สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแบบโปรแกรมผ่านโทรศัพท์

PROGRAMMABLE ELECTRIC APPLIANCE CONTROLLER BY TELEPHONE

T045724

โดย

นางสาวนพรัตน์ วิทยามานิตกุล

นางสาวเปรมพร พิมพ์พิไล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45724
วัน, เดือน, ปี 13 ก.พ. 2546

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแบบโปรแกรมผ่านโทรศัพท์

PROGRAMMABLE ELECTRIC APPLIANCE CONTROLLER BY TELEPHONE

โดย

นางสาวนพรัตน์ วิทยามานิตกุล

นางสาวเปรมพร พิมพ์พิไล

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์เกียรติศักดิ์ คมวัชระ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแบบโปรแกรมผ่านโทรศัพท์

(PROGRAMMABLE ELECTRIC APPLIANCE CONTROLLER BY TELEPHONE)

ผู้จัดทำ

1. นางสาวนพรัตน์ วิทยามานิตกุล รหัส 41014207
2. นางสาวเปรมพร พิมพ์พิไล รหัส 41014279

อาจารย์เกียรติศักดิ์ คมวัชระ อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแบบโปรแกรมได้ผ่านโทรศัพท์

Programmable Electric Appliance Controller By Telephone

โดย นางสาวนพรัตน์ วิทยามานิตกุล รหัส 41014207
นางสาวเปรมพร พิมพ์พิไล รหัส 41014279

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์เกียรติศักดิ์ คมวัชระ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเอาการสื่อสารทางโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการเปิด – ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านถูกควบคุมจากภายนอกได้ด้วยสัญญาณโทรศัพท์แบบกดปุ่มและถูกควบคุมจากภายในบ้านด้วยคีย์บอร์ดขนาด 12 คีย์ ผู้ใช้สามารถสั่งเปิด – ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยจะมีเสียงแนะนำขั้นตอนต่างๆให้ ในส่วนประมวลผลกลางจะถูกโปรแกรมไว้ให้ตรวจนับสัญญาณโทรศัพท์เรียกเข้ามา และไม่มีคนรับสาย เมื่อจำนวนกริ่งโทรศัพท์ครบตามที่กำหนดไว้โทรศัพท์ก็จะถูกตัดเข้าสู่ระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า การจะเข้าไปสั่งให้อุปกรณ์ไฟฟ้าปิดหรือเปิดได้นั้นจะต้องใส่รหัสผ่านก่อนจึงสามารถเข้าไปสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆได้

ABSTRACT

This thesis presents the used of telephone technology applying with the electrical on/off appliances. The microcontroller MCS–51 is used as central processing unit. The appliances in the house will be controlled from the outside via the telephone signal by using push buttons and controlled from the 12 keys with keyboard in the house. The user is able to on/off control the desired appliances. The introducing sound will advise the instruction. The central processing unit is programmed in order to count the called telephone signal. As the number of telephone signaling is equal to the set value, the user can control system and the password is needed before controlling the system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	1
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	2
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	
บทที่ 2 โครงสร้างของวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์	3
2.1 ส่วนต่อกับคู่สายโทรศัพท์	3
2.2 หน่วยประมวลผล	4
2.3 ส่วนแสดงผล	5
2.4 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	5
บทที่ 3 ทฤษฎี	6
3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์	6
3.1.1 การทำงานของเครื่องโทรศัพท์	7
3.1.2 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (dual tone multifrequency type)	8
3.1.3 สัญญาณพื้นฐาน	11
3.1.4 สัญญาณในการติดต่อกันระหว่างผู้เรียก และผู้รับโทรศัพท์	12
3.2 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS -51	14
บทที่ 4 การศึกษาและการออกแบบการสร้างวงจร	31
4.1 ส่วนอินพุท	31
4.1.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและหน่วงเวลา	31
4.1.2 วงจรยก-วางหูโทรศัพท์	32
4.1.3 วงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์	32
4.1.4 วงจรบันทึกเสียงโดยไอซี ISD 1420	37
4.2 วงจรภาคควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
4.3 วงจรส่วนคีย์บอร์ด	45
บทที่ 5 การทดลองและผลที่ได้	46
5.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	46
5.2 วงจรยกหูโทรศัพท์	47
5.3 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF	49
5.4 วงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า	49
5.5 วงจรบันทึกเสียง	49
5.6 วงจรประมวลผล	52
5.7 ส่วนคีย์บอร์ด	52
5.8 ผลการทดลอง	54
บทที่ 6บทวิจารณ์และสรุปผล	56
บทที่ 7วิธีการใช้งาน	58
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก. วงจรและชิ้นงาน	
ภาคผนวก ข. โฟล์วชาร์ตการทำงานของโปรแกรมในส่วนต่างๆ	
ภาคผนวก ค. โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี	
ภาคผนวก ง. เอกสารข้อมูล	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบผังของวงจรควบคุมอุปกรณ์ผ่านโทรศัพท์ 3

รูปที่ 3.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์ 7

รูปที่ 3.2 แสดงแป้นกดหมายเลข และค่าความถี่ต่างๆ 9

รูปที่ 3.3 แสดงวงจรพื้นฐานของโทรศัพท์ระบบ DTMF 9

รูปที่ 3.4 แสดงบล็อคไดอะแกรมของโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ที่ใช้ไอซี 10

รูปที่ 3.5 แสดงวงจรใช้งานจริงของโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ที่ใช้ไอซีสำเร็จรูป 11

รูปที่ 3.6 แสดงสัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์ 12

รูปที่ 3.7 แสดงสัญญาณระหว่างผู้เรียก และผู้รับโทรศัพท์ 13

รูปที่ 3.8 แสดงตารางของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวในตระกูล MCS-51 14

รูปที่ 3.9 แสดงไดอะแกรมโครงสร้างของ MCS-51 16

รูปที่ 3.10 แสดงภาพเสมือน ของหน่วยความจำ 17

รูปที่ 3.11 แผนภูมิหน่วยความจำของ MCS – 51 เบอร์ 1 19

รูปที่ 3.12 แสดงสถาปัตยกรรมภายในของ MCS - 51 21

รูปที่ 3.13 แสดงไดอะแกรมขาของ MCS – 51 แบบ DIP 21

รูปที่ 3.14 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 0 22

รูปที่ 3.15 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 1 24

รูปที่ 3.16 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 2 25

รูปที่ 3.17 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 3 26

รูปที่ 3.18 แสดงค่าของรีจิสเตอร์เมื่อเกิดการรีเซต MCS – 51 28

รูปที่ 3.19 แสดงวงจรออสซิเลเตอร์ภายใน MCS - 51 29

รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณเข้าและออกจากวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 31

รูปที่ 4.2 แสดงฟังก์ชั่นภายในบล็อคไดอะแกรม 33

รูปที่ 4.3 แสดงการตอบสนองของภาคกรองความถี่ 34

รูปที่ 4.4 แสดงตารางที่แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ 35

รูปที่ 4.5 แสดงวงจรพื้นฐานของภาคตรวจสอบสัญญาณ 36

รูปที่ 4.6 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่ 37

รูปที่ 4.7 แสดงโหมดการทำงานของ ISD 2590 42

รูปที่ 4.8 แสดงการทำงานของโหมด Push-button 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 5.1 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง 46
รูปที่ 5.2 แสดงวงจรยกหูโทรศัพท์ 47
รูปที่ 5.3 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF 48
รูปที่ 5.4 แสดงวงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า 49
รูปที่ 5.5 แสดงวงจรบันทึกเสียง 51
รูปที่ 5.6 แสดงส่วนคีย์บอร์ด 53
รูปที่ 5.7 แสดงวงจรรวมทั้งหมด 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของโครงงาน

ในปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านการสื่อสารโทรคมนาคมอย่างรวดเร็ว มีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยระบบการสื่อสารที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันนี้ มีระบบการสื่อสารซึ่งถือกันว่าเป็นบริการพื้นฐานที่มีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน คือ ระบบโทรศัพท์ เนื่องจากเป็นระบบสื่อสารที่ทุกคนต้องใช้ และจากการที่ระบบโทรศัพท์ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันนี้เป็น ระบบกดปุ่ม (DTMF) ซึ่งมีการส่งสัญญาณ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ระหว่างเครื่องโทรศัพท์ และชุมสายโทรศัพท์ จึงได้นำแนวความคิดเกี่ยวกับการรับส่งสัญญาณ DTMF ของระบบโทรศัพท์มาใช้งาน ในการทำเป็นโครงงาน "*วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์*" จากเหตุผลที่ว่า บ่อยครั้งที่มักพบกับปัญหาการเปิด/ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ขณะที่ออกไปทำธุระนอกบ้าน หรือในกรณีลืมปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าขณะออกจากบ้านแล้ว วิธีนี้พอที่จะช่วยได้คือการที่ต้องเปิดไฟฟ้าภายในบ้านไว้รอการกลับมาของเจ้าของบ้าน ดังนั้น ทางคณะผู้จัดทำจึงได้จัดทำโครงงาน "*วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์*" ขึ้นเพื่อเป็นการป้องกันภัย และประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง รวมทั้งสามารถอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้อยู่อาศัยได้อีกด้วย โดยโครงงานนี้มีหลักการทำงานคือ เมื่อเจ้าของบ้านอยู่นอกบ้าน สามารถโทรศัพท์เข้าไปในบ้านแล้วกดรหัสผ่าน เพื่อให้ระบบทำการปิด หรือ เปิดอยู่ จากวงจรตอบรับอัตโนมัติ เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้อีกทางหนึ่งด้วย

โครงงานนี้ออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งระบบจะทำงานเมื่อมีการเรียกเข้ามา โดยระบบจะทำการรับสายและรอการกดรหัสสัญญาณ เพื่อรอรับสัญญาณ DTMF แล้วส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แปลความหมายเพื่อไปควบคุมการปิด/เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน รวมทั้งประกอบด้วยส่วนของการควบคุมที่ตัวเครื่อง เพื่อสามารถควบคุมการเปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตามต้องการ โดยอาศัยแป้นคีย์ที่ติอยู่ที่ชุดควบคุม ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานจะเหมือนกับส่วนของ ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้บริการได้อีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

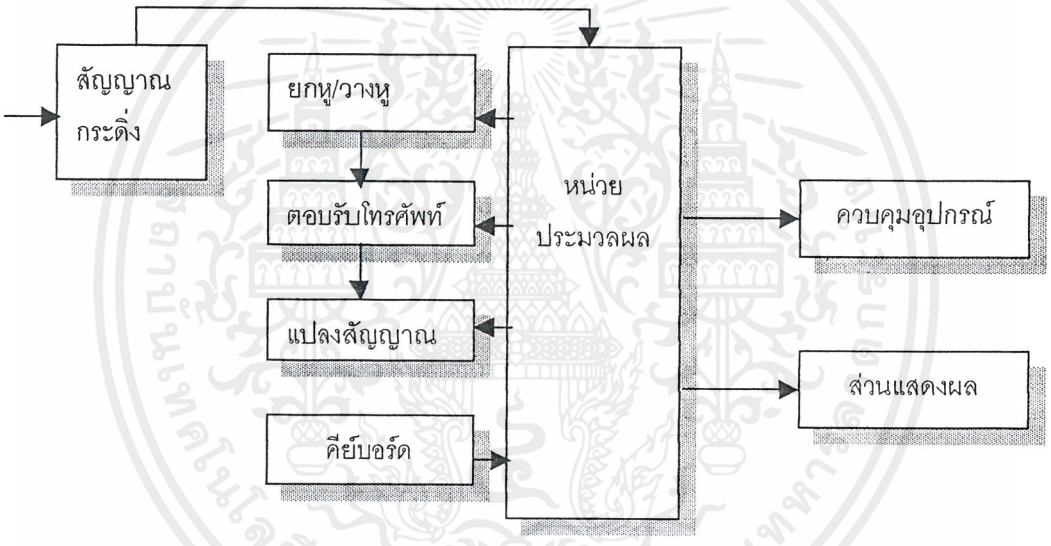
วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษาหาความรู้ และประสบการณ์เกี่ยวกับการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของวงจรต่างๆการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบการทำงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ และนำความรู้ต่างๆที่ได้รับการศึกษาในห้องเรียนมาปฏิบัติงานจริง และยังสามารถนำโครงงานนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้จริงในการเปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยผ่านโทรศัพท์ และป้องกันภัยได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
โครงสร้างของวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์

ในโครงงานนี้ได้เอาเครื่องโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องสั่งงานทางโทรศัพท์เพื่อรับการสั่งงานทางโทรศัพท์ ซึ่งจะต้องทำตัวเหมือนเครื่องรับโทรศัพท์เครื่องหนึ่ง สามารถติดต่อและเข้าใจสัญญาณต่างๆจากชุมสาย เช่น การรับสัญญาณกระดิ่งจากชุมสาย การยกหูการวางหูของเครื่องสั่งงานทางโทรศัพท์ ในขณะเดียวกันเครื่องสั่งงานทางโทรศัพท์ต้องควบคุมการเปิดปิดของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งใช้แรงดันไฟ 220 โวลท์ได้ โครงสร้างภายในของโครงงานนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูป 2.1 ส่วนประกอบผังของวงจรควบคุมอุปกรณ์ผ่านโทรศัพท์

2.1 ส่วนต่อกับคู่สายโทรศัพท์

หน้าที่หลักของส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์คือการทำให้ส่วนประมวลผลทำงานร่วมกับคู่สายโทรศัพท์ได้ โดยสัญญาณภายในคู่สายโทรศัพท์เป็นสัญญาณอนาลอก (analog signal) และมีความแตกต่างของแรงดันภายในคู่สายโทรศัพท์มาก ได้แก่สัญญาณกระดิ่ง (Tone ringing) สัญญาณแมวกรน (Dial tone) เป็นต้น ในขณะที่สัญญาณของส่วนประมวลผลเป็น สัญญาณลอจิก (Logic signal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายประกอบด้วย วงจรยกหู/วางหู วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง วงจรถอดรหัสสัญญาณเลขหมาย วงจรตอบรับโทรศัพท์ และวงจรสร้างหน่วงเวลา ซึ่งใช้หลักการของโทรศัพท์ดังนี้

2.1.1 การยกหู/วางหูของเครื่องโทรศัพท์ ในขณะที่เครื่องโทรศัพท์วางหูอยู่นั้น แรงดันภายในคู่สายโทรศัพท์มีค่าประมาณ 48 โวลท์ และอิมพิแดนซ์ (impedance) ของเครื่องโทรศัพท์มีค่าสูงมาก ส่วนในขณะที่เครื่องโทรศัพท์ยกหูแรงดันคู่สายโทรศัพท์มีค่าประมาณ 6-10 โวลท์ ทั้งนี้เนื่องจากอิมพิแดนซ์ของโทรศัพท์ขณะยกหูมีค่าประมาณ 600 Ω โดยชุมสายโทรศัพท์จะตรวจการยกหูของเครื่องโทรศัพท์ จากการเปลี่ยนแปลงของอิมพิแดนซ์ ของเครื่องโทรศัพท์

2.1.2 สัญญาณเสียงพูดในระบบโทรศัพท์ใช้ในช่วงความถี่ 300-3,400 Hz (สัญญาณเสียงมนุษย์ได้ยินในช่วง 20-2,000 Hz) ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่ใช้แล้วมนุษย์สามารถสื่อสารกันด้วยคำพูดที่เข้าใจได้

2.1.3 สัญญาณกระดิ่ง (Ringing tone) เป็นสัญญาณที่ส่งจากชุมสายโทรศัพท์ไปยังเครื่องโทรศัพท์ทางด้านผู้รับ ให้ขับกระดิ่งภายในเครื่องโทรศัพท์ เพื่อบอกให้ฝ่ายรับ ทราบว่ามีการเรียกเข้าโดยมีระดับสัญญาณ 100 โวลท์ ความถี่ 20 Hz โดยส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที

2.1.4 สัญญาณเลขหมาย เป็นสัญญาณที่สร้างจากเครื่องโทรศัพท์ เพื่อใช้ส่งเลขหมายของผู้รับ สำหรับสัญญาณของเลขหมาย ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องโทรศัพท์และชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้คือแบบหมุน (ส่งสัญญาณเป็นพัลส์) และแบบกดปุ่ม (ส่งสัญญาณความความถี่คู่) เนื่องจากอนาคตชุมสายโทรศัพท์แบบกดปุ่มมีแนวโน้มการนำมาใช้แทนชุมสายโทรศัพท์แบบหมุนซึ่งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นโครงงานชุดนี้จึงพัฒนาให้ใช้กับเครื่องโทรศัพท์ของผู้สั่งงานทางโทรศัพท์เป็นแบบกดปุ่ม ซึ่งสัญญาณที่ใช้สั่งเป็นแบบความถี่คู่

2.2 หน่วยประมวลผล

หน่วยประมวลผลนี้มีความสำคัญมากเปรียบเสมือนเป็นสมองของเครื่องสั่งงานทางโทรศัพท์ก็ได้ คือเป็นส่วนที่ใช้ในการบริหารการทำงานของวงจรภายในเครื่องทำงานทางโทรศัพท์ให้วงจรแต่ละส่วนสามารถร่วมกันเป็นระบบใหญ่ ซึ่งจะขอกล่าวถึงการบริหารวงจรของส่วนประมวลผลคร่าวๆ ดังนี้

ในสภาวะปกติเครื่องตอบรับและสั่งงานทางโทรศัพท์จะวางหูโทรศัพท์ โดยคู่สายโทรศัพท์ต่อเข้ากับวงจรตรวจจับกระดิ่ง เมื่อมีผู้เรียกสายเข้ามายังเครื่องโทรศัพท์ ส่วนประมวลผลจะส่งสัญญาณไปยังวงจรยกหู/วางหู ให้ทำการยกหูพร้อมทั้งสลับคู่สายโทรศัพท์จากวงจรตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณกระดิ่งไปยังวงจรส่วนตอบรับโทรศัพท์วงจรนี้จะทำงานโดยจะทำการสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

เมื่อคู่สายโทรศัพท์ต่อกับวงจรตอบรับส่วนประมวลผลจะทำให้วงจรตอบรับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณเสียง แจ้งให้ผู้เรียกทราบว่าไม่มีคนรับอยู่เพื่อสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

การเลือกควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าก็จะได้รับสัญญาณควบคุมการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าจากส่วนประมวลผลเช่นกัน สัญญาณที่ใช้ในการติดต่อในส่วนแสดงผลระหว่างส่วนเชื่อมต่อกับคู่สายโทรศัพท์กับส่วนประมวลผลเป็นสัญญาณลอจิก คือมีระดับสัญญาณเพียง 2 สถานะ คือสถานะแรงดันสูง กับสถานะแรงดันต่ำ

2.3 ส่วนแสดงผล

ส่วนแสดงผลนี้มีความสำคัญเทียบเท่ากับส่วนอื่นเพราะเป็นส่วนที่แสดงผลออกมาทางตัวแสดงผลเพื่อให้ทราบถึงผลการทดลองที่เกิดขึ้น เปรียบเสมือนกับตัวที่บ่งบอกถึงการทำงานของวงจรทั้งหมด ว่าเป็นไปตามผลที่คาดว่าจะได้รับหรือไม่

จะเห็นว่าเมื่อมีการสั่งงานทางโทรศัพท์ผ่านเข้ามาส่วนประมวลซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการบริหารการงานของวงจรแล้วโดยส่วนประมวลผลจะได้รับข้อมูลหมายเลขที่กดโดยผู้สั่งงานทางโทรศัพท์จากวงจรถอดรหัสเลขหมาย

ในส่วนแสดงผลจะเกิดจากผลที่ได้จากส่วนประมวลผลนั่นเองส่วนแสดงผลจะได้รับสัญญาณควบคุมการเปิด -ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าจากส่วนประมวลผล และแสดงออกทางตัวแสดงผลอย่างชัดเจนซึ่งทางกลุ่มเลือกใช้เพียง LED แสดงผลภายในบ้าน และใช้ส่วนบันทึกเสียงในการช่วยบอกแก่ผู้โทรเข้า

2.4 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ในส่วนนี้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 8 ตัว เมื่อส่วนประมวลผลได้รับข้อมูลว่าต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวใดแล้ว จะทำการส่งข้อมูลไปยังส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งอาศัยรีเลย์เป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎี

3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโทรศัพท์

การสื่อสารปัจจุบันนี้ ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก ในชีวิตประจำวัน เรียกได้ว่า จะต้องมีการติดต่อสื่อสารกันตลอดเวลาก็ว่าได้ จะขอกล่าวพอเป็นความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเรื่องโทรศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้เท่านั้น

เครื่องรับโทรศัพท์ เป็นอุปกรณ์โทรคมนาคม ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารได้สะดวกรวดเร็ว และให้ข่าวสารที่ชัดเจน ฉับไว ค่าใช้จ่ายถูก เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นจำนวนมาก ซึ่งปัจจุบันมีผู้ผลิตเครื่องรับโทรศัพท์ ออกมาจำหน่ายมากมาย ผู้ใช้สามารถเลือกซื้อใช้ได้ตามต้องการ และระบบโทรศัพท์ที่เห็นกันทั่วๆไป มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบหมุน (rotating type) และแบบสัญญาณความถี่คู่ (Dual Tone Multifrequency Type) หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบกดปุ่ม ซึ่งโทรศัพท์แบบหมุน เป็นระบบโทรศัพท์ ที่ใช้กันดั้งเดิม แต่แรกเริ่ม ซึ่งในปัจจุบันกำลังจะเลิกใช้แล้ว ปัจจุบันระบบกดปุ่ม นิยมใช้กันมาก หน้าที่ของระบบโทรศัพท์ทั้ง 2 ระบบ จะมีลักษณะเหมือนๆกัน จะต่างกันตรงที่ แบบกดปุ่มจะส่งสัญญาณออกไปเป็นความถี่ ที่แตกต่างกัน 2 ความถี่ ส่วนระบบแบบหมุนจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนพัลซ์ หน้าที่หลักๆ ของโทรศัพท์ 2 แบบที่เหมือนกัน สามารถสรุป ได้ดังนี้

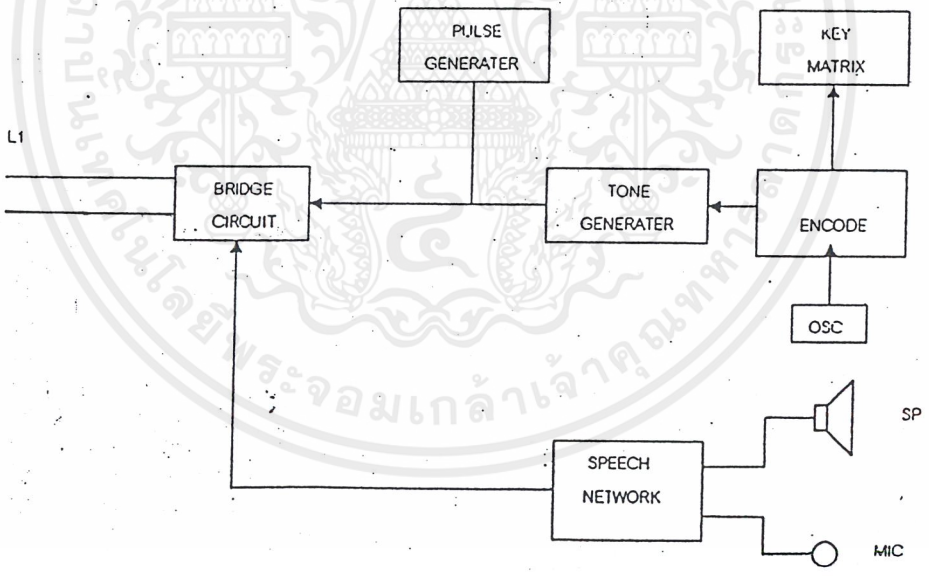
เครื่องโทรศัพท์จะทำให้ชุมสายโทรศัพท์รับรู้ว่า มีผู้ต้องการใช้โทรศัพท์ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นเครื่องโทรศัพท์ จะได้รับสัญญาณหมุน ที่ส่งมาจากชุมสายเพื่อบอกให้ผู้ใช้โทรศัพท์ รู้ว่าพร้อมที่จะทำให้ทำการกด หรือ หมุนหมายเลขที่จะติดต่อได้ ซึ่งก็คือ เสียงที่ได้ยินเมื่อเวลายกหูโทรศัพท์ เป็นสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 440-425 เฮิรตซ์ ดังต่อเนื่องกันไป เครื่องโทรศัพท์จะทำหน้าที่ ส่งรหัสหมายเลข ที่ผู้เรียกต้องการจะติดต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์ ด้วยการกดปุ่มหมายเลข หรือหมุนหมายเลข ที่เราต้องการติดต่อเครื่องโทรศัพท์ จะส่งสัญญาณบอกผู้เรียกว่า หมายเลขที่ต้องการติดต่อด้วยว่างหรือไม่ ถ้าว่างก็จะส่งสัญญาณกลับ ที่ความถี่ 425 เฮิรตซ์ โดยจะดัง 1 วินาที แล้วเงียบ 4 วินาที ลับกันไป แต่ถ้าหมายเลขที่ต้องการจะเรียกไม่ว่าง ก็จะส่งสัญญาณความถี่ 425 เฮิรตซ์ โดยจะดังเป็นช่วงๆ 0.5 วินาที และหยุด 0.5 วินาที เครื่องโทรศัพท์ ทางด้านส่งจะเปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และทางด้านรับจะเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียงอีกครั้งหนึ่ง เครื่องโทรศัพท์ จะส่งสัญญาณไปยังชุมสาย เมื่อเราวางหูโทรศัพท์ เพื่อแจ้งให้ทราบว่า สิ้นสุดการใช้งานแล้ว และให้ชุมสายเลิกทำการติดต่อ กับอีกฝ่ายหนึ่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การทำงานของเครื่องโทรศัพท์

ในรูปที่ 3.1 เป็นบล็อคไดอะแกรม ของส่วนต่างๆ ที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์โดยการทำงานของเครื่องโทรศัพท์ พอจะอธิบาย ได้ดังนี้

เครื่องรับโทรศัพท์ จะเชื่อมต่อกับชุมสายโทรศัพท์ ด้วยสาย L1 และสาย L2 วงจรแรกที่เชื่อมต่อ ระหว่างวงจรในเครื่องรับโทรศัพท์กับอุปกรณ์ของชุมสาย ก็คือ วงจรกำเนิดเสียงเรียก ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียก เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญ ที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสาย ก็คือ เมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางตามปกติ ฮุกสวิตช์ จะถูกเปิดวงจรออกทำให้ไม่มีแรงดัน จากชุมสาย ผ่านไปยังวงจรส่วนที่อยู่ด้านหลังฮุกสวิตช์ได้ ดังนั้น ถ้าวงจรกำเนิดสัญญาเรียกอยู่ด้านหลังจากฮุกสวิตช์ ก็จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีผู้ติดต่อเข้ามา วงจรเสียงเรียกนี้จึงติดต่อกับชุมสายโทรศัพท์โดยตรง เมื่อเราวางหูโทรศัพท์ลงบนฮุกสวิตช์ เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามาจากชุมสาย โทรศัพท์สัญญาณเรียก ก็จะผ่านฮุกสวิตช์ เข้าไปยังวงจรกำเนิดเสียงเรียก ทำให้วงจรเสียงเรียกทำงานส่วนที่เป็นลำโพง หรือ บัสเซอร์ก็จะดังขึ้น เมื่อเรายกหูโทรศัพท์ ก็จะทำให้ฮุกสวิตช์ตัดวงจรเสียงเรียกออก และวงจรฮุกสวิตช์ก็จะต่อเข้ากับวงจรเสียงพูด



รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรมของเครื่องโทรศัพท์

วงจรกำเนิดเสียงพูด จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงพูด ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อส่งไปยังด้านรับฝ่ายตรงข้าม และจะทำหน้าที่ เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่รับเข้ามาจากฝ่ายตรงข้าม ให้เป็นสัญญาณเสียงพูด วงจรในส่วนนี้ ประกอบด้วย วงจรที่จะใช้ควบคุมเสียงพูด ให้ย้อนกลับไปยังหูฟังของผู้พูดให้มีความแรงของสัญญาณพอดี ในเวลาที่เราพูดโทรศัพท์เข้ามาทางไมโครโฟน ก็จะได้ยิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงเราเองออกทางหูฟังด้วย เพื่อให้เราทราบว่าเสียงที่เราพูดนั้น แรงหรือค่อยเท่าใด วงจรในส่วนควบคุมนี้ จะเป็นการควบคุมเสียงพูดของเราเองด้วย ไม่ให้ออกทางหูฟังของเราแรงหรือค่อยเกินไป

วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (pulse generator) ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณพัลส์ เพื่อส่งหมายเลขที่เรากด ไปให้กับชุมสายโทรศัพท์ ที่เป็นระบบพัลส์

วงจรกำเนิดความถี่ (frequency generator) จะทำหน้าที่กำเนิดความถี่คู่ เพื่อทำหน้าที่ส่งเลขหมายไปให้ชุมสายโทรศัพท์แบบความถี่คู่ หรือ ที่เรียกว่า DTMF (Dual Tone Multi- Frequency) เมื่อชุมสายโทรศัพท์ได้รับเลขหมายของผู้ถูกเรียกปลายทางแล้ว ก้จะดำเนินการจัดหาเส้นทางเชื่อมต่อเครื่องรับโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียกปลายทางให้ จากนั้นจะส่งสัญญาณให้ผู้เรียกได้รับรู้ (ring back tone) และส่งสัญญาเรียก (ringing) ไปให้ผู้เรียกปลายทางต่อไป

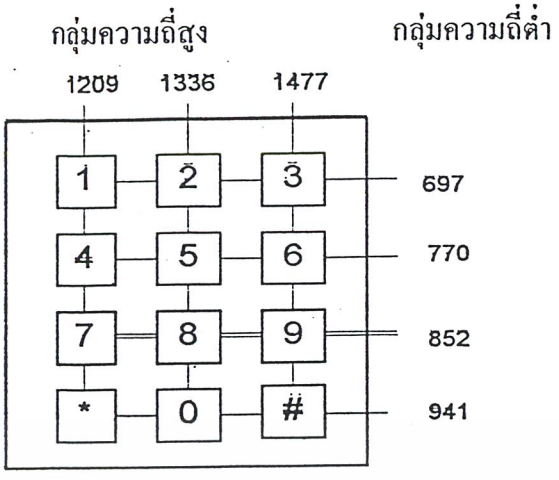
ส่วนวงจรไฮบริดจ์ (Hybridge) จะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งโดยปกติจะมีอิมพีแดนซ์ 600 โอมห์

เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น ฮุกสวิตซ์จะปิดวงจร ทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องรับโทรศัพท์ได้ ในขณะเดียวกันกระแสค่าเดียวกันนี้ ก็จะไหลผ่านวงจรเชื่อมต่อสายโทรศัพท์ ที่ชุมสายด้วยเพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆ ในชุมสายโทรศัพท์พร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทศัพท์ที่ชุมสายได้ จากนั้นชุมสายก็จะส่งสัญญาณหมุน (dial tone) ไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลข โทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสายโทรศัพท์ หลังจากที่ชุมสายโทรศัพท์ได้รับหมายเลขแรกที่ถูกส่งมาแล้ว ชุมสายโทรศัพท์ก็จะเลิกส่งสัญญาณหมุนซึ่งกระบวนการช่วงนี้ จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสายนั้น สามารถกระทำได้ 2 วิธี วิธีแรก เป็นการส่งสัญญาณพัลส์ ที่แสดงถึงค่าของหมายเลขต่างๆ ซึ่งจะใช้กับโทรศัพท์ระบบหมุน และอีกวิธีหนึ่งก็คือ การส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่างๆ กันโดยค่าของตัวเลข จะถูกแทนด้วยค่าความถี่ ที่มอดูเลทกัน ซึ่งจะใช้กับโทรศัพท์ระบบความถี่คู่

3.1.2 ระบบโทรศัพท์แบบส่งสัญญาณความถี่คู่ (Dual Tone Multi Frequency type)

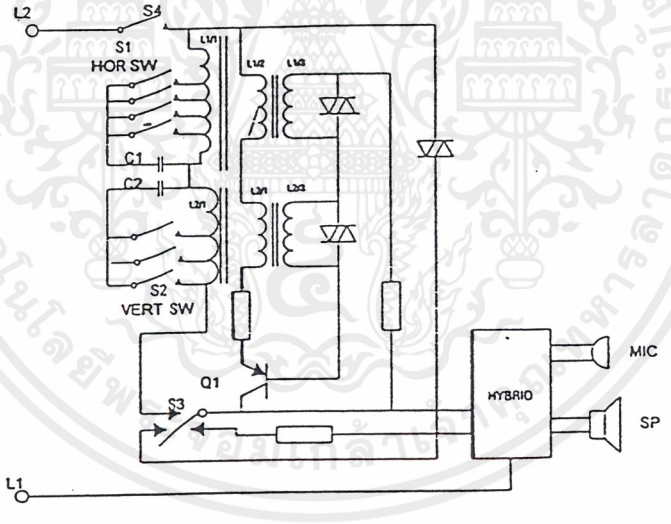
เป็นระบบการส่งสัญญาณอีกแบบหนึ่ง ที่นิยมการใช้กันมากในปัจจุบัน ซึ่งจะพบได้มากกว่าในระบบการส่งเป็นสัญญาณพัลส์ ระบบนี้ หรือชื่อย่อที่ว่า DTMF วิธีการส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยไปให้กับชุมสายโทรศัพท์ โดยการส่งสัญญาณไปด้วยความถี่ 2 ความถี่มอดูเลทกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กด ความถี่ที่ถูกส่งออกไปจะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด (0-4 KHz) ซึ่งค่าความถี่ที่ต่ำกว่าจะเป็นความถี่ที่แสดงในแนวนอน และอีกค่าหนึ่งก็จะเป็นความถี่ในแนวตั้ง ซึ่งค่าต่างๆ จะแสดงไว้ในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงแป้นกดหมายเลข และค่าความถี่ต่างๆ

สำหรับวงจรออสซิลเลเตอร์ ที่สร้างความถี่เหล่านี้ขึ้นมา คือวงจรในรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นวงจรที่ยังคงใช้อุปกรณ์ต่างๆ มาต่อรวมกันเป็นวงจรอยู่ ซึ่งปัจจุบันจะมีการใช้อุปกรณ์ที่ถูกผลิตในรูปไอซีสำเร็จรูป มาใช้งานมากกว่า

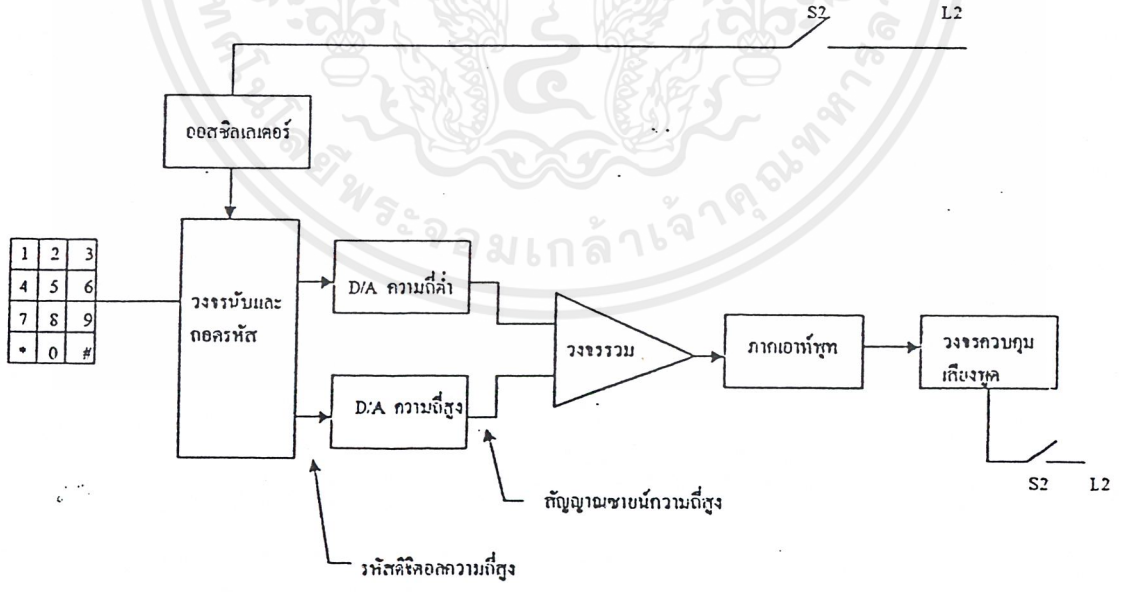


รูปที่ 3.3 แสดงวงจรพื้นฐานของโทรศัพท์ระบบ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

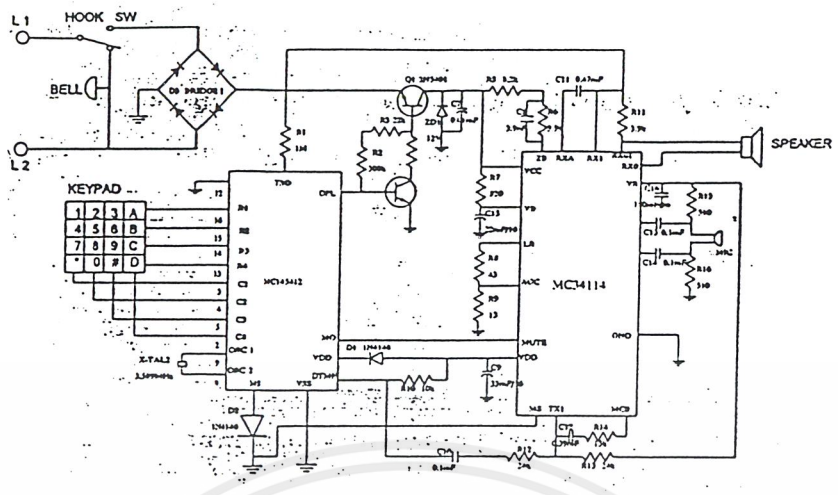
การทำงานของวงจรนี้จะเริ่มจากสวิตช์ S1 (สวิตช์ในแนวนอน) S2 (สวิตช์ในแนวตั้ง) และ S3 จะถูกเปิดวงจรอยู่ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น กระแสจากชุมสายโทรศัพท์จะผ่าน RV1, L1a และ L2a ทรานซิสเตอร์ จะไม่นำกระแส เมื่อมีการกดหมายเลขสวิตช์ S1, S2 จะถูกปิดลงตามตำแหน่งของหมายเลขที่ถูกกด C1, C2 จะถูกต่อเข้ากับ L1a, L2a ตามลำดับ เกิดเป็นวงจรออสซิเลเตอร์ขึ้น โดย L1a และ C1 จะเป็นออสซิเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ที่เกิดจาก L2a และ C2 และขณะที่ S3 จะถูกปิดลงเช่นกัน ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่มอดูเลทสัญญาณจากออสซิเลเตอร์ ทั้ง 2 เข้าด้วยกัน และส่งไปยังชุมสาย ในขณะที่ทำการกดหมายเลขอยู่นั้น ส่วนของหูฟัง และไมโครโฟน ก็จะถูกต่อขนานกัน จึงทำให้ได้ยินสัญญาณที่เกิดขึ้น จากวงจรออสซิเลเตอร์ด้วย สำหรับทางชุมสายก็จะมีวงจรตรวจจับเอา สัญญาณไปประมวลผลต่อไปและยังต้องมีวงจรกรองความถี่ป้องกันไม่ให้มีความถี่แปลกปลอมอื่นๆ เข้าไปในชุมสายโทรศัพท์ด้วย

จากรูปที่ 3.4 แสดงบล็อคไดอะแกรมของโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ที่ใช้ไอซี และในรูปที่ 3.5 แสดงวงจรใช้งานจริงของโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ จะเห็นว่าจะใช้ไอซีสำเร็จรูปมาใช้ผลิตสัญญาณความถี่คู่ จะทำให้การทำงานของวงจรมีประสิทธิภาพมากขึ้น การกดปุ่มเพื่อส่งสัญญาณเลขหมายไปที่ชุมสายโทรศัพท์ จะมีความแน่นอนไม่ผิดพลาดง่าย และยังทำให้เกิดความสะดวกสบายในการใช้งานอีกด้วย



รูปที่ 3.4 แสดงบล็อคไดอะแกรมของโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ที่ใช้ไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรใช้งานจริงของโทรศัพท์ระบบความถี่คู่ที่ใช้ไอซีสำเร็จรูป

ข้อดีสำหรับการส่งสัญญาณแบบ DTMF

1. ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
2. สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์โซลิสเสทได้ ทำให้เกิดความประหยัด และสะดวก
3. ลดอุปกรณ์ จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ภายในชุมสายโทรศัพท์
4. สามารถนำไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ ภายในชุมสายโทรศัพท์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. การส่งหมายเลข ให้กับชุมสายโทรศัพท์ไม่เกิดความผิดพลาดเพราะใช้สองความถี่ ในการส่งทำให้ผิพลาดในการกดเลขหมาย

3.1.3 สัญญาณพื้นฐาน

เป็นสัญญาณที่ใช้ติดต่อกันระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์กับชุมสายโทรศัพท์

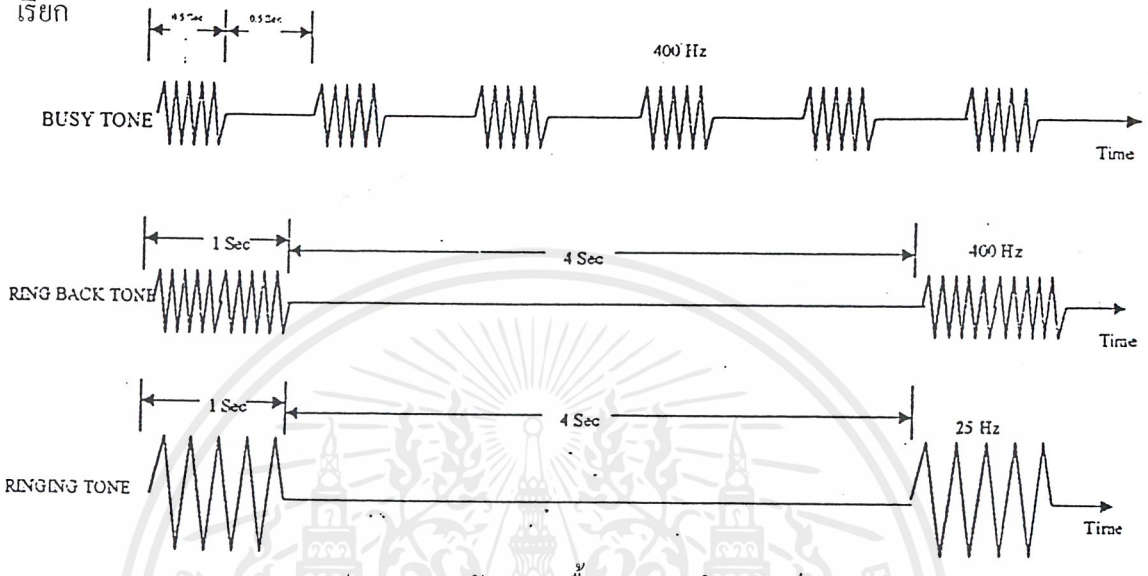
1. สัญญาณให้หมุน (dial tone) ใช้เพื่อแสดงให้สมาชิกผู้เรียก ให้หมุนหมายเลขผู้รับมาได้เป็นสัญญาณเสียงต่อเนื่อง

2. สัญญาณกริ่งเรียก (ringing tone) ใช้เมื่อการต่อทุกขั้นตอน ตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ดำเนินการต่อสำเร็จด้วยกริ่งเรียก ผู้รับมาตอบการเรียกเป็นสัญญาณ 16 เฮิรตซ์ รวมกับ 400 เฮิรตซ์ แบบ AM ส่ง 0.67 –1.5 วินาที เงียบ 2-4 วินาที

3. สัญญาณไม่ว่าง (busy tone) ใช้เพื่อเตือนสมาชิกผู้เรียกว่า ผู้รับไม่ว่างควรวางหูก่อนระยะหนึ่ง แล้วค่อยโทรมาใหม่ เป็นสัญญาณ 400 เฮิรตซ์ 60 ครั้งต่อนาทีดัง 0.5 วินาที เงียบ 0.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สัญญาณเรียกกลับ (ringing tone) ใช้เพื่อการต่อทุกขั้นตอนตามความประสงค์ของผู้เรียกมายังผู้รับ เครื่องชุมสายโทรศัพท์ ดำเนินการต่อสำเร็จแจ้งให้ผู้เรียกรู้ว่าการเรียกสำเร็จเป็นสัญญาณ 16 เฮิรตซ์ รวมกับ 600 เฮิรตซ์ แบบ AM ช่วงเวลาส่ง และเงียบเช่นเดียวกับสัญญาณกริ่งเรียก



รูป 3.6 แสดงสัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์

3.1.4 สัญญาณในการติดต่อกันระหว่างผู้เรียก และผู้รับโทรศัพท์

เป็นสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างผู้เรียกและผู้รับโทรศัพท์ลักษณะสัญญาณดังกล่าว แสดงไว้ในรูปที่ 3.7

<u>ด้านผู้เรียก</u>

1. ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง 48 โวลท์

2. เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือ 8 โวลท์ พร้อมทั้งมีสัญญาณหมุนเป็นสัญญาณกระแสสลับขนาด 250 มิลลิโวลท์ ความถี่ 400 เฮิรตซ์ รวมกับความถี่ ประมาณ 50 เฮิรตซ์ ซึ่งเมื่อกดรหัสสัญญาณความถี่แล้ว สัญญาณให้หมุนนี้ จะหายไป

3. กดรหัส (Code) เบอร์โทรศัพท์ทั้งหมด 7 หลัก รหัสความถี่ที่ส่งเป็นสัญญาณผสมสองความถี่ เป็นความถี่สูง และความถี่ต่ำผสมกัน แต่ละหมายเลขจะมี DTMF อยู่หนึ่งคู่

4. ขณะที่รอรับสาย จะมีสัญญาณตอบรับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่า สายว่างหรือไม่ ซึ่งก็คือสัญญาณเรียกกลับ หรือสัญญาณสายไม่ว่าง ตามลำดับ เมื่อมีการรับสายแล้ว สัญญาณจะอยู่ที่ 8 โวลท์ โดยมีการกกระเพื่อมตามลักษณะความถี่เสียง ความดังของเสียงพูดตามสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อวางหูโทรศัพท์เลิกการติดต่อ ขนาดศักดา จะกลับไปที่ 48 โวลท์ ดังเดิม

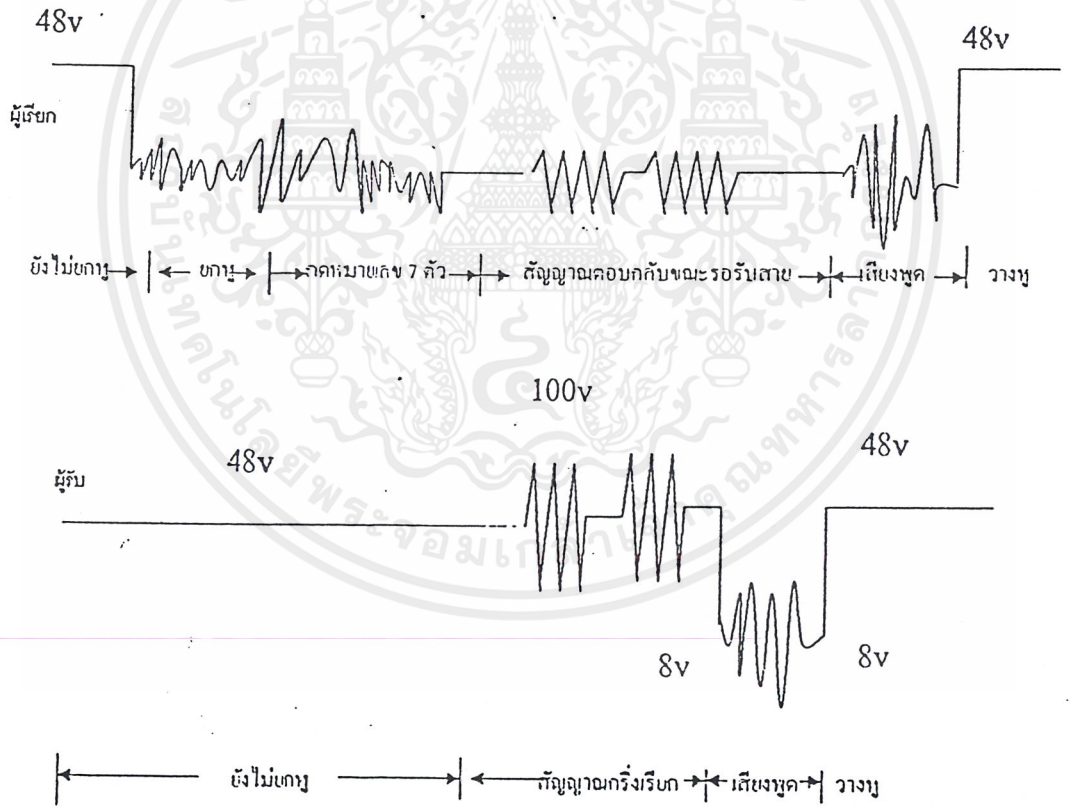
<u>ด้านผู้รับ</u>

1. ขณะที่วางหูอยู่จะมีศักดากระแสตรงคร่อมสายขนาดประมาณ 48 โวลท์

2. เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียก จะมีขนาดประมาณ 100 โวลท์ จังหวะ 1 วินาที หยุด 4 วินาที ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับ ที่เครื่องส่ง

3. จากนั้นเมื่อผู้รับยกหูโทรศัพท์ขนาดศักดากระแสตรงจะเหลือ 8 โวลท์ และมีการกระเพื่อมตามขนาด และความถี่ของเสียงพูด

4. เมื่อวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาไฟฟ้าจะกลับไปเหลือที่ 48 โวลท์ ตามเดิม



รูปที่ 3.7 แสดงสัญญาณระหว่างผู้เรียก และผู้รับโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS-51

Single Chip Microcontroller system MCS-51 family Architectural

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว (Single Chip Microcontroller) คือไมโครคอมพิวเตอร์แบบที่มีขนาดเล็กโดยบรรจุไว้ในแผงวงจรรวม (Integrated Circuit) เพียงชิพเดี่ยวเหมาะสำหรับงานควบคุมอุปกรณ์อื่น ๆ แบบอัตโนมัติ เพราะผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้ตามที่ต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS-51 อันได้แก่เบอร์ 8031 8032 8051 และ 8052 ซึ่งมีโครงสร้างและชุดคำสั่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยดังตารางในรูปที่ 3.8

เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบแฟลช ขนาด 1 กิโลไบต์	แรม 64 ไบต์	1
AT89C2051	แบบแฟลช ขนาด 2 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C51	แบบแฟลช ขนาด 4 กิโลไบต์	แรม 128 ไบต์	2
AT89C52	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89C55	แบบแฟลช ขนาด 20 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบแฟลช ขนาด 12 กิโลไบต์	แรม 256 ไบต์	3

รูปที่ 3.8 ตารางของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวในตระกูล MCS-51

จากตารางในรูปที่ 3.8 แต่ละคอลัมน์จะบอกถึงคุณสมบัติหรือโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51 เช่นมี ROM หรือ RAM ภายในเท่าใด ถ้าเป็นรุ่นที่ไม่มี ROM อยู่ภายในจะเป็นเบอร์อะไร หรือถ้าเป็นรุ่นที่มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมเป็นแบบ EPROM จะเป็นเบอร์อะไร เช่นในบรรทัดแรกจะบอกว่า 8051 มี ROM อยู่ภายในขนาด 4 กิโลไบท์ แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8031 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์ อยู่ภายใน นอกจากนี้ในตารางยังบอกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นมีพอร์ทสำหรับอ่านเขียนข้อมูลขนาด 8 บิทอยู่กี่ชุด (8 Bit I/O Port) มี Timer/Counters ขนาด 16 บิทกี่ชุด (16 Bit Timer/Counter) และยังบอกถึงคุณสมบัติอื่น ๆ อีก ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ให้เหมะสมกับการใช้งานได้อย่างดีที่สุด

ผลิตโดยบริษัท Intel มีการทำงานเป็นแบบ 8 บิท หมายความว่าส่วนที่ทำหน้าที่ในการคำนวณ (Arithmetic Logic Unit, ALU) จะทำงานสูงสุดทีละ 8 บิท MCS-51 มีข้อดีดังนี้

1. สามารถนำเอาข้อมูลมา AND, OR หรือทำ Complement ทั้งแบบที่ละ 8 บิท และ 1บิท สามารถใช้กับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม(Program Memory)ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บชุดคำสั่งที่จะให้ MCS-51 ทำงาน ได้สูงสุด 64 กิโลไบท์ (Kilobyte) (64X1024 byte) ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้มาก

2. สามารถต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูล (Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบท์

3. ใน 8051 และ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 4 กิโลไบท์ (ใน 8052 และ 8752 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 8 กิโลไบท์) อยู่ภายในวงจรรวมทำให้ไม่ต้องต่อหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก ระบบทั้งหมดจึงมีขนาดเล็กและสัญญาณรบกวนจากภายนอกจะทำให้ MCS-51 ทำงานผิดพลาดได้ยาก

4. มีพอร์ทแบบขนาน (Parallel Port) สำหรับข้อมูลเข้าและออกจำนวน 32 บิท ที่ข้อมูลแต่ละบิทเป็นอิสระต่อกัน

5. มีวงจร Timer/Counter ขนาด 16 บิท 2 ชุด (8032,8052 มี 3 ชุด) ที่ทำงานในโหมดต่าง ๆ ได้ ถึง 4 โหมด

6. มี Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) สำหรับรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial) แบบ Full duplex ที่สามารถเลือกแบบการรับส่งข้อมูลได้ 4 แบบ

7. มีแหล่งกำเนิดสัญญาณขอขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรม (Interrupt Request Signal) 6 แหล่ง ซึ่งสามารถกระโดดไปทำงานตอบสนองการขัดจังหวะ (Interrupt Service Routine) ได้ต่าง ๆ กัน 5 ตำแหน่ง

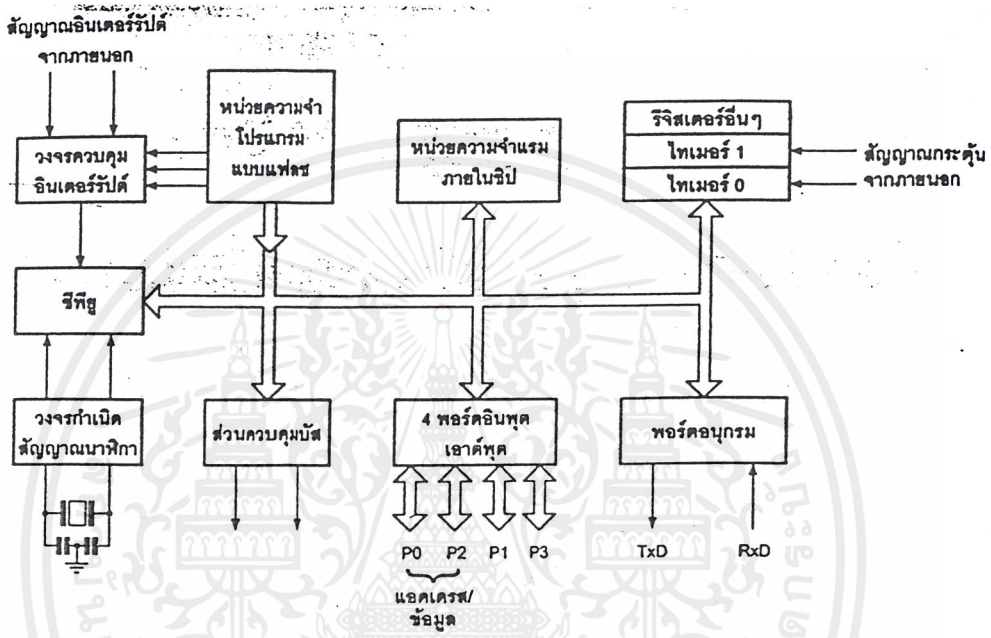
8. สามารถเลือกการทำงานให้อยู่ในโหมดของ Idle และ Power Down ซึ่งจะประหยัดการใช้กำลังไฟในการทำงาน

ซึ่งจากข้อดีดังกล่าว จึงทำให้ MCS-51 เป็นที่นิยมนำมาใช้ควบคุมระบบอัตโนมัติมาก คุณสมบัติดังกล่าวบรรจุไว้ในวงจรรวมเดียว (Single Chip) ขนาด 40 ขา ดังนั้นจึงสามารถออกแบบให้ระบบทั้งหมดมีขนาดเล็ก และการที่ทั้งหมดอยู่ภายในวงจรรวมเดียวจึงทำให้การตรวจสอบข้อผิดพลาดในระบบได้ง่ายไม่สลับซับซ้อน รวมทั้งลดปัญหาเรื่องการที่มีสัญญาณรบกวนในระบบจนทำให้การทำงานผิดพลาดไป แต่การที่จะนำเอา MCS-51 มาใช้งานได้จำเป็นที่จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจถึงโครงสร้างและองค์ประกอบของ MCS-51 เสียก่อน แล้วจึงจะเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของ MCS-51 ให้เป็นไปตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 โครงสร้างของ MCS –51

ภายใน MCS-51 จะประกอบด้วย Gate ต่าง ๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่ง Gate เหล่านี้จะถูกนำเอามาออก แบบให้มีหน้าที่การทำงานต่าง ๆ กัน เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Instruction Decoder) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา(Clock Signal Generator)โครงสร้างภายในของ MCS-51 จะประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ ดังไดอะแกรมในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ไดอะแกรมโครงสร้างของ MCS-51

ไดอะแกรมในรูปที่ 3.9 เป็นโครงสร้างใหญ่ ๆ ของ MCS-51 เนื่องจากลักษณะของ MCS-51เป็นคอมพิวเตอร์จึงประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ

ส่วนที่ 1 ตัวประมวลผลกลาง หรือ CPU (Central Processing Unit)ส่วนนี้จะมีวงจรที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่น ๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ อุปกรณ์สำหรับรับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจากตัว MCS-51 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control)และส่วนควบคุมบัส (Bus Control)ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุม ด้วยการสร้างสัญญาณควบคุมจากตัวประมวลผล (CPU) นี้จะทำการสร้างสัญญาณ โดยการถอดรหัสจากคำสั่ง (Instruction) ตามที่มีการกำหนดไว้และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่ง ตามที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้าง

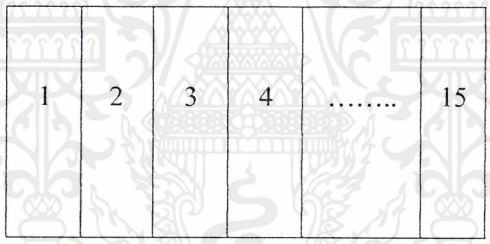
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากวงจรออลซิลเลเตอร์เพื่อให้แก่วงจรทุก ๆ ส่วนทำงานประสานกัน (Synchronize)ได้อย่างถูกต้อง

ในส่วนตัวประมวลผลกลาง (CPU) นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วนที่เรียกว่า ส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Logic Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเช่น การบวก,ลบ,คูณ หรือการหาร ข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำที่ต้องการ

ส่วนที่ 2 หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูลถ้าจะให้เห็นภาพพจน์ของหน่วยความจำได้ดีก็คือ หน่วยความจำเปรียบเหมือนกล่องเก็บเอกสารจำนวนมากที่นำมาต่อเรียงกันไว้ แต่ละกล่องก็มีเอกสาร 1 แผ่นดังรูปที่ 3.10 มีกล่องเอกสารทั้งหมด 15 กล่อง ถ้าต้องการเอาเอกสารจากกล่องใดหรือเอาเอกสารไปเก็บที่กล่องใด จะต้องรู้หมายเลขของกล่องข้อมูลเสียก่อน ซึ่งถ้าเป็นหน่วยความจำแล้วหมายเลขของกล่องก็คือตำแหน่งของหน่วยความจำหรือแอดเดรส (Address) นั่นเอง การที่นำเอาข้อมูลไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่า “การเขียน (Write) ข้อมูล” และการนำเอาข้อมูลออกจาหน่วยความจำจะเรียกว่า “การอ่าน (Read) ข้อมูล “ ซึ่งในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะเก็บข้อมูลได้เพียงคำเดียวเท่านั้น



รูปที่ 3.10 ภาพเสมือน ของหน่วยความจำ

ในไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปรวมทั้ง MCS-51 นั้นข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะมีค่าได้ 8 หลักของเลขฐาน 2 (8 บิทเท่ากัน 1 ไบท์) ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจะจะเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 255 (00000000 ถึง 11111111 ในเลขฐาน 2) แต่จำนวนตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลได้นั้น ขึ้นอยู่กับไมโครโปรเซสเซอร์แต่ละเบอร์ การติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

แอดเดรส (Adress) หรือค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำใน MCS-51 จะติดต่อกับหน่วยความจำประเภท Program Memory หรือ Data Memory ได้สูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (เท่ากับ 64X1024 = 65536)

ข้อมูลที่จะอ่านหรือเขียน กับหน่วยความจำที่ตำแหน่งในข้อ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
45724

สัญญาณควบคุม ที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ ซึ่งบอกกับหน่วยความจำที่ต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลสัญญาณเหล่านี้จะถูกควบคุมภายใน MCS-51 สร้างมาจากวงจรถอดรหัสของคำสั่งที่ MCS-51 อ่านจากหน่วยความจำ Program Memory เข้าไปทำงานนั่นเอง ในรูป 2.2 หน่วยความจำได้แก่ 4K ROM และ 128 Byte RAM ซึ่งขนาดของหน่วยความจำนี้มีขนาดต่าง ๆ กันตามเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนที่ 3 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท (Input/Output Device) เป็นส่วนที่จะส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก MCS-51 ทำให้ MCS-51 ติดต่อกับภายนอกได้ ดังในไดอะแกรมในรูปที่ 3.9 อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท ได้แก่ 4 I/O Port ,Timer 1 ,Serial Port การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

1. **4 I/O Port** คำว่าพอร์ทหมายถึงจุดที่จะติดต่อส่วนที่อยู่ภายนอก 4 I/O Port ของ MCS –51 เป็นที่ใช้สำหรับ รับ-ส่งข้อมูลได้ 8 บิท มีพอร์ท P0 ,P1 ,P2 และ P3 บางพอร์ทจะใช้ทำงานมากกว่า 1 อย่างก็ได้เช่น พอร์ท P0 และพอร์ท P2 จะใช้สำหรับการส่งค่าตำแหน่ง (Address)ของหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อและพอร์ท P0 จะใช้รับส่งข้อมูลเมื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วย แต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นที่เวลาเดียวกัน แต่จะใช้วิธีทำงานตามลำดับโดยควบคุมจากสัญญาณควบคุม (Control)ที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั่นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับจากสัญญาณนาฬิกา

2. **Timer 0 และ Timer 1** เป็นวงจรนับที่สารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS-51 หรือจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่านหรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับได้โดยตัวประมวลผลกลาง (CPU)

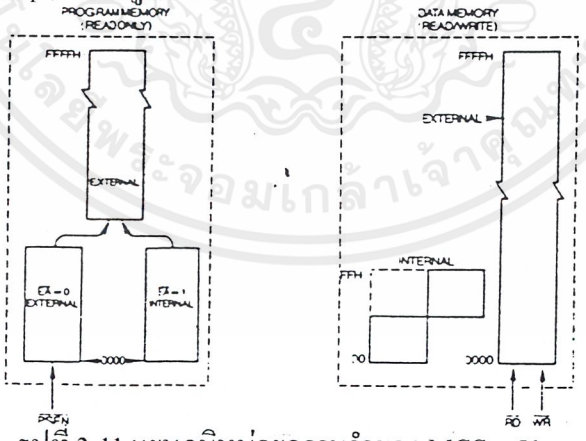
3. **Serial Port หรือพอร์ทอนุกรม** ตัวประมวลผลกลาง (CPU) จะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิท แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS-51 เรียงไปทีละบิทจากขา TXD และในการรับข้อมูลจะรับเข้ามาทีละบิททางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิท เพื่อให้ตังประมวลผลกลาง (CPU) อ่านไปใช้งานต่อไปMCS-51 มีพอร์ทไว้ให้ใช้งานได้หลายแบบ ทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่าง ๆ มากมาย การจะนำพอร์ทเหล่านี้ไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

3.2.2 การจัดการหน่วยความจำของ MCS-51

หน่วยความจะของ MCS-51 แบ่งออกไว้เป็น 2 แบบของลักษณะการใช้งาน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บคำสั่งในรูปรหัสภาษาเครื่อง (Machine Language) ที่ต้องการให้ MCS-51 ทำงาน เมื่อ MCS-51 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่น ๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำแบบนี้จะต้องเป็นแบบ Read only Memory (ROM) และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ MCS-51 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ (หน่วยความจำแบบ ROM เป็นแบบ Non volatite ซึ่งเมื่อปิดไฟแล้วข้อมูลก็ไม่มีการสูญหาย) การเขียนข้อมูลลงไปบน ROM จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษ ในระหว่างการทำงานของ MCS-51 ผู้ใช้จะไม่สามารถใช้คำสั่งทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบนี้ได้ จำนวนตำแหน่งสูงสุดของหน่วยความจำแบบนี้ที่ MCS-51 จะใช้งานได้ 65536 ตำแหน่ง ค่าของตำแหน่ง (Address) จะเขียนเป็นเลขฐาน 16 ได้ตั้งแต่ 0000H ถึง FFFFH หน่วยความจำตั้งแต่ตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH จำนวน 4 กิโลไบท์ นั้นผู้ใช้จะเลือกได้ว่าเป็นตำแหน่งของ ROM ที่อยู่ภายในหรือภายนอก MCS-51 เบอร์ 8051 (ไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น ๆ เช่น 8052 จะมีขนาดของ ROM ส่วนนี้ ถึง 8 กิโลไบท์ ตำแหน่ง 0000H ถึง 1FFFH) ดังนั้นถ้าต้องการให้ MCS-51 เบอร์ 8051 ทำงานตามคำสั่งที่เก็บไว้ใน ROM ภายใน MCS-51 เบอร์ 8051 ให้ป้อนสัญญาณลอจิก High (1) เข้าที่ขา EA ของ MCS-51 เบอร์ 8051 แต่ถ้าต้องการให้ทำงานในโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ภายนอก MCS-51 เบอร์ 8051 ก็ให้ป้อนสัญญาณลอจิก Low (0) เข้าที่ขา EA ของ MCS-51 เบอร์ 8051 ส่วนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 1FFFH ถึง FFFFH จะต้องต่ออยู่ภายนอก MCS-51 เบอร์ 8051 เสมอดังแสดงในแผนภูมิหน่วยความจำ (Memory Map) ดังในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แผนภูมิหน่วยความจำของ MCS – 51

Internal Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายใน MCS-51 ส่วน External Memory หมายถึงหน่วยความจำนั้นอยู่ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ 8051,8031 และ 8751 นั้น โดยโครงสร้างและรหัสคำสั่งจะเหมือนกันทุกประการแตกต่างกันที่

-8031 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน ผู้ใช้จะต้องเลือกการใช้งาน Program Memory อยู่ภายนอกวงจรรวมทั้งหมด 64กิโลไบท์

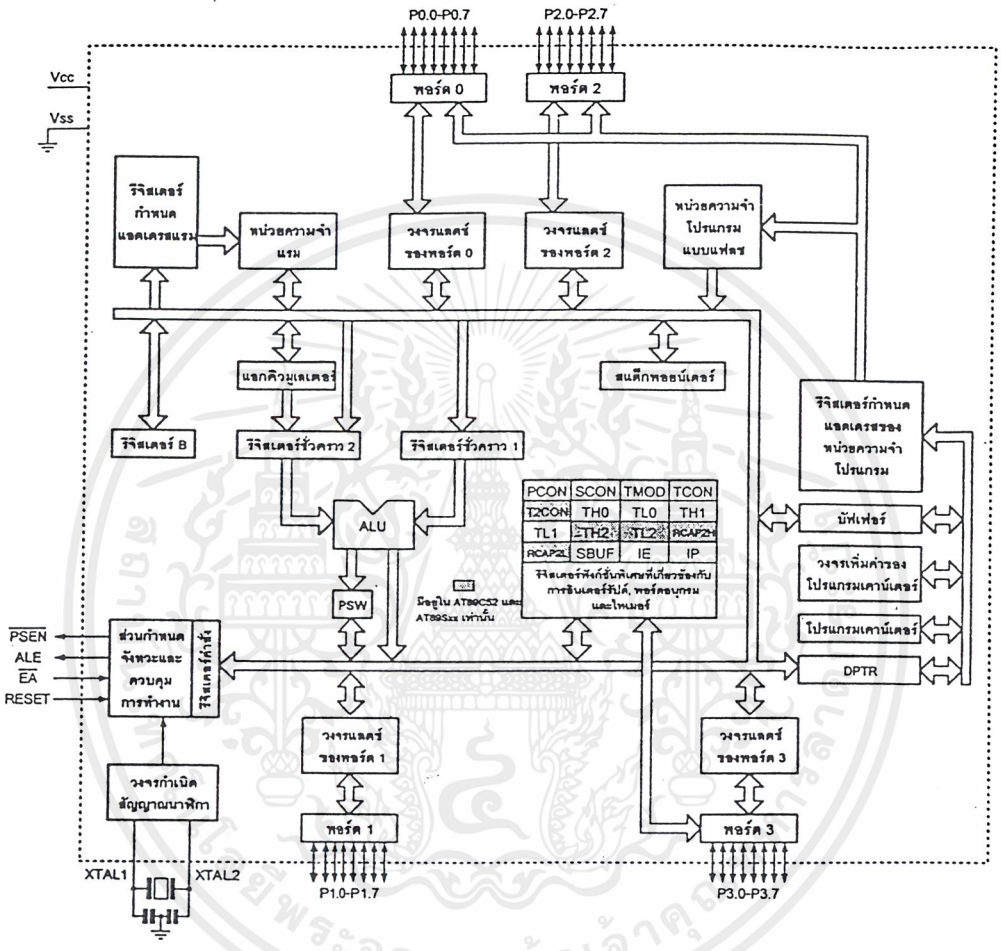
-8051 จะมี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน ถ้าต้องการเก็บคำสั่งควบคุมการทำงานไว้ในหน่วยความจำส่วนนี้ จะต้องโปรแกรมคำสั่งไปให้โรงงานผู้ผลิตทำการเขียนใส่ใน ROM ให้ตั้งแต่ในขั้นตอนของการผลิตวงจรรวม ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมใช้เองได้ ถ้าจะนำมาใช้งานโดยเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำช่วง 4 กิโลไบท์แรกอยู่ภายนอกก็สามารถทำได้ โดยการต่อ ROM ไว้ภายนอก แล้วต่อขา ของ 8051 ไว้กับสัญญาณที่มีสภาวะลอจิกเป็น 0

-8751 จะมีหน่วยความจำขนาด 4 กิโลไบท์เป็นแบบ EPROM (Erasable Program Read Only Memory) อยู่ภายในวงจร เอาไว้ใช้เก็บโปรแกรมคำสั่งที่จะให้ 8751 ทำงาน ผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งลงไปใน ได้เองโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องโปรแกรม และผู้ใช้สามารถแก้ไขโปรแกรม EPROM ที่อยู่ภายใน EPROM ได้ โดยการล้างข้อมูลในทุกตำแหน่งของ นั้นออกด้วยการฉายแสงอุลตร้าไวโอเลต (Ultraviolet) ผ่านกระจกใสในวงจรรวมเข้าไปยังวงจรภายใน ตามเวลาที่กำหนดไว้ จากนั้นก็ใช้เครื่องโปรแกรม เขียนลงไปใหม่ 8751 นี้จะสะดวกมากสำหรับการพัฒนาโปรแกรม
Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ MCS-51 จะใช้สำหรับพักหรือเก็บข้อมูล แล้วเรียกมาใช้ใหม่ในระหว่างการทำงานของ MCS-51 การอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำ จะกระทำโดยคำสั่งที่เก็บไว้ใน Program Memory หน่วยความจำประเภทนี้เป็นแบบ Random Access Memory (RAM) ถ้ามีไฟเลี้ยงอยู่ข้อมูลที่เก็บไว้จะไม่สูญหาย แต่ถ้าปิดเครื่องหรือไม่จ่ายไฟให้แก่ RAM แล้ว ข้อมูลใน RAM ก็จะสูญหายไป การสูญหายของข้อมูลไม่ได้หมายความว่าไม่มีอะไรอยู่เลย แต่เป็นการที่ข้อมูลซึ่งไม่ใช่ข้อมูลเก่าที่เก็บไว้เดิมเข้ามาอยู่แทนที่ เช่นเดิมเก็บข้อมูล 18H ไว้ที่ตำแหน่ง 1900H เมื่อปิดไฟแล้วเปิดใหม่ ข้อมูลที่ตำแหน่ง 1900H จะไม่ใช่ 18H อาจเป็นค่าอะไรก็ได้ ซึ่งเรียกการเกิดลักษณะนี้ว่าข้อมูลสูญหายไป หน่วยความจำแบบ Data Memory ของ MCS-51 จะมีอยู่ ชุด ชุดหนึ่งอยู่ภายใน MCS-51 (เบอร์ 8051 มีจำนวน 128 ไบท์ ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH ,เบอร์ 8052จะมี 256 ไบท์อยู่ที่ตำแหน่ง 00Hถึง FFH) และอีกชุดหนึ่งจะต้องอยู่ภายนอกวงจรรวม MCS-51 มีได้สูงถึง 65536 ไบท์ อยู่ที่ตำแหน่ง0000H ถึง FFFH ดังแสดงในรูปที่ 3.9 หน่วยความจำแบบ Data Memory ภายใน MCS-51 เบอร์ 8051ที่ตำแหน่ง 80Hถึง FFH นั้นไม่ได้อยู่ทุกตำแหน่ง จะมีเฉพาะในบางตำแหน่ง ซึ่งเรียกหน่วยความจำบางตำแหน่งเหล่านี้ว่า Spacial Function Register (SFR)เพราะจะใช้หน่วยความจำเหล่านี้สำหรับงานพิเศษเท่านั้น

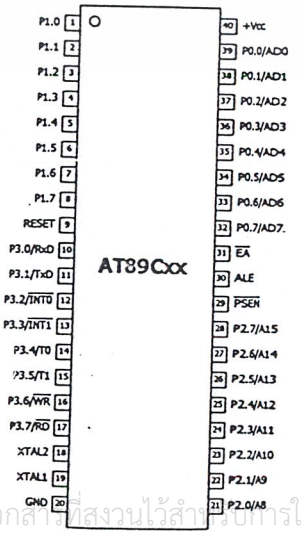
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 สถาปัตยกรรมของ MCS - 51

ส่วนประกอบของ MCS-51 ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่งจะอธิบายถึงส่วนย่อยๆภายในของ MCS-51 เพียงชิพเดียว และสัญญาณภายในจะต่อออกสู่ภายนอกทางขา (pin) ของ MCS-51 ที่มีอยู่ 40 ขา ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 สถาปัตยกรรมภายในของ MCS - 51



รูปที่ 3.13 ไดอะแกรมขาของ MCS – 51 แบบ DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCS-51 ไมโครคอนโทรเลอร์ที่บรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ ซึ่งแต่ละข้างของ MCS-51 มีขาอยู่ข้างละ 20 ขา รวมทั้งหมดเป็น 40 ขานั้นจะใช้งานต่างๆกันดังนี้คือ

Vcc

ขา 40 เป็นขาที่ต้องป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลท์ เข้าไปเพื่อให้วงจรรวมทำงานได้ ระดับโวลเตจของลอจิก 0 และ 1 ของ MCS-51 จึงต่ออยู่กับอุปกรณ์ลอจิกแบบ TTL ได้โดยตรง

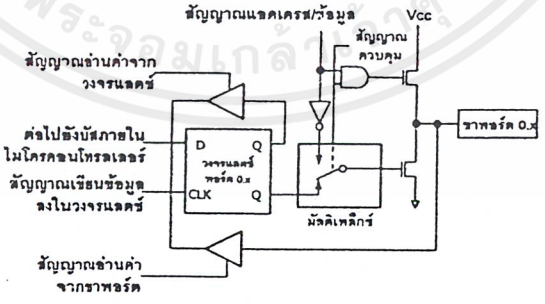
Vss

ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ (Ground) ของแหล่งจ่ายไฟ การต่ออุปกรณ์ทั้งหมดจะต้องมีกราวด์ของอุปกรณ์ต่อเข้าด้วยกัน

Port 0

เป็นพอร์ทขนาด 8 บิท อยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิท 0 ถึงบิท 7 ตามลำดับดังรูปที่ 2.6 แต่ละขาจะเขียนว่า P0.0, P0.1, P0.2, ….., P0.7 เมื่อ P0.7 หมายถึงบิท 7 ของพอร์ท 0 ซึ่งเป็นบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant) และ P0.0 คือบิท 0 ของพอร์ท 0 เป็นบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant) พอร์ท 0 นี้ใช้ได้ทั้งการรับ-ส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำ หรือใช้เป็นพอร์ทรับ-ส่งข้อมูลก็ได้ ข้อมูลที่ส่งออกทางพอร์ท 0 จะถูก Latch ไว้ที่ขาของพอร์ท โครงสร้างแต่ละบิทของพอร์ท 0 เป็นแบบ Open Drain Bidirectional ดังรูปที่ 3.14

ในรูปที่ 3.14 เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.12 ส่วนที่ 1 ของรูปที่ 3.14 ก็คือ Port 0 Latch ในรูปที่ 3.12 และส่วนที่ 2 ของรูปที่ 3.14 ก็คือ Port 0 Driver ของรูปที่ 3.12 นั่นเอง



รูปที่ 3.14โครงสร้างของพอร์ท 0

จากโครงสร้างดังรูปที่ 3.14เมื่อมีคำสั่งการเขียนข้อมูลมายังพอร์ท 0 ข้อมูลจาก Internal Data Bus จะถูก Latch ไว้ที่ D-FF โดยสัญญาณ “Write to Latch”ที่ถูกสร้างมาจากส่วน Timing and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Control และในการอ่านข้อมูลจากพอร์ท 0 จะอ่านได้ 2 แบบ คือการอ่านข้อมูลที่ส่งไปเก็บไว้ที่พอร์ทก็จะมีสัญญาณ Read Latch มาเพื่ออ่านข้อมูลจาก D-FF กลับเข้าไปยัง Internal Data Bus การอ่านข้อมูลอีกแบบก็คือการอ่านสภาวะของสัญญาณที่เข้ามายังพอร์ท 0 ก็จะมีสัญญาณ Read pin มาควบคุมการอ่านพอร์ท 0 จะใช้งานหลายอย่างดังนี้

ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อด้วย ตำแหน่งหน่วยความจำสูงสุดที่จะสามารถติดต่อได้คือ 64 กิโลไบท์ จึงมีค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 16 บิทของเลขฐาน 2 ค่าตำแหน่งหน่วยความจำ 8 บิทล่างจะถูกส่งออกไปยังพอร์ท 0 และ 8 บิทบนจะถูกส่งออกไปทางพอร์ท 2 ใช้รับ-ส่งข้อมูลกับ Data Memoryหรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory ใช้รับ-ส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทโดยตรง ในกรณีที่ไม่มีการใช้หน่วยความจำของ Program Memory หรือ Data Memory ภายนอก

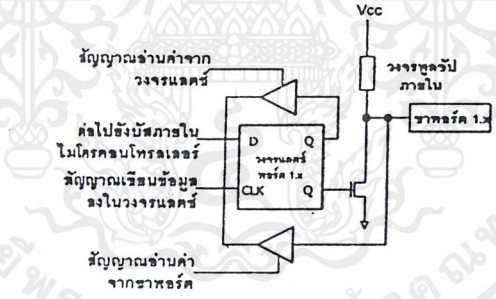
วงจรในส่วนของ Timing and Control จะเป็นตัวสร้างสัญญาณมาควบคุมวงจรในรูปที่ 2.7 เพื่อให้การทำงานแต่ละอย่างข้างต้น เมื่อแต่ละบิทของพอร์ท 0 ทำงานตามข้อ 1 และข้อ 2 ตามข้างต้น วงจร Timing and Control จะทำให้สภาวะลอจิกของขา Control เป็น1 ซึ่งทำให้สวิตช์ MUX อยู่ในตำแหน่งข้างบน เมื่อพอร์ท 0 จะส่งข้อมูลซึ่งเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำหรือข้อมูลที่จะเขียนออกไปยังหน่วยความจำภายนอก ก็จะส่งค่าดังกล่าวออกมายัง ADDR/DATA ถ้าข้อมูลที่ส่งมามีค่าเป็น 1 จะทำให้สัญญาณออกจาก AND GATE เป็น 1 และสัญญาณที่ออกจาก Inverter เป็น 0 ดังนั้น FET ตัวบน (สภาวะ ON ของ FET คือความต้านทานระหว่างขา D กับ S มีค่าต่ำมากเสมือนกับเป็นวงจรปิด) ส่วน FET ตัวล่าง (สภาวะ OFF ของ FET คือความต้านทานระหว่างขา D กับ S มีค่าสูงมากเสมือนกับเป็นวงจรเปิด) สภาวะลอจิกที่ขา P0.X PIN จะเป็น 1 แต่ถ้าข้อมูลที่ส่งออกมายัง ADDA/DATA เป็น 0 ก็จะทำให้สัญญาณจาก AND GATE เป็น และสัญญาณที่ออกจาก Inverter เป็น 1 ดังนั้น FET ตัวบนจะ OFF ส่วน FET ตัวล่างจะ ON ทำให้สภาวะลอจิกที่ขา P0.X PIN เป็น 0 เมื่อ MCS-51 ต้องการใช้พอร์ท 0 สำหรับการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก หรือใช้งานในข้อ 3 ข้างบน จะทำได้โดยวงจร Timing and Control ทำให้สภาวะลอจิกของ Control ในรูปเป็น 0 ทำให้เอาท์พุทจาก AND GATE เป็น 0 FET ตัวบนจะ OFF และสวิทช์ MUX จะอยู่ในตำแหน่งข้างล่าง ดังนั้น FET ตัวล่างจะ ON หรือ OFF ก็แล้วแต่ข้อมูลที่ขา Q ของ D-FF เมื่อมีการเขียนข้อมูลจาก Inverter Data Busมายัง D-FF ก็มีสัญญาณ Write to Latch มายัง D-FFด้วย ถ้าข้อมูลที่เขียนมาเป็น 1 จะทำให้ขา Q มีสภาวะลอจิกเป็น 0 ทำให้ FET ตัวล่าง OFF ดังนั้นที่ขา P0.X จะอยู่ในสภาวะอิมพิแดนซ์สูง (high impedance) เพราะ FET ทั้งสองตัว OFF แต่ถ้าข้อมูลที่เขียนมายัง D-FF เป็น 0 จะทำให้ FET ตัวล่าง ON แต่ตัวบน OFF ทำให้สภาวะลอจิกที่ขา P0.X เป็น 1 ดังนั้น PORT 0 เมื่อให้ทำงานเป็นพอร์ทส่งข้อมูล (ไม่ใช่ส่งตำแหน่งหน่วยความจำ) จะไม่สามารถแสดงลอจิก 1 ได้จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องต่อตัวต้านทาน Pull out ไว้ภายนอก ระหว่างขา P0.X กับไฟเลี้ยงวงจร ถ้าจะให้พอร์ท 0 สำหรับรับข้อมูลเข้าจะต้องเขียน 1 มาเก็บไว้ยัง D-FF เสียก่อนเพื่อให้ขา P0.X อยู่ในสภาวะ High Impedance แล้วจึงใช้คำสั่งอ่านสภาวะลอจิกเข้าไปยัง Internal Data Busต่อไป โดยคำสั่งอ่านสภาวะลอจิกทางพอร์ท 0 ก็จะทำให้วงจร Timing and Control สร้างสัญญาณ Read Pin สำหรับการอ่านสภาวะลอจิกข้างต้น ถ้าไม่เขียน 1 มาเก็บไว้ยัง D-FF ก่อนที่จะอ่านข้อมูลค้างอยู่ที่ D-FF ทำให้ Q เป็น 0 และ Q เป็น 1 ซึ่งทำให้ FET ตัวล่าง ON สัญญาณที่ต่อเข้ามาที่ขา P0.X ไม่ว่าจะมีสภาวะลอจิกใดจะถูกดึงลงกราวด์ ดังนั้นเมื่ออ่านข้อมูลเข้าไปก็พบว่าเป็น 0 เสมอ ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายในวงจร Timing and Control ก็จะเขียนข้อมูลมายัง D-FF ให้เป็น 1 และสร้างสัญญาณ Control ให้มีลอจิกเป็น 0 ก่อนจะอ่านข้อมูลเข้าไปด้วย

Port 1

เมื่อพอร์ทขนานขนาด 8 บิท ในรูปที่ 3.13 คือขา P1.0ถึง P1.7 (ขา 1-8) P1.0 หมายถึงบิท 0 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นพอร์ท Least Significant Bit และบิท P1.7 หมายถึงบิทที่ 7 ของพอร์ท 1 ซึ่งเป็นบิท Most Significant Bit โครงสร้างของพอร์ท 1 แต่ละรูปบิทดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15โครงสร้างของพอร์ท 1

ส่วนที่ 1 คือพอร์ท 1 Latch ในรูปที่ 3.12 ซึ่งจะมีการทำงานเหมือนส่วนที่ 1 ของพอร์ท 0 ในรูปที่ 3.14

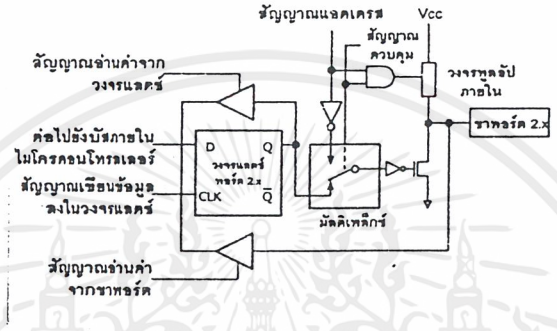
ส่วนที่ 2 คือพอร์ท 1 Driver ในรูปที่ 3.12 Port 1 Driver นี้จะมีตัวต้านทานต่ออยู่เป็น Internal Pull Up พอร์ท 1 นี้จะใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้น ข้อมูลที่ส่งออกมาทางพอร์ท 1 จะต้องเขียน 1 ไปยังทุกบิทของพอร์ท 1 เสียก่อน เพื่อทำให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF ก่อนมิฉะนั้นแล้วเมื่อมีข้อมูล 0 ส่งออกมาค้างอยู่ที่ D-FF จะทำให้ FET อยู่ในสภาวะ ON ดังนั้นเมื่อสัญญาณภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกส่งเข้ามาที่ขานี้ก็จะถูกลัดวงจรลงกราวด์ โดยไม่สนใจสภาวะของลอจิกของสัญญาณที่เข้ามาจะเป็นอะไร ข้อมูลที่อ่านเข้าไปจึงจะเป็น 0 เสมอ

Port 2

พอร์ทขนานขนาด 8 บิท คือขา ถึง ในรูปที่ 3.13โครงสร้างของพอร์ท 2 แต่ละบิทจะมีดังแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 โครงสร้างของพอร์ท 2

ลักษณะโครงสร้างจะเหมือนกับพอร์ท 0 แตกต่างกันที่ในพอร์ท 2 นั้นภาค Driver จะใช้งานเพียง 2 ลักษณะคือ
ใช้ในการส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อ โดยที่ค่าของ ตำแหน่ง 8 บิทบน
ใช้เป็นพอร์ทรับและส่งข้อมูลกับภายนอก

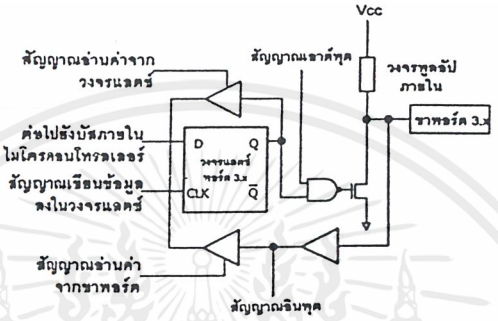
ดังนั้นภาค Driver ของพอร์ท 2 จึงแตกต่างจาก Driver ของพอร์ท 0 โดยที่ในพอร์ท 2 นั้นจะมีเฉพาะ ADDA (ตำแหน่งหน่วยความจำ) เข้ามาที่ MUX เท่านั้นแล้วการทำงานจะเหมือนกับที่เอาท์พุทของพอร์ท 2 จะมี Internal pull-up ซึ่งเป็นตัวต้านทานและจะทำให้เอาท์พุทของพอร์ท 2 แสดงสถานะลอจิกเป็น 1 ได้ ถ้า FET อยู่ในสถานะ OFF บางครั้งเรียกว่า Quasi-bidirectional เมื่อใช้เป็นพอร์ทอินพุทก็สามารถทำได้โดยการต่อสัญญาณภายนอกเข้ามาโดยตรง ถ้าสัญญาณภายนอกเป็น 0 ก็จะมีกระแสไหลออกจากพอร์ท (Source Current) ในการที่จะใช้พอร์ทนี้เป็นพอร์ทรับข้อมูลเข้า จะต้องทำการเขียน 1 ไปยังแต่ละบิทของพอร์ท 25 เสียก่อน ดังได้อธิบายในเรื่องพอร์ท 0 และพอร์ท 1

Port 3

คือขา ถึง หรือขา 10-17 ตามลำดับในรูปที่ 2.6 พอร์ทนี้มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 ในรูปที่ 2.10 เป็นส่วน Latch ข้อมูลที่เขียนมายังพอร์ท 3 ทาง Internal Bus เหมือนกับพอร์ทอื่นๆ และพอร์ท 3 จะมี Internal pull up อยู่ทุกบิทจะใช้ในการทำงานอื่นได้โดยใช้คำสั่งควบคุมการทำงาน ในส่วนที่ 2 จะมีสัญญาณ Alternative Output Function ที่สร้างมาจากส่วน Timing and Control สัญญาณAlternative Output Function เป็นสัญญาณที่ส่งออกในกรณีที่ใช้พอร์ท 3 ทำงานในฟังค์ชั่นอื่น และจุด Alternative Input Function เป็นจุดที่จะเอาสัญญาณไปเข้ากับส่วนอื่นตามการทำงานของบิทนั้น แต่ละบิทของพอร์ท 3 จะมีฟังค์ชั่นอื่นดังนี้



รูปที่ 3.17โครงสร้างของพอร์ท 3

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/INT0 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/INT1 (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/T0 (Timer/Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ T0 นี้ หรือสัญญาณนาฬิกาก็ได้

P3.5/T1 (Timer/Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับ T0

P3.6/WR (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก MCS-51

P3.7/RD (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

ALE (Address Latch Enable)

ขานี้จะส่งสัญญาณที่มีความถี่เท่ากับ 1/6 เท่าของสัญญาณนาฬิกาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ สัญญาณนี้จะส่งออกมาตลอดเวลายกเว้นบางครั้งของการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอก MCS-51 สัญญาณนี้ใช้บอกกับอุปกรณ์ภายนอกา MCS-51 ว่าขณะนี้เป็นลอจิก 1 จะมีการส่งข้อมูลที่เป็น 8 บิทล่างของตำแหน่งหน่วยความจำภายนอก MCS-51 ที่ต้องการติดต่อออกไปทางพอร์ท 0 อุปกรณ์ภายนอกจะใช้บอกกับอุปกรณ์ภายนอกจะใช้สัญญาณนี้ในการ Latch ข้อมูลไว้ เพราะพอร์ท 0 จะส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำออกมาเพียงชั่วเวลาหนึ่งเท่านั้น ซึ่งเวลาต่อมาพอร์ท 0 จะใช้รับ-ส่งข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอก สัญญาณ ALE จะสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

PSEN

Program Store Enable เป็นขาที่ 29 ในรูปที่ 2.6 ขานี้ปกติจะให้ลอจิก 1 แต่จะส่งลอจิก 0 เมื่อต้องการอ่านคำสั่ง (Fetch Instruction) ที่จะนำไปทำงานมาจากหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก MCS-51 ในกรณีที่อ่านคำสั่งซึ่งเก็บอยู่ในหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายใน MCS-51 แล้วสัญญาณนี้จะไม่เปลี่ยนลอจิกเป็น 0 ขา PSEN นี้สามารถต่อไปยังขาอินพุทของ TTL ชนิด LS ได้ถึง 8 อินพุท

RST

ขารีเซตขานี้จะใช้ทำการรีเซตการทำงานของ MCS-51 ที่ขา RST ภายใน MCS-51 จะมีตัวต้านทานต่อระหว่างขานี้กับขากราวด์ (Ground) ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสถานะลอจิก 1 เข้าไปที่ขานี้ จะเป็นการรีเซตการทำงานของ MCS-51 ดังนั้นจึงสามารถต่อตัวเก็บประจุ (Capacitor) ภายนอกระหว่างขา RST กับไฟเลี้ยง +5 โวลท์ เพื่อให้เกิดการรีเซต เมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ MCS-51 ซึ่งเรียกว่า Power on reset การรีเซตจะมีค่าในรีจิสเตอร์ต่างๆ เปลี่ยนไปเป็นค่าหนึ่งดังในรูปที่ 3.18

ในตารางรูปที่ 3.18 ช่องทางขวาเป็นค่าของรีจิสเตอร์ RBUF ที่อยู่ทางซ้ายเมื่อสิ้นสุดการรีเซต ในรีจิสเตอร์ เมื่อข้อมูลสิ้นสุดการรีเซตจะมีค่าไม่แน่นอน และพอร์ทจะอยู่ในสภาวะลอจิก 1 ทุกบิทตลอดเวลาที่สัญญาณของขา RST เป็น 1 อยู่

เมื่อสัญญาณที่ขา RST กลับเป็น 0 ก็จะออกจากการรีเซต MCS-51 จะเริ่มการทำงานจากคำสั่งที่อยู่ใน Program Memory ตำแหน่ง 000H เพราะค่าของรีจิเตอร์ PC (Program Counter) ซึ่งใช้ชี้ตำแหน่งโปรแกรมที่จะทำงานถูกเปลี่ยนให้เป็น 000H ดังนั้นผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมมาเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 000H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REGISTER	CONTENT
PC	0000H
ACC	00H
B	00H
PSW	00H
SP	00H
DPTR	0000H
P0-P3	0FFH
IP	00H
IE	0X000000B
TMOD	00H
TCON	00H
T2CON	00H
TH0	00H
TL0	00H
TH1	00H
TL1	00H
TH2	00H
TL2	00H
RCAP2H	00H
RCAP2L	00H
SCON	00H
SBUF	INDERTERMINATE
IOCON	00H

รูปที่ 3.18 ค่าของรีจิสเตอร์เมื่อเกิดการรีเซต MCS – 51

EA

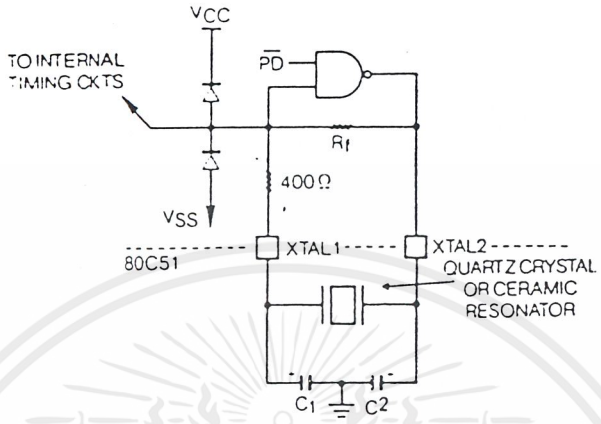
External Access ขา 31 ของรูปที่ 3.13 ขานี้เป็นอินพุทที่ต่อเข้าไปยังวงจร Timing and Control ในรูปที่ 3.12 เพื่อควบคุมการสร้างสัญญาณ PSEN ถ้าป้อนสัญญาณลอจิก 0 เข้าไปที่ขา EA นี้แสดงว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 000H ถึง 0FFFH ที่ต้องการให้ทำงานถูกเก็บไว้ภายนอก MCS-51 จะต้องสร้างสัญญาณ PSEN ออกไปภายนอก เพื่อทำการ Fetch คำสั่งเข้ามาทำงาน แต่ถ้าสัญญาณที่ป้อนให้ขา EA เป็น 1 แสดงว่าโปรแกรมในตำแหน่ง 000H ถึง 0FFFH ถูกเก็บไว้ภายใน MCS-51 การทำงานในตำแหน่งหน่วยความจำช่วงนี้จะอ่านคำสั่งต่างๆจาก ROM ภายใน MCS-51

XTAL 1

ขานี้จะต่อเข้ากับขาของ Inverting Amplifier ที่ประกอบเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ ในรูปที่ 3.19 จะเห็นวงจรภายในของออสซิเลเตอร์ NAND Gate จะทำหน้าที่เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟสของสัญญาณ PD ซึ่งต่อมาจากบิท PD ของรีจิเตอร์ PCON ถ้าต้องการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาภายในก็ให้ต่อ Crystal หรือเซรามิคเรโซเนเตอร์ ดังรูปที่ 3.19 ตัวเก็บประจุในวงจรควรมีค่าประมาณ 20 pF



รูปที่ 3.19 วงจรออสซิเลเตอร์ภายใน MCS - 51

XTAL 2

ขาที่ 18 ของรูปที่ 3.13 ขานี้เป็นจุดเอาท์พุทของวงจรขยายแบบกลับเฟสสัญญาณ ที่ประกอบกันเป็นวงจรออสซิเลเตอร์ (อินพุทคือขา XTAL 1) ถ้าจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากภายนอกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาของ MCS-51 แล้ว ให้ปล่อยขานี้ไว้แล้วป้อนสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้ามาที่ขา XTAL 1

3.2.4 การทำงานของ MCS-51

จากรูปที่ 3.1เมื่อเริ่มป้อนไฟเลี้ยงให้กับ MCS-51 ซึ่งมีวงจร Power on reset ต่ออยู่ จะมีการรีเซตเกิดขึ้น การทำงานภายใน MCS-51 จะเริ่มจากบล็อก Program Counter ซึ่งเป็นวงจรนับ (Counter Circuit) ชนิดหนึ่งส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมลงไปบนบัส (Bus) หมายเลข 1 บัสนี้มีขนาด 16 บิท ค่าตำแหน่งหน่วยความจำนี้จะถูกไปเก็บไว้ที่ Program ADDR Register ที่เป็นวงจร Latch ข้อมูลซึ่งเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะปรากฏที่บนบัส 16 บิทหมายเลข 2 ถ้าเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำแรก หลังจากรีเซตค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะเป็น 000H หน่วยความจำสำหรับโปรแกรม จะเลือกได้ว่าเป็น ROM ภายในหรือภายนอก MCS-51 โดยการป้อนสภาวะลอจิกเข้าไปที่ MCS-51 ทางขา EA ซึ่งต่ออยู่กับส่วน Timing and Control ทำหน้าที่เป็นวงจรถอดรหัส (Decoder) แล้วสร้างสัญญาณควบคุมต่อไป ถ้าป้อนสัญญาณลอจิก เข้าไปที่ขา EA จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้ ROM ภายใน MCS-51 โดยที่วงจร Timing and Control จะสร้างสัญญาณ ไปยัง ROM ภายในให้ส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยค่าตำแหน่งที่ส่งมาทางบัสหมายเลข 2 ข้อมูลจาก ROM จะสร้างสัญญาณไปยัง ภายในให้ส่งลงไปยังบัสหมายเลข 3 ที่เรียกว่า Internal Data Bus แล้วนำไปเก็บไว้ที่ Instruction Register (เป็นวงจร Latch) เพื่อส่งต่อไปให้กับวงจร Timing and Control ทำการถอดรหัสแล้วควบคุมการทำงานส่วนอื่นๆ ต่อไปแล้วแต่ว่าเป็นคำสั่งให้ทำงานอะไร ในกรณีที่เลือก ROM ภายนอก MCS-51 โดยป้อนสัญญาณลอจิก 1 เข้าไปที่ขา EA จะทำให้วงจร Timing and Control ส่งสัญญาณไปยังพอร์ท 0 และพอร์ท 2 เพื่อส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำบนบัสหมายเลข 2 ออกไปชี้หน่วยความจำภายนอก จากนั้นจะอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาทางพอร์ท 0 ไปยัง Internal Data แล้วไปเก็บที่ Instruction Register เพื่อทำงานต่อไปเหมือนกับตอนอ่านคำสั่งจาก ROM ภายใน การทำงานในช่วงส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำไปยังหน่วยความจำแล้วอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาเก็บไว้ใน Instruction Register เรียกว่าเป็นช่วงของการ Fetch (Fetch Cycle) ช่วงต่อไปจะเป็นช่วงการทำงานตามคำสั่งเรียกว่า Execute Cycle

คำสั่งแต่ละคำสั่งของ MCS-51 จะใช้เวลาทำงาน 1,2 หรือ 3 ไซเคิลของเครื่อง (Machine Cycle) แล้วแต่ว่าเป็นคำสั่งประเภทใด 1 ไซเคิลของเครื่องจะใช้เวลา 12 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ดังนั้นแต่ละคำสั่งของ MCS-51 จะใช้เวลาในการทำงาน 12,24 หรือ 36 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกานั้นเอง แต่ละไซเคิลของเครื่องจะถูกแบ่งออกเป็น 6 Stateคือ S1, S2, S3, S4, S5 และ S6 แต่ละ จะประกอบด้วย 2 ไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ในไซเคิลแรกจะเรียกว่าเฟส 1 (P1) และไซเคิลที่ 2 เรียกเฟส 2 (P2) ในแต่ละเฟส จะนับตั้งแต่ขอบขาล่างของสัญญาณนาฬิกาถึงขอบขาล่างของสัญญาณนาฬิกาที่อยู่ถัดไปดังรูปที่ 2.14 เมื่อ MCS-51 ทำงานเสร็จ 1 ไซเคิลของเครื่องก็เริ่มทำงาน State 1 Phase 1 (S1P1) ของไซเคิลต่อไป ใน 1 ไซเคิลของเครื่อง วงจร Timing and Control จะสร้างสัญญาณ ALE ออกมา 2 ไซเคิลเพื่อ Fetch คำสั่งเข้าไป 2 ครั้งเสมอ ที่บริเวณขอบขาขึ้นของสัญญาณ ALE คำสั่งใดจะมีกี่ไบท์ (Byte)หรือใช้เวลาทำงานกี่ไซเคิลจะดูจากตารางชุดคำสั่ง MCS-51 การทำงานที่กล่าวมาข้างต้นจะขึ้นกับสัญญาณควบคุมที่สร้างจากวงจร Timing and Control และสัญญาณที่สร้างขึ้นนี้จะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างมาจากวงจรออสซิเลเตอร์

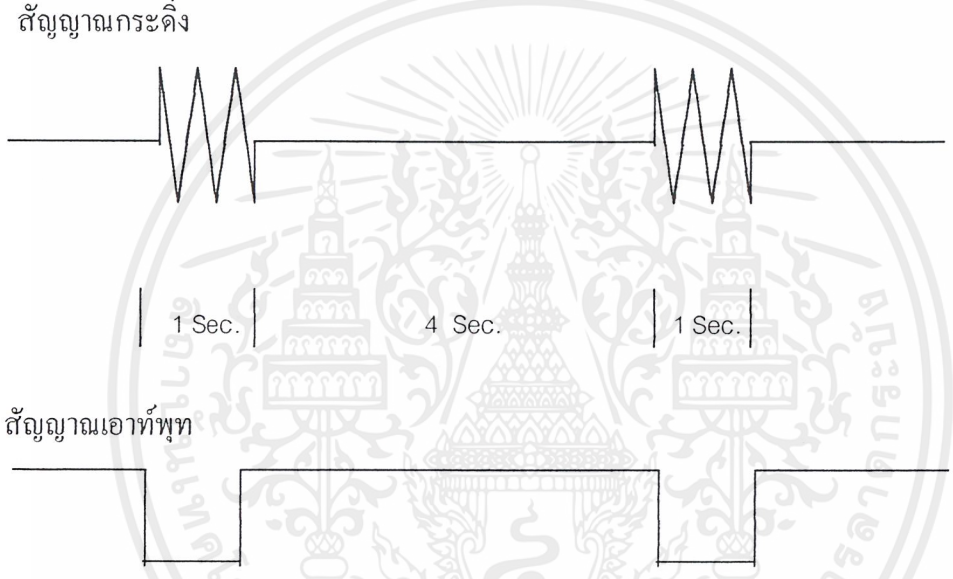
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การศึกษาและการออกแบบการสร้างวงจร

ในการออกแบบวงจรในโครงงานนี้ โครงงานนี้ได้แบ่งส่วนในการสร้างวงจรออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

4.1 ส่วนอินพุท

4.1.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและหน่วงเวลา



รูปที่ 4.1 สัญญาณเข้าและออกจากวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

หลักการทำงานของวงจรคือ เมื่อมีสัญญาณโทรศัพท์เข้ามาซึ่งมีแรงดันประมาณ 100Vp-p 20 Hz วงจรจะรับสัญญาณที่เข้ามาแล้วแปลงเป็นสัญญาณระดับบิต เพื่อเป็นระดับสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับป้อนให้แก่วงจรหน่วงเวลา โดยใช้วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ (Bridge Rectifier) แปลงสัญญาณ ให้เป็นสัญญาณไฟกระแสตรงแล้วแบ่งแรงดันโดยความต้านทาน เพื่อป้อนให้ทรานซิสเตอร์เป็นส่วนสวิตช์ซึ่งเพื่อทำหน้าที่สร้างพัลส์ลบ (Negative pulse) ให้วงจรประมวลผลทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 วงจรยก-วางหูโทรศัพท์

ขั้นตอนการทำงานในส่วนที่ทำงานกับสัญญาณโทรศัพท์ คือ ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ซึ่งทำหน้าที่สร้างพัลส์ลบ (Negative pulse) ทุกครั้งที่มีสัญญาณกระดิ่งเข้ามาและส่งพัลส์ลบให้ไมโครคอนโทรลเลอร์หน่วงเวลา และส่งสัญญาณไปกระตุ้นส่วนควบคุมการยกหูและวางหู

จากหลักการลดค่าอิมพีแดนซ์ในการยกหูได้นำมาใช้กับวงจรนี้โดยทำให้เกิดสภาวะความต้านทานต่ำขึ้นระหว่างคู่สายก็เสมือนกับการยกหู

วงจรเริ่มทำงานเมื่อมีสัญญาณพัลส์ (Pulse) เข้ามาสัญญาณนี้จะไปกระตุ้นส่วนของวงจรควบคุมการยกหูและวางหูให้ทำงาน ลักษณะคล้ายกับมีการยกหูโทรศัพท์

การยกหูโทรศัพท์นี้มิใช่เป็นการยกหูโดยตรงแต่ใช้ความรู้พื้นฐานทางโทรศัพท์ คือ ในสภาวะสายว่างคู่สายโทรศัพท์จะมีแรงดันประมาณ 48 โวลท์ ซึ่งจ่ายมาจากชุมสายโทรศัพท์และเมื่อมีผู้เรียกเข้ามาทางชุมสายจะจ่ายเป็นสัญญาณกระดิ่งมาเป็นแรงดันกระแสสลับที่มีแรงดันประมาณ 100 Vp-p เป็นเวลา 1 วินาที และหยุดเป็นเวลา 4 วินาที เป็นจังหวะสัญญาณ ซึ่งแรงดันนี้จะทำให้กระดิ่งภายในตัวโทรศัพท์ทำงานและทางชุมสายจะรับทราบการยกหูจากวงจรภายในตัวโทรศัพท์จะทำการต่อคู่สายเข้ากับวงจรภายในที่มีความต้านทานทางกระแสตรงต่ำเมื่อเรายกหูจะเกิดครบวงจรขึ้นทำให้แรงดันลดลงเหลือประมาณ 6-10 โวลท์ เมื่อชุมสายโทรศัพท์รับรู้แล้วจะต่อคู่สายของคุณเข้ากับผู้เรียก ทำให้ติดต่อกันได้

จากหลักการที่กล่าวมาข้างต้นได้นำมาใช้กับวงจรนี้โดยทำให้เกิดสภาวะความต้านทานต่ำขึ้นระหว่างคู่สายก็เสมือนกับการยกหูได้เหมือนกัน โดยจะรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์มาควงคุมรีเลย์ให้ต่อส่วนถ่ายทอดสัญญาณออกสู่คู่สายโทรศัพท์ซึ่งให้วงจรตอบรับข้อความเริ่มทำงานต่อไป

4.1.3 วงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด TONE หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอลซึ่งไอซี MT8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิต

คุณสมบัติของ MT8870

-เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF receiver)

-กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL

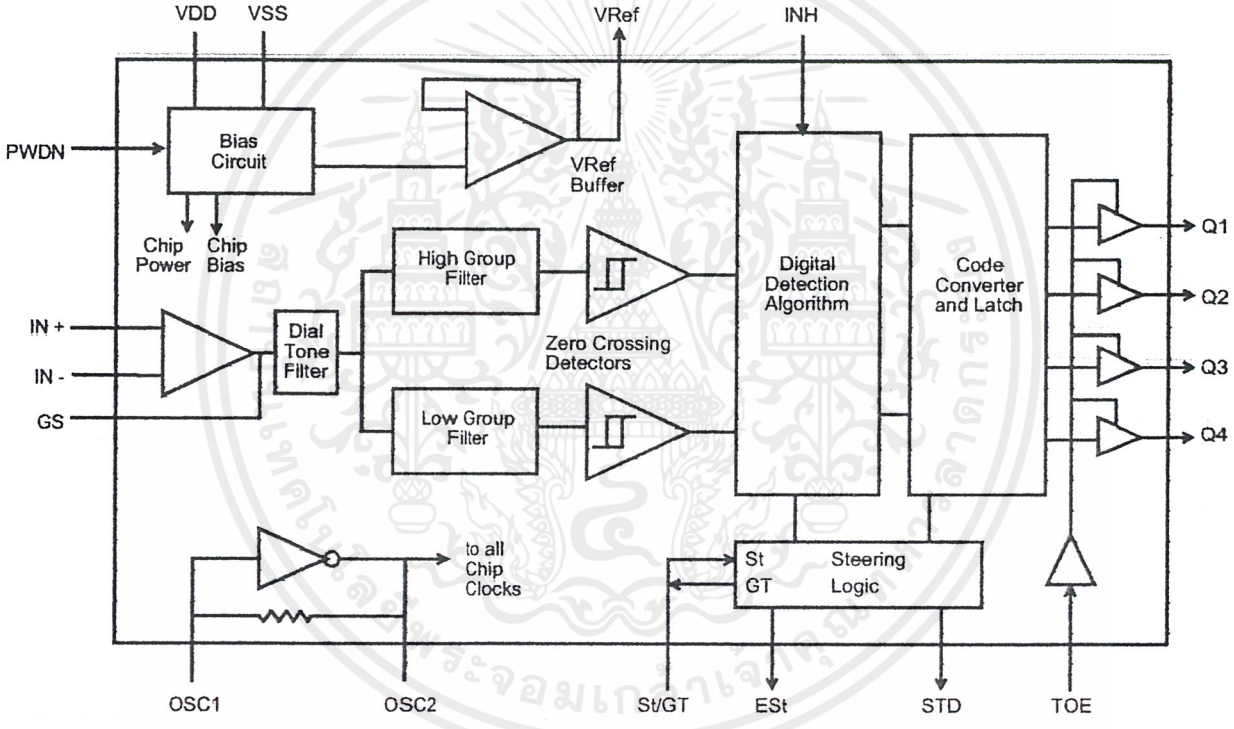
-สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้

-สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชั่นทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างโดยเทคโนโลยีไอเอสโอทู-ซีมอส (ISO CMOS)ในส่วนวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิตและเช็คช่วงสัญญาณเข้า ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ซึ่งปรับอัตราขยายได้โดยอุปกรณ์ภายนอก เอาท์พุทเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะ



รูปที่ 4.2 แสดงฟังก์ชั่นภายในบล็อคไดอะแกรม

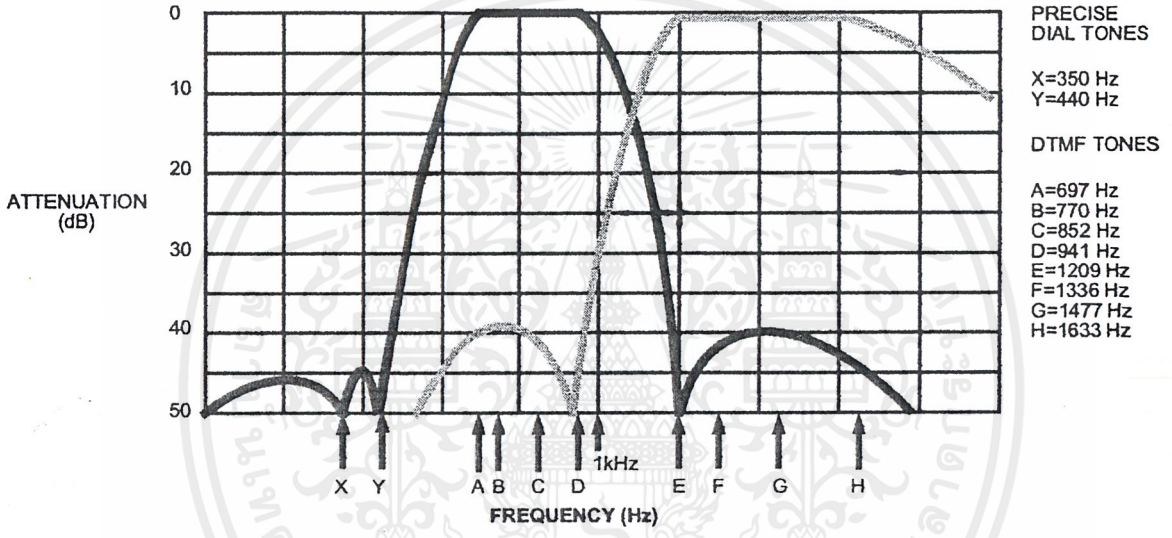
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชั่นการทำงานภายใน MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

1. ภาคกรองความถี่ (filter section)

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณความถี่คู่ของโทรศัพท์ ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูง และช่วงความถี่ต่ำโดยใช้วงจรกรองความถี่ระดับ 6 ชนิด สวิตช์คาปาซิเตอร์ (six-order switched capacitor band filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี2ช่วง คือความถี่สูงและความถี่ต่ำ



รูปที่ 4.3 การตอบสนองของภาคกรองความถี่

2. ภาคถอดรหัส (decoder section)

สัญญาณความถี่คู่ของโทรศัพท์ ซึ่งถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกมาเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน สัญญาณความถี่คู่ของโทรศัพท์หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสมเมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้องหรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้องสัญญาณที่ขา ESt (Early steering) ก็จะแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้นั้น. แสดงได้ดังตารางในรูป 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

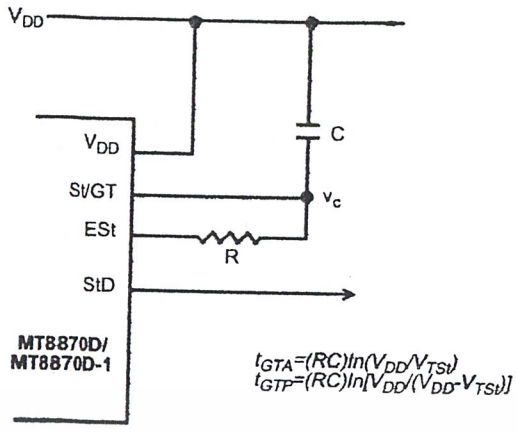
Digit	TOE	INH	Est	Q4	Q3	Q2	Q1
ANY	L	X	H	Z	Z	Z	Z
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0

รูปที่ 4.4 ตารางแสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (steering section)

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาท์พุท จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่ม โทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา ESt จะมีสัญญาณบิตสูง นานใกล้เคียงกับระยะที่มีความถี่โทรศัพท์เข้ามาและเมื่อขา ESt มีสัญญาณสูง ทำให้ Vcc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ (Trach hold) วงจรถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 วงจรพื้นฐานของภาคตรวจสอบสัญญาณ

4. *ภาคขยายสัญญาณความต่าง (differential input)*

วงจรส่วนอินพุทของ MT8870เป็นภาคขยายออปแอมป์ (Op-Amp) ที่สามารถเปลี่ยนอัตราขยายได้โดยต่อวงจรเพิ่มเข้าไปได้

สามารถคำนวณอัตราความต่างของอินพุทและอิมพิแดนซ์ได้ดังนี้

C1=C2=10Nf

R1=R4=R5=10 kΩ $\pm$ 1%

R2=60 kΩ, R3=37.5 kΩ $\pm$ 5%

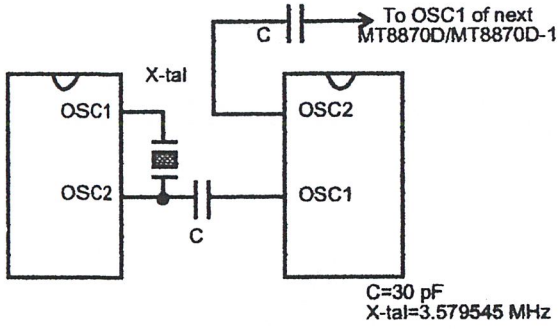
R3=(R2*R5)/(R2+R5)

อัตราขยายแรงดัน (Av diff)=R5/R1

5. *ภาคกำเนิดความถี่ (oscillator)*

ในภาคนี้ในไอซีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงต่อแร่คริสตรอล ขนาด 3.5 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การต่อวงจรผลิตความถี่

4.1.4 วงจรบันทึกเสียงโดยไอซี ISD 2590

คุณสมบัติของ ISD 2590

-สามารถบันทึกเสียงและเล่นกลับได้โดยไอซีตัวเดียว

-ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ประเภทไอซีอื่นๆ ประกอบร่วมภายนอก

-ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่นขึ้นมาเสริมเพื่อให้ใช้งานได้

-มีประสิทธิภาพในการบันทึกและเล่นกลับที่ให้เสียงเหมือนต้นกำเนิดเสียง

-ควบคุมการบันทึกและเล่นกลับโดยสวิตช์หรือไมโครคอนโทรเลอร์

-ระยะเวลาในการบันทึก/เล่นกลับ 90 วินาที

-ต่ออนุกรมกันได้โดยตรงเพื่อเพิ่มระยะเวลาให้ยาวมากขึ้น

-ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกเล่นกลับนานเกินไป

-สามารถเก็บความจำไว้ได้นาน100ปี โดยไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง

-วงรอบการบันทึก 100,000 ครั้ง

-มีวงจรกำเนิดสัญญาณตายตัว

-สามารถโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับเพียงอย่างเดียวเพื่อพัฒนารูปแบบใช้งานได้

จากคุณสมบัติต่างๆ ที่รวมอยู่ในไอซีเพียงตัวเดียวจึงทำให้ง่ายแก่การรใช้งานตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน จนถึงหน่วยจัดเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกและขับออกลำโพง ก็ถูกรวมไว้ในไอซีเพียงตัวเดียวในโหมดการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซล (cell) แบบไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อไม่ให้สูญหาย (non-volatile memory cell) สัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปสัญญาณอนาลอกจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยจัดเก็บความจำโดยตรง โดยอาศัยเทคโนโลยี DAST (Direct Analog Storage) และการจัดเก็บความจำก็จะจัดเก็บในลักษณะที่เป็นสัญญาณอนาลอกอยู่เช่นเดิม จึงทำให้การเล่นกลับสามารถให้สัญญาณเสียงที่ออกมาเหมือนกับเสียงต้นกำเนิดมาก เพราะไม่มีขบวนการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณดิจิตอลเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของขาอุปกรณ์ของ ISD2590

Address/Mode Input (A0-A9/M0-M6)

ขา 1-10 เป็นขาแอดเดรสและโหมดอินพุทจะมีอยู่สองฟังค์ชันที่ขึ้นอยู่กับระดับของ MSB สองบิทของแอดเดรส ถ้ามีบิทใดบิทหนึ่งของสองบิท MSB เป็น “0” อินพุทก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิททั้งหมด และใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกและการเล่นกลับ และขาแอดเดรสจะเกิดการแลตช์โดยขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE และถ้า MSB ทั้งสองบิทมีสถานะเป็น”1”ขาแอดเดรส/โหมดอินพุท จะมาขึ้นอยู่ที่โหมดบิททั้งหมดและเกิดการแลตช์เมื่อพัลส์ขอบขาลงปรากฏที่ขา CE

Auxiliary Input (AUX IN)

ขา 11 จะเป็นขารับอินพุทเข้ามาจากภายนอก เพื่อทำการมัลติเพล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาท์พุทลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา CE มีสถานะเป็น “1” วงรอบของการเล่นกลับก็จะสิ้นสุดลง หรือเมื่อสัญญาณที่บันทึกไว้ถูกเล่นกลับจนหมด แล้วมีการต่อแคสเคด ISD 2590 กันหลายๆตัว ขา AUX IN จะถูกใช้ต่อเข้ากับสัญญาณเล่นกลับที่ออกมาจากขาเอาท์พุทลำโพงของตัวก่อนหน้านี้ หรือจากตัวอันดับแรก

Speak Output (SP+, SP-)

ขา 14,15 เป็นขาเอาท์พุทต่อออกลำโพง ในไอซีจะมีวงจรสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพงซึ่งความสามารถในการขับลำโพงเอาท์พุทได้ 50 kΩ ที่โหลดลำโพง 16Ω ขาเอาท์พุทนี้ไม่สามารถต่อขนานกันหลายตัว ในกรณีที่ต่อคาสเคดกันหลายตัว

Microphone Input (MIC)

ขา 17 จะรับสัญญาณอินพุทที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าสู่วงจรปรีแอมป์ที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ (AGC) โดยวงจรนี้จะทำหน้าที่ควมคุมอัตราการขยายวงจรปรีแอมป์ให้มีการขยายในช่วง –15 ถึง 24 เดซิเบล ไมโครโฟนจากภายนอกจะถูกคัปปลิ้งผ่านตัวเก็บประจุในลักษณะอนุกรมกับขา 17 ค่าความจุของตัวเก็บประจุ จะกำหนดโดยคำนึงถึงค่าความต้านทานภายในของไอซี (10kΩ) เพื่อทำให้เกิดการคัทออฟที่ความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Microphone Reference input (MIC REF)

ขา 18 นี้จะต่ออยู่กับกราวด์อนาลอก (Vssa) โดยอนุกรมอยู่กับตัวเก็บประจุเพื่อทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุทขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 เดซิเบล

Analog Output (ANA OUT)

ขา 20 จะรับสัญญาณผ่านวงจรปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุคัปปลิ้งภายนอก คัปปลิ้งสัญญาณเข้าที่ขา 20 นี้ เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ภายในตัวไอซี ตัวเก็บประจุคัปปลิ้งภายนอกนี้จะต้องสัมพันธ์กับค่าความต้านทานภายในค่า 3 kΩ ซึ่งเป็นอินพุทอิมพิแดนซ์เพื่อจะทำให้เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำแบบคัทออฟ

Automatic Gain Control Input (AGC)

ขา 19 เป็นอินพุทเพื่อควบคุมอัตราขยายของปรีแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิค เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่มีย่านความถี่กว้างมากของสัญญาณทางด้านอินพุทจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดพลาดมากที่สุด ขา ACG นี้จะต่อรวมกับอุปกรณ์ เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่ โดยค่าความต้านทานภายใน 5 kΩ และจะต่อตัวเก็บประจุภายนอกอีกตัวหนึ่งเพื่อผ่านลงกราวด์อนาลอก ค่าที่เหมาะสมบางครั้งกำหนดไว้ที่ R=470 kΩ , C=4.7 uF

Overflow Output (OVF)

ขา 22 สัญญาณพัลส์ "0" จะปรากฏออกทางขาเอาท์พุทนี้เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดการเล่นกลับ หรือหน่วยความจำภายในไอซีถูกอ่านออกมาจนหมดแล้วและจะแสดงเป็นสภาวะหยุดการเล่นกลับ พัลส์จากขา OVF นี้จะจ่ายให้กับขา CE อินพุทจนกว่าขา OVF จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซท และเริ่มวงรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้งหนึ่ง พัลส์ที่ขา นี้จะสามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของ ISD2590ในตัวถัดไปได้เมื่อมีการเชื่อมต่อคาสเคดกันอยู่หลายตัว

Chip Enable Input (CE)

ขา 23 เป็นขา CE จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ "0" เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเล่นกลับและการบันทึกที่ขาแอดเดรสอินพุท และขา P/R จะถูกแลตช์จากขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Down Input (PD)

ขา 24 นี้ในขณะที่ไม่มีการบันทึกเสียงหรือเล่นกลับ ที่ขา PD จะมีสถานะเป็น “0” ก็จะเป็นการรักษาระดับสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมากๆ แต่เมื่อขา PD มีสภาวะเป็น”0” ที่แสดงถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลงปรากฏขึ้น ขา PD ปกติจะเป็น”1”อยู่ในขณะนี้ก็จะถูกรีเซตและจะเริ่มขบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

End-of-Massage/Run Output (EOM)

ขา 25 เป็นส่วนของอุปกรณ์ non-volatile ภายในตัวไอซีที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึก ขา EOM นี้จะให้เอาท์พุทออกมาเป็น “0” เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว

External Clock Input (XCLK)

ขา 26 เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาจาดภายนอกเพื่อทำการกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติได้ระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาจะถูกกำหนดไว้ภายในแล้ว ซึ่งไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอก หรือย่านแรงดันไฟเลี้ยงที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 25นี้เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

Playback/Record Input (P/R)

ขา 27 เมื่อขาอินพุทควบคุมการเล่นกลับและบันทึกเสียงได้รับสัญญาณพัลส์ ”1” จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับ และถ้าเป็นพัลส์ “0” จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึกเสียง ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบขาลงของขา CE จะเป็นการแลตช์อินพุทที่ขา P/R

Vo!tage Input (Vcca ,Vccd)

ขา 16และขา 28 เป็นขารับแรงดันที่จะต้องแยกกันต่างหากระหว่างขารับแรงดันของวงจรอนาลอก และวงจรดิจิตอล ที่ประกอบอยู่ภายในตัวไอซีแล้ว ขารับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลท์ และต้องเป็นไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

Ground Input (Vssa , Vssd)

ขา 12 และ 13 โดยคุณสมบัติของไอซีในตระกูล ISD25XX จะมีการแยกกันระหว่างกราวน์ของสัญญาณดิจิตอล ขากราวน์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในตัวถังบรรจุของไอซี การใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขากราวด์ทั้งสองจะเลือกต่อกับกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าอิมพิแดนซ์ต่ำ เพื่อไม่ต้องการให้เกิดแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวน์ทั้งสอง

โหมดการทำงาน (Operation Mode)

ISD 2590 ได้รับการออกแบบให้ภายในบรรจุโหมดการทำงานหลายๆโหมด เพื่อใช้งานร่วมกับส่วนประกอบอื่นๆ

โหมดการทำงานเหล่านี้ได้อธิบายดังรายละเอียดข้างล่างนี้ ISD2590 จะใช้ขาแอดเดรสแทนโหมดการทำงานโดยมีบิทสำคัญที่สุด(MSBs) คือ HIGH ส่วนสัญญาณแอดเดรสส่วนที่เหลือจะถูกแปลงเป็นโหมดบิท LOW และ จะถูกแปลงเป็นแอดเดรสบิท เพราะฉะนั้นโหมดการทำงานและแอดเดรสโดยตรงของ ISD 2590 จะไม่สอดคล้องกัน และไม่สามารถที่จะใช้งานร่วมกันได้ สำหรับโหมดการทำงานจะต้องพิจารณาส่วนสำคัญ 2 อย่างด้วยกันคือ อย่างแรกการเริ่มต้นการทำงานจะต้องเริ่มที่แอดเดรส 0 ซึ่งเป็นแอดเดรสว่างของ ISD 2590 ต่อจากนั้นจึงสามารถเริ่มต้นที่ตำแหน่งแอดเดรสอื่นๆด้ ขึ้นอยู่กับการเลือกโหมดการทำงาน นอกจากนั้นตัวชี้แอดเดรสจะถูกรีเซตไปที่ “0” เสมอ เมื่ออุปกรณ์ถูกเปลี่ยนจากการบันทึกเป็นการเล่นกลับ และจากการเล่นกลับไปเป็นการบันทึก (ยกเว้นโหมด M6) หรือเมื่อถึงรอบการทำงานใหม่แบบใช้พลังงานต่ำ (Power down Cycle) ถูกทำให้ทำงานอย่างที่สอง โหมดการทำงานจะทำงานเมื่อ CE เป็น LOW และ ทั้งสองเป็น HIGH หมด การทำงานนี้จะยังคงทำงานอยู่จนกว่าสัญญาณต่อไปของ CE เป็น LOW ที่แอดเดรสปัจจุบัน ถูกสุ่มตัวอย่างและทำให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอธิบายโหมดการทำงาน(Operational Mode Description)

โหมดการทำงานสามารถต่อร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ได้ หรือสามารถใช้เป็นฮาร์ดแวร์ให้กับการทำงานของระบบที่เราต้องการได้โดยจะให้มีโหมดการทำงานดังรูปที่ 4.7

	หน้าที่	การใช้	ต่อใช้ร่วมกัน
M0	Massage cueing	ข้อความเลื่อนไปข้างหน้า	M4,M5,M6
M1	Delete EOM markers	ตำแหน่ง EOM marker ที่จุดปลายของข้อความที่แล้ว	M3,M4,M5,M6
M2	Non application	สำรอง	N/A
M3	Looping	การเล่นกลับแบบต่อเนื่องจากแอดเดรส 0	M0,M5,M6
M4	Consecutive addressing	บันทึก/เล่นกลับติดต่อกันหลายข้อความ	M0,M1,M5
M5	CE level-activated	ยอมให้หยุดข้อความ	M0,M1,M3,M4
M6	Push-button control	อินเตอร์เฟสกับอุปกรณ์อื่น	M0,M1,M3

รูปที่ 4.7 แสดงโหมดการทำงานของ ISD 2590

MO-Massage cueing

Massage cueing ยอมให้ผู้ใช้งานสามารถข้ามผ่านข้อความโดยที่ไม่ต้องรู้ถึงแอดเดรสทางกายภาพ (Physical address) ที่แท้จริงของแต่ละข้อความได้ CE Low พัลส์แต่ละพัลส์เป็นเหตุที่ทำให้ตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรสภายในข้ามผ่านไปยังตัวต่อไป โหมดนี้ควรจะใช้สำหรับการเล่นกลับเท่านั้น และใช้ร่วมกับโหมดการทำงาน M4

M1-Delete EOM Markers

โหมดการทำงาน M1 จะยินยอมให้ข้อความที่ได้รับการบันทึกตามลำดับรวมกันให้กลายเป็นข้อความเดี่ยวๆ ได้โดยเพียงตั้ง EOM Markers ที่ตัวปลายข้อความที่นำมารวมกัน

M2-Unused

เมื่อโหมดการทำงานโหมดนี้ถูกเลือกใช้ขา M2 จะต้องเป็น Low

M3-Message Looping

โหมดการทำงาน M3 ใช้สำหรับการเล่นกลับซ้ำอย่างต่อเนื่องแบบอัตโนมัติของข้อความที่อยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้นของแอดเดรสว่างเมื่อข้อความ CAN บรรจุลงใน ISD 2590 อย่างสมบูรณ์แล้ว ISD 2590 จะลูปจากเริ่มต้นไปจุดสุดท้าย โดยที่ OVF ไม่เห็น Low

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M4-Consecutive Addressing

ระหว่างการทำงานในขณะปกติ ตัวชี้แอดเดรสจะรีเซตเมื่อข้อความถูกเล่นผ่านไปที่ EOM และไม่ยอมให้ข้อความถูกเล่นกลับแบบเรียงลำดับ

M5-CE Level Activated

Default mode สำหรับ ISD 2590 ใช้เพื่อทำ CE ให้กลายเป็น Edge-activated บนการบันทึก โหมดการทำงาน M5 จะเป็นเหตุที่ทำให้ขา CE ถูกแปลงไปเป็น Level activated เพื่อที่จะไม่กลาย เป็น Edge-activatedระหว่างการเล่นกลับในโหมดนี้ CE Low จะเริ่ม Playback cycle , CE High จะ หยุด Playback cycle และเมื่อเป็น CE Low อีกครั้งจะเริ่มการเล่น ที่จุดที่ซึ่งข้อความถูกทำให้ต้องทำ การรีเซตตัวชี้แอดเดรส

M6-Push-Button Mode

ชุดอุปกรณ์ ISD 2590 บรรจุไปด้วยโหมดการทำงาน Push-button โหมด Push-button ขั้น ต้นถูกประยุกต์ใช้กับต้นทุนต่ำ และถูกออกแบบมาเพื่อใช้ลดอุปกรณ์ภายนอกและวงจรให้น้อยลง เป็นการช่วยลดราคาของระบบให้น้อยลง เพื่อที่จะจัดโครงสร้างของอุปกรณ์ในโหมดการทำงาน Push-button บิทที่มีนัยสำคัญที่สุด 2 บิท (ขา 9 และ ขา 10) ต้องเป็น High และขาโหมด M6 (ขา 7) ต้องเป็น High ด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในโหมดนี้ กำลังจะลดลงที่จุดปลายของการเล่นกลับแต่ละครั้งหรือ ตอนบันทึกภายหลัง CE เป็น High

เมื่อโหมดการทำงานนนี้ถูกประยุกต์ใช้ขาต่างๆบนอุปกรณ์มีหน้าที่ดังนี้ตามรูปที่ 4.8

Pin Name	หน้าที่ในโหมดการทำงาน Push-button
ขา 23 ,CE	เริ่มต้นและหยุด Push-button (Low pulse activated)
ขา 24 , PD	หยุดรีเซต Push-button (High pulse activated)
ขา 25 , EOM	Active-high run indicator

รูปที่ 4.8 แสดงการทำงานของโหมด Push-button

ขา 23 : CE (start/pause)

ในโหมดการทำงานแบบ Push-button ขา CE จะทำงานเป็น Low-going Pulse activated start/pause signal ถ้าไม่ทำงาน Low-going pulse บนสัญญาณนี้จะเริ่มการเล่นกลับ หรือเริ่มการ บันทึกตามระดับบนขา P/R พัลส์ต่อมาบนขา CE ก่อนจะถึง End of massage ในตอนเล่นกลับ หรือ เกิดการ Overflow จะเป็นเหตุให้อุปกรณ์หยุดทำงาน Address counter จะไม่รีเซต และ CE พัลส์ อื่นๆจะเป็นเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานต่อไปจากจุดที่ซึ่งมันถูกทำให้หยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 24 : PD (Stop/reset)

ในโหมดนี้ EOM จะกลายเป็น Activated- high run signal ซึ่งนำไปใช้เพื่อขับ LED หรืออุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ มันจะกลายเป็น High เมื่อใดก็ตาม ที่มีการบันทึกหรือเล่นกลับ

การบันทึกในโหมด Push-button

1. ขา PD ควรเป็น Low โดยปกติจะใช้ Pulldown resister
2. ขา P/R ทำให้เป็น Low EOM P/R
3. ขา CE เป็น Low เมื่อหยุดการบันทึก EOM เป็น High เพื่อที่จะแสดงการทำงาน
4. ขา CE เป็น Low เมื่อหยุดการบันทึก EOM กลับกลายเป็น Low ตัวชี้แอดเดรสภายในจะไม่เคลียร์ แต่ EOM marker จะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำ เพื่อที่จะชี้จุดสิ้นสุดของข้อความ และขา P/R อาจจะเป็น High เกิดขึ้นในขณะนั้น ต่อมา CE จะเริ่มเล่นกลับที่แอดเดรส 0
5. ขา CE เป็น Low เมื่อหยุดการบันทึก EOM กลับไปเป็น High (หมายเหตุ: ถ้าขาโหมดการทำงาน M1 เป็น High บิท EOM ที่ได้เขียนครั้งที่แล้ว จะถูกลบแล้วการบันทึกจะเริ่มที่แอดเดรสนั้น)
6. เมื่อการบันทึกต่อๆมาเสร็จสิ้นลง Final CE pulse low จะทำการหยุด Record cycle ครั้งที่แล้ว

การเล่นกลับในโหมด Push-button

1. ขา PD ควรเป็น Low โดยปกติจะใช้ Pull down resistor
2. ขา P/R ทำให้เป็น Low EOM P/R
3. ขา CE เป็น Low การเล่นกลับเริ่มต้น EOM เป็น High เพื่อแสดงการทำงาน
4. ถ้าขา CE เป็น Low หรือ EOM Marker กระทำอีกครั้งระหว่างการทำงานเมื่อ EOM กลับไปเป็น Low ขา P/R อาจจะถูกทำให้เปลี่ยนไป
5. ขา CE เป็น Low อีกครั้ง การเล่นกลับจะเริ่มต้น

การเล่นกลับจะกระทำจากข้อ 4 และ 5 จนกว่า PD จะเป็น High หรือเกิดการ Overflow เกิดขึ้นถ้าเกิดการ Overflow CE Low จะรีเซตตัวชี้แอดเดรส และจะเริ่มต้นการเล่นกลับจากจุดเริ่มต้นหลังจาก PD พัลส์

หมายเหตุ โหมด Push-button สามารถต่อร่วมกับโหมดM0, M1 และ M3 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบชุดบันทึกเสียง

ไอซีบันทึกเสียง ISD 2590 ซึ่งมีข้อดีคือ อุปกรณ์ต่อพ่วงมีน้อย จึงทำให้การออกแบบและสร้างวงจรบันทึกเสียงไม่ค่อยมีปัญหามากนัก

4.2 วงจรภาคควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ส่วนแสดงผลได้ออกแบบไว้สำหรับแสดงผลการทำงาน หลังจากได้รับคำสั่งการทำงานจากผู้ใช้โดยการติดตั้งเต้ารับไว้ เพื่อให้อุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมทางโทรศัพท์มาต่อเพื่อนำไปใช้งาน

แบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ ชุดควบคุมและชุดตัดต่อด้วยรีเลย์ (Relay) ชุดควบคุมจะรับสัญญาณที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านมายังไอซี 74LS244 โดยเป็นสัญญาณขนาด 8 บิต เข้าสู่วงจรเอาท์พุทซึ่ง ส่งสัญญาณไปขับทรานซีสเตอร์เบอร์ C945 ทำงาน ส่งผลให้รีเลย์ทำการต่อหน้าสัมผัส จึงทำได้ตามความต้องการและขณะเดียวกันไฟแสดงผลอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมก็จะแสดงผลบอกสถานะการทำงาน การทำงานของชุดควบคุมในแต่ละชุดจะมีลักษณะเดียวกันทั้งหมด

4.3 วงจรส่วนคีย์บอร์ด

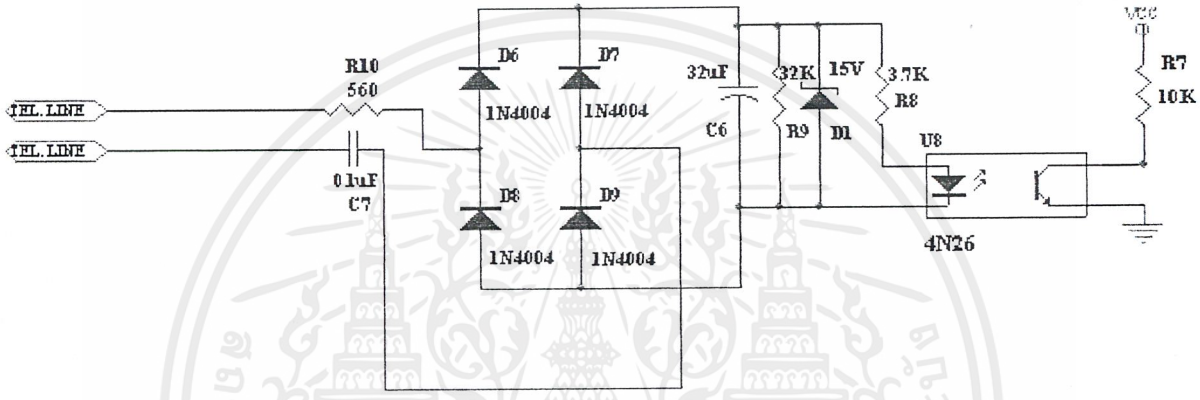
ส่งข้อมูลในการกดคีย์ให้แก่ส่วนประมวลผล โดยอาศัยการทำงานร่วมกับ IC 8255 เนื่องจากพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดลองและผลที่ได้

การทดลองวงจรต่างๆ เบื้องต้น ในกรณีที่ยังไม่ได้ทำงานร่วมกัน สามารถแบ่งการทดลองได้ดังนี้

5.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 5.1 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

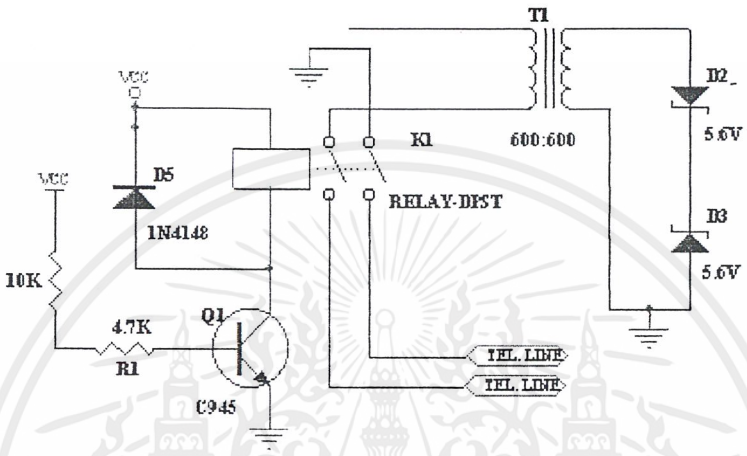
หลักการการทำงานของเครื่องควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้านี้ จะเริ่มต้นเมื่อมีโทรศัพท์เรียกเข้ามา การทำงานของวงจรนี้จะใช้หลักการเรียงกระแสของสัญญาณกริ่งซึ่งเป็นกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง พร้อมทั้งลดขนาดสัญญาณและสร้างสัญญาณนั้นให้มีขนาดของแอมปลิจูดเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยการใช้ออปโต้เบอร์ 4N26เป็นตัวแปลงสัญญาณ คู่สายโทรศัพท์ในสภาวะปกติ จะมีไฟกระแสตรง 48 โวลท์จ่ายอยู่ ดังนั้นจึงใช้ประจุ C7 เป็นตัวกลั้นไม่ให้กระแสตรงผ่านโดยจะให้ผ่านเฉพาะไฟกระแสสลับในช่วงที่มีสัญญาณกริ่งเรียกเข้ามาผ่านเท่านั้น ส่วนวงจรบริดจ์เรคติไฟล์เป็นตัวแปลงสัญญาณไฟกระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรงเพื่อส่งไปเปิด-ปิด ออปโต้คัปเปอร์ ตามสัญญาณกริ่ง ซึ่งปกติดัง 1 วินาที และหยุด 4 วินาที ดังนั้นจะมีพัลส์เป็น “1”(5 โวลท์) 1 วินาที และเป็น “0” (0 โวลท์) 4 วินาที ออกจากออปโต้ไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

ผลการทดลอง เป็นไปตามหลักการสามารถวัดค่าที่ได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วงจรยกหูโทรศัพท์

ทำหน้าที่เสมือนยกหูโทรศัพท์เมื่อมีคำสั่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากที่ได้ทำการประมวลผลตรวจนับจำนวนกระดิ่งครบตามที่กำหนด การสร้างสภาวะเลียนแบบการยกหูด้วยการต่อทรานฟอเมอร์ ความต้านทานค่า 600 โอห์ม เพื่อให้เท่ากับขณะที่โทรศัพท์ทำงานจริง



รูปที่ 5.2 แสดงวงจรยกหูโทรศัพท์

ผลการทดลอง พบว่าเมื่อเราป้อนไฟเข้าไปจะทำให้รีเลย์ทริก ส่งผลให้โทรศัพท์มีสภาพเหมือนยกหู

5.3 วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

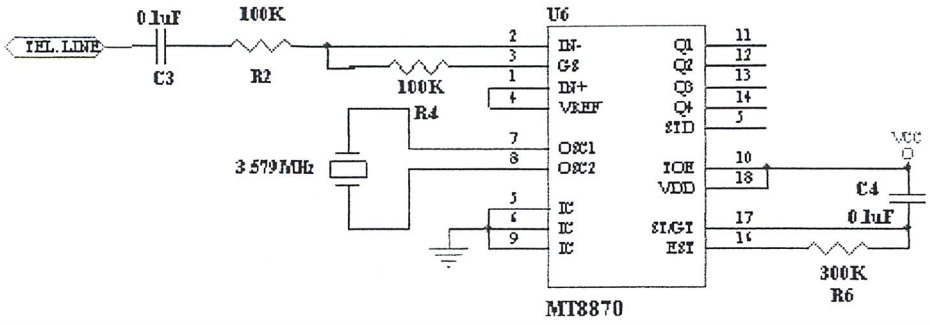
เมื่อมีการต่อคู่สายเข้าระบบตอบรับแล้ว ส่วนถอดรหัส DTMF (MT 8870) จะแปลงสัญญาณปุ่มกดของโทรศัพท์ที่เข้ามาให้เป็นไบนารี่ 4 บิท ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถที่จะอ่านและนำไปประมวลผล การต่อขาควบคุมที่สำคัญคือ

ขา INH (ขา 6) ขา PWDN (ขา 5) ต่อลงกราวน์

ขา TOE (ขา 10) ต่อกับไฟเลี้ยงเพื่อให้ได้เอาท์พุทที่ขา Q1-Q4

ขา StD (ขา 15) จะมีลอจิกเป็น 1 เมื่อมีการกดคีย์และจะเป็น 0 เมื่อไม่มีการกดคีย์ดังนั้น จึงใช้ขานี้ในการตรวจสอบคีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



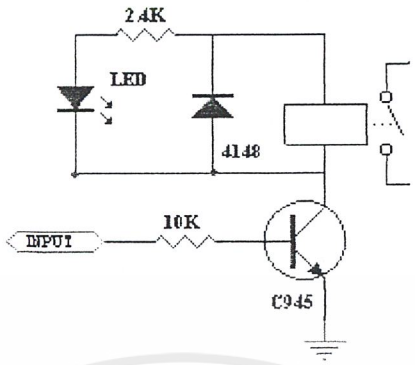
รูปที่ 5.3 แสดงวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

ผลการทดลอง เมื่อกดคีย์ต่างๆจะได้ค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆดังนี้

NO.	Q4	Q3	Q2	Q1
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	1	0	1	0
*	1	0	1	1
#	1	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 วงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 5.4 แสดงวงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

ขั้นตอนการทดลอง ต่อวงจรดังรูป

1. ป้อนไฟ 5 โวลต์ เข้าที่ขา INPUT แทนการควบคุมจากไมโครคอนโทรเลอร์ ซึ่งเป็นการสั่งให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเปิด
2. ต่อขา INPUT ลงกราวน์ เพื่อสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

ผลการทดลอง ได้ผลตามต้องการ

5.5 วงจรบันทึกเสียง

ขั้นตอนการทดลอง

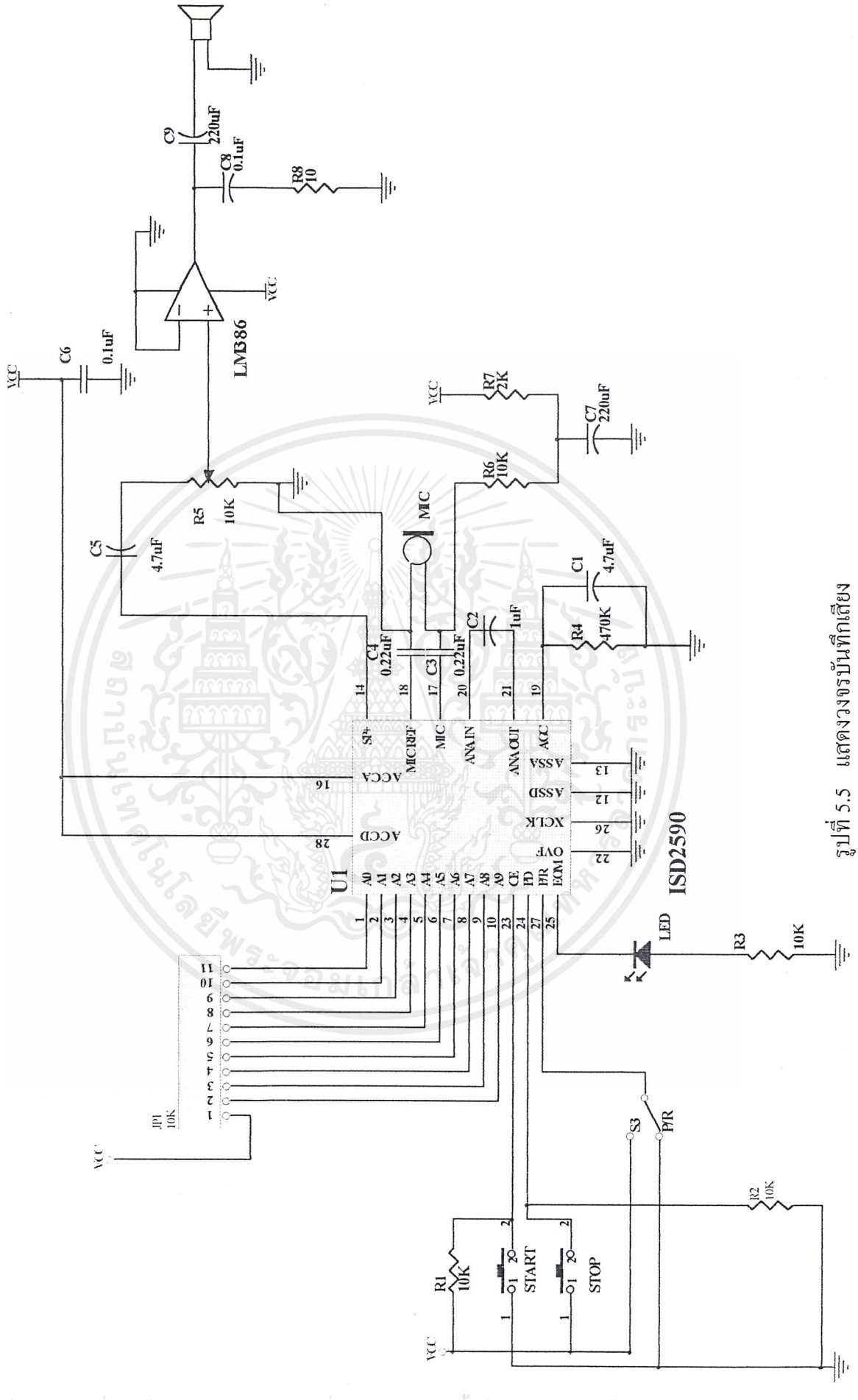
1. ต่อวงจรดังรูป 5.5
2. กำหนดแอดเดรสให้กับขา A0 – A8 เพื่อกำหนดช่วงของเสียงที่ต้องการบันทึก ดังตารางที่ 5.1
3. ต่อขา 27 ลงกราวน์ เพื่อเลือกโหมดบันทึกเสียง
4. ทำการกดสวิทช์ START แล้วพูดใส่ไมโครโฟนเพื่อทำการบันทึกเสียงพูด
5. ต่อจากนั้นกดสวิทช์ STOP เพื่อหยุดการบันทึก
6. ต่อขา 27 กับไฟ 5 โวลท์ เพื่อฟังผลการบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อความ	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
สวัสดีค่ะ โปรดใส่รหัสผ่านเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	0	0	0	0	0	0	0	0	0
โปรดใส่รหัสผ่านค่ะ	0	1	0	0	0	0	0	0	0
รหัสผิดกดใหม่นะคะ	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ขอบคุณค่ะกรุณาโทรมาใหม่	0	1	0	1	0	0	0	0	0
โปรดยืนยันรหัสผ่านค่ะ	0	0	1	1	0	0	1	1	1
ถ้าต้องการทราบหมายเลขอุปกรณ์ไฟฟ้า กด * หรือ เช็คสถานะ กด # หรือกดหมายเลขที่ต้องการควบคุม	0	1	1	1	1	1	1	1	0
ต้องการปิดกด 0 หรือกด 1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
ต้องการทำต่อกด *	0	1	1	0	1	1	1	1	0
โปรดใส่รหัสผ่านใหม่ที่ต้องการ	0	1	1	1	1	0	1	0	1
1 เปิด	1	0	0	0	0	1	1	0	0
2 เปิด	1	0	0	0	1	1	1	0	0
3 เปิด	1	0	0	1	0	1	1	0	0
4 เปิด	1	0	0	1	1	1	1	0	0
5 เปิด	1	0	1	0	0	1	1	0	0
6 เปิด	1	0	1	0	1	1	1	0	0
7 เปิด	1	0	1	1	0	1	1	0	0
8 เปิด	1	0	1	1	1	1	1	0	0
อุปกรณ์ปิดหมด	1	1	0	0	0	1	1	0	0
อุปกรณ์เปิดหมด	1	1	0	0	1	1	1	0	0

ตารางที่ 5.1 ค่าแอดเดรสของ ISD2590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงวงจรบันทึกเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง สามารถบันทึกเสียงได้นานถึง 90 วินาที โดยเสียงที่ได้จากการบันทึกมีความคมชัดมาก และไม่มีเสียงรบกวน และสามารถที่จะทำการบันทึกใหม่ได้โดยไม่มีเสียงเดิมแทรกอยู่เลย

5.6 วงจรประมวลผล

ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน การใช้งานพอร์ตต่างๆ มีดังนี้

- **พอร์ต 0**

  ใช้เป็นพอร์ตเอาท์พุท ทำงานร่วมกับ 8255

- **พอร์ต 1**

  P1.0 ถึง P1.3 เป็นพอร์ตอินพุท ที่รับสัญญาณที่มาจากวงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

  P1.4 เป็นพอร์ตอินพุท ต่อกับขา StD ของ MT 8870 เพื่อตรวจสอบการกดปุ่มโทรศัพท์

  P1.5 เป็นพอร์ตเอาท์พุท เป็นตัวกำหนดการเล่นวงจรบันทึกเสียง

  P1.6 เป็นพอร์ตเอาท์พุท ที่ใช้ในการควบคุมการยกหูโทรศัพท์

  P1.7 เป็นพอร์ตอินพุทรับค่าสัญญาณจากโทรศัพท์

- **พอร์ต 2**

  ใช้ควบคุมการแบ่งแอดเดรสการเล่นเสียงของไอซีบันทึกเสียง

- **พอร์ต 3**

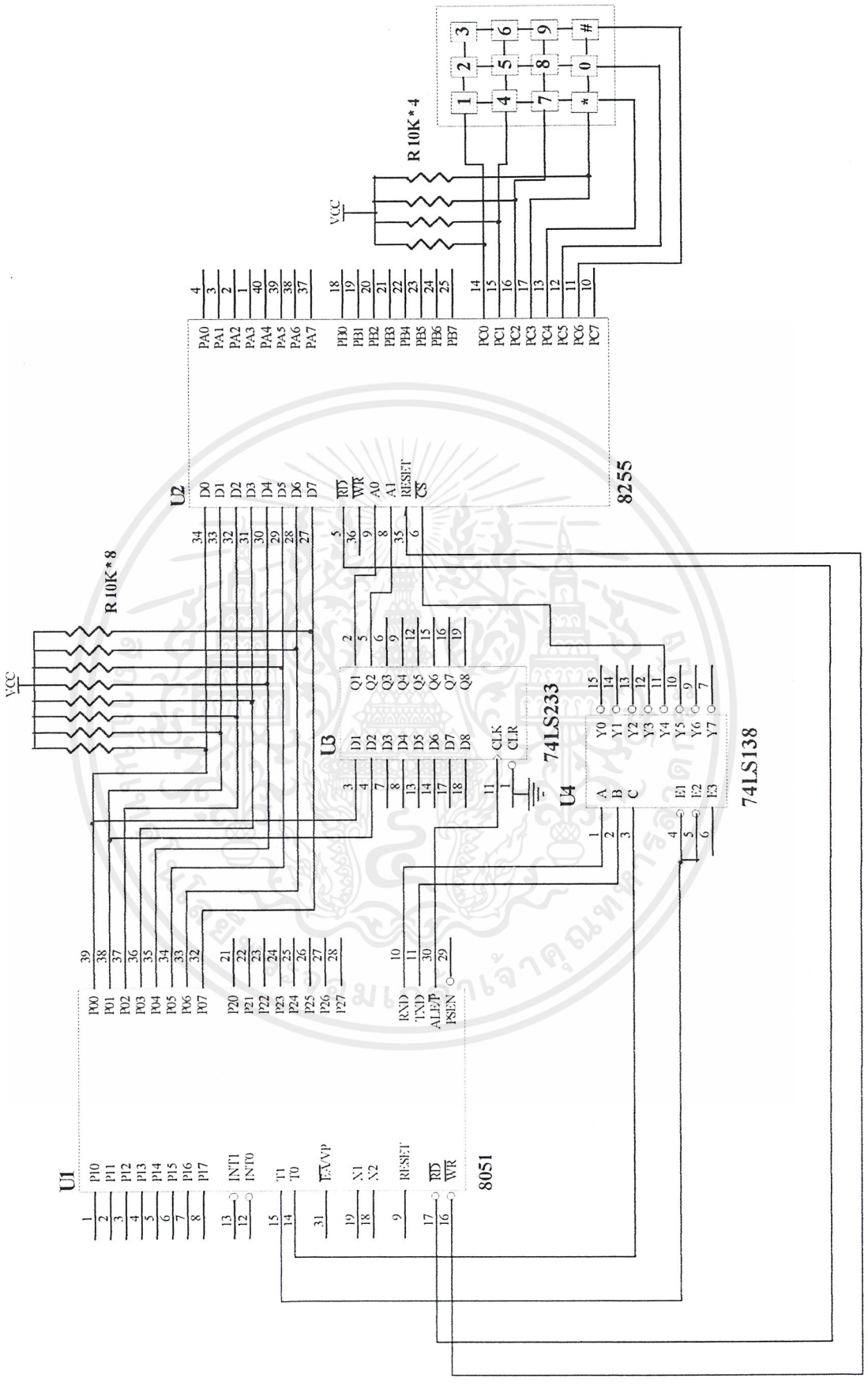
  P3.0, P3.1, P3.4, P3.5 เป็นพอร์ตเอาท์พุทส่งค่าให้ 74LS138

  P 3.2 ควบคุมแอดเดรสขา A8 ของไอซีบันทึกเสียง

  ขา 31 EA/Vpp ต่อกับ Vcc เพื่อให้ CPU ทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำ

5.7 ส่วนคีย์บอร์ด เนื่องจากพอร์ตของ MCS – 51 ไม่พอกับความต้องการ ดังนั้นจึงต้องเพิ่ม IC 8255 เข้ามาช่วยเพิ่มพอร์ต ดังรูปที่ 5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 วงจรคีย์บอร์ดควบคุมผ่านไอซี 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 ผลการทดลอง

จากการทำงานของวงจรทั้งหมดเริ่มจากเมื่อมีสัญญาณโทรศัพท์เข้ามาในวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ไอซี 4N26 จะทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลมีขนาดแรงดัน 5 โวลท์ แล้วส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 ค่าที่ได้จะนำไปนับจำนวนครั้งของโทรศัพท์ แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณมาให้รีเลย์ทำงาน เป็นการยกหูโทรศัพท์ และจากนั้นจะต่อสัญญาณโทรศัพท์เข้าสู่วงจรตอบรับซึ่งใช้ไอซี ISD 2590 โดยจะแนะนำให้ผู้เรียกกดรหัสผ่าน 4 ตัว จะต้องกดภายใน 15 วินาที มิฉะนั้นเครื่องจะทำการวางหูทันที จากนั้นวงตอบรับจะให้ผู้เรียกทำการ ยืนยันรหัสผ่านอีกครั้ง ถ้าผิดพลาดเกิน 3 ครั้ง หรือ ทำการกดจำนวนรหัสผ่านไม่ครบ จะทำการวางหูทันที เป็นการป้องกันอันตรายไว้ก่อน หลังจากนั้นก็กดหมายเลขอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุม หรือ กด * เพื่อทบทวนหมายเลขที่ควบคุมอุปกรณ์

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรับข้อมูลจากแป้นโทรศัพท์ โดยอาศัยไอซี MT 8870 เพื่อแปลงสัญญาณ DTMF มาเป็นสัญญาณไบนารี่ขนาด 4 บิทเข้ามายังพอร์ท 0 ของ 89C51 ทำการประมวลผลค่าที่เข้ามา

หลังจากเลือกหมายเลขอุปกรณ์แล้ว วงจรตอบรับจะทำการถามว่า ต้องการ เปิด หรือ ปิด ถ้าต้องการปิดกด 0หรือ ต้องการเปิด กด1

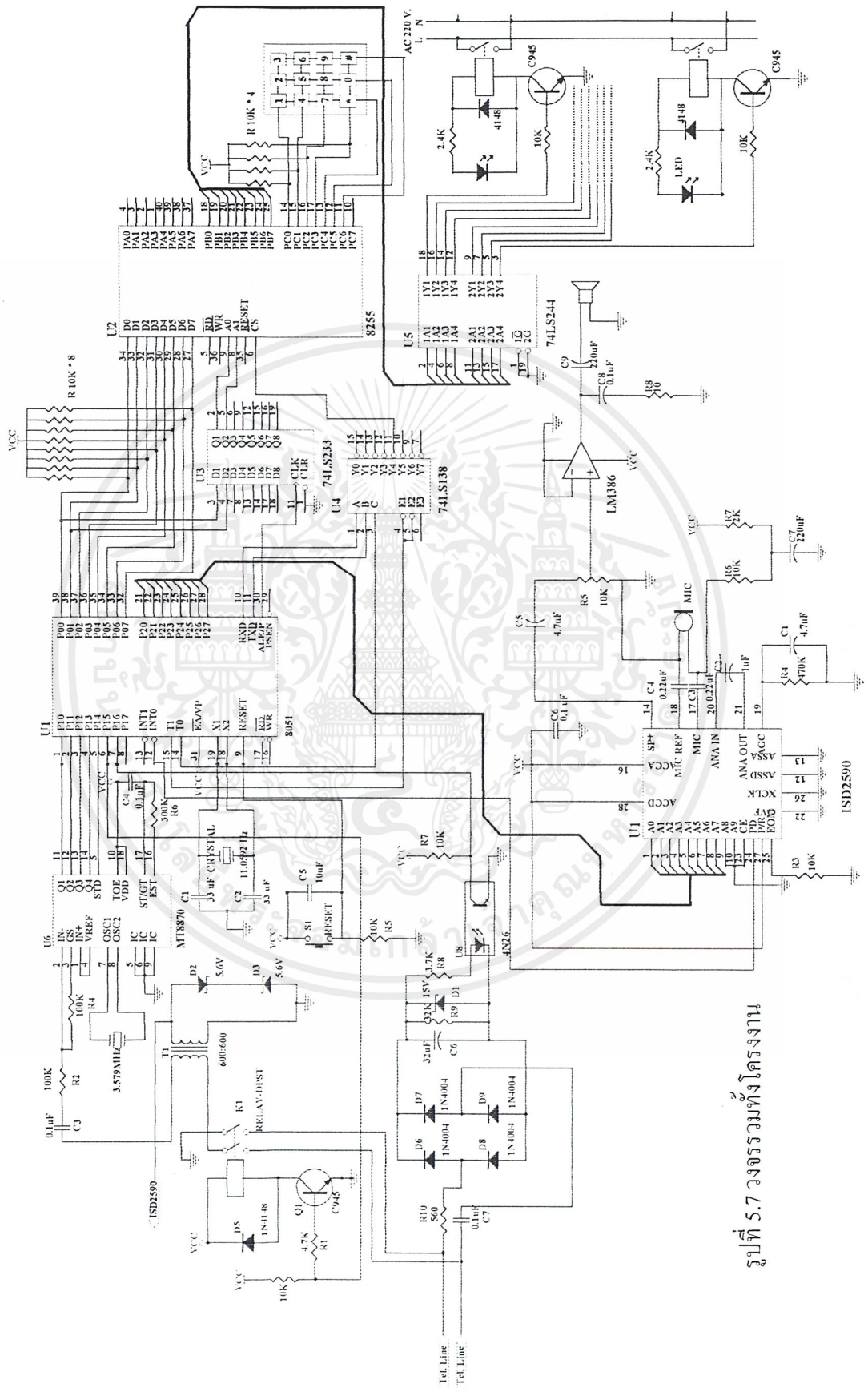
เมื่อทำการเลือกแล้ว วงจรตอบรับจะถามว่าต้องการทำต่อหรือไม่ ถ้าต้องการ กด * แต่ถ้าผู้ใช้กดผิด จะทำการวางหูทันที

ในส่วนของคีย์บอร์ด ที่ใช้แก้รหัสผ่าน เมื่อต่อกับ 8255 สามารถทำงานได้ตามต้องการ

ส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ในโครงงานนี้ทางกลุ่มกำหนดให้สามารถควบคุมได้ทั้งหมด 8 อุปกรณ์ ซึ่งสามารถเพิ่มเติมได้ ตามความต้องการของผู้ใช้ แต่อาจต้องมีการเพิ่มเติม 8255 เพื่อเพิ่มพอร์ตให้แก่ MCS-51

ในการทดลอง การควบคุมอุปกรณ์ เราได้นำอุปกรณ์จริง เช่น ไฟขนาด 60 วัตต์ , โคมไฟ, พัดลม เป็นต้น มาต่อกับโครงงานชิ้นนี้สามารถใช้ได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 วงจรรวมทั้งโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทวิจารณ์และแนวทางการพัฒนาต่อ

บทวิจารณ์

จะเห็นว่าโทรศัพท์มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบันมากและความสะดวกสบายก็เป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนต้องการ ฉะนั้นจึงได้มีการประยุกต์โทรศัพท์มาใช้ในการอำนวยความสะดวก โดยโครงงานนี้มีวงจรต่างๆดังต่อไปนี้

1. วงจรตอบรับโทรศัพท์
2. วงจรรับข้อมูลและประมวลผล
3. วงจรควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า
4. ส่วนคีย์บอร์ด
5. ส่วนติดต่อกับโทรศัพท์

ซึ่งการทำงานทั้งหมดสามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับโรงงานหรือสำนักงานได้ ซึ่งอาศัยการควบคุมระยะไกลโดยใช้ระบบโทรศัพท์เป็นสื่อกลาง เพราะระบบโครงข่ายสื่อสารที่แพร่หลายและครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดในปัจจุบัน คือระบบโครงข่ายโทรศัพท์ ดังนั้นการใช้โทรศัพท์ในการควบคุมจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งในการใช้ระบบโทรศัพท์เป็นสื่อกลางในการควบคุมนี้มีข้อได้เปรียบกว่าแบบอื่นๆ หลายประการด้วยกัน คือ

1. โครงข่ายโทรศัพท์มีโครงข่ายที่กว้างขวางหาใช้ได้ง่าย
2. ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับระยะทางในการควบคุมเนื่องจากภายในระบบโครงข่ายโทรศัพท์จะมีการรักษาคุณภาพของระดับสัญญาณ
3. การควบคุมสามารถกระทำได้ตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นกลางวัน หรือกลางคืนก็สามารถควบคุมได้
4. ค่าใช้จ่ายในการควบคุมต่ำ คือเสียเฉพาะค่าบริการใช้โทรศัพท์เท่านั้น

จากข้อดีเหล่านี้ การสั่งงานทางโทรศัพท์ จึงเป็นการเพิ่มสมรรถภาพของการใช้งานระบบโทรศัพท์นอกจากการสื่อสารกันตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการพัฒนาต่อ

จากการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น สามารถให้ผลได้ตามเป้าหมาย อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้ตามที่ผู้ควบคุมต้องการอีกด้วย อาจกล่าวได้ว่า โครงงานนี้มีข้อดีคือ สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ในระยะไกล รวดเร็ว ให้ผลตามต้องการ สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้พิกัดสูง และค่าใช้จ่ายในการควบคุมต่ำ ประหยัด มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล ส่วนข้อเสีย คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมจำนวนน้อยและต้องเปิดเครื่องควบคุมไว้ตลอด 24 ชั่วโมง นั่นคือการเสีย Power ไปบางส่วน

ทั้งข้อดีและข้อเสียที่กล่าวมาแล้วนั้น ในส่วนของข้อดีสามารถนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดีตามที่ได้กล่าวมา และในส่วนของข้อเสีย ควรทำการปรับปรุงต่อไป เช่น ปรับปรุงให้สามารถที่จะควบคุมอุปกรณ์ได้มากกว่านี้ โดยเพิ่มไอซี 8255 เข้าไปในวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และแก้ไขโปรแกรม เพื่อเพิ่มพอร์ตเอาท์พุท และทำให้อุปกรณ์ในการควบคุมมีจำนวนมากขึ้นตามพอร์ตเอาท์พุท อีกทั้งยังสามารถควบคุมอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณชนิดต่างๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณไฟไหม้ หรือ อุปกรณ์สัญญาณกันขโมย

หากนำมาใช้กับอุปกรณ์ประเภทมอเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการเปิด – ปิดอัตโนมัติ ควรจะมีรีเลย์หน่วงเวลา เนื่องจากมอเตอร์ทำงานในช่วงเวลาสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
ขั้นตอนการใช้งาน

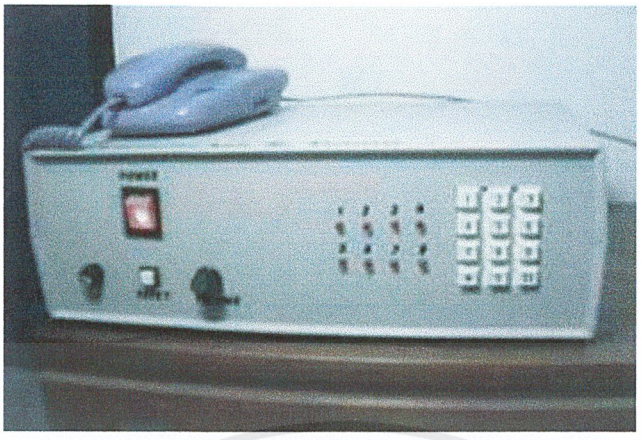
ขั้นตอนการติดต่อการทำงานของวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์ มีดังนี้

1. เมื่อผู้ใช้โทรเข้ามา แล้วพบว่าไม่มีใครรับสาย และผู้โทรเข้ารอจนกระทั่งสัญญาณกระดิ่งดังครบตามที่กำหนดไว้ จะเข้าสู่การควบคุมอัตโนมัติ
2. เมื่อเข้าสู่การควบคุม จะมีเสียงจากวงจรตอบรับให้ทำการกดรหัสผ่านโดยบอกว่า "*โปรดกดรหัสผ่านเพื่อควบคุมอุปกรณ์*" เมื่อผู้ใช้ทำการกดรหัสผ่านไม่ถูกต้อง โครงงานชิ้นนี้จะให้โอกาสผู้ใช้กดใหม่ 3 ครั้ง ถ้ายังกดไม่ถูกต้อง จะทำการตัดสัญญาณ โดยให้ผู้ใช้โทรเข้ามาใหม่ ในกรณีที่ผู้โทรเข้ากดรหัสผ่านถูกต้อง จะเข้าสู่การยืนยันรหัสผ่านอีกครั้ง เพื่อสร้างความแน่ใจ โดยเครื่องจะบอกว่า "*โปรดยืนยันรหัสผ่าน*"
3. เมื่อผู้โทรเข้ากดรหัสผ่านถูกต้อง จะเข้าสู่ระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยเครื่องจะบอกว่า "*ถ้าต้องการตรวจดูหมายเลขอุปกรณ์กด * หรือ ตรวจดูสถานะกด # หรือกดหมายเลขที่ต้องการควบคุม*"
4. เมื่อผู้ใช้กด # เครื่องจะทำการบอกว่าอุปกรณ์ตัวใดเปิดอยู่ หรือถ้าผู้ใช้ทำการเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมแล้ว เครื่องจะบอกให้ผู้ใช้เลือกว่าจะทำการเปิด หรือ ปิด โดยบอกว่า "*ถ้าต้องการปิดกด 0 หรือ เปิดกด 1*"
5. ถ้าผู้ใช้ทำการควบคุมอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งเสร็จสิ้นเครื่องจะทำการถามต่อว่าต้องการควบคุมอุปกรณ์ต่อหรือไม่ โดยบอกว่า "*ถ้าต้องการทำต่อกด **" จะกลับไปสู่ข้อ 3 ใหม่
6. โครงงานชิ้นนี้ จะมีส่วนของคีย์บอร์ด เพื่อทำการแก้ไขรหัสผ่านภายในบ้านโดยไม่ต้องโทรเข้ามาแก้รหัสผ่าน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
วงจรและชิ้นงาน

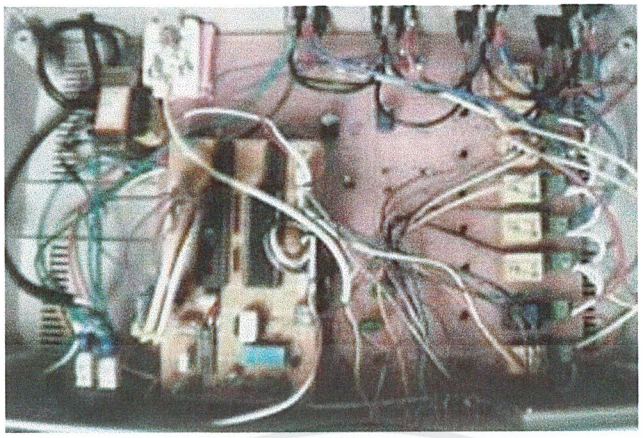
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



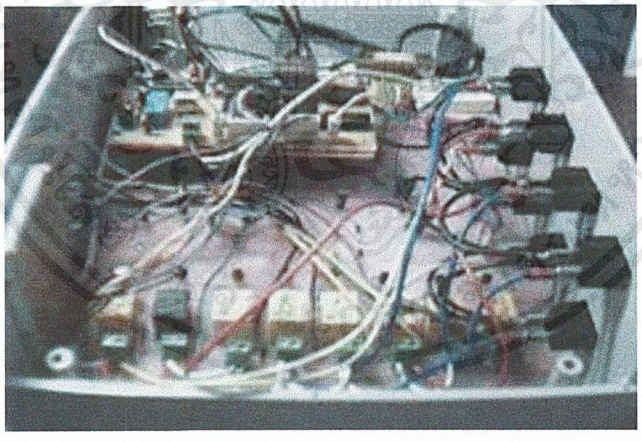
รูปแสดงชิ้นงานด้านหน้า

รูปแสดงชิ้นงานด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรภายในจากด้านบน



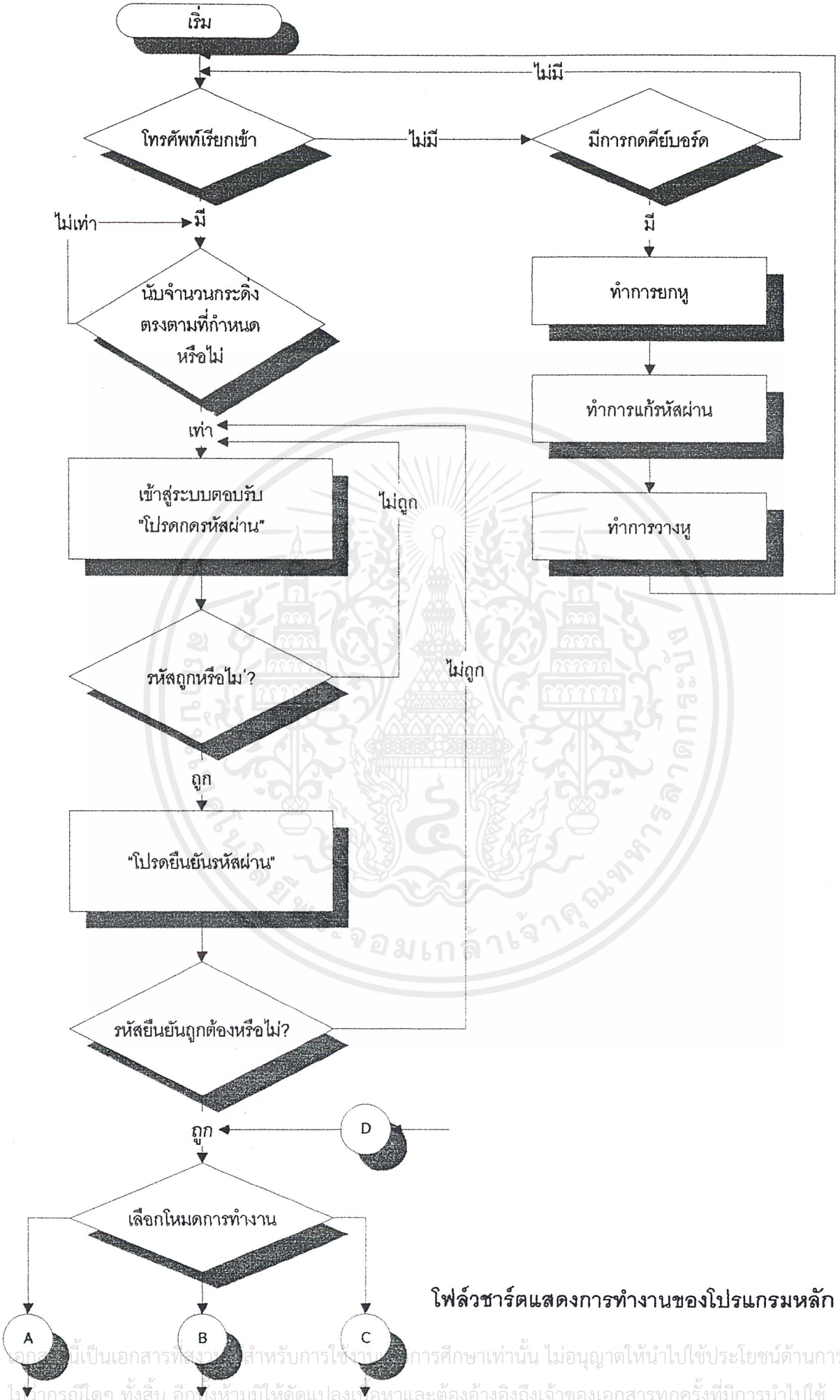
รูปแสดงวงจรภายในจากด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

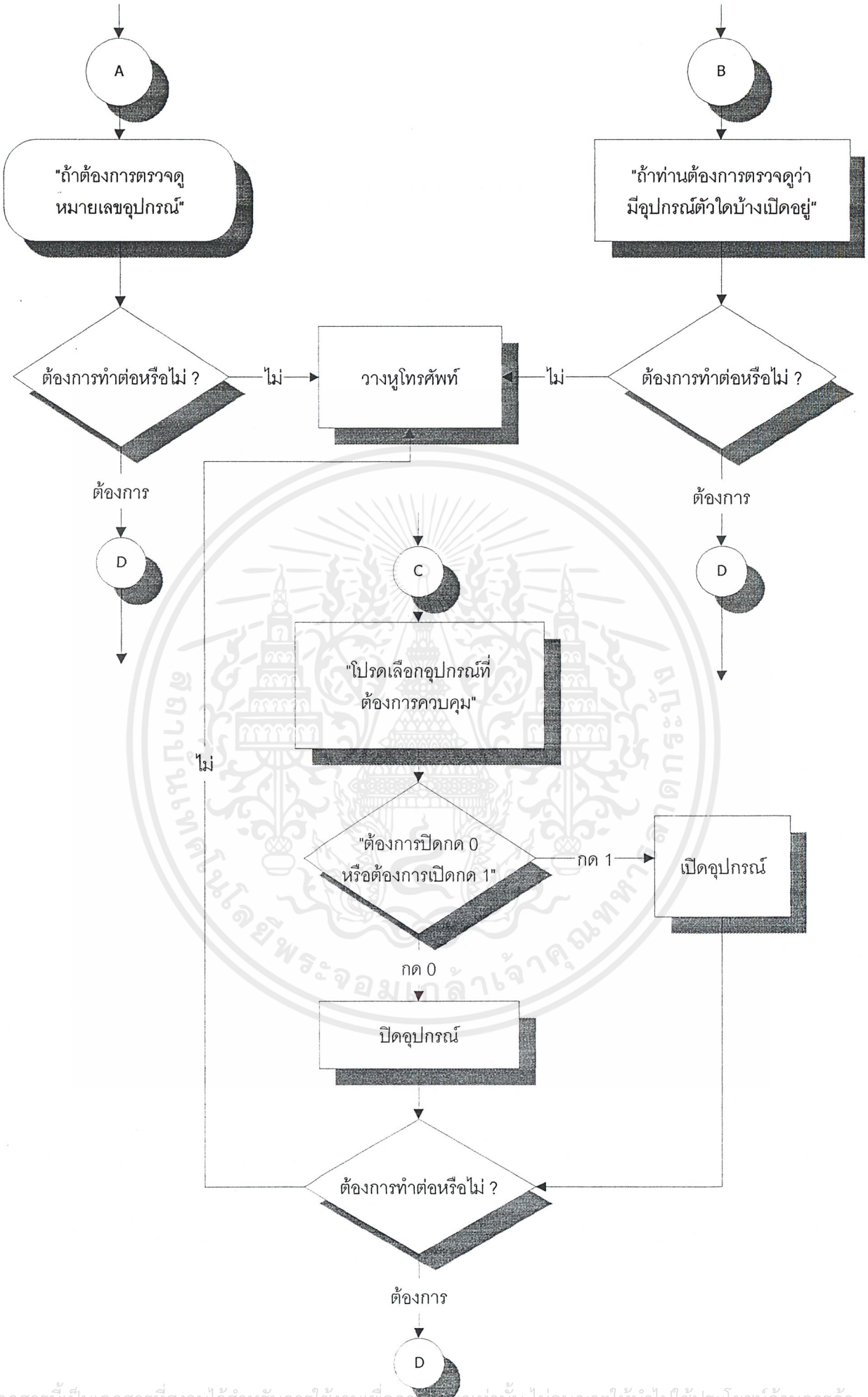
โฟล็วชาร์ตการทำงานของโปรแกรมในส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

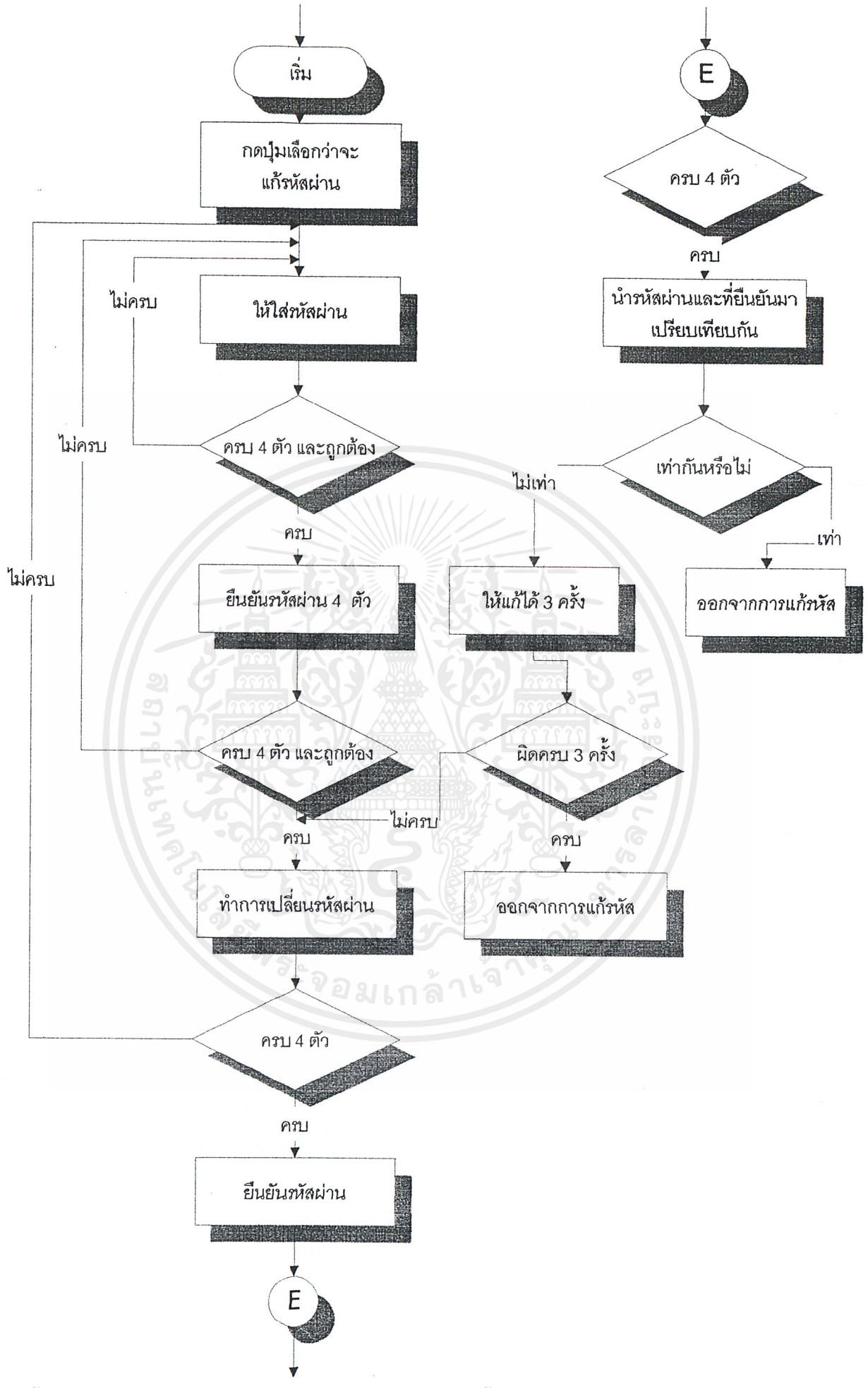


โฟล์วชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

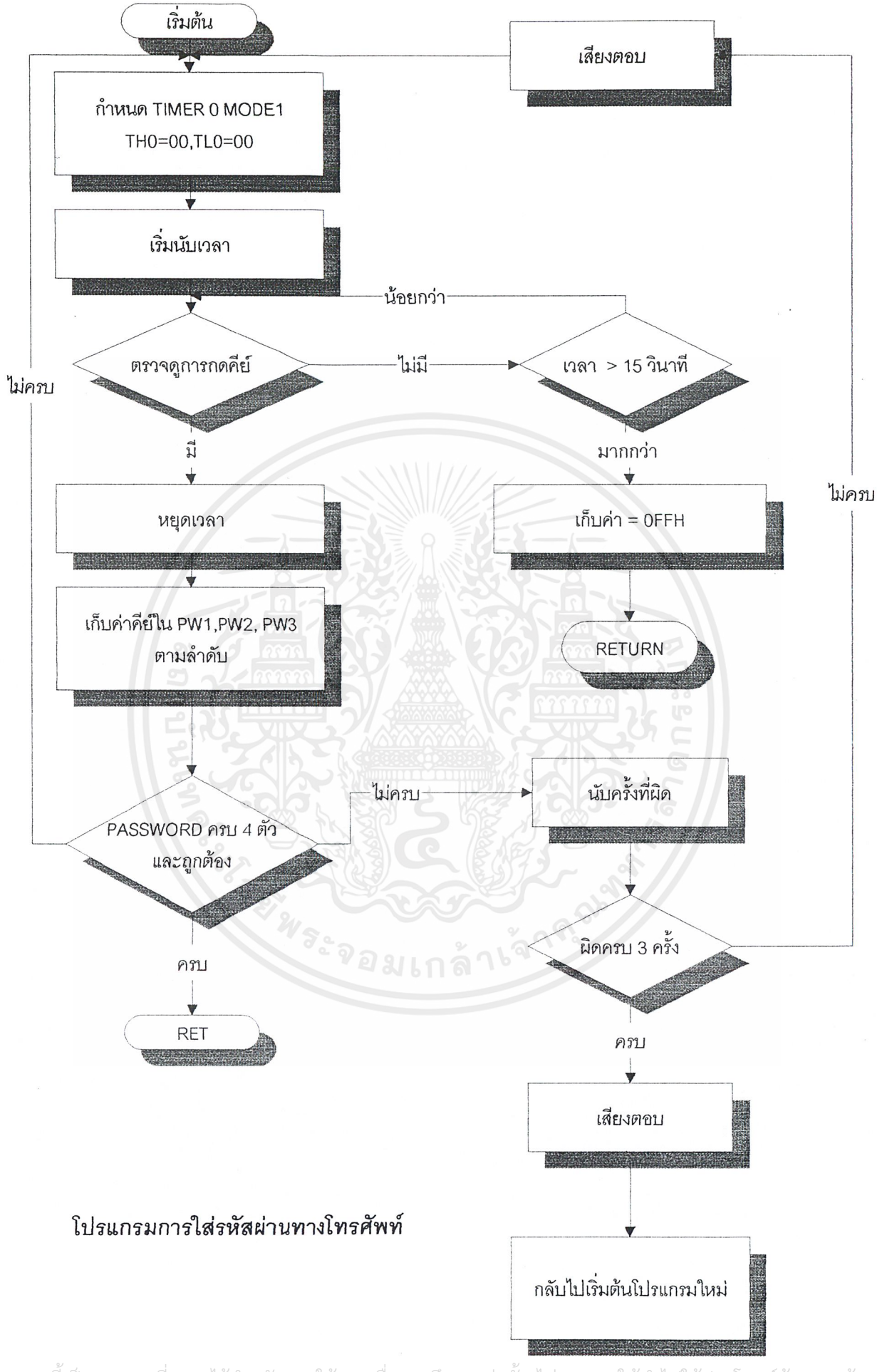


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



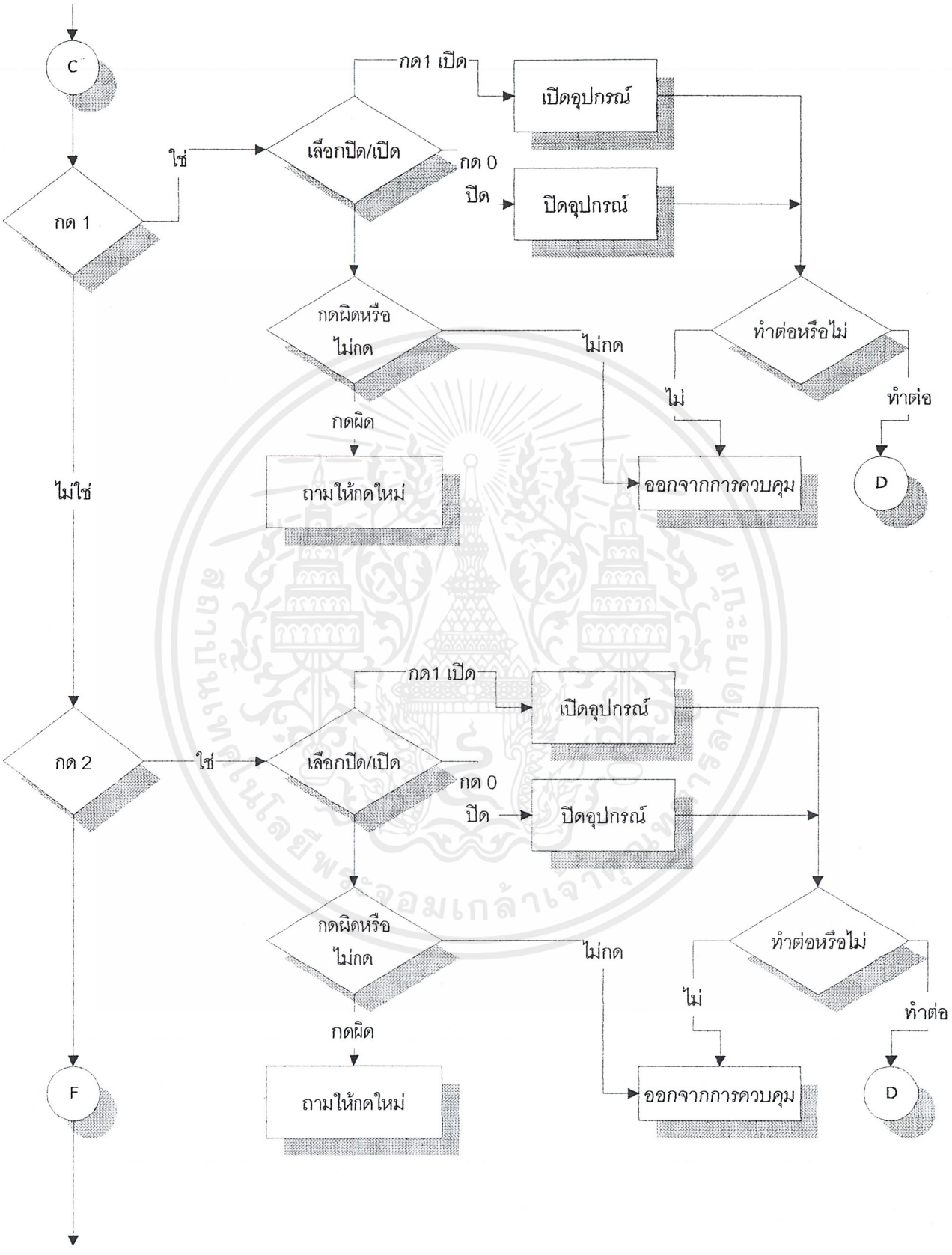
โปรแกรมการแก้รหัสผ่านภายในบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



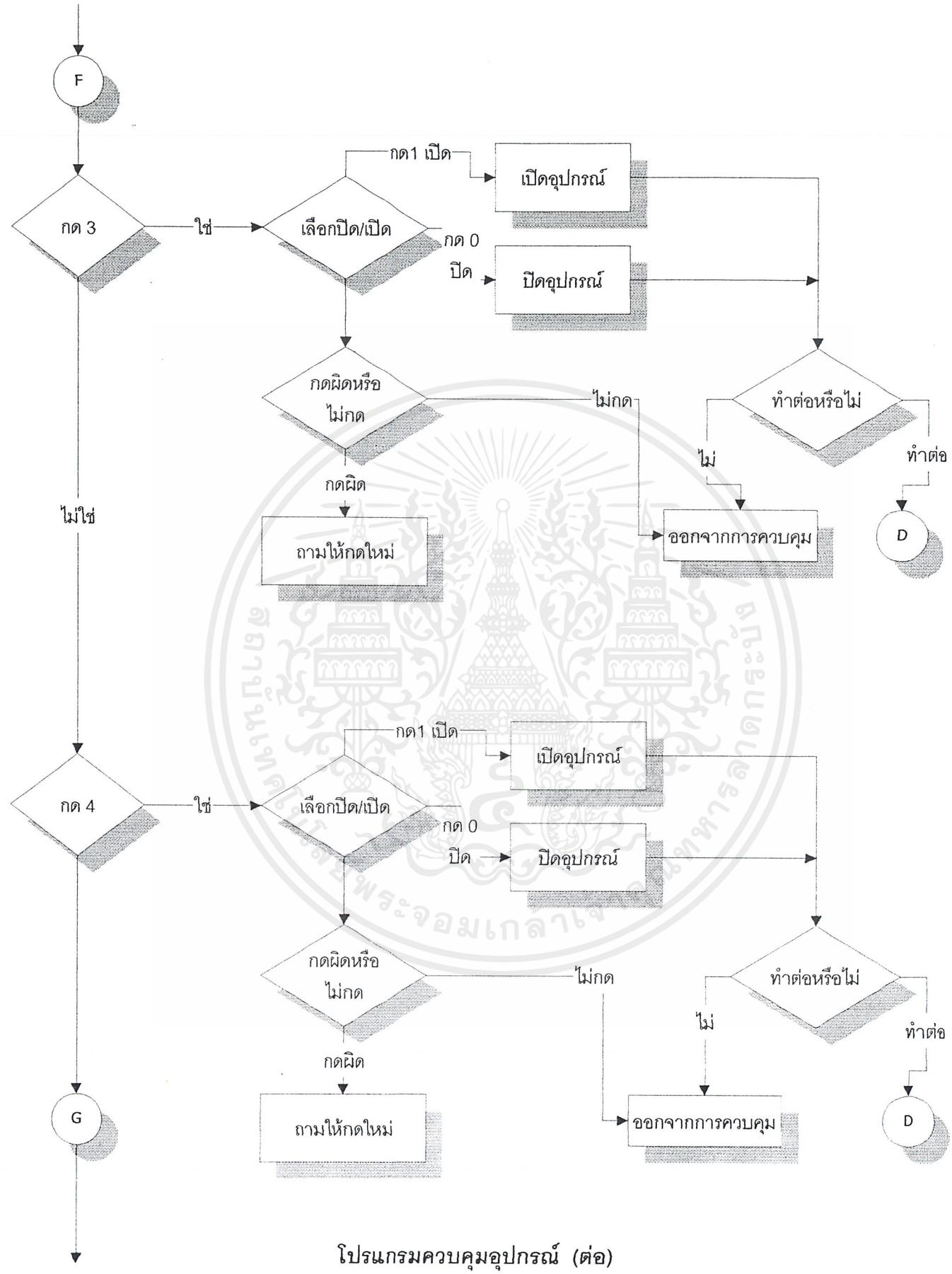
โปรแกรมการใส่รหัสผ่านทางโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



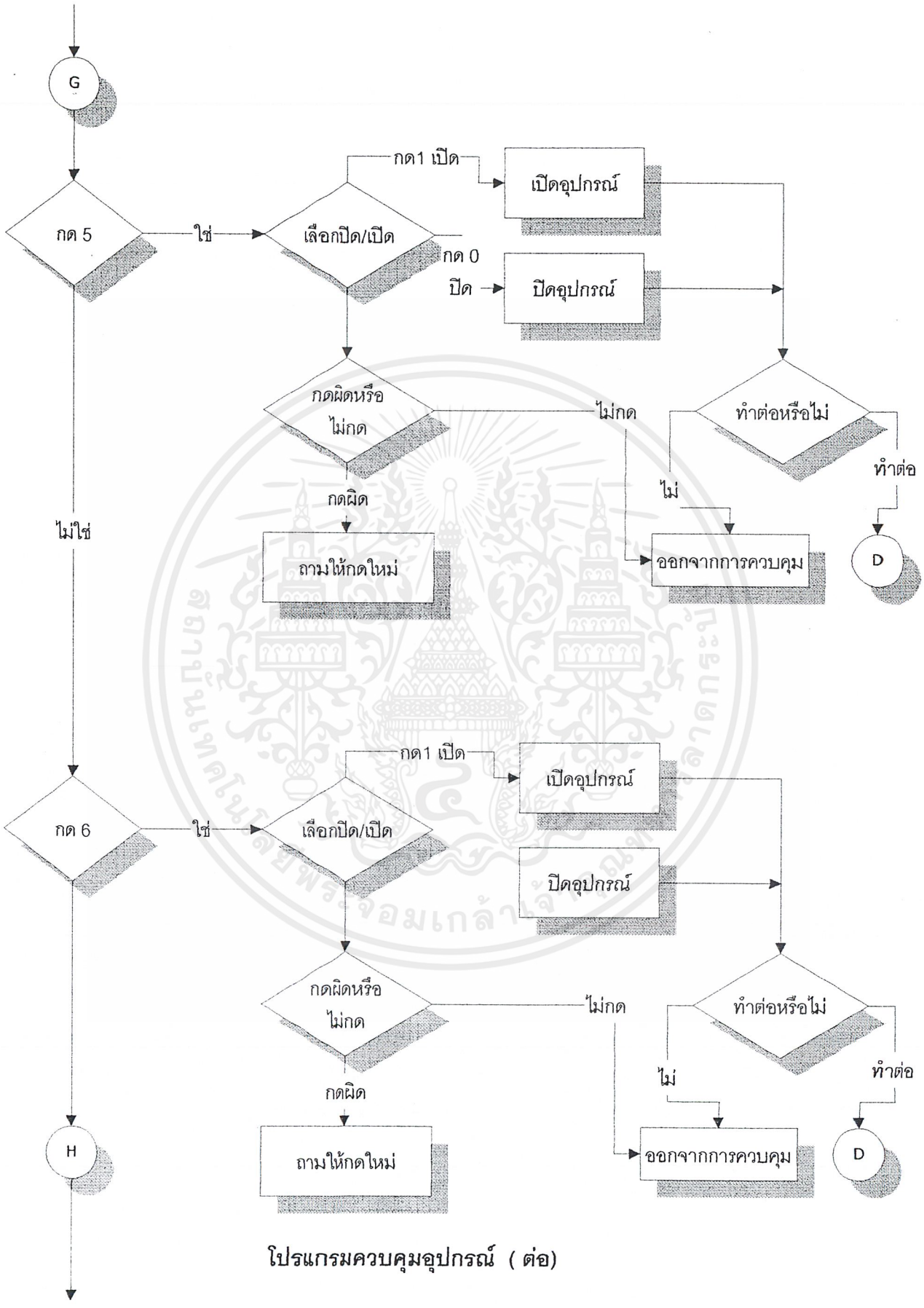
โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



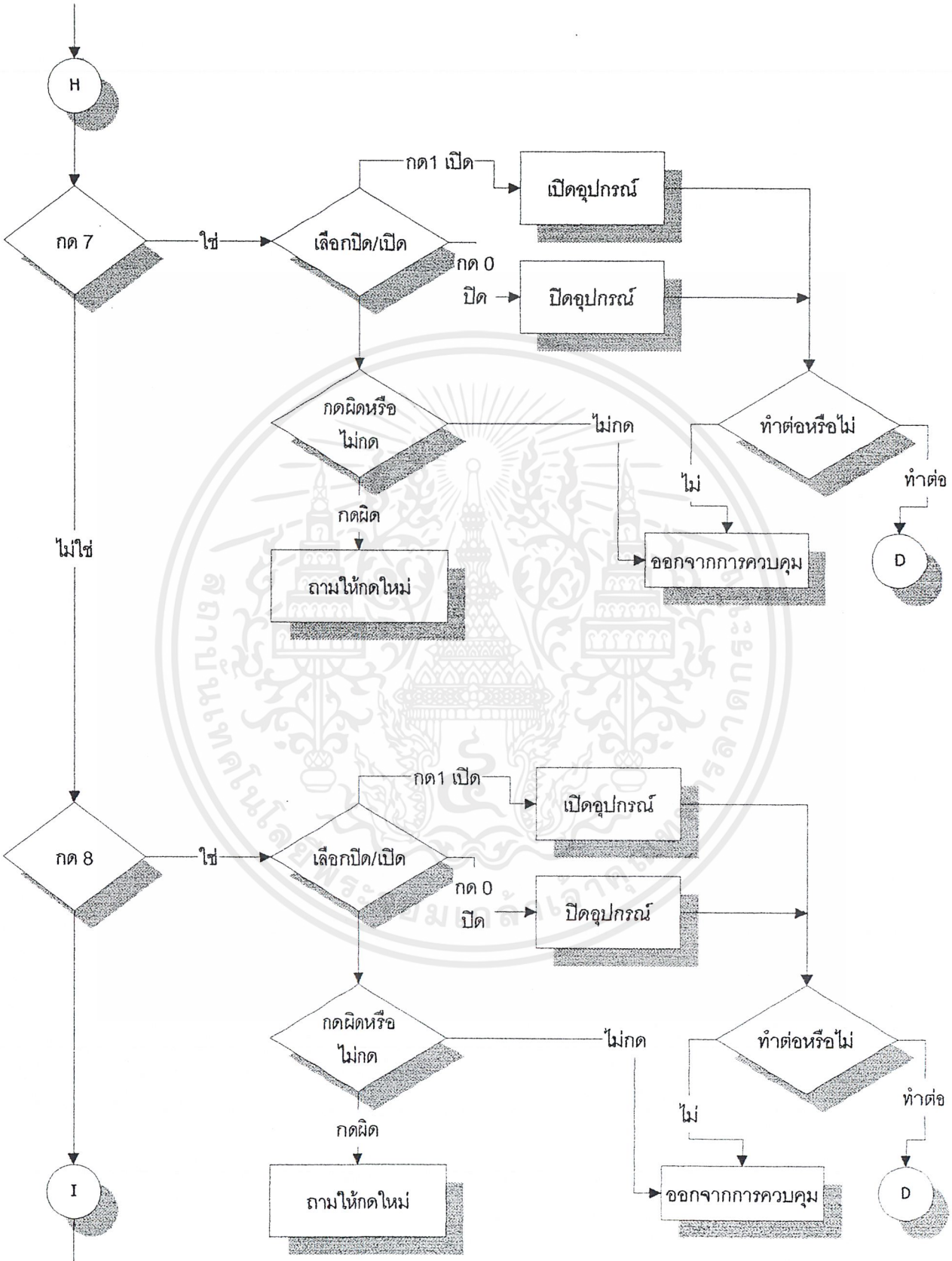
โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



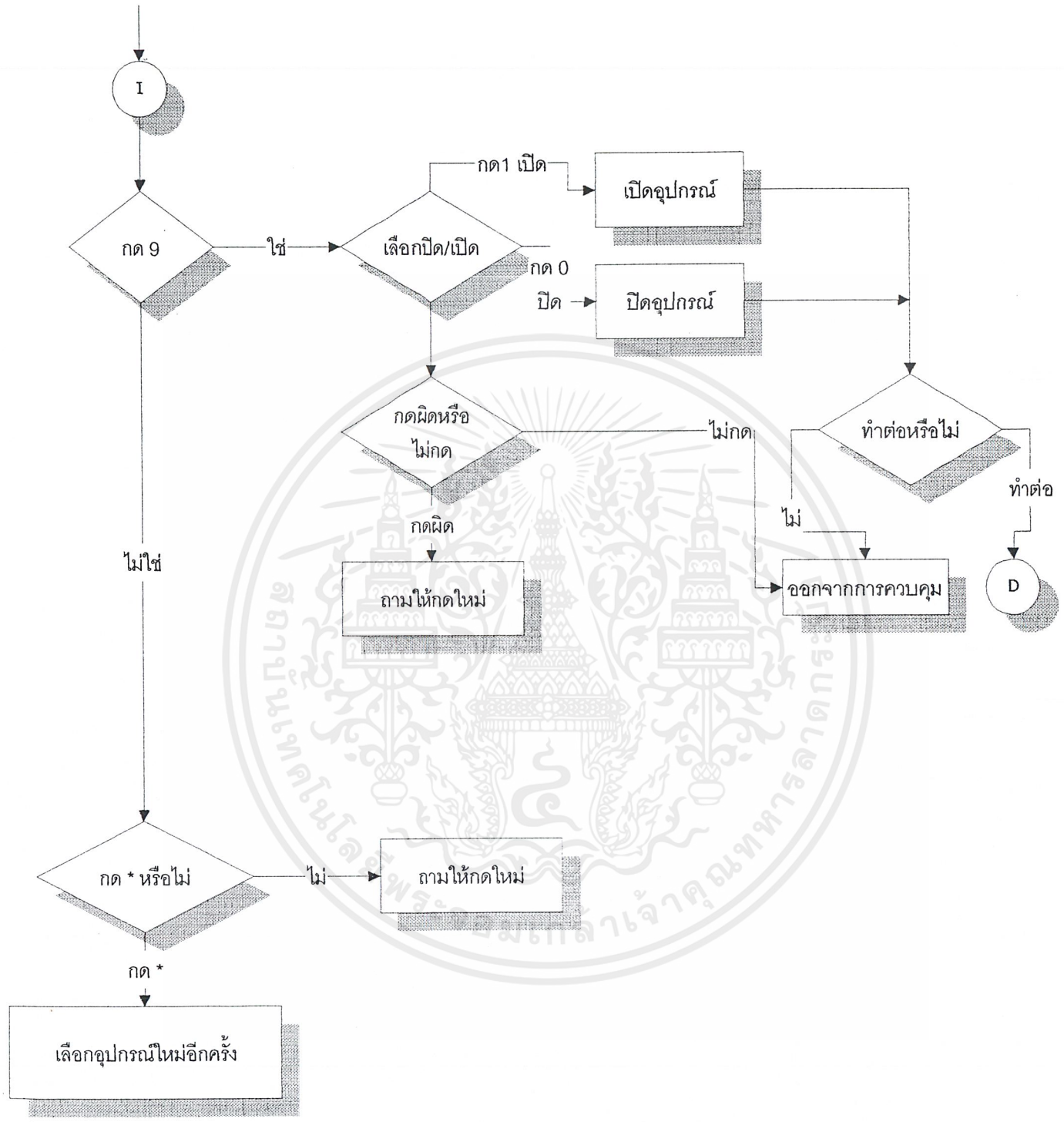
โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ORG         0000H
                LCALL       DELAY_10ms
                SS          EQU   49H
                SS200uS     EQU   4AH
                SS10mS      EQU   4BH
                AJMP        SET_VALUE

;################################################
                ORG         000BH
                PUSH        ACC
                PUSH        PSW
                PUSH        DPH
                PUSH        DPL
                INC         SS200uS
                MOV         A,SS200uS
                CJNE        A,#50,NEXT
                MOV         SS200uS,#0
                INC         SS10mS
                MOV         A,SS10mS
                CJNE        A,#100,NEXT
                MOV         SS10mS,#0
                INC         SS
NEXT:           POP         DPL
                POP         DPH
                POP         PSW
                POP         ACC
        RETI

;#######################  Set Value  ############################

SET_VALUE:  P_A         EQU         0400H
            P_B         EQU         0401H
            P_C         EQU         0402H
            P_CON       EQU         0403H
            OUTPUT      EQU         20H
            INPUT       EQU         22H
            FLAG        EQU         21H

            PW1         EQU         40H
            PW2         EQU         41H
            PW3         EQU         42H
            PW4         EQU         43H

            PW11        EQU         44H
            PW22        EQU         45H
            PW33        EQU         46H
            PW44        EQU         47H
            KEY         EQU         60H

            MOV         PW11,#1H            ;Set password
            MOV         PW22,#9H
            MOV         PW33,#1H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     PW44,#1H
                MOV     FLAG,#00H
                CLR     P1.5            ; hold off
                CLR     P3.2
                MOV     DPTR,#P_CON     ; set value 8255
                MOV     A,#81H
                MOVX    @DPTR,A
                MOV     OUTPUT,#00H
                MOV     INPUT,#00H

MAIN:           CLR     TR0
                CLR     FLAG.2
                JB      P3.1,KEYPAD1  ; detect ringing from tel.line
                LCALL   DETECT_RING
                MOV     R0,#70D
                CLR     P3.2
                MOV     A,#00H
                CLR     TR0
                LCALL   SOUND         ; tell that " insert password"
                LCALL   PASSWORD
                LCALL   CONF
                LCALL   CONT
                SJMP    MAIN
KEYPAD1:        SETB    P1.5
                LCALL   KEYPAD
                CLR     P1.5
                SJMP    MAIN

; ################### detect ringing ##############################

DETECT_RING: MOV    SS,#0
                MOV     SS200uS,#0
                MOV     SS10mS,#0
                MOV     TL0,#38H
                MOV     TH0,#38H
                MOV     TMOD,#02H
                MOV     4DH,#05H      ; ring =5 times hold on
                SETB    TR0

NEC:            JNB     P1.6,$
                LCALL   DELAY_10mS
                LCALL   DELAY_10mS
                JNB     P1.6,NEC
                MOV     SS,#00H
                MOV     SS200uS,#00H
                MOV     SS10mS,#00H
                DJNZ    4DH,NET
                SETB    P1.5
        RET

NET:            JNB     P1.6,NEC
                MOV     A,SS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,#10,NET
                SJMP    MAIN

; ############################ play sound ########################

SOUND:          MOV     TMOD,#10H
                MOV     TH1,#00H
                MOV     TL1,#00H
                MOV     P2,A            ; send value to ISD2590
                CLR     P1.7            ; start to play
                SETB    TR1

LOOP:           JNB     TF1,LOOP
                JB      P1.4,LOOP0      ; if press any key , stop sound
                DEC     R0
                CLR     TF1
                CJNE    R0,#00H,LOOP

LOOP0:          SETB    P1.7    ; stop sound

        RET

;########################## READ KEY ######################

PWORD:          MOV     R6,#00H
                MOV     R7,#00H
                MOV     R5,#00H         ; count time
                MOV     TMOD,#01H       ; timer 0 mode1
                MOV     A,#00H
                MOV     TH0,#00H
                MOV     TL0,#00H
                SETB    TR0

CHKTONE:        JB      P1.4,DATA       ; P1.4 = 1 key is pressed
                JNB     TF0,CHKTONE
                INC     R6
                CJNE    R6,#00H,WAITKEY
                INC     R7

WAITKEY:        CLR     TF0
                CJNE    R7,#01H,CHKTONE
                MOV     R5,#0FFH
        RET

DATA:           CLR     TR0
KEYA:           JB      P1.4,KEYA
                MOV     A,P1            ; send data from tel.
                ANL     A,#0FH
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;########################## PASSWORD ######################

PASSWORD:  MOV      R4,#00H

PP:        LCALL    PWORD
           CJNE     R5,#0FFH,PP1
           LJMP     CLR

PP1:       MOV      PW1,A          ; store password 1
           LCALL    PWORD
           CJNE     R5,#0FFH,PP2
           LJMP     CLR

PP2:       MOV      PW2,A          ; store password 2
           LCALL    PWORD
           CJNE     R5,#0FFH,PP3
           LJMP     CLR

PP3:       MOV      PW3,A          ; store password 3
           LCALL    PWORD
           CJNE     R5,#0FFH,PP4
           LJMP     CLR

PP4:       CJNE     A,PW44,PW      ; check password
           MOV      A,PW3
           CJNE     A,PW33,PW
           MOV      A,PW2
           CJNE     A,PW22,PW
           MOV      A,PW1
           CJNE     A,PW11,PW
           MOV      R0,#56D
           CLR      P3.2
           MOV      A,#67H         ; password is correct
           LCALL    SOUND          ; tell that " confirm password"
      RET

PW:        INC      R4
           CJNE     R4,#03H,PW0
           MOV      R0,#20D
           CLR      P3.2
           MOV      A,#50H
           LCALL    SOUND          ; tell that " call back again"
           LJMP     CLR

PW0:       MOV      R0,#40D
           CLR      P3.2
           MOV      A,#40H
           LCALL    SOUND          ; tell that " try again"
           LJMP     PP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;#################### clear if it has error ####################

CLR:        MOV     R0,#30D
            CLR     P3.2
            MOV     A,#50H
            LCALL   SOUND       ; tell that " call back again"
            CLR     P1.5
            AJMP    MAIN

;###################   confirm password   ####################

CONF:       LCALL   PWORD
            CJNE    R5,#0FFH,PP11
            LJMP    CLR

PP11:       MOV     PW1,A       ; Store PASSWORD1 in PW1
            LCALL   PWORD
            CJNE    R5,#0FFH,PP22
            LJMP    CLR

PP22:       MOV     PW2,A       ; Store PASSWORD2 in PW1
            LCALL   PWORD
            CJNE    R5,#0FFH,PP33
            LJMP    CLR

PP33:       MOV     PW3,A       ; Store PASSWORD3 in PW1
            LCALL   PWORD
            CJNE    R5,#0FFH,PP44
            LJMP    CLR


PP44:       CJNE    A,PW44,PWW  ;Check password is correct?
            MOV     A,PW3
            CJNE    A,PW33,PWW
            MOV     A,PW2
            CJNE    A,PW22,PWW
            MOV     A,PW1
            CJNE    A,PW11,PWW
        RET

PWW:        INC     R4
            CJNE    R4,#03H,PW00
            MOV     R0,#10D
            CLR     P3.2
            MOV     A,#50H
            LCALL   SOUND       ; tell that " call back again"
            LJMP    CLR

PW00:       MOV     T0,#66D
            MOV     R0,#50D
            CLR     P3.2
            MOV     A,#40H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL     SOUND       ; Tell that " try again "
                LJMP      PP

;################### CONTROL LOAD ############################

CONT:           MOV       R0,#120D
                CLR       P3.2
                MOV       A,#7EH
                LCALL     SOUND       ;tell that "select mode"
                LCALL     DEL

CONTROL:        LCALL     PWORD
                CJNE      A,#0BH,CONT00
                MOV       R0,#120D
                SETB      P3.2
                MOV       A,#0ACH
                LCALL     SOUND       ;tell that " number of load"
                LCALL     DO_AGAIN
                SJMP      CONT

CONT00:         CJNE      A,#0CH,CONT0
                LJMP      STAT

CONT0:          CJNE      R5,#0FFH,CH1

        RET

;######################   DELAY   ############################

DEL:            MOV       R2,#0FFH
DEL1:           MOV       R1,#0FFH
DEL0:           DJNZ      R1,DEL0
                DJNZ      R2,DEL1
        RET

;########################## load 1 ############################

CH1:            CJNE      A,#01H,CH2        ;
W_CH1:          MOV       R0,#40D
                CLR       P3.2
                MOV       A,#0C4H
                LCALL     SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL     PWORD
                CJNE      R5,#0FFH,ON1
        RET

ON1:            CJNE      A,#01H,OFF1
                SETB      OUTPUT.0
                SETB      INPUT.0
                LCALL     OUT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP        DO_AGAIN

OFF1:           CJNE        A,#0AH,W_CH1
                CLR         INPUT.0
                CLR         OUTPUT.0
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN

;######################## load 2 ############################

CH2:            CJNE        A,#02H,CH3
W_CH2:           MOV        R0,#40D
                CLR         P3.2
                MOV         A,#0C4H
                LCALL       SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL       PWORD
                CJNE        R5,#0FFH,ON2
        RET

ON2:            CJNE        A,#01H,OFF2
                SETB        OUTPUT.1
                SETB        INPUT.1
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN

OFF2:           CJNE        A,#0AH,W_CH2
                CLR         INPUT.1
                CLR         OUTPUT.1
                LCALL OUT
                LJMP DO_AGAIN

;########################  load 3  ############################

CH3:            CJNE        A,#03H,CH4          ;
W_CH3:           MOV        R0,#40D
                CLR         P3.2
                MOV         A,#0C4H
                LCALL       SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL       PWORD
                CJNE        R5,#0FFH,ON3
        RET

ON3:            CJNE        A,#01H,OFF3
                SETB        INPUT.2
                SETB        OUTPUT.2
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN


OFF3:           CJNE        A,#0AH,W_CH3
                CLR         INPUT.2
                CLR         OUTPUT.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN

;############################ Load 4 ##############################

CH4:            CJNE        A,#04H,CH5
W_CH4:          MOV         R0,#40D
                MOV         A,#0C4H
                CLR         P3.2
                LCALL       SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL       PWORD
                CJNE        R5,#0FFH,ON4
        RET

ON4:            CJNE        A,#01H,OFF4
                SETB        OUTPUT.3
                SETB        INPUT.3
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN


OFF4:           CJNE        A,#0AH,W_CH4
                CLR         INPUT.3
                CLR         OUTPUT.3
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN

;############################ load 5 ##############################

CH5:            CJNE        A,#05H,CH6
W_CH5:           MOV        R0,#40D
                CLR         P3.2
                MOV         A,#0C4H
                LCALL       SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL       PWORD
                CJNE        R5,#0FFH,ON5
        RET

ON5:            CJNE        A,#01H,OFF5
                SETB        OUTPUT.4
                SETB        INPUT.4
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN


OFF5:           CJNE        A,#0AH,W_CH5
                CLR         INPUT.4
                CLR         OUTPUT.4
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;######################## Load 6 ##############################

CH6:        CJNE        A,#06H,CH7
W_CH6:      MOV         R0,#40D
            CLR         P3.2
            MOV         A,#0C4H
            LCALL       SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
            LCALL       PWORD
            CJNE        R5,#0FFH,ON6
        RET

ON6:        CJNE        A,#01H,OFF6
            SETB        OUTPUT.5
            SETB        INPUT.5
            LCALL       OUT
            LJMP        DO_AGAIN

OFF6:       CJNE        A,#0AH,W_CH6
            CLR         OUTPUT.5
            CLR         INPUT.5
            LCALL       OUT
            LJMP        DO_AGAIN

;######################## Load 7 ##############################

CH7:        CJNE        A,#07H,CH8
W_CH7:      MOV         R0,#40D
            CLR         P3.2
            MOV         A,#0C4H
            LCALL       SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
            LCALL       PWORD
            CJNE        R5,#0FFH,ON7
        RET

ON7:        CJNE        A,#01H,OFF7
            SETB        INPUT.6
            SETB        OUTPUT.6
            LCALL       OUT
            LJMP        DO_AGAIN

OFF7:       CJNE        A,#0AH,W_CH7
            CLR         OUTPUT.6
            CLR         INPUT.6
            LCALL       OUT
            LJMP        DO_AGAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;############################ Load 8 ############################

CH8:        CJNE        A,#08H,CH_ALL
W_CH8:      MOV         R0,#40D
            CLR         P3.2
            MOV         A,#0C4H         ; tell that " select ON/OFF"
            LCALL       SOUND
            LCALL       PWORD
            CJNE        R5,#0FFH,ON8
      RET

ON8:        CJNE        A,#01H,OFF8
            SETB        INPUT.7
            SETB        OUTPUT.7
            LCALL       OUT
            LJMP        DO_AGAIN


OFF8:       CJNE        A,#0AH,W_CH8
            CLR         INPUT.7
            CLR         OUTPUT.7
            LCALL       OUT
            LJMP        DO_AGAIN

;############################ all load ############################

CH_ALL:     CJNE        A,#09H,DO_AGAIN
W_CH_ALL:   MOV         R0,#40D
            CLR         P3.2
            MOV         A,#0C4H
            LCALL       SOUND           ;tell that " select ON/OFF"
            LCALL       PWORD
            CJNE        R5,#0FFH,ON_ALL
      RET

ON_ALL:     CJNE        A,#01H,OFF_ALL
            MOV         A,#0FFH
            MOV         INPUT,#0FFH
            MOV         OUTPUT,A
            LCALL       OUT
            LJMP        DO_AGAIN


OFF_ALL:    CJNE        A,#0AH,W_CH_ALL
            MOV         A,#00H
            MOV         OUTPUT,A
            MOV         INPUT,#00H
            LCALL       OUT
            LJMP        DO_AGAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;#####################  Do Again ############################

DO_AGAIN:   MOV         R0,#70D
            SETB        P3.2
            MOV         A,#0ACH
            LCALL       SOUND; tell that " Do u want to control again"
            LCALL       PWORD
            CJNE        A,#00001011B,WRONGKEY
            LJMP        CONT

; ##################### Press the wrong key ########################

WRONGKEY:   LJMP        CLR

;######################### out control load  ########################

OUT:        MOV         DPTR,#P_B
            MOV         A,20H
            MOVX        @DPTR,A
      RET

;#######################  Check status  ############################

STAT:       MOV         A,22H

ALLOFF:     CJNE        A,#00H,ALLON
            MOV         R0,#10D
            SETB        P3.2
            MOV         A,#8CH
            LCALL       SOUND
            LJMP        DO_AGAIN


ALLON:      CJNE        A,#0FFH,TELL1
            MOV         R0,#35D
            SETB        P3.2
            MOV         A,#9CH
            LCALL       SOUND
            LJMP        DO_AGAIN

TELL1:      MOV         22H,A
            JNB         INPUT.0,TELL2
            MOV         R0,#35D
            SETB        P3.2
            MOV         A,#0CH
            LCALL       SOUND
            CLR         P3.2
            LCALL       DELAY_1mS

TELL2:      JNB         INPUT.1,TELL3
            MOV         R0,#35D
            SETB        P3.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#1CH
                LCALL   SOUND
                LCALL   DELAY_1mS

TELL3:          JNB     INPUT.2,TELL4
                MOV     R0,#40D
                SETB    P3.2
                MOV     A,#2CH
                LCALL   SOUND
                LCALL   DELAY_1mS

TELL4:          JNB     INPUT.3,TELL5
                MOV     R0,#30D
                SETB    P3.2
                MOV     A,#3CH
                LCALL   SOUND
                LCALL   DELAY_1mS

TELL5:          JNB     INPUT.4,TELL6
                MOV     R0,#30D
                SETB    P3.2
                MOV     A,#4CH
                LCALL   SOUND
                LCALL   DELAY_1mS

TELL6:          JNB     INPUT.5,TELL7
                MOV     R0,#30D
                SETB    P3.2
                MOV     A,#5CH
                LCALL   SOUND
                LCALL   DELAY_1mS

TELL7:          JNB     INPUT.6,TELL8
                MOV     R0,#30D
                SETB    P3.2
                MOV     A,#6CH
                LCALL   SOUND
                LCALL   DELAY_1mS

TELL8:          JNB     INPUT.7,CRT
                MOV     R0,#45D
                SETB    P3.2
                MOV     A,#7CH
                LCALL   SOUND
                LCALL   DELAY_1mS
                LJMP    DO_AGAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CRT:            LJMP        CLR

;######################## change password  ##########################

KEYPAD:         CLR         P3.2
                MOV         R0,#70D
                MOV         A,#00H
                LCALL       SOUND       ;tell that " insert password"
                MOV         R3,#00H

KEY_PASSWORD:LCALL      SCAN
                MOV         PW1,KEY
                LCALL       SCAN
                MOV         PW2,KEY
                LCALL       SCAN
                MOV         PW3,KEY
                LCALL       SCAN
                MOV         PW4,KEY
                MOV         A,PW11
                CJNE        A,PW1,E2
                MOV         A,PW22
                CJNE        A,PW2,E2
                MOV         A,PW3
                CJNE        A,PW3,E2
                MOV         A,PW44
                CJNE        A,PW4,E2

KEY_CONFIRM:CLR         P3.2
                MOV         R0,#56D
                MOV         A,#67H
                LCALL       SOUND
                LCALL       SCAN

                MOV         PW1,KEY
                LCALL       SCAN
                MOV         PW2,KEY
                LCALL       SCAN
                MOV         PW3,KEY
                LCALL       SCAN
                MOV         PW4,KEY

                MOV         A,PW1
                CJNE        A,PW11,E2
                MOV         A,PW2
                CJNE        A,PW22,E2
                MOV         A,PW3
                CJNE        A,PW33,E2
                MOV         A,PW4
                CJNE        A,PW44,E2

NEW_PASS:       CLR         P3.2
                MOV         R0,#66D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#0F5H
                LCALL   SOUND
                LCALL   SCAN

                MOV     PW11,KEY
                LCALL   SCAN
                MOV     PW22,KEY
                LCALL   SCAN
                MOV     PW33,KEY
                LCALL   SCAN
                MOV     PW44,KEY

CONFIRM_NEW:CLR P3.2
                MOV     R0,#56D
                MOV     A,#67H
                LCALL   SOUND
                LCALL   SCAN

                MOV     PW1,KEY
                LCALL   SCAN
                MOV     PW2,KEY
                LCALL   SCAN
                MOV     PW3,KEY
                LCALL   SCAN
                MOV     PW4,KEY

                MOV     A,PW1
                SUBB    A,PW11
                JNZ     ERROR1
                MOV     A,PW2
                SUBB    A,PW22
                JNZ     ERROR1
                MOV     A,PW3
                SUBB    A,PW33
                JNZ     ERROR1
                MOV     A,PW4
                SUBB    A,PW44
                JNZ     ERROR1
                SJMP    KEY_CONTROL

;#########################################

E2:             CLR     P3.2
                MOV     R0,#30D
                MOV     A,#50H
                LCALL   SOUND
                CLR     P1.5
                LJMP    MAIN

ERROR1:         CJNE    R3,#00H,E2
                CLR     P3.2
                MOV     R0,#30D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#67H
                LCALL   SOUND
                MOV     R3,#01H
                LJMP    NEW_PASS

;#################### CONTROL LOAD ####################

KEY_CONTROL:MOV R0,#120D
                CLR     P3.2
                MOV     A,#7EH
                LCALL   SOUND           ;tell that "select mode"
                LCALL   DEL

CONTROL1:   LCALL   SCAN
                MOV     A,KEY
                CJNE    A,#0BH,CONT001
                MOV     R0,#120D
                SETB    P3.2
                MOV     A,#0D3H
                LCALL   SOUND           ; tell that " number of load"
                LCALL   DO_AGAIN1

CONT001:    CJNE    A,#0CH,CONT01
                LJMP    STAT

CONT01:      CJNE    R5,#0FFH,CH11

        RET

;#########################  load 1 ############################

CH11:       CJNE    A,#01H,CH21         ;
W_CH11:     MOV     R0,#40D
                CLR     P3.2
                MOV     A,#0C4H
                LCALL   SOUND           ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL   SCAN
                MOV     A,KEY
                CJNE    R5,#0FFH,ON11
        RET

ON11:       CJNE    A,#01H,OFF11
                SETB    OUTPUT.0
                SETB    INPUT.0
                LCALL   OUT
                LJMP    DO_AGAIN1



OFF11:      CJNE    A,#0BH,W_CH11
                CLR     INPUT.0
                CLR     OUTPUT.0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1


;######################## load 2 ############################

CH21:           CJNE        A,#02H,CH31
W_CH21:         MOV         R0,#40D
                CLR         P3.2
                MOV         A,#0C4H
                LCALL       SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL       SCAN
                MOV         A,KEY
                CJNE        R5,#0FFH,ON21
        RET

ON21:           CJNE        A,#01H,OFF21
                SETB        OUTPUT.1
                SETB        INPUT.1
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1


OFF21:          CJNE        A,#0BH,W_CH21
                CLR         INPUT.1
                CLR         OUTPUT.1
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1

;########################  load 3  ############################

CH31:           CJNE        A,#03H,CH41         ;
W_CH31:          MOV        R0,#40D
                CLR         P3.2
                MOV         A,#0C4H
                LCALL       SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL       SCAN
                MOV         A,KEY
                CJNE        R5,#0FFH,ON31
        RET

ON31:           CJNE        A,#01H,OFF31
                SETB        INPUT.2
                SETB        OUTPUT.2
                LCALL       OUT
                LJMP         DO_AGAIN1

OFF31:          CJNE        A,#0BH,W_CH31
                CLR         INPUT.2
                CLR         OUTPUT.2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1

;############################### Load 4 ############################

CH41:           CJNE        A,#04H,CH51
W_CH41:         MOV         R0,#40D
                MOV         A,#0C4H
                CLR         P3.2
                LCALL       SOUND           ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL       SCAN
                MOV         A,KEY
                CJNE        R5,#0FFH,ON41
        RET

ON41:           CJNE        A,#01H,OFF41
                SETB        OUTPUT.3
                SETB        INPUT.3
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1

OFF41:          CJNE         A,#0BH,W_CH41
                CLR         OUTPUT.3
                CLR         INPUT.3
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1

;########################## load 5 ##############################

CH51:           CJNE        A,#05H,CH61
W_CH51:          MOV        R0,#40D
                CLR         P3.2
                MOV         A,#0C4H
                LCALL       SOUND           ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL       SCAN
                MOV         A,KEY
                CJNE        R5,#0FFH,ON51
        RET

ON51:           CJNE        A,#01H,OFF51
                SETB        OUTPUT.4
                SETB        INPUT.4
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1


OFF51:          CJNE        A,#0BH,W_CH51
                CLR         INPUT.4
                CLR         OUTPUT.4
                LCALL       OUT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP        DO_AGAIN1

;########################## Load 6 ##############################

CH61:           CJNE        A,#06H,CH71
W_CH61:         MOV         R0,#40D
                CLR         P3.2
                MOV         A,#04CH
                LCALL       SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL       SCAN
                MOV         A,KEY
                CJNE        R5,#0FFH,ON61
        RET

ON61:           CJNE        A,#01H,OFF61
                SETB        OUTPUT.5
                SETB        INPUT.5
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1


OFF61:          CJNE        A,#0BH,W_CH61
                CLR         INPUT.5
                CLR         OUTPUT.5
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1

;########################## Load 7 ##############################

CH71:           CJNE        A,#07H,CH81
W_CH71:         MOV         R0,#40D
                CLR         P3.2
                MOV         A,#0C4H
                LCALL       SOUND       ; tell that " select ON/OFF"
                LCALL       SCAN
                MOV         A,KEY
                CJNE        R5,#0FFH,ON71
        RET

ON71:           CJNE        A,#01H,OFF71
                SETB        OUTPUT.6
                SETB        INPUT.6
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1

OFF71:          CJNE        A,#0BH,W_CH71
                CLR         OUTPUT.6
                CLR         INPUT.6
                LCALL       OUT
                LJMP        DO_AGAIN1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;############################ Load 8 ##########################

CH81:       CJNE      A,#08H,CH_ALL1
W_CH81:     MOV       R0,#40D
            CLR       P3.2
            MOV       A,#0C4H        ; tell that " select ON/OFF"
            LCALL     SOUND
            LCALL     SCAN
            MOV       A,KEY
            CJNE      R5,#0FFH,ON81
      RET

ON81:       CJNE      A,#01H,OFF81
            SETB      OUTPUT.7
            SETB      INPUT.7
            LCALL     OUT
            LJMP      DO_AGAIN1

OFF81:      CJNE      A,#0BH,W_CH81
            CLR       OUTPUT.7
            CLR       INPUT.7
            LCALL     OUT
            LJMP      DO_AGAIN1

;############################ all load ############################

CH_ALL1:    CJNE      A,#09H,DO_AGAIN1
W_CH_ALL1:  MOV       R0,#40D
            CLR       P3.2
            MOV       A,#0C4H
            LCALL     SOUND          ; tell that " select ON/OFF"
            LCALL     SCAN
            MOV       A,KEY
            CJNE      R5,#0FFH,CH_ALL1
      RET

ON_ALL1:    CJNE      A,#01H,OFF_ALL1
            MOV       A,#0FFH
            MOV       OUTPUT,A
            MOV       INPUT,#0FFH
            LCALL     OUT
            LJMP      DO_AGAIN1

OFF_ALL1:   CJNE      A,#0BH,W_CH_ALL1
            MOV       A,#00H
            MOV       OUTPUT,A
            MOV       INPUT,#00H
            LCALL     OUT
            LJMP      DO_AGAIN1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;######################## Do Again ##############################

DO_AGAIN1:  MOV         R0,#66D
            CLR         P3.2
            MOV         A,#0DEH
            LCALL       SOUND; tell that " Do u want to control again"
            LCALL       SCAN
            MOV         A,KEY
            CJNE        A,#00001001B,WRONGKEY1
            LJMP        KEY_CONTROL

; ###################  Press the wrong key  ########################

WRONGKEY1:LJMP          MAIN

;###################### SCAN KEY ############################

SCAN:       MOV         DPTR,#P_C
            MOVX        A,@DPTR
            CALL        DELAY_1mS
            MOVX        A,@DPTR
            CALL        DELAY_1mS
            ANL         A,#00001111B

            CALL        DELAY_1mS
            CJNE        A,#00001111B,SCAN
            MOV         SS,#0
            MOV         SS200uS,#0
            MOV         SS10mS,#0
            MOV         TL0,#38H
            MOV         TH0,#38H
            MOV         TMOD,#02H

SCAN_1:     MOV         KEY,#01H
            MOV         A,#060H     ;CHECK COLUMN 0 (01100000)
            MOVX        @DPTR,A
            LCALL       DELAY_1ms
            MOVX        A,@DPTR
            JNB         ACC.0,ROW_0
            JNB         ACC.1,ROW_1
            JNB         ACC.2,ROW_2
            JNB         ACC.3,ROW_3
            INC         KEY
            MOV         A,#050H     ;CHECK COLUMN 1 (01010000)
            MOVX        @DPTR,A
            LCALL       DELAY_1ms
            MOVX        A,@DPTR
            JNB         ACC.0,ROW_0
            JNB         ACC.1,ROW_1
            JNB         ACC.2,ROW_2
            JNB         ACC.3,ROW_3
            INC         KEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#030H     ;CHECK COLUMN 0 (00110000)
                MOVX    @DPTR,A
                LCALL   DELAY_1ms
                MOVX    A,@DPTR
                JNB     ACC.0,ROW_0
                JNB     ACC.1,ROW_1
                JNB     ACC.2,ROW_2
                JNB     ACC.3,ROW_3

                JNB     P1.6,BELL
                MOV     A,SS
                CJNE    A,#30,SCAN_1
                CLR     P1.5
        RET
BELL:           SETB    FLAG.2
                CLR     P1.5
        RET

; ################## SCAN ROW ############################
ROW_0:          RET
ROW_1:          MOV     A,KEY
                ADD     A,#3
                MOV     KEY,A
                CLR     P1.5
        RET

ROW_2:          MOV     A,KEY
                ADD     A,#6
                MOV     KEY,A
                CLR     P1.5
         RET

ROW_3:          CJNE    R0,#00000010B,PRESS0
                MOV     A,KEY
                ADD     A,#2
                MOV     KEY,A
                CLR     P1.5
           RET

PRESS0:         MOV     A,KEY
                ADD     A,#9
                MOV     KEY,A
                CLR     P1.5
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;#####################################################################
DELAY_1ms:      MOV     6,#0E6H
DELAY_1ms_1:    NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_1ms_1
DELAY_10ms:     MOV     7,#010H
DELAY_10ms_1:   MOV     6,#0E6H
DELAY_10ms_2:   NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_10ms_2
                DJNZ    R7,DELAY_10ms_1
        RET

END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

เอกสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MITEL®

ISO²-CMOS **MT8870D/MT8870D-1**

Integrated DTMF Receiver

ISSUE 5 March 1997

Features

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

Applications

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

Ordering Information

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

-40 °C to +85 °C

Description

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

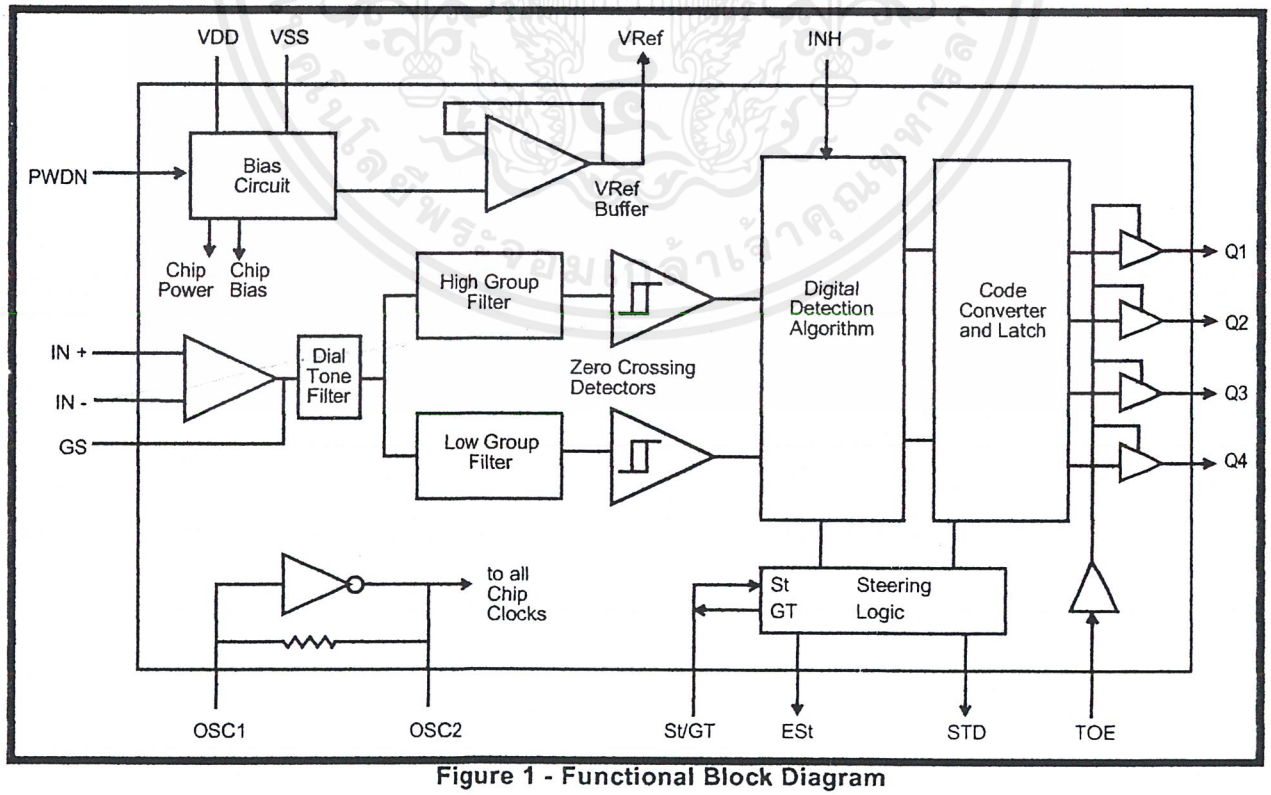
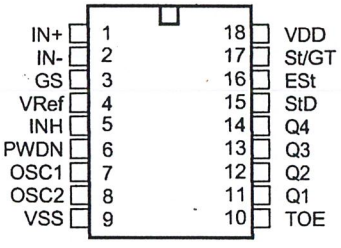
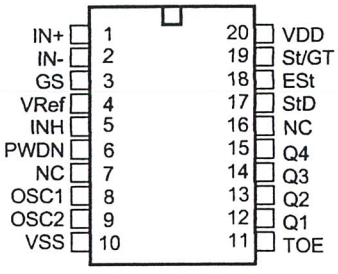


Figure 1 - Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



18 PIN PLASTIC DIP/SOIC



20 PIN SSOP

Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

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

Filter Section

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

Decoder Section

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

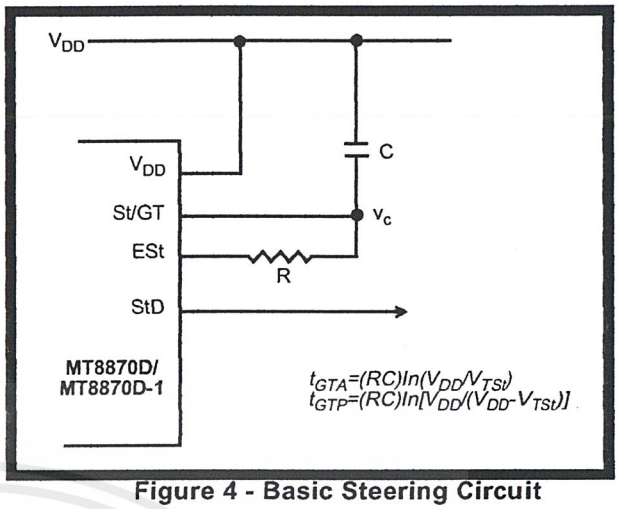


Figure 4 - Basic Steering Circuit

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

Steering Circuit

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

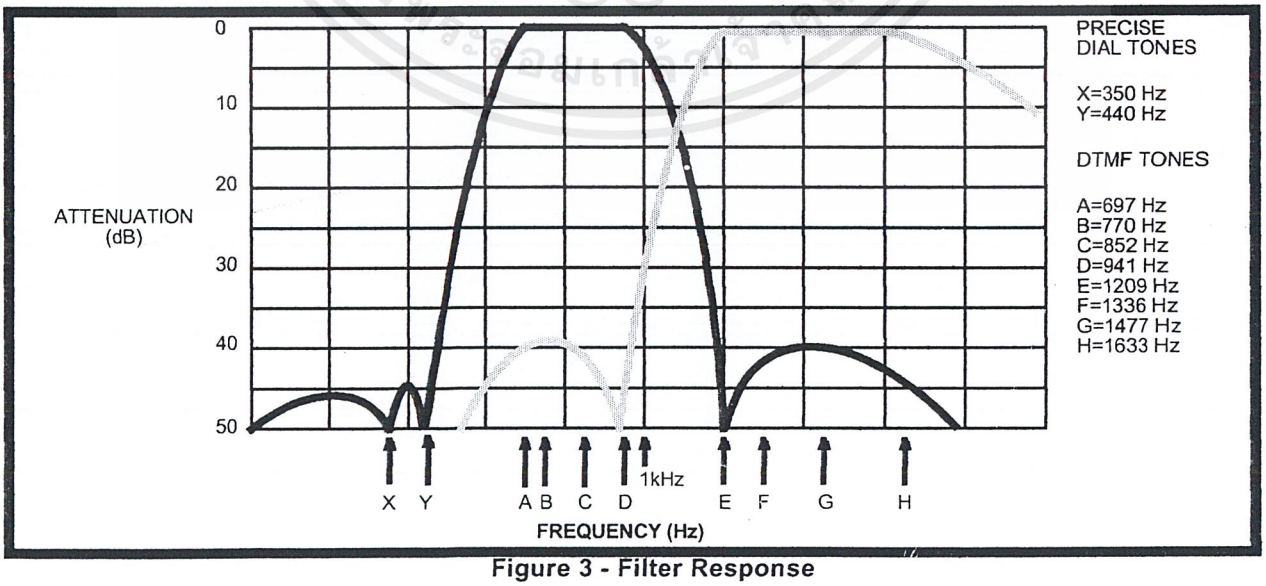


Figure 3 - Filter Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

Table 1. Functional Decode Table

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

Guard Time Adjustment

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

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

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

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

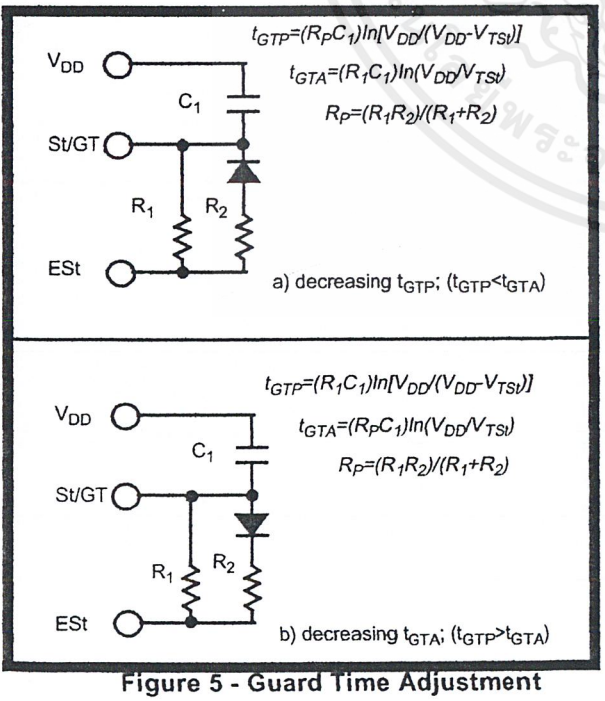


Figure 5 - Guard Time Adjustment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power-down and Inhibit Mode

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

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

Differential Input Configuration

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

Crystal Oscillator

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

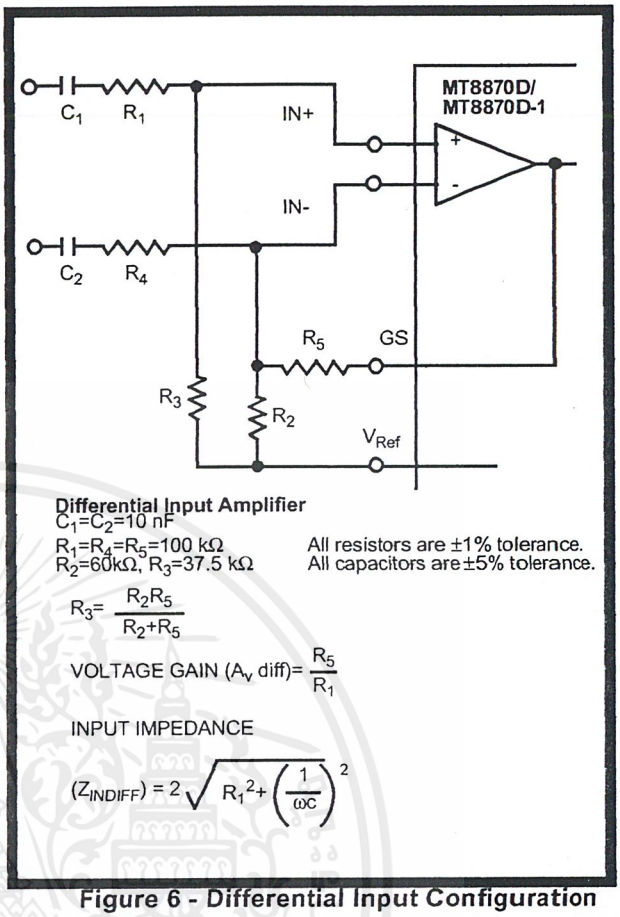


Figure 6 - Differential Input Configuration

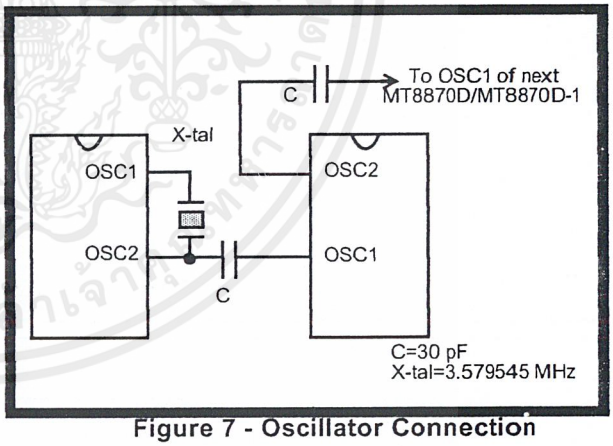


Figure 7 - Oscillator Connection

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

Table 2. Recommended Resonator Specifications

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

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

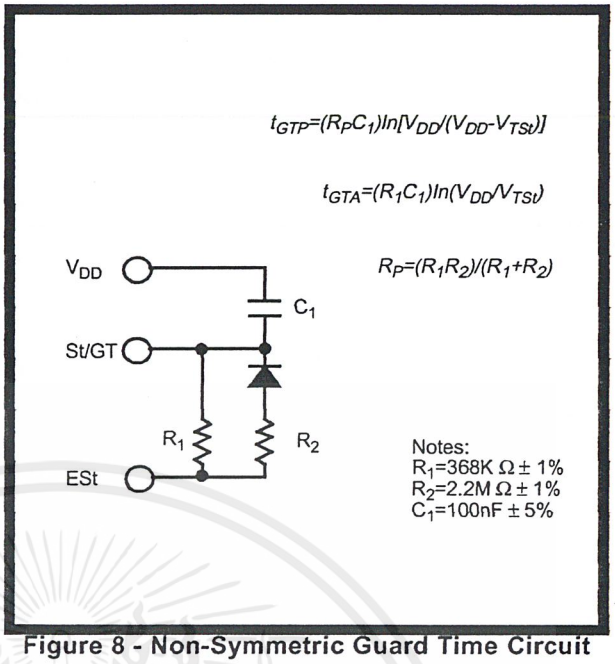


Figure 8 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

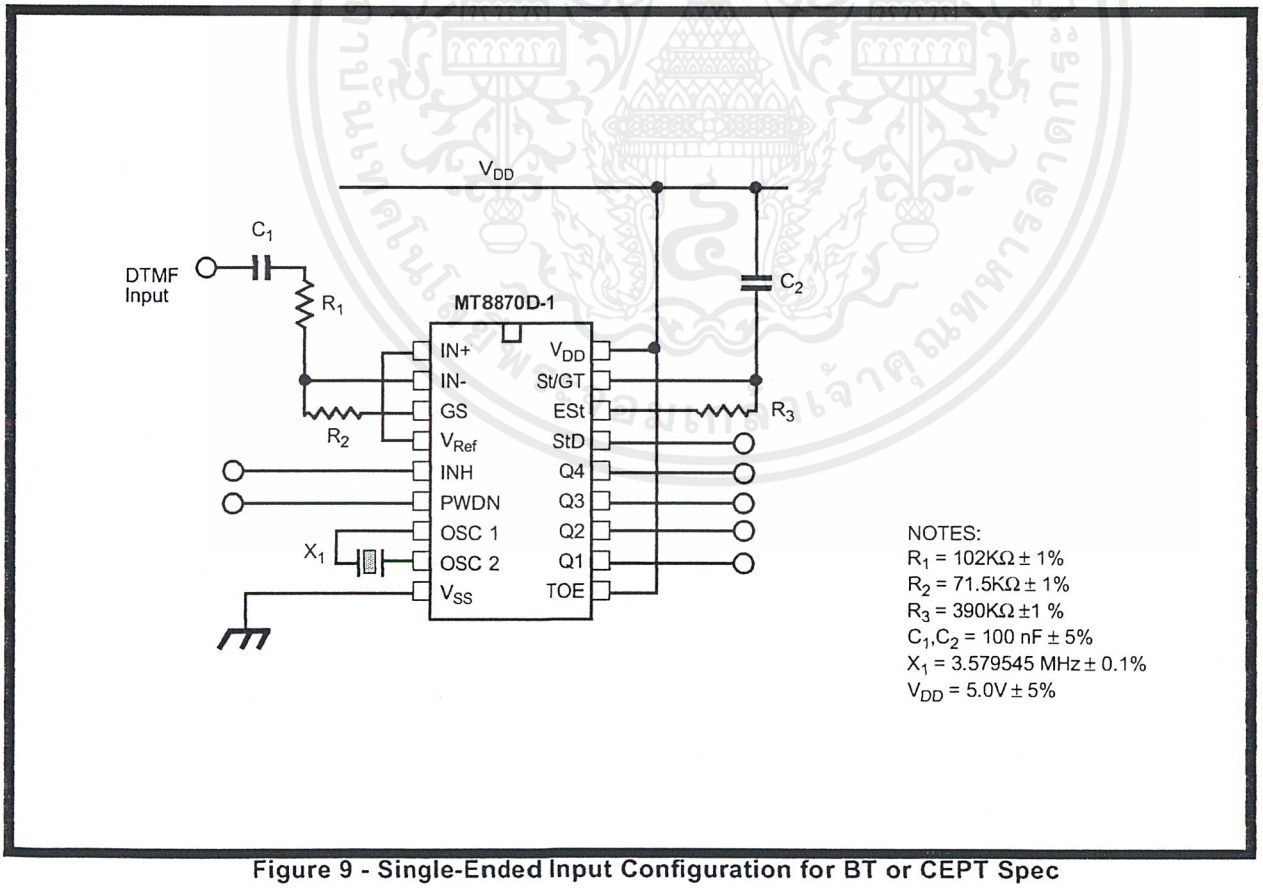


Figure 9 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings†

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

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

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Gain Setting Amplifier

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

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

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

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

***NOTES**

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

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

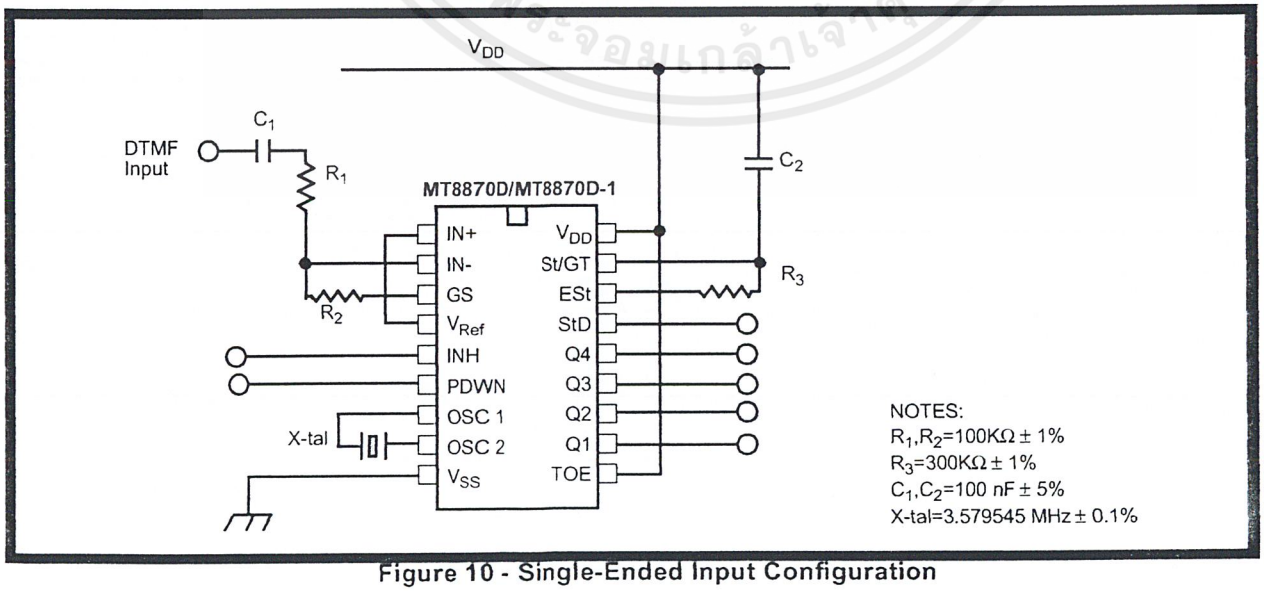
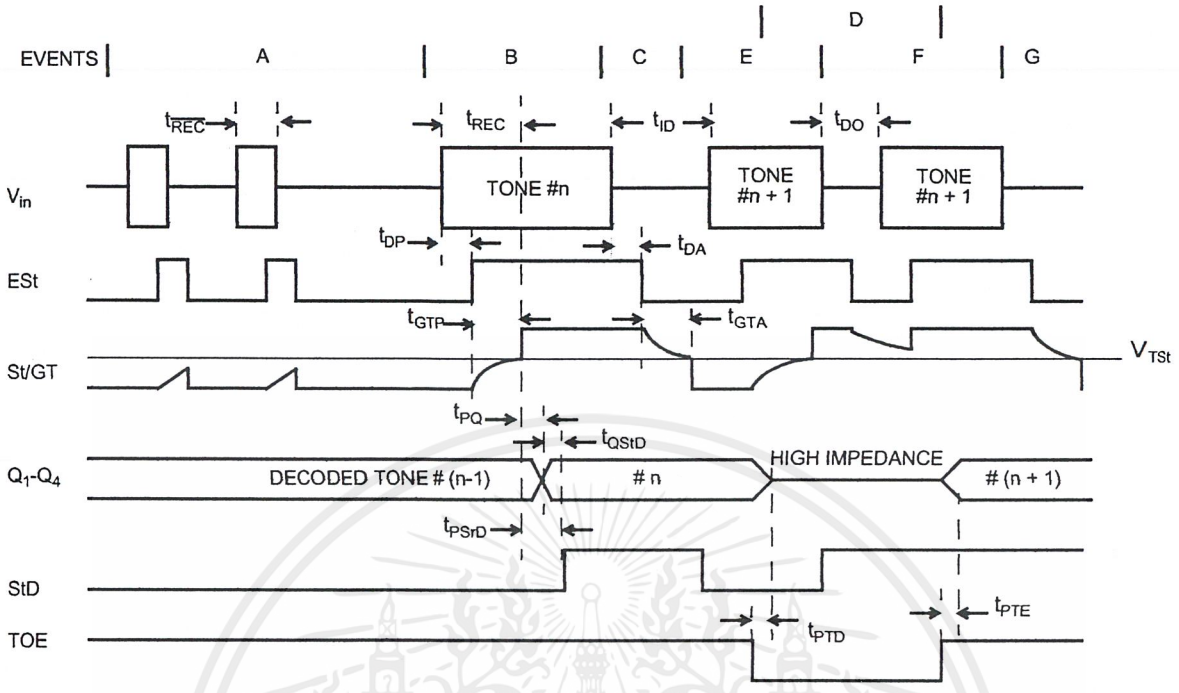


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXPLANATION OF EVENTS

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

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

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

D) OUTPUTS SWITCHED TO HIGH IMPEDANCE STATE.

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

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

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

EXPLANATION OF SYMBOLS

V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.

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

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

Q_1-Q_4 4-BIT DECODED TONE OUTPUT.

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

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

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

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

t_{ID} MAXIMUM TIME BETWEEN VALID DTMF SIGNALS.

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

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

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

t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.

t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ChipCorder®
TECHNOLOGY BY ISD

ISD2560/75/90/120 Products

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

GENERAL DESCRIPTION

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

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

FEATURES

- Easy-to-use single-chip voice Record/Playback solution
- High-quality, natural voice/audio reproduction
- Manual switch or microcontroller compatible Playback can be edge- or level-activated
- Single-chip durations of 60, 75, 90, and 120 seconds
- Directly cascadable for longer durations
- Automatic Power-Down (Push-Button Mode)
  - Standby current 1 μA (typical)
- Zero-power message storage
  - Eliminates battery backup circuits
- Fully addressable to handle multiple messages
- 100-year message retention (typical)

2

Table 2-76: ISD2560/75/90/120 Product Summary

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

DETAILED DESCRIPTION

Speech/Sound Quality

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

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

Duration

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

EEPROM Storage

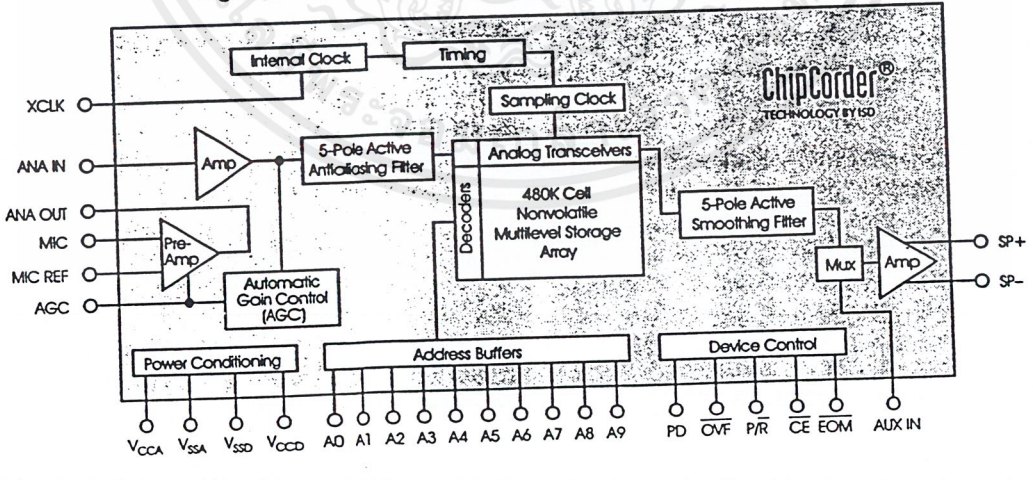
One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

Microcontroller Interface

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

2

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Programming

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

PIN DESCRIPTIONS

Voltage Inputs (V_{CCA}, V_{CCD})

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

Ground Inputs (V_{SSA}, V_{SSD})

The ISD2500 Series of devices utilizes separate analog and digital ground busses. These pins should be connected separately through a low-impedance path to power supply ground. The backside of the die is connected to V_{SS} through the substrate resistance. In a chip-on-board design the die attach area must be connected to V_{SS} or left floating.

Power Down Input (PD)

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

Chip Enable Input ($\overline{CE}$)

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

Playback/Record Input (P/$\overline{R}$)

The P/$\overline{R}$ input is latched by the falling edge of the $\overline{CE}$ pin. A HIGH level selects a Playback cycle while a LOW level selects a Record cycle. For a Record cycle, the address inputs provide the starting address and recording continues until PD or $\overline{CE}$ is pulled HIGH or an overflow is detected (i.e. the chip is full). When a Record cycle is terminated by pulling PD or $\overline{CE}$ HIGH, an End-Of-Message (EOM) marker is stored at the current address in memory. For a Playback cycle, the address inputs provide the starting address and the device will play until an EOM marker is encountered. The device can continue past an EOM marker in an operational mode, or if $\overline{CE}$ is held LOW in address mode. (See page 2-122 for more Operational Modes).

End-Of-Message / RUN Output (EOM)

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

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

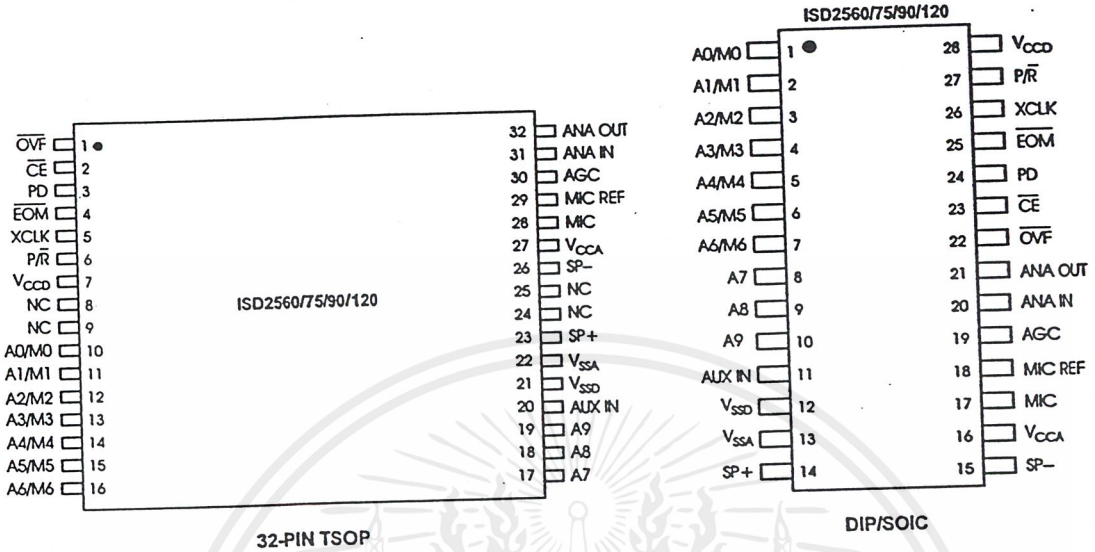
When the device is configured in Operational Mode M6 (Push-Button Mode), this pin provides an active-HIGH RUN signal, indicating the device is currently recording or playing. This signal can conveniently drive an LED for a visual indicator of a Record or Playback operation in process.

Overflow Output ($\overline{OVF}$)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



2

Microphone Input (MIC)

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-chip Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from –15 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 K ohm resistance on this pin, determines the low-frequency cutoff for the ISD2500 Series passband. See Chapter 5, Application Information for additional information on low-frequency cutoff calculation.

Microphone Reference Input (MIC REF)

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

Automatic Gain Control Input (AGC)

The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of whispers to loud sounds to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 KΩ internal resistance and an external capacitor (C2 on the schematic on page 2-135) connected from the AGC pin to V_{SSA} analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R2) and an external capacitor (C2) connected in parallel between the AGC Pin and V_{SSA} analog ground. Nominal values of 470 KΩ and 4.7 μF give satisfactory results in most cases.

Analog Output (ANA OUT)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analog Input (ANA IN)

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

External Clock Input (XCLK)

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

Table 2-77: External Clock Sample Rates

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

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

Speaker Outputs (SP+/SP–)

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

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

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

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

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

Auxiliary Input (AUX IN)

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

Address/Mode Inputs (Ax/Mx)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-78: Operational Modes Table

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

1. *Indicates additional operational modes which can be used simultaneously with the given mode.*

2

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

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

OPERATIONAL MODES

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

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

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

OPERATIONAL MODES DESCRIPTION

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M0 — Message Cueing

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

M1 — Delete EOM Markers

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

M2 — Unused

When operational modes are selected, the M2 pin should be LOW.

M3 — Message Looping

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

M4 — Consecutive Addressing

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

M5 — $\overline{CE}$-Level Activated

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

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

M6 — Push-Button Mode

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

When this operational mode is implemented, several of the pins on the device have alternate functionality:

Table 2-79: Alternate Functionality in Pins

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PD Pin (STOP/RESET)

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

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

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

Recording In Push-Button Mode

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

NOTE: If the M1 operational mode pin is also HIGH, the just previously written EOM bit is erased, and recording starts at that address.)

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

Playback In Push-Button Mode

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

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

Good Audio Design Practices

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

ISD1000A COMPATIBILITY

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Addressing

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

Overflow

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

Push-Button Mode

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

Looping Mode

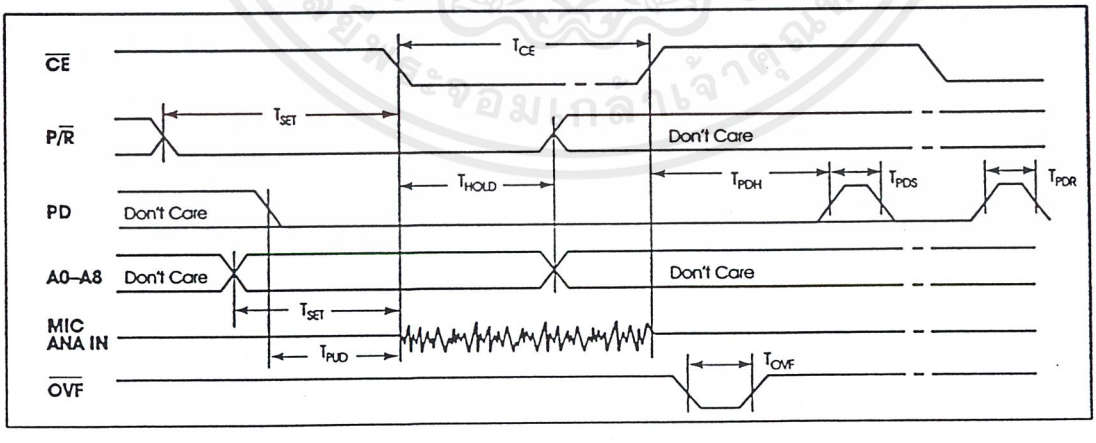
The ISD2500 Series can loop with a message that completely fills the memory space.

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

2

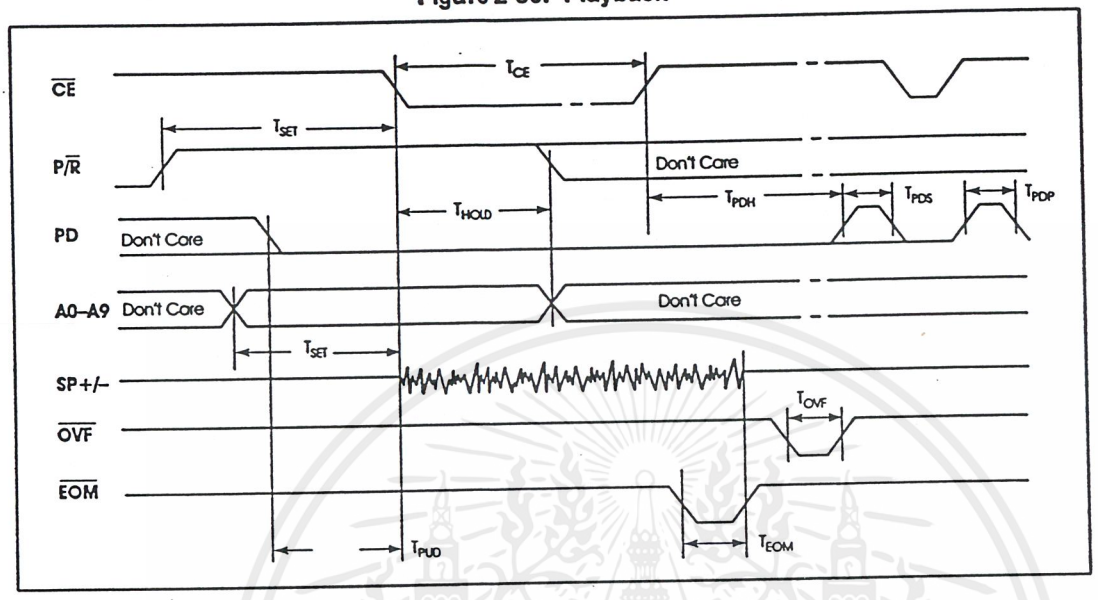
TIMING DIAGRAMS

Figure 2-35: Record



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2-36: Playback



2

Table 2-80: Absolute Maximum Ratings (Packaged Parts)[1]

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

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

Table 2-81: Operating Conditions (Packaged Parts)

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-82: DC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Parameters	Min[2]	Typ[1]	Max[2]	Units	Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage			0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0			V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA
V_{OH}	Output High Voltage	V_{CC} – 0.4			V	I_{OH} = – 10 µA
V_{OH1}	$\overline{OVF}$ Output High Voltage	2.4			V	I_{OH} = – 1.6 mA
V_{OH2}	$\overline{EOM}$ Output High Voltage	V_{CC} – 1.0	V_{CC} – 0.8		V	I_{OH} = – 3.2 mA
I_{CC}	V_{CC} Current (Operating)		25	30	mA	$R_{EXT} = \infty$[3]
I_{SB}	V_{CC} Current (Standby)		1	10	µA	[3]
I_{IL}	Input Leakage Current			±1	µA	
I_{ILPD}	Input Current HIGH w/Pull Down			130	µA	Force V_{CC}[4]
R_{EXT}	Output Load Impedance	16			Ω	Speaker Load
R_{MIC}	Preamp In Input Resistance	4	9	15	KΩ	MIC and MIC REF Pins
R_{AUX}	AUX INPUT Resistance	5	11	20	KΩ	
$R_{ANA\ IN}$	ANA IN Input Resistance	2.3	3	5	KΩ	
A_{PRE1}	Preamp Gain 1	21	24	26	dB	AGC = 0.0 V
A_{PRE2}	Preamp Gain 2		–15	5	dB	AGC = 2.5 V
A_{AUX}	AUX IN/SP+ Gain		0.98	1.0	V/V	
A_{ARP}	ANA IN to SP+/- Gain	21	23	26	dB	
R_{AGC}	AGC Output Resistance	2.5	5	9.5	KΩ	

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

2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-83: AC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Characteristic		Min[2]	Typ[1]	Max[2]	Units	Conditions
F_S	Sampling Frequency	ISD2560		8.0		KHz	7
		ISD2575		6.4		KHz	7
		ISD2590		5.3		KHz	7
		ISD25120		4.0		KHz	7
F_{CF}	Filter Pass Band	ISD2560		3.4		KHz	3 dB Roll-Off Point [3, 8]
		ISD2575		2.7		KHz	3 dB Roll-Off Point [3, 8]
		ISD2590		2.3		KHz	3 dB Roll-Off Point [3, 8]
		ISD25120		1.7		KHz	3 dB Roll-Off Point [3, 8]
T_{REC}	Record Duration	ISD2560	58.1	60.0	62.0	sec	Commercial Operation
		ISD2560	56.5	60.0	63.8	sec	Industrial Operation
		ISD2575	72.6	75.0	77.5	sec	Commercial Operation
		ISD2575	70.7	75.0	79.7	sec	Industrial Operation
		ISD2590	87.1	90.0	93.0	sec	Commercial Operation
		ISD25120	116.1	120.0	123.9	sec	Commercial Operation
T_{PLAY}	Playback Duration	ISD2560	58.1	60.0	62.0	sec	Commercial Operation
		ISD2560	56.5	60.0	63.8	sec	Industrial Operation
		ISD2575	72.6	75.0	77.5	sec	Commercial Operation
		ISD2575	70.7	75.0	79.7	sec	Industrial Operation
		ISD2590	87.1	90.0	93.0	sec	Commercial Operation
		ISD25120	116.1	120.0	123.9	sec	Commercial Operation
T_{CE}	$\overline{CE}$ Pulse Width			100		nsec	
T_{SET}	Control/Address Setup Time			300		nsec	
T_{HOLD}	Control/Address Hold Time			0		nsec	
T_{PUD}	Power-Up Delay	ISD2560	24.1	25.0	27.8	msec	Commercial Operation
		ISD2560	23.5	31.3	28.5	msec	Industrial Operation
		ISD2575	30.2	31.3	34.3	msec	Commercial Operation
		ISD2575	29.3	37.5	35.2	msec	Industrial Operation
		ISD2590	36.2	50.0	40.8	msec	Commercial Operation
		ISD25120	48.2		53.6	msec	Commercial Operation
T_{PDR}	PD Pulse Width Record	ISD2560		25		msec	
		ISD2575		31.25		msec	
		ISD2590		37.5		msec	
		ISD25120		50.0		msec	
T_{PDP}	PD Pulse Width Play	ISD2560		12.5		msec	
		ISD2575		15.625		msec	
		ISD2590		18.75		msec	
		ISD25120		25.0		msec	
T_{PDS}	PD Pulse Width Static			100		nsec	6
T_{PDH}	Power Down Hold			0		nsec	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-83: AC Parameters (Packaged Parts)

Symbol	Characteristic		Min[2]	Typ[1]	Max[2]	Units	Conditions
T_{EOM}	EOM Pulse Width	ISD2560		12.5		msec	
		ISD2575		15.625		msec	
		ISD2590		18.75		msec	
		ISD25120		25.0		msec	
T_{OVF}	Overflow Pulse Width			6.5		µsec	
THD	Total Harmonic Distortion			1	2	%	@ 1 KHz
P_{OUT}	Speaker Output Power			12.2	50	mW	R_{EXT} = 16 Ω[4]
V_{OUT}	Voltage Across Speaker Pins				2.5	V p–p	R_{EXT} = 600 Ω
V_{IN1}	MIC Input Voltage				20	mV	Peak-to-Peak[5]
V_{IN2}	ANA IN Input Voltage				50	mV	Peak-to-Peak
V_{IN3}	Aux Input Voltage				1.25	V	Peak-to-Peak; R_{EXT} = 16 Ω

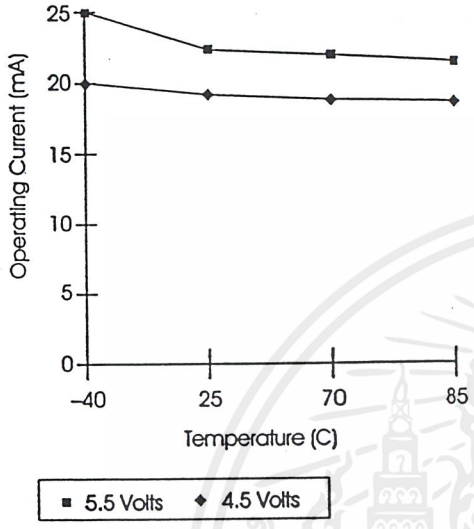
1. *Typical values @ T_A = 25°C and 5.0 V.*
2. *All Min/Max limits are guaranteed by ISD via electrical testing or characterization. Not all specifications are 100% tested.*
3. *Low-frequency cutoff depends upon the value of external capacitors (see Pin Descriptions).*
4. *From AUX IN; if ANA IN is driven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

2

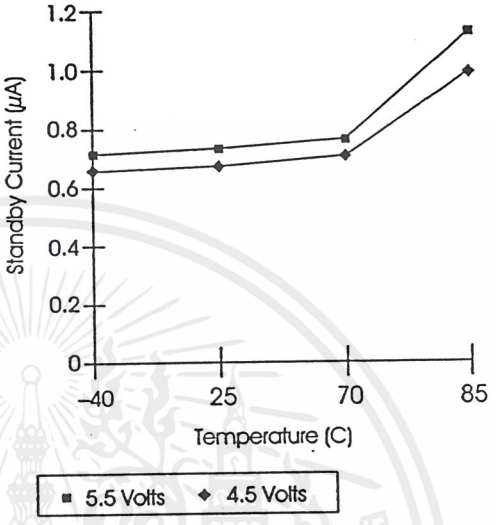
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (PACKAGED PARTS)

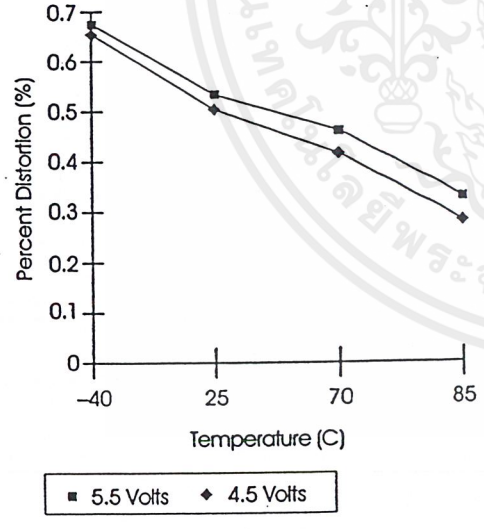
Graph 2-41: Record Mode Operating Current (I_{CC})



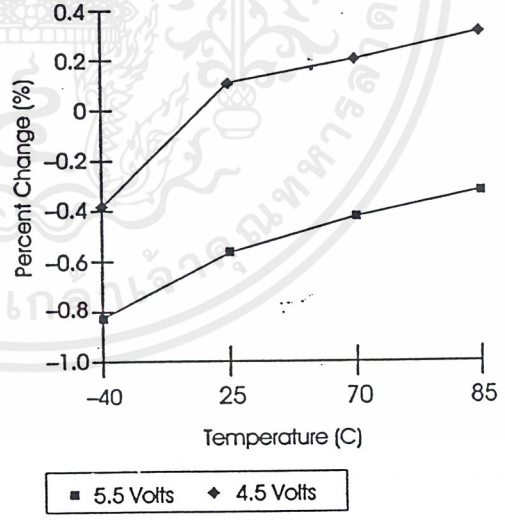
Graph 2-43: Standby Current (I_{SB})



Graph 2-42: Total Harmonic Distortion



Graph 2-44: Oscillator Stability



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-84: Absolute Maximum Ratings (Die)[1]

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

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

Table 2-85: Operating Conditions (Die)

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

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

2

Table 2-86: DC Parameters (Die)

Symbol	Parameters	Min[2]	Typ[1]	Max[2]	Units	Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage			0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0			V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL} = 4.0 mA
V_{OH}	Output High Voltage	V_{CC} – 0.4			V	I_{OH} = –10 µA
V_{OH1}	$\overline{OVF}$ Output High Voltage	2.4			V	I_{OH} = –1.6 mA
V_{OH2}	$\overline{EOM}$ Output High Voltage	V_{CC}–1.0	V_{CC}–0.8		V	I_{OH} = –3.2 mA
I_{CC}	V_{CC} Current Operating)		25	30	mA	$R_{EXT} = \infty$[3]
I_{SB}	V_{CC} Current (Standby)		1	10	µA	[2]
I_{IL}	Input Leakage Current			±1	µA	
I_{ILPD}	Input Current HIGH w/Pull Down			130	µA	Force V_{CC}[4]
R_{EXT}	Output Load Impedance	16			Ω	Speaker Load
R_{MIC}	Preamp In Input Resistance	4	9	15	KΩ	MIC and MIC REF Pads
R_{AUX}	AUX INput Resistance	5	11	20	KΩ	
$R_{ANA\ IN}$	ANA IN Input Resistance	2.3	3	5	KΩ	
A_{PRE1}	Preamp Gain 1	21	24	26	dB	AGC = 0.0 V
A_{PRE2}	Preamp Gain 2		–15	5	dB	AGC = 2.5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-86: DC Parameters (Die)

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

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

Table 2-87: AC Parameters (Die)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-87: AC Parameters (Die)

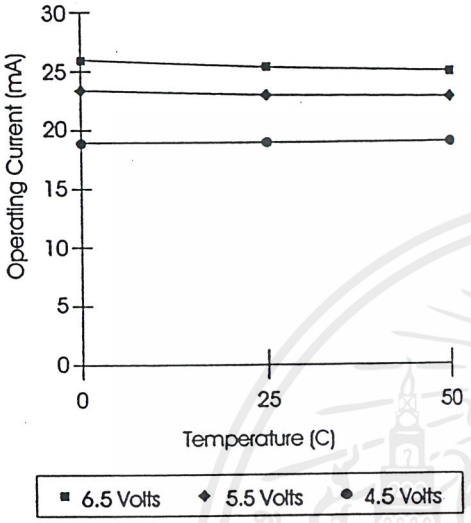
Symbol	Characteristic		Min[2]	Typ[1]	Max[2]	Units	Conditions
T_{PDR}	PD Pulse Width Record	ISD2560		25		msec	
		ISD2575		31.25		msec	
		ISD2590		37.5		msec	
		ISD25120		50.0		msec	
T_{PDP}	PD Pulse Width Play	ISD2560		12.5		msec	
		ISD2575		15.625		msec	
		ISD2590		18.75		msec	
		ISD25120		25.0		msec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

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

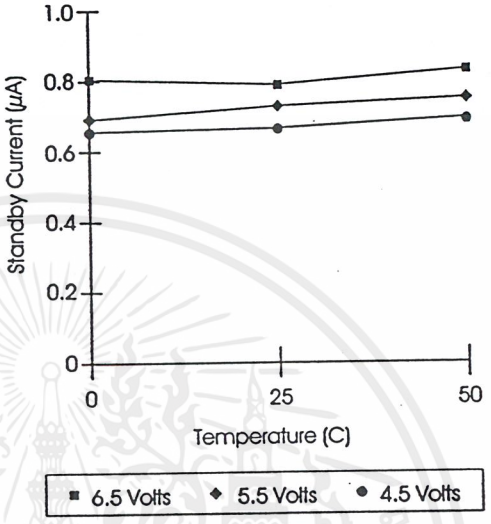
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PARAMETER VARIATION WITH VOLTAGE AND TEMPERATURE (DIE)

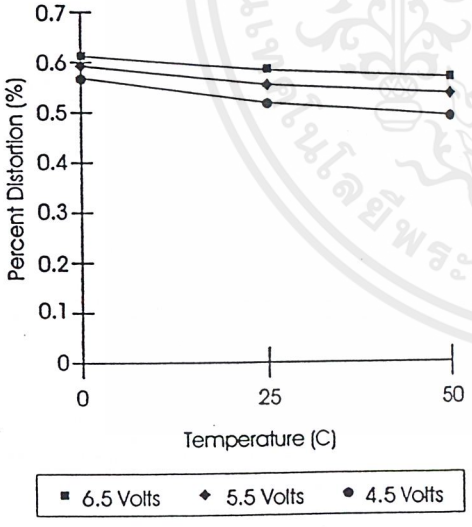
Graph 2-45: Record Mode Operating Current (I_{CC})



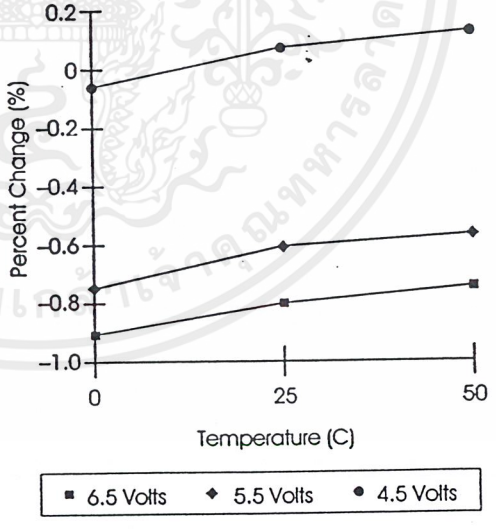
Graph 2-47: Standby Current (I_{SB})



Graph 2-46: Total Harmonic Distortion

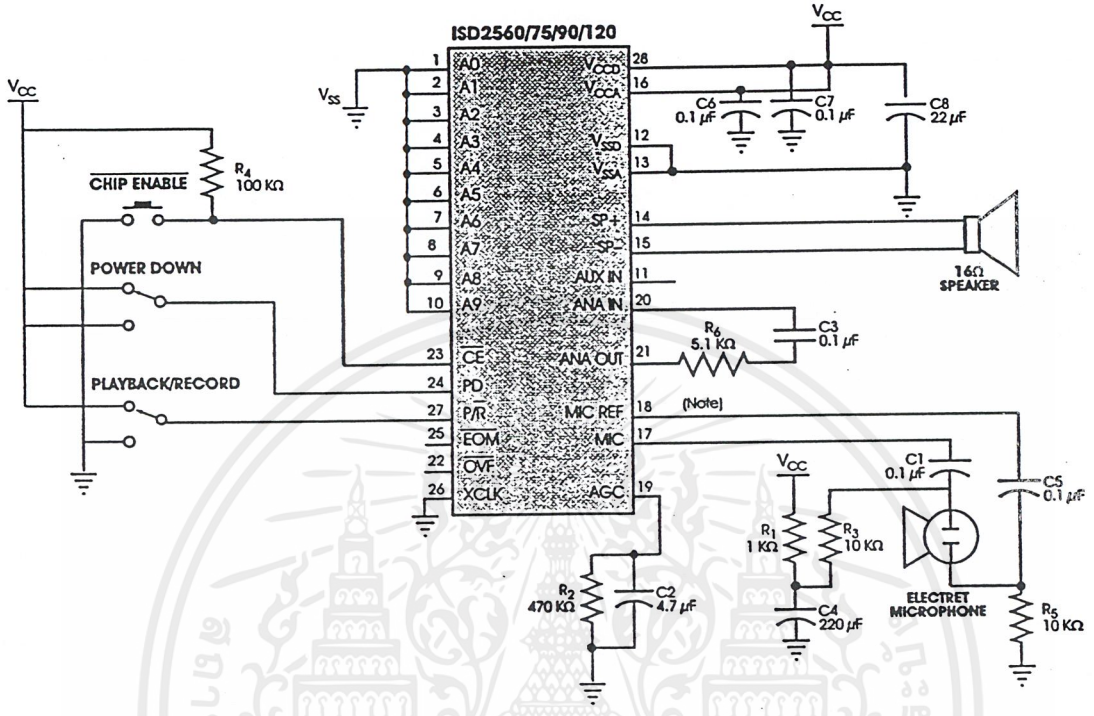


Graph 2-48: Oscillator Stability



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2-37: ISD2560/75/90/120 Application Example—Design Schematic



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

Table 2-88: Application Example—Basic Device Control

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-89: Application Example—Passive Component Functions

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

2

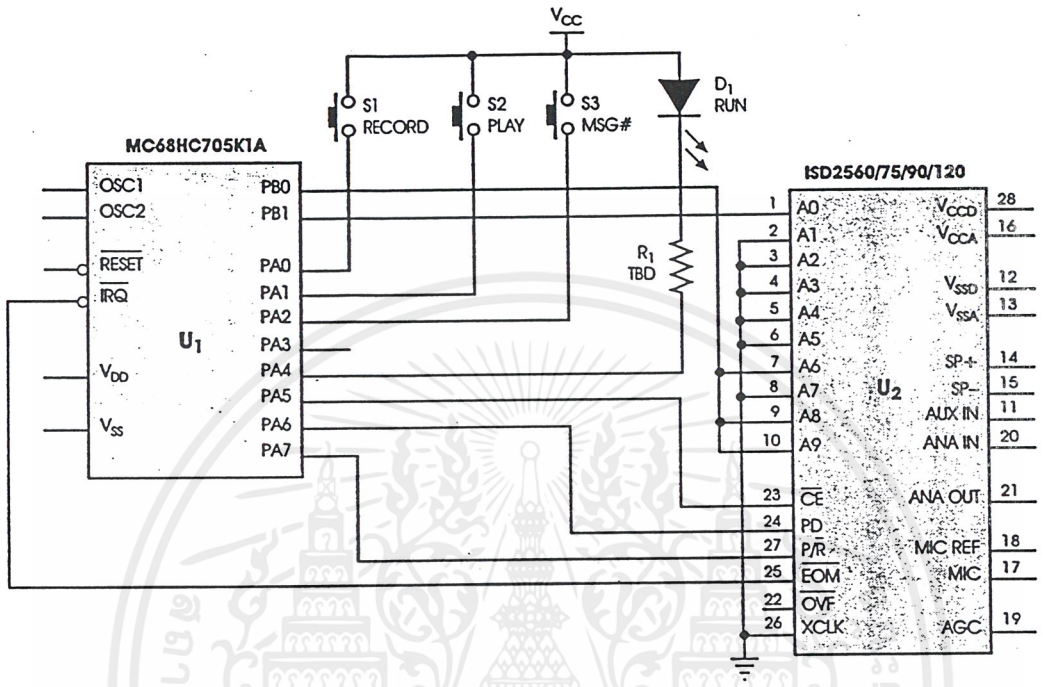
EXPLANATION

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

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

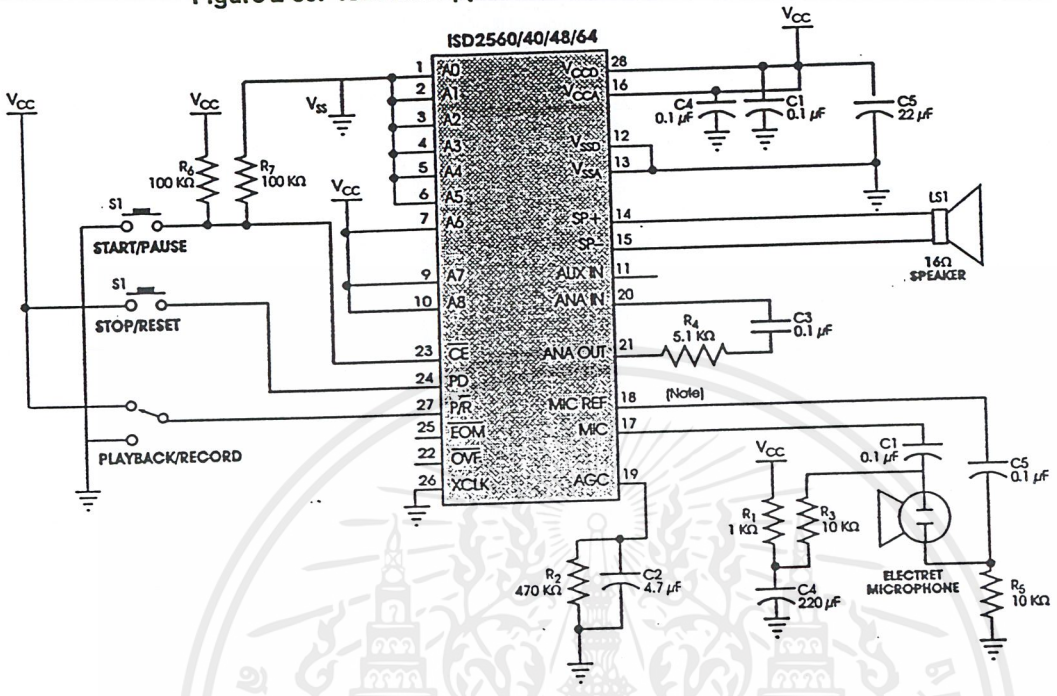
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



2

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2-91: Application Example—Passive Component Functions

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

Table 2-92: Push-Button Parameters

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

2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMING DIAGRAMS

Figure 2-40: Push-Button Mode Record

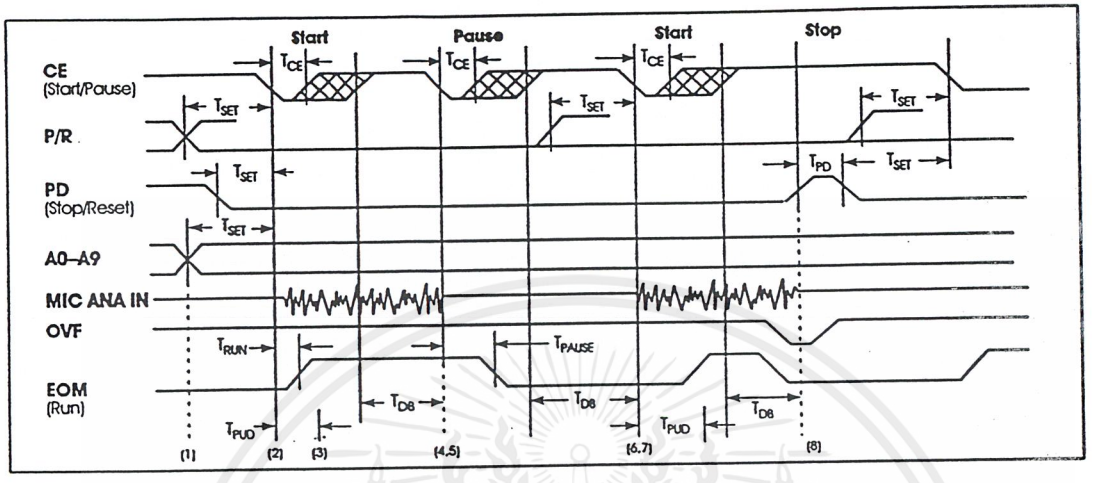
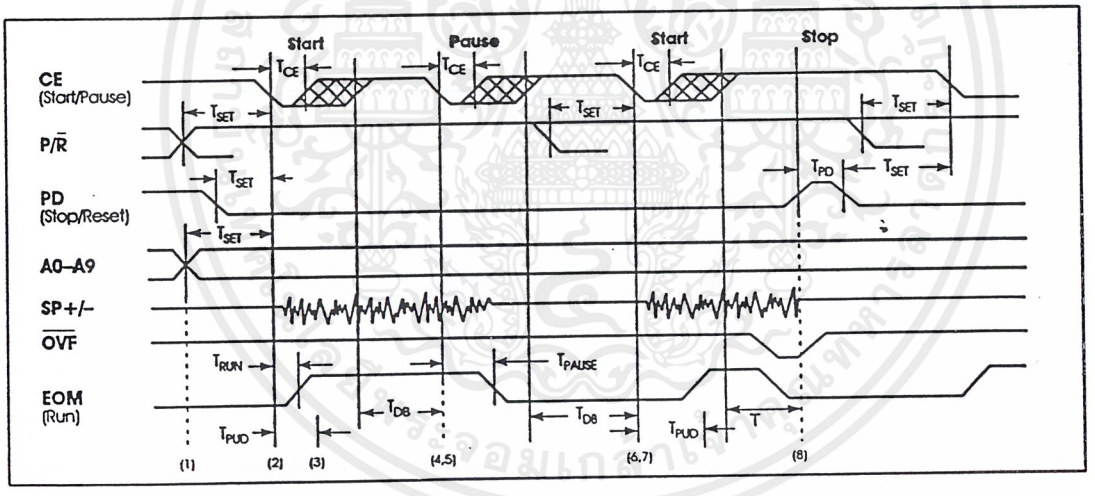


Figure 2-41: Push-Button Mode Playback

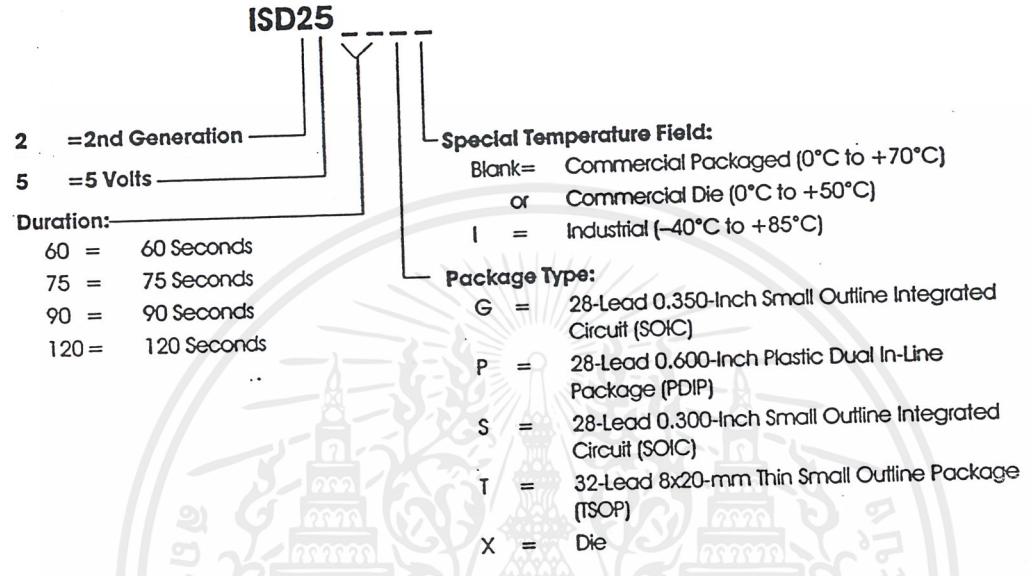


1. *A9, A8, and A6 = 1 for push-button operation.*
2. *The first $\overline{CE}$ LOW pulse performs a Start function.*
3. *The part will begin to play or record after a power-up delay T_{PUD}.*
4. *The part must have $\overline{CE}$ HIGH for a debounce period TDB before it will recognize another falling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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Product Number Descriptor Key



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

Part Number	Part Number	Part Number	Part Number
ISD2560G	ISD2575G	ISD2590G	ISD25120G
ISD2560GI	ISD2575GI	ISD2590P	ISD25120P
ISD2560P	ISD2575P	ISD2590S*	ISD25120X
ISD2560PI	ISD2575PI	ISD2590T	
ISD2560S*	ISD2575S*	ISD2590X	
ISD2560SI*	ISD2575SI*		
ISD2560T	ISD2575T		
ISD2560TI	ISD2575TI		
ISD2560X	ISD2575X		

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ เกียรติศักดิ์ คมวัชระมากค่ะ ที่ยอมรับพวกหนูเป็นนักศึกษาโปรเจ็คอีกทั้งให้คำปรึกษาต่างๆ

รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมที่คอยสั่งสอนอบรมจนกระทั่งมีวันนี้

ขอขอบคุณนางสาวโศภิษฐ์ พงศ์พันธุ์ ที่ให้ยืมเครื่องโปรแกรม ถ้าไม่มีเครื่องโปรแกรมเครื่องนี้ คงไม่มีโครงงานชิ้นนี้เกิดขึ้น

ขอขอบคุณนายศิรินทร์ ศรีวรรณา ที่ให้ยืมห้องใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณพี่นพดล และ พี่สมคิดที่คอยตอบปัญหาต่างๆ

สุดท้ายนี้ขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัย ช่วยดลบรรดาลให้ทุกท่าน มีความสุขและความเจริญตลอดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. สุเจตน์ จันทรังษ์,"ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยว", คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยมหานคร, 178 หน้า, 2535.
2. ปรเมษฐ์ ประนยานันทนท์ และ ปิยพงษ์ เผ่าวานิช, "คู่มือและการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", กรุงเทพมหานคร, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539.
3. สุทธินันท์ พรศิริกุล, "ลึกอีกนิดกับโทรศัพท์" เซมิคอนดักเตอร์อิเล็คทรอนิกส์, ฉ.121 (ต.ค. 2535), น 109 –111.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้