัญญาณอนาล็อก (D/A) นั้นจะใช้หลักการพัลซ์มอดูเลชั่น (Pulse Modulation) ซึ่งจะมีอยู่หลายวิธีด้วยกันได้แก่

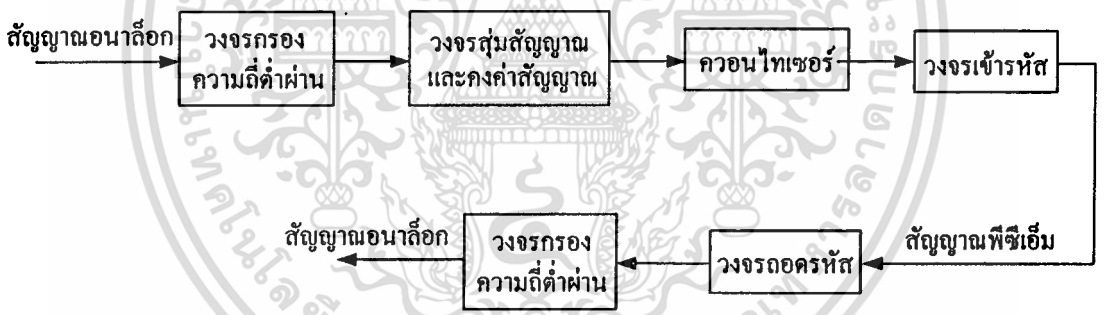
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัลซ์แอมปลิจูดมอดูเลชั่น (PAM : Pulse Amplitude Modulation)

กระบวนการเบื้องต้นในการแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นจะอาศัยทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างที่กล่าวไว้ว่า "ถ้าข่าวสารในสัญญาณถูกจำกัดให้มีความถี่สูงสุดเป็น f_o แล้ว หากใช้ขบวนพัลซ์ที่มีความถี่เท่ากับหรือมากกว่า $2f_o$ ทำการแซมปลิ้ง ก็จะสามารถเก็บข่าวสารได้อย่างสมบูรณ์" โดยในระบบ PAM นี้จะทำการเปลี่ยนจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยการสุ่มตัวอย่างจากสัญญาณอนาล็อกเดิมให้เป็นสัญญาณพัลซ์ แต่ยังคงมีระดับแอมปลิจูดของสัญญาณอนาล็อกเดิมอยู่

พัลซ์โค็ดมอดูเลชั่น (Pulse Code Modulation : PCM)

Pulse Code Modulation (PCM) เป็นวิธีการที่เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งแต่ละสัญญาณจะถูกกำหนดให้เป็นกระบวนของพัลซ์ในรูปของรหัสไบนารี่ การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 3 ประการดังนี้คือการแซมปลิ้ง (Sampling) การควอนไทซ์สัญญาณ (Quantizing) และการเข้ารหัส (Coding) โดยหลักการพื้นฐานของระบบ PCM สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงหลักการพื้นฐานของระบบ PCM

การแซมปลิ้ง (Sampling)

การแซมปลิ้งก็คือการทำสัญญาณอนาล็อกซึ่งมีค่าต่อเนื่องกันให้เป็นแบบดีสครีตในช่วงเวลาที่เท่าๆกัน และจากทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างถ้าเก็บแซมเปิ้ลด้วยอัตรา 2 เท่าหรือมากกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณแล้ว จะสามารถทำให้สัญญาณเดิมกลับมาได้ สัญญาณเสียงที่ใช้ในระบบโทรศัพท์นั้นได้ถูกจำกัดให้มีความถี่ระหว่าง 0.3 - 3.4 kHz ดังนั้นอัตราการแซมปลิ้งต่ำสุดจะต้องเท่ากับ 6.8 KHz สำหรับในทางปฏิบัติจะใช้เท่ากับ 8 KHz คือจะมีการแซมปลิ้งทุกๆ 125 usec ($1/8 \times 10^3$) และในการแซมปลิ้งนั้นในทางทฤษฎีจะมีข้อกำหนดดังนี้

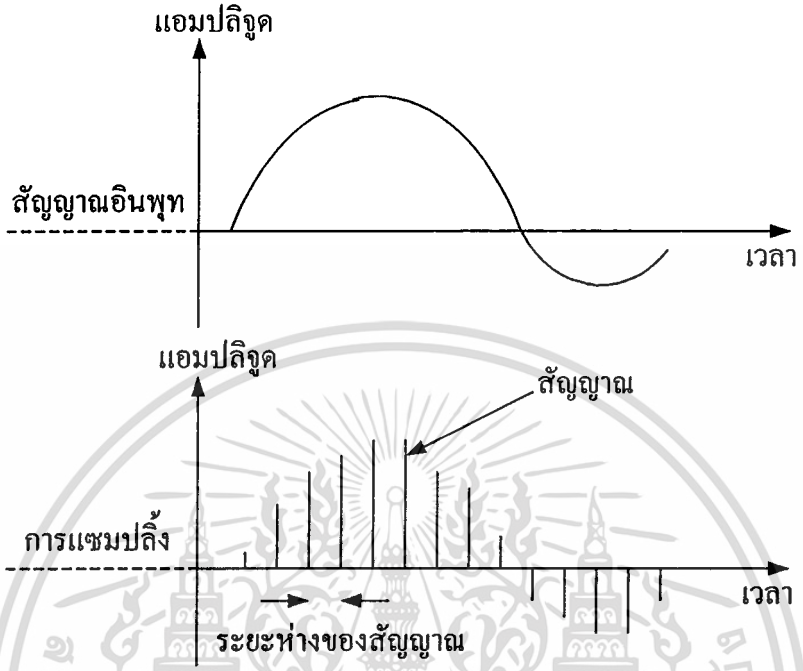
1 สัญญาณอินพุทต้องไม่มีองค์ประกอบเกินความถี่สูงสุด f_o

2. สัญญาณพัลซ์ที่ทำการแซมปลิ้งจะต้องเป็นสัญญาณอิมพัลซ์ที่มีความกว้างเท่ากับ 0 และมี

เอกสารนี้เป็นเ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอมปลิจูดเป็นอนันต์

3. ทางด้านรับต้องใช้วงจรกรองความถี่ต่ำที่ยอมให้ความถี่ f_0 ผ่านได้ทั้งหมด



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะการแซมปลิ้ง

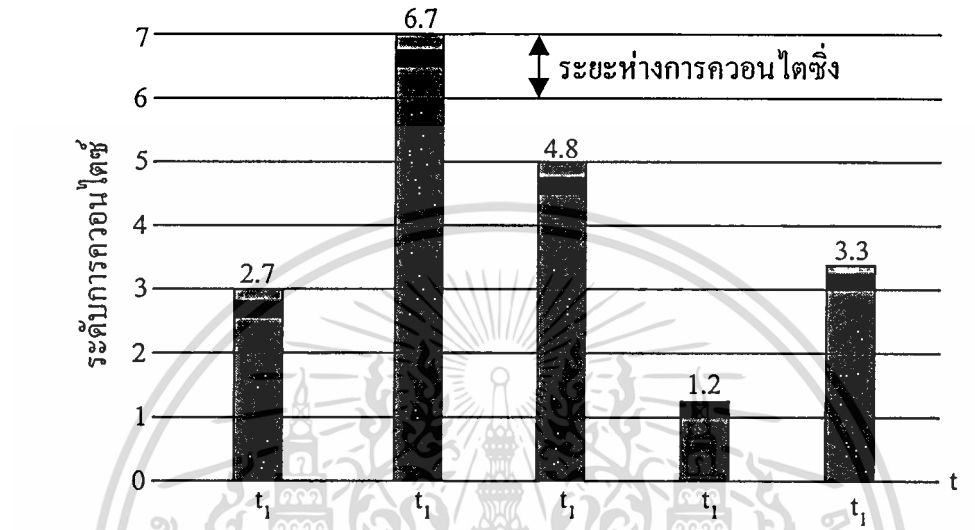
การควอนไทซ์ (Quantizing)

พัลซ์ที่ผ่านการแซมปลิ้งแล้ว จะยังถือว่าเป็นสัญญาณอนาล็อกอยู่ คือจะยังมีแอมปลิจูดที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตามเวลาที่เป็นช่วงๆ อยู่ เราจะต้องใช้การควอนไทซ์มาช่วยในการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูดของสัญญาณเหล่านั้นให้เป็นค่าตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 2.14

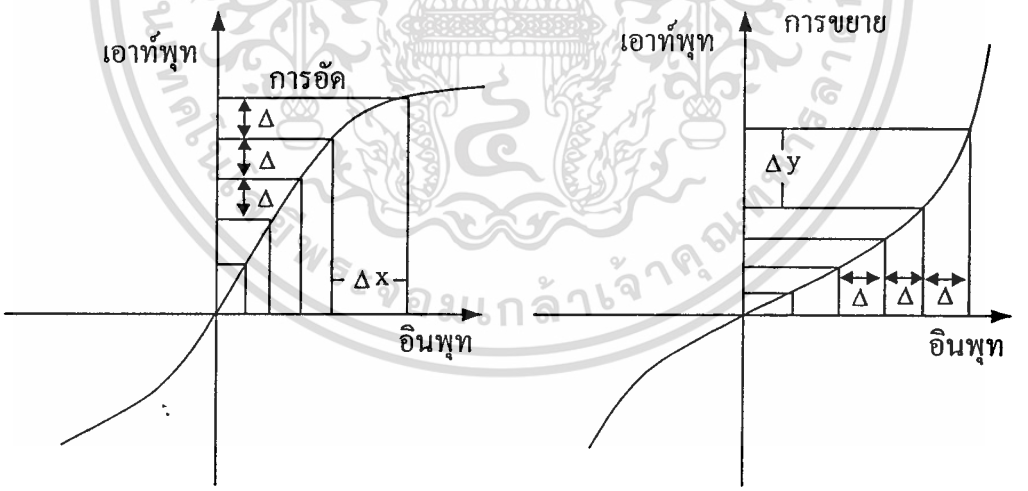
จากรูปที่ 2.14 แอมปลิจูดของสัญญาณจะถูกจัดให้เป็นระดับ ที่เราเรียกว่าระดับการควอนไตซ์ (Quantizing level) โดยมีระยะห่างระหว่างระดับข้างเคียง เรียกว่า ควอนไตซิ่งอินเทอร์วัล (Quantizing interval) หรือควอนไตซิ่งสเต็พเท่ากัน และขนาดของแซมเปิ้ลทุกตัวจะแสดงด้วยค่าระดับควอนไตซ์ที่ใกล้เคียงที่สุด ตัวอย่างเช่น ขนาดของตัวอย่างที่ $t = t_1$ คือ 2.7 ก็จะถูกจัดให้เป็น 3 เป็นต้น เพื่อให้สามารถนำไปแปลงเป็นรหัสฐานสองที่สอดคล้องกับแต่ละระดับ จะเห็นได้ว่าสัญญาณ PAM ที่ถูกจัดระดับแล้วนี้จะเป็นเพียงค่าโดยประมาณของสัญญาณเท่านั้น จึงทำให้เกิดมีค่าความผิดพลาดระหว่าสัญญาณทั้งสอง โดยเราเรียกค่าผิดพลาดเหล่านี้ว่า โดยควอนไตซิ่งน้อยส์ (Quantizing noise) โดยควอนไตซิ่งน้อยส์นี้จะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในทุกอินเทอร์วัล โดยไม่เกี่ยวข้องกับแอมปลิจูดของสัญญาณเดิม การลดควอนไตซิ่งน้อยส์ลงวิธีการหนึ่งก็คือ การคอมแพนดิ้ง Companding) จะมีหลักการดังนี้ ในบริเวณที่สัญญาณมีแอมปลิจูดต่ำจะใช้หรือควอนไตซิ่งสเต็พแคบๆ ส่วนบริเวณที่สัญญาณมีแอมปลิจูดสูงจะใช้หรือควอนไตซิ่งสเต็พกว้างๆ ในการคอมแพนดิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะประกอบไปด้วย ขบวนการอัดสัญญาณ (Companding) คือการลดระยะห่างระหว่างระดับข้างเคียงให้แคบลงในภาคส่ง แล้วขยายสัญญาณ (Expanding) หรือยืดสัญญาณออกมาในภาครับ ดังแสดงในรูปที่ 2.15 แต่จำนวนบิทที่ใช้จะเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องใช้ความเร็วในการส่งสัญญาณดิจิตอลสูงขึ้น



รูปที่ 2.14 แสดงการควอนไทซ์สัญญาณ



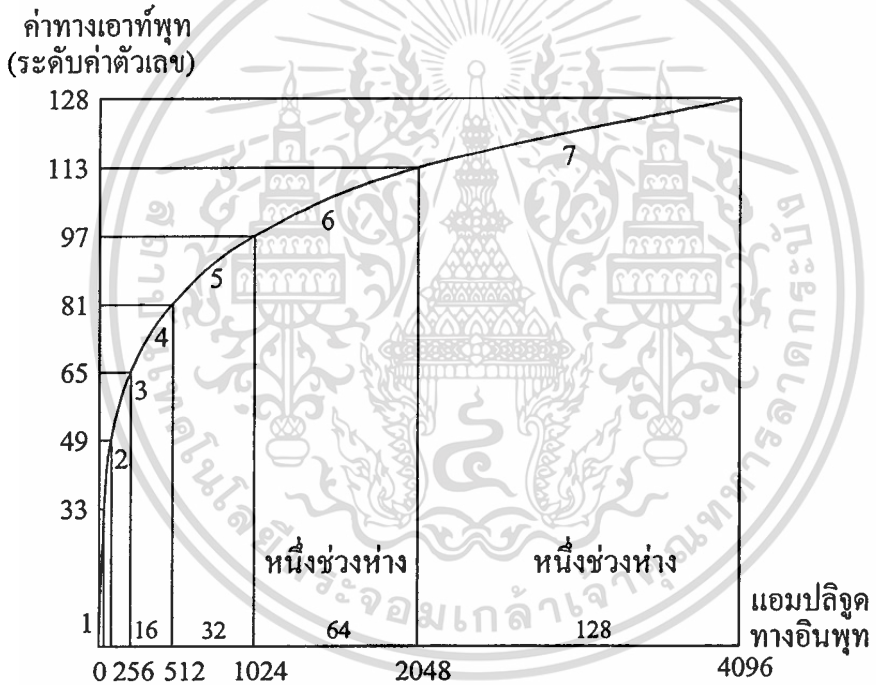
รูปที่ 2.15 แสดงคุณลักษณะของการอัดและการขยาย

การควอนไทซ์สัญญาณจะมีอยู่ 2 แบบคือ การควอนไทซ์แบบเชิงเส้น(Linear quantization) จะไม่ลดเฉลี่ยกำลังสองของค่าความผิดพลาดการควอนไทซ์สัญญาณให้เกิดน้อยที่สุด จะใช้ได้ผลดีกับสัญญาณที่มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอเท่านั้น และการควอนไทซ์แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear quantization)จะทำการแบ่งช่วงระหว่างระดับการควอนไทซ์ให้มีค่าแตกต่างกัน โดยที่ระดับความแรงของสัญญาณต่ำๆ จะแบ่งช่วงให้แคบ และจะแบ่งช่วงระหว่างการควอนไทซ์ให้กว้างขึ้นเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความแรงของสัญญาณมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่เอาท์พุทของควอนไทเซอร์มีค่าคงที่

การทำคอมแพนดิ้งในการควอนไทซ์แบบไม่เชิงเส้นนั้น จะใช้การอัดและขยายสัญญาณ 2 แบบดังนี้ แบบแรกเรียกกันว่า A-law นิยมใช้กันในยุโรป ส่วนอีกแบบ เรียกว่า μ-law นิยมใช้กันในแถบอเมริกาเหนือและญี่ปุ่น ซึ่งจะมีผลทำให้สัญญาณรบกวนจากการควอนไทซ์ที่ระดับแอมปลิจูดสัญญาณต่ำ ๆ ลดลงได้อย่างน่าพอใจ รูปที่ 2.16 และรูปที่ 2.17 แสดงให้เห็นคุณสมบัติของ A-law และ μ-law ตามลำดับ เส้นโค้งทั้งสองแสดงให้เห็นลักษณะการอัดแอมปลิจูดของสัญญาณโดยการแบ่งโค้งออกเป็นช่วง ๆ แต่ละช่วงประมาณด้วยกราฟเส้นตรง โค้งของ A-law และ μ-law นั้นถูกประมาณด้วยกราฟเส้นตรง 13 ช่วง และ 15 ช่วง ตามลำดับ ซึ่งทั้ง A-law และ μ-law ใช้ระดับค่าตัวเลข 256 ระดับ และเข้ารหัสแต่ละสัญญาณสุ่ม 1 ค่าด้วย 8 บิท



รูปที่ 2.16 แสดงคุณลักษณะของ A-law

เส้นโค้ง A-law จากรูปได้จากการประมาณค่าด้วยเส้นตรงเป็นช่วงตามสมการ

$$Y = \frac{AX}{1 + \ln(A)} : (0 \le X \le 1/A) \qquad (2.1)$$

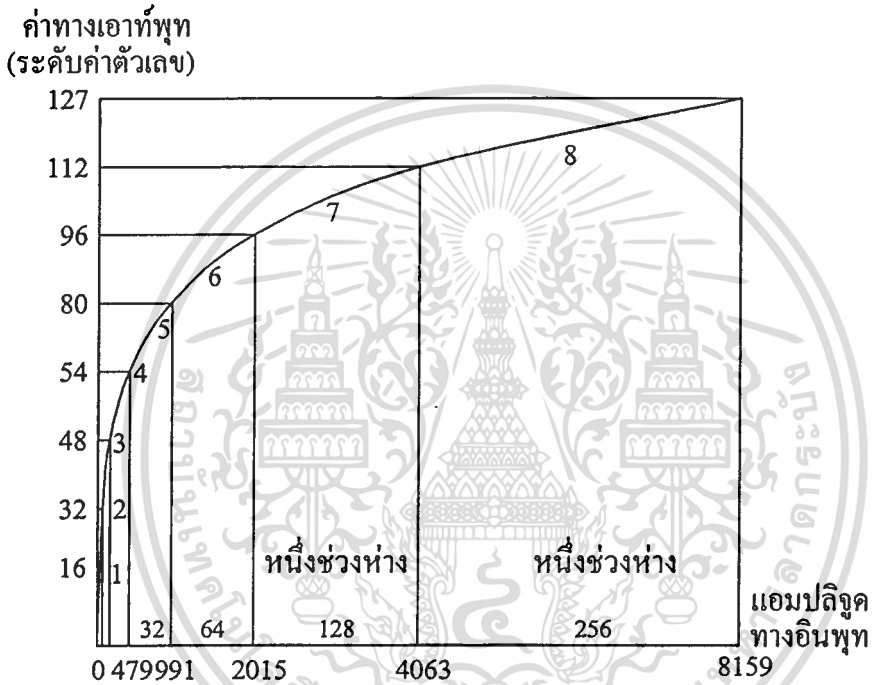
หรือ

$$Y = \frac{1 + \ln(AX)}{1 + \ln(A)} : (1/4 \le X \le 1) \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $A = 87.6$

มีการประมาณเส้นโค้งด้วยเส้นตรง 7 ส่วน สำหรับสัญญาณซีกบวกและอีก 7 ส่วน สำหรับซีกลบโดยเส้นตรงเส้นแรกผ่านจุดกำเนิดและอยู่ทั้งซีกบวกและลบ ดังนั้นแบบ A-law จึงมีการประมาณด้วยเส้นตรงทั้งสิ้น 13 ช่วง แต่ละส่วนของเส้นตรงถูกแบ่งอย่างเท่ากันออกเป็น 16 หรือ 32 ส่วนย่อย และค่าอินพุทแอมปลิจูดภายในส่วนย่อยเดียวกัน จะถูกแทนด้วยค่าเอาท์พุทค่าเดียวกัน



รูปที่ 2.17 แสดงคุณลักษณะของ μ-law

เส้นโค้ง μ-law จากรูปได้จากการประมาณค่าด้วยเส้นตรงเป็นช่วง ๆ ตามสมการข้างล่าง

$$Y = \frac{\ln(1 + \mu X)}{\ln(1 + \mu)} : (0 \leq X \leq 1) \qquad (2.3)$$

โดยที่ $\mu = 255$

มีการประมาณเส้นโค้งด้วยเส้นตรง 8 ส่วน สำหรับสัญญาณซีกบวกและอีก 8 ส่วน สำหรับสัญญาณซีกลบ โดยเส้นตรงเส้นแรกผ่านจุดกำเนิดและอยู่ทั้งซีกบวกและลบ ดังนั้น แบบ μ-law จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการประมาณด้วยเส้นตรง 15 ช่วงแต่ละส่วนของเส้นตรงถูกแบ่งอย่างเท่ากันออกเป็น 16 ส่วนย่อย และค่าอินพุทแอมปลิจูดภายในส่วนย่อยเดียวกันจะถูกแทนด้วยค่าเอาท์พุทเดียวกัน

การเข้ารหัส (Coding)

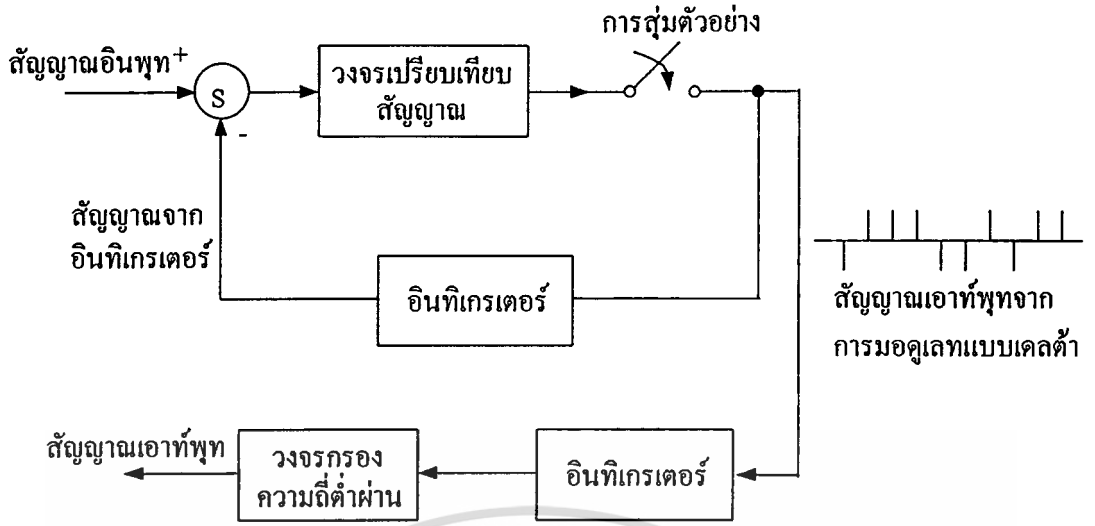
หลังจากผ่านการแปลงเป็นตัวเลขแล้ว ก็จะนำสัญญาณที่ได้ไปทำการเข้ารหัสโดยเปลี่ยนไปเป็นเลขฐานสอง ค่าของระดับตัวเลขจะถูกกำหนดโดยจำนวนบิทของเลขฐาน ทำให้มีระดับค่าของตัวเลขเท่ากับ $2^8 = 256$ ระดับ จึงทำให้แต่ละตัวอย่างที่สุ่มมาได้ถูกเข้ารหัสเป็น Code Group หรือ PCM Word จำนวน 8 บิท และอัตราการแซมปลิ้งที่ใช้จะเป็น 8,000 ตัวอย่าง/วินาที ดังนั้น 1 Pulse Code Modulated Speech Signal จะผลิตสัญญาณจำนวน 8x8,000 = 64 กิโลบิทต่อวินาที

เดลต้ามอดูเลชั่น (Delta Modulation : DM)

ระบบเดลต้ามอดูเลชั่น (DM) เป็นวิธีการหนึ่งของดิจิตอลมอดูเลชั่นมีข้อดีคือ สามารถลดความซ้ำซ้อนของข่าวสารลงได้ โดยใช้อัตราการสุ่มตัวอย่างที่สูงขึ้น การเข้ารหัสจะใช้จำนวนบิตที่น้อยกว่าหลักการ PCM ดังนั้นจึงสามารถลดอัตราการส่งสัญญาณดิจิตอลลงได้ แต่จะมีข้อเสียคือจะมีความผิดพลาดอย่างมากเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงความชันเกินขนาด (Slop overload) ของวงจรอินทิเกรเตอร์ (Integrator) มีความยุ่งยากน้อยกว่าระบบ PCM ในระบบเดลต้ามอดูเลชั่น (DM) จะใช้การสุ่มสัญญาณมาหนึ่งจุดแล้วทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณอินพุทนั้น ข้อมูลที่ได้ก็คือทิศทางการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลซึ่งจะมีเพียงขึ้นหรือลงเท่านั้น ดังนั้นในการเข้ารหัสจะใช้สัญญาณไบนารี่เพียง 1 บิต หลักการของระบบ DM จะมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 2.18

จากรูปที่ 2.18 ระบบ DM จะส่งข้อมูลแบบไบนารี่ออกมาโดยระดับลิจิกของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับสัญญาณอินพุทปัจจุบัน และสัญญาณอินพุทที่ผ่านวงจรฟีดแบคอินทิเกรเตอร์ ซึ่งจะเป็นสัญญาณลาด (Ramp) ที่มีค่าความชันคงที่ สัญญาณที่ถูกส่งออกไปจะประกอบด้วยพัลซ์บวกและพัลซ์ลบต่อเนื่องกันไป โดยถ้าสัญญาณอินพุทมีค่าสูงกว่าสัญญาณอินพุทที่ผ่านวงจรฟีดแบคอินทิเกรเตอร์ก็จะให้สัญญาณที่มีค่าลอจิกสูงออกไป หลังจากนั้นสัญญาณที่ได้จากการเปรียบเทียบนี้ก็จะส่งผ่านไปยังวงจรการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ที่ควบคุมด้วยสัญญาณนาฬิกา ก็จะได้สัญญาณเอาท์พุทที่เกิดจากการมอดูเลทแบบเดลต้าออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงหลักการของระบบเดลต้ามอดูเลชั่น (DM)

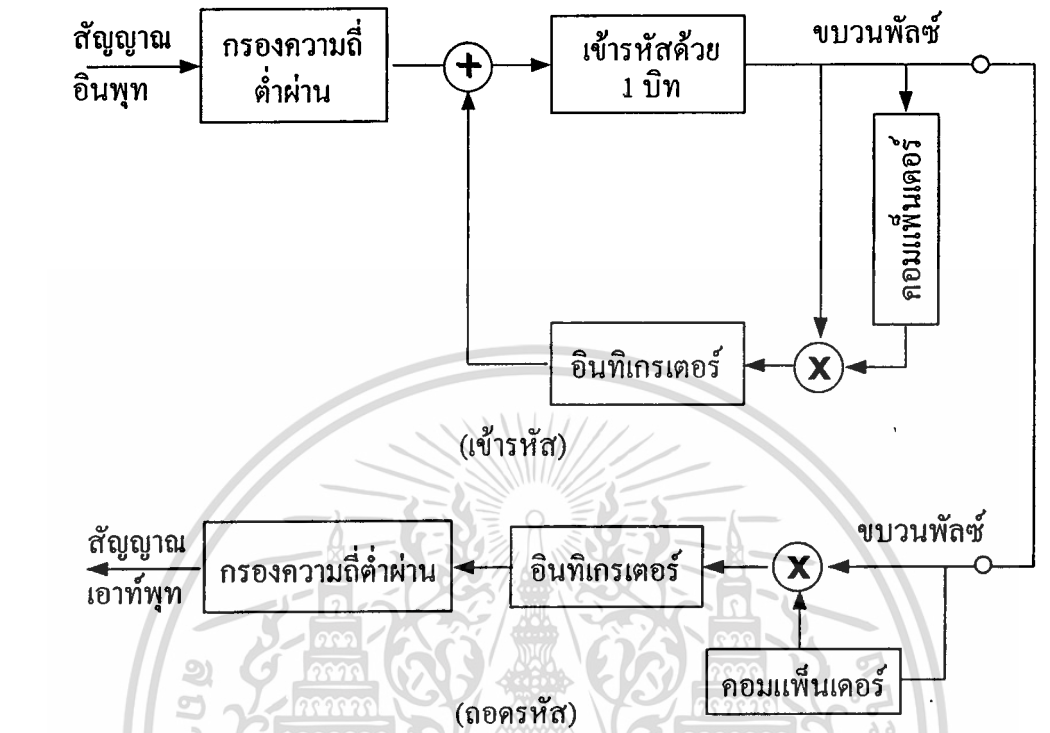
ในการจัดระดับสัญญาณถ้าสัญญาณอินพุทมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณใหญ่มาก หรือมีความถี่ที่สูงมากก็จะเกิดความแตกต่างอย่างมากระหว่างสัญญาณอินพุทเดิม และสัญญาณสัญญาณอินพุทที่ผ่านวงจรฟีดแบคอินทิเกรเตอร์ ก็จะเกิดความผิดพลาดขึ้นที่เรียกว่า เกิดเปลี่ยนแปลงความชันเกินขนาด (Slop overload) ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการลดขนาดของระดับสัญญาณ หรือเพิ่มความถี่ของการสุ่มให้มากขึ้น และถ้าต้องการคุณภาพของสัญญาณที่ดี ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาก็จะต้องมีค่าสูงกว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณอินพุทสองเท่าขึ้นไป ซึ่งเป็นข้อจำกัดของระบบเดลต้ามอดูเลชั่น นอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในระบบซึ่งจะมีค่าไม่คงที่

อะแดปทีปเดลต้ามอดูเลชั่น (Adaptive Delta Modulation : ADM)

เป็นหลักการที่พัฒนาจากหลักการ DM เพื่อแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางความชันเกินขนาด (Slope overload) โดยที่อะแดปทีปเดลต้ามอดูเลชั่น (ADM) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าระบบเดลต้ามอดูเลชั่นแบบเปลี่ยนแปลงความชันต่อเนื่อง (CVSDM : Continuous Variable Slope Delta Modulation) จะสามารถปรับขนาดขั้นของการควอนไทซ์ให้สอดคล้องกับสัญญาณอินพุท เมื่อระดับสัญญาณอินพุทมีขนาดใหญ่วงจรจะปรับขนาดของการควอนไตซ์ลงตามสัญญาณอินพุทที่เข้ามา ถ้าสัญญาณอินพุทมีขนาดเล็กๆก็จะเพิ่มขนาดของการควอนไตท์ให้สูงขึ้น สามารถลดการเปลี่ยนแปลงทางความชันเกินขนาดลงได้ จะทำให้อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนมีค่าค่อนข้างคงที่ เนื่องจากการปรับตัวให้เหมาะสมกับขนาดของสัญญาณอินพุท ข้อดีอีกประการหนึ่งของระบบนี้ก็คือในระบบ ADM นี้จะใช้อัตราเร็วของข้อมูลเพียงครึ่งหนึ่งของระบบ PCM สำหรับคุณภาพของเสียงที่ใกล้เคียงกัน การทำงานของระบบ ADM สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.19 จะเห็นว่าการทำงานของระบบจะขึ้นอยู่กับอัตราขยายของวงจรในส่วนของการป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับ โดยจะมีอัตราขยายเพิ่มขึ้นถ้าสัญญาณอินพุทใหญ่ขึ้น และจะลดอัตราขยายถ้าขนาดของสัญญาณอินพุทลดลง



รูปที่ 2.19 แสดงโครงสร้างของระบบอแดปทีปเดลต้ามอดูเลชั่น (ADM)

รูปที่ 2.20 แสดงหลักการจัดระดับของระบบ ADM

ระบบ ADM จะมีการเพิ่มส่วนควบคุมอัตราการขยาย การควบคุมจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน แบบแรกคือการควบคุมแบบไม่มีการป้อนกลับ (Forward control) จะควบคุมแรงดันโดยการปรับขนาดขั้นของการควอนไตซ์จากสัญญาณอินพุท ในทางด้านรับจะทราบขนาดขั้นการควอนไทซ์จากระดับสัญญาณที่ส่งไปบนแชนแนล ข้อเสียของวิธีการนี้คือจะต้องใช้สัญญาณ 2 บิตส่งออกไป และปัญหาในเรื่องการแบ่งสัญญาณทั้งสองที่ด้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแบบที่สองเรียกว่า การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) จะไม่มีข้อเสียเหมือนแบบแรก จะมีลักษณะคล้ายกับระบบ DM เพียงแต่มีการเพิ่มวงจรปรับอัตราขยาย (Variable Gain Circuit) และส่วนควบคุมขนาดขั้นของการควอนไทซ์ (Step-size Controller) โดยทั่วไปส่วนควบคุมจะควบคุมขนาดความชันของการส่งข่าวสารในด้านส่ง ถ้าสัญญาณพัลส์อินพุทมีความชันมาก ส่วนควบคุมจะควบคุมวงจรปรับอัตราขยายให้มากขึ้น ทำให้ขั้นของการควอนไทซ์มีขนาดความสูงมากขึ้น ถ้ามีความชันน้อยลง จะควบคุมวงจรปรับอัตราขยายให้ขยายน้อยลงหรือไม่ปรับเลย ทางด้านรับจะมีขบวนการสร้างสัญญาณกลับคืนมาใหม่ให้เหมือนกลับสัญญาณเดิม

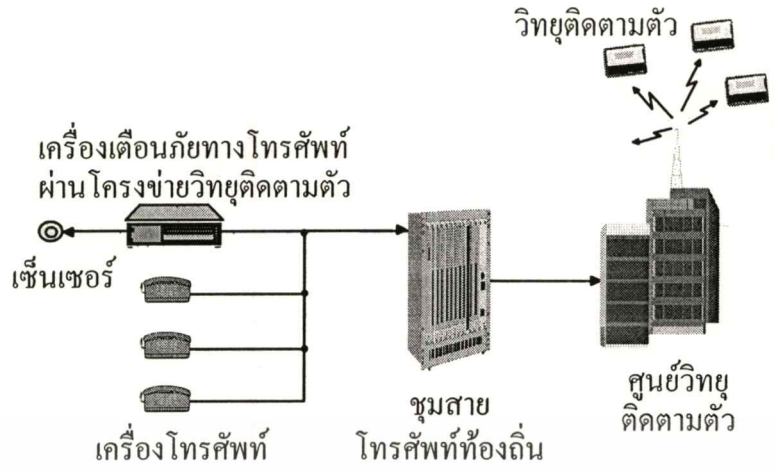
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวจะทำหน้าที่เหมือนกับหน่วยรักษาความปลอดภัย คอยดูแลรักษาและป้องกันความปลอดภัยให้กับที่พักอาศัยของเจ้าของบ้าน โดยจะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่ายโทรศัพท์ และโครงข่ายวิทยุติดตามตัว กล่าวคือเมื่อระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวได้รับสัญญาณเตือนภัยจากอุปกรณ์ตรวจจับสิ่งผิดปรกติ (Sensor) หน่วยควบคุมและประมวลผลก็จะทำการสั่งให้ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวทำการติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวโดยผ่านโครงข่ายโทรศัพท์อย่างอัตโนมัติ เพื่อทำการฝากข้อความหรือรหัสเตือนภัยที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ศูนย์วิทยุติดตามตัวทำการส่งข้อความหรือรหัสไปยังหมายเลขของเครื่องรับวิทยุติดตามตัวของเจ้าของบ้าน แจ้งให้เจ้าของบ้านทราบถึงเหตุการที่ไม่ปกติที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างทันท่วงที โดยในการติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวนั้นจะมีอยู่ 3 วิธีก็คือ วิธีแรกเป็นการฝากข้อความ จะเป็นการติดต่อผ่านโอเปอร์เรเตอร์ ซึ่งจะมีพนักงานทำหน้าที่รับฝากข้อความ วิธีที่สองจะเป็นการฝากหมายเลขติดต่อกลับ จะเป็นการติดต่อผ่านระบบตอบรับอัตโนมัติทำหน้าที่รับฝากหมายเลขติดต่อกลับ ส่วนวิธีที่สามจะเป็นการฝากเสียงไปยังผู้รับ ซึ่งก็จะเป็นการติดต่อผ่านระบบตอบรับอัตโนมัติอีกเหมือนกัน แต่ในระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวจะใช้วิธีติดต่ออยู่ 2 วิธีคือ การฝากข้อความผ่านโอเปอร์เรเตอร์ และการฝากหมายเลขติดต่อกลับผ่านระบบอัตโนมัติ ส่วนวิธีการฝากเสียงนั้นจะไม่ใช้เนื่องจากต้องเสียเวลาในการโทรมาเช็คข้อความอีกครั้งหนึ่ง

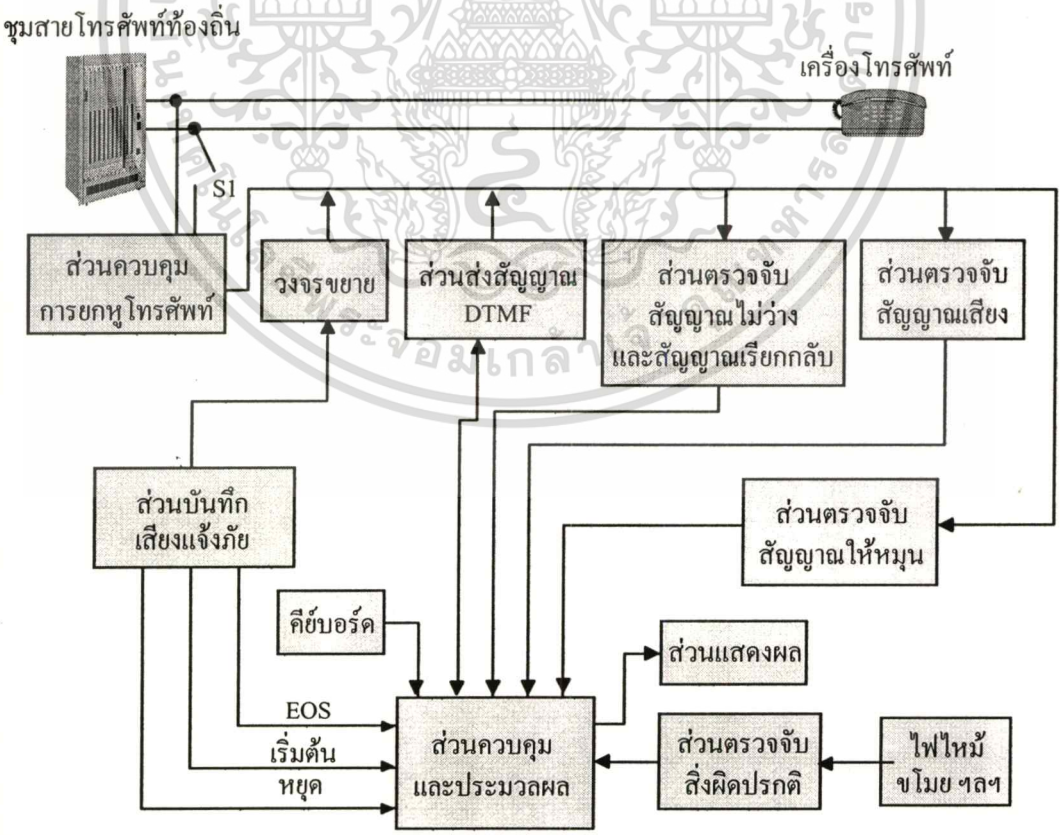
การทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว เมื่อต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 โดยจะนำไปต่อพ่วงกับเครื่องโทรศัพท์ ในขณะที่ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวกำลังทำงานเครื่องโทรศัพท์จะไม่สามารถใช้งานได้จนกว่าระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวจะยกเลิกการทำงาน จึงจะสามารถใช้งานโทรศัพท์ได้ตามปรกติ ในระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวนี้เราสามารถที่จะกำหนดข้อความเตือนภัยที่จะส่งไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัวได้ตามต้องการ โดยการบันทึกเสียงลงในหน่วยความจำ RAM ในวงจรบันทึกเสียง และสามารถเลือกประเภทของวิทยุติดตามตัวได้ตามต้องการ และสามารถกำหนดจำนวนครั้งในการติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวได้ตามต้องการอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว กับชุมสายขององค์การโทรศัพท์ฯ

ลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบภายในของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงบล็อคไดอะแกรมการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 จะสามารถอธิบายลักษณะการทำงานของบล็อคไดอะแกรมแต่ละส่วนได้ดังนี้

ส่วนตรวจจับ (Sensor) จะทำหน้าที่คอยตรวจจับความผิดปรกติที่เกิดขึ้นแล้วส่งสัญญาณแจ้งไปยังส่วนควบคุมและประมวลผลรับทราบ เพื่อดำเนินการต่อไป

ส่วนควบคุมการยกหูโทรศัพท์ จะเป็นส่วนที่ทำการยกหูและวางหูโทรศัพท์ (Hook Switch) จะอาศัยหลักการทำงานของรีเลย์ ทำการตัดต่อกับชุมสายขององค์การโทรศัพท์ ซึ่งจะถูกควบคุมจากหน่วยควบคุมและประมวลผล โดยวงจรในส่วนนี้จะทำงานตลอดเวลาในช่วงของการติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัว

ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน (Detect dial tone) จะเป็นส่วนที่ทำการตรวจจับสัญญาณให้หมุน ซึ่งชุมสายโทรศัพท์จะส่งออกมาแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่าพร้อมที่จะรับหมายเลขที่ต้องการติดต่อได้แล้ว

ส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ (Detect busy & ringback tone) จะทำการตรวจจับสัญญาณไม่ว่างที่ถูกส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์ ในกรณีที่ไม่สามารถติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวได้และตรวจจับสัญญาณเรียกกลับที่ถูกส่งออกมาจากชุมสายโทรศัพท์ ในกรณีที่สามารถติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวได้

ส่วนส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม DTMF (DTMF generator) ในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณความถี่คู่ DTMF หรือสัญญาณหมายเลข เพื่อทำการส่งหมายเลขของศูนย์วิทยุติดตามตัวไปยังชุมสายโทรศัพท์ และส่งหมายเลขเตือนภัยที่ได้กำหนดไว้ไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัว ซึ่งจะทำงานตามรหัสข้อมูลอินพุทแบบไบนารี่ที่ส่งมาจากส่วนควบคุมและประมวล

ส่วนบันทึกข้อความเตือนภัย จะใช้ในการบันทึกข้อความเตือนภัยที่ต้องการจะฝากไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัว โดยข้อความเตือนภัยจะถูกบันทึกอยู่ในหน่วยความจำ เมื่อส่วนควบคุมและประมวลผลสั่งให้ทำการส่งข้อความออกไป สัญญาณจะถูกขยายก่อนที่จะส่งออกไป

ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียง (Sound detector) จะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณเสียงพูดของพนักงานที่ทำหน้าที่รับฝากข้อความ และเสียงตอบรับของระบบตอบรับอัตโนมัติ โดยส่วนตรวจจับเสียงนี้จะทำงานหลังจากตรวจพบสัญญาณเรียกกลับแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนแสดงผล (Display) จะแสดงการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว ให้ผู้ใช้งานได้รับทราบ

ส่วนควบคุมและประมวลผล เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ประมวลผลและสร้างสัญญาณควบคุมไปควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆของวงจรให้มีลำดับการทำงานที่สัมพันธ์กัน เพื่อให้ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยสัญญาณควบคุมที่สร้างขึ้นจะเป็นไปตามรหัสคำสั่งของโปรแกรมการทำงานที่ได้บันทึกไว้ในหน่วยความจำ

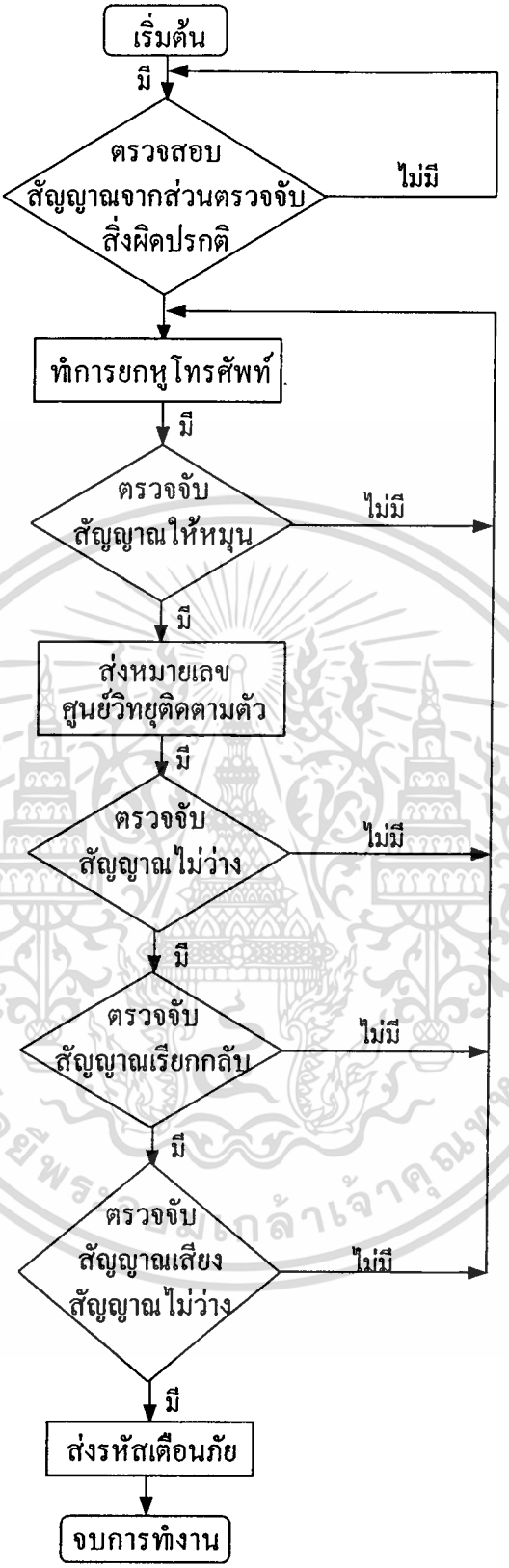
ส่วนคีย์บอร์ด (Keybroad) จะใช้ในการตั้งโปรแกรมการทำงานให้กับระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว ในการเลือกประเภทของวิทยุติดตามตัว

3.1 ลักษณะการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

การทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว จะมีลักษณะการทำงานอยู่สองวิธี ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

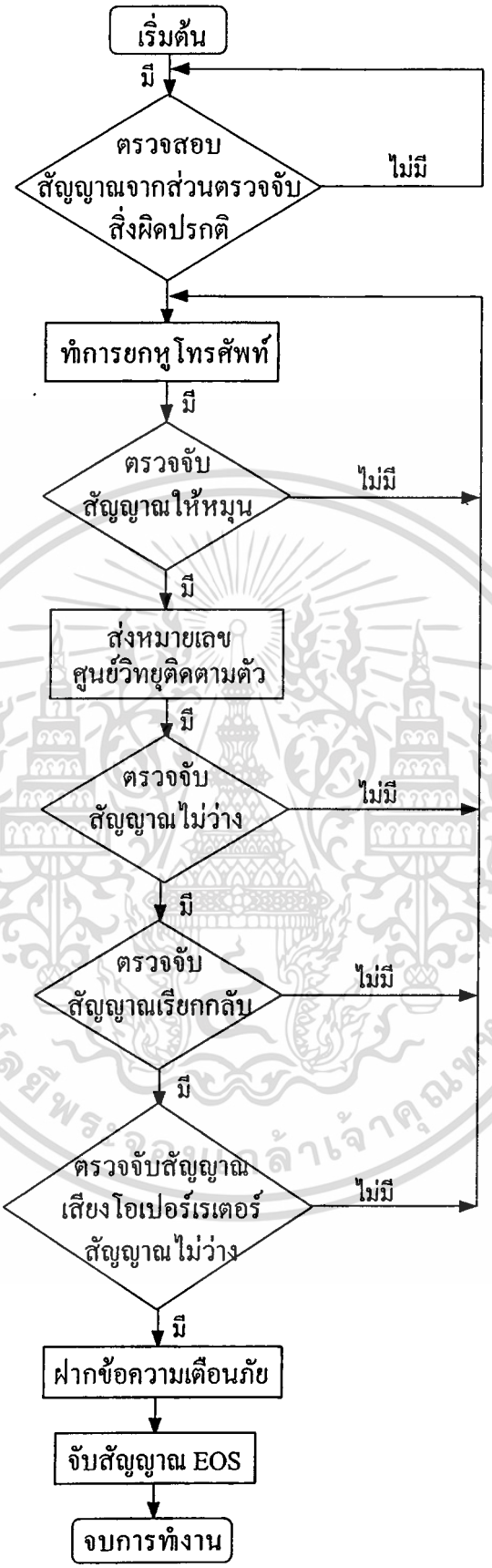
ในการติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวแบบที่มีพนักงานรับฝากข้อความ จะมีการทำงานดังนี้ เมื่อเครื่องได้รับสัญญาณจากส่วนตรวจจับสิ่งผิดปรกติ (Sensor) ส่วนควบคุมและประมวลผลก็จะทำการสร้างสัญญาณควบคุมไปควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ ตามโปรแกรมที่ได้ทำการบันทึกไว้ในหน่วยความจำ โดยเริ่มแรกก็จะทำการส่งสัญญาณควบคุมไปสั่งให้ทำการยกหูโทรศัพท์ หลังจากนั้นก็ทำการตรวจสอบว่ามีสัญญาณให้หมุน (Dial tone) ส่งออกมาจากชุมสายหรือเปล่า ถ้าพบสัญญาณให้หมุนก็จะทำการสั่งให้ส่วนกำเนิดสัญญาณความถี่คู่ (DTMF) ทำการสร้างสัญญาณความถี่คู่ที่เป็นหมายเลขของศูนย์วิทยุติดตามตัวนั้นๆ แล้วส่งออกไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัวผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ จากนั้นก็จะส่งสัญญาณควบคุมไปยังส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง ให้ทำการตรวจสอบสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับที่ส่งออกมาจากชุมสายโทรศัพท์ ถ้าทำการตรวจพบสัญญาณไม่ว่าง ส่วนควบคุมและประมวลผลก็จะสั่งให้ทำการวางหูโทรศัพท์และทำการติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวใหม่ แต่ถ้าพบสัญญาณเรียกกลับ ส่วนควบคุมและประมวลผลก็จะสั่งให้ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียง (Sound detector) ทำการตรวจจับสัญญาณเสียงที่เป็นเสียงตอบรับของพนักงานรับฝากข้อความของศูนย์วิทยุติดตามตัว เมื่อทำการตรวจจับสัญญาณเสียงได้ ส่วนควบคุมก็จะทำการส่งสัญญาณให้ส่วนบันทึกข้อความเตือนภัย ส่งข้อความเตือนภัยที่ได้ทำการบันทึกไว้หลังจากเสร็จสิ้นการฝากข้อความ ส่วนควบคุมจะทำการตรวจจับสัญญาณ EOS ของส่วนบันทึกข้อความเตือนภัย เพื่อยกเลิกการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวในระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวแบบผ่านพนักงานรับฝากข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวผ่านระบบอัตโนมัติ จะมีลักษณะการทำงานคล้ายกับกรณีที่ติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวผ่านพนักงานรับฝากข้อความ แต่จะแตกต่างกันตรงที่เมื่อทำการตรวจจับสัญญาณเสียงตอบรับของระบบอัตโนมัติได้ ก็จะทำการสั่งให้ส่วนกำเนิดสัญญาณความถี่คู่ทำการส่งหมายเลขที่เป็นรหัสเตือนภัยแทน ซึ่งลักษณะการทำงานดังที่กล่าวมาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4

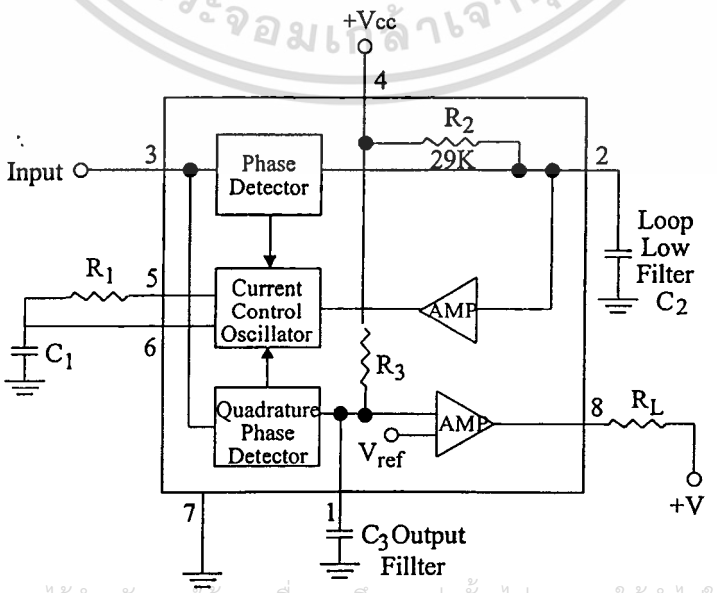
หลังจากที่ทราบวิธีการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวแล้วก็จะทำการออกแบบวงจรการทำงานในแต่ละส่วนขึ้นมา โดยในการออกแบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนตัวเครื่องหรือส่วนฮาร์ดแวร์ (Hard ware) และส่วนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องหรือซอฟท์แวร์ (Soft ware) ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2 การออกแบบระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวในส่วนของตัวเครื่อง

ในส่วนของการออกแบบตัวเครื่องนั้นจะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

3.2.1 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน (Detect dial tone)

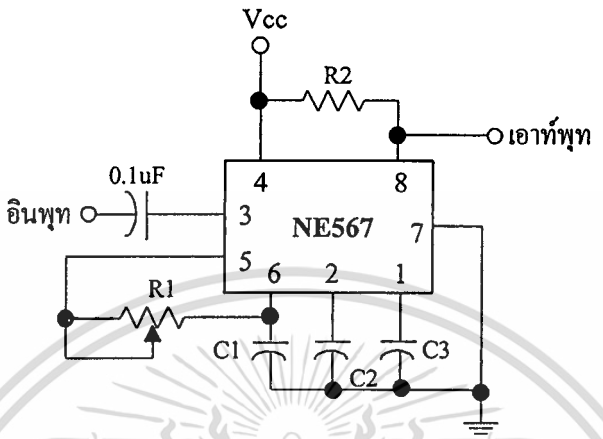
สัญญาณให้หมุนที่ส่งออกมาจากชุมสายขององค์การโทรศัพท์จะเป็นสัญญาณความถี่ 400 Hz ต่อเนื่องกันมา ดังนั้นในการออกแบบจะใช้ไอซีเฟสล็อกลูป (Phase lock loop) เบอร์ NE567 ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณให้หมุน โดยมีโครงสร้างบล็อกไดอะแกรมดังแสดงในรูปที่ 3.5 ความถี่ที่ทำการตรวจจับจะขึ้นอยู่กับขนาดของคาปาซิเตอร์และความต้านทานที่ต่ออยู่ระหว่างขา 6 และขา 5 ของ NE567 ซึ่งจะต้องทำการปรับจูนความถี่ให้อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 400 Hz



รูปที่ 3.5 แสดงบล็อคไดอะแกรมของไอซีเฟสล็อกลูป (Phase lock loop) เบอร์ NE 567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุน ไอซีเฟสล็อกลูป (Phase lock loop) เบอร์ NE 567 จะสามารถตรวจจับสัญญาณให้หมุนได้นั้น เราจำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับวงจรซึ่งประกอบด้วย R_1,C_1,C_2 และ C_3 ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการต่อวงจรของไอซีเฟสล็อกลูป (Phase lock loop) เบอร์ NE 567

โดยค่า R_1 และ C_1 จะต้องมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$f_o = \frac{1}{1.1R_1C_1} \tag{3.1}$$

โดยที่ค่า f_o คือค่าความถี่ของสัญญาณอินพุทซึ่งก็คือสัญญาณให้หมุนที่เราต้องการตรวจจับนั่นเอง ซึ่งจะมีค่าความถี่เท่ากับ 400 Hz

จากคุณสมบัติของไอซีเฟสล็อกลูป NE567 ที่ได้กำหนดให้ค่า R_1 ที่ทำให้วงจรทำงานอย่างมีเสถียรภาพควรมีค่าอยู่ในช่วง 2-20 กิโลโอห์ม เพื่อให้ได้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดีที่สุด ดังนั้นเมื่อเราทราบค่าสัญญาณความถี่อินพุทซึ่งเท่ากับ 400 เฮิรตซ์ และกำหนดค่า C_1 = 0.47 ไมโครฟารัด ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด จากสมการ (3.1) เราสามาหาค่า R_1 ได้ดังนี้

$$R_1 = \frac{1}{1.1 \times 400 \times 0.47 \times 10^{-6}} = 4.84 \text{ กิโลโอห์ม} \tag{3.2}$$

ซึ่งจากค่าความต้านทาน R_1 ที่ได้ เพื่อความสะดวกในการปรับจูนความถี่จะเลือกใช้เป็นความต้านทานแบบปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม เนื่องจากความถี่ของสัญญาณให้หมุนในแต่ละชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์อาจจะมีค่าแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ทำให้เราสามารถปรับแต่งค่า R_1 เพื่อให้วงจรสามารถจับสัญญาณความถี่ที่ต้องการได้

ส่วนค่า C_2 และ C_3 จะทำหน้าที่เป็นตัวกรองความถี่ต่ำของวงจรซึ่งจะสามารถคำนวนได้จากสูตร

$$C_2 = \frac{130}{f_o} \tag{3.3}$$

$$C_3 = \frac{260}{f_o} \tag{3.4}$$

จากสัญญาณความถี่อินพุทที่เป็นสัญญาณให้หมุนมีค่าประมาณ 400 Hz ก็จะสามารถหาค่า C_2 และ C_3 ได้ดังนี้

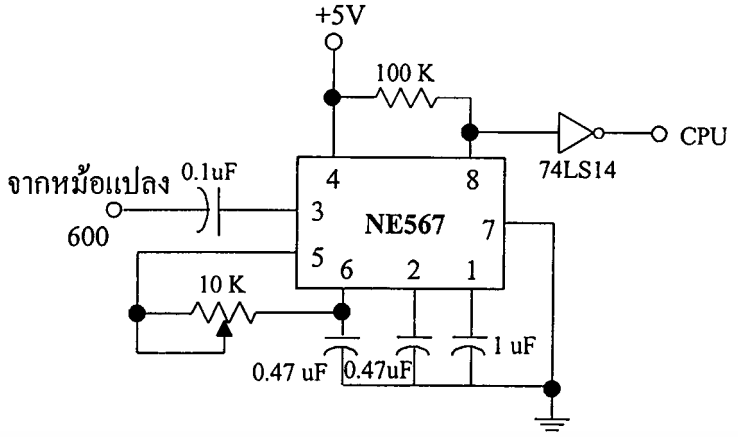
$$C_2 = \frac{130}{f_o} = \frac{130}{400} = 0.325 \text{ ไมโครฟารัด} \tag{3.5}$$

$$C_3 = \frac{260}{f_o} = \frac{260}{400} = 0.650 \text{ ไมโครฟารัด} \tag{3.6}$$

เนื่องจากคาปาซิเตอร์ค่าดังกล่าวไม่มีขายในท้องตลาดจึงเลือกค่า C_2 = 0.47 ไมโครฟารัด และค่า C_3 = 1 ไมโครฟารัด ซึ่งสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด

เมื่อเราคำนวนหาค่าอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องการได้แล้ว ก็นำไปต่อในวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุน โดยนำค่า C_1 มาต่อกับขาที่ 6 ส่วนค่า C_2 ต่อเข้ากับขาที่ 2 และ C_3 ต่อเข้ากับขาที่ 1 ลงกราวด์ หลังจากนั้นนำค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ R_1 มาต่ออนุกรมกับขาที่ 5 และขาที่ 6 ของไอซีเฟสเฟสล็อกลูป NE567 และทำการปรับค่าความต้านทานให้มีค่าประมาณ 4.84 กิโลโอห์ม ดังแสดงในรูปที่ 3.7 โดยวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุนจะมีการทำงานดังนี้ เมื่อมีสัญญาณให้หมุนที่มีความถี่ 400 Hz ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์ผ่านหม้อแปลง 600 โอห์มเข้ามา ถ้าวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุนได้ เอาท์พุทที่ขา 8 ของไอซี NE567 ที่ปรกติจะเป็นลอจิก 1 ก็จะเปลี่ยนเป็นลอจิก 0 ผ่านไปยังไอซีอินเวอร์เตอร์ 74LS04 ซึ่งจะกลับลอจิกเป็น 1 ส่งไปยังส่วนควบคุมและประมวลผล และเอาท์พุทที่ขา 8 จะเปลี่ยนเป็นลอจิก 1 เมื่อสัญญาณให้หมุนหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุน

3.2.2 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณสัญญาณไม่ว่างและเรียกกลับ (Detector busy & ringback tone)

หลังจากที่ส่วนกำเนิดสัญญาณความถี่คู่ผสมทำการกดหมายเลขของศูนย์วิทยุติดตามตัวเพื่อทำการติดต่อแล้ว ก็จะมีสัญญาณควบคุมอยู่สองสัญญาณที่ส่งออกมาจากชุมสายโทรศัพท์ เพื่อแจ้งให้ทราบว่าหมายเลขที่เราต้องการติดต่อด้วยนั้นสามารถติดต่อได้หรือเปล่า ซึ่งสัญญาณนั้นก็คือสัญญาณเรียกกลับ (Ringback tone) และสัญญาณไม่ว่าง (Busy tone) โดยถ้าคู่สายของศูนย์วิทยุติดตามตัวไม่ว่างก็จะส่งสัญญาณไม่ว่างกลับมา เมื่อตรวจพบสัญญาณไม่ว่างระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวนี้จะต้องทำการวางหูและยกหูโทรศัพท์ใหม่เพื่อส่งสัญญาณ DTMF ที่เป็นหมายเลขของศูนย์วิทยุติดตามตัวนั้นอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้สัญญาณไม่ว่างในระบบโทรศัพท์ก็จะสามารถเกิดจาก เมื่อผู้สนทนาทั้ง 2 ฝ่ายเสร็จสิ้นการสนทนาและทำการวางหูฟังลงก็จะทำให้เกิดสัญญาณไม่ว่างขึ้นเหมือนกัน โดยสัญญาณไม่ว่างจะมีความถี่ประมาณ 400 Hz ดังแล้วหยุดทุกๆ 0.5 วินาที แต่ถ้าคู่สายของศูนย์วิทยุติดตามตัวว่างก็จะส่งสัญญาณเรียกกลับมา โดยสัญญาณเรียกกลับจะมีความถี่ประมาณ 400 Hz เหมือนกัน แต่จะมีคาบเวลามากกว่าคือจะดัง 1 วินาที แล้วเงียบ 3 วินาที

การออกแบบวงจรของส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างจะอาศัยการทำงานของไอซีเฟสล็อกลูป (Phase lock loop) เบอร์ NE 567 ซึ่งสามารถปรับจูนความถี่ให้อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 400 Hz ของสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 โดยการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ที่ต่ออยู่ระหว่างขาที่ 5 กับขาที่ 6 ให้มีค่าประมาณ 4.84 กิโลโอห์ม และใช้ไอซีโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบเตอร์ (Monostable multivibrator) แบบทริกซ้ำเบอร์ 74LS123 จำนวน 2 ชุด ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสของสัญญาณที่เข้ามาว่าเป็นสัญญาณเรียกกลับหรือสัญญาณไม่ว่าง โดยอาศัยคาบเวลาที่แตกกันของสัญญาณทั้งสอง เพื่อบอกให้ส่วนประมวลผลทราบ

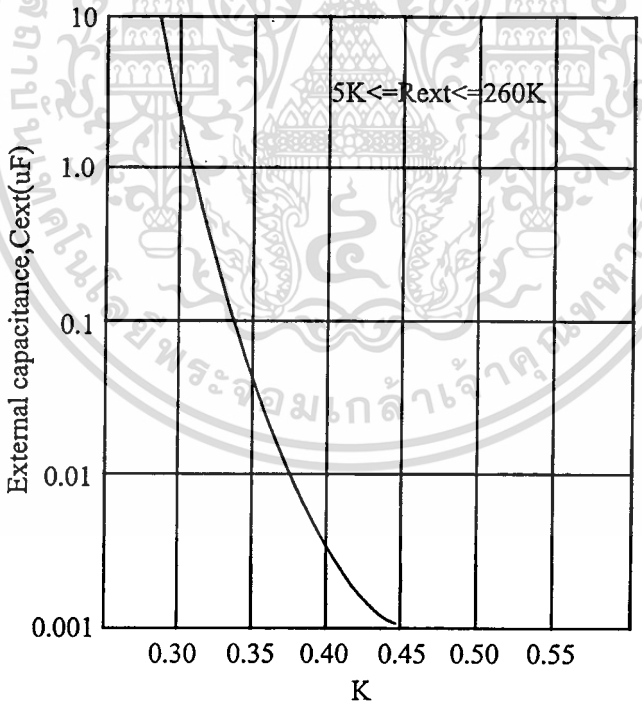
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการที่จะทราบว่าเป็นสัญญาณไม่ว่างหรือสัญญาณเรียกกลับ จะอาศัยคุณสมบัติการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิ้ลแบบทริกซ้ำ โดยหลักการทำงานของไอซีโมโนสเตเบิ้ลแบบทริกซ้ำเบอร์ 74LS123 เมื่อวงจรได้รับการกระตุ้นที่ขาอินพุทหรือเกิดการทริกที่อินพุทแล้วจะทำให้เกิดสัญญาณเอาท์พุทมีสภาวะแรงดันเป็นบวก (5โวลต์) ที่มีคาบเวลาเท่ากับความกว้างของพัลส์ (Pluse width) ในช่วงเวลาคงที่ (Time constant) และถ้าเกิดการทริกหรือการกระตุ้นซ้ำต่อไปในช่วงเวลาที่น้อยกว่าความกว้างของพัลส์ สัญญาณเอาท์พุทก็เกิดซ้ำต่อไปอีก ในช่วงเวลาที่คงที่อยู่ จะทำให้ระดับเอาท์พุทมีค่าเป็นบวกจากจุดที่มีการทริกต่อไปอีกช่วงเวลาคงที่

การหาค่าพัลส์วิดท์สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการ

$$t_w = KR_{ext}C_{ex} \tag{3.7}$$

สำหรับไอซีเบอร์ 74LS123 มีเงื่อนไขสำหรับการหาค่า K ดังนี้คือค่า K =0.45 เมื่อค่า C_{ext} > 1000 pF และในกรณีที่ค่า C_{ext} < 1000 pF จะสามารถหาค่า K ได้จากกราฟในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของค่า K,R_{ext},C_{ext}

จากกราฟเมื่อเราเลือกค่า C_{ext} = 100 ไมโครฟารัด และ R_{ext} = 29 กิโลโอห์ม ค่า K ที่ได้ประมาณ 0.45 ดังนั้น t_w ก็สามารถหาค่าได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

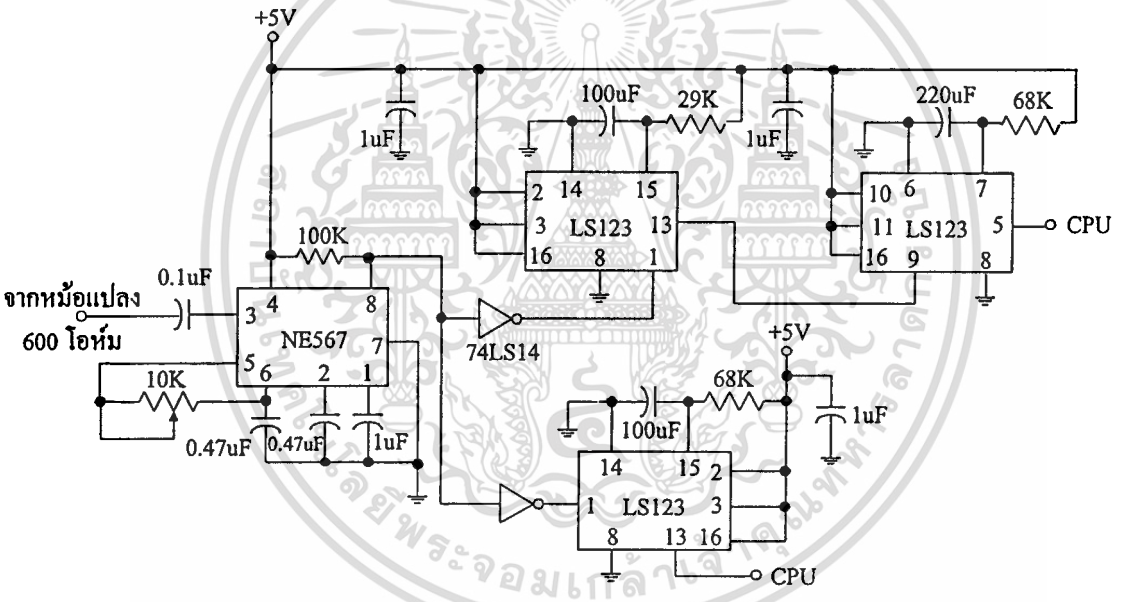
โดยที่ค่า K = 0.45

$$t_w = 0.45 \times 100 \times 10^{-6} \times 29 \times 10^{3} = 1.305 \text{ วินาที} \quad (3.8)$$

ส่วนค่าของไอซี LS123 ตัวที่สองของชุดแรกและชุดที่สองจะต้องมีค่ามากกว่า 2 วินาที โดยเลือก C_{ext} = 220 ไมโครฟารัด และ R_{ext} = 68 กิโลโอห์ม

$$t_w = 0.45 \times 220 \times 10^{-6} \times 68 \times 10^{3} = 6.732 \text{ วินาที} \quad (3.9)$$

ดังนั้นจะได้วงจรสมบูรณ์ของส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรของส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง

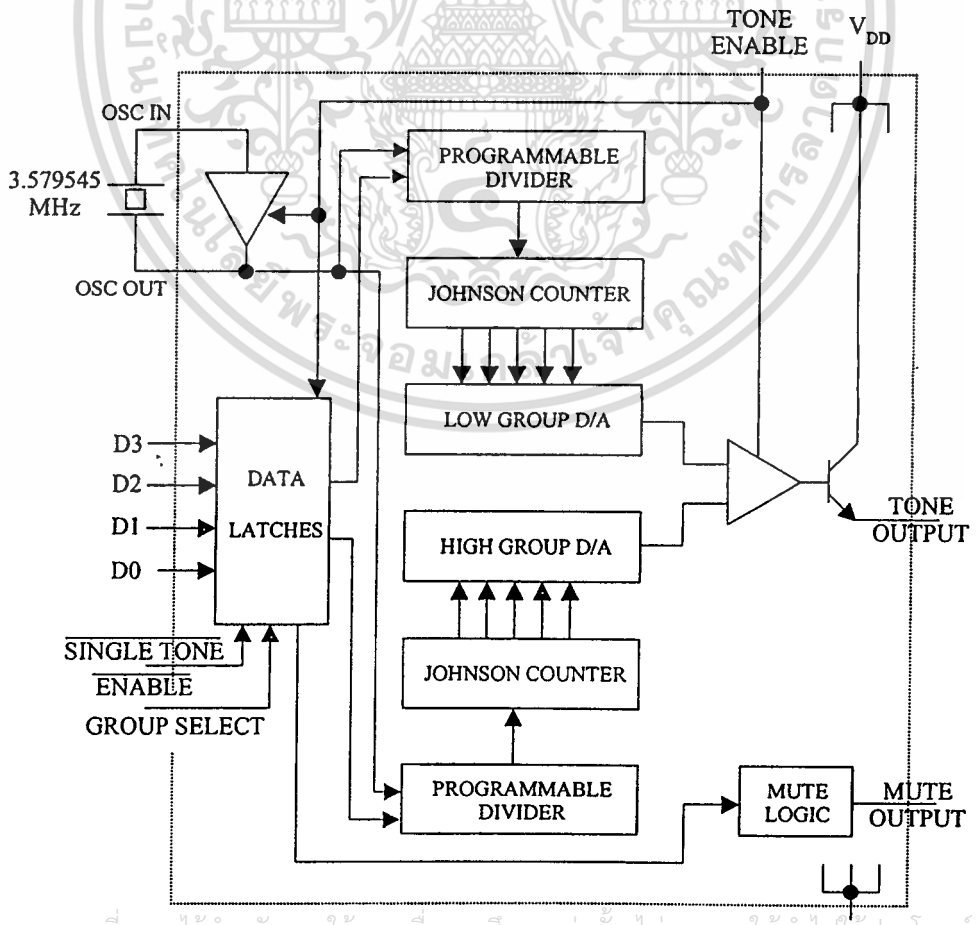
วงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างจะมีการทำงานดังนี้ เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างหรือสัญญาณเรียกกลับที่มีความถี่ประมาณ 400 เฮิรตซ์ เข้ามาที่ขา 3 ของไอซี NE 567 จะทำให้เอาท์พุทที่ขา 8 มีสถานะเป็น 0 โวลต์หรือลอจิก 0 แต่ถ้าเป็นสัญญาณความถี่อื่นที่นอกเหนือจากความถี่ที่ได้ปรับจูนไว้หรือไม่มีสัญญาณใดๆ สถานะลอจิกที่ขา 8 จะเป็นลอจิก 1 เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างเข้ามา สถานะเอาท์พุทที่ขา 8 ของ NE 567 จะมีสถานะเป็นลอจิก 0 เป็นเวลา 0.5 วินาที และ 5 โวลต์หรือลอจิก 1 ประมาณ 0.5 วินาที หลังจากนั้นนำเอาเอาท์พุทของ NE 567 ไปต่อผ่านไอซี 74LS04 ซึ่งเป็นไอซีอินเวอร์เตอร์ ไปยังไอซี 74LS123 ที่ต่อขนานกันอยู่ 2 ชุด โดยชุดแรกจะประกอบด้วยไอซีโมโนสเตเบิ้ล 2 ตัวต่ออนุกรมกันอยู่โดยที่ไอซีตัวแรกจะถูกกำหนดค่าช่วงเวลาคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ด้วย R และ C ให้มีค่ามากกว่า 1 วินาทีเล็กน้อย ทำให้เอาท์พุทของไอซี 74LS123 ตัวแรกเป็นลอจิก 0 เป็นผลให้ไอซีตัวที่สองไม่เกิดการทริกทำให้เอาท์พุทเป็นศูนย์ตลอด แต่ถ้าเป็นสัญญาณเรียกกลับที่มีคาบเวลา 2 วินาทีเข้ามาจะทำให้เกิดการทริกซ้ำที่ไอซี 74LS123 ตัวแรกให้เอาท์พุทเป็น 1 ออกมาทำให้มีสัญญาณไปทริกที่ขา 1 ของไอซีตัวที่ 2 ที่มีค่าช่วงเวลาคงที่มากกว่า 2 วินาทีเป็นผลให้เอาท์พุทเป็น 1 ตลอด ส่วนในชุดที่สองจะประกอบด้วยไอซี 74LS123 ตัวเดียวที่มีคาบเวลามากกว่ากว่า 2 วินาที ไม่ว่าจะมีสัญญาณอะไรเข้ามาก็จะเกิดการทริกซ้ำให้เอาท์พุทออกมาเป็นลอจิก 1 ตลอดเวลา ทำให้เราสามารถเปรียบเทียบได้ว่ามีสัญญาณอะไรเข้ามา สัญญาณที่ออกจากเอาท์พุทของไอซีโมโนสเตเบิลแบบทริกซ้ำทั้งสองชุดจะถูกส่งไปยังส่วนควบคุมและประมวลผลเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงาน

3.2.3 การออกแบบส่วนส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม (DTMF Generator)

ในวงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ TP5088 ทำการส่งสัญญาณความถี่คู่ผสมออกไป ดังจะมีโครงสร้างภายในดังรูปที่ 3.10 ซึ่งเป็นไอซีที่มีราคาถูกและสามารถควบคุมการทำงานได้โดยตรงจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไม่จำเป็นต้องใช้อินพุทที่เป็นคีบอร์ด สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จะขึ้นอยู่กับรหัสสัญญาณไบนารี่ที่เข้ามาทางอินพุทที่ขา D0 - D3 และสภาวะแรงดันของขา Tone enable



รูปที่ 3.10 โครงสร้างภายในของไอซี TP 5088

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการกำเนิดสัญญาณความถี่คู่ ไมโครคอนทรลเลอร์จะทำการส่งสัญญาณควบคุมเข้ามายังขาอินพุท D0-D3 และขา Tone enable โดยในช่วงที่ขา Tone enable อยู่ในสภาวะแรงดันต่ำ วงจรออสซิลเลเตอร์จะไม่ทำงาน และไม่รับข้อมูลอินพุทเข้ามา แต่เมื่อขา Tone enable เปลี่ยนสภาวะจากแรงดันไฟต่ำไปเป็นแรงดันไฟสูง ข้อมูลจะถูกรับเข้ามาทางขา D0-D3 แล้วทำการสร้างสัญญาณความถี่คู่ขึ้นมาตามรหัสข้อมูลอินพุท โดยสร้างจากสัญญาณความถี่คู่มาตราฐานภายในอุปกรณ์ ซึ่งจะมีกลุ่มความถี่ต่ำ และกลุ่มความถี่สูง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 หลังจากนั้นความถี่ทั้งสองที่สร้างมาจะถูกนำมารวมกันที่วงจรมิกซ์เซอร์ แล้วส่งเป็นสัญญาณเอาท์พุทออกไป ซึ่งก็คือหมายเลขต่างๆนั่นเอง สามารถแสดงดังตารางที่ 3.2 สัญญาณเอาท์พุทจะยังคงสภาวะเดิม จนกว่าแรงดันที่ขา Tone enable จะมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของแรงดันจาก 0 โวลต์เป็น 5 โวลต์ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความถี่เอาท์พุทของไอซี TP 5088

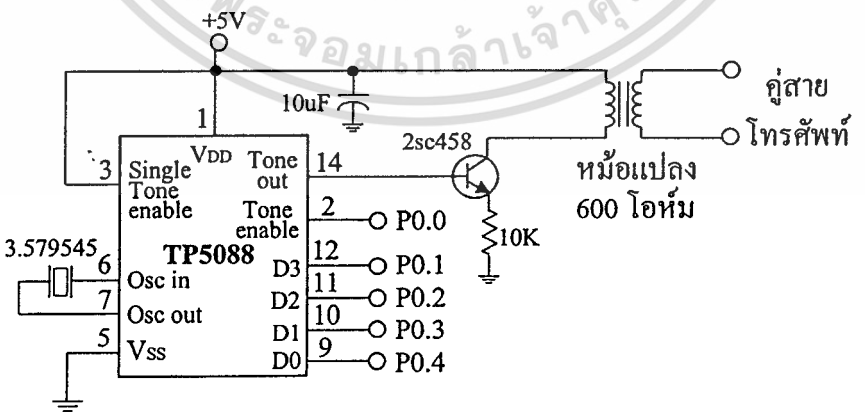
กลุ่มความถี่	ความถี่มาตราฐาน	ความถี่ที่ส่งออกไป	ค่าผิดพลาด (%)
กลุ่มความถี่ต่ำ	697	694.8	-0.32
	770	770.1	+0.02
	852	852.4	+0.03
	941	940.0	-0.11
กลุ่มความถี่สูง	1209	1206.0	-0.24
	1336	1331.7	-0.32
	1477	1486.5	+0.64
	1633	1639.0	+0.37

วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่คู่ผสมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.11 โดยสัญญาณเอาท์พุทจะออกจากขา Tone out ของไอซี โดยจะมีทรานซิสเตอร์และความต้านทานต่อโหลดเอาไว้ ผ่านหม้อแปลง 600 โอห์มที่ทำหน้าที่คลัปปลิ้งสัญญาณความถี่คู่ออกไปทางคู่สายโทรศัพท์ เพื่อส่งออกไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากรหัสของสัญญาณอินพุท

หมายเลข	ข้อมูลอินพุท				Tone enable	ความถี่ที่ส่งออกไป	
	D0	D1	D2	D3		ความถี่สูง	ความถี่ต่ำ
X	X	X	X	X	0	0V	0V
1	0	0	0	1	⎍	1209	697
2	0	0	1	0	⎍	1336	697
3	0	0	1	1	⎍	1477	697
4	0	1	0	0	⎍	1209	770
5	0	1	0	1	⎍	1336	770
6	0	1	1	0	⎍	1477	770
7	0	1	1	1	⎍	1209	852
8	1	0	0	0	⎍	1336	852
9	1	0	0	1	⎍	1477	852
0	1	0	1	0	⎍	1336	941
*	1	0	1	1	⎍	1209	941
#	1	1	0	0	⎍	1477	941
A	1	1	0	1	⎍	1633	697
B	1	1	1	0	⎍	1633	770
C	1	1	1	1	⎍	1633	852
D	0	0	0	0	⎍	1633	941



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่คู่ผสม (DTMF)

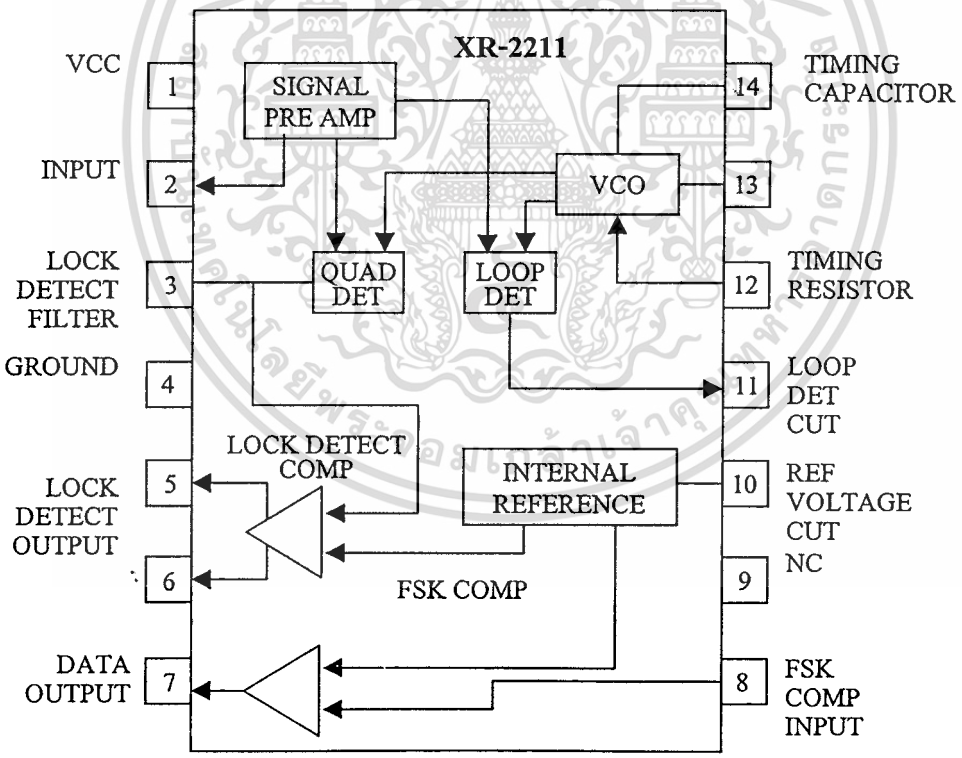
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การออกแบบส่วนตรวจจับสัญญาณเสียง (Sound detector)

เมื่อเราสามารถติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวได้ เราจะต้องทำการตรวจจับเสียงพูดเพื่อที่จะได้นำไปสั่งให้ส่วนควบคุมและประมวลผลทำการสั่งงานให้ระบบทำงานตามโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ โดยวงจรในส่วนนี้จะทำการตรวจจับเสียงทั้งจากการติดต่อผ่านโอเปอร์เรเตอร์ หรือการติดต่อผ่านระบบตอบรับอัตโนมัติ โดยเราจะใช้ไอซีเฟสล็อกลูป XR-2211 ซึ่งจะมีโครงสร้างภายในดังแสดงในรูปที่ 3.12

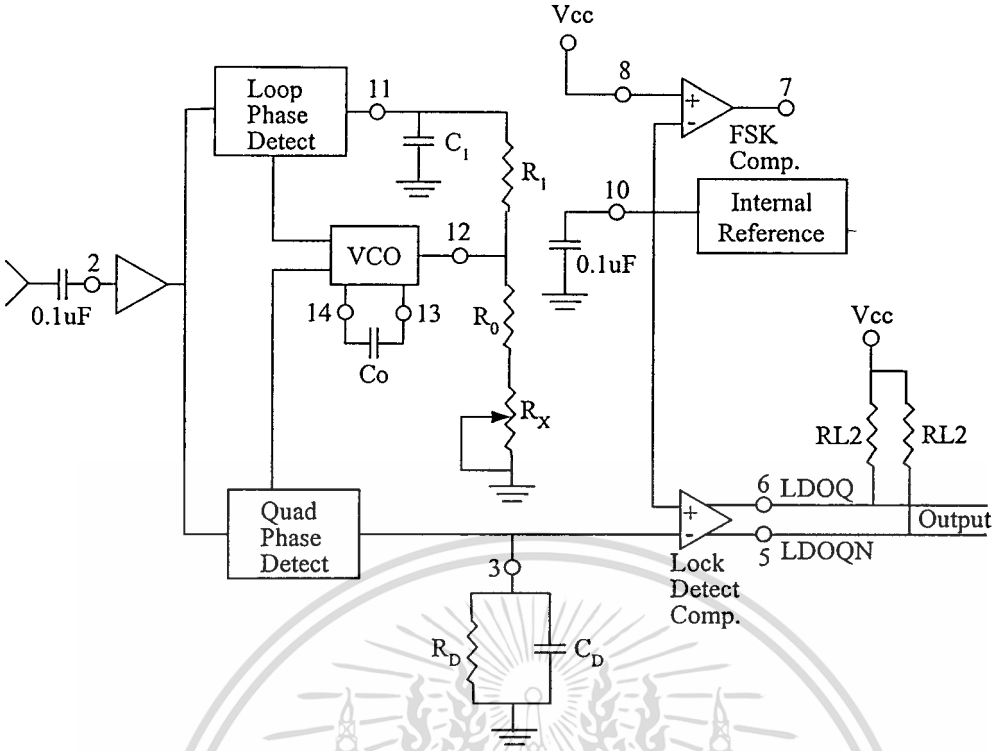
ความถี่เสียงพูดในระบบโทรศัพท์จะมีค่าความถี่อยู่ระหว่าง 300 Hz –3400 Hz ส่วนความถี่ของสัญญาณควบคุมต่างๆ เช่นสัญญาณให้หมุน สัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง จะอยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 400 Hz – 450 Hz ดังนั้นจะกำหนดความถี่ที่ต้องการตรวจจับให้มีค่าอยู่ในช่วง 500 Hz – 3,500 Hz เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงความถี่ของสัญญาณควบคุมในชุมสายโทรศัพท์

วงจรตรวจจับสัญญาณเสียงจะสามารถตรวจจับสัญญาณเสียงได้นั้น เราจำเป็นจะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับวงจร ซึ่งประกอบไปด้วย R_O, R_1 ,C_O ,C_1 และ C_D ดังแสดงในรูปที่ 3.13



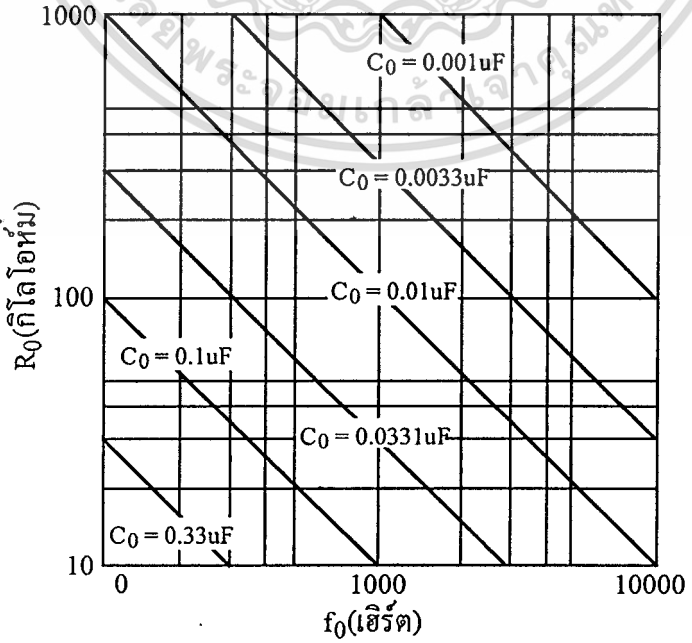
รูปที่ 3.12 แสดงโครงสร้างภายในของไอซีเฟสล็อกลูป XR-2211

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงการต่อใช้งานไอซีเฟสล็อกลูป XR-2211

โดยค่า C_o จะสามารถหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ศูนย์กลางและ Timing capacitor และจะต้องใช้คาปาซิเตอร์แบบ Non-polar ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 200 pF จนถึง 10 uF จากกราฟความสัมพันธ์จะได้ค่า C_o เท่ากับ 0.01 uF



รูปที่ 3.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ศูนย์กลางและ Timing capacitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคำนวนหาค่าความต้านทาน Ro ได้จากสมการ

$$R_o = \frac{1}{C_o f_o} \tag{3.10}$$

แทนค่าลงในสมการที่ 3.10

$$R_o = \frac{1}{0.01 \times 10^{-6} \times 2000} = 50K\Omega \tag{3.11}$$

โดยค่า f_o ก็คือค่าความถี่ศูนย์กลางที่เราต้องการตรวจจับ เราต้องการตรวจจับความถี่ในย่าน 500 Hz – 3,500 Hz เพราะฉะนั้นย่านความถี่ศูนย์กลางที่ต้องการตรวจจับก็จะมีค่าประมาณ 2,000 Hz

ค่า C_o และ R_o จะใช้ในการตั้งค่าตรวจจับความถี่ศูนย์กลาง โดยค่า R_o จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง 10 กิโลโอห์มจนถึง 100 กิโลโอห์ม และในการใช้งานจะต่ออนุกรมอยู่กับความต้านทานแบบปรับค่าได้ R_X เพื่อใช้ในการปรับจูนความถี่ที่ต้องการ

เมื่อได้ค่า R_o มาแล้วก็จะสามารถคำนวนหาค่า R_1 ได้จากสมการ

$$R_1 = \frac{R_o f_o}{\Delta f} \cdot 2 \tag{3.12}$$

แทนค่าในสมการที่ 3.12 จะได้

$$R_1 = \frac{50 \times 10^{3} \times 2000}{1500} \times 2 = 133 \cdot 33K\Omega \tag{3.13}$$

โดยกำหนดค่า Δf เท่ากับ 1,500 Hz ก็จะทำให้สามารถตรวจจับย่านความถี่ที่ต้องการได้ โดยจะได้ค่าความต้านทานประมาณ 67 กิโลโอห์ม แต่จะเลือกใช้ค่าความต้านทาน 68 กิโลโอห์ม แทนเนื่องจากสามารถหาได้ง่ายในท้องตลาด ค่า R_1 จะใช้สำหรับกำหนดช่วงกว้างของความถี่ที่ต้องการตรวจจับ

และสามารถคำนวณหาค่า C_1 ได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_1 = \frac{1250 \cdot Co}{R_1 \delta^2} \tag{3.14}$$

แทนค่าในสมการที่ 3.14 จะได้

$$C_1 = \frac{1250 \times 0.01 \times 10^{-6}}{66.66 \times 0.5^2} \tag{3.15}$$

โดยค่าคงที่ δ มีค่าเท่ากับ 0.5

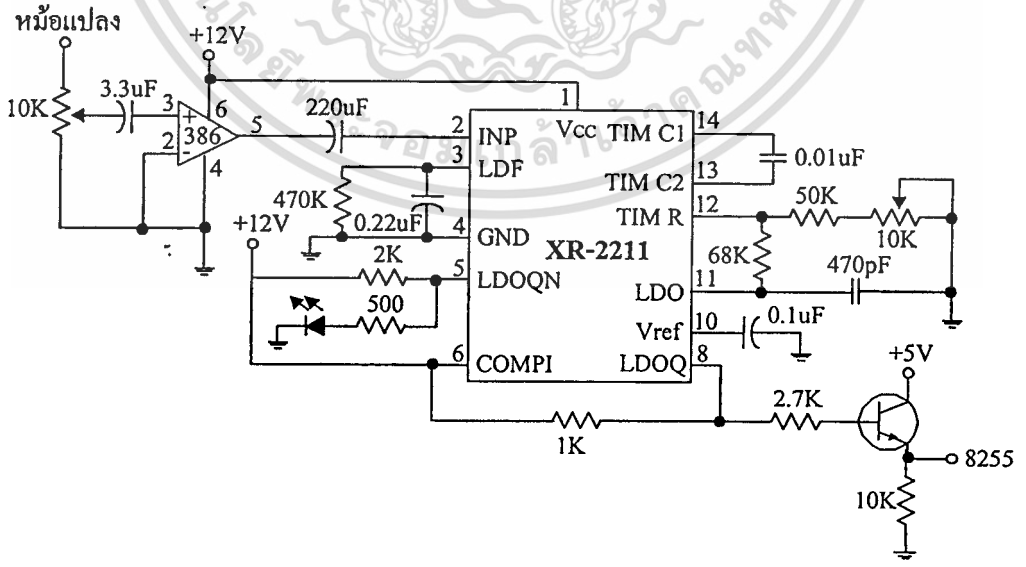
และสามารถคำนวณหาค่า C_D ได้จากสมการ

$$C_D \rangle \frac{16}{\Delta f} \text{หน่วยเป็นไมโครฟารัด} \tag{3.16}$$

แทนค่า Δf เท่ากับ 1,500 Hz จะได้

$$C_D \rangle \frac{16}{1500} = 106\text{pF} \tag{3.17}$$

เมื่อทำการคำนวณหาค่าอุปกรณ์ต่างๆ ได้แล้ว ก็นำเอามาประกอบลงในวงจรก็จะได้วงจรตรวจจับสัญญาณเสียงที่สมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสถานะปรกติที่ไม่มีสัญญาณใดๆเข้ามา เอาท์พุทที่วัดได้จากขา 5 จะเป็นลอจิก 1 หลอด LED ที่ต่ออยู่จะติดไฟขึ้นมา และเอาท์พุทที่ส่งมาจากขา 6 ซึ่งจะวัดได้จากขา E ของทรานซิสเตอร์ 2SC458 จะเป็นลอจิก 0 เมื่อมีสัญญาณเสียงเข้ามาจะผ่านวงขยายสัญญาณ เพื่อขยายสัญญาณให้ใหญ่ขึ้นส่งไปยังขาอินพุทขาที่ 2 ของไอซี เมื่อวงจรตรวจจับสัญญาณเสียงได้ เอาท์พุทที่วัดได้จากขา 5 จะเป็นลอจิก 0 ทำให้หลอด LED จะดับลงจนกระทั่งสัญญาณเสียงหายไป และเอาท์พุทที่วัดได้จากขา E ของทรานซิสเตอร์ 2SC458 จะเป็นลอจิก 1 ส่งไปยังส่วนควบคุมและประมวลผล

3.2.5 การออกแบบส่วนบันทึกข้อความเตือนภัย

ส่วนบันทึกข้อความเตือนภัยจะทำหน้าที่บันทึกเสียงเตือนภัยเอาไว้ เพื่อที่ส่งเสียงเตือนภัยนี้ไปยังพนักงานรับฝากข้อความ ในกรณีที่ทำการติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวโดยผ่านพนักงานรับฝากข้อความ โดยจะใช้ไอซีเบอร์ T6668 ซึ่งเป็นชิพประเภท CMOS LSI ขนาด 60 ขา แบบติดตั้งบนพื้นผิว มีฟังก์ชั่นการมอดูเลชั่นแบบ ADM (Adaptive Delta Modulation) สามารถต่อกับไดนามิคแรมขยายได้สูงสุด 1 เมกกะไบท์ จะใช้คริสตรอล 650 KHz ควบคุมความถี่สัญญาณนาฬิกาในการกำหนดบิตเรตของการอ่านและการบันทึกข้อมูล ทางด้านอินพุทจะสามารถต่อกับไมโครโฟนเข้ากับไอซีได้เลย ทางด้านเอาท์พุทสามารถเพิ่มวงจรขยายสัญญาณเพื่อขยายสัญญาณเอาท์พุทให้มีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดย T6668 จะมีโครงสร้างบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3.16

จากรูปที่ 3.16 จะมีรายละเอียดของส่วนต่างๆดังนี้

- **Address Counter** เป็นเคาน์เตอร์ขนาด 20 บิต ที่สามารถแสดงตำแหน่งในหน่วย ความจำแบบไดนามิคแรม สามารถทำการเขียนหรืออ่านค่าจากแอสเดรสเคาน์เตอร์ได้ภายใต้การควบคุมของ CPU

- **Stop Address Register** เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 20 บิต แสดงตำแหน่งที่ต้องการหยุดบันทึกหรืออ่าน (Recording or Reproducing) สามารถตั้งค่าได้โดยการควบคุมจาก CPU แต่ไม่สามารถอ่านค่าออกมาได้

- **Index Register** เป็นรีจิสเตอร์แสดงตำแหน่งแอดเดรสของ Index Area ที่อยู่ภายในไดนามิคแรม ในการใช้งานแบบ Label Index Mode

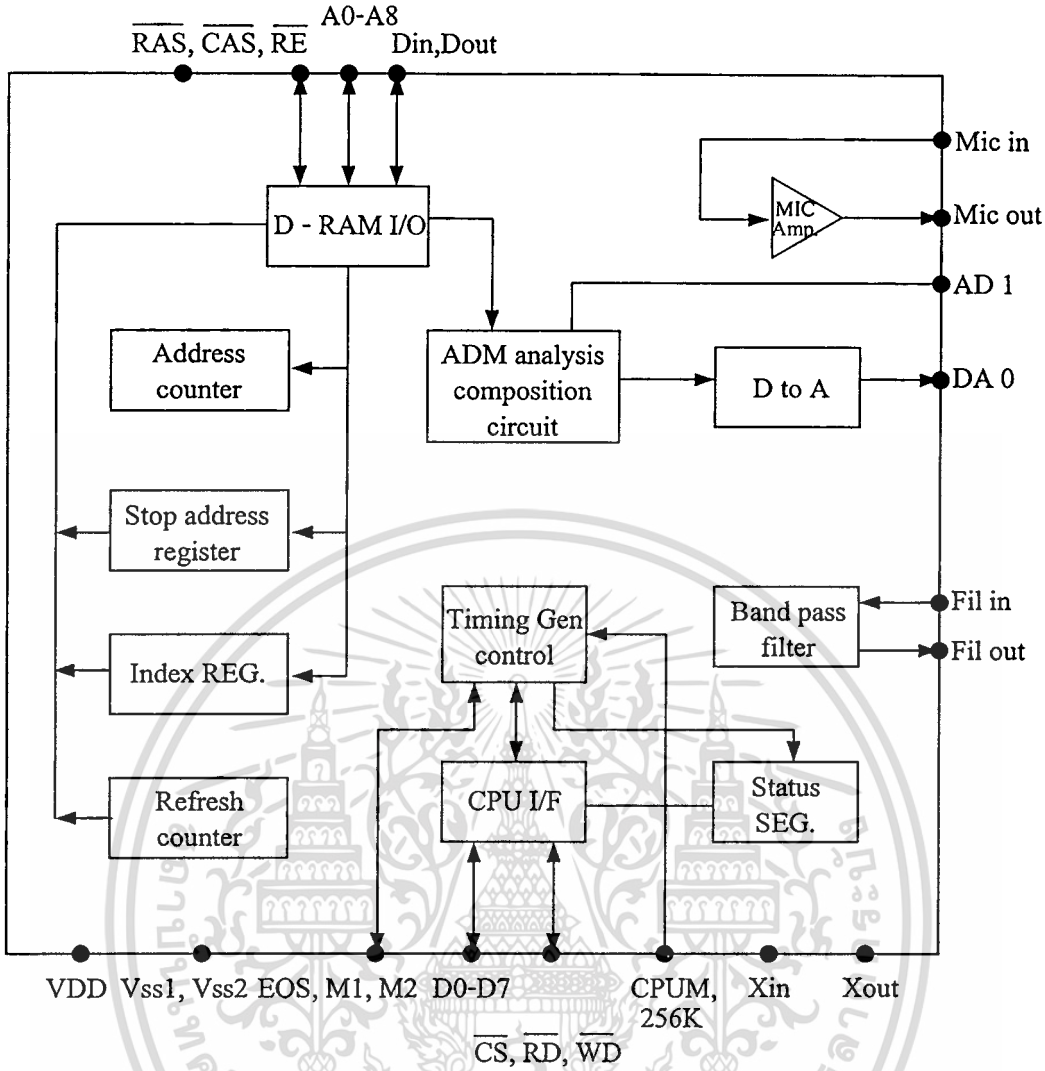
- **Refresh Counter** เป็น 8 บิต เคาน์เตอร์สำหรับรีเฟรชหน่วยความจำภายนอกแบบไดนามิคแรม

- **Status Register** เป็น 8 บิต รีจิสเตอร์แสดงสถานะของ T6668 สามารถอ่านออกมาได้โดยให้ RD เป็น low level

- **CPU I/F** เป็นวงจรอินเตอร์เฟสกับไมโครโปรเซสเซอร์ภายนอก

- **Microphone Amplifier** เป็นวงจรขยายเสียงสำหรับการอัดเอาท์พุทของ MICOUT ปกติจะต่อกับขา AD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 โครงสร้างบล็อกไดอะแกรมของไอซีบันทึกเสียง T6668

- **Band-pass Filter** โดยส่วนแรกจะเป็นวงจรกรองความถี่สูง (High Pass Filter) และ Stage 2 เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำ (Low pass Filter)

ไอซีบันทึกเสียง T6668 จะรับสัญญาณอินพุทเสียงพูดเข้ามาจากนั้นจะทำการขยาย แล้วเปลี่ยนสัญญาณเสียงที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้หลักการพัลส์มอดูเลเตอร์แบบ ADM แล้วนำข้อมูลเสียงไปเก็บไว้ที่หน่วยความจำชนิดไดนามิคแรม โดยไอซี T6668 จะเลื่อนแอดเดรสที่นำไปเก็บเองโดยอัตโนมัติ เมื่อจะนำเสียงพูดมาใช้งานก็จะทำการแปลงจากสัญญาณดิจิตอลมาเป็นสัญญาณเสียงอนาล็อกเช่นเดิม โดยใช้หลักการถอดรหัสแบบ ADM ใช้อัตรา 10 บิต การบักทึกเสียงลงยังหน่วยความจำสามารถเลือกอัตราบิตเรทได้ถึง 4 ค่า โดยเลือกจากขาสัญญาณ D6 และ D7 ของ T6668 ซึ่งก็คือขา 34 และ 35 ซึ่งรายละเอียดการกำหนดบิตเรตแสดงดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงการกำหนดอัตราบิตเรตของ T6668

บิตเรต	D7 (ขา 35)	D6 (ขา 34)
8 กิโลบิตต่อวินาที	0	0
11 กิโลบิตต่อวินาที	0	1
16 กิโลบิตต่อวินาที	1	0
32 กิโลบิตต่อวินาที	1	1

จากตารางที่ 3

-ถ้าให้ขาสัญญาณ D6, D7 มีค่าลอจิกเป็น 0,0 ตามลำดับ จะทำให้อัตราความเร็วของการแปลงข้อมูลเป็น 8 Kbps จะสามารถอัดเสียงหรือเล่นได้นาน 128 วินาที

- ถ้าให้ขาสัญญาณ D6, D7 มีค่าลอจิกเป็น 0,1 ตามลำดับ จะทำให้อัตราความเร็วของการแปลงข้อมูลเป็น 11 Kbps จะสามารถอัดเสียงหรือเล่นได้นาน 93 วินาที

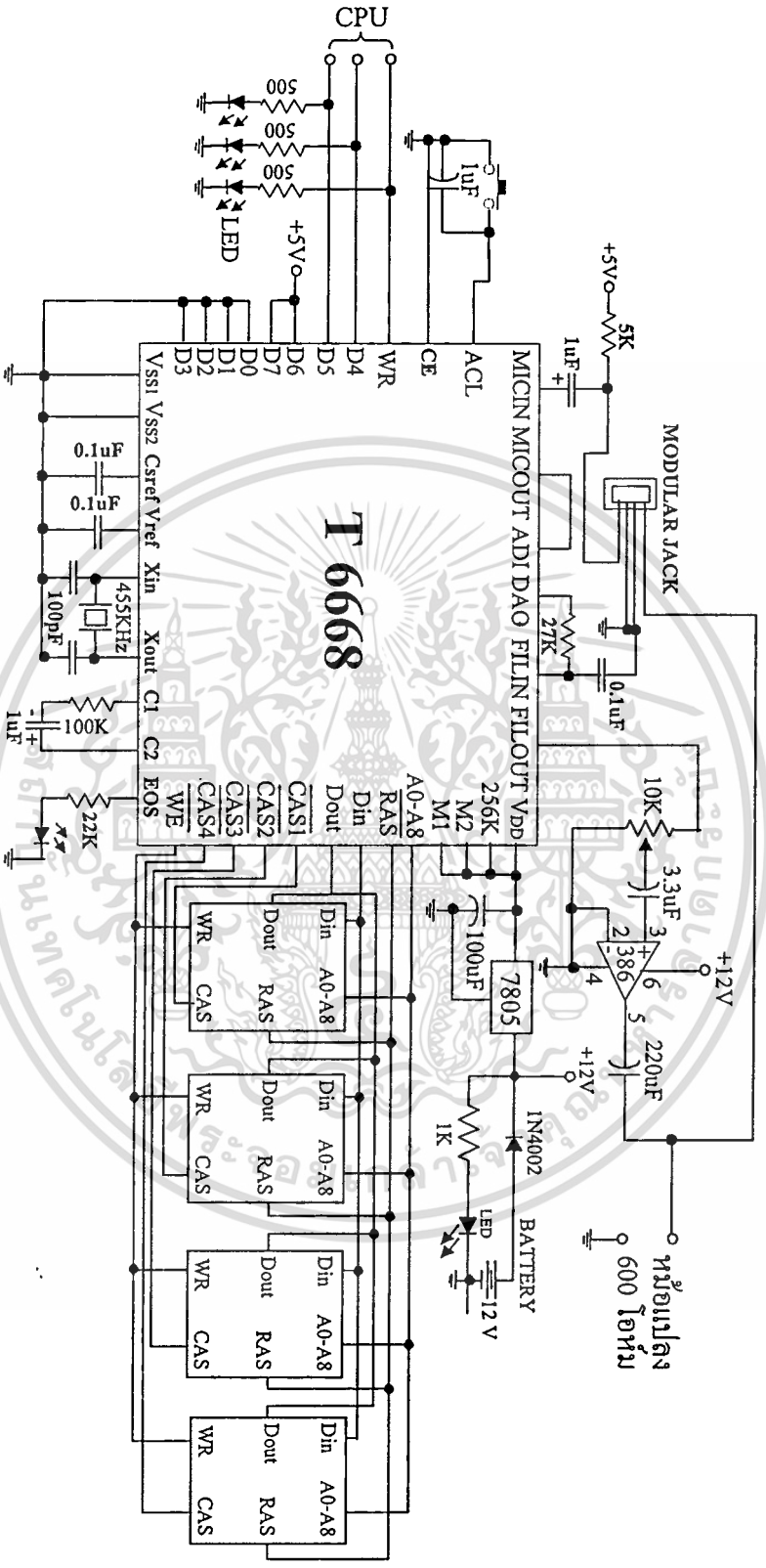
- ถ้าให้ขาสัญญาณ D6, D7 มีค่าลอจิกเป็น 1,0 ตามลำดับ จะทำให้อัตราความเร็วของการแปลงข้อมูลเป็น 16 Kbps จะสามารถอัดเสียงหรือเล่นได้นาน 64 วินาที

- ถ้าให้ขาสัญญาณ D6, D7 มีค่าลอจิกเป็น 0,0 ตามลำดับ จะทำให้อัตราความเร็วของการแปลงข้อมูลเป็น 32 Kbps จะสามารถอัดเสียงหรือเล่นได้นาน 32 วินาที

เมื่อเราอัดด้วยความเร็วใดความเร็วหนึ่งเสร็จแล้ว เราสามารถที่นำกลับมาเล่นในความเร็วอื่นได้อีก ทำให้สามารถลดหรือเร่งความเร็วของเสียงได้ แต่ถ้าเราต้องการอัดเสียงให้มีคุณภาพที่ดี ก็ควรที่จะใช้ความเร็วในการอัดเสียงสูงๆ ในระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวนี้จะใช้ความเร็วในการอัดที่ 32 Kbps ทำให้อัดหรือเล่นได้นาน 32 วินาที ซึ่งเพียงพอต่อการส่งข้อความเตือนภัย และใช้ไอซีขยายสัญญาณเสียงเบอร์ LM386 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงที่ออกจาก T6668 ก่อนที่จะส่งออกไปยังคู่สายโทรศัพท์โดยมีความต้านทานปรับค่าขนาด 10 กิโลโอห์ม เป็นตัวปรับระดับการขยายให้เหมาะสมกับการใช้งาน รายละเอียดของวงจรส่วนบันทึกข้อความเตือนภัยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.17

T6668 สามารถเลือกหน่วยความจำได้ 2 ขนาด คือ 64K DRAM กับ 256K DRAM โดยการเลือกที่ขา 45 (256K) เมื่อเราต่อไดนามิดแรม 256K เข้ากับไอซี T6668 เราต้องต่อขา 45 กับไฟบวก และเมื่อเราต้องการต่อไดนามิดแรมขนาด 64K ต้องต่อขา 45 ลงกราวด์ และในการต่อหน่วยความจำให้กับไอซี T6668 เราจะต้องกำหนดให้ไอซี T6668 ทราบด้วยว่าเราใช้หน่วยความจำแบบไหนต่อเข้าไปโดยการกำหนดจากขา M1(ขา 6) และM2 (ขา 7) ดังแสดงในตารางที่ 3.4 เราจึงสามารถกำหนดขนาดหน่วยความจำได้ตามต้องการ เพื่อให้เหมาะสมในการใช้งาน ซึ่งจะเป็นการประหยัดหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงรายละเอียดของวงจรบันทึกข้อความเตือนภัย

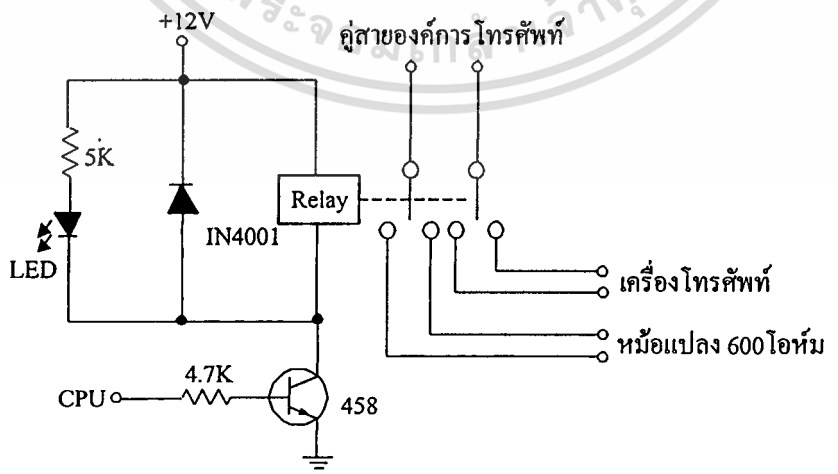
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงการกำหนดชนิดและจำนวนของแรมที่ใช้

ชนิดและจำนวน	256 (ขา 45)	M2	M1	แอดเดรสที่หยุด
64K*1	0	0	0	0FFFFH
64K*2	0	0	1	1FFFFH
64K*3	0	1	0	2FFFFH
64K*4	0	1	1	3FFFFH
256K*1	1	0	0	3FFFFH
256K*2	1	0	1	7FFFFH
256K*3	1	1	0	BFFFFH
256K*4	1	1	1	FFFFFH

3.2.6 การออกแบบส่วนควบคุมการยกหูและวางหูโทรศัพท์

ในการควบคุมการยกหูและวางหูโทรศัพท์ จะอาศัยหลักการทำงานของรีเลย์แบบ DPDT (Double Pole Double Throw) รีเลย์เป็นสวิทช์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ใช้สนามแม่เหล็กเป็นตัวเปิด/ปิดวงจร เพื่อทำการเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ผ่านรีเลย์ไปยังหม้อแปลงที่มีขนาดอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม มีอัตราส่วน 1:1 เมื่อหน้าสัมผัสของรีเลย์ปิด คู่สายโทรศัพท์ก็จะมีการเชื่อมต่อกับหม้อแปลง 600 โอห์ม ก็จะเกิดการครบวงจร ซึ่งเป็นการยกหูโทรศัพท์ ทางชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่นจะทราบได้ว่ามีการยกหูก็จะส่งสัญญาณให้หมุนออกมา แต่เมื่อหน้าสัมผัสของรีเลย์เปิดไม่มีการเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์ก็จะเป็นการวางหูโทรศัพท์ วงจรของส่วนควบคุมการยกหูโทรศัพท์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.18

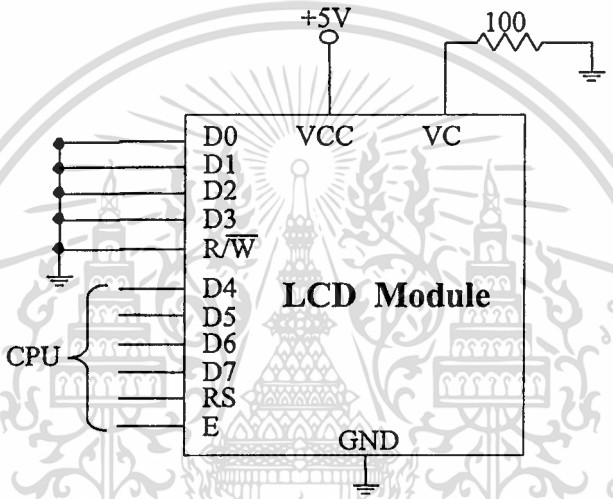


รูปที่ 3.18 แสดงวงจรควบคุมการยกหูและวางหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.27 การออกแบบส่วนแสดงผล (Display)

ภาคนี้จะใช้จอ LCD (Liquid Crystal Display) โมดูลเป็นตัวแสดงผลการทำงานและสภาวะต่างๆของเครื่อง เนื่องจากจอ LCD นั้นจะกินกระแสน้อยมาก และมีน้ำหนักเบา รวมทั้งสามารถทำงานที่ระดับไฟเลี้ยง 5 V โดยแสดงผลเป็นแบบ dot matrix ขนาด 5 x 7 จุด จำนวน 16 x 4 ตัวอักษร ซึ่งจะทำการรับข้อมูลจากหน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU ผ่านทางสายสัญญาณข้อมูลแบบขนาน สามารถทำงานได้สองรูปแบบการทำงานคือ แบบ 8 บิท และแบบ 4 บิทโดยควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูลที่ขา RS และขา E ส่วนที่ขา VC จะมีตัวต้านทาน 100 โอห์ม ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแรงดันจากไฟ Vcc ไปไบอัสให้กับจอ LCD นอกจากนั้นยังเป็นการปรับความเข้มของจอด้วย



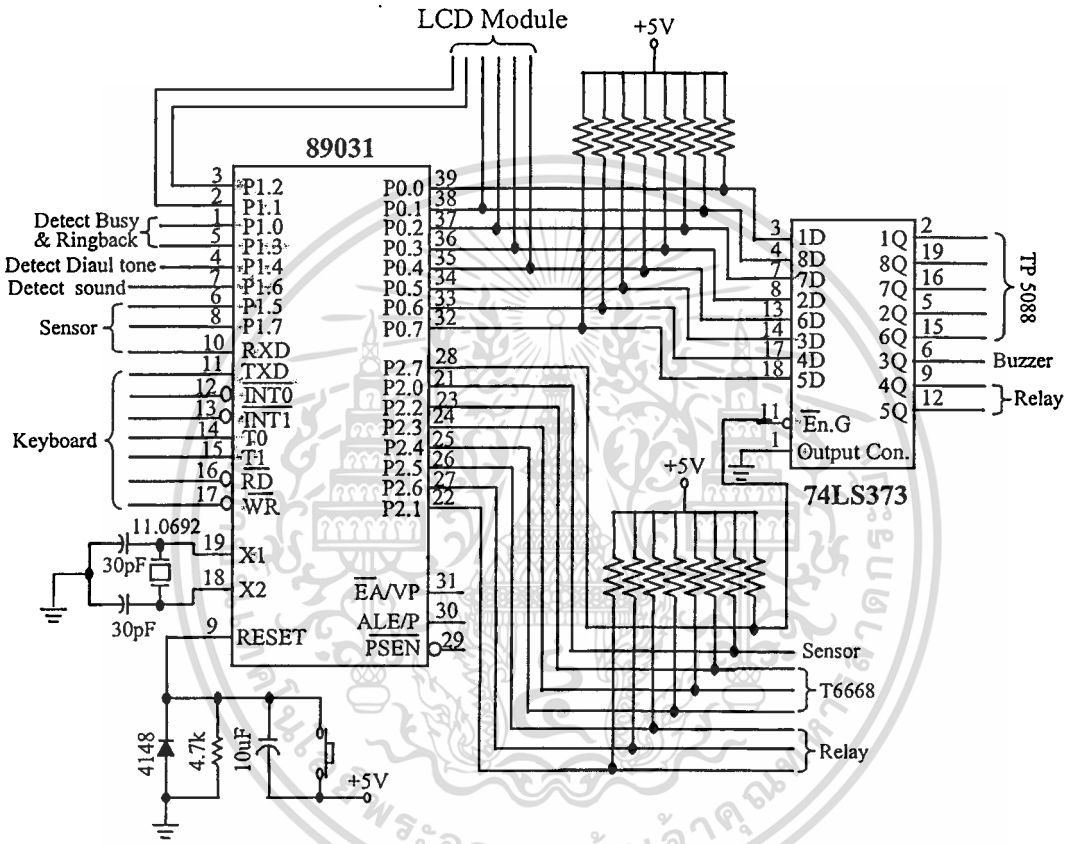
รูปที่ 3.19 แสดงการต่อใช้งานจอ LCD โมดูล

จอ LCD โมดูลจะต่อเข้ากับไมโครคอลโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะคือ แบบ MEMORY MAP และแบบ I/O Port โดยแบบ MEMORY MAP นั้น CPU จะมองเห็น LCD เป็นอุปกรณ์รอบข้างตัวหนึ่งที่สามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลลงไปได้ ทำให้ต้องเสียพื้นที่ที่สามารถทำเป็นหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง ส่วนแบบ I/O Port จะต่อผ่านอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุทเช่น CPU ทำให้ในการต่อแบบที่สองนี้สามารถเขียนข้อมูลให้ LCD module ได้อย่างเดียวไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับมาได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบไมโครคอลโทรลเลอร์เอง เพื่อรอให้ LCD module กระทำขบวนการต่างๆภายในให้เสร็จสิ้นก่อน ในการต่อทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีข้อเสียต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 การออกส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลางจะใช้ไอซีไมโครคอลโทรลเลอร์เบอร์ 89C52 ในการควบคุมการทำงาน ส่วนไอซีหน่วยประมวลผลกลางนี้จะทำงานร่วมกับไอซี 74LS373 ที่ทำหน้าส่งผ่านข้อมูล หน้าที่หลักอีกอย่างหนึ่งของหน่วยประมวลผลกลางนี้คือทำการตรวจสอบสัญญาณ และควบคุมการสร้างสัญญาณที่จำเป็นในระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวเช่น ดอยตรวจสองสัญญาณให้หมุน สัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณไม่ว่าง เป็นต้น



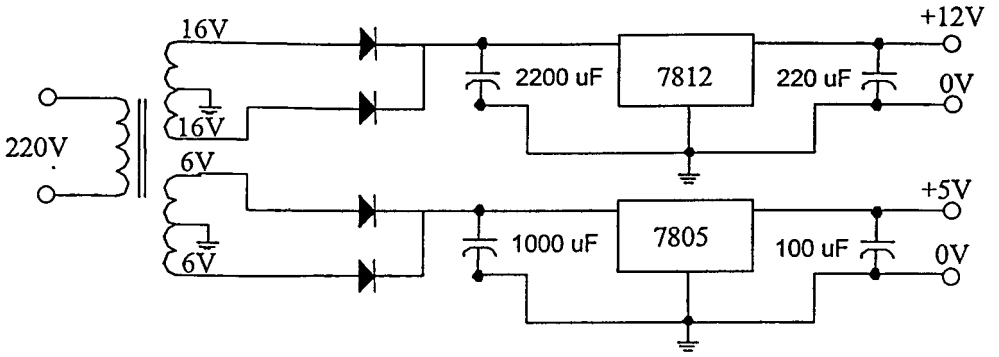
รูปที่ 3.20 แสดงวงจรของหน่วยควบคุมและประมวลผลกลาง

ส่วนความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้งานในวงจรนี้จะใช้คริสตอลออสซิเลเตอร์ขนาด 11.0592 MHz ที่ต่ออยู่กับขา 18 และ 19 ของ CPU ซึ่งภายในชิฟจะมีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ (on chip oscillator) สามารถใช้เป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับ CPU ได้ โดยต้องทำการต่อตัวเก็บประจุ 33 pF ลงกราวด์เพื่อกรองความถี่ด้วย

3.2.9 การออกแบบแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่จ่ายไฟกระแสตรงให้กับส่วนต่างๆซึ่งจะมีสองค่าคือ 12 โวลต์ และ5 โวลต์ โดยใช้วงจรไดโอดเรกติไฟร์เออร์แบบเต็มคลื่นและฟิลเตอร์โดยใช้คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ให้ได้ไฟกระแสตรง 12 โวลต์ และ5 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



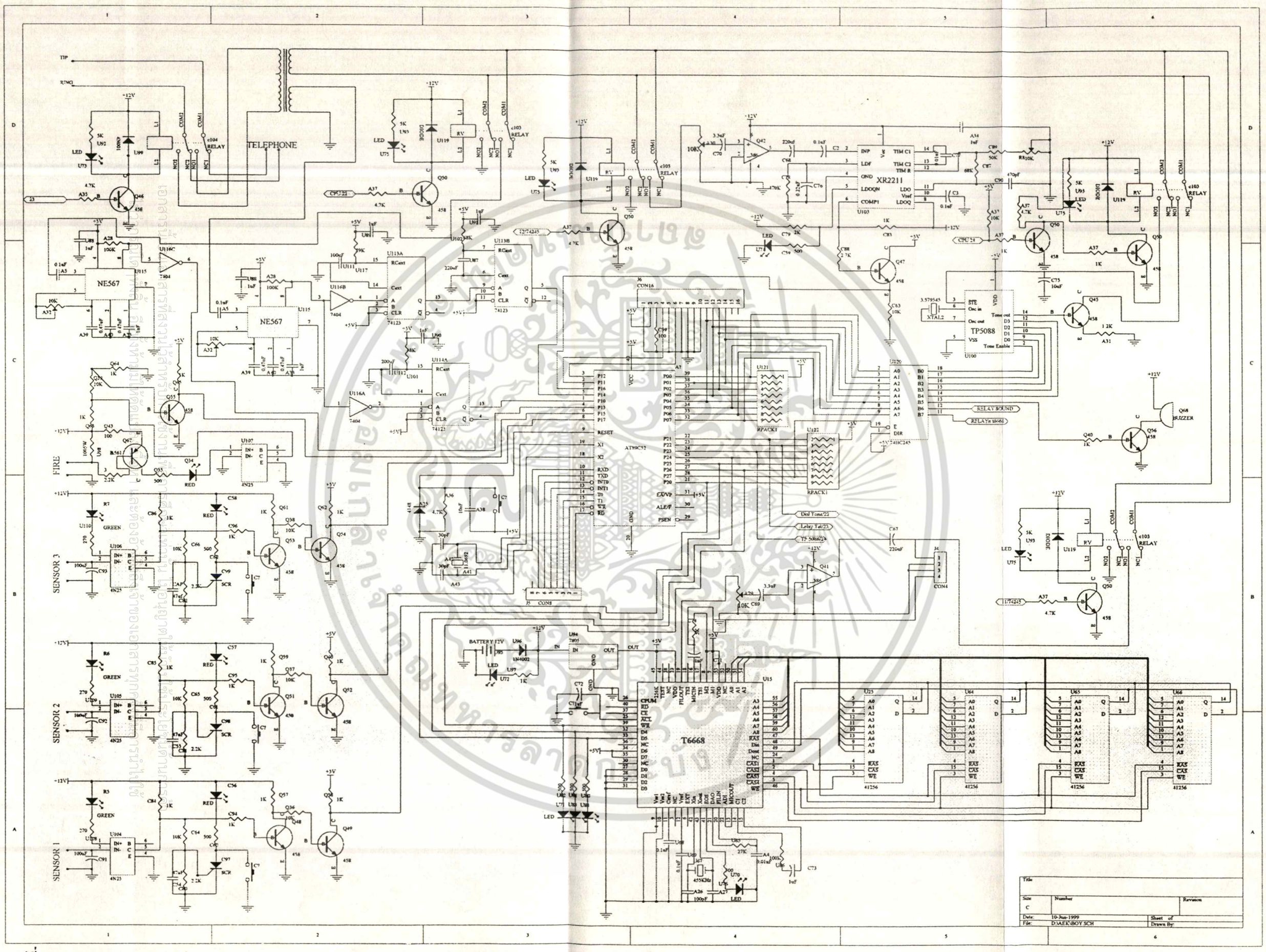
รูปที่ 3.21 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ

เมื่อทำการออกแบบส่วนต่างๆแล้วนำแต่ละส่วนมาประกอบรวมกันจะได้วงจรสมบรูณ์ของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวดังแสดงในรูปที่ 3.22 โดยจะมีลายวงจรพิมพ์ดังแสดงในรูปที่ 3.23

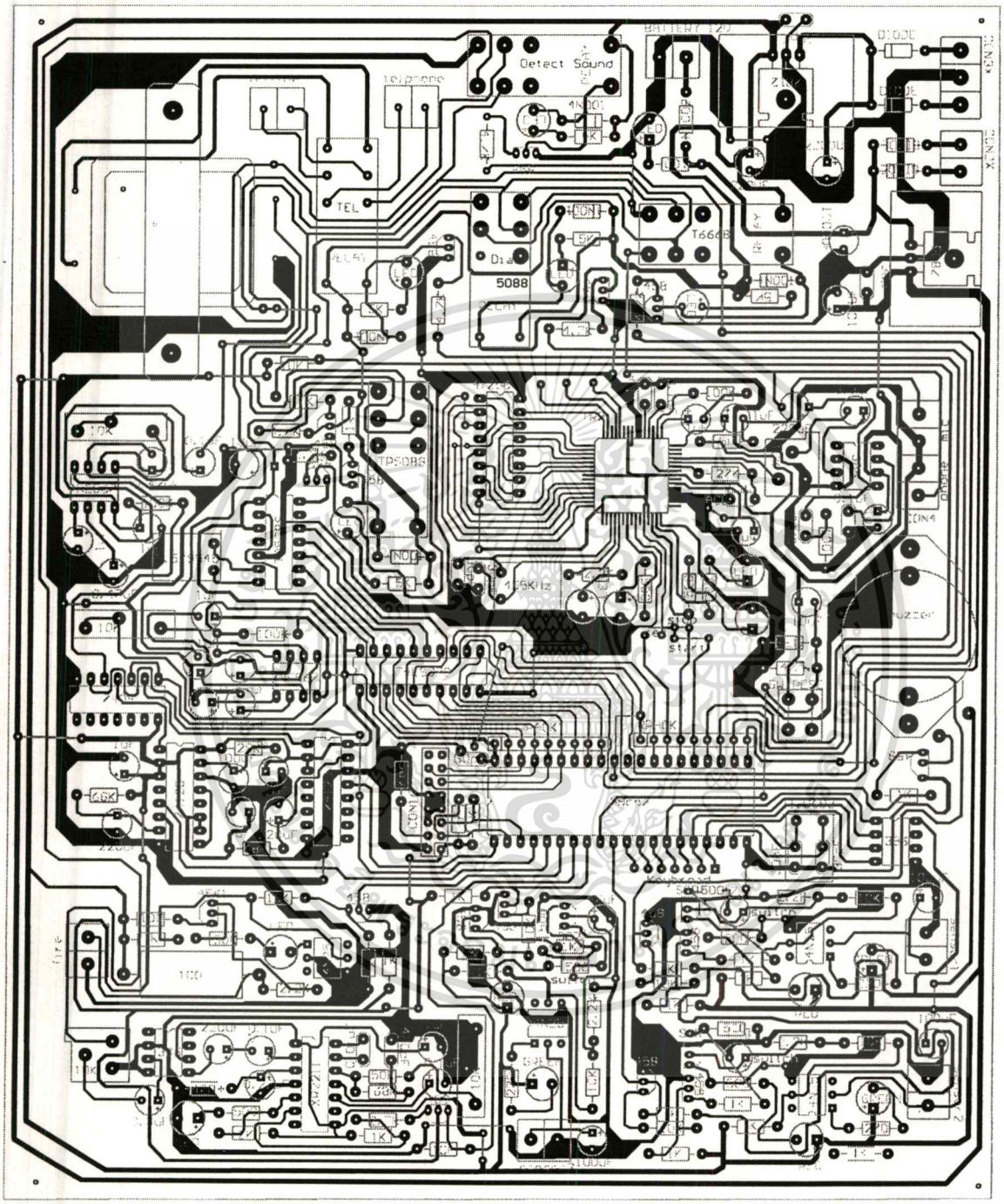
3.2 การออกแบบโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของระบบหรือซอฟท์แวร์

จะใช้ภาษาแอสแซมบลี้ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน โดยโปรแกรมจะแยกเป็นโปรแกรมส่วนย่อยๆ เรียกว่า "ซับรูทีน (Subroutine)" จะประกอบด้วยโปรแกรมย่อยของส่วนต่างๆ ส่วนโปรแกรมหลักจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานส่วนต่างๆทั้งหมดของเครื่อง มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3.24 และตัวอย่างของโปรแกรมจะแสดงอยู่ในภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

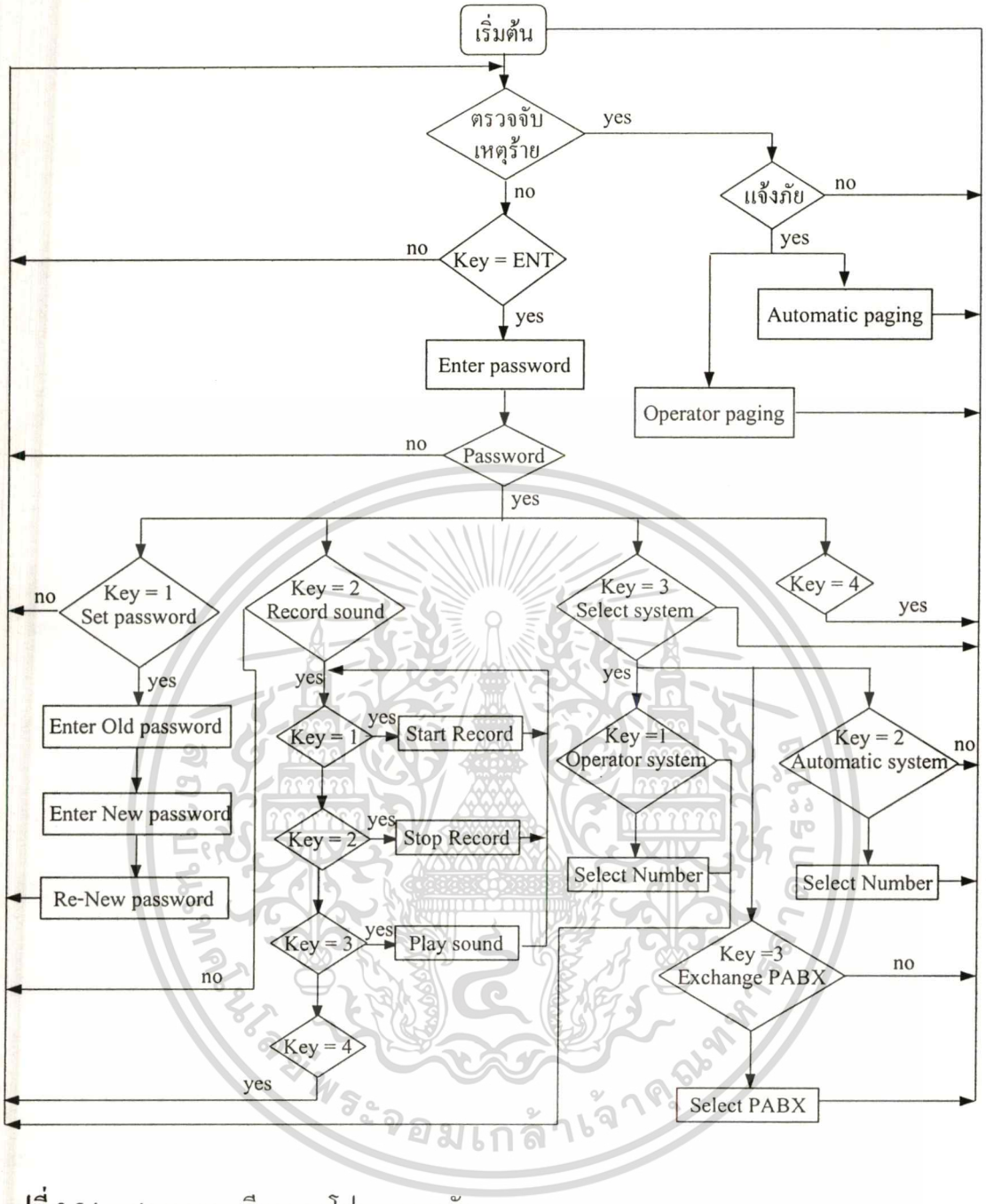


รูปที่ 3.22 แสดงวงจรสมบูรณ์ของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว



รูปที่ 3.23 แสดงลายวงจรพิมพ์ของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

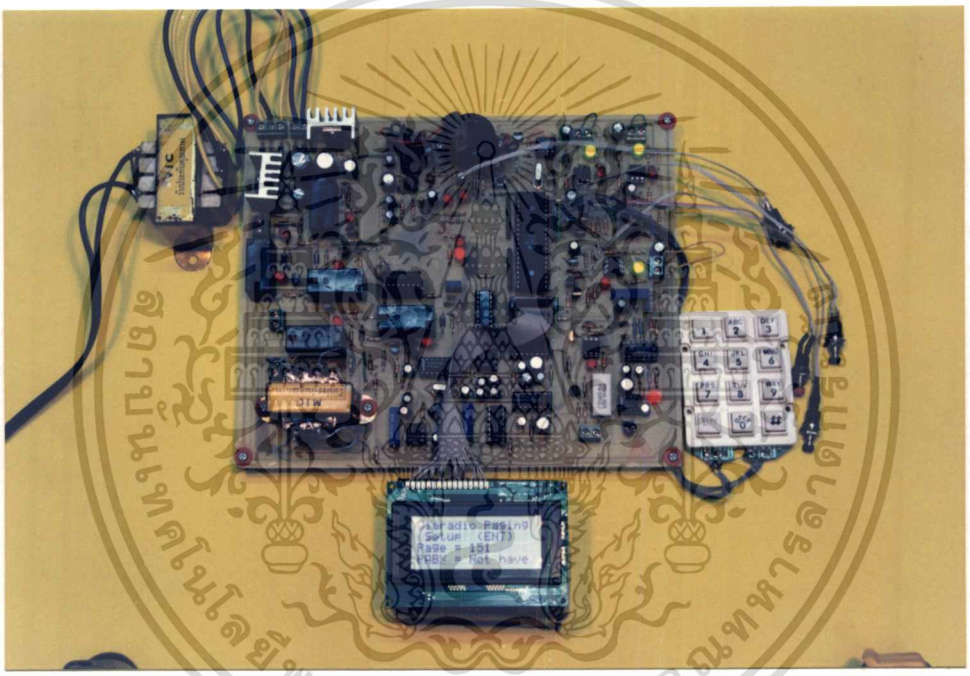


รูปที่ 3.24 แสดงรายละเอียดของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบการใช้งานและผลที่ได้จากการทดสอบ

เมื่อได้ทำการออกแบบระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวทั้งส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์เสร็จเรียบร้อยดังรายละเอียดจากบทที่ 3 จากนั้นทำการสร้างและทำการปรับแต่งจนได้ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวที่สมบรูณ์ ซึ่งระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดามตัวจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของเครื่องต้นแบบที่ได้ทำการสร้างขึ้น

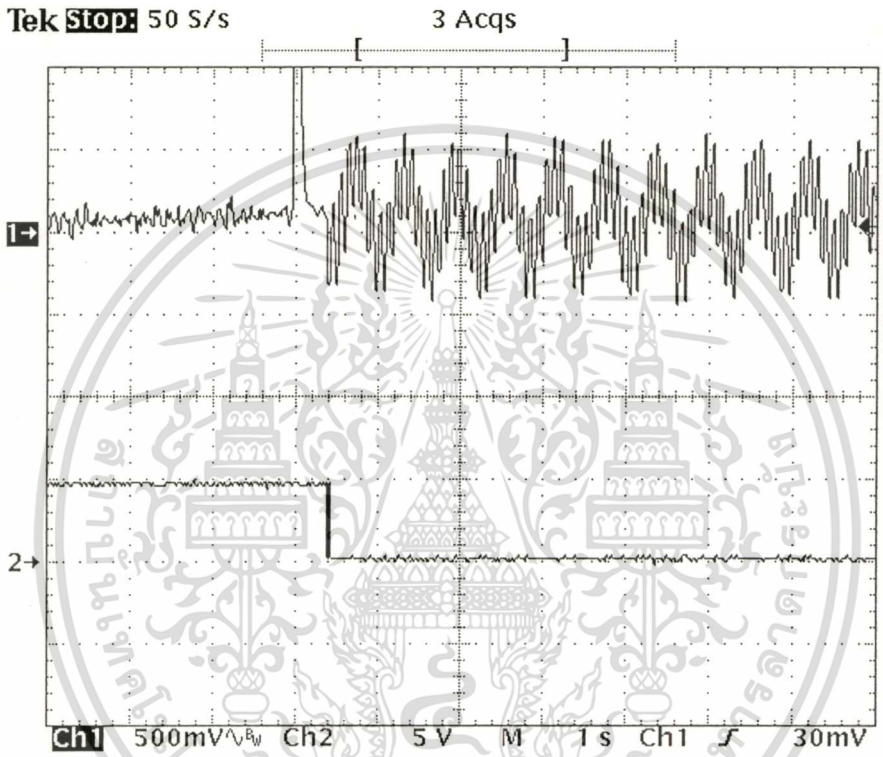
หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว โดยในการทดสอบจะสามารถแยกออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

4.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน (Dial tone)

เมื่อส่วนตรวจจับสิ่งผิดปรกติ (Sensor) ตรวจพบสิ่งผิดปรกติที่เกิดขึ้น โปรแกรมควบคุมการทำงานก็จะสั่งให้ส่วนควบคุมการยกหูและวางหูโทรศัพท์ทำการยกหูโทรศัพท์ เพื่อโทรไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัวที่ได้ทำการเลือกไว้แล้ว เมื่อยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาก็จะมีสัญญาณให้หมุนส่งออกมาจากชุมสายโทรศัพท์ ผ่านหม้อแปลงที่มีอิมพิแดนซ์ 600 โอห์มเข้ามา วงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุนก็จะทำงาน ก่อนการทดสอบเราจะใช้สัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Generator) เป็นสัญญาณอินพุทป้อนให้กับวงจรที่ขา 3 ของไอซี NE567 และทำการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ จนกระทั้งระดับแรงดันที่เอาท์พุทขา 8 ของ NE567 มีระดับแรงดันเป็น 0 โวลต์ เพื่อให้ง่ายต่อการจูนความถี่สัญญาณให้หมุนของชุมสายโทรศัพท์ หลังจากนั้นให้ทำการจูนความถี่ของสัญญาณให้หมุนที่ส่งออกมาจากชุมสายจริง เมื่อวงจรทำการตรวจจับสัญญาณให้หมุนได้ สัญญาณเอาท์พุทที่วัดได้จากขา 8 ของไอซีเฟสล็อกลูป NE567 จะให้ลอจิก 0 ออกมา เมื่อผ่านไอซีอินเวอร์เตอร์ 74LS04 ก็จะเปลี่ยนเป็น 1จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.2



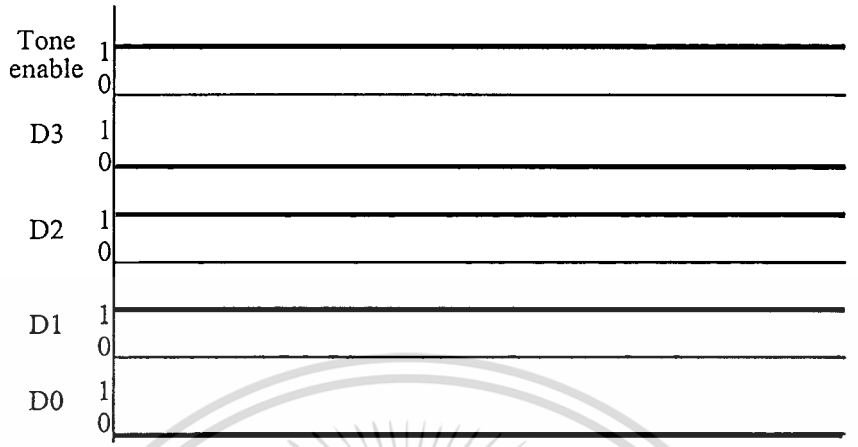
รูปที่ 4.2 (บน) แสดงสัญญาณให้หมุนที่ออกจากชุมสายโทรศัพท์
(ล่าง) แสดงสัญญาณให้หมุนที่ตรวจจับได้จากขา 8 ของไอซี NE567

4.2 ส่วนส่งสัญญาณความถี่คู่ผสม (DTMF Generator)

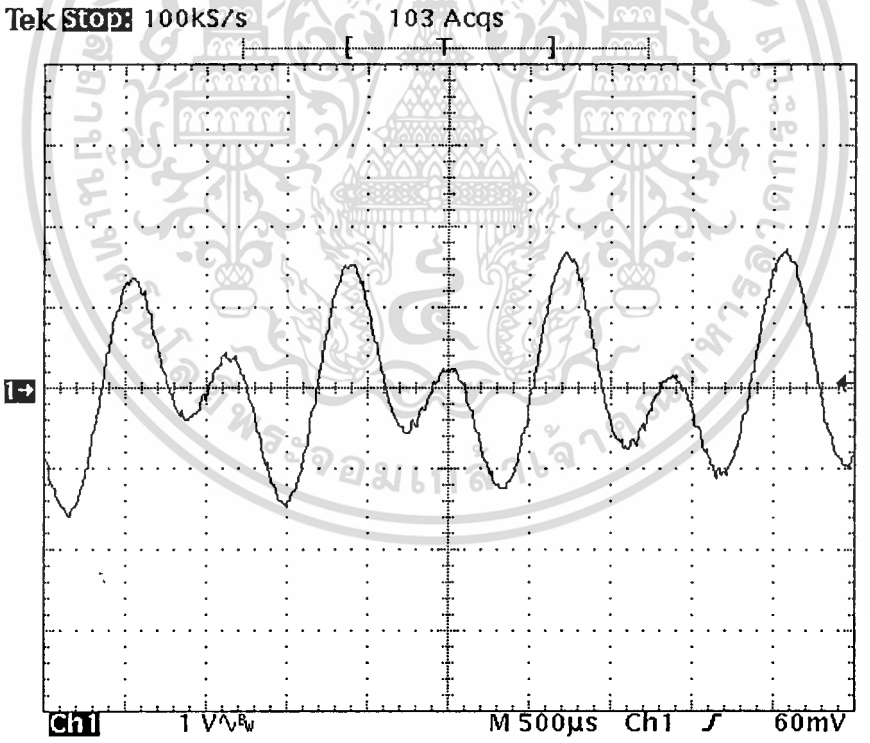
หลังจากต่อวงจรส่งสัญญาณความถี่คู่ผสมแล้วทำการป้อนสัญญาณอินพุทแบบไบนารี่ตามตารางที่ 3.2 ซึ่งเป็นหมายเลขของศูนย์วิทยุติดตามตัว เข้าทางขาอินพุท D0-D3 ของ ไอซี TP 5088 จะได้สัญญาณดังในรูปที่ 4.3 ซึ่งสัญญาณเอาท์พุทจะออกจากขา Tone out ของไอซี TP 5088 เมื่อระดับแรงดันที่ขา Tone enable มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 0 โวลต์ เป็น 5 โวลต์ แล้วทำการวัดสัญญาณเอาท์พุทที่ออกจากขา Tone out หรือขา 14 ผ่านหม้อแปลง 600 โอมห์จะได้สัญญาณเอาท์พุทรูปคลื่นแบบซายน์ที่เกิดจากการมอดูเลทกันของสัญญาณความถี่สองความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรหัสสัญญาณไบนารี่ทางด้านอินพุท สัญญาณเอาท์พุทจะยังไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงตามรหัสสัญญาณอินพุทที่ใส่เข้าไปใหม่จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแรงดันที่ขา Tone enable จาก 0 โวลต์ เป็น 5 โวลต์ อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากขา D0 - D3 และขา Tone enable ในการส่งสัญญาณ DTMF หมายเลข 6



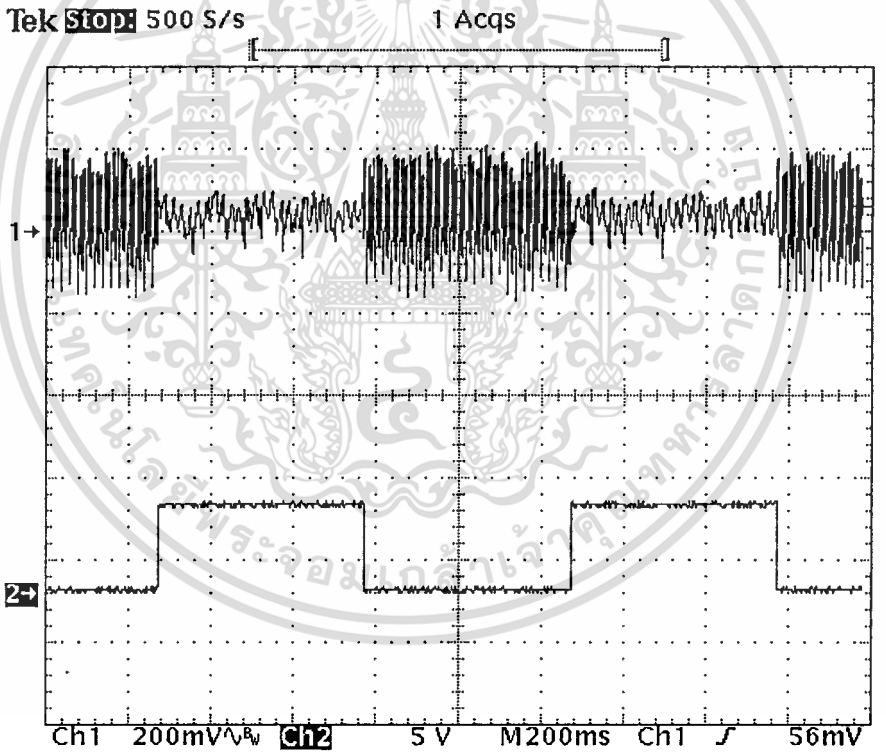
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณความถี่คู่ DTMF หมายเลข 6 ที่สร้างจากไอซี TP 5088

จากรูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของวงจรส่วนกำเนิดสัญญาณความถี่คู่ DTMF ซึ่งเป็นสัญญาณหมายเลข 6 ที่ส่งออกมาจากวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่คู่ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Detector ringback& busy tone)

วงจรในส่วนนี้จะมีการทำงานแบ่งออกเป็นสองส่วน คือส่วนตรวจจับสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับ เริ่มแรกเราจะใช้สัญญาณความถี่ 400 เฮิรตซ์ จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ (Generator) เป็นสัญญาณอินพุทป้อนให้กับวงจรที่ขา 3 ของไอซี NE567 และทำการปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ จนกระทั่งระดับแรงดันที่เอาท์พุทขา 8 ของ NE567 เปลี่ยนเป็นระดับแรงดัน 0 โวลต์หรือลอจิก 0 จากเดิมที่มีระดับแรงดัน 5 โวลต์หรือลอจิก 1 หลังจากนั้นทำการนำสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์มาป้อนที่อินพุทแทน เมื่อสัญญาณอินพุทเป็นสัญญาณไม่ว่าง สภาวะแรงดันที่เอาท์พุทของ NE567 (ขา 8) จะเปลี่ยนแปลงจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0 สลับกันทุกช่วงเวลา 0.5 วินาที ตามสัญญาณไม่ว่างที่เข้ามา ซึ่งเป็นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม (Square) ที่มีคาบเวลา 1 วินาที สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.5

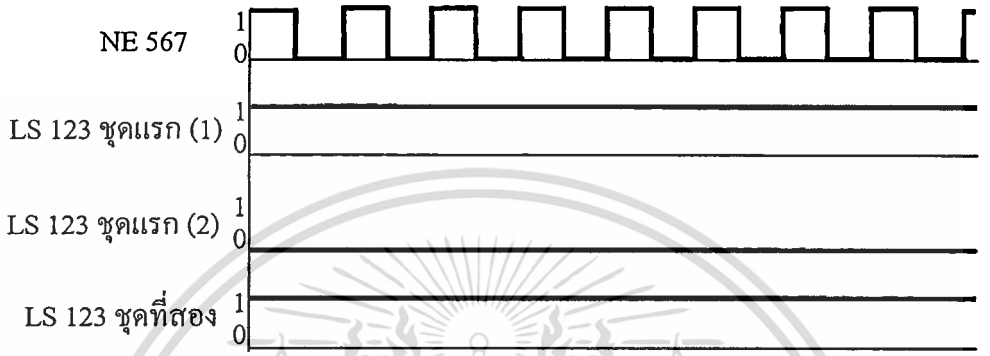


รูปที่ 4.5 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณไม่ว่าง
(ล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วยวงจรเฟสล็อกลูป (NE567)

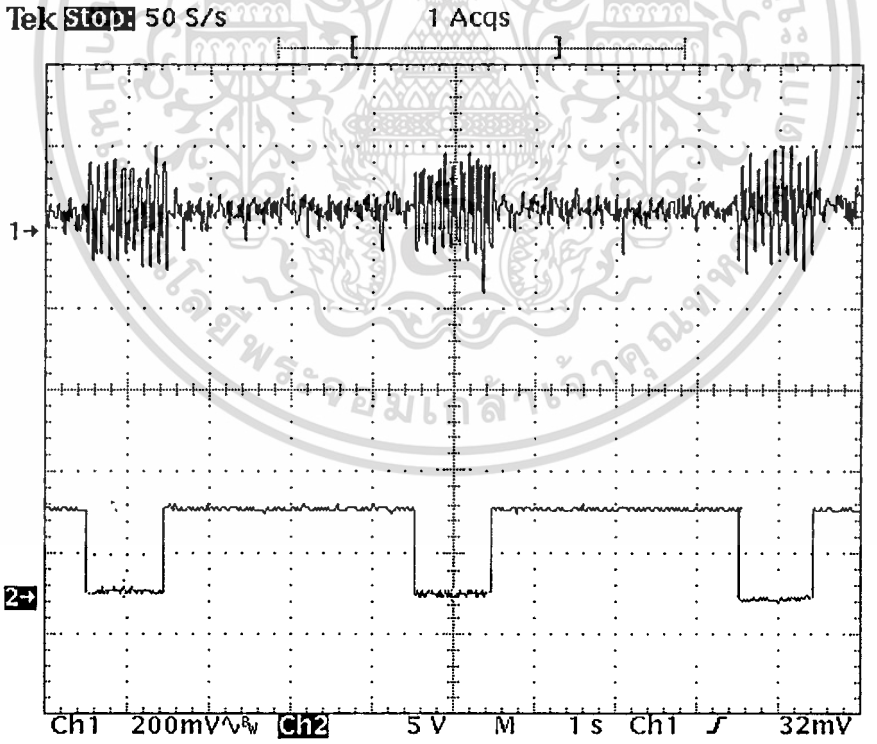
เมื่อสัญญาณไม่ว่างที่มีคาบเวลา 1 วินาทีเข้ามา สัญญาณเอาท์พุทที่ออกจากขา 8 ของไอซี NE567 จะเป็นลอจิก 0 เมื่อผ่านไอซี 741LS04 จะเป็นลอจิก 1 เป็นผลให้เกิดการทริกที่ขาอินพุทของไอซี 74LS123 ชุดแรกซึ่งเป็นวงจรโมโนสเตเบิลแบบทริกซ้ำที่มีการตั้งค่าเวลาช่วงเวลาคงที่ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 1.3 วินาที โดยกำหนดการทริกที่ขอบขาขึ้น ทำให้เอาท์พุทของ 74LS123 ตัวแรกเป็นลอจิก 0 เป็นผลให้ไม่มีการทริกของไอซี 74LS123 ตัวถัดมาเป็นผลให้เอาท์พุทของ 74LS123 ชุดที่แรกมีค่าลอจิก 0 ส่วนไอซี 74LS123 ชุดที่สองจะตั้งให้มีช่วงเวลาคงที่ประมาณ 6.8 วินาที สัญญาณไม่ว่างที่เข้ามาจะมีคาบเวลาอยู่ในช่วงเวลาคงที่ ทำให้เอาท์พุทของไอซี 74LS123 ชุดที่สองเป็นลอจิก 1 ตลอดเวลาที่มีสัญญาณไม่ว่างเข้ามา สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของไอซี 74LS123 ทั้งสองชุดเมื่อมีสัญญาณไม่ว่างเข้ามา



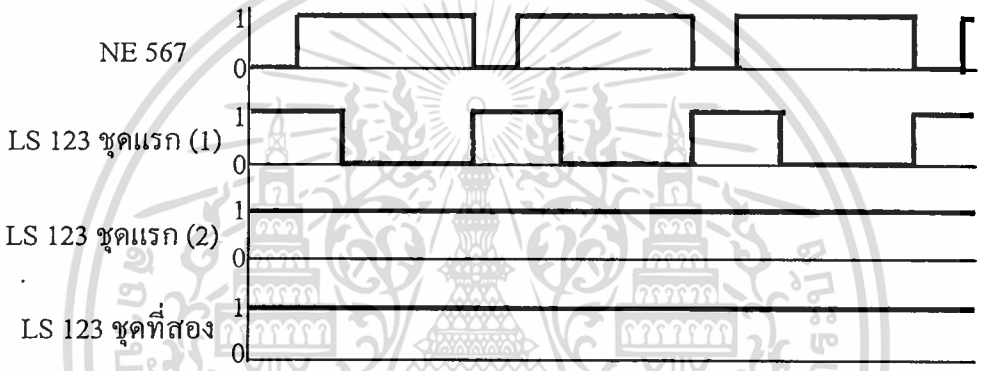
รูปที่ 4.7 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณเรียกกลับ

(ล่าง) แสดงลักษณะสัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วยวงจรเฟสล็อกลูป (NE567)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณเรียกกลับความถี่ 400 เฮิรตซ์เข้ามา จะมีช่วงเวลาที่มีสัญญาณ 1 วินาที และช่วงไม่มีสัญญาณจะมีช่วงเวลา 3 วินาที ช่วงที่มีสัญญาณ 400 เฮิรตซ์ จะได้สัญญาณเอาท์พุทเป็นลอจิก 0 และช่วงที่ไม่มีสัญญาณเอาท์พุทของวงจรจะได้ลอจิกเป็น 1 เมื่อสัญญาณเรียกกลับเข้ามา และทำการวัดที่คู่สายจะได้สัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับได้โดย NE567 มีลักษณะสัญญาณดังรูปที่ 4.7

ในกรณีที่มีสัญญาณเรียกกลับเข้ามาที่อินพุทของโมโนสเตเบิลชุดแรก เอาท์พุทของ 74LS123 ตัวแรก ซึ่งจะมีช่วงเวลามากกว่ามีค่าช่วงเวลาคงที่ของไอซี 74LS123 ตัวแรก ก็จะให้เอาท์พุทเป็นลอจิก 1 ทำให้เกิดการทริกแบบทริกซ้ำที่ 74LS123 ตัวที่สองจะให้เอาท์พุทเป็นบวกตลอด ส่วนเอาท์พุทของ74LS123 ชุดที่สองจะเป็นบวกตลอด เราตั้งค่าช่วงเวลาคงที่มีค่ามากกว่า 2 วินาที จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของไอซี 74LS123 ทั้งสองชุด เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามา

สัญญาณเอาท์พุทที่วัดได้จากวงจรโมโนสเตเบิลแบบทริกซ้ำ เมื่อสัญญาณอินพุทเป็นสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับเข้ามา จะมีค่าดังตารางที่ 4.1 สัญญาณที่ออกจากไอซี 74LS123 ทั้งสองชุดจะส่งไปยังไอซี 89C52 ซึ่งเป็นส่วนควบคุมและประมวลผลเพื่อดำเนินการต่อไป

ตารางที่ 4.1 ค่าเอาท์พุทของไอซีโมโนสเตเบิ้ลแบบทริกซ้ำ 74LS123 ทั้งสองชุด

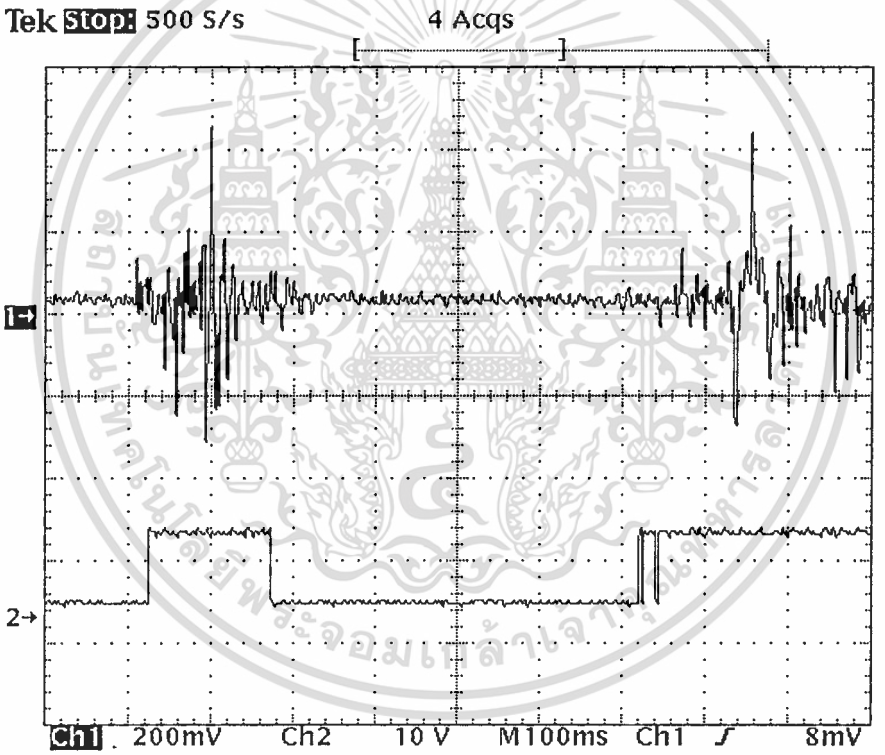
สัญญาณ	ไอซี 74LS123 ชุดที่หนึ่ง	ไอซี 74LS123 ชุดที่สอง
สัญญาณไม่ว่าง	0	1
สัญญาณเรียกกลับ	1	1

4.4 ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียง (Sound detector)

ก่อนที่จะนำวงจรไปใช้งานจะต้องมีการปรับแต่งวงจรตรวจจับสัญญาณเสียงเสียก่อน โดยทำการป้อนความถี่ประมาณ 500 Hz เข้าไปที่ขาอินพุทของ IC XR-2211 ซึ่งจะสังเกตุว่าก่อนป้อน

เอกสารนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามมิให้ทำการคัดลอก ดัดแปลง หรือจำหน่ายเพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุท LED จะติด หลังจากป้อนความถี่ 500 Hz แล้ว LED จะดับ แต่ถ้า LED ยังติดอยู่ก็ให้ปรับค่าความต้านทานแบบปรับค่าได้ Rx จนกระทั่ง LED ดับ แต่ถ้าป้อนความถี่ 500 Hz แล้ว LED ดับอยู่ก็ให้ปรับค่าความต้านทาน Rx จนกระทั่ง LED ติด หลังจากนั้นก็ให้ทดลองเพิ่มความถี่ขึ้นไปเรื่อยๆ จะสังเกตุเห็นว่าความถี่ตั้งแต่ 500 Hz จนถึง 4,000 Hz จะทำให้ LED ดับ ส่วนความถี่นอกเหนือจากนี้จะทำให้ LED ติด เมื่อทำการปรับแต่งวงจรเรียบร้อยแล้ว และทำการทดสอบตรวจจับสัญญาณเสียงจากคู่สายโทรศัพท์ โดยทำการติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะมีเสียงตอบรับแบบอัตโนมัติตอบกลับมา ทำให้วงจรตรวจจับสัญญาณเสียงทำงาน โดยทำการวัดสัญญาณเอาท์พุทที่ออกจากขา 6 ของไอซี XR-2211 จะให้เอาท์พุทออกเป็น 1 เมื่อสามารถตรวจจับเสียงได้ หลังจากสัญญาณเสียงหายไป สัญญาณที่เอาท์พุทของขาที่ 6 ของไอซี XR-2211 ก็จะให้เอาท์พุทเป็น 0 เมื่อไม่สามารถตรวจจับเสียงได้ จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.9 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณเสียงที่เข้ามา
(ล่าง) แสดงลักษณะของสัญญาณเสียงที่ทำการตรวจจับได้จากได้จากไอซี XR-2211

4.5 ส่วนบันทึกข้อความเตือนภัย

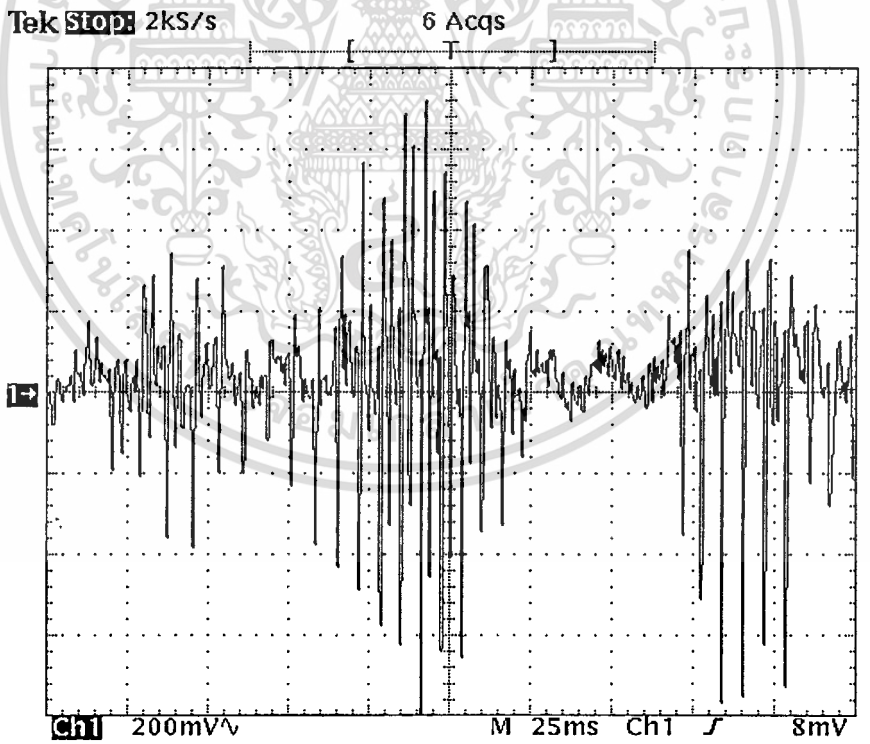
ในส่วนของวงจรส่งสัญญาณเสียงตอบรับ จะทำงานเมื่อระบบทำการติดต่อกับศูนย์วิทยุติดตามตัวแบบมีพนักงานรับฝากข้อความ โดยจะทำการฝากข้อความหลังจากที่ระบบสามารถตรวจจับสัญญาณเสียงตอบรับของพนักงานรับสายของศูนย์วิทยุติดตามตัวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้จะใช้หน่วยความจำ RAM 41256 จำนวน 4 ตัว ทำหน้าที่ในการเก็บบันทึกเสียงข้อความที่เราต้องการจะส่งออกไป โดยทำการต่อไฟบวกเข้าที่ขา D6, D7 จะทำให้ใช้บิตเรทในการบันทึกข้อความ 32 Kbps เนื่องจากที่ความเร็วนี้จะทำให้คุณภาพเสียงที่ทำการบันทึกเข้าไปมีความคมชัดมากกว่าการทำการบันทึกเสียงด้วยบิทเรทต่ำๆ

การเลือกหน้าของหน่วยความจำ RAM สามารถกำหนดได้จากขา D0-D3 โดยเรากำหนดให้มีการอ่านทีเดียวสามารถทำได้โดยต่อ D0-D3 ลงกราวด์ เริ่มแรกจะต้องทำการบันทึกข้อความที่จะใช้ในการเตือนภัย ซึ่งจะเป็นข้อความที่เราจะทำการฝากให้พนักงานส่งข้อความ จากหน้าจอ LCD ให้เลือกที่ฟังก์ชั่น Record sound แล้วกดปุ่ม Start หมายเลข 1 จากคีย์บอร์ด เพื่อเริ่มการบันทึก ส่วนควบคุม (CPU) จะสั่งให้ทำการล้างข้อมูลที่อยู่ใน RAM หลอดไฟ LED ที่ต่อออกมาจากขา EOS ของไอซี T6668 จะดับ แสดงว่าพร้อมที่จะทำการอัดเสียงเข้าไปได้แล้ว ก็ให้เริ่มทำการอัดเสียง เมื่ออัดเสียงที่ต้องการได้แล้วให้กดปุ่ม Stop หมายเลข 2 ของคีย์บอร์ด โดยจะสามารถอัดเสียงได้นานประมาณ 32 วินาที เนื่องจากใช้บิทเรทในการอัด 32 Kbps

จากการทดลองเมื่อทำการบันทึกเสียงตามขั้นตอนที่กล่าวไว้แล้ว ทำการวัดสัญญาณเอาท์พุทที่ผ่านออกมาจากวงจร สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะของสัญญาณเสียงขณะเครื่องประกาศข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองวงจรในแต่ละส่วนของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิมาก สามารถใช้งานได้อย่างได้ผล แต่ก็จะพบว่าในการโทรติดต่อไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัวโดยผ่านพนักงานรับฝากข้อความนั้น จะพบว่าพนักงานรับฝากข้อความมักจะไม่ค่อยให้ความเชื่อถือกับข้อความที่ได้รับ และมักจะไม่ยอมส่งข้อความเตือนภัยให้ส่วนในการโทรติดต่อไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัวในระบบอัตโนมัตินั้น จะไม่มีปัญหาในการส่งข้อความเตือนภัย โดยจะมีการส่งรหัสเตือนภัยให้ทุกครั้งที่มีการโทรติดต่อไปเพื่อทำการฝากรหัสเตือนภัย จึงควรที่จะตั้งโปรแกรมให้ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวให้ทำการโทรไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัวในระบบอัตโนมัติแทนซึ่งจะให้ผลการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากกว่า นอกจากนี้ยังพบปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการออกแบบและการสร้างดังต่อไปนี้

ปัญหาและการแก้ไข

ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขในการสร้างแบ่งออกเป็นส่วนๆดังนี้

1 ปัญหาทางด้านชุมสายโทรศัพท์

ในระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวนี้ จะมีการต่อกับคู่สายภายนอกอยู่สองระบบคือการต่อผ่านระบบตู้สาขา PABX และการต่อโดยตรงจากคู่สายขององค์การโทรศัพท์ ในการต่อผ่านระบบตู้สาขา PABX นั้นจะพบว่าตู้สาขา PABX แต่ละตู้นั้นจะให้สัญญาณความถี่ให้หมุนมีค่าแตกต่างกัน ทำให้ในบางครั้งต้องมีการปรับจูนวงจรตรวจจับสัญญาณให้หมุนใหม่ เพื่อให้เหมาะกับแต่ละระบบตู้สาขานั้นๆ นอกจากนั้นยังพบว่าในบางครั้งจะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นบ่อยครั้งในสัญญาณให้หมุนทำให้ต้องมีการยกหูโทรออกใหม่อีกครั้งหนึ่ง ส่วนในการต่อโดยตรงกับคู่สายขององค์การโทรศัพท์จะไม่พบกับปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นเหล่านี้

2 ปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในส่วนประกาศข้อความ

เมื่อทำการอัดเสียงลงในหน่วยความจำแล้วทำการเล่นกลับ (Play back) เสียงที่บันทึกไว้จะมีลักษณะที่แตกพร่าและมีเสียงซ่าส์รวมอยู่ด้วย จากการทดลองพบว่าสัญญาณรบกวนนี้จะเกิดจากไอซี 386 ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณก่อนที่จะส่งออกไปในคู่สายโทรศัพท์ เราสามรถลดสัญญาณรบกวนนี้ได้โดยการนำตัวเก็บประจุและค่าความต้านทานมาทำการต่อลงกราวด์ก็จะสามารถลดสัญญาณรบกวนนี้ได้ในระดับหนึ่ง นอกจากนี้สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนั้น จะมีผลกระทบต่อ

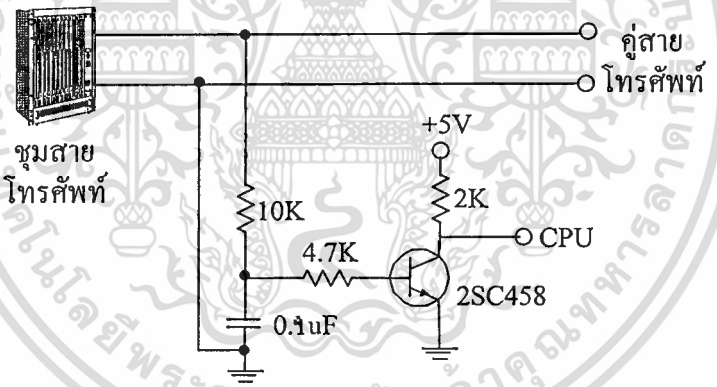
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนตวจจับสัญญาณให้หมุนและส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่างในวงจรอีกด้วย เราสามารถแก้ไขได้โดยการใช้รีเลย์มาแยกวงจรในแต่ละส่วนไม่ให้เกิดการรบกวน ซึ่งกันและกัน เพื่อที่จะให้วงจรในแต่ละส่วนมีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

3 ปัญหาในส่วนของวงจรตรวจจับเสียง

ในส่วนของวงจรตรวจจับเสียงก็จะพบว่ามีปัญหาสัญญาณรบกวนที่เกิดจากไอซี LM 386 อีกเหมือนกัน ซึ่งก็จะสามารถทำการแก้ไขได้โดยการนำตัวเก็บประจุและค่าความต้านทานมาทำการต่อ bypass ลงกราวด์ และใช้รีเลย์มาแยกวงจรในแต่ละส่วนไม่ให้เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน

ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว ควรเพิ่มวงจรตรวจเช็คคู่สายโทรศัพท์ เพื่อตรวจสอบว่าคู่สายโทรศัพท์ที่นำมาต่อใช้งานนั้นสามารถใช้งานได้ตามปรกติหรือไม่ นอกจากนี้จะยังมีประโยชน์อีกก็คือในกรณีที่ผู้บุกรุกทำการตัดสายโทรศัพท์ก่อนที่จะเข้ามาในบริเวณที่พักอาศัย ก็จะทำให้สัญญาณเตือนภัยดังขึ้น โดยวงจรตรวจเช็คคู่สายโทรศัพท์จะสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงวงจรตรวจเช็คคู่สายโทรศัพท์

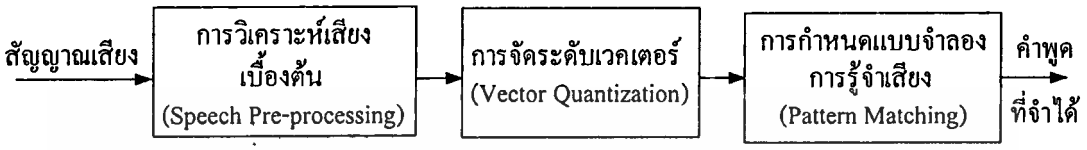
นอกจากนี้ในส่วนของการตรวจจับสัญญาณเสียงของพนักงานตอบรับเพื่อให้ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวมีการทำงานที่แน่นอน ควรจะใช้ระบบ DSP (Digital Signal Processing) มาใช้ในการตรวจจับเสียงแทนส่วนของวงจรตรวจจับเสียงที่ใช้อยู่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับเสียง โดยใช้ระบบจดจำเสียงพูด (Voice Recognition)มาทำการตรวจจับเสียง วิธีการของระบบจดจำเสียงพูดจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์เสียงเบื้องต้น (Speech Pre-processing)
2. การควอนไตเซชั่นแบบเวคเตอร์ (Vector Quantizer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิทธิภาพในการตรวจจับเสียง โดยใช้ระบบจดจำเสียงพูด (Voice Recognition)มาทำการตรวจจับเสียง วิธีการของระบบจดจำเสียงพูดจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. การวิเคราะห์เสียงเบื้องต้น (Speech Pre-processing)
2. การควอนไตเซชั่นแบบเวคเตอร์ (Vector Quantizer)
3. การกำหนดแบบจำลองการรู้จำเสียง (Pattern matching)



รูปที่ 5.2 แสดงบล็อคไดอะแกรมของระบบจดจำเสียงพูด

ในขั้นแรกจะเป็นการวิเคราะห์สัญญาณเสียงที่ต้องการตรวจจับ โดยทำการแบ่งออกเป็นเฟรมเล็กๆ เพื่อที่จะหาคุณสมบัติเฉพาะของสัญญาณเสียงนั้น เมื่อทำการวิเคราะห์สัญญาณครบทุกเฟรมของข้อมูล ก็จะนำไปจัดกลุ่มเสียงด้วยขั้นตอนการจัดระดับเวคเตอร์ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับสัญญาณเสียงอินพุทที่เข้ามา ซึ่งอินพุทที่เข้ามาจะถูกเปรียบเทียบกับกลุ่มของข้อมูลที่มีอยู่ แล้วเลือกกลุ่มข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดที่สามารถยอมรับได้มาสร้างเป็นกลุ่มข้อมูลใหม่ หลังจากนั้นจึงนำมาสร้างแบบจำลองของเสียง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มของสัญญาณเสียงที่เข้ามา เมื่อมีสัญญาณเสียงเข้ามาแล้วมีรูปแบบตรงกับที่ได้ทำการจำลองเก็บไว้ก็จะสามารถตรวจจับเสียงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] John Bellamy, "Digtal Telephone", A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Songs Inc., 1991.

[2] Ken Sherman, "Data Communication", 3rd Edition, Prentice-Hall Inc., 1990.

[3] Perton Z. Peeble, Jr., "Digital Communication Systems", Prentice/Hall Internation Inc., 1987.

[4] John G. Proakis, "Digital Communications", 3rd Edition, McGraw-Hill Inc., 1995.

[5] David R. Smith, "Digital Transmission Systems", Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.

[6] Frank R. Dungan, "Electronic Communication Systems", 2nd Edition, Delmer Pubishers Inc., 1993.

[7] Wayne Tomasi, "Advanced Electronic Communications Systems", 2nd Edition, Prentice Hall Internation Inc., 1992.

[8] F.J Redmill and A.R. Vaider, "SPC Digital Telephone Exchanges", Peter Peregrinus Ltd., United Kingdom, 1990.

[9] Wisston D. Gayler, "Telephone Voice Transmission Stand and Measurement", Prentice Hall Englewood Cliffs, Newjersey, 1998.

[10] Mechael A. Miller, "Introduction to Digital and Data Communications", Info Access Distribition Pte Ltd., 1992.

[11] Intel Corporration, "MSC51 Family of single ship Microcoputer", User's Manual, 1981.

[12] วิวัฒน์ กิรานนท์ วิศวกรรมสื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2540

[13] ถวิล พึ่งมา ระบบชุมสายโทรศัพท์แบบดิจิตอล ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2535

[14] สมยศ จุณณะปิยะ การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2537

[15] ถวิล กิ่งทอง เทคโนโลยีการส่งสัญญาณดิจิตอล ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2539

[16] ธวัชชัย เลื่อนฉวี เทคโนโลยีโทรศัพท์ พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร พ.ศ.2531

[17] บัณฑิต โรจน์อารยนนท์ หลักการสื่อสาร สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ.2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[18] สกุล ผลวิไล ถวิล พึ่งมา รุ่ง พวงดอกไม้และพิเชฐ ม่วงนวล "ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ครั้งที่ 20 ฉบับที่ 2 พฤศจิกายน 2540 หน้า 264-269

[19] ถวิล พึ่งมา มนูญ สุขเกษมและพิชญ์ บุญตรา "เครื่องบันทึกตอบรับและแจ้งภัยทางโทรศัพท์" การประชุมใหญ่ทางวิชาการทางวิศวกรรมประจำปี 2534. หน้า 717-729.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี้ที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;######## KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKABANG ########;
;########## PROGRAM BY TELACOMMUNICATION ENGINEERING     ###########;

BUSY_RING1      EQU   P1.0
ACL_668         EQU   P1.1
EN_LCD          EQU   P1.2
CHK_DIAL        EQU   P1.3
BUSY_RING2      EQU   P1.4
SEN_FIRE        EQU   P1.5
SEN_SOUND       EQU   P1.6
SEN_DOOR1       EQU   P1.7
EN_BUFFER       EQU   P2.7
RELAY_5088      EQU   P2.6
RELAY_668       EQU   P2.5
REC_668         EQU   P2.4
STOP_668        EQU   P2.3
STR_668         EQU   P2.2
RELAY_DIAL      EQU   P2.1
SEN_DOOR3       EQU   P2.0
SEN_DOOR2       EQU   P3.0
LOW1_KEY        EQU   P3.7
LOW2_KEY        EQU   P3.6
LOW3_KEY        EQU   P3.5
COL1_KEY        EQU   P3.4
COL2_KEY        EQU   P3.3
COL3_KEY        EQU   P3.2
COL4_KEY        EQU   P3.1
D7_LCD          EQU   P0.1
D6_LCD          EQU   P0.2
D5_LCD          EQU   P0.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
D4_LCD          EQU   P0.4
RS_LCD          EQU   P0.0
EN_5088         EQU   P0.0
D0_5088         EQU   P0.1
D1_5088         EQU   P0.2
D2_5088         EQU   P0.3
D3_5088         EQU   P0.4
BUZZER          EQU   P0.5
RELAY_DEC_TONE  EQU   P0.6
RELAY_EX_TEL    EQU   P0.7
KEY             EQU   10H
PSWORD1         EQU   11H
PSWORD2         EQU   12H
PSWORD3         EQU   13H
PSWORD4         EQU   14H
PSWORD5         EQU   15H
PSWORD6         EQU   16H
INDEX_PABX      EQU   17H
OPER_AUTO       EQU   18H
ST_PROGRAM      EQU   19H
BUF_PASSWD1     EQU   1AH
BUF_PASSWD2     EQU   1BH
BUF_PASSWD3     EQU   1CH
BUF_PASSWD4     EQU   1DH
BUF_PASSWD5     EQU   1EH
BUF_PASSWD6     EQU   1FH
VOICE_EMERG     EQU   20H
NUM_PAGING1     EQU   21H
NUM_PAGING2     EQU   22H
NUM_PAGING3     EQU   23H
NUM_PAGING4     EQU   24H
NUM_PAGING5     EQU   25H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
NUM_PAGING6     EQU   26H
NUM_PAGING7     EQU   27H
NUM_RETURE1     EQU   28H
NUM_RETURE2     EQU   29H
NUM_RETURE3     EQU   2AH
NUM_RETURE4     EQU   2BH
NUM_RETURE5     EQU   2CH
NUM_RETURE6     EQU   2DH
NUM_RETURE7     EQU   2EH
NUM_RETURE8     EQU   2FH
NUM_RETURE9     EQU   30H

        ORG     0000H
        JMP     START

        ORG     000BH
        JMP     MAIN_TF0

        ORG     0100H
START:
        MOV     SP,#80H
        CLR     EN_LCD          ;Enable=1
        CLR     EN_BUFFER       ;Open buffer (edge high)
INIT_TF0:
        SETB    EA              ;EXTERNAL INTERUPT
        MOV     TMOD,#02H       ;SET TIMER 0,MODE2
        MOV     TH0,#0H
        MOV     TL0,#0H
        SETB    ET0
        SETB    TR0
_INI_INRAM:
        MOV     KEY,#0H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     VOICE_EMERG,#01H
        MOV     INDEX_PABX,#01H
        MOV     OPER_AUTO,#11H
_INI_PORT:
        SETB    ACL_668
        CLR     RELAY_668           ;Off relay (high)
        CLR     RELAY_DIAL          ;Off relay (high)
        SETB    RELAY_5088          ;Off relay   (low)
        CLR     EN_5088             ;active high(buffer pass)
        CLR     D0_5088             ;(buffer pass)
        CLR     D1_5088             ;(buffer pass)
        CLR     D2_5088             ;(buffer pass)
        CLR     D3_5088             ;(buffer pass)
        CLR     BUZZER              ;active high (buffer pass)
        CLR     RELAY_DEC_TONE      ;Off relay (high)(buffer pass)
        CLR     RELAY_EX_TEL        ;Off relay   (high)
        SETB    EN_BUFFER           ;Open buffer (edge high)
        CLR     EN_BUFFER           ;Open buffer (edge high)
        CALL    DELAY_500mS
_INI_LCD:
        MOV     A,#2FH              ;FUNCTION SET
        CALL    LCDWI
        MOV     A,#01H              ;CLEAR
        CALL    LCDWI
        MOV     A,#17H              ;DISPLAY SHIFT
        CALL    LCDWI
        MOV     A,#0EH              ;DISPLAY ON/OFF
        CALL    LCDWI
        MOV     A,#06H              ;MODE SET
        CALL    LCDWI

;############## Main Program ##########################################;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MAIN:
        CALL    LINE1_LCD
        MOV     DPTR,#TEXT_1
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE2_LCD
        MOV     DPTR,#TEXT_2
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#BLANK
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#BLANK
        CALL    LCD_WR16
_INI_MAIN:
        JNB     SEN_DOOR1,_SEN1   ;Active
        JB      SEN_DOOR2,_SEN1
        JB      SEN_DOOR3,_SEN1
        JB      SEN_FIRE,_SEN1
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR1
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#BLANK
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN1
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN1:
        JB      SEN_DOOR1,_SEN2
        JNB     SEN_DOOR2,_SEN2   ;Active
        JB      SEN_DOOR3,_SEN2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JB      SEN_FIRE,_SEN2
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR2
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#BLANK
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN2
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN2:
        JNB     SEN_DOOR1,_SEN3
        JNB     SEN_DOOR2,_SEN3
        JB      SEN_DOOR3,_SEN3   ;Active
        JB      SEN_FIRE,_SEN3
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR12
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#BLANK
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN3
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN3:
        JB      SEN_DOOR1,_SEN4
        JB      SEN_DOOR2,_SEN4
        JNB     SEN_DOOR3,_SEN4
        JB      SEN_FIRE,_SEN4    ;Active
        CALL    LINE3_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR3
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#BLANK
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN4
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN4:
        JNB     SEN_DOOR1,_SEN5
        JB      SEN_DOOR2,_SEN5   ;Active
        JNB     SEN_DOOR3,_SEN5
        JB      SEN_FIRE,_SEN5
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR13
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#BLANK
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN5
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN5:
        JB      SEN_DOOR1,_SEN6   ;Active
        JNB     SEN_DOOR2,_SEN6
        JNB     SEN_DOOR3,_SEN6   ;Active
        JB      SEN_FIRE,_SEN6
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR23
        CALL    LCD_WR16
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#BLANK
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN6
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN6:
        JNB     SEN_DOOR1,_SEN7
        JNB     SEN_DOOR2,_SEN7
        JNB     SEN_DOOR3,_SEN7
        JB      SEN_FIRE,_SEN7
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR123
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#BLANK
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN7
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN7:
        JB      SEN_DOOR1,_SEN8
        JB      SEN_DOOR2,_SEN8
        JB      SEN_DOOR3,_SEN8
        JNB     SEN_FIRE,_SEN8
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_FIRE
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#BLANK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN8
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN8:
        JNB     SEN_DOOR1,_SEN9
        JB      SEN_DOOR2,_SEN9
        JB      SEN_DOOR3,_SEN9
        JNB     SEN_FIRE,_SEN9
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR1
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_FIRE
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN9
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN9:
        JB      SEN_DOOR1,_SEN10
        JNB     SEN_DOOR2,_SEN10
        JB      SEN_DOOR3,_SEN10
        JNB     SEN_FIRE,_SEN10
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR2
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_FIRE
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JZ          _SEN10
        CALL        TEL_EMERG
        MOV         VOICE_EMERG,#0H
_SEN10:
        JNB         SEN_DOOR1,_SEN11
        JNB         SEN_DOOR2,_SEN11
        JB          SEN_DOOR3,_SEN11
        JNB         SEN_FIRE,_SEN11
        CALL        LINE3_LCD
        MOV         DPTR,#TSE_DOOR12
        CALL        LCD_WR16
        CALL        LINE4_LCD
        MOV         DPTR,#TSE_FIRE
        CALL        LCD_WR16
        MOV         A,VOICE_EMERG
        JZ          _SEN11
        CALL        TEL_EMERG
        MOV         VOICE_EMERG,#0H
_SEN11:
        JB          SEN_DOOR1,_SEN12
        JB          SEN_DOOR2,_SEN12
        JNB         SEN_DOOR3,_SEN12
        JNB         SEN_FIRE,_SEN12
        CALL        LINE3_LCD
        MOV         DPTR,#TSE_DOOR3
        CALL        LCD_WR16
        CALL        LINE4_LCD
        MOV         DPTR,#TSE_FIRE
        CALL        LCD_WR16
        MOV         A,VOICE_EMERG
        JZ          _SEN12
        CALL        TEL_EMERG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN12:
        JNB     SEN_DOOR1,_SEN13
        JB      SEN_DOOR2,_SEN13
        JNB     SEN_DOOR3,_SEN13
        JNB     SEN_FIRE,_SEN13
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR13
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_FIRE
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN13
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN13:
        JB      SEN_DOOR1,_SEN14
        JNB     SEN_DOOR2,_SEN14
        JNB     SEN_DOOR3,_SEN14
        JNB     SEN_FIRE,_SEN14
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR23
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_FIRE
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN14
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN14:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JNB     SEN_DOOR1,_SEN15
        JNB     SEN_DOOR2,_SEN15
        JNB     SEN_DOOR3,_SEN15
        JNB     SEN_FIRE,_SEN15
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_DOOR123
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#TSE_FIRE
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,VOICE_EMERG
        JZ      _SEN15
        CALL    TEL_EMERG
        MOV     VOICE_EMERG,#0H
_SEN15:
        JB      SEN_DOOR1,_SEN16
        JB      SEN_DOOR2,_SEN16
        JB      SEN_DOOR3,_SEN16
        JB      SEN_FIRE,_SEN16
        CALL    DIS_STATE       ;Display state page
        MOV     VOICE_EMERG,#01H
_SEN16:
        MOV     A,KEY
        JZ      _ENDMAIN
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#0AH,_MK1
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     CHK_PASSWD
_MK1:
_ENDMAIN:
        CALL    DELAY_100mS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JMP         _INI_MAIN
TEL_EMERG:
        CLR         RELAY_668           ;Off relay (high)
        CLR         RELAY_DIAL          ;Off relay (high)
        CLR         EN_5088             ;(buffer pass)
        CLR         RELAY_5088          ;Off relay   (low)
        CLR         BUZZER              ;active high (buffer pass)
        CLR         RELAY_DEC_TONE      ;Off relay (high)(buffer pass)
        SETB        RELAY_EX_TEL        ;Off relay   (high)
        SETB        EN_BUFFER           ;Open buffer (edge high)
        CLR         EN_BUFFER           ;Open buffer (edge high)
        CALL        DELAY_500mS
        MOV         A,INDEX_PABX
        CJNE        A,#01H,_EMERG1
        JMP         _EMERG3
_EMERG1:
        CJNE        A,#02H,_EMERG2
        CALL        TEL_NUM9
        JMP         _EMERG3
_EMERG2:
        CJNE        A,#03H,_EMERG3
        CALL        TEL_NUM0
_EMERG3:
        MOV         A,OPER_AUTO
        CJNE        A,#11H,_EMERG4
        CALL        TEL_NUM1
        CALL        TEL_NUM5
        CALL        TEL_NUM1
        CALL        SEND_MESS_NUM
        JMP         _EMERG13
_EMERG4:
        CJNE        A,#12H,_EMERG5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM6
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    SEND_MESS_NUM
        JMP     _EMERG13
_EMERG5:
        CJNE    A,#13H,_EMERG6
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM4
        CALL    TEL_NUM3
        CALL    SEND_MESS_NUM
        JMP     _EMERG13
_EMERG6:
        CJNE    A,#14H,_EMERG7
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM5
        CALL    TEL_NUM0
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    SEND_MESS_NUM
        JMP     _EMERG13
_EMERG7:
        CJNE    A,#15H,_EMERG8
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM8
        CALL    TEL_NUM7
        CALL    SEND_MESS_NUM
        JMP     _EMERG13
_EMERG8:
        CJNE    A,#21H,_EMERG9
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM5
        CALL    TEL_NUM2
        JMP     _EMERG13
_EMERG9:
        CJNE    A,#22H,_EMERG10
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM6
        CALL    TEL_NUM2
        JMP     _EMERG10
_EMERG10:
        CJNE    A,#23H,_EMERG11
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM4
        CALL    TEL_NUM4
        JMP     _EMERG13
_EMERG11:
        CJNE    A,#24H,_EMERG12
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM5
        CALL    TEL_NUM0
        CALL    TEL_NUM0
        JMP     _EMERG13
_EMERG12:
        CJNE    A,#25H,_EMERG13
        CALL    TEL_NUM1
        CALL    TEL_NUM5
        CALL    TEL_NUM8
        CALL    TEL_NUM8
_EMERG13:
        CLR     RELAY_668       ;Off relay (high)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CLR     RELAY_DIAL      ;Off relay (high)
        SETB    RELAY_5088      ;Off relay  (low)
        CLR     BUZZER          ;active high (buffer pass)
        CLR     RELAY_DEC_TONE  ;Off relay (high)(buffer pass)
        CLR     RELAY_EX_TEL    ;Off relay  (high)
        SETB    EN_BUFFER       ;Open buffer (edge high)
        CLR     EN_BUFFER       ;Open buffer (edge high)
        RET
TEXT_1:         DB  "Viaradio Paging "
TEXT_2:         DB  " Setup  (ENT)  "
TSE_DOOR1:      DB  " Door open 1   "
TSE_DOOR2:      DB  " Door open 2   "
TSE_DOOR3:      DB  " Door open 3   "
TSE_DOOR123:DB  " Door open1,2,3 "
TSE_DOOR12:     DB  " Door open 1,2  "
TSE_DOOR13:     DB  " Door open 1,3  "
TSE_DOOR23:     DB  " Door open 2,3  "
TSE_FIRE:       DB  "  Fire !!!!!  "
BLANK:          DB  "               "
STATE_OK:       DB  " normal state  "
T_BUSY:         DB  "  Dectect busy  "
T_RING:         DB  "Dectect rignback"
T_PASSWD:       DB  "Enter password  "
T_PASSWD1:      DB  "   ??????     "
;################ Main select system (Automatic&Operator) ##################;
T_SSYS:         DB  " Select system  "
T_SSYS1:        DB  "1.Autometic page"
T_SSYS2:        DB  "2.Operator page "
T_SSYS3:        DB  "3.Exchang PABX  "
T_SSYS4:        DB  "4.Main Program  "
T_SSYS5:        DB  " Select number  "
T_SSYS6:        DB  "1.151  ,4.1501  "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
T_SSYS7:      DB    "2.161  ,5.1187  "
T_SSYS8:      DB    "3.1143 ,6.Reture"
T_SSYS9:      DB    "1.152  ,4.1500  "
T_SSYS10:     DB    "2.162  ,5.1188  "
T_SSYS11:     DB    "3.11434,6.Reture"
T_SSYS12:     DB    " Ex-line Tel.   "
T_SSYS13:     DB    "1.No PABX       "
T_SSYS14:     DB    "2.Number 9      "
T_SSYS15:     DB    "3.Number 0      "
T_SSYS16:     DB    " Number paging  "
T_SSYS17:     DB    "   XXXXXXX      "
T_SSYS18:     DB    "  Tel. Retune   "
T_SSYS19:     DB    "  XXXXXXXXX     "
T_SSYS20:     DB    "  Complete (ENT)"
T_COMPLETE:DB    " Setup Complete!"
SELEC_SYS:
        CALL        LINE1_LCD
        MOV         DPTR,#T_SSYS
        CALL        LCD_WR16
        CALL        LINE2_LCD
        MOV         DPTR,#T_SSYS1
        CALL        LCD_WR16
        CALL        LINE3_LCD
        MOV         DPTR,#T_SSYS2
        CALL        LCD_WR16
        CALL        LINE4_LCD
        MOV         DPTR,#T_SSYS3
        CALL        LCD_WR16
        MOV         ST_PROGRAM,#0H
_INI_SSYS:
        MOV         A,KEY
        JZ          _INI_SSYS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#0H,_SYS1_1
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#01H,_SYS1_K1
        MOV     ST_PROGRAM,#01H     ;Status program
        CALL    LINE1_LCD           ;Automatic paging
        MOV     DPTR,#T_SSYS5
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE2_LCD
        MOV     DPTR,#T_SSYS6
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#T_SSYS7
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#T_SSYS8
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,OPER_AUTO
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#10H              ;Method paging
        MOV     OPER_AUTO,A
        JMP     _SYS_E
_SYS1_1:
        JMP     _SYS1
_SYS1_K1:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#02H,_SYS1_K2
        MOV     ST_PROGRAM,#02H     ;Status program
        CALL    LINE1_LCD           ;Operator paging
        MOV     DPTR,#T_SSYS5
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE2_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     DPTR,#T_SSYS9
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#T_SSYS10
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#T_SSYS11
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,OPER_AUTO
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#20H          ;Method paging
        MOV     OPER_AUTO,A
        JMP     _SYS_E
_SYS1_K2:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#03H,_SYS1_K3
        MOV     ST_PROGRAM,#03H ;Status program
        CALL    LINE1_LCD       ;Exchange telephone line
        MOV     DPTR,#T_SSYS12
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE2_LCD
        MOV     DPTR,#T_SSYS13
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE3_LCD
        MOV     DPTR,#T_SSYS14
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE4_LCD
        MOV     DPTR,#T_SSYS15
        CALL    LCD_WR16
        JMP     _SYS_E
_SYS1_K3:
        MOV     A,KEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    A,#04H,_SYS1_K4
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     MAIN
_SYS1_K4:
_SYS1:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#01H,_SYS2
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#01H,_SYS2_K1
        JMP     _SYS2_K6_SYS2_K1:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#02H,_SYS2_K2
        JMP     _SYS2_K6
_SYS2_K2:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#03H,_SYS2_K3
        JMP     _SYS2_K6
_SYS2_K3:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#04H,_SYS2_K4
        JMP     _SYS2_K6
_SYS2_K4:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#05H,_SYS2_K5
        JMP     _SYS2_K6
_SYS2_K5:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#06H,_SYS2
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_SYS2_K6:
        MOV     A,OPER_AUTO
        ANL     A,#0F0H
        ORL     A,KEY
        MOV     OPER_AUTO,A
        MOV     ST_PROGRAM,#04H    ;Status program
        JMP     _SYS4
_SYS2:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#02H,_SYS3
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#01H,_SYS3_K1
        JMP     _SYS3_K6
_SYS3_K1:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#02H,_SYS3_K2
        JMP     _SYS3_K6
_SYS3_K2:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#03H,_SYS3_K3
        JMP     _SYS3_K6
_SYS3_K3:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#04H,_SYS3_K4
        JMP     _SYS3_K6
_SYS3_K4:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#05H,_SYS3_K5
        JMP     _SYS3_K6
_SYS3_K5:
        CJNE    A,#06H,_SYS3
        CALL    DELAY_250mS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
_SYS3_K6:
        MOV     A,OPER_AUTO
        ANL     A,#0F0H
        ORL     A,KEY
        MOV     OPER_AUTO,A
        CALL    DIS_COMPLETE
        CALL    DELAY_500mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
_SYS3:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#03H,_SYS4
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#01H,_SYS4_K1
        MOV     INDEX_PABX,#01H
        JMP     _SYS4_K3
_SYS4_K1:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#02H,_SYS4_K2
        MOV     INDEX_PABX,#02H
        JMP     _SYS4_K3
_SYS4_K2:
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#03H,_SYS4_K4
        MOV     INDEX_PABX,#03H
_SYS4_K3:
        CALL    DIS_COMPLETE
        CALL    DELAY_500mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_SYS4_K4:
_SYS4:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#04H,_SYS5
        MOV     ST_PROGRAM,#14H     ;Status program
        MOV     A,#01H      ;CLEAR
        CALL    LCDWI
        CALL    LINE1_LCD
        MOV     DPTR,#T_SSYS16
        CALL    LCD_WR16
        CALL    LINE2_LCD
        MOV     DPTR,#T_SSYS20
        CALL    LCD_WR16
        MOV     A,#94H              ;DDRAM address
        CALL    LCDWI
        MOV     A,NUM_PAGING1
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        MOV     A,NUM_PAGING2
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        MOV     A,NUM_PAGING3
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        MOV     A,NUM_PAGING4
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        MOV     A,NUM_PAGING5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        MOV     A,NUM_PAGING6
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        MOV     A,NUM_PAGING7
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        MOV     A,#94H          ;DDRAM address
        CALL    LCDWI
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#0AH,_SYS5_1
        MOV     ST_PROGRAM,#05H ;Status program
_SYS5_1:
        JMP     _SYS_E
_SYS5:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#14H,_SYS5_K1
        MOV     ST_PROGRAM,#24H ;Status program
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#0AH,_SYS5_ME1
        CALL    DIS_COMPLETE
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
_SYS5_ME1:
        MOV     NUM_PAGING1,KEY
        MOV     A,NUM_PAGING1
        ANL     A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        JMP     _SYS_E
_SYS5_K1:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#24H,_SYS5_K2
        MOV     ST_PROGRAM,#34H   ;Status program
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#0AH,_SYS5_ME2
        CALL    DIS_COMPLETE
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
_SYS5_ME2:
        MOV     NUM_PAGING2,KEY
        MOV     A,NUM_PAGING2
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        JMP     _SYS_E
_SYS5_K2:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#34H,_SYS5_K3
        MOV     ST_PROGRAM,#44H   ;Status program
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#0AH,_SYS5_ME3
        CALL    DIS_COMPLETE
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
_SYS5_ME3:
        MOV     NUM_PAGING3,KEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,NUM_PAGING3
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        JMP     _SYS_E
_SYS5_K3:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#44H,_SYS5_K4
        MOV     ST_PROGRAM,#54H    ;Status program
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#0AH,_SYS5_ME4
        CALL    DIS_COMPLETE
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
_SYS5_ME4:
        MOV     NUM_PAGING4,KEY
        MOV     A,NUM_PAGING4
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        JMP     _SYS_E
_SYS5_K4:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#54H,_SYS5_K5
        MOV     ST_PROGRAM,#64H    ;Status program
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#0AH,_SYS5_ME5
        CALL    DIS_COMPLETE
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
_SYS5_ME5:
        MOV     NUM_PAGING5,KEY
        MOV     A,NUM_PAGING5
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        JMP     _SYS_E
_SYS5_K5:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#64H,_SYS5_K6
        MOV     ST_PROGRAM,#74H    ;Status program
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#0AH,_SYS5_ME6
        CALL    DIS_COMPLETE
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
_SYS5_ME6:
        MOV     NUM_PAGING6,KEY
        MOV     A,NUM_PAGING6
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
        MOV     A,OPER_AUTO
        ANL     A,#0FH
        CJNE    A,#05H,_SYS5_5
        MOV     ST_PROGRAM,#05H    ;Status program
_SYS5_5:
_SYS5_K6:
        MOV     A,ST_PROGRAM
        CJNE    A,#74H,_SYS5_K7
        MOV     ST_PROGRAM,#05H    ;Status program
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     A,KEY
        CJNE    A,#0AH,_SYS5_ME7
        CALL    DIS_COMPLETE
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     PROG_MENU
_SYS5_ME7:
        MOV     NUM_PAGING7,KEY
        MOV     A,NUM_PAGING7
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#30H
        CALL    LCDWD
_SYS5_K7:
_SYS_E:
        CALL    DELAY_250mS
        MOV     KEY,#0H
        JMP     _INI_SSYS
;###############  Main Interface LCD display 4 bit ############################;
LCDWI:
        CLR     EN_BUFFER       ;Open buffer(edge high)
        MOV     C,ACC.7
        MOV     D7_LCD,C
        MOV     C,ACC.6
        MOV     D6_LCD,C
        MOV     C,ACC.5
        MOV     D5_LCD,C
        MOV     C,ACC.4
        MOV     D4_LCD,C
        CLR     RS_LCD          ;RS = 0
        CLR     EN_LCD          ;Enable=0
        SETB    EN_LCD          ;Enable=1
        CLR     EN_LCD          ;Enable=0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     C,ACC.3
        MOV     D7_LCD,C
        MOV     C,ACC.2
        MOV     D6_LCD,C
        MOV     C,ACC.1
        MOV     D5_LCD,C
        MOV     C,ACC.0
        MOV     D4_LCD,C
        CLR     EN_LCD          ;Enable=0
        SETB    EN_LCD          ;Enable=1
        CLR     EN_LCD          ;Enable=0
        CALL    DELAY_LCD
        RET
LCDWD:
        CLR     EN_BUFFER       ;Open buffer(edge high)
        MOV     C,ACC.7
        MOV     D7_LCD,C
        MOV     C,ACC.6
        MOV     D6_LCD,C
        MOV     C,ACC.5
        MOV     D5_LCD,C
        MOV     C,ACC.4
        MOV     D4_LCD,C
        SETB    RS_LCD          ;RS = 1
        CLR     EN_LCD          ;Enable=0
        SETB    EN_LCD          ;Enable=1
        CLR     EN_LCD          ;Enable=0
        MOV     C,ACC.3
        MOV     D7_LCD,C
        MOV     C,ACC.2
        MOV     D6_LCD,C
        MOV     C,ACC.1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     D5_LCD,C
MOV     C,ACC.0
MOV     D4_LCD,C
SETB    RS_LCD          ;RS = 1
CLR     EN_LCD          ;Enable=0
SETB    EN_LCD          ;Enable=1
CLR     EN_LCD          ;Enable=0
CALL    DELAY_LCD
RET
END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลงานวิจัยในระหว่างการศึกษาที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

Telephone Emergency Call system via Radio Pager Network.

สกุล ผลวิไล* ถวิล พึ่งมา* รุ่ง พวงดอกไม้* พิเชฐ ม่วงนวล**

* ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนอ่อนนุช ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร. (02) 3266052-101 ต่อ 2547 โทรสาร. (02) 3269080 E-Mail : tawilp@telelan.telecom.eng.kmitl.ac.th

** ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
235 ถนนเพชรเกษม ภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10163

โทร. (02) 4570046 ต่อ 124 โทรสาร. (02) 4573982 E-Mail : d9113015@email.siam.ac.th

บทคัดย่อ

ในบทความวิจัยนี้นำเสนอการสร้างระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว โดยเครื่องจะรับสัญญาณจากอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นแล้วจะทำการส่งสัญญาณไปยัง CPU เพื่อส่งสัญญาณเตือนในลักษณะการฝากข้อความเตือนภัยไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัวผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ โดยสามารถเลือกว่าจะส่งข้อความหรือรหัสเตือนภัยไปยังเพจเจอร์ ผู้ใช้สามารถโปรแกรมให้เครื่องสามารถเรียกไปยังศูนย์บริการวิทยุติดตามตัวต่างๆได้ ในกรณีที่เจ้าของบ้านใช้วิทยุติดตามตัวมากกว่า 1 เครื่อง ซึ่งอาจจะเป็นระบบเดียวกันหรือคนละระบบก็ได้ จึงเป็นการสะดวกที่บุคคลทั่วไปจะนำไปใช้งาน

Abstract

This paper presents the telephone emergency caller system by sending emergency call signal via radio pager network. The signal from emergency detectors will be detected by CPU and make a call to the assigned number of pager via telephone network. We can set message or emergency code for pager display, and it can be use with more than one pager in the same or different pager system.

1. คำนำ

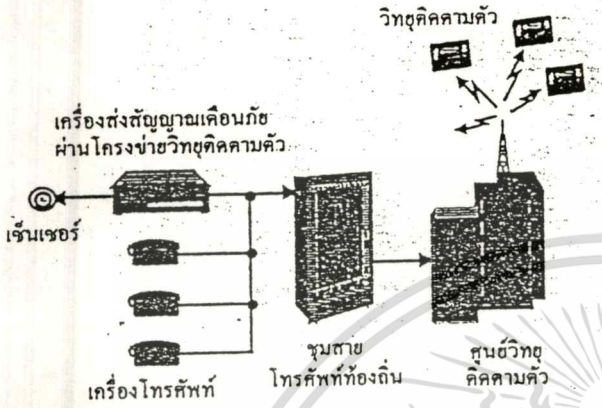
เนื่องจากในยุคปัจจุบันครอบครัวของคนในเมืองส่วนใหญ่เป็นครอบครัวที่มีพ่อแม่และลูก พ่อแม่ต้องไปทำงานนอกบ้าน ลูกต้องไปเรียนหนังสือจึงไม่มีคนอยู่บ้าน เจ้าของบ้านจะเกิดความกังวลว่าอาจมีเหตุร้ายเกิดขึ้นเช่น ขโมยเข้าบ้าน หรือไฟไหม้ ในขณะที่ไม่มีใครอยู่บ้าน ที่ผ่านมาทางผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเครื่องบันทึก-ตอบรับแจ้งภัยทางโทรศัพท์ที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นยามอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแจ้งเหตุร้ายทางโทรศัพท์ไปยังหมายเลขโทรศัพท์ที่กำหนด[1] แต่ก็เกิดปัญหาขึ้นคือ เมื่อเครื่องโทรแจ้งไปยังสถานีตำรวจหรือสถานีดับเพลิงทางเจ้าหน้าที่จะไม่ค่อยให้ความเชื่อถือกับข่าวสารที่ได้รับเท่าที่ควร รวมทั้งสถานที่ราชการจะมีคนมาติดต่อใช้บริการมากการโทรติดต่อค่อนข้างใช้เวลามาก ทำให้การแก้ไขเหตุการณ์ไม่ค่อยทันเวลาทำให้เกิดความเสียขึ้น เพื่อแก้ปัญหาข้างต้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัวขึ้นมา ซึ่งการโทรไปยังศูนย์บริการวิทยุติดตามตัว เพื่อฝากข้อความสามารถกระทำได้ง่าย ทำให้เจ้าของบ้านสามารถแก้ไขเหตุร้ายได้ทันเวลา

2. หลักการทำงานของเครื่อง

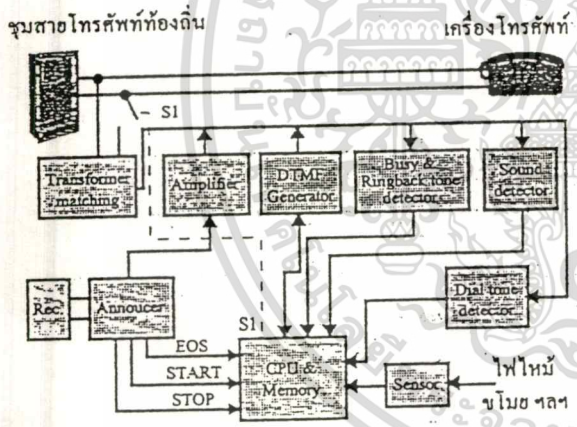
หลักการทำงานของเครื่อง สามารถดูได้จากรูปที่ 1 จากรูปนำเครื่องไปพ่วงกับเครื่องโทรศัพท์ตามบ้านทั่วไป[2] เมื่ออุปกรณ์ตรวจจับได้ว่ามีเหตุการณ์ไม่ปกติเกิดขึ้นก็จะทำการโทรไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัวโดยอัตโนมัติ เพื่อส่งรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

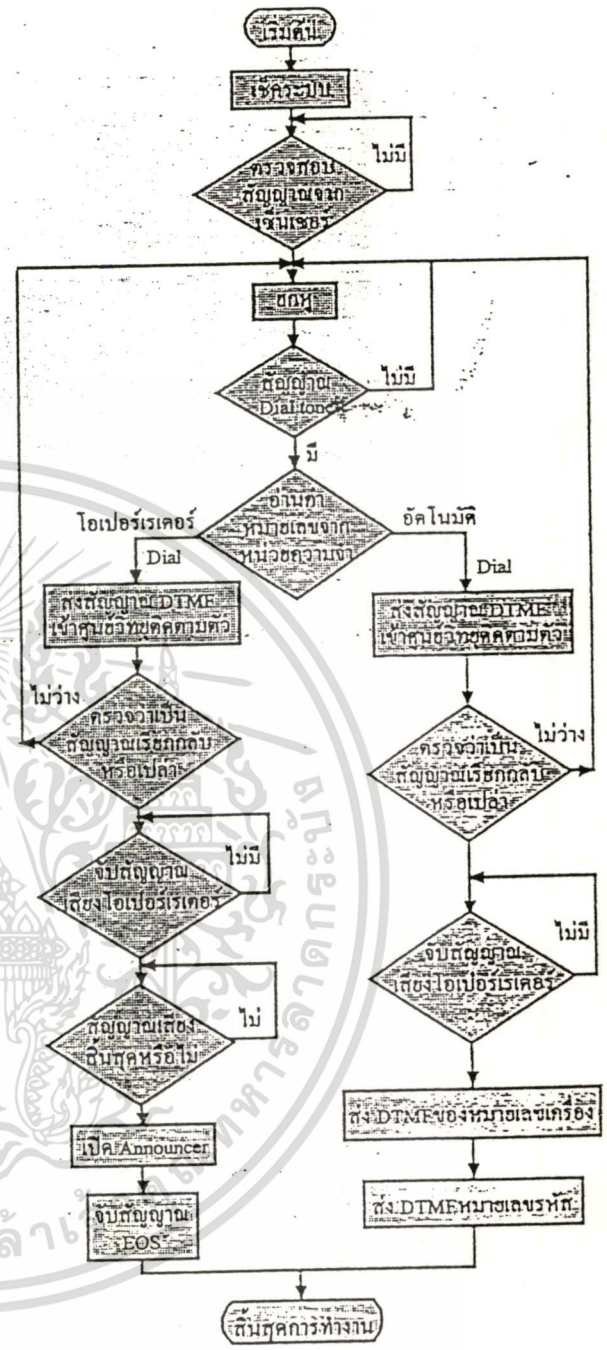
เตือนภัยหรือจะใช้เสียงจากวงจรสัญญาณเสียงตอบรับ (Announcer) ให้ศูนย์วิทยุติดตามตัวส่งข้อความเตือนภัยไปยังวิทยุติดตามตัว



รูปที่ 1 การเชื่อมต่อเครื่องเพื่อใช้งานในการแจ้งภัย



รูปที่ 2 บล็อคไดอะแกรมของเครื่องส่งสัญญาณเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว



รูปที่ 3 ลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

3. การออกแบบ

การออกแบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

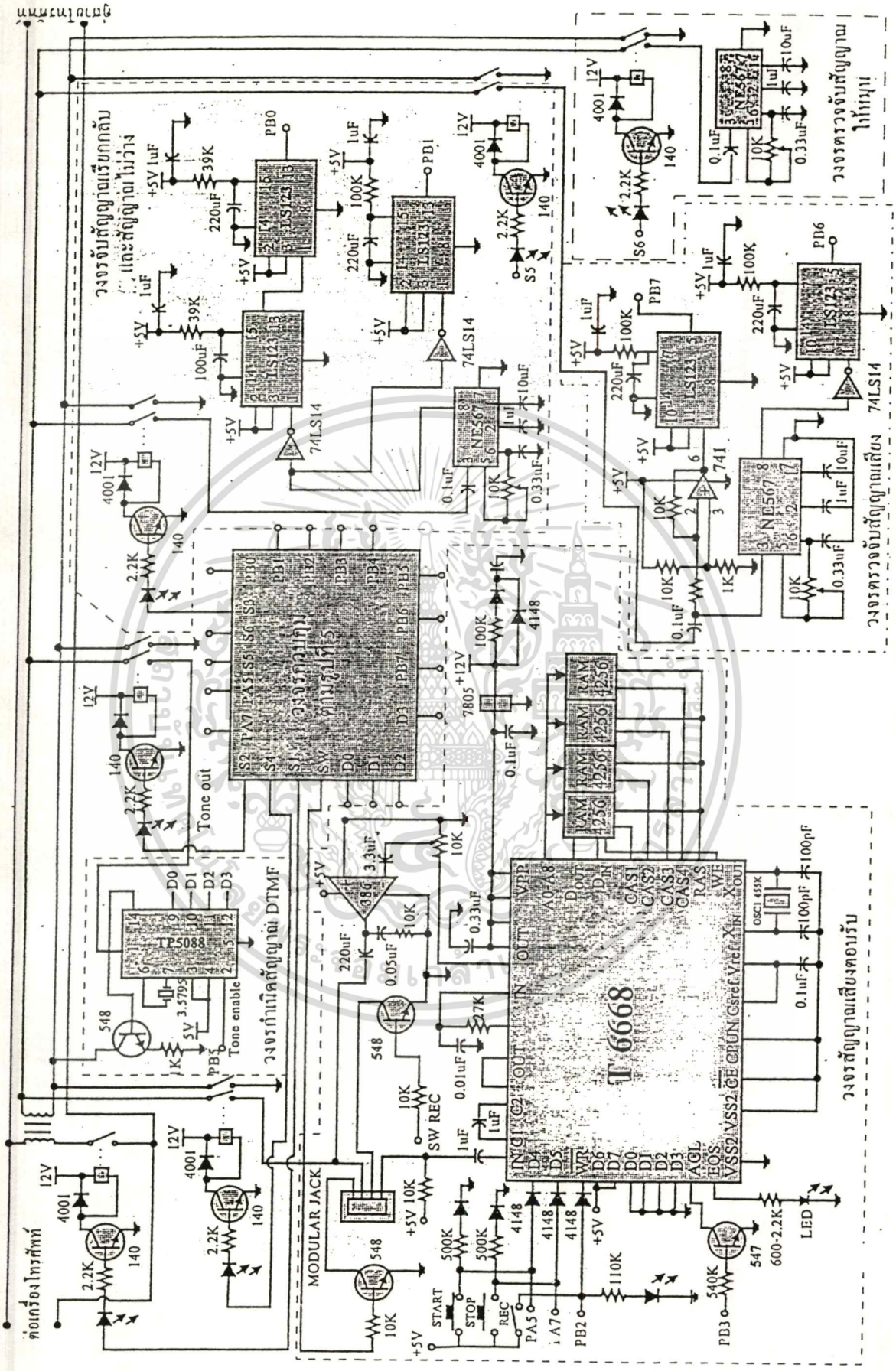
3.1. การออกแบบตัวเครื่องหรือส่วนฮาร์ดแวร์

เครื่องจะมีโครงสร้างดังบล็อคไดอะแกรมในรูปที่ 2 และมีขั้นตอนการทำงานดังในรูปที่ 3 ส่วนวงจรรวมของเครื่องสามารถดูจากรูปที่ 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1. ส่วนตรวจจับสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น

ส่วนนี้จะประกอบด้วยเซ็นเซอร์ คอยตรวจจับสิ่งผิดปรกติที่เกิดขึ้น จากนั้นจะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปบอกให้ส่วนควบคุมและประมวลผลทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 วงจรวงจรของระบบตัดเก็บทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2. ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุน (Dial tone)

ส่วนตรวจจับสัญญาณให้หมุนนี้จะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณให้หมุนความถี่ 400 Hz ใช้ไอซี NE567 ดังวงจรในรูปที่ 4 เมื่อสัญญาณให้หมุนเข้ามาเอาท์พุทขา 8 ของ NE567 จะเป็นลอจิก 0 เมื่อผ่านไอซีอินเวอร์เตอร์ 74LS14 จะกลายเป็นลอจิก 1

3.1.3.ส่วนส่งสัญญาณหมายเลขความถี่คู่ผสม(DTMF)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณ DTMF ไปยังชุมสายโทรศัพท์จะใช้ไอซี TP#5088 รับข้อมูลเลขหมายจาก CPU ทางขา D0-D3 เมื่อต้องการส่งสัญญาณ DTMF CPU จะส่งสัญญาณไปยังขา Tone enable และใช้ทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณ DTMF ผ่าน Transformer Clouping ออกไปยังคู่สายโทรศัพท์มีรายละเอียดวงจรดังรูปที่ 4

3.1.4. ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง (Busy and Ring Back Tone Detector)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ตรวจสอบว่าหลังจากส่งหมายเลข DTMF ไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัว ถ้าคู่สายดังกล่าวว่างชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณกระดิ่งเรียกไปยังเครื่องปลายทาง และส่งสัญญาณเรียกกลับมายังเครื่องต้นทาง เพื่อส่งให้ส่วนควบคุมและประมวลผลทราบ และสั่งให้เครื่องส่งข้อความ ถ้าไม่ว่างชุมสายจะส่งสัญญาณไม่ว่างกลับมา ซึ่งสัญญาณทั้งสองจะมีความถี่ 400 Hz เท่ากันแต่คาบเวลาแตกต่างกัน จากนั้นเครื่องทำการส่งสัญญาณ DTMF ใหม่ ซึ่งวงจรนี้จะใช้ไอซี NE567 ตรวจจับความถี่ 400 Hz ของสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณไม่ว่าง เอาท์พุทที่ขา 8 เป็นลอจิก 0 ผ่านอินเวอร์เตอร์เป็นลอจิก 1 และต่อไปยังไอซีเบอร์ 74LS123 จำนวน 2 ชุด ชุดแรก 2 ตัว และชุดที่สอง 1 ตัว กำหนดช่วงเวลามากกว่า 1 วินาทีเล็กน้อย ถ้าสัญญาณไม่ว่างเข้ามาจะมีคาบเวลาไม่เกิน 1 วินาที ทำให้ไอซีเบอร์ 74LS123 ตัวที่สองไม่มีการทริกทำให้เอาท์พุทเปลี่ยนเป็นลอจิก 0 ส่วนสัญญาณเรียกกลับมีคาบเวลา 4 วินาที ทำให้มีสัญญาณเอาท์พุทจากไอซีเบอร์ 74LS123 ที่เป็นลอจิก 1 ไปทริกไอซีเบอร์ 74LS123 ทำให้เอาท์พุทเป็นลอจิก 1 ส่วนไอซีเบอร์ 74LS123 ชุดที่สอง เมื่อมีสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับจะให้เอาท์พุทเป็นลอจิก 1 ตลอด เพราะฉะนั้นเมื่อเป็นสัญญาณไม่ว่างเอาท์พุทจะเป็นลอจิก 0 และลอจิก 1 ตามลำดับ สัญญาณเรียกกลับเอาท์พุทจะเป็นลอจิก 1 เท่านั้น

3.1.5. ส่วนสัญญาณเสียงตอบรับ (Announcer)

ส่วนนี้จะส่งเสียงตอบโต้กลับโอเปอร์เรเตอร์ในการฝากข้อความใช้ไอซี T6668 รับอินพุทสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนแล้วเปลี่ยนเสียงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วนำไปเก็บไว้ใน IC หน่วยความจำแบบ DRAM#41256 จำนวน 4 ตัว (ความจุ 1MB) โดยแต่ละชุดสามารถเลือกความเร็วในการบันทึกที่ขา D7 และขา D6 เป็นลอจิก 1 และ 0 ที่ความเร็ว 16 Kbit/s ดังรายละเอียดวงจรแสดงในรูปที่ 4

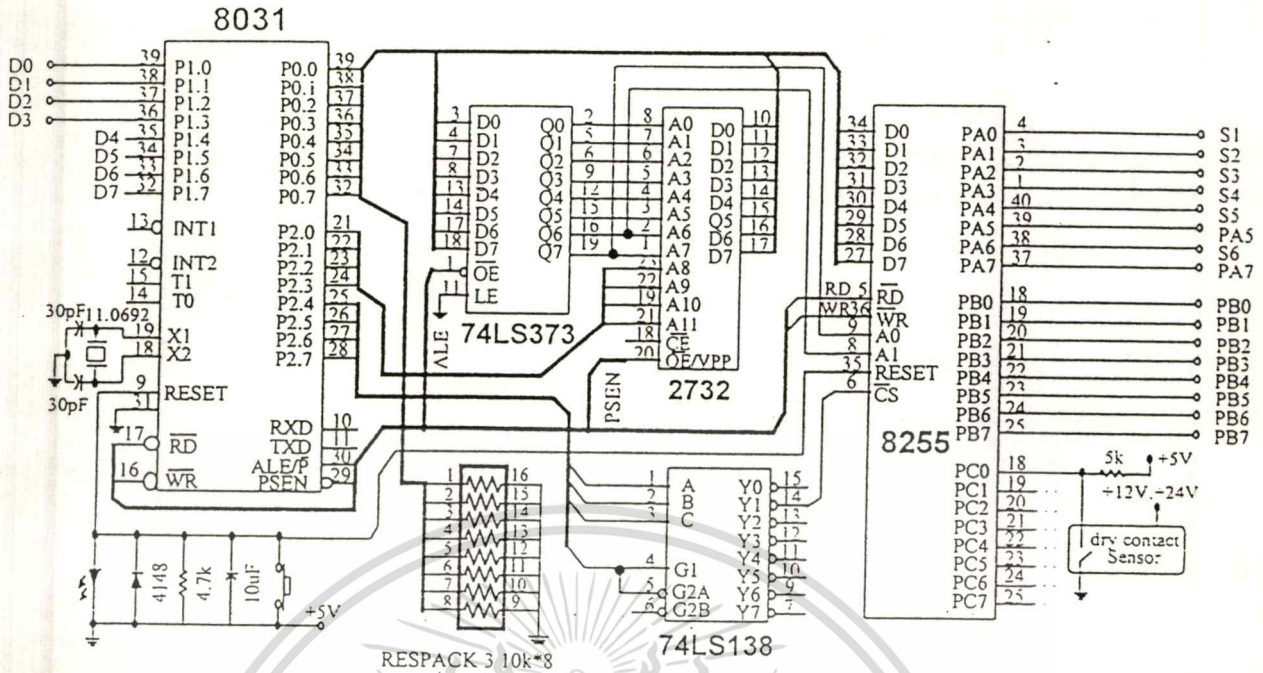
3.1.6. วงจรตรวจจับสัญญาณเสียง (Sound Detector Circuit)

ในกรณีที่เครื่องติดต่อศูนย์วิทยุติดตามตัวทั้งระบบติดต่อผ่านเครื่องตอบรับแบบอัตโนมัติและระบบที่มีพนักงานรับฝากข้อความ เครื่องจะต้องตรวจสอบสัญญาณเสียงตอบรับเมื่อเสียงสัญญาณตอบรับเสร็จสิ้นก็จะทำการส่งสัญญาณ DTMF ไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัว วงจรส่วนนี้จะมีรายละเอียดดังรูปที่ 4 จากรูปใช้ไอซีออปแอมเบอร์ 741 ขยายสัญญาณเสียงที่เข้ามาให้แรงพอที่จะทริกไอซีโมโนสเต่เบิ้ลเบอร์ 74LS123 ชุดที่ 1 และให้เอาท์พุทเป็นลอจิก 1 เมื่อมีสัญญาณเสียงเข้าและจะใช้ไอซีเบอร์ NE567 ตรวจจับสัญญาณเสียง เมื่อมีเสียงเข้ามาจะมีเอาท์พุทเป็นลอจิก 0 ผ่านไอซีอินเวอร์เตอร์จะเป็นลอจิก 1 และมีสัญญาณไปทริกไอซีเบอร์ 74LS123 ชุดที่ 2 ทำให้เอาท์พุทเป็นลอจิก 1 ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณเสียงและมีเฉพาะสัญญาณรบกวน สัญญาณจากไอซีเบอร์ 74LS123 ชุดที่ 1 จะเป็นลอจิก 1 แต่เมื่อสัญญาณรบกวนดังกล่าวผ่าน NE567 จะให้เอาท์พุทเป็นลอจิก 1 เมื่อผ่านไอซีอินเวอร์เตอร์จะเป็นลอจิก 0 โดยไม่มีสัญญาณไปทริกไอซีเบอร์ 74LS123 ชุดที่ 2 ทำให้เอาท์พุทเป็นลอจิก 0

3.1.7. ส่วนควบคุมและประมวลผล

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมส่วนต่างๆให้ทำงานตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 วงจรของส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง

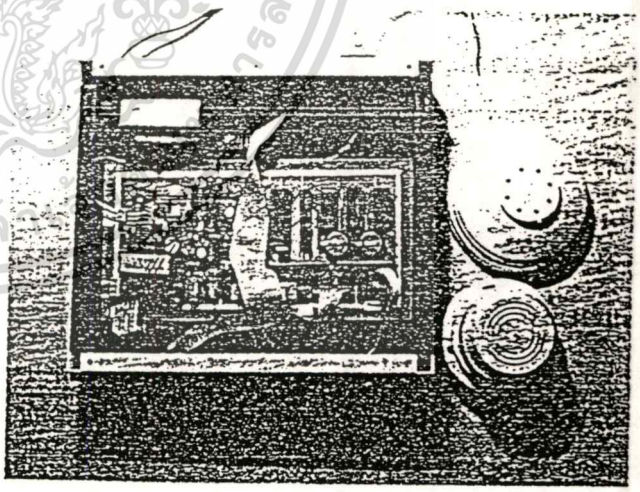
ขั้นตอนดังรูปที่ 3 ซึ่งใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ MSC-51 เบอร์ 8031[3] ต่อร่วมกับไอซี I/O 8255 โดยมีไอซี #74LS1378 ทำหน้าที่กำหนดพอร์ทที่ CPU ต้องการที่จะติดต่อ และใช้ไอซี EPROM#2732 เก็บโปรแกรมการควบคุมการทำงานของ CPU ดังมีรายละเอียดวงจรดังรูปที่ 5

3.2. การออกแบบซอฟแวร์เพื่อควบคุมการทำงาน

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญจะทำหน้าที่ควบคุมให้เครื่องทำงานตามขั้นตอนในรูปที่ 3 โดยใช้ภาษาแอสแซมบลี้ (ASM 51) .และคอมไพเลอร์ CROSS 32

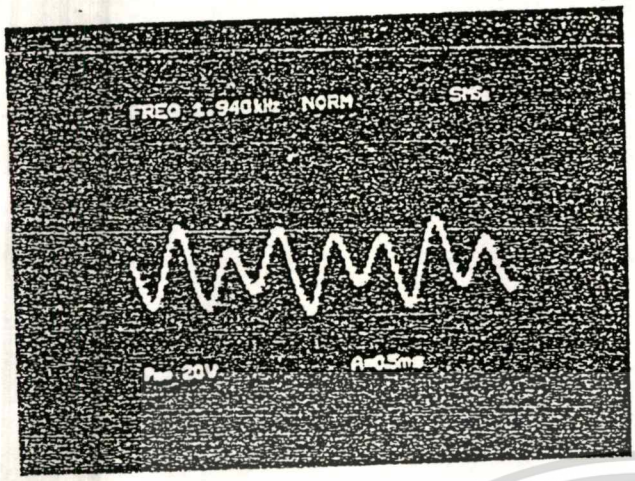
4. การทดลองและผลการทดลอง

หลังจากทำการออกแบบและสร้างเครื่องจะได้เครื่องต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 6 จากนั้นนำไปทดสอบการใช้งาน โดยนำเครื่องไปต่อกับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ สามารถวัดสัญญาณ DTMF ที่ส่งออกไปยังศูนย์วิทยุติดตามตัว ดังรูปที่ 7 และแสดงลักษณะของสัญญาณจากวงจรตรวจจับสัญญาณไม่ว่างและสัญญาณเรียกกลับดังรูปที่ 8 และ 9 ส่วนสัญญาณเสียงตอบกลับจากโอเปอร์เรเตอร์ แสดงดังรูปที่ 10

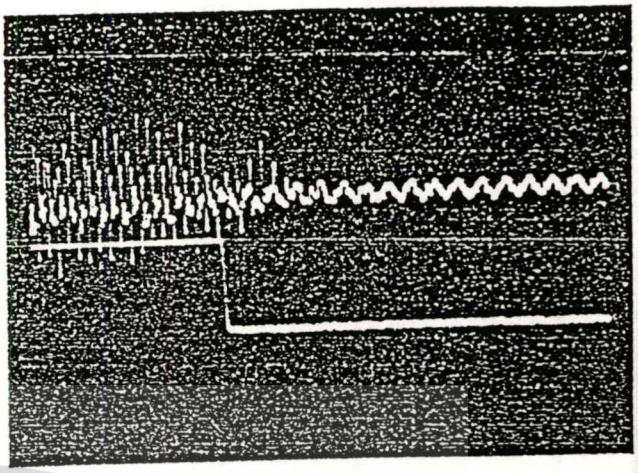


รูปที่ 6 เครื่องต้นแบบของระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว

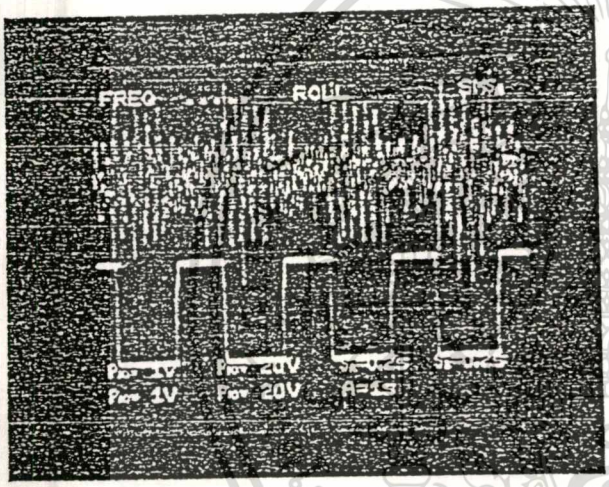
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



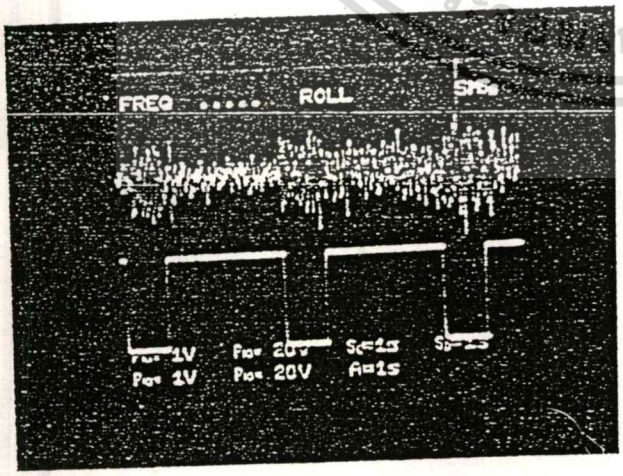
รูปที่ 7 ลักษณะสัญญาณ DTMF จาก TP 5088 หมายเลข 6



รูปที่ 10 สัญญาณเอาท์พุทวงจรตรวจจับสัญญาณเสียง



รูปที่ 8 (บน) สัญญาณไม่ว่าง (ล่าง) สัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วยวงจรเฟสล็อกลูป NE 567



รูปที่ 9 (บน) สัญญาณเรียกกลับ (ล่าง) สัญญาณเอาท์พุทที่ตรวจจับด้วยวงจรเฟสล็อกลูป NE 567

5. สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาระบบเตือนภัยทางโทรศัพท์ผ่านโครงข่ายวิทยุติดตามตัว ให้ผลการทำงานดังแสดงในรูปที่ 7-10 ตามลำดับให้ผลเป็นที่น่าพอใจ สามารถทำงานตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเชื่อถือได้ รวมทั้งสามารถนำไปผลิตในเชิงพานิชย์ได้

เอกสารอ้างอิง

[1] ถวิล พึ่งมา มนูญ สุขเกษม และพิชญ์ บุญครา "เครื่องบันทึก-ตอบรับและแจ้งภัยทางโทรศัพท์" การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรมประจำปี 2534

[2] J.L. Fike and G.E. Frined, "Understanding Telephone Eletronic" HOWARD W. SAMS & COMPANY, 1989.

[3] Intel Corporration, "MSC-51 Family of Single-Chip Microcomputers User's Manual", Intel Corporration, 411 p.,1981.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายสกุล ผลวิไล เกิดเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2516 ที่จังหวัดจันทบุรี สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2538 เข้าศึกษาต่อในปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้