

บทที่ 9

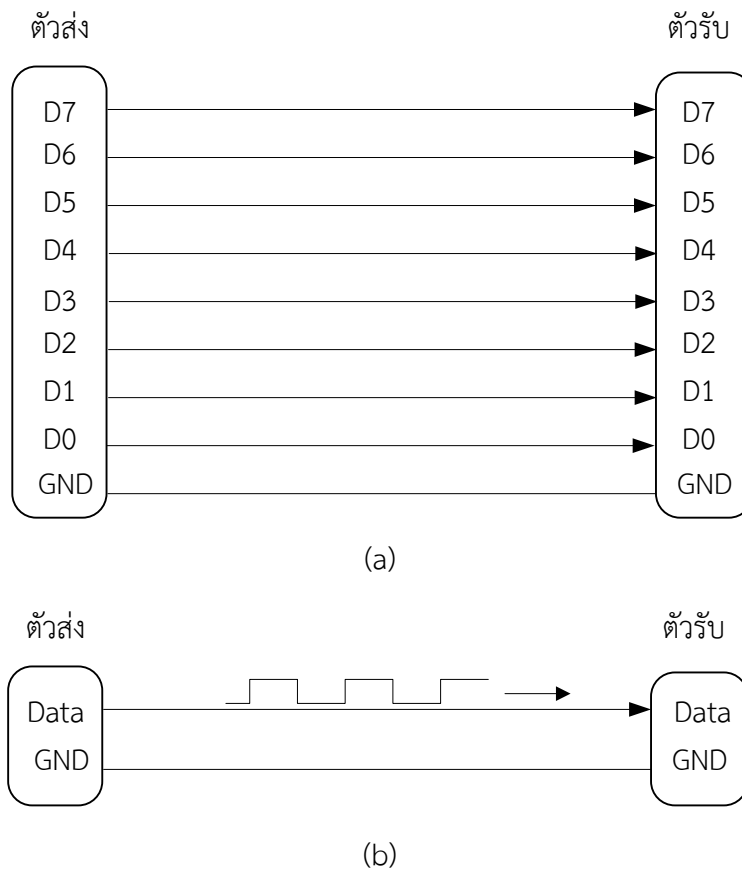
การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

9.1 บทนำ

การสื่อสารข้อมูลถือได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งการควบคุมระบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยกันเอง หรือเป็นการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ การสื่อสารข้อมูลที่มีลักษณะโดดเด่นของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 คือการสื่อสารข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม ซึ่งอาจจะเรียกว่า UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter) หรือ RS-232 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทั่วไปได้จัดให้มีวงจรการสื่อสารข้อมูลอยู่ในเหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์/ไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นในการใช้งานจึงไม่มีความยุ่งยากเกี่ยวกับการออกแบบวงจร เพียงแต่เข้าใจโครงสร้างของเรจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมและเขียนโปรแกรมควบคุมรูปแบบการทำงานให้ถูกต้อง ก็สามารถนำการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมมาประยุกต์ใช้งานได้

9.2 พื้นฐานการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

โดยทั่วไปการรับส่งข้อมูลของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งประเภทการรับส่งข้อมูลได้ 2 แบบ ได้แก่ การรับส่งข้อมูลแบบขนานและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งการรับส่งข้อมูลแบบขนานจะเป็นการรับส่งข้อมูลออกไปที่พอร์ตในเวลาเดียวกัน ส่วนการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนั้น คือกระบวนการถ่ายทอดข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ตัวรับและตัวส่งครั้งละ 1 บิต เรียงกันเป็นลำดับไปเรื่อยๆ จากตั้งแต่บิตเริ่มต้นจนบิตสุดท้าย การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนั้นมีรูปแบบที่แตกต่างจากการสื่อสารข้อมูลแบบขนานอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการสื่อสารข้อมูลแบบขนานจะมีการถ่ายทอดข้อมูลพร้อมกันทั้ง 8 บิต หรือมากกว่าขึ้นกับจำนวนสายข้อมูล ข้อดีของการส่งข้อมูลแบบขนานคือสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว แต่ต้องใช้สายสัญญาณจำนวนมาก ในขณะที่การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนั้นต้องการสายสัญญาณเพียง 2 หรือ 3 เส้นเท่านั้น ดังนั้นจึงทำให้เป็นที่นิยมใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีระยะทางไกลๆ เนื่องจากจะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการสื่อสารข้อมูลแบบขนาน นอกจากนี้แล้วในแง่ของการออกแบบวงจรก็ยังสามารถทำให้ขนาดของวงจรมีขนาดเล็กลงอีก ทั้งเป็นการลดจำนวนการใช้พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย ตัวอย่างการรับส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรมแสดงได้ดังภาพที่ 9.1 (a) และ 9.1 (b) ตามลำดับ



ภาพที่ 9.1 รูปแบบการรับส่งข้อมูล (a) แบบขนาน (b) แบบอนุกรม

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

9.3 การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

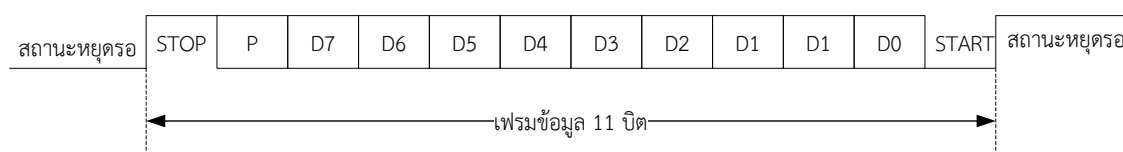
การสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัสเป็นการสื่อสารข้อมูลที่ไม่ใช้สัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูลในแต่ละบิต แต่อาศัยการกำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลในแต่ละบิตของอุปกรณ์ตัวส่งและอุปกรณ์ตัวรับให้มีค่าเท่ากัน อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลนี้เรียกว่า อัตราบอด (Baud rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps) ซึ่งอัตราความเร็วที่นิยมใช้ เช่น 1,200 2,400 4,800 9,600 และ 19,200 bps โดยข้อมูลในการส่งแต่ละเฟรมแสดงดังภาพที่ 9.2 ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

1. บิตเริ่มต้น (Start bit) มีขนาด 1 บิต เป็นระดับลอจิก 0 บิตเริ่มต้นจะถูกส่งออกจากตัวส่งไปบนสายสัญญาณเป็นอันดับแรก เพื่อให้ตัวรับรับรู้ว่าข้อมูลกำลังจะถูกส่งผ่านเข้ามา

2. บิตข้อมูล (Data bit) มีขนาด 8 บิต เป็นระดับลอจิก 0 หรือลอจิก 1 บิตข้อมูลจะถูกส่งออกจากอุปกรณ์ตัวส่งไปบนสายสัญญาณต่อบิตเริ่มต้นจะถูกส่งออกไปอย่างต่อเนื่องกัน โดยเริ่มส่งจากบิตด้านต่ำหรือบิต 0

3. บิตพาริตี (Parity bit) มีขนาด 1 บิต บิตพาริตีจะมีระดับลอจิก 0 และลอจิก 1 ขึ้นอยู่กับจำนวนของลอจิก 1 ในบิตข้อมูลทั้ง 8 ว่ามีจำนวนเป็นคู่หรือเป็นคี่ วิธีการตรวจสอบพาริตีสามารถทำได้ 2 ลักษณะคือพาริตีคู่ (Even parity) และพาริตีคี่ (Odd parity) ยกตัวอย่างเช่น การสื่อสารข้อมูลในระบบหนึ่งมีการตกลงกันว่าจะใช้การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแบบพาริตีคู่ ถ้าหากจำนวนของลอจิก 1 ในข้อมูลทั้ง 8 บิต มีจำนวนเป็นคู่ จะทำให้พาริตีนี้เป็นลอจิก 0 แต่ถ้าในข้อมูลทั้ง 8 บิต มีจำนวนเป็นคี่ จะทำให้พาริตีนี้เป็นลอจิก 1 นั่นคือการทำให้พาริตีเป็นลอจิก 0 หรือลอจิก 1 เพื่อให้ผลรวมของลอจิก 1 ในบิตข้อมูลทั้ง 8 บิต และลอจิกที่พาริตีรวมกันเป็นจำนวนคี่นั่นเอง บิตพาริตีจะถูกส่งออกจากอุปกรณ์ตัวส่งไปบนสายสัญญาณหลังจากบิตข้อมูลตัวสุดท้าย

4. บิตปิดท้าย (stop bit) มีขนาด 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิตก็ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ออกแบบระบบบิตปิดท้ายเป็นระดับลอจิก 1 จะถูกส่งออกจากอุปกรณ์ตัวส่งไปบนสายสัญญาณหลังจากเพื่อให้สายสัญญาณอยู่ในสภาวะรอหรือสภาวะสายสัญญาณว่าง และพร้อมที่จะเริ่มกระบวนการถ่ายทอดข้อมูลชุดต่อไป



ภาพที่ 9.2 ลำดับการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

9.4 เรจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรม

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 โดยทั่วไป ได้จัดให้มีวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมที่มีการสื่อสารสองทางเต็มอัตรา (Full duplex) ซึ่งการสื่อสารข้อมูลดังกล่าวมีความสามารถในการรับและส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้หรือการสื่อสารข้อมูลแบบ 2 ทิศทางได้ในเวลาเดียวกันนั่นเอง การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จะใช้พอร์ต P3 เป็นช่องทางในการสื่อสารข้อมูล โดยใช้พอร์ต P3.0 เป็นช่องทางในการรับข้อมูล (RXD) และใช้พอร์ต P3.1 เป็นช่องทางในการส่งข้อมูล (TXD) การใช้งานพอร์ตอนุกรมหรือ UART ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ก็มีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ คือต้องมีเรจิสเตอร์ ที่ทำการกำหนดรูปแบบการทำงาน และกำหนดค่าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำงาน

ในการรับและส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมจะประกอบด้วยเรจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมที่สำคัญ ดังนี้

9.4.1 เรจิสเตอร์ SBUF

เรจิสเตอร์ SBUF (Serial data buffer register) เป็นเรจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษมีแอดเดรสอยู่ที่ 99H เป็นเรจิสเตอร์ ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เป็นเรจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่ส่งออกจากสัญญาณ TxD หรือบิต P3.1 และทำหน้าที่เป็นเรจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาทางสายสัญญาณ RxD หรือบิต P3.0 โดยกำหนดเรจิสเตอร์ SBUF ให้ทำงาน 2 ตัวแยกกันอิสระทั้งด้านรับและด้านส่งข้อมูล โดยเรจิสเตอร์ SBUF ของตัวส่งถูกอ้างขณะที่ทำการเขียนข้อมูลลงไปยังเรจิสเตอร์ SBUF และเรจิสเตอร์ SBUF ของตัวรับถูกอ้างขณะที่ทำการอ่านข้อมูลจากเรจิสเตอร์ SBUF

9.4.2 เรจิสเตอร์ SCON

เรจิสเตอร์ SCON (Serial port control register) เป็นเรจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษมีแอดเดรสอยู่ที่ 98H เป็นเรจิสเตอร์ ขนาด 8 บิตที่เข้าถึงในระดับบิตได้ ทำหน้าที่ควบคุมและระบุสถานะการทำงานของพอร์ตอนุกรม รายละเอียดในบิตต่างๆ และหน้าที่การทำงาน แสดงได้ดังภาพที่ 9.3 และตารางที่ 9.1 ตามลำดับ

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

ภาพที่ 9.3 รายละเอียดบิตต่างๆ ของเรจิสเตอร์ SCON

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

ตารางที่ 9.1 การทำงานในบิตต่างๆ ของเรจิสเตอร์ SCON

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
SM0	9FH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 0
SM1	9EH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 1
SM2	9DH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 2
REN	9CH	แฟล็กยอมให้มีการรับข้อมูล
TB8	9BH	ค่าของบิตที่ 9 สำหรับการส่งข้อมูลในโหมด 2 และ 3
RB8	9AH	ค่าของบิตที่ 9 ของข้อมูลที่รับเข้ามา
TI	99H	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัพท์ภายหลังการส่งข้อมูล
RI	98H	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัพท์เมื่อมีข้อมูลรับเข้า

การกำหนดค่าในบิตต่างๆ ของเรจิสเตอร์ SCON จะมีผลต่อการทำงานของพอร์ตอนุกรมที่แตกต่างกันออกไป สามารถแสดงการทำงานของแต่ละบิตได้ดังนี้

1. SMO, SM1 (Serial port mode bit 0, 1) ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม ซึ่งสามารถเลือกได้ 4 โหมด (โหมด 0 ถึง โหมด 3) แต่ละโหมดจะมีรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกันออกไป

2. SM2 (Serial port mode bit 2) ใช้ในการกำหนดการปิดหรือเปิดการสื่อสารข้อมูลแบบมัลติโปรเซสเซอร์

3. REN (Reception enable bit) ใช้ในการกำหนดการปิดหรือเปิดการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม หมายความว่าหากต้องการให้พอร์ตอนุกรมสามารถรับข้อมูลที่ส่งมาจากภายนอกได้จะต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น 1

4. TB8 (Transmitter bit 8) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปยังพอร์ตอนุกรม ในกรณีที่พอร์ตอนุกรมถูกกำหนดให้มีการทำงานในโหมดที่ 2 และโหมด 3

5. RB8 (Receiver bit 8) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่ได้รับเข้ามาจากพอร์ตอนุกรม ในกรณีที่พอร์ตอนุกรมถูกกำหนดให้มีการทำงานอยู่ในโหมด 2 และ โหมด 3

6. TI (Transmit interrupt flag) ใช้สำหรับระบุสถานะของเรจิสเตอร์ SBUF ที่เก็บข้อมูลสำหรับส่งออก โดยเมื่อข้อมูลในเรจิสเตอร์ SBUF ที่เก็บข้อมูลถูกส่งออกไปยังพอร์ตอนุกรมเรียบร้อยแล้ว บิตนี้จะเป็น 1

7. RI (Receive interrupt flag) ใช้สำหรับระบุสถานะของเรจิสเตอร์ SBUF ที่ใช้เก็บข้อมูล ที่รับเข้ามา เมื่อข้อมูลในเรจิสเตอร์ SBUF ที่ใช้เก็บข้อมูลที่รับเข้ามาทำการรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรมเรียบร้อยแล้วบิตนี้จะเป็น 1

9.5 การทำงานในโหมดของพอร์ตอนุกรมในโหมดต่างๆ

พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถกำหนดให้มีรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกันได้ 4 โหมด ซึ่งการทำงานในแต่ละโหมดมีความแตกต่างกัน แสดงได้ดังตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม

โหมดการทำงาน	ลักษณะการทำงาน	อัตราบอด
0	ซีพเรจิสเตอร์	ไม่เปลี่ยนแปลง ($f_{osc}/12$)
1	UART 8-บิต	เปลี่ยนแปลงได้ (เซต Timer)
2	UART 9-บิต	ไม่เปลี่ยนแปลง ($f_{osc}/64$ หรือ $f_{osc}/32$)
3	UART 9-บิต	เปลี่ยนแปลงได้ (เซต Timer)

9.5.1 การทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมด 0

การทำงานในโหมด 0 จะมีลักษณะการทำงานเหมือนกันกับชิฟเรจิสเตอร์ (Shift register) การรับส่งข้อมูลในโหมดนี้จะใช้สายสัญญาณ RxD เป็นทางผ่านของข้อมูล และจะใช้สายสัญญาณ TxD เป็นตัวรับส่งสัญญาณนาฬิกา สัญญาณนาฬิกาจะถูกสร้างขึ้นจากอุปกรณ์ตัวส่ง เพื่อกำหนดจังหวะของการเลื่อนข้อมูลในแต่ละบิตให้มีความสอดคล้องกันระหว่างอุปกรณ์ตัวส่งและอุปกรณ์ตัวรับ การส่งข้อมูลจะเริ่มจากบิตที่มีความสำคัญต่าก่อน ความเร็วในการเลื่อนข้อมูลหรืออัตราบอดจะถูกกำหนดไว้คงที่ได้แก่ $1/12$ ของสัญญาณนาฬิกาที่จ่ายให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

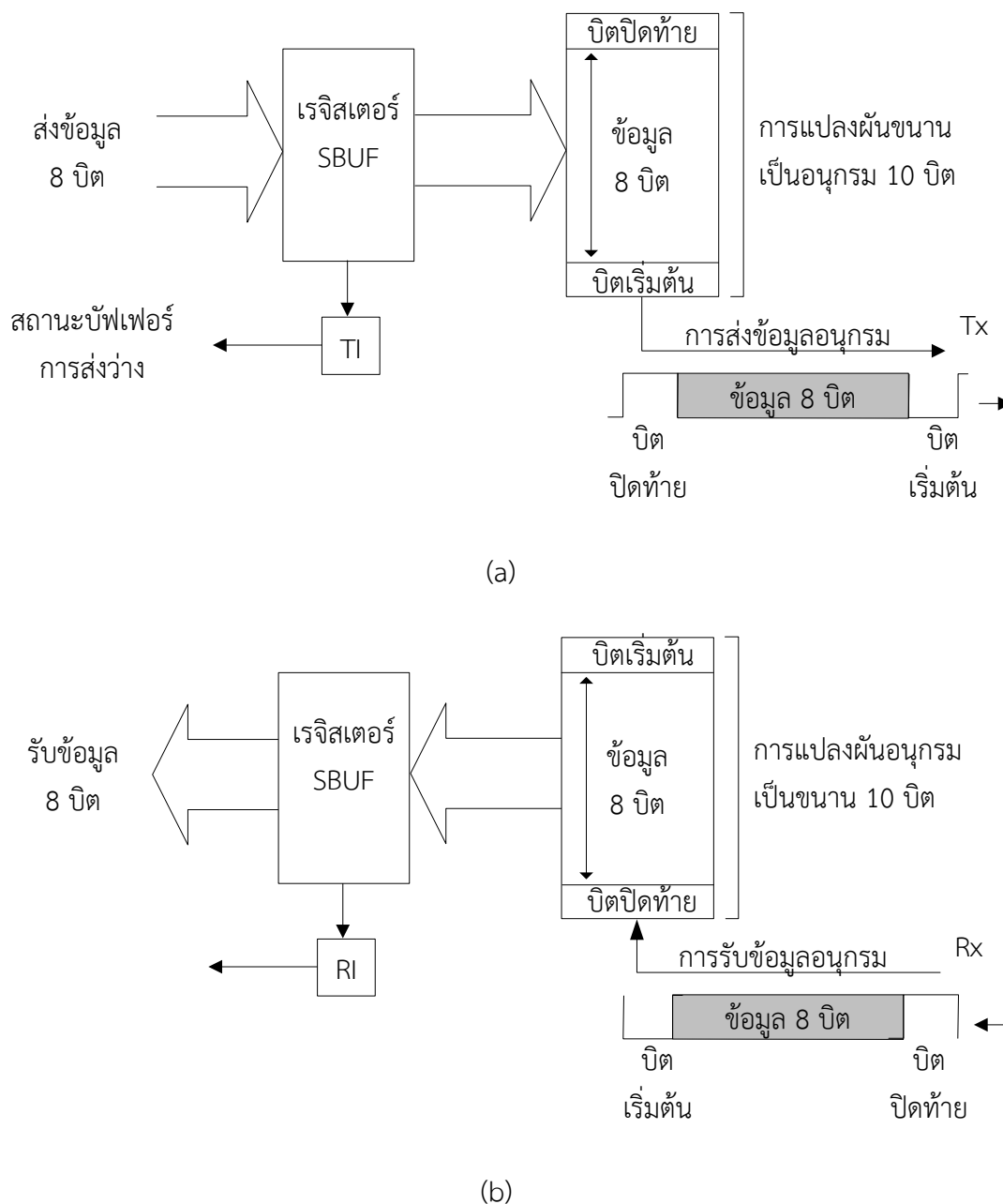
อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมดนี้ไม่ค่อยได้ใช้งานมากนัก เนื่องจากจุดประสงค์หลักของการทำงานในโหมดนี้คือการขยายพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้มีจำนวนมากขึ้น โดยการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซีที่ทำหน้าที่เป็นเรจิสเตอร์ ซึ่งการเพิ่มไอซีที่ทำหน้าที่เป็นเรจิสเตอร์เข้าไปในวงจรจะทำให้วงจรมีขนาดใหญ่ขึ้นและยังให้การทำงานช้าอย่างมากเมื่อเทียบกับการใช้งานพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง

9.5.2 การทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมด 1

การส่งข้อมูลในโหมดนี้จะมีข้อมูลที่ทำการรับส่งทั้งหมด 10 บิต คือ บิตเริ่มต้น 1 บิต บิตข้อมูล 8 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต การรับส่งข้อมูลจะเริ่มจากการส่งบิตเริ่มต้น ตามด้วยบิตข้อมูลทั้ง 8 บิต โดยเริ่มจากบิตที่มีความสำคัญต่าก่อน และเมื่อส่งครบทั้ง 8 บิตแล้วจะปิดท้ายด้วยบิตปิดท้าย โดยความเร็วในการรับส่งข้อมูลหรืออัตราบอดของการรับส่งข้อมูลในโหมดนี้ถูกกำหนดโดยการเกิดความถี่ของการเกิดโอเวอร์โพล์ของไทม์เมอร์ 1 หรือไทม์เมอร์ 2 ภาพที่ 9.4 แสดงแผนภาพบล็อกการทำงานของ การส่งข้อมูลและการรับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

ความเร็วของการส่งข้อมูลหรือความเร็วในการเลื่อนข้อมูลแต่ละบิตถูกกำหนดด้วยความถี่ของการเกิดโอเวอร์โพล์ของไทม์เมอร์ 1 หารด้วย 16 เมื่อข้อมูลถูกส่งออกไปทั้งหมดแล้ว บิต TI ใน เรจิสเตอร์ TCON จะถูกเซตเป็น 1 เพื่อแจ้งให้ทราบว่ากระบวนการส่งข้อมูลได้เสร็จสิ้นแล้ว และหากมีการอนุญาตให้เกิดการอินเตอร์รัพท์ไว้ จะส่งผลให้การอินเตอร์รัพท์ขึ้นแบบไม่รู้จบ

กระบวนการรับข้อมูลเกิดขึ้นในทำนองเดียวกันกับการส่งข้อมูล เริ่มด้วยการรับบิตเริ่มต้นก่อนแล้วตามด้วยข้อมูล 8 บิต และสุดท้ายคือบิตปิดท้าย ความเร็วของข้อมูลที่รับเข้ามา คำนวณจากความถี่ของการเกิดโอเวอร์โพล์ของไทม์เมอร์หารด้วย 16 ดังนั้นหลังจากข้อมูลเข้ามาถึงเรจิสเตอร์ SBUF ครบทุกบิตแล้ว บิต RI ในเรจิสเตอร์ TCON จะถูกเซตเป็น 1 เพื่อแจ้งให้ทราบว่ากระบวนการรับข้อมูลได้เสร็จสิ้นแล้ว หากมีการอนุญาตการอินเตอร์รัพท์ไว้ จะส่งผลให้เกิดการอินเตอร์รัพท์เกิดขึ้น นอกจากนี้ในฟังก์ชันบริการการอินเตอร์รัพท์จะต้องทำการเคลียร์บิต RI เพื่อป้องกันการอินเตอร์รัพท์เกิดขึ้นแบบไม่รู้จบเช่นเดียวกันกับกระบวนการส่งข้อมูล



ภาพที่ 9.4 แผนภาพบล็อกแสดงการทำงานของ UART ขนาด 8 บิต (a) การส่งข้อมูล (b) การรับข้อมูล

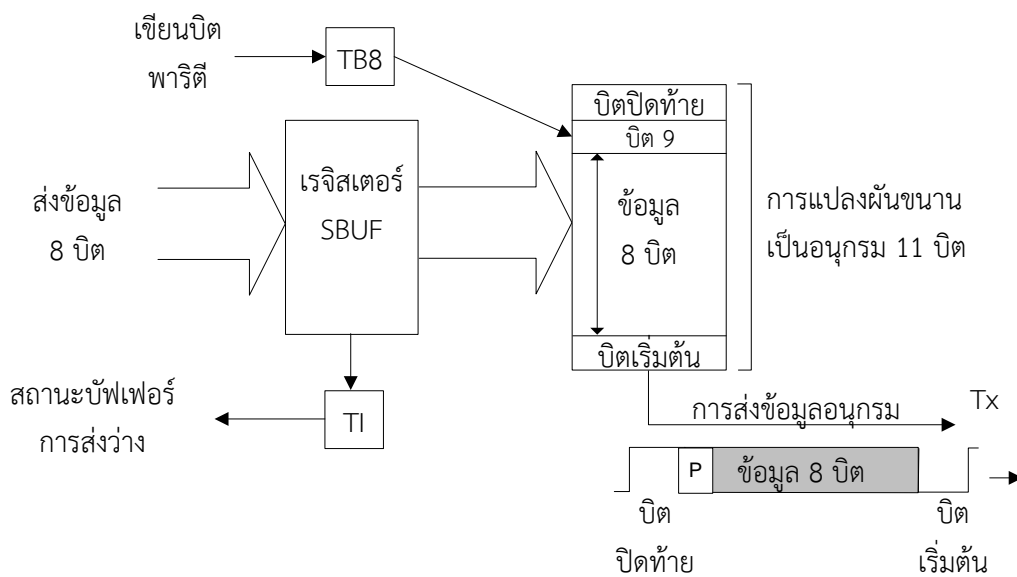
ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

9.5.3 การทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมด 2 และโหมด 3

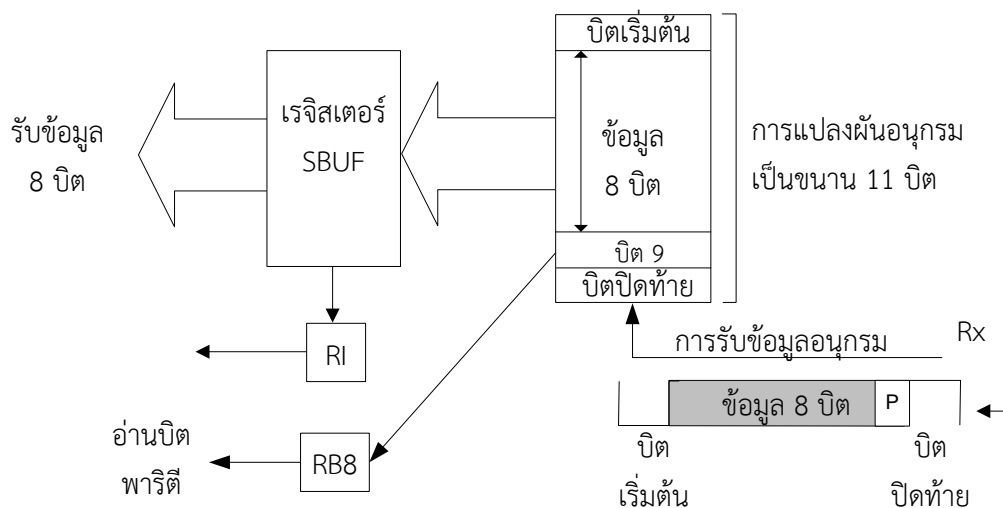
กระบวนการส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรมในโหมด 2 และโหมด 3 เป็นการส่งข้อมูลแบบ 11 บิต คือบิตเริ่มต้น 1 บิต บิตข้อมูล 9 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต โดยมีกระบวนการส่งและรับข้อมูลเหมือนกันกับกระบวนการส่งและรับข้อมูลในโหมด 1 แทบทุกขั้นตอน แตกต่างกันตรงที่ในโหมด 2 และโหมด 3 เป็นการส่งข้อมูลแบบ 11 บิต บิตที่เพิ่มขึ้นมาคือข้อมูลบิตที่ 9 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในบิต

TB8 ของเรจิสเตอร์ SCON และอัตราบอดในโหมด 2 ถูกกำหนดไว้ให้คงที่ มีค่า 1/32 และ 1/64 ของความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ในโหมด 3 ปรับอัตราบอดได้เช่นเดียวกับการทำงานในโหมด 1 ในภาพที่ 9.5 แสดงรูปแบบการทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมด 2 และโหมด 3

การทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมด 2 และ โหมด 3 นี้ถูกกำหนดในระบบที่มีการทำงานแบบมัลติโปรเซสซิงหรือใช้ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบพาริตีของข้อมูล โดยบิตที่ 9 ทำหน้าที่เป็นบิตพาริตี



(a)



(b)

ภาพที่ 9.5 แผนภาพบล็อกแสดงการทำงานของ UART ขนาด 9 บิต (a) การส่งข้อมูล (b) การรับข้อมูล

9.6 การคำนวณหาอัตราบอดของการสื่อสารข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลด้วยพอร์ตอนุกรมนั้นจำเป็นต้องมีการกำหนดอัตราบอดของภาคส่งข้อมูลและภาครับข้อมูลให้มีค่าเท่ากันเสมอ เพื่อป้องกันข้อมูลผิดพลาด ในกรณีที่ระบบโคตเดี่ยวยาจกำหนดอัตราบอดได้อิสระ แต่หากต้องการให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เชื่อมต่อกับระบบอื่นๆ จำเป็นจะต้องกำหนดให้มีอัตราบอดเป็นค่าตามมาตรฐาน ซึ่งนิยมใช้กันที่อัตราบอด 4800, 9600 หรือ 19200 บิตต่อวินาที ซึ่งเป็นอัตราบอดที่นิยมใช้ในระบบควบคุมทั่วไป การทำงานของพอร์ตอนุกรมมีความสัมพันธ์อยู่กับสัญญาณนาฬิกาและการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 และ ไทม์เมอร์ 2 โดยมีรายละเอียดการคำนวณหาอัตราบอดที่ใช้ในการสื่อสารแบบอนุกรม ดังนี้

9.6.1 การคำนวณหาอัตราบอดของพอร์ตอนุกรมโหมด 0

ค่าอัตราบอดของการทำงานในโหมด 0 สามารถคำนวณโดยไม่เกี่ยวข้องกับไทม์เมอร์ ค่าอัตราบอดของการสื่อสารอนุกรมในโหมด 0 คำนวณได้ดังนี้

$$\text{Baud Rate} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{12}$$

โดยที่ Oscillator Frequency คือค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกา

9.6.2 การคำนวณหาอัตราบอดของพอร์ตอนุกรมโหมด 1 และโหมด 3

ค่าอัตราบอดของการทำงานในโหมด 1 แบบเปลี่ยนแปลงค่าได้โดยกำหนดระยะเวลาในการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 หรือไทม์เมอร์ 2 ทั้งนี้เป็นแบบรีโพลด์ค่าอัตโนมัติ ค่าอัตราบอดของการสื่อสารอนุกรมในโหมด 1 และโหมด 3 คำนวณได้ดังนี้

$$\text{Baud Rate} = \frac{2^{SMOD}}{32} \times (\text{Timer Overflow Rate})$$

$$\text{Baud Rate} = \frac{2^{SMOD}}{32} \times \frac{(\text{Oscillator Frequency})}{12[256 - TH1]}$$

โดยที่

SMOD เป็นบิต 7 ของเรจิสเตอร์ PCON และเมื่อกำหนดให้บิต SMOD = 1 จะให้อัตราบอดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

TH1 คือเรจิสเตอร์ ที่เก็บค่ารีโพลด์ของไทม์เมอร์ 1

9.6.3 การคำนวณหาค่าอัตราบอดของพอร์ตอนุกรมโหมด 2

ค่าอัตราบอดของการทำงานในโหมด 2 จะขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณนาฬิกาและลอจิกของบิต SMOD ของเรจิสเตอร์ PCON โดยอัตราบอดของการสื่อสารแบบอนุกรมในโหมด 2 คำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\text{Baud Rate} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{64} \times \text{Oscillator Frequency}$$

9.6.4 การคำนวณหาค่ารีโหลดของไทม์เมอร์เพื่อให้ค่าอัตราบอดตามความต้องการ

การกำหนดความเร็วในการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรมหรือการกำหนดค่าอัตราบอดในโหมด 1 และโหมด 3 ต้องกำหนดจากอัตราเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 ซึ่งสามารถคำนวณหาค่า TH1 ได้ดังนี้

$$\text{TH1} = 256 - \frac{2^{\text{SMOD}} \times \text{Oscillator Frequency}}{12 \times 32 \times [\text{Baud Rate}]}$$

อย่างไรก็ตามค่าอัตราบอดได้ถูกกำหนดค่าที่เป็นมาตรฐานเอาไว้แล้วและสามารถนำค่าเหล่านั้นมาใช้งานได้โดยไม่ต้องคำนวณเอง แต่โดยทั่วไปค่าที่กำหนดมาให้จะเป็นค่าที่คำนวณมาจากกรณีที่ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกา 11.0592 MHz และ 12 MHz ซึ่งความถี่นี้ถือได้ว่าเป็นความถี่มาตรฐานการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ การกำหนดค่ารีโหลดของไทม์เมอร์ 1 เพื่อใช้งานพอร์ตอนุกรมในโหมด 1 และโหมด 3 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 9.3

ตารางที่ 9.3 การกำหนดค่ารีโหลดเพื่อใช้งานพอร์ตอนุกรมในโหมด 1 และโหมด 3 ที่ค่าอัตราบอดต่างๆ

ค่าอัตราบอด (bps)	ความถี่ สัญญาณนาฬิกา	ข้อมูลในบิต SMOD	ไทม์เมอร์ 1		
			C/T	โหมด	ค่ารีโหลด
62.5 K	12 MHz	1	0	2	0xFF
19.2 K (19200)	11.0592 MHz	1	0	2	0xFD
9.6 K (9600)	11.0592 MHz	0	0	2	0xFD
4.8 K (4800)	11.0592 MHz	0	0	2	0xFA
2.4 K (2400)	11.0592 MHz	0	0	2	0xF4
1.2 K (1200)	11.0592 MHz	0	0	2	0xE8

ที่มา: Architecture and Programming of 8051 MCUS, 2014

9.7 สรุป

ในบทนี้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการใช้งานการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมมี 2 รูปแบบได้แก่แบบโพลลิง (Polling) ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมแบบวนรอบเพื่อรอรับข้อมูลที่ผ่านเข้ามาทางขาอินพุตของพอร์ตอนุกรมตลอดเวลา และรูปแบบการใช้อินเตอร์รัพท์ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจจับสัญญาณข้อมูลที่ผ่านเข้ามาทางขาอินพุตพอร์ตอนุกรมแทน ทำให้ไม่ต้องเขียนโปรแกรมแบบวนรอบเหมือนแบบโพลลิง เนื้อหาในบทต่อไปจะได้กล่าวถึงกระบวนการอินเตอร์รัพท์สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

9.8 แบบฝึกหัดท้ายบท

แบบฝึกหัดมีทั้งหมด 4 ข้อ ให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดทุกข้อ

1. จงเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของการรับส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม
2. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัสและแบบแอสิงโครนัส
3. จงอธิบายวิธีการตรวจสอบพาริตีของข้อมูลในการทำงานของพอร์ตอนุกรม
4. จงคำนวณหาค่า TH1 ในการทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมด 3 หากกำหนดค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ 11.0592 MHz, SMOD = 0 และอัตราบอดเท่ากับ 9600 bps