บทที่ 4
การสื่อสารข้อมูล

4.1 ความเบื้องต้น

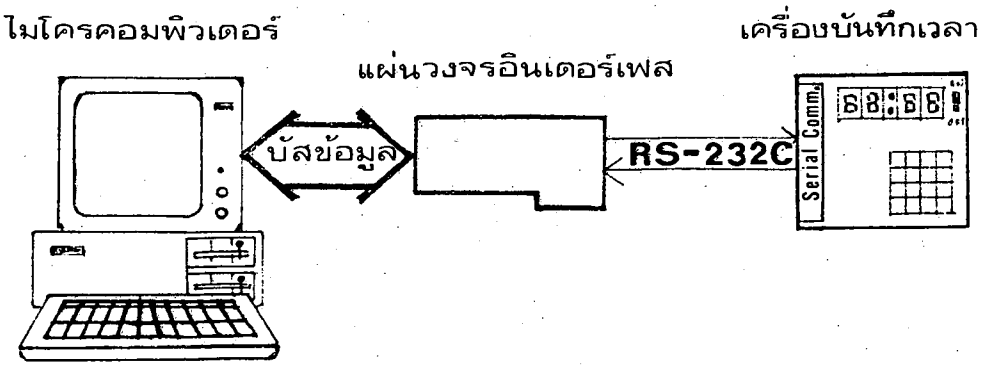
ในบทนี้เราจะกล่าวถึงโครงสร้างการติดต่อรับส่งข้อมูล อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ของแผ่นวงจรอินเตอร์เฟส รูปแบบการรับส่ง การใช้โปรโตคอลและโปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องบันทึกเวลากับไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะนำไปใช้ในบทที่ 5 โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูลจะถูกเรียกใช้โดยโปรแกรมประยุกต์ทุกครั้งที่มีการติดต่อรับส่งข้อมูล

4.2 โครงสร้างการติดต่อรับส่งข้อมูล

โครงสร้างการติดต่อรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องบันทึกเวลากับไมโครคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย ชุดไมโครคอมพิวเตอร์ (แอปเปิ้ล) และเครื่องบันทึกเวลา โดยมีแผ่นวงจรอินเตอร์เฟสแบบอนุกรม (Serial Interface Card) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการรับส่งข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.1

ในที่นี้แผ่นวงจรอินเตอร์เฟสจะเสียบลงช่องหมายเลข 4 (Slot #4) ของไมโครคอมพิวเตอร์ แผ่นวงจรอินเตอร์เฟสมีหน้าที่รับข้อมูลแบบอนุกรมจากเครื่องบันทึกเวลา แล้วจึงเปลี่ยนข้อมูลที่ได้รับเป็นข้อมูลแบบขนานให้กับไมโครคอมพิวเตอร์ ขณะเดียวกันแผ่นวงจรอินเตอร์เฟสจะทำหน้าที่รับข้อมูลแบบขนานจากไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วจึงเปลี่ยนข้อมูลที่ได้รับเป็นข้อมูลแบบอนุกรมส่งให้กับเครื่องบันทึกเวลา ผ่านทางบัสมาตราฐาน RS-232C

หมายเหตุ: ในเครื่องบันทึกเวลามีวงจรรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้ไอซีเบอร์ 8251 ซึ่งได้อธิบายรายละเอียดไว้แล้วในหัวข้อ 2.5.2

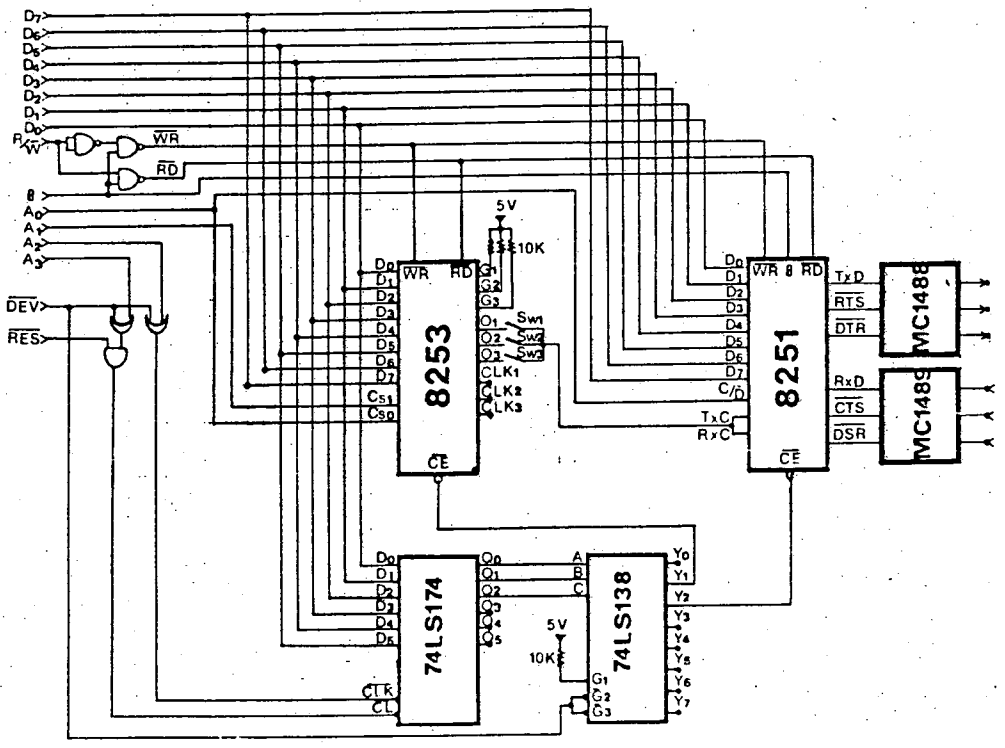


รูปที่ 4.1 โครงสร้างการติดต่อรับส่งข้อมูล

4.3 อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ของแผ่นวงจรอินเตอร์เฟส

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ที่นำมาประกอบเป็นแผ่นวงจรอินเตอร์เฟสบนบอร์ดมาตราฐานสำหรับช่องเสียบแอปเปิ้ล (Apple slot) ขนาด 40 ขา เพื่อทำหน้าที่รับส่งข้อมูลกับเครื่องบันทึกเวลา แผ่นวงจรอินเตอร์เฟสประกอบด้วย ดังนี้

- วงจรเลือกการทำงาน
- วงจรนับเวลา
- วงจรรับส่งข้อมูล



รูปที่ 4.2 วงจรอินเตอร์เฟส

วงจรอินเตอร์เฟสแสดงไว้ในรูปที่ 4.2 การทำงานอธิบายได้ ดังนี้

1) วงจรเลือกการทำงาน คือ วงจรเลือกชิพเพื่อทำงาน หรือ วงจรเปิดพอร์ท การเปิดพอร์ทจะต้องสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งควบคุมและข้อมูลเลือกชิพ

ตำแหน่งควบคุม กำหนดให้ ดังนี้

- ตำแหน่ง COC0H ถึง COC7H หมายถึง รีเซทค่าสภาวะ
- ตำแหน่ง COC8H ถึง COCBH หมายถึง เปิดพอร์ท
- ตำแหน่ง COCCH ถึง COCFH หมายถึง สภาวะเดิม

<u>หมายเหตุ</u>: เส้น $\overline{DEV}$ ได้มาจากการถอดรหัสตำแหน่ง C080H+S เมื่อ S หมายถึง หมายเลขช่องเสียบคูณด้วย 16 ในที่นี้ S มีค่าเท่ากับ 40H

ข้อมูลเลือกชิพ กำหนดให้ ดังนี้

- ข้อมูลเท่ากับ 00H หมายถึง ยกเลิกการเลือกชิพ
- ข้อมูลเท่ากับ 01H หมายถึง เลือกชิพวงจรนับเวลา
- ข้อมูลเท่ากับ 02H หมายถึง เลือกชิพวงจรรับส่งข้อมูล
- ข้อมูลเท่ากับ 03H-07H หมายถึง สำรอง (กรณีนี้ไม่มีการใช้)

ในที่นี้เราใช้ไอซีเบอร์ 74LS174 ทำหน้าที่ควบคุมการเลือกชิพ โดยวิธีการแลตช์ (Latch) เมื่อมีการอ้างถึงตำแหน่ง COC8H ถึง COCBH ข้อมูลเลือกชิพที่ส่งผ่านบัสข้อมูลจะถูก แลตช์ ไว้ที่ปลายขาออกของไอซีเบอร์ 74LS174

เราใช้ไอซีเบอร์ 74LS138 ทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูลเลือกชิพที่ได้จากไอซีเบอร์ 74LS174 เป็นสัญญาณเลือกชิพทุก ๆ ครั้งที่มีการอ้างถึงตำแหน่ง COCCH ถึง COCFH

2) วงจรนับเวลา คือ วงจรสร้างสัญญาณอัตรารับส่งข้อมูลให้กับไอซีวงจรรับส่งข้อมูล โดยนำสัญญาณความถี่ระบบผ่านวงจรนับเวลา สัญญาณความถี่ระบบจะถูกหารด้วยค่าคงที่ (Arbitary Constant) และทำให้เกิดสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ต่าง ๆ สัญญาณสี่เหลี่ยมนี้จะนำไปใช้เป็นสัญญาณอัตรารับส่งข้อมูล สัญญาณอัตรารับส่งข้อมูลถูกกำหนดโดยโปรแกรมประยุกต์ (ดูรายละเอียดโปรแกรมประยุกต์การติดต่อรับส่งในหัวข้อ 5.3.4) ในที่นี้เราใช้ไอซีวงจรนับเบอร์ 8253 ประกอบด้วย 3 ช่องทาง เรากำหนดให้ช่องทางหมายเลข 0 ใช้สำหรับสร้างอัตรารับส่งข้อมูล ส่วนช่องทางที่ 1 และ 2 ไม่ใช้ ตำแหน่งเลือกช่องทางทำงานของไอซีวงจรนับมี ดังนี้

- ตำแหน่ง COCCH สำหรับ เลือกช่องทางที่ 0
- ตำแหน่ง COCDH สำหรับ เลือกช่องทางที่ 1 (ไม่ใช้)
- ตำแหน่ง COCEH สำหรับ เลือกช่องทางที่ 2 (ไม่ใช้)
- ตำแหน่ง COCFH สำหรับ เลือก (บ้อนข้อมูลเข้า) รีจีสเตอร์ควบคุม (Control Register)

3) วงจรรับส่งข้อมูล คือ วงจรสร้างสัญญาณติดต่อรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับเครื่องบันทึกเวลา โดยอัตราการรับส่งข้อมูลจะได้จากสัญญาณที่สร้างโดยไอซีวงจรนับเวลา ในที่นี้เราใช้ไอซี USART เบอร์ 8251 ซึ่งประกอบด้วย 2 ช่องทาง คือ ช่องทางรับส่งข้อมูลและช่องทางรับส่งสถานะ การเลือกช่องทางทำงานของไอซีวงจรรับส่งข้อมูลมี ดังนี้

- ตำแหน่ง COCCH หรือ COCEH เลือกช่องทางรับส่งข้อมูล
- ตำแหน่ง COCDH หรือ COCFH เลือกช่องทางรับส่งสถานะ

สัญญาณติดต่อรับส่งข้อมูลที่ได้จากไอซีเบอร์ 8251 จะผ่านวงจรขับเบอร์ MC1488 และ MC1489 เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าให้ตรงตามมาตรฐานการติดต่อทางสายแบบอนุกรม (RS-232C)

หมายเหตุ: ขั้นตอนสั่งการทำงานเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งอาจทำให้สับสนได้ เพราะมีอุปกรณ์หลายตัวที่อ้างถึงในตำแหน่งเดียวกัน เราจึงขอเน้นขั้นตอนสั่งการทำงาน ดังนี้

- ขั้นตอนการเปิดพอร์ท
- ขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนการเปิดพอร์ท คือ การเลือกชิพทำงาน ขั้นตอนการเปิดพอร์ทจะต้องสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณตำแหน่งกับสัญญาณข้อมูล คำสั่งที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่

```
STA(COC8H),01
```

COC8H คือ ตำแหน่งของการ แลตช์ ข้อมูลจากบัสข้อมูลเก็บที่ปลายขาออกของไอซี 74LS174 (Q_0 Q_1 Q_2)

01 คือ ข้อมูลสำหรับเลือกชิพทำงาน (01 หมายถึง เลือกวงจรนับเวลา)

ขั้นตอนการทำงาน คือ การสั่งทำงานของชิพภายหลังการเปิดพอร์ทแล้ว ทั้งนี้เพราะการเปิดพอร์ทจะทำให้ ไอซีที่ระบุตามข้อมูลเลือกชิพจะต่อกับระบบ ส่วนไอซีที่ไม่ระบุจะไม่ต่อกับระบบ เมื่ออ้างถึงตำแหน่ง COCCH ถึง COCFH ไอซีที่ต่อกับระบบจะถูกเลือกเสมอ

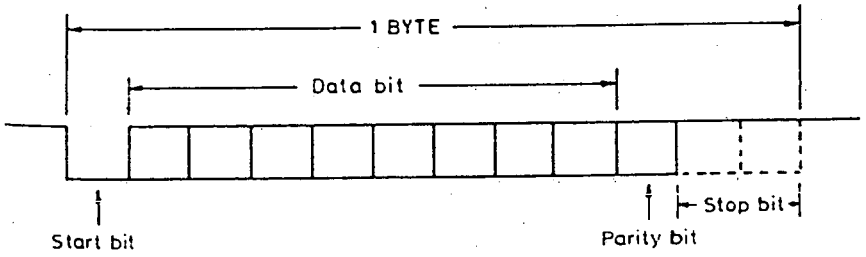
4.4 รูปแบบการรับส่งข้อมูล

รูปแบบการรับส่งข้อมูล คือ ลักษณะของการติดต่อ เรากำหนดรูปแบบการรับส่งแบบฮาร์ฟ ดูเพล็กซ์ (Half duplex) ซึ่งข้อมูลสามารถส่งได้ทั้งเครื่องบันทึกเวลา และไมโครคอมพิวเตอร์ แต่จะต้องผลัดกันส่งและผลัดกันรับ ทั้งนี้เพราะการรับส่งข้อมูลจะต้องตรวจสอบข้อมูลทุกระยะ รายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อ 4.5 นอกจากนี้การติดต่อรับส่งข้อมูลแต่ละคำใช้แบบ อะซิงโครนัส (Asynchronous) ดังแสดงในรูป 4.3

รูปแบบการรับส่งข้อมูลประกอบด้วย ดังนี้

- ข้อมูลรับส่ง 8 บิท
- สัญญาณตรวจสอบ ไม่มี
- สัญญาณบิทเริ่ม 1 บิท
- สัญญาณบิทหยุด 1 บิท
- สัญญาณอัตรารับส่งข้อมูล 2400 บิทต่อวินาที

หมายเหตุ: จำนวนข้อมูลรับส่งจะถูกกำหนดคงที่ แต่สัญญาณตรวจสอบอื่น ๆ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับโปรแกรมประยุกต์ เราจะกล่าวในรายละเอียดในบทที่ 5 ต่อไป



รูปที่ 4.3 รูปแบบการติดต่อรับส่งข้อมูล

4.5 การใช้โปรโตคอล

การใช้โปรโตคอล คือ วิธีการหนึ่งในการตรวจสอบและควบคุมการส่งข้อมูล การติดต่อรับส่งข้อมูลกับเครื่องบันทึกเวลา กำหนดให้ใช้สาย 7 เส้น ประกอบด้วย ดังนี้

- -สัญญาณรับส่ง 2 เส้น
- -สัญญาณตรวจสอบ 4 เส้น
- -สัญญาณกราวด์ 1 เส้น

ก่อนเข้าถึงการติดต่อโดยโปรโตคอลเราจะขอกล่าวถึงหน้าที่ของสายต่าง ๆ ในบัสรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (RS-232C BUS) เพื่อเป็นแนวทางอธิบาย การตอบรับ (Handshake) ระหว่างเครื่องบันทึกเวลากับไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งในที่นี้เราจะกล่าวพอสังเขปเท่านั้น คือ

TxD (Transmit Data) เป็นสายส่งสัญญาณข้อมูลออกจากแผ่นวงจรอินเตอร์เฟส
RxD (Receive Data) เป็นสายรับสัญญาณข้อมูลเข้าแผ่นวงจรอินเตอร์เฟส
RTS (Request to Send) เป็นสายขอส่งข้อมูลให้กับเครื่องบันทึกเวลา
CTS (Clear to Send) เป็นสายตอบรับข้อมูลจากเครื่องบันทึกเวลา
DTR (Data Terminal Ready) เป็นสายเรียกการติดต่อกับเครื่องบันทึกเวลา
DSR (Data Set Ready) เป็นสายตอบรับการติดต่อจากเครื่องบันทึกเวลา

การติดต่อรับส่งข้อมูลกำหนดโปรโตคอลไว้ ดังนี้

-การรับข้อมูลแต่ละไบท์ของไมโครคอมพิวเตอร์ ไมโครคอมพิวเตอร์จะต้องส่งข้อมูลสะท้อนกลับ (Echo) ทุกครั้ง

-การสะท้อนกลับทุกครั้งต้องเป็น ทูคอมพลีเม้นท์ (2'S Complement) ของข้อมูลที่ได้รับเสมอ

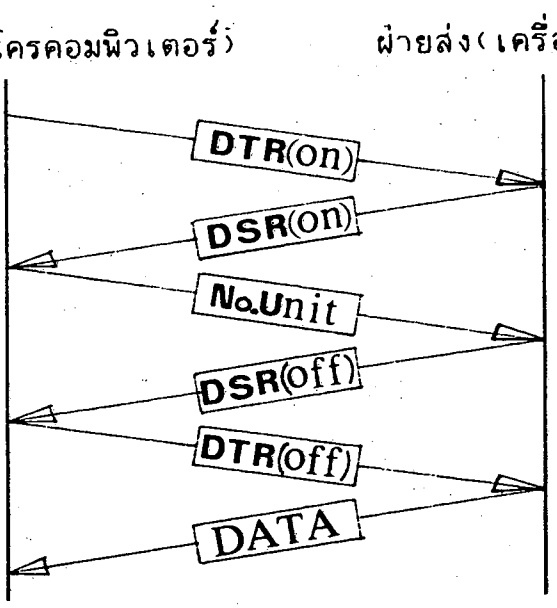
-การส่งข้อมูลทุกครั้งแบ่งเป็น 2 ชุด คือ

ชุดข้อมูลหัวเรื่อง ประกอบด้วย
- เวลาปัจจุบัน จำนวน 6 ไบท์
- รหัสประจำเครื่อง จำนวน 1 ไบท์
- จำนวนข้อมูลดิบ จำนวน 2 ไบท์

ชุดข้อมูลดิบ ประกอบด้วย
- รหัสพนักงาน จำนวน 2 ไบท์
- เวลาตอกบัตร จำนวน 3 ไบท์

-สัญลักษณ์ควบคุมการติดต่อมีจำนวน 3 ไบท์ ได้แก่

คำสั่งควบคุม 00 FF 41 หมายถึง เริ่มต้นชุดข้อมูลหัวเรื่อง
คำสั่งควบคุม 00 FF 42 หมายถึง เริ่มต้นชุดข้อมูลดิบ
คำสั่งควบคุม 00 FF 43 หมายถึง ข้อมูลที่รับผิดพลาดให้รับข้อมูลใหม่ 1 ไบท์
คำสั่งควบคุม 00 FF 44 หมายถึง ข้อมูลที่ส่งผิดพลาดให้ส่งข้อมูลใหม่ 1 ไบท์
คำสั่งควบคุม 00 FF 45 หมายถึง ข้อมูลไม่ถูกต้องให้เริ่มต้นใหม่
คำสั่งควบคุม 00 FF 46 หมายถึง ข้อมูลสิ้นสุดหรือข้อมูลสมบูรณ์



รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการส่งโปรโตคอล

การติดต่อรับส่งข้อมูลแสดงไว้ในรูปที่ 4.4 มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

- การเลือกหน่วยเครื่องบันทึกเวลา
- การรับส่งข้อมูล

1) การเลือกหน่วยเครื่องบันทึกเวลามีขั้นตอน ดังนี้

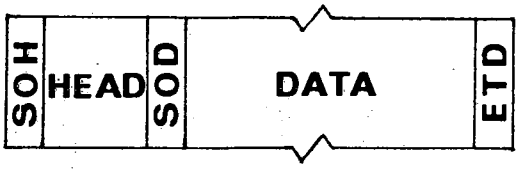
เมื่อไมโครคอมพิวเตอร์ต้องการรับข้อมูล ไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณเรียกการติดต่อ DTR(ON) ทำให้เครื่องบันทึกเวลาทุกเครื่องหยุดทำงานชั่วคราว และส่งสัญญาณตอบรับการติดต่อ DSR(ON) เมื่อไมโครคอมพิวเตอร์ได้รับสัญญาณ DSR(ON) จะส่งรหัสเครื่องบันทึกเวลาที่ต้องการออกไป (No.Unit) เครื่องบันทึกเวลาจะรับรหัสเครื่องบันทึกเวลา แล้วจึงตรวจสอบรหัสที่ได้รับกับหมายเลขเครื่องบันทึกเวลาที่กำหนดไว้ตามขั้นตอนกำหนดหมายเลขเครื่องในหัวข้อ 3.3.3

เมื่อรหัสไม่ตรงกับหมายเลขเครื่องบันทึกเวลา เครื่องบันทึกเวลานั้นจะแสดงสภาวะรอคอย แล้วจึงตรวจสอบสัญญาณ DTR(OFF) เมื่อมีสัญญาณ DTR(OFF) เครื่องบันทึกเวลาจะทำงานต่อไปตามปกติ

เมื่อรหัสตรงกับหมายเลขเครื่องบันทึกเวลา เครื่องบันทึกเวลาจะส่งสัญญาณ DSR(OFF) เพื่อแสดงว่าเครื่องบันทึกเวลาที่ต้องการถูกต่อกับระบบแล้ว เมื่อไมโครคอมพิวเตอร์ได้รับสัญญาณ DSR(OFF) จะส่งสัญญาณ DTR(OFF) เพื่อปลดปล่อยเครื่องบันทึกเวลาที่ไม่ต้องการให้ทำงานตามปกติ แล้วจึงเตรียมพร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไป

เมื่อเครื่องบันทึกเวลาได้รับสัญญาณ DTR(OFF) เครื่องบันทึกเวลาที่ไม่ถูกเลือกจะทำงานตามปกติ ส่วนเครื่องบันทึกเวลาที่ถูกเลือกจะส่งข้อมูลให้กับไมโครคอมพิวเตอร์

2) การรับส่งข้อมูล คือ การรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับเครื่องบันทึกเวลา ข้อมูลนี้ ได้แก่ ข้อมูลหัวเรื่องและข้อมูลดิบ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 การรับส่งข้อมูลเราอธิบายรายละเอียดไว้ในโปรแกรมควบคุมติดต่อข้อมูลในหัวข้อ 4.6



SOH = Start of Header
SOD = Start of Data
ETD = End of Transmission Data

รูปที่ 4.5 โครงสร้างข้อมูลรับส่ง

4.6 โปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูล

โปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูลเป็นโปรแกรมภาษาเครื่อง (6502 Machine Language) โปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูลบันทึกลงบนหน่วยความจำสำรอง (จานแม่เหล็ก) เมื่อเรียกใช้โปรแกรมประยุกต์ โปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูลจะถูกเรียกออกจากหน่วยความจำสำรอง เพื่อบันทึกลงบนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 021AH ถึง 0345H ของไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูลแบ่งเป็นส่วนงานดังนี้

-ส่วนงานกำหนดค่าเริ่มต้น (Initialization task)
-ส่วนงานรับข้อมูลและสะท้อน (Received & Echoed task)
-ส่วนงานแก้ข้อผิดพลาด 1 ไบท์ (One Byte Correction task)
-ส่วนงานแก้ข้อผิดพลาดทั้งหมด (All data Correction task)

ผังงานของโปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูลแสดงไว้ในรูปที่ 4.6 ซึ่งสามารถอธิบายพอสังเขปได้ ดังนี้
(ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงขั้นตอนในผังงาน ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อ 5.3.4)

(1) สภาวะเริ่มต้น คือ สภาวะเริ่มต้นการทำงาน

(2) สภาวะกำหนดค่าเริ่มต้น คือ การกำหนดค่า ได้แก่ กำหนดอัตรารับส่งข้อมูล กำหนดรูปแบบการติดต่อรับส่งข้อมูล และอื่น ๆ หลังจากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่ขั้นตอนที่ (3)

(3) สภาวะตรวจสอบหมายเลขเครื่องบันทึกเวลา ในส่วนนี้ไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งรหัสเครื่องบันทึกเวลาที่ต้องการติดต่อส่งตามสาย ต่อมาโปรแกรมจะตรวจสัญญาณตอบรับการติดต่อจากเครื่องบันทึกเวลา ถ้าไม่มีสัญญาณตอบรับการติดต่อโปรแกรมจะกลับไปส่งรหัสเครื่องบันทึกเวลาและตรวจสัญญาณตอบรับการติดต่อใหม่ จนกระทั่งมีสัญญาณตอบรับการติดต่อ โปรแกรมจึงจะทำงานในขั้นตอนที่ (4)

(4) ส่วนงานรับข้อมูลและสะท้อนกลับของข้อมูล ในส่วนนี้โปรแกรมจะรับข้อมูลจากเครื่องบันทึกเวลา แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้บันทึกในหน่วยความจำตั้งแต่ตำแหน่ง 8000H และเปลี่ยนข้อมูลนั้นเป็น ทูคอมพลีเมนต์ ส่งสะท้อนกลับไปยังเครื่องบันทึกเวลา หลังจากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนที่ (5)

(5) สภาวะตรวจสอบข้อผิดพลาดหนึ่งไบท์ ในส่วนนี้โปรแกรมจะตรวจจับสัญญาณข้อผิดพลาดหนึ่งไบท์ (00FF43) ถ้าไม่มีสัญญาณข้อผิดพลาดโปรแกรมจะทำงานในขั้นตอนที่ (6) มิฉะนั้นโปรแกรมจะลบค่าสุดท้ายในหน่วยความจำที่ไม่ถูกออก แล้วจึงทำงานในขั้นตอนที่ (4) เพื่อรับข้อมูลซ้ำใหม่ต่อไป

(6) สภาวะตรวจสอบข้อผิดพลาดหมด ในส่วนนี้โปรแกรมจะตรวจจับสัญญาณข้อผิดพลาดหมด (00FF45) ถ้าไม่มีสัญญาณข้อผิดพลาดหมดโปรแกรมจะทำงานในขั้นตอนที่ (7) มิฉะนั้นโปรแกรมจะลบค่าในหน่วยความจำทั้งหมด แล้วจึงทำในขั้นตอนที่ (4) เพื่อรับข้อมูลใหม่ต่อไป

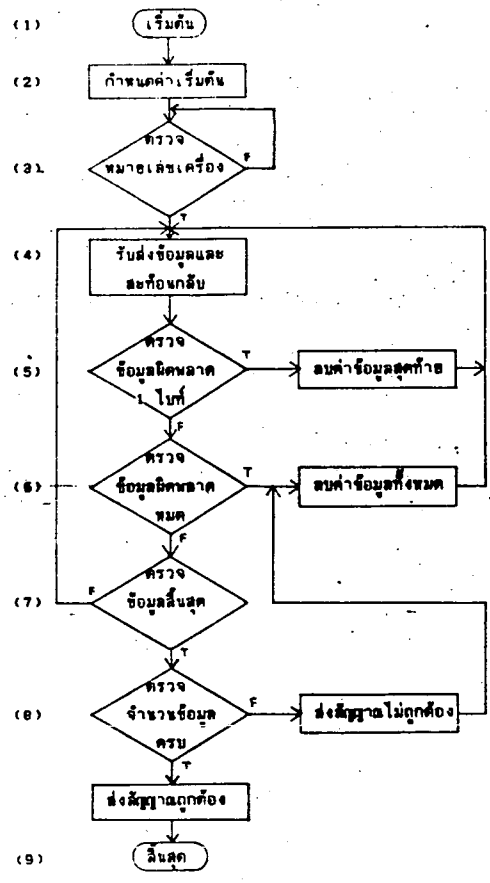
(7) สภาวะตรวจสอบข้อมูลครบ ในส่วนนี้โปรแกรมจะตรวจจับสัญญาณสิ้นสุดข้อมูล (00FF46) ถ้าไม่มีสัญญาณสิ้นสุดข้อมูล โปรแกรมจะทำงานในขั้นตอนที่ (4) เพื่อรับข้อมูลต่อไป มิฉะนั้นโปรแกรมจะทำงานในขั้นตอนที่ (8)

(8) สภาวะตรวจสอบข้อมูลถูกต้อง ในส่วนนี้โปรแกรมจะตรวจขนาดของข้อมูลดิบที่ได้รับกับจำนวนขนาดที่ระบุไว้ในชุดข้อมูลหัวเรื่อง

เมื่อขนาดข้อมูลดิบไม่ตรงกับจำนวนขนาดที่ระบุไว้ โปรแกรมจะส่งสัญญาณข้อมูลไม่ถูกต้อง (00FF45) ให้กับเครื่องบันทึกเวลา แล้วจึงลบค่าในหน่วยความจำทั้งหมด หลังจากนั้นโปรแกรมจะกลับไปทำงานในขั้นตอนที่ (4) เพื่อรับข้อมูลใหม่ต่อไป

เมื่อขนาดข้อมูลดิบตรงกับจำนวนขนาดที่ระบุไว้ โปรแกรมจะส่งสัญญาณข้อมูลถูกต้อง (00FF46) ให้กับเครื่องบันทึกเวลา เครื่องบันทึกเวลาก็จะปลดออกจากระบบติดต่อข้อมูลโดยอัตโนมัติ ต่อจากนั้นโปรแกรมจะทำงานในขั้นตอนที่ (9)

(9) สภาวะสิ้นสุด คือ สภาวะสุดท้ายของโปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูล โปรแกรมนี้จะกลับเข้าสู่โปรแกรมประยุกต์ เพื่อทำงานตามขั้นตอนของโปรแกรมประยุกต์ต่อไป



รูปที่ 4.6 ผังโปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูล

4.7 สรุป

แผ่นวงจรอินเตอร์เฟส เป็น อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมระหว่างเครื่องบันทึกเวลากับไมโครคอมพิวเตอร์

ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ประการ คือ

- โครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์
- โปรแกรมควบคุมติดต่อรับส่งข้อมูล
- โปรแกรมประยุกต์การติดต่อรับส่งข้อมูล

ในบทนี้เราได้กล่าวถึง โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ที่นำมาประกอบเป็นแผ่นอินเตอร์เฟส การกำหนดรูปแบบและการใช้โปรโตคอล (อธิบายไว้ในหัวข้อ 4.3,4.4 และ 4.5 ตามลำดับ) ซึ่งเป็นแนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุมติดต่อข้อมูลในหัวข้อที่ 4.6 โปรแกรมควบคุมติดต่อข้อมูลจะถูกเรียกใช้โดยโปรแกรมประยุกต์ ในบทที่ 5 เราจะกล่าวถึงรายละเอียดของโปรแกรมประยุกต์การทำงานทั้งหมดต่อไป