

โทรศัพท์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสลับ

AUTOMATIC TELEPHONE CONTROLLED ELECTRICAL THROUGH AC-LINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน...46575  
วัน, เดือน, ปี... 4 เม.ย. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์ที่ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ

AUTOMATIC TELEPHONE CONTROLLED ELECTRICAL THROUGH AC-LINE

โดย

นายฐิตินันท์ โอวาท 42015015

นายสรวง ภูรานันท์ 42015070

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วีรบุญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2544

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โทรศัพท์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ

AUTOMATIC TELEPHONE CONTROLLED ELECTRICAL THROUGH AC-LINE

ผู้จัดทำ

1. นายจิตินันท์ โอวาท 42015015

2. นายสรวง กุรานันท์ 42015070

อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วัลย์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรศัพท์ที่ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ  
Automatic telephone controlled electrical through AC-line

โดย นายฐิตินันท์ โอวาท 42015015  
นายสรวง ภูรานันท์ 42015070

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วีระบุญ

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการสร้างอุปกรณ์ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้โทรศัพท์ ซึ่งสามารถบอกสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ โดยตอนแรกจะมีการกรอรหัสผ่าน เพื่อมาเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน เมื่อเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้วจะมีการเลือกอุปกรณ์ว่าต้องการเปิด, ปิดหรือบอกสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการทำงานจะส่งสัญญาณควบคุมโดยผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับไปยังตัวรับ ซึ่งจะทำตามคำสั่งที่ได้รับเข้ามา

ABSTRACT

This project present the electrical through AC-line by telephone that can tell the statement of electrical. First, put the password to select the electrical which you want to use. Then select to turn it on or off or shows the statement. The operating is this equipment send the control signal through AC-line to receiver which do follow the command that receive.

## สารบัญ

	หน้า
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
1.1 ความเป็นมาของหัวข้อปริญญาานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์	1
1.4 บล๊อคไคอะแกรมของปริญญาานิพนธ์	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ</b>	3
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	3
2.1.1 ระบบโทรศัพท์	3
2.1.2 เครื่องโทรศัพท์	3
2.1.3 เครื่องโทรศัพท์หน้าปิดแบบกดปุ่ม	5
2.1.4 ระบบสัญญาณของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม	5
2.2 สัญญาณพื้นฐาน	6
2.3 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์	7
2.4 ไอซีถอดรหัสความถี่ MT8870 DTMF	8
2.4.1 คุณสมบัติของไอซี MT8870	8
2.4.2 การนำไอซี MT8870 ไปใช้งานในแบบต่างๆ	8
2.4.3 โครงสร้างภายในของไอซี MT8870	9
2.4.4 ฟังก์ชันการทำงานภายในของไอซี MT8870	10
2.4.5 ภาคกรองความถี่	10
2.4.6 ภาคถอดรหัส	11
2.4.7 ภาคตรวจสอบรหัสสัญญาณ	12
2.4.8 วงจรขยายสัญญาณความแตกต่าง	13
2.4.9 ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่ออสซิลเลเตอร์	14
2.5 ไอซีผลิตความถี่ DTMF MC145412	15
2.5.1 คุณสมบัติของไอซี MC145412	15
2.5.2 โครงสร้างภายในของไอซี MC145412	15
2.5.3 ข้อมูลทั่วไปของไอซี MC145412	15
2.5.4 รายละเอียดขาของไอซี MC145412	16
2.5.5 การใช้งานไอซี MC145412	17
2.6 ไอซีตอบรับและบันทึกเสียง ISD2590	18
2.6.1 คุณสมบัติของไอซี ISD2590	18
2.6.2 การทำงานเบื้องต้นและรายละเอียดขาของไอซี ISD2590	20

2.6.3	การประยุกต์ใช้งาน	23
2.7	Home networking and home automation technologies	24
2.7.1	มาตรฐานเอ็กซ์ทีเอ็น	24
<b>บทที่ 3</b>	<b>การคำนวณและการสร้าง</b>	<b>29</b>
3.1	ส่วนประกอบภายในเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ	29
	ทางด้านส่งและการทำงานของวงจร	
3.1.1	วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone	29
3.1.2	วงจรควบคุมการขงกหว/วางหว	31
3.1.3	วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	31
3.1.4	วงจรถ่วงสัญญาณ Ringing Tone	32
3.1.5	วงจรถ่วงสัญญาณ DTMF	33
3.1.6	วงจรถอบรับและบันทึกเสียง	33
3.1.7	วงจรถ่วงจ่ายไฟ	34
3.1.8	วงจรถ่วงความถี่ส่งผ่าน ไปกับสายไฟฟ้ากระแสสลับ	35
3.1.9	วงจรถ่วงสัญญาณนาฬิกา	35
3.1.10	วงจรถ่วงสัญญาณ ไปกับสายไฟฟ้ากระแสสลับ	36
3.1.11	วงจรถ่วงสัญญาณขนานเป็นสัญญาณอนุกรม	37
3.2	ส่วนประกอบภายในเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ	38
	ทางด้านรับและการทำงานของวงจร	
3.2.1	วงจรถอดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ	38
3.2.2	วงจรถ่วงจับความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ	38
3.2.3	วงจรถ่วงสอบรหัสแอดเครสและคำสั่ง	39
<b>บทที่ 4</b>	<b>การทดลองและผลการทดลอง</b>	<b>44</b>
4.1	การทดลองและผลการทดลอง	44
4.1.1	วงจรถ่วงจับสัญญาณ Ringing Tone	44
4.1.2	วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	45
4.1.3	วงจรถ่วงสัญญาณ DTMF	46
4.1.4	วงจรถ่วงสัญญาณ Ringing Tone	48
4.1.5	วงจรถอบรับและบันทึกเสียง	49
4.1.6	วงจรถ่วงความถี่และวงจรถ่วงสัญญาณนาฬิกา	50
4.1.7	วงจรถ่วงสัญญาณส่งออกไปในสายไฟฟ้ากระแสสลับ	52
4.1.8	วงจรถอดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ	53
4.1.9	วงจรถ่วงสอบสัญญาณ	54

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	55
5.1 บทสรุป	55
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น	55
5.3 การแก้ไขปัญหา	55
5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำปริยญาภิพนธ์	56
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงรายละเอียดการทำงานของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้า กระแสสลับ	2
รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์	4
รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งความถี่ของหมายเลขโทรศัพท์	5
รูปที่ 2.3 แสดงระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์	7
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างภายในของ ไอซี MT8870	9
รูปที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของขา ไอซี MT8870	10
รูปที่ 2.6 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองสัญญาณความถี่	11
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณและแสดงการกำหนดในเวลาการ์ดใหม่	12
รูปที่ 2.8 แสดงวงจร Differential Input	13
รูปที่ 2.9 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์	14
รูปที่ 2.10 แสดงแผนภูมิเวลาของ ไอซี MT8870	14
รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างภายในของ ไอซี MC145412	15
รูปที่ 2.12 แสดงรายละเอียดขาต่างๆ ของ ไอซี MC145412	16
รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะการจับขาใช้งานของ ไอซี ISD2590	19
รูปที่ 2.14 แสดงวงจรประยุกต์ใช้งานของ ไอซี ISD2590	24
รูปที่ 2.15 แสดงรูปสัญญาณที่เกิดการจุดตัดศูนย์	25
รูปที่ 2.16 แสดงการรับสัญญาณทางด้านรับ	25
รูปที่ 2.17 แสดงการส่งสัญญาณเป็นรหัส ไบนารี	26
รูปที่ 2.18 แสดงมาตรฐานของเอ็กซ์เทิน	28
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone	29
รูปที่ 3.2 แสดงสัญญาณเข้าและออกจากส่วนตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone	30
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรควบคุมการขงู/วางหู	31
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	32
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone	32
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรสร้างรหัสสัญญาณ DTMF	33
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรตอบรับและบันทึกเสียง	34
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟ	34
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรสร้างสัญญาณความถี่ที่ส่งผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ	35
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา	36
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรรวมสัญญาณ ไปด้วยสายไฟฟ้ากระแสสลับ	36
รูปที่ 3.12 แสดงบิทที่ทำการส่งออกไปยังตัวรับ	37

รูปที่ 3.13 แสดงวงจรแปลงสัญญาณขนานเป็นสัญญาณอนุกรม	38
รูปที่ 3.14 แสดงวงจรถอดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ	38
รูปที่ 3.15 แสดงวงจรตรวจจับความถี่ที่ส่งผ่านมากับสายไฟฟ้ากระแสสลับ	39
รูปที่ 3.16 แสดงวงจรตรวจสอบรหัสแอดเดรสและรหัส	40
รูปที่ 3.17 แสดงวงจรโทรศัพท์และไมโครคอนโทรลเลอร์	41
รูปที่ 3.18 แสดงวงจรส่งแอดเดรสและคำสั่งผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ	42
รูปที่ 3.19 แสดงวงจรรับแอดเดรสและคำสั่ง	43
รูปที่ 4.1 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone	44
รูปที่ 4.2 แสดงรูปสัญญาณ Ringing Tone	44
รูปที่ 4.3 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	45
รูปที่ 4.4 แสดงวงจรสร้างรหัสสัญญาณ DTMF	46
รูปที่ 4.5 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากการกด “1”	46
รูปที่ 4.6 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากการกด “2”	47
รูปที่ 4.7 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากการกด “3”	47
รูปที่ 4.8 แสดงวงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone	48
รูปที่ 4.9 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone	48
รูปที่ 4.10 แสดงวงจรตอบรับและบันทึกเสียง	49
รูปที่ 4.11 แสดงวงจรสร้างสัญญาณความถี่และสร้างสัญญาณนาฬิกา	50
รูปที่ 4.12 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรสร้างสัญญาณความถี่และสร้างสัญญาณนาฬิกา	51
รูปที่ 4.13 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรสร้างสัญญาณความถี่และสร้างสัญญาณนาฬิกาโดยบันทึกความถี่	51
รูปที่ 4.14 แสดงวงจรรวมสัญญาณไปกับสายไฟฟ้ากระแสสลับ	52
รูปที่ 4.15 แสดงรูปสัญญาณความถี่ที่คัปปลิ่งที่จุดตัดศูนย์	52
รูปที่ 4.16 แสดงวงจรถอดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ	53
รูปที่ 4.17 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรถอดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ	53
รูปที่ 4.18 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณ	54
รูปที่ 4.19 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจสอบสัญญาณ	54

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ	11
ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าบางอย่างที่แตกต่างกันของไอซีตระกูล ISD25xx	19
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี ISD2590	22
ตารางที่ 2.4 แสดงโค้ดของตัวอักษร.	27
ตารางที่ 2.5 แสดงโค้ดของคำสั่ง	27
ตารางที่ 3.1 แสดงแอดเดรสของอุปกรณ์	37
ตารางที่ 3.2 แสดงคำสั่งของอุปกรณ์	37
ตารางที่ 4.1 แสดงรหัสที่ได้จากการถอดรหัส	45
ตารางที่ 4.2 แสดงแอดเดรสของคำพูด	49



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาของหัวข้อปริญญานิพนธ์

ระบบโทรศัพท์เป็นเครื่องมือติดต่อสื่อสารที่สำคัญ มีเครือข่ายติดต่อที่กว้างขวางมาก ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก การหันมาใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์โทรศัพท์ จึงมีการเติบโตที่รวดเร็วมาก และปริญญานิพนธ์นี้ได้ใช้ประโยชน์จากโทรศัพท์มาทำการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เพื่อเพิ่มความสะดวกสบาย และช่วยในการประหยัดพลังงานไม่ให้สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ บางครั้งที่ต้องพบกันปัญหาการปิด - เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านไว้ ขณะที่ออกไปทำธุระนอกบ้าน หรือลืมนปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าขณะที่ออกนอกบ้านไปแล้ว และหากต้องกลับค่ำมืด และต้องการให้ไฟหน้าบ้านเพื่อให้แสงสว่างแก่ทางเข้า ปัญหาเหล่านี้จะหมดไป หากมีเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของระบบโทรศัพท์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมสำหรับการออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.2.3 สร้างวงจรสำหรับส่งและรับข้อมูลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ
- 1.2.4 เพื่อศึกษาและประยุกต์การทำงานของวงจรดิจิทัล

#### 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้โทรศัพท์เป็นตัวควบคุม โดยเครื่องจะรับคำสั่งจากการกดคีย์บนโทรศัพท์ ซึ่งภายในเครื่องจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล 8052 เป็นตัวควบคุมการทำงาน โดยการทำงานจะสามารถตอบรับและถอดรหัสจากการกดคีย์บนโทรศัพท์และจะนำสัญญาณที่ได้จากการถอดรหัสไปประมวลผลเพื่อทำการส่งรหัสไปยังตัวรับ โดยผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับและตัวรับจะทำการถอดรหัสเพื่อนำไปเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการ



## บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ

### 2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

โทรศัพท์เป็นเครื่องมือสื่อสารการเชื่อมโยงการนำเสียงพูดระหว่างผู้ใช้ที่อยู่อีกสถานที่แห่งหนึ่งกับบุคคลที่ต้องการที่จะติดต่อด้วย ณ สถานที่อีกแห่งเสมือนบุคคลทั้งสองอยู่ใกล้กัน

#### 2.1.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิก และผู้รู้เลขหมายสมาชิกสามารถเรียกคู่สนทนาๆ ต่าง ๆ โดยลดการเดินที่ไม่จำเป็นได้

การเรียกทางโทรศัพท์ คือ การเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ ระหว่างผู้เรียกและผู้รับ

ผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียก จะด้วยการแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับ โดยวิธีการหมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับ เมื่อโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของชุมสายอัตโนมัติ

ผู้รับ คือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์ เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก

คู่สายสมาชิก คือ คู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูด แจกจ่ายออกมาจากสถานีติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น ไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ

เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกและสมาชิกผู้รับ โดยอัตโนมัติ

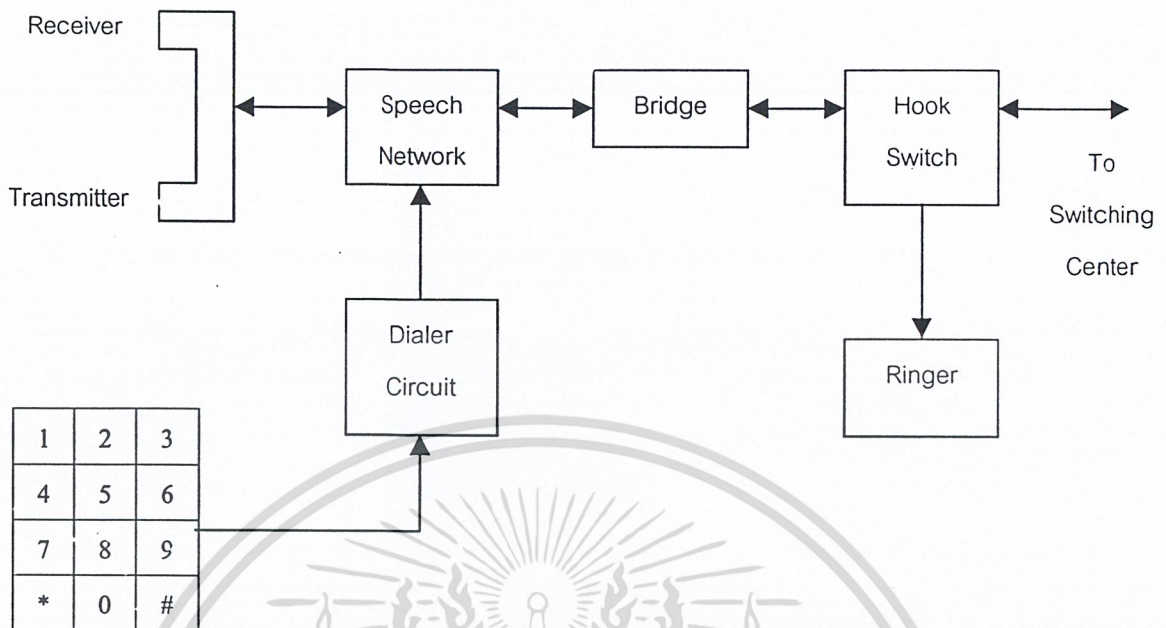
เครื่องโทรศัพท์ คือ อุปกรณ์สำหรับสมาชิก ใช้พูดและฟังในการสนทนาผ่านโครงข่ายโทรศัพท์

#### 2.1.2 เครื่องโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลักใหญ่ ๆ 7 อย่างด้วยกันคือ

1. ส่วนรับ (Receiver)
2. ส่วนส่ง (Transmitter)
3. กระดิ่ง (Ringer)
4. สปีช เน็ตเวิร์ก (Speech Network)
5. ฮุก สวิตช์ (Hook Switch)
6. ไดอัลเลอร์ (Dialer)
7. วงจรแปลงสัญญาณไฟตรง (Bridge Rectifier)

แสดงได้อับล็อกโคอะแกรมในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงบล็อกโคอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์

ตำแหน่งของส่วนส่งและส่วนรับ ปกติจะติดอยู่ที่ตัวพูด-หูฟัง (Handset) ของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งในส่วนส่งมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Electrical Signal) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกส่งไปสวิตช์ซิง เซ็นเตอร์ (Switching Center) แต่ส่วนรับมีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียง สัญญาณที่ส่วนรับนั้น จะประกอบด้วยสัญญาณแถบความถี่เสียง (Voiceband Signal) จากสวิตช์ซิง เซ็นเตอร์ และจะคอยลดทอนการป้อนกลับจากส่วนส่ง

สำหรับ Speech Network จะมีหน้าที่แยกสัญญาณส่งและรับในเครื่องโทรศัพท์ ดังนั้นสัญญาณทั้งหมดระหว่าง สวิตช์ซิง เซ็นเตอร์และเครื่องรับโทรศัพท์ อาจจะส่งไปในคู่สายเดียวกันได้

ชุดสวิตช์มีอยู่ 2 สถานะคือ ออน-ฮุก และ ออฟ-ฮุก ทั้ง 2 สถานะนี้ขึ้นอยู่กับว่า สัญญาณว่าง (Idle) หรือ ใช้งาน (Busy) ตามลำดับ ในสถานะออฟ-ฮุก ปกติจะทำงานก็ต่อเมื่อเรายกหู เมื่อยกหูกระแสที่ส่งจะบอกให้อุปกรณ์สวิตช์ซิงเซ็นเตอร์รับรู้ว่าอยู่ในสถานะ ออฟ-ฮุก สวิตช์ซิงเซ็นเตอร์จะปิดกั้นสัญญาณกระดิ่ง (Ringing Signal) และเตรียมรับสัญญาณ Dial Tone ฮุกสวิตช์จะต่อสายโทรศัพท์เข้ากับกระดิ่งเมื่ออยู่ในสถานะออน-ฮุกและต่อสายโทรศัพท์กับ สปีช เน็ตเวิร์ก ในสถานะออฟ-ฮุก

ในสถานะออฟ-ฮุก วงจรโทรศัพท์จะรับไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายที่สวิตช์ซิง เซ็นเตอร์ ส่วนสถานะออน-ฮุก จะปรากฏสัญญาณกระดิ่ง เมื่อมีผู้เรียกเข้ามา เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งถูกสร้างขึ้นที่สวิตช์ซิงเซ็นเตอร์และถูกส่งมาทำให้กระดิ่งในโทรศัพท์ทำงาน

วงจรแปลงสัญญาณไฟตรงทำหน้าที่ผ่านกระแสไฟตรงจากคู่สายโทรศัพท์ไปเลี้ยงวงจรโทรศัพท์ เมื่อฮุกสวิตช์อยู่ในสถานะฮุก และทำหน้าที่ให้สัญญาณทั้งด้านบวกและด้านลบ ผ่านในวงจรโทรศัพท์ได้

การส่งหมายเลขโทรศัพท์สามารถกระทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ ที่แสดงถึงหมายเลขต่างๆ กัน และอีกวิธีหนึ่ง เป็นการส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่างๆ กัน โดยค่าตัวเลขจะถูกแทนค่าด้วยความถี่ 2 ค่าที่มอดูเลตกัน

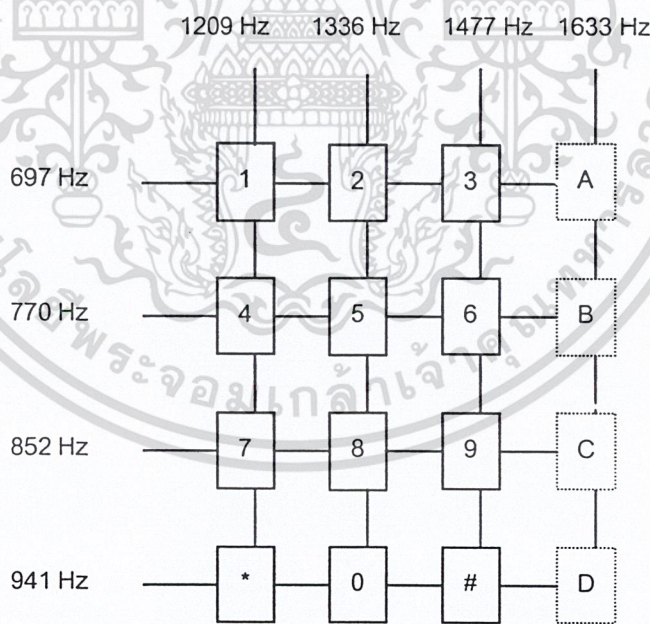
2.1.3 เครื่องโทรศัพท์หน้าปัดแบบกดปุ่ม (Push - Button Dial Telephone Set)

ระบบหน้าปัดแบบกดปุ่ม ในระบบสวิตซ์ สัญญาณเรียกของผู้เช่า เป็นสัญญาณจังหวะไฟตรงที่เท่ากับจำนวนครั้งของการหมุนของหน้าปัดเพื่อให้แผงสวิตซ์ทำงานจากการพัฒนาแผงสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงมีระบบสัญญาณหลายความถี่ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

- เวลาของการหมุนของหมายเลขได้ลดลงมาก
- การหมุนหมายเลขง่ายกว่า
- สามารถเพิ่มปุ่มกดอื่นนอกจากปุ่มกดหมายเลข เพื่อส่งสัญญาณบริการประเภทอื่น
- เราใช้สัญญาณความถี่ของเสียง ซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้

2.1.4 ระบบสัญญาณของโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

เครื่องโทรศัพท์ที่มีหน้าปัดแบบกดปุ่มและใช้กรรมวิธีของ Dual Tone Multi Frequency (DTMF) ในการส่งหมายเลขโทรศัพท์นั้น โดยทั่วไปจะมี 12 ปุ่ม แบ่งเป็น 4 แถว แถวละ 3 คอลัมน์ ในโทรศัพท์ บางรุ่นอาจมี 16 ปุ่ม โดยเพิ่ม คอลัมน์ที่ 4 เข้ามา ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งความถี่ของหมายเลขโทรศัพท์

ความถี่ที่ใช้ในแต่ละแถวและคอลัมน์นั้น จะมีความถี่ที่ต่างกัน ความถี่ทั้ง 4 แถวเรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่ต่ำ และความถี่ทั้ง 4 คอลัมน์ เรียกว่าเป็นกลุ่มความถี่สูง การที่กดปุ่มหมายเลขใดๆ จะทำให้วงจรภายในผลิตความถี่ออกมา 2 ความถี่

ข้อดีในการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม

1. สามารถลดเวลาในการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ลงได้ ทำให้มีผลคือเวลาเฉลี่ยที่ใช้โทรศัพท์ลดลง ซึ่งทำให้ชุมสายโทรศัพท์สามารถรองรับการใช้สายได้มากขึ้น
2. สามารถใช้วงจรทาง Solid State Electronics แทนอุปกรณ์ทางด้าน Mechanics ทำให้มีความรวดเร็วและแม่นยำในการส่งหมายเลข
3. สามารถเพิ่มปุ่มกดเพิ่มได้ เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณบริการประเภทอื่นๆ
4. มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบ Stored Program Control

## 2.2 สัญญาณพื้นฐาน

สัญญาณ คือ ข่าวดสารที่ใช้ติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือข่าวดสารที่ติดต่อกันระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่วไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์

1. การเตรียมพร้อม (Alerting)
2. การส่งที่อยู่ข่าวดสาร (Transmitting Address Information)
3. การตรวจตรา (Supervising)
4. การส่งสัญญาณข่าวดสาร (Transmitting Information Signaling)

สัญญาณต่างๆ ที่ควรทราบในระบบโทรศัพท์

1. สัญญาณระหว่างผู้เช่ากับชุมสาย (Subscriber Signaling)

สัญญาณที่ส่งระหว่างผู้เช่ากับชุมสายมีสัญญาณต่างๆ ดังนี้

1.1 ออฟ-ฮุก คือ สภาพที่ผู้เช่าทำได้การยกหูโทรศัพท์ สายจะมีสภาพ Close Loop (Low Impedance)

1.2 ออน-ฮุก คือ สภาพที่ผู้เช่าได้ทำการวางหูโทรศัพท์สายจะมีสภาพ Open Loop (High Impedance)

1.3 Dilling คือ สภาพที่ผู้เช่าหมุนเลขหมายเข้าเครื่องเป็น Rotary dial สัญญาณจะเป็น Pulsing ค่า Impedance จะสูงต่ำ สลับกันไปตามที่หมุนหมายเลข ถ้าเครื่องเป็นแบบกดปุ่ม สัญญาณจะออกจะเป็นความถี่ DTMF ไปยังชุมสาย

2. สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

2.1 Dial Tone เมื่อยกหูโทรศัพท์ขึ้นมาจะได้ยินเสียงดังต่อเนื่องกันไปสักครู่หนึ่ง เพื่อเป็นการบอกว่าเครื่องโทรศัพท์พร้อมที่จะทำการรับการกดคีย์ หรือหมุนหน้าปัทมตามหมายเลขที่ต้องการเรียก นั่นคือเสียงที่เราได้ยินเมื่อยกหูโทรศัพท์ ก็จะได้ยินเสียง Dial Tone ที่มีความถี่ของเสียงประมาณ 400 Hz

2.2 Ring Back Tone เมื่อเรากดคีย์หรือหมุนหมายเลขที่ต้องการแล้วจากนั้นปรากฏว่าเราได้ยินเสียงดังเป็นจังหวะที่ดัง 1 วินาทีและหยุด 4 วินาทีสลับกันไป ซึ่งแสดงว่าหมายเลขที่เราทำการ

เรียกไปนั้นว่างพร้อมที่จะสนทนา เพียงแต่รอการยกหูโทรศัพท์เพียงอย่างเดียว โดยสำหรับความถี่ของสัญญาณ Ring Back Tone นี้มีความถี่ประมาณ 480 Hz

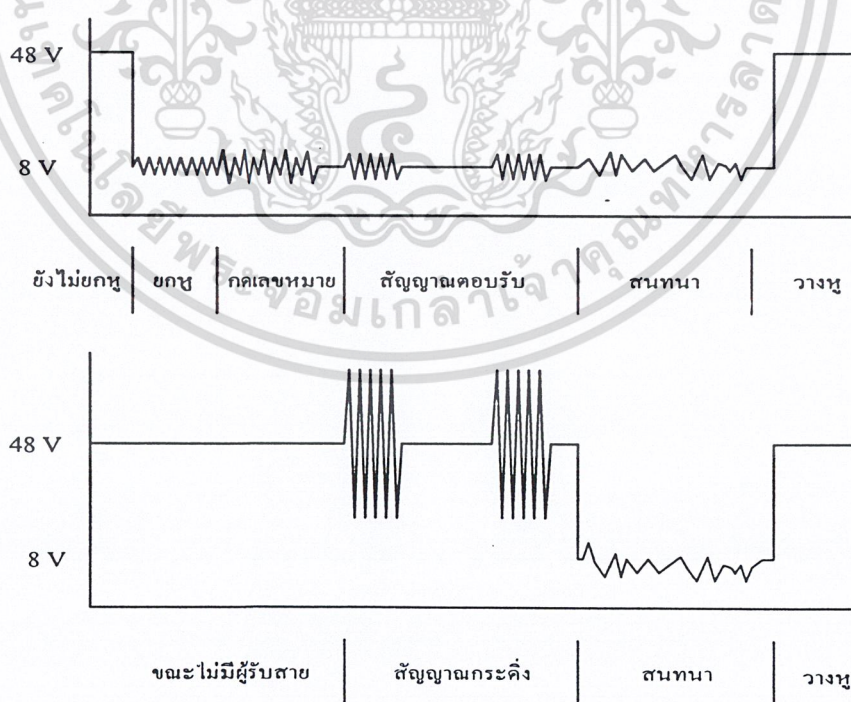
2.3 Ringing Tone เมื่อเราทำการกดคีย์และขณะที่ได้ยินสัญญาณสัญญาณ Ring Back Tone แล้วในเวลาเดียวกันนั้นทางคู่สายปลายทางที่เราทำการเรียกไปนั้นก็จะมีความถี่สัญญาณ Ringing Tone เป็นเสียงของสัญญาณกระดิ่งดังเป็นจังหวะ 1 วินาทีและหยุด 4 วินาที โดยสัญญาณกระดิ่งที่วัดได้จากคู่สายปลายทางนี้จะมีสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ เข้ามาด้วยมีแรงดันประมาณ 70-100Vpp และมีความถี่ประมาณ 25 Hz

2.4 Busy Tone เมื่อกดคีย์หรือหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อแล้ว ปรากฏว่า ได้ยินเสียงเป็นจังหวะที่มีความถี่สั้นๆ 0.5 วินาทีและหยุดประมาณ 0.5 วินาที สลับกันไปมาซึ่งแสดงว่าเลขหมายที่เราต้องการจะติดต่อด้วยขณะนั้นกำลังถูกใช้งานอยู่ คือกำลังติดต่อกับผู้อื่นอยู่ให้วางหูคอยสักครู่แล้วจึงเรียกกลับไปใหม่ สัญญาณ Busy Tone มีความถี่ประมาณ 425 Hz

2.5 สัญญาณ Tone อื่นๆ เช่น Nu Tone เมื่อกดคีย์หรือหมายเลขที่ต้องการจะติดต่อแล้วปรากฏว่า ได้ยินเสียงเป็นจังหวะที่มีความถี่สั้นๆ 3 ครั้งและยาว 1 ครั้งสลับกันไป โดยสัญญาณดังกล่าวนี้แสดงว่าเลขหมายที่เราต้องการติดต่อนั้นยังไม่ทำการติดตั้ง หรืออีกนัยคือเลขหมายนั้นได้ถูกยกเลิกการใช้งานไปแล้ว

### 2.3 ระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

ในระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์สามารถแสดงรูปสัญญาณได้ดังนี้



รูปที่ 2.3 แสดงระบบการติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 สามารถอธิบายได้ดังนี้

ทางเครื่องส่ง

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์จะมีศักดาตคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณ กระแสตรง 48 โวลท์
- เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือประมาณ 8 โวลท์ พร้อมทั้งมีสัญญาณ Dial Tone เมื่อครบรหัสสัญญาณความถี่หมายเลขโทรศัพท์แล้ว สัญญาณ Dial Tone จะหายไป
- กดรหัสสัญญาณหมายเลขโทรศัพท์ รหัสสัญญาณโทรศัพท์จะเป็นสัญญาณ DTMF
- ขณะที่รอการรับสายจากผู้ถูกเรียก จะมีสัญญาณตอบรับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ คือ Busy Tone และ Ring Back Tcne
- เมื่อผู้ถูกเรียกรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ระดับสัญญาณกระแสตรง 8 โวลท์ และมีการกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียงและความดังของเสียงพูด
- เมื่อผู้เรียก วางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาตคร่อมสายโทรศัพท์ จะกลับไป 48 โวลท์

ดั้งเดิม

ทางเครื่องรับ

- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณ กระแสตรง 48 โวลท์
- เมื่อมีผู้เรียก เรียกเข้ามา จะมีสัญญาณ Ringing Tone เข้ามา ซึ่งจะตรงกับสัญญาณ Ring Back Tone ของผู้เรียก
- เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูรับโทรศัพท์ ขนาดของศักดาตคร่อมสายโทรศัพท์ จะเหลือประมาณ 8 โวลท์ และจะมีการกระเพื่อม ตามลักษณะความถี่เสียงและความดังของเสียงพูด
- เมื่อผู้ถูกเรียกวางหูโทรศัพท์ ขนาดของศักดาตคร่อมสายโทรศัพท์จะกลับไป 48 โวลท์ ดั้งเดิม

## 2.4 ไอซีถอดรหัสความถี่ MT8870 DTMF

ไอซีถอดรหัสความถี่หมายถึง การแปลงรหัสของสัญญาณความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มของตัวเลขแบบโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิดโทนหรือ DTMF) ให้ระบบตัวเลขแบบทางดิจิทัลของไอซี MT8870 ใช้การแปลงความถี่ทางโทรศัพท์ให้เป็นเลขฐาน 2 ที่มีขนาด 4 บิต

### 2.4.1 คุณสมบัติของไอซี MT8870

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ DTMF (DTMF Receiver & Decoder)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับไอซี TTL
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time) ได้
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้

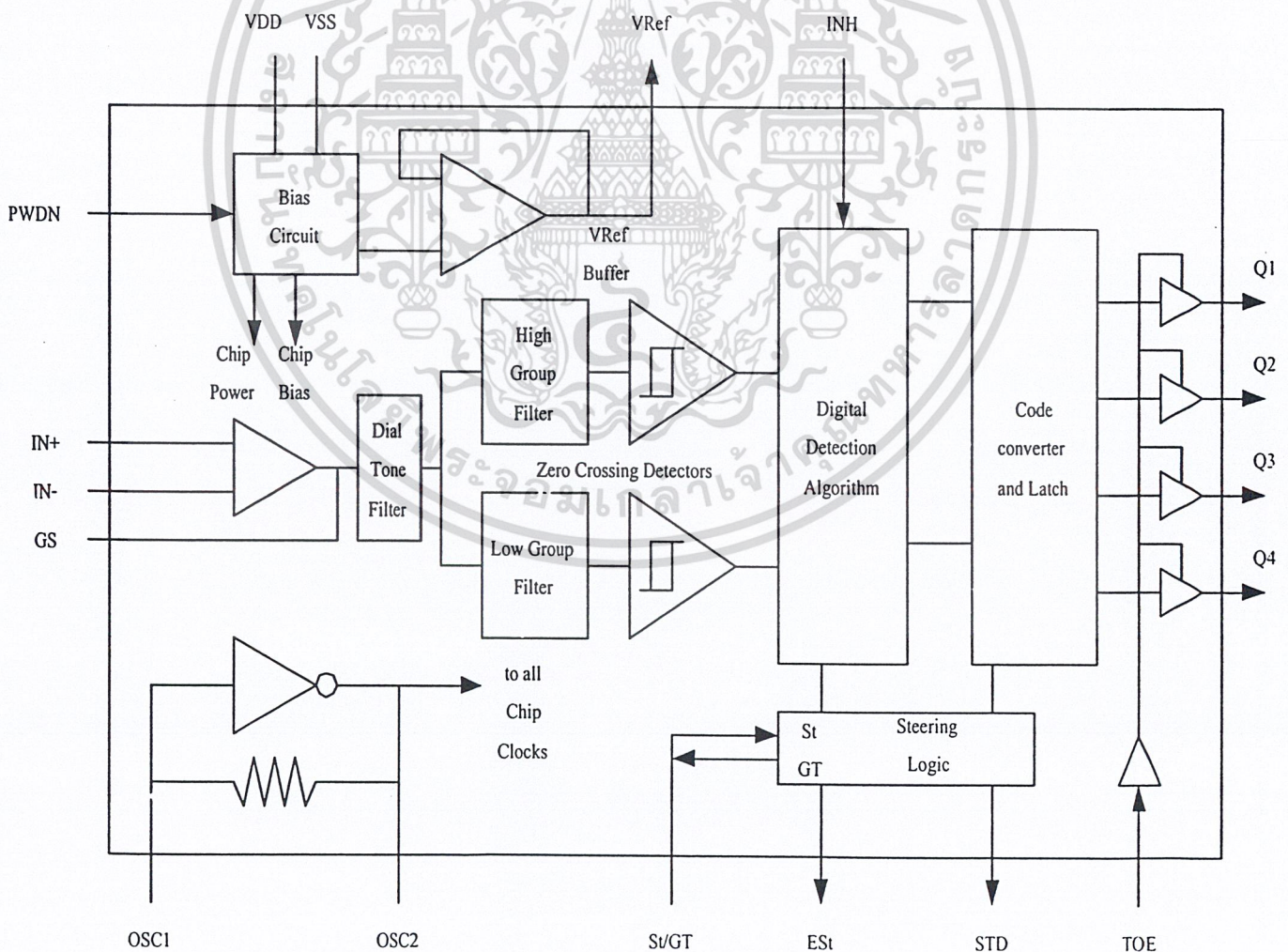
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นไอซีคุณภาพสูง

#### 2.4.2 การนำไอซี MT8870 ไปใช้งานในแบบต่างๆ

- สามารถนำไปใช้งานในด้านรีโมทคอนโทรล
  - สามารถนำไปใช้งานในด้านโทรศัพท์ทางไกล
  - สามารถนำไปใช้งานในเครื่องเรดิโอสแตนท์
  - สามารถนำไปใช้งานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์
  - สามารถนำไปใช้งานในชุมสายขนาดเล็ก PABX
  - สามารถนำไปใช้งานในโทรศัพท์ทั่วไป
  - สามารถนำไปใช้งานในด้านควบคุมอุปกรณ์โทรศัพท์
  - สามารถนำไปใช้งานในเครื่องป้องกันภัย
  - สามารถนำไปใช้งานร่วมกับเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์
- นอกจากนี้ยังมีกรนำไปใช้ในด้านต่างๆ อีกมากมาย

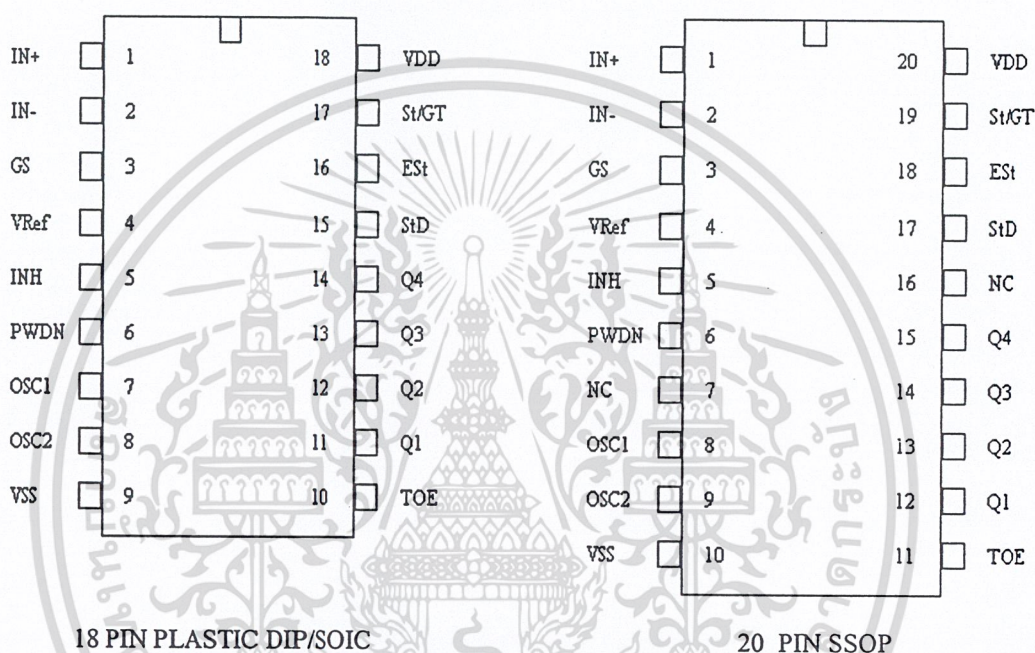
#### 2.4.3 โครงสร้างภายในของไอซี MT8870



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างภายในของไอซี MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในของไอซี MT8870 นั้นประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัส ฟังก์ชันสัญญาณทางดิจิทัล และเป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยีของ ISO-CMOS เป็นส่วนของวงจรกรองความถี่ ที่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับวงจรกรองความถี่ต่ำและสำหรับวงจรกรองความถี่สูง ส่วนวงจรถอดรหัสทางดิจิทัลใช้เทคนิคทางดิจิทัลเพื่อตรวจรับและทำการถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่เป็นเลขฐาน 2 ขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาของสัญญาณที่เข้ามาทางภาคอินพุทของออปแอมป์ ซึ่งสามารถที่จะปรับอัตราขยายภายนอกได้ เอาท์พุทเป็น วงจรแลตช์ 3 สถานะ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของไอซี MT8870

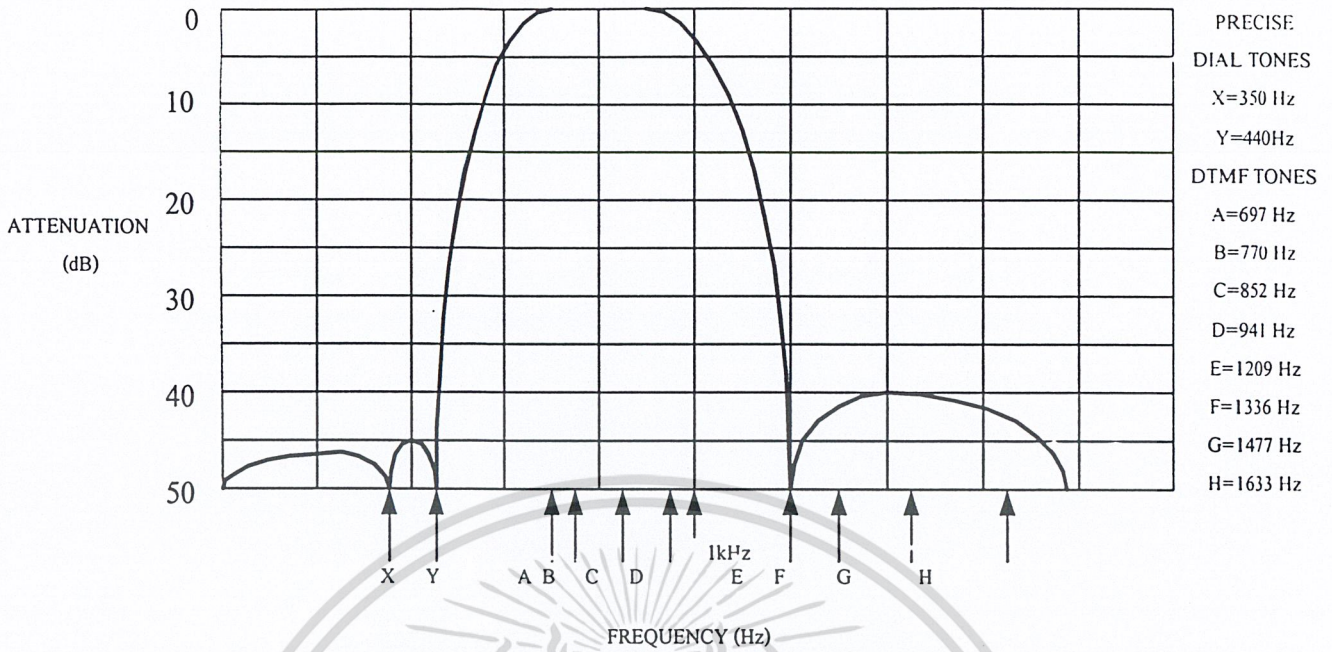
#### 2.4.4 ฟังก์ชันการทำงานภายในของไอซี MT8870

ภายในการทำงานของไอซี MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆ 4 ส่วน

1. ภาคกรองความถี่ (Filter Section)
2. ภาคถอดรหัส (Decoder Section)
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)
4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่างทางความถี่ (Differential Input)

#### 2.4.5 ภาคกรองความถี่ (Filter Section)

ในส่วนที่จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงที่ความถี่สูง และช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองความถี่แบบอันดับ ชนิดและที่เป็นสวิตช์คาปาซิเตอร์ (Six-Order Switch Capacitor Band Filter) ที่มีความได้ยกกำลังสองได้สองช่วงคือ ช่วงที่ความถี่สูงและช่วงที่ความถี่ต่ำดังแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองสัญญาณความถี่

2.4.6 ภาคถอดรหัส (Decoder Section)

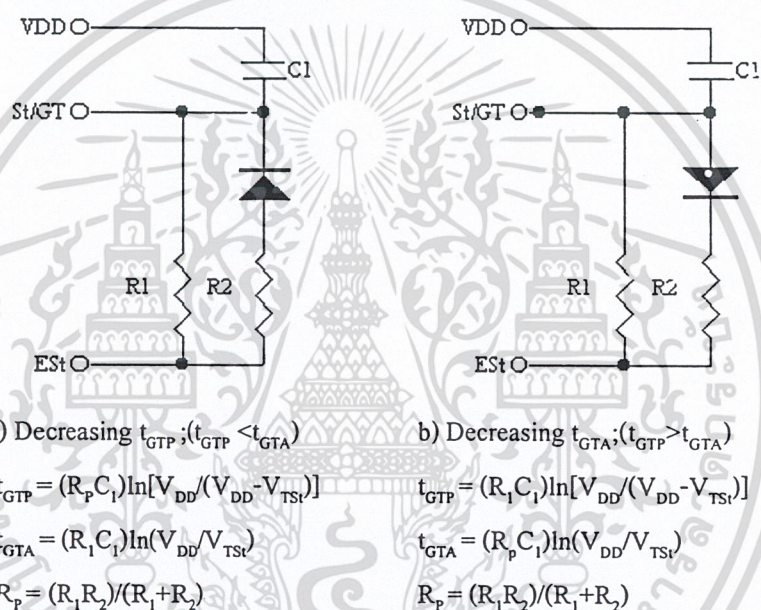
ความถี่ DTMF ที่ถูกรองไว้เรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าสู่วงจรถอดรหัสความถี่ที่เป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัล และมีวงจรถอดรหัสความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อที่จะป้องกันความถี่อื่นที่จะเข้ามาผสมและเมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้องแล้ว สัญญาณที่ขา ES (Early Steering) ก็จะเอาที่ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ ดังแสดงในรูปตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

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	0	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0

Digital	On	NIX	Est	Q4	Q3	Q2	Q1
*	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

#### 2.4.7 ภาคตรวจสอบรหัสสัญญาณ (Steering Circuit)



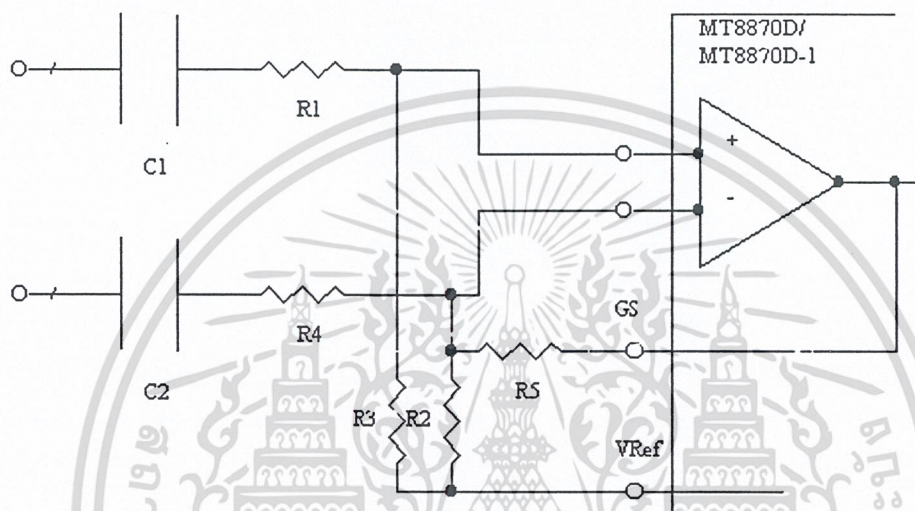
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณและแสดงการกำหนดในเวลาการ์ด์ไทม์ (Guard Time)

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุตจะมี การตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการคัปป์โทรศัพท์ ซึ่งต้องกดให้มีระยะเวลาความถี่ห่างกันพอสมควร มิฉะนั้นวงจรจะได้รับสัญญาณของความถี่ไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลาที่จะยาวนานเท่าไรนั้นเราก็สามารถที่จะใช้วงจร RC ต่อออกมาภายนอกได้ สัญญาณที่ขาของ Est (Early Steering) จะเป็นขา High นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF ที่จะเข้าที่รูปข้างต้น เมื่อขา Es เป็นสภาวะ High ทำให้  $V_c$  สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน  $V_c$  สูงขึ้น จะมีค่าเทรซโฮลด์ของวงจรถอดรหัสซึ่งจะถอดเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต รายละเอียดของการทำงานให้ดูจากแผนภูมิเวลาหรือไทม์มิ่ง (Timing Diagram) จะสามารถเข้าใจได้ง่ายกว่า สำหรับค่าการ์ดไทม์ (Guard Time) นั้นหมายถึงช่วงคาบเวลาของความถี่ ซึ่งจะนานเท่ากันหรือมากกว่าที่ค่าช่วงเวลาคำตั้งไว้ จึงยอมให้มีการรับสัญญาณของความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้เวลาที่เรานั้นได้สร้างวงจรตั้งไว้โดย RC หรือเป็นการ์ดไทม์นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่ที่

เข้ามานานเท่ากันหรือมากกว่าค่าที่ตั้งเวลาไว้ จึงจะสามารถเปลี่ยนค่าเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณของความถี่ที่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสที่เป็นตัวเลขออกไปได้

#### 2.4.8 วงจรขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ ที่สามารถที่จะปรับอัตราของการขยายโดยการต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปดังรูปที่ 2.8 เป็นการแสดงการต่อวงจรภายนอกที่ทางอินพุทนั้นสามารถทำการคำนวณค่าอัตราของการขยายความแตกต่างของอินพุทและอิมพีแดนซ์ได้ มีดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.8 แสดงวงจร Differential Input

อัตราขยาย ( $A_v \text{ Diff}$ ) =  $R5/R1$

ค่าของอินพุทและค่าของอิมพีแดนซ์ = ( $Z_{in} \text{ Diff}$ ) =  $2 * [R1^2 + (1/WC)^2]^{1/2}$

โดยที่ ค่า

$C1 = 10\text{nF}$

$C2 = 10\text{nF}$

$R1 = 100\text{k}\Omega$

$R4 = 100\text{k}\Omega$

$R5 = 100\text{k}\Omega$

$R2 = 60\text{k}\Omega$

$R3 = 37.5\text{k}\Omega$

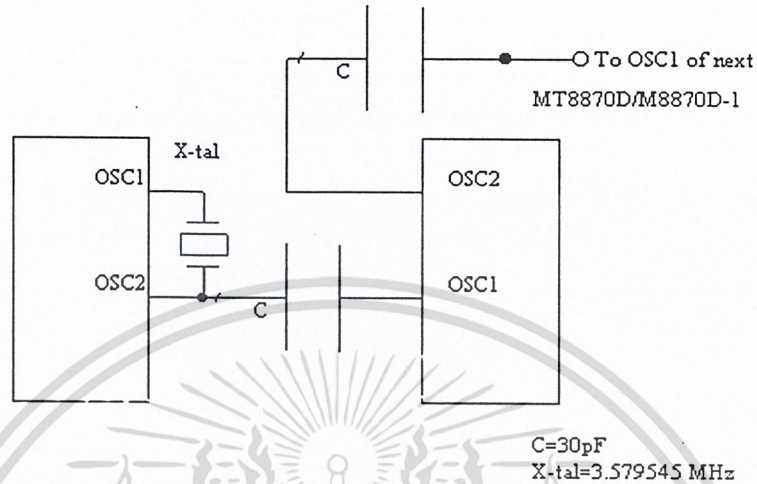
โดยหาค่า  $R3$  จาก

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

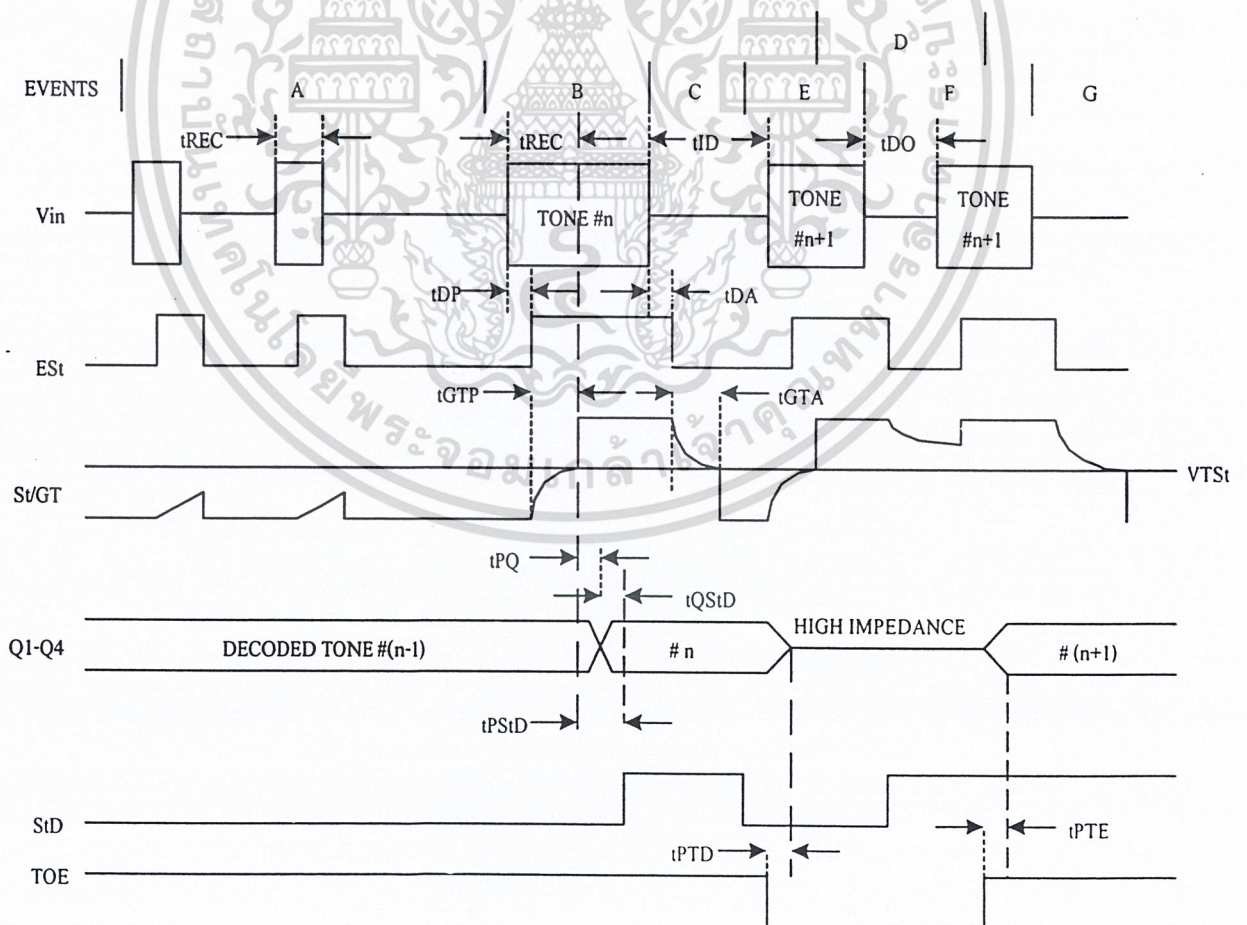
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.9 ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่ออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)

โดยในภาคนี้จะเป็นวงจรกำเนิดความถี่ป้อนให้กับไอซี MT8870 อยู่ตลอดเวลา โดยต่ออุปกรณ์ คริสตัลขนาด 3.58 MHz ก็จะสามารถใช้งานได้ทันทีโดยการต่อวงจรกำเนิดความถี่ดังแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์



รูปที่ 2.10 แสดงแผนภูมิเวลาของไอซี MT8870 (Timing Diagram)

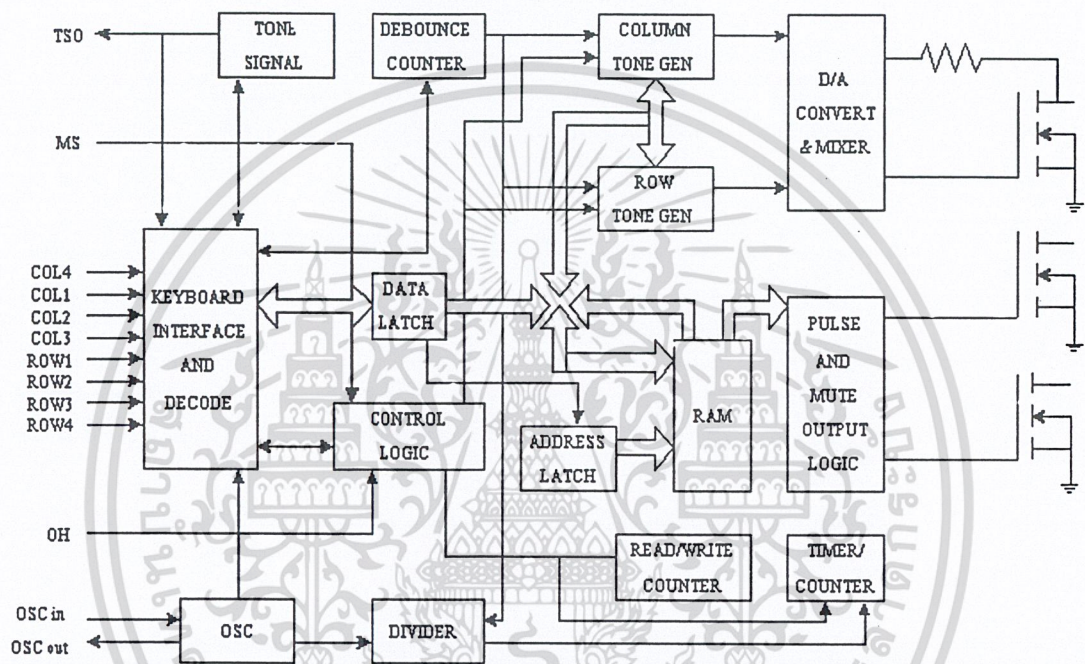
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 ไอซีผลิตความถี่ DTMF MC145412

### 2.5.1 คุณสมบัติของ ไอซี MC145412

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

### 2.5.2 โครงสร้างภายในของไอซี MC145412



รูปที่ 2.11 แสดง โครงสร้างภายในของไอซี MC145412

### 2.5.3 ข้อมูลทั่วไปของไอซี MC145412

- สามารถที่จะทำงานได้ทั้งแบบ Pulse และ Tone โดยการเลือกที่ขา MS
- มีหน่วยความจำ 10 ช่อง แต่ละช่องมี 18 หลัก
- มีการ Redial หมายเลขสุดท้ายที่โทรออก
- เมื่อให้พลังงานแก่ไอซีจะมีการใช้เวลา 64 ms ในการตรวจสอบออสซิลเลเตอร์และ

แบบของแป้นกด หากขา COL4 มีอิมพีแดนซ์เป็น 1 จะบอกให้รู้ว่าใช้แป้นกดแบบ 3\*4 ขา COL4 มีอิมพีแดนซ์เป็น 0 จะเป็นการบอกให้ไอซีรู้ว่าใช้แป้นกดแบบ 4\*4

การส่งสัญญาณหมายเลข ออสซิลเลเตอร์จะทำงานหลังจากกดปุ่มแรก 32 ms ภายในเวลา 32 ms นี้จะไม่มีการทำงานของ RAM และวงจรภายในไอซีทั้งหมด หลังจากนั้น ขา MS จะถูกตรวจสอบโหมดการทำงาน (ว่าเป็น 10 pps, 20 pps หรือ DTMF) หลังจากนั้นการกดปุ่มใดๆ ก็จะถูกตรวจสอบและเก็บไว้ใน LNR (Last Number Redial) ตามด้วย Stop Code กระบวนการนี้จะดำเนินไปเรื่อยๆ จนกระทั่งครบ 18

หลัก หากมีการใส่หลักที่ 19 ตามไปมันจะไปเขียนทับหลักที่ 1 แล้วตามด้วย Stop Code เมื่อมีการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

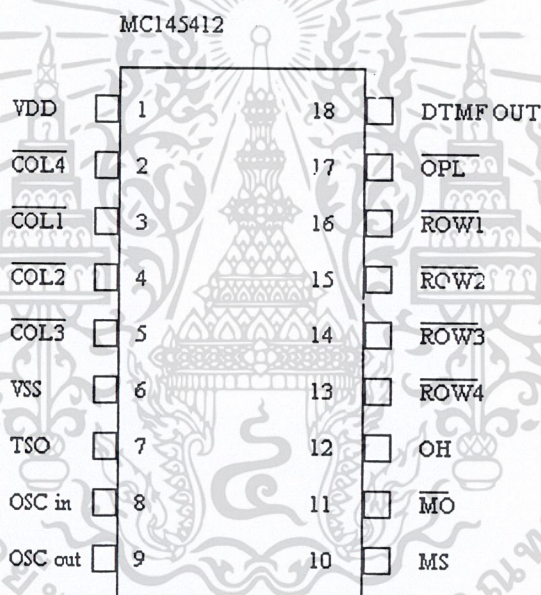
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณเลขหมาย ไอซีจะส่งข้อมูลที่มาจากหน่วยความจำออกไป จนกระทั่งเจอ Stop Code หรือครบ 18 หลัก

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

ไอซี MC145412 สามารถที่จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟภายนอกได้ แหล่งจ่ายไฟนี้ใช้สำหรับการเก็บรักษาหน่วยความจำ และการ โปรแกรมขณะยังไม่ยกหูโทรศัพท์ หากมีส่วนนี้ในวงจรและทำการกดปุ่มในขณะที่ยังไม่มีการยกหูโทรศัพท์ ออสซิลเลเตอร์ก็จะเริ่มทำงาน เลขหมายที่ถูกกดจะถูกเก็บไว้ใน LNR เช่นเดียวกันกับการ โปรแกรมขณะยกหูโทรศัพท์

#### 2.5.4 รายละเอียด ขาของไอซี MC145412



รูปที่ 2.12 แสดงรายละเอียดขาต่างๆ ของไอซี MC145412

คุณสมบัติของขาต่างๆ ของ MC145412

- Vdd, Vss (ขา 1,6) -Power Supply

ไฟฟ้ากระแสตรงจะถูกป้อนเข้ามายัง 2 ขานี้ โดยขา 1 จะเป็นค่าบวก มีค่าตั้งแต่ 1.7 ถึง 5.5 โวลต์ ส่วนขา 6 นิยมต่อกราวด์

- MS (ขา 10) -Mode Select

เป็นขาที่ใช้เลือกโหมดการทำงานของไอซี ว่าจะเป็นการส่งสัญญาณแบบไหน ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขาและโหมดการทำงานระหว่างแรงดันที่ ขา MS และโหมดการทำงาน

- OH (ขา 12) -On Hook

ป้อนแรงดัน Vdd หรือปล่อยลอยไว้ เป็นการเลือกการทำงานของไอซีให้อยู่ในโหมด On Hook หากต่อกับ Vss เป็นการเลือกโหมด

- OFF-HOOK TSO (ขา 7) -Tone Signal Output TSO  
กำหนดสัญญาณความถี่ 500 Hz หลังจากที่มีการกดหมายเลข เพื่อให้ทราบว่ามี การกดหมายเลข ยกเว้นเมื่อมีการกำเนิดสัญญาณ DTMF
- DTMF OUT (ขา 18) -Dual Tone Multifrequency Output  
เมื่อขา MS ถูกกำหนดแรงดันเป็น Vss ขา DTMF ตามแถวและแนวของ Key Pad ที่ถูกกด ขานี้มีค่าเป็น high impedance ในโหมดพัลส์และการโปรแกรมในขณะนั้น
- ON HOOK OPL (ขา 17) -OUTPUT PULSING  
กำเนิดสัญญาณพัลส์ 10 pps เมื่อขา MS ถูกปล่อยลอย หรือกำเนิดสัญญาณพัลส์ 20 pps เมื่อขา MS ถูกป้อนด้วยแรงดัน Vdd มีอัตราการเปิด-ปิดเป็น 60/40 ในโหมด DTMF เอาท์พุทเป็น high impedance ในระหว่างการโปรแกรมขณะ on-hook จะไม่มีเอาท์พุทออกมา
- MO (ขา 11) -Mute Output  
ขานี้จะเปลี่ยนสถานะเป็น 0 เมื่อขา OPL ทำงาน หรือระหว่างกดปุ่ม off-hook หรือ การหมุนเบอร์โทรศัพท์จากหน่วยความจำในโหมด
- DTMF KEYBOARD INPUTS (ขา 2,3,4,5,13,14,15,16)  
การกดปุ่มที่ใช้ได้คือ การที่แถวหนึ่งแถวถูกต่อเข้ากับแถวหนึ่งแนว หรือแถวหนึ่งแถวและแนวหนึ่งแนวถูกต่อเข้ากับกราวด์ การต่อขา 2 เข้ากับ Vdd เป็นการบอกให้ IC รู้ว่ามีการใช้แป้น กดแบบ 3\*4 การเลือกแบบของแป้นกดจะถูกเลือกเมื่อป้อนแรงดันให้กับไอซี
- OSC IN, OSC OUT (ขา 8,9)  
วงจรกำเนิดความถี่สัญญาณภายในชิปต้องการคริสตัลขนาด 3.579545 MHz เพื่อ การอ้างอิงความถี่คริสตัลถูกไบแอสโดยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุภายใน

#### 2.5.5 การใช้งาน MC145412

- การส่งหมายเลขโดยการกดแป้นสามารถทำได้โดยการกดเลขหมายโทรศัพท์ที่ ต้องการได้เลย
- การเก็บหมายเลขได้ในหน่วยความจำทำได้โดยการกดหมายเลขที่ต้องการแล้วตาม ด้วย [\*] และ [A] โดยที่ A คือหมายเลขของช่องหน่วยความจำ
- การส่งหมายเลขจากหน่วยความจำทำได้โดยการกด [\*] แล้วตามด้วย [A] โดยที่ A คือ หมายเลขของช่องหน่วยความจำ
- การส่งหมายเลขสุดท้ายที่โทรออกจากหน่วยความจำทำได้โดยการกด [\*] แล้วตาม ด้วย [0]
- การเปลี่ยนระบบการส่งจากพัลส์เป็น โทนหรือ โทนเป็นพัลส์ในระหว่างการส่ง สัญญาณออกไป สามารถกดปุ่ม MS เพื่อที่จะเปลี่ยนระบบการส่งได้เลยหากแต่ตัวเลขหมายหลังจากเปลี่ยน ระบบการส่งจะไม่สามารถเข้าไปเก็บใน LNR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การส่งสัญญาณ \* และ # (สามารถทำได้เฉพาะในการทำงานแบบโทนเท่านั้น) สามารถทำได้โดยการกดปุ่มที่ต้องการส่งซ้ำ 2 ครั้ง เช่น [\*][\*] หรือ [#][#]
- การเรียกซ้ำอัตโนมัติ การโทรออกจากหน่วยความจำ ไม่ว่าจะเป็นการโทรจากช่องเก็บหมายเลขไว้ หรือ การโทรจากเลขหมายสุดท้ายที่โทรออก จะเป็นการเรียกซ้ำอัตโนมัติ คือ เป็นการเรียกซ้ำต่อไปเรื่อยๆจนกว่าจะมีคนรับสาย เพื่อประโยชน์ในกรณีที่ต้องการติดต่อให้เร็วที่สุด แต่คู่สายยังไม่ว่างและว่าง แต่ถ้าไม่ต้องการที่จะให้เครื่องเรียกซ้ำอัตโนมัติ ก็สามารถทำได้ด้วยการวาง hand set เข้าที่เดิม

## 2.6 ไอซีตอรับและบันทึกเสียง ISD2590

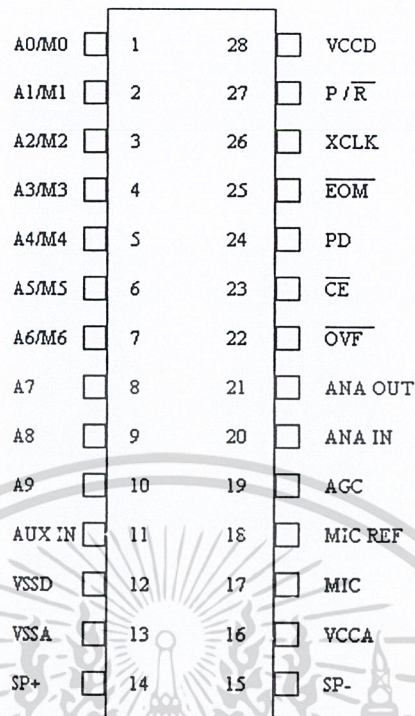
### 2.6.1 คุณสมบัติของไอซี ISD2590

- เพียงไอซีตัวเดียวก็สามารถบันทึกและเล่นกลับได้อย่างง่ายดาย
- ไม่มีอุปกรณ์ประเภทไอซีอื่นๆ ประกอบร่วมภายนอก
- ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
- มีประสิทธิภาพในการบันทึก และเล่นกลับที่ให้เสียงได้เหมือนต้นกำเนิดเสียง
- ควบคุมการบันทึก (Record) และการเล่นกลับ (Playback) ด้วยสวิทช์หรือควบคุมได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
- ระยะเวลาในการบันทึกและเล่นกลับได้ 90 วินาที
- ต่อภาคเกดกันได้โดยตรงเพื่อเพิ่มระยะเวลาให้ยาวมากขึ้น
- ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป
- สามารถเก็บความจำได้นานถึง 100 ปี ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง
- วงรอบการบันทึก 100,000 ครั้ง
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
- สามารถโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับเพียงอย่างเดียวเพื่อพัฒนารูปแบบการใช้งาน

ได้

จากคุณสมบัติต่างๆ ที่รวมอยู่ในไอซีเพียงตัวเดียวจึงทำให้ง่ายแก่การใช้งาน ตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน จนถึงหน่วยจัดเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกและขับออกลำโพงก็ถูกรวมไว้ในไอซีเพียงตัวเดียวในโหมดการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซลล์แบบไม่ต้องการแรงดันสำรอง เพื่อรักษาข้อมูลไม่ให้สูญหาย (nonvolatile memory cells) สัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณอนาลอก จะถูกบันทึกไว้ในหน่วยจัดเก็บความจำโดยตรง โดยอาศัยเทคโนโลยี DAST (Direct Analog Storage Technology) และการจัดเก็บความจำก็จะจัดเก็บในลักษณะที่เป็นสัญญาณอนาลอกอยู่เช่นเดิม จึงทำให้การเล่นกลับสามารถให้สัญญาณเสียงที่เหมือนกับต้นกำเนิดเสียงมาก เพราะไม่มีกระบวนการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ISD2590



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะการจัดขาใช้งานของไอซี ISD2590

ในรูปที่ 2.14 เป็นรูปแสดงบล็อกโคอะแกรมภายในของ ISD2590 เมื่อพิจารณาบล็อกโคอะแกรมแล้วก็มีลักษณะคล้ายคลึงกับตระกูล ISD12xx/14xx มาก หากแต่มีความแตกต่างกันอยู่ในส่วนของบล็อกแอดเดรสบัพเฟอร์และบล็อกส่วนรับการควบคุม นอกจากนี้ยังมีบล็อกมัลติเพล็กซ์สัญญาณอินพุทของเพาเวอร์แอมป์ภายในไอซี เพื่อทำการเลือกที่จะขยายสัญญาณที่ถูกบันทึกเก็บไว้ หรือขยายสัญญาณจากภายนอกที่ขา AUX IN ทั้งหมดนี้เป็นข้อแตกต่างของไอซี ISD2590 ที่ไม่เหมือนกันกับไอซี ISD12xx/14xx นอกจากนี้อัตราการทำงาน ของไอซีในตระกูล ISD25xx ก็แตกต่างกันดังจะแสดงข้อมูลทางด้านการบันทึกสัญญาณของไอซีในตระกูลไว้ตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าบางอย่างที่แตกต่างกันของไอซีตระกูล ISD25xx

เบอร์ไอซี	ระยะเวลาบันทึก	การสุ่มสัญญาณทางอินพุท	ความถี่ที่ผ่านวงจรกรอง	ความถี่สัญญาณนาฬิกาภายใน
ISD2545	45 วินาที	10.6 kHz	4.5 kHz	13565.3 kHz
ISD2560	60 วินาที	8.0 kHz	3.4 kHz	1024 kHz
ISD2575	75 วินาที	6.4 kHz	2.7 kHz	819.2 kHz
ISD2590	90 วินาที	5.33 kHz	2.3 kHz	kHz

## 2.6.2 การทำงานเบื้องต้นและรายละเอียดของไอซี ISD2590

การทำงานเบื้องต้นต้องทำความเข้าใจหรือทราบรายละเอียดของคุณสมบัติทางเทคนิคของไอซีตระกูลนี้กันเสียก่อน ดังแสดงในตารางที่ 2.3 รายละเอียดในตารางนี้มีความสำคัญมากต่อการใช้เป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบใช้งาน และการทำงานเบื้องต้นในที่นี้จะกล่าวถึงการใช้งานของแต่ละขาทั้งหมด เพราะหากกล่าวถึงการทำงานธรรมดา ก็คือ ไอซีบันทึกเสียง นั่นคือการทำงาน แต่การทำงานของแต่ละขาและหน้าที่ของแต่ละขาจะมีความสำคัญมากกว่า เพราะจะสามารถนำเอาไอซีไปใช้งานได้ถูกต้องและปลอดภัย (ไอซีไม่เสียหายก่อนจะใช้งานได้)

### - Address/Mode Inputs (A0-A9/M0-M9) ขา 1-10

ขาแอดเดรสและโหมคอินพุทจะมีอยู่สองฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กับระดับของสอง MSB ของแอดเดรส ถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งของสอง MSBs เป็น “0” อินพุทก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิตทั้งหมดและใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกและเล่นกลับ และขาแอดเดรสจะเกิดการแลตช์ โดยขอบขาของพัลส์ที่ขา CE และถ้า MSBs มีสถานะเป็น “1” ขาแอดเดรส/โหมคอินพุท จะมาขึ้นอยู่กับโหมคบิตทั้งหมด และเกิดการแลตช์เมื่อพัลส์ขอบขาปรากฏที่ขา CE

### - Auxiliary Input (AUX IN) ขา 11

จะเป็นขารับอินพุทจากภายนอก ซึ่งเป็นการมีลิตเพิล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาต์พุทของวงจรขยายภายในและขับออกสู่ขาเอาต์พุทลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา CE มีสถานะเป็น “1” วงรอบของการเล่นกลับก็จะสิ้นสุดลง หรือเมื่อสัญญาณที่บันทึกไว้ถูกเล่นกลับจนหมดสิ้นแล้วมีการต่อคาสเคด ISD2590 กันหลายๆ ตัว ขา AUX IN จะถูกใช้ต่อเข้ากับสัญญาณเล่นกลับที่ออกมาจากขาเอาต์พุทลำโพงของตัวก่อนหน้าหรือจากตัวอันดับแรก

### - Ground Inputs (Vssa, Vssd) ขา 12 และ ขา 13

โดยในไอซี ISD2590 จะมีการแยกกันระหว่างกราวด์ของสัญญาณอนาล็อก และกราวด์ของสัญญาณดิจิทัล ขากราวด์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถึงบรรจุของไอซี การใช้งานขากราวด์ทั้งสองนี้จะเลือกต่อกับกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

### - Speaker Output (SP+, SP-) ขา 14 และ ขา 15

เป็นขาเอาต์พุทต่อออกลำโพง ในไอซี ISD2590 นี้จะมีวงจรขับสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพง ซึ่งประกอบอยู่ในตัวไอซีเรียบร้อยแล้ว โดยมีความสามารถในการขับลำโพงเอาต์พุทได้ 50 มิลลิวัตต์ ที่โหลดลำโพง 16 โอห์ม ขาคอต่อลำโพงเอาต์พุททั้งสองนี้จะไม่ต่อขนานกันโดยตรงเด็ดขาด เมื่อต้องถูกใช้ต่อคาสเคดกันหลายๆ ตัว และไม่เหมาะในการต่อลำโพงขนานกันทางเอาต์พุทหลายตัว โดยเฉพาะในบางครั้งขาเอาต์พุทลำโพงสามารถต่อคาสเคดกับไอซีอีกตัวได้โดยตรง เพราะมีตัวเก็บประจุที่ปลั๊กอยู่ภายในเรียบร้อยแล้ว

### - Voltage Inputs (Vcca, Vccd) ขา 16 และ ขา 28

เป็นขาจับแรงดันที่จะต้องแยกกันต่างหากระหว่างขาจับแรงดันของวงจรถอดออก และวงจรถอดออกที่ประกอบอยู่ในตัวไอซีแล้ว ขาจับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์ และต้องเป็นแรงดันไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

- Microphone Input (MIC) ขา 17

จะรับสัญญาณอินพุตที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าสู่วงจรปริแอมป์ที่ประกอบอยู่ในตัวไอซี โดยภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายของวงจรปริแอมป์ให้มีอัตราขยายอยู่ในช่วง -15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนภายนอกจะถูกปลั๊กปลั๊กผ่านตัวเก็บประจุภายนอกในลักษณะอนุกรมกับขา 17 นี้ค่าความจุของตัวเก็บประจุปลั๊กปลั๊กจะกำหนดค่าโดยคำนึงถึงค่าความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ที่ต่ออยู่ภายในกับขา 17 ของไอซีเพื่อทำให้เกิดการคัตออฟที่ความถี่ต่ำ

- Microphone Reference Input (MIC REF) ขา 18

จะต่อขา 18 นี้เข้ากับกราวด์อนาล็อก (Vssa) โดยมีตัวเก็บประจุต่ออนุกรมอยู่ก่อนเพื่อทำหน้าที่กั๊กสัญญาณรบกวนทางอินพุตขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้คิดค่า 10 เดซิเบล

- Automatic Gain Control Input (AGC) ขา 19

เป็นขาอินพุตเพื่อควบคุมการปรับอัตราขยายของปริแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่มีย่านกว้างมากของสัญญาณที่มาจากทางอินพุตจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุดที่ขา AGC นี้ จะต้องต่อร่วมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่โดยมีค่าความต้านทานภายใน 5 กิโลโอห์ม และจะต่อร่วมกับตัวเก็บประจุภายนอกอีกหนึ่งตัวผ่านลงกราวด์อนาล็อก ค่าที่เหมาะสมบางครั้งกำหนดไว้ที่ค่าความต้านทาน 470 กิโลโอห์ม และตัวเก็บประจุ 4.7 ไมโครฟารัด

- Analog Input (ANA IN) ขา 20

จะรับสัญญาณที่ผ่านวงจรปริแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุปลั๊กปลั๊กภายนอก ปลั๊กปลั๊กสัญญาณเข้าที่ขา 20 นี้ เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ในตัวไอซี ตัวเก็บประจุปลั๊กปลั๊กภายนอกนี้ จะต้องสัมพันธ์กันกับค่าความต้านทานภายในค่า 3 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นอินพุตอิมพีแดนซ์ เพื่อที่จะทำให้เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบคัตออฟ

- Analog Output (ANA OUT) ขา 21

เป็นขาเอาต์พุตของวงจรปริแอมป์ขยายสัญญาณจากไมโครโฟนที่ได้รับการควบคุมอัตราขยายจากวงจร AGC ภายในแล้ว

- Overflow Output (OVF) ขา 22

สัญญาณพัลส์ "0" จะปรากฏออกมาทางขาเอาต์พุตนี้เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายในตัวไอซีได้ถูกอ่านออกมาหมดแล้ว และจะแสดงเป็นสถานะหยุดการเล่นกลับ พัลส์เอาต์พุตจากขา OVF นี้จะจ่ายให้กับขา CE อินพุตจนกว่าขา PD จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรี

เซต และเริ่มวงรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขา OVF นี้ สามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของไอซี ISD2590 ในตัวถัดไปได้ เมื่อถูกต่อคาสเคดกันอยู่หลายตัว

- Chip Enable Input (CE) ขา 23

ขา CE จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ “0” เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเล่นกลับและการบันทึก ที่ขาแอดเดรสอินพุตและขา P/R อินพุตจะถูกแลตช์จากพัลส์ขอบขาของพัลส์ที่ขา CE

- Power Down Input (PD) ขา 24

ในขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับที่ขา PD จะมีสถานะเป็น “1” ก็จะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมาก ๆ แต่เมื่อขา OVF มีสถานะเป็น “0” ที่แสดงถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลง ปรากฏขึ้นที่ขา PD ปกติจะเป็น “1” อยู่ในขณะนั้นก็จะถูกรีเซตและจะเริ่มกระบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

- End of Message/RUN Output (EOM) ขา 25

เป็นส่วนของอุปกรณ์ nonvolatile ภายในตัวไอซีที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกขา EOM นี้จะให้เอาต์พุตออกมาเป็น “0” เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว

- External Clock Input (XCLK) ขา 26

เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาภายนอก เพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติได้ระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาการสุ่มสัญญาณถูกกำหนดไว้ภายในแล้ว ซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือย่านแรงดันไฟเลี้ยงที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 25 นี้เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

- Playback/Record Input (P/R) ขา 27

เมื่อขาอินพุตควบคุมการเล่นกลับและบันทึกได้รับพัลส์ “1” จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับ และถ้าเป็นพัลส์ “0” จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบขาของขา CE จะเป็นการแลตช์อินพุตที่ขา P/R

เมื่อการทำงานทุกอย่างเชื่อมโยงกันอยู่แต่ภายในตัวไอซีเพียงอย่างเดียว มีการต่ออุปกรณ์ภายนอกร่วมด้วยน้อยมากก็เป็นกรง่ายที่จะประยุกต์เอาไอซีในตระกูลนี้ไปใช้งาน

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี ISD2590

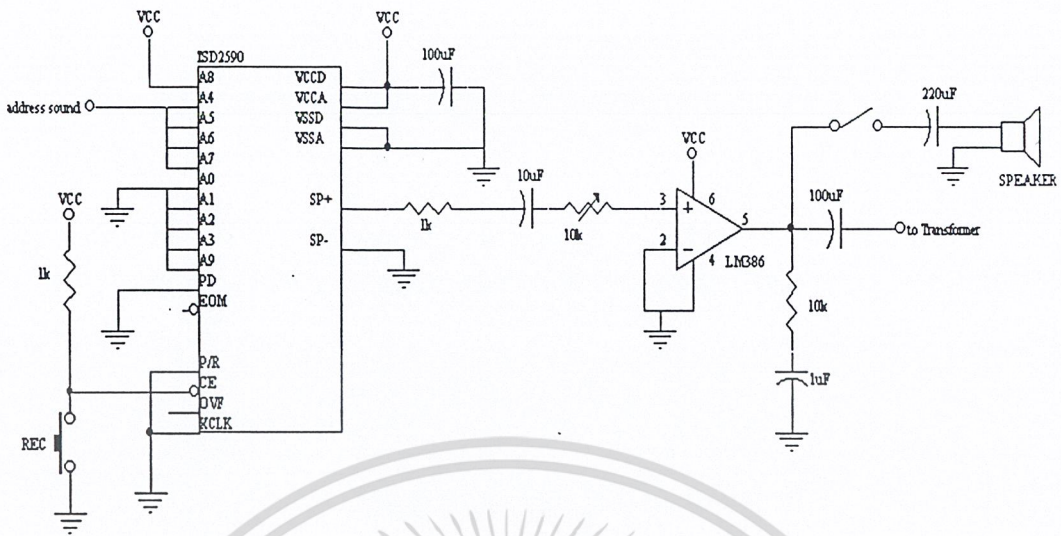
พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันอินพุตด้านต่ำ “0”	$V_{IL}$	0.8	โวลต์
แรงดันอินพุตด้านสูง “1”	$V_{IH}$	2	โวลต์
แรงดันเอาต์พุตด้านต่ำ	$V_{OL}$	0.4	โวลต์
แรงดันเอาต์พุตด้านสูง	$V_{OH}$	$V_{CC} - 0.4$	โวลต์

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันเอาต์พุตด้านสูงที่ขา OVF	$V_{OH1}$	2.4	โวลต์
แรงดันเอาต์พุตด้านสูงที่ขา EOM	$V_{OH2}$	$V_{CC} - 1.0$	โวลต์
กระแสของแรงดันไฟเลี้ยงที่ $V_{CC} = 5$ โวลต์	$I_{CC}$	25	มิลลิแอมป์
กระแสขณะสแตนด์บายที่ $V_{CC} = 5$ โวลต์	$I_{SB}$	1 – 10	ไมโครแอมป์
กระแสรั่วไหลทางอินพุต	$I_{IL}$	$\pm 1$	ไมโครแอมป์
อิมพีแดนซ์ของโหลดเอาต์พุต	$R_{EXT}$	16	โอห์ม
ความต้านทานอินพุตของปริแอมป์ไมโครโฟน	$R_{MIC}$	10	กิโลโอห์ม
ความต้านทานอินพุตของขาอินพุตภายนอก	$R_{AUX}$	10	กิโลโอห์ม
ความต้านทานอินพุตของขาอินพุตนาฬิกา	$R_{ANA IN}$	3	กิโลโอห์ม
อัตราขยายของปริแอมป์ 1	$A_{PRE1}$	24	เดซิเบล
อัตราขยายของปริแอมป์ 2	$A_{PRE2}$	5	เดซิเบล
อัตราขยายของขา AUX (สัญญาณภายนอก)	$V_{IL}$	1	โวลต์ต่อโวลต์
อัตราขยายของภาคขยายเอาต์พุตลำโพง	$V_{IL}$	22	เดซิเบล
ความต้านทานเอาต์พุตของขา AGC	$V_{IL}$	5	กิโลโอห์ม
แรงดันไฟเลี้ยงตัวไอซีทั้งหมด	$V_{IL}$	5 – 7	โวลต์
อุณหภูมิขณะทำงาน	$V_{IL}$	-65 – 150	องศาเซลเซียส

### 2.6.3 การประยุกต์ใช้งาน

การประยุกต์ใช้งานไอซี ISD2590 นี้ก็ง่ายมากดังการทำงานของแต่ละขาใช้งานของไอซีที่ได้อธิบายมาแล้ว และวงจรประยุกต์ใช้งานแสดงไว้ในรูปที่ 2.15 จะสังเกตเห็นวงจรที่มีความเรียบง่ายและอุปกรณ์ต่อพ่วงที่น้อยมากสังเกตวงจรนับตั้งแต่ลำโพงที่สามารถต่อได้โดยตรงกับไอซีเลย ไมโครโฟนนั้นหากใช้แบบไดนามิก ไมโครโฟนก็สามารถต่อเข้ากับอินพุตไมโครโฟนหรือไอซีได้โดยตรง หากเป็นแบบคอนเดนเซอร์ ไมโครโฟนจะต้องมีการไบอัสค่าแรงดันให้กับไมโครโฟนอย่างเหมาะสม ดังที่แสดงไว้ในวงจรประยุกต์ใช้งานนี้ การทำงานนอกเหนือจากนี้คงไม่ต้องอธิบาย เพราะได้กล่าวถึงแล้วในการทำงานและหน้าที่ใช้งานของแต่ละขา

การประยุกต์ใช้งานไอซีนอกเหนือจากนั้นคือการประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม และการพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถที่จะทำให้ ISD2590 ทำการบันทึกและเล่นกลับได้ในหลากหลายของฟังก์ชันการทำงานขึ้นกับความสามารถและประสิทธิภาพของโปรแกรมควบคุม



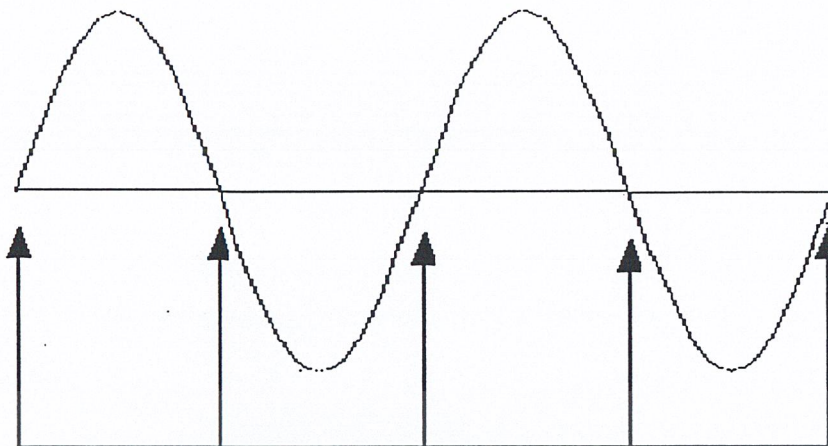
รูปที่ 2.14 แสดงวงจรประยุกต์ใช้งานของ ไอซี ISD2590

## 2.7 HOME NETWORKING AND HOME AUTOMATION TECHNOLOGIES

การควบคุมอุปกรณ์ต่างๆด้วยเครื่องจักรแทนคน (Home Automation) นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างมาก โดยใช้การพัฒนาทางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อสร้างความสะดวกสบายในชีวิตประจำวันของแต่ละหน่วยงาน ซึ่งการใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Home Networking) และการควบคุม จะมีอยู่หลายมาตรฐานที่ได้นำแนวความคิดต่างๆ มาพัฒนา โดยในแนวความคิดต่างๆนี้จะประกอบด้วยมาตรฐานเอ็กซ์-เท็น (X-10) , ซีบัส (CEBus) และ ลอนเวิร์ค (LonWorks) ในที่นี้จะใช้มาตรฐานในการส่งสัญญาณข้อมูลผ่านไปกับไฟบ้านกระแสสลับ 220 โวลท์ซึ่งก็คือ มาตรฐานเอ็กซ์เท็น

### 2.7.1 มาตรฐานเอ็กซ์เท็น (X-10 Protocol)

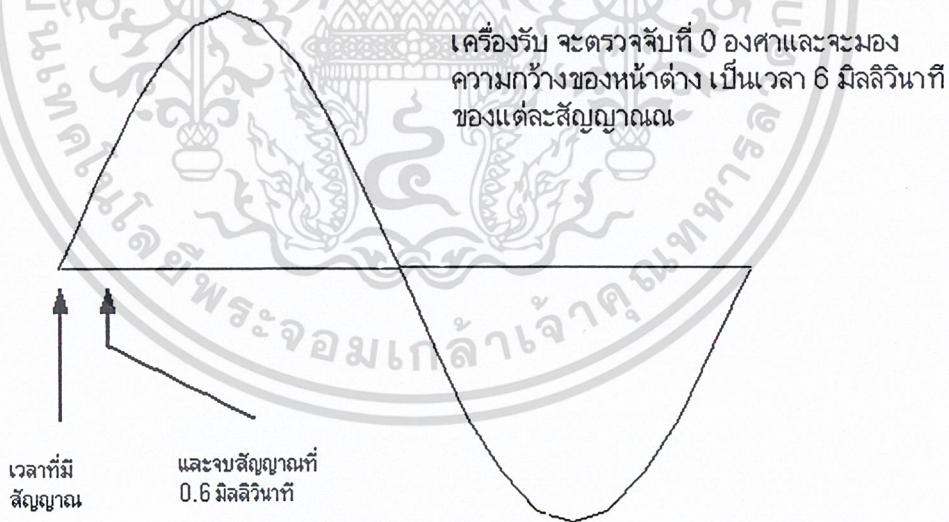
มาตรฐานของเอ็กซ์เท็นนั้นคือการที่กฎข้อหนึ่งที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณไปบนไฟบ้าน 220 โวลท์ โดยหลักการเบื้องต้นนั้นจะใช้ข้อมูลเป็นเฟรมขนาด 8 บิต โดยใน 8 บิตนี้จะใช้ 1 บิตนำหน้าเพื่อที่จะเป็นการกำหนดโค้ดเริ่มต้น (Start Bit) โดยอีก 7 บิตที่เหลือจะประกอบไปด้วยโค้ดตำแหน่ง (Address Bit) และโค้ดคำสั่ง (Command Bit) แต่นี้เป็นเพียงระบบการส่งพื้นฐานที่จะทำให้เข้าใจถึงหลักการในการทำงานเท่านั้น แต่ในมาตรฐานจริงๆจะมีหลักการที่ซับซ้อนกว่านี้ โดยเทคโนโลยีนี้จะไม่ได้เป็นระบบของข้อมูลไบนารีโดยตรง แต่จะเป็นวิธีที่จะส่งผ่านสัญญาณจากอุปกรณ์ทางด้านส่งไปยังอุปกรณ์อื่นๆทางด้านรับ หลักการที่สำคัญของทุกๆอุปกรณ์คือ การใช้จุดตัดที่ศูนย์ (Zero Crossing) เป็นตัวตรวจจับ ดังนั้นจึงแสดงว่าทุกๆอุปกรณ์จะเข้าจังหวะ (Synchronized) ด้วยกันทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 2.15



x-10 การส่งและการรับจะเข้าจังหวะกันที่จุดตัดที่ศูนย์ของสายไฟฟ้า ทำให้ทาง  
ด้านส่งและด้านรับสามารถรู้ข้อมูลที่ติดต่อกันได้

รูปที่ 2.15 แสดงรูปสัญญาณเกิดการจุดตัดศูนย์

ทางด้านรับนั้นจะเปิดรับเป็นช่วงๆ (window) โดยจะทำการรับ 2 ครั้งใน 1 คลื่นซายด์ (ดังรูปที่  
2.17) นั่นคือ 120 ครั้งใน 1 วินาที(เมื่อคิดที่ความถี่ของสัญญาณไฟฟ้าที่ 60 เฮิร์ต) หรือจะมีความหมายว่า  
ทางด้านรับจะรอรับสัญญาณพัลส์เล็กๆของข้อมูลถึง 3,784,320,000 ครั้งใน 1 ปี



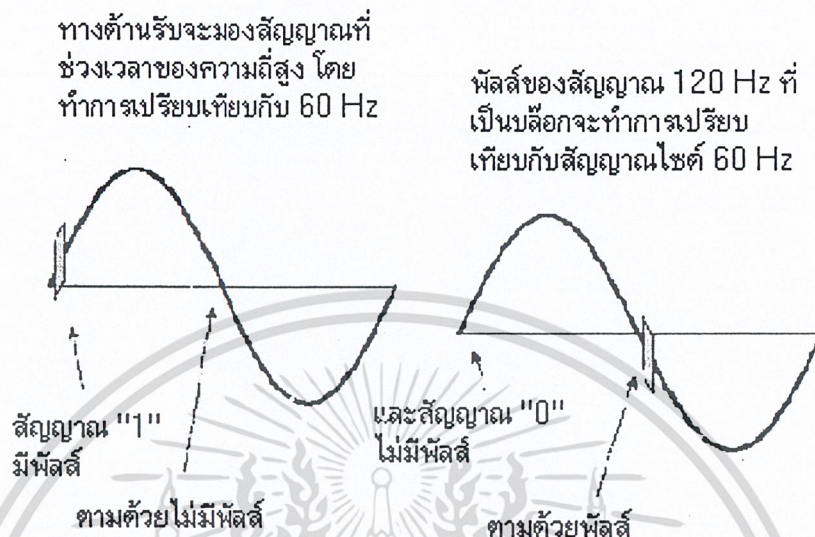
เครื่องรับ จะตรวจจับที่ 0 องศาและจะมอง  
ความกว้างของหน้าต่าง เป็นเวลา 6 มิลลิวินาที  
ของแต่ละสัญญาณแฉ

รูปที่ 2.16 แสดงการรับสัญญาณทางด้านรับ

ในเมื่ออุปกรณ์แต่ละตัวจะไม่ใช้สายสัญญาณโดยตรงในการสื่อสารกัน ดังนั้นมันจึงจำเป็นที่จะ  
คิดค้นที่จะส่งผ่านข้อมูลโดยปราศจากสายสัญญาณ หรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือจะส่งสัญญาณไปกับไฟ  
บ้านซึ่งจะไม่ต้องทำการเดินสายสัญญาณเลยนั่นเอง โดยทางด้านหลักการส่งนั้น จะส่งข้อมูลที่ความถี่ 120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิโวลีร์ต ที่ช่วงเวลา 1 มิลลิวินาที ที่จุดตัดที่ศูนย์ การส่งจะส่งบิตเป็นคู่ๆต่อ 1 สัญญาณเช่นหากต้องการส่งสัญญาณบิต "1" จะกำหนดให้มีพัลส์เกิดขึ้นและต่อจากนั้นจะไม่มีพัลส์ตามมา แต่สำหรับการส่งสัญญาณ "0" นั้นจะตรงกันข้ามนั่นคือ จะกำหนดให้ไม่มีพัลส์และต่อจากนั้นก็จะมีพัลส์ ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงการส่งสัญญาณเป็นรหัสไบนารี

ขณะที่ทำการส่งพัลส์ในระยะเวลา 1 วินาทีนั้นทางด้านรับจะถูกออกแบบมาให้เปิดรับช่วงเพียง 0.6 มิลลิวินาที (ในปีค.ศ. 1978 ได้มีการอนุญาตให้มีความกว้างในการที่จะรับพัลส์อย่างอิสระจะอยู่ระหว่างช่วง +/- 200 มิลลิวินาที)

ในมาตรฐานของเอ็กซ์เทนใน 1 เฟรมจะประกอบไปด้วยไคด์เริ่มต้น(Start Code) ไคด์ตัวอักษร (Letter Code หรือ House Code) และ ไคด์คำสั่ง(Number Code หรือFunction Code) โดยแต่ละไคด์จะมีการกำหนดจำนวนไซเคิล(Cycle) ที่แตกต่างกันและแต่ละตัวก็จะมีควมหมายตามมาตรฐานของเอ็กซ์เทน ซึ่งไคด์เริ่มต้นจะใช้ทั้งหมด 2 ไซเคิลหรือเท่ากับ 4 บิต โดยมีการกำหนดให้สูงก็คือ "มีพัลส์" , "มีพัลส์" , "มีพัลส์" , "ไม่มีพัลส์" หากมองจากรูปของบิตก็จะเป็น 1110 นั่นเอง ส่วนไคด์ตัวอักษรจะมีกำหนดให้มีจำนวน 4 ไซเคิล โดยในไคด์นี้จะมีหน้าเสมือนเป็นตัวเล็อกอุปกรณ์ โดยไซเคิลทั้ง 4 นี้จะมีการกำหนดเป็นในรูปลักษณะของตัวอักษรภาษาอังกฤษตั้งแต่ A จนถึง P และท้ายที่สุดก็คือไคด์คำสั่งจะมีทั้งหมด 5 ไซเคิลโดยจะมีการกำหนดให้เป็น 1 ถึง 16 และจะมีคำสั่งอื่นๆอีกเช่น เปิด(On) ปิด(Off) ปิดทั้งหมด(All Units Off) ฯลฯ ไคด์ทั้ง 3 นี้จะมีทั้งหมด 11 ไซเคิลหรือจะเรียกว่า 1 เฟรมโดยแต่ละเฟรมถ้ามีการส่งติดๆกันได้มีการกำหนดการรอ (Wait) ไว้ 3 ไซเคิลคือจะมีไซเคิลการรอคอยคั่นกลางระหว่างเฟรมที่อยู่ติดกันนั่นเอง ซึ่งจะเห็นว่าทั้งไคด์ตัวอักษรและไคด์คำสั่ง จะมีการกำหนดที่ตายตัวตามมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 แสดง โท้คของตัวอักษร

A = 0110	B = 1110	C = 0010	D = 1010	E = 0001	F = 1001	G = 0101	H = 1101
I = 0111	J = 1111	K = 0011	L = 1011	M = 0000	N = 1000	O = 0100	P = 1100

ตารางที่ 2.5 แสดง โท้คของคำสั่ง

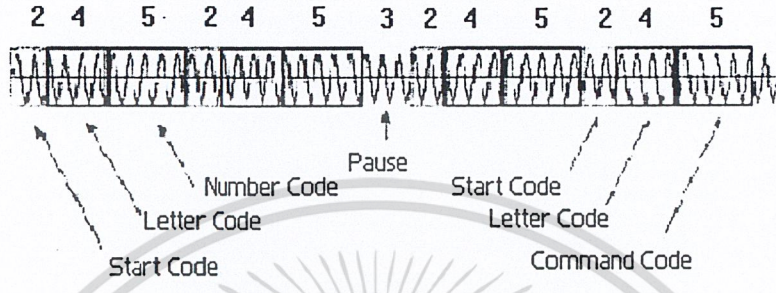
Key Code	D1	D2	D4	D8	D16	Key Code	D1	D2	D4	D8	D16
1	0	1	1	0	0	All Unit Off	0	0	0	0	1
2	1	1	1	0	0	All Lights On	0	0	0	1	1
3	0	0	1	0	0	On	0	0	1	0	1
4	1	0	1	0	0	Off	0	0	1	1	1
5	0	0	0	1	0	Dim	0	1	0	0	1
6	1	0	0	1	0	Bright	0	1	0	1	1
7	0	1	0	1	0	All Lights Off	0	1	1	0	1
8	1	1	0	1	0	Extend Code	0	1	1	1	1
9	0	1	1	1	0	Hail Request	1	0	0	0	1
10	1	1	1	1	0	Hail Acknowledge	1	0	0	0	1
11	0	0	1	1	0	Pre-set Dim	1	0	0	1	1
12	1	0	1	1	0	Extend Data	1	1	0	0	1
13	0	0	0	0	0	Status = On	1	1	0	1	1
14	1	0	0	0	0	Status = Off	1	1	1	0	1
15	0	1	0	0	0	StatusRequest	1	1	1	1	1
16	1	1	0	0	0						

ในทางปฏิบัติที่เราสามารถที่จะประยุกต์ใช้งานตามความเหมาะสมได้นั้นคือ อาจจะทำการส่งบิตเดี่ยวๆก็ได้เช่นหากทำการส่งสัญญาณบิต "1" นั้น อาจจะทำการส่งเพียงมีพัลส์ไปเพียงครั้งเดียวซึ่งเมื่อมองถึงช่วงของสัญญาณชาวด์ 1 ลูกคลื่นเราก็จะสามารถส่งได้ถึง 2 บิตเลขที่เดียว โดยเรายังคงยึดถือหลักการส่งของมาตรฐานเอ็กซ์เทนอยู่ คือ ส่งที่จุดตัวที่ศูนย์และก็ยังคงที่จะมีการส่งโด้คเริ่มต้น โด้คตัวอักษร และโด้คคำสั่งเหมือนเดิมอยู่ หรือจะมองอีกด้านหนึ่งก็คือจะใช้เพียงแค่หลักการพื้นฐานของมาตรฐานเอ็กซ์เทนเท่านั้น โดยโด้คเริ่มต้นนั้นจะให้เพียงบิตเดียวเท่านั้น คือ "1" ส่วนโด้คตัวอักษรจะใช้ในการเลือกอุปกรณ์จะใช้ 3 บิตซึ่งก็คือสามารถที่จะเลือกอุปกรณ์ได้ทั้งหมด 8 ตัวนั่นเอง ส่วนคำสั่งจะใช้ 3 บิต โดยจะนำไปใช้ เปิด ปิด เซ็คสถานะ เหตุที่ใช้ถึง 3 บิตก็เพื่อที่จะสามารถรองรับการเพิ่มเติมในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

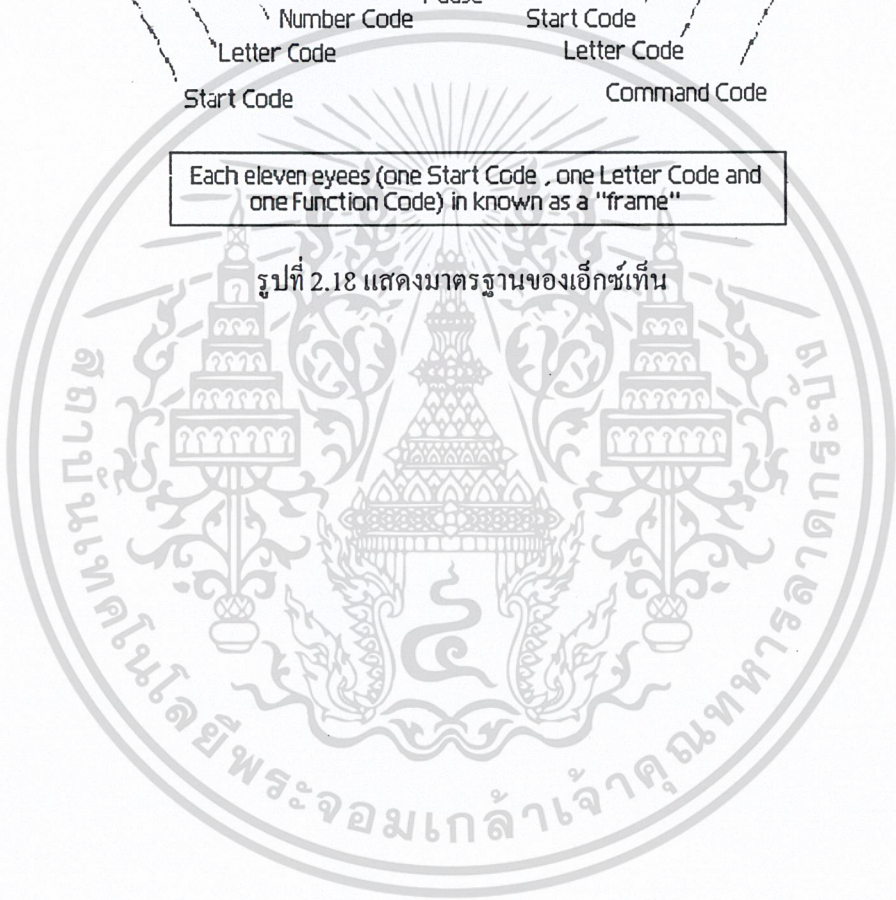
ว่าจะเป็นเปิดทั้งหมด ปิดทั้งหมด จากโค้ดทั้ง 3 จะใช้ไปทั้งหมด 7 บิตยังคงเหลืออีก 1 บิตที่จะปล่อยไว้ หรืออาจจะใช้เป็นโค้ดเช็ควัดความถูกต้องของข้อมูล ทั้งหมดนี้เป็นเพียงตัวอย่างของการนำมาตรฐานของ เอ็กซ์เท็นมาอ้างอิงเท่านั้น โดยการส่งจริงๆของมาตรฐานนี้จะแสดงดังรูปที่ 2.18

A standard X-10 transmission take place over a duration of 47 cycles of the AC power



Each eleven eyes (one Start Code , one Letter Code and one Function Code) in known as a "frame"

รูปที่ 2.18 แสดงมาตรฐานของเอ็กซ์เท็น



## บทที่ 3

## การคำนวณและการสร้าง

เครื่องควบคุมนี้จะต่อกับคู่สายโทรศัพท์ เพื่อส่งงานต่างๆ โดยอาศัยสัญญาณโทนที่ได้จากเป็นคีย์โทรศัพท์เริ่มแรกเครื่องควบคุมจะตรวจสอบสัญญาณกระดิ่งเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มทำงาน จากนั้นเครื่องควบคุมจะสวิทซ์ให้อยู่ในสภาวะยกหูโทรศัพท์ ในช่วงนี้จะได้ยินเสียงบอกให้ผู้ควบคุมกดรหัสผ่านว่า “ขณะนี้ท่านได้เข้าสู่ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า กรุณากรหัสผ่าน” ถ้ากรหัสถูกต้องก็สามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้

รหัสหรือสัญญาณโทนที่ใช้ในการควบคุมเป็นสัญญาณ DTMF ที่ได้จากเป็นคีย์โทรศัพท์ เพื่อที่จะเข้าสู่ระบบควบคุมจะต้องอาศัยอุปกรณ์ถอดรหัส (Decode) สัญญาณ DTMF เพื่อให้เอาท์พุท ออกมาเป็นเลขฐานสอง (BCD Code) เพื่อเข้าสู่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้การส่งการในแต่ละขั้นตอนได้ ในทุกครั้งที่ส่งงานเสร็จในแต่ละหน้าที่จะมีเสียงพูดตอบกลับไป ในการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งรหัสควบคุมไปรวมกับความถี่ 100 กิโลเฮิรท์ และทำการรวมสัญญาณส่งออกไปผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งทางด้านตัวรับจะทำการถอดรหัสและตรวจสอบรหัสแอดเดรสและคำสั่งควบคุมที่ถูกส่งมาเพื่อนำไปเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อไป

การทำงานภายในเครื่องประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้

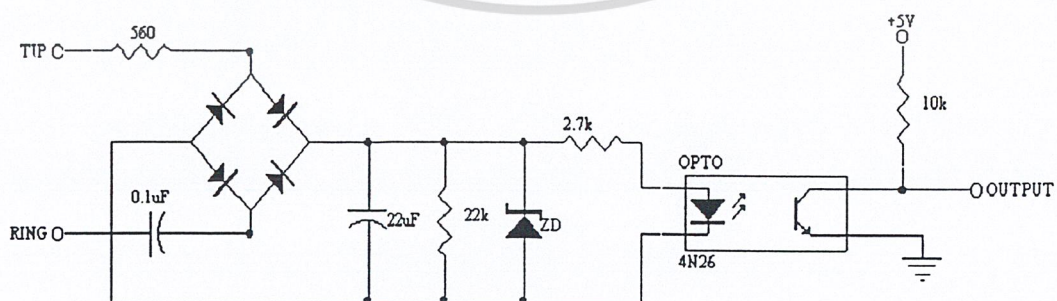
1. ส่วนประกอบในส่วนของอุปกรณ์ (Hard Ware) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนของด้านส่งและด้านรับ
2. ส่วนของ Program (Soft Ware)

### 3.1 ส่วนประกอบภายในเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางด้านส่งและการทำงานของวงจร

ภายในเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางด้านส่งมีส่วนประกอบดังนี้

#### 3.1.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone

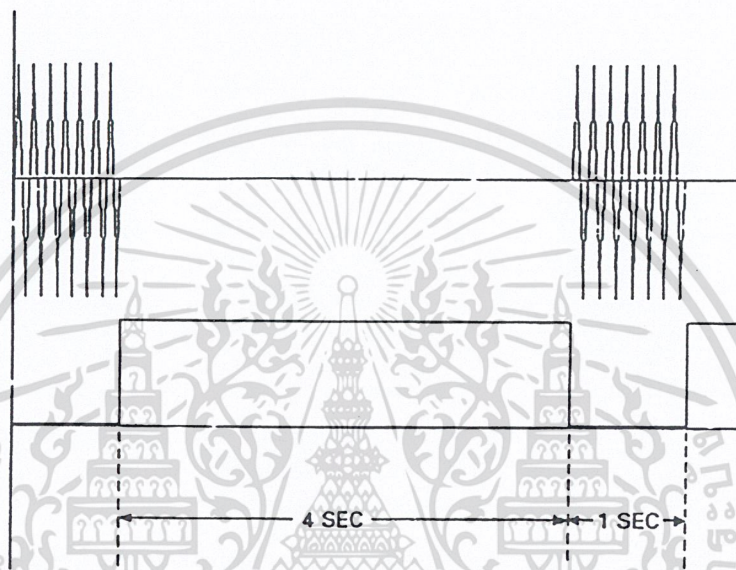
ในส่วนตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone มีวงจรดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 แสดงวงจรส่วนตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ว่ามีสัญญาณเข้ามาหรือไม่ ถ้าวงจรตรวจจับพบว่ามีสัญญาณเข้ามาก็จะทำการตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ว่าดังครบตามจำนวนที่ได้กำหนดไว้หรือยัง ถ้าครบแล้วก็จะทำการส่งสัญญาณไปที่ขาอินพุตของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ สั่งการในสถานะที่เสมือนกับการยกหูโทรศัพท์ขึ้น ซึ่งการทำงานของวงจรสามารถจะอธิบายได้ดังนี้ คือ



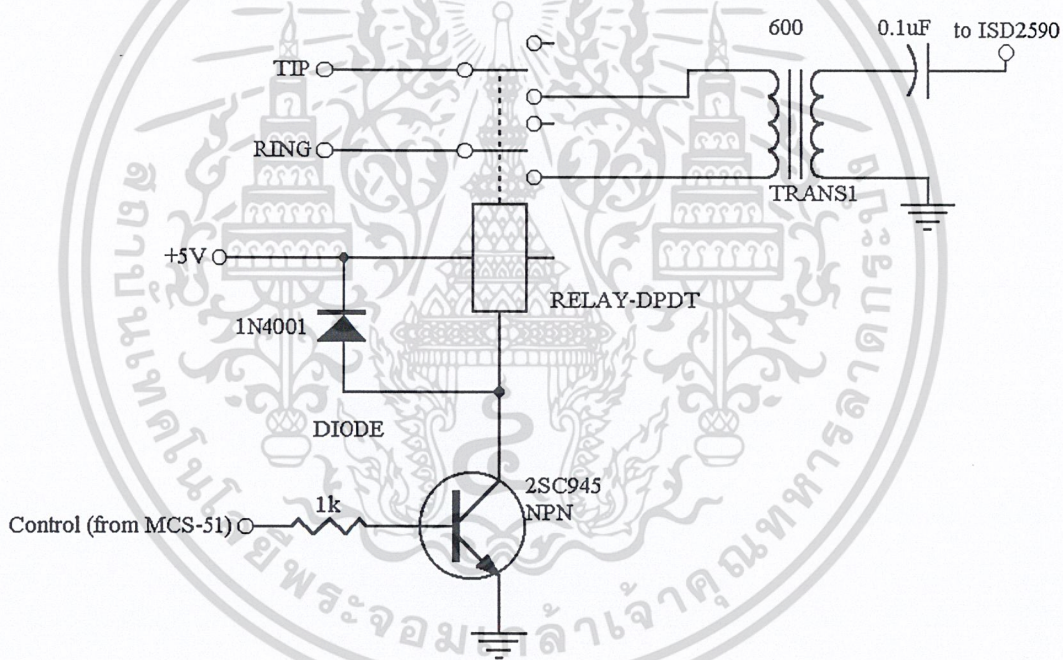
รูปที่ 3.2 แสดงสัญญาณเข้าและออกจากวงจรส่วนตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone

ส่วนของวงจรบริดจ์จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณกระดิ่งขนาด 75 โวลท์ 25 เฮิรท์ ซึ่งเป็นสัญญาณไฟสลับให้เป็นสัญญาณไฟตรงที่มีเพียงขั้วเดียว เนื่องจากว่าสัญญาณไฟสลับนั้นมีขั้วที่ไม่แน่นอน ทำให้การเช็กระดับเป็นไปได้อย่างยากโดยสามารถที่จะคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านวงจรบริดจ์ได้ค่าเท่ากับ  $75 \times 1.414 = 106.05$  โวลท์ แล้วทำการลดทอนขนาดของสัญญาณและสร้างสัญญาณนั้นเป็นสัญญาณดิจิทัลหนึ่งพัลส์ต่อสัญญาณกระดิ่งหนึ่งครั้ง โดยในขณะที่ไม่มีสัญญาณกระดิ่ง โฟโต้ทรานซิสเตอร์จะอยู่ในสถานะที่ไม่ทำงานผลที่ได้จะเป็นลอจิก "1" และเมื่อสัญญาณกระดิ่งเข้ามาโฟโต้ทรานซิสเตอร์ก็จะทำงานทำให้ผลที่ได้ออกมาเป็นลอจิก "0" ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และสัญญาณลอจิกที่ได้จะถูกส่งต่อไปให้กับส่วนของวงจรนับโดยเริ่มจากการส่งสัญญาณลอจิกมาทริกให้แก่วงจรไทม์เมอร์ชุดแรก เพื่อที่จะทำให้วงจรในส่วนของวงจรนับและวงจร BCD to Decimal ทำการรีเซ็ต ระบบให้เริ่มต้นใหม่ที่ "0" และสัญญาณลอจิกอีกส่วนหนึ่งจะถูกป้อนให้กับวงจรไทม์เมอร์ชุดที่สอง เพื่อที่จะทำให้ผลของสัญญาณลอจิกที่ออกมาดีปราศจากสัญญาณรบกวนต่างๆ จะทำให้ระบบเกิดความเที่ยงตรงและแน่นอนยิ่งขึ้น หลังจากนั้นสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของไทม์เมอร์ชุดที่สอง ก็จะถูกป้อนให้เป็นอินพุตของวงจรนับแบบนับ 16 จะได้ BCD เอาต์พุตออกมาป้อนให้กับวงจรในส่วนของการเปลี่ยนแปลง BCD to Decimal และสามารถที่จะเลือก

จำนวนครั้งของสัญญาณกระดิ่งได้จากการเช็ทสวิทซ์ว่าจะให้ส่วนของวงจรมันนับเท่าไร และเมื่อนับจำนวนของสัญญาณกระดิ่งครบตามจำนวนที่ได้ตั้งเอาไว้แล้วนั้นต่อไปก็จะส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อที่จะให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ สั่งการเสมือนว่าเป็นการยกหูโทรศัพท์ขึ้น

3.1.2 ส่วนควบคุมการยกหู/วางหู (Control Handset)

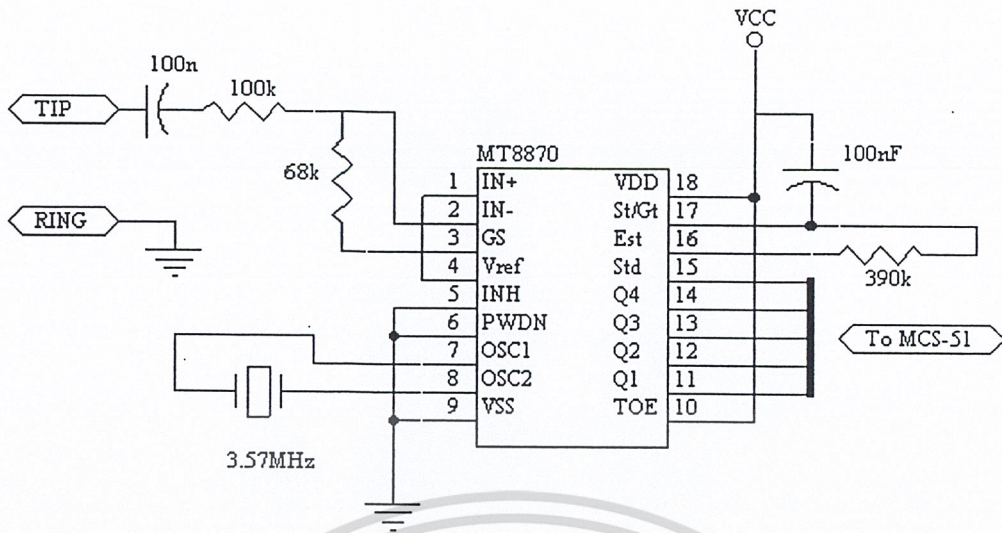
ส่วนนี้จะทำหน้าที่เสมือนการยกหูโทรศัพท์ เมื่อครบจำนวนครั้งของสัญญาณกระดิ่งที่คั้งไว้ โดยการควบคุมจากส่วนประมวลผลหรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นการสร้างสภาวะเลียนแบบการยกหูโทรศัพท์ ด้วยการต่อค่าความต้านทานที่มีค่าเท่ากับค่าความต้านทานของเครื่องโทรศัพท์เมื่อมีผู้ทำการยกหู โดยอุปกรณ์ที่ใช้จะเป็นเมทซ์ซึ่งทรานฟอเมอร์ที่มีค่าความต้านทานประมาณ 600 โอห์ม เพื่อให้เท่ากับขณะทำงานจริง ดังวงจรในรูปที่ 3.3 เมื่อหน้าสัมผัสของรีเลย์ปิด จะทำให้วงจรคู่สายโทรศัพท์ที่มีค่าความต้านทานทางกระแสตรงต่ำก็จะเกิดการครบวงจรขึ้น ทำให้ทางชุมสายรับรู้การยกหูของเครื่อง ทางชุมสายก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่ง การสลับสายที่ต่ออยู่ด้วยมือแปลง นอกจากจะทำหน้าที่ทำให้ความต้านทานของวงจรมันแล้ว ยังทำหน้าที่เชื่อมต่อวงจรถ่ายทอดสัญญาณเข้าสู่คู่สายในเวลาเดียวกันด้วย



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมการยกหู/วางหู

3.1.3 ส่วนการถอดรหัสสัญญาณ DTMF

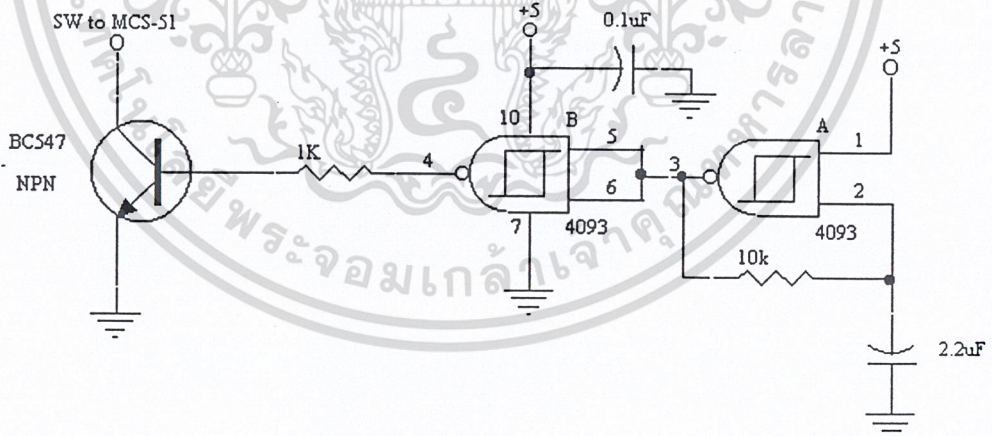
ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ของMitel ซึ่งเป็นไอซีเฉพาะงานดังนั้นการออกแบบวงจรจึงสร้างจากคาส์ที่ทางบริษัทให้มา ซึ่งมีการต่ออุปกรณ์ต่อรวม ให้เรียบร้อยแล้ว สามารถนำไปใช้งานได้เลยซึ่งวงจรจะแสดงให้ดูดังรูปที่ 3.4 ซึ่งอินพุตจะต่อเข้ากับขั้วของสายโทรศัพท์กับกราวด์ โดยใช้คริสตอลความถี่ 3.579 เมกกะเฮิร์ตให้กับออสซิลเลเตอร์ภายใน ไอซีต่อรวมที่ขา 7 และ ขา 8 ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อวงจรภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ซึ่งการถอดรหัสสัญญาณ DTMF จะได้ออกมาเป็นรหัสไบนารี 4 บิต พร้อมกับที่ขา STD จะมีพัลส์ช่วงสั้นๆ ออกไป เมื่อมีการถอดรหัสเกิดขึ้น ซึ่งเราจะนำ STD ตัวนี้ไปให้ ภาคประมวลผลกลางรับรู้ว่ามีการกดปุ่มใดๆ เข้ามาแล้ว ให้อ่านคำสั่งต่อไป

3.1.4 ส่วนการจำลองสัญญาณ Ringing Tone

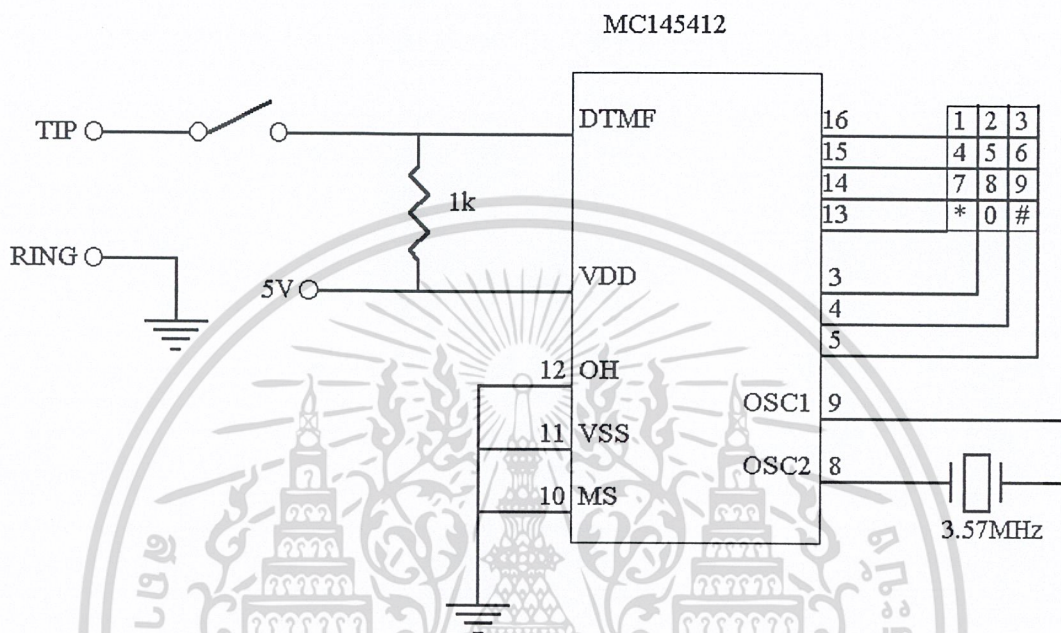


รูปที่ 3.5 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone

วงจรถ่วงสัญญาณ Ringing Tone นี้ นำมาใช้สำหรับเครื่องควบคุมในกรณีที่มีการใช้งานควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยตรง โดยมีรูปแบบของวงจรมีลักษณะเป็นพัลส์ที่ผ่านการเรคตีไฟเออร์ ซึ่งการทำงานในส่วนนี้จะประกอบด้วยไอซีเบอร์ 4093 ที่มีลักษณะวงจรมีลักษณะเป็น NAND Gate Schmitt trigger

2 Input โดยตัวของวงจรมันทำหน้าที่เพื่อให้กำเนิด ความถี่พัลส์ให้ออกเอาท์พุทมาทางขา 4 ของไอซี 4093 โดยช่วงห่างของสัญญาณพัลส์กำหนดโดยการกดสวิทช์ กดติดปล่อยดับ ตามจำนวนที่ทำการตั้งการตรวจ จับสัญญาณ Ringing Tone ไว้ โดยเมื่อครบจำนวนของพัลส์แล้ว ทรานซิสเตอร์ก็จะทำงาน เหมือนกันกับ ออปโตทรานซิสเตอร์ 4N26

### 3.1.5 ส่วนของการสร้างรหัสสัญญาณ DTMF

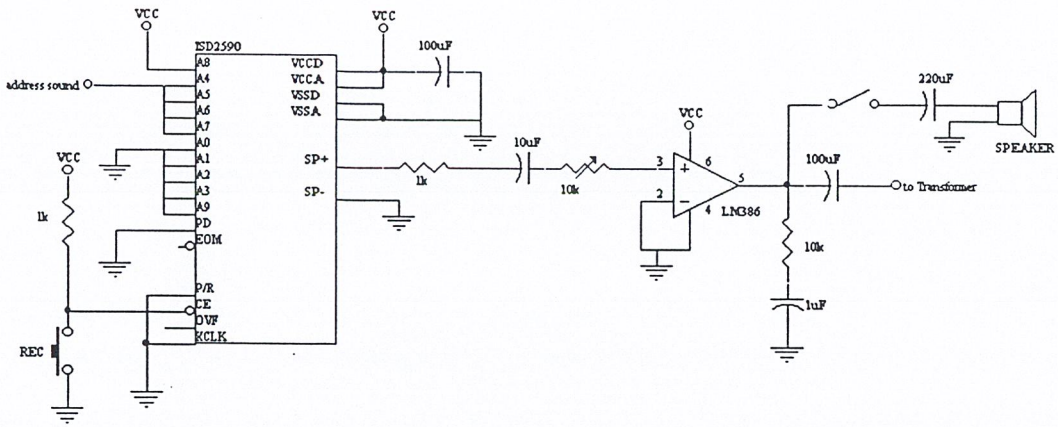


รูปที่ 3.6 วงจรสร้างรหัสสัญญาณ DTMF

วงจรสร้างรหัสสัญญาณ DTMF นี้มาใช้สำหรับเครื่องควบคุมในกรณีที่มีการใช้งานควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยตรง โดยไอซีเบอร์ MC145412 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ DTMF

### 3.1.6 ส่วนของการตอบรับและบันทึกเสียง

เป็นภาคส่งเสียงเพื่อให้ผู้ใช้งานง่ายต่อการใช้งาน โดยจะมีเสียงคอยบอกตลอดเวลา ให้เราทำตามได้อย่างสะดวก คล้ายๆ กับโทรศัพท์ตอบรับทั่วไป ออกแบบโดยใช้ ไอซีบันทึกเสียงเบอร์ ISD2590 ซึ่งอัดความยาวได้สูงสุดถึง 90 วินาที สามารถแบ่งช่องการเล่นได้เป็นหลายๆ ช่อง หลายๆ ข้อความได้ โดยแบ่งได้สูงสุดถึง 2<sup>8</sup> ข้อความ และไอซีเบอร์ ISD2590 เป็นไอซีใช้งาน ทำให้มีอุปกรณ์ต่อร่วน้อยมาก วงจรต่อใช้งานตามที่ค้าบริษัทที่ทางบริษัทให้มา ซึ่งแสดงการต่อวงจรให้ดูดังรูปที่ 3.7 แต่เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มากำหนดแต่ละช่องของข้อความที่ขาแอดเดรสต่างๆ และทำการขยายเสียงเพิ่มเติม ซึ่งจะ ทำให้เสียงที่ได้ยินมีความชัดเจนขึ้น

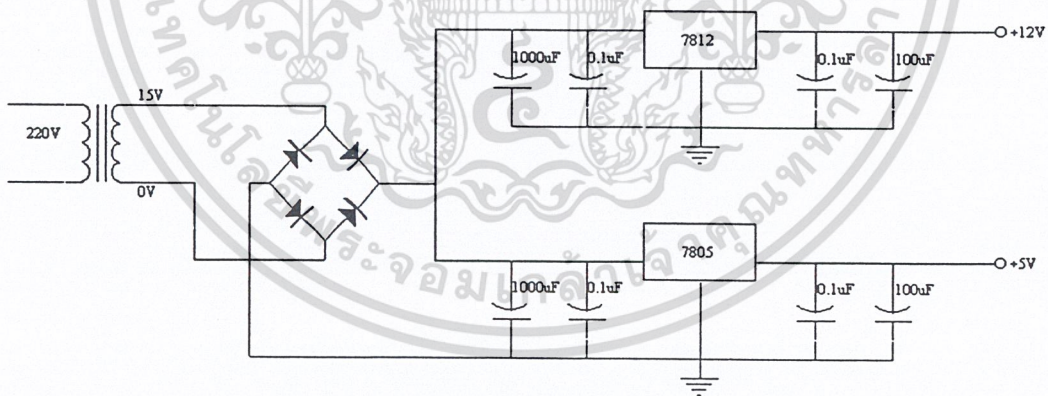


รูปที่ 3.7 แสดงวงจรส่วนของการตอบรับและบันทึกเสียง

การเล่นในแต่ละข้อความทำได้โดยการกำหนดให้ PD (ขา24) เป็น "0" โดยจะให้ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวกำหนดการเล่นในแต่ละข้อความ โดยติดต่อออกมาทางพอร์ต PC.4 แล้วให้ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์รับทราบว่าการเล่นสิ้นสุดข้อความโดยขา EOM (ขา25) โดยจะติดต่อที่พอร์ต P0.5 ของ CPU

2.1.7 ส่วนของภาคจ่ายไฟ

เป็นภาคแปลงแรงดันไฟสลับ (220VAC) ให้เป็นไฟกระแสตรง 5VDC และ 12VDC ออกแบบโดยใช้ ไอซีเรกกูเลเตอร์ 7812 และ 7805 ซึ่งแสดงวงจรได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงการต่อวงจรภาคจ่ายไฟ

การทำงานเริ่มจากไฟกระแสสลับ (220VAC) ผ่านหม้อแปลงขนาด 15 โวลต์ ลดขนาดแรงดันลงเหลือ 15VAC ผ่านวงจรเรกติไฟ์กลายเป็นไฟกระแสตรงแบบเต็มคลื่น ผ่านคาปาซิเตอร์ทำการกรองความดันให้เรียบขึ้น ซึ่งจะนำไปเป็นอินพุตให้กับ ไอซีเรกกูเลเตอร์ 7812 และ 7805 ทำการแปลงแรงดันให้ต่ำลงจาก 15VDC ลดเหลือ 12 โวลต์และ 5 โวลต์ตามลำดับเพื่อนำไปใช้งานเป็นแหล่งจ่ายไฟ

ให้วงจรต่างๆ ในเครื่องควบคุมต่อไป

งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.8 วงจรสร้างความถี่ที่ส่งผ่านไปกับสายไฟฟ้ากระแสสลับ

เป็นวงจรสร้างความถี่ 100 กิโลเฮิรท์ เพื่อส่งผ่านไปกับสายไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้หลักการของวงจรออสซิลเลเตอร์ (Astable Multivibrator) ซึ่งจะสร้างความถี่ออกมาที่ขาเอาต์พุตตลอดเวลา หลักการที่ใช้ในการควบคุมการสร้างความถี่ที่ส่งออกไปกับไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้ขาเรซีเซตในการควบคุม หากส่งบิต 1 มาควบคุมจะไม่มีความถี่ออกมาที่ขาเอาต์พุต ในการกลับกันเมื่อส่งบิต 0 มาควบคุม ไอซี 555 จะสร้างความถี่ 100 กิโลเฮิรท์ออกมาที่ขาเอาต์พุต โดยวงจรนี้มีสูตรในการคำนวณความถี่ ดังนี้

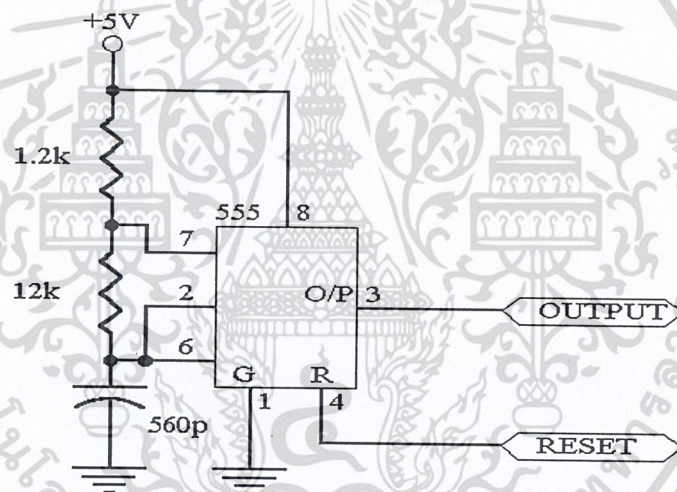
$$f = 1.44 / \{ (Ra + 2Rb) \} C$$

ในที่นี้ใช้  $Ra = 1.2 \text{ k}$

$Rb = 12 \text{ k}$

$C = 560 \text{ pF}$

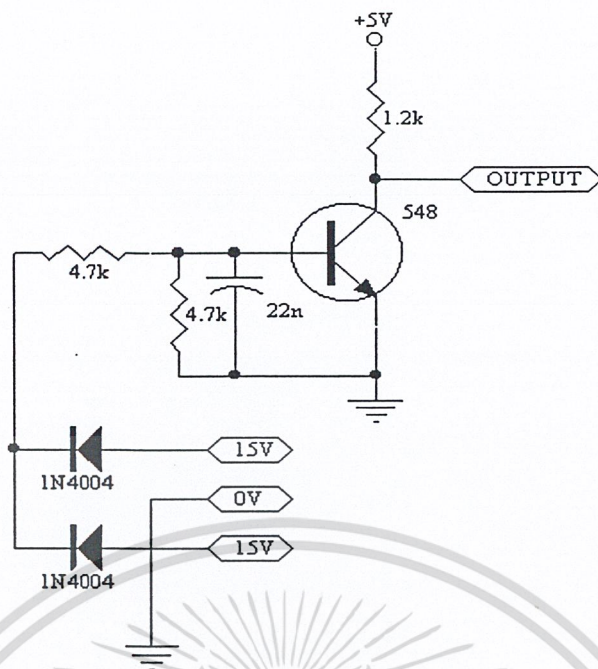
ค่าความถี่ที่ได้ออกมาจะมีค่า 102.04 กิโลเฮิรท์



รูปที่ 3.9 วงจรสร้างสัญญาณความถี่ที่ส่งผ่านไปกับสายไฟฟ้ากระแสสลับ

### 3.1.9 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

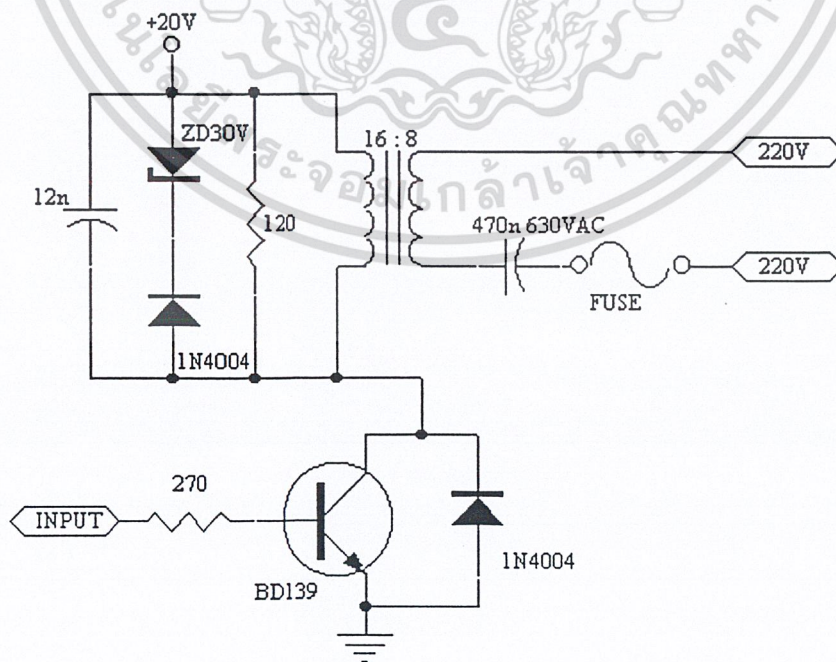
วงจรนี้เป็นวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อให้ตัวรับสัญญาณทำการตรวจเช็คสัญญาณนาฬิกาว่าตรงกันหรือไม่ โดยสัญญาณนาฬิกาจะมาจากไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อใช้ในการควบคุมให้ข้อมูลส่งผ่านไปกับไฟฟ้ากระแสสลับตรงจุดตัดศูนย์ ในวงจรนี้เมื่อไฟฟ้ากระแสสลับผ่านหม้อแปลง จะได้ค่าแรงดัน 15-0-15 โวลท์ ผ่านไปยังไดโอด 2 ตัวเพื่อที่จะเรียงกระแสให้เป็นสัญญาณเต็มคลื่น (Full Wave) สัญญาณนี้จะใช้ในการควบคุมทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน และหยุดทำงาน ทำให้ได้สัญญาณนาฬิกาออกมาที่ขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ โดย ณ เวลาจุดตัดศูนย์ของไฟฟ้ากระแสสลับ ขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์จะมีค่าเป็น 1



รูปที่ 3.10 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

3.1.10 วงจรรวมสัญญาณไปกับสายไฟฟ้ากระแสสลับ

เป็นวงจรที่รวมสัญญาณเพื่อส่งรหัสควบคุมไปยังตัวรับผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ โดยสัญญาณขาเข้าที่จะมาควบคุมในการส่งผ่าน ให้มีความถี่ 100 กิโลเฮิรตซ์ออกไปยังไฟฟ้ากระแสสลับ จะใช้ขาเอาต์พุตจากวงจรสร้างความถี่มาควบคุมการสวิตช์เปิดและปิดของทรานซิสเตอร์ BD139 ความถี่จะส่งผ่านออกไปยังไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ โดยแกนเทอร์รอยด์ ซึ่งทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับจะมีคาปาซิเตอร์ 470 นาโนฟารัดในการกันไม่ให้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์มากวนในด้านส่ง

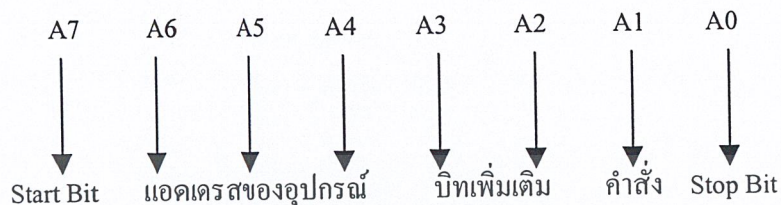


รูปที่ 3.11 วงจรรวมสัญญาณไปกับสายไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.11 วงจรแปลงสัญญาณขนานเป็นสัญญาณอนุกรม

เป็นวงจรที่ทำการแปลงสัญญาณข้อมูลคำสั่ง 8 บิต ให้ออกไปยังเอาต์พุตทีละบิต ซึ่งจะถูกรวมจากสัญญาณนาฬิกา โดยสัญญาณคำสั่ง 8 บิตนี้จะประกอบไปด้วย บิตเริ่มต้น แอดเดรสของอุปกรณ์ คำสั่งเปิดปิด และบิตปิดท้าย สัญญาณต่างๆ เหล่านี้จะส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะกำหนดในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 รูปบิตที่ทำการส่งออกไปยังตัวรับ

ซึ่งมีการกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์เป็นดังตารางที่ 3.1

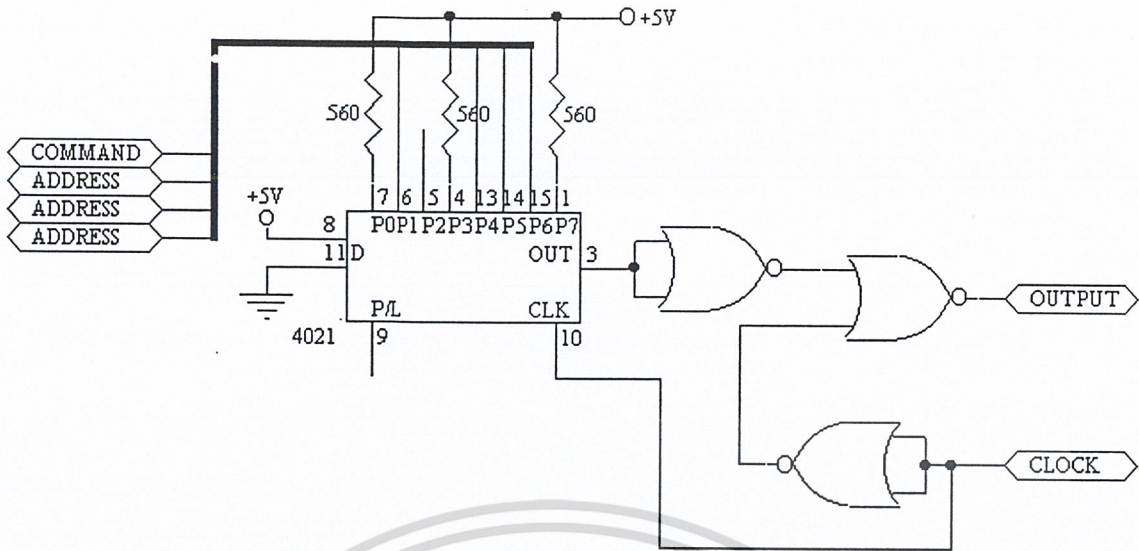
ตารางที่ 3.1 แอดเดรสของอุปกรณ์

แอดเดรส	อุปกรณ์ไฟฟ้า
001	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 1
010	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 2
011	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 3
100	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 4
101	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 5
110	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 6
111	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 7
000	อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 8

ตารางที่ 3.2 คำสั่งของอุปกรณ์

รหัสคำสั่ง	คำสั่ง
1	เปิด
0	ปิด

ไอซี 4021 นี้จะทำการแปลงสัญญาณคำสั่ง 8 บิต ให้ออกไปยังเอาต์พุตทีละบิต โดยสัญญาณที่ออกไปจะผ่าน NOT Gate และจะไปทำการ NOR กับสัญญาณนาฬิกา สัญญาณที่ออกไปจะเป็น 0 ที่จุดตัดศูนย์ของไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อข้อมูลคำสั่งมีค่าเป็น 1 สัญญาณนี้จะนำไปคอนโทรลวงจรสร้างความถี่อีกครั้งหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.13



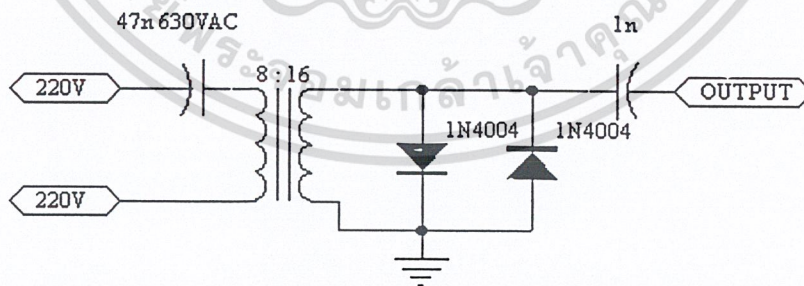
รูปที่ 3.13 วงจรแปลงสัญญาณขนานเป็นสัญญาณอนุกรม

### 3.2 ส่วนประกอบภายในเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางด้านรับและการทำงานของวงจร

ภายในเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าทางด้านรับมีส่วนต่างๆ ดังนี้

#### 3.2.1 วงจรลดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ

เป็นวงจรลดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการจะลดความถี่ให้เหลือแค่ แอดเครสและคำสั่งของข้อมูลเท่านั้น สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับจะมีสัญญาณข้อมูล 100 กิโลเฮิรท์ ที่ทาง ด้านส่งได้ทำการส่งมา สัญญาณนี้จะผ่านคาปาซิเตอร์ 47 นาโนฟารัด เพื่อให้มีเพียงแต่สัญญาณข้อมูลที่ ผ่านมายังวงจรตรวจจับความถี่ สัญญาณที่ผ่านเข้ามาจะผ่านเทอรอยด์ และไดโอดสองตัวที่ต่อขนานกัน จะ ทำการควบคุมแรงดันไม่ให้มีค่าแรงดันสูงจนเกินไป โดยสัญญาณที่ออกมาจะนำไปเข้าวงจรตรวจจับ ความถี่



รูปที่ 3.14 รูปวงจรลดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ

#### 3.2.2 วงจรตรวจจับความถี่ที่ส่งผ่านมากับสายไฟฟ้ากระแสสลับ

เป็นวงจรที่ตรวจจับความถี่ที่ส่งมาจะได้ทำการตรวจเช็คความถี่ที่ต้องการเท่านั้น จะใช้ ไอซี LM567 จะสามารถควบคุมความถี่ที่จะตรวจจับได้จากค่าความต้านทานและค่าของคาปาซิเตอร์ เมื่อมี

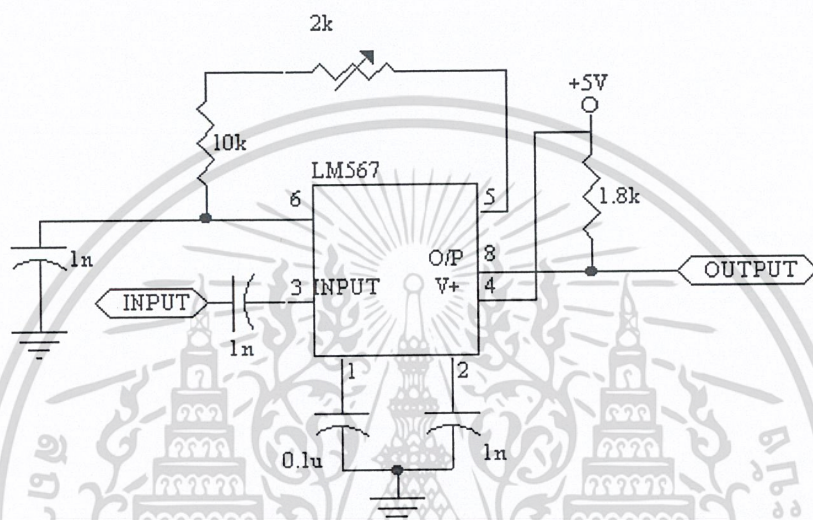
ความถี่ที่ตรงกับความถี่ที่จะตรวจจับจะมีค่าออกที่ขาเอาต์พุตเป็น 0 ในทางกลับกันถ้าไม่มีความถี่ที่จะตรงกับความถี่ที่ต้องการจะออกเป็น 1 เสมอ โดยจะมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$f_0 = 1 / 1.1 R1 C1$$

โดยกำหนดให้  $R1 = 10k$

$$C1 = 1nF$$

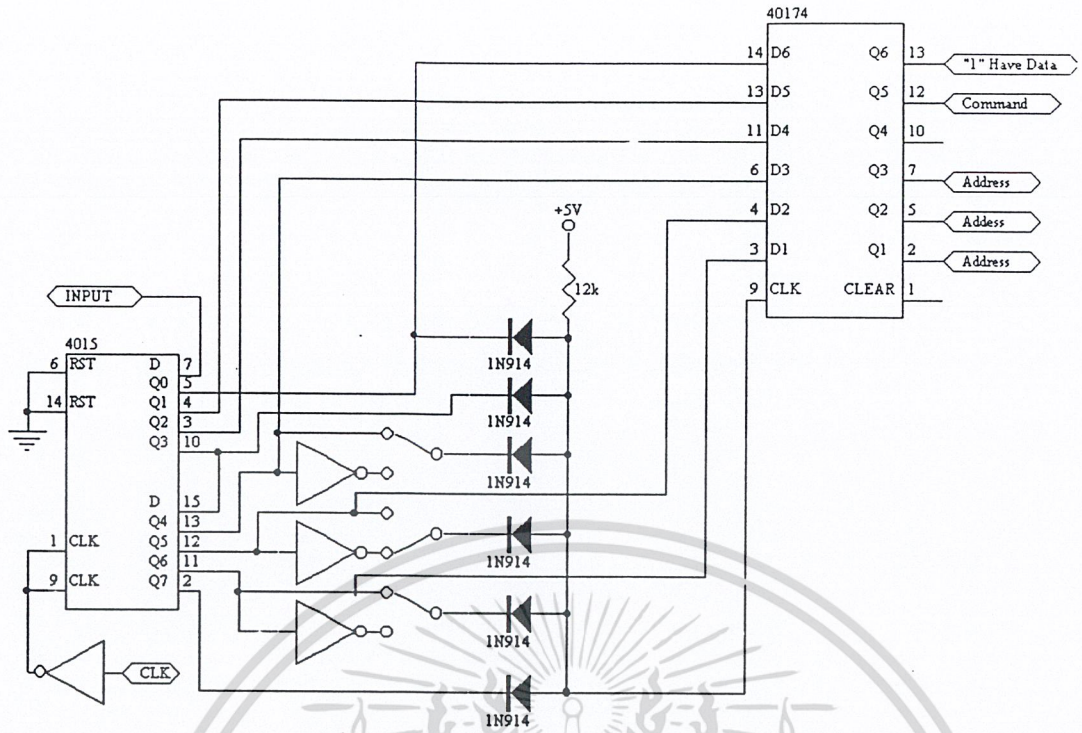
ค่าที่คำนวณได้จะมีค่าประมาณ 90.9 กิโลเฮิร์ต โดยจะต่อความต้านทานปรับค่าอนุกรมกับค่า R1 เพื่อทำการปรับให้มีการตรวจจับความถี่ที่ต้องการได้



รูปที่ 3.15 รูปวงจรตรวจจับความถี่ที่ส่งผ่านมากับไฟฟ้ากระแสสลับ

### 3.2.3 วงจรตรวจสอบรหัสแอดเดรสและคำสั่ง

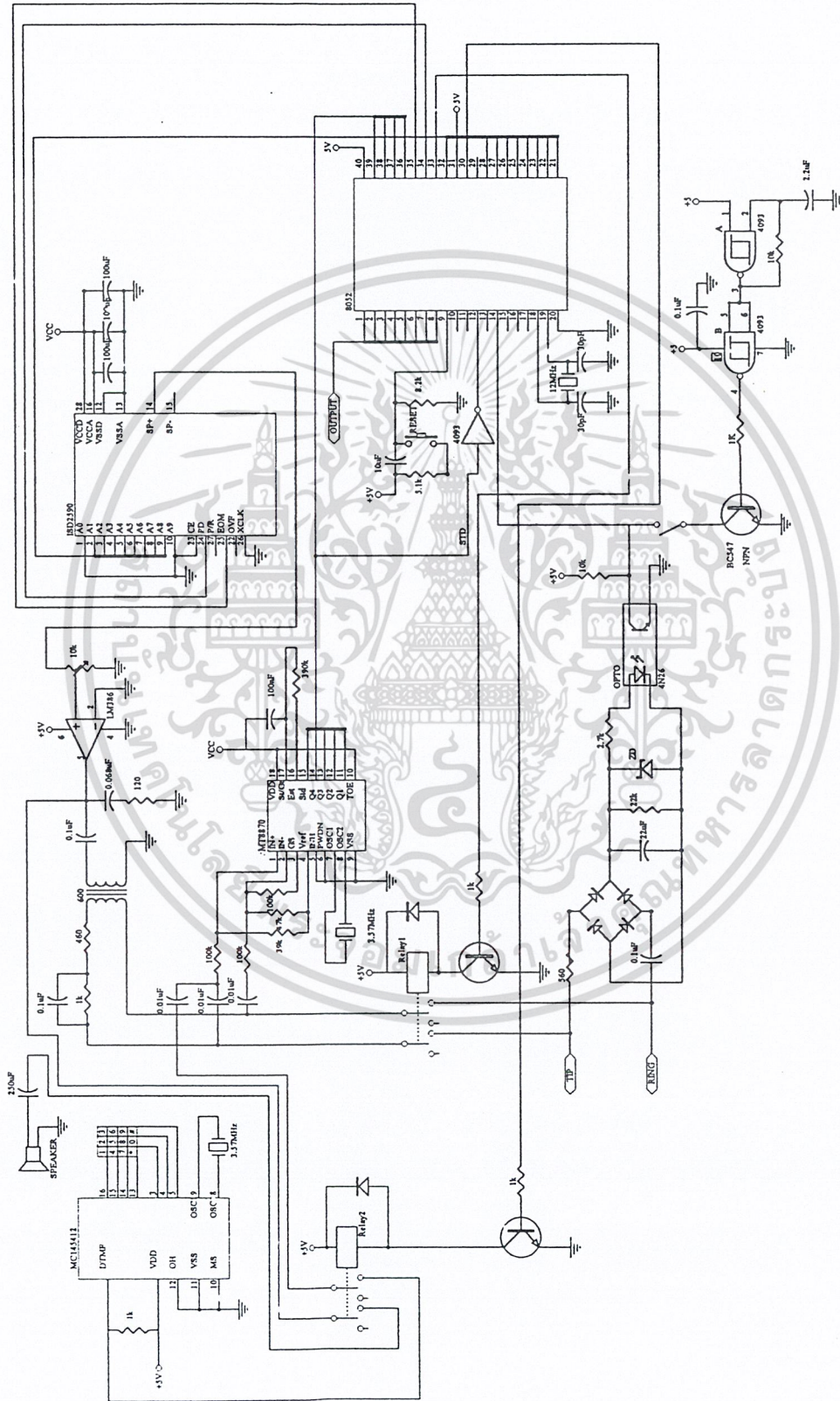
เป็นวงจรตรวจสอบรหัสแอดเดรสและคำสั่ง โดยสัญญาณข้อมูลที่ออกมาจากวงจรตรวจจับความถี่จะเข้ามายังไอซี 4015 ควบคุมจากสัญญาณนาฬิกาขอขาขึ้น ข้อมูลที่ออกมาจะออกมาในลักษณะข้อมูลแบบขนาน หลักการในการตรวจสอบคือค่าของแอดเดรสตรงกับตัวรับ จะใช้ไดโอดมาต่อพูลอัพ ด้วยค่าความต้านทาน 12 กิโลเฮิร์ต หากข้อมูลที่ออกมาเป็น 1 ทางด้านแอดเดรสจะมีค่าเป็น 1 แต่ถ้าหากข้อมูลที่ออกมาเป็น 0 ทางด้านแอดเดรสจะมีค่าเป็น 0 ซึ่งจะสามารถตั้งค่าแอดเดรสโดยใช้จัมป์เปอร์ในการเลือกว่าจะต่อกับสัญญาณโดยตรงหรือสัญญาณที่มีการผ่าน NOT Gate ก่อน หากข้อมูลต่างตรงกับสัญญาณที่ต้องการ ค่าข้อมูลต่างๆ จะถูกนำไปเก็บในบัฟเฟอร์ เพื่อแสดงสถานะของแอดเดรสและคำสั่งให้แสดงสถานะค้างไว้ และทำการตรวจสอบจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ถูกต้อง



รูปที่ 3.16 รูปวงจรตรวจสอบรหัสแอดเดรสและคำสั่ง

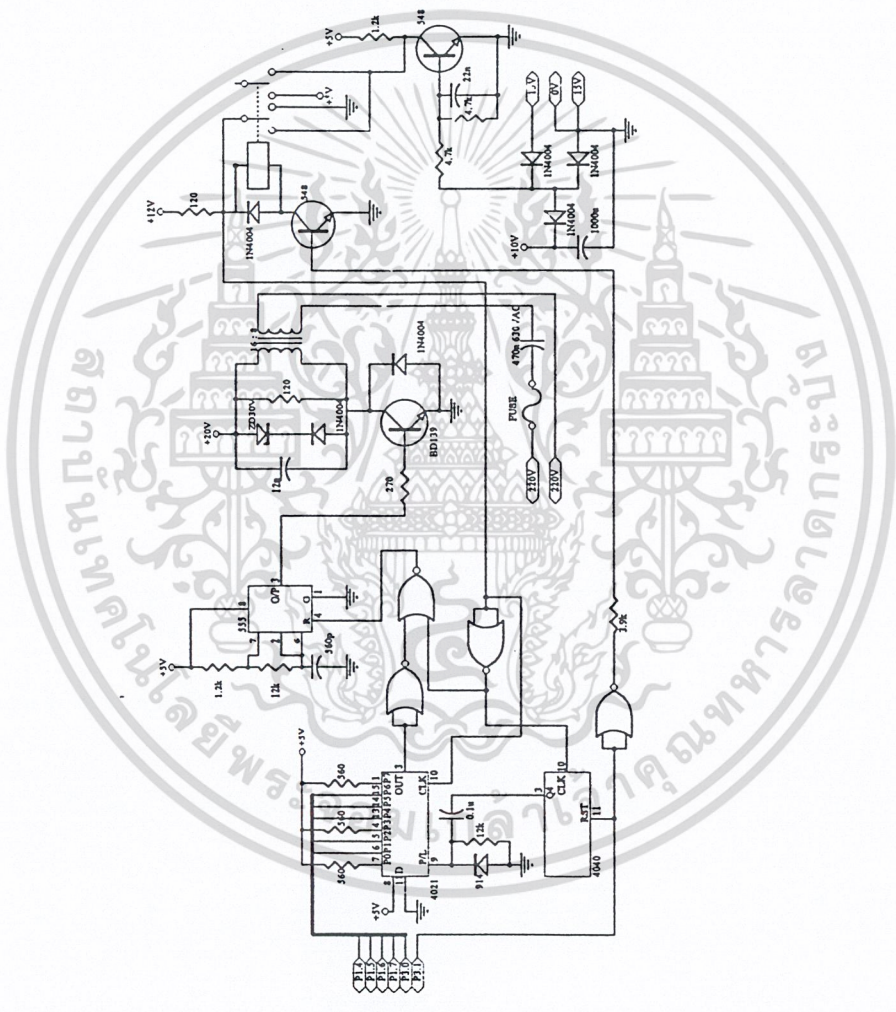


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



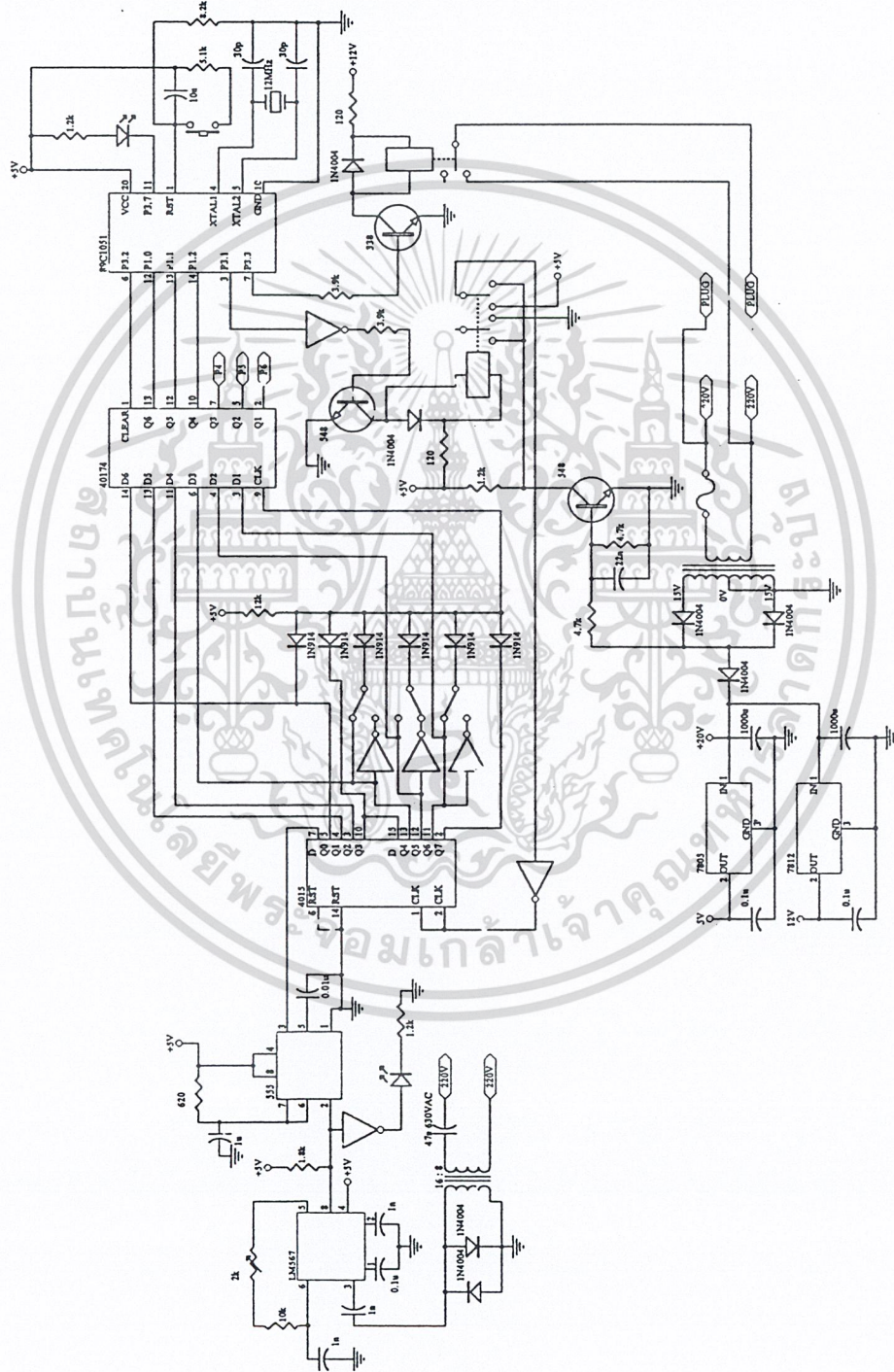
รูปที่ 3.17 แสดงวงจร โทศัพท์และไม่ โครคอน โทลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงวงจรส่งแอดเดรสและกำลังผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงวงจรรับแอดเดรสและกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

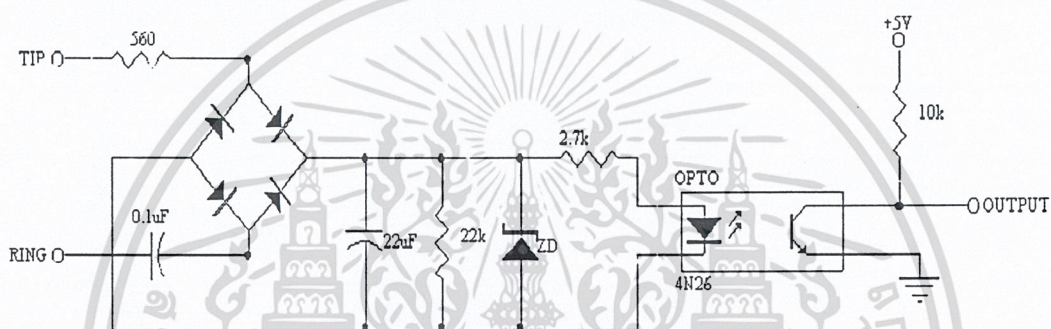
### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 การทดลองและผลการทดลอง

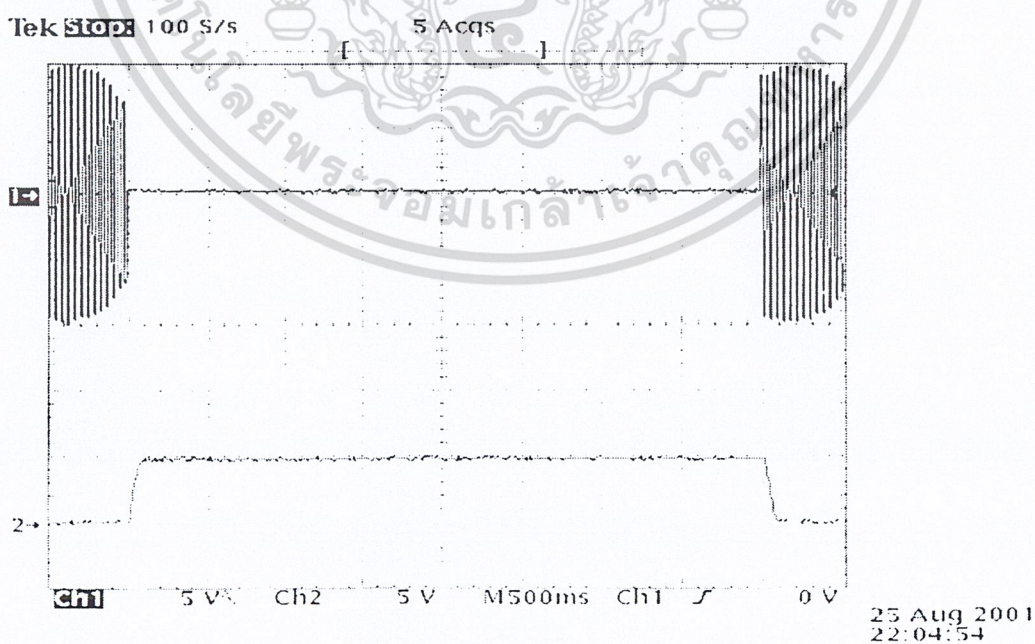
สำหรับในส่วนของวงจรได้แยกการทดลองออกเป็นส่วนๆ เพื่อที่จะได้สะดวกในการทดลอง

##### 4.1.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone

ในส่วนของวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง และตรวจจับว่ามีสัญญาณเข้ามาหรือไม่ โดยมีวงจรดังรูปที่ 4.1 ซึ่งมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.2 โดยใน Ch1 เป็นการจับสัญญาณ TIP และ RING ส่วน Ch2 เป็นการจับสัญญาณที่ OUTPUT กับกราวด์



รูปที่ 4.1 วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone

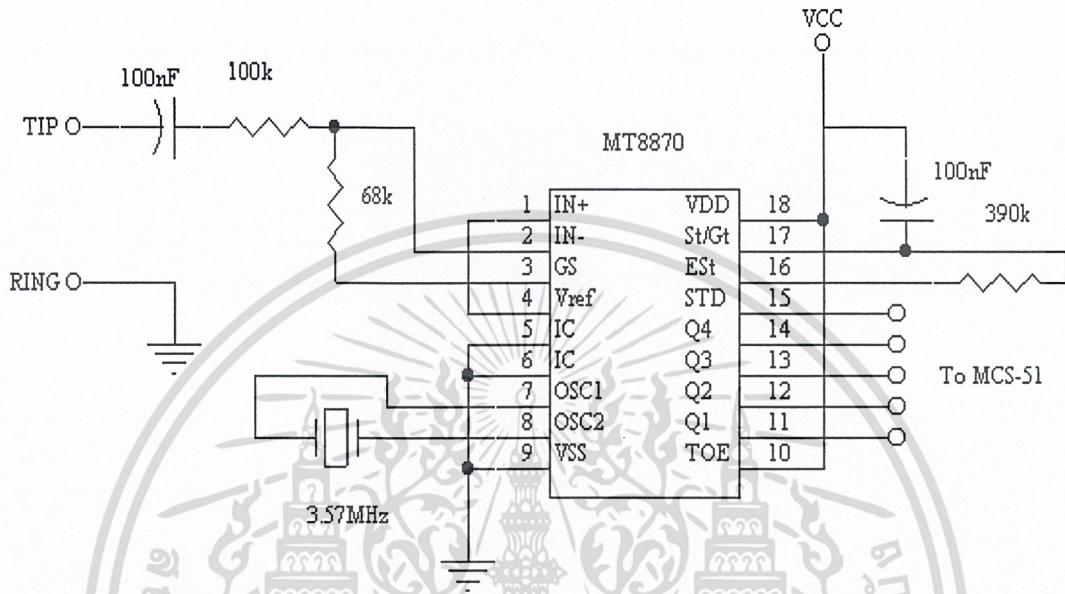


รูปที่ 4.2 รูปสัญญาณ Ringing Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

เมื่อมีการกดรหัสหมายเลขของโทรศัพท์ จะถูกถอดรหัสโดยวงจรถอดรหัส แล้วส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลางเพื่อทำการประมวลผล แล้วส่งสัญญาณไปยังส่วนต่างๆ ของวงจร เพื่อให้ส่วนต่างๆ ทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ โดยวงจรที่ทำการถอดรหัส แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

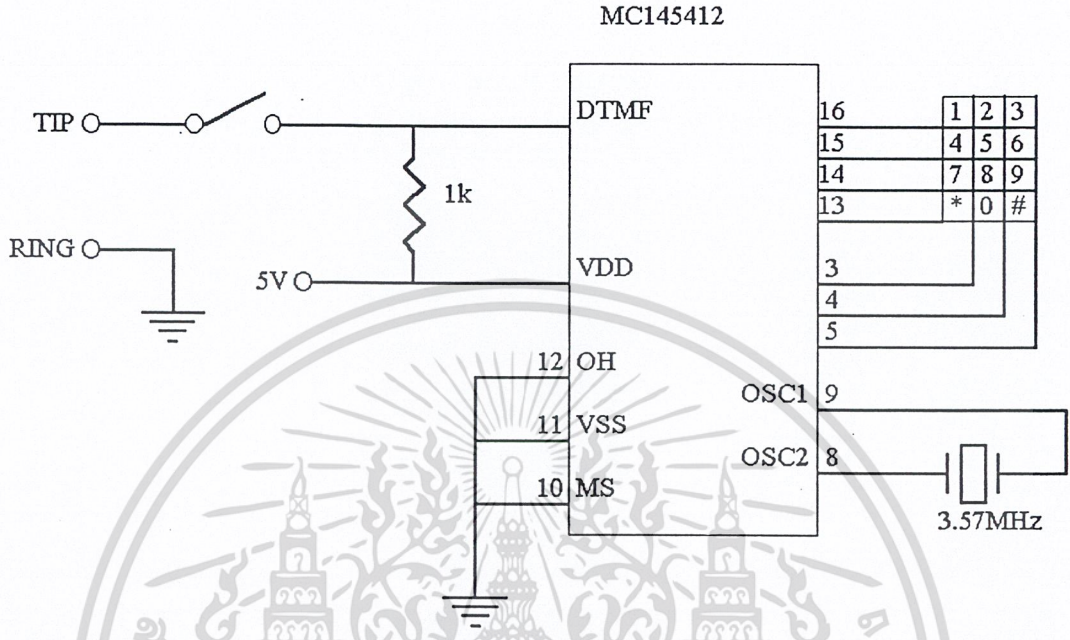
ตารางที่ 4.1 แสดงรหัสที่ได้จากวงจรถอดรหัส

F(Low)	F(HIGH)	KEY	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	1	0	0	0	1
697	1336	2	1	0	0	1	0
697	1477	3	1	0	0	1	1
770	1209	4	1	0	1	0	0
770	1336	5	1	0	1	0	1
770	1477	6	1	0	1	1	0
852	1209	7	1	0	1	1	1
852	1336	8	1	1	0	0	0
852	1477	9	1	1	0	0	1
941	1209	0	1	1	0	1	0
941	1336	*	1	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	1	0	0

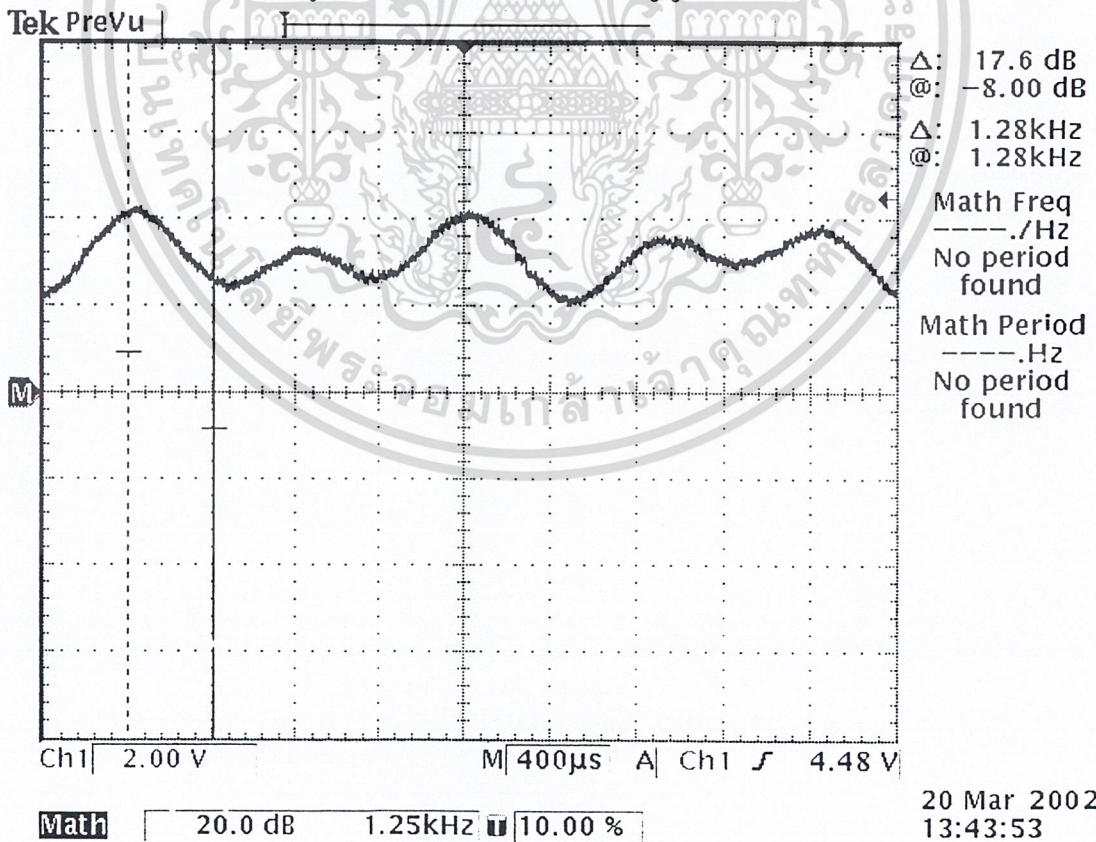
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 วงจรสร้างรหัสสัญญาณ DTMF

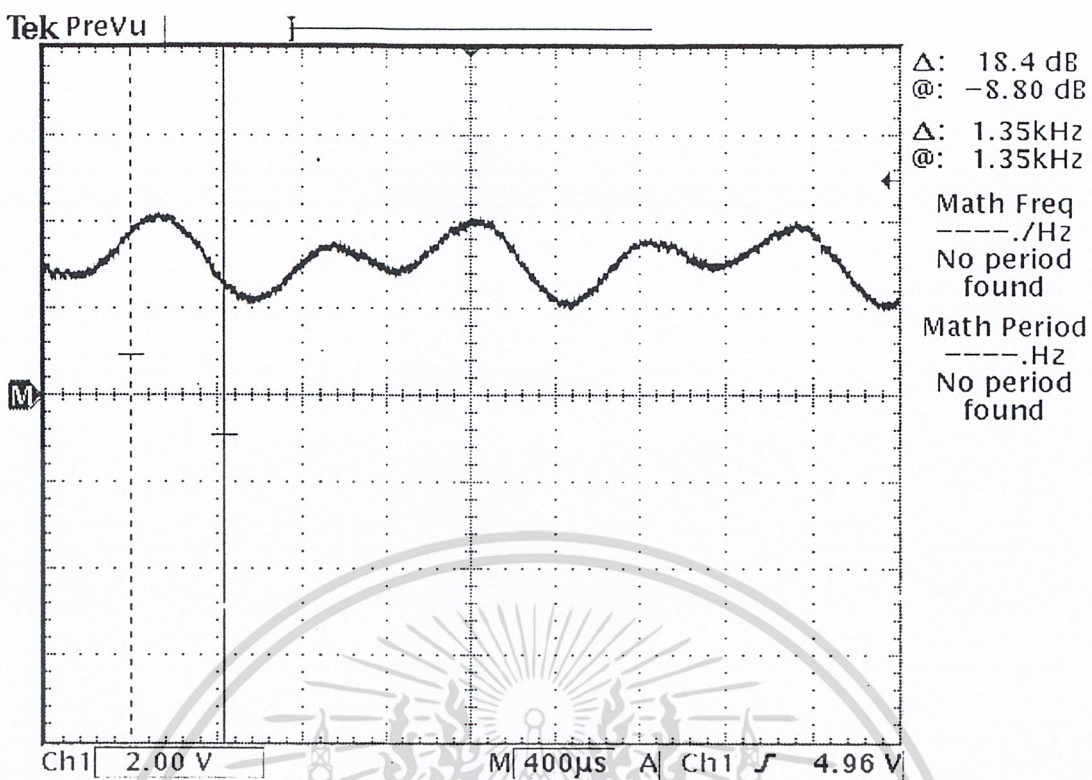
วงจรสร้างรหัสสัญญาณ DTMF นี้ นำใช้สำหรับเครื่องควบคุมในกรณีที่มีการใช้งานควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยตรง โดยไอซีเบอร์ MC145412 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ DTMF ซึ่งมีวงจรการทำงานดังรูปที่ 4.4 และสัญญาณที่ได้จากการกดรหัสดังรูปที่ 4.5, 4.6 และ 4.7



รูปที่ 4.4 แสดงวงจรสร้างรหัสสัญญาณ DTMF



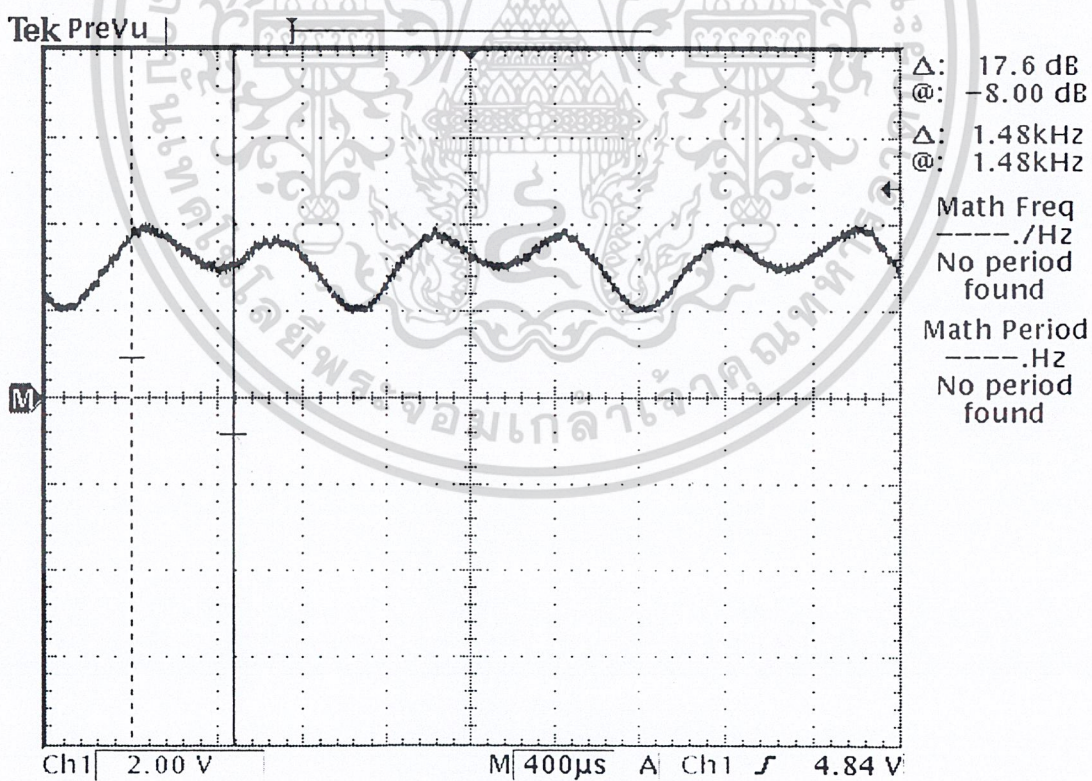
รูปที่ 4.5 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากการกด "1"



**Math** | 20.0 dB | 1.25kHz | 10.00 %

รูปที่ 4.6 รูปสัญญาณที่ได้จากการกด "2"

20 Mar 2002  
13:49:03



**Math** | 20.0 dB | 1.25kHz | 10.00 %

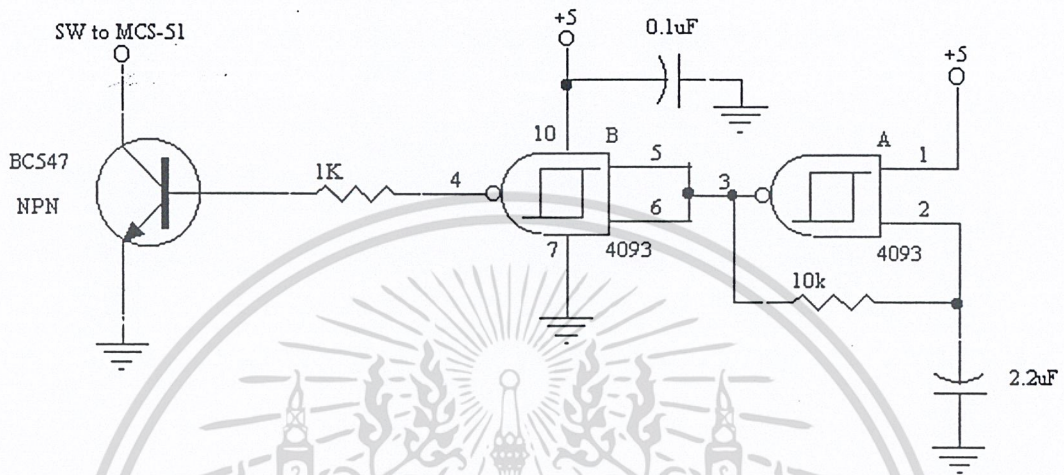
รูปที่ 4.7 รูปสัญญาณที่ได้จากการกด "3"

20 Mar 2002  
13:52:31

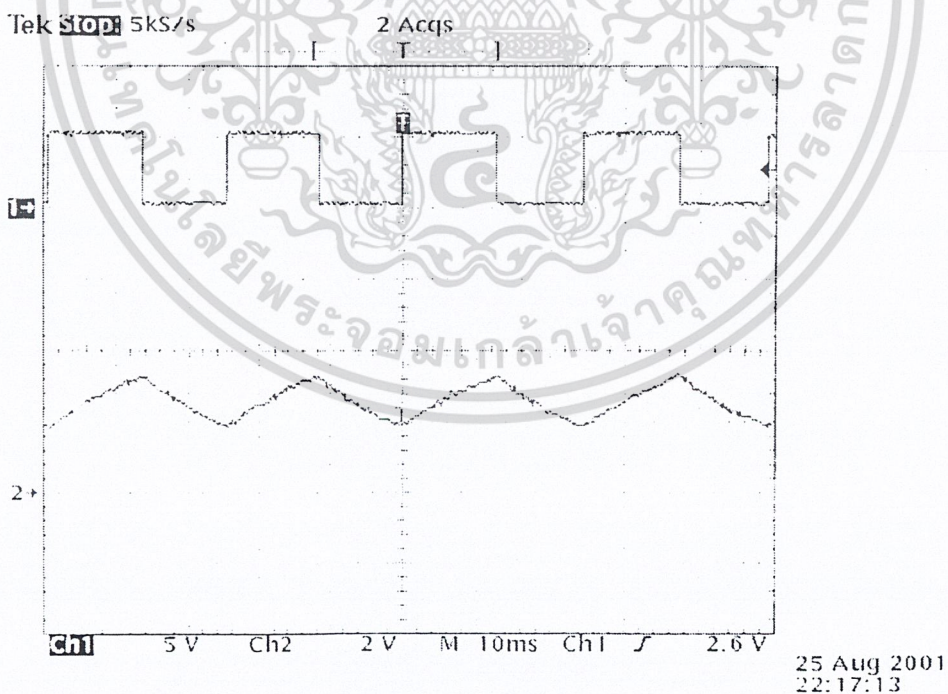
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone

วงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone นี้ นำมาใช้สำหรับเครื่องควบคุมในกรณีที่มีการใช้งานควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งมีวงจรดังรูปที่ 4.8 ซึ่งมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.9 โดย Ch1 เป็นสัญญาณที่ได้จากเครื่องโทรศัพท์ ส่วน Ch2 เป็นการจับสัญญาณที่ขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ เบอร์ BC547 กับกราวด์



รูปที่ 4.8 แสดงวงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone

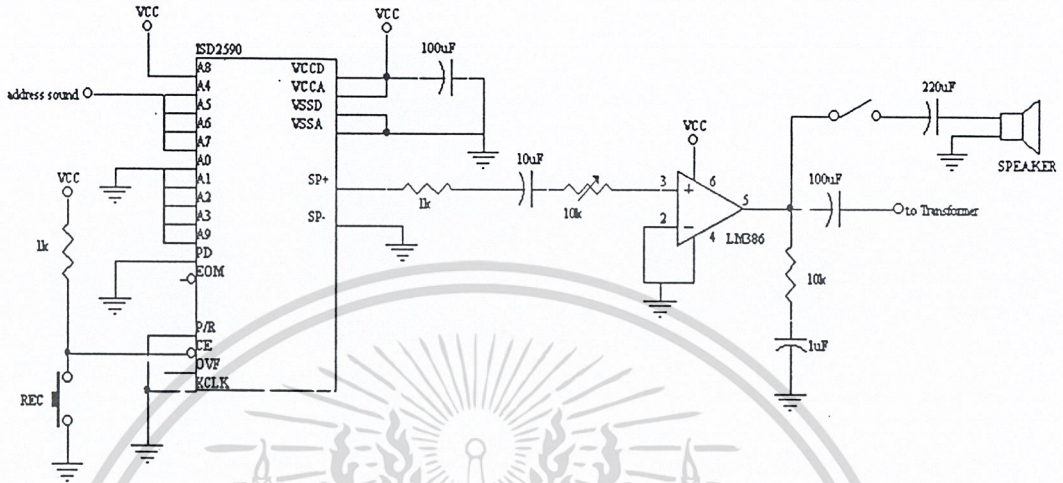


รูปที่ 4.9 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรจำลองสัญญาณ Ringing Tone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 วงจรตอบรับและบันทึกเสียง

เป็นภาคส่งเสียงเพื่อให้ผู้ใช้ง่ายต่อการใช้งาน โดยจะมีเสียงคอยบอกอยู่ตลอดเวลาการทำงาน ให้เราทำตามได้อย่างสะดวก คล้ายๆ กับโทรศัพท์ตอบรับทั่วไป ซึ่งมีวงจรดังรูปที่ 4.10 และมีตารางแอดเดรสของคำพูดดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.10 แสดงวงจรตอบรับและบันทึกเสียง

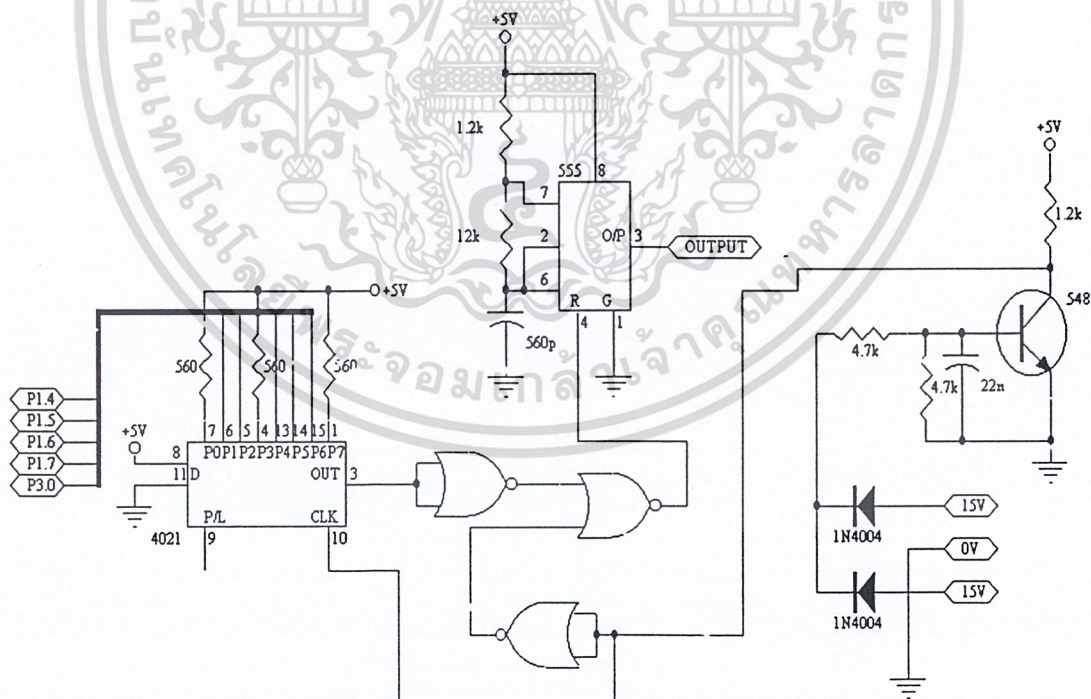
ตารางที่ 4.2 แสดงแอดเดรสของคำพูด

คำพูด	แอดเดรส
1. สวัสดีครับ ขณะนี้ท่านกำลังเข้าสู่ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า	0000 0000
2. กรุณากรห้สผ่าน	0000 1110
3. รหัสผ่านไม่ถูกต้อง กรุณากรห้สผ่านใหม่อีกครั้ง	0001 0011
4. กรุณากรห้หมายเลขในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	0001 1100
5. อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 1	0010 0111
6. อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 2	0010 1101
7. อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 3	0011 1001
8. อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 4	0011 1001
9. อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 5	0011 1110
10. อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 6	0100 0011
11. อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 7	0100 1000
12. อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 8	0100 1101
13. ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน	0101 0010
14. กรุณาเลือกหมายเลขในการควบคุมใหม่	0101 1000
15. เปิดอยู่	0110 0000
16. ปิดอยู่	0110 0011

คำพูด	แอดเดรส
17. ไม่มีสัญญาณตอบรับจาก	0110 0110
18. กด 0 เพื่อปิด, กด 1 เพื่อเปิด, กด 2 เพื่อกลับไปเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่น	0110 1100
19. เปิดเรียบร้อยแล้ว	1000 0000
20. ปิดเรียบร้อยแล้ว	1000 0100
21. ถ้าต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่นอีก กรุณา กด 1	1000 1000
22. หรือ กด 0 เพื่อ	1000 0101
23. จบการทำงาน	1001 1010
24. ขอบคุณครับ	1001 1110

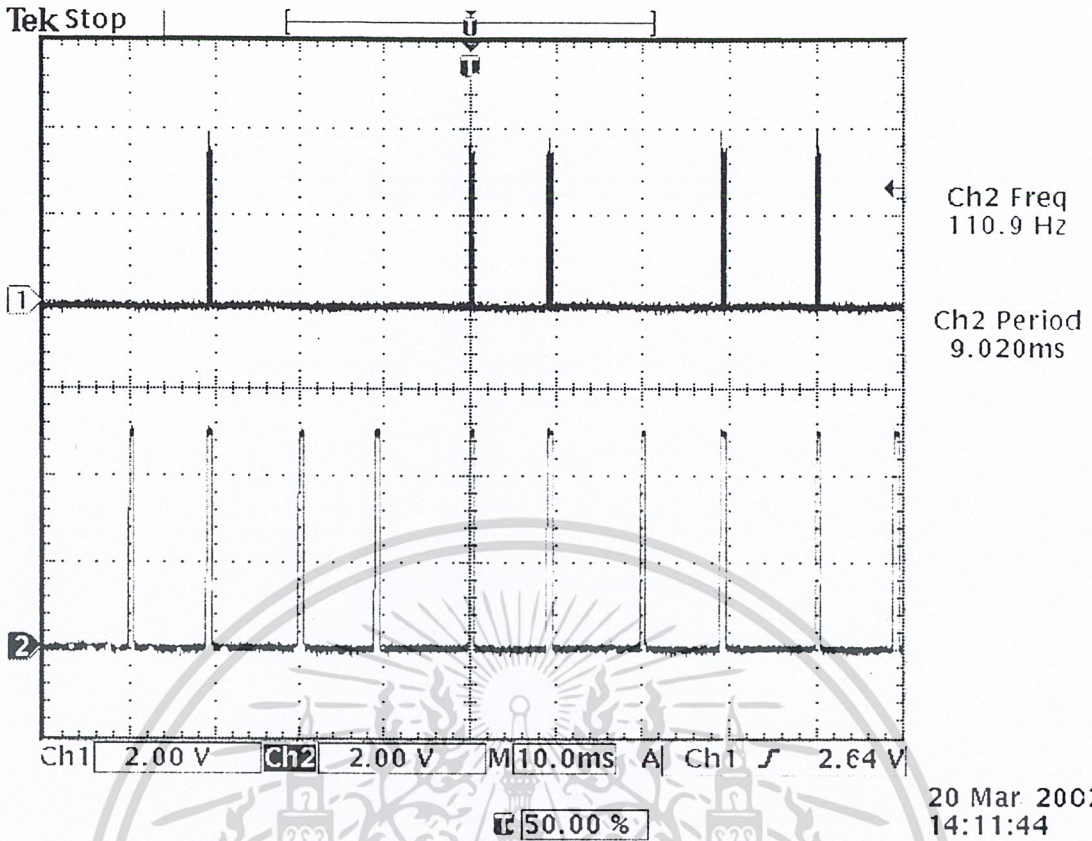
4.1.6 วงจรสร้างความถี่และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

เป็นวงจรสร้างความถี่ 100 KHz โดยใช้ไอซีเบอร์ 555 เป็นตัวสร้างความถี่ออกมา เพื่อส่งความถี่เข้าไปในสายไฟฟ้ากระแสสลับ โดยจะทำการเทียบกับสัญญาณนาฬิกา ซึ่งมีวงจรดังรูปที่ 4.11 และมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.12 โดย Ch1 เป็นสัญญาณที่วัดจากขา 3 ของไอซี 555 กับกราวด์ และ Ch2 เป็นสัญญาณที่วัดจากขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์เบอร์ BC548 กับกราวด์ และรูปที่ 4.13 เป็นรูปสัญญาณที่เหมือนกับรูปที่ 4.12 แต่บันทึกผลการทดลองเป็นความถี่

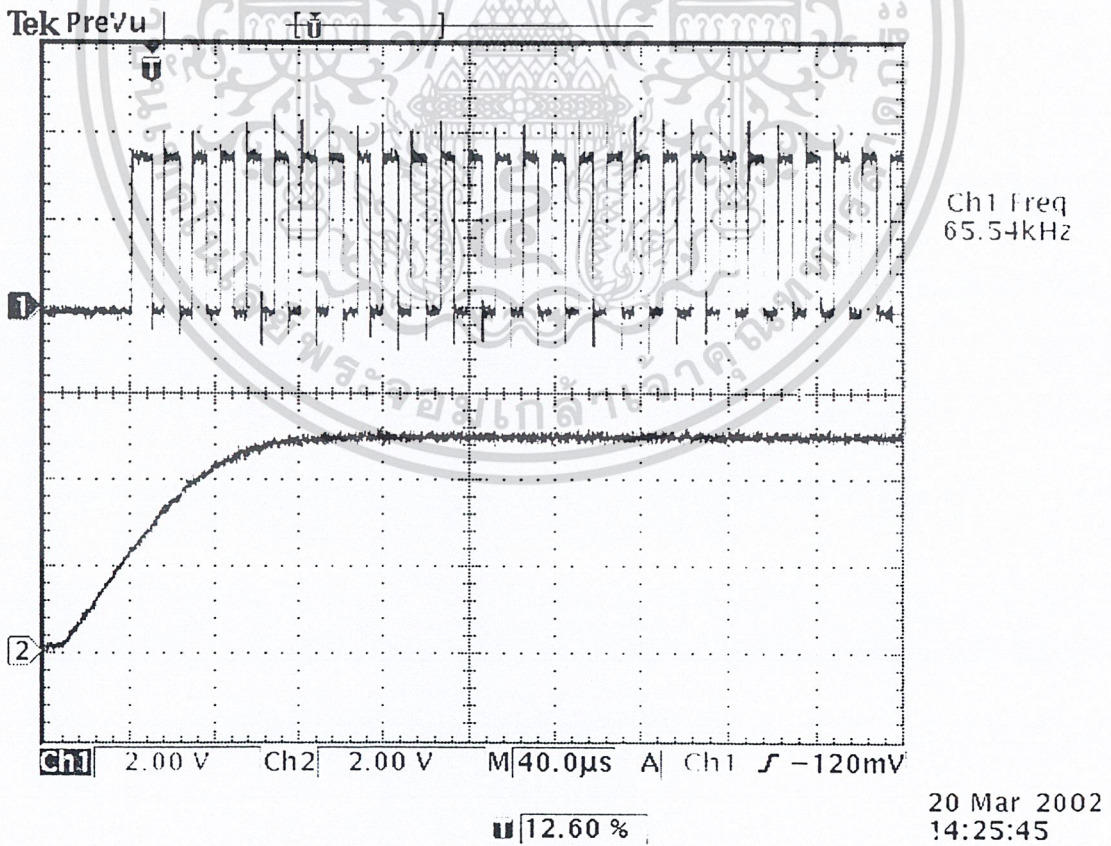


รูปที่ 4.11 แสดงวงจรสร้างความถี่และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรสร้างความถี่และสัญญาณนาฬิกา

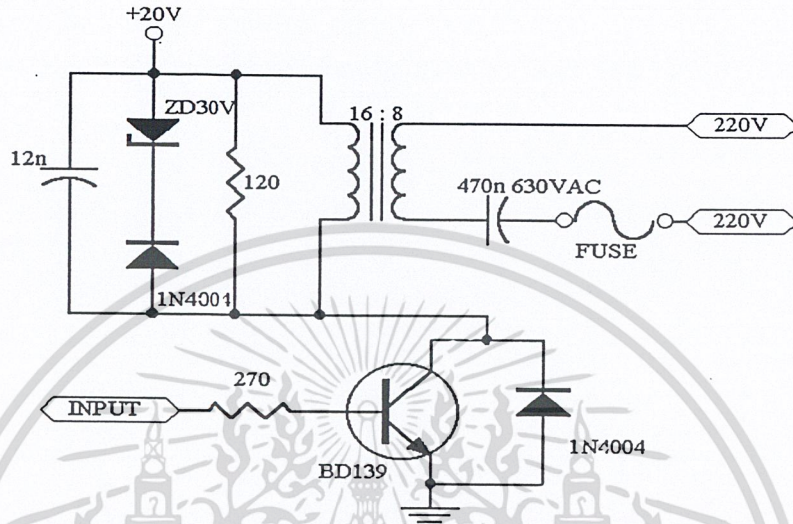


รูปที่ 4.13 รูปสัญญาณที่ได้จากวงจรสร้างความถี่และสัญญาณนาฬิกาโดยการบันทึกความถี่

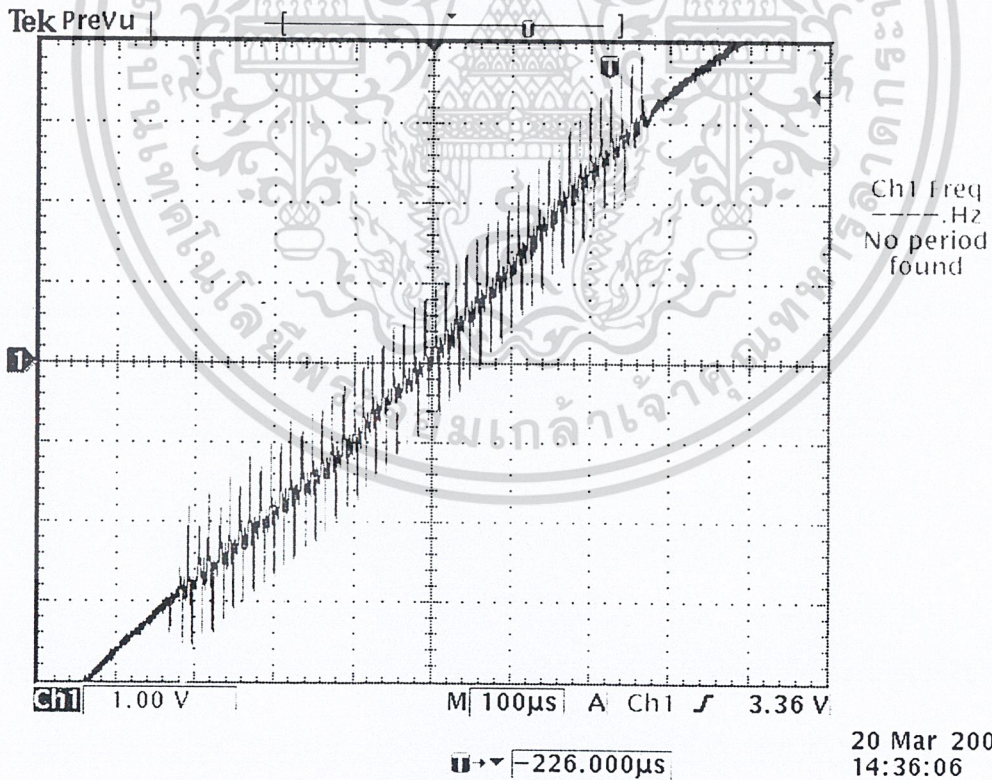
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 วงจรรวมสัญญาณส่งออกในสายไฟฟ้ากระแสสลับ

เป็นวงจรที่รวมสัญญาณที่เป็นรหัสแอดเดรสรวมกับสัญญาณนาฬิกาเพื่อทำการส่งผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับไปยังตัวรับ ซึ่งมีวงจรดังรูปที่ 4.14 และมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.15 ซึ่งเป็นสัญญาณที่วัดจากคอนเนคเตอร์ที่ 220 โวลท์ โดยที่สายสโคปนั้นปรับไปที่ X 10 ทำการวัดเป็นความถี่ที่ทำการคัปปลิ่งที่จุดตัดศูนย์



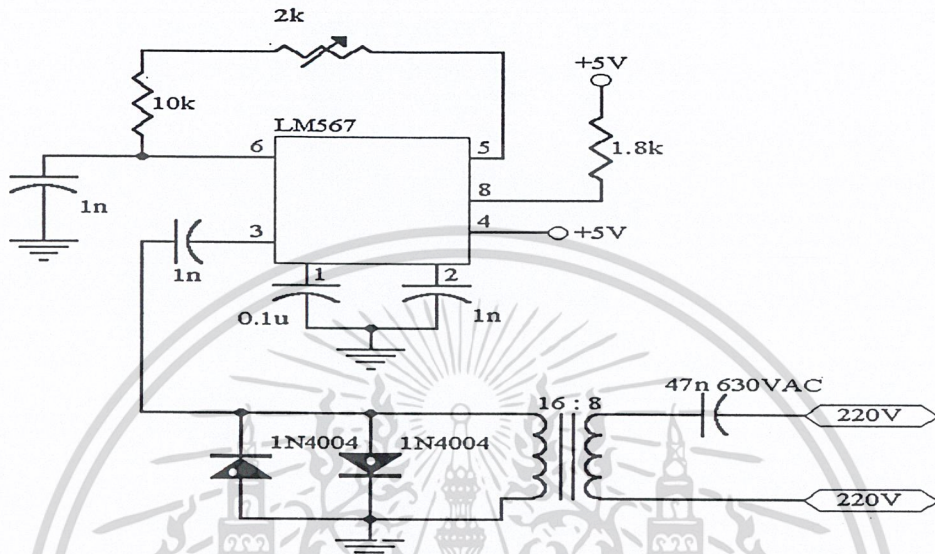
รูปที่ 4.14 แสดงวงจรรวมสัญญาณส่งออกในสายไฟฟ้ากระแสสลับ



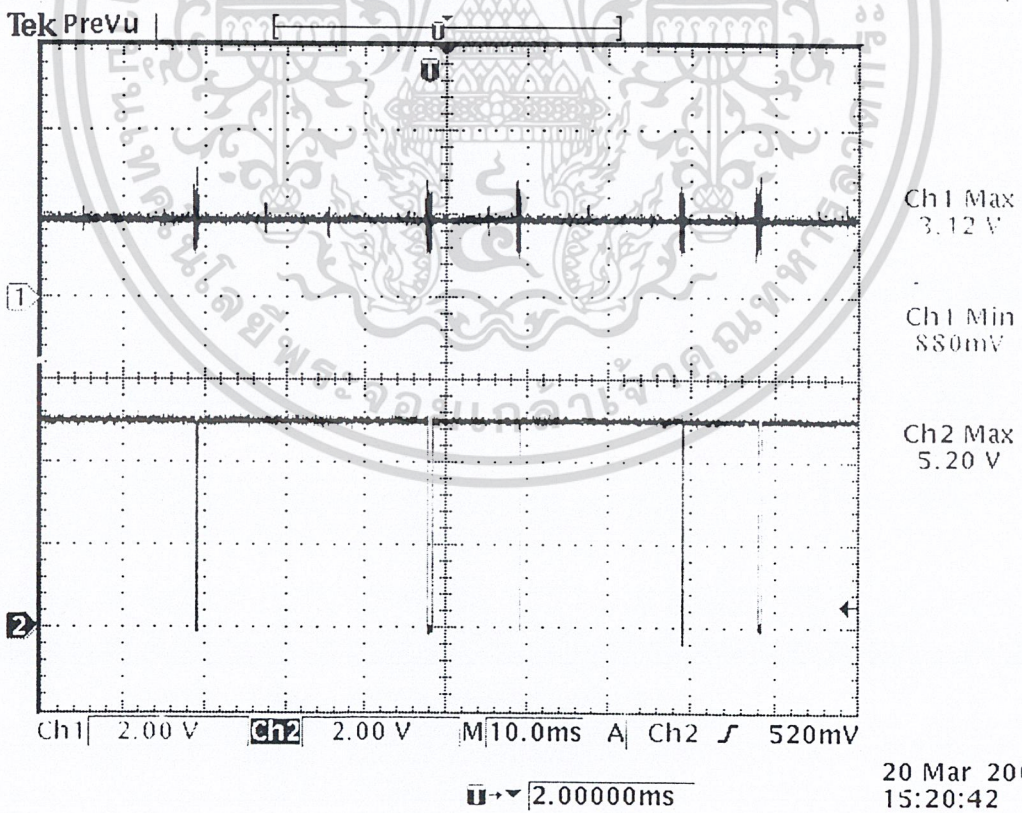
รูปที่ 4.15 แสดงรูปสัญญาณความถี่ที่คัปปลิ่งที่จุดตัดศูนย์ โดยที่สายสโคป X 10

4.1.8 วงจรถอดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ

วงจรถอดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับจะเป็นวงจรที่ทำการถอดความถี่ที่ไม่ได้ใช้งานออกไป เพื่อให้ได้รหัสแอดเดรสและคำสั่งที่ต้องการออกมา ซึ่งมีวงจรดังรูปที่ 4.16 และมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.17 ซึ่งใน Ch1 เป็นสัญญาณอินพุตที่วัดที่ขา 3 ของไอซี LM567 กับกราวด์ และใน Ch2 เป็นสัญญาณที่เอาที่พุ่มที่วัดที่ขา 8 ของไอซี LM567 กับกราวด์



รูปที่ 4.16 แสดงวงจรถอดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ

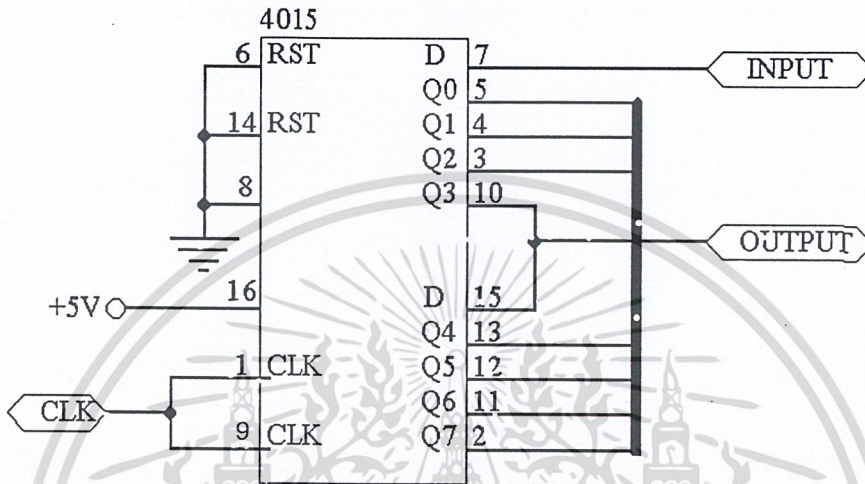


รูปที่ 4.17 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรถอดความถี่ออกจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ

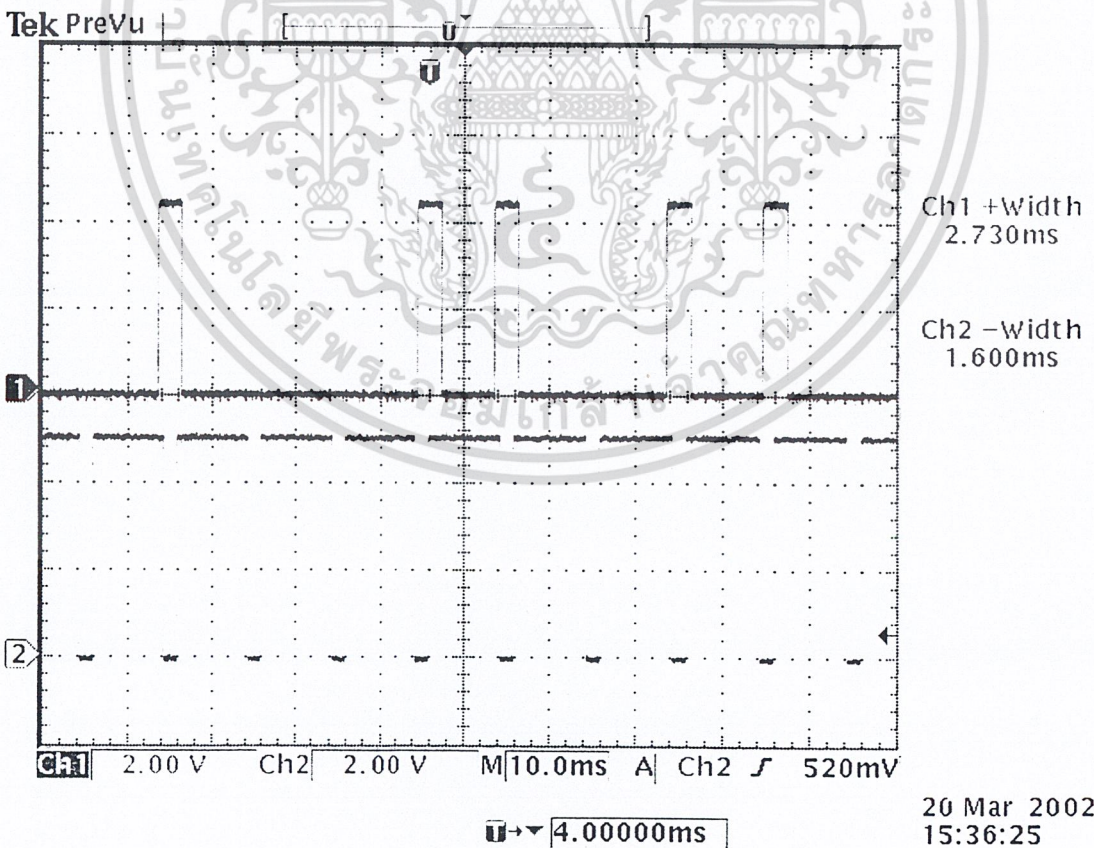
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.9 วงจรตรวจสอบสัญญาณ

เป็นวงจรตรวจสอบสัญญาณที่ได้จากวงจรถดถอยความถี่ ซึ่งสัญญาณที่ได้มานั้นจะเป็นแอดเดรสและคำสั่ง สัญญาณอินพุตที่เข้ามาจะเป็นสัญญาณแบบอนุกรมและสัญญาณเอาต์พุตที่ออกไปจะเป็นสัญญาณแบบขนาน ซึ่งจะให้อิซีเบอร์ 4015 เป็นไอซีตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามา ซึ่งมีวงจรดังรูปที่ 4.18 และผลการทดลองดังรูปที่ 4.19 ใน Ch1 เป็นสัญญาณอินพุตที่วัดที่ขา 7 ของไอซี 4015 กับกราวด์ ใน Ch2 เป็นสัญญาณที่วัดที่ขา 1 ของไอซี 4015 กับกราวด์



รูปที่ 4.18 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณ



รูปที่ 4.19 แสดงรูปสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจสอบสัญญาณ

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์และบทสรุป

#### 5.1 บทสรุป

โครงการนี้เสนอผลงานเกี่ยวกับ เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งสามารถต่อเข้ากับคู่สายภายนอก และคู่สายภายใน ซึ่งการควบคุมเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับเครื่องนี้นั้นถูกออกแบบ ให้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด ทำให้เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับเครื่องนี้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังผลให้มีความสะดวกในการติดตั้งใช้งานและการเคลื่อนย้าย รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดในราคาที่ไม่สูงจนเกินไป ทำให้ต้นทุนที่ใช้ไม่สูงมากนัก

ในการทดลองใช้ไอซีเบอร์ ISD2590 ซึ่งมีข้อดีคือสามารถเลือกตำแหน่งที่ต้องการ บันทึก-เล่นได้ ทางคณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะมีผู้สนใจโครงการนี้และนำไปพัฒนาให้สามารถใช้ประโยชน์ในด้านอื่นได้อีกต่อไป

#### 5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. วงจรสร้างสัญญาณ DTMF (ไอซี MC 145412) จะมีระดับสัญญาณที่อ่อนมากเมื่อนำมาต่อกับสายวงจรตีปและริงค์โดยตรง จะมีผลทำให้สัญญาณที่จะตรวจสอบโดยไอซี MT8870 ไม่สามารถตรวจสอบสัญญาณที่ถูกต้องได้
2. การเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการอินเทอร์พอลอาจทำให้เกิดการอินเทอร์พอลมากเกินไป อันเนื่องมาจากการสไปซ์ของสวิทช์
3. ไอซี ISD2590 จะมีเวลาในการบันทึก 90 วินาทีที่บีทต่ำๆ ค่าของเวลานั้นจะมีค่าน้อยมาก ถ้านำมาใช้ในการบันทึกเสียงและจะทำให้เปลืองสายสัญญาณ
4. ทางภาครับสัญญาณความถี่ที่ส่งมาจากเครื่องส่งจะใช้ไอซี LM567 ในการรับ ซึ่งจะมีค่าของความกว้างพัลส์ไม่แน่นอน จึงมีปัญหาในการตรวจเช็คของสัญญาณ โดยที่สัญญาณจะไม่ตรงกับช่วงความถี่ที่ต้องการ

#### 5.3 การแก้ไขปัญหา

1. สำหรับสัญญาณที่มาจากไอซี MC145412 จะต้องมีกรับปลิ่งสัญญาณรบกวนต่างๆ ออกโดยใช้คาปาซิเตอร์
2. ในการอินเทอร์พอลต้องมีการเขียนวงจรหน่วงเวลาเพื่อป้องกันการเกิดสัญญาณสไปซ์จากสวิทช์
3. เพื่อป้องกันการเปลืองสายสัญญาณจะทำการตัดบีทต่ำๆทิ้งโดยการต่อลงกราวด์แล้วใช้บีทสูงๆแทน
4. ใช้วงจรอะสเตเบิลในการเพิ่มช่วงความกว้างของสัญญาณให้ไปอยู่ตรงกับช่วงสัญญาณที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ

1. ทำให้ได้รับความรู้ความเข้าใจในการทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้า กระแสสลับ
2. เข้าใจ และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง
3. เพื่อเป็นแนวทางให้นักศึกษารุ่นต่อไปได้ศึกษา และพัฒนาระบบเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งนำไปใช้ประโยชน์ทางอื่นได้อีกด้วย

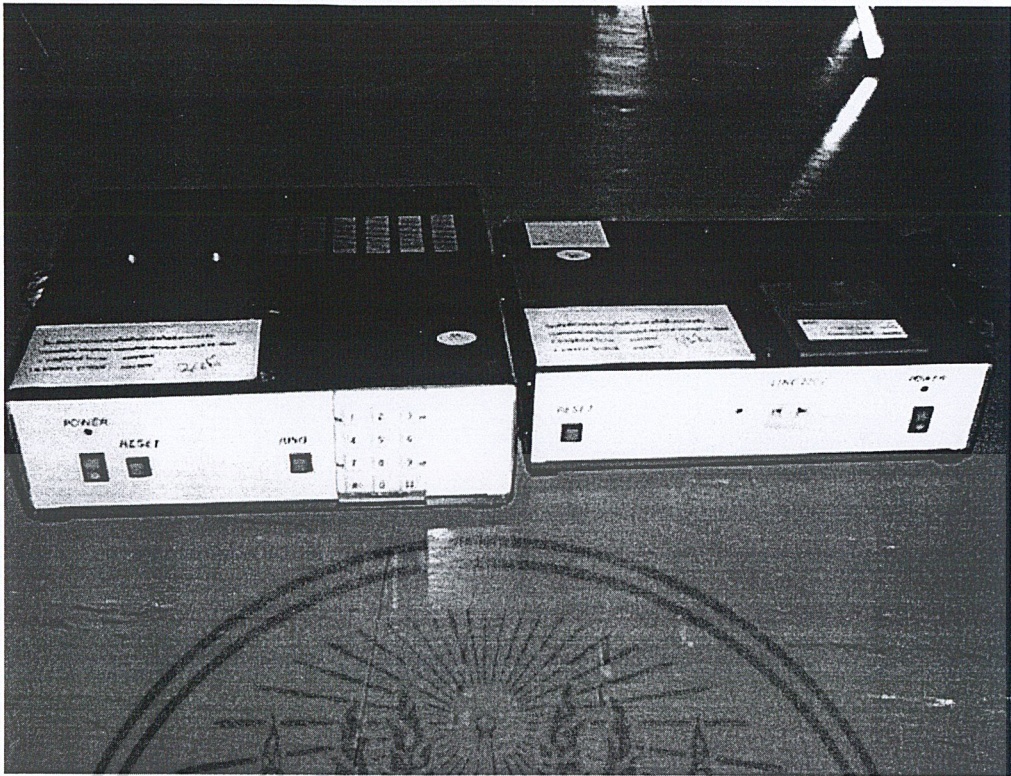


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

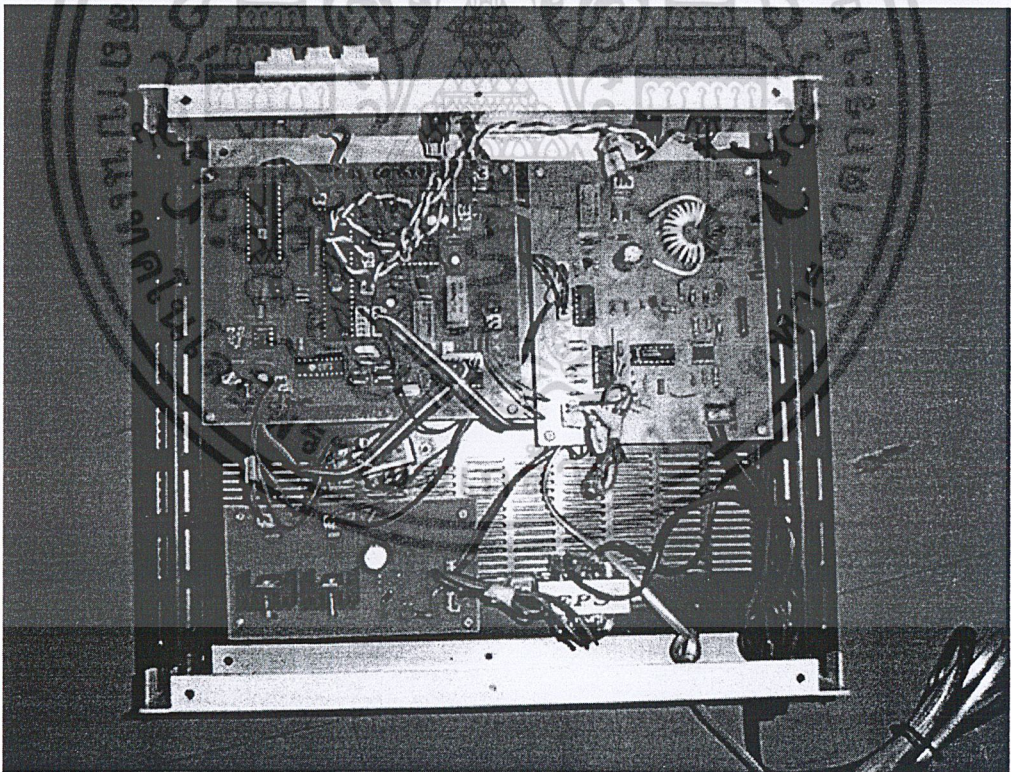


# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

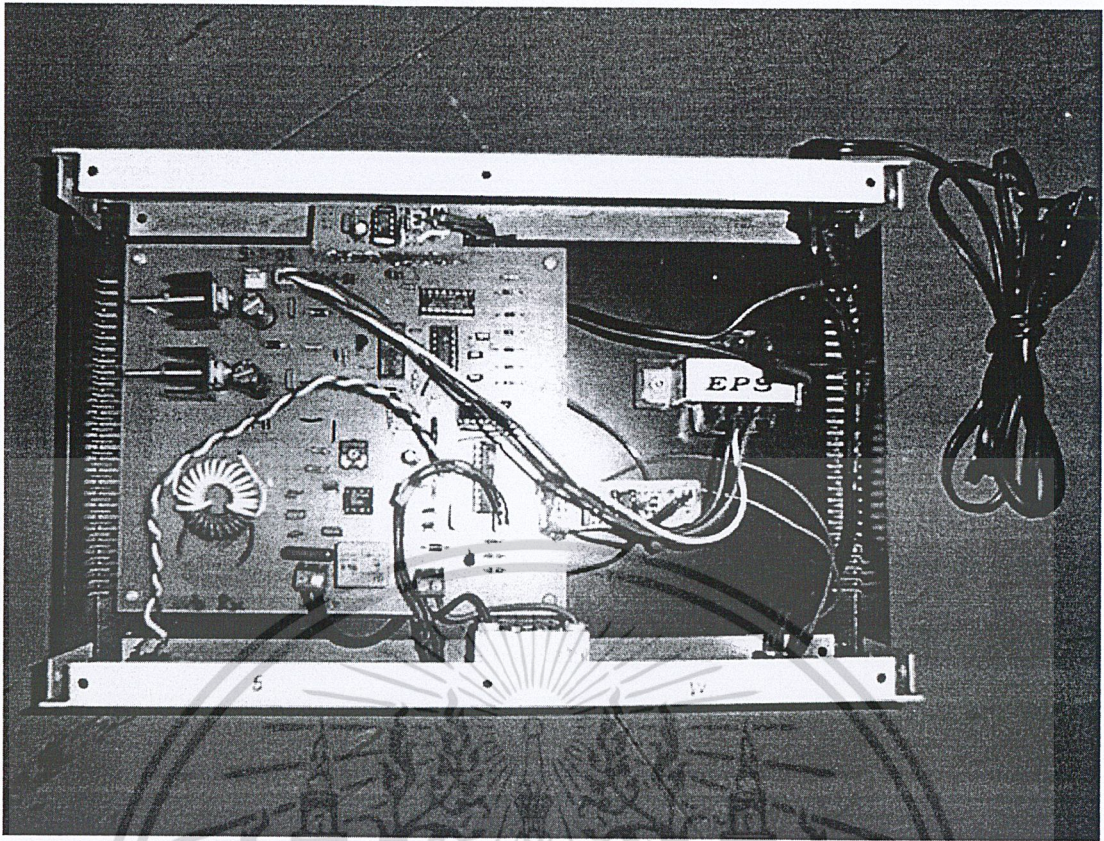


รูปอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับภายนอก



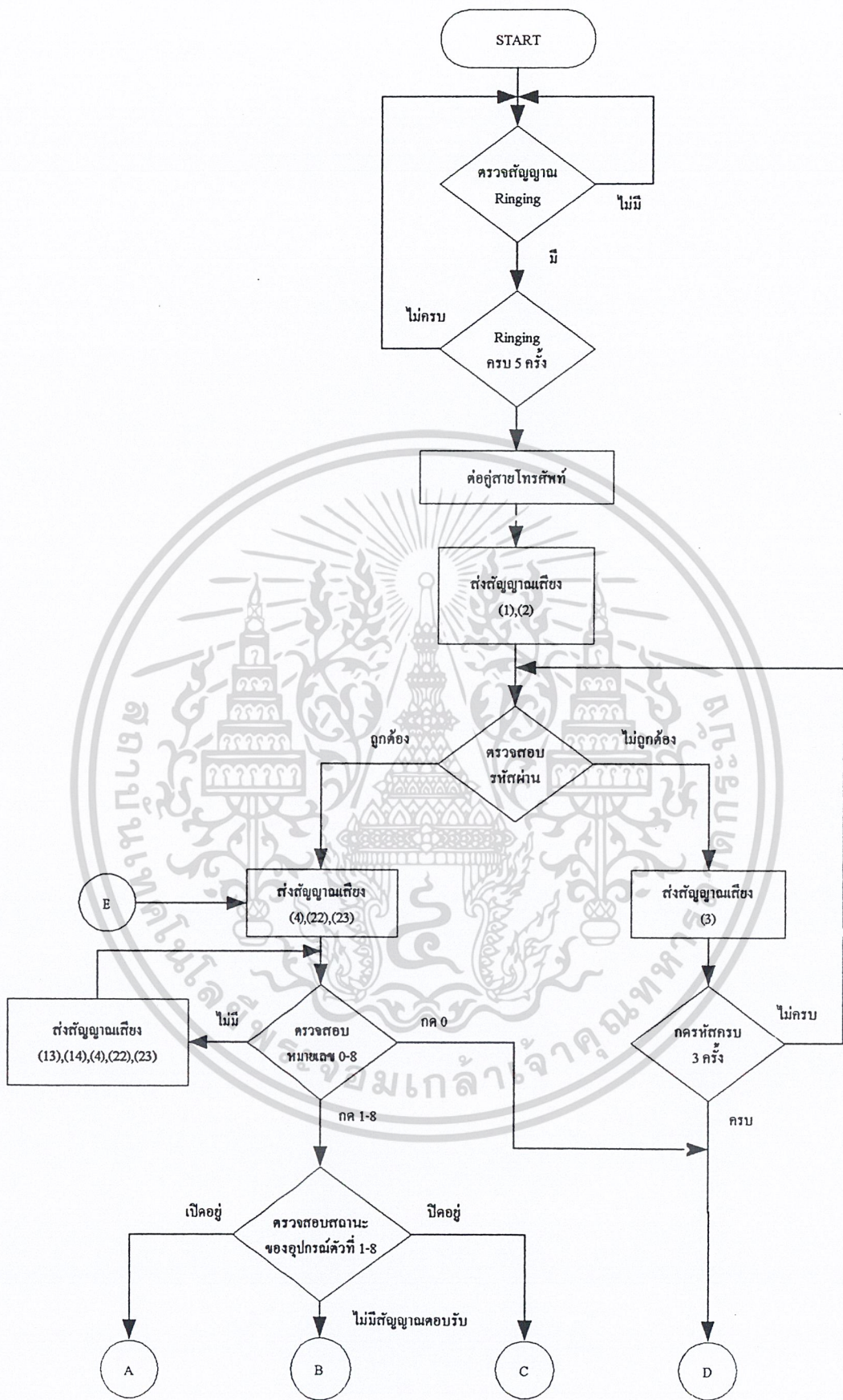
รูปอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับภายในทางด้านส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



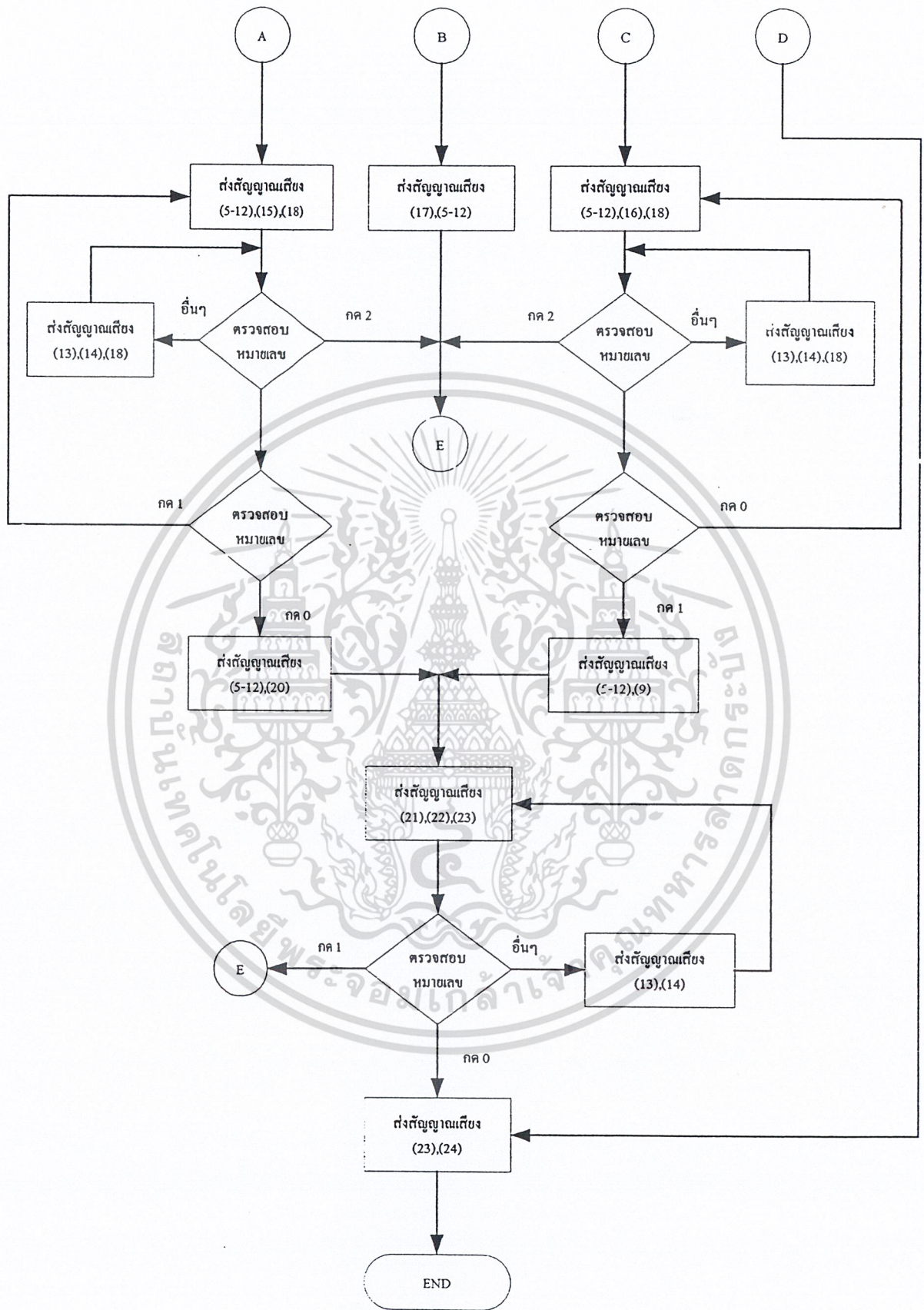
รูปอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับภายในทางด้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง Flow Chart โปรแกรมควบคุมการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง Flow Chart โปรแกรมควบคุมการทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้า (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# ISD2560/75/90/120 Products

## Single-Chip Voice Record/Playback Devices

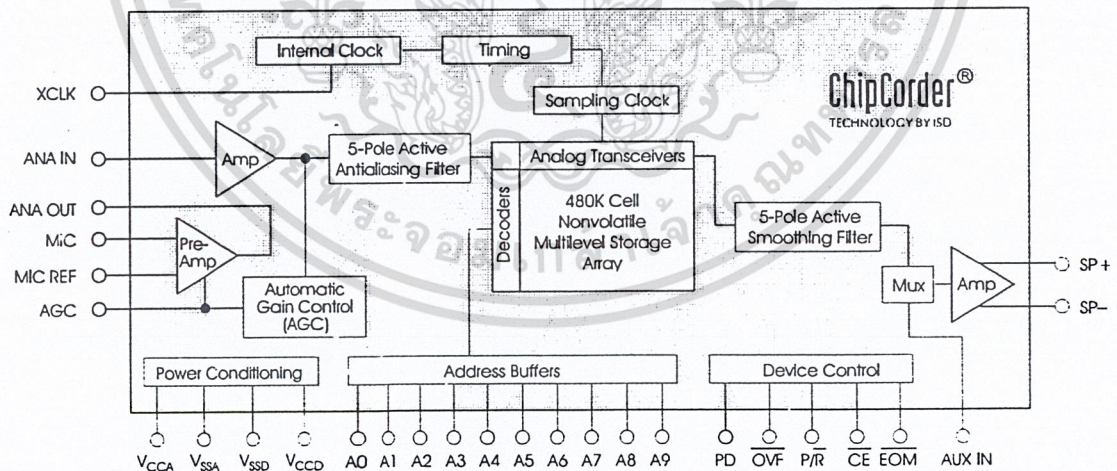
### 60-, 75-, 90-, and 120-Second Durations

#### GENERAL DESCRIPTION

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

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

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



**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  $\mu$ A (typical)
- Zero-power message storage
  - Eliminates battery backup circuits
- Fully addressable to handle multiple messages
- 100-year message retention (typical)
- 100,000 record cycles (typical)
- On-chip clock source
- Programmer support for play-only applications
- Single +5 volt power supply
- Available in die form, DIP, and TSOP packaging
- Industrial temperature (-40°C to +85°C) versions available

**Table: ISD2560/75/90/120 Product Summary**

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

# Table of Contents

## ISD2560/75/90/120 Products

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

DETAILED DESCRIPTION .....	1
Speech/Sound Quality .....	1
Duration .....	1
EEPROM Storage .....	1
Microcontroller Interface .....	1
Programming .....	1
PIN DESCRIPTIONS .....	2
Voltage Inputs ( $V_{CCA}$ , $V_{CCD}$ ) .....	2
Ground Inputs ( $V_{SSA}$ , $V_{SSD}$ ) .....	2
Power Down Input (PD) .....	2
Chip Enable Input ( $\overline{CE}$ ) .....	2
Playback/Record Input (P/ $\overline{R}$ ) .....	3
End-Of-Message / RUN Output ( $\overline{EOM}$ ) .....	3
Overflow Output ( $\overline{OVF}$ ) .....	3
Microphone Input (MIC) .....	3
Microphone Reference Input (MIC REF) .....	3
Automatic Gain Control Input (AGC) .....	3
Analog Output (ANA OUT) .....	3
Analog Input (ANA IN) .....	4
External Clock Input (XCLK) .....	4
Speaker Outputs (SP+/SP-) .....	4
Auxiliary Input (AUX IN) .....	4
Address/Mode Inputs (Ax/Mx) .....	5
OPERATIONAL MODES .....	5
OPERATIONAL MODES DESCRIPTION .....	6
M0 — Message Cueing .....	6
M1 — Delete $\overline{EOM}$ Markers .....	6
M2 — Unused .....	6
M3 — Message Looping .....	6
M4 — Consecutive Addressing .....	6
M5 — $\overline{CE}$ -Level Activated .....	6
M6 — Push-Button Mode .....	6
$\overline{CE}$ Pin (START/PAUSE) .....	7
PD Pin (STOP/RESET) .....	7
EOM Pin (RUN) .....	7
Good Audio Design Practices .....	8
ISD1000A COMPATIBILITY .....	8
Addressing .....	8
Overflow .....	8

ISD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Push-Button Mode .....	8
Looping Mode .....	8
TIMING DIAGRAMS .....	9
TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (PACKAGED PARTS) .....	13
TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (DIE) .....	17
EXPLANATION .....	19
PUSH-BUTTON TIMING DIAGRAMS .....	22
DEVICE PHYSICAL DIMENSIONS .....	23
ORDERING INFORMATION .....	30



**FIGURES, CHARTS, AND TABLES IN THE ISD2560/75/90/120 PRODUCTS DATASHEET**

Figure 1:	ISD2560/75/90/120 Device Pinouts	2
Figure 2:	Record	9
Figure 3:	Playback	9
Figure 4:	ISD2560/75/90/120 Application Example—Design Schematic	18
Figure 5:	ISD2560/75/90/120 Application Example—Microcontroller/ISD2500 Interface	20
Figure 6:	ISD2500 Application Example—Push-Button	20
Figure 7:	Push-Button Mode Record	22
Figure 8:	Push-Button Mode Playback	22
Figure 9:	28-Lead 8x13.4mm Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type I (E)	23
Figure 10:	28-Lead 0.600-Inch Plastic Dual Inline Package (PDIP) (P)	24
Figure 11:	32-Lead 8x20mm Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type I (T)	26
Figure 12:	ISD2560/75/90/120 Products <i>Current</i> Bonding Physical Layout (Unpackaged Die)	27
Figure 13:	ISD2560/75/90/120 Products <i>Future</i> Bonding Physical Layout (Unpackaged Die)	29
Chart 1:	Record Mode Operating Current ( $I_{CC}$ )	13
Chart 2:	Total Harmonic Distortion	13
Chart 3:	Standby Current ( $I_{SB}$ )	13
Chart 4:	Oscillator Stability	13
Chart 5:	Record Mode Operating Current ( $I_{CC}$ )	17
Chart 6:	Total Harmonic Distortion	17
Chart 7:	Standby Current ( $I_{SB}$ )	17
Chart 8:	Oscillator Stability	17
Table 1:	External Clock Sample Rates	4
Table 2:	Operational Modes Table	5
Table 3:	Alternate Functionality in Pins	6
Table 4:	Absolute Maximum Ratings (Packaged Parts)	10
Table 5:	Operating Conditions (Packaged Parts)	10
Table 6:	DC Parameters (Packaged Parts)	10
Table 7:	AC Parameters (Packaged Parts)	11
Table 8:	Absolute Maximum Ratings (Die)	14
Table 9:	Operating Conditions (Die)	14
Table 10:	DC Parameters (Die)	14
Table 11:	AC Parameters (Die)	15
Table 12:	Application Example—Basic Device Control	18
Table 13:	Application Example—Passive Component Functions	19
Table 14:	Application Example—Push-Button Control	21
Table 15:	Application Example—Passive Component Functions	21
Table 16:	Push-Button Parameters	21
Table 17:	Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type I (E) Dimensions	23
Table 18:	Plastic Dual Inline Package (PDIP) (P) Dimensions	24
Table 19:	Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type I (T) Dimensions	26
Table 20:	ISD2560/75/90/120 Products <i>Current</i> PIN/PAD Designations	28
Table 21:	ISD2560/75/90/120 Products <i>Future</i> PIN/PAD Designations	30

## DETAILED DESCRIPTION

### SPEECH/SOUND QUALITY

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

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

### DURATION

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

### EEPROM STORAGE

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

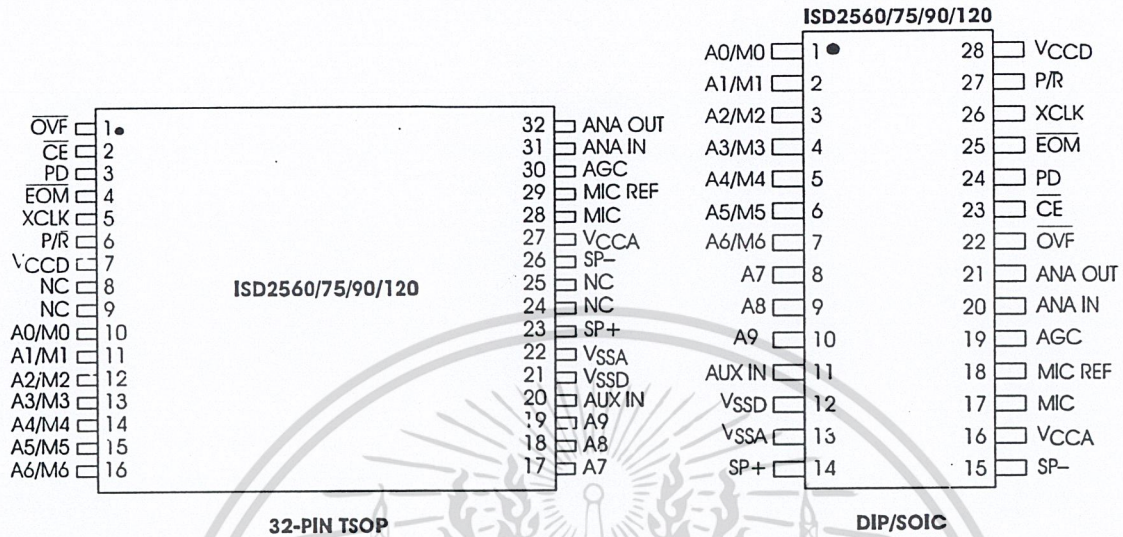
### MICROCONTROLLER INTERFACE

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

### PROGRAMMING

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

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



**PIN DESCRIPTIONS**

**VOLTAGE INPUTS (V<sub>CCA</sub>, V<sub>CCD</sub>)**

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<sub>SSA</sub>, V<sub>SSD</sub>)**

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

**POWER DOWN INPUT (PD)**

When not recording or playing back, the PD pin should be pulled HIGH to place the part in a very low power mode (see I<sub>SB</sub> specification). When overflow (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 (CE)**

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

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

The  $P/\bar{R}$  input is latched by the falling edge of the  $\bar{CE}$  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  $\bar{CE}$  is pulled HIGH or an overflow is detected (i.e. the chip is full). When a record cycle is terminated by pulling PD or  $\bar{CE}$  HIGH, an End-Of-Message ( $\bar{EOM}$ ) 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  $\bar{EOM}$  marker is encountered. The device can continue past an  $\bar{EOM}$  marker in an Operational Mode, or if  $\bar{CE}$  is held LOW in address mode. (See page 5 for more Operational Modes).

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

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

In addition, the ISD2500 series has an internal  $V_{CC}$  detect circuit to maintain message integrity should  $V_{CC}$  fall below 3.5 V. In this case,  $\bar{EOM}$  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 ( $\bar{OVF}$ )

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

### MICROPHONE INPUT (MIC)

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

### MICROPHONE REFERENCE INPUT (MIC REF)

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

### AUTOMATIC GAIN CONTROL INPUT (AGC)

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

**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 K $\Omega$  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  $\pm 1$  percent of specification. The frequency is then maintained to a variation of  $\pm 2.25$  percent over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a  $\pm 5$  percent tolerance over the industrial temperature and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

**Table 1: External Clock Sample Rates**

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

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

**SPEAKER OUTPUTS (SP+ /SP-)**

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

The speaker outputs are held at V<sub>SSA</sub> levels during record and power down. It is therefore not possible to parallel speaker outputs of multiple ISD2500 devices or the outputs of other speaker drivers.

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

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

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

**AUXILIARY INPUT (AUX IN)**

The Auxiliary Input is multiplexed through to the output amplifier and speaker output pins when CE is HIGH, P/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).

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

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

## OPERATIONAL MODES

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

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

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

Table 2: Operational Modes Table

Mode Control	Function	Typical Use	Jointly Compatible <sup>1</sup>
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. Additional Operational Modes can be used simultaneously with the given mode.

**OPERATIONAL MODES DESCRIPTION**

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

**M0 — MESSAGE CUEING**

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

**M1 — DELETE EOM MARKERS**

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

**M2 — UNUSED**

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

**M3 — MESSAGE LOOPING**

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

**M4 — CONSECUTIVE ADDRESSING**

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

**M5 —  $\overline{CE}$ -LEVEL ACTIVATED**

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

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

**M6 — PUSH-BUTTON MODE**

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

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

**Table 3: Alternate Functionality in Pins**

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

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

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

### PD PIN (STOP/RESET)

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

### EOM PIN (RUN)

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

#### Recording in Push-Button Mode

1. The PD pin should be LOW, usually using a pull-down resistor.
2. The  $\text{P}/\overline{\text{R}}$  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  $\text{P}/\overline{\text{R}}$  pin may be taken HIGH at this time. Any subsequent  $\overline{\text{CE}}$  would start a playback at address 0.

5. The  $\overline{\text{CE}}$  pin is pulsed LOW. Recording starts at the next address after the previous set EOM marker.  $\overline{\text{EOM}}$  goes back HIGH.

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

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

#### Playback in Push-Button Mode

1. The PD pin should be LOW.
2. The  $\text{P}/\overline{\text{R}}$  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  $\text{P}/\overline{\text{R}}$  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.

### 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 EOM pin: end-of-message indication and overflow. The ISD2500 separates these two functions. Pin 25 (PDIP package) remains as EOM, but outputs only the EOM signal indication. Pin 22 (PDIP package) becomes 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 CE and PD pins become redefined as edge-activated "push-buttons." A pulse on 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 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.

---

TIMING DIAGRAMS

Figure 2: Record

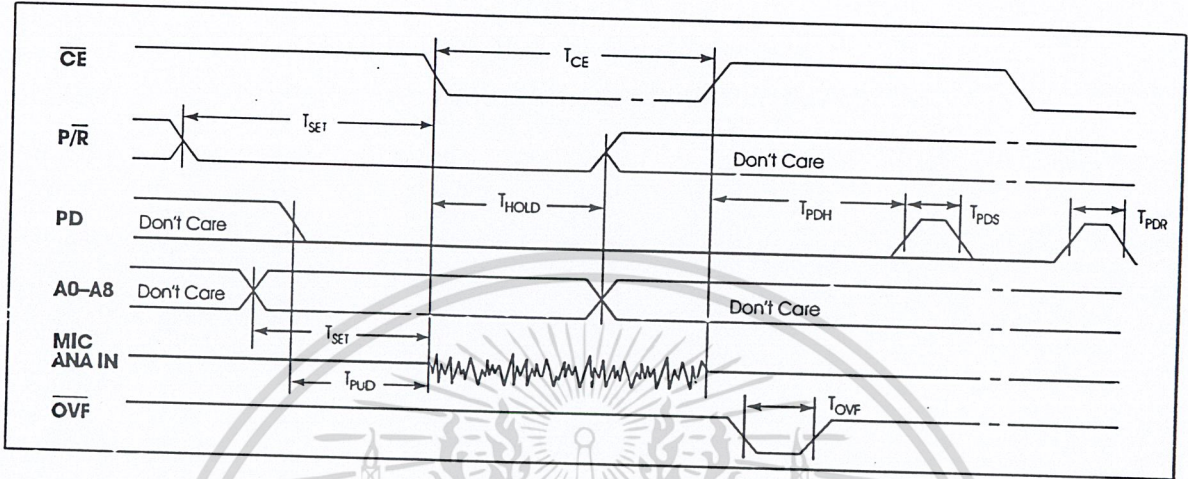
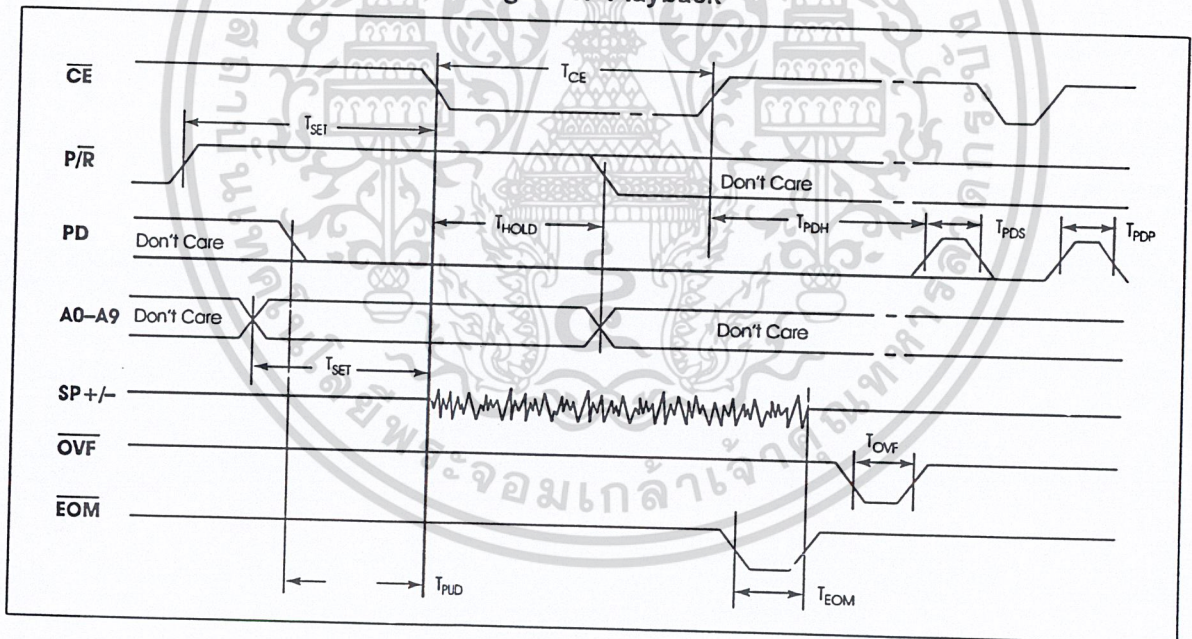


Figure 3: Playback



**Table 4: Absolute Maximum Ratings (Packaged Parts)<sup>(1)</sup>**

Condition	Value
Junction temperature	150°C
Storage temperature range	-65°C to +150°C
Voltage applied to any pin	(V <sub>SS</sub> - 0.3 V) to (V <sub>CC</sub> + 0.3 V)
Voltage applied to any pin (Input current limited to ±20 mA)	(V <sub>SS</sub> - 1.0 V) to (V <sub>CC</sub> + 1.0 V)
Lead temperature (soldering - 10 seconds)	300°C
V <sub>CC</sub> - V <sub>SS</sub>	-0.3 V to +7.0 V

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

**Table 5: Operating Conditions (Packaged Parts)**

Condition	Value
Commercial operating temperature range <sup>(1)</sup>	0°C to +70°C
Industrial operating temperature range <sup>(1)</sup>	-40°C to +85°C
Supply voltage (V <sub>CC</sub> ) <sup>(2)</sup>	+4.5 V to +5.5 V
Ground voltage (V <sub>SS</sub> ) <sup>(3)</sup>	0 V

1. Case temperature.
2. V<sub>CC</sub> = V<sub>CCA</sub> = V<sub>CDD</sub>.
3. V<sub>SS</sub> = V<sub>SSA</sub> = V<sub>SSD</sub>.

**Table 6: DC Parameters (Packaged Parts)**

Symbol	Parameters	Min <sup>(2)</sup>	Typ <sup>(1)</sup>	Max <sup>(2)</sup>	Units	Conditions
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage			0.8	V	
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	2.0			V	
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage			0.4	V	I <sub>OL</sub> = 4.0 mA
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage	V <sub>CC</sub> - 0.4			V	I <sub>OH</sub> = -10 μA
V <sub>OH1</sub>	OVF Output High Voltage	2.4			V	I <sub>OH</sub> = -1.6 mA
V <sub>OH2</sub>	EOM Output High Voltage	V <sub>CC</sub> - 1.0	V <sub>CC</sub> - 0.8		V	I <sub>OH</sub> = -3.2 mA
I <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> Current (Operating)		25	30	mA	R <sub>EXT</sub> = ∞ <sup>(3)</sup>
I <sub>SB</sub>	V <sub>CC</sub> Current (Standby)		1	10	μA	<sup>(3)</sup>
I <sub>IL</sub>	Input Leakage Current			±1	μA	
I <sub>ILPD</sub>	Input Current HIGH with Pull Down			130	μA	Force V <sub>CC</sub> <sup>(4)</sup>
R <sub>EXT</sub>	Output Load Impedance	16			Ω	Speaker Load
R <sub>MIC</sub>	Preamp In Input Resistance	4	9	15	KΩ	MIC and MIC REF Pins
R <sub>AUX</sub>	AUX INPUT Resistance	5	11	20	KΩ	

Table 6: DC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Parameters	Min <sup>(2)</sup>	Typ <sup>(1)</sup>	Max <sup>(2)</sup>	Units	Conditions
R <sub>ANA IN</sub>	ANA IN Input Resistance	2.3	3	5	K $\Omega$	
A <sub>PRE1</sub>	Preamp Gain 1	21	24	26	dB	AGC = 0.0 V
A <sub>PRE2</sub>	Preamp Gain 2		-15	5	dB	AGC = 2.5 V
A <sub>AUX</sub>	AUX IN/SP+ Gain		0.98	1.0	V/V	
A <sub>ARP</sub>	ANA IN to SP +/- Gain	21	23	26	dB	
R <sub>AGC</sub>	AGC Output Resistance	2.5	5	9.5	K $\Omega$	

1. Typical values @ T<sub>A</sub> = 25°C and 5.0 V.

2. All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.

3. V<sub>CCA</sub> and V<sub>CCD</sub> connected together.

4. XCLK pin only.

Table 7: AC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Characteristic	Min <sup>(2)</sup>	Typ <sup>(1)</sup>	Max <sup>(2)</sup>	Units	Conditions	
F <sub>S</sub>	Sampling Frequency	ISD2560	8.0		KHz	(7)	
		ISD2575	6.4		KHz	(7)	
		ISD2590	5.3		KHz	(7)	
		ISD25120	4.0		KHz	(7)	
F <sub>CF</sub>	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 <sub>REC</sub>	Record Duration	ISD2560	58.1	60.0	62.0	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD2560	56.5	60.0	63.8	sec	Industrial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD2575	72.6	75.0	77.5	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD2575	70.7	75.0	79.7	sec	Industrial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD2590	87.1	90.0	93.0	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD25120	116.1	120.0	123.9	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
T <sub>PLAY</sub>	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 <sub>CE</sub>	CE Pulse Width		100		nsec		
T <sub>SET</sub>	Control/Address Setup Time		300		nsec		
T <sub>HOLD</sub>	Control/Address Hold Time		0		nsec		

Table 7: AC Parameters (Packaged Parts)

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

1. Typical values @ T<sub>A</sub> = 25°C and 5.0 V.

2. All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.

3. Low-frequency cutoff depends upon the value of external capacitors (see Pin Descriptions).

4. From AUX IN; if ANA IN is driven at 50 mV p-p, the P<sub>OUT</sub> = 12.2 mW, typical.

5. With 5.1 KΩ series resistor at ANA IN.

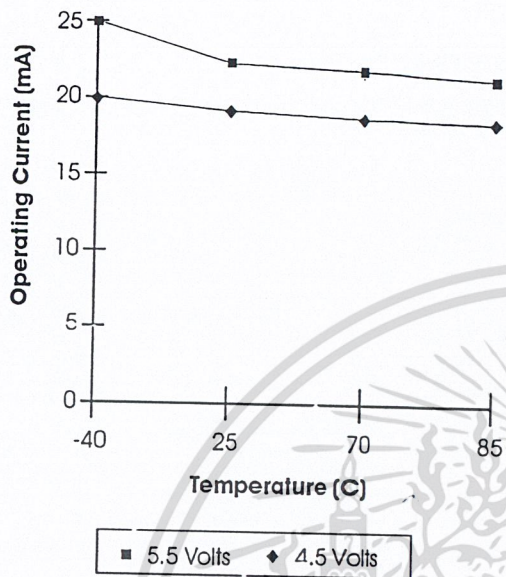
6. T<sub>PDS</sub> is required during a static condition, typically overflow.

7. Sampling Frequency and playback Duration can vary as much as ±2.25 percent over the commercial temperature range and voltage range and ±5 percent over the Industrial temperature and voltage range. For greater stability, an external clock can be utilized (see Pin Descriptions).

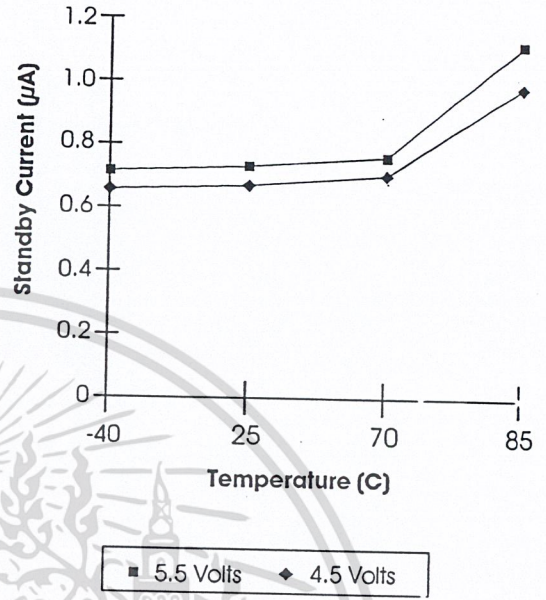
8. Filter specification applies to both the anti-aliasing filter and the smoothing filter. Therefore, from input to output, expect a 6 dB drop by nature of passing through both filters.

**TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (PACKAGED PARTS)**

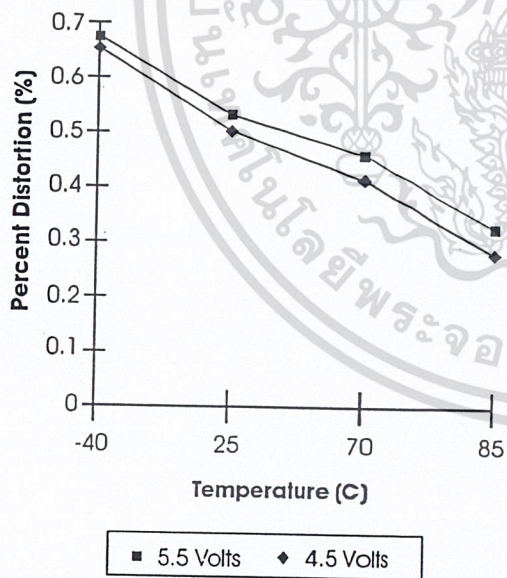
**Chart 1: Record Mode Operating Current (I<sub>cc</sub>)**



**Chart 3: Standby Current (I<sub>SB</sub>)**



**Chart 2: Total Harmonic Distortion**



**Chart 4: Oscillator Stability**

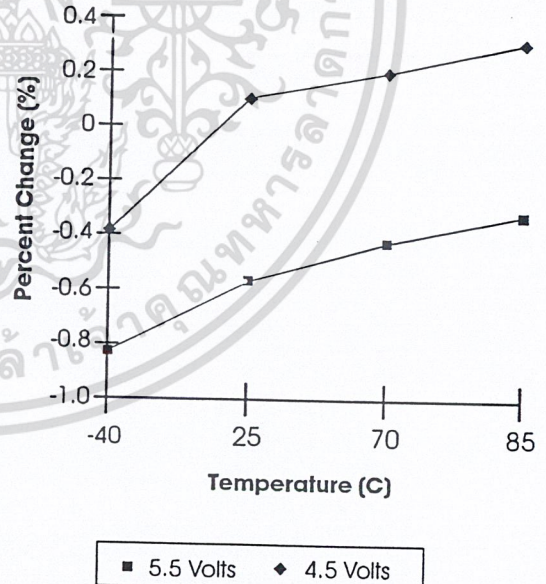


Table 8: Absolute Maximum Ratings (Die)<sup>(1)</sup>

Condition	Value
Junction temperature	150°C
Storage temperature range	-65°C to +150°C
Voltage applied to any pad	(V <sub>SS</sub> - 0.3 V) to (V <sub>CC</sub> + 0.3 V)
Voltage applied to any pad (Input current limited to ±20 mA)	(V <sub>SS</sub> - 1.0 V) to (V <sub>CC</sub> + 1.0 V)
V <sub>CC</sub> - V <sub>SS</sub>	-0.3 V to +7.0 V

Table 9: Operating Conditions (Die)

Condition	Value
Commercial operating temperature range	0°C to +50°C
Supply voltage (V <sub>CC</sub> ) <sup>(1)</sup>	+4.5 V to +6.5 V
Ground voltage (V <sub>SS</sub> ) <sup>(2)</sup>	0 V

1. V<sub>CC</sub> = V<sub>CCA</sub> = V<sub>CCD</sub>.2. V<sub>SS</sub> = V<sub>SSA</sub> = V<sub>SSD</sub>.

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 10: DC Parameters (Die)

Symbol	Parameters	Min <sup>(2)</sup>	Typ <sup>(1)</sup>	Max <sup>(2)</sup>	Units	Conditions
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage			0.8	V	
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	2.0			V	
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage			0.4	V	I <sub>OL</sub> = 4.0 mA
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage	V <sub>CC</sub> - 0.4			V	I <sub>OH</sub> = -10 μA
V <sub>OH1</sub>	OVF Output High Voltage	2.4			V	I <sub>OH</sub> = -1.6 mA
V <sub>OH2</sub>	EOM Output High Voltage	V <sub>CC</sub> - 1.0	V <sub>CC</sub> - 0.8		V	I <sub>OH</sub> = -3.2 mA
I <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> Current (Operating)		25	30	mA	R <sub>EXT</sub> = ∞ <sup>(3)</sup>
I <sub>SB</sub>	V <sub>CC</sub> Current (Standby)		1	10	μA	<sup>(2)</sup>
I <sub>IL</sub>	Input Leakage Current			±1	μA	
I <sub>ILPD</sub>	Input Current HIGH with Pull Down			130	μA	Force V <sub>CC</sub> <sup>(4)</sup>
R <sub>EXT</sub>	Output Load Impedance	16			Ω	Speaker Load
R <sub>MIC</sub>	Preamp In Input Resistance	4	9	15	KΩ	MIC and MIC REF Pads
R <sub>AUX</sub>	AUX Input Resistance	5	11	20	KΩ	
R <sub>ANA IN</sub>	ANA IN Input Resistance	2.3	3	5	KΩ	
A <sub>PRE1</sub>	Preamp Gain 1	21	24	26	dB	AGC = 0.0 V

Table 10: DC Parameters (Die)

Symbol	Parameters	Min <sup>(2)</sup>	Typ <sup>(1)</sup>	Max <sup>(2)</sup>	Units	Conditions
A <sub>PRE2</sub>	Preamplifier Gain 2		-15	5	dB	AGC = 2.5 V
A <sub>AUX</sub>	AUX IN/SP+ Gain		0.98	1.0	V/V	
A <sub>ARP</sub>	ANA IN to SP+/- Gain	21	23	26	dB	
R <sub>AGC</sub>	AGC Output Resistance	2.5	5	9.5	K $\Omega$	

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

Table 11: AC Parameters (Die)

Symbol	Characteristic	Min <sup>(2)</sup>	Typ <sup>(1)</sup>	Max <sup>(2)</sup>	Units	Conditions	
F <sub>s</sub>	Sampling Frequency	ISD2560	8.0		KHz	(7)	
		ISD2575	6.4		KHz	(7)	
		ISD2590	5.3		KHz	(7)	
		ISD25120	4.0		KHz	(7)	
F <sub>CF</sub>	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 <sub>REC</sub>	Record Duration	ISD2560	58.1	60.0	62.0	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD2575	72.6	75.0	77.5	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD2590	87.1	90.0	93.0	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD25120	116.1	120.0	123.9	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
T <sub>PLAY</sub>	Playback Duration	ISD2560	58.1	60.0	62.0	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD2575	72.6	75.0	77.5	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD2590	87.1	90.0	93.0	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
		ISD25120	116.1	120.0	123.9	sec	Commercial Operation <sup>(7)</sup>
T <sub>CE</sub>	CE Pulse Width		100		nsec		
T <sub>SET</sub>	Control/Address Setup Time		300		nsec		
T <sub>HOLD</sub>	Control/Address Hold Time		0		nsec		
T <sub>PUD</sub>	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

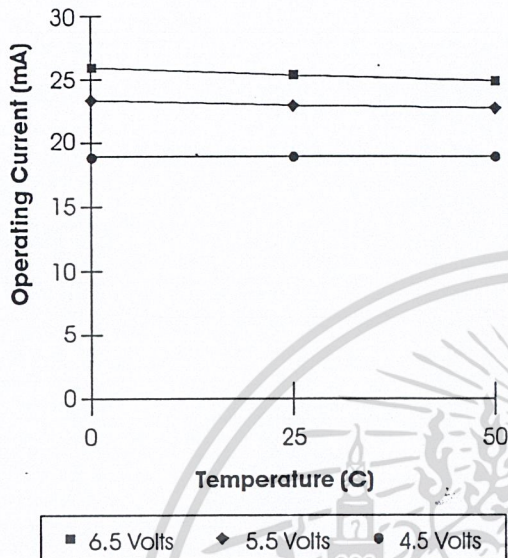
Table 11: AC Parameters (Die)

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

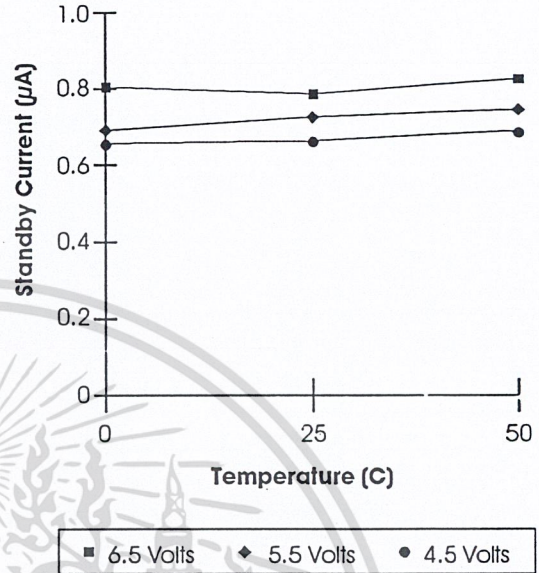
1. Typical values @ T<sub>A</sub> = 25°C and 5.0 V.
2. All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100 percent tested.
3. Low-frequency cutoff depends upon the value of external capacitors (see Pin Descriptions).
4. From AUX IN; if ANA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

**TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (DIE)**

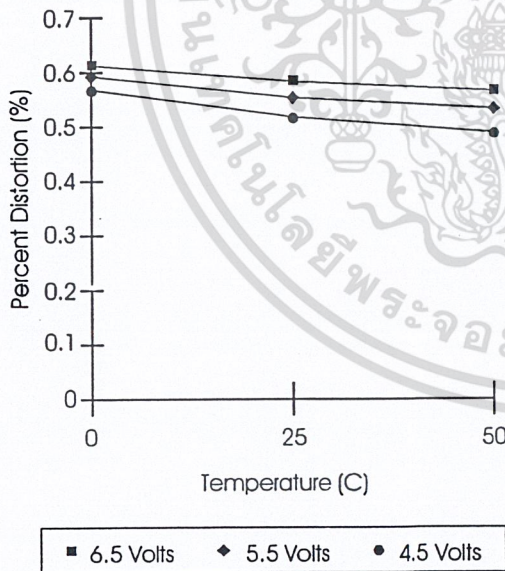
**Chart 5: Record Mode Operating Current ( $I_{cc}$ )**



**Chart 7: Standby Current ( $I_{SB}$ )**



**Chart 6: Total Harmonic Distortion**



**Chart 8: Oscillator Stability**

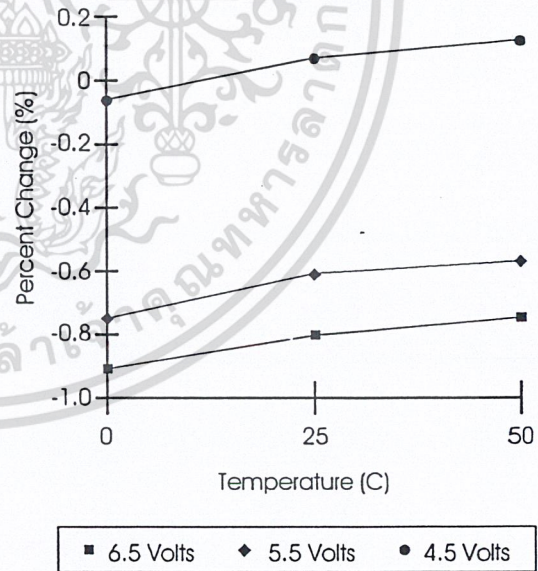
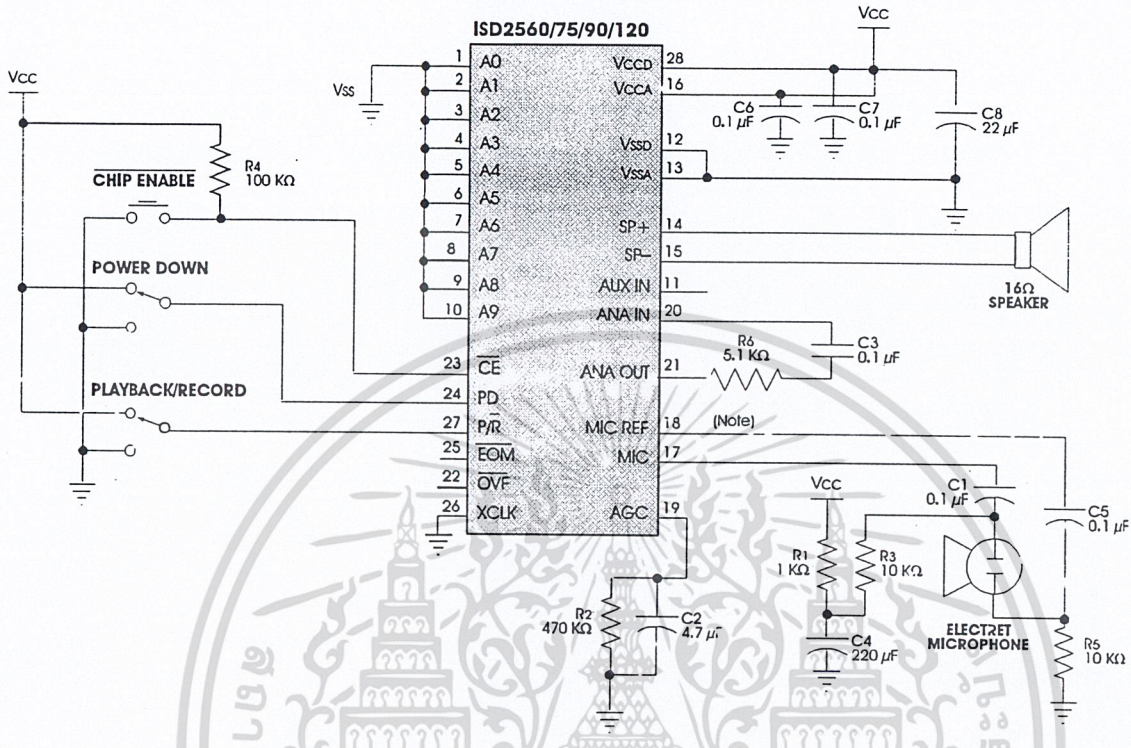


Figure 4: ISD2560/75/90/120 Application Example—Design Schematic



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

Table 12: Application Example—Basic Device Control

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

Table 13: Application Example—Passive Component Functions

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

**EXPLANATION**

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

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

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

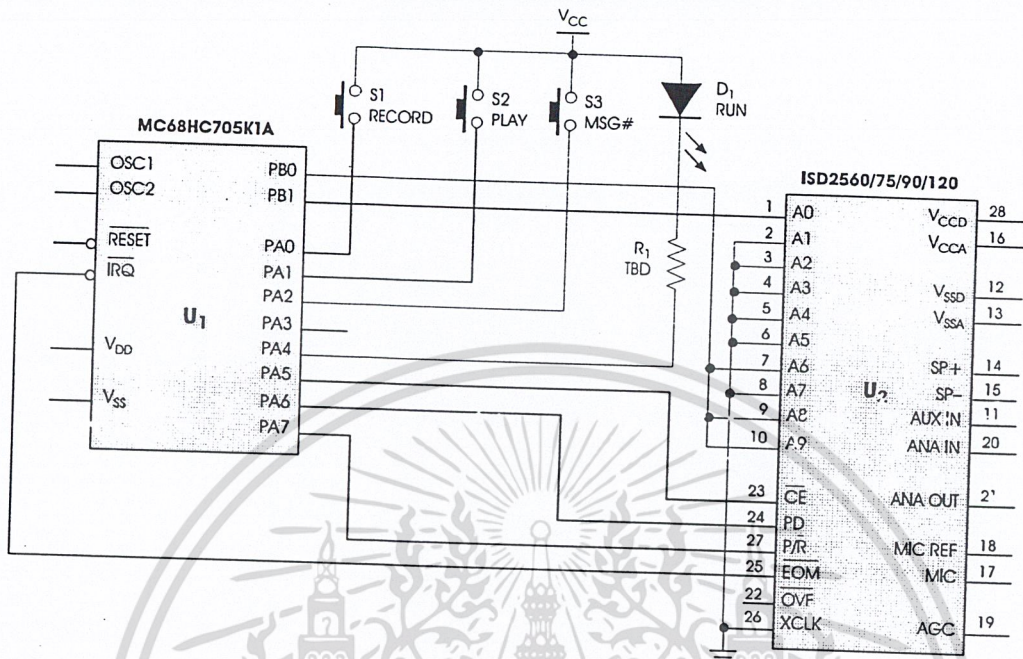
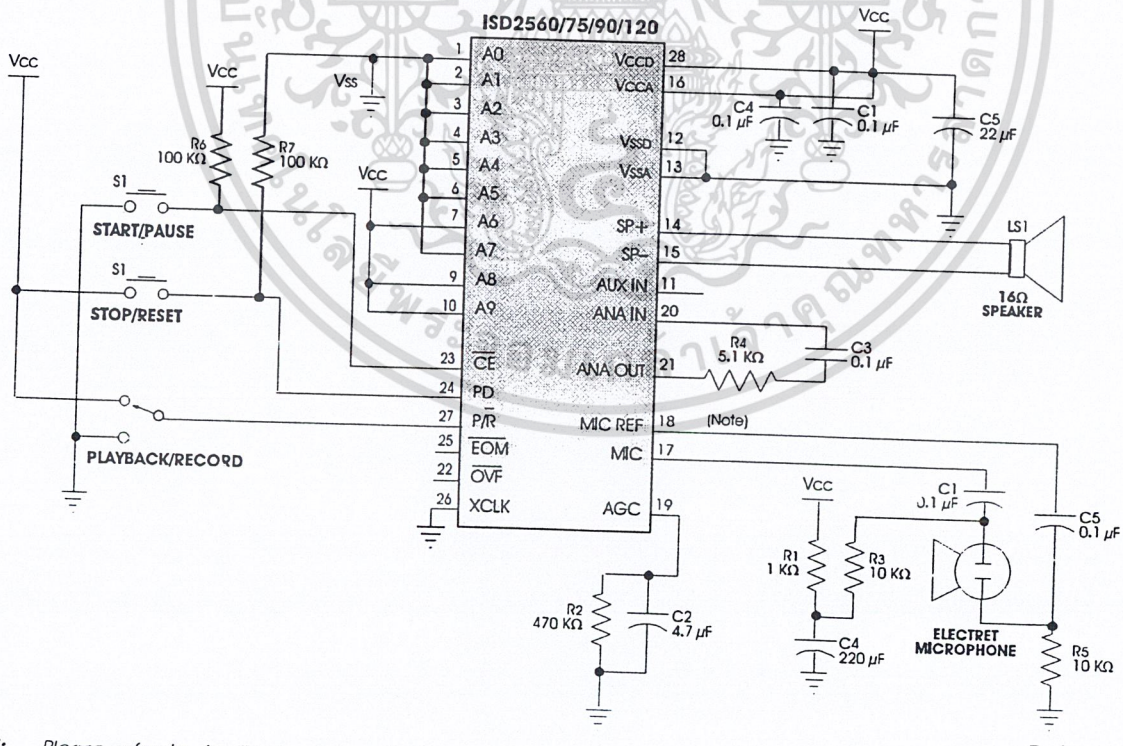


Figure 6: ISD2500 Application Example—Push-Button



NOTE: Please refer to Application Information.

Table 14: Application Example—Push-Button Control

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

Table 15: Application Example—Passive Component Functions

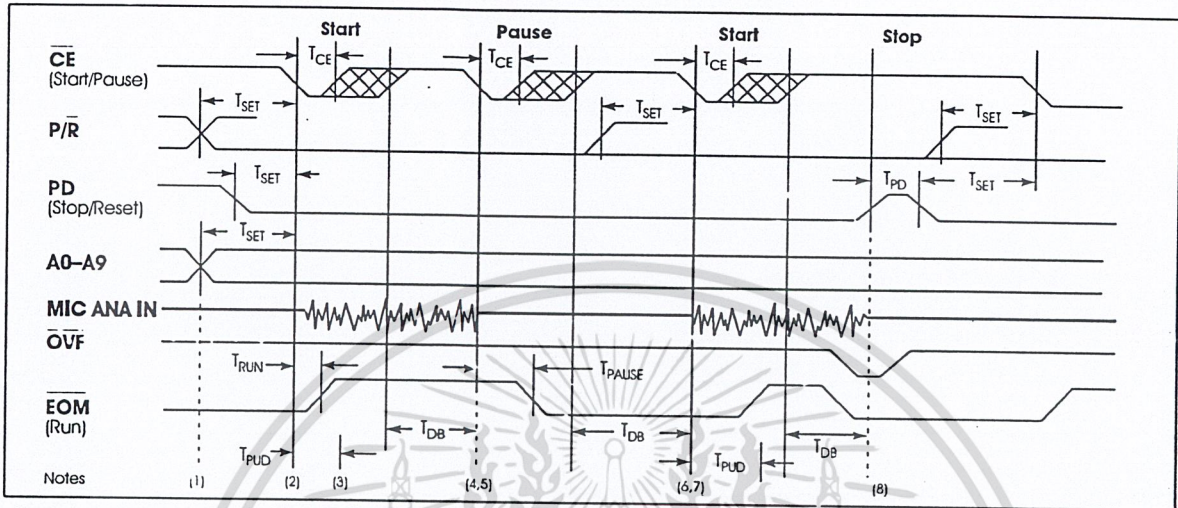
Part	Function	Comments
R2	Release time constant	Sets release time for AGC
R4	Series limiting resistor	Reduces level to prevent distortion at higher supply voltages
R6, R7	Pull-up and pull-down resistors	Defines static state of inputs
C1, C4, C5	Power supply capacitors	Filters and bypass of power supply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

Table 16: Push-Button Parameters

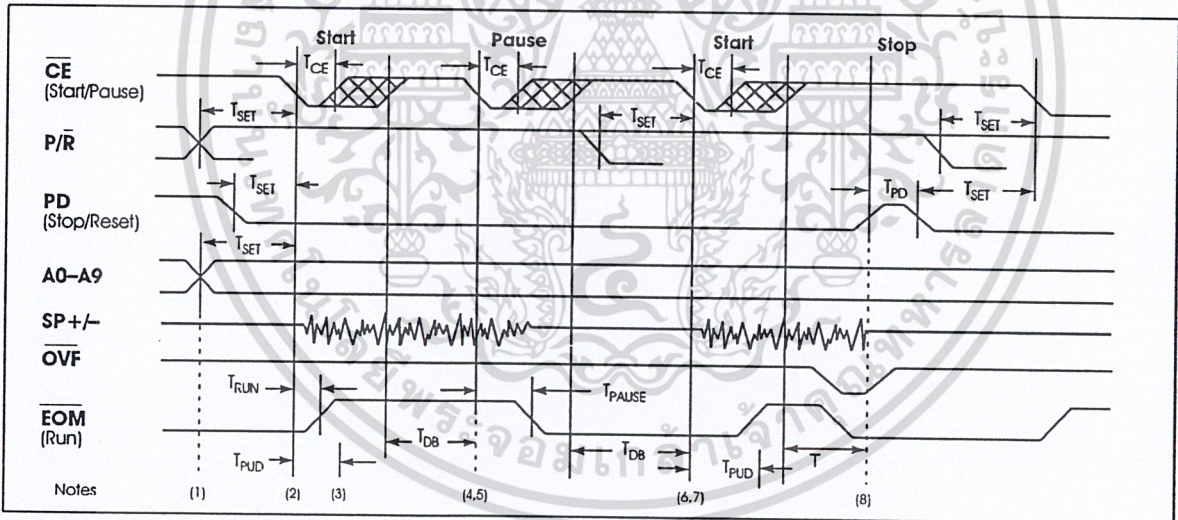
Symbol	Characteristic	Min	Typ (1)	Max	Units	Conditions
$T_{CE}$	$\bar{C}\bar{E}$ Pulse Width [Start/Pause]		300		nsec	
$T_{SET}$	Control/Address Setup Time		300		nsec	
$T_{PUD}$	Power-Up Delay	ISD2560 ISD2575 ISD2590 ISD25120	25 31.25 37.25 50.0		msec msec msec msec	
$T_{PD}$	PD Pulse Width [Stop/Reset]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

**PUSH-BUTTON TIMING DIAGRAMS**

**Figure 7: Push-Button Mode Record**



**Figure 8: Push-Button Mode Playback**



1.  $A9, A8, \text{ and } A6 = 1$  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  $T_{DB}$  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  $T_{DB}$  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  $T_{DB}$  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.

DEVICE PHYSICAL DIMENSIONS

Figure 9: 28-Lead 8x13.4mm Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type I (E)

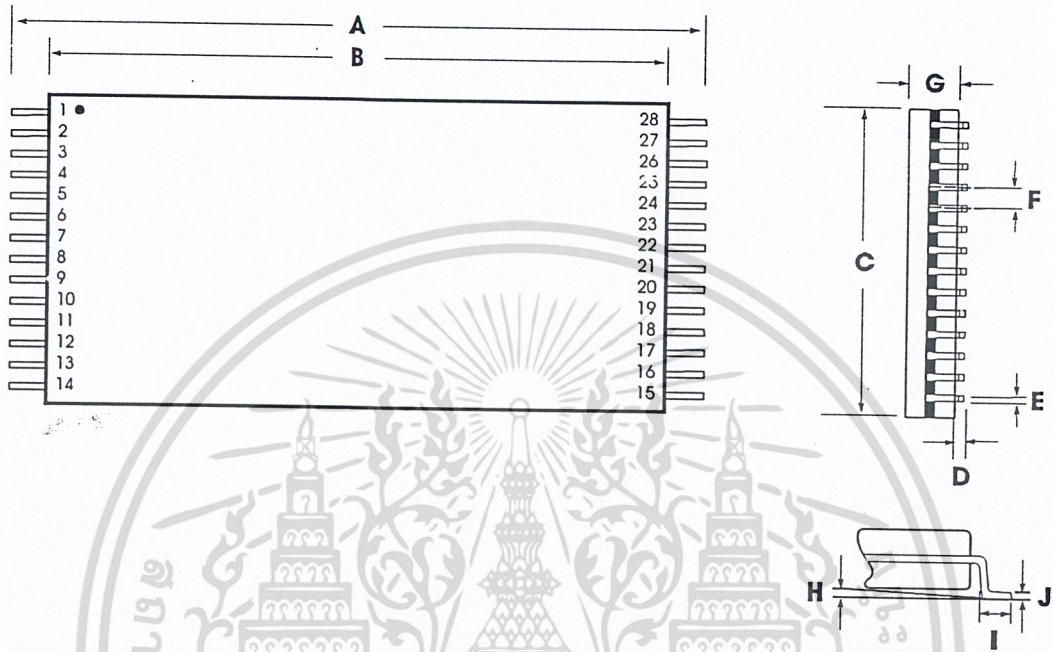


Table 17: Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type I (E) Dimensions

	INCHES			MILLIMETERS		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	0.520	0.528	0.535	13.20	13.40	13.60
B	0.461	0.465	0.469	11.70	11.80	11.90
C	0.311	0.315	0.319	7.90	8.00	8.10
D	0.002		0.006	0.05		0.15
E	0.007	0.009	0.011	0.17	0.22	0.27
F		0.0217			0.55	
G	0.037	0.039	0.041	0.95	1.00	1.05
H	0°	3°	6°	0°	3°	6°
I	0.020	0.022	0.028	0.50	0.55	0.70
J	0.004		0.008	0.10		0.21

NOTE: Lead coplanarity to be within 0.004 inches.

Figure 10: 28-Lead 0.600-Inch Plastic Dual Inline Package (PDIP) (P)

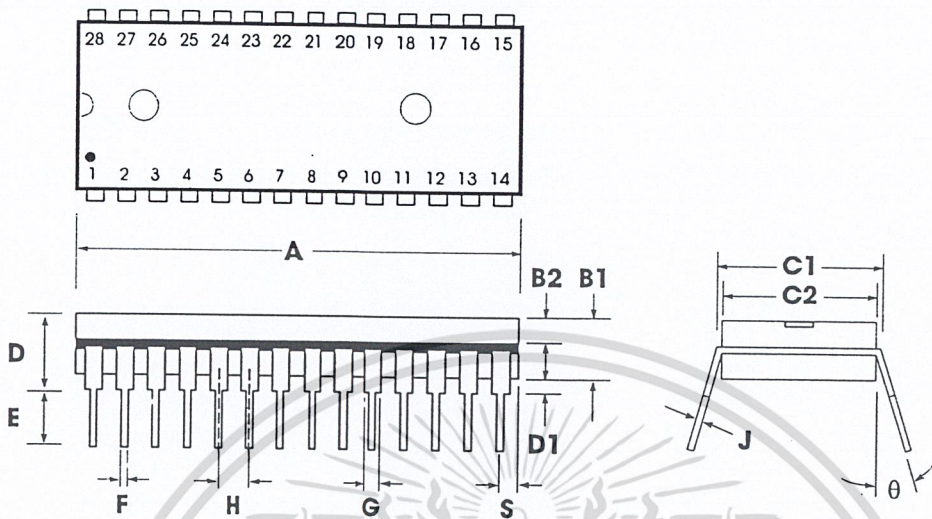


Table 18: Plastic Dual Inline Package (PDIP) (P) Dimensions

	INCHES			MILLIMETERS		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	1.445	1.450	1.455	36.70	36.83	36.96
B1		0.150			3.81	
B2	0.065	0.070	0.075	1.65	1.78	1.91
C1	0.600		0.625	15.24		15.88
C2	0.530	0.540	0.550	13.46	13.72	13.97
D			0.19			4.83
D1	0.015			0.38		
E	0.125		0.135	3.18		3.43
F	0.015	0.018	0.022	0.38	0.46	0.56
G	0.055	0.060	0.065	1.40	1.52	1.65
H		0.100			2.54	
J	0.008	0.010	0.012	0.20	0.25	0.30
S	0.070	0.075	0.080	1.78	1.91	2.03
q	0°		15°	0°		15°

NOTE: Lead coplanarity to be within 0.004 inches.

Figure 11: 32-Lead 8x20mm Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type I (T)

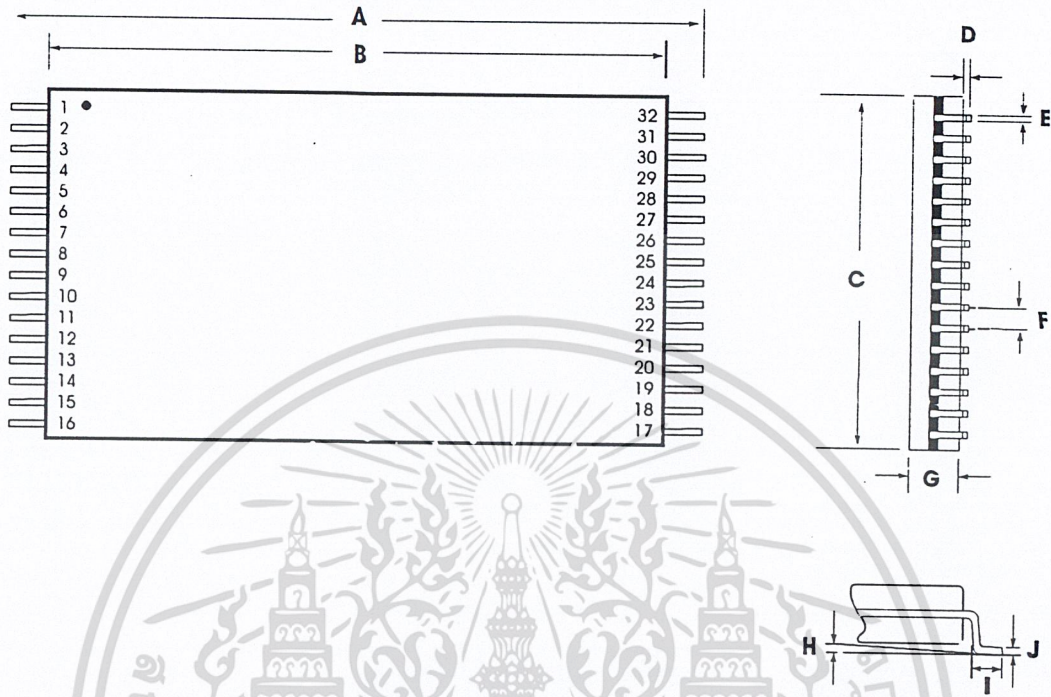


Table 19: Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type I (T) Dimensions

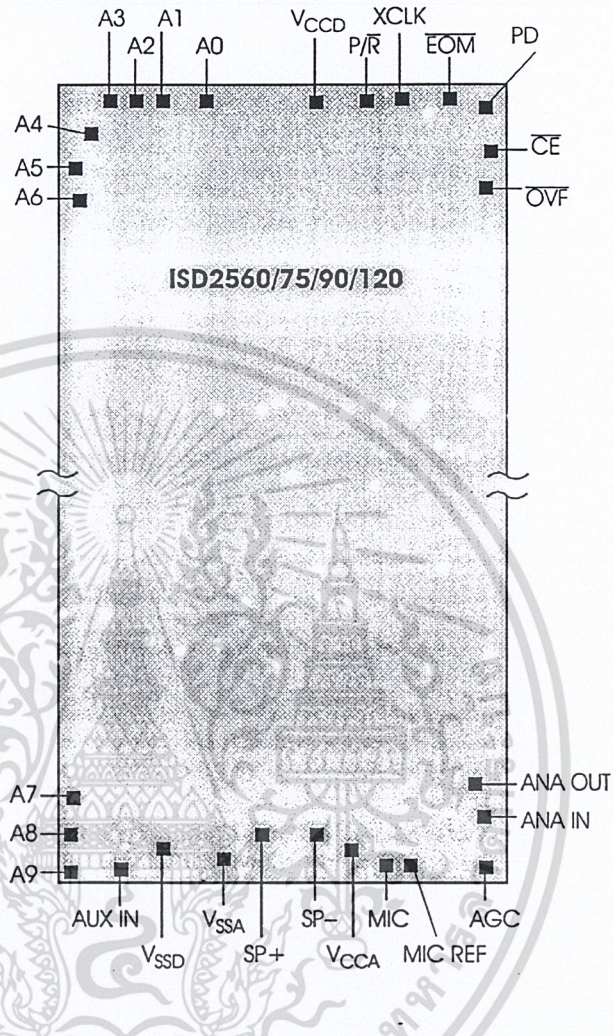
	INCHES			MILLIMETERS		
	Min	Nom	Max	Min		Max
A	0.780	0.787	0.795	19.80	20.00	20.20
B	0.720	0.724	0.728	18.30	18.40	18.50
C	0.311	0.315	0.319	7.90	8.00	8.10
D	0.002		0.006	0.05		0.15
E	0.006	0.009	0.011	0.17	0.22	0.27
F		0.0197			0.50	
G	0.037	0.039	0.041	0.95	1.00	1.05
H	0°	3°	5°	0°	3°	5°
I	0.020	0.024	0.028	0.50	0.60	0.70
J	0.004		0.008	0.10		0.21

**NOTE:** Lead coplanarity to be within 0.002 inches.

Figure 12: ISD2560/75/90/120 Products *Current Bonding Physical Layout*<sup>1</sup> (Unpackaged Die)

**ISD2560/75/90/12<sup>2</sup>**

- I. Die Dimensions  
X: 187 ± 1 mils  
Y: 399 ± 1 mils
- II. Die Thickness<sup>2</sup>  
17.5 ± 1 mils
- III. Pad Opening  
109 x 109 microns  
4.3 x 4.3 mils



1. The backside of die is internally connected to V<sub>SS</sub>. It **MUST NOT** be connected to any other potential or damage may occur.
2. Die thickness is subject to change, please contact ISD factory for status.

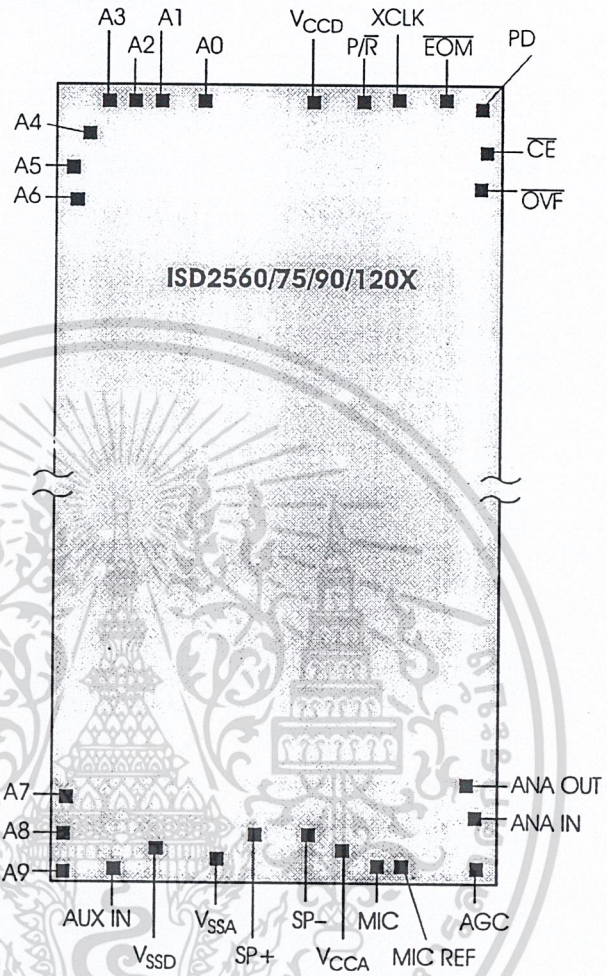
**Table 20: ISD2560/75/90/120 Products Current PIN/PAD Designations, with Respect to Die Center ( $\mu\text{m}$ )**

Pin	Pin Name	X Axis	Y Axis
A0	Address 0	-1148.9	4898.2
A1	Address 1	-1406.9	4898.2
A2	Address 2	-1661.9	4898.2
A3	Address 3	-1916.9	4898.2
A4	Address 4	-2069.9	4608.2
A5	Address 5	-2194.9	4358.2
A6	Address 6	-2194.9	4108.2
A7	Address 7	-2194.9	-4212.3
A8	Address 8	-2194.9	-4456.3
A9	Address 9	-2076.4	-4897.3
AUX IN	Auxiliary Input	-1607.9	-4868.3
V <sub>SSD</sub>	V <sub>SS</sub> Digital Power Supply	-1343.9	-4850.8
V <sub>SSA</sub>	V <sub>SS</sub> Analog Power Supply	-551.9	-4884.8
SP+	Speaker Output +	-111.4	-4790.8
SP-	Speaker Output -	425.6	-4790.8
V <sub>CCA</sub>	V <sub>CC</sub> Analog Power Supply	865.1	-4848.32
MIC	Microphone Input	1320.7	-4897.3
MIC REF	Microphone Reference	1605.1	-4897.3
AGC	Automatic Gain Control	1877.6	-4871.3
ANA IN	Analog Input	2202.11	-4269.8
ANA OUT	Analog Output	2123.1	-3910.8
$\overline{\text{OVF}}$	Overflow Output	2142.6	4154.7
$\overline{\text{CE}}$	Chip Enable Input	2202.1	4558.7
PD	Power Down Input	2048.1	4898.2
EOM	End of Message	1648.1	4865.7
XCLK	No Connect (optional)	1221.1	4898.2
P/ $\overline{\text{R}}$	Playback/Record	965.6	4898.2
V <sub>CCD</sub>	V <sub>CC</sub> Digital Power Supply	646.1	4895.7

Figure 13: ISD2560/75/90/120 Products *Future Bonding Physical Layout*<sup>1</sup> (Unpackaged Die)

**ISD2560/75/90/120X<sup>2</sup>**

- I. Die Dimensions  
 X: 149.5 ± 1 mils  
 Y: 262.0 ± 1 mils
- II. Die Thickness<sup>2</sup>  
 11.8 ± .4 mils
- III. Pad Opening  
 111 x 111 microns  
 4.4 x 4.4 mils



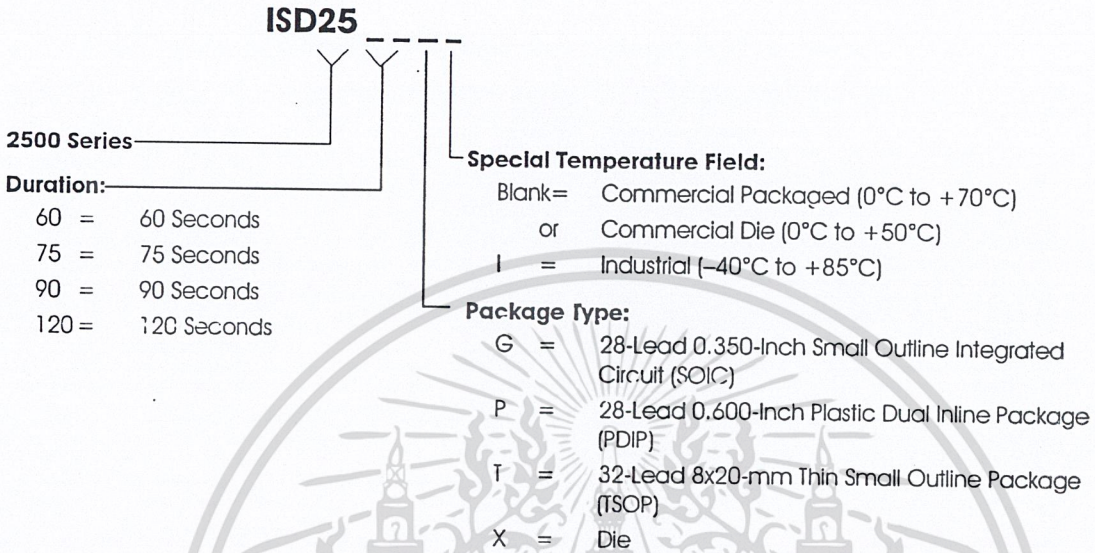
1. The backside of die is internally connected to V<sub>SS</sub>. It **MUST NOT** be connected to any other potential or damage may occur.
2. Die thickness is subject to change, please contact ISD factory for status and availability.

Table 21: ISD2560/75/90/120 Products *Future* PIN/PAD Designations, with Respect to Die Center ( $\mu\text{m}$ )

Pin	Pin Name	X Axis	Y Axis
A0	Address 0	-897.9	3135.2
A1	Address 1	-1115.4	3135.2
A2	Address 2	-1331.0	3135.2
A3	Address 3	-1544.0	3135.2
A4	Address 4	-1640.4	2888.9
A5	Address 5	-1698.2	2671.0
A6	Address 6	-1698.2	2441.5
A7	Address 7	-1731.2	-2583.2
A8	Address 8	-1731.2	-2768.4
A9	Address 9	-1731.2	-3050.8
AUX IN	Auxiliary Input	-1410.1	-3115.7
V <sub>SSD</sub>	V <sub>SS</sub> Digital Power Supply	-1112.8	-3096.2
V <sub>SSA</sub>	V <sub>SS</sub> Analog Power Supply	-407.8	-3138.5
SP+	Speaker Output +	-47.4	-3067.7
SP-	Speaker Output -	386.9	-3067.7
V <sub>CCA</sub>	V <sub>CC</sub> Analog Power Supply	746.5	-3110.4
MIC	Microphone Input	1101.2	-3146.0
MIC REF	Microphone Reference	1294.7	-3146.0
AGC	Automatic Gain Control	1666.4	-3130.3
ANA IN	Analog Input	1728.6	-2654.0
ANA OUT	Analog Output	1700.9	-2411.0
OVF	Overflow Output	1340.9	3121.7
CE	Chip Enable Input	1726.7	2824.4
PD	Power Down Input	1730.5	3094.0
EOIM	End of Message	1340.9	3121.7
XCLK	No Connect (optional)	986.5	3160.7
P/R	Playback/Record	807.2	3163.4
V <sub>CCD</sub>	V <sub>CC</sub> Digital Power Supply	544.7	3159.2

**ORDERING INFORMATION**

**Product Number Descriptor Key**



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

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

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

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและกำลังใจจากบุคคลหลายท่านด้วยกัน ได้แก่ อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วิญญู ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคอยช่วยเหลือให้คำแนะนำตลอดมา และเพื่อนๆ ผู้ที่เป็นกำลังใจทุกท่าน คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุกๆ ท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

1. สมยศ จุณณะปิยะ, "การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์", คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. สุรพล บุญจันทร์, "Telephone Engineer", เอกสารการสอน, ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ก้องเกียรติ ณ สีมา, "ทฤษฎีและการใช้งาน ไทม์เมอร์ ไอซี 555", มกราคม 2528



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้