เครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลขนาด 8 ช่อง

8 - CHANNEL DATA MULTIPLEXER

โดย

นายสัมฤทธิ์ จินดาศรี

นายสัมพันธ์ สิงห์ไธสง

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

วัน เดือน ปี 22 ตค 2541

เลขทะเบียน 039115

เลขเรียกหนังสือ T 10355 ส616 ค.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลขนาด 8 ช่อง

8 - CHANNEL DATA MULTIPLEXER

โดย

นายสัมฤทธิ์ จินดาศรี 38013079

นายสัมพันธ์ สิงห์ไชสง 38013080

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ปราโมทย์วาดเขียน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **เครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลขนาด 8 ช่อง**

8 CHANNEL DATA MULTIPLEXER

ผู้จัดทำ

1. นายสัมฤทธิ์ จินดาศรี 38013079
2. นายสัมพันธ์ สิงห์ไธสง 38013080

ปราโมทย์ วาดเขียน ..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลขนาด 8 ช่อง

8 - CHANNEL DATA MULTIPLEXER

โดย นายสัมฤทธิ์ จินดาศรี 38013079
นายสัมพันธ์ สิงห์ไธสง 38013080
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล โดยใช้เทคนิคการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงเวลาเป็นสถิติ เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต้นทางและปลายทางข้อมูลจำนวน 8 ช่องสัญญาณ โดยข้อมูลแต่ละช่วงสัญญาณเป็นแบบอะซิงโครนัส ที่ความเร็ว 300, 600, 1200, 2400, 4800 หรือ 9600 bps. และหลังจากการมัลติเพล็กซ์ข้อมูลจากช่องสัญญาณทั้ง 8 แล้ว จะทำการส่งผ่านตัวกลางในการสื่อสาร โดยส่งออกจากช่องสัญญาณรวมที่ความเร็วในการส่ง 64 Kbps. แบบซิงโครนัส

ABSTRACT

This project presents the data multiplexer equipment using statistical time division multiplex. It has 8 channel for interfaced with data terminal equipment and then received by asynchronaus at speed 300, 600, 1200, 2400, 4800, and 9600 bps. When acts procedure of data multiplexing it will transceive this signal on communication media. at speed 64 Kbps synchronous.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการ	2
	2.1 หลักการสื่อสารโดยทั่วไป	2
	2.2 หลักการสื่อสารข้อมูล	3
	2.3 เงื่อนไขและความหมายในส่วนต่างๆของระบบการสื่อสารข้อมูล	4
	2.4 มาตรฐาน RS-232C	12
	2.5 การควบคุมและโปรแกรมในระบบสื่อสารข้อมูล	16
	2.6 การแปลงข้อมูลขนานไปเป็นแบบอนุกรม	20
	2.7 การมัลติเพล็กซ์เซอร์	22
บทที่ 3	หลักการออกแบบ	30
	3.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์	31
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	44
บทที่ 5	สรุปผลและวิจารณ์	52
ภาคผนวก ก.	การใช้งานเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล	53
ภาคผนวก ข.	โปรแกรมซอร์สโค้ดสำหรับเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล	56
ภาคผนวก ค.	วงจรรวมของโครงงาน	67
หนังสืออ้างอิง		72
กิตติกรรมประกาศ		73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	การกำหนดย่านแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณ	13
ตารางที่ 2.2	คุณลักษณะโดยย่อของสัญญาณ RS-232C	15
ตารางที่ 2.3	แสดงตัวอย่างการมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติในทางปฏิบัติ	28
ตารางที่ 2.4	แสดงตัวจัดบริการคิว 1 ตัวกับเวลาคงที่ของการบริการ	29
ตารางที่ 3.1	แอดเดรสของรีจีสเตอร์ใน UART 16550	36
ตารางที่ 3.2	Truth Table ของ IC 74LS156	36
ตารางที่ 3.3	ตำแหน่งแอดเดรสที่ถอดรหัสจาก 74LS156	37
ตารางที่ 3.4	ตารางแอดเดรสที่ขยายจาก 1y0 ของ 74LS156	37
ตารางที่ 3.5	ขาควบคุมความถี่อ้างอิง	41
ตารางที่ 3.6	อัตราสัญญาณความถี่อ้างอิง	42
ตารางที่ ก-1	การตั้งค่าคุณสมบัติของช่องสัญญาณ	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยไฟฟ้า	2
รูปที่ 2.2	ส่วนประกอบของการสื่อสารข้อมูล	3
รูปที่ 2.3	ตัวอย่างของการส่งสัญญาณแบบอนุกรมและขนาน	5
รูปที่ 2.4	รูปแบบอักษรสำหรับการส่งสัญญาณแบบอะซิงค์โครนัส	6
รูปที่ 2.5	ตัวอย่างรูปแบบการส่งสัญญาณแบบซิงค์โครนัส	7
รูปที่ 2.6	รูปแบบของการส่งข้อมูล	8
รูปที่ 2.7	ใช้สายโทรศัพท์ในการส่งข้อมูล	9
รูปที่ 2.8	เทอร์มินอลเชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์โดยต่างมีคู่สายเป็นของตัวเอง	9
รูปที่ 2.9	เทอร์มินอลหลายตัวต่อกับคอมพิวเตอร์หนึ่งตัวผ่านมัลติเพล็กซ์	9
รูปที่ 2.10	ตัวอย่างของโครงข่ายแบบจุดต่อหลายจุด	10
รูปที่ 2.11	ฟอร์แมทของ SDLC และ HDLC	11
รูปที่ 2.12	การใช้ RS-232C เชื่อมต่ออุปกรณ์	12
รูปที่ 2.13	ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS-232C	13
รูปที่ 2.14	การกำหนดของข้อต่อ RS-232C	15
รูปที่ 2.15	การควบคุมการส่งผ่านข้อมูล	17
รูปที่ 2.16	เทคนิคการโพล Round Robin	18
รูปที่ 2.17	อินเตอร์รัพท์เซอร์วิส	19
รูปที่ 2.18	การแปลงรูปแบบข้อมูลจากแบบอนุกรมไปเป็นแบบขนาน	21
รูปที่ 2.19	การแปลงรูปแบบข้อมูลจากแบบขนานไปเป็นแบบอนุกรม	21
รูปที่ 2.20	การใช้งาน 8251 ร่วมกับโมเด็ม	22
รูปที่ 2.21	หลักการมัลติเพล็กซ์	22
รูปที่ 2.22	การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความถี่ FDM	23
รูปที่ 2.23	การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามเวลา	24
รูปที่ 2.24	แสดงการมัลติเพล็กซ์ TDM เทียบกับ STDM	26
รูปที่ 2.25	รูปแบบเฟรม TDM	27
รูปที่ 3.1	การส่งผ่านข้อมูลผ่าน STDM	30
รูปที่ 3.2	บล็อกไดอะแกรมของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล	32
รูปที่ 3.3	วงจรส่วนของการเชื่อมต่อทางด้านฮาร์ดแวร์โดยใช้ IC เบอร์ MAX232	33
รูปที่ 3.4	แสดงส่วนของการรับส่งแบบอะซิงค์โครนัส	35
รูปที่ 3.5	แสดงส่วนควบคุมและส่วนของการรับส่งแบบซิงค์โครนัส	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.6 รูปวงจรส่วนโปรแกรมความเร็วของช่องสัญญาณ 40
รูปที่ 3.7 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาอ้างอิง 41
รูปที่ 3.8 วงจรส่วนของการรับส่งข้อมูลแบบซิงค์โครนัส 43
รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมการทดสอบลูปกลับ 44
รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดลองในการลูปกลับ 45
รูปที่ 4.3 การทดสอบการเชื่อมโยงระหว่างคู่สายสถานีของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล 46
รูปที่ 4.4 แสดงการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ตัวที่ 1 47
ปรูที่ 4.5 แสดงการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ตัวที่ 2 47
รูปที่ 4.6 แสดงเครื่องดาต้าอนาไลเซอร์ 48
รูปที่ 4.7 แสดงผลที่ได้จากเครื่องดาต้าอนาไลเซอร์ 48
รูปที่ 48 แสดงรูปสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่นและข้อมูลเมื่อเทียบกับสัญญาณนาฬิกา 49
รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น และ สัญญาณซิงดีเทค 49
รูปที่ 4.10 คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น และ ข้อมูลเมื่อเทียบกับสัญญาณ RxRdy 50
รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาซิงโครไนซ์เซชั่นเมื่อเทียบกับสัญญาณซิงดีเทค 50
รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณอินพุทที่เข้ามายังเครื่องมัลติเพล็กซ์ 51
รูปที่ ก-1 แสดงลักษณะด้านหน้าของเครื่อง 54
รูปที่ ก-2 แสดงลักษณะด้านหลังของเครื่อง 54
รูปที่ ค-1 วงจรควบคุมและวงจรรับส่งแบบซิงค์โครนัส 68
รูปที่ ค-2 วงจรส่วนของการจัดการรับส่งแบบ อะซิงค์โครนัส 69
รูปที่ ค-3 วงจรดิพสวิทช์สำหรับโปรแกรม UART 70
รูปที่ ค-4 วงจรจ่ายไฟและส่วนอินเตอร์เฟสแบบ RS-232 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว วิธีการมัลติเพล็กซ์เป็นวิธีการหนึ่งที่จะนำข้อมูลจากหลายๆ แห่ง ส่งไปในช่องทางการสื่อสารช่องเดียวกัน ทางด้านรับก็จะทำการดีมัลติเพล็กซ์ เพื่อแยกข้อมูลนั้นออกไปตามช่องข้อมูลอย่างถูกต้อง

แนวความคิดของโครงงานนี้คือสร้างอุปกรณ์สื่อสาร (Data Communication Equipment : DCE) เพื่อรับส่งข้อมูลแบบอะซิงค์โครนัส 8 ช่องข้อมูลความเร็วต่ำส่งผ่านช่องสัญญาณความเร็วสูงแบบซิงค์โครนัสซึ่งจัดรูปแบบของสัญญาณซิงค์โครนัสเป็นแบบ Charactor Oriented โดยสัญญาณอะซิงค์โครนัสทั้ง 8 ช่องนั้นจะถูกมัลติเพล็กด้วยวิธีการของการแบ่งเวลาตามสถิติ (Statistic Time Divisiion Multiplex : STDM) ดังนั้นเมื่อความเร็วของแต่ละช่องไม่เท่ากันแล้วแต่ละเฟรมที่ส่งออกไปแบบซิงค์โครนัส ความยาวในแต่ละเฟรมไม่เท่ากัน สำหรับทางด้านรับก็ต้องแยกสัญญาณแบบอะซิงค์โครนัสออก แล้วส่งข้อมูลออกไปตามช่องที่ถูกต้อง

อุปกรณ์ประเภทชิพสำเร็จรูปซึ่งสามารถจัดการข้อมูลเพื่อทำการส่งและรับมีทั้งแบบจัดการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงค์โครนัส (Universal Asynchronus Received and Transmitted : UART) หรือแบบซิงค์โครนัสและอะซิงค์โครนัส (Universal Synchronus Asynchronus Received and Transmitted : USART) ถูกนำมาใช้งานอย่างมากมาย ดังนั้นโครงงานนี้จึงเป็นการสร้างและศึกษาเกี่ยวกับ

- ศึกษาการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงค์โครนัส
- ศึกษาการรับส่งข้อมูลแบบซิงค์โครนัส
- ศึกษาการรับส่งข้อมูลแบบมัลติเพล็กซ์ข้อมูล
- ศึกษาและประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการสื่อสารโดยทั่วไป

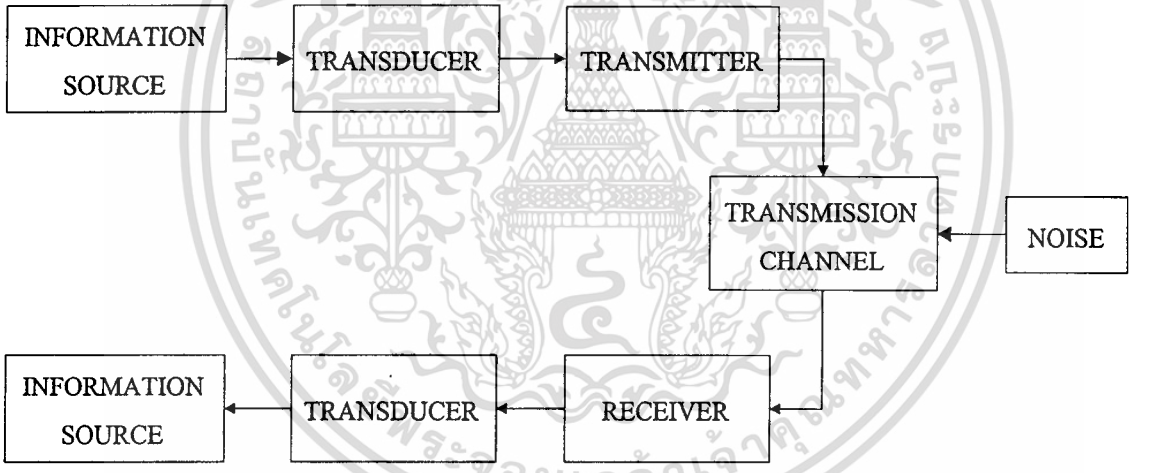
การสื่อสาร คือการรับหรือการส่งข่าวสารจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยการสื่อสารมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบและได้แบ่งออกเป็นหลักใหญ่ๆ ดังนี้

1. การสื่อสารระหว่างคนกับคน เป็นการสื่อสารโดยการแปลงสัญญาณเสียง เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อติดต่อสื่อสารในระยะทางไกลๆ เช่น โทรศัพท์ วิทยุ เป็นต้น

2. การสื่อสารระหว่างคนกับเครื่อง เป็นการสื่อสารในลักษณะของการควบคุมการทำงานของ เครื่องจักรด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยมีคนเป็นผู้ออกคำสั่ง

3. การสื่อสารระหว่างเครื่องกับเครื่อง เป็นการสื่อสารในลักษณะของการเคลื่อนย้ายข้อมูล จากเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง

การสื่อสารทั้งสามรูปแบบล้วนแต่เป็นการสื่อสารด้วยไฟฟ้าทั้งสิ้น การสื่อสารด้วยไฟฟ้านั้นเป็นระบบสื่อสารโทรคมนาคมที่มีบทบาทในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยไฟฟ้า

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยไฟฟ้า ประกอบด้วย

1. ข่าวสารจากแหล่งข่าวสาร (Information Source) จะถูกส่งผ่านไปยังทรานสดิวเซอร์

2. ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) ทำหน้าที่ในการแปลงข่าวสาร ที่ต้องการให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าที่เรียกว่า โมดูเลติ้ง

3. เครื่องส่ง (Transmitter) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก จากทรานสดิวเซอร์ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่มีขนาดและรูปแบบที่เหมาะสม ภายในเครื่องส่งมีภาคโมดูเลเตอร์ ทำหน้าที่โมดูเลทสัญญาณโมดูเลติ้งเข้ากับคลื่นพาห์ในการโมดูเลทนั้น จะทำการแปลงความถี่ของสัญญาณและทำการขยายกำลังของสัญญาณให้สูงขึ้น จากนั้นส่งสัญญาณออกจากเครื่องส่งโดยจะถูกส่งผ่านช่องผ่านสัญญาณออกไป เครื่องส่งจะต้องถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบให้เหมาะสมกับช่องผ่านสัญญาณที่จะนำมาใช้งาน

4. ช่องผ่านสัญญาณ (Channel) เป็นตัวกลางที่ทำให้สัญญาณไฟฟ้าถูกส่งผ่านจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ ตัวกลางที่เป็นไปได้มี 2 แบบ คือ

4.1 สายนำสัญญาณ (Transmission Line) แบ่งเป็นแบบต่างๆ เช่น Two Wire, Coaxial, Waveguide เป็นต้น

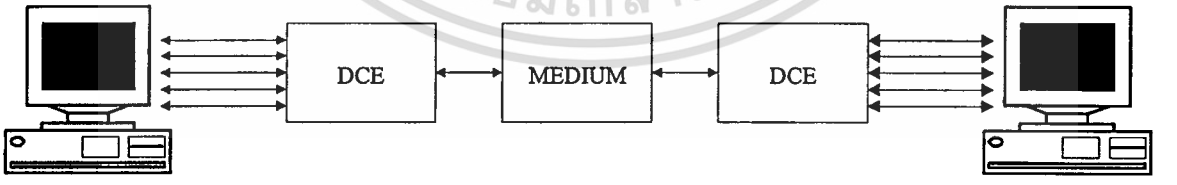
4.2 บรรยากาศ สัญญาณจะถูกส่งออกไปในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสายอากาศเป็นกระจายคลื่นผ่านชั้นบรรยากาศ

5. เครื่องรับ (Receiver) ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ได้จากช่องส่งผ่านสัญญาณ ซึ่งมีกำลังต่ำให้มีสัญญาณที่มีกำลังสูงขึ้น โดยทำการขยายกำลัง จากนั้นแปลงความถี่ที่มีค่าสูงให้ต่ำลง แล้วทำการถอดรหัสตามที่จำเป็นและแยกสัญญาณโมดูเลติ้งออกจากคลื่นพาห์ตามกระบวนการดีโมดูเลชั่น (Demodulation) แล้วจะส่งผ่านสัญญาณที่ดีเทคมาได้ไปยังทรานสดิวเซอร์

6. ทรานสดิวเซอร์ ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณโมดูเลติ้งที่รับเข้ามาให้อยู่ในรูปสัญญาณข่าวสารที่ต้องการ ซึ่งจะได้สัญญาณข่าวสารกลับคืนมายังผู้ใช้ปลายทาง

2.2 หลักการสื่อสารข้อมูล (Data Communication)

การสื่อสารข้อมูล คือขบวนการของการใช้ร่วมหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารที่ถูกแปลงรหัส (Encoded Information) ระหว่างอุปกรณ์สองตัวหรือมากกว่านั้น ในการสื่อสารข้อมูลตัวส่งและตัวรับเป็นอุปกรณ์หรือเครื่อง และข้อมูลข่าวสารที่ถูกแปลงรหัสหมายถึงข้อมูลข่าวสารที่ถูกส่งผ่านไปในลักษณะของการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมของสัญญาณทางไฟฟ้า ผ่านตัวกลางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูล เช่น เมื่อเจ้าหน้าที่คอมพิวเตอร์กดปุ่มอักษรบนแป้นพิมพ์ อนุกรมทางไฟฟ้าจะถูกส่งออกไปยังคอมพิวเตอร์ และคอมพิวเตอร์จะแปลงข้อมูลข่าวสารกลับมา ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของการสื่อสารข้อมูล

ส่วนประกอบของการสื่อสารข้อมูล ประกอบด้วย

1. DTE (Data Terminal Equipment) เป็นอุปกรณ์ต้นทางหรือปลายทางข้อมูล ทำหน้าที่รับหรือส่งข้อมูล โดยอีกนัยหนึ่งคือผู้ใช้ข้อมูล (Data User) เช่น คอมพิวเตอร์, คีย์บอร์ด, จอภาพ, เครื่องพิมพ์และเทอร์มินอล เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. DCE (Data Communication Equipment) เป็นอุปกรณ์การสื่อสารข้อมูล ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อและควบคุมการส่งผ่านข้อมูลระหว่างตัว DTE ทั้งสองตัว ผ่านตัวกลางในการสื่อสารหรือช่องผ่านสัญญาณ เช่น โมเด็ม, มัลติเพล็กซ์เซอร์ เป็นต้น

3.Medium เป็นตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลหรืออาจจะเรียกว่า ช่องสัญญาณสื่อสาร (Communication Channel) เช่น คาต้าลิงค์เน็คเวอร์ค, สายโคแอ็กเชียล, ไฟเบอร์ออฟติกและลิงค์ดาวเทียม เป็นต้น

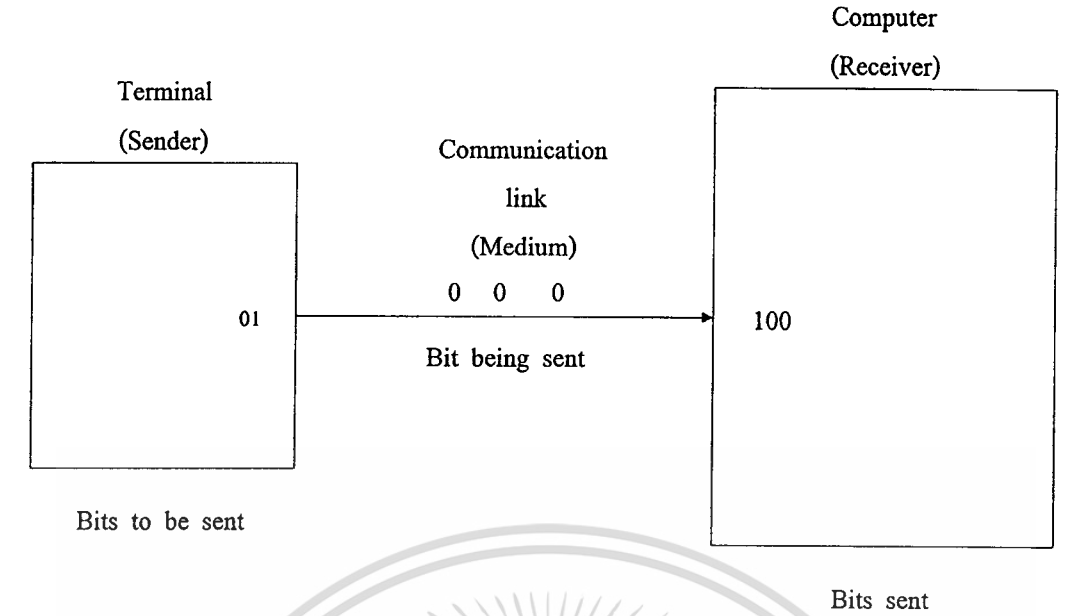
2.3 เงื่อนไขและความหมายในส่วนต่างๆ ของระบบการสื่อสารข้อมูล

ระบบการสื่อสารข้อมูลมีรูปแบบและเงื่อนไขที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานในส่วนต่างๆ ซึ่งนำมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลและได้มีการนำเอารูปแบบและเงื่อนไขต่างๆ นั้นมาประกอบขึ้นเป็นระบบโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

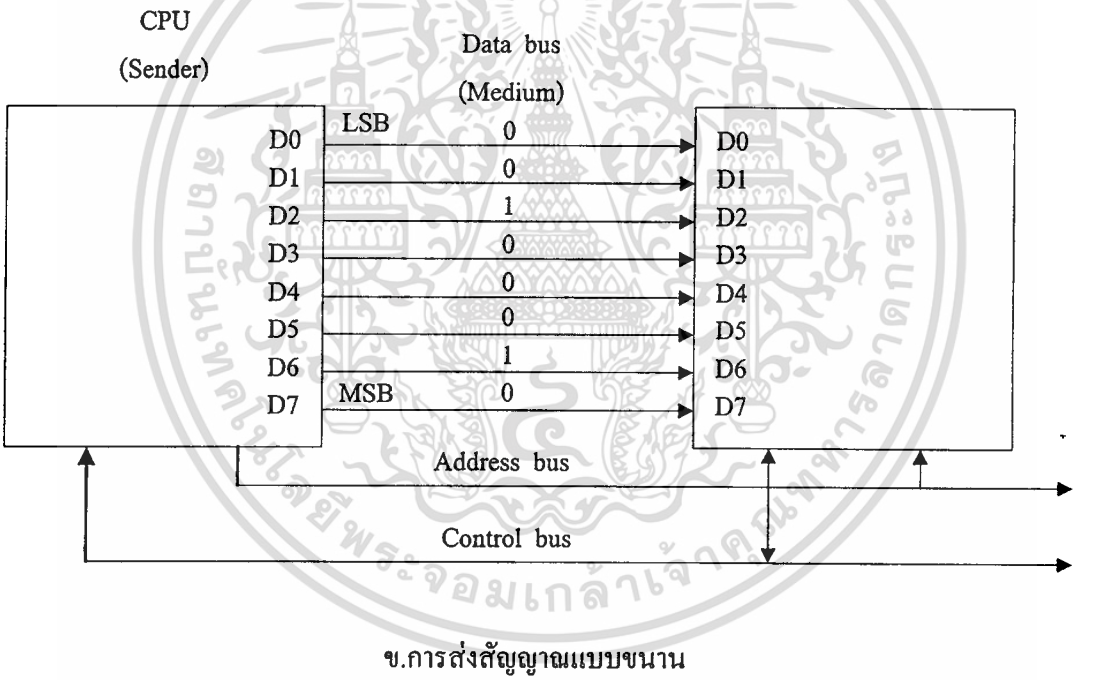
2.3.1 เทคนิคของการส่งผ่านข้อมูล (Data Transmission Techniques)

ในการส่งผ่านข้อมูล เราสามารถแบ่งลักษณะของการส่งผ่านข้อมูลได้เป็น 2 แบบ คือการส่งผ่านข้อมูลแบบขนานและการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม การส่งผ่านข้อมูลโดยใช้สายคู่เดียวเป็นการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial) และการส่งผ่านข้อมูลโดยใช้สายหลายคู่สายเป็นการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน (Parallel) ในการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลไบนารี่จะถูกส่งออกไปครั้งละ 1 บิท ที่เวลาหนึ่ง ส่วนในการส่งผ่านข้อมูลแบบขนานข้อมูลแต่ละบิทจะมีสายส่งเฉพาะและทุกบิทของข้อมูลที่แต่ละสายส่งจะถูกส่งออกในเวลาเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ก แสดงตัวอย่างของการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมจากเทอร์มินอลไปยังคอมพิวเตอร์ และสำหรับรูปแบบของไบนารี่ 01000100 บัสข้อมูลภายในระบบคอมพิวเตอร์ เป็นตัวอย่างหนึ่งของการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.การส่งสัญญาณแบบอนุกรม



ข.การส่งสัญญาณแบบขนาน

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างของ ก) การส่งสัญญาณแบบอนุกรม ข) การส่งสัญญาณแบบขนาน

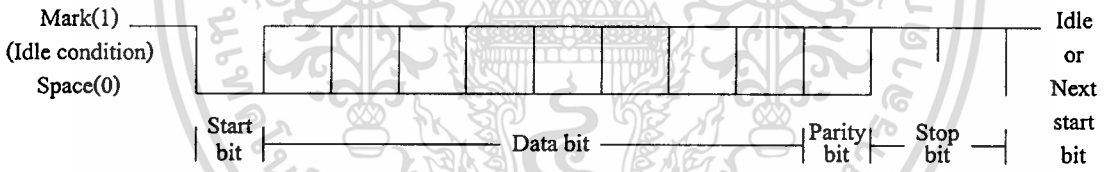
การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน ย่อมเร็วกว่า การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม เพราะทุกบิทถูกส่งออกไปพร้อมกัน ดังนั้น ในการส่งผ่านข้อมูลแบบขนานจะถูกนำมาใช้สำหรับการทำงานภายในคอมพิวเตอร์ เช่น ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างซีพียู (CPU) กับหน่วยความจำ (Memory) หรือ ระหว่างซีพียูและ I/O Chips เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้สายหลายๆ เส้นทำให้สับสน ราคาสูงและรับสัญญาณรบกวนได้ง่าย ถ้านำการส่งผ่านข้อมูลแบบขนานมาใช้กับการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง คอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์หรือ คอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รอบนอก เช่น แป้นพิมพ์กับจอภาพ, เครื่องพิมพ์หรือพล็อตเตอร์ เป็นต้น แม้ว่าในบางระบบจะใช้การส่งผ่านข้อมูลแบบขนานสำหรับการส่งผ่านข้อมูบไปยังอุปกรณ์รอบนอก แต่ส่วนใหญ่จะใช้การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งมี I/O Chips ทำการแปลงข้อมูลแบบขนายจากซีพียูเพื่อเป็นข้อมูลแบบอนุกรม ก่อนที่จะส่งข้อมูลออกไปและ I/O

Chips เหล่านี้ สามารถรับข้อมูลแบบอนุกรมและแปลงกลับมาเป็นแบบขนาน เพื่อว่าสามารถอ่านได้โดยซีพียู หรือหน่วยความจำได้ง่าย เพราะว่าในการสื่อสารข้อมูลจะเกิดขึ้นระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รอบนอก

2.3.2 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม มีรูปแบบการส่งแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) กับแบบซิงโครนัส (Synchronous)

การส่งสัญญาณแบบอนุกรมนั้นแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ การส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission) และการส่งสัญญาณแบบซิงโครนัส (Synchronous Transmission) เพื่อทำให้ตัวส่งและตัวรับสามารถทำงานได้สอดคล้องกันทั้งคู่ จึงจะต้องใช้วิธีการส่งสัญญาณแบบเดียวกันคือ ตัวรับต้องสามารถตรวจจับการเริ่มต้น และการสิ้นสุดของอักขระ (Character) 1 ตัวได้ สำหรับการส่งข้อมูล แบบอะซิงโครนัส ส่วนแบบซิงโครนัสจะดูที่บล็อคของการเริ่มต้นและการสิ้นสุดของอักขระ

1. การส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส คำว่า "อะซิงโครนัส" หมายความว่า ที่เวลาหนึ่งอักขระ 1 ตัว สามารถูกส่งออกไปได้ การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสจะใช้กับการส่งข้อมูลที่มีความเร็วต่ำ (น้อยกว่า 19,200 Bits Per Sceond (BPS) และใช้กับอุปกรณ์ราคาไม่แพงนัก เช่นเครื่องพิมพ์และพล็อตเตอร์ จึงมีผลทำให้แบบนี้เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในการส่งข้อมูล เพราะว่าวงจรง่ายต่อการออกแบบและสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ด้วย วิธีนี้ยังทำให้มีการต่อเนื่องของข้อมูลไม่ตายตัว คือเวลาระหว่างอักขระไม่จำเป็นต้องเท่ากัน เปรียบเทียบได้กับการพิมพ์หนังสือ เวลาระหว่างการกดแป้นพิมพ์ของอักขระแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องเท่ากัน เนื่องมาจากคำที่กำลังพิมพ์, ตำแหน่งของอักขระ รูปแบบอักขระของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส แสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 รูปแบบอักขระสำหรับการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส

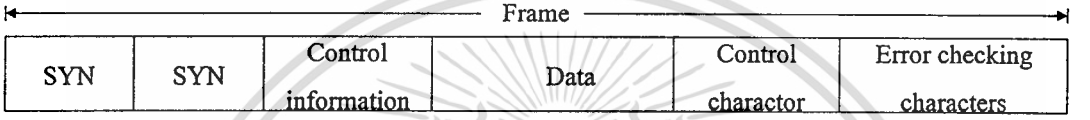
จากรูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส จะเห็นว่าในการส่งอักขระ 1 ตัว แบบอะซิงโครนัสจะประกอบด้วย 4 ส่วน ด้วยกันคือ บิทเริ่มต้น (Start Bit) บิทข้อมูล (Data Bit) บิทพาริตี้ (Parity Bit) และบิทหยุด (Stop Bit) (ซึ่งอาจมีได้ 1, 1.5 หรือ 2 บิท) แม้ว่าบิทพาริตี้จะเป็นบิทตัวเลือกว่ามีหรือไม่มีก็ได้ แต่ระบบส่วนใหญ่จะใช้ ซึ่งดูได้จากตัวอย่างว่าจะมีทั้งใช้และไม่ใช้บิทพาริตี้

แม้ว่าการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส จะง่ายต่อการออกแบบสร้างและใช้งานแต่เป็นแบบวิธีการส่งข้อมูลที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ เนื่องจากในการส่งข้อมูลแต่ละอักขระอย่างน้อยที่สุดประกอบด้วยบิทเริ่มต้น 1 บิท และบิทหยุด 1 บิท

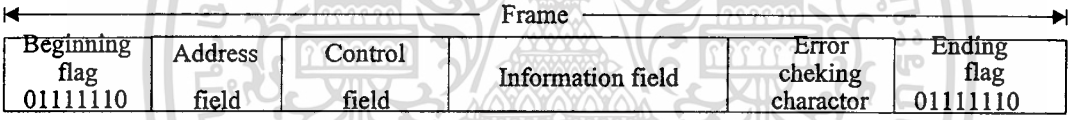
2. การส่งสัญญาณแบบซิงโครนัส นั้นไม่ต้องการบิทเริ่มต้นและบิทหยุดแก่แต่ละอักขระของเฟรม โดยการส่งข้อมูลแต่ละครั้งจะส่งเป็นบล็อคขนาดใหญ่ เพื่อที่จะใช้เข้าจังหวะกับสัญญาณนาฬิกาของตัวรับ ในการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส ตัวรับสามารถรู้ถึงการเริ่มต้นเฟรมใหม่ของข้อมูลแต่ละเฟรมและแต่ละ บิทภายในเฟรม ดังแสดงในรูปที่ 2.5 แสดงรูปแบบของซิงโครนัสทั้ง 2 แบบ ที่แตกต่างกัน คือแบบ Character-Oriented Frame

และแบบ Bit-Oriented Frame เฟรมแรกของการส่งข้อมูลแบบ Character-Oriented จะเริ่มต้นด้วยอักขระพิเศษหนึ่งตัวหรือมากกว่านั้น เรียกว่า Synchronization (SYN) Character อักขระ SYN จะมีรูปแบบทางไบนารี่ที่เป็นเอกลักษณ์หรือเฉพาะอักขระ SYN จะตามด้วยข่าวสารควบคุม (Control Information) ข้อมูลอักขระควบคุมและสุดท้ายคืออักขระตรวจสอบความผิดพลาด

ส่วนแบบ Bit-Oriented นั้นเฟรมหนึ่งจะประกอบด้วยรูปแบบบิทพิเศษเริ่มต้นและสิ้นสุดของเฟรม รูปแบบเหล่านี้ประกอบด้วยความยาว 8 บิท ซึ่งเรียกว่า เฟล็ก (Flags) เฟล็กเริ่มต้นของเฟรมและสิ้นสุดเฟรมนั้นจะมีค่าเหมือนกันคือ "01111110" ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ข ซึ่งได้แสดงเฟล็กเริ่มต้น (Opening Flag) แล้วตามด้วยข้อมูลแสดงที่อยู่ (Address Information), ข้อมูลควบคุม (Control Information), ข้อมูลการตรวจสอบข้อผิดพลาด (Error Checking Information) และสุดท้าย คือเฟล็กสิ้นสุด (Ending Flag)



ก. Charactor Oriented



ข. Bit Oriented

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างรูปแบบการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส

ก) Character Oriented ข) Bit Oriented

2.3.2 โหมดการสื่อสาร (Communication Modes)

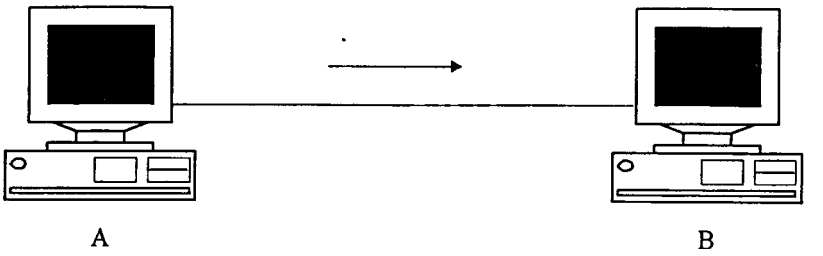
การสื่อสารได้แบ่งออกตามรูปแบบของการส่งข้อมูล โดยจะแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือการส่งข้อมูลทางเดียว (Simples), การส่งข้อมูลแบบกึ่งสองทาง (Half-Duplex) และการส่งข้อมูลแบบสองทาง (Full-Duples) ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การส่งข้อมูลแบบทางเดียว ข้อมูลจะถูกส่งได้ในทางเดียวเท่านั้น เช่น การส่งข้อมูลจากเทอร์มินัล A ไปยังเทอร์มินัล B โดยเทอร์มินัล A จะเป็นเครื่องส่งและเทอร์มินัล B เป็นเครื่องรับเท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 2.6 ก

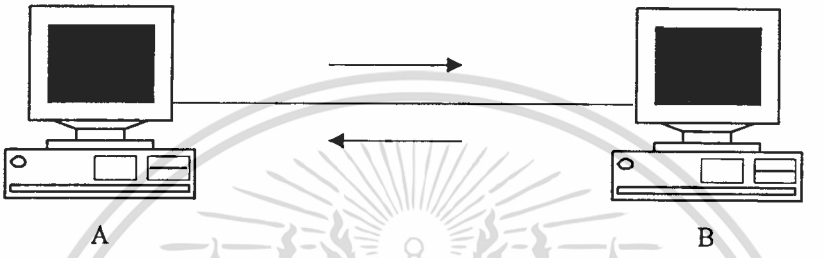
2. การส่งข้อมูลแบบกึ่งสองทาง ข้อมูลถูกส่งได้ทั้งสองข้าง แต่จะต้องผลัดกันส่งและผลัดกันรับ จะส่งพร้อมกันไม่ได้ เช่น เทอร์มินัล A ส่งข้อมูลไปให้เทอร์มินัล B ได้และ เทอร์มินัล B ก็ส่งข้อมูลตอบกลับมาให้เทอร์มินัล A เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ข.

3. การส่งข้อมูลแบบสองทาง ข้อมูลสามารถรับและส่งได้ในเวลาเดียวกัน เช่น เทอร์มินัล A ส่งข้อมูลไปให้เทอร์มินัล B ซึ่งเป็นเวลาเดียวกันที่เทอร์มินัล B ก็ส่งข้อมูลไปให้เทอร์มินัล A โดยที่เทอร์มินัล A และ B งานเป็นอิสระต่อกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ค.

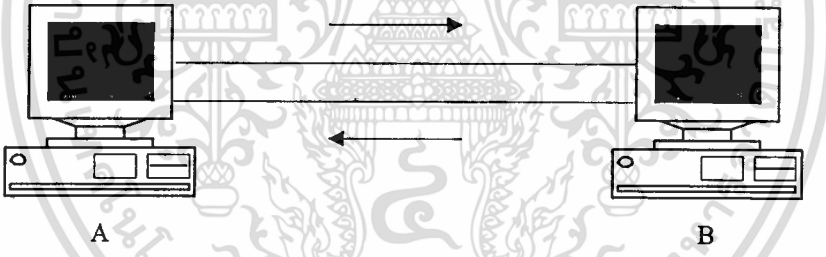
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.แบบทางเดียว



ข.แบบกึ่งสองทาง



ค.แบบสองทาง

รูปที่ 2.6 รูปแบบของการส่งข้อมูล

ก) แบบทางเดียว ข) แบบกึ่งสองทาง ค) แบบสองทาง

2.3.3 สถาปัตยกรรมโครงข่าย (Network Configuration)

โครงข่ายของการสื่อสารข้อมูล สามารถแบ่งออกเป็นรูปแบบใหม่ๆ ได้ 2 รูปแบบ คือ

1. แบบจุดต่อจุด (Point to Point)

2. แบบจุดต่อหลายจุด (Multipoint)

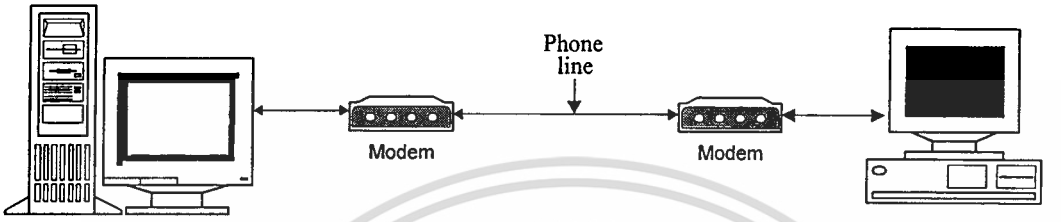
โครงข่ายของการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อจุด เป็นแบบที่มีอุปกรณ์ในแต่ละปลายของการเชื่อมโยง ซึ่งมีรูปแบบต่างๆ และได้แสดงตัวอย่างรวมทั้งสิ้นต่อไปนี้

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

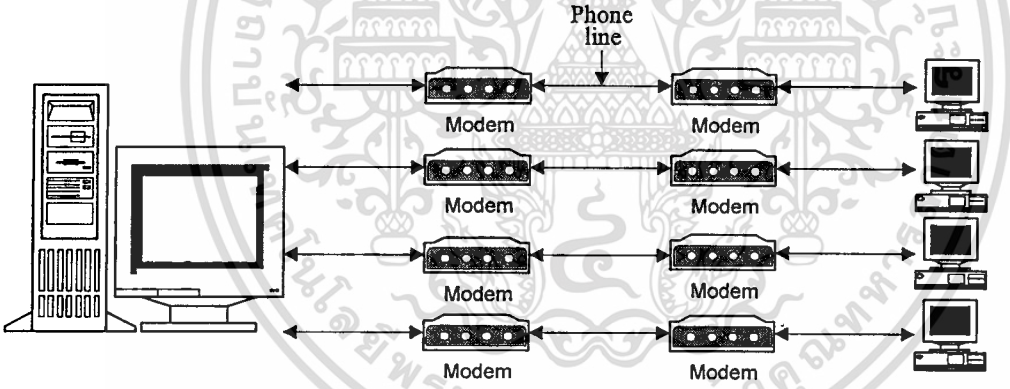
1. การเชื่อมโยงของเทอร์มินัล 1 ตัวต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยผ่านโมเด็มและสายสัญญาณโทรศัพท์ ดังแสดงในรูปที่ 2.7

2. การเชื่อมโยงของแต่ละเทอร์มินัลต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งแต่ละเทอร์มินัลมีข่ายเชื่อมโยงของตัวเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.8

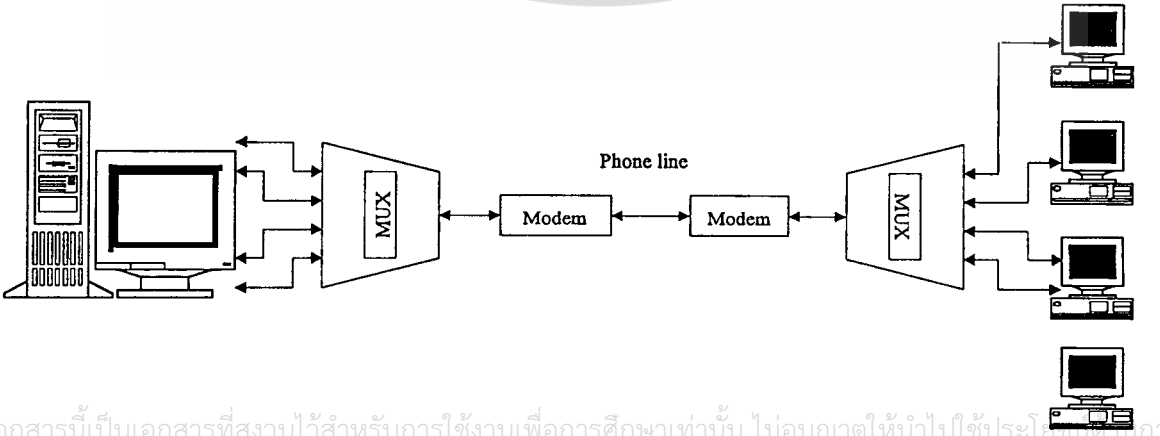
3. การเชื่อมโยงของคอมพิวเตอร์ต่อกับคอมพิวเตอร์ หรือการเชื่อมโยงของเทอร์มินัลหลายตัวต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์หนึ่ง โดยใช้คู่ของตัวผ่านตัวมัลติเพล็กซ์และโมเด็มคู่เดียวเพื่อลดค่าใช้จ่ายเมื่อมีการขยายระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.7 ใช้สายโทรศัพท์ในการส่งข้อมูล



รูปที่ 2.8 เทอร์มินัลเชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์ โดยต่างมีคู่สายเป็นของตัวเอง



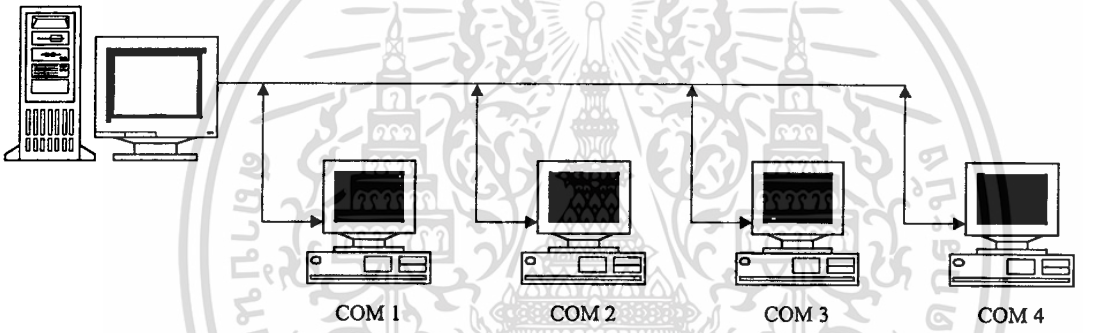
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 เทอร์มินัลหลายตัวต่อกับคอมพิวเตอร์หนึ่งตัวผ่านมัลติเพล็กซ์

โครงข่ายของการสื่อสารข้อมูลแบบจุดต่อหลายจุด จะมีสถานีแม่ข่าย 1 สถานี (ปกติเป็นคอมพิวเตอร์) และสถานีลูกข่ายหลายตัว (ปกติได้แก่เทอร์มินัล) ที่ใช้สายสัญญาณในการสื่อสารร่วมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.10 แบบนี้เป็นแบบที่ต้องการเทอร์มินอลแบบ Smart หรือ Intelligent และมีการทำงานแบบ Polling คือต้องเรียงลำดับในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเทอร์มินอล โดยทั้งแบบจุดต่อจุดและแบบต่อหลายจุด ต้องมีข้อตกลงเพื่อรับรองว่าลำดับการส่งผ่านข้อมูลเกิดขึ้นถูกต้อง โดยมีข้อตกลงดังต่อไปนี้

1. ตัวส่งต้องทราบว่าตัวรับพร้อมที่จะรับข้อมูล
2. ข้อมูลต้องถูกส่งออกไป
3. ตัวส่งต้องทราบว่า ข้อมูลที่ส่งออกไปตัวรับได้รับถูกต้องหรือไม่
4. ตัวส่งและตัวรับต้องสามารถตัดการเชื่อมต่อได้

ข้อตกลงนี้รวมเรียกว่า ข้อตกลงในการสื่อสาร ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างของโครงข่ายแบบจุดต่อหลายจุด

2.3.4 ข้อมตกลงในระบบการสื่อสาร (Protocol)

โปรโตคอล หมายถึงกฎเกณฑ์, ขบวนการ และรูปแบบของภาษา ซึ่งถูกกำหนดขึ้นใช้ในการสื่อสารข้อมูล เพื่อให้แน่ใจว่าการถ่ายเทข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ดิจิตอลนั้นเป็นไปตามลำดับที่ถูกต้อง โดยจะอยู่ในรูปของซอฟท์แวร์และฮาร์ดแวร์ประกอบกัน

โปรโตคอลที่พบเห็นการใช้งานบ่อยครั้งเช่น SDLC (Synchronous Data Link Control) ซึ่งกำหนดและสร้างขึ้นโดยบริษัท IBM, HDLC (High level Data Link Control) ของบริษัท Honeywell นอกจากนี้ยังมี โปรโตคอลที่สร้างขึ้นโดยบริษัทอื่นๆ อีกมากมายเช่น DDCMP (Digital Data Communication Message Protocal), BDLC, DLC, CDC และ MAPLP เป็นต้น ซึ่งต่างก็มีโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงใน รูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SDLC format

Begining flag 01111110 8 bit	Address 8 bit	พิมพ์ข้อมูล ข้อความ	Frame check 16 bit	Ending flag 01111110 8 bit

Frame

Begining flag	Address	Control	Packet heading	Information	Frame check	Ending flag

HDLC format

รูปที่ 2.11 ฟอร์แมตของ SDLC และ HDLC

โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลจะแบ่งออกเป็นระดับ (Level) หรือชั้น (Layer) แต่ละระดับจะบรรจุหน้าที่และถูกออกแบบให้ทำงานอิสระ โดยในการทำงานของระดับหนึ่งจะขึ้นอยู่กับการทำงานที่ถูกต้องของระดับก่อนหน้านี้ โปรโตคอลเหล่านี้จะอยู่ในลักษณะของซอฟท์แวร์ ซึ่งโครงสร้างของระบบซอฟท์แวร์จะต้องเขียนให้สอดคล้องกับมาตรฐานของ OSI (Open System Interconnect) ด้วย ซึ่งมาตรฐานของ OSI จะประกอบไปด้วยมาตรฐานย่อยๆ ถึง 7 ระดับ ด้วยกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. Physical Level เป็นมาตรฐานในการกำหนดเกี่ยวกับการอินเตอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์ปลายทางข้อมูล (DTE) กับอุปกรณ์การสื่อสารข้อมูล (DCE) โดยจะรวมถึงทางด้านกายภาย, ทางด้านสัญญาณไฟฟ้า, กระบวนการในการติดตั้งและการบำรุงรักษา รวมไปถึงรายละเอียดของช่องสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อระหว่าง DTE กับ DCE เพราะฉะนั้นอาจสรุปได้ว่า Physical level นี้ หมายถึงมาตรฐานต่างๆ เช่น ELA RS232-C, RS449, RS422-A และ RS423-A เป็นต้น

2. Data Link level เป็นกฎเกณฑ์สำหรับการส่งผ่านข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยผ่านตัวเชื่อมต่อ สำหรับโปรโตคอลของ Data Link Level นี้ มีความสำคัญต่อระบบไมโครคอมพิวเตอร์ก็คือ โปรโตคอลในแบบการส่งข้อมูลแบบอนุกรม และเป็นแบบอะซิงโครนัสด้วย

3. Network Level ใช้สำหรับควบคุมระบบสวิชชิ่ง และทิศทางการไหลของข้อมูลในเครือข่ายต่างๆ โดยที่ Network Level ประกอบไปด้วยการเชื่อมต่อทางกายภายและทางลอจิกที่จำเป็นต้องใช้ในการส่งผ่านข้อมูลจากจุดส่งไปยังจุดรับ

4. Transfer Level ใช้เกี่ยวกับการบริการการติดต่อข่าวสาร ซึ่งจุดสำคัญของมาตรฐานชั้นนี้คือ การควบคุมความแน่นอนและความเชื่อถือได้ของระบบในการส่งข้อมูลจากจุหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และจุดประสงค์หลักในชั้นนี้เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะของการอินเตอร์เฟสเครือข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ

5. Session Level กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการติดต่อและเลิกติดต่อการรับส่งข้อมูล

6. Presentation Level สำหรับกำหนดโครงสร้างและรูปแบบ (Syntax and Format) และทรานสฟอร์มเมชั่นของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Application level สำหรับใช้ในการกำหนดโครงสร้างของวิธีการและขบวนการที่ใช้ในการประยุกต์ระบบเข้ากับมาตรฐานของ OSI รวมถึงการกำหนดการใช้รหัสผ่าน (Pass word), Log on Utility และการทรานสเฟอร์ไฟล์ เป็นต้น

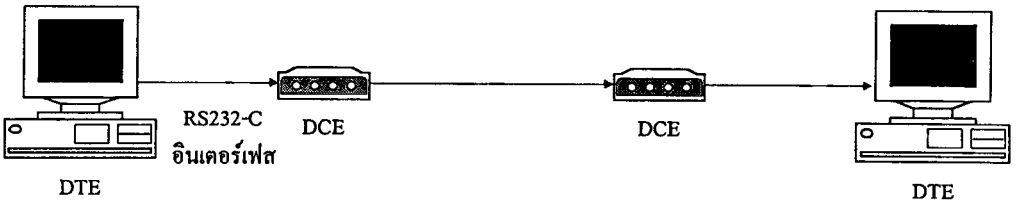
2.3.5 ข้อจำกัดของช่องสัญญาณ (Channel Limitation)

ช่องสัญญาณ (Channel) คือ ทางเดินสำหรับการไหลของสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งอาจจะเป็นเส้นโลหะเส้นเดียว, สายคู่, โคแอ็กเชียลเคเบิล ในบางการใช้งานของช่องสัญญาณถูกกำหนดด้วยแถบความถี่ (Frequency Band) และคุณสมบัติทางไฟฟ้าของช่องสัญญาณจะเป็นตัวจำกัดอัตราเร็ว (Rate) ของข้อมูลที่จะสามารถส่งได้ นอกจากนี้ควรทราบเกี่ยวกับคำจำกัดความของคำว่า อัตราบิท (Bit Rate) และอัตราบอด (Baud Rate) ด้วย ซึ่งคำว่า "อัตราบิท" คือจำนวนของไบนารี่ดิจิทที่ถูกส่งออกไปใน 1 วินาที ปกติอัตราบิทจะมีค่าเป็น 300, 1200, 2400, 4800, และ 9600 บิทต่อวินาที (BPS) ส่วนคำว่า "อัตราบอด" คืออัตราเร็วบอดที่เป็นตัวกำหนดจำนวนของสัญญาณ (Signaling Elements) ต่อหน่วยเวลา

2.4 มาตราฐาน RS232-C

โดยปกติไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นอนุกรมอยู่ในตัวเครื่อง ซึ่งมีชื่อเรียกว่า RS232-X เครื่องหลายเครื่อง ที่ไม่มีพอร์ตมากับเครื่อง อย่างเช่น IBM PC จำเป็นจะต้องมีการ์ดที่เรียกว่าอะซิงโครนัสอะแดปเตอร์ (Asynchronous Communication Adapter) มาเสียบใส่เพื่อนำไปใช้ในการสื่อสารข้อมูล

พอร์ต RS232 นี้ทำหน้าที่ในการรับและการส่งข้อมูลในแบบอนุกรม เรียกว่า Universal Asynchronous Adapter สาเหตุที่ทำให้มีชื่อเรียกว่า RS232-X เนื่องมาจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกาหรือ ETA ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์การสื่อสารแบบอนุกรมขึ้นมา ซึ่งคำว่า RS ย่อมาจาก Recommened Standard ส่วน 232 เป็นหมายเลขบ่งบอกของมาตรฐานนี้และ C เป็นหมายเลขของฉบับสุดท้ายของมาตรฐานนี้ และจุดประสงค์หลักของมาตรฐานตัวนี้เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่อของอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (DTE) กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล (DCE) สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ DTE ก็หมายถึง ตัวไมโครคอมพิวเตอร์และ DCE ก็หมายถึง โมเด็ม, อุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่รับสัญญาณแบบอนุกรมอาจจะเป็นได้ทั้ง DTE และ DCE ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ข้อแตกต่างของ DTE และ DCE จะเห็นได้จากรูปที่ 2.12 จากรูปนั้นจะเห็นได้ว่า RS232-C มีส่วนสำคัญสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.12 การใช้ RS232-C เชื่อมอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

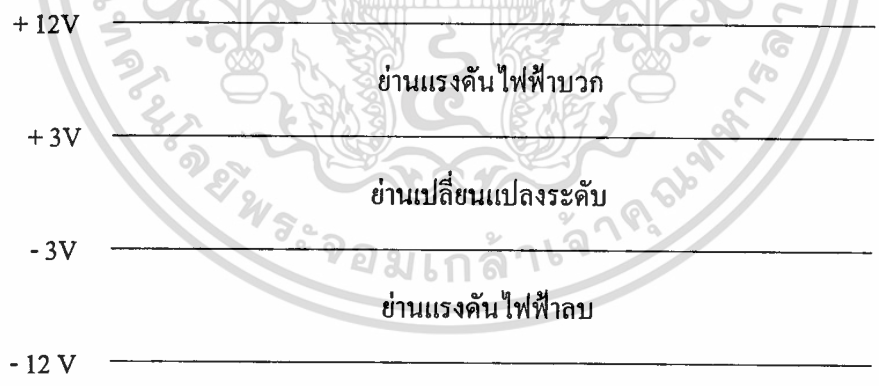
ความจริงที่ควรทราบอีกประการหนึ่งของ RS232-C ก็คือ ความเร็วและระยะทางในการเชื่อมต่อของ RS232-C สามารถเชื่อมต่อการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 0-20,000 บิทต่อวินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดอัตราบอด 110 ถึง 9600 บอดและความยาวของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณตามมาตรฐานของ RS232-C ค่าจำกัดอยู่แค่ 50 ฟุต ซึ่งเพียงพอสำหรับการสื่อสารของไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

2.4.1 ลักษณะของสัญญาณ RS232-C

เพื่อเป็นการรับรองว่าข้อมูลถูกส่งออกไปและอุปกรณ์ที่ควบคุมถูกต้อง จึงจำเป็นจะต้องมีข้อตกลงกันในเรื่องของสัญญาณที่ใช้ มาตรฐาน RS232-C จึงต้องมีการกำหนดย่านแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อสนองจุดประสงค์ที่กล่าวมาแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.13

ตารางที่ 2.1 การกำหนดย่านแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณ

มาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้า			
แรงดันไฟฟ้า	สภาวะลอจิก	สภาวะของสัญญาณ	ฟังก์ชั่นในการควบคุม
บวก	0	SPACE	ON
ลบ	1	MARK	OFF



รูปที่ 2.13 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS232-C

สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์บางเครื่อง อาจจะใช้สัญญาณลอจิกออกมาเป็นสัญญาณของ RS232-C อย่างเช่น อะซิงโครนัสอะแดปเตอร์ของ IBM PC ในกรณีเช่นนี้ระยะทางของสายที่เชื่อมต่ออาจจะต่อใช้ได้สั้นกว่า 50 ฟุต เนื่องจากระดับของกราวน์ที่เปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องจากการสูญเสียความต้านทางไปในสาย

2.4.2 การกำหนดจุดข้อต่อของ RS232-C

ในทางฟิสิกส์แล้ว มาตรฐานของ RS232-C กำหนดข้อต่อเป็นแบบ DB-25 แต่ละขาของข้อต่อได้กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.14 อย่างไรก็ตามผู้ผลิตไมโครคอมพิวเตอร์อาจจะใช้ข้อต่อชนิดอื่นที่นอกเหนือไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก DB-25 ยกตัวอย่างเช่น Fujitsu F-8 IBM AT, IBM Jr เป็นต้น ตัวเมียของข้อต่อควรจะอยู่ที่ตัวโมเด็ม ขณะที่ตัวผู้ควรจะอยู่ที่อะซิงโครนัสอะแดปเตอร์หรือที่ตัวไมโครคอมพิวเตอร์

สัญญาณต่างๆ ถูกมอบมายให้ทำหน้าที่ ดังนี้

Transmit Data (TD ขาที่ 2) เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อเข้าโดยตรงกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่นหรือเครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออก สถานภาพของลอจิกที่ขานี้จะมีค่าเท่ากับ "1" หรือเทียบเท่ากับสต๊อปบิท

Receive Data (RD ขาที่ 3) เป็นทางของสัญญาณเข้าไปยัง DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามาขานี้จะมีสถานภาพของลอจิกเป็น "1"

Request To Send (RTS ขาที่ 4) ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปยังโมเด็มหรือเครื่องพิมพ์เป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมาทางขา 2 สัญญาณนี้จะใช้คู่กับ CTS หรือ Clear to Send อุปกรณ์รับหากได้รับสัญญาณ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมที่จะรับก็จะส่งสัญญาณออกไปที่สาย CTS

Clear To Send (CTS ขาที่ 5) ดังอธิบายไว้ใน RTS เมื่อสัญญาณนี้อยู่ในสถานะออฟ (Negative Voltage หรือลอจิก "1") หมายความว่า อุปกรณ์รับกำลังบอกว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

Date Set Ready (DSR ขาที่ 6) เมื่อสัญญาณสายนี้อยู่ในสถานะออนหรือลอจิก "0" เป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์หรือผ่ายส่งว่า โมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะส่งได้แล้ว โมเด็มที่มีการหมุนหมายเลขอัตโนมัติ จะส่งสัญญาณสายนี้ไปบอกให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าต่อโทรศัพท์ได้สำเร็จแล้ว

Signal Ground (SG ขาที่ 7) SG ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุกๆ สายของสัญญาณ จะมีแรงดันเป็น "0" เมื่อเทียบกับสัญญาณตัวอื่น

Carrier Detect (CD ขาที่ 8) โมเด็มจะส่งสัญญาณที่อยู่ในสถานะออนหรือลอจิก "0" ไปบอกไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อได้รับสัญญาณจากโมเด็มของอีกฝ่ายหนึ่ง สัญญาณนี้จะนำไปจุด LED บอกว่าได้รับสัญญาณจากโมเด็มอีกฝ่ายหนึ่งแล้ว ไฟ LED จะอยู่บนหน้าปัดของโมเด็มเอง

Data Terminal Ready (DTR ขาที่ 20) คอมพิวเตอร์เปิดสัญญาณสายนี้ให้ออนหรือลอจิก "0" เมื่อพร้อมที่จะติดต่อกับโมเด็ม โมเด็มส่วนมาจะไม่รายงานสถานภาพของตัวเอง (CD, DSR และ CTS) ให้คอมพิวเตอร์รู้ หากคอมพิวเตอร์ไม่เปิดสัญญาณ DTR

Ring Indicator (RI ขาที่ 22) สัญญาณนี้ใช้ในโมเด็มที่เป็นระบบตอบได้อัตโนมัติ (Autoanswer) สัญญาณนี้จะออกเมื่อมีสัญญาณกระดิ่งมา และออฟระหว่างเสียงดังของกระดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางของสัญญาณ	ชื่อสัญญาณ		ชื่อสัญญาณ	ทิศทางของสัญญาณ
TO DCE	Secondary Tx	14	1 Protective	TO DCE
TO DTE	Tx clock	15	2 Transmit Data	TO DCE
TO DTE	Seccondary Rx	16	3 Receive Data	TO DTE
TO DCE	Receive clock	17	4 Request to send	TO DCE
	Unassign	18	5 Clear to send	TO DTE
TO DCE	Sencondary RTS	19	6 Data set Ready	TO DTE
TO DCE	Data Teminal Ready	20	7 Singnal Ground	
TO DTE	Signal Quality Detect	21	8 Carrier Detect	TO DTE
TO DTE	Ring Indicator	22	9 Reserve for test	
TO DCE	Data Signal Rate Select	23	10 Reserve for test	
TO DCE	Tx clock	24	11 Unassign	
	Reserve for test	25	12 Secondary Carrier detect	TO DTE
			13 Secondary Carrier detect	TO DTE

DTE : Data Terminal Equipment

DCE : Data Communication Equipment

รูปที่ 2.14 การกำหนดของข้อต่อ RS232-C

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะโดยย่อของสัญญาณ RS232-C

คุณลักษณะทางไฟฟ้า	
Driver output logic levels with	15V > 0 > 5V
3k to 7k load	- 5V > 0 > - 15V
Driver output voltage when open circuit	Vo < 25 V
Driver output impedance with Power off	Ro > 300 Ohms
Output Short circuit current	Io < 0.5 A
Driver slew rate	dv/dt < 30V/s
Receiver input impedance	7k > Rin > 3k
Receiver input voltage	+15 compatible with driver
Receiver output with open circuit input	MARK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Receiver output with +3V input	SPACE
Receiver output with -3V input	MARK
+15	LOGIC 0 = SPACE
+5	CONTROL ON
+5	Noise Margin
+3	
+3	Transition Region
-3	
-3	Noise Margin
-5	
-5	LOGIC 1 = MARK
-15	CONTROL OFF

2.4.3 มาตรฐาน RS232-C กับ V.24

ได้กล่าวถึงมาตรฐานตามสมาคมผู้ผลิตอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของสหรัฐอเมริกา หรือ RS232-C มาบ้างแล้ว สหประชาชาติและกลุ่มของ CCITT (Comite Consultatif International Telephonique Telegraphique) ได้มีมาตรฐานออกมาเหมือนกันและหลายฉบับ ซึ่งเป็นมาตรฐานออกมา 3 รูปแบบคือ

V.24 บรรยายถึงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (DTE) กับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง

V.28 บรรยายลักษณะทางไฟฟ้าสำหรับการใช้ Unbalance Double Current Interchange Circuit

อาจจะเป็นการโชคดีของผู้ที่ใช้มาตรฐานของ V.24 และ RS232-C ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันจนสามารถใช้ร่วมกันได้

2.5 การควบคุมและโปรแกรมในระบบการสื่อสารข้อมูล

ในระบบการสื่อสารข้อมูลจะมีการถ่ายโอนข้อมูลภายในส่วนต่างๆ ของระบบ ซึ่งข้อมูลภายในส่วนต่างๆ ของระบบ มีลักษณะเป็นแอดเดรส ข้อมูล หรือสัญญาณควบคุม ในการถ่ายโอนข้อมูลต่างๆ จำเป็นต้องมีส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมและประเมินผลข้อมูลเหล่านั้น ซึ่งเรียกว่า ไมโครโปรเซสเซอร์หรือซีพียู โดยใช้การควบคุมจากโปรแกรม

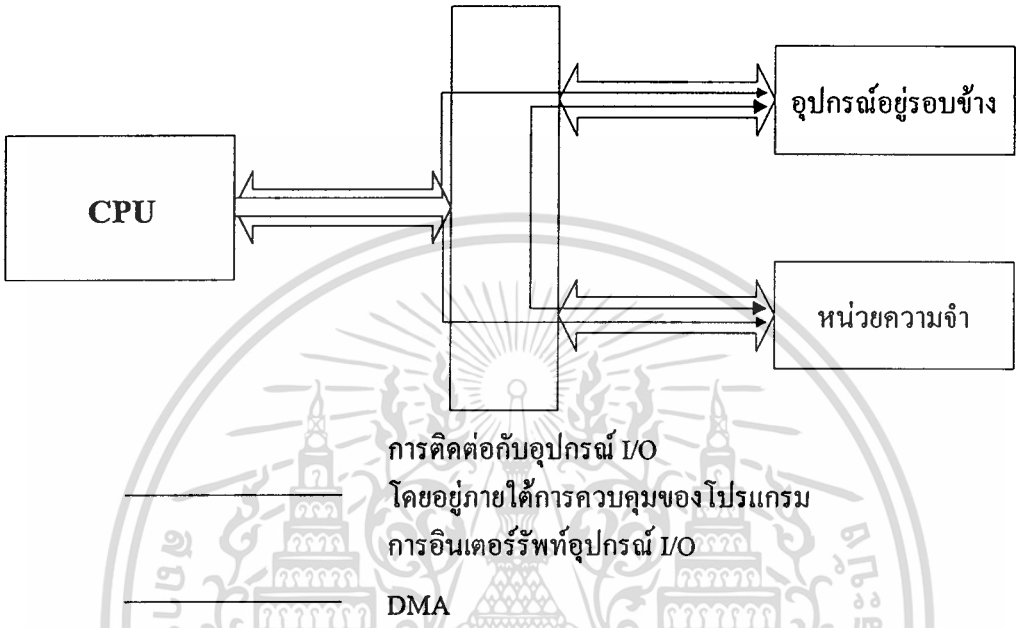
2.5.1การควบคุมการส่งข้อมูล

ในการส่งผ่านข้อมูลทั้ง 2 แบบ คือการส่งแบบขนานและแบบอนุกรม ซึ่งการส่งทั้งสองลักษณะนี้จะต้องมีการซิงโครไนซ์ระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ เพื่อให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปอย่างพร้อมเพรียงและถูกต้อง หากการรับส่งข้อมูลขาดการซิงโครไนซ์แล้ว จะเกิดข้อบกพร่องขึ้นได้ดังนี้คือ

1. เครื่องส่งจะทำการส่งข้อมูลทั้งๆ ที่เครื่องรับยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล
2. เครื่องส่งอาจจะไม่ส่งข้อมูลแม้ว่าเครื่องรับพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้วก็ตาม
3. เครื่องรับจะสุ่มรับข้อมูลด้วยเวลาที่ผิดๆ ทำให้รับข้อมูลที่คลาดเคลื่อนเข้ามา
4. เครื่องส่งหลายๆ เครื่องส่งข้อมูลเข้ามายังเครื่องรับเครื่องเดียวในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งข้อบกพร่องเหล่านี้จะเกิดขึ้นอย่างแน่นอน ถ้าระบบที่ใช้ไม่มีการซิงโครไนซ์ ดังนั้น วิธีแก้ข้อบกพร่องจึงต้องแก้ไขที่ตัวรับและตัวส่ง เช่น เกี่ยวกับสัญญาณควบคุมระบบที่ส่งมาตามบัสของระบบและเกี่ยวกับการควบคุมบัสของอุปกรณ์ชิ้นใดชิ้นหนึ่ง เป็นต้น สำหรับความสำคัญของสัญญาณควบคุมระบบ คือสามารถชี้ออกมาได้ว่าข้อมูลที่ส่งมาตามบัสขณะหนึ่งๆ นั้นมีอุปกรณ์ใดที่เป็นตัวควบคุม ซีพียู หรือ DMA เป็นต้น ถ้าซีพียูเข้าควบคุมการส่งผ่านข้อมูล เรียกว่า โปรแกรมควบคุมการส่งผ่านข้อมูล (Program-Control Data Transfer)



รูปที่ 2.15 การควบคุมการส่งผ่านข้อมูล

จากรูปจะสังเกตเห็นว่า ถ้าการควบคุมนั้นกระทำโดยซีพียู ทิศทางการไหลของข้อมูลจะผ่าน ซีพียู แต่ถ้าเป็นกรณีของ DMA ข้อมูลจะไม่ถูกส่งผ่ายซีพียู ซึ่งเทคนิคการควบคุมทั้งสองวิธีนี้ต่างก็เป็นตัวควบคุมสัญญาณที่ใช้ในระบบบัสว่าจะให้ส่งผ่านข้อมูลไปที่ไหน, อย่างไรและเมื่อใด

2.5.2 โปรแกรมควบคุมการส่งผ่านข้อมูล

โปรแกรมควบคุมการส่งข้อมูลจะใช้คำสั่งโดยตรงจากซีพียู เช่น คำสั่งในการทำงานเกี่ยวกับอุปกรณ์ I/O และคำสั่งเกี่ยวกับหน่วยความจำ สำหรับหลักการของโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ I/O นั้นประกอบด้วยเทคนิคใหญ่ 2 แบบคือ

1. **โพลลิ้ง (Polling)**

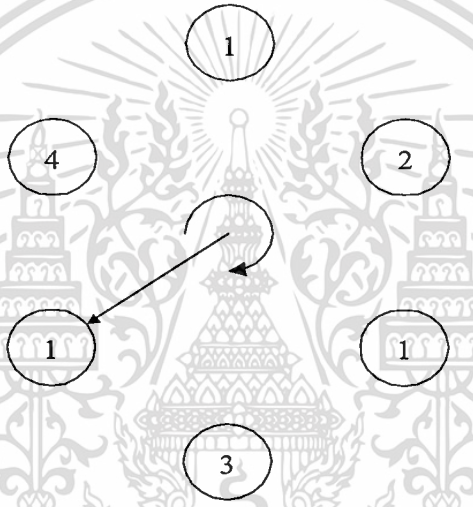
ในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ การโพลบางครั้งใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเทอร์มินอลกับซีพียูในกรณีของข้อมูลที่ส่งจากคีย์บอร์ดเข้าไปในซีพยู การไหลของข้อมูลจะไม่สม่ำเสมอและไม่สามารถทำนายว่าข้อมูลจะเข้ามาเมื่อใด จุดบกพร่องนี้เทคนิคการโพลสามารถแก้ไขได้ โดยทำการตรวจสอบตลอดเวลา การตรวจสอบการรับข้อมูล จะจัดการกับข้อมูลที่รับเข้ามาด้วยความเร็วสูงกว่าอัตราเร็วของข้อมูลที่ส่งเข้ามาทางคีย์บอร์ด

ซีพียูจะคอยรับข้อมูลที่ป้อนเข้ามาจากคีย์บอร์ด นั่นก็คือ ซีพียูจะสูญเสียเวลาไปประมาณ 90 เปอร์เซนต์ของคาบเวลา T ไปกับ "DRY POLL" ซึ่งก็คือช่วงเวลาที่ซีพียูทำการส่งสัญญาณการโพลออกไปตรวจสอบที่พอร์ตต่างๆ ที่ไม่มีข้อมูลป้อนเข้ามา แต่ในทางตรงกันข้ามหากซีพียูส่งสัญญาณโพลออกไปตรวจสอบพอร์ตแล้วพบข้อมูลที่ต้องการส่งเข้ามา เรียก "Wet Poll" เพราะฉะนั้นช่วงเวลา 90 เปอร์เซนต์ ของคาบเวลาที่สูญเปล่าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อลดช่วงเลาของ Dry Poll แต่ในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ทราบดีว่าซีพียูจะทำการโพลด้วยอัตราความเร็วเต็มที่ค่าหนึ่งเสมอ ซึ่งไม่สามารถแก้ไขได้ ดังนั้นจึงหลีกเลี่ยงการแก้ไขโดยเปลี่ยนไปใช้เทคนิคการโพลรูปแบบอื่นแทน ซึ่งเรียกว่าเทคนิคการ โพลแบบ Round Robin

ในกรณีที่ซีพียูต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์รอบข้างหลายชิ้น ซีพียูจะต้องมีความเร็วในการโพลไปยังอุปกรณ์รอบข้างทุกๆ ชิ้นได้ทัน เพื่อไม่ให้ข้อมูลเกิดการสูญหาย รูปแบบที่จะต้องจัดวางอุปกรณ์รอบข้างต่างๆ เพื่อทำให้การโพลเข้าถึงอุปกรณ์รอบข้างทุกชิ้นได้จะต้องจัดแบบ Round Robin ซึ่งเป็นเทคนิคที่อุปกรณ์รอบข้างแต่ละชิ้นถูกกำหนดตำแหน่งทางลอจิกให้มีลักษณะเป็นวงกลมและอุปกรณ์แต่ละชิ้นมีลำดับความสำคัญลดหลั่นกันไป คือเรียกว่า พริออริตี้ (Priority) ต่างๆ กัน เมื่อมาจัดวางในแบบ Round Robin แล้วอุปกรณ์ที่มีลำดับความสำคัญต่างๆ กันนี้ก็จะถูกโพลก่อนหรือหลังเป็นลำดับ นั่นคือถ้ามีลำดับความสำคัญสูงจะถูกการโพลบ่อยครั้งกว่าอุปกรณ์ที่มีความสำคัญต่ำกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 เทคนิคการโพลแบบ Round Robin

จากรูปอุปกรณ์หมายเลข 1 จะถูกโพลบ่อยที่สุด

2. การอินเตอร์รัพท์

ระบบไมโครคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีการอินเตอร์รัพท์ เพื่อให้ระบบทำงานประสานกันอยู่เสมอเหมือนกับทำงานพร้อมกัน ในการจัดลำดับการอินเตอร์รัพท์ที่มาจากพอร์ทอินพุทและเอาท์พุทจะต้องวางรูปแบบลำดับความสำคัญไว้ ในการจัดลำดับความสำคัญนี้ต้องเป็นไปตามหลักการที่กำหนด เช่น ถ้าอุปกรณ์มีความสำคัญสูงกว่าต่ออินเตอร์รัพท์เข้ามาจะต้องได้รับบริการก่อน อุปกรณ์ที่มีความสำคัญต่ำกว่าต้องรออยู่ก่อน

จุดประสงค์ของการอินเตอร์รัพท์ คือการทำให้ซีพียูหยุดจากการทำงานในโปรแกรมหลักชั่วคราว แล้วกระโดดไปทำงานในส่วนของโปรแกรมตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์ (Interrupt Service Routines) แล้วกระโดดกลับไปทำงานตามโปรแกรมหลักต่อไป สามารถสรุปขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

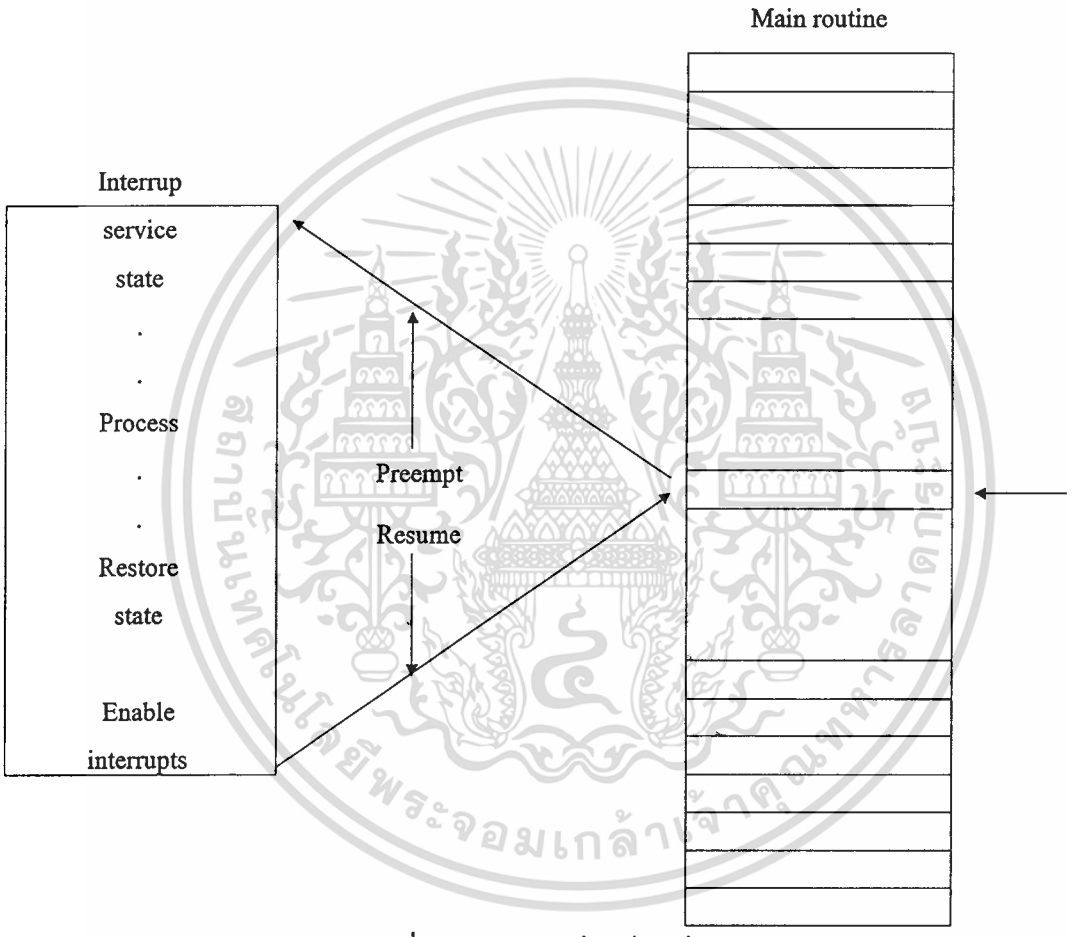
1. อุปกรณ์ภายนอกส่งสัญญาณ INT เข้ามายังซีพียู
2. ถ้าซีพียูยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์ได้ซีพียูจะทำการตอบรับ

3. อุปกรณ์ภายนอกเมื่อรับรู้ว่าซีพียูยอมรับการขัดจังหวะอินเตอร์รัพท์ได้แล้ว ก็จะส่งอินเตอร์รัพท์เวคเตอร์เข้ามายังซีพียู

4. ซีพียูจะนำเอาอินเตอร์รัพท์เวคเตอร์มาเป็นตัวชี้ตำแหน่งของคำสั่งที่จะกระโดดไปทำ

5. ซีพียูจะทำการกระโดดไปปฏิบัติ ณ ตำแหน่งที่ชี้โดยอินเตอร์รัพท์เวคเตอร์

6. ก่อนจบการทำงานตามโปรแกรมอินเตอร์รัพท์เซอร์วิสรูทีน ซีพียูจะทำการกระโดดไปตำแหน่งตามคำสั่งในโปรแกรมหลักต่อไป



รูปที่ 2.17 อินเตอร์รัพท์เซอร์วิส

ข้อเปรียบเทียบของการอินเตอร์รัพท์กับการโพล

จากที่ได้ทราบรายละเอียดของกระบวนการทั้งสองอย่างจากข้อมูลข้างต้นมาบ้าง จึงทำให้ทราบว่าแต่ละกระบวนการมีข้อดีและข้อเสียอย่างแน่นอน ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้งานว่าจะประยุกต์ใช่วิธีไหนให้เกิดประโยชน์ได้สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039115

การโพล

ข้อดี	ข้อเสีย
1. อุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ที่ใช้เป็นแบบง่ายๆ	1. 90 เปอร์เซ็นของคาบเวลา (T) ถูกใช้ในการตรวจสอบพอร์ตต่างๆ ซึ่งเป็นการสูญเสีย ถ้าเป็นกรณีของ Dry Poll ช่วงเวลาคอยเพื่อที่จะทำการโพลค่อนข้างนาน
2. ซอฟแวร์ที่เขียนขึ้นมาเพื่อที่ใช้ในกระบวนการนี้ไม่ยุ่งยากและสามารถที่จะทำการแก้ไขข้อบกพร่องได้ง่าย	

การอินเตอร์รัพท์

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ซีพียูมีการพิจารณาการขออินเตอร์รัพท์ต่อเมื่อมีสัญญาณการขออินเตอร์รัพท์ไม่เสียเวลา	1. เวลาที่ใช้ในการตอบสอนต่อการขออินเตอร์รัพท์นานกว่าการโพล
2. การตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์จะเริ่มทันทีหลังจากได้รับสัญญาณอินเตอร์รัพท์รีเควส	2. จะต้องใช้อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ที่ซับซ้อนขึ้น

2.5.3 ไดเร็คเมมโมรี่แอคเซส (Direct Memory Acess: DMA)

ในหัวข้อก่อนที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 วิธีต้องอาศัยการทำงานของซีพียู แต่ในขบวนการส่งผ่านข้อมูลที่กล่าวถึงคือ ไดเร็คเมมโมรี่แอคเซสหรือ DMA ซึ่งมีประสิทธิภาพในการส่งข้อมูลข้างต้นมาก

ขบวนการ DMA เป็นกระบวนการหรือเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มความเร็วของระบบการส่งผ่านข้อมูลเข้าหรือออกจากระบบความจำโดยไม่รบกวนซีพียู สำหรับวิธีในการส่งผ่านข้อมูลจากหน่วยใดๆ ไปยังหน่วยความจำโดยไม่รบกวนซีพียูช่วยจะมีขั้นต้อนดังนี้

1. ซีพียูอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกเข้ามาเก็บไว้
2. ซีพียูเขียนลงในหน่วยความจำ

ข้อดีของระบบนี้

1. ซีพียูไม่ถูกใช้เป็นเวลานาน
2. ขบวนการ DMA มีความเร็วสูงในการทำงาน

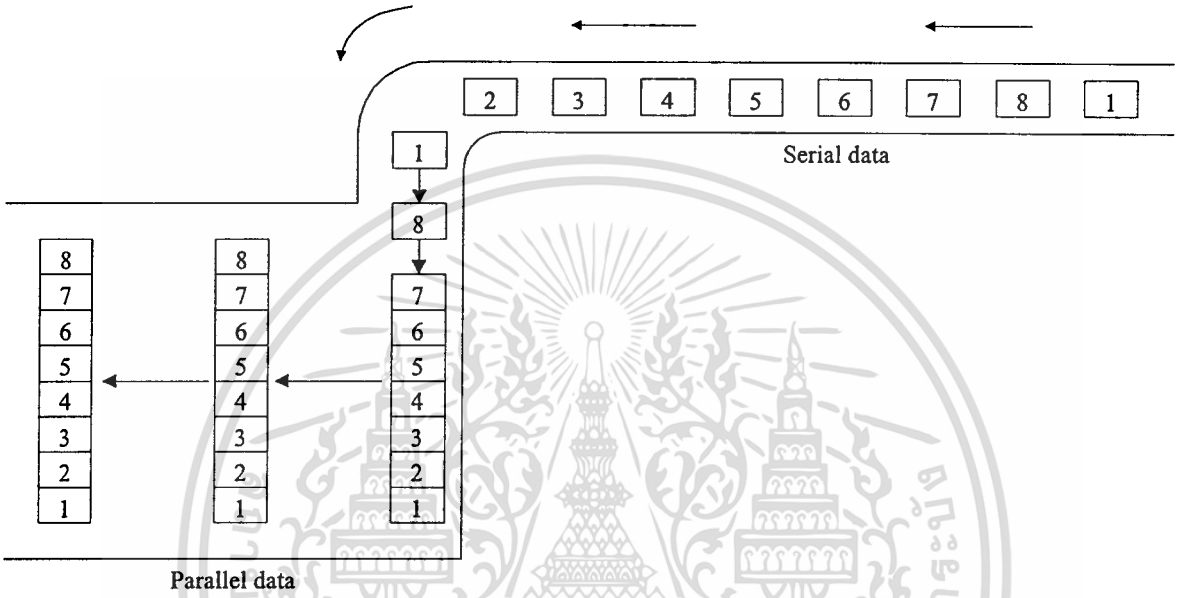
2.6 การแปลงข้อมูลแบบขนานไปเป็นแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

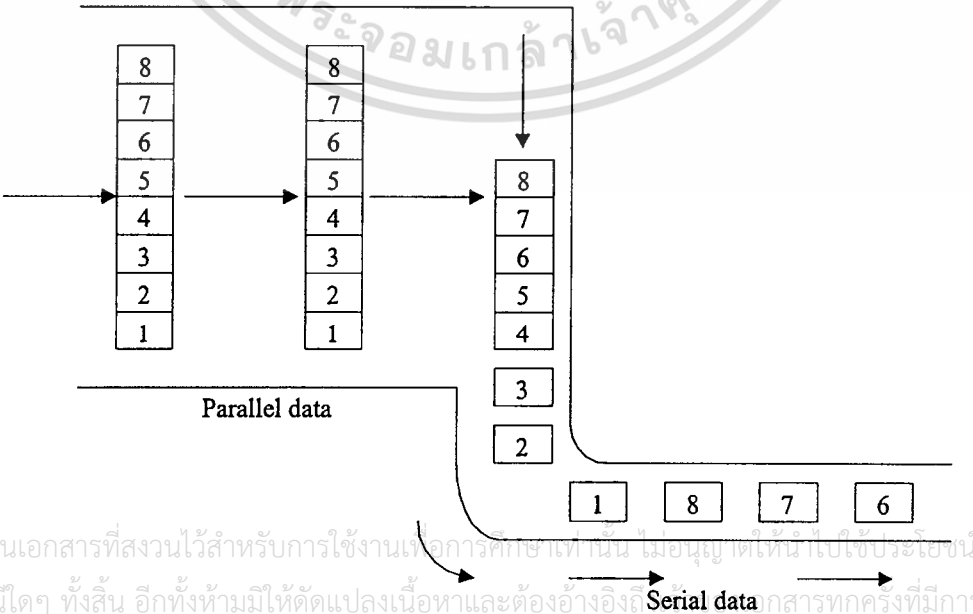
หลักการทำงานของการแปลงรูปแบบข้อมูลโดยอาศัยชิฟรีจิสเตอร์ มีหลักการดังคือ ข้อมูลที่ส่งเขามาจะเป็นอนุกรม โดยส่งมาทีละบิทเมื่อเข้ามาถึงรีจิสเตอร์ บิทแต่ละบิทที่เข้ามาจะถูกเรียงใน รีจิสเตอร์จนครบจำนวนบิทที่ต้องการ แล้วรีจิสเตอร์จะส่งข้อมูลทั้งชุดออกไป ดังรูปที่ 2.18

และเมื่อต้องการจะแปลงรูปแบบข้อมูลกลับไปเป็นแบบอนุกรมอีก ก็ทำตามขบวนการที่ตรงกันข้าม ดังแสดงในรูปที่ 2.19

อุปกรณ์เหล่านี้ต้องใช้งานร่วมกับซีพียูแล้ว ยังมีประโยชน์ต่อระบบบัส, ความเร็วในการส่งข้อมูล, พาริตี้และรูปแบบของข้อมูล เป็นต้น ตัวอย่างวงจรที่ใช้งานในลักษณะนี้ เช่น 85351 USART ซึ่งใช้งานร่วมกับซีพียู Z-80 โดยเฉพาะเพื่อที่จะใช้สื่อสารข้อมูลผ่านโมเด็ม และแสดงการอินเตอร์เฟส ดังแสดงในรูป ที่ 2.20

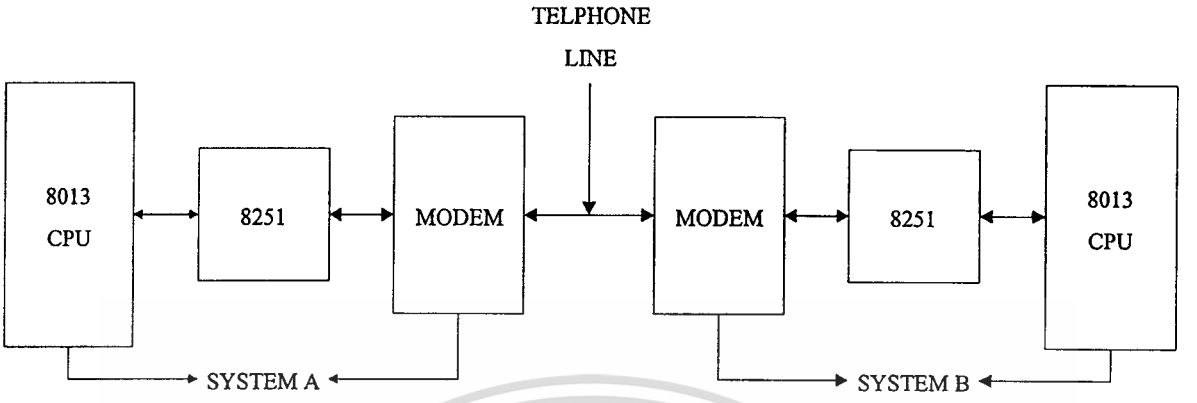


รูปที่ 2.18 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบจากแบบอนุกรมไปเป็นแบบขนาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.19 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบจากแบบขนานไปเป็นแบบอนุกรม

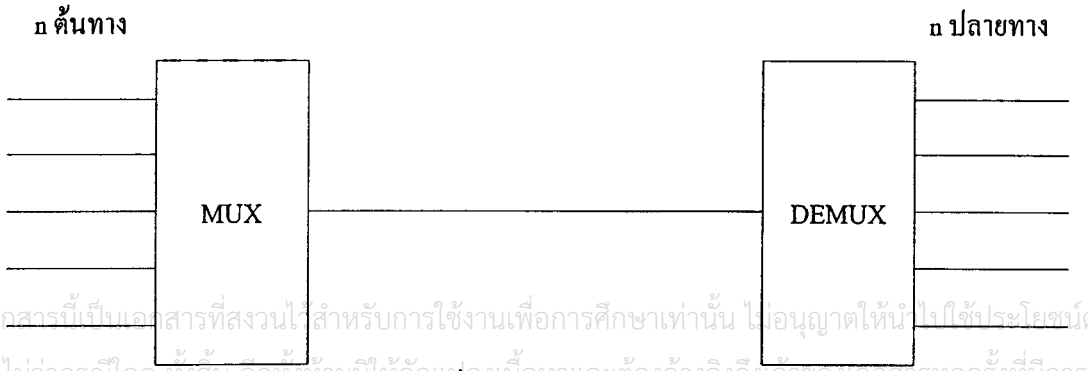


รูปที่.20 การใช้งาน 8251 ร่วมกับโมเด็ม

2.7 มัลติเพล็กซ์เซอร์ (Multiplexer)

ในการเชื่อมโยงการสื่อสารกันระหว่างผู้รับและผู้ส่งคือการเชื่อมโยงแบบจุดต่อจุด และการเชื่อมโยงที่ยุ่งยากกว่าแต่ให้ประโยชน์และประหยัดกว่าก็คือการเชื่อมโยงแบบหลายจุด ซึ่งผู้ส่งคนเดียวสามารถส่งข้อมูลไปยังผู้รับได้หลายๆ คน โดยใช้สายสื่อสารเดียวกันร่วมกัน และหลักการในการร่วมใช้สายสื่อสารเดียวกันนี้เองคือจุดประสงค์หลักของการใช้อุปกรณ์มิติเพล็กซ์เซอร์ (Multiplexer หรือเรียกสั้นๆ ว่า MUX)

จากรูป 2.21 แสดงถึงลักษณะการทำงานของมัลติเพล็กซีเซอร์ ทางซ้ายมือนั้นอุปกรณ์มัลติเพล็กซ์เซอร์จะรับสัญญาณข้อมูลจากผู้ส่งข้อมูลจากแหล่งต้นทางต่างๆ กัน n ต้นทาง ซึ่งต้องกรจะส่งข้อมูลไปยังปลายทางในที่ต่างๆ กัน n ปลายทาง ในทางด้านขวามือแต่ละคู่การสื่อสารข้อมูลคือ 1 ช่องทางสื่อสาร (Channel) ดังนั้นสัญญาณข้อมูลทั้ง n ช่องทางเมื่อผ่านมัลติเพล็กซ์เซอร์ ๆ ก็จะเรียงรวม (มัลติเพล็กซ์) กันอยู่ในสายส่งข้อมูลเพียงสายเดียว และเมื่อสัญญาณข้อมูลทั้ง n ช่องทางมาถึงเครื่องมัลติเพล็กซ์เซอร์ซึ่งเรียกว่า อุปกรณ์ดีมัลติเพล็กเซอร์อีกเครื่องหนึ่งทางปลายทาง สัญญาณทั้ง n ช่องทางก็จะถูกแยก (ดีมัลติเพล็กซ์) ออกจากกันไปตามเครื่องรับปลายทางของแต่และช่องทาง สายส่งข้อมูลที่ใช้ในการส่งข้อมูลจะต้องมีความจุสูงจึงจะสามารถรองรับปริมาณข้อมูลจำนวนมากที่ถูกส่งผ่านมาพร้อมๆ กันได้ สายส่งข้อมูลดังกล่าว ได้แก่ สายโคแอก สายไฟเบอร์ออปติก คลื่นไมโครเวฟ และคลื่นดาวเทียม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.21 หลักการมัลติเพล็กซ์

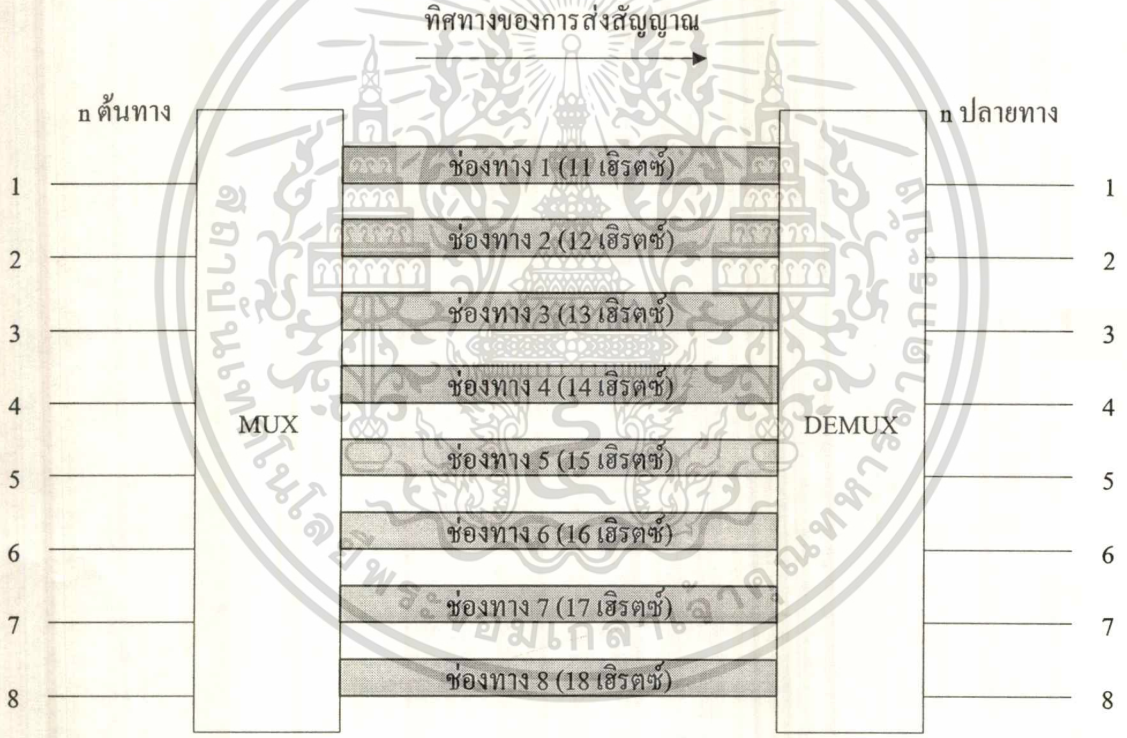
วิธีการรวมช่องทางการสื่อสารข้อมูล หรือการมัลติเพล็กซ์ที่จะกล่าวถึงในที่นี้มีอยู่ 3 วิธีคือ

1. การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามความถี่ (Frequency Division Multiplexing) หรือ FDM ซึ่งเป็นแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดโดยเฉพาะด้ายวิทยุและโทรทัศน์

2. การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามเวลา (Time Division Multiplexing) หรือ TDM ซึ่งรู้จักกันดีในชื่อของซิงโครนัส TDM (Symchronous TDM) ส่วนใหญ่จะใช้ในการมัลติเพล็กซ์สัญญาณเสียงดิจิตอล

3. การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามเวลาด้วยสถิติ (Statistical Time Division Multiplexing) หรือ STDM ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อะซิงโครนัส TDM (Asynchronous TDM) หรืออินเทลลิเจนท์ TDM (Inteligent TDM) ในที่นี้เราจะใช้ชื่อเรียกสั้นๆ ว่า STDM สำหรับ STDM เป็นวิธีการมัลติเพล็กซ์ที่ปรับปรุงการทำงานมาจากวิธีซิงโครนัส TDM ให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นเพื่อรองรับจำนวนช่องทางให้ได้มากขึ้น

การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามความถี่ (Frequency-Division Multiplexing, FDM)



รูปที่ 2.22 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความถี่ FDM

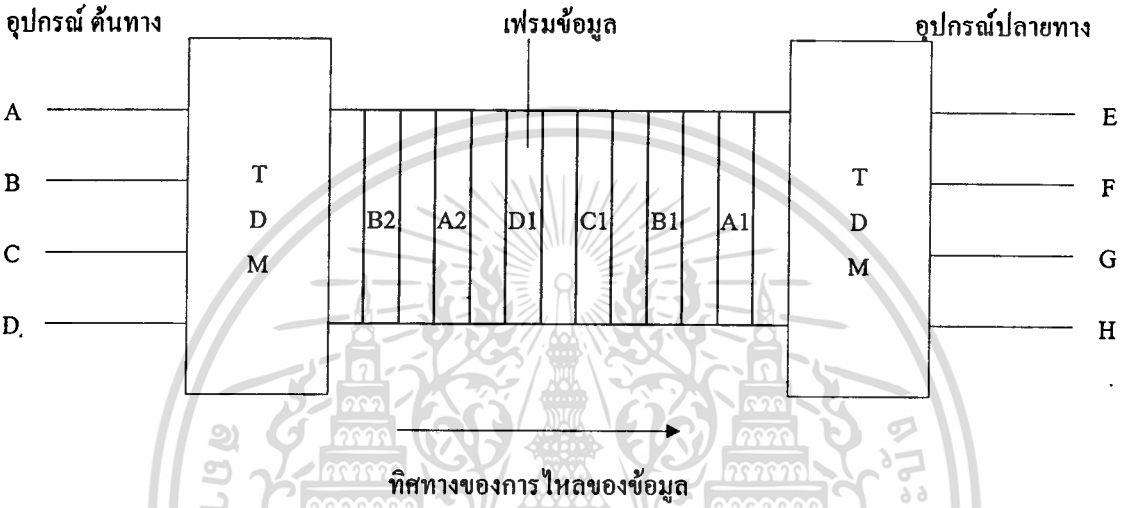
จากรูป 2.22 สัญญาณข้อมูลของแต่ละอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ 8 สัญญาณจะถูกส่งมาด้วยความถี่ที่ต่างๆ กัน แต่ล่งเข้ามาในเวลาเดียวกัน ในแต่ละแถบความพี่หรือแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของแต่ละอุปกรณ์จะต้องแยกออกจากกันไม่ซ้อนกันสู่อุปกรณ์มัลติเพล็กซ์เซอร์ FDM แต่ละสัญญาณจะถูกมอดูเลตเข้ากับคลื่นพาห์ที่ความถี่ต่างกัน (f1,f2,...,f8) ความถี่ของคลื่นพาห์จะต้องมีแบนวิดท์กว้างพอที่จะทำให้สัญญาณของแต่ละข้อมูลไม่ซ้อนกัน นั่นคือสัญญาณจะถูกแบ่งความถี่ออกเป็น 8 แบนด์วิดท์ หรือ 8 ช่องทาง (Channel) จากนั้น FDM ก็จะทำหน้าที่เป็นดีมัลติเพล็กซ์ เพื่อแยกแต่ละสัญญาณข้อมูลออกจากช่องทางทั้ง 8 ให้เหมือนกับสัญญาณเดิมก่อนส่งผ่านมัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติเพล็กซ์เซอร์ต้นทาง ตัวอย่างของอุปกรณ์ FDM ได้แก่กล่องรับสัญญาณเคเบิลทีวีทำหน้าที่แยกช่องสถานีที่ส่งสัญญาณทีวีละหลายๆ ช่องสถานีพร้อมกันในสายเคเบิลเดียว

ข้อเสียของ FDM คือแต่ละช่องทางมีแบนด์วิดท์ที่ตายตัว ทำให้ต้องส่งข้อมูลในเฉพาะที่อยู่ในย่านของความถี่ที่มีเท่านั้น นอกจากนั้นยังสามารถเกิดการไขว้แทรก (Crosstalk) หรือการผิดพลาดของสัญญาณ อันเกิดจากการรบกวนจากคลื่นความถี่จากช่องความถี่ข้างเคียงได้ ดังนั้นยิ่งแบ่งช่องความถี่ออกมามากเท่าใด การรบกวนก็ยิ่งเกิดขึ้นได้มากเท่านั้น

การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามเวลา (Time-Division Multiplesing, TDM)



รูปที่ 2.23 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามเวลา

การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งตามเวลา, TDM หรือบางทีเรียกว่า ซิงโครนัส TDM เป็นวิธีการส่ง-รับข้อมูลจากที่ต่างอุปกรณ์กันในเวลาเดียวกันรวมส่งผ่านช่องทางเดียวกัน แต่มีการแบ่งเวลาการใช้สายสื่อสารให้แต่ละอุปกรณ์ในลักษณะหมุนเวียนกันไป ในแต่ละช่วงเวลา หรือ Time Slot อาจจะเท่ากับ 1 บิตเวลา หรือ 1 บล็อกของไบต์ข้อมูลก็ได้

ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของการมัลติเพล็กซ์แบบ TDM คือสายส่งสัญญาณจะต้องมีอัตราเร็วในการส่งข้อมูล (บางทีเรียกว่า แบนด์วิดท์) มากกว่าอัตราเร็วของข้อมูลของสัญญาณข้อมูลทั้งหมด เช่น ในรูป 2.22 ถ้าให้แต่ละสัญญาณข้อมูลที่เข้าสู่ TDM มีอัตราเร็วข้อมูลเท่ากับ 1,200 บิตต่อวินาที ดังนั้นสายส่งสัญญาณจะต้องมีอัตราส่งข้อมูลมากกว่า 1,200 x 4 หรือ 4,800 บิตต่อวินาที (รวมทั้งบิตส่วนหัว หรือ Overhead ด้วย)

ในขั้นตอนการส่งสัญญาณ TDM มัลติเพล็กซ์เซอร์จะดึง (Poll) เอาอักขระทีละหนึ่งอักขระจากอุปกรณ์ต้นทางแต่ละเครื่องตามลำดับจากนั้นจะนำอักขระเหล่านั้นมารวมกันเป็นเฟรม (Frame) แล้วส่งออกไปด้วยอัตราเร็วสูง ตัวอย่างเช่น แต่ละอุปกรณ์อาจจะส่งข้อมูลมาด้วยอัตราเร็ว 1,200 บิตต่อวินาที แต่เมื่อผ่าน TDM ไปแล้วข้อมูล (เป็นบิตเฟรม) สามารถถูกส่งออกไปด้วยอัตราเร็ว 4,800 บิตต่อวินาที หรือมากกว่าได้

ในกรณีที่ไม่มีการส่งข้อมูลมาจากอุปกรณ์ต้นทาง TDM จะมีการใส่สัญญาณดัมมี (Dummy) เข้าไปแทนในช่วเวลานั้น มัลติเพล็กซ์เซอร์แบบ TDM จะให้ประสิทธิภาพการส่งสัยญาณข้อมูลรวมทั้งลดความผิดพลาดได้ดีกว่าแบบ FDM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การมัลติเพล็กซ์ทางเวลาเชิงสถิติ (STATISTICAL TIME - DIVISION MULTIPLEXING)

คุณสมบัติ

ในเรื่องของ ชิงโครนัส TDM โดยทั่วไปแล้วช่องสัญญาณเวลาจะไม่ได้ใช้ประโยชน์ทั้งหมด เนื่องจากสถานีปลายทางบางแห่งไม่มีข้อมูลที่จะส่งอยู่มากเท่าไรนัก เพื่อที่จะลดการสูญเปล่าของการใช้ช่องสัญญาณเวลาดังกล่าวจึงได้เกิดขบวนการ TDM เชิงสถิติหรืออะซิงโครนัส TDM หรืออินเทลลิเจน TDM ในขบวนการมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติ ได้ค้นพบคุณสมบัติหลักของการส่งผ่านข้อมูล โดยมีการกำหนดช่องเวลาของสัญญาณได้ตามความต้องการในการใช้งานจริงในขณะนั้น ตัวมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติจะมีสาย I/O จำนวนมากอยู่ทางด้านหนึ่งและมีสายที่มีความเร็วในการส่งผ่านสูงอยู่อีกทางด้านหนึ่ง

โดยที่สาย I/O จะต้อมีความสัมพันธ์กับบัฟเฟอร์ ยกตัวอย่างตัวมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติที่มีสาย I/O จำนวน n สาย และมีช่องสัญญาณเวลา K ช่อง โดยที่ K<n ในหนึ่งเฟรม ตัวมัลติเพล็กซ์จะกวาดสัญญาณบัฟเฟอร์อินพุทและสะสมเอาไว้ในเฟรมจนกระทั่งได้เต็มเฟรมจึงจะส่งเฟรมนั้นออกไป ทางด้านเอาท์พุทตัวมัลติเพล็กซ์เมื่อรับเฟรมมาได้แล้ว ก็จะจ่ายช่องสัญญาณเวลาที่มีข้อมูล ให้กับบัฟเฟอร์เอาท์พุทที่ทางด้านส่งต้องการให้ได้รับ

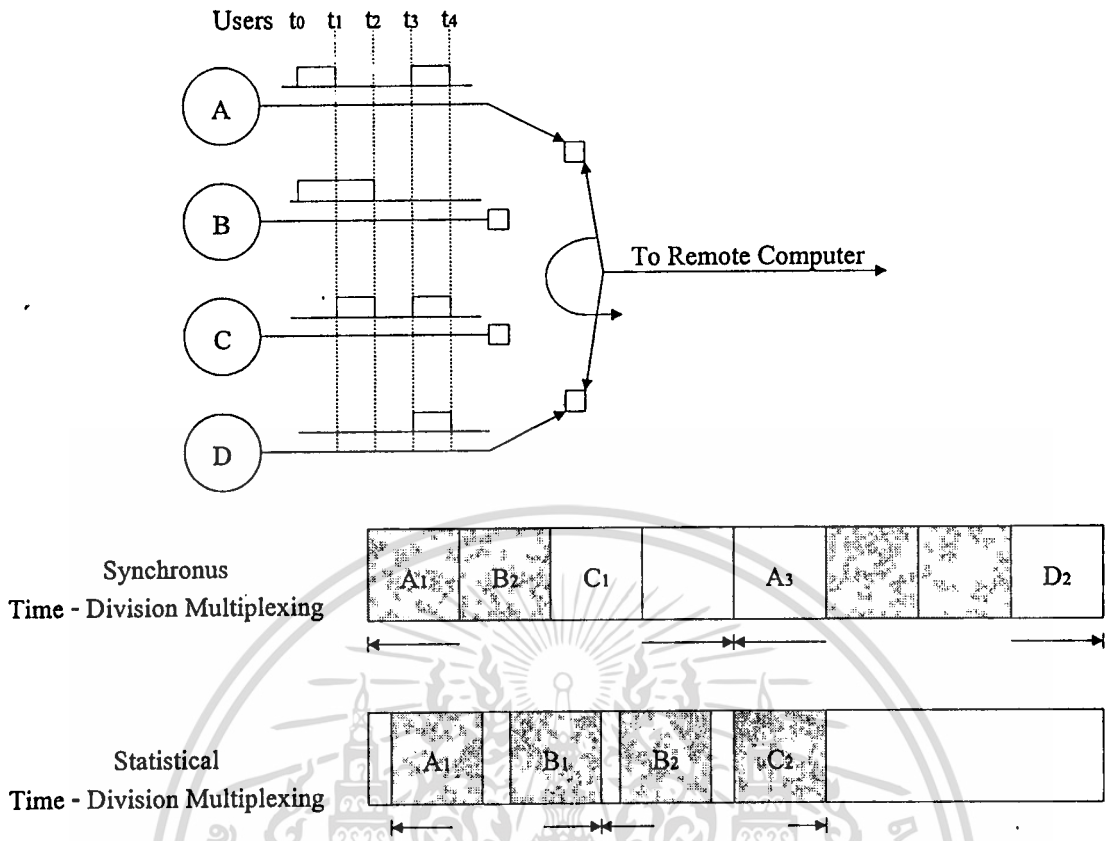
เนื่องจากกว่า TDM ได้ใช้ประโยชน์จากหลักความจริงที่ว่า อุปกรณ์ที่ต่อยู่กับตัวมัลติเพล็กซ์ไม่ได้มีความต้องการในการส่งข้อมูลกันทุกตัวตลอดเวลา อัตราการส่งข้อมูลในสายการมัลติเพล็กซ์จึงน้อยกว่าผลรวมของอัตราข้อมูลของอุปกรณ์ที่มาต่ออยู่ด้วย ซึ่งตัวมัลติเพล็กซ์ทางสถิติสามารถใช้อัตราข้อมูลที่ให้บริการแก่จำนวนอุปกรณ์ได้เท่าๆ กับตัวมัลติเพล็กซ์แบบซิงโครนัส ในทางกลับกัน ถ้าตัวมัลติเพล็กซ์ทางสถิติกับตัวมัลติเพล็กซ์แบบซิงโครนัสใช้กับสายการเชื่อมต่อข้อมูล ด้วยอัตราข้อมูลที่เท่ากันแล้ว ตัวมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติก็จะสามารถให้บริการแก่อุปกรณ์ได้มากกว่า

รูป 2.24 ได้เปรียบเทียบแสดงให้เห็นความแตกต่างของ TDM แบบสถิติ กับแบบซิงโครนัสในรูปแสดงแหล่งข้อมูลสี่แหล่ง และแสดงข้อมูลที่แหล่งและแสดงข้อมูลที่เกิดขึ้นที่เวลาทั้งสี่ ($t_0 - t_3$) ในกรณีของ TDM แบบซิงโครนัส ในบางเฟรมจะมีการส่งช่องสัญญาณที่ว่างไปด้วย แต่สำหรับ TDM แบบสถิติจะไม่ยอมปล่อยให้มีช่องเวลาที่ว่างในการส่งเฟรมแต่ละครั้งถ้ามีข้อมูลที่จะส่งอยู่

โครงสร้างของเฟรมที่ใช้กับการมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติ จะมีลักษณะเด่น กล่าวคือ มีบิทควบคุมอยู่ส่วนหัว (ที่ต้องการให้มีจำนวนน้อยที่สุดเพื่อให้การส่งผ่านข้อมูลได้จำนวนข้อมูลจำนวนมากๆ) โดยทั่วไประบบ TDM เชิงสถิติจะใช้โปรโตคอลการส่งแบบซิงโครนัส เช่น HDLC ในการทำงาน โดยที่ HDLC จะประกอบไปด้วยเฟรมข้อมูลมีบิทการควบคุมสำหรับการทำงานในขบวนการมัลติเพล็กซ์ รูป 2.25 แสดงรูปแบบ 2 รูป แบบที่เป็นไปได้ ในแบบแรก มีเพียงแหล่งกำเนิดของข้อมูลแห่งเดียวที่มีข้อมูลส่งไปใน 1 เฟรม โดยแหล่งกำเนิดตัวนั้นถูกกำหนดด้วยแอดเดรส ความยาวของฟิลด์ข้อมูลเปลี่ยนแปลงได้ จุดสิ้นสุดของเฟรมคือจุดสิ้นสุดข้อมูลและที่ท้ายเฟรมก็จะมีการทำเครื่องหมายไว้ให้รู้ว่าสุดเฟรม โครงสร้างแบบนี้ทำงานได้ดีในสภาพการส่งจำนวนไม่มาก แต่จะไม่มีประสิทธิภาพในสภาวะภาระการส่งข้อมูลจำนวนมาก

กรรมวิธีในการปรับปรุงประสิทธิภาพดังกล่าวให้ดีขึ้นก็คือ การยอมให้มีการส่งข้อมูลจากหลายแหล่งเป็นแพคเกจลงไปในเฟรมเดียวกัน ซึ่งก็จะต้องมีการกำหนดความยาวข้อมูลของแต่ละแหล่งลงไป ดังนั้นส่วนย่อยของเฟรมของ TDM เชิงสถิติก็จะประกอบไปด้วยลำดับของฟิลด์ข้อมูล โดยที่แต่ละตัวจะมีการติดป้ายแอดเดรสและความยาวข้อมูลแจ้งเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงการมัลติเพล็กซ์ TDM เปรียบเทียบ STDM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLAG	Address	Control	Statistical TDM Sub frame	FCS	Flag

(a) a = Overall frame

Address	Data

(b) One Source per frame

Address	Length	Data	———	Address	Length	Data

(c) Multiple soureces per frame

รูปที่ 2.25 รูปแบบเฟรม TDM

Performance

เรากล่าวไว้แล้วว่า อัตราข้อมูลของการมัลติเพล็กซ์แบบสถิติจะมีค่าน้อยกว่าผลบวกของอัตราข้อมูลของอินพุท ทั้งนี้ก็เพราะว่าจำนวนเฉลี่ยของอินพุทน้อยกว่าความจุของสายมัลติเพล็กซ์ ความยุ่งยากของวิธีการนี้ก็คือในบางขณะที่ค่าเฉลี่ยรวมอินพุทอาจน้อยกว่าความจุของสายการมัลติเพล็กซ์และอาจมีบางคาบระยะเวลาสั้นๆ ที่มีอินพุทเกินความจุดังกล่าว

วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวก็คือ การเพิ่มบัฟเฟอร์ในตัวมัลติเพล็กซ์เพื่อเก็บรักษาอินพุทส่วนที่เกินเอาไว้ชั่วคราว ตาราง 2.1 เป็นตัวอย่างของพฤติกรรมของระบบบางอย่าง โดยเราสมมุติว่าใช้แหล่งกำเนิดข้อมูล 10 แหล่ง แต่ละแหล่งมีความสามารถในการจ่างข้อมูล 1000 bps และสมมุติว่าค่าเฉลี่ยอินพุทต่อแหล่งกำเนินเท่ากับ 50% ของค่าสูงสุด ซึ่งที่ค่าเฉลี่ยค่านี้ ภาระอินพุทก็จะมีค่า 5000 bps ส่วนทั้งหมดของตาราง แสดงให้เห็นจำนวนของบิทอินพุทจาก 10 แหล่งข้อมูลที่แต่ละ 1 มิลลิวินาที และเอาท์พุทจากตัวมัลติเพลกซ์ เมื่ออินพุทเกิดค่าเอาพุท อินพุทส่วนที่ตกค้างอยู่ ก็จะถูกเก็บเข้าบัฟเฟอร์ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของบัฟเฟอร์กับอัตราข้อมูลของสายจะแสดงได้ดังต่อไปนี้ เพื่อทำให้ต้นทุนมีราคาต่ำ เราควรจะใช้บัฟเฟอร์ขนาดเล็กเท่าที่จะเป็นไปได้ และใช้อัตราข้อมูลน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ แต่การลดตัวแปรดังกล่าวตัวใดตัวหนึ่งจะเป็นการไปเพิ่มให้กับอีกตัวหนึ่ง ในหัวข้อนี้เราจะกล่าวถึงการประมาณค่าเพื่อให้ได้ผลลัพท์ตามเป้าหมายมากที่สุด

โดยเราจะกำหนดให้มีค่าพารามิเตอร์สำหรับ TDM เชิงสถิติดังต่อไปนี้

N = จำนวนของแหล่งอินพุท

R = อัตราข้อมูลของแต่ละแหล่งอินพุท (bps)

M = ความจุเอฟเฟคทีฟของสายการมัลติเพล็กซ์, bps

α = เศษส่วนค่าเฉลี่ยของเวลาของแต่ละแหล่งข้อมูลที่กำลังส่งข้อมูล $0 < \alpha < 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K = M/NR = อัตราส่วนของความจุสาย ของตัวมัลติเพล็กซ์กับค่าอินพุทสูงสุดในค่าข้างบนนี้ เรากำหนดให้ M คิดรวมเอาบิทควบคุมส่วนหัวไว้ด้วย M จะแสดงอัตราสูงสุดของบิท สามารถส่งผ่านไปได้ พารามิเตอร์ K คือค่าการวัดความสามารถในการรวมสัญญาณของตัวมัลติเพล็กซ์ ยกตัวอย่างถ้าอัตราข้อมูลที่ให้มีค่า M, ถ้า K = 0.25 ก็จะมีการรวมสัญญาณมากถึง 4 เท่าของ อุปกรณ์ทั้งหลายที่ถูกใช้การโดย TDM แบบซิงโครนัส เมื่อใช้ข่ายการเชื่อมต่อที่มีความจุเดียวกัน ค่าของ K จะอยู่ในขอบเขต $\alpha \leq K \leq 1$

ตาราง 2.1 แสดงตัวอย่างการมัลติเพล็กซ์เชิงสถิติในทางปฏิบัติ

	Capacity = 5000 bps		Capacity = 7000 bps	
Input[a]	Output	Backlog	Output	Backlog
6	5	1	6	0
9	5	5	7	2
3	5	3	5	0
7	5	5	7	0
2	5	2	2	0
2	4	0	2	0
2	2	0	2	0
3	3	0	3	0
4	4	0	4	0
6	5	1	6	0
1	2	0	1	0
10	5	5	7	3
7	5	7	7	3
5	5	7	7	1
8	5	10	7	2
3	5	8	5	0
6	5	9	6	0
2	5	6	2	0
9	5	10	7	2
5	5	10	7	0

[a]Input = 10 sources, 1000 bps/source; average input rate = 50% of maximum

ถ้าค่าของ K = 1 ตัว TDM ทางสถิติจะทำงานสอดคล้องเหมือนกับตัวมัลติเพล็กซ์ TDM แบบซิงโครนัส เพราะว่าระบบมีความจุที่จะให้บริการแก่อินพุททั้งหมดได้ในเวลาเดียวกัน ถ้า $K<\infty$ อินพุทจะมีค่ามากเกินความจุของตัวมัลติเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางทีเราอาจจะมองตัวมัลติเพล็กซ์เหมือนกับเป็นตัวจัดคิว สถานะของคิวจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อลูกค้ามาถึงและใช้บริการซึ่งมันก็จะยุ่งยาก เราแก้ไขได้โดยใช้วิธีการให้คอย เวลาที่ลูกค้ารอคอยคิวก็จะบวกเพิ่มไปในเวลาการให้บริการ ความล่าช้าขึ้นอยู่กับรูปแบบของการจราจรของข่าวสารที่เข้ามาและคุณสมบัติของผู้ให้บริการ ตาราง 2.2 แสดงผลแบบสุ่มของการมาถึง กับเวลาที่ใช้ในการบริการที่คงที่

โมเดลนี้จะสัมพันธ์กับตัวมัลติเพลกซ์ทางสถิติได้ง่าย

$$\lambda = \alpha \text{ NR}$$

$$S = 1/M$$

ตาราง 2.2 แสดงตัวจัดบริการคิว 1 ตัวกับเวลาคงที่ของการบริการ

Parameters :

λ = mean number of arrivals per second

S = service time for each arrival

P = utilization : fraction of time the server is busy

q = mean number of items in system (waiting and being served)

t_p = mean time an item spends in system

σ_q = standard deviation of q

Formulas :

$$p = \lambda s$$

$$q = \frac{p2}{2(1-p)} + p$$

$$t_q = \frac{s(2-p)}{2(1-p)}$$

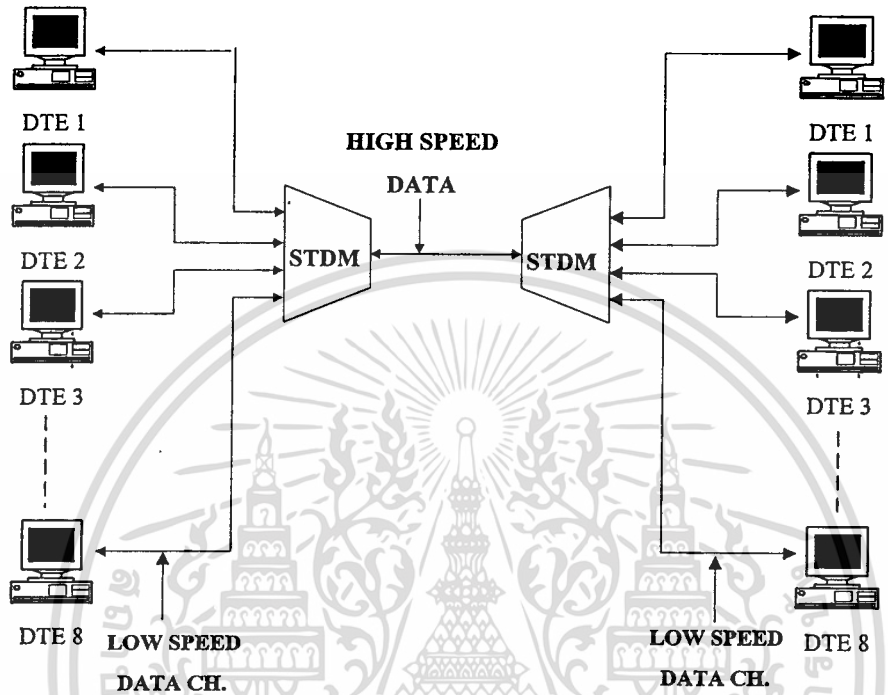
$$\sigma q = \frac{1}{1-p}\sqrt{p - \frac{3p2}{2} + \frac{5p3}{6} - \frac{p4}{12}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการออกแบบ

ในการออกแบบ เครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล เทคนิคการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลาตามสถิติ ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ แสดงบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1แสดงการส่งผ่านข้อมูลผ่าน STDM

จากรูป 3.1 ได้แสดงถึงคู่สถานีของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล ซึ่งใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต้นทางและปลายทางข้อมูล (DTE) จำนวน 8 คู่

ในการออกแบบได้กำหนดคุณลักษณะเฉพาะ (Speeification) ของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลไว้ดังนี้คือ

1. ประเภทของเครื่อง (Class of Equipment) จัดเป็นประเภทของ "อุปกรณ์การสื่อสารข้อมูล " หรือใช้ตัวย่อว่า DCE

2. โหมดการสื่อสารเป็นแบบกึ่งสองทางหรือแบบสองทาง

3. สถาปัตยกรรมโครงข่ายเป็นแบบจุดต่อจุด

4. เทคนิคการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง DCE กับ DCE เป็นแบบซิงโครนัส ซึ่งกำหนดอัตราในการโอนถ่ายข้อมูลจาก DC ถึง 64 Kbps

5. ช่องสัญญาณข้อมูลความเร็วต่ำ (Low speed Data Channel) มีจำนวน 8 ช่องสัญญาณที่เชื่อมต่ออยู่กับอุปกรณ์ปลายทางหรือ DTE โดยกำหนดให้เป็นช่องสัญญาณที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ซึ่งมีอัตราบิท กำหนดไว้ 6 อัตรา ให้เลือกในการส่งต่อ 300 , 600, 1200, 2400, 4800, หรือ 9600 bps

6. ช่องสัญญาณความเร็วสูง (High Speed Data Chamnel) มีจำนวน 1 ช่องสัญญาณที่เชื่อมต่ออยู่กับช่องสัญญาณ การส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล กำหนดการส่งผ่านแบบซิงค์โครนัส ซึ่งมีอัตราบิทสูงสุด 64 kbps.

7. การเชื่อมต่อทางกายภาพ (Physical Intesface) หรือการเชื่อมต่อระหว่างฮาร์ดแวร์ใช้ลักษณะพิเศษทางกลและทางไฟฟ้าตามมาตรฐาน RS 232 C โดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อ (Connector) แบบ DB25

8. การเชื่อมต่อด้านซอฟท์แวร์ (Software Interfaace) เป็นรูปแบบเฉพาะระหว่างคู่ของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลจากการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะดังได้กล่าวไว้นี้ได้ใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ไป

3.1 การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์

การออกแบบฮาร์ดแวร์ สามารถอธิบายได้จากบล็อกไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และจากบล็อกไดอะแกรมได้แบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ 6 ส่วนคือ

3.1.1 ส่วนของการเชื่อมต่อทางฮาร์ดแวร์ด้านที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ปลายทางข้อมูล

3.1.2 ส่วนของการรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำแบบอะซิงค์โครนัส

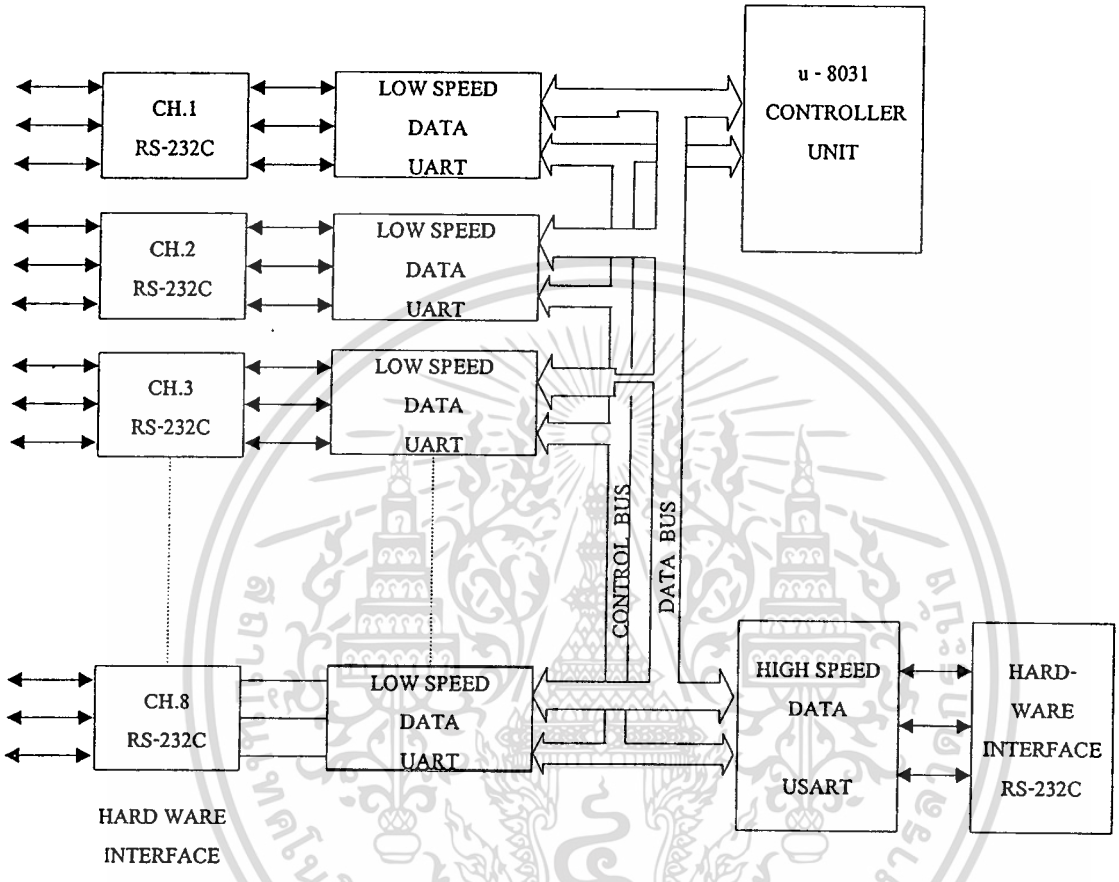
3.1.3 ส่วนของหน่วยควบคุมการทำงานของระบบ

3.1.4 ส่วนของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาอ้างอิง

3.1.5 ส่วนของการับส่งข้อมูลความเร็วสูงแบบซิงค์โครนัส

3.1.6 ส่วนของการเชื่อมต่อด้านฮาร์ดแวร์ ด้านที่เชื่อมต่อกับช่องสัญญาณการส่งผ่านหรือตัวกลางของการสื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



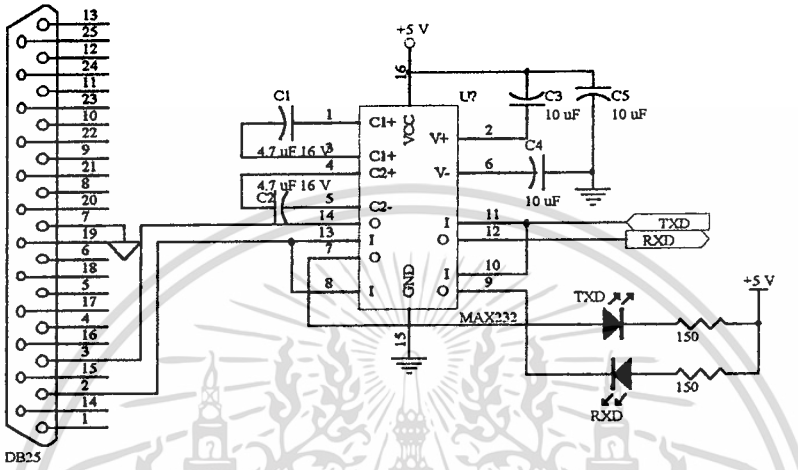
รูปที่ 3.2 บล็อคไดอะแกรมของเครื่องมัลติเพล็กข้อมูล

ในแต่ละส่วนของบล็อคไดอะแกรมสามารถอธิบายรายละเอียดและการทำงานได้ดังต่อไปนี้

3.1.1 ส่วนของการเชื่อมต่อทางฮาร์ดแวร์ด้านที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ปลายทางข้อมูล (DTE)

จากคุณลักษณะเฉพาะที่ได้กำหนดไว้ให้ใช้มาตรฐาน RS232C ดังนั้นจึงได้ออกแบบวงจรที่จะใช้เชื่อมต่อแบบ RS.232C โดยใช้ IC เบอร์ MAX 232 ดังแสดงในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรส่วนของการเชื่อมต่อทางด้านฮาร์ดแวร์โดยใช้ IC เบอร์ MAX 232

อธิบายการทำงานของวงจร

IC เบอร์ MAX 232 ทำหน้าที่เป็น Line Driver และ Line Receive RS232 C ต่อทำหน้าที่แปลงระดับสัญญาณที่จะส่งจากระดับสัญญาณแรงดัน TTL ให้อยู่ในรูปของระดับสัญญาณแรงดันตามมาตรฐาน RS232 C เพื่อส่งไปยังขา 3 ของ DB 25 ซึ่งเป็นขารับข้อมูล (Receive Data : RxD) ของอุปกรณ์ปลายทาง และทำหน้าที่แปลงสัญญาณกลับจากระดับแรงดันตามมาตรฐาน RS232 C ซึ่งถูกส่งมาจากอุปกรณ์ปลายทางผ่านมาทางขา 2 ของ DB 25 ซึ่งเป็นขาสัญญาณส่งข้อมูลโดยแปลงให้อยู่ในรูปของระดับสัญญาณแรงดัน TTL ส่งต่อไปยังขาส่งข้อมูลของ UART ระดับสัญญาณแรงดันตามมาตรฐาน RS-232C จะมีระดับแรงดันคือ

1. สภาวะลอจิก "1" เรียกว่า "Mark" จะมีระดับแรงดันเป็นลอจิกกลับ คือ ตั้งแต่ -3 ถึง -12 โวลท์
2. สภาวะลอจิก "0" เรียกว่า "Space" จะมีระดับแรงดันเป็นลอจิกตั้งแต่ +3 ถึง +12 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ส่วนของการรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำแบบอะซิงค์โครนัส

ส่วนนี้ได้ออกแบบโดยใช้ IC เบอร์ 16550 ซึ่งเป็น Universal Asynchronous Received / Transmitted (UART)

หน้าที่ของส่วนนี้คือทำการรับข้อมูลที่เป็นอะซิงค์โครนัสทางพอร์ตอนุกรมเพื่อจัดเป็นข้อมูลขนานเตรียมส่งไปให้กับโมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากที่มัลติเพล็กซ์แล้วไปเป็นข้อมูลแบบอนุกรมเพื่อส่งไปให้กับเทอร์มินอลปลายทาง

การออกแบบในส่วนนี้ เนื่องจาก IC เบอร์ 16550 มีคุณสมบัติในการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสเฉพาะ ดังนั้นการทำงานของวงจรสามารถอธิบายได้ดังนี้ จากรูปที่ 3.4

1. การส่งข้อมูลแบบอนุกรมไปยังอุปกรณ์รอบนอกจะส่งผ่านทางขา SOUT (ขา 11) ซึ่งข้อมูลอักขระที่จะส่งออกไปนี้จะรับเข้ามาจากขาสัญญาณ D0-D7 (Data Bus) แล้วถูกแปลงโดย 16550 จากลักษณะของข้อมูลแบบขนานไปเป็นข้อมูลแบบอนุกรม

2. การรับข้อมูลแบบอนุกรมมีลักษณะตรงกันข้ามกับการส่งคือ จะรับข้อมูลอักขระมาเข้ามาทางขา SIN (ขา 10) ซึ่งจะทำการแปลงข้อมูลแบบอนุกรมที่รับเข้ามานี้ให้เป็นข้อมูลแบบขนานส่งไปยังขาสัญญาณ D0-D7

3. การส่งผ่านข้อมูลอักขระติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระทำผ่านข่ายสัญญาณ D0-D7 (ขา 1, 2,3,4,5,6,7,8) ซึ่งเป็นสายสัญญาณข้อมูลร่วม (Common Data Bus) เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลข้อมูลเพื่อทำการมัลติเพล็กซ์หรือดีมัลติเพล็กซ์ทั้ง 8 ช่องสัญญาณ

อัตราบิทในการส่งผ่านข้อมูลอักขระ (แบบอนุกรม) จะออกแบบในแต่ละช่องสัญญาณมีอัตราต่างกันโดยใช้ส่วนของโปรแกรมส่งค่าเข้าไปในรีจิสเตอร์ใน 16550 โดยสัญญาณนาฬิกาจะใช้จากจุดเดียวกันคือต่อเข้าที่ขา Xin (ขา 17) ไปให้กับตัวอื่น ๆ ค่าตัวเลขมาตรฐาน 16 ที่จะกำหนดอัตราเร็วของแต่ละช่องสัญญาณจะนำไปเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ DLL และ DLM ซึ่งค่านี้หาได้จาก 1.8432 MH (baud 16) ซึ่งไบท์ล่างจะเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ DLL ไบท์บนจะเก็บไว้ในรีจีสสเตอร์ DLM

การควบคุมการทำงานของ 16550 ซึ่งมีขาสัญญาณดังนี้

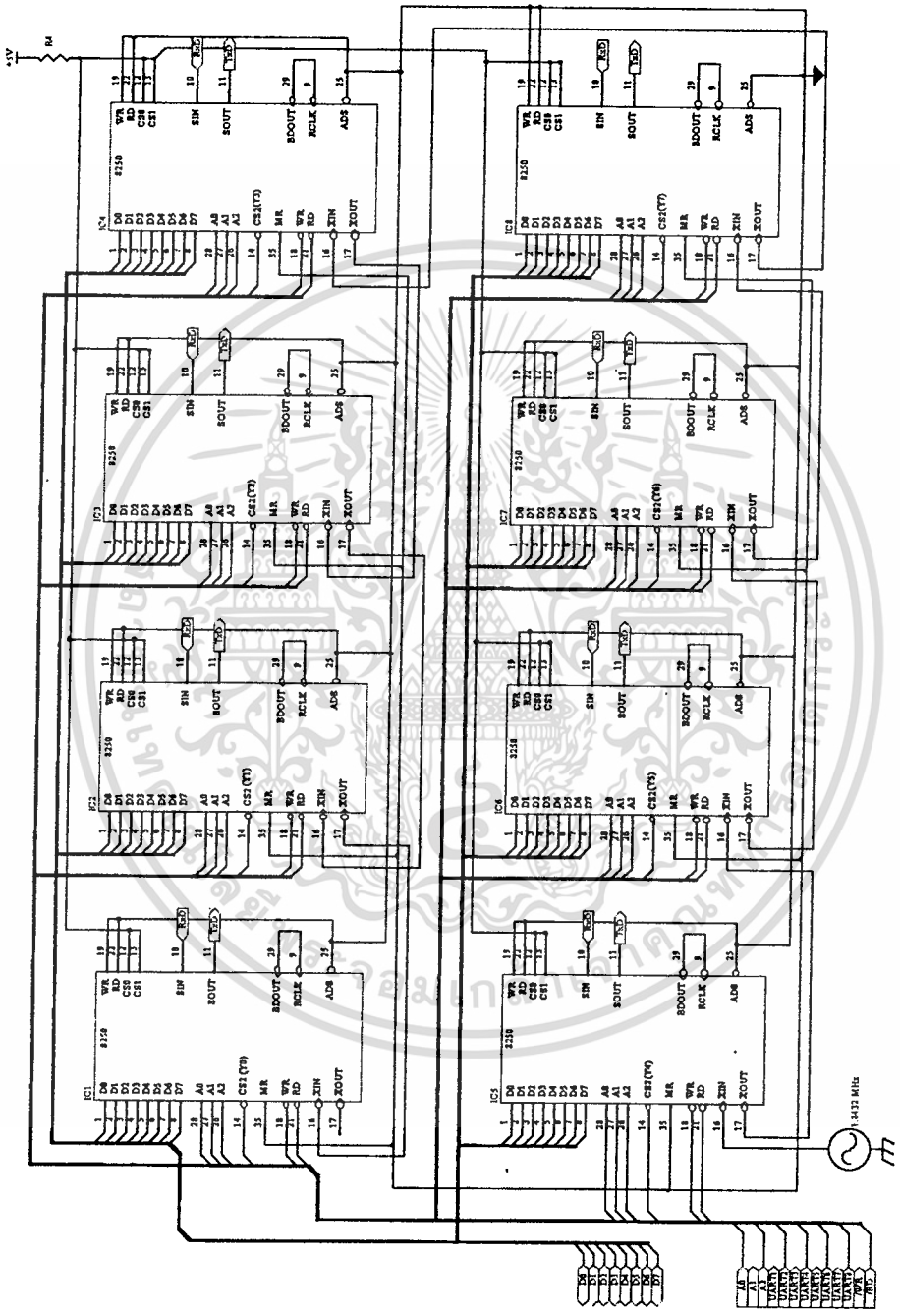
1. ขาสัญญาณ CS2 (ขา 14) ซึ่งขาสัญญาณ Active Low โดยขาสัญญาณนี้จะถูกควบคุมผ่านทาง IC เบอร์ 74LS138 ซึ่งเป็น 1-of -8 Decpder /Demultptexer ซึ่งจะถูกเข้ารหัสเพื่อเลือกอุปกรณ์ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการจะติดต่อด้วยโดยการส่งสัญญาณ “0” ไปยังขานี้

2. ขาสัญญาณ /RD (ขา21) เป็นขาสัญญาณ Active Low โดยถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการจะอ่านข้อมูลจาก16550 มาเก็บในบัพเฟอร์จะต้องส่งสัญญาณ “0” ไปยังขาสัญญาณนี้

3. ขาสัญญาณ /WR (ขา 18) เป็นขาสัญญาณ Active Low โดยถ้าไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการจะเขียนข้อมูลหรือคำสั่งจะส่งสัญญาณ “0” ไปยังขาสัญญาณนี้

4. ขาสัญญาณ A0, A1 และ A2 (ขา 28,27,26) เป็นขาแอดเดรสของรีจีสเตอร์ใน UART ซึ่งเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการจะติดต่อกับรีจีสเตอร์ตัวใด ก็จะต้องอ้างแอดเดรสของ รีจีสเตอร์นั้นขาสัญญาณนี้จะต่อเข้าโดยตรงกับขา A0,A1 และ A2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตำแหน่งแอดเดรสของรีจีสเตอร์ แสดงได้ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงส่วนของการรับส่งแบบอะซิงค์โครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจัสเตอร์	DLAB	A_2	A_1	A_0
RBR	0	0	0	0
THR	0	0	0	0
IER	0	0	0	1
IIR	X	0	1	0
LCR	X	0	1	1
MCR	X	1	0	0
LSR	X	1	0	1
MSR	X	1	1	0
SCR	X	1	1	1
DLL (LS)	1	0	0	0
DLM (MS)	1	0	0	1

ตารางที่ 3.1 แอดเดรสของรีจีสเตอร์ ใน 16550

3.1.3 ส่วนของหน่วยควบคุม

จากรูปที่ 3.5 สามารถอธิบายการทำงานของวงจรของส่วนควบคุมได้ดังนี้

1. ส่วนที่ใช้ในการเลือกพอร์ท คือไมโครคอนโทรลเลอร์จะมองอุปกรณ์รอบข้างทั้งหมดว่าเป็นพอร์ท ดังนั้นการที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อกับอุปกรณ์รอบข้างต้องทำการถอดรหัสแอดเดรส ในวงจรจะใช้ IC เบอร์ 74LS156 เป็นตัวถอดรหัสแอดเดรส คุณสมบัติของ 74LS156 เป็นดังตารางที่ 3.2

แอดเดรส		เอ็นนาเบิ้ล		เอ้าท์พุท				เอ็นนาเบิ้ล		เอ้าท์พุท			
A0	A1	Ea	/Ea	0	1	2	3	Eb	/Eb	0	1	2	3
X	X	L	X	H	H	H	H	H	X	H	H	H	H
X	X	X	H	H	H	H	H	X	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	L	L	L	H	H	H
H	L	H	L	H	L	H	H	L	L	H	L	H	H
L	H	H	L	H	H	L	H	L	L	H	H	L	H
H	H	H	L	H	H	H	L	L	L	H	H	H	L

ตารางที่ 3.2 Truth Table ของ 74LS156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย IC 7นั้น ขา A (ขา1) , ขา B (2) และขา E3 (ขา 6) จะต่อเข้ากับขา A_{11}, A_{12} และ A_{13} ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตามลำดับ ดังนั้น IC7 นี้จะถอดรหัสแอดเดรสได้ดังนี้

A_{13}	A_{12}	A_{11}	แอดเดรส	เอ้าท์พุท
0	0	0	0000 H	2Y0
0	0	1	2000 H	2Y1
0	1	0	4000 H	2Y2
0	1	1	6000 H	2Y3
1	0	0	8000 H	1Y0
1	0	1	A000 H	1Y1
1	1	0	C000 H	1Y2
1	1	1	E000 H	1Y3

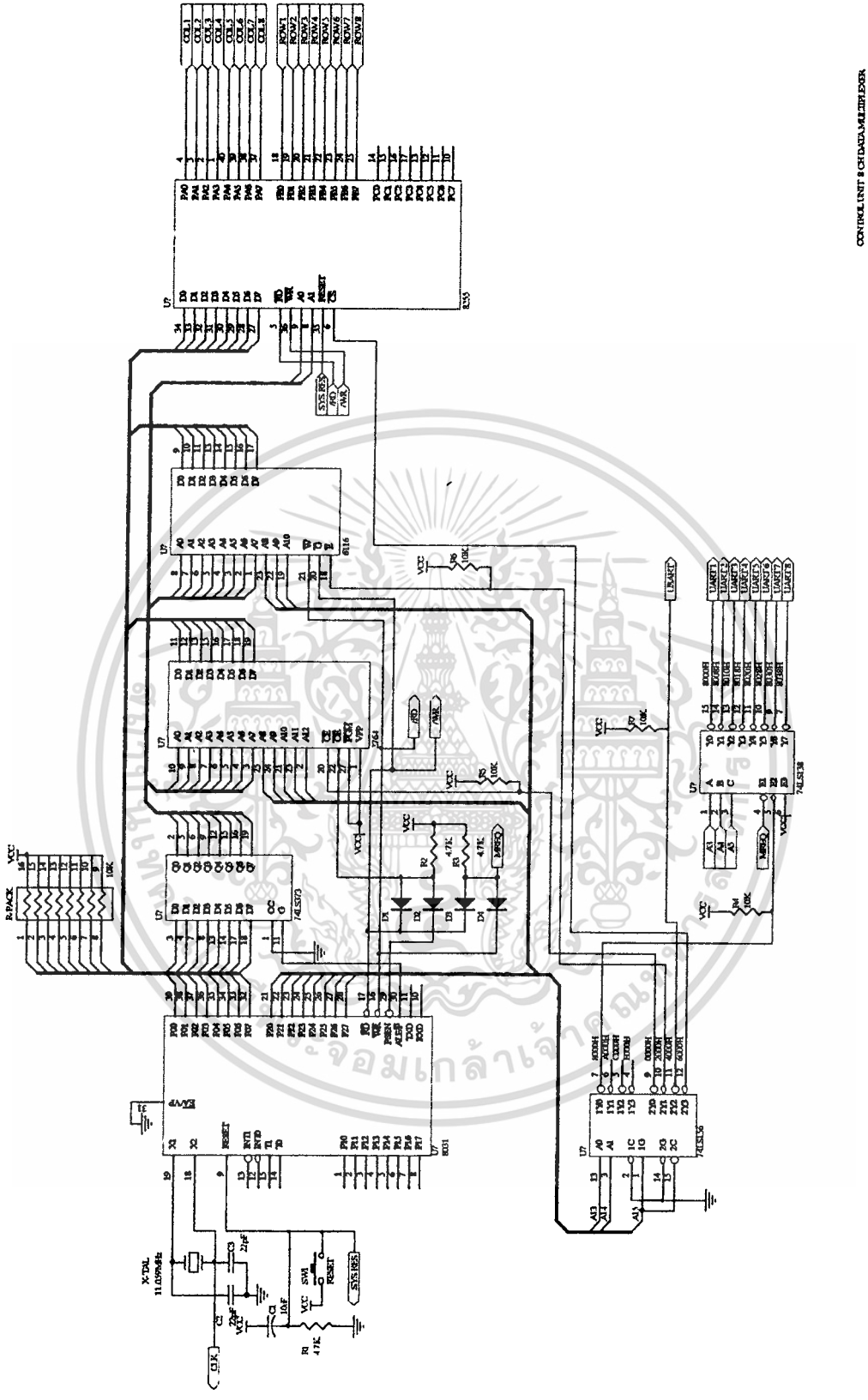
ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งแอดเดรสที่ถอดรหัสจาก 74LS156

สำหรับ IC6 นั้นจะทำการขยายการถอดรหัสออกมาอีกคือ ต่อจากขา Y1 (ขา14) ของ IC7 มาเข้าขา E_1 และ E_2 ของ IC6 แล้วต่อขา A,B และ C เข้ากับขา A_3, A_4 และ A_5 ของแอดเดรสระบบจะทำให้ขยายพอร์ทได้ดังตารางที่ 3.4

A_5	A_4	A_3	แอดเดรส	เอ้าท์พุท
0	0	0	8000	y_0
0	0	1	8008	y_1
0	1	0	8010	y_2
0	1	1	8018	y_3
1	0	0	8020	y_4
1	0	1	8028	y_5
1	1	0	8030	y_6
1	1	1	8038	y_7

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงแอดเดรสที่ขยายจาก 1Y0 ของ 74LS156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.5 แสดงส่วนควบคุม

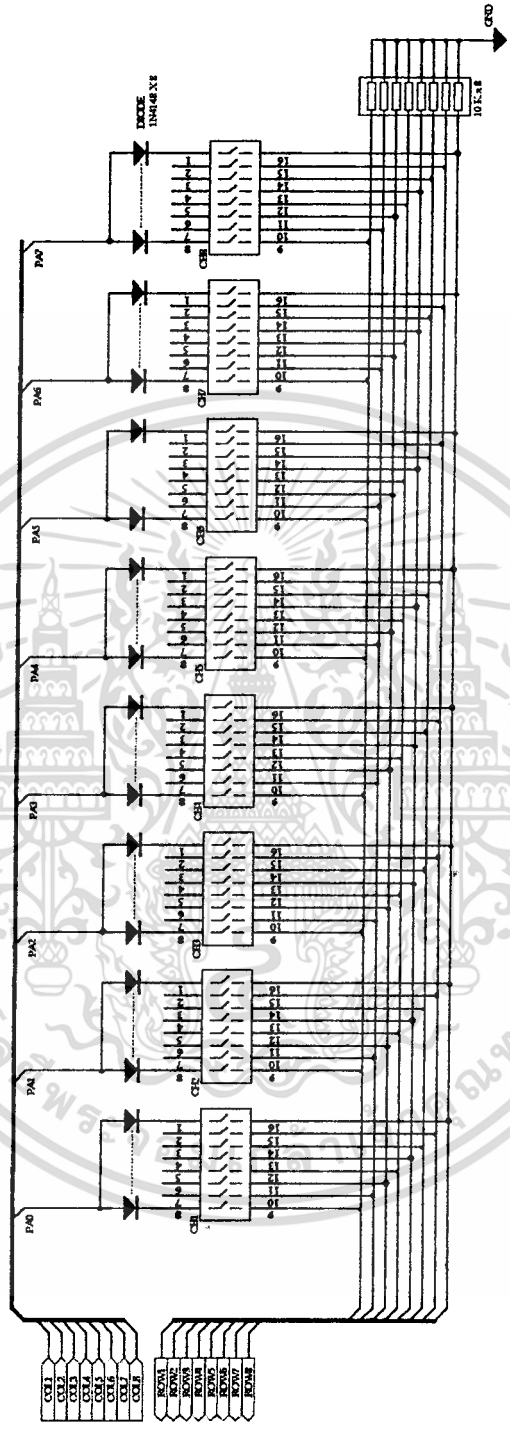
จากการนำเอ้าท์พุทจากวงจรถอดรหัสจะได้ตำแหน่งพอร์ทที่ต่ออยู่ดังนี้

RAM	แอดเดรสที่	2000H
UART#1	แอดเดรสที่	8000H
UART#2	แอดเดรสที่	8008H
UART#3	แอดเดรสที่	8010H
UART#4	แอดเดรสที่	8018H
UART#5	แอดเดรสที	8020H
UART#6	แอดเดรสที่	8028H
UART#7	แอดเดรสที่	8030H
UART#-8	แอดเดรสที่	8038H
USART	แอดเดรสที่	4000H
IOPORT	แอดเดรสที่	6000H

2. ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ IC9 เบอร์ 80C31 ทำหน้าที่ในการจัดการระบบของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลทั้งหมด จากรูปที่ 3.5 ขาข้อมูลที่เข้าและออกจาก 80C31 จะต่ออยู่กับพอร์ต 0 ซึ่งพอร์ต 0 นี้จะทำหน้าที่เป็นแอดเดรสไบท์ต่ำด้วยโดยใช้วิธีการมัลติเพล็กซ์ใช้ IC10 เบอร์ 74HC373 ซึ่งควบคุมโดยขา ALE ของ 80C31 เป็นสัญญาณมัลติเพล็กซ์ พอร์ท2 จะใช้เป็นแอดเดรสไบท์บนโปรแกรมควบคุมระบบจะใช้อีพรอม IC11 เบอร์ 2764 ซึ่งจะต้องต่อขา /EA(ขา 31) ของ IC9 ลงกราวด์ ส่วนที่พักข้อมูลซึ่งควรจะเก็บไว้ใน IC12 เบอร์ 6116 เป็นเมมโมรี่แรม

3. ส่วนของการรับค่าการโปรแกรมช่องข้อมูล จะใช้ IC13 เบอร์ 8255 ทำการอ่านค่าจากดิพสวิทช์จากรูป 3.6 IC13 จะถูกโปรแกรมให้ทำงานในโหมด 0 คือ ให้พอร์ท A เป็นเอ้าท์พุดพอร์ทและพอร์ท B เป็นอินพุทพอร์ท การควบคุมต่าง ๆ จะควบคุมจาก IC1 ข้อมูลที่อ่านได้จากดิพสวิทช์จะถูกนำไปประมวลผลและโปรแกรมลงใน UART แต่ละช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.6 แสดงส่วนที่ใช้โปรแกรม UART

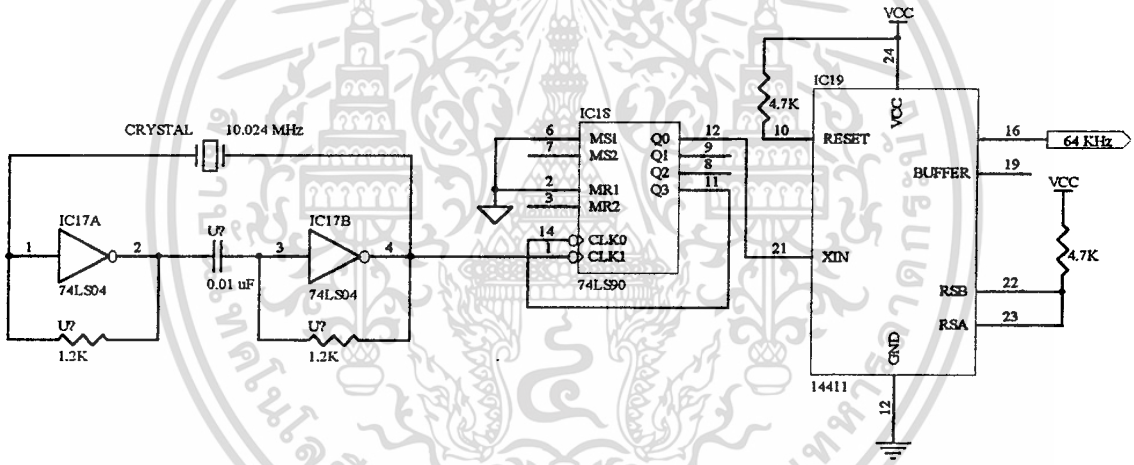
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ส่วนของวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาอ้างอิง

การออกแบบในส่วนนี้แสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 3.7

อธิบายการทำงานของวงจร

IC เบอร์ MC14411 เป็น Bit Rate Generater สำหรับ USART เบอร์ 8251 เนื่องจาก MC14411 นี้เป็นชิพที่ใช้สำหรับหารความถี่ ซึ่งในโครงงานนี้ต้องการจะสร้างความถี่ขึ้นมามีค่าเท่ากับ 64 Kbps เพื่อที่จะใช้สำหรับเป็นความถี่อ้างอิงในการส่งผ่านข้อมูลแบบ ซิงค์โครนัส ดังนั้นจึงต้องนำความถี่ที่จะหารแล้วลงตัวที่ 64 Kbps ความถี่ที่จะต้องสร้างขึ้นมาคือ ความถี่ 1.024 MHz ซึ่งกำเนิดจากวงจรออสซิลเลเตอร์ความถี่ 10.024 MHz แล้วมาเข้าวงจรหารสิบ ด้วย IC เบอร์ 7490 จากนั้นจึงนำความถี่ 1.024 MHz ต่อเข้ากับ Xin (ขา21) และ Xout (ขา20) แล้วทำการหารความถี่โดยวงจรภายใน และMC 14411 ยังมีขาสัญญาณสำหรับการเลือกอัตราบิทหรือความถี่ในการส่งผ่านข้อมูลด้วย คือ สัญญาณ RSA (ขา23) และขาสัญญาณ RSB (ขา 22) เพื่อใช้เลือกความถี่สัญญาณนาฬิกาอ้างอิง สำหรับการออกแบบได้เลือกอัตราความถี่เป็น 64 เท่า และเลือกเอ้าท์พุทที่ขา F6 ก็จะได้ความถี่ 64 KHz ตามต้องการ โดยการต่อขา RSA และ RSB เข้าให้มีสถานะเป็น “1”



รูปที่ 3.7 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาอ้างอิง

Rate select		Rate
RSB	RSA	
0	0	*1
0	1	*8
1	0	*16
1	1	*64

ตารางที่ 3.5 ขาควบคุมความถี่อ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

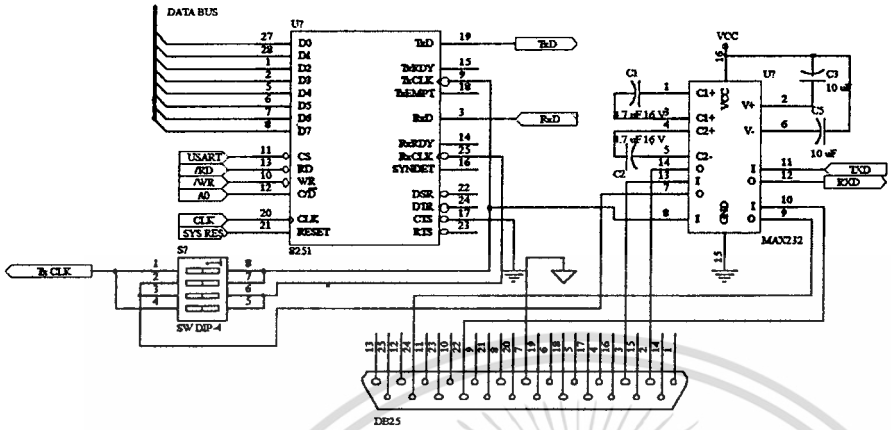
Output Number	Output Rates (Hz)			
	*64	*16	*8	*1
F1	341.3 K	83.3 K	128 K	5.33 K
F2	256 K	64 K	32 K	4 K
F3	170.6 K	42.6 K	21.3 K	2.67 K
F4	128 K	32 K	16 K	2 K
F5	85.3 K	21.3 K	10.67K	1333
F6	64 K	16 K	8 K	1000
F7	42.6 K	10.6 K	5.3 K	666.67
F8	21.3 K	5.33 K	2.67 K	166.67
F9	10.6 K	2.66 K	1.34 K	111.1
F10	7.1 K	1.77 K	888.8	83.3
F11	5.3 K	1.33 K	666.67	-
F12	4.78 K	-	598	-
F13	-	-	-	-
F14	-	-	-	-
F15	-	-	-	-
*F16	1.024 M	1.024 M	1.024 M	1.024 M

ตารางที่ 3.6 อัตราสัญญาณความถี่อ้างอิง

3.1.5 ส่วนของการรับส่งข้อมูลความเร็วสูงแบบซิงค์โครนัส

ในการออกแบบวงจรส่วนนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ส่วนของการรับส่งข้อมูลแบบซิงค์โครนัส

อธิบายการทำงานของวงจร

จากวงจรรูป 3.8 ข้อมูลที่จะรับและส่งเข้า 8251 จะผ่านทางดาต้าบัส ซึ่งจะควบคุมโดยซอฟท์แวร์ทางขาคอนโทรล สัญญาณนาฬิกาอ้างอิงสำหรับสิ่งจะป้อนเข้าที่ขา Txe (ขา 9) และข้อมูลซิงค์โครนัสจะถูกส่งออกที่ขา TxD (ขา19) ขาที่รับสัญญาณซิงค์โครนัสจะต่ออยู่ที่ขา RxD (ขา3) ขา RxRDY (ขา 14) จะต่อกับ External Interup TO ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแจ้งสภาวะมีการรับข้อมูลเข้ามา

การควบคุมการส่งผ่านข้อมูลอักขระในที่นี้การส่งผ่านข้อมูลได้กำหนดไว้แบบ Null Modem ดังนั้นในการออกแบบจึงไม่ใช้ขาสัญญาณ Modem ConTrol คือขา DSR , DTR และ RTS เลยแต่ขาสัญญาณ CTS (ขา17) ซึ่งเป็นขาสัญญาณ Active Low ได้ต่อลงกราวด์ไว้เพื่อให้ 8251A สามารถจะส่งผ่านข้อมูลออกไปได้ตลอดเวลา ถ้ามีข้อมูลอักขระที่ต้องการจะส่งออกไปโดยการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.6 ส่วนของการเชื่อมต่อทางฮาร์ดแวร์ด้านที่เชื่อมต่อกับช่องสัญญาณการส่งผ่าน

ฮธิบายการทำงานของวงจร

จากวงจรจะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกับวงจนในส่วนของการเชื่อมต่อทางฮาร์ดแวร์ด้าน ASYNCHRONOUS ทางด้านทอร์มินอลมาก จะแตกต่างกันคือมีการใช้ส่งสัญญาณนาฬิกาอ้างอิงจาก TxCLK (ขา19) ของ 8251A ส่งออกไปบนช่องสัญญาณด้วย และรับสัญญาณนาฬิกามาเข้าขา RxC สำหรับอ้างอิงสัญญาณข้อมูลด้านรับด้วย

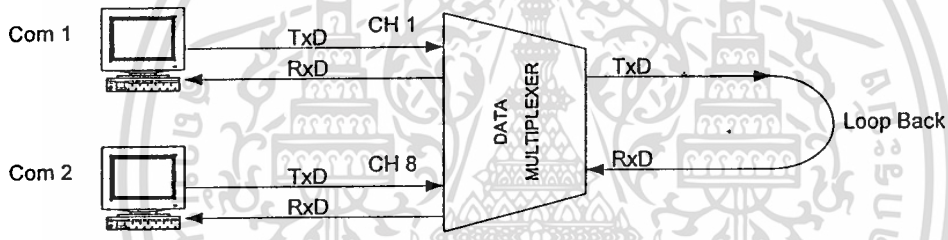
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองการทำงานของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลว่าสามารถที่จะทำงานได้ตามคุณลักษณะเฉพาะที่ได้กำหนดไว้หรือไม่

การทดลองที่ 1 การทดสอบลูปกลับ (Loop Back Test)

การทดสอบลูปกลับเป็นการทดลองเพื่อต้องการทราบว่าข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ส่งไปยังเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลนั้น สามารถที่จะรับกลับมายังคอมพิวเตอร์ตัวเดิมแล้วมีข้อผิดพลาดอย่างไรบ้าง โดยการทดลองนี้จะทำการลูปกลับที่ช่องสัญญาณความเร็วสูง (64 Kbps) ซึ่งเป็นการตัดปัญหาการเกิดข้อผิดผลาดอันเนื่องมาจากตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลระหว่างคู่สถานีดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมการทดสอบลูปกลับ

ลำดับขั้นการทดลอง

1.นำเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องมาเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมัลติเพล็กข้อมูลที่ช่อง 1 และช่อง 8 ดังแสดงในรูปที่ 4.1

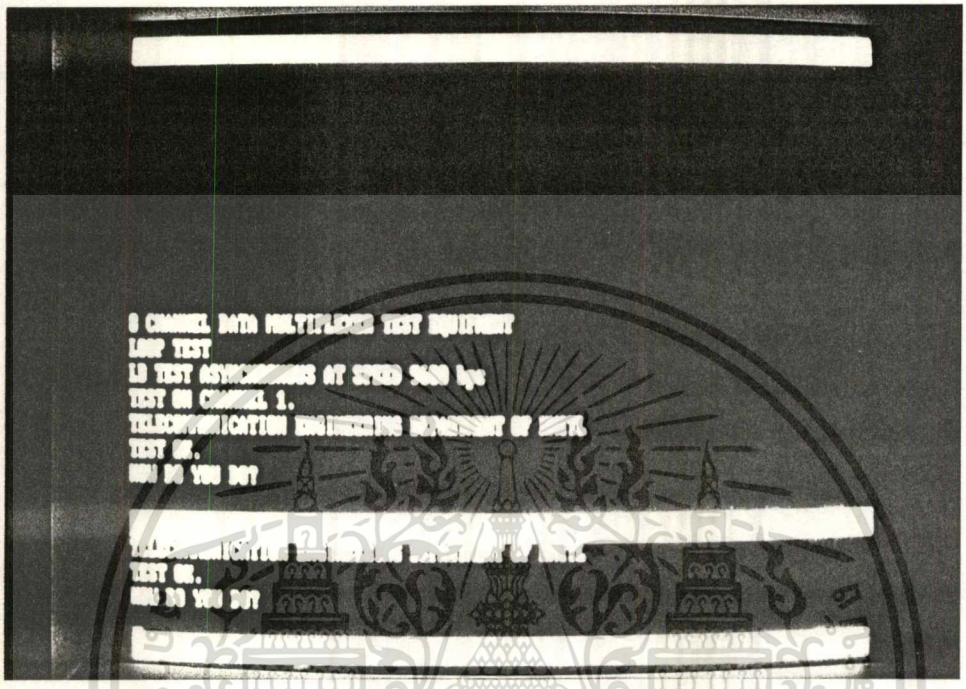
2. ทำการลูปกลับที่ช่องสัญญาณข้อมูลความเร็วสูง โดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อแบบ DB-25 ซึ่งได้ทำการบัดกรีขาสัญญาณ TxD (ขา 2) และ RxD (ขา 3) เข้าด้วยกัน

3.เลือกอัตราบิทที่ใช้ในการส่งข้อมูล โดยที่เลือกที่ดิพสวิทช์ทางด้านหลังเครื่องโดยเลือกให้ตรงกับความเร็วที่คอมพิวเตอร์จะส่งหรือรับข้อมูลมีให้เลือก 8 อัตราบิท : 300, 600, 1200, 2400, 4800, 7200 และ 9600 บิทต่อวินาที

4. ทำการส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งสองเครื่องโดยใช้โปรแกรม "Procomm" ซึ่งต้องเลือกอัตราบิทในการส่งและรับข้อมูลให้ตรงกับที่เลือก DIP-SW ของชิ่งสัญญาณที่ต่อไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการกดคีย์ตัวอักษรใดๆเพื่อส่งข้อมูลซึ่งจะปรากฏให้เห็นบนจอภาพในส่วน LOCAL และ ให้สังเกตุว่าตัวอักษรที่รับกลับเข้ามาจากการทำลูปกลับซึ่งจะปรากฏให้เห็นในหน้าต่างของส่วน REMOTE มีข้อผิดพลาดหรือไม่ เช่นตัวอักษรที่รับกลับเข้ามาไม่ครบจำนวนหรือตัวอักษรที่รับกลับเข้ามาไม่เหมือนกลับที่ส่งออกไปเป็นต้น



รูปที่ 4.2 แสดงผลการทดลองในการลูปกลับ

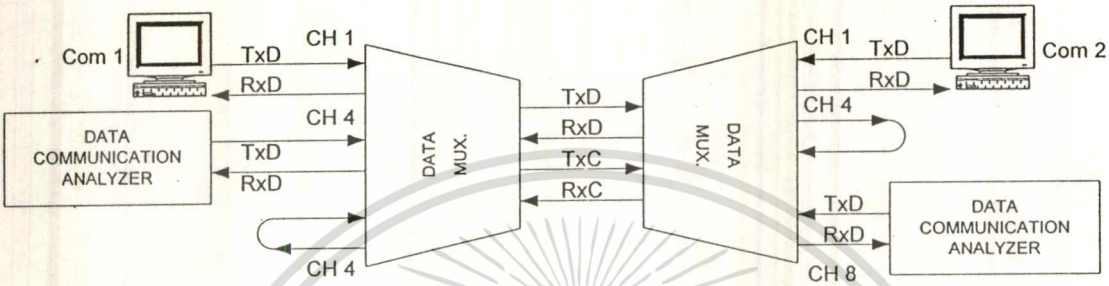
ผลการทดลอง

จากการทดลองส่งข้อมูลโดยการส่งข้อความต่างๆแล้วนั้นจากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าสามารถรับข้อความเหล่านั้นกลับเข้ามาได้อย่างถูกต้องทุกประการ ไม่ว่าจะทำการเลือกอัตราบิทที่ใช้ในการส่งมีอัตราใดซึ่งแสดงว่าเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในระดับหนึ่งแล้ว

การทดลองที่ 2 การทดสอบการเชื่อมโยง (LINK TEST)

การทดสอบการเชื่อมโยงเป็นการทดลอง เพื่อต้องการทราบว่าคู่สถานีของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลสามารถที่จะส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันได้หรือไม่และมีข้อผิดพลาดประการใดบ้างโดยในการทดลองส่วนนี้จะทำการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์หลายเครื่องเพื่อให้เครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลทำการมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์ข้อมูลโดยมีตัวกลางในการส่งผ่านขัอมูลเชื่อมต่ออยู่ระหว่างคู่สถานี ดังแสดงในรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การทดสอบการเชื่อมโยงระหว่างคู่สถานีของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล

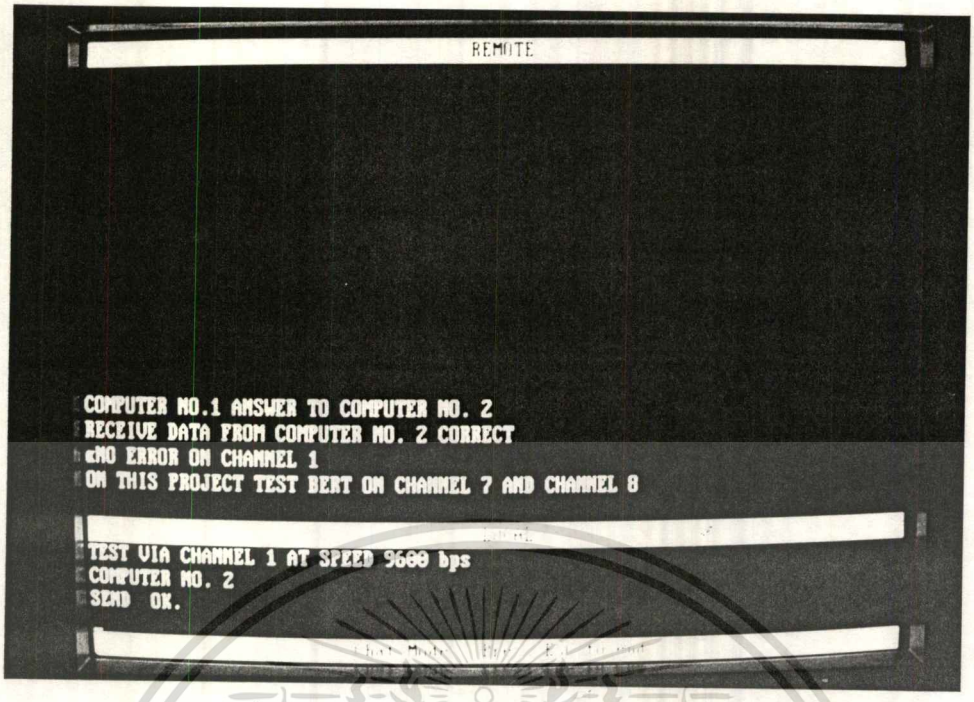
ลำดับขั้นการทดลอง

1. นำเครื่องคอมพิวเตอร์และคาต้าคอมมิวนิเคชั่นอนาไลเซอร์มาต่อดังที่แสดงในรูปที่ 4.3
2. ทำการลูปกลับช่องสัญญาณที่ตรงกลับเครื่องมือ คาต้าคอมมิวนิเคชั่นอนาไลเซอร์ต่ออยู่
3. เลือกอัตราบิทการรับส่งข้อมูลให้ตรงกับความเร็วที่ได้เลือกไว้ในแต่ช่องการรับส่ง
4. ทำการส่งแพทเทิร์นข้อมูลจากเครื่อง คาต้าคอมมิวนิเคชั่นอนาไลเซอร์ และลูปกลับทางด้านสถานีปลายทาง
5. ทำการกดคีย์ตัวอักษรใดๆเพื่อส่งข้อมูลตัวอักษรออกมาและสังเกตุว่าตัวอักษรไปปรากฏที่สถานีปลายทางได้ถูกต้องหรือไม่

ผลการทดลอง

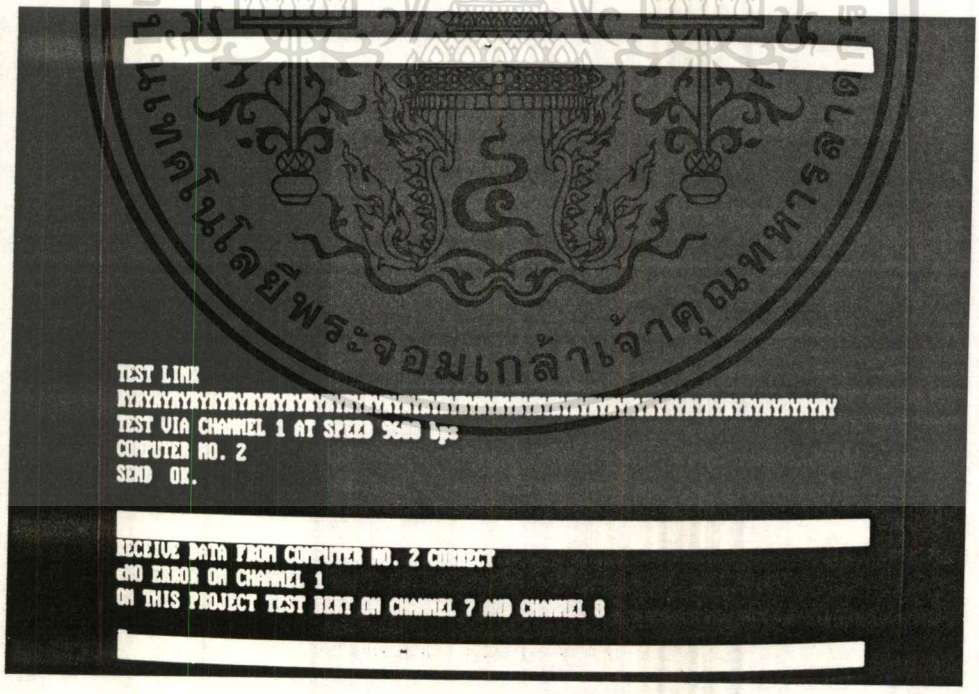
การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าคู่สถานีของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลสามารถที่จะทำการส่งผ่านข้อมูลได้โดยปราศจากความผิดพลาดซึ่งผลการทดลองแสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ตัวที่ 1

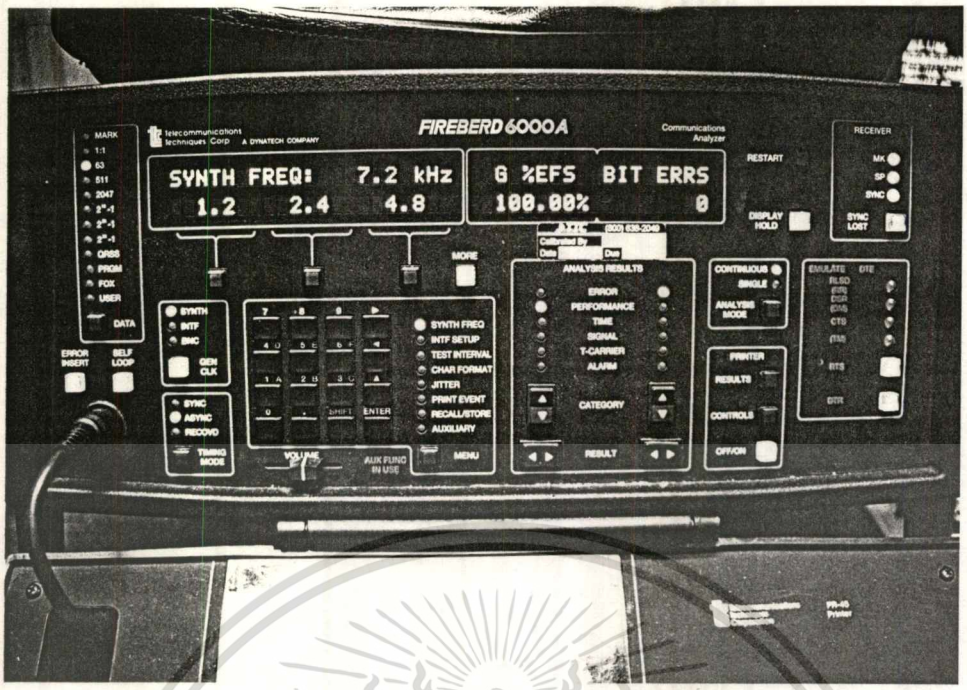
จากรูปที่ 4.4 คือการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ตัวที่ 1 โดยส่วนล่างคือข้อมูลที่ส่งออกไปและส่วนบนคือข้อมูลที่รับเข้ามา



รูปที่ 4.5 แสดงการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ตัวที่ 2

จากรูปที่ 4.5 คือการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ตัวที่ 2 โดยส่วนล่างคือข้อมูลที่ส่งออกไปและส่วนบนคือข้อมูลที่รับเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงเครื่องดาต้าอนาไลเซอร์

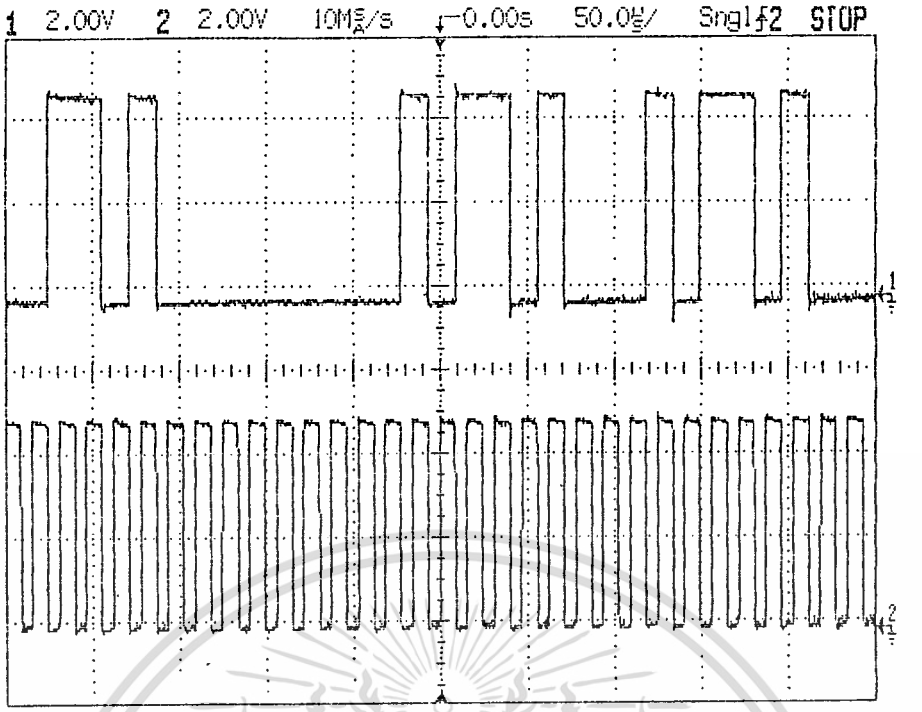
จากรูปที่ 4.6 คือเครื่องดาต้าอนาไลเซอร์ ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้ในการทดสอบหาความผิดพลาดต่างๆ ในการส่งข้อมูล

MANUAL	PRINT		
19:47:51	18 APR 98	SITE ID	WARNER
BIT ERRS	0	AVG BER	0. E-05
BER		BLOCKS	0
BLK ERRS	0	CHAR ERR	0
EA SEC	46	EF EAS	46
GEN FREQ	7200.00	PAT LOSS	0
G %EFS	100.00%	IF	INTERNAL RS-232

TIMED	PRINT		
22:47:05	18 APR 98	SITE ID	WARNER
BIT ERRS	0	AVG BER	0. E-07
BER	0. E-05	BLOCKS	62
BLK ERRS	0	CHAR ERR	0
EA SEC	10799	EF EAS	10799
GEN FREQ	7200.00	PAT LOSS	0
G %EFS	100.00%	IF	INTERNAL RS-232

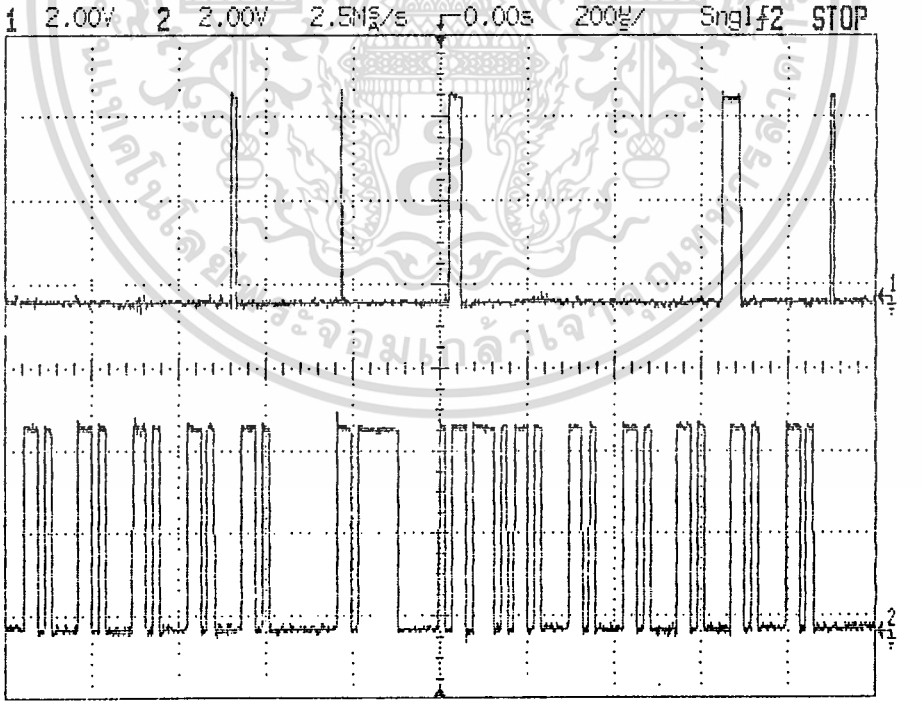
รูปที่ 4.7 แสดงผลที่ได้จากเครื่องดาต้าอนาไลเซอร์

จากรูปที่ 4.7 คือผลที่ได้จากเครื่องดาต้าอนาไลเซอร์ โดยทำการส่งข้อมูลออกไปอย่างต่อเนื่องซึ่งแพทเทอร์นที่ใช้ในการส่งข้อมูลจากเครื่องดาต้าอนาไลเซอร์คือ 63 ที่ความเร็ว 7200 Bps โดยทำการลูปที่ด้านตรงข้ามซึ่งจะเห็นว่าข้อมูลที่ส่งและรับเข้ามาสามารถรับได้อย่างถูกต้อง จากการทดลองนี้ได้ทดลองไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง



รูปที่ 4.8 แสดงรูปสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่นและข้อมูลเมื่อเทียบกับสัญญาณนาฬิกา

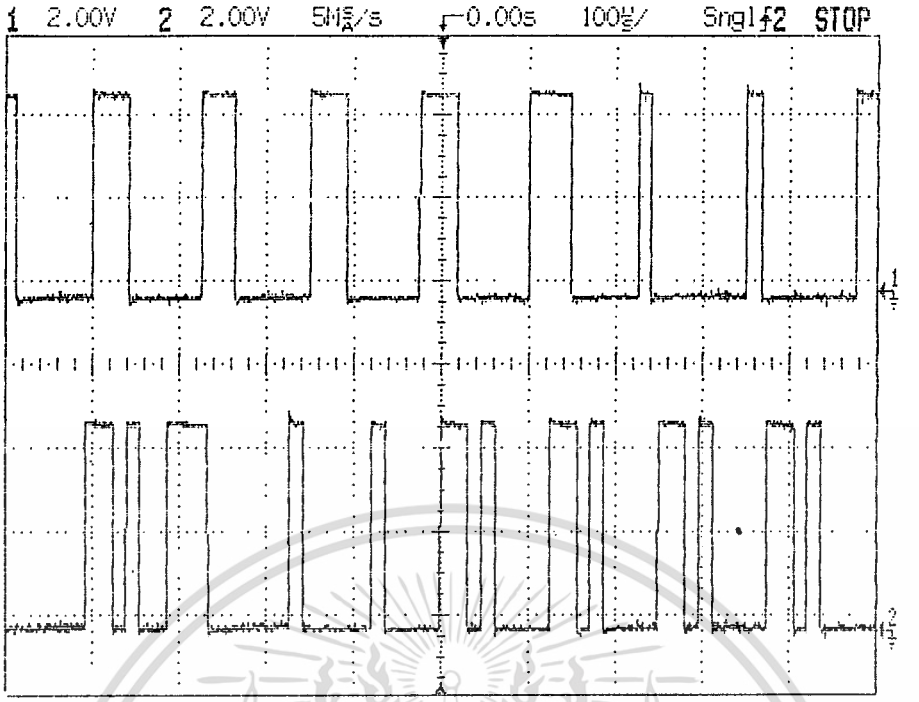
จากรูปที่ 4.8 คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่นและข้อมูลที่ส่งออกไปเมื่อเทียบกับสัญญาณนาฬิกา โดยด้านบน (เชนแนล 1) คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่นและข้อมูล ส่วนด้านล่าง (เชนแนล 2) คือสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น และ สัญญาณซิงดีเทค

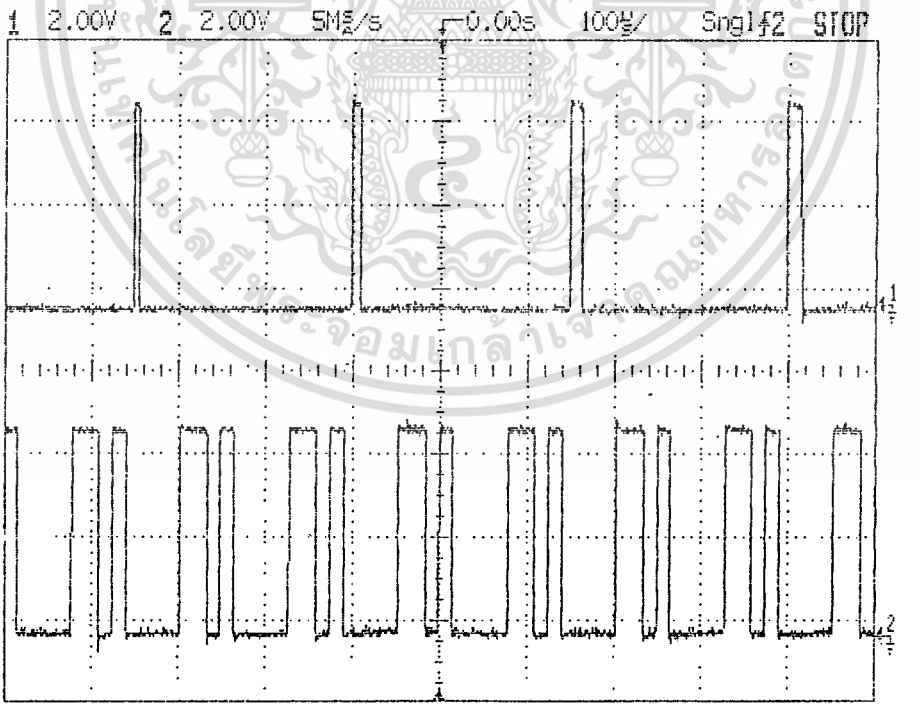
จากรูปที่ 4.9 คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น และ ข้อมูลที่ส่งออกไปเมื่อเทียบกับสัญญาณซิงดีเทค โดยด้านบน (เชนแนล 1) สัญญานซิงดีเทค และ ด้านล่าง (เชนแนล 2) คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น และ ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น และ ข้อมูลเมื่อเทียบกับสัญญาณ RxRdy

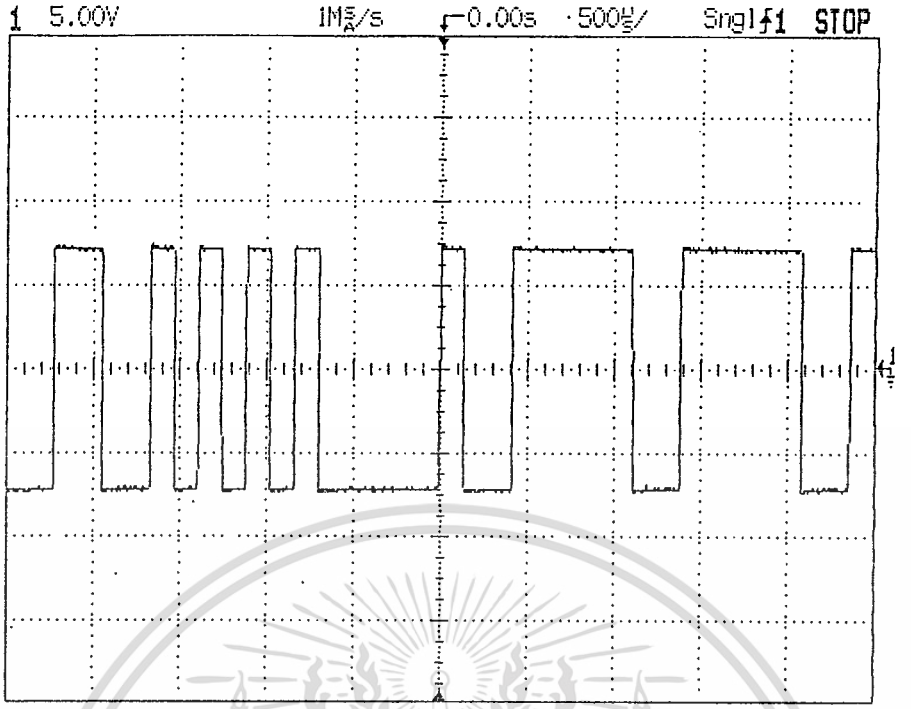
จากรูปที่ 4.10 คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น และ ข้อมูลเมื่อเทียบกับสัญญาณ RxRdy โดยด้านบน (เชนแนล 1) คือสัญญาณ RxRdy และด้านล่าง (เชนแนล 2) คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น และ ข้อมูล



รูปที่ 4.11 คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่นเมื่อเทียบกับสัญญาณซิงดีเทค

จากรูปที่ 4.11 คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่นเมื่อเทียบกับสัญญาณซิงดีเทค โดยด้านบน (เชนแนล 1) คือสัญญาณซิงดีเทค และ ด้านล่าง (เชนแนล 2) คือสัญญาณซิงโครไนซ์เซชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณอินพุทที่เข้ามายังเครื่องมัลติเพล็กเซอร์

จากรูปที่ 4.12 คือสัญญาณอินพุทที่เข้ามายังเครื่องมัลติเพล็กเซอร์ซึ่งเป็นสัญญาณแบบอะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การใช้งาน เครื่องมัลติเพ็กซ์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

5.1สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในบทที่ 4 สามารถสรุปได้ว่าเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลนี้สามารถทำงานได้จริงตามที่ได้ออกแบบและกำหนดไว้ในคุณสมบัติของเครื่องซึ่งจะเห็นว่าการส่งมัลติเพล็กซ์ข้อมูลแบบสถิตินี้ตามการออกแบบจะใช้ไบท์แรกที่ต่อจากสัญญาณซิ่งค์เป็นตัวบอกว่ามีข้อมูลของช่องสัญญาณไหนส่งมาบ้างเพื่อที่ทางด้านรับสามารถจะแยกสัญญาณได้อย่างถูกต้อง จากการทดลองทางด้านรับปลายทางสามารถแยกข้อมูลออกมาได้อย่างถูกต้อง

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลอง

ปัญหาใหญ่ที่เกิดขึ้นก็คือไม่สามารถที่จะจัดหาอุปกรณ์ปลายทางจำนวนมากเช่นเครื่องคอมพิวเตอร์พริ้นเตอร์เป็นต้นมาใช้ในการทดลองได้และปัญหาในการจัดหาเครื่องมือวัดและทดสอบเกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลมาใช้เปรียบเทียบอ้างอิงในการทดลองได้อย่างเพียงพอ

5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการออกแบบทางฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ของเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้เพื่อการพัฒนาในอนาคตได้แก่การเลือกใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อแบบ DB-25 ซึ่งมีขาสัญญาณใช้งานในการควบคุมการรับส่งของตัวอุปกรณ์ UART เพื่อให้สามารถทำการปรับปรุงโปโตคอลที่ใช้ในเครื่องให้มีระดับสูงขึ้นเพื่อที่จะให้ได้ประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารข้อมูลที่ดีและทันสมัยยิ่งขึ้นทั้งนี้จะต้องทำการพัฒนาทางด้านซอฟท์แวร์ควบคู่กันไปด้วย

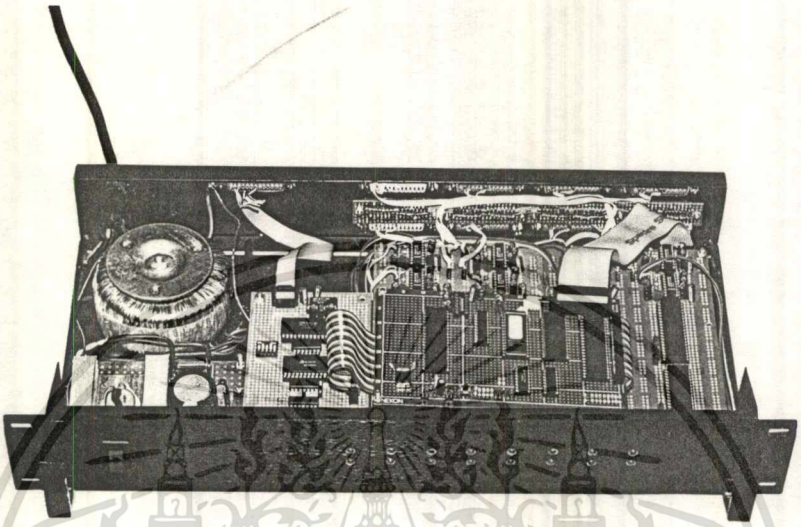
ในอีกส่วนหนึ่งก็คือการพัฒนาการส่งข้อมูลแบบการเข้ารหัสโดยไม่ต้องส่งสัญญาณนาฬิกาอ้างอิงไปยังด้านรับซึ่งทำให้ประหยัดคู่สายขึ้นอีก

หรือในการพัฒนาส่วนของภาคควบคุมสามารถที่จะสั่งงานบอร์ดควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ที่จะจัดความเร็วของช่องสัญญาณหรือเปิดปิดการทำงานช่องสัญญาณซึ่งจะทำให้สามารถเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณได้มากกว่า 8 ช่องสัญญาณได้โดยที่ความเร็วของสัญญาณรวมยังคงเท่าเดิมอยู่

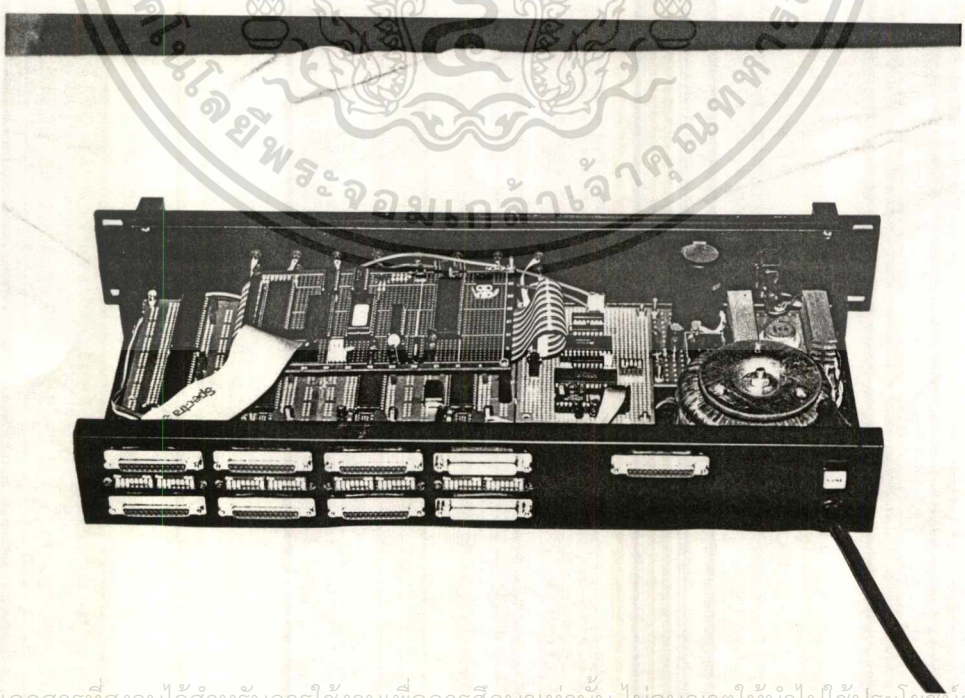
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเครื่องมัลติเพล็กข้อมูลขนาด 8 ช่อง

การนำเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูลขนาด 8 ช่องไปใช้งาน ก่อนอื่นจะต้องทราบถึงคุณลักษณะของเครื่องทั้งทางด้านกายภาพและคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องดังในบทที่ 3 ซึ่งลักษณะทางกายภาพแสดงดังรูปที่ ก-1 และรูปที่ ก-2



รูปที่ ก-1 แสดงลักษณะด้านหน้าของเครื่อง



รูปที่ ก-2 แสดงลักษณะด้านหลังของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานโดยทั่วไปสามารถกระทำได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์ปลายทางของข้อมูลเข้ากับเครื่องสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงโดยใช้สายเชื่อมต่ออุปกรณ์เป็นแบบ DB-25M ซึ่งใช้เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล และอีกข้างหนึ่งใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อแบบ DB-25F ซึ่งใช้เชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ปลายทางข้อมูล และทำการเชื่อมต่อสายเชื่อมโยงระหว่างคู่สถานีของเครื่อง ซึ่งใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อแบบ DB-25M เข้าด้วยกัน

2. เลือกอัตราบิตในการรับส่งข้อมูล โดยใช้ DIP-SW ซึ่งอยู่ทางด้านหลังเครื่องโดยทางด้านต้นทางและปลายทาง จะต้องเลือกใช้ให้เหมือนกัน การเลือก DIP-SW มีความหมายดังตารางต่อไปนี้

SW6	SW7	SW8	อัตราเร็ว (bps.)
Off	Off	Off	300
Off	Off	On	600
Off	On	Off	1,200
Off	On	On	2,400
On	Off	Off	4,800
On	Off	On	7,200
On	On	Off	9,600
On	On	On	300

SW4	SW5	จำนวนบิท
Off	Off	5
Off	On	6
On	Off	7
On	On	8

SW3	จำนวน Stop Bit
Off	1, 1.5
On	2

SW2	SW1	พาริตี้
Off	Off	None
Off	On	None
On	Off	Odd
On	On	Even

ตารางที่ ก-1 การตั้งค่าคุณสมบัติของช่องสัญญาณ

3. ทำการเปิดสวิตช์เพาเวอร์ ถ้าหากยังไม่มีการรับส่งข้อมูล หลอดแสดงการรับส่งข้อมูลจะดับหมด หากมีการรับส่งข้อมูล หลอดจะติดแสดงว่ามีการรับส่งข้อมูล

4. ทำการส่งหรือรับข้อมูลแต่ละช่องสัญญาณ

5. หากมีการเปลี่ยนแปลงการรับส่งข้อมูล โดยการเปลี่ยนแปลง DIP-SW จะต้องทำการรีเซ็ตเครื่องใหม่ โดยกดปุ่มรีเซ็ตที่อยู่ในเครื่องบนบอร์ดคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมซอร์สโค้ดสำหรับเครื่องมัลติเพล็กซ์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************
;Project 8 channel data multiplexer
;By Samphan & Samrit
;King Mongkut Institute Technology of Ladkabung
;Telecommunication Engineering
;3T/2
;Date 20 January 1998
;*************************************************

;************ VARIABLE SET ************

COMC        EQU   4001H   ;8251 PORT SYNCHRONOUS
COMD        EQU   4000H

CONA        EQU   6000H   ;8255 PORT PROGRAM DIP SW.
CONB        EQU   6001H
CONP        EQU   6003H

PORT1       EQU   8000H   ;16550 PORT ASYNCHRONOUS
LSR1        EQU   8005H

PORT2       EQU   8008H
LSR2        EQU   800DH

PORT3       EQU   8010H
LSR3        EQU   8015H

PORT4       EQU   8018H
LSR4        EQU   801DH

PORT5       EQU   8020H
LSR5        EQU   8025H

PORT6       EQU   8028H
LSR6        EQU   802DH


PORT7       EQU   8030H
LSR7        EQU   8035H

PORT8       EQU   8038H
LSR8        EQU   803DH

DLAB        EQU   80H
INDEXW      EQU   60H
SYNC        EQU   16H

;************ INTERNAL RAM ************

            ORG   0000H

            DS    8             ;REGISTER BANK 0
            DS    24            ;REGISTER AREA AND STACK
            DS    12            ;BIT ADDRESSABLE
            DS    4             ;FLAG AREA
            DS    2

STACK:      DS    24
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ORG   0000H   ;START ADDRESS

;*********   SYSTEM RESET   *********
;******   POWER UP          *********

RES:        MOV   R2,#80H
RES1:       MOV   R3,#0
            DJNZ  R3,$
            DJNZ  R2,RES1

            MOV   SP,#STACK
            MOV   40H,#23H


;*********************************************
;******   SET 8255 PA,PC = OUT PB = IN  ******
;*********************************************

            MOV   DPTR,#CONP
            MOV   A,#82H
            MOVX  @DPTR,A

;*********************************************
;*******        READ DATA DIP SW       *******
;*********************************************

            MOV   R7,#8H
            MOV   R6,#01H
            MOV   A,R6

READ_LOOP:  MOV   DPTR,#CONA     ;PORT A OUT
            MOVX  @DPTR,A


            MOV   DPTR,#CONB     ;PORT B IN
            MOVX  A,@DPTR
            LCALL DECODE         ;CALL SUBROUTINE READ DATA DIP SW

            CJNE  R6,#01H,SET_2
            LCALL SET_PORT1
            SJMP  SHIFT

SET_2:      CJNE  R6,#02H,SET_3
            LCALL SET_PORT2
            SJMP  SHIFT

SET_3:      CJNE  R6,#04H,SET_4
            LCALL SET_PORT3
            SJMP  SHIFT


SET_4:      CJNE  R6,#08H,SET_5
            LCALL SET_PORT4
            SJMP  SHIFT

SET_5:      CJNE  R6,#10H,SET_6
            LCALL SET_PORT5
            SJMP  SHIFT

SET_6:      CJNE  R6,#20H,SET_7
            LCALL SET_PORT6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SJMP   SHIFT

SET_7:          CJNE   R6,#40H,SET_8
                LCALL  SET_PORT7
                SJMP   SHIFT

SET_8:          LCALL  SET_PORT8        ;
                       ;
SHIFT:          MOV    A,R6
                RL     A
                MOV    R6,A
                DJNZ   R7,READ_LOOP

                CLR    A                ;CLEAR INDEX DIP SWITCH
                MOV    DPTR,#CONA
                MOVX   @DPTR,A

;************ SET-UP 8251, 2 SYNC,8 BIT ************

                MOV    DPTR,#COMC
                MOV    A,#0H            ;DUMMY WORD
                MOVX   @DPTR,A
                MOVX   @DPTR,A
                MOVX   @DPTR,A
                MOV    A,#40H           ;RESET
                MOVX   @DPTR,A
                MOV    A,#0CH           ;MODE WORD
                MOVX   @DPTR,A
                MOV    A,#SYNC          ;SYNC WORD
                MOVX   @DPTR,A
                MOVX   @DPTR,A
                MOV    A,#85H           ;COMMAND WORD
                MOVX   @DPTR,A
                CLR    A

STRT_BYTE:      MOV    A,#0CCH
                MOV    DPTR,#COMD
                MOVX   @DPTR,A
                LCALL  DELAY

;*****************************************
;********         Main Program        *******
;*****************************************

MAIN:           MOV    DPTR,#COMC
SYN_D:          MOVX   A,@DPTR
                JNB    ACC.6,SYN_D
                MOV    DPTR,#COMD
                MOVX   A,@DPTR

MAIN1:          CLR    A
                MOV    20H,A
                MOV    R0,#INDEXW
                MOV    R7,#0H
MAIN2:          MOV    DPTR,#COMC
                MOVX   A,@DPTR
                JNB    ACC.1,NO_MAIN
                CALL   READ_MAIN

NO_MAIN:        MOV    DPTR,#LSR1
                MOVX   A,@DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNB   ACC.0,NO_D1
                CALL  READ_P1

NO_D1:          MOV   DPTR,#LSR2
                MOVX  A,@DPTR
                JNB   ACC.0,NO_D2
                CALL  READ_P2

NO_D2:          MOV   DPTR,#LSR3
                MOVX  A,@DPTR
                JNB   ACC.0,NO_D3
                CALL  READ_P3

NO_D3:          MOV   DPTR,#LSR4
                MOVX  A,@DPTR
                JNB   ACC.0,NO_D4
                CALL  READ_P4

NO_D4:          MOV   DPTR,#LSR5
                MOVX  A,@DPTR
                JNB   ACC.0,NO_D5
                CALL  READ_P5

NO_D5:          MOV   DPTR,#LSR6
                MOVX  A,@DPTR
                JNB   ACC.0,NO_D6
                CALL  READ_P6

NO_D6:          MOV   DPTR,#LSR7
                MOVX  A,@DPTR
                JNB   ACC.0,NO_D7
                CALL  READ_P7

NO_D7:          MOV   DPTR,#LSR8
                MOVX  A,@DPTR
                JNB   ACC.0,NO_D8
                CALL  READ_P8

NO_D8:          CJNE  R7,#00H,IN_DATA          ;CHECK CH. IT HAS ANY DATA
                JMP   MAIN2

; ************   MAIN SEND **********

IN_DATA:
                CALL  SEND_HEAD                ;The head data to send first

                CALL  SEND_DATA


NO_DATA:        JMP   MAIN1


SEND_HEAD:      MOV   B,20H
                CALL  SEND
                RET

SEND_DATA:      MOV   R0,#INDEXW
LOOP8:          MOV   B,@R0
                CALL  SEND
                INC   R0
                DJNZ  R7,LOOP8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            RET

SEND:       MOV   DPTR,#COMC
            MOVX  A,@DPTR
            JB    ACC.0,SEND_08
            JB    ACC.1,READ1
            JMP   SEND
READ1:      CALL  READ_MAIN
            JMP   SEND

SEND_08:    MOV   A,B
            MOV   DPTR,#COMD
            MOVX  @DPTR,A
            RET


;************************************************
;******    SUBROUTINE READ DATA FROM PORT   ******
;************************************************

READ_P1:    SETB 00H          ;(2)
            MOV  DPTR,#PORT1  ;(2)
            MOVX A,@DPTR      ;(2)
            MOV  @R0,A        ;(1)
            INC  R0           ;(1)
            INC  R7           ;(1)
            RET               ;(2)

READ_P2:    SETB 01H
            MOV  DPTR,#PORT2
            MOVX A,@DPTR
            MOV  @R0,A
            INC  R0
            INC  R7
            RET

READ_P3:    SETB 02H
            MOV  DPTR,#PORT3
            MOVX A,@DPTR
            MOV  @R0,A
            INC  R0
            INC  R7
            RET

READ_P4:    SETB 03H
            MOV  DPTR,#PORT4
            MOVX A,@DPTR
            MOV  @R0,A
            INC  R0
            INC  R7
            RET


READ_P5:    SETB 04H
            MOV  DPTR,#PORT5
            MOVX A,@DPTR
            MOV  @R0,A
            INC  R0
            INC  R7
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
READ_P6:    SETB 05H
            MOV  DPTR,#PORT6
            MOVX A,@DPTR
            MOV  @R0,A
            INC  R0
            INC  R7
            RET

READ_P7:    SETB 06H
            MOV  DPTR,#PORT7
            MOVX A,@DPTR
            MOV  @R0,A
            INC  R0
            INC  R7
            RET

READ_P8:    SETB 07H
            MOV  DPTR,#PORT8
            MOVX A,@DPTR
            MOV  @R0,A
            INC  R7
            RET

;***************************************
;*********  READ PORT 8251  ************
;***************************************

READ_MAIN:  MOV  DPTR,#COMD   ;(2)
            MOVX A,@DPTR      ;(2)
            CJNE A,#16H,JUMP  ;(2)
            SETB 40H          ;(1)
            RET               ;(2)

JUMP:       JNB  40H,JUMP1    ;(2)
            CLR  40H          ;(1)
            MOV  R6,A         ;(1)
            RET               ;(2)

JUMP1:      XCH  A,R6         ;(1)

RX_1:       JNB   ACC.0,RX_2  ;(2)
            CLR   ACC.0       ;(2)
            XCH   A,R6        ;(1)
            MOV   DPTR,#PORT1 ;(2)
            MOVX  @DPTR,A     ;(2)
            RET               ;(2)

RX_2:       JNB   ACC.1,RX_3
            CLR   ACC.1
            XCH   A,R6
            MOV   DPTR,#PORT2
            MOVX  @DPTR,A
            RET

RX_3:       JNB   ACC.2,RX_4
            CLR   ACC.2
            XCH   A,R6
            MOV   DPTR,#PORT3
            MOVX  @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET

RX_4:           JNB     ACC.3,RX_5
                CLR     ACC.3
                XCH     A,R6
                MOV     DPTR,#PORT4
                MOVX    @DPTR,A
                RET

RX_5:           JNB     ACC.4,RX_6
                CLR     ACC.4
                XCH     A,R6
                MOV     DPTR,#PORT5
                MOVX    @DPTR,A
                RET

RX_6:           JNB     ACC.5,RX_7
                CLR     ACC.5
                XCH     A,R6
                MOV     DPTR,#PORT6
                MOVX    @DPTR,A
                RET

RX_7:           JNB     ACC.6,RX_8
                CLR     ACC.6
                XCH     A,R6
                MOV     DPTR,#PORT7
                MOVX    @DPTR,A
                RET

RX_8:           JNB     ACC.7,NOT_DAT
                CLR     ACC.7
                XCH     A,R6
                MOV     DPTR,#PORT8
                MOVX    @DPTR,A
                RET

NOT_DAT:        CLR     A
                RET


;************************************************
;**********      SET 16550 UART #1       **********
;************************************************

SET_PORT1:      MOV     A,#DLAB
                MOV     DPTR,#(PORT1+3)
                MOVX    @DPTR,A
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#PORT1             ;ADDR DLL
                MOV     A,R3
                MOVX    @DPTR,A
                INC     DPTR                    ;ADDR DLM
                MOV     A,R4
                MOVX    @DPTR,A
                POP     DPL
                MOV     A,20H                   ;PROGRAM FUNCTION
                MOVX    @DPTR,A
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SET_PORT2:  MOV   A,#DLAB
            MOV   DPTR,#(PORT2+3)
            MOVX  @DPTR,A
            PUSH  DPL
            MOV   DPTR,#PORT2          ;ADDR DLL
            MOV   A,R3
            MOVX  @DPTR,A
            INC   DPTR                 ;ADDR DLM
            MOV   A,R4
            MOVX  @DPTR,A
            POP   DPL
            MOV   A,20H                ;PROGRAM FUNCTION
            MOVX  @DPTR,A
            RET

SET_PORT3:  MOV   A,#DLAB
            MOV   DPTR,#(PORT3+3)
            MOVX  @DPTR,A
            PUSH  DPL
            MOV   DPTR,#PORT3          ;ADDR DLL
            MOV   A,R3
            MOVX  @DPTR,A
            INC   DPTR                 ;ADDR DLM
            MOV   A,R4
            MOVX  @DPTR,A
            POP   DPL
            MOV   A,20H                ;PROGRAM FUNCTION
            MOVX  @DPTR,A
            RET

SET_PORT4:  MOV   A,#DLAB
            MOV   DPTR,#(PORT4+3)
            MOVX  @DPTR,A
            PUSH  DPL
            MOV   DPTR,#PORT4          ;ADDR DLL
            MOV   A,R3
            MOVX  @DPTR,A
            INC   DPTR                 ;ADDR DLM
            MOV   A,R4
            MOVX  @DPTR,A
            POP   DPL
            MOV   A,20H                ;PROGRAM FUNCTION
            MOVX  @DPTR,A
            RET

SET_PORT5:  MOV   A,#DLAB
            MOV   DPTR,#(PORT5+3)
            MOVX  @DPTR,A
            PUSH  DPL
            MOV   DPTR,#PORT5          ;ADDR DLL
            MOV   A,R3
            MOVX  @DPTR,A
            INC   DPTR                 ;ADDR DLM
            MOV   A,R4
            MOVX  @DPTR,A
            POP   DPL
            MOV   A,20H                ;PROGRAM FUNCTION
            MOVX  @DPTR,A
            RET

SET_PORT6:  MOV   A,#DLAB
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR,#(PORT6+3)
                MOVX    @DPTR,A
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#PORT6             ;ADDR DLL
                MOV     A,R3
                MOVX    @DPTR,A
                INC     DPTR                    ;ADDR DLM
                MOV     A,R4
                MOVX    @DPTR,A
                POP     DPL
                MOV     A,20H                   ;PROGRAM FUNCTION
                MOVX    @DPTR,A
                RET

SET_PORT7:      MOV     A,#DLAB
                MOV     DPTR,#(PORT7+3)
                MOVX    @DPTR,A
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#PORT7             ;ADDR DLL
                MOV     A,R3
                MOVX    @DPTR,A
                INC     DPTR                    ;ADDR DLM
                MOV     A,R4
                MOVX    @DPTR,A
                POP     DPL
                MOV     A,20H                   ;PROGRAM FUNCTION
                MOVX    @DPTR,A
                RET

SET_PORT8:      MOV     A,#DLAB
                MOV     DPTR,#(PORT8+3)
                MOVX    @DPTR,A
                PUSH    DPL
                MOV     DPTR,#PORT8             ;ADDR DLL
                MOV     A,R3
                MOVX    @DPTR,A
                INC     DPTR                    ;ADDR DLM
                MOV     A,R4
                MOVX    @DPTR,A
                POP     DPL
                MOV     A,20H                   ;PROGRAM FUNCTION
                MOVX    @DPTR,A
                RET

;************************************************
;**************      READ DIP SW      **************
;************************************************

DECODE:         MOV     20H,A
                ANL     A,#00000111B
                CJNE    A,#00000000B,NO_300
                MOV     R3,#80H         ;LOAD DLL FOR 300 BAUD
                MOV     R4,#01H         ;LOAD DLM
                SJMP    SET_FORMAT

NO_300:         CJNE    A,#00000001B,NO_600
                MOV     R3,#0C0H
                MOV     R4,#0H
                SJMP    SET_FORMAT

NO_600:         CJNE    A,#00000010B,NO_1200
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

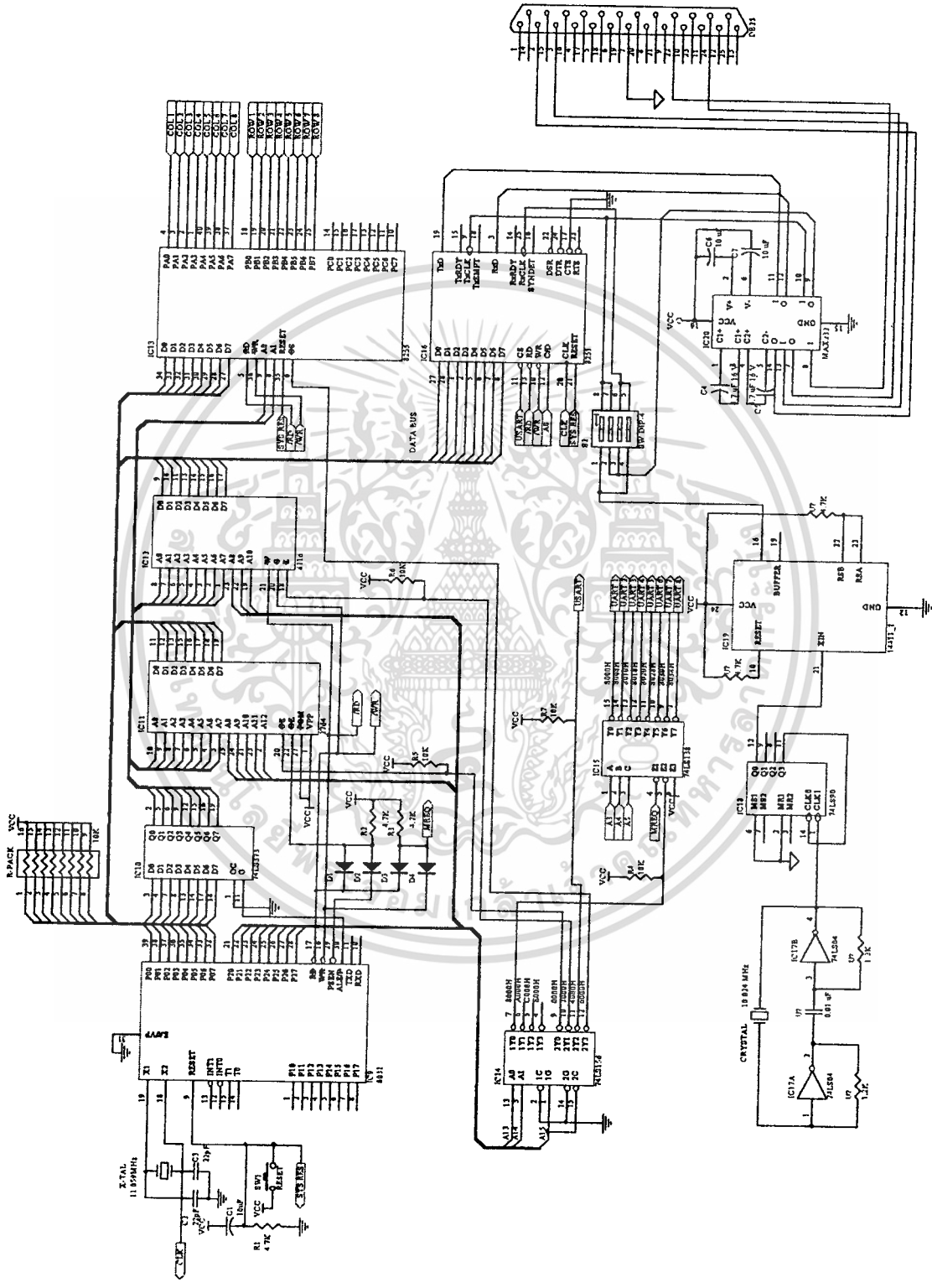
```
                MOV   R3,#60H
                MOV   R4,#0H
                SJMP  SET_FORMAT

NO_1200:        CJNE  A,#00000011B,NO_2400
                MOV   R3,#30H
                MOV   R4,#0H
                SJMP  SET_FORMAT

NO_2400:        CJNE  A,#00000100B,NO_4800
                MOV   R3,#18H
                MOV   R4,#0H
                SJMP  SET_FORMAT

NO_4800:        CJNE  A,#00000101B,NO_7200
                MOV   R3,#10H
                MOV   R4,#0H
                SJMP  SET_FORMAT

NO_7200:        CJNE  A,#00000110B,NO_9600
                MOV   R3,#0CH
                MOV   R4,#0H
                SJMP  SET_FORMAT

NO_9600:        MOV   R3,#80H
                MOV   R4,#01H

SET_FORMAT:     MOV   A,20H
                RR    A
                RR    A
                RR    A
                ANL   A,#00011111B
                MOV   20H,A
                RET

DELAY:          MOV   R2,#0
DEL1:           MOV   R3,#0
                DJNZ  R3,$
                DJNZ  R2,DEL1
                RET

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

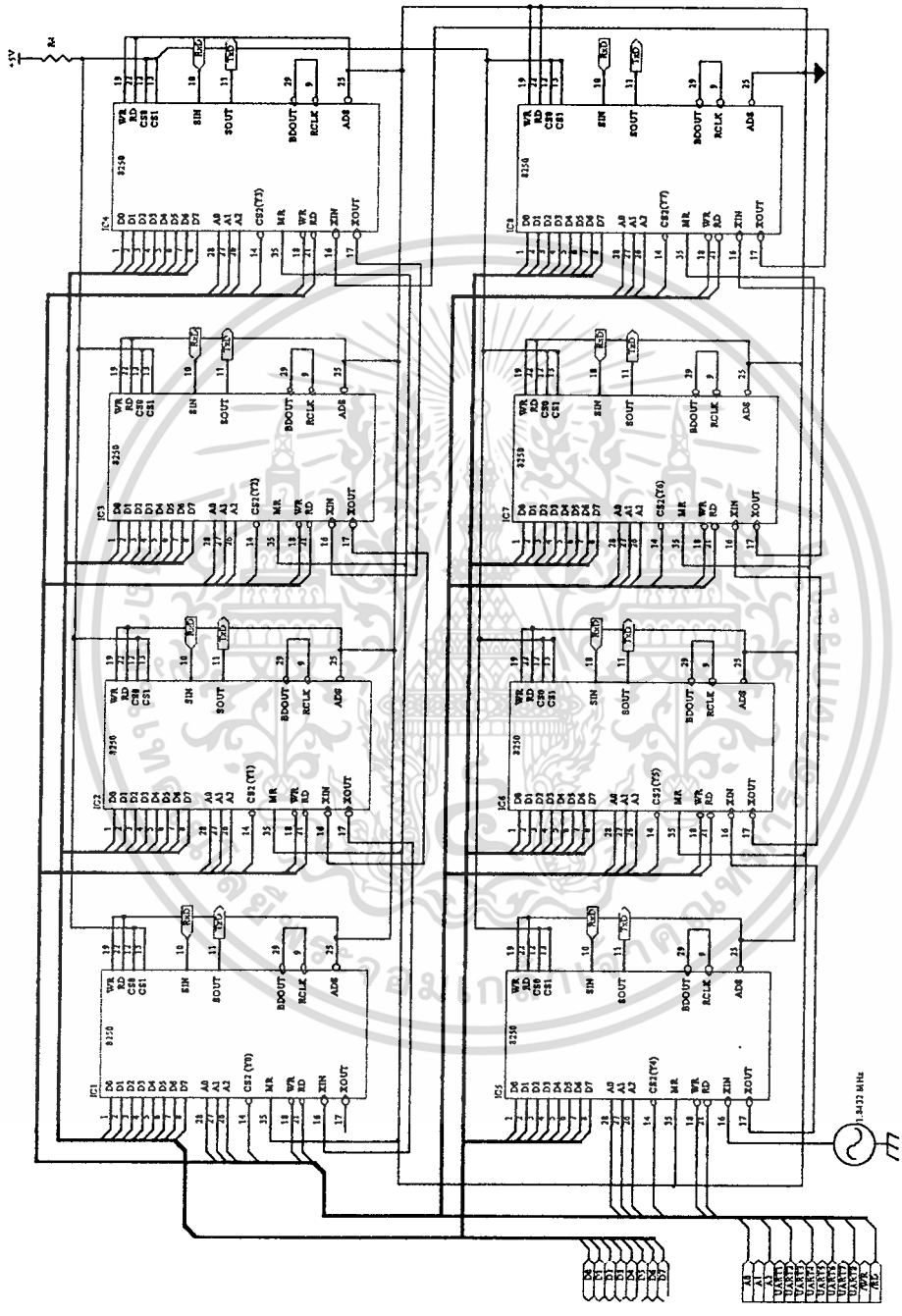
วงจรรวมของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



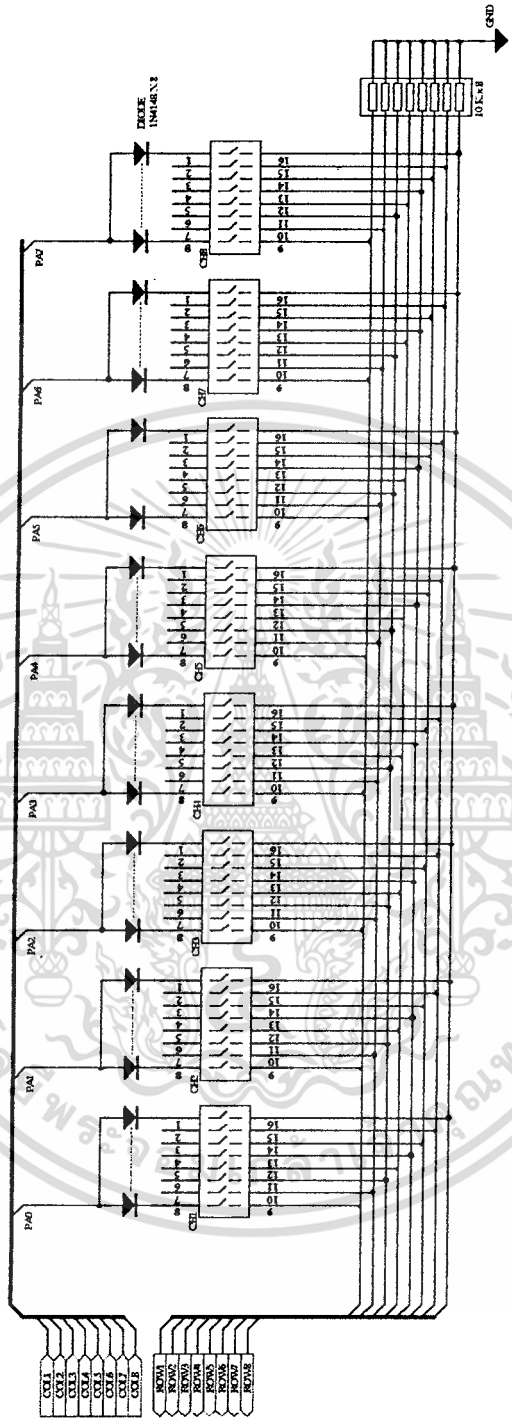
รูปที่ ค – 1 วงจรควบคุมและวงจรรับส่งแบบซิงค์โครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



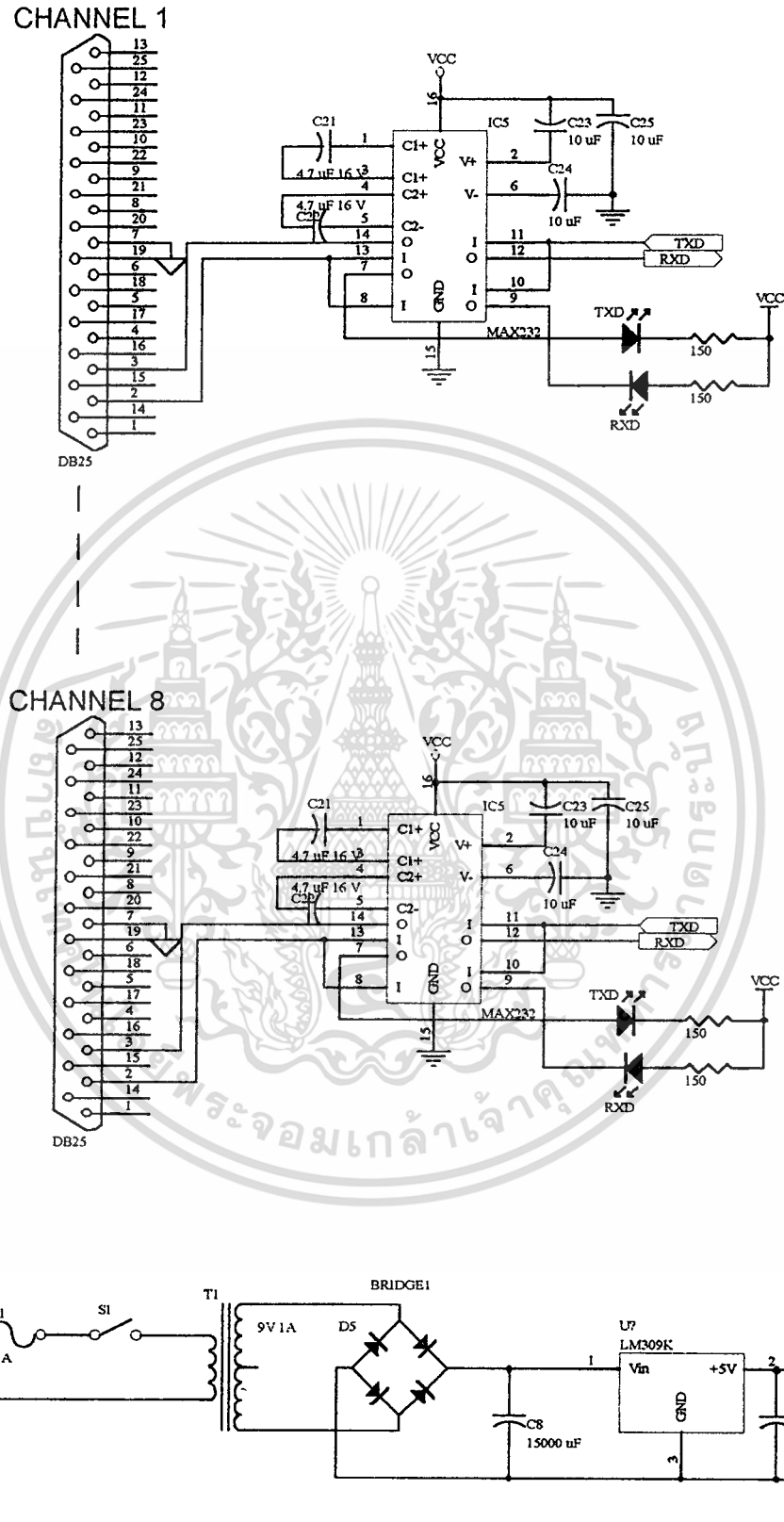
รูปที่ ค – 2 วงจรส่วนของการจัดการรับส่งแบบ อะซิงค์โครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค – 3 วงจรดิพสวิทช์สำหรับโปรแกรม UART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค – 4 วงจรจ่ายไฟและส่วนอินเตอร์เฟสแบบ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ปราโมทย์ วาดเขียน และ ดร.วิวัฒน์ กิรานนท์ , " พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล " , ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 218 หน้า , 2536
2. ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ และ ทินกร ดุ๊ก , " การสื่อสารข้อมูล " , ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , 203 หน้า , 2533
3. ธีรวัฒน์ ประกอบผล , " การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ " สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) , 155 หน้า , 2540
4. ผศ.สมยศ จุณณะปิยะ , " การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 " , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2537
5. National Semiconductor Corporation , " Microcommunication Elements Databook " , National Semiconductor Corporation , 1987
6. Frederick F. Driscoll " Data Communications " , Saunders College Publishing , 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้เนื่องจากการให้คำแนะนำปรึกษาเป็นอย่างดียิ่งจาก ท่านอาจารย์ รศ.ดร. ปราโมท วาดเขียน และ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ที่ได้ศึกษาอยู่ ขอขอบคุณการสื่อสารแห่งประเทศไทย และ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย ที่ได้เอื้อเฟื้อเวลา , สถานที่ , เครื่องมือ และ อุปกรณ์ต่างๆ เป็นอย่างดียิ่ง และเพื่อนทุกคนที่คอยให้กำลังใจตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้