

การส่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางตู้สายโทรศัพท์

Telephone Control Electrical Equipments



โดย

นางสาวปทุมรัตน์ โอพารจักริน

นางสาวประภาพร ศรีรักษา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....42341
วัน, เดือน, ปี 17 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางตู้สายโทรศัพท์

Telephone Control Electrical Equipment

ผู้จัดทำ

- | | | |
|--------------------|-------------|----------|
| 1. นางสาวปทุมรัตน์ | โอฬารจักริน | 40010424 |
| 2. นางสาวประภาพร | ศรีรักษา | 40010437 |

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ)



การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางคู่สายโทรศัพท์

Telephone Control Electrical Equipments

โดย นางสาวปทุมรัตน์ โอพารจักริน 40010424
นางสาวประภาพร ศรีรักษา 40010437

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและนำโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้งาน ในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยการ โทรศัพท์เข้ามาสั่งให้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเปิด-ปิดได้ตามต้องการและสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าจากภายในบ้าน โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล mcs-51 เบอร์ 89s8252 เป็นตัวควบคุมการทำงาน ตัวโครงการประกอบด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ให้มีการสั่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทั้งหมด 8 ชนิด พร้อมทั้งสามารถเช็คได้ว่าอุปกรณ์ตัวใดเปิดหรือปิดอยู่ โดยมีการได้คอบทางเสียง

ABSTRACT

This project apply a telephone to use for control electrical equipments. It controls electrical equipments to on-off by calling. We use microcontroller to be central control electrical equipments. This project includes of both hardware and software. This microcontroller can control 8 electrical equipments and have an ability to check whether these equipments on or off by voice contact.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	2
2.1 ระบบโทรศัพท์	2
2.2 ระบบ DTMF	3
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	6
2.4 การใช้งาน 8255 กับ 8051	8
2.5 ไอซีบันทึกเสียง ISD25XX	12
2.6 ไอซี TCM5087	19
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	23
3.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก	23
3.2 วงจรส่วนตัดต่อคู่สายโทรศัพท์	24
3.3 วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF	25
3.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF	26
3.5 วงจรส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้	26
3.6 วงจรส่วนประมวลผล (MCS-51)	27
3.7 วงจรส่วนควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า	29
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	32
4.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก	32
4.2 วงจรยกหูโทรศัพท์	33
4.3 วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF	33
4.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF	35
4.5 วงจรส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้	35
4.6 วงจรส่วนควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า	36
4.7 การทำงานของวงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์	36
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	38
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างภายในของ MCS-51	6
รูปที่ 2.5 แสดงแผนภาพแบบบล็อกภายในและหาสัญญาณของไอซีเบอร์ 8255	8
รูปที่ 2.8 รูปแบบคำสั่งเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255	10
รูปที่ 2.11 แผนภาพวงจรแสดงการเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับ 8051	12
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการจัดขาใช้งานของไอซีเสียง ISD25XX	13
รูปที่ 2.14 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของไอซีเสียง ISD25XX	14
รูปที่ 2.16 แสดงวงจรประยุกต์การใช้งานของไอซี ISD25XX	18
รูปที่ 2.18 แสดงสัญญาณลักษณะของออปโตคัปเปิลเลอร์	20
รูปที่ 2.19 (ก) แสดงถึงแสงที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระแสไบอัสตรงไหลผ่าน	21
(ข) แสดงอิเล็กตรอนส่วนเกินข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮล	21
พร้อมกับเปล่งแสงออกมา	
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของวงจรโดยรวม	23
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง	23
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรตัดต่อคู่สายโทรศัพท์	24
รูปที่ 3.4 แสดงวงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF	25
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF	26
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรส่วนได้ตอบกับผู้ใช้	27
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรส่วนควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	28
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรส่วนควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า	30
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรรวมส่วนที่ต่อกับคู่สาย	31
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก (CH2)	32
เทียบกับสัญญาณกระดิ่งจากชุดสาย (CH1)	
รูปที่ 4.2 แสดงสถานะแรงดันในคู่สายโทรศัพท์ขณะที่ไม่มีการยกหูโทรศัพท์ (Ref1)	33
กับขณะที่มีการยกหูด้วยวงจรยกหูโทรศัพท์ (CH2)	
รูปที่ 4.3 แสดงความถี่ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 1	34
รูปที่ 4.4 แสดงความถี่ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 5	34
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณความถี่ 1 kHz. ที่บันทึกลงในวงจรส่วนได้ตอบ-	36
กับผู้ใช้ (CH1) กับสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจร (CH2)	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงระดับสัญญาณระหว่างคู่สายโทรศัพท์ในช่วงการใช้งานต่างๆ	3
ตารางที่ 2.2 แสดงการจัดปุ่มและระบบสัญญาณ	5
ตารางที่ 2.3 แสดงคู่ความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มโทรศัพท์	5
ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงการจัดกลุ่มของพอร์ตของ 8255	9
ตารางที่ 2.7 ตารางหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณ ไอซี 8255	9
ตารางที่ 2.9 ตารางแสดงการระบุถึงรีจิสเตอร์หรือพอร์ตภายใน 8255	11
ตารางที่ 2.10 ตารางแสดงความหมายของระดับของขาสัญญาณ RD\ และ WR\	11
ตารางที่ 2.13 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าบางอย่างที่แตกต่างกัน ของไอซีในตระกูล ISD25XX	14
ตารางที่ 2.15 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD25XX	15
ตารางที่ 2.17 แสดงความถี่ของแต่ละตำแหน่งเมื่อใช้คริสตอล 3.579 MHz	19
ตารางที่ 4.5 แสดงระดับสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรถอดรหัส DTMF (โวลท์)	35

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารมีความสำคัญ และมีประโยชน์มากในชีวิตประจำวัน โทรศัพท์ก็จัดเป็นอุปกรณ์สื่อสารประเภทหนึ่งที่ช่วยอำนวยความสะดวกได้เป็นอย่างมาก แต่นอกจากจะใช้ประโยชน์ในการติดต่อสื่อสารแล้ว โทรศัพท์ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ ได้อีกมากมาย

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้โทรศัพท์ในการควบคุมสั่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยผ่านทางคู่สายโทรศัพท์ ในขณะที่ผู้ใช้ออกบ้านแต่ต้องการเปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าที่อยู่ภายในบ้าน ก็สามารถทำได้โดยการโทรศัพท์เข้ามาที่บ้าน และ เลือกสั่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางโทรศัพท์ ในการใช้งานจะนำสัญญาณ DTMF ซึ่งถูกส่งมาตามสายโทรศัพท์แปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อนำคำสั่งที่ผู้ใช้ส่งมาทางโทรศัพท์นี้ไปประมวลผลแล้วจึงส่งคำสั่งการทำงานออกไปควบคุมการเปิด-ปิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ซึ่งมีการควบคุมและประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถทำการ โปรแกรม และ แก้ไขได้โดยสะดวก

บทที่ 2

ทฤษฎีหรือหลักการ

2.1 ระบบโทรศัพท์

2.1.1 ส่วนประกอบของระบบโทรศัพท์

โทรศัพท์ คือ เครื่องมือสื่อสารเชื่อมโยงที่นำเสียงพูดระหว่างผู้ใช้ที่อยู่ ณ สถานที่แห่งหนึ่งกับบุคคลที่ต้องการติดต่อด้วย ณ สถานที่อีกแห่งหนึ่ง ให้สามารถพูดจาติดต่อกันได้เหมือนบุคคลทั้งสองนั่งสนทนาอยู่ด้วยกัน

ระบบโทรศัพท์มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1) เครื่องรับโทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่ผู้ใช้ ใช้ในการติดต่อกัน ประกอบด้วย เครื่องส่ง (Transmitter) เครื่องรับ (Receiver) กระดิ่ง (Ringer) ฮุกสวิทช์ (Hook switch) หน้าปัด สำหรับหมุนหรือกดหมายเลข

2) สายโทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะมีสายโทรศัพท์ 1 คู่ เพื่อเชื่อมโยง และเป็นสื่อนำสัญญาณต่าง ๆ จากชุมสายมายังตัวเครื่องรับโทรศัพท์ในขณะเดียวกัน โดยทำหน้าที่เป็นสื่อในการส่งสัญญาณไฟฟ้าที่แปลงมาจากสัญญาณเสียงระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์

3) ชุมสายโทรศัพท์ เป็นสถานที่ที่รวมคู่สายของเครื่องรับโทรศัพท์แต่ละเครื่องในพื้นที่ใกล้เคียงกัน และทำหน้าที่เชื่อมคู่สายให้กับผู้ใช้โทรศัพท์ พร้อมกับส่งสัญญาณแจ้งภาวะการใช้ต่าง ๆ ให้ผู้ใช้ทราบ

ชุมสายโทรศัพท์ระบบเก่าจะเป็นระบบใช้พนักงานต่อ ซึ่งในปัจจุบันได้รับการพัฒนามาเป็นระบบอัตโนมัติ คือ จะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียก กับผู้รับโดยอัตโนมัติ

2.1.2 สัญญาณพื้นฐานที่ใช้ในระบบโทรศัพท์

สัญญาณต่าง ๆ ที่ทางชุมสายโทรศัพท์ส่งมาตามคู่สายโทรศัพท์นั้น จะเป็นสัญญาณที่แจ้งสภาวะการใช้งานทางโทรศัพท์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. สัญญาณพร้อมหมุน (Dial Tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า ขณะนี้อุปกรณ์ที่ชุมสายพร้อมที่จะรับโค้ด การหมุนเลขหมายจากผู้เรียก ให้ผู้เรียกทำการส่งเลขหมายได้ สัญญาณพร้อมหมุนเป็นสัญญาณต่อเนื่อง ความถี่ 425 Hz. โมดูเลต (Modulated) ด้วย 50 Hz. ผู้เช่าจะได้ยินโทนนี้ เมื่อทำการยกหูโทรศัพท์เพื่อทำการเรียก

2. สัญญาณสายไม่ว่าง (Busy Tone) เป็นสัญญาณที่ส่งมาบอกให้ทราบว่า อุปกรณ์ไม่ว่าง เช่น ผู้เช่ายกหูแล้วได้ยินเสียงนี้ แทนที่จะได้ยินสัญญาณพร้อมหมุน แสดงว่าอุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่าง แต่ถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนเลขหมายไปแล้ว แสดงว่าผู้เช่าฝ่ายถูกเรียกไม่ว่างในกรณีที่ผู้ถูกเรียกอยู่ต่างชุมสาย สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วง ๆ ส่ง 0.5 วินาที หยุด 0.5 วินาที ความถี่ของสัญญาณ 425 Hz. เป็นสัญญาณคลื่นรูปไซน์ ภายในระยะเวลา 45 วินาที แล้วเกิดสภาวะเจียบ (Line Lock - out)

3. สัญญาณเรียกกลับ (Ringback Tone) เป็นสัญญาณที่ผู้เรียก ได้ยินหลังจากหมุนเลขหมายครบแล้ว เพื่อแจ้งให้ทราบว่า กระทำการต่อได้สำเร็จ ขณะนี้ชุมสายได้ส่งสัญญาณเรียกไปยังผู้ถูกเรียก ใช้สัญญาณเป็นคลื่นรูปไซน์ความถี่ 425 Hz. โดยส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

4. สัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone) เป็นสัญญาณที่ส่งไปยังผู้เข้า ฝ่ายถูกเรียก ซึ่งจะได้ยินเสียงกระดิ่งหรือโทน ขึ้นอยู่กับวงจรที่ใช้ สัญญาณเป็นคลื่นรูปไซน์ความถี่ 25 Hz. โดยจะส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที เป็นระยะเวลายาวนานทั้งสิ้น 70-90 วินาที

2.1.3 ลักษณะทางไฟฟ้าของสัญญาณโทรศัพท์

สัญญาณระหว่างคู่สายโทรศัพท์ที่ประกอบด้วย สัญญาณไฟกระแสตรง(DC) และสัญญาณกระแสสลับ (AC) ซึ่งระดับของสัญญาณระหว่างคู่สายโทรศัพท์จะแตกต่างกันไปดังที่แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับสัญญาณระหว่างคู่สายโทรศัพท์ในช่วงการใช้งานต่างๆ

ช่วงเวลาการใช้งาน	ระดับสัญญาณไฟกระแสตรง (โวลท์)	ระดับสัญญาณไฟกระแสสลับ (โวลท์)
ไม่ได้ใช้งาน ไม่ได้ยกหูฟังขึ้น	48	-
ยกหูฟังขึ้นมีสัญญาณหมุน	10	0.6
กดหมายเลข	10	ไม่เกิน 0.5
มีสัญญาณแจ้งสายไม่ว่าง	10	0.4
มีสัญญาณเรียกกลับ	10	0.4
มีสัญญาณกริ่ง	48	100
(สำหรับเครื่องผู้รับ)		
มีการพูดระหว่างสาย	10	ไม่เกิน 1 (มีสัญญาณเสียง)

2.2 ระบบ DTMF

ในยุคแรกเริ่มของการใช้โทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์ที่ใช้จะเป็นแบบหน้าปัทม์หมุน ซึ่งการหมุนหมายเลขจะทำให้เกิดพัลส์ (Pulse) ของกระแสในจำนวนเท่ากับเลขหมายที่หมุน พัลส์ที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปยังชุมสายด้วยความเร็ว 10 พัลส์ ต่อ วินาที (Pulse per second, pps) หรือ 20 พัลส์ ต่อวินาที

เนื่องจากโทรศัพท์ที่ใช้ระบบหน้าปัทม์หมุนสำหรับการติดต่อผ่านชุมสายไม่ค่อยจะอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้โทรศัพท์เท่าใดนัก เพราะเป็นระบบเชิงกล ทำงานค่อนข้างช้า ดังนั้นจึงได้มีการคิดสร้างโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มขึ้น ระบบโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มนี้เรียกว่า ระบบ DTMF (Dual- Tone multi frequency) เนื่องจากการกดปุ่มหมายเลขแต่ละปุ่มบนหน้าปัทม์ เครื่องรับโทรศัพท์นั้นจะทำให้เกิดสัญญาณที่ประกอบขึ้นจาก 2 ความถี่ ส่งออกไปตามสายโทรศัพท์ไปยังชุมสายเพื่อเรียกให้ชุมสายรู้ว่า

ผู้ใช้โทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อกับโทรศัพท์เครื่องใด แทนการส่งพัลส์ของกระแส โดยการหมุนหน้าปัทม์ของเครื่องรับโทรศัพท์แบบหน้าปัทม์หมุน

ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม

- 1) ลดเวลาในการเรียกหมายเลขลง
- 2) การเรียกเลขหมายทำได้ง่ายขึ้น
- 3) สามารถใช้วงจรทางโซลิตสเคทออิเล็กทรอนิกส์แทนอุปกรณ์เชิงกล
- 4) มีความผิดพลาดในการส่งหมายเลขน้อย
- 5) ใช้สัญญาณระบบความถี่ซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้ และสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง
- 6) สามารถเพิ่มปุ่มได้อีก 4 ปุ่มในลอจิกที่ 4 เพื่อการใช้งานอย่างอื่น

2.2.1 สัญญาณของระบบ DTMF

ระบบ DTMF นี้ จะมีความถี่มาตรฐานในย่านความถี่เสียงที่แตกต่างกัน 8 ความถี่ โดยจะแบ่งความถี่เหล่านี้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มความถี่ต่ำ 4 ความถี่ และกลุ่มความถี่สูง 4 ความถี่ สัญญาณ DTMF จะมาจากการรวมสัญญาณความถี่จากกลุ่มความถี่ต่ำ 1 ความถี่ และสัญญาณความถี่จากกลุ่มความถี่สูงอีก 1 ความถี่ ดังนั้นสัญญาณ DTMF จึงมีได้ทั้งหมด 16 สัญญาณ ($4 \text{ ความถี่ต่ำ} \times 4 \text{ ความถี่สูง}$)

การเลือกความถี่มาตรฐานของระบบ DTMF นี้ ผู้ออกแบบระบบได้ใช้ความพยายามอย่างมากในการเลือกความถี่ที่จะใช้ เพราะเนื่องจากต้องระวังไม่ให้สัญญาณเสียงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสายโทรศัพท์ เช่น สัญญาณแจ้งสถานะการใช้งานต่าง ๆ สัญญาณรบกวนภายในสายโทรศัพท์ มีความถี่อยู่ในช่วงความถี่ DTMF และยังคงต้องระวังความถี่ที่อาจเกิดขึ้นจากการรวมตัวกันแบบฮาร์โมนิกของค่าความถี่ใดความถี่หนึ่งของความถี่ DTMF และในที่สุดก็ได้ความถี่มาตรฐานทั้ง 8 ดังนี้

- 1) ความถี่มาตรฐานในกลุ่มความถี่ต่ำ 4 ความถี่ คือ 697, 770, 852 และ 941 เฮิรตซ์
- 2) ความถี่มาตรฐานในกลุ่มความถี่สูง 4 ความถี่ คือ 1209, 1336, 1477 และ 1633 เฮิรตซ์

ระบบ DTMF นี้ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบ 4x4 เนื่องจากการใช้เป็นกชขนาด 4x4 ในการสร้างสัญญาณ DTMF และได้กำหนดปุ่มแต่ละปุ่มเหล่านั้นได้ด้วยตัวเลข 0 - 9 , * (star หรือ saterisk), # (pound หรือ octophorpe) , A, B ,C และ D ซึ่งในการกดปุ่ม ๆ หนึ่งจะให้สัญญาณความถี่คู่หนึ่งออกมาดังแสดงไว้ดังรูปที่ 2.3

ในการใช้งานทั่วไป จะใช้เฉพาะปุ่มตัวเลข 0-9 เท่านั้น ส่วนปุ่ม *, #, A, B, C และ D สามารถนำมาใช้งานอื่น ๆ ได้

โทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF ผู้ใช้สามารถฟังเสียงสัญญาณ DTMF ได้โดยการยกหูโทรศัพท์ขึ้นฟัง แล้วกดปุ่มหนึ่งบนหน้าปัทม์ ตัวอย่างเช่น การกดปุ่มหมายเลข 8 จะเกิดสัญญาณความถี่ 852 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ ขึ้นพร้อมกัน สัญญาณจะถูกส่งผ่านคู่สายไปยังชุมสายและการจัดการติดต่อโทรศัพท์ภายในท้องถิ่น ในบริเวณหนึ่งภายในพื้นที่หนึ่ง ๆ ซึ่งถูกกำหนดด้วยเลข 3 ตัวแรก ของเลขหมายหลังจากที่ชุมสายทำการเชื่อมต่อคู่สายระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกเรียบร้อยแล้ว ตัวรับสัญญาณ DTMF ของชุมสายจะหยุด

ทำงานเพราะในการกดปุ่มบนหน้าปัทม์โทรศัพท์ครั้งต่อไปจะเป็นการติดต่อกันโดยตรงระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียก

ความถี่ต่ำ (Hz.)

697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#

1209 1336 1447 ความถี่สูง (Hz.)

ตารางที่ 2.2 แสดงการจัดปุ่มและระบบสัญญาณ

2.2.2 วงจรถอดรหัสความถี่ DTMF

การถอดรหัสความถี่ DTMF คือ การแปลงสัญญาณความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มบนหน้าปัทม์โทรศัพท์ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิทัล หรือเลขฐานสองขนาด 4 บิต ซึ่งค่าเลขฐานสองที่ได้จากการถอดรหัส แสดงไว้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 แสดงคู่ความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มโทรศัพท์

ความถี่ต่ำ	ความถี่สูง	หมายเลข	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1209	0	1	0	1	0
941	1336	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	0	0	0	0

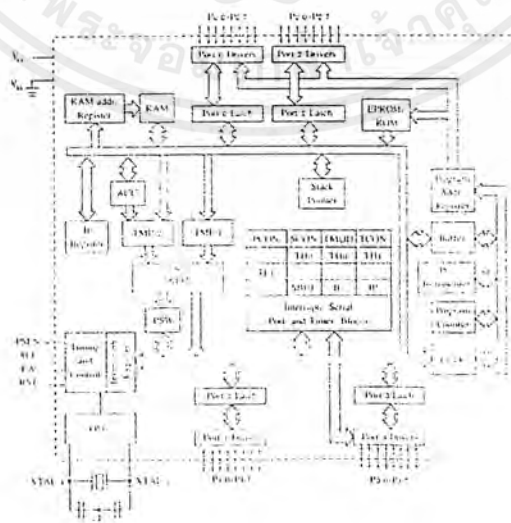
การถอดรหัสความถี่ DTMF ในยุคก่อนจะใช้ไอซีจำพวกเฟสล็อกกลุป ซึ่งก่อปัญหามากมายเนื่องจากทำให้ความถี่เปลี่ยนไป ตัววงจรมีขนาดใหญ่เพราะใช้ไอซีจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันนี้การถอดรหัสความถี่ DTMF สามารถทำได้สะดวกโดยใช้ไอซี MT8870 ซึ่งเป็นไอซีถอดรหัสความถี่ DTMF โดยตรง

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

2.3.1 โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดต่างๆจะแตกต่างกันไปตามแต่ละเบอร์ ส่วนลักษณะของขาต่างๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 bytes
- มีพอร์ท I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มี TIMER 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ทอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างภายในของ MCS-51

2.3.2 ส่วนประกอบหลัก ของ 8051 มี 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

2.3.2.1 ตัวประมวลผล (CPU - Central Processing Unit)

วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่น ๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุม ได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณควบคุมจาส่วนซีพียูนี้ จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งตามที่มีการกำหนดไว้ และส่วนสัญญาณที่สร้างขึ้นจะนำมาอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา ที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุก ๆ ส่วนในวงจรทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

2.3.2.2 หน่วยความจำ (Memory)

ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จำเป็นต้องมีหน่วยความจำซึ่งประกอบด้วย

- หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051 เป็นบริเวณหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านั้นก็ยังคงไม่สูญหาย

- หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลมีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูล หรือ ตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูล จัดเป็นหน่วยความจำ RAM แบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟให้กับระบบ ก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้ภายในหน่วยความจำสูญหายไป

2.3.2.3 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต ของ 8051

เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ 8051 ติดต่อกับภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่

- 4 อินพุต/เอาต์พุต พอร์ต

ทำหน้าที่เป็นส่วนที่รับ - ส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 โดยมีทั้งหมด 4 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะรับ - ส่งข้อมูล ได้ 8 บิต มี P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะทำงานได้มากกว่า 1 อย่าง แต่จะใช้วิธีการทำงานตามลำดับโดยการควบคุมจากสัญญาณที่ควบคุมที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่คอมพิวเตอร์ทำงานและสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา

- ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1

เป็นวงจรที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไชนเคลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือจำนวนไชนเคลของสัญญาณนาฬิกาภายใน 8051 ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดยซีพียู

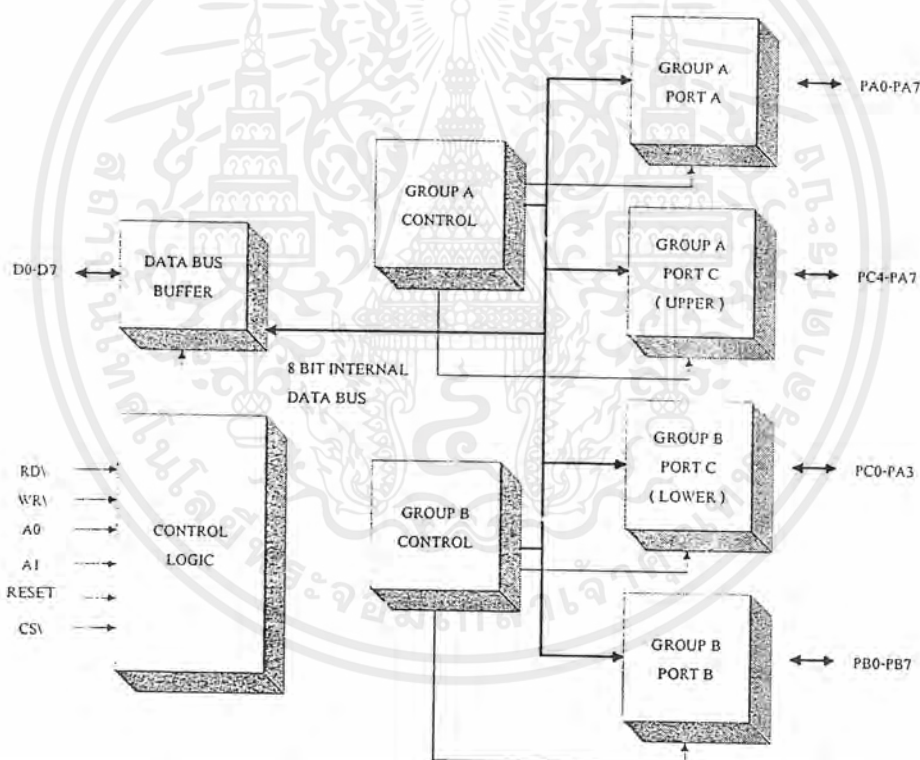
- พอร์ตอนุกรม (Serial Port)

ซีพียู จะอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8051 เรียงกันไปทีละบิตออกจากขา TXD และมีการรับข้อมูลเข้าก็จะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ซีพียูอ่านไปใช้งานต่อไป

8051 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่าง ๆ โดยจะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

2.4 การใช้งาน 8255 กับ 8051

การขยายเพิ่มเติมพอร์ตอินพุต/ เอาท์พุทของ 8051 นอกจากการใช้ไอซีประเภทแลตซ์และบัฟเฟอร์ ประกอบกันเข้ากับบัสของระบบแล้ว ยังสามารถใช้ในวงจรรวมความจุสูง (หรือ LSI) เบอร์ 8255 ซึ่งสามารถทำหน้าที่ได้ทั้งพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตตามการโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์ ทำให้มีความอ่อนตัวในการนำไปใช้งานตามความประสงค์มากขึ้น ภายในบทนี้จะได้กล่าวถึงถึงลักษณะพื้นฐานของ ไอซี นี้ รวมถึงการโปรแกรมใช้งานและการเชื่อมต่อเข้ากับบัสของ 8051 ซึ่งจะทำได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เหมาะสมต่อไป



รูปที่ 2.5 แสดงแผนภาพแบบบล็อกภายในและขาสัญญาณของไอซีเบอร์ 8255

2.4.1 ลักษณะพื้นฐานของ 8255

ไอซีเบอร์ 8255 ได้รับการออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่เป็นพอร์ต สำหรับการรับ/ส่ง ข้อมูลแบบขนาน ระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไมโครคอนโทรลเลอร์ จากแผนภาพรูปที่ 2.3 จะเห็นว่า 8255 ประกอบด้วย

บล็อกของหน่วยการทำงานหลายส่วน ภายในบล็อกทางด้านขวามือจำนวน 4 บล็อก เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยตรงผ่านทางสัญญาณที่ระบุชื่อว่า PA0 – PA7 ,PB0 – PB7 และ PC0 – PC7 กลุ่มของสัญญาณเหล่านี้จำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ พอร์ต A (PA) , พอร์ต B (PB) และพอร์ต C (PC) สำหรับบล็อกถัดเข้ามาบริเวณส่วนกลางที่มีชื่อว่า GROUP A CONTROL และ GROUP B CONTROL ทำหน้าที่กำหนดการทำงานของพอร์ตทั้งสาม บล็อกทั้งสองนี้เชื่อมต่อกับบล็อกอื่น ๆ ผ่านทางบัสข้อมูลภายใน 8255 เอง สำหรับบล็อกการทำงานทางด้านซ้าย ที่มีชื่อว่า คาต้าบัสบัฟเฟอร์ (Data bus buffer) และ อ่าน/ เขียนคอนโทรลลอจิก (read/ write control logic) ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างระบบบัสของไมโครคอนโทรลเลอร์กับ 8255 เพื่อรับหรือส่งข้อมูลระหว่างกันตามระดับลอจิกของขาสัญญาณ RD\ และ WR\ ตามลำดับ

2.4.2 การจำแนกกลุ่มของพอร์ต 8255

พอร์ตของ 8255 คือ พอร์ต A, พอร์ต B และพอร์ต C โดยพื้นฐานจะเป็นพอร์ตแบบขนานที่ประกอบด้วยสัญญาณ 8 เส้น ซึ่งแต่ละเส้นจะแทนบิตของข้อมูลพอร์ต (เป็นพอร์ตแบบ 8 บิต) นอกจากนี้ยังสามารถอ้างถึงแต่ละบิตของเส้นสัญญาณพอร์ตนี้ได้โดยอิสระ แต่อย่างไรก็ตาม 8255 ได้จัดกลุ่มของพอร์ตเหล่านี้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม A และกลุ่ม B เพื่อประโยชน์ในการกำหนดรูปแบบการทำงานของพอร์ต ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงการจัดกลุ่มของพอร์ตของ 8255

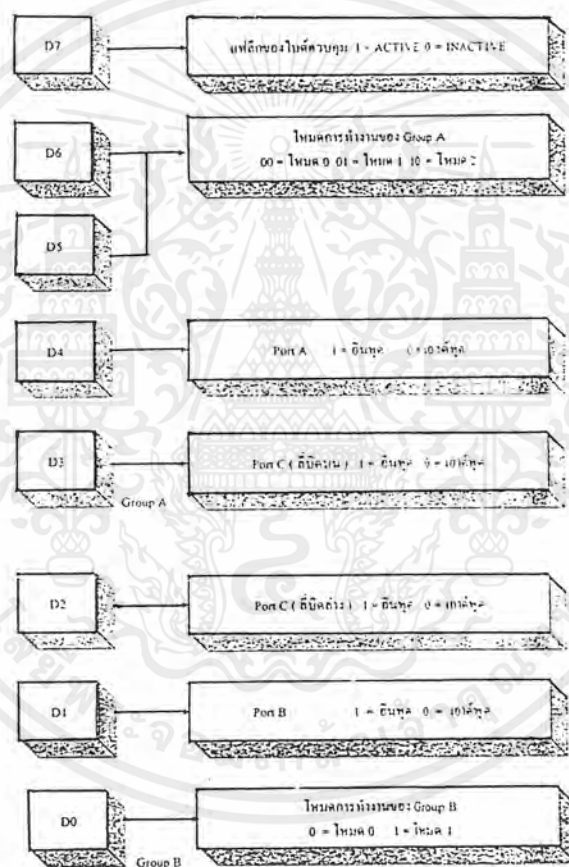
ชื่อกลุ่ม	ลักษณะ
กลุ่ม A	พอร์ต A จำนวน 8 บิต (ทุกบิตของพอร์ต) พอร์ต C จำนวน 4 บิต (เฉพาะ 4 บิตบนของพอร์ต)
กลุ่ม B	พอร์ต B จำนวน 8 บิต (ทุกบิตของพอร์ต) พอร์ต C จำนวน 4 บิต (เฉพาะ 4 บิตล่างของพอร์ต)

จากตารางการทำงานข้างต้นจะเห็นว่า จำนวนเส้นสัญญาณทั้งหมดของพอร์ต C ได้ถูกแยกออกเป็นกลุ่ม คือ กลุ่มของ 4 บิตล่างจาก PC0 – PC3 และกลุ่มของ 4 บิตบนจาก PC4 – PC7 ดังนั้น กลุ่ม A และกลุ่ม B ของ 8255 จึงมีจำนวนบิตในแต่ละกลุ่มเป็นจำนวนถึง 12 บิต

ตารางที่ 2.7 ตารางหน้าที่การทำงานของขาสัญญาณไอซี 8255

สัญญาณ	ความหมาย
D0 – D7	กลุ่มของเส้นสัญญาณข้อมูลของ 8255 เมื่อมีการเขียนหรืออ่าน

CS\	สัญญาณเลือกอุปกรณ์ เมื่อขาสัญญาณนี้เป็นระดับลอจิกต่ำ ซีพียูก็สามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก 8255 ได้
RD\	สัญญาณบอกสถานะต้องการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ของ 8255
WR\	สัญญาณบอกสถานะต้องการเขียนข้อมูลจากรีจิสเตอร์ของ 8255
A0 – A1	สัญญาณระบุตำแหน่งรีจิสเตอร์ภายใน 8255 ที่ต้องการ
RESET	สัญญาณการรีเซตวงจรการทำงานภายใน 8255 เพื่อเริ่มต้นใหม่
PA0 – PA7	กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต A ของ 8255
PB0 – PB7	กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต B ของ 8255
PC0 – PC7	กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต C ของ 8255



รูปที่ 2.8 รูปแบบคำสั่งเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255

2.4.3 รูปแบบคำสั่งเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255

การกำหนดให้พอร์ตทั้งสามของ 8255 ทำงานในลักษณะต่าง ๆ กัน หรือที่เรียกว่า โหมดการทำงาน จะเริ่มต้นด้วยการส่งค่าข้อมูลไบต์หนึ่งให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานภายในตัว 8255 ข้อมูลนี้จะเรียกว่า ไบต์ข้อมูลควบคุม โดยแต่ละบิตข้อมูลนี้มีความหมายที่ระบุถึงความต้องการต่าง ๆ ไปดังแสดงในรูปที่ 2.9 การส่งข้อมูลไบต์นี้จะต้องเริ่มต้นเป็นลำดับแรกก่อนที่จะได้มีการดำเนินการใด ๆ กับ 8255

ตามความหมายของบิตภายในตารางของรูปที่ 2.9 จะเห็นว่าการเลือกให้พอร์คใดทำหน้าที่เป็นพอร์คอินพุตก็กำหนดค่าข้อมูล 1 ให้กับบิตที่เกี่ยวข้องกับพอร์คนั้น หรือกรณีตรงข้ามสำหรับการเอาต์พุตก็เพียงการกำหนดค่าข้อมูล 0 เท่านั้น อย่างไรก็ตามการกำหนดให้ไบต์ข้อมูลควบคุมนี้มีผลอย่างถูกต้อง ก็จะต้องทำการกำหนดให้บิต D7 มีค่าเป็น 1 เสมอ

2.4.4 การเชื่อมต่อ 8255 กับ 8051

เมื่อพิจารณาแผนภาพของ 8255 จะเห็นว่ามิชาสัญญาณแอดเดรสจำนวน 2 เส้น คือ A0 และ A1 ทำให้ตำแหน่งของแอดเดรสที่จะอ้างถึงได้มีค่าเป็น 2^2 หรือเท่ากับ 4 ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะมีความหมายถึงการระบุรีจิสเตอร์หรือพอร์คภายใน 8255 ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.9 ตารางแสดงการระบุถึงรีจิสเตอร์หรือพอร์คภายใน 8255

A1	A0	ชื่อของรีจิสเตอร์
0	0	พอร์ค A
0	1	พอร์ค B
1	0	พอร์ค C
1	1	รีจิสเตอร์ควบคุม

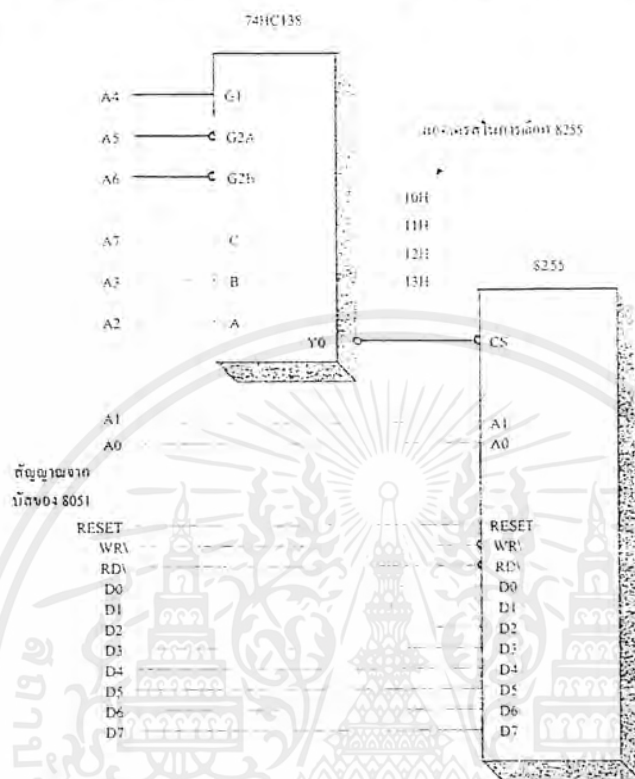
เมื่อพิจารณาค่าของแอดเดรสเหล่านี้ร่วมกับระดับลอจิกของขาสัญญาณ RD $\backslash$ และ WR $\backslash$ จะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลทางขาสัญญาณ D0 – D7 ให้กับรีจิสเตอร์นั้นตามลำดับ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.10 ตารางแสดงความหมายของระดับของขาสัญญาณ RD $\backslash$ และ WR $\backslash$

RD $\backslash$	WR $\backslash$	A1	A0	ความหมาย
0	1	0	0	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ค A
1	0	0	0	รับ (หรืออ่าน) ข้อมูลให้กับพอร์ค B
0	1	0	1	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ค B
1	0	0	1	รับ (หรืออ่าน) ข้อมูลให้กับพอร์ค B
0	1	1	0	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ค C
1	0	1	0	รับ (หรืออ่าน) ข้อมูลให้กับพอร์ค C
0	1	1	1	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ควบคุม
1	0	1	1	เป็นสถานะที่ไม่ถูกต้อง

ขาสัญญาณควบคุม RD $\backslash$ และ WR $\backslash$ มักจะเชื่อมต่อกับขาสัญญาณข้อเดียวกับของ 8051 ได้โดยตรง ซึ่งทำให้แอดเดรสพอร์คของ 8255 อยู่ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของ 8051 สำหรับขา

รีเซตของ 8255 ซึ่งจะมีทำให้เกิดการรีเซตหรือเริ่มสถานะการทำงานใหม่เมื่อมีระดับของขาสัญญาณเป็นลอจิกสูง ดังนั้นหากว่าจะใช้สัญญาณการรีเซตเดียวกันกับของ 8051 เพื่อที่จะรีเซต 8255 ด้วย ก็สามารถทำได้โดยตรง ส่วนขาสัญญาณ D0 – D7 ก็สามารถนำไปเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับบัสของ 8051 ได้เช่นกัน



รูปที่ 2.11 แผนภาพวงจรแสดงการเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับ 8051

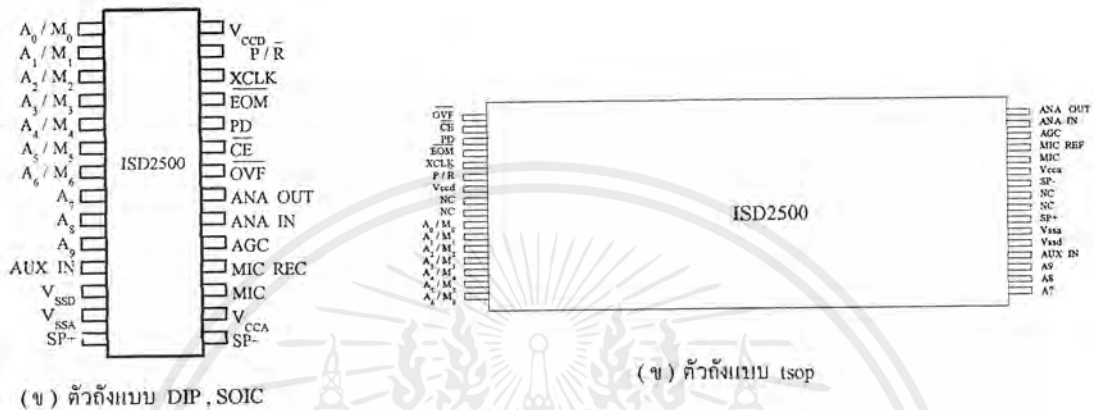
2.5 ไอซีบันทึกเสียง ISD 25XX

2.5.1 คุณสมบัติของ ISD25xx

คุณสมบัติหลักๆที่สำคัญที่น่าจะครอบคลุมถึงความยุ่งยากต่างๆ ให้ง่ายและกระชับครัดลงมาเสร็จสรรพในการใช้งานในตัวเองจริงๆดังคุณสมบัติของ ISD25xx ต่อไปนี้

- เพียงไอซีตัวเดียวก็สามารถบันทึกและเล่นกลับได้อย่างง่ายดาย
- ไม่มีอุปกรณ์ไอซีประเภทอื่นๆประกอบรวมภายนอก
- ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้
- มีประสิทธิภาพในการบันทึก และเล่นกลับที่ให้เสียงได้เหมือนต้นกำเนิดเสียง
- ควบคุมการบันทึก/ เล่นกลับตั้งแต่ 45, 60, 75, 90 วินาที ตามแต่เบอร์ในตระกูล ISD25xx
- ต่อสายเคคกันได้เลยโดยตรงเพื่อเพิ่มระยะเวลาให้ยาวมากขึ้น
- ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป
- สามารถเก็บความจำไว้ได้นานถึง 100 ปี ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง
- วงรอบการบันทึก 100,000 ครั้ง

- มีวงจรกำเนิดสัญญาณภายในตัว
- สามารถโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับเพียงอย่างเดียวเพื่อพัฒนารูปแบบใช้งานได้



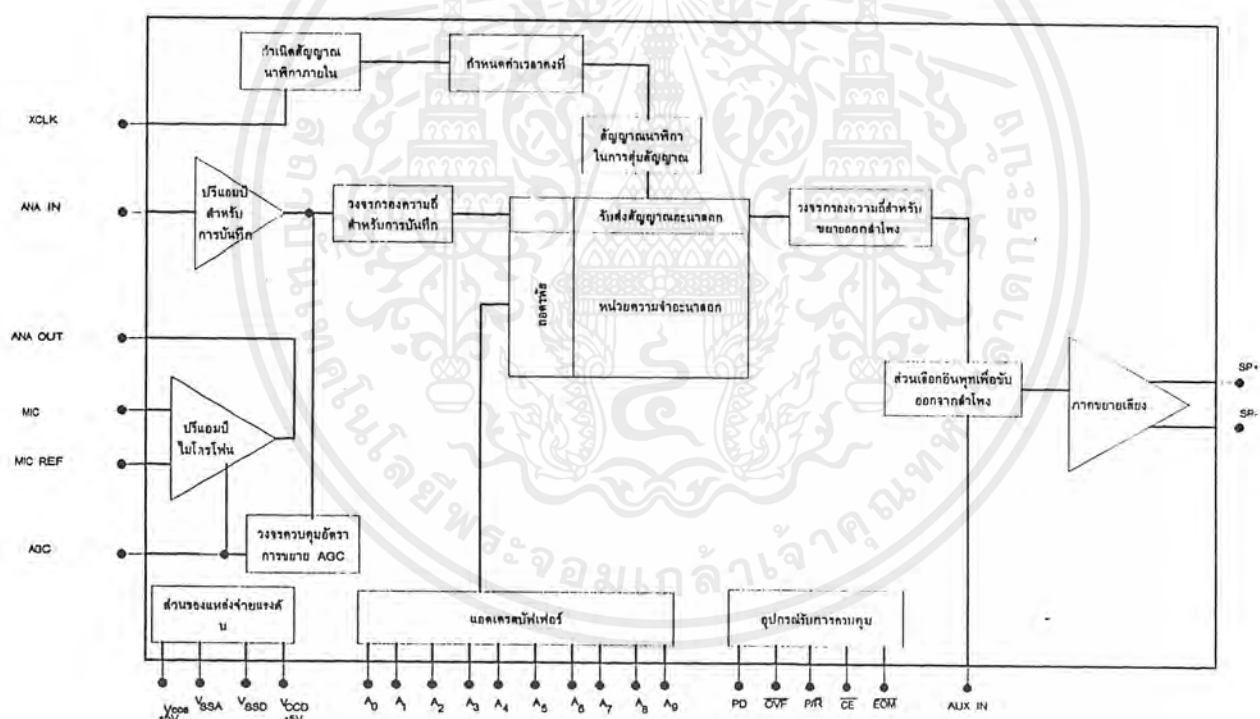
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการจัดขาใช้งานของ ไอซี ISD25XX

จากคุณสมบัติต่างๆที่รวมอยู่ในไอซีเพียงตัวเดียวจึงทำให้ง่ายแก่การใช้งาน ตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน จนถึงหน่วยเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกและขับออกมาโฟงก็ถูกรวมไว้ในไอซีเพียงตัวเดียวในโหมดการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่างๆไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซลล์แบบไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไม่ใหหาย (nonvolatile memory cells) สัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณอนาลอกจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยจัดเก็บความจำโดยตรง โดยอาศัยเทคโนโลยี DAST (Direct Analog Storage Technology) และการจัดเก็บความจำก็จะจัดเก็บในลักษณะที่เป็นสัญญาณอนาลอกอยู่เช่นเดิม จึงทำให้การเล่นกลับสามารถให้สัญญาณเสียงที่เหมือนกับต้นกำเนิดเสียงมาก เพราะไม่มีกระบวนการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ในรูปที่ 2.14 เป็นรูปแสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของ 25xx เมื่อพิจารณาบล็อกไดอะแกรมแล้วก็มีลักษณะคล้ายคลึงกับตระกูล ISD12xx / 14xx มาก หากแต่มีความแตกต่างกันอยู่ในส่วนของบล็อกแอดเดรสบัสเฟอ์ และบล็อกส่วนรับการควบคุม นอกจากนั้นยังมีบล็อกมัลติเพล็กซ์สัญญาณอินพุตของเพาเวอร์แอมป์ภายในไอซี เพื่อทำการเลือกที่จะขยายสัญญาณที่ถูกบันทึกเก็บไว้ หรือขยายสัญญาณจากภายนอกที่ขา AUX IN ทั้งหมดนี้เป็นข้อแตกต่างของ ISD25xx ที่ไม่เหมือนกัน ISD12xx / 14xx นอกจากนั้นอัตราการทำงานของไอซีในตระกูล ISD25xx ก็แตกต่างกันดังจะแสดงข้อมูลทางด้านการบันทึกสัญญาณของไอซีในตระกูลไว้ในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 คุณสมบัติทางไฟฟ้าบางอย่างที่แตกต่างกันของไอซีในตระกูล ISD25xx

เบอร์ไอซี	ระยะเวลาบันทึก (วินาที)	การสุ่มสัญญาณทางอินพุต (กิโลเฮิร์ตซ์)	ความถี่ที่ผ่านวงจรกรอง (กิโลเฮิร์ตซ์)	ความถี่สัญญาณนาฬิกาภายใน (กิโลเฮิร์ตซ์)
ISD2545	45	10.6	4.5	1365.3
ISD2560	60	8.0	3.4	1024.0
ISD2575	75	6.4	2.7	819.2
ISD2590	90	5.33	2.3	682.7



รูปที่ 2.14 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของไอซี ISD25XX

2.5.2 เบื้องต้นของการทำงาน

เบื้องต้นการทำงานของการทำงานนั้นต้องทำความเข้าใจหรือทราบรายละเอียดของคุณสมบัติทางเทคนิคของไอซีตระกูลนี้เสียก่อน ดังตารางคุณสมบัติทางเทคนิคหรือไฟฟ้าไว้ในตารางที่ 2.15 รายละเอียดในตารางนี้มีความสำคัญมากต่อการใช้เป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบใช้งาน และการทำงานเบื้องต้นในที่นี้จะ

กล่าวถึงหน้าที่การใช้งานของแต่ละขาทั้งหมด เพราะหากกล่าวถึงการทำงานธรรมดาก็คือ ไอซีบันทึกเสียง นั่นคือการทำงาน แต่การทำงานของแต่ละขาและหน้าที่ของแต่ละขาจะมีความสำคัญมากกว่า เพราะจะสามารถนำเอาไอซีไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย (ไอซีไม่เสียหายก่อนจะใช้งานได้)

Address / Mode Inputs ($A_0 - A_9 / M_0 - M_6$) ขา 1 - 10 ขาแอดเดรสและโหมดอินพุตจะมีอยู่สองฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กับระดับของสอง MSB ของแอดเดรส ถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งของสอง MSBs เป็น " 0 " อินพุตก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิตทั้งหมดและใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกการเล่นกลับ และขาแอดเดรสจะเกิดการแลตช์โดยขอบขาของพัลส์ที่ขา CE และถ้า MSBs มีสถานะเป็น " 1 " ขาแอดเดรส / โหมดอินพุต จะมาขึ้นอยู่ที่โหมดบิตทั้งหมด และเกิดการแลตช์เมื่อพัลส์ขอบขาของปรากฏที่ขา CE

Auxiliary Input (AUX IN) ขา 11 จะเป็นขารับอินพุตจากภายนอก ซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาต์พุตของวงจรขยายภายในและขับออกสู่เอาต์พุตลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา CE มีสถานะเป็น " 1 " วงรอบของการเล่นกลับก็จะสิ้นสุดลง หรือเมื่อสัญญาณที่บันทึกไว้ถูกเล่นกลับจนหมดสิ้นแล้วมีการต่อคาสเคด ISD25xx กันหลายๆตัว ขา AUX IN จะถูกใช้ต่อเข้ากับสัญญาณเล่นกลับที่ออกมาจากเอาต์พุตลำโพงของตัวก่อนหน้าหรือจากตัวอันดับแรก

Ground Input (V_{SSA}, V_{SSD}) ขา 12 และ 13 โดยคุณสมบัติของไอซีในตระกูล ISD25xx จะมีการแยกกันระหว่างกราวด์ของสัญญาณอนาล็อก และกราวด์ของสัญญาณดิจิทัล ขากราวด์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในถึงบรรจุของไอซี การใช้งานขากราวด์ทั้งสองนี้จะเลือกต่อกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

Speaker Outputs (SP+, SP-) ขา 14 และ 15 เป็นขาเอาต์พุตต่อออกลำโพง ในตระกูล ISD25xx นี้ จะมีวงจรขับสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพง ซึ่งประกอบอยู่ในตัวไอซีเรียบร้อยแล้ว โดยมีความสามารถในการขับลำโพงเอาต์พุตได้ 50 มิลลิวัตต์ ที่โหลดลำโพง 16 โอห์ม ขาต่อลำโพงเอาต์พุตทั้งสองนี้จะไม่ต่อขนานกันโดยตรงเด็ดขาดเมื่อต้องถูกใช้ต่อคาสเคดกันหลายๆ ตัว และไม่เหมาะในการต่อลำโพงขนานกันทางเอาต์พุตหลายๆตัว โดยเฉพาะในบางครั้งขาเอาต์พุตลำโพงสามารถต่อคาสเคดกับไอซีอีกตัวได้โดยตรง เพราะมีตัวเก็บประจุคัปปลิงอยู่ในเรียบร้อยแล้ว

Voltage Inputs (V_{CCA}, V_{CCD}) ขา 16 และ 28 เป็นขารับแรงดันที่ต้องแยกกันต่างหากระหว่างขา รับแรงดันของวงจรอนาล็อกและวงจรดิจิทัล ที่ประกอบอยู่ในตัวไอซีแล้ว ขารับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์ และต้องเป็นแรงดันไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

ตารางที่ 2.15 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ ISD25xx

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันอินพุตทางด้านต่ำ " 0 "	VIL	0.8	โวลต์
แรงดันอินพุตทางด้านสูง " 1 "	VIH	2.0	โวลต์
แรงดันเอาต์พุตทางด้านต่ำ	VOL	0.4	โวลต์

แรงดันเอาต์พุตทางด้านสูง	VOH	VCC - 0.4	โวลต์
แรงดันเอาต์พุตทางด้านสูงที่ขา OVF	VOH1	2.4	โวลต์
แรงดันเอาต์พุตทางด้านสูงที่ขา EOM	VOH2	VCC - 1.0	โวลต์
กระแสแรงดันไฟเลี้ยงที่ Vcc = 5 โวลต์	ICC	25	มิลลิแอมป์
กระแสแดนค์บายที่ Vcc = 5 โวลต์	ISB	1 - 10	ไมโครแอมป์
กระแสรั่วไหลทางอินพุต	IIL	±1	ไมโครแอมป์
อิมพีแดนซ์ของโหลดเอาต์พุต	REXT	16	โอห์ม
ความต้านทานอินพุตของปริแอมป์ไมโครโฟน	RMIC	10	กิโลโอห์ม
ความต้านทานอินพุตของขาอินพุตภายนอก	RAUX	10	กิโลโอห์ม
ความต้านทานอินพุตของขาอินพุตนอก	RANA IN	3	กิโลโอห์ม
อัตราขยายของปริแอมป์ 1	APRE1	24	เดซิเบล
อัตราขยายของปริแอมป์ 2	APRE2	5	เดซิเบล
อัตราขยายของขา AUX (สัญญาณภายนอก)	AAUX	1	โวลต์ ต่อ โวลต์
อัตราขยายของภาคขยายเอาต์พุตลำโพง	AARP	22	เดซิเบล
ความต้านทานเอาต์พุตของขา AGC	RAGC	5	กิโลโอห์ม
แรงดันไฟเลี้ยงตัว ไอซีทั้งหมด	VCC	5 - 7	โวลต์
อุณหภูมิขณะทำงาน	TS	-65 - 150	องศาเซลเซียส

Microphone Input (MIC) ขา 17 จะรับสัญญาณอินพุตที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าวงจรปริแอมป์ที่ประกอบอยู่ในตัวไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายของวงจรปริแอมป์ให้มีอัตราขยายอยู่ในช่วง -15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนภายนอกจะถูกขับป้อนผ่านตัวเก็บประจุภายนอกในลักษณะอนุกรมกับขา 17 นี้ ค่าความจุของตัวเก็บประจุขับป้อนจะกำหนดค่าโดยค่านึงถึงค่าความต้านทาน 10 กิโลโอห์มที่ต่ออยู่ภายในกับขา 17 ของไอซี เพื่อทำให้เกิดการคัตออฟที่ความถี่ต่ำ

Microphone Reference Input (MIC REF) ขา 18 จะต่อขา 18 นี้เข้ากับกราวด์อะนาล็อก (V_{SSA}) โดยมีตัวเก็บประจุต่ออนุกรมอยู่ก่อน เพื่อทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุตขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 เดซิเบล

Automatic Gain Control Input (AGC) ขา 19 เป็นขาอินพุตเพื่อควบคุมการปรับอัตราขยายของปรีแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่มีย่านกว้างมากของสัญญาณอินพุตจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ขา AGC นี้ จะต่อร่วมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่โดยมีค่าความต้านทานภายใน 5 กิโลโอห์ม และจะต่อร่วมกับตัวเก็บประจุภายนอกอีกหนึ่งตัวผ่านลงกราวด์อะนาล็อก ค่าที่เหมาะสมบางครั้งกำหนดไว้ที่ค่าความต้าน 470 กิโลโอห์ม และตัวเก็บประจุ 4.7 ไมโครฟารัด

Analog Input (ANA IN) ขา 20 จะรับสัญญาณที่ผ่านวงจรปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิงภายนอกคัปปลิงสัญญาณเข้าที่ขา 20 นี้ เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ในตัวไอซี ตัวเก็บประจุคัปปลิงภายนอกนี้ จะต้องสัมพันธ์กับค่าความต้านทานภายในค่า 3 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นอินพุตอิมพีแดนซ์ เพื่อที่จะทำให้เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบคัตออฟ

Analog Output (ANA OUT) ขา 21 เป็นขาเอาต์พุตของวงจรปรีแอมป์ขยายสัญญาณจากไมโครโฟนที่ได้รับจากการควบคุมอัตราขยายจากวงจร AGC ภายในแล้ว

Overflow Output ($\overline{OVF}$) ขา 22 สัญญาณพัลส์ "0" จะปรากฏออกมาทางขาเอาต์พุตนี้เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายในตัวไอซีได้ถูกอ่านออกหมดแล้วและจะแสดงเป็นสถานะหยุดเล่นกลับ พัลส์เอาต์พุตจากขา OVF นี้จะจ่ายให้กับขา CE อินพุตจนกว่าขา PD จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซ็ต และเริ่มวงจรการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขา OVF นี้ สามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของ ISD25xx ในตัวถัดไปได้ เมื่อถูกต่อคาสเคดกันอยู่หลายตัว

Chip Enable Input ($\overline{CE}$) ขา 23 ขา CE จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ "0" เพื่อทำให้เกิดระหว่างการเล่นกลับและการบันทึก ที่ขาออกเดสอินพุตและขา P/R อินพุตจะถูกแลตช์จากพัลส์ขอบขาของพัลส์ที่ขา CE

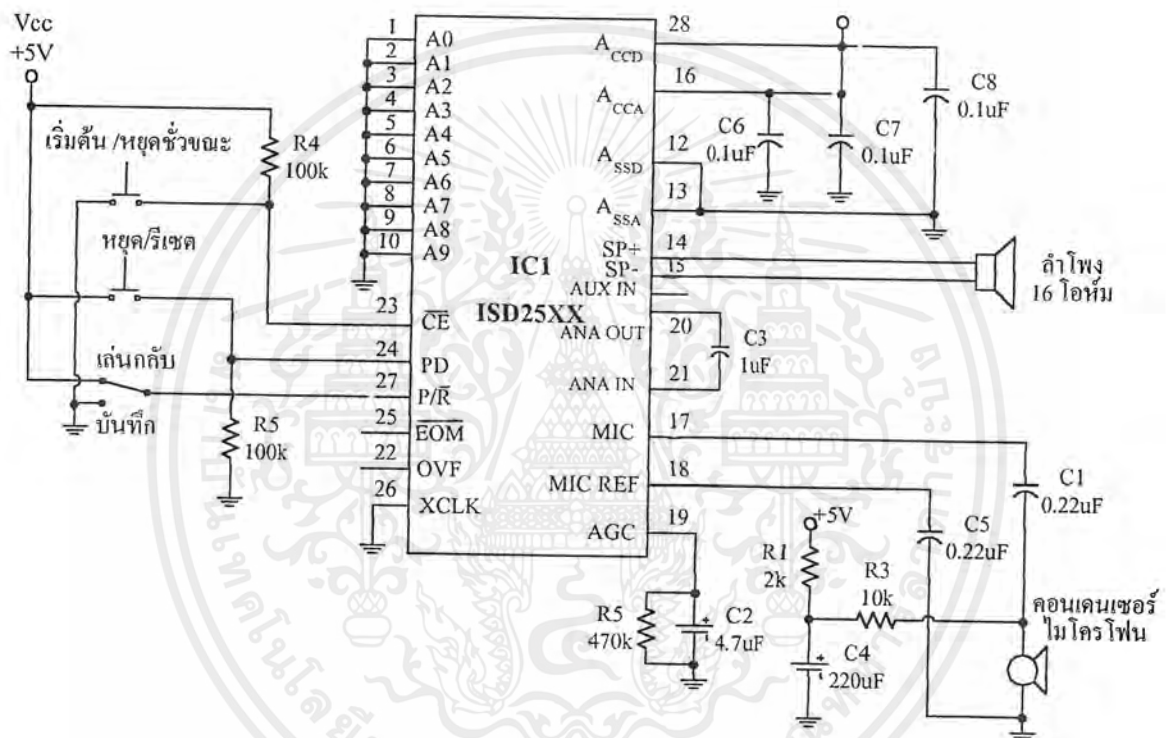
Power down Input (PD) ขา 24 ในขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับที่ขา PD จะมีสถานะเป็น "1" ก็จะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมาก แต่เมื่อขา OVF มีสถานะเป็น "0" ที่แสดงถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลงปรากฏขึ้น ขา PD ปรกติจะเป็น "1" อยู่ในขณะนั้นก็จะถูกรีเซ็ตและจะเริ่มกระบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

End-of-Message / RUN Output ($\overline{EOM}$) ขา 25 เป็นส่วนของอุปกรณ์ non-volatile ภายในตัว ไอซีที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำกรบันทึกขา EOM นี้จะให้เอาต์พุตออกมาเป็น "0" เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว

External Clock Input (XCLK) ขา 26 เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติได้ระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาการสุ่มสัญญาณถูกกำหนดไว้

ภายในแล้ว ซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือย่านแรงดันไฟเลี้ยงที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 26 นี้เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

Playback/Record Input (P/R) ขา 27 เมื่อขาอินพุตควบคุมการเล่นกลับและบันทึกได้รับพัลส์ "1" จะเป็นวงจรรอบของการเล่นกลับ และถ้าเป็นพัลส์ "0" จะเป็นการเลือกวงจรรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบขาของขา CE จะเป็นการแลตซ์อินพุตที่ขา P/R เมื่อการทำงานทุกอย่างเชื่อมโยงกันอยู่แค่ภายในตัว ไอซีเพียงตัวเดียว มีการต่ออุปกรณ์ภายนอกที่น้อยมากก็เป็นการง่ายที่จะประยุกต์เอาไอซีในตระกูลนี้ไปใช้งาน



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรประยุกต์ใช้งานของ ISD25XX

2.5.3 การประยุกต์ใช้งาน

การประยุกต์ใช้งานไอซีในตระกูล ISD25xx ทำได้โดยง่าย ตามการทำงานของแต่ละขาใช้งานของ ไอซีที่ได้อธิบายมาแล้ว และวงจรประยุกต์ใช้งานแสดงไว้ในรูปที่ 2.16 จะสังเกตเห็นวงจรที่มีความเรียบง่าย และอุปกรณ์ประกอบรวมนที่น้อยมาก สังเกตวงจรนับตั้งแต่ลำโพงที่สามารถต่อได้โดยตรงกับไอซีได้โดยตรง หากเป็นแบบไดนามิกตั้งแต่ลำโพงที่สามารถต่อได้โดยตรงกับไอซีเลยไมโครโฟนนั้นหากใช้แบบไดนามิก ไมโครโฟนจะต้องมีการไบแอสค่าแรงดันให้กับไมโครโฟนอย่างเหมาะสม ดังที่ได้แสดงไว้ในวงจรประยุกต์ ใช้งานนี้ การทำงานนอกเหนือจากนี้คงไม่ต้องอธิบาย เพราะได้กล่าวถึงแล้วในการทำงานและหน้าที่ใช้งาน ของแต่ละขา

การประยุกต์ใช้งานไอซีนอกเหนือจากนั้นก็คือ การประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม และการพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถที่จะทำให้ ISD25xx ทำการบันทึกและเล่นกลับได้ในหลากหลายของฟังก์ชันการทำงานขึ้นกับความสามารถและประสิทธิภาพของโปรแกรมควบคุม

2.6 ไอซี TCM5087

ลักษณะสำคัญ

1. โครงสร้างเป็นแบบ CMOS ป้อนไฟกระแสตรงได้จาก 3.5 - 10 โวลต์
2. การใช้งานต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์อินพุตซึ่งก็คือคีย์บอร์ด
3. TCM5087 จะทำหน้าที่ผลิตสัญญาณผสมสองความถี่จากการกดคีย์บอร์ดแต่ละตำแหน่ง โดยความถี่หนึ่งจะเป็นความถี่ COLUMN และอีกความถี่หนึ่งจะเป็นความถี่ของ ROW ในตำแหน่งที่กด ซึ่งมีทั้งหมด 4 ROW 4 COLUMN แสดงดังตาราง 2.16
4. การใช้งานต้องมีอินพุตที่เป็นสัญญาณรูปไซน์โดยใช้ คริสตัล 3.579 MHz เพื่อผลิตสัญญาณรูปไซน์ 8 ความถี่ คือ 4 ความถี่สำหรับ ROW และอีก 4 ความถี่สำหรับ COLUMN
5. ในการใช้งาน จะต้องให้ขา 15 (SINGLE - TONE ENABLE INPUT) เป็น high

ตาราง 2.17 แสดงความถี่ของแต่ละตำแหน่งเมื่อใช้คริสตัล 3.579 MHz.

TONE	DTMF STANDARD (Hz)	ENCODER OUTPUT* (Hz)	ERROR FROM STANDARD* (%)
ROW1	697	701.3	0.82
ROW2	770	771.4	0.19
ROW3	852	857.2	0.61
ROW4	941	935.1	-0.63
COLUMN1	1209	1215.9	0.67
COLUMN2	1330	1331.7	-0.32
COLUMN3	1477	1471.9	-0.35
COLUMN4	1633	1645	0.73

*USING AN INPUT SIGNAL FROM A 3.579545 Mz CRYSTAL

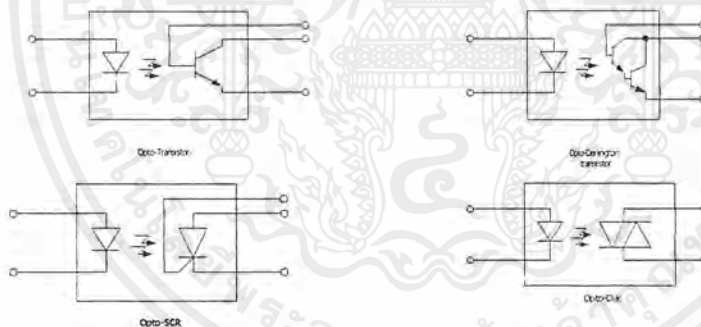
2.7 การเชื่อมโยงทางแสง

อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง (optocoupler) หรือตัวแยกโดยใช้แสง เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติในการไอโซเลต ทำให้สามารถนำมาใช้ในการเชื่อมโยงสัญญาณต่างๆ ของวงจรที่มีกราวด์ต่างกัน สามารถป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตได้อย่างเด็ดขาด ซึ่งการขับปลั๊งดด้วยวิธีอื่นๆ จะทำไม่ได้ จึงได้นำเอาออปโตคัพเลเตอร์มาประยุกต์ใช้งาน ในวงจรเพื่อประสิทธิภาพการทำงานและความน่าเชื่อถือของวงจร

ออปโตคัพเลเตอร์ เป็นอุปกรณ์เดี่ยวที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสง โดยที่ทั้งสองส่วนนี้จะแยกจากกันและกัน มีฉนวนที่โปร่งใส เช่น กระดาษขุ่นบางๆ คั่นกลาง และชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังหีบแสง รูปร่างภายนอกมีอยู่หลายแบบ แต่ที่พบเห็นบ่อยๆ ส่วนมากจะมีตัวถังเป็นแบบดิว (DIP : Dual in - Line Package) เหมือนไอซี แต่มี 6 ขา แหล่งกำเนิดแสงส่วนใหญ่จะใช้

ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IRED : Infrared Emitter Diode) ทำจากสารแกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ส่วนตัวตรวจจับหรืออุปกรณ์ภาคเอาต์พุตนั้น อาจจะเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์, โฟโตไดร์ลิงค์สวิทช์สองทิศทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้น และ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงเป็นต้น รูปที่ 2.14 แสดงสัญลักษณ์ของวงจรชนิดต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ถึงแม้ว่าจะมีหลายชนิดมากกว่านี้ แต่ที่แสดงให้เห็นรูปเป็นแบบที่พบเห็นกันบ่อยๆ

ออปโตคัพเลเตอร์หรือออปเตอร์ไอโซเลเตอร์ ได้รับการออกแบบไว้ให้ทำการป้องกัน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ให้ได้รับแรงดันกระชากสูงๆ หรือคัมครองระดับนอยส์ต่ำๆ ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดเอาต์พุต

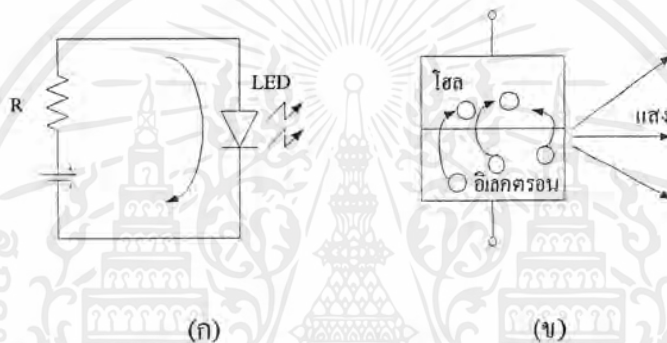


รูปที่ 2.18 แสดงสัญลักษณ์ของออปโตคัพเลเตอร์

ไม่ถูกต้องหรือทำให้เกิดคลื่นผิดพลาดขึ้นมา ออปโตคัพเลเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ที่มีระดับลอจิกแตกต่างในออปโตคัพเลเตอร์ สัญญาณอินพุตจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานแสง เพราะมี LED ที่อยู่ภายนอก พลังงานจึงถูกส่งไปยังโฟโตดีเทคเตอร์ ดังนั้นมันจึงทำงานตรงกับพลังงานของแสงที่ได้จาก LED และสเปคตามอัตราส่วนการส่งผ่านกระแส (CURRENT - TRANSFER RATIO ; CTR) กับ Isolation Voltage เป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุตต่อกระแสเอาต์พุตซึ่งเป็นการวัดความสามารถของออปโตคัพเลเตอร์ในเรื่องความสามารถให้สัญญาณอินพุตถูกส่งไปยังเอาต์พุต อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับ

กับ ประสิทธิภาพของ IRED ซึ่งอยู่ระหว่างชั้นส่วนทางอินพุตและเอาต์พุต รวมทั้งพื้นที่ความไว และอัตราขยายของตัวตรวจจับ สำหรับ Isolation Voltage ของออปโตคัปเปิลอร์ คือ ปริมาณแรงดันที่ ออปโตคัปเปิลอร์สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย

เมื่อมีกระแสไหลผ่าน IRED ของออปโตคัปเปิลอร์ ในลักษณะไบอัสตรงจนมีอิเล็กตรอน ส่วนเกินกระโดดข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮล ในขณะเดียวกันก็ได้ปล่อยพลังงานโฟตอน หรือแสงออกมา ดังรูปที่ 2.16 แสงที่ได้รับเป็นแสงอินฟราเรด เพราะสารกึ่งตัวนำทำด้วยสารแกลเลียมอาร์เซไนด์ ตัวแปรอินพุตทางด้านไฟฟ้า กระแสตรง เป็นตัวกำหนดตัวแปรทางด้านไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด ได้แก่กระแสของไดโอดเมื่อได้รับไบอัสตรง (I) แรงดันตกคร่อมไดโอดเมื่อได้รับไบอัสตรง (V) และแรงดันสูงสุดที่ทนได้ เมื่อได้รับไบอัสกลับ



รูปที่ 2.19 (ก) แสดงถึงแสงที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระแสไบอัสตรงไหลผ่าน
(ข)อิเล็กตรอนส่วนเกินข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลพร้อมกับเปล่งแสงออกมา

เนื่องจากตัวแปรเอาต์พุตทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงและตัวแปรส่งถ่าย (Transfer Parameter) นั้น จะแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นส่วนที่เป็นตัวตรวจจับ ที่ใช้ในออปโตคัปเปิลอร์ ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตัวตรวจจับนั้นๆ ตัวอย่างเช่น

2.7.1 ทรานซิสเตอร์คัปเปิลอร์ (Transister coupler)

อุปกรณ์ประเภทนี้ได้รับความนิยมมากที่สุด มีความไวระดับกลาง และมีราคาถูก ตรงจุดเชื่อมต่อ (Junction) ภายในระหว่างคอลเลคเตอร์ - เบส ของทรานซิสเตอร์สามารถเอายามาต่อข้างนอกให้ทำหน้าที่เป็นโฟโอดีโอด ซึ่งมีความเร็วในการทำงานสูงยิ่งไปกว่าเดิม

2.7.2 คาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัปเปลอร์ (Darlington Transistor Coupler)

อุปกรณ์ประเภทนี้ให้อัตราส่วนการส่งกระแส หรือมีเกนการขยายสูงให้กระแสเอาต์พุตเพิ่มขึ้น ซึ่งจะได้เกนขยายสูงเป็น 10 เท่า แต่ความเร็วในการทำงานจะช้ากว่า 10 เท่า ของการใช้งานทรานซิสเตอร์ตัวเดียว

ออกแบบได้แบบทรานซิสเตอร์คัปเปลอร์ และแบบคาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัปเปลอร์นั้น มีหลักการทำงานเหมือนกัน รอยต่อระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับขาเบสถูกทำให้กว้างขึ้น แสงที่ตกกระทบบนรอยต่อจะทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลขึ้นมาเกิดการนำกระแสได้ ตัวแปรสำหรับออกแบบได้ทรานซิสเตอร์คัปเปลอร์ และแบบคาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัปเปลอร์ มีดังนี้

I_c : เป็นกระแสสูงสุดที่ไหลต่อเนื่องผ่านขาคอลเลคเตอร์ (เอาต์พุต)

$V_{(BR)CBO}$: เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาเบส

$V_{(BR)CEO}$: เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอีมิเตอร์

$V_{(BR)ECO}$: เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาอีมิเตอร์ไปยังขาคอลเลคเตอร์

$CTR_{(n)}$: เป็นอัตราส่วน (เป็นเปอร์เซ็นต์) ค่าสุทธระหว่างกระแสเอาต์พุตของคอลเลคเตอร์ สูงสุด ต่อกระแสไดโอดที่ค่า V_{∞} และ I_c ที่กำหนด

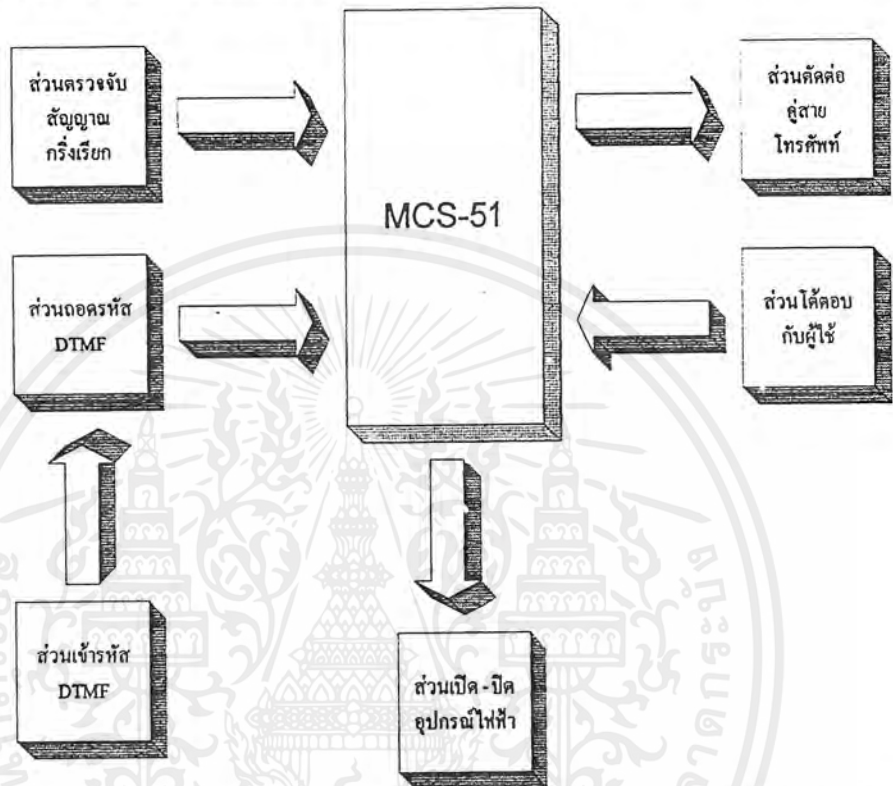
$V_{CE(sat)}$: เป็นแรงดันอิ่มตัวระหว่างขาคอลเลคเตอร์และขาอีมิเตอร์

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

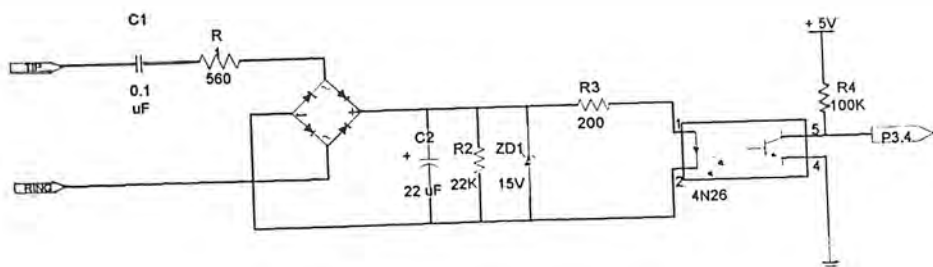
การออกแบบโครงงานชิ้นนี้จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังได้แสดงไว้ในบล็อกไดอะแกรมใน

รูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางคู่สายโทรศัพท์

3.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก (Detect Ringing)



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง

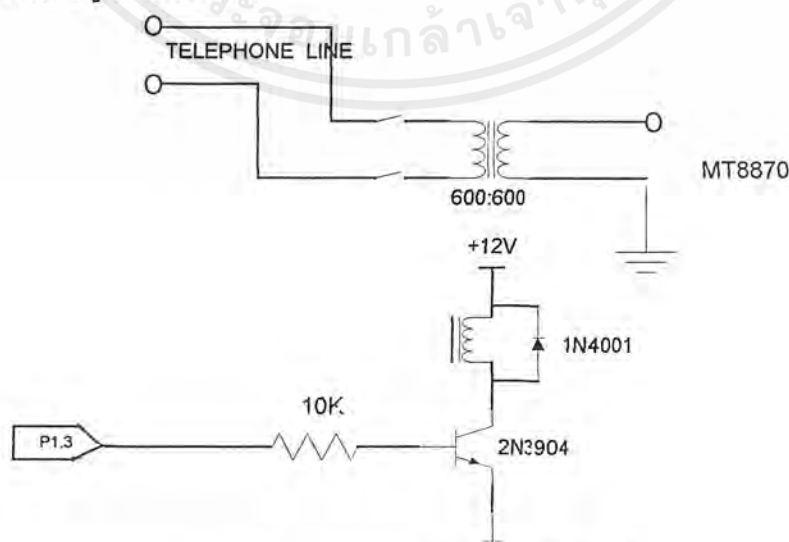
เป็นส่วนที่ใช้ตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกที่มาตามสายขณะที่มีผู้โทรเข้ามา อาศัยหลักการพื้นฐานของสัญญาณโทรศัพท์ คือ ในสถานะที่สายว่าง คู่สายโทรศัพท์จะมีแรงดันไฟตรง (DC) ประมาณ 48 โวลต์ ซึ่งจ่ายมาจากชุมสาย ในสถานะที่มีการเรียกเข้ามา ทางชุมสายจะจ่ายสัญญาณกริ่งเรียกมาเป็นแรงดันกระแสสลับ (AC) ที่มีขนาดแรงดันประมาณ 100 โวลต์ (peak to peak) วงจรในส่วนนี้จะให้พัลส์ออกมาเมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามา

การนำเอาออปโตคอปเปลอร์เข้ามาใช้ในวงจร ก็เพื่อจุดประสงค์ในการแยกส่วนของแรงดันไฟสูงที่เกิดจากสายโทรศัพท์ซึ่งมีค่าประมาณ 100 โวลต์เอซี ในขณะที่มีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามาให้เชื่อมต่อกับวงจรที่มีระดับไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์ดีซี ซึ่งออปโตคอปเปลอร์นี้จะมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องนำมาใช้งานเพื่อให้วงจรที่มีระดับแตกต่างกันมากสามารถทำงานร่วมกันได้ ในส่วนของวงจรนี้ใช้ออปโตคอปเปลอร์เบอร์ 4N26 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- สามารถแยกวงจรที่มีระดับความดันที่ต่างกันได้ถึง 7500 โวลต์เอซี
- ใช้ GSAS ไดโอดซึ่งเปล่งแสงอินฟราเรดไปยัง Silicon NPN Photo Transister
- การแปลง (Transfer) ของไฟกระแสตรงมีค่าสูง
- ความเร็วในการสวิตช์สูง

สัญญาณกระแสสลับที่ผ่านตัวเก็บประจุมาจะถูกเรกติไฟร์โดยบริดจ์ไดโอด ทำให้เป็นพัลส์ไฟตรงคกร้อมตัวเก็บประจุ 22 μF และตัวต้านทาน 22 $\text{k}\Omega$ ทำหน้าที่คายประจุให้กับตัวเก็บประจุ 22 μF เพื่อให้เป็นไฟตรงมากขึ้น และมีซีเนอร์ไดโอดเป็นตัวจำกัดแรงดันพัลส์ไว้ที่ 15 โวลต์ แรงดันพัลส์ที่คกร้อมซีเนอร์ไดโอดจะถูกไบอัสให้กับ LED เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามา จะทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะ ON ทำให้เกิดขบวนพัลส์ขึ้นมา ซึ่งจะนำสัญญาณที่ได้นี้ส่งไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบต่อไป

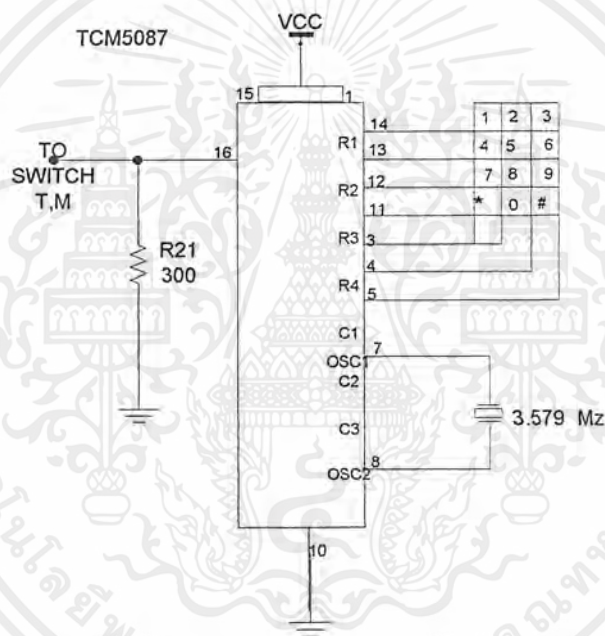
3.2 วงจรตัวตัดต่อคู่สายโทรศัพท์



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรตัดต่อคู่สายโทรศัพท์

วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่เสมือนการยกหูโทรศัพท์อัตโนมัติ โดยเมื่อมีการนับจำนวนของสัญญาณกริ่งครบตามที่ได้กำหนดไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณตอจิกสูงมาที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ เมื่อทรานซิสเตอร์ ON จะส่งผลให้รีเลย์ทำการเปลี่ยนหน้าสัมผัสให้คู่สายโทรศัพท์ที่ต่อเข้ากับหม้อแปลงขนาด 600 : 600 โอห์ม ทำให้เสมือนมีการยกหูโทรศัพท์ และที่รีเลย์จะมีไดโอดต่อไบอัสกลับอยู่ เพื่อให้เกิดกระแสไหลได้ ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงกระแสผ่านขดลวดอย่างกะทันหัน เพื่อป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์พังได้

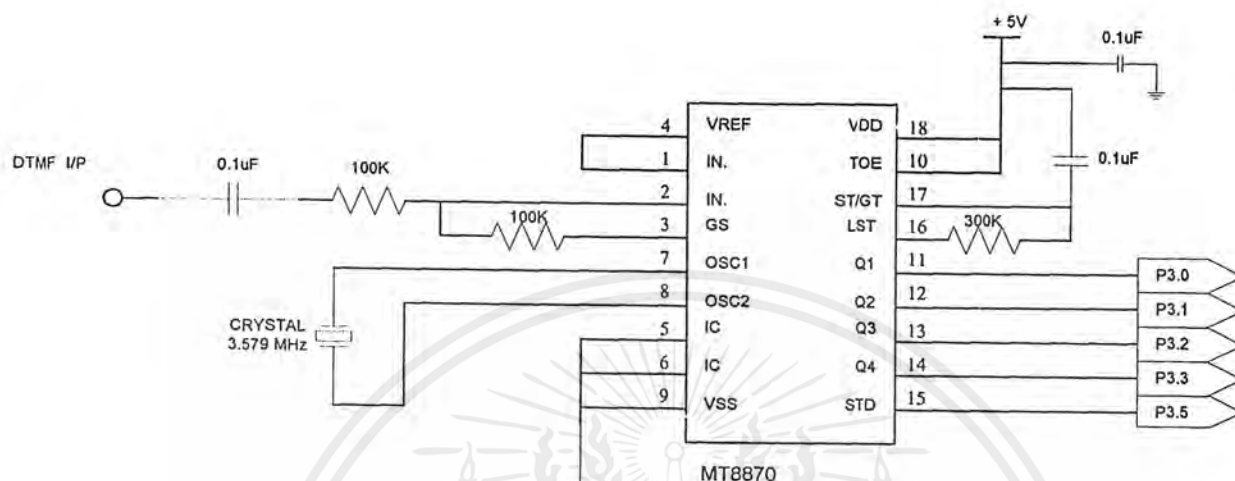
3.3 วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF

วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF มีหน้าที่สร้างสัญญาณความถี่ DTMF ที่ได้จากการกดคีย์โทรศัพท์ (กรณีที่มีการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าจากภายในบ้าน) เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านวงจรถอดรหัสความถี่ DTMF เพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป โดยในโครงงานนี้ได้ทำการสร้างสัญญาณ DTMF ด้วยไอซี TCM5087 โดยเชื่อมต่อกับคิบอร์ดดังรูปที่ 3.4

3.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF

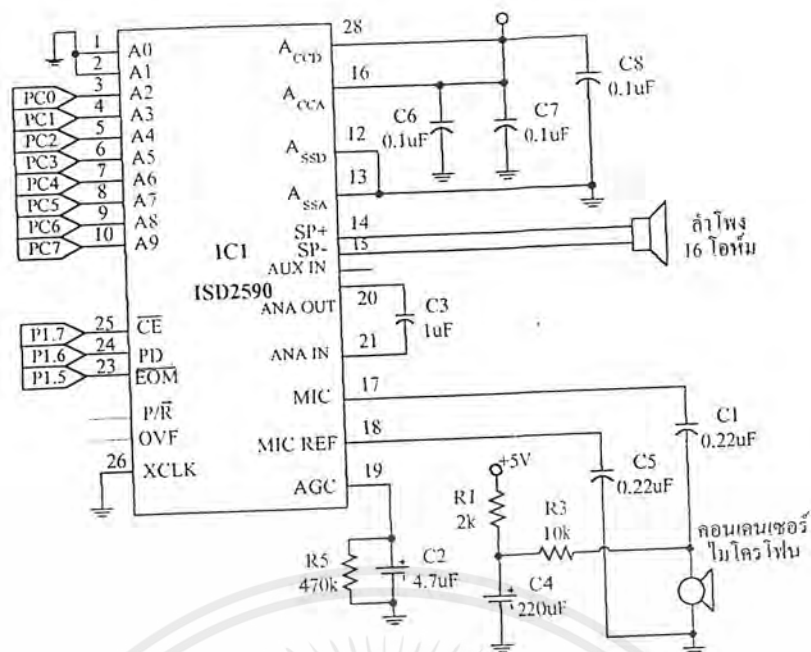


รูปที่ 3.5 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF

วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF มีหน้าที่แปลงสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดคีย์หมายเลขจากเครื่องโทรศัพท์ของผู้เรียกเข้า (ในกรณีส่งงานผ่านคู่สายโทรศัพท์) หรือจากคีย์บอร์ดที่ตัวเครื่องส่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้า (กรณีส่งงานภายในบ้าน) ไปเป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital) ขนาด 4 บิต อุปกรณ์สำคัญที่นำมาใช้ในการถอดรหัส คือ ไอซี MT8870 สัญญาณที่ได้จากวงจรถอดรหัสนี้จะถูกส่งให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งให้ระบบอื่นๆ ทำงานต่อไป

3.5 วงจรส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้

วงจรส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้ ใช้ในการส่งข้อมูลทางเสียงเพื่อแนะนำให้ผู้ใช้งานขั้นตอนการใช้และสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ไอซีบันทึกเสียง ISD2590 เป็นอุปกรณ์ตัวสำคัญในการบันทึกและเล่นกลับ เนื่องจากสามารถตั้งงานและเลือกตำแหน่งการเล่นได้โดยง่าย ด้วยการควบคุมผ่านทางไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรส่วนได้ตอบกับผู้ใช้

3.6 วงจรส่วนประมวลผล (MCS-51)

ในส่วนประมวลผลนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89S8252 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมที่สามารถลบได้ด้วยไฟฟ้า (EEPROM) เป็นตัวควบคุมการทำงาน และได้ทำการขยายพอร์ตโดยใช้ 8255 เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.7

ในแต่ละพอร์ตของ 8051 และ 8255 ได้นำมาใช้งานดังนี้

พอร์ต 1

- 1.2 ควบคุมให้มีการสั่งงานจากภายในบ้าน
- 1.3 ยกหู - วางหูโทรศัพท์
- 1.4 เลือกให้มีการรับสัญญาณ DTMF จากกลุ่มสายโทรศัพท์หรือวงจรเข้ารหัสที่สร้างขึ้น
- 1.5 - 1.7 ควบคุมการเล่นและหยุดของไอซีบันทึกเสียง

พอร์ต 3

- 3.0-3.3 รับสัญญาณ Q1-Q4 ที่ได้จากวงจรถอดรหัส DTMF
- 3.5 รับสัญญาณ STD ที่ได้จากวงจรถอดรหัส DTMF
- 3.4 นับสัญญาณกริ่งเรียก

พอร์ต A

ควบคุมการปิด - เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า 8 ชนิด

พอร์ต B

เช็คสถานะการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

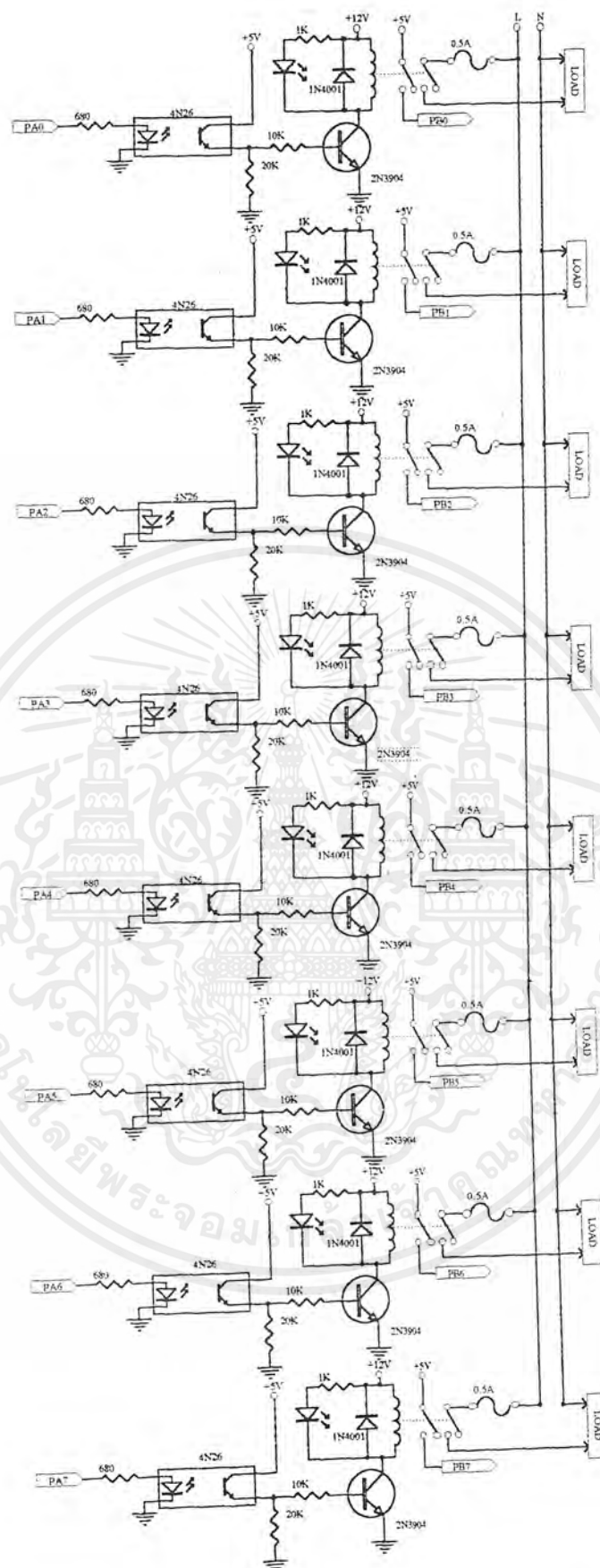
พอร์ต C

เลือกตำแหน่ง (ADDRESS) ของไอซีบันทึกเสียง

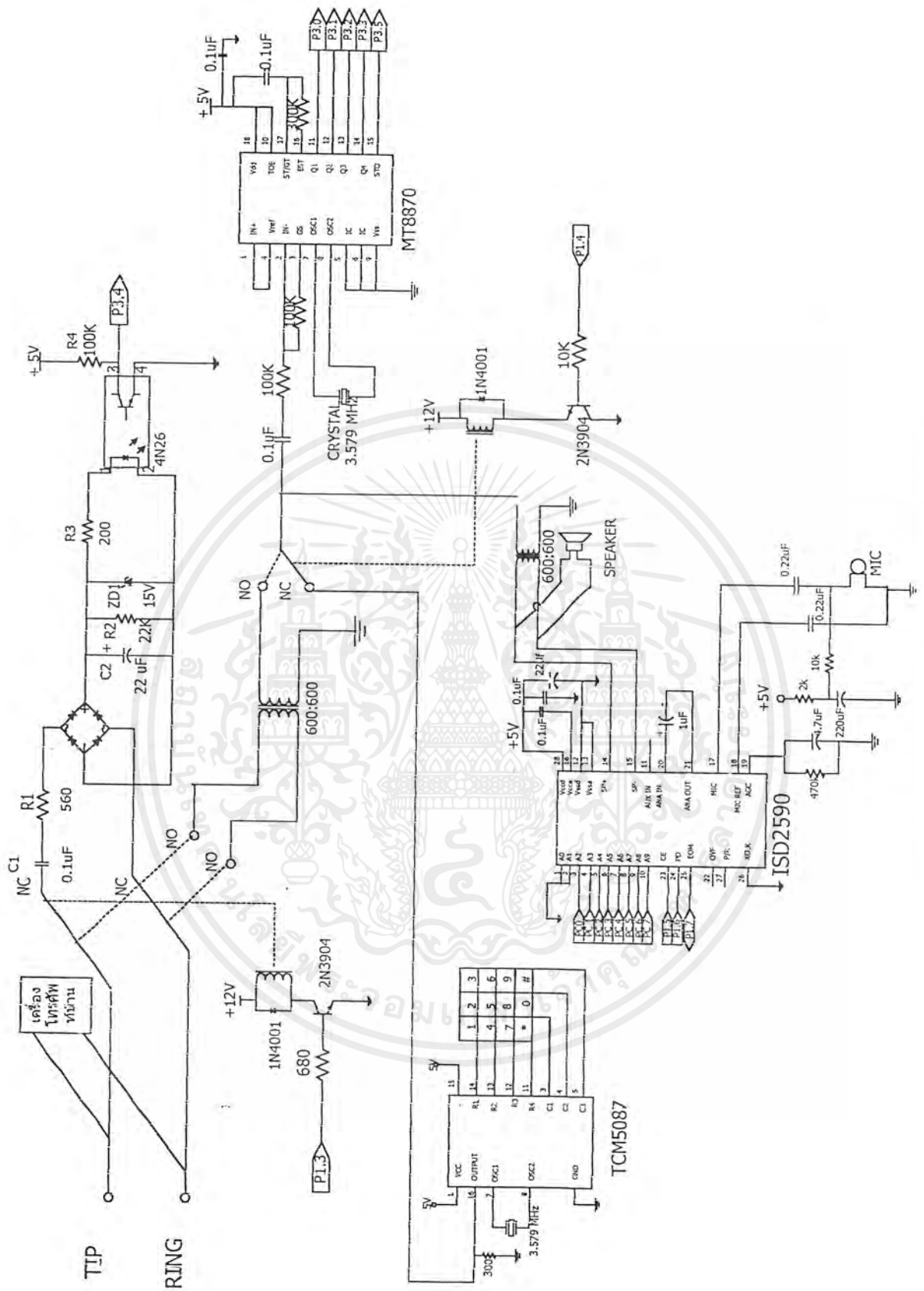
3.7 วงจรส่วนควบคุมการเปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า

วงจรควบคุมการปิด – เปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า จะรับสัญญาณที่ส่งมาจาก MCS -51 โดยผ่านพอร์ท 8255 เข้ามายังไอซีออปโตคอปเปลอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในแยกส่วนของแรงดันไฟฟ้าบ้านซึ่งมีขนาด 220 โวลต์เอซี กับวงจรส่วนควบคุมที่มีระดับแรงดันไฟเพียง 5 โวลต์ ให้เชื่อมต่อกันได้โดยการไบอัสให้กับ LED ที่อยู่ในออปโตคอปเปลอร์ ส่งผลให้โฟโตทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะนำกระแส และมีกระแสไปขับทรานซิสเตอร์ซึ่งต่ออยู่ภายนอกให้เกิดการสวิตช์ให้รีเลย์ทำการต่อหน้าสัมผัส ส่งผลให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถทำงานได้





รูปที่ 3.8 แสดงวงจรส่วนควบคุมการปิด - เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า



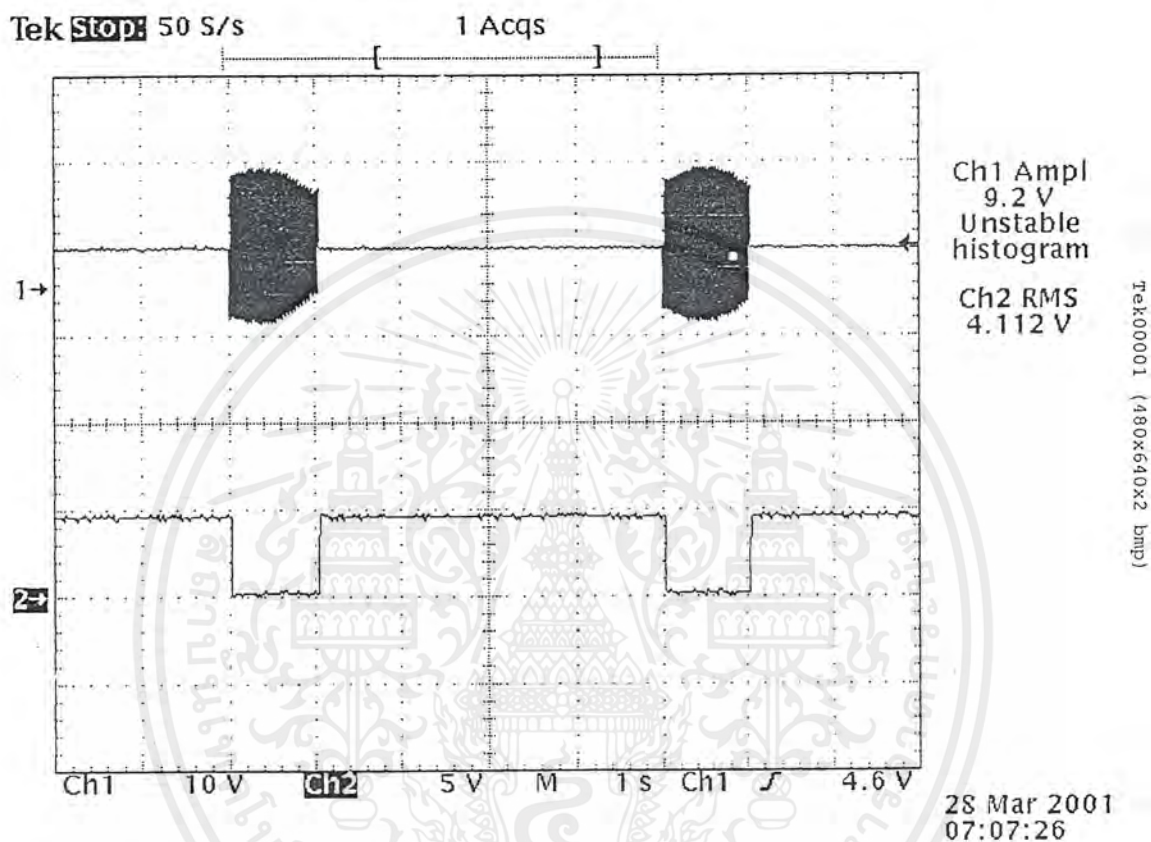
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรรวมส่วนที่ติดต่อกับคู่สายโทรศัพท์

บทที่ 4

การทดลอง และ ผลการทดลอง

4.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก

ทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก เทียบกับสัญญาณกระดิ่งจากชุมสายโทรศัพท์ ได้ลักษณะของสัญญาณดังรูปที่ 4.1



(CH1 * 10 เท่า , CH2 * 1 เท่า)

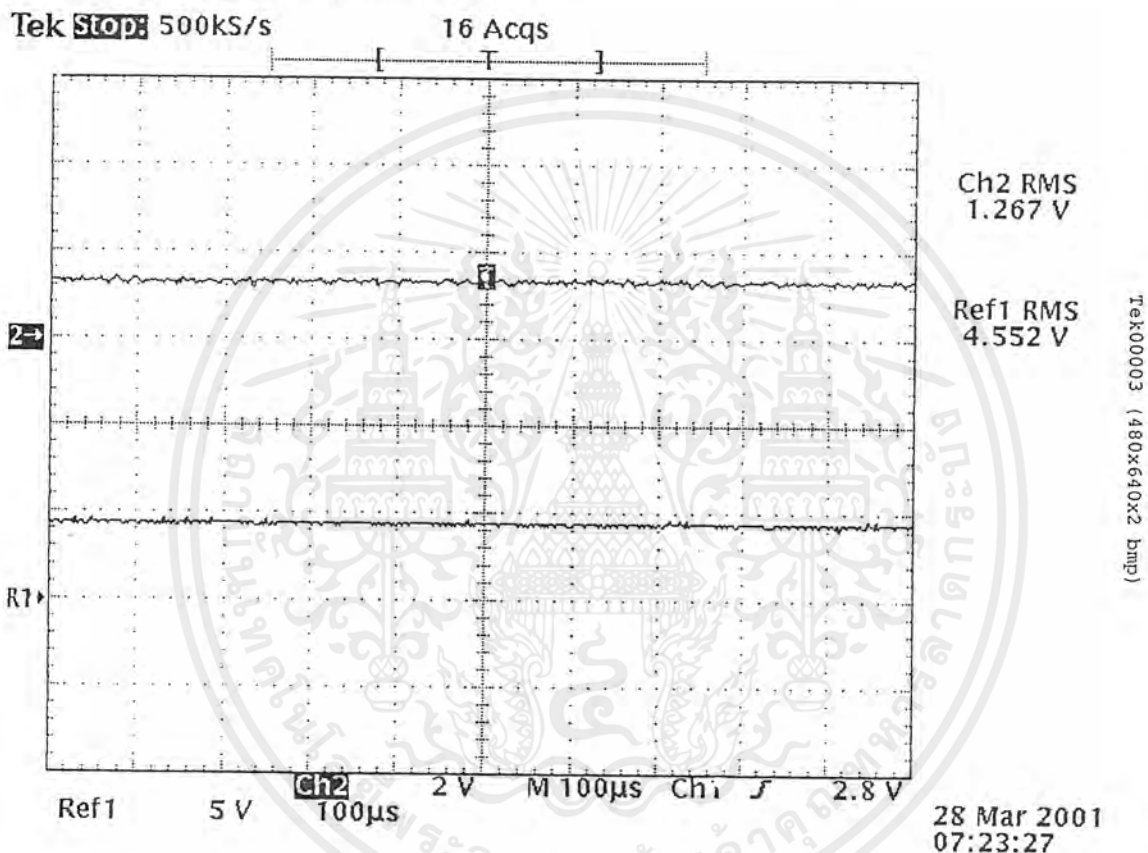
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก (CH2)
เทียบกับสัญญาณกระดิ่งจากชุมสาย (CH1)

จากรูปจะเห็นว่า สัญญาณกระดิ่งที่ได้จากชุมสายจะเป็นไฟกระสลับขนาดประมาณ 92 โวลต์ในช่วงที่ดัง 1 วินาที และ 0 โวลต์ขณะที่เงียบ 4 วินาที ในขณะที่เดียวกันสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียกก็จะเป็นขบวนพัลส์ตามสัญญาณกระดิ่ง กล่าวคือในขณะที่มีไฟกระสลับจะได้สัญญาณ 0 โวลต์ดีซี ขณะที่ไม่มีไฟกระสลับจะได้สัญญาณขนาด 5 โวลต์ดีซี ทำให้สามารถนำสัญญาณเข้าไปใช้คที่คอนโทรลเลอร์ได้ว่าการโทรเข้าพร้อมทั้งนับจำนวนครั้งของสัญญาณกระดิ่งได้

4.2 วงจรยกหูโทรศัพท์

เมื่อป้อนสัญญาณลอจิก 1 จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ายังวงจรยกหูโทรศัพท์ จะทำให้รีเลย์ทำการตัดต่อคู่สายโทรศัพท์เข้ากับหม้อแปลง 600 : 600 โอห์ม เสมือนกับการยกหูโทรศัพท์

เมื่อทำการวัดแรงดันในคู่สายโทรศัพท์ขณะที่ยังไม่มีกรยกหูและขณะที่มีการยกหูด้วยวงจรยกหูโทรศัพท์เปรียบเทียบกับ พบว่าขณะที่เสมือนให้มีการยกหูโดยการใช่วงจรดังกล่าว มีผลให้แรงดันในคู่สายโทรศัพท์ลดลงดังรูปที่ 4.2 ทำให้สามารถส่งสัญญาณ DTMF และสัญญาณเสียงผ่านทางคู่สายได้โดยไม่ต้องทำการยกหูโทรศัพท์จริงๆ



(Ref1 *10 เท่า , CH2 * 1 เท่า)

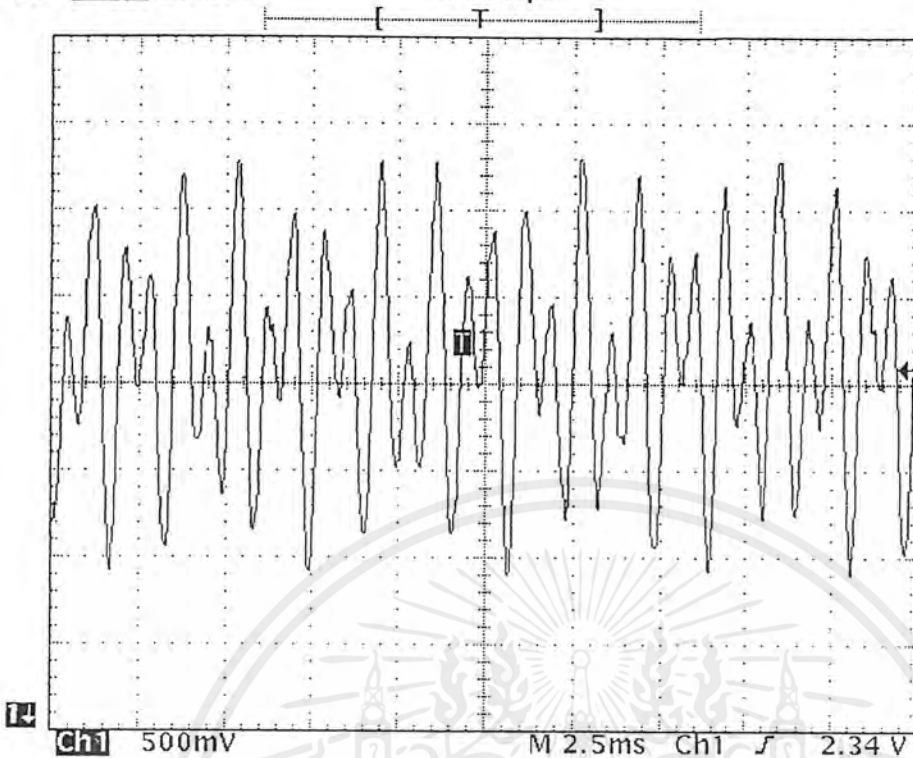
รูปที่ 4.2 แสดงสถานะแรงดันในคู่สายโทรศัพท์ขณะที่ยังไม่มีกรยกหูโทรศัพท์ (Ref1)
กับขณะที่มีการยกหูด้วยวงจรยกหูโทรศัพท์ (CH2)

4.3 วงจรเข้ารหัสสัญญาณความถี่ DTMF

เมื่อมีการกดคีย์บอร์ดที่ตำแหน่งใดๆ จะทำให้ COLUMN และ ROW ตรงตำแหน่งนั้นต่อกัน ทำให้ TCM5087 ผลิตสัญญาณผสมสองความถี่ออกมา โดยสัญญาณผสมสองความถี่จะถูกส่งออกมาที่ขา TONE OUTPUT (ขา 16) ดังในรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4 เป็นตัวอย่างสัญญาณ DTMF ที่ได้จากวงจรเข้ารหัสดังกล่าว โดยเมื่อได้นำไปต่อกับวงจรถอดรหัส DTMF พบว่าค่าไบนารีที่ได้จากวงจรถอดรหัสสอดคล้องกับค่าที่ป้อนผ่านทางคีย์บอร์ด จึงสามารถนำวงจรเข้ารหัสนี้ไปใช้ได้

Tek **Stop** 20KS/s

36 Acqs

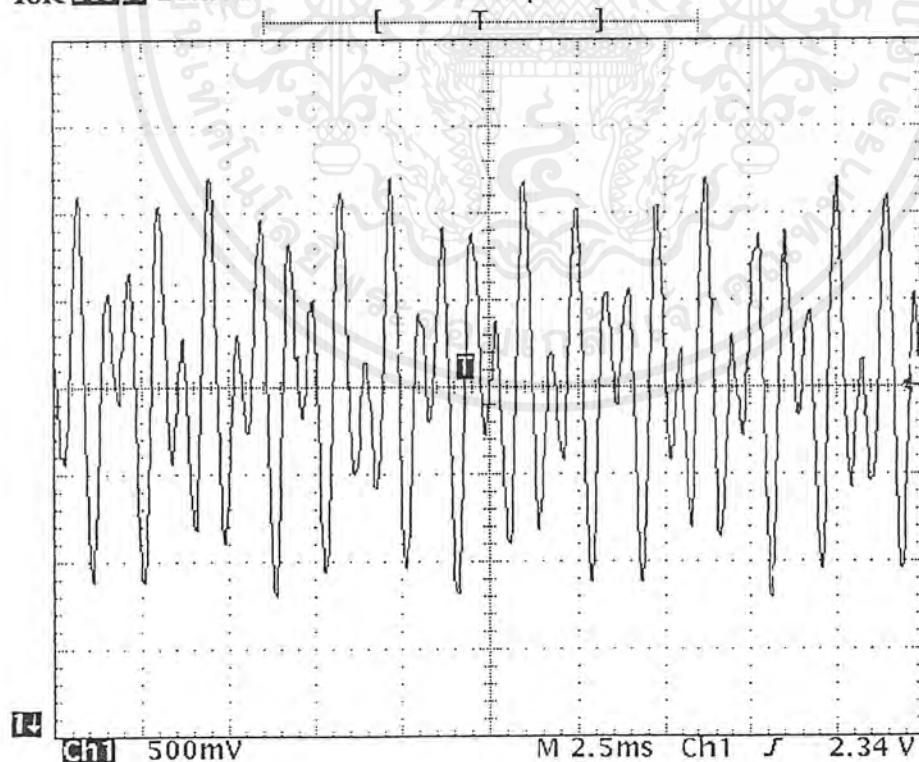


28 Mar 2001
07:38:07

รูปที่ 4.3 แสดงความถี่ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 1

Tek **Stop** 20KS/s

400 Acqs



28 Mar 2001
07:41:39

รูปที่ 4.4 แสดงความถี่ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 5

4.4 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF

ทำการป้อนค่าสัญญาณ DTMF ผ่านทางตู้สายโทรศัพท์ พบว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ (Q1– Q4) เป็นสัญญาณไบนารีขนาด 4 บิตดังในตารางที่ 4.1 ซึ่งสอดคล้องกับในทฤษฎี และมีลอจิก 1 ออกมาที่ขา STD ขณะที่มีการกดตัวเลข จึงสามารถนำไปใช้ในการประมวลผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

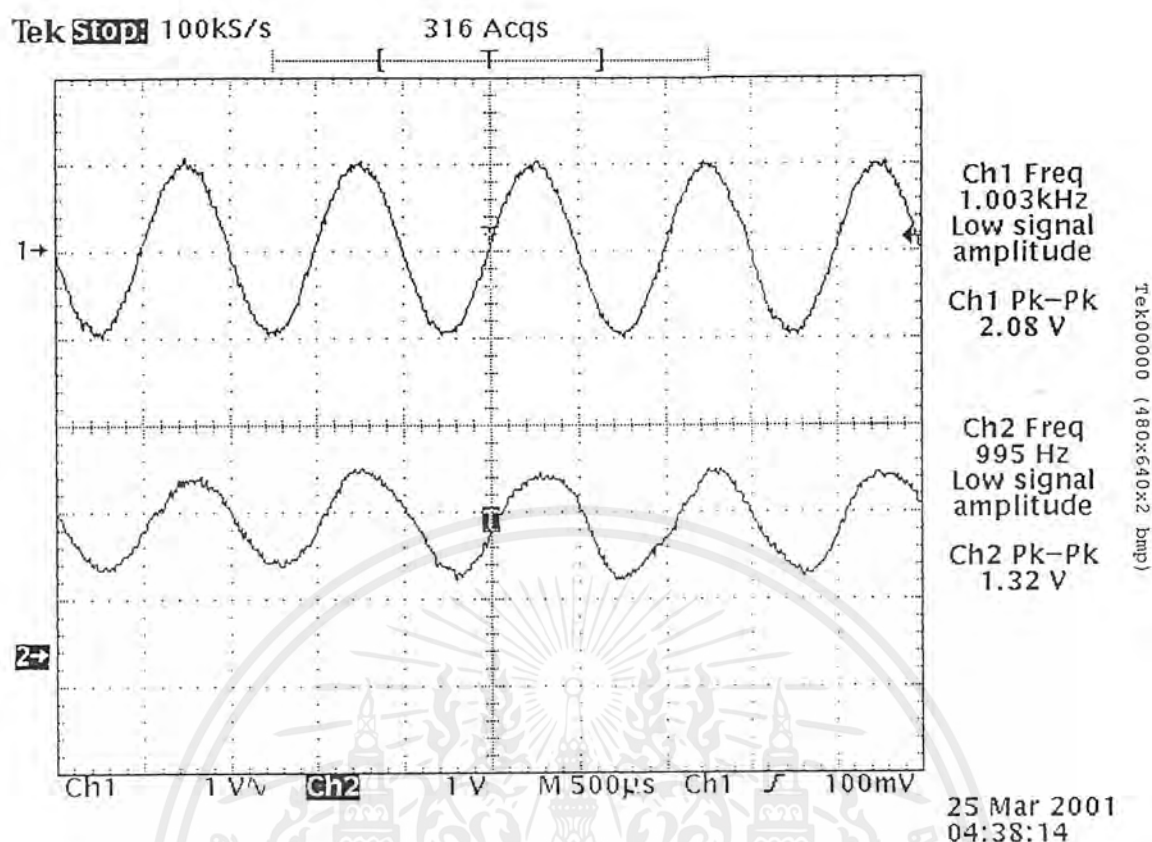
ตารางที่ 4.5 แสดงระดับสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรถอดรหัส DTMF (โวลต์)

หมายเลข	Q4	Q3	Q2	Q1
1	0	0	0	5
2	0	0	5	0
3	0	0	5	5
4	0	5	0	0
5	0	5	0	5
6	0	5	5	0
7	0	5	5	5
8	5	0	0	0
9	5	0	0	5
0	5	0	5	0
*	5	0	5	5
#	5	5	0	0

4.5 วงจรส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้

ทำการป้อนคลื่นสัญญาณในช่วงความถี่เสียงให้กับวงจร แล้วทำการบันทึกไว้ เพื่อทำการเปรียบเทียบสัญญาณที่ป้อนเข้าไปกับสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ ได้ผลดังรูปที่ 4.5

จากรูปจะเห็นว่า สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีการลดทอนลงเมื่อเทียบกับสัญญาณที่อินพุต และมีการผิดเพี้ยนไปเล็กน้อย ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองบันทึกเสียงพูดลงไป แล้วทำการเล่นกลับออกทางลำโพง พบว่ามีเสียงรบกวนเล็กน้อยสามารถสื่อสารได้เข้าใจ



รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณความถี่ 1 kHz. ที่บันทึกลงในวงจรส่วน โค้ดล็อกกับผู้ใช้ (CH1) กับสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจร (CH2)

4.6 วงจรควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

เมื่อมีการป้อนสัญญาณลอจิก 1 จากพอร์ทของ 8255 เข้ายังวงจรควบคุมการเปิด-เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า มีผลให้รีเลย์ทำการเปลี่ยนหน้าสัมผัส เกิดกระแสไหลผ่านโหลด ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานได้

เมื่อมีการป้อนสัญญาณลอจิก 0 จากพอร์ทของ 8255 เข้ายังวงจรควบคุมการเปิด-เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า มีผลให้รีเลย์ทำการเปลี่ยนหน้าสัมผัส ไม่มีกระแสไหลผ่านโหลด ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าถูกปิด

4.7 การทำงานของวงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางโทรศัพท์นี้สามารถสั่งงานปิด - เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ทั้งจากภายในบ้านและจากทางโทรศัพท์

ในกรณีที่มีการสั่งงานจากทางโทรศัพท์ เมื่อมีการโทรศัพท์เข้ามาสัญญาณกริ่งจะผ่านวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก เพื่อเปลี่ยนสัญญาณให้เป็นสัญญาณพัลส์ ส่งไปที่ขา T0 (ขา 14) ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแจ้งให้ทราบว่ามีการเรียกเข้าและให้ทำการนับพัลส์จนครบ 5 ครั้ง โดยยังไม่มี การรับสาย ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ “ 1 ” จากขา P3.0 ไปควบคุมรีเลย์ของวงจรยกหู - วางหู ให้ทำการตัดต่อคู่สายโทรศัพท์เข้ากับหม้อแปลง 600 : 600 โอห์ม ทำให้เสมือนมีการยกหูจากวงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ขณะเดียวกันที่ขา P3.1 จะส่งสัญญาณ “ 1 ” ไปควบคุมรีเลย์ (ที่ทำหน้าที่เลือกที่จะ

ส่งสัญญาณ DTMF จากภายในบ้านหรือผ่านทางคู่สาย) ให้ทำการเชื่อมต่อวงจรถอดรหัส DTMF เข้ากับหม้อแปลง 600 : 600 โอห์ม จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปที่ขา CE ของไอซีบันทึกเสียงเพื่อให้ทำการแจ้งให้ผู้ใช้ใส่รหัสผ่าน 4 หลัก ผ่านทางแป้นโทรศัพท์ แล้วทำการเข้ารหัสผ่าน ถ้าใส่รหัสผิดครบ 3 ครั้ง จะมีการแจ้งไปยังผู้ใช้ว่าไม่สามารถจะเข้าไปเปิด - ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าได้และทำการส่งวางหูโทรศัพท์ผ่านทางวงจรยกหู และหากไม่มีการกดปุ่มใด ๆ นานเกิน 15 วินาที ก็จะทำให้ทำการสั่งให้วางหูเช่นกัน กรณีที่มีการใส่รหัสผ่านได้ถูกต้อง จะสามารถควบคุมการปิด - เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ โดยจะมีเสียงแนะนำให้เลือกเครื่องใช้ไฟฟ้า 1 - 8 หรือเลือกทั้งหมด เมื่อมีการเลือกเครื่องใช้ไฟฟ้าแล้วจะมีการตรวจสอบว่าช่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวนั้นเปิดหรือปิดอยู่ โดยทำการเช็คสถานะที่พอร์ท B (PB0 - PB7) ของไอซี 8255 พร้อมทั้งแจ้งให้ผู้ใช้ทราบ เพื่อให้ทำการสั่งเปิด (กค1) หรือปิด (กค0) โดยจะมีการส่งค่าที่ไปควบคุมออกทางพอร์ท A (PA0 - PA7) ของ 8255 เข้าไปยังวงจรเปิด - ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อทริกให้ทำการตัดต่อหน้าสัมผัส หากต้องการสั่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวอื่นต่อก็สามารถทำได้เลยโดยไม่ต้องโทรเข้ามาอีกครั้ง

กรณีสั่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ให้ทำการกดสวิตช์ SW1 เพื่อส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทราบว่ามีการสั่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้าจากภายในบ้าน ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกเครื่องใช้ไฟฟ้าพร้อมทั้งทำการเปิดหรือปิดได้เลยโดยไม่ต้องใส่รหัสผ่าน

บทที่ 5

บทวิจารณ์ และ บทสรุป

เครื่องควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านทางตู้สายโทรศัพท์ที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นนี้ สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น 8 ชนิด โดยสามารถเช็คได้ว่าช่องควบคุมแต่ละช่องเปิดหรือปิด อยู่เนื่องจากทุกครั้งที่มีการสั่งเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว จะมีการนำผลที่ได้ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และในการที่จะโทรเข้ามาควบคุมได้นั้น จะต้องมีการใส่รหัสผ่านก่อนทำให้ สามารถป้องกันมิให้บุคคลภายนอกเข้ามาควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านของเราได้ นอกจากนี้ยังมีการ ส่งสัญญาณเสียงเพื่อบอกขั้นตอนและแจ้งสถานะการเปิด-ปิดอุปกรณ์เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

อย่างไรก็ตามโครงการนี้ยังมีข้อเสีย คือ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดที่ต้องการควบคุมผ่านทางตู้สายจะต้องลากสายมาที่เครื่องควบคุมนี้ ดังนั้นหากอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวใดอยู่ไกลจากเครื่องควบคุมก็จะสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงสายเข้ามาที่เครื่อง และเสียงที่ได้จากวงจรได้ตอบทางเสียงยังมีสัญญาณรบกวนอยู่

ข้อเสนอแนะ

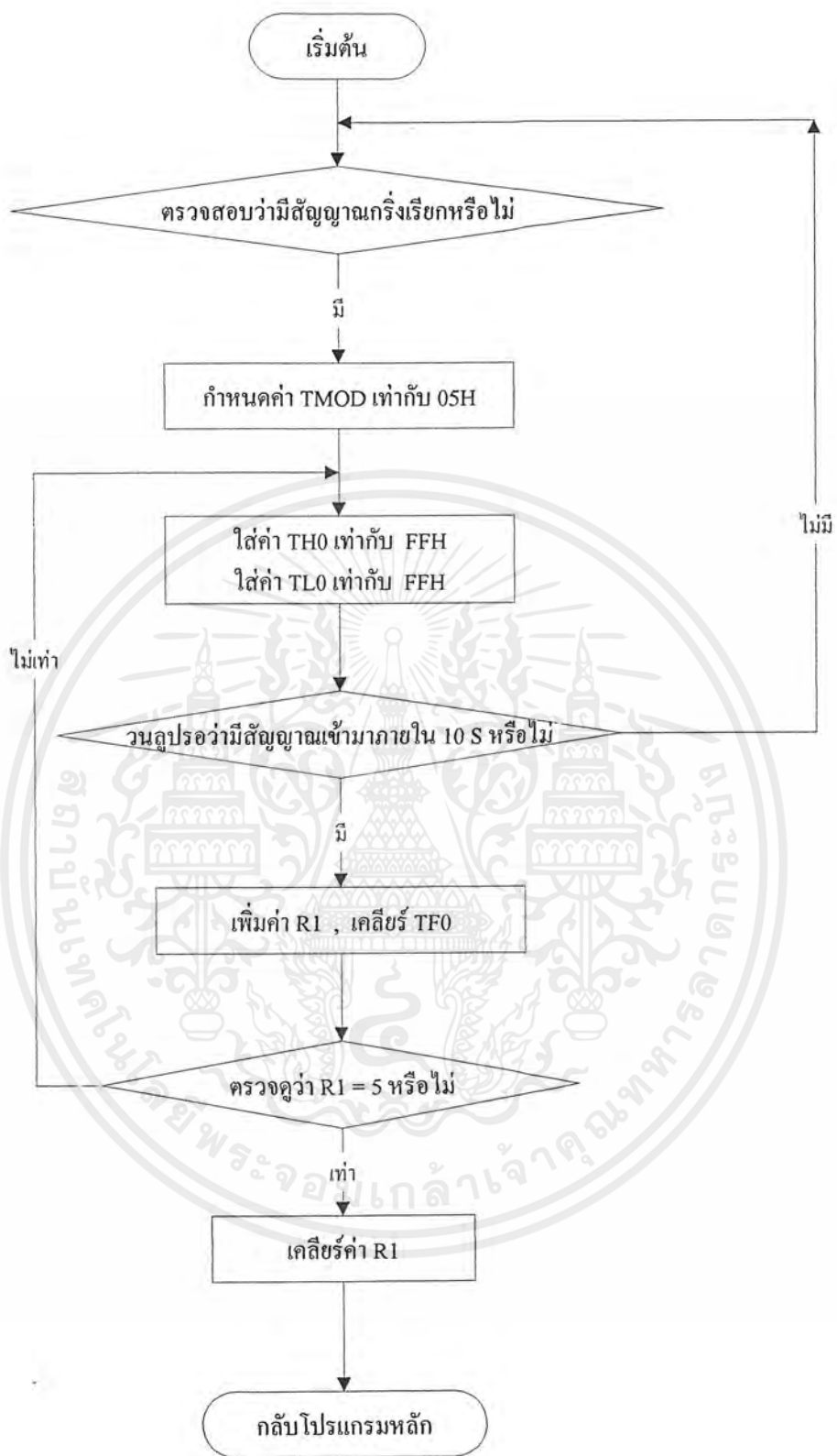
1. สามารถเพิ่มจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมได้อีก โดยการต่อ 8255 เพิ่มขึ้น
2. ควรมีการพัฒนาให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้โดยไม่ต้องโยงสายจากอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตัวเข้ามายังเครื่องควบคุม

ภาคผนวก

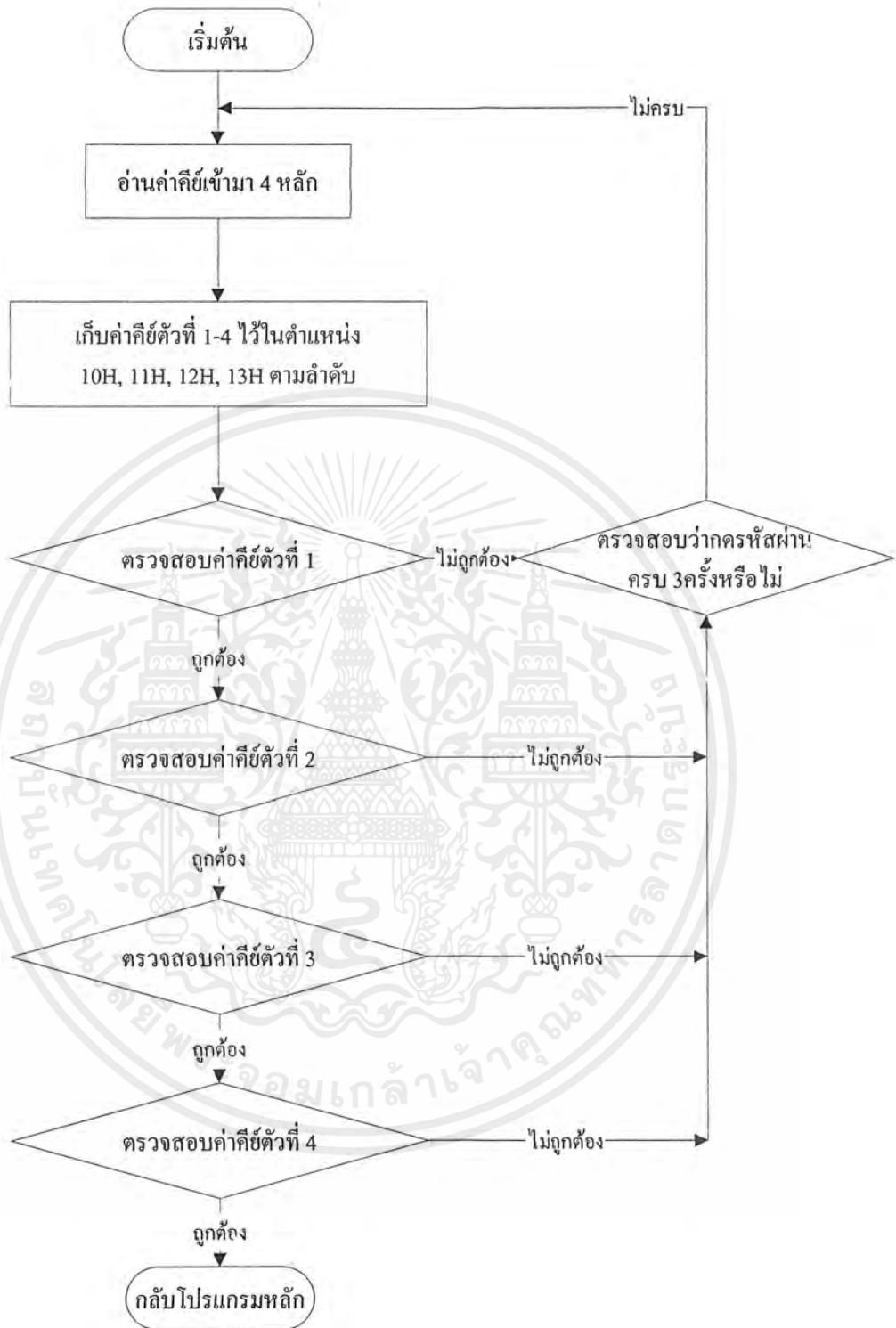




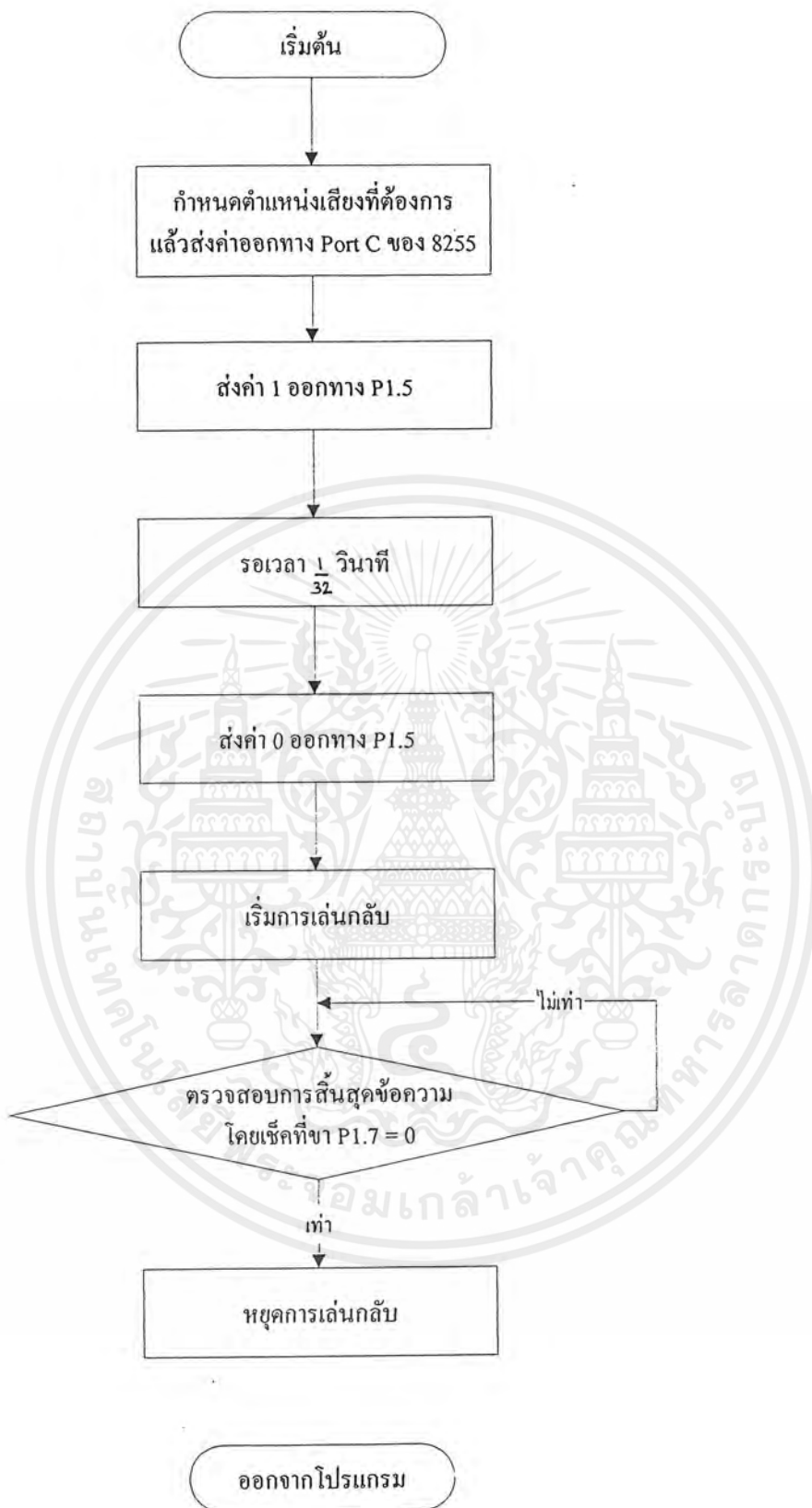
Flowchart แสดงการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด



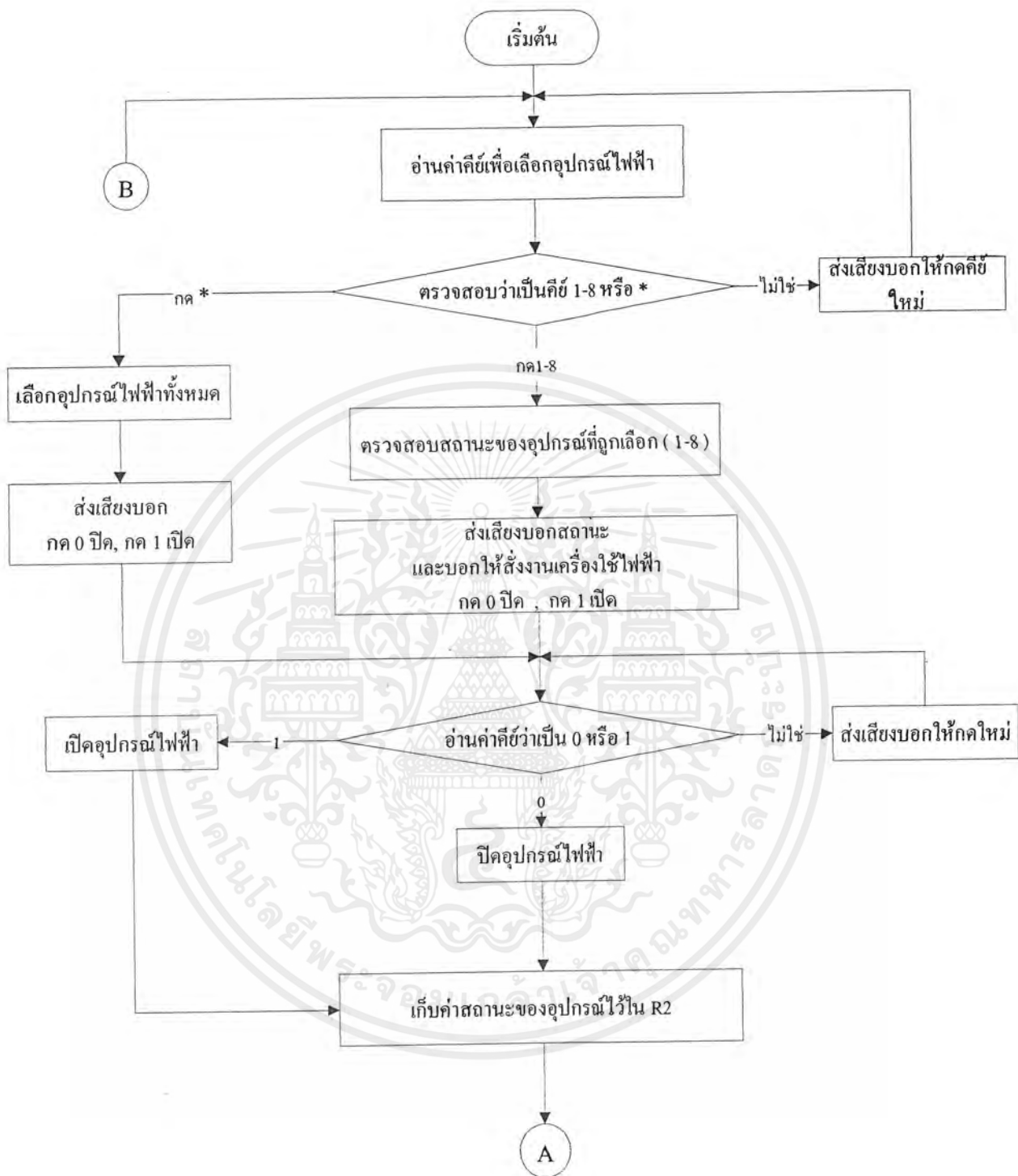
Flowchart แสดงการทำงานของโปรแกรมส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก



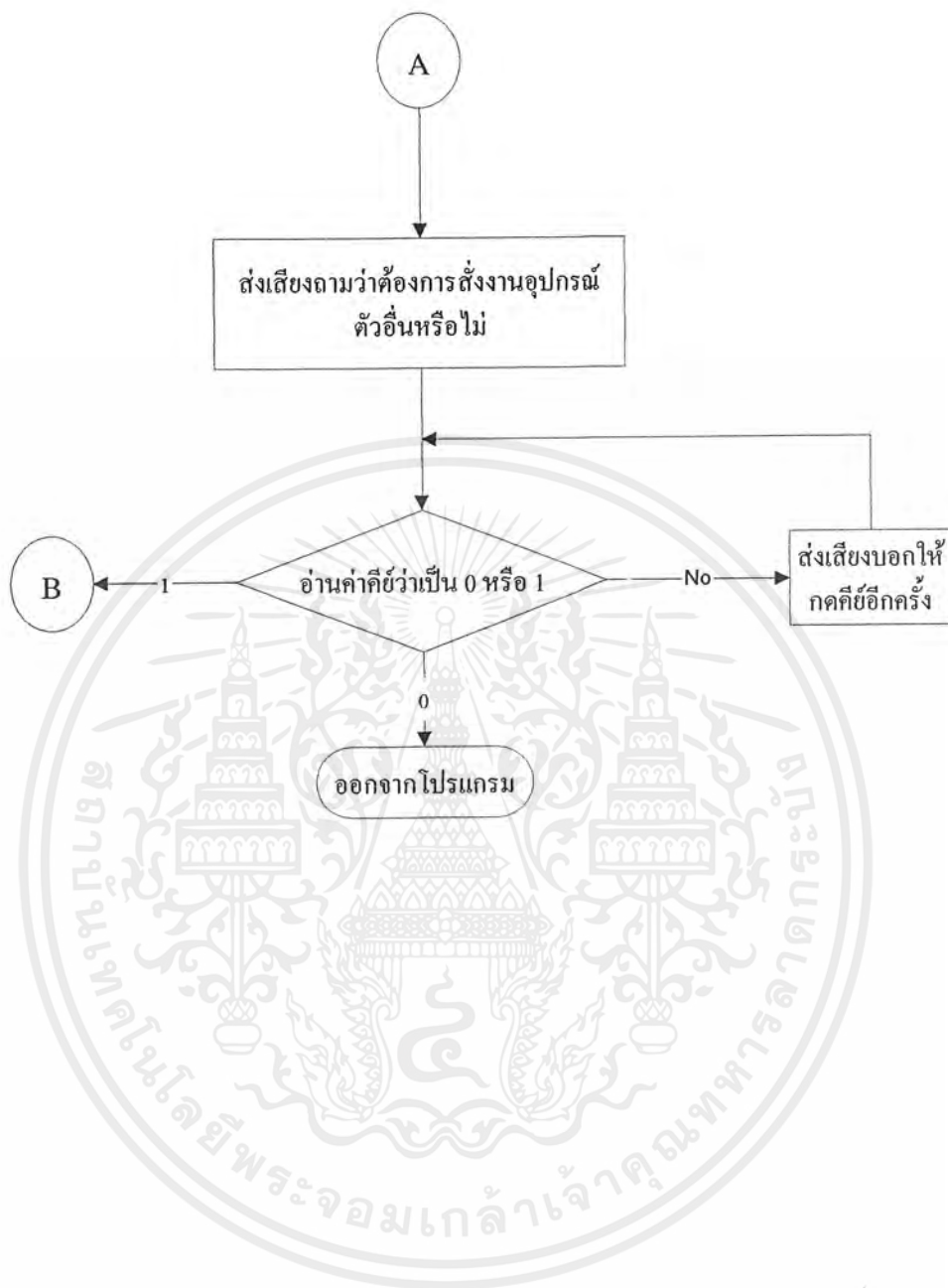
Flowchart แสดงการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบรหัสผ่าน



Flowchart แสดงโปรแกรมส่วนได้ตอบกับผู้ใช้



Flowchart แสดงการทำงานของโปรแกรมส่วนเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า



Flowchart แสดงการทำงานของโปรแกรมส่วนเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า (ต่อ)

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

PORT_A EQU 0000H

PORT_B EQU 0001H

PORT_C EQU 0002H

CON_PORT EQU 0003H

voice1 equ 00h ;"welcome"
voice2 equ 06h ;"please press password"
voice3 equ 0Ah ;"correct password "
voice4 equ 0Dh ;"wrong password"
voice5 equ 13h ;"please select equipment or press * to select all"
voice7 equ 1Eh ;"press 1 on and press 0 off"
voice8 equ 23h ;"thanks"
voice9 equ 26h ;do u want control another?press 1=yes,press 0=no"
voice10 equ 3Dh ;"please press password again"
voice11 equ 31h ;"this function is no operate"
voice12 equ 35h ;"status on"
voice13 equ 37h ;"status off"
voice14 equ 39h ;"equip1"
voice15 equ 43h ;"already ON"
voice16 equ 46h ;"already OFF"
voice17 equ 4Bh ;"equip2"
voice18 equ 50h ;"equip3"
voice19 equ 57h ;"equip4"
voice20 equ 5Dh ;"equip5"
voice21 equ 63h ;"equip6"
voice22 equ 68h ;"equip7"
voice23 equ 6Dh ;"equip8"

MOV P1,#00H

SETB P1.7 ;set EOM = normal status

SETB P1.6 ;set P/D =1.it's mean not sound

SET_CON_PORT: call delay ;delay=1/32=0.03S

MOV DPTR,#CON_PORT ;set all port= output port

MOV A,#82H

MOVX @DPTR,A

call delay ;delay=0.03S

MAIN: JB P1.2,HOME ;check internal controller

JB P3.4,MAIN ;check ringing income

CALL RINGING ;count 5 pulse

SETB P1.0 ;switch to external controller

SETB P1.3 ;hold on

call delay

MOV A,#VOICE1 ;"welcome and please press password"

CALL VOICE

CALL CHK_PASSWD ;check password

CALL EQUIPMENT ;control electric equipment

,*****INTERNAL CONTROLLER*****

HOME:JMP EQUIPMENT

,*****DETECT RINGING*****

RINGING: MOV R2,#00H

MOV TMOD,#05H ;TIMER0 MODE1 GATE=0 COUNTER

START: MOV TL0,#0FFH

MOV TH0,#0FFH

SETB TR0 ;START COUNTER

```
LOOP: MOV R4,#0F3H      ;LOOP FOR WAIT PULSE 6 S IF OVER 6 S ,WIIL EXIT THIS  
PROGRAM
```

```
L_3:MOV R5,#00H
```

```
L_2:MOV R6,#30H
```

```
L_1:JB TF0,COUNT      ;WAIT TF0=1
```

```
DJNZ R6,L_1
```

```
DJNZ R5,L_2
```

```
DJNZ R4,L_3
```

```
JMP MAIN
```

```
COUNT: INC R2
```

```
CLR TF0      ;CLEAR TF0
```

```
CLR TR0      ;STOP COUNTER
```

```
CJNE R2,#05H,START ;COUNT R2=5 PULSE
```

```
RET
```

```
*****CHECK PASSWORD*****
```

```
CHK_PASSWD: MOV R7,#00H
```

```
CHK_PASSWD2: CALL READ_KEY
```

```
MOV 10H,A
```

```
CALL READ_KEY
```

```
MOV 11H,A
```

```
CALL READ_KEY
```

```
MOV 12H,A
```

```
CALL READ_KEY
```

```
MOV 13H,A
```

```
MOV R0,#10H
```

```
CJNE @R0,#01H,PASSWD_ERROR ;password is 1234
```

```
INC R0
```

```
CJNE @R0,#02H,PASSWD_ERROR
```

```
INC R0
```

```
CJNE @R0,#03H,PASSWD_ERROR
```

```
INC R0
```

```

    CJNE @R0,#04H,PASSWD_ERROR
    MOV A,#VOICE3                                ;"correct password"
    CALL VOICE
    RET                                           ;return to main program

READ_KEY: JB P3.5,$                            ;wait STD=0
    MOV R4,#0FFH
L1: MOV R5,#0F3H
L2: MOV R6,#80H
    JB P3.5,KEY                                ;check STD=1
    DJNZ R6,$
    DJNZ R5,L2
    DJNZ R4,L1
    JMP END                                     ;exit

KEY: MOV A,P3                                  ;input data from port1 to A
    ANL A,#00001111B                          ;save only data from pressing key(4 bit low) to A
    RET                                         ;return to program check password

PASSWD_ERROR: INC R7
    CJNE R7,#03H,VOICE_WRONG                  ;allow 3 times for error password
    MOV A,#VOICE4
    CALL VOICE
    JMP END

VOICE_WRONG: MOV A,#VOICE4                    ;"password not correct"
    CALL VOICE
    MOV A,#VOICE10                            ;press password again
    CALL VOICE
    JMP CHK_PASSWD2

;*****CONTROL ELECTRICAL EQUIPMENTS*****

EQUIPMENT: MOV A,#VOICE5                      ;"select equip"
    CALL VOICE

```

```

CALL READ_KEY
CJNE A,#0BH,EQUIP1 ;check pressing *
ALL_EQUIP: MOV A,#VOICE7 ;"press 1=ON, press 0=OFF"
CALL VOICE
OFF_ALL: CALL READ_KEY
CJNE A,#0AH,ON_ALL
ANL A,#00H ;OFF ALL EQUIPMENTS
CALL OUTPUT_PORT_A
MOV A,#VOICE16 ;ปิดแล้ว
CALL VOICE
JMP ANOTHER
ON_ALL: CJNE A,#01H,NO_FUNCTION0 ;ON ALL EQUIPMENTS
ORL A,#11111111B
CALL OUTPUT_PORT_A
MOV A,#VOICE15 ;เปิดแล้ว
CALL VOICE
JMP ANOTHER
NO_FUNCTION0: MOV A,#VOICE11 ;"ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน"
CALL VOICE
JMP ALL_EQUIP
ANOTHER:CALL DELAY
MOV A,#VOICE9
CALL VOICE
CALL READ_KEY
CJNE A,#0AH,YES
JMP END
YES: CJNE A,#01H,NO_FUNCTION
JMP EQUIPMENT
NO_FUNCTION: MOV A,#VOICE11
CALL VOICE
JMP ANOTHER

```

```

EQUIP1:CJNE A,#01H,EQUIP2
    CALL INPUT_PORT_B
    MOV R1,A                ;save status
    ANL A,#00000001B
    CJNE A,#01H,E1_OFF
E1_ON: MOV A,#VOICE14        ;"equip 1"
    CALL VOICE
    MOV A,#VOICE12          ;"status on"
    CALL VOICE
ON_1:MOV A,#VOICE7          ;"1=on,0=off"
    CALL VOICE
    CALL READ_KEY
    CJNE A,#01H,OFF_1
    MOV A,R1
    ORL A,#00000001B
    CALL OUTPUT_PORT_A
    MOV A,#VOICE15
    CALL VOICE
    JMP ANOTHER
E1_OFF: MOV A,#VOICE14
    CALL VOICE
    MOV A,#VOICE13          ;"status off"
    CALL VOICE
    JMP ON_1
OFF_1:CJNE A,#0AH,NO_1
    MOV A,R1
    ANL A,#11111110B
    CALL OUTPUT_PORT_A
    MOV A,#VOICE16
    CALL VOICE
    JMP ANOTHER
NO_1: MOV A,#VOICE11        ;"ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน"

```

```
CALL VOICE
CALL DELAY
JMP ON_1
```

```
EQUIP2:CJNE A,#02H,EQUIP3
        CALL INPUT_PORT_B
        MOV R1,A                ;save status
        ANL A,#00000010B
        CJNE A,#02H,E2_OFF
E2_ON:  MOV A,#VOICE17           ;"equip 1"
        CALL VOICE
        MOV A,#VOICE12          ;"status on"
        CALL VOICE
ON_2:   MOV A,#VOICE7            ;"1=on,0=off"
        CALL VOICE
        CALL READ_KEY
        CJNE A,#01H,OFF_2
        MOV A,R1
        ORL A,#00000010B
        CALL OUTPUT_PORT_A
        MOV A,#VOICE15
        CALL VOICE
        JMP ANOTHER
E2_OFF:      MOV A,#VOICE17
        CALL VOICE
        MOV A,#VOICE13          ;"status off"
        CALL VOICE
        JMP ON_2
OFF_2:CJNE A,#0AH,NO_2
        MOV A,R1
        ANL A,#11111101B
        CALL OUTPUT_PORT_A
```

```

MOV A,#VOICE16
CALL VOICE
JMP ANOTHER
NO_2: MOV A,#VOICE11      ;"ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน"
CALL VOICE
CALL DELAY
JMP ON_2

```

```

EQUIP3:CJNE A,#03H,EQUIP4
CALL INPUT_PORT_B
MOV R1,A      ;save status
ANL A,#00000100B
CJNE A,#04H,E3_OFF
E3_ON: MOV A,#VOICE18      ;"equip 1"
CALL VOICE
MOV A,#VOICE12      ;"status on"
CALL VOICE
ON_3:MOV A,#VOICE7      ;"1=on,0=off"
CALL VOICE
CALL READ_KEY
CJNE A,#01H,OFF_3
MOV A,R1
ORL A,#00000100B
CALL OUTPUT_PORT_A
MOV A,#VOICE15
CALL VOICE
JMP ANOTHER
E3_OFF:      MOV A,#VOICE18
CALL VOICE
MOV A,#VOICE13      ;"status off"
CALL VOICE
JMP ON_3
OFF_3:CJNE A,#0AH,NO_3

```

```

MOV A,R1
ANL A,#11111011B
CALL OUTPUT_PORT_A
MOV A,#VOICE16
CALL VOICE
JMP ANOTHER

NO_3: MOV A,#VOICE11      ;"ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน"
CALL VOICE
CALL DELAY
JMP ON_3

EQUIP4:CJNE A,#04H,EQUIP5
CALL INPUT_PORT_B
MOV R1,A      ;save status
ANL A,#00001000B
CJNE A,#08H,E4_OFF
E4_ON: MOV A,#VOICE19      ;"equip 1"
CALL VOICE
MOV A,#VOICE12      ;"status on"
CALL VOICE
ON_4:MOV A,#VOICE7      ;"1=on,0=off"
CALL VOICE
CALL READ_KEY
CJNE A,#01H,OFF_4
MOV A,R1
ORL A,#00001000B
CALL OUTPUT_PORT_A
MOV A,#VOICE15
CALL VOICE
JMP ANOTHER

E4_OFF: MOV A,#VOICE19
CALL VOICE

```

```

MOV A,#VOICE13                                ;"status off"
CALL VOICE
JMP ON_4
OFF_4:CJNE A,#0AH,NO_4
MOV A,R1
ANL A,#11110111B
CALL OUTPUT_PORT_A
MOV A,#VOICE16
CALL VOICE
JMP ANOTHER
NO_4: MOV A,#VOICE11                            ;"ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน"
CALL VOICE
CALL DELAY
JMP ON_4
EQUIP5:CJNE A,#05H,EQUIP6
CALL INPUT_PORT_B
MOV R1,A                                       ;save status
ANL A,#00010000B
CJNE A,#10H,E5_OFF
E5_ON: MOV A,#VOICE20                          ;"equip 1"
CALL VOICE
MOV A,#VOICE12                               ;"status on"
CALL VOICE
ON_5:MOV A,#VOICE7                            ;"1=on,0=off"
CALL VOICE
CALL READ_KEY
CJNE A,#01H,OFF_5
MOV A,R1
ORL A,#00010000B
CALL OUTPUT_PORT_A
MOV A,#VOICE15
CALL VOICE

```

```

        JMP ANOTHER
E5_OFF:    MOV A,#VOICE20
            CALL VOICE
            MOV A,#VOICE13                ;"status off"
            CALL VOICE
            JMP ON_5
OFF_5:CJNE A,#0AH,NO_5
            MOV A,R1
            ANL A,#11101111B
            CALL OUTPUT_PORT_A
            MOV A,#VOICE16
            CALL VOICE
            JMP ANOTHER
NO_5:  MOV A,#VOICE11                ;"ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน"
            CALL VOICE
            CALL DELAY
            JMP ON_5
EQUIP6:CJNE A,#06H,EQUIP7
            CALL INPUT_PORT_B
            MOV R1,A                ;save status
            ANL A,#00100000B
            CJNE A,#20H,E6_OFF
E6_ON: MOV A,#VOICE21                ;"equip 1"
            CALL VOICE
            MOV A,#VOICE12                ;"status on"
            CALL VOICE
ON_6: MOV A,#VOICE7                ;"1=on,0=off"
            CALL VOICE
            CALL READ_KEY
            CJNE A,#01H,OFF_6
            MOV A,R1
            ORL A,#00100000B
            CALL OUTPUT_PORT_A

```

```

MOV A,#VOICE15
CALL VOICE
JMP ANOTHER
E6_OFF:    MOV A,#VOICE21
           CALL VOICE
           MOV A,#VOICE13           ;"status off"
           CALL VOICE
           JMP ON_6
OFF_6:CJNE A,#0AH,NO_6
           MOV A,R1
           ANL A,#11011111B
           CALL OUTPUT_PORT_A
           MOV A,#VOICE16
           CALL VOICE
           JMP ANOTHER
NO_6:  MOV A,#VOICE11           ;"ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน"
           CALL VOICE
           CALL DELAY
           JMP ON_6
EQUIP7:CJNE A,#07H,EQUIP8
           CALL INPUT_PORT_B
           MOV R1,A             ;save status
           ANL A,#01000000B
           CJNE A,#40H,E7_OFF
E7_ON: MOV A,#VOICE22           ;"equip 1"
           CALL VOICE
           MOV A,#VOICE12       ;"status on"
           CALL VOICE
ON_7:  MOV A,#VOICE7           ;"1=on,0=off"
           CALL VOICE
           CALL READ_KEY
           CJNE A,#01H,OFF_7
           MOV A,R1

```

```

    ORL A,#01000000B
    CALL OUTPUT_PORT_A
    MOV A,#VOICE15
    CALL VOICE
    JMP ANOTHER
E7_OFF:    MOV A,#VOICE22
    CALL VOICE
    MOV A,#VOICE13                ;"status off"
    CALL VOICE
    JMP ON_7
OFF_7:CJNE A,#0AH,NO_7
    MOV A,R1
    ANL A,#10111111B
    CALL OUTPUT_PORT_A
    MOV A,#VOICE16
    CALL VOICE
    JMP ANOTHER
NO_7:    MOV A,#VOICE11            ;"ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน"
    CALL VOICE
    CALL DELAY
    JMP ON_7
EQUIP8:CJNE A,#08H,ERROR
    CALL INPUT_PORT_B
    MOV R1,A                      ;save status
    ANL A,#1000000B
    CJNE A,#80H,E8_OFF
E8_ON:    MOV A,#VOICE23                ;"equip 1"
    CALL VOICE
    MOV A,#VOICE12                ;"status on"
    CALL VOICE
ON_8:    MOV A,#VOICE7                ;"1=on,0=off"
    CALL VOICE
    CALL READ_KEY

```

```

CJNE A,#01H,OFF_8
MOV A,R1
ORL A,#10000000B
CALL OUTPUT_PORT_A
MOV A,#VOICE15
CALL VOICE
JMP ANOTHER

E8_OFF:      MOV A,#VOICE23
CALL VOICE
MOV A,#VOICE13          ;"status off"
CALL VOICE
JMP ON_8

OFF_8:CJNE A,#0AH,NO_8
MOV A,R1
ANL A,#01111111B
CALL OUTPUT_PORT_A
MOV A,#VOICE16
CALL VOICE
JMP ANOTHER

NO_8: MOV A,#VOICE11      ;"ฟังก์ชันนี้ไม่ได้ใช้งาน"
CALL VOICE
CALL DELAY
JMP ON_8

ERROR:MOV A,#VOICE11
CALL VOICE
JMP EQUIPMENT

```

*****THE VOICE*****

```

VOICE:
OUTPUT_PORT_C:MOV DPTR,#PORT_C
MOVX @DPTR,A

```

```

SET_VOICE:CLR P1.6          ;P/D=0 status before start playback
          ;SETB P1.7          ;EOM=1 status before start playback
          CLR P1.5           ;trig CE to start playback 1 message
          CALL DELAY         ;delay 1/32 S
          SETB P1.5
          JB P1.7,$          ;if EOM leg=0,it's mean finish voice message
          setb P1.6          ;trig P/D to stop voice
          CALL DELAY
          CLR P1.6
          RET                ;and return to program

```

```

,*****EXIT*****
,

```

```

END:  MOV A,#VOICES          ;"thanks"
      CALL VOICE
      CLR P1.0
      CLR P1.3
      CALL DELAY1
      JMP MAIN

```

```

,*****SUBPROGRAM*****
,

```

```

OUTPUT_PORT_A: MOV DPTR,#PORT_A
               MOVX @DPTR,A
               RET

```

```

INPUT_PORT_B: MOV DPTR,#PORT_B
              MOVX A,@DPTR
              RET

```

```

,*****Subprogram Delay Time*****
,

```

```

DELAY1: MOV R4,#0ffH

```

```

LOOP1: MOV R5,#0F3H

```

LOOP3: MOV R6,#08H

djnz R6,\$

DJNZ R5,LOOP3 ;delay time = $(243)*2 \text{ uS}$

DJNZ R4,LOOP1 ;delay time = $8*(1/16) \text{ S} = 0.5 \text{ S}$

RET

delay: mov r5,#80h

loop2: mov r6,0f3h

djnz r6,\$

djnz r5,loop2 ;delay time = $1/32 = 0.03 \text{ S}$

ret



หนังสืออ้างอิง

สุนทร วิฑูรสุรพจน์. การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051. กรุงเทพฯ : บริษัท เอ็ช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด, 2537

องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย. การใช้โทรศัพท์อย่างถูกวิธี : กองการพิมพ์องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

เสกสิทธิ์ คำชมพู่. อุปกรณ์นำใช้ไอซีนาสน. กรุงเทพฯ : บริษัทซีเอ็ดเอ็ดยูเคชั่น, 2541



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ รวมถึงเครื่องมือต่าง ๆ จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา คือ รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ และเพื่อน ๆ ที่ได้ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการพิมพ์ปริญญานิพนธ์ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ต้องขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

21 มีนาคม 2544

ผู้จัดทำ





ISO²-CMOS MT8870D/MT8870D-1 Integrated DTMF Receiver

Features

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

ISSUE 5

March 1997

Ordering Information

MT8870DE/DE-1	18 Pin Plastic DIP
MT8870DS/DS-1	18 Pin SOIC
MT8870DN/DN-1	20 Pin SSOP
-40 °C to +85 °C	

Description

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

Applications

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

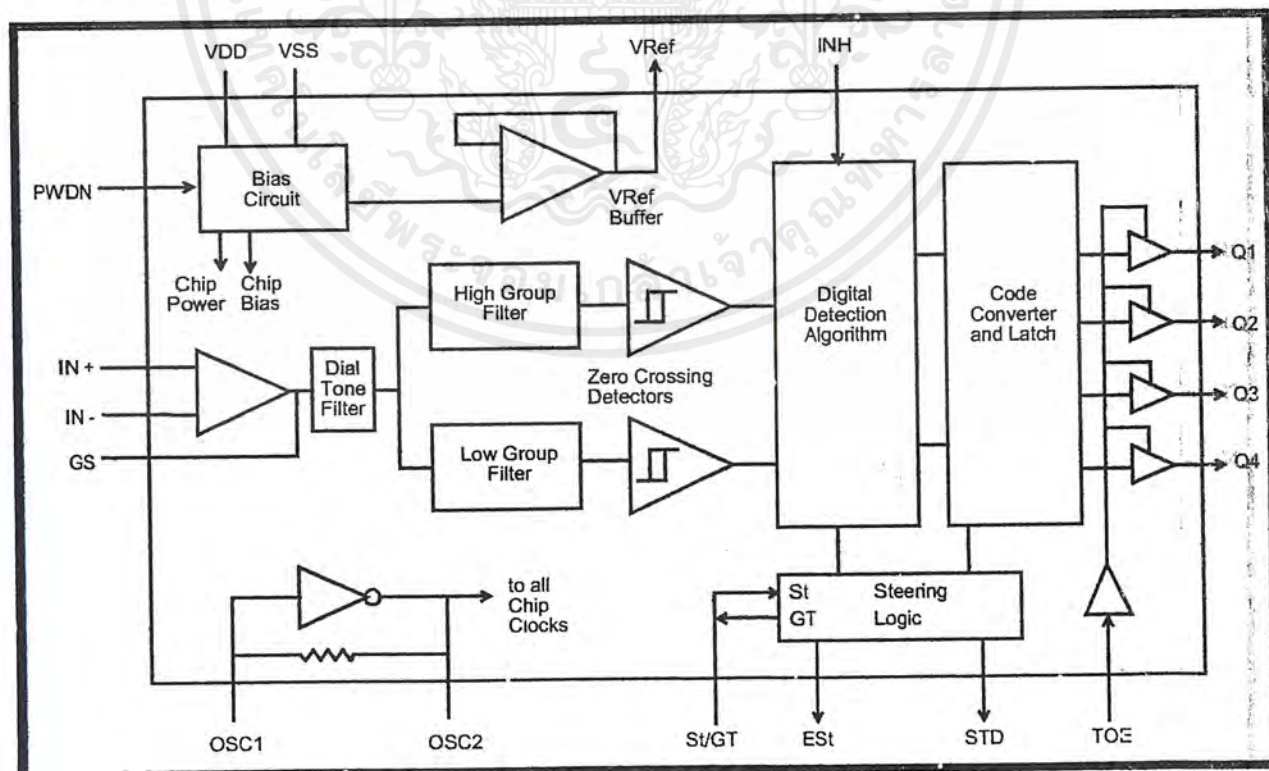


Figure 1 - Functional Block Diagram

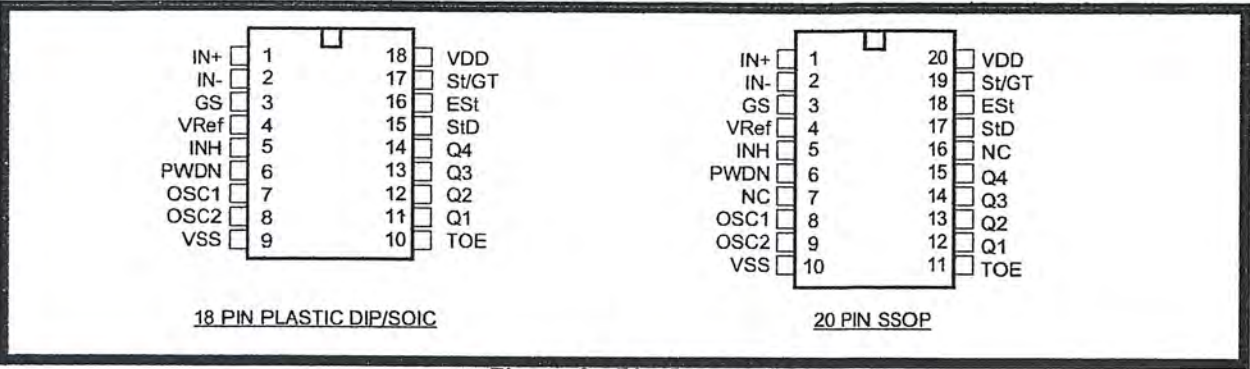


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

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

Guard Time Adjustment

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

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

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 11) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 μ F is

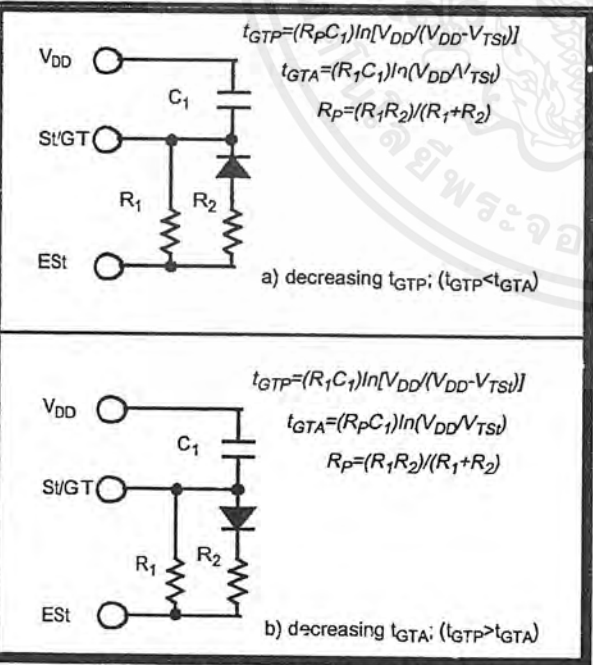


Figure 5 - Guard Time Adjustment

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

Table 1. Functional Decode Table

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

recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

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

Power-down and Inhibit Mode

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

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

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870D/MT8870D-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and V_{Ref} biasing the input at $\frac{1}{2}V_{DD}$. Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5 .

Crystal Oscillator

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

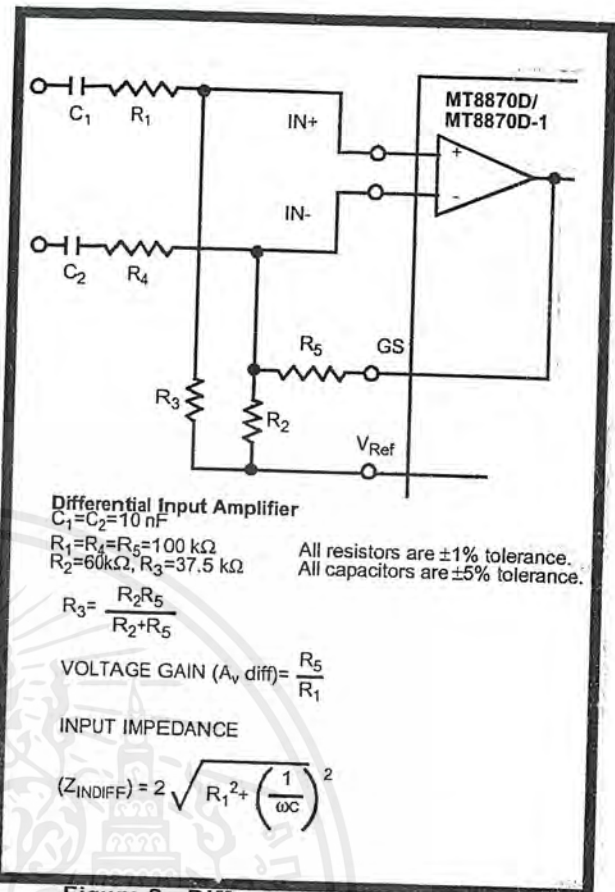


Figure 6 - Differential Input Configuration

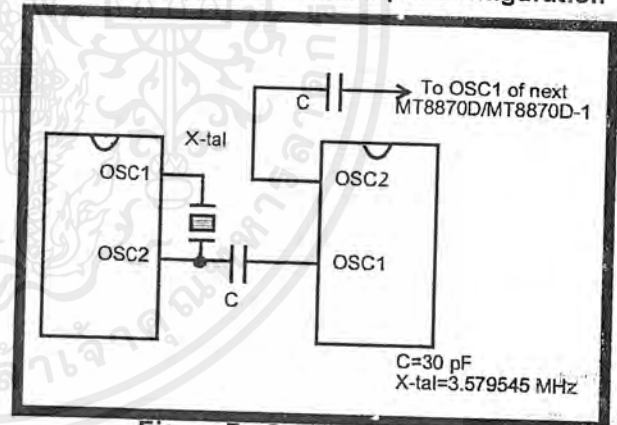


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications
 Note: Q_m = quality factor of RLC model, i.e., $1/2\pi f R_1 C_1$.

Power-down and Inhibit Mode

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

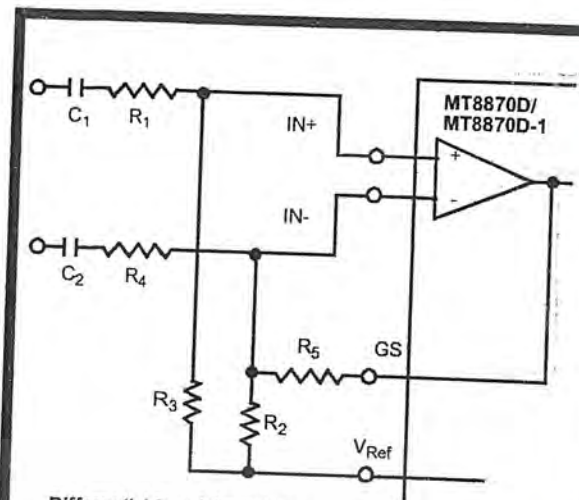
Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A, B, C, and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870D/MT8870D-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and V_{Ref} biasing the input at $\frac{1}{2}V_{DD}$. Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5 .

Crystal Oscillator

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



Differential Input Amplifier

$$C_1 = C_2 = 10 \text{ nF}$$

$$R_1 = R_4 = R_5 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 60 \text{ k}\Omega, R_3 = 37.5 \text{ k}\Omega$$

All resistors are $\pm 1\%$ tolerance.
All capacitors are $\pm 5\%$ tolerance.

$$R_3 = \frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5}$$

$$\text{VOLTAGE GAIN } (A_v \text{ diff}) = \frac{R_5}{R_1}$$

INPUT IMPEDANCE

$$(Z_{INDIFF}) = 2 \sqrt{R_1^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Figure 6 - Differential Input Configuration

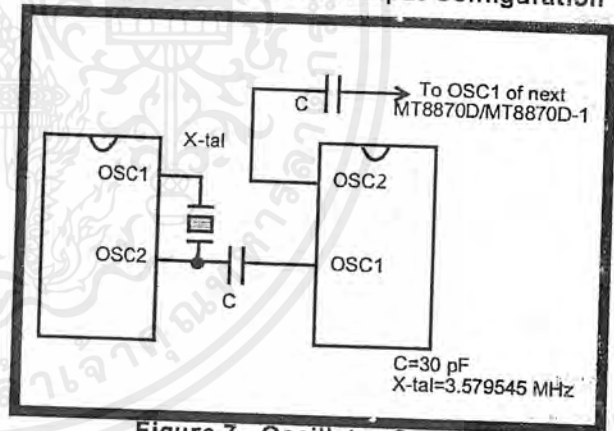


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications
Note: Qm=quality factor of RLC model, i.e., $1/2\pi\sqrt{R_1C_1}$.

Power-down and inhibit Mode

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

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

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870D/MT8870D-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 10 with the op-amp connected for unity gain and V_{Ref} biasing the input at $\frac{1}{2}V_{DD}$. Figure 6 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_5 .

Crystal Oscillator

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

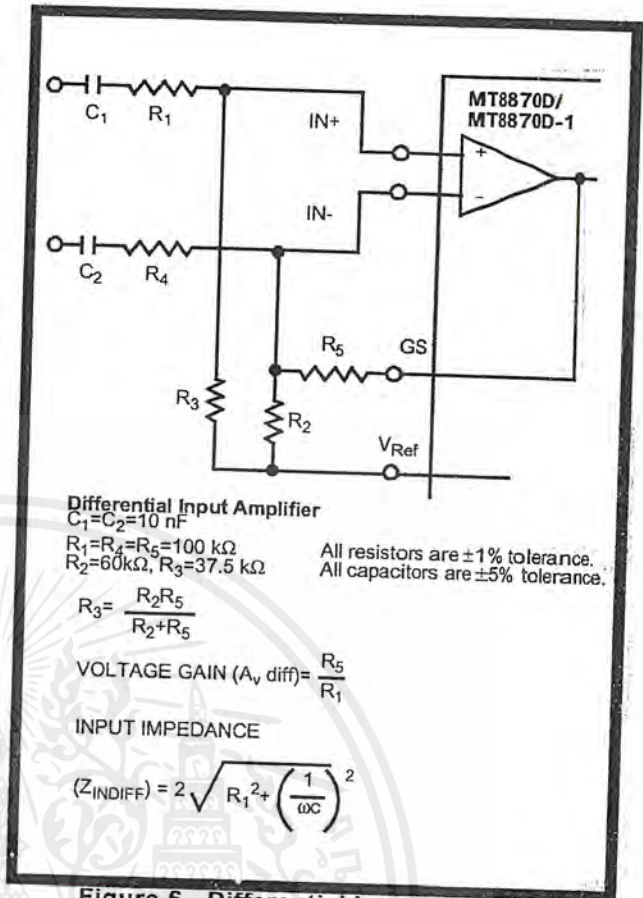


Figure 6 - Differential Input Configuration

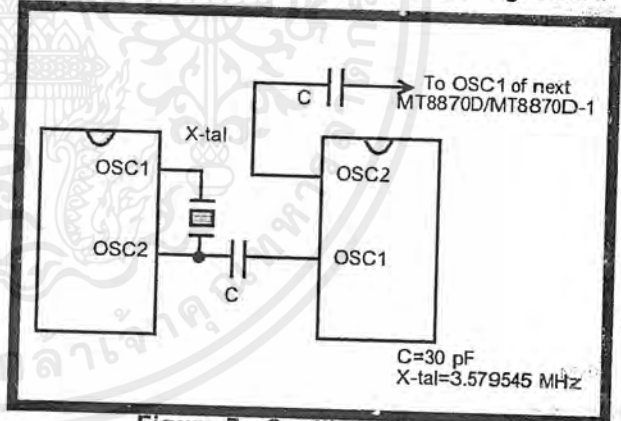


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications

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

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM
SPEC POR 1151

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

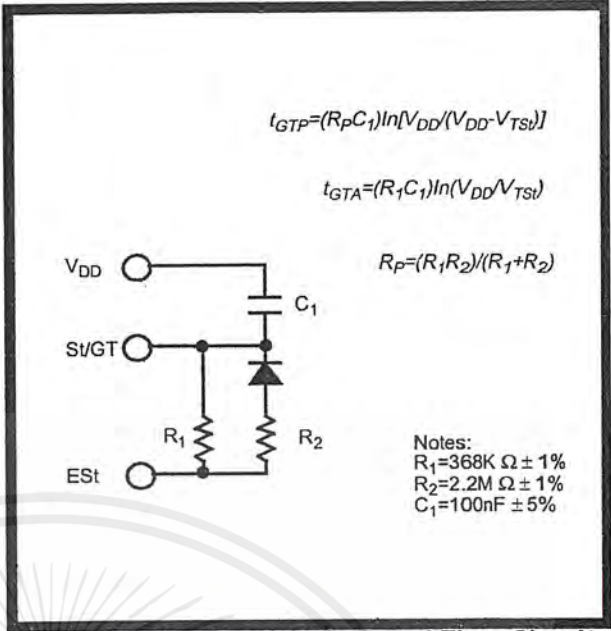


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

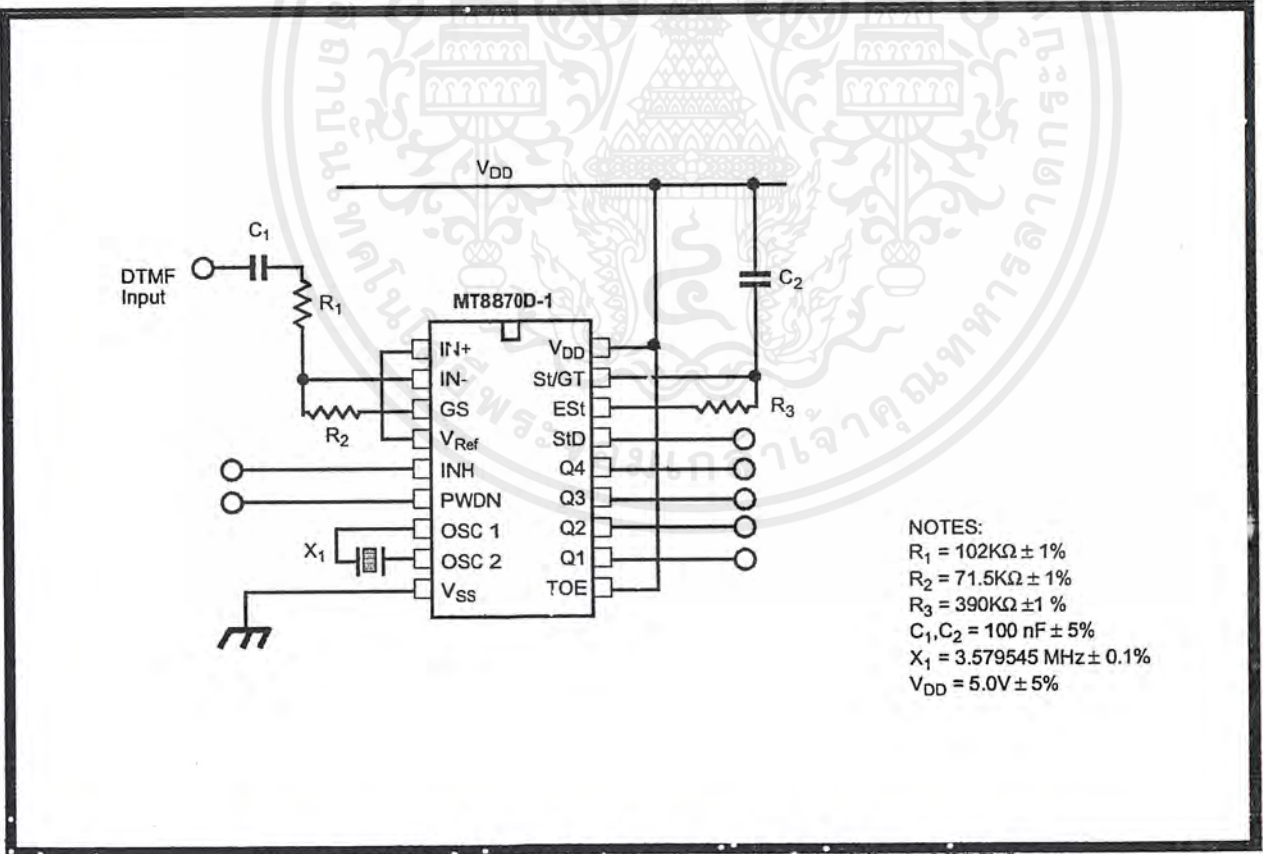


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

Absolute Maximum Ratings[†]

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

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

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

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

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

DC Electrical Characteristics - $V_{DD}=5.0V \pm 5\%$, $V_{SS}=0V$, $-40^\circ C \leq T_O \leq +85^\circ C$, unless otherwise stated.

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

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

Operating Characteristics - $V_{DD}=5.0V\pm5\%$, $V_{SS}=0V$, $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$, unless otherwise stated.
Gain Setting Amplifier

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

MT8870D AC Electrical Characteristics - $V_{DD}=5.0V \pm 5\%$, $V_{SS}=0V$, $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$, using Test Circuit shown in Figure 10.

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

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

* NOTES

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

MT8870D-1 AC Electrical Characteristics - $V_{DD}=5.0V\pm5\%$, $V_{SS}=0V$, $-40^{\circ}C \leq T_O \leq +85^{\circ}C$, using Test Circuit shown in Figure 10.

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

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

***NOTES**

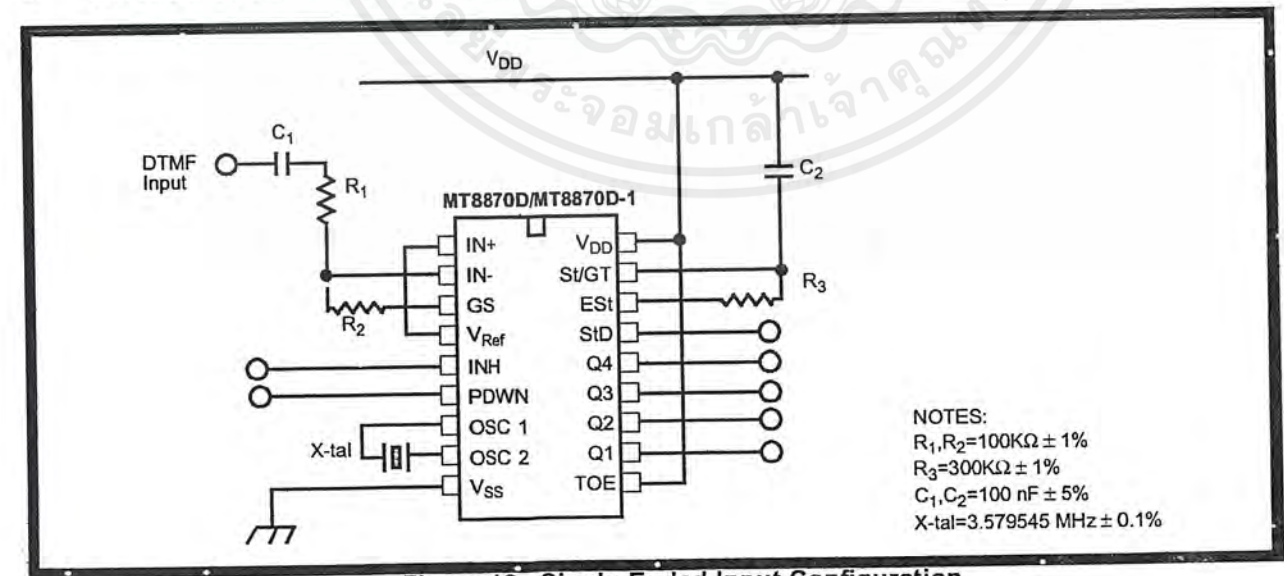
1. dBm= decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
2. Digit sequence consists of all DTMF tones.
3. Tone duration= 40 ms, tone pause= 40 ms.
4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies.
5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
6. Tone pair is deviated by $\pm 1.5\% \pm 2$ Hz.
7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) $\pm 2\%$.
9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
11. Referenced to the minimum valid accept level.
12. Referenced to Fig. 10 input DTMF tone level at -25dBm (-26dBm at GS Pin) interference frequency range between 480-3400Hz.
13. Guaranteed by design and characterization.

AC Electrical Characteristics - $V_{DD}=5.0V\pm5\%$, $V_{SS}=0V$, $-40^{\circ}C \leq T_o \leq +85^{\circ}C$, using Test Circuit shown in Figure 10.

		Characteristics	Sym	Min	Typ [‡]	Max	Units	Conditions
1	T I M I N G	Tone present detect time	t_{DP}	5	11	14	ms	Note 1
2		Tone absent detect time	t_{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 1
3		Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	Note 2
4		Tone duration reject	t_{REC}	20			ms	Note 2
5		Interdigit pause accept	t_{ID}			40	ms	Note 2
6		Interdigit pause reject	t_{DO}	20			ms	Note 2
7	O U T P U T S	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}		8	11	μs	TOE= V_{DD}
8		Propagation delay (St to StD)	t_{PSID}		12	16	μs	TOE= V_{DD}
9		Output data set up (Q to StD)	t_{QSID}		3.4		μs	TOE= V_{DD}
10		Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 k Ω , 50 pF
11		Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTD}		300		ns	load of 10 k Ω , 50 pF
12	P D W N	Power-up time	t_{PU}		30		ms	Note 3
13		Power-down time	t_{PD}		20		ms	
14	C L O C K	Crystal/clock frequency	f_C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
15		Clock input rise time	t_{LHCL}			110	ns	Ext. clock
16		Clock input fall time	t_{HLCL}			110	ns	Ext. clock
17		Clock input duty cycle	DC _{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
18		Capacitive load (OSC2)	C_{LO}			30	pF	

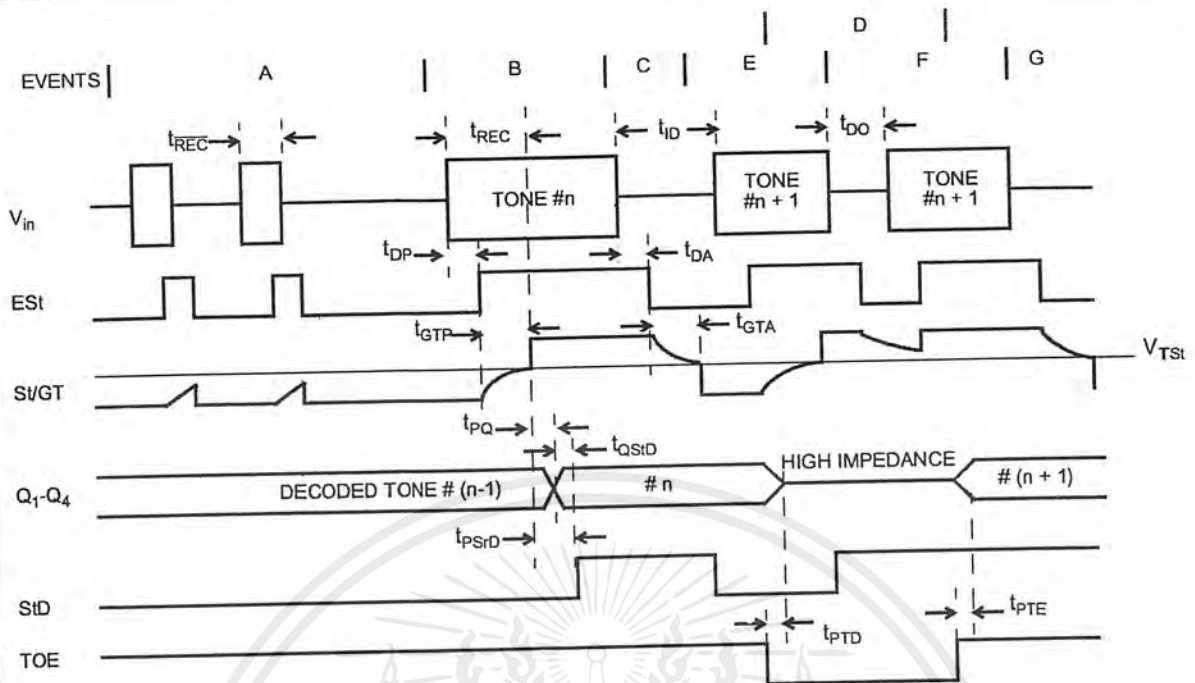
‡ Typical figures are at 25°C and are for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

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



NOTES:
 $R_1, R_2=100K\Omega \pm 1\%$
 $R_3=300K\Omega \pm 1\%$
 $C_1, C_2=100\text{ nF} \pm 5\%$
 $X\text{-tal}=3.579545\text{ MHz} \pm 0.1\%$

Figure 10 - Single-Ended Input Configuration



EXPLANATION OF EVENTS

- A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, OUTPUTS NOT UPDATED.
- B) TONE #n DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS
- C) END OF TONE #n DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMIAN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.
- D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.
- E) TONE #n + 1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN OUTPUTS (CURRENTLY HIGH IMPEDANCE).
- F) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #n + 1, TONE ABSENT DURATION INVALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED.
- G) END OF TONE #n + 1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, OUTPUTS REMAIN LATCHED UNTIL NEXT VALID TONE.

EXPLANATION OF SYMBOLS

- V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.
- ES_t EARLY STEERING OUTPUT. INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.
- SI/GT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
- Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.
- SI_D DELAYED STEERING OUTPUT. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL.
- TOE TONE OUTPUT ENABLE (INPUT). A LOW LEVEL SHIFTS Q_1-Q_4 TO ITS HIGH IMPEDANCE STATE.
- t_{REC} MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECED AS VALID
- t_{REC} MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION
- t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.
- t_{DO} MAXIMUM ALLOWABLE DROP OUT DURING VALID DTMF SIGNAL.
- t_{DP} TIME TO DETECT THE PRESENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
- t_{DA} TIME TO DETECT THE ABSENCE OF VALID DTMF SIGNALS.
- t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.
- t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Timing Diagram