บทที่ 2

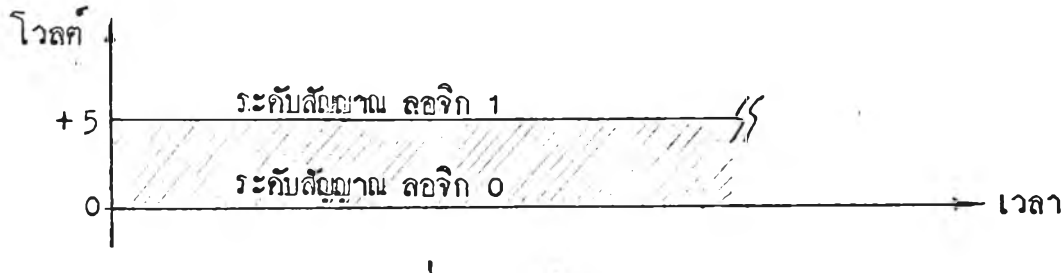
การติดต่อสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์

2.1 แบบสัญญาณสื่อสารข้อมูล

แบบสัญญาณที่ใช้สื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์ มีด้วยกันหลายชนิด แต่การติดต่อข้อมูลถึงกัน ระหว่างอุปกรณ์ต้นทางและปลายทาง จะต้องใช้อินเทอร์เฟสที่มีแบบของสัญญาณรับส่งเป็นชนิดเดียวกัน จึงจะสามารถติดต่อรับส่งสัญญาณข้อมูลถึงกันได้ถูกต้อง แบบสัญญาณที่ใช้เป็นมาตรฐานกันทั่วไปคือ สัญญาณทีทีแอล (Transistor Transistor Logic) , สัญญาณอาร์เอส-232 ซี (RS-232C) หรือ อีไอเอ (Electronic Industries Association) และสัญญาณ 20 มิลลิแอมป์กระแสวนกลับ (20 mA current loop) (3)

2.1.1 สัญญาณทีทีแอล

สัญญาณทีทีแอล เป็นสัญญาณที่ใช้ติดต่อภายในแผงวงจรลอจิกทั่วไป หรือภายในตัวอุปกรณ์นอกจากนี้ยังอาจใช้เป็นสัญญาณสำหรับการส่งถ่ายข้อมูลแบบขนาน ระหว่างซีพียูกับอุปกรณ์ไอโอในระยะใกล้ โดยมีตัวขับสัญญาณ (Signal driver) เป็นตัวเพิ่มกำลังสัญญาณรับส่ง แต่ถ้าต้องการให้ส่งสัญญาณไปได้ไกลกว่านี้จะต้องเปลี่ยนแบบสัญญาณทีทีแอลเป็นสัญญาณชนิดอื่น เช่น เปลี่ยนสัญญาณข้อมูลให้เป็นสัญญาณย่านความถี่เสียง โดยใช้โมเดม (MODEM) เป็นตัวเปลี่ยนแล้วส่งผ่านสายส่งหรือสายโทรศัพท์ แต่ถ้าต้องการให้ส่งได้ไกลกว่านี้อีกก็อาจใช้ระบบไมโครเวฟ (Microwave) ในการส่ง



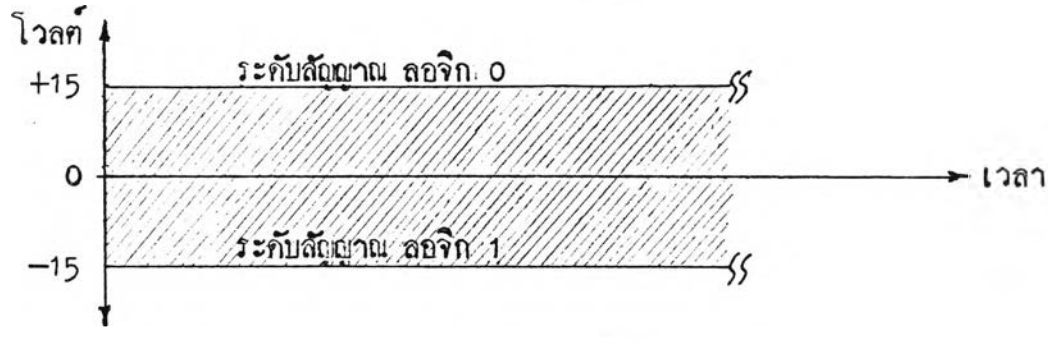
รูปที่ 2.1 สัญญาณ ทีทีแอล

สัญญาณที่ทีแอล มีลักษณะสัญญาณเป็นไบนารี่ (Binary) มีลอจิก "1" คือ สัญญาณมาร์ค (Mark) เป็น +5 โวลต์ และมีลอจิก "0" คือ สัญญาณสเปส (Space) เป็นกราวนด์ (Ground) หรือศักดาใกล้ 0 โวลต์ สัญญาณอินพุทที่ลอจิก "1" ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 2.0 โวลต์ และที่ลอจิก "0" ต้องมีค่าไม่เกิน 0.8 โวลต์

2.1.2 สัญญาณอาร์เอส–232 ซี หรืออีไอเอ

สัญญาณอาร์เอส–232 ซี เป็นสัญญาณไบนารี่อีกแบบหนึ่ง ซึ่งพัฒนาขึ้นมาโดย กลุ่ม Electronic Industries Association ในอเมริกา เพื่อใช้เป็นสัญญาณสำหรับการสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ทางสายโดยเฉพาะ สัญญาณอาร์เอส–232 ซี สามารถช่วยลดความผิดพลาดของข้อมูลที่รับส่งได้ เนื่องจากระดับของสัญญาณที่ลอจิก "1" และลอจิก "0" มีระดับสัญญาณที่แตกต่างกันมากกว่าแบบทีทีแอลจึงทำให้สามารถแยกว่าเป็นสัญญาณมาร์ค หรือสเปส ได้แม่นยำขึ้น

สัญญาณ อาร์เอส–232 ซี มีค่าของลอจิกดังนี้ ลอจิก "1" คือ สัญญาณมาร์ค เป็น –5 โวลต์ ถึง –15 โวลต์ และลอจิก "0" คือ สัญญาณสเปส เป็น +5 โวลต์ ถึง +15 โวลต์



รูปที่ 2.2 สัญญาณ อาร์เอส–232 ซี

2.1.3 สัญญาณ 20 มิลลิแอมป์กระแสวนกลับ

สัญญาณ 20 มิลลิแอมป์กระแสวนกลับ เป็นแบบสัญญาณไบนารี่เช่นเดียวกัน ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลไปตามสาย โดยใช้สายส่ง 2 เส้นเพื่อส่งหรือรับ ในการส่งหรือรับสัญญาณแบบ 20 มิลลิแอมป์กระแสวนกลับนี้ สามารถป้องกันการรบกวนจากภายนอกได้ดี เนื่องจากข้อมูลที่ส่งเป็นไปตามค่าของกระแสที่ไหลในสายตามที่กำหนด ทำให้การส่งข้อมูลผิดพลาดน้อย แบบสัญญาณ

20 มิลลิแอมป์กระแสวนกลับนี้จะใช้กับเครื่องที่มีความเร็วต่ำเช่น โทรพิมพ์ แป้นกดข้อมูลและเครื่องพิมพ์แบบเทอร์มินอล

รูปที่ 2.3 สัญญาณ 20 มิลลิแอมป์กระแสวนกลับ

สัญญาณ 20 มิลลิแอมป์กระแสวนกลับ มีค่าของลอจิกดังนี้ ลอจิก "1" คือสัญญาณมาร์ค เมื่อมีกระแสไหลประมาณ 20 มิลลิแอมป์ในสายส่ง และลอจิก "0" คือสัญญาณสเปส เมื่อไม่มีกระแสไหลในสายส่ง

2.2 ชนิดและวิธีรับส่งข้อมูล

อินเทอร์เฟส เป็นวงจรที่สร้างขึ้นจากส่วนประกอบจำพวก แอลเอสไอ (Large-scale Integrated circuit) ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมต่อระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์หรือซีพียู กับอุปกรณ์ไอโอ ในช่วงการทำเอาท์พุท อินเทอร์เฟสจะรับข้อมูลซึ่งเป็นไบนารี่จากบัสข้อมูลของไมโครโปรเซสเซอร์ ส่งถ่ายไปยังอุปกรณ์ไอโอ และในช่วงการทำอินพุทจะทำงานกลับกันคือ ไมโครโปรเซสเซอร์จะรับข้อมูลเข้ามาจากอุปกรณ์ไอโอ อินเทอร์เฟสประกอบด้วยส่วนของวงจรต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นในการส่งถ่ายข้อมูลคือ รีจิสเตอร์ ลอจิกเกตต่าง ๆ ที่ใช้ควบคุมการเลือก และวงจรควบคุม (Control circuits)

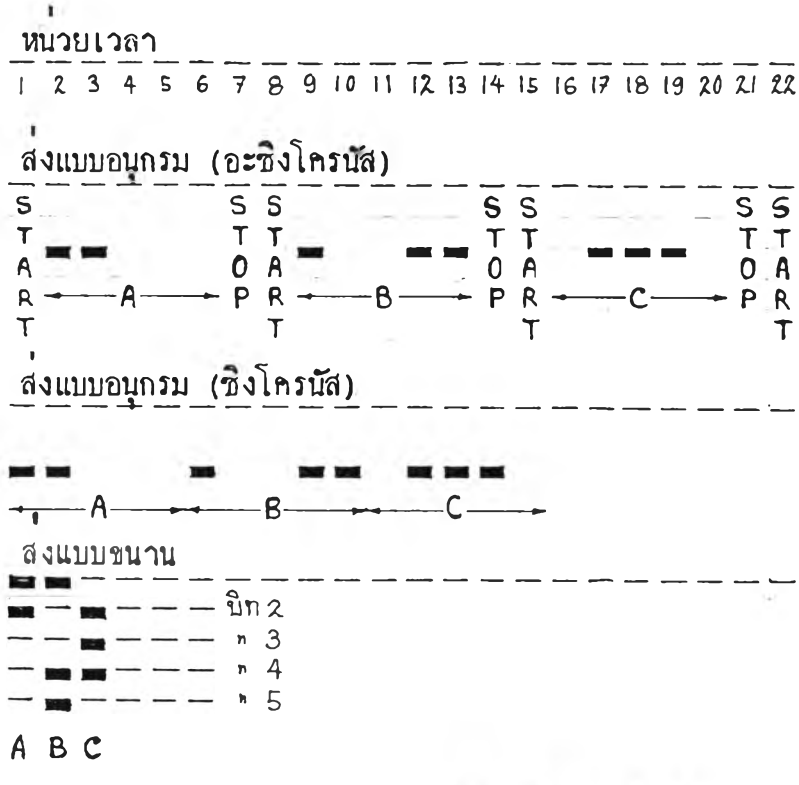
อินเทอร์เฟส สามารถจัดสร้างขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับวิธีการรับส่งของแต่ละเครื่องส่วนประกอบพวกแอลเอสไอต่าง ๆ สามารถที่จะโปรแกรมวิธีการติดต่อ โดยการตั้งสวิทช์เลือกแล้วใช้คำสั่งส่งค่า 1 ไบท์สำหรับควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์หรือซีพียู ส่งเข้ารีจิสเตอร์สำหรับควบคุมของอินเทอร์เฟส ไบท์ที่ใช้ควบคุมนี้จะเลือกวิธีการติดต่อเพียง 1 แบบในการทำงาน

ถ้าเราเปลี่ยนไบท์ที่ใช้ควบคุมก็จะทำให้วิธีการติดต่อเปลี่ยนไป อินเทอร์เฟสสามารถแบ่งตามชนิดของการส่งดังนี้คือ (1)

<u>อินเทอร์เฟสแบบขนาน</u> จะส่งข้อมูลทุกบิทของแต่ละไบท์ไปพร้อมกันในช่วงเวลาเดียวกัน ข้อมูลจะส่งถ่ายกันแบบขนานระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับอุปกรณ์ไอโอ

<u>อินเทอร์เฟสแบบอนุกรม</u> จะเปลี่ยนข้อมูลแบบขนานจากไมโครโปรเซสเซอร์เป็นอนุกรมในการส่ง และเปลี่ยนข้อมูลแบบอนุกรมจากอุปกรณ์ภายนอกเป็นขนานในการรับ

ชนิดและวิธีส่งจะใช้เวลาในการส่งข้อมูลแตกต่างกันไป ในรูปที่ 2.4 แสดงถึงชนิดและวิธีส่งต่าง ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาที่จะต้องใช้ในการส่งของแต่ละวิธี ในรูปเป็นการส่งรหัสของอักษร A B และ C ซึ่งใช้ 5 บิทสำหรับเป็นรหัสของอักษรแต่ละตัว การส่งแต่ละวิธีใช้หน่วยเวลาของการส่งแตกต่างกันไปดังนี้ ส่งแบบอะซิงโครนัสใช้ 21 หน่วยเวลาในการส่ง ส่งแบบซิงโครนัสใช้ 15 หน่วยเวลาในการส่ง และส่งแบบขนานใช้ 3 หน่วยเวลาในการส่ง การส่งแต่ละแบบแต่ละวิธีจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป (2)



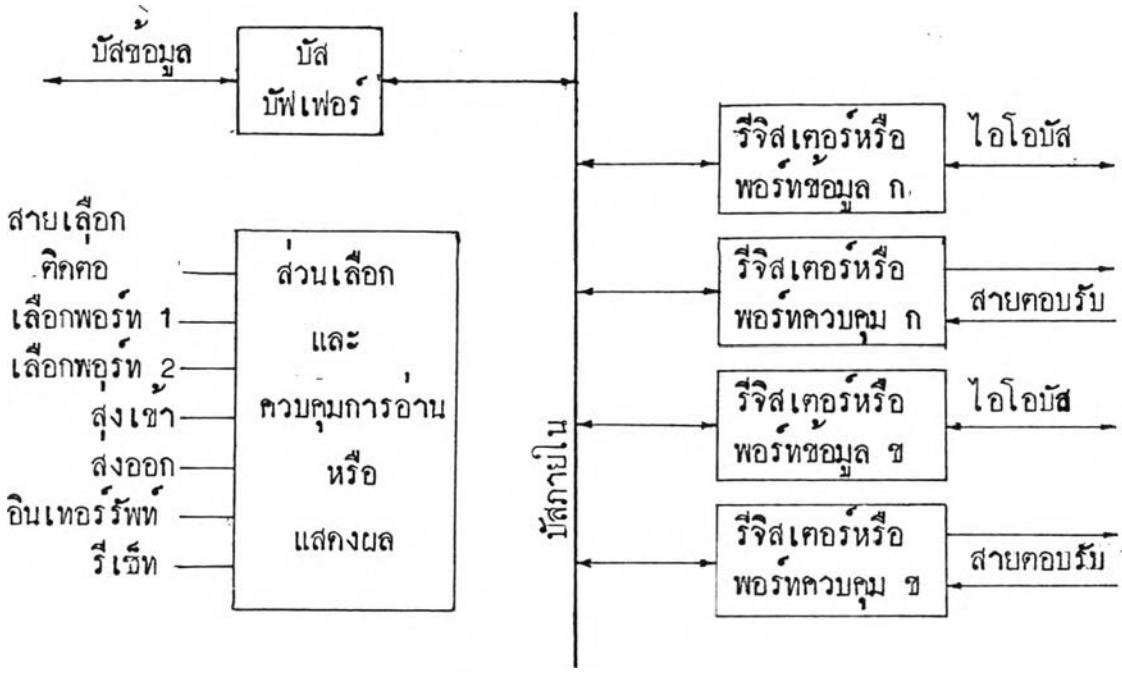
รูปที่ 2.4 แสดงช่วงเวลาที่ต้องใช้ในการส่งแต่ละวิธี

2.2.1 อินเทอร์เฟสแบบขนาน (Parallel Interface)

อินเทอร์เฟสแบบขนาน เป็นส่วนประกอบจำพวกแอลเอสไอ ซึ่งจะทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการรับส่งข้อมูลไบนารี่แบบขนาน ระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์หรือซีพียู กับอุปกรณ์ไอโอ ปกติอินเทอร์เฟสมักประกอบด้วยไอโอพอร์ท 2 พอร์ท หรือมากกว่าสำหรับติดต่อกับบัสภายในของไมโครโปรเซสเซอร์ ในรูป 2.5 เป็นแผนภูมิของอินเทอร์เฟสแบบขนาน ประกอบด้วยพอร์ทรับและส่ง แต่ละพอร์ทมีรีจิสเตอร์ 2 ตัว ไอโอบัสเป็นแบบ 8 บิทข้อมูล และมีคู่สายสัญญาณตอบรับสำหรับควบคุมการส่งถ่ายข้อมูล มีรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมทำหน้าที่กำหนดการทำงานของพอร์ท ส่วนรีจิสเตอร์ข้อมูลทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ในการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างบัสข้อมูลกับไอโอบัส

อินเทอร์เฟสจะติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ผ่านทางบัสข้อมูล มีสายเลือกติดต่อกับพอร์ทและควบคุมการทำงานของอินเทอร์เฟส เป็นวงจรที่เพิ่มเติมขึ้น (ปกติใช้ แอนด์ เกต) เพื่อใช้สำหรับแยกอ้างถึงอินเทอร์เฟสแต่ละตัว กำหนดเลือกด้วยแอดเดรส วงจรนี้จะเตรียมเลือกอินพุทจากอุปกรณ์ไอโอต่าง ๆ ผ่านพอร์ทที่กำหนด โดยใช้สัญญาณจากแอดเดรสบัสมาควบคุมการเลือก ในส่วนของวงจรควบคุมการเลือกและควบคุมการทำงานของอินเทอร์เฟส จะมี 2 อินพุทสำหรับเลือกพอร์ทคือ พอร์ท1 และ พอร์ท2 โดยอาจต่อกับคู่สายที่มีค่าต่ำสุด (Lowest Order lines) ของแอดเดรสบัส อินพุททั้ง 2 จะเป็นตัวกำหนดว่าพอร์ทใดถูกเลือกจากพอร์ททั้ง 4 ของอินเทอร์เฟส พอร์ทที่ได้รับการเลือกจะติดต่อเข้ากับบัสข้อมูลเพื่อทำงานต่อไป การเลือกกำหนดไว้ในตารางรูปที่ 2.5 ค่าต่าง ๆ ในพอร์ทที่ถูกเลือก จะถ่ายเข้าไมโครโปรเซสเซอร์ผ่านบัสข้อมูลถ้าสายส่งเข้า ถูกเซ็ท (set)ไว้ และไมโครโปรเซสเซอร์จะส่งถ่ายข้อมูลหนึ่งไบท์ผ่านบัสข้อมูลไปยังพอร์ทที่ถูกเลือก ถ้าสายส่งออก ถูกเซ็ทไว้ ส่วน อินเทอร์รัพท์เอาท์พุท ใช้สำหรับอินเทอร์รัพทไมโครโปรเซสเซอร์ และ รีเซ็ท อินพุท ใช้สำหรับรีเซ็ทวงจรอินเทอร์เฟสเมื่อเริ่มเปิดเครื่องใหม่

ไมโครโปรเซสเซอร์จะเริ่มต้นแต่ละพอร์ทด้วยการส่งข้อมูลสำหรับควบคุม 1 ไบท์ ไปยังรีจิสเตอร์ของพอร์ทควบคุม โดยใส่ (Load) ค่าที่เหมาะสมไว้ที่บิทต่าง ๆ ในการเริ่มต้นระบบ ซึ่งเป็นการโปรแกรมวิธีการทำงานของพอร์ทนั่นเอง ส่วนคุณลักษณะของพอร์ทขึ้นอยู่กับหน่วยการติดต่อที่จะใช้ ในเกือบทุกกรณีแต่ละพอร์ทสามารถทำได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท โดยการ



เลือก ดิกคอ	เลือก พอรท 1	เลือก พอรท 2	รีจิสเตอร์หรือพอร์ทที่ถูกเลือก
0	x	x	อินเทอร์เฟสไม่ถูกเลือก
1	0	0	พอร์ทข้อมูล ก.
1	0	1	พอร์ทควบคุม ก.
1	1	0	พอร์ทข้อมูล ข.
1	1	1	พอร์ทควบคุม ข.

รูปที่ 2.5 แผนภูมิของอินเทอร์เฟสแบบขนาน

ส่งค่าไปที่ขาต่าง ๆ ในตัวเลือกและควบคุม เพื่อกำหนดทิศทางการส่งถ่ายข้อมูลในบัสบัฟเฟอร์ ซึ่งส่วนนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวขับสัญญาณ ลักษณะวงจรเป็นแบบไบไดเรคชั่นนอลไอโอบัส ในส่วนของพอร์ทต่าง ๆ สามารถกำหนดไว้สำหรับวิธีการทำงานอย่างใดก็ได้ ที่พบในอินเทอร์เฟสแบบขนานส่วนใหญ่แบ่งเป็น 3 วิธีการทำงานคือ

1. ส่งถ่ายแบบตรงไม่ใช้คู่สายตอบรับ (Direct Transfer without Handshake Lines)

2. ส่งถ่ายด้วยวิธีตอบรับ (Transfer with Handshake)

3. ส่งถ่ายด้วยวิธีตอบรับโดยใช้การอินเทอร์รัพท์ (Transfer with Handshake using interrupt)

การทำงานของอินเทอร์เฟสแบบส่งถ่ายโดยตรง อุปกรณ์ที่ติดต่อกับไอโอบัสต้องพร้อมอยู่ตลอดเวลาที่จะส่งถ่ายข้อมูล ในวิธีนี้ไม่ได้ใช้คู่สายตอบรับ อินเทอร์เฟสบางตัวจะมีการโปรแกรมวิธีทำงานไว้ สามารถที่จะเปลี่ยนสายตอบรับเป็นสายสำหรับส่งถ่ายข้อมูล อินเทอร์เฟสแบบส่งถ่ายตรง สามารถทำได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท ในการทำอินพุทหรือการอ่าน (Read Operation) เป็นการรับค่าจากไอโอบัสเข้ามาที่บัสข้อมูลของไมโครโปรเซสเซอร์ ส่วนการทำเอาท์พุทหรือการแสดงผล (Write Operation) ไมโครโปรเซสเซอร์จะส่งข้อมูลออกทางบัสข้อมูล ไปยังพอร์ทข้อมูลที่เลือกเพื่อที่จะส่งออกทางไอโอบัสอีกที สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบส่งถ่ายตรงจะมีประโยชน์ก็ต่อเมื่อข้อมูลสามารถอยู่ในไอโอบัสเป็นเวลานาน ๆ เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำคำสั่งต่าง ๆ ของไมโครโปรเซสเซอร์ แต่ถ้าข้อมูลนั้นสามารถคงอยู่ในช่วงเวลาที่สั้นจะต้องใช้อินเทอร์เฟสที่ทำงานด้วยวิธีตอบรับ

สายตอบรับในรูปใช้สำหรับควบคุมการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัว ซึ่งทำงานแบบอะซิงโครนัส คือไม่มีการใช้สัญญาณนาฬิการ่วมกัน แบบของการตอบรับเป็นวิธีที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ไม่ได้มีเฉพาะในอินเทอร์เฟสเท่านั้น ในวงจรที่ใช้งานด้านอื่น ๆ ก็อาจใช้วิธีนี้ได้ สายตอบรับทั้งสองจะต่ออยู่ระหว่างเครื่องต้นทาง และปลายทาง (Source device และ Destination device) จะทำหน้าที่ควบคุมการส่งถ่ายข้อมูล โดยการแจ้งสถานะของการส่งถ่ายผ่านสายที่ร่วมกันอยู่ เครื่องต้นทางจะแจ้งไปที่เครื่องปลายทางผ่านสายเส้นหนึ่งของสายตอบรับ เพื่อบอกว่าข้อมูลบนบัสสามารถใช้ได้ ส่วนเครื่องปลายทางจะตอบกลับมาที่สายเส้นที่ 2 ของสายตอบรับ หลังจากรับข้อมูลได้เรียบร้อย จากรูปที่ 2.5 แสดงถึงสายทั้งสองที่ใช้ตอบรับกันในแต่ละพอร์ท เส้นหนึ่งจะเป็นสายเอาท์พุทและอีกเส้นเป็นสายอินพุท การอ้างถึงสายเหล่านี้

มักนิยมใช้สัญญลักษณ์ แต่สัญญลักษณ์ที่ใช้จะต้องเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่ว ๆ ไป และจะต้องแตกต่างกันเสมอสามารถแยกเรียกได้ในแต่ละหน่วยการติดต่อ เพราะว่าสัญญลักษณ์ต่าง ๆ จะใช้สำหรับการออกแบบสาย ธรรมดามักไม่ใช้สัญญลักษณ์เพียงตัวเดียวเพื่อบอก โดยมากมักใช้ 2 สาย เพื่อการโต้ตอบ ถือเป็นอินพุทและเอาท์พุทที่จะถามตอบกัน สายตอบรับจะต่อเข้ากับบิทต่าง ๆ ในพอร์ทสำหรับควบคุมของอินเทอร์เฟส ซึ่งเราเรียกบิทเหล่านี้ว่า แฟลก (Flag) ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถอ่านแฟลกต่าง ๆ เข้าไปในระบบ เพื่อทำการตรวจสอบสถานะของการส่งถ่ายข้อมูล แฟลกบิทต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงหรือถูกลบ (Clear) อย่างอัตโนมัติ หลังจากอ่านข้อมูลเข้ามา หรือส่งข้อมูลออกไปที่พอร์ทข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

ขั้นตอนอย่างละเอียดในการทำงานของวิธีตอบรับสำหรับการติดต่อของวงจรอินเทอร์เฟสแต่ละตัว มักกำหนดไว้เป็นตารางเวลา (Timing diagram) แล้วแต่ว่าจะผลิตใช้งานกับแบบหรือวิธีใด แต่ทางที่ดีควรทำไว้ให้สามารถขยายได้ โดยออกแบบไว้เพื่อใช้กับวิธีทั่ว ๆ ไป ไม่ขึ้นกับข้อกำหนดของวิธีใดวิธีหนึ่ง ไอโอพอร์ทซึ่งใช้ในการส่งถ่ายด้วยวิธีตอบรับ ส่วนใหญ่มักทำได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท

ในการทำเอาท์พุท ไมโครโปรเซสเซอร์จะส่งค่า 1 ไบท์ ไปยังพอร์ทข้อมูลของอินเทอร์เฟส และอินเทอร์เฟสก็จะส่งสัญญาณไปบนสายเอาท์พุทของสายตอบรับ เพื่อบอกไปยังอุปกรณ์ภายนอกว่าได้ส่งข้อมูลที่ใช้ได้ลงในไอโอบัสเรียบร้อยแล้ว เมื่ออุปกรณ์ภายนอกรับข้อมูลจากไอโอบัสเสร็จ ก็จะส่งสัญญาณบอกกลับมาทางสายอินพุทของสายตอบรับ ซึ่งจะเป็นการเซ็ทแฟลกในรีจิสเตอร์ของพอร์ทควบคุมนั่นเอง ไมโครโปรเซสเซอร์จะวนอ่านแฟลกในรีจิสเตอร์เพื่อตรวจสอบว่าการส่งถ่ายข้อมูลเรียบร้อยหรือยัง ถ้าเรียบร้อยแล้วก็จะส่งไบท์ใหม่ลงในพอร์ทข้อมูลของอินเทอร์เฟสใหม่ การส่งข้อมูลใหม่ลงในพอร์ทข้อมูล เท่ากับเป็นการลบแฟลกบิทต่าง ๆ อย่างอัตโนมัติ และการทำงานต่อไปก็จะเหมือนกับที่ได้อธิบายมาในตอนต้นตามลำดับ

ในการทำอินพุท อุปกรณ์ภายนอกจะให้ค่า 1 ไบท์ลงในไอโอบัส และจะบอกกับอินเทอร์เฟสโดยการส่งสัญญาณไปทางสายอินพุทของสายตอบรับ จากนั้นอินเทอร์เฟสก็จะถ่ายข้อมูลจากไอโอบัสเข้าในพอร์ทข้อมูล และเซ็ทแฟลกบิทในรีจิสเตอร์ของพอร์ทควบคุม ไมโครโปรเซสเซอร์จะวนอ่านแฟลกบิทในรีจิสเตอร์เช่นเดียวกันกับการทำเอาท์พุท เพื่อต้องการทราบว่า

ข้อมูลต่าง ๆ ได้ส่งถ่ายมาพร้อมหรือยัง ถ้าแฟลกบิทถูกเซ็ทไว้ก็แสดงว่าพร้อมแล้ว ไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะอ่านค่าไบท์นั้นจากพอร์ทข้อมูลเข้ามาเป็นอินพุท และรีเซ็ทแฟลกบิทต่าง ๆทันทีโดยอัตโนมัติ แล้วจะบอกกลับไปยังอุปกรณ์ภายนอกผ่านสายเอาท์พุทของสายตอบรับ ว่าให้ติดต่อกับไอโอบัสได้ใหม่เพราะข้อมูลที่ส่งมารับไว้เรียบร้อยแล้ว นั่นคืออุปกรณ์ภายนอกได้รับการบอกจากอินเทอร์เฟสว่าพร้อม (Ready) หรือเสร็จธุระแล้ว อุปกรณ์ภายนอกสามารถที่จะส่งไบท์ต่อไปเข้ามาได้ ซึ่งการทำงานต่อไปก็จะเป็นเช่นเดียวกับในตอนต้น

ในวิธีการส่งแบบตอบรับ ไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องอ่านค่าจากรีจิสเตอร์สำหรับควบคุมพอร์ท เพื่อตรวจสอบสถานะของแฟลกบิทอยู่ตลอดเวลา ถ้ามีจำนวนพอร์ทหลาย ๆ พอร์ทต่ออยู่กับไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะต้องวน (Poll) ตรวจสอบไปเรื่อยเพื่อหาว่าพอร์ทใดต้องการจะส่งถ่ายข้อมูล ในการที่ไมโครโปรเซสเซอร์ต้องวนตรวจสอบไปยังพอร์ทแต่ละตัวนี้ จะทำให้เสียเวลาของซีพียูไปมากสามารถที่จะหลีกเลี่ยงวิธีนี้ได้โดย ให้อินเทอร์เฟสทำงานในวิธีการของการอินเทอร์รัพท์ สายสัญญาณอินเทอร์รัพท์ เป็นสัญญาณเอาท์พุทแสดงไว้ในรูปที่ 2.5 จะส่งสัญญาณออกไปเมื่อต้องการอินเทอร์รัพท์ไมโครโปรเซสเซอร์ ส่วนมากในแต่ละหน่วยการติดต่อจะแยกสายอินเทอร์รัพท์ของแต่ละพอร์ทไว้เป็นอิสระ ทุกครั้งที่พอร์ทใดต้องการจะส่งถ่ายข้อมูลก็จะส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์บอกไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ ไมโครโปรเซสเซอร์จะตอบสนองสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากพอร์ทที่ต้องการจะติดต่อข้อมูลทันที โดยการกระโดดไปทำงานในส่วนของอินเทอร์รัพท์รูทีนแล้วทำงานตามคำสั่งในรูทีนนั้นจนเสร็จ เมื่อเสร็จงานในอินเทอร์รัพท์รูทีนก็จะกลับมาทำงานที่โปรแกรมหลัก ณ. จุดที่กระโดดไป (1)

2.2.2 อินเทอร์เฟสแบบอนุกรม (Serial Interface)

อุปกรณ์ไอโอมีทั้งชนิดที่ใช้การส่งถ่ายข้อมูลไบนารี่แบบขนาน และชนิดส่งถ่ายข้อมูลไบนารี่แบบต่อเนื่องหรืออนุกรม ในแบบขนานข้อมูลแต่ละบิท จะถูกแยกออกไว้ในแต่ละสายสามารถส่งทุกบิทไปพร้อมกัน อุปกรณ์ที่ใช้การส่งแบบขนานโดยมากเป็นแบบ 8 บิทต่อคำ (Word) คือบัสข้อมูลมี 8 บิทหรือ 8 สาย และยังสามารถที่จะส่งคำซึ่งเป็น 16 บิทได้โดยการส่ง 2 ครั้งในบัสข้อมูลที่เป็นแบบ 8 บิท ในการส่งแบบอนุกรมบิทต่าง ๆในแต่ละคำหรือไบท์จะส่งไปแบบต่อเนื่องในสายส่งเส้นเดียวกัน โดยส่ง 1 บิทต่อหนึ่งช่วงเวลา การส่งแบบขนานถึงแม้จะรวดเร็วกว่า

แต่ก็สิ้นเปลืองสายมาก จึงมักใช้สำหรับการติดต่อระยะใกล้และที่ต้องการความรวดเร็วเป็นสำคัญ การส่งแบบอนุกรมถึงจะช้ากว่าแต่ก็สิ้นเปลืองน้อย เนื่องจากมันต้องการสายส่งเพียงหนึ่งคู่สายเท่านั้น ข้อมูลแบบไบนารี่จากเทอร์มินอลที่อยู่ไกลจะถูกส่งผ่านสายส่ง สายโทรศัพท์ หรือตัวกลางการติดต่อ (Communication Media) แบบอนุกรมอื่น ๆ ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้การติดต่อแบบอนุกรม คือ โทรพิมพ์ (Teletypewriter) ซีอาร์ทีเทอร์มินอล (CRT Terminal) และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์อื่น ๆ ที่ใช้ในการติดต่อระยะไกล (Remote computing devices)

ข้อมูลไบนารี่แบบอนุกรมที่ส่งและรับระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับซีพียูนั้น เป็นส่วนประกอบของรหัสแบบไบนารี่ที่ใช้แทนอักขระ (Character) แต่ละตัว โดยอักขระเหล่านั้นอาจแสดงถึงอักขระจำพวกแอลฟานิวเมอริค (Alphanumeric character) หรือเป็นอักขระสำหรับควบคุม (Control character) อักขระพวกแอลฟานิวเมอริคได้แก่ ตัวอักษร สระ ตัวเลข ตลอดจนสัญญลักษณ์พิเศษต่าง ๆ เช่นเครื่องหมาย บวก ลบ คูณ วงเล็บ และจุด ส่วนอักขระสำหรับควบคุมใช้สำหรับวางรูปแบบการพิมพ์และควบคุมการรับส่ง จำนวนบิทที่ใช้สำหรับการส่งอักขระแต่ละตัว สามารถกำหนดได้หลายขนาด โดยอาจกำหนดให้เป็น 5 6 7 หรือ 8 บิท ต่ออักขระหนึ่งตัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเทอร์มินอลที่ใช้

จากรูปที่ 2.6 เป็นแผนภูมิแสดงส่วนต่าง ๆ ของอินเทอร์เฟสแบบอนุกรม ทำหน้าที่ทั้งการส่งและรับ และยังสามารถโปรแกรมแบบและวิธีส่งรับได้ ในช่วงเริ่มต้นอินเทอร์เฟสจะมีการกำหนดแบบและวิธีการส่งไว้ก่อน โดยการส่งค่า 1 ไบท์เข้าในพอร์ทหรือรีจิสเตอร์สำหรับควบคุม รีจิสเตอร์ที่ตัวส่งจะรับข้อมูล 1 ไบท์ จากไมโครโปรเซสเซอร์ ผ่านทางบัสข้อมูลเข้ามา ไบท์นี้จะถูกส่งถ่ายเข้าในชีฟท์รีจิสเตอร์ (Shift register) เพื่อจะส่งถ่ายข้อมูลออกไปเป็นแบบต่อเนื่อง ส่วนด้านรับจะรับข้อมูลแบบต่อเนื่องเข้ามาในชีฟท์รีจิสเตอร์อีกตัว และเมื่อรับข้อมูลเข้ามาครบ 1 ไบท์ ก็จะส่งถ่ายข้อมูลเข้าในบัฟเฟอร์รีจิสเตอร์ของตัวรับ ไมโครโปรเซสเซอร์จะอ่านค่า 1 ไบท์จากรีจิสเตอร์ของตัวรับเข้าในบัสข้อมูล บิทต่าง ๆ ในสเตตัสรีจิสเตอร์ เป็นแฟลกแสดงสถานะของอินพุทและเอาท์พุทพอร์ท และแสดงถึงเออร์เรอร์ (Errors) ต่าง ๆ ที่อาจเกิดในการรับส่ง โดยจะทำการตรวจสอบตลอดช่วงเวลาของการรับส่ง ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถอ่านค่าจากสเตตัสรีจิสเตอร์มาตรวจสอบ เมื่อต้องการดูสถานะของพอร์ทและหาสิ่งผิดพลาด

002123

ที่อาจเกิดขึ้น

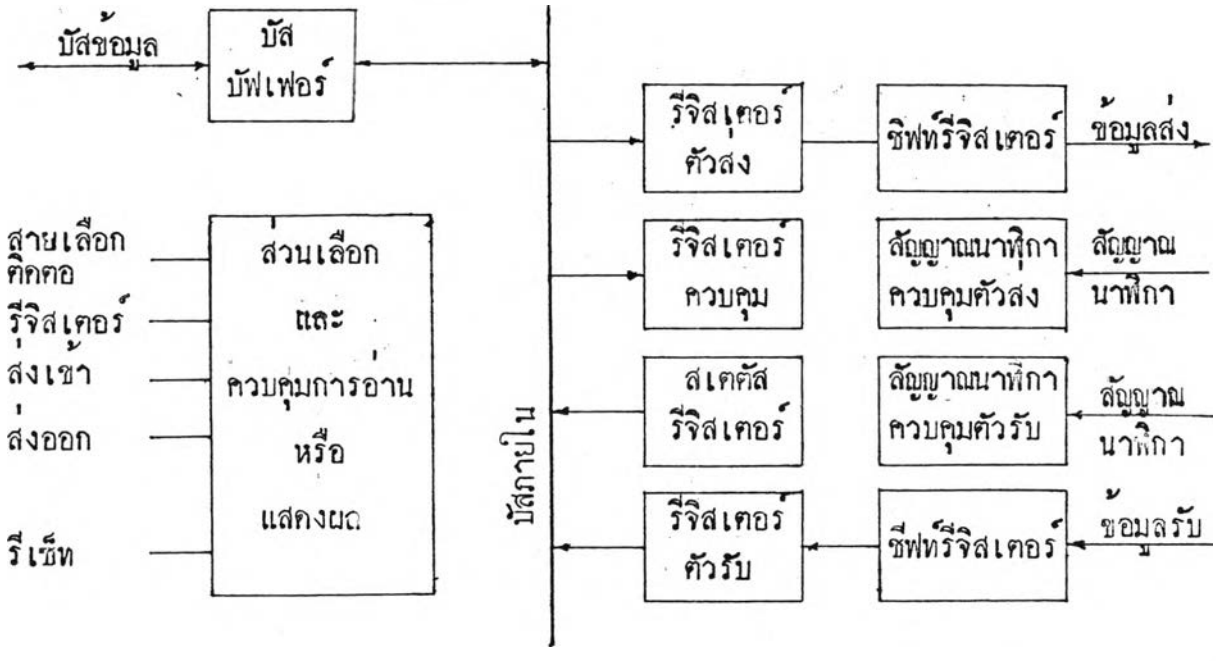
สายควบคุมการเลือกติดต่อ และสายควบคุมการส่งเข้า ส่งออก ของอินเทอร์เฟส ซึ่งติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานต่าง ๆ มีสายควบคุมการเลือกติดต่อของอินเทอร์เฟสเป็นสายอินพุทต่อมาจากไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อส่งสัญญาณบอกให้อินเทอร์เฟสตัวนั้นทำงาน คือเมื่อได้รับสัญญาณเรียก อินเทอร์เฟสตัวนั้นจะถูกเลือกให้ติดต่อเข้ากับไมโครโปรเซสเซอร์ ส่วนสายเลือก รีจิสเตอร์ จะทำงานร่วมกับสายควบคุม ส่งเข้า และสายควบคุม ส่งออก หรือแสดงผล จากรูปที่ 2.6 จะเห็นว่ามีรีจิสเตอร์ 2 ตัวใช้ส่งข้อมูลระหว่างการทำเอาท์พุท หรือแสดงผล และมีรีจิสเตอร์อีก 2 ตัวเพื่อรับข้อมูลระหว่างการทำอินพุทหรือการอ่าน โดยมีสายเลือก รีจิสเตอร์ จะทำหน้าที่เลือกรีจิสเตอร์ที่จะทำ อินพุท หรือเอาท์พุท

ด้านส่งและรับต้องมีสัญญาณนาฬิกา (Clock) เป็นตัวกำหนดอัตราความเร็วของการรับส่งข้อมูล สายส่งข้อมูลจะต่อไปยังตัวรับที่อยู่ไกล (Remote receiver) และสายรับข้อมูลจะต่อเข้ากับตัวส่งที่อยู่ไกล (Remote Transmitter) ถ้ามีการต่อสัญญาณนาฬิกาไปยังเทอร์มินอลที่อยู่ไกลเพื่อใช้ร่วมกัน เราเรียกการส่งแบบนี้ว่า ซิงโครนัส ถ้าไม่ได้ใช้สัญญาณนาฬิการ่วมกับเทอร์มินอลที่อยู่ไกล จะเรียกการส่งแบบนี้ว่า อะซิงโครนัส

ในการส่งแบบซิงโครนัส ตัวส่งและรับของไมโครโปรเซสเซอร์และเทอร์มินอลจะใช้สัญญาณนาฬิการ่วมกัน บิทต่าง ๆ ที่ออกจากตัวส่งจะมีช่วงของเวลาเท่ากัน โดยช่วงเวลาของแต่ละบิทจะขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้อยู่ ตัวรับจะใช้สัญญาณนาฬิกามาจากตัวส่งโดยจะรับบิทต่าง ๆ ตามอัตราของสัญญาณนาฬิกาเช่นเดียวกัน ในการส่งแบบอะซิงโครนัส ด้านส่งและรับไม่ได้ใช้สัญญาณนาฬิการ่วมกันแต่ละด้านจะใช้ความถี่ซึ่งสร้างขึ้นเอง อัตราความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเทอร์มินอลที่ติดต่ออยู่ เทอร์มินอลต่าง ๆ จะมีความสามารถในการรับและส่งในอัตราความเร็วที่แตกต่างกันไป จึงต้องดูจากข้อกำหนดของเทอร์มินอลแต่ละตัว

สิ่งที่ต้องคำนึงในการส่งแบบอนุกรมคือ จำนวนบิทของอักขระที่จะส่งต่อเนื่องกันออกไป ด้านส่งและด้านรับสามารถโปรแกรมขนาดของบิทที่จะรับส่งของอักขระแต่ละตัวไว้ เพื่อรับรู้ซึ่งกันและกัน ปัญหาอีกอย่างหนึ่งก็คือ ทำอย่างไรจึงจะรู้ว่าบิทใดเป็นบิทเริ่มต้นของอักขระ ปกติก็ใช้วิธีนับจำนวนบิท จำนวนของบิทในอักขระแต่ละตัวนั้นจะเป็นเท่าไรก็ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์และ

วิธีการส่งถ่ายข้อมูลที่ใช้ว่าเป็นแบบใด



สายเลือก ดิดดอ	รีจิสเตอร์	การทำงาน	รีจิสเตอร์ที่ถูกเลือก
0	X	X	อินเทอร์เฟสไม่ถูกเลือก
1	0	ส่งออก	รีจิสเตอร์ตัวส่ง
1	1	ส่งออก	รีจิสเตอร์ควบคุม
1	0	ส่งเข้า	รีจิสเตอร์ตัวรับ
1	1	ส่งเข้า	สเตตัสรีจิสเตอร์

รูปที่ 2.6 แผนภูมิของอินเทอร์เฟสแบบอนุกรม

อีกอย่างหนึ่งในการส่งแบบ ซิงโครนัส ที่ควรทราบคือ มันจะมีอักขระสำหรับควบคุมการติดต่อ เรียกว่า อักขระสำหรับซิงค์ (Sync character) ซึ่งถูกเลือกให้เป็นตัวซิงโครไนซ์ระหว่างตัวส่งและตัวรับ สำหรับตัวอย่างนี้เป็นรหัสแบบ 7 บิทข้อมูล (รหัสแบบ ASCII) มี ออด-พาริตี้ (odd-parity) อยู่ที่บิทสูงสุด อักขระสำหรับซิงค์กำหนดไว้เป็นรหัสไบนารี่ 8 บิทดังนี้คือ 00010110 เมื่อตัวส่งจะเริ่มส่งอักขระต่าง ๆ ออกไปมันจะส่งอักขระสำหรับซิงค์ออกไปก่อนเป็นอันดับแรก แล้วจึงส่งข้อความอื่น ๆ ตามออกไป ช่วงเริ่มแรกบิทต่าง ๆ ที่ส่งมาเป็นแถวต่อเนื่อง จะถูกรับโดยตัวรับเพื่อตรวจหาอักขระสำหรับซิงค์ก่อน กล่าวได้อีกนัยหนึ่งคือในแต่ละสัญญาณนาฬิกาตัวรับจะตรวจสอบ 8 บิทสุดท้ายที่ได้รับถ้าบิทต่าง ๆ ไม่ใช่อักขระสำหรับซิงค์ ตัวรับก็จะรับบิทเข้ามาอีก 1 บิท และตัดบิทสูงสุดที่ผ่านมาออก แล้วตรวจสอบ 8 บิทชุดต่อไปอีกเพื่อหาอักขระซิงค์ โดยจะทำแบบนี้ซ้ำไปเรื่อย ๆ ทุกสัญญาณนาฬิกาและทุกบิทที่เข้ามา จนกระทั่งพบอักขระสำหรับซิงค์ เมื่อพบอักขระสำหรับซิงค์แล้วตัวรับจะกำหนดขอบเขตของอักขระข้อมูลต่าง ๆ ตั้งแต่ช่วงนี้เป็นต้นไป โดยตัวรับจะนับทุก 8 บิทที่รับเข้ามาเป็น 1 อักขระ ปกติแล้วตัวรับจะตรวจสอบอักขระสำหรับซิงค์ถึง 2 ตัว เพื่อจะได้ตัดปัญหาเกี่ยวกับข้อสงสัยว่าอักขระสำหรับซิงค์นั้นอาจเป็นสัญญาณรบกวนบนสาย เมื่อตัวส่งว่างหรือไม่มีข้อมูลใดที่จะส่งไปแล้ว มันจะส่งแถวของอักขระบอกเลิกต่อเนื่องออกไป เมื่อตัวรับพบอักขระสำหรับซิงค์เหล่านั้น ก็คือเป็นการเข้าสู่สถานะของสายว่างในช่วงนี้ 2 หน่วยที่ติดต่อกันจะไม่มีการส่งข้อมูลจะเริ่มต้นของการส่งถ่ายข้อมูลกันใหม่เมื่อตัวส่งส่งอักขระสำหรับซิงค์ออกไปใหม่ และตัวรับตรวจพบ(1)

ตัวอย่างการติดต่อข้อมูลอนุกรมซิงโครนัส โดยใช้วิธีควบคุมติดต่อแบบไบนารี่ซิงค์ หรือ BSC (Binary Synchronous Communications) วิธีนี้จะใช้อักขระซิงค์ 2 ตัว เพื่อบอกฮาร์ดแวร์ของอินเทอร์เฟสว่าอักขระที่ตามมาคือข้อความที่โต้ตอบกันหรือเป็นข้อมูลที่ส่งมา ในการส่งแบบซิงโครนัสนี้จะต้องมีฮาร์ดแวร์พิเศษเพิ่มจากเดิม เพื่อตรวจหาอักขระซิงค์โดยเฉพาะ เมื่อตรวจพบอักขระซิงค์อินเทอร์เฟสจะแสดงว่าพบทางสเตตัสรีจิสเตอร์ ส่วนควบคุมหรือไมโคร

โปรเซสเซอร์ก็จะสามารถตรวจรับข้อความหรือข้อมูลตั้งแต่ช่วงนี้เป็นต้นไป จนกว่าจะสิ้นสุดกลุ่มข้อความ

ในการโต้ตอบหรือไต่ถามขณะทำการติดต่อ จะมีการบอกสถานะการติดต่อหรือบอกจุดเริ่มหรือสิ้นสุดข้อความ โดยใช้อักขระควบคุมเหล่านี้ คือ

SOH (Start of Heading) ใช้สำหรับเริ่มต้นข้อความนำของข้อความที่ส่ง

STX (Start of Text) ใช้สำหรับบอกจบข้อความนำและบอกเริ่มของข้อความที่ส่ง

ETX (End of Text) ใช้สำหรับบอกสิ้นสุดข้อความที่ตามหลัง

EOT (End of Transmission) ใช้สำหรับบอกสิ้นสุดการส่ง

ENQ (Enquiry) เป็นตัวไต่ถามเพื่อติดต่อไปยังอุปกรณ์ที่เชื่อมโยง

ACK (Acknowledge) ใช้สำหรับยืนยันการรับจากตัวรับไปตัวส่ง

NCK (Negative Acknowledge) ใช้สำหรับบอกปฏิเสธการรับ จากตัวรับไปตัวส่ง

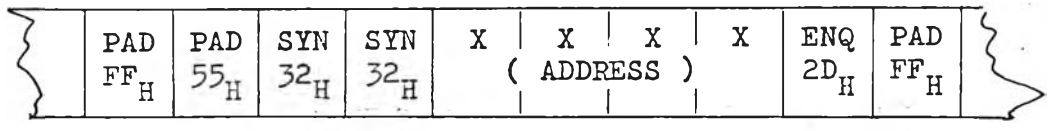
SYN (Synchronous) ใช้สำหรับการติดต่อแบบ ซิงโครนัส

ETB (End of Transmission Block) ใช้สำหรับบอกสิ้นสุดการส่งข้อความแบบบล็อค

DLE (Data Link Escape) ใช้สำหรับเป็นอักขระควบคุมเพิ่มจากเดิมเมื่อมี DLE และตามด้วยอักขระอื่น

การติดต่อแบบไบนารี่ซิงค์ ใช้วิธีติดต่อแบบฮาล์ฟดูเพล็ก โดยสามารถออกแบบสายติดต่อเป็นแบบ จุดต่อจุด (point-to-point) หรือ หลายจุดต่อ (multipoint) ในแบบหลายจุดต่อ การติดต่อทำโดยเรียกจากส่วนกลาง หรือซีพียู ไปยังอุปกรณ์ เป็นแบบโพล (poll) รับข้อมูล หรือเป็นแบบเลือก (select) ส่งข้อมูล การไต่ถามไปจะต้องส่งแถวข้อความซึ่งมีแอดเดรสกำกับการเลือกอุปกรณ์อยู่ด้วย รหัสแอดเดรสที่ส่งไปจะแบ่งเป็นแบบ

โพลและแบบเลือก ตัวอย่างการส่งแถวข้อความไคถาม แสดงไว้ในรูปที่ หลังจากบอกสิ้นสุดการส่ง EOT แล้ว ซีพียูจะส่งอักขระแพ็ค (PAD Characters) แสดงสถานะสายว่างเป็นไบนารี่ลอจิก 11111111 เมื่อต้องการส่งข้อความไคถามจะเริ่มด้วยแพ็ค 01010101 หนึ่งไบท์แล้วตามด้วยอักขระซิงค์ (SYN) 2 ตัว ตามด้วยแอดเดรส 4 ไบท์ซึ่งบอกลักษณะการเรียกและรหัสอุปกรณ์ จบด้วยอักขระไคถาม (ENQ) และอักขระแพ็ค (FF_H) 1 ไบท์



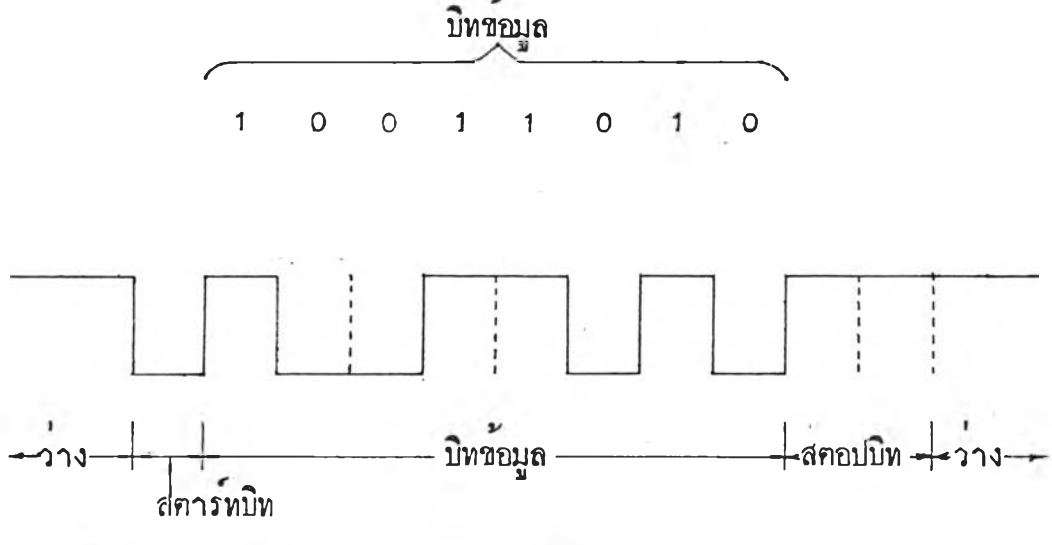
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการส่งแถวข้อความของไบนารี่ซิงค์

หลังจากนี้อุปกรณ์ที่เรียกจะคอยรับการตอบกลับของอุปกรณ์ที่ถูกเรียก การโต้ตอบของการสื่อสารแบบไบนารี่ซิงค์ ทั้งแบบหลายจุดต่อ และแบบจุดต่อจุด แสดงไว้ในภาคผนวก ก.[2]

สรุป มาตรฐานต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในอินเทอร์เฟสแบบอนุกรมที่ใช้วิธีการติดต่อแบบซิงโครนัส ตัวส่งจะต้องส่งอักขระสำหรับซิงค์ออกไปก่อนเป็นอันดับแรกของการส่ง และในขณะที่ไม่มีอักขระหรือข้อความจากไมโครโปรเซสเซอร์หรืออุปกรณ์ภายนอกที่จะส่งแล้ว ก็จะส่งอักขระบอกว่างตามออกไป ส่วนตัวรับก็จะตรวจหาอักขระสำหรับซิงค์ก่อนเป็นอันดับแรก เมื่อพบแล้วก็จะรับบิทต่อไปสำหรับเป็นข้อมูล โดยนับทุก 8 บิทที่เข้ามาเป็นอักขระหนึ่งตัว

ในการส่งแบบ อะซิงโครนัส จะต้องเพิ่มจำนวนบิทของการส่งอักขระแต่ละตัวอย่างน้อยอีก 2 บิท บิทที่เพิ่มเข้าไปเรียกว่าสตาร์ทบิท (Start bit) และสตอปบิท (Stop bit) ตัวอย่าง รหัสที่ใช้กับโทรพิมพ์เป็นแบบ 8 บิทต่ออักขระ 1 ตัว แต่เวลาส่งจะส่ง 11 บิท

ต่ออักขระหนึ่งตัว บิทแรกจะเป็นสตาร์ทบิท ส่วน 8 บิทต่อไปเป็นรหัสของอักขระตัวนั้น และ 2 บิทสุดท้ายเป็น สตอปบิท โดยทั่วไปเมื่อเทอร์มินอลไม่มีข้อมูลหรืออักขระที่จะส่ง สัญญาณที่ออกมาจากสายส่งจะคงสถานะไว้ที่ลอจิก "1" และเมื่อสัญญาณเปลี่ยนเป็นลอจิก "0" แสดงถึง สตาร์ทบิท เพื่อบอกให้รู้ว่าจะเริ่มส่งอักขระตัวใหม่ ตัวรับสามารถรับรู้ว่าเป็นบิทเริ่มต้นเมื่อสัญญาณในสายส่งเริ่มเปลี่ยนสถานะจากลอจิก "1" เป็นลอจิก "0" ความถี่สัญญาณนาฬิกาในตัวรับจะบอกให้รู้ถึงอัตราการส่งถ่ายว่ามีอัตราการส่งถ่ายต่อบิทต่ออักขระเป็นเท่าไร หลังจาก 8 บิท ที่เป็นรหัสของอักขระเข้ามาแล้วตัวรับต้องคอย สตอปบิทอีก 2 ตัวก่อน ก่อนที่สายส่งจะคงสถานะของสัญญาณเป็นลอจิก "1" หรือส่งอักขระตัวใหม่มา คือช่วงเวลาที่สายส่งคงสภาพสัญญาณที่ลอจิก "1" เช่นนี้จะเป็นไปจนเริ่มส่งอักขระตัวใหม่ ในเครื่องโทรพิมพ์นั้นต้องการสตอปบิท 2 บิทก่อนเริ่มส่งอักขระตัวใหม่ ส่วนเทอร์มินอลอื่น ๆ อาจใช้สตอปบิท เพียงบิทเดียวหรือบิทครึ่งเป็นช่วงเวลาหยุดส่ง รูปที่ 2.8 แสดงถึงอักขระแบบ 11 บิท ซึ่งใช้กับโทรพิมพ์ หลังจากมี 2 สตอปบิทผ่านไปแล้ว สายส่งจะเปลี่ยนสถานะของสัญญาณเป็นลอจิก "0" ซึ่งแสดงถึง สตาร์ทบิท ของอักขระตัวใหม่ ตามด้วย 8 บิทข้อมูลและจบลงด้วย 2 สตอปบิทเช่นเดิม สายส่งจะคงสถานะของสัญญาณอยู่ที่ลอจิก "1" ตลอดถ้าไม่มีข้อมูลอื่นที่จะส่งต่อ



รูปที่ 2.8 การส่งสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสของอักขระ 1 ตัว

สรุป มาตรฐานการส่งแบบ อะซิงโครนัสนี้ จะเพิ่มบิทเข้าในแต่ละอักขระที่จะส่งอีกคือ สตาร์ทบิทและสตอปบิทเมื่อตัวรับพบสตาร์ทบิท บิทข้อมูล จนถึงสตอปบิทจะถือเป็น 1 ช่วงของการส่งอักขระ 1 ตัว การส่งถ่ายข้อมูลตัวรับและส่งจะคิดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์โดยตรง

สำหรับวงจรอินเทอร์เฟสแบบอนุกรม อาจเป็นวงจรที่ใช้สำหรับส่งด้วยวิธี อะซิงโครนัส หรือ ซิงโครนัส โดยเฉพาะ หรืออาจออกแบบไว้ให้สามารถเลือกวิธีส่งอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้[1]