สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ

AUTOMATIC ANSWERING TELEPHONE

T 046492

โดย

นางสาวพรเพ็ญ นนท์แก้ว

นางสาววลัยพร พีธรากร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

วน.
TK 252 ท
2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46492
วัน, เดือน, ปี 2 เม.ย. 2546

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ

AUTOMATIC ANSWERING TELEPHONE

โดย

นางสาวพรเพ็ญ นนท์แก้ว 41014294

นางสาววลัยพร พีธรากร 41014374

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **โทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ**

AUTOMATIC ANSWERING TELEPHONE

ผู้จัดทำ

1. นาวสาวพรเพ็ญ นนท์แก้ว 41014294

2. นางสาววลัยพร พีธรากร 41014374

ปราโมทย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ

AUTOMATIC ANSWERING TELEPHONE

โดย นางสาวพรเพ็ญ นนท์แก้ว 41014294
นางสาววลัยพร พีธรากร 41014374

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน

บทคัดย่อ

โทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติจะทำหน้าที่ตอบรับโทรศัพท์แทนเจ้าของบ้าน ซึ่งจะบันทึกเสียงของเจ้าของเครื่องเพื่อแจ้งให้ผู้เรียกเข้าทราบว่าขณะนี้ไม่มีผู้รับสาย โดยผู้เรียกจะสามารถฝากข้อความเอาไว้ได้ และเจ้าของบ้านสามารถโทรเข้า เพื่อฟังข้อความที่มีผู้ฝากถึงไว้ในเครื่อง การควบคุมการทำงานจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวกลางในการสั่งการ

ABSTRACT

Automatic answering telephone has a function to record the sound to announce while there is no one at home. The caller can leave the message; the user can call back to check it. The operating system was controlled by microcontroller to read and write the message.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	3
2.2 สัญญาณพื้นฐาน	7
2.3 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ	10
2.4 ระบบการส่งสัญญาณโทรศัพท์จากชุมสายมายังชุมสายย่อย	11
2.5 ระบบสัญญาณสวิตซ์ชิ่งภายในชุมสายโทรศัพท์	12
2.6 ระบบตัดต่อโทรศัพท์	13
2.7 ระบบการเชื่อมต่อของโทรศัพท์และชุมสาย	13
2.8 คุณภาพของการส่งสัญญาณ	15
บทที่ 3 หลักการออกแบบวงจรทางด้านภาคส่ง	
3.1 โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์	16
3.1.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	16
3.1.2 วงจรยกหู / วางหูโทรศัพท์	17
3.1.3 วงจรควบคุมเสียงพูด	18
3.1.4 วงจรสร้างสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ	21
3.15 วงจรถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ	22
3.1.6 วงจรตอบรับและบันทึกเสียง	25
3.1.7 วงจรเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์	31
3.1.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์	31
3.2 โครงสร้างทางซอร์ฟแวร์	32
3.2.1 โปรแกรมหลักที่ควบคุมการทำงานของโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ	32
3.2.2 โปรแกรมส่วนควบคุมการฝากข้อความ	35
3.2.3 โปรแกรมส่วนควบคุมการฟังข้อความ	36
3.2.4 โปรแกรมส่วนควบคุมการเปลี่ยนข้อความตอบรับ	37
3.2.5 โปรแกรมส่วนควบคุมการเปลี่ยนรหัสผ่าน	38
3.2.6 โปรแกรมควบคุมการบันทึกเสียงของไอซี ISD2590	39
3.2.7 โปรแกรมควบคุมการเล่นกลับของไอซี ISD 2590	40
3.2.8 โปรแกรมส่วนตรวจสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ	41
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 ขั้นตอนการทดลอง	42
4.2 ผลการทดลอง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลการทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 42
4.2.2 ผลการทดลองวงจรควบคุมสียงพูด 43
4.2.3 ผลการทดลองการสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ 45
4.2.4 ผลการทดลองในส่วนของการถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ 46
4.2.5 ผลการทดลองในส่วนของตอบรับและบันทึกเสียง 47
4.2.6 ผลการวงจรเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์ 49
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป 50
ภาคผนวก
กิตติกรรมประกาศ
หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ 1

รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์ 4

รูปที่ 2.2 การหมุนหมายเลข 3 5

รูปที่ 2.3 ตำแหน่งความถี่ของหมายเลขโทรศัพท์ 6

รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมของสัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย 8

รูปที่ 2.5 ไดอะแกรมของสัญญาณระหว่างชุมสายกับชุมสาย 9

รูปที่ 2.6 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและโทรศัพท์เครื่องรับ 10

รูปที่ 2.7 ระบบการส่งสัญญาณโทรศัพท์จากชุมสายมายังชุมสายย่อย 11

รูปที่ 2.8 สัญญาณสวิตช์ชิ่งภายในชุมสายโทรศัพท์ 12

รูปที่ 2.9 การเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์โดยผ่านชุมสาย 13

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ 16

รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 16

รูปที่ 3.3 วงจรยกหู / วางหูโทรศัพท์ 17

รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมภายในของ MC34114 18

รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมและอุปกรณ์ภายนอกของ MC34114 19

รูปที่ 3.6 เส้นทางเดินของสัญญาณทางด้านส่ง 20

รูปที่ 3.7 เส้นทางเดินของสัญญาณทางด้านรับ 20

รูปที่ 3.8 วงจรสร้างสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ 21

รูปที่ 3.9 วงจรถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ 23

รูปที่ 3.10 โครงสร้างภายในของไอซี MT8870 24

รูปที่ 3.11 ไทม์มิ่งไดอะแกรมการทำงานของ MT8870 24

รูปที่ 3.12 โครงสร้างภายในของไอซี ISD2590 27

รูปที่ 3.13 ไทม์มิ่งไดอะแกรมของการเล่นกลับของไอซี ISD2590 28

รูปที่ 3.14 ไทม์มิ่งไดอะแกรมของการบันทึกของไอซี ISD2590 28

รูปที่ 3.15 วงจรบันทึกเสียงโดย ISD2590 29

รูปที่ 3.16 การต่อคาดเคสกันของ ISD2590 จำนวน 4 ตัว 30

รูปที่ 3.17 วงจรเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์ 31

รูปที่ 3.18 การต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 32

รูปที่ 3.19-1 โฟว์ชาร์ทแสดงการควบคุมการทำงานของโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ 33

รูปที่ 3.19-2 โฟว์ชาร์ทแสดงการควบคุมการทำงานของโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ (ต่อ) 34

รูปที่ 3.20 โฟว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการฝากข้อความ 35

รูปที่ 3.21 โฟว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการเล่นกลับข้อความ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 โฟว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการเปลี่ยนข้อความตอบรับ 37
รูปที่ 3.23 โฟว์ชาร์ทแสดงการขั้นตอนการเปลี่ยนรหัสผ่าน 38
รูปที่ 3.24 โฟว์ชาร์ทของโปรแกรมควบคุมการบันทึกเสียงของไอซี ISD2590 39
รูปที่ 3.25 โฟว์ชาร์ทของโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับเสียงของไอซี ISD2590 40
รูปที่ 3.26 โฟว์ชาร์ทของโปรแกรมส่วนตรวจจับสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ 41
รูปที่ 4.1 สัญญาณกระดิ่ง 42
รูปที่ 4.2 Channel 1 เอาต์พุตจาก Opto – Coupler เบอร์ 4N25 43
Channel 2 เอาต์พุตจากวงจร Monostable เบอร์ 74LS121
รูปที่ 4.3 Channel 1 สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 1 ของ MC34114 43
Channel 2 สัญญาณอินพุตรูปไซน์ 10 กิโลเฮิรตซ์ ที่ไมโครโฟน
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงระดับสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากวงจรควบคุมเสียงเพื่อส่งออกคู่สาย 44
โทรศัพท์ที่ความถี่ต่าง ๆ (ขา 1)
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงระดับไซน์โทนเมื่อป้อนสัญญาณอินพุตความถี่ต่าง ๆ (ขา 12) 44
รูปที่ 4.6 สัญญาณดีทีเอ็มเอฟ เมื่อกดเลข 1 45
รูปที่ 4.7 สัญญาณดีทีเอ็มเอฟ เมื่อกดเลข 2 45
รูปที่ 4.8 Channel 1 อินพุตของ ISD2590 ที่ไมโครโฟน เป็นสัญญาณรูปไซน์ 500 เฮิรตซ์ 47
Channel 2 เอาต์พุตของ ISD2590 ที่ลำโพง เป็นสัญญาณรูปไซน์ 500 เฮิรตซ์
รูปที่ 4.9 Channel 1 อินพุตของ ISD2590 ที่ไมโครโฟน เป็นสัญญาณรูปไซน์ 1 กิโลเฮิรตซ์ 47
Channel 2 เอาต์พุตของ ISD2590 ที่ลำโพง เป็นสัญญาณรูปไซน์ 1 กิโลเฮิรตซ์
รูปที่ 4.10 Channel 1 อินพุตของ ISD2590 ที่ไมโครโฟน เป็นสัญญาณรูปไซน์ 1.5 กิโลเฮิรตซ์ 48
Channel 2 เอาต์พุตของ ISD2590 ที่ลำโพง เป็นสัญญาณรูปไซน์ 1.5 กิโลเฮิรตซ์
รูปที่ 4.11 Channel 1 อินพุตของ ISD2590 ที่ไมโครโฟน เป็นสัญญาณรูปไซน์ 1 กิโลเฮิรตซ์ 48
Channel 2 เอาต์พุตของ ISD2590 ที่ลำโพง เป็นสัญญาณรูปไซน์ 1กิโลเฮิรตซ์
รูปที่ 4.12 Channel 1 สัญญาณอินพุตรูปไซน์ 1 กิโลเฮิรตซ์ 1โวลต์พีคทูพีค 49
Channel 2 สัญญาณเอาต์พุตจาก LM386

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ 46

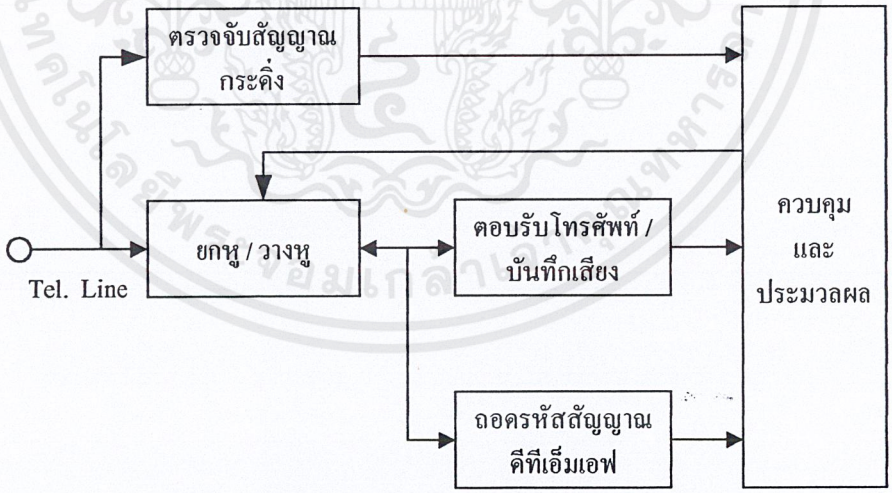
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีด้านการสื่อสารมีความก้าวหน้าไปมาก โดยเฉพาะการสื่อสารโดยใช้คอมพิวเตอร์ แต่การสื่อสารที่ยังเป็นที่นิยมอยู่ในปัจจุบันก็คือการสื่อสารด้วยโทรศัพท์ เนื่องจากมีความรวดเร็วและยังสามารถถ่ายทอดความรู้สึกระหว่างผู้พูดและผู้ฟังได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังมีบริการครอบคลุมทุกพื้นที่ โทรศัพท์จึงเป็นอุปกรณ์การติดต่อสื่อสารที่ช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก

สำหรับโครงงานนี้จะนำเสนอเรื่องโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ กล่าวคือหากมีผู้เรียกโทรเข้ามาในขณะที่ผู้ถูกเรียกไม่อยู่หรือไม่สามารถรับสายได้ ผู้เรียกจะสามารถฝากข้อความไว้และผู้ถูกเรียกจะสามารถเปิดฟังข้อความภายหลังได้ อีกทั้งยังมีการพัฒนาให้เจ้าของเครื่องสามารถโทรเข้ามาฟังข้อความ ลบข้อความ เปลี่ยนเสียงตอบรับ และเปลี่ยนรหัสผ่านได้ ทำให้เจ้าของเครื่องไม่ต้องกังวลเวลาไม่อยู่บ้านเป็นเวลานาน เทคโนโลยีด้านเครื่องตอบรับมีการพัฒนามามากจากแต่ก่อนที่เป็นเครื่องเล่นเทปจนกระทั่งพัฒนามาเป็นการใช้ไอซีอัดเสียง และในโครงงานนี้ก็ได้นำไอซีอัดเสียงมาใช้งาน

ในโครงงานนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ใช้งานกับโทรศัพท์ ในการตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ โดยบล็อกไดอะแกรมของโครงงานแสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ

จากรูปที่ 1.1 เมื่อมีการเรียกเข้ามาจากคู่สาย จะมีสัญญาณกระดิ่งส่งมาที่เครื่องโทรศัพท์ ซึ่งสัญญาณกระดิ่งจะถูกตรวจจับโดยวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง จากนั้นหน่วยประมวลผลจะทำการนับสัญญาณกระดิ่งที่เข้ามาเมื่อครบตามจำนวนที่ตั้งไว้แล้ว หน่วยประมวลผลจะส่งสัญญาณไปบอกให้วงจรยกหู / วางหูทำงาน และสั่งให้วงจรตอบรับโทรศัพท์ทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตอบรับโทรศัพท์จะประกาศเสียงตอบรับ และบอกสิ่งที่ต้องทำต่อไปให้แก่ผู้เรียกทราบ ถ้าเจ้าของเครื่องต้องการฟังข้อความที่ฝากเอาไว้ หรือต้องการลบข้อความ หรือต้องการเปลี่ยนแปลงเสียงตอบรับ หรือต้องการเปลี่ยนรหัสผ่าน ก็สามารถทำได้โดยทำการป้อนรหัสผ่านให้ถูกต้อง การทำงานของเครื่องจะอาศัยการกดรหัสหมายเลข ส่งให้วงจรถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ (DTMF) ทำการถอดรหัสว่าตรงกับคำสั่งใด เช่น ถ้าผู้เรียกต้องการจะบันทึกเสียง หน่วยประมวลผลจะสั่งให้วงจรบันทึกเสียงทำงาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

2.1.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิก และผู้รู้เลขหมายสมาชิกสามารถเรียกคู่สายสนทนาต่าง ๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นได้

การเรียกทางโทรศัพท์ คือ การเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ระหว่างผู้เรียกและผู้รับ

ผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียกจะด้วยการแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดเลขหมายของผู้รับ เมื่อโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของชุมสายอัตโนมัติ

ผู้รับ คือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก

คู่สายสมาชิก คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนเสียงพูดแจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น ไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกและสมาชิกผู้รับอัตโนมัติ

2.1.2 เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set)

เครื่องโทรศัพท์ คือ อุปกรณ์ปลายทางอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่รับ - ส่งสัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยจะทำการแปลงคลื่นเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้าส่งไปในสาย และในทางกลับกันก็เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากลับมาเป็นคลื่นเสียง นอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์ยังทำหน้าที่ต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น
2. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณโคด (Code) ที่ใช้แทนเลขหมายของผู้ถูกเรียก
3. ทำหน้าที่รับเสียงโทนที่ตอบรับจากชุมสาย ตลอดจนสัญญาณเรียก
4. ทำหน้าที่ส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อเรียกไปยังชุมสาย

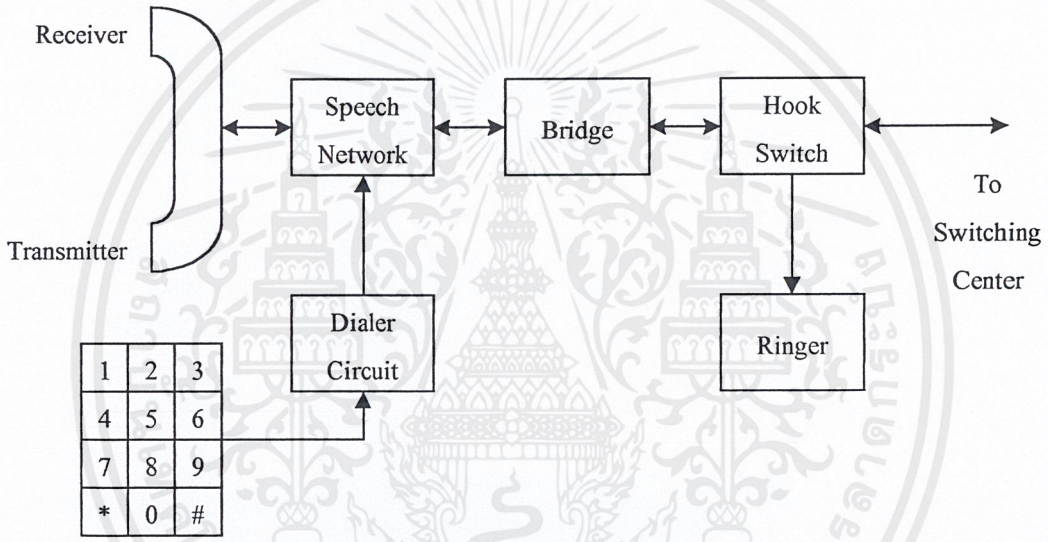
เครื่องโทรศัพท์จะติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์ ด้วยสายสัญญาณ 2 สาย คือ สายทิป (Tip) และสายริง (Ring) ปกติเมื่อไม่มีการใช้งาน โทรศัพท์จะถูกตัดออกจากคู่ของสายโทรศัพท์ คงเหลือแต่เพียงวงจรกำเนิดเสียงเรียก (Ringing) หรือวงจรกระดิ่งต่ออยู่กับชุมสายโทรศัพท์เท่านั้น เพื่อส่งสัญญาณเรียกเมื่อมีการติดต่อจากผู้อื่นเข้ามา ทำให้ขณะที่โทรศัพท์ไม่ถูกใช้งาน จะไม่มีกระแสไหลผ่านเครื่องรับโทรศัพท์ แต่เมื่อเรายกหูโทรศัพท์ก็จะมีการเชื่อมต่อเครื่องรับโทรศัพท์เข้ากับชุมสายโทรศัพท์ เกิดการไหลของกระแสในวงจรโดยกระแสนี้มาจากแบตเตอรี่ในชุมสายโทรศัพท์ และเมื่อชุมสายโทรศัพท์เลือกคู่สายที่ต้องการจะติดต่อได้แล้ว ก็จะทำการส่งสัญญาณกระดิ่งซึ่งเป็นสัญญาณเอซี (AC) ออกไปยังเครื่องรับโทรศัพท์ของผู้ถูกเลือกเพื่อทำการสั่นกระดิ่งให้ดังขึ้น เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์รับสายก็จะเกิดกระแสดีซี (DC) ไหล เมื่อชุมสายตรวจพบก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่งก็จะสามารถทำการสนทนาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องโทรศัพท์ จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักใหญ่ ๆ 7 อย่างด้วยกัน

1. ส่วนรับ (Receiver)
2. ส่วนส่ง (Transmitter)
3. กระดิ่ง (Ringing)
4. สปีช เน็ตเวิร์ค (Speech Network)
5. ฮุค สวิตช์ (Hook Switch)
6. ไดอัลเลอร์ (Dialer)
7. วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง (Bridge Recifier)

แสดงได้ดังบล็อคไดอะแกรมในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์

ตำแหน่งของส่วนส่งและส่วนรับ ปกติจะติดอยู่ที่ตัวพูด - หูฟัง (Handset) ของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งในส่วนส่งมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Electrical Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งไปสวิตชิงเซ็นเตอร์ (Switching Center) แต่ส่วนรับมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียง สัญญาณที่ส่วนรับนั้นจะประกอบด้วย สัญญาณแถบความถี่เสียง (Voiceband Signal) จากสวิตชิงเซ็นเตอร์และจะคอยลดทอนการป้อนกลับจากส่วนส่ง

สำหรับสปีชเน็ทเวิร์ค จะมีหน้าที่แยกสัญญาณส่งและรับในเครื่องโทรศัพท์ ดังนั้นสัญญาณทั้งหมดระหว่างสวิตชิงเซ็นเตอร์ และเครื่องรับโทรศัพท์อาจจะส่งไปในคู่สายเดียวกันได้

ชุดสวิตช์มีอยู่ 2 สถานะ คือ ออน-ฮุค (On – Hook) และ ออฟ-ฮุค (Off – Hook) ทั้ง 2 สถานะนี้ขึ้นอยู่กับว่าสัญญาณว่าง (Idle) หรือใช้งาน (Busy) ตามลำดับ ในสถานะ ออฟ-ฮุค ปกติจะทำงานก็ต่อเมื่อเรายกหู เมื่อยกหูกระแสที่ส่งจะบอกให้อุปกรณ์สวิตชิงเซ็นเตอร์รับรู้ว่าอยู่ในสถานะออฟ-ฮุค สวิตชิงเซ็นเตอร์จะปิดกันสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Signal) และเตรียมรับสัญญาณไดอัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทน (Dial Tone) สุดสวิตช์จะต่อสายโทรศัพท์เข้ากับกระดิ่งเมื่ออยู่ในสถานะ ออน-สุด และต่อสายโทรศัพท์กับ สปีชเน็ทเวิร์ค ในสถานะ ออฟ-สุด

ในสถานะ ออฟ-สุด วงจรโทรศัพท์จะรับดีซี ไบแอส (DC Bias) จากส่วนจ่ายไฟ (Power Supply) ที่สวิตชิงเน็ตเวิร์ค ส่วนสถานะ ออน-สุด จะปรากฏสัญญาณกระดิ่งเมื่อมีผู้เรียกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งถูกสร้างขึ้นที่สวิตชิงเซ็นเตอร์และถูกส่งมาทำให้กระดิ่งในโทรศัพท์ทำงาน

วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง จะทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายโทรศัพท์ไปเลี้ยงวงจรโทรศัพท์ เมื่อสุดสวิตช์อยู่ในสภาวะยก และทำหน้าที่ให้สัญญาณทั้งด้านบวกและด้านลบผ่านในวงจรโทรศัพท์ได้

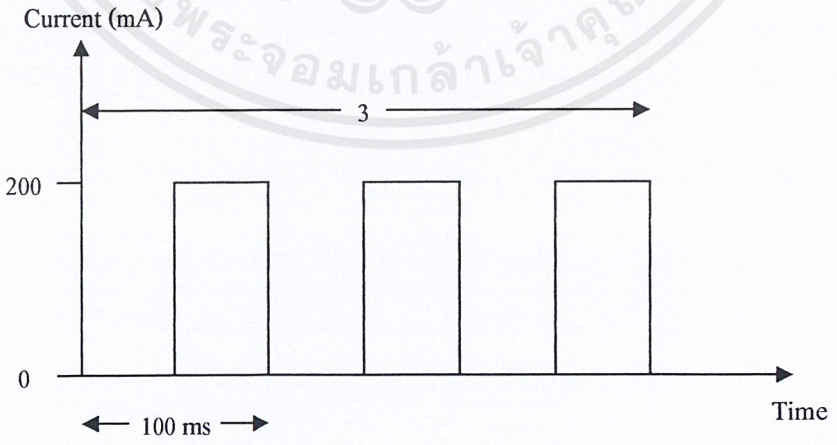
ไซด์โทน (Side Tone) คือ เสียงที่เราพูดไปแล้วไปได้ยินที่หูฟังของตัวเอง เสียงที่เราพูดไปจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณไฟฟ้านี้จะผ่านเข้าไปที่หูฟังของตัวเองอย่างเต็มที่ ทำให้ได้ยินเสียงตัวเองดังมาก และยังเป็นผลให้พลังงานที่ส่งออกไปลดลง เสียงนี้มีความสำคัญต่อการรับ – ส่งสัญญาณมาก เพราะถ้ามีขนาดแรงเกินไปผู้พูดจะพูดค่อยลงไปด้วย แต่ถ้ามีไซด์โทนต่ำไป ผู้พูดก็จะพูดดังมากซึ่งอาจทำให้สัญญาณเพี้ยน หรือผู้รับจะได้ยินเสียงดังจนน่ารำคาญ

การส่งเลขหมายโทรศัพท์สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ

- การส่งสัญญาณพัลซ์ (Pulse) ที่แสดงถึงหมายเลขต่าง ๆ กัน ซึ่งมีในโทรศัพท์แบบหมุน
- การส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่าง ๆ กัน โดยค่าตัวเลขจะถูกแทนค่าด้วยความถี่ 2 ค่าที่มอดดูเลตกัน ซึ่งมีในโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

2.1.3 เครื่องโทรศัพท์แบบหมุน (Rotary Dial Telephone)

โทรศัพท์ชนิดนี้จะสร้างสัญญาณจากกระแสลูปโดยต่อเข้ากับอุปกรณ์สวิตช์ทำหน้าที่ เปิด และปิด เข้ากับกลไกการหมุนเลขหมายเครื่องทำให้กระแสพัลซ์ตอบสนองเข้ากับหมายเลขที่หมุนดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การหมุนหมายเลข 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป ช่วงพัลซ์แต่ละลูกจะมีค่าเท่ากับ 100 มิลลิวินาที และจากการใช้มือหมุนพบว่า ช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนหมุนแต่ละเลขมีค่าประมาณ 0.5 – 3 วินาที

2.1.4 เครื่องโทรศัพท์หน้าปัดแบบกดปุ่ม (Push – Button Dial Telephone)

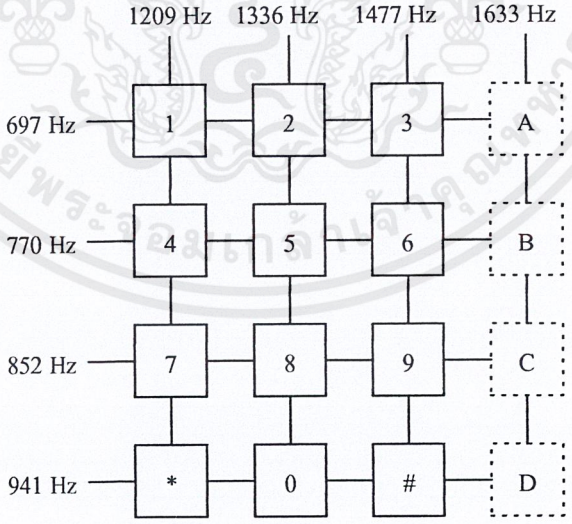
ระบบหน้าปัดแบบกดปุ่ม

ในระบบสวิตช์ สัญญาณเรียกของผู้เช่าเป็นสัญญาณจังหวะไฟตรงที่เท่ากับจำนวนครั้งของการหมุนของหน้าปัดเพื่อให้แผงสวิตช์ทำงาน จากการพัฒนาแผงสวิตช์อิเล็คทรอนิคส์ จึงมีระบบสัญญาณหลายความถี่ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. เวลาของการหมุนหมายเลขได้ลดลงมาก
2. การหมุนหมายเลขง่ายกว่า
3. สามารถเพิ่มปุ่มกดอื่นนอกจากปุ่มกดหมายเลข เพื่อส่งสัญญาณบริการประเภทอื่น
4. เราใช้สัญญาณความถี่ของเสียง ซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้และนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้

ระบบสัญญาณของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัดแบบกดปุ่ม และใช้กรรมวิธีของไดอัลโทนมัลติฟรีเควนซี (Dial Tone Multi Frequency : DTMF) ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปจะมี 12 ปุ่ม แบ่งเป็น 4 แถว และ 3 คอลัมน์ ในโทรศัพท์บางรุ่นอาจมี 16 ปุ่ม โดยเพิ่มคอลัมน์ที่ 4 เข้ามา ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งความถี่ของหมายเลขโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ที่ใช้ในแต่ละแถวและคอลัมน์นั้นจะมีความถี่ที่ต่างกัน ความถี่ทั้ง 4 แถว เรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่ต่ำ และความถี่ทั้ง 4 คอลัมน์ เรียกว่ากลุ่มความถี่สูง การกดปุ่มหมายเลขใด ๆ จะทำให้วงจรภายในผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่

ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม

1. สามารถลดเวลาในการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ลงได้ ทำให้มีผลคือเวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์ลดลง ซึ่งทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถรองรับทราฟฟิกได้มากขึ้น

2. สามารถใช้วงจรทาง โซลิดสเตทอีเลคทรอนิค (Solid State Electronics) แทนอุปกรณ์ทางด้านเมคคานิค (Mechanics) ทำให้มีความรวดเร็วและแม่นยำในการส่งหมายเลข

3. สามารถเพิ่มปุ่มกดได้ เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณบริการประเภทอื่น ๆ

4. มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบสตอร์โปรแกรมคอนโทรล (Store Program Control)

2.2 สัญญาณพื้นฐาน

สัญญาณ คือ ข่าวสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือข่าวสารที่ติดต่อกันระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่ว ๆ ไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์

1. การเตรียมพร้อม (Alerting)
2. การส่งที่อยู่ข่าวสาร (Transmitting Address Information)
3. การตรวจตรา (Supervising)
4. การส่งสัญญาณข่าวสาร (Transmitting Information Signaling)

2.2.1 สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)

2.2.1.1 สัญญาณที่ส่งจากผู้เช่ากับชุมสาย

1. ออฟ-ฮุค (Off - Hook) คือ สภาพที่ผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ สายจะมีสภาพลูปปิด (Close Loop) หรืออิมพีแดนซ์ต่ำ (Low Impedance)

2. ออน-ฮุค (On – Hook) คือ สภาพที่ผู้เช่าวางหู สายจะมีสภาพลูปเปิด (Open Loop) หรืออิมพีแดนซ์สูง (High Impedance)

3. ไดลิ่ง (Dilling) คือ สภาพผู้เช่าหมุนเลขหมายเข้าเครื่องเป็นโรตารีไดอัล (Rotary Dial) สัญญาณจะเป็นพัลซิ่ง (Pulsing) ค่าอิมพีแดนซ์จะสูงต่ำสลับกันไปตามที่หมุนหมายเลข ถ้าเครื่องเป็นแบบกดปุ่มสัญญาณออกจะเป็นความถี่ดีทีเอ็มเอฟไปยังชุมสาย

2.2.1.2 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

1. สัญญาณให้หมุน (Dial Tone) คือ สัญญาณที่บอกถึงสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสายและชุมสายพร้อมจะรับโคดที่ทำการหมุนเข้ามา สัญญาณให้หมุนนี้เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ 425 เฮิรตซ์ มอดดูเลตด้วยความถี่ 50 เฮิรตซ์ ผู้เช่าจะได้ยินเมื่อทำการยกหูโทรศัพท์

2. สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบว่าอุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง ถ้ายก

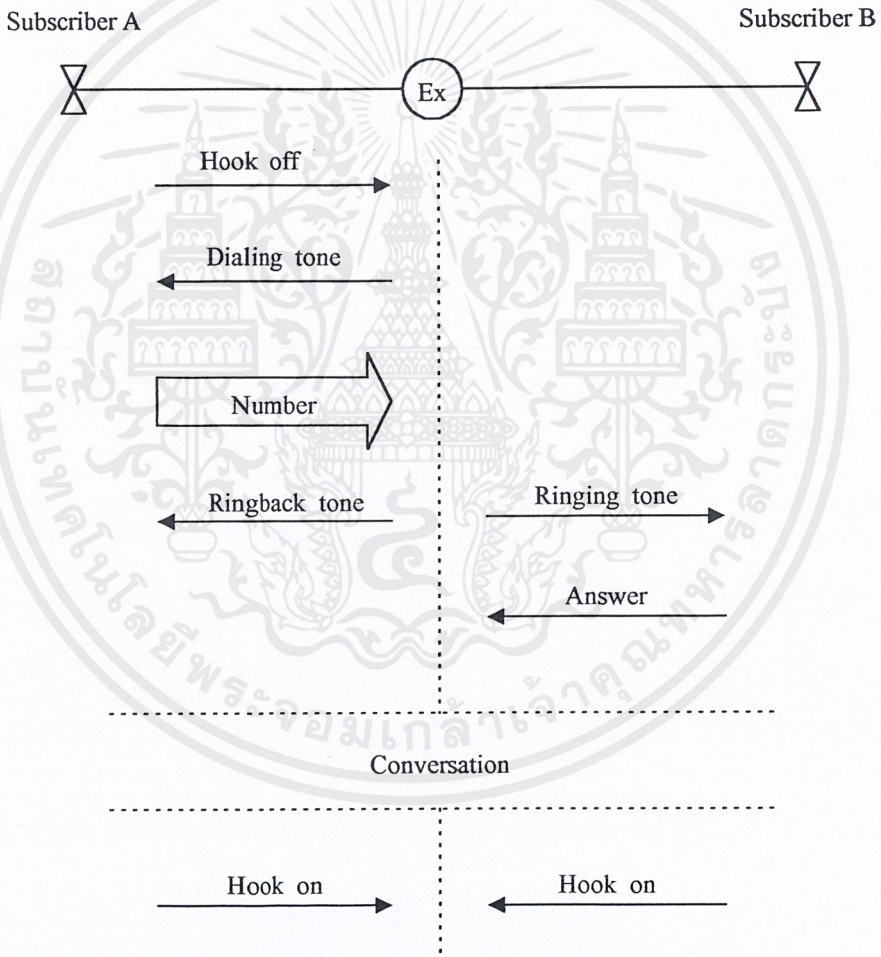
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หูแล้วได้ยินสัญญาณนี้แสดงว่าอุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่าง และถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนหมายเลขไปแล้วแสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่าง สัญญาณไม่ว่างจะเป็นสัญญาณความถี่ 425 เฮิรตซ์ ดัง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที สลับกัน

3. สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขเสร็จแล้ว ที่ชุมสายโทรศัพท์แจ้งให้ทราบว่าการต่อได้สำเร็จแล้ว เป็นสัญญาณ 425 เฮิรตซ์ โดยดัง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

4. สัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone) เป็นสัญญาณความถี่ 25 เฮิรตซ์ ค่าแรงดัน 70 - 100 โวลต์พีคทูพีค โดยส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที เป็นสัญญาณที่ส่งไปให้ผู้ถูกเรียกทราบ

5. สัญญาณโทนอื่น ๆ เช่น Nu Tone เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่าเลขหมายที่หมุนยังไม่มีการใช้งาน



รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมของสัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย

2.2.2 สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสาย (Inter Exchange Signaling)

สัญญาณพื้นฐานมี 5 ประเภท คือ

1. Seizure เป็นสัญญาณบอกให้ชุมสายปลายทางทราบว่าคู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ ชุมสายปลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่รับเลขหมายของผู้เรียกที่จะส่งมา

2. Address Information เป็นสัญญาณบอกเลขหมาย หรือ ประเภทของผู้เช่า

3. Answer Signal สัญญาณนี้ใช้เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูรับ หน้าที่หลักของสัญญาณนี้คือ

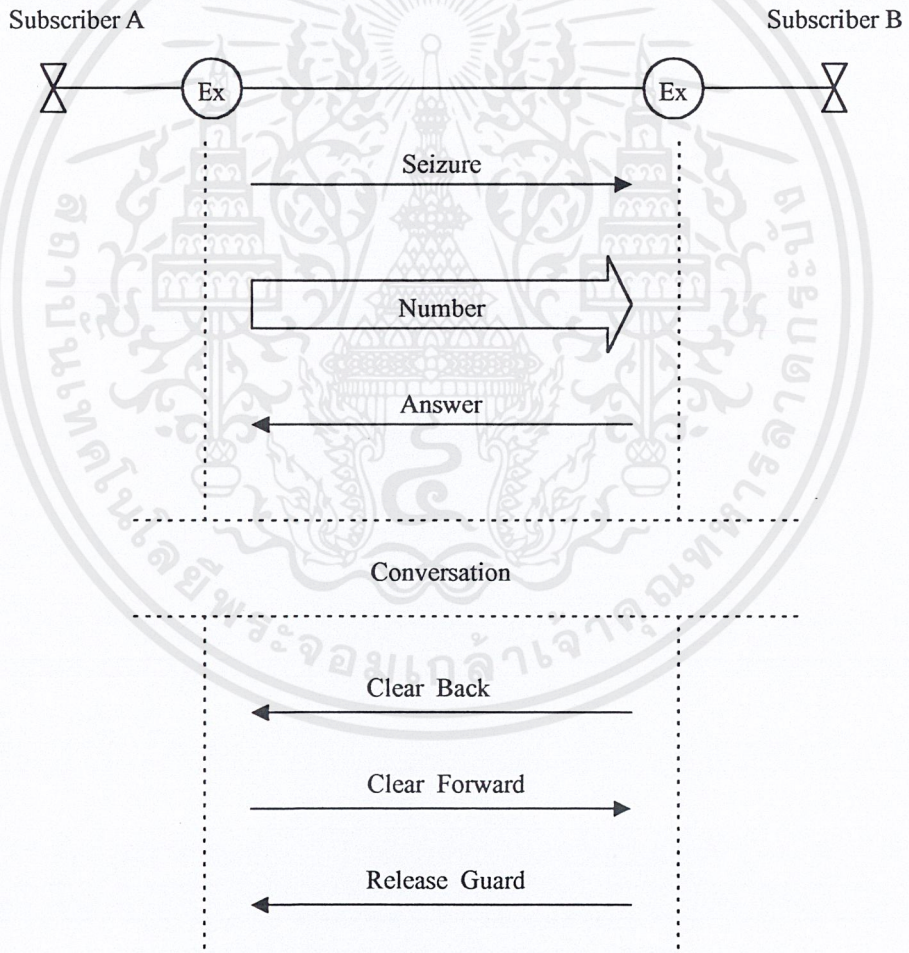
1. เริ่มต้นคิดเงิน

2. ส่งสัญญาณคิดเงิน

3. ตัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์

4. Clear – Forward จะถูกส่งเมื่อผู้เรียกวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้วงจรทางด้านปลายทางทำการยกเลิกการต่อวงจรต่าง ๆ

5. Clear – Back จะถูกส่งเมื่อผู้เรียกวางหู ผลของสัญญาณนี้จะทำให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้น จับเวลา เมื่อเวลาผ่านไป 90 - 120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อ พร้อมกับส่งสัญญาณ Clear – Forward ออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน



รูปที่ 2.5 ไดอะแกรมของสัญญาณระหว่างชุมสายกับชุมสาย

2.3 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

การติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับแสดงดังรูปที่ 2.6 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่ง

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์

- เมื่อมีผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือประมาณ 8 โวลต์ พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุนเมื่อกดรหัสสัญญาณความถี่หมายเลขโทรศัพท์แล้วสัญญาณให้หมุนจะหายไป

- กดรหัสสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ รหัสสัญญาณโทรศัพท์จะเป็นสัญญาณดีทีอีมเอฟ

- ขณะที่รอการรับสายจากผู้เรียก จะมีสัญญาณตอบรับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ คือสัญญาณไม่ว่าง และสัญญาณเรียกกลับ

- เมื่อผู้ถูกเรียกรับสายแล้วสัญญาณจะอยู่ที่ระดับสัญญาณกระแสตรง 8 โวลต์ และมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียง และความดังของเสียงพูด

- เมื่อผู้เรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์จะกลับไปที่ 48 โวลต์ ดังเดิม

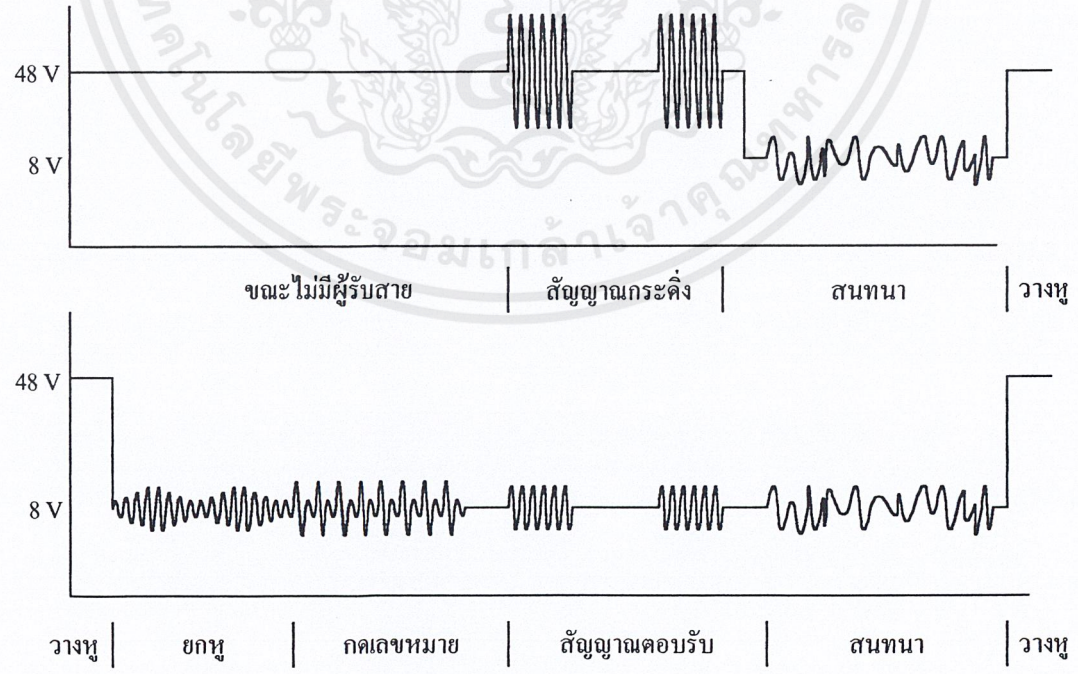
เครื่องรับ

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์

- เมื่อมีผู้เรียกเรียกเข้ามา จะมีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามา ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับของผู้เรียก

- เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ ขนาดของศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์ จะเหลือประมาณ 8 โวลต์ และจะมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียง และความดังของเสียงพูด

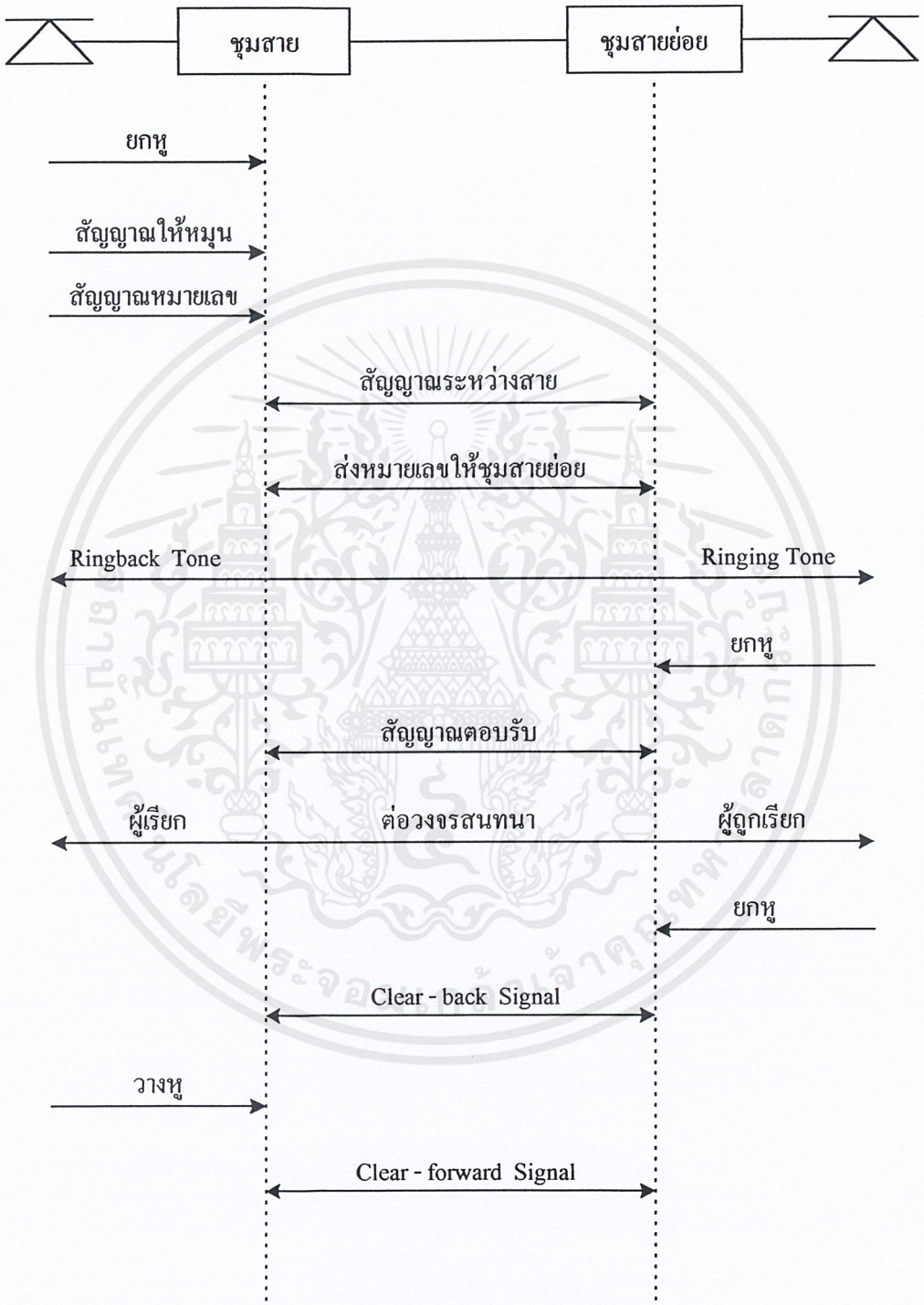
- เมื่อผู้ถูกเรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์จะกลับไปที่ 48 โวลต์



รูปที่ 2.6 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่ง และโทรศัพท์เครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

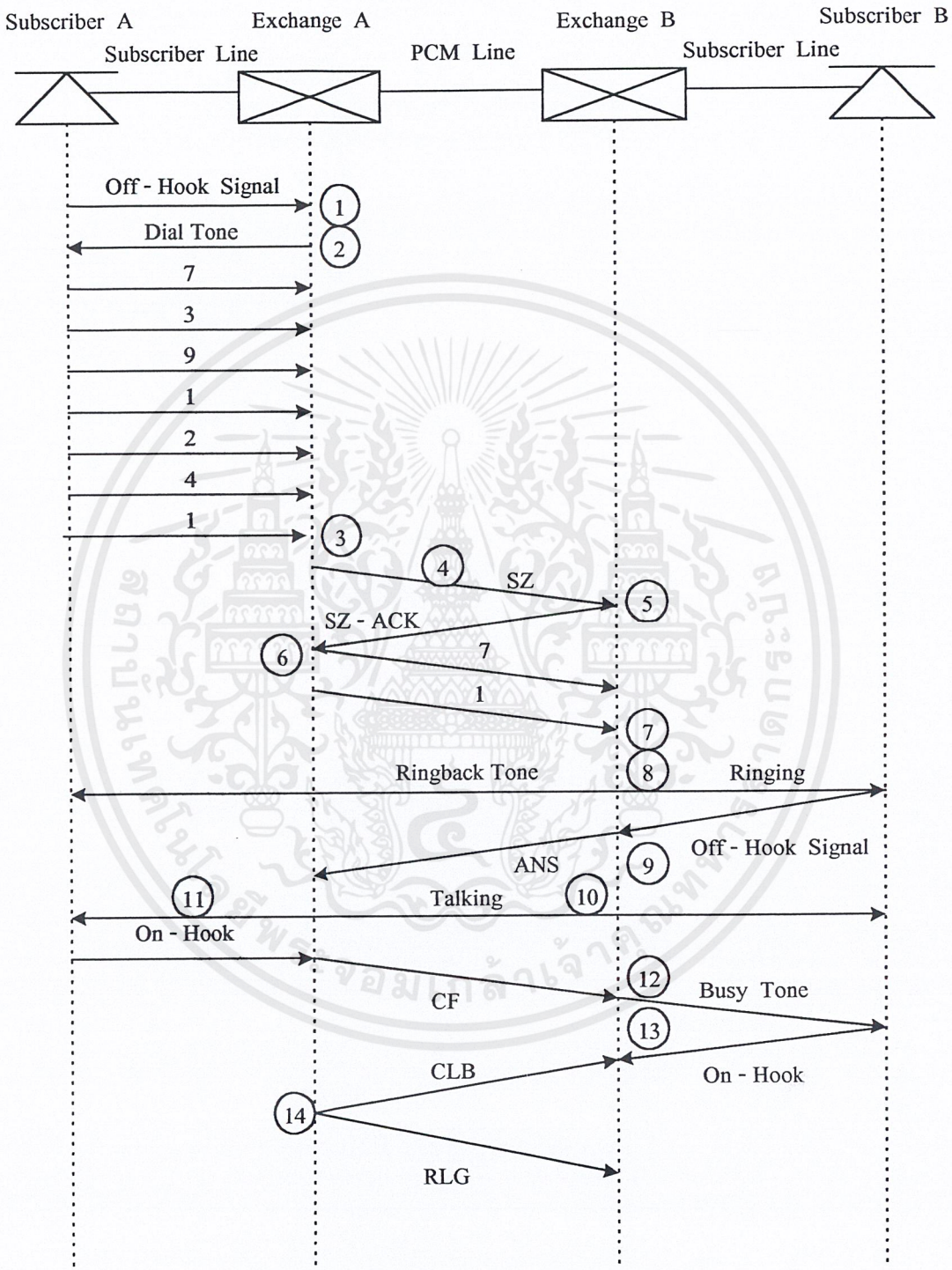
2.4 ระบบการส่งสัญญาณโทรศัพท์จากชุมสายมายังชุมสายย่อย



รูปที่ 2.7 ระบบการส่งสัญญาณโทรศัพท์จากชุมสายมายังชุมสายย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระบบสัญญาณสวิตชิง (Switching) ภายในชุมสายโทรศัพท์



รูปที่ 2.8 สัญญาณสวิตชิงภายในชุมสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ระบบตัดต่อโทรศัพท์ (Switching System)

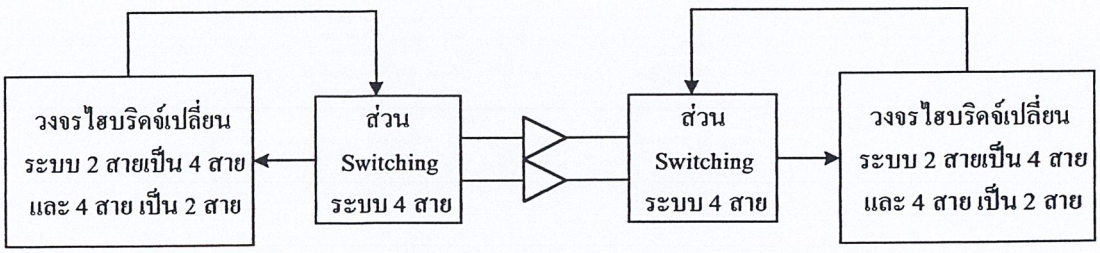
ระบบตัดต่อหรือระบบสวิตชิงนี้ เป็นระบบที่ทำหน้าที่ตัดต่อคู่สายโทรศัพท์เสมือนเป็นสวิตช์ตัดต่อเพื่อทำให้การสนทนา หรือการยกเลิกการสนทนาเกิดขึ้นได้ ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในการทำงานแทนพนักงานมากขึ้น โดยการใช้คำสั่งเข้ามาควบคุมระบบตัดต่อ ให้มีการทำงานเป็นไปตามที่ต้องการและได้มีการนำเอาวงจรรวม (Integrate – Circuit) มาใช้แทนสวิตช์ตัดต่อ หลักการทำงานโดยคร่าว ๆ ของระบบสวิตชิงมีดังนี้

หลักการทำงานของระบบตัดต่อ

เมื่อผู้เรียกส่งสัญญาณในการใช้โทรศัพท์โดยการยกหูโทรศัพท์ ทางชุมสายโทรศัพท์จะตรวจพบแล้วจะทำการตัดต่อสวิตช์เพื่อส่งสัญญาณให้หมุนมายังเครื่องของผู้เรียก หลังจากนั้นจะคอยตรวจรับความถี่เมื่อผู้เรียกทำการกดหมายเลข ซึ่งในโทรศัพท์แบบกดหมายเลขจะมีสัญญาณความถี่เฉพาะในแต่ละหมายเลขเรียกว่า ดีทีเอ็มเอฟ ออกมา หลังจากนั้นทางชุมสายจะทำการวิเคราะห์หมายเลขจากนั้นก็จะส่งสัญญาณระหว่างชุมสาย (Seizure Signal) ไปยังชุมสายปลายทาง เมื่อชุมสายปลายทางรับทราบก็จะส่งสัญญาณตอบรับ (Seizure Acknowledge Signal) กลับมาแจ้งให้ทราบว่าชุมสายปลายทางพร้อมที่จะรับเลขหมายแล้ว หลังจากนั้นชุมสายต้นทางจะทำการส่งเลขหมายให้ชุมสายปลายทาง เมื่อชุมสายปลายทางรับทราบเลขหมายแล้วก็จะทำการต่อวงจร ทางชุมสายต้นทางจะส่งสัญญาณเรียกกลับมายังเครื่องของผู้เรียก พร้อมทั้งส่งสัญญาณเรียกมายังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก เมื่อปลายทางที่ถูกเรียกทำการต่อคู่สายโทรศัพท์เข้าด้วยกัน เมื่อทำการสนทนาจบทางผู้เรียกวางหู (On - Hook) ก็จะมีสัญญาณไม่ว่างส่งมายังผู้ถูกเรียก แต่ในอีกลักษณะหนึ่ง ผู้ถูกเรียกวางหูลงก่อนทางชุมสายก็ไม่ตัดวงจรสนทนา แต่ชุมสายปลายทางจะส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อ (Clear Back) แจ้งมายังชุมสายต้นทาง และชุมสายต้นทางก็จะจับเวลาประมาณ 72 – 90 วินาที ก่อนจะยกเลิกการทำงานต่อไป

2.7 ระบบการเชื่อมต่อของโทรศัพท์และชุมสาย

ในชุมสายจะประกอบด้วยผู้ใช้ (Subscriber) หลาย ๆ จุด และการเชื่อมต่อของสายสัญญาณจากผู้ใช้มายังองค์การโทรศัพท์ก็คือสายทิป และสายริง ในการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้เข้ากับชุมสายก็จะต้องผ่านอุดสวิตช์ภายในเครื่องโทรศัพท์



รูปที่ 2.9 การเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์โดยผ่านชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของชุมสายจะใช้วงจรไฮบริดจ์ทำหน้าที่แยกสัญญาณออกเป็น 2 ส่วน คือ เป็นสัญญาณที่ใช้รับอย่างเดียวและส่งอย่างเดียว โดยการแยกสัญญาณออกจากกันก็เพื่อที่จะทำให้สามารถปรับระดับสัญญาณให้มีระดับที่เหมาะสมกับระยะทางระหว่างคู่สนทนา การเชื่อมต่อกันของสองระบบแสดงได้ดังรูปที่ 2.9

2.7.1 การอินเตอร์เฟสระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Trunkside Interface)

Trunkside Interface เป็นการติดต่อระหว่างชุมสาย หรือส่วนที่เป็นฝ่ายส่งสัญญาณระหว่างชุมสาย ในส่วนของวงจที่ต้องการอินเตอร์เฟสระหว่างชุมสายก็จะมีฟังก์ชันการทำงานเช่น Supervision วงจรควบคุมสัญญาณในการส่งการรับในส่วนนี้จะมีความซับซ้อนยุ่งยาก วงจรที่ใช้จึงมีลักษณะที่มีการใช้งานร่วมกันของหลาย ๆ คู่สาย และใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมการทำงาน

2.7.2 การอินเตอร์เฟสระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย

การอินเตอร์เฟสในส่วนนี้เป็นส่วนที่ต้องใช้งานมากที่สุดในระบบโทรศัพท์ทั่วไปเพราะเป็นการอินเตอร์เฟสกันระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์ กับชุมสาย ฟังก์ชันการทำงานคือฟังก์ชัน BORSCHT ดังนี้

2.7.2.1 แบตเตอรี่ฟีด (Bateery Feed) ประกอบด้วย

- เป็นแหล่งจ่ายกำลังขนาดแรงดันประมาณ 48 โวลต์ จ่ายให้แก่เครื่องรับโทรศัพท์
- ทำหน้าที่ในการส่งผ่านสัญญาณต่าง ๆ ที่มีอยู่ในระบบโทรศัพท์
- มีค่าความต้านทานต่ำ
- มีค่าอิมพีแดนซ์สูง

2.7.2.2 ส่วนป้องกันแรงดันเกิน (Over Voltage Protection : O) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ภายในวงจรของอินเตอร์เฟส ที่อาจจะมากับ สัญญาณทรานเซี้ยนต์ สูง ๆ เช่น แรงดันที่เหนี่ยวนำเข้ามาในวงจรขณะเกิดฟ้าผ่าหรืออันตรายที่เกิดมาจากการลัดวงจร

2.7.2.3 ส่วนกำเนิดสัญญาณกระดิ่ง (Ringing : R) เมื่อมีการต่อวงจรของผู้ถูกเรียกเข้ากับชุมสายแล้วทางชุมสายก็จะส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังเครื่องโทรศัพท์โดยใช้รีเลย์ ในการต่อวงจรสร้างสัญญาณกระดิ่งเข้ากับสายสัญญาณทิป และริง โดยใช้สัญญาณกระดิ่งที่มาจากสายจะมีขนาดแรงดันประมาณ 90 โวลต์อาร์เอ็มเอส 25 เฮิรตซ์

2.7.2.4 ส่วนตรวจรับสภาพการทำงานของโทรศัพท์ (Supervision) เป็นส่วนที่คอยตรวจเช็คการของใช้โทรศัพท์ การรับเลขหมายที่ส่งมาและยังตรวจสอบสถานะของการใช้งาน

2.7.2.5 การเข้ารหัส / ถอดรหัส (Coding : C) ทำหน้าที่ในการเข้าและถอดรหัสข้อมูลดิจิตอลซึ่งจะใช้วิธีการแบบพีซีเอ็ม ซึ่งทางภาครับก็จะต้องใช้วงจรถอดรหัสและทำการแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณแอนาลอกต่อไป

2.7.2.6 วงจรไฮบริดจ์ (Hybrid : H) ทำหน้าที่แปลงระบบสายส่งสัญญาณจากระบบ 2 สายให้เป็น 4 สายเพื่อที่จะแยกสัญญาณส่งและรับได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.7 ส่วนทดสอบ (Test : T) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบหาจุดบกพร่องในการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟส ตรวจสอบอุปกรณ์สวิตชิงที่ต่ออยู่กับคู่สายนั้น ตลอดจนการตรวจซ่อมก็สามารถทำได้

2.8 คุณภาพของการส่งสัญญาณ

การที่สัญญาณที่ด้านรับมีความผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณเดิม มีสาเหตุเนื่องมาจาก

1. ช่วงของความถี่ (Frequency Range)

คำพูดของคนเรามีความถี่ประมาณ 100 – 10000 เฮิรตซ์ ตามข้อตกลงของ CCITT กำหนดให้คัดออฟความถี่ที่ 300 – 3400 เฮิรตซ์ ซึ่งถือว่าความถี่ในย่านนี้มีกำลังงานของเสียงและการรับฟังรู้เรื่องเป็นที่น่าพอใจ ทำให้เสียงเปลี่ยนจากต้นกำเนิดเสียงเล็กน้อยพอยอมรับได้

2. ความผิดเพี้ยนของสัญญาณเนื่องจากการสูญเสีย (Attenuation Distortion)

เนื่องจากระดับของสัญญาณที่สูญเสียไปในสายของแต่ละความถี่มีอัตราส่วนไม่เท่ากัน ความถี่สูงจะสูญเสียมากกว่าความถี่ต่ำ เนื่องจากค่าอินดัคแตนซ์ (L) และค่าคาปาซิแตนซ์ (C) ของสาย การสูญเสียระดับของสัญญาณ สามารถชดเชยการสูญเสียทางความถี่สูงด้วยการใส่โหลดดิ่ง คอย (Loading Coil)

เมื่อใส่โหลดดิ่ง คอยโดยการต่อแบบอนุกรมเข้ากับสายเคเบิล เพื่อให้เคเบิลมีการสูญเสียน้อยที่สุด จะทำให้การสูญเสียของ Telephone Channel เกือบเท่ากันตลอด หลักการของ โหลดดิ่ง คอย คือ จะเพิ่มค่าอินดัคแตนซ์ ที่เหมาะสมเข้าไปในสาย

3. Group Delay and Delay Distortion

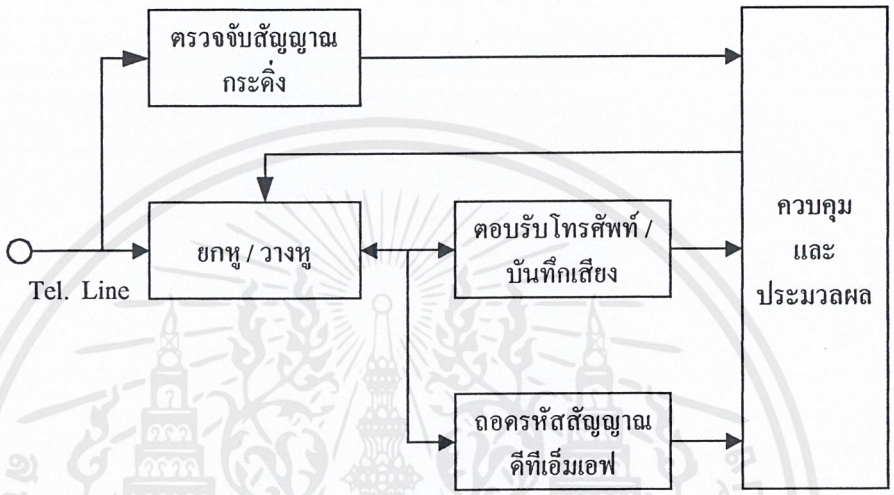
การส่งสัญญาณในตัวกลางทุกชนิด ความถี่ที่ไม่เท่ากันจะมีความเร็วไม่เท่ากัน ทำให้ไปถึงจุดหมายปลายทางไม่ในเวลาไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้ผลรวมทางแอมปลิจูดของทุกความถี่ต่างกันไปด้วย

เสียงจากการพูดประกอบด้วยหลายความถี่ และแต่ละความถี่ความเร็วในการเดินทางไม่เท่ากัน ในระยะทางไกล ๆ จะเห็นความแตกต่างในการเคลื่อนที่ของแต่ละความถี่ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

โครงงานนี้ได้นำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์ใช้กับงานโทรศัพท์ ในการตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติภายในบ้าน โดยมีบล็อกไดอะแกรมของโครงงานแสดงดังในรูปที่ 3.1

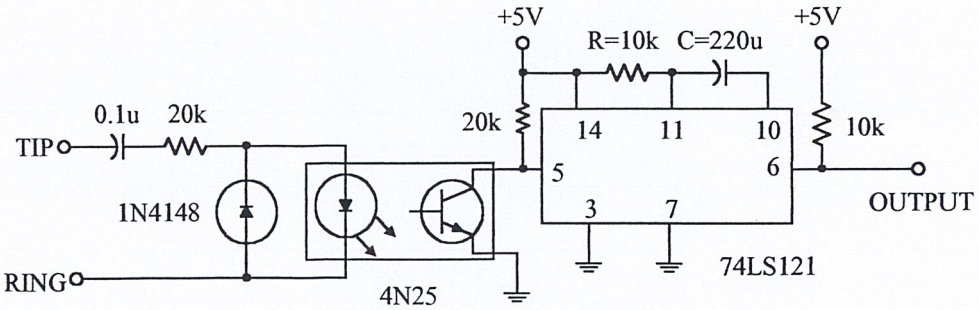


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ

3.1 โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์

3.1.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ในการทำงานเมื่อมีสัญญาณโทรศัพท์เข้ามา จะต้องมีการตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง เพื่อให้วงจรตอบรับโทรศัพท์ทราบว่ามีการโทรศัพท์เข้ามาในระบบซึ่งจะทำให้หน่วยประมวลผลสั่งให้ทำการต่อวงจรเมื่อมีการเรียกเข้ามาเท่ากับจำนวนสัญญาณกระดิ่งที่ตั้งไว้ ซึ่งเปรียบเสมือนการยกหูโทรศัพท์ แสดงวงจรได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้

เนื่องจากสัญญาณกระดิ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับ และมีขนาดค่อนข้างสูง เราจึงนำสัญญาณนี้ไปใช้โดยตรงไม่ได้ จึงต้องทำการแปลงสัญญาณให้มีขนาดต่ำลง เพื่อให้วงจรส่วนอื่นปลอดภัย

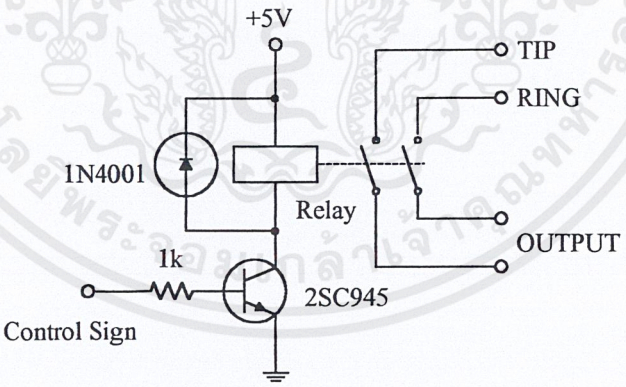
สัญญาณกระดิ่งจะถูกลดทอนลงเมื่อผ่านตัวเก็บประจุ และตัวต้านทานที่ต่อไว้ตอนต้นของวงจร จากนี้จะผ่านไดโอด เพื่อให้เฉพาะสัญญาณด้านบวกเท่านั้นผ่านได้ และสัญญาณที่ผ่านจากไดโอดจะไปเข้าไอซี 4N25 ซึ่งเป็น Opto Coupler ทำหน้าที่แยกกราวด์ของสัญญาณกระดิ่งออกจากกราวด์ของระบบ เอาต์พุตที่ได้จาก 4N25 จะเป็นพัลซ์มีความถี่กับสัญญาณกระดิ่ง เพื่อให้มีความเที่ยงตรงมากขึ้นจึงนำไปผ่านวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ในที่นี้ใช้ไอซี 74LS121 เพื่อสร้างพัลซ์ขึ้นมาใหม่ โดยความกว้างของพัลซ์สามารถกำหนดได้จากค่า RC ที่ต่อกับไอซี โดย

$$T = 0.707\,RC$$

เอาต์พุตที่ได้จาก 74LS121 จะเป็นลอจิก 0 เมื่อไม่มีสัญญาณกระดิ่ง และเป็นลอจิก 1 เมื่อมีสัญญาณกระดิ่ง สลับกันไป ทำให้การตรวจจับสัญญาณกระดิ่งสะดวกและถูกต้องขึ้น

3.1.2 วงจรยกหู / วางหูโทรศัพท์

ในส่วนนี้จะทำหน้าที่แทนฮุคสวิตซ์ เพื่อทำการตัดต่อวงจรตอบรับโทรศัพท์กับคู่สายโทรศัพท์ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรยกหู / วางหู โทรศัพท์

การทำงานของวงจรอธิบายได้ดังนี้

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาครบตามที่ตั้งไว้ ส่วนประมวลผลจะส่งสัญญาณมาที่ขาเกทของทรานซิสเตอร์ ทำให้มีกระแสไหลครบวงจร และทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ปิด ทำให้มีการต่อกันของระบบและคู่สายโทรศัพท์ จึงเปรียบเสมือนการยกหูโทรศัพท์

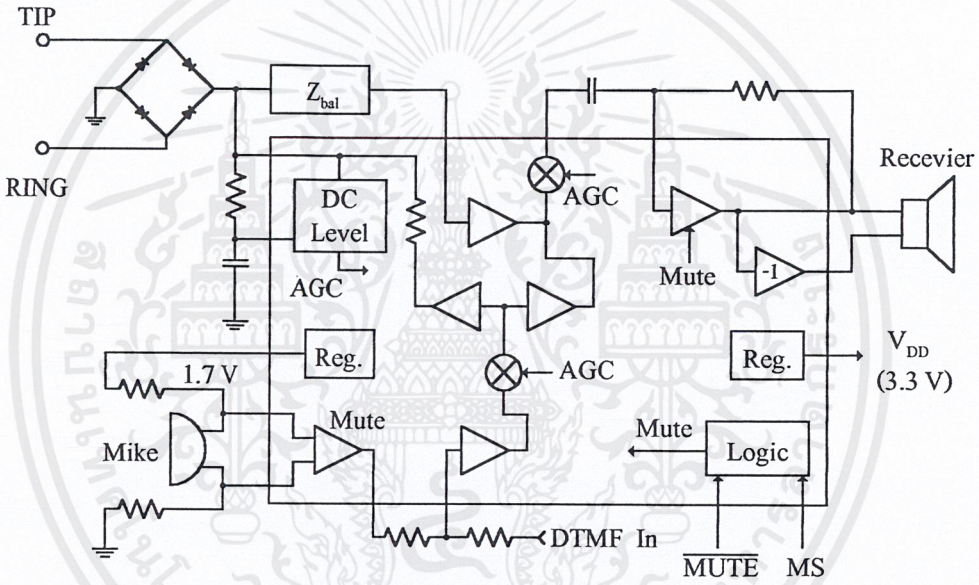
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46492

ซึ่งชุมสายโทรศัพท์จะรับรู้การยกหู -วางหู โดยการตรวจจับกระแสที่ไหลและหยุดของคู่สายโทรศัพท์เนื่องมาจากการยกหู - วางหู ที่โทรศัพท์

3.1.3 วงจรควบคุมเสียงพูด

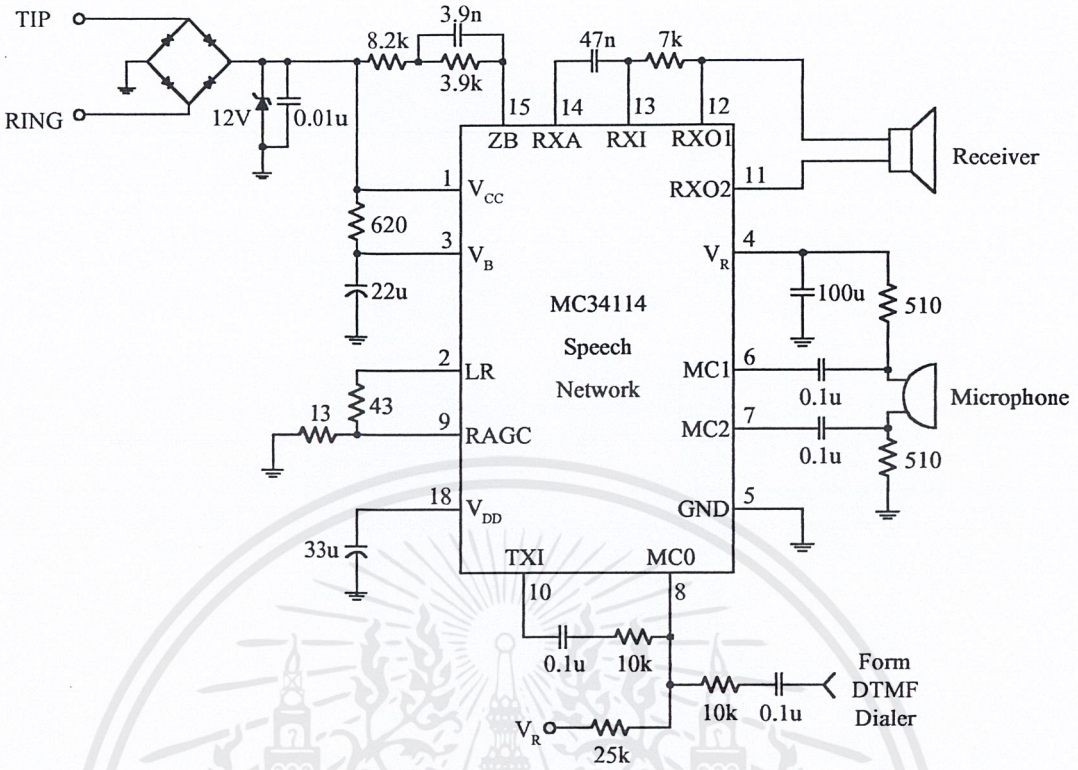
วงจรควบคุมเสียงพูดแบบสองทิศทาง (two way speech circuit) เป็นอีกส่วนหนึ่งภายในเครื่องโทรศัพท์ที่จัดว่ามีความสำคัญต่อการทำงานของตัวเครื่องโทรศัพท์ เพราะเป็นส่วนที่ทำงานเกี่ยวกับสัญญาณเสียงพูดที่เราพูดผ่านไมโครโฟน หรือสัญญาณเสียงที่จะได้ยินจากคู่สนทนา ข้อสำคัญของการออกแบบวงจรนี้ คือ การแมตชิ่งอิมพีแดนซ์ของสายส่งสัญญาณจากชุมสายกับอิมพีแดนซ์ของวงจร ซึ่งจะต้องมีความใกล้เคียงกันมากที่สุดเพื่อประสิทธิภาพของการส่งสัญญาณ



รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมภายในของ MC34114

ไอซี MC34114 ประกอบด้วยวงจรควบคุมเสียงพูดที่มีวงจรไฮบริดจ์ วงจรเชื่อมต่อกระแสไฟตรงที่ต่ออยู่กับสายทิปกับริง สามารถปรับแต่งอัตราการขยายสัญญาณของด้านส่ง ด้านรับและไซด์โทน (sidetone : การที่เสียงพูดของผู้พูดสามารถได้ยินตรงส่วนของหูฟัง เพื่อให้ทราบว่าเราควรจะพูดดังค่อยขนาดไหนในการติดต่อกัน) มีส่วนวงจรชดเชยผลอันเนื่องมาจากความยาวของสายส่งสัญญาณ ที่อัตราการขยายเปลี่ยนแปลงตามกระแสในลูป รวมทั้งวงจรขยายไมโครโฟนแบบผลต่างเพื่อที่จะลดการรบกวนเนื่องจากความถี่วิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมและอุปกรณ์ภายนอกของ MC34114

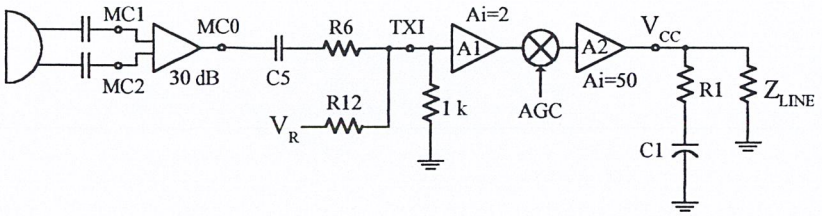
<u>วงจรในการส่งสัญญาณ</u>

วงจรในการส่งสัญญาณออกไปมีอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.6 แรงดันเอาต์พุตที่ MCO ถูกเปลี่ยนไปเป็นกระแสเข้า TXI โดย C_5 , R_6 และความต้านทานภายในของ TXI 1 กิโลโอห์ม A_1 และ A_2 คืออุปกรณ์ขยายกระแสที่มีอัตราขยายรวมกันเป็น 100 วงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติที่เข้ามามีค่าเป็น 1 เมื่อมีกระแสลูปน้อย และลดลงเป็น 0.5 เมื่อกระแสลูปมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจะทำให้อัตราการขยายจาก TXI ไปจนถึง V_{CC} มีค่าตั้งแต่ 100 ถึง 50 เป็นผลทำให้กระแสที่ V_{CC} กระทำต่อ R_1 และอิมพีแดนซ์ของสายส่ง (ประมาณ 600 โอห์ม) ก่อให้เกิดแรงดันที่ V_{CC} และเช่นกันที่ขั้วทิปกับริงระดับแรงดันระหว่างขา MC_1 - MC_2 และขั้วทิปกับริง มีค่าตามสมการ

$$G_{TX} = \frac{A_m * 100 * AGC * (R_1 // Z_{LINE})}{R_6 + 100}$$

เมื่อ A_m เป็นอัตราขยายของอุปกรณ์ขยายไมโครโฟน (31:1 โวลต์ /โวลต์) ที่กระแสลูปค่าน้อย ๆ G_{TX} มีค่าเป็น 84 โวลต์ /โวลต์ (38.5 ดีบี) และมีค่าเป็น 42 โวลต์ /โวลต์ (32.5 ดีบี) ที่กระแสลูปค่ามาก ๆ สัญญาณ V_{CC} กลับเฟสกันกับสัญญาณที่ TXI แต่มีเฟสเดียวกันกับสัญญาณ MC_1

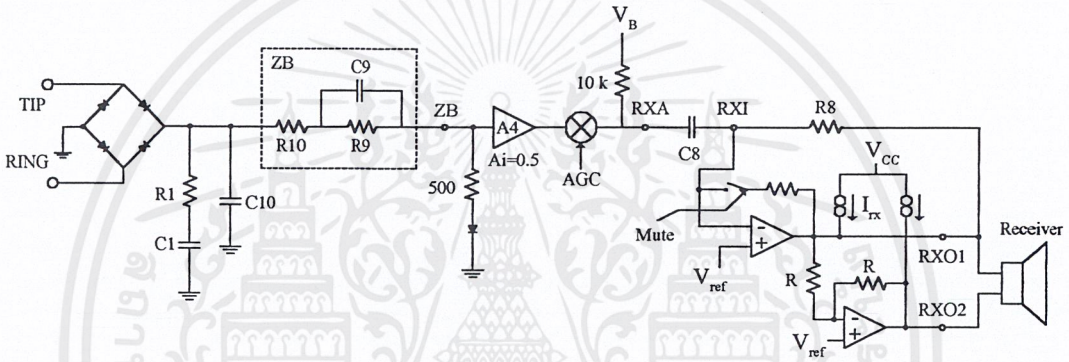
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 เส้นทางของสัญญาณทางด้านส่ง

<u>วงจรในการรับสัญญาณ</u>

วงจรที่ใช้รับสัญญาณเข้ามามีอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เส้นทางของสัญญาณทางด้านรับ

R_1 ซึ่งโดยปกติจะมีค่า 600 โอห์ม จะเป็นตัวกำหนดจุดสิ้นสุดของสายส่ง (เป็น return loss) ของสัญญาณที่ส่งมาจากขั้วทิปและริง สัญญาณที่รับจะสร้างกระแสไฟสลับผ่าน ZB เน็ตเวิร์ค (Balance Impedance Network) และความต้านทาน 500 โอห์ม ที่ขา ZB A_4 จะลดกระแสลงครึ่งหนึ่งแล้วส่งต่อไปให้วงจรควบคุมเกนอัตโนมัติ แล้วผ่าน C_8 ไปยัง RXI (จุดรวมอัตราการขยาย ซึ่งถ้า C_8 มีค่ามาก RXA จะเปรียบเป็นกราวด์เสมือนไม่มีกระแสไฟสลับไหลผ่านความต้านทานภายใน 10 กิโลโอห์ม) แรงดันที่ RXO_1 ถูกกำหนดโดยกระแสจาก C_8 และความต้านทานป้อนกลับ R_8 ออปแอมป์ตัวที่สอง (ที่ขา RXO_2) มีการกำหนดไว้แล้วว่าให้การขยายแบบกลับขั้วและมีอัตราการขยายเป็น 1 (Inverting Unity Gain) อัตราการขยายแรงดันจากขั้วทิปกับริงไปยัง RXO_1 - RXO_2 มีค่าตามสมการต่อไปนี้

$$G_{RX} = \frac{R_8 * AGC}{Z_B + 500}$$

เมื่อ $Z_B = R_{10} + R_9 // C_9 = R_{10} + R_9$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีค่าของอุปกรณ์ตามรูป อัตราการขยายจะมีค่าประมาณ 0.495 โวลต์ / โวลต์ (-6.1 ดีบี) เมื่อกระแสในรูปมีค่าน้อย และอัตราการขยายกลายเป็นประมาณ 0.25 โวลต์ / โวลต์ (-12 ดีบี) เมื่อมีกระแสในลูปสูง

เมื่อ MC34114 อยู่ในระหว่างการส่งสัญญาณ เลขหมายออก (MUTE มีค่าเป็น 0) อัตราการขยายของวงจรภาครับจะลดลงเพราะมีการต่อ R_{FINT} ที่มีค่า 1.0 กิโลโอห์ม ขนานกับ R_8 อัตราการลดลงของสัญญาณจะมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$G_{RXM} = 20 * \mathrm{Log}\left[\frac{(R_8 + R_{FINT})}{R_{FINT}}\right]$$

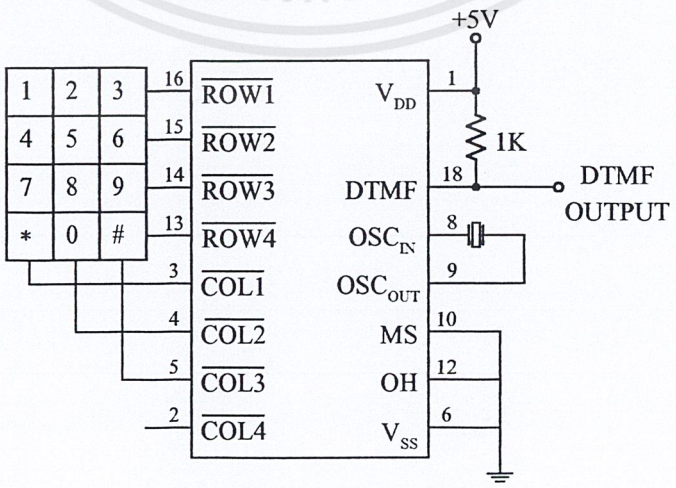
เมื่อขา MUTE กลับไปสู่สภาวะ 1 อีกครั้ง จะมีการหน่วงเวลาประมาณ 11 มิลลิวินาที ก่อนที่ความต้านทานจะถูกทำให้กลับไปเป็นสภาวะเดิม เพราะเหตุว่า จะได้ป้องกันสัญญาณทรานเซียนส์อันเนื่องมาจากการส่งสัญญาณแบบพัลซ์ อันเป็นเหตุให้เกิดเสียงคลิ้งขึ้นที่หูฟัง

แรงดันไบอัสที่ขา RXI , RXO_1 และ RXO_2 มีค่าประมาณ 0.65 โวลต์ กระแสไบอัสที่ขา RXI มีค่าประมาณ 50 นาโนแอมป์ แรงดันสูงสุดที่ RXO_1 และ RXO_2 อยู่ในเทอมของความต้านทานของหูฟัง และกระแส I_{rx} นี้หาได้จากสมการ

$$I_{rx} = \frac{(V_R * 50 * AGC)}{(R_{12} + 1000)}$$

3.1.4 วงจรสร้างสัญญาณ DTMF

ใช้ไอซีเบอร์ MC145412 มาใช้เป็นวงจรส่งรหัสเลขหมาย เพื่อใช้สำหรับสั่งการภายในโดยไม่ต่อผ่านคู่สายโทรศัพท์ วงจรที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรสร้างสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลทั่วไปของ MC 145412

MC145412 สามารถทำงานได้ทั้งการส่งสัญญาณแบบพัลซ์และแบบโทน โดยการเลือกที่ขา MS มีหน่วยความจำ 10 ช่อง แต่ละช่องมี 18 หลัก มีการ Redial เลขหมายสุดท้ายที่ได้โทรออก

เมื่อจ่ายไฟแก่วงจร จะมีการใช้เวลา 64 มิลลิวินาที ในการตรวจสอบออสซิลเลเตอร์และแบบของแป้นกด หากขา COL4 มีอิมพีแดนซ์เป็น 1 จะเป็นการบอกให้รู้ว่าใช้แป้นกดแบบ 3*4 หากขา COL4 มีอิมพีแดนซ์เป็น 0 จะเป็นการบอกให้ไอซีรู้ว่าใช้แป้นกดแบบ 4*4

การส่งสัญญาณหมายเลข ออสซิสเลเตอร์จะทำงานหลังจากการกดปุ่มแรก 32 มิลลิวินาที ภายใน 32 มิลลิวินาที นี้จะไม่มีการทำงานของหน่วยความจำภายในและวงจรภายในไอซีทั้งหมด หลังจากนั้น ขา MS จะถูกตรวจสอบโหมดการทำงานว่าเป็น 10 pps, 20 pps หรือ ดีทีเอ็มเอฟ หลังจากนั้นการกดปุ่มใด ๆ ก็จะถูกตรวจสอบและเก็บไว้ใน LNR (Last Number Redial) ตามด้วย Stop Code กระบวนการนี้จะดำเนินการไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งครบ 18 หลัก หากมีการใส่หลักที่ 19 ตามไป จะไปเขียนทับหลักที่ 1 แล้วตามด้วย Stop Code เมื่อมีการส่งสัญญาณเลขหมาย ไอซีจะส่งข้อมูลที่มาจากหน่วยความจำออกไปจนกระทั่งเจอ Stop Code หรือครบ 18 หลัก

ในระหว่างการส่งสัญญาณดีทีเอ็มเอฟโดยใช้แป้นกดจะมีสัญญาณ ดีทีเอ็มเอฟ ที่น้อยที่สุดที่ส่งออก มาคือ 60 มิลลิวินาที จากนั้นจะส่งออกมาเรื่อย ๆ ทีละ 32 มิลลิวินาที จนกว่าจะยกมือขึ้นออกจากแป้นกด ขา DTMF OUT นี้ได้ถูกออกแบบมาให้สามารถขับทรานซิสเตอร์แบบ PNP ได้ ซึ่งทรานซิสเตอร์นี้สามารถนำไปมอดูเลทแรงดันทิปกับริงที่ความถี่ดีทีเอ็มเอฟ ได้

ถ้าปุ่มแรกที่กดเป็นปุ่ม Redial หรือ Recall ไอซีก็จะดึงข้อมูลตามที่ต้องการออกมาจากหน่วยความจำ

ไอซี MC145412 สามารถที่จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟภายนอกได้ แหล่งจ่ายไฟนี้ใช้สำหรับการเก็บรักษาหน่วยความจำ และการโปรแกรมในขณะที่ยังไม่ได้ยกหูโทรศัพท์ ออสซิเลเตอร์ก็จะเริ่มทำงาน เลขหมายที่ถูกกดก็จะถูกเก็บไว้ใน LNR เช่นเดียวกับการโปรแกรมขณะยกหูโทรศัพท์

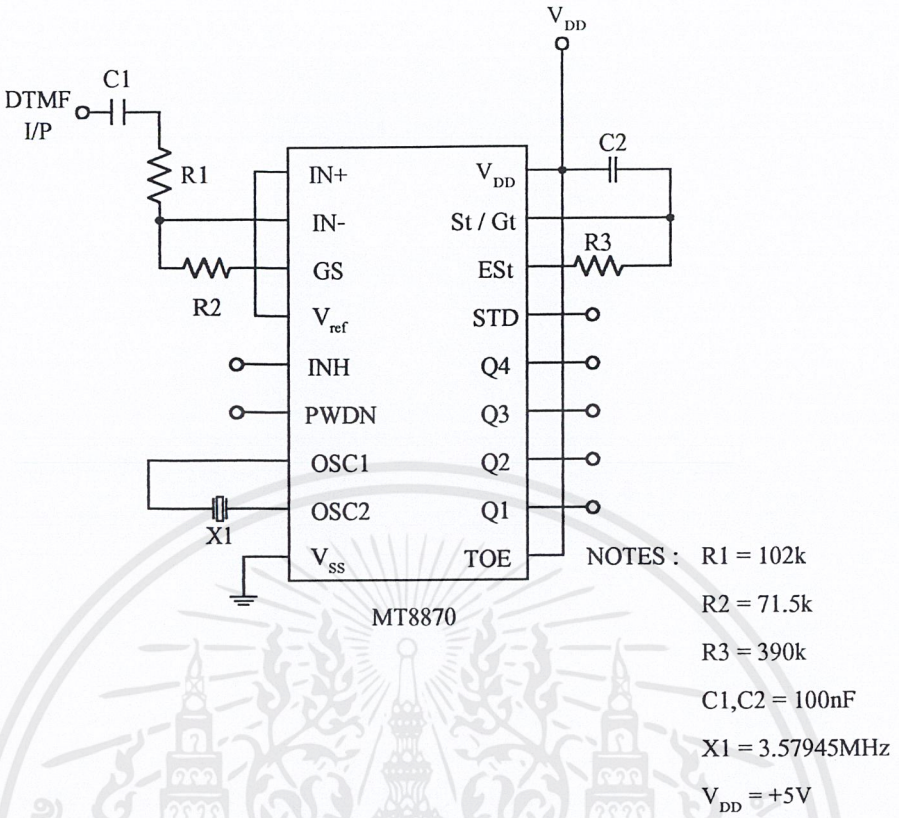
3.1.5 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ในโครงงานนี้ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 เป็นตัวถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ เนื่องจากเป็นไอซีที่หาง่าย และมีประสิทธิภาพดีเป็นที่นิยมใช้แพร่หลาย เพียงแค่ต่อแคริสตอล 3.57945 เมกกะเฮิรตซ์ เข้าไปจะได้สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะเป็นรหัสเลขฐานสองขนาด 4 บิต วงจรที่ใช้แสดงดังรูปที่ 3.9

คุณสมบัติของ MT8870

- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time) ได้
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- เป็นไอซีคุณภาพสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

<u>โครงสร้างของ MT8870</u>

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วย วงจรความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล สร้างด้วยเทคโนโลยี ISO – CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิทและเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามาส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราการขยายได้ โดยต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเอาต์พุตเป็นวงจรแลทช์ 3 สถานะ ภายในโครงสร้างจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

ก) ภาคกรองความถี่ (Filter Section)

ข) ภาคถอดรหัส (Decoder Section)

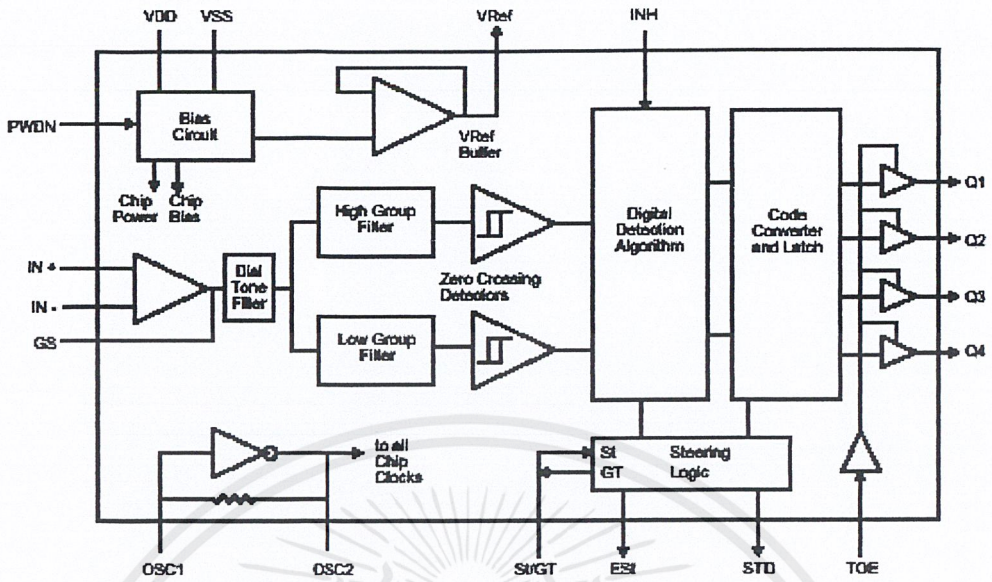
ค) ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Sector)]

ง) ภาคขยายสัญญาณความต่าง (Differential Input)

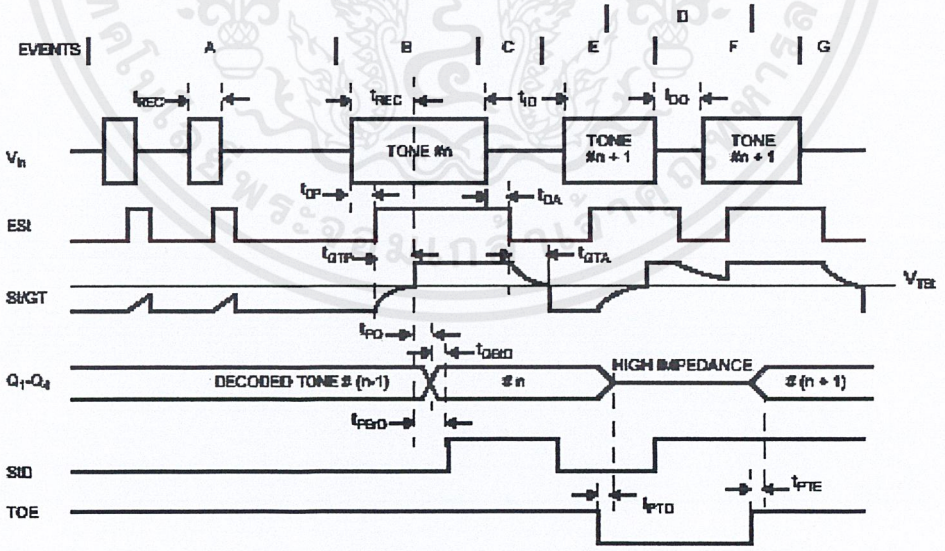
จ) ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

โครงสร้างของ MT8870 แสดงได้ดังรูปที่ 3.10 มีการทำงาน และหน้าที่ของขาต่าง ๆ แสดงด้วยไทม์มิ่งไดอะแกรมดังรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 โครงสร้างภายในของไอซี MT8870



รูปที่ 3.11 ไทม์มิ่งไดอะแกรมการทำงานของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A – ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน

B – ความถี่ # n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ถูกต้องความถี่ถูกถอดรหัสและแลทช์ไว้ที่เอาต์พุต

C – ช่วงความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลทช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D – เอาต์พุตเปลี่ยนเป็น ไฮท์อิมพีแดนซ์

E – ความถี่ # n+1 ถูกตรวจพบคาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลทช์ไว้

F – ความถี่ # n+1 หายไปช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลทช์อยู่

G – จบความถี่ # n+1 ช่วงห่างถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลทช์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้องเข้ามา

อธิบายคำศัพท์

Vin - สัญญาณความถี่ดีทีเอ็มเอฟที่เข้ามา

Est - Early Steering Output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/Gt - Steering Input / Guard Time Output สำหรับต่อกับ RC

Q1-Q4 - เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิท

STD - Delayed Steering Output ใช้แสดงค่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไปมีคาบเวลาตามที่กำหนดเพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE - Tone Output Enable (input) ใช้ควบคุม Q1 – Q4 ให้เป็นไฮท์อิมพีแดนซ์

t_{REC} - คาบเวลาที่นานที่สุดที่ตรวจพบความถี่ดีทีเอ็มเอฟแล้วยังไม่ถูกต้อง

t_{ID} - เวลาที่สั้นที่สุดระหว่างสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} - เวลานานที่สุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาที่ถูกต้อง

t_{DP} - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณดีทีเอ็มเอฟที่ถูกต้อง

t_{DA} - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ดีทีเอ็มเอฟที่ถูกต้อง

t_{GPT} - การ์ดไทม์ของการปรากฏที่ความถี่ดีทีเอ็มเอฟ

t_{GTA} - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ดีทีเอ็มเอฟ

3.1.6 วงจรตอบรับและบันทึกเสียง

ในส่วนของการตอบรับและฝากข้อความนั้นจะใช้ไอซีอัดเสียงที่มีชื่อว่า ISD2590 เข้ามาประยุกต์ใช้ โดยนำมาผ่านการควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

<u>คุณสมบัติของ ISD2590</u>

- ใช้ไอซีเพียงตัวเดียวก็สามารถบันทึกและเล่นกลับได้
- ไม่ต้องมีอุปกรณ์ประเภทอื่น ๆ ประกอบร่วมภายนอก
- ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
- มีประสิทธิภาพในการบันทึกและเล่นกลับโดยให้เสียงได้เหมือนต้นกำเนิดเสียง
- สามารถควบคุมการบันทึกและเล่นกลับด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
- สามารถต่อคาสเคด (Casacde) กันเพื่อเพิ่มหน่วยความจำในการเก็บข้อมูลให้ได้มากขึ้น
- ปิดการทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับเป็นเวลานาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถเก็บความจำได้นาน 100 ปี ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง
- สามารถบันทึกซ้ำได้ถึง 1000000 ครั้ง
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
- สัญญาณเสียงจะถูกบันทึกในหน่วยความจำโดยตรง โดยอาศัยเทคโนโลยี DAST

<u>โครงสร้างภายในของ ISD2590</u>

จากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่รวมอยู่ในไอซีเพียงตัวเดียว จึงทำให้ง่ายต่อการใช้งานตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณ จากไมโครโฟนจนถึงหน่วยจัดเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกและขับออกลำโพง ก็ถูกรวมไว้ในไอซีเพียงตัวเดียวในโหมดการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซลแบบไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไม่ให้สูญหาย (Non – Volatile Memory Cells) สัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณแอนาลอกจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยเก็บความจำโดยตรงโดยอาศัยเทคโนโลยี DAST (Direct Analog Storage Technology) และการจัดเก็บความจำก็จะจัดเก็บในลักษณะที่เป็นสัญญาณแอนาลอกอยู่เช่นเดิม จึงทำให้การเล่นกลับสามารถให้สัญญาณเสียงที่เหมือนกับต้นกำเนิดเสียงมาก เพราะไม่ต้องมีกระบวนการเปลี่ยนสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างภายในได้ดังรูปที่ 3.12

ขณะทำการบันทึก (Recording) ISD2590 ซึ่งการที่จะเกิดขึ้นได้นั้นสัญญาณที่เข้ามาจะต้องตรงตามเงื่อนไข ซึ่งการทำสัญญาณให้ตรงตามเงื่อนไขที่จะสามารถทำการบันทึกได้นั้นจะต้องผ่านหลายขั้นตอนด้วยกัน ขั้นแรกคือการขยายสัญญาณอินพุต ให้มีขนาดมากพอสำหรับวงจรบันทึกข้อมูล ซึ่งกระบวนการนี้จะถูกกระทำโดยส่วนปรีแอมป์ และวงจรควบคุมอัตราการขยาย AGC

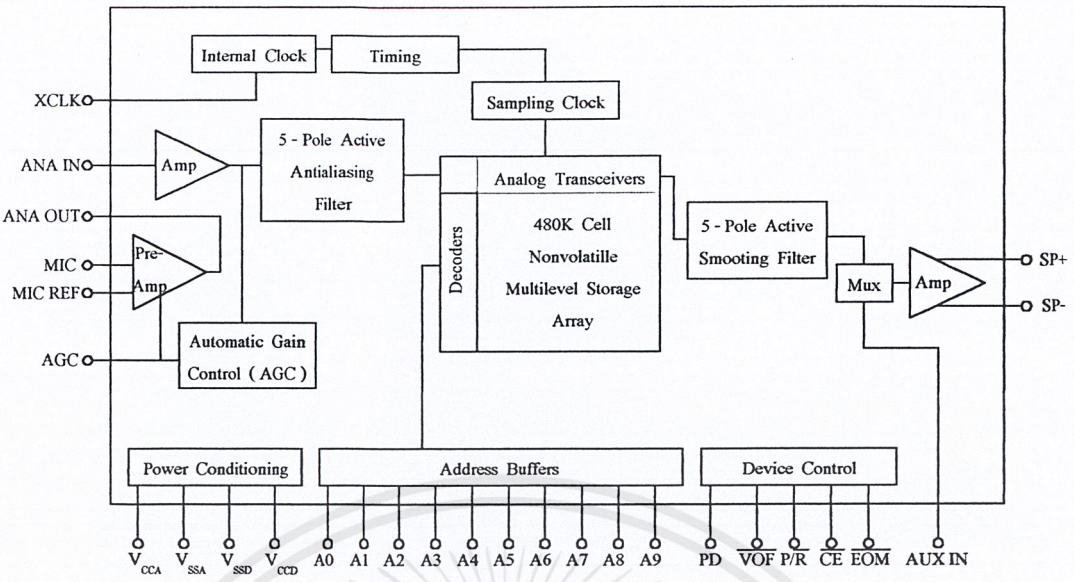
ปรีแอมป์ (Preamplefier) เป็นส่วนที่ต่อกับไมโครโฟนโดยมีตัวเก็บประจุ (DC Blocking Capacitor) แยกองค์ประกอบทางดีซี (DC Component) ออกจากสัญญาณเอซี (AC Signal) ที่มีระดับต่ำมาก ๆ ประมาณ 2 – 20 มิลลิโวลต์

วงจรควบคุมอัตราการขยาย (AGC Circuit) จะทำหน้าที่ควบคุมระดับของสัญญาณที่ออกมาจากปรีแอมป์ และจะส่งค่าโวลต์เตจที่ถูกควบคุมอัตราการขยายแล้วไปยังปรีแอมป์ อัตราการขยายของปรีแอมป์จะถูกปรับอย่างอัตโนมัติ เพื่อที่จะคงขนาดของสัญญาณให้เหมาะสมเพียงพอที่จะส่งต่อไปในส่วนของวงจรกรองสัญญาณ (Filter)

วงจรกรองความถี่ (5 – Pole Active Antiailiasing Filter) จะทำหน้าที่ปรับสัญญาณให้เหมาะสมและลดทอนส่วนที่ไม่สำคัญออกไป จึงได้เฉพาะเสียงที่มีคุณภาพดีในการบันทึกเป็นลำดับไป

สัญญาณที่ผ่านการการปรับจนเหมาะสมแล้ว จะถูกเขียนลงอย่างต่อเนื่องลงในหน่วยความจำแอนาลอกในรูปการรวมสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 โครงสร้างภายในของไอซี ISD - 2590

การเล่นกลับ (Playback) แอนาลอกโวลต์เตจที่ถูกบันทึกไว้จะถูกอ่านออกมาจากหน่วยความจำอย่างต่อเนื่อง จะมีส่วนที่ทำการแยกสัญญาณให้กลับมาอยู่ในสภาพเดิม สัญญาณแแอนาลอกก็จะผ่านลำโพงออกมาได้ ลำโพงอาจมีกำลังขับประมาณ 125 มิลลิวัตต์อาร์เอ็มเอส (25 มิลลิวัตต์พีค) 16 โอห์ม ก็เพียงพอแล้วที่จะได้ยินอย่างชัดเจนในห้องขนาดธรรมดา กรณีที่ใช้ ISD2590 ต่อคาสเลดกันหลาย ๆ ตัวเราสามารถใช้ลำโพงตัวเดียวกันได้โดยผ่านขา AUX IN

<u>ขั้นตอนควบคุมการเล่นกลับ</u>

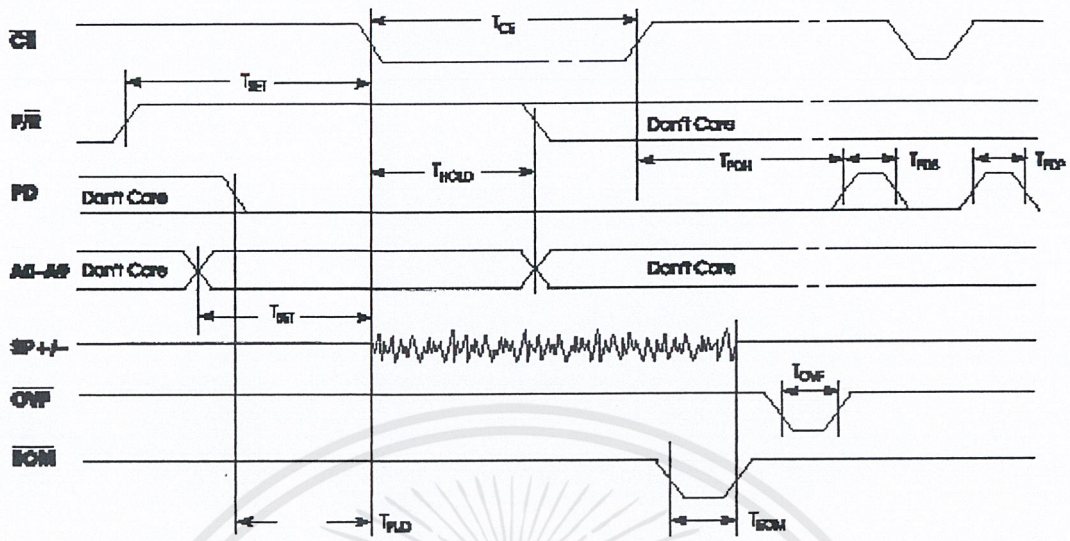
- กำหนดให้ขา P/R เป็น ไฮท์
- เซทค่าแอดเดรส ที่ขา $A_0 - A_9$
- ให้ขา PD เป็น โลว์
- กำหนดให้ขา CE เป็นพัลซ์โลว์ จะทำให้เริ่มต้นการเล่นกลับและในขณะนี้ขา EOM จะมีสถานะเป็นไฮท์
- เมื่อสิ้นสุดข้อความการเล่นกลับจะหยุดอัตโนมัติ และขา EOM จะเกิดพัลซ์โลว์
- เมื่อ CE มีพัลซ์โลว์เข้ามา จะทำให้เริ่มต้นการเล่นกลับ ที่ตำแหน่งแอดเดรสเดิมอีกครั้ง

ไทม์มิ่งไดอะแกรมของการเล่นกลับแสดงดังในรูปที่ 3.13

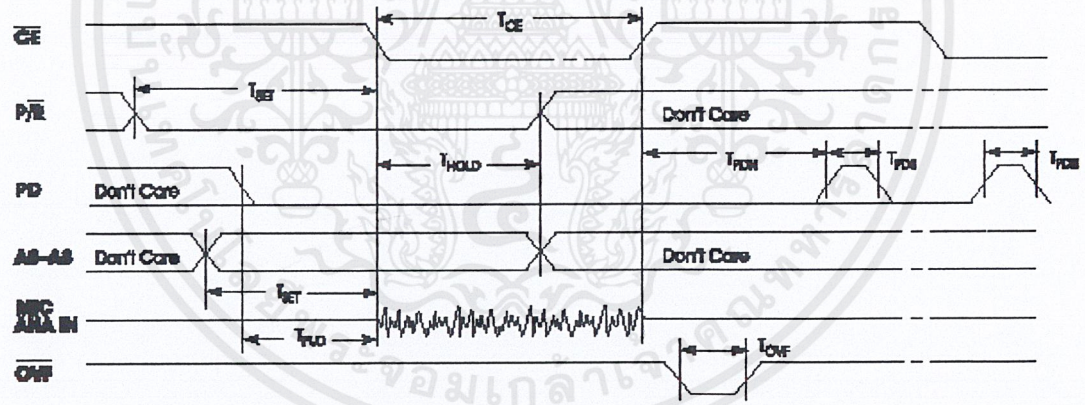
<u>ขั้นตอนควบคุมการบันทึก</u>

- กำหนดให้ขา P/R เป็นโลว์
- เซทค่าแอดเดรส ที่ขา A0 – A9
- ให้ขา PD เป็นโลว์
- กำหนดให้ขา CE เป็นพัลซ์โลว์ จะทำให้เริ่มต้นการบันทึก และคงสถานะ CE เป็นโลว์ตลอดการบันทึก และในขณะนี้ขา EOM จะมีสถานะเป็นไฮท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ไทม์มิ่งไดอะแกรมการเล่นกลับของไอซี ISD – 2590



รูปที่ 3.14 ไทม์มิ่งไดอะแกรมการบันทึกของไอซี ISD – 2590

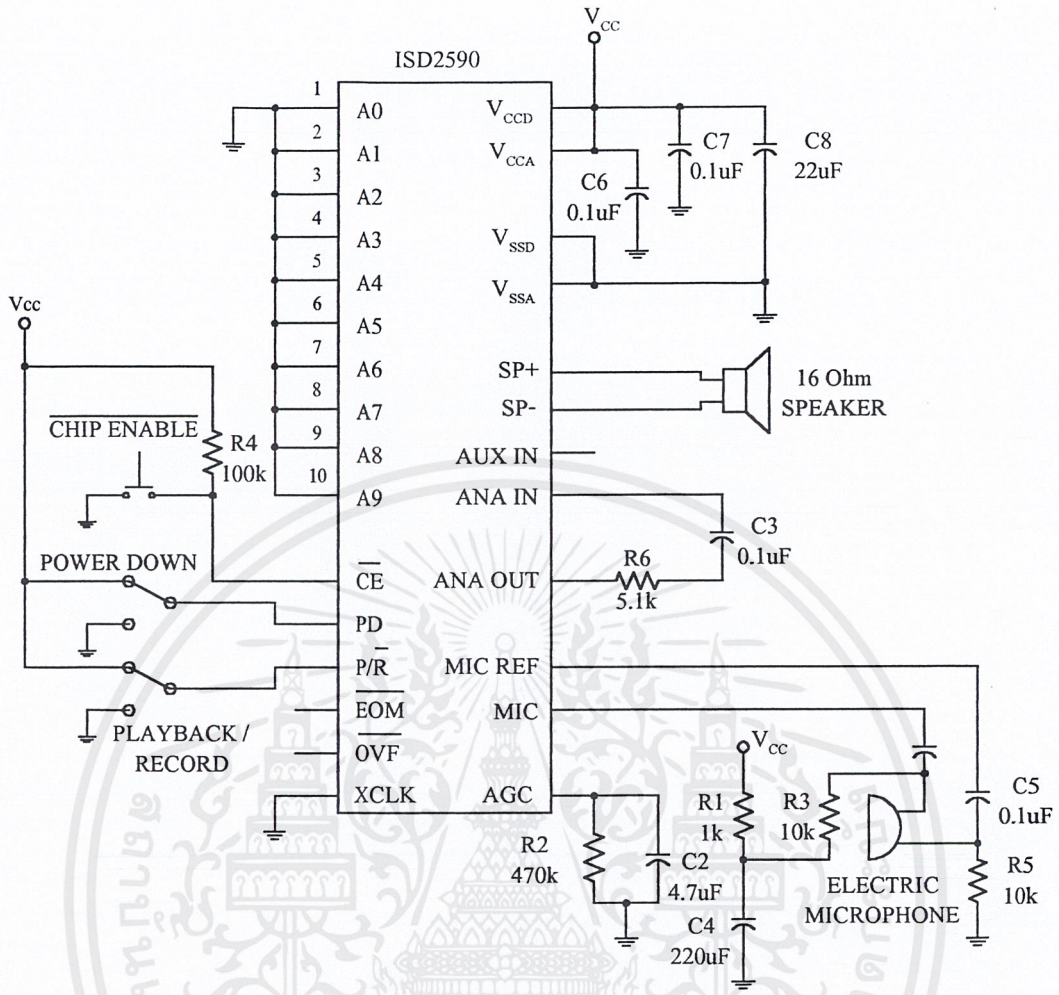
- เมื่อสิ้นสุดการบันทึก จะทำได้โดยให้ขา CE กลับเป็นไฮท์ และขา EOM จะเป็นพัลซ์โลว์ และจะบันทึกในหน่วยความจำเพื่อแสดงจุดสิ้นสุดของข้อความที่บันทึก

- เมื่อ CE มีพัลซ์โลว์ เข้ามา จะทำให้เริ่มต้นการบันทึกอีกครั้งในในแอดเดรสที่ต่อจากการบันทึกครั้งก่อน และขา EOM จะเป็นไฮท์ อีกครั้ง

ไทม์มิ่งไดอะแกรมของการบันทึกแสดงดังในรูปที่ 3.14

ส่วนวงจรที่ใช้ในการบันทึกเสียงแสดงดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

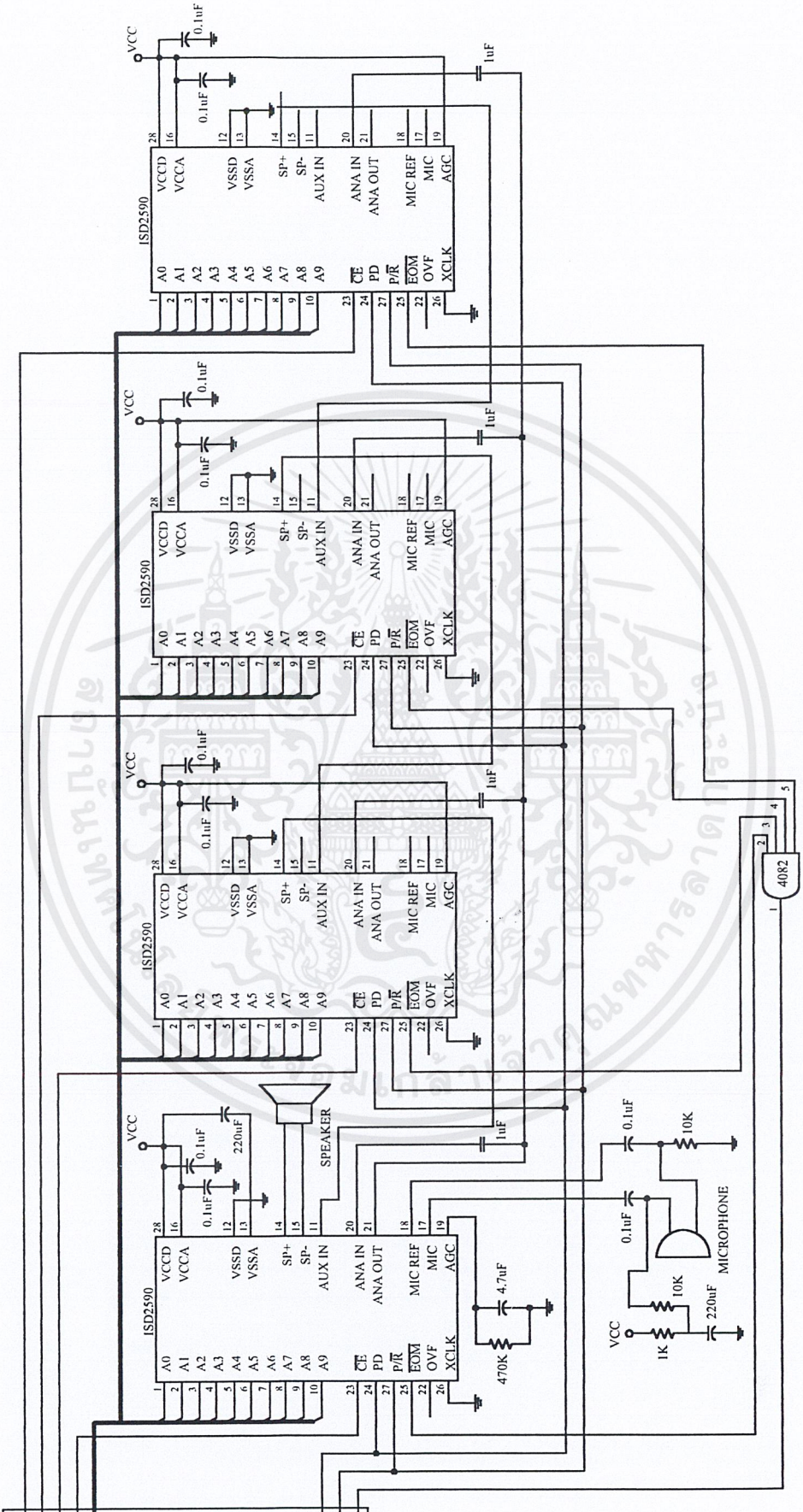


รูปที่ 3.15 วงจรบันทึกเสียงโดยไอซี ISD2590

ในโครงงานนี้ได้นำเอา ISD2590 มาต่อคาสเคดกันจำนวน 4 ตัว เพื่อใช้ในการบันทึกข้อความ ดังรูปที่ 3.16 จะเห็นว่า วงจรจะต่อขา P/R และขา PD ร่วมกัน ส่วนขา CE ของไอซีแต่ละตัวจะนำมาควบคุมในการเลือกใช้ไอซีตัวที่ต้องการ จึงสามารถสั่งการกับไอซีตัวนั้น ๆ ได้ และยังสามารถใช้ไมโครโฟนและลำโพงร่วมกันได้ด้วย

การบันทึกและเล่นกลับของวงจรในรูปที่ 3.16 ใช้หลักการทำงานเช่นเดิม นั่นคือ ควบคุมขา PD ให้เป็นโลว์ ขา P/R เป็นไฮท์เมื่อต้องการเล่นกลับ หรือเป็นโลว์เมื่อต้องการบันทึก ส่วนขา CE จะเป็นพัลซ์โลว์เมื่อต้องการเล่นกลับ หรือเป็นโลว์เมื่อต้องการบันทึก โดยจะควบคุมที่ขา CE ของไอซีตัวที่เราต้องการเท่านั้น ส่วนขา EOM ของไอซีทั้ง 4 ตัวจะถูกนำมาต่อเข้ากับแอนเกท เพื่อส่งสัญญาณการสิ้นสุดข้อความให้คอนโทรลเลอร์ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

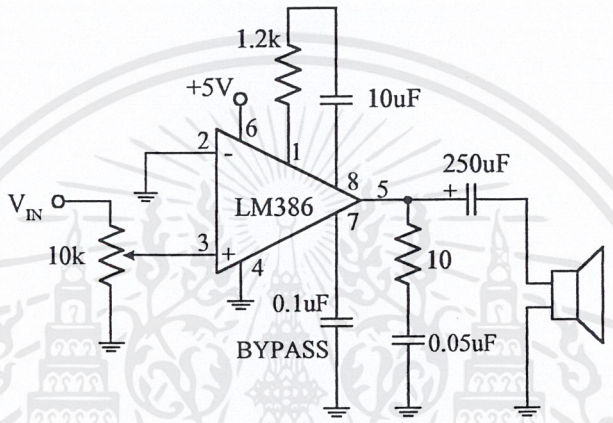


รูปที่ 3.16 การต่อคาสเคดกันของ ISD2590 จำนวน 4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 วงจรเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์

เสียงที่ได้จากลำโพง (ขา 14) ของ ISD2590 ผ่านเข้าความต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม ทำหน้าที่ปรับอัตราขยายของวงจรผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้ง 0.1 ไมโครฟารัด และยังป้องกันไฟตรงที่อาจจะปนมากับสัญญาณเสียงด้วย จากนั้นสัญญาณเสียงจะผ่านเข้าอินพุตของ LM386 ที่ขา 3 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายกำลังที่สามารถปรับอัตราขยายได้ถึง 200 เท่า ด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อเข้าที่ขา 1 และขา 8 เราสามารถปรับอัตราการขยายให้ได้ระดับเสียงที่ต้องการ วงจรเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์แสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 วงจรเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์

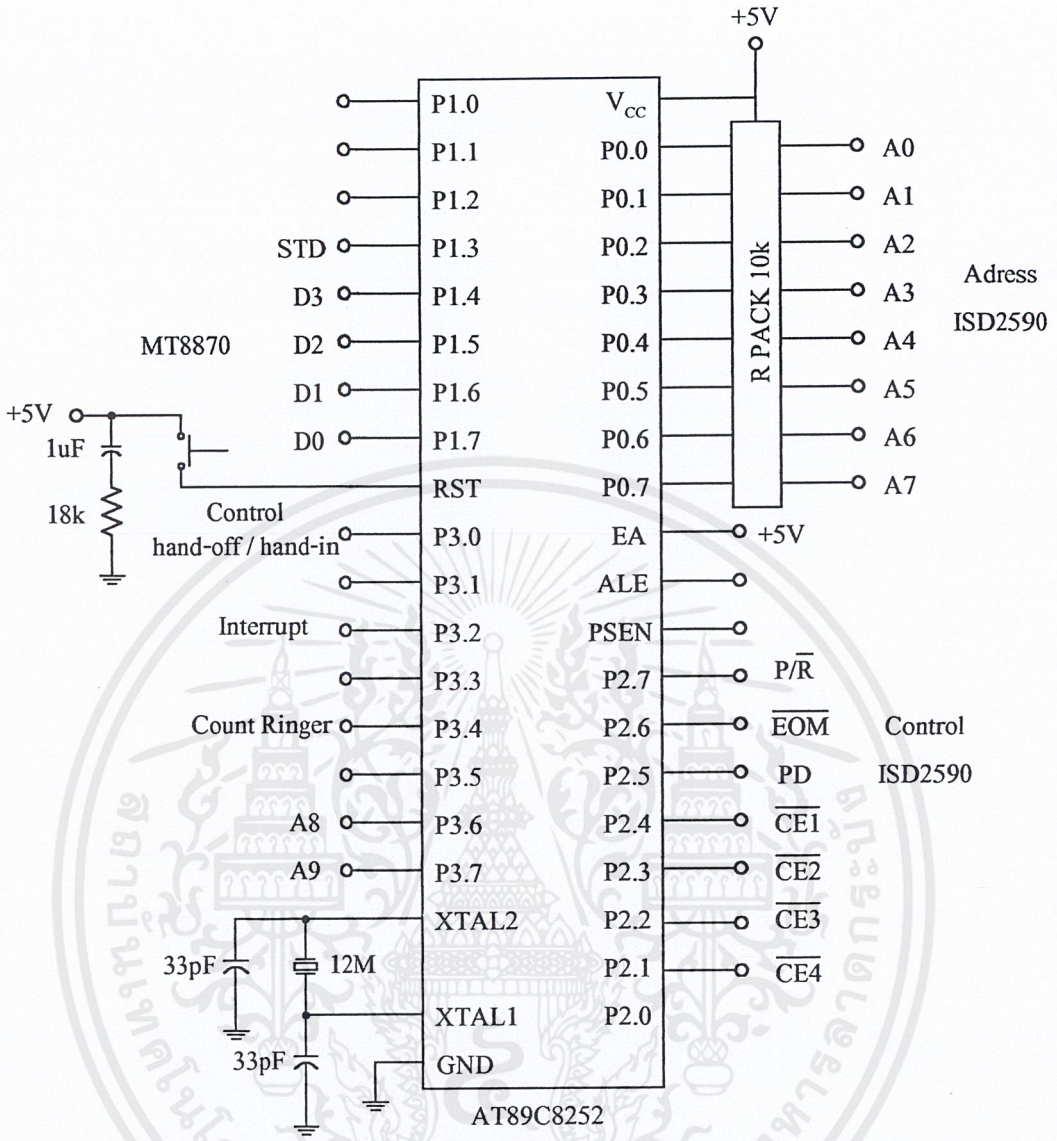
3.1.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์

AT89C8252 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต และเป็นไอซีประเภท CMOS ทำให้มีประสิทธิภาพสูง กินไฟต่ำ มีหน่วยความจำแบบแฟลช บรรจุภายในตัวขนาด 8 กิโลไบต์ ทั้งยังทำงานร่วมและทดแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51 ได้ทั้งชุดคำสั่งและการจัดเรียงขา

การที่มีหน่วยความจำแบบแฟลช ทำให้เครื่องพีซี (PC) สามารถทำการลบและเขียนโปรแกรมได้โดยตรง โดยไม่ต้องถอดไมโครคอนโทรลเลอร์ออกจากแผงวงจร ในลักษณะที่เรียกว่า In System Programming ซึ่งเหมาะต่อการพัฒนาโปรแกรม

ในโครงงานนี้ ทำการต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของวงจรต่าง ๆ แสดงได้ดังรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



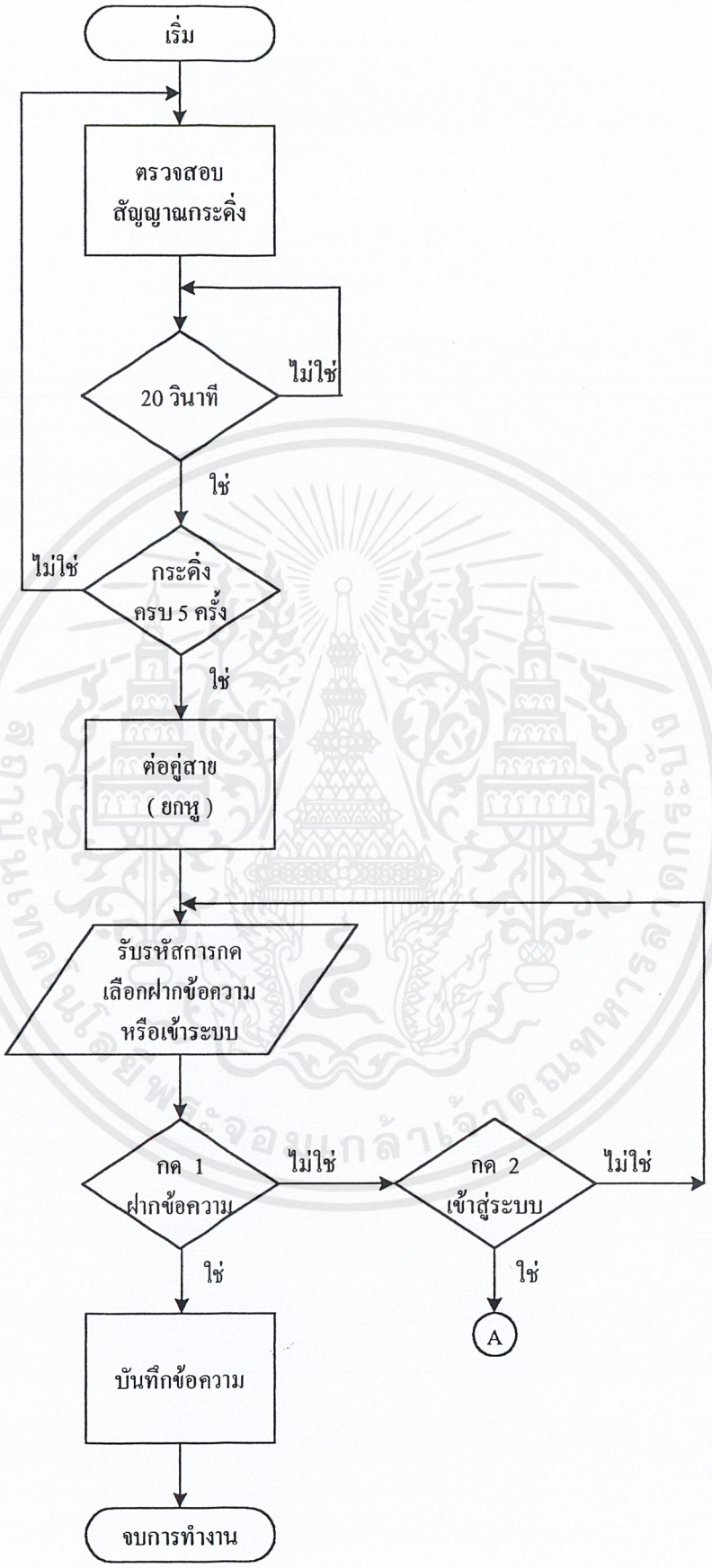
รูปที่ 3.18 การต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2 โครงสร้างทางซอร์ฟแวร์

ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานตามโฟว์ชาร์ทดังนี้

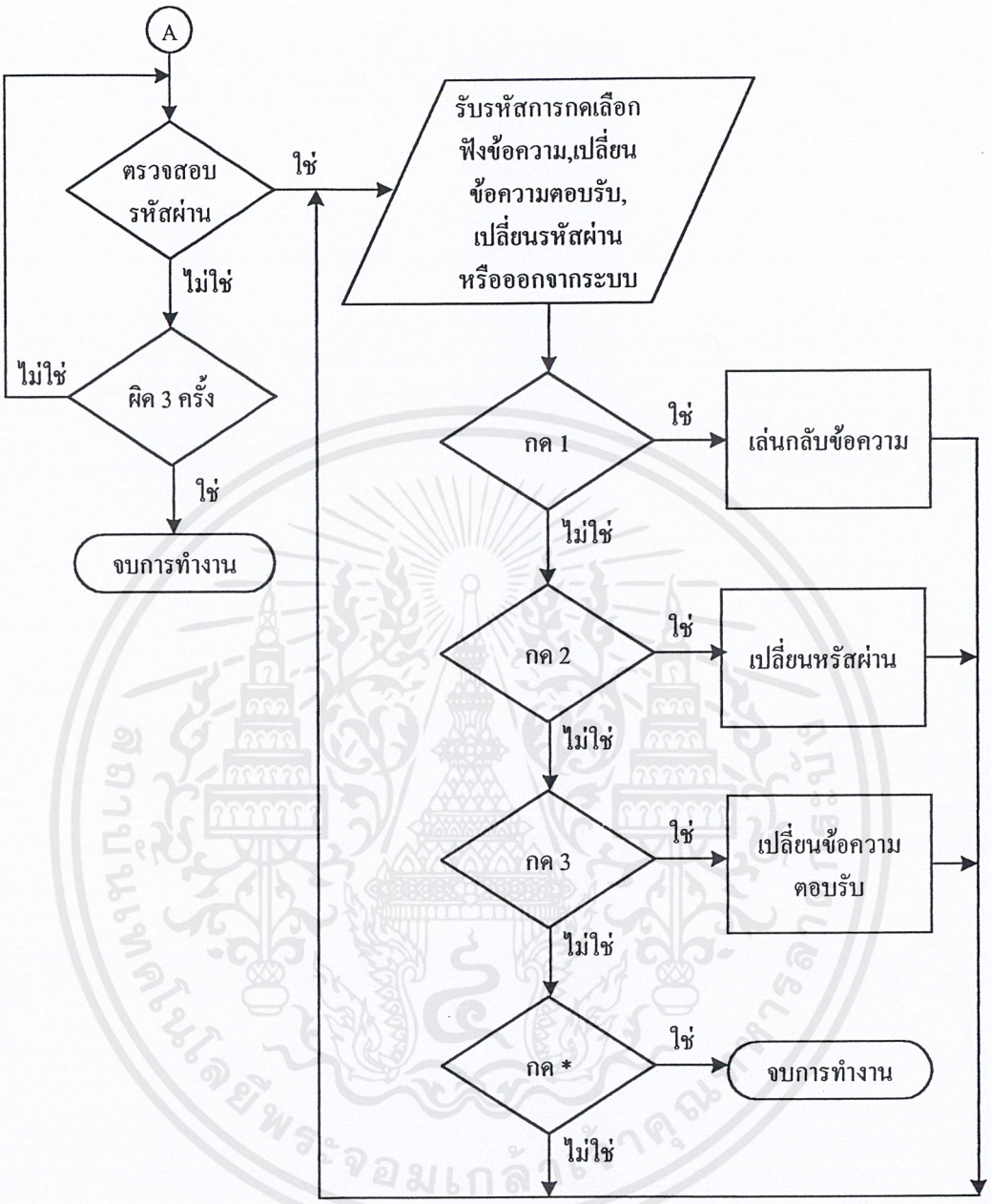
3.2.1 โปรแกรมหลักควบคุมการทำงานของโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19-1 โฟว์ชาร์ทแสดงการทำงานของโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ

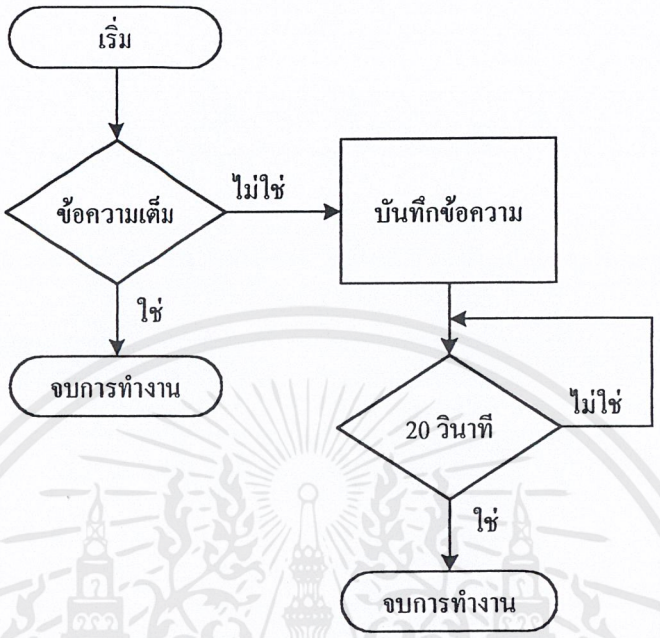
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19-2 โฟว์ชาร์ทแสดงการทำงานของโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

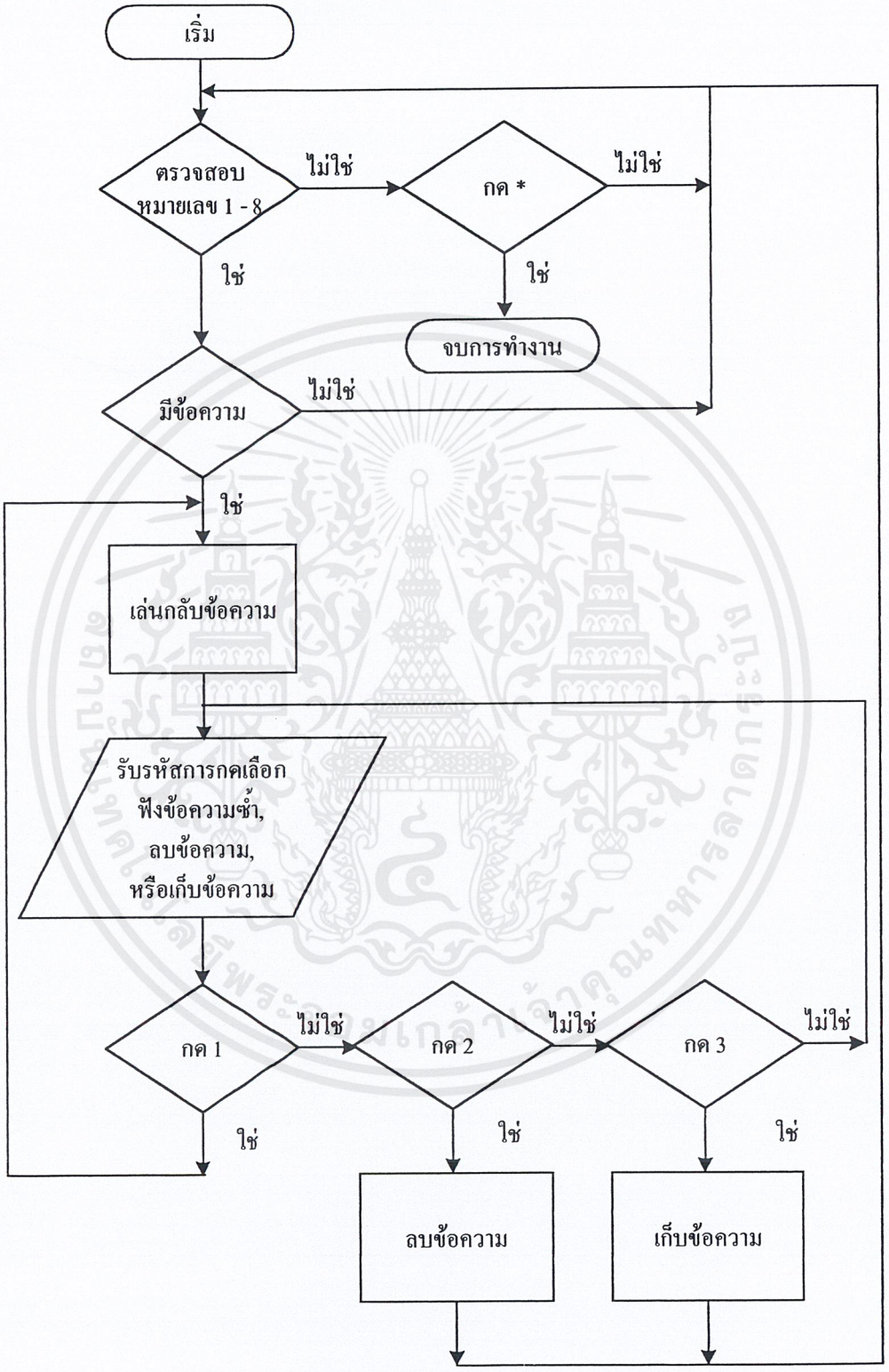
3.2.2 โปรแกรมส่วนควบคุมการฝากข้อความ



รูปที่ 3.20 โฟว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการฝากข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

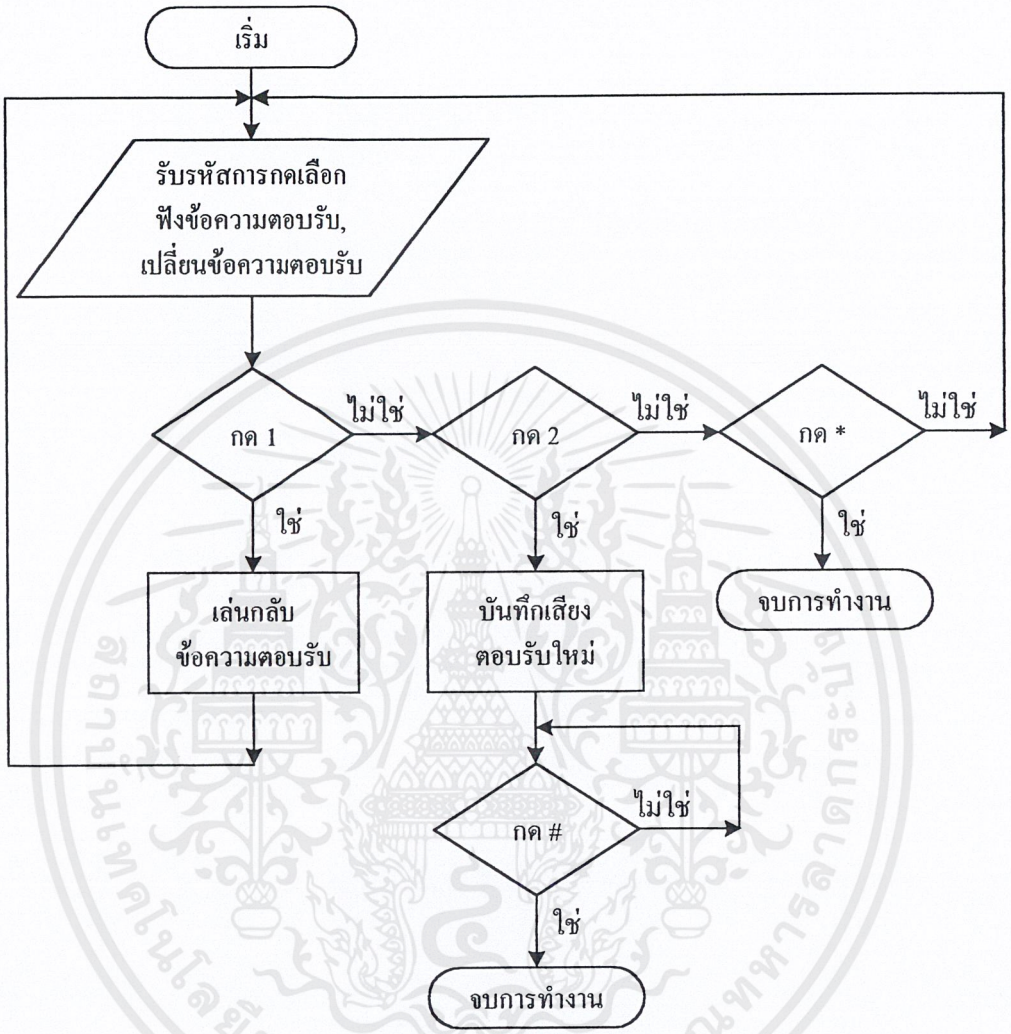
3.2.3 โปรแกรมส่วนควบคุมการฟังข้อความ



รูปที่ 3.21 โฟว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการเล่นกลับข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

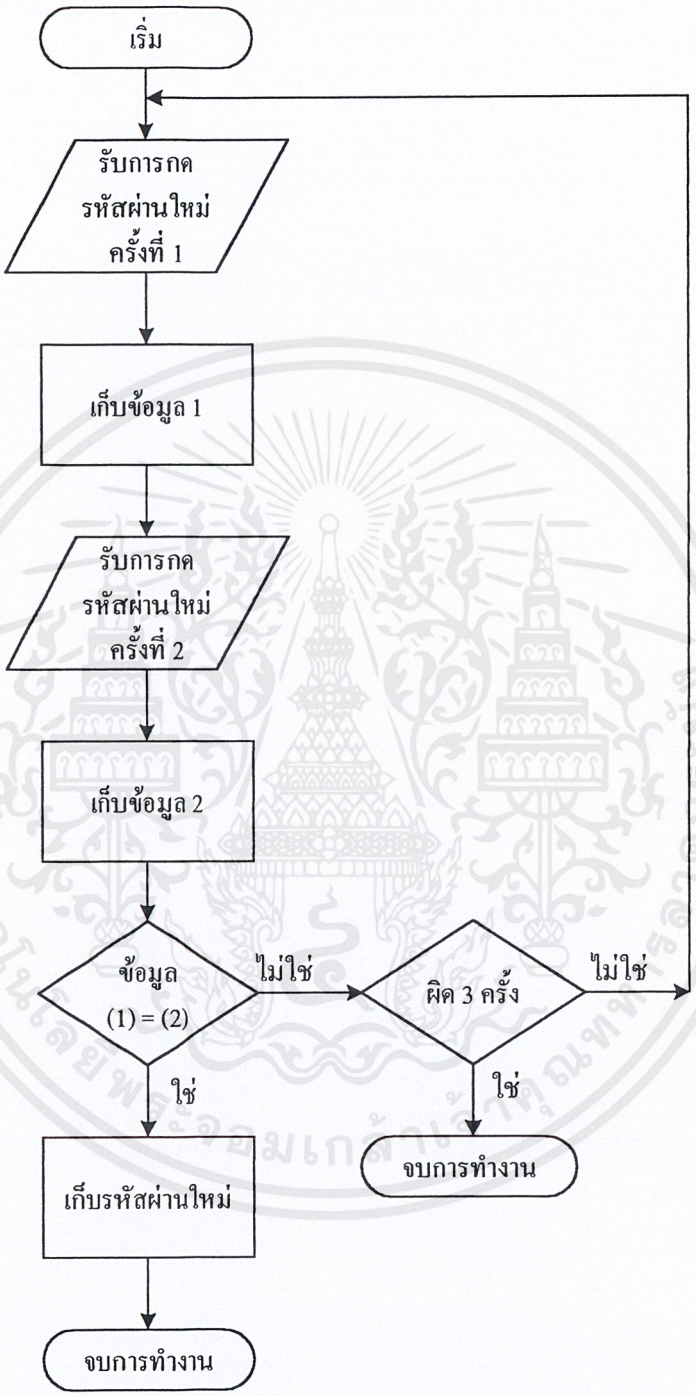
3.2.4 โปรแกรมส่วนควบคุมการเปลี่ยนข้อความตอบรับ



รูปที่ 3.22 โฟว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการเปลี่ยนข้อความตอบรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

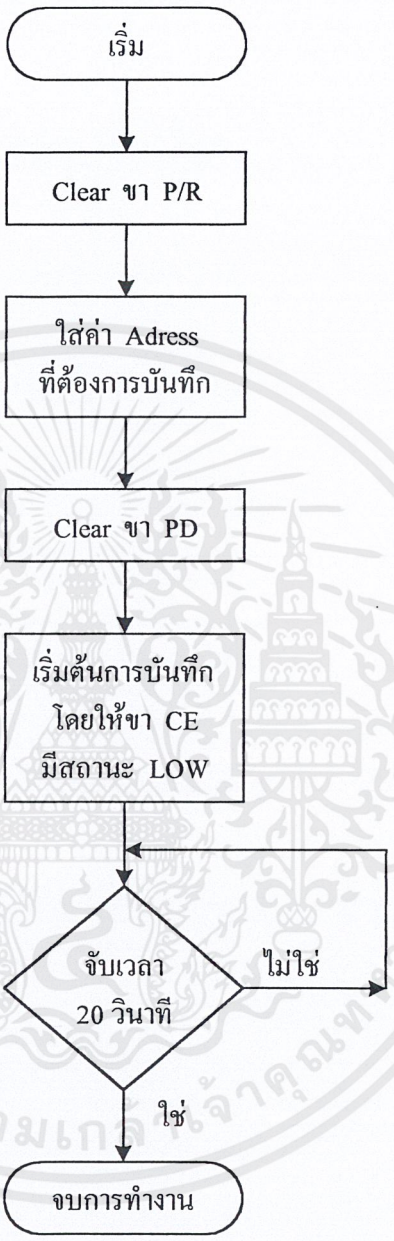
3.2.5 โปรแกรมส่วนควบคุมการเปลี่ยนรหัสผ่าน



รูปที่ 3.23 โฟว์ชาร์ทแสดงขั้นตอนการเปลี่ยนรหัสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

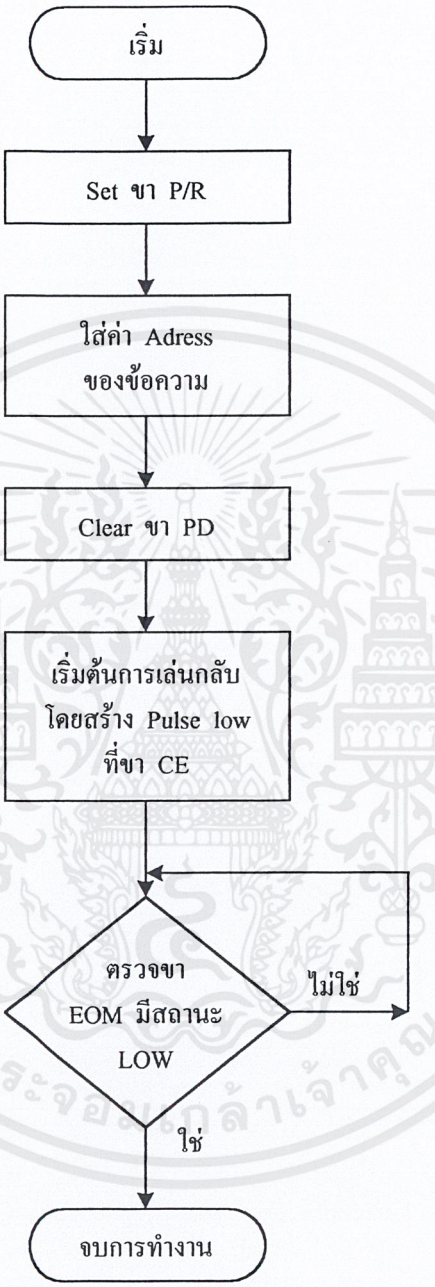
3.2.6 โปรแกรมควบคุมการบันทึกของไอซี ISD2590



รูปที่ 3.24 โฟว์ชาร์ทของโปรแกรมควบคุมการบันทึกของไอซี ISD2590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 โปรแกรมควบคุมการเล่นกลับของไอซี ISD2590



รูปที่ 3.25 โฟว์ชาร์ทของโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับของไอซี ISD2590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 โปรแกรมส่วนตรวจสัญญาณ DTMF

รูปที่ 3.26 โฟว์ชาร์ทของโปรแกรมส่วนตรวจจับสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

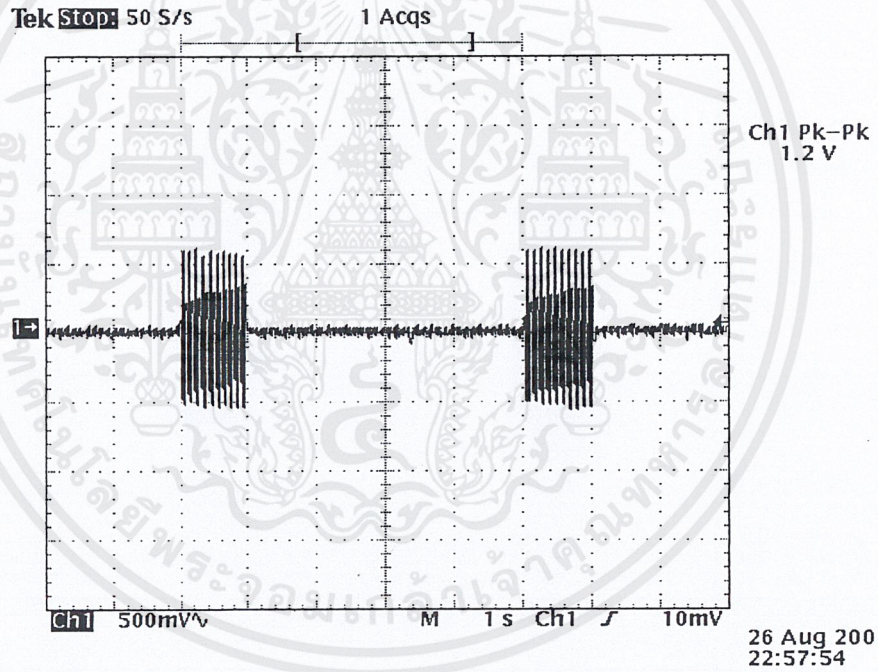
การทดลองจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของ ฮาร์ดแวร์ และ ซอร์ฟแวร์ การทดลองในส่วนของฮาร์ดแวร์จะทำการต่อวงจรดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

ในส่วนของซอร์ฟแวร์นั้น จะทำการเขียนโปรแกรมตามโฟว์ชาร์ทที่แสดงในบทที่ 3

4.2 ผลการทดลอง

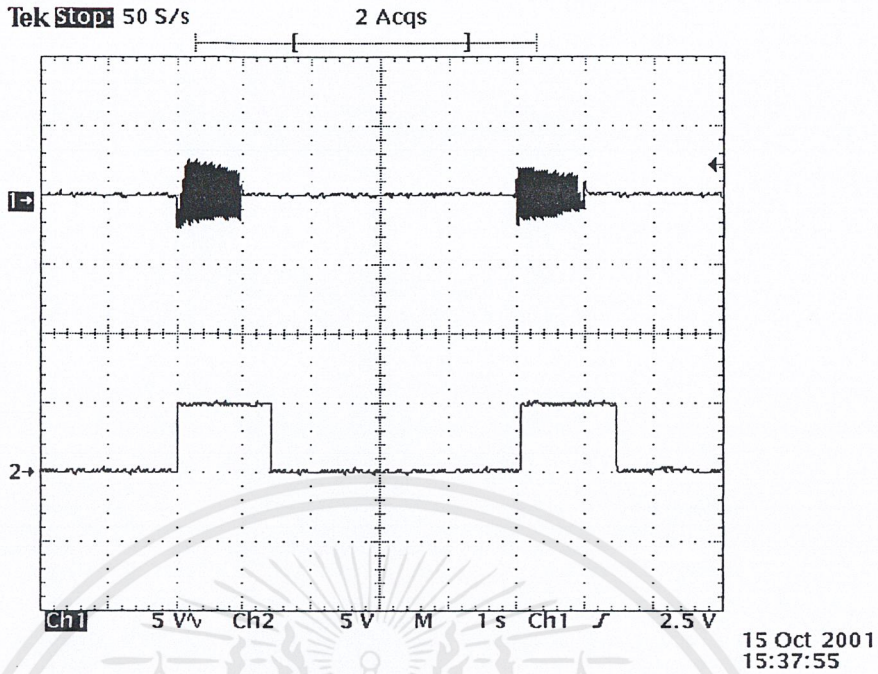
4.2.1 ผลการทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 4.1 สัญญาณกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

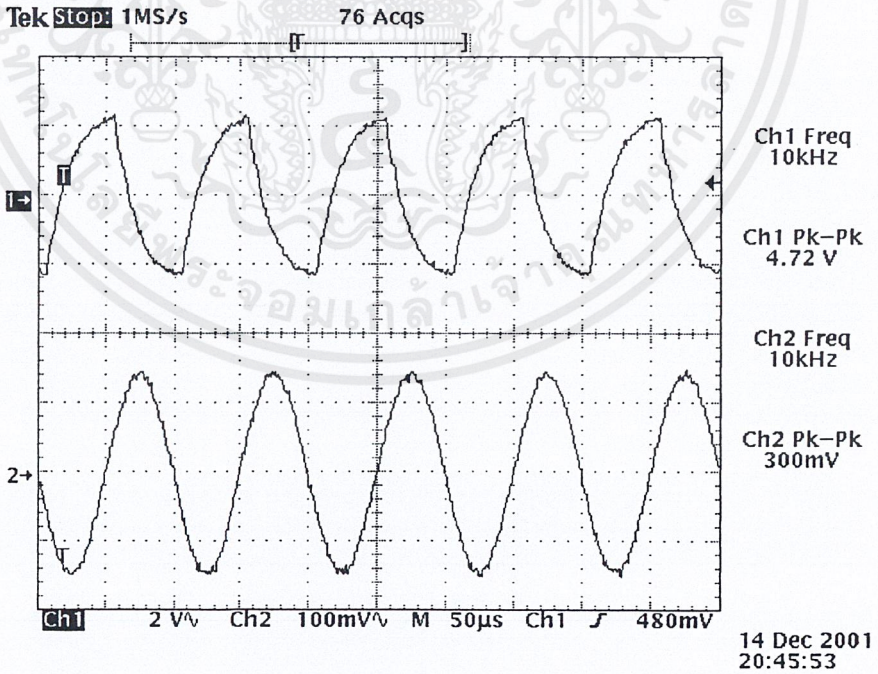


รูปที่ 4.2 Channel 1 เอาต์พุตจาก Opto – Coupler เบอร์ 4N25

Channel 2 เอาต์พุตจากวงจร Monostable เบอร์ 74LS121

4.2.2 ผลการทดลองวงจรควบคุมเสียงพูด

ต่อวงจรตามรูปที่ 3.5

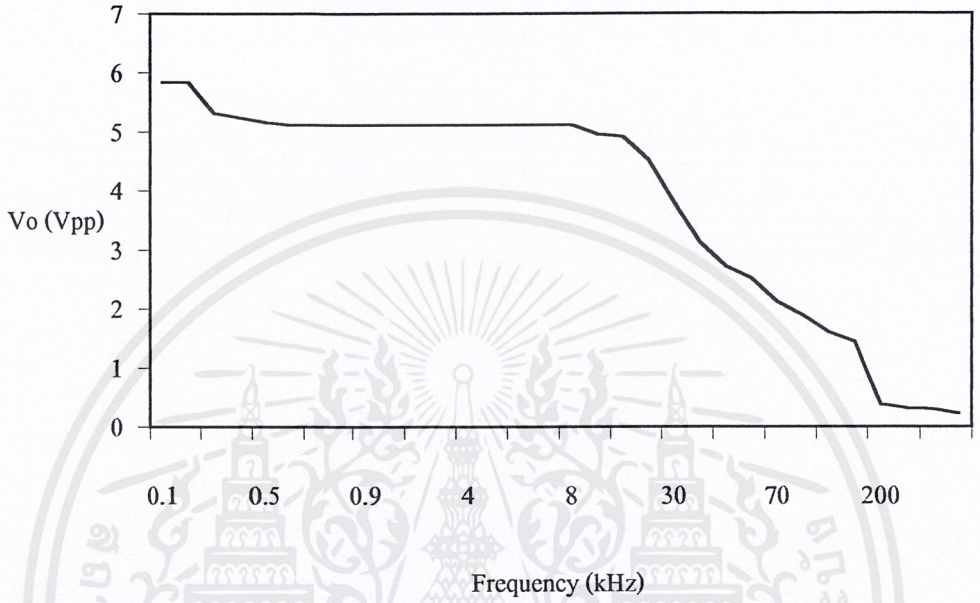


รูปที่ 4.3 Channel 1 สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 1 ของ MC34114

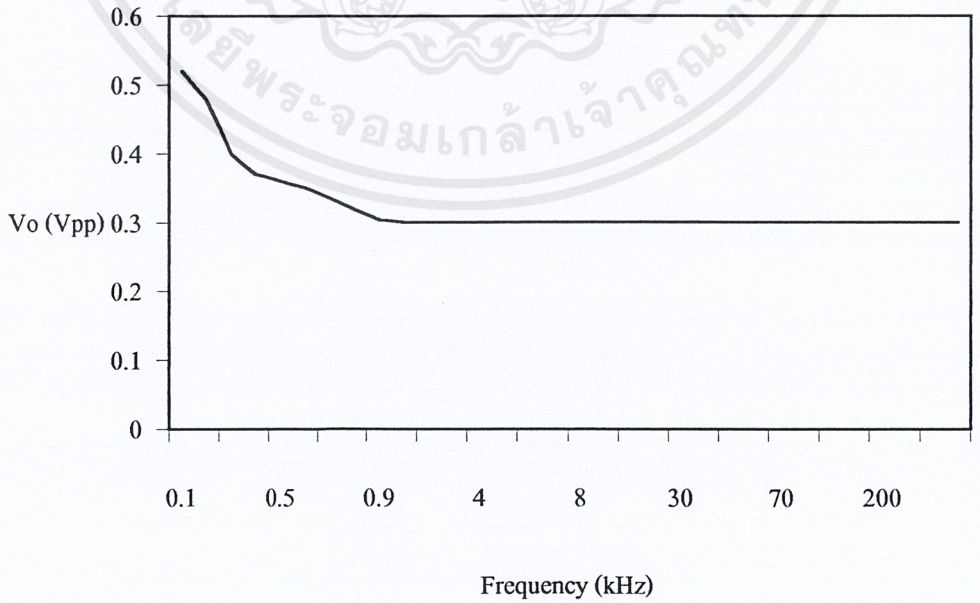
Channel 2 สัญญาณอินพุตรูปไซน์ 10 กิโลเฮิรตซ์ ที่ไมโครโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการปรับความถี่ของสัญญาณอินพุตเป็นค่าต่าง ๆ แล้ววัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 1 ก่อนส่งออกคู่สายโทรศัพท์ พล็อตกราฟระดับสัญญาณที่ได้ดังรูปที่ 4.3 และวัดระดับสัญญาณไซด์โทนที่ขา 12 ขณะป้อนสัญญาณอินพุตความถี่ต่าง ๆ นำมาพล็อตกราฟได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงระดับสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากวงจรควบคุมเสียงพูดเพื่อส่งออกคู่สายโทรศัพท์ที่ความถี่อินพุตต่าง ๆ (ขา1)

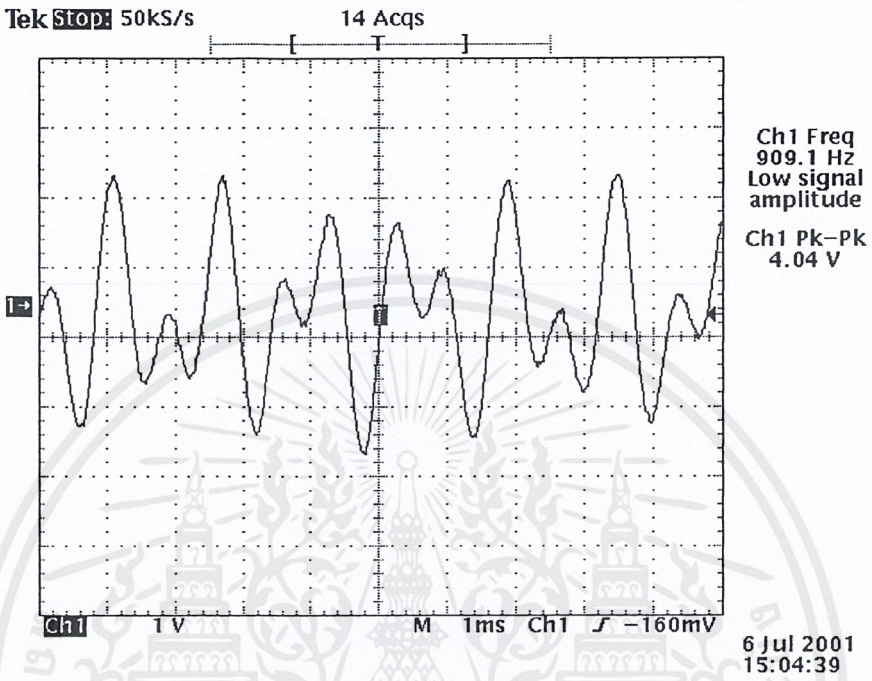


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงระดับไซด์โทนเมื่อป้อนสัญญาณอินพุตที่ความถี่ต่าง ๆ (ขา12)

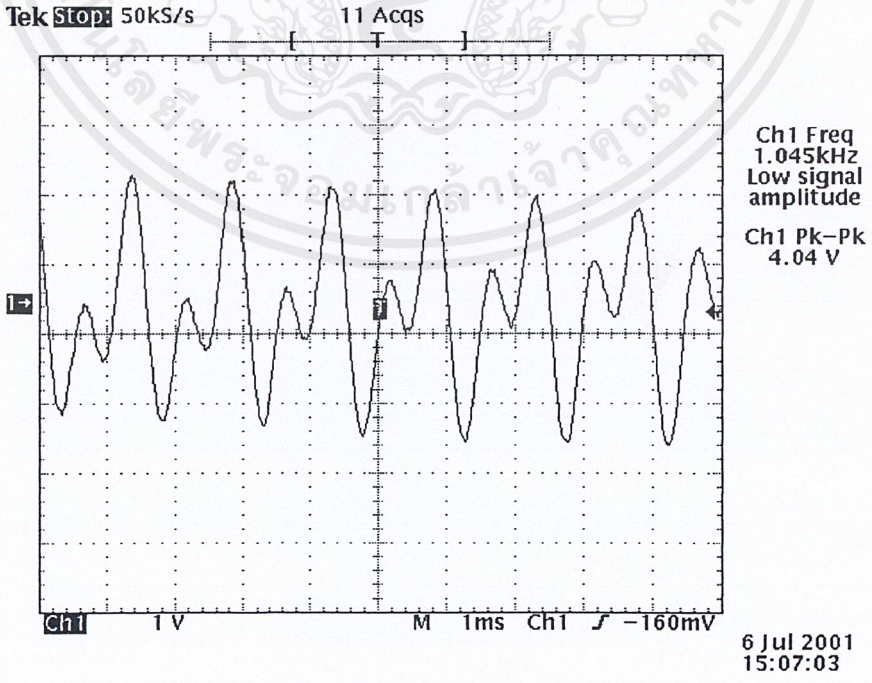
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดลองการสร้างสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ

ต่อวงจรตามรูปที่ 3.8 ทำการกดเลขหมายที่แป้นกด วัดสัญญาณเอาต์พุตดังนี้



รูปที่ 4.6 สัญญาณดีทีเอ็มเอฟ เมื่อกดเลข 1



รูปที่ 4.7 สัญญาณดีทีเอ็มเอฟ เมื่อกดเลข 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการทดลองในส่วนของการถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ
เมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 3.9 วัดสัญญาณที่ขา Q1-Q4 บันทึกผลได้ดังนี้

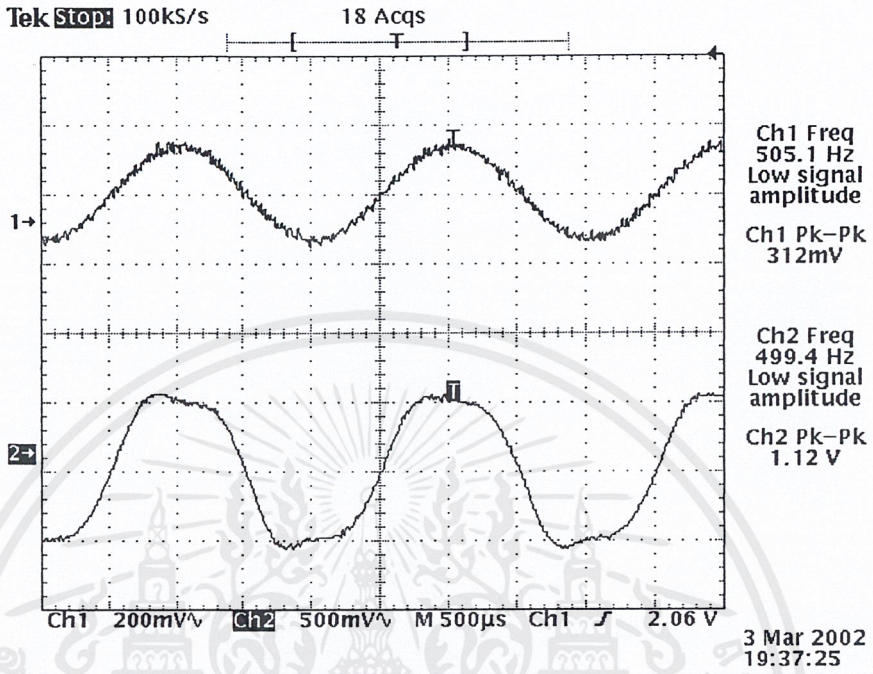
f_{low}	f_{high}	NO	TOE	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ

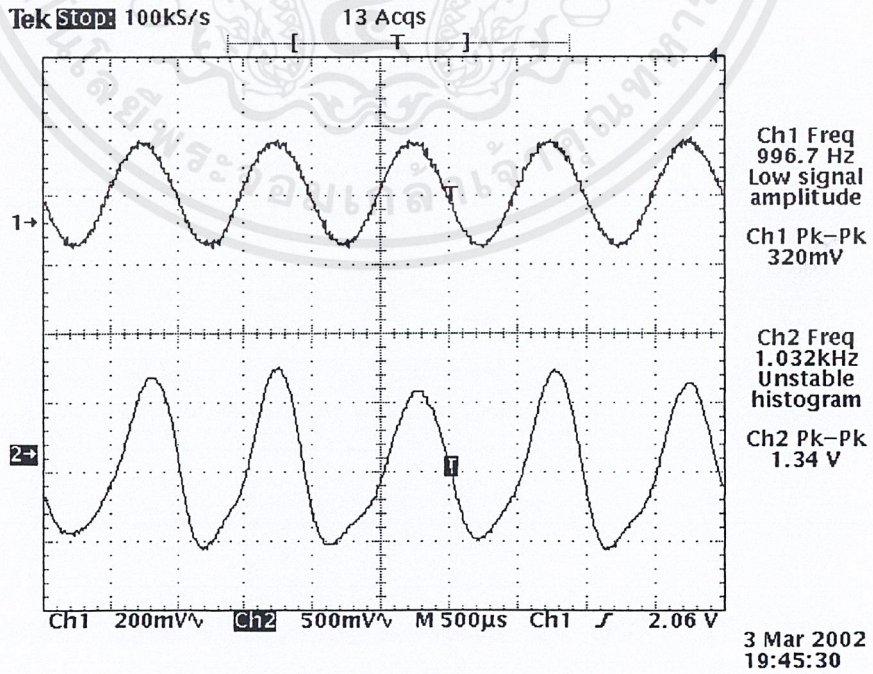
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ผลการทดลองในส่วนของตอบรับและบันทึกเสียง

ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.16 โดยทำการต่อ ISD2590 เข้าด้วยกันจำนวน 4 ตัว

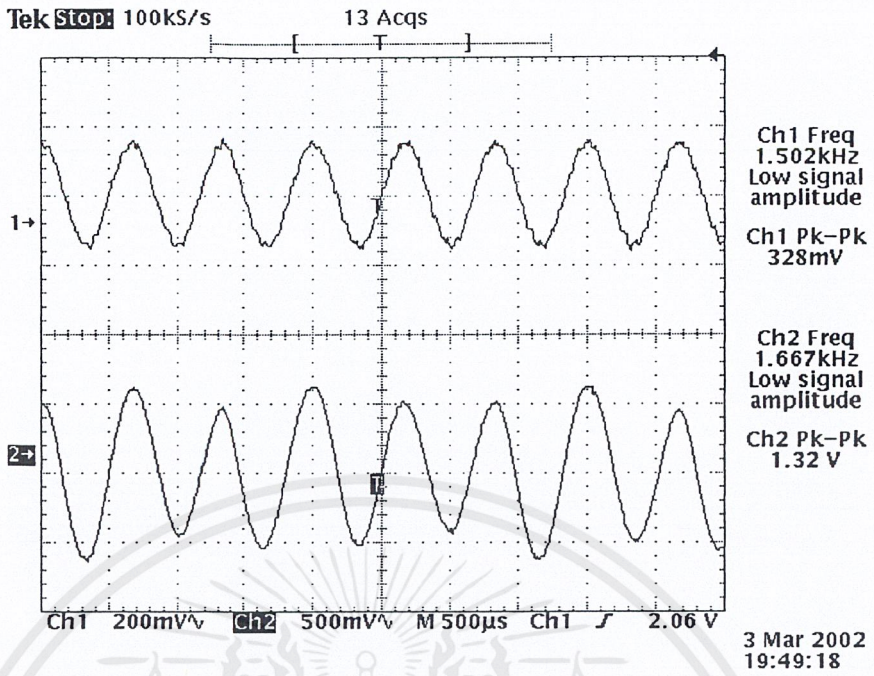


รูปที่ 4.8 Channel 1 สัญญาณอินพุตของ ISD2590 ที่ไมโครโฟน เป็นสัญญาณรูปไซน์ 500 เฮิรตซ์
Channel 2 สัญญาณเอาต์พุตของ ISD2590 ที่ลำโพง เป็นสัญญาณรูปไซน์ 500 เฮิรตซ์

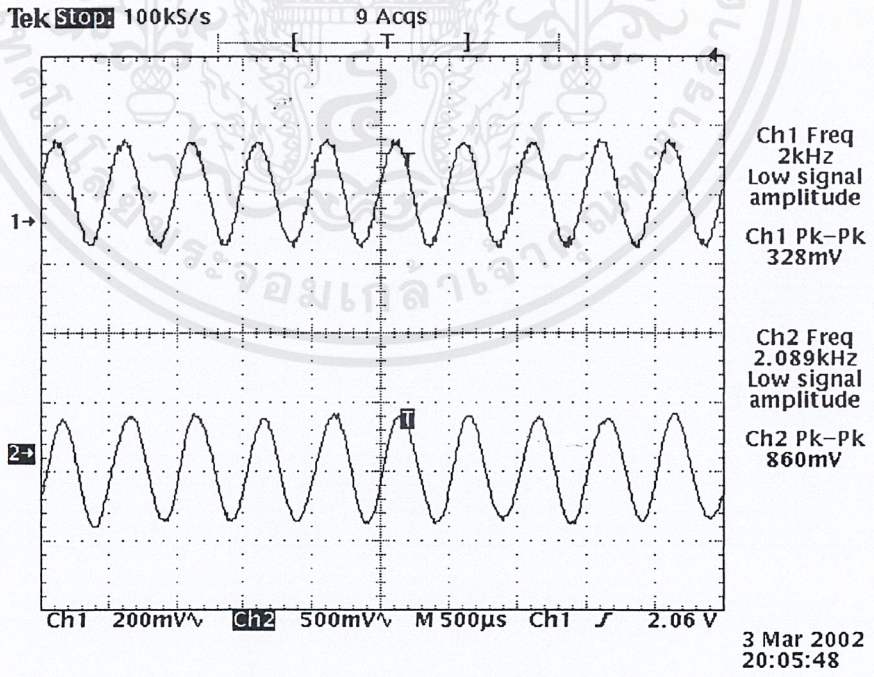


รูปที่ 4.9 Channel 1 สัญญาณอินพุตของ ISD2590 ที่ไมโครโฟน เป็นสัญญาณรูปไซน์ 1 กิโลเฮิรตซ์
Channel 2 สัญญาณเอาต์พุตของ ISD2590 ที่ลำโพง เป็นสัญญาณรูปไซน์ 1 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 Channel 1 สัญญาณอินพุตของ ISD2590 ที่ไมโครโฟน เป็นสัญญาณรูปไซน์ 1.5 กิโลเฮิรตซ์
Channel 2 สัญญาณเอาต์พุตของ ISD2590 ที่ลำโพง เป็นสัญญาณรูปไซน์ 1.5 กิโลเฮิรตซ์

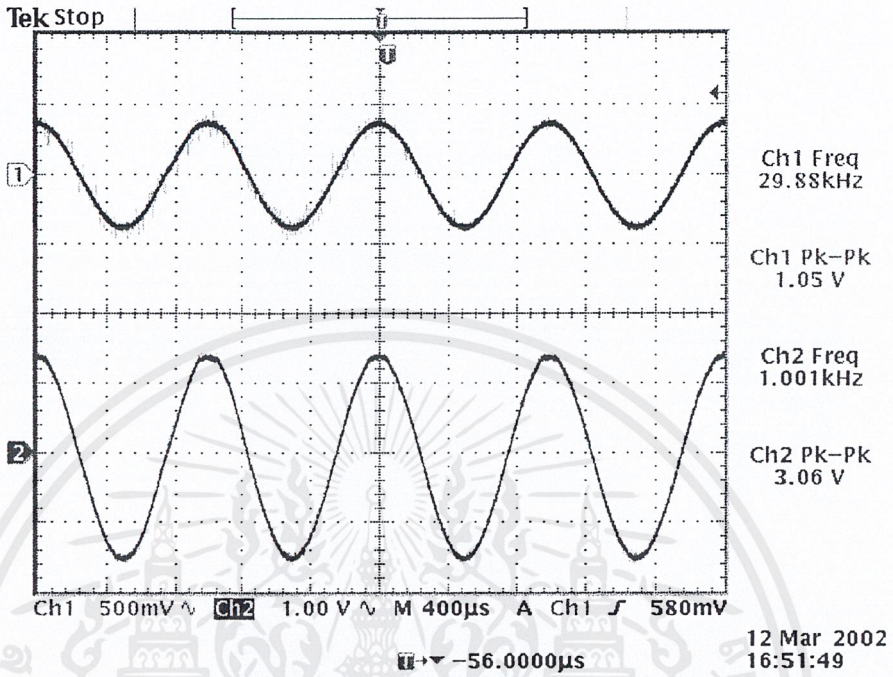


รูปที่ 4.11 Channel 1 สัญญาณอินพุตของ ISD2590 ที่ไมโครโฟน เป็นสัญญาณรูปไซน์ 2 กิโลเฮิรตซ์
Channel 2 สัญญาณเอาต์พุตของ ISD2590 ที่ลำโพง เป็นสัญญาณรูปไซน์ 2 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ผลการทดลองวงจรเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์

ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.17



รูปที่ 4.12 Channel 1 สัญญาณอินพุตรูปไซน์ 1 กิโลเฮิรตซ์ 1 โวลต์พีคทูพีค
Channel 2 สัญญาณเอาต์พุตจาก LM386

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

5.1 วงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

ตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง โดยเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา ออปโต้ทรานซิสเตอร์ 4N25 จะให้เอาต์พุตเป็นโลว์เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พอร์ท P3.4

5.2 วงจรยกหู / วางหูโทรศัพท์

เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา 5 ครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะให้ขา P3.0 เป็นไฮท์ ส่งให้ทรานซิสเตอร์ งานเพื่อขับให้รีเลย์ให้สับสวิตซ์ยกหูโทรศัพท์

5.3 วงจรควบคุมเสียงพูด

เมื่อทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.5 ทดสอบลองพูดผ่านคู่สายโทรศัพท์สามารถพูดคุยได้ยินชัดเจน

5.4 วงจรสร้างสัญญาณและถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ

เมื่อทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.8 และรูปที่ 3.9 เมื่อทำการกดแป้นกดสร้างสัญญาณดีทีเอ็มเอฟเข้าวงจรถอดรหัสสามารถถอดรหัสสัญญาณความถี่ออกมาเป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิท ได้อย่างถูกต้อง

5.5 วงจรตอบรับและบันทึกเสียง

สามารถบันทึกเสียงได้เป็นอย่างดี แต่เมื่อนำมาต่อคาสเคดกัน 4 ตัว พบว่าเสียงจะเบาลง ต้องใช้วงจรขยายมาขยายเสียง

5.6 วงจรเพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์

ทำการต่อวงจรส่วนนี้เพื่อรับสัญญาณดีทีเอ็มเอฟจากคู่สายโทรศัพท์ เข้าสู่วงจรถอดรหัสสามารถขยายสัญญาณดีทีเอ็มเอฟ ได้เพื่อให้การถอดรหัสสัญญาณได้ดีขึ้น และเมื่อต่อเข้ากับวงจรตอบรับและบันทึกเสียงก่อนออกสู่ลำโพง สามารถขยายสัญญาณเสียงได้ดี

5.7 ส่วนของซอร์ฟแวร์

ทำการเขียนโปรแกรมความคุมการทำงานตามโฟว์ชาร์ทในบทที่ 3 สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

5.8 สรุปผลการทดลองเมื่อต่อวงจรทั้งหมดเข้าด้วยกัน

เมื่อทำการทดลองโดยแยกแต่ละส่วนสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี แต่เมื่อนำทุกส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันพบว่ามีข้อบกพร่องเกิดขึ้น เช่น เมื่อลองทดสอบเข้ากับคู่สายโทรศัพท์โดยนำเสียงที่เข้า - ออก ISD2590 ผ่านวงจรควบคุมเสียงพูดเพื่อทำการแปลงสัญญาณ 4 สายเป็น 2 สายส่งผ่านคู่สายโทรศัพท์ พบว่าเสียงที่ออกไปจะมีเสียงซ่า และบางครั้งจะมีเสียงหวีดอยู่ตลอดเวลา ทำให้การถอดรหัสสัญญาณดีทีเอ็มเอฟมีปัญหา เป็นต้น ดังนั้นจึงเปลี่ยนมาใช้หม้อแปลงแมทชิ่งอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม มาต่อกับไมโครโฟน และลำโพง เพื่อส่งออกคู่สายโทรศัพท์เลยโดยไม่ต้องผ่านวงจรควบคุมเสียงพูด พบว่าสัญญาณเสียงดีขึ้น ลดเสียงรบกวนและสามารถถอดรหัสดีทีเอ็มเอฟได้แม้ในขณะมีเสียงตอบรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9 การทำงานของเครื่องโทรศัพท์ตอบรับอัตโนมัติ

การทำงานของเครื่องสามารถสั่งการผ่านทางคู่สายโทรศัพท์หรือสั่งการภายในก็ได้

<u>การทำงานของเครื่องผ่านคู่สายโทรศัพท์</u>

1. รอสัญญาณกระดิ่งลูกแรกจากคู่สาย

2. เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งลูกแรกเข้ามา ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการจับเวลา 20 วินาที หลังจากนั้นจะตรวจสอบว่ามีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาครบ 5 ครั้งหรือไม่ ถ้ามีสัญญาณไม่ครบจะทำการเคลียร์ค่าเคาเตอร์แล้วกลับไปรอสัญญาณกระดิ่งลูกแรกเข้ามาใหม่

3. เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาครบ 5 ครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการยกหูโทรศัพท์โดยทำให้รีเลย์คอนเทค สายทิปกับริงจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับวงจร

4. จะได้ยินเสียงตอบรับ “สวัสดีค่ะ นี่เป็นระบบตอบรับอัตโนมัติ กรุณากด 1 เพื่อฝากข้อความ หรือกด 2 เพื่อเข้าสู่ระบบ”

5. หากทำการกดหมายเลข 1 จะได้ยินเสียง “กรุณาฝากข้อความของท่านหลังได้ยินสัญญาณ” โดยผู้ที่โทรเข้าจะมีเวลาในการบันทึกข้อความ 20 วินาที เมื่อครบเวลา วงจรจะทำการวางหู

6. หากทำการกดหมายเลข 2 จะได้ยินเสียง “กรุณากดรหัสผ่าน” โดยรหัสผ่านจะมี 4 หลัก ถ้าตรวจสอบว่ารหัสผ่านไม่ถูกต้องจะได้ยินเสียง “รหัสผ่านไม่ถูกต้อง กรุณากดรหัสผ่านอีกครั้ง” หากกดรหัสผ่านผิดครบ 3 ครั้ง จะได้ยินเสียง “รหัสผ่านไม่ถูกต้อง กรุณาติดต่อกลับมาใหม่ค่ะ” ระบบจะทำการวางหู

7. เมื่อตรวจสอบว่ารหัสผ่านถูกต้องแล้ว จะได้ยินเสียง “กด 1 เพื่อฟังข้อความ กด 2 เพื่อเปลี่ยนข้อความตอบรับ กด 3 เพื่อเปลี่ยนรหัสผ่าน หรือกดเครื่องหมาย * เพื่อออกจากระบบ”

8. กรณีที่กด 1 เพื่อฟังข้อความจะได้ยินเสียง “กดหมายเลข 1 ถึง 8 เพื่อเลือกข้อความที่ท่านต้องการฟัง หรือกดเครื่องหมาย * เพื่อกลับไปยังรายการก่อนหน้านี้” หากข้อความที่เลือกยังไม่มีการบันทึกจะได้ยินเสียง “ไม่มีข้อความถึงท่านค่ะ”

เมื่อฟังข้อความจบจะได้ยินเสียง “กด 1 เพื่อฟังข้อความซ้ำ กด 2 เพื่อลบข้อความ กด 3 เพื่อเก็บข้อความ หรือกดเครื่องหมาย * เพื่อกลับไปยังรายการก่อนหน้านี้ ” หากกด 2 เพื่อลบข้อความจะได้ยินเสียง “ข้อความถูกลบเรียบร้อยแล้ว” และหากกด 3 เพื่อเก็บข้อความจะได้ยินเสียง “ข้อความถูกเก็บเรียบร้อยแล้ว”

9. กรณีที่กด 2 เพื่อเปลี่ยนข้อความตอบรับจะได้ยินเสียง “กด 1 เพื่อฟังข้อความตอบรับ กด 2 เพื่อเปลี่ยนข้อความตอบรับ หรือกดเครื่องหมาย * เพื่อกลับไปยังรายการก่อนหน้านี้ ”

หากทำการเปลี่ยนข้อความตอบรับ เมื่อสิ้นสุดข้อความจะต้องกดเครื่องหมาย # ซึ่งข้อความตอบรับไม่ควรยาวเกิน 20 วินาที

10. กรณีที่กด 3 เพื่อเปลี่ยนรหัสผ่าน จะได้ยินเสียง “กรุณากดรหัสผ่านที่ท่านต้องการ” เมื่อทำการกดรหัสผ่านใหม่ครบ 4 หลัก จะได้ยินเสียง “กรุณากดรหัสผ่านใหม่อีกครั้ง” ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบหารกดรหัสผ่านทั้งสองครั้งว่าตรงกันหรือไม่ หากไม่ตรงกันจะได้ยินเสียง “รหัสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ถูกต้อง กรุณากดรหัสผ่านอีกครั้ง" เมื่อรหัสผ่านทั้งสองครั้งตรงกันจะได้ยินเสียง "รหัสผ่านถูกเปลี่ยนเรียบร้อยแล้ว" แต่หากกดผิดครบ 3 ครั้งจะได้ยินเสียง "ไม่สามารถเปลี่ยนรหัสผ่านได้ค่ะ"

11. ในการรอการกดคีย์แต่ละครั้งจะทำการจับเวลา 15 วินาที หากภายใน 15 วินาทีนี้ไม่มีการกดคีย์หมายเลข ระบบจะทำการวางหู

<u>การทำงานของเครื่องโดยสั่งการภายใน</u>

มีขั้นตอนการใช้งานคล้ายกับการสั่งการผ่านคู่สายโทรศัพท์ เมื่อต้องการสั่งการภายในให้กดปุ่มอินเตอร์รัพต์ โปรแกรมจะกระโดดไปทำงานเข้าสู่ระบบ (ขั้นตอนที่6) โดยจะได้ยินเสียง "กรุณากดรหัสผ่าน" การกดหมายเลขดีทีเอ็มเอฟ ก็สามารถกดแป้นหน้าเครื่อง การสั่งงานภายในนี้จำเป็นต้องทำการโยกสวิตช์เพื่อเชื่อมต่อไมโครโฟน และลำโพง และเลือกป้อนรหัสดีทีเอ็มเอฟจากภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************ SOFTWARE FOR AUTOMATIC ANSWERING TELEPHONE ************

      ORG 0000H
      LJMP MAIN
      ORG 0003H
      LJMP INTR
      ORG 0030H
MAIN: MOV 2AH,#10000000B            ; Set Password = 1234
      MOV 2BH,#01000000B
      MOV 2CH,#11000000B
      MOV 2DH,#00100000B
      MOV 18H,#00H
      MOV 19H,#00H
      MOV 1AH,#00H
      MOV 1BH,#00H
      MOV 1CH,#00H
      MOV 1DH,#00H
      MOV 1EH,#00H
      MOV 1FH,#00H
      MOV R7,#01H
      MOV R0,#18H
MAIN1: CLR P3.0
      MOV P1,#0FFH
      SETB EA                       ; Interrupt INT0
      SETB IT0
      SETB EX0
COUNT: MOV TMOD,#06H                ; COUNTER0  MODE2  GATE0
      MOV TH0,#0FBH
      MOV TL0,#0FBH
START: CLR TF0
      SETB TR0
      MOV A,#0FCH
WAIT: CJNE A,TL0,WAIT
      MOV R2,#158
      CALL TIME
      CLR P3.0
      CLR TR0
      JB TF0,HOOK
      SJMP COUNT
HOOK: CLR TF0
      SETB P3.0
MAIN2: MOV R1,#00H
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN1
      CALL DTMF

LEAVE: CJNE A,#10000000B,SYSTEM
      MOV R0,#18H
REC:  CJNE @R0,#00H,NEXT1
      MOV R1,#8CH
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN1
      CALL ADDRESS1
      CALL RECORD
      MOV @R0,#0FFH
      CLR P3.0
      SJMP MAIN1
NEXT1: CJNE R0,#1FH,NEXT2
      MOV R1,#09H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SETB P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN2
      LJMP MAIN1
NEXT2: INC R0
      SJMP REC

SYSTEM: CJNE A,#01000000B,ERROR1
INSIDE: MOV 10H,2AH
      MOV 11H,2BH
      MOV 12H,2CH
      MOV 13H,2DH
      MOV R6,#00H
      MOV R1,#0C3H
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN1
      SJMP PASSWORD
ERROR1:     SJMP MAIN2


        ;****************** CHECK PASSWORD ******************

PASSWORD:
      CALL DTMF
      MOV 14H,A
      CALL DTMF
      MOV 15H,A
      CALL DTMF
      MOV 16H,A
      CALL DTMF
      MOV 17H,A
      MOV A,14H
      CJNE A,10H,NOPASS
      MOV A,15H
      CJNE A,11H,NOPASS
      MOV A,16H
      CJNE A,12H,NOPASS
      MOV A,17H
      CJNE A,13H,NOPASS
      SJMP SYSTEM1
NOPASS:
      INC R6
      CJNE R6,#03H,ERR1
      MOV R1,#22H
      SETB P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN1
      LJMP MAIN1
ERR1:  MOV R1,#0EBH
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN1
      SJMP PASSWORD


        ;***************** ENTER THE SYSTEM *****************

SYSTEM1:
      MOV R1,#59H
      SETB P3.6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN1
      CALL DTMF


        ;******************** MESSAGES **********************

LISTEN: CJNE A,#10000000B,ANN
      SJMP SELECT1
ANN:  LJMP ANNOUNCE
SELECT1:    MOV R1,#0C2H
      SETB P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN1
      CALL DTMF

MESSAGE1: CJNE A,#10000000B,MESSAGE2
      MOV R0,#18H
      SJMP PLAY
MESSAGE2: CJNE A,#01000000B,MESSAGE3
      MOV R0,#19H
      SJMP PLAY
MESSAGE3: CJNE A,#11000000B,MESSAGE4
      MOV R0,#1AH
      SJMP PLAY
MESSAGE4: CJNE A,#00100000B,MESSAGE5
      MOV R0,#1BH
      SJMP PLAY
MESSAGE5: CJNE A,#10100000B,MESSAGE6
      MOV R0,#1CH
      SJMP PLAY
MESSAGE6: CJNE A,#01100000B,MESSAGE7
      MOV R0,#1DH
      SJMP PLAY
MESSAGE7: CJNE A,#11100000B,MESSAGE8
      MOV R0,#1EH
      SJMP PLAY
MESSAGE8: CJNE A,#00010000B,TURN1
      MOV R0,#1FH
      SJMP PLAY
TURN1: CJNE A,#11010000B,ERROR2
      LJMP SYSTEM1
ERROR2: LJMP SELECT1


PLAY: CJNE @R0,#0FFH,NOHAVE
      CALL ADDRESS1
      CALL PLAYBACK
      SJMP SELECT2
NOHAVE: MOV R1,#40H
      SETB P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN2
      SJMP SELECT1

SELECT2:
      MOV R1,#68H
      SETB P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN2
      CALL DTMF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
REPEAT: CJNE A,#10000000B,DELETE
      SJMP PLAY
DELETE: CJNE A,#01000000B,KEEP
      MOV @R0,#00H
      MOV R1,#0D1H
      SETB P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN2
      LJMP SELECT1
KEEP: CJNE A,#11000000B,TURN2
      MOV R1,#0F9H
      SETB P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN2
      LJMP SELECT1
TURN2: CJNE A,#11010000B,ERROR4
      LJMP SELECT1
ERROR4: SJMP SELECT2


        ;******************** ANNOUNCE **********************

ANNOUNCE:
      CJNE A,#01000000B,CHANGE_PASSW
ANNOUNCE1:
      MOV R1,#00H
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN2
      ;SETB P1.3
      CALL DTMF
PRESS1: CJNE A,#10000000B,PRESS2
      MOV R1,#00H
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN1
      SJMP ANNOUNCE1
PRESS2: CJNE A,#01000000B,PRESS3
      MOV R1,#0DH
      CLR P3.6
      SETB P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN1
      MOV R1,#00H
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL RECORD_MAIN
      SJMP ANNOUNCE1
PRESS3: CJNE A,#11010000B,ANNOUNCE1
      LJMP SYSTEM1


        ;***************** CHANGE PASSWARD *****************

CHANGE_PASSW:
      CJNE A,#11000000B,EXIT
      MOV R6,#00H
      MOV R1,#69H
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN2
      SJMP CHANGE_PASSW1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
EXIT: CJNE A,#11010000B,ERROR3
      CLR P3.0
      LJMP MAIN1
ERROR3: LJMP SYSTEM1

CHANGE_PASSW1:
      CALL DTMF
      MOV 20H,A
      CALL DTMF
      MOV 21H,A
      CALL DTMF
      MOV 22H,A
      CALL DTMF
      MOV 23H,A

      MOV R1,#91H
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN2

      CALL DTMF
      MOV 24H,A
      CALL DTMF
      MOV 25H,A
      CALL DTMF
      MOV 26H,A
      CALL DTMF
      MOV 27H,A

      MOV A,24H
      CJNE A,20H,NOTMATCH
      MOV A,25H
      CJNE A,21H,NOTMATCH
      MOV A,26H
      CJNE A,22H,NOTMATCH
      MOV A,27H
      CJNE A,23H,NOTMATCH
      MOV 2AH,20H
      MOV 2BH,21H
      MOV 2CH,22H
      MOV 2DH,23H

      MOV R1,#0B9H
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN2
      LJMP SYSTEM1

NOTMATCH:
      INC R6
      CJNE R6,#03H,ERR2
      MOV R1,#0E1H
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN2
      LJMP SYSTEM1
ERR2: MOV R1,#0EBH
      CLR P3.6
      CLR P3.7
      CALL PLAYBACK_MAIN1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      SJMP CHANGE_PASSW1

         ;******************** INTERRUPT ********************

INTR: MOV B,SP
      MOV 2EH,#0C5H
      MOV 2FH,#00H
      DEC B
      DEC B
      MOV SP,B
      PUSH 2EH
      PUSH 2FH
RETURN:     RETI

         ;******************** DETECT DTMF ********************

DTMF: MOV R2,#114
LP1:  MOV R3,#0FFH
LP2:  MOV R4,#00H
      JB P1.3,GET_DTMF
      DJNZ R4,$
      DJNZ R3,LP2
      DJNZ R2,LP1
      LJMP MAIN1
GET_DTMF:   MOV A,P1
      ANL A,#0F0H
LP3:  JB P1.3,LP3
      RET

         ;****************** DELAY 1/10 SEC. ******************

DTSEC: MOV R3,#179
DTSEC1: MOV R4,#0
      DJNZ R4,$
      NOP
      NOP
      DJNZ R3,DTSEC1
      DJNZ R2,DTSEC
      RET

         ;******************* DELAY 20 SEC. *******************

TIME: MOV R3,#0FFH
TIME1: MOV R4,#00H
      DJNZ R4,$
      NOP
      NOP
      DJNZ R3,TIME1
      DJNZ R2,TIME
      RET

         ;*************** LOCATION OF MESSAGE ***************

ADDRESS1: CJNE R0,#18H,ADDRESS2
      MOV R7,#01H
      CALL BEGIN1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      RET
ADDRESS2: CJNE R0,#19H,ADDRESS3
      MOV R7,#01H
      CALL BEGIN2
      RET
ADDRESS3: CJNE R0,#1AH,ADDRESS4
      MOV R7,#01H
      CALL BEGIN3
      RET
ADDRESS4: CJNE R0,#1BH,ADDRESS5
      MOV R7,#01H
      CALL BEGIN4
      RET
ADDRESS5: CJNE R0,#1CH,ADDRESS6
      MOV R7,#02H
      CALL BEGIN1
      RET
ADDRESS6: CJNE R0,#1DH,ADDRESS7
      MOV R7,#02H
      CALL BEGIN2
      RET
ADDRESS7: CJNE R0,#1EH,ADDRESS8
      MOV R7,#02H
      CALL BEGIN3
      RET
ADDRESS8:
      MOV R7,#02H
      CALL BEGIN4
      RET

BEGIN1: MOV R1,#00H
      CLR P3.6
      CLR P3.7                    ; Start at address = 000H
      RET
BEGIN2: MOV R1,#91H
      CLR P3.6
      CLR P3.7                    ; Start at address = 091H
      RET
BEGIN3: MOV R1,#22H
      SETB P3.6
      CLR P3.7                    ; Start at address = 122H
      RET
BEGIN4: MOV R1,#0B3H
      SETB P3.6
      CLR P3.7                    ; Start at address = 1B3H
      RET

ISD1_SET:
      CJNE R7,#01H,ISD2_SET
      SETB P2.2
      RET
ISD2_SET:
      SETB P2.1
      RET
ISD1_CLEAR:
      CJNE R7,#01H,ISD2_CLEAR
      CLR P2.2
      RET
ISD2_CLEAR:
      CLR P2.1
      RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PLAYBACK_MAIN1:
      CLR P2.7
      SETB P2.6
      SETB P2.5
      SETB P2.4
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      SETB P2.7
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      MOV P0,R1
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      CLR P2.5
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      CLR P2.4
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      SETB P2.4
wait1:      JB P2.6,wait1
      ;JNB P2.6,$
      RET

PLAYBACK_MAIN2:
      CLR P2.7
      SETB P2.6
      SETB P2.5
      SETB P2.3
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      SETB P2.7
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      MOV P0,R1
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      CLR P2.5
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      CLR P2.3
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      SETB P2.3
wait2:      JB P2.6,wait2
      ;JNB P2.6,$
      RET

RECORD_MAIN:
      SETB P2.7
      SETB P2.6
      SETB P2.5
      SETB P2.4
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      CLR P2.7
      MOV R2,#01H
      CALL DTSEC
      MOV P0,R1
      MOV R2,#01H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL DTSEC
        CLR P2.5
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        CLR P2.4
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        SETB P1.3
DELAY:
        JNB P1.3,DELAY
        SETB P2.4
DELAY1:
        JB P1.3,DELAY1
        RET

PLAYBACK:
        CLR P2.7
        SETB P2.6
        SETB P2.5
        CALL ISD1_SET
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        SETB P2.7
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        MOV P0,R1
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        CLR P2.5
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        CALL ISD1_CLEAR
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        CALL ISD1_SET
wait3:      JB P2.6,wait3
        JNB P2.6,$
        RET

RECORD:
        SETB P2.7
        SETB P2.6
        SETB P2.5
        CALL ISD1_SET
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        CLR P2.7
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        MOV P0,R1
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        CLR P2.5
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        CALL ISD1_CLEAR
        MOV R2,#01H
        CALL DTSEC
        MOV R2,#97H
        CALL TIME                       ; time for record 20 sec.
        CALL ISD1_SET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

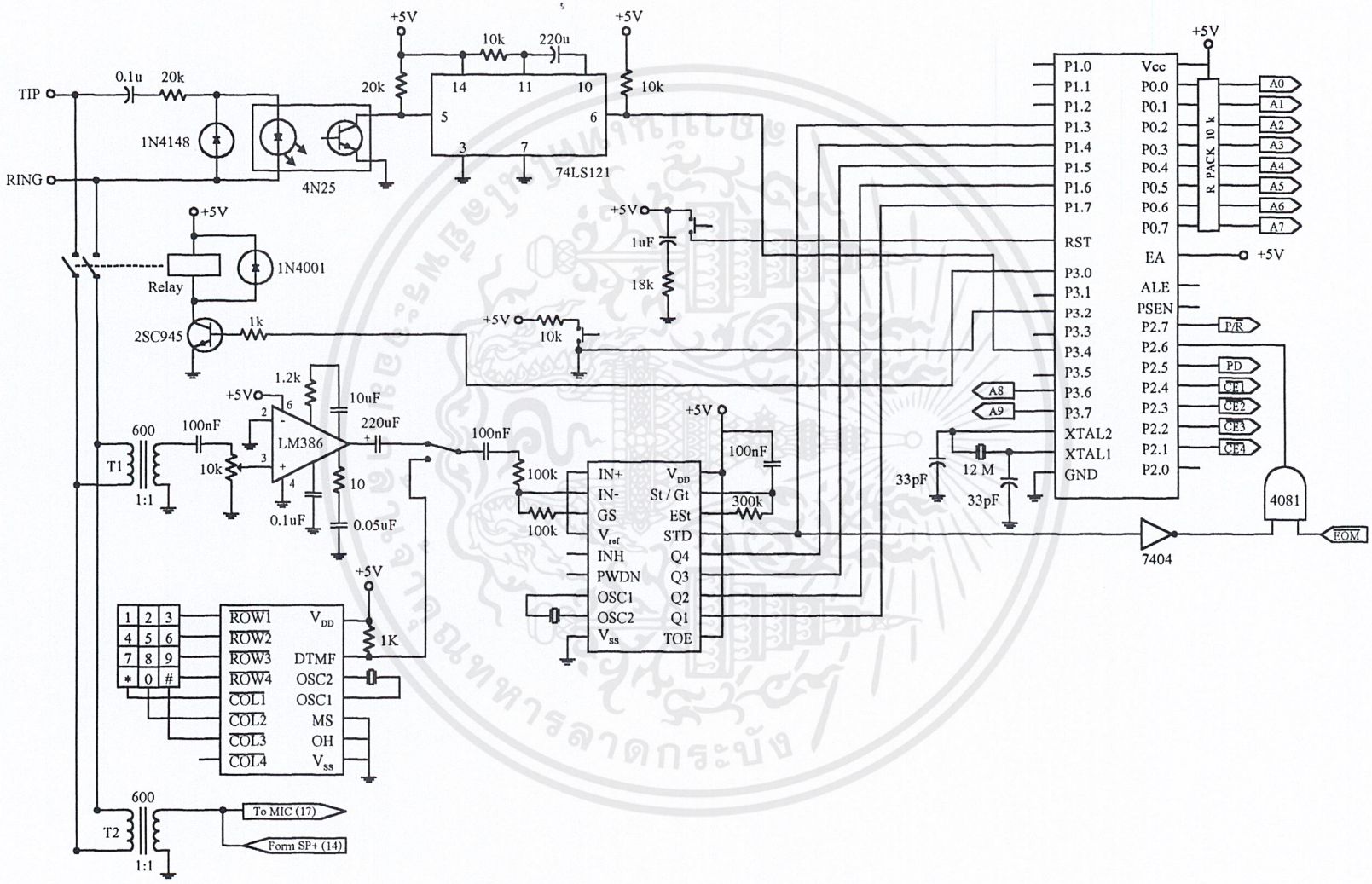
```
        RET
END
```

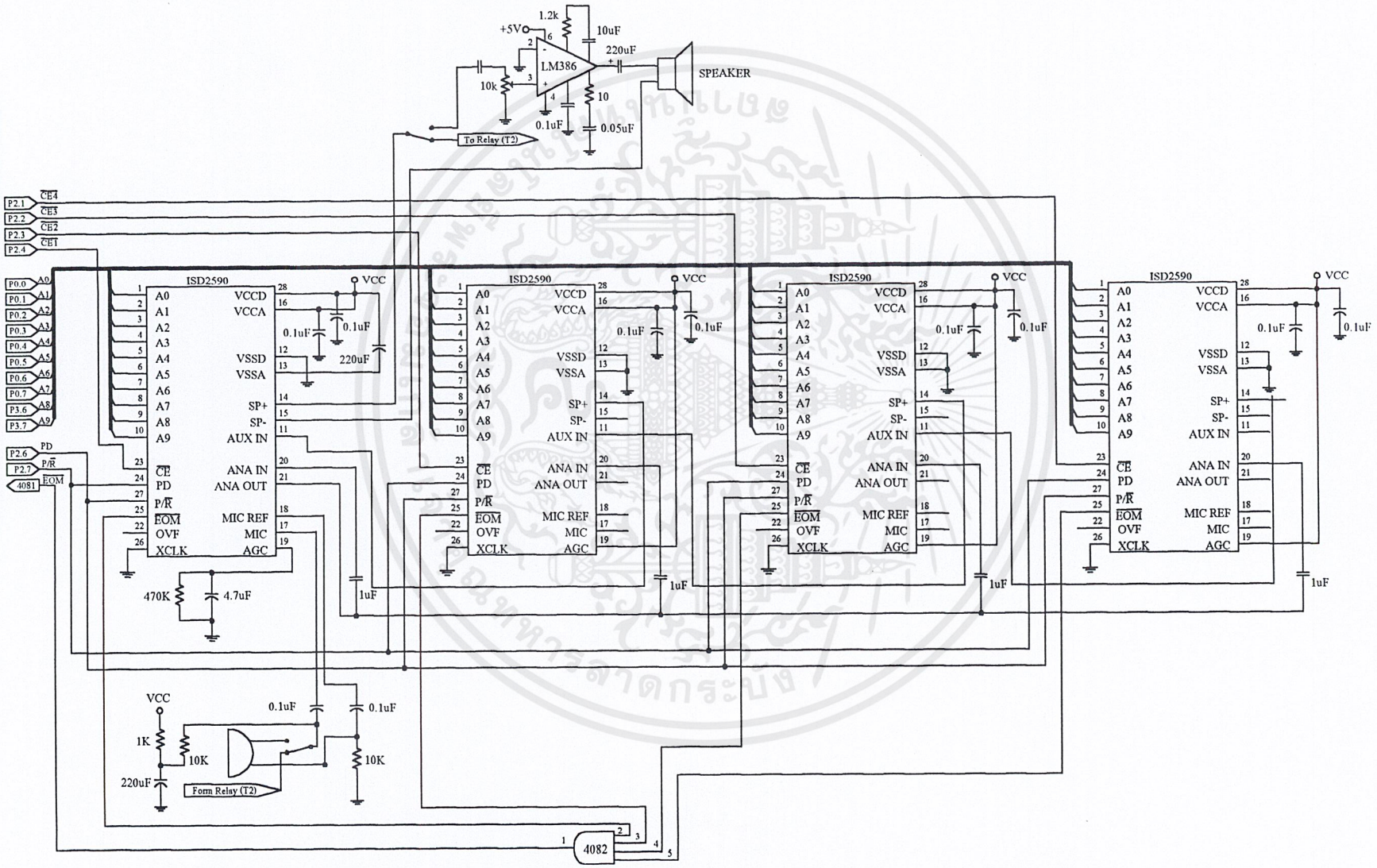

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

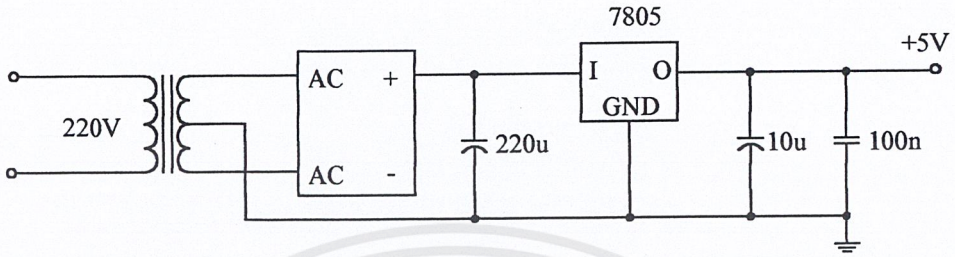
ภาคผนวก ข.

วงจรรวมทั้งหมดของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


TIP
RING
0.1u
20k
1N4148
4N25
+5V
10k
220u
20k
14
11
10
5
6
3
7
74LS121
10k
+5V
1uF
18k
+5V
10k
1N4001
Relay
2SC945
1k
1.2k
10uF
220uF
LM386
10
0.1uF
0.05uF
600
100nF
10k
T1
1:1
100nF
100k
100k
IN+
IN-
GS
Vref
INH
PWDN
OSC1
OSC2
Vss
VDD
St / Gt
ESt
STD
Q4
Q3
Q2
Q1
TOE
100nF
300k
+5V
1 2 3
4 5 6
7 8 9
* 0 #
ROW1
ROW2
ROW3
ROW4
COL1
COL2
COL3
COL4
VDD
DTMF
OSC2
OSC1
MS
OH
Vss
1K
600
T2
1:1
To MIC (17)
Form SP+ (14)
P1.0
P1.1
P1.2
P1.3
P1.4
P1.5
P1.6
P1.7
RST
P3.0
P3.1
P3.2
P3.3
P3.4
P3.5
P3.6
P3.7
XTAL2
XTAL1
GND
Vcc
P0.0
P0.1
P0.2
P0.3
P0.4
P0.5
P0.6
P0.7
EA
ALE
PSEN
P2.7
P2.6
P2.5
P2.4
P2.3
P2.2
P2.1
P2.0
R PACK 10 k
A0
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
P/R
PD
CE1
CE2
CE3
CE4
+5V
33pF
12 M
33pF
7404
4081
EOM


+5V
1.2k
10uF
220uF
LM386
SPEAKER
10k
10
0.1uF
0.05uF
To Relay (T2)
P2.1 CE4
P2.2 CE3
P2.3 CE2
P2.4 CE1
P0.0 A0
P0.1 A1
P0.2 A2
P0.3 A3
P0.4 A4
P0.5 A5
P0.6 A6
P0.7 A7
P3.6 A8
P3.7 A9
P2.6 PD
P2.7 P/R
4081 EOM
ISD2590
A0 A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9
CE PD P/R EOM OVF XCLK
VCCD VCCA VSSD VSSA SP+ SP- AUX IN
ANA IN ANA OUT MIC REF MIC AGC
VCC
0.1uF
220uF
470K
4.7uF
1uF
1K
10K
Form Relay (T2)
4082



วงจรภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

Datasheet ไอซีเบอร์ที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1
Integrated DTMF Receiver

ISSUE 5 March 1997

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

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

Ordering Information

MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP

-40 °C to +85 °C

Description

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

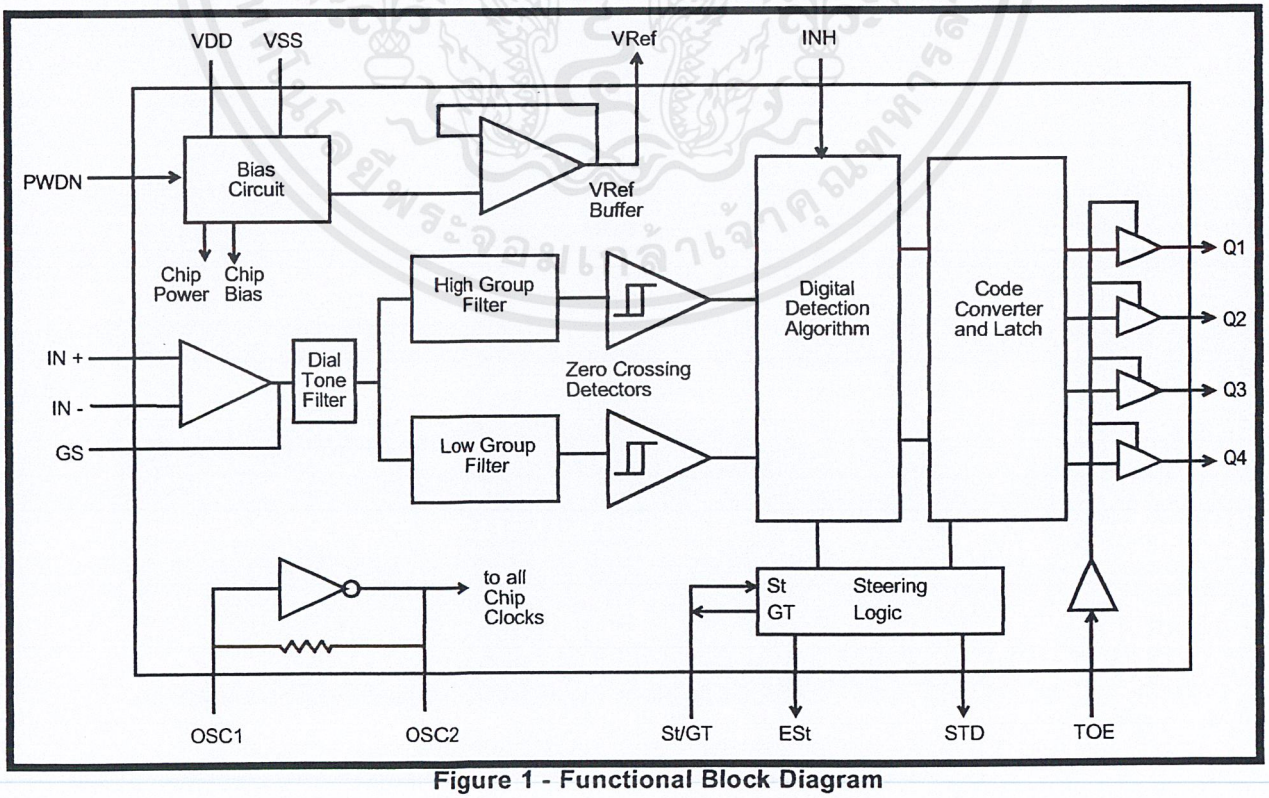
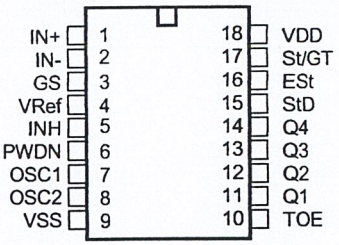
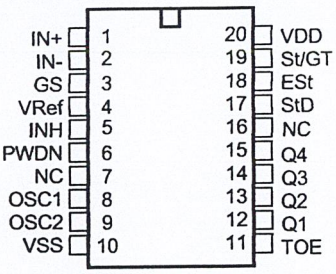


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



18 PIN PLASTIC DIP/SOIC



20 PIN SSOP

Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

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

Filter Section

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

Decoder Section

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

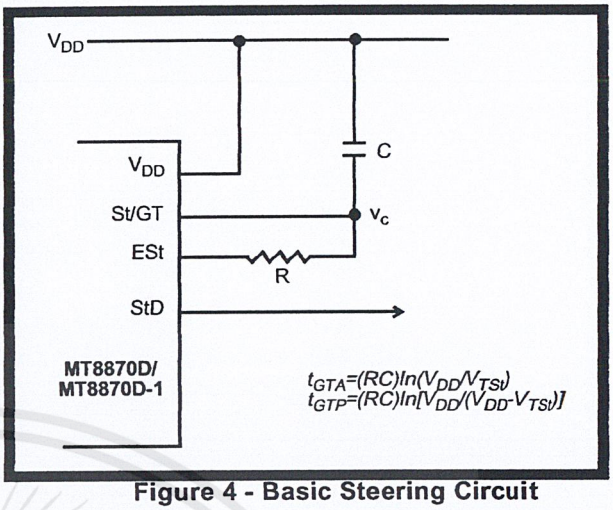


Figure 4 - Basic Steering Circuit

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

Steering Circuit

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

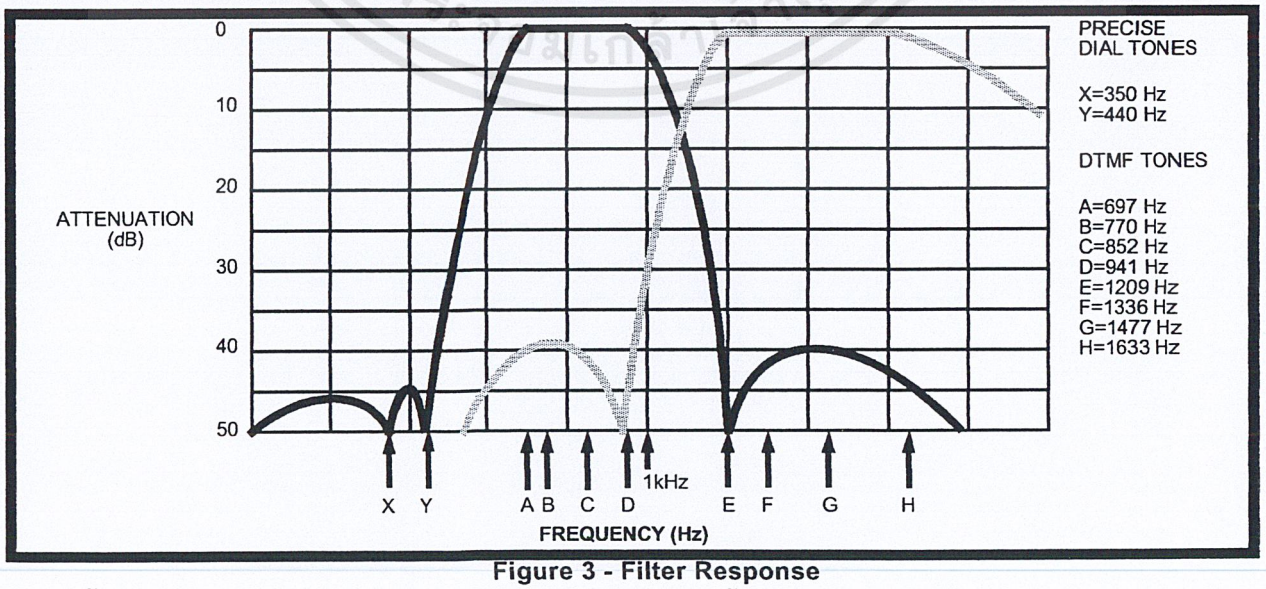


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Table 1. Functional Decode Table

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

Guard Time Adjustment

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

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

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

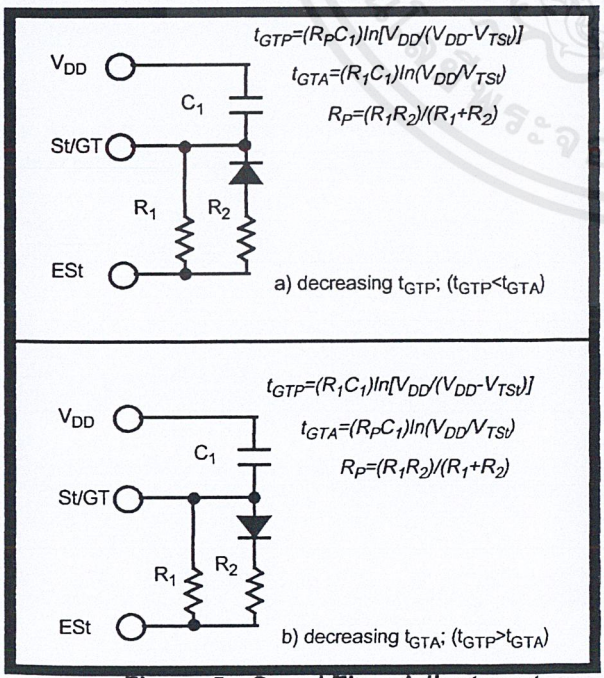


Figure 5 - Guard Time Adjustment

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power-down and Inhibit Mode

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

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

Differential Input Configuration

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

Crystal Oscillator

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

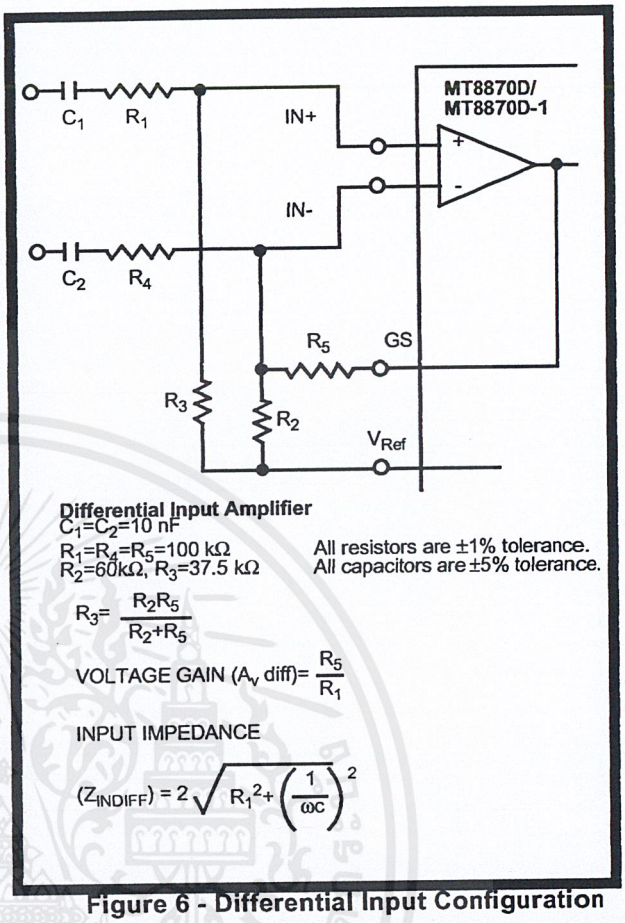


Figure 6 - Differential Input Configuration

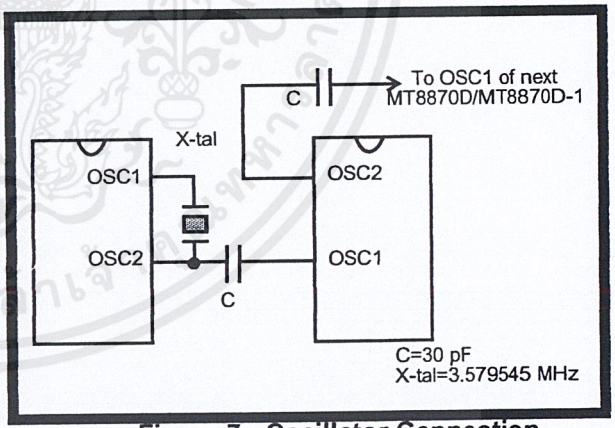


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

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

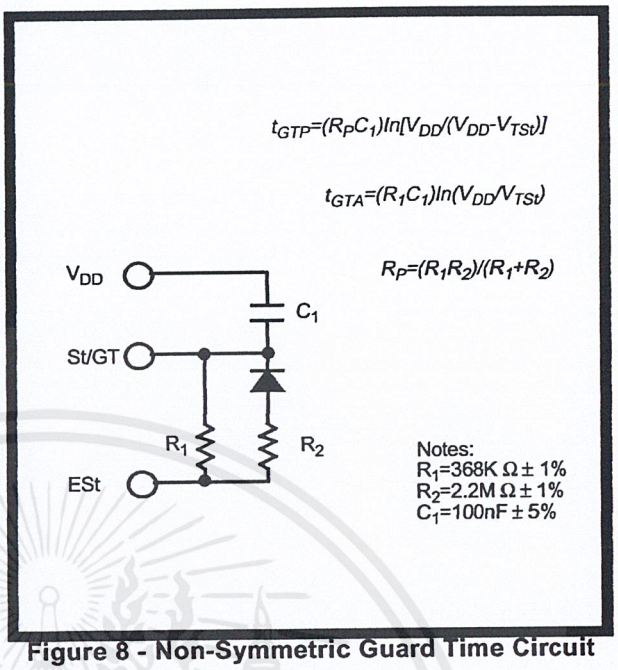


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

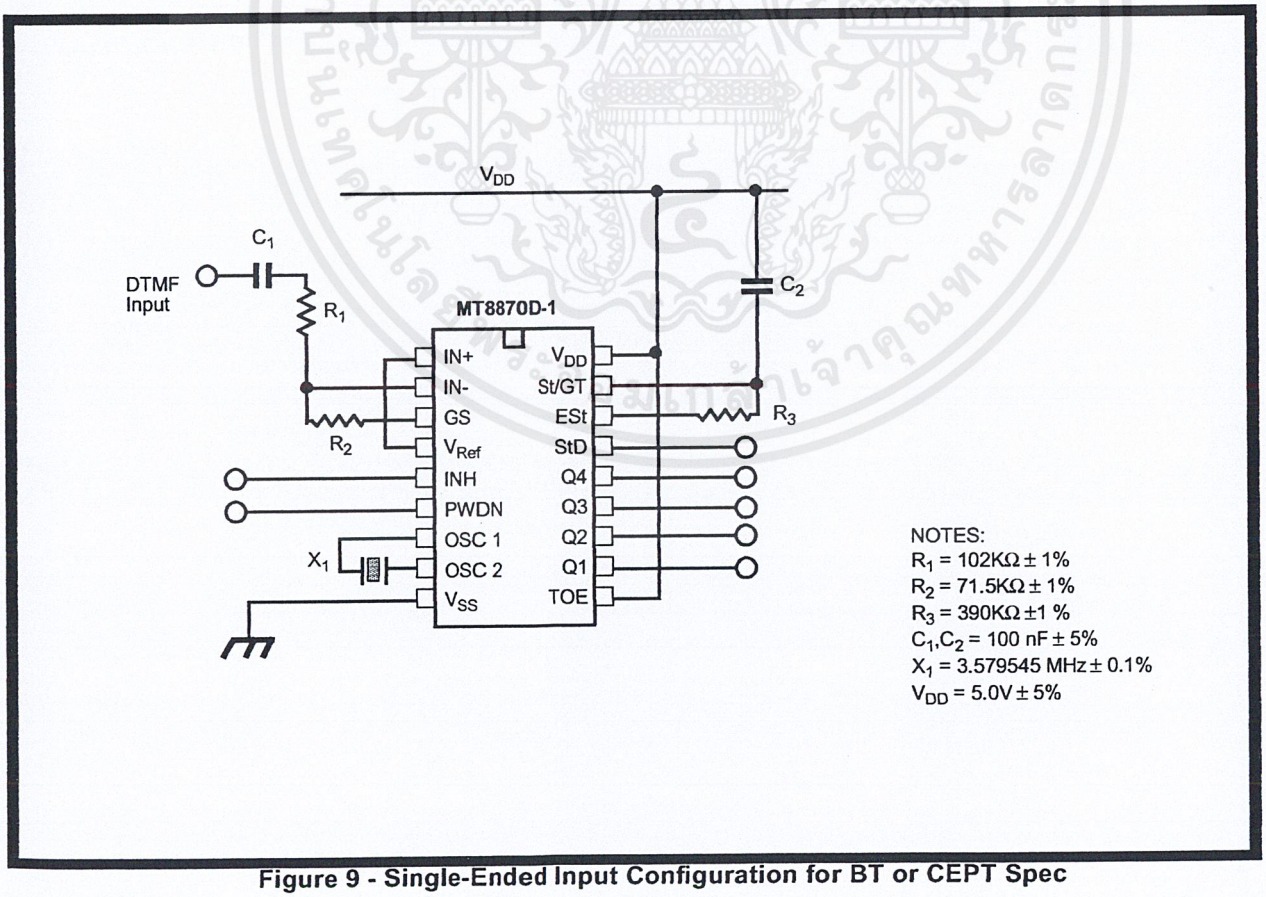


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings†

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

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

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Gain Setting Amplifier

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

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

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

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

***NOTES**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

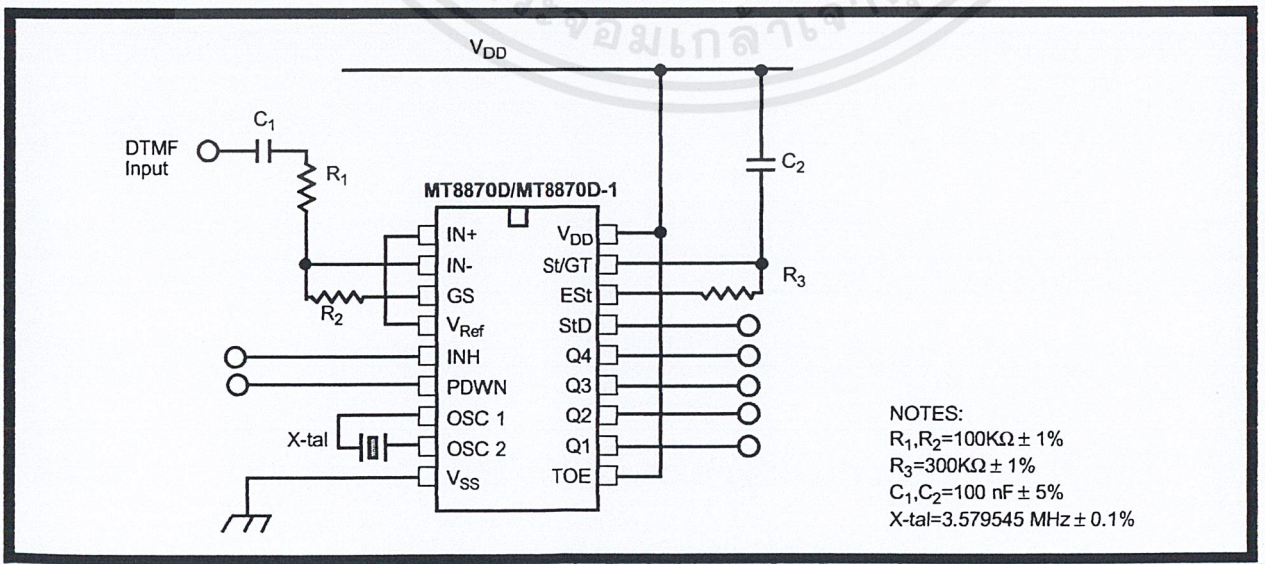
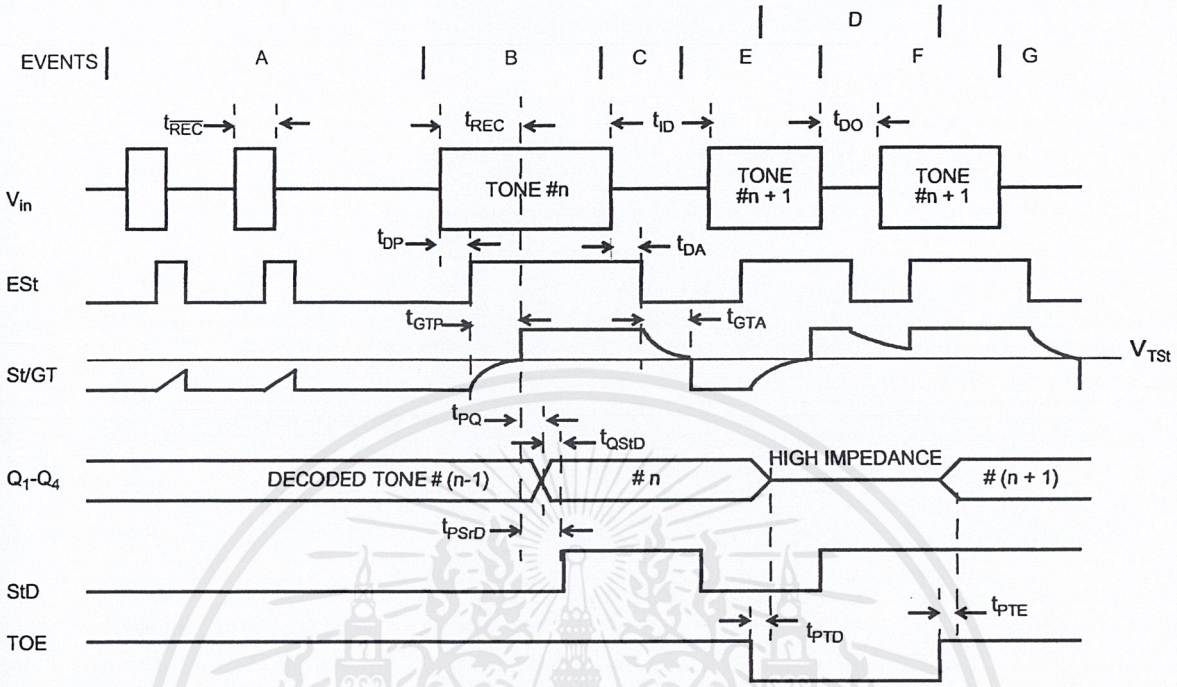


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

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

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

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

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

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

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

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

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

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

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

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

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

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

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

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

t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

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

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

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

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ChipCorder®
TECHNOLOGY BY ISD

ISD2560/75/90/120 Products

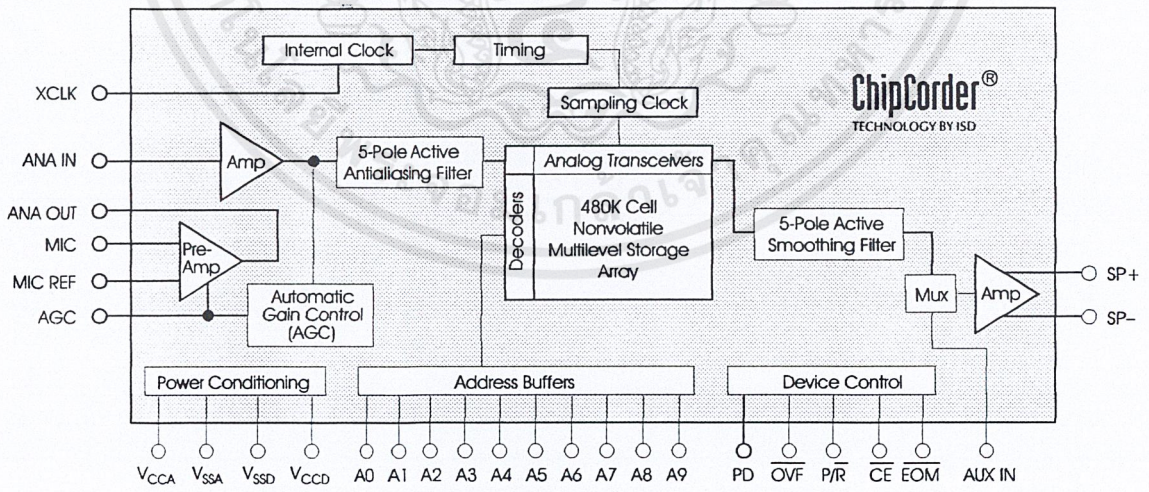
Single-Chip Voice Record/Playback Devices
60-, 75-, 90-, and 120-Second Durations

GENERAL DESCRIPTION

Information Storage Devices' ISD2500 ChipCorder® Series provides high-quality, single-chip record/playback solutions for 60- to 120-second messaging applications. The CMOS devices include an on-chip oscillator, microphone preamplifier, automatic gain control, antialiasing filter, smoothing filter, speaker amplifier, and high density multilevel storage array. In addition, the ISD2500 is microcontroller compatible, allowing complex messaging and addressing to be achieved.

Recordings are stored in on-chip nonvolatile memory cells, providing zero-power message storage. This unique, single-chip solution is made possible through ISD's patented multilevel storage technology. Voice and audio signals are stored directly into memory in their natural form, providing high-quality, solid-state voice reproduction.

Figure: ISD2560/75/90/120 Device Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEATURES

- Easy-to-use single-chip voice record/playback solution
- High-quality, natural voice/audio reproduction
- Manual switch or microcontroller compatible playback can be edge- or level-activated
- Single-chip durations of 60, 75, 90, and 120 seconds
- Directly cascadable for longer durations
- Automatic Power-Down (Push-Button Mode)
  - Standby current 1 μA (typical)
- Zero-power message storage
  - Eliminates battery backup circuits
- Fully addressable to handle multiple messages
- 100-year message retention (typical)
- 100,000 record cycles (typical)
- On-chip clock source
- Programmer support for play-only applications
- Single +5 volt power supply
- Available in die form, DIP, and TSOP packaging
- Industrial temperature (–40°C to +85°C) versions available

Table: ISD2560/75/90/120 Product Summary

Part Number	Duration (Seconds)	Input Sample Rate (KHz)	Typical Filter Pass Band (KHz)
ISD2560	60	8.0	3.4
ISD2575	75	6.4	2.7
ISD2590	90	5.3	2.3
ISD25120	120	4.0	1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED DESCRIPTION

SPEECH/SOUND QUALITY

The ISD2500 series includes devices offered at 4.0, 5.3, 6.4, and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. Increasing the duration within a product series decreases the sampling frequency and bandwidth, which affects sound quality. Please refer to the ISD2560/75/90/120 Product Summary table on page *ii* to compare filter pass band and product durations.

The speech samples are stored directly into on-chip nonvolatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

DURATION

To meet end system requirements, the ISD2500 series offers single-chip solutions at 60, 75, 90, and 120 seconds. Parts may also be cascaded together for longer durations.

EEPROM STORAGE

One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

MICROCONTROLLER INTERFACE

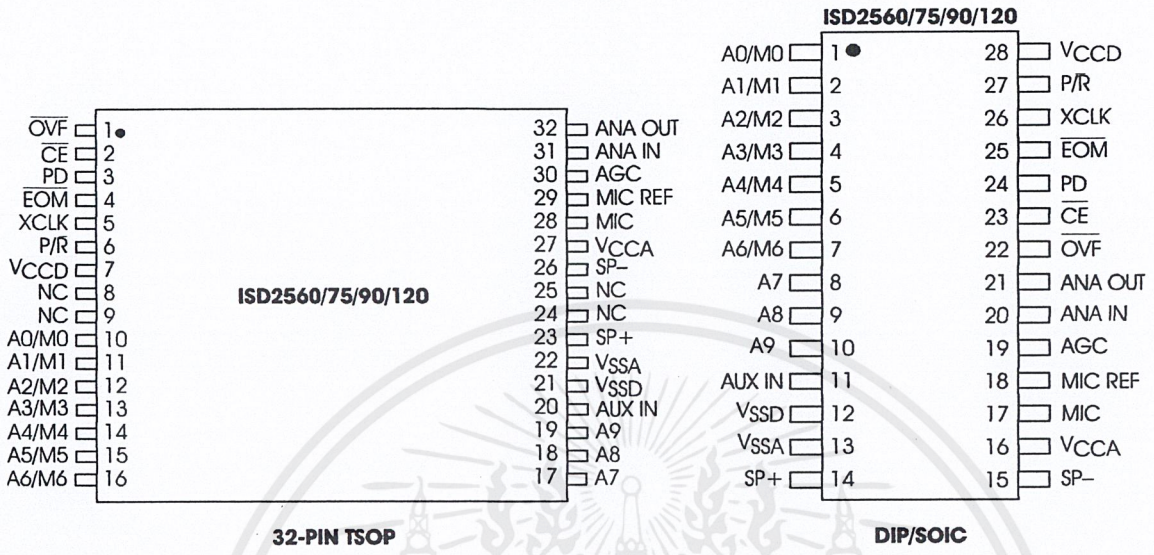
In addition to its simplicity and ease of use, the ISD2500 series includes all the interfaces necessary for microcontroller-driven applications. The address and control lines can be interfaced to a microcontroller and manipulated to perform a variety of tasks, including message assembly, message concatenation, predefined fixed message segmentation, and message management.

PROGRAMMING

The ISD2500 series is also ideal for playback-only applications, where single or multiple messages are referenced through buttons, switches, or a microcontroller. Once the desired message configuration is created, duplicates can easily be generated via an ISD programmer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1: ISD2560/75/90/120 Device Pinouts



PIN DESCRIPTIONS

VOLTAGE INPUTS (V_{CCA}, V_{CCD})

To minimize noise, the analog and digital circuits in the ISD2500 series devices use separate power busses. These voltage busses are brought out to separate pins and should be tied together as close to the supply as possible. In addition, these supplies should be decoupled as close to the package as possible.

GROUND INPUTS (V_{SSA}, V_{SSD})

The ISD2500 series of devices utilizes separate analog and digital ground busses. These pins should be connected separately through a low-impedance path to power supply ground.

POWER DOWN INPUT (PD)

When not recording or playing back, the PD pin should be pulled HIGH to place the part in a very low power mode (see I_{SB} specification). When overflow ($\overline{OVF}$) pulses LOW for an overflow condition, PD should be brought HIGH to reset the address pointer back to the beginning of the record/playback space. The PD pin has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

CHIP ENABLE INPUT ($\overline{CE}$)

The $\overline{CE}$ pin is taken LOW to enable all playback and record operations. The address inputs and playback/record input (P/$\overline{R}$) are latched by the falling edge of $\overline{CE}$. $\overline{CE}$ has additional functionality in the M6 (Push-Button) Operational Mode described later in the Operational Mode section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLAYBACK/RECORD INPUT (P/$\overline{R}$)

The P/$\overline{R}$ input is latched by the falling edge of the $\overline{CE}$ pin. A HIGH level selects a playback cycle while a LOW level selects a record cycle. For a record cycle, the address inputs provide the starting address and recording continues until PD or $\overline{CE}$ is pulled HIGH or an overflow is detected (i.e. the chip is full). When a record cycle is terminated by pulling PD or $\overline{CE}$ HIGH, an End-Of-Message ($\overline{EOM}$) marker is stored at the current address in memory. For a playback cycle, the address inputs provide the starting address and the device will play until an $\overline{EOM}$ marker is encountered. The device can continue past an $\overline{EOM}$ marker in an Operational Mode, or if $\overline{CE}$ is held LOW in address mode. (See page 5 for more Operational Modes).

END-OF-MESSAGE / RUN OUTPUT ($\overline{EOM}$)

A nonvolatile marker is automatically inserted at the end of each recorded message. It remains there until the message is recorded over. The $\overline{EOM}$ output pulses LOW for a period of T_{EOM} at the end of each message.

In addition, the ISD2500 series has an internal V_{CC} detect circuit to maintain message integrity should V_{CC} fall below 3.5 V. In this case, $\overline{EOM}$ goes LOW and the device is fixed in playback-only mode.

When the device is configured in Operational Mode M6 (Push-Button Mode), this pin provides an active-HIGH RUN signal, indicating the device is currently recording or playing. This signal can conveniently drive an LED for a visual indicator of a record or playback operation in process.

OVERFLOW OUTPUT ($\overline{OVF}$)

This signal pulses LOW at the end of memory space, indicating the device has been filled and the message has overflowed. The $\overline{OVF}$ output then follows the $\overline{CE}$ input until a PD pulse has reset the device. This pin can be used to cascade several ISD2500 devices together to increase record/playback durations.

MICROPHONE INPUT (MIC)

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-chip Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from –15 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 KΩ resistance on this pin, determines the low-frequency cutoff for the ISD2500 series passband. See Application Information for additional information on low-frequency cutoff calculation.

MICROPHONE REFERENCE INPUT (MIC REF)

The MIC REF input is the inverting input to the microphone preamplifier. This provides a noise-canceling or common-mode rejection input to the device when connected to a differential microphone.

AUTOMATIC GAIN CONTROL INPUT (AGC)

The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of whispers to loud sounds to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 KΩ internal resistance and an external capacitor (C2 on the schematic on page 18) connected from the AGC pin to V_{SSA} analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R2) and an external capacitor (C2) connected in parallel between the AGC Pin and V_{SSA} analog ground. Nominal values of 470 KΩ and 4.7 μF give satisfactory results in most cases.

ANALOG OUTPUT (ANA OUT)

This pin provides the preamplifier output to the user. The voltage gain of the preamplifier is determined by the voltage level at the AGC pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALOG INPUT (ANA IN)

The analog input pin transfers its signal to the chip for recording. For microphone inputs, the ANA OUT pin should be connected via an external capacitor to the ANA IN pin. This capacitor value, together with the 3.0 KΩ input impedance of ANA IN, is selected to give additional cutoff at the low-frequency end of the voice passband. If the desired input is derived from a source other than a microphone, the signal can be fed, capacitively coupled, into the ANA IN pin directly.

EXTERNAL CLOCK INPUT (XCLK)

The external clock input for the ISD2500 devices has an internal pull-down device. These devices are configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to ±1 percent of specification. The frequency is then maintained to a variation of ±2.25 percent over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a ±5 percent tolerance over the industrial temperature and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

Table 1: External Clock Sample Rates

Part Number	Sample Rate	Required Clock
ISD2560	8.0 KHz	1024 KHz
ISD2575	6.4 KHz	819.2 KHz
ISD2590	5.3 KHz	682.7 KHz
ISD25120	4.0 KHz	512 KHz

These recommended clock rates should not be varied because the antialiasing and smoothing filters are fixed, and aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two. **If the XCLK is not used, this input must be connected to ground.**

SPEAKER OUTPUTS (SP+/SP–)

All devices in the ISD2500 series include an on-chip differential speaker driver, capable of driving 50 mW into 16 Ω from AUX IN (12.2 mW from memory).

The speaker outputs are held at V_{SSA} levels during record and power down. It is therefore not possible to parallel speaker outputs of multiple ISD2500 devices or the outputs of other speaker drivers.

NOTE *Connection of speaker outputs in parallel may cause damage to the device.*

A single output may be used alone (including a coupling capacitor between the SP pin and the speaker). These outputs may be used individually with the output signal taken from either pin. Using the differential outputs results in a 4 to 1 improvement in output power.

NOTE *Never ground or drive an unused speaker output.*

AUXILIARY INPUT (AUX IN)

The Auxiliary Input is multiplexed through to the output amplifier and speaker output pins when $\overline{CE}$ is HIGH, P/$\overline{R}$ is HIGH, and playback is currently not active or if the device is in playback overflow. When cascading multiple ISD2500 devices, the AUX IN pin is used to connect a playback signal from a following device to the previous output speaker drivers. For noise considerations, it is suggested that the auxiliary input not be driven when the storage array is active.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRESS/MODE INPUTS (AX/MX)

The Address/Mode Inputs have two functions depending on the level of the two Most Significant Bits (MSB) of the address (A8 and A9).

If either or both of the two MSBs are LOW, the inputs are all interpreted as address bits and are used as the start address for the current record or playback cycle. The address pins are inputs only and do not output internal address information as the operation progresses. Address inputs are latched by the falling edge of $\overline{CE}$.

If both MSBs are HIGH, the Address/Mode Inputs are interpreted as Mode bits according to the Operational Mode table. There are six Operational Modes (M0..M6) available as indicated in the table. It is possible to use multiple Operational Modes simultaneously. Operational Modes are sampled on each falling edge of $\overline{CE}$, and thus Operational Modes and direct addressing are mutually exclusive.

OPERATIONAL MODES

The ISD2500 series is designed with several built-in Operational Modes that provide maximum functionality with minimum additional components. These are described in detail below. The Operational Modes use the address pins on the ISD2500 devices, but are mapped outside the valid address range. When the two Most Significant Bits (MSBs) are HIGH (A8 and A9), the remaining address signals are interpreted as mode bits and not as address bits. Therefore, Operational Modes and direct addressing are not compatible and cannot be used simultaneously.

There are two important considerations for using Operational Modes. First, all operations begin initially at address 0, which is the beginning of the ISD2500 address space. Later operations can begin at other address locations, depending on the Operational Mode(s) chosen. In addition, the address pointer is reset to 0 when the device is changed from record to playback, playback to record (except M6 mode), or when a Power-Down cycle is executed.

Second, Operational Modes are executed when $\overline{CE}$ goes LOW and the two MSBs are HIGH. This Operational Mode remains in effect until the next LOW-going $\overline{CE}$ signal, at which point the current address/mode levels are sampled and executed.

Table 2: Operational Modes Table

Mode Control	Function	Typical Use	Jointly Compatible[1]
M0	Message cueing	Fast-forward through messages	M4, M5, M6
M1	Delete $\overline{EOM}$ markers	Position $\overline{EOM}$ marker at the end of the last message	M3, M4, M5, M6
M2	Not applicable	Reserved	N/A
M3	Looping	Continuous playback from Address 0	M1, M5, M6
M4	Consecutive addressing	Record/play multiple consecutive messages	M0, M1, M5
M5	$\overline{CE}$ level-activated	Allows message pausing	M0, M1, M3, M4
M6	Push-button control	Simplified device interface	M0, M1, M3

1. Additional Operational Modes can be used simultaneously with the given mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATIONAL MODES DESCRIPTION

The Operational Modes can be used in conjunction with a microcontroller, or they can be hard-wired to provide the desired system operation.

M0 — MESSAGE CUEING

Message Cueing allows the user to skip through messages, without knowing the actual physical addresses of each message. Each $\overline{CE}$ LOW pulse causes the internal address pointer to skip to the next message. This mode should be used for playback only, and is typically used with the M4 Operational Mode.

M1 — DELETE $\overline{EOM}$ MARKERS

The M1 Operational Mode allows sequentially recorded messages to be combined into a single message with only one $\overline{EOM}$ marker set at the end of the final message. When this Operational Mode is configured, messages recorded sequentially are played back as one continuous message.

M2 — UNUSED

When Operational Modes are selected, the M2 pin should be LOW.

M3 — MESSAGE LOOPING

The M3 Operational Mode allows for the automatic, continuously repeated playback of the message located at the beginning of the address space. A message can completely fill the ISD2500 device and will loop from beginning to end without $\overline{OVF}$ going LOW.

M4 — CONSECUTIVE ADDRESSING

During normal operations, the address pointer will reset when a message is played through to an $\overline{EOM}$ marker. The M4 Operational Mode inhibits the address pointer reset on $\overline{EOM}$, allowing messages to be played back consecutively.

M5 — $\overline{CE}$-LEVEL ACTIVATED

The default mode for ISD2500 devices is for $\overline{CE}$ to be edge-activated on playback and level-activated on record. The M5 Operational Mode causes the $\overline{CE}$ pin to be interpreted as level-activated as opposed to edge-activated during playback. This is specifically useful for terminating playback operations using the $\overline{CE}$ signal.

In this mode, $\overline{CE}$ LOW begins a playback cycle, at the beginning of the device memory. The playback cycle continues as long as $\overline{CE}$ is held LOW. When $\overline{CE}$ goes HIGH, playback will immediately end. A new $\overline{CE}$ LOW will restart the message from the beginning unless M4 is also HIGH.

M6 — PUSH-BUTTON MODE

The ISD2500 series of devices contain a Push-Button Operational Mode. The Push-Button mode is used primarily in very low-cost applications and is designed to minimize external circuitry and components, thereby reducing system cost. In order to configure the device in Push-Button Operational Mode, the two most significant address bits must be HIGH, and the M6 mode pin must also be HIGH. A device in this mode always powers down at the end of each playback or record cycle after $\overline{CE}$ goes HIGH.

When this Operational Mode is implemented, several of the pins on the device have alternate functionality:

Table 3: Alternate Functionality in Pins

Pin Name	Alternate Functionality in Push-Button Mode
$\overline{CE}$	Start/Pause Push-Button (LOW pulse-activated)
PD	Stop/Reset Push-Button (HIGH pulse activated)
$\overline{EOM}$	Active-HIGH Run Indicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{\text{CE}}$ PIN (START/PAUSE)

In Push-Button Operational Mode, $\overline{\text{CE}}$ acts as a LOW-going pulse-activated START/PAUSE signal. If no operation is currently in progress, a LOW-going pulse on this signal will initiate a playback or a record cycle according to the level on the P/$\overline{\text{R}}$ pin. A subsequent pulse on the $\overline{\text{CE}}$ pin, before an End-Of-Message is reached in playback or an overflow condition occurs, will cause the device to pause. The address counter is not reset, and another $\overline{\text{CE}}$ pulse will cause the device to continue the operation from the place where it was paused.

PD PIN (STOP/RESET)

In push-button Operational Mode, PD acts as a HIGH-going pulse-activated STOP/RESET signal. When a playback or record cycle is in progress and a HIGH-going pulse is observed on PD, the current cycle is terminated and the address pointer is reset to address 0, the beginning of the message space.

$\overline{\text{EOM}}$ PIN (RUN)

In Push-Button Operational Mode, $\overline{\text{EOM}}$ becomes an active-HIGH RUN signal which can be used to drive an LED or other external device. It is HIGH whenever a record or playback operation is in progress.

Recording in Push-Button Mode

1. The PD pin should be LOW, usually using a pull-down resistor.
2. The P/$\overline{\text{R}}$ pin is taken LOW.
3. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Recording starts, $\overline{\text{EOM}}$ goes HIGH to indicate an operation in progress.
4. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Recording pauses, $\overline{\text{EOM}}$ goes back LOW. The internal address pointers are not cleared, but an EOM marker is stored in memory to point to the message end. The P/$\overline{\text{R}}$ pin may be taken HIGH at this time. Any subsequent $\overline{\text{CE}}$ would start a playback at address 0.
5. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Recording starts at the next address after the previous set EOM marker. $\overline{\text{EOM}}$ goes back HIGH.

NOTE *If the M1 Operational Mode pin is also HIGH, the just previously written EOM bit is erased, and recording starts at that address.)*

---

6. When the recording sequences are finished, the final $\overline{\text{CE}}$ pulse LOW will end the last record cycle, leaving a set $\overline{\text{EOM}}$ marker at the message end. Recording may also be terminated by a HIGH level on PD, which will leave a set EOM marker.

Playback in Push-Button Mode

1. The PD pin should be LOW.
2. The P/$\overline{\text{R}}$ pin is taken HIGH.
3. The $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW. Playback starts, $\overline{\text{EOM}}$ goes HIGH to indicate an operation in progress.
4. If the $\overline{\text{CE}}$ pin is pulsed LOW or an EOM marker is encountered during an operation, the part will pause. The internal address pointers are not cleared, and $\overline{\text{EOM}}$ goes back LOW. The P/$\overline{\text{R}}$ pin may be changed at this time. A subsequent record operation would not reset the address pointers and the recording would begin where playback ended.
5. $\overline{\text{CE}}$ is again pulsed LOW. Playback starts where it left off, with $\overline{\text{EOM}}$ going HIGH to indicate an operation in progress.
6. Playback continues as in steps 4 and 5 until PD is pulsed HIGH or overflow occurs.
7. If in overflow, pulling $\overline{\text{CE}}$ LOW will reset the address pointer and start playback from the beginning. After a PD pulse, the part is reset to address 0.

NOTE *Push-button mode can be used in conjunction with modes M0, M1, and M3.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GOOD AUDIO DESIGN PRACTICES

ISD products are very high-quality single-chip voice recording and playback systems. To ensure the highest quality voice reproduction, it is important that good audio design practices on layout and power supply decoupling be followed. See the ISD Application Notes in this book for details.

ISD1000A COMPATIBILITY

The ISD2500 series of devices is designed to provide upward compatibility with the ISD1000A family. When designing with the ISD2500 series, the following differences should be noted.

ADDRESSING

The ISD2560/75/90/120 devices have 480K storage cells designed to provide 60 seconds of storage at a sampling rate of 8.0 KHz. This is approximately four times the storage of the ISD1000A family. To enable the same addressing resolution, two additional address pins have been added. The address space of each device is divisible into 600 increments with valid addressing from 00 to 257 Hex. Some higher addresses are mapped into the Operational Modes. All other addresses are invalid.

OVERFLOW

The ISD1000A series combined two functions on the $\overline{EOM}$ pin: end-of-message indication and overflow. The ISD2500 separates these two functions. Pin 25 (PDIP package) remains as $\overline{EOM}$, but outputs only the EOM signal indication. Pin 22 (PDIP package) becomes $\overline{OVF}$ and pulses LOW only when the device reaches its end of memory, or is "full." This change allows easy message cueing and addressability across device boundaries. This also means that the M2 Operational Mode found in the ISD1000A family is not implemented in the ISD2500 series.

PUSH-BUTTON MODE

The ISD2500 series includes an additional Operational Mode called Push-Button mode. This provides an alternative interface to the record and playback functions of the part. The $\overline{CE}$ and PD pins become redefined as edge-activated "push-buttons." A pulse on $\overline{CE}$ initiates a cycle, and if triggered again, pauses the current cycle without resetting the address pointer (i.e., a Start or Pause function). PD stops any current cycle and resets the address pointer to the beginning of the message space (i.e., a Stop and Reset function). Additionally, the $\overline{EOM}$ pin functions as an active-HIGH run indicator, and can be used to drive an LED indicating a record or playback operation is in progress. Devices in the Push-Button mode cannot be cascaded.

LOOPING MODE

The ISD2500 series can loop with a message that completely fills the memory space.

NOTE *Additional descriptions of ISD2500 device functionality and application examples are provided in the ISD Application Notes in this book.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMING DIAGRAMS

Figure 2: Record

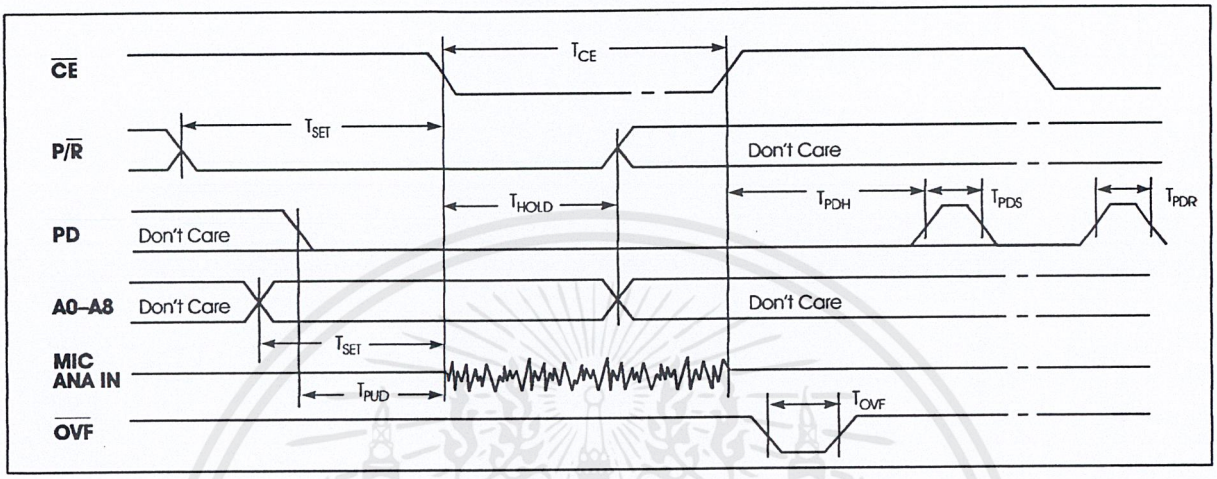
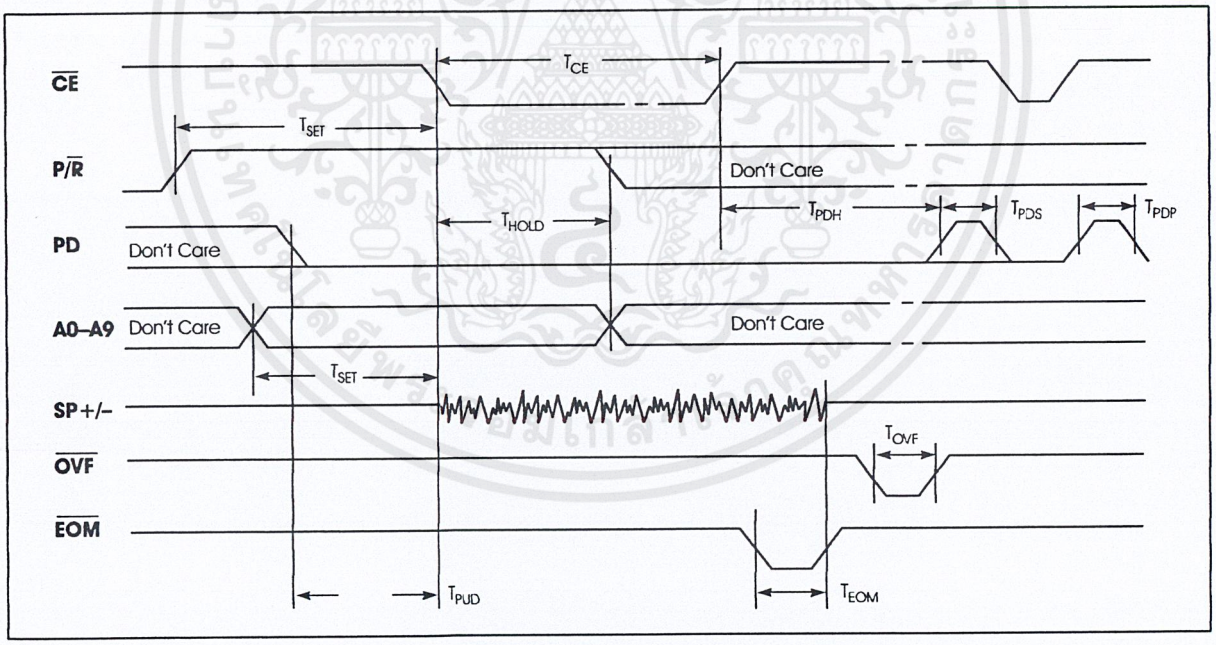


Figure 3: Playback



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4: Absolute Maximum Ratings (Packaged Parts)[1]

Condition	Value
Junction temperature	150°C
Storage temperature range	–65°C to +150°C
Voltage applied to any pin	(V_{SS} – 0.3 V) to (V_{CC} + 0.3 V)
Voltage applied to any pin (Input current limited to ±20 mA)	(V_{SS} – 1.0 V) to (V_{CC} + 1.0 V)
Lead temperature (soldering – 10 seconds)	300°C
V_{CC} – V_{SS}	–0.3 V to +7.0 V

1. *Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. Exposure to the absolute maximum ratings may affect device reliability. Functional operation is not implied at these conditions.*

Table 5: Operating Conditions (Packaged Parts)

Condition	Value
Commercial operating temperature range[1]	0°C to +70°C
Industrial operating temperature range[1]	–40°C to +85°C
Supply voltage (V_{CC})[2]	+4.5 V to +5.5 V
Ground voltage (V_{SS})[3]	0 V

1. *Case temperature.*
2. $V_{CC} = V_{CCA} = V_{CCD}$.
3. $V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}$.

Table 6: DC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Parameters	Min[2]	Typ [1]	Max[2]	Units	Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage			0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0			V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA
V_{OH}	Output High Voltage	V_{CC} – 0.4			V	I_{OH} = –10 µA
V_{OH1}	$\overline{OVF}$ Output High Voltage	2.4			V	I_{OH} = –1.6 mA
V_{OH2}	$\overline{EOM}$ Output High Voltage	V_{CC} – 1.0	V_{CC} – 0.8		V	I_{OH} = –3.2 mA
I_{CC}	V_{CC} Current (Operating)		25	30	mA	$R_{EXT} = \infty$ [3]
I_{SB}	V_{CC} Current (Standby)		1	10	µA	[3]
I_{IL}	Input Leakage Current			±1	µA	
I_{ILPD}	Input Current HIGH with Pull Down			130	µA	Force V_{CC} [4]
R_{EXT}	Output Load Impedance	16			Ω	Speaker Load
R_{MIC}	Preamp In Input Resistance	4	9	15	KΩ	MIC and MIC REF Pins
R_{AUX}	AUX INPUT Resistance	5	11	20	KΩ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 6: DC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Parameters	Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
$R_{ANA\ IN}$	ANA IN Input Resistance	2.3	3	5	KΩ	
A_{PRE1}	Preamp Gain 1	21	24	26	dB	AGC = 0.0 V
A_{PRE2}	Preamp Gain 2		–15	5	dB	AGC = 2.5 V
A_{AUX}	AUX IN/SP+ Gain		0.98	1.0	V/V	
A_{ARP}	ANA IN to SP+/– Gain	21	23	26	dB	
R_{AGC}	AGC Output Resistance	2.5	5	9.5	KΩ	

1. *Typical values @ T_A = 25°C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.*
3. *V_{CCA} and V_{CCD} connected together.*
4. *XCLK pin only.*

Table 7: AC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Characteristic		Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
F_S	Sampling Frequency	ISD2560		8.0		KHz	(7)
		ISD2575		6.4		KHz	(7)
		ISD2590		5.3		KHz	(7)
		ISD25120		4.0		KHz	(7)
F_{CF}	Filter Pass Band	ISD2560		3.4		KHz	3 dB Roll-Off Point (3) (8)
		ISD2575		2.7		KHz	3 dB Roll-Off Point (3) (8)
		ISD2590		2.3		KHz	3 dB Roll-Off Point (3) (8)
		ISD25120		1.7		KHz	3 dB Roll-Off Point (3) (8)
T_{REC}	Record Duration	ISD2560	58.1	60.0	62.0	sec	Commercial Operation(7)
		ISD2560	56.5	60.0	63.8	sec	Industrial Operation(7)
		ISD2575	72.6	75.0	77.5	sec	Commercial Operation(7)
		ISD2575	70.7	75.0	79.7	sec	Industrial Operation(7)
		ISD2590	87.1	90.0	93.0	sec	Commercial Operation(7)
		ISD25120	116.1	120.0	123.9	sec	Commercial Operation(7)
T_{PLAY}	Playback Duration	ISD2560	58.1	60.0	62.0	sec	Commercial Operation
		ISD2560	56.5	60.0	63.8	sec	Industrial Operation
		ISD2575	72.6	75.0	77.5	sec	Commercial Operation
		ISD2575	70.7	75.0	79.7	sec	Industrial Operation
		ISD2590	87.1	90.0	93.0	sec	Commercial Operation
		ISD25120	116.1	120.0	123.9	sec	Commercial Operation
T_{CE}	$\overline{CE}$ Pulse Width			100		nsec	
T_{SET}	Control/Address Setup Time			300		nsec	
T_{HOLD}	Control/Address Hold Time			0		nsec	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 7: AC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Characteristic		Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
T_{PUD}	Power-Up Delay	ISD2560	24.1	25.0	27.8	msec	Commercial Operation
		ISD2560	23.5		28.5	msec	Industrial Operation
		ISD2575	30.2	31.3	34.3	msec	Commercial Operation
		ISD2575	29.3	31.3	35.2	msec	Industrial Operation
		ISD2590	36.2	37.5	40.8	msec	Commercial Operation
		ISD25120	48.2	50.0	53.6	msec	Commercial Operation
T_{PDR}	PD Pulse Width Record	ISD2560		25		msec	
		ISD2575		31.25		msec	
		ISD2590		37.5		msec	
		ISD25120		50.0		msec	
T_{PDP}	PD Pulse Width Play	ISD2560		12.5		msec	
		ISD2575		15.625		msec	
		ISD2590		18.75		msec	
		ISD25120		25.0		msec	
T_{PDS}	PD Pulse Width Static			100		nsec	(6)
T_{PDH}	Power Down Hold			0		nsec	
T_{EOM}	$\overline{EOM}$ Pulse Width	ISD2560		12.5		msec	
		ISD2575		15.625		msec	
		ISD2590		18.75		msec	
		ISD25120		25.0		msec	
T_{OVF}	Overflow Pulse Width			6.5		µsec	
THD	Total Harmonic Distortion			1	2	%	@ 1 KHz
P_{OUT}	Speaker Output Power			12.2	50	mW	R_{EXT} = 16 Ω (4)
V_{OUT}	Voltage Across Speaker Pins				2.5	V p–p	R_{EXT} = 600 Ω
V_{IN1}	MIC Input Voltage				20	mV	Peak-to-Peak (5)
V_{IN2}	ANA IN Input Voltage				50	mV	Peak-to-Peak
V_{IN3}	Aux Input Voltage				1.25	V	Peak-to-Peak; R_{EXT} = 16 Ω

1. *Typical values @ T_A = 25°C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.*
3. *Low-frequency cutoff depends upon the value of external capacitors (see Pin Descriptions).*
4. *From AUX IN; if ANA IN is driven at 50 mV p-p, the P_{OUT} = 12.2 mW, typical.*
5. *With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.*
6. *T_{PDS} is required during a static condition, typically overflow.*
7. *Sampling Frequency and playback Duration can vary as much as ±2.25 percent over the commercial temperature range and voltage range and ±5 percent over the industrial temperature and voltage range. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).*
8. *Filter specification applies to both the antialiasing filter and the smoothing filter. Therefore, from input to output, expect a 6 dB drop by nature of passing through both filters.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (PACKAGED PARTS)

Chart 1: Record Mode Operating Current (I_{CC})

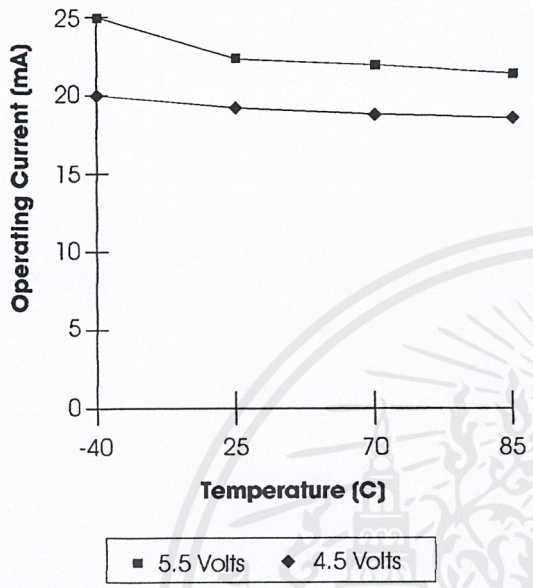


Chart 3: Standby Current (I_{SB})

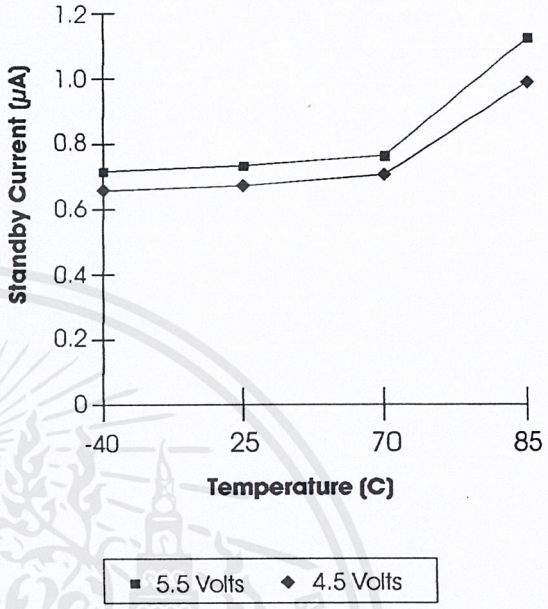


Chart 2: Total Harmonic Distortion

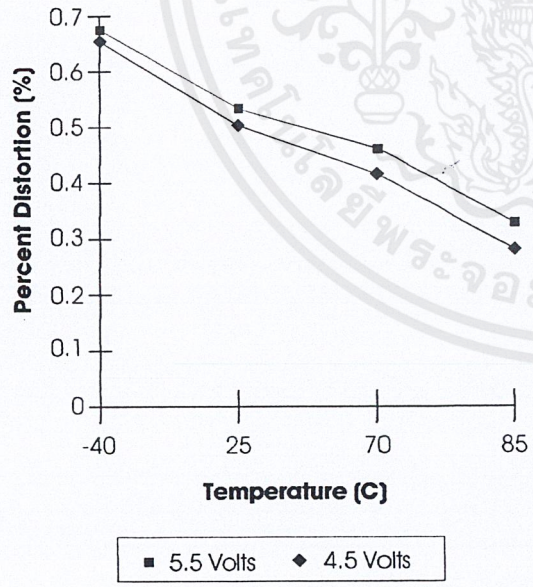
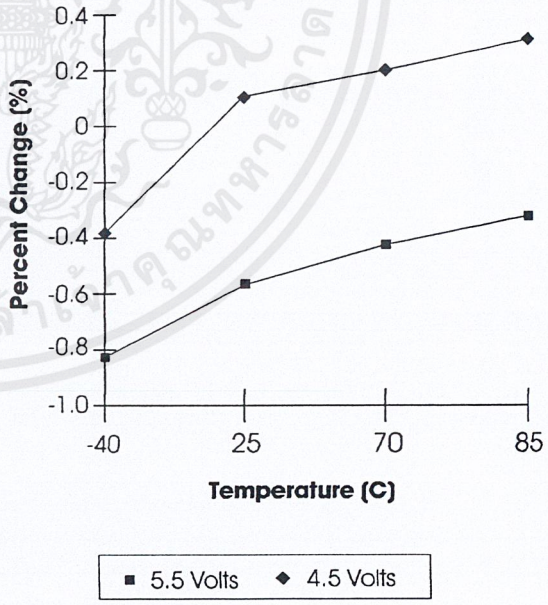


Chart 4: Oscillator Stability



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 8: Absolute Maximum Ratings (Die)[1]

Condition	Value
Junction temperature	150°C
Storage temperature range	–65°C to +150°C
Voltage applied to any pad	(V_{SS} – 0.3 V) to (V_{CC} + 0.3 V)
Voltage applied to any pad (Input current limited to ±20 mA)	(V_{SS} –1.0 V) to (V_{CC} + 1.0 V)
$V_{CC} - V_{SS}$	–0.3 V to +7.0 V

1. *Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. Exposure to the absolute maximum ratings may affect device reliability. Functional operation is not implied at these conditions.*

Table 9: Operating Conditions (Die)

Condition	Value
Commercial operating temperature range	0°C to +50°C
Supply voltage (V_{CC})[1]	+4.5 V to +6.5 V
Ground voltage (V_{SS})[2]	0 V

1. $V_{CC} = V_{CCA} = V_{CCD}$.
2. $V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}$.

Table 10: DC Parameters (Die)

Symbol	Parameters	Min[2]	Typ [1]	Max[2]	Units	Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage			0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0			V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA
V_{OH}	Output High Voltage	V_{CC} – 0.4			V	I_{OH} = –10 µA
V_{OH1}	$\overline{OVF}$ Output High Voltage	2.4			V	I_{OH} = –1.6 mA
V_{OH2}	$\overline{EOM}$ Output High Voltage	V_{CC} – 1.0	V_{CC} – 0.8		V	I_{OH} = –3.2 mA
I_{CC}	V_{CC} Current (Operating)		25	30	mA	$R_{EXT} = \infty$ [3]
I_{SB}	V_{CC} Current (Standby)		1	10	µA	[2]
I_{IL}	Input Leakage Current			±1	µA	
I_{ILPD}	Input Current HIGH with Pull Down			130	µA	Force V_{CC} [4]
R_{EXT}	Output Load Impedance	16			Ω	Speaker Load
R_{MIC}	Preamp In Input Resistance	4	9	15	KΩ	MIC and MIC REF Pads
R_{AUX}	AUX INput Resistance	5	11	20	KΩ	
$R_{ANA\ IN}$	ANA IN Input Resistance	2.3	3	5	KΩ	
A_{PRE1}	Preamp Gain 1	21	24	26	dB	AGC = 0.0 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 10: DC Parameters (Die)

Symbol	Parameters	Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
A_{PRE2}	Preamp Gain 2		-15	5	dB	AGC = 2.5 V
A_{AUX}	AUX IN/SP+ Gain		0.98	1.0	V/V	
A_{ARP}	ANA IN to SP+/- Gain	21	23	26	dB	
R_{AGC}	AGC Output Resistance	2.5	5	9.5	KΩ	

1. *Typical values @ T_A = 25°C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.*
3. *V_{CCA} and V_{CCD} connected together.*
4. *XCLK pad only.*

Table 11: AC Parameters (Die)

Symbol	Characteristic		Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
F_S	Sampling Frequency	ISD2560		8.0		KHz	(7)
		ISD2575		6.4		KHz	(7)
		ISD2590		5.3		KHz	(7)
		ISD25120		4.0		KHz	(7)
F_{CF}	Filter Pass Band	ISD2560		3.4		KHz	3 dB Roll-Off Point (3) (8)
		ISD2575		2.7		KHz	3 dB Roll-Off Point (3) (8)
		ISD2590		2.3		KHz	3 dB Roll-Off Point (3) (8)
		ISD25120		1.7		KHz	3 dB Roll-Off Point (3) (8)
T_{REC}	Record Duration	ISD2560	58.1	60.0	62.0	sec	Commercial Operation(7)
		ISD2575	72.6	75.0	77.5	sec	Commercial Operation(7)
		ISD2590	87.1	90.0	93.0	sec	Commercial Operation(7)
		ISD25120	116.1	120.0	123.9	sec	Commercial Operation(7)
T_{PLAY}	Playback Duration	ISD2560	58.1	60.0	62.0	sec	Commercial Operation(7)
		ISD2575	72.6	75.0	77.5	sec	Commercial Operation(7)
		ISD2590	87.1	90.0	93.0	sec	Commercial Operation(7)
		ISD25120	116.1	120.0	123.9	sec	Commercial Operation(7)
T_{CE}	$\overline{CE}$ Pulse Width			100		nsec	
T_{SET}	Control/Address Setup Time			300		nsec	
T_{HOLD}	Control/Address Hold Time			0		nsec	
T_{PUD}	Power-Up Delay	ISD2560	24.1	25.0	27.8	msec	Commercial Operation
		ISD2575	30.2	31.3	34.3	msec	Commercial Operation
		ISD2590	36.2	37.5	40.8	msec	Commercial Operation
		ISD25120	48.2	50.0	53.6	msec	Commercial Operation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 11: AC Parameters (Die)

Symbol	Characteristic		Min(2)	Typ (1)	Max(2)	Units	Conditions
T_{PDR}	PD Pulse Width Record	ISD2560		25		msec	
		ISD2575		31.25		msec	
		ISD2590		37.5		msec	
		ISD25120		50.0		msec	
T_{PDP}	PD Pulse Width Play	ISD2560		12.5		msec	
		ISD2575		15.625		msec	
		ISD2590		18.75		msec	
		ISD25120		25.0		msec	
T_{PDS}	PD Pulse Width Static			100		nsec	(6)
T_{PDH}	Power Down Hold			0		nsec	
T_{EOM}	$\overline{EOM}$ Pulse Width	ISD2560		12.5		msec	
		ISD2575		15.625		msec	
		ISD2590		18.75		msec	
		ISD25120		25.0		msec	
T_{OVF}	Overflow Pulse Width			6.5		µsec	
THD	Total Harmonic Distortion			1	3	%	@ 1 KHz
P_{OUT}	Speaker Output Power			12.2	50	mW	R_{EXT} = 16 Ω(4)
V_{OUT}	Voltage Across Speaker Pins				2.5	V p–p	R_{EXT} = 600 Ω
V_{IN1}	MIC Input Voltage				20	mV	Peak-to-Peak (5)
V_{IN2}	ANA IN Input Voltage				50	mV	Peak-to-Peak
V_{IN3}	Aux Input Voltage				1.25	V	Peak-to-Peak; R_{EXT} = 16 Ω

1. *Typical values @ T_A = 25°C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.*
3. *Low-frequency cutoff depends upon the value of external capacitors (see Pin Descriptions).*
4. *From AUX IN; if ANA IN is driven at 50 mV p-p, the P_{OUT} = 12.2 mW, typical.*
5. *With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.*
6. *T_{PDS} is required during a static condition, typically overflow.*
7. *Sampling Frequency and playback Duration can vary as much as ±2.25 percent over the commercial temperature range and voltage range. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).*
8. *Filter specification applies to the antialiasing filter and the smoothing filter.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (DIE)

Chart 5: Record Mode Operating Current (I_{CC})

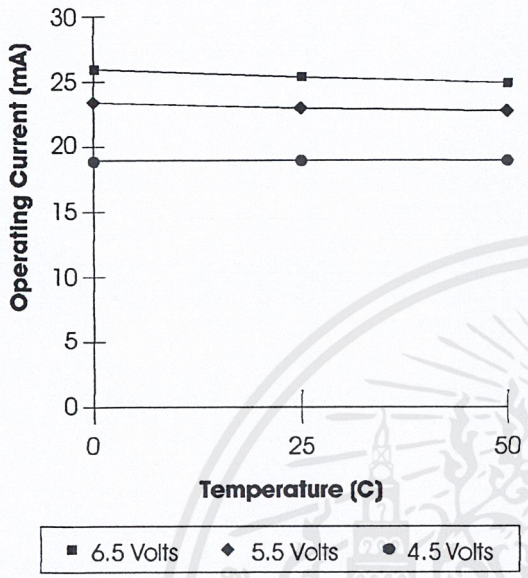


Chart 7: Standby Current (I_{SB})

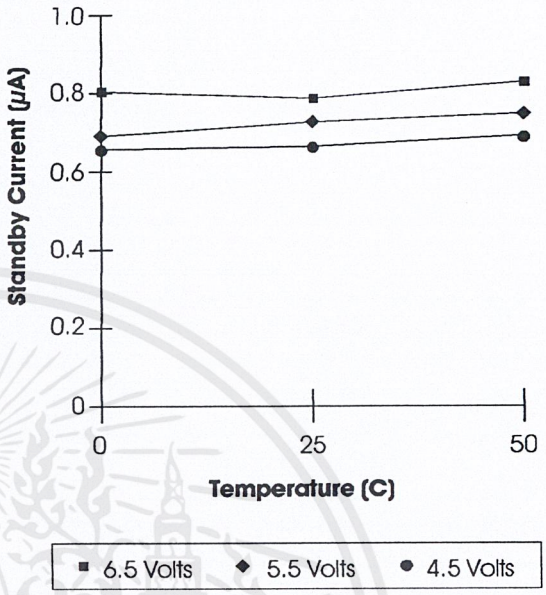


Chart 6: Total Harmonic Distortion

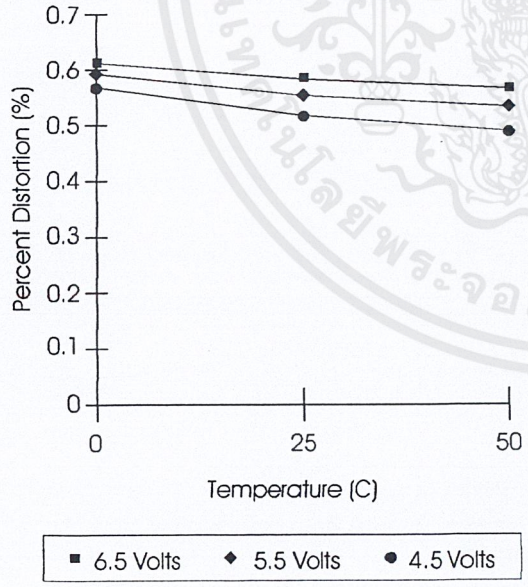
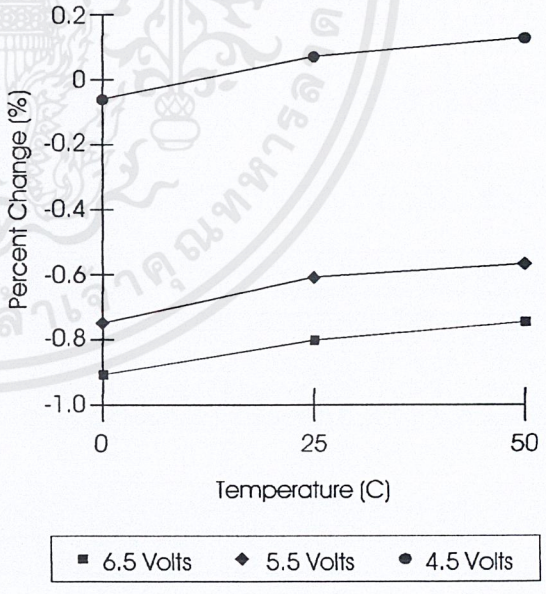
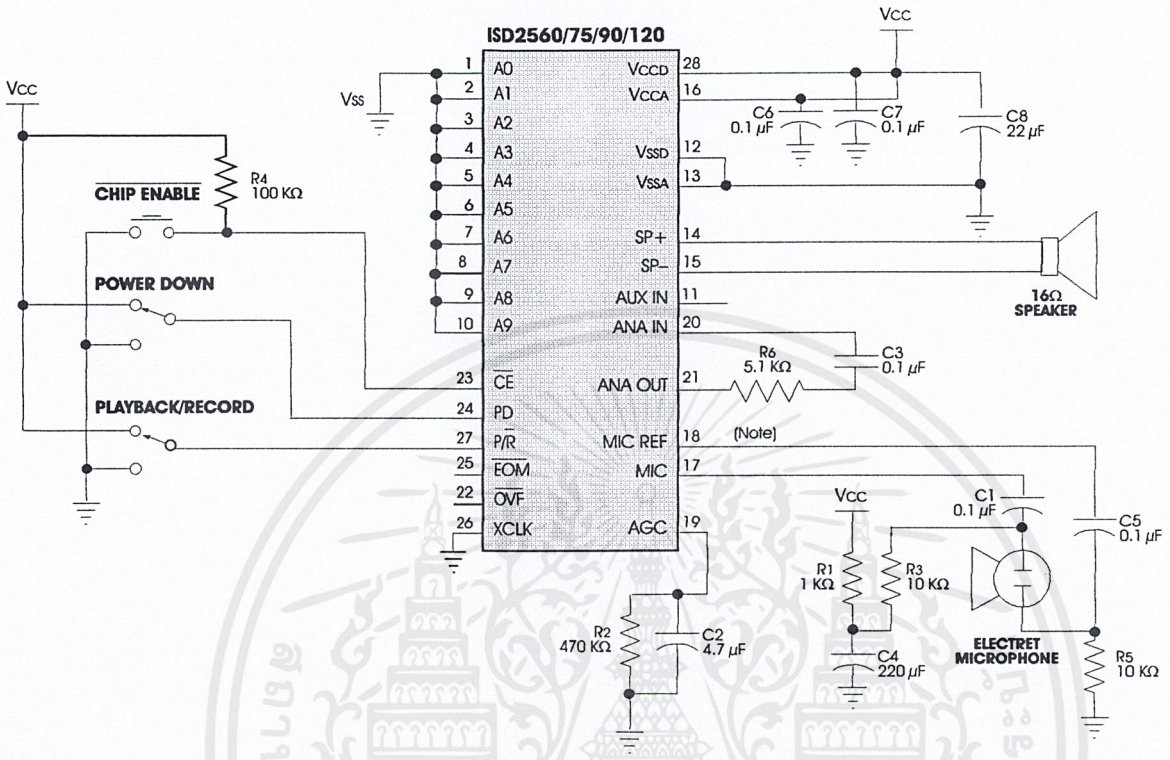


Chart 8: Oscillator Stability



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 4: ISD2560/75/90/120 Application Example—Design Schematic



NOTE: *If desired, pin 18 (PDIP package) may be left unconnected (microphone preamplifier noise will be higher). In this case, pin 18 must not be tied to any other signal or voltage. Additional design example schematics are provided in the Application Notes in this book.*

Table 12: Application Example—Basic Device Control

Control Step	Function	Action
1	Power up chip and select record/playback mode	(1.) PD = LOW, (2.) P/$\overline{R}$ = As desired
2	Set message address for record/playback	Set addresses A0–A9
3A	Begin playback	P/$\overline{R}$ = HIGH, $\overline{CE}$ = Pulsed LOW
3B	Begin record	P/$\overline{R}$ = LOW, $\overline{CE}$ = LOW
4A 4B	End playback End record	Automatic PD or $\overline{CE}$ = HIGH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 13: Application Example—Passive Component Functions

Part	Function	Comments
R1	Microphone power supply decoupling	Reduces power supply noise
R2	Release time constant	Sets release time for AGC
R3, R5	Microphone biasing resistors	Provides biasing for microphone operation
R4	Series limiting resistor	Reduces level to prevent distortion at higher supply voltages.
R6	Series limiting resistor	Reduces level to high supply voltages
C1, C5	Microphone DC–blocking capacitor Low-frequency cutoff	Decouples microphone bias from chip. Provides single-pole low-frequency cutoff and common mode noise rejection.
C2	Attack/Release time constant	Sets attack/release time for AGC
C3	Low-frequency cutoff capacitor	Provides additional pole for low-frequency cutoff
C4	Microphone power supply decoupling	Reduces power supply noise
C6, C7, C8	Power supply capacitors	Filter and bypass of power supply

EXPLANATION

In this simplified block diagram of a microcontroller application, the Push-Button mode and message cueing are used. The microcontroller is a 16-pin version with enough port pins for buttons, an LED, and the ISD2500 series device. The software can be written to use three buttons: one each for play and record, and one for message selection. Because the microcontroller is interpreting the buttons and commanding the ISD2500 device, software can be written for any functions desired in a particular application.

NOTE *ISD does not recommend connecting address lines directly to a microprocessor bus. Address lines should be externally latched.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5: ISD2560/75/90/120 Application Example—Microcontroller/ISD2500 Interface

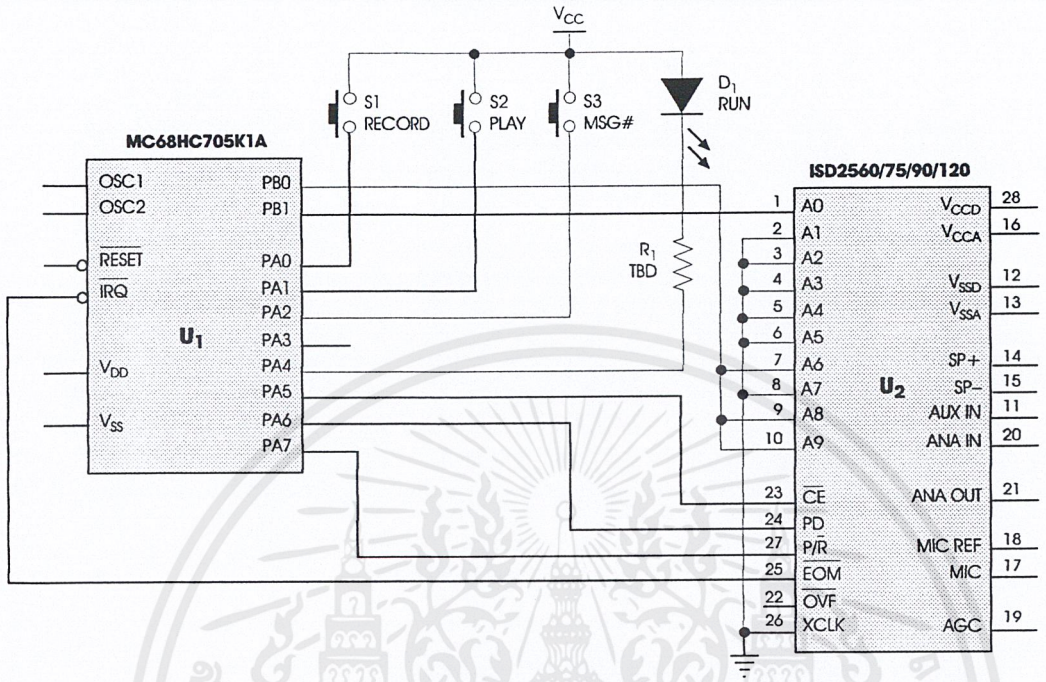
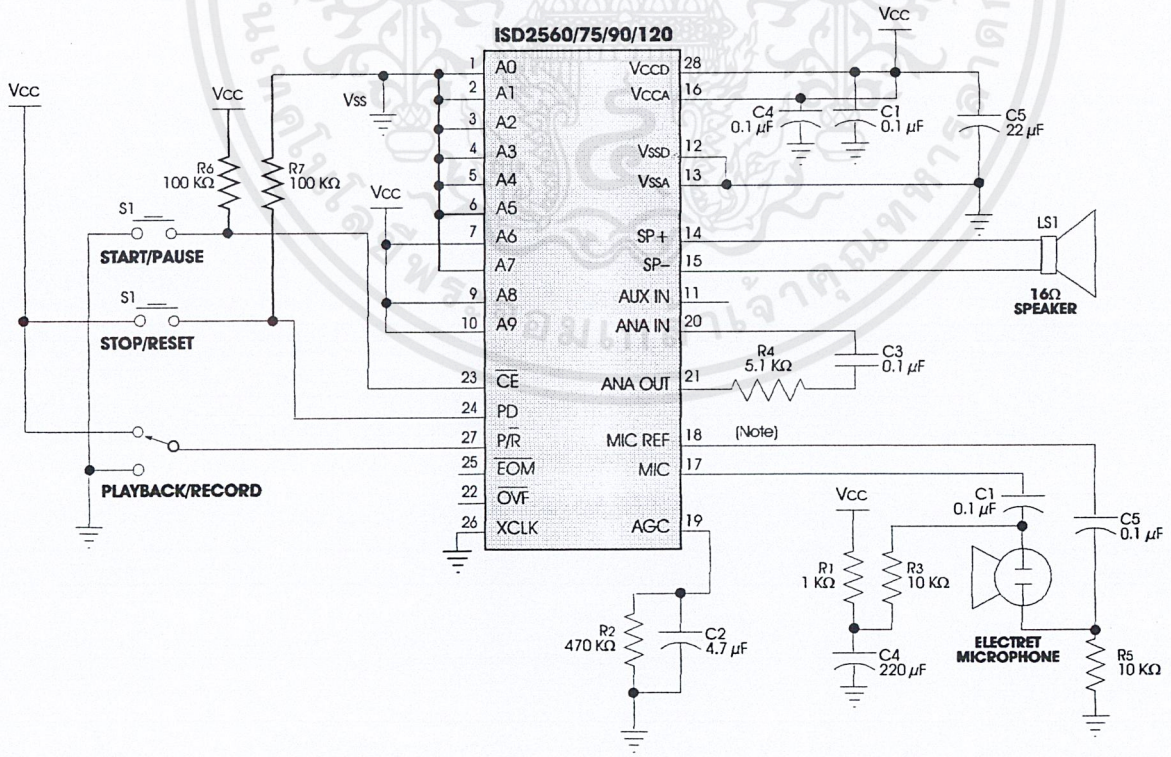


Figure 6: ISD2500 Application Example—Push-Button



NOTE: *Please refer to Application Information.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 14: Application Example—Push-Button Control

Control Step	Function	Action
1	Select record/playback mode	P/$\overline{R}$ = As desired
2A 2B	Begin playback Begin record	P/$\overline{R}$ = HIGH, $\overline{CE}$ = Pulsed LOW P/$\overline{R}$ = LOW, $\overline{CE}$ = Pulsed LOW
3	Pause record or playback	$\overline{CE}$ = Pulsed LOW
4A 4B	End playback End record	Automatic at $\overline{EOM}$ marker or PD = Pulsed HIGH PD = Pulsed HIGH

Table 15: Application Example—Passive Component Functions

Part	Function	Comments
R2	Release time constant	Sets release time for AGC
R4	Series limiting resistor	Reduces level to prevent distortion at higher supply voltages
R6, R7	Pull-up and pull-down resistors	Defines static state of inputs
C1, C4, C5	Power supply capacitors	Filters and bypass of power supply
C2	Attack/Release time constant	Sets attack/release time for AGC
C3	Low-frequency cutoff capacitor	Provides additional pole for low-frequency cutoff

Table 16: Push-Button Parameters

Symbol	Characteristic		Min	Typ (1)	Max	Units	Conditions
T_{CE}	$\overline{CE}$ Pulse Width [Start/Pause]			300		nsec	
T_{SET}	Control/Address Setup Time			300		nsec	
T_{PUD}	Power-Up Delay	ISD2560		25		msec	
		ISD2575		31.25		msec	
		ISD2590		37.25		msec	
		ISD25120		50.0		msec	
T_{PD}	PD Pulse Width [Stop/Reset]			300		nsec	
T_{RUN}	$\overline{CE}$ to $\overline{EOM}$ HIGH		25		400	nsec	
T_{PAUSE}	$\overline{CE}$ to $\overline{EOM}$ LOW		50		400	nsec	
T_{DB}	$\overline{CE}$ HIGH Debounce	ISD2560	70		105	msec	
		ISD2575	85		135	msec	
		ISD2590	105		160	msec	
		ISD25120	135		215	msec	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSH-BUTTON TIMING DIAGRAMS

Figure 7: Push-Button Mode Record

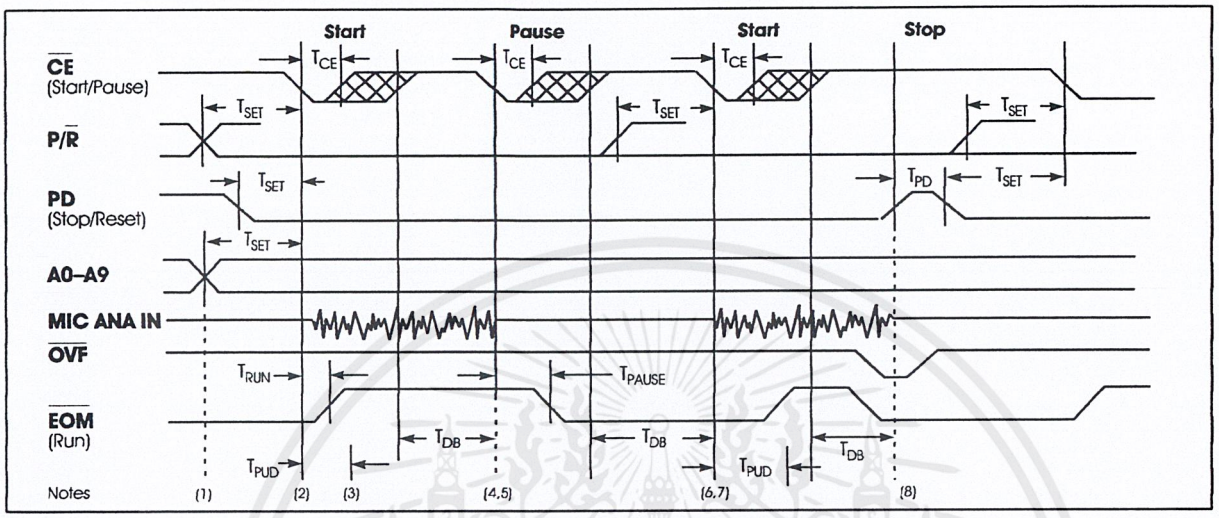
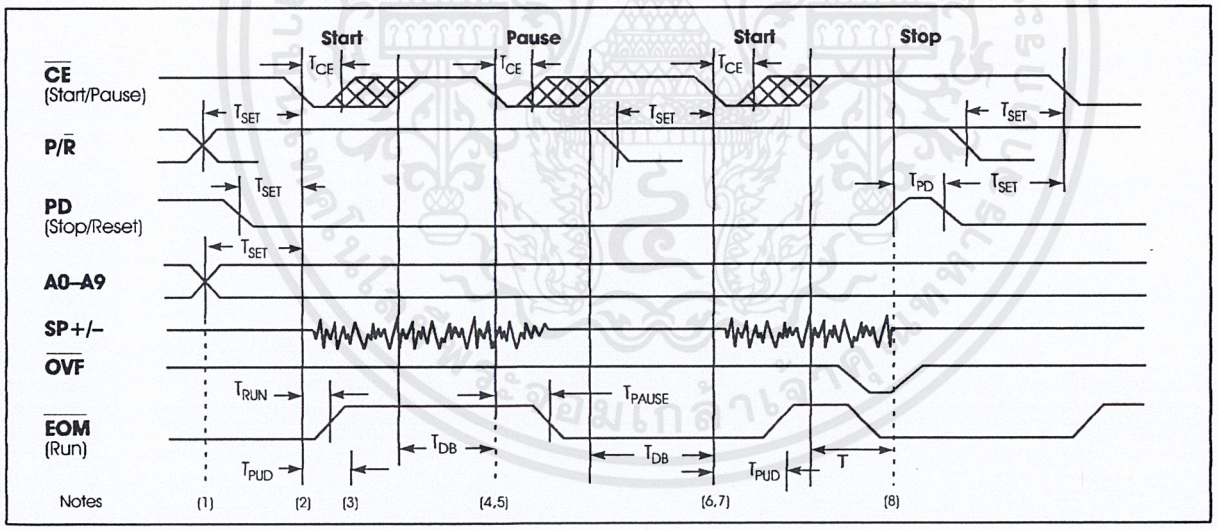


Figure 8: Push-Button Mode Playback

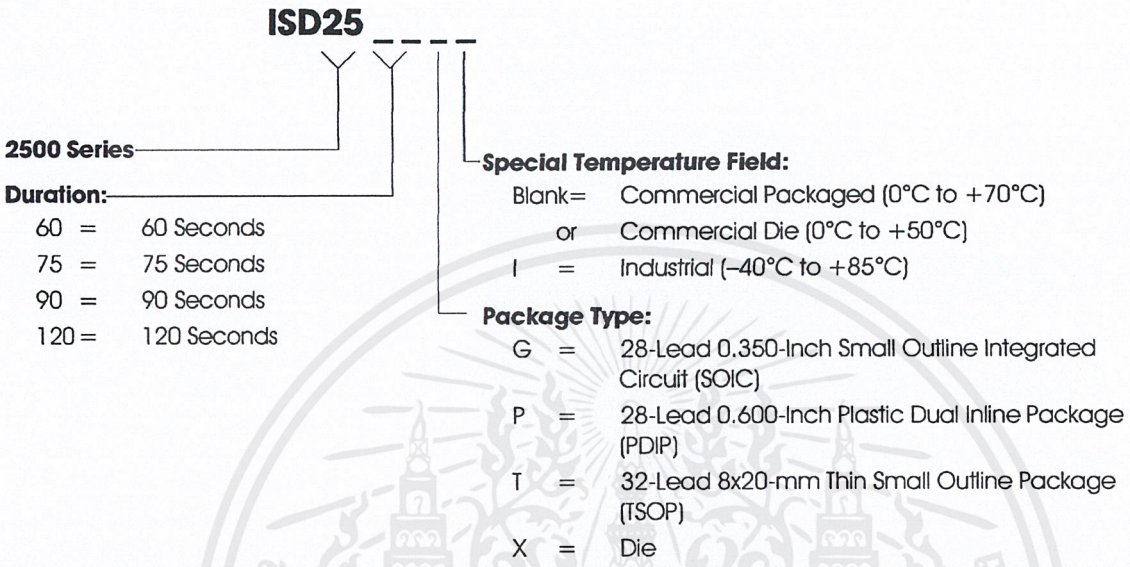


1. *A9, A8, and A6 = 1 for push-button operation.*
2. *The first $\overline{CE}$ LOW pulse performs a Start function.*
3. *The part will begin to play or record after a power-up delay T_{PUD}.*
4. *The part must have $\overline{CE}$ HIGH for a debounce period TDB before it will recognize another falling edge of $\overline{CE}$ and pause.*
5. *The second $\overline{CE}$ LOW pulse, and every even pulse thereafter, performs a Pause function.*
6. *Again, the part must have $\overline{CE}$ HIGH for a debounce period TDB before it will recognize another falling edge of $\overline{CE}$, which would restart an operation. In addition, the part will not do an internal power down until CE is HIGH for the TDB time.*
7. *The third $\overline{CE}$ LOW pulse, and every odd pulse thereafter, performs a Resume function.*
8. *At any time, a HIGH level on PD will stop the current function, reset the address counter, and power down the device.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Product Number Descriptor Key



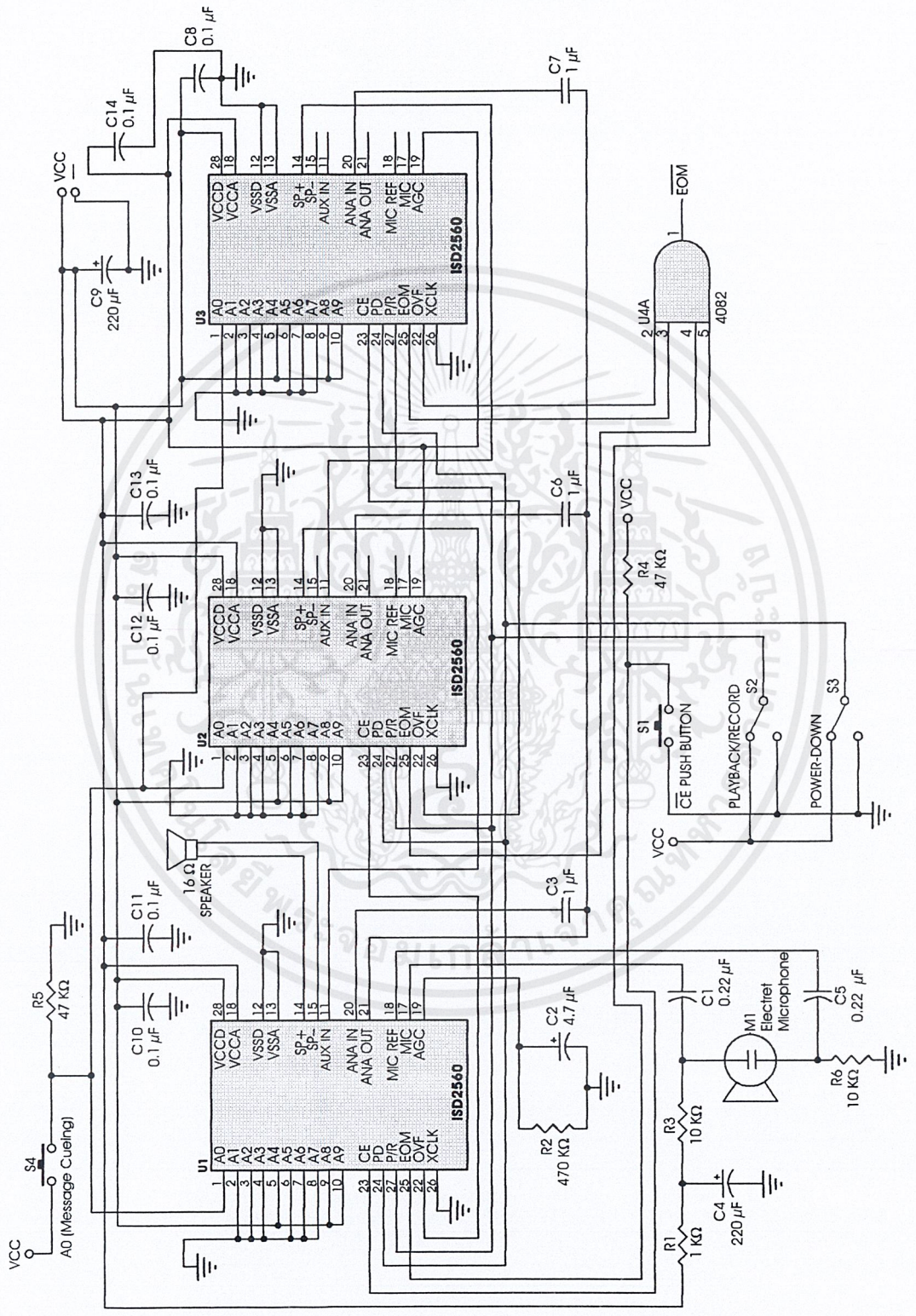
When ordering ISD2560/75/90/120 products, please refer to the following valid part numbers.

Part Number	Part Number	Part Number	Part Number
ISD2560G	ISD2575G	ISD2590G	ISD25120G
ISD2560GI	ISD2575GI	ISD2590P	ISD25120P
ISD2560P	ISD2575P	ISD2590T	ISD25120X
ISD2560PI	ISD2575PI	ISD2590X	
ISD2560T	ISD2575T		
ISD2560TI	ISD2575TI		
ISD2560X	ISD2575X		

For the latest product information, access ISD's worldwide website at http://www.isd.com.

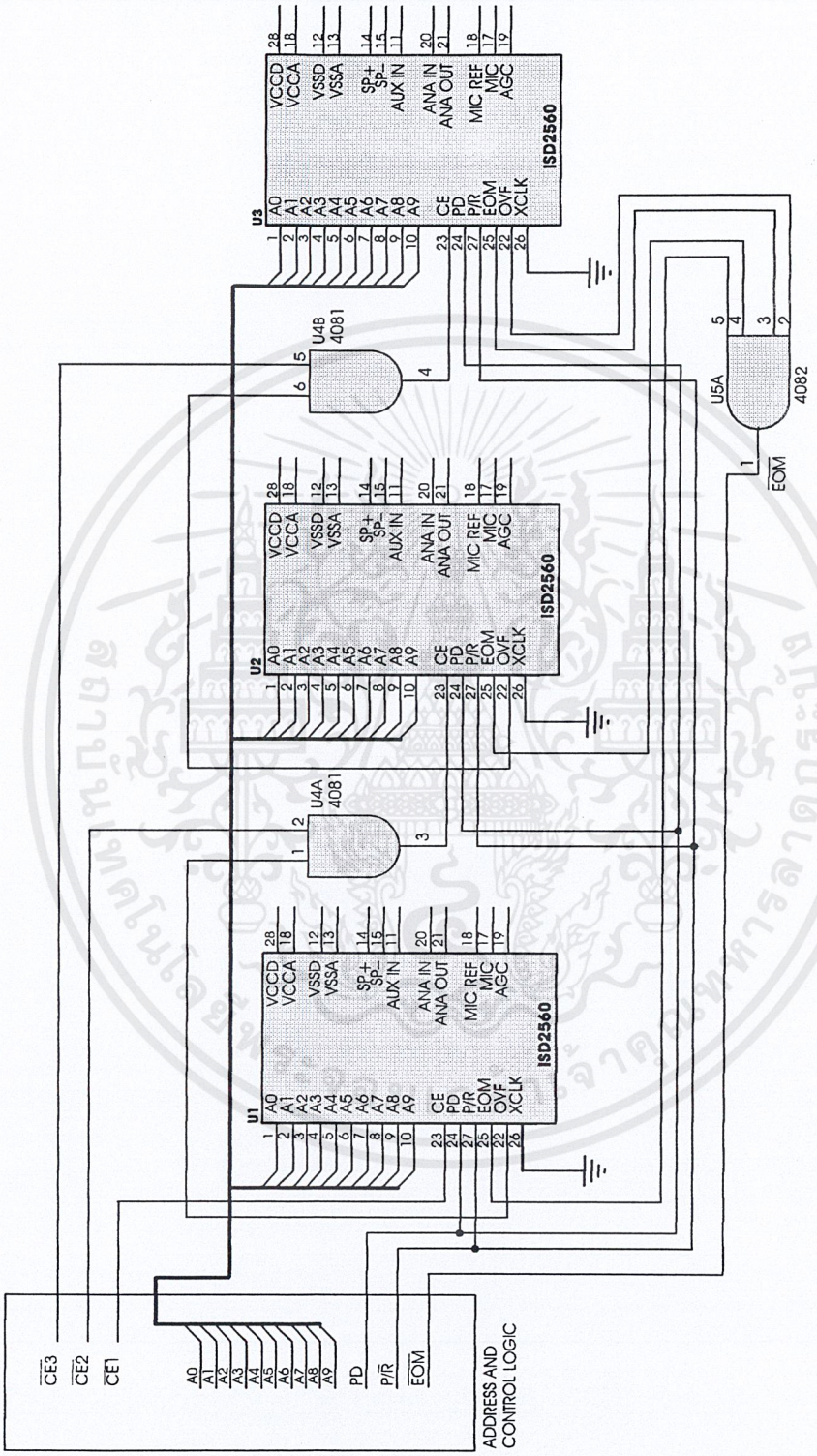
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5: 3-Minute Cascade Schematic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 6: ISD2560 Cascade and Direct Addressing



1. *All Record or Playback cycles must start with a power-down cycle.*
2. *Address lines should be applied T_{SET} before the falling CE and return to 0 after T_{HOLD} time. Address lines must then remain at 0 throughout a Record or Playback cycle.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดีโดยความช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ ฝ่าย ขอขอบคุณ รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน, อาจารย์วิภา แสงพิสิทธิ์ ที่ให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาที่ทำโครงงาน ขอขอบคุณ อาจารย์สุรพล บุณจันทร์ ที่เอื้อเฟื้อคู่สายโทรศัพท์ ขอขอบคุณ นายยุทธนา รัตนชื่น ที่เอื้อเฟื้อห้องโปรเจคภาคอิเล็คทรอนิคส์เป็นสถานที่ทดลอง ขอขอบคุณ นางสาวจิตสุคนธ์ พัฒนพิเชียร ที่เอื้อเฟื้อโทรศัพท์ ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้คำสั่งสอนอันมีค่า และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่มีน้ำใจช่วยเหลือทำให้โครงงานชิ้นนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ชูศักดิ์ บุญเชิด, ประสงค์ หอมอบ, มานะ ไชยวาที, "เครื่องตอบรับโทรศัพท์อัตโนมัติ", ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539.

ชูเกียรติ ปุณเสรีพิพัฒน์, "เครื่องตอบรับระบบโทรศัพท์อัตโนมัติ", ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538.

นวรัตน์ คุณะโคตร, ปัญญา สุริ, ศิริลักษณ์ แสงแก้ว, "เครื่องตอบรับโทรศัพท์", ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539.

บัณฑิต โรจน์อารยานนท์, "หลักการไฟฟ้าสื่อสาร", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2538.

ประสบชัย ไขแสง, สิทธิพงศ์ จรัญญากรณ์, "เครื่องตอบรับโทรศัพท์และเตือนภัยอัตโนมัติ", ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเหล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540.

ปานวิทย์ ธุวะนุติ, "เครื่องตอบรับ – สั่งงานทางโทรศัพท์", ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541.

มนูญ สุขเกษม, "หลักการวางโครงข่ายและการจราจรโทรศัพท์", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538.

รัฐพงศ์ เจริญวงศ์ฤกษ์, ศุภญาณี ปีตุวงศ์, "เครื่องตอบรับโทรศัพท์", ปริญญานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541.

รศ. สมยศ จุณปิยะ, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS - 51", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้