สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารผ่านสายไฟ AC

ELECTRICAL APPLIANCE CONTROLLED - SYSTEM VIA POWER LINE

โดย

นายฐิติวัฒน์ ปรีเปรม

นางสาวณัฐกานต์ ธัญญวิกัย

นายณัฐพล เหล่าสมบัติ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....62726
วัน,เดือน,ปี.....21 ส.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารผ่านสายไฟ AC

ELECTRICAL APPLIANCE CONTROLLED - SYSTEM VIA POWER LINE

โดย

นายฐิติวัฒน์	ปรีเปรม	45010214
นางสาวณัฐกานต์	ธัญญวิกัย	45010225
นายณัฐพล	เหล่าสมบัติ	45010243

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารผ่านสายไฟ AC**

ELECTRICAL APPLIANCE CONTROLLED - SYSTEM VIA POWER LINE

ผู้จัดทำ

1. นายฐิติวัฒน์ ปรีเปรม **45010214**

2. นางสาวณัฐกานต์ ธัญญวิกัย **45010225**

3. นายณัฐพล เหล่าสมบัติ **45010243**

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคารผ่านสายไฟ AC

ELECTRICAL APPLIANCE CONTROLLED - SYSTEM VIA POWER LINE

โดย นายฐิติวัฒน์ ปรีเปรม 45010214

นางสาวณัฐกานต์ ธัญญวิกัย 45010225

นายณัฐพล เหล่าสมบัติ 45010243

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสร้างระบบควบคุมเพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถรองรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าปลายทางได้สูงสุด 16 ตัว ชุดควบคุมประกอบไปด้วยคอมพิวเตอร์และวงจรควบคุม ทำหน้าที่ส่งคำสั่งควบคุมผ่านไปทางสายไฟฟ้า AC 220 โวลต์ แบบเฟสเดียว จุดที่จะถูกควบคุมมีวงจรรับคำสั่งที่มากับสายไฟฟ้า AC 220 โวลต์ แล้วทำการเปิด - ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถตั้งเวลาการเปิด - ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าและรับ - ส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นทางและปลายทางได้

ABSTRACT

This project presents the electrical appliance controlled-system that supports 16 devices. A control part consists of computer and control circuit for sending control data via single-phase power line 220 volts AC. A destination part has command receive circuit to receive control data from single-phase power line 220 volts AC to operate. In addition, it can set time to switch on-off the electrical appliances and receive or send the messages between computers by using half duplex communication.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์ และ รศ. ดร. สุวิพล สิทธิชีวภาค สำหรับคำแนะนำ ความคิดเห็น แนวทางต่างๆ และอำนวยความสะดวกแก่คณะผู้จัดทำในด้านอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ทฤษฎีการส่งข้อมูลผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า	2
2.2 สายส่งกำลังไฟฟ้า	5
2.2.1 ลักษณะทั่วไปของสายส่งไฟฟ้า	5
2.2.2 ชนิดของสายไฟหุ้มฉนวน	5
2.2.3 สภาพแวดล้อมของสายไฟฟ้ากำลัง	6
2.3 สถาปัตยกรรมและโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	7
2.3.1 การใช้งานพอร์ทสื่อสารอนุกรมแบบ Single Processor	7
2.3.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมการรับและส่งข้อมูล	7
2.3.2 การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART)	8
2.4 พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล	9
2.4.1 สัญญาณ	10
2.4.2 การสื่อสารแบบดิจิตอล	10
2.4.2.1 หน่วยของข้อมูลและหน่วยของสัญญาณ	10
2.4.2.2 อัตราบอด	12
2.4.2.3 คุณสมบัติพิเศษของสัญญาณดิจิตอล	12
2.4.2.4 การส่งผ่านข้อมูลดิจิตอล (Digital Transmission)	14
2.4.2.5 แบบวิธีของการส่งและเทคนิค (Transmission Mode and Techniques)	15
2.4.2.6 การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission)	16
2.4.2.7 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)	17
2.4.2.8 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)	18
2.4.2.9 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)	19
2.5 ดิจิตอลมอดูเลชัน	20
2.5.1 Frequency Shift Keying (FSK)	22
2.5.1.1 FSK Transmitter	22
2.5.1.2 FSK Bandwidth	23
2.6 รหัสข้อความ	26
2.6.1 รหัส ASCII	26
2.7 การแปลงเป็นรูปแบบอนุกรม	29
2.8 มาตรฐาน RS-232-C	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8.1 สัญญาณที่ใช้ทั้งหมดใน RS-232-C	29
2.9 ฮาร์ดแวร์แฮนด์เช็คกิ้ง (Hardware hand checking)	31
2.10 สัญญาณทางไฟฟ้า	31
2.11 นัลโมเด็ม (Null Modem)	33
2.12 คอนเน็กเตอร์แบบ 9 พิน (DB-9) และแบบ 25 พิน (DB-25)	33
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	
3.1 โครงสร้างของระบบ	36
3.2 ส่วนของตัวอินเตอร์เฟส (Hardware)	38
3.2.1 วงจรส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์	38
3.2.2 วงจรรับสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์	39
3.2.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	41
3.2.4 วงจรแสดงผลควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	42
3.2.5 ส่วนของ MODEM	43
3.3 ส่วนของตัวโปรแกรม (Software)	47
3.3.1 โปรแกรมรับส่งข้อมูล	47
3.3.2 คอนโทรลเลอร์ทางด้านรับ	53
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดลองควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	56
4.2 การทดลองตั้งเวลาในการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	65
4.3 การทดลองการส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์	71
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	
5.1 การส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์	75
5.2 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	75
5.2.1 ส่วนโปรแกรมควบคุมการสั่งงาน	75
5.2.2โมเด็มส่วนรับ	75
5.2.3โมเด็มส่วนส่ง	75
5.2.4 คอนโทรลเลอร์ตัวรับ	75
5.2.5 วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	76
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน	76
5.4 แนวทางการพัฒนา และการปรับปรุง	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การลดทอนสัญญาณข้อมูลในสายส่งกำลังไฟฟ้า	2
รูปที่ 2.2 วงจรคุณลักษณะของสายไฟเอซี	3
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างวงจรลักษณะเฉพาะของสายไฟเอซีแบบ 12-2G Romex	4
รูปที่ 2.4 การลดทอนเนื่องจากการแบ่งแรงดันภายในสายเอซี	4
รูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบเฟรมของโหมด 1	8
รูปที่ 2.6 รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม SCON (อยู่ใน SFR ตำแหน่ง 98H)	8
รูปที่ 2.7 แบบจำลองของระบบสื่อสารข้อมูล	9
รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณข้อมูลพร้อม start-stop	12
รูปที่ 2.9 แสดงสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อสัญญาณดิจิตอลเทียบกับสัญญาณอนาลอก	13
รูปที่ 2.10 แบบวิธี (Mode) ของการส่ง	15
รูปที่ 2.11 การส่งข้อมูลแบบขนานครั้งละ 8 บิต	16
รูปที่ 2.12 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	17
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสของตัวอักษร V (รหัส ASCII)	19
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างเฟรมซิงโครนัส	20
รูปที่ 2.15 เปรียบเทียบรูปคลื่นของดิจิตอลมอดูเลชันทั้ง 3 วิธี	21
รูปที่ 2.16 หลักการและสัญญาณอินพุต เอาต์พุตของ FSK	23
รูปที่ 2.17 FSK Modulator	24
รูปที่ 2.18 การเบี่ยงเบนความถี่	24
รูปที่ 2.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและสถานะของสัญญาณ	32
รูปที่ 2.20 แสดงคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 และ แบบ DB-25	33
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบการส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	36
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของระบบการสื่อสารข้อมูล	37
รูปที่ 3.3 วงจรส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์	38
รูปที่ 3.4 วงจรรับสัญญาณข้อมูลจากคอมพิวเตอร์	40
รูปที่ 3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	41
รูปที่ 3.6 วงจรแสดงผลควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	42
รูปที่ 3.7 แสดง Block Diagram ของ IC ST7536 IC Power Line Communication	43
รูปที่ 3.8 Frame Format ของสัญญาณที่สร้างจาก IC ST7536	43
รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมต่อ MODEM กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 51	44
รูปที่ 3.10 แสดงแผงวงจรภายในส่วน Interface ของเครื่องส่ง	45
รูปที่ 3.11 แสดงส่วนของตัว Interface ของด้านส่งที่ประกอบเสร็จแล้ว	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.12 แสดงแผงวงจรภายในส่วน Interface ของเครื่องรับ 46
รูปที่ 3.13 แสดงแผงวงจรในส่วนของตัว Interface ของเครื่องรับ 46
รูปที่ 3.14 หน้าตาโปรแกรมสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 47
รูปที่ 3.15 หน้าตาโปรแกรมสำหรับการรับส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 48
รูปที่ 3.16 หน้าตาโปรแกรมสำหรับการตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 48
รูปที่ 3.17 หน้าตาโปรแกรมสำหรับใช้ในการแสดงผลเวลาที่ใช้งานอุปกรณ์ 49
รูปที่ 3.18 Flowchart โปรแกรมส่วนของการควบคุมไฟฟ้า 50
รูปที่ 3.19 Flowchart โปรแกรมส่วนของการส่งข้อความ 51
รูปที่ 3.20 Flowchart โปรแกรมส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยการตั้งเวลา 52
รูปที่ 3.21 Flowchart การทำงานของ Controller MCS-51 ทางด้านรับ 53
รูปที่ 3.22 Flowchart การทำงานของ Controller MCS-51 ทางด้านรับ (ต่อ) 54
รูปที่ 3.23 Flowchart การทำงานของ Controller MCS-51 ทางด้านรับ (ต่อ) 55
รูปที่ 4.1 หน้าตาของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและอยู่ในสถานะปิดหมด 56
รูปที่ 4.2 สัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1” ที่ออกจากพอร์ต RS232 57
รูปที่ 4.3 สัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A3” ที่ออกจากพอร์ต RS232 57
รูปที่ 4.4 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1” ที่ออกจากพอร์ต RS232 58
รูปที่ 4.5 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A3” ที่ออกจากพอร์ต RS232 58
รูปที่ 4.6 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A3” ที่ออกจากพอร์ต RS232 59
รูปที่ 4.7 ลักษณะสัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1” เมื่อผ่านภาคมอดูเลท 59
รูปที่ 4.8 ลักษณะสัญญาณกรณีการส่งข้อความว่า “Hello” เมื่อผ่านภาคมอดูเลท 60
รูปที่ 4.9 ลักษณะสัญญาณกรณีส่งข้อความว่า “Hello. How are you?” เมื่อผ่านภาคมอดูเลท 60
รูปที่ 4.10 สัญญาณในสายไฟ AC ขณะที่ไม่มีการส่งสัญญาณ 61
รูปที่ 4.11 สัญญาณในสายไฟ AC ขณะที่มีการส่งสัญญาณ 61
รูปที่ 4.12 แสดงสถานะ การเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ Address “A1” ที่เปิดเรียบร้อยแล้ว 62
รูปที่ 4.13 แสดงข้อมูลที่ถูกเก็บลงในฐานข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ Address “A1” ถูกเปิด 62
รูปที่ 4.14 แสดงสถานะ การปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ Address “A1” ที่ปิดเรียบร้อยแล้ว 63
รูปที่ 4.15 แสดงข้อมูลที่ถูกเก็บลงในฐานข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ Address “A1” ถูกปิด 63
รูปที่ 4.16 หน้าตาของโปรแกรมแสดงสถานะของการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 64
รูปที่ 4.17 แสดงหลอดไฟ ที่ต่ออยู่กับ Address “A1”- Address “A4” เมื่ออยู่ในสภาวะปิด 65
รูปที่ 4.18 แสดงหลอดไฟ ที่ต่ออยู่กับ Address “A1” และ Address “A3” เมื่ออยู่ในสภาวะเปิด 65
รูปที่ 4.19 แสดงการเลือกเครื่อง Slave ที่จะทำการควบคุมการตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 66
รูปที่ 4.20 แสดงการเลือกหมายเลขพอร์ตอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการตั้งเวลาเปิด-ปิด 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.21 แสดงการตั้งเวลาที่ต้องการให้เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 67

รูปที่ 4.22 แสดงการตั้งเวลาที่ต้องการให้ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า 67

รูปที่ 4.23 แสดงผลการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าพอร์ตที่ต้องการเมื่อถึงเวลาที่ได้ตั้งไว้ให้เปิด 68

รูปที่ 4.24 แสดงข้อมูลที่ถูกเก็บลงในฐานข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าพอร์ตที่ต้องการ ถูกเปิดตามเวลาที่ตั้งไว้ 68

รูปที่ 4.25 แสดงผลการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าพอร์ตที่ต้องการเมื่อถึงเวลาที่ได้ตั้งไว้ให้ปิด 69

รูปที่ 4.26 แสดงข้อมูลที่ถูกเก็บลงในฐานข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าพอร์ตที่ต้องการ ถูกปิดตามเวลาที่ตั้งไว้ 69

รูปที่ 4.27 แสดงผลที่หน้า TIMER เมื่อเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเสร็จตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ กรณีที่ตั้งเวลาครั้งเดียว 70

รูปที่ 4.28 แสดงผลที่หน้า TIMER เมื่อเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเสร็จตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ กรณีที่ตั้งให้ทำงานทุกวัน 70

รูปที่ 4.29 แสดงขั้นตอนการส่งข้อความจาก Master ไปยัง Slave (1) 71

รูปที่ 4.30 แสดงขั้นตอนการส่งข้อความจาก Master ไปยัง Slave (2) 72

รูปที่ 4.31 แสดงผลการส่งข้อความจาก Master ไปยัง Slave ที่หน้าต่างด้าน Slave 72

รูปที่ 4.32 แสดงขั้นตอนการส่งข้อความจาก Slave ไปยัง Master (1) 73

รูปที่ 4.33 แสดงขั้นตอนการส่งข้อความจาก Slave ไปยัง Master (2) 73

รูปที่ 4.34 แสดงผลการส่งข้อความจาก Slave ไปยัง Master ที่หน้าต่างด้าน Master 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าลักษณะพารามิเตอร์ของสายไฟเอชีประเภทต่างๆ	3
ตารางที่ 2.2 แสดง SM0,SM1 บิตเลือกโหมดการทำงาน	7
ตารางที่ 2.3 แสดงรหัส ASCII 7 บิต	26
ตารางที่ 2.4 รหัส ASCII ชนิดพิเศษ (ต่อ)	28
ตารางที่ 2.5 รายละเอียดขาต่างๆของคอนเน็กเตอร์ DB-25	34
ตารางที่ 2.6 รายละเอียดขาต่างๆของคอนเน็กเตอร์ DB-9	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันเกือบทุกแห่งมีกระแสไฟฟ้าใช้อย่างทั่วถึง ไม่ว่าจะเป็นที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงาน ร้านค้าต่างๆ ก็จะต้องทำการเชื่อมต่อสายไฟฟ้าภายในอาคารด้วยกันทั้งสิ้น ซึ่งทำให้เกิดโครงข่ายของสายไฟฟ้าเอซี (A.C. Line Network) จึงเห็นคุณประโยชน์ของสายไฟฟ้า ที่นอกจากจะเป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคารแล้ว ในขณะเดียวกันก็ยังสามารถเป็นทางเดินของสัญญาณข้อมูลได้ด้วย เลยจึงเกิดแนวคิดของโครงงานที่ชื่อว่าการสื่อสารข้อมูลโดยผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า

โดยโครงงานนี้จะมีลักษณะและขอบเขตของโครงงานอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนของการส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และส่วนของการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง โดยในส่วนของการส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์ก็จะทำการบันทึกเวลานั้นลงในฐานข้อมูลด้วย โดยรูปแบบการสื่อสารจะอาศัยสายไฟฟ้า AC. 220 โวลต์ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุม และสามารถให้ผู้ใช้สั่งงานได้โดยผ่านโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษา VISUAL C++

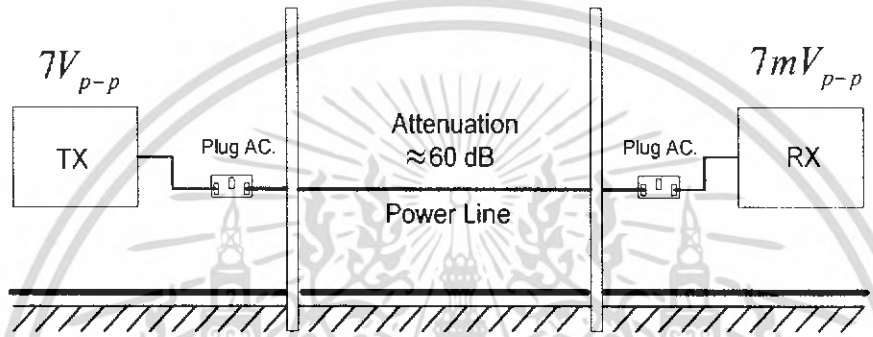
ซึ่งเราจะเห็นข้อดีของการสื่อสารข้อมูลโดยผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้าที่ว่าเรานั้นไม่ต้องเดินสายเคเบิลอีกให้ยุ่งยากและสิ้นเปลือง เป็นผลทำให้ประหยัดทั้งค่าสายนำสัญญาณที่จะใช้ทำโครงข่ายสื่อสารและค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์สูงสุด และมีความสะดวกสบายในการใช้งาน เพราะเราเพียงแค่นำตัวส่งและตัวรับไปเสียบปลั๊กไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ก็สามารถที่จะสื่อสารกันหรือควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการนั้นได้ทันที ข้อดีอีกอย่างก็คือเราสามารถที่จะนำข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้ามาวิเคราะห์หาแนวทางประหยัดพลังงานได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีการส่งข้อมูลผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า

เนื่องจากสายไฟเอซีถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งกำลังไฟฟ้าอย่างเดียวเท่านั้น เมื่อเราต้องการที่จะส่งข้อมูลเข้าไปในสายไฟเอซี เราจึงต้องพบกับปัญหาในการส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นเช่นสัญญาณรบกวนที่ความถี่สูง (High Noise) การลดทอนสูง (High Attenuation) และการผิดเพี้ยนของสัญญาณ (Signal Distortion)



รูปที่ 2.1 การลดทอนสัญญาณข้อมูลในสายส่งกำลังไฟฟ้า

ในการเกิดการลดทอนในสายสัญญาณนั้นหากพิจารณาจากรูปที่ 2.1 จะพบว่าค่าของการลดทอนจะเป็นดังสมการ

$$\text{Attenuation } n(dB) = 20\log\left(\frac{V_{TX}}{V_{RX}}\right)$$

จากรูปสมมติให้ $V_{TX} = 7V_{p-p}$ และ V_{RX} รับได้ $7mV_{p-p}$ ดังนั้นจะเกิดการลดทอนขึ้นในสาย

$$20\log\left(\frac{7}{7*10^{-3}}\right) = 60dB$$

สำหรับค่าการลดทอนในสายไฟเอซีนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของสายว่ามีอุปกรณ์อะไรต่อเป็นโหลดอยู่บ้าง และระยะทาง ซึ่งระดับของค่าการลดทอนในสายจะแบ่งได้เป็นดังนี้

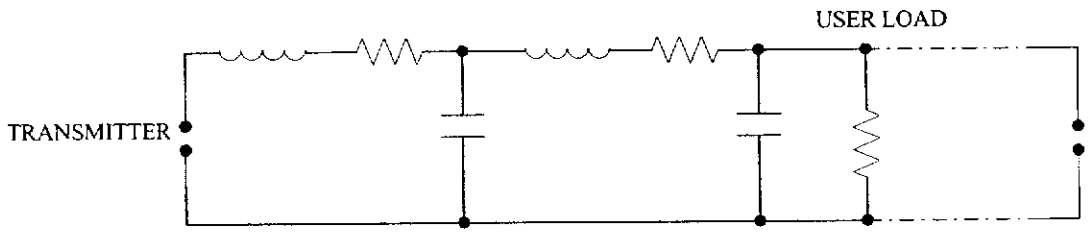
0-20 dB (Low Attenuation)

20-60 dB (Moderate Attenuation)

60-80 dB (High Attenuation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหากพิจารณาลักษณะของการลดทอนในสายไฟเอซีโดยใช้วงจรคุณลักษณะของสายส่งแล้วจะได้



รูปที่ 2.2 วงจรคุณลักษณะของสายไฟเอซี

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าวงจรคุณลักษณะของสายไฟเอซีจะประกอบไปด้วยค่าของตัวต้านทานต่ออนุกรมอยู่กับสาย ค่าของตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมอยู่กับสายและค่าของตัวเก็บประจุต่อขนานอยู่กับสายซึ่งค่าของแต่ละตัวจะขึ้นอยู่กับความยาวของสายด้วย

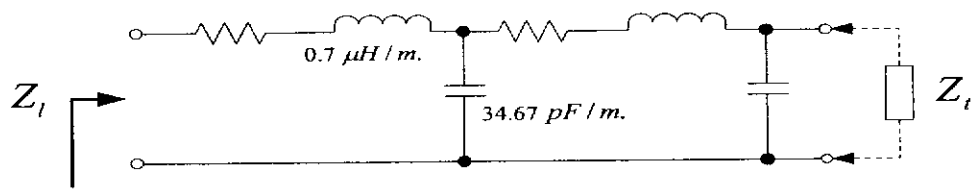
Wire Type	C / metre (pF)	L / metre (μH)	R / metre (Ω)	$Z_0\,(\Omega)$
12-2 BX Metal Clad	75.67	0.417	0.044	74.23
12-2G Romex NM-B	34.67	0.713	0.045	143.40
18-2 Lamp Cord	44.00	0.677	0.078	124.04
18-3 LEC Power Cord	102.67	0.650	0.105	79.56

ตารางที่ 2.1 ค่าลักษณะพารามิเตอร์ของสายไฟเอซีประเภทต่างๆ

โดยที่ $Z_0 = \sqrt{\left(\frac{L}{C}\right)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของสายไฟเอซีชนิด 12-2G Romex ยาว 20 เมตร



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างวงจรลักษณะเฉพาะของสายไฟเอซีแบบ 12-2G Romex

ซึ่งจะเห็นว่าเราต้องทำการ Matching ค่า Impedance ของสายดังนั้นเราต้องทำค่าของ Zlให้เหมาะสมเพื่อลดผลของการสะท้อนและลดทอนในสายซึ่งค่าของ Zl สามารถหาได้จาก

$$Zl = Zo\left[\frac{Zt + jZo\tan Bl}{Zo + jZt\tan Bl}\right]$$

เมื่อเราแบ่งคิดเป็น 2 กรณีคือ

- เมื่อโหลดเป็น Low impedance (Zt << Zo)

  จะได้ Zt = 1 μF EMC capacitor

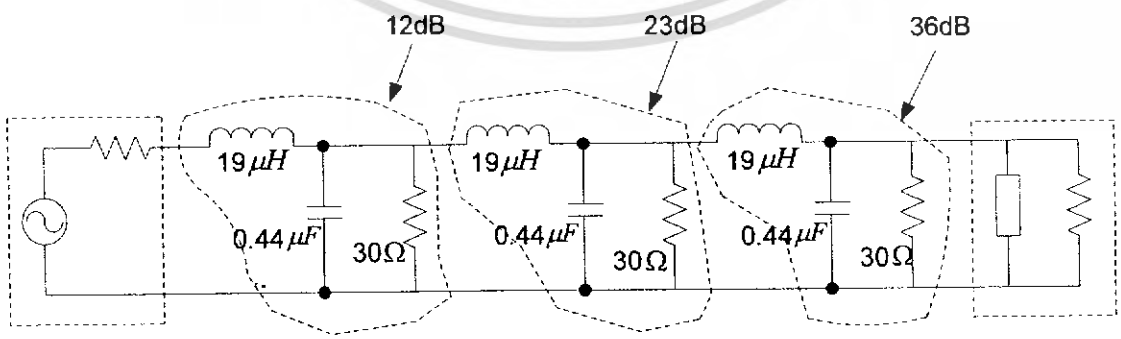
  Zl = j0.6 Ω (130 kHz)

- เมื่อโหลดเป็น High impedance (Zt >> Zo)

  จะได้ Zt = 500 Ω Resistive load

  Zl = 471-j1.1 Ω (130 kHz)

หากพิจารณาค่าคุณลักษณะของสายไฟได้แล้วเมื่อต่ออุปกรณ์เข้ากับสายไฟเอซี ก็จะเกิดการลดทอนเนื่องจากแรงดันด้วย (Voltage Divider Attenuation) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การลดทอนเนื่องจากการแบ่งแรงดันภายในสายเอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สายส่งกำลังไฟฟ้า

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของสายส่งไฟฟ้า

สายไฟฟ้ามี 2 แบบด้วยกันคือ สายแข็ง (Solid Wire) และสายตีเกลียว (Stranded Wire) วัตถุที่นำมาทำเป็นสายไฟฟ้า มีทั้งอะลูมิเนียมและทองแดง สายไฟฟ้าที่ทำด้วยอะลูมิเนียมมักจะเป็นสายไฟแรงสูงในระบบสายส่งและเป็นสายเปลือยมากกว่าที่จะใช้ทำเป็นสายไฟแรงต่ำ สายไฟฟ้าที่ทำด้วยทองแดงที่มีใช้ในงานไฟฟ้าทั่วไป สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดด้วยกันคือ สายเปลือย (Bare Wire) และ สายหุ้มฉนวน (Insulated Wire) สายไฟที่ทำด้วยทองแดงจะต้องมีทองแดงไม่น้อยกว่า 98% และสายไฟที่ทำด้วยอลูมิเนียมจะต้องมีอะลูมิเนียมจะต้องมีอะลูมิเนียมไม่ต่ำกว่า 99.3%

2.2.2 ชนิดของสายไฟหุ้มฉนวน

ฉนวนที่ใช้หุ้มสายแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ดังนั้นสายไฟฟ้าแต่ละชนิดจึงแบ่งตามชนิดของฉนวนที่นำมาหุ้มเพื่อให้เหมาะสมในแต่ละสภาพที่นำมาใช้งาน

ชนิด IV

สายไฟชนิดนี้ตัวนำทำด้วยทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งในบ้านพักอาศัยทั่วไป สามารถทนอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 250 โวลต์ และใช้เป็นสายเมนจากวัตต์โอห์มมิเตอร์เข้าบ้านได้

ชนิด VCT

ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดง หุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งเครื่องจักรกลต่างๆ สามารถทนอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลต์

ชนิด VAF

ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดง หุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งในบ้านพักอาศัยทั่วไป สามารถทนอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 250 โวลต์

ชนิด TW

ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดง หุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งในบ้านพักอาศัย สำนักงาน และงานอุตสาหกรรมทั่วไป ทนอุณหภูมิได้ถึง 60 องศาเซลเซียส ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลต์

ชนิด THW

ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดง หุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้งานเดียวกับกรณี TW แต่ทนอุณหภูมิได้ถึง 75 องศาเซลเซียส ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลต์

ชนิด NYY

ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดง หุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งใต้พื้นดิน สามารถทนอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 750 โวลต์

ชนิด VFF

ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดง ชนิดงอได้ (Flexible copper wire) ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ได้ สามารถทนอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 250 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด AV

ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดง หุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งกับงานไฟฟ้ารถยนต์ สามารถทนอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส ใช้กับแรงดันไฟฟ้าต่ำ

2.2.3 สภาพแวดล้อมของสายไฟฟ้ากำลัง

สายไฟฟ้าทุกเส้นจะมีความต้านทานภายใน ความต้านทานของสายไฟนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาว ถ้าสายไฟมีความยาวมาก ความต้านทานก็มากตาม ดังนั้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านสายไฟ ก็จะเกิดแรงดันไฟลดที่สายนั้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าลดลงต่ำกว่าขนาดที่เครื่องใช้ไฟฟ้ากำหนดก็จะทำให้การทำงานที่ไม่ดีเท่าที่ควร

แรงดันไฟฟ้าที่สายป้อน feeder ไม่ควรเกิน 2% และแรงดันไฟฟ้าลดที่วงจรย่อย branch circuit ไม่ควรเกิน 3% หรือทั้งสายป้อนและวงจรย่อยรวมกันแล้ว แรงดันไฟฟ้าลดจะต้องไม่เกิน 5% ข้อแนะนำนี้เป็นค่าสูงสุด แต่ถ้าจะให้ดีไม่ควรเกิน 2%

เนื่องจากสายส่งของระบบไฟฟ้ากำลังถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งสัญญาณไฟฟ้ากำลัง(50 Hz หรือ 60 Hz) เท่านั้น โดยไม่ได้คำนึงถึงการนำมาส่งสัญญาณสื่อสารความถี่สูง ดังนั้นปัญหาสำคัญที่อาจจะเกิดขึ้นกับการส่งสัญญาณสื่อสารนี้คือ

- การลดทอนของสัญญาณสื่อสารอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้า ซึ่งอิมพีแดนซ์จะเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้า ทำให้สัญญาณสื่อสารถูกลดทอนได้ อีกประการหนึ่งคือที่จุดเชื่อมต่อของสายไฟฟ้ามีอิมพีแดนซ์ไม่เท่ากัน สัญญาณสื่อสารบางส่วนจะสะท้อนกลับ ทำให้เกิดการลดทอนได้เช่นกัน
- สัญญาณรบกวนต่างๆในระบบไฟฟ้า เช่น Impulse noise ,White noise ,Continuous wave source โดยที่ Impulse noise เกิดจากการต่อโหลดประเภทอินดัคทีฟเข้ากับระบบไฟฟ้าจะเกิดสัญญาณ Impulse ขึ้น มีหน้าคลื่นชันเป็นสัญญาณรบกวนที่ป้องกันได้ยาก ถ้าหากในระบบมีโหลดประเภทคาปาซิทีฟ ที่สามารถเกิดเรโซแนนซ์กับความถี่ของ Impulse noise พอดีจะเกิดสัญญาณรบกวนที่เรียกว่า Continuous wave source ซึ่งจะรบกวนสัญญาณสื่อสารตลอดเวลาโดยที่ไม่สามารถคาดได้ว่าสัญญาณรบกวนนี้จะมีความถี่เท่าใด และยังมีสัญญาณรบกวนอีกอย่างหนึ่งที่มีการกระจายของพลังงานทุกความถี่ เรียกว่า white noise
- ผลกระทบจากการติดตั้งสายไฟฟ้าหลายเส้นทาง เนื่องจากระบบไฟฟ้ากำลังจะมีการส่งสัญญาณไฟฟ้าไปตามสายไฟฟ้าหลายเส้นทางและความยาวของสายไฟฟ้าก็จะต่างกัน สัญญาณสื่อสารที่ถูกส่งไปในสายไฟฟ้าเส้นต่างๆจะมีเฟสต่างกันหากมาบรรจบกันสัญญาณอาจถูกลดทอนได้ หรืออาจจะหายไปที่จุดบรรจบนั้นมีสัญญาณสื่อสารจากสองเส้นทางที่มีเฟสต่างกัน 180 องศาพอดี

อิมพีแดนซ์ภายในสายมีค่าประมาณ 10-100 โอห์ม ขนาดของตัวเก็บประจุภายในสายประมาณ 10-100 พิโคฟารัดต่อ 1000 ฟุต ขนาดความต้านทานในสายประมาณ 0.1-1 โอห์มต่อ 1000 ฟุต ความต้านทานในสายยังมีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับจำนวนการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สถาปัตยกรรมและโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.3.1 การใช้งานพอร์ทสื่อสารอนุกรมแบบ Single Processor

พอร์ทสื่อสารอนุกรมมีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่าฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) สามารถรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน

- ทางด้านส่งใช้ขา TxD (พอร์ท 3.1)
- ทางด้านรับใช้ขา RxD (พอร์ท 3.0)

Serial Port Buffer (SBUF) ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับส่งและส่งข้อมูลอนุกรมโดยมีอยู่ 2 ตัว

- การส่งข้อมูล ข้อมูลที่จะส่งให้ใส่ใน SBUF โดยใช้คำสั่ง MOV SBUF,A โดยเตรียมข้อมูลที่จะส่งเข้า A ก่อน
- การรับข้อมูล ข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ใน SBUF การถ่ายข้อมูลออกมาใช้คำสั่ง MOV A,SBUF แล้วจึงนำข้อมูลใน A ไปใช้

พอร์ทสื่อสารอนุกรมสามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกันโดยเลือกที่บิต SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานทั้ง 4 โหมด ของพอร์ทสื่อสารอนุกรมมีดังนี้

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน
0	0	0	Shift register ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเท่ากับ (1/12) ของ CPU Osc
0	1	1	8 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดได้จาก Timer 1,2
1	0	2	9 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูล = (1/32) หรือ (1/64) เท่าของ CPU OSC โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON
1	1	3	9 Bit UART ความเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดที่ Timer 1,2

ตารางที่2.2 แสดง SM0,SM1 บิตเลือกโหมดการทำงาน

REN (Receive Enable) บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

1 : ให้รับข้อมูลได้

0 : ห้ามรับข้อมูล

หมายเหตุ (การรับข้อมูลสามารถห้ามได้แต่การส่งข้อมูลห้ามไม่ได้)

TI แฟลกซ์ TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

RI แฟลกซ์ RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์ (บิด RI ,TI ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเคลียร์เอง)

2.3.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมการรับและส่งข้อมูลทำได้ 2 วิธี

- การตรวจสอบบิด TI หรือ RI โดยใช้คำสั่งตรวจสอบบิต เช่น ใช้คำสั่ง WAIT: JNB TI,WAIT

คำสั่งนี้หมายความว่า ถ้า TI = 0 ให้วนไปยังแอดเดรสชื่อ WAIT

ถ้า TI = 1 ถือว่าส่งข้อมูลเสร็จแล้วให้ทำคำสั่งถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การใช้อินเตอร์รัพต์ควบคุม

โหมด 1 : พอร์ทสื่อสารอนุกรม 10 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 start bit และ 1 stop bit และสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และ อัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1,2

$$\text{Baud Rate Mode 1,3} = \frac{2^{SMOD} \times \text{CPU OSC}}{32 \times 12 \times [256-(TH1)]}$$ โดยใช้ Timer 1

ถ้าต้องการ 1200 BAUD

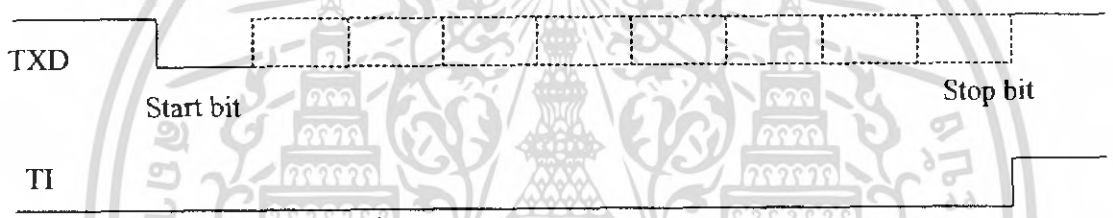
ถ้ากำหนด CPU Osc = 11.059 MHz

ถ้า SMOD = 0

สามารถหา TH1 ได้โดย

$$1200 = \frac{2^0 \times 11.059 \times 10^{-6}}{32 \times 12 \times [256-(TH1)]}$$ โดยใช้ Timer 1

$TH1 = 232_{10} = E8H$



รูปที่2.5 แสดงรูปแบบเฟรมของโหมด 1

2.3.3 การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART)

มีอยู่ 2 โหมดด้วยกันคือ

- Single Processor Mode
- Multiprocessor Mode

Single Processor Mode : ในโหมดนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวเชื่อมเข้าหากัน

Multiprocessor Mode : ในโหมดนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ตัวเป็นตัวแม่ (Master) และอีก 0-256 เป็นตัวลูก(Slave)

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

รูปที่ 2.6 รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม SCON (อยู่ใน SFR ตำแหน่ง 98H)

SM2 บิตเลือกการทำงานแบบ Single Processor Environment หรือ Multiprocessor Environment

1 : เลือก Multiprocessor Environment ใช้ได้กับโหมด 2,3

0 : เลือก Single Processor Environment ใช้ได้กับทุกโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกการทำงานรับข้อมูลแบบ Multiprocessors Mode แล้ว

ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับได้มีค่าเป็น 1 RI จะเซ็ท

ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับได้มีค่าเป็น 0 RI จะไม่เซ็ท

REN (Receive Enable) บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

1 : ให้รับข้อมูลได้

0 : ห้ามรับข้อมูล

TB8 (Transmit bit D8) ข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปในโหมด 2,3 ให้ใส่ในบิตนี้ได้เลย

RB8 (Receive bit D8) ข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจะมาเก็บในบิตนี้ (ข้อมูลบิตที่ 9 ก็คือค่าใน TB8 ทางด้านส่งนั่นเอง)

TI แฟลกซ์ TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

RI แฟลกซ์ RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์ (บิต RI , TI ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเคลียร์เอง)

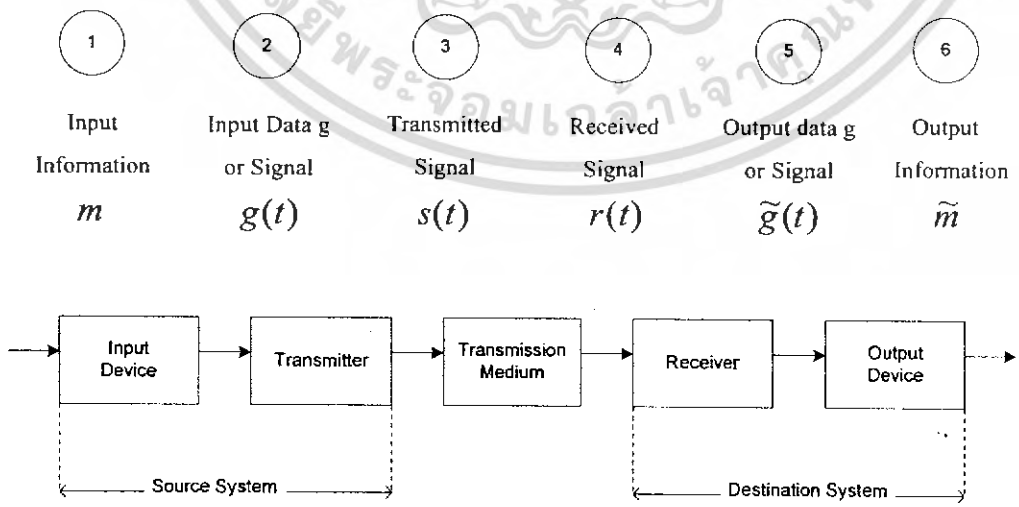
2.4 พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล

จุดประสงค์พื้นฐานของการสื่อสารข้อมูลคือ การแลกเปลี่ยนข่าวสาร (Information) ระหว่างตัวกระทำการในการสื่อสารสองทางจากต้นทางไปยังปลายทาง

ข่าวสารที่แลกเปลี่ยนก็คือสิ่งที่แทนโดยตัวอักษร m (Message labeled) ข่าวสารนี้จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของข้อมูล g ซึ่งในการส่งผ่านข้อมูลจะอยู่ในรูปของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา g(t) ในเทอมของข้อมูล(data) และข่าวสาร(Information)ซึ่งได้รับการนิยามไว้ว่า

Data คือ ระบบของสัญลักษณ์แล้วเปลี่ยนจากสัญลักษณ์ไปเป็น Signal ซึ่ง Signal ในที่นี้ก็คือสัญญาณไฟฟ้านั่นเอง

Information คือ ปริมาณทางกายภาพ เช่น ความร้อน แสง เสียง ที่มนุษย์รับรู้ได้โดยประสาทสัมผัสทั้ง 5 แล้วก่อให้เกิดความเข้าใจ และสามารถตอบสนองสิ่งหนึ่งสิ่งใดออกไป



รูปที่ 2.7 แบบจำลองของระบบสื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจากจากรูปที่ 2.7 สัญญาณ g(t) ซึ่งเป็นสัญญาณที่จะถูกส่งผ่านไป มักจะไม่อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมในการส่งผ่าน ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณ s(t) ที่มีความเหมาะสมในการส่งผ่านเข้าไปในตัวกลางมากกว่า สัญญาณนี้จะถูกส่งผ่านไปถึงอีกฝ่ายหนึ่งซึ่งเป็นฝ่ายรับ เมื่อถึงตัวรับสัญญาณ s(t) ก็อาจมีการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นสัญญาณ r(t) เมื่อถูกรบกวนด้วยสัญญาณรบกวนขึ้นภายในตัวกลาง ซึ่งสัญญาณ r(t) จะเหมือนหรือไม่เหมือนกับสัญญาณ s(t) ก็ได้ สัญญาณ r(t) นี้จะถูกแปลงกลับไปเป็นสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้รับกลายเป็นสัญญาณ $\tilde{g}(t)$,หรือข้อมูล $\tilde{g}$ ซึ่งถือว่าเป็นค่าประมาณของสัญญาณอินพุทและเมื่อถึงที่สุดอุปกรณ์เอาท์พุทก็จะทำการประมาณค่าข่าวสาร $\tilde{m}$ ส่งให้กับผู้รับปลายทาง

การสื่อสารข้อมูล เป็นการส่งข่าวสารดิจิตอล (Digital Information) ซึ่งจะอยู่ในรูปของเลขฐานสองจากแหล่งกำเนิดไปยังจุดหมายปลายทาง ข้อมูลจากแหล่งกำเนิด จะอยู่ในลักษณะสัญญาณดิจิตอลและข้อมูลที่รับได้ก็จะอยู่ในลักษณะดิจิตอลเช่นกันถึงแม้ว่าข้อมูลจะสามารถส่งได้ในลักษณะสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณดิจิตอลก็ตาม ข่าวสารจากแหล่งกำเนิด อาจจะเป็นรหัสของตัวอักษร ตัวเลขหรือเครื่องหมายที่อยู่ในรูปของเลขฐานสอง เช่น รหัส ASCII, EBCDIC เป็นต้น

2.4.1 สัญญาณ

สัญญาณ (Signal) มีหลักการแบ่งเป็นประเภทต่างๆ หลายวิธี แต่โดยทั่วไปจะแบ่งได้เป็น

- สัญญาณพลังงานและสัญญาณกำลัง

สัญญาณพลังงาน (Energy Signal) คือสัญญาณ f(t) ใดๆ ที่มีค่าพลังงานทั้งหมดจากตัวมันมีค่าจำกัด ตัวอย่างสัญญาณประเภทนี้ได้แก่สัญญาณพัลส์ต่างๆ เป็นต้น

สัญญาณกำลัง (Power Signal) คือสัญญาณใดๆที่ค่าเฉลี่ยของงานที่ทำได้ต่อเวลาของสัญญาณประเภทนี้นั้นมีค่าจำกัด

- สัญญาณมีคาบและสัญญาณไร้คาบ

สัญญาณมีคาบ (Periodic Signal) คือสัญญาณที่เกิดขึ้นแล้ว มีรูปแบบของสัญญาณซ้ำรูปเดิมทุกๆ ช่วงเวลาที่มีค่าจำกัดค่าหนึ่งสัญญาณไร้คาบ (Aperiodic Signal) คือสัญญาณใดๆ ที่ไม่สามารถหาค่าเวลาที่แน่นอนได้

- สัญญาณกำหนดได้และสัญญาณสุ่ม

สัญญาณกำหนดได้ (Deterministic Signal) คือสัญญาณที่เมื่อเรารู้ข้อมูลบางอย่างเกี่ยวกับสัญญาณนั้นเพียงพอแล้ว จะสามารถบอกถึงรูปลักษณะที่แน่นอนของสัญญาณนั้นทั้งในอดีตและอนาคตได้อย่างถูกต้อง

2.4.2 การสื่อสารแบบดิจิตอล

2.4.2.1 หน่วยของข้อมูลและหน่วยของสัญญาณ

ในทางทฤษฎีของข้อมูล (Information Theory) นั้น วิธีธรรมดาที่สุดที่ใช้กำหนดปริมาณของข้อมูลที่บรรจุอยู่ในสถานะของข่าวสาร (Message State) หรือในสัญลักษณ์ (Symbol) หรือในรหัส (Code)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆ นั้น ได้ใช้วิธีการกำหนดโดยการติดต่อค่าลอการิทึม (Logarithm) ของความเป็นไปได้ (Probability) ของการเกิดสถานะของข่าวสารหรือสัญลักษณ์นั้นๆ กล่าวคือ ถ้าสัญลักษณ์ S_i มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นเท่ากับ P_i แล้ว ปริมาณของข้อมูล (Information) I_i ที่มีอยู่ในสัญลักษณ์ S_i นั้นจะกำหนดได้โดย

$$I_i = - \log_a(P_i)$$

ค่าหน่วย (Unit) ของ I_i ขึ้นอยู่กับค่าฐานของลอการิทึมที่ใช้ในสมการ (2.1) ถ้า a = e (e = 2.71828...) I_i ก็จะมีหน่วยเป็น Nit (Nature information unit) แต่ถ้า a = 2, I_i ก็จะมีหน่วยเป็น Bit (Binary information unit)

ถ้าสัญลักษณ์ที่ใช้อยู่ทั้งหมดมี n ตัว ปริมาณของข้อมูลที่มีเฉลี่ย อยู่ในสัญลักษณ์แต่ละตัว

$$I_{AV} = -\sum_{i=n}^{n} p_i i_i$$

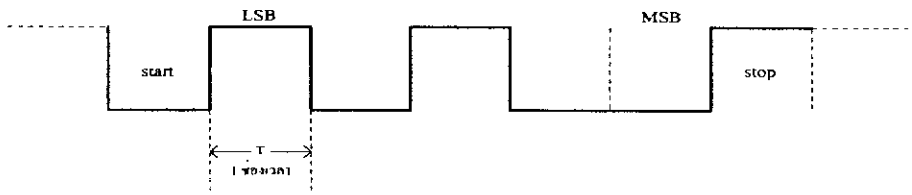
$$I_{AV} = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log_a p_i$$

สำหรับการสื่อสารข้อมูลระบบดิจิตอล สถานะของสัญญาณที่ใช้มีเพียงสองสถานะเท่านั้นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งช่วงเวลาที่กำหนดนี้นิยมเรียกกันว่า ช่องสองเวลา (Time slot) สถานะทั้งสองของสัญญาณดิจิตอลนั้น นิยมกล่าวกันง่ายๆว่า คือ สถานะ "1" และ สถานะ "0" หรือมักที่จะเรียกกันให้ง่ายขึ้นไปอีกว่า คือ 1 และ 0 จะเห็นว่า ถ้าเราตั้งสมมุติฐานว่าสถานะ 0 หรือ 1 นั้น มีโอกาสที่เกิดขึ้นได้เท่าๆกันในแต่ละช่องเวลานั้น ซึ่งใช้สำหรับส่งสัญญาณนั้นแล้วค่าปริมาณข้อมูลของสัญญาณดิจิตอลที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยในแต่ละช่องเวลานั้น สามารถคำนวณจากสมการที่ (2.2) ได้ว่า มีค่าเท่ากับ 1 บิต เพราะฉะนั้นสำหรับสัญญาณดิจิตอลแล้วจึงเป็นการสะดวกที่จะบอกว่า สัญญาณดิจิตอลนั้นจะมีข้อมูลบรรจุอยู่มากน้อยเท่าใด โดยเพียงสังเกตจากจำนวนช่องเวลาที่ใช้ส่งสัญญาณดิจิตอลดังกล่าวนั้น ทั้งนี้เพราะว่า 1 ช่องเวลานั้น มีข้อมูลเฉลี่ยอยู่เท่ากับ 1 บิต ดังนั้นถ้าสัญญาณดิจิตอลที่เราสนใจอยู่นั้นใช้ช่องเวลาทั้งหมดอยู่เท่าใด ก็เท่ากับว่าข้อมูลทั้งหมดในสัญญาณดิจิตอลนั้นมีอยู่เท่านั้น ด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้เอง หน่วย บิต จึงได้ถูกขยายมาใช้เป็นหน่วยร่วมของปริมาณต่างๆ 3 อย่าง คือ หน่วยของสัญญาณข้อมูล (bit : information unit) หน่วยของสัญญาณดิจิตอล (bit : bit binary unit) และหลักของเลขฐานสอง (bit : binary digit) กล่าวคือถ้ามีการกล่าวว่า อุปกรณ์เครื่องหนึ่งมีอัตราการส่งข้อมูล (bit rate) เท่ากับ m, bit/s เราอาจตีความหมายได้ 3 อย่างพร้อมๆกัน คือ

1. มีข้อมูลที่ถูกส่งออกไปจากอุปกรณ์ดังกล่าว เป็นปริมาณข้อมูล m บิต ใน 1 วินาที
2. มีสัญญาณดิจิตอลถูกส่งออกไปในช่องเวลาจำนวน m ช่อง ใน 1 วินาที
3. มีเลขฐานสอง ถูกส่งออกไปจำนวน m หลัก หรือ m ตัวในหนึ่งวินาที

หน่วยของข้อมูลดิจิตอลที่พบกันอยู่เสมอไปอีกอย่างหนึ่ง คือ ไบต์ (Byte) ไบต์เป็นหน่วยของข้อมูลที่มีค่าเท่ากับ 8 บิต (1 ไบต์ = 8 บิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณข้อมูลพร้อม start-stop

2.4.2.2 อัตราบอด

อัตราบอด (Baud rate) เป็นหน่วยสำหรับบอกอัตราการส่งสัญญาณต่อวินาที หรือเป็นหน่วยที่บอกถึงอัตราการเกิดของอนุภาคสัญญาณ (Signaling element) ต่อวินาที แสดงจำนวนของสัญญาณแต่ละหน่วยในหนึ่งหน่วยวินาที มันถูกตั้งชื่อตาม Baudot ซึ่งเป็นผู้บุกเบิกการสื่อสารชาวฝรั่งเศส ในการส่งแบบไบนารีมันเป็นสิ่งเดียวกับบิตต่อวินาที (bps) แต่ทั้งสองคำนี้มีความแตกต่างกัน

ในการเชื่อมต่อ RS-232 โดยตรง สัญญาณจะเป็นหนึ่งในสองสถานะ ในเวลาขณะใดขณะหนึ่ง อัตราบอดและ bps จึงเท่ากัน จะเห็นได้ว่าเมื่อสัญญาณหนึ่งถูกส่งผ่านระหว่างโมเด็มมันสามารถเป็นหนึ่งในหลายสถานะ ความยาวของสัญญาณอาจเป็น 1/600 วินาที (600 บอด) แต่เนื่องจากมากกว่าสองบิตของข้อมูลสามารถถูกส่งไปพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงแต่ละสภาวะ อัตราบิตต่อวินาทีจะสูงกว่าอัตราบอด

มีจุดที่น่าสังเกตคือ ทั้งอัตราบอดและ bps อ้างถึงอัตราที่บิตภายในหนึ่งเฟรมถูกส่ง ช่องว่างระหว่างเฟรมอาจมีความยาวแปรเปลี่ยนได้ เช่น จากการพิมพ์ตัวอักษรด้วยอัตราที่แตกต่างกัน ดังนั้นทั้งอัตราบอด และ bps จึงไม่ได้หมายถึงอัตราที่ข้อมูลถูกส่งไปจริงๆ

อัตราบิตต่อวินาทีโดยทั่วไปอยู่ในอนุกรม 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 อัตราที่ใช้กันมากที่สุดสำหรับการสื่อสารทางโมเด็ม คือ 1200 และ 2400 โดยอัตรา 1200 ใช้กันมากสำหรับการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์ และ 9600 ใช้กันมากสำหรับการเชื่อมต่อเทอร์มินอลกับคอมพิวเตอร์

2.4.2.3 คุณสมบัติพิเศษของสัญญาณดิจิตอล

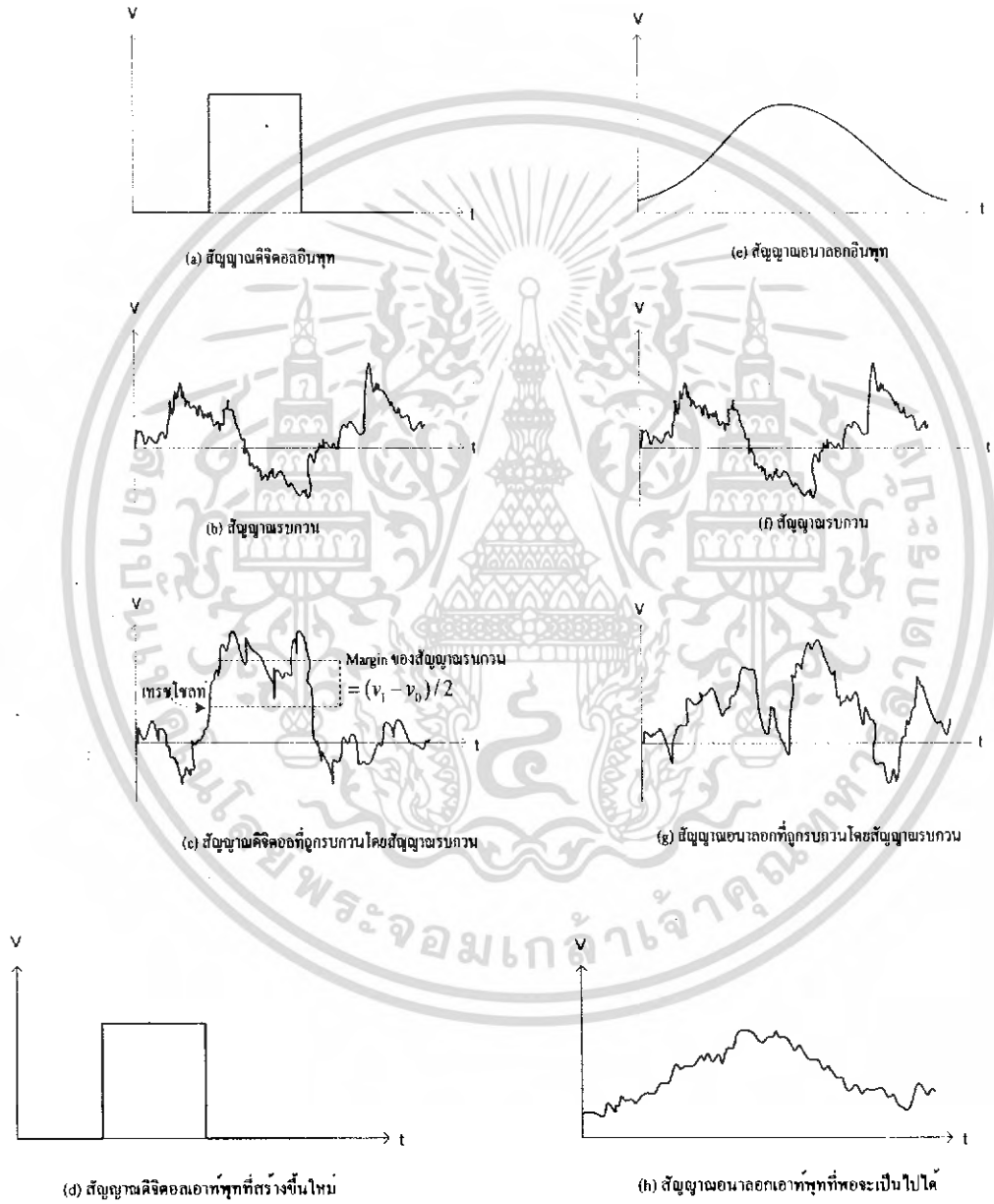
สัญญาณระบบดิจิตอลสามารถนำมาใช้สื่อสารแทนสัญญาณอนาลอก โดยการแปลงสัญญาณจากอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วนำไปเข้ารหัสหรือจัดแปลงให้เหมาะสมกับการส่ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวิธีการส่งและตัวอย่าง ซึ่งข้อดีของการสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิตอลที่สำคัญคือ

- สัญญาณรบกวนต่ำ

ในระบบอนาลอกนั้น สัญญาณรบกวน (Noise) และสัญญาณสอดแทรก (Interference) สามารถเข้าไปผสมและผ่านไปยังผู้รับได้ง่าย กล่าวคือในระหว่างการส่งถ้ามีการขยายสัญญาณข้อมูลก็จะทำการขยายสัญญาณเหล่านั้นไปด้วย แต่ในระบบดิจิตอลนั้น สัญญาณอยู่ในรูปของระดับแรงดัน 0 (Low) และ 1 (High) ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรบกวนมีขนาดไม่มากพอที่จะทำให้สัญญาณจริงเปลี่ยนระดับได้ ก็จะไม่มีผลไปถึงผู้รับ และสัญญาณดิจิตอลจะทนต่อสัญญาณรบกวนมากกว่าสัญญาณอนาลอก ดังจะเห็นได้จากสัญญาณดิจิตอลตามรูปที่ 2.9 (a) นั้น เมื่อถูกรบกวนโดยสัญญาณตามรูปที่ 2.9 (b) แล้ว จะมีลักษณะกลายเป็นสัญญาณตามรูปที่ 2.9 (c) แม้สัญญาณดิจิตอลจะถูกสัญญาณอื่นรบกวนเป็นอย่างมากในลักษณะเช่นนี้ก็ตาม แต่ถ้าสัญญาณรบกวนนั้นมีค่าความแรงสูงสุดไม่เกินระดับเทรชโฮลด์ (Threshold)แล้ว (ระดับเทรชโฮลด์ที่ใช้ตามรูปที่ 2.9 (c) คือระดับที่พอดีเท่ากับครึ่งหนึ่งของความแรงสัญญาณระหว่างสถานะบิต 0 และบิต 1)



รูปที่ 2.9 แสดงสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อสัญญาณดิจิตอลเทียบกับสัญญาณอนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการรับสัญญาณนี้ เครื่องรับสามารถที่จะสร้างสัญญาณดิจิตอลขึ้นมาใหม่ (Regeneration) ดังแสดงในรูปที่ 2.9 (d) ได้ ทั้งนี้เพราะว่าเครื่องรับสัญญาณดิจิตอลจะใช้การตัดสินใจเพียงแต่ว่า ระดับของสัญญาณที่เข้ามานั้นมีค่ามากหรือน้อยกว่าระดับเทรชโชลด์เท่านั้น โดยถ้าสัญญาณที่เข้ามามีระดับสูงกว่าระดับเทรชโชลด์แล้ว เครื่องรับจะบันทึกค่าของสัญญาณนั้นว่าเป็น 1 บิตเช่นนั้นแล้วเครื่องรับจะบันทึกสัญญาณนั้นว่าเป็น 0 ดังนั้นโดยวิธีการนี้ เราจะเห็นได้ว่าตราบใดที่สัญญาณรบกวนนั้นมีความแรงสูงสุดไม่เกินระดับเทรชโชลด์แล้ว เครื่องรับก็จะสามารถสร้างสัญญาณดิจิตอลขึ้นใหม่ให้เหมือนกับสัญญาณต้นกำเนิดเดิมที่ส่งมาได้

อย่างไรก็ตาม สำหรับสัญญาณอนาลอกตามรูปที่ 2.9 (e) นั้นถ้าถูกรบกวนโดยสัญญาณตามรูปที่ 2.9 (f) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสัญญาณรบกวนในรูปที่ 2.9 (b) แล้ว สัญญาณรบกวนจะมีอิทธิพลเป็นอย่างมาก พอที่จะกลมกลืนส่วนของสัญญาณอนาลอกที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยๆได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 (g) จะเห็นได้ว่าสำหรับกรณีเช่นนี้ การที่จะสร้างสัญญาณอนาลอกทางเครื่องรับขึ้นมาใหม่เพื่อที่จะให้เหมือนกับสัญญาณอนาลอกต้นกำเนิดเดิมจากเครื่องส่งนั้น ตามธรรมดาแล้วนั้นย่อมเป็นไปไม่ได้เลย ซึ่งสัญญาณของอนาลอกที่เครื่องรับพอจะนำกลับคืนมาได้นั้น จะมีตัวอย่างในรูปที่ 2.9 (h) ซึ่งจะเห็นว่าผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณเดิมจากรูปที่ 2.9 (e) พอสมควร

- ง่ายต่อการเข้ารหัส
  ในกรณีที่ให้ข้อมูลนั้นเป็นความลับ เราสามารถเข้ารหัสข้อมูลได้
- สะดวกต่อการมัลติเพล็กซ์
  ซึ่งส่วนมากใช้การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplex)

แต่ถึงอย่างไรก็ตามการสื่อสารระบบดิจิตอลก็มีข้อเสียอยู่ คือ เพิ่มแบนด์วิดธ์ของสัญญาณ เช่น สัญญาณเสียงพูดสำหรับโทรศัพท์ ซึ่งกำหนดไว้มีแบนด์วิดธ์ไม่เกิน 3.4 KHz เมื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งด้วยอัตรา 2.048 Mb/s อย่างน้อยที่สุดสายส่งที่ใช้ต้องมีผลตอบสนองความถี่ในย่าน 2.048 MHz ได้ ทำให้ต้องใช้สายส่งที่มีราคาแพงขึ้น

2.4.2.4 การส่งผ่านข้อมูลดิจิตอล (Digital Transmission)

การส่งผ่านข้อมูลด้วยวิธีการนี้สัญญาณดิจิตอลจะถูกส่งไปได้ในระยะทางที่จำกัดก่อนที่การลดทอนจะทำอันตรายต่อองค์ประกอบของข้อมูล ดังนั้นเพื่อให้การส่งสามารถทำได้เป็นระยะทางไกลๆ เราจึงใช้ตัวทวนสัญญาณ (Repeater) เพื่อกู้สัญญาณดั้งเดิมกลับคืนมาโดยที่ตัวทวนสัญญาณเมื่อได้รับสัญญาณดิจิตอลแล้วก็จะทำการกู้รูปแบบของ บิต 1 และ บิต 0 กลับคืนมาอีกครั้ง และส่งต่อออกไปใหม่ ซึ่งทำให้สามารถเอาชนะการลดทอนลงไปได้

ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะหันมาใช้การสื่อสารระบบดิจิตอลที่ได้แทนระบบอนาลอกมากขึ้น แม้ว่าจะได้มีการลงทุนใช้ระบบอนาลอกมาก่อนอย่างมากก็ตาม เหตุผลที่สำคัญก็คือ

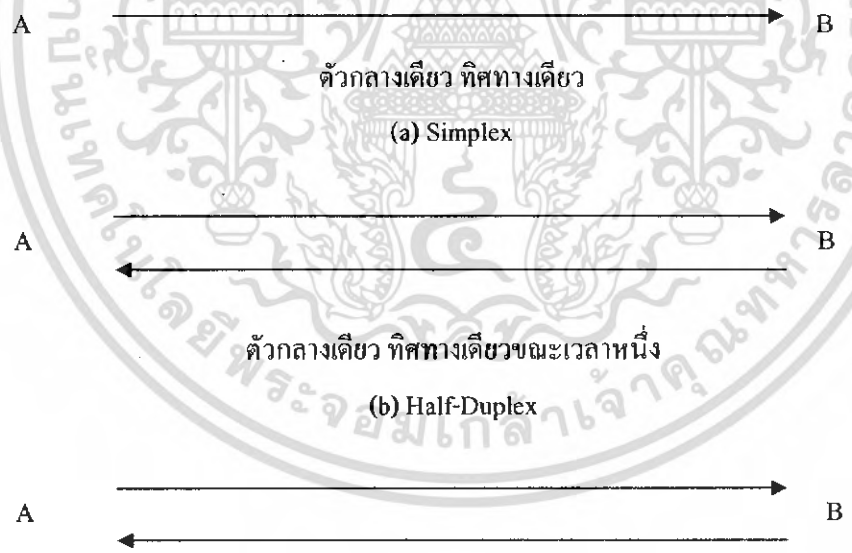
- ดิจิตอลเทคโนโลยี การพัฒนาเทคโนโลยีของวงจรดิจิตอล LSI และ VLSI ทำให้ราคาและขนาดของวงจรลดลงในขณะที่เครื่องมือทางอนาลอกไม่ได้ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณภาพของข้อมูล สำหรับขบวนการทางดิจิตอล การใช้ตัวทวนสัญญาณแทนที่จะใช้ตัวขยายสัญญาณทำให้อิทธิพลของสัญญาณรบกวนไม่ถูกสะสม ทำให้เราสามารถส่งข้อมูลไปได้ระยะทางไกลๆ แม้ว่าคุณภาพของสายจะไม่ดีก็ตาม
- ความจุของการใช้งานมีมาก มันเป็นเรื่องที่สิ้นเปลืองมากในการที่เราจะต้องสร้างทางเดินการส่งผ่านข้อมูลที่มีแบนวิดธ์กว้างมากๆ เช่น ช่องสัญญาณดาวเทียมและเส้นใยนำแก้ว ดังนั้นการนำขบวนการในการมัลติเพล็กซ์เข้ามาใช้งาน
- ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัว เทคนิคการย่อข้อมูลพร้อมที่จะนำเข้ามาใช้กับข้อมูลดิจิตอลและพร้อมที่จะนำมาใช้กับข้อมูลอนาลอกที่ถูกดิจิไตซ์แล้ว

2.4.2.5 แบบวิธีของการส่งและเทคนิค (Transmission Mode and Techniques)

1. ซิมเพลกซ์ (Simplex) เป็นแบบวิธีของการส่งซึ่งสัญญาณเดินทางในทิศทางเดียวจากผู้ส่งไปยังผู้รับ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ เป็นต้น
2. ครึ่งดูเพลกซ์ (Half-Duplex) เป็นแบบวิธีของการส่งซึ่งสัญญาณเดินทางผ่านตัวกลางในการส่งได้ทั้งสองทางแต่คนละเวลากัน วิทยุสมัครเล่น การสื่อสารระหว่านักบินและหอบังคับการบิน เป็นต้น
3. เต็มดูเพลกซ์ (Full- Duplex) เป็นแบบวิธีของการส่งซึ่งสัญญาณเดินทางผ่านตัวกลางในการส่งได้ทั้งสองทิศทางพร้อมๆกัน เช่น โทรศัพท์เป็นต้น



ตัวกลางเดียว ทิศทางเดียว

(a) Simplex

ตัวกลางเดียว ทิศทางเดียวขณะเวลาหนึ่ง

(b) Half-Duplex

สองทิศทางพร้อมๆกัน

(c) Full-Duplex

รูปที่ 2.10 แบบวิธี (Mode) ของการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

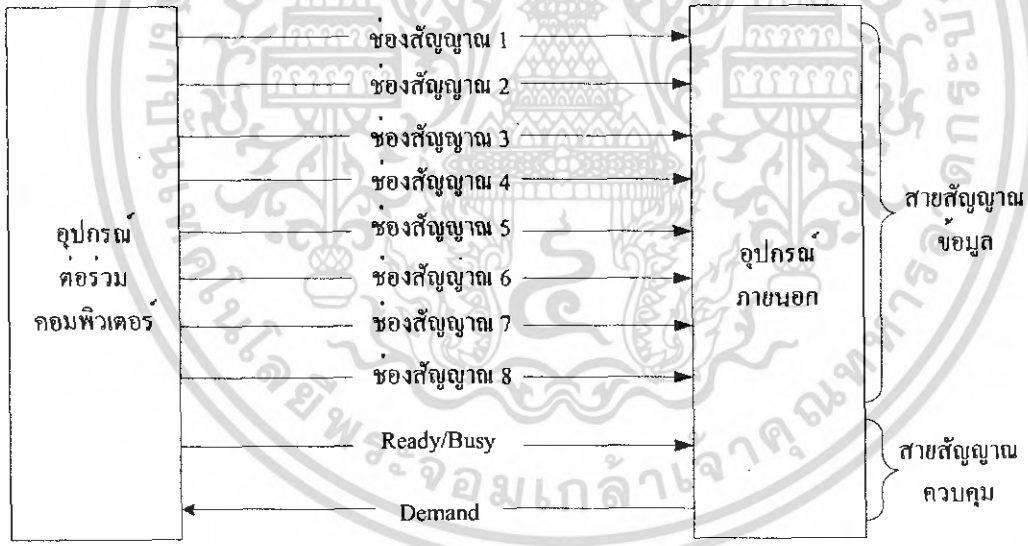
2.4.2.6 การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission)

รูปที่ 2.11 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน แต่ละบิตในบล็อกของบิตข้อมูลที่จะส่งมีสายสัญญาณสำหรับส่งเป็นของตนเอง ดังนั้นบิตทุกบิตจะถูกส่งออกไปพร้อมๆ กัน ในการส่งข้อมูลแบบขนานจะต้องมีวงจรควบคุม(Control Circuit) แยกออกมาจากวงจรส่งข้อมูล (Data Circuit) สำหรับการซิงโครไนซ์ (Synchronization) สัญญาณที่ส่งมา

ผู้ส่งจะใช้วงจรควบคุมวงจรหนึ่งสำหรับแจ้งให้ผู้รับทราบว่า พร้อมที่ส่งข้อมูลแล้ว (Ready/Busy line) ผู้รับจะใช้วงจรควบคุมอีกวงจรหนึ่งสำหรับแจ้งให้ผู้ส่งทราบว่าได้รับข้อมูลแล้ว และพร้อมที่จะรับข้อมูลชุดใหม่ (Demand line)

เรามักใช้การส่งข้อมูลแบบขนานสำหรับการส่งข้อมูลระยะสั้น เช่นการต่อร่วมระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วง (Peripheral) หรือเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีการลดทอนของสัญญาณเนื่องจากความต้านทานของสาย และปัญหาที่เกิดขึ้นหากระยะทางของสายยาว คือ ระดับของกราวน์ในทางไฟฟ้าที่จุดรับผิดไปจากจุดส่งทำให้เกิดการผิดพลาดในการรับสัญญาณทางฝ่ายรับ

และอีกกรณีหนึ่งคือเมื่อระยะทางในการส่งข้อมูลไกลขึ้น ต้นทุนของสายส่งสัญญาณหลายๆเส้น มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.11 การส่งข้อมูลแบบขนานครั้งละ 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.2.7 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมเกี่ยวกับการส่งข้อมูลทีละบิต ซึ่งข้อมูลจะถูกเคลื่อนไปทางเดินของการสื่อสารเพียงสายเส้นเดียว แทนที่จะเป็นกลุ่มของสายที่ขนานกัน จะเห็นว่าการส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนานที่กล่าวมาข้างต้น แต่จุดเด่นของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ ตัวกลางการสื่อสารต้องการเพียงช่องทางเดียว หรือ สายเพียงคู่เดียว ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารจะต้องถูกกว่าแบบขนานแน่นอน สำหรับการส่งระยะทางไกลๆ

โดยเฉพาะเมื่อเรามีระบบสื่อสารโทรศัพท์ ไว้ใช้งานอยู่แล้วย่อมจะเป็นการประหยัดกว่าที่จะทำการติดต่อสื่อสารหรือถ่ายโอนข้อมูลแบบขนานอย่างแน่นอน รูปที่ 2.12 แสดงให้เห็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจากจุดส่งจะถูกเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นแบบอนุกรมเสียก่อน แล้วค่อยทยอยส่งออกทีละบิตไปยังจุดรับ ณ จุดที่รับจะมีกลไกในการเปลี่ยนข้อมูลมาทีละบิต ให้เป็นสัญญาณแบบขนานพอดี นั่นคือ บิต 1 ลงที่บัสข้อมูลเส้นที่ 1 พอดี การที่จะทำให้การแปลงสัญญาณจากอนุกรมทีละบิต ให้ลงตัวพอดีนั้นจำเป็นจะต้องมีกลไกที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการรับ กลไกที่ว่านี้มี 2 แบบ คือ

-การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)

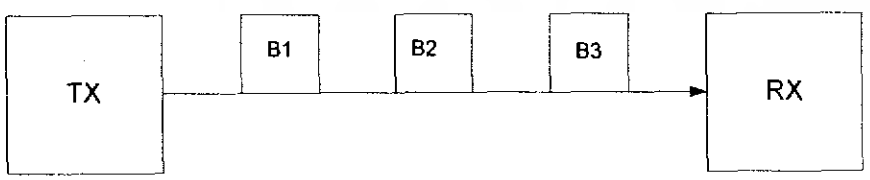
- การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)

ความเร็วของการถ่ายโอนแบบอนุกรม มีหน่วยวัดเป็นบิตต่อวินาที (bps) ซึ่งเขียนในรูปสมการคณิตศาสตร์จะได้

อัตราบิต (Bit rate) = อัตราบอด (Baud rate)*จำนวนบิตใน 1 บอด

โดยอัตราการส่งสัญญาณ (Signaling rate) มีหน่วยเป็นบอด (Baud) ส่วนกลับของบอด ก็คือ คาบเวลาของการส่งสัญญาณหนึ่งๆ (Signaling period) เช่น อัตราการส่งสัญญาณ 1200 บอด แสดงถึง Signaling period 1/1200 วินาที วงจรอิเล็กทรอนิกส์จะต้องสามารถเปลี่ยนระดับแรงดันได้อย่างรวดเร็วจากค่าแรงดันหนึ่งไปยังค่าแรงดันอีกค่าหนึ่งในขณะที่ส่งสัญญาณแบบดิจิตอล

เราสามารถส่งข่าวสารดิจิตอลในระหว่างคาบเวลาของการส่งสัญญาณ(Signaling period) นี้ซึ่งเราอาจส่งข้อมูลได้มากกว่า 1 บิต ในคาบเวลานี้ ดังนั้นอัตราข้อมูลซึ่งมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps) มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าบอดเสมอ



รูปที่ 2.12 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62726

การซิงโครไนซ์ เป็นหัวใจสำคัญในงานด้านการสื่อสารข้อมูล โดยที่ตัวส่งจะส่งข่าวสาร 1 บิต ที่เวลาหนึ่งผ่านตัวกลางไปยังผู้รับ ผู้รับจะต้องแยกให้ได้ว่าที่ตำแหน่งเริ่มต้นหรือตำแหน่งสิ้นสุดของบล็อกของบิต และจะต้องรู้ถึงค่าระยะเวลาของสัญญาณ 1 บิต เพื่อที่จะได้สามารถสุ่มสัญญาณและอ่านค่าในแต่ละบิตได้ถูกอย่างต้อง

ตัวอย่างหนึ่งคือ ผู้รับควรจะพยายามสุ่มเอาค่าสัญญาณจากตัวกลางที่ตำแหน่งเวลากึ่งกลางของแต่ละบิต แต่ถ้ามีความแตกต่างของเวลาเกิดขึ้นระหว่างตัวรับ และส่ง 5% ของแต่ละบิต ดังนั้นที่การสุ่มค่าตัวอย่างของสัญญาณครั้งที่ 10 จะทำให้ตัวรับเกิดการเก็บข้อมูลผิดพลาด แต่สำหรับความแตกต่างของเวลาบิตที่น้อยมากๆ ความผิดพลาดก็จะเกิดขึ้นที่ตำแหน่งบิตที่ไกลออกไปอีก ถึงกระนั้นก็ดี ก็ยังทำให้ตัวรับกับตัวส่ง ทำงานซิงค์โครไนซ์กันไม่ได้

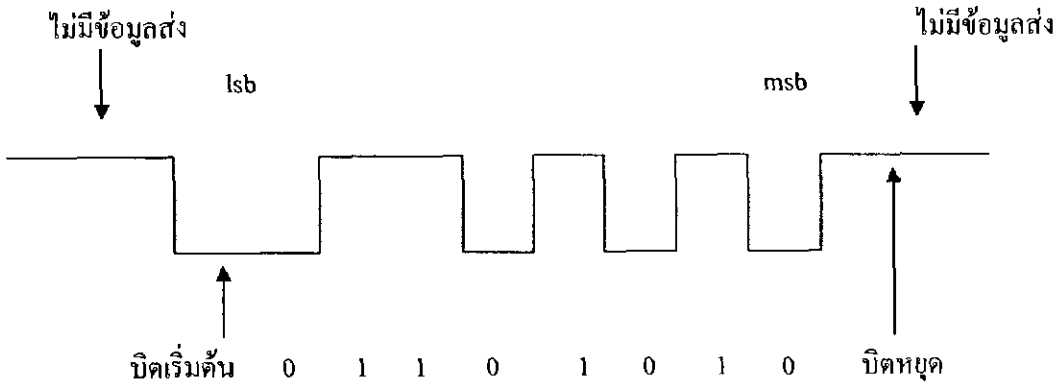
มีวิธีการง่ายๆ อยู่สองวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาซิงค์ วิธีแรกเรียกว่า Asynchronous Transmission ซึ่งเป็นวิธีการที่บิตทั้งหลายถูกส่งไปเป็นบล็อก บล็อกละหนึ่งตัวอักษร โดยปรกติแต่ละอักขระ จะมีความยาวจำนวนบิตข้อมูล 5 ถึง 8 บิต เวลาหรือการซิงค์จะถูกรักษาให้อยู่แต่เพียงในแต่ละอักขระ ตัวรับจะถือโอกาสเริ่มทำการซิงโครไนซ์สัญญาณใหม่ที่จุดเริ่มต้นของอักขระใหม่แต่ละตัว สำหรับอีกวิธีหนึ่งก็คือ การทำซิงค์โครไนซ์สำหรับการส่งผ่านสัญญาณข้อมูลที่มีบล็อกที่ยาวมาก เพราะว่าบล็อกของบิตที่ส่งจะยาวมากใน 1 ครั้ง ซึ่งตัวรับจะต้องรักษาการซิงโครไนซ์กับตัวส่งเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน วิธีการแบบหลังนี้เรียกว่า การส่งสัญญาณแบบ Synchronous Transmission

2.4.2.8 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)

เป็นการแก้ปัญหาการซิงโครไนเซชั่นวิธีหนึ่ง การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเกี่ยวข้องกับการส่งอักขระ (Character) แต่ละตัวที่เวลาใดก็ได้ รูปแบบของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเริ่มต้นด้วยบิตเริ่มต้น (start bit) เป็นการบอกจุดเริ่มต้นของการส่งข้อมูล คือ เป็นการเปลี่ยนสถานะของตัวกลางในการส่งข้อมูลจาก idle state (สถานะที่ไม่มีข้อมูลส่ง) ซึ่งระดับแรงดันในสายส่งข้อมูลเป็นบิต 1 หรือ Marking มาเป็นสถานะที่มีการส่งข้อมูล

การส่งข้อมูลที่เป็นข้อความ (Text Data) ระหว่างอุปกรณ์ปลายทางกับคอมพิวเตอร์มักเป็นการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ภายหลังจากส่งบิตเริ่มต้นออกไปแล้ว จะเป็นบิตข้อมูลจำนวน 7 บิต หรือ 8 บิต แล้วแต่ว่าจะเป็นรหัสอักขระชนิดใด ตามด้วยพาริตี้บิต (parity bit) จำนวน 1 บิต สำหรับการตรวจวัดความผิดพลาดของข้อมูลและปิดท้ายด้วยบิตหยุด (stop bit) จำนวน 1 บิต หรือมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสของตัวอักษร V (รหัส ASCII)

รูปที่ 2.13 แสดงการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสของอักขระ V วงจรส่งอยู่ในสถานะ idle state ซึ่งตามมาตรฐานจะถูกกำหนด ให้มีสถานะเป็นสถานะ mark คือบิต "1" การส่งอักขระ V เริ่มต้นด้วยการเปลี่ยนระดับแรงดันเป็นสถานะ space คือบิต "0" (บิตเริ่มต้น) ตามด้วยบิตข้อมูล พาริตีบิต และบิตหยุด (บิต"1")

2.4.2.9 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)

ในการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส เราจะส่งสัญลักษณ์จำนวนมากในคราวเดียว ยกตัวอย่างเช่น ถ้าข้อมูลเป็นข้อความ ชุดของข้อมูลที่เป็นอักขระ 8 บิต จะถูกส่งออกไปครั้งละหลายๆชุด เรียกกลุ่มของข้อมูลนี้ว่า Block of Data ในการส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัสนี้ ช่วงเวลาของแต่ละบิตที่ทำการส่งจะใช้เวลาเดียวกัน

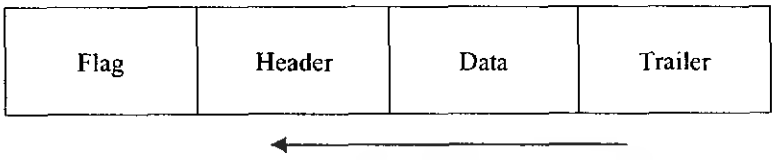
สำหรับวิธีการที่จะระบุไปได้ว่า บิตใดเป็นบิตแรกของตัวอักษรตัวแรกนั้นก็คือว่า ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านโดยวิธีการซิงโครนัสจะถูกจับมารวมกันเป็นกลุ่มของข้อมูล (Block of Data) และที่ส่วนต้นของบล็อก จะใส่ตัวอักขระ (SYN Character) ซึ่งเป็นอักขระพิเศษที่ใช้ในการควบคุมการส่งผ่านข้อมูล โดยที่อักขระซิงค์มีรูปแบบของบิตคือ 00010110 (มีบิตตรวจสอบแบบเลขคี่ : Odd parity) และอุปกรณ์รับข้อมูลจะคอยตรวจดูขบวนบิตที่เข้ามาว่ามีส่วนใดตรงกับอักขระ SYN บ้าง เมื่อพบกับอักขระ SYN แล้ว อุปกรณ์รับข้อมูลจะทราบได้ทันทีว่าถึงจุดเริ่มต้นที่จะตัดกลุ่มของบิตกลุ่มละ 8 บิต เพื่อแทนตัวอักษรได้และตัวอักษรหลายๆตัวที่ตีความได้ก็คือข้อความที่ส่งมาในแต่ละบล็อก แต่การใช้ตัวอักขระ SYN เพียงตัวเดียวใส่ไว้ที่ส่วนต้นของบล็อกยังเป็นวิธีการที่ยังไม่ถูกต้องนัก เพราะในบางกรณีขบวนของบิตที่แทนตัวอักษรมีบางช่วงที่ไปตรงกับรูปแบบของบิตของอักขระ SYN ได้

ในการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส จะมีปัญหาเกี่ยวกับการซิงโครไนซ์ เพื่อให้ผู้รับทราบว่าจุดเริ่มต้นและจุดหยุดของข้อมูลอยู่ที่ใด สิ่งนี้แก้ไขได้โดยใช้ แบบรูปบิตซิงโครไนซ์ (Synchronizing bit pattern) ที่จุดเริ่มต้นของการส่งบล็อกข้อมูล

ถ้าเป็นการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสโดยใช้โปรโตคอลชนิด (Character protocol) จะใช้อักขระควบคุม (control character) SYN 2 ตัวติดกันเป็นรูปบิตซิงโครไนซ์ ซึ่งเมื่อผู้รับได้รับจะทราบว่าสามารถเริ่มต้นตรวจวัดสัญลักษณ์ที่ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสโดยใช้โปรโตคอลชนิด (bit-oriented protocol) จะใช้ flag (01111110) เป็นแบบรูปบิตซิงโครไนซ์ ต่อจากนั้นจะเป็นส่วนของ (header), ข้อมูล(data) และ เทรลเลอร์ (trailer) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ ถ้าวงจรอยู่ในสถานะ idle state สัญญาณภายในวงจรจะเป็น flag ซึ่งถูกส่งอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างเฟรมซิงโครนัส

ข้อแตกต่างที่สำคัญของการจัดแบบ character oriented และ bit oriented ได้แก่ วิธีการในการกำหนดการหาจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดเฟรม ในระบบการจัดแบบ bit oriented ตัวรับจะสามารถตรวจตัดสินการสิ้นสุดเฟรมที่บิตใดบิตหนึ่ง โดยไม่ต้องขึ้นกับการจำกัดวงอยู่กับขอบเขตของ 8 บิต ซึ่งวิธีการนี้หมายความว่าเฟรมอาจจะมีความยาว N บิต โดยที่ N เป็นจำนวนคงที่ใดๆ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ โครงสร้างนี้ไม่ค่อยได้ใช้ เพราะว่าในการใช้งานส่วนใหญ่ เราจะใช้เฟรมซึ่งมีความยาวเป็นจำนวนเท่าของ 8 บิต อย่างไรก็ดีระบบการส่งแบบ bit oriented นั้นมีศักยภาพที่จะเพิ่ม throughput ขึ้นเป็นสองเท่า ของระบบการจัดการที่ใช้แบบ character oriented

เราจะสังเกตเห็นการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสต้องการบิตเริ่มต้นและบิตจบเพิ่มเข้าไปในแต่ละตัวอักษร จึงมีความยาวในการส่งไฟล์มากกว่าการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างนี้อาจจะสังเกตไม่เห็นเมื่อแหล่งข้อมูลที่ส่งมาจากการพิมพ์ที่เทอร์มินอล

2.5 ดิจิตอลมอดูเลชัน

เนื่องจากสัญญาณดิจิตอลในแบนด์มูลฐาน มีองค์ประกอบของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำอยู่เป็นส่วนใหญ่ จึงเหมาะสมที่จะใช้กับระบบสื่อสารที่ใช้สายโดยตรง แต่ไม่เหมาะที่จะใช้ส่งผ่านระบบที่ไม่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านไปได้ เช่น ระบบโทรศัพท์ที่จะต้องผ่านชุมสาย และไม่เหมาะกับการส่งสัญญาณนั้นโดยตรงด้วยคลื่นในย่านความถี่วิทยุเป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการมอดูเลตมาช่วยย้ายสเปกตรัมของสัญญาณในแบนมูลฐานให้สูงขึ้นให้เหมาะกับการใช้งานนั้น

ซึ่งในปัจจุบันวิธีการสื่อสารนิยมใช้ดิจิตอลมอดูเลต (Digital Modulation) กันมาก เนื่องจากระบบดิจิตอลนั้นมีความน่าเชื่อถือสูง และมีการพัฒนาอุปกรณ์ทางด้านดิจิตอลอย่างรวดเร็วทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง นอกจากนี้แล้วดิจิตอลมอดูเลชัน ยังสามารถที่จะเข้ารหัสก่อนมอดูเลต เพื่อให้โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดน้อยลง วิธีการมอดูเลตตัวพาห์ด้วยสัญญาณข่าวสารดิจิตอลนี้มีด้วยกันอยู่ 3 แบบใหญ่ๆ ด้วยกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

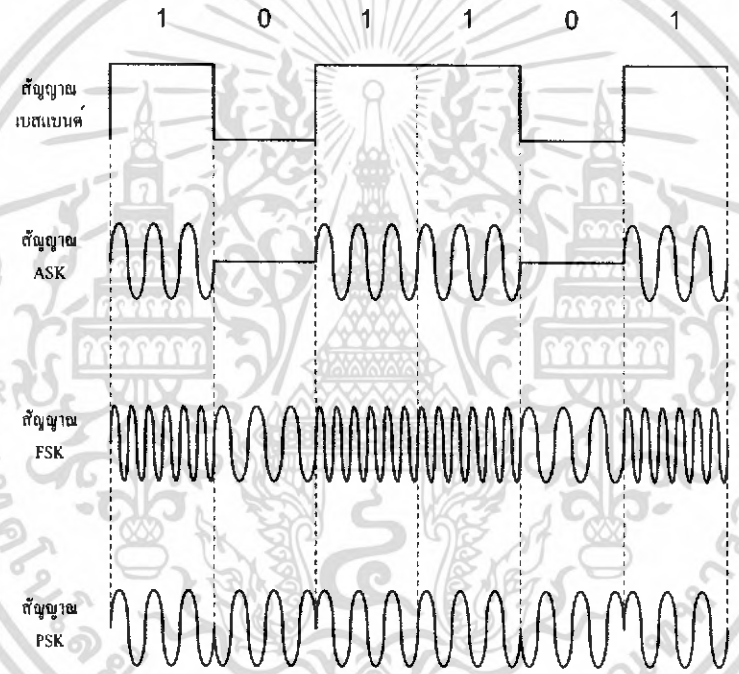
1. การมอดูเลตทางแอมพลิจูด
(Amplitude Shift Keying : ASK)
2. การมอดูเลตทางความถี่
(Frequency Shift Keying : FSK)
3. การมอดูเลตทางเฟส
(Phase Shift Keying : PSK)

โดยคลื่นพาห์ $= A\cos(2\pi f_c t + \phi)$

ในที่นี้ A คือ แอมพลิจูดของคลื่นพาหะ

f_c คือ ความถี่คลื่นพาหะ

ϕ คือ Initial Phase



รูปที่ 2.15 เปรียบเทียบรูปคลื่นของดิจิตอลมอดูเลชันทั้ง 3 วิธี

สัญญาณดิจิตอลเบสแบนด์ เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมแสดงรหัสไบนารี 1 และ 0 ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอลนี้ หนึ่งในสามพารามิเตอร์คือ แอมพลิจูด ความถี่ หรือ เฟส ของคลื่นพาห์ จะเปลี่ยนไปตามสถานะ 1 หรือ 0 ของสัญญาณเบสแบนด์

โดยในโครงงานนี้เป็นลักษณะการติดต่อระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับผ่านทางสายไฟ 220 V ซึ่งเป็นสายทองแดงสองเส้นอยู่ภายใน ซึ่งสายทองแดงนี้มิได้ออกแบบมาใช้ส่งสัญญาณในรูปแบบดิจิตอลที่ออกมาจากวงจรเข้ารหัสอนุกรมได้ เป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณในสายและมีโอกาสถูกรบกวนจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอื่นจนทำให้ข้อมูลผิดพลาดได้ ดังนั้นเพื่อให้การส่งมีประสิทธิภาพมากขึ้น จำเป็นต้องมีการแปลงสัญญาณรูปแบบดิจิตอลให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการส่งผ่านสายทองแดง

วิธีที่นิยมกันของรูปแบบที่ใช้ในการส่งผ่านสายทองแดงทั่วไป ก็คือ การส่งแบบ FSK (Frequency Shift Keying) เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการส่งผ่านสายต่างๆ ของระบบคอมพิวเตอร์ เช่น ในระบบ LAN หรือ การติดต่อผ่านโมเด็ม เนื่องจาก FSK เป็นการแปลงรูปแบบดิจิตอลให้มาอยู่ในรูปของความถี่ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ส่งในสายซึ่งเป็นแบบต่อเนื่อง (Analog) จะไม่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนและเกิดความผิดพลาดจากสัญญาณรบกวนต่างๆ

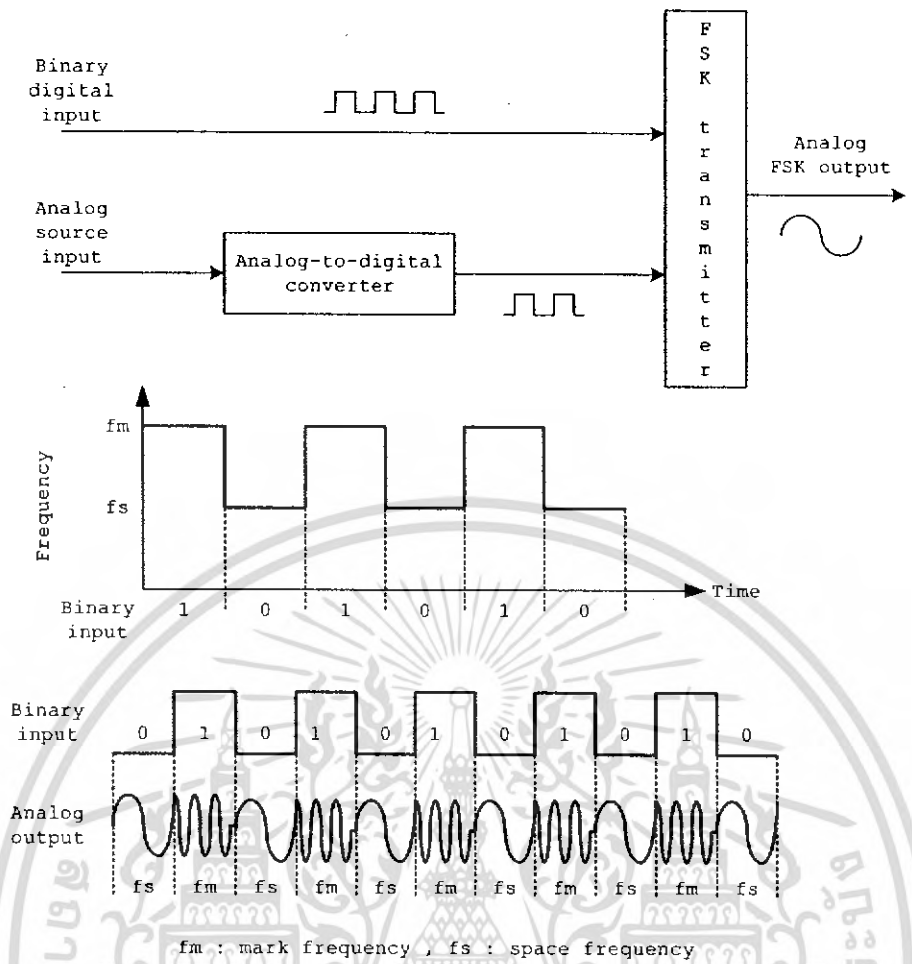
2.5.1 Frequency Shift Keying (FSK)

2.5.1.1 FSK Transmitter

ภาคส่งสัญญาณ FSK มีหลักการว่าเมื่อข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีลักษณะข้อมูลไบนารีจะทำให้ความถี่เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไบนารีที่เข้ามา ดังนั้นสัญญาณทางเอาท์พุตของตัวกำเนิด FSK จะอยู่ในรูปของความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Frequency Continuous) เมื่อข้อมูลด้านอินพุตเปลี่ยนแปลงจากสถานะลอจิก “1” เป็นลอจิก “0” (หรือในทางกลับกันลอจิก “0” เป็นลอจิก “1”) สัญญาณเอาท์พุตจาก FSK ก็จะเลื่อนความถี่ระหว่าง 2 ความถี่ด้วยกัน คือ ความถี่ที่ลอจิก “1” หรือ Mark Frequency (f_m) และความถี่ที่ลอจิก“0” หรือ Space Frequency (f_s)

การเปลี่ยนแปลงหรือการเลื่อนของความถี่แต่ละครั้งจะเกิดขึ้นเมื่อสถานะของลอจิกด้านสัญญาณเข้าเปลี่ยนแปลงนั่นคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณออกจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเข้า ซึ่งในดิจิตอลมอดูเลชัน อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านอินพุตของ FSK Generator จะเรียกว่า อัตรบิต หรือ Bit rate มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps) ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านเอาต์พุตของ FSK Generator เรียกว่า อัตราบอต หรือ Baud rate ดังนั้นในการส่งข้อมูลด้วยเทคนิค FSK อัตราบิตจะเท่ากับอัตราบอตเสมอ ซึ่ง FSK Transmitter แสดงดังรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



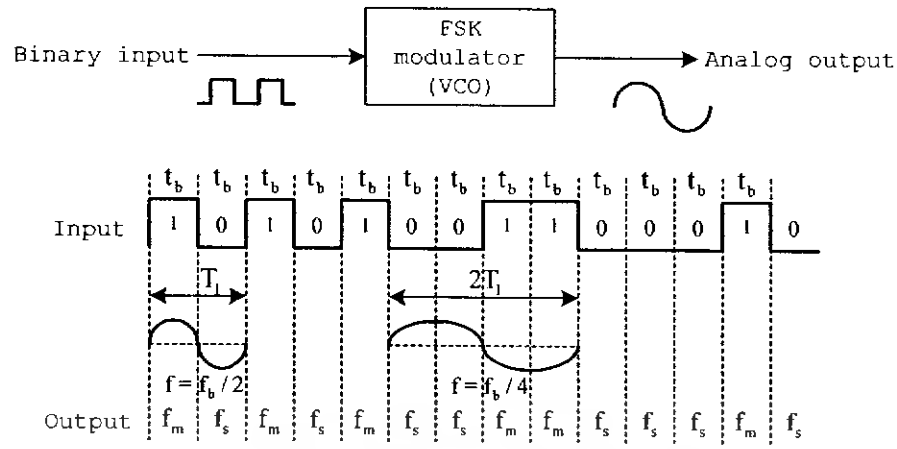
รูปที่ 2.16 หลักการและสัญญาณอินพุต เอาต์พุตของ FSK

2.5.1.2 FSK Bandwidth

ในระบบการสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณอนาลอก หรือสัญญาณความถี่นั้นแบนด์วิดท์เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก เนื่องจากวิธีการของ FSK อยู่บนพื้นฐานเดียวกันกับวิธีการของ FM ดังนั้นการอธิบายถึงสูตรต่างๆ ก็ใช้หลักการของ FM ทุกอย่าง

จากรูปที่ 2.17 แสดงถึงตัว FSK Modulator ซึ่งใช้หลักการเดียวกับ FM Modulation คือใช้หลักการของ VCO(Voltage Control Oscillator) จะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เร็วที่สุดของสัญญาณอินพุตจะเกิดขึ้นเมื่อข้อมูลไบนารีมีลักษณะเป็น 1 และ 0 สลับกันซึ่งก็คือสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave) ตามตัวอย่างดังรูปที่ 2.17 เป็นสัญญาณในช่วง T1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



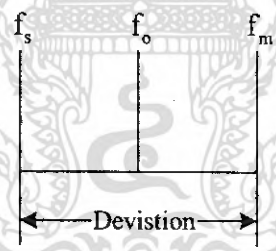
รูปที่ 2.17 FSK Modulator

ความถี่หลักของคลื่นสี่เหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit rate ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะความถี่หลักเพียงอย่างเดียวแล้ว ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่ต้องการนำมา Modulate แบบ FSK จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit rate คือ

$$f_{a_{max}} = \text{bit rate}/2$$

เมื่อ $f_{a_{max}}$: ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่นำมามอดูเลต

ความถี่กลาง (Center Frequency = f_o) ของ VCO จะอยู่ในตำแหน่งกลางระหว่าง Mare Frequency (f_m) กับ Spare Frequency (f_s) ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การเบี่ยงเบนความถี่

ลอจิก "1" ด้านอินพุตจะเลื่อนความถี่ของ VCO จาก f_o ไปเป็น f_s จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไบนารี่ด้านอินพุตจาก 1 ไปเป็น 0 หรือ 0ไปเป็น 1 จะทำให้ความถี่เอาท์พุตของ VCO เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปมาระหว่าง f_m กับ f_s เนื่องจากได้กล่าวมาแล้วว่า FSK นั้นก็คือการ Modulate แบบ FM ดังนั้นดัชนีการ Modulate (Modulate index = MI) ใน FSK ก็ทำได้จาก FM คือ

$$MI = \frac{\Delta f}{f_a}$$

เมื่อ MI คือ ดัชนีการมอดูเลต

Δf คือ การเบี่ยงเบนของความถี่ใดๆจากความถี่กลาง (Hz)

f_a คือ ความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า MI ที่ยอมให้มีได้สูงสุดคือ 1 MI ที่ทำให้แบนด์วิดท์กว้างที่สุด ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อการเบี่ยงเบนของความถี่ถูกมอดูเลตแล้วและความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลตมีค่าสูงสุด

ใน FSK Modulate ค่า Δf เป็นการเบี่ยงเบนความถี่สูงสุด(Peak Frequency Deviation) ของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้ว ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง f_o กับ f_s นั้นคือ

$$\Delta f = \frac{f_m - f_s}{2}$$

การเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุดขึ้นอยู่กับขนาดหรือแอมปลิจูดของสัญญาณที่นำมามอดูเลต(สัญญาณดิจิตอล) เมื่อสถานะทางลอจิกเป็น "1" จะให้แรงดันค่าหนึ่งตามสถานะเช่น 5 โวลต์ หรือถ้าเป็นลอจิก "0" ก็จะให้แรงดันออกมาคงที่ในระดับลอจิก "0" เช่น 0 โวลต์ ดังนั้นความถี่ที่เบี่ยงเบนของ FSK จะเบี่ยงเบนความถี่คงที่และอยู่ในระดับการเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุดเสมอ

f_a เป็นความถี่หลักของข้อมูลไบนารีด้านอินพุต ซึ่งจะทำให้แบนด์วิดท์กว้างที่สุดเมื่อ f_a = bit rate/2 เท่านั้น เพราะฉะนั้นเราสามารถหาค่า MI ได้จาก

$$MI = \frac{(f_m - f_s)/2}{f_b/2}$$

$$= \frac{f_m - f_s}{f_b}$$

เมื่อ $f_m - f_s$: ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุด

f_b : อัตราบิตของไบนารีสูงสุด

ในการส่งสัญญาณ FM ทั่วไป ความกว้างของแบนด์วิดท์ จะแปรผันโดยตรงกับค่า MI ซึ่งเช่นเดียวกันกับ FSK ที่ค่า MI โดยทั่วๆไป จะต้องมีค่าต่ำกว่า 1.0 เพื่อให้เป็น FM แบนด์แคบ ค่าแบนด์วิดท์ที่แคบเรียกว่า Minimum Nyquist Bandwidth (f_n)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 รหัสข้อความ

2.6.1 รหัส ASCII

รหัส ASCII (American Standard Code for Information Interchange) เป็นรหัสความยาว 7 บิต ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในสหรัฐอเมริกา รหัส ASCII 7 บิต เป็นรหัสที่ใช้แทนสัญลักษณ์ (พยัญชนะ ตัวเลข เครื่องหมายวรรคตอน และ อักขระควบคุมพิเศษ) จำนวน 128 ตัว ผู้กำหนดมาตรฐานของรหัส ASCII คือ สถาบันมาตรฐานแห่งชาติ (American National Standard Institute หรือ ANSI) ซึ่งกำหนดไว้ในมาตรฐาน ANSI X3.4 มาตรฐานดังกล่าวเป็นมาตรฐานของอเมริกาซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานระหว่างประเทศ CCITT T.50 (International Alphabet No.5 หรือ TA5) และมาตรฐาน ISO 646

ในการส่งข้อมูลในทางปฏิบัติ มักมีการเพิ่มบิตที่ 8 เข้าไปในตำแหน่งบิตนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant Bit หรือ MSB) เพื่อใช้ในการตรวจวัดความผิดพลาดในการส่งข้อมูล

			b_7	0	0	0	0	I	1	1	1
			b_6	0	0	1	1	0	0	1	1
			b_5	0	1	0	1	0	1	0	1
b_4	b_3	b_2	b_1								
0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0		P	‘	p
0	0	0	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	STX	DC2	“	2	B	R	b	r
0	0	1	1	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	BEL	ETB	‘	7	G	W	g	w
1	0	0	0	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1	1	0	1	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1	1	1	0	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

ตารางที่ 2.3 แสดงรหัส ASCII 7 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 รหัส ASCII ชนิดพิเศษ

รหัส	อักขระ	ความหมาย
0	NULL	วิธีหนึ่งที่จะทำให้เกิดการหน่วงเวลาอย่างจงใจ ในอดีตมันมีความจำเป็นที่จะต้องส่ง null หลังจาก Carriage return เพื่อให้เครื่องพิมพ์ปัดแคร่ไปทางซ้ายสุดของหน้ากรดาษ ปัจจุบันเครื่องพิมพ์ทำงานได้เร็วขึ้น null จึงใช้สำหรับจุดประสงค์อื่นหลายอย่าง
1	SOH	Start of Heading แสดงว่าข้อความที่ตามมาเป็นส่วนหนึ่งของหัวข้อ
2	STX	Start of Text แสดงจุดเริ่มต้นของข้อความจริงของข่าวสาร
3	ETX	End of Text แสดงจุดสิ้นสุดของข้อความ
4	EOT	End of Transmission แสดงการสิ้นสุดของการส่ง
5	ENQ	Enquiry โดยปกติถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของซอร์ฟแวร์ แฮนด์เช็คกิ้ง ในการขอให้คอมพิวเตอร์ฝ่ายรับตอบรับการได้รับข่าวสาร
6	ACK	Acknowledge การตอบรับการได้รับข่าวสาร
7	BEL	ส่งเสียงออกทางเทอร์มินอล
8	BS	Backspace
9	HT	Horizontal Tab
10	LF	Line feed ทำให้ขึ้นบรรทัดใหม่ในตำแหน่งเดิม
11	VT	Vertical Tab
12	FF	From feed เลื่อนหน้ากระดาษไปหนึ่งหน้า
13	CR	Carriage return เลื่อนไปที่ต้นบรรทัด บางครั้งทำให้เกิด Line feed ด้วยเช่นกัน
14	SO	Shift out กำหนดจุดเริ่มต้นของรหัสควบคุมพิเศษบ่อยครั้งที่ใช้ Esc แทน
15	SI	Switch in กำหนดจุดเริ่มต้นของรหัสควบคุมที่เริ่มต้นโดย SO
16	DLE	Data link escape เหมือนกับ Esc
17	DC1	Device control 1 ถึง 4 รหัสที่สำรองไว้ให้ใช้ตามต้องการ บางครั้งใช้ในซอร์ฟแวร์แฮนด์เช็คกิ้ง
18	DC2	
19	DC3	
20	DC4	
21	NAK	Negative acknowledgement บ่งชี้ว่าข้อมูลที่ส่งนั้นไม่ได้ถูกรับอย่างถูกต้อง เช่น พบความผิดพลาดทางพาริตี้
22	SYN	Synchronous idle เหมือนกับ NULL แต่ถูกใช้ในการสื่อสารแบบแบบซิงโครนัส เพื่อดูแลให้อุปกรณ์สองตัวซิงโครไนซ์กันระหว่างการส่ง
23	ETB	End of transmission block ถูกใช้ในที่ซึ่งการส่งข้อมูลถูกแบ่งเป็นบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส	อักขระ	ความหมาย
24	CAN	Cancel บ่งชี้ว่า ข้อมูลที่ถูกส่งไปควรถูกทิ้งไป
25	EM	End of medium บ่งชี้ว่ามาถึงปลายเทปกระดาษ
26	SUB	Substitute แก้ไขตัวอักษรที่ส่งมาผิดพลาด ถูกใช้เพื่อบ่งชี้จุดสิ้นสุดของการส่งด้วยเช่นกัน
27	Esc	Escape บ่งชี้จุดเริ่มต้นของตัวอักษรที่ติดตามมาว่ามีความหมายพิเศษ
28	FS	File, group, record และ Unit separator ตามลำดับ ใช้เพื่อกำหนดขอบเขตระหว่างส่วนของข้อความ
29	GS	
30	RS	
31	US	
32	DEL	บ่งชี้ว่า ตัวอักษรที่มาก่อนมันควรถูกลบ

ตารางที่ 2.4 รหัส ASCII ชนิดพิเศษ (ต่อ)

เมื่อข้อความ (อักขระ เครื่องหมายวรรคตอน และอื่นๆ) ถูกเก็บในคอมพิวเตอร์แต่ละตัวอักษรที่แตกต่างกัน จะถูกแทนด้วยจำนวนด้วยจำนวนที่ต่างกันจำนวนเหล่านี้โดยปกติมีค่าจาก 0 ถึง 127 หรือจาก 0 ถึง 255 เนื่องจากไบต์หนึ่งสามารถมีค่าจาก 0 ถึง 255 มันจึงเป็นธรรมชาติที่จะให้หนึ่งไบต์แทนตัวอักษรหรือเครื่องหมายวรรคตอนแต่ละตัวในข้อมูลที่เป็นข้อความ มีสองวิธีที่ต่างกันสำหรับจับคู่ตัวอักษรกับจำนวน คือ EBCDIC ซึ่งถูกใช้ในคอมพิวเตอร์ชนิดอื่นของไอบีเอ็ม และ รหัส ASCII ซึ่งถูกใช้ในคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป

ตาราง ASCII อย่างเป็นทางการให้จำนวนระหว่าง 32 ถึง 126 แทน ตัวเลข ตัวอักษรเครื่องหมายวรรคตอนและสัญลักษณ์ที่ใช้กันทั่วไปอื่นๆ จำนวนจาก 0 ถึง 31 และ 127 มีความหมายพิเศษ เช่น Carriage return, Line feed และตัวอักษรที่ไม่สามารถแสดงผลได้อื่นๆ

ตัวอย่างเช่น ตัว A ถูกเก็บในเลขฐานสิบ คือ 65 ในเลขฐานสอง คือ 01000001 เครื่องหมายคอมมา ถูกเก็บในเลขฐานสิบ คือ 44 ซึ่งคือ 00101100 ในของฐานสอง

เนื่องจากจำนวน 127 ในเลขฐานสองใช้เพียงเจ็ดบิต ตัวอักษรทั้งหมดถูกแทนด้วย 0 ถึง 127 สามารถถูกเก็บในหนึ่งไบต์ โดยจะเหลืออีกหนึ่งบิต เนื่องจากเราให้ชื่อบิตในไบต์หนึ่งตั้งแต่ศูนย์ถึงเจ็ด จะเห็นได้ว่ารหัส ASCII ใช้เพียงบิตศูนย์ถึงหก บิตเจ็ดถูกสำรองไว้

คอมพิวเตอร์หลายชนิดใช้เต็มที่ทั้งแปดบิตสำหรับการเข้ารหัส ทำให้มีรหัสที่แตกต่างกัน 256 ตัว 123 ตัวแรกเป็นไปตาม ASCII และส่วนที่เหลือถูกใช้สำหรับอักขระต่างชาติ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อักขระกราฟิก และ อื่นๆ ตามแต่การออกแบบ โชคไม่ดีที่ไม่มีมาตรฐานสำหรับอักขระเพิ่มเติม (Extended Character) เหล่านี้ ซึ่งมักจะมีความหมายแตกต่างกันบนคอมพิวเตอร์คนละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การแปลงเป็นรูปแบบอนุกรม

คอมพิวเตอร์เกือบทั้งหมดเก็บและจัดการข้อมูลในแบบขนาน หมายความว่าเมื่อไบต์หนึ่งถูกส่งจากส่วนหนึ่งของคอมพิวเตอร์ไปยังส่วนอื่น มันไม่ได้ถูกส่งไปครั้งละหนึ่งบิต แต่จะถูกส่งไปหลายบิตพร้อมกันผ่านตัวนำในแบบขนาน จำนวนบิตที่ถูกส่งในครั้งหนึ่งแปรผันไปตามเครื่อง แต่โดยปกติจะเป็นแปดหรือทวีคูณของแปด เพราะฉะนั้น คอมพิวเตอร์สามารถทำงานกับหนึ่งไบต์เป็นอย่างน้อยในครั้งหนึ่งๆ

เนื่องจากการสื่อสารจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์อื่นหลายชนิดเป็นแบบอนุกรม หมายความว่าข้อมูลถูกส่งไปทีละหนึ่งบิต ตัวเชื่อมต่อการสื่อสารต้องสามารถนำไบต์ที่รับมาแบบขนานส่งออกไปทีละบิตได้

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าสายข้อมูลในการสื่อสารแบบอนุกรม มีเพียงสถานะ MARK และ SPACE ซึ่งในกรณีของการเชื่อมต่อโดยตรงเท่ากับแรงดันไฟฟ้าลบหรือบวกตามลำดับ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกส่งต้องถูกแปลงให้เป็นลำดับของ MARK และ SPACE ก่อน สำหรับการส่งข้อมูล MARK แทนที่ 1 และ SPACE แทนที่ 0

2.8 มาตรฐาน RS-232-C

เป็นมาตรฐานที่ใช้กันกว้างขวางที่สุดถูกประกาศในปี1969 โดย Electronic Industries Association (EIA) เพื่อกำหนดการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง (Data Terminal Equipment: DCE) โดยที่ RS ย่อมาจาก Recommended Standard และ 232 เป็นหมายเลขบ่งบอกของมาตรฐานตัวนี้ C เป็นหมายเลขของฉบับสุดท้ายของมาตรฐานตัวนี้

2.8.1 สัญญาณที่ใช้ทั้งหมดใน RS-232-C

-Protective Ground (PG –ขาที่ 1)

หมายถึงตัวถังของเครื่องหรือสายดิน

-Transmit Data (TD ขาที่ 2)

เป็นสัญญาณที่ส่งออกมาจาก DTE (ตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังยังโมเด็มหรือต่อเข้าโดยตรงกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่นหรือเครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานภาพของลอจิกจะมีค่าเท่ากับ "1"สภาวะ "OFF" หรือเทียบเท่ากับ stop bit ไม่ว่าจะเป็นระบบอะไร DTE ต้องไม่ส่งข้อมูลออกไปจนกว่าสัญญาณ

1. Request To Send (RTS)
2. Clear To Send (CTS)
3. Data Set Ready (DSR)
4. Data Terminal Ready (DTR)

ทั้งหมดนี้อยู่ในสภาวะ "ON"

-Receive Data (RD ขาที่ 3)

เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยัง DTE เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสถานภาพเป็น "1" หรือสภาวะ "OFF"

-Request To Send (RST ที่ขา4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก DTE ไปยัง DCE

สภาวะ ON คือ บังคับให้ DCE อยู่ใน Transmitting Mode ต่อไป

สภาวะ OFF คือ บังคับให้ DCE อยู่ใน Receiving Mode ต่อไป

การเปลี่ยนจาก OFF ไป ON เป็นการบอกให้ DCE จัดการกับระบบสื่อสาร เพื่อให้ช่องทางต่อเชื่อมและให้สัญญาณ Clear To Send (CTS) กลับมาเป็นการบอกว่าส่งได้

การเปลี่ยนจาก ON ไป OFF เป็นการบอกให้ DCE ส่งข้อมูลผ่านช่องสื่อสารให้หมดแล้วกลับไปอยู่ใน Receiving mode พร้อมกับให้ CTS เป็น 0

- Clear To Send (CTS ขาที่ 5)

จาก DCE ไป DTE สภาวะ NO หมายความว่าข้อมูลจาก DTE ขา 2 จะถูกส่งต่อไปในช่องทางสื่อสาร(โมเด็มส่งข้อมูลออกสายโทรศัพท์) ทันที CTS จะ ON หลังจาก DSR และ RTS อยู่ในสภาวะON และการเชื่อมของวงจรสื่อสาร(ชุมสายโทรศัพท์) เสร็จแล้ว

-Data Set Ready (DTS ขาที่ 6)

จาก DCEไป DTE คือความพร้อมของโมเด็มนั้นเอง จะเป็น NO (พร้อม) ต่อเมื่อ

1. DCE (โมเด็ม) เปิดเครื่องอยู่ และอยู่ในสภาวะoff – hook (เหมือนยกหูโทรศัพท์)
2. DCE ไม่อยู่ใน Test Mode
3. DCE ทำการส่งสัญญาณไปยังชุมสายเสร็จแล้ว

DSR อยู่ในสภาวะ ON เป็นการบอก DTE ว่า โมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้ว และพร้อมที่จะส่ง

DSR อยู่ในสภาวะ OFF หมายถึงให้ DTE ตรวจ Ring Indicator

-Signal Group (SG ขาที่ 7)

คือสายร่วมของสัญญาณทุกตัว

-Carrier Detect (CD ขาที่ 8)

จาก DCE ไป DTE

สภาวะON หมายถึง DCE จับสัญญาณพาหะในช่องทางสื่อสารที่จะทำการดีมอดูเลตได้

สภาวะOFF คือไม่ได้รับสัญญาณอะไรเลย หรือได้รับสัญญาณแต่ไม่สามารถดีมอดูเลตเอาข้อมูลออกมาได้

-Data Terminal Ready (DTR ขาที่ 20)

จาก DTE ไป DCE

สภาวะON หมายถึงว่า DCE เตรียมเพื่อเชื่อมต่อกับตัวอื่น และรักษาช่องทางติดต่อไว้ต่อไป (การเชื่อม Channel ทำได้หลายทาง คือ หมุนเรียกด้วยมือหรืออัตโนมัติ) ถ้า DCE สามารถตอบรับสัญญาณเรียก (Call)ได้ ก็ให้ตอบรับ(Answering) เมื่อมีสัญญาณเรียก Ring Indicator และ DTR ON อยู่

สภาวะOFF คือวางหู และเมื่อ OFF แล้วไม่ต้อง ON อีกจนกว่า DSR จะOFF

-Ring Indicator (RI ขาที่ 22)

จาก DCE ไป DTE เหมือนสัญญาณเรียกของโทรศัพท์ แต่เป็นดิจิตอล ใช้ในระบบตอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตโนมัติ (Auto-answer) สัญญาณนี้จะ ON เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา และจะ OFF ระหว่างเสียงดังของกระดิ่ง

2.9 ฮาร์ดแวร์แฮนด์เช็คกิ้ง (Hardware hand checking)

ในหลาย ๆกรณี อุปกรณ์ฝ่ายส่งจำเป็นต้องรู้ว่าอุปกรณ์ฝ่ายรับพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์ ความเร็วของการสื่อสารอาจเร็วกว่าความเร็วของเครื่องพิมพ์ เครื่องพิมพ์ต้องระงับการส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์จนกว่ามันพร้อมที่จะรับข้อมูลในทำนองเดียวกันกับการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง และคอมพิวเตอร์ตัวที่สองไม่สามารถประมวลผลข้อมูลได้เร็วเท่ากับอัตราที่ข้อมูลเข้ามา

ทั้งสองกรณี ต้องมีข่าวสารถูกส่งกลับจากอุปกรณ์ฝ่ายรับไปยังอุปกรณ์ฝ่ายส่งเพื่อแจ้งว่าพร้อมหรือไม่ ข่าวสารนี้เรียกว่า โฟลว์คอนโทรล (flow control) หรือแฮนด์เช็คกิ้ง (Hand Shaking) แฮนด์เช็คกิ้งมีสองแบบ คือ ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทั้งคู่เกี่ยวข้องกับสัญญาณที่ส่งกลับมาจากอุปกรณ์ฝ่ายรับไปยังอุปกรณ์ฝ่ายส่ง ในฮาร์ดแวร์แฮนด์เช็คกิ้งอุปกรณ์ฝ่ายรับส่งแรงดันไฟฟ้าบวกไปตามวงจรแฮนด์เช็คกิ้งเมื่อมันพร้อมที่จะรับข้อมูล เมื่อคอมพิวเตอร์ฝ่ายส่งได้รับแรงดันไฟฟ้าลบ มันจะรู้ว่าต้องหยุดส่งข้อมูลในซอฟต์แวร์แฮนด์เช็คกิ้งสัญญาแฮนด์เช็คกิ้งเป็นอักขระพิเศษที่ถูกส่งไปตามวงจรข้อมูลแทนวงจรแฮนด์เช็คกิ้ง

การใช้ฮาร์ดแวร์แฮนด์เช็คกิ้งอย่างน้อยต้องมีการเชื่อมต่อเติมเพิ่มหนึ่งเส้นเพื่อนำพาสัญญาณทำให้จำนวนของสายทั้งหมดเป็นสามเส้นคือ สายข้อมูล ซิกแนลกราวน์ และแฮนด์เช็คกิ้ง

2.10 สัญญาณทางไฟฟ้า

มาตรฐาน RS-232-C กำหนดคุณลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าที่ถูกใช้ในการเชื่อมต่ออนุกรมโดยตรง มีเพียงสองลักษณะคือ SPACE แสดงถึงไบนารี0 หรือแรงดันไฟฟ้าบวกและ MARK แสดงถึงไบนารี 1 หรือแรงดันไฟฟ้าลบ บนสายข้อมูล(เช่นสาย 2 และ 3) แรงดันไฟฟ้าบวกแสดงถึงค่าลอจิก 0 และแรงดันไฟฟ้าลบแสดงถึงค่าลอจิก 1 บนสายแฮนด์เช็คกิ้ง (เช่น DTR และDSR) แรงดันไฟฟ้าบวกแสดงว่าส่งข้อมูลได้ ส่วนแรงดันไฟฟ้าลบหมายถึงหยุดส่งข้อมูล แรงดันไฟฟ้าบวก (เช่น SPACE) อยู่ระหว่าง +5 ถึง +15โวลต์สำหรับเอาต์พุต และระหว่าง +3 ถึง+ 15โวลต์สำหรับอินพุต ความแตกต่างมีไว้เผื่อกรณีที่แรงดันสูญหายเนื่องจากความยาวของสายสัญญาณในทำนองเดียวกัน แรงดันไฟฟ้าลบ (สถานะ MARK) ถูกกำหนดไว้ระหว่างลบ-5 ถึง -15 โวลต์สำหรับอินพุต

สังเกตว่าถ้าให้สายสัญญาณยาวเกินไป ระดับแรงดันไฟฟ้าจะตกลงเกินขอบเขตที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ ความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีผลกับคุณภาพของสัญญาณ โดยทำให้การเปลี่ยนสถานะของแรงดันไฟฟ้าบวกไปลบไม่ชัดเจน RS–232–C ไม่ได้มุ่งหวังให้นำไปใช้กับระยะทางไกล และโดยทั่วไป 50 ฟุต เป็นระยะทางที่ไกลที่สุดในการใช้สายสัญญาณปกติที่อัตราการส่งข้อมูลปกติโดย RS-232-C สามารถถ่ายทอดข้อมูลได้ตั้งแต่ 0-20,000 บิต ซึ่งเพียงพอกับความเร็วในการส่ง110-9,600 บิตต่อวินาที ถ้าอุปกรณ์อยู่ห่างกันมากอาจจำเป็นต้องใช้โมเด็มหรือวิธีการอื่น ระดับสัญญาณของ RS-232-C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

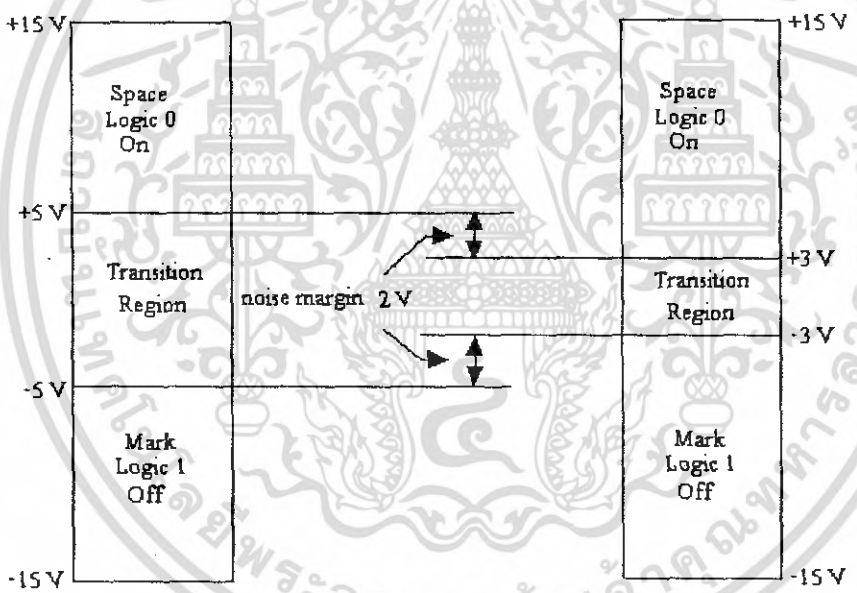
สัญญาณที่ขาทุกขาที่คอนเนคเตอร์ของ RS-232C จะเป็นสภาวะใดภาวะหนึ่งแต่ละคู่ต่อไปนี้

- Mark/Space
- ON/OFF
- Logic0/Logic1

ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะสัญญาณคู่ต่าง ๆ กับระดับแรงดันได้แสดงไว้ในตาราง RS-232-C ใช้ Negative Logic แทนระดับแรงดันต่างๆโดยแรงดันของระดับแรงดันต่างๆ จะถูกวัดเทียบกับ Signal Ground นอกจากนี้ช่วงระดับแรงดันระหว่าง-3 ถึง+3 โวลต์ จะเป็นช่วงของการเปลี่ยนแปลง
ลอจิก ดังนั้นจึงไม่มีการระบุสถานะของสัญญาณช่วงนี้

ในการแทนลอจิก 1 หรือสถานะ Mark Driver ต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้า -5 ถึง -15โวลต์ ส่วนในการแทนลอจิก 0 หรือ Space Driver ต้องจ่ายแรงดันระหว่าง 5 ถึง 15 โวลต์

จะเห็นว่า RS-232-C ยอมให้มี noise margin ได้ไม่เกิน 2โวลต์ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและสถานะของสัญญาณได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและสถานะของสัญญาณ

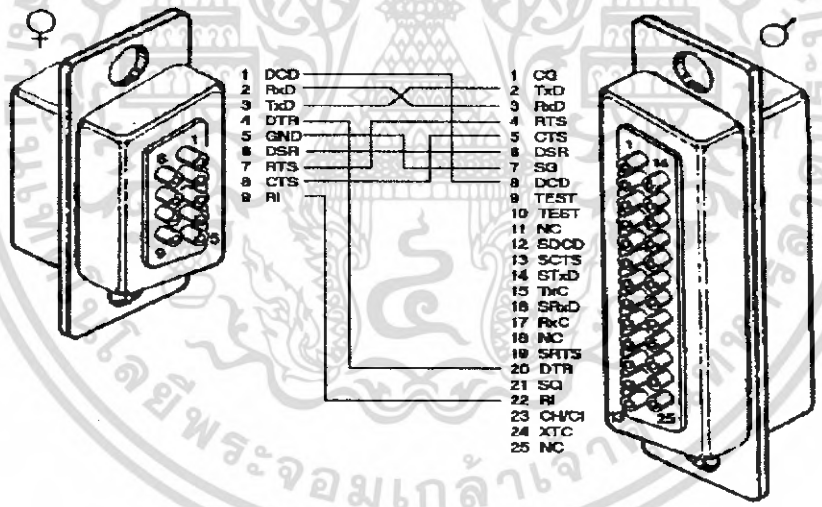
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 นัลโมเด็ม (Null Modem)

ดังที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้แล้วว่าในตอนแรก RS-232-C นำไปใช้สำหรับกำหนดการเชื่อมต่อระหว่างเทอร์มินัลซึ่งเป็น DTE กับโมเด็มซึ่งเป็น DCE ต่อมาได้มีการนำไปประยุกต์ใช้กับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์อื่นอีกหลายชนิดที่ไม่ได้ถูกกำหนดให้เป็น DTE หรือ DCE อย่างเป็นกิจลักษณะ เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์หรือเครื่องพิมพ์

เนื่องจากไม่มีมาตรฐานที่ชี้ชัดว่าอุปกรณ์ควรเป็น DTE หรือ DCE บ่อยครั้งจึงจำเป็นต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์ DTE สองตัว หรือ อุปกรณ์ DCE สองตัวเข้าด้วยกัน ในลักษณะเช่นนี้ต้องทำการเชื่อมต่อสาย 2 บนอุปกรณ์ตัวแรกกับสาย 3 บนอุปกรณ์ตัวที่สองและสาย 3 บนอุปกรณ์ตัวแรกกับสาย 2 บนตัวที่สอง สายแฮนด์เช็คกิ้งก็ต้องถูกไขว้ในทำนองเดียวกัน การไขว้สายอาจทำได้โดยการต่ออุปกรณ์ด้วยสายสัญญาณซึ่งถูกไขว้ไว้แล้วหรือโดยการซื้อหัวต่อพิเศษที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองและทำการไขว้สายที่จำเป็นไว้ภายใน ไม่ว่าในกรณีใดสายที่อยู่ตรงกลางหรือหัวต่อจะถูกเรียกว่า นัลโมเด็ม (Null modem) มันทำให้อุปกรณ์ DTE สองตัวคุยกันได้โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ DCE เป็นทางผ่าน หรือในทางกลับกันคือระหว่าง DCE กับ DCE

2.12 คอนเน็กเตอร์แบบ 9 พิน (DB-9) และแบบ 25 พิน (DB-25)



รูปที่ 2.20 แสดงคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 และ แบบ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 Ground
8	Received Line Signal Detector
9	Received for Data Set Testing
10	Received for Data Set Testing
11	Unsigned
12	Secondary Received Line Signal Detector
13	Secondary Transmitted Data
14	Secondary Clear to Send
15	Transmitted Signal Element Timing (DTE source)
16	Secondary Received Data
17	Received Signal Element Timing
18	Unsigned
19	Secondary Request to Send
20	Data Terminal Ready
21	Signal Quality Detector
22	Ring Indicator
23	Data Signal Rate Select (DTE/DCE Source)
24	Transmit Signal Element Timing (DTE Source)
25	Unsigned

ตารางที่ 2.5 รายละเอียดขาต่างๆของคอนเน็กเตอร์ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลขขาสัญญาณ	ชื่อของสายสัญญาณ
1	Data Carrier Detect
2	Receive 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

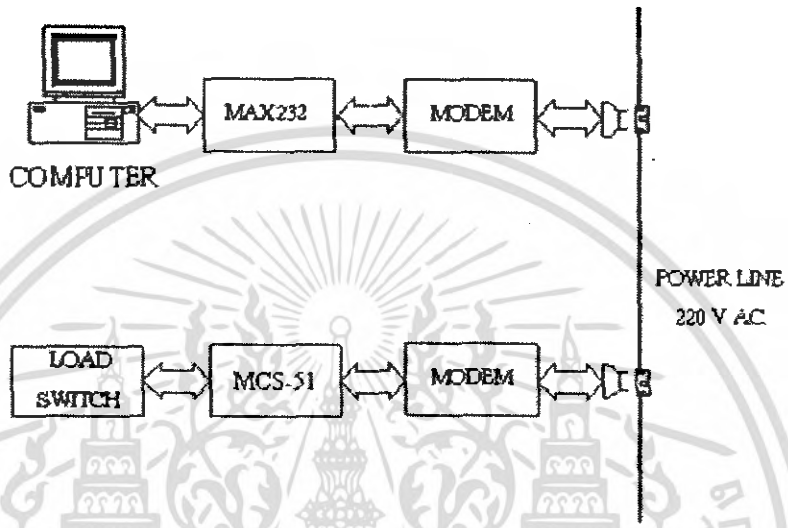
ตารางที่ 2.6 รายละเอียดขาต่างๆของคอนเน็กเตอร์ DB-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างของระบบการส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะประกอบด้วยส่วนต่างๆซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบการส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.1 นั้นโครงสร้างของระบบจะประกอบไปด้วย

- เครื่องคอมพิวเตอร์

ทำหน้าที่เป็นตัวรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน โดยจะส่งข้อมูลที่ได้รับมาผ่านพอร์ตอนุกรมไปยังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการส่งข้อมูลไปยังชุดควบคุมทางภาครับ สำหรับในส่วนของการแสดงผลนั้นจะทำโดยผ่านโปรแกรม Visual C++ซึ่งสามารถใช้เมาส์ และคีย์บอร์ดในการเลือกตำแหน่ง และคำสั่งที่จะสั่งได้ง่ายและสะดวก

- Modulate and coupling (โมเด็มด้านส่ง)

ชุดมอดูเลเตอร์จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมที่ได้รับมา Coupling เข้าสู่สายไฟเอซี โดยจะมีการมอดูเลทเป็นแบบ FSK (Frequency Shift Keying)

- Demodulate and Decoupling (โมเด็มด้านรับ)

ในชุดนี้จะทำหน้าที่คอยรับสัญญาณควบคุมที่ถูกส่งผ่านมายัง Power line มาทำการDecoupling และ Demodulate หลังจากที่ทำการ Demodulate แล้วจะทำการขยายสัญญาณเพื่อให้สัญญาณที่ได้กลับมาเป็นสัญญาณที่สามารถนำไปประมวลผลและสั่งงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

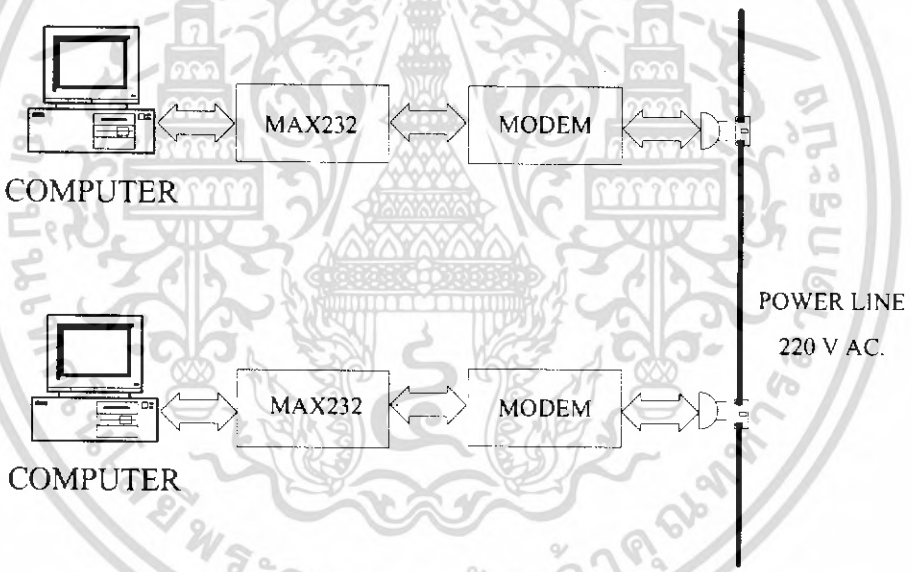
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ด้านรับ

ทำหน้าที่รับสัญญาณแล้วทำการประมวลผลคำสั่งที่เข้ามาเพื่อควบคุมการทำงานของ IC 4066 และ Relay ของ Load Switch

- Load Switch

โหลดที่เราจะทำการควบคุมนั้น เราจะควบคุมเฉพาะคำสั่งเปิด-ปิดเท่านั้น ซึ่งวงจร Load Switch ที่อยู่ในเครื่องรับแต่ละเครื่องสามารถที่จะนำไปต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกได้ 4 ตัว เช่น หลอดไฟ หรือพัดลม และใช้การติด-ดับของ Light Emitting Diode (LED) เป็นตัวบอกสถานะว่า Port ไหนที่มีการควบคุม โดยเมื่อได้รับสัญญาณจากผู้ใช้ ที่ส่งคำสั่งมาแล้วตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะทำการสร้างสัญญาณเพื่อที่จะไปควบคุมการทำงานของตัว Relay ซึ่งทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวสวิตช์ทำให้เราสามารถควบคุมโหลดต่างๆได้

โครงสร้างของระบบการสื่อสารข้อมูลนั้นจะประกอบด้วยส่วนต่างๆซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของระบบการสื่อสารข้อมูล

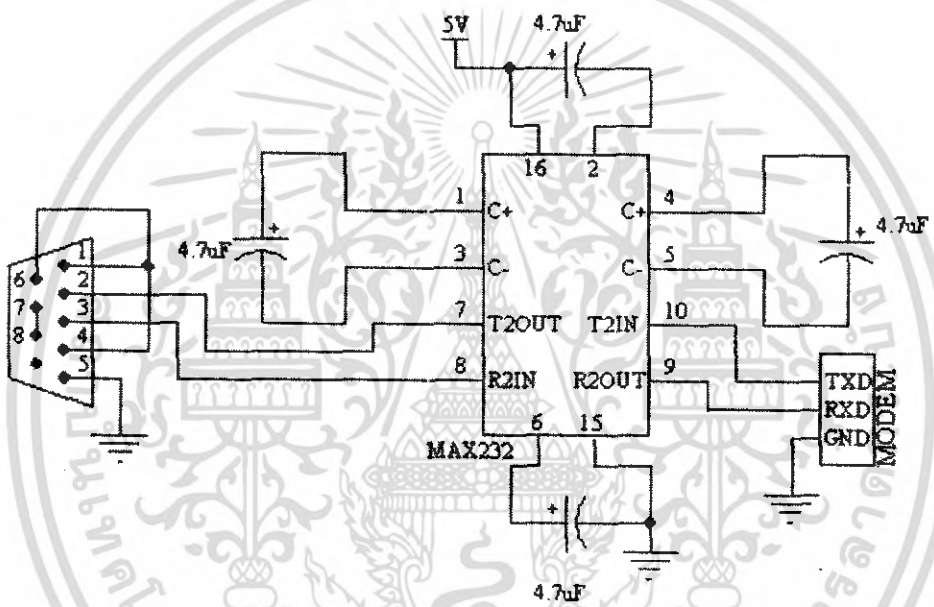
ในส่วนของการสื่อสารข้อมูลนั้น ในที่นี้จะเป็นในลักษณะการสื่อสารแบบ 2 ทิศทางแต่คนละเวลา หรือที่เรียกกันว่าแบบ Half Duplex และลักษณะของข้อมูลที่สื่อสารกันนั้นจะเป็น ตัวอักษร หรือข้อความ สามารถโต้ตอบกันได้ โดยผ่านโปรแกรม Visual C++ ที่เขียนขึ้นมา ซึ่งมีหน้าตารูปแบบคล้ายๆกับโปรแกรม Chat ทั่วๆไป สามารถใช้ Mouse และ Keyboard ในการจัดการต่างๆ ได้อย่างสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนของตัวอินเตอร์เฟส (Hardware)

3.2.1 วงจรส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์

สามารถออกแบบและอธิบายการทำงานได้จากทฤษฎีของมาตรฐานพอร์ตอนุกรม (RS-232-C) โดยสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม (RS-232-C) จะเป็นสัญญาณมาร์ค (Mark) และสเปซ (Space) ซึ่งจะมีแรงดันไฟประมาณ 0-15V ตามสถานะของข้อมูลที่ส่งออกมาและเมื่อสัญญาณข้อมูลที่ได้ส่งออกมาแล้วจะต้องนำไปเปลี่ยนระดับของสัญญาณก่อน เพราะสัญญาณข้อมูลที่จะนำมาอตูเลตนั้นจะต้องเป็นระดับแรงดันไฟ ทีทีแอล (TTL: Transistor Transistor Logic) เป็นระดับแรงดันไฟ 0 โวลต์ กับ 5 โวลต์ ตามสถานะลอจิก "0" และ "1" ด้วยเหตุผลนี้ เราจึงได้ทำการแปลงระดับสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้ ไอซีเบอร์ MAX232 เป็นตัวปรับระดับแรงดัน



รูปที่ 3.3 วงจรส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์

ในการเชื่อมต่อระหว่างโมเด็มกับคอมพิวเตอร์จะมี 2 ข้อที่ต้องพึงระวังก็คือ ขา RX ของโมเด็มจะต่อกับขา TX ของคอมพิวเตอร์ และขา TX ของโมเด็ม จะต่อกับขา RX ของคอมพิวเตอร์ โดยผ่าน MAX232 เพราะว่า สัญญาณ ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ สร้างออกมาจะเป็นแบบ 0 ถึง 5 V ดังนั้นเราต้องให้สัญญาณดังกล่าว ผ่าน MAX232 เพื่อแปลงเป็นสัญญาณแบบ RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

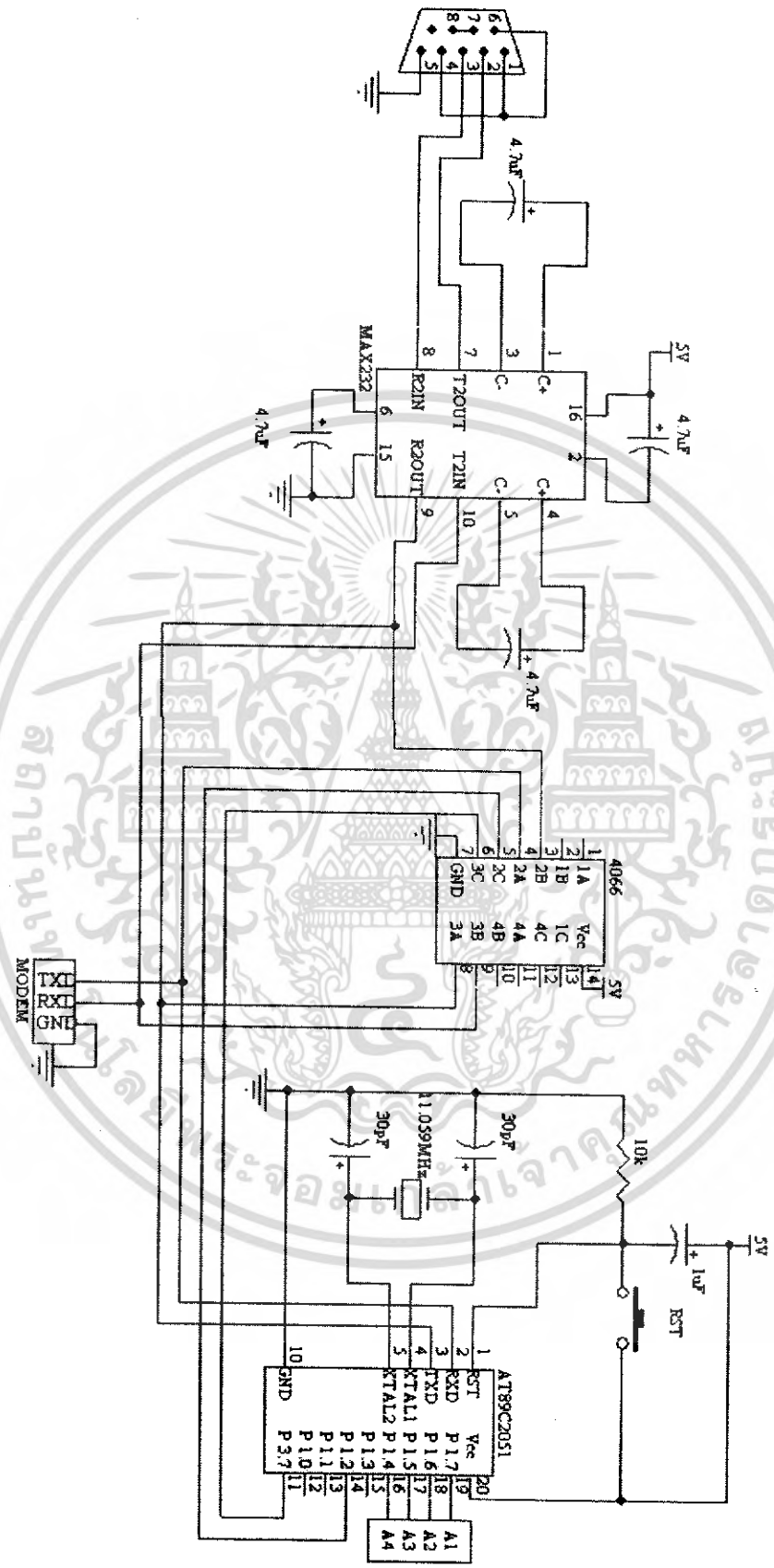
3.2.2 วงจรรับสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์

เมื่อรับสัญญาณมาจากโมเด็ม โดยจะมี IC 4066 ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ที่สามารถควบคุมการปิด-เปิด จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อที่จะสามารถควบคุมลำดับการเข้าสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง โดยสัญญาณที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับมานั้นแบ่งเป็น 2 กรณีคือ

กรณีแรกคือ สัญญาณที่รับได้เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งสัญญาณไปยัง IC4066 เพื่อเชื่อมขา TX ของไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับขาด RX ของโมเด็มเพื่อที่จะแจ้งการเปลี่ยนแปลงหรือแจ้งสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังด้านส่ง เพื่อที่ด้านส่งจะได้ประมวลผลต่อไป

สำหรับกรณีอีกกรณีหนึ่งก็คือ สัญญาณที่รับได้เป็นสัญญาณที่แจ้งว่าด้านส่งต้องการส่งข้อความไปยังคอมพิวเตอร์ด้านรับไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการควบคุมในส่วนของวงจรสวิตช์ โดยการเชื่อมขา TX ของ โมเด็ม เข้ากับขา RX ของ MAX232 เพื่อที่ข้อความจะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ด้านรับโดยไม่ต้องมีการประมวลผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์และสำหรับการส่งข้อความไปยังคอมพิวเตอร์ด้านส่ง ไมโคร-คอนโทรลเลอร์ก็จะทำการควบคุมในส่วนของวงจรสวิตช์ โดยการเชื่อมขา RX ของโมเด็ม เข้ากับขา TX ของ MAX232 เพื่อที่ข้อความ จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ ด้านส่งโดยไม่ต้องมีการประมวลผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

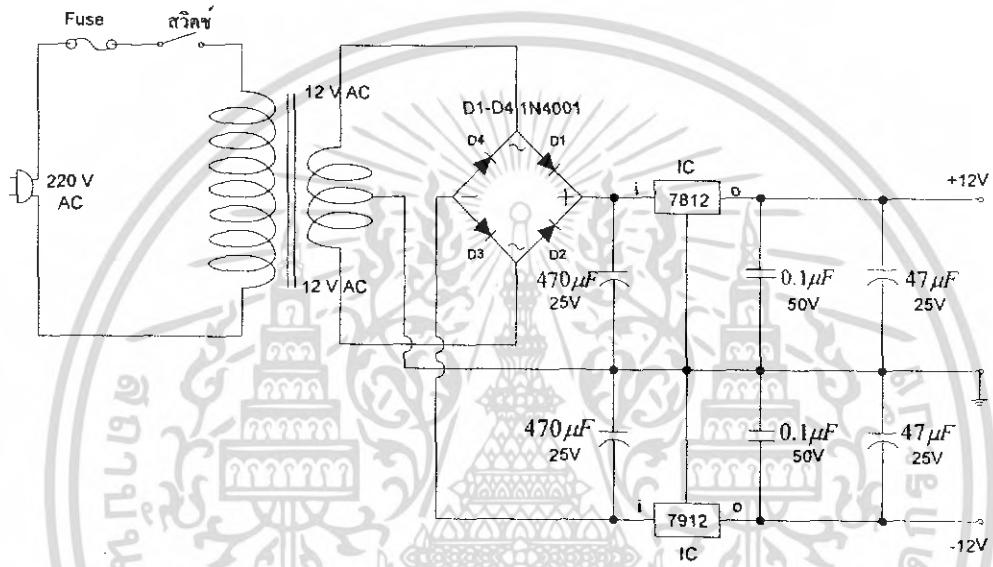


รูปที่ 3.4 วงจรรับสัญญาณข้อมูลจากคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

ทุกส่วนวงจรที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ต้องการไฟเลี้ยงวงจรเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างปกติ ดังนั้นจะต้องสร้างวงจรที่มีหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรต่างๆ ซึ่งทุกวงจรที่ใช้ในโครงงานนี้ ต้องการไฟเลี้ยงที่เป็นกระแสตรงและเป็นแรงดันที่มีระดับคงที่ ดังนั้นการสร้างวงจรในภาคนี้ต้องมีวงจรเรียงกระแสที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับให้เป็นกระแสตรง และวงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่ โดยในชุดวงจรแหล่งจ่ายไฟนี้จะจ่ายแรงดันไฟที่ระดับ ± 12 โวลต์ ไปเลี้ยงให้กับวงจร และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระดับค่าแรงดันต่างๆ ได้โดยการเปลี่ยน IC

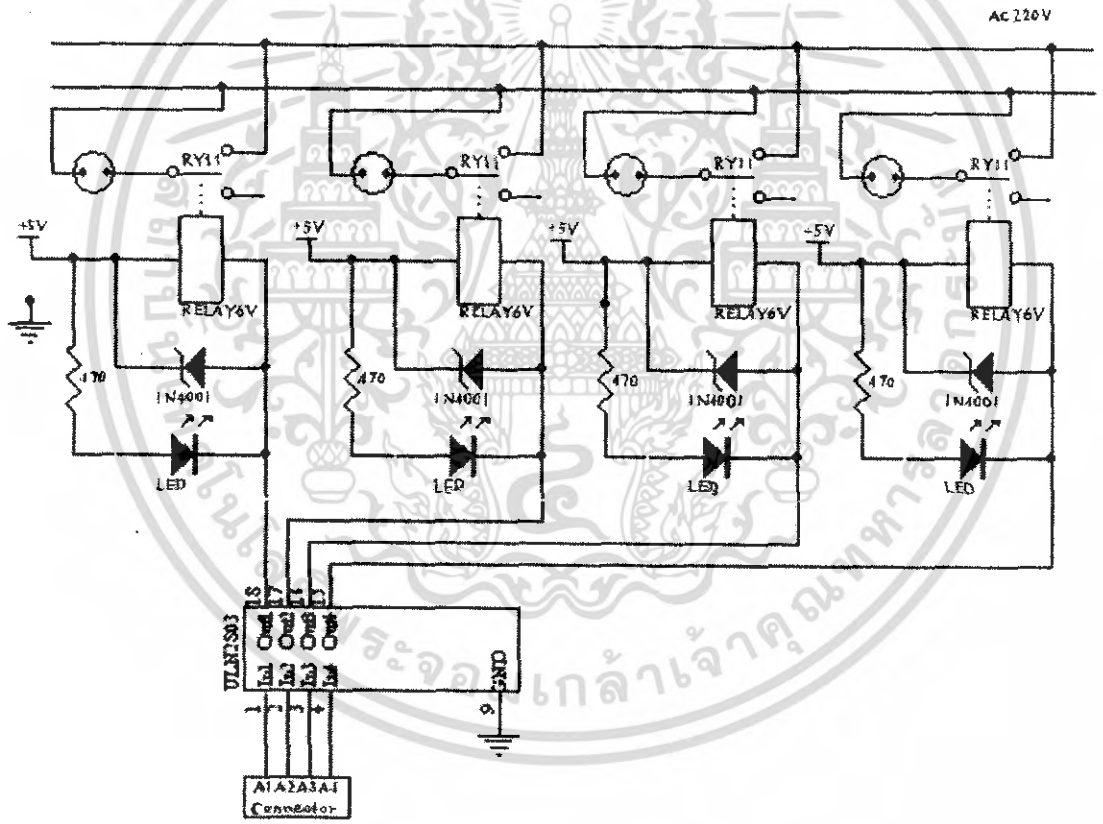


รูปที่ 3.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 วงจรแสดงผลควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

โหลดที่เราจะทำการควบคุมนั้น เราจะควบคุมเฉพาะคำสั่งเปิด-ปิดเท่านั้น เช่นหลอดไฟต่างๆ แต่ในที่นี้จะใช้การติด-ดับของ Light Emitting Diode (LED) เมื่อได้รับสัญญาณจาก User ที่ส่งคำสั่งมาแล้ว ตัวไมโคร-คอนโทรลเลอร์ ก็จะทำการสร้างสัญญาณเพื่อที่จะไป trig เข้าที่ขาของตัว Relay ซึ่งทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวสวิตช์ทำให้เราสามารถควบคุมโหลดต่างๆได้ โดยเราจะมี IC เบอร์ ULN2803 ทำหน้าเป็นเสมือนกราวน์ของสวิทช์รีเลย์เมื่อมี logic "1" จากไมโครคอนโทลเลอร์เข้ามายังไอซีตัวนี้ จะทำให้เอาท์พุทเป็น 0 โวลท์ จะมีกระแสไหลผ่านขดลวดรีเลย์ แล้วขดลวดรีเลย์จะสร้างสนามแม่เหล็กดูดหน้าสัมผัสรีเลย์เข้าหากัน ทำให้ปลั๊กของชุดควบคุมสามารถจ่ายกำลังให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการจะควบคุม แต่เมื่อมี logic "0" จากไมโคร – คอนโทลเลอร์เข้ามายังไอซีจะทำให้เอาท์พุทมีแรงดันเท่ากับ 5 โวลท์ทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวดรีเลย์ ทำให้ปลั๊กของชุดควบคุมไม่สามารถจ่ายกำลังให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการจะควบคุมได้ โดยวงจรรีเลย์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 3.6



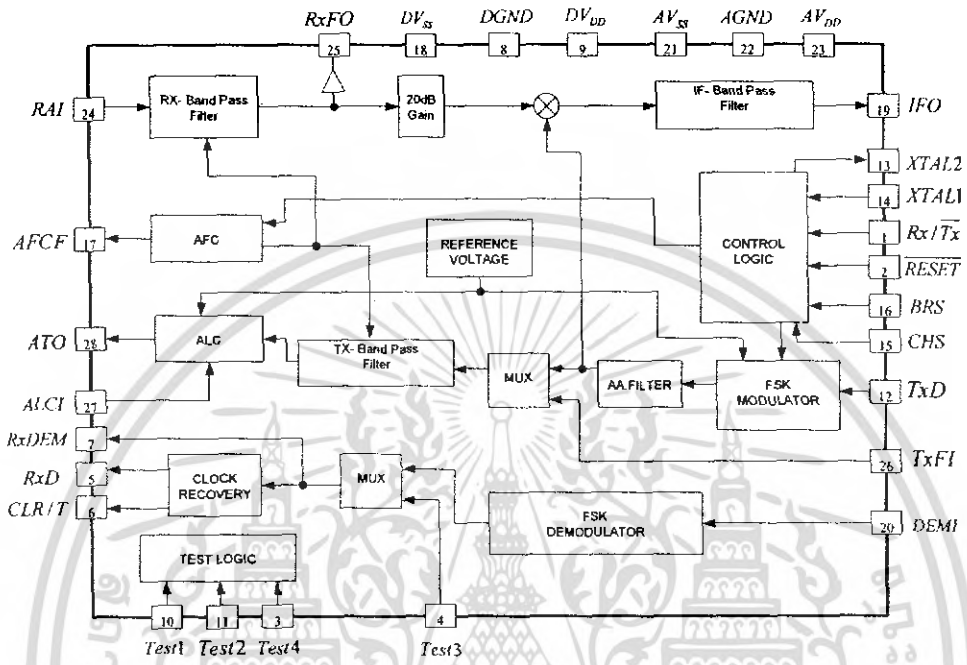
รูปที่ 3.6 วงจรแสดงผลควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.2.5 ส่วนของ MODEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

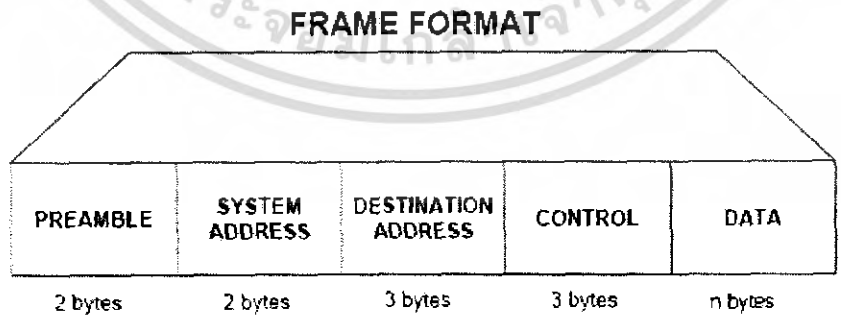
3.2.5 ส่วนของ MODEM

ในส่วนของ MODEM นี้เราจะใช้ Single Phase Power Line ซึ่งมี IC ST7536 เป็นตัวประมวลผลที่สำคัญ และเป็น IC Power Line Communication ที่เป็นแบบลักษณะ Half Duplex และใช้เทคนิคการมอดูเลตที่เป็นแบบ FSK Modulation



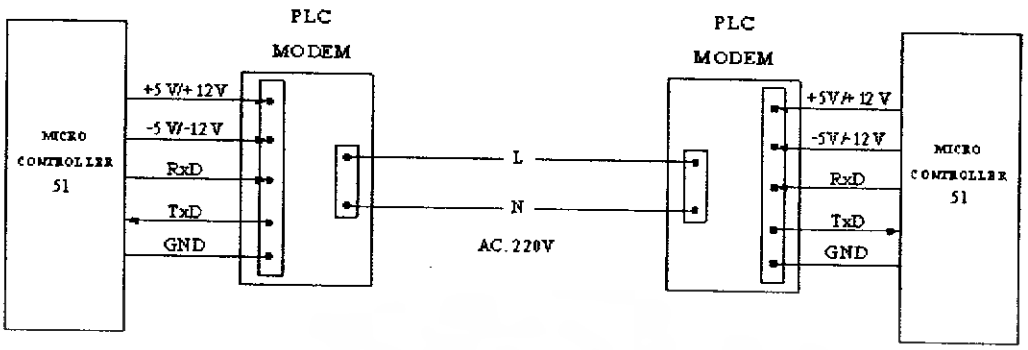
รูปที่ 3.7 แสดง Block Diagram ของ IC ST7536 IC Power Line Communication

โดยก่อนที่ข้อมูลจะผ่านการมอดูเลตแบบ FSK Modulation นั้น IC ST7536 จะทำการจัดเฟรมข้อมูลก่อนเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการส่งข้อมูล โดยรูปแบบเฟรมข้อมูลเป็นดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 Frame Format ที่สร้างจาก IC ST7536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



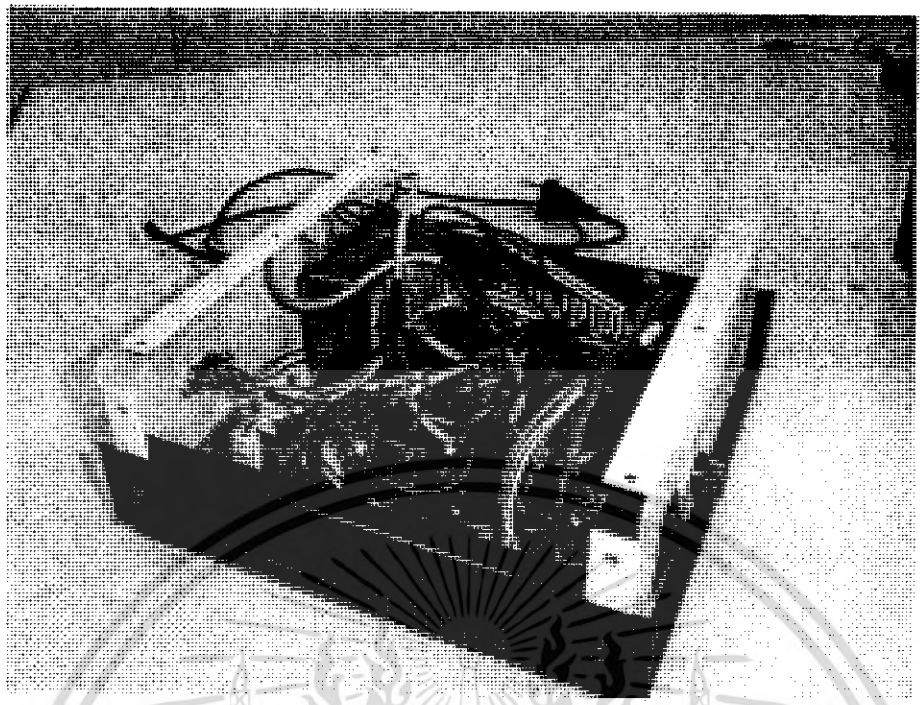
รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมต่อ MODEM กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 51

- MODEM PLC Single Phase

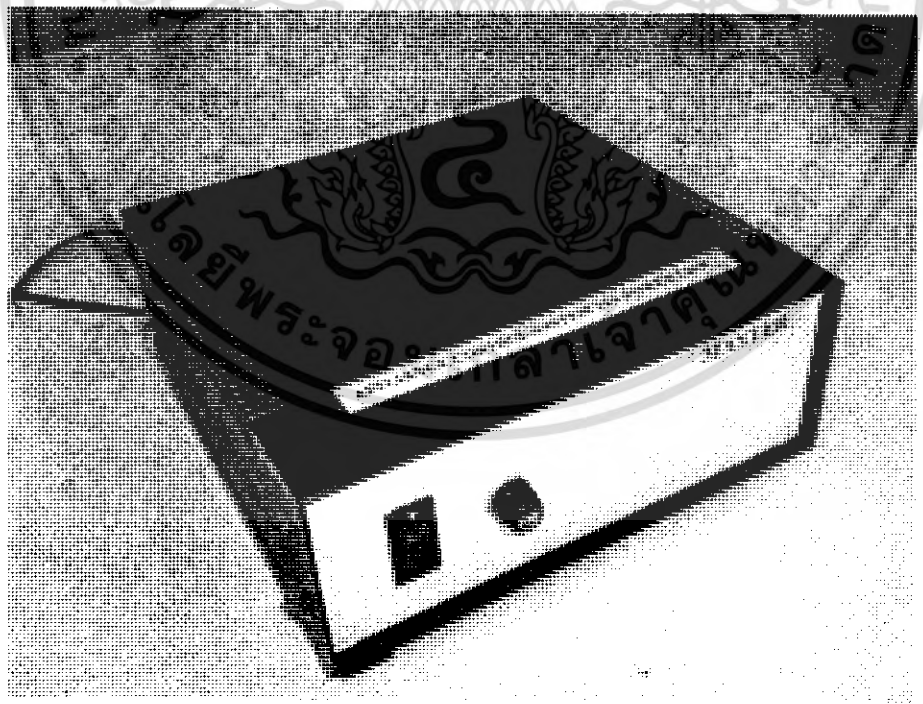
Pin	Symbol	Description	Direction
1	+12V	+V in	Input
2	GND	Ground	Input
3	-12V	-V in	Input
4	RxD-232	RS232C level Data in	Input
5	TxD-232	RS232C level Data out	Output
6	RxD-TTL	TTL level Data in	Input
7	TxD-TTL	TTL level Data in	Output
8	Reserved	-	-
9	Reserved	-	-

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งของ ขา Input และ Output Single Phase MODEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

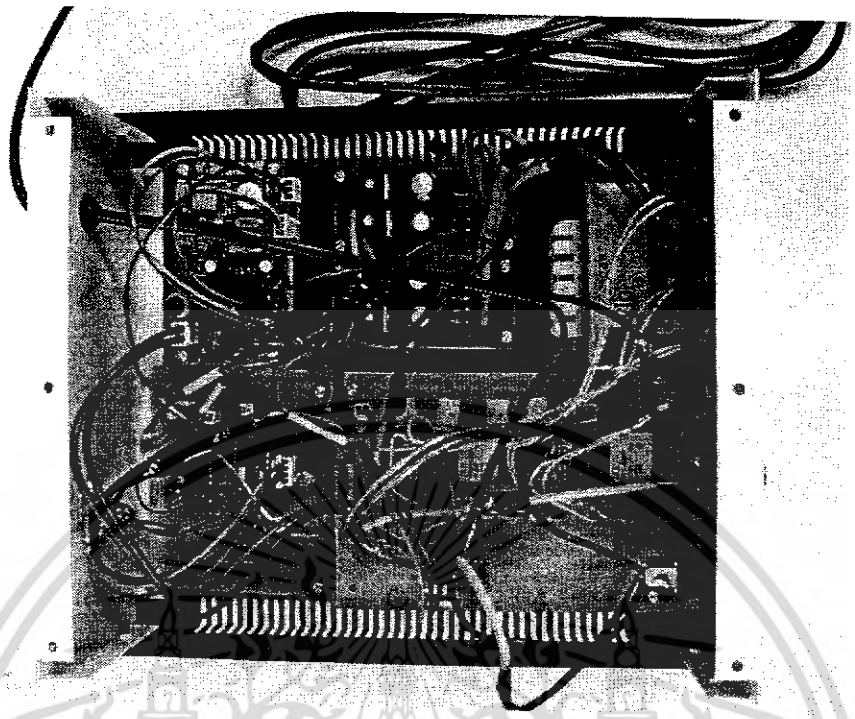


รูปที่ 3.10 แสดงแผงวงจรภายในส่วน Interface ของเครื่องส่ง

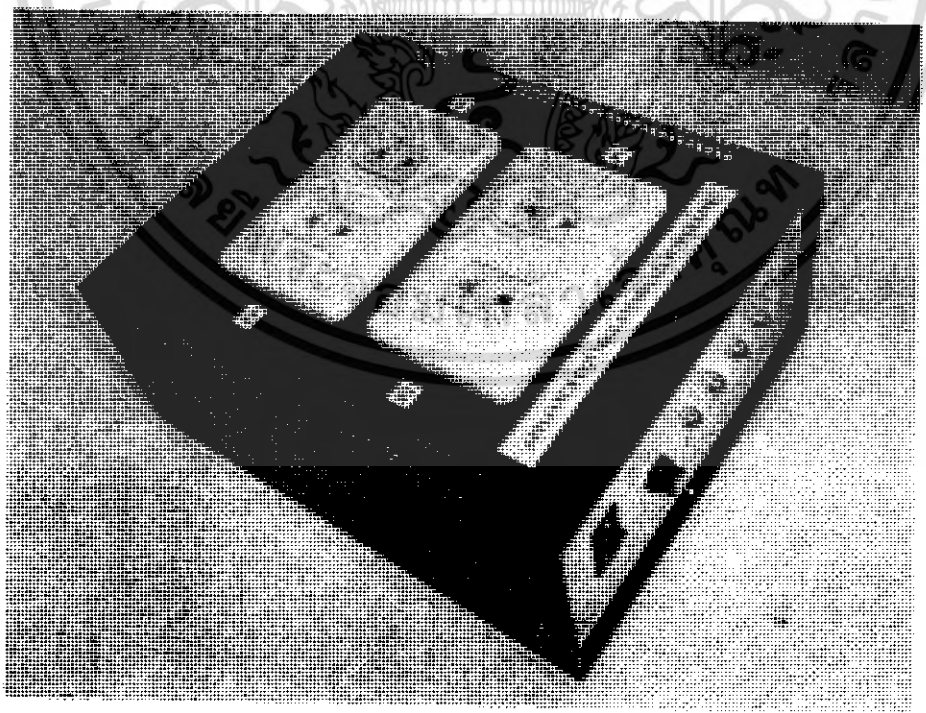


รูปที่ 3.11 แสดงส่วนของตัว Interface ของด้านส่งที่ประกอบเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงแผงวงจรภายในส่วน Interface ของเครื่องรับ



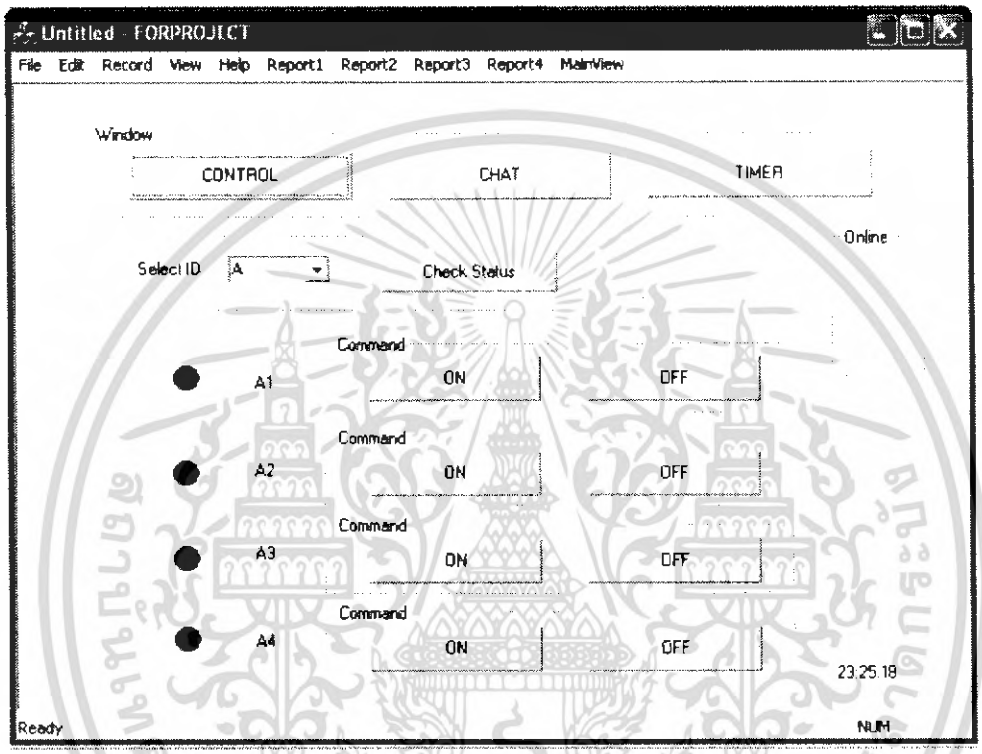
รูปที่ 3.13 แสดงแผงวงจรในส่วนของตัว Interface ของเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนของตัวโปรแกรม (Software)

3.3.1 โปรแกรมรับส่งข้อมูล

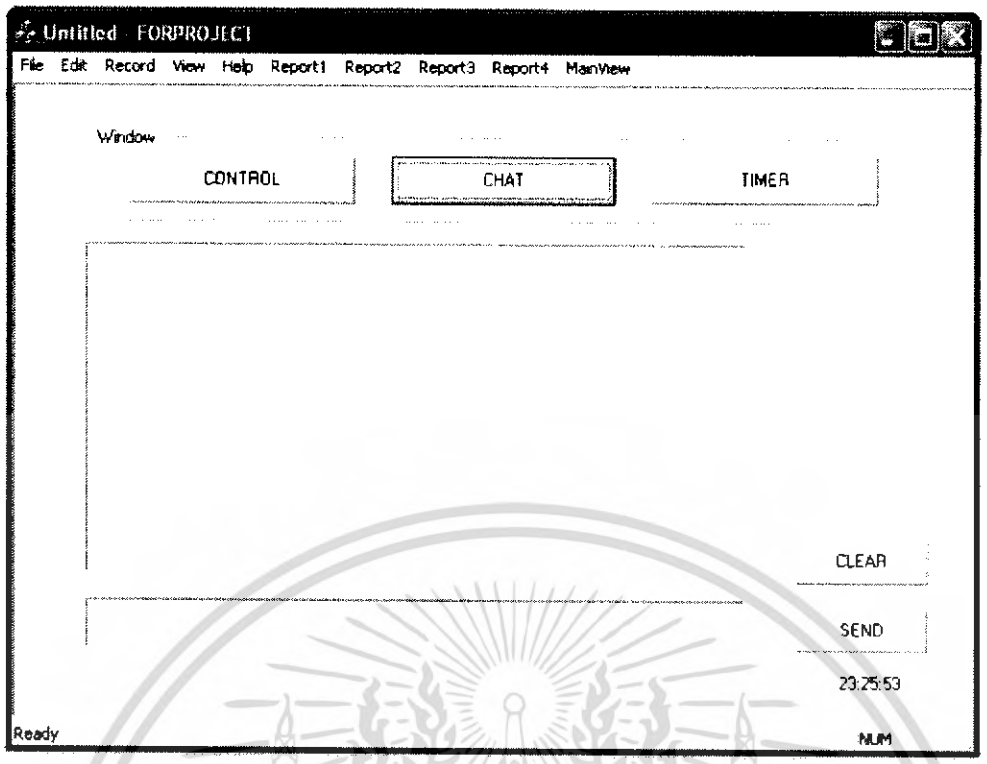
สำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟ AC. จะใช้คอมพิวเตอร์รับคำสั่งจากผู้ใช้ โดยผู้ใช้จะต้องเลือก ID รวมทั้ง Address ของอุปกรณ์ไฟฟ้าและคำสั่งที่ต้องการส่งไปควบคุม ส่วนการส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านสายไฟ AC. ผู้ใช้สามารถที่จะพิมพ์ข้อความที่ต้องการสนทนากัน และทำการกดปุ่ม Send โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นมา ซึ่งใช้ภาษา VISUAL C++ ดังรูปที่ 3.14



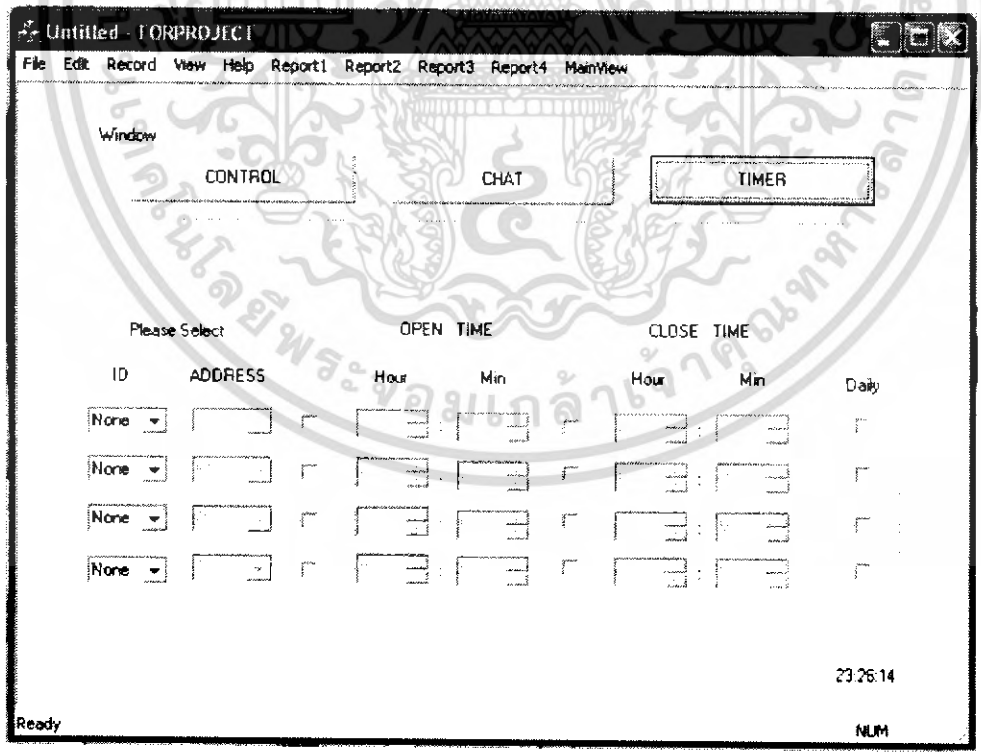
รูปที่ 3.14 หน้าตาโปรแกรมสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ในรูปเป็นหน้าตาของโปรแกรมสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ปุ่ม Check Status ใช้ในการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าว่าเปิดหรือปิดอยู่ สามารถทำการควบคุมได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

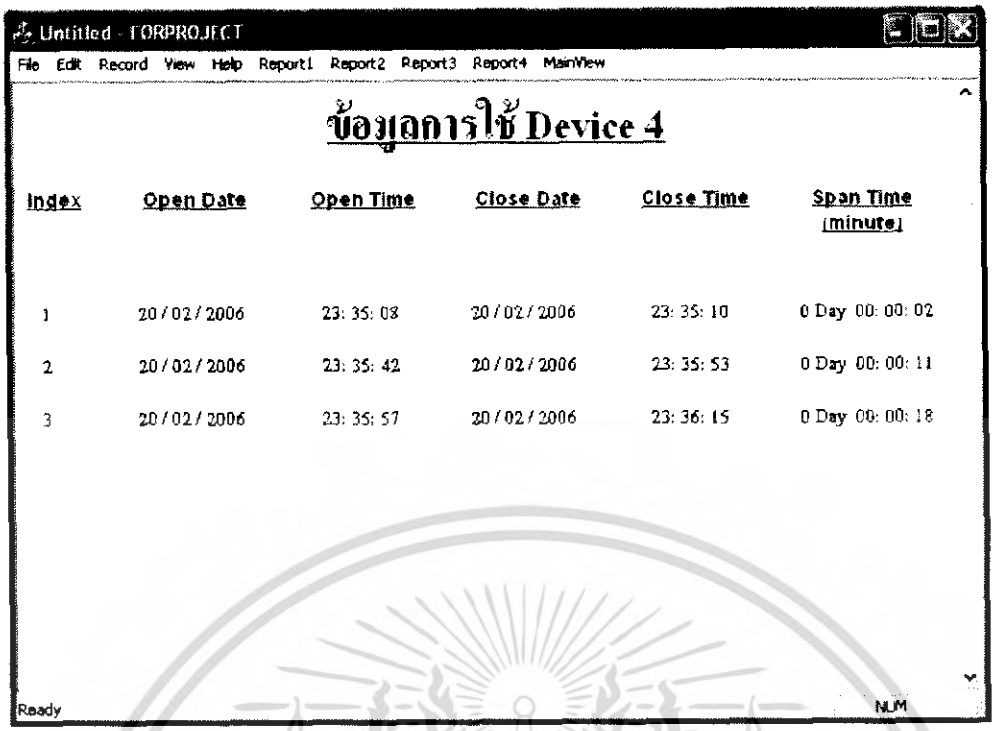


รูปที่ 3.15 หน้าตาโปรแกรมสำหรับการรับส่งข้อความระหว่างคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.16 หน้าตาโปรแกรมสำหรับการตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

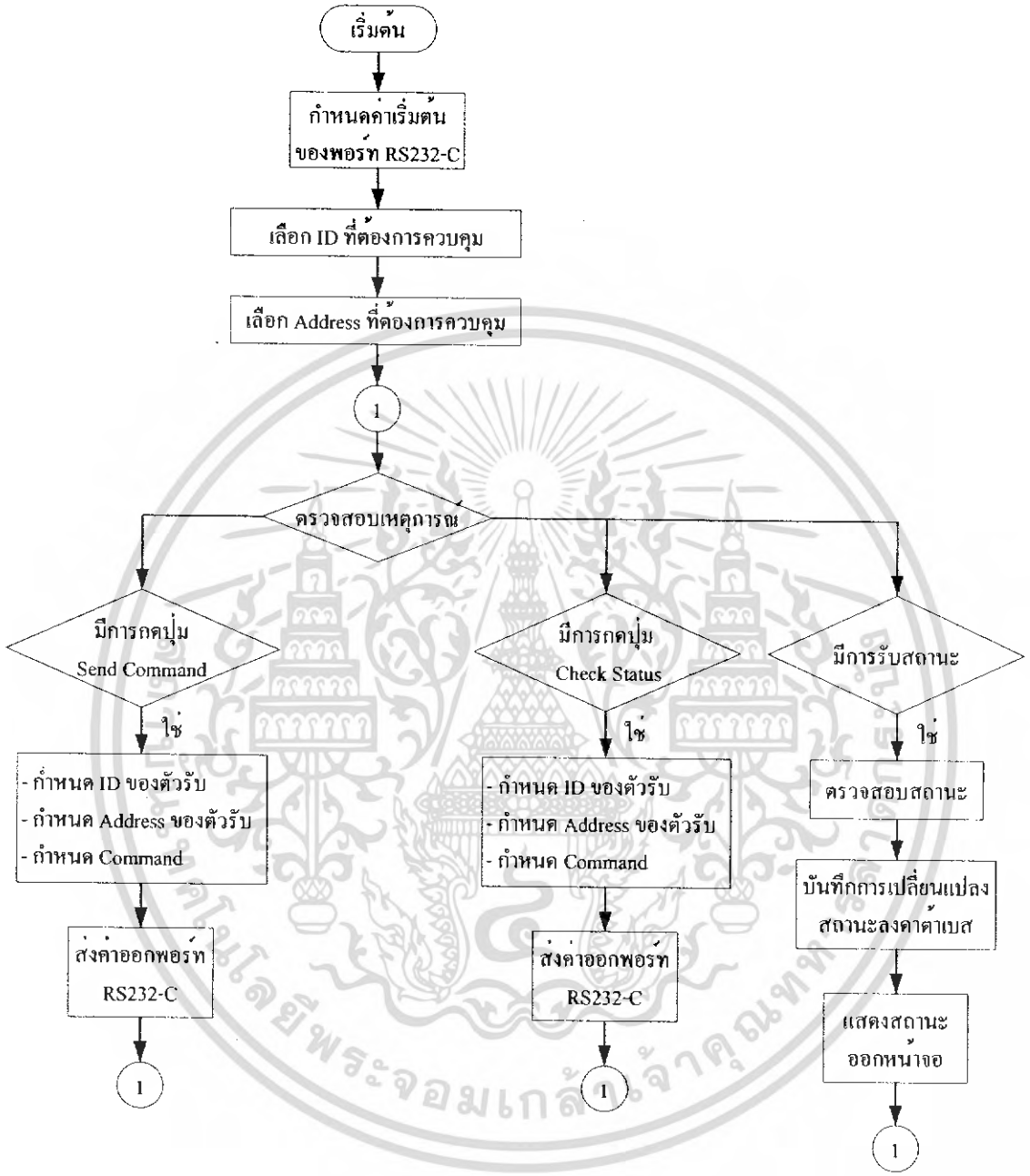
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 หน้าตาโปรแกรมสำหรับใช้ในการแสดงผลเวลาที่ใช้งานอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

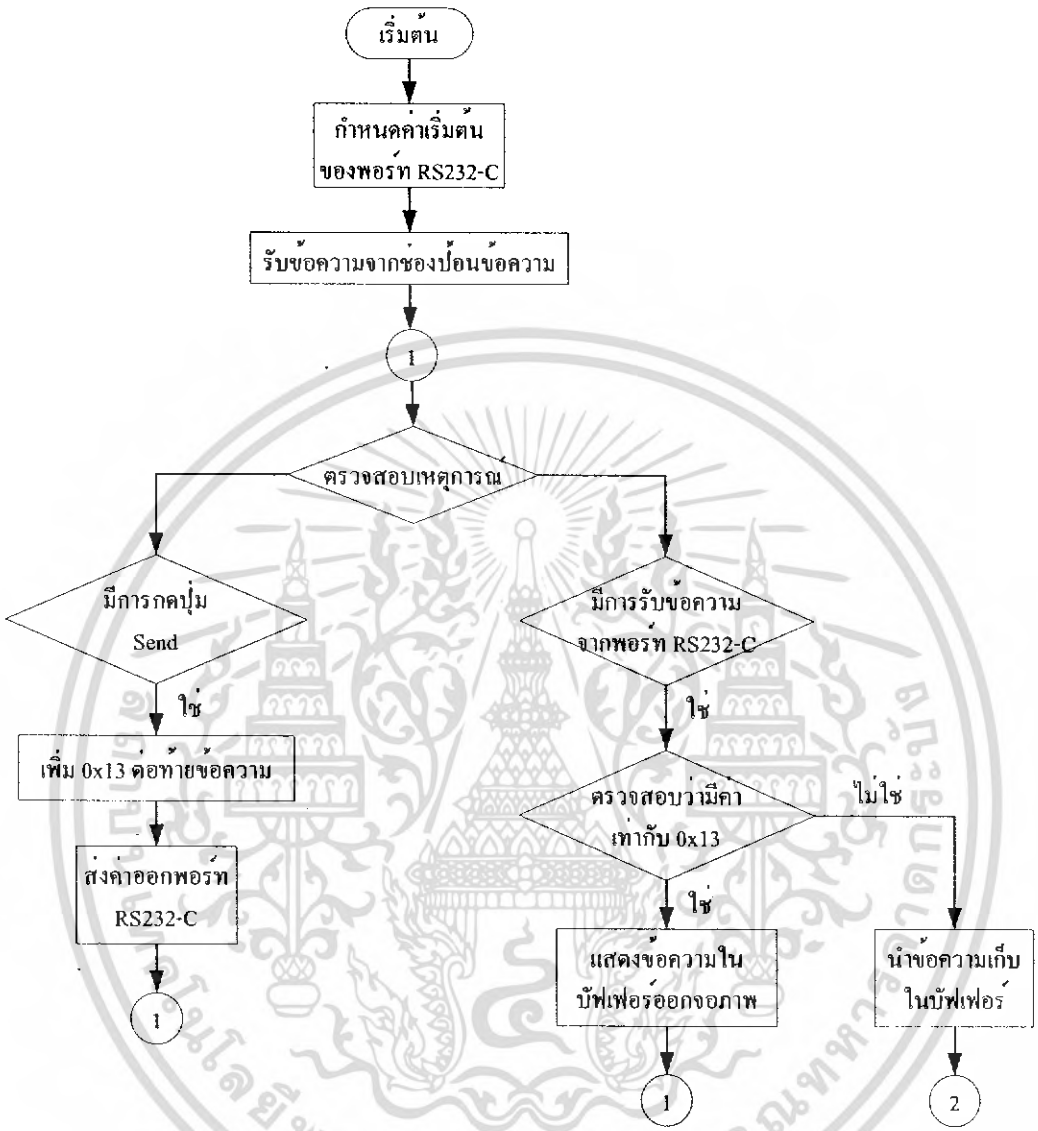
ผังการทำงานของโปรแกรมในส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 Flowchart โปรแกรมส่วนของการควบคุมไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

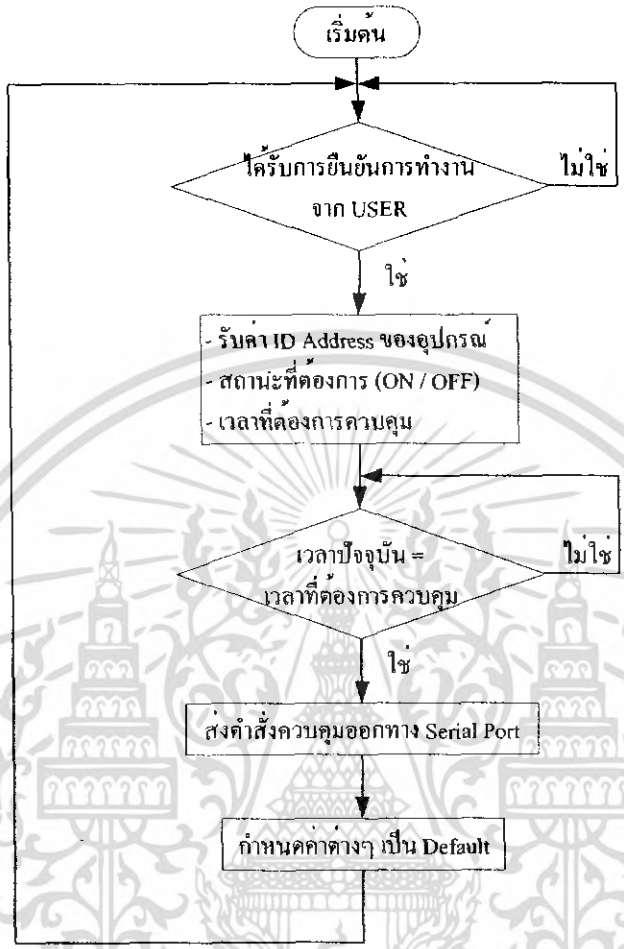
ผังการทำงานของโปรแกรมในส่วนของการส่งข้อความแสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 Flowchart โปรแกรมส่วนของการส่งข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการทำงานของโปรแกรมในส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยการตั้งเวลาแสดงดังรูปที่ 3.20

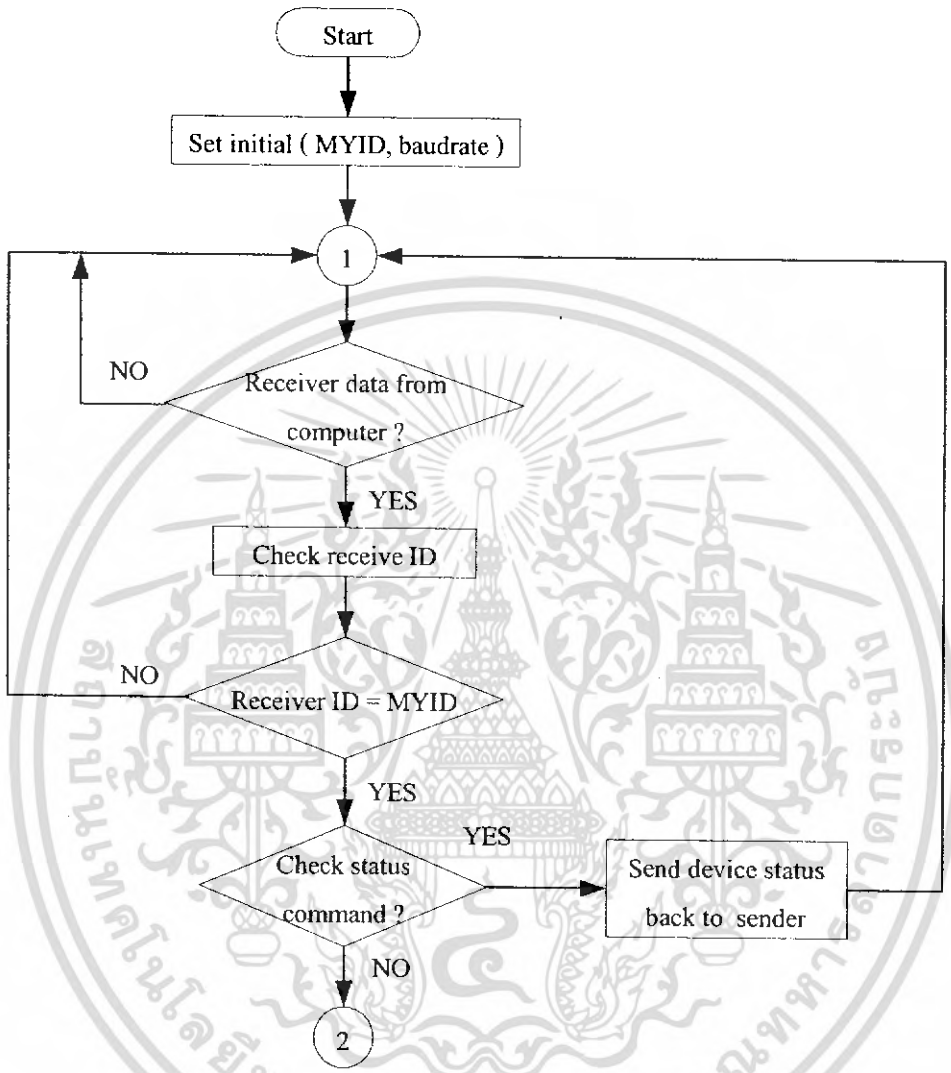


รูปที่ 3.20 Flowchart โปรแกรมส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยการตั้งเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

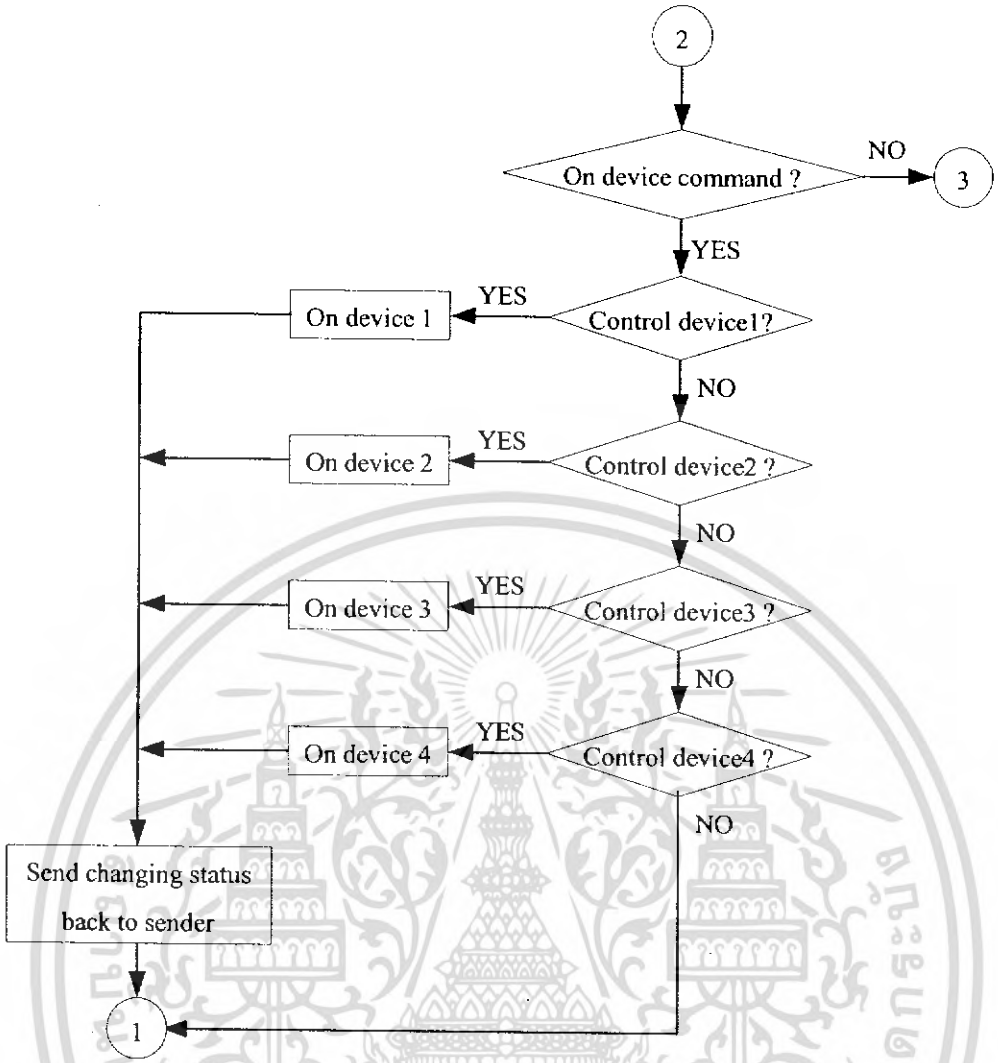
3.3.2 คอนโทรลเลอร์ทางด้านรับ

คอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะรับ Code เข้ามาประมวลผลว่าเป็นคำสั่งใด และจะทำงานตามคำสั่งนั้น ผังการทำงานของ MCS-51 ทางด้านรับจะแสดงดังรูปที่ 3.21



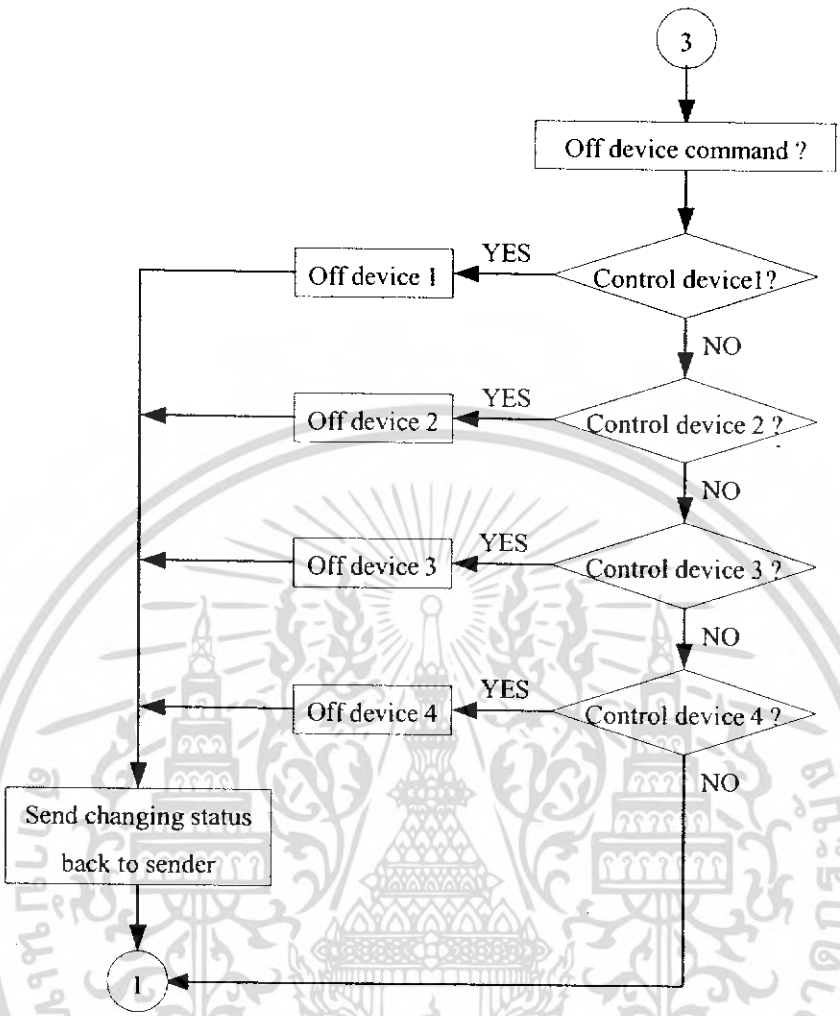
รูปที่ 3.21 Flowchart การทำงาน Controller MCS-51 ทางด้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 Flowchart การทำงานของ Controller MCS-51 ทางด้านรับ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



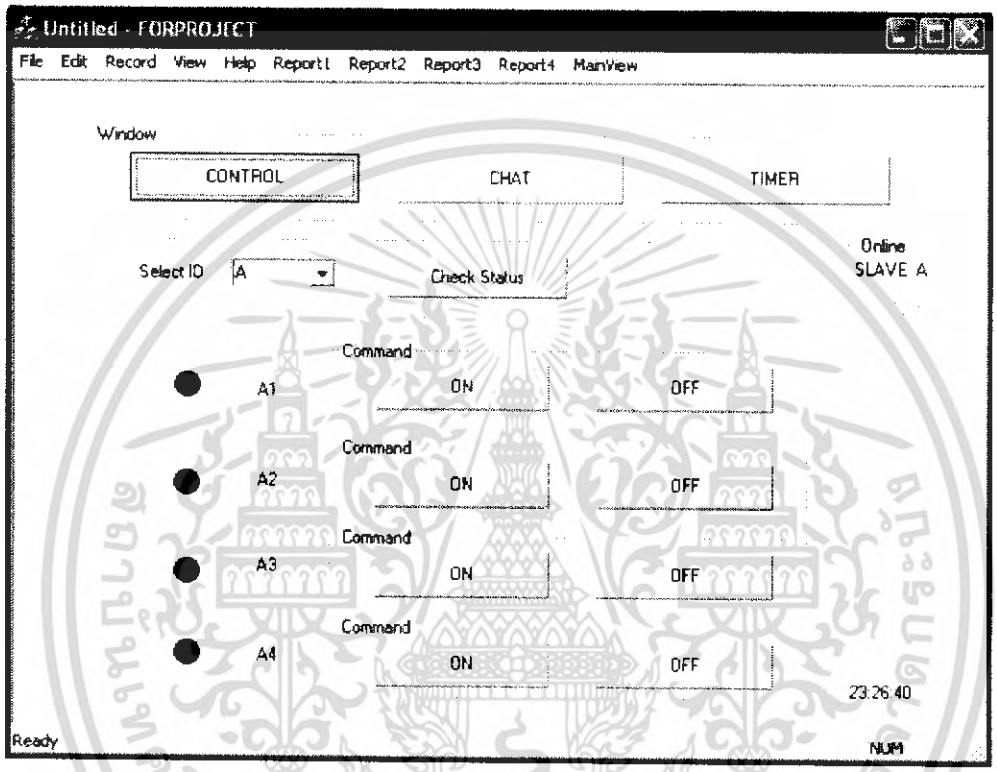
รูปที่ 3.23 Flowchart การทำงานของ Controller MCS-51 ทางด้านรับ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

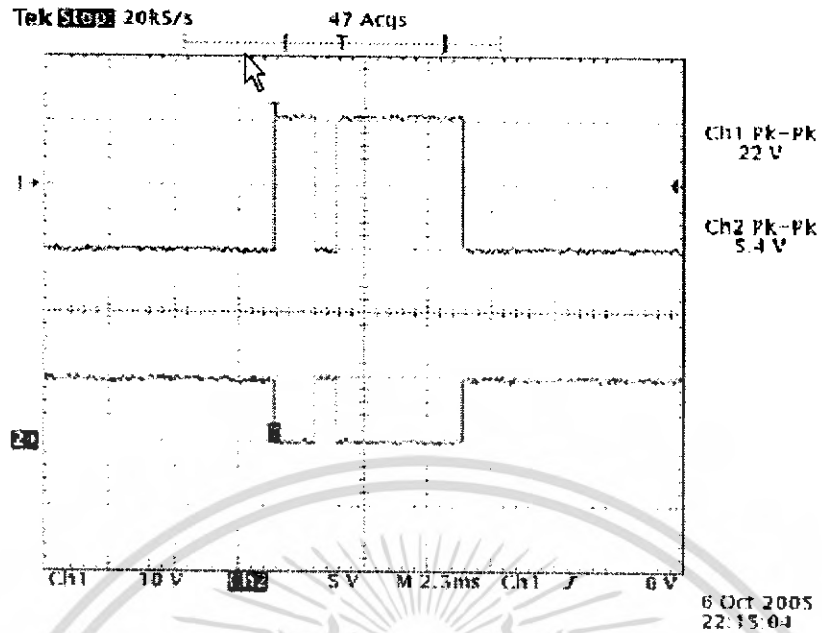
การควบคุมการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าทำได้โดยการเปิดโปรแกรมในส่วนที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าขึ้นมาซึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 หน้าตาของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและอยู่ในสถานะปิดหมด

โดยจะทำการทดลองเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับ ID "A" ที่ Address "A1"และ Address "A2" เมื่อทำการกดปุ่ม Send Command เพื่อเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า โค้ดขนาด 1 ไบต์จะถูกส่งออกมาทางพอร์ต RS232 เมื่อทำการวัดสัญญาณที่ส่งออกจากพอร์ต RS232 ที่เป็นสัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจะเป็นดังรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3 และสัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจะเป็นดังรูปที่ 4.4 และ รูปที่ 4.5

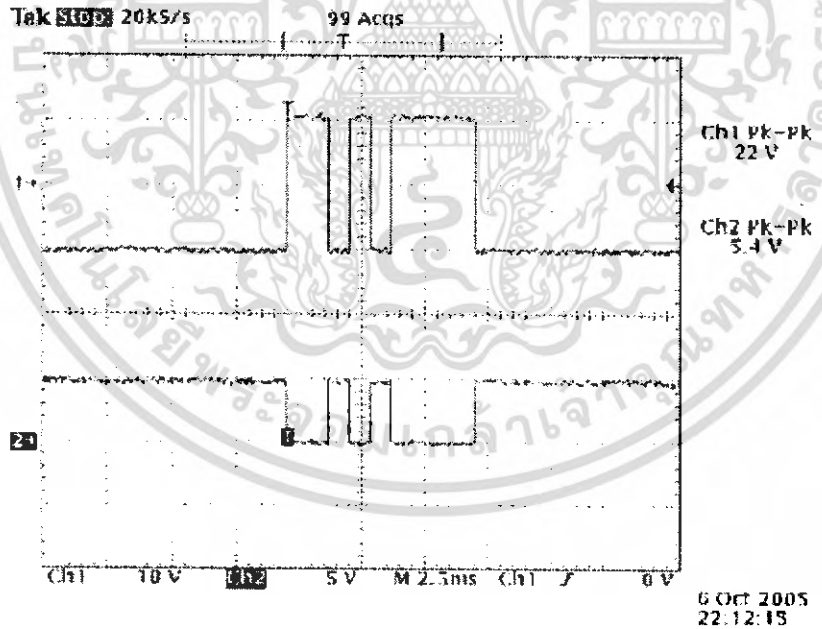
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CH1 : สัญญาณที่ออกจากพอร์ต RS232

CH2 : สัญญาณเมื่อผ่าน MAX232

รูปที่ 4.2 สัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1” ที่ออกจากพอร์ต RS232

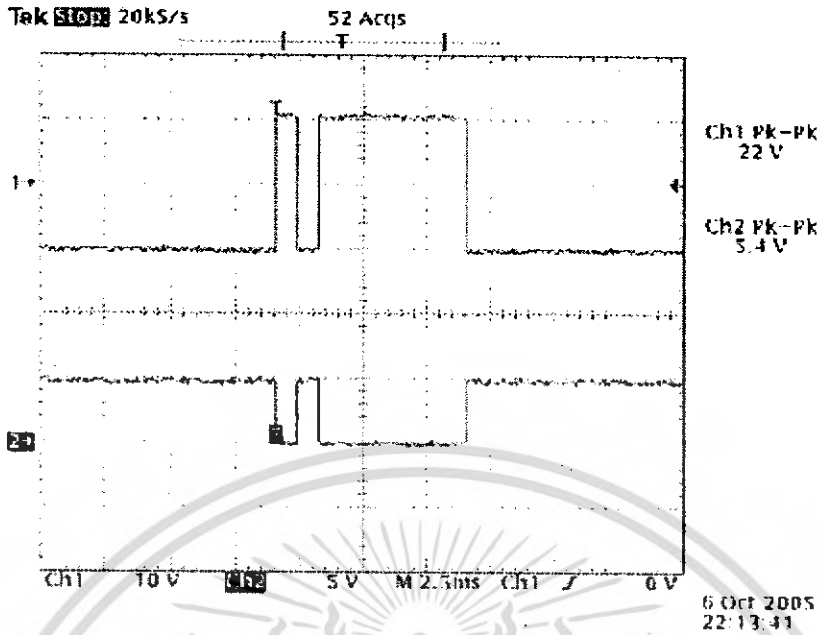


CH1 : สัญญาณที่ออกจากพอร์ต RS232

CH2 : สัญญาณเมื่อผ่าน MAX232

รูปที่ 4.3 สัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A3” ที่ออกจากพอร์ต RS232

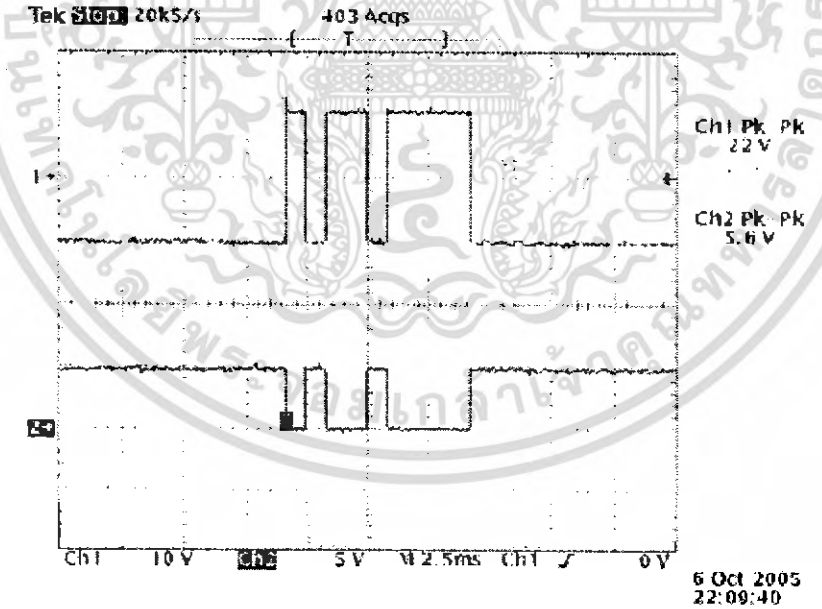
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CH1 : สัญญาณที่ออกจากพอร์ต RS232

CH2 : สัญญาณเมื่อผ่าน MAX232

รูปที่ 4.4 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" ที่ออกจากพอร์ต RS232

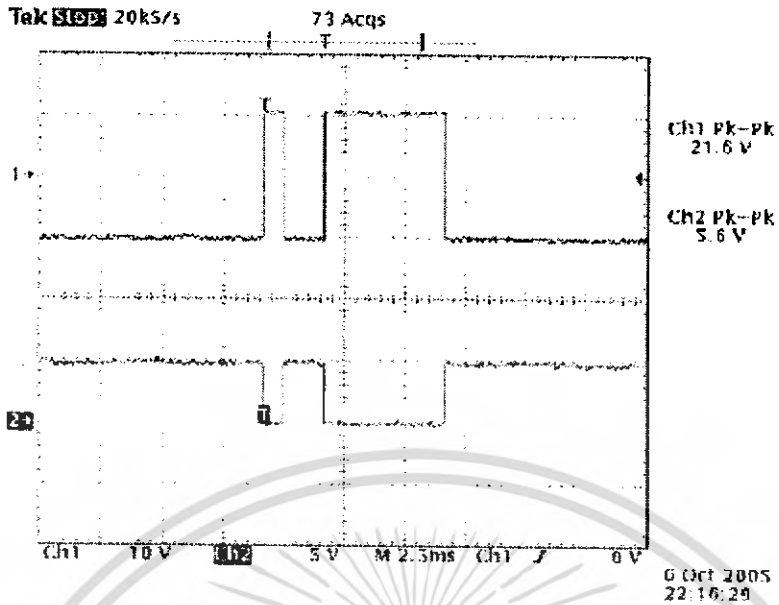


CH1 : สัญญาณที่ออกจากพอร์ต RS232

CH2 : สัญญาณเมื่อผ่าน MAX232

รูปที่ 4.5 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A3" ที่ออกจากพอร์ต RS232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

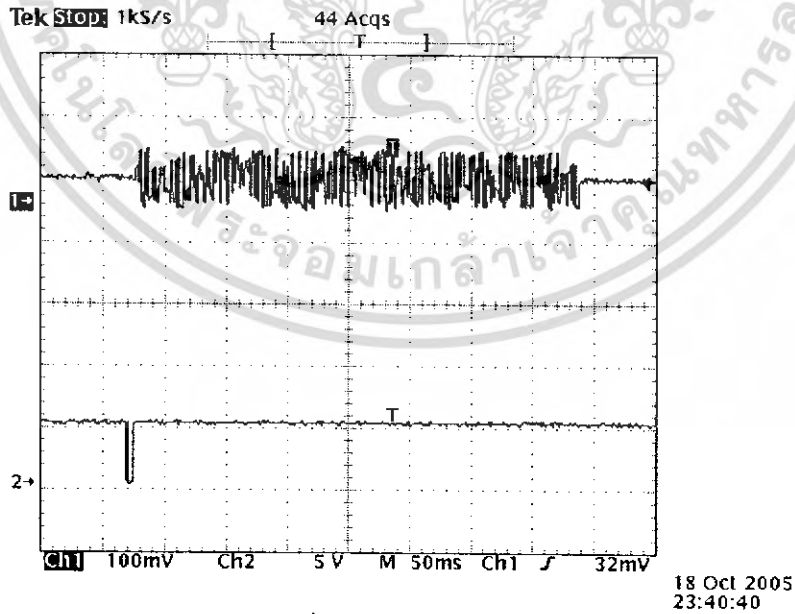


CH1 : สัญญาณที่ออกจากพอร์ตRS232

CH2 : สัญญาณเมื่อผ่านMAX232

รูปที่ 4.6 สัญญาณ Check Status ที่ออกจากพอร์ต RS232

ในส่วนของตัวโมเด็มจะทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณที่รับมาจากตัวคอนโทรลเลอร์ซึ่งการมอดูเลตใช้เทคนิคการมอดูเลตแบบ FSK โดยข้อมูลที่ต้องการส่งจะถูกบรรจุเข้าไว้ในเฟรมข้อมูล โดยเฟรมข้อมูลประกอบไปด้วยส่วนของ Preamble 2 bytes, System address 2 bytes, Destination address 2 bytes, Control 3 bytes และ Data 3 bytes ซึ่งรูปของเฟรมสัญญาณจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

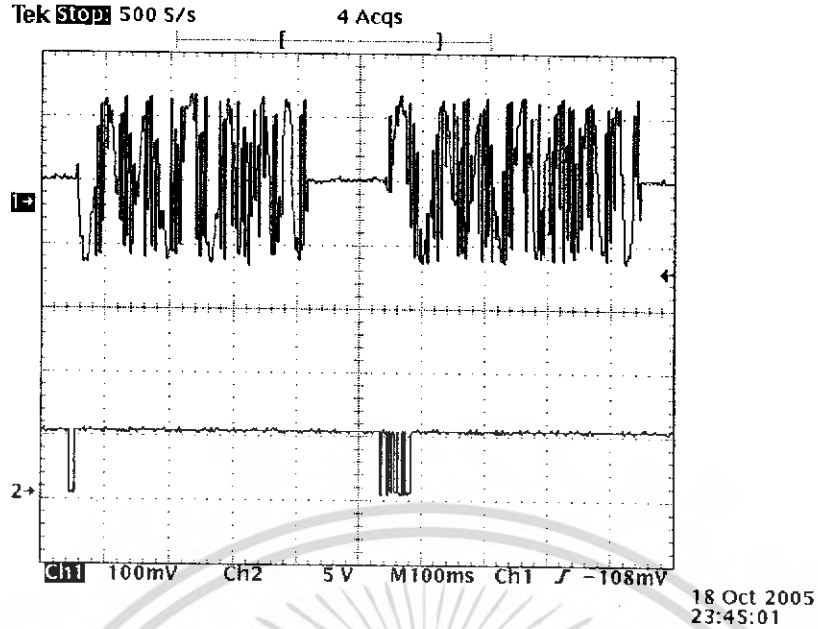


CH1 : เฟรมสัญญาณ FSK ที่ได้จากภาค MODULATE

CH2 : สัญญาณก่อนเข้าภาค MODULATE

รูปที่ 4.7 ลักษณะสัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" เมื่อผ่านภาค MODULATE

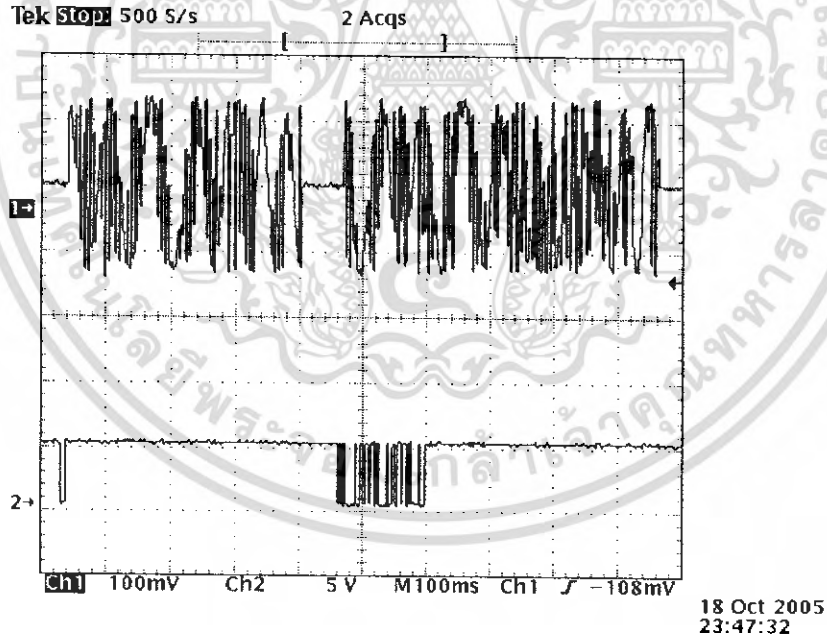
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CH1 : เฟรมสัญญาณ FSK ที่ได้จากภาค MODULATE

CH2 : สัญญาณก่อนเข้าภาค MODULATE

รูปที่ 4.8 ลักษณะสัญญาณกรณีการส่งข้อความว่า "Hello" เมื่อผ่านภาค MODULATE

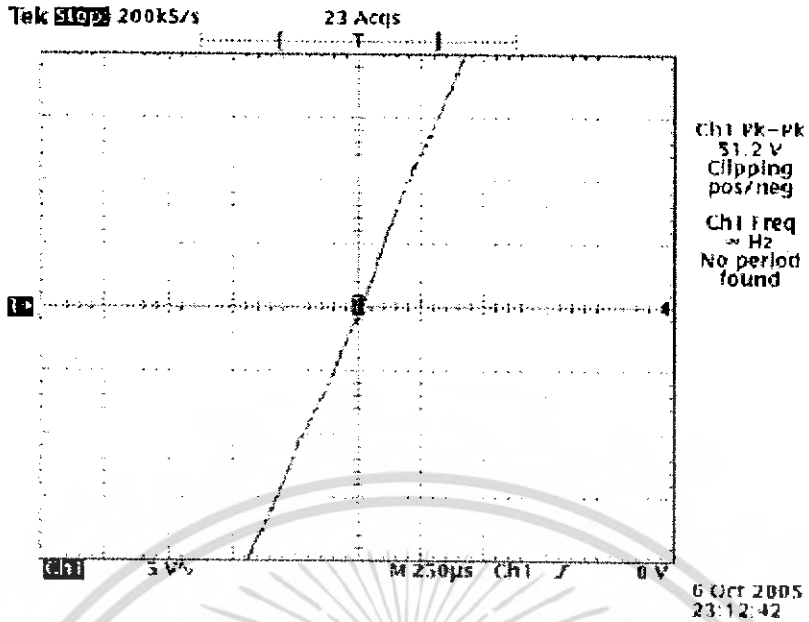


CH1 : เฟรมสัญญาณ FSK ที่ได้จากภาค MODULATE

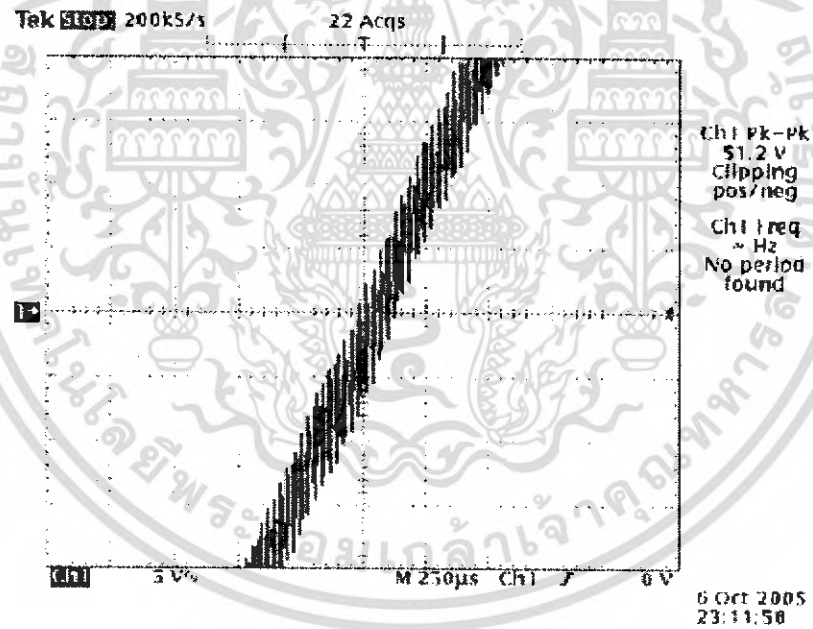
CH2 : สัญญาณก่อนเข้าภาค MODULATE

รูปที่ 4.9 ลักษณะสัญญาณกรณีส่งข้อความว่า "Hello. How are you?" เมื่อผ่านภาค MODULATE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



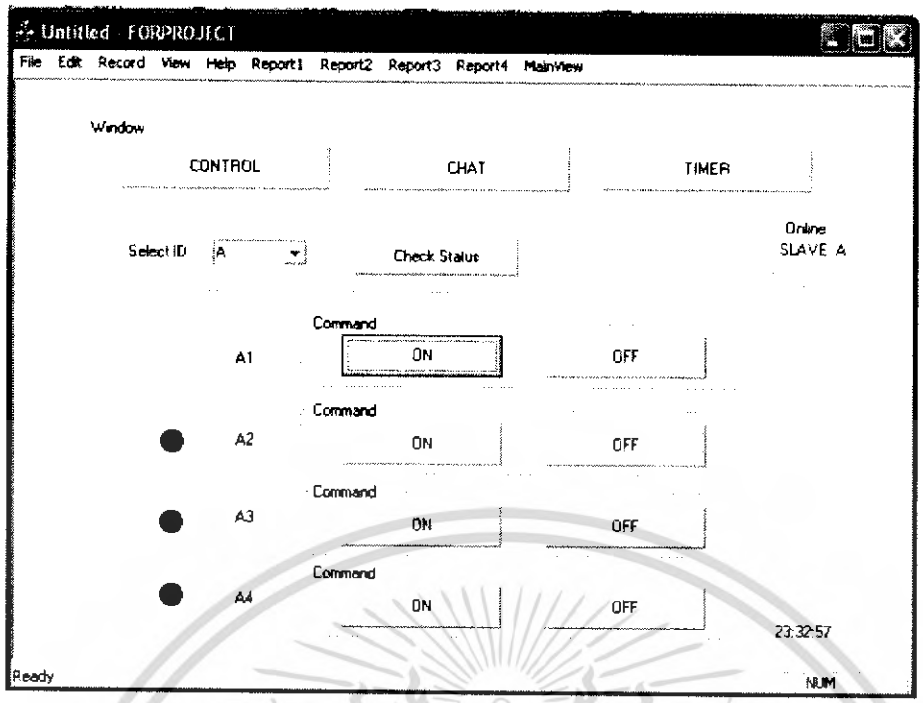
รูปที่ 4.10 สัญญาณในสายไฟ AC ขณะที่ไม่มีการส่งสัญญาณ



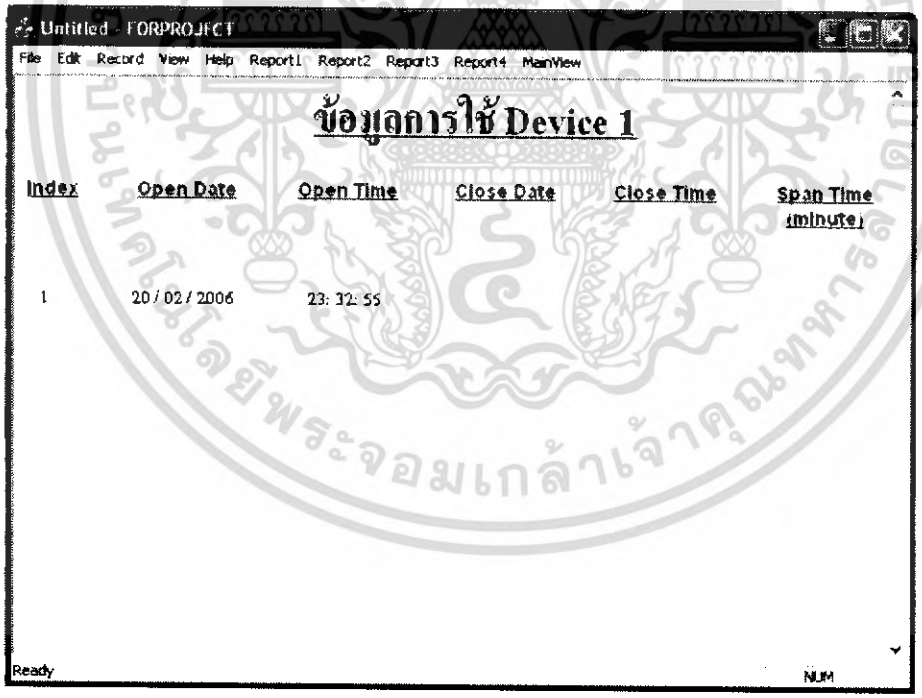
รูปที่ 4.11 สัญญาณในสายไฟ AC ขณะที่มีการส่งสัญญาณ

ทำการทดลองเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าของ Address "A1" โดยกดปุ่ม "ON" ในส่วนที่ควบคุมอุปกรณ์ตัวที่ 1 เมื่ออุปกรณ์ด้านส่งได้รับสัญญาณตอบรับจากทางด้านรับว่าได้ทำการเปิดอุปกรณ์ตัวที่ 1 แล้ว โปรแกรมก็จะทำการแสดงผลว่าอุปกรณ์ตัวที่ 1 ได้รับการเปิดเรียบร้อยแล้ว และทำการบันทึกวันและเวลาในขณะนั้นลงในข้อมูลการใช้งานของอุปกรณ์ตัวที่ 1 ซึ่งอยู่ในฐานข้อมูลดังรูปที่ 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



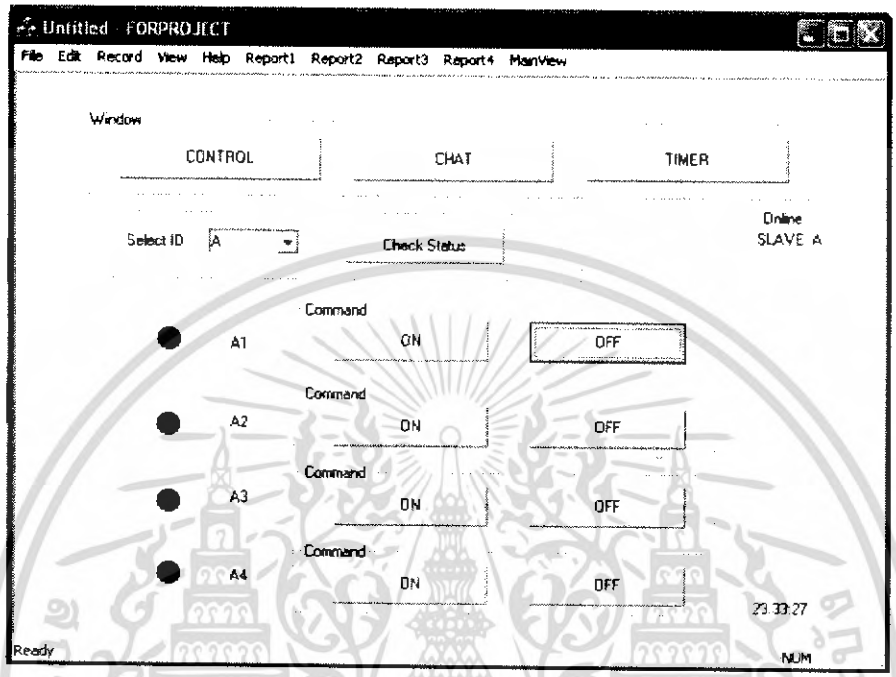
รูปที่ 4.12 แสดงสถานะ การเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ Address "A1" ที่เปิดเรียบร้อยแล้ว



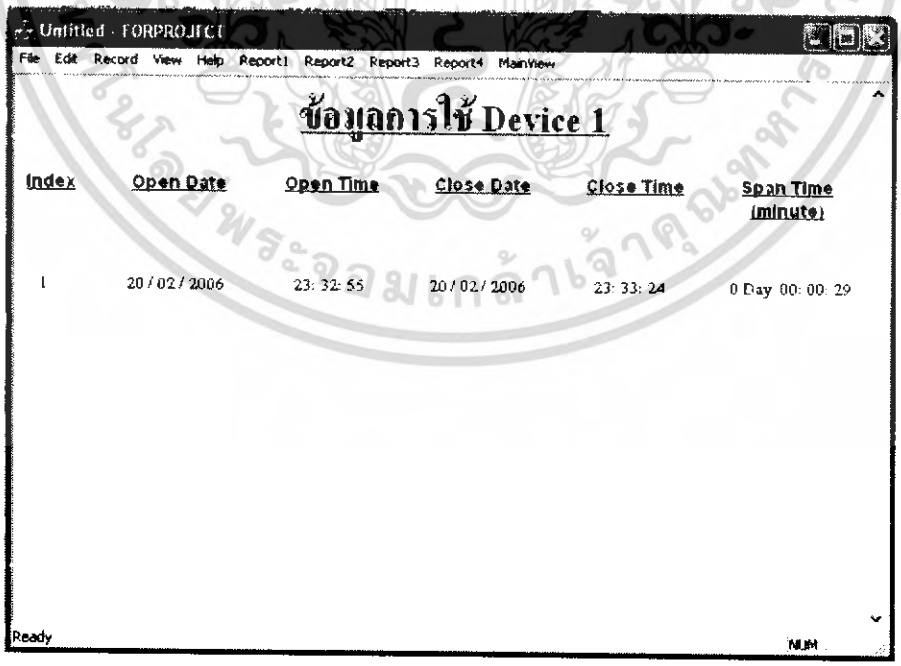
รูปที่ 4.13 แสดงข้อมูลที่ถูกเก็บลงในฐานข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ Address "A1" ถูกเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าของ Address “A1” โดยกดปุ่ม “OFF” ในส่วนที่ควบคุมอุปกรณ์ตัวที่ 1 เมื่ออุปกรณ์ด้านส่งได้รับสัญญาณตอบรับจากทางด้านรับว่าได้ทำการเปิดอุปกรณ์ตัวที่ 1 แล้ว โปรแกรมก็จะทำการแสดงผลว่าอุปกรณ์ตัวที่ 1 ได้รับการเปิดเรียบรอยแล้ว และทำการบันทึกวันและเวลาในขณะนั้นลงในข้อมูลการใช้งานของอุปกรณ์ตัวที่ 1 ซึ่งอยู่ในฐานข้อมูลดังรูปที่ 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ



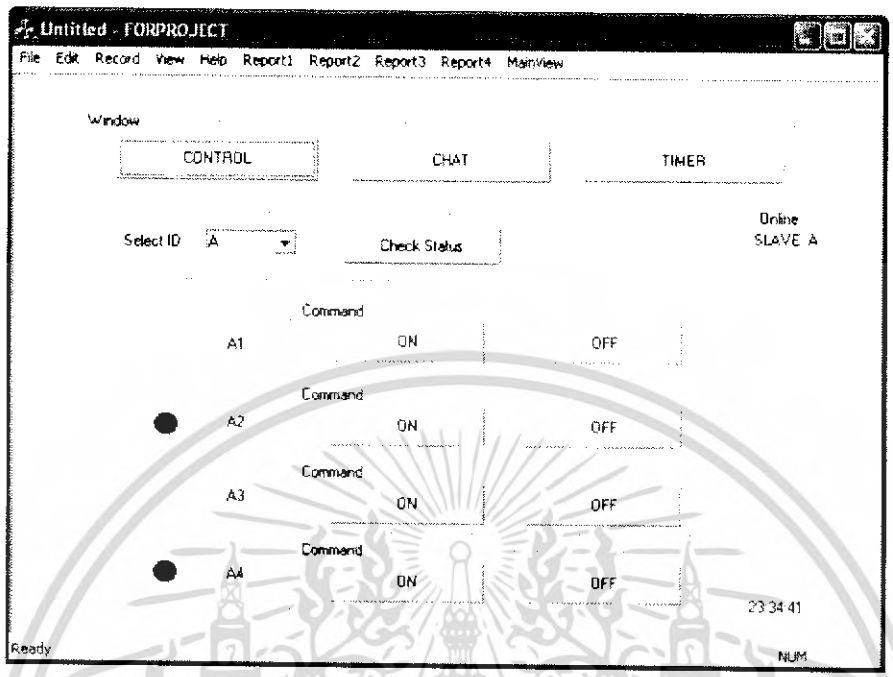
รูปที่ 4.14 แสดงสถานะ การปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ Address “A1” ที่ปิดเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 4.15 แสดงข้อมูลที่ถูกเก็บลงในฐานข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ Address “A1” ถูกปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับสถานะ การเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าของ Address “A1”และ Address “A3” ที่ถูกส่งกลับมาทางพอร์ต RS232 หน้าตาของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจะเป็นดังรูปที่ 4.16



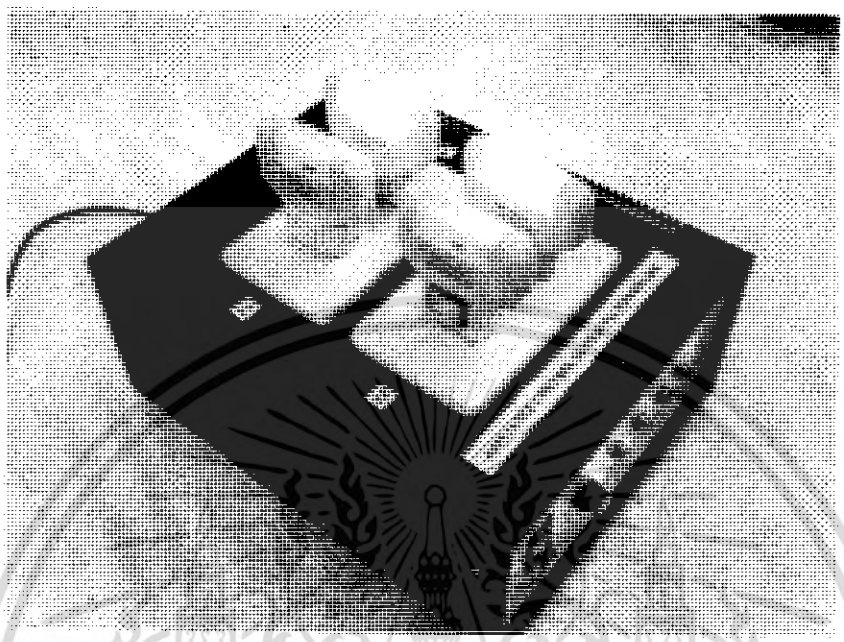
รูปที่ 4.16 หน้าตาของโปรแกรมแสดงสถานะของการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

ส่วนของฮาร์ดแวร์ควบคุมอุปกรณ์ขณะที่ยังไม่ได้ส่งคำสั่งไปควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ทุกตัวที่ต่ออยู่กับทุก Address จะอยู่ในสภาวะปิดหมด ซึ่งจะเป็นดังรูปที่ 4.17

รูปที่ 4.17 แสดงหลอดไฟ ที่ต่ออยู่กับ Address “A1”- Address “A4” เมื่ออยู่ในสภาวะปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราส่งคำสั่งในการเปิดหลอดไฟที่ต่ออยู่กับ Address "A1"และ Address "A3" LED ซึ่งอยู่ด้านล่างจะแสดงสถานะว่ามีการส่งคำสั่งเปิดของ Address "A1"และ Address "A3" หลอดไฟที่นำมาต่อกับ Address "A1"และ Address "A3" ซึ่งอยู่ด้านบนก็จะติดดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 แสดงหลอดไฟ ที่ต่ออยู่กับ Address "A1" และ Address "A3" เมื่ออยู่ในสภาวะเปิด

4.2 การทดลองตั้งเวลาในการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

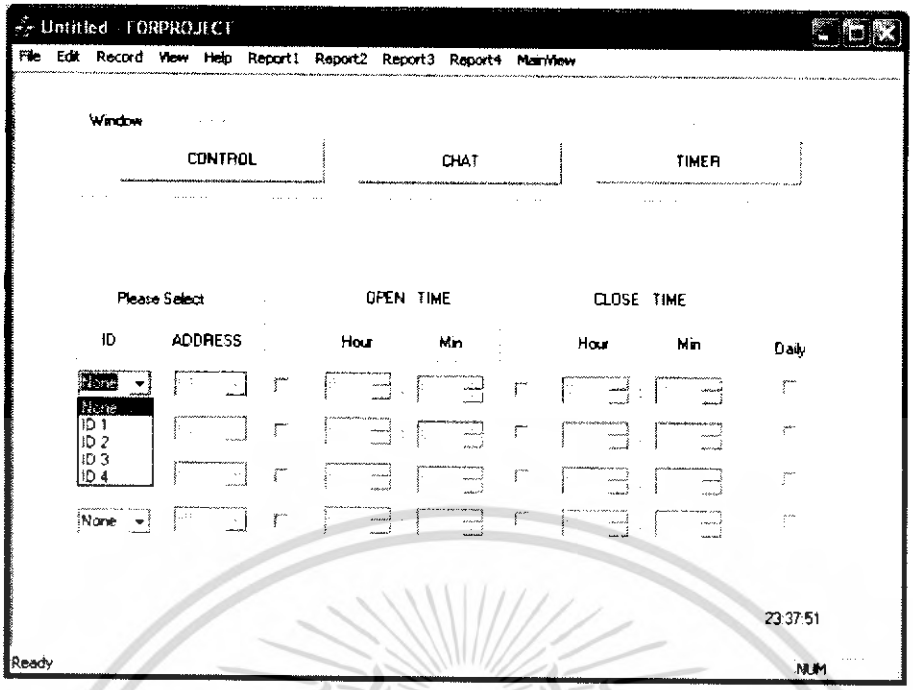
ในส่วนของการตั้งเวลาสามารถทำได้โดย

(1). เลือกที่โหมด TIMER แล้วทำการเลือก Slave ที่จะทำการควบคุมการตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.19 ในที่นี้เลือก ID1

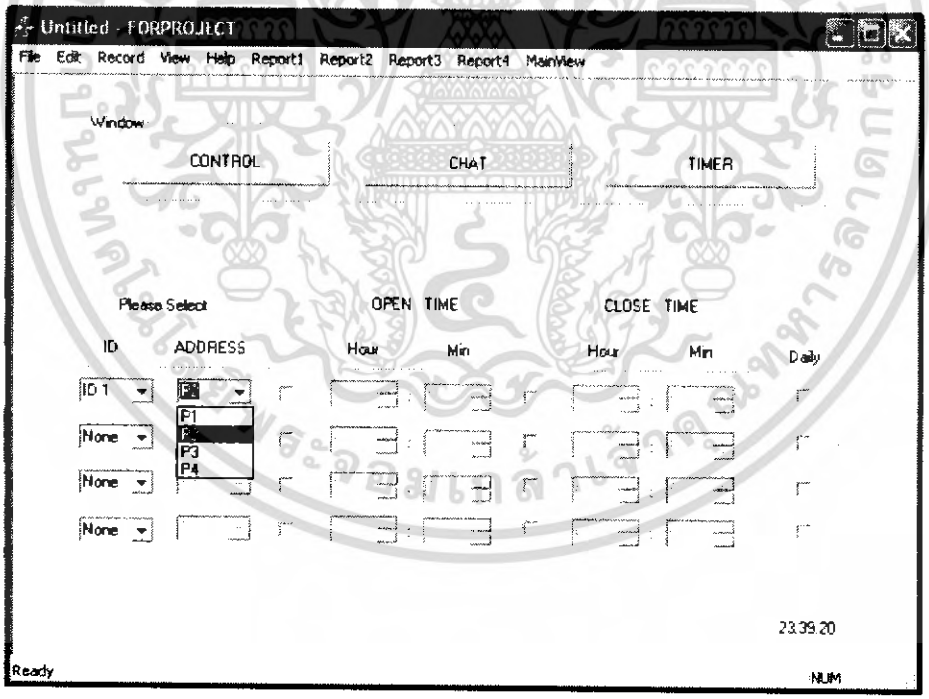
(2). เลือกหมายเลขพอร์ตอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการตั้งเวลาเปิด-ปิด ดังรูปที่ 4.20 ในที่นี่เลือกพอร์ต ที่ 2 (P2)

(3). ทำการตั้งเวลาที่ต้องการให้เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.21 และทำการตั้งเวลาที่ต้องการให้ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.22 โดยถ้าต้องการตั้งเวลาให้เปิด-ปิดทุกวันสามารถทำได้โดยติ๊กที่ช่อง Daily

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

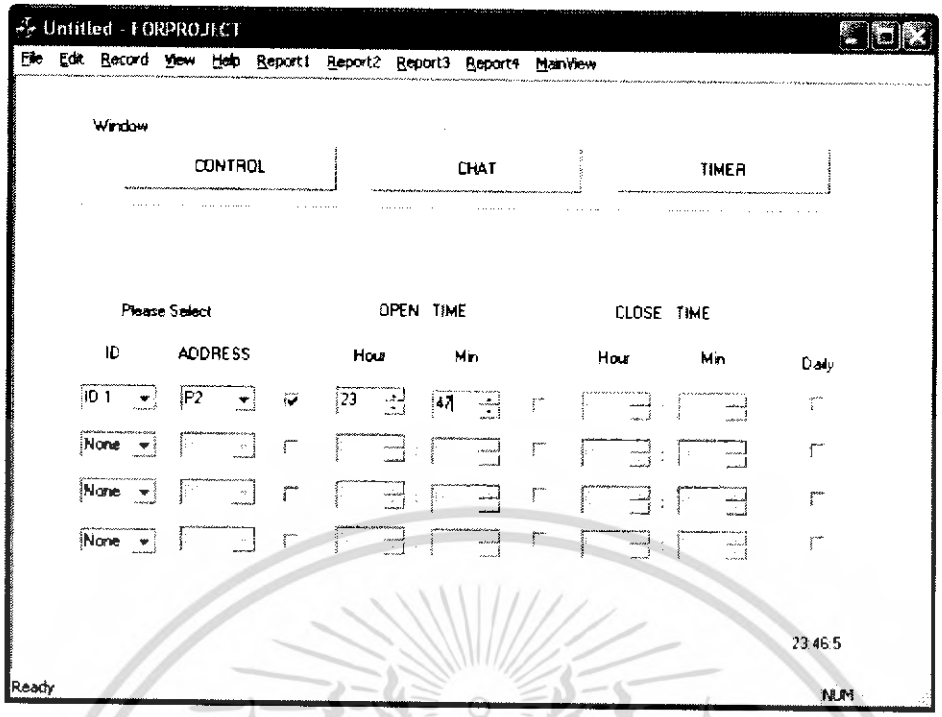


รูปที่ 4.19 แสดงการเลือกเครื่อง Slave ที่จะทำการควบคุมการตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

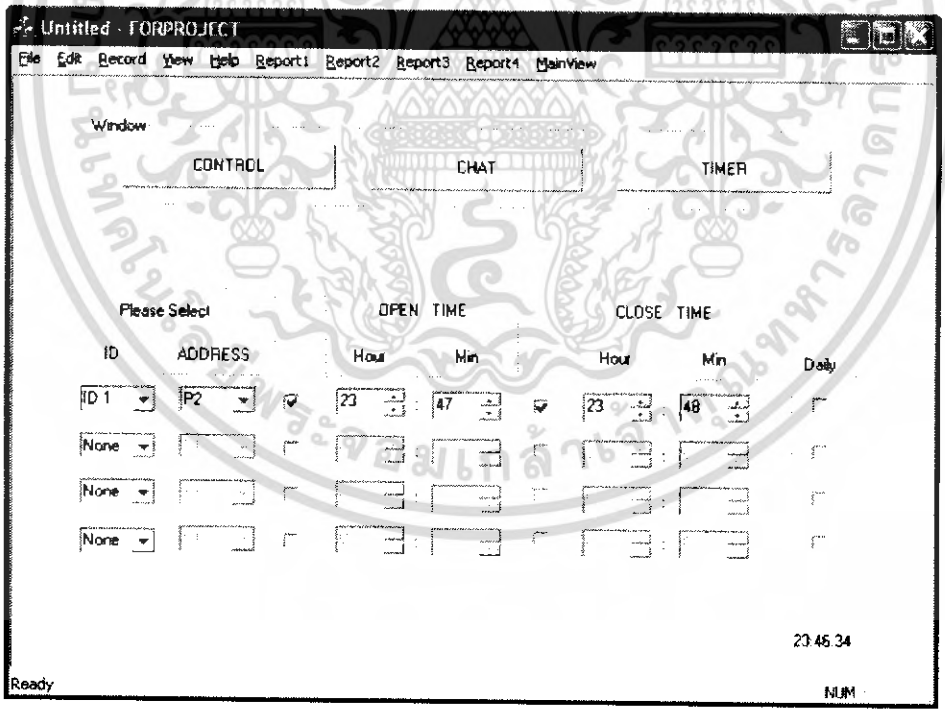


รูปที่ 4.20 แสดงการเลือกหมายเลขพอร์ตอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการตั้งเวลาเปิด-ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

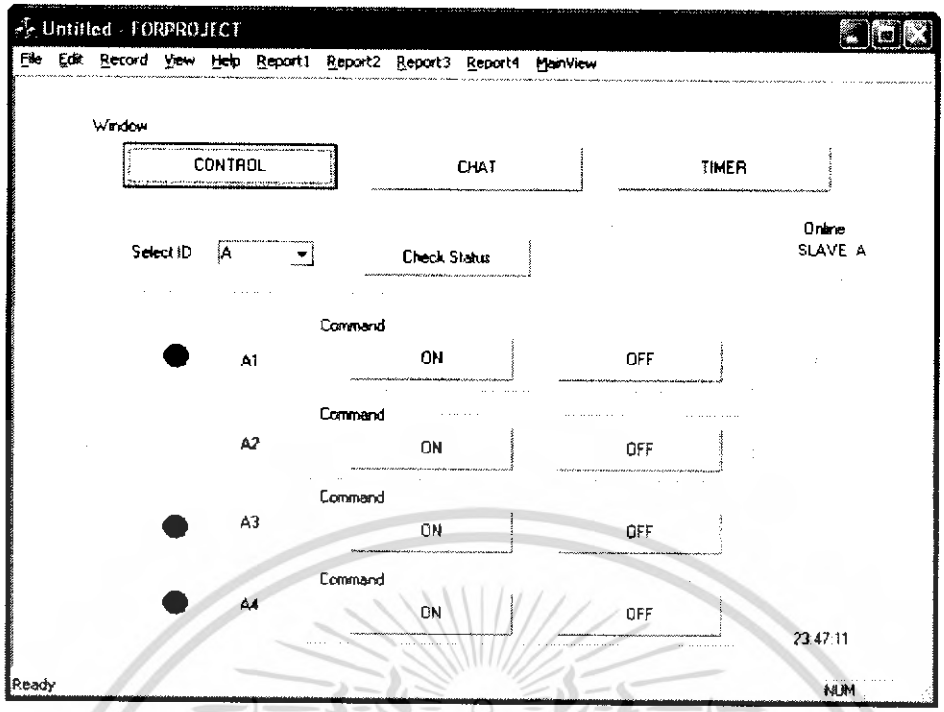


รูปที่ 4.21 แสดงการตั้งเวลาที่ต้องการให้เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

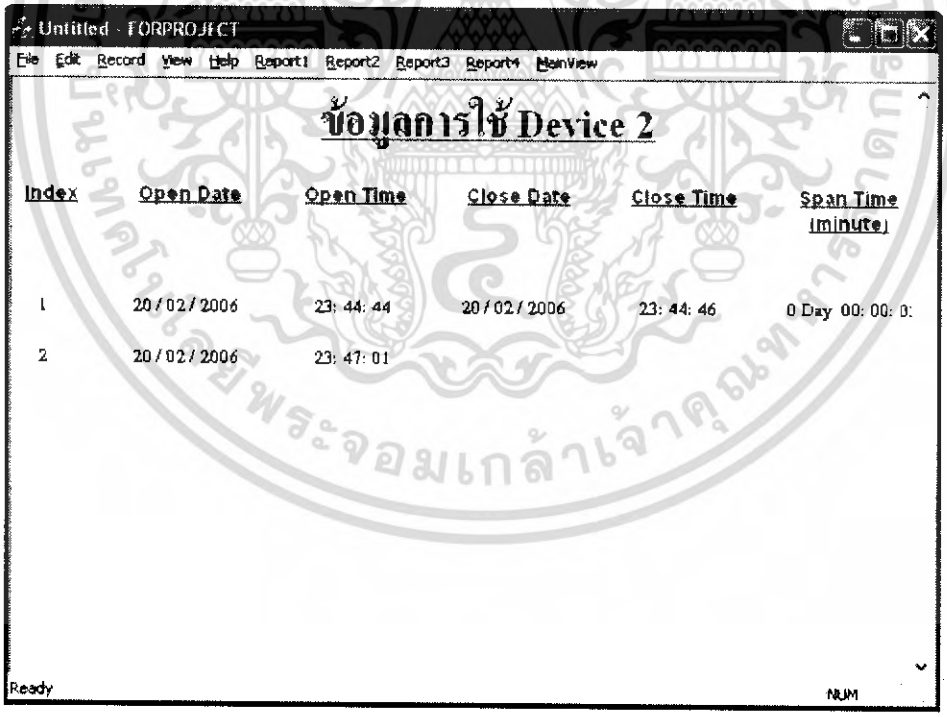


รูปที่ 4.22 แสดงการตั้งเวลาที่ต้องการให้ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

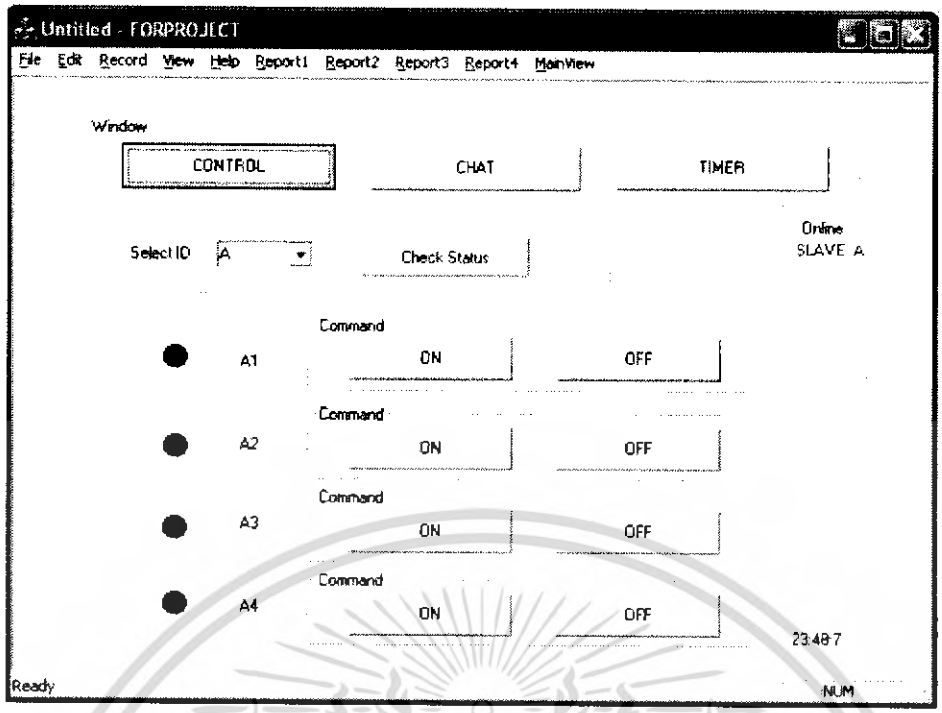


รูปที่ 4.23 แสดงผลการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าพอร์ตที่ต้องการเมื่อถึงเวลาที่ได้ตั้งไว้ให้เปิด

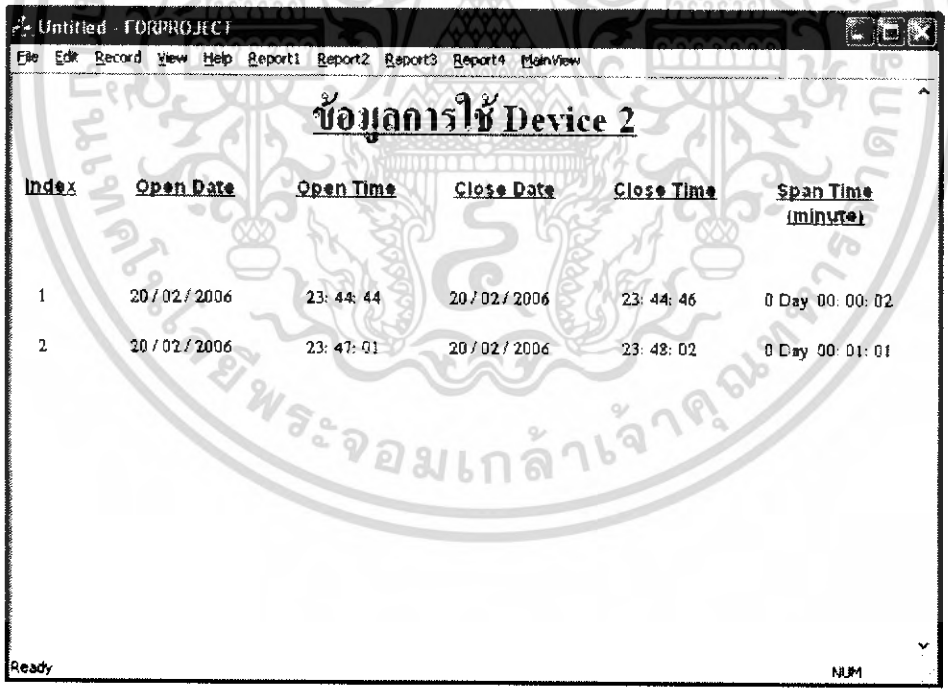


รูปที่ 4.24 แสดงข้อมูลที่ถูกเก็บลงในฐานข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าพอร์ตที่ต้องการถูกเปิดตามเวลาที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

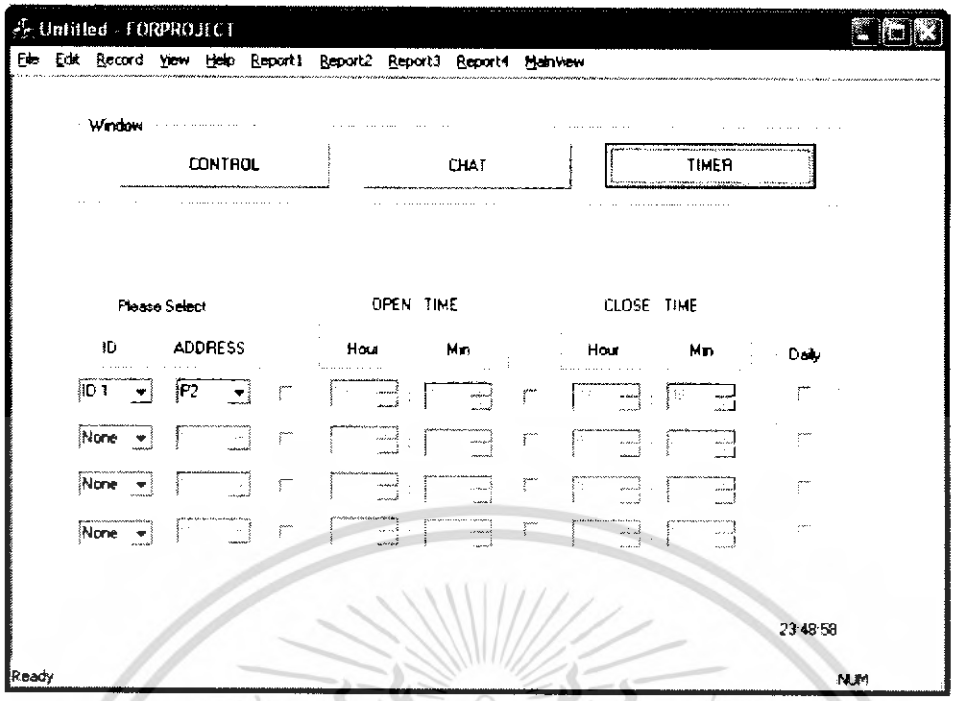


รูปที่ 4.25 แสดงผลการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าพอร์ตที่ต้องการเมื่อถึงเวลาที่ได้ตั้งไว้ให้ปิด

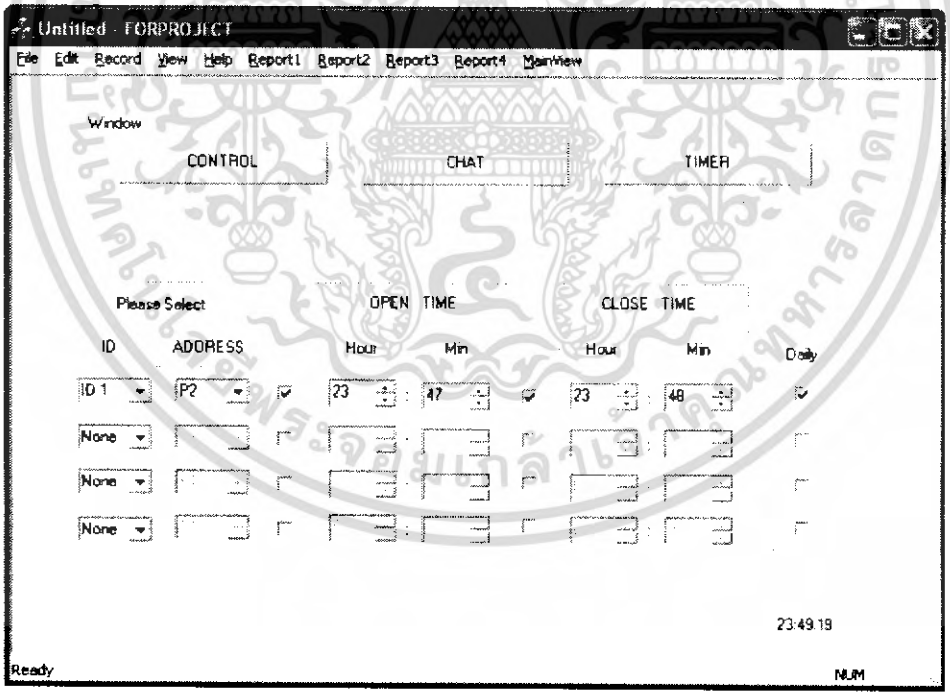


รูปที่ 4.26 แสดงข้อมูลที่ถูกเก็บลงในฐานข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าพอร์ตที่ต้องการถูกปิดตามเวลาที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 แสดงผลที่หน้า TIMER เมื่อเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเสร็จตามเวลาที่ได้ตั้งไว้กรณีที่ตั้งเวลาครั้งเดียว



รูปที่ 4.28 แสดงผลที่หน้า TIMER เมื่อเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าเสร็จตามเวลาที่ได้ตั้งไว้กรณีที่ตั้งให้ทำงานทุกวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

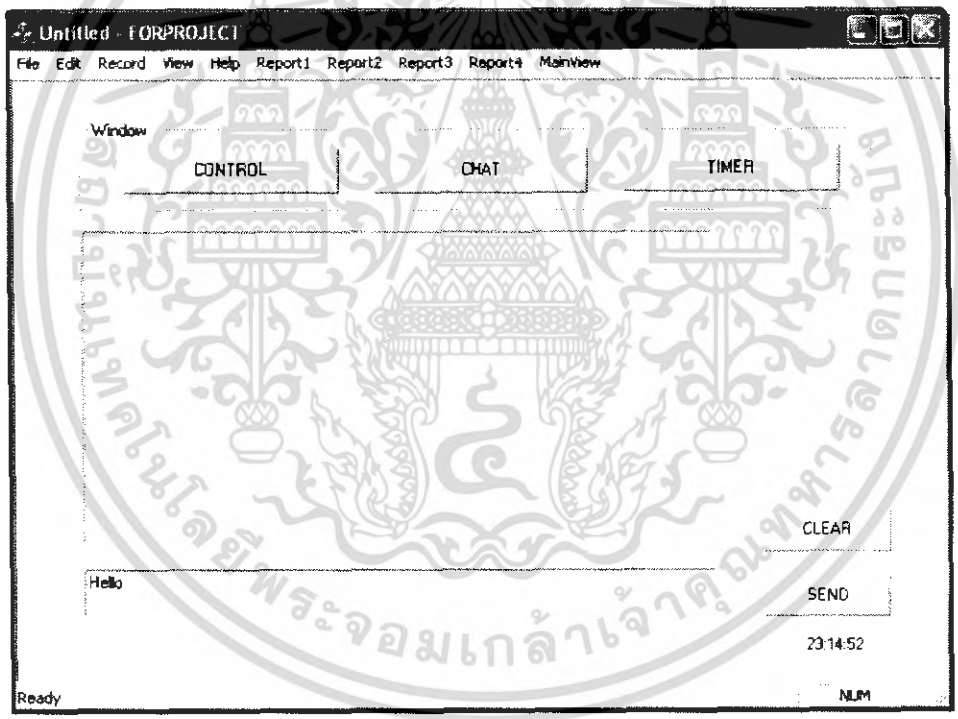
ในส่วนของการรับส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ทำได้โดย

- เมื่อต้องการส่งข้อความจากด้าน Master มาด้าน Slave

พิมพ์ข้อความที่ต้องการส่งใน Text box ล่างที่ด้าน Master ดังรูปที่ 4.29 ในที่นี้พิมพ์คำว่า "Hello" แล้วกด ปุ่ม send เพื่อทำการส่งข้อความ ซึ่งข้อความที่ด้าน Master ส่งออกไปจะมาปรากฏที่ Text box ด้านบนที่หน้าต่างของ Master เอง โดยมีอักษรนำหน้าข้อความคือ "<A> :" ดังรูปที่ 4.30 และจะไปปรากฏที่ช่อง Text box ด้านบนของด้าน Slave โดยมีอักษรนำหน้าข้อความคือ "<B> :" ดังรูปที่ 4.31

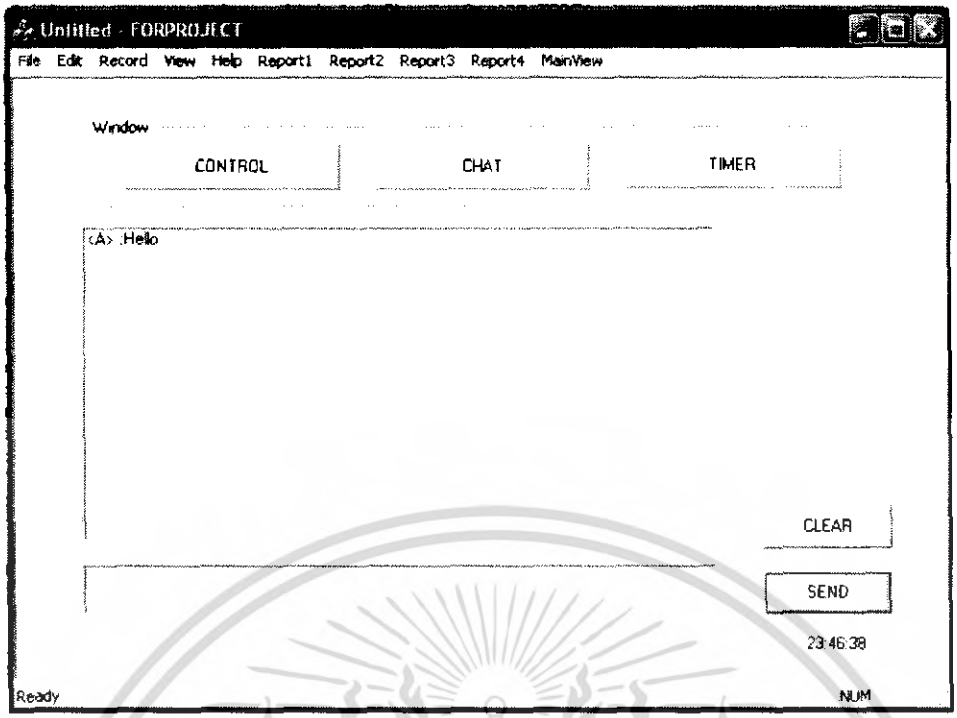
- เมื่อต้องการส่งข้อความจากด้าน Slave มาด้าน Master

พิมพ์ข้อความที่ต้องการส่งใน Text box ล่างที่ด้าน Slave ดังรูปที่ 4.32 ในที่นี้พิมพ์คำว่า "How do you do?" แล้วกด ปุ่ม send เพื่อทำการส่งข้อความ ซึ่งข้อความที่ด้าน Slave ส่งออกไปจะมาปรากฏที่ Text box ด้านบนที่หน้าต่างของ Slave เอง โดยมีอักษรนำหน้าข้อความคือ "<A> :" ดังรูปที่ 4.33 และจะไปปรากฏที่ช่อง Text box ด้านบนของด้าน Master โดยมีอักษรนำหน้าข้อความคือ "<B> :"ดังรูปที่ 4.34

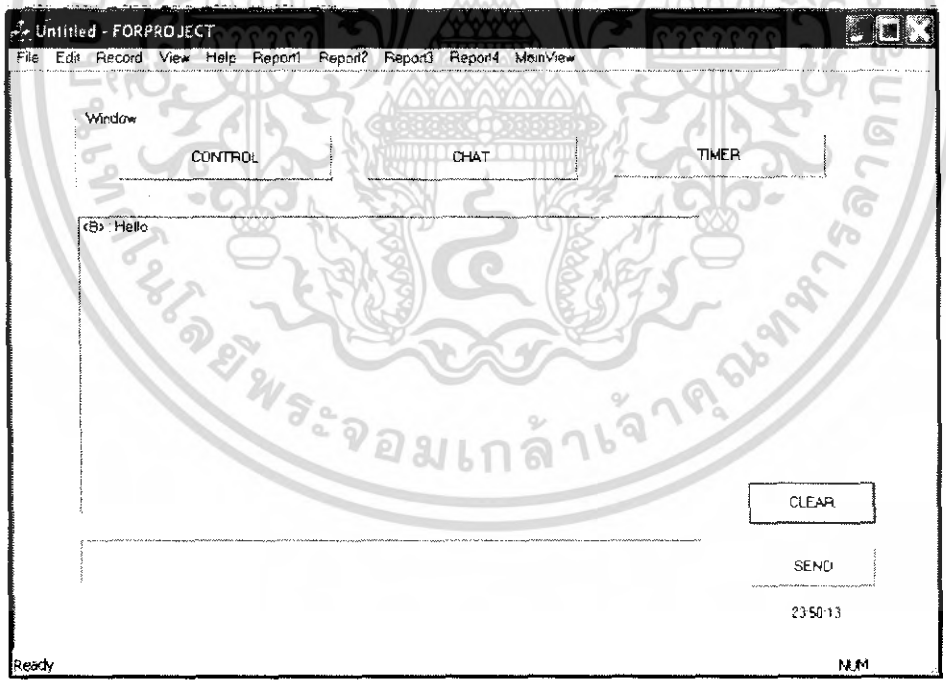


รูปที่ 4.29 แสดงขั้นตอนการส่งข้อความจาก Master ไปยัง Slave (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

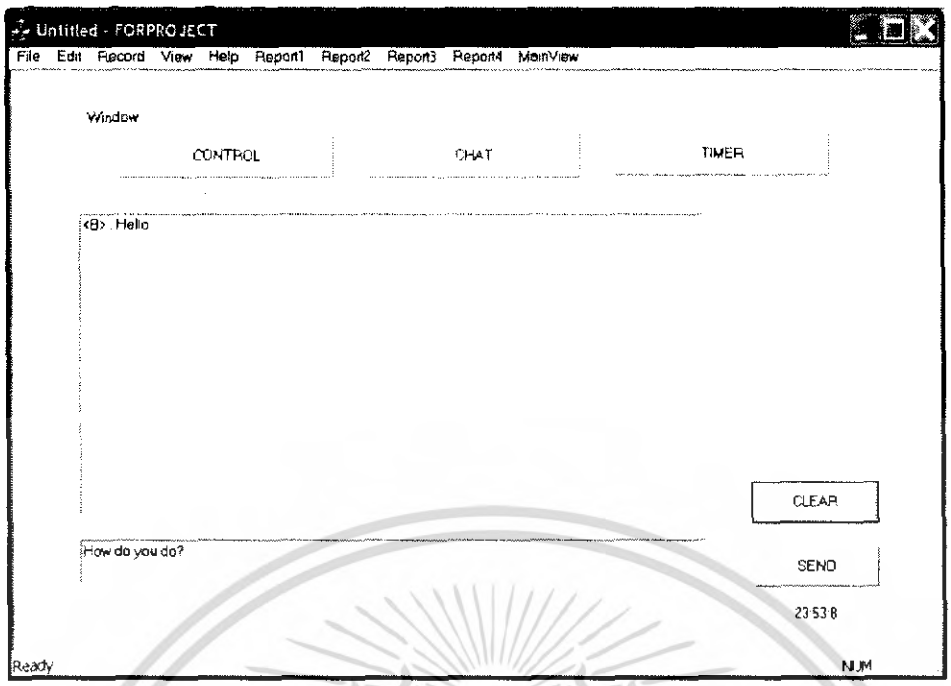


รูปที่ 4.30 แสดงขั้นตอนการส่งข้อความจาก Master ไปยัง Slave (2)

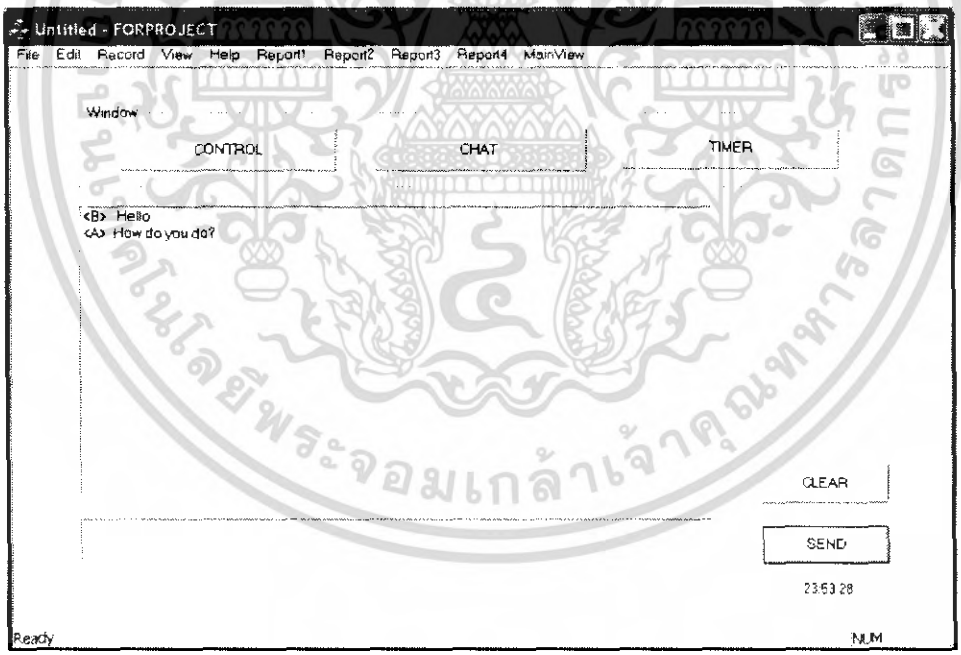


รูปที่ 4.31 แสดงผลการส่งข้อความจาก Master ไปยัง Slave ที่หน้าต่างด้าน Slave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

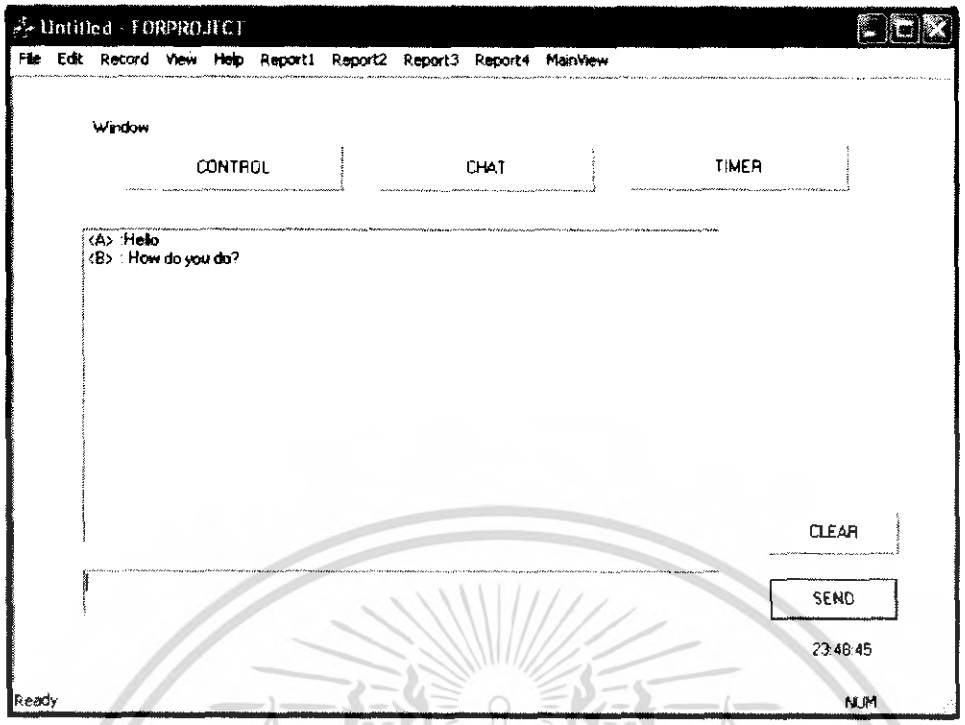


รูปที่ 4.32 แสดงขั้นตอนการส่งข้อความจาก Slave ไปยัง Master (1)



รูปที่ 4.33 แสดงขั้นตอนการส่งข้อความจาก Slave ไปยัง Master (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 แสดงผลการส่งข้อความจาก Slave ไปยัง Master ที่หน้าต่างด้าน Master

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

โครงงานการส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า AC นี้ จะเป็นลักษณะการส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยมีสายไฟฟ้า AC 220โวลต์ เป็นตัวกลางนำพาข้อมูลโดยใช้เทคนิคการมอดูเลตแบบ Frequency Shift keying (FSK) โดยสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 รูปแบบคือ การส่งข้อความระหว่างคอมพิวเตอร์และการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

5.1 การส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

การทดลองนี้เป็นการทดลองส่งข้อความโดยผ่านโปรแกรม CHAT ซึ่งเขียนขึ้นมาโดยภาษา Visual C++ และมีลักษณะการสื่อสารที่เป็นแบบ Half duplex คือส่งได้สองทิศทางแต่คนละเวลากัน โดยได้ทดลองรับส่งโดยใช้ค่าบอดเรทที่ 1200 นั้น จะเห็นว่าการส่งและรับข้อความนั้นยังสามารถทำได้โดยถูกต้องที่ระยะทางมากที่สุดที่ทำการวัดคือประมาณ 80 เมตรในกรณีเมื่อไม่มีโหลดต่ออยู่ในเฟสที่ได้ทำการทดลองนั้นๆ แต่ถ้าในกรณีมีโหลดต่ออยู่ในเฟสเดียวที่ทำการทดลองนั้นระยะทางการรับข้อมูลที่ถูกต้องของตัวรับก็จะลดลงตามลำดับจำนวนของโหลดที่นำมาต่อ สาเหตุก็เนื่องมาจากสัญญาณรบกวนที่เกิดจากโหลดที่ต่ออยู่

5.2 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

การทดลองนี้เป็นการทดลองควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้ค่าบอดเรท 1200 สามารถสรุปได้ดังนี้

5.2.1 ส่วนโปรแกรมควบคุมการสั่งงาน

สามารถรับคำสั่งที่ผู้ใช้สั่งได้ถูกต้อง โดยใช้โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เขียนโดย Visual C++ โดยโปรแกรมจะส่งชุดคำสั่งขนาด 1 ไบต์ ซึ่งประกอบด้วย ID เครื่องรับ, ตัวอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมและ คำสั่งควบคุมอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และยังสามารถรับข้อมูลที่ถูกส่งกลับมาจากคอนโทรลเลอร์ตัวรับและแสดงสถานะของอุปกรณ์และเก็บข้อมูลเวลาที่อุปกรณ์แต่ละตัวใช้งานได้อย่างถูกต้อง

5.2.2โมเด็มส่วนรับ

รับชุดคำสั่งจากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์แล้วนำไปมอดูเลต แบบ FSK แล้วทำการคัปปลิ้งสัญญาณลงไปในสายไฟฟ้า AC ได้ถูกต้อง

5.2.3โมเด็มส่วนส่ง

สามารถดีคัปปลิ้งสัญญาณจากสายไฟฟ้า AC และดีมอดูเลตเป็นชุดคำสั่งขนาด 1 ไบต์ แล้วส่งต่อไปยังคอนโทรลเลอร์ตัวรับได้ถูกต้อง

5.2.4 คอนโทรลเลอร์ตัวรับ

สามารถรับชุดคำสั่งจากโมเด็มตัวรับมาทำการตรวจสอบค่า ID ตัวรับเพื่อที่จะทำการไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยอาศัยวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในการควบคุม และทำการยืนยันสถานะการทำงานของอุปกรณ์ส่งกลับไปยังด้านส่งได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

สามารถสั่งให้มีการเปิด-ปิดหลอดไฟได้ทั้ง4หลอดและสามารถเปิดหลอดไฟพร้อมกันทั้ง 4 หลอดได้อย่างถูกต้อง

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

- ในส่วนการทดลองส่งข้อความระหว่างคอมพิวเตอร์นั้นจะต้องตั้งค่าบอดเรทของโปรแกรมทั้งทางด้านส่งและด้านรับให้ตรงกัน เพราะถ้าตั้งค่าไม่ตรงกันแล้วจะ ไม่สามารถสื่อสารกันได้

5.4 แนวทางการพัฒนา และการปรับปรุง

- สามารถนำไปทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มากกว่าเดิมได้โดยใช้ IC ขยายพอร์ทของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีพอร์ทในการควบคุมอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้น

- ทำการปรับปรุงภาคขยายสัญญาณในโมเด็มให้มีอัตราการขยายที่สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้มีค่า Signal to noise ratio มีค่าที่เพิ่มขึ้น สามารถทำให้ได้ระยะทางการส่งข้อมูลที่ไกลขึ้นกว่าเดิมได้

การประยุกต์ใช้งานเราสามารถนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมเป็นระบบบ้านอัตโนมัติ (Home Automation) คือสามารถควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆทั่วภายในบ้านได้โดยไม่จำกัดเฉพาะเป็นหลอดไฟเท่านั้น โดยรับคำสั่งจากผู้ใช้จากคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นคนควบคุม ผ่านทางสายไฟฟ้า AC อีกทั้งยังสามารถตั้งเวลาการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามเวลาที่ต้องการได้ และสามารถนำข้อมูลการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านั้นไปวิเคราะห์ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

[1] Klaus Dostert, "Powerline Communications" : Prentice Hall: PTR , 2001.

[2] สมยศ จุณณะปิยะ, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์": สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : กรุงเทพฯ,พ.ศ. 2546

[3] สัจจะ จรัสรุ่งเรือง, "คู่มือการเขียนโปรแกรมด้วย Visual C++": อินโฟเพรส: กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2544

[4] วิวัฒน์ กิรานนท์, "วิศวกรรมการสื่อสาร" : อักษรสยามการพิมพ์: กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2544.

[5] วาทิต เบญจพลกุล, "การสื่อสารข้อมูล" : SOPHIA PUBLISHING : กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2541.

[6] ปราโมทย์ วาดเขียน, วิวัฒน์ กิรานนท์, "พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล" : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : กรุงเทพฯ ,พ.ศ. 2537.

[7] จิรศักดิ์ เหลืองอุไร, "คัมภีร์การใช้งานการสื่อสารอนุกรมบน PC" : กรุงเทพฯ , พ.ศ. 2540.

[8] http://www.alldatasheet.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ;P3.7 Control 51(Tx) send status to MODEM(Rx)
        ;P1.2 Control 51(Tx) send to COM(Rx) for chat
        ORG         0000H
        MYID  EQU   00H
        DE1   EQU   P1.4
        DE2   EQU   P1.5
        DE3   EQU   P1.6
        DE4   EQU   P1.7

        MOV   P1,#00H
        SETB  P3.6
        CLR   P3.7
        CLR     P1.2
START:  MOV   PCON,#00H
        MOV   SCON,#50H
        MOV   TMOD,#20H
        MOV   TH1,#0E8H
        SETB  TR1

RX:     JNB   RI,RX
        CLR   RI

        MOV   A,SBUF
        MOV   30H,A                     ;ADDRESS 30H FOR SAVE COMMAND
BYTE
        ANL   A,#01100000B
        CJNE  A,#00H,RX                 ;CHECK ID
        MOV   A,30H
;-------------------------------------------------------------------
;--------------------- STRAT CHAT OR NOT ? -------------------------
;-------------------------------------------------------------------

              CJNE  A,#080H,CHECKSTATUS     ;CODE FE FOR START CHAT

CHAT:         SETB  P1.2                    ;CONNECT MODEN(TX)----COM(RX)
              CLR   P3.7
              LCALL DELAY

              CLR   P1.2                    ;DIS-CONNECT MODEN(TX)----COM(RX)
              SJMP  RX
;-------------------------------------------------------------------

CHECKSTATUS:        ANL   A,#00000011B      ;03H FOR CHECKSTATUS CODE
              CJNE  A,#00000011B,CONTROL

              SETB  P3.7                    ;CONNECT 51(Tx) ---- MODEM(Rx)
              CLR   P3.6
              MOV   A,P1                    ;SEND STATUS BACK
              ANL   A,#01111000B
              ORL   A,#00000111B
                                            ;FOR VC++ KNOW THIS IS ANSWWER
FOR CHECKSTATUS COMMAND
              LCALL WAIT
              MOV   SBUF,A
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TX_STATUS:  JNB   TI,TX_STATUS
            CLR   TI
            CLR   P3.7              ;DIS-CONNECT 51(Tx)---- MODEM(Rx)
            SETB  P3.6
HELP_RX:    SJMP  RX
;-------------------------------------------------------------------------
CONTROL:    MOV   A,30H
            ANL   A,#00001100B
;-------------------------------------------------------------------------
DEVICE1:    CJNE  A,#00000000B,DEVICE2
            MOV   A,30H
            ANL   A,#00000011B
ON1:        CJNE  A,#01H,OFF1

            MOV   A,P1
            ANL   A,#00010000B          ;DEVICE 1 AT P1.4
            CJNE  A,#00000000B,HELP_RX

            SETB  DE1
            MOV   A,#01H
            LJMP  SENDBACK

OFF1:       CJNE  A,#02H,RX
            MOV   A,P1
            ANL   A,#00010000B          ;DEVICE 1 AT P1.4
            CJNE  A,#00010000B,HELP_RX

            CLR   DE1
            MOV   A,#02H
            LJMP  SENDBACK
;-------------------------------------------------------------------------
DEVICE2:    CJNE  A,#00000100B,DEVICE3
            MOV   A,30H
            ANL   A,#00000011B
ON2:        CJNE  A,#01H,OFF2

            MOV   A,P1
            ANL   A,#00100000B          ;DEVICE 2 AT P1.5
            CJNE  A,#00000000B,HELP_RX

            SETB  DE2
            MOV   A,#05H
            LJMP  SENDBACK

OFF2:       CJNE  A,#02H,HELP_RX
            MOV   A,P1
            ANL   A,#00100000B          ;DEVICE 2 AT P1.5
            CJNE  A,#00100000B,HELP_RX

            CLR   DE2
            MOV   A,#06H
            LJMP  SENDBACK

HELP_RX2:   LJMP  HELP_RX
;-------------------------------------------------------------------------
DEVICE3:    CJNE  A,#00001000B,DEVICE4
            MOV   A,30H
            ANL   A,#00000011B
ON3:        CJNE  A,#01H,OFF3
            MOV   A,P1
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

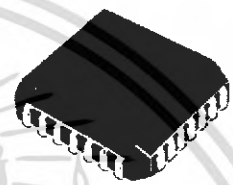
```
ANL   A,#01000000B            ;DEVICE 3 AT P1.6
            CJNE  A,#00000000B,HELP_RX
            SETB  DE3
            MOV   A,#09H
            LJMP  SENDBACK

OFF3:       CJNE  A,#02H,HELP_RX
            MOV   A,P1
            ANL   A,#01000000B            ;DEVICE 3 AT P1.6
            CJNE  A,#01000000B,HELP_RX
            CLR   DE3
            MOV   A,#0AH
            LJMP  SENDBACK
;-------------------------------------------------------------------------
DEVICE4:    CJNE  A,#00001100B,HELP_RX2
            MOV   A,30H
            ANL   A,#00000011B
ON4:        CJNE  A,#01H,OFF4
            MOV   A,P1
            ANL   A,#10000000B            ;DEVICE 4 AT P1.7
            CJNE  A,#00000000B,HELP_RX2
            SETB  DE4
            MOV   A,#0DH
            LJMP  SENDBACK

OFF4:       CJNE  A,#02H,HELP_RX2
            MOV   A,P1
            ANL   A,#10000000B            ;DEVICE 4 AT P1.7
            CJNE  A,#10000000B,HELP_RX2
            CLR   DE4
            MOV   A,#0EH
            LJMP  SENDBACK

SENDBACK:   LCALL WAIT
            SETB  P3.7                    ;CONNECT 51(Tx) ---- MODEM(Rx)
            CLR   P3.6
            MOV   SBUF,A
TX_BACK:    JNB   TI,TX_BACK
            CLR   TI
            CLR   P3.7                    ;DIS-CONNECT 51(Tx)---- MODEM(Rx)
            SETB  P3.6
            SJMP  HELP_RX2

DELAY:      MOV   R0,#01FH
DELAY1:     MOV   R1,#0FFH
DELAY2:     MOV   R2,#0FFH
      DJNZ  R2,$
      DJNZ  R1,DELAY2
      DJNZ  R0,DELAY1
      RET
WAIT: MOV   R0,#01H
WAIT1:      MOV   R1,#09H
WAIT2:      MOV   R2,#0AAH
      DJNZ  R2,$
      DJNZ  R1,WAIT2
      DJNZ  R0,WAIT1
      RET

END
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ST7536

POWER LINE MODEM

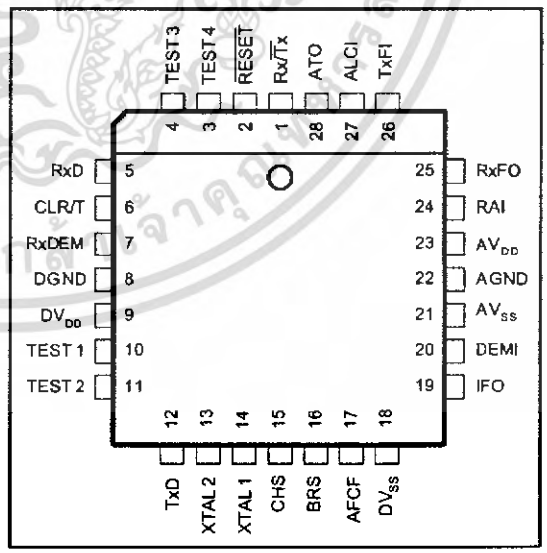
- HALF DUPLEX SYNCHRONOUS FSK MODEM
  - TWO PROGRAMMABLE CHANNELS FOR 600BPS DATA RATE
  - TWO PROGRAMMABLE CHANNELS FOR 1200BPS DATA RATE
- AUTOMATICALLY TUNED Rx AND Tx FILTERS
- TX CARRIER FREQUENCIES SYNTHESIZED FROM EXTERNAL CRYSTAL
- LOW DISTORTION Tx SIGNAL (S/H2 ≥ 50dB)
- AUTOMATIC LEVEL CONTROL ON Tx SIGNAL
- Rx SENSITIVITY : $2mV_{RMS}$ (600bps)
  $3mV_{RMS}$ (1200bps)
- Rx CLOCK RECOVERY
- POWER-DOWN MODE
- SUITABLE TO APPLICATION IN ACCORDANCE WITH DH028/29 ENEL, EN50065-1 CENELEC AND FCC SPECIFICATIONS



PLCC28
(Plastic Leaded Chip Carrier Package)

ORDER CODE : ST7536CFN

PIN CONNECTIONS



DESCRIPTION

The ST7536 is a half duplex synchronous FSK MODEM designed for power line communication network applications.

It operates from a dual power supply +5V and -5V, and requires an external interface for the coupling to the power line. It offers two programmable data rate with two programmable channels each.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

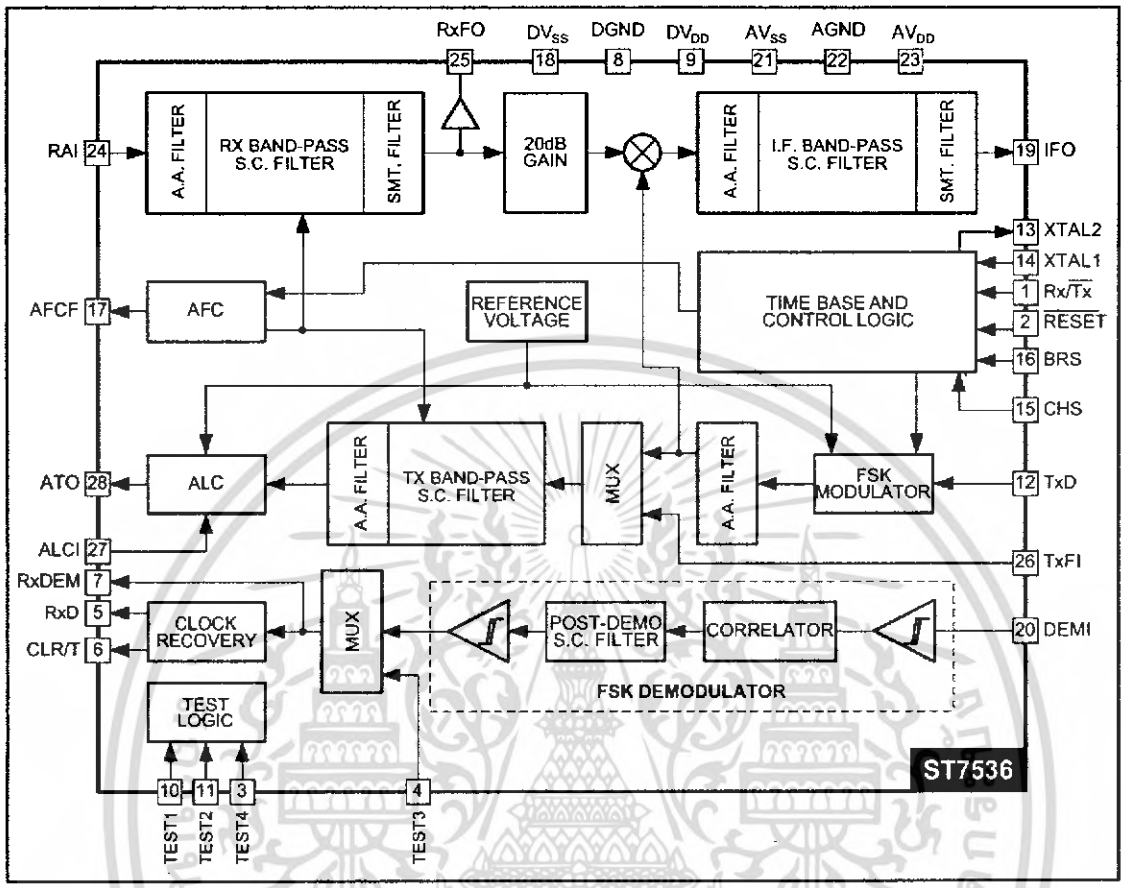
PIN DESCRIPTION

Pin Number	Name	Type	Description
1	Rx/$\overline{Tx}$	Digital	Rx or Tx mode selection input
2	$\overline{RESET}$	Digital	Logic reset and power-down mode input. Active when low.
3	TEST4	Digital	Test input which selects the Tx band-pass filter input (TxFI) when high.
4	TEST3	Digital	Test input which gives an access to the clock recovery input stage. This input is selected when TEST1 is high.
5	RxD	Digital	Synchronous receive data output
6	CLR/T	Digital	Rx or Tx clock according to the functional mode
7	RxDEM	Digital	Demodulated data output
8	DGND	Supply	Digital ground
9	DV_{DD}	Supply	Digital positive supply voltage : 5V ± 5%
10	TEST1	Digital	Test input which cancels the Tx to Rx mode automatic switching and validates TEST3 input. Active when high.
11	TEST2	Digital	Test input which reduces the Tx to Rx mode automatic switching time. Active when high.
12	TxD	Digital	Transmit data input
13	XTAL2	Digital	Crystal oscillator output
14	XTAL1	Digital	Crystal oscillator input
15	CHS	Digital	Channel selection input
16	BRS	Digital	Baud rate selection input
17	AFCF	Analog	Automatic frequency control output for connecting compensation network.
18	DV_{SS}	Supply	Digital negative supply voltage : -5V ± 5%
19	IFO	Analog	Intermediate frequency filter output
20	DEMI	Analog	FSK demodulator input
21	AV_{SS}	Supply	Analog negative supply voltage : -5V ± 5%
22	AGND	Supply	Analog ground : 0V
23	AV_{DD}	Supply	Analog positive supply voltage : 5V ± 5%
24	RAI	Analog	Receive analog input
25	RxFO	Analog	Receive filter output
26	TxFI	Analog	Transmit filter input (selected when TEST4 is high)
27	ALCI	Analog	Automatic level control input
28	ATO	Analog	Analog transmit output

7536-01.TBL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUNCTIONAL DESCRIPTION

1 - Transmit Section

The transmit mode is set when Rx/$\overline{Tx}$ = 0, if Rx/$\overline{Tx}$ is held at 0 longer than 3s, then the device switches automatically in the Rx mode. A new activation of the Tx mode requires Rx/$\overline{Tx}$ to be returned to 1 for a minimum 2µs period before being set to 0.

The Transmit Data (TxD) is sampled on a positive edge of CLR/T which delivers the transmit bit clock when the transmit mode is selected. This data enters a FSK modulator whose two basic frequencies are selected by the Baud Rate Selection pin (BRS) and the Channel Selection pin (CHS) according to the Table 1.

Figure 1 : Tx Data Input Timing

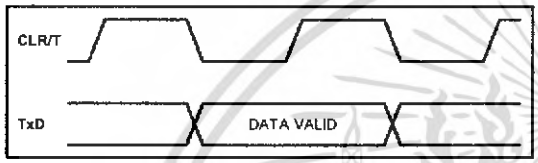


Table 1

BRS	CHS	Baud Rate (Baud)	Tx Frequencies (kHz) TxD=1 - TxD=0
0	0	600	81.75 - 82.35
0	1	600	67.2 - 67.8
1	0	1200	71.4 - 72.6
1	1	1200	85.95 - 87.15

These frequencies are synthesized from a 11.0592MHz crystal oscillator; their precision is the same as the crystal one's (100 ppm).

The modulated signal coming out of the FSK modulator is filtered by a switched-capacitor band-pass filter (Tx band-pass) in order to limit the output spectrum and to reduce the level of harmonic components.

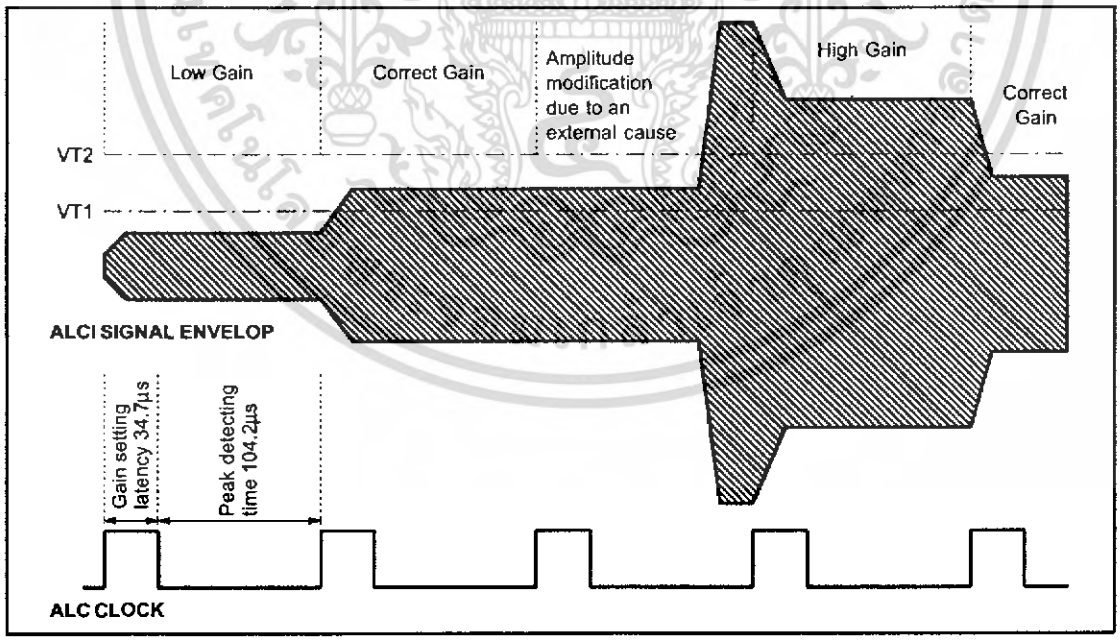
The output stage of the Tx path consists of an Automatic Level Control (ALC) system which keeps the output signal (ATO) amplitude independant of the line impedance variations. This ALC is a variable gain system (with 32 discrete values) controlled by an analog feed-back signal ALCI (see Figure 2).

The ALC gain range is 0dB to -26dB and gain change is clocked at 7200Hz. Gain steps are of magnitude 0.84dB typically.

A period of this clock is decomposed into a 34.7µs gain settling latency and a 104.2µs peak detecting time. The gain change is related to the result of a peak detection obtained by making a direct comparison of ALCI maximum value (during detecting time) with two threshold voltages V_{T1} and V_{T2} (see Figure 2).

- max (VALCI) < V_{T1} - The next gain is increased by 0.84dB,
- V_{T1} ≤ max (VALCI) ≤ V_{T2} - No gain change,
- V_{T2} < max (VALCI) - The next gain is decreased by 0.84dB.

Figure 2 : Automatic Level Control Timing Chart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUNCTIONAL DESCRIPTION (continued)

2 - Receive Section

The receive section is active when Rx/$\overline{Tx}$ = 1.

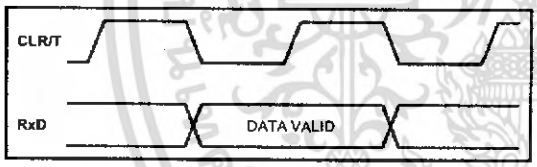
The baud rate and channel selection is also made according to Table 1.

The Rx signal is applied on RAI with a common mode voltage of 0V and filtered by a band-pass switched capacitor filter (Rx band-pass) centered on the received carrier frequency and whose bandwidth is around 6kHz. The input voltage range on RAI is $2mV_{RMS}$ - $2V_{RMS}$.

The Rx filter output is amplified by a 20dB gain stage which provides symmetrical limitations for large voltage. The resulting signal is down-converted by a mixer which receives a local oscillator synthesized by the FSK modulator block. Finally an intermediate frequency band-pass filter (IF band-pass) whose central frequency is 2.7kHz when BRS = 0 and 5.4kHz when BRS = 1 improves the signal to noise ratio before entering the FSK demodulator. The coupling of the intermediate frequency filter output (IFO) to the FSK demodulator input (DEMI) is made by an external capacitor C5 (1µF ±10%, 10V) which cancels the Rx path offset voltage.

A clock recovery circuit extracts the receive clock (CLR/T) from the demodulated output (RxDEM) and delivers synchronous data (RxD) on the positive edge of CLR/T.

Figure 3 : Rx Data Output Timing



3 - Additional Digital and Analog Functions

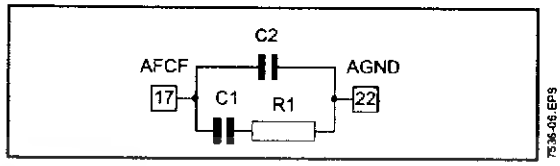
A reset intput ($\overline{RESET}$) initializes the device.

When $\overline{RESET}$ = 0, the device is in power-down mode and all the internal logic is reset. When $\overline{RESET}$ = 1, the device is active.

A time base section delivers all the internal clocks from a crystal oscillator (11.0592MHz). The crystal is connected between XTAL1 and XTAL2 pins and needs two external capacitors C3 and C4 depending on the crystal characteristic typically 22pF ±10% for proper operation. It is also possible to provide directly the clock on pin XTAL1 ; in this case C3 and C4 should be removed.

An Automatic Frequency Control (AFC) Section adjusts the central frequency of Rx and Tx band-pass filter to the carrier central frequency. The stability of the AFC loop is ensured by an external compensation network C1 (470nF ±10%, 10V), C2 (47nF ±10%, 10V) and R1 (1.5kΩ ±5%) connected to pin AFCF.

Figure 4 : Automatic Frequency Loop Filter



4 - Testing Features

- An additionnal amplifier allows the observation of the Rx band-pass filter output on pin RxFO.
- A direct input to the Tx band-pass filter (TxFI) is available and selected when TEST4 = 1.
- The 3 second normal duration of the Tx to Rx mode automatic switching is reduced to 1.48ms when TEST2 = 1.
- When TEST1 = 1 the Tx to Rx mode automatic switching is desactivated and the functional mode of the circuit is controlled by Rx/$\overline{Tx}$ as follow : when Rx/$\overline{Tx}$ = 0 the circuit is transmitting continuously, when Rx/$\overline{Tx}$ = 1 the clock recovery block is disconnected from the FSK demodulator for testing purpose, in this configuration TEST 3 is the data input of the clock recovery block, RxDEM follow TEST3 and RxD delivers the resynchronized data.

5 - Power Supplies Wiring and Decoupling Precautions

The ST7536 has two positive power supply pins, two negative power supply pins and two ground pins in order to separate internal analog and digital supplies. The analog and digital terminals of each supply pair must be connected together externally and require special routing precautions in order to get the best receive sensitivity performances.
The three major routing requirements are :

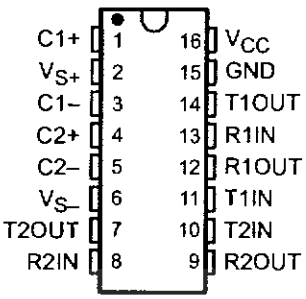
- The ground impedance should be as low as possible, for this purpose the AGND an DGND terminals can be connected via a local plane.
- The positive and negative power supplies (AV_{DD}, DV_{DD}, AVss, DVss) should be star-connected, avoiding common current path for the digital and analog power supplies terminals.
- Five decoupling capacitors located as close as possible to the power supply terminals should be used. Two 2.2µF tantalum and two 100nF ceramic capacitors perform the main decoupling function in the vicinity of the analog power supplies and a 100nF ceramic capacitor in the vicinity of the positive digital power supply is used to reduce the high frequency perturbations generated by the logic part of the circuit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

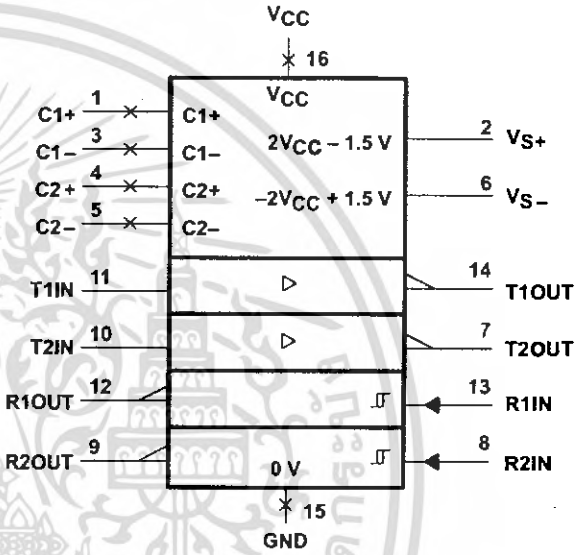
SLLS047G – FEBRUARY 1989 – REVISED AUGUST 1998

- 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)



logic symbol†



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

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.

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14066B

Quad Analog Switch/Quad Multiplexer

The MC14066B consists of four independent switches capable of controlling either digital or analog signals. This quad bilateral switch is useful in signal gating, chopper, modulator, demodulator and CMOS logic implementation.

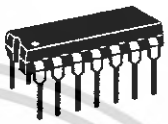
The MC14066B is designed to be pin–for–pin compatible with the MC14016B, but has much lower ON resistance. Input voltage swings as large as the full supply voltage can be controlled via each independent control input.

- Triple Diode Protection on All Control Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Linearized Transfer Characteristics
- Low Noise — 12 nV/√Cycle, f ≥ 1.0 kHz typical
- Pin–for–Pin Replacement for CD4016, CD4016, MC14016B
- For Lower R_{ON}, Use The HC4066 High–Speed CMOS Device

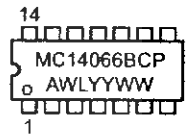
ON Semiconductor

http://onsemi.com

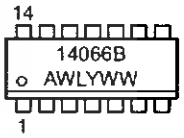
MARKING DIAGRAMS



PDIP–14
P SUFFIX
CASE 646



SOIC–14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP–14
DT SUFFIX
CASE 948G

SOEIAJ–14
F SUFFIX
CASE 965

A = Assembly Location
WL or L = Wafer Lot
YY or Y = Year
WW or W = Work Week

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS}) (Note 2.)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage Range	−0.5 to +18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage Range (DC or Transient)	−0.5 to V_{DD} + 0.5	V
I_{in}	Input Current (DC or Transient) per Control Pin	±10	mA
I_{SW}	Switch Through Current	±25	mA
P_D	Power Dissipation, per Package (Note 3.)	500	mW
T_A	Ambient Temperature Range	−55 to +125	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	−65 to +150	°C
T_L	Lead Temperature (8–Second Soldering)	260	°C

2. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
3. Temperature Derating:
Plastic "P and D/DW" Packages: – 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high–impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \le (V_{in}$ or $V_{out}) \le V_{DD}$.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

ORDERING INFORMATION

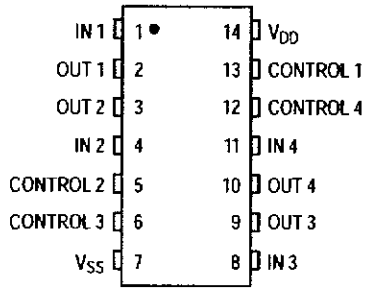
Device	Package	Shipping
MC14066BCP	PDIP–14	2000/Box
MC14066BD	SOIC–14	55/Rail
MC14066BDR2	SOIC–14	2500/Tape & Reel
MC14066BDT	TSSOP–14	96/Rail
MC14066BDTEL	TSSOP–14	2000/Tape & Reel
MC14066BDTR2	TSSOP–14	2500/Tape & Reel
MC14066BF	SOEIAJ–14	See Note 1.
MC14066BFEL	SOEIAJ–14	See Note 1.

1. For ordering information on the EIAJ version of the SOIC packages, please contact your local ON Semiconductor representative.

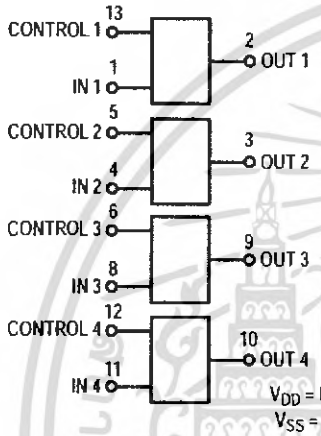
© Semiconductor Components Industries, LLC, 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN ASSIGNMENT

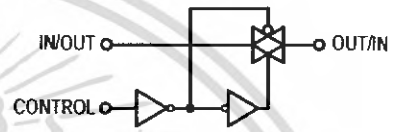


BLOCK DIAGRAM



LOGIC DIAGRAM AND TRUTH TABLE

(1/4 OF DEVICE SHOWN)



Control	Switch
0 = V_{SS}	OFF
1 = V_{DD}	ON

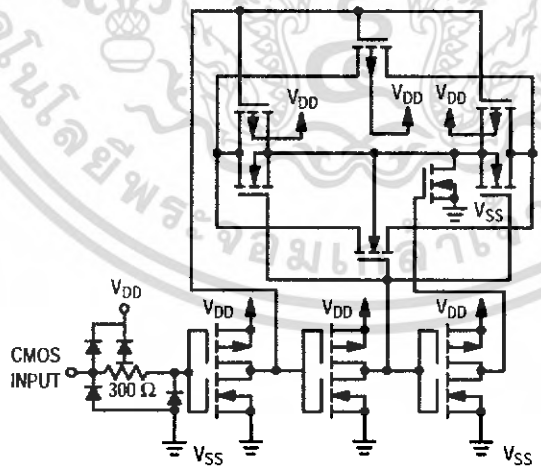
Logic Diagram Restrictions

$V_{SS} \le V_{in} \le V_{DD}$

$V_{SS} \le V_{out} \le V_{DD}$

CIRCUIT SCHEMATIC

(1/4 OF CIRCUIT SHOWN)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Order this document by ULN2803/D

MOTOROLA

ULN2803
ULN2804

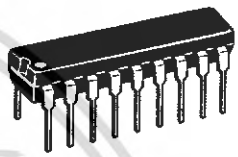
Octal High Voltage, High Current Darlington Transistor Arrays

OCTAL PERIPHERAL DRIVER ARRAYS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

The eight NPN Darlington connected transistors in this family of arrays are ideally suited for interfacing between low logic level digital circuitry (such as TTL, CMOS or PMOS/NMOS) and the higher current/voltage requirements of lamps, relays, printer hammers or other similar loads for a broad range of computer, industrial, and consumer applications. All devices feature open–collector outputs and free wheeling clamp diodes for transient suppression.

The ULN2803 is designed to be compatible with standard TTL families while the ULN2804 is optimized for 6 to 15 volt high level CMOS or PMOS.



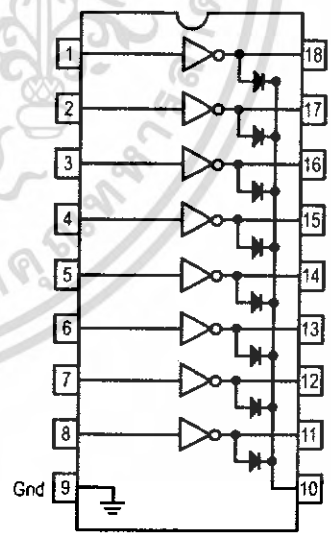
A SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C and rating apply to any one device in the package, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Output Voltage	V_O	50	V
Input Voltage (Except ULN2801)	V_I	30	V
Collector Current – Continuous	I_C	500	mA
Base Current – Continuous	I_B	25	mA
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +70	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	–55 to +150	°C
Junction Temperature	T_J	125	°C

$R_{\theta JA}$ = 55°C/W
Do not exceed maximum current limit per driver.

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Characteristics		
	Input Compatibility	$V_{CE(Max)}/I_{C(Max)}$	Operating Temperature Range
ULN2803A ULN2804A	TTL, 5.0 V CMOS 6 to 15 V CMOS, PMOS	50 V/500 mA	T_A = 0 to + 70°C

© Motorola, Inc. 1996

Rev 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 2K Bytes of Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2.7V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Two-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 15 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial UART Channel
- Direct LED Drive Outputs
- On-Chip Analog Comparator
- Low Power Idle and Power Down Modes

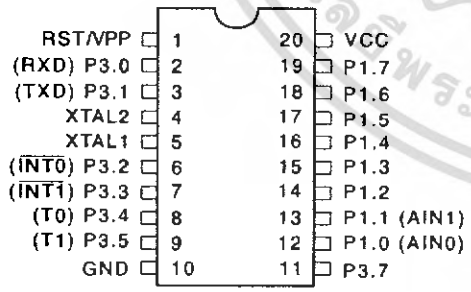
Description

The AT89C2051 is a low-voltage, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 2K Bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C2051 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C2051 provides the following standard features: 2K Bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, a precision analog comparator, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C2051 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Configuration

PDIP/SOIC



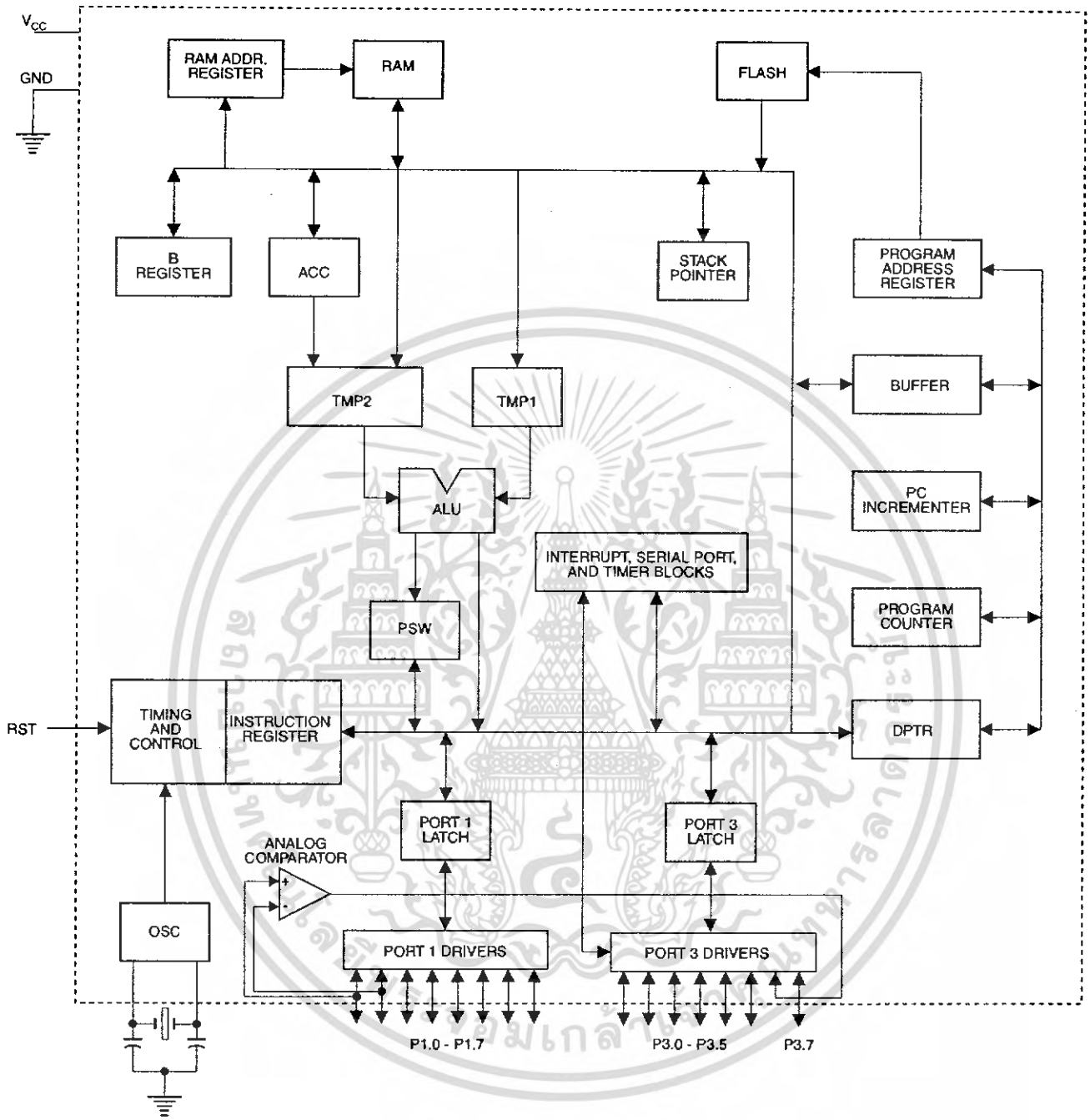
8-Bit Microcontroller with 2K Bytes Flash

AT89C2051

0368D-B–12/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้