ปีการศึกษา 2530

การควบคุมกระบวนการระยะไกลด้วยสัญญาณดิจิตอล

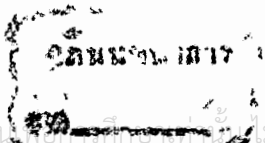
(DIGITAL REMOTE PROCESSING CONTROL)

โดย

นายสันติ เสนารัตน์ 27.1211

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. สมยศ จุฑณะปิยะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2530

เรื่อง การควบคุมกระบวนการระยะไกลด้วยสัญญาณดิจิตอล

ผู้จัดทำ

นายสันติ เสนารัตน์ 27.1211

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. สมยศ จุณณะปิยะ)

024672

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมกระบวนการระยะไกลด้วยสัญญาณดิจิตอล

นายสันติ เสนารัตน์
อ. สมยศ จุณณะปิยะ (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2530

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการควบคุมกระบวนการ (PROCESS) โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ (MICROPROCESSOR) ได้เข้ามามีบทบาทมาก เพราะสามารถให้การควบคุมได้ถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานควบคุมอื่น ๆ ได้อีกโดยทำการเขียนซอฟแวร์ (SOFTWARE) ควบคุมใหม่ สำหรับการควบคุมกระบวนการดังกล่าวจะต้องมีการส่งข้อมูลถึงกันได้ระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์ที่ทำการควบคุมกับไมโครโปรเซสเซอร์ที่อยู่ในห้องควบคุม (CONTROL ROOM) โดยทั่วไปการส่งข้อมูลระหว่างสองส่วนนี้จะใช้การส่งข้อมูลแบบอนุกรมเพื่อลดจำนวนสายส่งข้อมูล

สำหรับในโครงงานนี้จะเป็นการพอร์ทอนุกรม (SERIAL PORT) โดยใช้ไอซี (IC) 8251 ส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่าน RS-232C จากซิงเกิ้ลบอร์ด (SINGLEBOARD) หนึ่งไปยังอีกซิงเกิ้ลบอร์ดหนึ่ง โดยมีการใช้ ไอซี MC 1488 และ MC 1489 ในการยกระดับศักดาไฟฟ้าจาก 5 โวลต์เป็น 12 โวลต์ เพื่อให้สามารถส่งได้ระยะไกลยิ่งขึ้น และสร้างพอร์ทควบคุมอินพุท/เอาท์พุท ขึ้นทั้งสองฝั่ง ซึ่งแต่ละฝั่งสามารถควบคุมรีเลย์ได้ 8 ตัว ซึ่งจะนำไปควบคุมการปิดเปิดอุปกรณ์ที่จะใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL REMOTE PROCESSING CONTROL

Mr. Santi Senarat

Mr. Somyot Chunnapiya (adviser)

Academic Year 1987

ABSTRACT

Using microprocessor , nowadays , has played very important role in controling processes because of its accuracy and efficiency. Moreover it can be applied for other controling jobs through different softwares. Data transmission occurs between the controling microprocessor and microprocessor at control room. And in order to reduce cables , that serial data transmission should be used.

This project is aimed to transmit a serial data between singleboard via RS - 232C , using IC 8251 as a serial port , using IC MC 1488 and MC 1489 to step up the voltage from 5 to 12 for a longer distance of tranmission. And having input / output control port on both sides of singleboard , which each can control 8 relays , by which is used to control equipments.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส	
	2.1 ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	3
	2.2 การควบคุมการส่งข้อมูล	3
	2.3 พอร์ทมาตรฐาน	4
บทที่ 3	ไอซี ที่ใช้งานในการส่งข้อมูลอนุกรม	
	3.1 ไอซี 8251	9
	3.2 ขาสัญญาณของ 8251	10
	3.3 การโปรแกรม 8251	11
	3.4 การตรวจสอบสถานะ (STATUS) ของ 8251	12
	3.5 การอินเตอร์เฟส (INTERFACE) 8251 กับไมโครคอมพิวเตอร์	15
	3.6 ตัวอย่างโปรแกรมส่งรับข้อมูล	15
บทที่ 4	พอร์ทควบคุมอินพุท/เอาท์พุท	
	4.1 การต่อ Z8Ø - PIO กับ Z8Ø	20
	4.2 การโปรแกรมและการทำงานของ PIO โหมด Ø	21
	4.3 การโปรแกรมและการทำงานของ PIO ในโหมด 1	25
บทที่ 5	วงจรและโปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง	
	5.1 วงจรการส่งข้อมูลอนุกรมผ่าน ไอซี 8251 และ RS - 232C	28
	5.2 วงจรควบคุมพอร์ทอินพุท/เอาท์พุท	29
	5.3 โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง	31
สรุปผลการทดลองและข้อคิดเห็น		34
กิตติกรรมประกาศ		35
หนังสืออ้างอิง		36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

1.1 บทนำ

ระบบควบคุมระยะไกล (REMOTE PROCESSING CONTROL) จะมีการทำงานเป็นในลักษณะที่จะมีชิงเกิ้ลบอร์ดตัวแม่อยู่ภานในห้องควบคุมเรียกว่า มาสเตอร์ เทอร์-มินัล ยูนิต (MASTER TERMINAL UNIT) ทำหน้าที่ควบคุมชิงเกิ้ลบอร์ดตัวลูก ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการอยู่เรียกว่ารีโมทเทอร์มินัลยูนิต (REMOTE TERMINAL UNIT) ในโครงงานนี้จะควบคุมการปิด-เปิดของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยการใช้สัญญาณดิจิตอล (DIJITAL) เท่านั้น

1.2 การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (ASYNCHRONONS)

โปรแกรม (PROGRAM) การส่งข้อมูลอนุกรม ที่สะดวกต่อการใช้งานส่วนใหญ่จะใช้การส่งข้อมูลแบบ อะซิงโครนัส ซึ่งจะทำการเซ็ท (SET) บิทควบคุม (CONTROL BIT)ลงเพิ่มเติมในข้อมูลอนุกรม รวมทั้งความเร็วในการส่งข้อมูงด้วย พอร์หมาตรฐานที่ใช้ในการส่งข้อมูลใช้ RS-232C ซึ่งมี ไอซี MC 1488 และ MC 1489 เป็นตัวยกระดับสัญญาณ รายละเอียดของการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัสกล่าวไว้ในบทที่ 2

1.3 ไอซี ที่ใช้งานในการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

สำหรับไอซีที่ใช้ในงานนี้มีด้วยกันหลายตัว เช่น 8251,8250,6551 แต่ในโครงงานนี้ใช้ไอซี 8251 USART ทำการโปรแกรมให้ทำงานที่อะซิงโครนัสโหมด ซึ่งอัตราการส่งข้อมูลกำหนดโดยการเซ็ท ดิพสวิทช์ (DIP SWITCH) หรือเซ็ทที่ซอฟแวร์ และมีตัวสร้างความถี่โดยใช้ไอซี74LS161 ร่วมกับคริสตัล 4.1952 เมกกะเฮิร์ต

1.4 พอร์ทควบคุมอินพุท/เอาท์พุท

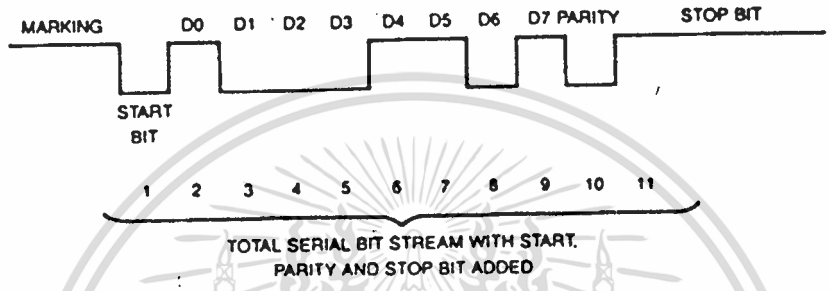
พอร์ทควบคุมอินพุท/เอาท์พุท ใช้ Z8Ø-PIO ร่วมกับ ไอซี 74LS374 ซึ่งจะสามารถแสดงผลที่ แอลอีดี (LED) 8 ตัว (ข้อมูล 8 บิท) และใช้ในการควบคุมรีเลย์ได้ 8 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การสื่อสารข้อมูลระบบอะซิงโครนัส

เป็นการสื่อสารที่พัฒนามาจากการส่งโทรพิมพ์ ลักษณะของสัญญาณดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะของสัญญาณอะซิงโครนัส

เพื่อเพิ่มกลไกในการรับ-ส่งให้ถูกต้อง สัญญาณอะซิงโครนัสจะประกอบด้วย

1. สตาร์ทบิท (START BIT)
2. ข้อมูล (DATA)
3. พาริตี้ บิท (PARITY BIT)
4. สต๊อบ บิท (STOP BIT)

ในขณะที่เครื่องส่งไม่มีข้อมูลส่งออกมาเรียกว่า สถานะการส่งแบบว่าง (IDLE) จะมีสัญญาณหรือมีแรงดันตลอดเวลา เพื่อความแน่ใจว่าฝ่ายรับยังติดต่อกับฝ่ายส่งอยู่เมื่อเริ่มต้นส่งข้อมูล สัญญาณของอะซิงโครนัสจะเป็น "ø" หนึ่งช่วงของสัญญาณนาฬิกา บิทนี้เรียกว่า สตาร์ทบิท ต่อจากสตาร์ทบิทก็เป็นข้อมูล 1 ตัวอักษร ซึ่งอาจมีตั้งแต่ 5-8 บิท โดยบิทต่ำ (LSB) จะถูกส่งออกมาก่อนไล่ไปจนถึงบิทสูงสุด (MSB) การเข้ารหัสอักษรแบบนี้มักใช้ แอสกี-โค๊ด (ASCIT_- CODE) แต่เดิมในงานโทรพิมพ์ใช้รหัสบอด๊อท (BAUDOT) ซึ่งใช้ 5 บิท ต่อจากข้อมูลก็จะเป็น พาริตี้ บิท ซึ่งอาจจะใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ โดยมีหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณที่รับได้ซึ่งอาจเป็น อีเว่นพาริตี้ (EVEN PARITY) หรือ ออดพาริตี้ (ODD PARITY) หมายความว่าถูกเป็น อีเว่นพาริตี้ จำนวนของ "1" ในช่วงของข้อมูลรวมกับพาริตี้แล้วจะต้องเป็นจำนวนคู่ สำหรับออดพาริตี้ก็ทำนองเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาริตี้ บิทนี้ ผู้ส่งจะต้องตรวจสอบข้อมูลแล้วใส่พาริตี้เอง ฝ่ายรับเมื่อรับได้แล้วก็จะตรวจสอบว่าเป็นจริงดังที่กำหนดไว้หรือไม่

หลังจากพาริตี้แล้วก็ต้องมีสต๊อปบิท ซึ่งมีความกว้างเป็น 1,1.5,2 พัลส์ ของสัญญาณนาฬิกาแล้วแต่ผู้รับและผู้ส่ง ดังนั้นการเริ่มใช้พอร์ทอนุกรมจึงจำเป็นต้องตั้งค่าต่าง ๆ สำหรับเป็นการส่งแบบอนุกรมอันได้แก่

1. ความเร็วในการส่ง
2. ความยาวรหัส 1 อักขระ
3. พาริตี้ บิท
4. จำนวน สต๊อป บิท

การส่งแบบอะซิงโครนัสนี้มีลักษณะไปทีละอักขระ จำนวนพัลส์ของสัญญาณที่ส่งออกมายังมีบางส่วนใช้ในการควบคุมการส่ง อันได้แก่ สตาร์ท บิท,พาริตี้ บิท,สต๊อป บิท ทำให้เกิดการส่งอักขระต่อวินาทีน้อยลง การส่งสัญญาณด้วยความเร็ว 3๐๐ บอด สำหรับเข้ารหัส 7 บิท ไม่ได้หมายความว่าส่งได้ 3๐๐/7 อักขระ/วินาที

2.1 ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

ความเร็วของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมหน่วยวัดเป็นบิทต่อวินาที (bps) เรียกว่า บิทเรต (BIT RATE) หน่วยที่บรรยายถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณใน 1 วินาที เรียกว่าบอดเรต (BAUD RATE) ในการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ 1 ครั้ง อาจจะแสดงถึงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมมากกว่า 1 บิท ถ้าเขียนในรูปของสมการจะได้ว่า

บิทเรต (bps) = บอดเรต x (บิทใน 1 บอด)

2.2 การควบคุมการส่งข้อมูล

2.2.1 การมีบัฟเฟอร์ (BUFFER) ในการสื่อสารข้อมูล

บัฟเฟอร์ สำหรับการสื่อสารก็คือ หน่วยความจำในคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งแยกออกมาจากหน่วยความจำหลัก สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราว ส่วนมากใช้เฉพาะฝ่ายรับเท่านั้น เนื่องจากฝ่ายรับต้องตามฝ่ายส่งให้ทัน

2.2.2 การควบคุมโดยใช้ XON/XOFF

ในบางครั้งการส่งถ่ายข้อมูลด้วยความเร็วสูง และขนาดของข้อมูลมีขนาดใหญ่ ซึ่งอาจจะมีบัฟเฟอร์ไม่พอ ก็จำเป็นต้องควบคุมการส่ง โดยการบอกให้ฝ่ายส่งหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วคราว (XOFF) จนกว่าฝ่ายรับจะจัดการเอาข้อมูลออกจากบัฟเฟอร์สื่อสารหมดเสียก่อน จึงบอกให้ฝ่ายส่งจัดการส่งต่อไป (XON)

2.2.3 การใช้โปรโตคอล (PROTOCOL)

เทคนิคอีกอย่างหนึ่งในการควบคุมการรับส่ง คือ การใช้โปรโตคอล (PROTOCOL TRANSFER) เทคนิคนี้จำเป็นต้องมีเหมือนกันทั้งฝ่ายรับและส่ง โดยการใช้อักขระควบคุม ในตารางของแอสกี-โค๊ด สำหรับควบคุมการส่งข้อมูลออกมาเป็นกลุ่มที่มีขนาดคงที่

อักขระที่ใช้เป็นโปรโตคอลในการควบคุมการส่งข้อมูลจากตาราง ASCII มีดังนี้

ETB = End of Transmission Block

มีค่า 23 เป็นการบอกฝ่ายรับว่าขณะนี้สิ้นสุดการส่งข้อมูลกลุ่มหนึ่งแล้ว

EXT = End of Text

มีค่า ø3 เป็นการบอกฝ่ายรับว่าขณะนี้สิ้นสุดการส่งแล้ว

ENQ = Enquiry

มีค่า ø5 เป็นอักขระที่ส่งมาจากฝ่ายรับ บอกให้ฝ่ายส่ง ส่งข้อมูล

NAK = Negative Acknowledge

มีค่า 21 เป็นการบอกฝ่ายส่งว่าข้อมูลที่รับมาผิดพลาด

ACK = Acknowledge

มีค่า ø6 เป็นการบอกฝ่ายส่งว่าข้อมูลถูกต้องแล้ว

2.3 พอร์ทมาตรฐาน RS-232C

พอร์ท RS-232C นี้ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรม ความจริงมาตรฐานของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นมีหลายมาตรฐาน แต่ที่นิยมกันมากสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์คือ RS-232C

ความหมายของ RS-232C เป็นดังนี้

- RS - Recommened Standard
- 232 - เป็นหมายเลขบ่งบอกของมาตรฐานนี้
- C - เป็นมาตรฐานของฉบับสุดท้ายของมาตรฐานนี้

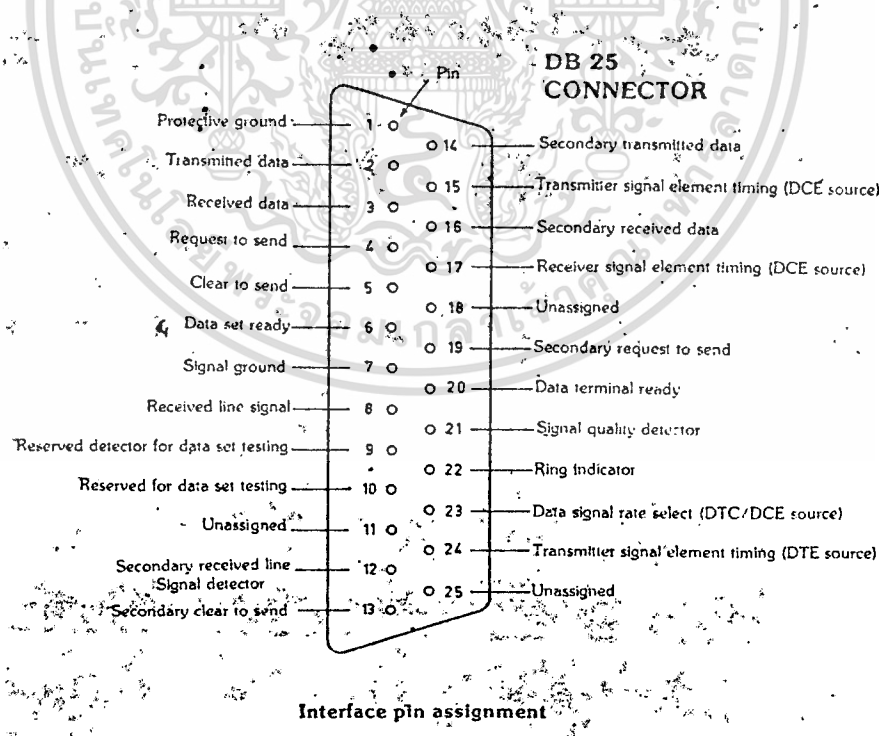
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์ของมาตรฐานตัวนี้เพื่อบรรยายลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง (Data Terminal Equipment-DTE) กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (Data Communication Equipment-DCE) สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ DTE คือไมโครคอมพิวเตอร์และ DCE หมายถึง โมเด็ม (MODEM) หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เช่น เครื่องพิมพ์ (PRINTER) ที่รับสัญญาณแบบอนุกรม เป็นต้น

ในการเชื่อมต่อ RS-232C สามารถส่งถ่ายข้อมูลได้จาก ๐-๒๐๐๐๐ bps ซึ่งเป็นการเพียงพอสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีบอดเรต ๑๑๐-๙๖๐๐ บอด ความยาวของสายเชื่อมต่อโดยสัญญาณตามมาตรฐานของ RS-232C จำกัดอยู่เพียง ๕๐ ฟุต

2.3.1 การกำหนดจุดต่อของ RS-232C

มาตรฐานของ RS-232C กำหนดข้อต่อโดยคอนเนคเตอร์ (CONNECTOR) แบบ DB-25 ดังรูป 2.2



Interface pin assignment

รูปที่ 2.2 การจัดขาของ DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หน้าที่ของขาสัญญาณแต่ละขามีรายละเอียดดังนี้

TxD-Transmit Data เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากไมโครคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มหรือต่อเข้าโดยตรงกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น ในสภาวะที่ไม่มีการส่งสัญญาณออกขานี้จะมีลอจิก (LOGIC) "1"

RxD-Recieve Data เป็นขาสัญญาณที่รับข้อมูลเข้า เมื่อไม่มีการรับสัญญาณจะมีลอจิก "1"

RTS-Request to Send เป็นขาสัญญาณที่ใช้ในการแฮนด์เชค (HANDSHAKING) ซึ่งเป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณออกทาง TxD สัญญาณนี้ใช้คู่กับสัญญาณ CTS อุปกรณ์รับหากได้รับสัญญาณ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่ หากพร้อมก็จะตอบไปทาง CTS

CTS-Clear To Send อธิบายไว้ในส่วน RTS แล้ว

DSR-Data Set Ready เป็นขาสัญญาณที่ส่งมาเพื่อบอกฝ่ายรับว่าทำการรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

DTR-Data Terminal Ready เป็นขาสัญญาณที่ส่งมาเพื่อบอกฝ่ายรับว่าพร้อมที่จะทำการติดต่อด้วย

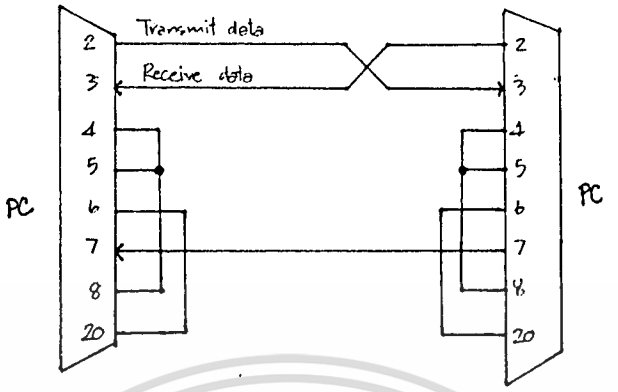
CD-Carrier Detect เป็นขาสัญญาณที่ฝ่ายรับบอกฝ่ายส่งว่าได้รับสัญญาณเรียบร้อยแล้ว

SG-Signal Ground เป็นขาทำหน้าที่เป็นกราวด์ (GROUND) ของทุกสายสัญญาณ

2.3.3 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์โดยตรงผ่านทาง

การต่อแบบนี้เรียกว่านัลโมเด็ม (NULL MODEM) คือ ไม่ใช้นั่นเอง ในกรณีที่ไม่ต้องมีการตรวจสอบสัญญาณกันก็ต่อ R_xD เข้ากับ T_xD ของอีกเครื่อง สายกราวด์ต่อถึงกันดังรูป 2.3

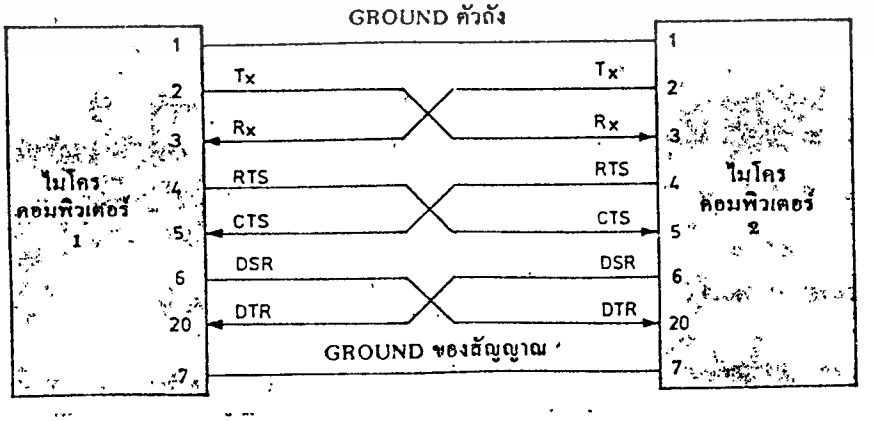
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.3 การส่งข้อมูลผ่าน RS-232C ระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์อย่างง่าย

โดยปกติพอร์ท RS-232C จะส่งสัญญาณ RTS ออกมาเมื่อ CTS แอคทีฟ (ACTIVE) จึงเริ่มทำการส่งข้อมูลที่ผู้ส่งบอกให้ส่งออกไปทางขา TXD ในกรณีนี้เป็นการต่อแบบง่าย ๆ ถือว่าเป็นการหลอกคอมพิวเตอร์ โดยเอาขา RTS ต่อเข้ากับขา CTS เพื่อให้คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลได้ทันทีโดยไม่ต้องการความเรียบร้อยของฝ่ายรับ สำหรับขา DSR กับขา DTR ก็ทำนองเดียวกัน

เราอาจต่อสายให้มีการตรวจสอบสัญญาณโต้ตอบ (handshaking) ได้ ดังรูป 2.4



รูป 2.4 การส่งข้อมูลผ่าน RS-232C ระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์ในกรณีมีการตรวจสอบสัญญาณโต้ตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

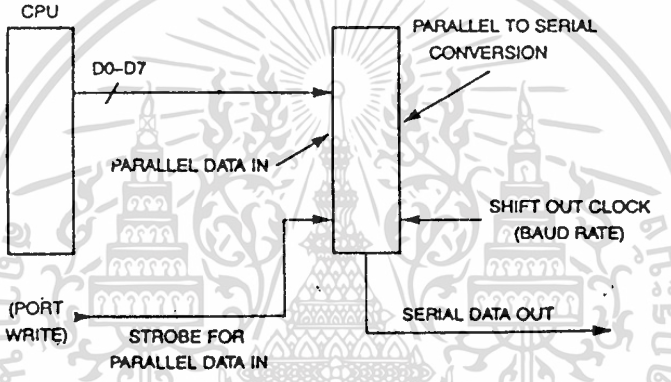
ในกรณีนี้จะมีการตอบโต้ที่ดีขึ้นเมื่อฝ่ายรับไม่พร้อมที่จะรับก็จะยังไม่มีสัญญาณ RTS ออกมาบั่นคือ พอร์ทอนุกรมยังไม่เปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บทที่ 3

ไอซีที่ใช้งานในการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ปัจจุบันนี้มีไอซีที่ใช้เปลี่ยนการส่งสัญญาณข้อมูลจากแบบขนานไปเป็นแบบอนุกรม และรับข้อมูลแบบอนุกรมเปลี่ยนไปเป็นแบบขนานอยู่หลายเบอร์ด้วยกัน ที่นิยมใช้กัน เช่น 8251,8250,6551 ฯลฯ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ 8251 - USART เท่านั้น



รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรมของการเปลี่ยนข้อมูลจากขนานเป็นอนุกรม

3.1 8251 - USART

8251 - USART เป็นไอซีที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ โดยสามารถทำงานได้ทั้งอะซิงโครนัสโหมดและซิงโครนัสโหมด ในที่นี้จะใช้งานเฉพาะอะซิงโครนัสโหมดเท่านั้น 8251 USART สามารถโปรแกรมเลือกบอดเรตได้ (1X,16X,64X) จำนวนบิทใน 1 คาแรกเตอร์ (CHARACTOR) จำนวนสต๊อปบิท (1 - $1\frac{1}{2}$) หลังจากที่ 8251 ได้รับคำสั่งควบคุม (CONTROL WORD) แล้ว มันก็จะบอกให้ ซีพียู (CPU) ทราบว่าพร้อมแล้วที่จะส่งให้ซีพียูส่งข้อมูลมาได้ และเมื่อได้รับข้อมูลอนุกรมมันก็จะบอกซีพียูให้ทราบว่า ขณะนี้มีข้อมูลเข้ามาแล้วให้อ่าน (READ) ออกไปได้ 8251 สามารถบอกสถานะต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วได้โดยส่งสัญญาณผ่านขาสถานะต่าง ๆ ของมัน และมันยังสามารถบันทึกสถานะเหล่านี้ลงในรีจีสเตอร์ (REJISTER) ได้ ทำให้ซีพียูสามารถตรวจได้ โดยการโพลลิ่ง (POLLING) นอกจากจะรายงานสถานะการรับส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

024672

ข้อมูลแล้ว มันยังสามารถรายงานการผิดพลาดของข้อมูลได้ 3 แบบ คือ parity error, overrun error, framing error

- Parity error หมายถึง ความผิดพลาดของข้อมูลอันเนื่องจากข้อมูลในบิทเปลี่ยนไป 1 บิท

- Overun error หมายถึง ความผิดพลาดของข้อมูลอันเนื่องมาจากข้อมูลที่เข้ามายังไม่ได้ถูกอ่านออกไป แล้วกลับมีข้อมูลตัวต่อมาเข้ามาซ้อนกัน ทำให้ข้อมูลผิดไป

- Framing error หมายถึง ความผิดพลาดของข้อมูลอันเนื่องมาจากสต๊อปบิทในข้อมูลอนุกรมหายไป ทำให้อ่านผิด

สถานะการผิดพลาดทั้ง 3 นี้ จะถูกบันทึกลงในรีจีสเตอร์ เช่นเดียวกัน

3.2 ขาสัญญาณของ 8251

DØ-D7 เป็นขาข้อมูล 8 บิท ใช้ต่อกับบัสข้อมูล (DATA BUS) Z-8Ø

RESET เป็นขาใช้รีเซ็ตการทำงานของ 8251 โดยจะทำงานที่สถานะ ลอจิก "1" ดังนั้นในการต่อเข้ากับระบบ Z-8Ø ต้องต่อผ่านอินเวิทเตอร์ (INVERTER) เมื่อ 8251 ถูกรีเซ็ทมันจะอยู่ในสภาวะว่าง ไม่สามารถทำงานได้

CLK เป็นขาป้อนซีสเต็มคล็อค (SYSTEM CLOCK) ให้กับ 8251 โดยเป็นสัญญาณเดียวกับคล็อคของ Z-8Ø

$\overline{WR}$, $\overline{RD}$ เป็นขาสัญญาณอ่าน-เขียนข้อมูลเข้า-ออก 8251

C/$\overline{D}$ เป็นขาใช้กำหนดบอก 8251 ว่าข้อมูลที่ทำการอ่านหรือเขียนเป็นคอนโทรล เวิร์ด (CONTROL WORD) ข้อมูล ถ้าขานี้มีสถานะลอจิก (LOGIC) เป็น "Ø" แสดงว่าเป็นข้อมูล ถ้ามีสถานะลอจิกเป็น "1" แสดงว่าเป็น คอนโทรล เวิร์ด

$\overline{CS}$ เป็นขาชิพเอนาเบิ้ล (CHIP ENABLE) ดีโค๊ด (DECODE) เลือก 8251

$\overline{DSR}$, $\overline{DTR}$ เป็นขาใช้ในการควบคุมการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$\overline{CTS}$ } เป็นขาใช้ในการควบคุมการส่งข้อมูล
$\overline{RTS}$ }

TxC เป็นขาป้อนบอดเรตในการส่ง

RxC เป็นขาป้อนบอดเรตในการรับ

TxD เป็นขาส่งข้อมูลอนุกรม

RxD เป็นขารับข้อมูลอนุกรม

TxRDY เป็นขาแสดงสถานะว่ามีข้อมูลพร้อมที่จะส่งออกแบบอนุกรม ทำงานที่ลอจิก"1"

RxRDY เป็นขาแสดงสถานะว่า ได้รับข้อมูลอนุกรมและเปลี่ยนมาแบบขนานเรียบร้อยแล้ว พร้อมที่จะให้ซีพียูอ่านออกไปได้ ทำงานลอจิก"1"

TxEMPTY เป็นขาแสดงสถานะว่า ขณะนี้ 8251 ว่าง ไม่มีข้อมูลจะส่ง

SYN DET/BD เป็นขาใช้งานในการส่งแบบ SYNCHRONOUS จะไม่กล่าวถึงในที่นี้

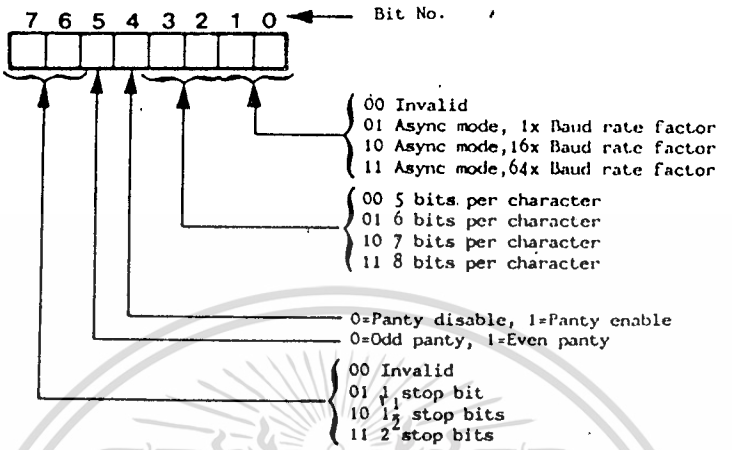
3.3 การโปรแกรม 8251 USART

ก่อนที่จะให้ 8251 ส่งหรือรับข้อมูล จะต้องทำการส่งคำสั่งเลือกโหมด (MODE INSTRUCTION)ตามด้วยคำสั่งควบคุม (COMMAND INSTRUCTION) ก่อน

คำสั่งเลือกโหมดใช้เลือกโหมดการส่ง กำหนดจำนวนบิทใน 1 คาแรกเตอร์, พาริตี้บิท, จำนวนสต๊อปบิท ดังรายละเอียดในรูป 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด Asynchronous



รูป 3.2 การจัดเรียงบิทใน MODE WORD

คำสั่งควบคุมใช้เอนาเบิ้ล (ENABLE), เซ็ทบิทให้ RTS , DTR แอคตีฟ (ACTIVE) เพื่อใช้ในการ Handshake,Reset Error Flag,Internal Reset ซึ่งมีรายละเอียดดังรูป 3.3

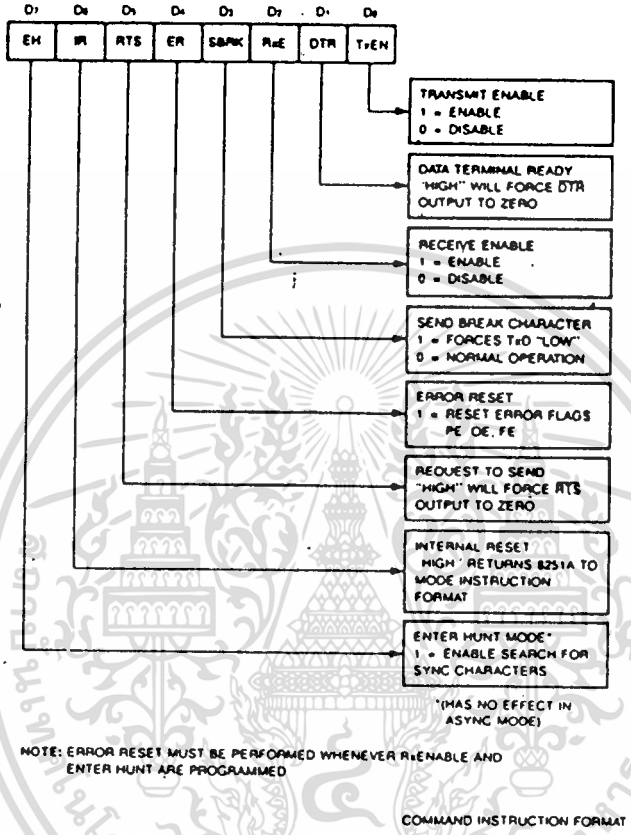
เมื่อทำการเซ็ท เลือกโหมดและคำสั่งควบคุมแล้ว 8251 ก็พร้อมที่จะรับส่งข้อมูลได้ ในโหมดการส่ง เมื่อบัฟเฟอร์การส่งภายใน 8251 ว่าง มันก็จะไปทำการเซ็ทบิทในรีจีสเตอร์ สถานะ (STATUS REGISTER) ในโหมดการรับ เมื่อบัฟเฟอร์การรับได้รับข้อมูล มันก็จะไปทำการเซ็ทบิทในรีจีสเตอร์ สถานะเช่นเดียวกัน เราสามารถเขียนโปรแกรมตรวจสอบบิทในรีจีสเตอร์ สถานะได้ นอกจากนี้สถานะภายในรีจีสเตอร์ สถานะเหล่านี้สามารถแสดงออกทางขา TxRDY,RxRDY ซึ่งเราสามารถใช้สัญญาณจากขาเหล่านี้มาอินเทอร์รัพ (INTERRUPT) ซีพียู ในการ READ หรือ WRITE DATA ได้

3.4 การตรวจสอบสถานะ (STATUS) ของ 8251

การส่งคำสั่งมาให้ 8251 ทำได้โดยขบวนการเขียนแล้ว ซีพียูก็สามารถตรวจสอบสถานะต่าง ๆของ 8251 โดยทำการอ่าน 8251 จะทำการตอบรับโดยการส่งสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาให้ซีพียู โดยเป็นข้อมูลขนาด 1 ไบท์ ซึ่งแต่ละบิทจะแทนสัญญาณต่าง ๆ ตามรูป 3.4



รูป 3.3 การเรียงบิทใน COMMAND WORD

D1, D2, D6, D7 เหมือนสถานะที่ขาของ 8251

TxRDY ในบิทสถานะ (STATUS BIT) จะเป็น "1" ทันทีที่บัฟเฟอร์ส่ง (TRASMIT BUFFER) ว่าง แต่ TxRDY ที่ขา 15 จะเป็น "Ø" ทันทีที่ CTS="1" แต่จะเหมือนกันกับ TxRDY DØ ทุกประการ เมื่อ CTS="0"

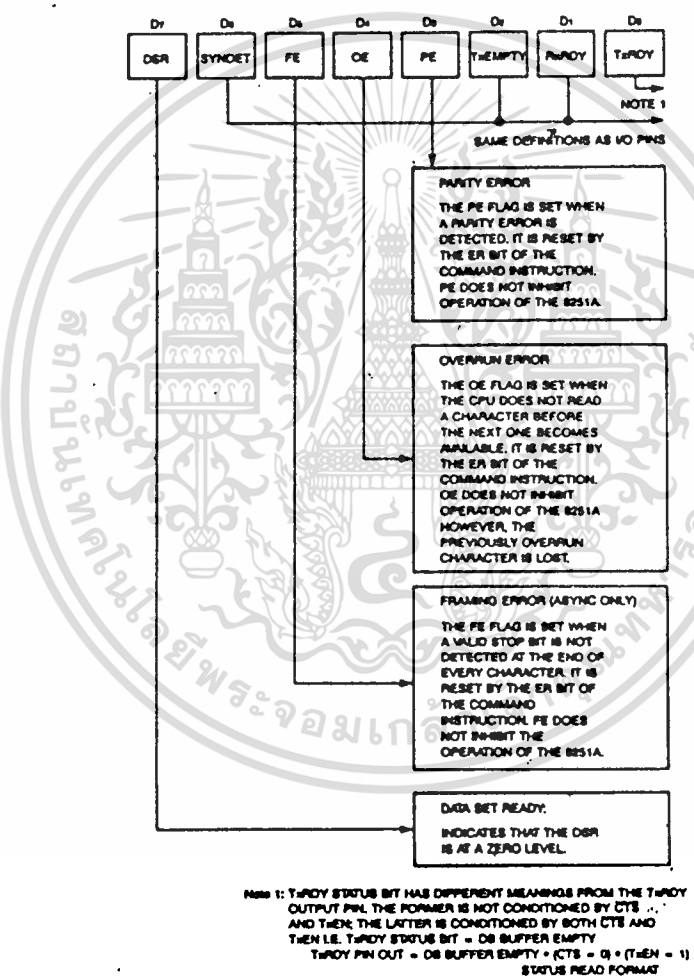
PE (PARITY ERROR) เท่ากับ "1" เมื่อเกิดการผิดพลาดทางพาริตี้และจะถูกรีเซ็ทเป็น "Ø" โดย Set Bit ER ในรีจีสเตอร์สถานะ

OE (OVERRUN ERROR) จะเป็น "1" ถ้า CPU ไม่มาอ่านข้อมูลที่ 8251 รับเข้ามาไว้ในบัฟเฟอร์ รับ (RECEIVER BUFFER) แล้วมีข้อมูลเข้ามาอีก OE จะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีเซ็ทเป็น "ø" โดยเซ็ทบิท ER ในรีจีสเตอร์ สถานะ

FE (FRAMING ERROR) ใช้ในขบวนการอะซิงโครนัสเท่านั้น โดย FE จะเป็น "1" ถ้าข้อมูลที่รับมาขาดสต๊อปบิท FE จะถูกรีเซ็ทเป็น "ø" โดยเซ็ทบิท ER ในรีจีสเตอร์ สถานะ



รูป 3.4 การจัดเรียงบิทบนรีจีสเตอร์ สถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

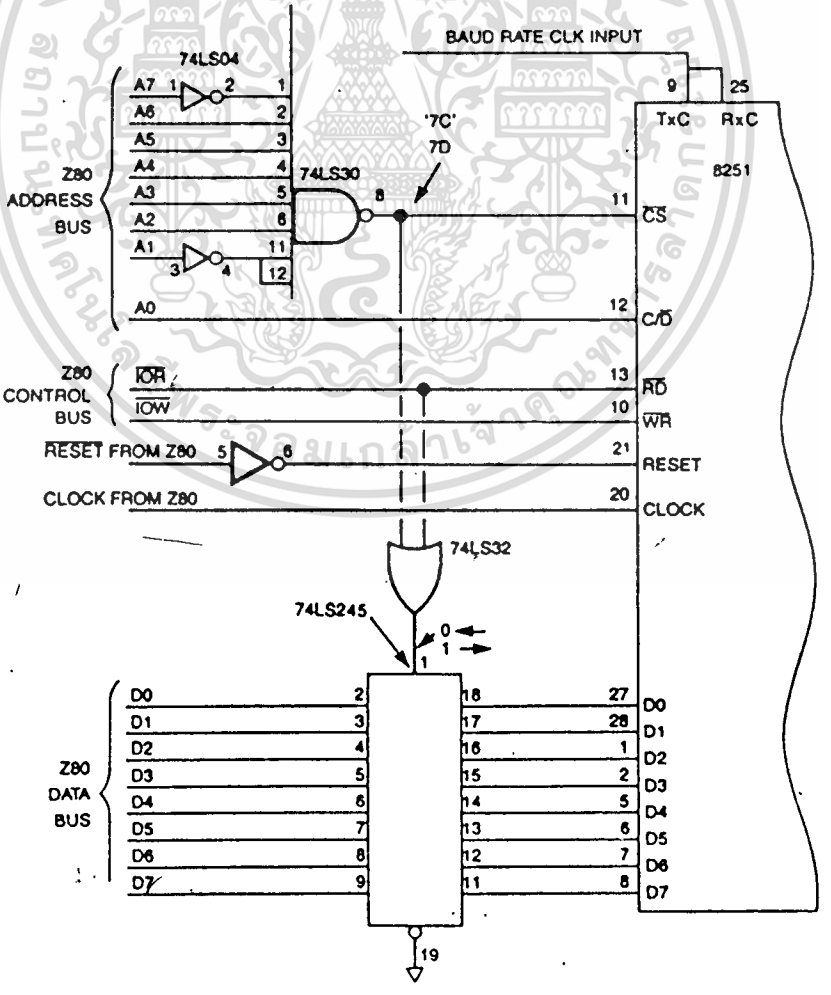
3.5 การอินเตอร์เฟส (INTERFACE) 8251 กับไมโครคอมพิวเตอร์

ตัวสร้างความถี่ (BAND RATE GENERATER) มีไว้สำหรับจ่ายคล็อคในการส่งข้อมูลอนุกรม โดยข้อมูลแต่ละบิทจะถูกส่งออกทาง TxD ในอัตรา TxC, TxC/16, TxC/64 แล้วแต่การเซ็ทบิทในคำสั่งเลือกโหมด

สัญญาณคล็อคที่ขา TxC นี้เป็นคนละตัวกับที่ขา CLK สัญญาณที่ขา CLK เป็นสัญญาณอินเทอร์นัลไทม์มิ่ง (INTERNAL TIMING) ใน 8251 และมีค่าอย่างน้อยเป็น 30 เท่าของ TxC ใน อะซิงโครนัสโหมด

3.6 ตัวอย่างโปรแกรมส่ง-รับข้อมูล

สมมุติวงจรที่ใช้อินเตอร์เฟสกับ Z-8Ø เป็นดังรูป 3.5

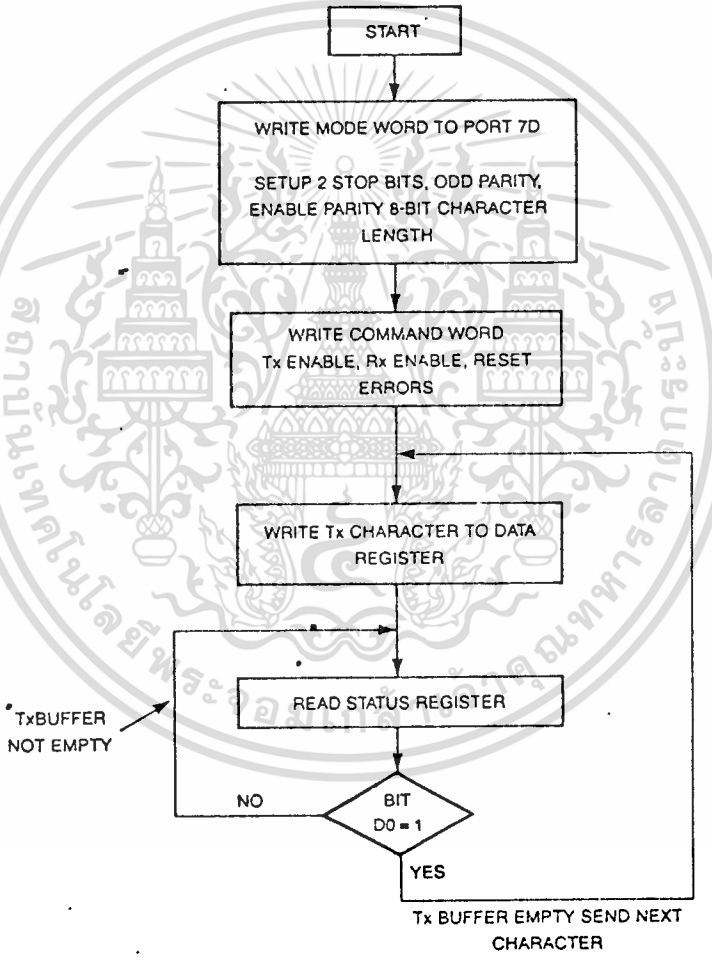


รูป 3.5 วงจรที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสกับ Z-8Ø

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม 1

โฟลว์ ชาร์ท (FLOW-CHART) เป็นดังรูป 3.6 โปรแกรมนี้ใช้ส่งตัวอักษร " I" ไปยังพอร์ทอนุกรมฝ่ายรับ โดยเมื่อทำการส่งแล้วจะเช็คที่รีจีสเตอร์สถานะว่าได้ส่งไปหรือยัง ถ้าส่งไปแล้วก็วนลูป (LOOP) ส่งออกไปอีก



รูป 3.6 FLOW-CHART ของโปรแกรม 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1800   3EDD             LD A,ODDH        ;LOAD THE MODE WORD IN A REG
1802   D37D             OUT (7DH),A      ;OUTPUT TO THE 8251
;
; 2 STOP BITS, ODD PARITY, ENABLE PARITY, 8 BITS /CHAR
; X1 BAUD RATE MULTIPLIER
;
1804   3E15             LD A,15H         ;COMMAND WORD IN A REG
1806   D37D             OUT (7DH),A      ;OUTPUT TO 8251
;
; TX ENABLE, RX ENABLE, RESET ERRORS
;
1808   3E49     LOOP1   LD A,49H         ;ASCII "I"
180A   D37C              OUT (7CH),A      ;OUTPUT CHARACTER TO TX
180C   DB7D     LOOP2   IN A,(7DH)       ;READ STATUS REGISTER
180E   CB47              BIT 0,A          ;TEST BIT 0 = 1
1810   CA0C18            JP Z,LOOP2       ;BUFFER NOT EMPTY, KEEP POLLING
1813   C30818            JP LOOP1         ;BUFFER EMPTY, NEXT CHAR
;
```

โปรแกรม 1

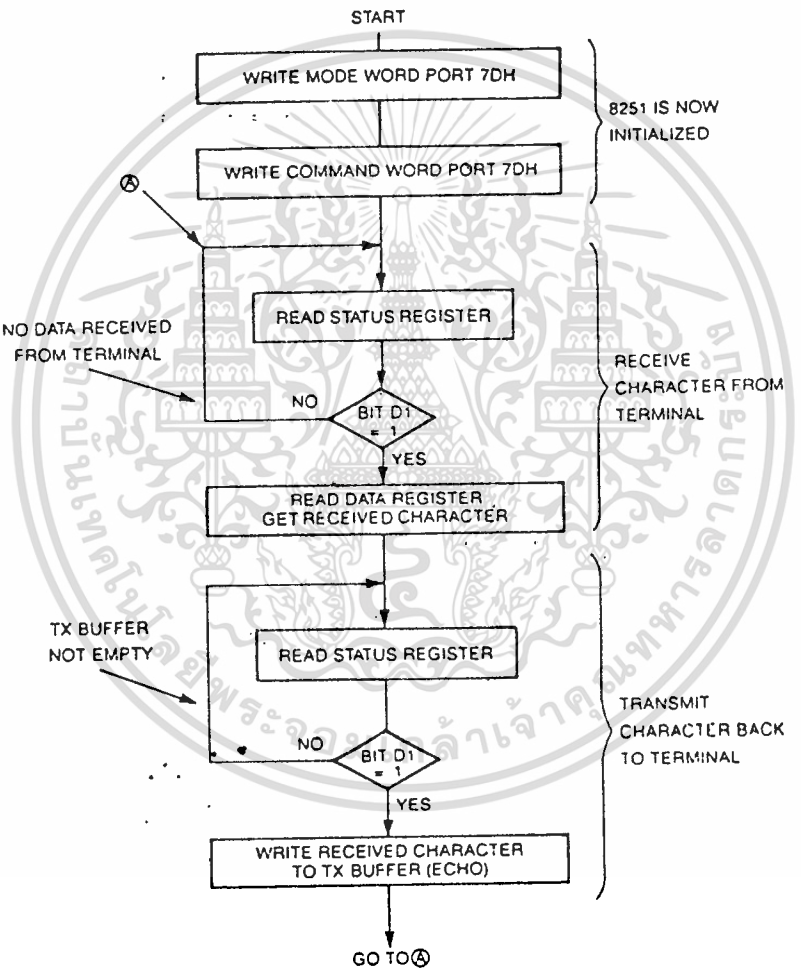
```
;
1800   3EDD             LD A,ODDH        ;MODE WORD
1802   D37D             OUT (7DH),A      ;WRITE TO 8251
1804   3E15             LD A,15H         ;COMMAND WORD
1806   D37D             OUT (7DH),A      ;WRITE TO 8251
;
;  8251 IS NOW INITIALIZED
;
;  FIRST THE DEVICE WILL WAIT FOR A CHARACTER TO BE
;  SENT TO IT FROM THE TERMINAL
;
1808   DB7D     LOOP1   IN A,(7DH)       ;READ THE STATUS REGISTER
180A   CB4F              BIT 1,A          ;TEST BIT D1= 1
180C   CA0818            JP Z,LOOP1       ;NOT READY KEEP POLLING
;
;  WHEN WE REACH HERE A CHARACTER IS RECEIVED
;
180F   DB7C              IN A,(7CH)       ;READ THE CHARACTER
1811   47                LD B,A
;
;  WE WILL NOT ERROR CHECK THE DATA
;
;  NOW TO TRANSMIT THE DATA
;
1812   DB7D     LOOP2   IN A,(7DH)       ;READ STATUS REGISTER
1814   CB47              BIT 0,A          ;TEST D0 = 1
1816   CA1218            JP Z,LOOP2       ;XMIT NOT READY, KEEP POLLING
;
;  XMIT IS READY TO OUTPUT ANOTHER CHARACTER
;
1819   78                LD A,B
181A   D37C              OUT (7CH),A      ;CHARACTER TO 8251
181C   C30818            JP LOOP1         ;START OVER AGAIN
;
;  END OF ECHO ROUTINE
;
```

โปรแกรม 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม 2

โฟลว์ชาร์ทเป็นดังรูป 3.7 โปรแกรมนี้ใช้เอ็คโค่ (ECHO) ตัวอักษรที่ได้ส่งมาจากเทอร์มินัลแบบอนุกรม โดยทำการเช็ค สถานะการรับ-ส่งจากรีจีสเตอร์สถานะเช่นเดียวกับโปรแกรม 1



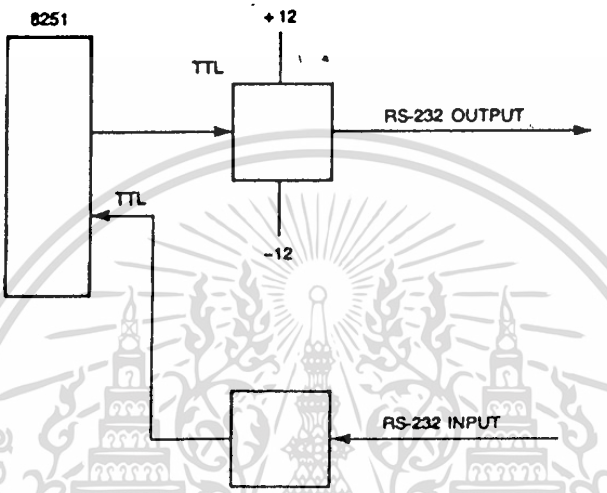
รูป 3.7 FLOW-CHART ของโปรแกรม 2

ไอซี 8251 ที่จะนำมาใช้เป็นพอร์ทอนุกรมแบบ RS-232C ต้องทำการปรับระดับเอาท์พุทจาก ØV-5V เป็น -12V ⟶ +12V และต้องทำการปรับระดับ RS-232C ของ 8251 ให้รับระดับสัญญาณของ RS-232C ได้เช่นกันคือ +12V - 12V เป็น +5V - ØV

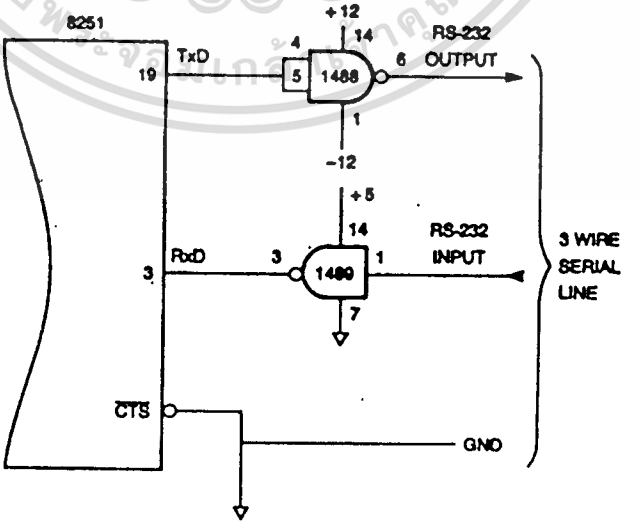
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังรูป 3.8

ปัจจุบันเราสามารถใช้ไอซีทำหน้าที่นี้ได้โดยตรง คือ MC 1488 และ MC 1489 ส่งจะได้วงจรดังรูป 3.9



รูป 3.8 บล็อคไดอะแกรมของการเปลี่ยนระดับสัญญาณ



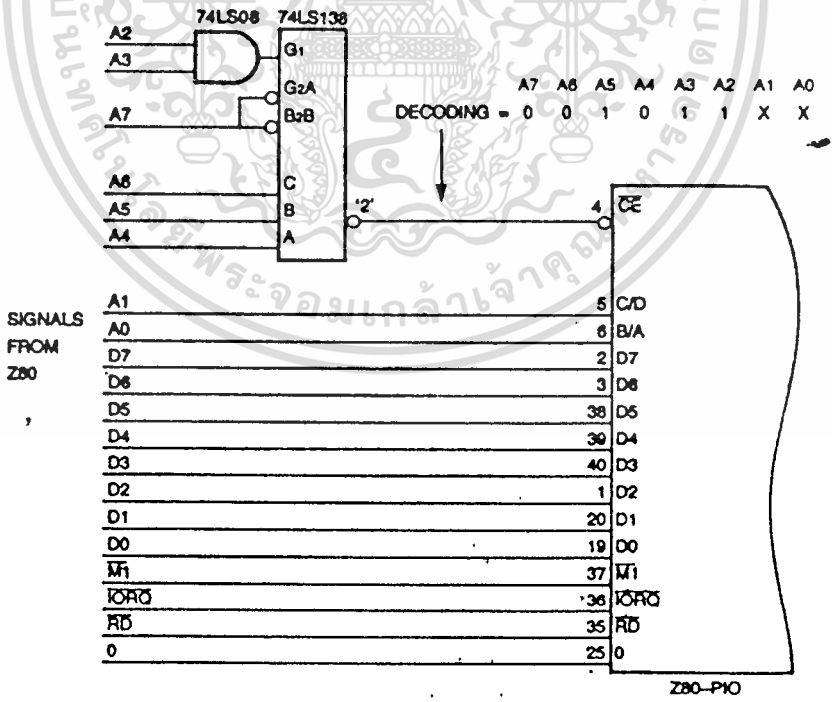
รูป 3.9 การใช้งาน MC 1488 และ MC 1489

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
พอร์ทควบคุมอินพุท/เอาท์พุท

ในที่นี้จะกล่าวถึง Z8Ø-PIO ที่ทำหน้าที่เป็นพอร์ทอินพุท/เอาท์พุท (I/O) ซึ่งประกอบด้วยพอร์ท I/O 2 พอร์ทเรียกว่า พอร์ท A และพอร์ท B ที่เอาท์พุทของทั้ง 2 พอร์ทจะมีบัสข้อมูลอยู่พอร์ทละ 8 เส้น,บัสควบคุมอีกพอร์ทละ 2 เส้น Z8Ø-PIOเป็นไอซีที่เราสามารถเลือกโปรแกรมให้ทำงานในลักษณะต่าง ๆ ได้ คืออาจจะให้ทำงานเป็นพอร์ทอินพุท, พอร์ทเอาท์พุท หรือเป็นทั้งสองอย่างในเวลาเดียวกันทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับโหมดการทำงานที่โปรแกรมไว้ ซึ่งมี 4 โหมด คือ โหมด Ø -โหมด 3 ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะโหมดที่ใช้ในโครงงานนี้ คือ โหมด Ø และโหมด 1 เท่านั้น

4.1 การต่อ Z8Ø-PIO กับ Z8Ø



รูป 4.1 การต่อ PIO กับ Z8Ø

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.1 แสดงวิธีหนึ่งในการต่อ PIO เข้ากับ Z8Ø โดยที่ขา B/A SELECT ของ PIO จะต่อเข้าโดยตรงกับ AØ ของ Z8Ø ส่วนขา C/D SELECT จะต่อเข้ากับขา A1 ของ Z8Ø โดยวิธีนี้จะเกิดกรณีต่าง ๆ ดังนี้

A1	AØ		
Ø	Ø	=	พอร์ท A DATA (ติดต่อรับส่งข้อมูลกับพอร์ท A)
Ø	1	=	พอร์ท B DATA
1	Ø	=	พอร์ท A CONTROL (ส่งคำสั่งควบคุมให้กับพอร์ท A)
1	1	=	พอร์ท B CONTROL

จากรูป 4.1 ขา $\overline{CE}$ ของ PIO จะต่อเข้ากับขาเอาท์พุทของตัวถอดรหัส 74LS138 ซึ่งทำการถอดรหัสแอดเดรสจาก A7 - A2 ของ Z8Ø และจากรูป 4.1 จะถูกเอนาเบิ้ล (ขา $\overline{CE}$ ได้รับลอจิค "Ø") ทุกครั้งที่ Z8Ø ส่งแอดเดรสที่ A7-A2 เป็น ØØ1 Ø 11 ดังนั้นเมื่อนำเอา A7-A2 ที่ได้ทำการถอดรหัสนี้ไปประกอบกับ A1-AØ เราจะได้พอร์ทแอดเดรสดังต่อไปนี้คือ

พอร์แอดเดรส (ฐาน 16)	พอร์ทที่ถูกเลือก
2C	A DATA
2D	B DATA
2E	A CONTROL
2F	B CONTROL

4.2 การโปรแกรมและการทำงานของ Z8Ø-PIO โหมด Ø

ลักษณะการทำงานของ PIO ในโหมดนี้ก็คือ การทำให้พอร์ทที่ถูกโปรแกรมทำหน้าที่เป็นพอร์ทเอาท์พุท คือใช้ส่งข้อมูลออกจากพอร์ทได้อย่างเดียว เราสามารถที่จะแยกโปรแกรมแต่ละพอร์ทได้อย่างอิสระ คือ เราจะโปรแกรมให้พอร์ท A อยู่ในโหมด 1 และ B พอร์ท อยู่ในโหมด Ø ก็ได้ ในที่นี้จะอธิบายวิธีการโปรแกรมในพอร์ท B เท่านั้น

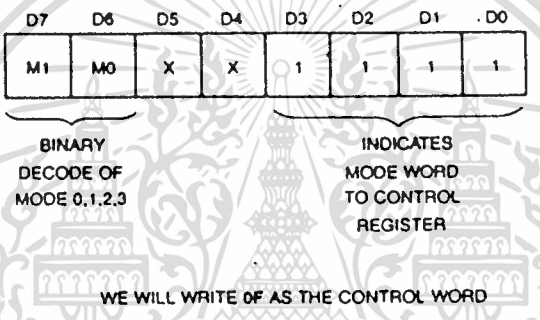
ในขั้นแรกเราต้องโปรแกรมรีจิสเตอร์ควบคุม (CONTROL REGISTER) เพื่อใช้ในการเลือกโหมดการทำงาน ในกรณีนี้เราจะใช้วงจรรูป 4.1 ดังนั้นเราจะต้องโปรแกรมที่พอร์ทแอดเดรส 2FH ซึ่งเป็นแอดเดรสของพอร์ท B CONTROL วิธีการโปรแกรมทำได้โดยการส่งข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ข้อมูลของพอร์ทนั้น ๆ (ในกรณีนี้คือพอร์ท B; 2FH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเราเรียกข้อมูลไบท์นี้ว่า "คำสั่งควบคุม" (CONTROL WORD) สำหรับลักษณะการจัดเรียงบิทในคำสั่งควบคุมได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2

จากรูปจะเห็นว่าบิทล่าง (D3-DØ) เป็น "1" หมดเพื่อทำให้ 8251 ทราบว่าข้อมูลที่ส่งมานี้ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ท

บิท D4 และ D5 นั้นไม่มีผลต่อการโปรแกรมเลือกโหมด ดังนั้นเราจะให้บิททั้งสองมีค่าใดก็ได้ สำหรับในกรณีนี้เราจะให้เป็น "0" เหมือนกันทั้งคู่



รูป 4.2 การจัดเรียงบิทในคำสั่งควบคุม

ส่วนบิท D7 และ D6 นั้นจะใช้ในการแสดงว่าเราต้องการที่จะโปรแกรมพอร์ทที่เลือกไว้ให้อยู่ในโหมดใดโดยที่

D7	D6	โหมดการทำงาน
Ø	Ø	0
Ø	1	1
1	Ø	2
1	1	3

ดังนั้นคำสั่งที่ใช้ในการเลือกโหมดจึงเป็น ØFH สำหรับโหมด Ø
4FH สำหรับโหมด 1
8FH สำหรับโหมด 2
CFH สำหรับโหมด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีนี้เราต้องการที่จะเลือกโหมด ø สำหรับพอร์ท B ดังนั้นเราจึงต้องส่งข้อมูล CFH ไปยังพอร์ท 2FH เมื่อเราโปรแกรมพอร์ทนี้แล้วเราก็สามารถที่จะส่งข้อมูลผ่านพอร์ท B ไปยังอุปกรณ์ภายนอกได้โดยผ่านทางพอร์ทแอดเดรส 2DH (พอร์ท B DATA) ดังตัวอย่างโปรแกรมที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;
;     โปรแกรมพอร์ท B เป็น เอาท์พุท , B/A = 1 , C/D = 1
;     บิท D7 = 0 , D6 = 0
;
1500   3E0F          LD A,0FH
1502   D32F          OUT (2FH),A     ; ส่งคำสั่งควบคุมให้กับ
                                     ; พอร์ท B
;
;     ส่งข้อมูล 54H ให้กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ท B
;     B/A = 1 , C/D=0
;
1504   3E54          LD A,54H
1506   D32D          OUT (2DH),A     ; ส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ท B
;
;     โปรแกรมพอร์ท A เป็นเอาท์พุท , B/A = 0 , C/D = 1
;
150B   3E0F          LD A,0FH
150A   D32C          OUT (2CH),A     ; ส่งคำสั่งควบคุมให้กับ
                                     ; พอร์ท A
;
;     ส่งข้อมูล 90H ให้กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ท A
;     B/A = 0 , C/D = 0
;
150C   3E90          LD A,90H
150E   D32C          OUT (2CH),A     ; ส่งข้อมูลผ่านพอร์ท A
;
```

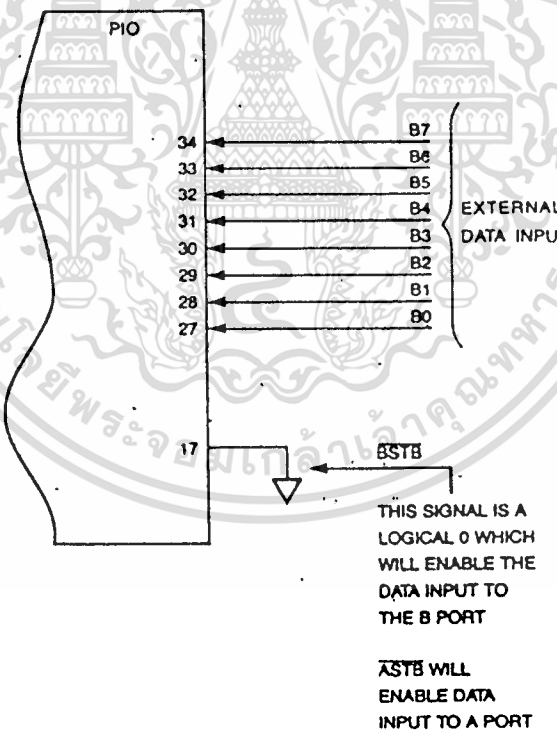
โปรแกรม 1 ตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานในโหมด 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การโปรแกรมและการทำงานของ Z8Ø-PIO ในโหมด 1

ในโหมดนี้ PIO จะทำงานในลักษณะของพอร์ทอินพุท คือรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างเดียว สำหรับคำสั่งควบคุมที่จะใช้ในการโปรแกรมให้ทำงานในโหมดนี้คือ 4FH (D7 = Ø, D6=1) โดยส่งไปยังพอร์ทแอดเดรส 2FH หรือ 2FH (พอร์ท A หรือ B CONTROL) ก็ได้ สำหรับในที่นี้เราจะให้ พอร์ท B เป็นพอร์ทอินพุทดังนั้นเราจะต้องส่งข้อมูล 4FH ไปยังพอร์ท 2FH

ในโหมดนี้ข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะส่งไปให้กับ PIO ที่ขา B7-BØ ของ PIO (ขา A7-AØ ในกรณีที่ใช้พอร์ท A เป็นพอร์ทอินพุท) ดังรูป 4.4



รูป 4.3 การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกของ PIO

ดังนั้นเราจะสามารถโปรแกรม PIO ให้พอร์ท A เป็นพอร์ทเอาท์พุทและพอร์ท B เป็นพอร์ทอินพุทได้ดังโปรแกรม 2 ซึ่งโปรแกรมนี้จะส่งข้อมูลให้กับพอร์ท A และรับข้อมูลเข้าทาง พอร์ท B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไร อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;    โปรแกรมพอร์ท A ให้เป็นพอร์ทเอาท์พุท
;
1600   3E0F     LD A,0FH
1602   D32E     OUT (2EH),A          ; ส่งคำสั่งควบคุมให้กับ
                                     ; พอร์ท A
;
;    โปรแกรมพอร์ท B ให้เป็นพอร์ทอินพุท
;
1604   3E4F     LD A,4FH
1606   D32F     OUT (2FH),A          ; ส่งคำสั่งควบคุมให้กับ
                                     ; พอร์ท B
;
;    การส่งข้อมูลออกและรับข้อมูลเข้าจากอุปกรณ์ภายนอกโดยผ่านทาง
;    พอร์ท A และพอร์ท B ของ PIO
;
1608   DB2D     IN A,(2DH)           ; การอ่านข้อมูลจากพอร์ท B
160A   D32C     OUT (2CH),A          ; การส่งข้อมูลให้กับพอร์ท A
```

โปรแกรม 2 ตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้ในการเลือกการทำงานของ PIO ในโหมด 0 และ 1

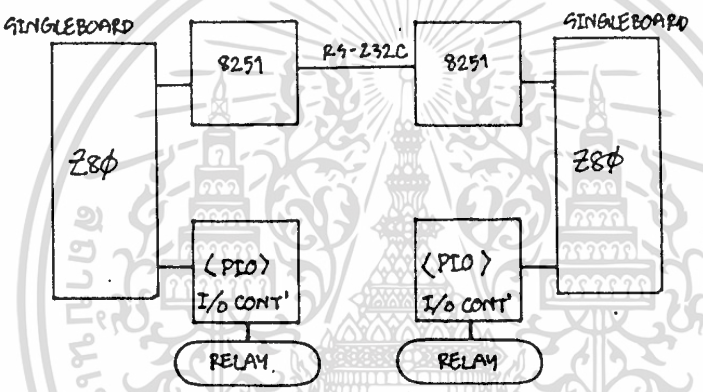
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วงจรและโปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง

วงจรและโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองในโครงงานนี้จะแตกต่างจากที่กล่าวไว้ในบทต้น ๆ เนื่องจากต้องพิจารณาถึงเม็มโมรี่ แมท (MEMORY MAP), ไอ/โอ แอดเดรส (I/O ADDRESS), การถอดรหัสแอดเดรสให้สอดคล้องกับซิงเกิ้ลบอร์ด

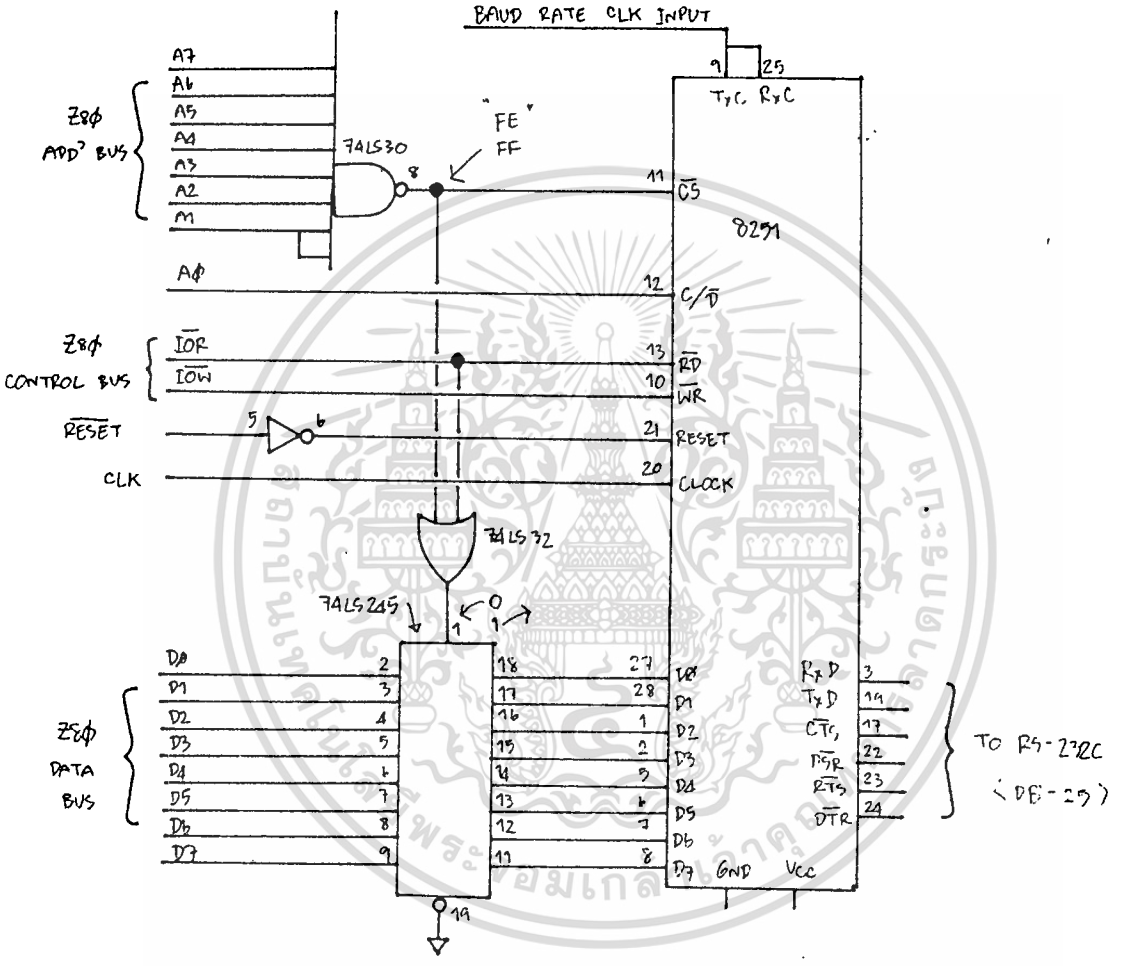
รูป 5.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของโครงงานนี้



รูป 5.1 บล็อคไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

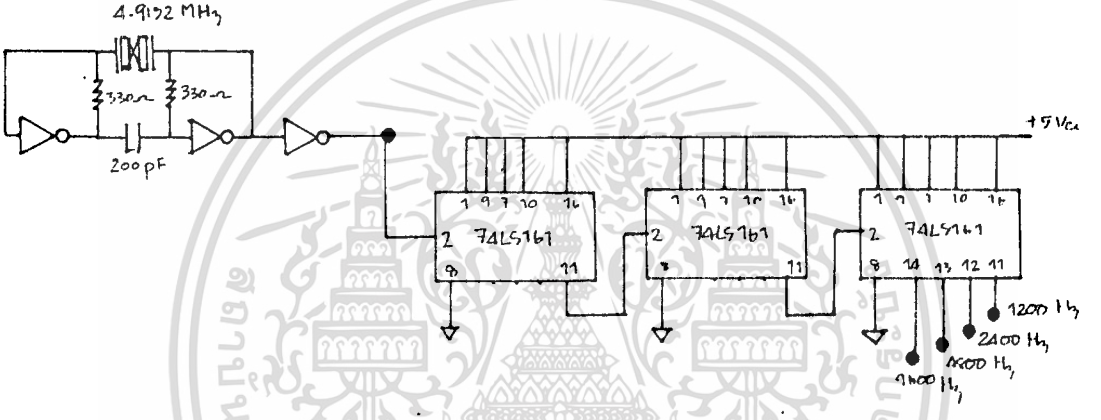
5.1 วงจรการส่งข้อมูลอนุกรมผ่าน ไอซี 8251 และ RS-232C



รูป 5.2 วงจรการส่งข้อมูลอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่าได้ออกแบบให้ถอดรหัสแอดเดรส ที่พอร์ทFE และFF ในการออกแบบลายวงจรนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป " PROTEL PCB " การต่อกันของRS-232C ทั้งสองฝั่งได้แสดงไว้แล้วในรูป 2.4 สำหรับสัญญาณนาฬิกา 300 บอดที่จะมาเข้าที่ขา 9 และ 25 นั้นสร้างมาจากวงจร ดังรูป 5.3



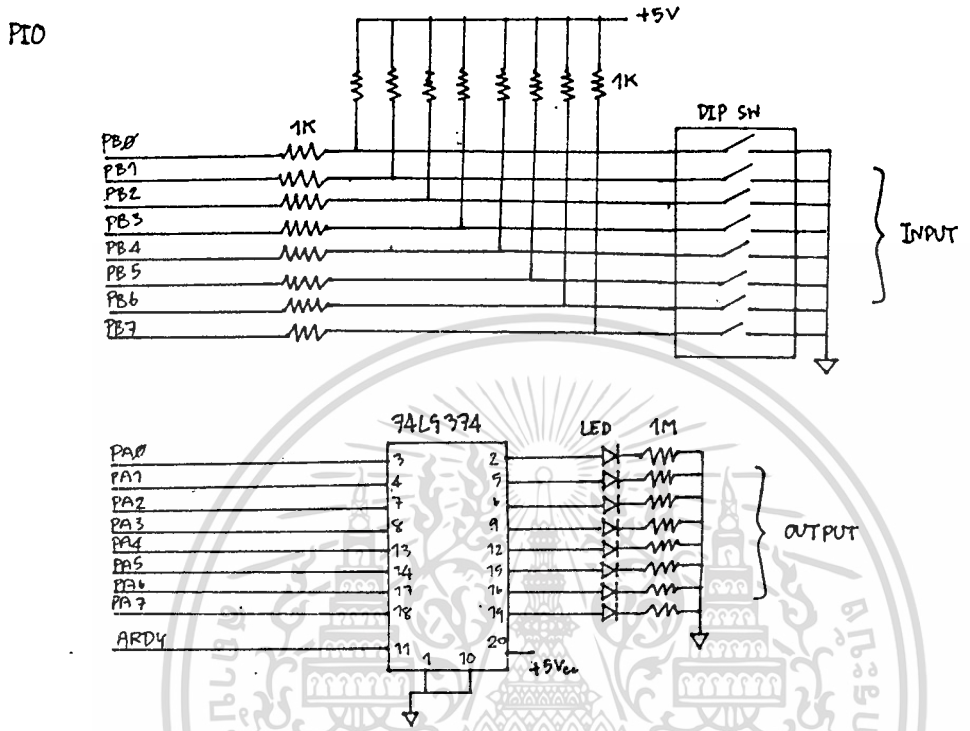
รูป 5.3 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

5.2 วงจรควบคุมพอร์ทอินพุท / เอาท์พุท ; ในที่นี้

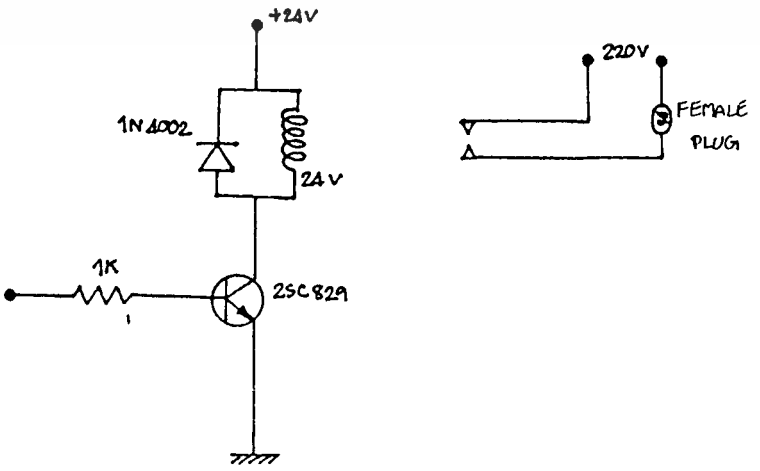
พอร์ท	80	พอร์ท A DATA
พอร์ท	81	พอร์ท B DATA
พอร์ท	82	พอร์ท A CONTROL
พอร์ท	83	พอร์ท B CONTROL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังรูป 5.4



รูป 5.4 ก. วงจร I/O PORT



รูป 5.4 ข. วงจรควบคุมรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม 3 การรับข้อมูลจากตัวส่งโดยผ่าน ไอซี 8251 (รับข้อมูลที่ส่งมาด้วยโปรแกรม 1) และให้แสดงผลด้วยการติด-ดับของแอลอีดี ที่ เอาท์พุทพอร์ท

```
18ØØ :  3E DD            LD A       , ØDDH
         D3 FF            OUT (FFH)  , A
         3E 15            LD A       , 15H
         D3 FF            OUT (FFH)  , A       ; initial 8251
18Ø8 :  3E ØF            LD A       , ØFH
         D3 82            OUT (82H)  , A
         3E 4F            LD A       , 4FH
         D3 83            OUT (83H)  , A       ; initial PIO PORT A = Y/P
                                                 PORT B = I/P
181Ø :  DB FF  LOOP 1 :   IN A       , (FFH)    ; อ่านไบต์แสดงสถานะ
(รับข้อมูล)
         CB 4F            BIT 1      , A        ; ตรวจว่าพร้อมให้รับข้อมูลหรือยัง
         CA 1Ø18          JP Z       , LOOP 1   ; ข้อมูลยังไม่ส่งมาหรือมาไม่ครบให้วน
         DB FE            IN A       , (FFH)    ; อ่านข้อมูลเข้ามา
         47               LD B       , A        ; ฝากเอาไว้ที่ B ก่อน
181A :  DB FF  LOOP 2 :   IN A       , (FFH)    ; อ่านไบต์แสดงสถานะ
         CE 47            BIT Ø      , A        ; ตรวจว่าพร้อมหรือยัง
         CA 1A18          JP Z       , LOOP 2   ; ยังไม่ว่างให้อ่านวนอีก
         78               LD A       , B        ; เอาคืนมาจาก B
         D3 FE            OUT (FEH)  , A        ; ส่งออกไปทางขา Tx
1824 :  DB FE  LOOP 3 :   IN A       , (FEH)    ; ฝากเอาไว้ที่ A
         D3 8Ø            OUT (8ØH)  , A        ; ส่งข้อมูลให้กับพอร์ท A
         C3 2418          JP LOOP 3
         C3 1Ø18          JP LOOP 1             ; วนกลับไปรับข้อมูลใหม่
```

โปรแกรมนี้จะเป็นโปรแกรมที่นำไปใช้งานจริง โดยนำสัญญาณ 5 โวลต์ที่เอาท์พุทพอร์ทไปขับรีเลย์ (ด้วยรูป 5.4 ข) คือเมื่อมีสัญญาณเข้าที่ความต้านทาน 1 K ก็จะทำให้รีเลย์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง

โปรแกรม 1 PIO ; ให้เซ็ทค่าที่คิพสวิทช์ของอินพุทพอร์ท แล้วแสดงผลเป็นการติดดับของแอลอีดี (เอาท์พุทพอร์ท)

```
18ØØ :  3E  ØF            LD A      , ØFH
        D3  82            OUT (82H) , A       ; ส่งคำสั่งควบคุมให้พอร์ท A
        3E  4F            LD A      , 4FH
        D3  83            OUT (83H) , A       ; ส่งคำสั่งควบคุมให้พอร์ท B
18Ø8 :  DB  81  LOOP 1 :  IN A      , (81H)   ; อ่านข้อมูลจากพอร์ท B
        D3  8Ø            OUT (8ØH) , A       ; ส่งข้อมูลให้กับพอร์ท A
        C3  Ø8  18        JP LOOP 1
```

โปรแกรม 2 การส่งข้อมูลออกไปตามสายส่งโดยผ่าน ไอซี 8251 (ในที่นี้ส่งข้อมูลBBH) แล้วตรวจไบต์แสดงสถานะ ถ้าว่างให้ส่งวนอีก

```
18ØØ :  3E  DD            LD A      , ØDDH    ; เลือกโหมด
        D3  FF            OUT (FFH) , A       ; โปรแกรม 8251
        3E  15            LD A      , 15H     ; รหัสควบคุม
        D3  FF            OUT (FFH) , A       ; โปรแกรม 8251
18Ø8 :  3E  BB  LOOP 1 :  LD A      , BBH     ; กำหนดส่งข้อมูล " BB "
        D3  FF            OUT (FEH) , A       ; ส่งไปยัง Tx
        DB  FF  LOOP 2 :  IN A      , (FFH)   ; อ่านไบต์แสดงสถานะ
        CB  47            BIT Ø     , A       ; ตรวจว่า Tx ว่างหรือยัง
        CA  ØC18          JP Z      , LOOP 2  ; ถ้าเป็น "ø" แสดงว่ายังไม่ว่าง
                                                ให้วนอ่าน
        C3  Ø818          JP LOOP 1           ; เป็น "1" ว่างแล้ว ให้วนส่ง
                                                ตัวต่อไป
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม 4,5 การส่งและรับข้อมูลตามสายฝ่าย ไอซี 8251 ในกรณีส่งข้อมูลที่ละหลายไบท์ (18 ไบท์ ซึ่งในที่นี้ส่งข้อมูลจาก แอดเดรส Ø5DE-Ø5F5 ไปยัง แอดเดรส 19ØØ-1917)

ส่ง

```
        LD A      , ØDDH
        OUT (FFH) , A
        LD A      , 15H
        OUT (FFH) , A
        LD (HL)   , Ø5DE
        LD B      , 18
LOOP 1 : PUSH HL
        PUSH BC
LOOP 2 : IN A     , (FFH)
        BIT Ø     , A
        JP Z      , LOOP 2
        LD A      , (HL)
        OUT (FEH) , A
        POP BC
        POP HL
        INC HL
        DEC B
        JP NZ LOOP 1
        HALT
```

รับ

```
        LD A      , ØDDH
        OUT (FFH) , A
        LD A      , 15H
        OUT (FFH) , A
        LD (HL)   , 19ØØ
        LD B      , 18
LOOP 1 : PUSH HL
        PUSH BC
LOOP 2 : IN A     , (FFH)
        BIT 1     , A
        JP Z      , LOOP 2
        IN A      , (FEH)
        LD (HL)   , A
        POP BC
        POP HL
        INC HL
        DEC B
        JP NZ LOOP 1
        HALT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองและข้อคิดเห็น

จากการทดลอง เราสามารถส่งข้อมูลโดยผ่านไอซี 8251 จากชิงเกิ้ลบอร์ดฝั่งหนึ่ง ไปยังชิงเกิ้ลบอร์ดอีกฝั่งหนึ่ง โดยสามารถแสดงผลออกมาเป็นการติด-ดับของแอลอีดี ที่เอาท์พุทพอร์ทได้ และนำสัญญาณจากเอาท์พุทพอร์ทดังกล่าวไปใช้ควบคุมรีเลย์ได้ตามต้องการ ซึ่งเราจะนำหน้าสัมผัสของรีเลย์ทั้ง 8 นี้ไปควบคุมการปิด-เปิดของอุปกรณ์ต่าง ๆ การควบคุมระยะไกลตามสายโดยผ่าน RS-232C สามารถใช้งานได้ในระยะไม่เกิน 50 ฟุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ สมยศ จุณณะปิยะ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในทุก ๆ ด้าน จนกระทั่งโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

สันติ เสนารัตน์

10 มีนาคม 2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. JAMES W. COFFON , " Z8Ø AAPLICATION " , SYBEX INC. USA. ,1983
2. ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ และคณะ , "การใช้งานZ8Ø " , ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์ , 2527
3. วัฒนา เชียวกูล , "รู้จักกับ RS-232 " , ไมโครคอมพิวเตอร์ ,ปีที่ 1 , ฉบับที่ 7 , หน้า 115-121 , 2527
4. ฝ่ายเทคนิค บ.ไมโครเซ้าส์ , " INTERFACE " , ไมโครคอมพิวเตอร์ , ปีที่ 2 , ฉบับที่ 16 , หน้า 147-153 , 2528
5. ยืน ภู่วรวรรณ , "พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม" , เซมิคอลดัคเตอร์อิเลคทรอนิคส์ , ปีที่ 7 , ฉบับที่ 82 , หน้า 224-237 , 2530

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้