สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านผ่านชุมสายโทรศัพท์

ELECTRICAL APPLIANCE CONTROLLED VIA TELEPHONE

T046220

โดย

นายกฤษฎา ศิลปชัย

นายดำริ ระเด่นอาหมัด

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46220
วัน, เดือน, ปี 21 มิ.ย. 2546

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

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านชุมสายโทรศัพท์

ELECTRICAL APPLIANCE CONTROLLED VIA TELEPHONE

โดย

นายกฤษฎา ศิลปชัย 41014012

นายดำริ ระเด่นอาหมัด 41014140

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านโทรศัพท์

ELECTRICAL APPLIANCE CONTROLLED VIA TELEPHONE

ผู้จัดทำ

1. นายกฤษฎา ศิลปชัย รหัสประจำตัว 41014012
2. นายดำริ ระเด่นอาหมัด รหัสประจำตัว 41014140

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย)

ชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน

ELECREICAL APPLIANCE CONTROLLED VIA TELEPHONE

นายกฤษฎา ศิลปชัย รหัสประจำตัว 41014012

นายดำริ ระเด่นอาหมัด รหัสประจำตัว 41014140

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย)

วันที่ 22/ก.ค./ 45

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านผ่านชุมสายโทรศัพท์

นาย กฤษฎา ศิลปชัย
นาย ดำริ ระเด่นอาหมัด
รศ. อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการออกแบบและการสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ คือ ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านชุมสายโทรศัพท์ เป็นระบบควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตำแหน่งต่าง ๆ ในบ้านจากระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์ ซึ่งสามารถเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 14 อุปกรณ์ ใน 1 พอร์ตเอาท์พุตสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด 2200 วัตต์ หรือ 220 โวลต์ 10 แอมแปร์ ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 2 ส่วน ได้แก่ ชุดกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์ (Control Box Via Telephone) และ ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง (Switching Box) ส่งสัญญาณสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์หรือสาย Data Bus ขนาด 24 AWG ตามมาตรฐาน RS-485 โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS-51 ควบคุมการทำงานพื้นฐานของวงจร เทคโนโลยีนี้ช่วยเพิ่มความสะดวกในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านจากภายนอกบ้านผ่านโทรศัพท์

ระบบนี้สนับสนุนกับการพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมโดยวิธีอื่นเช่น อินเตอร์เน็ต เซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่าง ๆ ให้ทำงานร่วมได้โดยง่าย และ สามารถพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ได้

ELECTRICAL APPLIANCE CONTROLLED VIA TELEPHONE

Mr Kritsada Silapachai

Mr Damri Radenamad

Ass Prof . Itthichai Arungsrisangchai

Abstract

This project describes the designation and construction of a prototype of Electrical Appliance Controlled via telephone (EACT). This project can switch on and off every electrical appliances in your home by using a telephone set, because of telephone is the easiest way of the remoted controlled method.

This project can mainly devided into two parts. The first part is the controller part. It uses DTMF singnal to do as an operation method. By using the DTMF, we have to design the ring detector circuit used the opto isolator as a significant part. Moreover we also design the voice recorder to do as an operator to help users for easy control.

The second part is the switching circuit. It uses the concept of magnetic switch component such as relay to be the important part of this part. The switching circuit consists of 7 channels of switches with 10 ampares maximum current endurable and uses the Microcontroller as a controlling unit.

The communication between the Microcontroller is very complicated. We use the serial communication of the Microcontroller to do as a multi-processor communication. By using the RXD and TXD as a receiver and transmitter we also use the SN75176 as a differential bus transreceiver of the RS-485 standard.

This system has been designed to compatible with other application network such as internet and security networks which is very easy to a further development in the future.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Abstract

บทที่1 บทนำ 1

1.1 ที่มาของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 หลักการทำงานของระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน 2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่2 การทำงานของอุปกรณ์ 4

2.1 ไอซีถอดรหัสความถี่ DTMF 4

2.2.1 ระบบ DTMF 4

2.2 ไอซีบันทึกเสียง ISD 25XX 9

2.3 อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง (Opto Couple) 14

2.4ไอซีบัฟเฟอร์ (Buffer) 15

บทที่3 ไมโครคอนโทลเลอร์และการประยุกต์ใช้ 18

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 18

3.2 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม ของ MCS-51 23

3.3 มาตรฐาน RS-485 30

บทที่4 การออกแบบ 38

4.1 การออกแบบโครงสร้าง 38

4.1.1 ชุดกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์ 38

4.1.2 ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง 42

4.2 การออกแบบโปรแกรมที่ใช้ควบคุม 45

4.2.1โปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบสัญญาณกริ่ง 45

4.2.2โปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบรหัสผ่าน 46

4.2.3โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการโต้ตอบกับผู้ใช้ 47

4.2.4 โปรแกรมการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม (Serial Port) 48

4.2.5 โปรแกรมการทำงานของการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 50

บทที่5 การทำงานของระบบและโปรโตคอลที่ใช้ควบคุมระบบ 51

5.1 โปรโตรคอลของระบบ 51

5.2 การทำงานของชุดกล่องควบคุมการสั่งงานผ่านโทรศัพท์ 54
5.3 การติดตั้งเพื่อใช้งานภายในบ้าน 55
5.4 รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ของวงจร ชุดกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์ 57
บทที่6 การทดลองและผลการทำงานของระบบ 58
6.1 ผลการทดลองการทำงานของระบบรวม 58
6.2 ผลการทดลองการสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 59
6.3 ผลการทดลองการทำงานพิเศษ 60
บทที่7 สรุปผลการทดลอง คุณสมบัติของระบบและแนวทางในการพัฒนา 62
7.1 สรุปผลการทดลอง 62
7.2 คุณสมบัติของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยใช้โทรศัพท์ 62
7.3 แนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านผ่านโทรศัพท์ 63
7.4 ประโยชน์ในการใช้งานของระบบ 64
ภาคผนวก
รูปแสดงวงจรกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์
รูปอสดงวงจรกล่องสวิตซ์ชิ่ง

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 คู่ความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มโทรศัพท์	6
ตาราง 3.1 แสดงบิตของรีจิสเตอร์ SCON	24
ตาราง 3.2 แสดงการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ทอนุกรม	24
ตาราง 3.4 แสดงคุณสมบัติของ RS-485	37
ตาราง 6.1 ผลการทำงานของระบบ EACT	58

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 วงจรภายใน MT8870 7

รูปที่ 2.2 การจัดขาของ MT8870 7

รูปที่ 2.3 วงจรกรองความถี่ของ MT8870 8

รูปที่ 2.4 วงจรประยุกต์ใช้งานของ MT8870 8

รูปที่ 2.5 การจัดขาของไอซีบันทึกเสียง ISD25XX 9

รูปที่ 2.6 แสดง Block Diagram ภายในของ ISD25XX 10

รูปที่ 2.7 วงจรประยุกต์ใช้งานของ ISD2590 13

รูปที่ 2.8 การต่อดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ของ ULN2004 ใน 1 channel 16

รูปที่ 2.9 แสดงาการจัดขาและวงจรภายในของ ULN2004 16

รูปที่ 2.10 แสดงการต่อวงจรภายในของ ULN2004 17

รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MCS-51 19

รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของพอร์ท 0 19

รูปที่3.3 แสดงผังเวลาการทำงานในแต่ละคำสั่ง 21

รูปที่3.4 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 1 26

รูปที่ 3.5 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 2 และโหมด 3 27

รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทลเลอร์แบบจุดต่อจุดและแบบหลายจุด 27

รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะของข้อมูล Address Byte 28

รูปที่ 3.8 แสดงข้อมูลข่าวสาร (Data Byte) 29

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะตัวรับและตัวส่งสัญญาณในมาตรฐาน RS-485 30

รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะสัญญาณแบบ Balanced Data Transmssion 31

รูปที่ 3.11 แสดงค่าระดับสัญญาณที่ตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลได้ 32

รูปที่ 3.12 แสดงรูปแบบของ No Termination 33

รูปที่ 3.13 แสดงรูปแบบของ Parallel Termination 34

รูปที่ 3.14 แสดงรูปแบบของ AC Termination 34

รูปที่ 3.15 แสดงรูปแบบของ Open-Line Fail-Safe Termination 35

รูปที่ 3.16 แสดงรูปแบบของ Open-Line and Shorted-Line Fail- Safe Termination 36

รูปที่ 3.17 แสดงรูปแบบของ Multipoint Termination 37

รูปที่ 4.1 วงจรเสมือนของ Optoisolator เบอร์ 4N26 38

รูปที่ 4.2 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง 39

รูปที่ 4.3 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF 40

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ 4.4 วงจรตอบโต้กับผู้ใช้ 41

รูปที่ 4.5 แสดงการใช้งาน SN75176 42

รูปที่ 4.6 แสดงการต่อวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) ขับ Relay (1 channel) 44

รูปที่ 4.7 แสดงการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบสัญญาณกริ่ง 45

รูปที่ 4.8 แสดงการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบรหัสผ่าน 46

รูปที่ 4.9 แสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรมควบคุมการตอบโต้กับผู้ใช้ 47

รูปที่ 4.10 แสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรมการส่งแบบ Serial Port (กรณีตัวส่ง) 48

รูปที่ 4.11 แสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรมการส่งแบบ Serial Port (กรณีตัวรับ) 49

รูปที่ 4.12 แสดง Flow Chart การเปิด ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า 50

รูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพการส่งสัญญาณในระบบ 51

รูปที่ 5.2 แสดงชุดข้อมูลในการสื่อสาร 52

รูปที่ 5.3 การติดตั้งอุปกรณ์ในบ้าน 56

รูปที่ 6.1 สัญญาณของการสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 โดยใช้ไอซี SN75176 59

รูปที่ 6.2 สัญญาณการสื่อสารข้อมูลของพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทลเลอร์ ที่ขา RXD และ TXD 60

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของโครงงาน

แนวโน้มของสังคมครอบครัวในอนาคตจะมีขนาดเล็ก อันประกอบด้วย พ่อ , แม่ และลูก โดยไม่มี คนรับใช้ ดูแลบ้าน ดังนั้น การควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านแบบอัตโนมัติจากภายนอกบ้าน จึงมีความสำคัญ เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าวอาทิเช่น

- การสั่งเปิดหลอดไฟฟ้า , กาต้มน้ำร้อน , เครื่องปรับอากาศ , เครื่องกรองอากาศ หรือเครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น ได้ก่อนการกลับถึงบ้าน โดยควบคุมผ่านโทรศัพท์
- กรณีที่กลับมาถึงบ้านดึกหรือไปต่างจังหวัดหลายวัน ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องเปิดไฟภายในบ้านในตอนเย็น และปิดในตอนเช้า สามารถโทรศัพท์เข้ามาสั่งการได้

ดังนั้นจึงได้ออกแบบสร้าง ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านโทรศัพท์ (Electrical Appliance Controlled Via Telephone :EACT) ซึ่งเป็นระบบที่สามารถควบคุมเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ จากภายนอกบ้าน โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูลMCS-51 เบอร์ 89C52โดยส่งสัญญาณควบคุม และข้อมูลสื่อสารของระบบผ่านคู่สายสัญญาณ (2 x 0.8mm /24AWG) จากชุดกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์ (Control Box Via Telephone) ซึ่งจะรับคำสั่งจากผู้ใช้งานไปยัง ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง (Switching Box) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสวิตซ์เปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจากสายไฟฟ้าหลัก(220 VAC)ภายในบ้าน และสายสัญญาณควบคุม (Data Bus) นี้จะเดินสายขนานไปกับสายไฟฟ้าหลัก ให้ครอบคลุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วทั้งบ้าน ระบบนี้ออกแบบมาเพื่อเป็นระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยการโทรศัพท์เข้ามาสั่งงาน และเพื่อให้สนับสนุนต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมแบบอื่น ให้ใช้งานร่วมได้โดยง่าย อาทิเช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านInternet , โดยเซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ หรือการโทรศัพท์ออกอัตโนมัติ เป็นต้น ระบบนี้ติดตั้งได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายต่ำ ทำให้ได้เทคโนโลยีแบบใหม่ที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ ได้

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงงาน

1) เพื่อออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการควบคุมการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทั้งหมดจากการสั่งงานผ่านโทรศัพท์จากภายนอกบ้าน
2) เพื่อออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ ที่ช่วยให้การดำเนินชีวิต ภายในบ้าน สะดวกสบาย และปลอดภัยเพิ่มขึ้น

3) เพื่อออกแบบสร้างระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต้นแบบภายในบ้านและเพื่อให้สนับสนุนต่อการพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมแบบอื่น ให้ใช้งานร่วมได้โดยง่าย อาทิเช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านInternet , โดยเซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ หรือการโทรศัพท์ออกอัตโนมัติ เป็นต้น
4) เพื่อออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบ ที่สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ ที่ติดตั้งง่าย และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1) ใช้หลอดไฟฟ้า ชนิดหลอดไส้ ขนาด 220 โวลต์ 40 วัตต์ เป็นกรณีศึกษาแทนอุปกรณ์ไฟฟ้า ในการออกแบบ ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านโทรศัพท์
2) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 เบอร์ 89C52 ควบคุมการทำงานของระบบ
3) ใช้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม ตามมาตรฐานการสื่อสาร RS-485 โดยใช้ IC เบอร์ SN75176 บริษัท Texas Instruments Incorporated
4) ใช้วงจรแมกนีติกสวิตช์ (Magnetic Switch) เป็นวงจรสวิตช์ควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟฟ้า ของชุดกล่องสวิตชิ่ง
5) เป็นเทคโนโลยี สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 1 เฟส

1.4 หลักการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านโทรศัพท์

ประกอบด้วยส่วนการทำงาน 3 ส่วน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูลMCS-51 ควบคุมการทำงาน ได้แก่

-ชุดกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์ (Control Box Via Telephone) ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน (User) เพื่อเป็นวงจรควบคุมการสั่งงานเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจากสัญญาณโทรศัพท์ แล้วส่งสัญญาณควบคุมไปยังกล่องสวิตซ์ชิ่ง โดยแสดงสถานะการทำงานของระบบด้วยเสียงตอบรับ

-ชุดกล่องสวิตชิ่ง (Switching Box) มีลักษณะเป็นกล่องที่มีช่องควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 7 ช่อง ต่อ 1 ชุด และในระบบมีได้ทั้งหมด 2 ชุด โดยจะทำงานรับสัญญาณการควบคุมจากชุดกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์

-ชุดกล่องแสดงสถานะ (Status Checking Box) ใช้ในการตรวจสอบสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า แสดงผลโดยหลอด LED แล้วส่งสัญญาณกลับไปยังชุดกล่องควบคุมเพื่อตอบกลับเป็นสัญญาณเสียงต่อไป

การสื่อสารในระบบนี้ ได้ใช้ Protocol การสื่อสารในแบบเฉพาะของระบบ EACT และใช้มาตรฐานการส่งสัญญาณด้วยสายส่งสัญญาณ ตามมาตรฐาน RS-485

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เทคโนโลยีต้นแบบ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการควบคุมการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทั้งหมดผ่านโทรศัพท์
2. ได้เทคโนโลยีต้นแบบเพื่อความสะดวกในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านและสามารถพัฒนาเพิ่มขึ้นในส่วนของระบบรักษาความปลอดภัยจากการโจรกรรม และเหตุเพลิงไหม้ เช่น ระบบเสียงเตือนภัย และการโทรศัพท์ออกไปยังสถานีตำรวจแบบอัตโนมัติ เป็นต้น
3. สามารถเพิ่มฟังก์ชันการทำงานอื่นได้โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมเพิ่ม เช่น การสั่งงานปิดอัตโนมัติในกรณีก่อนออกจากบ้าน , การสั่งงานเปิดอัตโนมัติในกรณีเมื่อครั้งแรกที่กลับถึงบ้าน หรือ การตั้งเวลาเปิดปิดในกรณีไม่ได้อยู่บ้านเป็นเวลาหลายวัน เป็นต้น
4. สามารถพัฒนาวงจรเพิ่มเติมในส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทอื่นได้ เช่น เครื่องกรองอากาศ , เครื่องปรับอากาศ , เครื่องทำน้ำอุ่น , ตู้เย็น หรือ ม่านไฟฟ้า เป็นต้น
5. สามารถพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่าน Internet หรือเซ็นเซอร์ตรวจจับแบบต่างๆ ให้ใช้งานร่วมกันได้โดยง่าย เป็นการเพิ่มการรักษาปลอดภัยจากการโจรกรรม และอันตรายจากไฟฟ้าลัดวงจรได้ โดยสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จากนอกบ้าน
6. สามารถพัฒนาเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำ ได้

บทที่ 2
การทำงานของอุปกรณ์

2.1 ไอซีถอดรหัสความถี่ DTMF

ที่เราจะกล่าวถึงต่อไปนี้คือ ไอซีถอดรหัสความถี่ DTMF ซึ่งเราได้ใช้ไอซีเบอร์ MT8870 ในการทำหน้าที่ดังกล่าว โดยหลักการทำงานที่สำคัญของไอซีตัวนี้คือทำการถอดรหัสความถี่ DTMF ซึ่งส่งผ่านมาตามสายโทรศัพท์ โดยจะถอดรหัสออกมาเป็นข้อมูลแบบ ไบนารี (Binary) ซึ่งมีขนาดของข้อมูลขนาด 4 บิต แต่จะมีขาที่ทำหน้าที่ในการแสดงการเข้ามาของข้อมูลอีก 1 บิต ซึ่งไอซีตัวนี้เป็นไอซีที่ใช้ง่ายและสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

ก่อนที่เราจะมาดูการทำงานต่างๆของไอซีตัวนี้เรามาดูก่อนว่าสัญญาณ DTMF คืออะไร

2.2.1 ระบบ DTMF

ในยุคแรกเริ่มของการใช้โทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์ที่ใช้จะเป็นแบบหน้าปัทม์หมุน ซึ่งการหมุนหมายเลขจะทำให้เกิดพัลซ์ของกระแสในจำนวนเท่ากับหมายเลขที่หมุน พัลส์ที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปยังชุมสายด้วยความเร็ว 10 พัลส์ ต่อ วินาที หรือ 20 พัลส์ ต่อ วินาที

เนื่องจากโทรศัพท์ที่ใช้ระบบหน้าปัทม์หมุนสำหรับการติดต่อผ่านชุมสายไม่ค่อยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้โทรศัพท์เท่าใดนัก เพราะเป็นระบบเชิงกล ทำงานค่อนข้างช้า ดังนั้นจึงได้มีการคิดสร้างโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มขึ้น ระบบโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มนี้เรียกว่า **ระบบ DTMF (Dual – Tone multiple frequency)** เนื่องจากการกดปุ่มหมายเลขแต่ละปุ่มบนหน้าปัทม์ เครื่องรับโทรศัพท์นั้นจะทำให้เกิดสัญญาณที่ประกอบขึ้นจากความถี่ 2 ความถี่ ส่งออกไปตามสายโทรศัพท์ไปยังชุมสาย เพื่อเรียกให้ชุมสายรู้ว่าผู้ใช้โทรศัพท์ต้องการติดต่อกับโทรศัพท์เครื่องใด แทนการส่งพัลส์ของกรแสโดยการหมุนหน้าปัทม์ของเครื่องรับโทรศัพท์แบบหน้าปัทม์หมุน

ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม

1. ลดเวลาในการเรียกหมายเลขลง
2. การเรียกเลขหมายทำได้ง่ายขึ้น
3. สามารถใช้วงจรทาง Solid state แทนอุปกรณ์เชิงกล
4. มีความผิดพลาดในการส่งเลขหมายน้อย
5. ใช้สัญญาณระบบความถี่ซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้ และสามารถนำไปใช้งานได้หลายอย่าง
6. สามารถเพิ่มปุ่มได้อีก 4 ปุ่มในคอลัมน์ที่ 4 เพื่อการใช้งานอย่างอื่น

2.1.2 สัญญาณของระบบ DTMF

ระบบ DTMF จะมีความถี่มาตรฐานในย่านความถี่เสียงที่แตกต่างกัน 8 ความถี่ โดยจะแบ่งความถี่เหล่านี้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มความถี่ต่ำ 4 ความถี่ และกลุ่มความถี่สูง 4 ความถี่ สัญญาณ DTMF จะมาจากการรวมสัญญาณความถี่จากกลุ่มความถี่ต่ำ 1 ความถี่ และสัญญาณความถี่จากกลุ่มความถี่สูงอีก 1 ความถี่ ดังนั้นสัญญาณ DTMF จึงมีได้ทั้งหมด 16 สัญญาณ

การเลือกความถี่มาตรฐานของระบบ DTMF นี้ ผู้ออกแบบระบบได้ใช้ความพยายามอย่างมากในการเลือกความถี่ที่จะใช้ เพราะเนื่องจากต้องระวังไม่ให้สัญญาณเสียงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสายโทรศัพท์ เช่น สัญญาณแจ้งสภาวะการใช้งานต่าง ๆ สัญญาณรบกวนภายในโทรศัพท์ มีความถี่อยู่ในช่วงความถี่ DTMF และยังต้องระวังความถี่ที่อาจเกิดขึ้นจากการรวมตัวกันแบบฮาร์โมนิกของค่าความถี่ใดความถี่หนึ่งของความถี่ DTMF และในที่สุดก็ได้ความถี่มาตรฐานทั้ง 8 ดังนี้

1. ความถี่มาตรฐานในกลุ่มความถี่ต่ำ 4 ความถี่ คือ 697, 770, 852 และ 941 Hz
2. ความถี่มาตรฐานในกลุ่มความถี่สูง 4 ความถี่ คือ 1209, 1336, 1447 และ 1633 Hz

ระบบ DTMF นี้ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบ 4x4 เนื่องจากการใช้แป้นกดขนาด 4x4 ในการสร้างสัญญาณ DTMF และได้กำหนดปุ่มแต่ละปุ่มเหล่านั้นได้ด้วยตัวเลข 0-9 , * (star), # (octophorpe) , A, B, C, D ซึ่งในการกดปุ่ม ๆ หนึ่งจะให้สัญญาณความถี่คู่หนึ่งออกมาดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3

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

โทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF ผู้ใช้สามารถฟังเสียงสัญญาณ DTMF ได้โดยการยกหูโทรศัพท์ขึ้นฟังแล้วกดปุ่มหนึ่งบนหน้าปัทม์ ตัวอย่างเช่น การกดปุ่มหมายเลข 8 จะเกิดสัญญาณความถี่ 852 Hz และ 1336 Hz ขึ้นพร้อมกัน สัญญาณจะถูกส่งผ่านคู่สายไปยังชุมสายและการจัดการติดต่อโทรศัพท์ภายในท้องถิ่น ในบริเวณหนึ่งภายในพื้นที่หนึ่ง ๆ ซึ่งถูกกำหนดด้วยเลข 3 ตัวแรกของหมายเลขหลังจากที่ชุมสายทำการเชื่อมต่อคู่สายระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกเรียบร้อยแล้ว ตัวรับสัญญาณ DTMF ของชุมสายจะหยุดทำงานเพราะในการกดปุ่มบนหน้าปัทม์โทรศัพท์ครั้งต่อไปจะเป็นการติดต่อกันโดยตรงระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียก

ตารางที่2.1 แสดงคู่ความถี่ที่เกิดจากการกดปุ่มโทรศัพท์

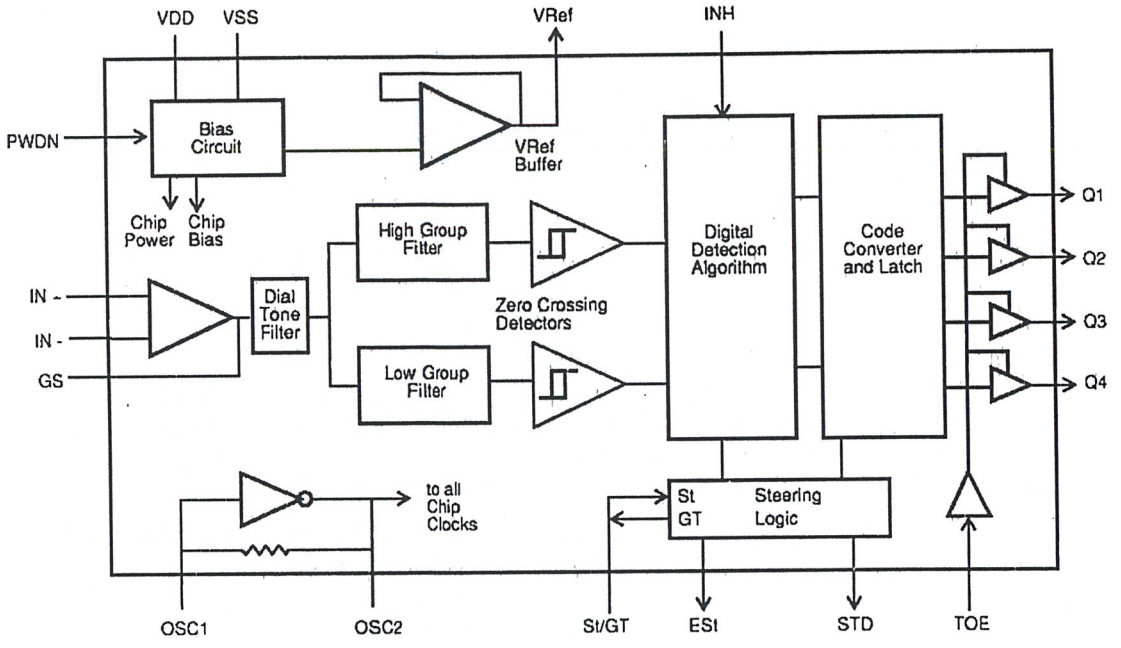
หมายเลข	ความถี่ต่ำ	ความถี่สูง
1	697	1209
2	697	1336
3	697	1447
4	770	1209
5	770	1336
6	770	1447
7	852	1209
8	852	1336
9	852	1447
0	941	1336
*	941	1209
#	941	1447

2.1.3 วงจรถอดรหัสความถี่ DTMF

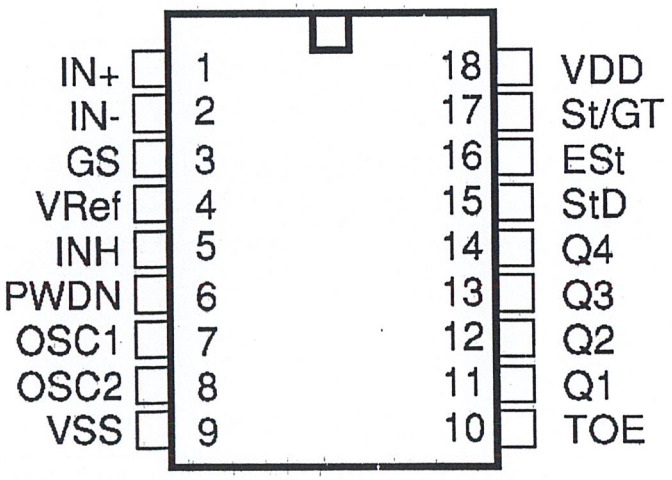
การถอดรหัสความถี่ DTMF คือ การแปลงสัญญาณความถี่คู่ที่เกิดจากการกดปุ่มบนหน้าปัทม์โทรศัพท์ ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล หรือเลขฐานสองขนาด 4 บิต ซึ่งค่าเลขฐานสองที่ได้จากการถอดรหัส แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ไอซีถอดรหัสความถี่ DTMF มาใช้ในการถอดรหัส

โดยวงจรต่อร่วมของวงจรถอดรหัสความาถี่ก็มีไม่มาก ซึ่งสามารถดูได้จากรูปข้างล่าง

การถอดรหัสความถี่ DTMF ในยุคก่อนจะใช้ไอซีจำพวก**เฟสล็อกลูป** (Phase Lock Loop) ซึ่งก่อปัญหามากมายเนื่องจากทำให้ความถี่เปลี่ยนไป ตัววงจรมีขนาดใหญ่เพราะใช้ไอซีจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันนี้การถอดรหัสความถี่ DTMF สามารถทำได้สะดวกโดยใช้ไอซี MT8870 ซึ่งเป็นไอซีถอดรหัสความถี่ DTMF โดยตรง

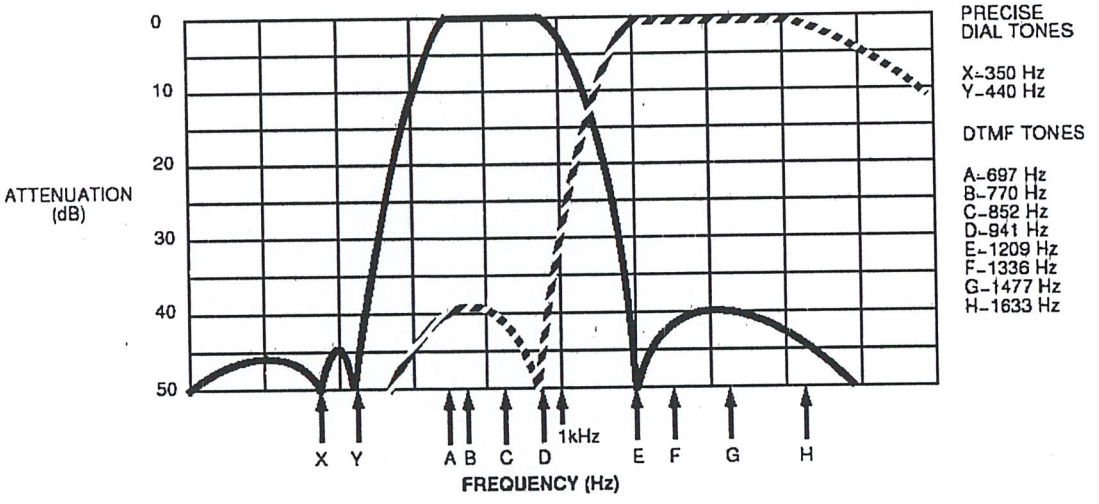


รูปที่ 2.1 วงจรภายในของ MT8870



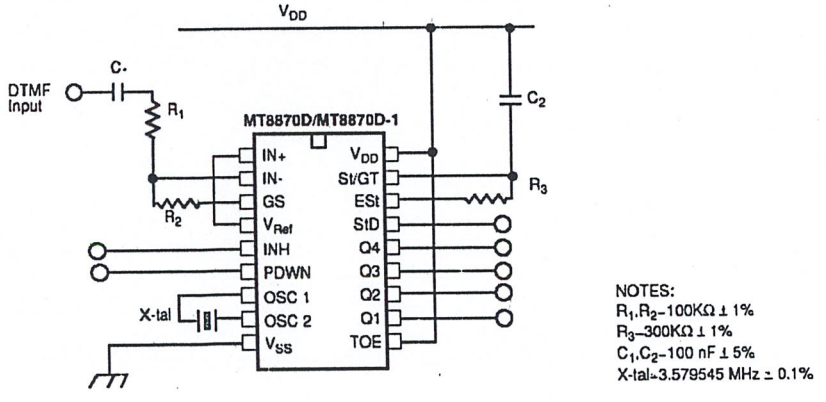
รูปที่ 2.2 ลักษณะการจัดขาของ MT8870

ภายในของไอซี MT8870 นี้ จะประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นต่างๆมากมาย ได้แก่ วงจรกรองความถี่ (Filter) ซึ่งเป็นวงจรกรองความถี่อันดับ 6 (Sixth Order Switched Capacitor) และใช้เทคนิคของสวิตซ์คาปาซิเตอร์ ในการกรองความถี่



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรกรองความถี่ของ MT8870

นอกจากนี้ในส่วนของวงจรดีโคดเดอร์ (Decoder) ก็ได้ใช้ Digital Counting Technique ในการตรวจสอบ (Detect) และถอดรหัส (Decode) คู่ความถี่ DTMF ทั้ง 16 คู่ให้เป็นเลขทาง Digital จำนวน 4 บิต



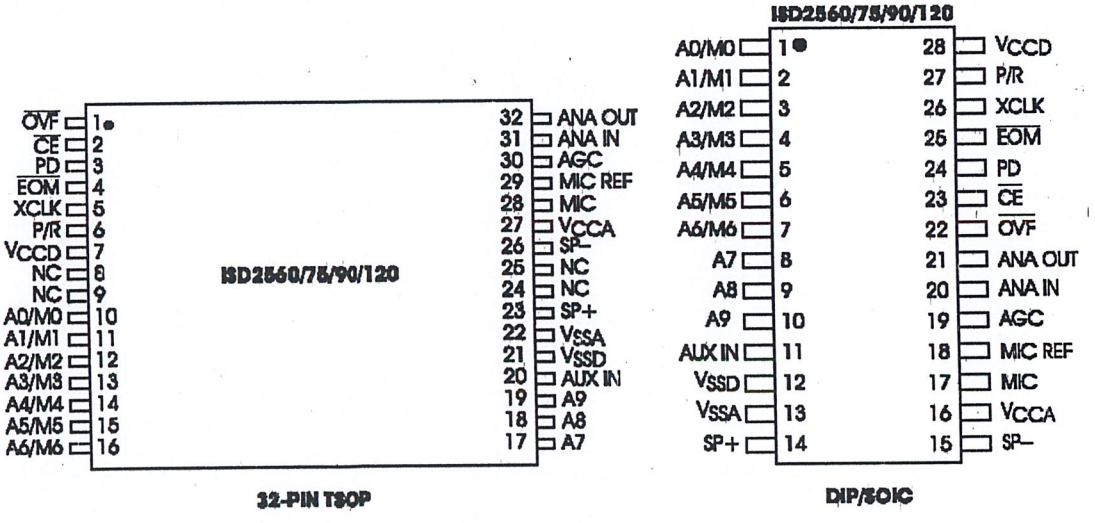
รูปที่ 2.4 วงจรประยุกต์ของ MT8870

2.2 ไอซีบันทึกเสียง ISD 25XX

2.2.1 คุณสมบัติของ ISD 25XX

คุณสมบัติหลัก ๆ ที่สำคัญก็น่าจะครอบคลุมถึงความยุ่งยากต่าง ๆ ให้ง่ายและกระทัดรัดลงมาเสร็จสรรพในการใช้งานในตัวเดียวจริง ๆ ดังคุณสมบัติต่อไปนี้

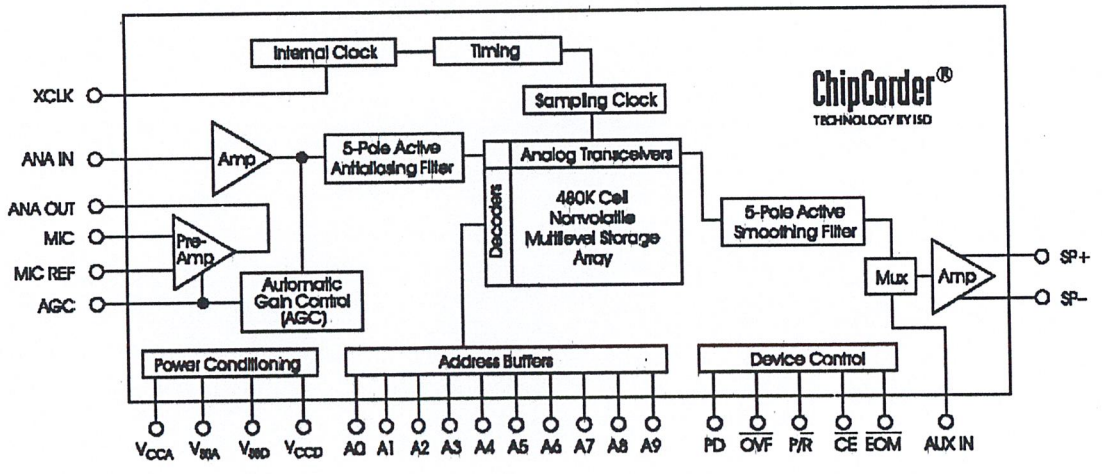
- เพียงไอซีตัวเดียวก็สามารถบันทึกและเล่นกลับได้อย่างง่ายดาย
- ไม่มีอุปกรณ์ไอซีอื่นมาต่อร่วมภายนอก
- ไม่ต้องพัฒนาระบบอื่น ๆ ขึ้นมาเสริม
- มีประสิทธิภาพในการบันทึก และเล่นกลับที่ให้เสียงได้เหมือนต้นกำเนิดเสียง
- ควบคุมการบันทึก/เล่นกลับตั้งแต่ 45, 60, 75, 90 วินาที ตามแต่เบอร์ในตระกูล ISD25XX
- ต่อเคสเคดกันได้โดยตรงเพื่อเพิ่มระยะเวลาให้ยาวมากขึ้น
- ปิดการทำงานอัตโนมัติเมื่อไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับนานเกินไป
- สามารถเก็บความจำไว้ได้นานถึง 100 ปี ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรอง
- วงรอบการบันทึก 100,000 ครั้ง
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
- สามารถโปรแกรมควบคุมการเล่นกลับเพียงอย่างเดียวเพื่อพัฒนารูปแบบใช้งานได้



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะการจัดขาใช้งานของไอซี ISD25XX

จากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่รวมอยู่ในไอซีเพียงตัวเดียวจึงทำให้ง่ายแก่การใช้งาน ตั้งแต่วงจรขยายสัญญาณจากไมโครโฟน จนถึงหน่วยเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกและขับออกลำโพงก็ถูกรวมไว้ในไอซีเพียงตัวเดียวในโหมดการบันทึกจะจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ไว้ในหน่วยความจำที่เป็นเซลแบบไม่ต้องการแรงดันสำรองเพื่อรักษาข้อมูลไม่ให้หาย สัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปแบบของสัญญาณอนาลอกจะถูกบันทึกไว้ในหน่วยจัดเก็บความจำโดยตรง และการจัดเก็บความจำก็จะจัดเก็บในลักษณะที่เป็นสัญญาณอนาลอกอยู่เช่นเดิม จึงทำให้การเล่นกลับสามารถให้สัญญาณเสียงที่เหมือนกับต้นกำเนิดเสียงมาก เพราะไม่มีการกระบวนการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลมาเกี่ยวข้อง

ในรูปที่ 2.4 เป็นรูปแสดง Block Diagram ภายในของไอซี เมื่อพิจารณาดูแล้วก็มีลักษณะคล้ายคลึงกับตระกูล ISD12XX/14XX มาก หากแต่มีความแตกต่างกันอยู่ในส่วนของบล็อกแอดแดรสบัฟเฟอร์ และบล็อกส่วนรับการควบคุม นอกจากนั้นยังมีบล็อกมัลติเพล็กซ์สัญญาณอินพุทของเพาเวอร์แอมป์ภายในไอซี เพื่อทำการเลือกที่จะขยายสัญญาณที่ถูกบันทึกเก็บไว้ หรือขยายสัญญาณจากภายนอกที่ขา AUX IN ทั้งหมดนี้เป็นข้อแตกต่างของ ISD25XX ที่ไม่เหมือนกับ ISD12XX/14XX



รูปที่ 2.6 แสดง Block Diagram ภายในของไอซี ISD25XX

2.2.2 หน้าที่ของขาแต่ละขา

เบื้องต้นการทำงานของการทำงานนั้นต้องทำความเข้าใจหรือทราบรายละเอียดของคุณสมบัติทางเทคนิคของไอซีเสียก่อน การทำงานในเบื้องต้นจะกล่าวถึงหน้าที่การใช้งานของแต่ละขาทั้งหมด เพราะหากกล่าวถึงการทำงานธรรมดาก็คือ ไอซีบันทึกเสียงนั่นก็คือการทำงาน แต่การทำงานของแต่ละขาและหน้าที่ของแต่ละขาจะมีความสำคัญมากกว่า เพราะจะสามารถนำเอาไอซีไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

Address / Mode Inputs (A0-A9 / M0-M6) ขา 1-10 ขาแอดเดรสและโหมดอินพุทจะมีอยู่ 2 ฟังก์ชันขึ้นกับระดับของสอง MSB ของแอดเดรส ถ้าแอดเดรสใดแอดเดรสหนึ่งของสอง MSB เป็น 0 อินพุทก็จะมาปรากฏที่แอดเดรสบิตทั้งหมดและใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นสำหรับวงรอบการบันทึกการเล่นกลับ และขาแอดเดรสจะเกิดการแลตช์โดยขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE และถ้า MSB มีสถานะเป็น 1 ขาแอดเดรส / โหมดอินพุต จะมาขึ้นอยู่ที่โหมดบิตทั้งหมด และเกิดการแลตช์เมื่อพัลส์ขอบขาลงปรากฏที่ขา CE

Auxiliary Input (AUX IN) ขา 11 จะเป็นขารับอินพุตจากภายนอก ซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณผ่านออกไปทางเอาท์พุตของวงจรขยายภายในและขับออกสู่ขาเอาท์พุตลำโพง โดยขั้นตอนการทำงานนี้จะเกิดขึ้นเมื่อขา CE มีสถานะเป็น 1 วงรอบของการเล่นกลับที่จะสิ้นสุดลง

Ground Input (Vssa,Vssd) ขา 12 และ ขา 13 โดยคุณสมบัติของไอซีจะมีการแยกกันระหว่างกราวด์ของสัญญาณอนาลอก และกราวด์ของสัญญาณดิจิตอล ขากราวด์ทั้งสองนี้จะถูกต่อและปิดไว้ภายในถังบรรจุของไอซี การใช้งานขากราวด์ทั้งสองนี้จะเลือกต่อกราวด์ของเพาเวอร์ซัพพลายในส่วนที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ เพื่อต้องการให้เกิดค่าแรงดันที่แตกต่างกันระหว่างกราวด์ทั้งสอง

Speaker Outputs (SP+,SP-) ขา 14 และ 15 เป็นขาเอาท์พุตต่อออกลำโพง จะมีวงจรขับสัญญาณความแตกต่างออกสู่ลำโพง ซึ่งประกอบอยู่ในตัวไอซีเรียบร้องแล้ว โดยมีความสามารถในการขับลำโพงเอาต์พุตได้ 50 มิลลิวัตต์ ที่โหลดลำโพง 16 โอห์ม ขาต่อลำโพงเอาต์พุตทั้งสองนี้จะไม่ต่อขนานกันโดยตรงเด็ดขาดเมื่อต้องถูกใช้ต่อคาสเคด (Cascade) กันหลาย ๆ ตัว

Voltage Inputs (Vcca,Vccd) ขา 16 และ 28 เป็นขารับแรงดันที่ต้องแยกกันต่างหากระหว่างขารับแรงดันของวงจรอนาลอกและวงจรดิจิตอล ที่ประกอบอยู่ในตัวไอซีแล้ว ขารับแรงดันต้องการแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์ และต้องเป็นแรงดันไฟเลี้ยงที่มีสัญญาณรบกวนต่ำมาก

Microphone Input (MIC) ขา 17 จะรับสัญญาณอินพุตที่ผ่านเข้ามายังไมโครโฟนแล้วส่งผ่านสัญญาณเข้าวงจรปรีแอมป์ที่ประกอบอยู่ในตัวไอซี ภายในประกอบด้วยวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติโดยวงจรนี้ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการขยายของวงจรปรีแอมป์ให้มีอัตราขยายอยู่ในช่วง –15 ถึง 25 เดซิเบล

Microphone Referrence Input (MIC REF) ขา 18 นี้จะต่อเข้ากับกราวด์อนาลอก โดยมีตัวเก็บประจุต่ออนุกรมอยู่ก่อน เพื่อทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนทางอินพุตขา 17 และเพื่อให้เกิดการชดเชยทางด้านสัญญาณรบกวนให้ดีกว่า 10 เดซิเบล

Automatic Gain Control Input (AGC) ขา 19 เป็นขาอินพุตเพื่อควบคุมการปรับอัตราการขยายของปรีแอมป์ไมโครโฟนทางด้านไดนามิก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับระดับสัญญาณที่มีย่านกว้างมากของสัญญาณอินพุตจากไมโครโฟน และเพื่อให้ระดับสัญญาณที่ทำการบันทึกมีความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด ขา AGC นี้จะต่อร่วมกับอุปกรณ์ RC เพื่อกำหนดค่าเวลาคงที่

Analog Input (ANA IN) ขา 20 จะรับสัญญาณที่ผ่านวงจรปรีแอมป์ออกมาทางขา 21 โดยผ่านตัวเก็บประจุคับปลิงภายนอกคับปลิงสัญญาณเข้าที่ขา 20 นี้ เพื่อผ่านสัญญาณเข้าไปทำการบันทึกไว้ในตัวไอซี ตัวเก็บประจุคับปลิงภายนอกนี้ จะต้องสัมพันธ์กับค่าความต้านทานภายในค่า 3 กิโลโอห์มซึ่ง เป็นอินพุตอิมพีแดนซ์

Analog Output (ANA OUT) ขา 21 เป็นขาเอาต์พุตของวงจรปรีแอมป์ขยายสัญญาณจากไมโครโฟนที่ได้รับจากการควบคุมอัตราการขยายจากวงจร AGC ภายในแล้ว

Overflow Output (OVF) ขา 22 สัญญาณพัลส์ 0 จะปรากฏออกมาทางขาเอาต์พุตนี้เพื่อเป็นการแสดงการสิ้นสุดการเล่นกลับหรือหน่วยความจำภายในตัวไอซีได้ถูกอ่านออกหมดแล้วและจะแสดงเป็นสภาวะหยุดเล่นกลับ พัลส์เอาต์พุตจากขา OVF นี้จะจ่ายให้กับ ขา CE อินพุตจนกว่าขา PD จะได้รับพัลส์เพื่อทำการรีเซต และเริ่มวงรอบการเล่นกลับใหม่อีกครั้ง พัลส์ที่ขา OVF นี้ สามารถใช้เริ่มต้นการทำงานของ ISD25XX ในตัวถัดไปได้ เมื่อถูกต่อคาสเคดกันอยู่หลายตัว

Chip Enable Input (CE) ขา 23 ขา CE จะต้องได้รับสัญญาณพัลส์ 0 เพื่อทำให้เกิดระหว่างการเล่นกลับและการบันทึก ที่ขาแอดเดรสอินพุตและขา P/R อินพุตจะถูกแลตช์จากพัลส์ขอบขาลงของพัลส์ที่ขา CE

Power down Input (PD) ขา 24 ในขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือเล่นกลับที่ขา PD จะมีสถานะเป็น 1 ก็จะเป็นการรักษาระดับการสิ้นเปลืองกำลังงานในระดับต่ำมาก ๆ แต่เมื่อขา OVF มีสภาวะเป็น 0 ที่แสดงถึงการเล่นกลับสิ้นสุดลงปรากฏขึ้น ขา PD ปรกติจะเป็น 1 อยู่ในขณะนั้นก็จะถูกรีเซตและจะเริ่มกระบวนการบันทึกหรือเล่นกลับใหม่อีกครั้ง

End – of – Message / RUN Output (EOM) ขา 25 เป็นส่วนของอุปกรณ์ non – volatile ภายในตัวไอซีที่จะใช้กำหนดหรือระบุการสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลที่ทำการบันทึกขา EOM นี้จะให้เอาต์พุตออกมาเป็น 0 เมื่อข้อมูลที่ถูกบันทึกอยู่ถูกเล่นกลับออกมาหมดแล้ว

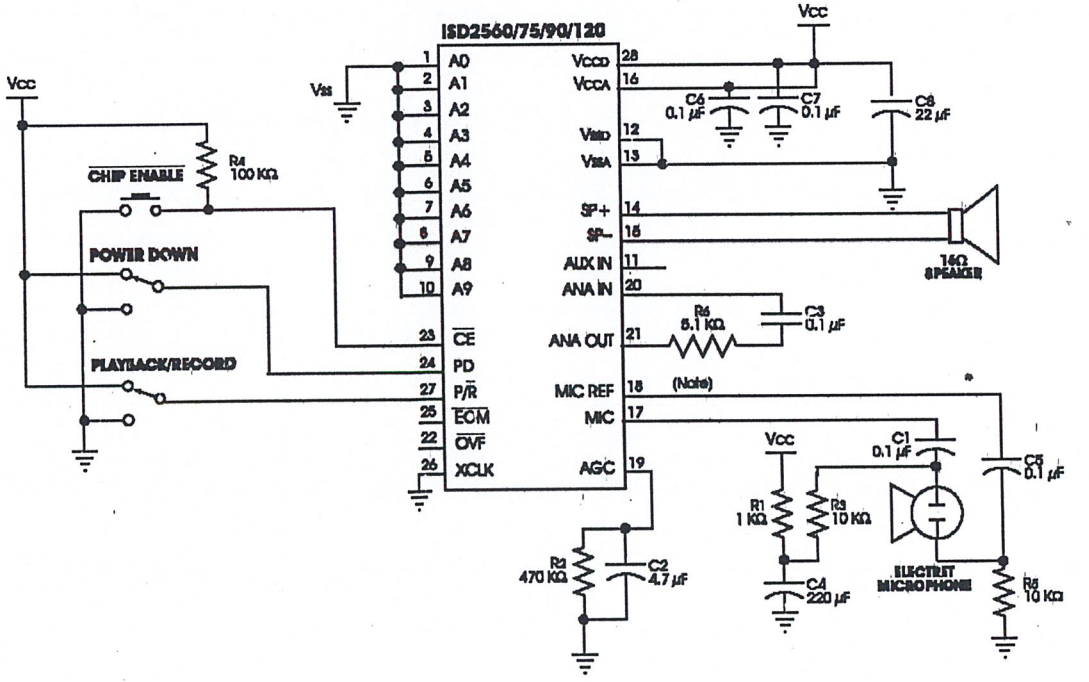
External Clock Input (XCLK) ขา 26 เป็นขารับสัญญาณนาฬิกาภายนอกเพื่อกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาในการสุ่มสัญญาณ แต่โดยปกติได้ระบุไว้ว่าสัญญาณนาฬิกาการ

สุ่มสัญญาณถูกกำหนดไว้ภายในแล้ว ซึ่งจะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิภายนอกหรือย่านแรงดันไฟเลี้ยงที่ไม่คงที่ การใช้งานปกติแล้วจะต่อขา 26 นี้ เข้ากับกราวด์ของไฟเลี้ยง

Playback / Record Input (P/R) ขา 27 เมื่อขาอินพุตควบคุมการเล่นกลับและการบันทึกได้รับพัลส์ 1 จะเป็นวงรอบของการเล่นกลับ และถ้าเป็นพัลส์ 0 จะเป็นการเลือกวงรอบการบันทึก ถ้าหากได้รับพัลส์ที่ขอบขาลงของ CE จะเป็นการแลตช์อินพุตที่ขา P/R เมื่อมีการทำงานทุกอย่างเชื่อมโยงกันอยู่แค่ภายในตัวไอซีเพียงตัวเดียว มีการต่ออุปกรณ์ภายนอกร่วมน้อยมากก็เป็นการง่ายที่จะประยุกต์เอาไอซีในตระกูลนี้ไปใช้งาน

2.2.3 การประยุกต์ใช้งาน

การประยุกต์ใช้งานไอซีในตระกูล ISD25XX ทำได้โดยง่าย ตามการทำงานของแต่ละขาใช้งานของไอซีที่ได้อธิบายมาแล้ว และวงจรประยุกต์ใช้งานแสดงไว้ในรูปที่ 2.4 จะสังเกตเห็นวงจรที่มีความเรียบง่ายและอุปกรณ์ประกอบร่วมที่น้อยมาก สังเกตวงจรนับตั้งแต่ลำโพงที่สามารถต่อได้โดยตรงกับไอซี การประยุกต์ใช้งานร่วมระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม และพัฒนาโปรแกรมเพื่อควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถที่จะทำให้ ISD25XX ทำการบันทึกและเล่นกลับได้ในหลากหลายของฟังก์ชันการทำงานขึ้นกับความสามารถและประสิทธิภาพของโปรแกรมควบคุม



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรประยุกต์ใช้งานของ ISD 25XX

2.3 อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง (Opto Couple)

อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง หรือ ตัวแยกโดยใช้แสง เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติในการไอโซเลท (Isolate) ทำให้สามารถนำมาใช้ในการเชื่อมโยงสัญญาณต่าง ๆ ของวงจรที่มีกราวด์ต่างกัน สามารถป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างอินพุทกับเอาท์พุทได้อย่างเด็ดขาด ซึ่งการดับปลิ้ง (Coupling) ด้วยวิธีอื่น ๆ จะทำไม่ได้ จึงได้นำเอาออปโต้คัฟเปลอร์ (Opto coupler) มาประยุกต์ใช้งาน ในวงจรเพื่อประสิทธิภาพการทำงานและความน่าเชื่อถือของวงจร

ออปโต้คัฟเปลอร์ (Opto coupler) เป็นอุปกรณ์เดี่ยวที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสง โดยที่ทั้งสองส่วนนี้จะแยกจากกันและกัน มีฉนวนที่โปร่งใส เช่น กระจกชิ้นบาง ๆ คั่นกลาง และชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังทึบแสง รูปร่างภายนอกมีอยู่หลายแบบ แต่ที่พบเห็นบ่อย ๆ ส่วนมากจะมีตัวถังเป็นแบบดิพ (DIP : Dual in – Line Package) เหมือนไอซี แต่มี 6 ขา แหล่งกำเนิดแสงส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟาเรด (IRED : Infrared Emitter Diode) ทำจากสารแกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ส่วนตัวตรวจรับหรืออุปกรณ์ภาคเอาท์พุทนั้นอาจจะเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โฟโต้ดาร์ลิงตันสวิทซ์สองทิศทางซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้น และ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสงเป็นต้น ออปโต้คัพเปลอร์หรือออปโต้ไอโซเลทเตอร์ ได้รับการออกแบบไว้ให้ทำการป้องกันอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ไม่ให้ได้รับแรงดันกระชากสูง ๆ หรือคุ้มครองระดับนอยส์ต่ำ ๆ ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดเอาท์พุทไม่ถูกต้องหรือทำให้เกิดคลื่นผิดพลาดขึ้นมา ออปโต้คัฟเปลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ ที่มีระดับลอจิกแตกต่าง ในออปโต้คัฟเปลอร์สัญญาณอินพุทจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานแสง เพราะมี LED ที่อยู่ภายนอก พลังงานจึงถูกส่งไปยังโฟโต้ดีเทคเตอร์ ดังนั้นมันจึงทำงานตรงกับพลังงานของแสงที่ได้จาก LED และสเปคตามอัตราส่วนการส่งผ่านกระแส (CURRENT – TRANSFER RATIO : CTR) กับ Isolation Voltage เป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุทต่อกระแสเอาท์พุทซึ่งเป็นการวัดความสามารถของออปโต้คัฟเปลอร์ในเรื่องความสามารถให้สัญญาณอินพุทถูกส่งไปยังเอาท์พุท อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับ ประสิทธิภาพของ IRED ช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนทางอินพุทและเอาท์พุท รวมทั้งพื้นที่ความไว และอัตราขยายของตัวตรวจจับ สำหรับ Isolation Voltage ของออปโต้คัฟเปลอร์ คือปริมาณแรงดันที่ ออปโต้คัฟเปลอร์สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย

เนื่องจากตัวแปรเอาท์พุททางด้านไฟฟ้ากระแสตรงและตัวแปรส่งถ่าย (Transfer Parameter) นั้น จะแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นส่วนที่เป็นตัวตรวจจับ ที่ใช้ในออปโต้คัพเปลอร์ ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตัวตรวจจับนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น

2.3.1 ทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ (Transistor Coupler)

อุปกรณ์ประเภทนี้ได้รับความนิยมมากที่สุด มีความไวระดับกลาง มีราคาถูก ตรงจุดเชื่อมต่อภายในระหว่างคอลเลคเตอร์ – เบส ของทรานซิสเตอร์สามารถเอาสายมาต่อข้างนอกให้ทำหน้าที่เป็นโฟโต้ไดโอด ซึ่งมีความเร็วในการทำงานสูงยิ่งไปกว่าเดิม

2.3.2 ดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัฟเปลอร์ (Darlington Transistor Couler)

อุปกรณ์ประเภทนี้ให้อัตราส่วนการส่งกระแส หรือ มีอัตราการขยายสูงสามารถให้กระแสเอาท์พุทเพิ่มขึ้น ซึ่งจะได้อัตราขยายสูงเป็น 10 เท่า แต่ความเร็วในการทำงานจะช้ากว่า 10 เท่าของการใช้ทรานซิสเตอร์ตัวเดียว

ออปโต้ทรานซิสเตอร์คัฟเปลอร์ และแบบดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ นั้นมีหลักการทำงานเหมือนกัน รอยต่อระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับขาเบสถูกทำให้กว้างขึ้น แสงที่ตกกระทบรอยต่อจะทำให้เกิดคู่ของอิเล็คตรอนและโฮลขึ้นมาเกิดการนำกระแสได้

2.3.3 ออปโต้คัพเปลอร์ที่ใช้สวิตซ์สองทิศทางหรือไตรแอค (TRIAC)

อุปกรณ์ประเภทนี้จะทำงานเมื่อมีแสงกระตุ้นเป็นภาคเอาท์พุท ถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานซึ่งต้องการการแยกการทริก หรือ การกระตุ้นตัวไตรแอค การแยกการสวิตซ์ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดกระแสต่ำ และการแยกกันทางไฟฟ้ามีค่าสูง

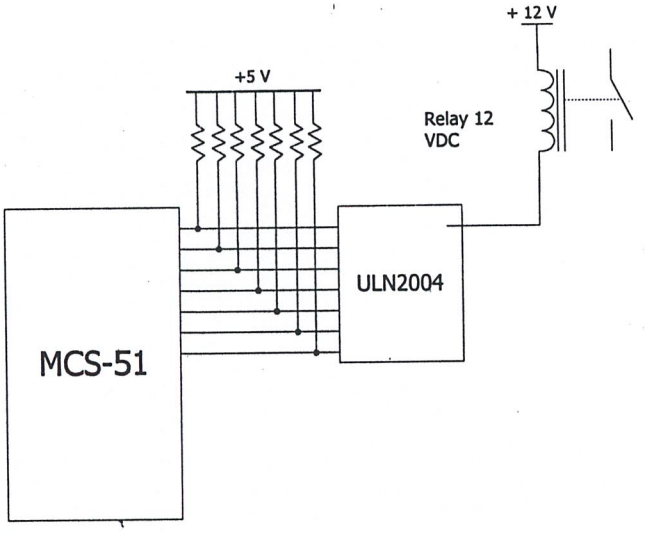
2.3.4 ออปโต้คัพเปลอร์ที่ใช้เอสซีอาร์ (SCR) ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง

อุปกรณ์ประเภทนี้ ถูกออกแบบมาสำหรับใช้ในงานที่ต้องการการแยกกันทางไฟฟ้าที่มีค่ากระแสสูงระหว่างวงจรทางด้านแรงดันต่ำ (ซึ่งใช้ไอซี) และทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูง

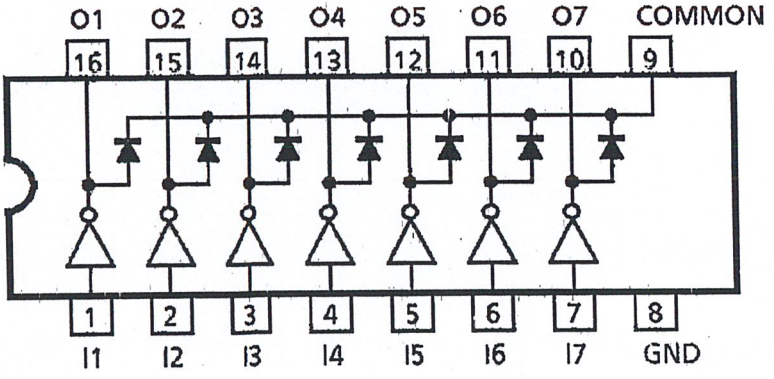
2.4 ไอซีบัฟเฟอร์ (Buffer)

ค่าของกระแสที่ส่งออกมาจากพอร์ทของไมโครคอนโทลเลอร์นั้นจะมีค่าต่ำมาก ซึ่งกระแสค่าต่ำที่ว่านี้ไม่สามารถขับรีเลย์ในกรณีที่รีเลย์นั้นต้องการกระแสค่ามากได้ ทำให้ในบางครั้งเกิดปัญหาขึ้น ถึงแม้เราจะใช้ทรานซิสเตอร์ที่มีค่าอัตราการขยายกระแส (β) สูงก็ตาม เราสามารถที่จะแก้ปัญหาตรงจุดนี้ได้โดยการใช้ไอซีขับกระแส หรืออาจเรียกว่าไอซีบัฟเฟอร์ (Buffer) ก็ได้ ซึ่งไอซีบัฟเฟอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปแล้วมีมากมายหลายตระกูล โดยในโครงงานนี้เราเลือกใช้เบอร์ ULN2004 ซึ่งไอซีบัฟเฟอร์นี้ภายในจะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ที่ต่ออยู่ในลักษณะของดาร์ลิงตัน (Darlington) ซึ่งจะช่วยทำให้ค่าอัตราการขยายกระแสเพิ่มขึ้นโดยมีค่าความสามารถใน

การจ่ายกระแสให้กับโหลดได้สูงสุด 500 มิลลิแอมป์ ซึ่งมากกว่ากรณีที่ใช้ทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียวในการขับ อีกทั้งยังช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ได้เป็นอย่างมาก เนื่องจากวงจรต่อร่วมน้อยมากทำให้วงจรรวมมีขนาดเล็กลง ซึ่งรายละเอียดต่างๆสามารถศึกษาได้จาก Datasheet ซึ่งอยู่ในภาคผนวก

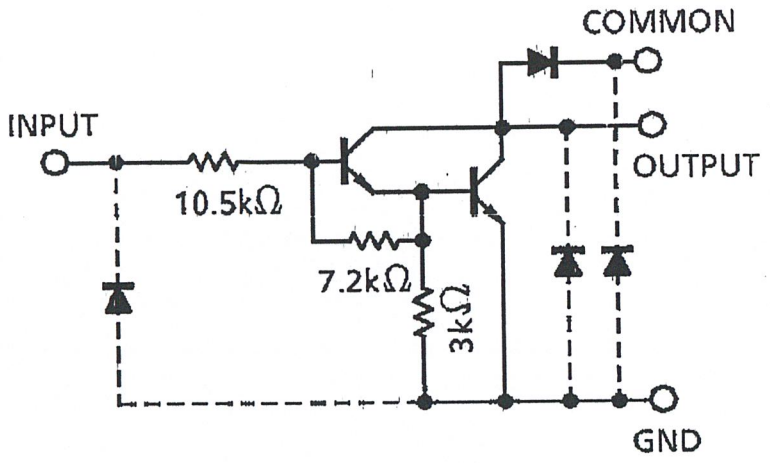


รูปที่ 2.8 แสดงการต่อวงจรดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์
ของ ULN2004 ใน 1 channel



รูปที่ 2.9 แสดงการจัดขา และ วงจรภายในของ ULN2004

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.10 แสดงการต่อวงจรภายในของ ULN2004

46220

บทที่ 3
ไมโครคอนโทลเลอร์และการประยุกต์ใช้

3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51

3.1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล MCS – 51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5V ชุดเดียว
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031สำหรับเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data memory) ขนาด 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไป มีถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีไทมเมอร์ เคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด
- รับอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวคเตอร์
- มีพอร์ทรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ทแบบ Full Duplex เลือกรูปได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND , OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ 1 บิต

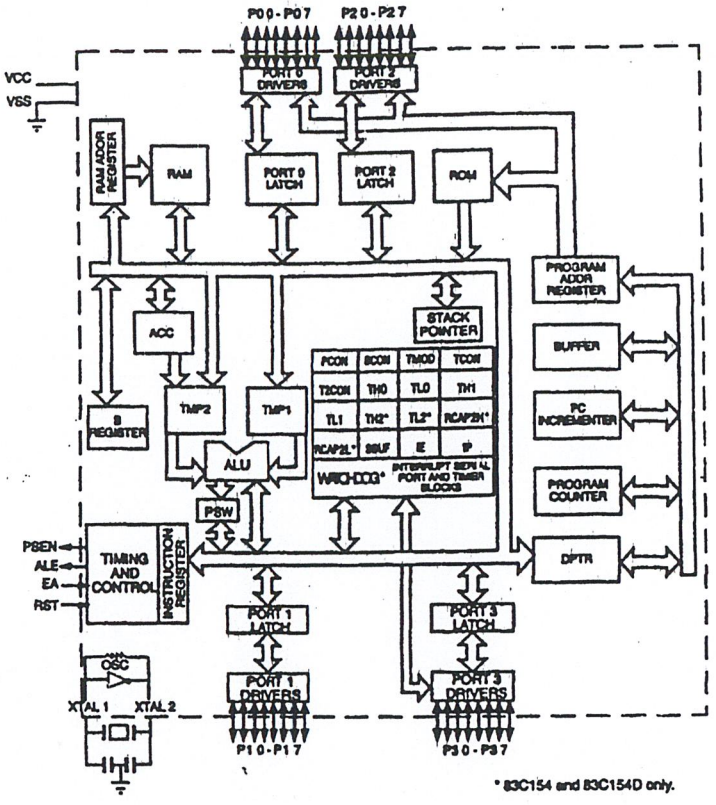
3.1.2 พอร์ทของ 8051

MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขาซึ่งมีขาต่างๆดังนี้

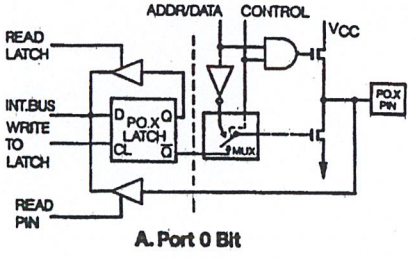
- Vcc (ขา 40) ต่อกับ + 5V
- Vss (ขา 20) เป็นขา GND
- พอร์ท 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0-P0.7) มีโครงสร้างแบบ Open-Drain Bi-directional ดังรูปที่ 2.16

พอร์ท 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0-P0.7) ใช้งานได้ 2 หน้าที่คือ แอดเดรสบัส (Address Bus) และ ดาต้าบัส (Data Bus) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นไอโอพอร์ท ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ทต้องส่งลอจิก " 1 " ไปยังพอร์ทนี้ จะมีผลให้ Q ของ D-FF เป็น " 1 " ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุทพอร์ทแลทซ์โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ตัวบนและการอ่าน Port (pin) จะใช้สัญญาณ READ (pin)

พอร์ท 1 (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิตคือ (P1.0-P01.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ท 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ MCS – 51



รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้าง พอร์ท 0

พอร์ท 2 (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิตคือ (P3.0-P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพูลอัพแทน พอร์ทนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือสามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ทใช้งานทั่วไปเมื่อจะ ใช้งานเป็นอินพุทพอร์ทต้องส่งลอจิค " 1 " มาที่พอร์ท นี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF

พอร์ท 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ ขา (P3.7-P3.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่ คือเป็นไอโอพอร์ทถ้าจะให้เป็นอินพุทต้องส่งลอจิก " 1 " มาที่พอร์ทนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้ามาไปสัญญาณต่างๆมีดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.1/TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.2/INT0 (External Interrupt 0) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0

P3.3/INT1 (External Interrupt 1) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1

P3.4/T0 (Counter 0 External Input) เป็นขารับสัญญาณพัลซ์อินพุทเข้าไปยังวงจร Counter 0

P3.5/T1 (Counter 1 External Input) เป็นขารับสัญญาณพัลซ์อินพุทเข้าไปยังวงจร Counter 1

P3.6/$\overline{WR}$ (External Data Memory Write Strobe)ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

P3.7/$\overline{RD}$ (External Data Memory Read Strobe)ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

-ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A7-A0) ที่ส่งออกมาจากพอร์ท (0) สัญญาณนี้จะแอคทีฟทุกๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมชชีนไซเคิล

- $\overline{PSEN}$ (ขา 29) เป็นขาสโตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจาก Program Memory ภายนอก สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้

- $\overline{EA}$ (ขา 31)ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

ป้อน " 0 " จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิพ

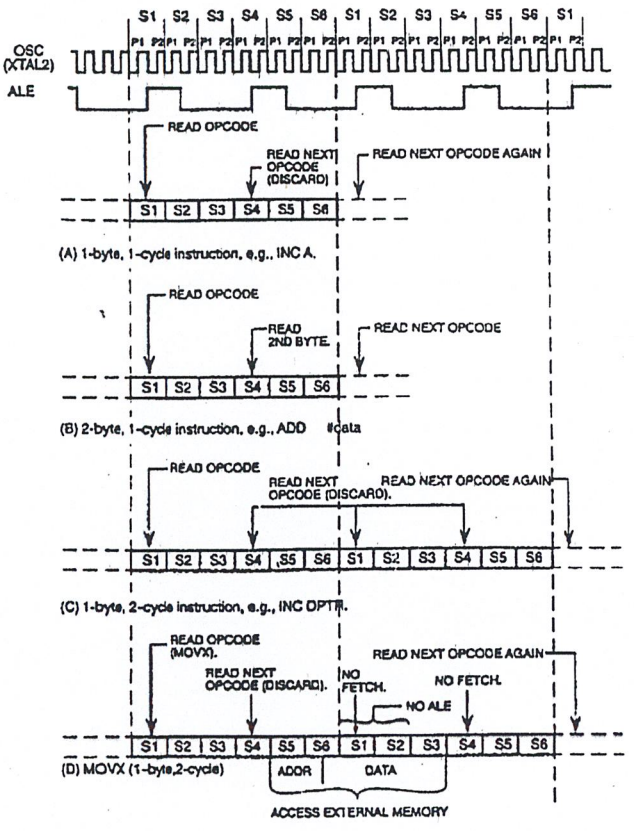
ป้อน " 1 " จะอ่านโปรแกรมจากภายในชิพ

-**RST** (ขา 9) ขารีเซ็ท จะรีเซ็ทได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก “1” เข้าที่ขานี้นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล

-**XTAL1** (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุทของวงจรออสซิสเลเตอร์ภายใน

-**XTAL2** (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นเอาท์พุทของวงจรออสซิสเลเตอร์ภายใน

3.1.3 ผังเวลาของซีพียู (CPU Timing)



รูปที่ 3.3 แสดงผังเวลาการทำงานของแต่ละคำสั่ง

การทำงานใน 1 คำสั่งต่ำสุดกินเวลาเพียง 1μs ซึ่งจะใช้คล็อคไปเท่ากับ 12 ลูก โดยปกติซีพียูจะ RUN ด้วยความเร็วเท่ากับ 12 MHz ดังนั้น คล็อค 12 ลูกจะกินเวลาเท่ากับ 1μs

3.1.4 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

3.1.4.1 หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ

8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมี ROM ขนาด 8 กิโลไบต์

3.1.4.2 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ซึ่งก็คือ RAM สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในชิพมีเพียง 128 ไบต์ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิพมีความจุ 64 กิโลไบต์

1) พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น (Indriect Address Area)

พื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80h-FFh) เป็นพื้นที่ซ้อนกันอยู่อย่างละ 128 ไบต์โดยส่วนแรกจะเป็น SFR แอดเดรสและ Indirect Address Area ดังนั้นถ้าต้องการติดต่อกับ SFR ต้องใช้คำสั่งแบบเข้าถึงข้อมูลโดยตรงเท่านั้น (Direct Address Area) ส่วนพื้นที่อีกส่วนจะเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Area) ส่วนตำแหน่ง (00h-7Fh) จะเข้าถึงข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ

2) พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area)

พื้นที่ 128 ไบต์ ล่างสุดจะแบ่งเป็น 3 ส่วน

1) รีจิเตอร์แบงค์ (Register Bank 0-3)

ตั้งแต่ตำแหน่ง (00h-1Fh) เป็นส่วนของรีจิเตอร์แบงค์ (0-3) โดยแบ่งเป็นแบงค์ละ 8 ไบต์ รวมแล้วได้ 32 ไบต์ (แต่ละแบงค์ จะมีรีจิเตอร์ R0,R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7) ถ้าซีพียูทำงานอยู่ที่ แบงค์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ทก็จะกลับมาทำงานที่แบงค์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทันที

2) บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านเขียนทีละบิตได้ (Bit Address Area)

พื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส (20h-2Fh) จำนวน 16 ไบต์หรือแบ่งเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิต ซึ่งตำแหน่งบิตนี้มีดังนี้ 00,01,02,03,04,05,06,07 จนถึง 2Fh

3) บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area)

พื้นที่ตั้งแต่ (30h-7Fh) จะเขียนข้อมูลได้ทีละไบต์เท่านั้นไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ ถ้าย้ายเนื้อที่สแตคมาบริเวณนี้ต้องระวังในการเขียนข้อมูลมาทับสแตค

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C51 เป็นประเภท CMOS 8 Bit ไมโครคอมพิวเตอร์ ที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูง มีส่วนของหน่วยความจำที่สามารถโปรแกรมใหม่และลบข้อมูลใน ROM ได้ ประเภท Flash Programmable and Read Only Memory (PEROM) จำนวน 4 กิโลไบต์ ผลิตตรงตามมาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ของตระกูลMCS-51 โดยบริษัทAtmel Corporation เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ที่ ราคาถูก มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานได้หลายด้านและหาซื้อได้ทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งคุณสมบัติโดยทั่วไปจะเหมือนกับไมโคร-คอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ดังนั้น เบอร์ 89C51 จึงได้รับการผลิตขึ้นมาให้มีส่วนของ Memory ที่สามารถโปรแกรมใหม่ได้โดยง่าย (PEROM) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีแบบใหม่ และเช่นเดียวกันกับ การพัฒนาสร้างระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านนี้ ได้ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ของตระกูล MCS-51 เบอร์ 89C52 เป็นวงจรในการควบคุมการทำงานของระบบ

3.2 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม ของ MCS-51

การสื่อสารแบบอนุกรมเป็นการส่งข้อมูลครั้งละบิตแบบต่อเนื่องกันไปโดยส่งบิตต่ำออกไปก่อนแล้วตามด้วยบิตสูง ซึ่งแตกต่างกับการส่งข้อมูลแบบขนานที่ส่งข้อมูลทุกบิตออกไปพร้อมกัน การส่งข้อมูลแบบขนานจะใช้สายสัญญาณ 1 เส้นต่อ 1 บิต แต่การส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียวสำหรับข้อมูลทุกบิต

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมมีโครงสร้างที่สำคัญหลายอย่างเช่นความเร็วในการส่งข้อมูลซึ่งเรียกว่า Baud rate มีหน่วยเป็น บิต/วินาที เช่นความเร็ว 1200 , 2400 , 4800 หรือ 9600 เป็นต้น หากใช้ความเร็ว 2400 บิต/วินาที จะใช้เวลาในการส่ง 1 บิตเท่ากับ 1/2400 วินาที ซึ่งสามารถคำนวณเวลาในการส่งข้อมูลได้

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีพอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Port) ที่สามารถรับและส่งข้อมูลแบบ Full Duplex อยู่ 1 พอร์ต การรับส่งแบบ Full Duplex หมายถึงว่าพอร์ตอนุกรมสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน การควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมทางด้านส่งและรับข้อมูล ทำโดยการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมชื่อ SCON

3.2.1 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม SCON

รีจิสเตอร์ SCON เป็นรีจิสเตอร์เฉพาะที่ทำหน้าที่ควบคุมโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม และเป็นที่เก็บข้อมูลบิตที่ 9 ของการรับข้อมูล (บิต TB8 และ RB8) และมีแฟลกของการร้องขออินเตอร์รัพต์ของพอร์ตอนุกรมรวมอยู่ด้วย บิตต่างๆดังแสดงในรูป 2.18 การควบคุมการทำงานเราจะ

กำหนดบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์ตัวนี้ด้วย คำสั่งการโอนย้ายข้อมูล(MOV) หรือ ใช้คำสั่งการเซต(SET) หรือ เคลียร์(CLR)บิต ก็ได้เนื่องจาก รีจิสเตอร์ SCON อ้างอิงตำแหน่งแบบบิตได้

ตารางที่ 3.1 แสดงบิตของรีจิสเตอร์ SCON

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SCON : Serial Port Control Register

ความหมายของบิตต่างๆ ในรีจิสเตอร์ SCON เป็นดังนี้

- **SM0** และ **SM1** เป็นบิตกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมซึ่งมี 4 โหมดดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน	อัตรารับส่ง
0	0	0	Shift Register	Fosc/12
0	1	1	8 bit UART	Variable
1	0	2	9 bit UART	$f_{osc}/32$ หรือ $f_{osc}/64$
1	1	3	9 bit UART	Variable

- **SM2** เป็นบิตควบคุมให้ทำงานในลักษณะการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวเข้าด้วยกัน สำหรับการใช้งานในโหมด 2 หรือ โหมด 3 เป็นดังนี้

SM2 = 1 จะทำให้แฟลกอินเตอร์รัพต์ทางด้านรับ (RI) ไม่ถูกเซตเมื่อรับข้อมูลเข้ามาแล้วมีค่าบิตที่ 9 เป็น 0 (อยู่ในบิต RB8) สำหรับการทำงานในโหมด 1 ถ้าเซต SM2 = 1 แฟลกอินเตอร์รัพต์ทางด้านรับ (แฟลก RI) จะไม่ถูกเซตหากข้อมูลที่รับเข้ามาไม่มี STOP BIT การใช้งานในโหมด 0 ต้อง กำหนด SM2 = 0

- **REN** เซตหรือรีเซ็ต ด้วยซอฟต์แวร์เป็นตัวควบคุมการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ดังนี้

1 = ให้มีการรับข้อมูล

2 = ไม่ให้มีการรับข้อมูล

- **TB8** เป็นบิตข้อมูลที่ 9 ที่ต้องการส่งในโหมด 2 และ 3 สามารถเซ็ตหรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์

- **RB8** เป็นบิตเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาบิตที่ 9 ในโหมด 2 หรือ 3 สำหรับการทำงานในโหมด 1 หากกำหนดให้ บิต SM2 = 0 บิต RB8 จะเป็นค่าของ STOP BIT ที่รับเข้ามา สำหรับโหมด 0 ไม่มีการใช้ RB8

- **TI** แฟลกของการอินเตอร์รัพต์ด้านส่งข้อมูล แฟลกนี้จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อจบการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือเมื่อเริ่มต้นส่ง STOP BIT ในโหมด 1 , 2 หรือ 3 เราต้องเคลียร์แฟลกนี้ด้วยซอฟต์แวร์ เมื่อจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของการส่งข้อมูลแล้ว

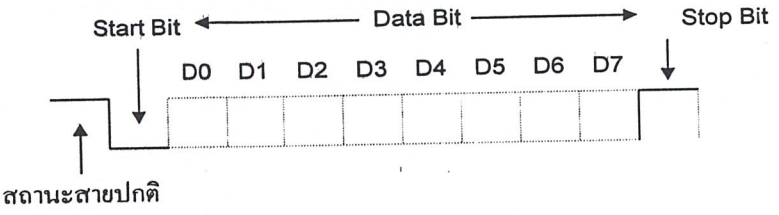
- **RI** แฟลกอินเตอร์รัพต์ด้านรับข้อมูล ถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อข้อมูลบิตที่ 8 ในโหมด 0 ถูกรับเข้ามาหรือเมื่อ STOP BIT ถูกรับเข้ามาในครึ่งเวลาแรกในโหมด 1 , 2 หรือ 3 เราต้องเคลียร์แฟลกนี้ด้วยซอฟต์แวร์เมื่อจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของการรับข้อมูลแล้ว

การส่งและรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรมจะมีรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลอยู่ 1 ตัวคือรีจิสเตอร์ SBUF การส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ทำโดยการใส่ข้อมูลลงในรีจิสเตอร์ SBUF การอ่านข้อมูลจากภายนอกที่รับเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมจะานจากรีจิสเตอร์ SBUF เช่นกัน วงจรด้านรับจะมีบัพเฟอร์ขนาด 1 ไบต์ที่ทำหน้าทีเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาประกอบอยู่ภายใน (การมีบัฟเฟอร์รับข้อมูลทำให้ด้านรับสามารถรับข้อมูลไบต์ที่ 2 เข้ามาได้ทันทีหลังจากข้อมูลไบต์แรกเข้ามาแล้วแม้ยังไม่ถูกอ่านออกไป แต่ถ้าข้อมูลไบต์แรกยังไม่ถูกอ่านก่อนที่ข้อมูลไบต์ที่ 2 จะเข้ามาครบข้อมูลไบต์ที่ 2 จะถูกยกเลิก)

การทำงานของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 โหมดคือ โหมด 0 , 1 , 2 และ 3 แต่ละโหมดมีการทำงานดังต่อไปนี้

- โหมด 0 ข้อมูลขนาด 8 บิต แบบอนุกรมรับเข้ามาทางขา RXD และ ข้อมูล 8 บิต ส่งออกแบบอนุกรมทางขา TXD การรับและส่งข้อมูลจะเริ่มจากบิตต่ำ (LSB) ก่อน อัตราการรับส่งข้อมูล (Baud rate) จะเป็น 1/12 เท่าของสัญญาณนาฬิกา

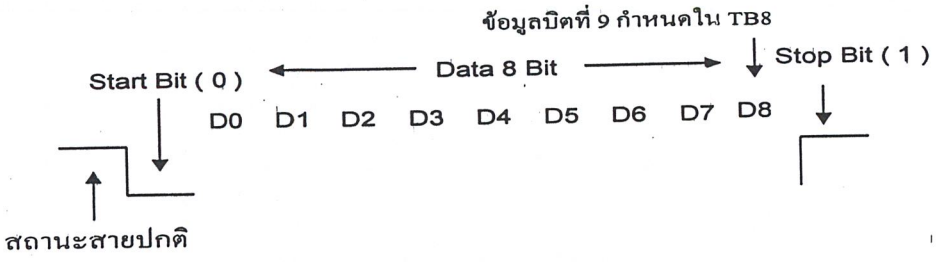
- โหมด 1 ใช้การรับและส่งข้อมูลแบบ 10 บิต ซึ่งข้อมูลอนุกรม 10 บิตเข้ามาทาง RXD และข้อมูลขนาด 10 บิต ส่งออกทางขา TXD โดยข้อมูล 10 บิตประกอบด้วย 1 Start bit (ค่า 0) ตามด้วย 8 บิตข้อมูล(การรับ/ส่งจะเริ่มจากบิตต่ำก่อน) และ 1 Stop bit (ค่า 1) ด้านรับข้อมูลจะนำค่า Stop bit ที่รับเข้ามาไปเก็บในบิต RB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON อัตราการรับส่งข้อมูลในโหมดนี้สามารถกำหนดได้ตามต้องการ



รูปที่ 3.4 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 1

- **โหมด 2** ใช้การรับส่งข้อมูลขนาด 11 บิต ข้อมูลแบบอนุกรมรับเข้ามาทางขา RXD และส่งออกไปทางขา TXD ซึ่งข้อมูล 11 บิต ประกอบด้วย 1 Start bit (ค่า 0) ตามด้วย 8 บิตข้อมูล (การรับ/ส่งเริ่มจากบิตต่ำก่อน) , 1 บิตข้อมูลที่กำหนดค่าได้ และ 1 Stop bit (ค่า 1) สำหรับด้านส่งข้อมูลบิตที่ 9 จะกำหนดไว้ใน TB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ซึ่งเราสามารถกำหนดเป็น 1 หรือ 0 ก็ได้ ในการใช้งานเราอาจใช้บิตข้อมูลบิตที่ 9 เป็นบิตตรวจสอบ (Parity) ก็ได้โดยการนำค่าในแฟลก P มากำหนดให้กับ TB8 เมื่อข้อมูล 8 บิตมาจากแอคคิวมูเลเตอร์ ซึ่งจะทำให้เราได้การตรวจสอบการส่งข้อมูลแบบพาริตี้คู่ ในกรณีของการรับข้อมูลจะนำข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาไปเก็บในบิต RB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ส่วน Stop bit จะไม่มีการนำมาเก็บ อัตราการรับและส่งข้อมูลในโหมดนี้จะเลือกใช้ความเร็วได้ 2 ค่าคือ 1/31 หรือ 1/64 เท่าของสัญญาณนาฬิกา
- **โหมด 3** การทำงานในโหมด 3 จะมีลักษณะคล้ายกับโหมด 2 แต่ในโหมด 3 เราสามารถกำหนดอัตราการรับและส่งข้อมูลได้ตามต้องการ

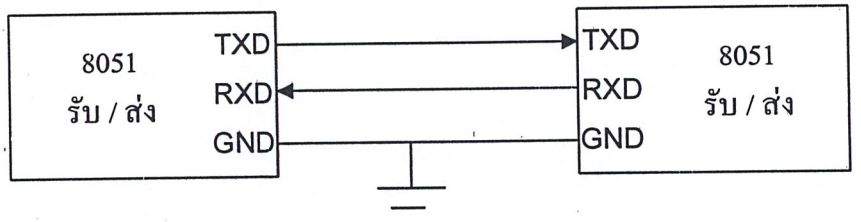
การทำงานของพอร์ตอนุกรมทั้ง 4 โหมด การส่งข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อมีการกำหนดข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ SBUF ซึ่งการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ SBUF จะใช้คำสั่งการโอนย้ายข้อมูล เช่น MOV SBUF,#15H หรือ MOV SBUF,@R1 ก็ได้ การรับข้อมูลในโหมด 0 จะเริ่มต้นรับข้อมูลเมื่อค่าของบิต RI = 0 และ REN = 1 ส่วนในโหมดอื่นๆ การรับข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อกำหนดบิต REN = 1 และมี Start bit เข้ามาที่ขา RXD



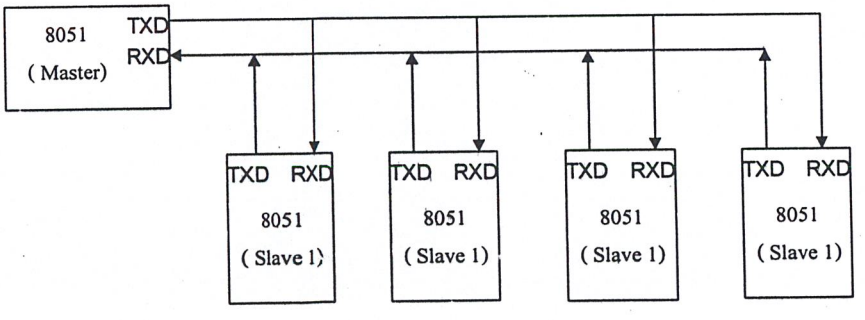
รูปที่ 3.5 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 2 และ โหมด 3

3.2.2 การสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัว (Multi Processor Communication)

การติดต่อสื่อสารทั่วไปจะใช้การติดต่อสื่อสารแบบจุดต่อจุดซึ่งมีตัวส่ง 1 ตัวและตัวรับ 1 ตัว แต่ในบางครั้งการควบคุมจำเป็นต้องทำการสื่อสารแบบหลายจุด ซึ่งเป็นการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์หลายตัวที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลกันได้หลายตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.20



(ก) การต่อแบบจุดต่อจุด



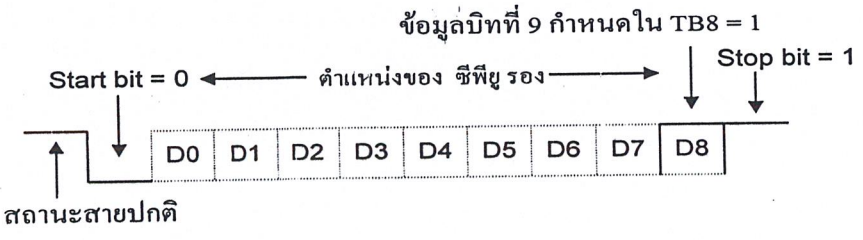
(ข) การเชื่อมต่อแบบหลายจุด

รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แบบจุดต่อจุดและหลายจุด

การทำงานของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในโหมด 2 และโหมด 3 มีการทำงานพิเศษ ที่สามารถใช้สำหรับการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างซีพียูหลายตัวได้ การทำงานทั้ง 2 โหมดนี้ข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกนำไปเก็บในบิต RB8 เราสามารถโปรแกรมเพื่อกำหนดให้พอร์ตอนุกรมส่งสัญญาณร้องขออินเตอร์รัพต์ได้เมื่อรับข้อมูลเข้ามาแล้วได้ค่าใน RB8 = 1 ซึ่งการควบคุมนี้กำหนดจากการเซตบิต SM2 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON การทำงานในการเชื่อมต่อสื่อสารกับซีพียูหลายตัวจะมีลักษณะการทำงานดังนี้ ในระบบที่เชื่อมต่อแบบหลายจุดเรากำหนดให้ซีพียูตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นซีพียูหลัก (Master) สำหรับควบคุมการติดต่อกับซีพียูตัวอื่นๆ ซึ่งเรียกว่าเป็นซีพียูรอง (Slave) สัญญาณ TXD ของซีพียูหลักต่อเข้ากับสัญญาณ RXD ของซีพียูรองทุกตัว ทำให้ข้อมูลจากซีพียูหลักสามารถส่งไปยังซีพียูรองได้ทุกตัว ที่ตัวซีพียูรองจะมีตำแหน่งของตัวเอง (Address) ที่กำหนดไว้จากโปรแกรมหรือฮาร์ดแวร์ โดยมีการแบ่งลักษณะของข้อมูลที่ใช้ส่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1) ข้อมูลที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง (Address Byte)

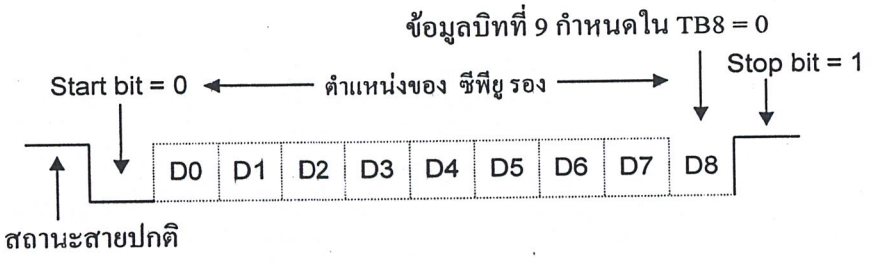
ข้อมูลที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง จะมีค่าบิตข้อมูลบิตที่ 9 (D8) มีค่าเป็น 1 ใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งของซีพียูรอง ที่ซีพียูหลักต้องการติดต่อด้วย ลักษณะของข้อมูลที่กำหนดตำแหน่งแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะของข้อมูล Address Byte

2) ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)

เป็นไบต์ที่ใช้สำหรับการรับและส่งข้อมูล และนำไปใช้งานโดยข้อมูลไบต์นี้จะกำหนดให้บิตที่ 9 (D8)เป็น 0 ซึ่งรูปแบบของไบต์ข้อมูลจะเป็นดังรูปที่ 3.8



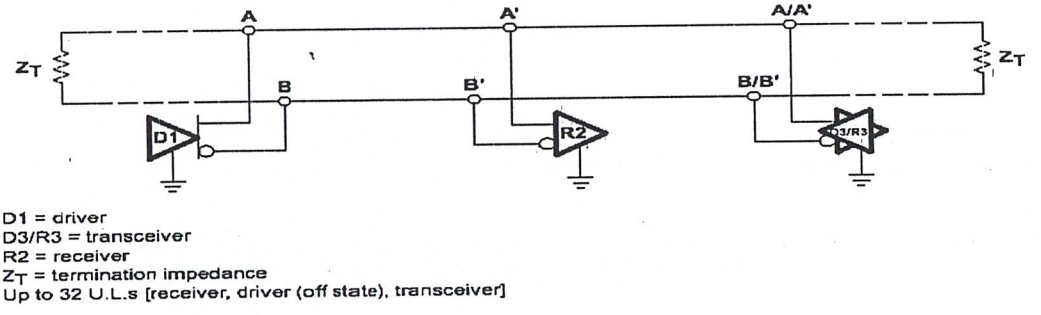
รูปที่3.8 แสดงข้อมูลข่าวสาร (Data Byte)

เมื่อซีพียูหลักต้องการส่งข้อมูล 1 บล็อกไปให้ซีพียูรองตัวใดตัวหนึ่งในหลายๆตัว ขั้นแรกซีพียูหลักต้องส่งค่า 1 ไบต์ ซึ่งถือเป็นตัวบอกตำแหน่งของซีพียูรอง (Address byte) ออกไปก่อนเพื่อเป็นการเลือกซีพียูรองที่ต้องการให้รับข้อมูล โดยข้อมูล 1 ไบต์นี้จะแตกต่างกับข้อมูลอื่นๆ คือบิตที่ 9 มีค่าเป็น 1 ข้อมูลไบต์นี้ถูกส่งออกไปยังซีพียูรองทุกตัว หากเรากำหนดให้ซีพียูรองทุกตัวมีค่าบิต SM2 = 1 เมื่อซีพียูรองทุกตัวได้รับข้อมูลไบต์ตำแหน่งแล้วจะเกิดการอินเตอรัพต์ขึ้นภายในตัวซีพียูรอง ซีพียูรองจะทำการตรวจสอบว่าตำแหน่งที่รับมานั้นมีค่าตรงกับตัวเองหรือไม่ ซีพียูรองตำแหน่งที่มีตำแหน่งตรงกับตำแหน่งที่รับได้จะทำการเคลียร์บิต SM2 และเตรียมรับข้อมูลที่เป็นข่าวสารต่อไป สำหรับซีพียูรองตำแหน่งที่ไม่ตรงกับตำแหน่งที่รับมาจะยังคงค่า SM2 = 1 อยู่ต่อไป และจบโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์แล้วกลับไปทำโปรแกรมที่ค้างอยู่ และรอการอินเตอร์รัพต์ที่เกิดขึ้นจากการรับไบต์ตำแหน่งในครั้งใหม่อีก หลังจากซีพียูหลักส่งข้อมูลไบต์แรกซึ่งเป็นตำแหน่งออกไปแล้ว จะเริ่มส่งข้อมูลซึ่งถือเป็นไบต์ข้อมูลมีบิตที่ 9 เป็น 0 ตามออกไป ข้อมูลนี้จะมีเพียงซีพียูที่มีตำแหน่งตรงกันเท่านั้นที่รับข้อมูลไว้ การส่งข้อมูลก็จะเป็นระหว่างซีพียูหลักกับซีพียูรองที่มีตำแหน่งตรงกันเท่านั้น เมื่อการส่งข้อมูลสิ้นสุดลงซีพียูหลักจะต้องส่งข้อมูลไบต์สุดท้ายที่ใช้เป็นตัวบอกให้ด้านรับทราบว่าสิ้นสุดข้อมูล ซึ่งอาจใช้รหัส ASCII ค่า 03 (ETX End of text) หรือ 04 (EOT End of transmission) ก็ได้ เมื่อซีพียูรองได้รับรหัสนี้แล้วก็จะทราบว่าเป็นข้อมูลตัวสุดท้ายและหยุดการรับข้อมูล แล้วเซตค่าบิต SM2 = 1 เพื่อเริ่มต้นรอรับการส่งข้อมูลที่เป็นตำแหน่งในรอบต่อไป

บิต SM2 จะไม่มีผลในโหมด 0 สำหรับการใช้งานในโหมด 1 หาก SM2 = 1 การอินเตอร์รัพต์ของการรับข้อมูลจะไม่เกิดขึ้นหากไม่มี Stop bit เข้ามา

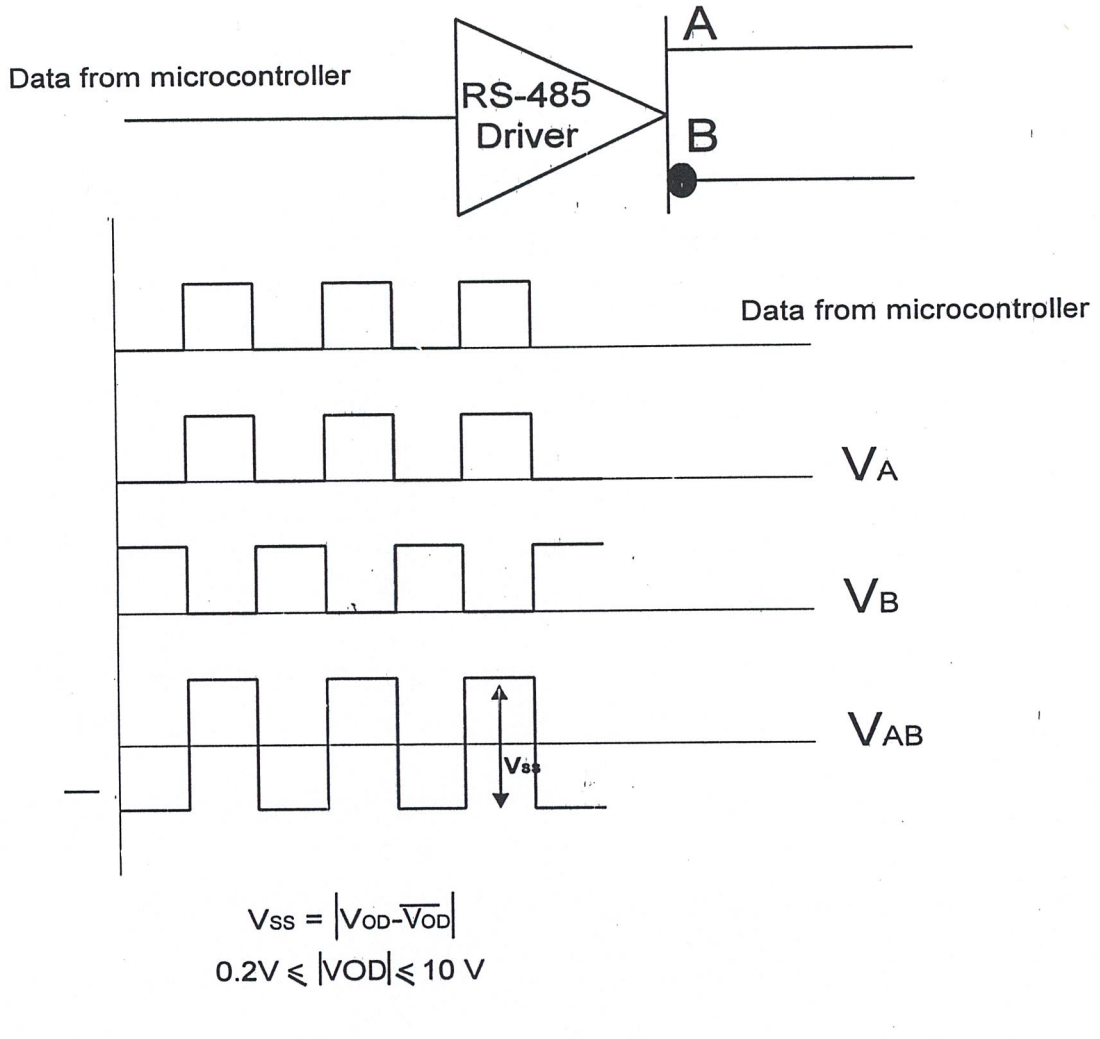
3.3 มาตรฐาน RS-485

มาตรฐาน RS-485 เป็นระบบการส่งข้อมูลแบบ Balanced Digital Signal หรือ Balanced Data-transmission Schemes เหมาะสำหรับการส่งข้อมูลผ่านสายนำสัญญาณขนาดยาว และอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนสูง ซึ่งกล่าวถึงรายละเอียดระบบการส่งสัญญาณข้อมูล(Transmission Systems)และอุปกรณ์ที่ทำงานที่เกี่ยวข้อง(Equipment Committee) เป็นระบบที่สนับสนุนการมีตัวส่งสัญญาณแบบหลายตัว (Multiple Drivers) และสนับสนุนทั้งตัวรับ(Receiver) และตัวส่ง(Driver)สัญญาณ ได้สูงสุด 32 U.L.(Unit Load) ในการส่งสัญญาณในบัสข้อมูล(Data Bus) ตามมาตรฐาน RS-485 จะเป็นแบบ Half Duplex คือในหนึ่งช่วงเวลาจะอนุญาตให้มีตัวส่งสัญญาณได้หนึ่งตัวเท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์รับ/ส่งสัญญาณ(Transceiver) ต้องมีการ Enable เพื่อให้ทำงานเป็นตัวส่งสัญญาณ และจะไม่สามารถ Enable ให้มีตัวส่งสัญญาณมากกว่า 1 ตัวในเวลาเดียวกันได้ จะเกิดปัญญาข้อมูลในสายบัสขัดแย้งกัน(Line Contention)



รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะตัวรับและส่งสัญญาณในมาตรฐาน RS-485

อุปกรณ์ตัวรับและตัวส่งสัญญาณ ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้นต่อออกจากพอร์ตเอาท์พุท คือ A Terminal และ B Terminal และต้องอ้างอิงกับสัญญาณกราวนด์(Ground) ร่วมกัน ในระบบ RS-485 จะไม่สนใจสัญญาณ เทียบกับกราวนด์ ซึ่งจะวัดสัญญาณแบบ Differential Measurement คือวัดค่าระดับสัญญาณระหว่าง A Terminal กับ B Terminal โดยตัวส่งสัญญาณ จะทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณดิจิตอล(Digital) ให้ได้สัญญาณเอาท์พุท ที่ เทอมินัล A และ B โดยเป็นค่าสัญญาณที่ตรงข้ามกัน แสดงได้ดังรูป ที่ 3.10



$$V_{SS} = |V_{OD} - \overline{V_{OD}}|$$

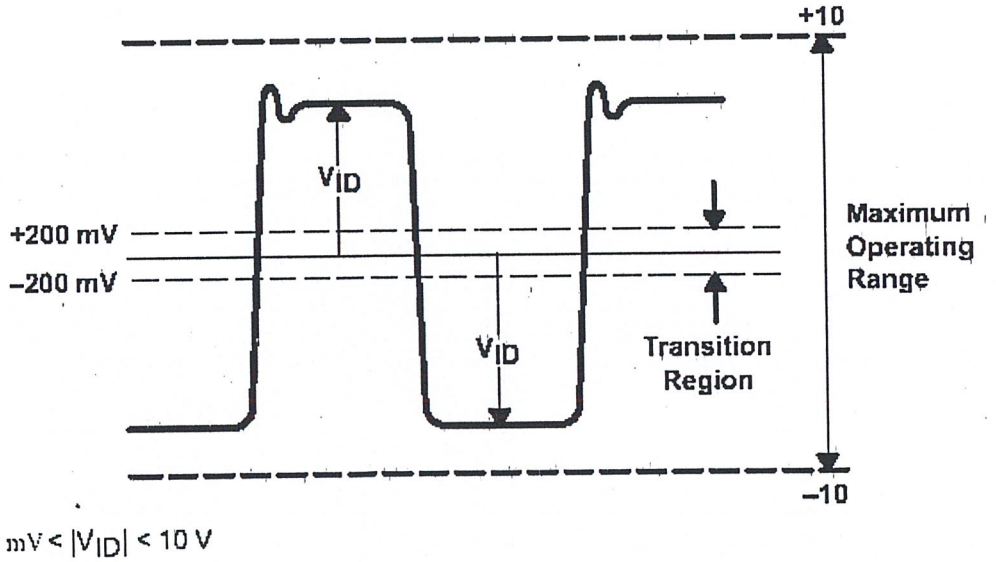
$$0.2V \leqslant |VOD| \leqslant 10\ V$$

รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะสัญญาณแบบ Balanced Data Transmission และ Differential Measurement

ค่าระดับสัญญาณที่ สามารถตรวจจับ(Detect)และถอดรหัส(Decode)เป็นข้อมูลดิจิตอลได้นั้น แสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าระดับสัญญาณที่สามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลได้

Applied Voltage		Resulting	Resulting	Receiver	Purpose of measurement
$V_{IA'}$	$V_{IB'}$	V_{id}	V_{cm}	output state	
-7 V	-6.8 V	-200 mV	-6.9 V	$\overline{Q}$	Minimum V_L at extreme - V_{CM}
+12 V	+11.8V	+200mV	+11.9 V	Q	Minimum V_L at extreme +V_{CM}
-7 V	-2 V	-5 V	-4.5 V	$\overline{Q}$	Minimum V_L at extreme - V_{CM}
+12 V	+7V	+5 V	-9.5 V	Q	Minimum V_L at extreme +V_{CM}



200 mV < |V_{ID}| < 10 V

รูปที่ 3.11 แสดงค่าระดับของสัญญาณที่สามารถตรวจจับและถอดรหัสข้อมูลได้

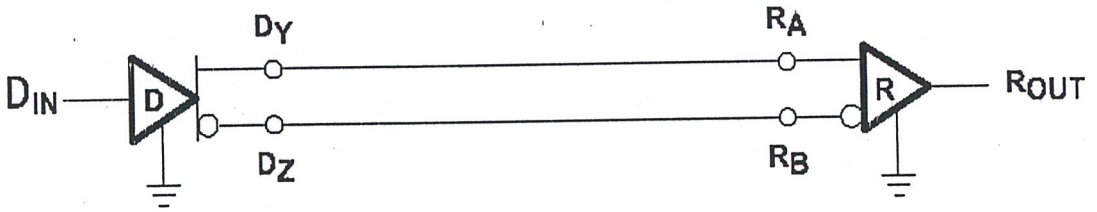
3.3.1 Cable Termination

ในการส่งสัญญาณข้อมูลในระยะทางไกล และในระบบบัสของ RS-485 ซึ่งเป็นแบบ Multipoint คือ มีตัวรับ/ส่งสัญญาณ หลายตัวในระบบบัสเดียวกัน จำเป็นต้องมีการทำ Cable Termination เพื่อลดสัญญาณสะท้อน และช่วยเพิ่มอัตราเร็วการส่งข้อมูลได้ มีหลายแบบ ดังนี้

1) No Termination

ข้อดี - ตัวส่งไม่ต้องใช้กระแสมากและไม่เกิดการสูญเสียพลังงาน

ข้อเสีย - มีอัตราเร็วการส่งข้อมูลต่ำ($\leq$ 200 kbps)และใช้ได้กับสายส่งสัญญาณระยะสั้น



รูปที่ 3.12 แสดงรูปแบบของ No Termination

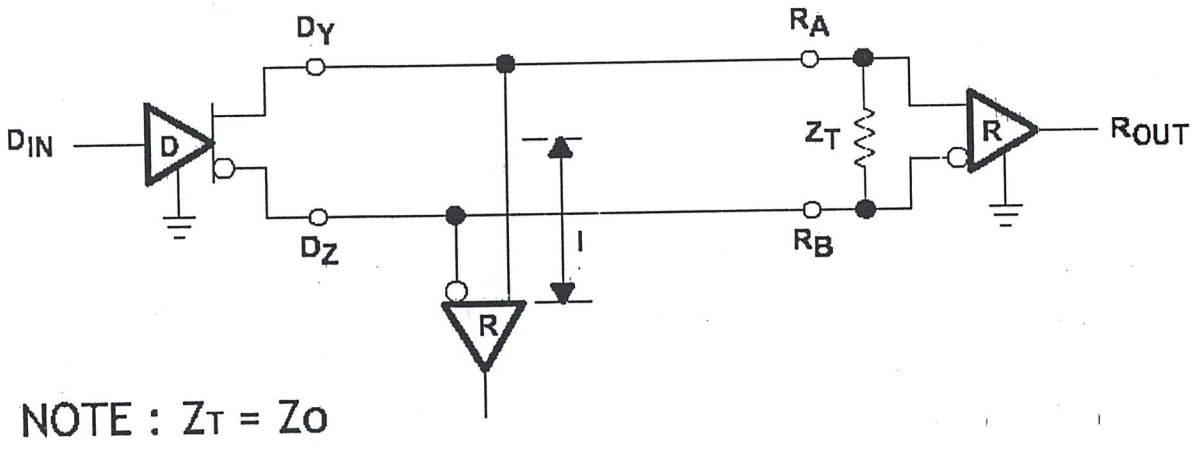
2) Parallel Termination คือการต่อค่าความต้านทาน ZT ที่ตัวรับสัญญาณ ตำแหน่งสุดท้ายของบัส ซึ่งค่า ZT = Zo เมื่อ Zo คือค่าความต้านทานรวมของระบบ ขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวรับและตัวส่งสัญญาณ

ข้อดี - ลดสัญญาณสะท้อนได้

- ส่งข้อมูลได้ในอัตราเร็วสูง และสายนำสัญญาณยาว
- เหมาะสมกับระบบที่เป็นแบบ ตัวส่ง 1 ตัวและตัวรับหลายตัว (Multidrop Applications)

ข้อเสีย - ถ้าสายนำสัญญาณมีขนาดยาวมากจะเกิดสัญญาณสะท้อนขึ้นได้

- เกิดการสูญเสียพลังงานมากกว่า แบบ No Termination
- ตัวรับ ให้ค่าเอาท์พุทที่ไม่แน่นอนเมื่อตัวส่งสัญญาณเป็น High-impedant



รูปที่ 3.13 แสดงรูปแบบของ Parallel Termination

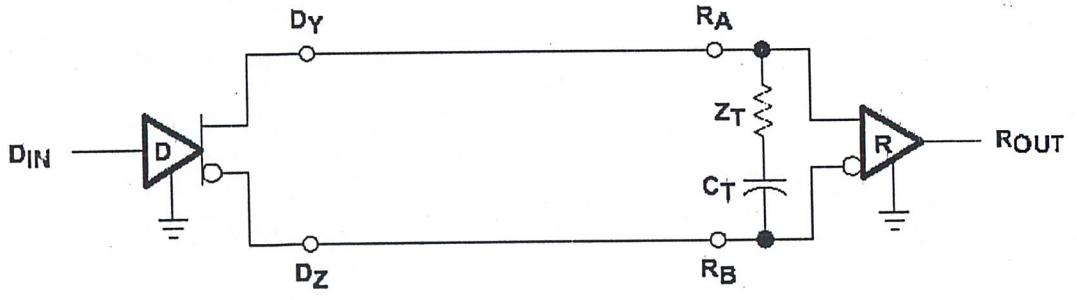
3) AC Termination มีลักษณะคล้ายกับ Parallel Termination แต่เพิ่มตัวเก็บประจุ(CT) ต่ออนุกรมกับ ZT

ข้อดี - การสูญเสียพลังงานในตัวส่ง มีค่าลดลงน้อยกว่าแบบ Parallel Termination

- สามารถลดสัญญาณสะท้อนในบัสได้

ข้อเสีย - เกิดค่า RC Time Constant ส่งผลต่ออัตราเร็วการส่งข้อมูล และความยาวของสายนำสัญญาณ ให้มีค่าจำกัด

- นิยมใช้กับการส่งข้อมูลแบบ Low-speed Control Line



NOTES : A. $Z_T = Z_O$
B. Choose C_T so that the resultant RC time constant is small compared to the unit interval.

รูปที่ 3.14 แสดงรูปแบบของ AC Termination

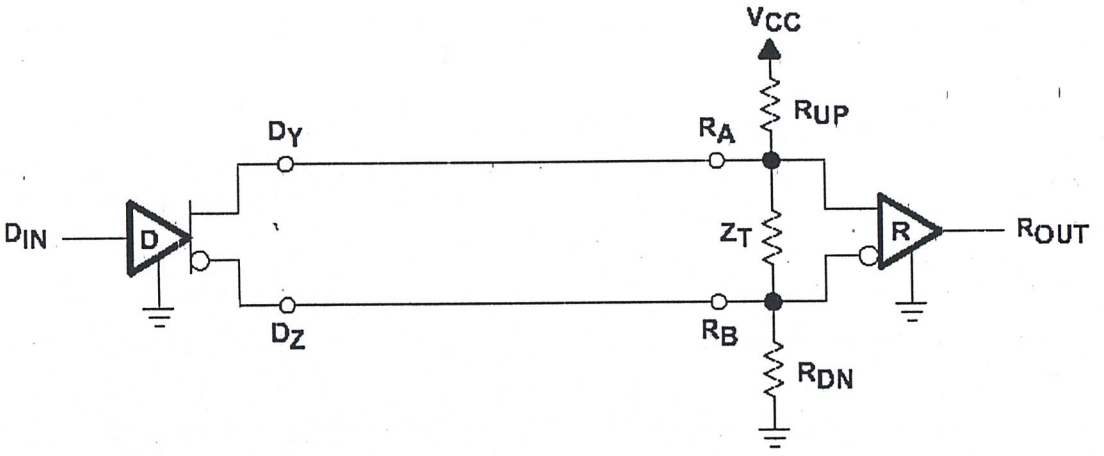
4) Open-Line Fail-Safe Termination โดยการต่อค่าความต้านทาน RUP และ RDN เพื่อจ่ายกระแสให้กับบัส เพื่อให้เกิดค่าแรงดันระหว่าง เทอมินอล A และ B มีค่าเท่ากับ +200 mV เพื่อให้กรณีที่ตัวส่งสัญญาณทุกตัวอยู่ในสถานะ High-impedance จะทำให้ค่าเอาท์พุทที่ตัวรับมีค่าเป็น High-state หรือ Logic 1

ข้อดี - ในกรณีที่ตัวส่งสัญญาณทุกตัวอยู่ในสถานะ Idle จะทำให้สัญญาณเอาท์พุทที่ตัวรับมีค่าที่แน่นอน คือ High-state เพราะการจ่ายกระแสของ RUP และ RDN ให้กับบัส มีค่าระดับสัญญาณ +200 mV

ข้อเสีย - เพิ่มค่ากระแสที่ใช้ให้กับตัวส่งสัญญาณ

- เกิดการสูญเสียพลังงานในระบบสูง

- ทำให้ค่าเอาท์พุทของตัวรับมีค่าตลอดเวลา ทำให้สูญเสียพลังงาน



NOTES : A. $Z_T = Z_O$
B. Choose R_{UP} and R_{DN} to be equal so that at least 200 mV develops across the receiver differential input.

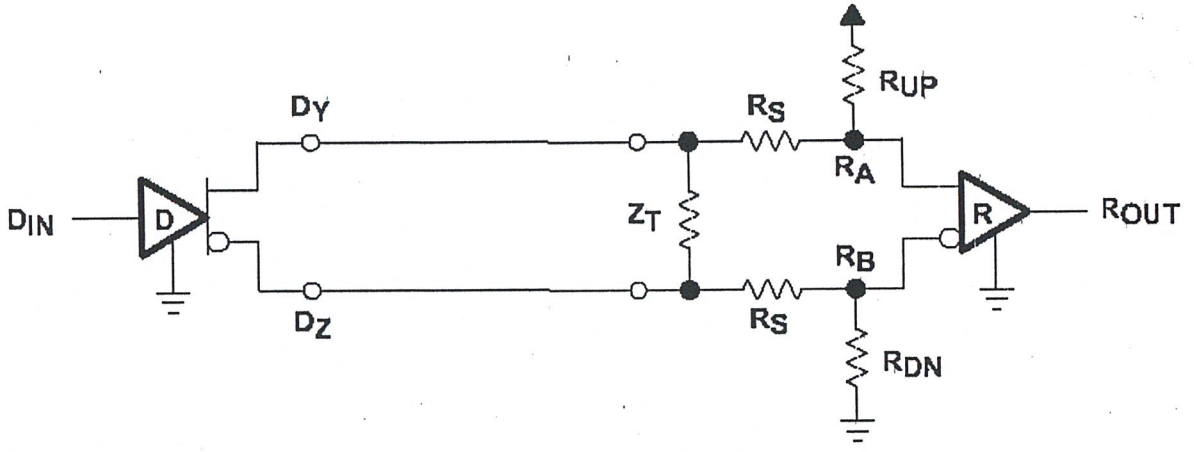
รูปที่ 3.15 แสดงรูปแบบของ Open-Line Fail-Safe Termination

5) Open-Line and Shorted-Line Fail-Safe Termination โดยการต่อค่าความต้านทาน Rs อนุกรมระหว่าง ค่า RUP , RDN กับ ZT

ข้อดี - สามารถป้องกันกรณีที่บัสลัดวงจร(Short curcuit) และ บัสเปิดวงจร(Open curcuit)โดยยังทำให้ตัวรับสามารถระบุค่าเอาท์พุทที่แน่นอนได้ (High-state)

ข้อเสีย - เสียค่าใช้จ่ายสูง

- ไม่สามารถใช้งานกับอุปกรณ์ประเภท Transceiverได้เพราะ การTerminate ต่อไว้ที่ตำแหน่งของเอาท์พุทของตัวส่ง(อินพุทของตัวรับตัวสุดท้ายของบัส)



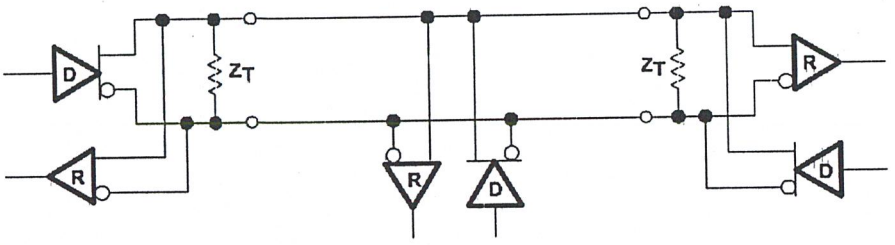
รูปที่ 3.16 แสดงรูปแบบของOpen-Line and Shorted-Line Fail-SafeTermination

6) Multipoint Termination เหมาะสำหรับระยะที่มีตัวรับและตัวส่ง จำนวนหลายวงจรที่ต่อกับบัสเดียวกัน ต่อค่าความต้านทานค่า ZT ที่จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของบัสข้อมูล โดย ZT = Zo

ข้อดี - เหมือนกับแบบ Prallel Termination

- ได้คุณภาพของสัญญาณที่มีค่าเหมาะสมที่สุด(Optimum)

ข้อเสีย - มีการสูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้นมากกว่าแบบ Parallel Termination เพราะใช้ ZT จำนวน 2 ตัว ต่อในลักษณะขนานกัน(ความต้านทานลดลง) เป็นการเพิ่มโหลดให้กับตัวส่ง



NOTE A: $Z_T = Z_O$

รูปที่ 3.17 แสดงรูปแบบของ Multipoint Termination

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าคุณสมบัติของระบบ RS-485

PARAMETER	RS-422	RS-485	UNIT
Number of drivers and receivers	1 drivers 10 receivers	32 U.L.s (Unit Laod)	
Maximum theoretical cable length	1200	1200	m
Maximum data rate	10	10	Mbps
Maximum common-mode voltage	±7	12 to -7	V
Driver differential output level	$2 \leq \lvert Vod \rvert \leq 1$	$1.5 \leq \lvert Vod \rvert \leq 5$	V
Driver load	≥100	≥60	Ω
Driver output shot-circuit current limit	150 to GND	150 to GND 250 to –7 or 12 V	MA
High-impedance state , power off	60	12	kΩ
Receiver input resistance	4	12	kΩ
Receive sensitivity	±200	±200	MV

บทที่ 4

การออกแบบ

4.1 การออกแบบโครงสร้าง

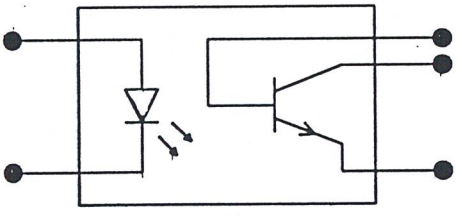
ระบบ EACT ประกอบด้วยส่วนการทำงานหลัก 2 ส่วน ได้แก่ ชุดกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์ และชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง

ซึ่งมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

4.1.1 ชุดกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์

4.1.1.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง

เป็นวงจรที่เกี่ยวข้องกับโทรศัพท์โดยตรงซึ่งมีหลักการทำงานคือ เมื่อมีการโทรเข้ามาชุมสายโทรศัพท์จะสร้างสัญญาณกริ่งเรียก **(Ringing Tone :RGT)** ซึ่งมีขนาด 100 Vac ความถี่ 425 Hz ซึ่งคร่อมอยู่บนไฟตรงขนาด 48 โวลต์ดีซี มาตามสายโทรศัพท์ โดยจะใช้สัญญาณ RGT นี้ในการตรวจจับสัญญาณกริ่ง โดยจะใช้อุปกรณ์หลักคือ Optoisolator เบอร์ 4N26 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับ ซึ่งภายในตัว Optoisolator นี้จะประกอบด้วยโฟโต้ไดโอด (Photo Diode) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณแสง และโฟโต้ทรานซิสเตอร์(Phototransistor) ทำหน้าที่เป็นตัวรับ โดยเราสามารถเขียนวงจรเสมือนได้ดังนี้

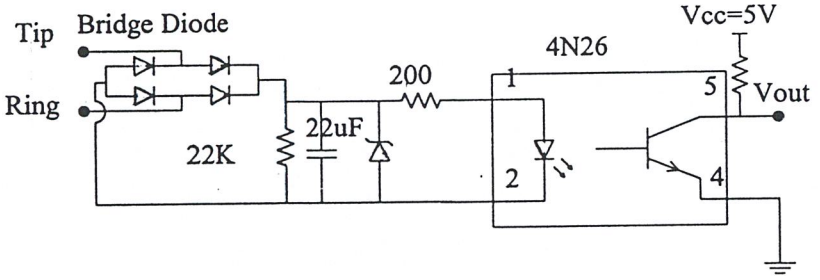


รูปที่ 4.1 วงจรเสมือนของ Optoisolator เบอร์ 4N26

จากรูปที่ 4.2 สามารถอธิบายได้ว่า ก่อนที่โฟโต้ไดโอด จะได้รับสัญญาณไบอัส ค่า Vout =VCC= 5V เมื่อโฟโต้ไดโอดได้รับแรงดันไบอัส จะทำให้ส่งแสงไปไบอัสที่โฟโตทรานซิสเตอร์(Phototransistor) ทำให้ ค่า Vout=0

ซึ่งก็จะทำให้เราได้ค่าของ Vout เป็นดังนี้ กล่าวคือจะเป็น 0 เมื่อได้รับสัญญาณ RGT แต่ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณ RGT เข้ามาก็จะทำให้ Vout=5V ซึ่งก็จะทำให้เรานั้นนำค่าที่ได้ไปใช้ในกรณีที่นำไปต่อกับไมโครคอนโทลเลอร์ (Microcontroller)

แต่ในกรณีของสัญญาณ RGT ที่เข้ามานั้นเป็นสัญญาณ AC (Alternating Current) ทำให้การที่เราจะไบอัสหลอดโฟโต้ไดโอด ที่อยู่ภายในตัว Optoisolator นั้นเราต้องทำให้เป็นไฟตรงเสียก่อน โดยผ่านวงจรเร็คติไฟเออร์ (Rectifier) และวงจรเร็คกูเลเตอร์ (Regulator) แสดงได้ดังรูปที่ 4.2

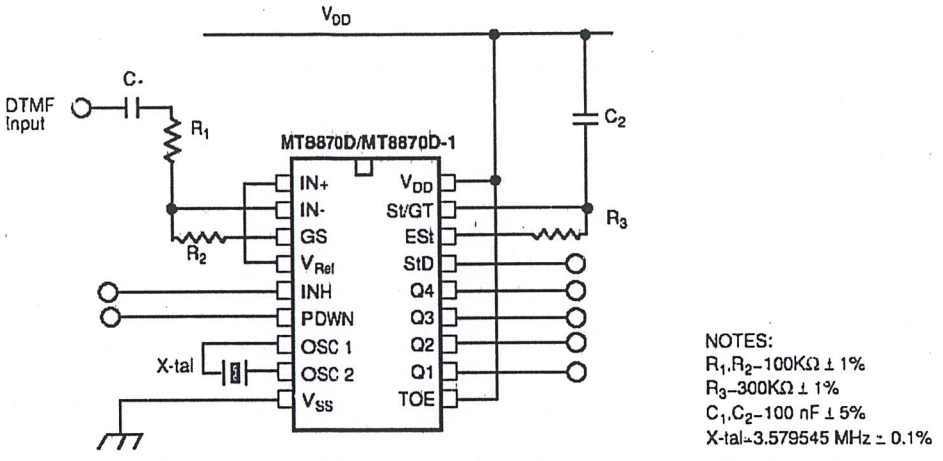


รูปที่ 4.2 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง

4.1.1.2 วงจรถอดรหัสความถี่ DTMF

วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF จะมีหน้าที่ถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF ซึ่งจะส่งมาตามสายโทรศัพท์ในขณะที่ ผู้ส่งได้ทำการกดคีย์ ซึ่งก็มีหลักการดังนี้คือ หลังจากที่วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งสามารถตรวจจับสัญญาณ RGT ได้แล้วเราจะทำการเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งงานให้ไมโครคอนโทลเลอร์ (Microcontroller) ทำการนับสัญญาณ RGT เข้ามาครบตามจำนวนที่ได้ตั้งไว้หรือยังซึ่งถ้าครบแล้วจะสั่งให้ รีเลย์ (Relay) อ้างอิงจากรูปที่ 4.xxxx ซึ่งตอนแรกอยู่ในสภาวะ NC สวิตซ์ไปที่ NO ซึ่งก็จะทำให้สัญญาณทั้งหมดที่มาตามสายโทรศัพท์จะไม่ผ่านไปที่วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งอีกต่อไป โดยจะมาที่ส่วนอื่นๆ ได้แก่ ส่วนวงจรถอดรหัสความถี่ DTMF , ส่วนไอซีบันทึกเสียง ISD2590 ซึ่งใช้ในการโต้ตอบกับผู้ใช้ และส่วนประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทลเลอร์

ซึ่งจะมาอธิบายถึงส่วนวงจรถอดรหัส DTMF (Dual Tone Multiple Frequency) กัน ซึ่งส่วนนี้จะใช้ไอซีถอดรหัส DTMF เบอร์ MT8870 ซึ่งเป็นไอซีที่ได้รวมคุณสมบัติในการถอดรหัส DTMF ไว้อย่างครบถ้วน โดยทำงานได้อย่างแม่นยำ โดยที่ไอซีจะถอดรหัสความถี่ DTMF ออกมาเป็นไบนารี่ (Binary) ขนาด 4 บิต ซึ่งสามารถดูรายละเอียดต่างๆได้ในภาคผนวก

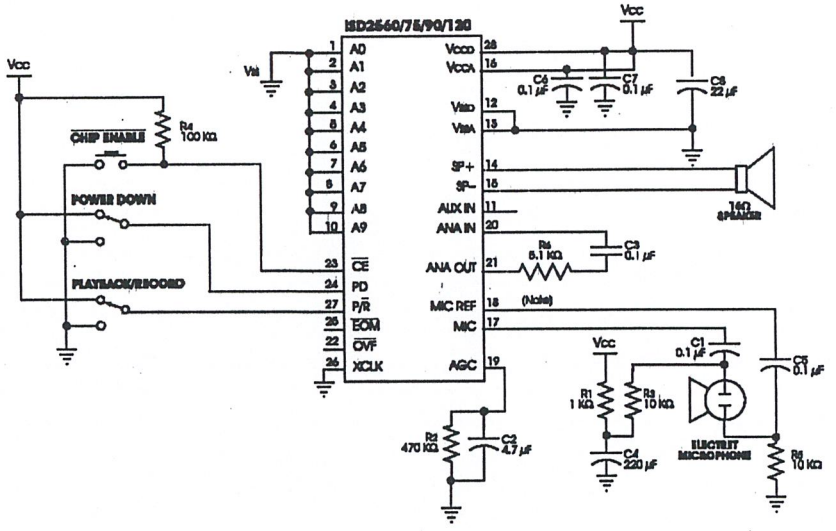


รูปที่ 4.3 วงจรถอดรหัสสัญญาณความถี่ DTMF

4.1.1.3 วงจรที่ใช้ในการตอบโต้กับผู้ใช้

เพื่อความสะดวกในการใช้งานของผู้ใช้ โดยมีเสียงพูดตอบกลับเมื่อมีการสั่งงาน เปิด ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า และการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้ไอซีบันทึกเสียงเบอร์ ISD2590 ซึ่งใช้งานง่าย และหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด โดยการบันทึกเสียงและการเล่นกลับ (Playback) นั้นควบคุมโดยไมโครคอนโทลเลอร์ เป็นตัวกำหนด Address ของข้อความ

ในส่วนของเสียงที่ผู้ใช้ได้รับนั้นเราได้ใช้ไอซีแอมฟลิไฟเออร์ (Amplifier) ในการขยายเสียงให้ดังขึ้นและสามารถปรับระดับความดังของเสียงได้โดยเราได้ใช้ไอซีเบอร์ LM386 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้เกี่ยวกับ Audio โดยตรงและยังสามารถเป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) ได้อีกด้วย



รูปที่ 4.4 วงจรตอบโต้กับผู้ใช้

4.1.1.4 ส่วนประมวลผลกลาง

ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ (Microcontroller) เบอร์ MCS-51 มาใช้เนื่องจากมีการทำงานที่แม่นยำและถูกต้อง อีกทั้งยังราคาถูก ซึ่งในส่วนของคุณสมบัติและคำสั่งต่างๆที่ใช้ในการสั่งงานนั้นได้กล่าวไปแล้วในส่วนของบทที่ 3 ซึ่งในบทนี้จะขอกล่าวถึงการใช้งานเท่านั้น

ในการกำหนดพอร์ทที่ใช้นั้นไมโครคอนโทลเลอร์ (Microcontroller) มีทั้งหมด 3 พอร์ท ด้วยกันโดย

พอร์ทที่ 0 (P0.0-P.07) ต่อกับ ADDRESS ของไอซี ISD2590

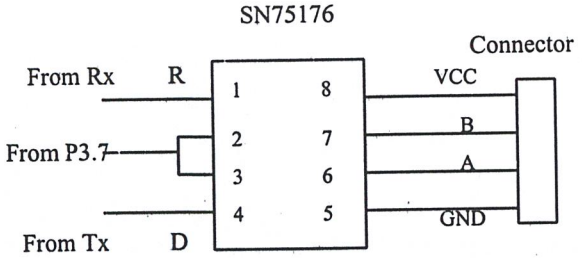
พอร์ทที่3 (P3.0-P3.4) ต่อกับ ขา STD และ Q0-Q3 ของไอซี MT8870

พอร์ท P3.5 ต่อกับขา Output ของ Optoisolator เพื่อทำการ ตรวจสอบสัญญาณกริ่ง

พอร์ท P1.3 ต่อกับขาที่ใช้ควบคุม Relay ซึ่งอ้างอิงจากรูปที่ 4. 0000

4.1.1.5 วงจรส่งสัญญาณข้อมูลเข้าไปใน Data Bus

ใช้ไอซีเบอร์ SN75176 ซึ่งจะเปลี่ยนลักษณะสัญญาณของข้อมูลแบบอนุกรมจากพอร์ท RX และ TX ของไมโครคอนโทลเลอร์ ให้เป็นสัญญาณแบบ Balance Digital Signal ตามมาตรฐาน RS-485 เพื่อควบคุมการเปิด ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ของชุดสวิตซ์ชิ่งต่อไป



รูปที่ 4.5 แสดงการใช้งาน SN75176

4.1.2 ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง (Switching Box)

ทำหน้าที่เป็นวงจรสวิตซ์เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยใช้รีเลย์ทำหน้าที่ในการจ่ายไฟได้สูงสุด 220 โวลต์ 10 แอมแปร์ โดยแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

- ชุดควบคุมการสวิตซ์
- ชุดกล่องตรวจสอบสถานะ

4.1.2.1 วงจรกล่องสวิตซ์ชิ่ง Switching Box

1) วงจรตัดต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า (Switching Circuit)

วงจรตัดต่ออุปกรณ์ไฟฟ้านี้จะทำหน้าที่คล้ายกับเป็นสวิตซ์ ได้แก่กล่องสวิตซ์ชิ่ง (Switching Box) ซึ่งจะใช้รีเลย์ (Relay) 12 โวลต์ 2 คอนเทค (Contact) จำนวน 7 ตัว ทำหน้าที่เป็นชุดสวิตซ์โดยเราจะใช้ไอซีที่ทำหน้าที่ในการขับรีเลย์ (Relay) เบอร์ ULN2004 ซึ่งหลักการทำงานของไอซีตัวนี้ท่านสามารถศึกษาได้จาก Datasheet ในภาคผนวก

การควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทลเลอร์(Microcontroller) เบอร์ ACT89C052 โดยการสื่อสารแบบมัลติโปรเซสเซอร์ (Multiprocessor Communication) ซึ่งจะใช้ดิปสวิตซ์ (Dip Switch) 3 หลัก ทำหน้าที่กำหนดข้อมูลอ้างอิงตำแหน่ง (Address) ของกล่องสวิตซ์ชิ่ง

ดังนั้นสามารถอ้างอิงชุดกล่องสวิตซ์ชิ่งได้สูงสุด 8 ชุด แต่มีการนำมาใช้ในระบบต้นแบบเพียง 2 ชุดเท่านั้น

ทุกชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์จ่ายกระแสไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ 1 เฟส ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C52 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจร โดยจะรับสัญญาณข้อมูล การทำงาน(Action Data) จากชุด

กล่องควบคุม แล้วนำมาประมวลผลเพื่อควบคุมการสวิตช์เปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ตามตำแหน่งอุปกรณ์ ที่ผู้ใช้งานต้องการควบคุม ได้อย่างถูกต้อง

ในระบบ EACT 1 ระบบ ประกอบด้วยชุดกล่องสวิตซ์ชิ่งจำนวน 2 ชุด และแต่ละชุดสามารถควบคุมการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จำนวน 7 ตำแหน่งอุปกรณ์ และรวมทั้งหมดได้ 14 ตำแหน่งอุปกรณ์

ในแต่ละครั้งที่ผู้ใช้งานกดเลือกตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อทำการเปิดหรือปิดจากเป็นกดโทรศัพท์ วงจรกล่องควบคุม จะทำการประมวลผลเพื่อเลือกข้อมูลอ้างอิงตำแหน่ง ให้ตรงกับค่า ตำแหน่งของชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง เพราะในการสื่อสารแต่ละครั้ง จะมีเพียง 1 ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่งเท่านั้นที่มีการทำงาน

ดังนั้นจะมีกล่องสวิตซ์ชิ่งเพียงตัวเดียวเท่านั้นที่สามารถสื่อสารกับการทำงานของชุดชุดกล่องควบคุม เพื่อการนำข้อมูลไปประมวลผลเพื่อการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังนั้นข้อมูลการทำงาน (Action Data) จะรับเข้าโดยชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง ที่อยู่ในโหมดการทำงานนั้น เพียง 1 ชุด ที่จะทำการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว ส่งข้อมูลการแสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้ากลับไปให้ชุดคีย์กล่องควบคุม เพื่อแสดงผลออกเป็นเสียงพูดให้ผู้ใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับว่า ข้อมูลการกระทำนั้นเป็นของตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า ตำแหน่งใด ได้แก่

- ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง ชุดที่ 1 จะประมวลผลสำหรับ ตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าลำดับที่ 1 - 7
- ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง ชุดที่ 2 จะประมวลผลสำหรับ ตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าลำดับที่ 8 - 14

ซึ่งในการติดตั้งต้องมีการระบุโดยช่างเทคนิค(Technician) เพื่อให้กล่องสวิตซ์ชิ่งแต่ละกล่อง มีตำแหน่งการอ้างอิงตำแหน่งต่างๆกัน

1) วงจรกล่องตรวจสอบสถานะ

ทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่พอร์ทเอ้าท์พุทของกล่องสวิตซ์ชิ่ง โดยมี 2 สถานะได้แก่ สถานะเปิด ซึ่งมีค่าลอจิก 0 และสถานะปิด จะส่งค่าลอจิก 1 ให้ไมโครคอนโทลเลอร์ เพื่อประมวลผลและส่งข้อมูลกลับไปชุดกล่องควบคุมเพื่อแสดงผลตอบกลับในรูปเสียงพูดให้ผู้ใช้งานต่อไป

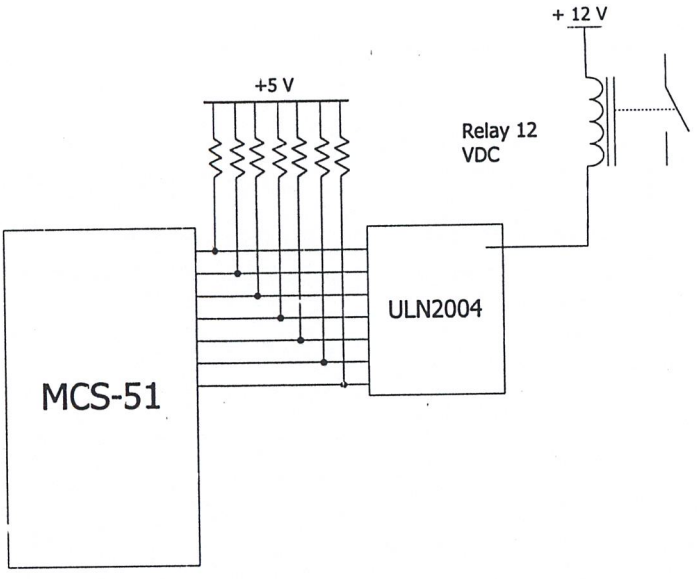
รายละเอียดของวงจรแสดงตามรูปที่ 4.0000

ชุดกล่องตรวจสอบสถานะจะติดตั้งไว้ที่ 2-Way Switch โดยส่งข้อมูลผ่านสาย Status Bus กลับไปยังชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง

4.2.2 รายละเอียดการทำงานของอุปกรณ์ในวงจรกล่องสวิตซ์ชิ่ง

4.2.2.1 IC ชนิด Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A เป็นส่วนเชื่อมต่อกับการสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงสัญญาณจากพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนเลอร์ ให้เป็นสัญญาณแบบ Balanced Digital Signal ซึ่งทำงานและทำหน้าที่เช่นเดียวกันกับ ในวงจรของกล่องควบคุม

4.2.2.2 ไอซีขับรีเลย์ โดยใช้ไอซีบัฟเฟอร์เบอร์ ULN2004 ทำหน้าที่ขับรีเลย์ ให้มีการสวิตซ์ เพื่อเปิด ปิดการจ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งไมโครคอนโทลเลอร์พอร์ท P0.0-P0.6 จะควบคุมการสวิตซ์ของรีเลย์แต่ละตัวผ่านไอซี ULN2004 อ้างอิงตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 แสดงการต่อวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) ขับ Relay (1 Channel)

4.2.2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C52 ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณข้อมูลการทำงาน(Action Data) ที่ส่งมาจากกล่องควบคุม แล้วทำการส่งสัญญาณให้วงจรรีเลย์ เพื่อควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้นจะส่งข้อมูลแสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าจากชุดกล่องตรวจสอบสถานะกลับไปที่กล่องควบคุม เพื่อแสดงผลให้ผู้ใช้ได้ทราบทางวงจรโต้ตอบ ให้ผู้ใช้งานทราบถึงการทำงานที่ถูกต้องของชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง และอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทำการเปิดหรือปิดจริง

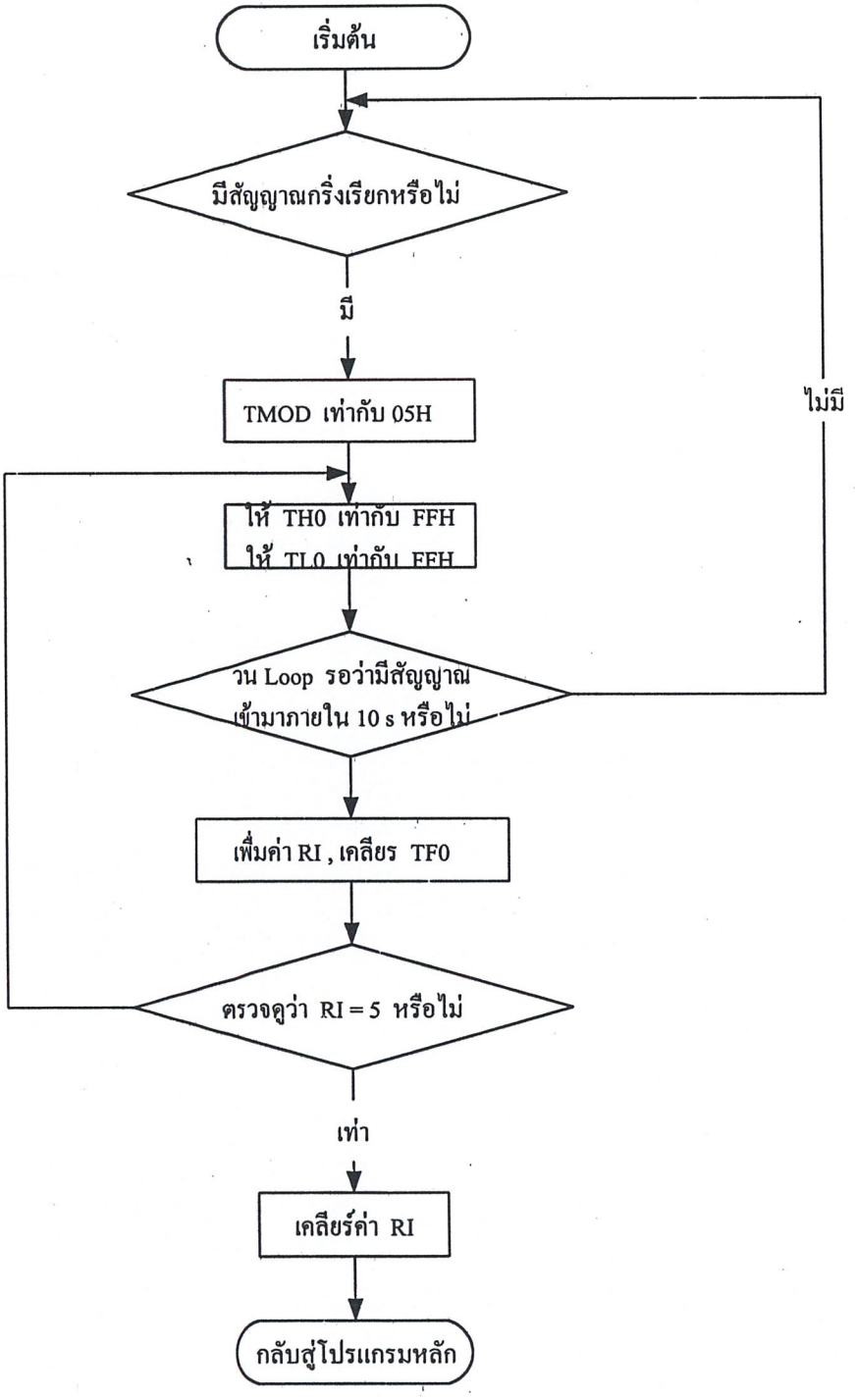
พอร์ต 0 , 1 , 2.3 – 2.7 สงวนไว้ใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุทเพื่อควบคุมวงจรสวิตซ์ (Triac), รีเลย์ (Relay)) ที่ต้องการพัฒนาใช้เพิ่มในอนาคต

- พอร์ต RXD ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
- พอร์ต TXD ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
- พอร์ต 2.0 , 2.1 , 2.2 ใช้เป็นพอร์ตระบุตำแหน่งอ้างอิง(Address) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานในโหมดต่างๆ ที่อ้างอิงได้สูงสุด 8 ตำแหน่งอ้างอิง โดยการใช้ ดิพสวิตช์ (Dip Switch) 3 ช่อง กำหนดเป็นชุดกล่องสวิตซ์ชิ่งแบบต่างๆได้ดังนี้

4.2 การออกแบบโปรแกรมที่ใช้ควบคุม

4.2.1 โปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบสัญญาณกริ่ง

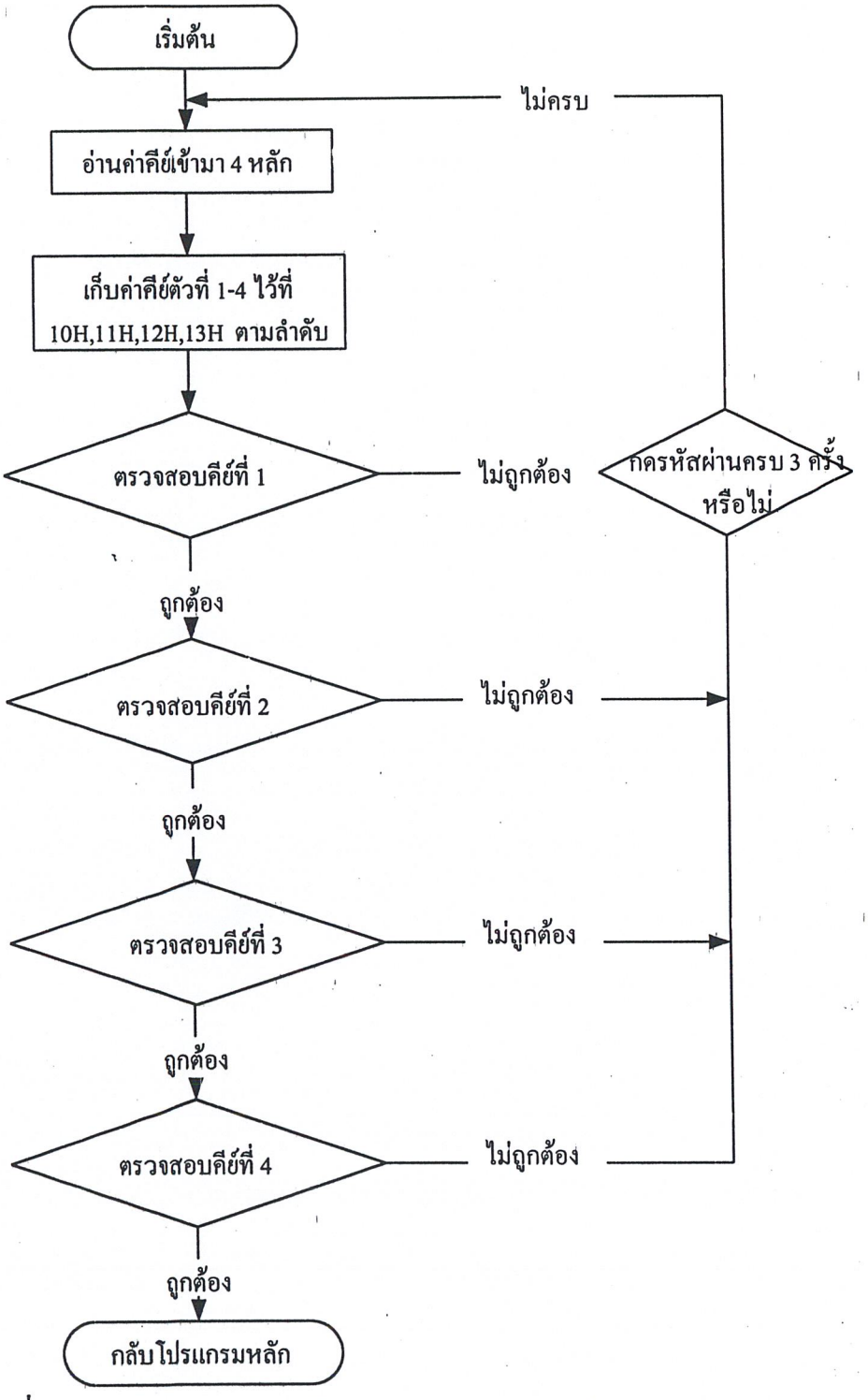
โปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบสัญญาณกริ่งจะเป็นไปดัง Flow Chart ข้างล่าง



รูปที่ 4.7 แสดงการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบสัญญาณกริ่ง

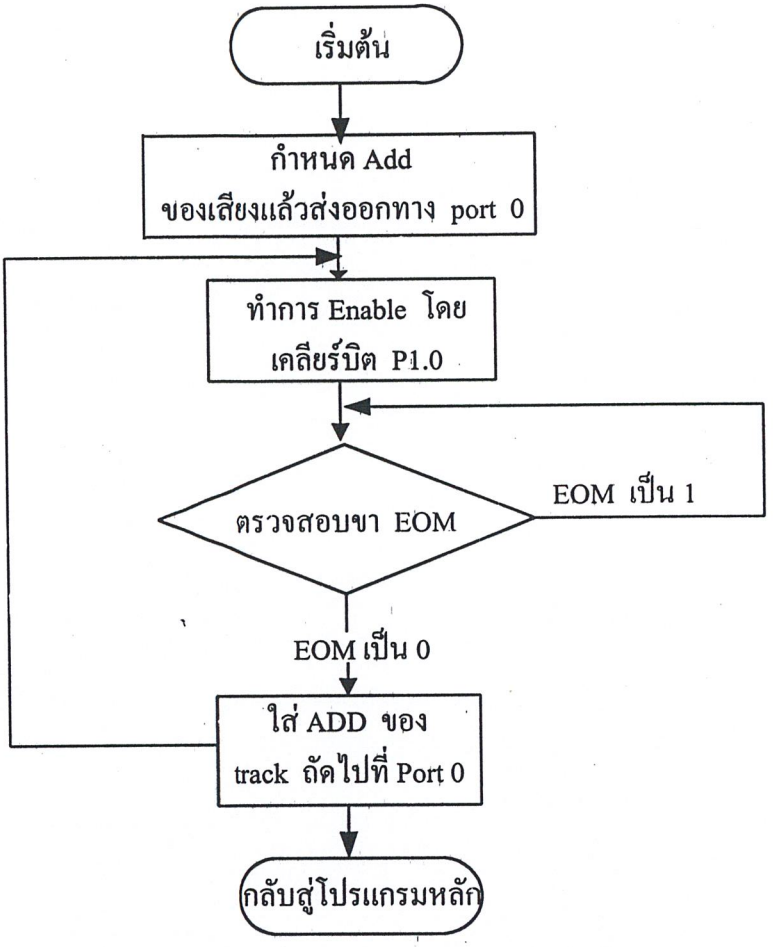
4.2.2 โปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบรหัสผ่าน

การทำงานของโปรแกรมการตรวจสอบรหัสผ่านสามารถศึกษาได้จาก Flow Chart ด้านล่าง



รูปที่ 4.8 แสดงการทำงานของโปรแกรมตรวจสอบรหัสผ่าน

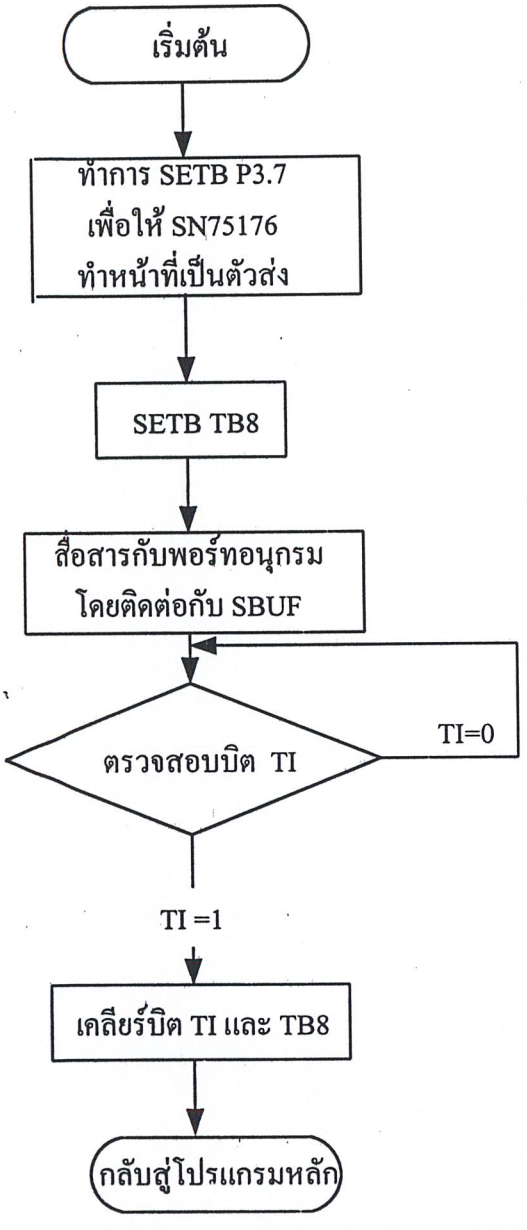
4.2.3 โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการโต้ตอบกับผู้ใช้



รูปที่ 4.9 แสดง Flow Chart การทำงานของ
โปรแกรมควบคุมการตอบโต้กับผู้ใช้

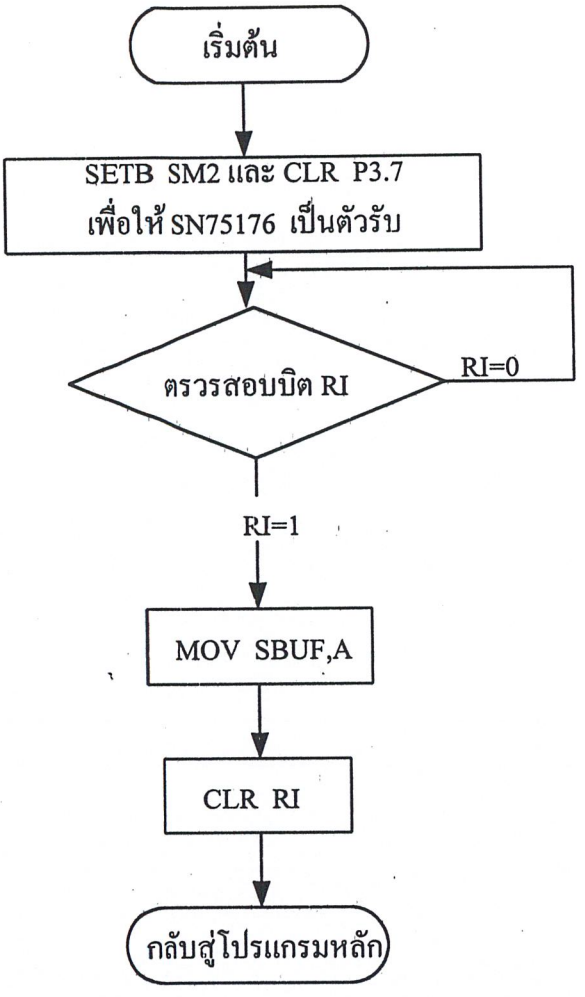
4.2.4 โปรแกรมการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรม (Serial Port)

4.2.4.1 Subroutine ของตัวส่ง (Transmitter)



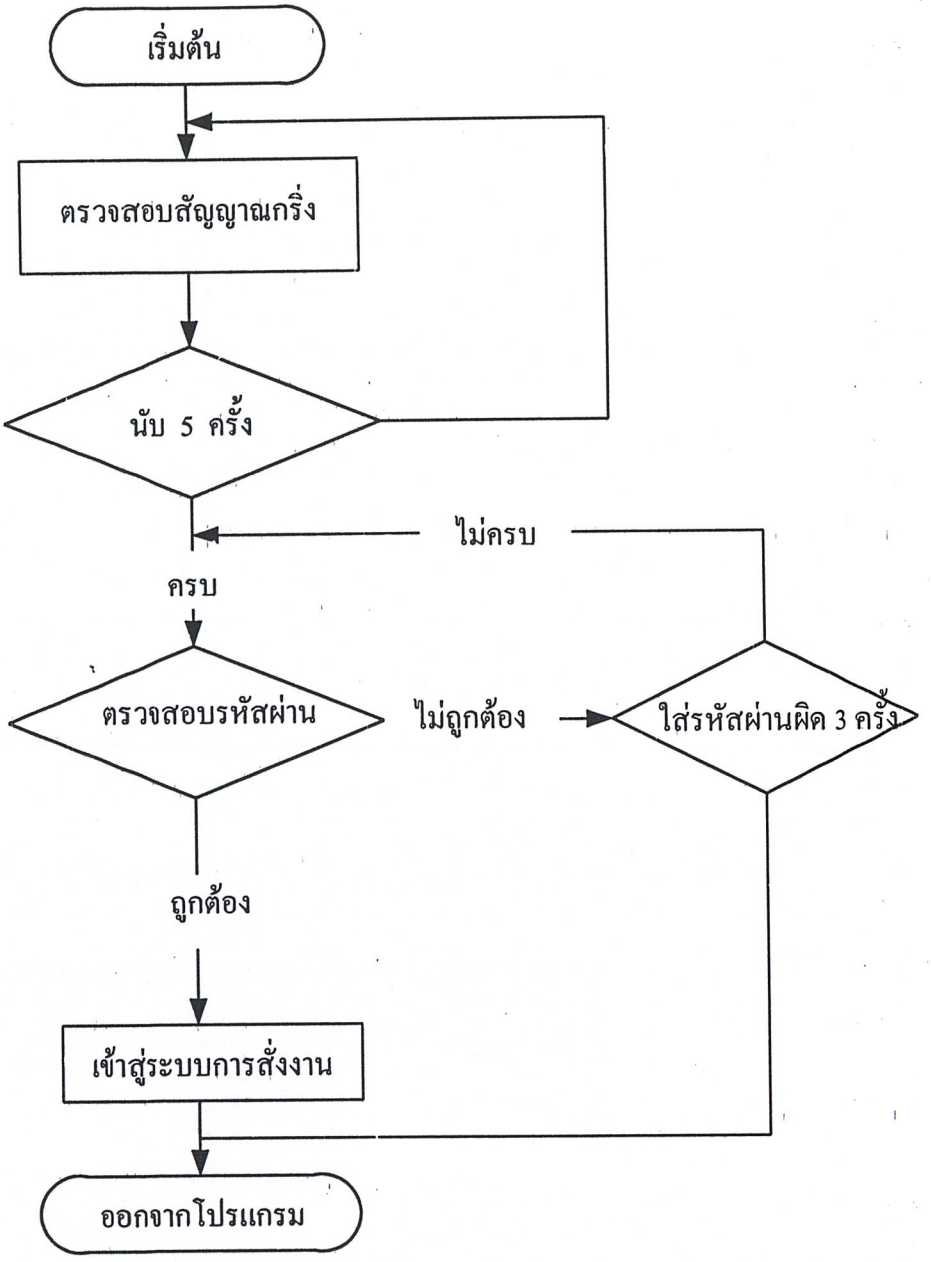
รูปที่ 4.10 แสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรม
การส่งแบบ Serial Port (กรณีตัวส่ง)

4.2.4.2 Subroutine ของตัวรับ (Receiver)



รูปที่ 4.11 แสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรมการส่ง Serial Port กรณีตัวรับ

4.2.5 โปรแกรมการทำงานของการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

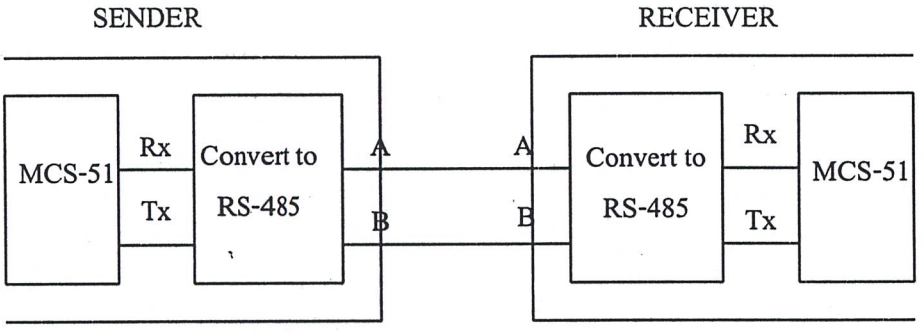


รูปที่ 4.12 แสดง Flow Chart การเปิด ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า

บทที่ 5
การทำงานของระบบและโปรโตคอลที่ใช้ควบคุมระบบ

5.1 โปรโตรคอลของระบบ

การสื่อสารระหว่างชุดกล่องควบคุม และ ชุดกล่องสวิตชิ่ง เป็นการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 89C51 แล้วนำสัญญาณไปเปลี่ยนแปลงแบบ Balanced Data Transmission แล้วส่งสัญญาณผ่านสาย Bus ตามมาตรฐาน RS-485 โดยใช้ IC ชนิด Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A เป็นการสื่อสารแบบ Half Duplex ดังรูปที่ 5.1



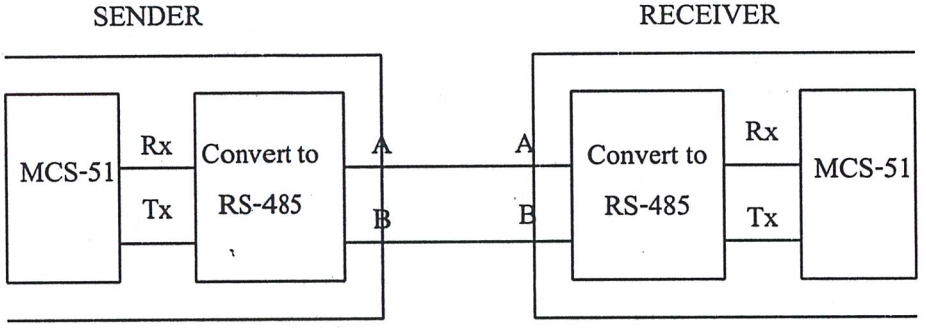
รูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพการส่งสัญญาณในระบบ

ในการส่งข้อมูลเพื่อการสื่อสาร 1 ครั้ง ประกอบด้วย ข้อมูลจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 11 บิต โดย ข้อมูลชุดที่ 1 คือข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งของตัวตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (Address Data) ของชุดอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเลือกที่จะทำการสื่อสารด้วยได้แก่ข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งของชุดกล่องควบคุม 1 ชุด และชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 2 คือ ข้อมูลการทำงาน (Action Data) เพื่อนำไปประมวลผลเพื่อทำงาน

บทที่ 5
การทำงานของระบบและโปรโตคอลที่ใช้ควบคุมระบบ

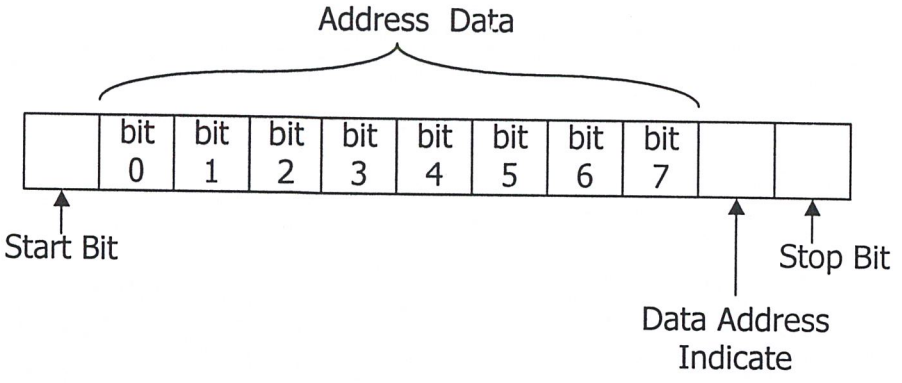
5.1 โปรโตรคอลของระบบ

การสื่อสารระหว่างชุดกล่องควบคุม และ ชุดกล่องสวิตชิ่ง เป็นการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ 89C51 แล้วนำสัญญาณไปเปลี่ยนแปลงแบบ Balanced Data Transmission แล้วส่งสัญญาณผ่านสาย Bus ตามมาตรฐาน RS-485 โดยใช้ IC ชนิด Differential Bus Transceiver เบอร์ SN75176A เป็นการสื่อสารแบบ Half Duplex ดังรูปที่ 5.1

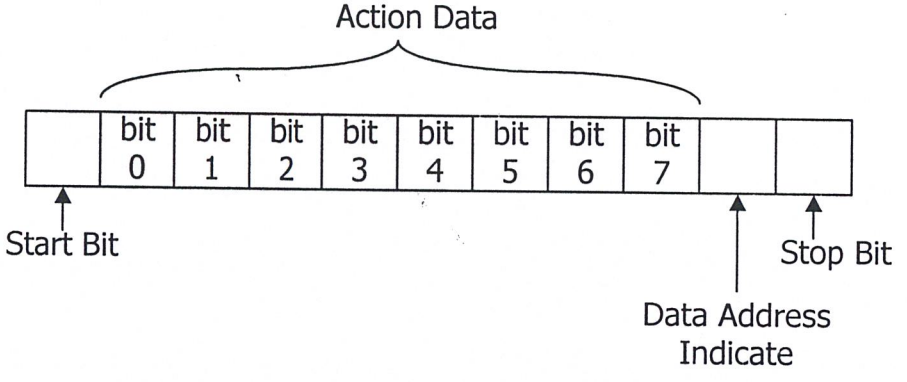


รูปที่ 5.1 แสดงแผนภาพการส่งสัญญาณในระบบ

ในการส่งข้อมูลเพื่อการสื่อสาร 1 ครั้ง ประกอบด้วย ข้อมูลจำนวน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย 11 บิต โดย ข้อมูลชุดที่ 1 คือข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งของตัวตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (Address Data) ของชุดอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อเลือกที่จะทำการสื่อสารด้วยได้แก่ข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งของชุดกล่องควบคุม 1 ชุด และชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 2 คือ ข้อมูลการทำงาน (Action Data) เพื่อนำไปประมวลผลเพื่อทำงาน



(1)



(2)

รูปที่ 5.2 แสดงชุดข้อมูลในการสื่อสาร

1) ข้อมูลชุดที่ 1 คือข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ ปลายทาง ได้แก่

1.1) ชุดกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์ 1 แอดเดรส(Address) ที่เหมือนกัน

1.2) ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง ประกอบด้วย 2 แอดเดรสโดยกดเลือกจากแป้นโทรศัพท์ แบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมดได้แก่

- การทำงาน Mode 1 ประกอบด้วย ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่งที่ 1 คือการเลือกที่จะสั่งงานอุปกรณ์ที่ 1 - 7 โดยกดแป้นโทรศัพท์หมายเลข 1
- การทำงาน Mode 2 ประกอบด้วย ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่งที่ 2 คือการเลือกที่จะสั่งงานอุปกรณ์ที่ 8 - 14 โดยกดแป้นโทรศัพท์หมายเลข 2

2) ข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลการทำงานเพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางทำงานตามที่กำหนด ได้แก่

2.1) ข้อมูลกำหนดการเปิด(ON) หรือ การปิด(OFF) เพื่อกำหนดให้กล่องสวิตชิ่งเตรียมความพร้อมที่จะทำการปิดหรือเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

- ข้อมูลการปิด (OFF Data)
- ข้อมูลการเปิด (ON Data)

2.3) ข้อมูลตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่ออ้างอิงตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการทำการเปิดหรือปิด ประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 2 โหมดการทำงาน ดังนั้นสามารถอ้างอิงตำแหน่งได้ทั้งหมด 14 ตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้แก่

- Mode 1 = อุปกรณ์ไฟฟ้าตำแหน่งที่ 1 – 7
- Mode 2 = อุปกรณ์ไฟฟ้าตำแหน่งที่ 8 – 14

2.4) ข้อมูลแสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Equipment Status Data) เป็นข้อมูลที่ชุดกล่องสวิตชิ่งส่งกลับมาให้ชุดกล่องควบคุมทันทีเมื่อทำการเปิดหรือปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามข้อมูลการทำงานที่ได้รับมาเสร็จแล้ว โดยชุดกล่องควบคุมจะแสดงผลเป็นเสียงพูดให้กับผู้ใช้งาน ซึ่งประกอบด้วยจำนวน 7 ข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ข้อมูลสถานะการเปิด ของตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวน 7 ข้อมูล
- ข้อมูลสถานะการปิด ของตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า จำนวน 7 ข้อมูล

ซึ่งข้อมูลสถานะนี้จะเหมือนกันทั้ง 2 Mode การทำงาน

5.2 การทำงานของชุดกล่องควบคุมการสั่งงานผ่านโทรศัพท์

การทำงานของชุดกล่องคุมการสั่งงานผ่านโทรศัพท์ แบ่งประเภทของการทำงานและมีลำดับการทำงานในแต่ละขั้นตอนต่างกัน ดังนี้

- การทำงานขั้นตอนการเริ่มต้นเปิดเครื่อง
- การทำงานควบคุมการเปิดและการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

ตำแหน่งของปุ่มคีย์บอร์ดนั้นอ้างอิงจากรูปของแป้นกดโทรศัพท์ โดยมี ลำดับการทำงาน และลำดับการกดคีย์บอร์ดเพื่อใช้งาน ดังนี้

5.2.1 การทำงานขั้นตอนการเริ่มต้น ทุกครั้งที่มีการโทรศัพท์เข้ามาที่บ้าน ระบบ EACT ซึ่งจะต่อในลักษณะขนานกับเครื่องโทรศัพท์ จะทำการตรวจสอบสัญญาณกริ่ง (Ringing) ซึ่งได้ทำการตั้งไว้ 5 ครั้ง นั่นหมายความว่าเมื่อมีสัญญาณกริ่งดังครบ 5 ครั้งโดยไม่มีการยกหูโทรศัพท์ภายในบ้าน การทำงานจะตัดเข้าสู่ระบบ EACT โดยอัตโนมัติ ระบบจะมีเสียงพูดโต้ตอบ เพื่อแนะนำการใช้งาน และมีรายงานสถานะของอุปกรณ์ให้ผู้ใช้ได้ทราบไฟฟ้า เพื่อให้ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

5.2.2 การทำงานหลังเข้าสู่ระบบ จะมีการใส่รหัสผ่าน (Password) จำนวน 4 หลัก ถ้ากดรหัสผิด 3 ครั้ง ระบบจะสิ้นสุดการทำงานโดยอัตโนมัติ

เมื่อใส่รหัสผ่านได้ถูกต้องแล้ว จะต้องกดเลือกตำแหน่งของกล่องสวิตซ์ชิ่ง (Switching Box) โดยสามารถกดได้ดังนี้ คือ

- กด 1 เพื่อเลือกโหมด1 (Mode 1) ที่จะสั่งงานอุปกรณ์ลำดับที่ 1 - 7
- กด 2 เพื่อเลือกโหมด 2 (Mode 2) ที่จะสั่งงานอุปกรณ์ลำดับที่ 8 - 14

โดยในระบบจะให้ผู้ใช้งานทำการเลือกตำแหน่งของกล่องสวิตซ์ชิ่งก่อน จากนั้นจึงทำการเลือกหมายเลขของอุปกรณ์โดยผู้ใช้สามารถกดได้ตั้งแต่หมายเลข 1 - 7 (บนแป้นโทรศัพท์)

หลังจากทำการเลือกตำแหน่งของกล่องสวิตซ์ชิ่ง และ หมายเลขของอุปกรณ์แล้ว ระบบจะทำการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ที่เลือกโดย จะมีโอเปอเรเตอร์ทำหน้าที่คอยตอบกลับมาว่าสถานะของอุปกรณ์ขณะนั้นเป็นอย่างไร เช่นในกรณีที่เรากดหมายเลข 1 โอเปอเรเตอร์จะตอบกลับมาว่า “ท่านเลือกอุปกรณ์1 “

ซึ่งถ้าเราต้องการที่จะเปิดไฟทำได้ดังนี้

- ต้องการเปิดไฟ (ทำให้กระแสไหลผ่านโหลด) กด 1

และ

- ต้องการปิดไฟ (ไม่ให้กระแสไหลผ่านโหลด) กด 0

จากนั้นโปรแกรมก็จะทำงานให้โดยอัตโนมัติ โดยผู้ใช้ก็ต้องรอการตอบรับของโอเปอเรเตอร์ ซึ่งจะมีหน้าที่คอยสรุปผลการสั่งงานว่าเป็นเช่นไร เช่น เราทำการสั่งให้เปิดหลอด

ไฟดวงที่ 1 ในกล่องสวิตซ์ชิ่งตำแหน่งที่ 1 หลังจากที่สั่งงานแล้วให้ก็รอผลตอบกลับของโอเปอเรเตอร์ซึ่งในกรณีนี้โอเปอเรเตอร์จะตอบกลับมาว่า

"อุปกรณ์ที่ 1 เปิดแล้ว"

จากนั้นระบบก็จะถามผู้ใช้ว่าต้องการจะทำอะไรต่อ โดยจะมีให้เลือก 2 ตัวเลือก

" ออกจากระบบ กด #"

"เปลี่ยนโหมดกด * "

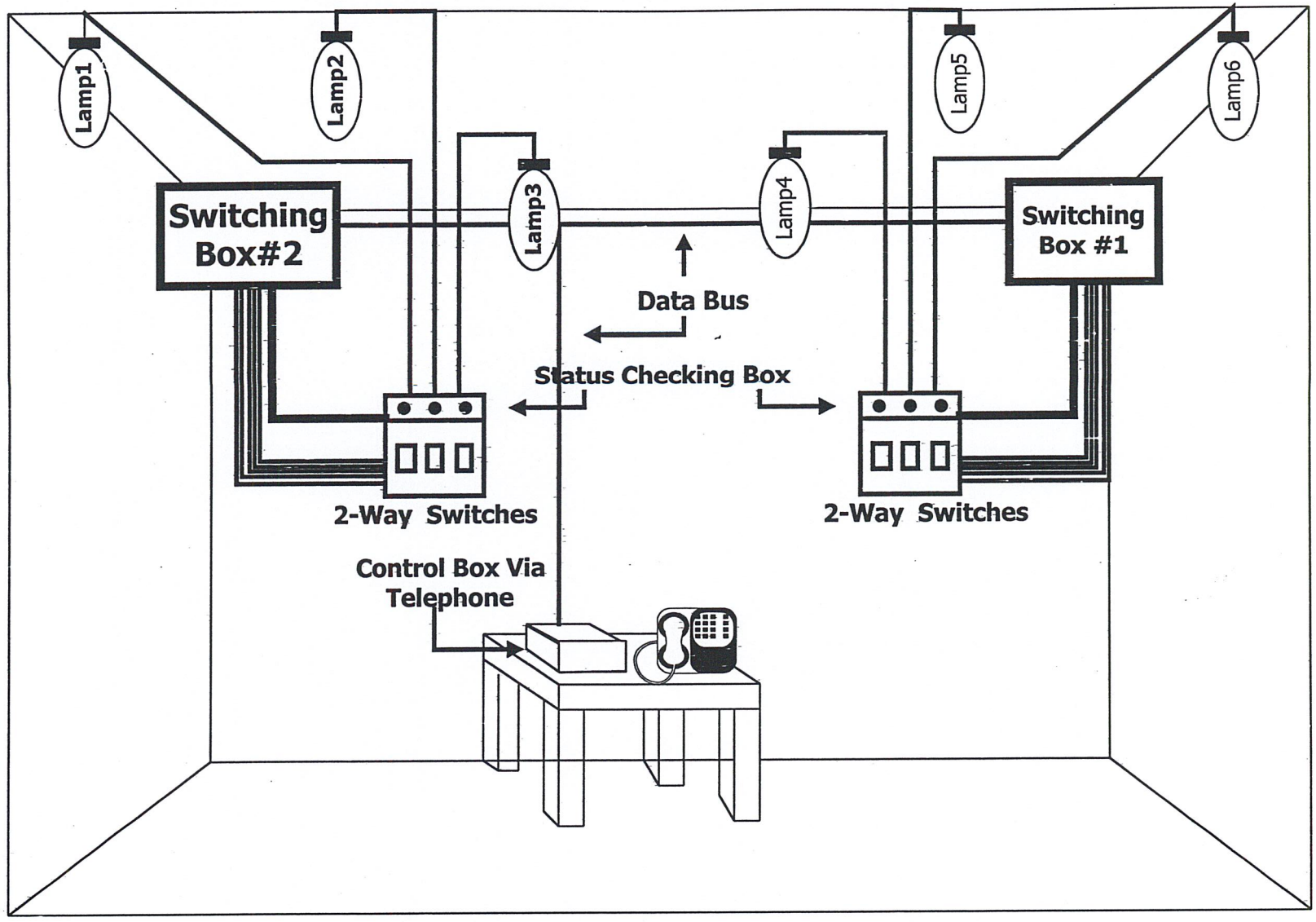
ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการออกจากระบบก็ทำการกด # หรือในกรณีที่ต้องการกลับไปทำการควบคุมอุปกรณ์ชนิดอื่นๆต่อก็ทำการกด *

ในกรณีที่ไม่มีการกดแป้นโทรศัพท์เกินกว่า 15 วินาที ระบบจะทำการวางสายเองโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาในกรณีที่มีคนโทรเข้ามาแล้วสายไม่ว่างตลอดเวลา

5.3 การติดตั้งเพื่อใช้งานภายในบ้าน

ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง ทำหน้าที่เป็นทั้งกล่องกระจายสาย(Distribution Box) และวงจรสวิตช์ ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน คือสายไฟหลัก(220 โวลต์) จาก ต่อจาก MCB(Main Circuit Breaker) แล้วต่อเข้าที่ พอร์ตอินพุทไฟฟ้า 220 โวลต์ ของทุดชุดของชุดกล่องสวิตชิ่ง แล้วเมื่อต้องการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถทำได้โดยการต่อสายไฟจากพอร์ตเอาท์พุท 220 โวลต์ ได้จำนวนสูงสุด 7 พอร์ต ต่อ 1 ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง โดยทำการเลือกตำแหน่งของกล่องสวิตซ์ชิ่งที่ใกล้ที่สุด เพื่อทำให้การเดินสายไฟสั้นที่สุดหรือสะดวกที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะบ้านแต่ละหลัง และจะติดตั้งชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง กระจายให้ทั่วตัวบ้านเพื่อครอบคลุมปริมาณของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน แสดงแผนภาพการติดตั้งในพื้นที่ใช้งานภายในบ้าน ดังรูปที่ 5.3

การทำงานของวงจรชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง ในส่วนที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ต้องออกแบบให้เหมาะสมกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่อุปกรณ์นั้นต้องการ และอุปกรณ์สวิตช์สามารถทนได้ ได้แก่ ไตรแอค , รีเลย์(Relay) หรือ แมกเนติกสวิตช์ (Magnetic Switch) เป็นต้น ซึ่งในระบบ EGAT ต้นแบบนี้ เลือกใช้ อุปกรณ์ประเภทรีเลย์ (Relay) เพื่อสร้างเป็นเครื่องต้นแบบ และสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทอื่นได้ในอนาคต



รูปที่ 5.3 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในบ้าน

ไฟดวงที่ 1 ในกล่องสวิตซ์ชิ่งตำแหน่งที่ 1 หลังจากที่สั่งงานแล้วให้ก็รอผลตอบกลับของโอเปอเรเตอร์ซึ่งในกรณีนี้โอเปอเรเตอร์จะตอบกลับมาว่า

"อุปกรณ์ที่ 1 เปิดแล้ว"

จากนั้นระบบก็จะถามผู้ใช้ว่าต้องการจะทำอะไรต่อ โดยจะมีให้เลือก 2 ตัวเลือก

" ออกจากระบบ กด #"

"เปลี่ยนโหมดกด * "

ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการออกจากระบบก็ทำการกด # หรือในกรณีที่ต้องการกลับไปทำการควบคุมอุปกรณ์ชนิดอื่นๆต่อก็ทำการกด *

ในกรณีที่ไม่มีการกดแป้นโทรศัพท์เกินกว่า 15 วินาที ระบบจะทำการวางสายเองโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาในกรณีที่มีคนโทรเข้ามาแล้วสายไม่ว่างตลอดเวลา

5.3 การติดตั้งเพื่อใช้งานภายในบ้าน

ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง ทำหน้าที่เป็นทั้งกล่องกระจายสาย(Distribution Box) และวงจรสวิตช์ ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน คือสายไฟหลัก(220 โวลต์) จาก ต่อจาก MCB(Main Circuit Breaker) แล้วต่อเข้าที่ พอร์ตอินพุทไฟฟ้า 220 โวลต์ ของทุดชุดของชุดกล่องสวิตชิ่ง แล้วเมื่อต้องการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถทำได้โดยการต่อสายไฟจากพอร์ตเอาท์พุท 220 โวลต์ ได้จำนวนสูงสุด 7 พอร์ต ต่อ 1 ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง โดยทำการเลือกตำแหน่งของกล่องสวิตซ์ชิ่งที่ใกล้ที่สุด เพื่อทำให้การเดินสายไฟสั้นที่สุดหรือสะดวกที่สุด ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของลักษณะบ้านแต่ละหลัง และจะติดตั้งชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง กระจายให้ทั่วตัวบ้านเพื่อครอบคลุมปริมาณของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน แสดงแผนภาพการติดตั้งในพื้นที่ใช้งานภายในบ้าน ดังรูปที่ 5.3

การทำงานของวงจรชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง ในส่วนที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ต้องออกแบบให้เหมาะสมกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่อุปกรณ์นั้นต้องการ และอุปกรณ์สวิตช์สามารถทนได้ ได้แก่ ไตรแอค , รีเลย์(Relay) หรือ แมกเนติกสวิตช์ (Magnetic Switch) เป็นต้น ซึ่งในระบบ EGAT ต้นแบบนี้ เลือกใช้ อุปกรณ์ประเภทรีเลย์ (Relay) เพื่อสร้างเป็นเครื่องต้นแบบ และสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทอื่นได้ในอนาคต

บทที่ 6

การทดลองและผลการทำงานของระบบ

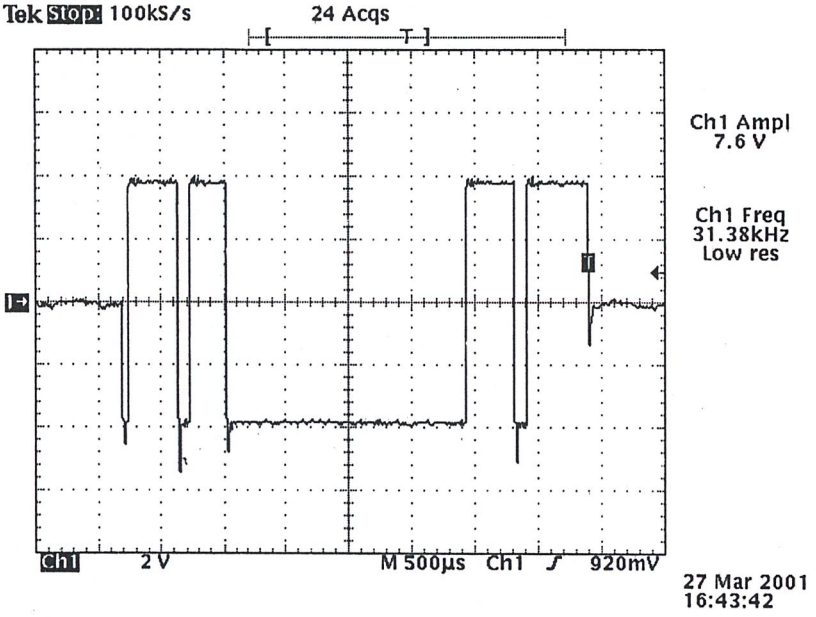
6.1 ผลการทดลองการทำงานของระบบรวม

ตารางที่ 6.1 ผลการทำงานของระบบ EACT

วิธีการทดลอง	ผลการทำงานของระบบ EACT
1.เริ่มต้นโทรศัพท์ เบอร์ 02-7390961	-ได้ยินเสียง Ring Back Tone (สายว่าง) -ได้ยินเสียงสัญญาณ Busy (สายไม่ว่าง)
2. ได้ยินเสียง Ring Back Tone ครบ 5 ครั้ง	-ระบบตอบกลับว่า “กรุณากดรหัสผ่าน”
3. กดรหัสผ่าน 4 หลัก ผิดครั้งที่ 1	-ระบบตอบกลับว่า “กรุณากดรหัสผ่าน”
4. กดรหัสผ่าน 4 หลัก ผิดครั้งที่ 2	-ระบบตอบกลับว่า “กรุณากดรหัสผ่าน”
5. กดรหัสผ่าน 4 หลัก ผิดครั้งที่ 3	-ระบบตอบกลับว่า “ขอบคุณครับ” แล้วทำการออกจากระบบอัตโนมัติ
6.เริ่มต้นทดลองขั้นที่ 1,2 ใหม่ และกดรหัสผ่านถูกต้อง	-ระบบตอบกลับว่า ” กรุณาเลือกโหมด “
7. กด 1	-ระบบตอบกลับว่า ” กรุณาเลือกอุปกรณ์ “
8. กด 1	-ระบบทำการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ที่ 1 ในกล่องสวิตซ์ชิ่ง เบอร์ 1 ระบบตอบกลับว่า “ ท่านเลือกอุปกรณ์1 “ “ เปิดกด 1 ปิด กด 0 ออกจากระบบกด ≠ กลับสู่เมนูหลักกด * “
9. กด 1	- รอประมาณ 3 วินาที แล้วระบบตอบกลับว่า “ อุปกรณ์ 1 เปิดแล้ว “ แล้วระบบตอบกลับว่า “เปิดกด 1 ปิด กด 0 ออกจากระบบกด ≠ กลับสู่เมนูหลักกด * “
10. กด ≠	-ระบบตอบกลับว่า “ขอบคุณครับ “

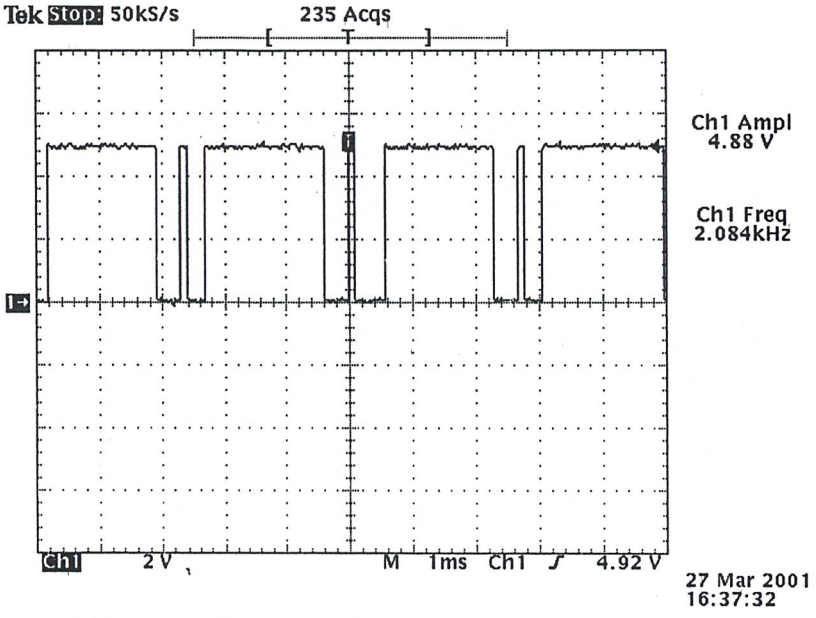
6.2 ผลการทดลองการสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485

การสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485 นั้นเราจะใช้ไอซีดิฟเฟอร์เรนเชี่ยว (Differential Bus Transreceiver) เบอร์ SN75176 ในการทำหน้าที่ในการสื่อสาร ซึ่งจะให้ผลการทดลองดังรูป



รูปที่ 6.1 สัญญาณของการสื่อสารตามมาตรฐาน RS-485
โดยใช้ ไอซี SN75176 (7.6 Vpp , 31.38 kHz)

โดยสัญญาณก่อนที่จะเข้าสู่ไอซี SN75176 นั้น คือสัญญาณที่มาจากขา RXD และ TXD ของไมโครคอนโทลเลอร์ ซึ่งเราสามารถดูได้จากรูปข้างล่าง



รูปที่ 6.2 สัญญาณการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 89C52 ที่ขา TXD และ RXD (4.88 Vpp , 2.084 kHz)

6.3 ผลการทดลองการทำงานพิเศษ

ทางผู้จัดทำได้ทำการออกแบบฟังก์ชั่นการทำงานที่พิเศษ ขึ้นมาเพื่อช่วยในการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ได้มากยิ่งขึ้น ดังนี้

1. การทำงานควบคุมการเปิดอัตโนมัติ (Automatic ON Control)
2. การทำงานควบคุมการปิดอัตโนมัติ (Automatic OFF Control)

ซึ่งได้ผลการทำงานได้ของระบบดังนี้

- การทำงานควบคุมการเปิดอัตโนมัติ ซึ่งสามารถทำได้เฉพาะกล่องสวิตซ์ชิ่งที่ทำการเลือกไว้ก่อนหน้านี้ โดยการสั่งให้ระบบทำการ Auto ON โดยโอเปอร์เรเตอร์ทำการบอกให้ผู้ใช้กดปุ่ม หมายเลข 7 เพื่อทำการเปิดไฟทุกดวงที่มีอยู่ในกล่องสวิตซ์ชิ่งโดยอัตโนมัติ ซึ่งในโครงงานนี้ก็คือการเปิดหลอดไฟทุกดวงที่ต่ออยู่กับกล่องสวิตซ์ชิ่งที่ 1 หรือ 2 แล้วหลอดไฟจะมีการเปิดเรียงลำดับจากหลอดที่ 1 เรื่อยไปจนถึงหลอดที่ 7

- การทำงานควบคุมการปิดอัตโนมัติ (Auto OFF) สามารถทำได้คล้ายกับการทำการเปิดอัตโนมัติ ซึ่งในกรณีนี้เราจะทำการ กดปุ่มหมายเลข 8 แล้วหลอดไฟจะมีการปิดเรียงลำดับจากลำดับหลอดที่ 1 แล้วเรียงลำดับไปจนถึงลำดับหลอดที่ 7 เช่นเดียวกันกับในกรณีของการเปิดอัตโนมัติ

บทที่ 7
สรุปผลการทดลอง คุณสมบัติของระบบและแนวทางในการพัฒนา

7.1 สรุปผลการทดลอง

การออกแบบสร้างเทคโนโลยีต้นแบบสำหรับการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านใช้โทรศัพท์ สามารถทำงานได้ตรงตามคุณสมบัติที่ได้ออกแบบไว้ และระบบนี้สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานมีความสะดวก ในการสั่งงานเปิด ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านจากภายนอกบ้านและเป็นระบบต้นแบบที่สามารถพัฒนาเพิ่มการทำงานของระบบได้ในอนาคต

7.2 คุณสมบัติของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านโดยใช้โทรศัพท์

1. ระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน 1 ระบบ สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 14 อุปกรณ์ ประกอบด้วยชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง 2 ชุด
2. ระบบประกอบด้วยส่วนการทำงาน 2 ส่วนได้แก่
   - ชุดกล่องควบคุมการสั่งงานผ่านโทรศัพท์ (Telephone Control Keyboard)
   - ชุดกล่องสวิตซ์ชิ่ง (Switching Box)
3. การสื่อสารในระบบนี้ ใช้โปรโตรคอล (Protocol) การสื่อสารแบบเฉพาะของระบบ ECAT
4. ระบบนี้สามารถนำไปติดตั้งเพื่อใช้งานการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทใช้งานภายในบ้าน และสามารถใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดกระแสสลับ 220 โวลต์ 1 เฟส กระแสไฟฟ้าสูงสุด 10 A
5. การสื่อสารผ่านสาย Data Bus สามารถใช้สายโทรศัพท์หรือสายทวิสแพร์ (Twist Pair) ขนาด 2 คู่สาย (4 x 0.2 mm) 24 AWG ได้ในความยาวครอบคลุมพื้นที่การใช้งานภายในบ้าน
6. การทำงานของอุปกรณ์ของระบบใช้แหล่งจ่ายไฟ(Power Supply) ขนาด 12 VDC และ 5 VDC
7. การทำงานในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าประกอบด้วย 3 แบบได้แก่
   - การควบคุมเปิดปิดโดยการสั่งงานผ่านโทรศัพท์ โดยจะมีวงจรโต้ตอบผู้ใช้เพื่อให้การใช้งานนั้นง่ายยิ่งขึ้น
   - การทำงานควบคุมการเปิดแบบปกติ สามารถควบคุมการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตำแหน่งอุปกรณ์โดยใช้สวิตซ์ 2 ทาง
   - มีฟังก์ชั่นพิเศษสำหรับการทำงาน โดยการสั่งงานการเปิด หรือ ปิด อัตโนมัติ ซึ่งเป็นฟังก์ชั่น Auto ON และ Auto OFF

8. มีการแสดงผลสถานะการเปิด-ปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าในตำแหน่งต่างๆด้วยหลอด LED ที่ชุดกล่องแสดงสถานะ (Status Box) โดยการแสดงผลเปลี่ยนแปลงตามค่าสถานะปัจจุบัน
9. ระบบชุมสายไฟฟ้ากำลังภายในบ้าน 1 ระบบสามารถกำหนดเลือกใช้งานจำนวนของชุดกล่องสวิตซ์ชิ่งได้ไม่เกิน 8 ชุด
10. การติดตั้งระบบเพื่อการใช้งานจริงสามารถติดตั้งโดยช่างเทคนิคของระบบ

7.3 แนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้านผ่านโทรศัพท์

1. พัฒนาการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยวิธีการอื่นได้แก่
   - การควบคุมผ่าน Internet
   - การควบคุมโดยใช้ชุดตั้งเวลาการเปิดปิด (Timer Switch)
   - การควบคุมผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์
   - การควบคุมแบบไร้สายโดยใช้รังสีอินฟาเรด (Remote Control)
   - การควบคุมการโทรศัพท์ออกไปยังเลขหมายปลายทางอัตโนมัติ เช่น การโทรศัพท์ไปสถานีตำรวจ หรือ สถานีดับเพลิงเป็นต้น
   - ใช้ Control Keyboard ในการควบคุม
2. พัฒนาวงจรของชุดกล่องสวิตซ์ชิ่งในส่วนวงจรรีเลย์ (Relay) ไปเป็น วงจรแบบแมกเนติกสวิทช์ (Magnetic Switch) แบบอื่นๆที่สามารถทำงานได้ดีกว่า เพื่อสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดที่ใช้กระแสไฟสูงได้ เช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำอุ่น หรือม่านไฟฟ้า เป็นต้น
3. พัฒนาระบบให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้มากกว่า 14 อุปกรณ์
4. ศึกษาเรื่องความยาวของสาย Bus สูงสุดที่ระบบจะสามารถทำงานได้
5. ศึกษาเรื่องการรวมสัญญาณข้อมูล(data signal) เข้ากับไฟเลี้ยงวงจร เพื่อลดจำนวนของสาย Bus ให้เหลือ 1 คู่สาย (2 x 0.8 mm) เพื่อลดค่าใช้จ่ายของ Bus
6. พัฒนาให้ระบบสามารถนำไปใช้กับอาคาร (Building) และสำนักงาน (Office)ได้
7. พัฒนาเพื่อเป็นสินค้าในเชิงพาณิชย์ต่อไป

7.4 ประโยชน์ในการใช้งานของระบบ

1. การควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านทำได้อย่างสะดวก โดยผู้ใช้สามารถเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกตำแหน่งอุปกรณ์ภายในบ้านโดยการโทรศัพท์เข้ามาควบคุมผ่านชุดกล่องควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบปกติ ถ้าต้องการให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในลักษณะเดียวกันกับระบบนี้ สามารถทำได้โดยการติดตั้งจำนวนสวิตช์เพิ่มซึ่งการติดตั้งเพิ่มในแต่ละครั้งจะมีเรื่องปริมาณความยาวของสายไฟที่ใช้เพิ่มขึ้นอย่างมากและปริมาณของสวิตช์ที่ติดตั้งทำได้จำนวนจำกัด เนื่องจากความซับซ้อนของสายไฟที่เพิ่มขึ้นภายในบ้านและการติดตั้งสวิตช์แต่ละครั้งต้องเจาะกำแพงซึ่งทำได้ไม่สะดวก แต่สำหรับระบบนี้นั้นได้เดินสาย Bus เชื่อมต่อกันของทุกอุปกรณ์ทำให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ครบทุกอุปกรณ์

2. กรณีการออกไปทำงานนอกบ้าน แล้วลืมปิดไฟ หรืออุปกรณ์ในบ้าน สามารถควบคุมการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ทุกอุปกรณ์ได้อย่างสะดวกเพียงการกดโทรศัพท์มาทำการควบคุม โดยไม่ต้องเสียเวลากลับมาที่บ้านอีก
3. สามารถเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ หรือเครื่องปรับอากาศได้โดยล่วงหน้า โดยก่อนที่เราจะกลับถึงบ้าน เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้มากยิ่งขึ้น
4. ระบบนี้ได้ออกแบบสร้างระบบการสื่อสารและการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ครอบคลุมทุกอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วบริเวณบ้าน ดังนั้นระบบที่สนับสนุนต่อการพัฒนาการควบคุมด้วยการสื่อสารหรือเซนเซอร์ตรวจจับแบบอื่นๆสามารถพัฒนาเข้ามาใช้งานร่วมได้โดยง่าย เพียงการใช้โปรโตรคอล (Protocol) ที่ตรงกับ ของระบบ

หนังสืออ้างอิง

1. สมเกียรติ ศุภเดช, สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพ, 2538.
2. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพ, 2540.
3. อุดม จีนประดับ, ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพ, 2541.
4. Ronald J. Tocci, Neal S. Widmer, Digital systems principles and applications 7th edition, USA : Prentice – Hall International, Inc, 1998.
5. Manny Soltero , Jing Zhang and Chris Cockrill, 422 and 485 Standards Overview and System Configurations Application Report,Texas Instruments Incorporated, USA, 2000.
6. Siemens AEP, Siemens instabus Intelligent solutions for present and future buildings Handbook, Siemens Advanced Engineering Pte, Ltd, Germany, 2000.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลายๆฝ่าย ซึ่งผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณทุกๆท่านที่มีส่วนร่วมสนับสนุน ช่วยเหลือและแนะนำในทุกๆด้าน

ขอขอบพระคุณ รศ. อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนี้ ที่ได้เสียสละเวลา ให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนห้องทดลองและการทำงาน ให้การทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้โอกาสและคอยให้กำลังใจเสมอมา

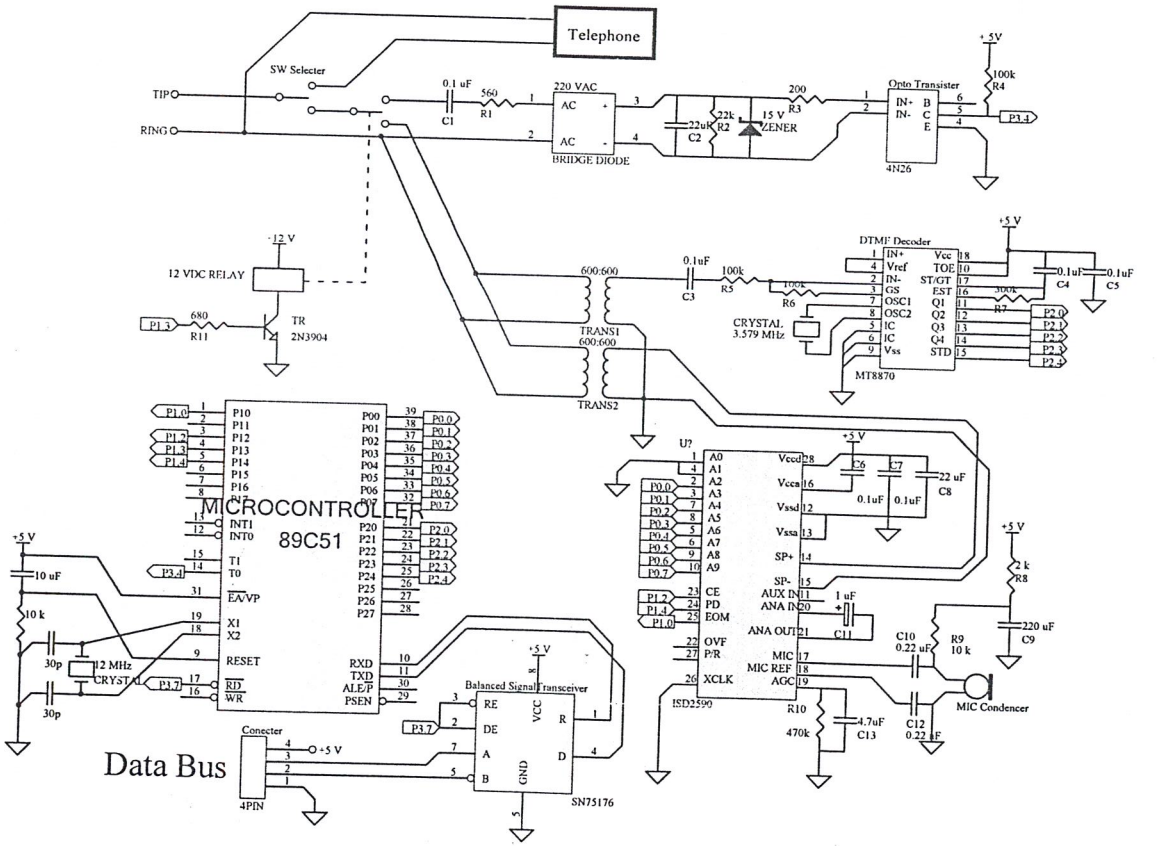
ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ห้อง A-404 ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและกำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คุณวรากร ทิมทอง ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับ ระบบ Siemens Instabus ช่วยให้มีแนวทางในการพัฒนา ระบบได้มาก

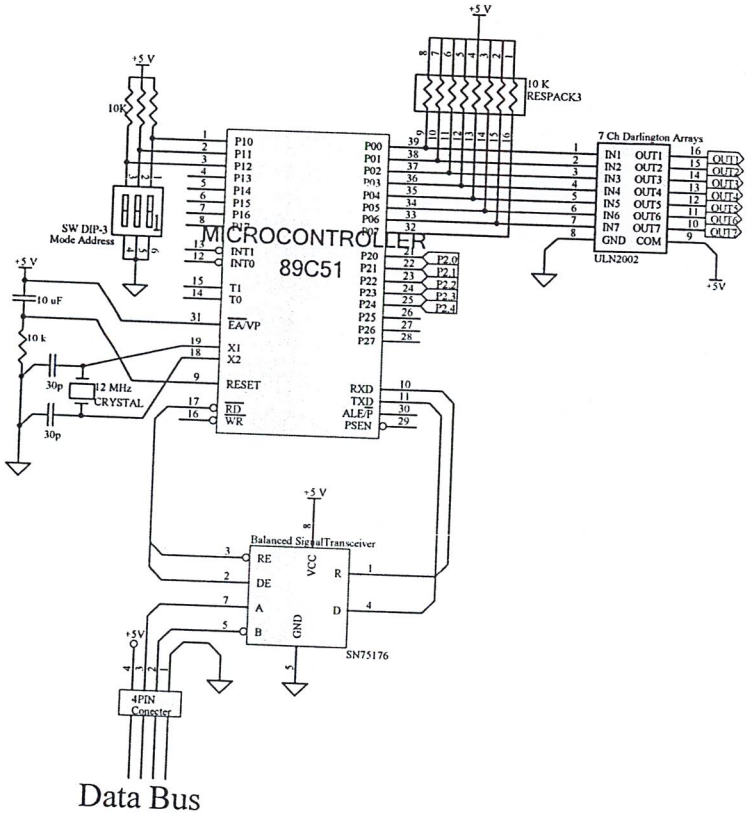
สุดท้ายขอขอบคุณภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้

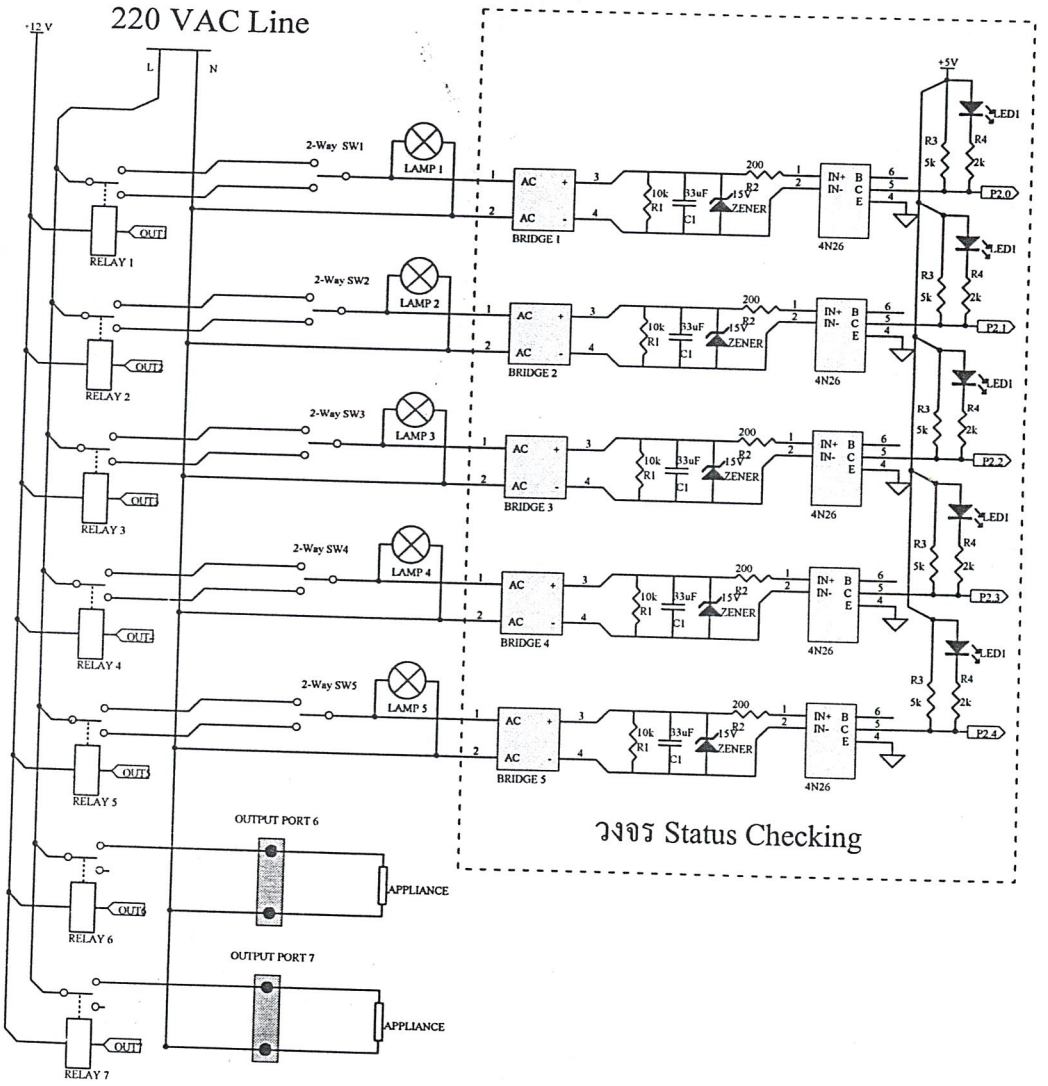
คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ภาคผนวก



วงจรชุดกล่องควบคุมผ่านโทรศัพท์ (Control Box Via Telephone)





วงจรชุดกล่องสวิตชิ่ง (Switching Box)