สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์

ELECTRICAL APPLIANCES CONTROL THROUGH TELEPHONE LINE

T037138

โดย

นายชัชฤทธิ์ ทะนิตัะ

นายนรบดิน คำดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37138
วัน, เดือน, ปี 4 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์

ELECTRICAL APPLIANCES CONTROL THROUGH TELEPHONE LINE

โดย

นายชัชฤทธิ์ ทะนิต๊ะ 40013045

นายนรบดิน คำดี 40013055

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.นิภา ลีลารุจิ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์

(Electrical Appliance Control Through Telephone Line)

ผู้จัดทำ

1. นายชัชฤทธิ์ ทะนิตัะ 40013045
2. นายนรบดิน คำดี 40013055

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. นิภา ลีลารุจิ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์

(Electrical Appliance Control Through Telephone Line)

โดย นายชัชฤทธิ์ ทะนิตัะ 40013045
นายนรบดิน คำดี 40013055

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. นิภา ลีลารุจิ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้ปัญหาในเรื่องเวลาเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่ง บางครั้งรีบออกจากบ้านทำให้ลืมปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านอาจทำให้เกิดอุบัติภัยขึ้นได้ เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์นี้ สามารถช่วยลดเหตุการณ์นี้ได้ กรณีที่เมื่อออกจากบ้าน ท่านไม่ทราบว่าเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็น หรือ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ทิ้งไว้หรือไม่ ท่านสามารถโทรศัพท์เข้าไปตรวจสอบได้ด้วยตัวท่านเองผ่านเครื่องควบคุม ฯ แล้วทำการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นเสียเพื่อความ ปลอดภัย และเมื่อท่านต้องการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด ก่อนที่จะกลับถึงบ้าน เช่น เครื่องปรับอากาศ , โคมไฟหน้าบ้าน , กระติกต้มน้ำร้อนไฟฟ้า และ อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ก็สามารถทำได้ด้วยการโทรศัพท์เข้ามาสั่งเปิดอุปกรณ์ไว้ก่อน ได้เช่นกัน โดยโทรศัทพ์เคลื่อนที่ หรือ โทรศัพท์บ้าน ก็ได้

ABSTRACT

Nowaday the time is very important to you all . Sometime , we hurry to leave home and forget to power off an electrical appliance which may be cause the accidentally to the house. "Electrical Appliance Control through Telephone Line" can be help to reduce that kind of accident. When you left home and can not know circumstance on an electrical appliance at needless or electrical appliance that can be cause any accident. You can make a telephone call to check and turn them off for the safety purpose. Again , if you need to turn some of electrical appliance on before you arrive home e.g. air-conditioner , gate lamp , an electrical vacuum flask for keeping water hot and etc. it also can be done , you can order them via either mobile telephone or basic telephone.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ขั้นตอนในการควบคุมเครื่องของผู้ควบคุม	2
1.2 ขั้นตอนในการทำงานของเครื่องควบคุม	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวทางการทำโครงงาน	**4**
2.1 หลักการทำงานของระบบโทรศัพท์	4
2.1.1 ส่วนประกอบของระบบโทรศัพท์	4
2.1.2 สัญญาณต่างๆที่ควรทราบในระบบโทรศัพท์	5
2.1.3 หน้าที่หลักของโทรศัพท์	5
2.1.4 ลักษณะของสัญญาณโทรศัพท์	6
2.1.5 กลไกการเชื่อมต่อวงจรโทรศัพท์	8
2.1.6 การสนทนา	10
2.1.7 ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง	10
2.2 แบบการทำงานของโทรศัพท์	11
2.3 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณพัลซ์	12
2.4 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่	13
2.5 ข้อเปรียบเทียบของระบบ DTMF กับระบบ พัลซ์	15
2.6 ลักษณะของสัญญาณทางโทรศัพท์	16
2.7 ไอซีถอดรหัสความถี่ MT8870 DTMF	16
2.7.1 คุณสมบัติของไอซี MT8870	16
2.7.2 โครงสร้างของไอซี MT8870	17
2.7.3 ฟังก์ชั่นการทำงานภายในของไอซี MT8870	18
2.7.4 ภาคกรองความถี่ (Filter Section)	18
2.7.5 ภาคถอดรหัส (Decoder Section)	19
2.7.6 ภาคตรวจสอบรหัสสัญญาณ (Steering Circuit)	20
2.7.7 วงจรขยายสัญญาณความแตกต่าง	20
2.7.8 ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่ออสซิลเลเตอร์ (OSCILLATOR)	21
2.8 ไอซีบันทึกเสียง ISD2590	22
2.8.1 แผนภูมิแสดงบล็อคไดอะแกรมของไอซี ISD2590	23
2.8.2 คุณสมบัติของ ISD 2590	23
2.9 ไอซีผลิตความถี่ DTMF MC145412	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 คุณสมบัติของ MC 145412 24
2.9.2 โครงสร้างของ MC 145412 24
2.9.3 ข้อมูลทั่วไป MC 145412 24
2.9.4 รายละเอียดขา MC145412 25
2.9.5 การใช้งาน MC 145412 26
2.10 หลักการของวงจรเฟสล็อคลูป 27
2.10.1 การเข้าสู่สภาวะในขณะที่เฟสนั้นล็อค 28
2.10.2 พิสัยการเข้าสู่สภาวะล็อค (Capture Range) 29
2.10.3 พิสัยในภาวะล็อค (Lock Range) 30
2.11 การทำงานของชุมสายโทรศัพท์ 30
2.11.1 สัญญาณ Analog และการส่ง 30
2.11.2 สัญญาณ Digital และการส่ง 31
2.11.3 หลักการของระบบ Pulse Code Modulation (PCM) 34
2.11.4 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) 35
2.11.5 การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ (Quantizing) 36
2.11.6 การเข้ารหัส (Coding) 37
2.11.7 หลักการเบื้องต้นของ Regenerative Repeater 38

บทที่ 3 การสร้างและแนวความคิดในการออกแบบ 40
3.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing 40
3.2 วงจรตัดต่อสายอัตโนมัติ 41
3.3 วงจรแมตชิ่งพร้อมวงจรขยายสัญญาณเสียง 42
3.4 วงจรส่งเสียงอธิบายขั้นตอนการใช้งาน 42
3.5 วงถอดรหัส DTMF เป็นเลขฐานสอง (BCD Code) 44
3.6 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone 45
3.7 วงจรตัดสัญญาณสายไม่ว่าง 46
3.8 วงจรขับสัญญาณ (RELAY) 47

บทที่ 4 การทดลองและผลของการทดลอง 48
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 48
4.2.วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing 48
4.3 วงจรสร้างสัญญาณโทน 51
4.4 วงจรถอดรหัส DTMF เป็นเลขฐานสอง (BCD Code) 53
4.5 วงจรแมชชิ่งพร้อมวงจรขยายสัญญาณเสียง 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 วงจรบันทึกเสียงด้วย ไอซี ISD 2590 57
4.7 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone 58

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลของการทดลอง 60
5.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone 60
5.2 วงจรสร้างสัญญาณโทนและวงจรถอดรหัส DTMF เป็น BCD Code 60
5.3 วงจรขยายเสียงและวงจรแมตชิ่ง 60
5.4 วงจรบันทึกเสียง 60
5.5 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone 61
5.6 วงจรตัดสัญญาณสายไม่ว่าง Busy 61
5.7 สรุปผลการทดลองทั้งหมดของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ 61
5.8 แนวทางในการพัฒนาปรับปรุงเครื่องควบคุมผ่านคู่สายโทรศัพท์ให้ดีขึ้น 62
5.9 ขั้นตอนในการใช้งานควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้ควบคุม 63
5.10 ขั้นตอนในการทำงานของเครื่องควบคุม 64
5.11 คุณสมบัติและรายละเอียดของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ 65
5.12 แผนภูมิทางเวลาในการทำงานแบบคร่าวๆ (Timing Diagram) 66

ภาคผนวก 67
ภาคผนวก ก. โฟลว์ชาร์ท (FLOW CHART)
ภาคผนวก ข. รูปวงจรและลายวงจร (CIRCUITS & PCB LAYOUTS)
ภาคผนวก ค. โปรแกรมควบคุม (CONTROL PROGRAM)
ภาคผนวก ง. ดาต้าชีท (DATA SHEETS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1 แสดงรายละเอียดการทำงานเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ 1
รูปที่ 2.1 ความถี่และการจัดปุ่มโทรศัพท์ 6
รูปที่ 2.2 ลักษณะทางไฟฟ้าปรากฏที่คู่สายขณะทำการเรียก 7
รูปที่ 2.3 ลักษณะของสัญญาณเมื่อผู้ที่เรียกเรียกเข้ามา 8
รูปที่ 2.4 ลักษณะของสัญญาณโทรศัพท์ 8
รูปที่ 2.5 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น 9
รูปที่ 2.6 ผังการทำงานของโทรศัพท์ 11
รูปที่ 2.7 วงจรหมุนหมายเลขแบบพัลซ์อย่างง่าย 12
รูปที่ 2.8 สัญญาณที่เกิดจาการหมุนหมายเลข 4 13
รูปที่ 2.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF แบบเก่า 14
รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างภายในของไอซี MT8870 17
รูปที่ 2.11 แสดงรายละเอียดขาของไอซี MT8870 18
รูปที่ 2.12 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองถี่สัญญาณความถี่ 18
รูปที่ 2.13 วงจรตรวจสอบสัญญาณ ในเวลาการ์ดไทม์ (Guard Time) 20
รูปที่ 2.14 วงจร Differential Input 21
รูปที่ 2.15 วงจรผลิตความถี่ OSC 21
รูปที่ 2.16 แสดงแผนภูมิเวลา ของ MT8870 (Timmimg Diagram) 22
รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะการจัดขาทั้ง 2 แบบของ ISD2590 22
รูปที่ 2.18 บล็อคไดอะแกรมภายใน ของไอซี ISD2590 23
รูปที่ 2.19 หน้าที่ต่างๆภายในไอซี MC145412 24
รูปที่ 2.20 รายละเอียดขาคุณสมบัติของขาต่างๆของ MC 145412 25
รูปที่ 2.21 ลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของเฟสล็อคลูป 27
รูปที่ 2.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับค่าของโวลท์เตจเฟส 28
รูปที่ 2.23 สัญญาณ Analog 30
รูปที่ 2.24 สัญญาณ Digital 31
รูปที่ 2.25 การแปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital ที่ใช้ในระบบ PCM 33
รูปที่ 2.26 Block Diagram ของระบบ PCM 34
รูปที่ 2.27 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) 35
รูปที่ 2.28 การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ (Quantizing) 36
รูปที่ 2.29 การเข้ารหัส Coding 37

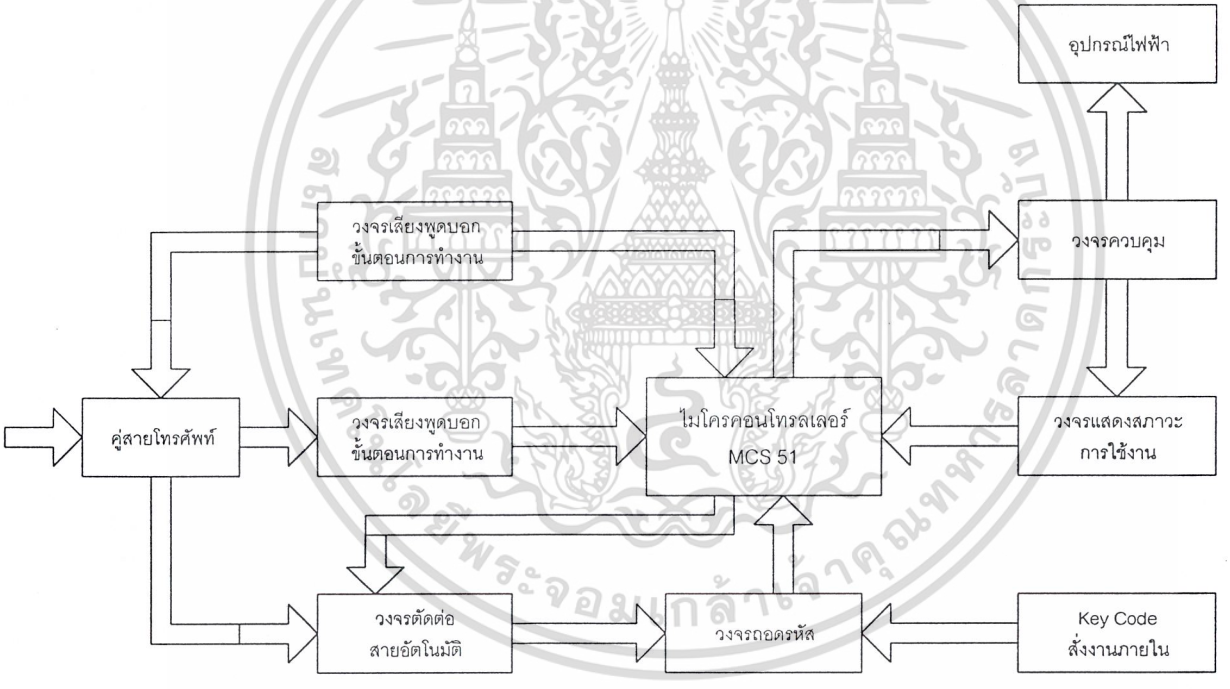
เอกสารนี้เป็นสิ่งที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.30 หลักการของระบบ PCM จำนวน 3 ช่อง 38
รูปที่ 3.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing 40
รูปที่ 3.2 วงจรตัดต่อสายอัตโนมัติ 41
รูปที่ 3.3 วงจรแมตซิ่งพร้อมวงจรสัญญาณเสียง 42
รูปที่ 3.4 วงจรส่งเสียงอธิบายขั้นตอนการใช้งาน 43
รูปที่ 3.5 วงจรถอดรหัส DTMF เป็นเลขฐานสอง (BCD Code) 44
รูปที่ 3.6 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone 45
รูปที่ 3.7 วงจรตัดต่อสัญญาณสายไม่ว่าง (Cut of Busy Tone) 46
รูปที่ 3.8 วงจรขับสัญญาณ (RELAY) 47
รูปที่ 4.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing 48
รูปที่ 4.1.1 สัญญาณ Ringing Tone 49
รูปที่ 4.1.2 สัญญาณ Ringing Tone (ขยาย) 49
รูปที่ 4.1.3 สัญญาณ Ringing Tone ในขณะที่มีการตัดเข้าสู่วงจรรีเลย์ 50
รูปที่ 4.1.4 สัญญาณ Ringing Tone (ขยาย) ที่มีการตัดเข้าสู่วงจรรีเลย์ 50
รูปที่ 4.2 วงจรสร้างสัญญาณโทน 51
รูปที่ 4.2.1 รูปสัญญาณเอาท์พุตคีย์หมายเลข 1 ของ MC145412 52
รูปที่ 4.2.2 รูปสัญญาณเอาท์พุตคีย์หมายเลข 0 ของ MC145412 52
รูปที่ 4.3 วงจรถอดรหัส DTMF เป็นเลขฐานสอง (BCD Code) 53
รูปที่ 4.4 วงจรแมตซิ่งพร้อมวงจรสัญญาณเสียง 54
รูปที่ 4.4.1 รูปสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุทของวงจรขยายเสียง 55
รูปที่ 4.4.2 รูปสัญญาณเสียงที่เข้ามาทางอินพุทของวงจรแมตชิ่ง 55
รูปที่ 4.4.3 รูปสัญญาณเสียงที่ออกมาทางเอาท์พุทของวงจรแมตชิ่ง 56
รูปที่ 4.4.4 รูปสัญญาณที่ออกมาทางเอาท์พุทเทียบกับอินพุทของวงจรแมตชิ่ง 56
รูปที่ 4.5 วงจรบันทึกเสียงด้วย ไอซี ISD 2590 57
รูปที่ 4.5.1 รูปสัญญาณเสียงที่ออกทางเอาท์พุทที่ขา 14 ของไอซี ISD2590 58
รูปที่ 4.6 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone 58
รูปที่ 4.6.1 สัญญาณที่ออกมาทางขาคอลเลคเตอร์ของวงจร 59
รูปที่ 5.1 แผนภูมิทางเวลาในการทำงานแบบคร่าวๆ 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ระบบโทรศัพท์เป็นเครื่องมือติดต่อสื่อสารที่สำคัญ มีเครือข่ายการติดต่อที่กว้างขวาง การหันมาใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์โทรศัพท์ จึงมีการเติบโตที่รวดเร็วมาก และโครงงานนี้ก็ได้ใช้ประโยชน์จากสายโทรศัพท์มาทำการควบคุมอุปกรณ์เครื่องไฟฟ้าภายในบ้าน เพื่อเพิ่มความสะดวกสบาย และช่วยในการประหยัดพลังงานไม่ให้สูญไปโดยเปล่าประโยชน์ บางครั้งที่ต้องพบปัญหาการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านไว้ ขณะที่ออกไปทำธุระนอกบ้าน หรือลืมปิดเครื่องใช้ขณะที่ออกนอกบ้านไปแล้ว และหากต้องกลับค่ำมืดและต้องการไฟหน้าบ้านเพื่อให้แสงสว่างแก่ทางเข้า ปัญหาเหล่านี้จะหมดไปได้เลยหากมีเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสายโทรศัพท์



รูปที่ 1.1 แสดงรายละเอียดการทำงานเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ขั้นตอนในการควบคุมเครื่องของผู้ควบคุม

- กดหมายเลขโทรศัพท์ของเครื่องควบคุม
- สภาวะในขณะนั้นของเครื่องโทรศัพท์ ถ้าไม่ว่างให้ไปขั้นตอนแรกใหม่ ถ้าว่างจะทำงานในขั้นตอนต่อไป
- เมื่อได้ยินเสียง Ringing Tone ดังเป็นเวลาที่เครื่องนั้นได้กำหนดว่า "ขณะนี้คุณกำลังเข้าสู่ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติ กรุณากดรหัสผ่าน"
- เมื่อผู้ควบคุมทำการกดรหัสผ่าน
  - ถ้าไม่ถูกต้องจะได้เสียงต่อกลับมาว่า " รหัสผ่านไม่ถูกต้อง กดกรุณากดรหัสผ่าน อีกครั้ง"ถ้ากดรหัสผ่านถูกต้องจะได้ยินเสียงตอบกลับมาว่า "รหัสผ่านถูกต้อง กรุณาเลือกหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้า" และทำงานในขั้นตอนต่อไป
- ถ้ากดรหัสไม่ถูกต้อง 3 ครั้ง ถ้าครบจะได้ยินเสียงตอบกลับมาว่า "ออกจากการทำงานของเครื่องควบคุมโทรศัพท์ ขอบคุณครับ" และเครื่องควบคุณจะวางหูยกเลิกการติดต่อถ้ากดไม่ครบ 3 ครั้งจะทำงานในขั้นตอนนี้ใหม่
- กดแป้นคีย์โทรศัพท์ควบคุมอุปกรณ์ในช่องที่เราต้องการ (หมายเลข 1 – 8) และนอกเหนือจากนี้ก็จะได้ยินเสียง "ฟังก์ชั่นไม่สามารถใช้งานได้ กรุณากดหมายเลขควบคุมใหม่ ขอบคุณครับ"
  - ถ้ากดรหัสถูกต้อง (หมายเลข 1 – 8) สมมติว่าต้องการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 2 และเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 2 นั้นเปิดอยู่จะได้ยินเสียง "อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 2 กำลังเปิดอยู่ กรุณากดรหัสควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า กด 1 เปิด,กด 0 ปิด"
- ต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า (เปิด – ปิด)
- ถ้ากด 1 เปิดในขณะที่เครื่องใช้ไฟฟ้าเปิดอยู่จะได้ยินเสียง "อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 2 เปิดอยู่ กรุณาเลือกรหัสควบคุม กด 1 เปิด,กด 0 ปิด"
- ถ้ากด 0 ปิดในขณะที่เครื่องใช้ไฟฟ้าปิดอยู่ถ้าต้องการควบคุณอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่นก็เลือกรหัสควบคุม ถ้าไม่ต้องการกด 0 หรือวางหูโทรศัพท์แล้วไปในขั้นตอนต่อไป
- ถ้านอกเหนือจากนั้นจะได้ยินเสียง "กรุณากดรหัสควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า กด 1 เปิด,กด 0 ปิด"
- ถ้าต้องการจะควบคุมอุปกรณ์อีก กด 1 (ไปทำงานขั้นตอนที่แล้ว) และถ้าไม่ต้องการกด 0 จะได้ยินเสียง "ออกจากการทำงานของเครื่องควบคุมโทรศัพท์ ขอบคุณครับ"

1.2 ขั้นตอนในการทำงานของเครื่องควบคุม

- เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาที่คู่สายโทรศัพท์
- ทำการตรวจสัญญาณกระดิ่งว่าครบจำนวน 4 ครั้งตามที่โปรแกรมไว้หรือไม่ โดยนับที่ Ringing Tone ต่อถ้าครบแล้วทำงานในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ยกหูโทรศัพท์พร้อมและได้ยินสัญญาณเสียง "ขณะนี้คุณกำลังเข้าสู่ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าอัตโนมัติ กรุณากดรหัสผ่าน"
- ตรวจสอบรหัสผ่านว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องจะส่งเสียง "รหัสไม่ผ่านถูกต้อง กรุณากดรหัสหมายเลขการควบคุมใหม่" ถ้าถูกต้องจะส่งเสียง "รหัสผ่านถูกต้อง กรุณาเลือกหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้า" ถ้ากดรหัสไม่ถูกต้องครบ 3 ครั้ง จะได้ยินเสียงตอบกลับมาว่า "ออกจากการทำงานของเครื่องควบคุมโทรศัพท์ ขอบคุณครับ"
- วิเคราะห์รหัสที่กดจากแป้นคีย์โทรศัพท์ที่เข้ามา (หมายเลข 1 – 8) ว่าทำการควบคุมอุปกรณ์ช่องใด
- ส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าช่องนั้น
- หยุดรอรับคำสั่งต่อไป ถ้าคำสั่งที่เข้ามาต้องการให้ไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าช่องอื่นอีกให้ไปทำงานในขั้นตอนก่อนหน้านั้น
- วางหูโทรศัพท์ จบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและแนวทางการทำโครงงาน

2.1 หลักการทำงานของระบบโทรศัพท์

โทรศัพท์เป็นเครื่องมือสื่อสารการเชื่อมโยงการนำเสียงพูดระหว่างผู้ใช้ที่อยู่อีกสถานที่แห่งหนึ่งกับบุคคลที่ต้องการที่จะติดต่อด้วย ณ สถานที่อีกแห่งหนึ่งเสมือนบุคคลทั้งสองอยู่ใกล้กัน

2.1.1 ส่วนประกอบของระบบโทรศัพท์

โดยทั่วไปมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ

2.1.1.1 เครื่องใช้โทรศัพท์

ผู้ใช้โทรศัพท์จะต้องมีเครื่องโทรศัพท์ประจำอยู่ สิ่งแรกที่เห็นได้ชัดเจน ก็คือ ปากพูด หรือไมโครโฟน ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง และหูฟังหรือที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียงกลับมาในรูปของสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม โดยเรานำมาใช้กับโทรศัพท์สำหรับยกหูขึ้นมาพูดและฟังมีหน้าปัทม์สำหรับหมุนหรือ กดปุ่มตัวเลข เพื่อทำการหมุนหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อและพูดคุยด้วย

2.1.1.2 สายโทรศัพท์ หรือข่ายสายโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์อย่างน้อยจะต้องมีคู่สาย 1 คู่เพื่อทำการเชื่อมโยงและทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการนำกระแสไฟฟ้าจากชุมสายโทรศัพท์ที่ประกอบด้วย ปากพูดและหูฟัง ขณะเดียวกันก็จะทำหน้าที่เพื่อเป็นสื่อเพื่อส่งกระแสคลื่นจากไมโครโฟน หรือ ปากพูดไปยังลำโพงของผู้รับ ณ เครื่องโทรศัพท์ปลายทางของอีกเครื่องหนึ่งได้

เพื่อที่จะให้การใช้โทรศัพท์จากเครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่งได้ และจะติดต่อกันได้สะดวกโดยไม่ถูกรบกวนจากผู้เช่ารายอื่นๆได้ยินการสนทนาจึงต้องมีโทรศัพท์ด้วยตนเองคู่หนึ่งโดยเฉพาะยิ่งซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับคู่สายของผู้เช่ารายอื่นๆและโทรศัพท์ทุกเครื่องจะต้องมีสายเชื่อมต่อไปยังชุมสายโดยตรง

2.1.1.3 ชุมสายโทรศัพท์หรือเครื่องชุมสาย

โดยที่เรียกว่าเครื่องชุมสายก็เพราะว่า สายทุกคู่แต่ละเลขหมายจะไปปรากฏที่หัวหมุดที่ชุมสายเพื่อรอคอยการรรเชื่อมต่อระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกกันไปเป็นคู่ โดยที่ชุมสายอัตโนมัติต่อเครื่องโทรศัพท์ซึ่งประกอบด้วยเครื่องกลทางไฟฟ้ามากมายก็จะทำหน้าที่ต่อสายให้อัตโนมัติ แต่ถ้าเป็นชุมสายแบบเก่าซึ่งยังคงต้องใช้พนักงานถือสายโทรศัพท์ พนักงานก็จะคอยทำการต่อคู่สายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 สัญญาณต่างๆที่ควรทราบในระบบโทรศัพท์

Dial Tone เมื่อยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาจะได้ยินเสียงดังต่อเนื่องกันไปสักครู่หนึ่ง เพื่อเป็นการบอกว่าเครื่องโทรศัพท์พร้อมที่จะทำการรับการกดคีย์ หรือหมุนหน้าปัทม์ตามหมายเลขที่ต้องการเรียก นั้นคือเสียงที่เราได้ยินเมื่อยกหูโทรศัพท์ ก็จะได้ยินเสียง Dial Tone ที่มีความถี่ของเสียงประมาณ 400 เฮิรตส์

Ring Back Tone กล่าวคือเมื่อเรากดคีย์หรือหมุนหมายเลขที่ต้องการแล้วจากนั้นปรากฏว่าเราได้ยินเสียงดังเป็นจังหวะที่ดัง 1 วินาทีและหยุด 4 วินาทีสลับกันไป ซึ่งแสดงว่าเลขหมายที่เราทำการเรียกไปนั้นวางพร้อมที่จะสนทนาเพียงแต่รอการยกหูโทรศัพท์เพียงอย่างเดียว โดยสำหรับความถี่ของสัญญาณ Ring Back Tone นี้มีความถี่ประมาณ 480 เฮิร์ตส์

Ringing Tone เมื่อเราทำการกดคีย์และขณะที่ได้ยินเสียงสัญญาณ Ring Back Tone แล้วในเวลาเดียวกันนั้นทางคู่สายปลายทางที่เราทำการเรียกไปนั้นก็จะมีเสียงสัญญาณ Ringing Tone เป็นเสียงของสัญญาณกระดิ่งดังเป็นจังหวะ 1 วินาที และหยุด 4 วินาที โดยสัญญาณกระดิ่งที่วัดได้จากคู่สายปลายทางนี้จะมีสัญญาณไฟ AC เข้ามาด้วย

Busy Tone เมื่อกดคีย์หรือหมุนเลขหมายที่ต้องการจะติดต่อแล้ว ปรากฏว่า ได้ยินเสียงเป็นจังหวะที่มีความดังสั้นๆ 0.5 วินาทีและหยุดประมาณ 0.5 วินาทีสลับกันไปมาซึ่งแสดงว่าเลขหมายที่เราต้องการจะติดต่อด้วยขณะนั้นกำลังถูกใช้งานอยู่ คือกำลังติดต่อเลขหมายอื่นอยู่ให้ว่างหูคอยอีกสักครู่ แล้วจึงเรียกกลับไปใหม่

Nu Tone กล่าวคือเมื่อเราทำการกดคีย์ หรือหมุนเลขหมายที่ต้องการจะติดต่อแล้ว ปรากฏเสียงที่ดังเป็นจังหวะความถี่สั้นๆ 3 ครั้งและยาว 1 ครั้งสลับกันไป โดยสัญญาณดังกล่าวนั้นแสดงว่าหมายเลขที่เราทำการเรียกไปนั้นเป็เลขหมายที่ยังไม่ได้ทำการติดตั้ง หรืออีกนัยคือเลขหมายนั้นได้ถูกยกเลิกการใช้งานไปแล้ว

2.1.3 หน้าที่หลักของโทรศัพท์

- เครื่องโทรศัพท์สามารถติดต่อกับอีกเครื่องหนึ่งได้โดยการส่งสัญญาณผ่านทางชุมสายโทรศัพท์
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณหมุนที่จะทำให้การกดหรือหมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ และส่งรหัสหมายเลขที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อด้วยไปยังชุมสาย
- เครื่องโทรศัพท์สามารถจะเปลี่ยนรูปสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และเปลี่ยนจากสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียง เช่นในขณะสนทนา จะได้ยินเสียงและสามารถพูดโต้ตอบกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องโทรศัพท์สามารถรับสัญญาณต่าง ๆ ที่ส่งมาจากชุมสายโทรศัพท์เช่น สามารถตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง จากชุมสายโทรศัพท์ ว่าขณะนี้กำลังจะมีผู้เรียกสายอยู่
- เครื่องโทรศัพท์จะส่งสัญญาณไปยังชุมสายโทรศัพท์ เพื่อแจ้งให้ทราบว่าสิ้นสุดการใช้งานแล้วและให้ชุมสายโทรศัพท์เลิกทำการติดต่ออีกฝ่ายหนึ่งได้

2.1.4 ลักษณะของสัญญาณโทรศัพท์

- เมื่อเป็นผู้เรียก

เมื่อโทรศัพท์ยังไม่ได้ยกหู สัญญาณระหว่างคู่สายจะเป็น 48 โวลท์ ดีซี เมื่อยกหูฟังขึ้น สัญญาณระหว่างโทรศัพท์จะตกลงเป็น 5 โวลท์ ดีซี ในขณะเดียวกันก็จะมีสัญญาณ 600 มิลลิโวลท์ ผสมมาด้วย

เมื่อหมุนหรือกดหน้าปัทม์เพื่อเรียกไปหมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยนั้น ในแบบหมุนหน้าปัทม์จะส่งพัลซ์จำนวนลูกเท่ากับจำนวนพัลซ์ที่หมุน โดยจะส่งพัลซ์ในแบบ 10 พัลซ์ต่อวินาที สำหรับในแบบกดปุ่มหน้าปัทม์นั้นจะส่งสัญญาณคู่ความถี่ ซึ่งเป็นสัญญาณของกลุ่มความถี่ ต่ำและความถี่สูงรวมกัน ซึ่งเป็นความถี่มาตรฐานที่กำหนดไว้

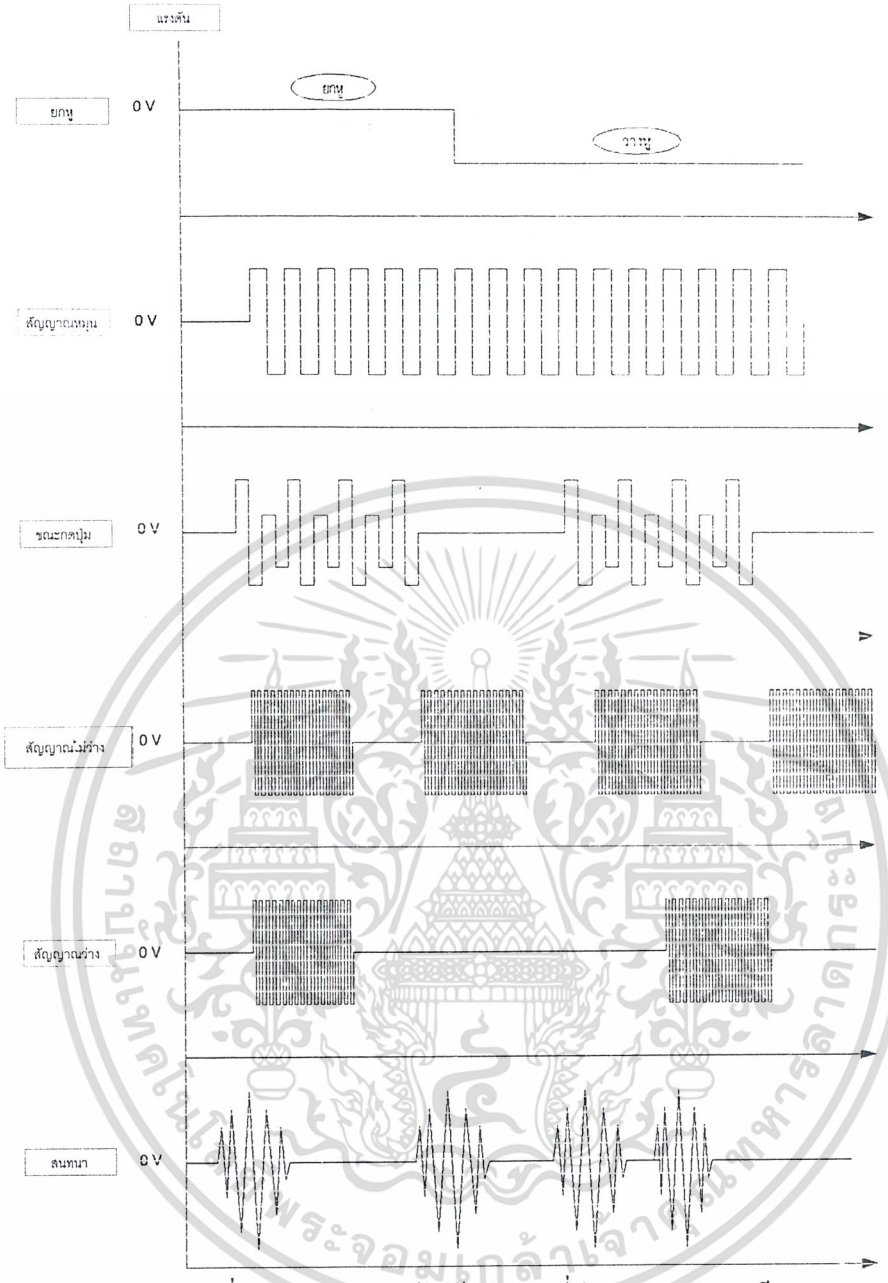
ความถี่	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	*	D

รูปที่ 2.1 ความถี่และการจัดปุ่มโทรศัพท์

ขณะรอสัญญาณหลังการกดปุ่มหรือหมุนหน้าปัทม์ ถ้าได้รับสัญญาณเรียกกลับแสดงว่า กำลังมีการเรียกไปยังเลขหมายที่ต้องการติดต่ออยู่ โดยเป็นสัญญาณจังหวะดัง 1 วินาที หยุด 4 วินาที สลับกัน ที่ความถี่ 440 เฮิรตซ์ และระดับสัญญาณ 200 มิลลิโวลท์ แต่ถ้าหากว่าได้รับสายสัญญาณไม่ว่าง ซึ่งจะเป็นสัญญาณดังและหยุดสลับกันเป็นจังหวะทุก 0.5 วินาที ที่มีความถี่ 500 เฮิรตซ์ และระดับสัญญาณ 400 มิลลิโวลท์

ขณะพูด สัญญาณระหว่างสายโทรศัพท์ยังคงเป็นสัญญาณดีซี 5 โวลท์ เช่นเดิม แต่จะมีสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณเอซีระดับสัญญาณขนาดไม่เกิน 1 โวลท์ คร่อมอยู่บนสัญญาณดีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

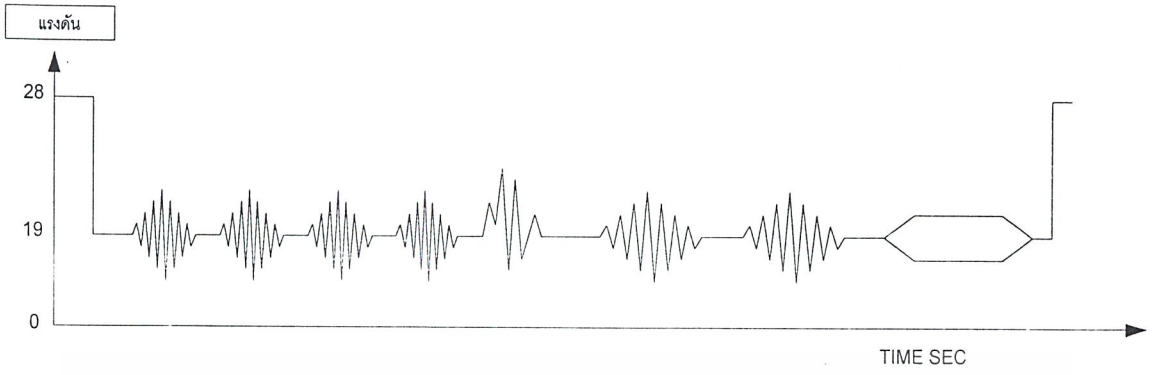


รูปที่ 2.2 ลักษณะทางไฟฟ้าปรากฏที่คู่สายขณะทำการเรียก

เมื่อเป็นผู้รับ

- ขณะยังวางหูอยู่ สัญญาณระหว่างสายโทรศัพท์จะเป็น 48 โวลท์ ดีซี
- เมื่อมีสัญญาณกระดิ่ง จะมีสัญญาณเอซีความถี่ 16 เฮิรตซ์ ระดับสัญญาณ 75-110 โวลท์ดัง 1 วินาที และหยุด 4 วินาที สลับกัน
- เมื่อยกหูโทรศัพท์ สัญญาณระหว่างสายโทรศัพท์จะตกลงไปเป็น 10 โวลท์ ดีซีและจะได้ยินเสียงจากผู้เรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



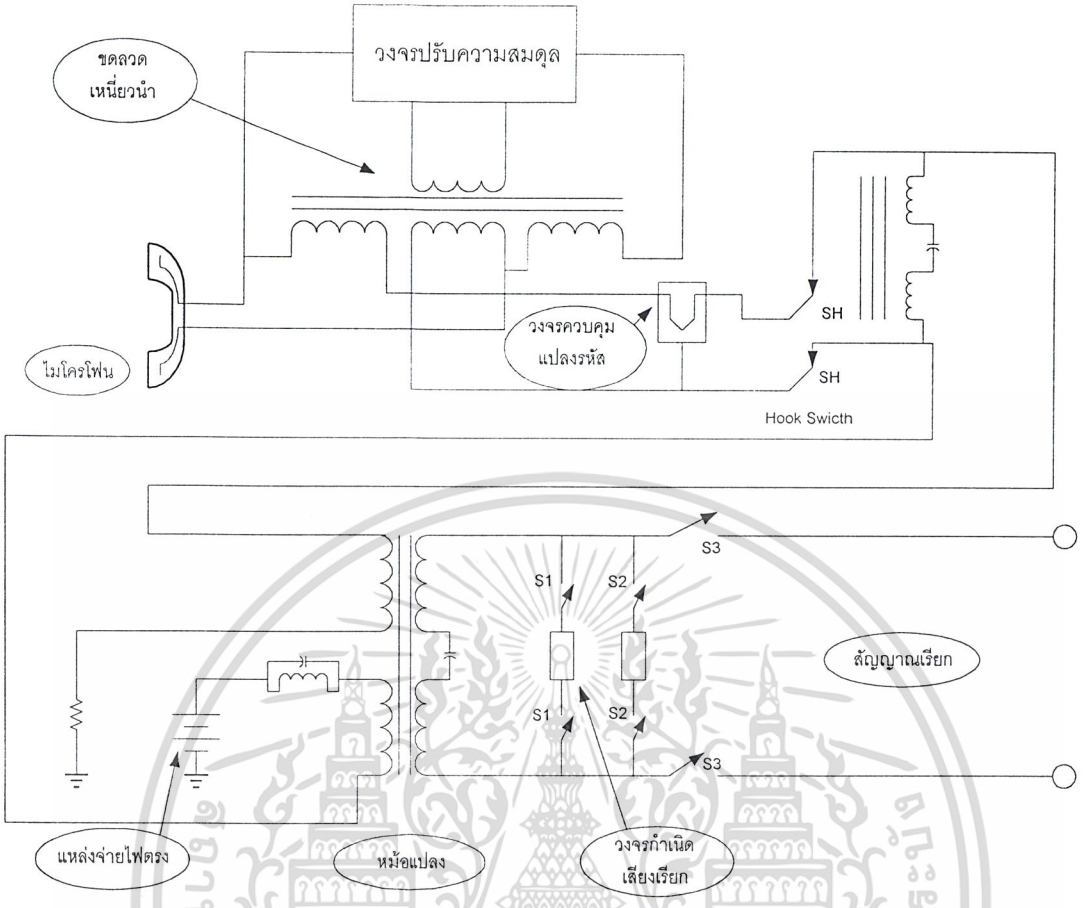
รูปที่ 2.3 ลักษณะของสัญญาณเมื่อผู้ที่เรียกเรียกเข้ามา

รูปที่ 2.4 ลักษณะของสัญญาณโทรศัพท์

2.1.5 กลไกการเชื่อมต่อวงจรโทรศัพท์

วงจรพื้นฐานข้างในรวมทั้งการเชื่อมต่อกับชุมสายเบื้องต้นแสดงดังรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าโทรศัพท์จะเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย 2 สาย คือ T (Tip) และ R (Ring) เมื่อผู้ใช้ยกโทรศัพท์ ฮุกสวิตซ์ ในส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างหูฟังกับสายโทรศัพท์ที่มีหม้อแปลงแบบอัตโนมัติ ทำหน้าที่ปรับ อิมพีแดนซ์ของหูฟังทำให้การรับส่งสัญญาณมีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมไปถึงทำให้ทำผู้พูดได้ยินเสียงที่ตัวเองพูดไปในระดับที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 วงจรภายในเครื่องโทรศัพท์และการเชื่อมต่อกับชุมสายท้องถิ่น

เมื่อมีการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสายแล้วก็จะมีสัญญาณถูกส่งไปยังอุปกรณ์สวิตซ์ ซึ่งเพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้คู่สายไม่ว่างแล้ว

สำหรับการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ ก็คือ การส่งสัญญาณพัลซ์ ตั้งแต่ 1 ถึง 10 พัลซ์ เช่น ถ้ามีการส่งสัญญาณพัลซ์ 1 พัลซ์ ก็หมายถึงการหมุนหมายเลข 0 ส่ง 2 พัลซ์ ก็หมายถึง หมายเลข 1 ดังนั้น ถ้าเราหมุน 9 ก็จะมีการส่งพัลซ์จำนวน 10 พัลซ์นั่นเอง ความเร็วในการส่งพัลซ์ คือ 10 พัลซ์ต่อวินาที

สำหรับโทรศัพท์ที่ใช้การกดปุ่มนั้นจะเป็นการส่งที่มีค่าของความถี่ที่แตกต่างกันออกไปสำหรับแต่ละหมายเลขที่มีอยู่ 10 ตัว ความถี่ที่ ส่งออกไปเป็นความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียง โดยในการกดครั้งหนึ่งจะมีสัญญาณเสียงที่มอดดูเลตแล้วส่งออกไป 2 ความถี่

ทางชุมสายเมื่อได้รับข้อมูลจากผู้เรียกแล้ว ก็จะแปลงสัญญาณที่จะได้รับมาสั่งให้อุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งทำงาน เพื่อทำการต่อสายให้กับผู้เรียก ถ้าปลายสายที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) ไปยังผู้เรียกเพื่อแจ้งให้ทราบว่าไม่สามารถต่อวงจรให้ได้แต่ถ้าปลายสายว่าง ชุมสายก็จะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Back Tone) ไปยังผู้เรียก เพื่อแจ้งให้ทราบว่าสามารถต่อวงจรให้ได้ตามต้องการแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือใช้ประโยชน์ในทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การสนทนา

เมื่อปลายสายหรือผู้เรียกหรือผู้ถูกเรียกยกหูโทรศัพท์ขึ้น การทำงานในส่วนวงจรควบคุมของชุมสายโทรศัพท์ก็จะหยุด เพื่อที่จะรอทำงานให้กับผู้อื่นที่เรียกเข้ามาต่อไป แต่หน้าที่ของชุมสายสำหรับตอนนี้ก็คือ การทำงานของมิเตอร์สำหรับเรียกเก็บค่าบริการในภายหลัง

ในระหว่างที่ทำการสนทนาอยู่ เครื่องโทรศัพท์ก็จะทำงาน 2 รูปแบบไปพร้อม ๆ กัน คือแปลงจากสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียง (Acoustic Energy) ซึ่งจะเรียกว่ารูปแบบการรับสัญญาณ (Receiver Mode) และในทางกลับกัน รูปแบบที่ทำหน้าที่แปลงจากสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า จะเรียกว่า รูปแบบการส่งสัญญาณ (Transmitter Mode) ในรูปแบบหลังนี้เองที่มีเรื่องของการป้อนกลับของสัญญาณเข้ามาเกี่ยวข้องนั่นก็คือ การที่ผู้พูดสามารถได้ยินเสียงของตนเองจากหูฟังด้วย เรียกเสียงนี้ว่า Side Tone ซึ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องป้อนกลับมา เพราะไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถรับรู้ได้เลยว่าควรพูดให้มีเสียงดังให้อยู่ในระดับใดจึงจะพอเหมาะที่คู่สนทนาจะได้ยินเสียงผู้พูดของผู้เรียกได้อย่างชัดเจน

เมื่อสิ้นสุดการสนทนาทั้ง 2 ฝ่าย และวางหูโทรศัพท์ลง สัญญาณจาก ฮุกสวิตซ์ก็จะบอกให้ชุมสายโทรศัพท์ทำการเปิดวงจรที่ทำการติดต่ออยู่ออก อุปกรณ์ต่าง ๆ ก็จะว่าง และพร้อมสำหรับการติดต่อครั้งต่อไป

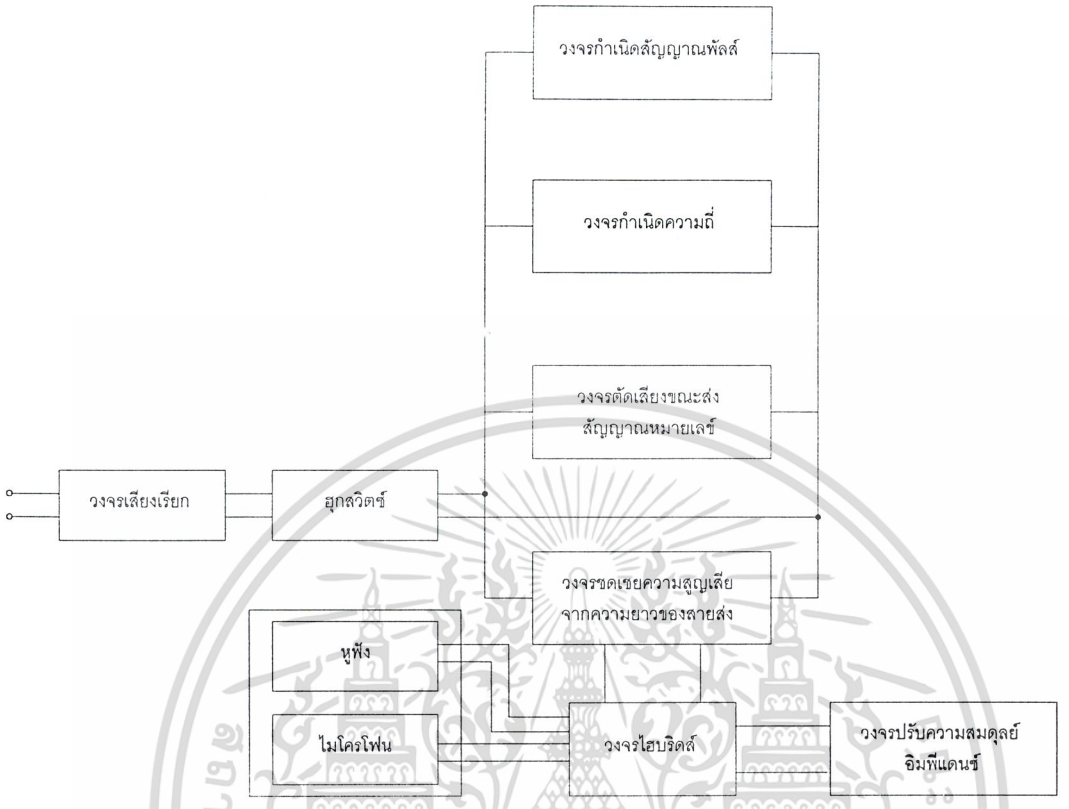
2.1.7 ระบบการส่งสัญญาณในสายส่ง

ในสายส่งโทรศัพท์นั้นมีสัญญาณต่าง ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อทำให้เราสามารถพูดคุยกันในระยะทางไกล ๆ ได้ สัญญาณที่จะปรากฏในสายส่งจะสามารถแยกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ คือสัญญาณเสียงที่พูดคุยกัน และสัญญาณที่ใช้ ในการควบคุมระบบสวิตซ์ ซึ่งในการเชื่อมต่อวงจรระหว่างผู้เรียกนั่นเอง รวมทั้งสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณบอกไม่ว่าง ตัวสัญญาณควบคุมนี้อาจเป็นได้ทั้งสัญญาณอนาล็อก หรือจะเป็นสัญญาณดิจิตอลก็ได้ โทรศัพท์แบบหมุนกับแบบกดปุ่มมีหลักการส่งรหัสเลขหมายโทรศัพท์คนละแบบกัน

ดังนั้นการส่งสัญญาณออกไปในสายส่งบางครั้ง อาจมีการส่งทั้งสัญญาณดิจิตอล และสัญญาณอนาล็อกไปพร้อม ๆ กันก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แบบการทำงานของโทรศัพท์



รูปที่ 2.6 ผังการทำงานของโทรศัพท์

ในรูปที่ 2.6 เป็นผังการทำงานของส่วนต่าง ๆ ที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์ โดยเชื่อมต่อกับชุมสายด้วยสาย T (Tip) และสาย R (Ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อระหว่างวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ชุมสาย คือวงจรกำเนิดเสียงเรียก (Ringer) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียกเมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์โดยตรงก็คือเมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางฮุกสวิตช์จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่หลังฮุกสวิตช์ได้ ดังนั้น ถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกอยู่ด้านหลังฮุกสวิตช์จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีการติดต่อเข้ามา

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น ฮุกสวิตช์ S1 และ S2 ในรูปที่ 6 ก็ปิดวงจรทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ ในขณะเดียวกัน กระแสค่าเดียวกันนี้จะไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ที่ชุมสายด้วย ซึ่งทำหน้าที่หน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลง เพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ได้จากนั้นชุมสายก็จะส่งสัญญาณหมุนไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์ เพื่อ

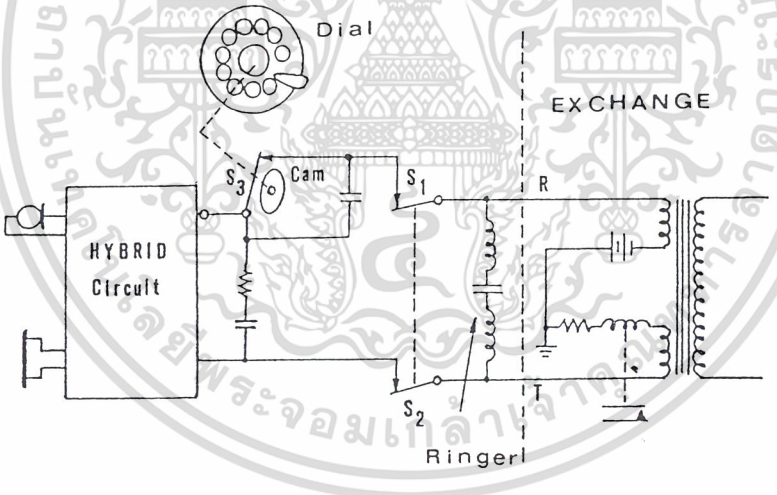
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสาย หลังจากที่ชุมสายได้รับหมายเลขที่ส่งมาแล้วชุมสายก็จะยกเลิกสัญญาณหมุน ซึ่งกระบวนการตอนนี้จะเกิดขึ้นรวดเร็ว

การส่งเลขหมายโทรศัพท์ไปยังชุมสายนั้นสามารถกระทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการส่งสัญญาณพัลซ์ที่แสดงถึงค่าของเลขหมายต่าง ๆ และอีกวิธีหนึ่งก็คือ การส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่าง ๆ กัน โดยค่าของตัวเลขจะถูกแทนด้วยค่าความถี่ 2 ความถี่ที่มอดูเลตรวมกัน ลักษณะการใช้งานของแต่ละแบบมีดังนี้

2.3 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณพัลซ์

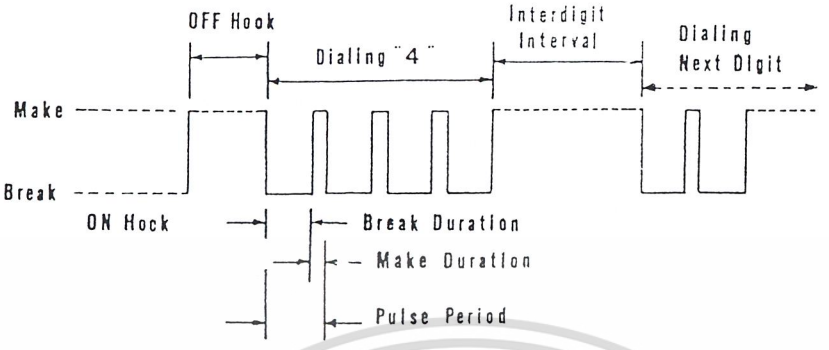
จากรูปที่ 2.7 เป็นวงจรที่ใช้ส่งหมายเลขโทรศัพท์ในแบบพัลซ์ เห็นได้ว่าสวิตซ์ S3 จะถูกเปิดวงจรออกเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ เมื่อสวิตซ์ S3 ถูกเปิดวงจรออกก็จะไม่มีกระแสไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้ จึงเสมือนว่าเป็น การขัดจังหวะ (Interruption) การไหลของกระแส สำหรับจำนวนครั้งที่ สวิตซ์ S3 ถูกเปิดกระแสออกจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของ แป้นหมุน (Dialer) ที่ถูกหมุนไป กับตำแหน่งปกติในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลขใด ๆ เป็นต้นว่า ถ้าหมุนหมายเลข 4 สวิตซ์ S3 ถูกทำให้เปิดออก 4 ครั้ง ซึ่งสวิตซ์ S3 จะถูกเปิดวงจรในช่วงที่ปล่อยให้แป้นหมุนกลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการหมุนหมายเลขอยู่



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรหมุนหมายเลขแบบพัลซ์อย่างง่าย

จากรูปนี้จะเห็นว่าในตอนแรก โทรศัพท์ยังอยู่ในสภาวะ off-hook ฮุกสวิตซ์จะถูกปิดวงจรลง ทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้ และเมื่อมีการหมุนหมายเลข 4 จะทำให้มีการเปิดวงจรออกด้วยสวิตซ์ S3 จำนวน 4 ครั้ง ได้รูปสัญญาณตามที่เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 Pulse การหมุนหมายเลข 4

ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณแบบพัลซ์นี้ จะถูกกำหนดให้สามารถส่งสัญญาณในอัตรา 10 พัลซ์ต่อวินาที และเพื่อความเข้าใจที่ตรงกันในการพิจารณาสัญญาณที่เกิดขึ้น จึงทราบความหมายดังต่อไปนี้

- อัตราการส่งสัญญาณพัลซ์ (pulse rate) = จำนวนพัลซ์ที่ถูกส่งออกไปใน 1 วินาที = 1000/คาบเวลา ของสัญญาณพัลซ์ (เป็นมิลลิวินาที)
- เปอร์เซ็นต์ของการเปิดวงจร (percent break = 100 * อัตราส่วนการเปิดวงจร (break ratio) = 100 * = ช่วงเวลาที่วงจรถูกเปิดออก/คาบของสัญญาณพัลซ์
- ช่วงเวลาระหว่างกลุ่มของสัญญาณ (inter digit interval) ถูกกำหนดให้มีค่าอย่างต่ำ 700 มิลิวินาที

2.4 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่

ระบบโทรศัพท์แบบเก่าที่มีใช้อยู่โดยทั่วไปนั้น ไม่ว่าจะเป็นแบบ Stowger หรือ ระบบ ครอสบาร์การต่อโทรศัพท์จากผู้เช่าไปยังอีกเลขหมายหนึ่งนั้น ยังอาศัยการหมุนหน้าปัทม์เพื่อทำการส่งพัลซ์ให้สวิตซ์ทำงาน การส่งพัลซ์ยังคงใช้อยู่ทั้งระบบ 10 pps และ 20 pps

วงการโทรศัพท์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วมาก จากเดิมที่เป็นหน้าปัทม์หมุน ก็เปลี่ยนมาเป็นการกดปุ่มแทน การกดปุ่มก็เพื่อจะส่งความถี่ออกไป ซึ่งเป็นสัญญาณ multi frequency signal การที่เราใช้วิธีนี้ก็เพื่อ

- ลดเวลาในการหมุนหน้าปัทม์ลง
- ส่งเลขหมายได้ง่ายขึ้นเพียงการกดปุ่ม
- มีความผิดพลาดในการส่งเลขหมายน้อยลง
- สามารถที่จะเพิ่มปุ่มอื่น ๆ นอกเหนือที่มีอยู่แล้ว เพื่อใช้งานอย่างอื่นได้ด้วย
- ใช้ความถี่ในระดับเครื่องเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

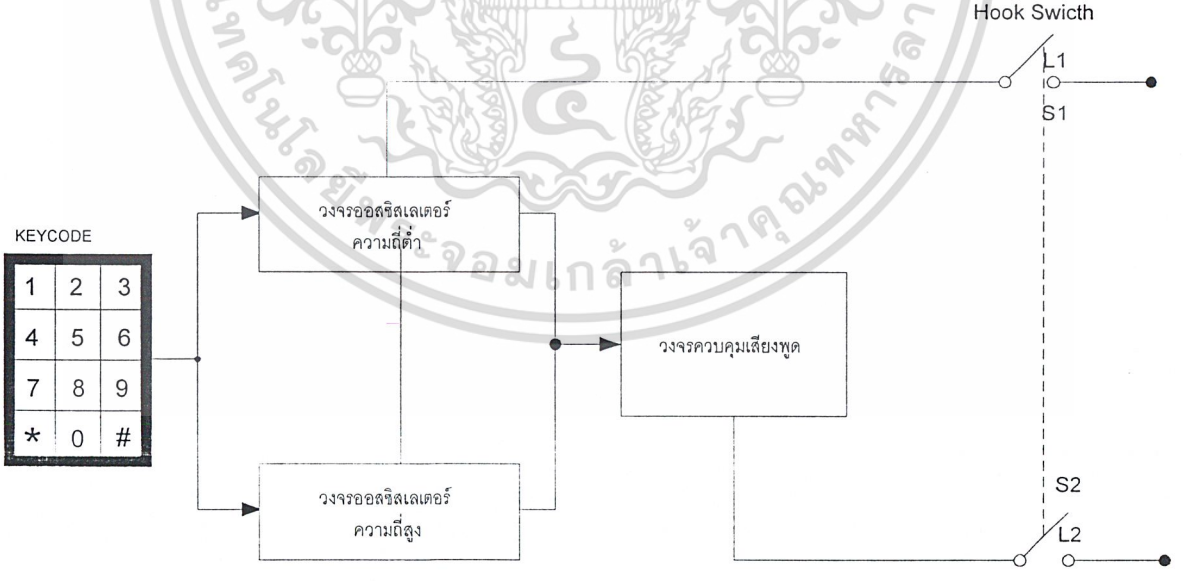
ระบบนี้เป็นระบบการส่งสัญญาณอีกแบบหนึ่ง ซึ่งจะพบมากกว่าการส่งแบบพัลซ์ ระบบนี้มีชื่อย่อว่า DTMF (Dial Tone Multi Frequency) มีวิธีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อโดยการส่ง

สัญญาณความถี่ 2 ความถี่มอดูเลทกันไป ความถี่นี้อยู่ในย่านความถี่เสียงพูด (0-4 กิโลเฮิรตซ์) กลุ่มความถี่ต่ำจะเป็นของแนว ส่วนกลุ่มความถี่สูงกว่าจะเป็นของแถวค่าต่าง ๆ ของความถี่ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 2.1

ความถี่ (Hz)	รหัสหรือหมายเลข		
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#
ความถี่ (Hz)	1209	1336	1477

ตารางที่ 2.1 แสดงความถี่ต่าง ที่ใช้ในระบบ DTMF

ระบบสัญญาณ DTMF ด้วยการใช้ไอซีสำเร็จรูปในปัจจุบันจะดูเหมาะสมกว่าการนำเอาอุปกรณ์มาต่อกันเพื่อทำการผลิตความถี่ต่าง ๆ ของเลขหมายที่ต้องการจะติดต่อ หลักการของไอซีจำพวกนี้ก็ใช้หลักการเดิม คือ การเอาความถี่ที่แตกต่าง 2 ความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มหมายเลขโทรศัพท์มามอดูเลทกันแล้วส่งไปยังชุมสายต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF แบบเก่า

ในรูปที่ 2.9 เป็นบล็อกไดอะแกรมของการส่งสัญญาณแบบ DTMF ซึ่งในระบบนี้ยังคงต้องใช้อุปกรณ์พาสซีฟ ในการวงจรออสซิเลเตอร์ ซึ่งแน่นอนว่าปัญหาที่จะพบในวงจรที่ใช้อุปกรณ์เหล่านี้คือความเคลื่อนเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปตลอดจนอายุการใช้งาน ซึ่งผลที่ตามมาคือความถี่ที่ผลิตออกมาย่อมเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยผลสุดท้ายก็จะทำให้ชุมสายเกิดการทำงานผิดพลาดในการติดต่อกับผู้ที่จะเรียกใช้ ดังนั้นการสร้างไอซีสำเร็จรูปขึ้นมาแทนอุปกรณ์พาสซีพ ย่อมจะแก้ไขปัญหาได้ในระดับหนึ่ง ในรูปที่เป็นบล็อกไดอะแกรมของไอซีที่จะใช้สร้างสัญญาณในระบบ DTMF ซึ่งวงจรภายในประกอบด้วย วงจรนับและถอดรหัส ซึ่งจะแยกแยะว่าการกดหมายเลขแต่ละครั้งจะตรงกับตำแหน่งใดบ้างในแต่ละแถวหรือแนว เมื่อทำการถอดรหัสจากการกดได้แล้ว จะนำค่าในแถวและแนวไปหารจากค่าความถี่หลัก สัญญาณที่ออกจากวงจรนับและถอดรหัสก็จะออกมาเป็นสัญญาณดิจิตอล 2 สัญญาณที่มีความถี่แตกต่างกัน หลังจากนั้นก็นำสัญญาณทั้งสอง ไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลไปเป็นอะนาลอก และนำมารวมกันโดยการนำไปผ่านวงจรรวมและขยายสัญญาณ แล้วจึงถูกส่งผ่านต่อไปยังวงจรควบคุมเสียงพูด และผ่านไปยังชุมสายโทรศัพท์ในที่สุด

2.5 ข้อเปรียบเทียบของระบบ DTMF กับระบบ พัลซ์

ในการส่งสัญญาณแบบพัลซ์ ลูก ใช้เวลาอย่างน้อย 100 มิลลิวินาที (60 มิลลิวินาทีในช่วงการเปิดวงจร และ 40 มิลลิวินาทีในช่วงของการปิดวงจร) และยังต้องมีช่วงเวลาที่แยกสัญญาณแต่ละกลุ่มออกจากกันอีกอย่างน้อย 700 มิลลิวินาที ดังนั้นถ้าเลขหมายที่ต้องการติดต่อมีความยาวมากขึ้นเท่าใด ย่อมจะต้องเสียเวลาในการส่งมากขึ้นเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ในการส่งสัญญาณ 555-5555 ใช้เวลาในการส่ง

= 5 (พัลซ์/มิลลิวินาที)*1000(มิลลิวินาที/พัลซ์) * 7(หมายเลข)

= 3.5 วินาที

ระยะเวลาของช่องว่างระหว่างกลุ่มสัญญาณ

= 700 (มิลลิวินาที) * 6

= 4.2 วินาที

ดังนั้นจะใช้เวลาการส่งทั้งหมด

= 3.5+4.2 วินาที

แต่ถ้าเป็นโทรศัพท์ที่ใช้การส่งระบบ DTMF จะใช้เวลาเท่ากับ

= 7 * 100 มิลลิวินาที

= 0.7 วินาที

ดังนั้นจะเห็นได้ชัดเจนว่าข้อดีของระบบ DTMF คือสามารถประหยัดเวลาในการส่งหมายเลขไปยังชุมสายได้มากกว่าระบบพัลซ์ สามารถใช้วงจรที่เป็นโซลิทสเตทได้ ทำให้เกิดความประหยัดและสะดวก ซึ่งเป็นผลให้ชุมสายใช้อุปกรณ์ผ่วยความจำภายในชุมสายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ลักษณะของสัญญาณทางโทรศัพท์

สัญญาณทางโทรศัพท์มีทั้งสัญญาณ ไฟ AC และ ไฟ DC ซึ่งจะพิจารณาสัญญาณโทรศัพท์ได้เป็น 2 ลักษณะตามวิธีการใช้งาน คือ

2.6.1 กรณีเมื่อเป็นผู้เรียก

- เมื่อโทรศัพท์อยู่ในสภาวะปกติ ไม่ได้ทำการยกหูสัญญาณระหว่างคู่สายโทรศัพท์จะเป็นไฟ 48 โวลท์ ทางดีซี (DC)
- เมื่อทำการยกหูขึ้น สัญญาณระหว่างสายโทรศัพท์จะตกลงเป็นไฟ 10 โวลท์ทาง (DC) และในขณะเดียวกันก็จะมีสัญญาณไฟ (AC) 600 มิลิโวลท์
- เมื่อกดปุ่มหน้าปัทม์เพื่อไปยังเลขหมายที่จะทำการติดต่อด้วย สำหรับในแบบหน้าปัทม์กดปุ่มก็จะส่งสัญญาณคู่ความถี่ (Dial Tone Multi Frequency) หรือ DTMF
- ซึ่งเป็นสัญญาณของกลุ่มความถี่ต่ำและสัญญาณของกลุ่มความถี่สูง ซึ่งสัญญาณทั้ง 2 เป็นความถี่มาตรฐาน
- การรอสัญญาณหลังการหมุน หรือการกดหน้าปัทม์ถ้าได้รับสัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone) แสดงว่า กำลังมีการเรียกกลับไปยังเลขหมายที่ต้องการติดต่ออยู่ จะเป็นสัญญาณดัง 1 วินาทีหยุด 4 วินาทีสลับกันไปความถี่ 440 เฮิรสต์ (Hz) ระดับสัญญาณ 200 มิลลิโวทล์ แต่ถ้าหากได้รับสัญญาณสายไม่ว่าง (Busy Tone) จะเป็นสัญญาณและหยุดสลับกันเป็นจังหวะทุกๆ 0.5 วินาทีความถี่ 560 เฮิรสต์ (Hz) ระดับของสัญญาณ 400 มิลลิโวลท์
- เมื่อพูดสัญญาณระหว่างคู่สายโทรศัพท์ยังคงเป็นสัญญาณดีซี (DC) ขนาด 10 มิลลิโวลท์เช่นเดิม แต่จะมีสัญญาณเสียงซึ่งเป็นสัญญาณทางเอซี (AC) ระดับของสัญญาณนั้นจะมีค่าไม่เกิน 1 โวลท์ คร่อมอยู่บนระดับของสัญญาณดีซี (DC) นี้

2.6.2 กรณีเมื่อเป็นผู้รับ

- ขณะว่างอยู่ สัญญาณทางโทรศัพท์ระหว่างสายโทรศัพท์มีค่าเป็น 48 โวลท์ ทางดีซี (DC)
- เมื่อมีสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Tone)จะมีสัญญารทางเอซี (AC) ที่มีค่าความถี่เท่ากับ 16 เฮิรต์ (Hz)ระดับสัญญาณ 270 มิลลิโวลท์ ดัง 1 วินาทีหยุด 4 วินาทีสลับกันไป
- เมื่อยกหูโทรศัพท์สัญญาณโทรศัพท์จะตกเป็นสัญญาณไฟ 10 โวลท์ดีซี (DC)

2.7 ไอซีถอดรหัสความถี่ MT8870 DTMF

ไอซีถอดรหัสความถี่หมายถึง การแปลงรหัสของสัญญาณความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มของตัวเลขแบบโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF).ห้ระบบตัวเลขแบบทางดิจิตอลของไอซี MT8870 ใช้การแปลงงความถี่ทางโทรศัพท์ให้เป็นเลขฐาน 2 ที่มีขนาด 4 บิท

2.7.1 คุณสมบัติของไอซี MT8870

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF Receiver)
- กินไฟน้อย และใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับไอซี TLL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- สามารถตั้งอัตราการขยายไดภายในตัวของไอซี
- สามารถที่จะปรับการ์ดไทม์ได้ (Guard Time)

การนำไอซี MT8870 ไปใช้งานในแบบต่างๆ

+ การนำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล
+ การนำไปใช้ด้านโทรศัพท์ทางไกล
+ การนำไปใช้ในเครื่องเครดิตการ์ด
+ การนำไปใช้ร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์
+ การนำไปใช้ในชุมสายขนาดย่อย PABX
+ การนำไปใช้งานด้านโทรศัพท์ทั่วไป
+ การนำไปใช้ด้านระบบควบคุมอุปกรณ์โทรศัพท์
+ การนำไปใช้ในเครื่องป้องกันภัย
+ การนำไปใช้ร่วมกับเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์

นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ต่างๆอีกมาก

2.7.2 โครงสร้างของไอซี MT8870

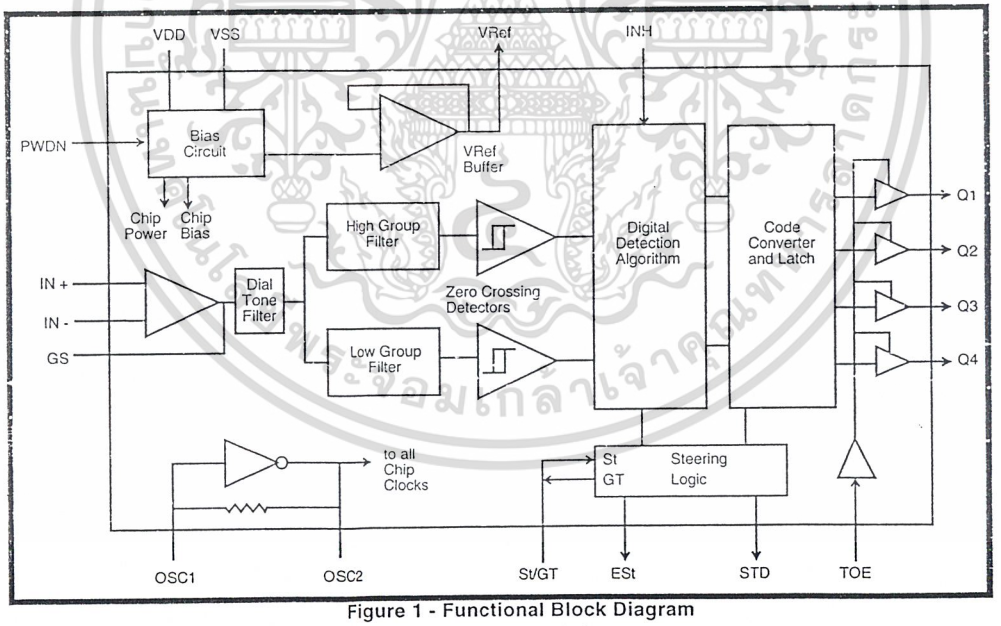


Figure 1 - Functional Block Diagram

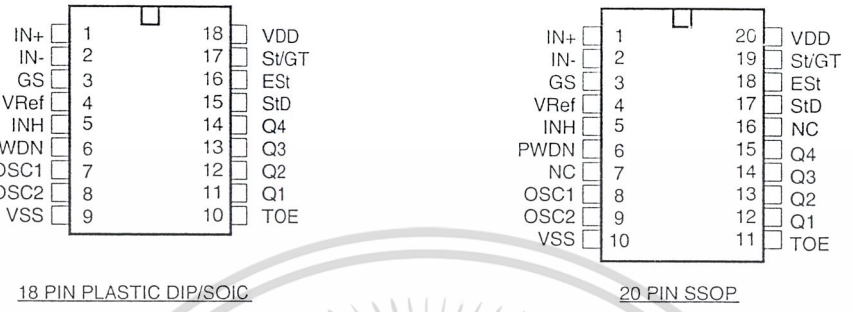
รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างภายในของไอซี MT8870

โครงสร้างภายในของไอซี MT8870 นั้นประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชั่นสัญญาณทางดิจิตอลและเป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยีของ ISO – CMOS เป็นส่วนของวงจรกรองความถี่ที่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับวงจรกรองความถี่ต่ำและสำหรับวงจรกรองความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37138

ส่วนวงจรถอดรหัสทางดิจิตอจใช้เทคนิคทางดิจิตอจเพื่อตรวจรับและทำการถอดรหัสทั้ง i6 ความถี่เป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิท และเช็คช่วงเวลาชองสัญญาณที่เข้ามาทางภาคอินพุทของออปแอมป์ ซึ่งสามารถที่จะปรับอัตราการขยายภายนอกได้ เอาท์พุทเป็น วงจรแลตท์ 3 สถานะ ดังรูปที่แสดงโครงสร้างภายในของไอซี MT8870 ข้างต้นและรูปที่แสดงลักษณะขาของไอซี MT8870



รูปที่ 2.11 แสดงรายละเอียดขาของไอซี MT8870

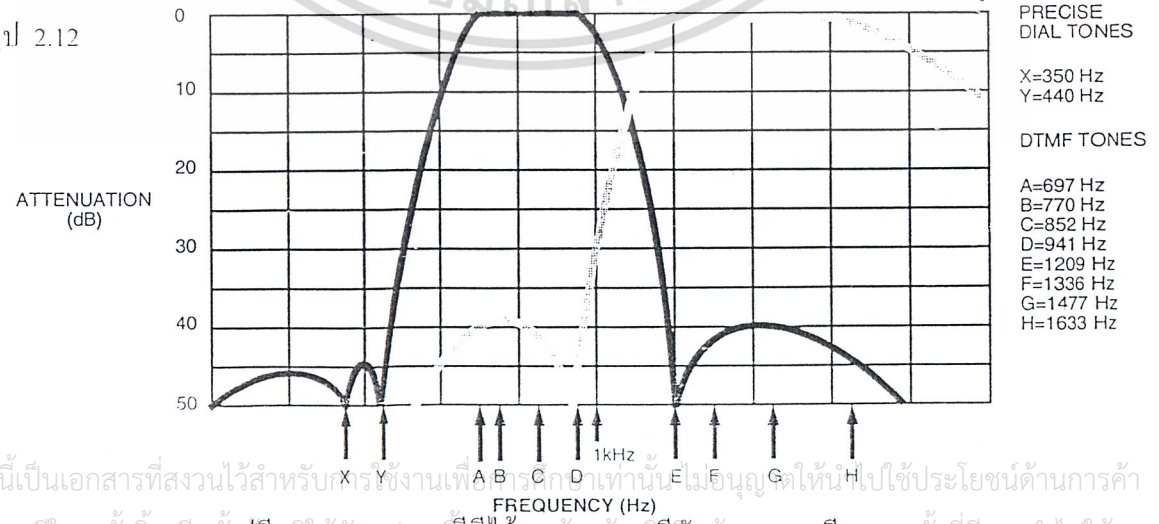
2.7.3 ฟังก์ชั่นการทำงานภายในของไอซี MT8870

ภายในการทำงานของไอซี MT8870 ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 5 ส่วน

- ภาคกรองความถี่ (Filter Section)
- ภาคถอดรหัส (Decoder Section)
- ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)
- ภาคขยายสัญญาณความแตกต่างทางความถี่ (Differential Input)

2.7.4 ภาคกรองความถี่ (Filter Section)

ในส่วนที่จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงที่ความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่แบบอันดับ ชนิดและที่เป็นสวิทต์คาปาซิเตอร์ (Six – Order Switch Capacitor Band Filter) ที่มีความได้ยกกำลังสองได้สองช่วงคือ ช่วงที่ความถี่สูงและช่วงของความถี่ต่ำดังแสดงดังรูป 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองถี่สัญญาณความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5 ภาคถอดรหัส (Decoder Section)

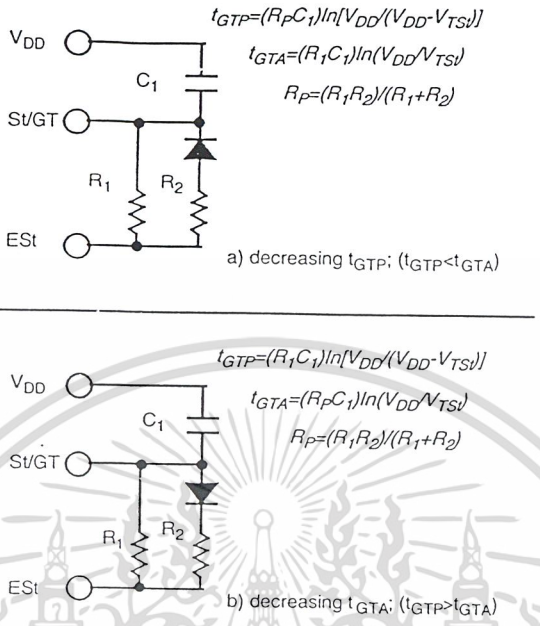
ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองไว้เรียบร้อยแล้วจะผ่านเขาสู่วงจรถอดรหัสความถี่ที่เป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอล และมีวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อที่จะป้องกันความถีอื่นที่จะเข้ามาผสมและเมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้องแล้วสัญญาณที่ขา ES (Earlt Steering)ก็จะแอฟทีฟค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆดังแสดงในรูปตาราง

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าที่ถอดรหัสที่ได้จากความถี่ต่างๆ

Digital	On	NIX	Est	Q4	Q3	Q2	Q1
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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.6 ภาคตรวจสอบรหัสสัญญาณ (Steering Circuit)



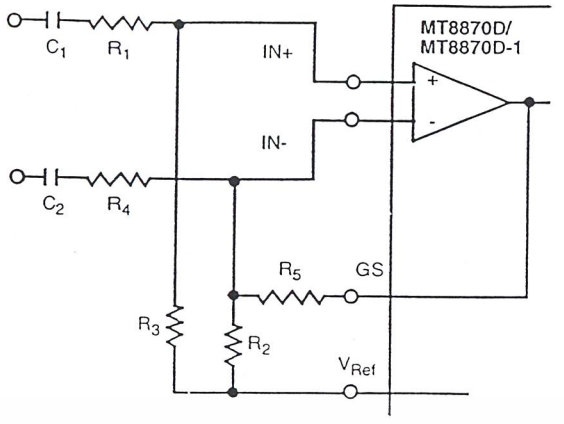
รูปที่ 2.13 วงจรตรวจสอบสัญญาณ และแสดงการกำหนดในเวลาการ์ดไทม์ (Guard Time)

ก่อนที่จะมีการถอดรหัส ความถี่ออกไปที่เอาท์พุทจะมี การตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ซึ่งต้องกดให้มีระยะเวลาความถี่ห่างกันพอสมควร มิฉะนั้นวงจรจะได้รับสัญญาณของความถี่ที่ไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลาที่จะยาวนานเท่าไรนั้นเราก็สามารถที่จะใช้วงจร RC ต่อออกมาภายนอกได้ สัญญาณที่ขาของ Est (Early Steering) จะเป็นขา High นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF ที่จะเข้ามาที่รูปข้างต้น เมื่อขา Est เป็นสภาวะ High ทำให้ Vc สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน Vc สูงขึ้นจะมีค่าเทรชโฮลด์ของวงจรถอดรหัสซึ่งจะถอดเป็นตัวเลขขนาด 4 บิท รายละเอียดของการทำงานให้ดูจากแผนภูมิเวลา หรือ ไทม์มิ่ง (Timing Diagram) จะสามารถเข้าใจได้ง่ายกว่าสำหรับค่าการ์ดไทม์ (Guard Time) นั้นหมายถึงช่วงคราบเวลาของความถี่ ซึ่งจะนานเท่ากันหรือมากกว่าที่ค่าช่วงเวลาที่ตั้งไว้ จึงยอมให้มีการรับสัญญาณของความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้เวลาที่เรานั้นได้สร้างวงจรตั้งไว้โดย RC หรือเป็นการ์ดไทม์นั้นเอง เมื่อสัญญาณความถี่ที่เข้ามานานเท่ากันหรือมากกว่าค่าเวลาที่ตั้งเวลาไว้ จึงจะสามารถเปลี่ยนค่าเป็นตัวเลขได้ ถาสัญญาณของความถี่ที่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสที่เป็นตัวเลขออกไปได้

2.7.7 วงจรขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ ที่สามารถที่จะปรับอัตราของการขยายโดยการต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปดังรูปข้างล่าง เป็นการแสดงการต่อวงจรภายนอกที่ทางอินพุทนั้นสามารถทำการคำนวณค่าอัตราของการขยายความแตกต่างของอินพุทและอิมพีแดนท์นั้นมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 วงจร Differential Input

อัตราขยาย (Av Diff) = R5/R1

ค่าของอินพุทและค่าของอิมพีแดนท์ = (Zin Diff) = $2 * \sqrt{R1^2 + (1/WC)^2}$

C1 = C2 = 10nF

R1 = R4 = R5 = 100KΩ

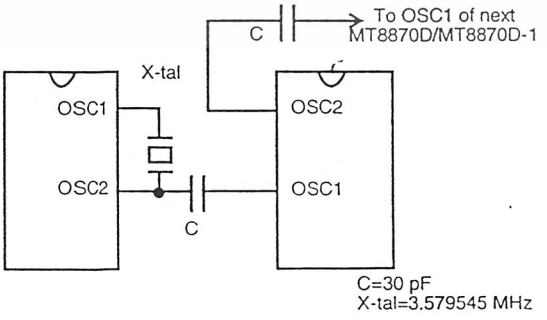
R2 = 60K , R3 = 37.5KΩ

โดยหาค่า R3 จาก

R3 = (R2*R5)/(R2+R5)

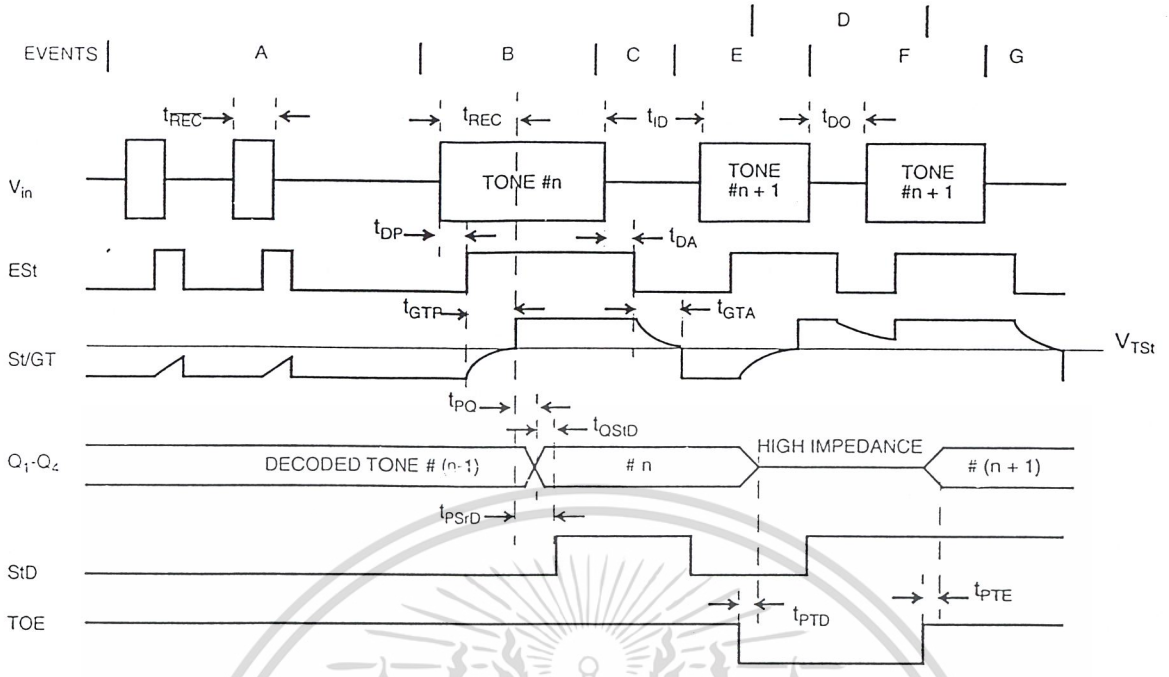
2.7.8 ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่ออสซิลเลเตอร์ (OSCILLATOR)

โดยในภาคนี้จะวงจรภายในตัวไอซีอยู่ตลอดเวลาเพียงต่ออุปกรณ์ แร่คริสตอลขนาด 3.58 เมกะเฮริทส์ ก็จะสามารถใช้งานได้ทันทีโดยการต่อวงจรกำเนิดความถี่ดังแสดงในรูปข้างล่าง



รูปที่ 2.15 วงจร Differential Input

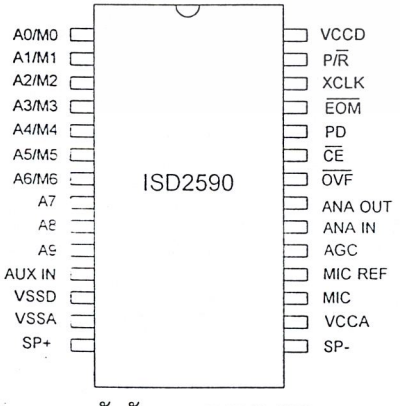
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



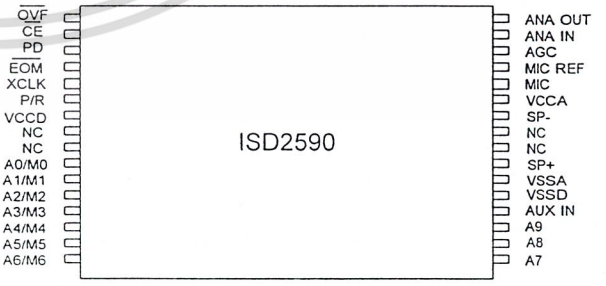
รูปที่ 2.16 แสดงแผนภูมิเวลา ของ MT8870 (Timmimg Diagram)

2.8 ไอซีบันทึกเสียง ISD2590

ISD2590 เป็นไอซีที่บันทึกเสียงที่ให้ระยะเวลาได้โดยพัฒนามาจากไอซีตระกูลเดียวกัน คือ ISD 12XX และ ISD 14XX และไม่จำเป็นที่ต้องใช้ตัวอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นภาคสำหรับที่จะขยายเสียงต่อร่วมภายนอกโดยสามารถขับลำโพงได้โดยตรง และในส่วนของไมโครโฟนนั้นได้ใช้ไมโครโฟนแบบไดนามิคหรือไมรโครโฟนแบบชนิดคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนก็ได้ โดยตัวถังของไอซี ISD2590 นั้นมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ แบบตัวถังแบบ DIP/SOIC และชนิดตัวถังแบบ TSOP โดยการทำงานของโครงงานนี้เราจะใช้ชนิดตัวถังแบบ DIP/SOIC



ตัวถังแบบ DIP/SOIC

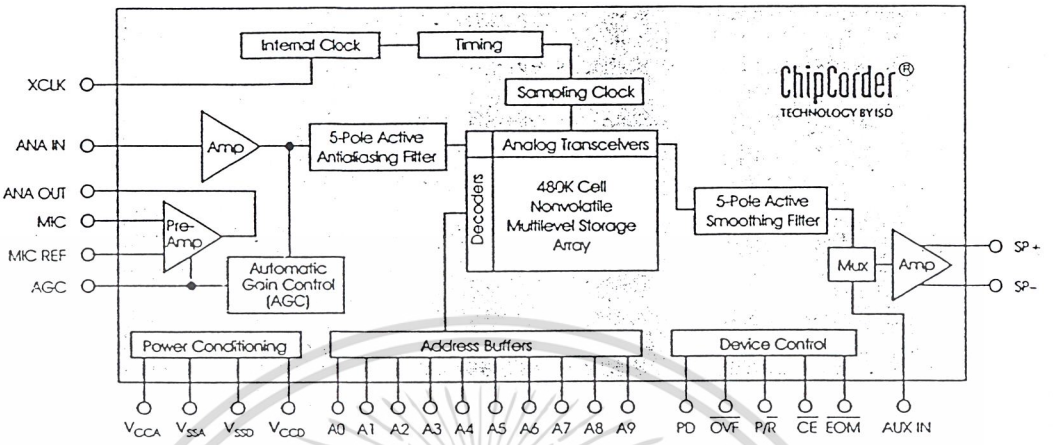


ตัวถังแบบ TSOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะการจัดขาทั้ง 2 แบบของ ISD2590

2.8.1 แผนภูมิแสดงบล็อคไดอะแกรมของไอซี ISD2590



รูปที่ 2.18 บล็อคไดอะแกรมภายใน ของไอซี ISD2590

ในโหมดของการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ นั้นจะทำการจัดเก็บไว้หน่วยความจำที่เป็นเซลที่เป็นแบบที่ไม่ต้องการแรงดันไฟสำรองเพื่อที่จะป้องกันข้อมูลนั้นสูญหาย (Non volatile memory cell) โดยสัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณแบบอนาล็อค นั้นจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความโดยตรงโดยที่จะอาศัยเทคโนโลยี DAST (Direct Access Storage Technology) โดยการจัดก็จะทำการจัดเก็บในแบบที่เป็นไปในลักษณะที่เป็นสัญญาณของอนาล็อคอยู่เช่นเดิม จึงทำให้การเล่นสามารถที่จะทำต้องให้เสียงเหมือนที่ต้นกำเนิดมาก เพราะไม่มีกระบวนการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อคมาเป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นเขามาเกี่ยวข้อง

2.8.2 คุณสมบัติของ ISD 2590

- เป็นไอซีที่สามารถบันทึกและเล่นกลับได้ด้วยตัวของมันเอง
- มีประสิทธิภาพในการบันทึกกลับและให้เสียงนั้นเหมือนต้นกำเนิดเสียงมาก
- สามารถที่จะบันทึกและเล่นกลับด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้เวลาในการบันทึกและเล่นกลับนานถึง 90 วินาที
- ปิดการทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกและที่เล่นกลับนานเกินไป
- สามารถที่จะทำการต่อคาสเคดได้โดยตรงเพื่อเพิ่มระยะเวลาได้ยาวมากขึ้น
- สามารถเก็บความจำได้นานโดยไม่ต้องมีแบตเตอร์ไว้สำรองและมีวงรอบของการบันทึกจำนวนมากและวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ภายใน
- สามารถที่จะโปรแกรมทำการควบคุมเล่นกลับเพียงอย่างเดียวเพื่อที่พัฒนารูปแบบการใช้งาน

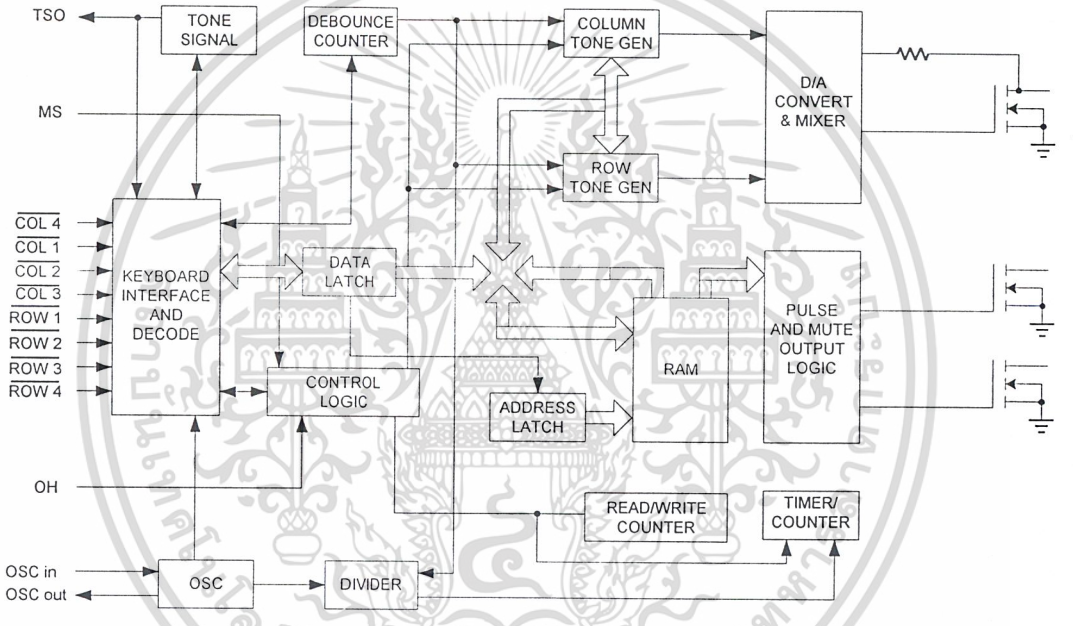
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ไอซีผลิตความถี่ DTMF MC145412

2.9.1 คุณสมบัติของ MC145412

- การส่งเลขหมายจะส่งลักษณะของ DTMF และ PULSE
- สามารถจดจำเลขหมายในหน่วยความจำ
- มีระบบการเรียกซ้ำอัตโนมัติ
- การกดสัญลักษณ์ [*] และ [#] ต้องกดซ้ำสองครั้ง

2.9.2 โครงสร้างของ MC 145412



รูป 2.19 หน้าที่ต่างๆ ภายในไอซี MC145412

2.9.3 ข้อมูลทั่วไป MC 145412

- สามารถที่จะทำงานได้ทั้งแบบ Pulse และ Tone โดยการเลือกที่ขา MS
- มีหน่วยความจำ 10 ช่อง แต่ละช่องมี 18 หลัก
- มีการ redial หมายเลขสุดท้ายที่โทรออก
- เมื่อให้พลังงานแก่ไอซีจะมีการใช้เวลา 64 ms ในการตรวจสอบออสซิลเลเตอร์และแบบของแป้นกด หากขา COL4 มีอิมพีแดนซ์เป็น 1 จะบอกให้รู้ว่าใช้แป้นกดแบบ 3*4 ขา COL4 มีอิมพีแดนซ์เป็น 0 จะเป็นการบอกให้ไอซีรู้ว่าใช้แป้นกดแบบ 4*4

การส่งสัญญาณหมายเลข ออสซิเลเตอร์จะทำงานหลังจากกดปุ่มแรก 32 ms ภายในเวลา 32 ms นี้ จะไม่มีการทำงานของ RAM และวงจรภายในไอซีทั้งหมด หลังจากนั้น ขา MS จะถูกตรวจสอบโหมดการ

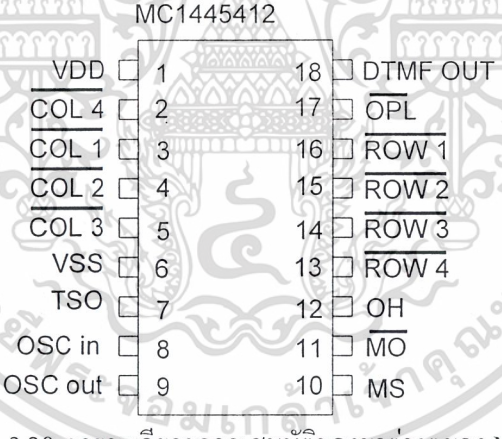
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงาน (ว่าเป็น 10 pps,20 pps หรือ DTMF)หลังจากนั้นการกดปุ่มใด ๆ ก็จะถูกตรวจสอบและเก็บไว้ใน LNR (Last Number Redial) ตามด้วย stop code กระบวนการนี้จะดำเนินไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งครบ 18 หลัก หากมีการใส่หลักที่ 19 ตามไปมันจะไปเขียนทับหลักที่ 1 แล้วตามด้วย stop code เมื่อมีการส่งสัญญาณเลขหมายไอซีจะส่งข้อมูลที่มาจากหน่วยความจำออกไป จนกระทั่งเจอ stop code หรือครบ 18 หลัก

ในระหว่างการส่งสัญญาณ DTMF โดยใช้มือกดแป้น จะมีสัญญาณ DTMF ที่น้อยที่สุดส่งออกมา คือ 60 ms จากนั้นจะส่งออกมาเรื่อย ๆ ทีละ 32 ms จนกว่าจะยกมือขึ้นจากแป้น ขา DTMF OUT ได้ถูกออกแบบมาให้สามารถไปขับทรานซิสเตอร์แบบ PNP ได้ ซึ่งทรานซิสเตอร์นี้สามารถนำไปมอดูเลทแรงดัน Tip กับ Ring ที่ความถี่ DTMF ได้ ถ้าปุ่มแรกที่กดเป็นปุ่ม redial หรือ recall ไอซีก็จะดึงข้อมูลที่ต้องการออกมาจากหน่วยความจำ

ไอซี 145412 สามารถที่จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟภายนอกได้ แหล่งจ่ายไฟนี้ใช้สำหรับการเก็บรักษาหน่วยความจำ และการโปรแกรมขณะยังไม่ยกหูโทรศัพท์ หากมีส่วนนี้ในวงจรและทำการกดปุ่มในขณะที่ยังไม่มีการยกหูโทรศัพท์ ออสซิเลเตอร์ก็จะเริ่มทำงาน เลขหมายที่ถูกกดก็จะถูกเก็บไว้ใน LNR เช่นเดียวกันกับการโปรแกรมขณะยกหูโทรศัพท์

2.9.4 รายละเอียดขา MC145412



รูปที่ 2.20 รายละเอียดขาคุณสมบัติของขาต่างๆของ MC 145412

- Vdd ,Vss (ขา 1และ ขา 6) – POWER SUPPLY

กระแสไฟฟ้าตรงจะถูกป้อนเข้ามายัง 2 ขานี้ โดยขา 1 จะเป็นค่าบวก มีค่าบวก มีค่าตั้งแต่ 1.7- 5.5 โวลท์ ส่วนขา 6 นิยมต่อกราวน์

- MS (ขา 10) – MODE SELECT

เป็นขาที่ใช้เลือกโหมดการทำงานของไอซีว่าจะเป็นการส่งสัญญาณแบบไหน ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขาและโหมดการทำงานระหว่างแรงดันที่ขา MS และโหมดการทำงาน

- OH (ขา 12) – ON HOOK

ป้อนแรงดัน Vdd หรือปล่อยลอยไว้ เป็นการเลือกการทำงานของไอซีให้อยู่ในโหมด ON HOOKหากต่อกับ Vss เป็นการเลือกโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- OFF- HOOKTSO (ขา 7) – TONE SIGNAL OUTPUTTSO

กำเนิดสัญญาณความถี่ 500 Hz หลังจากที่มีการกดหมายเลข เพื่อให้ทราบว่ามีการกดหมายเลขยกเว้นเมื่อมีการกำเนิดสัญญาณ DTMF

- DTMF OUT (ขา 18) – DUAL TONEMULTIFREQUENCY OUTPUT

เมื่อขา MS ถูกกำหนดแรงดันเป็น Vss ขา DTMF ตามแถวและแนวของ key pad ที่ถูกกด ขานี้มีค่าเป็น high impedance ในโหมดพัลซ์และการโปรมแกรมในขณะ

- ON –HOOK OPL (ขา 17) –OUTPULSING

กำเนิดสัญญาณพัลซ์ 10 pps เมื่อขา MS ถูกปล่อยลอย หรือกำเนิดสัญญาณพัลซ์ 20 ppsเมื่อขา MS ถูกป้อนด้วยดัน Vdd มีอัตราการเปิด – ปิดเป็น 60/40 ในโหมด DTMF เอาท์พุทเป็น high impedance ในระหว่างการโปรมแกรมขณะ on-hook จะไม่มีเอาท์พุทออกมา

- MO (ขา11)-MUTE OUTPUT

ขานี้จะเปลี่ยนสถานะเป็น 0 เมื่อขา OPL ทำงาน หรือระหว่างกดปุ่ม off-hook หรือการหมุนเบอร์โทรศัพท์จากหน่วยความจำในโหมด

- DTMF-KEYBOARD INPUTS (ขา 2,3,4,5,13,14,15,16)

การกดปุ่มที่ใช้ได้ คือ การที่แถวหนึ่งแถวถูกต่อเข้ากับแนวหนึ่งแนว หรือ แถวหนึ่งแถวและแนวหนึ่งแนวถูกต่อเข้ากับกราวน์ การต่อขา 2 เข้ากับ Vdd เป็นการบอกให้ IC รู้ว่ามีการใช้แป้นกดแบบ 3*4 การเลือกแบบของแป้นกดจะถูกจะถูกเลือกเมื่อการป้อนแรงดันให้ IC

- OSCin, OSCout

วงจรกำเนิดความถี่สัญญาณภายในชิปต้องการคริสตัลขนาด 3.579545 MHz เพื่อการอ้างอิงความถี่คริสตัลถูกไบแอสโดยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุภายใน

2.9.5 การใช้งาน MC 145412

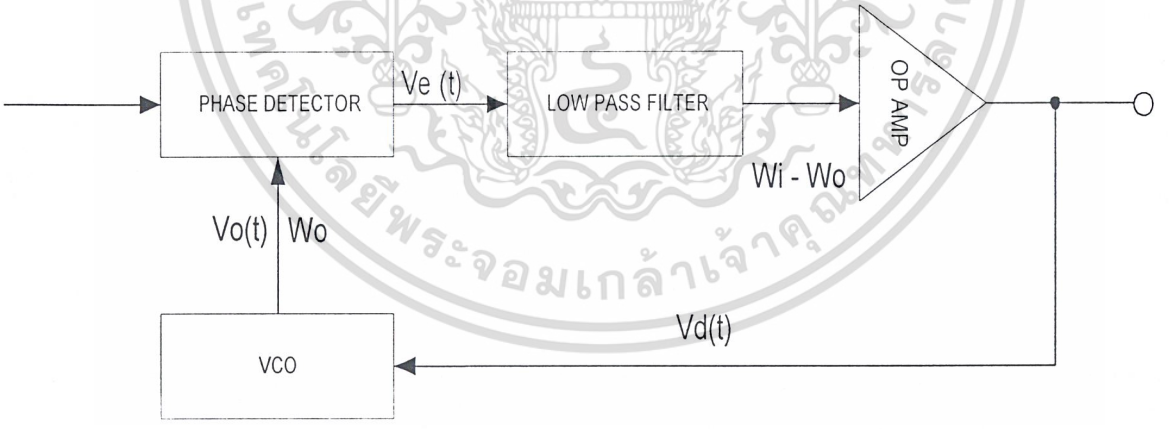
- การส่งเลขหมายโดยการกดแป้นสามารถทำได้โดยการกดเลขหมายโทรศัพท์ที่ต้องการได้เลย
- การเก็บหมายเลขได้ในหน่วยความจำทำได้โดยการกดหมายเลขที่ต้องการแล้วแล้วตามด้วย[*] และ[A] โดยที่ A คือ หมายเลขของช่องหน่วยความจำ
- การส่งหมายเลขจากหน่วยความจำทำได้โดยการกด[*] แล้วตามด้วย[A] โดยที่ A คือ หมายเลขของช่องหน่วยความจำ
- การส่งหมายเลขสุดท้ายที่โทรออกจากหน่วยความจำทำได้โดยการกด[*] แล้วตามด้วย [O]
- การเปลี่ยนระบบการส่งจากพัลซ์เป็นโทนหรือโทนเป็นพัลซ์ในระหว่างการส่งสัญญาณออกไป สามารถกดปุ่ม MS เพื่อที่จะเปลี่ยนระบบการส่งได้เลยหากแต่ว่าเลขหมายหลังจากที่เปลี่ยนระบบการส่งจะไม่สามารถเข้าไปเก็บใน LNR
- การส่งสัญญาณ* และ # (สามารถทำได้เฉพาะในการทำงานแบบโทนเท่านั้น)สามารถทำได้โดยการกดปุ่มที่ต้องการส่งซ้ำ 2 ครั้ง เช่น [*][*] หรือ[#][#]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเรียกซ้ำอัตโนมัติ การโทรออกจากหน่วยความจำไม่ว่าจะเป็นการโทรจากช่องเก็บหมายเลขไว้ หรือการโทรจากเลขหมายสุดท้ายที่โทรออก จะเป็นการเป็นเรียกซ้ำอัตโนมัติ คือ เป็นการเรียกซ้ำต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีคนรับสาย เพื่อประโยชน์ในกรณีที่ต้องการติดต่อให้เร็วที่สุดแต่คู่สายยังว่าและไม่ว่าและไม่ต้องการที่จะเรียกซ้ำครั้งแล้วครั้งเล่า หากไม่ต้องการที่จะให้เครื่องเรียกซ้ำอัตโนมัติ ก็สามารถทำได้ด้วยการวาง hand set เข้าที่เดิม

2.10 หลักการของวงจรเฟสล็อคลูป

เมื่อขณะที่ยังไม่มีสัญญาณอินพุทป้อนให้กับระบบโวลท์เตจควบคุม : Vd(t) จะเป็นศูนย์ VCO จะทำงานตามค่าความถี่ของ Wo ที่ได้ทำการตั้งค่าไว้ (เรียกค่าความถี่ศูนย์กลาง : Center Frequency หรือค่าความถี่ Free-running) ถ้าหากมีสัญญาณของอินพุทนั้นป้อนให้กับระบบ เฟสคอมพาราเตอร์นั้จะทำการเปรียบเทียบระหว่างเฟสกับสัญญาณความถี่ VCO กับอินพุทแล้วสร้างโวลท์เตจคลาดเคลื่อน : Ve(t) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์กันระหว่างเฟสกับค่าความถี่ทั้งสอง ค่าโวลท์ที่คลาดเคลื่อนนี้จะถูกกรองลงในวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์ให้ความถี่ต่ำผ่าน จากก็จะเกิดการขยายแล้ว ป้อนให้กับ VCO โดยในลักษณะเช่นนี้วงจรโวลท์ควบคุม : Vd(t) จะไปบังคับให้ค่าความถี่ของ VCO แปรไปในทิศทางที่ลดระดับความแตกต่างระหว่างความถี่ Wo กับ Wi ลง จากคุณสมบัติการป้อนของวงจรเฟสล็อคลูป ความถี่ของสัญญาณอินพุท WI กับความถี่ของสัญญาณ Wo ซึ่งสัญญาณความถี่ VCO นั้นซิงโครไนท์กับสัญญาณหรือล็อคสัญญาณอินพุท เมื่ออยู่ในสภาวะล็อค



รูปที่ 2.21 ลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของเฟสล็อคลูป

อย่างนี้ค่าความถี่ของสัญญาณ VCO นั้นจะเท่ากันกับความถีของสัญญาณอินพุทที่ต่างเฟสกันเล็กน้อย เฟสที่ต่างกันนี้ก็จะทำให้ความถี่ของสัญญาณ Vco เลื่อนเข้าไปความถี่ของสัญญาณอินพุท :Wi เพื่อที่จะรักษาสภาพการล็อคเอาไว้ให้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vi(t) : สัญญาณอินพุท

Ve(t) :โวลท์เตจที่คลาดเคลื่อน (Error Voltage) ซึ่งเป็นผลคูณระหว่าง Vi(t) กับ Vo(t) ที่ทำให้เกิดผลบวกและผลต่างระหว่างความถี่ (Wi ± Wo)

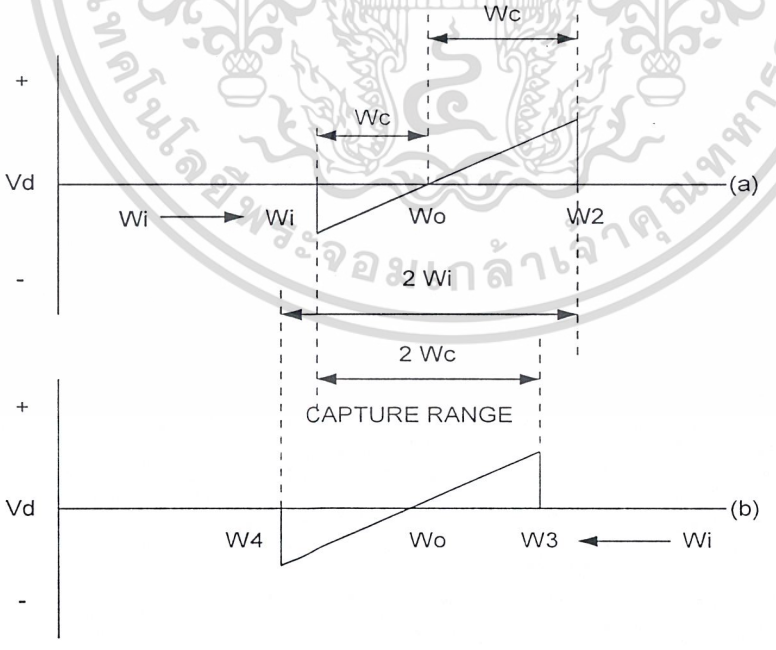
Vd(t) : โวลทีเตจค่าเฉลี่ยที่มี Wi – Wo ที่ป้อนให้กับวงจรควบคุม VCO เพื่อแลกเปลี่ยนความถี่ Wo ให้เข้าไกลความถี่ Wi

และด้วยความสามารถของตัวเองให้ปรับสภาพได้กับของระบบ (Balance Action) ขณะที่ลูปนั้นอยู่ในสภาวะล็อคจะทำให้ตามรอยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุทได้ซึ่งเป็นช่วงความถี่โดยตลอดที่ลูปสามารถทำการล็อคสัญญาณอินพุทไว้ได้ ดังนั้นเราจึงเรียกว่าพิสัยในสภาวะล็อค หรือ (Lock Range) ของระบบ และส่วนช่วงความถี่ของระบบดดยตลอดซึ่งลูปนั้นสามารถเข้ายึดสัญญาณอินพุทและเริ่มล็อคได้ เรียกว่าพิสัยในการที่จะเข้าสู่สภาวะล็อค (Capture Range) ของระบบ และพิสัยนี้จะไม่กว้างไปกว่าพิสัยในสภาวะล็อคอย่างแน่นอน

2.10.1 การเข้าสู่สภาวะในขณะที่เฟสนั้นล็อค

รูปที่ 2.2 แสดงถึงการ Transfer Characteristic ของเฟสนั้นระหว่างความถี่และโวลท์เตจที่เกิดขึ้นในลูป โดยในตอนแรกนั้นจะพิจารณาถึงขณะของลูปที่อยู่ในสภาวะล็อคเสียก่อน โดยเฟสคอมพาราเตอร์นั้นจะเป็นตัวผสมหรือมิกเซอร์ (Mixer) ของสัญญาณอินพุทกับ VCO เข้าด้วยกัน

ทำให้เกิดผลต่าง (Wi – Wo) ผลบวก (Wi + Wo) ของสัญญาณทั้งสอง ที่ยังอยู่นอกขอบเขต (Band edge) ของโลว์พาสฟิลเตอร์จึงจะถูกกรองไปหมดไม่มีสัญญาณไหลในรูปดังนั้น VCO จะทำงานที่ความถี่เริ่มต้น คือความถี่ Free-running : (Wo)



รูปที่ 2.22 การ Transfer Characteristic ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับค่าของโวลท์เตจเฟสล็อคลูปโดยจาก
รูป a. เมื่อเพิ่มค่าความถี่ของสัญญาณอินพุท b. เมื่อลดค่าความถี่ของสัญญาณอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และต่อมาเมื่อความถี่jของอินพุทนั้นเข้าใกล้ความถี่ VCO ความถี่ของผลต่าง (Wi – Wo) นั้นจะลดเข้าใกล้ขอบเขตของโลว์พาสฟิลเตอร์โดยในช่วงนี้บางส่วนของผลต่างความถี่ของ (Wi – Wo) จะผ่านโลว์พาสฟิสเตอร์เข้าไปได้ซึ่งจะขับ VCO ให้ค่าความถี่เข้าสัญญาณของอินพุท : Wi โดยในขณะนั้นความถี่ของผลต่าง (Wi – Wo) จะลดลงไปเรื่อยๆ (เนื่องจาก VCO จะมากขึ้นเข้าใกล้ Wi มากขึ้น) ทำให้สัญญาณที่ส่งผ่านวงจรโลว์พาสฟิลเตอร์มีผลต่อ VCO มากขึ้นกว่าความถี่ของ VCO ก็จะยิ่งเข้าใกล้ Wi จนในที่สุดลูปจะเข้าเฟสล็อคลูปได้เมื่อ Wo มีค่าเท่ากับ Wi

ตอนที่โวลท์คลาดเคลื่อน : Ve(t) เริ่มผ่านโลว์พาสฟิสเตอร์แสดงว่าลูปเริ่มตรวจจับ (Capture) ได้โดยเราสังเกตจาก VCO จะเริ่มเปลี่ยนความถี่ไปเพราะเพิ่งจะมีโวลท์เตจเข้ามครั้งแรก จากนั้นโวลท์เตจที่ควบคุม Vd(t) จะให้ความถี่ Wo ของ VCO เปลี่ยนไปเข้าใกล้ WI ยิ่งขึ้นและในที่สุดความถี่ทั้งสองจะเท่ากัน (Wi = Wo) ที่สภาวะนี้เรียกลูปในสภาวะล็อค (IN Lock)

ขณะที่ลูปอยู่ในสภาวะล็อค โวลท์เตจคลาดเคลื่อน : Ve(t) ซึ่งเกิดความต่างเฟสดังที่กล่าวมาแล้วโดยเฉลี่ยนั้นจะมีค่าค่อนข้างคงที่ ทำให้โวลท์เตจควบคุม : Vd(t) :ค่าของเฉลี่ยของโวลท์คลาดเคลื่อน : Ve (t) มีค่าคงที่ด้วย เพื่อเป็นไฟดีซี ขับให้ VCO มีความถี่เท่ากับความถี่ของสัญญาณอินพุทอยู่ตลอดเวลา

ตอนแรกที่ลูปเริ่มล็อคกับสัญญาณอินพุท (ในรูป a) ความถี่ของ VCO จะลดลงก่อน จากนั้นไปเมื่อเพิ่ม Wi ขึ้นโดยการล็อคนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถของ VCO ที่เปลี่ยนความถี่ไป โดยมีความลาดชัน (Slope) ของการเปลี่ยนแปลงระหว่างความถี่กับโวลท์เตจควบคุม : Vd(t) เท่ากับ 1/Ko (Ko : Conversoin Gain ของ VCO มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที/โวลท์) และเมื่อเพิ่ม Wi ไปจนถึงความถี่ศูนย์กลาง : Wo โวลท์เตจควบคุม : Vd(t) จมีค่าเป็น 0 โวลท์ ลูปจะตามรอยสัญญาณอินพุทไปจนถึงความถี่ W2 ซึ่งเป็นความถี่สูงสุดในพิสัยสภาวะล็อค โวลท์เตจคลาดเคลื่อน : Ve(t) จะเป็นค่าศูนย์

หลังจากนั้นถ้าลดความถี่ของสัญญาณอินพุทลงก็จะเกิดวัฏจักรขึ้นดังแสดง (ในรูป b) สัญญาณจะเริ่มเข้าสู่การตรวจจับอีกที่ W3 และลูปจะตามรอยสัญญาณอินพุทได้ถึงแค่ W4 ช่วงความถี่จาก W1 ถึง W3 เรียกว่าการเข้าสู่ภาวะล็อค หรือ Capture Range และช่วงความถี่จาก W2 ถึง W4 เรียกว่าพิสัยในภาวะล็อค หรือ Lock Range ในรูปคือ

$$W3 - W1 = 2Wc = \text{Capture Range}$$

$$W2 - W4 = 2Wi = \text{Lock Range}$$

จาก Transfer Characteristic แสดงว่าเรากำหนดค่าความถี่ศูนย์ให้ลูปได้ โดยการตั้ง Free-running Frequency ที่ VCO และลูปจะตอบสนองสัญญาณในช่วงจาก Wc ถึง Wi เท่านั้น

2.10.2 พิสัยการเข้าสู่สภาวะล็อค (Capture Range)

นิยามได้ว่า คือพิสัยความถี่ที่ศูนย์ที่ความถี่เริ่มต้นของ VCO (คือความถี่ Free-running ที่ตั้งไว้) ตลอดพิสัยนี้ลูปนั้นสามารถดึงเข้า (Acquire) สู่การล็อคกับสัญญาณอินพุทได้ พิสัยการเข้าสู่ภาวะล็อคคือ Capture Range นี้หรืออาจเรียกว่า Lock-in Range ก็ได้ ซึ่งเป็นการวัดว่าสัญญาณอินพุทต้องเป็นความถี่ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ใกล้เคียงกับศูนย์กลางของสัญญาณ VCO : Wo มากน้อยเท่าใดลูปจึงเข้าสู่ภาวะล็อคได้ Lock-in Range นี้จะเป็นครึ่งหนึ่งของ Capture Range (หรือเท่ากับ Wc)

$$\text{Lock-in Range} : Wc = Wo - W1$$
$$= W3 - Wo$$

Capture Range ถือได้ว่าเป็นความถี่ใดที่อยู่ในย่าน Lock Rang และขึ้นอยู่กับขอบเขตของโลว์พาสฟิลเตอร์กับอัตราขยายรอบลูป (Closed-Loop Gain) ของระบบ ซึ่งความสามารถของลูปที่เกาะจับ (Capture) กับสัญญาณอินพุทนี้จะเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงคุณสมบัติการเลือกเฟ้นด้วย (Selectivity)

2.10.3 พิสัยในภาวะล็อก (Lock Range)

คือพิสัยที่มีความถี่ศูนย์กลางนั้นอยู่ที่ Free-running ตลอดพิสัยนี้ลูปสามารถตามรอยความถี่ของสัญญาณอินพุทได้ในขณะที่ลูปอยู่ในภาวะล็อค พิสัยในภาวะล็อคคือ Lock Range หรือเรียกอีกชื่อว่า Tacking Range หรือ Hold-in Range ก็ได้ ซึ่งหมายความว่า ความถี่ของลูปซึ่งสามารถไถลห่างออกไป จะมี Class เป็นครึ่งของ Lock Range (หรือเท่ากับ Wi)

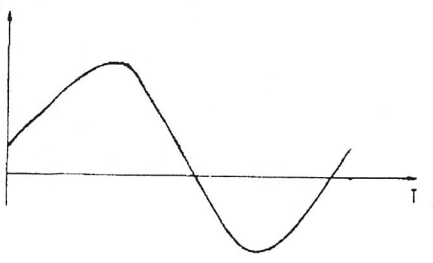
$$\text{Hold-in Range} : Wi = W2 - Wo$$
$$= W3 - Wo$$

เมื่อลูปอยู่ในภาวะล็อก โวลท์คลาดเคลื่อน : Ve(t) ซึ่งเป็นผลจากความต่างของความถี่ (Wi – W0) ที่เป็นเฟสคอมพาราเตอร์ จะเป็นไฟดีซี และจะผ่านโลว์พาสฟิลเตอร์ไปได้เสมอ ดังนั้น Lock Range จะถูกจำกัดได้จากพิสัยของโวลท์เตจคลาดเคลื่อน : Ve(t) ว่าจะมีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดเท่าใดเพื่อให้สอดคล้องกับการไถล (Deviation) ไปของความถี่ VCO ดังนั้น Lock Range จึงเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญมาก และไม่มีผลจากขอบเขตของโลว์พาสฟิลเตอร์ด้วย

2.11 การทำงานของชุมสายโทรศัพท์

2.11.1 สัญญาณ Analog และการส่ง

สัญญาณ Analog ในรูปของไฟฟ้า หมายถึง สัญญาณที่ Amplitudeของมันแปรผันต่อเนื่องกันกับเวลา ดังแสดงตามรูปที่ 2.23



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.23 สัญญาณ Analog

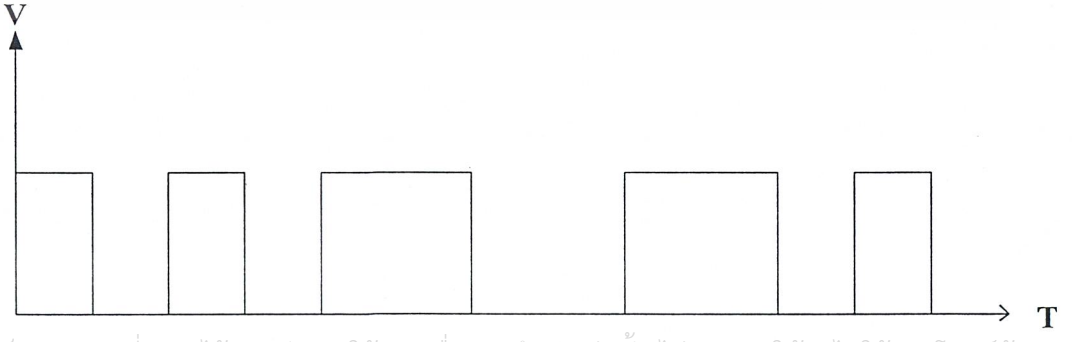
สัญญาณ Analog ที่ใช้กันโดยทั่วไปในระบบรับส่ง ได้แก่ สัญญาณโทรศัพท์ สัญญาณวิทยุกระจายเสียง สัญญาณโทรทัศน์ เป็นต้น เมื่อวิเคราะห์รูปคลื่นของสัญญาณ Analog อันหนึ่งจะพบว่าประกอบด้วย Sine wave ที่ความถี่ต่าง ๆ กันโดยทั่วไปแล้วความถี่ของสัญญาณ Analog ที่ใช้กับโทรศัพท์นั้น จะใช้ในย่านตั้งแต่ 300 Hz 57' 3,400 Hz เท่านั้น

การส่งสัญญาณ Analog นั้น ไม่มีความจำเป็นที่ต้องส่งข่าวสารทาง Amplitude ต่อเนื่องกันไปตลอดเวลา จากการทดลองค้นคว้าพบว่า ถ้าทำการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) สัญญาณ Analog ด้วยช่วงเวลาที่สม่ำเสมอในอัตราอย่างน้อยเป็น 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณนั้น ๆ แล้ว ตัวอย่างที่สุ่มมาได้จะบรรจุข่าวสารของสัญญาณเดิมครบถ้วน เช่นสัญญาณ Analog ที่ใช้กับโทรศัพท์มีความถี่สูงสุด 3,400 Hz ดังนั้น ถ้าทำการสุ่มตัวอย่างเป็นช่วงสม่ำเสมอในอัตราอย่างน้อย = 2 * 3400 = 6800 ตัวอย่างต่อวินาทีแล้ว ตัวอย่างที่สุ่มมาได้จะบรรจุไว้ด้วย Amplitude ของสัญญาณเดิมครบถ้วน วิธีการอันนี้เราเรียกว่าทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Theorem) และได้ถูกนำไปใช้ในวิธีการของ Pulse Code Modulation

การส่งสัญญาณ Analog สามารถกระทำได้ในรูปเดิมของมัน เช่นการส่งสัญญาณโทรศัพท์ระหว่างผู้เช่าโทรศัพท์ในชุมสายเป็นต้น สำหรับการส่งสัญญาณ Analog ในระยะทางไกล สิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ก็คือสัญญาณที่ส่งจะอ่อนกำลังลงหรือถูกลดทอน (Attenuation) และสิ่งรบกวน (Noise) ที่เสริมเข้ามาตลอดเส้นทางของการส่ง เราจะต้องรักษาระดับกกำลังของสัญญาณที่ส่งให้สูงกว่าระดับกำลังของสิ่งรบกวนมากๆ ซึ่งสามารถทำได้โดยการขยายกำลังของสัญญาณที่ส่งเป็นระยะที่เหมาะสมตามเส้นทางการส่ง แต่อย่างไรก็ตามสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้นที่ Input ของเครื่องขยายกำลังย่อมจะได้รับการขยายกำลังให้สูงขึ้นไปพร้อมกับตัวสัญญาณที่ส่งด้วย นอกจากนี้การส่งสัญญาณ Analog ในระยะทางไกล ๆ ผ่านตัวกลางและเครื่องขยายกำลังย่อมจะทำให้เกิดความเพี้ยน (Distortion) ขึ้นอีกด้วย ในการรักษาให้สิ่งรบกวนและความเพี้ยนของสัญญาณ Analog ที่รับได้ที่ปลายทางอยู่ในขอบเขตจำกัดอันพึงยอมให้ได้นั้น จึงต้องมีการออกแบบที่ดีทั้งระบบและอุปกรณ์ที่ใช้

2.11.2 สัญญาณ Digital และการส่ง

สัญญาณ Digital หมายถึง สัญญาณที่ Amplitude ของมันถูกจัดระดับให้แปรผันไปกับเวลาตามค่าที่กำหนดให้เช่น ถ้าแปรผันอยู่ระหว่าง 2 ค่าเรียกว่า Binary Signal ถ้าแปรผันอยู่ระหว่าง 3 ค่า เรียกว่า Ternary Signal เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 สัญญาณ Digital

สัญญาณ Digital ที่ใช้กันในงานด้านโทรคมนาคมโดยทั่วไปจะเป็นแบบ Binary Signal ทั้งสิ้น ซึ่งเป็นลักษณะของ Pulse ที่มีอยู่ 2 ค่าคือ 0 และ 1 โดยที่ 0 หมายถึงไม่มี Pulse และ 1 หมายถึงมี Pulse เราสามารถจัดกลุ่มของ Binary Signal ให้อยู่ในรูปของรหัส (Code) เพื่อใช้แทนค่าระดับของแรงดัน (Voltage) ในการกำหนดจำนวน Bit ของ Binary Code นั้น จะขึ้นอยู่กับจำนวนระดับของแรงดัน เช่น

1. Bit Code แทนได้ 2 ค่า คือ 0 และ 1
2. Bit Code แทนได้ 4 ค่า คือ 00, 01, 10 และ 11
3. Bit Code แทนได้ 8 ค่า คือ 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 และ 111

โดยทั่วไปแล้ว n Bit Code สามารถแทนจำนวนระดับของแรงดันได้ 2^n ค่าเช่น 8 Bit Code สามารถแทนจำนวนระดับของแรงดันได้ $2^8 = 256$ ค่าเป็นต้น

ในการส่งสัญญาณ Digital Amplitude ของ Binary Signal จะมีค่าได้เพียงค่าใดค่าหนึ่งใน 2 ค่าเท่านั้น ซึ่งแทนด้วยเลข Binary ได้คือ 1 หรือ 0 การตรวจหาว่ามี Pulse (Logic 1) หรือไม่มี Pulse (logic 0) ของ Binary Signal สามารถทำได้ภายใต้ภาวะที่มีสิ่งรบกวนและความเพี้ยนมากกว่าที่จะพึงยอมให้เกิดขึ้นได้ในการส่งสัญญาณ Analog การยอมให้มีสิ่งรบกวนและความเพี้ยนเกิดขึ้นได้มากว่า จึงนับได้ว่าเป็นข้อได้เปรียบประการหนึ่งของวิธีการส่งสัญญาณ Digital ข้อได้เปรียบอีกประการหนึ่งก็คือการผลิตสัญญาณ Digital ขึ้นมาใหม่ที่ Regenerative Repeater มันจะตรวจดูว่ามี Pulse หรือไม่มี Pulse ที่ Input ของมัน ถ้ามี Pulse มันก็จะผลิต Pulse ที่ปราศจากสิ่งรบกวนและความเพี้ยนขึ้นมาใหม่ ถ้าตรวจพบว่าไม่มี Pulse มันก็จะไม่ผลิต Pulse ออกไป

จากที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าการส่งสัญญาณ Digital มีข้อได้เปรียบเหนือกว่าการส่งสัญญาณ Analog อยู่ 2 ประการคือ

- มีภูมิคุ้มกันต่อสิ่งรบกวนและความเพี้ยนได้มากกว่า
- สามารถผลิตสัญญาณ Digital ที่ปราศจากสิ่งรบกวนและความเพี้ยนขึ้นมาใหม่ที่ Regenerative Repeater ได้

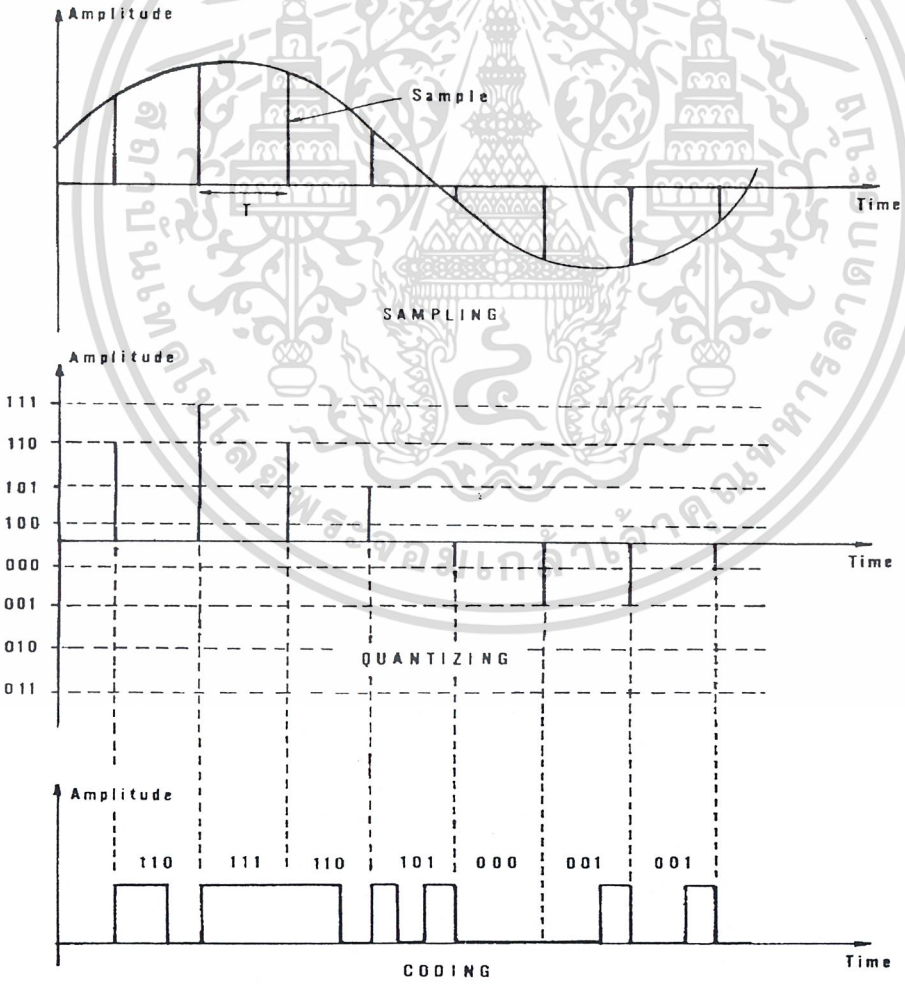
เนื่องจากการส่งสัญญาณ Digital มีข้อได้เปรียบเหนือกว่าการส่งสัญญาณ Analog ดังนั้นจึงมีแนวโน้มในอันที่จะส่งสัญญาณ Analog ในรูปของการส่งสัญญาณ Digital มากขึ้นตามลำดับ ด้วยวิธีการนี้จึงจำเป็นต้องแปลงสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital ที่ปลายทางด้านส่ง และแปลงกลับเป็นสัญญาณ Analog ตามเดิมที่ปลายทางด้านรับ วิธีที่นิยมใช้มากที่สุดคือวิธีการของ Pulse Code Modulation (PCM)

หลักการขั้นต้นของระบบ Pulse Code Modulation ก็คือการแปลงสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital สำหรับในโทรศัพท์จะเป็นการแปลงสัญญาณโทรศัพท์ให้เป็นกระบวนของ Pulse ในรูปของรหัส (Binary Code) แล้วส่งไปในตัวกลาง ที่ปลายทางด้านรับ กระบวนของ Pulse ในรูปของรหัสดังกล่าวจะถูกแปลงกลับเป็นสัญญาณ Analog ดังเดิม การส่งกระบวน Pulse ในรูปของรหัสจะเป็นการส่งสัญญาณในลักษณะ Digital Transmission ซึ่งมีข้อได้เปรียบเหนือกว่าการส่งสัญญาณแบบ Analog Transmission ในเรื่องภูมิคุ้มกันต่อสิ่งรบกวนและความเพี้ยนดังได้กล่าวมาแล้ว การแปลงสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital ดังแสดงตามรูปที่ 1.5 จะประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 3 ประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)
- การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ (Quantizing)
- การเข้ารหัส (Coding)

ระบบรับส่ง PCM ประกอบด้วยเครื่องส่ง สายส่งและเครื่องรับ เพื่อทำให้เกิดการติดต่อแบบ 2 ทาง (Duplex) ระบบ PCM จึงต้องใช้ทั้งเครื่องส่ง (Transmitter) และเครื่องรับ (Receiver) ติดตั้งที่แต่ละแห่งของปลายทาง (Terminal) สายส่ง (Transmission Line) ที่ใช้จะเป็นแบบ 4 Wires หากสายส่งมีความยาวมากก็จะติดตั้ง Regenerative Repeater ในระยะทางที่เหมาะสมเพื่อทำการผลิต Binary Code ตัวเดิมขึ้นมาใหม่ การส่ง Binary Code ในระบบ PCM สามารถทำการส่งได้อย่างรวดเร็วมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มจำนวนสัญญาณที่ต้องการส่งหรือเพิ่มจำนวนช่องสื่อสารให้มากขึ้น จึงสามารถใช้ระบบ Time Division Multiplex (TDM) มาใช้ นั่นคือสุ่มตัวอย่างที่ได้มาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ สามารถที่จะแบ่งเวลากันส่งโดยใช้สายส่งร่วมกัน



รูปที่ 2.25 การแปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital ที่ใช้ในระบบ PCM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

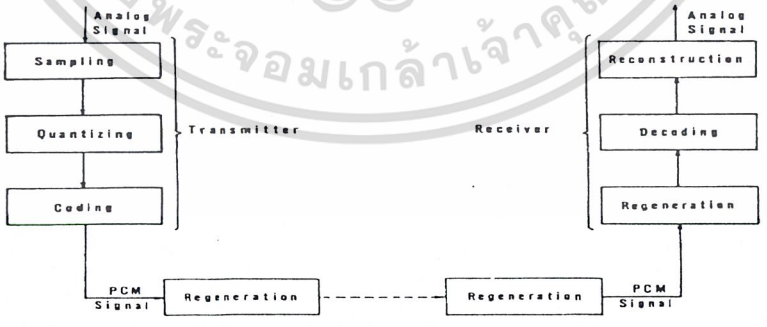
CCITT ได้แนะนำ First Order ของระบบ PCM ไว้ 2 ประเภทคือ ระบบยุโรปเป็นแบบ 30/32 Channels หรือเรียกว่า A – Law ระบบนี้จะบรรจุไว้ด้วย 32 Time Slots โดยแบ่งเป็น 30 Voice Channel Time slots ส่วนอีก 2 Time Slots ใช้สำหรับ Signaling และ Synchronization และระบบอเมริกาเป็นแบบ 24 Channels หรือเรียกว่า U - Law ระบบนี้จะบรรจุไว้ด้วย 24 Time Slots โดยใช้เป็น 24 Voice Channels ทั้งหมดในส่วนของการรับส่งสัญญาณของโทรศัพท์ได้มีการใช้ระบบ Frequency Division Multiplex (FDM) และ Time Division Multiplex (TDM) กันมาเป็นเวลานานแล้ว แต่ในขณะนั้นภาค Switching Network ยังคงใช้เป็นแบบ Electro-Mechanical อยู่เช่น Crossbar Switch เป็นต้น ในปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสูงขึ้น จึงได้เกิดภาค Switching Network ที่ใช้ Time Division Switch โดยใช้อุปกรณ์ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ทั้งสิ้น และเรียกว่า Digital Switching ซึ่งถูกควบคุมการทำงานโดยใช้ระบบ Stored Program Control (SPC)

2.11.3 หลักการของระบบ Pulse Code Modulation (PCM)

Pulse Code Modulation (PCM) เป็นวิธีการที่จะเปลี่ยน Analog Speech Signal ให้เป็นสัญญาณ Digital ซึ่งแต่ละสัญญาณจะถูกกำหนดให้เป็นกระบวนของ Pulse ในรูปของ Binary Code การเปลี่ยนสัญญาณดังกล่าวจะต้องประกอบด้วยหลักการที่สำคัญ 3 ประการเรียงตามลำดับคือ

- การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)
- การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ (Quantizing)
- การเข้ารหัส (Coding)

รูปที่ 2.26 แสดง Block Diagram ของระบบ PCM วิธีการขั้นแรกคือการสุ่มตัวอย่างสัญญาณโทรศัพท์แต่ละช่องด้วย Sampler จะทำให้ได้ Pulse ที่มี Amplitude เท่ากับของสัญญาณ ณ เวลาที่ทำการสุ่มนั้น ๆ ซึ่งเรียกว่า PAM Signal จากนั้น PAM Signal จะถูกป้อนเข้าที่ Quantizer และในกรณีนี้



รูปที่ 2.26 Block Diagram ของระบบ PCM

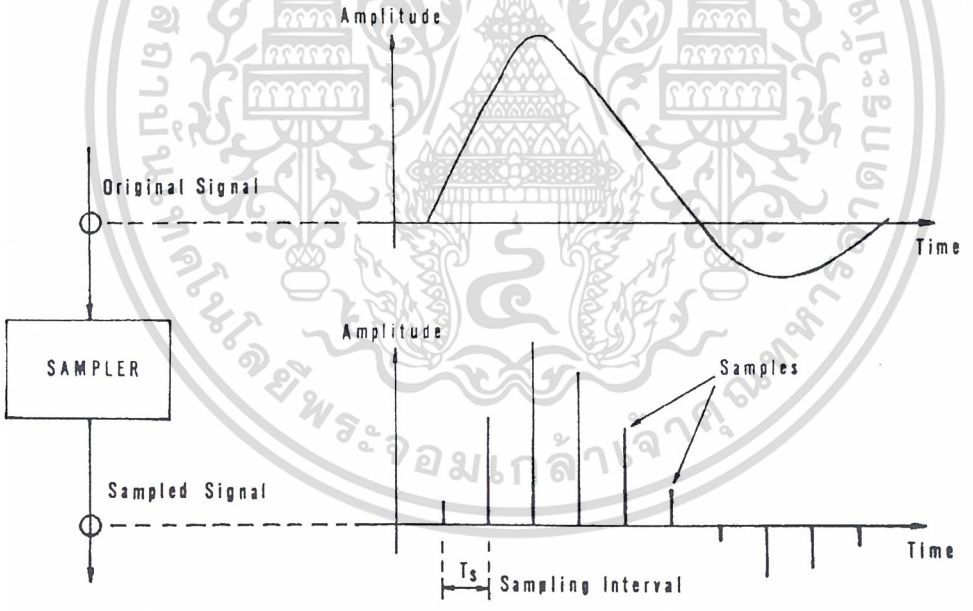
Amplitude ของแต่ละตัวอย่างที่สุ่มมาได้จะถูกจัดให้อยู่ในระดับที่ตรงกันหรือใกล้เคียงกับระดับที่ได้กำหนดไว้ ขั้นต่อไปคือการให้ Binary Code กับตัวอย่างที่สุ่มมาได้โดยตัวเข้ารหัส (Coder) ซึ่ง Binary Code ที่ให้นี้จะตรงกับระดับของ Amplitude ที่ได้ถูกแบ่งไว้แล้วในตอนแรก กระบวน Pulse ในรูปของ Binary Code ของสัญญาณโทรศัพท์หลาย ๆ ช่องซึ่งเรียกว่า PCM Signal จะถูกส่งเข้าไปในสายส่ง (Transmission Line) หากสายส่งมีความยาวมากก็จะใช้ Regenerative Repeater ติดตั้งในระยะทางที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสม เพื่อทำการผลิต PCM Signal ตัวเดิมที่ปราศจากสิ่งรบกวนและความเพี้ยนขึ้นมาใหม่ และที่ปลายทางด้านรับก็จะมี Regenerative Repeater ติดตั้งไว้ด้วยเช่นเดียวกัน Output ที่ได้จาก Regenerative Repeater นี้ จะมีรูปร่างลักษณะเหมือนกับ PCM Signal ที่ส่งมาจากทางด้านส่ง จากนั้น PCM Signal ดังกล่าวจะถูกส่งไปยังตัวถอดรหัส (Decoder) เพื่อทำการถอดรหัส PCM Signal ให้ได้เป็น PAM Signal แล้วส่งผ่าน Sampler ไปยังช่องโทรศัพท์ที่ตรงกัน จึงทำให้ได้สุ่มตัวอย่างของสัญญาณโทรศัพท์แต่ละช่อง ในขั้นสุดท้ายจะเป็นการสร้าง Analog Speech Signal เดิมด้วย Low Pass Filter เรียกว่า Reconstruction

2.11.4 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)

การสุ่มตัวอย่าง (Sampling) หมายถึงการเลือกเอาค่า Amplitude ที่จุดใด ๆ ของสัญญาณ Analog ที่มีช่วงเวลาที่เท่ากัน ตัวอย่างที่สุ่มมาได้ก็คือ Pulse Train หรือเรียกว่า PAM Sample จำนวนของสุ่มตัวอย่างต่อวินาทีคือ Sampling Rate จาก Sampling Theorem ที่กล่าวไว้ว่า "ถ้าได้ทำการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) สัญญาณ Analog ด้วยช่วงเวลาที่สม่ำเสมอในอัตราอย่างน้อยเป็น 2 เท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณนั้น ๆ แล้ว ตัวอย่างที่สุ่มมาได้จะบรรจุข่าวสารของสัญญาณเดิมครบถ้วน" ในระบบ PCM สัญญาณโทรศัพท์ซึ่งใช้ความถี่ในช่วงระหว่าง 300 ถึง 3400 Hz จะถูกสุ่มตัวอย่างด้วย Sampling Rate 8000 ครั้งต่อวินาที หรือถูกสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 125 ไมโครวินาที ซึ่งเรียกว่า Sampling Interval



รูปที่ 2.27 การสุ่มตัวอย่าง (Sampling)

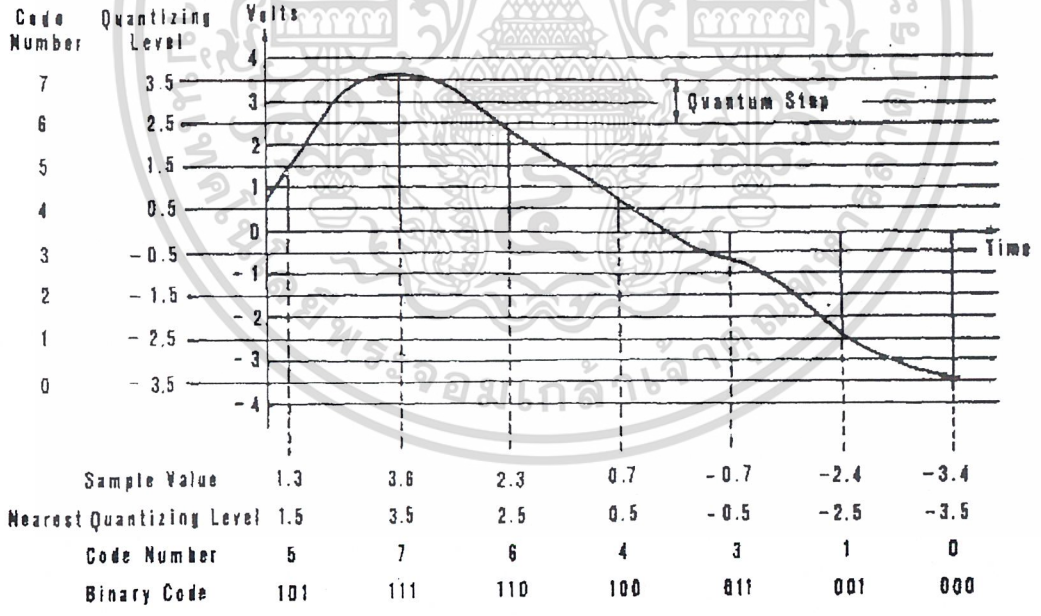
วิธีการสุ่มตัวอย่างในระบบ Time Division Multiplex (TDM) นั้นกระทำกันเป็นจำนวนหลายช่องโทรศัพท์เรียงกันตามลำดับ โดยใช้ Electronic Switch หรือ Gate จากผลการสุ่มตัวอย่างจำนวนหลายช่องโทรศัพท์ดังกล่าวจึงทำให้ได้ PAM Signal ที่มีขนาดของ Amplitude ต่าง ๆ กันของแต่ละช่องเรียงกันตามลำดับ ในระบบ PCM แบบ 24 Time Slots การสุ่มตัวอย่างจาก Time Slot ที่ 1 ถึง Time Slot ที่ 24 จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องกระทำให้เสร็จภายใน 125 ไมโครวินาที (ช่องเวลาใน 1 Frame) หรือกล่าวได้ว่าต้องทำการสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 125/24 ช 5.2 ไมโครวินาที ส่วนระบบ PCM แบบ 32 Time Slots การสุ่มตัวอย่างจาก Time Slot ที่ 1 ถึง Time Slot ที่ 32 จะต้องกระทำให้เสร็จภายใน 125 ไมโครวินาที หรือกล่าวได้ว่าต้องทำการสุ่มตัวอย่างทุก ๆ 125/32 = 9 ไมโครวินาที

2.11.5 การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ (Quantizing)

การสุ่มตัวอย่างสัญญาณโทรศัพท์ในอัตราที่สม่ำเสมอนั้น จะทำให้ได้ PAM Signal ที่ Amplitude ของมันเป็นสัดส่วนกับระดับของสัญญาณ ณ เวลาที่ได้ทำการสุ่มนั้น Amplitude ดังกล่าวอาจมีค่าได้มากมายไม่จำกัด การให้ Binary Code กับสุ่มตัวอย่างที่มี Amplitude จำนวนมากได้ทุกตัวนั้น ก็จำเป็นที่จะต้องใช้จำนวน Bit ในกลุ่มรหัส (Code Word) มากตามไปด้วย ทำให้ไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ อย่างไรก็ดีการแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ ด้วยจำนวนที่จำกัด เราก็สามารถที่จะแทน Amplitude ค่าต่าง ๆ ของสัญญาณที่สุ่มมาได้ด้วยจำนวนจำกัดของระดับที่ได้แบ่งไว้ ซึ่งอาจจะมีความคลาดเคลื่อนได้บ้างการให้ Binary Code ก็กำหนดเอาค่าที่ตรงกันหรือใกล้เคียงที่สุดกับระดับที่ได้แบ่งไว้ กรรมวิธีในการแบ่งย่าน Amplitude ของตัวอย่างที่สุ่มมาได้ออกเป็นระดับต่าง ๆ ที่มีจำนวนจำกัด และกำหนดระดับที่แน่นอนให้กับ PAM Signal นั้นเรียกว่า Quantizing โดยเรียกระดับหนึ่ง ๆ ที่แบ่งไว้ว่า Quantizing Level และจะเรียกช่วงห่างระหว่าง Quantizing Level ว่า Quantizing Interval หรือ Quantum Step



รูปที่ 2.28 การแบ่งย่าน Amplitude ออกเป็นระดับต่าง ๆ (Quantizing)

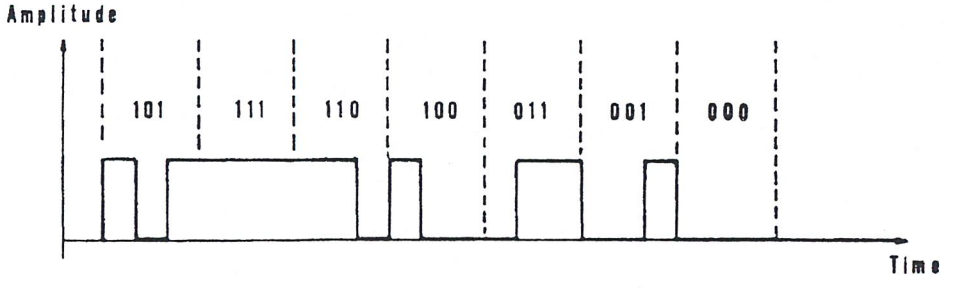
จากรูปที่ 15 สัญญาณที่จะทำการสุ่มตัวอย่างมีย่าน Amplitude อยู่ระหว่าง +4 โวลท์ และ -4 โวลท์ โดยสมมุติว่าเราแบ่งย่าน Amplitude นี้ออกเป็น 8 ระดับคือที่ -3.5 , -2.5 , -1.5 , -0.5 , 1.5, 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 3.5 โวลท์ (Quantizing Interval = 1 โวลท์) การสุ่มตัวอย่างครั้งแรกตรงกับ Amplitude 1.3 โวลท์ เรากำหนดให้อยู่ใน Quantizing Level ที่ 1.5 โวลท์ เพราะเป็นระดับที่ใกล้เคียงที่สุด การสุ่มตัวอย่างครั้งที่สองตรงกับ Amplitude 3.6 โวลท์ เรากำหนดให้อยู่ใน Quantizing Level ที่ 3.5 โวลท์ (ระดับที่ใกล้เคียงที่สุด) การสุ่มตัวอย่างครั้งต่อ ๆ ไปก็เป็นเช่นเดียวกันจึงเห็นได้ว่า Quantizing Level ที่เรากำหนดให้นั้นเป็นเพียงค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของ Amplitude จริงที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อนจากการ Quantizing ย่อมจะต้องเกิดขึ้นบ้าง เช่น จากการสุ่มตัวอย่างในครั้งแรก Quantizing Level ที่กำหนดให้จะคลาดเคลื่อนไป 0.2 โวลท์ เป็นต้น ความคลาดเคลื่อนนี้เกิดขึ้นในลักษณะที่ไม่แน่นอน (Random) และเราเรียกความคลาดเคลื่อนนี้ว่า Quantizing Error หรือ Quantizing Noise ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของความเพี้ยน ในขั้นตอนของ Quantizing ถ้าเพิ่มจำนวนของ Quantizing Level ให้มากขึ้น ก็จะทำให้ Quantizing Noise มีค่าน้อยลงแต่ในการเพิ่มจำนวน Quantizing Level ให้มากขึ้นทำให้ Binary Code มีจำนวน Bit มากขึ้นตามไปด้วยและเป็นผลทำให้การส่งสัญญาณ Binary Code ต้องการ Bandwidth กว้างมากขึ้น โดยทั่วไปแล้วเราจะต้องกำหนดให้จำนวน Quantizing Level และจำนวน Bit ในกลุ่มรหัสหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การส่งสัญญาณ Binary Code ได้ผลเป็นที่พอใจ โดยใช้ bandwidth น้อยที่สุดเป็นหลัก

2.11.6 การเข้ารหัส (Coding)

เมื่อได้ทำการสุ่มตัวอย่างสัญญาณ Analog เรียบร้อยแล้ว เราก็จะได้ PAM Signal ที่มีขนาดของ Amplitude ต่าง ๆ กันส่งเข้าไปยัง Quantizer โดยกำหนดให้ Quantizing Level อันใดซึ่งตรงกันหรือใกล้เคียงที่สุดกับระดับของ Amplitude ที่สุ่มมาได้ ตัวเข้ารหัส (Coder) ก็จะผลิต Binary Code Signal ตรงตาม Quantizing Level นั้น ๆ แล้วจึงจะส่งออกไปในสายส่ง (Transmission Line) จากรูปที่ 16 สมมุติว่าเราได้กำหนดค่าของรหัส (Code Number) ที่ใช้กับ Quantizing Level ที่ระดับต่าง ๆ คือ -3.5, -2.5, -1.5, ..., 3.5 โวลท์ เป็น 0 , 1 , 2 , ... , 7 ตามลำดับแล้ว ตัวอย่างที่สุ่มมาได้อันแรกคือ 1.3 โวลท์ Quantizing Level ที่ใกล้เคียงที่สุดของมันคือ 1.5 โวลท์ ซึ่งตรงกับค่าของรหัส 5 ดังนั้นรหัสที่ส่งออกไปเป็น Code Word ขนาด 3 Bits คือ 101 ตัวอย่างที่สุ่มมาได้อันที่สองคือ 3.6 โวลท์ Quantizing Level ที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 3.5 โวท์ ซึ่งตรงกับค่าของรหัส 7 ดังนั้นรหัสที่ส่งออกไปเป็น Code Word คือ 111 เช่นนี้เป็นต้น



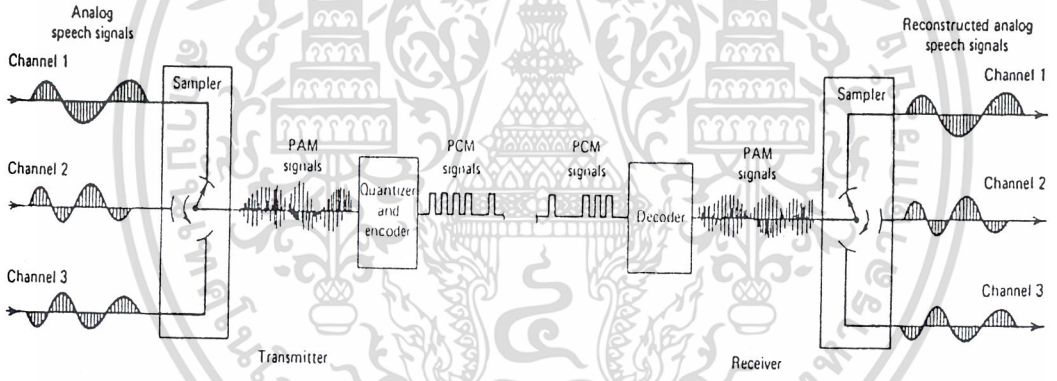
รูปที่ 2.29 การเข้ารหัส Coding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ PCM แบบ 30/32 Channels หรือแบบ 24 Channels จะมีจำนวน Quantizing Level เป็น 256 Levels จึงทำให้แต่ละตัวอย่างที่สุ่มมาได้ถูกเข้ารหัสเป็น Code Group หรือ PCM Word จำนวน 8

Bits และ Sampling Rate ที่ใช้จะเป็น 8000 Samples/Second ดังนั้น 1 Pulse Code Modulated Speech Signal จะผลิตสัญญาณจำนวน 8 * 8000 = 64 Kbits/Second ซึ่งเป็น Binary Code

การสุ่มตัวอย่างในระบบ PCM จะเริ่มสุ่มตั้งแต่ Channel แรกไปจนถึง Channel สุดท้ายเรียงตามลำดับและกลับมาทำการสุ่มตัวอย่างที่ Channel แรกใหม่อีกครั้งหนึ่งและเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป ตัวอย่างที่สุ่มมาได้แต่ละตัวอย่างจะหกถูกส่งผ่าน Quantizer และนำไปเข้ารหัสดังที่ได้กล่าวมาแล้ว รูปที่ 5.12 แสดงหลักการของระบบ PCM จำนวน 3 ช่อง ทางด้านส่ง (Transmitter) สัญญาณ Analog Speech Signal ทั้ง 3 ช่อง จะถูกส่งผ่านไปยัง Sampler ทีละช่องเรียงกันตามลำดับจึงทำให้ได้ PAM Signals จากนั้น PAM Signals จะถูกป้อนเข้าไปยัง Quantizer และ Coder ซึ่งทำให้ได้ PCM Signals ที่เป็น Binary Code ของสัญญาณทั้ง 3 ช่อง และส่งออกไปในสายส่งต่อไป ส่วนที่ปลายทางด้านรับ (Receiver) เมื่อได้รับ PCM Signals มาแล้วก็จะถอดรหัสด้วยตัวถอดรหัส (Decoder) ทำให้ได้ PAM Signals และเมื่อผ่าน Sampler ซึ่ง Synchronized กับ Sampler ทางด้านส่ง PAM Signals จึงถูกแยกออกเป็นสุ่มตัวอย่างของสัญญาณแต่ละช่องและทำการสร้าง (Reconstruction) Analog Speech Signal อันเดิมด้วย Low Pass Filter



รูปที่ 2.30 หลักการของระบบ PCM จำนวน 3 ช่อง

2.11.7 หลักการเบื้องต้นของ Regenerative Repeater

สัญญาณ PCM ที่ถูกส่งออกไปจะถูกลดทอน (Attenuation) และเกิดความเพี้ยน (Distortion) ขึ้นในระหว่างการรับส่งสัญญาณ นอกจากนี้ยังมีสิ่งรบกวน (Noise) แทรกซ้อนเข้ามา ดังนั้นในการรับส่งสัญญาณ PCM จึงต้องมีอุปกรณ์ในการทำให้สัญญาณ PCM กลับมาให้อยู่ในสภาพเดิม อุปกรณ์นี้เรียกว่า Regenerative Repeater ซึ่งมีหน้าที่ในการผลิตสัญญาณ PCM ขึ้นมาใหม่ โดยให้มีลักษณะเช่นเดียวกับสัญญาณ PCM ที่ส่งมาจากต้นทาง โดยทั่วไปแล้วเราจะใส่ Regenerative Repeater ไว้ในเส้นทางการส่งสัญญาณ ณ จุดที่ค่า Peak ของสิ่งรบกวนมีขนาดไม่เกินครึ่งหนึ่งของ Peak Level ของ Pulse Train ที่รับเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบ PCM Analog Speech Signal จะถูกแทนด้วย Binary Code ซึ่งก็คือการมี Pulse หรือไม่มี Pulse ณ เวลาที่กำหนดให้ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ Pulses เนื่องจากระบบรับส่งจะไม่ทำให้เกิดผล

เสียใด ๆ ขึ้นหากการเปลี่ยนแปลงนั้นมีไม่มากเกินไปที่จะทำให้เกิดความสับสนในการจำแนกว่ามี Pulse หรือไม่มี Pulse และเมื่อตัดสินการมี Pulse หรือไม่มี Pulse ได้ถูกต้องที่ Regenerative Repeater ก็ย่อมสามารถจะผลิต Pulse ขึ้นมาใหม่เหมือนกับ Pulse ที่ส่งออกมาได้โดยใช้ Pulse Generator

.ในการตัดสินใจว่ามี Pulse หรือไม่มี Pulse นั้น สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบ Amplitude ของสัญญาณที่รับมาได้กับระดับอ้างอิง (Reference Level) ตามทฤษฎีระดับอ้างอิงจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Pulse Peak ของสัญญาณที่รับมา การเปรียบเทียบจะกระทำที่เวลาเมื่อ Pulse เกิดขึ้นโดยปราศจากจากการรบกวนใด ๆ และที่เวลานี้เรียกว่า Decision หรือ Sampling Instant

Pulse Train ที่ส่งมาจากต้นทาง ย่อมจะเกิดความเพี้ยนขึ้นและมี Noise เสริมเข้ามาตลอดเส้นทางการส่ง Pulse Train ดังกล่าวจะถูกส่งเข้ามายัง Regenerative Repeater ที่ภาค Equalizing Amplifier ซึ่งภาคนี้จะทำการปรับปรุงรูปร่างของ Pulse Train ที่ได้รับเพื่อให้ Pulse นั้นๆ อยู่ใน Time Slot ของมัน หลังจากการปรับปรุงรูปร่างแล้ว Pulse ดังกล่าวจะได้รับการขยายถึงระดับที่สามารถตัดสินระหว่างการมี Pulse หรือไม่มี Pulse ได้ Output จาก Equalizing Amplifier ทางหนึ่งจะส่งไปยังภาค Regenerator และอีกทางหนึ่งจะส่งไปยังภาค Timing Circuit ซึ่งปรับตั้งความถี่ไว้เท่ากับ Bit Rate ของระบบภาค Timing Circuit นี้จะทำการผลิต Timing Pulses ที่มีความหกถี่เดียวกับ Bit Rate. Timing Pulses จาก Timing Circuit และ Pulse Train จาก Output ของ Equalizer Amplifier จะป้อนไปยังภาค Regenerator ที่ Decision Circuit ซึ่งเป็น AND Gate โดยจะผลิต Pulses ออกมาเมื่อ Output ของ Equalizing Amplifier มีขนาดสูงกว่า Threshold Level และมี Timing Pulse พร้อมกันด้วย ช่วงเวลาของ Pulses ที่ผลิตออกมาใหม่จะถูกกำหนดด้วยช่วงว่างของเวลาระหว่าง Timing Pulses รูปร่างลักษณะ (Wave shape) ของ Pulse Train ที่ผลิตขึ้นมาใหม่โดย Pulse Generator ก็จะเหมือนกับ Pulse Train ที่ส่งมาจากต้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การสร้าง และแนวความคิดในการออกแบบ

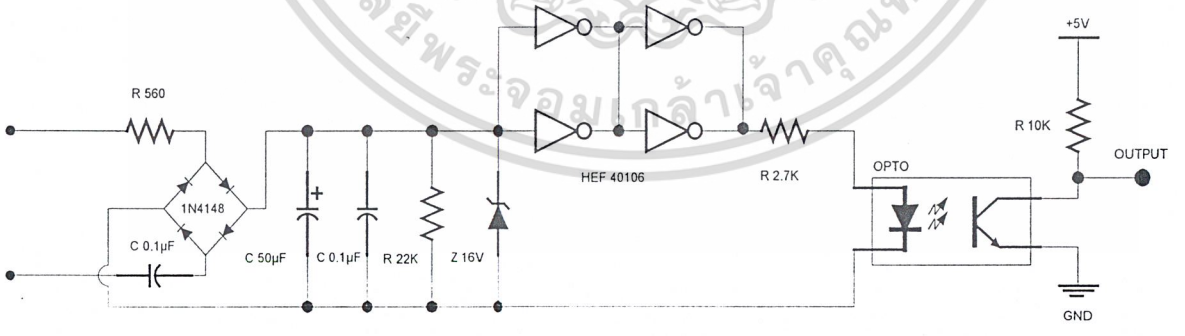
เครื่องควบคุมนี้จะต่อกับคู่สายโทรศัพท์ เพื่อสั่งงานต่างๆ โดยอาศัยสัญญาณโทนที่ได้จากแป้นคีย์โทรศัพท์เริ่มแรกเครื่องควบคุมจะตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มทำงาน จากนั้นเครื่องควบบคุมจะสวิตซ์ให้อยู่ในภาวะยกหูโทรศัพท์ในช่วงนี้จะได้ยินเสียงบอกให้ผู้ควบคุมกดรหัสผ่านว่า "ขณะนี้คุณกำลังเข้าสู่ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ กรุณากดรหัสผ่าน" โดยมีระยะเวลาหน่วงรอการกดรหัสผ่านอยู่ประมาณ 10 วินาที เพื่อเข้าสู่การควบคุมทั้งหมดของระบบถ้ากดรหัสไม่ถูกต้องก็ไม่สามารถควบคุมระบบนี้ได้

รหัสหรือสัญญาณโทนใช้ในการควบคุมเป็นสัญญาณ DTMF ที่ได้จากแป้นคีย์โทรศัพท์ เพื่อจะเข้าสู่ระบบควบคุมจะต้องอาศัยอุปกรณ์ถอดรหัส (Decode) สัญญาณ DTMF เพื่อให้เอาท์พุท ออกมาเป็นเลขฐานสอง (BCD Code) เพื่อเข้าสู่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้การสั่งการในแต่ละขั้นตอนได้ ในทุกครั้งที่สั่งงานเสร็จในแต่ละหน้าที่จะมีเสียงพูดตอบกลับไป

การควบคุมจะใช้หมายเลขที่แป้นคีย์ 1-8 เป็นหมายเลขของละควบคุมแล้วตามด้วย "1" แทนการเปิดสวิตซ์ (ON) เครื่องใช้ไฟฟ้าหรือกด "0" แทนการปิดสวิตซ์ (OFF)เครื่องใช้ไฟฟ้าหรือตามด้วยเครื่องหมายเลข 9 เป็นการตรวจสอบภาวะการทำงานของช่องควบคุมนั้นๆและกดหมายเลข 9 เพื่อควบคุมช่องสัญญาณให้ทำงานพร้อมกันตามด้วยเลข "1" จะมีเสียงพูดว่า "เปิดทั้งหมด" หรือตามด้วยเลข "0" จะมีเสียงพูดว่า "ปิดทั้งหมด"และการทำงานในแต่ละหน้าที่เสร็จสิ้นไปในแต่ละขั้นจะมีเวลาหน่วงประมาณ 10 วินาที ถ้าเลยช่วงเวลาหน่วงไปแล้วยังไม่มีการกดคีย์สั่งงาน เครื่องควบคุมจะทำการวางหูโทรศัพท์ทันที

รายละเอียดของวงจร

3.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing



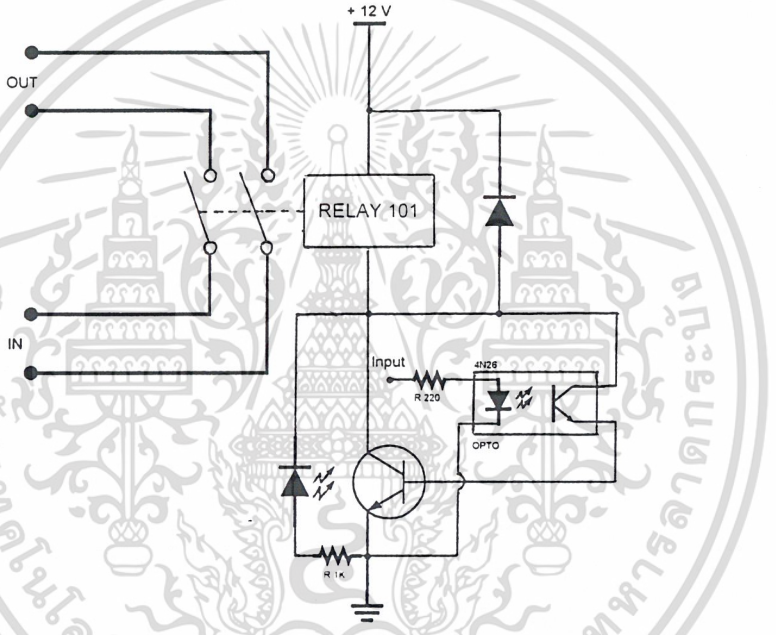
รูปที่ 3.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing

วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing เพื่อเปิดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อกับคู่สายโทรศัพท์โดยมีตัวต้านทาน 560 โอห์ม(R401) และตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัด(C401) เป็นตัวคับปลิ้งสัญญาณกระดิ่งและจำกัดขนาดของกระแสและแรงดันสัญญาณกระดิ่งเพื่อส่งให้ชุดบริดจ์เร็กติไฟเออร์ ทำให้แรงดันตรงที่มีลักษณะเป็นพัลส์ไฟตรง ตกคร่อมตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัด(C402) และตัวต้านทาน 22 กิโล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอห์ม(R402)ซึ่งตัวต้านทาน 22 กิโลโอห์ม(R402)ทำหน้าที่คลายประจุให้กับตัวเก็บประจุ(C402)เพื่อให้เป็นพัลส์ไฟตรงมากขึ้นและจำกัดแรงดันพัลส์ไว้ที่ 16 โวลท์ด้วย ซีเนอร์ไดโอด(Z101) แล้วผ่านไอซี เบอร์ 40106 ซึ่งมีวงจรชมิทซ์ทริกเกอร์ช่วยในการสร้างพัลส์ให้ดีขึ้น แรงดันพัลส์จะถูกจ่ายไบอัสให้กับ LED (Light Emitting Diode) ภายใน ออปโต้เบอร์ 4N26 โดยมีตัวต้านทาน 2.7 กิโลโอห์ม (R403)ต่อเพื่อจำกดกระแสให้ เมื่อสัญญาณกระดิ่งเข้ามาที่คู่สายโทรศัพท์จะทำให้ที่ขา คอลเลคเตอร์ของของโฟโตทรานซิสเตอร์ในออปโต้ต่อกับกราวด์เนื่องจากได้รับไบอัสตรงทำให้แรงดันตกเป็น 0 โวลท์ ซึ่งพัลจากขาคอลเลคเตอร์ของออปโต้นี้จะต่อเข้ากับขาอินพุท PB5 (ขา 28)เพื่อนับจำนวนพัลส์ที่เข้ามาไม่ให้เกินที่กำหนดไว้และเป็นการเปิดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรอคำสั่งต่อไป

3.2 วงจรตัดต่อสายอัตโนมัติ

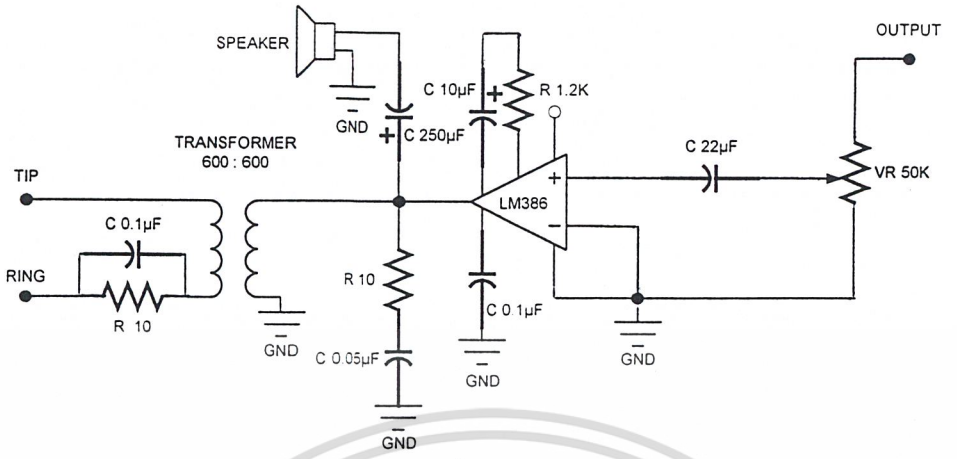


รูปที่ 3.2 วงจรตัดต่อสายอัตโนมัติ

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการนับสัญญาณที่เข้ามาในลักษณะเป็นสัญญาณ Ringing ครบจำนวนตามที่ได้โปรแกรมไว้ก็จะทำให้มีระดับลอจิก "1" (ประมาณ 5 โวลท์)ออกมาทางขาเอาท์พุทพอร์ท (PC4) ผ่านความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม (R301) ซึ่งทำหน้าที่จำกัดกระแสไบอัสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ BC547 (Q101) เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานทำให้มี"ไหลผ่านขดลวดของรีเลย์ (RY101) ลงกราวด์เป็นผลทำให้รีเลย์ทำงาน ในขณะนี้จะเป็นการยกหูโทรศัพท์ด้วยเครื่องควบคุมนี้ทำให้ขดไพมารี่ของหม้อแปลงแมทชิ่ง (T101) และถอดวงจรรหัสสัญญาณ DTMF ต่อคู่กับสายโทรศัพท์ ไดโอด 1N4148 (D101) ต่อไว้เพื่อป้องกันการผิดพลาดของรีเลย์เนื่องจากการยุบตัวและพองตัวของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดรีเลย์โดยเฉพาะขณะที่รีเลย์หยุดการทำงานซึ่งผลอันนี้เรียกว่าา แรงดันอันเกิดจากการยุบตัวของเส้นแรงแม่เหล็ก (emf) เป็นผลให้รีเลย์และมีแรงดันจะย้อนกลับมาทางเอาท์พุทของทรานซิสเตอร์สามารถทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรแมตชิ่งพร้อมวงจรขยายสัญญาณเสียง



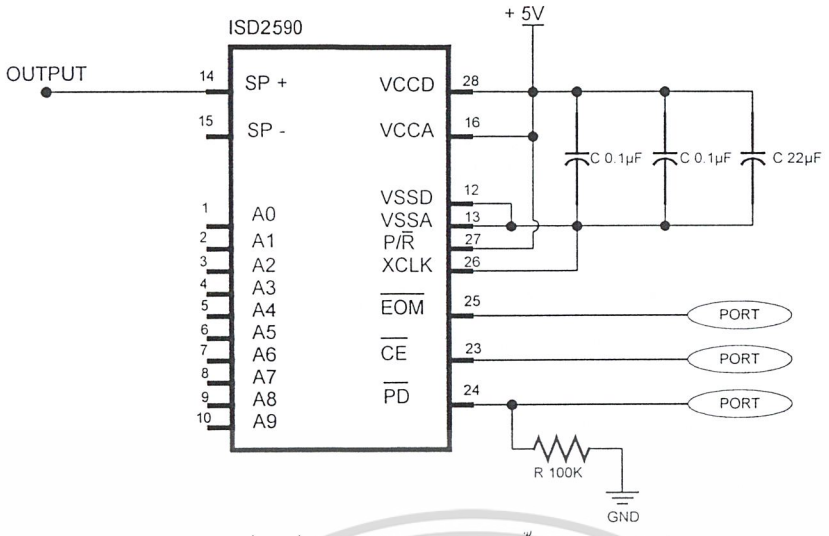
รูปที่ 3.3 วงจรแมตชิ่งพร้อมวงจรสัญญาณเสียง

สัญญาณเสียงที่ได้จากไอซี ISD2590 (ขา 14) ผ่านเข้ามาความต้านทานปรับค่าได้ 50 กิโลโอห์ม (VR102) ทำหน้าที่ปรับอัตราขยายของวงจร ผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้ง 0.1 ไมโครฟารัด (C208) ยังมีไว้เพื่อป้องกันไฟตรงที่อาจจะปนมากับสัญญาณเสียงด้วย จากนั้นจะผ่านเข้าอินพุท (Input) ของไอซี LM386 (ขา 3) ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรขยายกำลังที่สามารถปรับอัตราขยายได้จาก 20 –200 เท่าด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่เข้าต่อที่ขา 1 และขา 8 ในวงจรนี้เราใช้ตัวเก็บประจุ 10 ไมโครฟารัด (C211) ต่อคร่อมเอาไว้ทำให้ได้อัตราขยายสูงสุดคือประมาณ 200 เท่า สัญญาณที่ขยายเรียบร้อยจะออกมาที่เอาท์พุท (Output) ขา 5 โดยผ่านตัวเก็บประจุคับปลิ้ง 220 ไมโครฟารัด (C213) ต่อกับขดลวดด้านเซคคันดารี่ของหม้อแปลงแมทชิ่ง(T101) ทางด้านไพรมารี่ของหม้อแปลงแมตชิ่งที่มีตัวต้านทาน 10 โอห์ม (R203) ต่อขนานตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัด (C215) อยู่ เพื่อป้องกันการไหลของกระแสที่สูงมากขณะที่รีเลย์เริ่มทำงาน หม้อแปลงแมตชิ่งนี้จะทำหน้าที่คับปลิ้งสัญญาณเสียงลงไปยังคู่สายโทรศัพท์ และก่อนออกไปที่ลำโพง R202 และ C212 ต่อเป็นวงจรโอเวอร์โหลดของลำโพง กันสัญญาณที่ออกมาอันจะทำให้ลำโพงขาด ตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัด (C214) ต่อเพื่อเป็นตัวกรองแรงดันและช่วยกำจัดสัญญาณรบกวนจากไฟเลี้ยง

3.4 วงจรส่งเสียงอธิบายขั้นตอนการใช้งาน

ในส่วนของภาคบันทึกเสียงนั้นใช้ ไอซี ISD 2590 ซึ่งใช้บันทึกเสียงพูดอธิบายขั้นตอนการทำงานและแสดงสภาวะการทำงานของรีเลย์ทั้งหมด 8 ตัว ว่าขณะนี้ทำงานอยู่หรือไม่ เมื่อป้อนรหัสหมายเลขควบคุมรีเลย์แล้วจะมีเสียงตอบโต้กลับมายังผู้ป้อนรหัสทุกครั้ง ดังรูป 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรส่งเสียงอธิบายขั้นตอนการใช้งาน

การใช้งานขาต่างๆของไอซี ISD2590

Assess/Mode Inputs (A0-A9) โดยการใช้งานนั้น A0-A9 จะต่อเข้ากับพอร์ทของ 8255 ซึ่ง 8255 จะใช้พอร์ท A (Port A) และพอร์ท C (Port C) เป็นพอร์ทเอาท์พุทโดย PA1– PA7 ต่อกับขา A1 – A7 ของไอซี ISD 2590 ส่วนพอร์ท C นั้นจะใช้ขา PC0 ต่อเข้ากับขา A8 ส่วนขาที่เหลือต่อลงกราวด์

Ground Input (Vssa , Vssd) ขา 12 และขา 13 จะมีการแยกระหว่างกราวด์ของสัญญาณอะนาลอกและกราวด์ของสัญญาณดิจิตอล ขากราวทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้เภายในตัวถังบรรจุของไอซี การใช้งานขากราวด์ทั้งสองนี้จะเลือกต่อกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าที่ค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

Speaker Output (Sp+ , Sp-) ขา 14 และขา 15 เป็นขาเอาท์ที่จะต่อออกลำโพง ซึ่งประกอบอยู่ในไอซีเรียบร้อยแล้ว

Voltage Inputs (Vcca , Vccd) ขา 16 และ 28 เป็นขารับแรงดันที่ต้องแยกออกจากกันต่างหากระหว่างขารับแรงดันของวงจรอะนาลอกและวงจรดิจิตอล ที่ประกอบอยู่ในตัวไอซี และรับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยงวงจรเพียง +5 โวล์ท และต้องการเป็นแรงดันไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณต่ำมาก

Chip Enable Input (CE) ขา 23 ขา CE นี้จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ “0” เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเล่นกลับกับการบันทึก ที่ขาแอดเดรสอินพุทและขา P/R อินพุทจะถูกแลทช์จากพัลส์ขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE

Power Down Input (PD) ขา 24 ในขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับที่ขา PD จะมีสภาวะเป็น “1” ก็จะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมากๆ แต่เมื่อขา OVF มีสภาวะเป็น “1” ก็จะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมากๆ เช่นกัน แต่เมื่อขา OVF มีสภาวะเป็น “0” ที่แสดงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

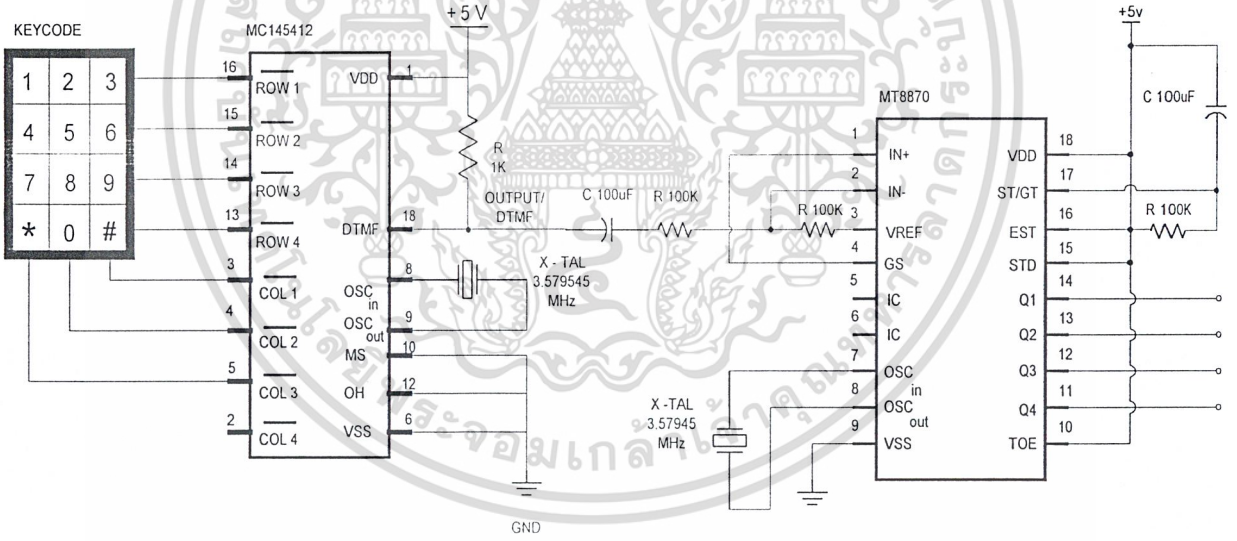
การเล่นกลับสิ้นสุดปรากฏขึ้นที่ ขา PD ปกติจะเป็น"1" อยู่ ในขณะนั้นก็ถูกรีเซ็ทและจะเริ่มกระบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

End Of Message/Run Output (EOM) ขา 25 เป็นส่วนของอุปกรณ์ Non Volatile ภายในตัวไอซีจะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกที่ขา EOM นี้จะให้เอาท์พุทออกมาเป็น"0" เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่เล่นกลับออกมาหมดแล้ว

External Clock Input (XCLK) ขา 26 เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเพื่อกำหนดค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้การสุ่มสัญญาณ

Playback/Record Input (P/R) ขา 27 เมื่อขาอินพุทที่ควบคุมการเล่นกลับและการบันทึกได้รับพัลส์"1" จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับ และถ้าเป็นพัลส์"0" จะเป็นการเลือกวงรอบของการบันทึก

3.5 วงถอดรหัส DTMF เป็นเลขฐานสอง (BCD Code)



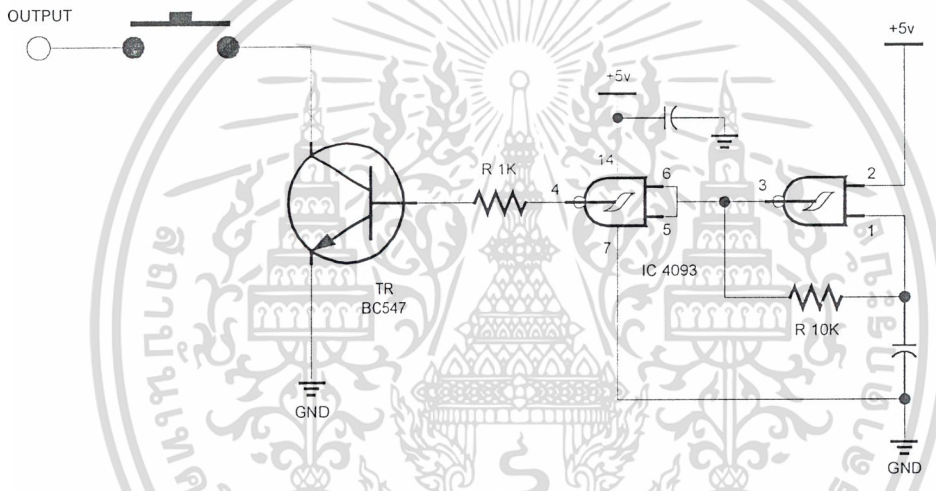
รูปที่ 3.5 วงจรถอดรหัส DTMF เป็นเลขฐานสอง (BCD Code)

ในวงจรจังหวะที่คู่สายโทรศัพท์ต่อเข้ากับชุดถอดรหัส DTMF ซึ่งเป็นอุปกรณ์ถอดรหัสสัญญาณโทนออกมาเป็น BCD Code โดยมีตัวเก็บประจุ 0.01 ไมโครฟารัด (C102,C103) คับปลิ้งสัญญาณที่เข้ามาเข้าขาอินพุตรวมกับตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม (R107,R106,R103) ,39 กิโลโอห์ม(R105) ,56 กิโลโอห์ม (R104) ต่อกันเป็นวงจร Network นอกจากนั้นโดยพื้นฐานของไอซีเบอร์ MV8870 นี้ออกแบบมาโดยมีอุปกรณ์ต่อร่วมน้อยมากก็สามารถทำงานได้แล้วยังมี คริสตอลความถี่ 3.57945 เมกะเฮิรตซ์ต (X-TAL 101) เป็นตัวกำเนิดฐานเวลาให้กับเบอร์ไอซีและ R104 กับ R105 เป็นตัวกำหนดความแตกต่างของสัญญาณอินพุท การถอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสออกมาทางเอาท์พุพจะเป็นรหัส BCD Code โดยออกมาทางเอาท์พุท Q1-Q4 (ขา 11-ขา 14) เอาท์พุทเหล่านี้จะส่งผ่านเข้าสู่พอร์ทอินเตอร์เฟสกับ 8255 ที่พอร์ท B0 - B3 เหตุที่ต้องมีชุดตัวต้านทาน Network ก็เพื่อจัดให้เป็นวงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณอินพุทที่ขา 1และ ขา 2เพื่อไม่ให้ต้องการให้สัญญาณ DTMF เกิดการเปรียบเทียบกับกราวด์ภายในวงจรควบคุมมาเพราะไม่เช่นนั้นแล้ว การต่อคู่สายโทรศัพท์จะต้องทำการตรวจสอบขั้วกราวด์กับสัญญาณไฟบวกเสียก่อน ซึ่งจะเป็นการใช้งานที่ยุ่งยาก และโดยปกติคู่สายโทรศัพท์จะต่อสลับขั้วกันได้ ด้วยเหตุผลนี้จึงต้องจัดวงจรทางอินพุทของ ไอซี MV 8870 ใหม่ดังในวงจรสมบูรณ์ และต้องการแยกระบบกราวด์ของคู่สายโทรศัพท์ออกจากกราวด์ของเครื่องควบคุมด้วย

3.6 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone

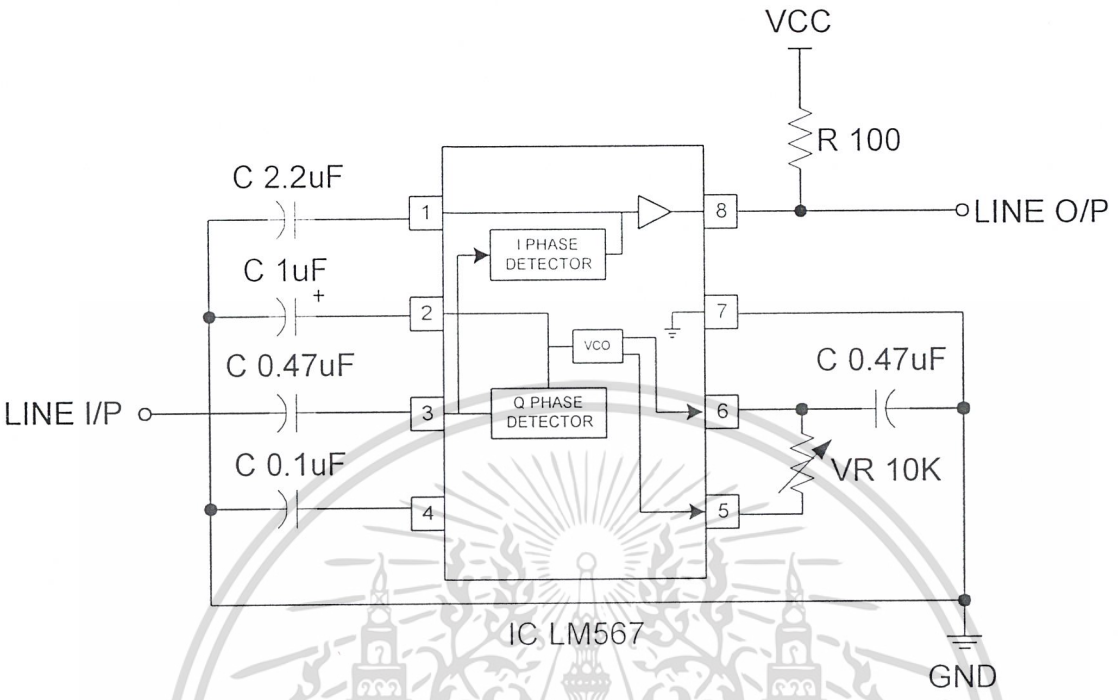


รูปที่ 3.6 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone

วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone นี้นำมาใช้สำหรับเครื่องควบคุมในกรณีที่มีการใช้งานควบคุมเครื่องใช้ที่ตังเครื่องควบคุมโดยตรง โดยมีรูปแบบของวงจรที่มีลักษณะเป็นพัลส์ที่ผ่านการเรคติไฟเออร์ ซึ่งการทำงานในส่วนนี้นั้นจะประกอบไปด้วย ไอซี เบอร์ 4093ที่มีลักษณะวงจรโลจิกภายในเป็น Nand Gate Smittriger 2 Input โดยตัวของวงจรนั้นทำหน้าที่เพื่อกำเนิด ความถี่พัลส์ให้ออกเอาท์พุทมาทางขา 4 ของ ไอซี 4093 โดยช่วงห่างของสัญญาณพัลส์กำหนดโดยการกด สวิตซ์ กดติดปล่อยดับ ตามจำนวนที่ทำการตั้งการตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone ไว้ โดยเมื่อครบจำนวนของพัลส์แล้ว ทรานซิสเตอร์ก็จะทำงาน เหมือนกันกับออปโต้ทรานซิสเตอร์ 4N25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 วงจรตัดสัญญาณสายไม่ว่าง

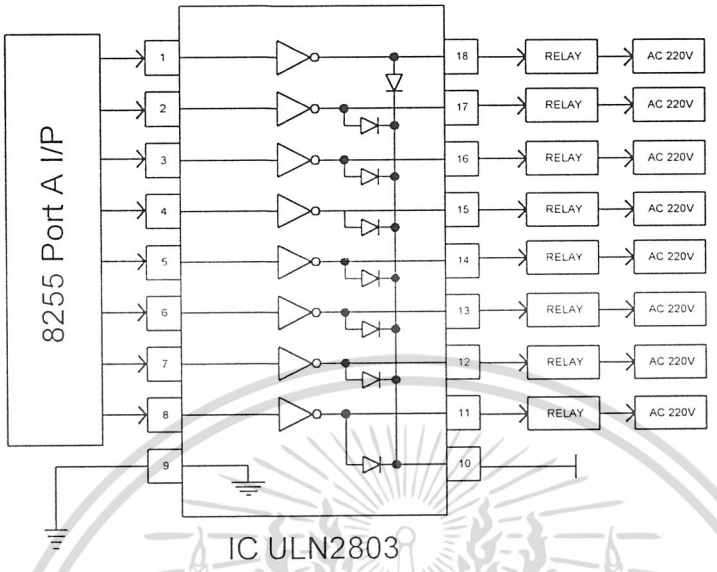


รูปที่ 3.7 วงจรตัดต่อสัญญาณสายไม่ว่าง (Cut of Busy Tone)

โดยเป็นวงจรที่ทำการออกแบบมาเพื่อการใช้งานในเครื่องควบคุมใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ โดยวงจรจะทำหน้าที่เป็นตัวที่จะทำการตัดวงจรให้กลับสู่สภาวะปกติ (Hook On) ซึ่งจะทำงานในกรณีที่มีการโทร เรียกเข้ามาและวงจรตรวจจับสัญญาณจะตรวจจับสัญญาณ และจากนั้นก็จะส่งสัญญาณไปทำการทริกให้กับวงจรตัดต่อสายอัตโนมัติ เพื่อทำการตัดต่อสายโทรศัพท์ให้อยู่ในสภาวะ (Hook Off) ซึ่งใช้ในการสั่งงานทางโทรศัพท์ แต่หากเกิดอุบัติเหตุขึ้นที่อาจเกิดจากสายโทรศัพท์หลุด หรือที่เกิดจากชุมสายโทรศัพท์ วงจรตัดสัญญาณสายไม่ว่างนี้ก็จะทำหน้าที่โดยการรับสัญญาณความถี่ 425 เฮริต์ ซึ่งเป็นความถี่ของสัญญาณ Busy Toneที่มาทางอินพุทที่ขา 3 ของ ไอซี LM567 ซึ่งความถี่ที่ 425 เฮริต์ นี้ต้องเป็นความถี่ที่ตรงกับที่ตั้งไว้ที่ได้จากการปรับค่าของ R และค่า C ที่เป็นตัว Reference ที่ขา 5 และขา 6 ของไอซี โดยมีขาที่ 8 ซึ่งเป็น เอาท์พุทของไอซีที่ต่อกับ R ที่ค่า 100 โอห์ม Pull up ไว้ซึ่งเอาท์พุทนี้จะส่งสัญญาณไปทริกให้กับชุดควบคุม ในกรณีที่มีสัญญาณ Busy เข้ามา ชุดควบคุมก็จะทำการตัดวงจรให้อยู่ในสภาวะวางหู ถ้าความถี่ที่เข้ามาไม่ใช่ 425 เฮริต์ วงจรนี้ก็จะไม่ทำงานใดๆทั้งสิ้น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 วงจรขับสัญญาณ (RELAY)



รูปที่ 3.8 วงจรขับสัญญาณ (RELAY)

โดยวงจรจะค่อนข้างที่จะอัตโนมัติและง่ายในการต่อและยังช่วยลดพื้นที่ในการลงอุปกรณ์และยังช่วยลดจำนวนอุปกรณ์โดยเฉพาะตัวทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการขับ โดยลักษณะของวงจรจากรูปข้างต้นจะเห็นโครงสร้างของไอซีที่จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากชุดควบคุมเพื่อไปขับรีเลย์ โดยลักษณะภายในโครงสร้างจะประกอบด้วยอินพุท (ขาที่ 1-8) และเอาท์พุท (ขาที่11-18) โดยที่ระหว่างอินพุทและเอาท์พุทจะมี Op-Amp ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ ส่งไปขับรีเลย์และที่ขา 9 และขา 10 จะเป็นขาที่ทำหน้าที่เป็น GND และ Voltage Reference ตามลำดับโดยเฉพาะที่ขาที่ 10 นั้นจะทำหน้าที่เป็นตัว Reference แรงดันที่ไปขับตัวรีเลย์ โดยในวงจรใช้แรงดันที่ 12 VDC ซึ่งไอซีตัวนี้จะช่วยลด Noise ที่เกิดขึ้นในวงจรอีกทางหนึ่งด้วย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลของการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 ออสซิสโลสโคป

4.1.2 ฟังก์ชั่นเจนเนอร์เรเตอร์

4.1.3 แหล่งจ่ายไฟตรง

4.1.4 แผ่นทดลองวงจร

4.2.วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing

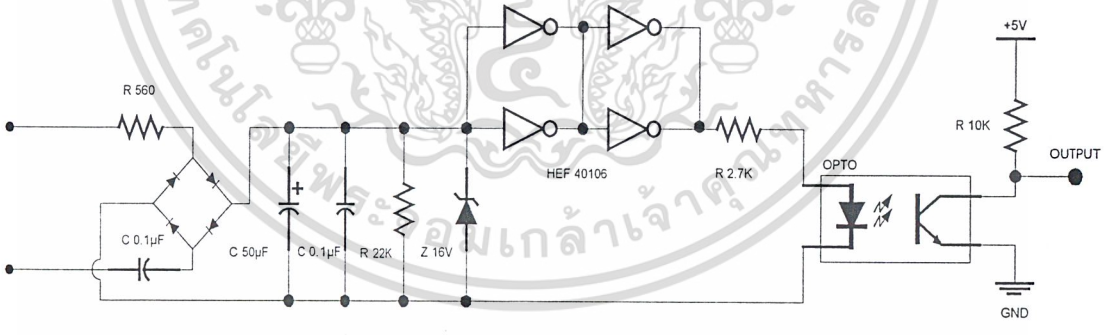
วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการทำงานของวงจรและสร้างสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้

ขั้นตอนการทดลอง

4.2.1 ต่อวงจรทดลองตามรูป

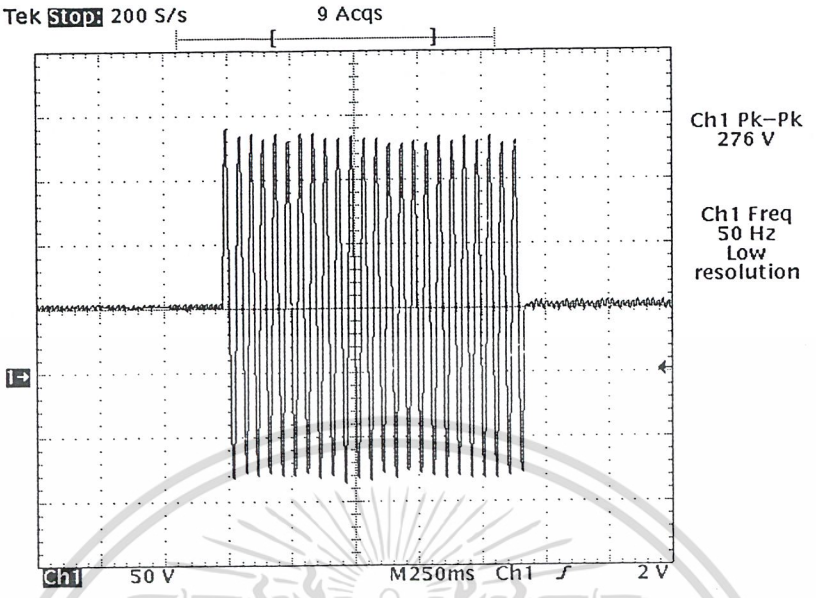
4.2.2 โทรศัพท์เข้ามาที่เครื่องรับโทรศัพท์ แล้วทำการวัดสัญญาณอินพุท (Ringing Tone) เทียบกับสัญญาณเอาต์พุทของออปโต้ (4N25)



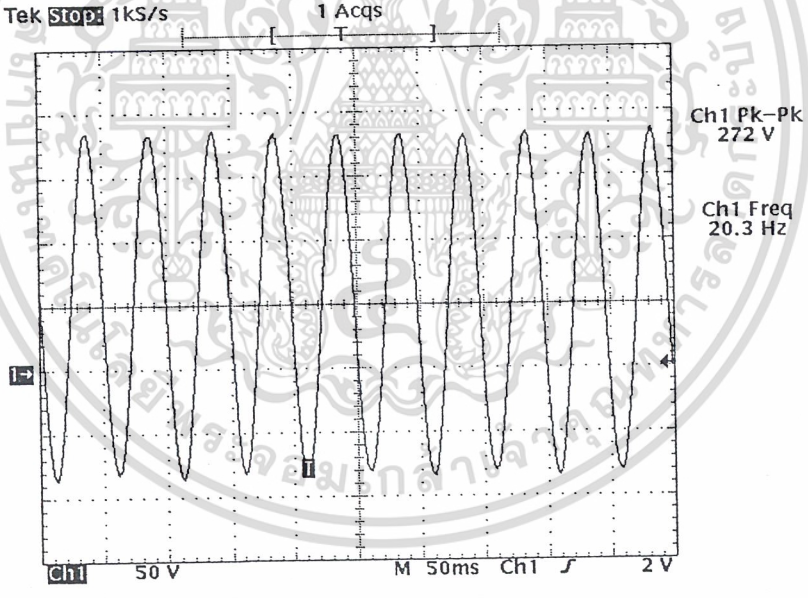
รูปที่ 4.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1.1 สัญญาณ Ringing Tone

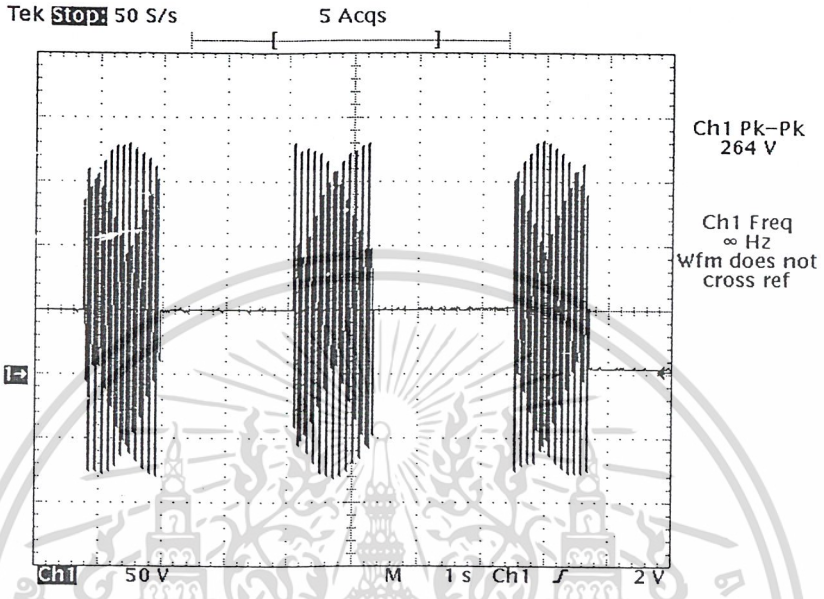


รูปที่ 4.1.2 สัญญาณ Ringing Tone (ที่ทำการขยาย)

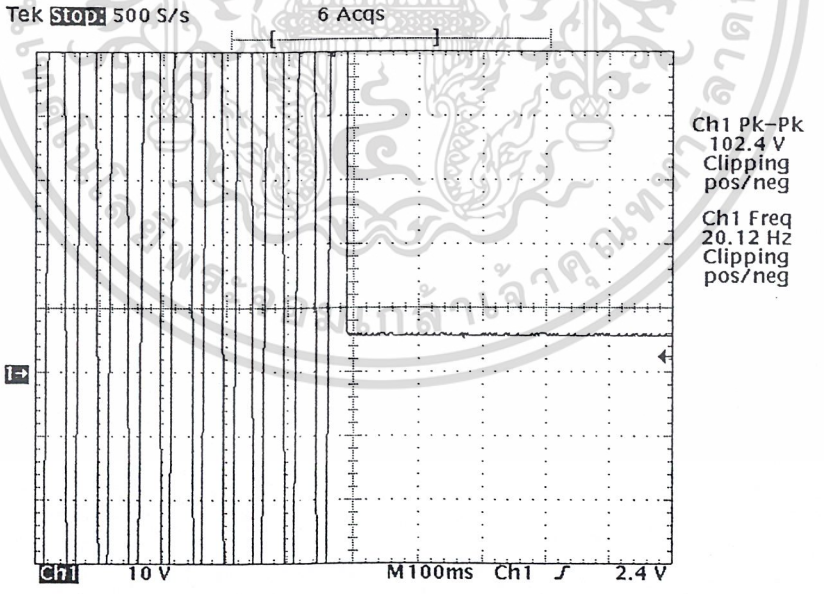
โดยที่จาก รูปที่ 4.1.1 สัญญาณ Ringing Tone ที่มีการเกิดของสัญญาณในช่วงที่มีสัญญาณกระดิ่งดังขึ้น และรูปที่ 4.1.2 สัญญาณ Ringing Tone ที่ทำการขยายจะเห็นว่ารูปของสัญญาณนั้นมีลักษณะที่เป็นสัญญาณซายน์เวฟ โดยที่ขณะทำการทดลองได้ทดลองโทรศัพท์เข้ามาที่เบอร์ของหมายเลขของเครื่องที่ต่อเข้ากับวงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone โดยมีโทรศัพท์อีกเครื่องหนึ่งนั้นต่อพ่วงกับเลขหมายเดียวกันกับวงจรเพื่อที่จะใช้เป็นตัวมอนิเตอร์ของเสียงและในขณะที่ทำการทดลองในช่วงที่เกิดสัญญาณ Ringing ดังเข้ามาจากชุมสายจะเห็นเป็นสัญญาณซายน์เวฟดังโดยมีช่วงเวลาห่างกันของสัญญาณนั้นไม่ได้ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง และจำหน่ายเพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลบรอยประทับนี้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการใช้

ทฤษฎีเนื่องจากเลขหมายโทรศัพท์ที่ทำการโทรเข้ามานั้นต้องผ่านตู้สาขาย่อย (PABX) แต่ก็มีลักษณะของสัญญาณนั้นเหมือนกับทฤษฎีแรงดันทาง AC ในช่วงที่มีสัญญาณนั้นอยู่บนสัญญาณไฟ DC นั้นเท่าโทรศัพท์พื้นฐานทั่วไป



รูปที่ 4.1.3 สัญญาณ Ringing Tone ในขณะที่มีการตัดเข้าสู่วงจรรีเลย์



รูปที่ 4.1.4 สัญญาณ Ringing Tone ในขณะที่มีการตัดเข้าสู่วงจรรีเลย์ (ที่ทำการขยาย)

โดยจะเห็นว่าในขณะทำการทดลองได้ทดลองโทรศัพท์เข้ามาที่เบอร์ของหมายเลขของเครื่องที่ต่อเข้ากับวงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone และวงจรตัดต่อสัญญาณและทำการวัดสัญญาณเอาท์พุทโดยมีการตั้งโปรแกรมไว้โดยมีเงื่อนไขว่าตรวจสัญญาณ Ringing ที่เข้ามากี่ครั้งแล้วให้ตัวรีเลย์ On ตัดสัญญาณเข้าสู่วงจรในที่นี้ได้ทำการตั้งโปรแกรมไว้ 7 ครั้งโดยมีเอาท์ออกไปที่ขา INT1 ของ CPU เมื่อ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หรือการค้า

CPU ทำการนับพัลส์นั้นครบตามจำนวนที่โปรแกรมเอาไว้ CPU นั้นก็ส่งสัญญาณออกไปที่ขา INT0 (พอร์ทที่ 3.3) ให้ On เพื่อจะไปทำการขับตัว รีเลย์ให้ทำการตัดวงจรเข้าสู่โปรแกรมในลำดับต่อไปโดยสัญญาณพัลส์ลูกสุดท้ายที่ CPU ทำการนับเสร็จและส่งสัญญาณนั้นเข้ามา On รีเลย์จะเห็นจากรปที่ 4.1.3 และรูปที่ 4.1.4 ว่ามีแรงดันไฟที่ตกลงจากเดิมประมาณ 7-8 Volt

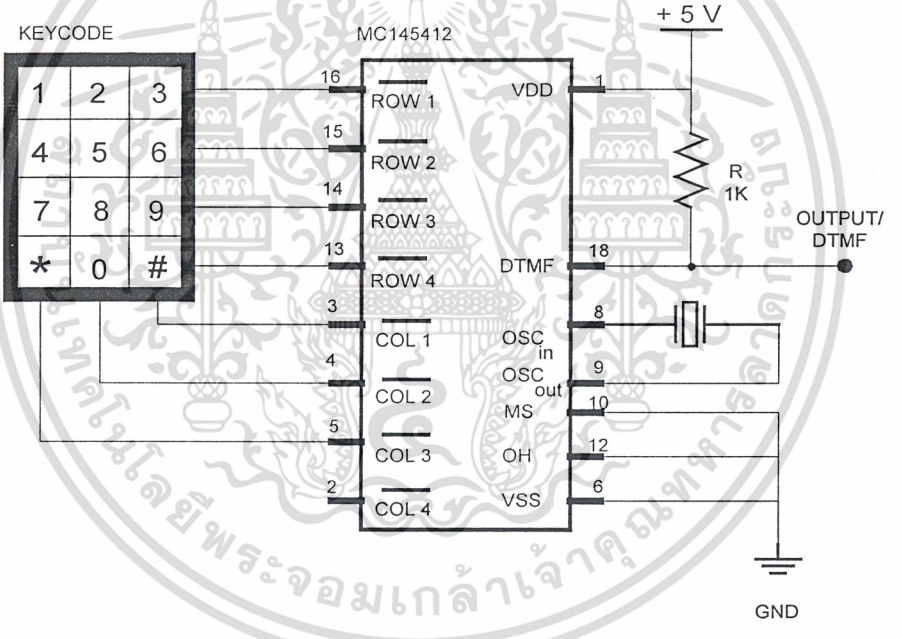
4.3 วงจรสร้างสัญญาณโทน

วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจสอบและสร้างสัญญาณเสียงโทนความถี่ DTMF ของโทรศัพท์

ขั้นตอนการทดลอง

4.3.1 ต่อวงจรทดลองตามรูป

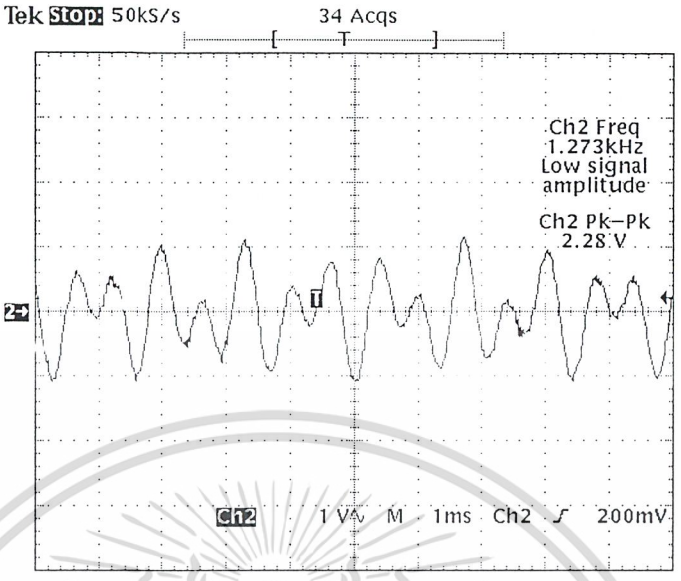


รูปที่ 4.2 วงจรสร้างสัญญาณโทน

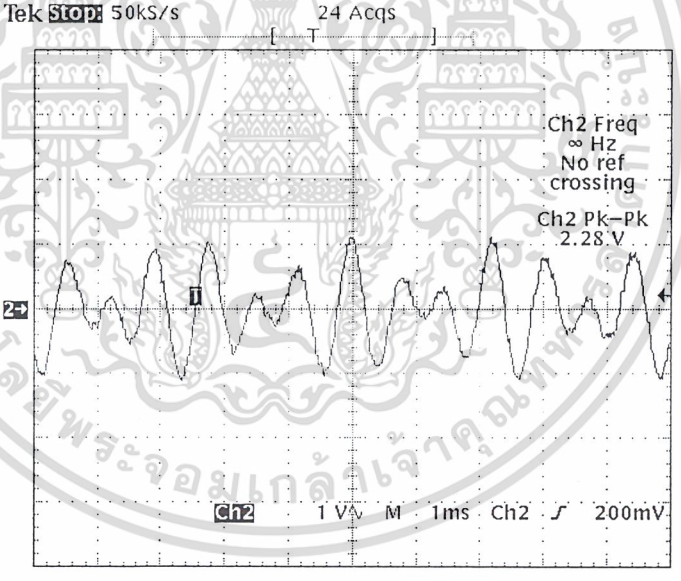
4.3.2 กด 0-9และวัดความถี่ที่ได้จากขา 18 ของไอซี MC 145412 แล้วบันทึกรูปสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.2.1 สัญญาณเอาท์พุตคีย์หมายเลข 9 ของ MC145412



รูปที่ 4.2.2 สัญญาณเอาท์พุตคีย์หมายเลข 0 ของ MC145412

จากการทดลองทำการวัดรูปสัญญาณของวงจรสร้างสัญญาณโทนแล้วปรากฏว่าลักษณะของสัญญาณความความถี่ที่เกิดขึ้นโดยมีลักษณะเป็นความถี่คู่ คือมีสัญญาณ 2 ความถี่อยู่ในรูปของสัญญาณตัวเดียวกัน โดยการคูณทางความถี่กัน เช่น เอาท์พุทของวงจรสสร้างสัญญาณโทนหมายเลข 9 นั้นจะมีความถี่ขางต่ำที่ 852 Hz และที่ความถี่ทางข้างสูงที่ 1477 Hz ตามลำดับ ดังนั้นจึงเรียกวงจรความถี่แบบนี้ว่าเป็นวงจรสร้างสัญญาณ DTMF (Dual Tone Multi Frequency)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

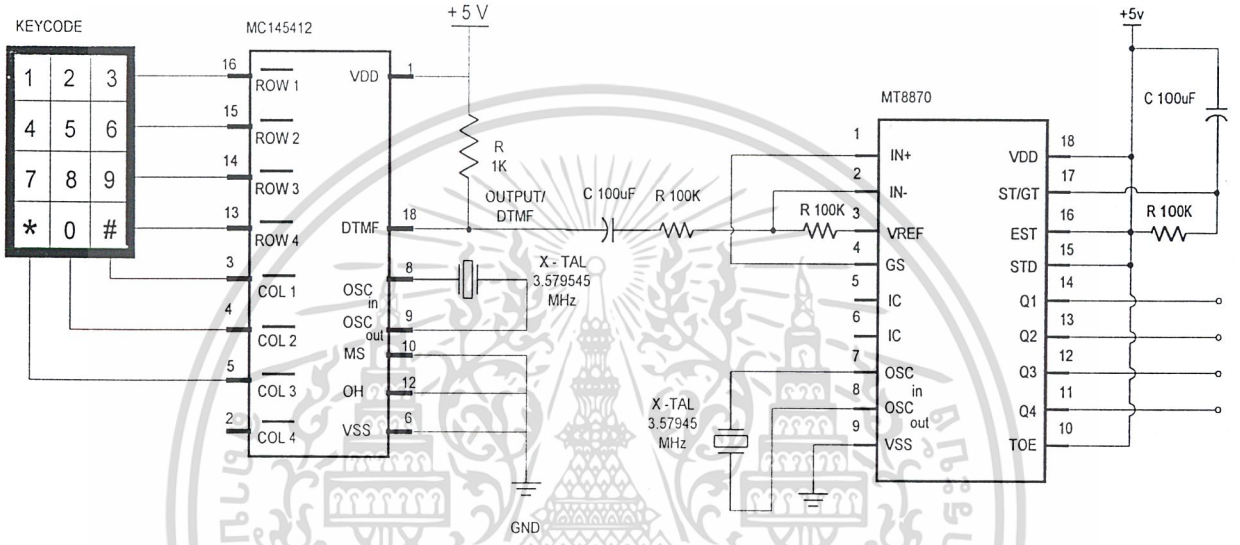
4.4 วงจรถอดรหัส DTMF เป็นเลขฐานสอง (BCD Code)

วัตถุประสงค์

เพื่อถอดสัญญาณโทนของโทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสอง (BCD Code)

ขั้นตอนการทดลอง

4.4.1 ต่อวงจรทดลองตามรูป



รูปที่ 4.3 วงจรถอดรหัส DTMF เป็นเลขฐานสอง (BCD Code)

4.4.2 ทำการป้อนสัญญาณจากวงจรสร้างสัญญาณโทน แล้วกดหมายเลข 0 ถึง 9 ทำการวัดรหัสเลขฐานสองที่ขา 11 ถึง 14 ของไอซี MV8870 (Q1 –Q4)แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

Number	On	Freq LOW	Freq HIGH	Q4	Q3	Q2	Q1
1	H	697	1209	0	0	0	1
2	H	697	1336	0	0	1	0
3	H	697	1477	0	0	1	1
4	H	770	1209	0	1	0	0
5	H	770	1336	0	1	0	1
6	H	770	1477	0	1	1	0
7	H	852	1209	0	1	1	1
8	H	852	1336	1	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	H	852	1477	1	0	0	1
0	H	941	1336	1	0	1	0
*	H	941	1209	1	0	1	1
#	H	941	1477	1	1	0	0

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของวงจรถอดรหัส DTMF

จากการทดลองในวงจรแปลงสัญญาณทาง ความถี่ DTMF ไปเป็นเลขฐาน 2 โดยเป็นวัดเอาท์พุท ของสัญญาณที่ขา Q1 – Q4 ของไอซี MT 8870 ให้วัดออกมาทาง LED โดยเป็นการบอกสภาวะการแปลง สัญญาณ โดยมีขาที่ 15 หรือขา STD นั้นเป็นตัวบอกสภาวะในขณะที่มีการกดสัญญาณพัลส์ออกไปเท่านั้น โดยสัญญาณนั้นจะมีลักษณะเหมือนกับสวิทต์แบบกดติด ปล่อยดับ เป็นต้น

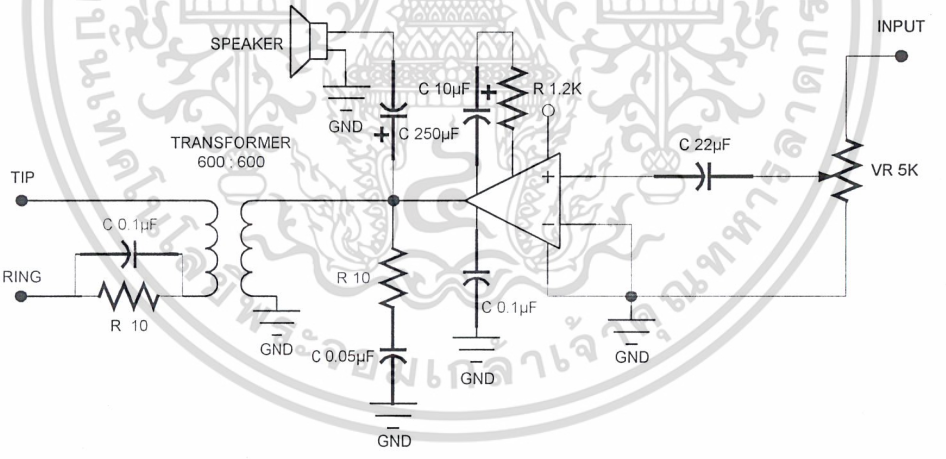
4.5 วงจรแมชชิ่งพร้อมวงจรขยายสัญญาณเสียง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการส่งสัญญาณเสียงไปยังคู่สายโทรศัพท์

ขั้นตอนการทดลอง

4.5.1 ต่อวงจรทดลองตามรูป



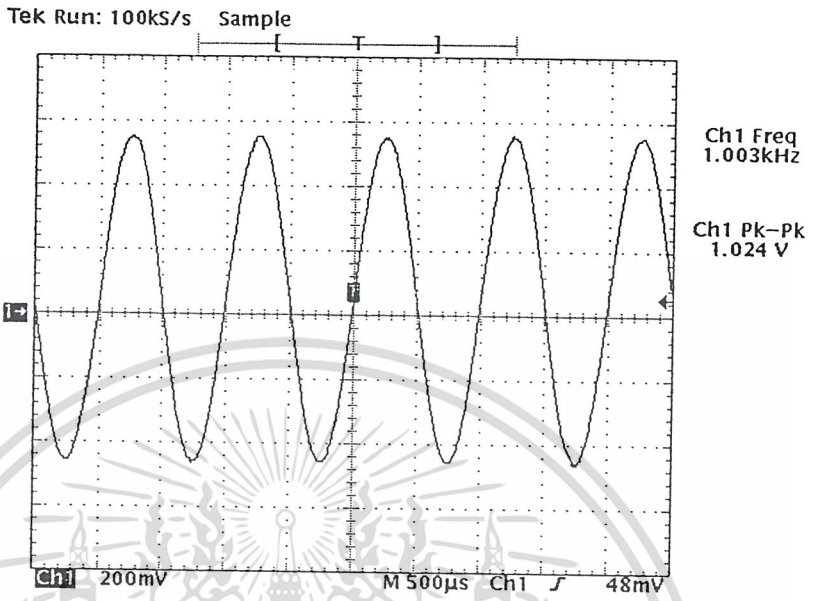
รูปที่ 4.4 วงจรแมชชิ่งพร้อมวงจรสัญญาณเสียง

4.5.2 ทำการป้อนสัญญาณเสียงเข้ามาที่อินพุทของวงจรขยาย

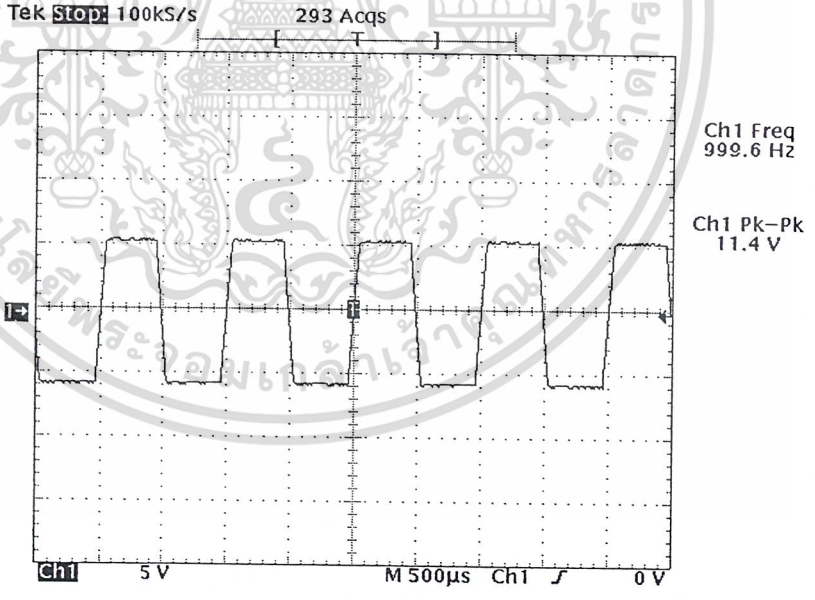
4.5.3 วัดสัญญาณที่ขดทางเซคันดารี่ของหม้อแปลงเทียบกับขดไพรมารี่ ทำการบันทึกรูปสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

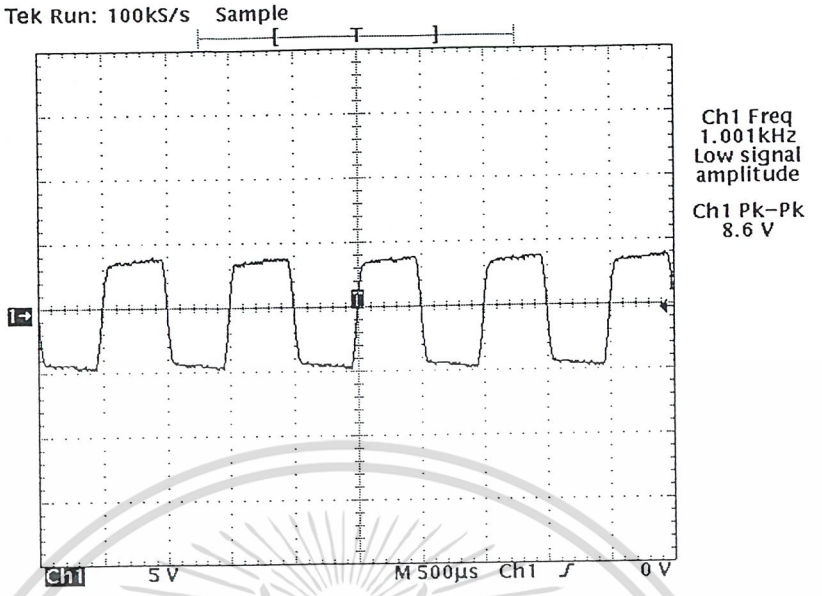


รูปที่ 4.4.1 รูปสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุทของวงจรขยายเสียง

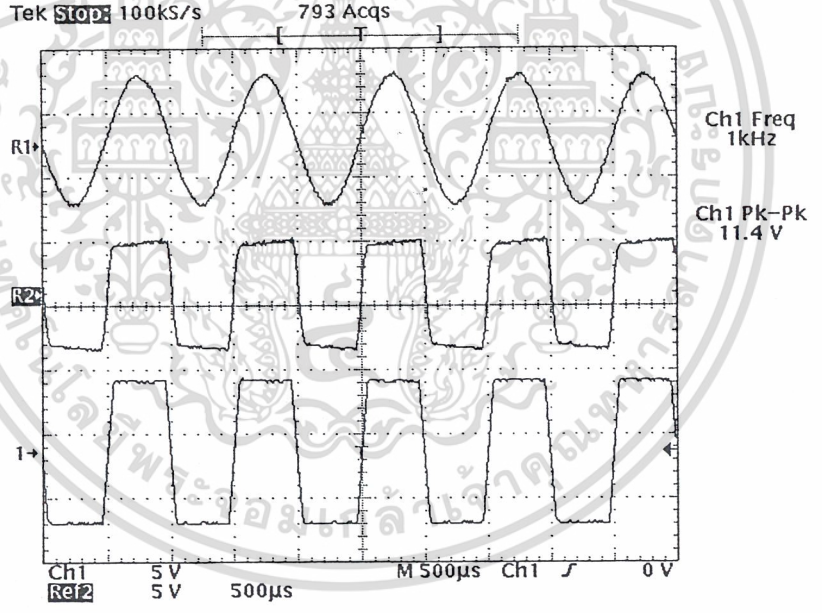


รูปที่ 4.4.2 รูปสัญญาณเอาท์พุทของวงจรขยายเสียงและเข้ามาที่อินพุทของวงจรแมตชิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4.3 รูปสัญญาณที่ออกมาทางเอาท์พุทของวงจรแมตชิ่ง



รูปที่ 4.4.4 รูปสัญญาณที่ออกมาทางเอาท์พุทเทียบกับอินพุทของวงจรแมตชิ่ง

จะเห็นว่าจากการทดลองนั้นสัญญาณที่ออกมาทางเอาท์พุทของวงจรนั้นมีลักษณะของสัญญาณที่คล้ายคลึงกับ ตัวรูปของสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุทของวงจร โดยจากการทดลองนั้นได้ทำการป้อนสัญญาณซายน์เวฟจากฟังก์ชั่นเจเนอเรเตอร์ เข้ามาทางอินพุทของวงจรขยายเสียง และเมื่อสัญญาณนั้นผ่านวงจรขยายทำให้รูปสัญญาณนั้นขยายเพิ่มแรงดันมากขึ้นตามการปรับรูปสัญญาณที่ตัวของตัวต้านทานปรับค่า (VR 5K) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 วงจรบันทึกเสียงด้วย ไอซี ISD 2590

วัตถุประสงค์

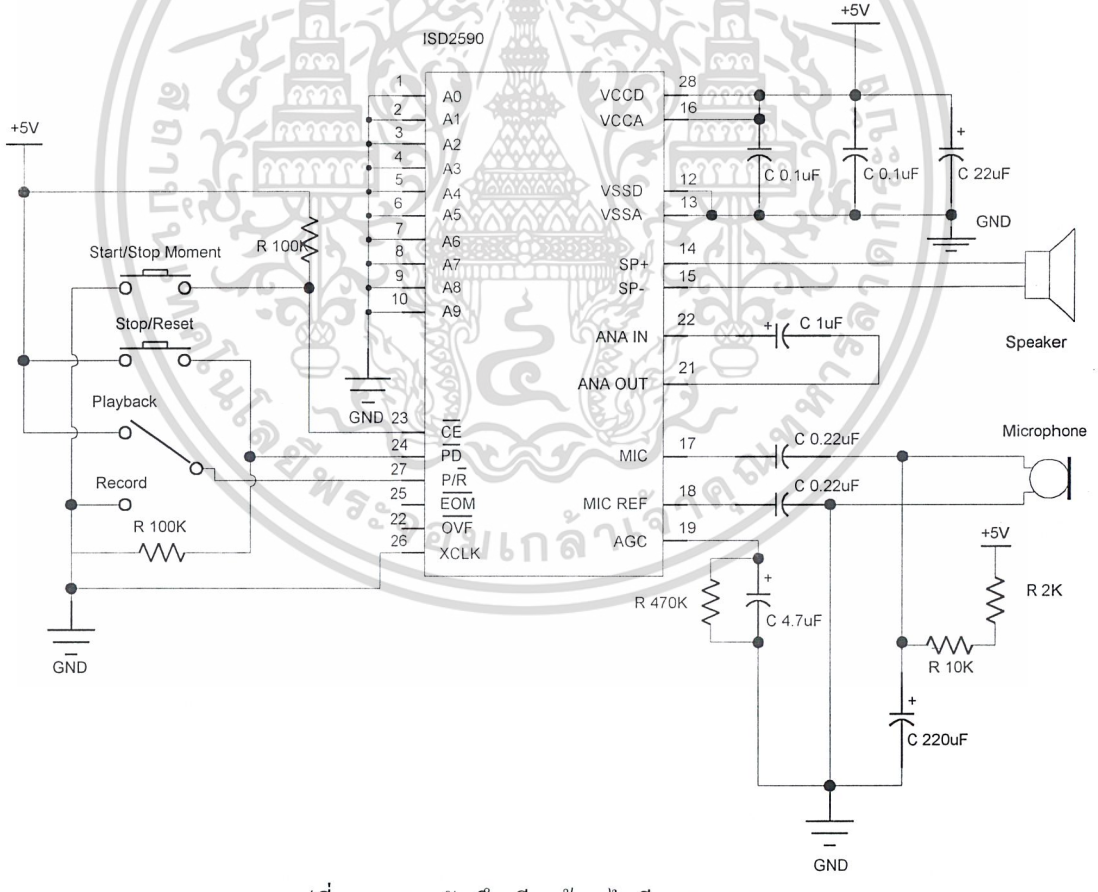
เพื่อศึกษาลักษณะการบันทึกของไอซี ISD 2590 และรอบระยะเวลาการบันทึก

ขั้นตอนการทดลอง

4.6.1ต่อวงจรทดลองตามรูป ข้างล่าง

4.6.2 ทำการบันทึกสัญญาณไซน์ 100 วินาทีแล้วเล่นกลับจับเวลาสัญญาณที่ได้จากออสซิสโลสโคปบันทึกผล

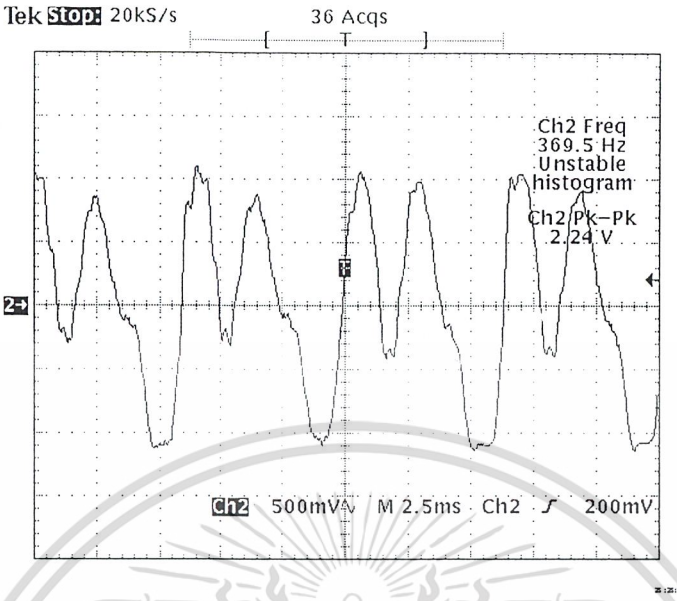
4.6.3 ทำการบันสัญญาณเสียง วัดสัญญาณเอาท์พุทของสัญญาณเสียงเทียบกับสัญญาณอินพุทบันทึกรูปสัญญาณ



รูปที่ 4.5 วงจรบันทึกเสียงด้วย ไอซี ISD 2590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.5.1 รูปของสัญญาณเสียงที่ออกมาทางเอาท์พุทที่ขา 14 ของไอซี ISD2590

จากรูปสัญญาณที่ทำการวัดออกมานั้นเป็นสัญญาณของเสียงจริงที่ทำการอัดเสียงไว้ในตัว ไอซี ISD2590 โดยที่เป็นการวัดสัญญาณที่ออกมาทางเอาท์พุทของวงจรที่ขา 14 ลักษณะของสัญญาณที่ได้นั้นเป็นความถี่ที่อยู่ในอยู่ในย่านของความถี่เสียง ซึ่งสัญญาณเสียงที่ได้นั้นมีลักษณะของความถี่ที่ไม่แน่นอน

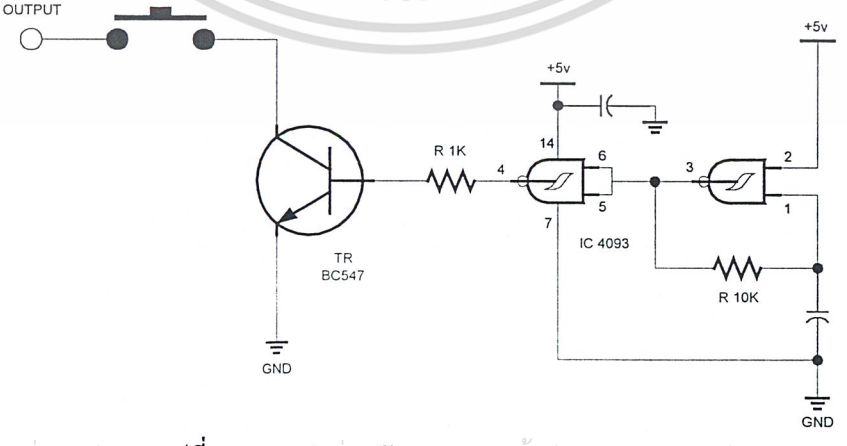
4.7 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการจำลองสัญญาณ Ringing ของโทรศัพท์เพื่อใช้ในการควบคุมที่เครื่อง ฯ

ขั้นตอนการทดลอง

4.7.1 ต่อวงจรทดลองตามรูป



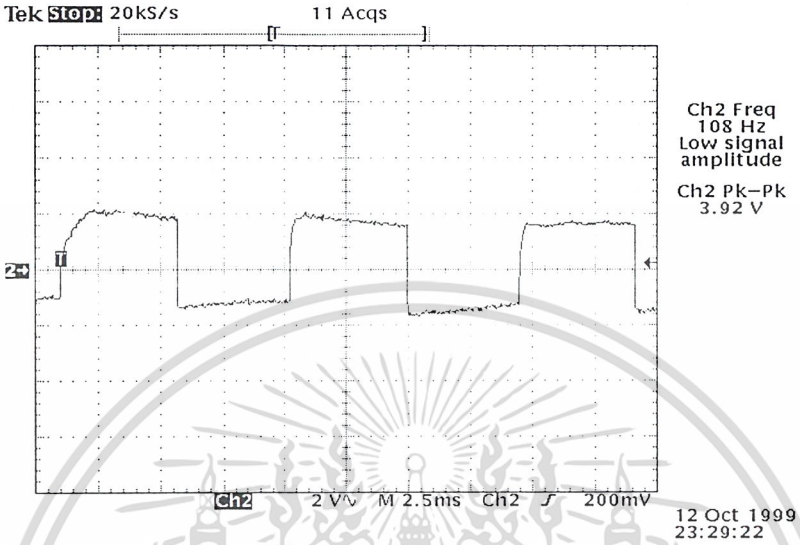
รูปที่ 4.6 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำ[illegible]ญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.2 ทำการกดสวิตซ์ กดติดปล่อยดับ

4.7.3 ทำการวัดรูปของสัญญาณที่ได้ ในช่วงเวลาที่ทำการกดสวิตซ์

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.6.1 สัญญาณที่ออกมาทางขาคอลเลคเตอร์ของวงจร

จากรูปที่ทำการวัดสัญญาณที่ออกมาทางขาคอลเลคเตอร์โดยสัญญาณที่นั้นจะเกิดเป็นพัลส์ได้ตามการทำการกดสวิตซ์แบบ กดติด ปล่อยดับ โดยที่สัญญาณที่ได้นั้นจะผ่านวงจร สมิทซ์ทริกเกอร์ ที่อยู่ในตัวไอซี 4093 ซึ่งทำหน้าที่สร้างพัลส์รูปของสัญญาณให้ดีขึ้น โดยในการใช้งานจริงนั้นจะทำการกดสวิตซ์นั้นตามจำนวนครั้งที่ได้ทำการโปรแกรมไว้ เพื่อให้ CPU ทำการนับและตัดเข้าวงจรตัดต่อสายต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผลของการทดลอง

5.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone

จากการทดลองโดยทำการวัดสัญญาณที่เข้าที่คู่สายโทรศัพท์ จากรูปที่วัดได้และทำให้เกิดมีสัญญาณที่ออกมาทางขาที่ 5 ของ OPTO 4N25 โดยรูปของสัญญาณเอาท์พุทเป็นสัญญาณไฟตรงประมาณ 5 โวลท์ และจะมีช่วงระยะเวลาตามจังหวะของสัญญาณ Ringing ของโทรศัพท์เพื่อใช้เป็นสัญญาณที่เริ่มการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

5.2 วงจรสร้างสัญญาณโทนและวงจรถอดรหัส DTMF เป็น BCD Code

จากผลของการทดลองที่ได้ทำการกดหมายเลขแป้นคีย์ จาก 0 – 9 แล้วทำการวัดรูปสัญญาณความถี่ออกมาทางขา 18 ของไอซี MC145412 โดยความถี่ที่วัดได้นั้นเป็นไปตามข้อมูลของดาต้าของไอซี MC145412 และเมื่อนำเอาท์ที่ได้มาต่อเข้ากับวงจรถอดรหัส DTMF เป็น BCD Code โดยมีไอซี MT8870 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัว Decoder สัญญาณความถี่ DTMF เป็น BCD Code โดยจากการทำการทดลองในส่วนนี้ได้ใช้ LED มาทำการต่อที่เอาท์พุทที่ขา 11 ถึงขา 14 ของไอซี MT 8870 (Q1 – Q4) เพื่อดูผลที่ได้จากการกดหมายเลขที่แป้นคีย์ โดยเอาท์พุทที่ได้นั้นเป็นไปตามข้อมูลที่ได้จาก Data Sheet ของไอซีถอดรหัส

5.3 วงจรขยายเสียงและวงจรแมตชิ่ง

โดยการจากทดลอง โดยนำเอาสัญญาณเอาท์พุทจากวงจรขยายเสียง ขาที่ 5 ของไอซี LM386 ไปต่อที่ขด Secondary ของหม้อแปลงแล้วทำการวัดรูปสัญญาณที่ได้ เทียบกับสัญญาณที่ออกมาทางเอาท์พุทที่ขด Primary ซึ่งรูปสัญญาณทั้งสอง ที่เป็นสัญญาณของเสียงนั้นมีขนาดใกล้เคียงกันมาก

5.4 วงจรบันทึกเสียง

จากการทดลองการบันทึกเสียงของไอซี ISD2590 นั้นสามารถบันทึกเสียงหรือสัญญาณต่างๆที่เป็นสัญญาณที่เป็นสัญญาณอนาล็อกได้นานประมาณ 90 วินาทีตามคุณสมบัติของไอซี แต่ในขณะที่ส่งสัญญาณเอาท์พุทกลับออกมา สัญญาณที่วัดได้จะไม่เหมือนกับสัญญาณที่ป้อนให้ทางอินพุทเช่น สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม,รูปสัญญาณสามเหลี่ยม เพราะสัญญาณทั้งสองเกิดจากคลื่นรูปไซน์หลายๆความถี่ ดังนั้นการบันทึกจึงเป็นการบันทึกสัญญาณรูปไซน์ต่างความถี่กันต่อเนื่องกันไป สัญญาณเอาท์พุทที่ได้จึงแตกต่างจากสัญญาณอินพุท ส่วนของสัญญาณเสียงที่ทำการบันทึกขณะเล่นกลับนั้นให้คุณภาพเสียงเหมือนต้นกำเนิดมาก การกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นตามการทดลอง ได้ทำการบันทึกรูปสัญญาณต่างลงไปในแต่ละแอดเดรสตาม โดยลักษณะสัญญาณที่บันทึกออกทางเอาท์พุทคือ เมื่อกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นให้เล่นกลับ ก็เริ่มทำการเริ่มส่งสัญญาณที่บันทึกไว้ออกทดลองไปเอาท์พุท จากแอดเดรสเริ่มต้นออกไปจนถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรสสุดท้ายของสัญญาณนั้นๆแล้วหยุดการทำงาน ISD2590 นั้นจะไม่ทำงานไปจนถึงแอดเดรสเริ่มต้นของสัญญาณใหม่

5.5 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone

จากการทดลองของวงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone โดยการวัดรูปสัญญาณเอาท์พุทที่ขา 4 ของไอซี 4093 สัญญาณที่ได้มีลักษณะเป็นพัลส์ เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาทางไอซี 4093 ซึ่งเป็น Nand Gate Smittriger 2 Input นั้นจะเป็นการจำลองสัญญาณกระดิ่งของโทรศัพท์ โดยการกดสวิตซ์ กดติดปล่อยดับ ตามจังหวะของสัญญาณ Ringing ของโทรศัพท์ที่ทำการตั้งโปรแกรมไว้

5.6 วงจรตัดสัญญาณสายไม่ว่าง Busy Tone

จากการทดลองของวงจรตัดสัญญาณสายไม่ว่าง Busy Tone โดยใช้ไอซี LM567 เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาทางไอซี LM567 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัว Reference กับสัญญาณที่เข้ามานั้นจะต้องเกิดการ Match กันจึงจะมีเอาท์พุทออกมาไปทริกให้ชุดควบคุมสั่งให้วงจรตัดสายเพื่อวางหูโทรศัพท์ แต่ในกสรใช้งานไม่ได้ผลเท่าที่ควรเนื่องจากความถี่เสียงของวงจรบันทึกเสียงไปรบกวนสัญญาณ Busy ซึ่งไม่ได้ผลเท่าที่ควร

5.7 สรุปผลการทดลองทั้งหมด ของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์

จากการทดลองและการทดสอบการทำงานทั้งหมดของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลองมีด้วยกันหลายปัญหาที่จะนำมากล่าวสรุปได้ดังนี้

- การอัดเสียงลงไปใน ไอซี ISD 2590 ปัญหานี้เกิดขึ้นในระหว่างการอัดเสียงให้ตามต้องการขณะที่ทำการอัดเสียงจริงลงบน บอร์ดเอนกประสงค์ โดยหลังจากที่ทำการอัดเสียงที่อธิบายขั้นตอนการใช้งานหมดแล้วทำการทดสอบโดยการฟังเสียงแล้วพบว่าที่บริเวณ แอดเดรสที่มีข้อความที่ยาวเสียงจะไปทับเสียงของแอดเดรสข้างเคียง จากนั้นก็ทำการทดลองอัดเสียงใหม่โดยทำการอัดเสียงแบบทีละคำ เช่น ประโยคใดที่คำซ้ำกันก็จะการใช้เสียงร่วมกันแล้วทำการทดลองจริงกับโปรแกรมควบคุมจริงซึ่งแม้ว่าจะไม่มีคำที่ซ้อนทับกันก็ตามแต่ช่วงระหว่างในการพูดของคำที่มาต่อกันจนเป็นประโยคนั้นไม่สัมพันธ์กัน โดยบางคำบางก็ช่วงห่างมากบางคำช่วงห่างน้อยไป จึงทำการแก้ไขใหม่โดยการออกแบบลายวงจรให้สามารถที่ทำการอัดเสียงลงบนลายวงจรได้ แล้วใช้โปรแกรมในการระบุตำแหน่งแอดเดรสของเสียงแทนการใช้ DIP SWITCH และยังสามารถที่จะให้โปรแกรมตรวจสอบการสิ้นสุดของเสียงเพื่อที่จะทำการอัดเสียงประโยคต่อไปได้โดยทำให้ไม่เกิดการทับซ้อนของเสียงและไม่เกิดเสียงที่ไม่สัมพันธ์กันซึ่งเมื่อมาทดสอบกับการทำงานจริงปรากฏว่าได้ผลที่ดี
- เสียงรบกวนที่เกิดขึ้นที่วงจรขยายเสียง โดยเมื่อเสียงของอินพุทที่ออกมาทางขา 14 ไอซี ISD 2590นั้นมีลักษณะของสัญญาณที่ดีแต่สัญญาณนั้นเมื่อผ่านวงจรขยายเสียงแล้วพบว่ามีเสียงรบกวนที่ได้เป็นเสียงฮัม และสัญญาณเสียงที่ได้มีลักษณะแหลมมากเกินไปจึงทำการเปลี่ยนวงจรโดยเพิ่มค่า C ที่คับปลิ้งที่ทางอินพุทของวงจรและทำการตรวจดูกราวน์ของวงจรใหม่ปรากฏว่าเสียงที่ออกมานั้นมีลักษณะดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรตัดสัญญาณ Busy Tone ในการทดสอบลงบนบรอดเอนกประสงค์โดยการใช้ฟังก์ชั่น เจนเนอเรเตอร์ป้อนความถี่ Busy ที่ขาอินพุทของไอซี LM567 แล้วทำการปรับค่าของ RC ที่ขาที่ 5 และ 6 ของวงจรจนได้ตำแหน่งที่เหมาะสมโดยมีเอาท์พุทออกมาทางขาที่ 8 และเมื่อเอาไปต่อกับ สายของโทรศัพท์ในวงจรจริงที่มีการต่อกับวงจรแมชชิ่งและวงจรขยายเสียงนั้นปรากฏว่าเสียงที่ออกมาจากวงจรแมชชิ่งและวงจรขยายเสียงไปส่งผลกระทบกับวงจรตัดสัญญาณ Busyโดยมีเอาท์พุทออกมาที่ขาที่ 8 ด้วย และทำการเปลี่ยนค่าของ RC ใหม่และตรวจสอบใหม่ก็ยังไม่สามารถที่จะแก้ไขได้ จึงทำการออกแบบโปรแกรมใหม่ ให้มีการตรวจสอบเวลาในการป้อนอินพุทจากการกดสัญญาณโทนเช่นหากช่วงห่างเกิน 30 วินาทีโปรแกรมก็จะสั่งให้ทำการตัดวงจรให้มีลักษณะวางสายเป็นต้น

5.8 แนวทางในการพัฒนาปรับปรุงเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ให้ดีขึ้น

โดยจากการออกแบบและทดลองมาพบปัญหาที่ยังไม่สามารถที่จะแก้ไขได้ เช่น วงจรตัดสัญญาณ Busy ที่ยังมีปัญหาอยู่แล้วทำการแก้ไขโดยการโปรแกรมเข้าช่วยในการออกแบบแล้วยังมีการที่จะสามารถกดสัญญาณพัลส์โทนออกไปโดยไม่ต้องรอฟังเสียงที่ของวงจรอธิบายการใช้งานให้หมดประโยคก่อน ทั้งนี้ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิการใช้งานของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ให้ดีขึ้นด้วย และอีกประเด็นหนึ่งที่ถือว่าเป็นข้อด้อยของเครื่องนี้คือเหมาะกับการใช้งานในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเป็นส่วนใหญ่เท่านั้นโดยถ้าจะทำการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องให้มากขึ้นโดยการใช้งานที่หลากหลายในสถานที่ต่างๆหรือสามารถที่จะส่งสัญญาณควบคุมจากอีกที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้โดยการเข้ารหัสและถอดรหัสในสายส่งเช่นสายไฟฟ้าเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9 ขั้นตอนในการใช้เครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าของผู้ควบคุม

ขั้นตอนในการควบคุมเครื่องของผู้ควบคุมผ่านคู่สายโทรศัพท์

1. ทำการกดหมายเลขโทรศัพท์ของเครื่องควบคุม

2. สภาวะในขณะนั้นของเครื่องโทรศัพท์ ถ้าไม่ว่างให้ไปขั้นตอนแรกใหม่ ถ้าว่างจะทำงานในขั้นตอนต่อไป

3. เมื่อได้ยินเสียง Ringing Tone ดังเป็นเวลาที่เครื่องนั้นได้กำหนดว่า "ขณะนี้คุณกำลังเข้าสู่ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ กรุณากดรหัสผ่าน"

4. จากนั้นเมื่อผู้ควบคุมทำการกดรหัสผ่าน

5. ถ้าไม่ถูกต้องจะได้เสียงต่อกลับมาว่า " รหัสผ่านไม่ถูกต้อง กรุณากดรหัสผ่านอีกครั้ง" ถ้ากดรหัสผ่านถูกต้องจะได้ยินเสียงตอบกลับมาว่า "รหัสผ่านถูกต้อง กรุณาเลือกหมายเลขในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า" และทำงานในขั้นตอนต่อไป

6. ถ้ากดรหัสไม่ถูกต้อง 4 ครั้ง ถ้าครบจะได้ยินเสียงตอบกลับมาว่า " รหัสผ่านไม่ถูกต้อง ออกจากการทำงาน ขอบคุณครับ" และเครื่องควบคุณจะวางหูยกเลิกการติดต่อ ถ้ากดไม่ครบ 4 ครั้งจะทำงานในขั้นตอนนี้ใหม่

7. กดแป้นคีย์โทรศัพท์ควบคุมอุปกรณ์ในช่องที่เราต้องการ (หมายเลข 1–8) และถ้าเรากดนอกเหนือจากนี้ก็จะได้ยินเสียง "ฟังก์ชั่น ไม่ได้ใช้งาน กรุณาเลือกหมายเลขในการควบคุมอุปกรณ์ไฟอีกครั้ง"

8. ถ้ากดรหัสถูกต้อง (หมายเลข 1 – 8) สมมติว่าต้องการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 2 และเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 2 นั้นเปิดอยู่จะได้ยินเสียง "อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 2 เปิดอยู่ กรุณาเลือกรหัสในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า กด 1 เปิด,กด 0 ปิด" ต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า (เปิด – ปิด)

เช่น ถ้ากด 1 เปิดในขณะที่เครื่องใช้ไฟฟ้าเปิดอยู่จะได้ยินเสียง " เปิด ถ้าต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่นอีก กรุณากด 1 ถ้าไม่ต้องการกด 0 หรือวางหูโทรศัพท์

และถ้ากด 0 ปิดในขณะที่เครื่องใช้ไฟฟ้าเปิดอยู่ จะได้ยินเสียง " ปิด ถ้าต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่นอีกกรุณากด 1 ถ้าไม่ต้องการกด 0 หรือวางหูโทรศัพท์ แล้วไปในขั้นตอนต่อไป

9.ถ้านอกเหนือจากนั้นเช่นถ้าต้องการที่จะควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดก็ทำการกดรหัสหมายเลข 9 จะได้ยินเสียง "กรุณากดรหัสควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า กด 1 เปิดทั้งหมด,กด 0 ปิดทั้งหมด"

10. ถ้าต้องการจะควบคุมอุปกรณ์อีก กด 1 (ไปทำงานขั้นตอนที่ 7) และถ้าไม่ต้องการกด 0 จะได้ยินเสียง "ออกจากการทำงานของเครื่องควบคุมโทรศัพท์ ขอบคุณครับ"

ขั้นตอนในการควบคุมเครื่องของผู้ควบคุมโดยคีย์สั่งงานภายใน

โดยในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคีย์สั่งงานภายในนี้ ขั้นตอนต่างๆนั้นคล้ายกับการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์ เพียงแต่จะต่างกันตรงที่การกดสวิตช์ Ringing ที่ตรงหน้าปัทม์ของเครื่องแทนการโทรศัพท์เข้ามาที่หมายเลขเครื่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.10 ขั้นตอนในการทำงานของเครื่องควบคุม

- เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาที่คู่สายโทรศัพท์
- ทำการตรวจสัญญาณกระดิ่งว่าครบจำนวน 5 ครั้งตามที่โปรแกรมไว้หรือไม่ โดยนับที่ Ringing Tone ต่อถ้าครบแล้วทำงานในขั้นตอนต่อไป
- **ยกหูโทรศัพท์พร้อมและได้ยินสัญญาณเสียง "ขณะนี้คุณกำลังเข้าสู่ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ผ่านคู่สายโทรศัพท์ กรุณากดรหัสผ่าน"**
- ตรวจสอบรหัสผ่านว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องจะส่งเสียง "รหัสไม่ผ่านถูกต้อง กรุณากดรหัสหมายเลขการควบคุมอีกครั้ง" ถ้าถูกต้องจะส่งเสียง "รหัสผ่านถูกต้อง กรุณาเลือกหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้า" ถ้ากดรหัสไม่ถูกต้องครบ 4 ครั้ง จะได้ยินเสียงตอบกลับมาว่า "ออกจากการทำงานของเครื่องควบคุมโทรศัพท์ ขอบคุณครับ"
- วิเคราะห์รหัสที่กดจากแป้นคีย์โทรศัพท์ที่เข้ามา (หมายเลข 1 – 8) ว่าทำการควบคุมอุปกรณ์ช่องใด
- ส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าช่องนั้น(กด 1 เปิด,กด 0 ปิด)
- ถ้าเรากดนอกเหนือจากนี้ก็จะได้ยินเสียง "ฟังก์ชั่นไม่ได้ใช้งาน กรุณาเลือกหมายเลขในการควบคุมอุปกรณ์ไฟอีกครั้ง"
- หยุดรอรับคำสั่งต่อไป ถ้าคำสั่งที่เข้ามาต้องการให้ไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าช่องอื่นอีก เครื่องก็จะสั่งให้ไปทำงานในขั้นตอนก่อนหน้านั้น
- วางหูโทรศัพท์ จบการทำงาน

หมายเหตุ เครื่องจะจับเวลาระยะห่างของการกดคีย์ไม่เกิน 15 วินาที หากไม่มีการกดคีย์เครื่องจะออกจากการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.11 คุณสมบัติและรายละเอียดของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์

(Specification Of Electrical Appliances Control Through Telephone Line)

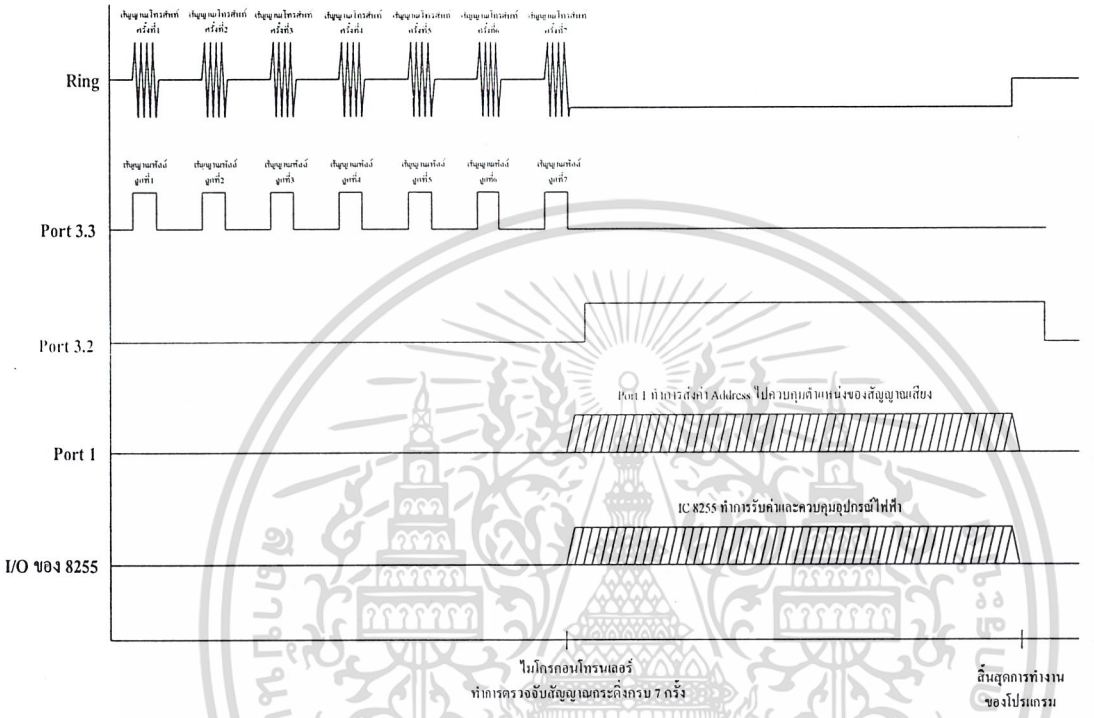
• แรงดันไฟฟ้า	220 V 50-60 Hz
• โหลดที่ใช้	โหลด 5 แอมป์ ไม่เกิน 1200 watt
• ควบคุมโหลดได้	ใช้กับโหลดจำนวน 8 ตัว
• อื่นๆ	
การตั้งการทำงานของเครื่อง	จำนวนสัญญาณ Ringing 5 ครั้ง ตัดเข้าสู่วงจร
การกดรหัสผ่าน	จำนวน 3 หลัก XXX ทำการกดจำนวน 4 ครั้ง ไม่ผ่าน เครื่องจะออกจากการทำงาน
การทำงาน	สามารถตรวจสอบสภาวะเครื่องแต่ละเครื่องก่อนการควบคุมได้และสามารถควบคุมเครื่องให้ เปิดทั้งหมด และ ปิดทั้งหมดได้
กรณีสายระหว่างติดต่อขัดข้อง	เครื่องจะจับเวลาไม่เกิน 15 วินาที หากไม่มีการกดคีย์เครื่องจะออกจากการทำงาน
ลักษณะโทรศัพท์	สามารถใช้กับโทรศัพท์ที่โทรเข้าได้ทุกแบบ ทุกรุ่น

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติรายละเอียดของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.12 แผนภูมิทางเวลาในการทำงานแบบคร่าวๆ (Timing Diagram)

เพื่อทำให้ได้เข้าใจถึงสภาวะการทำงานของวงจรเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์แบบคร่าวๆในรูปแบบของแผนภูมิเวลา ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนในการทำงานต่างๆดังต่อไปนี้.



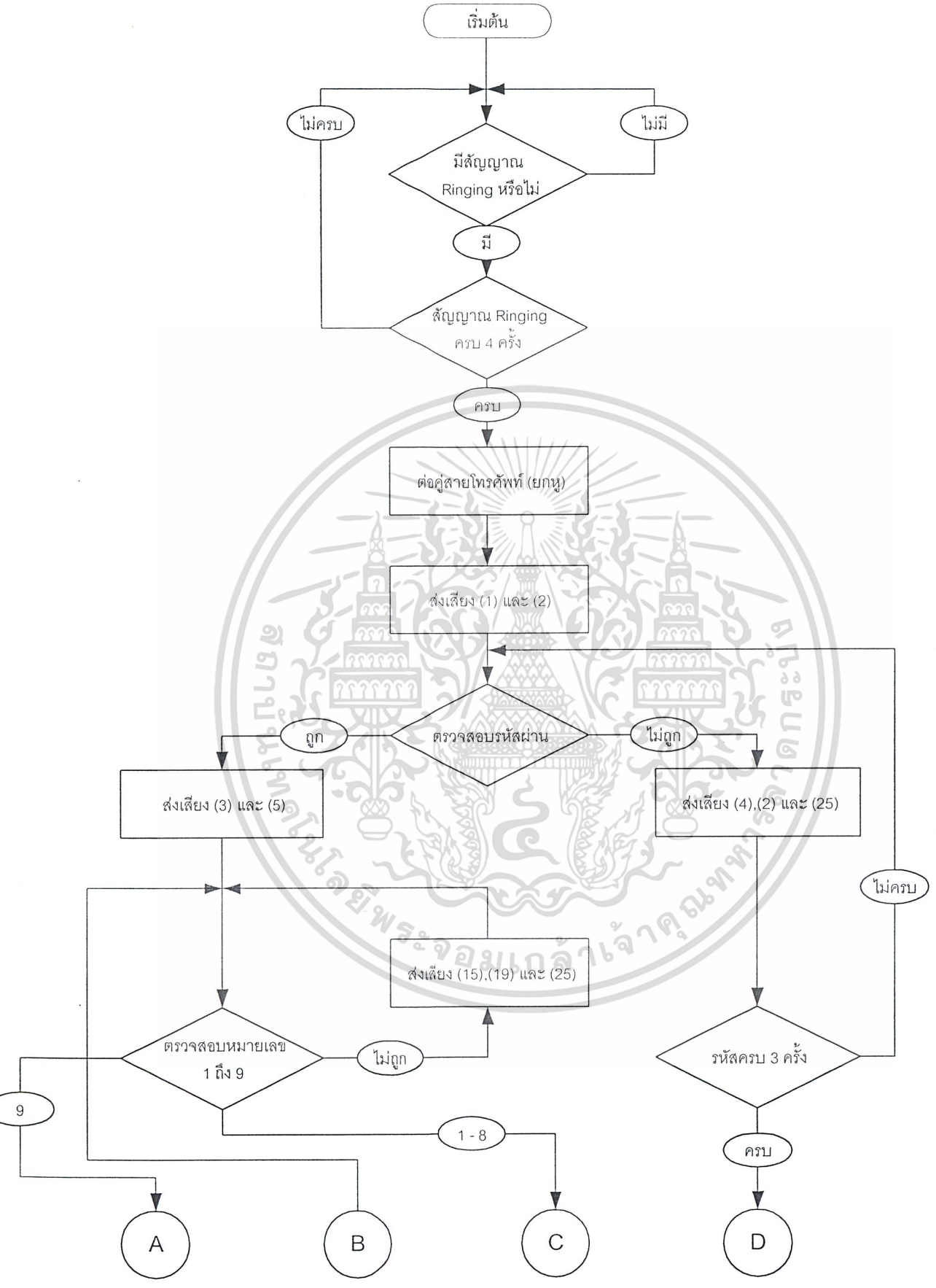
รูปที่ 5.1 แผนภูมิทางเวลาในการทำงานแบบคร่าวๆ

โดยที่เช่น เมื่อมีสัญญาณโทรศัพท์โทรเรียกเข้ามายังเครื่องเลขหมายที่ต่อกับเครื่องนั้นครบ 7 ครั้ง ระบบก็จะทำการตัดเข้าสู่การทำงานของเครื่อง โดยโปรแกรมที่ตั้งไว้ที่ให้พอร์ทที่ 3.3 ทำการนับพัลท์ที่เข้ามา และให้พอร์ทที่ 3.2 ทำการส่งสัญญาณไป On รีเลย์เข้าสู่ระบบพร้อมกับให้พอร์ทที่ 1 ของ CPU ส่งสัญญาณไปให้ไอซีที่ทำการบันทึกเสียงไว้ อธิบายการทำงานของโทรศัพท์ โดยจะทำการโต้ตอบในการใช้งานต่อกัน โดยผ่านแป้นคีย์ ที่แปลงเป็น BCD Code ให้ CPU ส่งคำสั่งไปยังพอร์ท I/O ของ 8255 และเมื่อทำคำสั่งเสร็จสิ้น จะส่งผลกลับมายัง CPU ตัว CPU เองจะส่งสัญญาณไปให้ไอซีที่ทำการบันทึกเสียงให้ส่งผลโต้ตอบไปยังผู้ใช้ต่อไป.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. โฟลว์ชาร์ท (FLOW CHART)

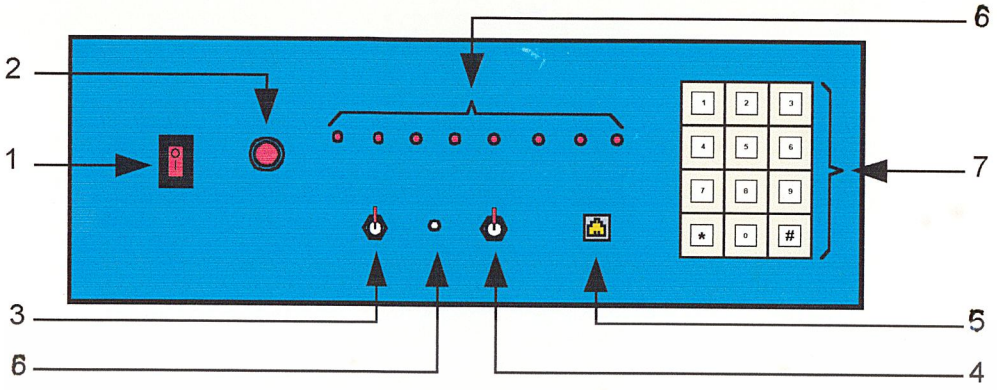
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



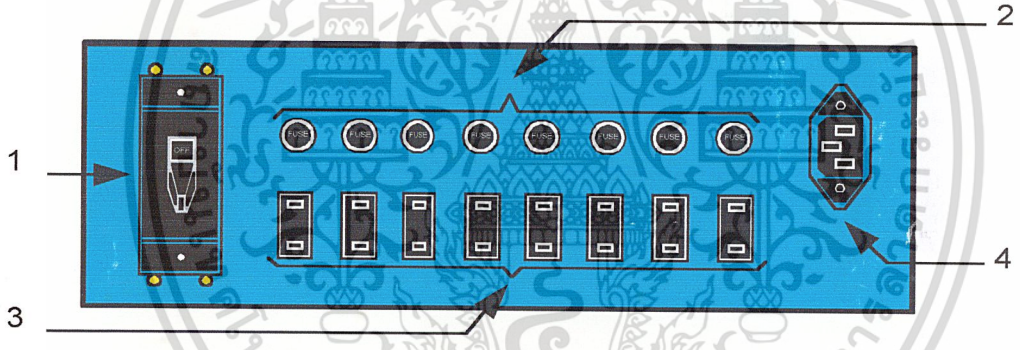
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป Flow chart ของโปรแกรม แสดงการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า(ตัวที่ 2)

รายละเอียดส่วนประกอบภายนอกเครื่อง



รูปส่วนประกอบภายนอกเครื่อง (ด้านหน้า)



รูปส่วนประกอบภายนอกเครื่อง (ด้านหลัง)

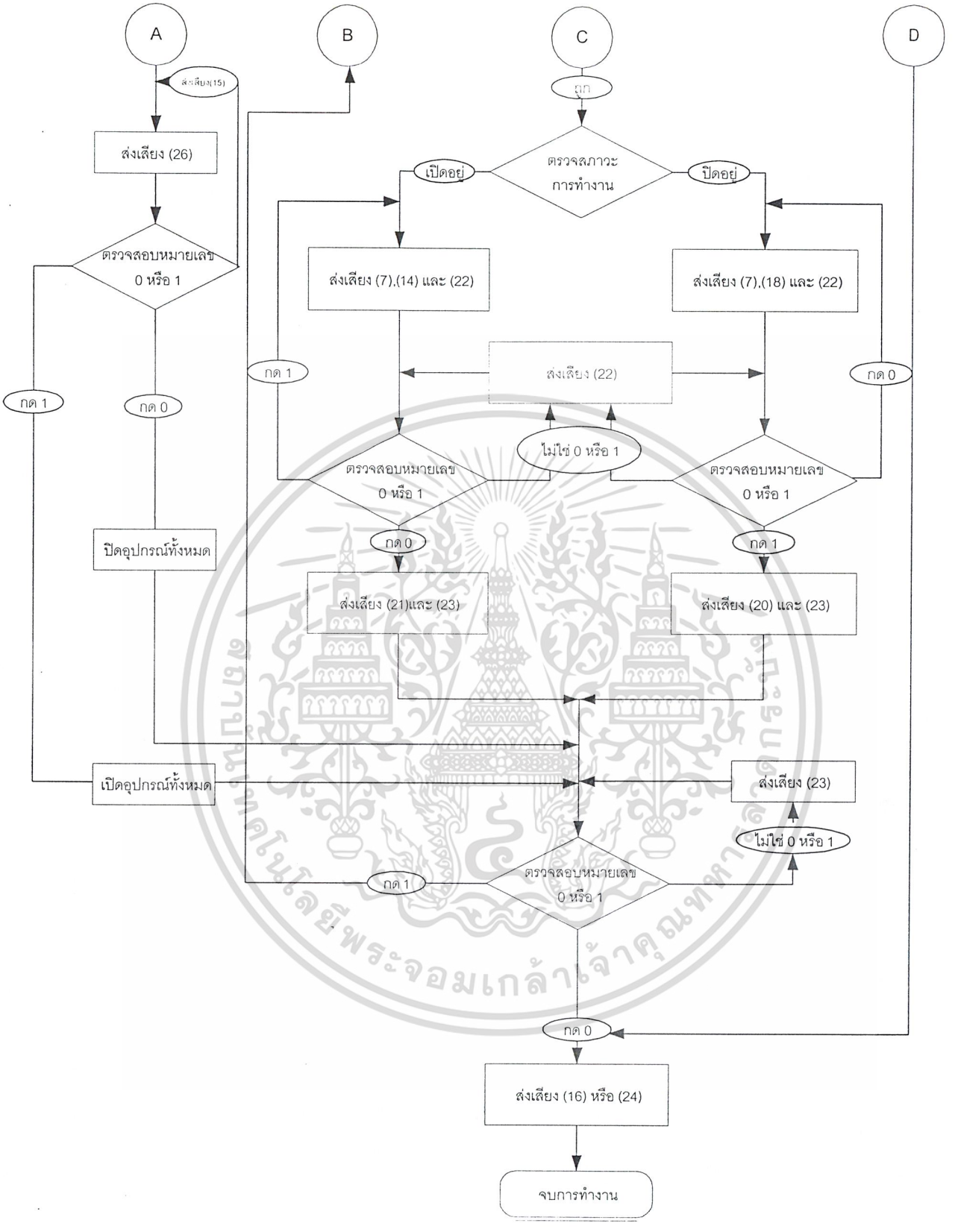
รายละเอียดส่วนของหน้าหน้า

1. สวิตซ์ POWER
2. สวิตซ์ RINGING
3. สวิตซ์กดคีย์
4. สวิตซ์ลำโพง
5. LINE IN ของสายโทรศัพท์
6. LED บอกสภาวะการทำงาน
7. KEYPAD สั่งงานภายใน

รายละเอียดส่วนของด้านหลัง

1. BREAKER
2. FUSE
3. PLUG AC 220V (LOAD)
4. PLUG POWER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป Flowchart ของโปรแกรมแสดงการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า(ตัวที่ 2) ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

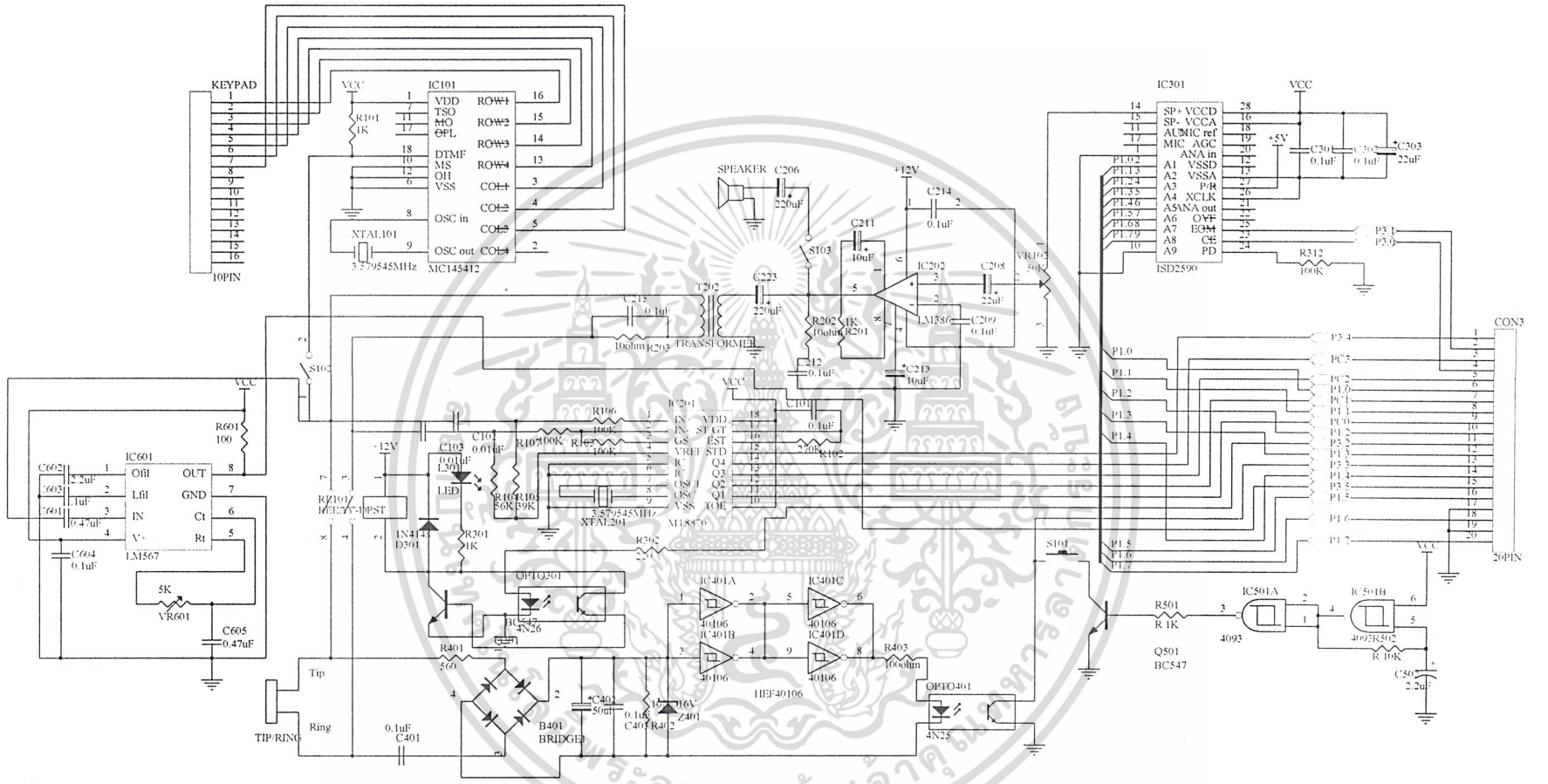
ตาราง ตำแหน่งแอดเดรสเสียงของ ISD2590

หมายเลข	ADDRESS ทีขา ISD2590	ข้อความที่บันทึก
1	0000 0000B	ขณะนี้คุณกำลังเข้าสู่ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านคู่สายโทรศัพท์
2	0001 0010B	กรุณากดรหัสผ่าน
3	0001 1001B	รหัสผ่านไม่ถูกต้อง
4	0010 0010B	รหัสผ่านถูกต้อง
5	0010 1000B	กรุณาเลือกหมายเลขในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
6	0011 0101B	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 1
7	0011 1100B	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 2
8	0100 0100B	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 3
9	0100 1100B	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 4
10	0101 0100B	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 5
11	0101 1100B	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 6
12	0110 0100B	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 7
13	0110 1100B	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 8
14	0111 0100B	เปิดอยู่
15	0111 1000B	ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน
16	1000 0000B	ออกจากการทำงาน
17	1000 0111B	ตรวจสอบการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ไฟฟ้า
18	1001 0100B	ปิดอยู่
19	1001 1010B	กรุณากดหมายเลขในการควบคุมใหม่
20	1010 1010B	เปิด
21	1010 1101B	ปิด
22	1011 0000B	กรุณาเลือกรหัสในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
23	1011 1011B	กด1 เปิด,กด 0 ปิด
24	1100 0100B	ถ้าต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่นอีก กรุณากด 1 ถ้าไม่ต้องการกด 0
25	1110 0010B	ขอบคุณครับ
26	1110 1001B	อีกครั้ง
27	1110 1111B	กรุณาเลือกรหัส ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า กด 1 เปิดทั้งหมด กด 0 ปิดทั้งหมด

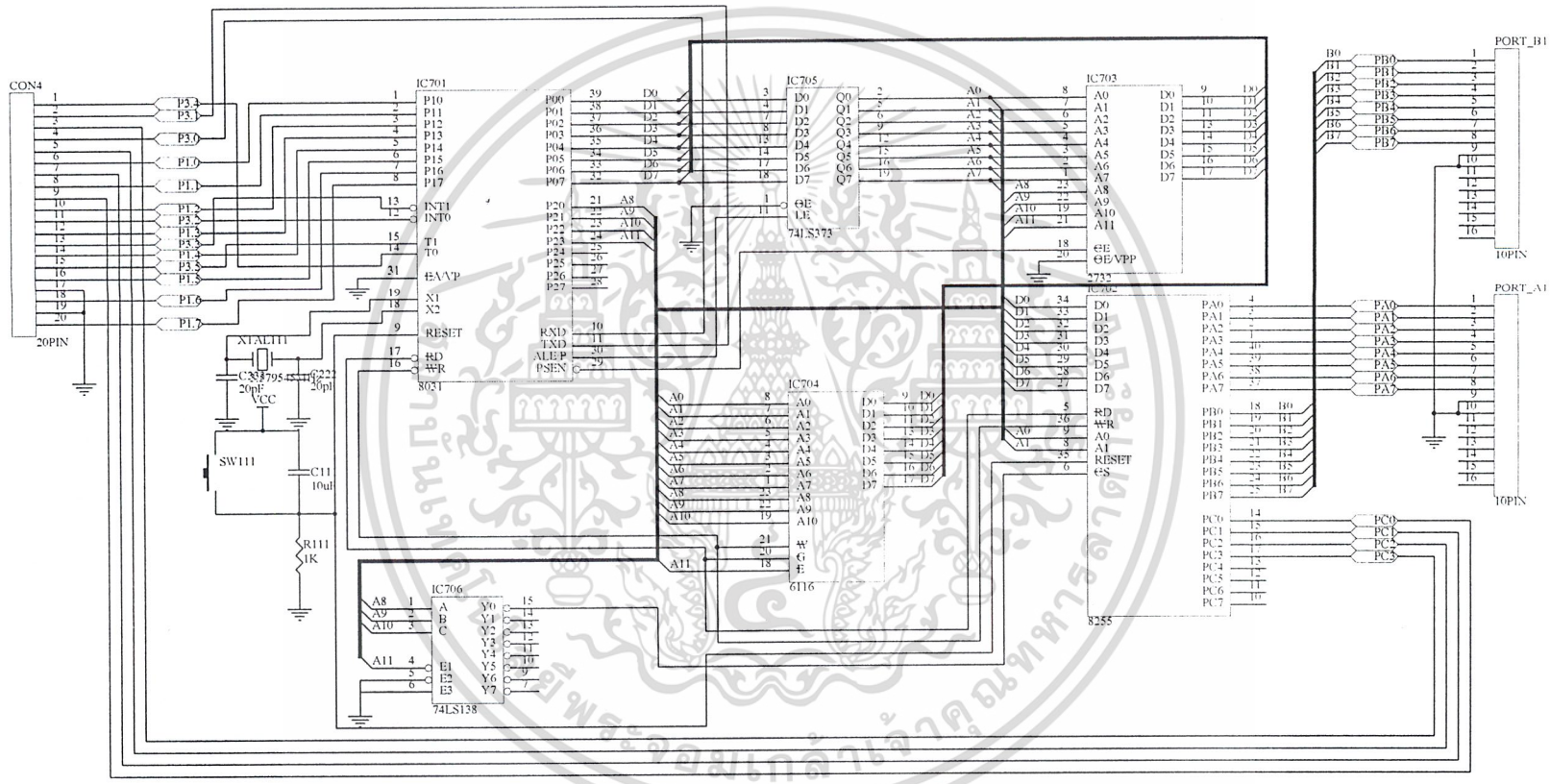
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. รูปวงจรและลายวงจร (CIRCUITS & PCB LAYOUTS)

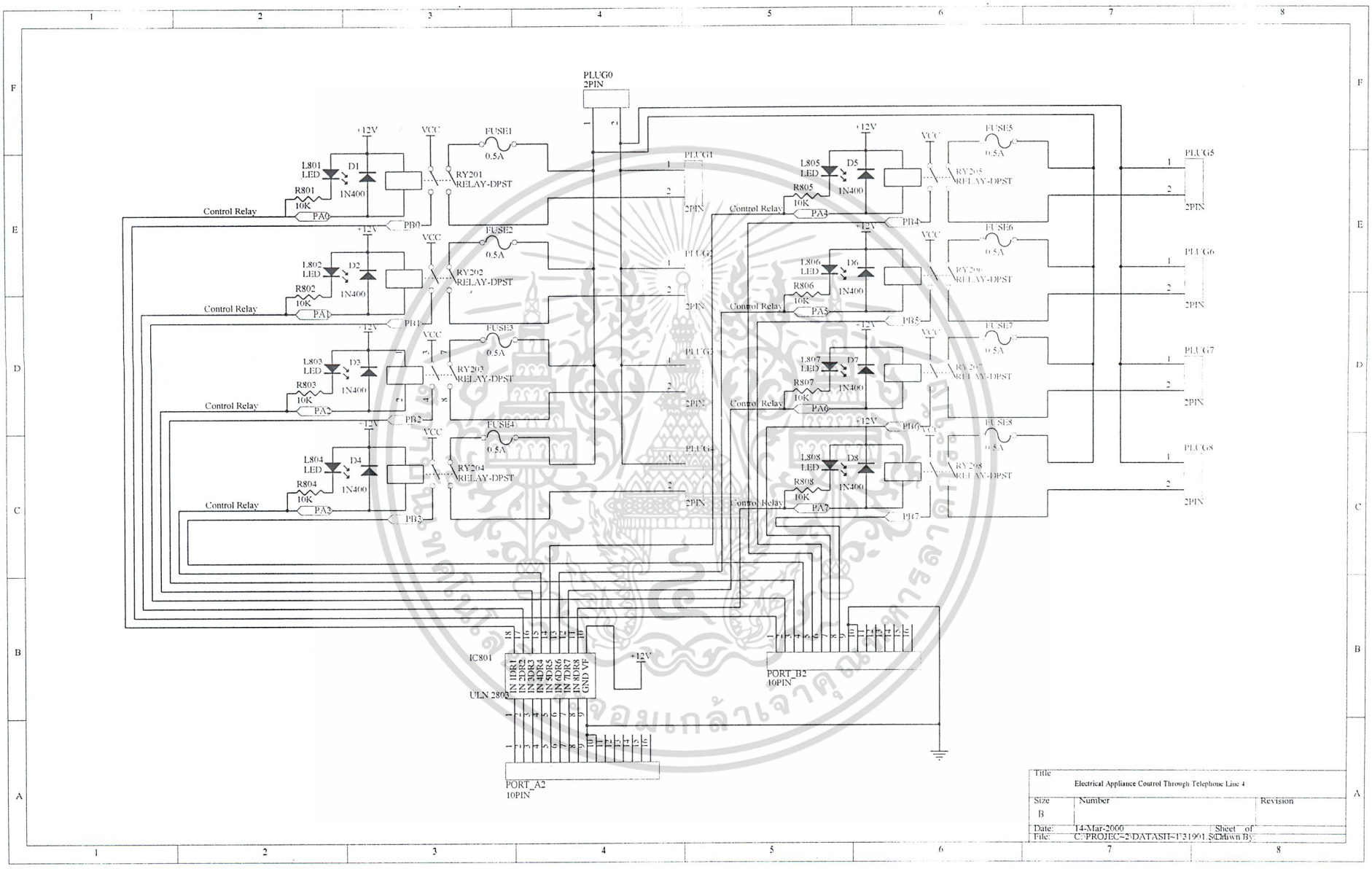
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



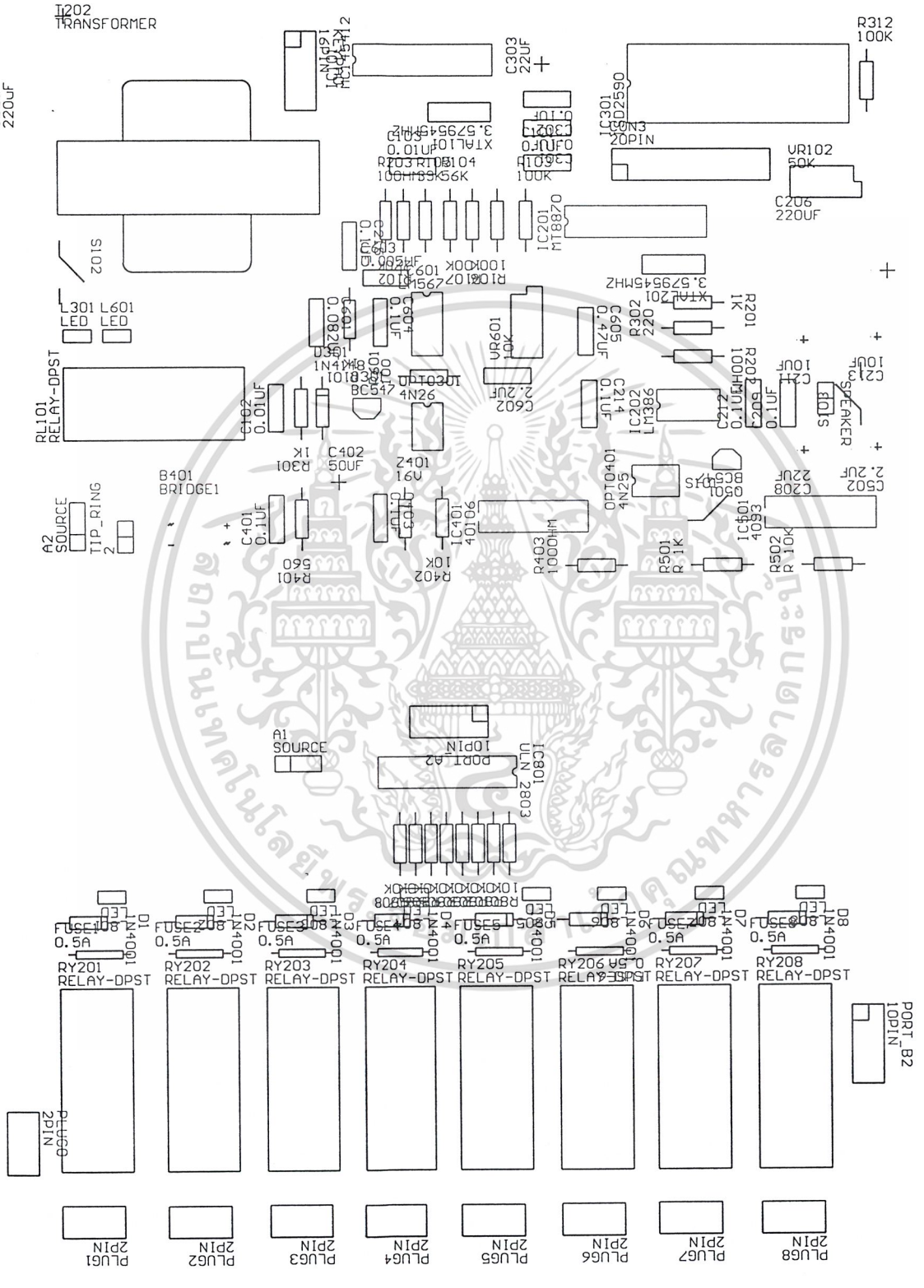
Title	Electrical Appliance Control Through Telephone Line 2	
Size: B	Number	Revision: 2
Date: 14-Mar-2000	Sheet of	
File: C:\PROJEC~2\DATASH~1\01901.SCH	Drawn By:	



Title	Electrical Appliance Control Through Telephone Line 3	
Size: B	Number:	Revision:
Date: 14-Mar-2000	Sheet of 3	
File: C:\PROJEC~2\DATASH~1\21901.SCH	Drawn By:	



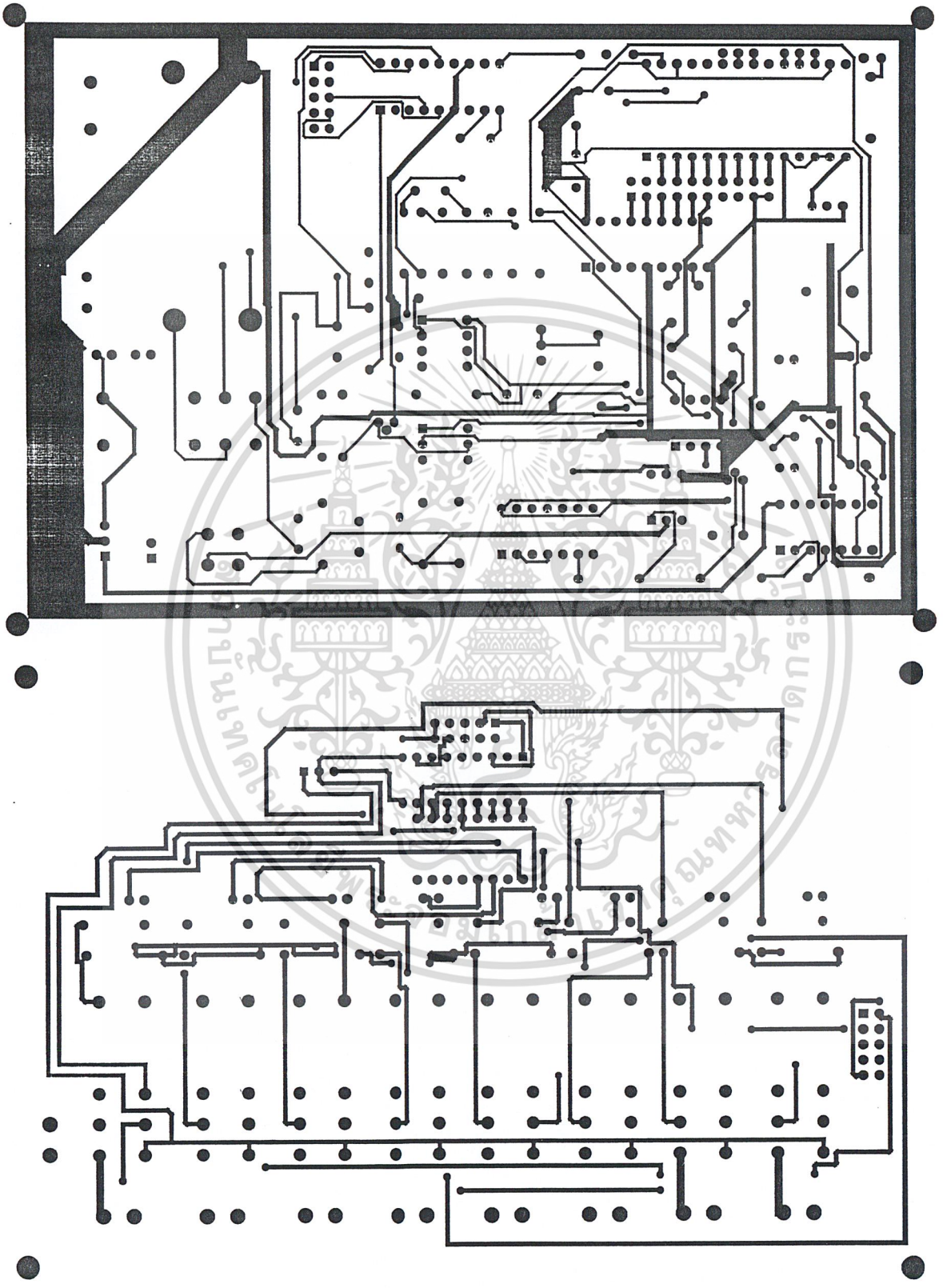
Title	Electrical Appliance Control Through Telephone Line 4	
Size B	Number	Revision
Date: 14-Mar-2000	Sheet of	
File: C:\PROJEC~2\DATASH~1\31901.SCH	Drawn By:	



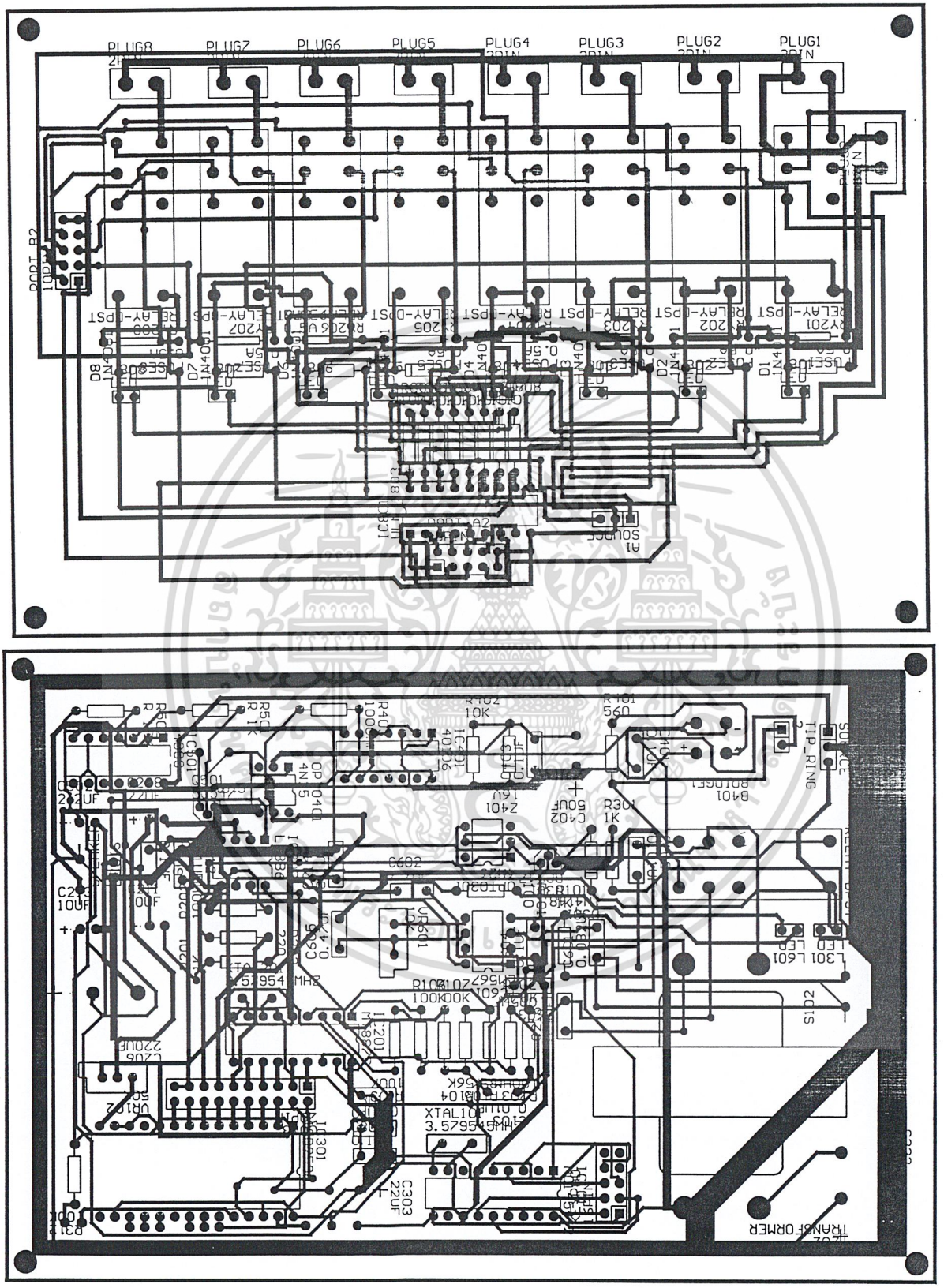
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL APPLIANCE CONTROL THOUGH TELEPHONE LINE
TELECOMMUNICATION PROJECT II

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค. โปรแกรมควบคุม (CONTROL PROGRAM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*********************************************************************;
;                                                                     ;
;  Project2  : Electrical Appliance Control Through Telephone Line   ;
;  Program by: 1.Narabodin   Khamdee  40013055  3T/2                  ;
;              2.Chattcharit Tanita   40013045  3T/2                  ;
;                                                                     ;
;  Faculty   : Engineering of Telecommunication                       ;
;                                                                     ;
;  KMITL     : 22/02/2000                                             ;
;                                                                     ;
;                                                                     ;
;*********************************************************************;

          ORG 0000H


SOUND1    EQU   00H
SOUND2    EQU   12H
SOUND3    EQU   19H
SOUND4    EQU   22H
SOUND5    EQU   28H
SOUND6    EQU   35H
SOUND7    EQU   3CH
SOUND8    EQU   44H
SOUND9    EQU   4CH
SOUND10   EQU   54H
SOUND11   EQU   5CH
SOUND12   EQU   64H
SOUND13   EQU   6CH
SOUND14   EQU   74H
SOUND15   EQU   78H
SOUND16   EQU   80H
SOUND17   EQU   87H
SOUND18   EQU   94H
SOUND19   EQU   9AH
SOUND20   EQU   0AAH
SOUND21   EQU   0ADH
SOUND22   EQU   0B0H
SOUND23   EQU   0BBH
SOUND24   EQU   0C4H
SOUND25   EQU   0E2H
SOUND26   EQU   0E9H
SOUND27   EQU   0EFH
BUFFER1   EQU    15H
PORTA     EQU  8000H
PORTB     EQU  8001H
PORTC     EQU  8002H
CONTROL   EQU  8003H
SET_8255  EQU   83H

;*********************************************************************;
;                                                                     ;
;  Start Program Electrical Appliance Control Through Telephone      ;
;                                                                     ;
;*********************************************************************;

ST_MAIN:  MOV     DPTR,#CONTROL
          MOV     A,#SET_8255
          MOVX    @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LCALL   DELAY2

      MAIN:   CLR     P3.2
              MOV     BUFFER1,0FFH
              MOV     R7,#05H
              MOV     R6,#00H
              MOV     R5,#04H                    ;
              MOV     R4,#0FFH
              MOV     P3,#11101011B              ;set port

              JNB     P3.3,$                     ;check input=1
      LOOP1:  MOV     R1,#0FFH
       LP1:   MOV     R2,#0FFH
       LP2:   MOV     R3,#30H
              JNB     P3.3,LOOP2                 ;check input=0
              DJNZ    R3,$
              DJNZ    R2,LP2
              DJNZ    R1,LP1
              LJMP    MAIN

      LOOP2:  LCALL   DELAY1
              JNB     P3.3,$
              DJNZ    R7,LOOP1                   ;count input


;***********************************************
;**                                           **
;**    CHECK INPUT FROM TELEPHONE   PASS      **
;**                                           **
;***********************************************

      START:  SETB    P3.2                       ;On relay1
              MOV     P1,#SOUND1
              LCALL   CE_SOUND
              LCALL   DELAY
              MOV     P1,#SOUND2
              LCALL   CE_SOUND
              LCALL   DELAY

;***********************************************
;**                                           **
;**    CHECK  INPUT PASSWORD  NOT PASS        **
;**      10H - 12H = PASSWORD INPUT           **
;**                                           **
;***********************************************


      CHK_PASS:
              LCALL   CHK_NUMBER
              MOV     10H,A

              LCALL   CHK_NUMBER
              MOV     11H,A

              LCALL   CHK_NUMBER
              MOV     12H,A

              MOV     R0,#10H
              CJNE    @R0,#01H,NO_PASS           ; CHECK PASSWORD 1
              INC     R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            CJNE    @R0,#09H,NO_PASS            ; CHECK PASSWORD 2

            INC     R0
            CJNE    @R0,#01H,NO_PASS            ; CHECK PASSWORD 3
            LJMP    STEP1


;************************************************
;**                                            **
;**   CHECK  INPUT PASSWORD  NOT PASS          **
;**          R5 = INDEX PASSWORD               **
;**                                            **
;************************************************

      NO_PASS:  DJNZ    R5,PASS_ERROR
            MOV     P1,#SOUND4
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND16
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND25
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    MAIN
    PASS_ERROR: MOV     P1,#SOUND4
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND2
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND26
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

            LJMP    CHK_PASS


;************************************************
;**                                            **
;**   CHECK  INPUT PASSWORD  PASS              **
;**                                            **
;************************************************

      STEP2:  MOV     P1,#SOUND15
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND5
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND26
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    S_DEVICE

      STEP1:  MOV     P1,#SOUND3
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
      STEP3:  MOV     P1,#SOUND5
            LCALL   CE_SOUND
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LCALL   DELAY


      S_DEVICE: LCALL   CHK_NUMBER              ;  SELEC  DEVICE
OUTPUT
            CJNE    A,#01H,S_2
            LJMP    NUM01

          S_2: CJNE    A,#02H,S_3
            LJMP    NUM02

          S_3: CJNE    A,#03H,S_4
            LJMP    NUM03

          S_4: CJNE    A,#04H,S_5
            LJMP    NUM04

          S_5: CJNE    A,#05H,S_6
            LJMP    NUM05

          S_6: CJNE    A,#06H,S_7
            LJMP    NUM06

          S_7: CJNE    A,#07H,S_8
            LJMP    NUM07

          S_8: CJNE    A,#08H,S_9
            LJMP    NUM08

          S_9: CJNE    A,#09H,S_10
            LJMP    NUM09
         S_10: LJMP     STEP2


;*********************************************
;**                                         **
;**            CONTROL SYSTEM               **
;**                                         **
;*********************************************


; ************     SYSTEM 1  ************

      NO_KEY_1: MOV      P1,#SOUND15            ; KEY INPUT ERROR
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON01

      NUM01:  MOV      P1,#SOUND6              ; SYSTEM OUTPUT ON
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

            LCALL   IN_DATA
            MOV     R6,A                      ; R6 = DATA OUTPUT
            ANL     A,#00000001B

            CJNE    A,#00000001B,CHK_SYSTEM1
            MOV     P1,#SOUND14               ; SYSTEM OUTPUT ON
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON01
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CHK_SYSTEM1: CJNE    A,#00H,NUM01
          MOV     P1,#SOUND18                ; SYSTEM OUTPUT OFF
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY

     CON01: MOV     P1,#SOUND22
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
          MOV     P1,#SOUND23
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY

          LCALL   DELAY
          LCALL   CHK_NUMBER
          CJNE    A,#0AH,CHK_01
          MOV     A,R6                       ; KEY INPUT = 0
          ANL     A,#11111110B               ; OFF OUTPUT 1
          LCALL   OUT_DATA
          LJMP    END_OFF

     CHK_01: CJNE    A,#01H,NO_KEY_1
          MOV     A,R6                       ; KEY INPUT = 1
          ORL     A,#00000001B               ; ON OUTPUT 1
          LCALL   OUT_DATA
          LJMP    END_ON


; ************     SYSTEM 2  ************

     NO_KEY_2: MOV     P1,#SOUND15           ; KEY INPUT ERROR
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
          LJMP    CON01

     NUM02:  MOV     P1,#SOUND7
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY

          LCALL   IN_DATA
          MOV     R6;A                       ; R6 = DATA OUTPUT
          ANL     A,#00000010B

          CJNE    A,#00000010B,CHK_SYSTEM2
          MOV     P1,#SOUND14                ; SYSTEM OUTPUT ON
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
          LJMP    CON02

CHK_SYSTEM2: CJNE    A,#00H,NUM02
          MOV     P1,#SOUND18                ; SYSTEM OUTPUT OFF
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY

     CON02: MOV     P1,#SOUND22
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
          MOV     P1,#SOUND23
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
          LCALL   DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LCALL   CHK_NUMBER
            CJNE    A,#0AH,CHK_02
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 0
            ANL     A,#11111101B                ; OFF OUTPUT 2
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_OFF

      CHK_02: CJNE    A,#01H,NO_KEY_2
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 1
            ORL     A,#00000010B                ; ON OUTPUT 2
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_ON


; ************     SYSTEM 3  ************

      NO_KEY_3: MOV     P1,#SOUND15             ; KEY INPUT ERROR
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON01

      NUM03:  MOV     P1,#SOUND8
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

            LCALL   IN_DATA
            MOV     R6,A                        ; R6 = DATA OUTPUT
            ANL     A,#00000100B

            CJNE    A,#00000100B,CHK_SYSTEM3
            MOV     P1,#SOUND14                 ; SYSTEM OUTPUT ON
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON03

   CHK_SYSTEM3: CJNE    A,#00H,NUM03
            MOV     P1,#SOUND18                 ; SYSTEM OUTPUT OFF
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

      CON03: MOV     P1,#SOUND22
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND23
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LCALL   DELAY

            LCALL   CHK_NUMBER
            CJNE    A,#0AH,CHK_03
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 0
            ANL     A,#11111011B                ; OFF OUTPUT 3
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_OFF

      CHK_03: CJNE    A,#01H,NO_KEY_3
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 1
            ORL     A,#00000100B                ; ON OUTPUT 3
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_ON
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
; ************     SYSTEM 4   ************

    NO_KEY_4: MOV     P1,#SOUND15            ; KEY INPUT ERROR
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
          LJMP    CON04

    NUM04:  MOV     P1,#SOUND9
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY

          LCALL   IN_DATA
          MOV     R6,A                       ; R6 = DATA OUTPUT
          ANL     A,#00001000B

          CJNE    A,#00001000B,CHK_SYSTEM4
          MOV     P1,#SOUND14                ; SYSTEM OUTPUT ON
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
          LJMP    CON04

CHK_SYSTEM4: CJNE    A,#00H,NUM04
          MOV     P1,#SOUND18                ; SYSTEM OUTPUT OFF
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY

     CON04: MOV     P1,#SOUND22
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
          MOV     P1,#SOUND23
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
          LCALL   DELAY

          LCALL   CHK_NUMBER
          CJNE    A,#0AH,CHK_04
          MOV     A,R6                       ; KEY INPUT = 0
          ANL     A,#11110111B               ; OFF OUTPUT 4
          LCALL   OUT_DATA
          LJMP    END_OFF

     CHK_04: CJNE    A,#01H,NO_KEY_4
          MOV     A,R6                       ; KEY INPUT = 1
          ORL     A,#00001000B               ; ON OUTPUT 4
          LCALL   OUT_DATA
          LJMP    END_ON


; ************     SYSTEM 5   ************

    NO_KEY_5: MOV     P1,#SOUND15            ; KEY INPUT ERROR
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
          LJMP    CON04

    NUM05:  MOV     P1,#SOUND10
          LCALL   CE_SOUND
          LCALL   DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LCALL   IN_DATA
            MOV     R6,A                        ; R6 = DATA OUTPUT
            ANL     A,#00010000B

            CJNE    A,#00010000B,CHK_SYSTEM5
            MOV     P1,#SOUND14                 ; SYSTEM OUTPUT ON
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON05

CHK_SYSTEM5: CJNE    A,#00H,NUM05
            MOV     P1,#SOUND18                 ; SYSTEM OUTPUT OFF
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

 CON05: MOV     P1,#SOUND22
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND23
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LCALL   DELAY

            LCALL   CHK_NUMBER
            CJNE    A,#0AH,CHK_05
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 0
            ANL     A,#11101111B                ; OFF OUTPUT 5
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_OFF

    CHK_05: CJNE    A,#01H,NO_KEY_5
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 1
            ORL     A,#00010000B                ; ON OUTPUT 5
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_ON


; ************    SYSTEM 6  ************

    NO_KEY_6: MOV     P1,#SOUND15               ; KEY INPUT ERROR
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON06

    NUM06:  MOV     P1,#SOUND11
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

            LCALL   IN_DATA
            MOV     R6,A                        ; R6 = DATA OUTPUT
            ANL     A,#00100000B

            CJNE    A,#00100000B,CHK_SYSTEM6
            MOV     P1,#SOUND14                 ; SYSTEM OUTPUT ON
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON06

CHK_SYSTEM6: CJNE    A,#00H,NUM06
            MOV     P1,#SOUND18                 ; SYSTEM OUTPUT OFF
            LCALL   CE_SOUND
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LCALL   DELAY

        CON06: MOV     P1,#SOUND22
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND23
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LCALL   DELAY

            LCALL   CHK_NUMBER
            CJNE    A,#0AH,CHK_06
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 0
            ANL     A,#11011111B                ; OFF OUTPUT 6
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_OFF

       CHK_06: CJNE    A,#01H,NO_KEY_6
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 1
            ORL     A,#00100000B                ; ON OUTPUT 6
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_ON


; ************     SYSTEM 7  ************

       NO_KEY_7: MOV     P1,#SOUND15             ; KEY INPUT ERROR
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON07

       NUM07:  MOV     P1,#SOUND12
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

            LCALL   IN_DATA
            MOV     R6,A                        ; R6 = DATA OUTPUT
            ANL     A,#01000000B

            CJNE    A,#01000000B,CHK_SYSTEM7
            MOV     P1,#SOUND14                  ; SYSTEM OUTPUT ON
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON07

    CHK_SYSTEM7: CJNE    A,#00H,NUM07
            MOV     P1,#SOUND18                 ; SYSTEM OUTPUT OFF
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

        CON07: MOV     P1,#SOUND22
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND23
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LCALL   DELAY

            LCALL   CHK_NUMBER
            CJNE    A,#0AH,CHK_07
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ANL     A,#10111111B                ; OFF OUTPUT 7
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_OFF

      CHK_07: CJNE    A,#01H,NO_KEY_7
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 1
            ORL     A,#01000000B                ; ON OUTPUT 7
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_ON


; ************     SYSTEM 8  ************

      NO_KEY_8: MOV     P1,#SOUND15             ; KEY INPUT ERROR
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON08

      NUM08:  MOV     P1,#SOUND13
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

            LCALL   IN_DATA
            MOV     R6,A                        ; R6 = DATA OUTPUT
            ANL     A,#10000000B

            CJNE    A,#10000000B,CHK_SYSTEM8
            MOV     P1,#SOUND14                 ; SYSTEM OUTPUT ON
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON08

   CHK_SYSTEM8: CJNE    A,#00H,NUM08
            MOV     P1,#SOUND18                 ; SYSTEM OUTPUT OFF
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

      CON08: MOV     P1,#SOUND22
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND23
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LCALL   DELAY

            LCALL   CHK_NUMBER
            CJNE    A,#0AH,CHK_08
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 0
            ANL     A,#01111111B                ; OFF OUTPUT 8
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_OFF

      CHK_08: CJNE    A,#01H,NO_KEY_8
            MOV     A,R6                        ; KEY INPUT = 1
            ORL     A,#10000000B                ; ON OUTPUT 8
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_ON

; ************     SYSTEM 9  ************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      NO_KEY_9: MOV     P1,#SOUND15             ; KEY INPUT ERROR
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON09

       NUM09: MOV     P1,#SOUND22
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

       CON09: MOV     P1,#SOUND27
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

            LCALL   CHK_NUMBER
            CJNE    A,#0AH,CHK_09
            MOV     A,#00H                  ; OFF OUTPUT ALL
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_OFF

      CHK_09: CJNE    A,#01H,NO_KEY_9
            MOV     A,#0FFH                 ; ON OUTPUT ALL
            LCALL   OUT_DATA
            LJMP    END_ON


;*********************************************
;**                                         **
;**    END PROGRAM                          **
;**                                         **
;*********************************************


       END_OFF: MOV     P1,#SOUND21
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    CON_END

      END_ON: MOV     P1,#SOUND20
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

       CON_END: MOV     P1,#SOUND24
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY

            LCALL   CHK_NUMBER
            CJNE    A,#0AH,CHK_END              ; KEY = 0    => END
OF PROGRAM
            MOV     P1,#SOUND16                 ; SOUND  END OF
PROGRAM
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            MOV     P1,#SOUND25                 ; SOUND  END OF
PROGRAM
            LCALL   CE_SOUND
            LCALL   DELAY
            LJMP    MAIN

       CHK_END: CJNE    A,#01H,SOUND_ERROR      ; KEY = 1    =>
RETURN CONTROL DEVICE
            LJMP    STEP3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   SOUND_ERROR: MOV      P1,#SOUND15                    ; SOUND  KEY
ERROR
             LCALL    CE_SOUND
             LCALL    DELAY
             LJMP     CON_END


;******************** END MAIN PROGRAM



;***********************************************
;**                                           **
;**    SUBPROGRAM  SERVICE  MAINPROGRAM       **
;**                                           **
;***********************************************



;***********************************************
;**                                           **
;**     PROGRAM    DELAY  TIME                 **
;**                                           **
;***********************************************

        DELAY:    MOV      R1,#090H
         L4:      MOV      R2,#22H
         L3:      MOV      R3,#3H
              DJNZ      R3,$
              DJNZ      R2,L3
              DJNZ      R1,L4
              RET


        DELAY1:   MOV      R1,#77H
         L1:      MOV      R2,#55H
         L2:      MOV      R3,#03H
              DJNZ      R3,$
              DJNZ      R2,L2
              DJNZ      R1,L1
              RET


       DELAY2:    MOV      R1,#77H
         L5:      MOV      R2,#33H
              DJNZ      R2,$
              DJNZ      R1,L5
              RET

;***********************************************
;**                                           **
;**        PROGRAM    SELECT SOUND            **
;**                                           **
;***********************************************

      CE_SOUND: CLR      P3.0
             LCALL    DELAY1
             SETB     P3.0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้ยกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            JNB     P3.1,$
        LOOP5: JNB    P3.1,STOP
            LJMP    LOOP5
        STOP:  RET


;***********************************************
;**                                           **
;**       PROGRAM  CHECK NUMBER FROM INPUT    **
;**                                           **
;***********************************************

    CHK_NUMBER:
            JB      P3.4,$                    ;check input = 0
            MOV     R1,#0FFH
         LP3:  MOV    R2,#0FFH
         LP4:  MOV    R3,#50H
            JB      P3.4,ST_MOV               ;check input = 1
            DJNZ    R3,$
            DJNZ    R2,LP4
            DJNZ    R1,LP3
            LJMP    MAIN

        ST_MOV:  MOV    DPTR,#PORTC
            MOVX    A,@DPTR
            ANL     A,#0FH
            RET

;***********************************************
;**                                           **
;**       PROGRAM  RECIVER  DATA FROM 8255    **
;**                                           **
;***********************************************

        IN_DATA: MOV    DPTR,#PORTB
            MOVX    A,@DPTR
            RET

;***********************************************
;**                                           **
;**       PROGRAM  SEND DATA TO 8255          **
;**                                           **
;***********************************************

       OUT_DATA: MOV    DPTR,#PORTA
            MOVX    @DPTR,A
            RET

;***********************************************
;**                                           **
;**    PROGRAM  SET & CLEAR  INTERRUPPTIMER   **
;**                                           **
;***********************************************

        SET_INT: MOV    TMOD,#90H
            MOV     TH1,#0FFH
            MOV     TL1,#0FFH
            SETB    TR1
            MOV     IE,#88H
            RET
            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง. ดาต้าชีท (DATA SHEETS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISO^2-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

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

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

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.

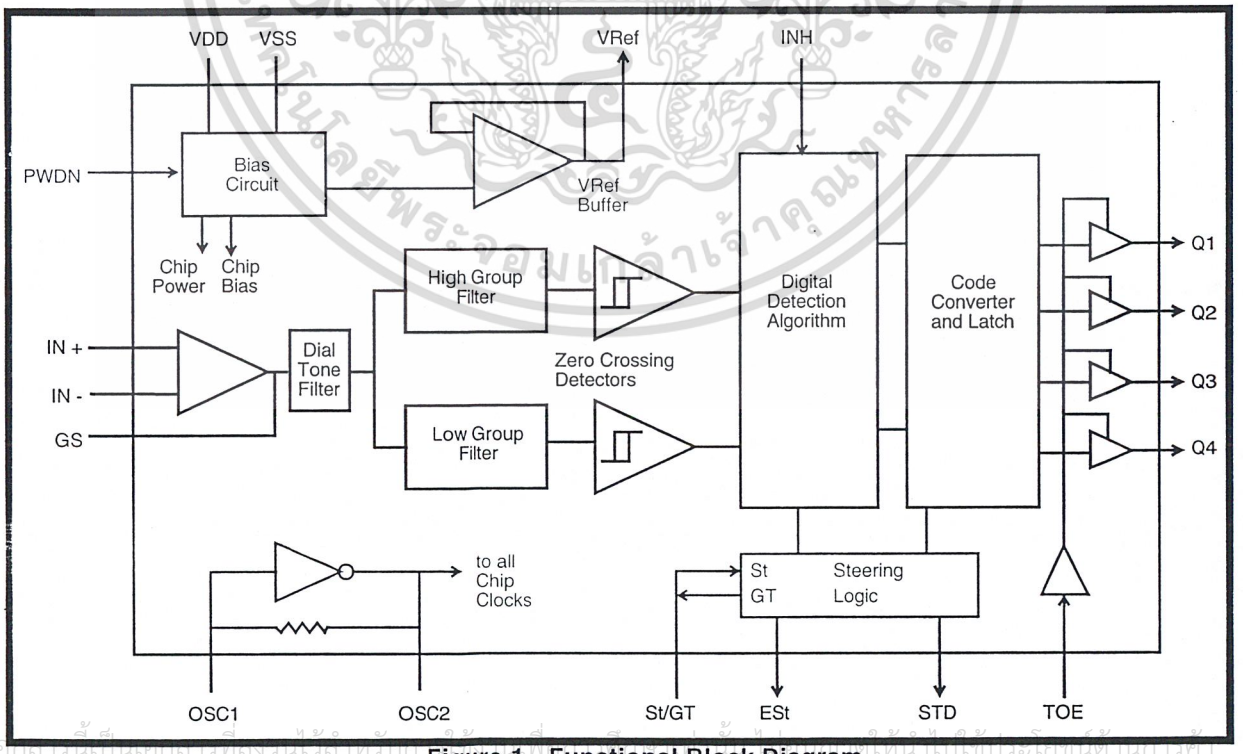


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

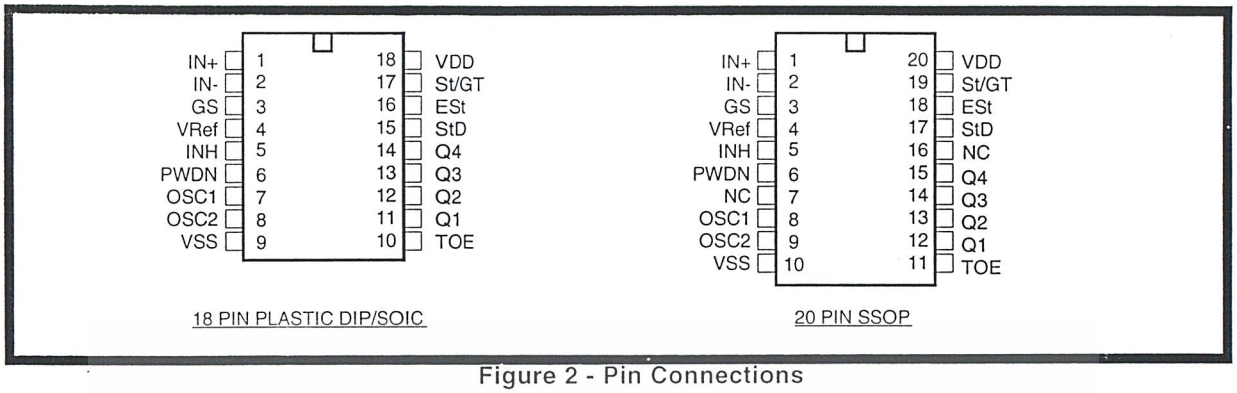


Figure 2 - Pin Connections

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 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").

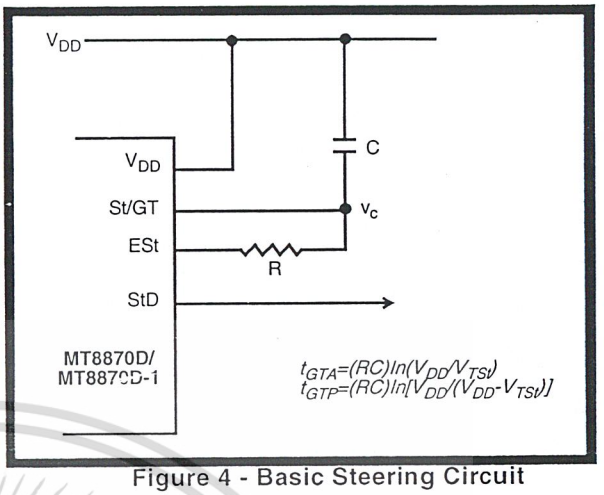


Figure 4 - Basic Steering Circuit

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

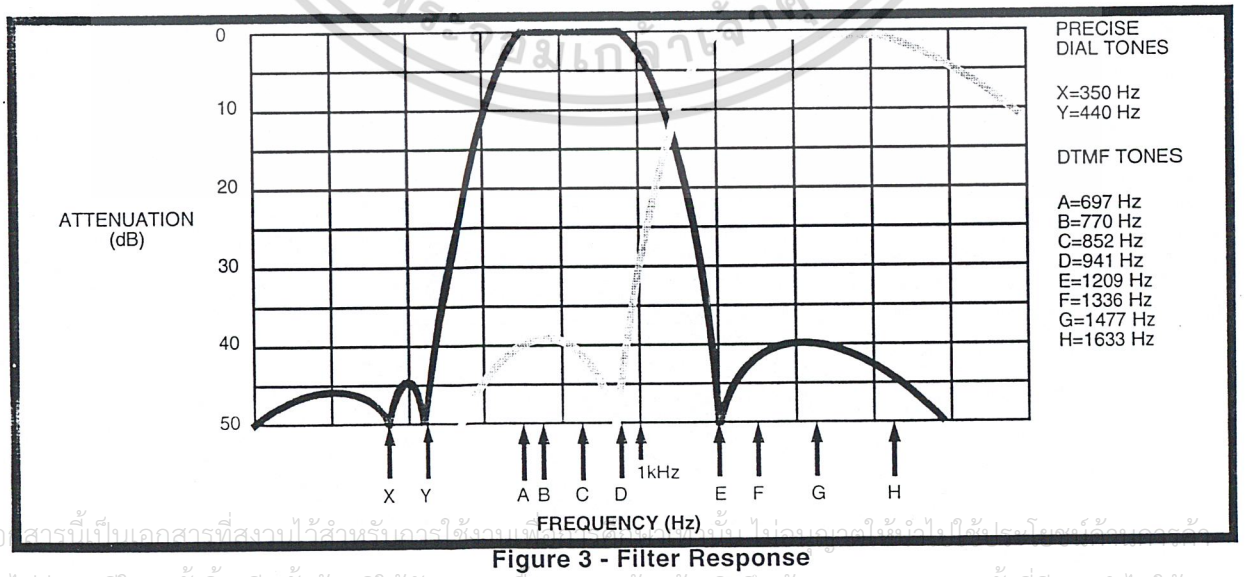


Figure 3 - Filter Response

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.

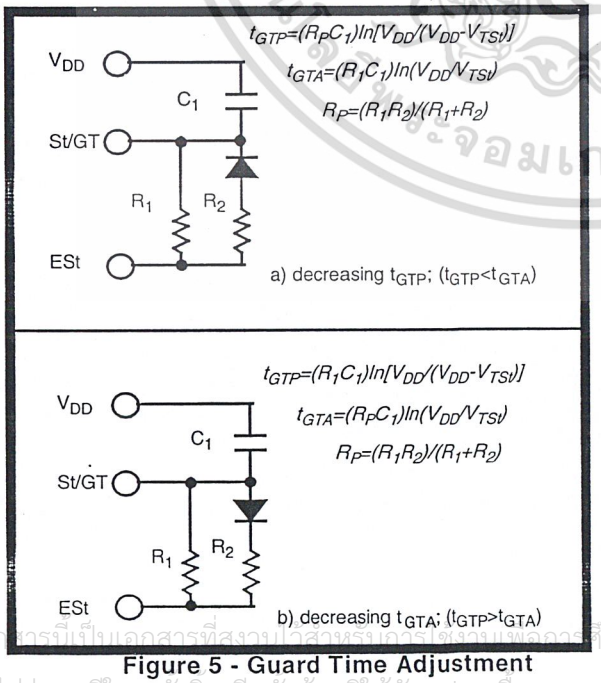


Figure 5 - Guard Time Adjustment

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.

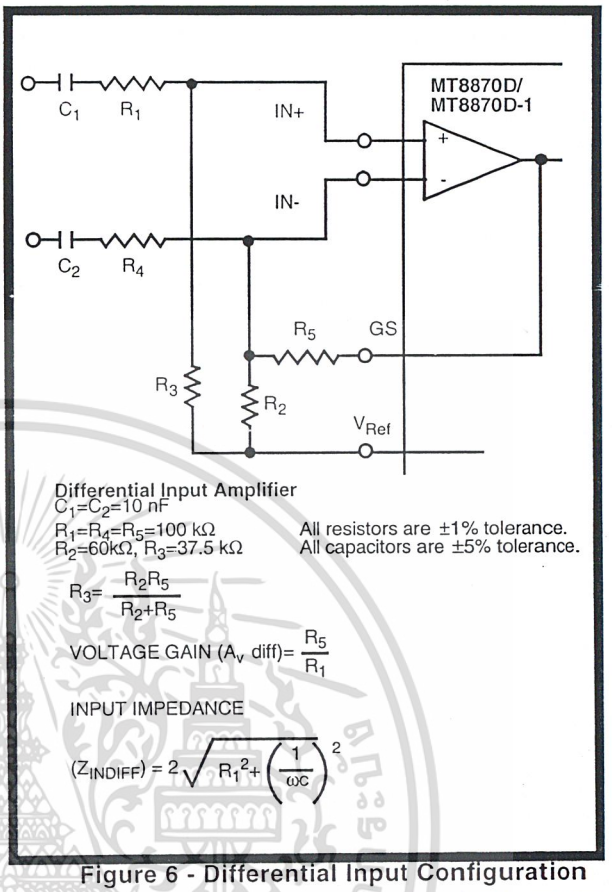


Figure 6 - Differential Input Configuration

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.

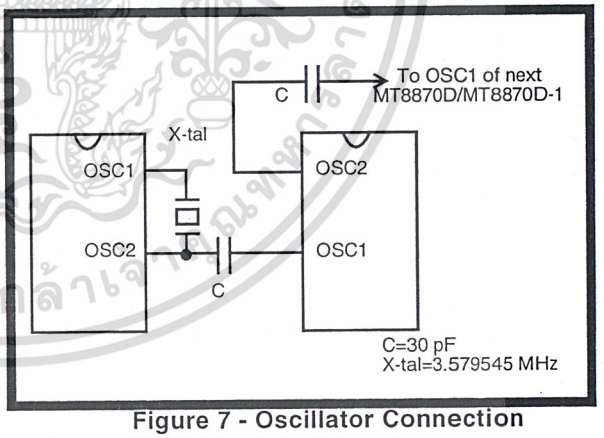


Figure 7 - Oscillator Connection

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., $1/2\Pi f$ R1C1.

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.

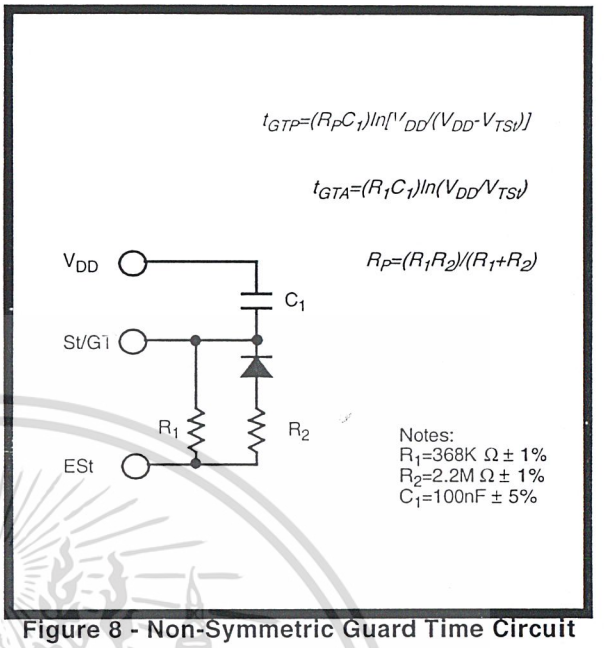


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

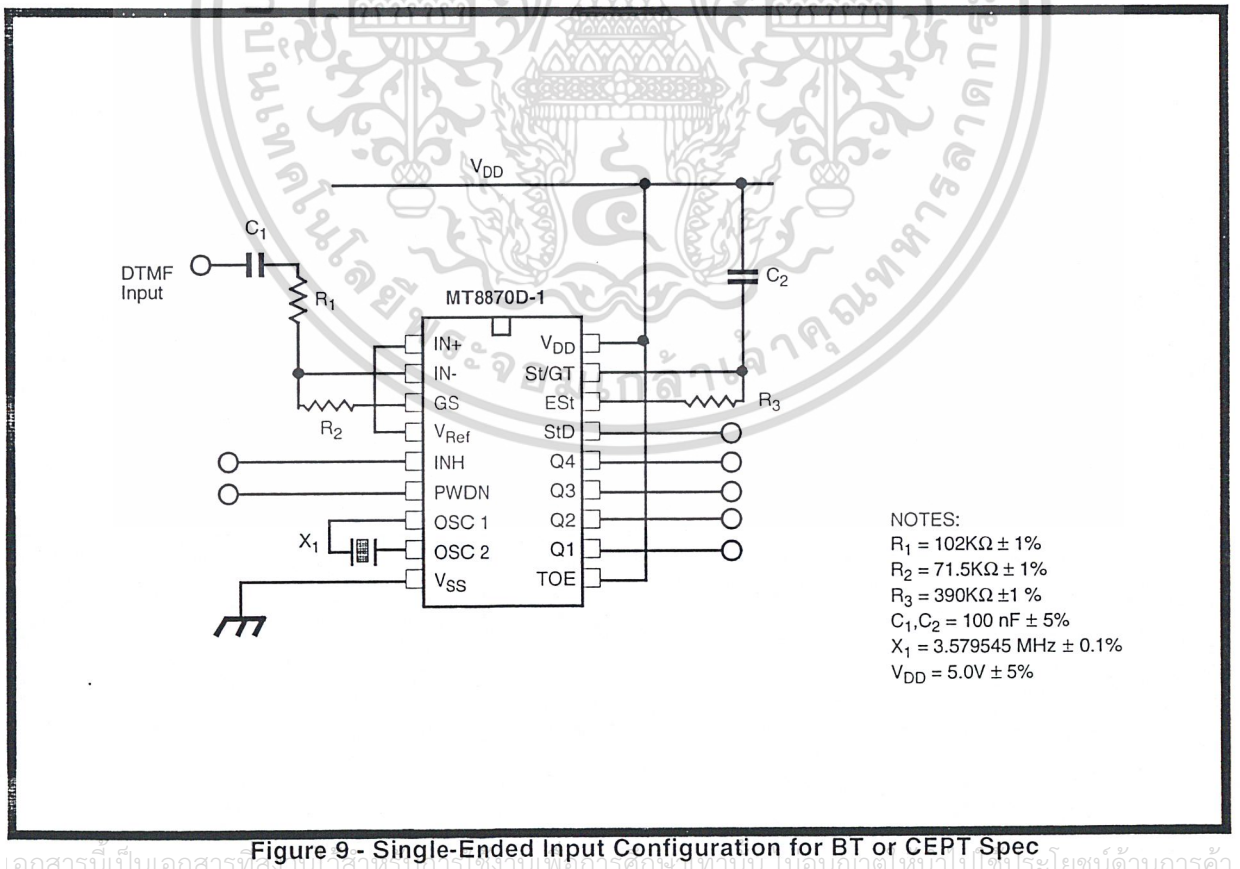


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

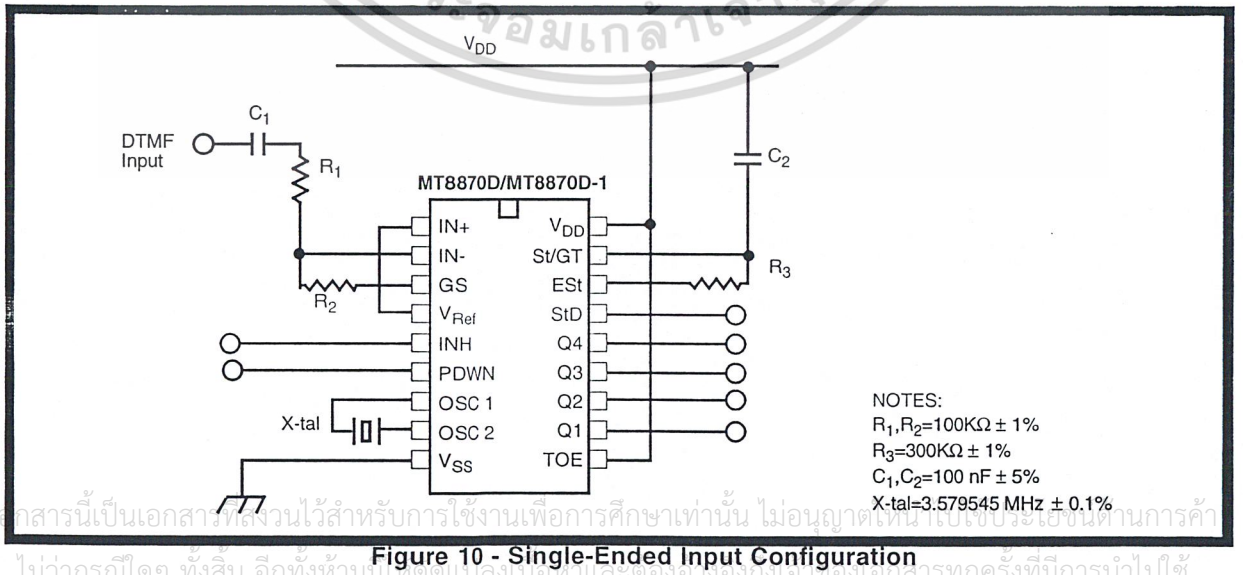
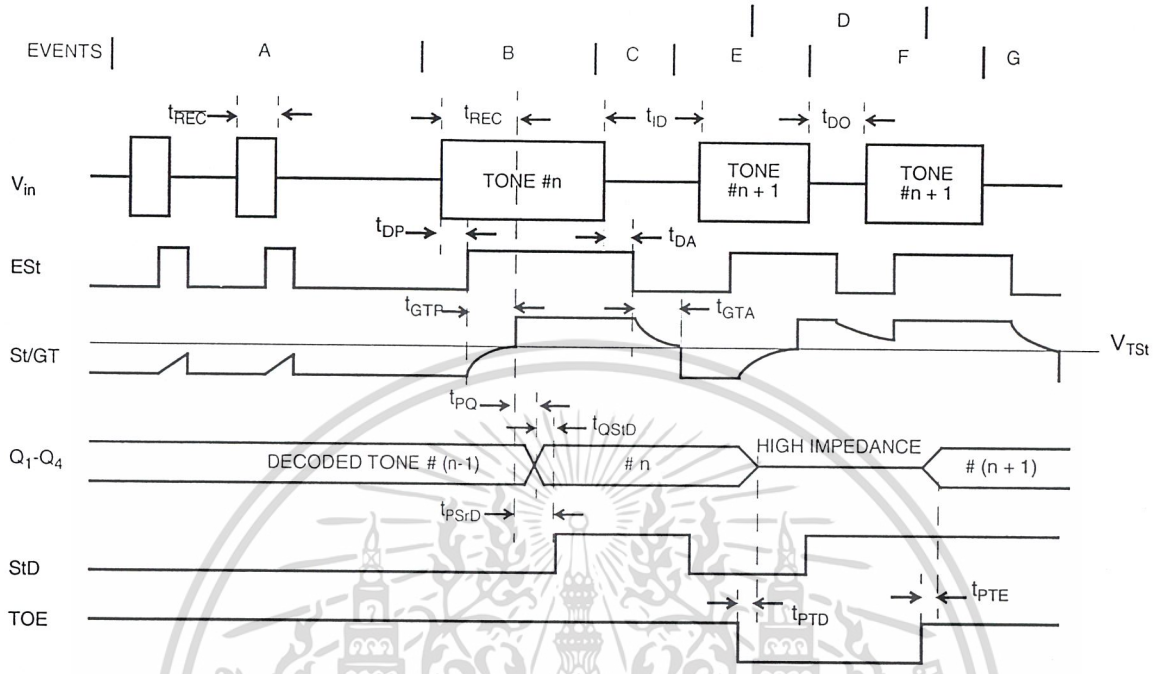


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 11 - Timing Diagram

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 multi-level 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.

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)

2

Table 2-76: 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

- 100K record cycles (typical)
- On-chip clock source
- Programmer support for play-only applications
- Single +5 volt power supply
- Available in die form, DIP, SOIC, and TSOP packaging
- Industrial temperature (–40°C to +85°C) versions available

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 the previous page 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.

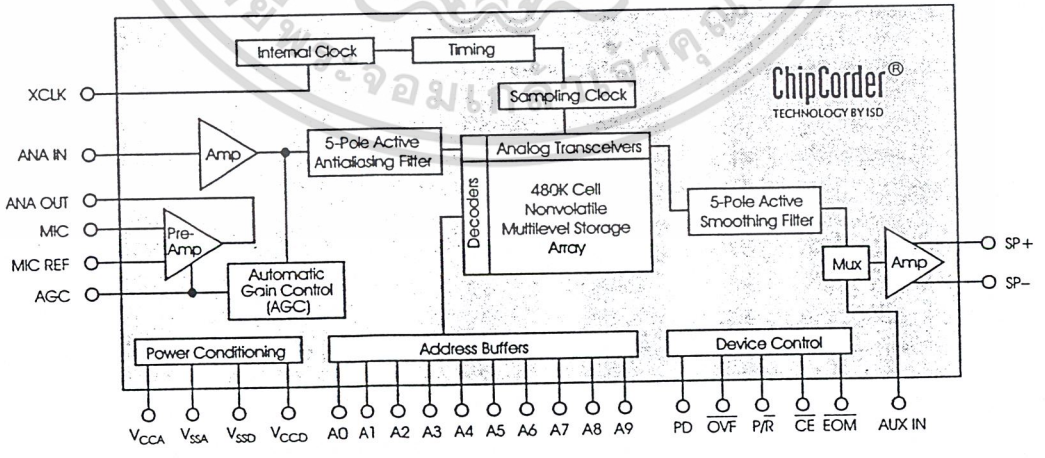
EEPROM Storage

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.

Figure 2-33: ISD2560/75/90/120 Device Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

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. The backside of the die is connected to V_{SS} through the substrate resistance. In a chip-on-board design the die attach area must be connected to V_{SS} or left floating.

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 $\overline{OVF}$ 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.

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 (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 EOM marker is encountered. The device can continue past an EOM marker in an operational mode, or if $\overline{CE}$ is held LOW in address mode. (See page 2-122 for more Operational Modes).

End-Of-Message / RUN Output (EOM)

A nonvolatile marker is automatically inserted at the end of each recorded message. It remains there until the message is recorded over. The 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 3.5V. In this case, $\overline{EOM}$ goes LOW and the device is fixed in Playback-only mode.

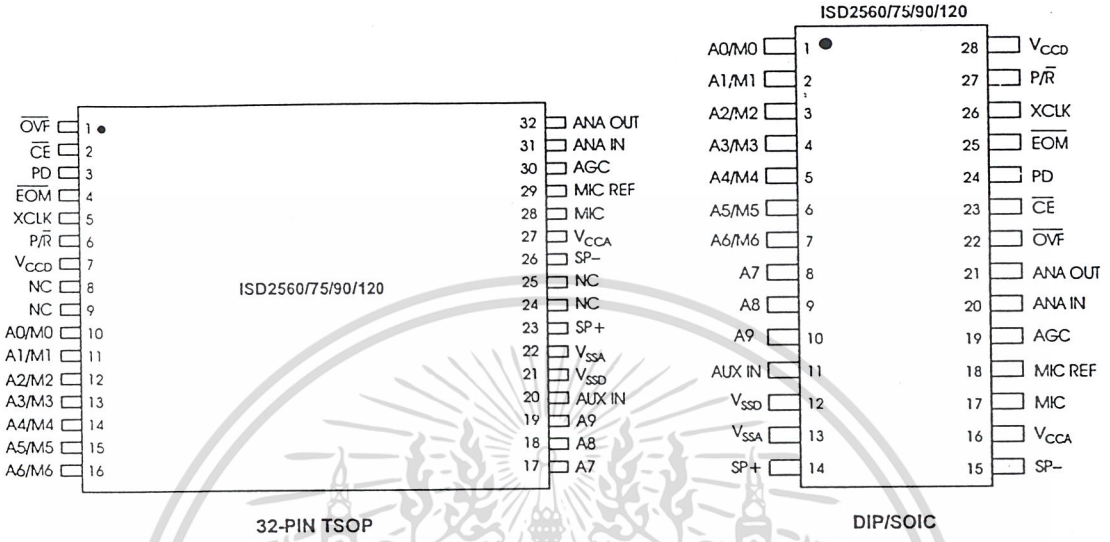
When the device is configured in Operational Mode M6 (Push-Button Mode), this pin provides an active-HIGH RUN signal, indicating the device is currently recording or playing. This signal can conveniently drive an LED for a visual indicator of a Record or Playback operation in process.

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2-34: ISD2560/75/90/120 Device Pinouts



2

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 K ohm resistance on this pin, determines the low-frequency cutoff for the ISD2500 Series passband. See Chapter 5, 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 2-135) 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% of specification. The frequency is then maintained to a variation of ±2.25% over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a ±5% 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 2-77: 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 milliwatts 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 4:1 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.

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).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-78: Operational Modes Table

Mode Control	Function	Typical Use	Jointly Compatible[1]
M0	Message cueing	Fast-forward through messages	M4, M5, M6
M1	Delete EOM markers	Position 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. Indicates additional operational modes which can be used simultaneously with the given mode.

2

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.

OPERATIONAL MODES DESCRIPTION

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 EOM Markers

The M1 Operational Mode allows sequentially recorded messages to be combined into a single message with only one 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 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 2-79: Alternate Functionality in Pins

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

$\overline{CE}$ Pin (START/PAUSE)

In Push-Button Operational Mode, $\overline{CE}$ 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/$\overline{R}$ pin. A subsequent pulse on the $\overline{CE}$ 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 $\overline{CE}$ pulse will cause the device to continue the operation from the place where it was paused.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 pulldown 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 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.

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

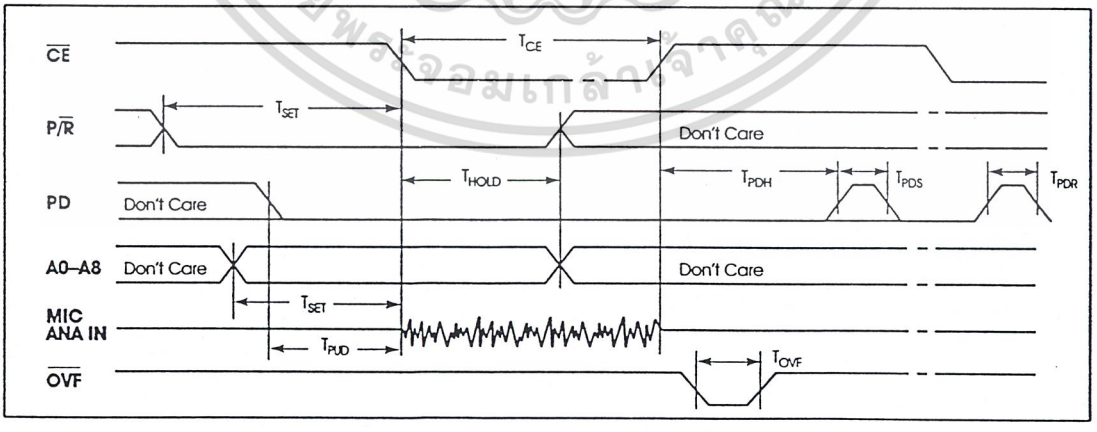
The ISD2500 Series can loop with a message that completely fills the memory space.

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

2

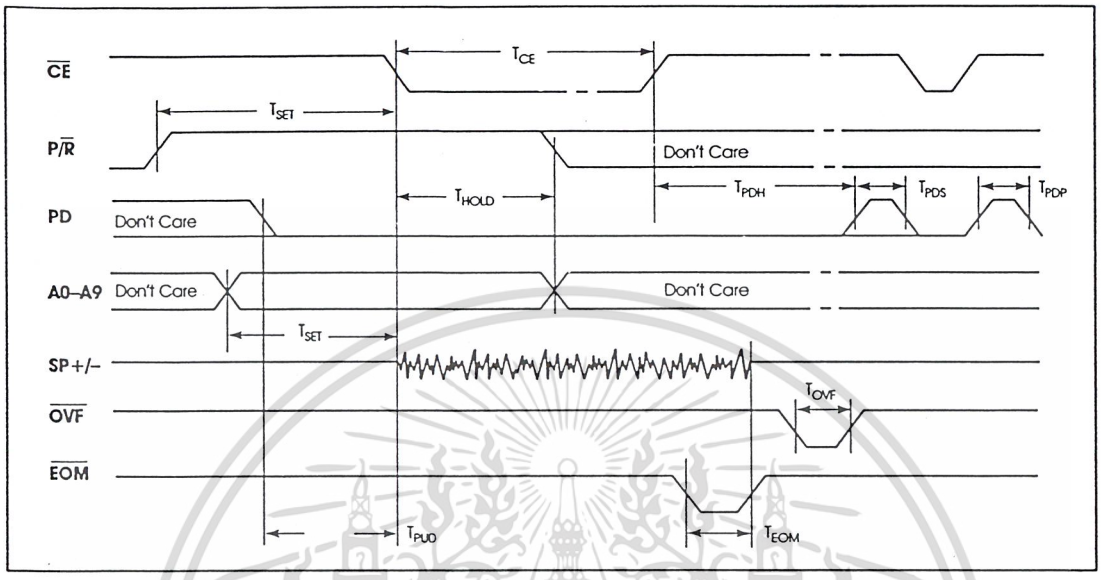
TIMING DIAGRAMS

Figure 2-35: Record



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2-36: Playback



2

Table 2-80: 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 2-81: 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. $V_{SS} = V_{SSA} = V_{SSD}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-82: 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 w/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	
$R_{ANA\ IN}$	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% tested.*
3. *V_{CCA} and V_{CCD} connected together.*
4. *XCLK pin only.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-83: 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
		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_{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	
T_{PUD}	Power-Up Delay	ISD2560	24.1	25.0	27.8	msec	Commercial Operation
		ISD2560	23.5	31.3	28.5	msec	Industrial Operation
		ISD2575	30.2	31.3	34.3	msec	Commercial Operation
		ISD2575	29.3	37.5	35.2	msec	Industrial Operation
		ISD2590	36.2	50.0	40.8	msec	Commercial Operation
		ISD25120	48.2		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	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-83: AC Parameters (Packaged Parts)

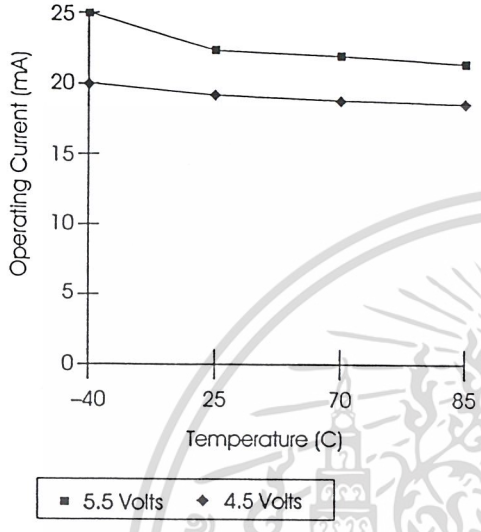
Symbol	Characteristic		Min[2]	Typ[1]	Max[2]	Units	Conditions
T_{EOM}	EOM Pulse Width	ISD2560 ISD2575 ISD2590 ISD25120		12.5 15.625 18.75 25.0		msec msec msec msec	
T_{OVF}	Overflow Pulse Width			6.5		µsec	
THD	Total Harmonic Distortion			1	2	%	@ 1 KHz
P_{OUT}	Speaker Output Power			12.2	50	mW	R_{EXT} = 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% 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% over the commercial temperature range and voltage range and ±5% 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 6dB drop by nature of passing through both filters.*

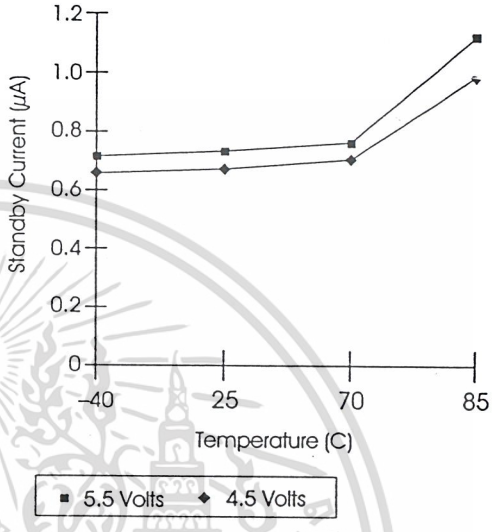
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (PACKAGED PARTS)

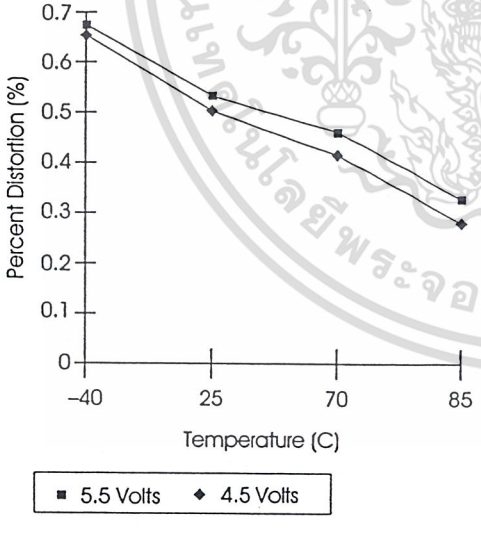
Graph 2-41: Record Mode Operating Current (I_{CC})



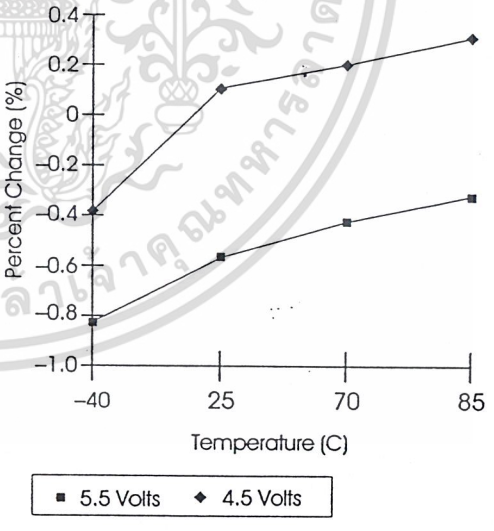
Graph 2-43: Standby Current (I_{SB})



Graph 2-42: Total Harmonic Distortion



Graph 2-44: Oscillator Stability



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-84: 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 2-85: 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 2-86: 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 w/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
A_{PRE2}	Preamp Gain 2		–15	5	dB	AGC = 2.5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-86: DC Parameters (Die)

Symbol	Parameters	Min[2]	Typ[1]	Max[2]	Units	Conditions
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% tested.*
3. *V_{CCA} and V_{CCD} connected together.*
4. *XCLK pad only.*

Table 2-87: 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
		ISD2575	72.6	75.0	77.5	sec	Commercial Operation
		ISD2590	87.1	90.0	93.0	sec	Commercial Operation
		ISD25120	116.1	120.0	123.9	sec	Commercial Operation
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 2-87: AC Parameters (Die)

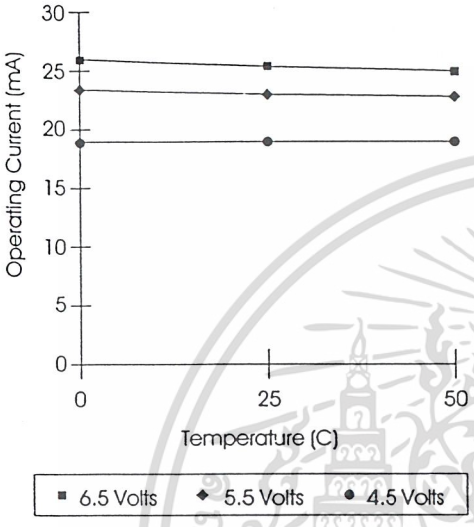
Symbol	Characteristic		Min[2]	Typ[1]	Max[2]	Units	Conditions
T_{PDR}	PD Pulse Width Record	ISD2560		25		msec	
		ISD2575		31.25		msec	
		ISD2590		37.5		msec	
		ISD25120		50.0		msec	
T_{PDP}	PD Pulse Width Play	ISD2560		12.5		msec	
		ISD2575		15.625		msec	
		ISD2590		18.75		msec	
		ISD25120		25.0		msec	
T_{PDS}	PD Pulse Width Static			100		nsec	6
T_{PDH}	Power Down Hold			0		nsec	
T_{EOM}	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% 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% 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.*

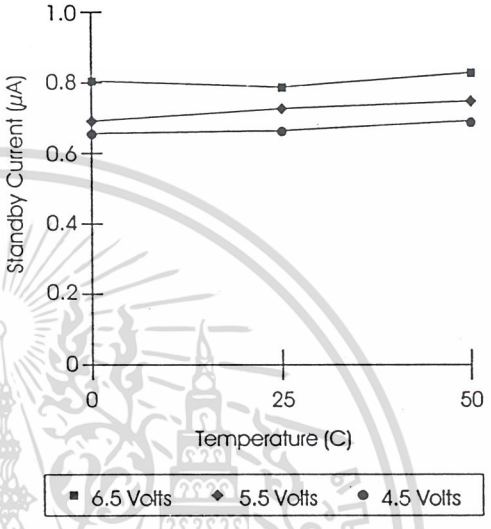
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (DIE)

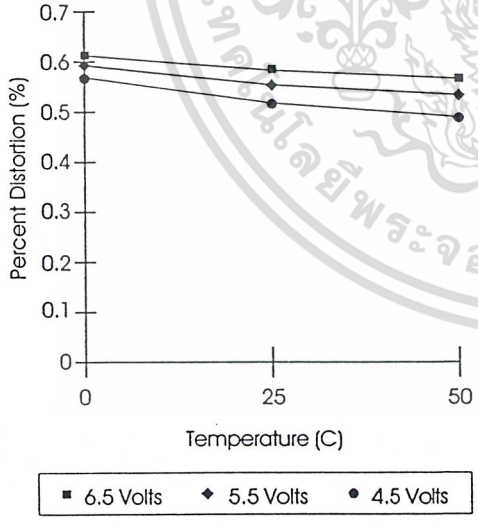
Graph 2-45: Record Mode Operating Current (I_{CC})



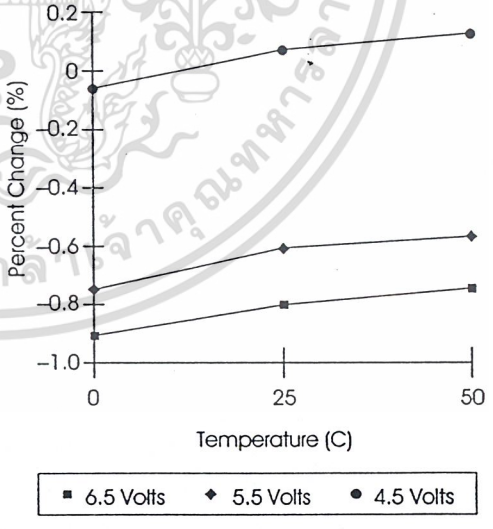
Graph 2-47: Standby Current (I_{SB})



Graph 2-46: Total Harmonic Distortion

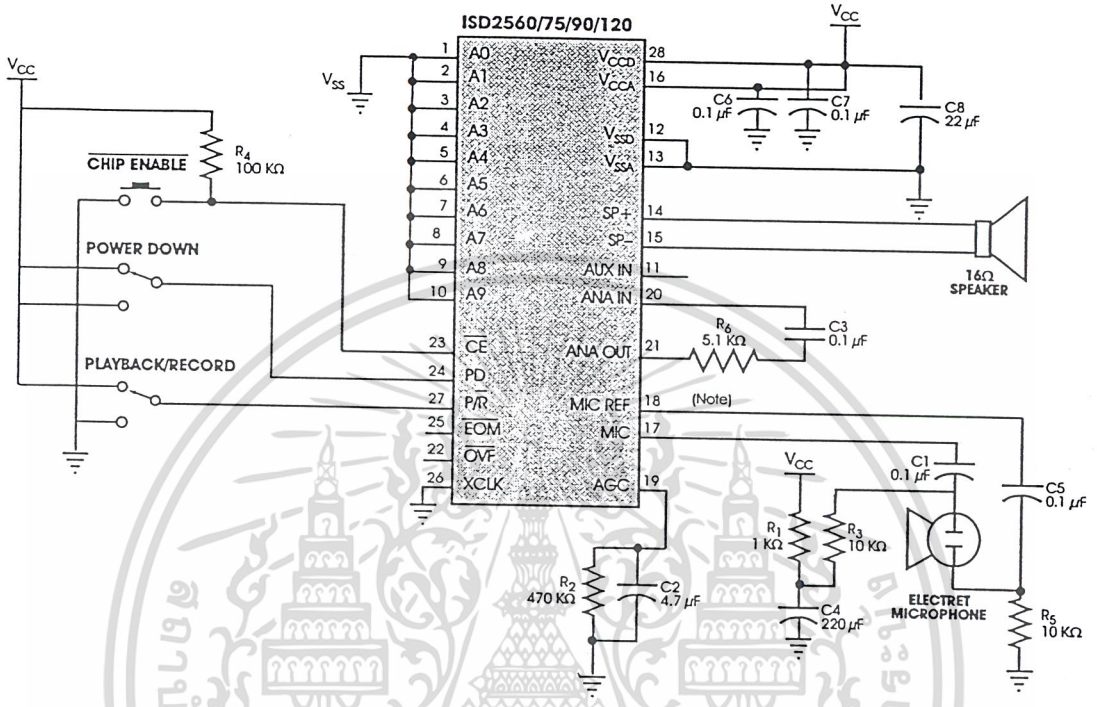


Graph 2-48: Oscillator Stability



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2-37: 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 2-88: 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 2-89: 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

2

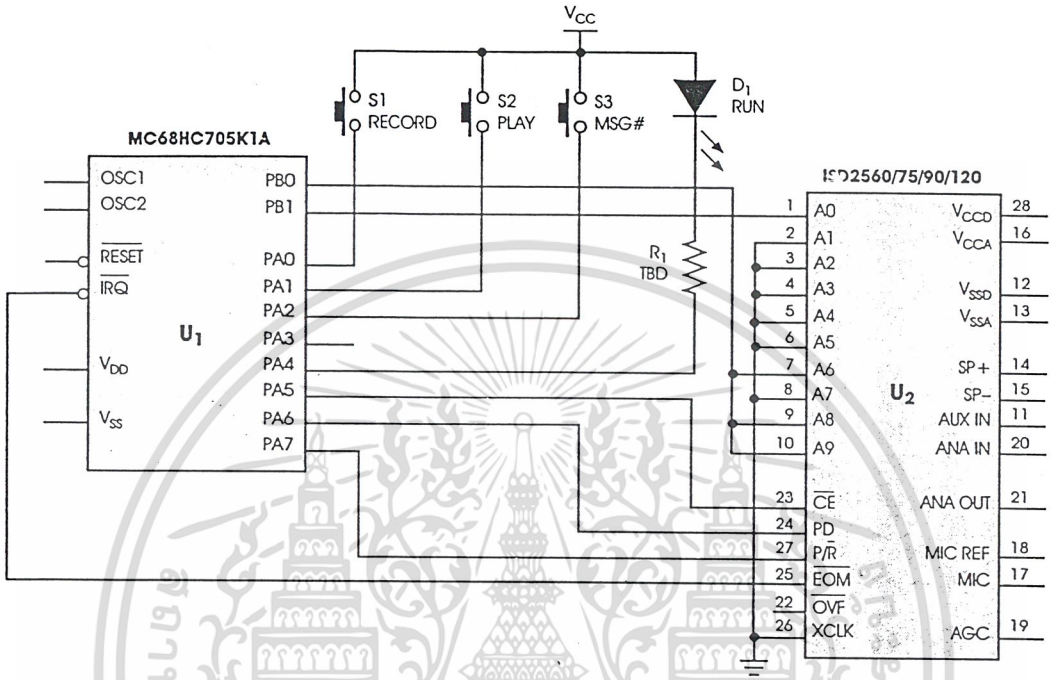
EXPLANATION

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.

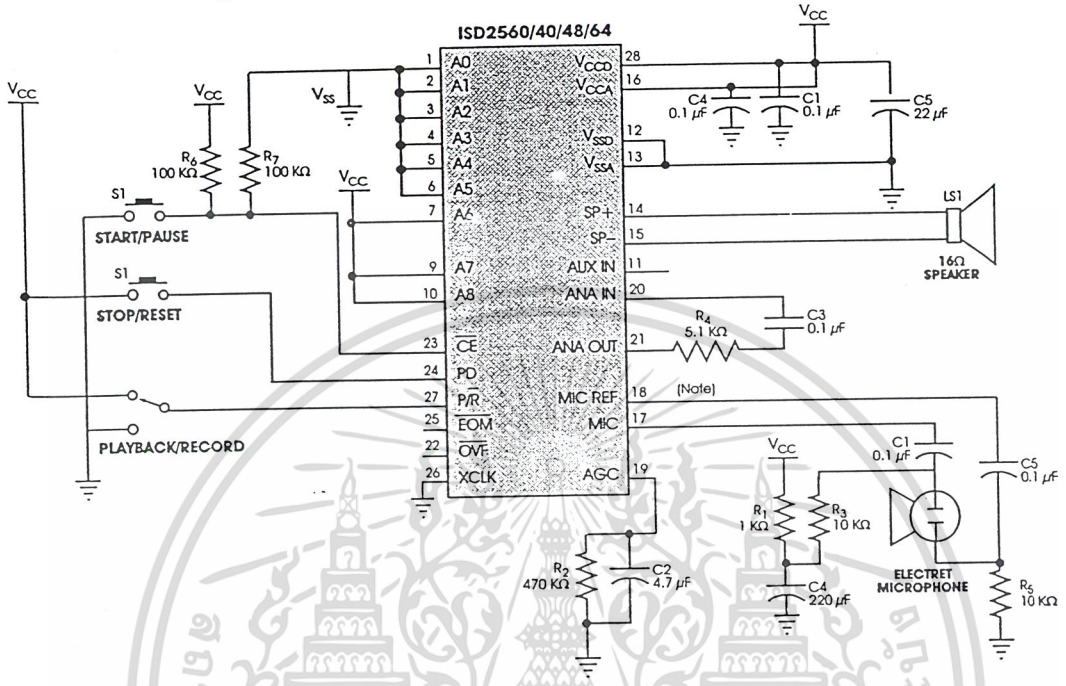
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2-38: ISD2560/75/90/120 Application Example—Microcontroller/ISD2500 Interface



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2-39: ISD2500 Application Example— Push-Button



2

NOTE: For more details, please refer to CHAPTER 5, Application Information.

Table 2-90: Application Example—Push-Button Control

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-91: 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 2-92: 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

TIMING DIAGRAMS

Figure 2-40: Push-Button Mode Record

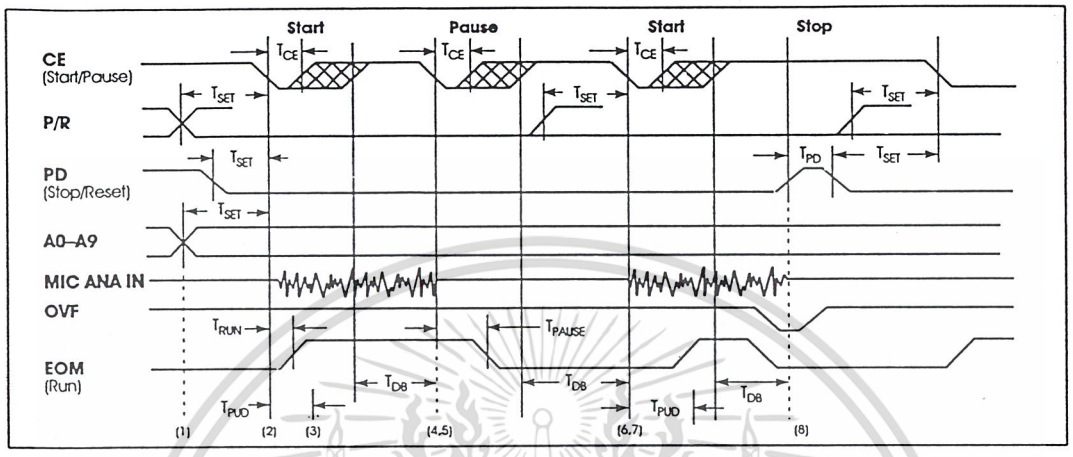
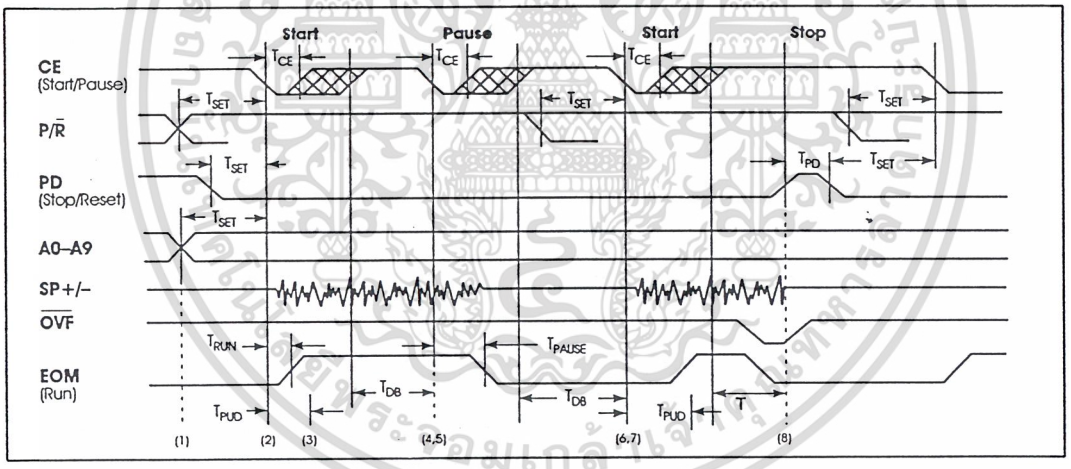


Figure 2-41: Push-Button Mode Playback

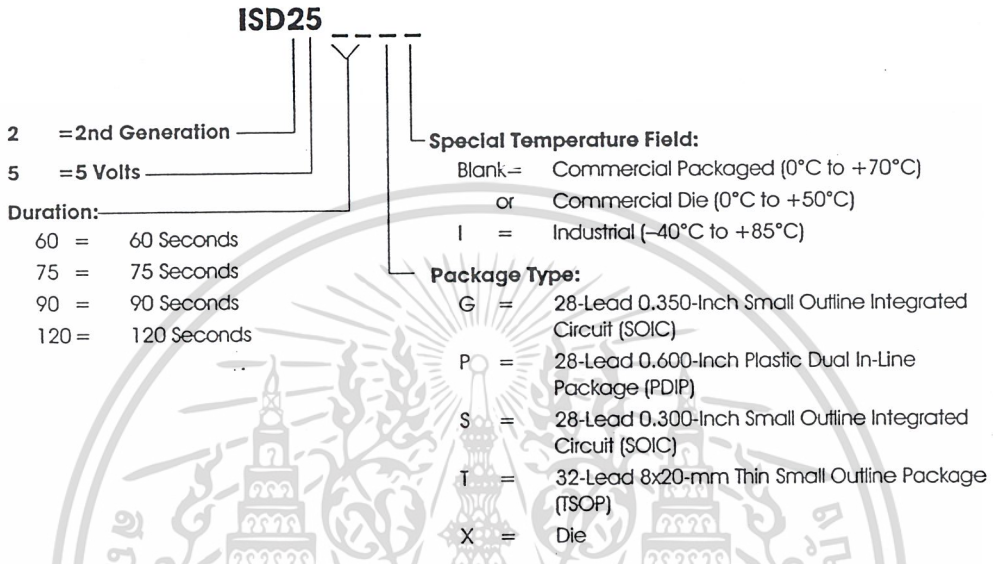


1. *A9, A8, and A6 = 1 for push-button operation.*
2. *The first $\overline{CE}$ LOW pulse performs a Start function.*
3. *The part will begin to play or record after a power-up delay T_{PUD}.*
4. *The part must have $\overline{CE}$ HIGH for a debounce period TDB before it will recognize another falling 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 $\overline{CE}$ 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	ISD2590S*	ISD25120X
ISD2560PI	ISD2575PI	ISD2590T	
ISD2560S*	ISD2575S*	ISD2590X	
ISD2560SI*	ISD2575SI*		
ISD2560T	ISD2575T		
ISD2560TI	ISD2575TI		
ISD2560X	ISD2575X		

NOTE: *The asterisk (*) indicates advance information*

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

September 1997

LM386
Low Voltage Audio Power Amplifier

General Description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value up to 200.

The inputs are ground referenced while the output is automatically biased to one half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

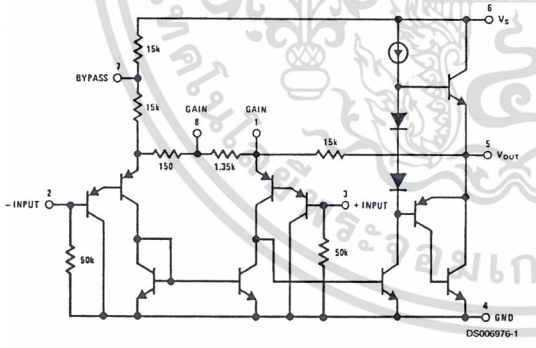
Features

- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range: 4V–12V or 5V–18V
- Low quiescent current drain: 4 mA
- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion
- Available in 8 pin MSOP package

Applications

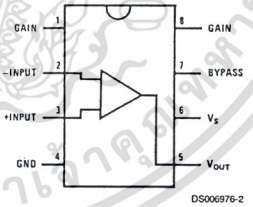
- AM-FM radio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small servo drivers
- Power converters

Equivalent Schematic and Connection Diagrams



DS006976-1

Small Outline, Molded Mini Small Outline, and Dual-In-Line Packages



DS006976-2

Top View
Order Number LM386M-1, LM386MM-1, LM386N-1, LM386N-3 or LM386N-4
See NS Package Number M08A, MUA08A or N08E

© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	
(LM386N-1, -3, LM386M-1)	15V
Supply Voltage (LM386N-4)	22V
Package Dissipation (Note 3)	
(LM386N)	1.25W
(LM386M)	0.73W
(LM386MM-1)	0.595W
Input Voltage	±0.4V
Storage Temperature	−65°C to +150°C
Operating Temperature	0°C to +70°C
Junction Temperature	+150°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 sec)	+260°C
Small Outline Package	
(SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 sec)	+215°C
Infrared (15 sec)	+220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Thermal Resistance	
θ_{JC} (DIP)	37°C/W
θ_{JA} (DIP)	107°C/W
θ_{JC} (SO Package)	35°C/W
θ_{JA} (SO Package)	172°C/W
θ_{JA} (MSOP)	210°C/W
θ_{JC} (MSOP)	56°C/W

Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

T_A = 25°C

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage (V_S)					
LM386N-1, -3, LM386M-1, LM386MM-1		4		12	V
LM386N-4		5		18	V
Quiescent Current (I_Q)	V_S = 6V, V_{IN} = 0		4	8	mA
Output Power (P_{OUT})					
LM386N-1, LM386M-1, LM386MM-1	V_S = 6V, R_L = 8Ω, THD = 10%	250	325		mW
LM386N-3	V_S = 9V, R_L = 8Ω, THD = 10%	500	700		mW
LM386N-4	V_S = 16V, R_L = 32Ω, THD = 10%	700	1000		mW
Voltage Gain (A_V)	V_S = 6V, f = 1 kHz		26		dB
	10 µF from Pin 1 to 8		46		dB
Bandwidth (BW)	V_S = 6V, Pins 1 and 8 Open		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	V_S = 6V, R_L = 8Ω, P_{OUT} = 125 mW		0.2		%
	f = 1 kHz, Pins 1 and 8 Open				
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	V_S = 6V, f = 1 kHz, C_{BYPASS} = 10 µF		50		dB
	Pins 1 and 8 Open, Referred to Output				
Input Resistance (R_{IN})			50		kΩ
Input Bias Current (I_{BIAS})	V_S = 6V, Pins 2 and 3 Open		250		nA

Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

Note 3: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of 80°C/W junction to ambient for the dual-in-line package and 2) a thermal resistance of 170°C/W for the small outline package.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints

GAIN CONTROL

To make the LM386 a more versatile amplifier, two pins (1 and 8) are provided for gain control. With pins 1 and 8 open the 1.35 kΩ resistor sets the gain at 20 (26 dB). If a capacitor is put from pin 1 to 8, bypassing the 1.35 kΩ resistor, the gain will go up to 200 (46 dB). If a resistor is placed in series with the capacitor, the gain can be set to any value from 20 to 200. Gain control can also be done by capacitively coupling a resistor (or FET) from pin 1 to ground.

Additional external components can be placed in parallel with the internal feedback resistors to tailor the gain and frequency response for individual applications. For example, we can compensate poor speaker bass response by frequency shaping the feedback path. This is done with a series RC from pin 1 to 5 (paralleling the internal 15 kΩ resistor). For 6 dB effective bass boost: R ≅ 15 kΩ, the lowest value for good stable operation is R = 10 kΩ if pin 8 is open. If pins 1 and 8 are bypassed then R as low as 2 kΩ can be used. This restriction is because the amplifier is only compensated for closed-loop gains greater than 9.

INPUT BIASING

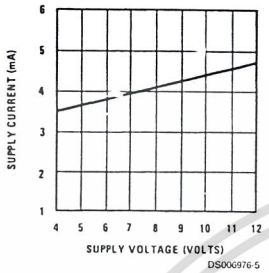
The schematic shows that both inputs are biased to ground with a 50 kΩ resistor. The base current of the input transistors is about 250 nA, so the inputs are at about 12.5 mV when left open. If the dc source resistance driving the LM386 is higher than 250 kΩ it will contribute very little additional offset (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). If the dc source resistance is less than 10 k Ω, then shorting the unused input to ground will keep the offset low (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). For dc source resistances between these values we can eliminate excess offset by putting a resistor from the unused input to ground, equal in value to the dc source resistance. Of course all offset problems are eliminated if the input is capacitively coupled.

When using the LM386 with higher gains (bypassing the 1.35 kΩ resistor between pins 1 and 8) it is necessary to bypass the unused input, preventing degradation of gain and possible instabilities. This is done with a 0.1 µF capacitor or a short to ground depending on the dc source resistance on the driven input.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

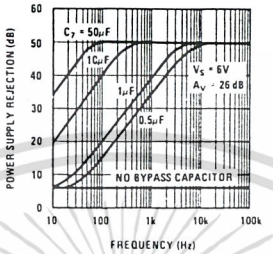
Typical Performance Characteristics

Quiescent Supply Current vs Supply Voltage



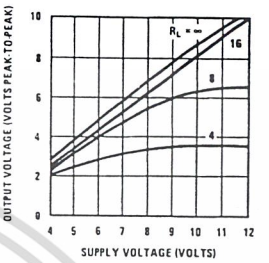
DS006976-5

Power Supply Rejection Ratio (Referred to the Output) vs Frequency



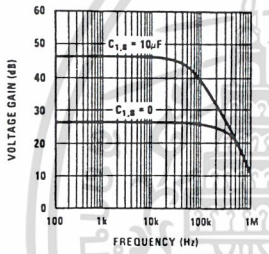
DS006976-12

Peak-to-Peak Output Voltage Swing vs Supply Voltage



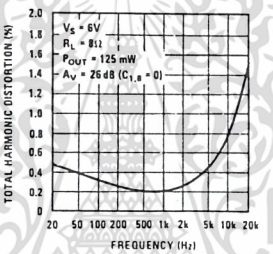
DS006976-13

Voltage Gain vs Frequency



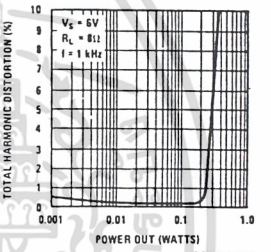
DS006976-14

Distortion vs Frequency



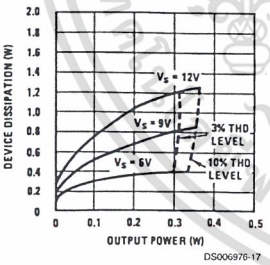
DS006976-15

Distortion vs Output Power



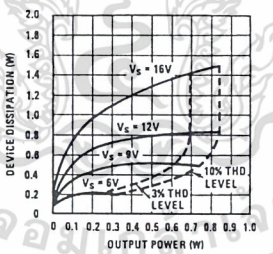
DS006976-16

Device Dissipation vs Output Power—4Ω Load



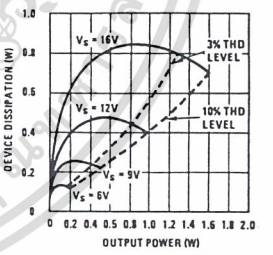
DS006976-17

Device Dissipation vs Output Power—8Ω Load



DS006976-18

Device Dissipation vs Output Power—16Ω Load

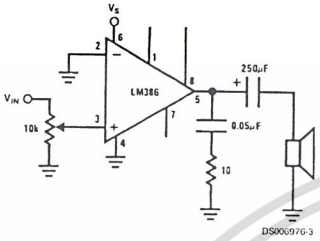


DS006976-19

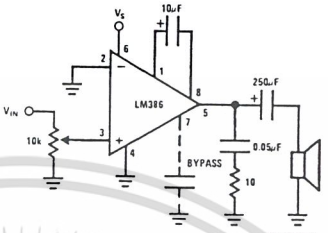
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

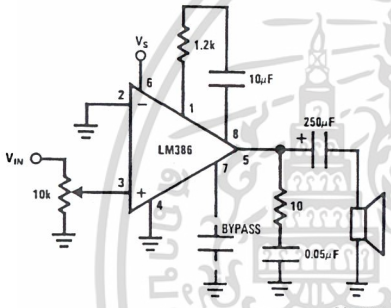
Amplifier with Gain = 20
Minimum Parts



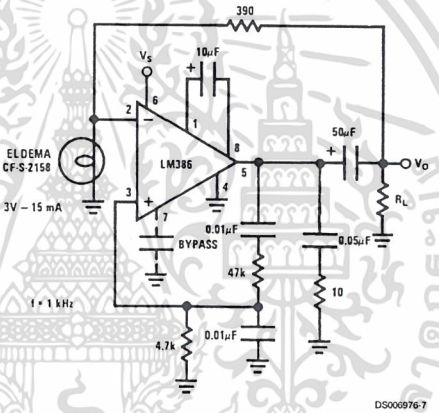
Amplifier with Gain = 200



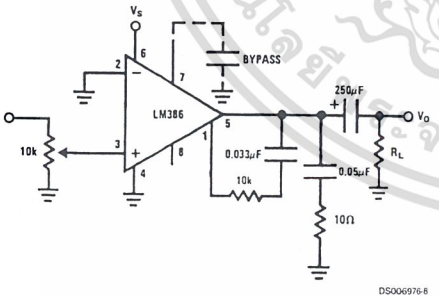
Amplifier with Gain = 50



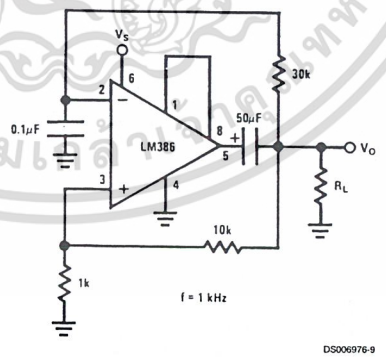
Low Distortion Power Wienbridge Oscillator



Amplifier with Bass Boost



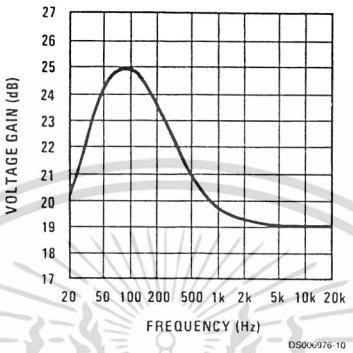
Square Wave Oscillator



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

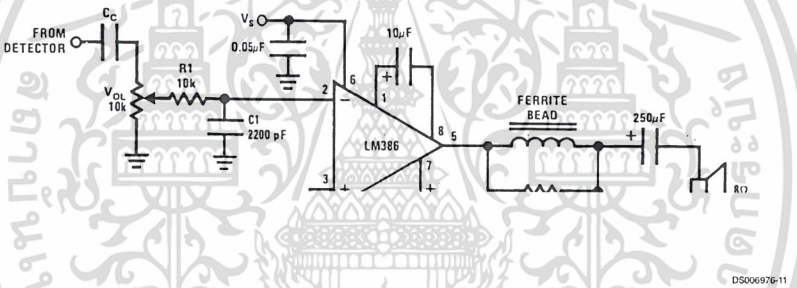
Typical Applications (Continued)

Frequency Response with Bass Boost



DS006976-10

AM Radio Power Amplifier



DS006976-11

Note 4: Twist Supply lead and supply ground very tightly.

Note 5: Twist speaker lead and ground very tightly.

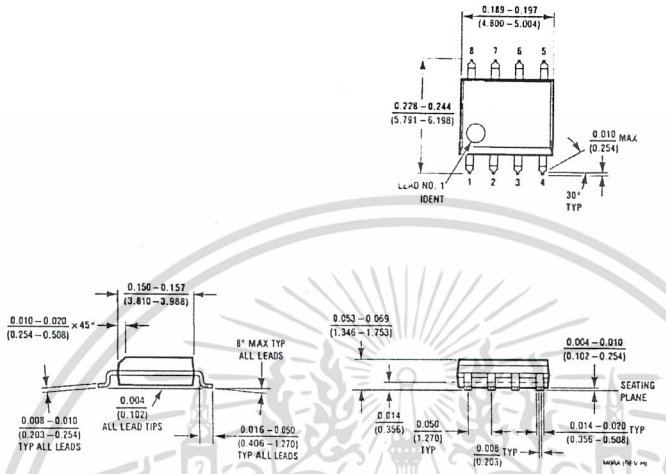
Note 6: Ferrite bead in Ferroxcube K5-001-001/3B with 3 turns of wire.

Note 7: R1C1 band limits input signals.

Note 8: All components must be spaced very closely to IC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

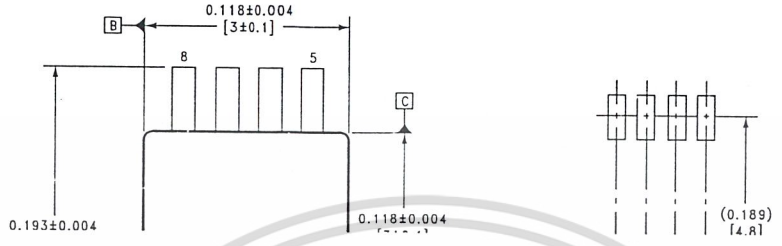
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



SO Package (M)
Order Number LM386M-1
NS Package Number M08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

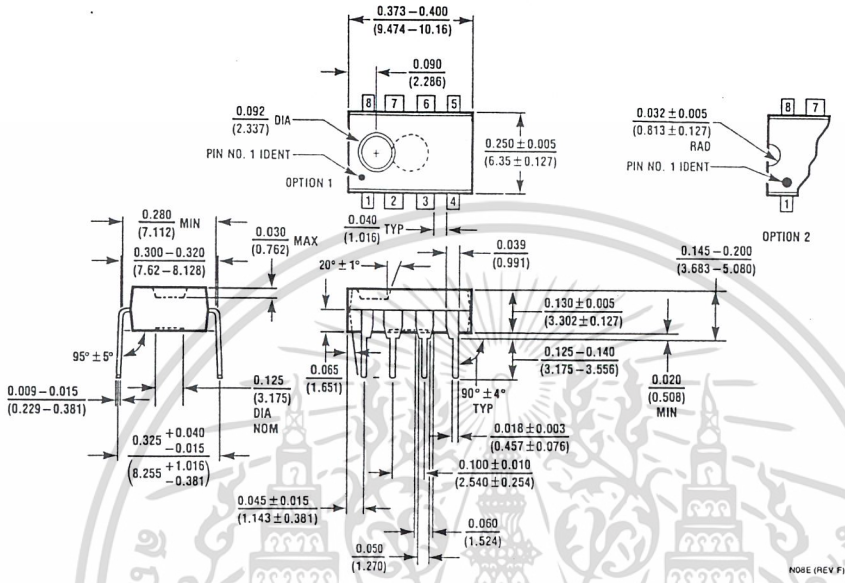
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



8-Lead (0.118" Wide) Molded Mini Small Outline Package
Order Number LM386MM-1
NS Package Number MUA08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM386N-1, LM386N-3 or LM386N-4
NS Package Number N08E

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com

www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ก่อนอื่น ต้องกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิภา ลีลารุจิ ที่กรุณารับเป็นที่ปรึกษาให้กับกลุ่มกระผม และ คอยให้คำแนะนำ ติติง ขอขอบคุณ คุณธิติ สุวรรณทิพย์ ที่ช่วยจัดหาเอกสารประกอบการทำรายงาน รวมทั้งแนะนำเรื่องวงจร การเขียนโปรแกรม และให้ยืม Single Board , Oscilloscope ในการวัดผลการทดลอง , คุณชูชาติ ชนะดี สำหรับทฤษฎีพื้นฐานเรื่องโทรศัพท์ , คุณรุ่งโรจน์ นวลมุสิงห์ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องโทรศัพท์ระหว่างการทดลองตลอดมา , ที่ลืมไม่ได้ คือ กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และ คุณ แม่ เป็นอย่างสูงที่คอยให้กำลังใจอยู่เบื้องหลังเสมอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ และ พิชัย ภักดีพานิชเจริญ ; “ **ระบบสื่อสารวิทยุ** ” , ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , กรุงเทพมหานคร, 2533

น.อ.ธวัชชัย เลื่อนฉวี ; “ **เทคโนโลยีโทรศัพท์**” , บริษัท ศุภาลัย มีเดีย จำกัด , กรุงเทพมหานคร, 2533

“**รวมโครงงานอิเล็กทรอนิกส์ โทรศัพท์และอินเตอร์คอม**” ; ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพมหานคร, 2539

อุดม จีนประดับ; “ **ทฤษฎีและตัวอย่างโจทย์การสื่อสารด้วยอิเล็กทรอนิกส์**”, แมคกรอ-ฮิล, กรุงเทพมหานคร, 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้