สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางคอมพิวเตอร์

Electric Devices Controlled by Computer

T042141

โดย

นายธีรเดช สหวัฒนพงศ์

นายธีรวัตร โพธิกุล

นายนพดล ภควิญญู

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42141
วัน, เดือน, ปี 14 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางคอมพิวเตอร์

Electric Devices Controlled by Computer

โดย

นายธีรเดช สหวัฒนพงศ์ 40010326

นายธีรวัตร โพธิกุล 40010340

นายนพดล ภควิญญู 40010354

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางคอมพิวเตอร์

Electric Devices Controlled by Computer

โดย นายธีรเดช สหวัฒนพงศ์ 40010326
นายธีรวัตร โพธิกุล 40010340
นายนพดล ภควิญญู 40010354

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. กอบชัย เดชหาญ

บทคัดย่อ

โครงงานระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์ จะใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสั่งการปิด-เปิดและตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ยังนำโมเด็มมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการสั่งงานทางโทรศัพท์ เพื่อขยายขอบเขตของโครงงานให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้จากระยะไกล

ABSTRACT

This project presents a system that using computer to control electrical devices. By using a computer works with microcontroller, this system can control switch on-off function of electrical equipments. In addition, the using of computer's modem as automatic answering machine provides ability to control this system by telephone.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางคอมพิวเตอร์**

Electric Devices Controlled by Computer

ผู้จัดทำ

1. นายธีรเดช สหวัฒนพงศ์ 40010326

2. นายธีรวัตร โพธิกุล 40010340

3. นายนพดล ภควิญญู 40010354

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของโครงงาน	2
2.1 การใช้งานพอร์ทอนุกรม ของMCS-51	2
2.2 ระบบแหล่งไฟ	15
2.3 การอินเตอร์เฟสโดยใช้โฟโต้คัพเปลอร์	16
2.4 การสื่อสารพอร์ตอนุกรม RS 232	19
2.5 ระบบโทรศัพท์	25
2.6พื้นฐานโมเด็ม	30
บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง	34
3.1 การทำงานของส่วนวงจรควบคุม	34
3.2 การออกแบบโปรแกรมควบคุม	36
3.3 ส่วนประกอบต่างๆของโปรแกรมการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์	43
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	51
4.1 รูปสัญญาณที่ส่งจาก serial port ของคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นรหัสควบคุม	53
4.2 รายละเอียดของโปรแกรมทั้งหมด	56
4.2 ผลของการ runโปรแกรมการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์	59
4.3 ผลการทดลองโครงงานโดยรวม	65
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	68
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงภาพรวมของโครงงาน	1
รูปที่ 2.1 แสดงข้อมูลที่รับและส่งในการทำงานของพอร์ท	7
รูปที่ 2.2 แสดงการรับและส่งข้อมูลอนุกรมในโหมด 1	8
รูปที่ 2.3 แสดงข้อมูลรับและส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 2และ 3	8
รูปที่ 2.4 แสดงการจัดขาใช้งานของ AT89C51/52 และ AT89C1051/1052	11
รูปที่ 2.5 การต่อใช้งานขณะโปรแกรมเข้าไปใน AT89C51/52	13
รูปที่ 2.6 การทดสอบการโปรแกรมใน AT89C51/52	14
รูปที่ 2.7 แสดงตัวถัง IC แบบต่างๆ	15
รูปที่ 2.8 แสดงวงจรรักษาระดับแรงดันทั่วไป	15
รูปที่.2.9 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟ	16
รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของโฟโต้คลัปเปลอร์	17
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการอินเตอร์เฟสโดยใช้โฟโต้คัปเปลอร์	17
รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะการต่อวงจร ออปโต้คัปเปลอร์	18
รูปที่ 2.13 แสดงระบบโทรศัพท์	26
รูปที่ 2.14 แสดงสัญญาณต่างๆที่ใช้ในการติดต่อ	28
รูปที่ 2.15 แสดงหมายเลขและค่าความถี่ DTMF	29
รูปที่ 2.16 แสดงการแปลงสัญญาณของโมเด็ม	30
รูปที่ 2.17 แสดงมาตราฐานของโมเด็ม103 โมเด็มแบบฟูลดูเพล็กซ์ อัตราส่งต่ำ	31
รูปที่ 2.18 แสดงมาตราฐานของ ITU-T V.21โมเด็มแบบฟูลดูเพล็กซ์ อัตราส่งต่ำ	31
รูปที่ 2.19 แสดงโมเด็มชนิดเบล202 ฮาล์ฟดูเพล็กซ์	32
รูปที่ 3.1.แสดงวงจรรวม	35
รูปที่ 3.2 แสดง Flow chart ขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทลเลอร์	37
รูปที่ 3.3 แสดง Flow chart ขั้นตอนการทำงานการสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	38
รูปที่ 3.4 แสดง Flow chart ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการตั้งเวลา	39
รูปที่ 3.5 แสดง Flow chart ขั้นตอนการการสั่งงานผ่านทางโทรศัพท์	40
รูปที่ 3.6 แสดง Flow chart ขั้นตอนการขอและแสดงสถานะ	41
รูปที่ 3.7 แสดง Flow chart ขั้นตอนการทำงานเปิด-ปิดอุปกรณ์	42
รูปที่ 4.1.แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส ASCII เลข '1'	53
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส ASCII เลข '2'	53
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส ASCII เลข 'a'	54
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส ASCII เลข 'A'	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส ASCII เลข 'O' 55

รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส ASCII เลข 'N' 55

รูปที่ 4.7 แสดงหน้าต่างควบคุมขณะออกแบบ 56

รูปที่ 4.8 แสดงหน้าต่างอุปกรณ์ขณะออกแบบ 56

รูปที่ 4.9 แสดงหน้าต่างย่อยอุปกรณ์ขณะออกแบบ 57

รูปที่ 4.10 แสดงหน้าต่างตั้งเวลาขณะออกแบบ 57

รูปที่ 4.11 แสดงหน้าต่างโมเด็มขณะออกแบบ 58

รูปที่ 4.12 แสดงหน้าต่างควบคุมขณะใช้งาน 59

รูปที่ 4.13 แสดงหน้าต่างย่อยแสดงสถานะเปิด 60

รูปที่ 4.14 แสดงหน้าต่างย่อยแสดงสถานะปิด 60

รูปที่ 4.15 แสดงหน้าต่างอุปกรณ์ขณะใช้งาน 61

รูปที่ 4.16 แสดงหน้าต่างตั้งเวลาขณะใช้งาน 62

รูปที่ 4.17 แสดงหน้าต่างโมเด็มขณะใช้งาน 63

รูปที่ 4.18 แสดงรูปแบบภายนอกของเครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 65

รูปที่ 4.19 แสดงรูปแบบภายในของเครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 65

รูปที่ 4.20 แสดงการสั่งเปิดหลอดไฟ 1 ดวง 66

รูปที่ 4.21 แสดงการสั่งเปิดหลอดไฟ 2 ดวง 66

รูปที่ 4.22 แสดงการสั่งเปิดหลอดไฟทุกดวง 67

รูปที่ 4.23 แสดงการสั่งปิดหลอดไฟทุกดวง 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

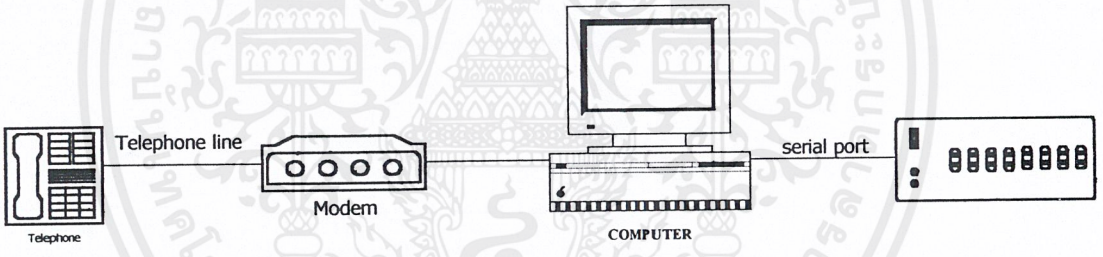
	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงตำแหน่งบิตในรีจิสเตอร์ PCON	2
ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งบิตภายในรีจิสเตอร์ SCON	3
ตารางที่ 2.3 รูปตารางแสดงการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรมในโหมดต่างๆ	4
ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ AT89C51/52 และ AT89C1051/2051	10
ตารางที่ 2.5 ตารางล็อคบิตเพื่อป้องกันการเลียนแบบโปรแกรมของ AT89C51/52	12
ตารางที่ 2.6 ตารางการเซ็ตค่าสัญญาณขณะทำโปรแกรมของ AT89C51/52	13
ตารางที่ 2.7 ข้อกำหนดของขาสัญญาณต่างๆ	20
ตารางที่ 2.8 แสดงรายละเอียดของสัญญาณที่ต่อจาก DTE ไปยัง DCE โดยใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25	21
ตารางที่ 2.9 รายละเอียดการต่อคอนเน็กเตอร์แบบ DB9 มาตรฐาน RS-232C	21
ตารางที่ 4.1 แสดงความหมายของสัญญาณต่างๆที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์ผ่าน serial port	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โครงงานนี้เป็นการสร้างระบบที่นำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการสั่งงานการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ผ่านทางคอมพิวเตอร์และทางโทรศัพท์ โดยให้คอมพิวเตอร์ติดต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรมไปยังไมโครคอนโทลเลอร์ ไปควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านรีเลย์สวิตซ์ โดยประกอบด้วยการทำงานคือส่วน ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วยไมโครคอนโทลเลอร์บอร์ดและรีเลย์สวิตซ์บอร์ด ส่วนของซอฟแวร์จะประกอบด้วยโปรแกรมส่วน user interface ที่ทำงานบน microsoft windows ที่เป็นลักษณะ graphic mode โดยจะพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม Borland Delphi version 5 และโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทลเลอร์บอร์ด ซึ่งเขียนใช้ภาษา Assembly

ในโครงงานนี้ได้ออกแบบให้สามารถควบคุมปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 8 อุปกรณ์ด้วยกัน โดยสามารถตั้งเวลาปิด-เปิด และมีชนิดของอุปกรณ์ให้เลือกตามความเหมาะสมตามที่โปรแกรมกำหนดไว้ และยังสามารถควบคุมด้วยการสั่งงานทางโทรศัพท์ได้อีกด้วยถ้าคอมพิวเตอร์มีการติดตั้งโมเด็ม



รูปที่ 1.1 แสดงภาพรวมของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

ทฤษฎีและหลักการ

พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม MCS-51 สามารถรับส่งสัญญาณแบบอนุกรมได้โดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ แต่อย่างใด ในด้านอัตราเร็วของการรับส่งข้อมูลก็สามารถกำหนดได้ตามความต้องการของผู้ใช้ โดยสามารถเลือกอัตราเร็วในการรับ ส่งข้อมูล (baud rate) มาตรฐานตั้งแต่ 110bps,1.2Kbps,4.8Kbps,9.6Kbps,19.2Kbps,375Kbps ตามมาตรฐานของ UART

2.1 การใช้งานพอร์ตอนุกรมของ MCS-51

โดยปกติแล้ว MCS-51 คือระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลจากภายนอกและนำมาประมวลผล พร้อมทั้งนำสัญญาณต่างๆออกไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการใช้งานพอร์ตอนุกรม

1. รีจิสเตอร์ควบคุมไทม์เมอร์ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการใช้งานพอร์ตอนุกรมคือ อัตราการรับส่งข้อมูลหรืออัตราบอด (Baud Rate) คือจังหวะการเลื่อนข้อมูลเข้าหรือออกจาก MCS-51 โดยสามารถสร้างจากไทม์เมอร์แชลแนล 1 โดยทำงานในโหมด 2 รีจิสเตอร์ที่ต้องการทำโปรแกรม มีดังนี้

- TMOD ตำแหน่ง 89 H ทำหน้าที่เลือกโหมดของไทม์เมอร์
- TCON ตำแหน่ง 88 H ทำหน้าที่เริ่มต้นสร้างบอด
- TH1 ตำแหน่ง 88 H ทำหน้าที่ใส่ข้อมูลการนับของไทม์เมอร์ 1 เพื่อสร้างบอด

2. รีจิสเตอร์ควบคุมการลดกำลัง เนื่องจาก การสร้างบอดนั้นต้องนำบิตในรีจิสเตอร์ PCON มาใช้ในการคำนวณ ข้อมูลของ TH1 ดังนั้นรีจิสเตอร์ที่ใช้คือ

- PCON ตำแหน่ง 87H ทำหน้าที่ในการคำนวณข้อมูลที่จะใส่ในรีจิสเตอร์ TH1 ดังตารางที่ 2.1

7	6	5	4	3	2	1	0
SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL

ตารางที่ 2.1 แสดงตำแหน่งบิตในรีจิสเตอร์ PCON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	สัญลักษณ์	รายละเอียด
7	SMOD	เป็นบิตที่ใช้ในการแก้ไขอัตราการบอด
6-4	-	ไม่ได้ใช้งาน
3	GF1	แฟล็กใช้งานทั่วไป
2	GF2	แฟล็กใช้งานทั่วไป
1	PD	บิตที่แสดงการลดลงของกำลังไฟ
0	IDL	บิตที่แสดงในโหมดไอเดิล

3. รีจิสเตอร์ควบคุมการอินเตอร์รัพท์ มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- IE ตำแหน่ง A8H ทำหน้าที่ยอมให้เกิดการอินเตอร์รัพท์
- IP ตำแหน่ง B8H ทำหน้าที่จัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์

4. รีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ตอนุกรม ขึ้นอยู่กับรีจิสเตอร์โดยตรงคือ

- SBUF ตำแหน่ง 99H ทำหน้าที่ที่เป็นบัฟเฟอร์การรับหรือส่งข้อมูล
- SCON ตำแหน่ง 98H ทำหน้าที่ควบคุมและกำหนดโหมดการใช้งานพอร์ตอนุกรมทั้งหมด

ดังตารางที่ 2.2

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

ตารางที่2.2 แสดงตำแหน่งบิตภายในรีจิสเตอร์ SCON

บิต	สัญลักษณ์		รายละเอียด
7	SM0		โหมดของพอร์ตอนุกรมบิต 0 ทำการเซ็ต โดยใช้โปรแกรมสั่งงาน
6	SM1		โหมดของพอร์ตอนุกรมบิต 1 ทำการเซ็ต โดยใช้โปรแกรมสั่งงานเช่นกัน
SM0	**SM1**	**โหมด**	**รายละเอียด**
0	0	0	รีจิสเตอร์แบบเลื่อนบิต , อัตราการส่ง = f /12
0	1	1	UART ชนิด 8 บิต, อัตราการส่งเปลี่ยนแปลงได้
1	0	2	UART ชนิด 9 บิต, อัตราการส่ง = f/32 หรือ f/64
1	1	3	UART ชนิด 9 บิต, อัตราการส่งเปลี่ยนแปลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	สัญลักษณ์	รายละเอียด
5	SM2	ใช้เป็นบิตแสดงการติดต่อระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์ ในกรณีนี้ใช้เฉพาะโหมด 2 และ 3 เมื่อบิตถูกเซ็ตเป็น 1 การอินเตอร์รัพท์จะเกิดขึ้น
4	REN	บิตอีนาเบิ้ลการรับ บิตจะถูกเซ็ตเป็น 1 เมื่อต้องการสัญญาณอนุกรม
3	TB8	ใช่ว่าจะเลือกส่ง 8 บิตหรือไม่ใช้ สำหรับในโหมด 2 หรือ 3 บิตหยุดในโหมด 1 ส่วนในโหมด 0 จะไม่ใช้บิตนี้
2	RB8	ใช่ว่าจะเลือกรับ 8 บิตหรือไม่ใช้ สำหรับในโหมด 2 หรือ 3 บิตหยุดในโหมด 1 ส่วนในโหมด 0 จะไม่ใช้บิตนี้
1	TI	แฟลกอินเตอร์รัพท์เมื่อส่งข้อมูลในโหมด 0 จะถูกเซ็ตเป็น 1 หลังจากส่งบิต 7 ไปแล้ว
0	RI	แฟลกอินเตอร์รัพท์เมื่อรับข้อมูลในโหมด 0 จะถูกเซ็ตเป็น 1 หลังจากส่งบิต 7 เข้าแล้ว

การกำหนดโหมดในการใช้งาน

การกำหนดโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรมในโหมดต่างๆ ดังตารางที่ 2.3

โหมด	SCON	SM2 VARIATION
0	10H	Single processor Environment (SM2 = 0)
1	50H	
2	90H	
3	D0H	
0	NA	Multiprocessor Environment (SM2 = 1)
1	70H	
2	B0H	
3	F0H	

ตารางที่ 2.3 รูปตารางแสดงการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรมโหมดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณและกำหนดค่า baud rate ในการใช้พอร์ตสื่อสารอนุกรมโหมดต่างๆ

โหมด 0 ค่า baud rate ถูกกำหนดไว้คงที่ ที่ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ โดยไม่จำเป็นต้องมีการกำหนดหรือใช้รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น ไทม์เมอร์หรือ เคาน์เตอร์แต่อย่างใด ดังนั้น baud rate ของพอร์ตสื่อสารอนุกรมในโหมดนี้สามารถเขียนเป็นสมการได้ง่ายๆดังนี้

$$\text{baud rate ในโหมด 0} = \frac{\text{ความถี่ออสซิลเลเตอร์}}{12}$$

โหมด 1 ค่า baud rate สามารถแปรค่าได้โดยการกำหนดไทม์เมอร์ 1 หรือ ไทม์เมอร์ 2 (มีใน 8052) ดังนี้

การใช้ไทม์เมอร์ 1 เป็นตัวกำหนด baud rate เมื่อใช้ไทม์เมอร์ 1 เป็นตัวกำหนด baud rate จะใช้ไทม์เมอร์ 1 ใน โหมด 2(Auto-Reload) โดยมีสูตรในการคำนวณค่า baud rate ดังนี้

$$\text{baud rate ในโหมด 1} = \frac{2^{\text{mod}} * \text{ความถี่ออสซิเลเตอร์}}{32*12*[256-(TH1)]}$$

ในการใช้งานทั่วไป เรามักจะทราบว่าต้องการใช้ baud rate ค่าเท่าใด ดังนั้นค่าที่เราต้องการหาก็คือค่าที่ต้องโหลดไว้ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TH1 สมการในการคำนวณหาค่าที่ต้องโหลดไปไว้ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TH1 เมื่อทราบค่า baud rate คือ

$$TH1 = 256 - \frac{s\,\text{mod} * \text{ความถี่ออสซิเลเตอร์}}{384 * baudrate}$$

ค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TH1 จำเป็นต้องเป็นเลขจำนวนเต็ม การปัดเศษที่ได้จากการคำนวณทิ้งหรือปัดขึ้นทำให้ไม่ได้ค่า baud rate ได้ตามต้องการวิธีแก้ปัญหานี้คือ การเปลี่ยนค่าความถี่ของคริสตอลที่ใช้

ในการเซตบิต SMOD ให้ใช้คำสั่งต่อไปนี้

```
ORL  PCON,#10000000B
```

เนื่องจากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PCON ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต

การใช้ไทม์เมอร์ 2 เป็นตัวกำหนด baud rate ในไทม์เมอร์ 2 มีการทำงานที่ใช้สำหรับเป็นตัวกำหนด baud rate อยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเป็นอินพุทเป็นอินพุทให้แก่ไทม์เมอร์ 2 ที่ขา T2(P1.0) ค่า baud rate สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{baud rate} = \frac{\text{อัตราการเกิด overflow ของ ไทม์เมอร์ 2}}{16}$$

เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในชิป(กำหนดจากความถี่ออสซิลเลเตอร์) ค่า baud rate สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{baud rate} = \frac{\text{ความถี่ออสซิเลเตอร์ที่ใช้}}{32*[65535-(RCAP2H,RCAP2L)]}$$

หากต้องการหาค่าที่จะโหลดไปไว้ในรีจิสเตอร์ ใช้งานเฉพาะ RCAP2H,RCAP2L เมื่อทราบค่า baud rate ที่ต้องการ จะหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{RCAP2H,RCAP2L} = 65335-\frac{\text{ความถี่ออสซิเลเตอร์ที่ใช้}}{32*(baudrate)}$$

โหมด 2 ค่า baud rate มีให้เลือกได้เพียง 2 ค่า ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PCON ดังนี้

บิต SMOD = 0 : baud rate จะเป็น 1/64 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้

บิต SMOD = 1 : baud rate จะเป็น 1/32 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้

ในโหมดนี้ไม่จำเป็นต้องใช้รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อกำหนดค่า baud rate แต่อย่างใด

ในการเซตบิต SMOD ให้ใช้คำสั่งต่อไปนี้

ORL PCON,#10000000B

เนื่องจากรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PCON ไม่สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต

สูตรการคำนวณค่า baud rate ในโหมด 2 มีดังนี้

$$\text{baud rate ในโหมด 2} = \frac{[2^{smod} * \text{ความถี่ออสซิเลเตอร์ที่ใช้}]}{64}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

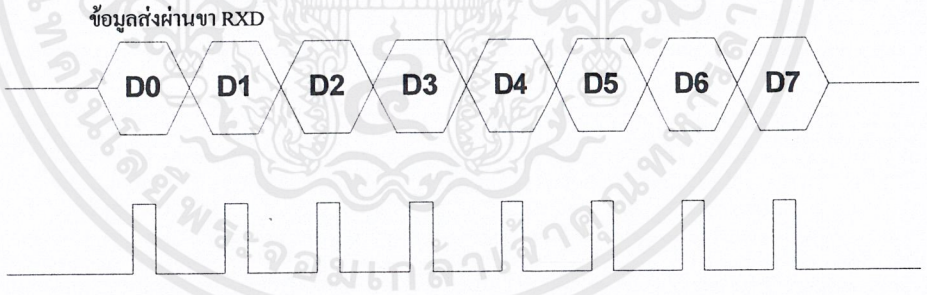
หากใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกกะเฮริตซ์ baud rate สูงสุดในการทำงานในโหมดนี้คือ 375Kbps

โหมด 3 ค่า baud rate ในโหมดนี้คำนวณและกำหนดได้จากวิธีเดียวกันกับในโหมด 1

พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมใน MCS-51

การใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมใน MCS-51 มีความสะดวกและคล่องตัวสูง ทั้งนี้เนื่องจากผู้ใช้สามารถกำหนดการทำงานที่แตกต่างกันได้ถึง 4 ประเภท โดยสามารถกำหนดได้จากค่าของบิตในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON ดังแสดงในรูปที่ 2.1 การใช้งานที่แตกต่างกัน 4 ประเภท นี้มีจุดประสงค์เพื่อความคล่องตัวในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมแต่ละประเภทดังนี้

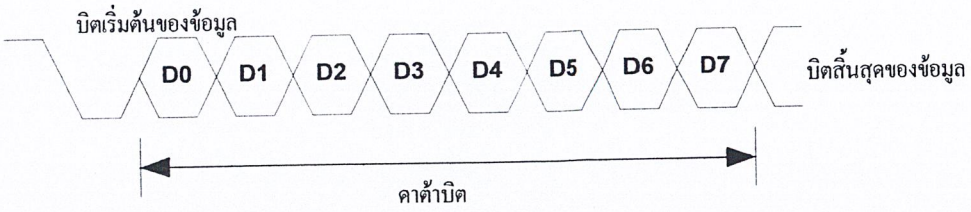
โหมด 0 การทำงานของพอร์ตสื่อสารอนุกรมในโหมด 0 ขา RXD จะใช้สำหรับและส่งข้อมูล ส่วนขา TXD มีไว้เพื่อใช้สร้างสัญญาณ shift clock เพื่อกำหนดจังหวะในการรับและส่งข้อมูล (ข้อมูลจะถูกรับหรือส่งตามจังหวะของสัญญาณ clock) ในโหมดนี้การรับส่งข้อมูลจะเป็นแบบ 8 บิต โดยเริ่มรับและส่งบิตไบต์ต่ำก่อน (LSB first) อัตราการรับส่งข้อมูลในการทำงานโหมด 0 ถูกกำหนดที่ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ การทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 0 จะไม่มีบิตเริ่มต้นของข้อมูล และบิตสิ้นสุดของข้อมูล เพราะจังหวะการรับส่งข้อมูลถูกกำหนดจากสัญญาณ shift clock แล้ว



รูปที่ 2.1 แสดงข้อมูลที่รับและส่งในการทำงานของพอร์ต

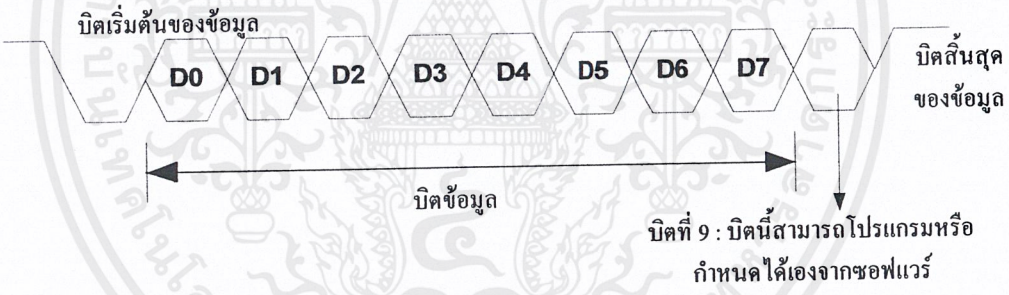
โหมด 1 การทำงานแบบที่สอง หรือการทำงานในโหมดที่ 1 มีการรับและส่งข้อมูลครั้งละ 10 บิต ข้อมูลจะถูกส่งออกไปภายนอกผ่านทางขา TXD และรับข้อมูลเข้ามาทาง RXD ข้อมูลทั้ง 10 บิต ประกอบไปด้วยบิตเริ่มต้นข้อมูล 1 บิต (มีค่าเป็น 0 เสมอ) บิตข้อมูล8 บิต(รับและส่งบิตต่ำสุดก่อน) และบิตสิ้นสุดข้อมูลอีก 1 บิต (มีค่าเป็น 1 เสมอ) ในขณะทำการรับข้อมูล ค่าในบิตสิ้นสุด ของข้อมูลที่รับได้จะไปอยู่ในบิต RB8 ของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลของพอร์ทสื่อสารแบบอนุกรมในโหมดนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงการรับและส่งข้อมูลอนุกรมในโหมด 1

โหมด 2 การทำงานแบบที่ สามหรือการทำงานในโหมด 2 จะมีการรับและส่งข้อมูลครั้งละ 11 บิต ข้อมูลจะถูกส่งออกภายนอกผ่านทางขา TXD และรับข้อมูลเข้ามาผ่านทางขา RXD ข้อมูลที่รับและส่งเข้ามาทั้ง 11 บิต ประกอบด้วยบิตเริ่มต้นข้อมูล 1 บิต บิตข้อมูล 8 บิต ตามด้วยบิตที่ 9 (ต่อจากบิตข้อมูลบิตสุดท้าย) ซึ่งเป็นบิตที่สามารถกำหนดให้มีค่าเป็น 0 หรือ 1 ก็ได้ (programable 9th data bit)และบิตสุดท้ายคือบิตสิ้นสุดของข้อมูล ดังนั้นจำนวนบิตที่รับและส่งทั้งหมด 11 บิตประกอบด้วยบิตต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 2.3 แสดงข้อมูลรับและส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 2 และ 3

โหมด 3 การทำงานของพอร์ตสื่อสารอนุกรมแบบสุดท้าย คือ การทำงานในโหมดที่ 3 ในการทำงานโหมดนี้ข้อมูลจำนวน 11 บิต ถูกส่งผ่านขา TXD และถูกรับเข้ามาทางขา RXD ข้อมูลทั้ง 11 บิต ประกอบด้วยบิตเริ่มต้นข้อมูล 1 บิต ตามด้วยบิตที่ 9 ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้เหมือนโหมด 2 และบิตสุดท้ายคือบิตสิ้นสุดของข้อมูล อัตราการส่งและรับข้อมูลสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่ารูปแบบการรับและส่งข้อมูลในโหมด 3 จะเหมือนกับในโหมด 2 ทุกอย่าง แต่ในโหมดนี้สามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ตามความต้องการของผู้ใช้

การทำงานของพอร์ตสื่อสารอนุกรมจะเริ่มทำงานทันทีเมื่อมีคำสั่งใดๆ ที่ใช้รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SBUF เป็นรีจิสเตอร์ปลายทาง (destination register) เช่น

```
MOV   SBUF,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในการรับข้อมูลจะเริ่มเมื่อมีเงื่อนไขดังนี้

- ในโหมด 0 เริ่มเมื่อค่าในบิต RI = 0 และบิต REN = 1
- ในโหมดอื่นๆ การรับข้อมูลเริ่มเมื่อ MSC-51 ได้รับข้อมูลเข้ามา โดยที่บิต REN ในขณะนั้นต้องมีค่าเป็น 1

AT89C51/52 และ AT89C1051/2051

AT89C51/52 และ AT89C1051/2051 พลิกรูปแบบการใช้งานไมโครคอลโทลเลอร์ขนาด 8 บิต (MCU) ที่สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ PC ทำการลบและทำการเขียนโปรแกรมได้โดยตรง ไม่ต้องถอด MCU ออกจากการ์ดหรือแผงวงจรในลักษณะที่เรียกว่า in system programming หรือจะใช้เครื่องโปรแกรม (universal programmer) โดยตรงก็ได้โดยไม่ต้องใช้การลบด้วยแสงอัลตร้าไวโอเลต (UV eraser) เพื่อทำการลบโปรแกรมให้ยุ่งยากต่อไป ทำให้เวลาลบเพียงเสี้ยววินาทีและนั่นคือ AT89C51/52 ประดิษฐ์กรรมอุปกรณ์ไมโครคอลโทลเลอร์ที่มีหน่วยความจำแบบแฟลชอยู่ภายในตัวขนาดตั้งแต่ 1 กิโลไบต์ถึง 8 กิโลไบต์ ที่สามารถโปรแกรมทับลงไปได้อีกนับพันครั้งเหมือนกับการโปรแกรมในลักษณะเดียวกันกับ EPROM

ไมโครคอลโทลเลอร์ (MCU) โดยทั่วไปมักมีหน่วยความจำภายในตัวแบบ MARK ROM , OTP (one time programming) หรือ EPROM ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และพัฒนาโปรแกรมต่างๆที่ต้องการ โดยเฉพาะในแบบ OTP ซึ่งเป็นแบบโปรแกรมได้ครั้งเดียวถ้ามีการเขียนโปรแกรมผิดพลาดเพียงนิดเดียวก็ต้องทิ้ง MCU ตัวนั้นไปเลยเป็นเพราะเป็นแบบโปรแกรมได้ครั้งเดียว ถ้าเป็นแบบ MARK ROM ถึงแม้ว่าจะมีราคาถูกกว่า แต่มีความยุ่งยากมากกว่าเนื่องจากผู้ผลิต MCU จะต้องเป็นผู้โปรแกรมให้เป็นเหตุทำให้ต้องสั่งผลิตจำนวนคราวละมากๆ และค่อนข้างจะเสียเวลาทำให้การวางแผนที่จะส่งผลิตภัณฑ์สู่ตลาดต้องใช้เวลา ส่วนแบบ EPROM นั้น มีราคาแพงและต้องใช้วิธีการลบด้วยแสงอัลตราไวโอเลตด้วยเครื่อง UV eraser ในกรณีที่จะต้องแก้ไขหรือโปรแกรมข้อมูลใหม่และจำนวนครั้งในการลบก็จำกัด ดังนั้นการเลือกใช้ MCU ที่ผ่านมามักเกิดมีปัญหาในการเลือกเบอร์ หรือเลือกชนิดที่ไว้ใจได้มาตลอด

ไมโครคอลโทลเลอร์ตระกูล AT89C51 สามารถใช้งานร่วมและแทนกันได้กับไมโครคอลโทลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ได้แก่เบอร์ 80C31 , 80C51 , 80C52 , หรือ 87C51/52 เป็นต้นซึ่ง AT89C51 เหมือนกับตระกูลเหล่านี้ของอินเทล (INTEL) ทั้งในด้านชุดคำสั่งและการจัดการเรียงขานั่นคือเราสามารถนำ AT89C51 ของแอตเมล (ATMEL) มาใช้งานแทนไมโครคอลโทลเลอร์ของ INTEL ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติโดยทั่วไป

ไมโครคอลโทลเลอร์ของ AT89C51/52 และ AT89C1051/2051 โดยมีรายละเอียดทางเทคนิคดังตาราง 2.4

AT89C51/52 เป็น CMOS 8 บิต ไมโครคอลโทลเลอร์ประสิทธิภาพสูงกินกำลังไฟต่ำมีหน่วยความจำแบบแฟลช บรรจุอยู่ภายในตัวขนาด 4 กิโลไบต์ และ 8 กิโลไบต์ ตามลำดับ ทั้งใช้งานร่วมและทดแทนไมโครแชนเนล กับ MCS-51 80C51 ได้ ทั้งทางด้านชุดคำสั่งและการจัดเรียงขา โดยมีรูปแบบตัวถังและการจัดเรียงขาในแบบ DIP , PLCC และ QFP

การที่มีหน่วยความจำแบบแฟลชภายในตัวนั้นทำให้ MCU นี้ สามารถโปรแกรมใหม่ได้ในลักษณะ " In-System Programming " บนการ์ดคอลโทลที่เราออกแบบขึ้นมาได้เลย หรือจะโปรแกรมใหม่โดยใช้เครื่องโปรแกรมทั่วๆไป เช่น Hilio , Data I/O โดยไม่ต้องลบด้วยแสงอัลตราไวโอเลตอีกต่อไปเมื่อต้องการลบโปรแกรมเดิม กรณีที่มีการแก้ไขหรือปรับปรุงโปรแกรมเดิมหรือการโปรแกรมใหม่

คุณสมบัติ	AT89C1051	AT89C2051	AT89C51	AT89C52
ขนาดหน่วยความจำแฟลช	1 กิโลไบต์	2 กิโลไบต์	4 กิโลไบต์	1 กิโลไบต์
ขนาดหน่วยความจำ	64 ไบต์	128 ไบต์	128 ไบต์	64 ไบต์
จำนวนขาต่อใช้งาน	20 ขา	20 ขา	40 ขา	20 ขา
พอร์ตอินพุทเอาท์พุต (I/O)	15 I/O	15 I/O	32 I/O	15 I/O
รูปแบบตัวถังบรรจุ	PDIP,SOIC	PDIP,SOIC	PDIP,SOIC,QFP	PDIP,SOIC
คาบเวลาและชุดวงจรนับ	16 บิต 1 ชุด	16 บิต 1 ชุด	16 บิต 2 ชุด	16 บิต 1 ชุด
ย่านแรงดันไฟเลี้ยง	2.7 - 6.0 V	2.7 - 6.0 V	2.7 - 6.0 V	2.7 - 6.0 V
ระดับการล็อคบิต	2 ระดับ	2 ระดับ	3 ระดับ	3 ระดับ
ย่านความถี่การทำงาน	0 - 24 MHz	0 - 24 MHz	0 - 24 MHz	0 - 24 MHz
วงจรเปรียบเทียบอนาลอก	มี	มี	ไม่มี	ไม่มี
อินเตอร์รัปต์เอาต์พุต	3 เอาต์พุต	5 เอาต์พุต	5 เอาต์พุต	8 เอาต์พุต
โหมดสภาวะสงบ, ประหยัดพลังงาน	มี	มี	มี	มี
ขับ LED ได้โดยตรง	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ AT89C51/52 และ AT89C1051/2051

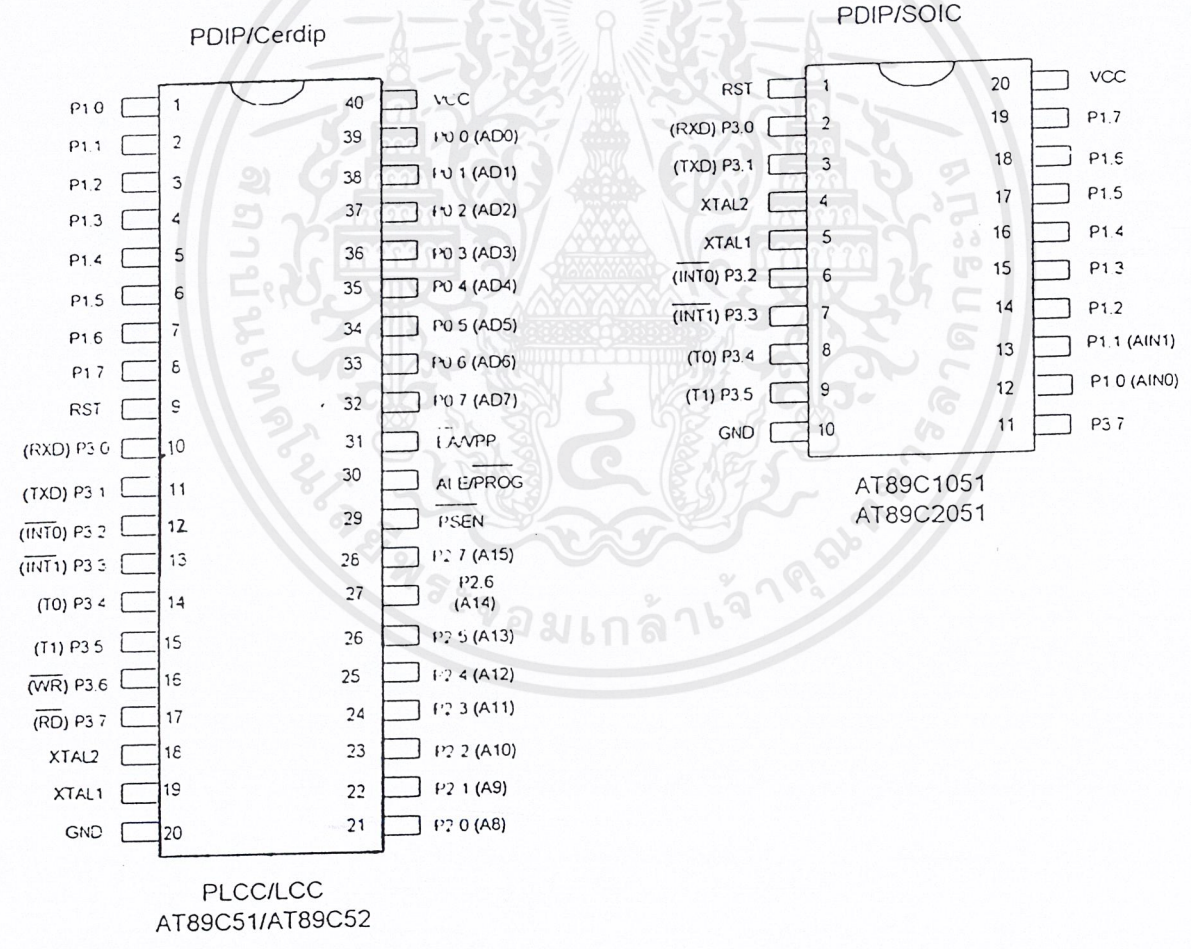
AT89C1051/2051 รุ่นประหยัด ขนาดเล็กเพียง 20 ขา แต่เปี่ยมไปด้วยคุณสมบัติพิเศษ ที่เหมาะสม ที่เหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายๆหน้าที่ควบคุม นอกจากจะมีหน่วยความจำแบบแฟลชภายในขนาด 1 กิโลไบต์ และ 2 กิโลไบต์ ตามลำดับแล้วยังมีวงจรเปรียบเทียบทางอนาลอกและฟังก์ชั่นอื่นๆอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอลโทลเลอร์ของ ATMEL ยังถูกพัฒนาด้วยเทคโนโลยีในแบบที่เป็น "Full Static Operation" ตั้งแต่ย่าน DC จนถึง 24 MHz ทำให้ MCU มีคุณสมบัติที่สามารถทำงานได้ในแบบสภาวะสงบ (Idel Mode) และโหมดประหยัดพลังงาน (Power Down Mode)

สภาวะสงบ

ในโหมดนี้ CPU จะหยุดการทำงานแต่อุปกรณ์ที่ทำงานในส่วนอื่นๆเช่นหน่วยความจำ RAM , ส่วนที่นับเวลาและรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษยังคงสภาวะการทำงานอยู่ที่สถานะสุดท้ายและจะวนลูปอยู่ในสถานะนี้จนกว่าจะถูกอินเตอร์รัปต์หรือถูกรีเซ็ต จะสังเกตุได้ว่าโหมดนี้หยุดลงการทำงานของระบบจะกลับมาทำงานในคำสั่งสุดท้ายก่อนที่จะเข้าสู่สภาวะสงบ ในโหมดนี้สามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง4 เท่าของสภาวะปกติ



รูปที่ 2.4 แสดงการจัดขาใช้งานของ AT89C51/52 และ AT89C1051/2051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดประหยัดพลังงาน

ส่วนในโหมดนี้ออสซิลเลเตอร์จะถูกหยุด ส่วน RAM และรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษยังคงเก็บค่าต่างๆไว้จนกระทั่งสิ้นสุดการอยู่ในสภาวะนี้ การที่จะออกโหมดนี้ สามารถกระทำได้โดยการรีเซ็ตทางฮาร์ดแวร์ซึ่งการรีเซ็ตจะเป็นการกำหนดค่าใหม่ให้รีจิสเตอร์และควรทิ้งช่วงเวลาให้ออสซิเลเตอร์กลับเข้าสู่สภาวะปกติและ Vcc อยู่ ในสภาวะปกติ ในโหมดนี้สามารถการกินกระแสได้มากกว่าถึง 200 เท่า

นอกจากนี้ไมโครคอลโทลเลอร์ตระกูล AT89C51/52 ยังมีโหมดป้องกันการเลียนแบบด้วย " Program Memmory Lock Bits " ดังแสดงการรีเซ็ตรหัสการล็อคไว้ตามตาราง 2.5 โดย AT89C51/52 จะสามารถใช้โหมดการป้องกันได้ 3 ระดับ ส่วน AT89C1051/2051จะสามารถป้องกันได้ 2 ระดับ

ความหมายในตามตารางนั้น อักษร U (unprogram) หมายถึงการกำหนดไม่ให้ล็อค ส่วนอักษร P (programmed) คือ เป็นการใช้คุณสมบัติของการป้องกันแบบล็อคบิตและ LB1 , LB2 , LB3 คือการล็อคบิตที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ ยกตัวอย่างเช่นเมื่อล็อคบิตที่ 1 (LB1) ถูกโปรแกรมเป็น P ระดับลอจิกที่ขา EA จะถูกกำหนดให้มีสถานะถูกรีเซ็ตอยู่ตลอด ถ้ามีระดับลอจิกสูงเข้ามาที่ MCU โดยไม่มีการเซ็ต การแล็ทสัญญาณจะเริ่มทำการสุ่มและเลือกค่าๆหนึ่งไว้และเก็บค่านั้นๆไว้จนกว่าจะมีการรีเซ็ตซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ

การโปรแกรมการล็อคบิต AT89C51/52				ประเภทของการป้องกัน	การโปรแกรมการล็อคบิต AT89C1051/2052		
ระดับการล็อค	LB1	LB2	LB3		ระดับการล็อค	LB1	LB2
1	U	U	U	ไม่มีการตั้งโปรแกรมล็อคใดๆ	1	U	U
2	P	U	U	ไม่สามารถใช้คำสั่ง MOVC จากโปรแกรมหน่วยความจำภายนอกมาอ่านรหัสคำสั่งภายในออกมาได้นอกจากนี้การโปรแกรมหรือเขียนคำสั่งใดๆลงบนหน่วยความจำแฟลชจะทำไม่ได้อีก	2	P	U
3	P	P	P	เช่นเดียวกับแบบที่ 2 และการตรวจสอบรหัส (Verify) จะทำไม่ได้	3	P	P
4	P	P	P	เช่นเดียวกับแบบที่ 3 และการอ่านจากภายนอกเช่น ROM จะทำไม่ได้			

ตารางที่ 2.5 ตารางล็อคบิตเพื่อป้องกันการเลียนแบบโปรแกรมของ AT89C51/52

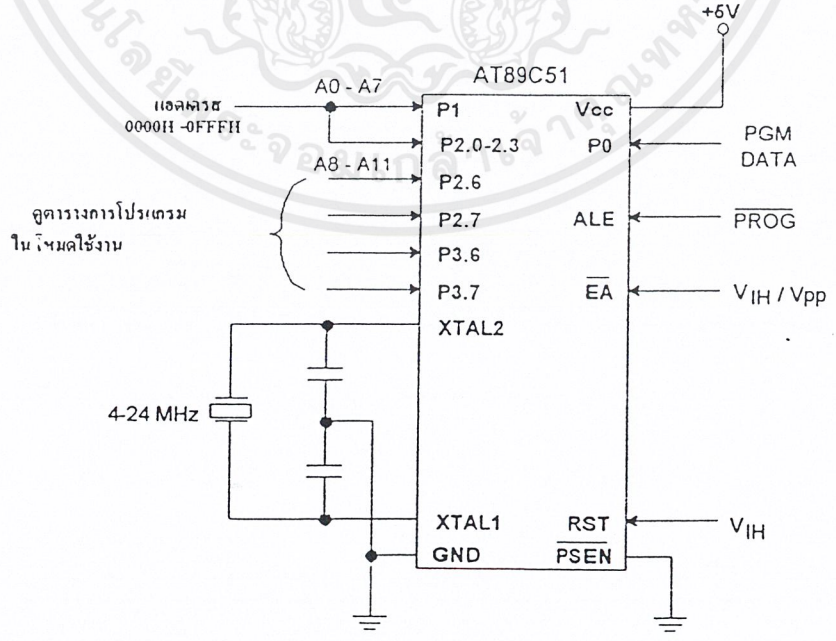
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาต่อใช้งาน / โหมดการทำงาน	RST	PSEN	ALE/PROG	EA/Vpp	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
เขียนรหัสข้อมูล	H	L	⎍	H/12V(1)	L	H	H	H
อ่านรหัสข้อมูล	H	L	H	H	L	L	H	H
ล็อกบิตการเขียน 1	H	L	⎍	H/12V	H	H	H	H
ล็อกบิตการเขียน 2	H	L	⎍(2)	H/12V	H	H	L	L
ล็อกบิตการเขียน 3	H	L	⎍	H/12V	H	L	H	L
การลบข้อมูลในชิป	H	L	⎍	H/12V	H	L	L	L
กำหนดไบต์การอ่าน	H	L	H	H	L	L	L	L

ตารางที่ 2.6 ตารางการเซ็ตค่าสัญญาณขณะทำการโปรแกรมของ AT89C51/52

ขั้นตอนการโปรแกรม

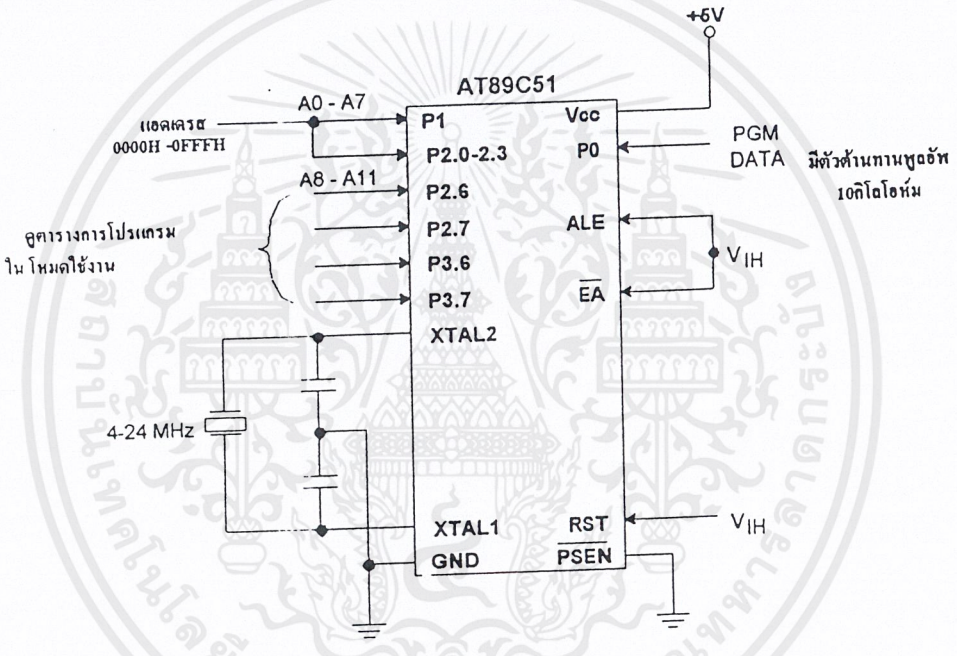
ก่อนการโปรแกรม AT89C51/52 ไลน์แอดเดรสข้อมูลและสัญญาณควบคุม จะต้องกำหนดขึ้นตามตาราง และจะต่อขาใช้งานและสัญญาณเข้าไปยัง MCU และการตรวจสอบโปรแกรมต่อตามรูปข้างล่าง จากนั้นจะเริ่มกระทำตามขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 2.5 การต่อใช้งานขณะโปรแกรมเข้าไปใน AT89C51/52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ป้อนตำแหน่งแอดเดรสบนไลน์แอดเดรส
2) ป้อนไบต์ข้อมูลทางไลน์ข้อมูล
3) กำหนดค่าสัญญาณควบคุมที่ถูกต้องเข้าทางขา P 2.6 , P2.7 , P3.6 , P3.7
4) กำหนดค่าแรงดันป้อนให้ขา EA /Vpp ไว้ที่ +12 โวลต์ในกรณีโปรแกรมที่ค่าแรงดันสูงหรือในล็อตบิต จากนั้นวงรอบการเขียนข้อมูลจะเกิดขึ้นเองตามมาโดยในระยะเวลาใน 1 วงรอบจะไม่เกิน 1.5 มิลลิวินาทีเสร็จแล้วเริ่มต้นทำขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 โดยการเปลี่ยนแอดเดรสและข้อมูลชุดถัดไปจนครบทั้งหมดหรือได้รับ Object File ที่ต้องการแล้ว



รูปที่ 2.6 การทดสอบการโปรแกรมใน AT89C51/52

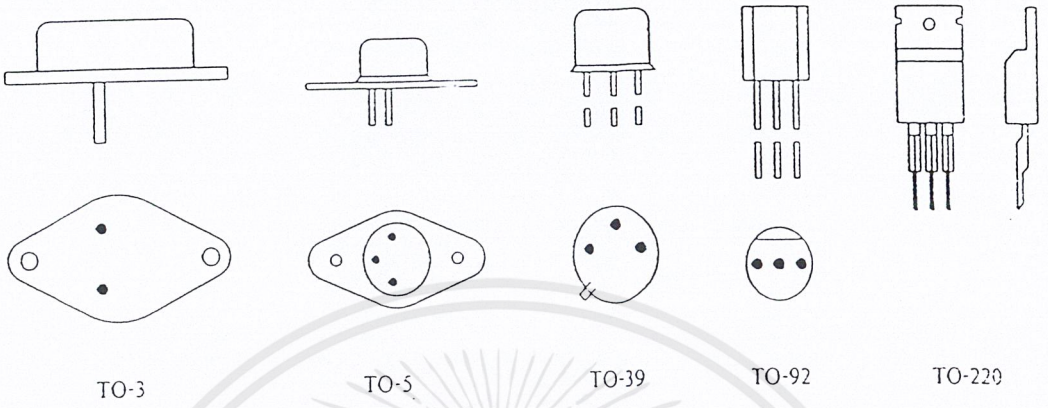
การโปรแกรม AT89C1051/2051

เนื่องจาก AT89C1051/2051 นี้มีอัลกอริทึมในการโปรแกรมที่แตกต่างในบางส่วน เพราะขาลดลงถึง 20 ขา แม้ว่าจะมีความเข้ากันได้กับ MCS-51 ไมโครแชลเนล แต่ไม่สามารถเข้ากันได้ในด้านจำนวนขาจึงแนะนำว่าการโปรแกรมโดยใช้เครื่องโปรแกรมจะเป็นวิธีที่สะดวกกว่า อย่างไรก็ตามสามารถศึกษาขั้นตอนการโปรแกรมโดยตรงได้จากคู่มือของ AT89C1051/2051เพื่อเข้าใจหลักการเพิ่มเติมได้

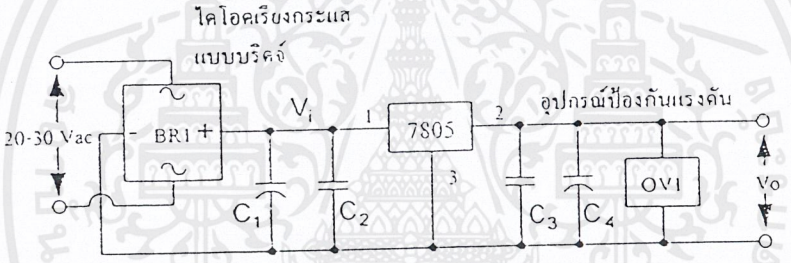
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบแหล่งจ่ายไฟ

วงจรรักษาระดับแรงดันที่ใช้ไอซีแบบ 3 ขานี้ เป็นกลุ่มของอุปกรณ์ซึ่งรักษาระดับแรงดันเอาท์พุทคงที่ บรรจุอยู่ในตัวถังมาตราฐานซึ่งสามารถให้กระแสได้แตกต่างกัน ซึ่งแสดงดังในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงตัวถังไอซีแบบต่างๆ



รูปที่ 2.8 แสดงวงจรรักษาระดับแรงดันทั่วไป

ไดโอดเรียงกระแสแบบบริดจ์ BR1 และตัวเก็บประจุ C1 นั้นเหมือนกันหมดสำหรับแหล่งจ่ายไฟใดๆ ในการเลือกใช้อุปกรณ์เหล่านี้มีหลักการง่ายๆ คือ ตัวเก็บประจุ C1 มีค่าไม่ต่ำกว่า1000μF/A ของกระแสโหลดสูงสุด

ตัวเก็บประจุ C2 และ C3 ใช้สำหรับปรับค่าความต้านทานต่อสัญญาณให้ดีขึ้น และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.47 μF ค่าที่แท้จริงขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ ยกเว้นว่าต้องการจ่ายกระแสให้โหลดสูงขึ้นก็เลือกค่าความจุสูงขึ้น เราสามารถใช้ค่าความจุ 0.1 μF สำหรับแหล่งจ่ายไฟขนาด 1 แอมแปร์ หรือ 0.33 μF หรือ 0.47 μF สำหรับกระแส 3 และ 5 แอมแปร์ ตามลำดับ

ตำแหน่งของ C2 และ C3 นั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ตัวเก็บประจุเหล่านี้ใช้สำหรับกดสัญญาณรบกวนต่างๆซึ่งประกอบด้วยพัลส์ความถี่สูง ดังนั้นตัวเก็บประจุ C2 และ C3 จะต้องติดตั้งให้ใกล้กับตัวถังของไอซีรักษาระดับแรงดันเท่าที่จะทำได้ ถ้าตัวเก็บประจุติดตั้งห่างจากไอซีรักษาระดับมากเกินไปก็จะทำให้การทำงานของตัวเก็บประจุลดประสิทธิภาพลง

สำหรับตัวเก็บประจุ C4 เป็นตัวที่เพิ่มเติมเข้ามา แนะนำให้ใช้เฉพาะในวงจรที่มีการเปลี่ยนแปลงของกระแสโหลดอย่างมากในเวลาสั้นๆ เช่น ในวงจรดิจิตอล ซึ่งในกรณีนี้เป็นหน้าที่ของตัวเก็บประจุ C4

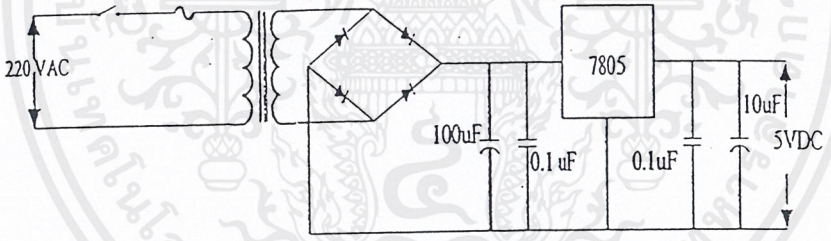
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของตัวเก็บประจุ C4 ก็คือการปรับค่าตอบสนองทรานเซียน (transient response) ของวงจรรักษาระดับตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมประจุ เพื่อที่จะป้อนกระแสเข้าสู่โหลดในช่วงเวลาสั้นๆ ในขณะที่วงจรรักษาระดับแรงดันกำลังปรับตัวเอง เพื่อรับกับความต้องการกระแสที่สูงขึ้น

อุปกรณ์ระบุว่า OV1 นั้นเป็นวงจรป้องกันแรงดันเกิน บางครั้งเรียกว่า วงจรเอสซีอาร์โควลบาร์ (SCR crowbar) หน้าที่ของ OV1 นั้นก็เพื่อป้องกันวงจรภายนอกที่รับกระแสจากวงจรรักษาแรงดันนี้ ไม่ให้เกิดความเสียหายเมื่อวงจรรักษาระดับแรงดัน U1 เกิดความเสียหายขึ้น

แผ่นระบายความร้อนสำหรับ U1 นั้นบางครั้งก็มีเพิ่มเติมมาโดยผู้ผลิตแต่ละราย แต่จริงๆควรติดตั้งเข้าไปกับวงจรรักษาระดับแรงดันทุกชนิด เนื่องจากวงจรรักษาระดับแรงดันเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเข้าไปกับวงจรรักษาแรงดันทุกชนิด เนื่องจากวงจรรักษาระดับแรงดันเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่กระจายพลังงานออกมา ดังนั้นความเชื่อถือได้จะแปรผันโดยตรงกับค่าอุณหภูมิสำหรับวงจรที่จ่ายกระแสได้ขนาด 1 แอมแปร์หรือน้อยกว่า ตัวถังที่เป็นโลหะของตัวมันเองก็อาจเพียงพอ

เราอาศัย ไอซี สำเร็จรูปเพื่อสร้างแหล่งไฟฟ้าตรงเพื่อจ่าย กระแสให้กับวงจร โดยใช้ไอซีเบอร์ 7805สำหรับสร้างแรงดันไฟบวก 5Volt โดยตัวเก็บประจุที่ต่อในวงจรเพื่อเป็นการกรองกระแสให้เรียบขึ้น และ ไอซีเบอร์ 7812 สร้างแรงดันให้ไฟตรง +12 Volt โดยเราเพียงแค่ต่อตัวเก็บประจุภายนอกร่วมไม่กี่ตัว เพื่อกรองกระแสให้เรียบยิ่งขึ้นเท่านั้น



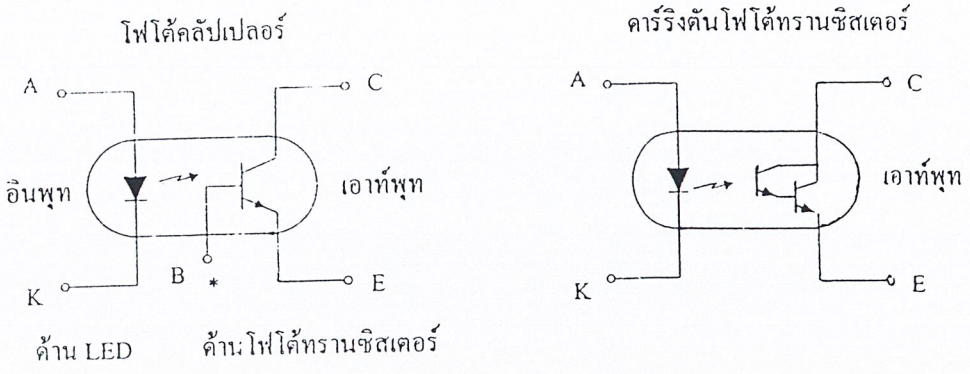
รูปที่ 2.9 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟ

2.3 การอินเตอร์เฟสโดยใช้โฟโต้คลัปเปลอร์ (photo coupler)

โฟโต้คลัปเปลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสกันมาก ภายในโฟโต้คลัปเปลอร์จะมี LED กับโฟโต้ทรานซิสเตอร์วางคู่กันอยู่ LED จะอยู่ทางด้านอินพุทส่วนโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะอยู่ทางด้านเอาท์พุท เมื่อเราจ่ายกระแสเข้าไปที่ LED LED จะเปล่งแสงออกมา แสงนี้เรามองไม่เห็นเพราะอยู่ภายในตัวถังโฟโต้ทรานซิสเตอร์เมื่อได้รับแสงนี้เข้ามาจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวหรือ ON โฟโต้คลัปเปลอร์ที่มีขายทั่วไปในปัจจุบัน มีรูปร่างเหมือนไอซีทั่วไปอยู่ในตัวถังแบบดิพมีทั้งแบบพลาสติกและเซรามิก โฟโต้ทรานซิสเตอร์ภายในบางครั้งเป็นแบบคาร์ลิงตันมีอัตราการขยายสูงมาก อัตราการขยายกระแสของโฟโต้คลัปเปลอร์คิดจากอัตราส่วนของกระแสอินพุทที่ป้อนให้ LED กับกระแสขาออกที่ทรานซิสเตอร์ขับได้ บางครั้งเรานำโฟโต้คลัปเปลอร์มาใช้เป็นวงจรขยายในวงจรอนาล็อกก็ได้

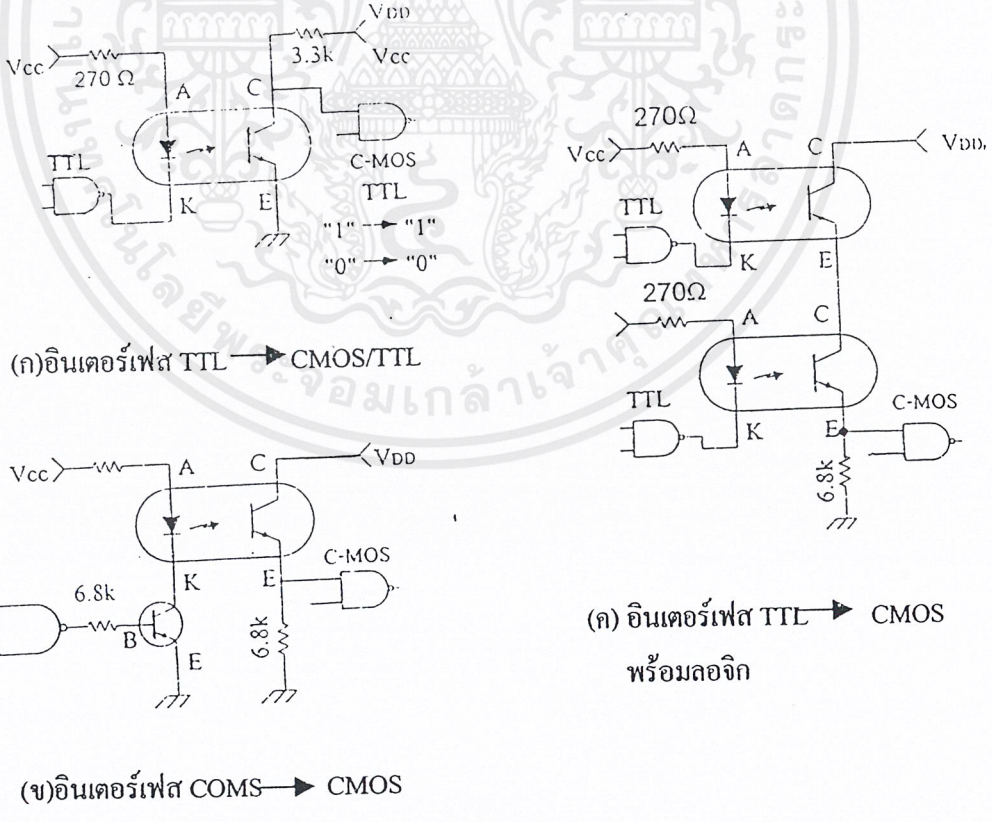
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของโฟโต้คลัปเปลอร์

คุณสมบัติที่เด่นที่สุดของโฟโต้คลัปเปลอร์คือ การที่อินพุทและเอาท์พุทแยกทางกันทางไฟฟ้าอย่างเด็ดขาดนั่นเอง คุณสมบัติอันนี้ทำให้วงจรที่เชื่อมต่อกันด้วยโฟโต้คลัปเปลอร์ไม่ต่อถึงกันทางไฟฟ้า ใช้แหล่งจ่ายไฟแยกกันได้ ในวงจรที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและวงจรที่ต้องการกำจัดสัญญาณรบกวนมักจะใช้โฟโต้คลัปเปลอร์นี้



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการอินเตอร์เฟสโดยใช้โฟโต้คลัปเปลอร์

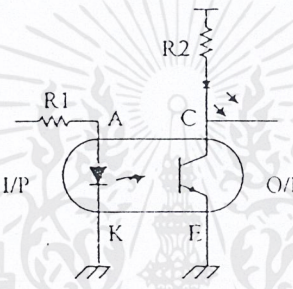
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า. ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42141

ในรูปที่ 2.11 ค. เป็นตัวอย่างการใช้งานที่ประยุกต์ใช้งานขึ้นมา โดยใช้โฟโต้คลัปเปลอร์สองตัวมาต่อเป็นเงื่อนไข AND กันจะเห็นว่าถ้า LED ทั้งสองสว่างจึงจะทำให้มีกระแสไหลผ่านโฟโต้คลัปเปลอร์ทั้งสองตัวไปที่ตัวต้านทาน 6.8 กิโลโอห์ม ทำให้สัญญาณ '1' เป็นเอาท์พุท ถ้ากรณีอื่นจะได้สัญญาณ'0' เป็นเอาท์พุท เราอาจใช้โฟโต้คลัปเปลอร์มาประกอบเป็นวงจร AND, OR ,NOR,NAND ได้เช่นกัน

การทำงานของตัวไอโซเลเตอร์

ในโครงงานจะใช้ออปโต้คัปเปลอร์ (opto coupler) มาทำการแยกกราวด์ เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาคไดรเวอร์ซึ่งอาจทำให้วงจรทางด้านดิจิตอลทำงานผิดพลาดได้



รูปที่ 2.12 ลักษณะการต่อวงจรออปโต้คัปเปลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การสื่อสารพอร์ตอนุกรม RS 232

ลักษณะของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้น ข้อมูลจะส่งออกมาทีละบิต จากตัวส่งไปยังตัวรับข้อมูลช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลอาจใช้เพียง 1 หรือ 2 ช่องสัญญาณเท่านั้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารจะถูกกว่าแบบขนาน แต่อัตราการรับ – ส่งข้อมูลจะช้ากว่าแบบขนาน ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลที่ต้องการส่งจะอยู่ในลักษณะเป็นไบต์จะทยอยส่งทีละบิต และทางตัวรับจะต้องรับข้อมูลเข้ามาทีละบิต แล้วมารวมกันเป็นไบต์ซึ่งทางตัวรับต้องคอยตรวจสอบว่าบิตใดเป็นบิตเริ่มต้นหรือบิตสุดท้ายของข้อมูล การตรวจสอบ นั้นจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของรหัสของบิตข้อมูลที่ใช้ ซึ่งในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกนั้น จำเป็นจะต้องมีมาตรฐานในการรับส่งข้อมูล ซึ่งมาตรฐานที่นิยมที่สุดคือ มาตรฐาน RS 232

มาตรฐาน RS 232

เพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์จากผู้ผลิตต่างกันทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดจึงได้รับการออกแบบขึ้น มาตรฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุด คือ RS 232C ซึ่งโดยปกติไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นอนุกรมอยู่ในตัวอยู่แล้ว และจะทำหน้าที่รับส่งข้อมูลในแบบอนุกรม

ตามจุดประสงค์ของมาตรฐาน RS 232C นั้นเพื่อจะสามารถเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์รับส่งปลายทาง (Data Terminal Equipment : DTE) เช่น พอร์ตของคอมพิวเตอร์หลักหรืออุปกรณ์ปลายทางกับอุปกรณ์สื่อสาร RS 232 เป็นข้อกำหนดของการอินเตอร์เฟสมาตรฐาน และสามารถใช้เพื่อจุดประสงค์อื่นๆต่างๆกันไป เช่นการสื่อสารแบบซิงโครนัส (synchronous communication) และรูปแบบสื่อสารที่ต้องการสัญญาณนาฬิกา และสัญญาณกำหนดจังหวะเพิ่มเติมขึ้นมา ในความเป็นจริงแล้วเราสามารถทำให้มีการสนทนากันระหว่าง DTE และ DCE โดยการใช้สายสัญญาณเพียง 3 สั้นเท่านั้น คือ ใช้สาย TD และ RD และสายกราวด์เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลขขาสัญญาณ	ชื่อของสายสัญญาณ
1	Protective Ground
2	Transmitted Data
3	Received Data
4	Request To Send
5	Clear To Send
6	Data Set Ready
7	Signal Common
8	Received Line Signal Detect
9	Reserve For Testing
10	Reserve For Testing
11	Unassigned
12	Secondary Received Line Signal Detect
13	Secondary Clear To Send
14	Secondary Transmitted Data
15	Transmission Signal Element Timing
16	Secondary Received Data
17	Receiver Signal Element Timing
18	Unassigned
19	Secondary Request To Send
20	Data Terminal Ready
21	Signal Quality Detector
22	Ring Indicator
23	Data Signal Rate Detector
24	Transmitter Signal Element Timing
25	Unassigned

ตารางที่ 2.7 ข้อกำหนดของขาสัญญาณต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลขขาสัญญาณ	ชื่อของสายสัญญาณ
1	Protective Ground
2	Transmitted Data
3	Received Data
4	Request To Send
5	Clear To Send
6	Data Set Ready
7	Signal Common
8	Data Carrier Detect
20	Data Terminal Ready
22	Ring Indicator
23	Data Signal Rate Detector

ตารางที่ 2.8 แสดงรายละเอียดของสัญญาณที่ต่อจาก DTE ไปยัง DCE โดยใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25

หมายเลขขาสัญญาณ	ชื่อของสายสัญญาณ
1	Data Carrier Detect
2	Received Data
3	Transmitted Data
4	Data Terminal Ready
5	Signal Common
6	Data Set Ready
7	Request To Send
8	Clear To Send
9	Ring Indicator

ตารางที่ 2.9 รายละเอียดการต่อคอนเน็กเตอร์แบบ DB9 มาตรฐาน RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา 1 (Protective Ground Circuit AA) ขานี้จะต่อเข้ากับตัวถังของอุปกรณ์ และสามารถต่อเข้ากับกราวน์ภายนอกถ้าอุปกรณ์ต้องใช้งานขานี้

- ขา 2 (Transmitted Data Circuit BA,TD) เป็นขาสัญญาณข้อมูลที่ออกจากอุปกรณ์ DTE กระแสบิตอนุกรมจากขานี้ คือข้อมูลที่ถูกถ่ายทอดไปโดยโมเด็ม หรือถูกถอดรหัสโดยอุปกรณ์ DCE ที่มี

- ขา 3 (Receive Data Circuit BB, RD) สัญญาณที่ขานี้จะถูกสร้างจากอุปกรณ์ DCE กระแสบิตอนุกรมนี้จะกำเนิดขึ้นที่อุปกรณ์ DTE ปลายทางและเป็นผลผลิตของวงจรรับข้อมูลของอุปกรณ์ DCE สัญญาณนี้มักเป็นข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นโดยอุปกรณ์ DCE

- ขา 4 (Request To Send Circuit CA,RTS) สัญญาณนี้จะเตรียมพร้อมอุปกรณ์ DCE สำหรับการทำการส่งข้อมูลเมื่อสัญญาณ RTS นี้อยู่ในสภาวะ " ON " จะทำให้อุปกรณ์ DCE อยู่ในโหมดส่งข้อมูล (Transmit mode) ในขณะที่สัญญาณนี้อยู่ในสภาวะ " OFF " ทำให้อุปกรณ์ DCE อยู่ในโหมดรับข้อมูล (Receive mode) อุปกรณ์ DCE ควรจะตอบสนองต่อสัญญาณ RTS ON โดยการทำให้สัญญาณ Clear to send (CTS) อยู่ในสภาวะ " ON " ด้วยเมื่อ RST อยู่ในสภาวะ " OFF " สัญญาณนี้ไม่ควรจะ " ON " ขึ้นอีก จนกว่าสัญญาณ CTS อยู่ในสภาวะ " OFF " เสียก่อน สัญญาณนี้จะถูกใช้ร่วมกับสัญญาณ DTR DSR และ DCD ขาสัญญาณ RTS จะถูกใช้อย่างมากในการควบคุมการไหลของข้อมูล

- ขา 5 (Clear to Send Circuit CB ,CTS) สัญญาณนี้จะตอบรับกลับไปยังอุปกรณ์ DTE เมื่อได้รับสัญญาณ RTS ละข้อมูลสามารถถูกส่งออกไปได้ ข้อมูลจะถูกส่งออกไปตามตัวกลางที่ใช้สื่อสารได้ ก็ต่อเมื่อสัญญาณ CTS นี้ อยู่ในสถาวะ " ON " เท่านั้น สัญญาณนี้จะใช้ร่วมกับสัญญาณ DTR DSR และ DCD ขาสัญญาณนี้จะใช้ร่วมกับขา RTS สำหรับควบคุมการไหลข้อมูล

- ขา 6 (Data Set Ready Circuit CC, DSR) สัญญาณ DSR จะบอกต่ออุปกรณ์ DTE ว่าอุปกรณ์ DCE ได้ต่อกับตัวกลางการสื่อสารที่ถูกต้องแล้ว และในบางกรณีจะบ่งชี้ว่าสายโทรศัพท์อยู่ในสภาวะ " OFF HOOK " สภาวะ " OFF HOOK " จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าอุปกรณ์ DCE กำลังอยู่ในโหมด dialing หรือกำลังติดต่อกับอุปกรณ์ DCE อีกตัวหนึ่งอยู่ เมื่อสัญญาณ DSR นี้อยู่ในสภาวะ " OFF " อุปกรณ์ DTE ก็ควรจะถูกกำหนดให้ไม่สนใจสัญญาณอื่นๆ ทั้งหมดจากอุปกรณ์ DCE ถ้าสัญญาณนี้ถูกทำให้อยู่ในสภาวะ " OFF " ก่อนอุปกรณ์ DTR แล้วอุปกรณ์ DCE ก็จะสรุปว่าการสื่อสารนั้นสิ้นสุดลง

- ขา 7 (Signal Common Circuit AB) สายนี้จะให้สัญญาณอ้างอิงของกราวน์ร่วมกันสำหรับวงจรการแลกเปลี่ยนข้อมูลทั้งหมด ยกเว้นวงจร AAหรือ Protective Ground ข้อมูลกำหนด RS-232B จะอนุญาตให้วงจรนี้ถูกตัดต่อเพิ่มเติมกับ Protective Ground ภายในอุปกรณ์ DCE ได้ ถ้าจำเป็น

- ขา 8 (Data Carrier Detect Circuit CF , DCD) ขานี้รู้จักกันในนามของ Receive Line Signal Detect (RLSD) หรือขา Carrier Detect (CD) สัญญาณนี้จะเกิด Active เมื่อเกิดสัญญาณพาหะที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมระหว่างอุปกรณ์ DCE ที่สถานีกับที่อยู่ระยะไกลเมื่อสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะ " OFF " สัญญาณที่ขา RD ควรจะถูกทำให้ค้างอยู่ในสภาวะ " Mark " (สถานะ " 1 " ในเลขฐานสอง)

- ขา 20 (Data Terminal Ready Circuit CD , DTR) สัญญาณ DTR ถูกใช้ในการควบคุมการสวิตซ์ อุปกรณ์ DCE ที่กำลังต่อเชื่อมกันอยู่ ก็ยังต่อร่วมกัน และถ้ายังไม่มีการเชื่อมต่อกันสามารถทำให้มีการเชื่อมต่อครั้งใหม่ได้ ปกติแล้วสัญญาณ DTR จะอยู่ในสภาวะ " OFF " เพื่อกระตุ้นให้เกิดสภาวะ "ON HOOK" (วางสาย) อุปกรณ์ DCE โดยปกติแล้วจะตอบสนองต่อการกระตุ้นจากสัญญาณ DTR โดยการทำให้สัญญาณ DSR แอกทีฟ

- ขา 22 (Ring Indicator Circuit CE , RI) สภาวะ "ON" ของขานี้จะบ่งชี้ว่าได้รับสัญญาณเรียกสายโทรศัพท์จากตัวกลางในการสื่อสาร โดยปกติแล้วจะขึ้นอยู่กับโปรแกรมควบคุม ในการที่จะทำให้เกิดสัญญาณนี้ขึ้นหรือไม่

- ขา 23 (Data Signal Rate Detector Circuit CH/CI DSRD) วงจร CH เป็นส่วนประกอบของ DTE และวงจร CI เป็นส่วนประกอบของ DCE สัญญาณนี้ถูกใช้ในการเลือกใช้ค่าอัตราในการส่งข้อมูลค่าใดค่าหนึ่งในสองค่า ในกรณีที่ใช้โมเด็มที่มีอัตราการส่งข้อมูลได้สองค่า (Dual Rate Modems) ถ้าสัญญาณนี้เป็น "ON" ก็จะเป็นการเลือกอัตราการส่งข้อมูลที่มีค่าสูงสุดในสองค่านั้น

ขั้นตอนการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ DTE และ DCE

1. เมื่อจ่ายกำลังงานให้กับ DCE และอุปกรณ์ก็จะส่งสัญญาณ DTR ออกมา
2. อุปกรณ์ DCE ถูกเปิดขึ้นและรับรู้สัญญาณ DTR ที่ส่งมาจากอุปกรณ์ DTE
3. อุปกรณ์ DCE ส่งสัญญาณ DSR ออกมาและโมเด็มก็กระทำกระบวนการ OFF HOOK
4. ถ้าสายสัญญาณอยู่ในสภาพดีและปลายทางอีกด้านหนึ่งก็พร้อมจะรับข้อมูลแล้ว โดยจะตรวจจับพบสัญญาณพาหะ แล้วอุปกรณ์ DCE จะส่งสัญญาณ DCD ออกมา
5. อุปกรณ์ DCE จะตอบสนองด้วยการส่งสัญญาณ CTS ออกมา
6. การติดต่อสื่อสารก็จะเริ่มขึ้น โปรแกรมควบคุมจะทำการส่งหรือรับข้อมูล

ส่วนลำดับขั้นในการตอบรับก็เป็นในทำนองนี้

1. อุปกรณ์ DCE จะส่งสัญญาณ DCR ออกมา
2. อุปกรณ์ DCE จะอยู่ในโหมดตอบรับอัตโนมัติ (auto answer mode) โดยมีสัญญาณ DSR ออกมา
3. สถานีปลายทางส่งสัญญาณเรียกอุปกรณ์ DCE และอุปกรณ์ DCE ส่งสัญญาณ RI ออกมา
4. อุปกรณ์ DTE รับรู้อุปกรณ์ RI ที่ส่งมาจากเครื่องปลายทาง และอุปกรณ์ DCE ก็เข้าสู่สภาวะ OFF HOOK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อุปกรณ์ DCE ทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์ DCEที่อีกปลายทางหนึ่ง และมีการส่งสัญญาณ DCD ออกมา
6. อุปกรณ์ DTE จะส่งสัญญาณ RTS ออกมาหรืออาจจะรอข้อมูลก็ได้ ขึ้นอยู่กับโปรแกรมควบคุม
7. อุปกรณ์ DCE จะตอบสนองด้วยการส่งสัญญาณ DTS กลับออกมา
8. การติดต่อสื่อสารก็จะเริ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ คือ ระบบสื่อสารที่มีโครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิก และผู้รู้เลขหมายเลขสมาชิก ให้สามารถเรียกสลับคู่สนทนาต่างๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นลงได้

โทรศัพท์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 ระบบคือ ระบบ Cross bar กับระบบ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ซึ่งระบบแรกเป็นระบบเดิม ใช้มาตั้งแต่เริ่มมีการใช้โทรศัพท์ ส่วนระบบ DTMF เป็นระบบใหม่ที่เข้ามาแทนที่ระบบ Cross bar เพราะมีประสิทธิสูงกว่า ใช้เวลาในการส่งหมายเลขน้อยกว่าและการใช้ระบบ DTMF นั้นที่ชุมสายโทรศัพท์จะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีความทนทาน และมีอายุการใช้งานนานกว่าระบบ Cross bar ซึ่งเป็นระบบ Mechanic ที่มีการสึกหรอและเสียหายซึ่งในโครงงานนี้จะกล่าวถึงเฉพาะระบบ DTMF ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันมากในปัจจุบัน

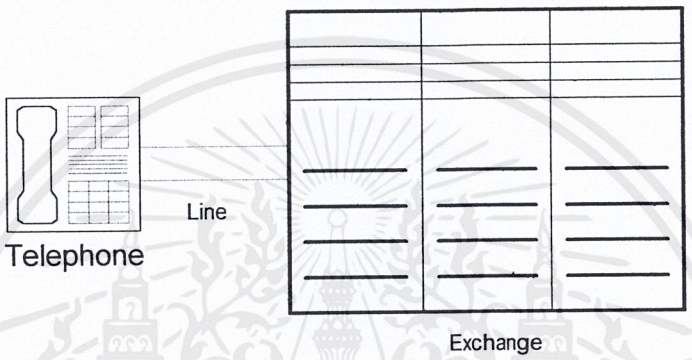
ระบบโทรศัพท์ประกอบด้วย

- **การเรียกทางโทรศัพท์** (Telephone Call) คือการเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ระหว่างสมาชิกผู้เรียกและผู้รัก
- **เครื่องโทรศัพท์** (Telephone Set) คืออุปกรณ์สำหรับสมาชิกใช้พูดและฟังในการสนทนาระยะไกลผ่านโครงข่ายโทรศัพท์ เมื่อต้องการเรียกก็หมุนหรือกดหมายเลขผู้รับที่หน้าปัทม์
- **ผู้เรียก** (Calling Subscriber) หรือสมาชิกผู้เรียก คือ ผู้เริ่มต้นการเรียกจะด้วยการแจ้งในพนักงานช่วยต่อกับผู้รับ หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับเมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของเรื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ
- **ผู้รับ** (Called Subscriber) หรือสมาชิกผู้เรียก คือ ผู้ที่ตอบรับการเรียกทางโทรศัพท์ เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Signal)
- **คู่สายสมาชิก** (Subscriber Line) คือคู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูดแจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ติดตั้งเครื่องชุมสายท้องถิ่น ไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ
- **เครื่องชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ** (Automatic Telephone Switching) คือ เครื่องที่ทำหน้าที่ต่อสลับคู่สายระหว่างสมาชิกผู้เรียกกับผู้รับโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นเครื่องชุมสายโทรศัพท์ที่มีการพัฒนาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของระบบ

ระบบโทรศัพท์เป็นระบบการสื่อสารโทรคมนาคม ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารได้สะดวกรวดเร็วให้ข่าวสารชัดเจนเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่าง เป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย มีส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ 3 ส่วน คือเครื่องรับโทรศัพท์ (Telephone Set) สายโทรศัพท์ (Line) และชุมสายโทรศัพท์ (Exchange) ดังแสดงในรูป 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงระบบโทรศัพท์

จากรูปที่ 2.13 เครื่องรับโทรศัพท์จะต่อกับชุมสายโทรศัพท์ ผ่านทางสายโทรศัพท์ (Line) ซึ่งมีการทำงานดังนี้ เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น จะทำให้กระแสไปจากชุมสายไหลครบวงจร ผ่านเครื่องโทรศัพท์อุปกรณ์ต่างๆพร้อมที่จะทำงาน ชุมสายจะส่งสัญญาณหมุน (Dial Tone) ไปยังเครื่องโทรศัพท์ที่ยกหู เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อไปยังชุมสาย ชุมสายจะหยุดส่งสัญญาณหมุน และดำเนินการจัดเส้นทางเชื่อมโยงกับเครื่องรับโทรศัพท์ปลายทางให้ จากนั้นจะส่งสัญญาณเรียก (Ringing Signal) ไปยังปลายทางที่ถูกเรียกและส่งสัญญาณให้ผู้ยกหูเรียกรับรู้ (Ring Back Tone) เมื่อปลายทางรับสาย จึงติดต่อสนทนากันได้

สัญญาณในการติดต่อ

สัญญาณที่ใช้ในการติดต่อระหว่าง ชุมสายโทรศัพท์กับเครื่องรับโทรศัพท์ เรียกว่า Signaling มี 2 แบบคือ Line Signal ได้แก่ Loop Line, Open Line และอีกอย่างคือ Register Signal ได้แก่สัญญาณการส่งเลขหมายต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ชุมสายโทรศัพท์ส่งมายังเครื่องรับโทรศัพท์

- **สัญญาณให้หมุน** (Dial Tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า ขณะนี้ชุมสายโทรศัพท์พร้อมที่จะรับเลขหมายจากผู้เรียกแล้ว ให้ผู้เรียกส่งเลขหมายได้ สัญญาณมีความถี่ 400-425 Hz แบบต่อเนื่อง
- **สัญญาณกระดิ่ง** (Ringing Tone) เป็นสัญญาณเรียก ซึ่งส่งไปให้เครื่องของผู้เรียก จะได้ยินเป็นเสียงกระดิ่ง หรือโทนต่างๆตามชนิดของเครื่องโทรศัพท์ มีความถี่ 25 Hz มีช่วงการส่งและหยุดสลับกันไป
- **สัญญาณเรียกกลับ** (Ringing Back Tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่า ให้รอการตอบรับจากปลายทาง ขณะนี้ชุมสายโทรศัพท์กำลังส่งสัญญาณเรียกอยู่ สัญญาณนี้มีความถี่ 425 Hz ช่วงการส่งและหยุดสลับกันไป
- **สัญญาณไม่ว่าง** (Busy Tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่า การติดต่อทำไม่สำเร็จอาจจะเป็นปลายทาง หรืออุปกรณ์ต่างๆไม่ว่าง สัญญาณนี้ใช้ความถี่ 425 Hz มีช่วงส่งและหยุดสลับกันไปแต่ช่วงเวลาต่างจากสัญญาณ Ring Back Tone

การติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

เครื่องส่ง

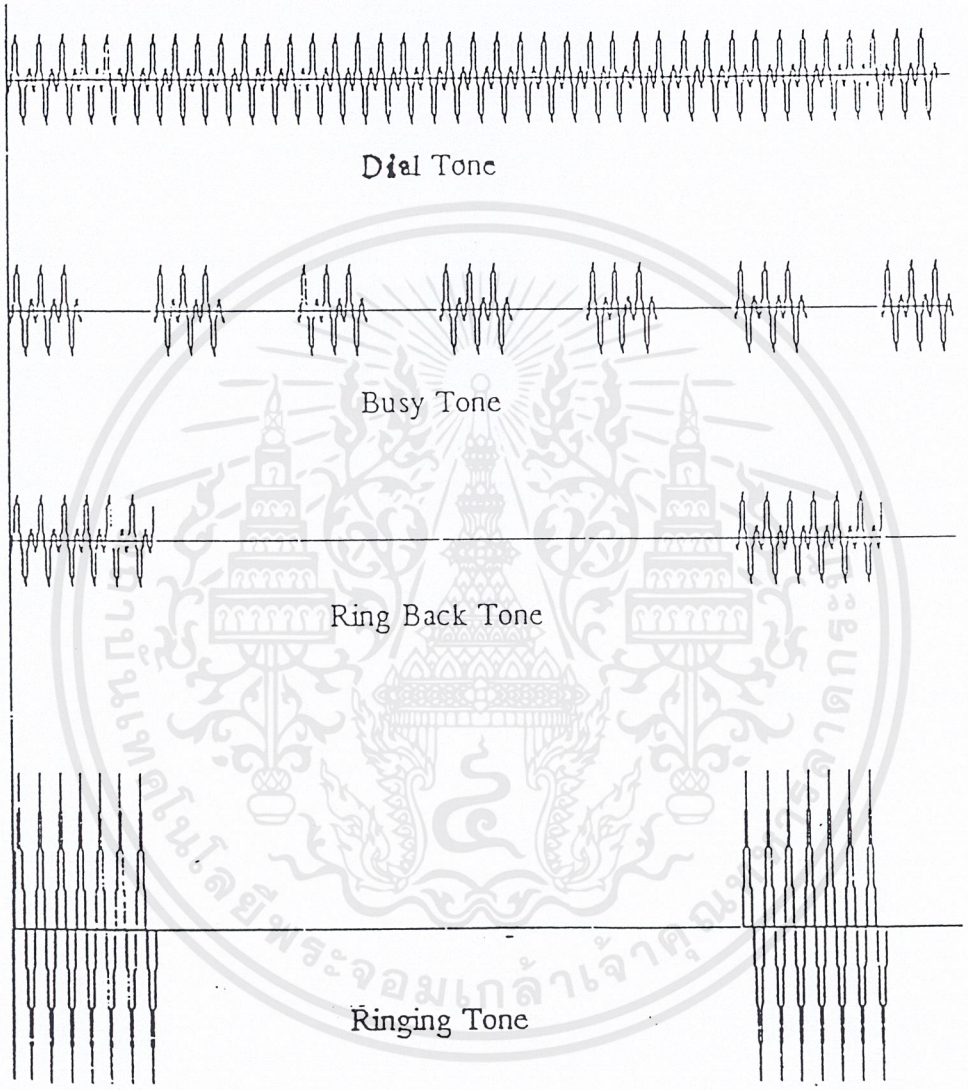
- ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีศักดาตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง 48 โวลต์
- เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์ ศักดาจะลดลงเหลือ 8 โวลต์ พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุนซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับขนาด 250 มิลลิโวลต์ ความถี่ 350 Hz กับ 440 Hz มอดูเลตรวมกัน ซึ่งเมื่อกดรหัสสัญญาณเลขหมายแล้ว สัญญาณให้หมุนนี้จะหายไป
- กดรหัส (Code) เบอร์โทรศัพท์ทั้งหมด 7 หลักความถี่ที่ส่งจะเป็นสัญญาณผสมสองความถี่ เป็นความถี่สูงและต่ำผสมกัน แต่ละหมายเลขจะมี DTMF อยู่หนึ่งคู่
- ขณะที่รอรับสายจะมีสัญญาณตอบกลับ 2 แบบเพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่คือ สัญญาณเรียกกลับหรือสัญญาณสายไม่ว่าง ตามลำดับ
- เมื่อมีการรับสายแล้ว สัญญาณเสียงจะขึ้นอยู่กับความดังและความถี่ของเสียงพูดตามสาย
- เมื่อวางหูโทรศัพท์เลิกการติดต่อ ขนาดศักดาจะกลับไปที่ 48โวลต์

เครื่องรับ

- ขณะที่วางหูอยู่จะมีศักดากระแสคร่อมสายอยู่ 48 โวลต์
- เมื่อมีสัญญาณกริ่งเรียกจะมีขนาดประมาณ 100 Vrms จังหวะดัง 1 วินาทีหยุด 4 วินาทีซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้นเมื่อผู้รับยกหูโทรศัพท์ ขนาดศักดากระแสตรงจะเหลือ 8 โวลต์และมีการกระเพื่อมตามขนาดและความถี่ของเสียงพูด
- เมื่อวางหูโทรศัพท์ ขนาดศักดาก็จะกลับไปที่ 48 โวลต์ ตามเดิม



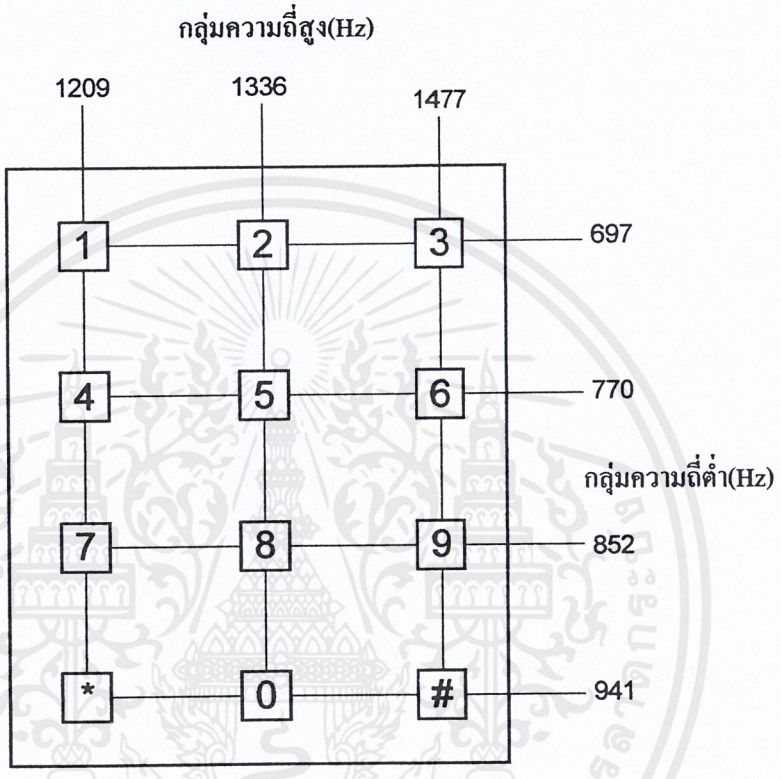
รูปที่ 2.14 แสดงสัญญาณต่างๆที่ใช้ในการติดต่อ

การส่งสัญญาณแบบความถี่คู่ (Dual Tone Multi Frequency Type)

เป็นการส่งสัญญาณแบบหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้มากในปัจจุบันนี้ซึ่งมีชื่อย่อเรียกว่า DTMF ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ โดยนำสัญญาณความถี่ 2 ความถี่มามอดูเลตกัน แล้วนำมาใช้แทนหมายเลขตามที่กำหนด ความถี่ที่ใช้จะอยู่ในย่านความถี่ที่ใช้จะอยู่ในย่านความถี่ของเสียงพูด (0-4 KHz) โดยการกำหนดให้ความถี่ทางแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นความถี่ทางแนวนอนเป็นความถี่ด้านต่ำ และความถี่ทางแนวตั้งจะเป็นความถี่สูงกว่า ซึ่งจะแสดงไว้ในรูปที่ 2.15 ตัวอย่าง เช่น หมายเลข 2 จะใช้แทนด้วยความถี่ 697 เฮิร์ต และ 1336 เฮิร์ต มอดูเลตกันออกมาแทนหมายเลข 2



รูปที่ 2.15 แสดงหมายเลขและค่าความถี่ DTMF

ข้อดีสำหรับระบบการส่งแบบ DTMF

จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปถึงข้อดีของระบบ DTMF ได้คือ

- ลดระยะเวลาในการส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสาย
- สามารถใช้วงจรที่ใช้อุปกรณ์โซลิดสเตตได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความประหยัดและสะดวก
- ลดอุปกรณ์จำพวกหน่วยความจำที่ใช้ภายในชุมสาย
- สามารถนำไปใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในชุมสายอย่างมีประสิทธิภาพ

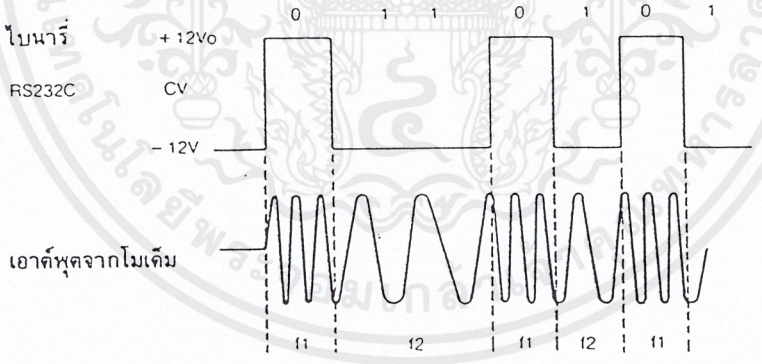
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 พื้นฐานโมเด็ม

โมเด็ม ย่อมาจาก Modulator Demodulator ใช้ในการแปลงสัญญาณทางลอจิกให้เหมาะสมก่อนที่จะส่งผ่านตัวกลางที่มีความกว้างของแถบคลื่นต่ำๆ อย่างเช่น สายโทรศัพท์ ทำไมสัญญาณทางลอจิกส่งออกโดยตรงไม่ได้เพราะสัญญาณลอจิกมีลักษณะเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม " 0 " และ " 1 " ซึ่งอาจจะแทนด้วยค่าแรงดันสองค่า คลื่นรูปสี่เหลี่ยมประกอบด้วยรูปคลื่นรูปไซน์หลายความถี่เป็นทวีคูณของความถี่พื้นฐาน หากผ่านตัวกลางที่มีแถบความกว้างของคลื่นต่ำแล้วความถี่สูงๆ ก็จะหายไป เหลือสัญญาณที่ปลายทางผิดเพี้ยนไปจากเดิม โดยเฉพาะโทรศัพท์ถูกออกแบบให้ใช้กับการสื่อสารที่เป็นเสียงมนุษย์ แถบความกว้างของคลื่นแค่ 3 กิโลเฮิรตซ์เท่านั้น ทางฝ่ายรับก็ต้องเปลี่ยนสัญญาณที่ถูกแปลงมานี้กลับเป็นสัญญาณลอจิก และมีขบวนการที่ตรงกันข้ามกับฝ่ายส่ง อุปกรณ์ทั้งสองนี้จึงเรียกว่า โมเด็ม (Modem)

การทำงานของโมเด็ม

แรกเริ่มการแปลงสัญญาณลอจิก ให้เหมาะสมกับการส่งผ่านไปในสายโทรศัพท์ ใช้วิธีการที่เรียกว่า frequency shift keying คือ ใช้ความถี่เสียงสองความถี่สำหรับแทนสัญญาณลอจิก " 0 " และ " 1 " ฝ่ายรับก็พยายามจับเอาสองความถี่ที่ว่านี้มาแปลงเป็นสัญญาณลอจิกกลับคืน ความถี่ของเสียงต้องห่างกันพอที่จะแยกออกจากกันได้โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และ ไม่ห่างจนตกของความสามารถของสายโทรศัพท์จะนำพาไปได้ รูปที่ 2.16 แสดงหลักการทำงานของ FSK

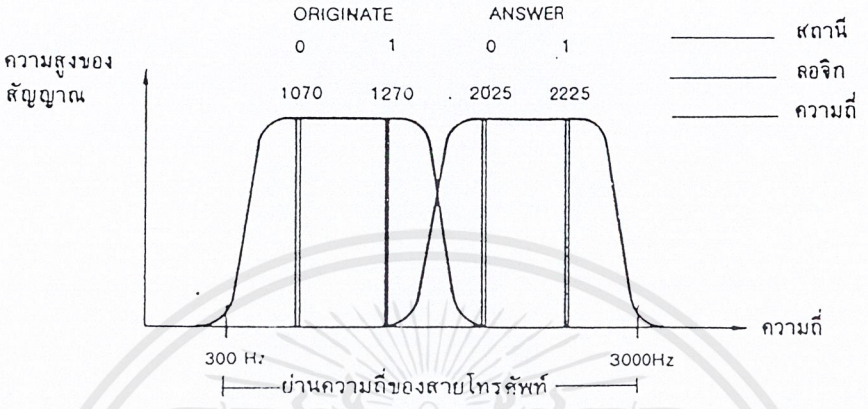


รูปที่ 2.16 การแปลงสัญญาณของโมเด็ม

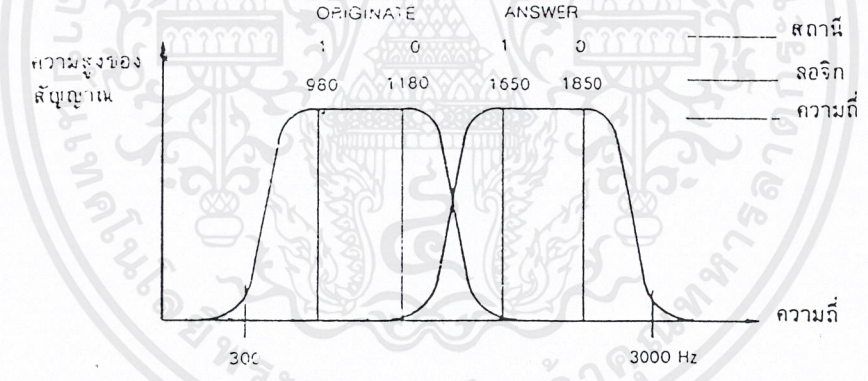
เนื่องจากแถบความถี่คลื่นที่สายโทรศัพท์ยอมให้ผ่านไปได้อยู่ในช่วง 300 Hz ถึง 3000 Hz เราสามารถแบ่งความถี่ในย่านนั้นออกเป็น 4 คลื่นเสียงที่สำคัญ สำหรับสถานีส่งสองเสียงและสถานีรับสองเสียง เนื่องจากเราต้องการให้การติดต่อเป็นฟูลดูเพล็กซ์ คือ ทั้งรับและส่งได้ในเวลาเดียวกัน จำเป็นจะต้องแยกสถานีออกเป็นสองฝ่ายฝ่ายหนึ่งเรียก originate หรือฝ่ายเริ่มการติดต่อและอีกฝ่ายเรียกว่า answer ฝ่าย originate จะใช้ความถี่สำหรับส่งสองความถี่ สำหรับลอจิก " 0 " และ " 1 " ฝ่าย answer จะต้องใช้ความถี่อีกสองความถี่ที่แตกต่างไปจากฝ่ายส่ง เพื่อป้องกันการรบกวนกันเอง สำหรับแทนสัญญาณลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

" 0 " และ "1" จะได้รับและส่งในเวลาเดียวกันเป็นฟูลดูเพล็กซ์ได้ ซึ่งเรียกมาตราฐานอยู่ 2 แห่ง คือระบบ CCITT และ ของบริษัทเบลเทลีโฟน สำหรับโมเด็มที่มีความเร็วไม่เกิน 300 baud ห้องปฏิบัติการวิจัยเบลใช้มาตราฐาน 103 ส่วนไทยเราใช้มาตราฐานของ ITU-T V.21 ดังแสดงในรูปที่ 2.17 และ รูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 มาตราฐานของโมเด็ม 103 โมเด็มแบบฟูลดูเพล็กซ์ อัตราส่งต่ำ



รูปที่ 2.18 มาตราฐานของ ITU-T V.21 โมเด็มแบบฟูลดูเพล็ก อัตราส่งต่ำ

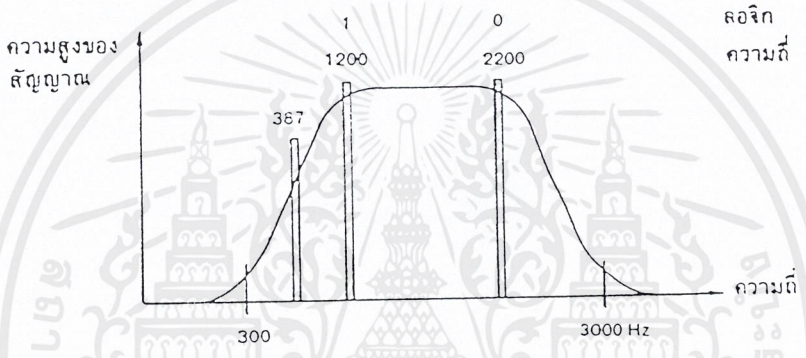
จากรูปจะพบว่า สถานีรับและสถานีส่งใช้ความถี่ที่ต่างกันในการมอดูเลต สัญญาณ " 0 " และ "1" การดีมอดูเลตก็จะต้องให้ตรงกับความถี่ของฝ่ายตรงกันข้ามส่งมา เช่น โมเด็มชนิด ITU-T V.21 ถ้าหากใช้เป็นผู้เริ่มการติดต่อ จะส่งสัญญาณลอจิก "1" ด้วยความถี่ 980 Hz ลอจิก " 0 " ด้วยความถี่ 1180 Hz ขณะเดียวกันจะต้องรับด้วยความถี่ 1650 และ 1850 ทั้งรับและส่งของโมเด็มจำเป็นต้องมีวงจรกรองความถี่เพื่อป้องกันความถี่เพื่อป้องกันความถี่อื่นหลงเข้ามารบกวนเครื่องรับ

เนื่องจากความถี่ของเสียงที่ใช้มีความถี่ต่ำ การมอดูเลตแบบ FSK ย่อม ทำให้การถ่ายโอนข้อมูลเร็วกว่าความถี่นั้นไม่ได้แน่นอน เนื่องจากวงจรรับจะต้องดีเทกให้ได้ว่ามีความถี่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น อย่างน้อยความถี่จะต้องปรากฏให้เห็น 2 ถึง 3 ไซเคิลเป็นอย่างน้อย ลองคำนวณดูง่ายๆ ความถี่ต่ำสุดที่ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเด็มชนิด 103 คือ 1070 Hz ต้องใช้อย่างน้อย 2 ไซเคิล ต่อการมอดูเลต 1 บิต จะเห็นว่าการถ่ายโอนข้อมูลจะไปกว่า 600 บิตต่อวินาทีได้ยาก

ถ้าเราใช้เทคนิค FSK เหมือนเดิมแต่แยกความถี่ของสองเสียงที่ใช้แทน "0" และ "1" ให้ห่างกัน จำนวนไซเคิลที่ใช้มอดูเลตก็จะน้อยลง เราแยกความถี่ให้ห่างกันได้ก็ต้องส่งได้ทีละข้างหรือเป็นแบบฮาร์ฟดูเพล็กซ์ระบบเบล 202 ใช้เทคนิคอันนี้ในการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1200 baud แบบฮาร์ฟดูเพล็กซ์โดยใช้ความถี่ 1200 แทนมาร์กและ 2200 แทนสเปซ และเพื่อเป็นการประกันว่าฝ่ายรับกำลังรับอยู่ ฝ่ายรับจะส่งความถี่ 387 Hz ตอบกลับมาให้รู้ว่า กำลังฟังอยู่ บางครั้งความถี่ 387 Hz นี้อาจจะใช้ในการบอกฝ่ายส่งว่าข้อความที่ส่งมามีข้อผิดพลาดอยู่กรุณาส่งมาใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 2.19 แสดงสเปกตรัมของโมเด็ม 202



รูปที่ 2.19 โมเด็มชนิดเบล 202 ฮาล์ฟดูเพล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โมเด็ม

การทำงานของโมเด็มจะประกอบด้วยการทำงานใน 3 mode

1. Command Mode

2. Connecting Mode

3. Data Mode

Command Mode

เมื่อมีการเริ่มใช้งาน โมเด็มจะทำการตรวจสอบตัวเอง แล้วจะรอในโหมด command โหมดนี้การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโมเด็มจะใช้ AT command language โดยโมเด็มจะรับคำสั่งจากคีย์บอร์ดโดยผ่านทางพอร์ทอนุกรมโดยเริ่มจากคำสั่ง AT โดยการจะใช้ AT command ได้ จะต้องอยู่ในโหมด terminal โดยคำสั่งที่ใช้จะเป็นคำสั่งในการตั้งค่าต่างๆ หรือ และคำสั่งงานโมเด็มโดยตรง โดยจะมีการตอบสนองเมื่อได้รับคำสั่งต่างๆ เช่น OK หรือ CONNECT กลับมายังคอมพิวเตอร์ตัวอย่างการใช้คำสั่ง AT command เช่น

ATZ : .เป็นคำสั่ง reset โมเด็ม

ATDT : ใช้ในการ dial เลขหมายแบบ tone

ATDP : เป็นคำสั่ง dial เลขหมายแบบ pulse

Connecting Mode

เมื่อโมเด็มทำการเรียกสำเร็จ หรือรอการเรียกจากภายนอกก็ตาม โมเด็มจะเข้าสู่การทำงานใน Connect Mode ซึ่งจะตอบสนองกับกรณีต่างๆ ดังนี้

CONNECT : เมื่อโมเด็มสามารถติดต่อสำเร็จ อีกฝ่ายจะมีการส่งสัญญาณกลับมาเพื่อยืนยันการติดต่อ

NO DAILTONE : เมื่อโมเด็มไม่สามารถรับสัญญาณ dial tone ได้ทำให้ไม่สามารถการเรียกได้

BUSY : เกิดขึ้นเมื่อโมเด็มได้รับสัญญาณสายไม่ว่าง

NO CARRIER เกิดขึ้นเมื่อการเรียกสำเร็จ แต่ไม่สามารถหาสัญญาณ syschronous ได้ทำให้ไม่สามารถติดต่อได้

Data Mode

เมื่อการติดต่อระหว่างโมเด็ม สามารถทำได้สำเร็จก็จะเข้าสู่ Data Mode เป็นการติดต่อโดยตรงระหว่าง โมเด็ม ซึ่งระหว่างนี้ ก็ยังสามารถกลับไปยัง Command Mode ได้และการติดต่อ จะคล้ายเป็นการติดต่อ ผ่านพอร์ทอนุกรมตามปกติ โดยการติดต่อจะยกเลิกโดยการวางหู หรือ เกิดสายหลุดเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
หลักการทำงาน

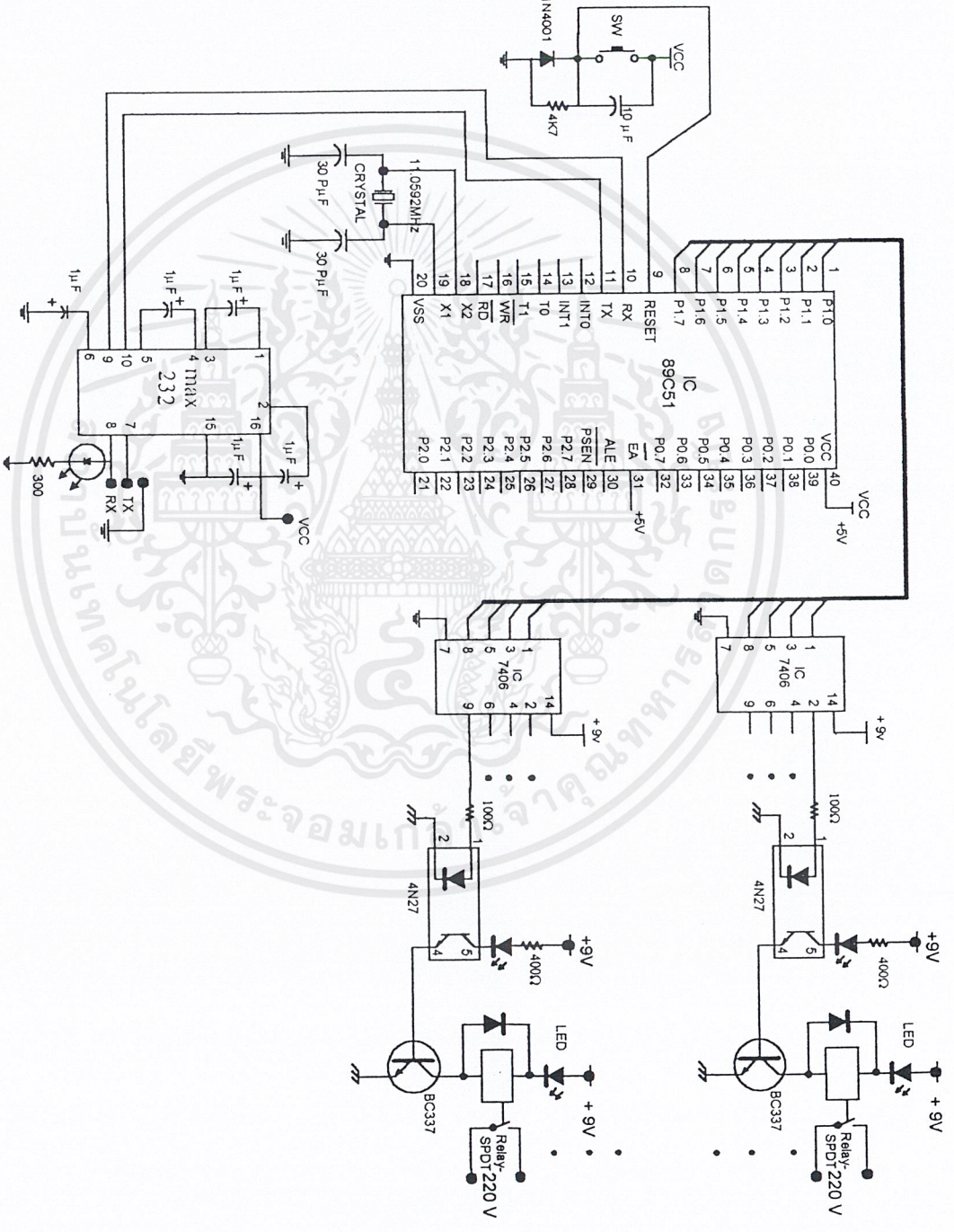
3.1 การทำงานของส่วนวงจรควบคุม

การทำงานของวงจร สัญญาณไฟสลับ 220V จะถูกนำมาแปลงเป็นไฟตรง 5 V และ 9 V โดยวงจร rectifier เพื่อนำไปเลี้ยงส่วนของ 89C51 และไฟสลับอีกส่วนจะต่อไปที่ปลั๊กไฟสำหรับการเปิด-ปิดอุปกรณ์ และวงจรรีเลย์ ตามลำดับ เมื่อเราสั่งให้เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าก็จะสั่งโดยผ่านโปรแกรมที่ computer สัญญาณรหัสควบคุมจะถูกส่งผ่าน serial port มายังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการ set หรือ clear ลอจิก ที่เอาพุต์ของ 89C51

สัญญาณที่ออกจากพอร์ท 0 ของ 89C51ที่ใช้สั่งเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นสัญญาณดิจิตอลมีขนาดแรงดันดังนี้ ลอจิก สัญญาณ ‘‘1’’ ซึ่งมีแรงดัน 5 V และ ลอจิก ‘‘0’’ ซึ่งมีแรงดัน 0 V ซึ่งขนาดของกระแสที่จะไหลผ่านโหลดได้น้อยและโหลดที่เป็นรีเลย์ ต้องการแรงดัน 9V ดังนั้น การที่นำสัญญาณไปใช้งานจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่จะเปลี่ยนแรงดันจาก 5V เป็น 9V ซึ่งอุปกรณ์นั้นเรียกว่า ไดร์เวอร์ (DRIVER) โดยโครงงานนี้จะใช้ IC เบอร์7406

เมื่อพอร์ท 0 ของ 89C51 มีลอจิก 1 รีเลย์จะทำงาน (LED จะติดไฟขึ้น) มีไฟ 220 VAC ไหลผ่านโหลดอุปกรณ์ไฟฟ้าจะถูกเปิด (ON) แต่ถ้าที่เอาท์พุทของ 89C51 นั้น มีลอจิก 0 รีเลย์จะไม่ทำงาน (LED ไม่ติดไฟ) ไม่มีไฟ 220 VAC ไหลผ่าน อุปกรณ์ไฟฟ้าจะถูกปิด (OFF) ดังนั้นจะสามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยการควบคุมลอจิก ที่เอาท์พุทของ 89C51 โดยการส่งรหัสควบคุมจากคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบโปรแกรมควบคุม

ในส่วนของโปรแกรม ประกอบด้วย โปรแกรมควบคุมสั่งงาน ซึ่งทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรม สั่งงาน Hardware ผ่านพอร์ทเอาพุต ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะทำงานบน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการออกแบบโปรแกรมทั้ง 2 ส่วนมีดังนี้

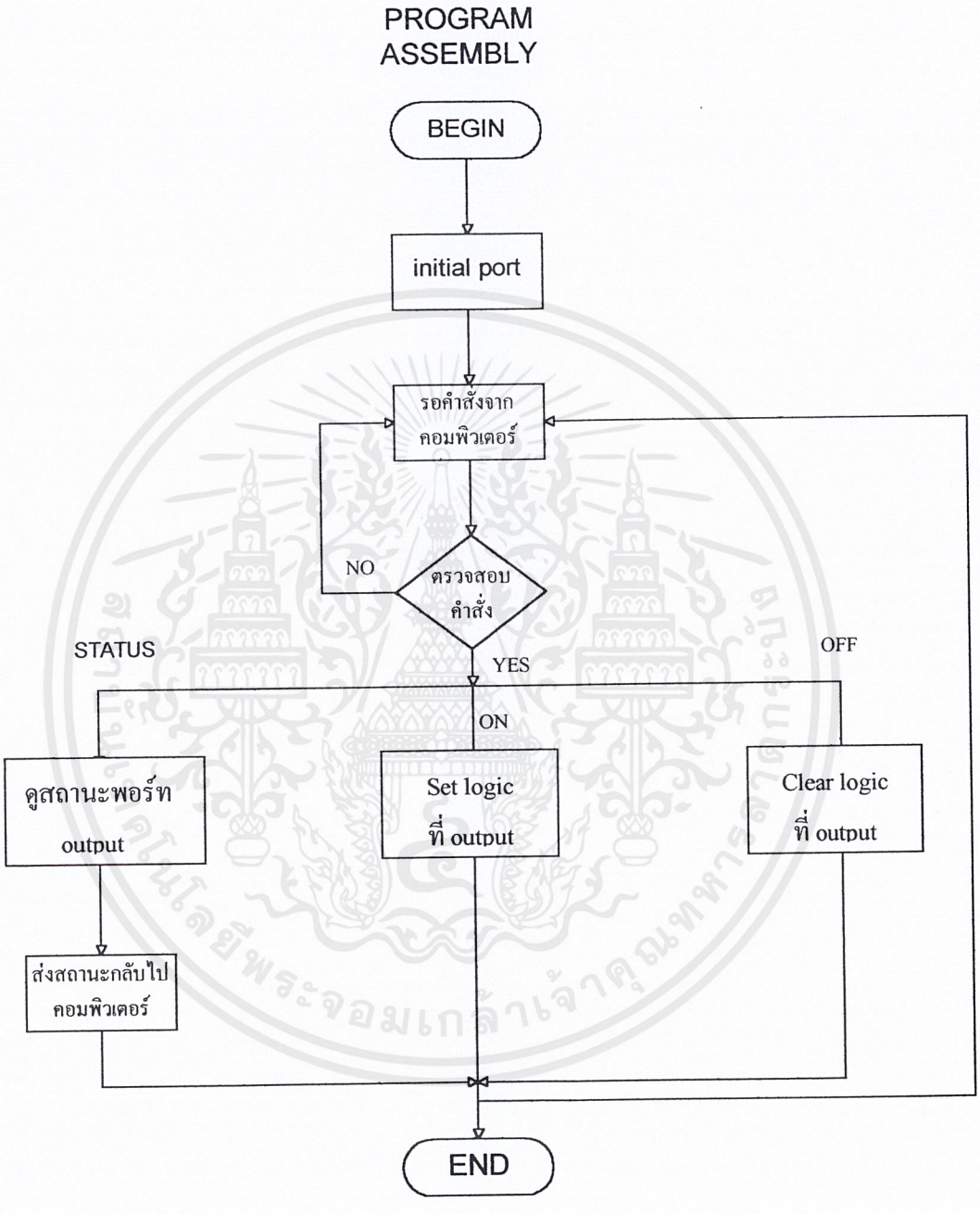
1.โปรแกรม Assembly บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะรับคำสั่ง ต่างๆ จากโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางพอร์ทสื่อสารอนุกรม โดยคำสั่งซึ่งถูกส่งเป็นรหัสแอสกีจะประกอบด้วย

- คำสั่ง ขอสถานะอุปกรณ์ โดย สถานะจะตรวจดูจากสถานะของพอร์ทเอาท์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้ในการควบคุมรีเลย์สวิทต์ แล้วจะรายงานสถานะกลับไปยังคอมพิวเตอร์ ด้วยรหัสแอสกีที่ต่อเนื่องเป็นคำว่า 'ON' และ 'OFF' โดยคำสั่งขอสถานะนี้ประกอบด้วยรหัสแอสกีตัวเลข 1-8 แทนสถานะของอุปกรณ์ชิ้นที่ 1-8

- คำสั่งเปิดและปิดอุปกรณ์ โดยเมื่อได้รับคำสั่งนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดจะทำการ SET หรือ CLEAR บิตที่เอาพุตพอร์ทที่ใช้ควบคุมรีเลย์สวิตท์ โดยคำสั่งนี้จะไม่มีการส่งค่ากลับไปยังคอมพิวเตอร์ โดยคำสั่ง ON จะประกอบด้วยรหัสแอสกี a – h แทนคำสั่งเปิดสวิตท์ อุปกรณ์ที่ 1 – 8 ส่วนคำสั่ง OFF ประกอบด้วยรหัสแอสกี A –H ที่แทนคำสั่งปิดสวิตท์อุปกรณ์ที่ 1-8

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับคำสั่งและทำตามขั้นตอนเรียบร้อย ก็จะเข้าสู่สถานะรอที่จะรับคำสั่งต่อๆ ไป โดยโปรแกรม Assembly นี้มีการทำงานแสดงให้เห็นดังFlowchart นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดง Flow chart ขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

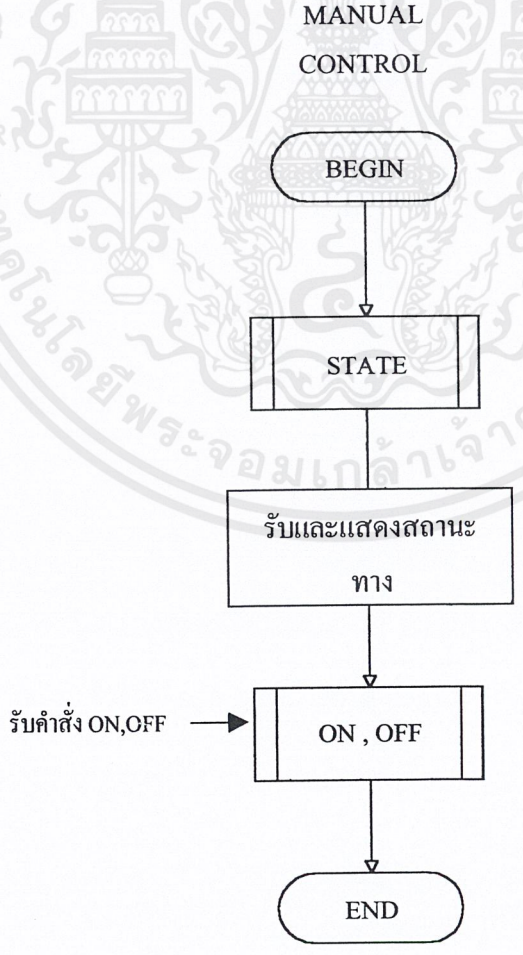
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรแกรม Delphi บนคอมพิวเตอร์ ที่จะทำงานเป็นตัวส่งคำสั่งที่เป็นรหัสแอสกีไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และรับสถานะอุปกรณ์มาแสดงบนหน้าจอ จะประกอบด้วย โปรแกรมย่อยหลายๆ โปรแกรมที่เรียกว่า procedureโดยโปรแกรมย่อยนี้จะถูกเรียกขึ้นมาทำงาน ก็ต่อเมื่อมีเหตุการณ์ต่างๆ (event) เช่น การ click mouse ที่ปุ่มต่างๆ มีการรับ-ส่งข้อมูลผ่านพอร์ทอนุกรม หรือถึงเวลาที่กำหนด ขั้นตอนที่ถูกเรียกมาทำงานเมื่อเกิด event ต่าง ๆ คือ method

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ในเทอมนี้ แม้จะใช้วิธีการในการส่งคำสั่ง และรับสถานะ เช่นเดียวกับ โปรแกรมในเทอมที่แล้วแต่ก็ได้พัฒนาการ สั่งงานให้มีความหลากหลายมากขึ้น โดยจะสามารถสั่งงานได้ 3 แบบคือ

1. สั่งงานทางหน้าจอ โดยผู้ใช้จะเป็นผู้เลือกอุปกรณ์ ขึ้นมาโดยการ click ที่รูปอุปกรณ์ที่ ต้องการแล้วเปิดปิดอุปกรณ์ด้วยตนเอง และสถานะอุปกรณ์ ก็จะแสดงให้เห็นทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยในส่วนนี้จะพัฒนาจากเทอมที่แล้วคือสามารถเลือก เปลี่ยนอุปกรณ์ให้ตรงกับความเป็นจริงได้

แผนภาพ Flow chart แสดงขั้นตอนการทำงานการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าทางหน้าจอ

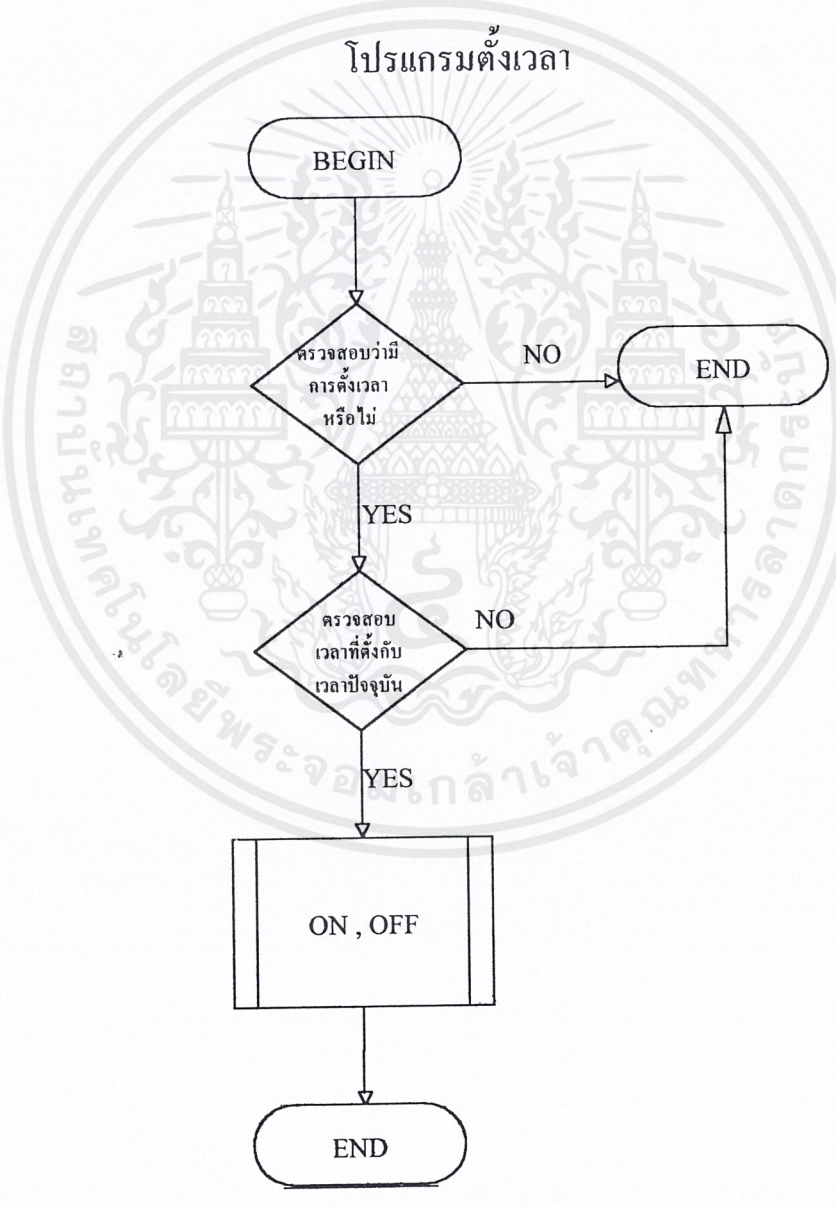


รูปที่ 3.3 แสดง Flow chart ขั้นตอนการทำงานสั่งปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สั่งงานโดยการตั้งเวลา ผู้ใช้จะสามารถตั้งเวลาที่ต้องการเปิด หรือปิด อุปกรณ์ต่างๆ ได้ โดยการตั้งเวลานี้จะพัฒนาจากเทอมที่แล้วโดย จากการตั้งเวลาแบบ นับจากเวลาปัจจุบันไป 30 นาที – 2 ชั่วโมง ก็เปลี่ยนมาใช้การตั้งเวลาแบบอ้างอิงเวลาจริง ทำให้สามารถตั้งเวลาให้เปิด – ปิดในเวลาใดก็ได้ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดโปรแกรมก็จะเรียกโปรแกรมย่อยขึ้นมาทำหน้าที่ส่งคำสั่งควบคุมไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

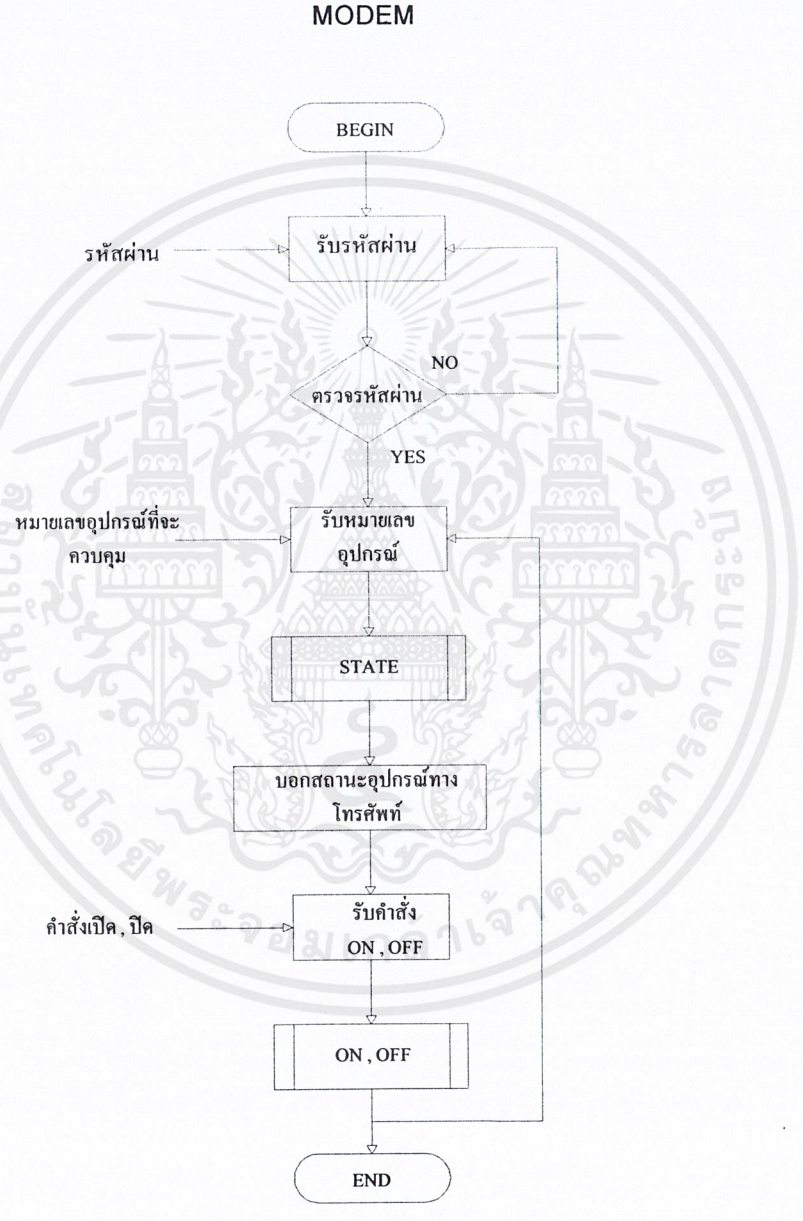
แผนภาพ Flow chart แสดงขั้นตอนการสั่งงานด้วยการตั้งเวลา



รูปที่ 3.4 แสดง Flow chart ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการตั้งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สั่งงานผ่านโทรศัพท์ โดยผู้ใช้จะสามารถโทรเข้ามาสั่งงาน โดย โมเด็มจะทำหน้าที่เป็นเครื่องตอบรับอัตโนมัติ ที่จะสามารถรายงานสถานะอุปกรณ์ และรับคำสั่งการเปิด-ปิดอุปกรณ์ โดยผู้ใช้จะใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม เพื่อสั่งงานดังกล่าว เมื่อโปรแกรมได้รับคำสั่ง ก็จะเรียกโปรแกรมย่อยขึ้นมา เพื่อส่งคำสั่งควบคุมไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และ รับสถานะมารายงานเป็นเสียงพูดไปยังผู้ใช้



รูปที่ 3.5 แสดง Flow chart ขั้นตอนการทำงานของการสั่งงานผ่านทางโทรศัพท์

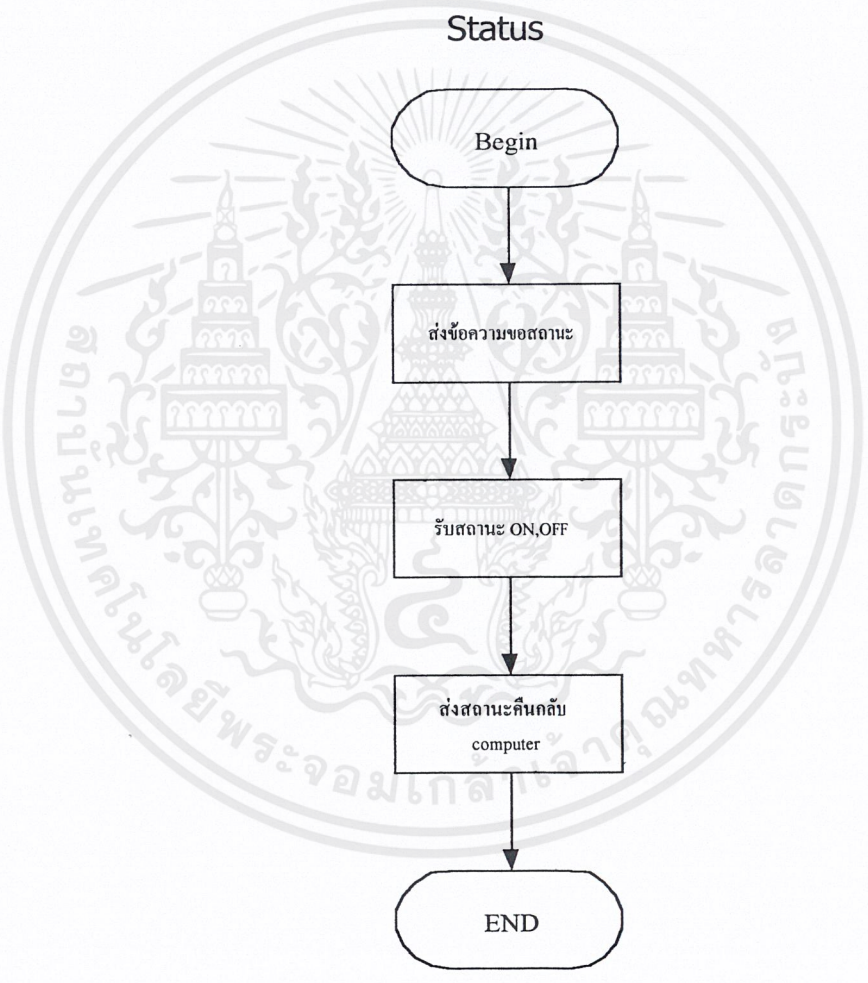
จะเห็นได้ว่าในการควบคุมทั้ง 3 แบบ จะมีส่วนหนึ่งที่เหมือนกันคือ การส่งรหัสคำสั่งไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และการรับข้อความแสดงสถานะอุปกรณ์ จาก บอร์ด จะต่างกันที่ เหตุการณ์ที่จะเรียก โปรแกรมย่อยเหล่านี้มาทำงาน และรูปแบบการรายงานสถานะเท่านั้น ซึ่งโปรแกรมย่อยดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีการติดต่อกับพอร์ทสื่อสารอนุกรมจึงจะอธิบายการทำงานในส่วนโปรแกรมย่อยนี้ก่อนเพื่อใช้อ้างอิงในการอธิบายรายละเอียดของโปรแกรมในส่วนต่างๆ ต่อไป

โปรแกรมย่อยที่ใช้ในการติดต่อบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้component CommportDriver เป็นตัวทำงาน มีการทำงานดังนี้

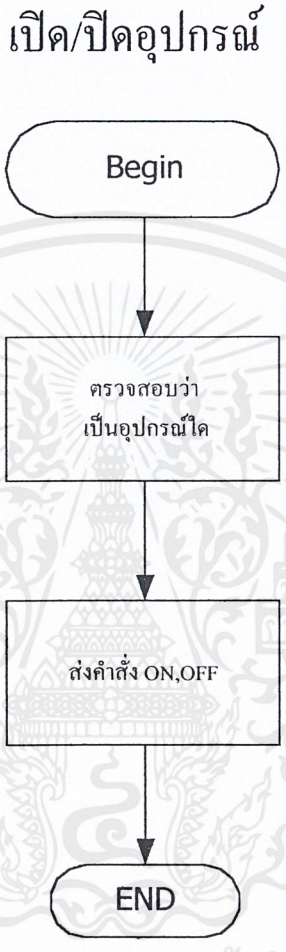
- โปรแกรมขอสถานะ จะส่งรหัสแอสกี 1-8 ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยคำสั่ง 'send char' เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อความสถานะ 'ON' , 'OFF' กลับมายังคอมพิวเตอร์ จะประกอบด้วย การ เปิดพอร์ท การส่งรหัส และ การรับข้อความสถานะ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย event 'On receive data' แล้วนำรหัสที่ได้มาเรียงเป็น string เพื่อแสดงสถานะอุปกรณ์ต่อไป



รูปที่ 3.6 แสดง Flow chart ขั้นตอนการขอและแสดงสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมเปิด-ปิด จะส่งรหัสแอสกี a-h เพื่อปิดอุปกรณ์ และ A-H เพื่อปิดอุปกรณ์ โดยจะไม่มีการตอบรับจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นการสั่งงานทางเดียว



รูปที่ 3.7 แสดง Flow chart ขั้นตอนการปิด-เปิดอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนประกอบต่างๆของโปรแกรมการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์

ประกอบด้วยส่วนต่างๆของโปรแกรมดังนี้

unit Main; เป็นยูนิตหลักของโปรแกรมที่ประกอบด้วย 4 Tab sheet ซึ่งจะเรียกใช้ component หลักๆที่เกี่ยวกับการควบคุมแบบต่าง ๆ ดังนี้

Commportdriver : เป็น component ที่ใช้ในการทำงานเกี่ยวกับพอร์ทสื่อสารอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยจะสามารถส่งและรับข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรมได้

Commportdriver component มี method ที่สำคัญที่มีการเรียกใช้ดังนี้

1. Commportdriver.connect : ใช้สำหรับการเปิดพอร์ทอนุกรมเพื่อจองการใช้ โดยถ้ามีการเรียกใช้แล้วโปรแกรมอื่น จะไม่สามารถใช้พอร์ทนี้ได้จนกว่าจะมีการ Disconnect

2. Commportdriver.disconnect : ใช้สำหรับการยกเลิกการจองพอร์ทอนุกรมและคืนทรัพยากรแก่ windows เพื่อให้โปรแกรมอื่น สามารถใช้พอร์ทอนุกรมได้

3. Commportdriver.sendchar ใช้ในการส่งข้อมูลแบบตัวอักษรออกทางพอร์ทอนุกรม

Commportdriver component มี properties ที่กำหนดค่าต่างๆที่สำคัญดังนี้

1. Commportdriver.portname : ใช้ในการกำหนดพอร์ทใช้งาน โดยกำหนดได้ตั้งแต่ com1-com16

2. Commportdriver.baudrate : ใช้ในการกำหนด baudrate ของพอร์ทอนุกรม

Commportdriver component มี event ที่ใช้ในโครงงานนี้ดังนี้

1. Commportdriver.onrecivedata : จะเกิดขึ้นเมื่อได้รับการส่งข้อมูลเข้ามาทางพอร์ทอนุกรม

โดย component commportdriver นี้จะถูกใช้ในการรับ-ส่งรหัสคำสั่ง และข้อความสถานะระหว่างคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์โดยมีโปรแกรมย่อยที่เรียกใช้งานดังนี้

1. การขอสถานะจะเรียกโปรแกรมย่อมที่เรียกว่า status ดังนี้

```
procedure  status(c:char);
var s:char;
begin
     s:= c;
     Form1.CommPortDriver1.connect;
     Form1.CommPortDriver1.sendchar(s);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การส่งคำสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ จะเรียกโปรแกรมย่อย turn on และ turn off ดังนี้ โปรแกรมนี้จะรับค่า ch ที่หมายถึงช่องสัญญาณควบคุมมาจากการเรียกโปรแกรมย่อยนี้ โดยค่า ch นี้จะขึ้นอยู่กับการควบคุมว่าจะเลือกอุปกรณ์ที่เท่าไร ไม่ว่าจะเป็นการเลือกจากการ click ที่รูปในการควบคุมแบบจากทางหน้าจอ, การเลือกจากการกดรหัส DTMF จากการสั่งงานทางโทรศัพท์โทรศัพท์ หรือการเลือกจากการตั้งเวลาก็ตาม โดยค่า ch เป็นตัวแปรชนิด integer :ซึ่งมีค่าระหว่าง 1-8

ส่วนโปรแกรม turn off จะมีการทำงานที่เหมือนกัน แต่ รหัสที่ใช้จะแทนด้วยอักษร A-H ที่ใช้เป็นรหัสปิดอุปกรณ์ที่ 1-8

```
      procedure turnon(ch:char);
      var s:char;
      begin

      case ch of
      '1' : begin
s:='a';Form1.CommPortDriver1.connect;Form1.CommPortDriver1.Sendchar
(s);Form1.CommPortDriver1.Disconnect;end;
      '2' : begin
s:='b';Form1.CommPortDriver1.connect;Form1.CommPortDriver1.Sendchar
(s);Form1.CommPortDriver1.Disconnect;end;
      '3' : begin
s:='c';Form1.CommPortDriver1.connect;Form1.CommPortDriver1.Sendchar
(s);Form1.CommPortDriver1.Disconnect;end;
      '4' : begin
s:='d';Form1.CommPortDriver1.connect;Form1.CommPortDriver1.Sendchar
(s);Form1.CommPortDriver1.Disconnect;end;
      '5' : begin
s:='e';Form1.CommPortDriver1.connect;Form1.CommPortDriver1.Sendchar
(s);Form1.CommPortDriver1.Disconnect;end;
      '6' : begin
s:='f';Form1.CommPortDriver1.connect;Form1.CommPortDriver1.Sendchar
(s);Form1.CommPortDriver1.Disconnect;end;
      '7' : begin
s:='g';Form1.CommPortDriver1.connect;Form1.CommPortDriver1.Sendchar
(s);Form1.CommPortDriver1.Disconnect;end;
      '8' : begin
s:='h';Form1.CommPortDriver1.connect;Form1.CommPortDriver1.Sendchar
(s);Form1.CommPortDriver1.Disconnect;end;
      end;
      end;
```

3. การรายงานสถานะของอุปกรณ์ กลับไปยังคอมพิวเตอร์จะเกิดขึ้นเมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับรหัสคำสั่งของสถานะ แล้วทำการตรวจสอบสถานะของบิตที่ใช้เปิด-ปิด จากนั้นก็ส่งรหัสข้อความ 'ON' และ 'OFF' กลับไปยังคอมพิวเตอร์ ทำให้เกิด event commportdriver.onrecivedata ขึ้น และก็มีการทำงานการเก็บค่าสถานะดังกล่าวในรูปของ string โดยทำได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      procedure TForm1.CommPortDriver1ReceiveData(Sender: TObject;
DataPtr: Pointer; DataSize: Cardinal);
       var s,state:string;
      begin
            s  := StringOfChar( ' ', DataSize );
            move( DataPtr^, pchar(s)^, DataSize );
            state := s;
      end;
```

4. การเลือกใช้พอร์ทอนุกรมโดยจะเลือกจาก combobox portname ใน tabsheet device โดยจะนำตัวเลือกไปกำหนดพอร์ทอนุกรมที่ commportdriver จะใช้

```
      Procedure TForm1.ComboBox9Change(Sender: TObject);
      var portname:string;
      begin
            portname := combobox9.Text;
            statusbar1.SimpleText := 'Connect to Port  ' + portname;
            dvform1.commportdriver1.PortName :=  portname;
            dvform2.commportdriver1.PortName :=  portname;
            dvform3.commportdriver1.PortName :=  portname;
            dvform4.commportdriver1.PortName :=  portname;
            dvform5.commportdriver1.PortName :=  portname;
            dvform6.commportdriver1.PortName :=  portname;
            dvform7.commportdriver1.PortName :=  portname;
            dvform8.commportdriver1.PortName :=  portname;
      end;
```

Timer เป็น component ที่ใช้ในการเกี่ยวกับเวลาของ windows โดยการใช้งานจะมี event ที่จะเกิดขึ้นเพียง event เดียว คือ on timer ซึ่งจะถูกเรียกทุกๆครั้ง เมื่อเวลาผ่านไปในระยะเวลาที่กำหนด โดยจะกำหนดที่ interval ของ timer นี้ โดยการใช้งานในโครงงานนี้จะใช้ 2 ลักษณะคือ

1. ใช้เป็นตัวแสดงเวลาปัจจุบันบน caption ของโปรแกรมโดยมี interval = 1000 ซึ่งก็คือ 1 วินาที โดยจะใช้ร่วมกับ component gettime ที่จะใช้ในการแสดงค่าเวลาปัจจุบันในรูป string มีการใช้งานดังนี้

```
      procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
      var   Datetime : TDateTime;
            str : string;
      begin
            DateTime := Time;
            str := TimeToStr(DateTime);
            Caption := 'DeviceControl       Date  '+DateToStr(Date)+'
Time '+str;
       end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้ในการตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์โดยจะทำงานทุก 1 วินาทีเช่นกันโดยจะใช้ร่วมกับ gettime ที่จะนำค่าเวลาปัจจุบันมาเปรียบเทียบกับเวลาที่ตั้งไว้ ในส่วนของการตั้งเวลา ถ้าตรงกัน ก็จะทำการเปิด-ปิดโดยการเรียกโปรแกรมย่อย turn on หรือ turn off มาทำงาน ดังนี้

```
procedure TForm1.ptimeTimer(Sender: TObject);
var t:string;
begin
      t := timetostr(time);
      if on1.Checked then if timetostr(ontime1.Time) = t then
turnon(1);
      if on2.Checked then if timetostr(ontime2.Time) = t then
turnon(2);
      if on3.Checked then if timetostr(ontime3.Time) = t then
turnon(3);
      if on4.Checked then if timetostr(ontime4.Time) = t then
turnon(4);
      if on5.Checked then if timetostr(ontime5.Time) = t then
turnon(5);
      if on6.Checked then if timetostr(ontime6.Time) = t then
turnon(6);
      if on7.Checked then if timetostr(ontime7.Time) = t then
turnon(7);
      if on8.Checked then if timetostr(ontime8.Time) = t then
turnon(8);
      if off1.Checked then if timetostr(offtime1.time) = t then
turnoff(1);
      if off2.Checked then if timetostr(offtime2.time) = t then
turnoff(2);
      if off3.Checked then if timetostr(offtime3.time) = t then
turnoff(3);
      if off4.Checked then if timetostr(offtime4.time) = t then
turnoff(4);
      if off5.Checked then if timetostr(offtime5.time) = t then
turnoff(5);
      if off6.Checked then if timetostr(offtime6.time) = t then
turnoff(6);
      if off7.Checked then if timetostr(offtime7.time) = t then
turnoff(7);
      if off8.Checked then if timetostr(offtime8.time) = t then
turnoff(8);
      end;
```

Teletool เป็น component ที่ใช้ในการจัดการกับ TAPI (telephone application program interface) ซึ่งเป็นมาตรฐานในการใช้งานโมเด็มโดยผ่าน API ของ windows โดย TAPI นี้จะเรียกใช้งานโมเด็มโดยผ่าน interface ของ windows ที่นำมาจาก driver ของ modem ทำให้ผู้พัฒนาโปรแกรม ไม่จำเป็นต้องลงลึก ไปจัดการทรัพยากรต่างๆด้วยตัวเอง เพียงแต่เรียกใช้ผ่านการ inter face ของ TAPI เท่านั้น โดย Teletool จะเป็น package ของ component ที่ประกอบด้วย component ต่างๆ เฉพาะที่มีการเรียกใช้งานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

etline : เป็น component ที่จัดการกับสัญญาณในสายโทรศัพท์ทั้งหมดประกอบด้วย method ที่สำคัญดังนี้

etLine.Device.Active : เป็นการสั่งให้โมเด็มเริ่มทำงานคือมีการเปิดพอร์ทโมเด็ม

etLine.Call.Answer : เป็นการสั่งให้โมเด็มรับสายโทรศัพท์

etLine.Call.Hangup : เป็นการสั่งให้โมเด็มวางสายโทรศัพท์

etLine.Call.MonitorDigits.Active : เป็นการสั่งให้โมเด็มรอรับสัญญาณ DTMF

ส่วน event ที่สำคัญมีดังนี้

etline.onring : จะเกิดขึ้นเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเรียกเข้ามายังโมเด็ม

etline.onconnect : จะเกิดขึ้นเมื่อการติดต่อสำเร็จ

etline.ondigitrecive : จะเกิดขึ้นเมื่อโมเด็มได้รับสัญญาณ DTMF เข้ามา

etline.ondisconnect : จะเกิดขึ้นเมื่อการจบการติดต่อ

etphone : เป็น component ที่จะจัดการกับระบบเสียงของโทรศัพท์ ในTAPIซึ่งมี method ที่สำคัญดังนี้

etphone.active : เป็นการสั่งใช้งานระบบโทรศัพท์ใน TAPI

etplay : เป็น component ที่จัดการกับการเล่นเสียงออกทาง wave device ของ voice modem ซึ่งก็คือการเล่นเสียงที่อัดไว้ในรูป file.wav ออกไปทางสายโทรศัพท์นั่นเอง โดยมี mothod ที่สำคัญดังนี้

etplay.device.active : เป็นการสั่งให้เล่นเสียงที่กำหนดไว้ออกไปทางสายโทรศัพท์

etplay.source.filename : เป็นการกำหนด file.wav ที่จะมาเล่นออกไปโดยกำหนดเป็น string

และโครงงานนี้ ก็ได้นำ component ต่างๆ ของ Teletool มาใช้ในการเขียนโปรแกรมตอบรับโทรศัพท์ที่จะสามารถนำไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง มีรายละเอียดดังนี้

1.โปรแกรมส่วนที่ทำหน้าที่ เริ่มการใช้งานโมเด็มจะทำงานเมื่อมีการกดปุ่ม active บนหน้าต่างโมเด็มโดยก่อนที่ โมเด็มจะใช้งานได้จะต้องมีการกำหนดรหัสผ่านและจำนวนสัญญาณกระดิ่งที่ต้องการรอก่อน จึงจะ active โมเด็มได้

```
procedure TForm1.CheckBoxActiveClick(Sender: TObject);
begin
      if checkboxactive.Checked then begin
      if not pword then begin
              Memo1.Lines.Add('You must enter password first');
              checkboxactive.Checked := false;
             end else if not rtone then
              begin        Memo1.Lines.Add('Type number of
ringing to wait before answer');
             checkboxactive.Checked := false;
              end else        begin
              etline1.Device.active := true;
              etphone1.Device.active := true;
              Memo1.Lines.Add('Modem active and wait for
incoming call');
             end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                end else        begin
                etline1.device.active := false;
                etphone1.device.active := false;
                Memo1.Lines.Add('Modem is inactive');
                end;
        end;
```

2.โปรแกรมส่วนที่ทำหน้าที่รับโทรศัพท์เมื่อมีการเรียกเข้าจากภายนอก จะทำงานเมื่อเกิด event etline.onring ขึ้นเมื่อมีการเรียกเข้ามา จะมีการแสดงการเรียกเข้าและจำนวน ring บนหน้าต่างสถานะและเมื่อถึงจำนวนที่กำหนด โมเด็มก็จะทำการรับสาย

```
      procedure TForm1.etLine1Ring(Sender: TObject; Count, RingMode:
Integer);
      var r:string ;
      begin
            Memo1.Lines.Add('Ring Detect    ' + IntToStr(Count));
            r:= ring.text;
            if count = strtoint(r) then
            etline1.Call.Answer;
            end;
```

3. โปรแกรมส่วนที่จะเล่นข้อความต้อนรับ เพื่อบอกให้ผู้ใช้กดรหัสผ่าน และการเตรียมตัวเพื่อรับสัญญาณ DTMF จากผู้ใช้ โดยโปรแกรมจะถูกเรียกขึ้นมาด้วย event onconnect เมื่อมีการต่อสายเรียบร้อยแล้วก็จะทำการตรวจสอบว่าการรับนั้นเป็นการรับของโมเด็มหรือของคน โดยถ้าเป็นการรับของคนก็จะไม่ทำงานต่อ แต่ถ้าเป็นการรับของโมเด็ม ก็จะทำการเล่นเสียงตอบรับ เพื่อบอกให้ผู้ใช้กดรหัสผ่าน และเรียก method etLine.Call.MonitorDigits.Active ขึ้นมาเพื่อรอรับสัญญาณ DTMF จากผู้ใช้

```
       procedure TForm1.etLine1Connected(Sender: TObject);
       begin
            count := 0;
                  pass := '';   {initial password}
            pwcheck := false;
                  Memo1.Lines.Add('Modem Connected');
                  Etplay1.Source.filename := 'c:\po\wave\greet.wav';
                  Memo1.Lines.Add('Check for automated device');
                  etLine1.Call.MonitorSilence.Duration := 1500;
                  etLine1.Call.MonitorSilence.Active := True;
                  TimerAutomatedAnsweringDevice.Enabled := True;
                  etLine1.Call.MonitorDigits.Active := True;
                  etPlay1.Device.ID := etLine1.WavePlay.ID;
                  Memo1.Lines.Add('Play greeting');
            etPlay1.Device.Active := True;
                  Memo1.Lines.Add('Wait for password');
            end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โปรแกรมส่วนรับสัญญาณ DTMF จะถูกเรียกจาก event on digitrecived แต่เนื่องจาก event นี้จะถูกเรียกทุกครั้งที่มีการรับสัญญาณ DTMF เข้ามา แต่ข้อมูลที่เราต้องการจะมี 2 ส่วนคือ รหัสผ่านเข้าสู่ระบบ และ รหัสควบคุมต่างๆ จึงต้องมีการเขียนโปรแกรมให้รับรหัสผ่านก่อน เมื่อได้รับรหัสผ่านที่ถูกต้องแล้วจึงจะถือว่า DTMF ที่เข้ามาเป็นรหัสคำสั่งต่างๆ

```
      procedure TForm1.etLine1DigitReceived(Sender: TObject; Digit:
Char; Tag: Integer);
      begin
      if  pwcheck then begin
      case digit of
                '1' : begin status('1');ch:='1';end;
                '2' : begin status('2');ch:='2';end;
                '3' : begin status('3');ch:='3';end;
                '4' : begin status('4');ch:='4';end;
                '5' : begin status('5');ch:='5';end;
                '6' : begin status('6');ch:='6';end;
                '7' : begin status('7');ch:='7';end;
                '8' : begin status('8');ch:='8';end;
                '9' : begin
                       etplay1.Source.filename :=
      'c:\po\wave\menu.wav';
                       etPlay1.Device.Active := true;
                      Memo1.Lines.Add('Enter menu');
                      end;{on press 9}
               '*' : begin turnoff(ch);status(ch);Memo1.Lines.Add
      ('Turn off device');end;
                '#' : begin turnon(ch); status(ch);Memo1.Lines.Add
      ('Turn on device');end;
           end;{case}
           end else
       begin{detect digit to password}
           etPlay1.Device.Active := False;
           pass := pass+digit;
           count := count+1;
            if count = 3 then
            if  pass = password.text then          {check password}
              begin{enter menu}
                              pwcheck := true;
                              Memo1.Lines.Add('Password correct');
                              etplay1.Source.FileName :=
'c:\po\wave\menu.wav';
                 etplay1.Device.active := true;
                              Memo1.Lines.Add('Enter menu'); end
{enter menu} else
                begin {password incorrect}
                 Memo1.Lines.Add('Password incorrect');
                 etplay1.Source.filename := 'c:\po\wave\pwinc.wav';
                       etPlay1.Device.Active := true;
                 pass := '';
                 count := 0;
                 end; {end password incorrect}
                       end;
           end;{check pass word}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โปรแกรมส่วนรายงานสถานะอุปกรณ์ทางโทรศัพท์ จะถูกเรียกใช้งานเมื่อเกิด event on receive data ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ โปรแกรมได้รับสถานะที่รายงานกลับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นข้อความว่า 'ON' หรือ 'OFF' จากการที่ส่งข้อความขอสถานะไป แล้วจะนำสถานะนั้นมารายงานทางโทรศัพท์

```
procedure TForm1.CommPortdriverReceiveData(Sender: TObject;
DataPtr: Pointer; DataSize: Cardinal);
var s,wave:string;
 begin
      s := StringOfChar( ' ', DataSize );
       move( DataPtr^, pchar(s)^, DataSize );
       state := s;
      Memo1.Lines.Add('device '+ ch +  ' is '+ state);
      if state = 'ON' then
      begin
            Form1.etplay1.source.filename :=
'c:\po\wave\state.wav';
            Form1.etplay1.Device.Active := true;
            wave :=  'c:\po\wave\'+ch+'.wav';
            Form1.etplay1.Source.filename := wave;
            Form1.etplay1.Device.Active := true;
            Form1.etplay1.Source.filename :=
'c:\po\wave\on.wav';
            Form1.etplay1.Device.Active := true;
             Form1.CommPortDriver1.Disconnect;
      end else
      if state = 'OFF' then
      begin
            Form1.etplay1.source.FileName :=
'c:\po\wave\state.wav';
            Form1.etplay1.Device.Active := true;
            Form1.etplay1.Source.filename :=
'c:\po\wave\'+ch+'.wav';
            Form1.etplay1.Device.Active := true;
            Form1.etplay1.Source.filename :=
'c:\po\wave\off.wav';
            Form1.etplay1.Device.Active := true;
            Form1.CommPortDriver1.Disconnect;
      end else
       begin
            Form1.etplay1.source.filename :=
'c:\po\wave\error.wav';
            Form1.etplay1.Device.Active := true;
            Form1.etline1.Call.Hangup;
            Form1.Commportdriver1.Disconnect;
      end;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการทดลอง

สัญญาณต่างๆที่ออกจาก serial port ซึ่งเป็น รหัส binary จะถูกแปลงเป็นรหัส ASCII เป็นคำสั่งต่างๆ ดังในตาราง 4.I

รหัส Binary	รหัส ASCII	เป็นคำสั่ง
0110001	1	ขอสถานะจากอุปกรณ์ที่ 1
0110010	2	ขอสถานะจากอุปกรณ์ที่ 2
0110011	3	ขอสถานะจากอุปกรณ์ที่ 3
0110100	4	ขอสถานะจากอุปกรณ์ที่ 4
0110101	5	ขอสถานะจากอุปกรณ์ที่ 5
0110110	6	ขอสถานะจากอุปกรณ์ที่ 6
0110111	7	ขอสถานะจากอุปกรณ์ที่ 7
0111000	8	ขอสถานะจากอุปกรณ์ที่ 8
1100001	a	สั่งเปิดอุปกรณ์ที่ 1
1100010	b	สั่งเปิดอุปกรณ์ที่ 2
1100011	c	สั่งเปิดอุปกรณ์ที่ 3
1100100	d	สั่งเปิดอุปกรณ์ที่ 4
1100101	e	สั่งเปิดอุปกรณ์ที่ 5
1100110	f	สั่งเปิดอุปกรณ์ที่ 6
1100111	g	สั่งเปิดอุปกรณ์ที่ 7
1101000	h	สั่งเปิดอุปกรณ์ที่ 8

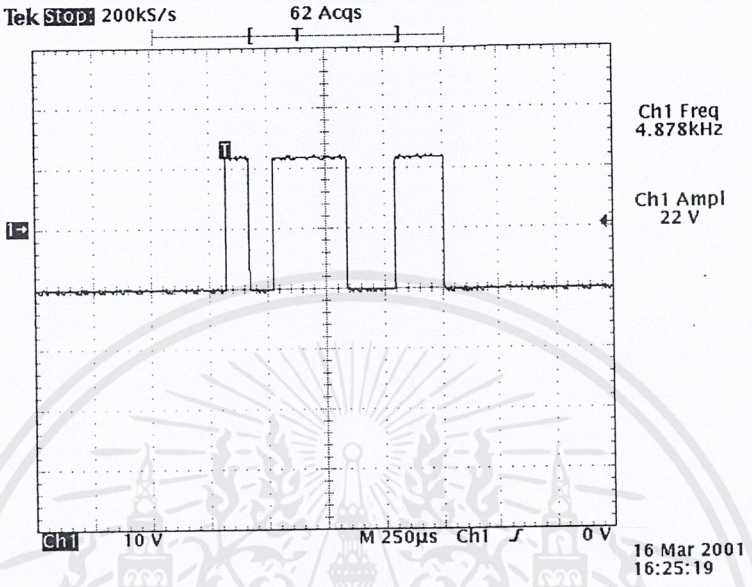
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส Binary	รหัส ASCII	เป็นคำสั่ง
1000001	A	สั่งปิดอุปกรณ์ที่ 1
1000010	B	สั่งปิดอุปกรณ์ที่ 2
1000011	C	สั่งปิดอุปกรณ์ที่ 3
1000100	D	สั่งปิดอุปกรณ์ที่ 4
1000101	E	สั่งปิดอุปกรณ์ที่ 5
1000110	F	สั่งปิดอุปกรณ์ที่ 6
1000111	G	สั่งปิดอุปกรณ์ที่ 7
1001000	H	สั่งปิดอุปกรณ์ที่ 8
1001110	N	ส่ง 'N' กลับไปยัง computer
1001111	O	ส่ง 'O' กลับไปยัง computer

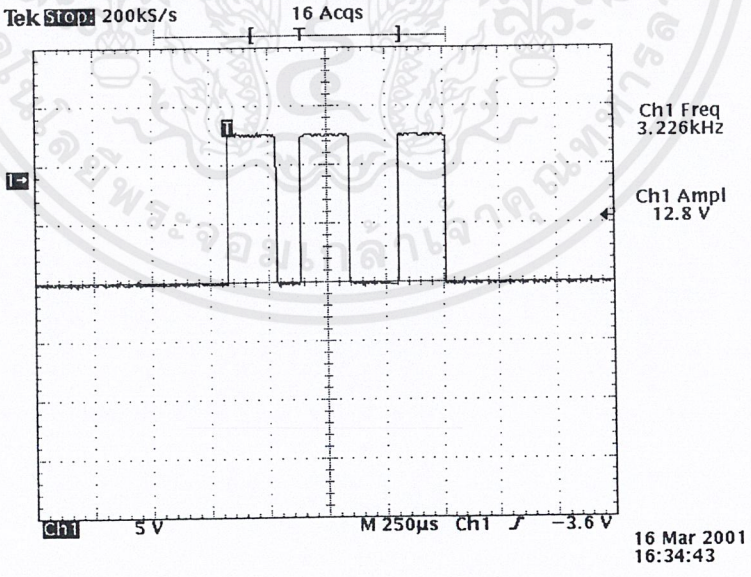
ตารางที่ 4.1 แสดงความหมายของสัญญาณต่างๆ ที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์ ผ่าน serial port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 รูปสัญญาณที่ส่งจาก serial port ของคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นรหัสควบคุม

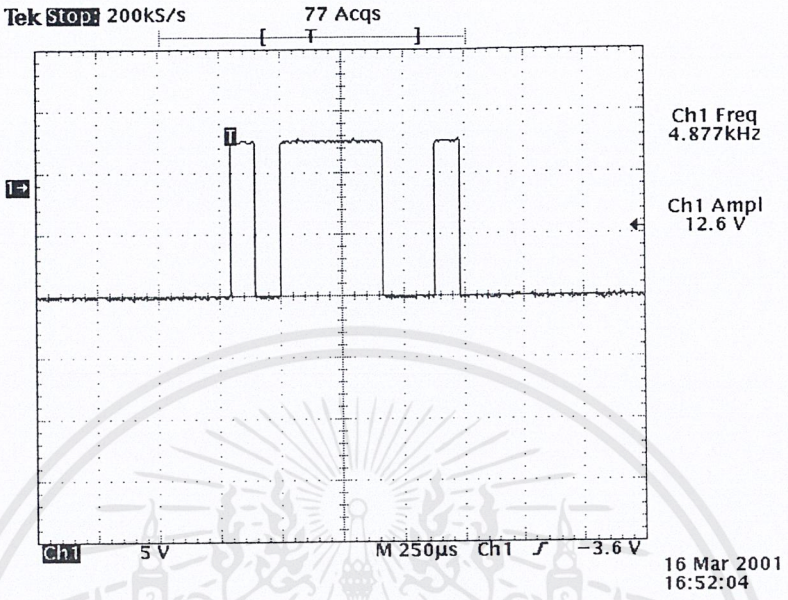


รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส binary คือ0110001 จะตรงกับ รหัส ASCII คือ เลข '1' เพื่อขอสถานะของอุปกรณ์ที่ 1

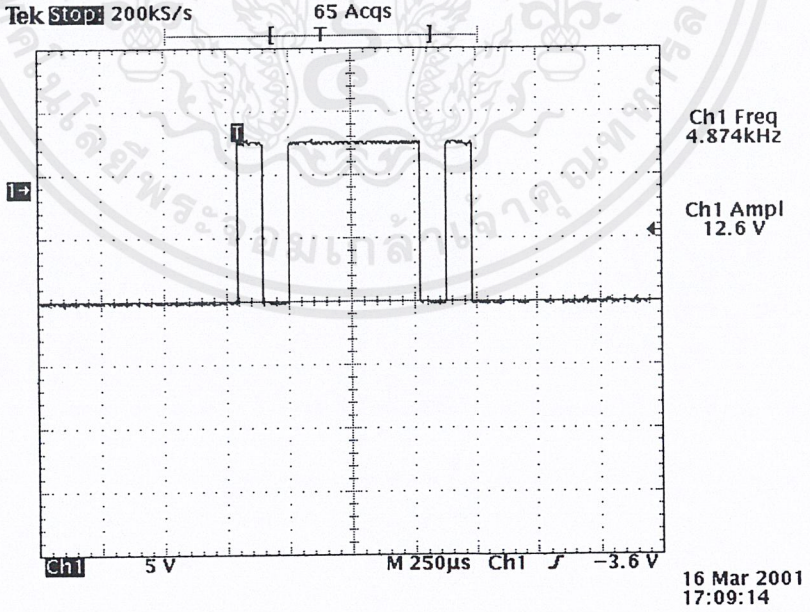


รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส binary คือ 0110010 จะตรงกับ รหัส ASCII คือเลข '2' เพื่อขอสถานะของอุปกรณ์ที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

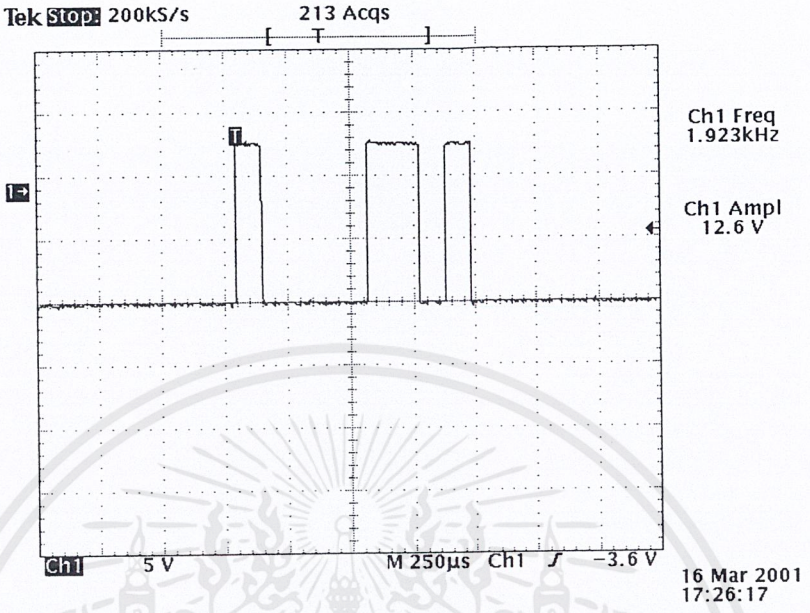


รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส binary คือ1100001 จะตรงกับรหัส ASCII คือตัว 'a' เพื่อสั่งเปิดอุปกรณ์ที่ 1

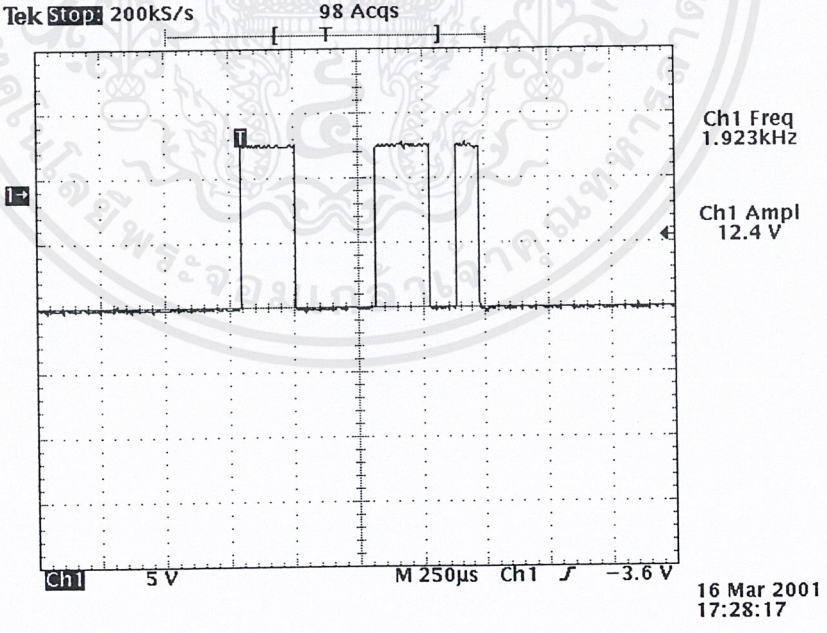


รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส binary คือ 1000001 จะตรงกับรหัส ASCII คือตัว 'A' เพื่อสั่งปิดอุปกรณ์ที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส binary คือ 1001111 จะตรงกับ รหัส ASCII คือ ตัว 'O' เพื่อส่งตัว 'O' กลับไปยังคอมพิวเตอร์



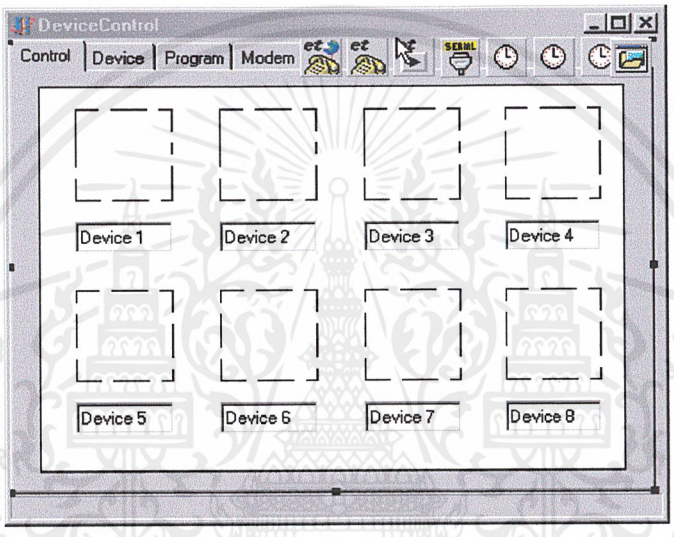
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณที่ส่งจาก serial port เป็นรหัส binary คือ 1001110 จะตรงกับ รหัส ASCII คือ ตัว 'N' เพื่อส่งตัว 'N' กลับไปยังคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

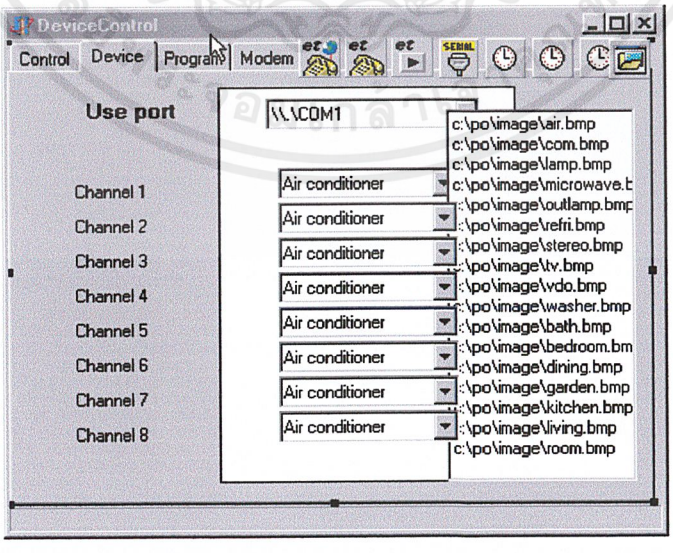
4.2 รายละเอียดของโปรแกรมทั้งหมด

1.โปรแกรมส่วนควบคุมทางหน้าจอ จะมี Tab sheet ที่เกี่ยวข้องด้วย 2 ส่วนคือ 'Control' และ 'Device' โดย 'Control' จะเป็นส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ และ 'Device' จะเป็นส่วนของการตั้งค่า เลือกรูปที่จะใช้แทนอุปกรณ์ในการควบคุม มีรายละเอียดโปรแกรม event และ method ที่สำคัญดังนี้

- เมื่อมีการเลือก Tab sheet 'Control' จะเกิด event 'on tab sheet show' เกิดขึ้น file รูปภาพที่ถูกกำหนดจากการเลือกรูปอุปกรณ์ ใน Tab sheet 'Device' จะถูก load ขึ้นมาบนตำแหน่งของรูปแทนอุปกรณ์ รวมทั้งชื่ออุปกรณ์ นั้น ๆด้วย ทำให้เราสามารถเลือกรูปอุปกรณ์ที่จะควบคุมใน หน้า 'Control' ได้จากอุปกรณ์ที่มีให้เลือกใน หน้าจอ 'Device' โดยที่หน้าจอ Device จะมี รายชื่อของ file รูปภาพที่ใช้อยู่ด้วย



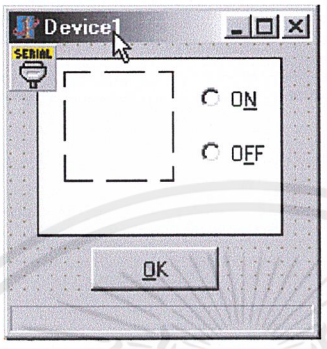
รูปที่ 4.7 แสดงหน้าต่างควบคุมขณะการออกแบบ



รูปที่ 4.8 แสดงหน้าต่างอุปกรณ์ขณะออกแบบ

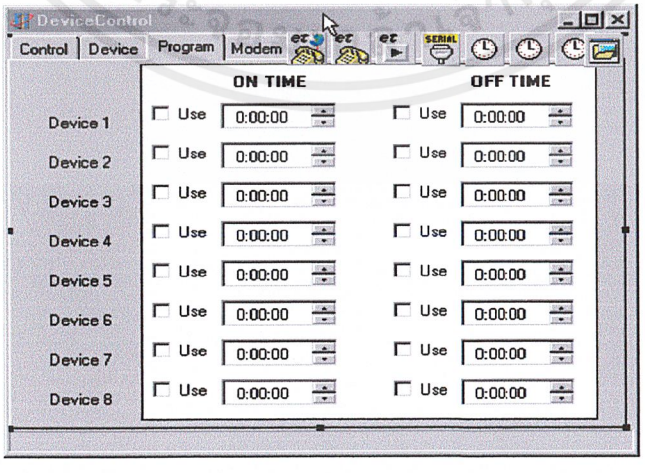
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อผู้ใช้ click mouse ที่รูปแทนอุปกรณ์ จะเกิด event ‘on click image’ ขึ้น และโปรแกรมก็จะส่งคำสั่ง ของสถานะไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งก็จะตอบกลับสถานะมายังคอมพิวเตอร์ แล้วโปรแกรมก็จะแสดง หน้าต่างย่อยอุปกรณ์ขึ้นมาเพื่อ แสดงสถานะของอุปกรณ์ที่เลือก และเมื่อผู้ใช้เลือกเปิดหรือปิดอุปกรณ์จาก Radio button เมื่อกดปุ่ม ‘OK’ โปรแกรมก็จะส่งคำสั่งเปิด หรือ ปิดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และปิดหน้าต่างย่อยอุปกรณ์ เพื่อกลับมาสู่หน้าจอเตรียมพร้อมดังเดิม



รูปที่ 4.9 แสดงหน้าต่างย่อยอุปกรณ์ขณะออกแบบ

2.โปรแกรมส่วนควบคุมด้วยการตั้งเวลา จะประกอบด้วย Tab sheet ‘Program’ที่จะประกอบด้วย Get time component ซึ่งจะใช้ในการตั้งเวลา และ check box ที่จะใช้เลือกว่าจะตั้งเวลาหรือไม่ โดยการทำงานจะใช้ Timer component เป็นตัวสร้าง event โดย timer นี้ จะมี event ‘on timer’ ขึ้นมาเมื่อเวลาผ่านไปตามที่กำหนดไว้ใน inteval โดยได้กำหนดไว้ที่ ทุก 1 วินาที เมื่อเกิด event ‘on timer’ ขึ้น โปรแกรมก็จะตรวจสอบที่ check box ว่ามีการใช้การตั้งเวลาหรือไม่ ถ้ามี จึงจะตรวจสอบเวลาที่ตั้งกับเวลาปัจจุบัน ถ้าพบว่าตรงกัน ก็จะทำการส่งคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเปิดและปิดอุปกรณ์ โดยใช้โปรแกรมย่อยเปิด-ปิด เดียวกับโปรแกรมในส่วนควบคุมทางหน้าจอ นั่นเอง



รูปที่ 4.10 แสดงหน้าต่าง ตั้งเวลาขณะออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.โปรแกรมส่วนควบคุมด้วยการสั่งงานทางโมเด็ม จะประกอบด้วย Tab sheet 'Modem' ซึ่งจะประกอบด้วย componet ที่จัดการโมเด็มคือ etline , etphone , etplay โดยมีevent และ method ดังนี้

- โมเด็มจะใช้งานได้จะต้องมีการเลือก Active ที่ checkbox เสียก่อนเมื่อมีการเลือกแล้วโปรแกรมจะตรวจสอบว่า มีการตั้งค่ารหัสผ่าน และ จำนวนสัญญาณกริ่งหรือยัง ถ้ายังก็ไม่สามารถทำงานได้ ถ้าตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว ก็จะแสดงสถานะในหน้าต่างสถานะว่า พร้อม และรอการเรียกจากภายนอก

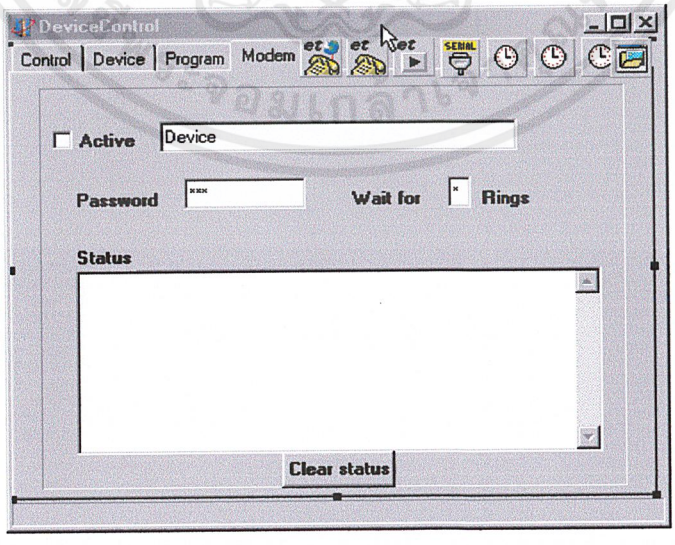
- เมื่อมีการเรียกเข้ามาจากภายนอกเกิดขึ้น หน้าต่างแสดงสถานะจะรายงานโปรแกรมจะนับสัญญาณกระดิ่งจากภายนอกเมื่อถึงค่าที่ตั้งไว้ ก็จะรับโทรศัพท์ ด้วย method 'answer' ทำให้เกิด event 'on connected' เมื่อมีการติดต่อเกิดขึ้น จากนั้น ก็จะ เล่นfile เสียงที่เป็นการตอบรับทางโทรศัพท์ โดยบอกให้ผู้เรียกกดรหัสผ่านเข้าสู่ระบบ โดยการกดรหัสของผู้เรียกจะทำให้เกิด event 'on receive digit' ซึ่งจะรับสัญญาณ DTMF มาเก็บไว้ในตัวแปร digit ซึ่งเราจะนำมาเรียงเป็นรหัสผ่าน ต่อไป

- เมื่อโปรแกรมได้รับรหัสผ่านครบ 3 ตัว ก็จะนำมาเทียบกับรหัสที่ตั้งไว้ในหน้าจอ 'modem' ถ้าถูกต้องก็จะบอกให้ผู้เรียก กดรหัสอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม ถ้าผิดก็จะให้กดรหัสผ่านใหม่ เมื่อรหัสถูกตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว Digit ที่จะรับต่อไปจะเป็นหมายเลขอุปกรณ์ที่ผู้เรียกต้องการควบคุม

- เมื่อโปรแกรมได้รับรหัสที่เป็นอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมก็จะส่งคำสั่งขอสถานะไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อได้รับการตอบกลับมาก็จะ บอกสถานะให้ผู้เรียกทราบ และรอคำสั่ง เปิดปิดต่อไป

- เมื่อ โปรแกรมได้รับคำสั่งเปิดปิด ก็จะทำงานตามคำสั่งนั้น ด้วยโปรแกรมย่อย เปิด-ปิด และโปรแกรมจะอยู่ในสถานะรอการกดคำสั่งผู้เรียกต่อไปจนผู้เรียกวางสาย

- หน้าต่างสถานะภายใน Tab sheet modem จะแสดงการทำงานของโปรแกรม ตั้งแต่เริ่มการ setup การตอบรับ สถานะอุปกรณ์ ไปจนถึงการวางหู ทำให้สามารถทราบถึงรายละเอียดการสั่งงานทางโทรศัพท์ได้จากทางหน้าจอ



รูปที่ 4.11 แสดงภาพหน้าต่างโมเด็มขณะออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของการทดลองrunโปรแกรมการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์

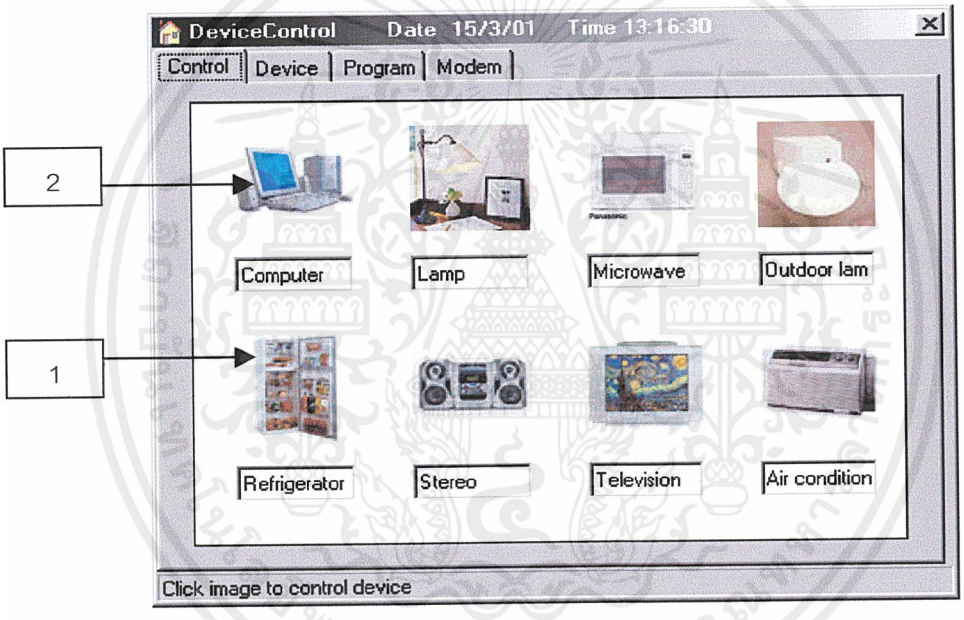
โปรแกรมที่ใช้ในการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งถูกพัฒนาด้วย Delphi5 ทำงานบน windows95-98 โดยจะทำงานร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยตัวโปรแกรมจะประกอบด้วย

Main Form (Main.pas) ซึ่งเป็นหน้าต่างหลักของโปรแกรมที่ประกอบด้วย Tabsheet 4 ที่จะเป็นส่วนของการควบคุมในรูปแบบต่างๆ และการตั้งค่าต่างๆ ของโปรแกรม

Device Form (Dvform.pas) ซึ่งเป็น หน้าต่างย่อยจำนวน 8 Formที่จะถูกเรียกขึ้นมา เพื่อแสดงสถานะของอุปกรณ์ และ ควบคุมอุปกรณ์ในแบบใช้คนควบคุมโดยส่วนประกอบของหน้าต่างต่างๆ แสดงขณะใช้งาน มีดังนี้

Main Form จะประกอบด้วย Tab sheet 4 หน้ามีดังนี้

- Tab sheet 'Control' เป็น หน้าต่าง ที่ใช้ในควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ แบบ manual โดขณะใช้งานจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

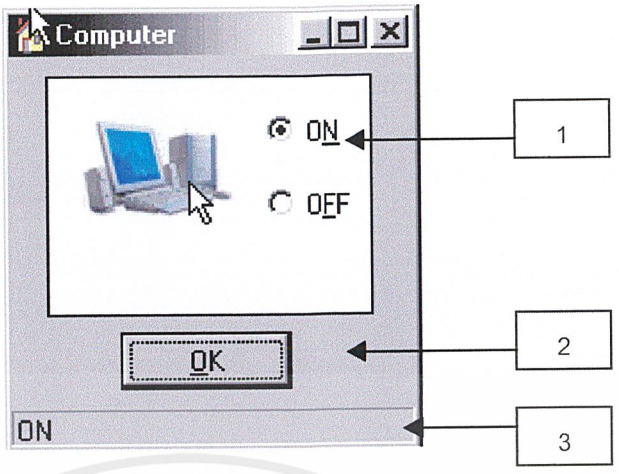


รูปที่ 4.12 แสดงหน้าต่างควบคุมขณะใช้งาน

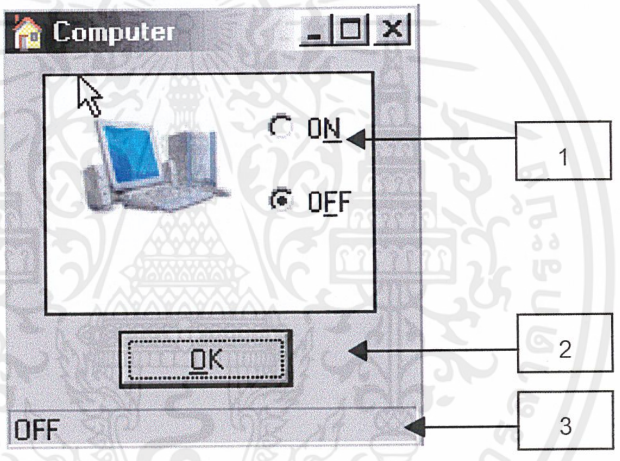
1. ชื่ออุปกรณ์ จะเป็นชื่อที่สามารถกำหนดได้ สำหรับอุปกรณ์ แต่ละชนิด โดยปกติชื่อนี้จะกำหนดอัตโนมัติ ตามรูปแทนอุปกรณ์ที่เลือก สำหรับช่องการควบคุมนั้นๆ

2. รูปแทนอุปกรณ์ที่จะสั่งงานเปิด-ปิด ในโปรแกรมนี้จะใช้ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ได้ 8 ช่องสัญญาณควบคุม โดยรูปแทนอุปกรณ์นี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยเลือกจากรูปอุปกรณ์ที่มีให้เลือก 14 อย่าง ซึ่งจะเลือกจะทำได้ใน Tab sheet 'Device' โดยการควบคุมอุปกรณ์ทำได้โดยการ click mouse ที่รูปแทนอุปกรณ์ ที่ต้องการ โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างย่อยอุปกรณ์ (Device Form) ที่จะแสดงสถานะของอุปกรณ์ นั้น ๆ และการสั่งงานเปิด-ปิด อุปกรณ์ ก็จะทำได้บน หน้าต่างย่อยอุปกรณ์นี้ หน้าต่างย่อยอุปกรณ์ มีส่วนประกอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 หน้าต่างย่อยแสดงสถานะเปิด



รูปที่ 4.14 หน้าต่างย่อยแสดงสถานะปิด

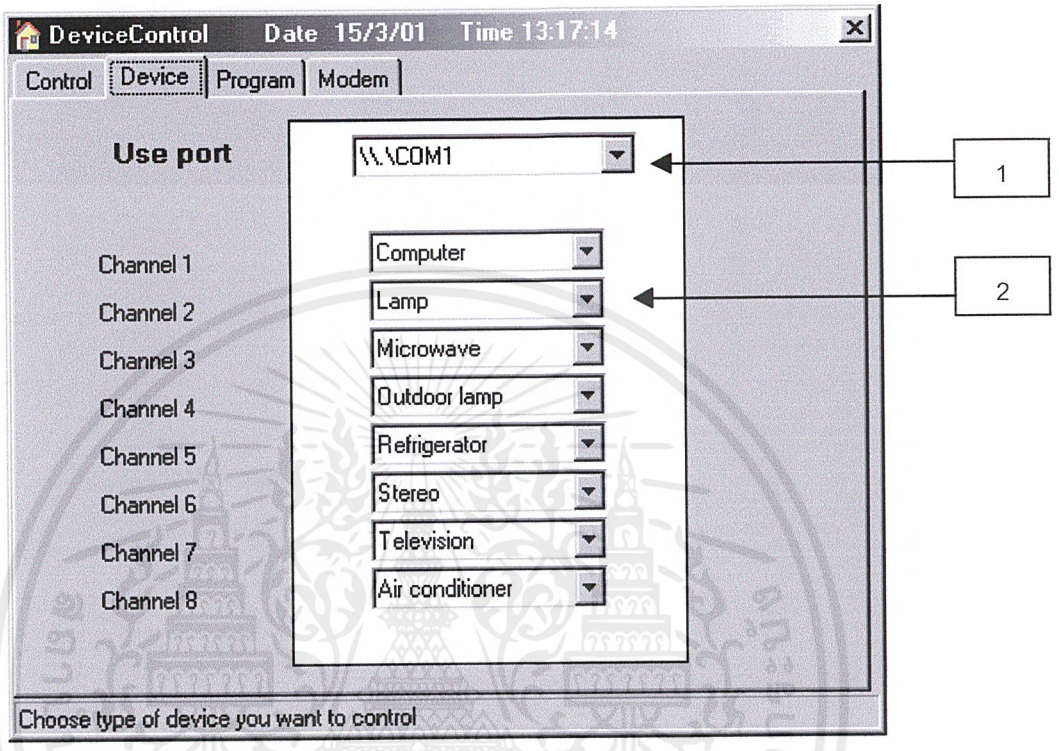
1. Radio button ซึ่งจะเป็นตัวแสดงสถานะของอุปกรณ์ว่าขณะนี้ เปิดหรือปิด และจะเป็นสวิตท์ที่จะใช้เปิด-ปิดอุปกรณ์ อีกด้วย

2. ปุ่มยืนยันการเปิด หรือ ปิดอุปกรณ์ โดย อุปกรณ์จะถูกสั่งปิดหรือเปิด หลังจากกดปุ่มนี้ และหน้าต่างย่อยอุปกรณ์ จะถูกปิดลงไป เมื่อการเปิด-ปิด เสร็จสิ้น

3. แถบสถานะ แสดงสถานะอุปกรณ์ ที่รายงานมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นคำว่า 'ON' หรือ 'OFF' โดยแถบสถานะนี้จะเป็น ตัวยืนยันว่าการติดต่อกับบอร์ดนั้น ถูกต้องอีกด้วย โดยถ้าการติดต่อและการทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกต้อง แถบสถานะนี้จะแสดงสถานะของอุปกรณ์เสมอ ถ้าไม่แสดง แสดงว่ามีเหตุผิดพลาดเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Tab sheet 'Device' เป็นหน้าต่างที่ใช้ในการเลือกรูปอุปกรณ์ที่จะใช้ในการควบคุมและยังเป็นหน้าต่างที่ใช้เลือกพอร์ทสื่อสารอนุกรมให้กับโปรแกรมอีกด้วย โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ที่แสดงขณะใช้งานดังนี้



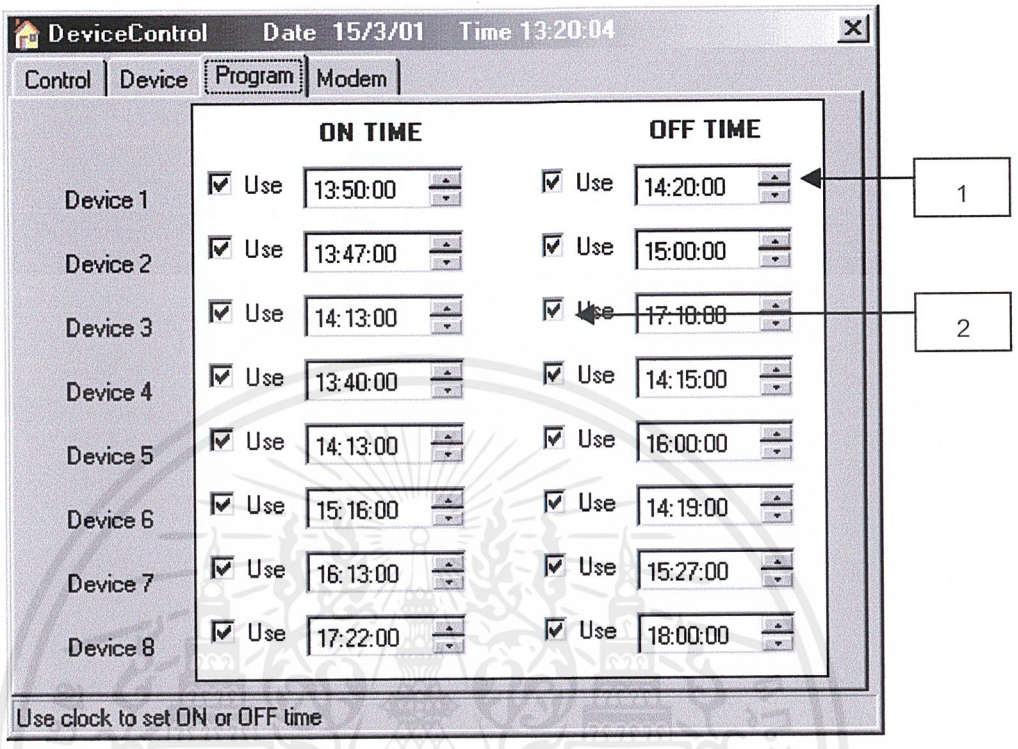
รูปที่ 4.15 หน้าต่างอุปกรณ์ขณะใช้งาน

1.เป็น Combo box ที่ใช้ในการเลือกพอร์ทสื่อสารอนุกรมที่จะใช้กับโปรแกรม โดยจะเลือกจาก ตัวเลือกที่มีอยู่ใน combobox

2.เป็น Combo box ที่ใช้ในการเลือกรูปแทนอุปกรณ์ ที่จะใช้ใน Tab sheet 'Control' โดยจะมีรูปให้เลือก 17 ชนิด โดยจะมีทั้งที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปในกรณีที่ต้องการควบคุมอุปกรณ์แต่ละชนิดโดยตรง และเป็นรูปห้อง ในกรณีที่ต้องการควบคุม แบบเปิด-ปิด ไฟในแต่ละห้อง โดยรูปอุปกรณ์ที่เลือก จะถูกนำไปใช้ทั้งในหน้าจอ control และในหน้าต่างย่อยอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Tab sheet 'Program' เป็นหน้าต่างที่ใช้ในการตั้งเวลา เปิด- ปิดอุปกรณ์ โดยจะเป็นการตั้งเวลาแบบอ้างอิงเวลาจริง โดยประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ขณะใช้งาน ดังนี้



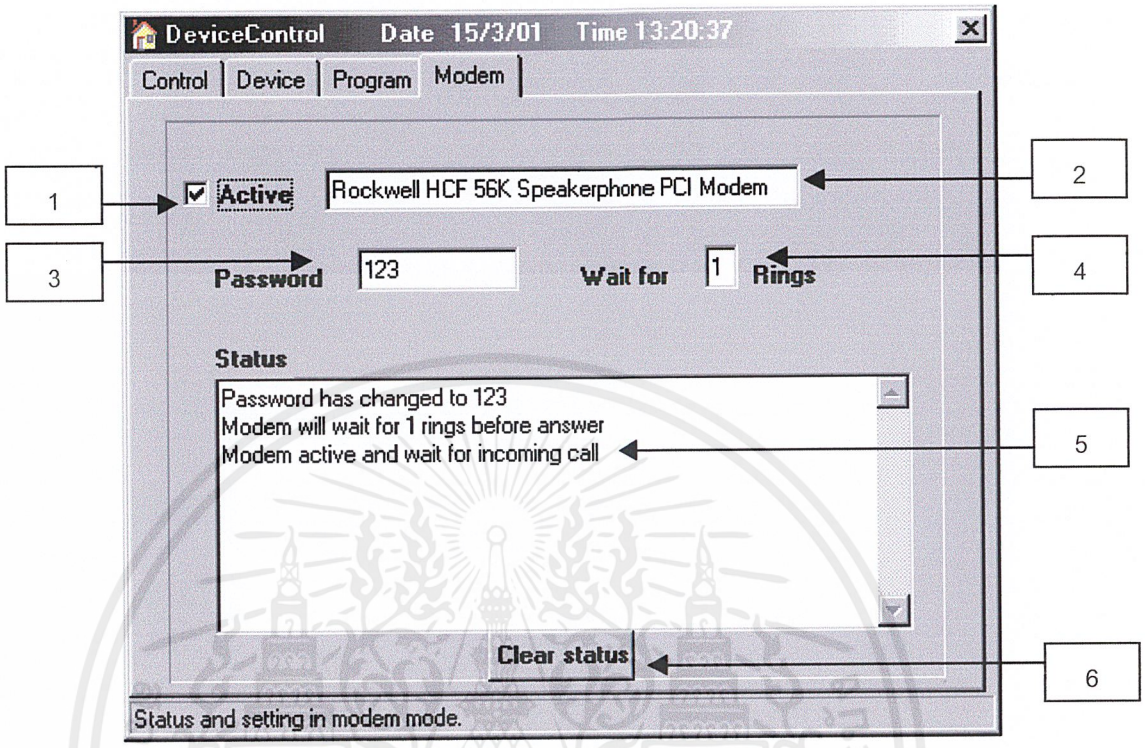
รูปที่ 4.16 หน้าต่างตั้งเวลาขณะใช้งาน

1. Get time ทำหน้าที่ตั้งเวลาที่จะเปิดหรือปิดอุปกรณ์ โดยสามารถตั้งเวลา โดยการเลื่อนปุ่มขึ้นลง หรือการป้อนเวลาด้วยคีย์บอร์ดก็ได้

2. Checkbox ใช้ในการเลือกที่จะใช้การตั้งเวลาที่มีการตั้งไว้หรือไม่ในกรณีที่ไม่ต้องการตั้งเวลาใหม่ แต่จะเลิกใช้ การตั้งเวลาในบางครั้งเป็นต้นโดยการเลือก และการยกเลิก จะทำได้โดยการ click mouse ที่ check box ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Tab sheet 'Modem' เป็นหน้าต่างที่รองรับการควบคุมทางโทรศัพท์ โดยจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ขณะใช้งาน ดังนี้



รูปที่ 4.17 หน้าต่างโมเด็มขณะใช้งาน

1. Active Check box ใช้ในการเริ่มใช้ระบบสั่งงานทางโมเด็ม โดยจะทำการเปิดพอร์ทและรอการเรียกเข้า จากภายนอก

2. Device Name จะแสดงชื่อโมเด็มที่มีอยู่ในเครื่องและใช้งานอยู่ โดยจะหาและ setup โดยอัตโนมัติ

3. Password จะใช้ในการตั้งรหัสผ่านในการเข้าสู่ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทางโมเด็ม โดยรหัสจะเป็นตัวเลข สามหลักระหว่าง '000'-'999' ถ้ารหัสผิดก็ไม่สามารถเข้าสู่ระบบได้

4. Ring จะใช้ตั้งค่าของเสียงกระดิ่ง Ringing Tone ที่มีเข้ามาว่าจะให้มี Ring เข้ามากี่ครั้งจึงจะรับสาย โดยมีค่า ระหว่าง 1-9

5. Status ใช้ในการแสดงสถานะการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรม ในส่วนของโมเด็ม ทำให้สามารถรู้ รายละเอียด ขั้นตอน และคำสั่งต่างๆ ที่ใช้ผู้โทรศัพท์เข้ามาสั่งงาน ตั้งแต่มีเสียงเรียกเข้าจนวางหู โดยสถานะดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

- เมื่อมีการตั้งค่าต่างๆ และให้โมเด็มทำงาน จะแสดงสถานะ 'Modem active wait for incoming call'

- เมื่อได้รับสัญญาณกระดิ่ง จะแสดงสถานะ 'On ring ' และจำนวนสัญญาณที่ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อการติดต่อสำเร็จจะแสดงสถานะ ‘Onconnect’

- เมื่อมีการกล่าวต้อนรับจะแสดงสถานะ ‘Play greeting’ , ‘wait for password’

- เมื่อได้รับรหัสผ่านไม่ถูกต้อง จะแสดงสถานะ ‘password incorrect’

- เมื่อได้รับรหัสที่ถูกต้อง จะเข้าสู่เมนู และแสดงสถานะ ‘password correct enter menu’

-เมื่อได้รับรหัสอุปกรณ์จะแสดงสถานะอุปกรณ์พร้อมทั้งบอกสถานะแก่ผู้เรียกทางโทรศัพท์ว่า ‘Device _ is on’ หรือ ‘Device _ is off’ โดยช่องว่างจะเป็นหมายเลขอุปกรณ์ที่เลือกควบคุม

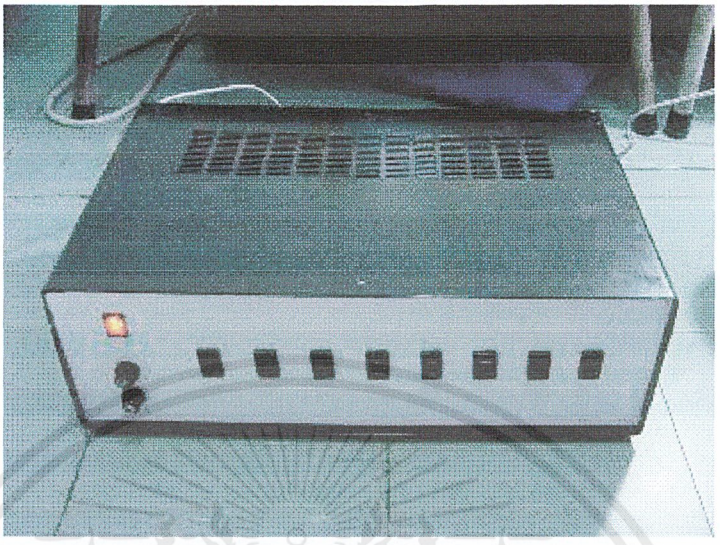
- เมื่อได้รับคำสั่ง เปิด-ปิด จะแสดงคำสั่ง ‘Turn on device’ หรือ ‘Turn off device’ จากนั้นก็จะแสดงสถานะของอุปกรณ์อีกครั้ง

-เมื่อผู้เรียกวางหูจะแสดงสถานะ ‘call end’ และวางหูเพื่อรอการเรียกเข้าครั้งต่อไป

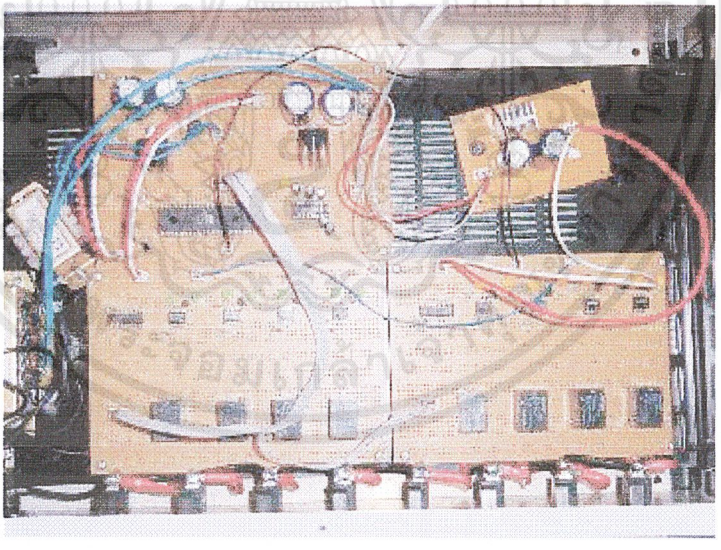
6. Clear button ใช้ในการล้าง การแสดงสถานะ ในแผ่นแสดงสถานะทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองโครงงาน

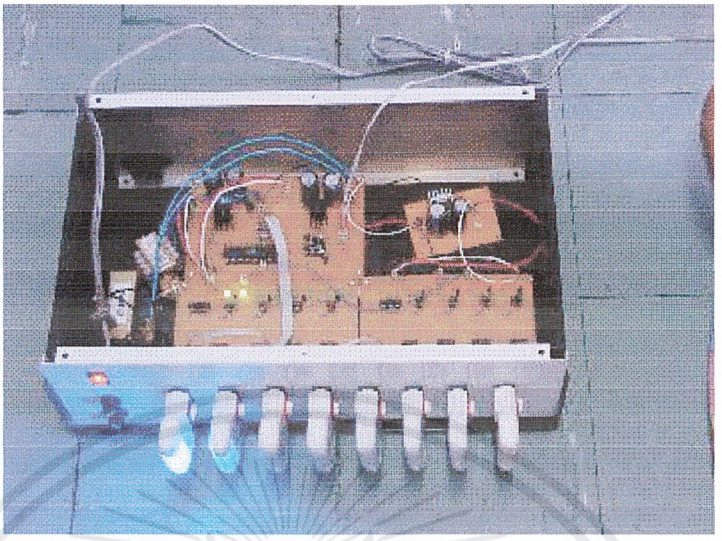


รูปที่ 4.18 แสดงรูปแบบภายนอกของเครื่องควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

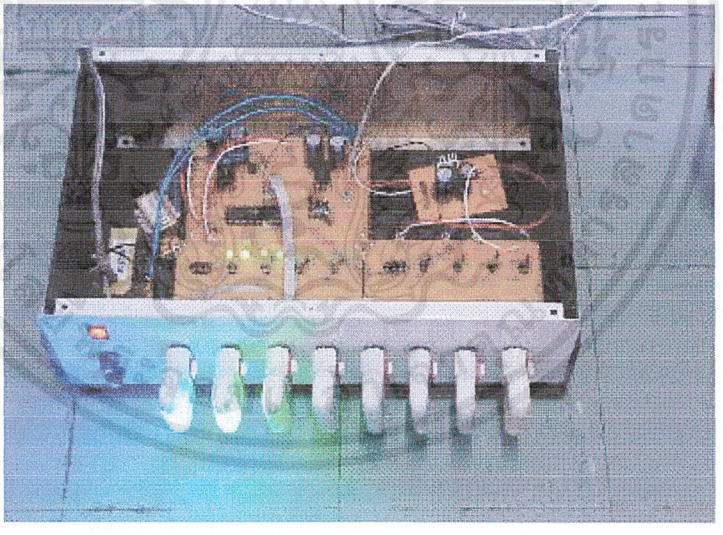


รูปที่4.19 แสดงรูปแบบวงจรภายในของเครื่องควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

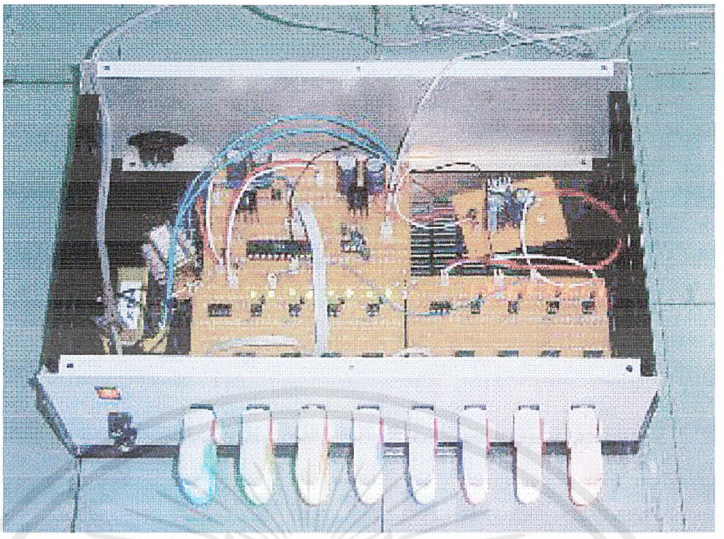


รูปที่ 4.20 แสดงการสั่งเปิดหลอดไฟ 1 ดวง

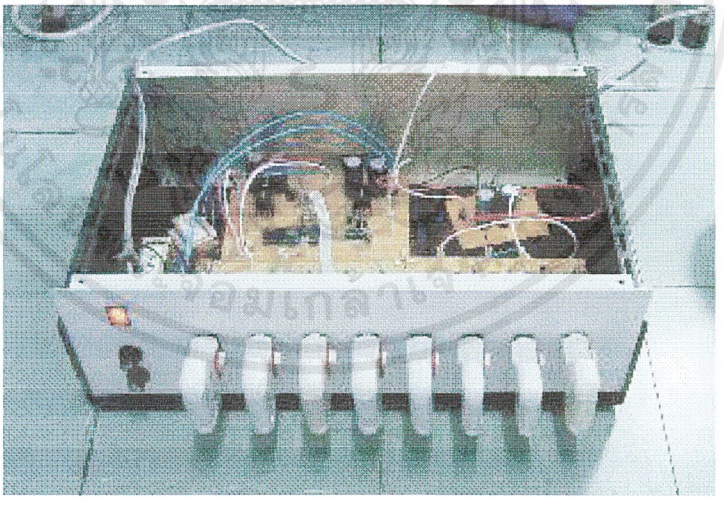


รูปที่4.21 แสดงการสั่งเปิดหลอดไฟ 2 ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 แสดงการสั่งเปิดหลอดไฟทุกดวง



รูปที่ 4.23 แสดงการสั่งปิดหลอดไฟทุกดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

บทสรุปและวิจารณ์

สรุปผลการทดลอง

ส่วนของโปรแกรม จากการทดลอง run โปรแกรมร่วมกันระหว่างโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ กับโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด พบว่า ทั้ง 2 โปรแกรมสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้อง คือ โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์สามารถแสดงสถานะ การเปิด-ปิด ของ Relay switch ได้อย่างถูกต้อง ทั้งการรายงานด้วยข้อความ 'On' ,'Off' และการรายงานด้วยเสียงพูดในกรณีที่เป็นการควบคุมด้วยโมเด็ม และการสั่งเปิด-ปิด อุปกรณ์ ก็สามารถทำได้ถูกต้อง ทั้งการควบคุมทางหน้าจอ การควบคุมด้วยการตั้งเวลา และการควบคุมผ่านโมเด็ม

ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด จากการ burn โปรแกรมลงไป แล้วทดลองใช้งาน พบว่าโปรแกรมสามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ได้อย่างถูกต้อง และสามารถเปิดปิด Relay switch ตามคำสั่งควบคุมจากคอมพิวเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

ส่วนของ Relay switch board จากการทดลองด้วยหลอดไฟที่ใช้ไฟ 220V AC เมื่อมีการสั่งงานจากคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะทั้งการควบคุมทางหน้าจอ การควบคุมด้วยการตั้งเวลา และการควบคุมผ่านโมเด็ม ก็สามารถเปิด-ปิดไฟได้ถูกต้อง เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์ , ปิยพงศ์ เผ่าวณิช "คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทลเลอร์ MSC-51", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน)
2. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ "การใช้งานไมโครคอนโทลเลอร์ตระกูล MCS-51", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ORG  8100H

SETP:  MOV     TMOD,#20H
       MOV     SCON,#52H
       MOV     TH1,#0FDH
       SETB    TR1
       LJMP    MAIN

SB:    JNB     TI,$
       CLR     TI
       MOV     SBUF,A
       RET
RB:    JNB     RI,$   ;รอจนกว่า RI=1
       CLR     RI
       MOV     A,SBUF
       RET

MAIN:  LCALL   RB
       CJNE    A,#'1',C2
       LJMP    S1
C2:    CJNE    A,#'2',C3
       LJMP    S2
C3:    CJNE    A,#'3',C4
       LJMP    S3
C4:    CJNE    A,#'4',C5
       LJMP    S4
C5:    CJNE    A,#'5',C6
       LJMP    S5
C6:    CJNE    A,#'6',C7
       LJMP    S6
C7:    CJNE    A,#'7',C8
       LJMP    S7
C8:    CJNE    A,#'8',CA
       LJMP    S8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CA:   CJNE   A,#'a',CB
      LJMP   N1
CB:   CJNE   A,#'b',CC
      LJMP   N2
CC:   CJNE   A,#'c',CD
      LJMP   N3
CD:   CJNE   A,#'d',CE
      LJMP   N4
CE:   CJNE   A,#'e',CF
      LJMP   N5
CF:   CJNE   A,#'f',CG
      LJMP   N6
CG:   CJNE   A,#'g',CH
      LJMP   N7
CH:   CJNE   A,#'h',CUA
      LJMP   N8
CUA:  CJNE   A,#'A',CUB
      LJMP   F1
CUB:  CJNE   A,#'B',CUC
      LJMP   F2
CUC:  CJNE   A,#'C',CUD
      LJMP   F3
CUD:  CJNE   A,#'D',CUE
      LJMP   F4
CUE:  CJNE   A,#'E',CUF
      LJMP   F5
CUF:  CJNE   A,#'F',CUG
      LJMP   F6
CUG:  CJNE   A,#'G',CUH
      LJMP   F7
CUH:  CJNE   A,#'H',RS
      LJMP   F8
RS:   LJMP   SETP
S1:   JNB    P1.0,SF
      LJMP   SN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
S2:     JNB     P1.1,SF
        LJMP    SN
S3:     JNB     P1.2,SF
        LJMP    SN
S4:     JNB     P1.3,SF
        LJMP    SN
S5:     JNB     P1.4,SF
        LJMP    SN
S6:     JNB     P1.5,SF
        LJMP    SN
S7:     JNB     P1.6,SF
        LJMP    SN
S8:     JNB     P1.7,SF
        LJMP    SN

SF:     MOV     A,#'O'
        LCALL   SB
        MOV     A,#'F'
        LCALL   SB
        MOV     A,#'F'
        LCALL   SB
        LJMP    MAIN
SN:     MOV     A,#'O'
        LCALL   SB
        MOV     A,#'N'
        LCALL   SB
        LJMP    MAIN

N1:     SETB    P1.0
        LJMP    MAIN
N2:     SETB    P1.1
        LJMP    MAIN
N3:     SETB    P1.2
        LJMP    MAIN
N4:     SETB    P1.3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP    MAIN
N5:     SETB    P1.4
        LJMP    MAIN
N6:     SETB    P1.5
        LJMP    MAIN
N7:     SETB    P1.6
        LJMP    MAIN
N8:     SETB    P1.7
        LJMP    MAIN

F1:     CLR     P1.0
        LJMP    MAIN
F2:     CLR     P1.1
        LJMP    MAIN
F3:     CLR     P1.2
        LJMP    MAIN
F4:     CLR     P1.3
        LJMP    MAIN
F5:     CLR     P1.4
        LJMP    MAIN
F6:     CLR     P1.5
        LJMP    MAIN
F7:     CLR     P1.6
        LJMP    MAIN
F8:     CLR     P1.7
        LJMP    MAIN

END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

VDE	UL	CSA	SETI	SEMKO	DEMKO	NEMKO	BABT

6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

4N25*
4N25A*
4N26*
[CTR = 20% Min]
4N27
4N28
[CTR = 10% Min]
*Motorola Preferred Devices
STYLE 1 PLASTIC

The 4N25/A, 4N26, 4N27 and 4N28 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Most Economical Optoisolator
- Meets or Exceeds all JEDEC Registered Specifications

Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- I/O Interfacing
- Solid State Relays

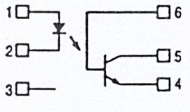
STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04

"T" LEADFORM
WIDE SPACED 0.4"
CASE 730D-05

"S"/"F" LEADFORM
SURFACE MOUNT
CASE 730C-04
(STANDARD PROFILE)

CASE 730F-04
(LOW PROFILE)

SCHEMATIC



PIN 1. LED ANODE
2. LED CATHODE
3. N.C.
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ T_A = 25°C with Negligible Power in Output Detector	P_D	120	mW
Derate above 25°C		1.41	mW/°C
OUTPUT TRANSISTOR			
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	30	Volts
Emitter-Collector Voltage	V_{ECO}	7	Volts
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ T_A = 25°C with Negligible Power in Input LED	P_D	150	mW
Derate above 25°C		1.76	mW/°C
TOTAL DEVICE			
Isolation Surge Voltage (1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac
Total Device Power Dissipation @ T_A = 25°C	P_D	250	mW
Derate above 25°C		2.94	mW/°C
Ambient Operating Temperature Range (2)	T_A	−55 to +100	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T_L	260	°C

(1) Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

(2) Refer to Quality and Reliability Section for test information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LED						
Forward Voltage (I_F = 10 mA)	T_A = 25°C T_A = −55°C T_A = 100°C	V_F	— — —	1.15 1.3 1.05	1.5 — —	Volts
Reverse Leakage Current (V_R = 3 V)		I_R	—	—	100	μA
Capacitance (V = 0 V, f = 1 MHz)		C_J	—	18	—	pF
OUTPUT TRANSISTOR						
Collector-Emitter Dark Current (V_{CE} = 10 V, T_A = 25°C	4N25,25A,26,27 4N28	I_{CEO}	— —	1 1	50 100	nA
(V_{CE} = 10 V, T_A = 100°C)	All Devices	I_{CEO}	—	1	—	μA
Collector-Base Dark Current (V_{CB} = 10 V)		I_{CBO}	—	0.2	—	nA
Collector-Emitter Breakdown Voltage (I_C = 1 mA)		$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts
Collector-Base Breakdown Voltage (I_C = 100 μA)		$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts
Emitter-Collector Breakdown Voltage (I_E = 100 μA)		$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain (I_C = 2 mA, V_{CE} = 5 V)		h_{FE}	—	500	—	—
Collector-Emitter Capacitance (f = 1 MHz, V_{CE} = 0)		C_{CE}	—	7	—	pF
Collector-Base Capacitance (f = 1 MHz, V_{CB} = 0)		C_{CB}	—	19	—	pF
Emitter-Base Capacitance (f = 1 MHz, V_{EB} = 0)		C_{EB}	—	9	—	pF
COUPLED						
Output Collector Current (I_F = 10 mA, V_{CE} = 10 V)	4N25,25A,26 4N27,28	I_C	2 1	7 5	— —	mA
Collector-Emitter Saturation Voltage (I_C = 2 mA, I_F = 50 mA)		$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5	Volts
Turn-On Time (I_F = 10 mA, V_{CC} = 10 V, R_L = 100 Ω)		t_{on}	—	2.8	—	μs
Turn-Off Time (I_F = 10 mA, V_{CC} = 10 V, R_L = 100 Ω)		t_{off}	—	4.5	—	μs
Rise Time (I_F = 10 mA, V_{CC} = 10 V, R_L = 100 Ω)		t_r	—	1.2	—	μs
Fall Time (I_F = 10 mA, V_{CC} = 10 V, R_L = 100 Ω)		t_f	—	1.3	—	μs
Isolation Voltage (f = 60 Hz, t = 1 sec)		V_{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)
Isolation Resistance (V = 500 V)		R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω
Isolation Capacitance (V = 0 V, f = 1 MHz)		C_{ISO}	—	0.2	—	pF

TYPICAL CHARACTERISTICS

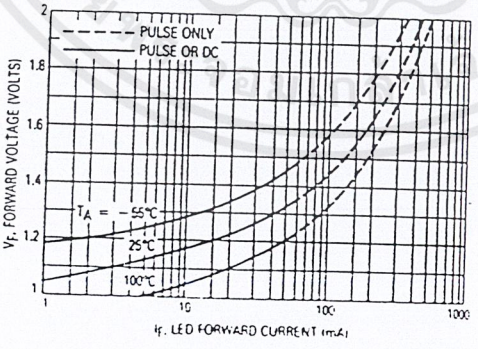


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

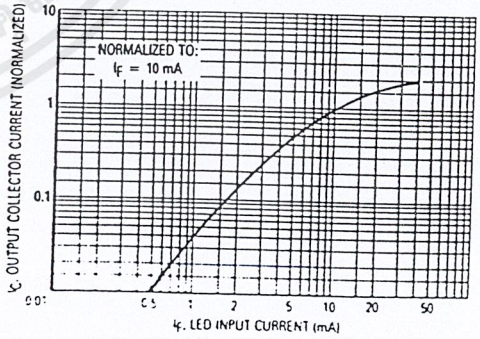


Figure 2. Output Current versus Input Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

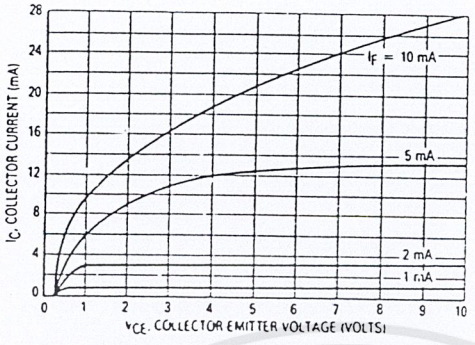


Figure 3. Collector Current versus Collector-Emitter Voltage

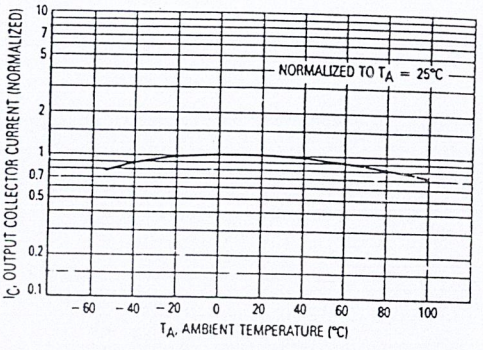


Figure 4. Output Current versus Ambient Temperature

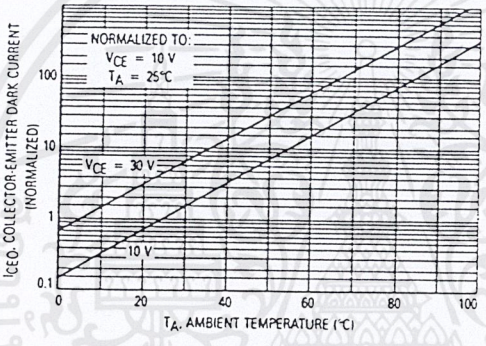


Figure 5. Dark Current versus Ambient Temperature

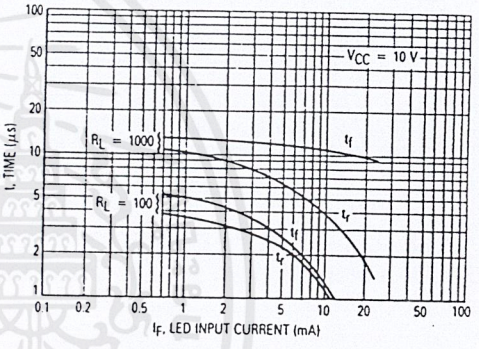


Figure 6. Rise and Fall Times

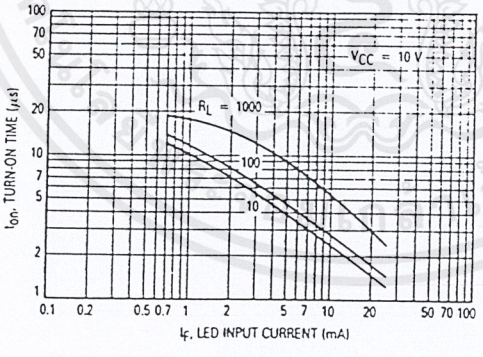


Figure 7. Turn-On Switching Times

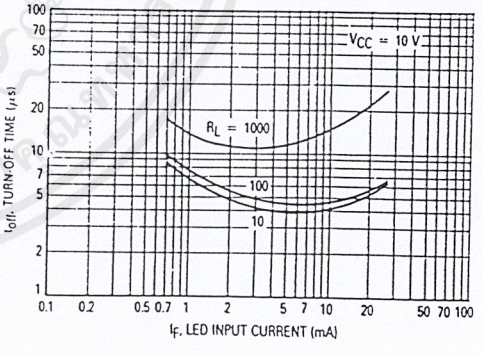


Figure 8. Turn-Off Switching Times

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

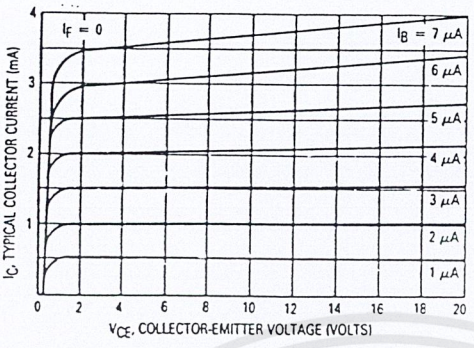


Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)

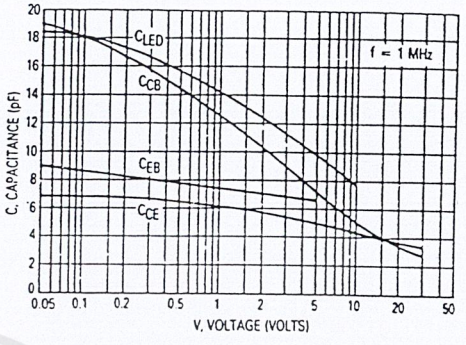


Figure 10. Capacitances versus Voltage

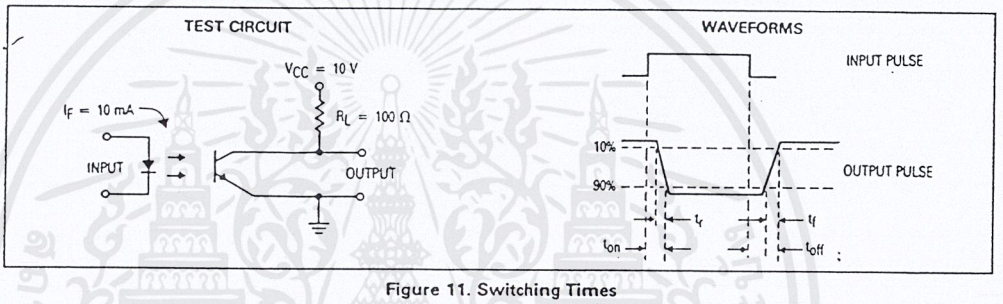
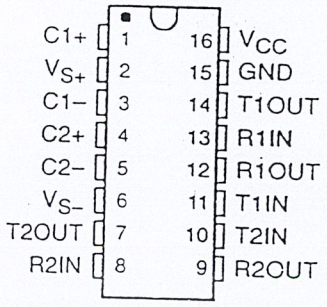


Figure 11. Switching Times

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Operates With Single 5-V Power Supply
- LinBiCMOS™ Process Technology
- Two Drivers and Two Receivers
- ±30-V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- Applications
  - TIA/EIA-232-F
  - Battery-Powered Systems
  - Terminals
  - Modems
  - Computers
- ESD Protection Exceeds 2000 V Per MIL-STD-883, Method 3015
- Package Options Include Plastic Small-Outline (D, DW) Packages and Standard Plastic (N) DIPs

D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)

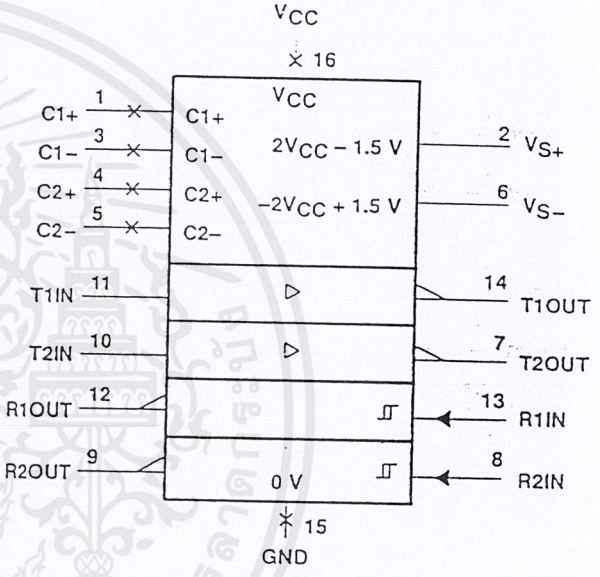


description

The MAX232 device is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

The MAX232 is characterized for operation from 0°C to 70°C. The MAX232I is characterized for operation from –40°C to 85°C.

logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

AVAILABLE OPTIONS

T_A	PACKAGED DEVICES		
	SMALL OUTLINE (D)	SMALL OUTLINE (DW)	PLASTIC DIP (N)
0°C to 70°C	MAX232D‡	MAX232DW‡	MAX232N
–40°C to 85°C	MAX232ID‡	MAX232IDW‡	MAX232IN

‡ This device is available taped and reeled by adding an R to the part number (i.e., MAX232DR).

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC and LinBiCMOS are trademarks of Texas Instruments Incorporated.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1) ..... −0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+} ..... V_{CC} − 0.3 V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-} ..... −0.3 V to −15 V
Input voltage range, V_I: Driver ..... −0.3 V to V_{CC} + 0.3 V
Receiver ..... ±30 V
Output voltage range, V_O: T1OUT, T2OUT ..... V_{S-} −0.3 V to V_{S+} + 0.3 V
R1OUT, R2OUT ..... −0.3 V to V_{CC} + 0.3 V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT ..... Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package ..... 113°C/W
DW package ..... 105°C/W
N package ..... 78°C/W
Storage temperature range, T_{stg} ..... −65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds ..... 260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.5	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH} (T1IN,T2IN)		2			V
Low-level input voltage, V_{IL} (T1IN, T2IN)				0.8	V
Receiver input voltage, R1IN, R2IN				±30	V
Operating free-air temperature, T_A	MAX232	0		70	°C
	MAX232I	−40		85	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-a temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER			TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	R_L = 3 kΩ to GND		5	7		V
		R1OUT, R2OUT	I_{OH} = −1 mA		3.5			
V_{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT	R_L = 3 kΩ to GND			−7	−5	V
		R1OUT, R2OUT	I_{OL} = 3.2 mA				0.4	
V_{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V,	T_A = 25°C		1.7	2.4	V
V_{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V,	T_A = 25°C	0.8	1.2		V
V_{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V		0.2	0.5	1	V
r_i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5,	T_A = 25°C	3	5	7	kΩ
r_o	Output resistance	T1OUT, T2OUT	$V_{S+} = V_{S-}$ = 0,	V_O = ± 2 V	300			Ω
I_{OS}§	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	V_{CC} = 5.5 V,	V_O = 0		±10		mA
I_{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	V_I = 0				200	µA
I_{CC}	Supply current		V_{CC} = 5.5 V, T_A = 25°C	All outputs open,		8	10	mA

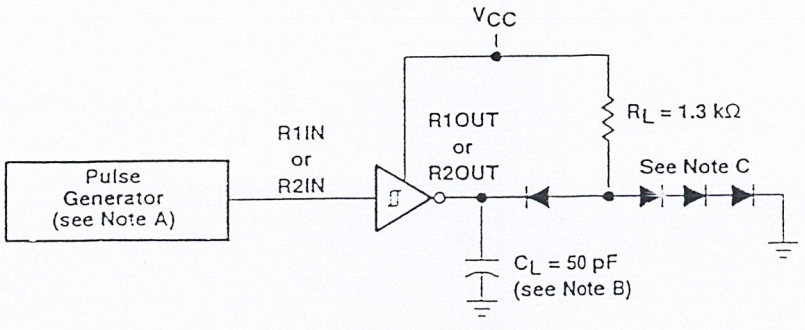
† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltag levels only.
§ Not more than one output should be shorted at a time.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C

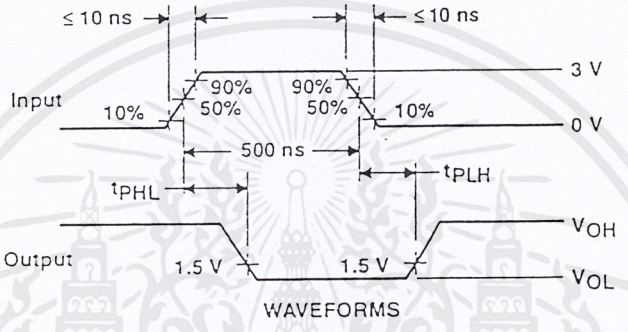
PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$t_{PLH(R)}$	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	See Figure 1		500		ns
$t_{PHL(R)}$	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	See Figure 1		500		ns
SR	Driver slew rate	R_L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/µs
SR(tr)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/µs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT



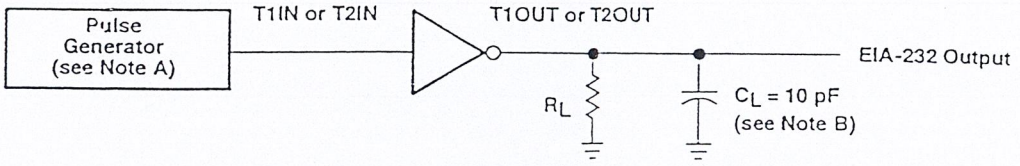
WAVEFORMS

NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.
B. C_L includes probe and jig capacitance.
C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

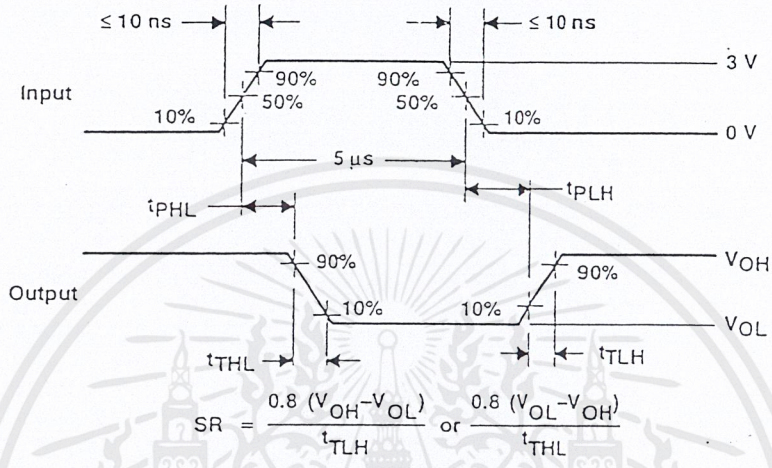
Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT

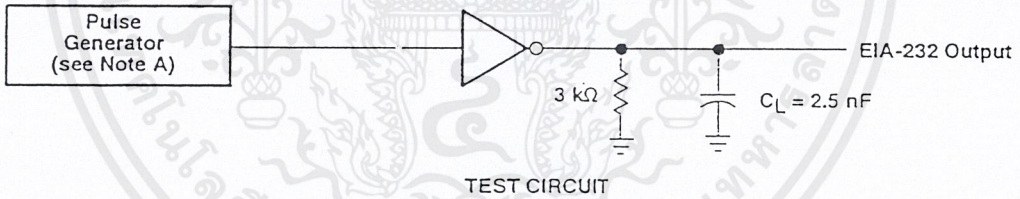


$$SR = \frac{0.8\ (V_{OH}-V_{OL})}{t_{TLH}} \text{ or } \frac{0.8\ (V_{OL}-V_{OH})}{t_{THL}}$$

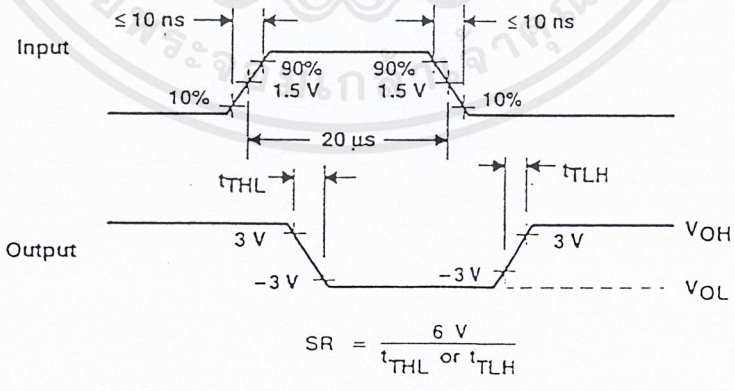
WAVEFORMS

NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements (5-µs input)



TEST CIRCUIT



$$SR = \frac{6\ V}{t_{THL} \text{ or } t_{TLH}}$$

WAVEFORMS

NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for t_{THL} and t_{TLH} Measurements (20-µs input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

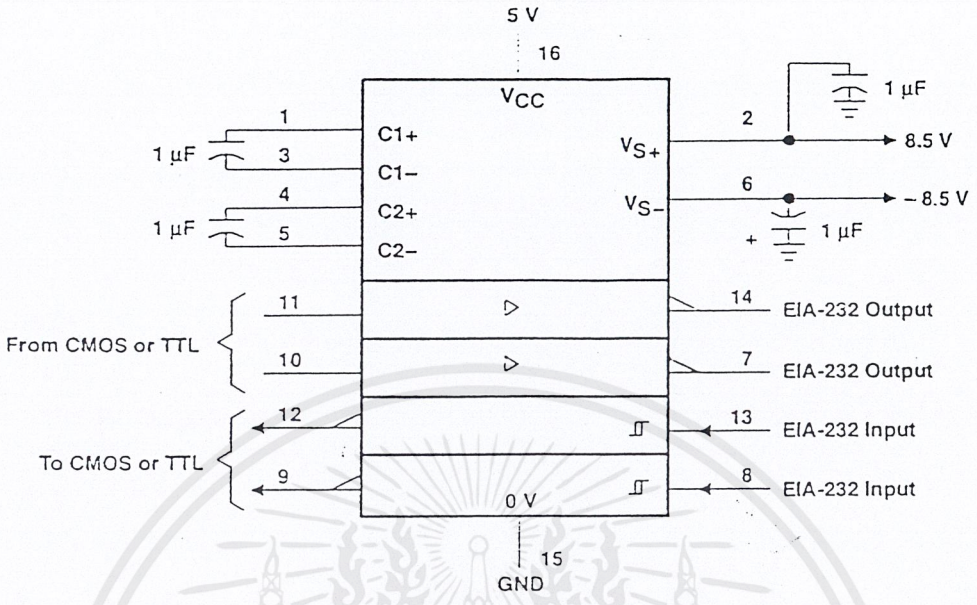


Figure 4. Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้