



การสื่อสารข้อมูลโดยผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า

DATA COMMUNICATION VIA POWER LINE TRANSFER



โดย
นายสันติสุข บุญลีสม
นายสุรชัย ดีหมัด
นายอันวาร์ เจาะสุ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 61875
วัน,เดือน,ปี 24 ก.ค. 2549

b. 11555555
i.

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

HN

ภาควิชา
วิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะลงนิตยสารหรือสิ่งพิมพ์ใดๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลโดยผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า

DATA COMMUNICATION VIA POWER LINE TRANSFER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การสื่อสารข้อมูลโดยผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า

DATA COMMUNICATIONS VIA POWER LINE

ผู้จัดทำ

1. นายสันติสุข บุญสีสม 45015039
2. นายสุรชัย ดีหมัด 45015040
3. นายอันวาร์ เจาะสู 45015043



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลโดยผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า

DATA COMMUNICATIONS VIA POWER LINE

โดย นายสันติสุข บุญสีสม 45015039

นายสุรชัย ดีหมัด 45015040

นายอันวาร์ เจ๊ะสู 45015043

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์

รศ.ดร. สุวิพล สีทธิชีวกภาค

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นกรนำเสนอ การสื่อสารข้อมูล และการสร้างตัวอินเตอร์เฟสเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ จากตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่ง โดยผ่านสายไฟฟ้าเอซี 220 โวลต์ ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ โดยจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักที่สำคัญ คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ และส่วนของซอฟต์แวร์ โดยส่วนของฮาร์ดแวร์จะเป็นตัวกลางในการอินเตอร์เฟสระหว่างคอมพิวเตอร์กับสายไฟฟ้าเอซี 220 โวลต์ และส่วนของซอฟต์แวร์นั้นจะเป็นตัวโปรแกรมซึ่งเขียนขึ้นด้วย ภาษา VISUAL C++

ABSTRACT

This project present concern data communications and design of interface that use to communications between one computer and another via power line 220 volt AC. for role medium guide to connection. There are two important parts. There are Hardware and Software parts. The hardware parts is a medium that use to interface between computer and power line 220 volt AC. and the software parts is programmed and developed by VISUAL C++ language.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ทฤษฎีการส่งข้อมูลผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า	2
2.2 สายส่งกำลังไฟฟ้า	5
2.2.1 ลักษณะทั่วไปของสายส่งไฟฟ้า	5
2.2.2 ชนิดของสายไฟหุ้มฉนวน	5
2.2.3 แรงดันไฟฟ้าลดในสายไฟ	6
2.3 สถาปัตยกรรมและโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628	6
2.3.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628	8
2.3.2 REGISTER ของ PIC ที่เกี่ยวกับ SERIAL COMMUNICATION	10
2.4 พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล	13
2.4.1 สัญญาณ	14
2.4.2 การสื่อสารแบบดิจิทัล	14
2.4.2.1 หน่วยของข้อมูลและหน่วยของสัญญาณ	14
2.4.2.2 อัตราบิต	16
2.4.2.3 คุณสมบัติพิเศษของสัญญาณดิจิทัล	16
2.4.2.4 การส่งผ่านข้อมูลดิจิทัล	18
2.4.2.5 แบบวิธีของการส่งและเทคนิค	19
2.4.2.6 การส่งข้อมูลแบบขนาน	20
2.4.2.7 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	21
2.4.2.8 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	22
2.4.2.9 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส	23
2.5 ดิจิตอลมอดูเลชัน	24
2.5.1 การมอดูเลตทางความถี่	26
2.6 รหัสข้อความ	27
2.6.1 รหัส ASCII	27
2.7 การแปลงเป็นรูปแบบอนุกรม	30
2.8 มาตรฐาน RS-232-C	30
2.8.1 สัญญาณที่ใช้ทั้งหมดใน RS-232-C	30
2.9 แชนด์เช็กกิ้ง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9.1 ฮาร์ดแวร์แฮนด์เซ็ทกึ่ง	33
2.9.2 ซอฟต์แวร์แฮนด์เซ็ทกึ่ง	33
2.10 นัลโมเด็ม	33
2.11 คอนเน็กเตอร์แบบ 9 พิน (DB-9) และแบบ 25 พิน (DB-25)	34
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	
3.1 โครงสร้างของระบบ	37
3.2 ส่วนของตัวอินเตอร์เฟส	39
3.2.1 วงจรรับ-ส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์	39
3.2.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	40
3.2.3 วงจรแสดงผลควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	41
3.2.4 ส่วนของ MODEM	42
3.2.5 ส่วน REPEATER ข้ามเฟส	44
3.3 ส่วนของตัวโปรแกรม	48
3.3.1 โปรแกรมรับส่งข้อมูล	48
3.3.2 คอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง	53
3.3.3 คอนโทรลเลอร์ทางด้านรับ	55
3.3.4 คอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็น REPEATER	60
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดลอง	
4.1 การทดลองควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	61
4.2 การทดลองส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์	73
4.3 การทดลองวัดความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูล	75
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	
5.1 การส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์	77
5.2 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	77
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน	78
5.4 แนวทางการพัฒนา และการปรับปรุง	78
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป

	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 ไดอะแกรมการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ด	6
รูปที่ 2.6 แสดงไดอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์ที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	7
รูปที่ 2.7 แสดงไดอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์เมื่อกระทำคำสั่งการกระโดด	7
รูปที่ 2.8 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628	8
รูปที่ 2.9 ลักษณะของ PIR1 Register	10
รูปที่ 2.10 ลักษณะของ RCSTA Register	11
รูปที่ 2.11 ลักษณะของ TXSTA Register	11
รูปที่ 2.12 แบบจำลองของระบบสื่อสารข้อมูล	13
รูปที่ 2.13 แสดงสัญญาณข้อมูลพร้อม start-stop	15
รูปที่ 2.14 แสดงสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อสัญญาณดิจิทัลเทียบกับสัญญาณอนาล็อก	17
รูปที่ 2.15 แบบวิธี ของการส่ง	19
รูปที่ 2.16 การส่งข้อมูลแบบขนานครั้งละ 8 บิต	20
รูปที่ 2.17 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	21
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสของตัวอักษร V (รหัส ASCII)	23
รูปที่ 2.19 ตัวอย่างเฟรมซิงโครนัส	24
รูปที่ 2.20 เปรียบเทียบรูปคลื่นของดิจิทัลมอดูเลชันทั้ง 3 วิธี	25
รูปที่ 2.21 การมอดูเลตแบบ FSK	26
รูปที่ 2.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและสถานะของสัญญาณ	33
รูปที่ 2.23 แสดงคอนเน็คเตอร์แบบ DB-9 และ แบบ DB-25	34
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบการส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	37
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของระบบการสื่อสารข้อมูล	38
รูปที่ 3.3 วงจรรับ-ส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์	39
รูปที่ 3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	40
รูปที่ 3.5 วงจรแสดงผลควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	41
รูปที่ 3.6 แสดง Block Diagram ของ IC ST7537 IC Power Line Communication	42
รูปที่ 3.7 แสดง Block Diagram ของ IC ST7536 IC Power Line Communication	42
รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อ MODEM กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC	43
รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมต่อ Repeater เพื่อให้สามารถรับข้ามฟอสได้	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อจำหน่ายและใช้เพื่อวัตถุประสงค์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.10 แสดงแผงวงจรภายในส่วนของตัว Interface	46
รูปที่ 3.11 หน้าตาของตัว Interface ที่ประกอบกล่องเรียบร้อยแล้ว	46
รูปที่ 3.12 แสดงแผงวงจรภายในส่วนของตัว Repeater ข้ามเฟส	47
รูปที่ 3.13 หน้าตาของตัว Repeater ที่ประกอบกล่องเรียบร้อยแล้ว	47
รูปที่ 3.14 หน้าตาโปรแกรมสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	48
รูปที่ 3.15 หน้าตาโปรแกรมสำหรับการรับส่งข้อความระหว่างคอมพิวเตอร์	49
รูปที่ 3.16 หน้าตาโปรแกรมส่วนของการ Setting ค่าต่างๆ	50
รูปที่ 3.17 Flow Chart โปรแกรมส่วนของการควบคุมไฟฟ้า	51
รูปที่ 3.18 Flow Chart โปรแกรมส่วนของการส่งข้อความ	52
รูปที่ 3.19 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านส่ง	53
รูปที่ 3.20 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านส่ง (ต่อ)	54
รูปที่ 3.21 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านรับ	55
รูปที่ 3.22 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านรับ (ต่อ)	56
รูปที่ 3.23 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านรับ (ต่อ)	57
รูปที่ 3.24 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านรับ (ต่อ)	58
รูปที่ 3.25 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านรับ (ต่อ)	59
รูปที่ 3.26 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ที่ทำหน้าที่เป็น Repeater ข้ามเฟส	60
รูปที่ 4.1 หน้าตาของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและอยู่ในสถานะปิดหมด	61
รูปที่ 4.2 สัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" ที่ออกจากพอร์ต RS232	62
รูปที่ 4.3 สัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" ที่ออกจากพอร์ต RS232	62
รูปที่ 4.4 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" ที่ออกจากพอร์ต RS232	63
รูปที่ 4.5 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" ที่ออกจากพอร์ต RS232	63
รูปที่ 4.6 สัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" ที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง	64
รูปที่ 4.7 สัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" ที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง	65
รูปที่ 4.8 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" ที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง	65
รูปที่ 4.9 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" ที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง	66
รูปที่ 4.10 ลักษณะสัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" เมื่อผ่านภาคมอดูเลท	66
รูปที่ 4.11 ลักษณะสัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" เมื่อผ่านภาคมอดูเลท	67
รูปที่ 4.12 ลักษณะสัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" เมื่อผ่านภาคมอดูเลท	67
รูปที่ 4.13 ลักษณะสัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" เมื่อผ่านภาคมอดูเลท	68
รูปที่ 4.14 สัญญาณที่ผ่านการคัปปลิงลงในสายไฟเอซี	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.16 สัญญาณที่ผ่านการดับปลั๊กลงในสายไฟเอซีที่ระยะทาง 15 เมตร	69
รูปที่ 4.17 สัญญาณแสดงสถานะการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1” ที่ถูกส่งจากคอนโทรลเลอร์ ด้านรับ	70
รูปที่ 4.18 สัญญาณแสดงสถานะการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A2” ที่ถูกส่งจากคอนโทรลเลอร์ ด้านรับ	71
รูปที่ 4.19 หน้าตาของโปรแกรมแสดงสถานะของการอุปกรณ์ไฟฟ้า	71
รูปที่ 4.20 แสดงหลอดไฟ ที่ต่ออยู่กับ Address “A1” เมื่ออยู่ในสภาวะปิด	72
รูปที่ 4.21 แสดงการควบคุมการเปิดหลอดไฟ ที่ต่ออยู่กับ Address “A1”	72
รูปที่ 4.22 โปรแกรมในส่วนของการส่งข้อความ	73
รูปที่ 4.23 แสดงข้อความที่ส่งจากคอมพิวเตอร์เครื่องส่ง	74
รูปที่ 4.24 แสดงข้อความที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องรับ	74
รูปที่ 4.25 สัญญาณในสายไฟเอซีขณะที่ส่งข้อความคำว่า “Hello” ที่ระยะ 15 เมตร	75



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าลักษณะพารามิเตอร์ของสายไฟเอซีประเภทต่างๆ	3
ตารางที่ 2.2 Register ต่างๆ ของ PIC ในกรณีแบบ Asynchronous	10
ตารางที่ 2.3 แสดงรหัส ASCII 7 บิต	27
ตารางที่ 2.4 รหัส ASCII ชนิดพิเศษ	28
ตารางที่ 2.5 รหัส ASCII ชนิดพิเศษ (ต่อ)	29
ตารางที่ 2.6 รายละเอียดขาต่างๆของคอนเน็คเตอร์ DB-25	35
ตารางที่ 2.7 รายละเอียดขาต่างๆของคอนเน็คเตอร์ DB-9	36
ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งของ ขา Input และ Output Single Phase MODEM	43
ตารางที่ 3.2 การเซตจัมเปอร์เลือกค่า Baud Rate	44
ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งของ ขา Input และ Output ของ 3 Phase MODEM	45
ตารางที่ 3.4 การเซตจัมเปอร์เลือกค่า Baud Rate	45
ตารางที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูลในกรณีที่ไม่มีโหลมาต่อ	75
ตารางที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูลในกรณีที่มีโหลมาต่อ	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันเกือบทุกแห่งมีกระแสไฟฟ้าใช้ ซึ่งทำให้เกิดโครงข่ายของสายไฟฟ้าเอซี (A.C. Line Network) จึงเห็นคุณประโยชน์ของสายไฟฟ้า ที่นอกจากจะเป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้านเรือนแล้ว ในขณะที่เดียวกันก็ยังสามารถเป็นทางเดินของสัญญาณข้อมูลได้ด้วย เลยจึงเกิดแนวคิดของโครงงานที่ชื่อว่า การสื่อสารข้อมูลโดยผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า โดยโครงงานนี้จะมีลักษณะและขอบเขตของโครงงานอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนของการส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า และส่วนของการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง โดยมีรูปแบบการสื่อสารที่เป็นลักษณะของข้อความ (Message) โดยผ่านสายไฟฟ้า AC. 220 โวลต์ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F28 เป็นตัวควบคุม และสามารถให้ผู้ใช้งานได้โดยผ่านโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษา VISUAL C++

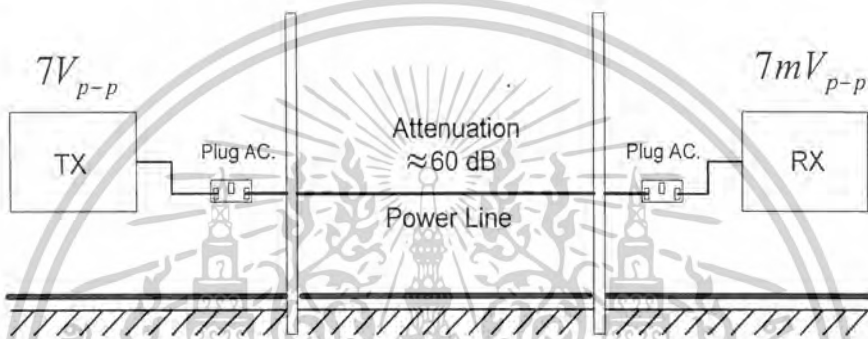
ซึ่งเราจะเห็นข้อดีของการสื่อสารข้อมูลโดยผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้าที่ว่าเราไม่ต้องเดินสายเกเบิลอีกให้ยุ่งยากและสิ้นเปลือง เป็นผลทำให้ประหยัดสายนำสัญญาณที่จะใช้ทำโครงข่ายสื่อสาร ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่แล้วให้เกิดประโยชน์สูงสุด และมีความสะดวกสบายในการใช้งาน เพราะเราเพียงแค่ นำตัวส่งและตัวรับ ไปเสียบปลั๊กไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ก็สามารถที่จะสื่อสารกัน หรือควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการนั้นได้ทันที

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีการส่งข้อมูลผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า

เนื่องจากสายไฟเอซีถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งกำลังไฟฟ้าอย่างเดียวเท่านั้น ดังนั้นเมื่อเราต้องการที่จะส่งข้อมูลเข้าไปในสายไฟเอซี เราจึงต้องพบกับปัญหาในการส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นเช่นสัญญาณรบกวนที่มีความถี่สูง (High Noise) การลดทอนสูง (High Attenuation) และการผิดเพี้ยนของสัญญาณ (Signal Distortion)



รูปที่ 2.1 การลดทอนสัญญาณข้อมูลในสายส่งกำลังไฟฟ้า

ในการเกิดการลดทอนในสายสัญญาณนั้นหากพิจารณาจากรูปที่ 2.1 จะพบว่าค่าของการลดทอนจะเป็นดังสมการ

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

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

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

สำหรับค่าการลดทอนในสายไฟเอซีนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของสายว่ามีอุปกรณ์อะไรต่อเป็นโหลดอยู่บ้าง และระยะทาง ซึ่งระดับของค่าการลดทอนในสายจะแบ่งได้เป็นดังนี้

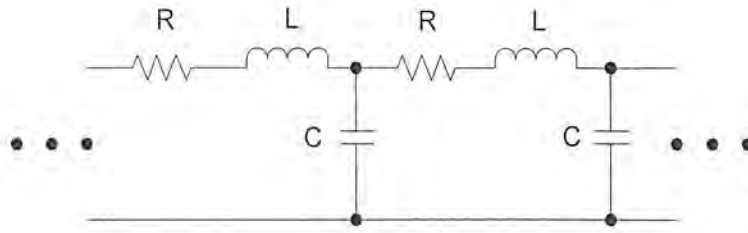
0-20 dB (Low Attenuation)

20-60 dB (Moderate Attenuation)

60-80 dB (High Attenuation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหากพิจารณาลักษณะของการลดทอนในสายไฟเอซีโดยใช้วงจรคุณลักษณะของสายส่งแล้วจะได้



รูปที่ 2.2 วงจรคุณลักษณะของสายไฟเอซี

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าวงจรคุณลักษณะของสายไฟเอซีจะประกอบไปด้วยค่าของตัวต้านทานต่ออนุกรมอยู่กับสาย ค่าของตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมอยู่กับสายและค่าของตัวเก็บประจุต่อขนานอยู่กับสายซึ่งค่าของแต่ละตัวจะขึ้นอยู่กับความยาวของสายด้วย

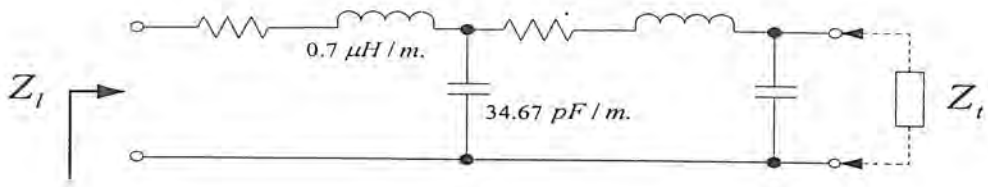
Wire Type	C / metre (pF)	L / metre (μH)	R / metre (Ω)	Z_0 (Ω)
12-2 BX Metal Clad	75.67	0.417	0.044	74.23
12-2G Romex NM-B	34.67	0.713	0.045	143.40
18-2 Lamp Cord	44.00	0.677	0.078	124.04
18-3 LEC Power Cord	102.67	0.650	0.105	79.56

ตารางที่ 2.1 ค่าลักษณะพารามิเตอร์ของสายไฟเอซีประเภทต่างๆ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของสายไฟเอซีชนิด 12-2G Romex ยาว 20 เมตร



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างวงจรลักษณะเฉพาะของสายไฟเอซีแบบ 12-2G Romex

ซึ่งจะเห็นว่าเราต้องทำการ Matching ค่า Impedance ของสายดังนั้นเราต้องทำค่าของ Z_I ให้เหมาะสมเพื่อลดผลของการสะท้อนและลดทอนในสายซึ่งค่าของ Z_I สามารถหาได้จาก

$$Z_I = Z_o \left[\frac{Z_t + jZ_o \tan \beta l}{Z_o + jZ_t \tan \beta l} \right]$$

เมื่อเราแบ่งคิดเป็น 2 กรณีคือ

- เมื่อโหลดเป็น Low impedance ($Z_t \ll Z_o$)

จะได้ $Z_t = 1 \mu F$ EMC capacitor

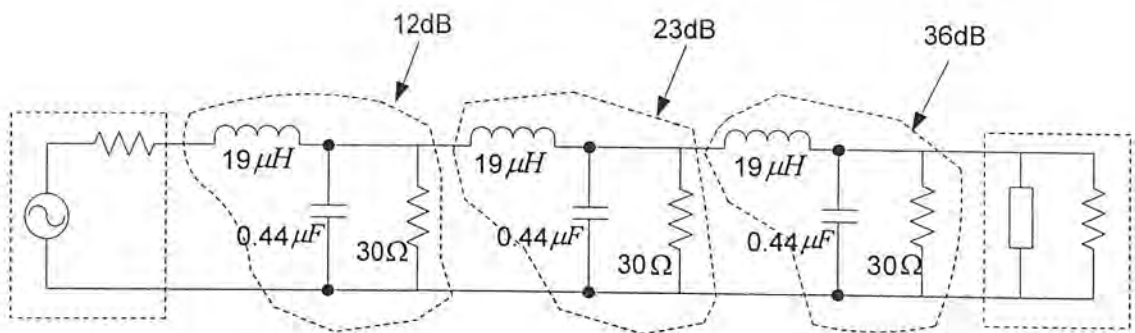
$$Z_I = j0.6 \Omega \text{ (130 kHz)}$$

- เมื่อโหลดเป็น High impedance ($Z_t \gg Z_o$)

จะได้ $Z_t = 500 \Omega$ Resistive load

$$Z_I = 471 - j1.1 \Omega \text{ (130 kHz)}$$

หากพิจารณาค่าคุณลักษณะของสายไฟได้แล้วเมื่อต่ออุปกรณ์เข้ากับสายไฟเอซี ก็จะมีการลดทอนเนื่องจากแรงดันด้วย (Voltage Divider Attenuation) ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การลดทอนเนื่องจากการแบ่งแรงดันภายในสายเอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สายส่งกำลังไฟฟ้า

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของสายส่งไฟฟ้า

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

2.2.2 ชนิดของสายไฟหุ้มฉนวน

ฉนวนที่ใช้หุ้มสายแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ดังนั้นสายไฟฟ้าแต่ละชนิดจึงแบ่งตามชนิดของฉนวนที่นำมาหุ้มเพื่อให้เหมาะสมในแต่ละสภาพที่นำมาใช้งาน

ชนิด IV

สายไฟชนิดนี้ตัวนำทำด้วยทองแดงหุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งในบ้านพักอาศัยทั่วไป สามารถทนอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส ใช้กับแรงดันไฟฟ้าได้ 250 โวลต์ และใช้เป็นสายเมนจากวัดต์โอห์มมิเตอร์เข้าบ้านได้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเชิงการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด AV

ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยทองแดง หุ้มด้วยฉนวน PVC ใช้ติดตั้งกับงานไฟฟ้ารถยนต์ สามารถทนอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส ใช้กับแรงดันไฟฟ้าต่ำ

2.2.3 แรงดันไฟฟ้าลดในสายไฟ (Voltage Drop)

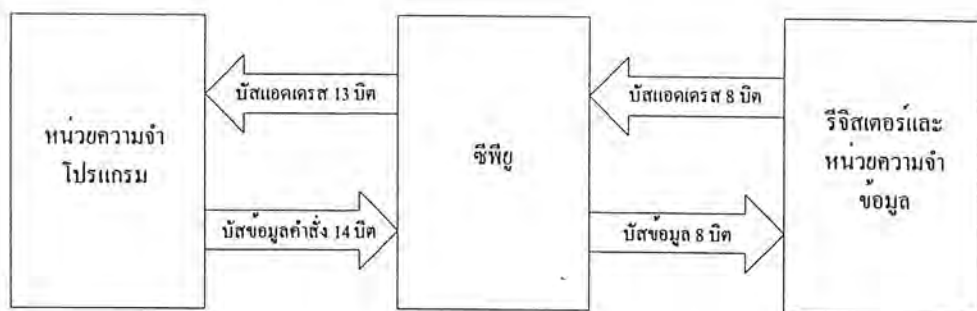
สายไฟฟ้าทุกเส้นจะมีความต้านทานภายใน ความต้านทานของสายไฟนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาว ถ้าสายไฟมีความยาวมาก ความต้านทานก็มากตาม ดังนั้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านสายไฟ ก็จะเกิดแรงดันไฟตกที่สายนั้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าลดลงต่ำกว่าขนาดที่เครื่องใช้ไฟฟ้ากำหนด ก็จะทำให้การทำงานที่ไม่ดีเท่าที่ควร

แรงดันไฟฟ้าที่สายป้อน feeder ไม่ควรเกิน 2% และแรงดันไฟฟ้าตกที่วงจรย่อย branch circuit ไม่ควรเกิน 3% หรือทั้งสายป้อนและวงจรย่อยรวมกันแล้ว แรงดันไฟฟ้าตกจะต้องไม่เกิน 5% ข้อนี้นี้เป็นค่าสูงสุด แต่ถ้าจะให้ดีไม่ควรเกิน 2%

2.3 สถาปัตยกรรมและโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีสถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ด (Harvard Architecture) กล่าวคือ มีการจัดแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกัน มีบัสสำหรับติดต่อแยกกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าได้ว่าซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมด้วยบัสของแอดเดรส 13 บิต และบัสของข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรม 14 บิต ในขณะที่บัสติดต่อหน่วยความจำข้อมูลและรีจิสเตอร์ภายในเป็นแบบ 8 บิต

นอกจากการจัดสถาปัตยกรรมแบบนี้แล้ว การกระทำคำสั่งทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ยังใช้กระบวนการที่เรียกว่า ไปป์ไลน์ (Pipeline) ทำให้สามารถเฟตช์คำสั่งถัดไปในขณะที่กำลังเอ็กซีคิวต์คำสั่งในปัจจุบัน ส่งผลให้ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มมากขึ้น นั่นจึงเป็นที่มาของความสามารถในการกระทำคำสั่ง 1 คำสั่งภายในสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก (กระบวนการเฟตช์ (Fetch) เป็นกระบวนการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลคำสั่งนั้นให้เป็นรหัสฐานสิบหกเพื่อให้ซีพียูเข้าใจ ส่วนกระบวนการเอ็กซีคิวต์ (Execute) เป็นการกระทำคำสั่งให้เกิดผลลัพธ์ตามที่คำสั่งนั้นๆกำหนด) สำหรับกระบวนการไปป์ไลน์แสดงในรูปที่ 2.5

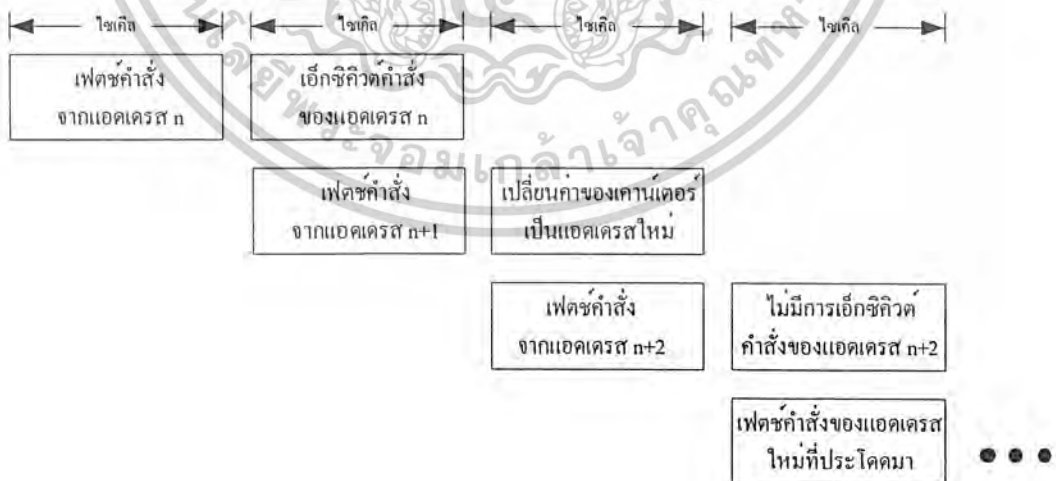


รูปที่ 2.5 โค้ดและการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สถาปัตยกรรมแบบฮาร์วาร์ด
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ขอสงวนสิทธิ์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มต้นกระทำคำสั่งที่ 1 ซีพียูจะเฟตซ์คำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมที่แอดเดรส n จากนั้นทำการเอ็กซิวต์ในไซเกิลต่อมา และที่ไซเกิลของการเอ็กซิวต์ คำสั่งที่แอดเดรส n นั้น ซีพียูก็จะเริ่มต้นเฟตซ์คำสั่งจากแอดเดรส $n+1$ ทันที เมื่อเอ็กซิวต์คำสั่งที่แอดเดรส n เรียบร้อย ซีพียูก็จะสามารถเอ็กซิวต์คำสั่งที่แอดเดรสที่ $n+1$ ต่อเนื่องกันไปได้ในทันที และในทำนองเดียวกัน ขณะที่กำลังเอ็กซิวต์คำสั่งแอดเดรส $n+1$ ซีพียูก็จะดำเนินการเฟตซ์คำสั่งที่แอดเดรส $n+2$ ต่อไป



รูปที่ 2.6 แสดงไคอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์ที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

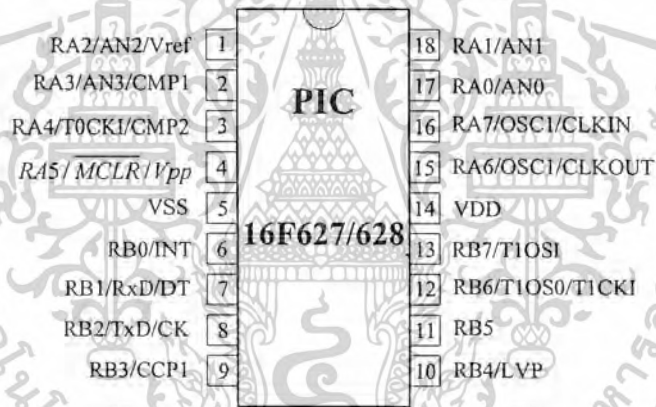


รูปที่ 2.7 แสดงไคอะแกรมของกระบวนการไปป์ไลน์เมื่อกระทำคำสั่งการกระโดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าคำสั่งที่กระทำนั้นเป็นคำสั่งการกระโดด จะมีขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 2.7 เมื่อทำการเอ็กซิกิวต์คำสั่งที่แอดเดรส n ซีพียูก็จะทำการเฟลช์คำสั่งที่แอดเดรส $n+1$ ปรากฏว่าคำสั่งที่แอดเดรส $n+1$ นั้นเป็นการเปลี่ยนค่าของโปรแกรมเคาน์เตอร์ (PC: Program Counter) ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการระบุแอดเดรสถัดไปที่ซีพียูจะไปทำงาน ทำให้เกิดกระโดดไปยังแอดเดรสใหม่ในระหว่างที่เกิดการกระโดดไปยังแอดเดรสใหม่นั้น ซีพียูจะทำการเฟลช์คำสั่งที่แอดเดรส $n+2$ ต่อไปตามขั้นตอนปกติแต่ทว่าเมื่อการกระโดดสิ้นสุดลง แอดเดรสของการทำงานเปลี่ยนไป จึงไม่เกิดการเอ็กซิกิวต์คำสั่งที่แอดเดรส $n+2$ แต่จะเกิดการเฟลช์คำสั่งที่แอดเดรสใหม่ที่กระโดดมาแทน จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการทำงานตามปกติต่อไป ดังนั้นคำสั่งการกระโดด จึงต้องใช้ขนาดของหน่วยความจำมากกว่า 1 ไบต์ ส่งผลให้ต้องใช้สัญญาณนาฬิกาในการกระทำคำสั่งในกลุ่มนี้ 2 ลูก ซึ่งแตกต่างจากคำสั่งอื่นๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ที่ใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 1 ลูก

2.3.1 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628



รูปที่ 2.8 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628

ส่วนประกอบหลักก็จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 แต่จะมีส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามา มากพอสมควร ได้แก่ วงจรบราวเอาต์รีเซ็ต (Brown-out reset) สำหรับสร้างสัญญาณรีเซ็ตซีพียูเมื่อไฟเลี้ยงลดต่ำลงเกินกว่าที่กำหนด, วงจร โปรแกรมข้อมูลด้วยแรงดันต่ำ (Low-voltage programming), ไทเมอร์ที่มีมากถึง 3 ตัว, โมดูลแรงดันเปรียบเทียบ (Reference Voltage Module), โมดูลเปรียบเทียบแรงดันอนาล็อก 2 ชุด (Analog comparator), และวงจรที่เป็นแบบอะซิงโครนัส (UART: Universal Asynchronous Receiver Transmitter) และ โมดูลตรวจจับสัญญาณเปรียบเทียบข้อมูลวงจรสร้างสัญญาณมอดูชันทางความกว้างของพัลส์ (Capture Compare Pulse Width Modulation Module)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติทางเทคนิคของ PIC16F62x

- ซีพียูเป็นแบบ RISC (Reduce Instruction-Set Computer) มีคำสั่งใช้งานเพียง 35 คำสั่ง
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา ตั้งแต่ไฟตรงถึง 20 MHz (สูงสุด)
- ขนาดหน่วยความจำโปรแกรม 1 กิโลเวิร์ด สำหรับ PIC16F627 และ 2 กิโลเวิร์ด สำหรับ PIC16F628
- หน่วยความจำแรมข้อมูล 224 ไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม 128 ไบต์
- คอปสนองแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 10 แหล่ง
- มีแอสต์ก 8 ระดับ
- มีวงจรเพาเวอร์อนรีเซต (POR), เพาเวอร์อัปไทมเมอร์ (PWRT) และออสซิลเลเตอร์อัปไทมเมอร์ (OST)
- มีวอตช์ดีด็อกไทมเมอร์ (WDT) ที่มีวงจรออสซิลเลเตอร์ในตัว ทำให้มีความน่าเชื่อถือในการทำงานสูง
- เลือกป้องกันข้อมูลทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล และเลือกกระดัดการป้องกันได้
- เลือกใช้วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาได้ 6 หลัก
 1. โหมด EC ใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
 2. โหมด ER ใช้ตัวคั่นทานภายนอก
 3. โหมด INTRC ใช้วงจร RC ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ มี 2 ความถี่ให้เลือก
 4. โหมด LP ใช้คริสตอลพลังงานต่ำ ความถี่สูงสุดไม่เกิน 200 kHz
 5. โหมด XT ใช้คริสตอล ความถี่ตั้งแต่ 100 kHz สูงสุดไม่เกิน 4 MHz
 6. โหมด HS ใช้คริสตอลความถี่สูง สูงสุดไม่เกิน 20 MHz
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5V
- ไฟเลี้ยง +3 ถึง +5.5V
- สามารถโปรแกรมในวงจรได้
- กระแสซิงก์และซอร์สของพอร์ต 25 mA
- ขาพอร์ตปกติ 15 บิต สูงสุด 16 บิต เมื่อทำงานในโหมด INTRC และกำหนดให้ MCLR เป็นพอร์ตอินพุต
- ไทม์เมอร์ 3 ตัว
- มีโมดูล CCP(Capture/Compare/PWM) 1 ชุด
- มีโมดูลเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอก 2 ชุด
- มีโมดูลสร้างแรงดันอ้างอิง
- มีโมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรม USART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยงหรือบราวเอาต์ดีเทกชัน (Brown-out detection) เพื่อสร้างสัญญาณรีเซ็ตซีพียูหรือเรียกว่า บราวเอาต์รีเซต (Brown-out reset : BOR)
- การใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีไม่ขับโหลด
 1. น้อยกว่า 2 mA ที่ +5V และสัญญาณนาฬิกา 4 MHz, 15 μA ที่ +3V และสัญญาณนาฬิกา 32 MHz
 2. น้อยกว่า 1 μA ในโหมดประหยัดพลังงานหรือสแตนด์บายที่ไฟเลี้ยง +3V

2.3.2 REGISTER ของ PIC ที่เกี่ยวกับ SERIAL COMMUNICATION

เนื่องจากเราจะทำการส่งแบบ Asynchronous ดังนั้นเราจะพิจารณา register ต่างๆ ในกรณีที่เป็นแบบ Asynchronous

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	0000 000x
1Ah	RCREG	USART Receive Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
96h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used for Asynchronous Reception
 Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on the 28-pin devices, always maintain these bits clear.

ตาราง 2.2 Register ต่างๆ ของ PIC ในกรณีแบบ Asynchronous

- PIR1 Register บิตที่เกี่ยวข้องก็คือ RCIF และ TXIF

R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	
bit7								bit0

รูปที่ 2.9 ลักษณะของ PIR1 Register

เมื่อ RCIF = 1 หมายถึง buffer ที่ทำหน้าที่รับข้อมูล serial นั้นเต็ม

เมื่อ RCIF = 0 หมายถึง buffer ที่ทำหน้าที่รับข้อมูล serial นั้นว่าง

เมื่อ TXIF = 1 หมายถึง buffer ที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูล serial นั้นเต็ม

เมื่อ TXIF = 0 หมายถึง buffer ที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูล serial นั้นว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RCSTA Register เป็น Register ที่เกี่ยวข้องกับารับข้อมูล

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-x
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
bit7							bit0

รูปที่ 2.10 ลักษณะของ RCSTA Register

Bit7 SPEN

= 1 หมายถึง Serial port enable (อนุญาตให้ใช้งาน serial port ได้)

= 0 หมายถึง Serial port disable

Bit6 RX9

= 1 หมายถึง ขนาดข้อมูล 1 bytes ที่รับมีขนาด 9 bits

= 0 หมายถึง ขนาดข้อมูล 1 bytes ที่รับมีขนาด 8 bits

Bit5 SREN

= เราไม่สนใจ bit นี้ในกรณีที่ใช้แบบ Asynchronous

Bit4 CREN

= 1 หมายถึง กำหนดให้มีการรับข้อมูลที่เข้ามาอย่างต่อเนื่อง

= 0 หมายถึง ไม่ให้มีการรับข้อมูลที่เข้ามาอย่างต่อเนื่อง

Bit3 ADDEN

= เนื่องจากเราส่งข้อมูลแบบ 8 bit ดังนั้นเราจะไม่สนใจ บิตนี้

Bit2 FERR

= 1 หมายถึง มี Frame error เกิดขึ้นกับข้อมูลที่ได้รับ

= 0 หมายถึง ไม่มี Frame error เกิดขึ้นกับข้อมูลที่ได้รับ

Bit1 OERR

= 1 หมายถึง มี Overrun error เกิดขึ้นกับข้อมูลที่ได้รับ

= 0 หมายถึง ไม่มี Overrun error เกิดขึ้นกับข้อมูลที่ได้รับ

Bit0 RX9D

= เป็นบิตที่ 9 ของข้อมูลในกรณีที่ข้อมูลเป็นแบบ 9 bits

- TXSTA Register เป็น Register ที่เกี่ยวข้องกับการส่งข้อมูล

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R-1	R/W-0
CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D
bit7							bit0

รูปที่ 2.11 ลักษณะของ TXSTA Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bit7 CSRC

= เราไม่สนใจ bit นี้ในกรณีที่ใช้แบบ Asynchronous

Bit6 TX9

= 1 หมายถึง กำหนดให้เป็นการส่งแบบ 9 bit

= 0 หมายถึง กำหนดให้เป็นการส่งแบบ 8 bit

Bit5 TXEN

= 1 หมายถึง อนุญาตให้มีการส่งข้อมูล

= 0 หมายถึง ไม่อนุญาตให้มีการส่งข้อมูล

Bit4 SYNC

= 1 หมายถึง เป็นการส่งแบบ Synchronous mode

= 0 หมายถึง เป็นการส่งแบบ Asynchronous mode

Bit3 ไม่มีการใช้งาน

Bit2 BRGH

ใน Asynchronous mode หมายถึง

= 1 หมายถึง เป็นแบบ High speed

= 0 หมายถึง เป็นแบบ Low speed

Bit1 TRMT หมายถึง bit ที่แสดงสถานะของ Transmit Shift register

= 1 หมายถึง เป็น TSR ว่าง

= 0 หมายถึง เป็น TSR เต็ม

Bit0 TX9D เป็นข้อมูล bit ที่ 9 ถ้าจะทำการส่งแบบ 9 bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

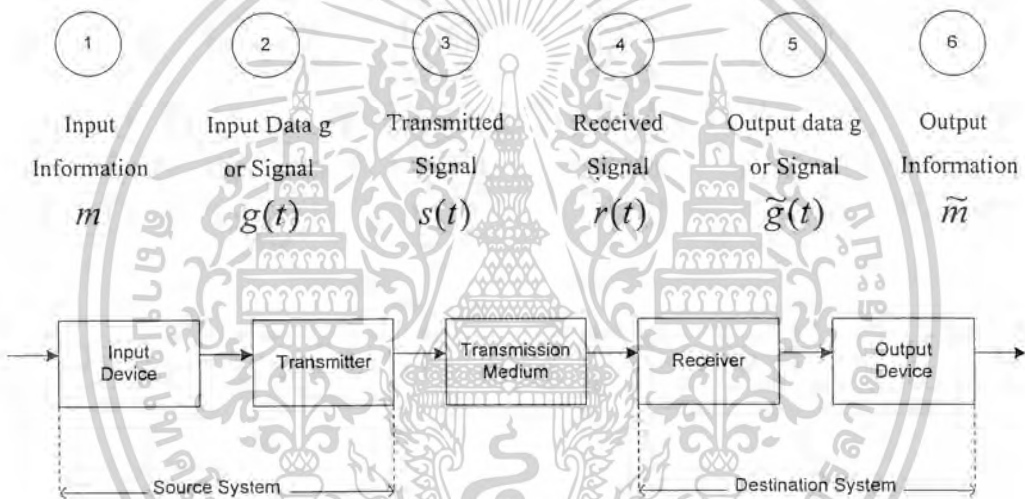
2.4 พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล

จุดประสงค์พื้นฐานของการสื่อสารข้อมูลคือ การแลกเปลี่ยนข่าวสาร (Information) ระหว่างตัวกระทำในการสื่อสารสองจากต้นทางไปยังปลายทาง

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 2.12 แบบจำลองของระบบสื่อสารข้อมูล

เมื่อพิจารณาจากจากรูปที่ 2.12 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} ซึ่งถือว่าเป็นค่าประมาณของสัญญาณอินพุตและเมื่อถึงที่สุดอุปกรณ์เอาต์พุตก็จะทำการประมาณค่าข่าวสาร \tilde{m} ส่งให้กับผู้รับปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูล เป็นการส่งข่าวสารดิจิทัล (Digital Information) ซึ่งจะอยู่ในรูปของเลขฐานสองจากแหล่งกำเนิดไปยังจุดหมายปลายทาง ข้อมูลจากแหล่งกำเนิด จะอยู่ในลักษณะสัญญาณดิจิทัลและข้อมูลที่รับได้ก็จะอยู่ในลักษณะดิจิทัลเช่นกันถึงแม้ว่าข้อมูลจะสามารถส่งได้ในลักษณะสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณดิจิทัลก็ตาม 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) คือสัญญาณใดๆ ที่ค่าเฉลี่ยของงานที่ทำต่อเวลาของสัญญาณประเภทนี้นั้นมีค่าจำกัด

- สัญญาณมีคาบและสัญญาณไร้คาบ

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

- สัญญาณกำหนดได้และสัญญาณสุ่ม

สัญญาณกำหนดได้ (Deterministic Signal) คือสัญญาณที่เมื่อเรารู้ข้อมูลบางอย่างเกี่ยวกับสัญญาณนั้นเพียงพอแล้ว จะสามารถบอกถึงรูปลักษณะที่แน่นอนของสัญญาณนั้นทั้งในอดีตและอนาคตได้อย่างถูกต้อง

2.4.2 การสื่อสารแบบดิจิทัล

2.4.2.1 หน่วยของข้อมูลและหน่วยของสัญญาณ

ในทางทฤษฎีของข้อมูล (Information Theory) นั้น วิธีธรรมชาติที่สุดที่ใช้กำหนดปริมาณของข้อมูลที่บรรจุอยู่ในสถานะของข่าวสาร (Message State) หรือ ในสัญลักษณ์ (Symbol) หรือในรหัส (Code) ต่างๆ นั้น ได้ใช้วิธีการกำหนดโดยการติดต่อกาลอการิทึม (Logarithm) ของความเป็นไปได้ (Probability) ของการเกิดสถานะของข่าวสารหรือสัญลักษณ์นั้นๆ กล่าวคือ ถ้าสัญลักษณ์ S_i มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นเท่ากับ P_i แล้ว ปริมาณของข้อมูล (Information) I_i ที่มีอยู่ในสัญลักษณ์ S_i นั้นจะกำหนดได้โดย

$$I_i = -\log_a(P_i) \quad (2.1)$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสัญลักษณ์ที่ใช้อยู่ทั้งหมดมี n ตัว ปริมาณของข้อมูลที่มีเฉลี่ย อยู่ในสัญลักษณ์แต่ละตัว

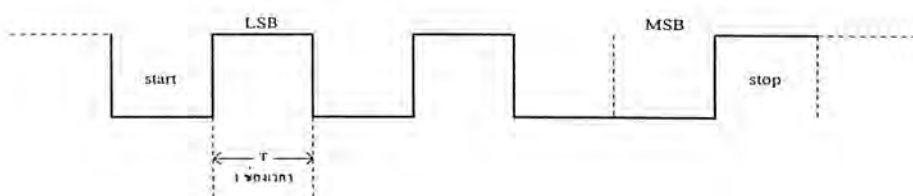
$$I_{AV} = -\sum_{i=1}^n p_i i_i \quad (2.2)$$

$$I_{AV} = -\sum_{i=1}^n p_i \log_a p_i \quad (2.3)$$

สำหรับการสื่อสารข้อมูลระบบดิจิทัล สถานะของสัญญาณที่ใช้มีเพียงสองสถานะเท่านั้นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งช่วงเวลาที่กำหนดนี้นิยมเรียกกันว่า ช่องสองเวลา (time slot) สถานะทั้งสองของสัญญาณดิจิทัลนั้น นิยมกล่าวกันว่าคือ สถานะ “1” และ สถานะ “0” หรือมักที่จะเรียกกันในง่ายขึ้นไปอีกว่าคือ 1 และ 0 จะเห็นว่า ถ้าเราตั้งสมมติฐานว่าสถานะ 0 หรือ 1 นั้น มีโอกาสที่เกิดขึ้นได้เท่าๆกันในแต่ละช่องเวลานั้น ซึ่งใช้สำหรับส่งสัญญาณนั้นแล้วค่าปริมาณข้อมูลของสัญญาณดิจิทัลที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยในแต่ละช่องเวลานั้น สามารถคำนวณจากสมการที่ (2.3) ได้ว่า มีค่าเท่ากับ 1 บิต เพราะฉะนั้นสำหรับสัญญาณดิจิทัลแล้วจึงเป็นการสะดวกที่จะบอกว่า สัญญาณดิจิทัลนั้นจะมีข้อมูลบรรจุอยู่มากน้อยเท่าใด โดยเพียงสังเกตจากจำนวนช่องเวลาที่ใช้ส่งสัญญาณดิจิทัลดังกล่าวนี้ ทั้งนี้เพราะว่า 1 ช่องเวลานั้น มีข้อมูลเฉลี่ยอยู่เท่ากับ 1 บิต ดังนั้นถ้าสัญญาณดิจิทัลที่เราสนใจอยู่นั้นใช้ช่องเวลาทั้งหมดอยู่เท่าใด ก็เท่ากับว่าข้อมูลทั้งหมดในสัญญาณดิจิทัลนั้นมีอยู่เท่านั้น ด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้เอง หน่วย บิต จึง ได้ถูกขยายมาใช้เป็นหน่วยรวมของปริมาณต่างๆ 3 อย่าง คือ หน่วยของสัญญาณข้อมูล (information unit) หน่วยของสัญญาณดิจิทัล (bit binary unit) และหลักของเลขฐานสอง (binary digit) กล่าวคือถ้ามีการกล่าวถึง อุปกรณ์เครื่องหนึ่งมีอัตราการส่งข้อมูล (bit rate) เท่ากับ m bit/s เราอาจตีความหมายได้ 3 อย่างพร้อมๆกัน คือ

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

หน่วยของข้อมูลดิจิทัลที่พบกันอยู่เสมอไปอีกอย่างหนึ่งคือ ไบต์ (Byte) ไบต์เป็นหน่วยของข้อมูลที่มีค่าเท่ากับ 8 บิต (1 ไบต์ = 8 บิต)



รูปที่ 2.13 แสดงสัญญาณข้อมูลพร้อม start-stop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

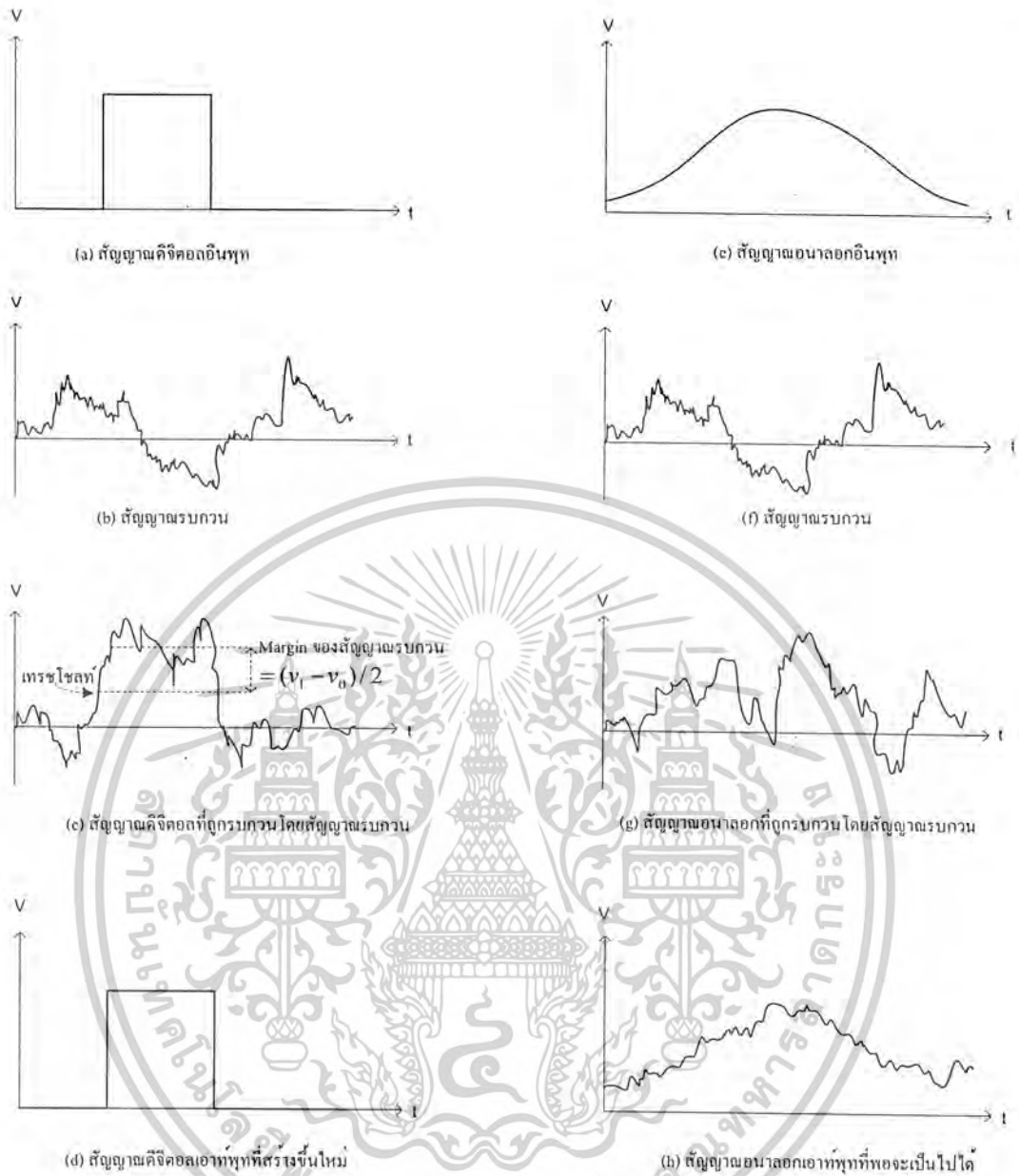
2.4.2.3 คุณสมบัติพิเศษของสัญญาณดิจิทัล

สัญญาณระบบดิจิทัลสามารถนำมาใช้สื่อสารแทนสัญญาณอนาลอก โดยการแปลงสัญญาณจากอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วนำไปเข้ารหัสหรือจัดแปลงให้เหมาะสมกับการส่ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวิธีการส่งและตัวอย่าง ซึ่งข้อดีของการสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิทัลที่สำคัญคือ

- สัญญาณรบกวนต่ำ

ในระบบอนาลอกนั้น สัญญาณรบกวน (Noise) และสัญญาณสอดแทรก (Interference) สามารถเข้าไปผสมและผ่านไปยังผู้รับได้ง่าย กล่าวคือในระหว่างการส่งถ้ามีการขยายสัญญาณข้อมูลก็จะทำการขยายสัญญาณเหล่านั้นไปด้วย แต่ในระบบดิจิทัลอนาลอกนั้น สัญญาณอยู่ในรูปของระดับแรงดัน 0 (Low) และ 1 (High) ถ้าสัญญาณรบกวนมีขนาดไม่มากพอที่จะทำให้สัญญาณจริงเปลี่ยนระดับได้ ก็จะไม่ผลไปถึงผู้รับ และสัญญาณดิจิทัลจะทนต่อสัญญาณรบกวนมากกว่าสัญญาณอนาลอก ดังจะเห็นได้จากสัญญาณดิจิทัลตามรูปที่ 2.14 (a) นั้น เมื่อถูกรบกวนโดยสัญญาณตามรูปที่ 2.14 (b) แล้ว จะมีลักษณะกลายเป็นสัญญาณตามรูปที่ 2.14 (c) แม้สัญญาณดิจิทัลจะถูกสัญญาณอื่นรบกวนเป็นอย่างมากในลักษณะเช่นนี้ก็ตาม แต่ถ้าสัญญาณรบกวนนั้นมีค่าความแรงสูงสุดไม่เกินระดับเทรช โชลด์ (Threshold) แล้ว (ระดับเทรช โชลด์ที่ใช้ตามรูปที่ 2.14 (c) คือระดับที่พอดีเท่ากับครึ่งหนึ่งของความแรงสัญญาณระหว่างสถานะบิต 0 และบิต 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อสัญญาณดิจิทัลเทียบกับสัญญาณอนาล็อก

ในการรับสัญญาณนี้ เครื่องรับสามารถที่จะสร้างสัญญาณดิจิทัลขึ้นมาใหม่ (Regeneration) ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (d) ได้ ทั้งนี้เพราะว่าเครื่องรับสัญญาณดิจิทัลจะใช้การตัดสินใจเพียงแต่ว่า ระดับของสัญญาณที่เข้ามามีค่ามากหรือน้อยกว่าระดับเทรซโซลต์เท่านั้น โดยถ้าสัญญาณที่เข้ามามีระดับสูงกว่าระดับเทรซโซลต์แล้ว เครื่องรับจะบันทึกค่าของสัญญาณนั้นว่าเป็น 1 บิตเช่นนั้นแล้วเครื่องรับจะบันทึกสัญญาณนั้นว่าเป็น 0 ดังนั้นโดยวิธีการนี้ เราจะเห็นได้ว่าตรานโคที่สัญญาณรบกวนนั้นมีความแรงสูงสุดไม่เกินระดับเทรซโซลต์แล้ว เครื่องรับก็จะสามารถสร้างสัญญาณดิจิทัลขึ้นมาใหม่ให้เหมือนกับสัญญาณต้นกำเนิดเดิมที่ส่งมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแต่งเอกสารนี้ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม สำหรับสัญญาณอนาลอกตามรูปที่ 2:14 (e) นั้นถ้าถูกรบกวนโดยสัญญาณตามรูปที่ 2.14 (f) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสัญญาณรบกวนในรูปที่ 2.14 (b) แล้ว สัญญาณรบกวนจะมีอิทธิพลเป็นอย่างมาก พอที่จะกลบกลืนส่วนของสัญญาณอนาลอกที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (g) จะเห็นได้ว่า สำหรับกรณีเช่นนี้ การที่จะสร้างสัญญาณอนาลอกทางเครื่องรับขึ้นมาใหม่เพื่อที่จะให้เหมือนกับสัญญาณอนาลอกต้นกำเนิดเดิมจากเครื่องส่งนั้น ตามธรรมดาแล้วนั้นย่อมเป็นไปได้เลย ซึ่งสัญญาณของอนาลอกที่เครื่องรับพอจะนำกลับคืนมาได้ นั้น จะมีตัวอย่างในรูปที่ 2.14 (h) ซึ่งจะเห็นว่ามีผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณเดิมจากรูปที่ 2.14 (e) พอสมควร

- ง่ายต่อการเข้ารหัส

ในกรณีที่ให้ข้อมูลนั้นเป็นความลับ เราสามารถเข้ารหัสข้อมูลได้

- สะดวกต่อการมัลติเพล็กซ์

ซึ่งส่วนมากใช้การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (Time Division Multiplex)

แต่ถึงอย่างไรก็ตามการสื่อสารระบบดิจิทัลก็มีข้อเสียอยู่ คือ เพิ่มแบนด์วิดท์ของสัญญาณ เช่น สัญญาณเสียงพูดสำหรับ โทรศัพท์ ซึ่งกำหนดไว้มีแบนด์วิดท์ไม่เกิน 3.4 KHz เมื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วส่งด้วยอัตรา 2.048 Mb/s อย่างน้อยที่สุดสายส่งที่ใช้ต้องมีผลตอบสนองความถี่ในย่าน 2.048 MHz ได้ ทำให้ต้องใช้สายส่งที่มีราคาแพงขึ้น

2.4.2.4 การส่งผ่านข้อมูลดิจิทัล (Digital Transmission)

การส่งผ่านข้อมูลด้วยวิธีการนี้สัญญาณดิจิทัลจะถูกส่งไปได้ในระยะทางที่จำกัดก่อนที่การลดทอนจะทำอันตรายต่อองค์ประกอบของข้อมูล ดังนั้นเพื่อให้การส่งสามารถทำได้เป็นระยะทางไกลๆ เราจึงใช้ตัวทวนสัญญาณ (Repeater) เพื่อที่สัญญาณดั้งเดิมกลับคืนมาโดยที่ตัวทวนสัญญาณเมื่อได้รับสัญญาณดิจิทัลแล้ว ก็จะทำการกู้รูปแบบของ บิต 1 และ บิต 0 กลับคืนมาอีกครั้ง และส่งต่อออกไปใหม่ ซึ่งทำให้สามารถเอาชนะการลดทอนลงไปได้

ในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะหันมาใช้การสื่อสารระบบดิจิทัลที่ได้แทนระบบอนาลอกมากขึ้น แม้ว่าจะได้มีการลงทุนใช้ระบบอนาลอกมาก่อนอย่างมากก็ตาม เหตุผลที่สำคัญก็คือ

- ดิจิตอลเทคโนโลยี การพัฒนาเทคโนโลยีของวงจรรีจิสตราร์ LSI และ VLSI ทำให้ราคาและขนาดของวงจรถดลงในขณะที่เครื่องมือทางอนาลอกไม่ได้ลดลง
- คุณภาพของข้อมูล สำหรับขบวนการทางดิจิทัล การใช้ตัวทวนสัญญาณแทนที่จะใช้ตัวขยายสัญญาณทำให้อิทธิพลของสัญญาณรบกวนไม่ถูกสะสม ทำให้เราสามารถส่งข้อมูลไปได้ระยะทางไกลๆ แม้ว่าคุณภาพของสายจะไม่ดีก็ตาม
- ความจุของการใช้งานมีมาก มันเป็นเรื่องที่สิ้นเปลืองมากในการที่เราจะต้องสร้างทางเดินการส่งผ่านข้อมูลที่มีแบนด์วิดท์กว้างมากๆ เช่น ช่องสัญญาณดาวเทียมและเส้นใยนำแก้ว ดังนั้นการนำขบวนการในการมัลติเพล็กซ์เข้ามาใช้งาน
- ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัว เทคนิคการบ่งข้อมูลพร้อมที่จะนำเข้ามาใช้กับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารดิจิทัล และพร้อมที่จะนำมาใช้กับข้อมูลอนาลอกที่ถูกดิจิทัลแล้วนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.5 แบบวิธีของการส่งและเทคนิค (Transmission Mode and Techniques)

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

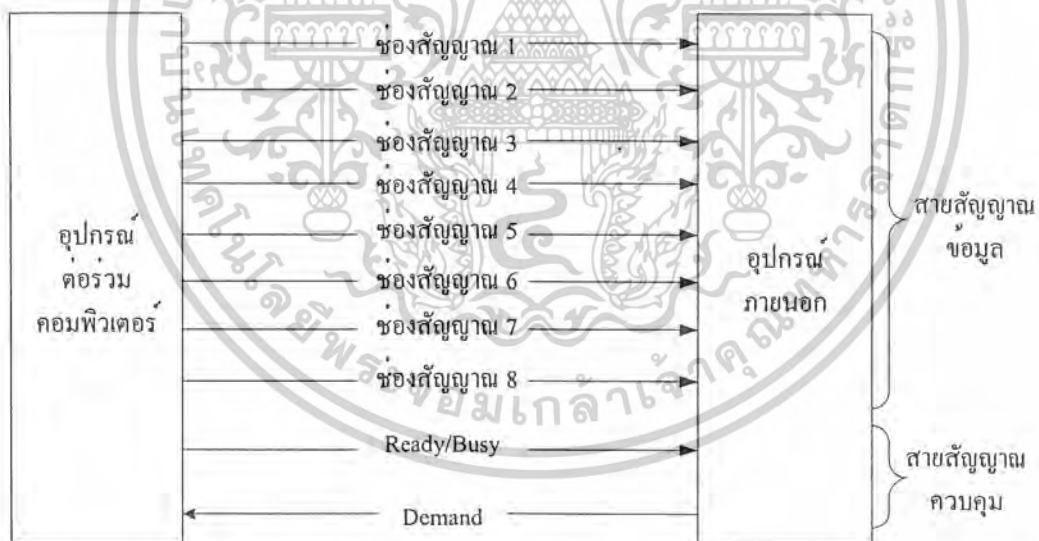
2.4.2.6 การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission)

รูปที่ 2.16 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน แต่ละบิตในล๊อคของบิตข้อมูลที่จะส่งมีสายสัญญาณสำหรับส่งเป็นของตนเอง ดังนั้นบิตทุกบิตจะถูกส่งออกไปพร้อมๆ กัน ในการส่งข้อมูลแบบขนานจะต้องมีวงจรควบคุม(Control Circuit) แยกออกมาจากวงจรส่งข้อมูล (Data Circuit) สำหรับการซิงโครไนซ์ (Synchronization) สัญญาณที่ส่งมา

ผู้ส่งจะใช้วงจรควบคุมวงจรหนึ่งสำหรับแจ้งให้ผู้รับทราบว่า พร้อมที่ส่งข้อมูลแล้ว (Ready/Busy line) ผู้รับจะใช้วงจรควบคุมอีกวงจรหนึ่งสำหรับแจ้งให้ผู้ส่งทราบว่า ได้รับข้อมูลแล้ว และพร้อมที่จะรับข้อมูลชุดใหม่ (Demand line)

เรามักใช้การส่งข้อมูลแบบขนานสำหรับการส่งข้อมูลระยะสั้น เช่นการต่อร่วมระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วง (Peripheral) หรือเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีการลดทอนของสัญญาณเนื่องจากความต้านทานของสาย และปัญหาที่เกิดขึ้นหากระยะทางของสายยาว คือ ระดับของกราวด์ในทางไฟฟ้าที่จุดรับผิดไปจากจุดส่งทำให้เกิดการผิดพลาดในการรับสัญญาณทางฝ่ายรับ

และอีกกรณีหนึ่งคือเมื่อระยะทางในการส่งข้อมูลไกลขึ้น ต้นทุนของสายส่งสัญญาณหลายๆเส้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.16 การส่งข้อมูลแบบขนานครั้งละ 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.7 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมเกี่ยวกับการส่งข้อมูลที่ละบิต ซึ่งข้อมูลจะถูกเคลื่อนไปทางเดินของการสื่อสารเพียงสายเส้นเดียว แทนที่จะเป็นกลุ่มของสายที่ขนานกัน จะเห็นว่าการส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนานที่กล่าวมาข้างต้น แต่จุดเด่นของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ ตัวกลางการสื่อสารต้องการเพียงช่องทางเดียว หรือ สายเพียงคู่เดียว ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารจะต้องถูกกว่าแบบขนานแน่นอน สำหรับการส่งระยะทางไกลๆ

โดยเฉพาะเมื่อเรามีระบบสื่อสารโทรศัพท์ ไม้ใช้งานอยู่แล้วย่อมจะเป็นการประหยัดกว่าที่จะทำการติดต่อสื่อสารหรือถ่ายโอนข้อมูลแบบขนานอย่างแน่นอน รูปที่ 2.17 แสดงให้เห็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรมข้อมูลจากจุดส่งจะถูกเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นแบบอนุกรมเสียก่อน แล้วค่อยทยอยส่งออกทีละบิตไปยังจุดรับ ณ จุดที่รับจะมีกลไกในการเปลี่ยนข้อมูลมาทีละบิต ให้เป็นสัญญาณแบบขนานพอดี นั่นคือ บิต 1 ลงที่บิตข้อมูลเส้นที่ 1 พอดี การที่จะทำให้การแปลงสัญญาณจากอนุกรมทีละบิต ให้ลงตัวพอดีนั้นจำเป็นจะต้องมีกลไกที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการรับ กลไกที่ว่านี้มี 2 แบบ คือ

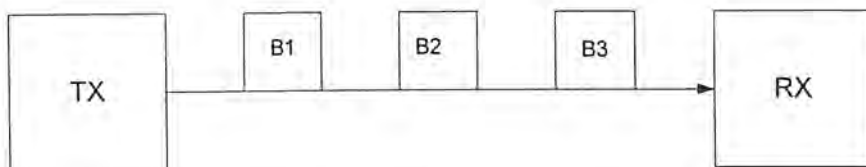
- การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission)
- การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission)

ความเร็วของการถ่ายโอนแบบอนุกรม มีหน่วยวัดเป็นบิตต่อวินาที (bps) ซึ่งเขียนในรูปสมการคณิตศาสตร์จะได้

$$\text{อัตราบิต (Bit rate)} = \text{อัตราบอด (Baud rate)} * \text{จำนวนบิตใน 1 บอด}$$

โดยอัตราการส่งสัญญาณ (Signaling rate) มีหน่วยเป็นบอด (Baud) ส่วนกลับของบอด ก็คือคาบเวลาของการส่งสัญญาณหนึ่งๆ (Signaling period) เช่น อัตราการส่งสัญญาณ 1200 บอด แสดงถึง Signaling period 1/1200 วินาที วงจรอิเล็กทรอนิกส์จะต้องสามารถเปลี่ยนระดับแรงดันได้อย่างรวดเร็ว จากค่าแรงดันหนึ่งไปยังค่าแรงดันอีกค่าหนึ่ง ในขณะที่ส่งสัญญาณแบบดิจิตอล

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



รูปที่ 2.17 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การซิงโครไนซ์ เป็นหัวใจสำคัญในงานด้านการสื่อสารข้อมูล โดยที่ตัวส่งจะส่งข่าวสาร 1 บิต ที่เวลาหนึ่งผ่านตัวกลางไปยังผู้รับ ผู้รับจะต้องแยกให้ได้ว่าที่ตำแหน่งเริ่มต้นหรือตำแหน่งสิ้นสุดของบิตของบิต และจะต้องรู้ถึงค่าระยะเวลาของสัญญาณ 1 บิต เพื่อที่จะได้สามารถสุ่มสัญญาณและอ่านค่าในแต่ละบิตได้ถูกต้อง

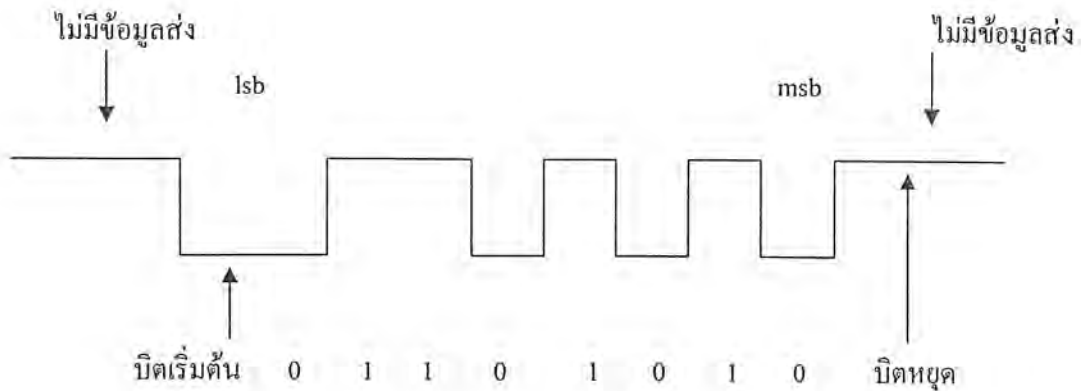
ตัวอย่างหนึ่งคือ ผู้รับควรจะพยายามสุ่มเอาค่าสัญญาณจากตัวกลางที่ตำแหน่งเวลาที่กลางของแต่ละบิต แต่ถ้ามีความแตกต่างของเวลาเกิดขึ้นระหว่างตัวรับ และส่ง 5% ของแต่ละบิต ดังนั้นที่การสุ่มค่าตัวอย่างของสัญญาณครั้งที่ 10 จะทำให้ตัวรับเกิดการเก็บข้อมูลผิดพลาด แต่สำหรับความแตกต่างของเวลาบิตที่น้อยมากๆ ความผิดพลาดก็จะเกิดขึ้นที่ตำแหน่งบิตที่ไกลออกไปอีก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

มีวิธีการง่ายๆ อยู่สองวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาซิงค์โครไนซ์ วิธีแรกเรียกว่า Asynchronous Transmission ซึ่งเป็นวิธีการที่บิตทั้งหลายถูกส่งไปเป็นบิตต่อบิต โดยปกติแต่ละอักขระ จะมีความยาวจำนวนบิตข้อมูล 5 ถึง 8 บิต เวลาหรือการซิงค์จะถูกรักษาให้อยู่แต่เพียงในแต่ละอักขระ ตัวรับจะถือโอกาสเริ่มทำการซิงโครไนซ์สัญญาณใหม่ที่จุดเริ่มต้นของอักขระใหม่แต่ละตัว สำหรับอีกวิธีหนึ่งก็คือ การทำซิงค์โครไนซ์สำหรับการส่งผ่านสัญญาณข้อมูลที่มีบิตที่ยาวมาก เพราะว่าบิตของบิตที่ส่งจะยาวมากใน 1 ครั้ง ซึ่งตัวรับจะต้องรักษาการซิงโครไนซ์กับตัวส่งเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน วิธีการแบบนี้เรียกว่า การส่งสัญญาณแบบ Synchronous Transmission

2.4.2.8 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครไนซ์ (Asynchronous Transmission)

เป็นการแก้ปัญหาคารซิงโครไนซ์วิธีหนึ่ง การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครไนซ์เกี่ยวข้องกับการส่งอักขระ (Character) แต่ละตัวที่เวลาใดก็ได้ รูปแบบของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครไนซ์เริ่มต้นด้วยบิตเริ่มต้น (start bit) เป็นการบอกจุดเริ่มต้นของการส่งข้อมูล คือ เป็นการเปลี่ยนสถานะของตัวกลางในการส่งข้อมูลจาก idle state (สถานะที่ไม่มีข้อมูลส่ง) ซึ่งระดับแรงดันในสายส่งข้อมูลเป็นบิต 1 หรือ Marking มาเป็นสถานะที่มีการส่งข้อมูล

การส่งข้อมูลที่เป็นข้อความ (Text Data) ระหว่างอุปกรณ์ปลายทางกับคอมพิวเตอร์มักเป็นการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครไนซ์ ภายหลังจากส่งบิตเริ่มต้นออกไปแล้ว จะเป็นบิตข้อมูลจำนวน 7 บิต หรือ 8 บิต แล้วแต่ว่าจะเป็นรหัสอักขระชนิดใด ตามด้วยพาริตีบิต (parity bit) จำนวน 1 บิต สำหรับการตรวจวัดความผิดพลาดของข้อมูลและบิตท้ายด้วยบิตหยุด (stop bit) จำนวน 1 บิต หรือมากกว่า



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสของตัวอักษร V (รหัส ASCII)

รูปที่ 2.18 แสดงการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสของอักขระ V วงจรส่งอยู่ในสถานะ idle state ซึ่งตามมาตรฐานจะถูกกำหนดให้มีสถานะเป็นสถานะ 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

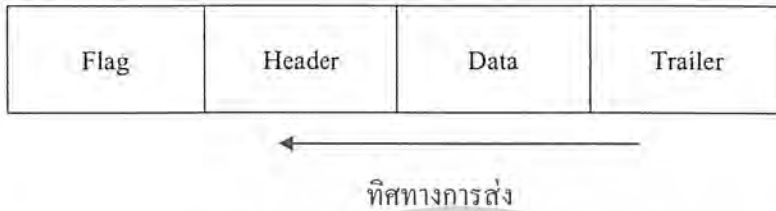
ถ้าหาวิธีที่จะระบุไปได้ว่า บิตใดเป็นบิตแรกของตัวอักษรตัวแรกนั้นก็ถือว่า ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านโดยวิธีการซิงโครนัสจะถูกจับมารวมกันเป็นกลุ่มของข้อมูล (Block of Data) และที่ส่วนต้นของบล็อก จะใส่ตัวอักษร (SYN Character) ซึ่งเป็นอักขระพิเศษที่ใช้ในการควบคุมการส่งผ่านข้อมูลโดยที่อักขระซึ่งมีรูปแบบของบิตคือ 00010110 (มีบิตตรวจสอบแบบเลขคี่ : Odd parity) และอุปกรณ์รับข้อมูลจะคอยตรวจสอบบิตที่เข้ามาว่ามีส่วนใดตรงกับอักขระ SYN บ้าง เมื่อพบกับอักขระ SYN แล้ว อุปกรณ์รับข้อมูลจะทราบได้ทันทีว่าถึงจุดเริ่มต้นที่จะตัดกลุ่มของบิตกลุ่มละ 8 บิต เพื่อแทนตัวอักษรได้และตัวอักษรหลายๆตัวที่ตีความได้ก็คือ ข้อความที่ส่งมาในแต่ละบล็อก แต่การใช้ตัวอักษร SYN เพียงตัวเดียวใส่ไว้ที่ส่วนต้นของบล็อกยังเป็นวิธีการที่ยังไม่ถูกต้องนัก เพราะในบางกรณีขบวนของบิตที่แทนตัวอักษรมีบางช่วงที่ไปตรงกับรูปแบบของบิตของอักขระ SYN ได้

ในการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส จะมีปัญหาเกี่ยวกับการซิงโครไนซ์ เพื่อให้ผู้รับทราบว่าจุดเริ่มต้นและจุดหยุดของข้อมูลอยู่ที่ใด สิ่งนี้แก้ไขได้โดยใช้ แบบรูปบิตซิงโครไนซ์ (Synchronizing bit pattern) ที่จุดเริ่มต้นของการส่งบล็อกข้อมูล

ถ้าเป็นการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสโดยใช้โปรโตคอลชนิด (Character protocol) จะใช้อักขระ

ควบคุม (control character) SYN 2 ตัวติดกันเป็นรูปบิตซิงโครไนซ์ ซึ่งเมื่อผู้รับได้รับจะทราบว่าสามารถเเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมาใช้ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าเริ่มต้นตรวจวัดสัญลักษณ์ที่ใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสโดยใช้โปรโตคอลชนิด (bit-oriented protocol) จะใช้ flag (01111110) เป็นแบบรูปบิตซิงโครไนซ์ ต่อจากนั้นจะเป็นส่วนของ (header), ข้อมูล(data) และ เทลเลอร์ (trailer) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.19 ตัวอย่างเฟรมซิงโครนัส สัญญาณภายในวงจรถจะเป็น flag ซึ่งถูกส่งอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างเฟรมซิงโครนัส

ข้อแตกต่างที่สำคัญของการจัดแบบ character oriented และ bit oriented ได้แก่ วิธีการในการกำหนดการหาจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดเฟรม ในระบบการจัดแบบ bit oriented ตัวรับจะสามารถตรวจคัดสินการสิ้นสุดเฟรมที่บิตใดบิตหนึ่ง โดยไม่ต้องขึ้นกับการจำกัดวงอยู่กับขอบเขตของ 8 บิต ซึ่งวิธีการนี้หมายความว่าเฟรมอาจจะมีความยาว N บิต โดยที่ N เป็นจำนวนคงที่ใดๆ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ โครงสร้างนี้ไม่ค่อยได้ใช้ เพราะว่าการใช้งานส่วนใหญ่ เราจะใช้เฟรมซึ่งมีความยาวเป็นจำนวนเท่าของ 8 บิต อย่างไรก็ตามระบบการส่งแบบ bit oriented นั้นมีศักยภาพที่จะเพิ่ม throughput ขึ้นเป็นสองเท่า ของระบบการจัดการที่ใช้แบบ character oriented

เราจะสังเกตเห็นการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสต้องการบิตเริ่มต้นและบิตจบเพิ่มเข้าไปในแต่ละตัวอักษร จึงมีความยาวในการส่งไฟล์มากกว่าการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างนี้อาจจะสังเกตเห็นเมื่อแหล่งข้อมูลที่ส่งมาจากการพิมพ์ที่เทอร์มินอล

2.5 ดิจิตอลมอดูเลชัน

เนื่องจากสัญญาณดิจิตอลในแบนด์มูลฐาน มีองค์ประกอบของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำอยู่เป็นส่วนใหญ่จึงเหมาะสมที่จะใช้กับระบบสื่อสารที่ใช้สายโดยตรง แต่ไม่เหมาะที่จะใช้ส่งผ่านระบบที่ไม่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านไปได้ เช่น ระบบโทรศัพท์ที่จะต้องผ่านชุมสาย และไม่เหมาะกับการส่งสัญญาณนั้นโดยตรง ด้วยคลื่นในย่านความถี่วิทยุเป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการมอดูเลตมาช่วยขยายสเปกตรัมของสัญญาณในแบนด์มูลฐานให้สูงขึ้นให้เหมาะกับการใช้งานนั้น

ซึ่งในปัจจุบันวิธีการสื่อสารนิยมใช้ดิจิตอลมอดูเลต (Digital Modulation) กันมาก เนื่องจากระบบดิจิตอลนั้นมีความน่าเชื่อถือสูง และมีการพัฒนาอุปกรณ์ทางด้านดิจิตอลอย่างรวดเร็วทำให้อัตราการผลิตต่ำลง นอกจากนี้แล้วดิจิตอลมอดูเลชัน ยังสามารถที่จะเข้ารหัสก่อนมอดูเลต เพื่อให้โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดน้อยลง วิธีการมอดูเลตตัวพาดด้วยสัญญาณข่าวสารดิจิตอลนี้มีด้วยกันอยู่ 3 แบบใหญ่ๆ ด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

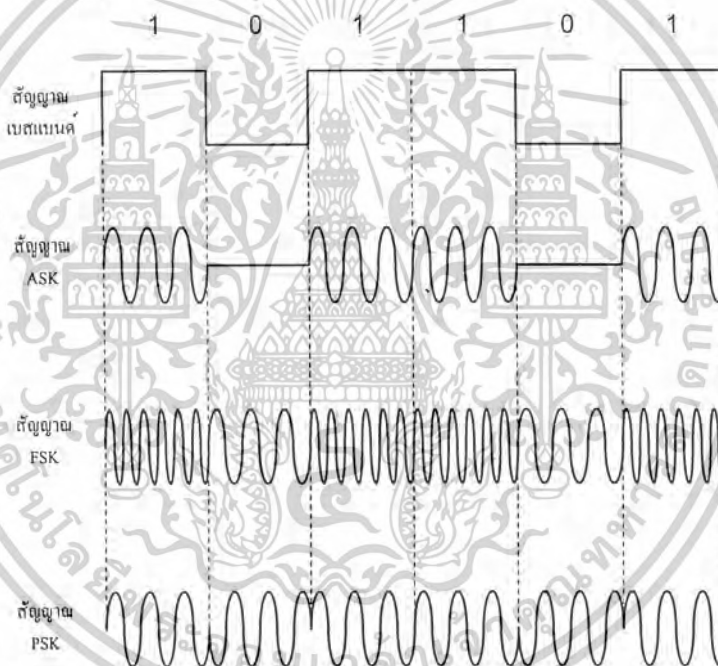
1. การมอดูเลตทางแอมพลิจูด
(Amplitude Shift Keying : ASK)
2. การมอดูเลตทางความถี่
(Frequency Shift Keying : FSK)
3. การมอดูเลตทางเฟส
(Phase Shift Keying : PSK)

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

ในที่นี้ A คือ แอมพลิจูดของคลื่นพาห้

f_c คือ ความถี่คลื่นพาห้

ϕ คือ Initial Phase



รูปที่ 2.20 เปรียบเทียบรูปคลื่นของดิจิทัลมอดูเลชันทั้ง 3 วิธี

สัญญาณดิจิทัลเบสแบนด์ เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมแสดงรหัสไบนารี 1 และ 0 ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัลนี้ หนึ่งในสามพารามิเตอร์คือ แอมพลิจูด ความถี่ หรือ เฟส ของคลื่นพาห้ จะเปลี่ยนไปตามสถานะ 1 หรือ 0 ของสัญญาณเบสแบนด์

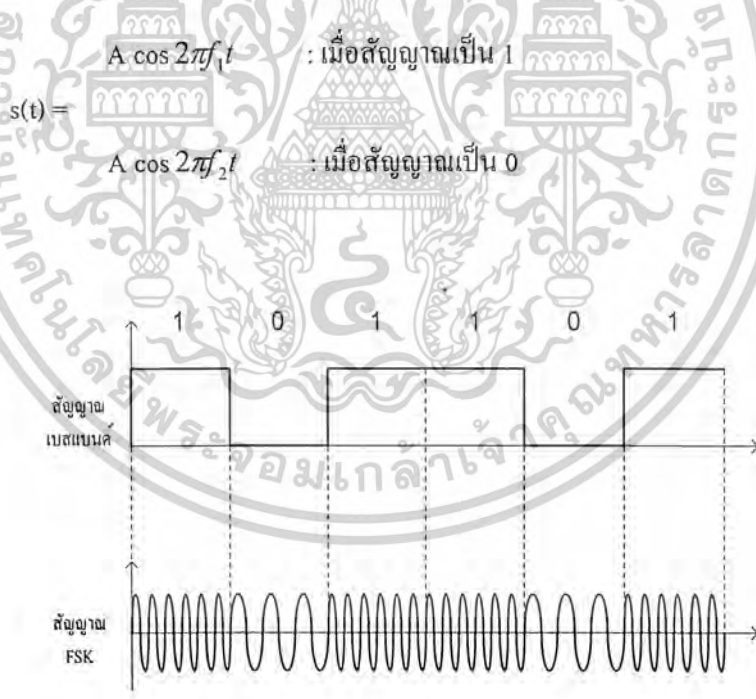
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในโครงงานนี้เป็นลักษณะการติดต่อระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับผ่านทางสายไฟ 220 V ซึ่งเป็นสายทองแดงสองเส้นอยู่ภายใน ซึ่งสายทองแดงนี้มีได้ออกแบบมาใช้ส่งสัญญาณในรูปแบบดิจิทัลที่ออกมาจากวงจรเข้ารหัสอนุกรมได้ เป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณในสายและมีโอกาสถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นจนทำให้ข้อมูลผิดพลาดได้ ดังนั้นเพื่อให้การส่งมีประสิทธิภาพมากขึ้น จำเป็นต้องมีการแปลงสัญญาณรูปแบบดิจิทัลให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการส่งผ่านสายทองแดง

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

2.5.1 การมอดูเลตทางความถี่

สำหรับกรณีของ FSK ความถี่ของคลื่นพาหะจะมี 2 ความถี่ f_1 สำหรับสัญญาณที่เป็น 1 และความถี่ f_2 สำหรับสัญญาณที่เป็น 0



รูปที่ 2.21 การมอดูเลตแบบ FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 รหัสข้อความ

2.6.1 รหัส ASCII

รหัส ASCII (American Standard Code for Information Interchange) เป็นรหัสข้อความยาว 7 บิต ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในสหรัฐอเมริกา รหัส ASCII 7 บิต เป็นรหัสที่ใช้แทนสัญลักษณ์ (พยัญชนะ ตัวเลข เครื่องหมายวรรคตอน และ อักษรระควมพิเศษ) 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

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

b_7	0	0	0	0	1	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	1	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

ตารางที่ 2.3 แสดงรหัส ASCII 7 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 รหัส ASCII ชนิดพิเศษ

รหัส	อักขระ	ความหมาย
0	NULL	วิธีหนึ่งที่จะทำให้เกิดการหน่วงเวลาอย่างจงใจ ในอดีตมันมีความจำเป็นที่จะต้องส่ง null หลังจาก Carriage return เพื่อให้เครื่องพิมพ์ปิดแคร่ไปทางซ้ายสุดของหน้ากระดาษ 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 โดยปกติถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของซอฟต์แวร์ แชนด์เช็คกิ้ง 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	Form 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 บางครั้งใช้ในซอฟต์แวร์แชนด์เช็คกิ้ง
18	DC2	
19	DC3	
20	DC4	
21	NAK	Negative acknowledgement บ่งชี้ว่าข้อมูลที่ส่งนั้นไม่ได้ถูกรับอย่างถูกต้อง เช่น พบความผิดพลาดทางพาริตี
22	SYN	Synchronous idle เหมือนกับ NULL แต่ถูกใช้ในการสื่อสารแบบแบบซิงโครนัส เพื่อดูแลให้อุปกรณ์สองตัวซิงโครไนซ์กันระหว่างการส่ง
23	ETB	End of transmission block ถูกใช้ในที่ซึ่งการส่งข้อมูลถูกแบ่งเป็นบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้นเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะนี้ เมื่อผู้ดูแลเห็นใจและประสงค์จะเผยแพร่เอกสารนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 2.5 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 ซึ่งถูกใช้ในคอมพิวเตอร์ทั่วไป

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การแปลงเป็นรูปแบบอนุกรม

คอมพิวเตอร์เกือบทั้งหมดเก็บและจัดการข้อมูลในแบบขนาน หมายความว่าเมื่อไบต์หนึ่งถูกส่งจากส่วนหนึ่งของคอมพิวเตอร์ไปยังส่วนอื่น มันไม่ได้ถูกส่งไปครั้งละหนึ่งบิต แต่จะถูกส่งไปหลายบิตพร้อมกันผ่านตัวนำในแบบขนาน จำนวนบิตที่ถูกส่งในครั้งหนึ่งแปรผันไปตามเครื่อง แต่โดยปกติจะเป็นแปดหรือทวิคูณของแปด เพราะฉะนั้นคอมพิวเตอร์สามารถทำงานกับหนึ่งไบต์เป็นอย่างน้อยในครั้งหนึ่งๆ

เนื่องจากการสื่อสารจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์อื่นหลายชนิดเป็นแบบอนุกรม หมายความว่าข้อมูลถูกส่งไปที่ละหนึ่งบิต 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

เพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์จากผู้ผลิตต่างกันทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดจึงได้รับการออกแบบขึ้นมา แต่มาตรฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและแพร่หลายที่สุดคือมาตรฐาน RS-232-C ถูกประกาศในปี ค.ศ. 1969 โดย Electronic Industries Association (EIA) ที่สร้างขึ้นในตอนเริ่มแรกสำหรับกำหนดการเชื่อมต่อระหว่างเทอร์มินอล (Terminal) และโมเด็ม โดยที่ RS นั้นย่อมาจาก Recommended Standard

2.8.1 สัญญาณที่ใช้ทั้งหมดใน RS-232-C

1. Protective Ground (PG ขาที่ 1)

หมายถึงตัวถังของเครื่องหรือสายดิน

2. Transmit Data (TD ขาที่ 2)

เป็นสัญญาณที่ส่งออกมาจาก DTE (ตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังยังโมเด็มหรือต่อเข้าโดยตรงกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่นหรือเครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานะภาพของลอจิกจะมีค่าเท่ากับ "1" สภาวะ "OFF" หรือเทียบเท่ากับ stop bit ไม่ว่าจะ เป็นระบบอะไร DTE ต้องไม่ส่งข้อมูลออกไปจนกว่าสัญญาณ Request To Send (RTS), Clear To Send (CTS), Data Set Ready (DSR) และ Data Terminal Ready (DTR) ทั้งหมดนี้จะอยู่ในสภาวะ "ON"

3. Receive Data (RD ขาที่ 3)

เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยัง DTE เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามา ขานี้จะมีสถานะภาพเป็น "1" หรือสภาวะ "OFF"

4. Request To Send (RST ขาที่ 4)

จาก DTE ไปยัง DCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และห้ามใช้ในงานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สถานะ ON คือ บังคับให้ DCE อยู่ใน Transmitting Mode คือ ไป

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะ 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

5. Clear To Send (CTS ขาที่ 5)

จาก DCE ไป DTE สถานะ ON หมายความว่าข้อมูลจาก DTE ขา 2 จะถูกส่งต่อไปในช่องทางสื่อสาร(โมเด็มส่งข้อมูลออกสายโทรศัพท์)ทันที CTS จะ ON หลังจาก DSR และ RTS อยู่ในสถานะ ON และได้มีการเชื่อมต่อของวงจรสื่อสาร(ชุมสายโทรศัพท์) เสร็จแล้ว

6. Data Set Ready (DSR ขาที่ 6)

จาก DCE ไป DTE คือความพร้อมของโมเด็มนั่นเอง จะเป็น ON (พร้อม) ต่อเมื่อ

- DCE (โมเด็ม) เปิดเครื่องอยู่ และอยู่ในสถานะ off hook (เหมือนยกหูโทรศัพท์)
- DCE ไม่อยู่ใน Test Mode
- DCE ทำการส่งสัญญาณไปยังชุมสายเสร็จแล้ว

DSR อยู่ในสถานะ ON เป็นการบอก DTE ว่า โมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะส่ง

DSR อยู่ในสถานะ OFF หมายถึงให้ DTE ตรวจสอบ Ring Indicator

7. Signal Group (SG ขาที่ 7)

คือสายร่วมของสัญญาณทุกตัว

8. Carrier Detect (CD ขาที่ 8)

จาก DCE ไป DTE

สถานะ ON หมายถึง DCE จับสัญญาณพาหะในช่องทางสื่อสารที่จะทำการคิโมทูลเตดได้

สถานะ OFF คือไม่ได้รับสัญญาณอะไรเลย หรือได้รับสัญญาณแต่ไม่สามารถคิโมทูลเตดเอาข้อมูลออกมาได้

9. Data Terminal Ready (DTR ขาที่ 20)

จาก DTE ไป DCE

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

สถานะ OFF คือวางหู และเมื่อ OFF แล้วจะต้องไม่ ON อีกจนกว่า DSR จะ OFF อีกครั้ง

10. Ring Indicator (RI ขาที่ 22)

จาก DCE ไป DTE เหมือนสัญญาณเรียกของโทรศัพท์ แต่เป็นดิจิทัลใช้ในระบบตอบได้อัตโนมัติ (Auto answer) สัญญาณนี้จะ ON เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา และจะ OFF ระหว่างเสียงดังของ

เอกสารนี้ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ขาทุกขาที่คอนเนคเตอร์ของ RS-232-C จะเป็นสภาวะใดภาวะหนึ่งแต่ละคู่ต่อไปนี้

Mark/Space

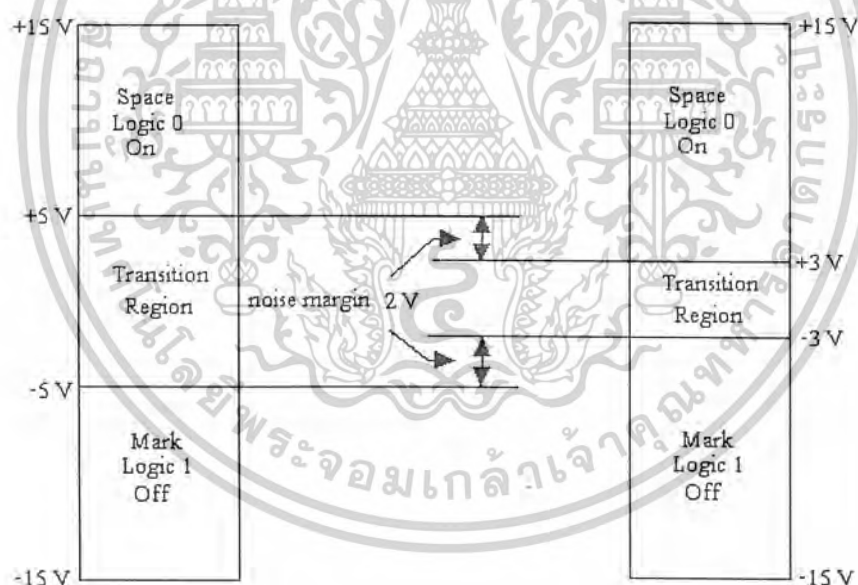
ON/OFF

Logic0/Logic1

ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะสัญญาณคู่ต่าง ๆ กับระดับแรงดันได้แสดงไว้ในตาราง RS-232-C ใช้ Negative Logic แทนระดับแรงดันต่างๆ โดยแรงดันของระดับแรงดันต่างๆ จะถูกวัดเทียบกับ Signal Ground นอกจากนี้ช่วงระดับแรงดันระหว่าง -3 ถึง +3 โวลต์ จะเป็นช่วงของการเปลี่ยนแปลงลอจิก ดังนั้นจึงไม่มีการระบุสถานะของสัญญาณช่วงนี้

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

จะเห็นว่า RS-232-C ขอมให้มี Noise margin ได้ไม่เกิน 2 โวลต์ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและสถานะของสัญญาณได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและสถานะของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 แชนด์เช็กกิง (Hand shaking)

ในหลาย ๆกรณี อุปกรณ์ฝ่ายส่งจำเป็นต้องรู้ว่าอุปกรณ์ฝ่ายรับพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์ ความเร็วของการสื่อสารอาจเร็วกว่าความเร็วของเครื่องพิมพ์ เครื่องพิมพ์ต้องระงับการส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์จนกว่ามันพร้อมที่จะรับข้อมูลในทำนองเดียวกันกับการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง โดยที่คอมพิวเตอร์ตัวที่สองไม่สามารถประมวลผลข้อมูลได้เร็วเท่ากับอัตราที่ข้อมูลเข้ามา

ทั้งสองกรณี ต้องมีข่าวสารถูกส่งกลับจากอุปกรณ์ฝ่ายรับไปยังอุปกรณ์ฝ่ายส่งเพื่อแจ้งว่าพร้อมหรือไม่ข่าวสารนี้เรียกว่า แชนด์เช็กกิง

แชนด์เช็กกิงมีสองแบบคือ ฮาร์ดแวร์แชนด์เช็กกิงและซอฟต์แวร์แชนด์เช็กกิง

2.9.1 ฮาร์ดแวร์แชนด์เช็กกิง (Hardware hand shaking)

เป็นการใช้วงจรแชนด์เช็กกิงโดยเฉพาะ เพื่อควบคุมการส่งข้อมูล โดยปกติอุปกรณ์ DCE ใช้ DSR เป็นสายแชนด์เช็กกิง เพื่อบอก DTE ว่ามันถูกเปิดขึ้นและพร้อมที่จะรับข้อมูลมันสามารถใช้ CTS เป็นสายแชนด์เช็กกิงเสริมได้

อุปกรณ์ DTE ใช้ DTR เป็นสายแชนด์เช็กกิงหลักเพื่อบอก DCE ว่ามันพร้อมที่จะรับและใช้ RTS เป็นสายแชนด์เช็กกิงเสริม โดยปกติสายแชนด์เช็กกิงเหล่านี้นำพาแรงดันไฟฟ้าบวกเมื่อการส่งสามารถทำได้ และแรงดันไฟฟ้าลบเมื่อการส่งถูกหยุดชั่วคราว

2.9.2 ซอฟต์แวร์แชนด์เช็กกิง (Software hand shaking)

คือ สัญญาณแชนด์เช็กกิงที่ถูกส่งเหมือนกับข้อมูลไปตามสายข้อมูล (TXD และ RXD, สาย 2 และ 3)แทนที่จะไปตามวงจรแชนด์เช็กกิง โดยเฉพาะ ดังเช่นในฮาร์ดแวร์เช็กกิง วิธีนี้ถูกใช้ทั่วไปเมื่อคอมพิวเตอร์สองเครื่องทำการสื่อสารกัน

2.10 นัลโมเด็ม (Null Modem)

ดังที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้แล้วว่าในตอนแรก RS-232-C นำไปใช้สำหรับกำหนดการเชื่อมต่อระหว่างเทอร์มินอลซึ่งเป็น DTE กับ โมเด็มซึ่งเป็น DCE ต่อมาได้มีการนำไปประยุกต์ใช้กับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์อื่นอีกหลายชนิดที่ไม่ได้ถูกกำหนดให้เป็น DTE หรือ DCE อย่างเป็นทางการ เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์หรือเครื่องพิมพ์

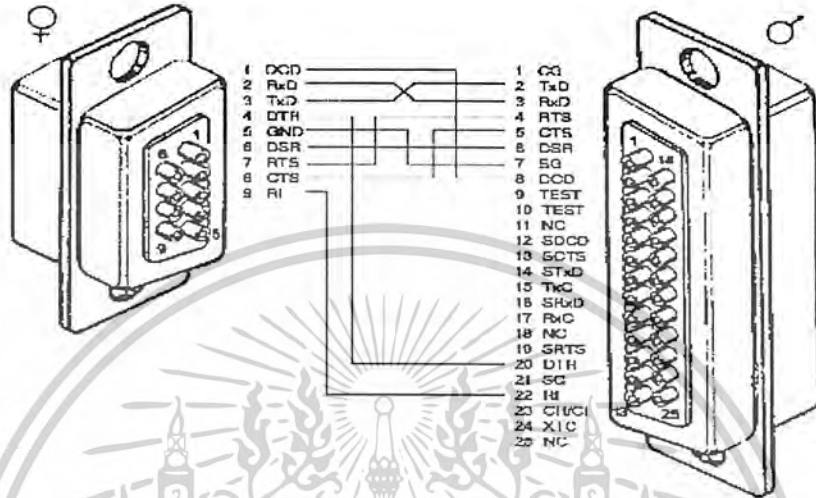
เนื่องจากไม่มีมาตรฐานที่ชี้ชัดว่าอุปกรณ์ควรเป็น DTE หรือ DCE บ่อยครั้งจึงจำเป็นต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์ DTE สองตัว หรือ อุปกรณ์ DCE สองตัวเข้าด้วยกัน ในลักษณะเช่นนี้ต้องทำการเชื่อมต่อสาย 2 บนอุปกรณ์ตัวแรกกับสาย 3 บนอุปกรณ์ตัวที่สองและสาย 3 บนอุปกรณ์ตัวแรกกับสาย 2 บนตัวที่สอง สายแชนด์เช็กกิงก็ต้องถูกไขไว้ในทำนองเดียวกัน การไขสายอาจทำได้โดยการต่ออุปกรณ์ด้วยสายสัญญาณซึ่งถูกไขไว้แล้วหรือโดยการซื้อหัวต่อพิเศษที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองและทำการไขว้สายที่จำเป็นไว้ภายใน ไม่ว่าในกรณีใดสายที่อยู่ตรงกลางหรือหัวต่อจะถูกเรียกว่า นัล โมเด็ม (Null modem) มันทำให้อุปกรณ์ DTE สองตัวคุยกันได้โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ DCE เป็นทางผ่าน หรือในทางกลับกันคือ

ระหว่าง DCE กับ DCE สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

รูปแสดงหมายเลขของตำแหน่งพินและรายชื่อของคอนเน็กเตอร์ทั้งแบบ 9 พิน และ 25 พิน



รูปที่ 2.23 แสดงคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 และ แบบ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 2.6 รายละเอียดขาต่างๆของคอนเน็กเตอร์ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 2.7 รายละเอียดขาต่างๆของคอนเน็คเตอร์ DB-9

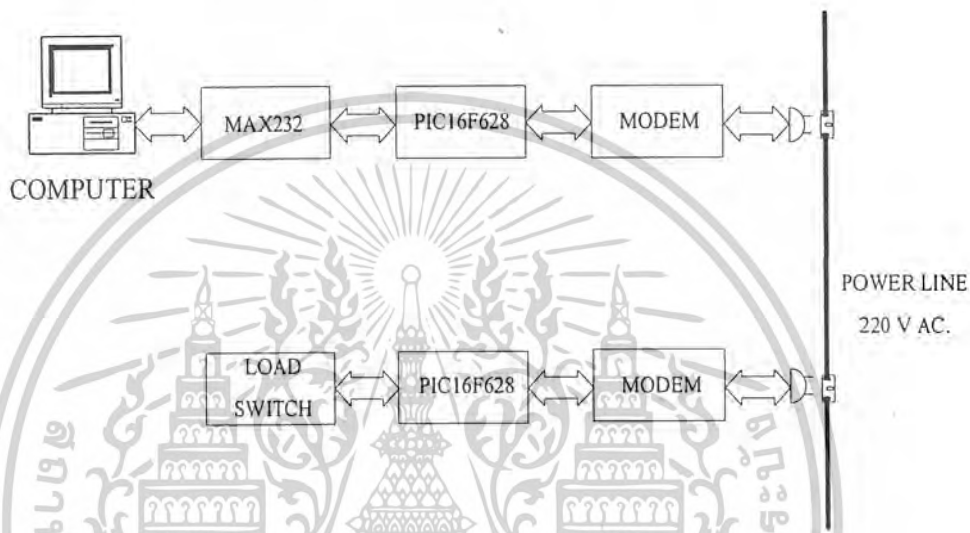
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 โครงสร้างของระบบ

โครงสร้างของระบบการส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นจะประกอบด้วยส่วนต่างๆซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบการส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.1 นั้นโครงสร้างของระบบจะประกอบไปด้วย

- Computer

ทำหน้าที่เป็นตัวรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน โดยจะส่งข้อมูลที่รับมาผ่านพอร์ตอนุกรมไปยังตัว Micro Controller PIC16F628 ทำการส่งข้อมูลไปยังชุดควบคุมทางภาครับ สำหรับในส่วนของการแสดงผลนั้น จะทำโดยผ่านโปรแกรม Visual C++ซึ่งสามารถใช้ mouse และ keyboard ในการเลือกตำแหน่ง และคำสั่งที่จะสั่งได้ง่ายและสะดวก

- Micro Controller PIC16F628 Transmitter

จะทำหน้าที่รับคำสั่งจากตัวคอมพิวเตอร์แล้วทำการกำหนด codes ซึ่งเป็นลักษณะที่ชุดควบคุมทางด้านภาครับสามารถอ่านเข้าใจและตีความเพื่อนำไปปฏิบัติได้ในการรับข้อมูลนั้นจะรับผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port RS 232) แล้วทำการสร้าง Codes เพื่อให้สอดคล้องกับคำสั่งจากตัวคอมพิวเตอร์

- Modulate and coupling (MODEM Transmitter)

ชุด Modulate จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมที่ได้รับมา Coupling เข้าสู่สายไฟเอซี โดยจะมีกรรมอคูเลทเป็นแบบ FSK (Frequency Shift Keying)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Demodulate and Decoupling (MODEM Receiver)

ในชุดนี้จะทำหน้าที่คอยรับสัญญาณควบคุมที่ถูกส่งผ่านมายัง Power line มาทำการ Decoupling และ Demodulate หลังจากที่ทำการ Demodulate แล้วจะทำการขยายสัญญาณเพื่อให้สัญญาณที่ได้กลับมาเป็นสัญญาณที่สามารถนำไปประมวลผลและสั่งงานได้

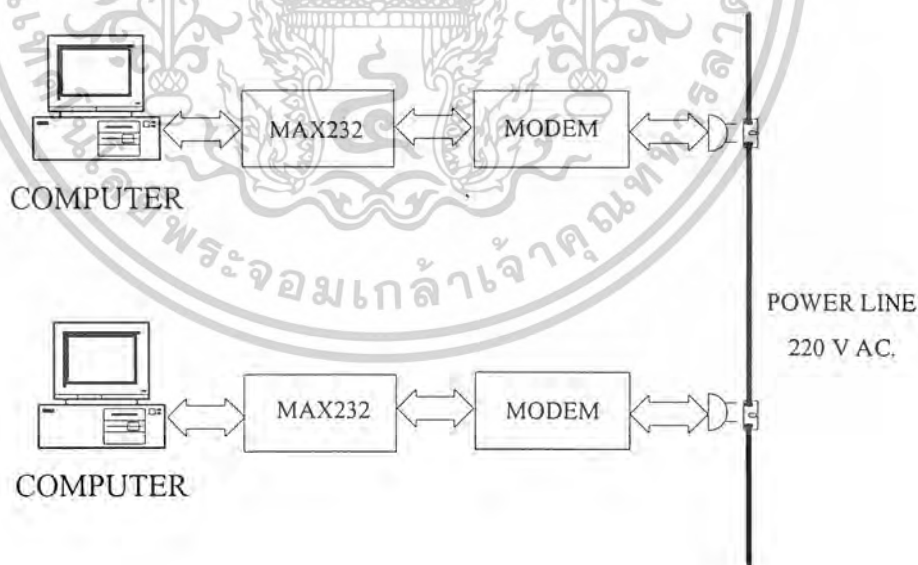
- Micro controller PIC16F628 Receiver

ทำหน้าที่รับสัญญาณแล้วทำการประมวลผลคำสั่งที่เข้ามาเพื่อสร้างสัญญาณไป Trig ตัว Relay ของ Load Switch ต่อไป

- Load Switch

โหลดที่เราจะทำการควบคุมนั้น เราจะควบคุมเฉพาะคำสั่งเปิด-ปิดเท่านั้น ซึ่งวงจร Load Switch นี้สามารถที่จะนำไปต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกได้ 4 Port หรือ 4 ตัว เช่น หลอดไฟ หรือพัดลม และใช้การติด-ดับของ Light Emitting Diode (LED) เป็นตัวบอกสถานะว่า Port ไหนที่มีการควบคุม โดยเมื่อได้รับสัญญาณจาก User ที่ส่งคำสั่งมาแล้ว ตัว Controller ก็จะทำการสร้างสัญญาณเพื่อที่จะไป Trig เข้าที่ขาของตัว Relay ซึ่งทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวสวิตซ์ทำให้เราสามารถควบคุมโหลดต่างๆ ได้

โครงสร้างของระบบการสื่อสารข้อมูลนั้นจะประกอบด้วยส่วนต่างๆซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของระบบการสื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

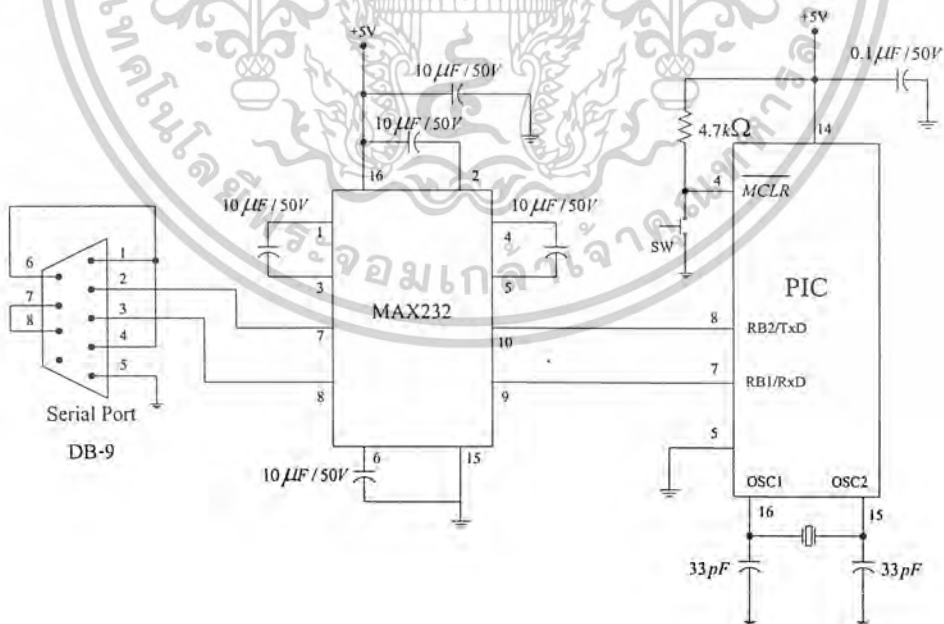
ในส่วนของการสื่อสารข้อมูลนั้น ในที่นี้จะเน้นในลักษณะการสื่อสารแบบ 2 ทิศทางแต่คนละเวลา หรือที่เรียกกันว่าแบบ Half Duplex และลักษณะของข้อมูลที่สื่อสารกันนั้นจะเป็น ตัวอักษร หรือข้อความ สามารถโต้ตอบกันได้ โดยผ่านโปรแกรม Visual C++ ที่เขียนขึ้นมา ซึ่งมีหน้าตาแบบคล้ายๆกับ โปรแกรม Chat ทั่วไป สามารถใช้ Mouse และ Keyboard ในการจัดการต่างๆ ได้อย่างสะดวก

ซึ่งจากระบบเราสามารถแยกโครงสร้างระบบของการสื่อสารข้อมูลโดยผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า ได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของตัวอินเทอร์เฟซ (Hardware) และ ส่วนของโปรแกรม (Software)

3.2 ส่วนของตัวอินเทอร์เฟซ (Hardware)

3.2.1 วงจรรับ-ส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์

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



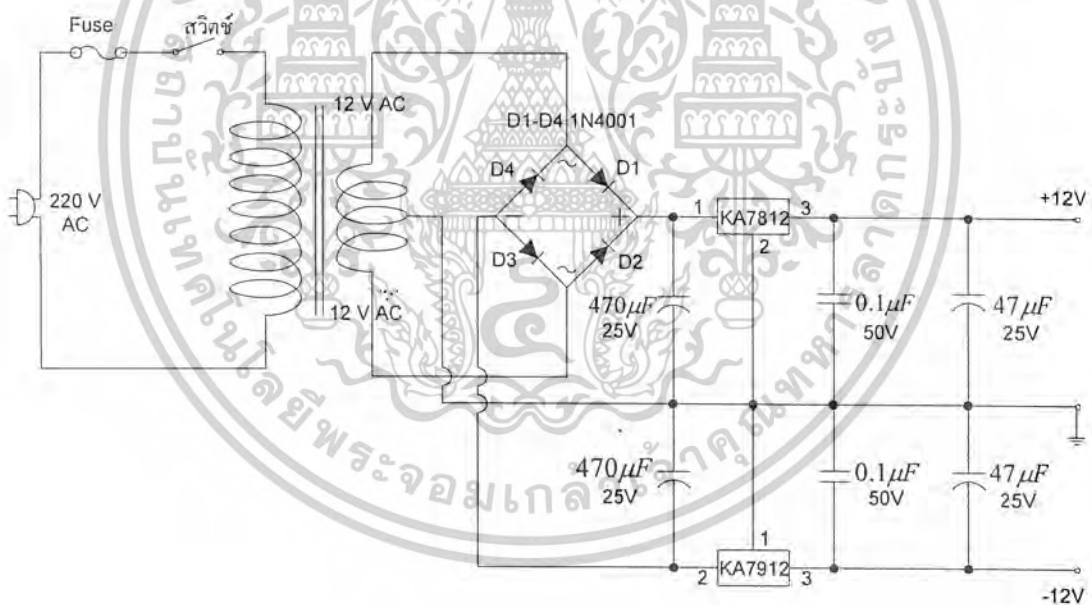
รูปที่ 3.3 วงจรรับ-ส่งสัญญาณข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเชื่อมต่อระหว่าง PIC กับ COMPUTER จะมี 2 ข้อที่ต้องพึงระวังก็คือ ขา RX ของ PIC จะต่อกับขา TX ของ COMPUTER และขา TX ของ PIC จะต่อกับขา RX ของ COMPUTER โดยผ่าน MAX232 เพราะว่าสัญญาณ ที่ PIC สร้างออกมาจะเป็นแบบ 0 ถึง 5 V ดังนั้นเราต้องให้สัญญาณดังกล่าวผ่าน MAX232 เพื่อแปลงเป็นสัญญาณแบบ RS232

3.2.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

ทุกส่วนวงจรที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ต้องการไฟเลี้ยงวงจรเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างปกติ ดังนั้นจะต้องสร้างวงจรที่มีหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรต่างๆ ซึ่งทุกวงจรที่ใช้ในโครงการนี้ต้องการไฟเลี้ยงที่เป็นกระแสตรงและเป็นแรงดันที่มีระดับคงที่ ดังนั้นการสร้างวงจรในภาคนี้ต้องมีวงจรเรียงกระแสที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับให้เป็นกระแสตรง และวงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่ โดยในชุดวงจรแหล่งจ่ายไฟนี้จะจ่ายแรงดันไฟที่ระดับ ± 12 โวลต์ ไปเลี้ยงให้กับวงจร และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระดับค่าแรงดันต่างๆ ได้โดยการเปลี่ยน IC

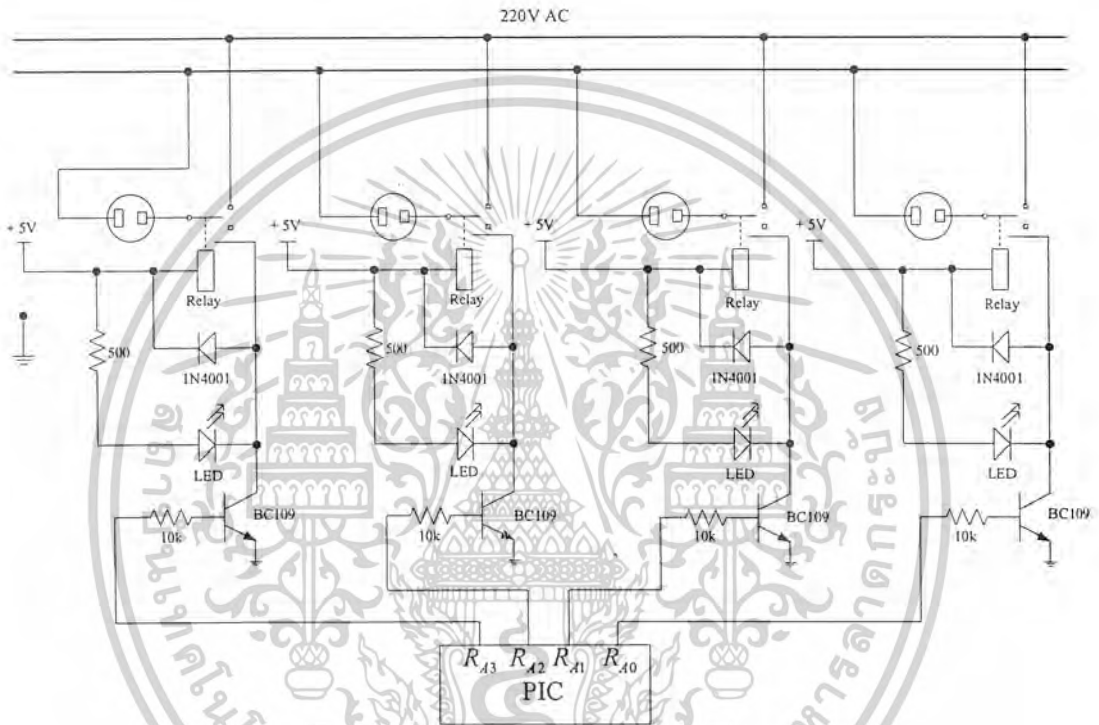


รูปที่ 3.4 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจรแสดงผลควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

โหลดที่เราจะทำการควบคุมนั้น เราจะควบคุมเฉพาะคำสั่งเปิด-ปิดเท่านั้น เช่นหลอดไฟต่างๆ แต่ในที่นี้จะใช้การติด-ดับของ Light Emitting Diode (LED) เมื่อได้รับสัญญาณจาก User ที่ส่งคำสั่งมาแล้ว ตัว Controller ก็จะทำการสร้างสัญญาณเพื่อที่จะไป Trig เข้าที่ขาของตัว Relay ซึ่งทำหน้าที่เหมือนเป็นตัวสวิตซ์ทำให้เราสามารถควบคุมโหลดต่างๆได้

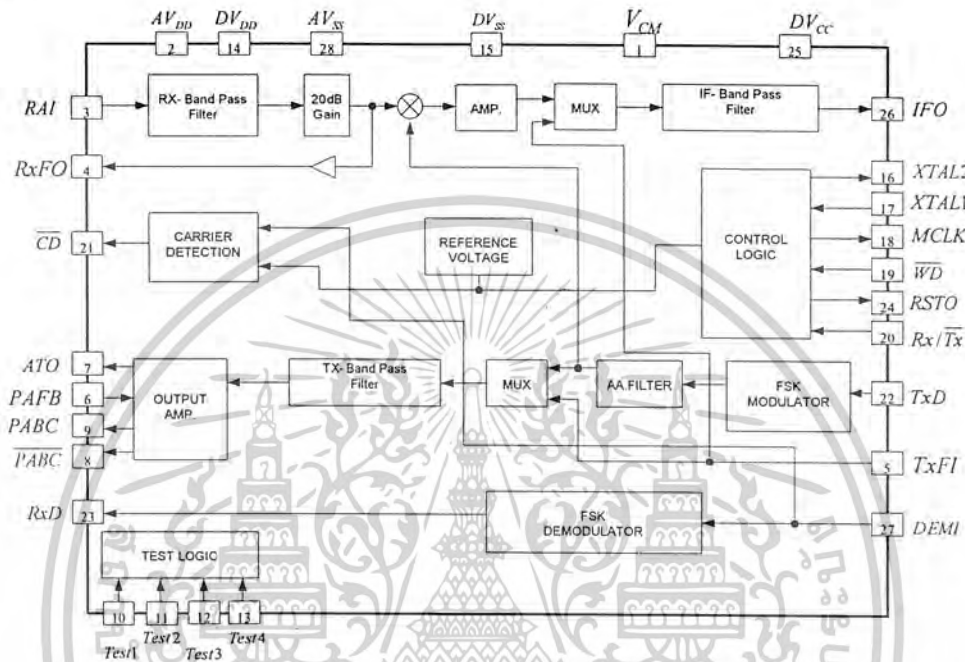


รูปที่ 3.5 วงจรแสดงผลควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

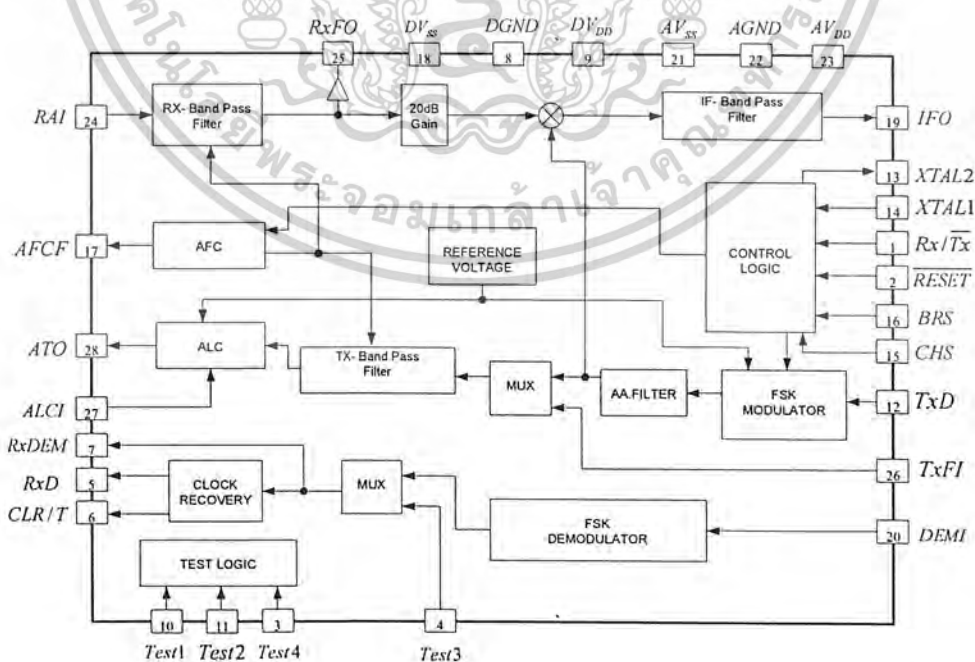
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ส่วนของ MODEM

ในส่วนของ MODEM นี้เราจะใช้ Single Phase Power Line Modem และ 3 Phase Power Line Modem ซึ่งมี IC ST7536 และ IC ST7537 เป็นตัวประมวลผลที่สำคัญตามลำดับ และเป็น IC Power Line Communication ที่เป็นแบบลักษณะ Half Duplex และใช้เทคนิคการ Modulate ที่เป็นแบบ FSK Modulation

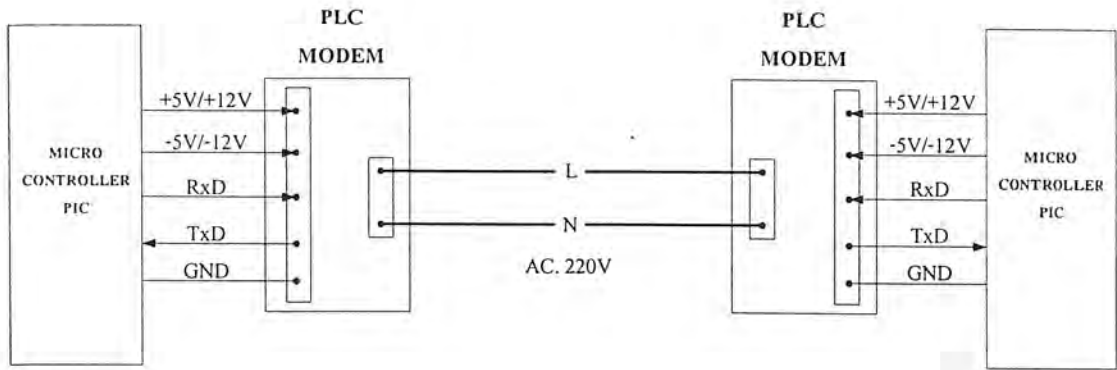


รูปที่ 3.6 แสดง Block Diagram ของ IC ST7537 IC Power Line Communication



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อผู้ใดเห็นภาพเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้






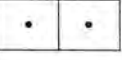



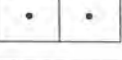
รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อ MODEM กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

- 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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Baud Rate Selection	Jumper Connection		Remark
	JP1	JP2	
600 bps	Close 	Close 	Default
1200 bps	Close 	Open 	
2400 bps	Open 	Close 	
4800 bps	Open 	Open 	

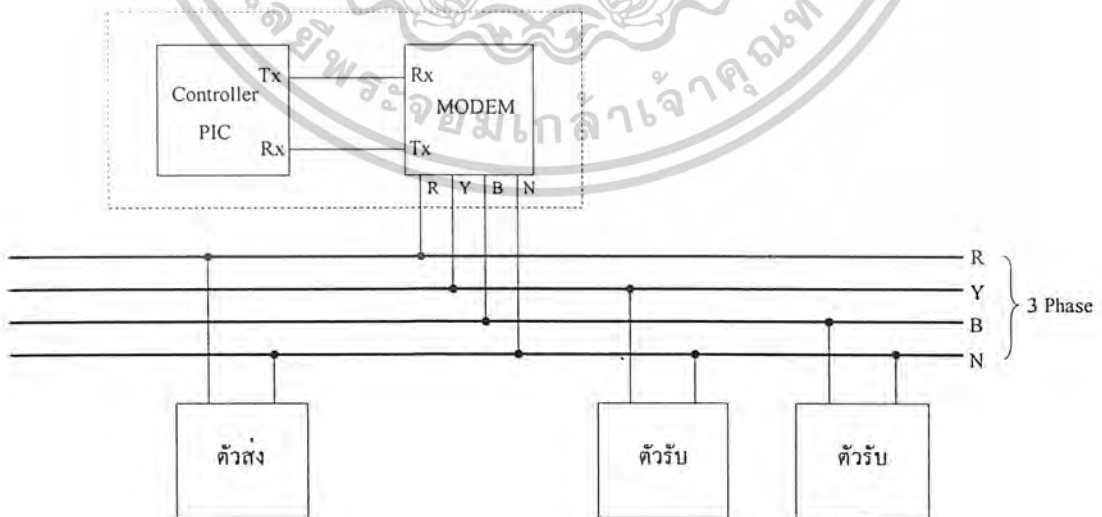
ตารางที่ 3.2 การเชื่อมต่อจัมเปอร์เลือกค่า Baud Rate

3.2.5 ส่วน REPEATER ข้ามเฟส

จะเป็นส่วนของวงจร Controller PIC และต่อเชื่อมอยู่กับ MODEM PLC 3 Phase และทำการแปลงสัญญาณลงไปในสายไฟ 3 เฟส

Repeater นี้จะเป็นตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจากตัวส่งที่มาจาก เฟสต่างๆ ที่ต่ออยู่ แล้วตัว Repeater ก็จะทำการส่งสัญญาณออกไปทั้ง 3 เฟส และด้านตัวรับที่อยู่เฟสต่างๆ ก็จะได้รับสัญญาณ ได้เฉพาะตัวที่มี ID ตรงกับที่ตัวส่งมาเท่านั้น ซึ่งอยู่คนละเฟสกับตัวส่ง ทำให้สามารถรับข้อมูลที่ถูกส่งมาได้

ตัว Repeater ข้าม Phase









รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมต่อ Repeater เพื่อให้สามารถรับข้ามเฟสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- MODEM PLC 3 Phase

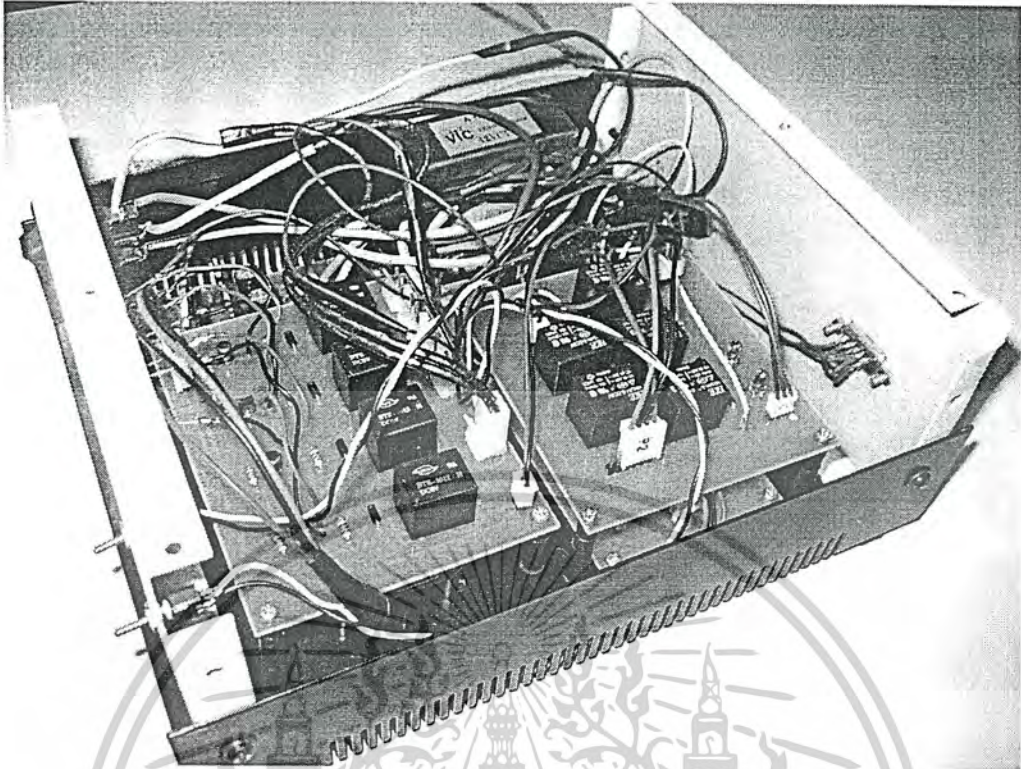
Pin	Symbol	Description	Direction
1	+12V	+V in	Input
2	GND	Ground	Input
3	-12V	-V in	Input
4	RxD-232	Data in	Input
5	TxD-232	Data out	Output
6	RxD-TTL	Data in	Input
7	TxD-TTL	Data Out	Output
8	NC	Not used	-

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งของขา Input และ Output ของ 3 Phase MODEM

Symbol	Description	Selection	Connection	Remark
JP1	Baud Rate	600 bps	 (1-2)	Default
		1200 bps	 (2-3)	
JP2	Data in level	RS232 level	 (1-2)	Default
		TTL level	 (2-3)	
JP3	Data out level	RS232 level	 (1-2)	Default
		TTL level	 (2-3)	

ตารางที่ 3.4 การเชื่อมต่อจัมเปอร์เลือกค่า Baud Rate

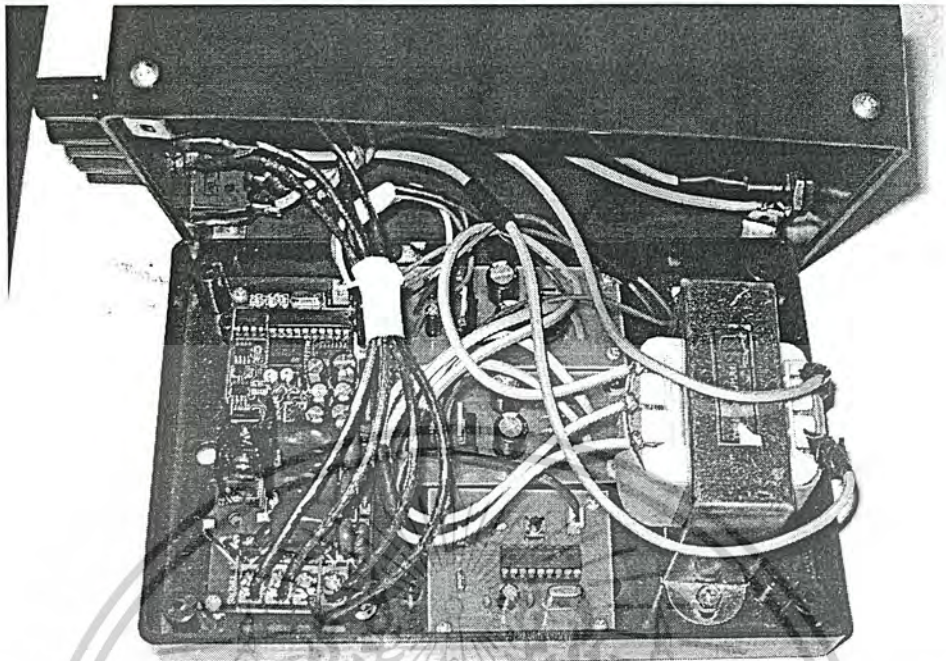
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงแผงวงจรภายในส่วนของตัว Interface



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.11 หน้าตาของตัว Interface ที่ประกอบกล่องเรียบร้อย
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงแผงวงจรภายในส่วนของตัว Repeater ข้ามเฟส

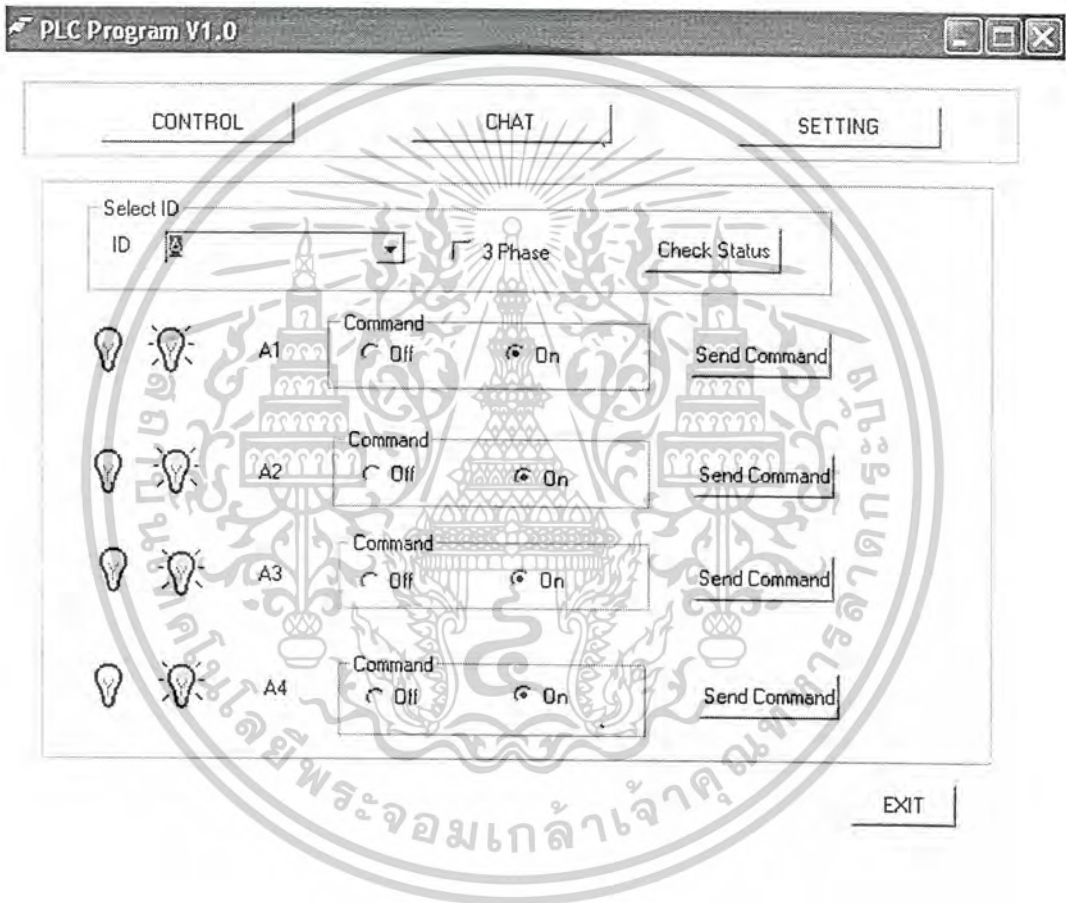


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ หน้าตาของตัว Repeater ข้ามเฟส ที่ประกอบกล่องเรียบร้อยแล้ว ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนของตัวโปรแกรม (Software)

3.3.1 โปรแกรมรับส่งข้อมูล

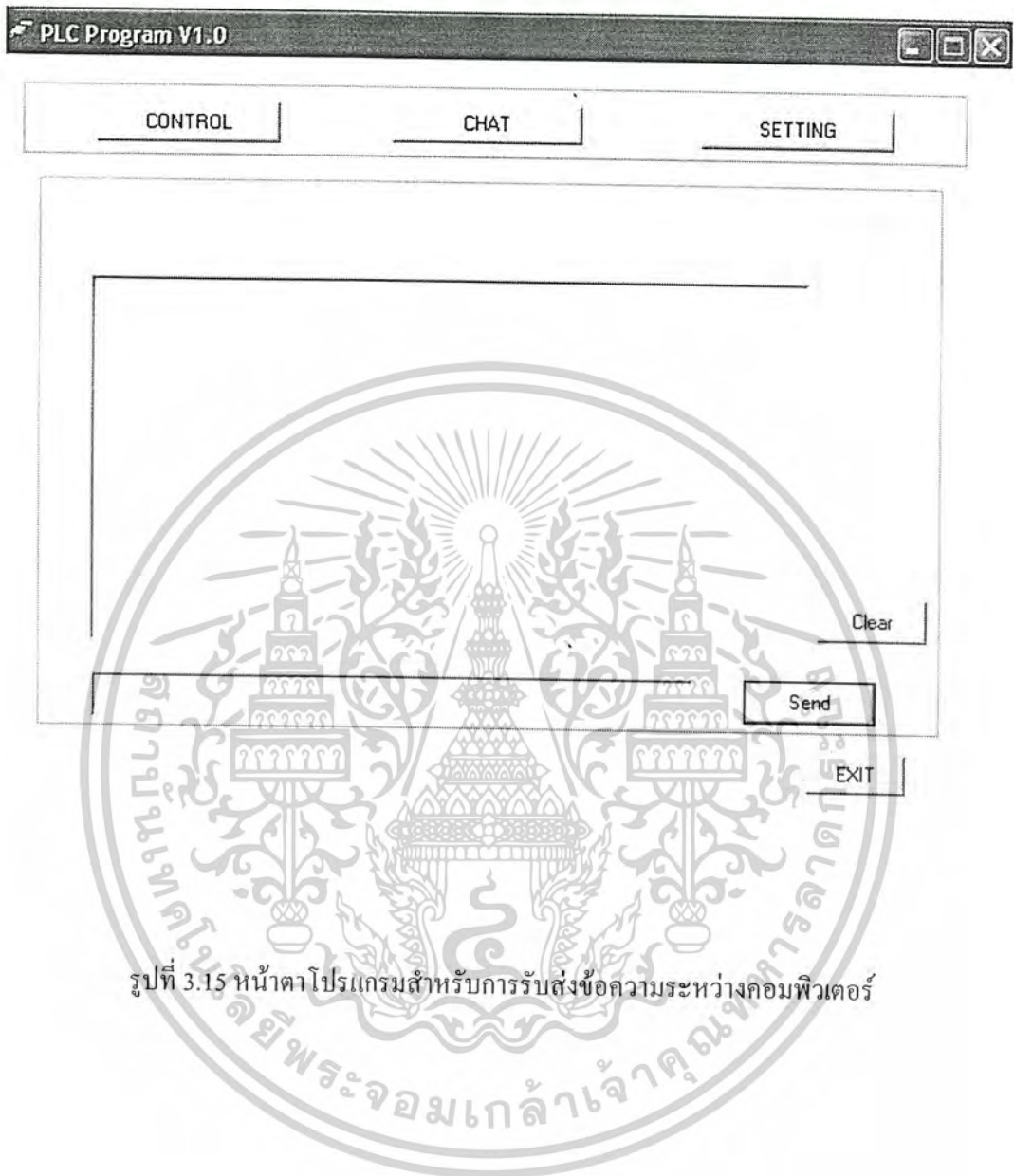
สำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟ AC. จะใช้คอมพิวเตอร์รับคำสั่งจากผู้ใช้ โดยผู้ใช้จะต้องเลือก ID รวมทั้ง Address ของอุปกรณ์ไฟฟ้าและคำสั่งที่ต้องการส่งไปควบคุม ส่วนการส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านสายไฟ AC. ผู้ใช้สามารถที่จะพิมพ์ข้อความที่ต้องการสนทนากัน และทำการกดปุ่ม Send โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นมา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



รูปที่ 3.14 หน้าตาโปรแกรมสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

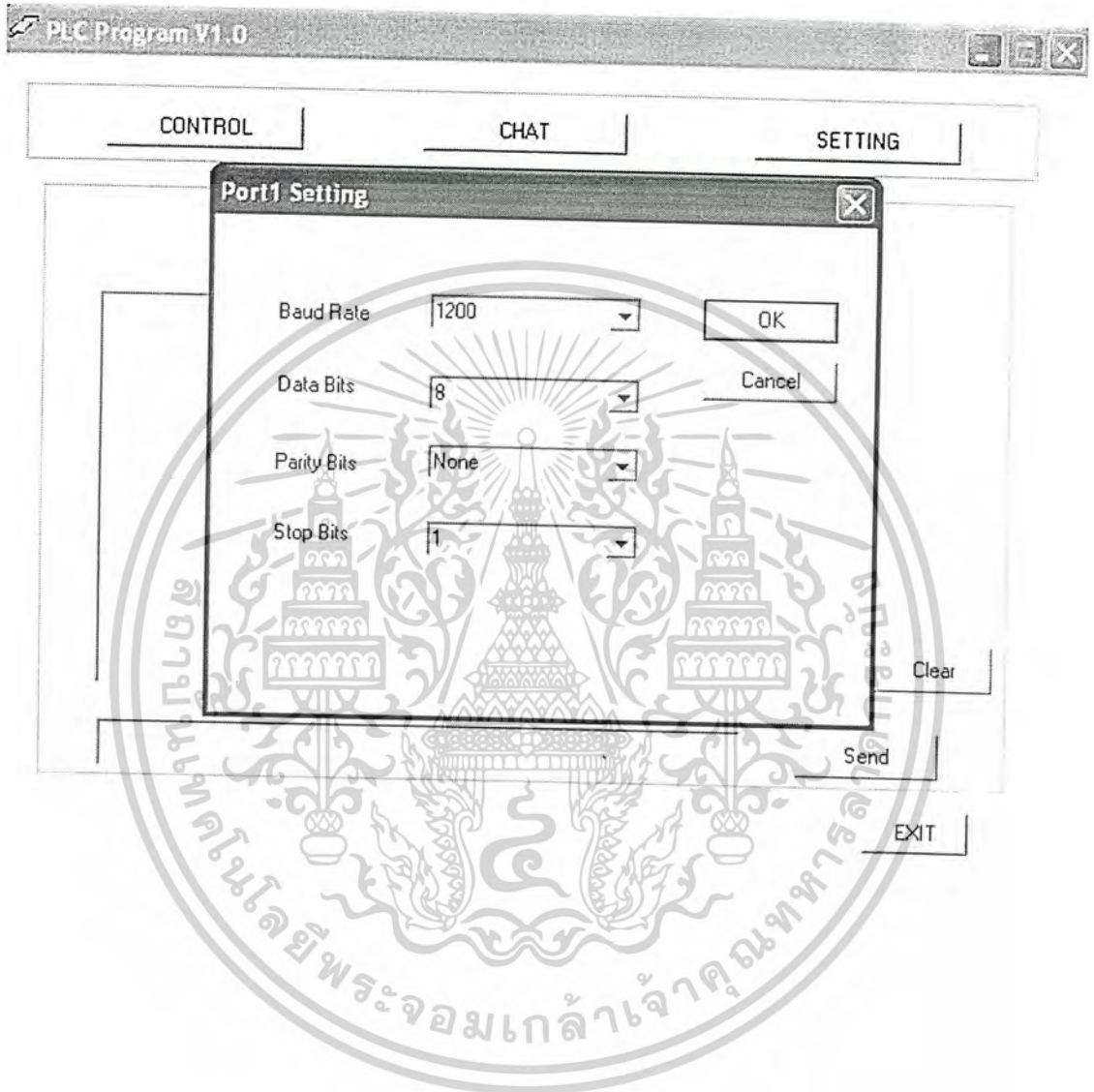
ในรูปเป็นหน้าตาของโปรแกรมสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ปุ่ม Check Status ใช้ในการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าว่าเปิดหรือปิดอยู่ สามารถทำการคอนโทรลได้โดยง่าย และในกรณีที่ต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าข้ามเฟสจะต้อง Check Block ที่ส่วนของ 3 Phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 หน้าตาโปรแกรมสำหรับการรับส่งข้อความระหว่างคอมพิวเตอร์

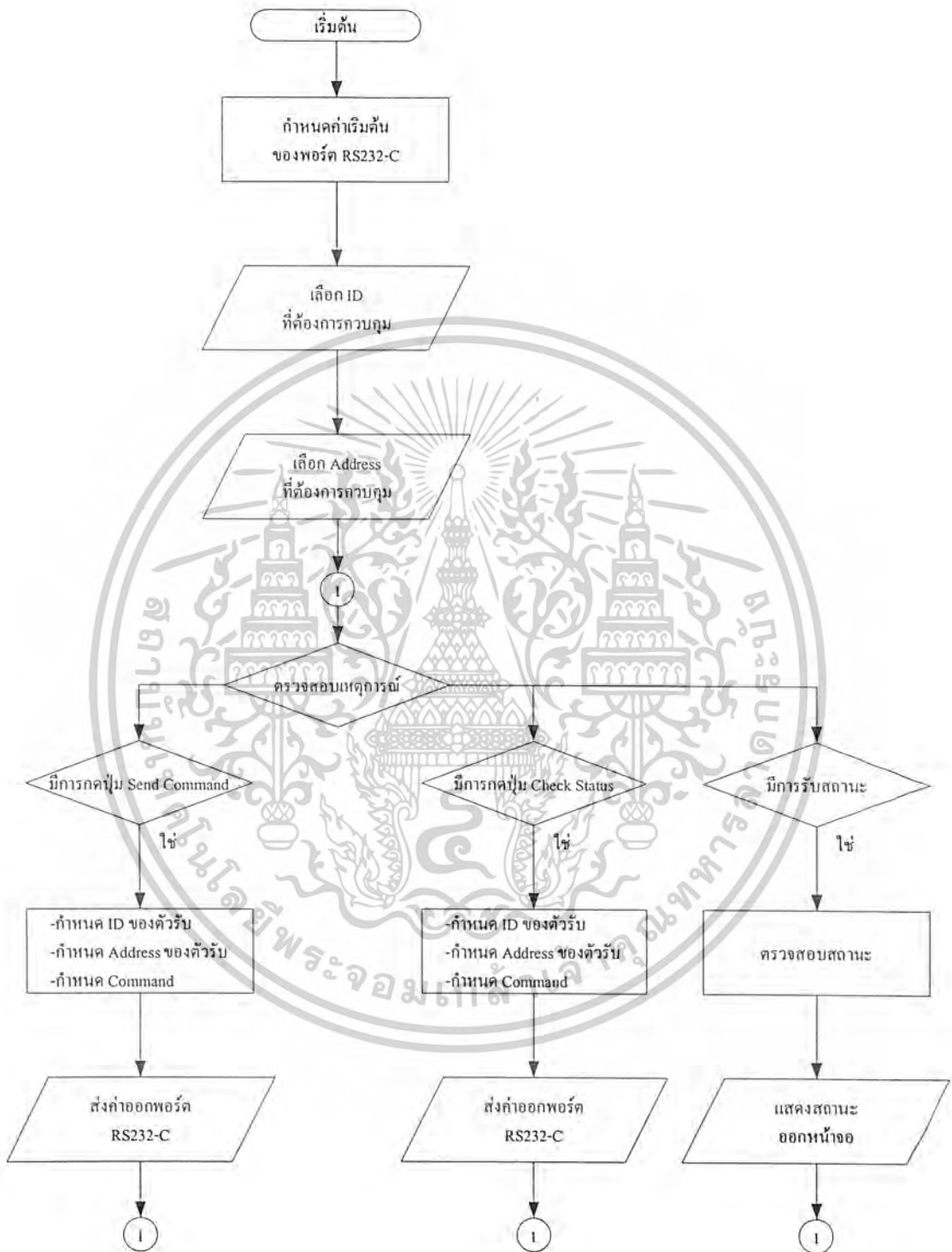
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 หน้าตาโปรแกรมส่วนของการ Setting ค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

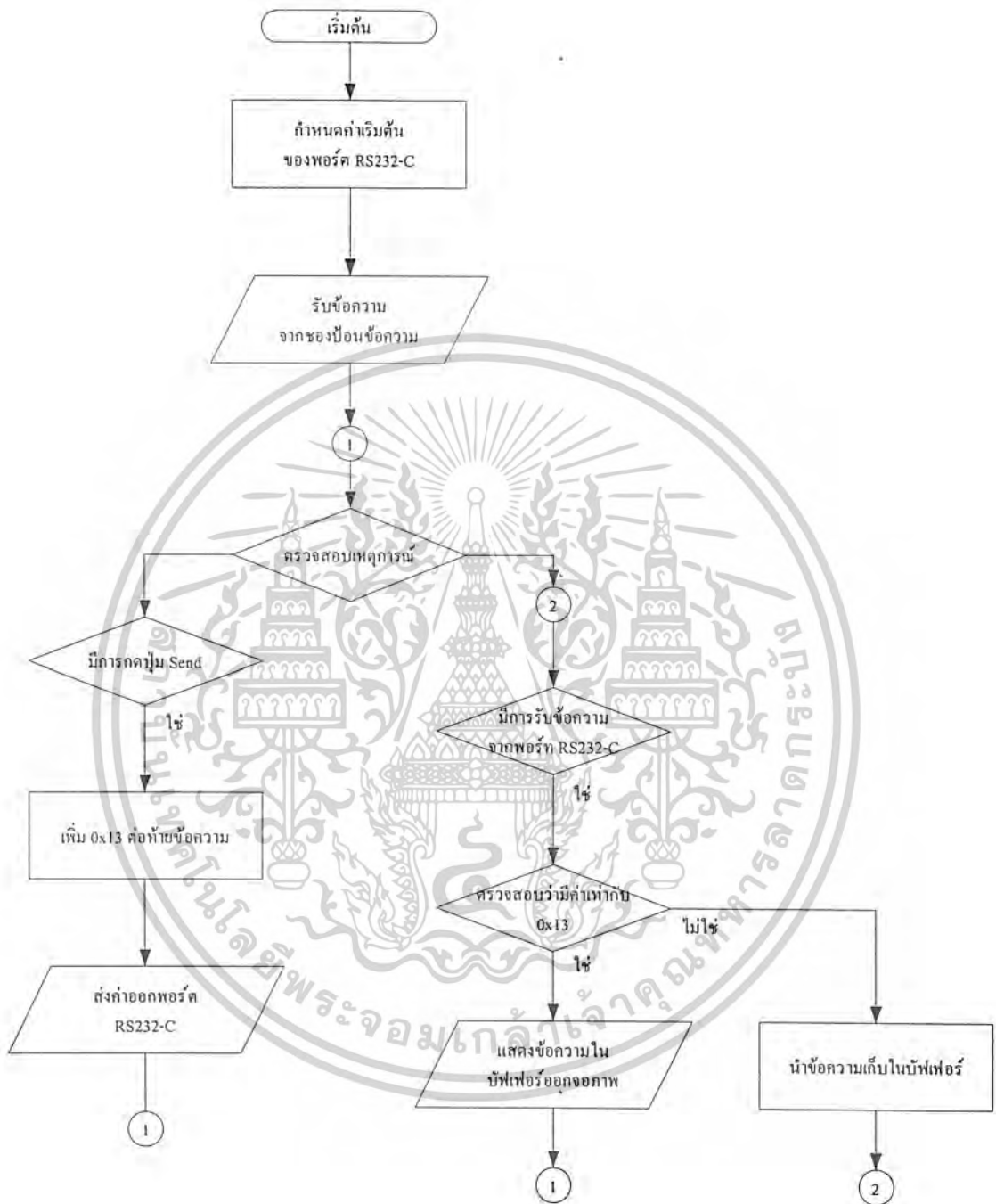
ผังการทำงานของโปรแกรมในส่วนของการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 Flow Chart โปรแกรมส่วนของการควบคุมไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการทำงานของโปรแกรมในส่วนของการส่งข้อความแสดงดังรูปที่ 3.18

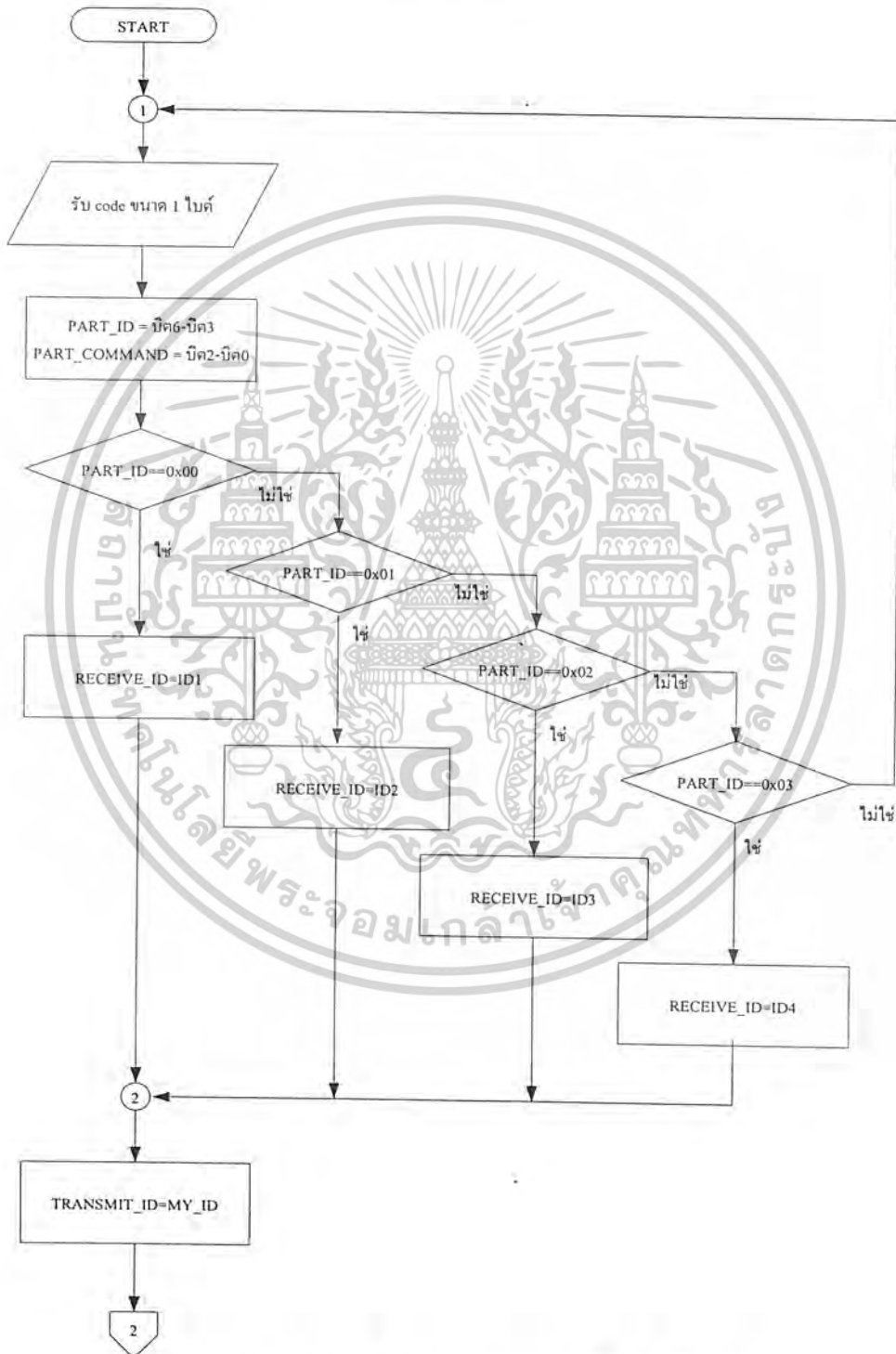


รูปที่ 3.18 Flow Chart โปรแกรมส่วนของการส่งข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

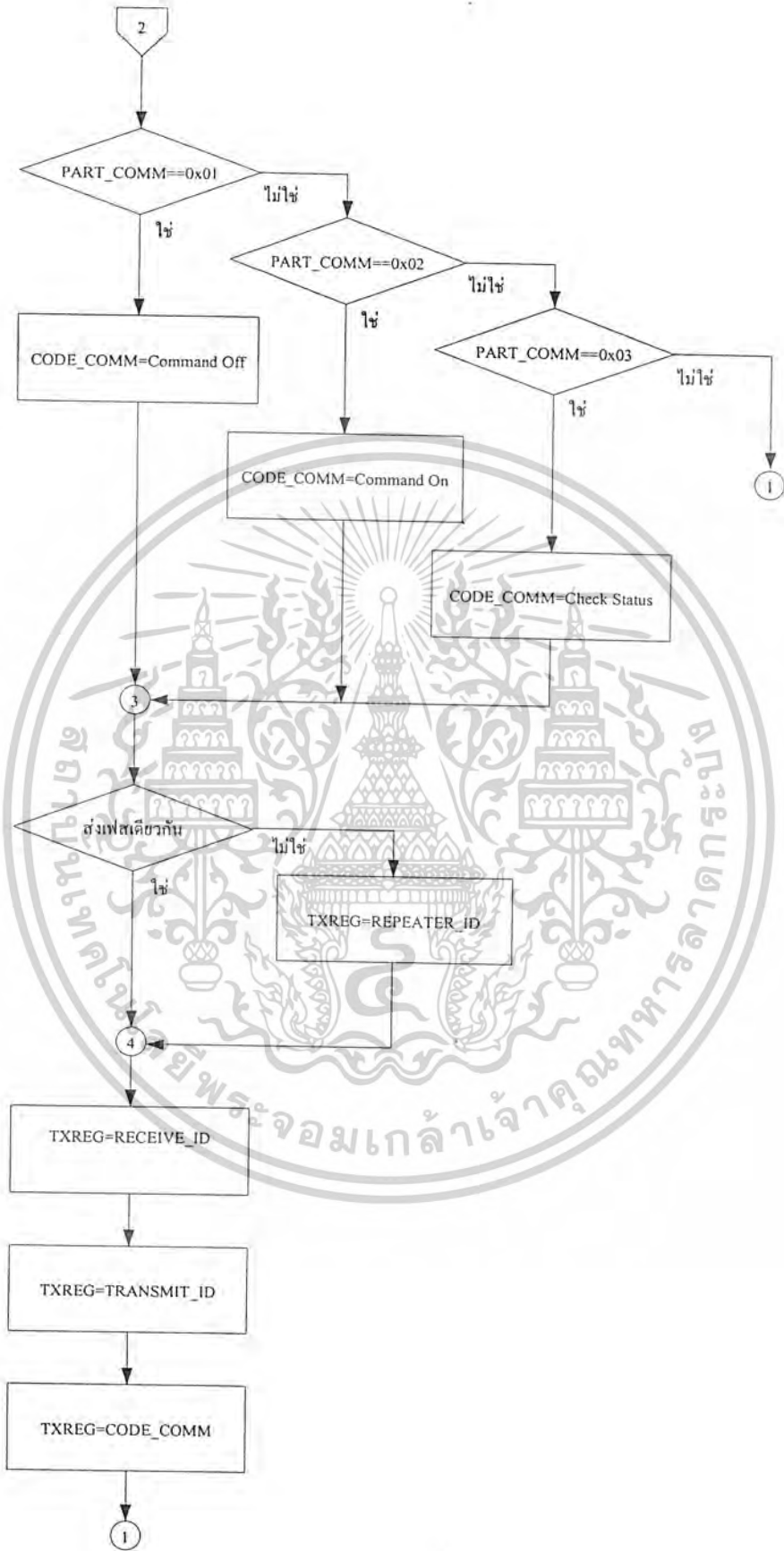
3.3.2 คอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

PIC16F628 ทางด้านส่งจะทำหน้าที่รับ Code ขนาด 1 ไบต์ ที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์ นำมาประมวลผลหา ID, Address ของตัวรับ และคำสั่งที่จะส่งไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อที่จะส่งต่อไปให้กับ MODEM ฟังก์ชันการทำงานของ PIC ทางด้านส่งแสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านส่ง

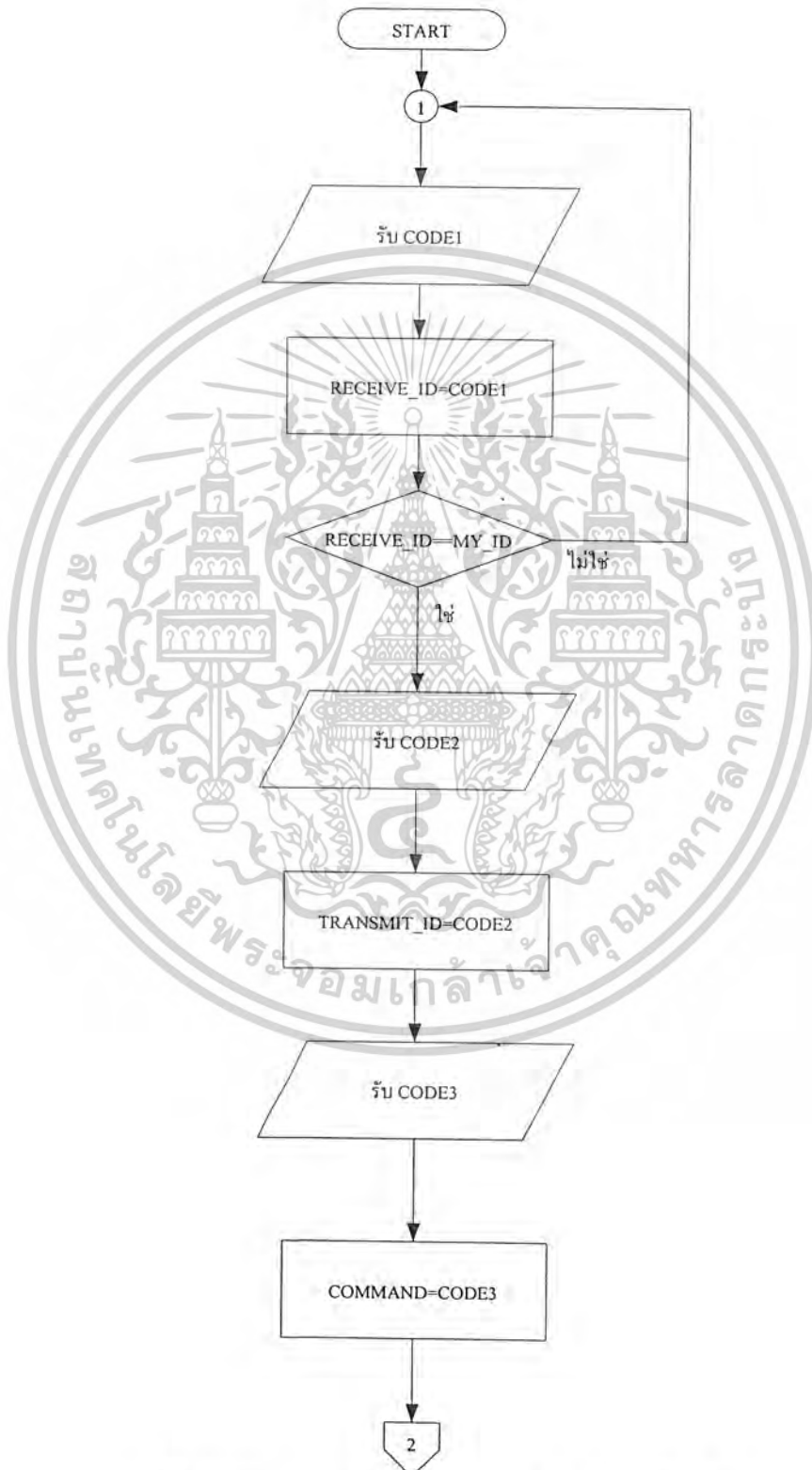
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



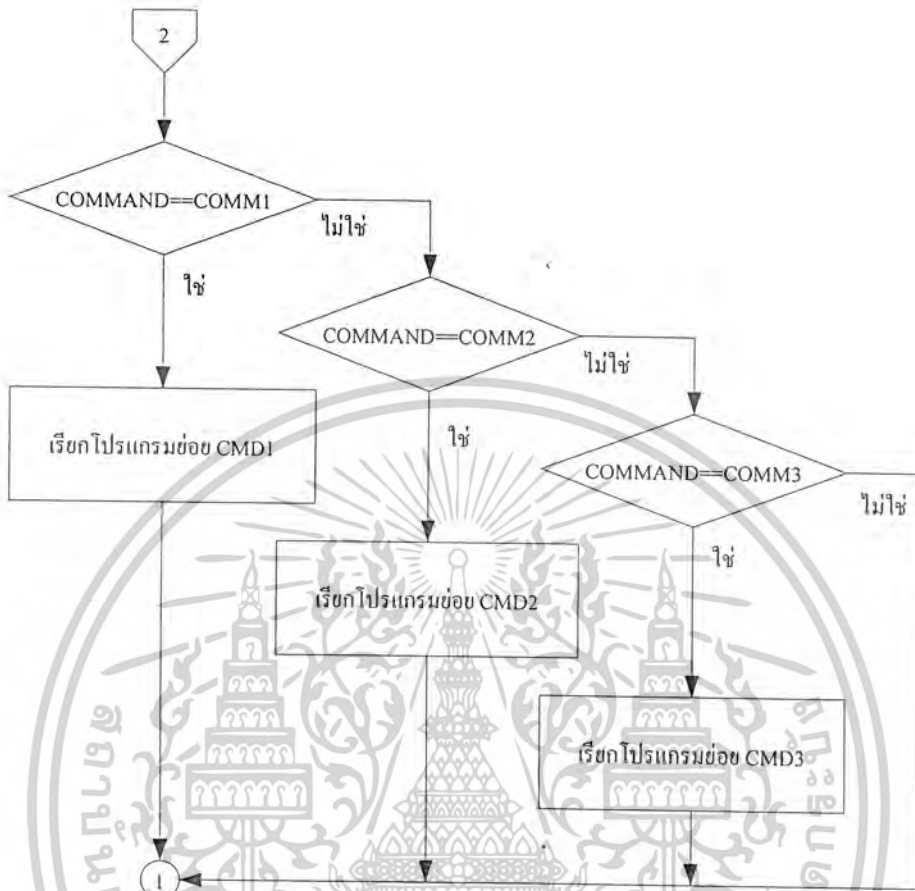
รูปที่ 3.20 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางคั่นตั่ง (ต่อ) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทฯ ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 คอนโทรลเลอร์ทางด้านรับ

คอนโทรลเลอร์ PIC16F628 จะรับ Code เข้ามาประมวลผลว่าเป็นคำสั่งใด และจะทำงานตามคำสั่งนั้น ฟังก์ชันการทำงานของ PIC ทางด้านรับจะแสดงดังรูปที่ 3.21

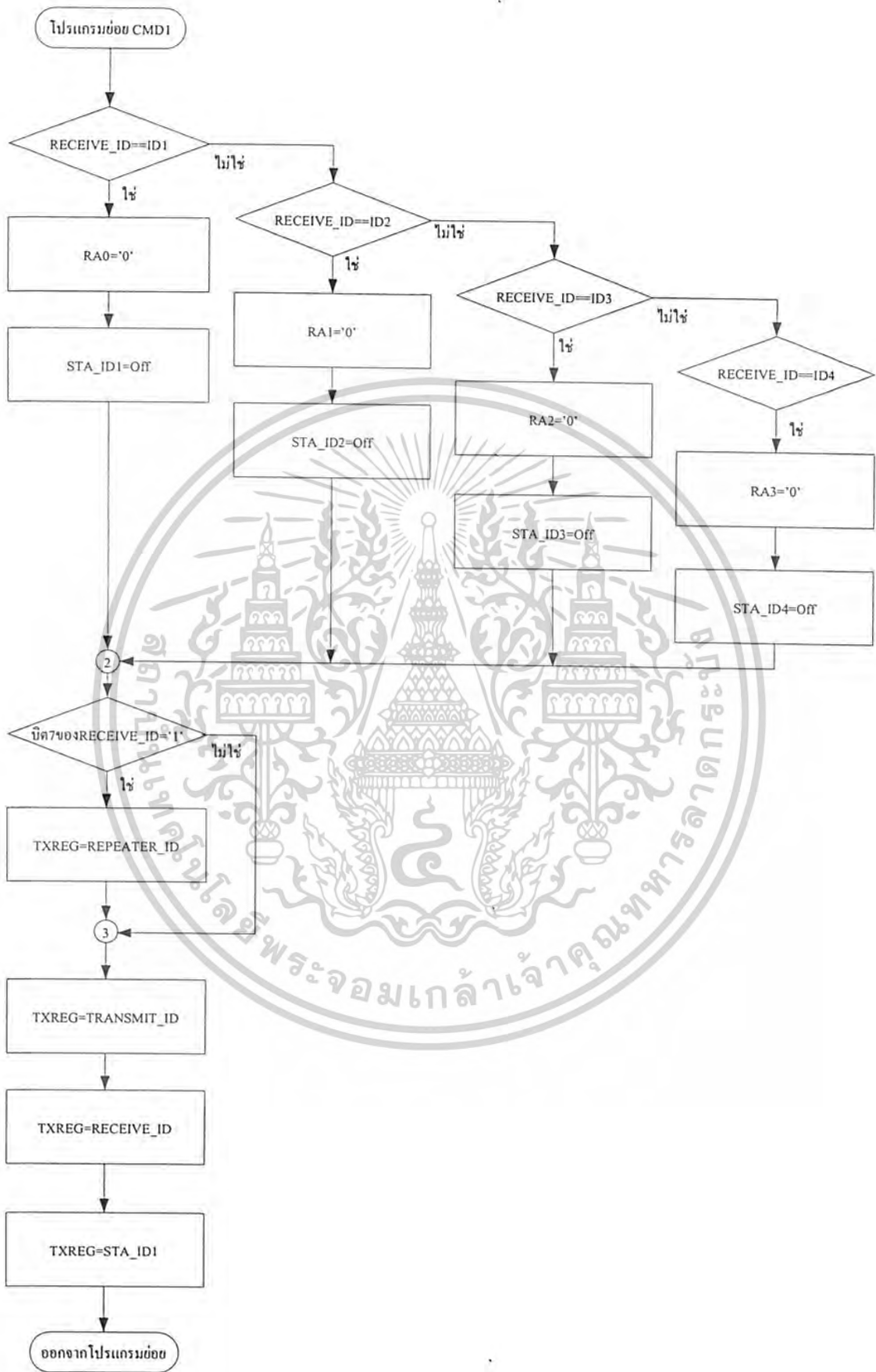


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ © 2014 โดย บริษัท อีทีเอส เทคโนโลยี จำกัด (ETES Technology Co., Ltd.) ผู้ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

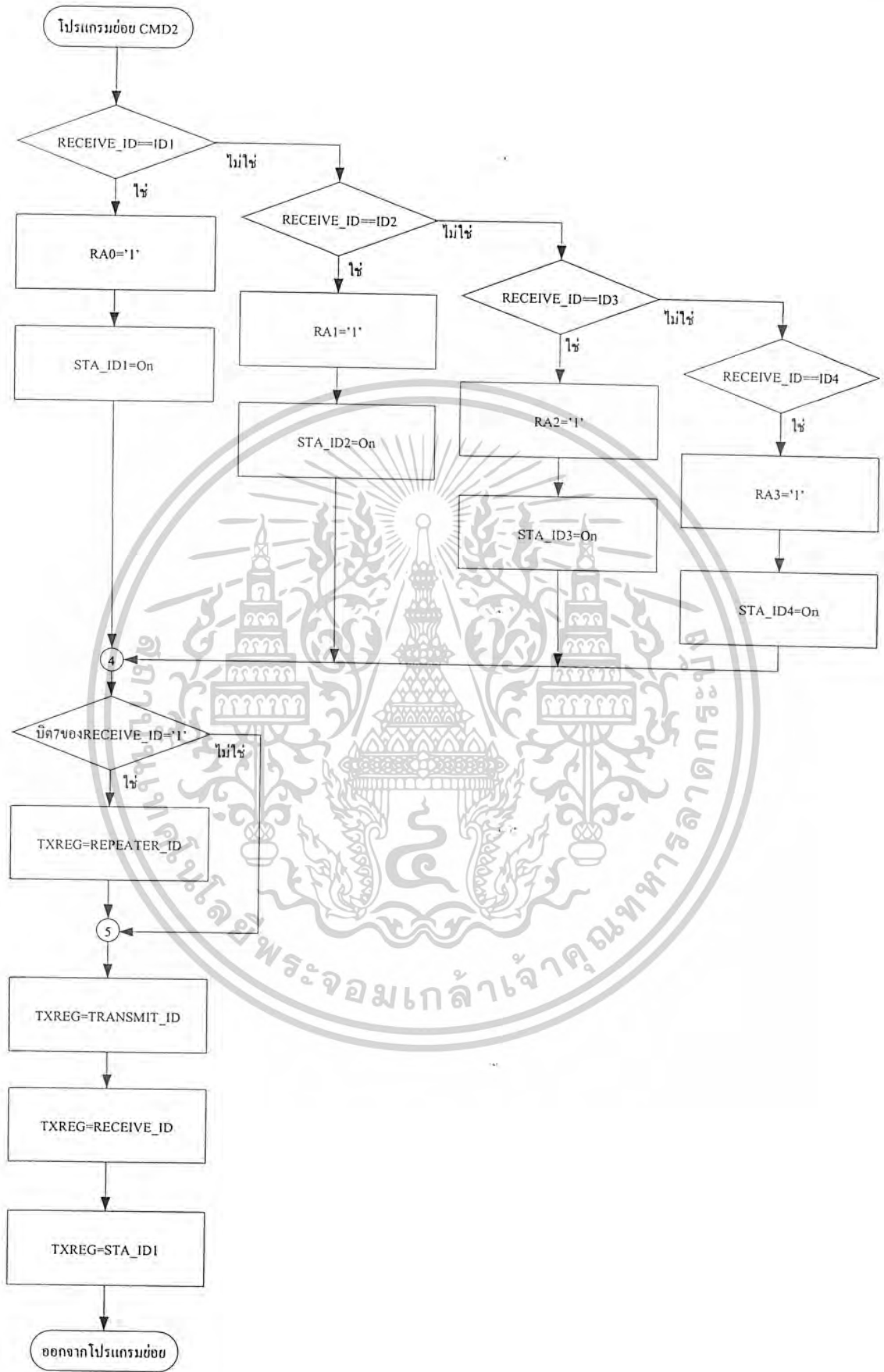


รูปที่ 3.22 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางค้ำรับ (ต่อ)

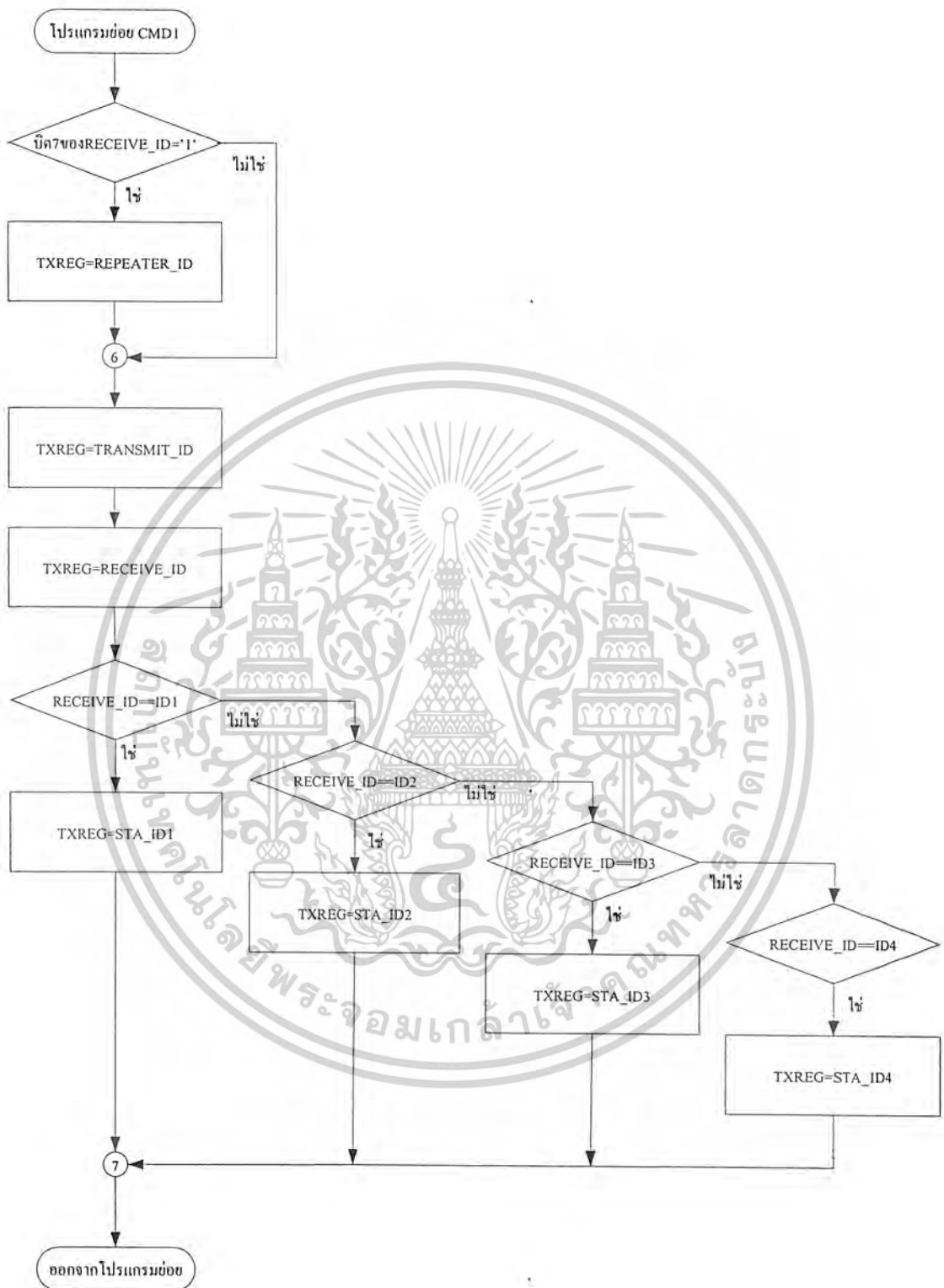
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.23 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านรับ (ต่อ)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.24 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านรับ (ต่อ)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

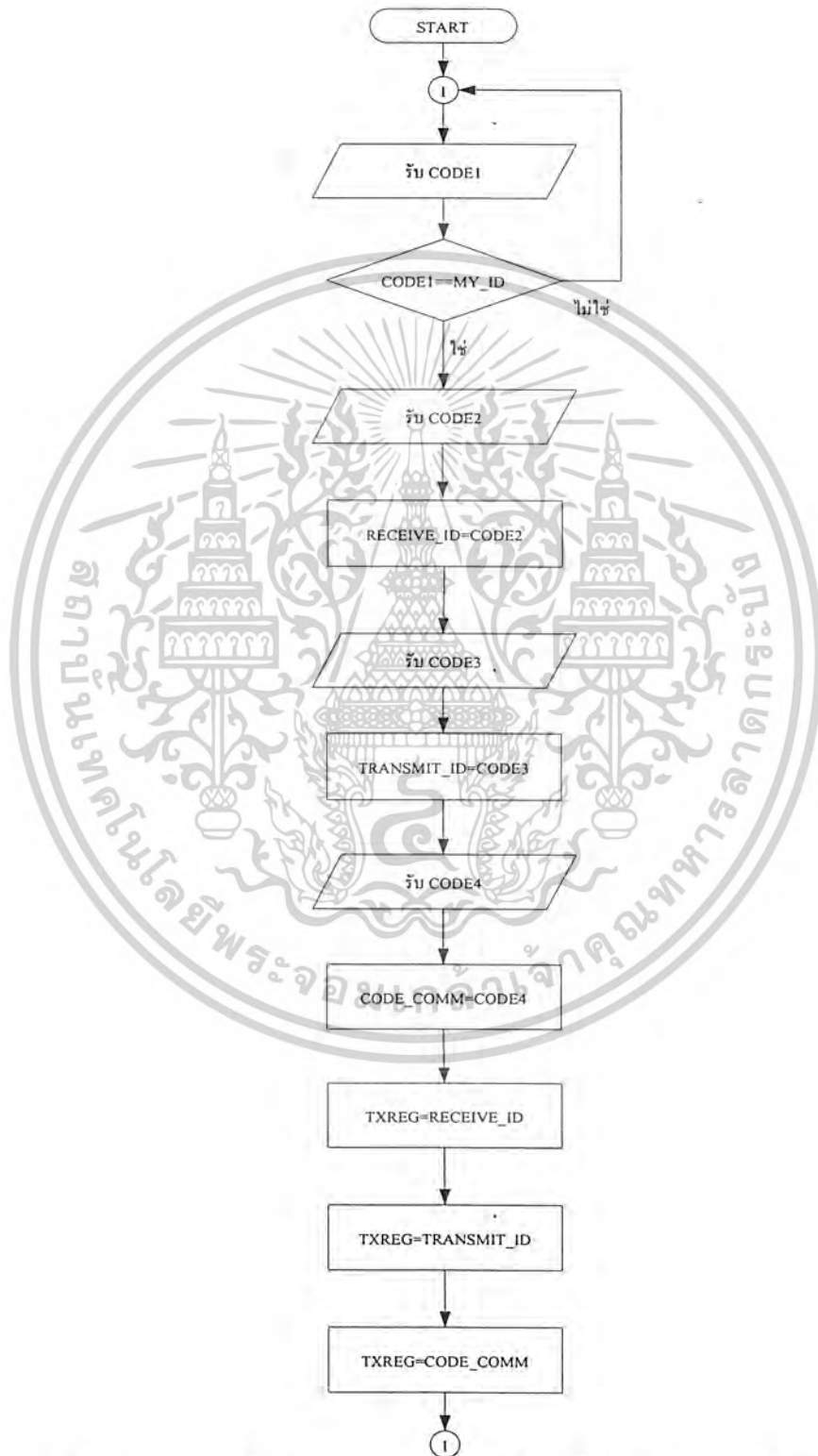


รูปที่ 3.25 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ทางด้านรับ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 คอนโทรลเลอร์ที่ทำหน้าที่เป็น REPEATER

จะใช้ในกรณีที่มีการส่งข้อมูลข้ามเฟส โดยจะรับ Code จากเฟสใดๆ ต่อจากนั้นจะส่ง Code ที่รับเข้ามาออกไปทั้ง 3 เฟส ผังการทำงานของ PIC ที่ทำหน้าที่เป็น Repeater แสดงดังรูป 3.26



รูปที่ 3.26 Flow Chart โปรแกรม Controller PIC ที่ทำหน้าที่เป็น Repeater ข้ามเฟส

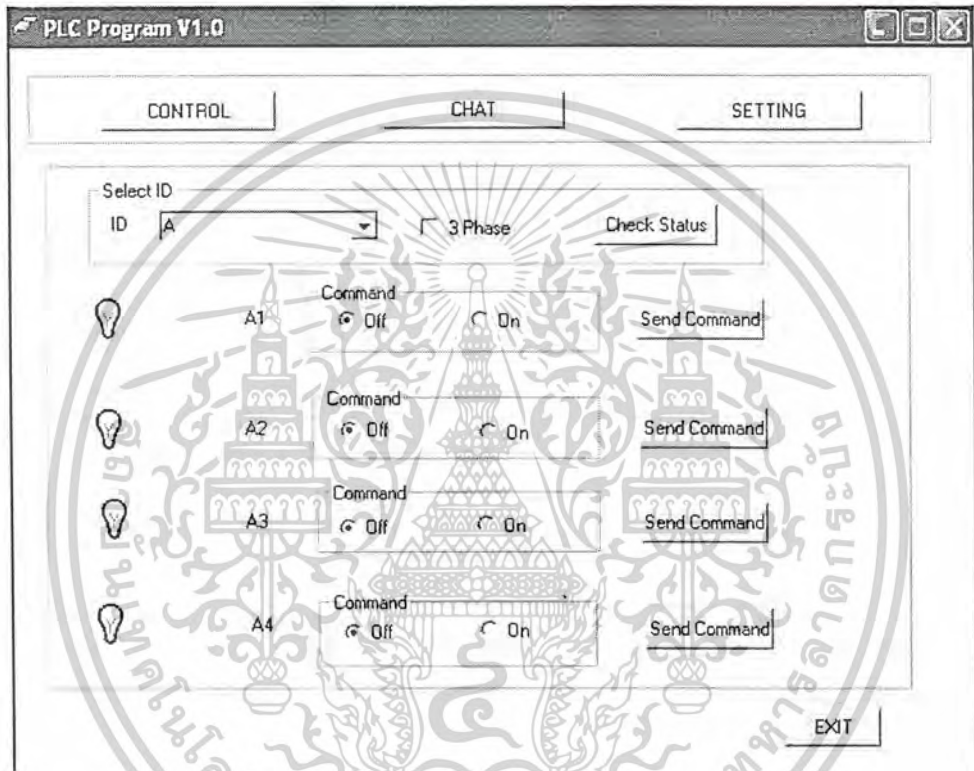
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

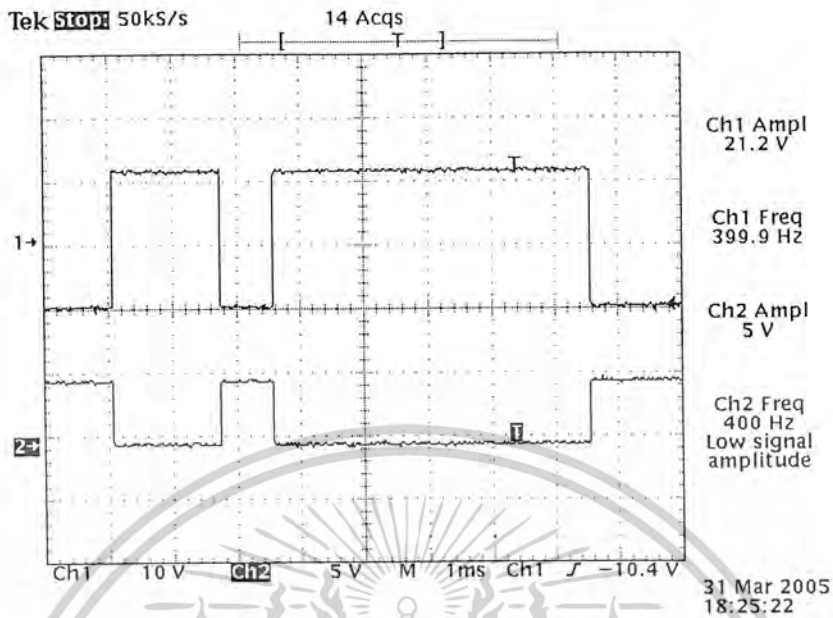
การควบคุมการเปิดปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าทำได้โดยการเปิดโปรแกรมในส่วนที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าขึ้นมาซึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.1



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

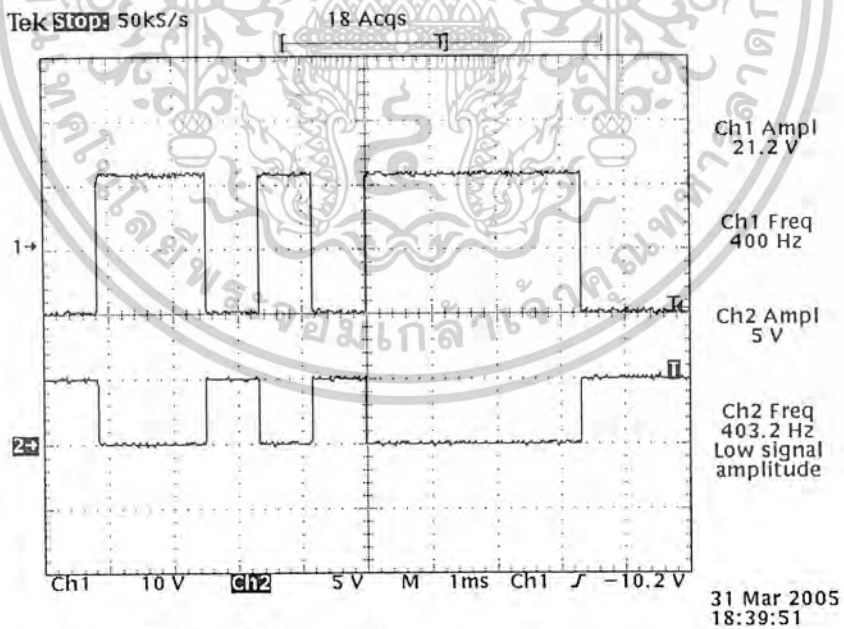
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CH1 : สัญญาณที่ออกจากพอร์ต RS232

CH2 : สัญญาณเมื่อผ่าน MAX232

รูปที่ 4.2 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" ที่ออกจากพอร์ต RS232

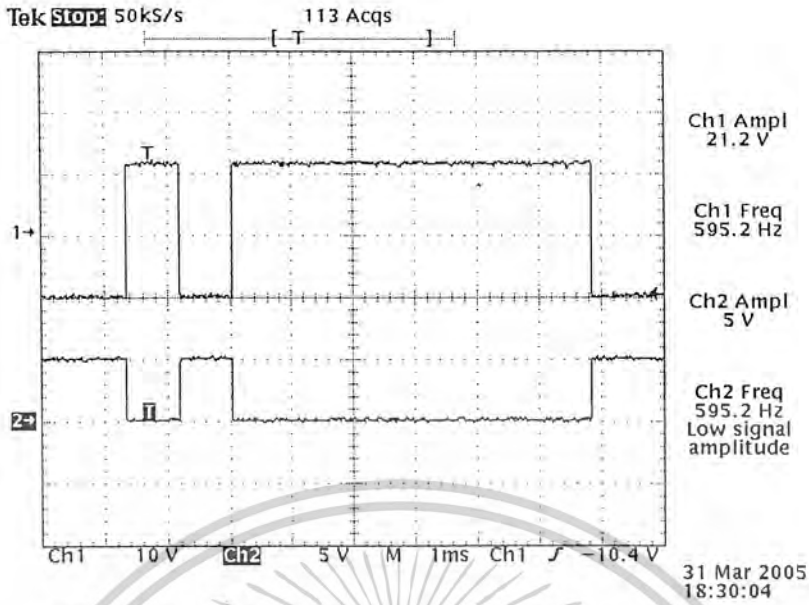


CH1 : สัญญาณที่ออกจากพอร์ต RS232

CH2 : สัญญาณเมื่อผ่าน MAX232

รูปที่ 4.3 สัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" ที่ออกจากพอร์ต RS232

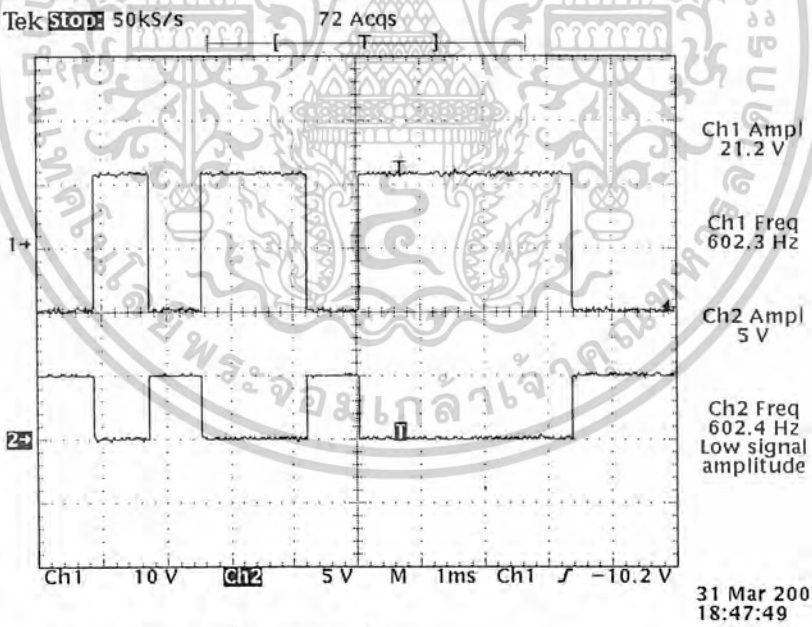
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CH1 : สัญญาณที่ออกจากพอร์ตRS232

CH2 : สัญญาณเมื่อผ่านMAX232

รูปที่ 4.4 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" ที่ออกจากพอร์ต RS232



CH1 : สัญญาณที่ออกจากพอร์ตRS232

CH2 : สัญญาณเมื่อผ่านMAX232

รูปที่ 4.5 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" ที่ออกจากพอร์ต RS232

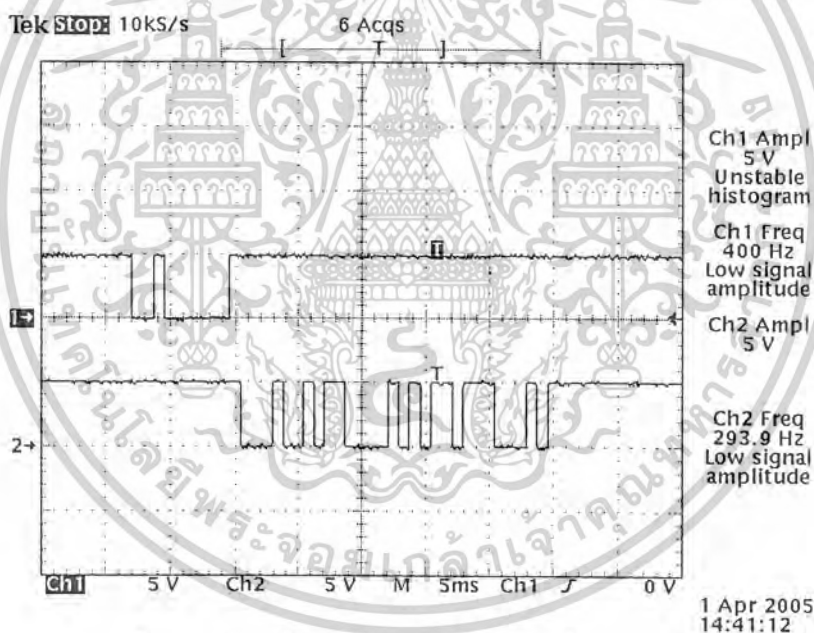
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากรูปที่ผ่านมามาดูจะเห็นว่าสัญญาณที่ออกจากพอร์ตอนุกรม RS232 ของคอมพิวเตอร์ เมื่อผ่านชุด IC MAX232 จะทำให้ระดับแรงดันลดลงเหลือ ประมาณ 5 V. ซึ่งเป็นระดับแรงดันของ TTL โต้ด้คำสั่ง 1 ไบต์จะถูกประมวลผลโดยตัวคอนโทรลเลอร์ด้านส่ง (ซึ่งก็คือตัว PIC) โดยตัวคอนโทรลเลอร์จะส่งโต้ด้คำสั่งออกมา 3 ไบต์แล้วส่งให้กับตัวโมเด็ม

โต้ด้จำนวน 3 ไบต์ประกอบไปด้วย

- ID ของตัวรับ
- ID ของตัวส่ง
- คำสั่งในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ทำการวัดสัญญาณที่ส่งออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่งเมื่อทำการส่งคำสั่งในการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1” และ Address “A2” สัญญาณที่ได้แสดงในรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 ตามลำดับ

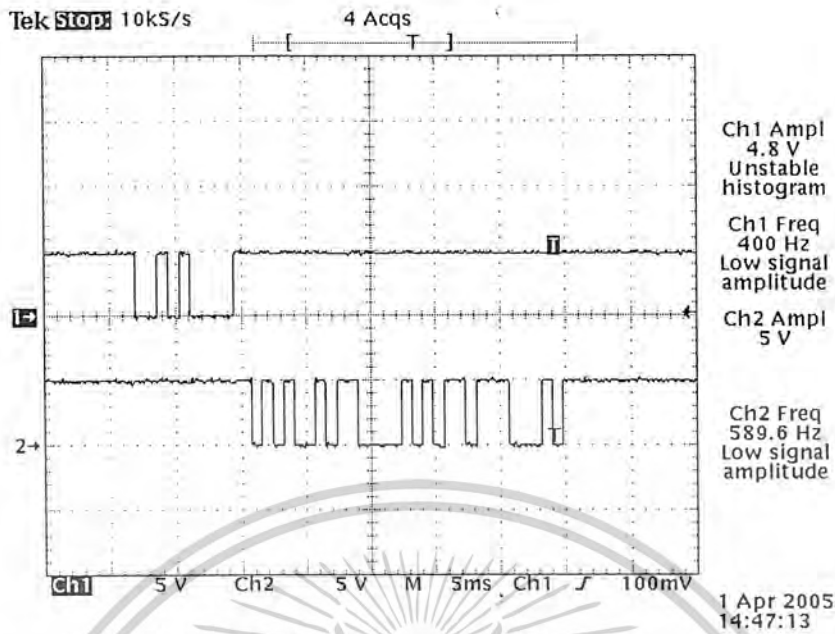


CH1 : สัญญาณก่อนเข้าคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

CH2 : สัญญาณที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

รูปที่ 4.6 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1” ที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

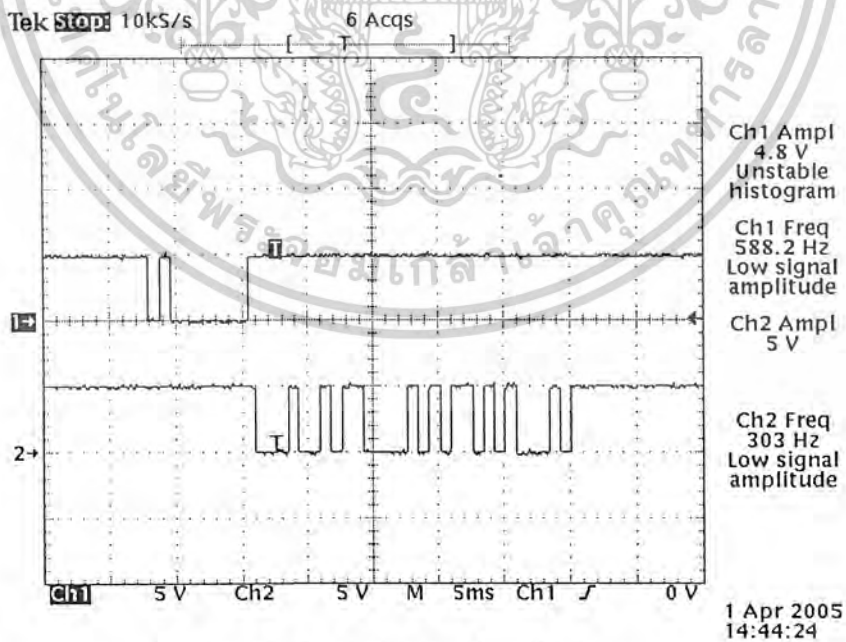


CH1 : สัญญาณก่อนเข้าคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

CH2 : สัญญาณที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

รูปที่ 4.7 สัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" ที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

ทำการวัดสัญญาณที่ส่งออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่งเมื่อทำการส่งคำสั่งในการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" และ Address "A2" สัญญาณที่ได้แสดงในรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 ตามลำดับ

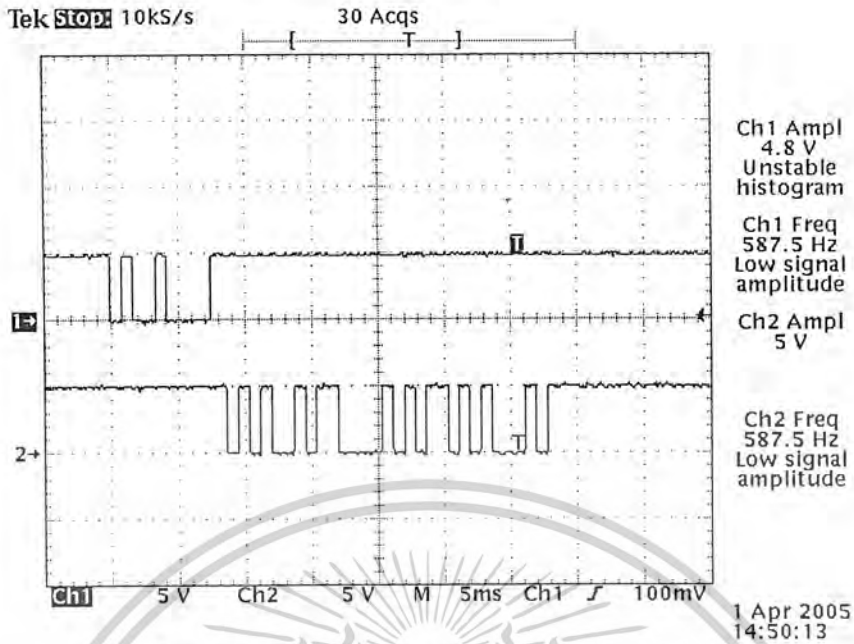


CH1 : สัญญาณก่อนเข้าคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

CH2 : สัญญาณที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

รูปที่ 4.8 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" ที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

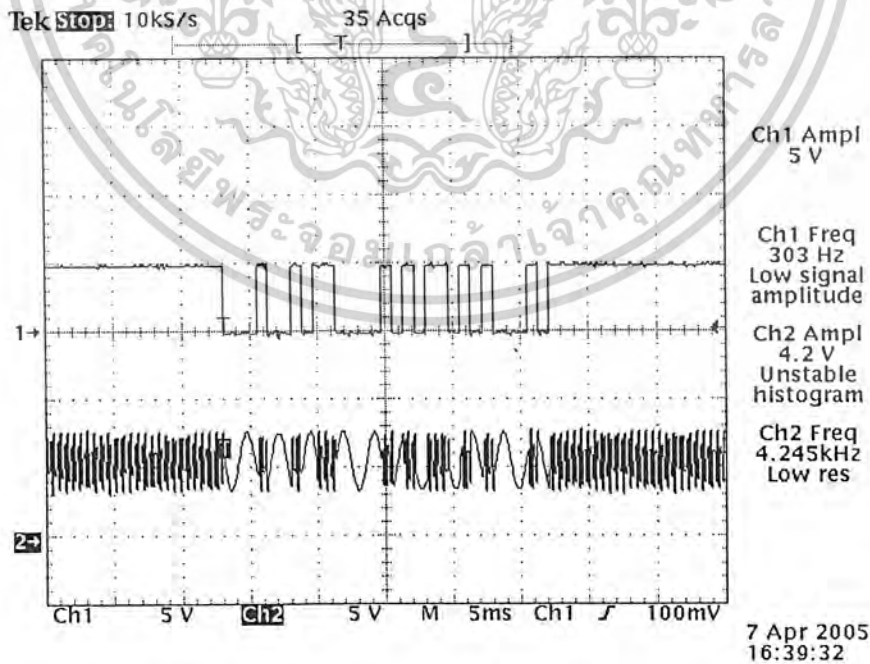
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CH1 : สัญญาณก่อนเข้าคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง
CH2 : สัญญาณที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

รูปที่ 4.9 สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" ที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทางด้านส่ง

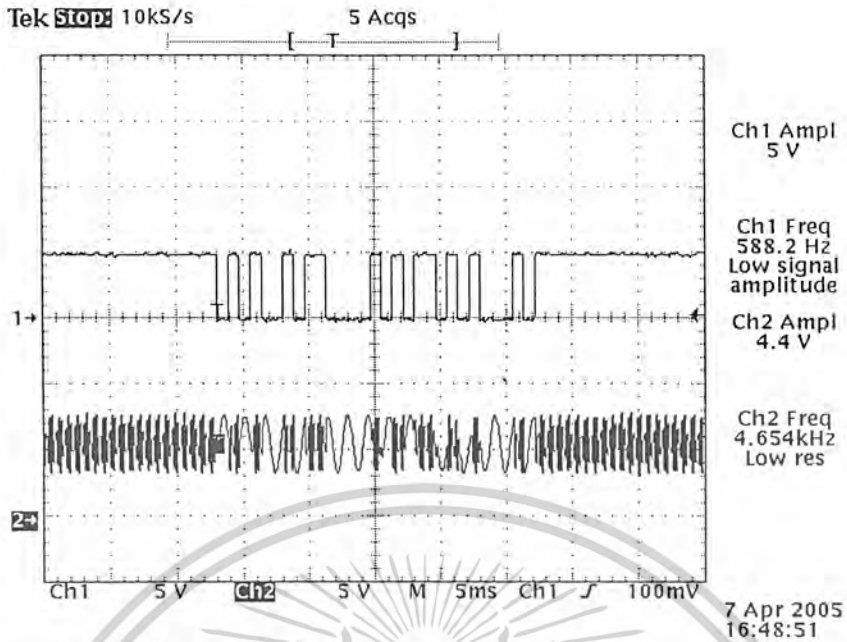
ในส่วนของตัวโมเด็มจะทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณแบบ FSK ที่ส่งมาจากตัวคอนโทรลเลอร์ซึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.10, 4.11, 4.12 และ 4.13 ตามลำดับ



CH1 : สัญญาณก่อนเข้าภาค MODULATE

CH2 : สัญญาณ FSK ที่ได้จากภาค MODULATE

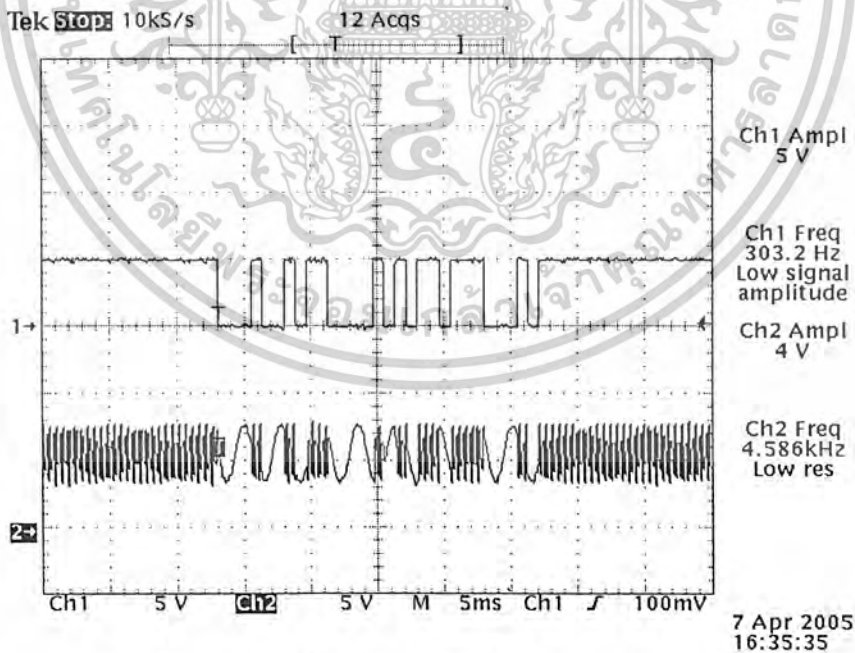
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รูปที่ 4.10 ลักษณะสัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" เมื่อผ่านภาคมอดูเลตด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CH1 : สัญญาณก่อนเข้าภาค MODULATE

CH2 : สัญญาณ FSK ที่ได้จากภาค MODULATE

รูปที่ 4.11 ลักษณะสัญญาณคำสั่งปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" เมื่อผ่านภาคมอดูเลท

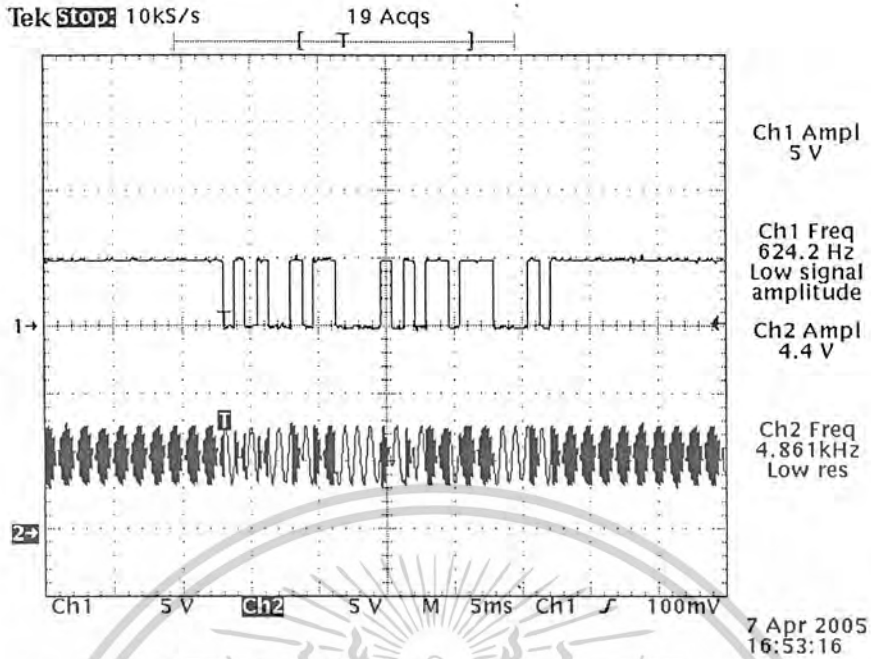


CH1 : สัญญาณก่อนเข้าภาค MODULATE

CH2 : สัญญาณ FSK ที่ได้จากภาค MODULATE

รูปที่ 4.12 ลักษณะสัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A1" เมื่อผ่านภาคมอดูเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

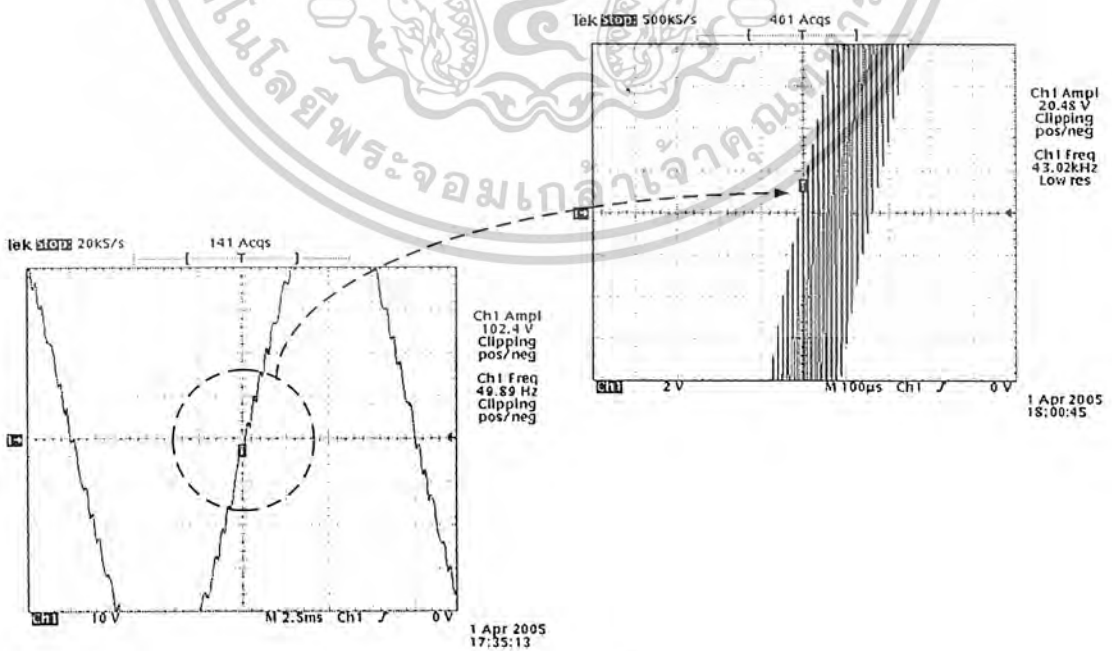


CH1 : สัญญาณก่อนเข้าภาค MODULATE

CH2 : สัญญาณ FSK ที่ได้จากภาค MODULATE

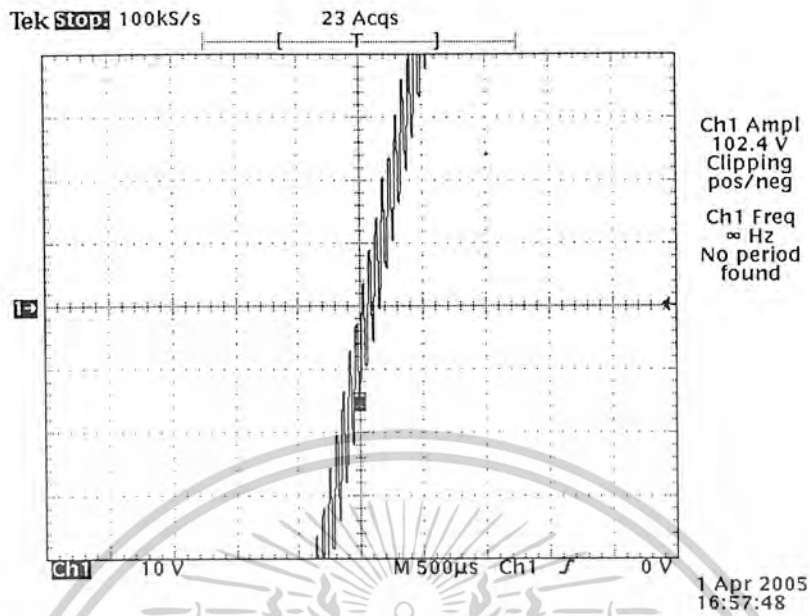
รูปที่ 4.13 ลักษณะสัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address "A2" เมื่อผ่านภาคมอดูเลท

และส่วนกลับปลิงสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลทแล้วเข้าไปในสายไฟเอชซี ซึ่งสัญญาณที่ผ่านการกลับปลิงจะเป็นดังรูปที่ 4.14 โดยที่รูปด้านขวามือคือรูปสัญญาณที่ได้ขยายในส่วนที่วงกลมไว้ของรูปด้านซ้ายมือเพื่อให้มองเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น

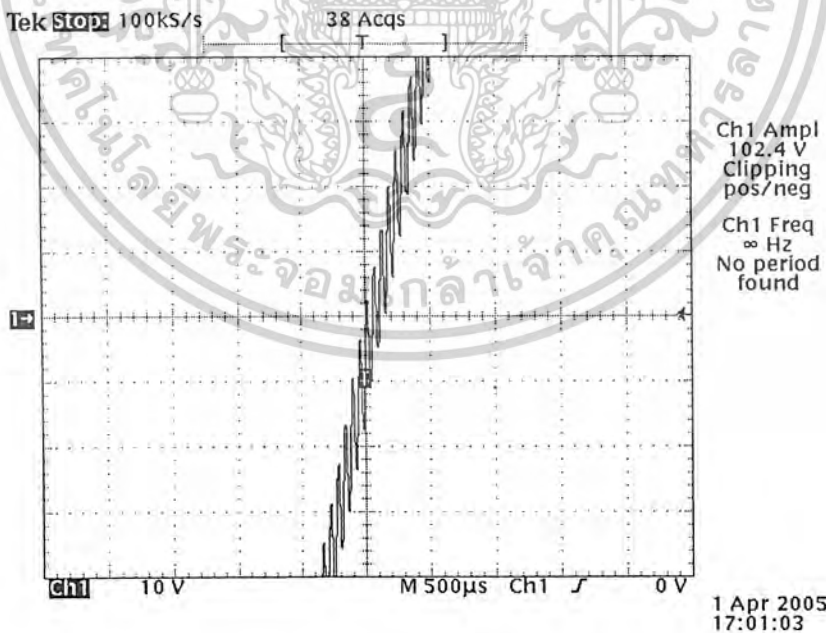


รูปที่ 4.14 สัญญาณที่ผ่านการกลับปลิงลงในสายไฟเอชซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะภายในเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลระบบนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 สัญญาณที่ผ่านการคับปลิงลงในสายไฟเอซีที่ระยะทาง 1 เมตร

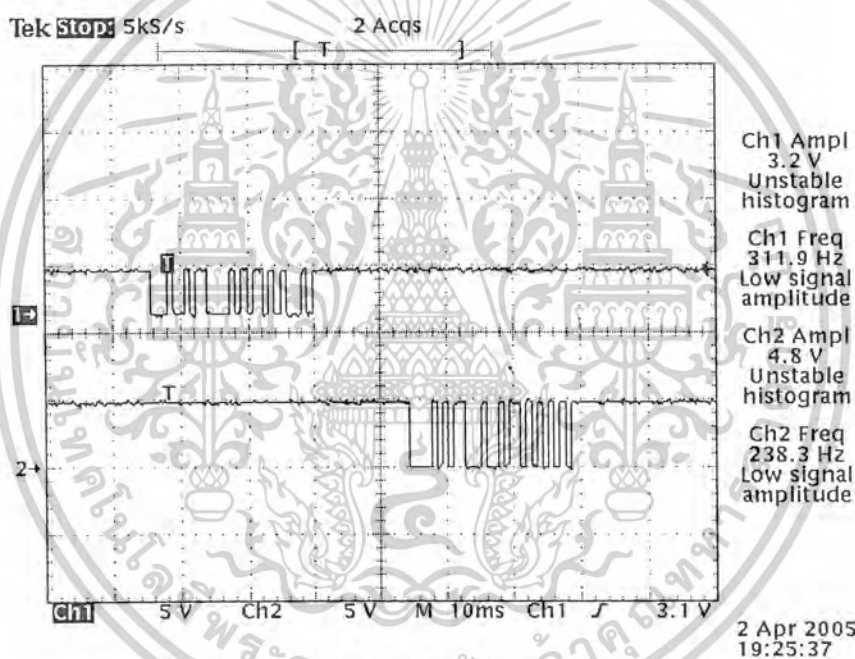


รูปที่ 4.16 สัญญาณที่ผ่านการคับปลิงลงในสายไฟเอซีที่ระยะทาง 15 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวโมเด็มทางด้านรับจะทำการตีคัปลิ่งสัญญาณจากสายไฟเอซีและคีมอคูเลตสัญญาณกลับไปเป็นสัญญาณที่เหมือนกับก่อนที่จะถูกส่งเข้าโมเด็มทางด้านส่งโดยประกอบด้วยสัญญาณ ใค้คของ IDตัวรับ ID ตัวส่ง และ ใค้คของคำสั่งในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากนั้นคอนโทรลเลอร์จะรับใค้คในไบต์แรกมาเปรียบเทียบกับ ID ของตัวเองหรือไม่ ถ้าตรงกันจะรับใค้คอีก 2 ไบต์ที่ตามมาและทำการประมวล จากการทดลองได้ทำการส่งคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1” และ Address “A2” ดังนั้นคอนโทรลเลอร์จะไปทำให้คอยล์ของรีเลย์ที่เป็นของ Address “A1” และ Address “A2” ทำงาน จากนั้นคอนโทรลเลอร์จะส่งสถานะแสดงการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าใน Address “A1” และ Address “A2” กลับไปที่กับคอนโทรลเลอร์ที่ส่งคำสั่งการควบคุมมา ใค้คที่ส่งกลับจะเป็นดังรูปที่ 4.17 และ รูปที่ 4.18

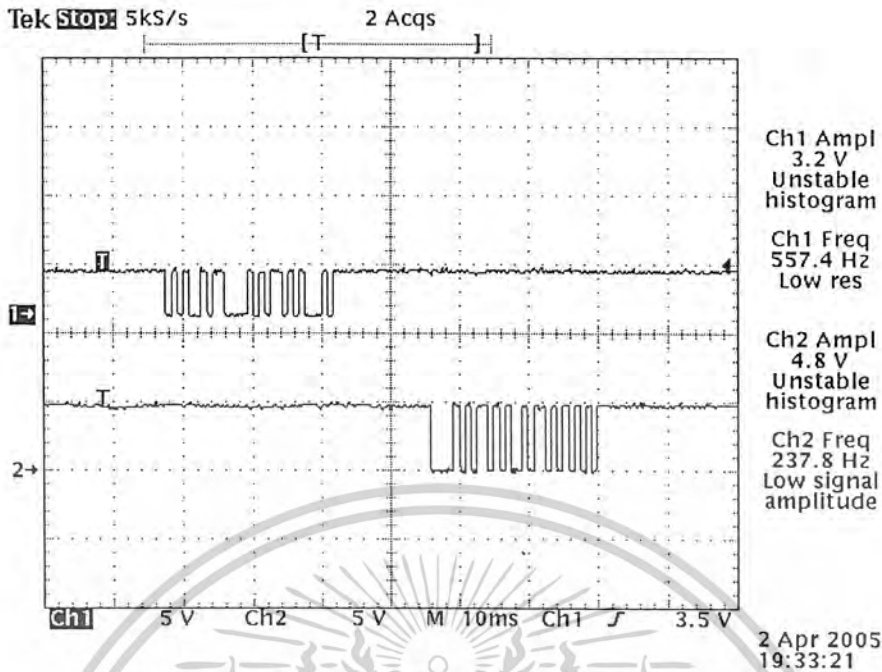


CH1 : สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1”

CH2 : สัญญาณแสดงสถานะการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1”

รูปที่ 4.17 สัญญาณแสดงสถานะการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A1”
ที่ถูกส่งจากคอนโทรลเลอร์ด้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

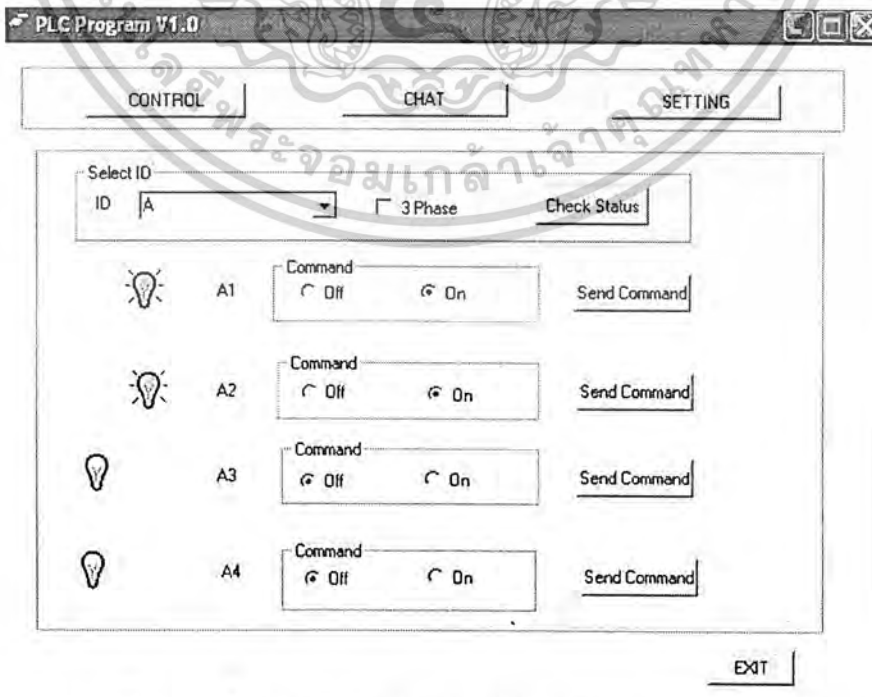


CH1 : สัญญาณคำสั่งเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A2”

CH2 : สัญญาณแสดงสถานะการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A2”

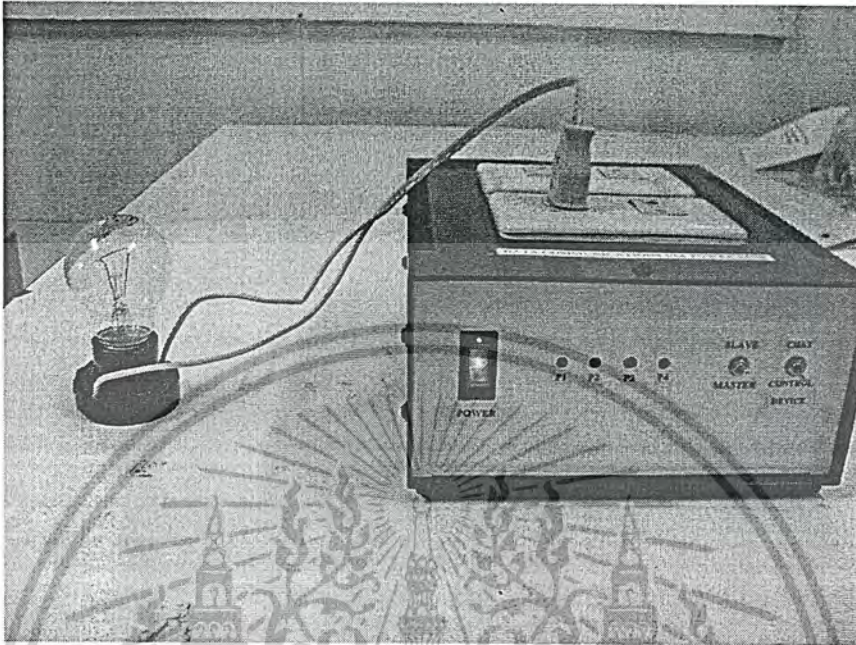
รูปที่ 4.18 สัญญาณแสดงสถานะการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า Address “A2”
ที่ถูกส่งจากคอนโทรลเลอร์ด้านรับ

เมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับสถานะการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าของ Address “A1”และ Address “A2” ที่ถูกส่งกลับมาทางพอร์ต RS232 หน้าตาของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจะเป็นดังรูปที่4.19



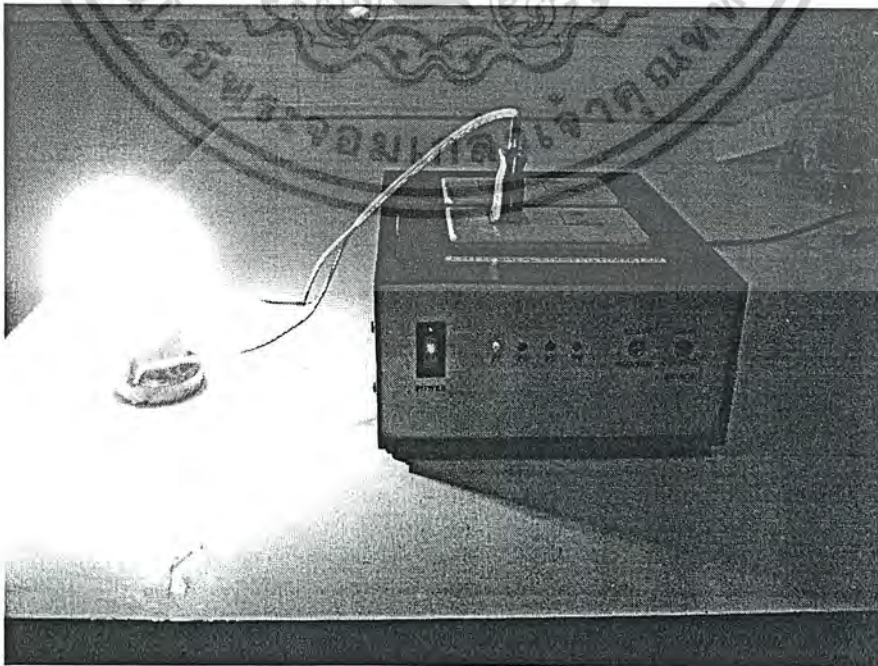
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งรูปที่4.19 หน้าตาของโปรแกรมแสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของฮาร์ดแวร์ควบคุมอุปกรณ์ขณะที่ยังไม่ได้ส่งคำสั่งไปควบคุมการปิด-เปิดอุปกรณ์ทุกตัวที่ต่ออยู่กับทุก Address จะอยู่ในสภาวะปิดหมด โดยในที่นี้จะแสดงการต่อหลอดไฟเฉพาะที่ต่ออยู่กับ Address “A1” ซึ่งจะเป็นดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 แสดงหลอดไฟ ที่ต่ออยู่กับ Address “A1” เมื่ออยู่ในสภาวะปิด

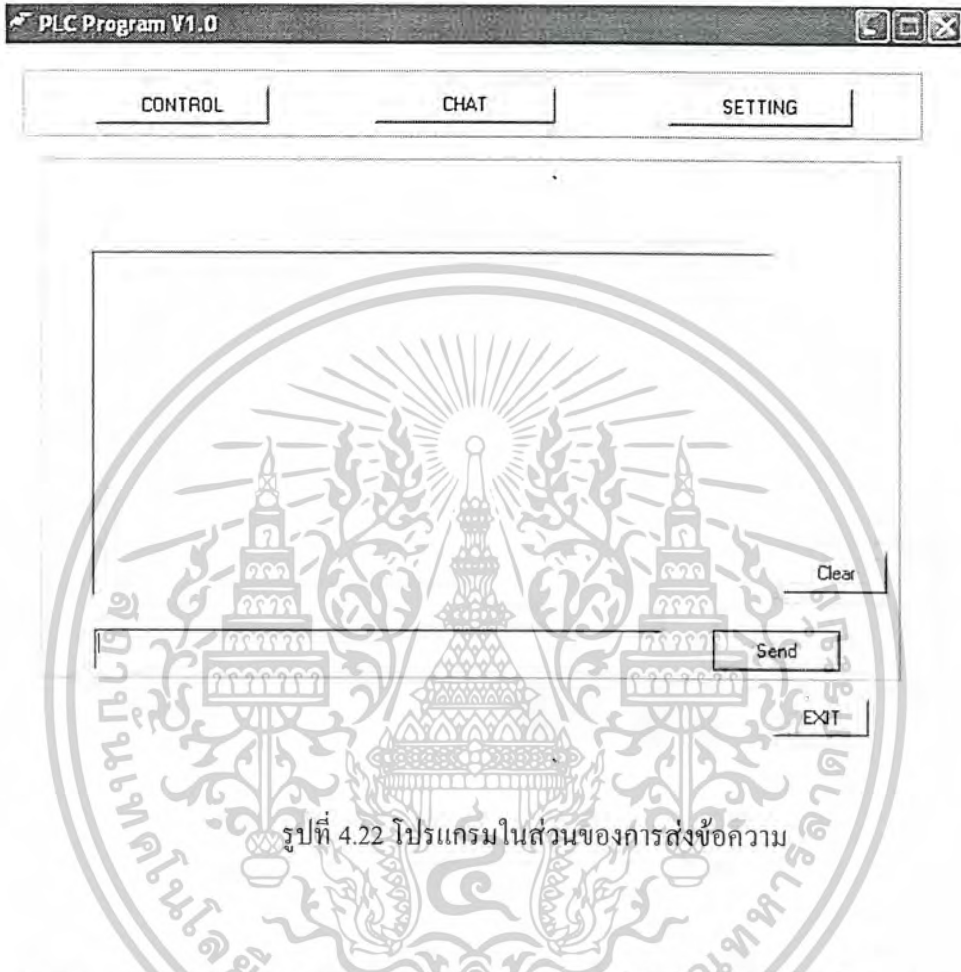
เมื่อเราส่งคำสั่งในการเปิดหลอดไฟที่ต่ออยู่กับ Address “A1” LED ซึ่งอยู่ด้านซ้ายจะแสดงสถานะว่ามีการส่งคำสั่งเปิดของ Address “A1” หลอดไฟที่นำมาต่อกับ Address “A1” ซึ่งอยู่ด้านซ้ายของปลั๊กอันแรกก็จะติดดังรูปที่ 4.21



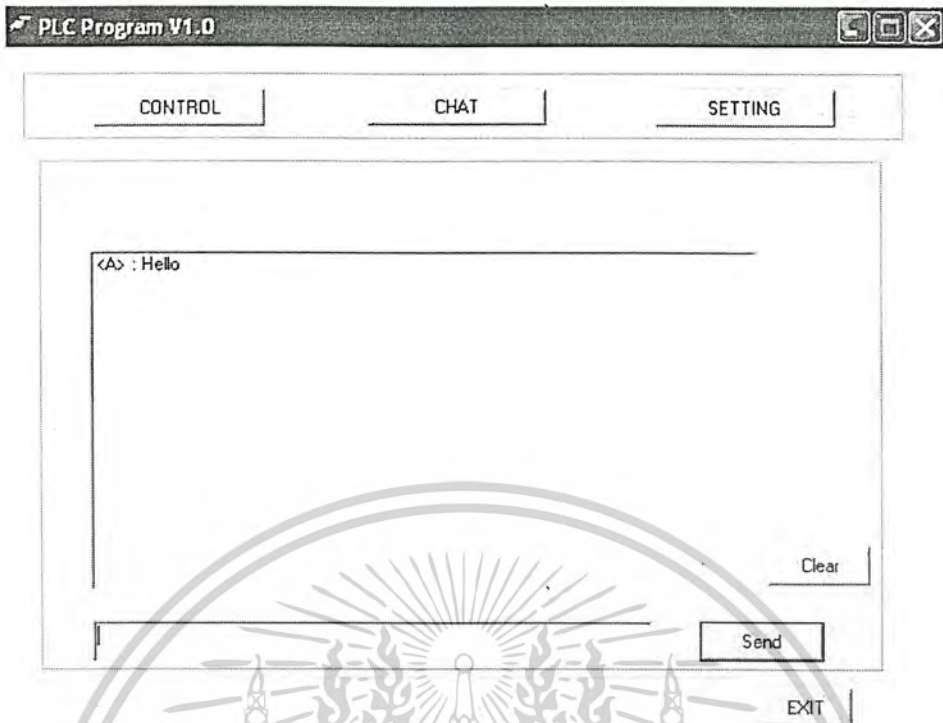
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 4.21 แสดงการควบคุมการเปิดหลอดไฟ ที่ต่ออยู่กับ Address “A1” ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

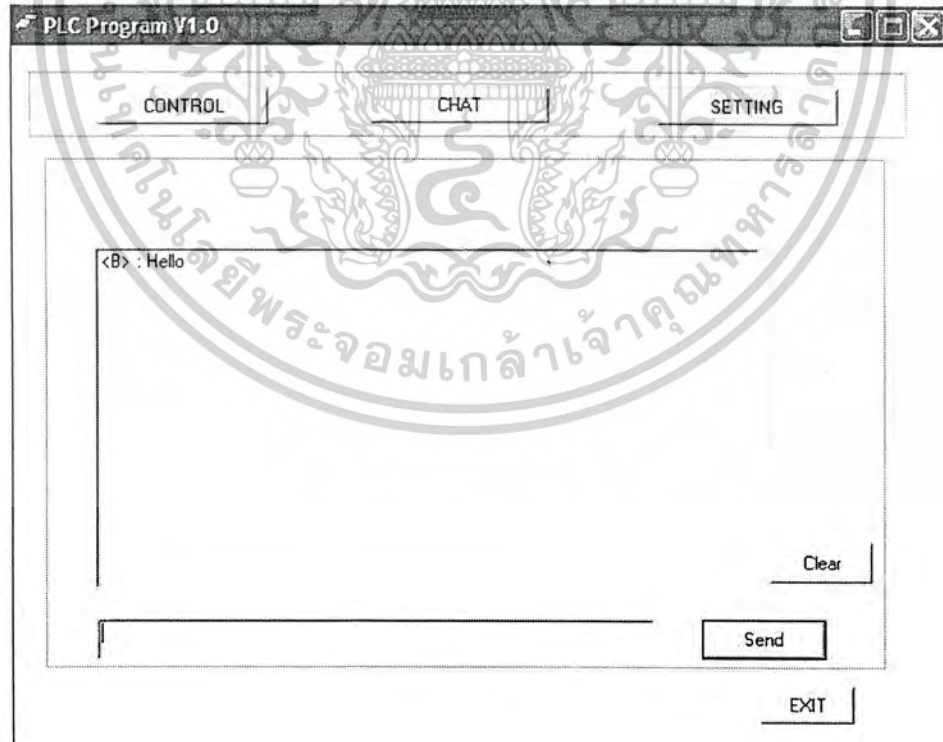
การส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านสายไฟเอชนั้นจะใช้โปรแกรมในส่วนสำหรับส่งข้อความซึ่งมีหน้าต่างดังรูปที่ 4.22



ทำการทดลองส่งคำว่า “Hello” จากเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องส่ง โดยการพิมพ์คำว่า Hello ในช่องด้านล่างสุด แล้วกดปุ่ม Send หรือกด Key Enter ก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.23 จากนั้นจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งเป็นตัวรับข้อความซึ่งข้อความที่รับได้จะแสดงดังรูป ที่ 4.24



รูปที่ 4.23 แสดงข้อความที่ส่งจากคอมพิวเตอร์เครื่องส่ง

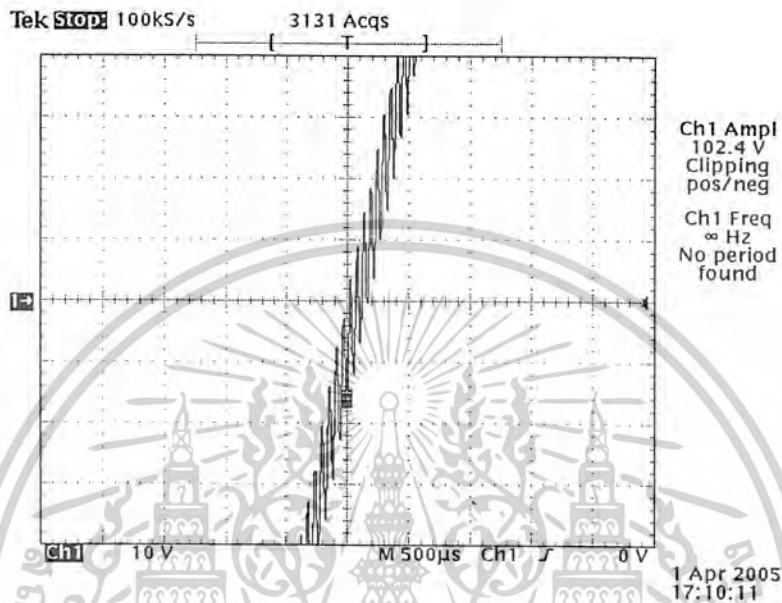


รูปที่ 4.24 แสดงข้อความที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในขณะที่เดียวกันเครื่องคอมพิวเตอร์ด้านรับก็สามารถทำหน้าที่เป็นตัวส่งได้เช่นกัน โดยจะเป็นการสื่อสารในลักษณะแบบ Half Duplex คือส่งได้สองทิศทางแต่คนละเวลากัน

และเมื่อทำการวัดสัญญาณในสายไฟเอชในขณะที่ส่งข้อความคำว่า "Hello" ที่ระยะ 15 เมตรได้ผลดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 สัญญาณในสายไฟเอชขณะที่ส่งข้อความคำว่า "Hello" ที่ระยะ 15 เมตร

4.3 การทดลองวัดความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูล

ซึ่งการทดลองนี้จะทำการทดลองส่งตัวอักษร A-Z อย่างละ 500 ตัวอักษร เพราะฉะนั้นจะมีทั้งหมด 13000 ตัวอักษร และทำการทดลองที่ Baud Rate 1200, 2400 และ 4800 ตามลำดับ แล้วใช้เครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งรับตัวอักษรที่ระยะทางต่างๆและในสภาพที่มีโหลดและไม่มีโหลด จากนั้นจะทำการคำนวณหาค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยผลการทดลองที่ได้จะเป็นดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

Buad Rate	จำนวนตัวอักษรที่ทำการส่ง	จำนวนตัวอักษรที่รับผิดพลาด			เปอร์เซ็นต์ (%) ความผิดพลาด		
		10 เมตร	40 เมตร	80 เมตร	10 เมตร	40 เมตร	80 เมตร
1200	13000	0	0	0	0%	0%	0%
2400	13000	0	0	0	0%	0%	0%
4800	13000	0	0	0	0%	0%	0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 4.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูลในกรณีที่ไม่มีการนำใบไปใช้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Buad Rate	จำนวนตัวอักษรที่ทำการส่ง	จำนวนตัวอักษรที่รับผิดพลาด			เปอร์เซ็นต์ (%) ความผิดพลาด		
		10 เมตร	40 เมตร	80 เมตร	10 เมตร	40 เมตร	80 เมตร
1200	13000	0	0	0	0%	0%	0%
2400	13000	5	11	27	0.038%	0.084%	0.2%
4800	13000	16	37	75	0.12%	0.284%	0.57%

ตารางที่ 4.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูลในกรณีที่มีไหลดมาต่อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

โครงการการส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าเอซีนี้จะเป็นลักษณะการส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยมีสายไฟฟ้าเอซี 220 โวลต์ เป็นตัวกลางนำพาข้อมูลโดยใช้เทคนิคการมอดูเลตแบบ Frequency Shift Keying (FSK) โดยสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 รูปแบบคือ การส่งข้อความระหว่างคอมพิวเตอร์ และการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

5.1 การส่งข้อความระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

การทดลองนี้เป็นการทดลองส่งข้อความโดยผ่านโปรแกรม CHAT ซึ่งเขียนขึ้นมาโดยภาษา Visual C++ และมีลักษณะการสื่อสารที่เป็นแบบ Half Duplex คือส่งได้สองทิศทางแต่คนละเวลากัน โดยได้ทดลองรับส่งโดยใช้ค่าบอดเรท 3 ค่า คือ ที่ 1200, 2400 และ 4800 นั้น จะเห็นว่าการส่งและรับข้อความนั้นยังสามารถทำได้โดยถูกต้องที่ระยะทางมากที่สุดที่ทำการวัดคือประมาณ 80 เมตรในกรณีเมื่อไม่มีโหลดต่ออยู่ในเฟสที่ได้ทำการทดลองนั้นๆ แต่ถ้าในกรณีมีโหลดต่ออยู่ในเฟสเดียวที่ทำการทดลองนั้นระยะทางการรับข้อมูลที่ต้องการของตัวรับก็จะลดลงตามลำดับจำนวนของโหลดที่นำมาต่อ สาเหตุก็เนื่องมาจากสัญญาณรบกวนที่เกิดจากโหลดที่ต่ออยู่ โดยที่ในกรณีใช้ค่าบอดเรทต่ำสุด คือที่ 1200 จะมีระยะทางที่มากกว่าในการส่งข้อมูลที่ต้องการกว่าบอดเรท 2400 และ 4800

5.2 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

การทดลองนี้เป็นการทดลองควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้ค่าบอดเรท 1200 สามารถสรุปได้ดังนี้

- ส่วนโปรแกรมควบคุมการสั่งงาน

สามารถรับคำสั่งที่ผู้ใช้สั่งได้ถูกต้อง โดยใช้โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เขียนโดย Visual C++ โดยโปรแกรมจะส่งรหัส 1 ไบต์ออกไปยังส่วนต่อไป

- คอนโทรลเลอร์ตัวส่ง

รับคำสั่ง 1 ไบต์ที่มาจากคอมพิวเตอร์แล้วแปลงเป็น Code 3 ไบต์ ประกอบด้วย ID ตัวรับ, ID ตัวส่ง และ Command ควบคุมอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง

- โมเด็มตัวส่ง

รับคำสั่ง Code 3 ไบต์ จากคอนโทรลเลอร์ตัวส่งแล้วนำไปมอดูเลต แบบ FSK แล้วทำการคัปปลิงสัญญาณลงไปในสายไฟฟ้าเอซี

- โมเด็มตัวรับ

สามารถคัปปลิงสัญญาณจากสายไฟฟ้าเอซี และดีมอดูเลตเป็น Code 3 ไบต์ส่งไปยังคอนโทรลเลอร์ตัวรับได้ถูกต้อง

- คอนโทรลเลอร์ตัวรับ

รับคำสั่ง Code 3 ไบต์ จากโมเด็มตัวรับมาทำการตรวจสอบโดยทำการเช็ค ID ตัวรับ ว่าตรงกับตัวเองหรือไม่ ถ้าไม่รับ Code อีก 2 ไบต์ที่เหลือแล้วทำการไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านรีเลย์

เอกสารนี้ขอสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับอาจารย์ผู้จัดทำไว้เพื่อประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

- ในส่วนการทดลองส่งข้อความระหว่างคอมพิวเตอร์นั้นจะต้องตั้งค่าบอดเรทของโปรแกรมทั้งทางด้านส่งและด้านรับให้ตรงกัน เพราะถ้าตั้งค่าไม่ตรงกันแล้วจะไม่สามารถสื่อสารกันได้

- ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นสามารถสั่งให้มีการเปิดหลอดไฟพร้อมกันได้เพียง 2 Port (2 ดวง) เท่านั้น ไม่สามารถสั่งให้เปิดพร้อมกันที่ละ 3 Port (3 ดวง) หรือ 4 Port (4 ดวง) ได้ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะ Power Supply ที่ใช้ป้อนกระแสไม่เพียงพอต่อความต้องการของวงจร โหลดสวิทช์ ทำให้ไม่สามารถขับอุปกรณ์ Relay ให้ทำงานพร้อมกัน 3 และ 4 Port ได้

- ตัวโมเด็ม หรือ IC Power Line Communication นั้นหายากและไม่มีจำหน่ายในประเทศไทยเลย ทำให้เกิดความล่าช้าในการสร้างในส่วนของตัว Interface

- ส่วนสถานที่การทดลองควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ข้ามเฟสได้นั้นมีน้อย และมีความเสี่ยงอันตรายสูง

5.4 แนวทางการพัฒนา และการปรับปรุง

- สามารถนำไปทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มากกว่าเดิมได้โดยใช้ IC ขยายพอร์ทของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีพอร์ทในการควบคุมอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้น

- โดยการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมา โดยให้สามารถตั้งเวลาการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าได้เพราะจะทำให้มีความคล่องตัวและมีความสะดวกสบายยิ่งขึ้น

- ทำการปรับปรุงภาคขยายสัญญาณในโมเด็มให้มี อัตราการขยายที่สูงขึ้น ซึ่งจะให้มีค่า Signal to Noise Ratio (SNR) มีค่าที่เพิ่มขึ้น สามารถทำให้ได้ระยะทางการส่งข้อมูลที่ไกลขึ้นกว่าเดิมได้

- ในส่วนของวงจร Load Switch อาจจะทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ Relay ที่ใช้แรงดันน้อยลง หรืออาจจะใช้ Power Supply ที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้นเพื่อทำให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้พร้อมกันหลายๆตัวได้อย่างไม่เกิดปัญหา

การประยุกต์ใช้งานเราสามารถนำไปประยุกต์ใช้ควบคุมเป็นระบบบ้านอัตโนมัติ (Home Automation) คือสามารถควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆทั่วภายในบ้าน ได้โดยไม่จำกัดเฉพาะเป็นหลอดไฟเท่านั้น โดยรับคำสั่งจากผู้ใช้จากคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นคนควบคุม ผ่านทางสายไฟฟ้าเอซี หรืออาจจะนำมาใช้เป็นอุปกรณ์วัดระดับสัญญาณไฟฟ้าเอซี หรือนำไปใช้พวกมาตรวัดมิเตอร์ต่างๆ ก็ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของ PIC16F628 ทางด้านส่ง

```

LIST P=16F628,W=-302
STATUS EQU 0x03
PORTA EQU 0x05
PORTE EQU 0x06
PIR1 EQU 0x0C
RCSTA EQU 0x18
TXREG EQU 0x19
RCREG EQU 0x1A
CMCON EQU 0x1F
TRISA EQU 0x85
TRISB EQU 0x86
TXSTA EQU 0x98
SPBRG EQU 0x99
TXIF EQU 4
BRGH EQU 2
RCIF EQU 5
Z EQU 2
CBLOCK 0x20
R0,R1,MY_ID,PART_ID,PART_COMMAND,RECEIVE_BYTE, ID, NUM, COMMAND,
RECEIVE_ID, TRANSMIT_ID, CODE_COMM, ID1, ID2, ID3, ID4, COMM1, COMM2, CO
MM3,
COMM4, COMM5, COMM6, TEMP1, PART_NUM
ENDC

__CONFIG 0x3F61
ORG 0x0000
MOVLW B'10101000'
MOVWF MY_ID
MOVLW B'01111000'
MOVWF PART_ID
MOVLW B'00000111'
MOVWF PART_COMMAND
MOVLW B'01100000'
MOVWF PART_NUM
MOVLW B'10100100'
MOVWF ID1
MOVLW B'10101000'
MOVWF ID2
MOVLW B'11000100'
MOVWF ID3
MOVLW B'11100100'
MOVWF ID4
MOVLW B'01000101'
MOVWF COMM1
MOVLW B'01000111'
MOVWF COMM2
MOVLW B'01011111'
MOVWF COMM3
MOVLW B'01001010'
MOVWF COMM4
MOVLW B'01001011'
MOVWF COMM5
MOVLW B'01011000'
MOVWF COMM6
MOVLW 0x07
MOVWF CMCON
BANKSEL TRISA
MOVLW B'11110000'

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้ภายในของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOVWF TRISA
MOVLW B'11111111'
MOVWF TRISB
BANKSEL TRISA ; Setting Baud Rate 1200
MOVLW .51
MOVWF SPBRG
MOVLW 0x20
MOVWF TXSTA
BANKSEL PORTA
MOVLW 0x90
MOVWF RCSTA

```

```

MASTER_SLAVE NOP
BTFSS PORTB,3
GOTO SLAVE
WAIT_CODE byte BTFSS PIR1,RCIF ;Receive code 1
GOTO WAIT_CODE
MOVWF RCREG
MOVWF RECEIVE_BYTE
ANDWF PART_ID,0
MOVWF ID
ANDWF PART_NUM,0
MOVWF NUM
MOVWF RECEIVE_BYTE
ANDWF PART_COMMAND,0
MOVWF COMMAND
CHECK_ID1 MOVLW 0x00 ;Check ID1
XORWF NUM,0
BTFSS STATUS,Z
GOTO CHECK_ID2
MOVWF ID1
MOVWF RECEIVE_ID
GOTO NEXT1
CHECK_ID2 MOVLW 0x20 ;Check ID2
XORWF NUM,0
BTFSS STATUS,Z
GOTO CHECK_ID3
MOVWF ID2
MOVWF RECEIVE_ID
GOTO NEXT1
CHECK_ID3 MOVLW 0x40 ;Check ID3
XORWF NUM,0
BTFSS STATUS,Z
GOTO CHECK_ID4
MOVWF ID3
MOVWF RECEIVE_ID
GOTO NEXT1
CHECK_ID4 MOVLW 0x60 ;Check ID4
XORWF NUM,0
BTFSS STATUS,Z
GOTO WAIT_CODE
MOVWF ID4
MOVWF RECEIVE_ID
NEXT1 MOVLW 0x18
ANDWF ID,0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOVWF    TEMP1
RRF      TEMP1,1
RRF      TEMP1,1
RRF      TEMP1,0
CHECK_COMM1  IORWF    RECEIVE_ID,1
MOVWLW   0x01
XORWF    COMMAND,0
BTFSS    STATUS,Z
GOTO     CHECK_COMM2
MOVFW    COMM1
MOVWF    CODE_COMM
CHECK_COMM2  GOTO     NEXT2
MOVLW   0x02
XORWF    COMMAND,0
BTFSS    STATUS,Z
GOTO     CHECK_COMM3
MOVFW    COMM2
MOVWF    CODE_COMM
CHECK_COMM3  GOTO     NEXT2
MOVLW   0x03
XORWF    COMMAND,0
BTFSS    STATUS,Z
GOTO     WAIT_CODE
MOVFW    COMM3
MOVWF    CODE_COMM
NEXT2       GOTO     NEXT2
MOVFW    MY_ID
MOVWF    TRANSMIT_ID
BTFSS    RECEIVE_BYTE,7
GOTO     NEXT3
MOVLW   B'11111111'
CALL     SEND_CODE
BCF      RECEIVE_ID,7
MOVFW    RECEIVE_ID
CALL     SEND_CODE
MOVFW    TRANSMIT_ID
CALL     SEND_CODE
MOVFW    CODE_COMM
CALL     SEND_CODE
GOTO     WAIT_CODE
NEXT3       MOVFW    RECEIVE_ID
CALL     SEND_CODE
CALL     DELAY_1MS
MOVFW    TRANSMIT_ID
CALL     SEND_CODE
CALL     DELAY_1MS
MOVFW    CODE_COMM
CALL     SEND_CODE
GOTO     WAIT_CODE
SLAVE       BTFSS    PIR1,RCIF
GOTO     SLAVE
MOVFW    RCREG
CALL     SEND_CODE
GOTO     SLAVE
DATACOM    BTFSS    PIR1,RCIF
GOTO     DATACOM
MOVFW    RCREG
MOVWF    RECEIVE_BYTE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อ... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

XORLW      0x04
BTFSC      STATUS, Z
GOTO       WAIT_CODE
MOVWF      DATACOM

DELAY_1MS   MOVLW      .3
            MOVWF      R1
DEL2        MOVLW      109
            MOVWF      R0
            NOP
DEL1        DECFSZ     R0
            GOTO       DEL1
            DECFSZ     R1
            GOTO       DEL2
            RETURN

SEND_CODE   BTFSS      PIR1, TXIF
            GOTO       $-1
            MOVWF      TXREG
            RETURN
            END

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของ PIC16F628 ทางด้านรับ

```

LIST          P=16F628,W=-302
STATUS       EQU    0x03
PORTA       EQU    0x05
PORTB       EQU    0x06
PIR1        EQU    0x0C
RCSTA       EQU    0x18
TXREG       EQU    0x19
RCREG       EQU    0x1A
CMCON       EQU    0x1F
TRISA       EQU    0x85
TRISB       EQU    0x86
TXSTA       EQU    0x98
SPBRG       EQU    0x99
TXIF        EQU    4
BRGH        EQU    2
RCIF        EQU    5
Z           EQU    2
CBLOCK      0x20
R0,R1,MY_ID,RECEIVE_ID,TRANSMIT_ID,ID1,ID2,ID3,ID4,COMMAND,COMM
1,COMM2,
COMM3,STA_ID1,STA_ID2,STA_ID3,STA_ID4,RECEIVED_BYTE
ENDC

__CONFIG    0x3F61
ORG         0x0000
MOVLW      .7
MOVWF      CMCON
BANKSEL    TRISA
MOVLW      B'11110000'
MOVWF      TRISA
MOVLW      B'11111111'
MOVWF      TRISB
MOVLW      .51
MOVWF      SPBRG
MOVLW      0x20
MOVWF      TXSTA
BANKSEL    PORTA
MOVLW      B'11110000'
MOVWF      PORTA
MOVLW      0x90
MOVWF      RCSTA
MOVLW      B'00100100'
MOVWF      MY_ID
MOVLW      B'00000000'
MOVWF      ID1
MOVLW      B'00000001'
MOVWF      ID2
MOVLW      B'00000010'
MOVWF      ID3
MOVLW      B'00000011'
MOVWF      ID4
MOVLW      B'00000011'
MOVWF      RECEIVE_ID
MOVLW      B'01010101'
MOVWF      STA_ID1
MOVLW      B'01010101'
MOVWF      STA_ID2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

SEND_DATA    BTFSS    PIR1, TXIF
              GOTO    $-1
              MOVWF   TXREG
              RETURN

CMD1         MOVLW    B'00000011'
              MOVWF   RECEIVE_ID
              MOVFW   RECEIVED_BYTE
              ANDWF   RECEIVE_ID, 1
              MOVFW   RECEIVE_ID
              XORWF   ID1, 0
              BTFSS  STATUS, Z
              GOTO    CHECK1_ID2
              BANKSEL PORTA
              BCF     PORTA, 0

CHK11       BTFSC   RECEIVED_BYTE, 7
              GOTO   ST11
              CALL   DELAY_1MS
              CALL   DELAY_1MS
              MOVLW  B'11111111'
              CALL   SEND_DATA
              CALL   DELAY_1MS
              CALL   DELAY_1MS
              MOVFW  TRANSMIT_ID
              CALL   SEND_DATA
              CALL   DELAY_1MS
              CALL   DELAY_1MS
              MOVFW  RECEIVED_BYTE
              CALL   SEND_DATA
              CALL   DELAY_1MS
              CALL   DELAY_1MS
              MOVLW  B'01010101'
              MOVWF  STA_ID1
              CALL   SEND_DATA
              RETURN

CHECK1_ID2  MOVFW   RECEIVE_ID
              XORWF  ID2, 0
              BTFSS STATUS, Z
              GOTO  CHECK1_ID3
              BANKSEL PORTA
              BCF   PORTA, 1
              MOVLW B'01010101'
              MOVWF STA_ID2

CHK12       BTFSC   RECEIVED_BYTE, 7
              GOTO   ST12
              CALL   DELAY_1MS
              CALL   DELAY_1MS
              MOVLW  B'11111111'
              CALL   SEND_DATA
              CALL   DELAY_1MS
              CALL   DELAY_1MS
              MOVFW  TRANSMIT_ID
              CALL   SEND_DATA
              CALL   DELAY_1MS
              CALL   DELAY_1MS
              MOVFW  RECEIVED_BYTE
              CALL   SEND_DATA
              CALL   SEND_DATA
              CALL   DELAY_1MS
              CALL   DELAY_1MS
              MOVFW  STA_ID2
              CALL   SEND_DATA

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CHECK1_ID3      RETURN
                MOVFW    RECEIVE_ID
                XORWF    ID3, 0
                BTFS    STATUS, Z
                GOTO    CHECK1_ID4
                BANKSEL PORTA
                BCF     PORTA, 2
                MOVLW   B'01010101'
                MOVWF   STA_ID3
CHK13           BTFS    RECEIVED_BYTE, 7
                GOTO    ST13
                CALL    DELAY_1MS
                CALL    DELAY_1MS
                MOVLW   B'11111111'
                CALL    SEND_DATA
ST13           CALL    DELAY_1MS
                CALL    DELAY_1MS
                MOVFW   TRANSMIT_ID
                CALL    SEND_DATA
                CALL    DELAY_1MS
                CALL    DELAY_1MS
                MOVFW   RECEIVED_BYTE
                CALL    SEND_DATA
                CALL    DELAY_1MS
                CALL    DELAY_1MS
                MOVFW   STA_ID3
                CALL    SEND_DATA
                RETURN
CHECK1_ID4      MOVFW    RECEIVE_ID
                XORWF    ID4, 0
                BTFS    STATUS, Z
                GOTO    WAIT_CODE1
                BANKSEL PORTA
                BCF     PORTA, 3
                MOVLW   B'01010101'
                MOVWF   STA_ID4
CHK14           BTFS    RECEIVED_BYTE, 7
                GOTO    ST14
                CALL    DELAY_1MS
                CALL    DELAY_1MS
                MOVLW   B'11111111'
                CALL    SEND_DATA
ST14           CALL    DELAY_1MS
                CALL    DELAY_1MS
                MOVFW   TRANSMIT_ID
                CALL    SEND_DATA
                CALL    DELAY_1MS
                CALL    DELAY_1MS
                MOVFW   RECEIVED_BYTE
                CALL    SEND_DATA
                CALL    DELAY_1MS
                CALL    DELAY_1MS
                MOVFW   STA_ID4
                CALL    SEND_DATA
                RETURN
CMD2           MOVLW   B'00000011'
                MOVWF   RECEIVE_ID
                MOVFW   RECEIVED_BYTE
                ANDWF   RECEIVE_ID, 1
                MOVFW   RECEIVE_ID

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

XORWF      ID1, 0
BTFSS     STATUS, Z
GOTO      CHECK2_ID2
BANKSEL   PORTA
BSF       PORTA, 0

CHK21     BTFSC     RECEIVED_BYTE, 7
          GOTO      ST21
          CALL     DELAY_1MS
          CALL     DELAY_1MS
          MOVLW    B'11111111'
          CALL     SEND_DATA
ST21      CALL     DELAY_1MS
          CALL     DELAY_1MS
          MOVFW    TRANSMIT_ID
          CALL     SEND_DATA
          CALL     DELAY_1MS
          CALL     DELAY_1MS
          MOVFW    RECEIVED_BYTE
          CALL     SEND_DATA
          CALL     DELAY_1MS
          CALL     DELAY_1MS
          MOVLW    B'01010111'
          MOVWF   STA_ID1
          CALL     SEND_DATA
          RETURN
CHECK2_ID2 MOVFW    RECEIVE_ID
          XORWF   ID2, 0
          BTFSS  STATUS, Z
          GOTO   CHECK2_ID3
          BANKSEL PORTA
          BSF    PORTA, 1
          MOVLW  B'01010111'
          MOVWF  STA_ID2

CHK22     BTFSC     RECEIVED_BYTE, 7
          GOTO      ST22
          CALL     DELAY_1MS
          CALL     DELAY_1MS
          MOVLW    B'11111111'
          CALL     SEND_DATA
ST22      CALL     DELAY_1MS
          CALL     DELAY_1MS
          MOVFW    TRANSMIT_ID
          CALL     SEND_DATA
          CALL     DELAY_1MS
          CALL     DELAY_1MS
          MOVFW    RECEIVED_BYTE
          CALL     SEND_DATA
          CALL     DELAY_1MS
          CALL     DELAY_1MS
          MOVFW    STA_ID2
          CALL     SEND_DATA
          RETURN
CHECK2_ID3 MOVFW    RECEIVE_ID
          XORWF   ID3, 0
          BTFSS  STATUS, Z
          GOTO   CHECK2_ID4
          BANKSEL PORTA
          BSF    PORTA, 2
          MOVLW  B'01010111'

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOVWF          STA_ID3

CHK23          BTFSC          RECEIVED_BYTE, 7
               GOTO          ST23
               CALL          DELAY_1MS
               CALL          DELAY_1MS
               MOVLW         B'11111111'
               CALL          SEND_DATA
ST23           CALL          DELAY_1MS
               CALL          DELAY_1MS
               MOVFW         TRANSMIT_ID
               CALL          SEND_DATA
               CALL          DELAY_1MS
               CALL          DELAY_1MS
               MOVFW         RECEIVED_BYTE
               CALL          SEND_DATA
               CALL          DELAY_1MS
               CALL          DELAY_1MS
               MOVFW         STA_ID3
               CALL          SEND_DATA
               RETURN

CHECK2_ID4     MOVFW         RECEIVE_ID
               XORWF         ID4, 0
               BTFSS         STATUS, Z
               GOTO          WAIT_CODE1
               BANKSEL       PORTA
               BSF           PORTA, 3
               MOVLW         B'01010111'
               MOVWF         STA_ID4
CHK24          BTFSC          RECEIVED_BYTE, 7
               GOTO          ST24
               CALL          DELAY_1MS
               CALL          DELAY_1MS
               MOVLW         B'11111111'
               CALL          SEND_DATA
ST24           CALL          DELAY_1MS
               CALL          DELAY_1MS
               MOVFW         TRANSMIT_ID
               CALL          SEND_DATA
               CALL          DELAY_1MS
               CALL          DELAY_1MS
               MOVFW         RECEIVED_BYTE
               CALL          SEND_DATA
               CALL          DELAY_1MS
               CALL          DELAY_1MS
               MOVFW         STA_ID4
               CALL          SEND_DATA
               RETURN

CMD3           MOVLW         B'00000011'
               MOVWF         RECEIVE_ID
               MOVFW         RECEIVED_BYTE
               ANDWF         RECEIVE_ID, 1
               MOVFW         RECEIVE_ID
               XORWF         ID1, 0
               BTFSS         STATUS, Z
               GOTO          CHECK3_ID2
CHK31         BTFSC          RECEIVED_BYTE, 7
               GOTO          ST31
               CALL          DELAY_1MS
               CALL          DELAY_1MS

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ST31      MOVLW      B'11111111'
          CALL      SEND_DATA
          CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVFW     TRANSMIT_ID
          CALL      SEND_DATA
          CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVFW     RECEIVED_BYTE
          CALL      SEND_DATA
          CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVFW     STA_ID1
          CALL      SEND_DATA
          RETURN

CHECK3_ID2  MOVFW     RECEIVE_ID
          XORWF     ID2, 0
          BTFSS    STATUS, Z
CHK32     GOTO     CHECK3_ID3
          BTFSC    RECEIVED_BYTE, 7
          GOTO     ST32
          CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVLW     B'11111111'
          CALL      SEND_DATA

ST32     CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVFW     TRANSMIT_ID
          CALL      SEND_DATA
          CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVFW     RECEIVED_BYTE
          CALL      SEND_DATA
          CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVFW     STA_ID2
          CALL      SEND_DATA
          RETURN

CHECK3_ID3  MOVFW     RECEIVE_ID
          XORWF     ID3, 0
          BTFSS    STATUS, Z
CHK33     GOTO     CHECK3_ID4
          BTFSC    RECEIVED_BYTE, 7
          GOTO     ST33
          CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVLW     B'11111111'
          CALL      SEND_DATA
ST33     CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVFW     TRANSMIT_ID
          CALL      SEND_DATA
          CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVFW     RECEIVED_BYTE
          CALL      SEND_DATA
          CALL      DELAY_1MS
          CALL      DELAY_1MS
          MOVFW     STA_ID3
          CALL      SEND_DATA

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	RETURN	
CHECK3_ID4	MOVFW	RECEIVE_ID
	XORWF	ID4, 0
	BTSS	STATUS, Z
	RETURN	
CHK34	BTFS	RECEIVED_BYTE, 7
	GOTO	ST34
	CALL	DELAY_1MS
	CALL	DELAY_1MS
	MOVLW	B'11111111'
	CALL	SEND_DATA
ST34	CALL	DELAY_1MS
	CALL	DELAY_1MS
	MOVFW	TRANSMIT_ID
	CALL	SEND_DATA
	CALL	DELAY_1MS
	CALL	DELAY_1MS
	MOVFW	RECEIVED_BYTE
	CALL	SEND_DATA
	CALL	DELAY_1MS
	CALL	DELAY_1MS
	MOVFW	STA_ID4
	CALL	SEND_DATA
	RETURN	
DELAY_1MS	MOVLW	.3
DEL2	MOVWF	R1
	MOVLW	.109
	MOVWF	R0
	NOP	
DEL1	DECFSZ	R0
	GOTO	DEL1
	DECFSZ	R1
	GOTO	DEL2
	RETURN	
	END	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของ PIC16F628 ที่ทำหน้าที่เป็น Repeater ข้ามเฟส

```

LIST          P=16F628,W=-302
STATUS       EQU    0x03
PORTA        EQU    0x05
PORTB        EQU    0x06
PIR1         EQU    0x0C
RCSTA        EQU    0x18
TXREG        EQU    0x19
RCREG        EQU    0x1A
CMCON        EQU    0x1F
TRISA        EQU    0x85
TRISB        EQU    0x86
TXSTA        EQU    0x98
SPBRG        EQU    0x99
TXIF         EQU    4
BRGH         EQU    2
RCIF         EQU    5
Z            EQU    2
CBLOCK      0x20
            R0,R1,MY_ID,RECEIVE_ID,TRANSMIT_ID,COMMAND
ENDC

__CONFIG    0x3F61
ORG         0x0000
MOVLW      0x07
MOVWF      CMCON
BANKSEL    TRISA
MOVLW      B'11110000'
MOVWF      TRISA
MOVLW      B'11111111'
MOVWF      TRISB
MOVLW      .51
MOVWF      SPBRG
MOVLW      0x20
MOVWF      TXSTA
BANKSEL    PORTA
MOVLW      0x90
MOVWF      RCSTA
MOVLW      B'11111111'
MOVWF      MY_ID
WAIT_CODE1 BTFFS      PIR1,RCIF
            GOTO      WAIT_CODE1
            MOVFW     RCREG
            XORWF     MY_ID,0
            BTFFS     STATUS,Z
            GOTO      WAIT_CODE1
WAIT_CODE2 BTFFS      PIR1,RCIF
            GOTO      WAIT_CODE2
            MOVFW     RCREG
            MOVWF     RECEIVE_ID
WAIT_CODE3 BTFFS      PIR1,RCIF
            GOTO      WAIT_CODE3
            MOVFW     RCREG
            MOVWF     TRANSMIT_ID
WAIT_CODE4 BTFFS      PIR1,RCIF
            GOTO      WAIT_CODE4
            MOVFW     RCREG
            MOVWF     COMMAND
SEND_ALLPHASE CALL    DELAY_1MS
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALL      DELAY_1MS
MOVFW    RECEIVE_ID
CALL     SEND_DATA
CALL     DELAY_1MS
CALL     DELAY_1MS
MOVFW    TRANSMIT_ID
CALL     SEND_DATA
CALL     DELAY_1MS
CALL     DELAY_1MS
MOVFW    COMMAND
CALL     SEND_DATA
GOTO     WAIT_CODE1
DELAY_1MS  MOVLW    .3
          MOVWF   R1
DEL2      MOVLW    .109
          MOVWF   R0
          NOP
DEL1      DECFSZ  R0
          GOTO   DEL1
          DECFSZ  R1
          GOTO   DEL2
          RETURN
SEND_DATA BTFSS   PIR1, TXIF
          GOTO   $-1
          MOVWF  TXREG
          RETURN
          END

```



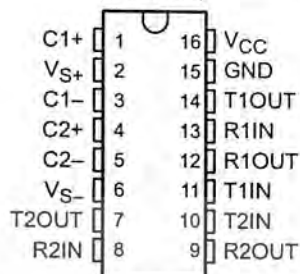
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 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.

ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
		Tape and reel	MAX232DWR	
SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232	
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube	MAX232ID	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



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 is a trademark of Texas Instruments.

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.

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

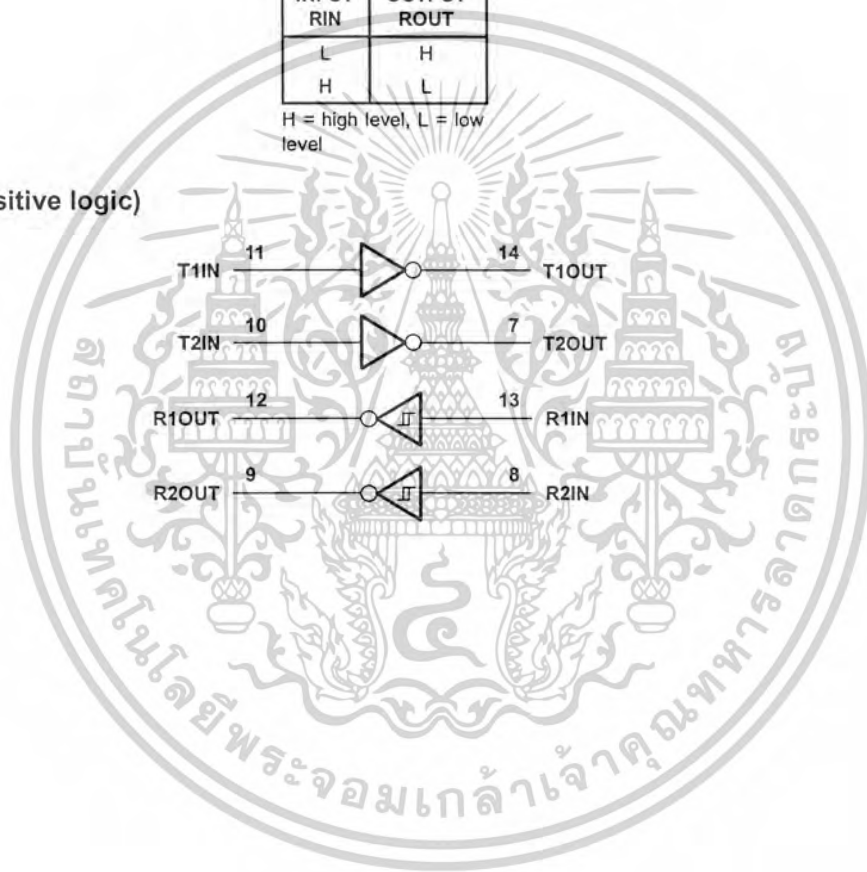
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

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

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	.....	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}$	.....	V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	.....	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	.....	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	.....	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	.....	73°C/W
DW package	.....	57°C/W
N package	.....	67°C/W
NS package	.....	64°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	.....	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	.....	-65°C to 150°C

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

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

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

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

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT	
I_{CC}	Supply current			8	10	mA

† All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232, MAX232I

DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047I - FEBRUARY 1989 - REVISED OCTOBER 2002

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT R _L = 3 kΩ to GND	5	7		V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT R _L = 3 kΩ to GND		-7	-5	V
r _o	Output resistance	T1OUT, T2OUT V _{S+} = V _{S-} = 0, V _O = ±2 V	300			Ω
I _{OS} §	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT V _{CC} = 5.5 V, V _O = 0		±10		mA
I _{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN V _I = 0			200	μA

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Driver slew rate	R _L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/μs
SR(t)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/μs
	Data rate	One TOUT switching		120		kbit/s

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	R1OUT, R2OUT I _{OH} = -1 mA	3.5			V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	R1OUT, R2OUT I _{OL} = 3.2 mA			0.4	V
V _{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C		1.7	2.4	V
V _{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C	0.8	1.2		V
V _{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V	0.2	0.5	1	V
r _i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN V _{CC} = 5, T _A = 25°C	3	5	7	kΩ

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3 and Figure 1)

PARAMETER		TYP	UNIT
t _{PLH(R)}	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	500	ns
t _{PHL(R)}	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	500	ns

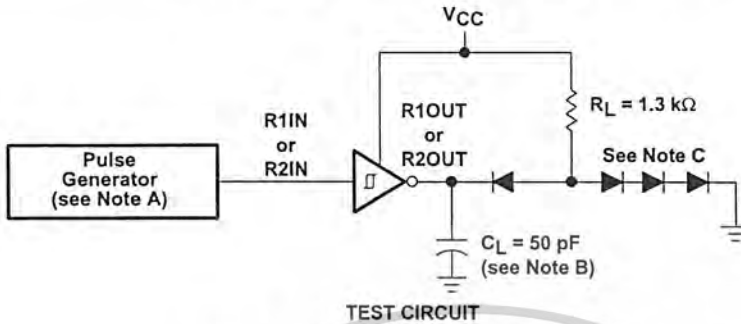
NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.



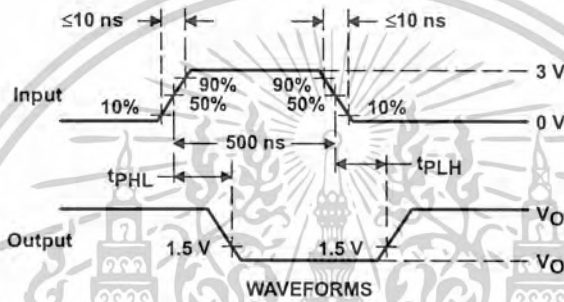
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT



WAVEFORMS

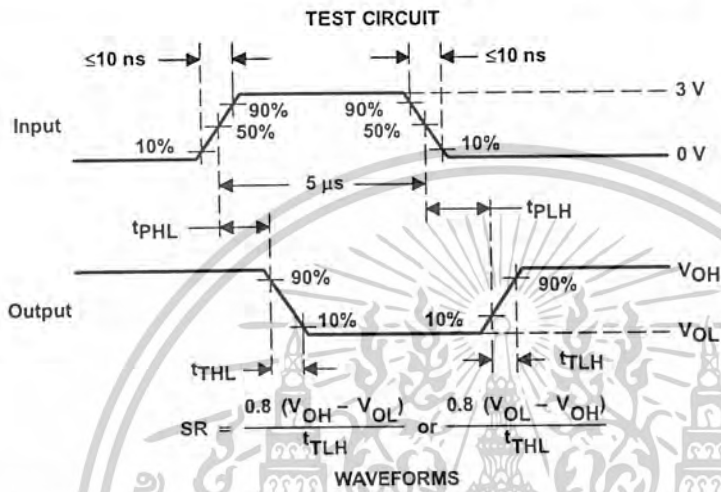
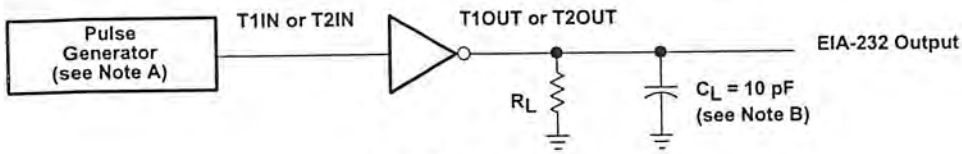
- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_0 = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

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

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

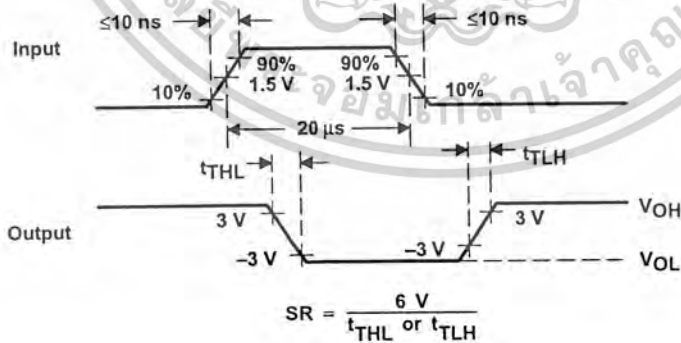
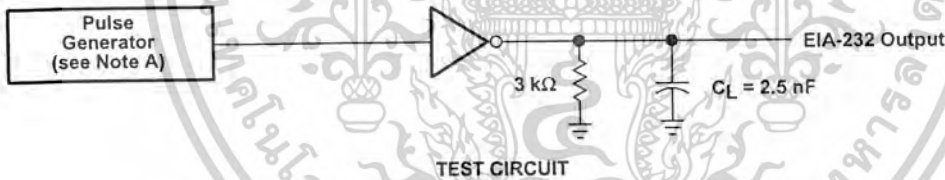
SLLS0471 - FEBRUARY 1989 - REVISED OCTOBER 2002

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements (5- μ s Input)



- NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for t_{THL} and t_{TLH} Measurements (20- μ s Input)

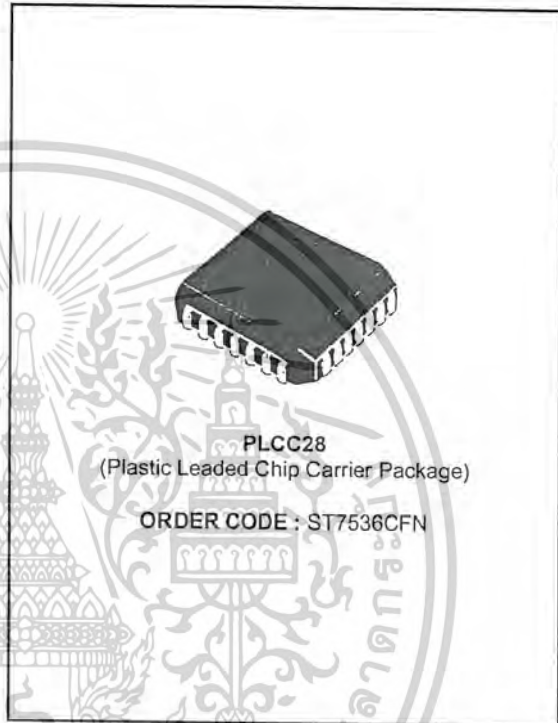


POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

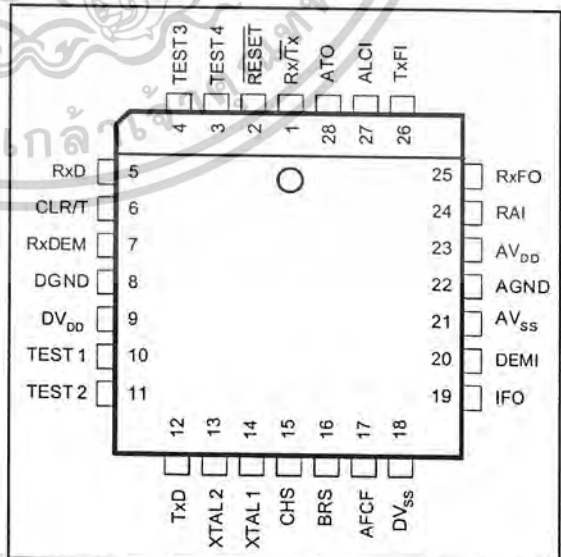


POWER LINE MODEM

- 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: 2mVRMS (600bps)
3mVRMS (1200bps)
- Rx CLOCK RECOVERY
- POWER-DOWN MODE
- SUITABLE TO APPLICATION IN ACCORDANCE WITH DH028/29 ENEL, EN50065-1, CENELEC AND FCC SPECIFICATIONS



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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN DESCRIPTION

Pin Number	Name	Type	Description
1	Rx/Tx	Digital	Rx or Tx mode selection input
2	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	RxD _{EM}	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.TEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 2 μ s 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

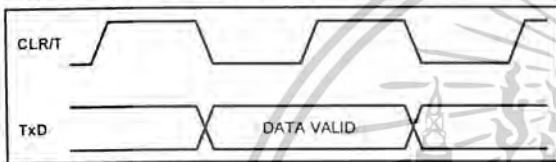


Table 1

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.

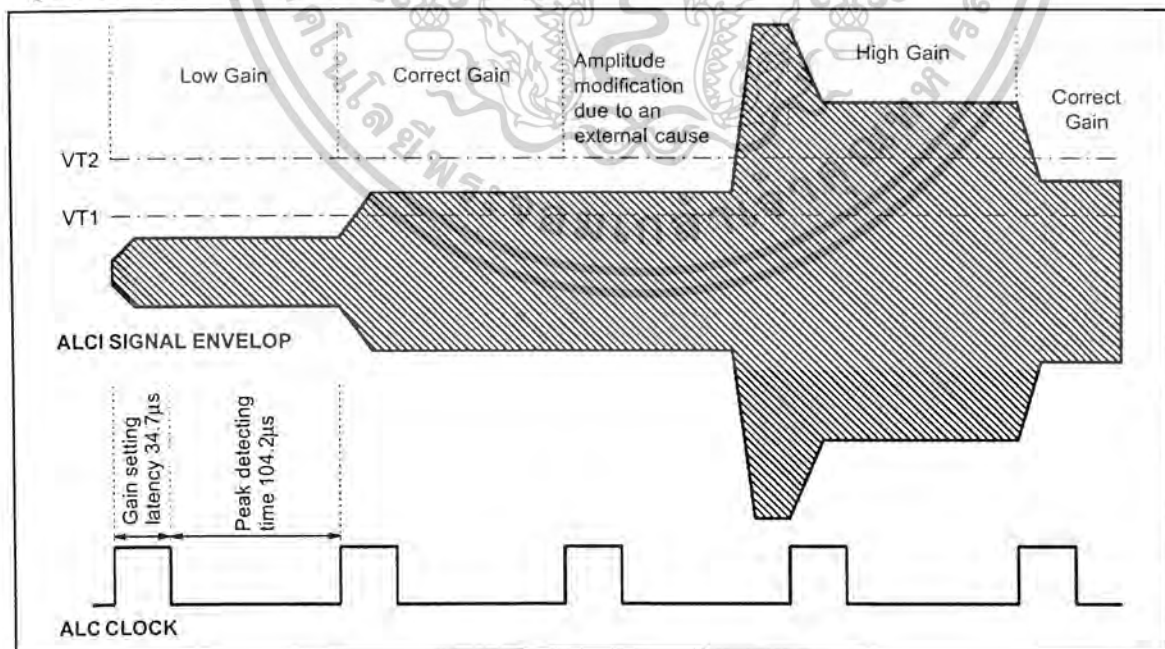
The output stage of the Tx path consists of an Automatic Level Control (ALC) system which keeps the output signal (ATO) amplitude independent of the line impedance variations. This ALC is a variable gain system (with 32 discrete values) controlled by an analog feed-back signal ALCI (see Figure 2).

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 34.7 μ s gain settling latency and a 104.2 μ s 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).

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

Figure 2 : Automatic Level Control Timing Chart



FUNCTIONAL DESCRIPTION (continued)

2 - Receive Section

The receive section is active when $Rx/Tx = 1$.

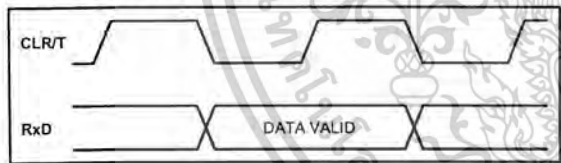
The baud rate and channel selection is also made according to Table 1.

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 ($1\mu F \pm 10\%$, 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 (Rx/D) on the positive edge of CLR/T.

Figure 3 : Rx Data Output Timing



3 - Additional Digital and Analog Functions

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

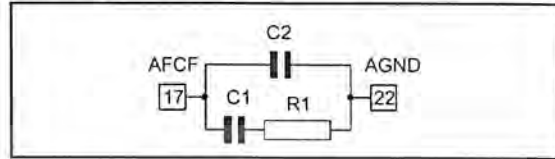
When $\overline{RESET} = 0$, the device is in power-down mode and all the internal logic is reset. When $\overline{RESET} = 1$, the device is active.

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 $22pF \pm 10\%$ 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 ($470nF \pm 10\%$, 10V), C2

($47nF \pm 10\%$, 10V) and R1 ($1.5k\Omega \pm 5\%$) connected to pin AFCF.

Figure 4 : Automatic Frequency Loop Filter



4 - Testing Features

- An additional 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 deactivated and the functional mode of the circuit is controlled by Rx/Tx as follow : when $Rx/Tx = 0$ the circuit is transmitting continuously, when $Rx/Tx = 1$ 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 Rx/D 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 (AVDD, DVDD, 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 $2.2\mu F$ 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.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
AV_{DD}/DV_{DD}	Positive Supply Voltage (1)	-0.3, +7	V
AV_{SS}/DV_{SS}	Negative Supply Voltage (1)	-7, +0.3	V
$V_{AGND/DGND}$	Voltage between AGND and DGND	-0.3, +0.3	V
V_I	Digital Input Voltage	DGND-0.3, $DV_{DD}+0.3$	V
V_O	Digital Output Voltage	DGND-0.3, $DV_{DD}+0.3$	V
I_O	Digital Output Current	-5, +5	mA
V_i	Analog Input Voltage	$AV_{SS}-0.3, AV_{DD}+0.3$	V
V_o	Analog Output Voltage	$AV_{SS}-0.3, AV_{DD}+0.3$	V
I_o	Analog Output Current	-5, +5	mA
P_D	Power Dissipation	500	mW
T_{oper}	Operating Temperature	- 25, + 70	°C
T_{stg}	Storage Temperature	- 65, + 150	°C

Notes : 1. The voltages are referenced to AGND and DGND.

2. Latch-up problems can be overcome with 2 reverse biased schottky diodes connected respectively between A/DV_{DD} & $A/DGND$ and A/DV_{SS} & $A/DGND$.

3. Absolute maximum ratings are values beyond which damage to device may occur. Functional operation under these conditions is not implied.

GENERAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The test conditions are $A/DV_{DD} = +5V, A/DV_{SS} = -5V, A/DGND = 0V,$

$T_{amb} = -10$ to $70^{\circ}C$ unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
AV_{DD}/DV_{DD}	Positive Supply Voltage		4.75	5	5.25	V
AV_{SS}/DV_{SS}	Negative Supply Voltage		-5.25	-5	-4.75	V
$AI_{DD} + DI_{DD}$	Positive Supply Current in Tx Mode	$\overline{RESET} = 1, RX/\overline{Tx} = 0$		30	35	mA
$AI_{DD} + DI_{DD}$	Positive Supply Current in Rx Mode	$\overline{RESET} = 1, RX/\overline{Tx} = 1$		29	34	mA
$AI_{SS} + DI_{SS}$	Negative Supply Current in Tx Mode	$\overline{RESET} = 1, RX/\overline{Tx} = 0$	- 34	- 29		mA
$AI_{SS} + DI_{SS}$	Negative Supply Current in Rx Mode	$\overline{RESET} = 1, RX/\overline{Tx} = 1$	- 33	- 28		mA
$AI_{DD} + DI_{DD}$	Positive Power-down Current	$\overline{RESET} = 0, RX/\overline{Tx} = 1$			1.2	mA
$AI_{SS} + DI_{SS}$	Negative Power-down Current	$\overline{RESET} = 0, RX/\overline{Tx} = 1$ $XTAL1 = 1$	- 1.2			mA
V_{IH}	High Level Input Voltage	Digital inputs except XTAL1	2.2			V
V_{IL}	Low Level Input Voltage	Digital inputs			0.8	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	Digital outputs, $I_{OH} = -400\mu A$	2.4			V
V_{OL}	Low Level Output Voltage	Digital outputs, $I_{OL} = 1.6mA$			0.4	V
V_{IH}	High Level Input Voltage	XTAL1 input	3.6			V
DC	XTAL1 Clock Duty Cycle	External clock	40		60	%

TRANSMITTER ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The test conditions are $A/DV_{DD} = +5V$, $A/DGND = 0V$, $A/DV_{SS} = -5V$,
 $T_{amb} = -10$ to $+70^{\circ}C$ unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{TAC}	Max Carrier Output AC Voltage	$R_L = 2k\Omega$, $V_{ALCI} < V_{T1}$	2.8	3.2	3.7	V_{PP}
HD2	Second Harmonic Distortion	$R_L = 2k\Omega$, $V_{ALCI} < V_{T1}$			0.32	%
FD	FSK Peak-to-peak Deviation	BRS = 0 BRS = 1		600 1200		Hz Hz
TRxTx	Carrier Activation Time	After Rx/Tx 1 \rightarrow 0 transition			1	ms
TALC	Carrier Stabilisation Time	ALC maximum settling time, 32 gain steps			5	ms
DRNG	ALC Dynamic Range		25	26	27	dB
VT1	ALC Low Threshold Voltage		1.81	1.87		V
VT2	ALC High Threshold Voltage			2.12	2.18	V
GST	ALC Gain Step			0.84		dB
PSRR1 PSRR2	Power supply rejection ratio on ATO (see Note 1)	$V_{IN} = 200mV_{PP}$, $f_{IN} = 50Hz$ on V_{DD} or V_{SS}	35 10			dB dB

Note 1 : This characteristic is guaranteed by correlation.

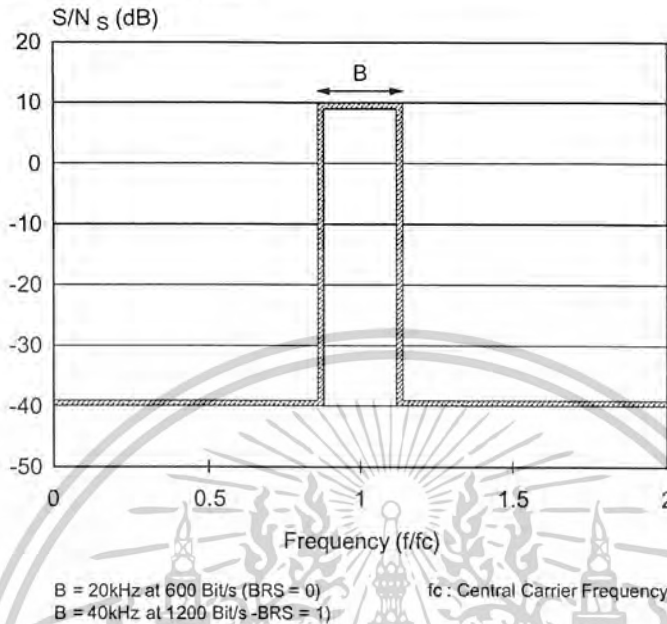
RECEIVER ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The test conditions are $A/DV_{DD} = +5V$, $A/DGND = 0V$, $A/DV_{SS} = -5V$,
 $T_{amb} = -10$ to $+70^{\circ}C$ unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{IN}	Maximum Input Signal				2	V_{RMS}
R_{IN}	Input Impedance		100			$k\Omega$
RCJ	Recovered Clock Jitter	Percentage of the nominal clock	- 5		+ 5	%
PSRR1 PSRR2	Power supply rejection ratio on RxFO (see Note 1)	$V_{IN} = 200mV_{PP}$, $f_{IN} = 50Hz$ on V_{DD} or V_{SS}	35 10			dB dB
V_{IN0} V_{IN1}	Rx sensitivity (see Note 1)	Typical measured BER $< 10^{-5}$ BRS = 0 BRS = 1			2 3	mV_{RMS}
BER1 BER2	Bit error rate at minimum Rx signal (see Note 1)	White Noise, S/N = 15dB RAI = $2mV_{RMS}$, BRS = 0 RAI = $3mV_{RMS}$, BRS = 1		$2 \cdot 10^{-5}$ $3 \cdot 10^{-4}$	10^{-3} 10^{-3}	
BER3	Bit error rate at maximum Rx signal (see Note 1)	RAI = $2V_{RMS}$, White Noise, S/N = 25dB		10^{-7}	10^{-3}	
BER4	Bit error rate at medium Rx signal (see Note 1)	RAI = $0.6V_{RMS}$, S/N = 15dB		10^{-6}	10^{-3}	
BER5	Bit error rate with impulsive noise (see Note 1)	RAI = $90mV_{RMS}$, N = $5V_{PP}$ pulse wave, f = 100Hz, duty cycle = 10%			10^{-3}	
BER6 BER7	Bit error rate with modulated sinusoidal noise N_s (see Note 1)	S + $N_s < 0.2V_{RMS}$, N_s = sine carrier with 80% AM modul., $f_m = 1kHz$, See Figure 5 $S_{min} = 2mV_{RMS}$, BRS = 0 $S_{min} = 3mV_{RMS}$, BRS = 1			10^{-3} 10^{-3}	

Note 1 : This characteristic is guaranteed by correlation

Figure 5 : S/N Mask for 80% AM Sine Noise



FILTER TEMPLATES

Frequency (kHz)	Test Conditions	Amplitude (dB)		
		Min.	Typ.	Max.

Frequency (kHz)	Test Conditions	Amplitude (dB)		
		Min.	Typ.	Max.

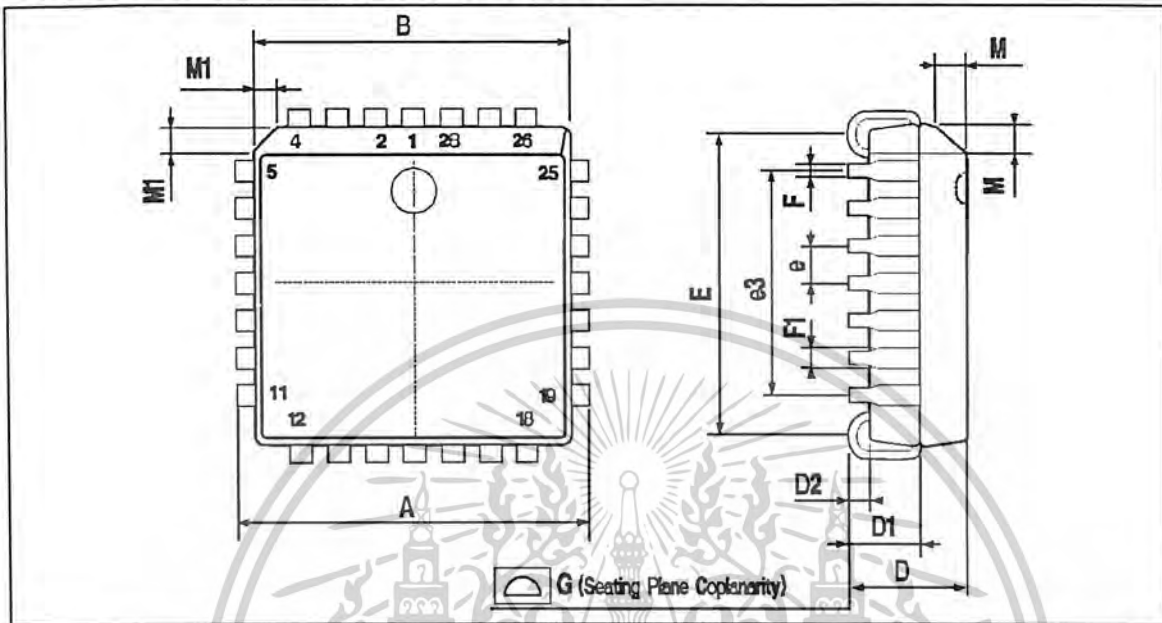
RECEIVE AND TRANSMIT FILTER

54	BRS = 0, CHS = 0			-35
79.05		-4	-3	-2
Ref 82.05			0	
85.05		-4	-3	-2
123	BRS = 0, CHS = 1			-35
44.4		-4	-3	-2
65		-4	-3	-2
Ref 67.46			0	
69.93	BRS = 1, CHS = 0	-4	-3	-2
101.13				-35
47.57		-4	-3	-2
69.64		-4	-3	-2
Ref 72.28	BRS = 1, CHS = 1			-35
74.92		-4	-3	-2
108.36				-35
57.08		-4	-3	-2
83.57	BRS = 1, CHS = 1			-35
Ref 86.74			0	
89.91		-4	-3	-2
130.03				-35

INTERMEDIATE FREQUENCY FILTER

1.2	BRS = 0			-35
2.15		-5	-3	-2
- Ref 2.7			0	
3.25		-5	-3	-2
5.8	BRS = 1			-35
2.4		-5	-3	-2
4.3		-5	-3	-2
Ref 5.4			0	
6.5	BRS = 1	-5	-3	-2
11.6				-35

PACKAGE MECHANICAL DATA
28 PINS - PLASTIC LEADED CHIP CARRIER (PLCC)



PMLCC28.EPS

Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A	12.32		12.57	0.485		0.495
B	11.43		11.58	0.450		0.456
D	4.2		4.57	0.165		0.180
D1	2.29		3.04	0.090		0.120
D2	0.51			0.020		
E	9.91		10.92	0.390		0.430
e		1.27			0.050	
e3		7.62			0.300	
F		0.46			0.018	
F1		0.71			0.028	
G			0.101			0.004
M		1.24			0.049	
M1		1.143			0.045	

PLCC28.TBL

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No licence is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 1998 STMicroelectronics - All Rights Reserved

Purchase of I²C Components of STMicroelectronics, conveys a license under the Philips I²C Patent. Rights to use these components in a I²C system, is granted provided that the system conforms to the I²C Standard Specifications as defined by Philips.

STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Mexico - Morocco - The Netherlands
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

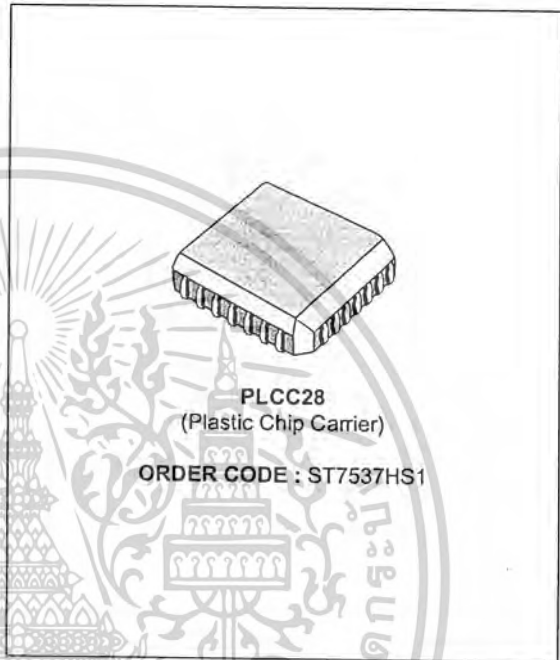
<http://www.st.com>



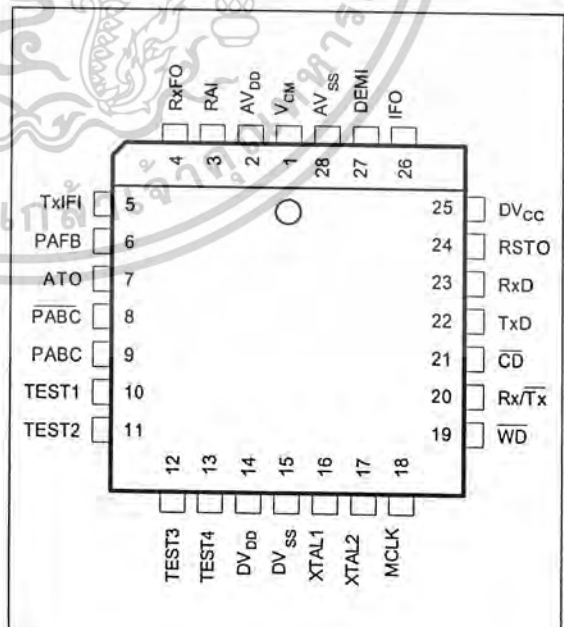
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HOME AUTOMATION MODEM

- HALF DUPLEX ASYNCHRONOUS 2400bps FSK MODEM
- Tx CARRIER FREQUENCY SYNTHESIZED FROM EXTERNAL CRYSTAL
- LOW DISTORTION Tx SIGNAL
- Rx SENSITIVITY BETTER THAN 1mV_{RMS}
- CARRIER DETECTION
- WATCH-DOG INPUT
- RESET AND MASTER CLOCK OUTPUTS FOR MICROCONTROLLER
- POWER AMPLIFIER BIAS CURRENT CONTROL (HIGH IMPEDANCE IN Rx MODE)
- SIMPLE AND ECONOMICAL APPLICATION SCHEMATICS
- COMPATIBLE WITH CENELEC EN 50065-1 AND FCC SPECIFICATION
- CARRIER DETECT CLAMPING ON Rx/D PROGRAMMABLE (ALLOWING DEMODULATION ON VERY LOW RECEIVE LEVEL, 1mV_{RMS} TYPICALLY)



PIN CONNECTIONS



DESCRIPTION

The ST7537HS1 is a half duplex asynchronous FSK MODEM designed for home automation communication on the domestic electric mains which complies with the EN 50065-1 CENELEC standard.

It mainly operates from a 10V power supply and a 5V power supply for the microcontroller digital interface.

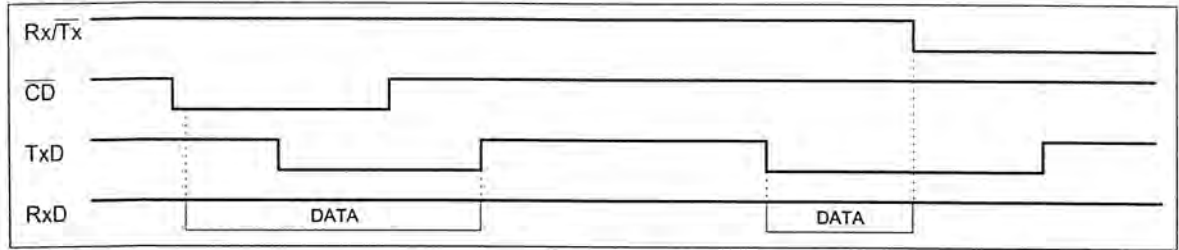
It is interfaced to the power line by an external driver, and a transformer (see Application Schematic Diagram). Its data transmission rate is 2400 bps and its carrier frequency is 132.45kHz.

PIN DESCRIPTION

Pin Name	Pin Number	Pin Type	Description
V _{CM}	1	Analog	Common Mode Voltage
AV _{DD}	2	Supply	Analog Power Supply : 10V ±5 %
RAI	3	Analog	Receive Analog Input
RxF _O	4	Analog	Receive Filter Output
TxF _I	5	Analog	Transmit and Intermediate Frequency Filters Test Input (mode TEST3)
PAF _B	6	Analog	Power Amplifier Feed-back Input
ATO	7	Analog	Analog Transmit Output
P _A BC	8	Digital (10V)	Power Amplifier Bias Current Control Complementary Output
P _B BC	9	Digital (10V)	Power Amplifier Bias Current Control Output
TEST1	10	Digital	Tx to Rx Automatic Mode Switching Control Input
TEST2	11	Digital	Automatic Mode Switching Time and Watch-dog Time Reduction Control Input
TEST3	12	Digital	TxF _I Selection Input
TEST4	13	Digital	Undelayed Reset Input
DV _{DD}	14	Supply	Digital Power Supply : 10V ±5%
DV _{SS}	15	Supply	Digital Ground : 0V
XTAL1	16	Digital (10V)	Crystal Oscillator Input
XTAL2	17	Digital (10V)	Crystal Oscillator Output
MCLK	18	Digital	Master Clock Output
WD	19	Digital	Watch-dog Input
Rx/Tx	20	Digital	Rx or Tx Mode Selection Input
CD	21	Digital	Carrier Detect Output
TxD	22	Digital	Transmit Data Input
RxD	23	Digital	Receive Data Output
RSTO	24	Digital	Reset Output
DV _{CC}	25	Supply	Digital Buffers Supply Voltage : 5V ±5 %
I _F O	26	Analog	Intermediate Frequency Filter Output
DEMI	27	Analog	Demodulator Input
AV _{SS}	28	Supply	Analog Ground : 0V

7537H-01.TBL

Figure 1 : Data Timing Chart



ADDITIONAL DIGITAL AND ANALOG FUNCTIONS

Time base

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 (22pF $\pm 10\%$, 10V) for proper operation.

Reset and watch-dog

The reset output (RSTO) is driven high when the supply voltage is lower than V_{rh} (typically 7.6V) with an hysteresis $V_{rh}-V_{rl}$ (typically 300mV) or when no negative transition occurs on the watch-dog input (WD) for more than 1.5 second (see the timing chart on Figure 2). When a reset occurs RSTO is held high for at least 50ms.

Signal detection

The Carrier Detect output (\overline{CD}) is driven low when the input signal amplitude on RAI is greater than V_{CD} for at least T_{CD} (typically 6ms see the timing chart on Figure 3). When the input signal disappears or becomes lower than V_{CD} , \overline{CD} is held low for at least T_{cd} before returning to a high level. V_{CD} is the carrier detection threshold voltage which is set internally to detect 5mV_{RMS} typically.

External power amplifier bias control

Two dedicated digital output (PABC and \overline{PABC}) delivering a signal between 0V and 10V are driven

low respectively high, when the circuit is set in the receive mode ($Rx/Tx=1$) or when the transmit mode time out (1 second) is exceeded; in the same time the output ATO is put in a high impedance state.

TESTING FEATURES

- An additional amplifier allows the observation of the Rx band-pass filter output on pin RxFO.
- A direct input to the Tx band-pass filter and to the IF filter (TxIFI) is selected when TEST3 = 1.
- The 1 second normal duration of the Tx to Rx mode automatic switching is reduced to 488 μ s and the 1.5 second watch-dog time out is reduced to 46.3 μ s when TEST2 = 1.
- When TEST1 = 1 the Tx to Rx mode automatic switching is deactivated and the functional mode of the circuit is fully controlled by Rx/Tx.
- TEST4 is a reset input which allows an undelayed control of RSTO and of the internal state of the circuit.

POWER SUPPLIES WIRING PRECAUTIONS

The ST7537HS1 has two positive power supply terminals (AV_{DD} , DV_{DD}) and two ground terminals (AV_{SS} , DV_{SS}) in order to separate internal analog and digital supplies. The analog and digital terminals of each supply pair must be connected together externally for proper operation.

The V_{DD} must be protected against short-circuit for proper operation.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
AV _{DD} /DV _{DD}	Supply Voltage (1)	- 0.3, + 12	V
V _I	Digital Input Voltage	DV _{SS} - 0.3, DV _{DD} + 0.3	V
V _O	Digital Output Voltage (microcontroller interface)	DV _{SS} - 0.3, DV _{CC} + 0.3	V
V _O	Digital Output Voltage (PABC and PABC)	DV _{SS} - 0.3, DV _{DD} + 0.3	V
I _O	Digital Output Current	- 5, + 5	mA
V _I	Analog Input Voltage	AV _{SS} - 0.3, AV _{DD} + 0.3	V
V _O	Analog Output Voltage	AV _{SS} - 0.3, AV _{DD} + 0.3	V
I _O	Analog Output Current	- 5, + 5	mA
P _D	Power Dissipation	500	mW
T _{oper}	Operating Temperature	0, + 70	°C
T _{stg}	Storage Temperature	- 55, + 150	°C

- Notes : 1. The voltages are referenced to AV_{SS} and DV_{SS}.
2. Absolute maximum ratings are values beyond which damage to device may occur. Functional operation under these conditions is not implied.

GENERAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(A/DV_{DD} = 10V, A/DV_{SS} = 0V, DV_{CC} = 5V and 0°C ≤ T_{amb} ≤ 70°C, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
AV _{DD} DV _{DD}	Supply Voltage		9.5	10	10.5	V
I _{DD} + I _{DD}	Supply Current			30		mA
DV _{CC}	Digital Output Supply Voltage		4.75		5.25	V
I _{CC}	Digital Output Supply Current			1.5		mA
V _{IH}	High Level Input Voltage	Digital Inputs	4.2			V
V _{IL}	Low Level Input Voltage	Digital Inputs			0.8	V
V _{OH}	High Level Output Voltage	I _{OH} = -100µA • Digital Outputs • Digital Outputs PABC and PABC	4.9 9.8			V V
V _{OL}	Low Level Output Voltage	I _{OL} = 100µA • Digital Outputs • Digital Outputs PABC and PABC			0.1 0.2	V V
DC	Duty Cycle	MCLK Output, C _L = 15pF	40		60	%

TRANSMITTER ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(A/DV_{DD} = 10V, A/DV_{SS} = 0V, DV_{CC} = 5V and 0°C ≤ T_{amb} ≤ 70°C, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
VTAC	Max Carrier Output AC Voltage	R _L = 5.6kΩ	0.8	1.0	1.3	V _{RMS}
HD2	Second Harmonic Distortion	R _L (AV _{SS}) = 5.6kΩ		- 50		dB
HD3	Third Harmonic Distortion	R(ATO, PAFB) = 1kΩ		- 60		dB
FD	FSK Peak-to-peak Deviation			1200		Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECEIVER ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(A/DV_{DD} = 10V, A/DV_{SS} = 0V, DV_{CC} = 5V and 0°C ≤ T_{amb} ≤ 70°C, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _{IN}	Input Sensitivity			1	10	mV _{RMS}
V _{IN}	Maximum Input Signal				2	V _{RMS}
R _{IN}	Input Impedance		15			kΩ
GR _x	Receive Gain	f = 132.45kHz		20		dB
BER	Bit Error Rate (1)	S/N = 15dB, S = 10mV _{RMS} , N : white		10 ⁻⁵	10 ⁻³	
t _{DEM}	Demodulation Time	Alternate 0, 1 sequence		3		T bit
V _{CD}	Carrier Detection Level	f = 132.45kHz, sine wave		5	10	mV _{RMS}

Note 1 : This parameter is guaranteed by correlation

ADDITIONAL DIGITAL AND ANALOG FUNCTIONS ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(A/DV_{DD} = 10V, A/DV_{SS} = 0V, DV_{CC} = 5V and 0°C ≤ T_{amb} ≤ 70°C, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _{RH}	High Level Reset Voltage	See Figure 2		7.9		V
V _{RL}	Low Level Reset Voltage	See Figure 2		7.6		V
t _{RST}	Reset Time	See Figure 2	50			ms
t _{WD}	Watch-dog Pulse Width	See Figure 2	500			ns
t _{WM}	Watch-dog Pulse Period	See Figure 2	800			μs
t _{OUT}	Watch-dog Time Out	See Figure 2			1.5	s
t _{CD}	Carrier Detection Time	See Figure 3	3		6.5	ms

Figure 2 : Reset and Watch-dog Timing Chart

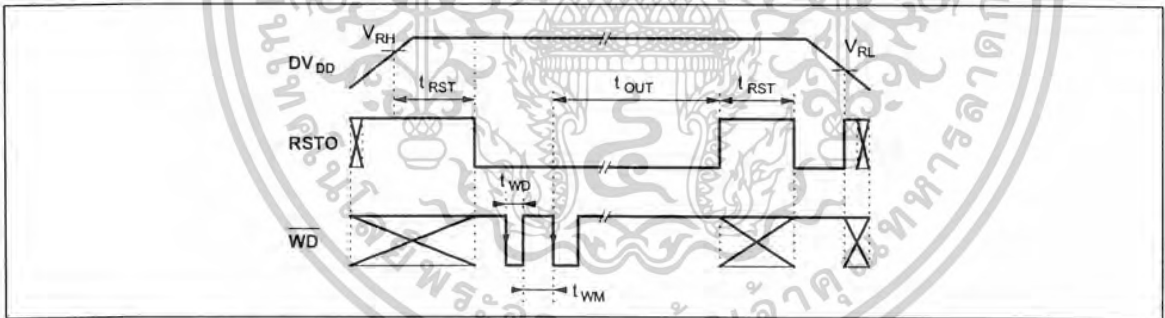
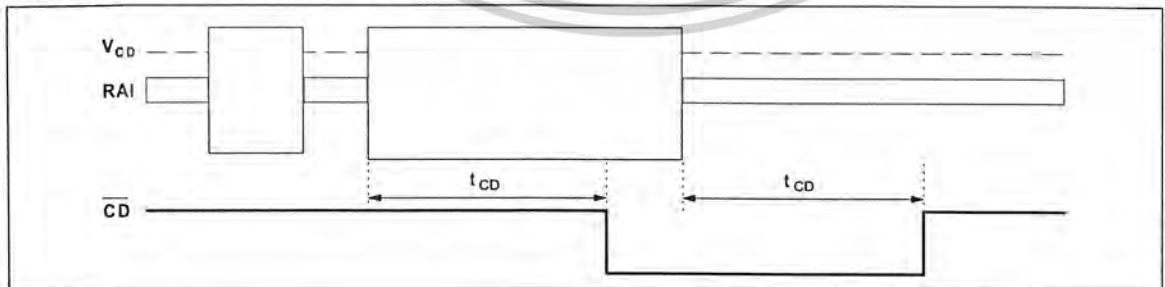


Figure 3 : Carrier Detection Timing Chart



FILTER TEMPLATES

Receive and Transmit Filter

Frequency (kHz)	Gain (dB)		
	Min.	Typ.	Max.
92			- 30
126.45	- 5	- 3	- 2
Ref 132.45		0	
138.45	- 5	- 3	- 2
180			- 30

Intermediate Frequency Filter

Frequency (kHz)	Gain (dB)		
	Min.	Typ.	Max.
2.4			- 35
4.3	- 4	- 3	- 1
Ref 5.4		0	
6.5	- 5	- 3	- 2
11.6			- 35

7537H-07.TBL

APPLICATION SCHEMATIC INFORMATIONS

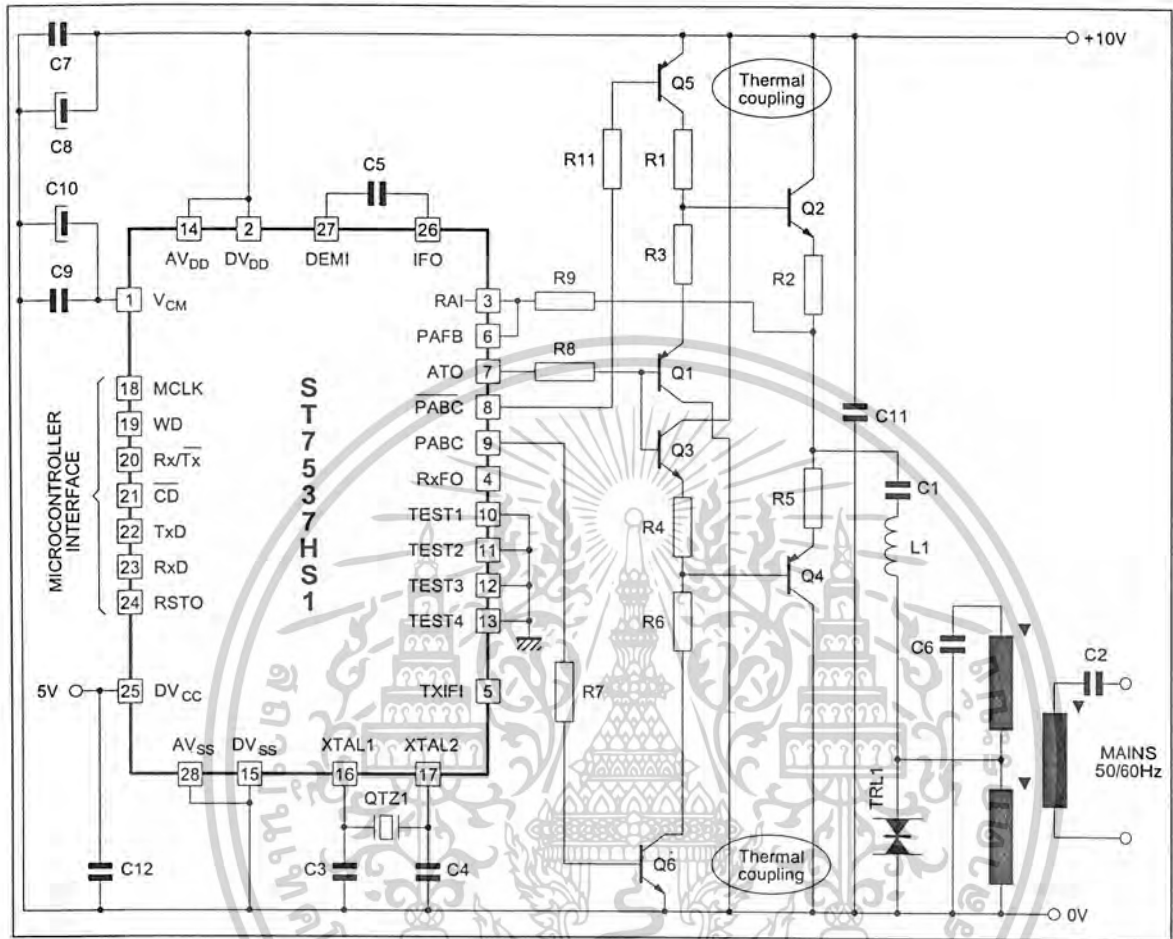
RESISTORS			CAPACITORS		
R1	180Ω		C1	1μF	Ceramic 50
R2	2.2Ω		C2	470nF	Paper, class X2
R3	2.2Ω		C3 (2)	22pF	10% Ceramic 10V
R4	2.2Ω		C4 (2)	22pF	10% Ceramic 10V
R5	2.2Ω		C5	100nF	10% Ceramic 10V
R6	180Ω		C6	6.8nF	5% Plastic Film 50V
R7	47kΩ		C7	100nF	Ceramic 10V
R8	1kΩ		C8	2.2μF	
R9	1kΩ	5%	C9	100nF	Ceramic 10V
R11	47kΩ		C10	2.2μF	
INDUCTOR			C11 (1)	100nF	Ceramic 10V
L1	10μH	≅ 1.5Ω	C12 (1)	100nF	Ceramic 10V
TRANSISTORS			TRANSIL		
Q1 : 2N2907 Q2 : 2N2222 Q3 : 2N2222 Q4 : 2N2907 Q5 : 2N2907 Q6 : 2N2222			TRL1 : SGS-THOMSON P6KE6V8CP		
			TRANSFORMER		
			TR1 : TOKO T1002 N		
			CRYSTAL		
			QTZ1 : 11.0592MHz parallel resonance		

7537H-08.TBL

- Notes :
1. These capacitors might not be necessary if the overall power supplies decoupling is sufficient.
 2. The value of these capacitors depends on the crystal parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

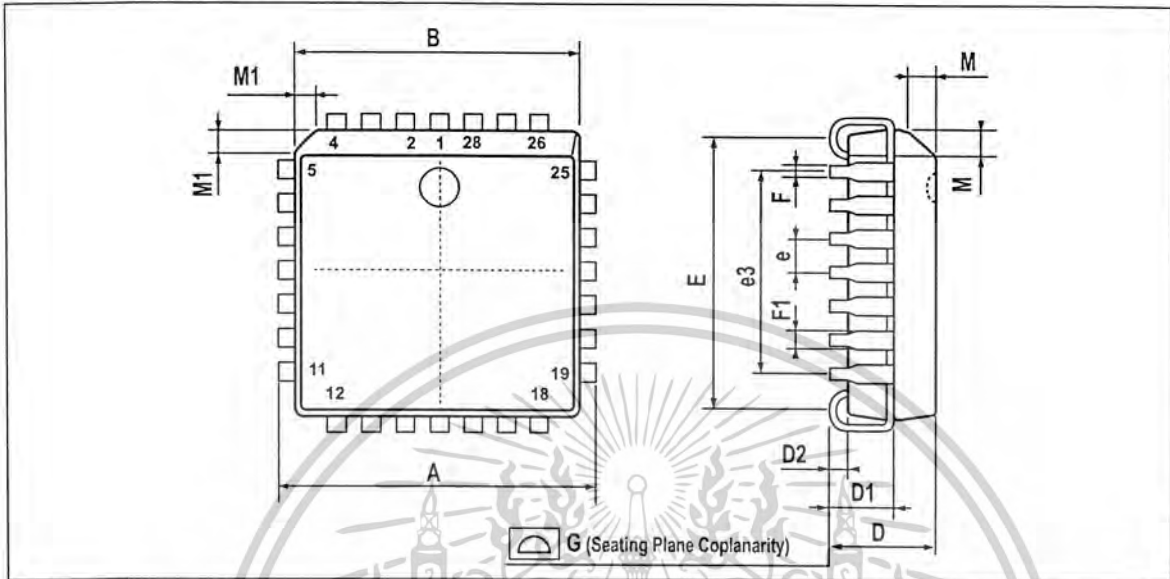
APPLICATION SCHEMATIC DIAGRAM



7537H-06.EPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE MECHANICAL DATA
28 PINS - PLASTIC CHIP CARRIER



PMPCC28.EPS

Dimensions	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A	12.32		12.57	0.485		0.495
B	11.43		11.58	0.450		0.456
D	4.2		4.57	0.165		0.180
D1	2.29		3.04	0.090		0.120
D2	0.51			0.020		
E	9.91		10.92	0.390		0.430
e		1.27			0.050	
e3		7.62			0.300	
F		0.46			0.018	
F1		0.71			0.028	
G			0.101			0.004
M		1.24			0.049	
M1		1.143			0.045	

PLCC28.TBL

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No licence is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1995 SGS-THOMSON Microelectronics - All Rights Reserved

Purchase of I²C Components of SGS-THOMSON Microelectronics, conveys a license under the Philips I²C Patent. Rights to use these components in a I²C system, is granted provided that the system conforms to the I²C Standard Specifications as defined by Philips.

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco
The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

TABLE 3-1: PIC16F62X PINOUT DESCRIPTION

Name	DIP/ SOIC Pin #	SSOP Pin #	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RA0/AN0	17	19	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Analog comparator input
RA1/AN1	18	20	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Analog comparator input
RA2/AN2/VREF	1	1	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Analog comparator input/VREF output
RA3/AN3/CMP1	2	2	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Analog comparator input/comparator output
RA4/T0CKI/CMP2	3	3	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Can be configured as T0CKI/comparator output
RA5/MCLR/THV	4	4	I	ST	Input port/master clear (reset input/programming voltage input. When configured as MCLR, this pin is an active low reset to the device. Voltage on MCLR/THV must not exceed VDD during normal device operation.
RA6/OSC2/CLKOUT	15	17	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In ER mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
RA7/OSC1/CLKIN	16	18	I/O	ST	Bi-directional I/O port/Oscillator crystal input/external clock source input. ER biasing pin.
RB0/INT	6	7	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	Bi-directional I/O port/external interrupt. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB1/RX/DT	7	8	I/O	TTL/ST ⁽³⁾	Bi-directional I/O port/ USART receive pin/synchronous data I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB2/TX/CK	8	9	I/O	TTL/ST ⁽³⁾	Bi-directional I/O port/ USART transmit pin/synchronous clock I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB3/CCP1	9	10	I/O	TTL/ST ⁽⁴⁾	Bi-directional I/O port/Capture/Compare/PWM I/O. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB4/PGM	10	11	I/O	TTL/ST ⁽⁵⁾	Bi-directional I/O port/Low voltage programming input pin. Wake-up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up. When low voltage programming is enabled, the interrupt on pin change and weak pull-up resistor are disabled.
RB5	11	12	I/O	TTL	Bi-directional I/O port/Wake-up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB6/T1OSO/T1CKI	12	13	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Bi-directional I/O port/Timer1 oscillator output/Timer1 clock input. Wake up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
RB7/T1OSI	13	14	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Bi-directional I/O port/Timer1 oscillator input. Wake up from SLEEP on pin change. Can be software programmed for internal weak pull-up.
Vss	5	5,6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	14	15,16	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used I = Input ST = Schmitt Trigger input
 TTL = TTL input I/OD = input/open drain output

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
- Note 2:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
- Note 3:** This buffer is a Schmitt Trigger I/O when used in USART/Synchronous mode.
- Note 4:** This buffer is a Schmitt Trigger I/O when used in CCP mode.
- Note 5:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in low voltage program mode.

PIC16F62X

3.1 Clocking Scheme/Instruction Cycle

The clock input (OSC1/CLKIN/RA7 pin) is internally divided by four to generate four non-overlapping quadrature clocks namely Q1, Q2, Q3 and Q4. Internally, the program counter (PC) is incremented every Q1, the instruction is fetched from the program memory and latched into the instruction register in Q4. The instruction is decoded and executed during the following Q1 through Q4. The clocks and instruction execution flow is shown in Figure 3-2.

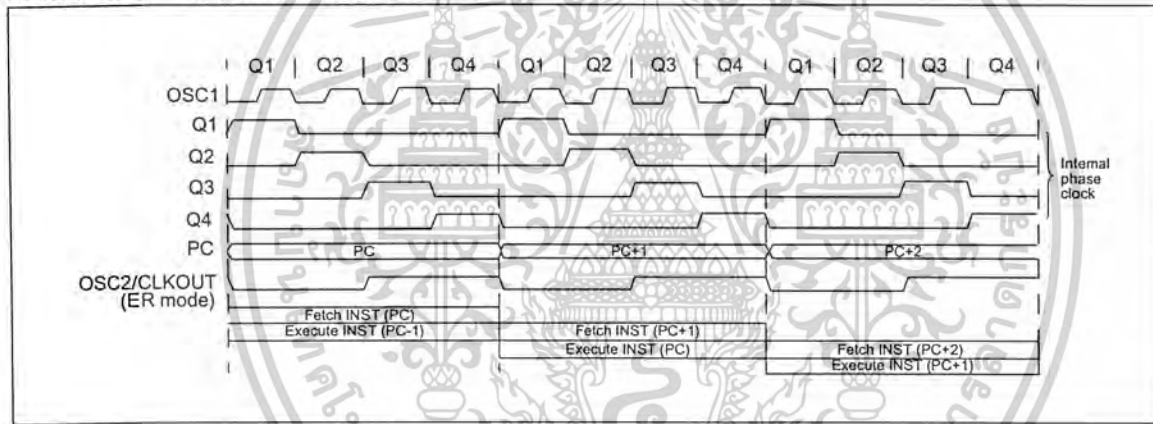
3.2 Instruction Flow/Pipelining

An "Instruction Cycle" consists of four Q cycles (Q1, Q2, Q3 and Q4). The instruction fetch and execute are pipelined such that fetch takes one instruction cycle while decode and execute takes another instruction cycle. However, due to the pipelining, each instruction effectively executes in one cycle. If an instruction causes the program counter to change (e.g., GOTO) then two cycles are required to complete the instruction (Example 3-1).

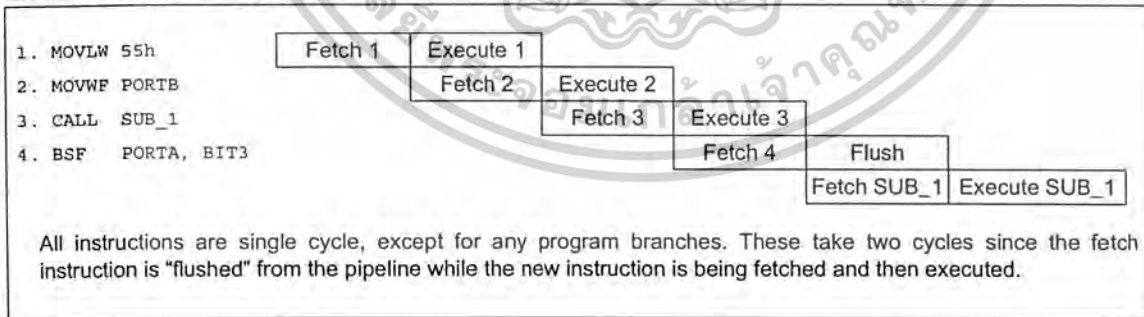
A fetch cycle begins with the program counter (PC) incrementing in Q1.

In the execution cycle, the fetched instruction is latched into the "Instruction Register (IR)" in cycle Q1. This instruction is then decoded and executed during the Q2, Q3, and Q4 cycles. Data memory is read during Q2 (operand read) and written during Q4 (destination write).

FIGURE 3-2: CLOCK/INSTRUCTION CYCLE



EXAMPLE 3-1: INSTRUCTION PIPELINE FLOW



17.0 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias.....	-40 to +125°C
Storage temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on VDD with respect to VSS.....	-0.3 to +6.5V
Voltage on MCLR and RA4 with respect to VSS.....	-0.3 to +14V
Voltage on all other pins with respect to VSS.....	-0.3V to VDD + 0.3V
Total power dissipation (Note 1).....	800 mW
Maximum current out of VSS pin.....	300 mA
Maximum current into VDD pin.....	250 mA
Input clamp current, I _{IK} (V _I < 0 or V _I > VDD).....	± 20 mA
Output clamp current, I _{OK} (V _O < 0 or V _O > VDD).....	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin.....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin.....	25 mA
Maximum current sunk by PORTA and PORTB.....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA and PORTB.....	200 mA

Note 1: Power dissipation is calculated as follows: $P_{dis} = V_{DD} \times (I_{DD} - \sum I_{OH}) + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

† **NOTICE:** Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Note: Voltage spikes below VSS at the MCLR pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100Ω should be used when applying a "low" level to the MCLR pin rather than pulling this pin directly to VSS.

PIC16F62X

17.1 DC CHARACTERISTICS: PIC16F62X-04 (Commercial, Industrial, Extended) PIC16F62X-20 (Commercial, Industrial, Extended)

Standard Operating Conditions (unless otherwise stated)							
Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial and $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ for commercial and $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ for extended							
Param No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
D001	VDD	Supply Voltage	3.0	-	5.5	V	
D002	VDR	RAM Data Retention Voltage (Note 1)	-	1.5*	-	V	Device in SLEEP mode
D003	VPOR	VDD start voltage to ensure Power-on Reset	-	VSS	-	V	See section on power-on reset for details
D004	SVDD	VDD rise rate to ensure Power-on Reset	0.05*	-	-	V/ms	See section on power-on reset for details
D005	VBOD	Brown-out Detect Voltage	3.7 3.7	4.0 4.0	4.3 4.4	V	BODEN configuration bit is cleared (Extended)
D010	IDD	Supply Current (Note 2, 5)	-	-	0.7	mA	FOSC = 4.0 MHz, VDD = 3.0
D013			-	4.0	7.0	mA	FOSC = 20.0 MHz, VDD = 5.5
			-	-	6.0	mA	FOSC = 20.0 MHz, VDD = 4.5
			-	-	2.0	mA	FOSC = 10.0 MHz, VDD = 3.0
D020	IPD	Power Down Current (Note 3)	-	-	2.2	μA	VDD = 3.0
			-	-	5.0	μA	VDD = 4.5
			-	-	9.0	μA	VDD = 5.5
			-	-	15.0	μA	VDD = 5.5 Extended
D023	ΔIWDT	WDT Current (Note 4)	-	6.0	20	μA	VDD=4.0V (125°C)
	ΔIBOD	Brown-out Detect Current (Note 4)	-	75	125	μA	BOD enabled, VDD = 5.0V
	ΔICOMP	Comparator Current for each Comparator (Note 4)	-	30	50	μA	VDD = 4.0V
	ΔIVREF	VREF Current (Note 4)	-	-	135	μA	VDD = 4.0V
1A	FOSC	LP Oscillator Operating Frequency	0	-	200	KHz	All temperatures
		INTRC Oscillator Operating Frequency	-	-	4	MHz	All temperatures
		XT Oscillator Operating Frequency	0	-	4	MHz	All temperatures
		HS Oscillator Operating Frequency	0	-	20	MHz	All temperatures

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5.0V, 25°C, unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

Note 1: This is the limit to which VDD can be lowered in SLEEP mode without losing RAM data.

2: The supply current is mainly a function of the operating voltage and frequency. Other factors such as I/O pin loading and switching rate, oscillator type, internal code execution pattern, and temperature also have an impact on the current consumption.

The test conditions for all IDD measurements in active operation mode are:

OSC1 = external square wave, from rail to rail; all I/O pins tri-stated, pulled to VDD,

MCLR = VDD; WDT enabled/disabled as specified.

3: The power down current in SLEEP mode does not depend on the oscillator type. Power down current is measured with the part in SLEEP mode, with all I/O pins in hi-impedance state and tied to VDD or VSS.

4: The Δ current is the additional current consumed when this peripheral is enabled. This current should be added to the base IDD or IPD measurement.

5: For RC osc configuration, current through Rext is not included. The current through the resistor can be estimated by the formula $I_r = V_{DD}/2R_{ext}$ (mA) with Rext in kΩ.

PIC16F62X

17.2 DC CHARACTERISTICS: PIC16LF62X-04 (Commercial, Industrial, Extended)

Standard Operating Conditions (unless otherwise stated)							
Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq \text{TA} \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial and $0^{\circ}\text{C} \leq \text{TA} \leq +70^{\circ}\text{C}$ for commercial and $-40^{\circ}\text{C} \leq \text{TA} \leq +125^{\circ}\text{C}$ for extended							
Operating voltage VDD range as described in DC spec Table 17.1 and Table 12-2							
Param No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
D001	VDD	Supply Voltage	2.0	-	5.5	V	
D002	VDR	RAM Data Retention Voltage (Note 1)	-	1.5*	-	V	Device in SLEEP mode
D003	VPOR	VDD start voltage to ensure Power-on Reset	-	VSS	-	V	See section on Power-on Reset for details
D004	SVDD	VDD rise rate to ensure Power-on Reset	0.05*	-	-	V/ms	See section on Power-on Reset for details
D005	VBOD	Brown-out Detect Voltage	3.7	4.0	4.3	V	BODEN configuration bit is cleared
D010	IDD	Supply Current (Note 2, 5)	-	-	0.6	mA	Fosc = 4.0 MHz, VDD = 2.5
D013			-	4.0	7.0	mA	Fosc = 20.0 MHz, VDD = 5.5
D013			-	-	6.0	mA	Fosc = 20.0 MHz, VDD = 4.5
D013	-	-	-	2.0	mA	Fosc = 10.0 MHz, VDD = 3.0	
D020	IPD	Power Down Current (Note 2)	-	-	2.0	μA	VDD = 2.5
			-	-	2.2	μA	VDD = 3.0
			-	-	5.0	μA	VDD = 4.5
			-	-	9.0	μA	VDD = 5.5
			-	-	15.0	μA	VDD = 5.5 Extended
D023	ΔIWDOT	WDT Current (Note 4)	-	6.0	15	μA	VDD=3.0V
	ΔIBOD	Brown-out Detect Current (Note 4)	-	75	125	μA	BOD enabled, VDD = 5.0V
	ΔICOMP	Comparator Current for each Comparator (Note 4)	-	30	50	μA	VDD = 3.0V
	ΔIVREF	VREF Current (Note 4)	-	-	135	μA	VDD = 3.0V
1A	FOSC	LP Oscillator Operating Frequency	0	-	200	KHz	All temperatures
		INTRC Oscillator Operating Frequency	-	-	4	MHz	All temperatures
		XT Oscillator Operating Frequency	0	-	4	MHz	All temperatures
		HS Oscillator Operating Frequency	0	-	20	MHz	All temperatures

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5.0V, 25°C, unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

Note 1: This is the limit to which VDD can be lowered in SLEEP mode without losing RAM data.

Note 2: The supply current is mainly a function of the operating voltage and frequency. Other factors such as I/O pin loading and switching rate, oscillator type, internal code execution pattern, and temperature also have an impact on the current consumption.

The test conditions for all IDD measurements in active operation mode are:
OSC1=external square wave, from rail to rail; all I/O pins tristated, pulled to VDD, MCLR = VDD; WDT enabled/disabled as specified.

Note 3: The power down current in SLEEP mode does not depend on the oscillator type. Power down current is measured with the part in SLEEP mode, with all I/O pins in hi-impedance state and tied to VDD to VSS.

Note 4: The Δ current is the additional current consumed when this peripheral is enabled. This current should be added to the base IDD or IPD measurement.

Note 5: For RC osc configuration, current through Rext is not included. The current through the resistor can be estimated by the formula $I_r = V_{DD}/2R_{ext}$ (mA) with Rext in k Ω .

PIC16F62X

17.3 DC CHARACTERISTICS: PIC16F62X (Commercial, Industrial, Extended) PIC16LF62X (Commercial, Industrial, Extended)

Standard Operating Conditions (unless otherwise stated)							
Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq \text{TA} \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial and $0^{\circ}\text{C} \leq \text{TA} \leq +70^{\circ}\text{C}$ for commercial and $-40^{\circ}\text{C} \leq \text{TA} \leq +125^{\circ}\text{C}$ for extended							
Operating voltage V_{DD} range as described in DC spec Table 17.1 and Table 12-2							
Param. No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Unit	Conditions
D030	VIL	Input Low Voltage I/O ports with TTL buffer	VSS	-	0.8V 0.15V _{DD}	V	V _{DD} = 4.5V to 5.5V otherwise
D031		with Schmitt Trigger input	VSS	-	0.2V _{DD}	V	
D032		MCLR, RA4/T0CKI, OSC1 (in ER mode)	VSS	-	0.2V _{DD}	V	Note1
D033		OSC1 (in XT and HS)	VSS	-	0.3V _{DD}	V	
		OSC1 (in LP)	VSS	-	0.6V _{DD} -1.0	V	
D040	VIH	Input High Voltage I/O ports with TTL buffer	2.0V .25V _{DD} + 0.8V	-	V _{DD} V _{DD}	V	V _{DD} = 4.5V to 5.5V otherwise
D041		with Schmitt Trigger input	0.8V _{DD}	-	V _{DD}	V	
D042		MCLR RA4/T0CKI	0.8V _{DD}	-	V _{DD}	V	
D043		OSC1 (XT, HS and LP)	0.7V _{DD}	-	V _{DD}	V	
D043A		OSC1 (in ER mode)	0.9V _{DD}	-	V _{DD}	V	Note1
D070	IPURB	PORTB weak pull-up current	50	200	400	μA	V _{DD} = 5.0V, V _{PIH} = V _{SS}
D060	IIL	Input Leakage Current (Notes 2, 3) I/O ports (Except PORTA)	-	-	±1.0	μA	V _{SS} ≤ V _{PIH} ≤ V _{DD} , pin at hi-impedance
D061		PORTA	-	-	±0.5	μA	V _{SS} ≤ V _{PIH} ≤ V _{DD} , pin at hi-impedance
D063		RA4/T0CKI	-	-	±1.0	μA	V _{SS} ≤ V _{PIH} ≤ V _{DD}
		OSC1, MCLR	-	-	±5.0	μA	V _{SS} ≤ V _{PIH} ≤ V _{DD} , XT, HS and LP osc configuration
D080	VOL	Output Low Voltage I/O ports	-	-	0.6	V	I _{OL} =8.5 mA, V _{DD} =4.5V, -40° to +85°C
D083		OSC2/CLKOUT (ER only)	-	-	0.6	V	I _{OL} =7.0 mA, V _{DD} =4.5V, +125°C
			-	-	0.6	V	I _{OL} =1.6 mA, V _{DD} =4.5V, -40° to +85°C
			-	-	0.6	V	I _{OL} =1.2 mA, V _{DD} =4.5V, +125°C
D090	VOH	Output High Voltage (Note 3) I/O ports (Except RA4)	V _{DD} -0.7	-	-	V	I _{OH} =-3.0 mA, V _{DD} =4.5V, -40° to +85°C
D092		OSC2/CLKOUT (ER only)	V _{DD} -0.7	-	-	V	I _{OH} =-2.5 mA, V _{DD} =4.5V, +125°C
			V _{DD} -0.7	-	-	V	I _{OH} =-1.3 mA, V _{DD} =4.5V, -40° to +85°C
			V _{DD} -0.7	-	-	V	I _{OH} =-1.0 mA, V _{DD} =4.5V, +125°C
D150	VOD	Open-Drain High Voltage	-	-	8.5	V	RA4 pin PIC16F62X, PIC16LF62X
D100	COSC2	Capacitive Loading Specs on Output Pins OSC2 pin	-	-	15	pF	In XT, HS and LP modes when external clock used to drive OSC1.
D101	Cio	All I/O pins/OSC2 (in ER mode)	-	-	50	pF	

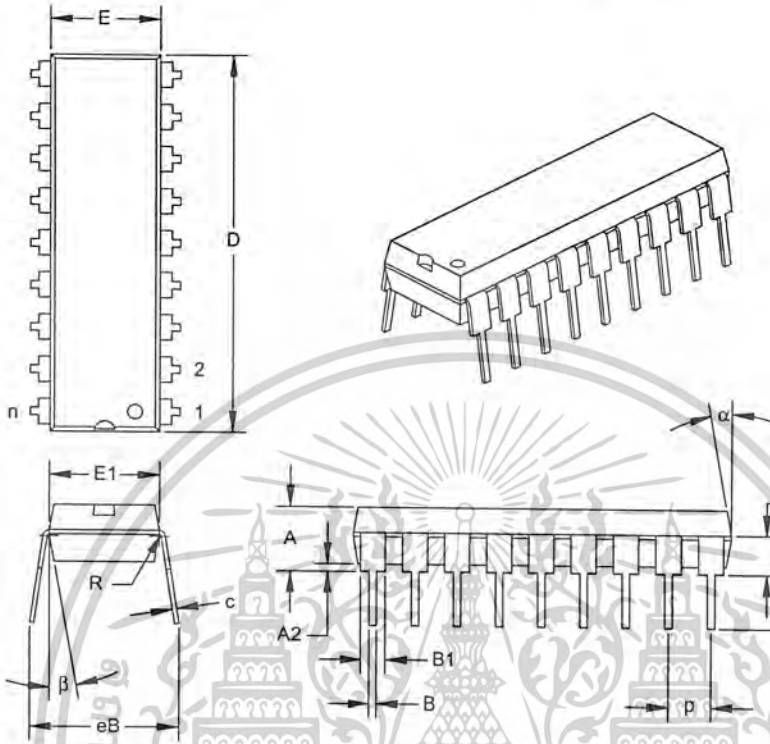
* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5.0V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

- Note 1:** In ER oscillator configuration, the OSC1 pin is a Schmitt Trigger input. It is not recommended that the PIC16F62X be driven with external clock in ER mode.
- 2:** The leakage current on the MCLR pin is strongly dependent on applied voltage level. The specified levels represent normal operating conditions. Higher leakage current may be measured at different input voltages.
- 3:** Negative current is defined as coming out of the pin.

PIC16F62X

Package Type: K04-007 18-Lead Plastic Dual In-line (P) – 300 mil



Units		INCHES*			MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Dimension Limits							
PCB Row Spacing			0.300		7.62		
Number of Pins	n		18			18	
Pitch	p		0.100		2.54		
Lower Lead Width	B	0.013	0.018	0.023	0.33	0.46	0.58
Upper Lead Width	B1†	0.055	0.060	0.065	1.40	1.52	1.65
Shoulder Radius	R	0.000	0.005	0.010	0.00	0.13	0.25
Lead Thickness	c	0.005	0.010	0.015	0.13	0.25	0.38
Top to Seating Plane	A	0.110	0.155	0.155	2.79	3.94	3.94
Top of Lead to Seating Plane	A1	0.075	0.095	0.115	1.91	2.41	2.92
Base to Seating Plane	A2	0.000	0.020	0.020	0.00	0.51	0.51
Tip to Seating Plane	L	0.125	0.130	0.135	3.18	3.30	3.43
Package Length	D‡	0.890	0.895	0.900	22.61	22.73	22.86
Molded Package Width	E‡	0.245	0.255	0.265	6.22	6.48	6.73
Radius to Radius Width	E1	0.230	0.250	0.270	5.84	6.35	6.86
Overall Row Spacing	eB	0.310	0.349	0.387	7.87	8.85	9.83
Mold Draft Angle Top	alpha	5	10	15	5	10	15
Mold Draft Angle Bottom	beta	5	10	15	5	10	15

* Controlling Parameter.

† Dimension "B1" does not include dam-bar protrusions. Dam-bar protrusions shall not exceed 0.003" (0.076 mm) per side or 0.006" (0.152 mm) more than dimension "B1."

‡ Dimensions "D" and "E" do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010" (0.254 mm) per side or 0.020" (0.508 mm) more than dimensions "D" or "E."

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณ ผศ. เกรียงไกร วงศ์โรจนภรณ์ และ รศ. ดร. สุวิพล ติทธิชีวกาศ
สำหรับคำแนะนำ ความคิดเห็น แนวทางต่างๆ และอำนวยความสะดวกแก่คณะผู้จัดทำในด้านอุปกรณ์และ
เครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- [1] Klaus Dostert, "Powerline Communications" : Prentice Hall: PTR , 2001.
- [2] ณัฐพล วงศ์สุนทรชัย , "เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F628" : อินโนเวทีฟ เอ็กเซอร์เมนส์ : กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2546.
- [3] สมยศ จุณณะปิยะ, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์": สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : กรุงเทพฯ,พ.ศ. 2546
- [4] ศัจจะ จรัสรุ่งเรือง, "คู่มือการเขียนโปรแกรมด้วย Visual C++": อินโฟเพรส: กรุงเทพฯ,พ.ศ. 2544
- [5] วิวัฒน์ กิรานนท์, "วิศวกรรมการสื่อสาร" : อักษรสยามการพิมพ์: กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2544.
- [6] วาทีต เบญจพลกุล, "การสื่อสารข้อมูล" : SOPHIA PUBLISHING : กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2541.
- [7] ปราโมทย์ วาดเขียน, วิวัฒน์ กิรานนท์, "พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล" : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : กรุงเทพฯ ,พ.ศ. 2537.
- [8] จิรศักดิ์ เหลืองอุไร, "คัมภีร์การใช้งานการสื่อสารอนุกรมบน PC" : กรุงเทพฯ , พ.ศ. 2540.
- [9] <http://www.alldatasheet.com>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้