บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีส่วนในชีวิตประจำวันมากขึ้น ไม่ว่าจะในลักษณะในงานอาชีพ ในงานที่อำนวยความสะดวก หรือในการผ่อนคลายความตึงเครียด (ในลักษณะของงานบันเทิง) โดยแต่เดิมนั้นไมโครคอมพิวเตอร์หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer : PC) มีการใช้ในงาน ซึ่งตรงกับชื่อ กล่าวคือ ใช้เพียงผู้เดียว (Single User) การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ มักจะมีเพียงการติดต่อกับอุปกรณ์รอบข้าง อาทิเช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องพล็อต เท่านั้น แต่เมื่อขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์สูงขึ้น การประยุกต์ใช้งานก็กว้างขึ้น การเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ จึงเกิดขึ้น โดยขั้นแรกอาจเพียงเพื่อถ่ายเทข้อมูลหรือโปรแกรม แต่ต่อมาก็ได้มีการพัฒนาการเชื่อมต่อขึ้นเป็นระบบเครือข่าย (Network) เพื่อใช้ฐานข้อมูลร่วมกันใช้ CPU ร่วมกับ หรือใช้อุปกรณ์รอบข้างอาทิเช่น เครื่องพิมพ์ร่วมกัน โดยการเชื่อมต่อนี้หากอยู่ในบริเวณเดียวกัน อาจใช้สายสื่อประเภทสายคู่ไขว้ (twisted pair Cable) สายโคแอคเชียล (Coaxial Cable) หรือสายใยแก้ว (fiber optics) แต่หากระบบอยู่ห่างกันก็อาจใช้สื่อสารอย่างอื่น อาทิเช่น สายโทรศัพท์ โดยสัญญาณจากระบบคอมพิวเตอร์จะต้องถูกแปลงให้อยู่ในรูปที่สามารถส่งไปตามสายโทรศัพท์ได้ และเมื่อถึงปลายทางก็ต้องแปลงกลับให้อยู่ในรูปที่คอมพิวเตอร์จะรับได้ โดยปกติหากเป็นการติดต่อกับอุปกรณ์หรือระบบคอมพิวเตอร์ที่อยู่ใกล้กันนี้ การส่งข้อมูลมักจะทำใน 2 ลักษณะ กล่าวคือ ส่งข้อมูลแบบขนานและแบบอนุกรม โดยการส่งแบบขนานนี้มักจะใช้ในการส่งระยะทาง ใกล้ ๆ เพื่อจะสามารถส่งได้อย่างรวดเร็ว เพราะข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ส่งออกมาสามารถส่งออกได้ทีละ 8 บิททันที แต่ข้อเสียก็คือ สายส่ง จะต้องใช้ 8 เส้นซึ่งหากระยะทางไกล ๆ ก็จะทำให้สิ้นเปลือง อีกทั้งการที่คอมพิวเตอร์ใช้สัญญาณในลักษณะเลขฐานสอง กล่าวคือใช้สัญญาณใน ลักษณะศักย์ไฟฟ้า มี 2 ระดับ เมื่อสัญญาณผ่านสายส่งเป็นระยะทางไกล ๆ จะทำให้เกิดการบิดเบือนของสัญญาณขึ้น ทำให้ข้อมูลที่ได้รับ อาจต่างไปจากข้อมูลที่ส่งก็ได้ ส่วนการส่งแบบอนุกรมนี้จะใช้ช่องสัญญาณเพียง 1 ช่อง (หรือสายสัญญาณสำหรับข้อมูล 1 เส้น และ

ground อีก 1 เส้น) โดยข้อมูลจะถูกส่งออกไปทีละบิทเรียงต่อกันไป การส่งแบบนี้ทำให้ประหยัดค่าสายส่ง แต่จะต้องมีการแปลงสัญญาณให้ข้อมูลอยู่ในรูปอนุกรมก่อน ซึ่งการส่งแบบนี้จะเสียเวลามากกว่าการส่งแบบขนานมาก ในกรณีการติดต่อระหว่างระบบที่อยู่ห่างกันมาก ๆ การเลือกวิธีส่งแบบนี้ผ่านสายโทรศัพท์ จะทำให้ประหยัดค่าสายส่งได้อย่างมาก แต่ก็ต้องมีวงจรแปลงสัญญาณให้ สามารถส่งผ่านไปตามสายโทรศัพท์ได้ โดยวงจรที่ใช้กันทั่วไป มีชื่อเรียกว่า Modem (มาจาก Modulator-Demodulator) ซึ่งอุปกรณ์หรือวงจรนี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตัล จากระบบคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณอะนาลอก เพื่อจะสามารถส่งไปตามสื่อกลางซึ่งออกแบบไว้สำหรับสัญญาณเสียงดังเช่นสายโทรศัพท์

งานวิจัยชิ้นนี้เกิดขึ้นจากการพบกับความยุ่งยากในการเชื่อมต่อระหว่างระบบคอมพิวเตอร์กับระบบคอมพิวเตอร์ หรือกับอุปกรณ์รอบข้าง อาทิเช่น เครื่องพิมพ์ ฯลฯ ที่ต้องอาศัยสายส่งมากมาย จึงเกิดแนวคิดที่จะใช้สื่อกลางที่มีอยู่แล้วในอาคารเป็นสื่อกลางสำหรับให้คอมพิวเตอร์สามารถติดต่อกับอุปกรณ์รอบข้างได้ โดยไม่ต้องมีสื่อกลางเพิ่ม โดยสื่อกลางที่กล่าวดังนี้คือ ระบบสายไฟภายในอาคารนั่นเอง ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับนอกเหนือจากการประหยัดสายส่งแล้วยังลดความยุ่งยากของระบบสายส่งอีกด้วย โดยในกรณีของระบบคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันแล้ว น่าจะสามารถใช้สื่อกลางร่วมกันได้

1.2 ทฤษฎี

เพื่อที่จะได้เข้าใจหลักการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ซึ่งจะทำให้เข้าใจถึงแนวทางในการประยุกต์ใช้สายไฟเป็นสื่อกลาง ในการส่งผ่านข้อมูล ในส่วนนี้จะขออธิบายหลักการและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องพอสังเขป

1.2.1 สื่อกลางในการส่งข้อมูล

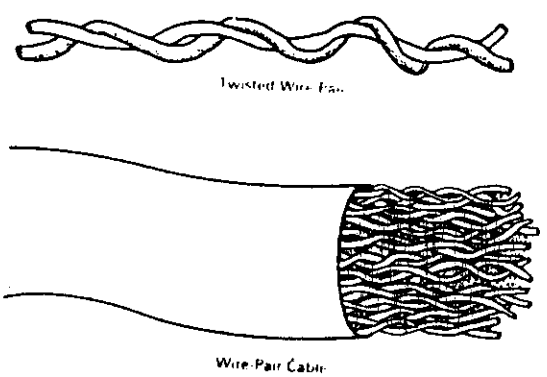
สื่อกลางในการส่งข้อมูลในที่นี้หมายถึง สื่อกลางที่ระบบคอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการสื่อสาร ซึ่งอาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ระบบสายเคเบิล (Cabling System) และระบบที่ไม่ใช้สาย เช่นการใช้คลื่นวิทยุ ฯลฯ แต่ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะระบบสายเคเบิลซึ่งมีการใช้งานอยู่มากในขณะนี้

ระบบสายสื่อเคเบิล (Cabling System)

ระบบสายสื่อเคเบิล นี้หมายถึง สื่อกลางที่ใช้เชื่อมต่อเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าเป็นระบบ LAN ซึ่งสื่อกลางนี้มีได้หลายชนิด แต่ที่ใช้กันมากในระบบ LAN มีด้วยกัน 3 ชนิด คือ สายคู่ไขว้ (twisted-pair wire) สายโคแอคเชียล (Coaial Cable) และสายใยแก้ว (Fiber Opitcs) ซึ่งแต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติต่างกัน อีกทั้งราคาก็แตกต่างกันด้วย ทั้งนี้การเลือกใช้ก็สุดแต่ลักษณะงาน เป็นหลัก

ก) สายคู่ไขว้ (Twisted-pair wire)

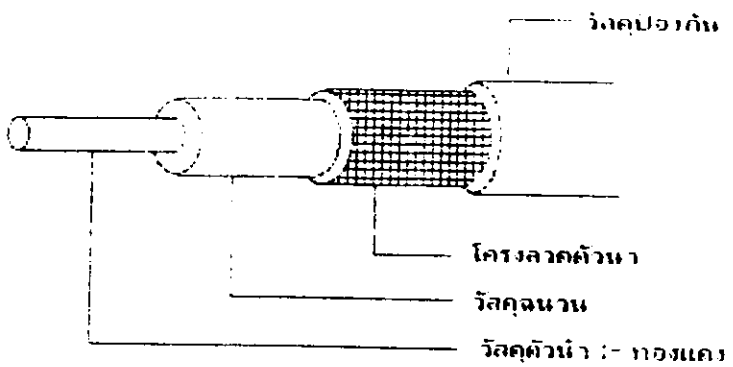
สายคู่ไขว้นี้ คือสายที่ใช้กับระบบโทรศัพท์ธรรมดานั่นเอง ใช้ในการส่งข้อมูลระยะใกล้ ๆ ประกอบด้วยลวดทองแดงที่มีฉนวนหุ้ม 2 เส้น บิดไขว้ไปมา (ดังรูป 4.3 ก) และอาจมีการนำสายคู่ไขว้นี้มารวมกันเป็นกลุ่ม แล้วหุ้มด้วยฉนวนป้องกัน (รูป 4.3 ข) เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลได้หลาย ๆ ช่องการส่ง (chanel) ก็ได้ สายลักษณะเช่นนี้สามารถส่งข้อมูลได้เร็วถึง 10 Mbps แต่ในการใช้งานจริงมักจะใช้ส่งที่ความเร็วต่ำกว่านี้ ปกติแล้วสายส่งลักษณะเช่นนี้จะใช้ส่งข้อมูลช่วงสั้น ๆ สายคู่ไขว้นี้มีราคาถูกที่สุดเทียบกับชนิดอื่น



รูป 1.1 ก) ลักษณะของสายคู่ไขว้ ข) กลุ่มทางสายคู่ไขว้รวมเป็นเคเบิล

ข) สายโคแอคเชียล (Coaxial Calbe)

สายโคแอคเชียลนี้ เป็นสายส่งข้อมูลที่มีตัวนำไฟฟ้า คือ ลวดทองแดงอยู่ตรงกลาง ล้อมรอบด้วยวัสดุฉนวน โดยเหนือวัตถุฉนวนนี้จะเป็นตัวนำอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นโครงข่ายลวด หรืออาจเป็นแผ่นโลหะบางล้อมรอบอยู่ โดยทั้งหมดนี้หุ้มด้วยเปลือกที่ทำด้วยฉนวนอีกชั้น (ดังรูป 1.2) สายโคแอคเชียลนี้ จะมีสัญญาณรบกวนน้อยเทียบกับสายคู่ไขว้ ดังนั้นจึงอาจทำให้สามารถส่งข้อมูลได้สูงกว่า 100 Mbps แต่ในการใช้งานจริงจะส่งด้วยอัตราที่ช้ากว่านี้

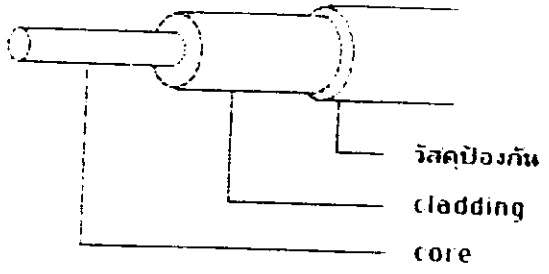


รูป 1.2 ลักษณะของสายโคแอคเชียล

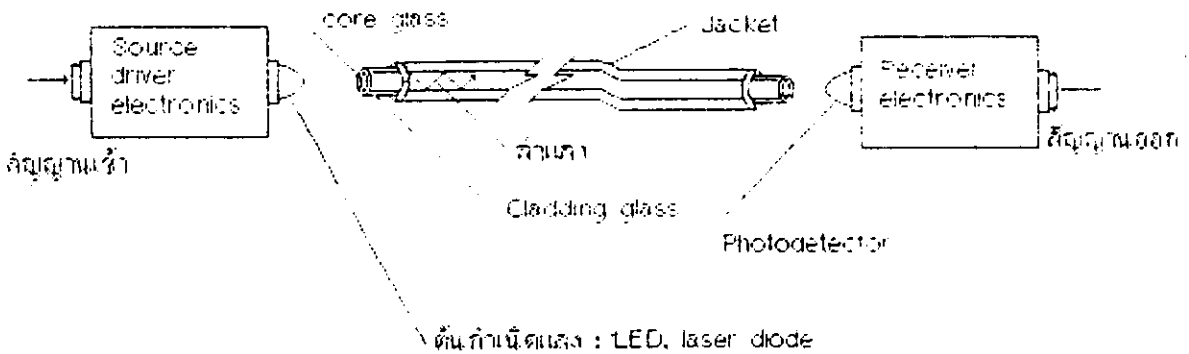
การส่งสัญญาณผ่านสายโคแอคเชียลนี้ ทำได้ 2 แบบ คือเป็นสัญญาณข้อมูลโดยตรง เรียกว่า "เบสแบนด์ (baseband)" และส่งข้อมูลโดยการ modulate กับคลื่นพาห์ (carrier) ซึ่งการส่งแบบนี้เรียกแบบ "บรอด์แบนด์ (broad band)" การส่งแบบบอร์ดแบนด์ นี้สามารถส่งสัญญาณภาพและเสียงร่วมไปกับข้อมูลได้

ค) สายใยแสง (Fiber Optics)

สายใยแสงนี้ เป็นสายส่งที่ใช้สัญญาณแสงในการส่งข้อมูล โดยจะส่งด้วยความเร็วสูงมากอีกทั้งยังปราศจากสัญญาณรบกวน แต่มีราคาแพง และเทคนิคในการต่อต่อนข้างยุ่งยาก ลักษณะของสายใยแสงนี้ ประกอบด้วยท่อแก้ว ขนาดเล็กมากเรียกแกน (Core) ล้อมรอบด้วยแก้วอีกชั้นหนึ่งเรียก cladding โดยดัชนีหักเหของแสงในชั้น cladding นี้จะน้อยกว่าในชั้น core ทำให้แสงที่วิ่งใน core สะท้อนกลับหมดเมื่อกระทบชั้น cladding เหนือชั้น cladding จะมีวัสดุป้องกันหุ้มไว้อีกชั้นหนึ่ง โดยปกติแล้วสายใยแสงพวกนี้จะถูกนำมารวมเป็นกลุ่มแล้วหุ้มด้วยวัสดุป้องกันอีกชั้น สายส่งแบบนี้มักใช้ในการส่งด้วยอัตราเร็วถึง 500 mbps แต่ความเร็วสูงสุดอาจได้ถึง 200,000 Mbps ลักษณะของสายใยแสงแสดงไว้ในรูป 1.3 ส่วนเทคนิคการส่ง และรับสัญญาณผ่านสายใยแสง แสดงไว้ในรูป 1.4



รูป 1.3 ลักษณะของสายใยแสง



รูป 1.4 การสื่อสารผ่านสายใยแสง

ข้อได้เปรียบเสียเปรียบของสายส่งแต่ละชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อเสียของสายส่งชนิดต่าง ๆ

	สายคู่ไขว้ (twisted-wire pair)	สายโคแอคเชียล (Coaxial Cable)	สายใยแสง (Fiber Optics)
ข้อดี	- ราคาไม่แพง - เดินสายง่าย	- ส่งสัญญาณได้ไกล - เดินสายง่าย - ใช้ได้ทั้ง broadband และ base band	- ความเร็วในการส่งข้อมูลสูง - ปราศจากสัญญาณรบกวน
ข้อเสีย	- มีสัญญาณรบกวนมาก - ความเร็วในการส่งต่ำ - ไม่สามารถส่งระยะทางไกล ๆ ได้	- ราคาแพงกว่าสายคู่ไขว้และสายใยแสง	- เดินสายยาก ค่าใช้จ่ายในการเดินสายสูง - ลักษณะการส่งสัญญาณเป็นแบบทางเดียว

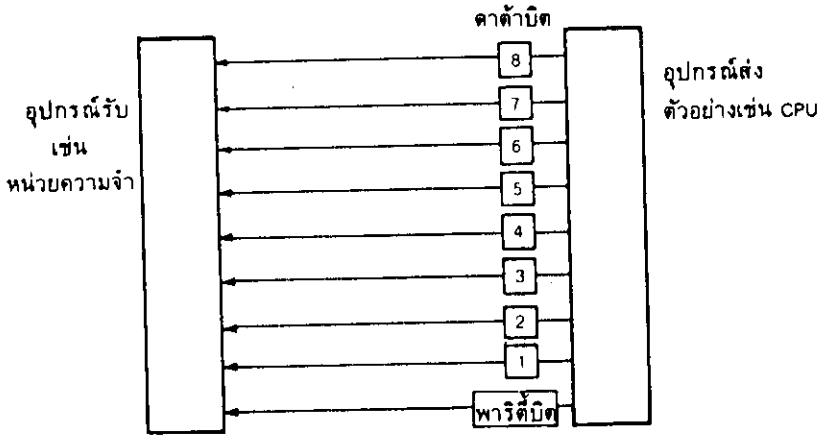
1.2.2 รูปแบบของการส่งข้อมูล

การส่งข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์นี้มีใช้กันอยู่ 2 ลักษณะ คือการส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel Transmission) และการส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Transmission)

1.2.2.1 การส่งข้อมูลแบบขนาน

การส่งข้อมูลแบบนี้ ทำโดยการส่งข้อมูลออกมาทีละ 8 บิท หรือ 1 ไบท์ จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ โดยสื่อกลาง ระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะต้องมีช่องให้ข้อมูลผ่านได้อย่างน้อย 8 ช่อง โดยสื่อกลางนี้มักจะเป็นสายส่งที่ออกแบบให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้สะดวก

โดยความต้านทานทางไฟฟ้าจะต่ำ ในการใช้สายสื่อกลางแบบนี้ ปกติระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ไม่ควรเกิน 100 ฟุต เพื่อมิให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับระดับกราวน์ ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ นอกจากสายทั้ง 8 ที่ใช้สำหรับให้ข้อมูลผ่านแล้ว อาจต้องมีสายสายอื่น ๆ เพื่อส่งสัญญาณครอบ-คุม เช่น สัญญาณ Hand-Shake ฯลฯ อีกด้วย ตัวอย่างลักษณะการส่งข้อมูลแบบขนาน แสดงไว้ในรูปที่ 1.5 ปกติการส่งแบบนี้ใช้กับระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์รอบข้าง อาทิเช่น เครื่องพิมพ์

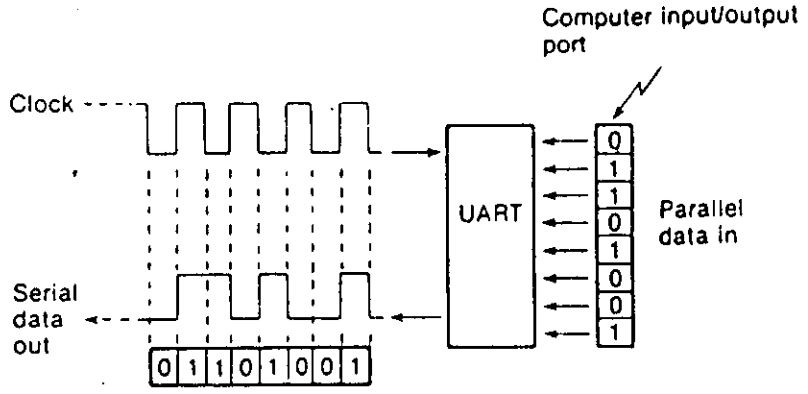


รูป 1.5 การส่งข้อมูลแบบขนาน

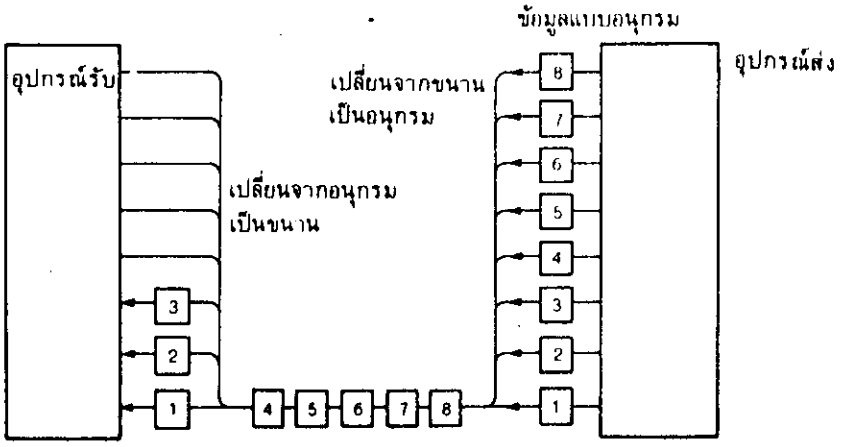
1.2.2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การส่งข้อมูลแบบนี้ ข้อมูลจะออกมาทีละบิท เรียงต่อกันไป การส่งแบบนี้จึงช้ากว่าการส่งแบบขนาน แต่สื่อกลางที่ใช้จะใช้เพียงช่องเดียว หรือสายเพียงคู่เดียว ดังนั้นในการส่งระยะทางไกล ๆ จึงประหยัดค่าสายกว่าในกรณีการส่งแบบขนาน การส่งแบบนี้ข้อมูลจะถูกแปลงจากสัญญาณ 8 บิท (1 ไบท์) ให้เรียงกันเป็นแบบอนุกรม ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณในลักษณะนี้มีชื่อเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART) รูป 1.6 แสดงหลักการของการแปลงสัญญาณจากแบบขนานเป็นแบบอนุกรม และเมื่ออุปกรณ์

รับได้สัญญาณนี้แล้วก็จะแปลงสัญญาณแบบอนุกรมนี้กลับเป็นแบบขนาน ซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถรับข้อมูลไปประมวลผลได้ต่อไป (รูปที่ 1.7)



รูป 1.6 Parallel-to-Serial Conversion

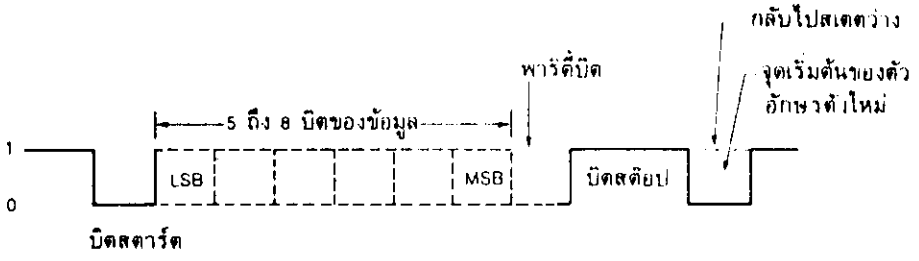


รูป 1.7 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

จากรูปที่ 1.7 จะเห็นได้ว่าการส่งแบบอนุกรมนี้ ข้อมูลหลังจากแปลงให้เป็นแบบอนุกรมแล้วจะค่อย ๆ ทะยอยออกไปทีละบิท จากจุดส่งไปยังจุดรับ โดยอุปกรณ์ส่งและอุปกรณ์รับจะต้องสัมพันธ์กันอย่างดี จึงจะสามารถแบ่งแยกข้อมูลได้ถูกต้อง ซึ่งหลักการของการควบคุมการส่งและรับนี้มี 2 ลักษณะคือ จะใช้เทคนิคของ Synchronous Traumission และแบบ Asynchronous Transmission

ก) Asynchromousus transmission

วิธีการที่จะให้ฝ่ายรับทราบว่าฝ่ายส่งเริ่มส่งข้อมูลแล้วนี้ อาจทำได้โดยการส่งสัญญาณ (อาจเป็นกลุ่มของสัญญาณหลายบิทหรือบิทเดียว) ไปยังปลายทาง เพื่อบอกว่าจะมีข้อมูลเข้ามาแล้ว ซึ่งวิธีการนี้มีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า Start/Stop transmission หรือ Asynchronous transmissionโดยหลักการของการส่งนี้อาจพิจารณาได้จากรูป 1.8



รูป 1.8 การส่งแบบ Asynchronous

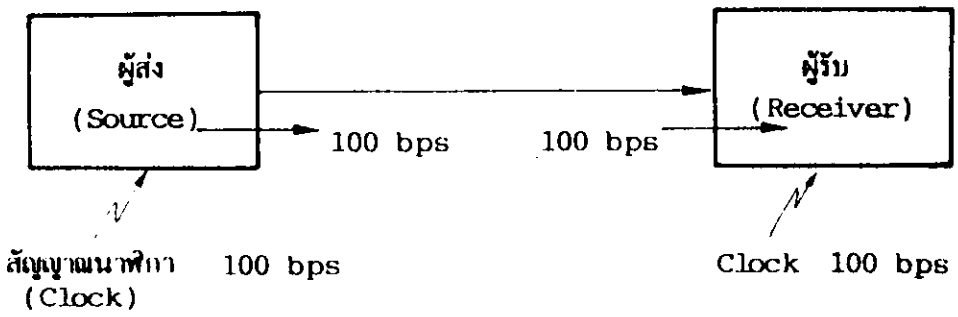
จากรูป ขณะไม่มีการส่ง สายส่งจะอยู่ในสภาวะ "idle state" (กล่าวคืออาจอยู่ในสภาพ " high" หรือ "1") สัญญาณแรกที่เข้ามา คือสัญญาณ Start bit จะมีค่าเป็น "0" จากนั้นก็ตามด้วยข้อมูลซึ่งอาจเป็นตัวอักษร (character) ซึ่งมีขนาด 5-8 บิท และอาจมี parity bit ด้วย โดย parity bit นี้จะถูกกำหนดโดยตัวส่ง เพื่อให้จำนวน "1" ใน character รวมทั้ง parity มีค่าเป็นเลขคู่ (กรณีeven parity) ซึ่งจะทำให้แน่ใจได้ว่าข้อมูลมีความ

ผิดพลาดน้อย เมื่อส่งข้อมูลหมด 1 charadcr ก็จะตามด้วย Stop bit ซึ่งมีค่า "1" หลังจาก Stop bit สายส่งจะอยู่ในสภาวะ "1" จนกว่า Character ใหม่จะเข้ามา (และนำโดย Start bit)

ข) Syrchronous Transmission

การส่งที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ Synchronous ก็คือ แบบ Synchronous โดยใน Mode นี้กลุ่มของ Character หรือ bit จะถูกส่งโดยไม่ต้องมี Start/Stop bit แต่เวลาเริ่มส่งของแต่ละบิทจะถูกกำหนดไว้อย่างแน่นอน โดยใช้สัญญาณนาฬิกา ซึ่งสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์รับและอุปกรณ์ส่งจะต้อง syrchronized กัน

เทคนิคนี้ทั้งผู้รับและผู้ส่งต้องรู้จังหวะกัน ซึ่งอาจทำได้โดยการให้สัญญาณนาฬิกากับทั้งผู้รับและผู้ส่ง ถ้ามีสัญญาณวิ่งมาตามสายจะวิ่งมาด้วยความเร็วเท่าใดก็สามารถทราบได้ เช่น กี่บิท/วินาที (bps) ลักษณะของการทำงานแสดงไว้ในรูป 1.9



รูป 1.9 การส่งแบบ Sgrchronous

ค) รูปแบบของการสื่อสารแบบอนุกรม

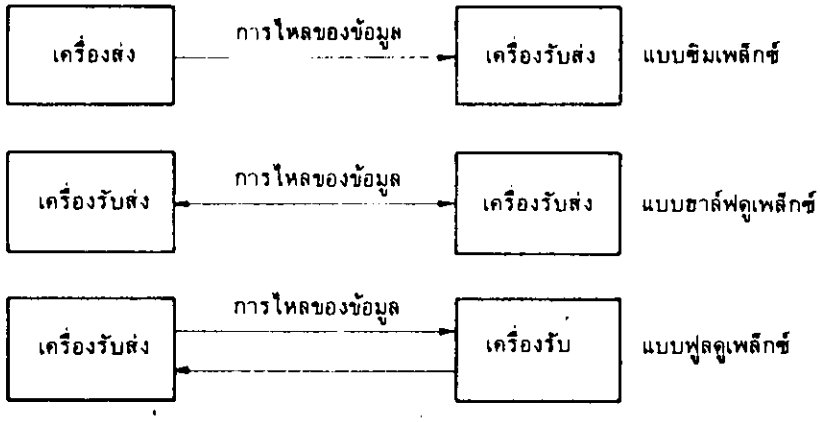
การสื่อสารแบบอนุกรมนี้อาจแบ่งออกตามรูปลักษณะได้ 3 แบบ คือ แบบ Simplex, แบบ Half Duplex และแบบ Full Duplex

1) แบบ Simplex :- ข้อมูลจะถูกส่งได้ทางเดียวบางครั้งอาจเรียกว่า Unidireutional data bus ตัวอย่างของการส่งแบบนี้คือ การส่งของสถานีวิทยุ เป็นต้น

2) แบบ Half Duplex :- ข้อมูลสามารถส่งได้จากทั้ง 2 สถานี แต่ไม่พร้อมกัน จะผลัดกันส่ง ผลัดกันรับ ตัวอย่างขนานส่งแบบนี้คือ แบบ Intercom ภายในสำนักงาน

3) แบบ Full Duplex :- การส่งแบบนี้ทั้งสองสถานีสามารถจะส่งและรับในขณะใด ๆ ได้ ตัวอย่างของการส่งแบบนี้คือระบบโทรศัพท์

ลักษณะของการส่งทั้ง 3 แบบ แสดงไว้ในรูปที่ 1.10

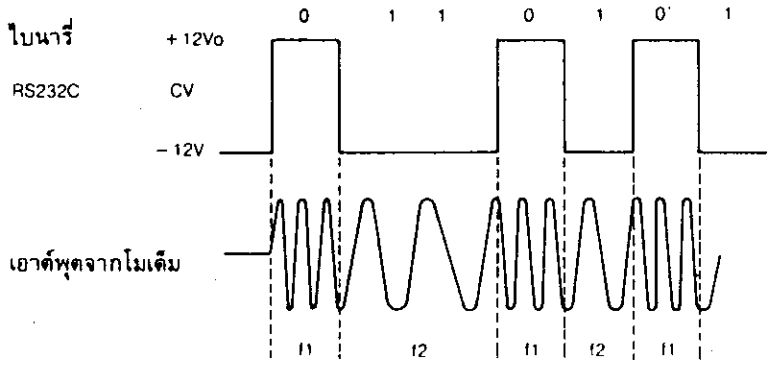


รูป 1.10 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารระบบอนุแกรม

1.2.3 Modem

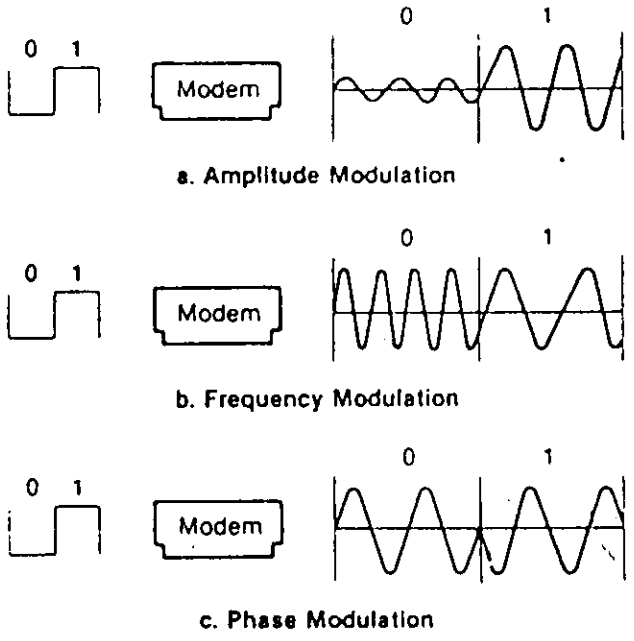
ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ที่อยู่ห่างกันมักจะใช้สายโทรศัพท์เป็นสื่อกลาง โดยจะต้องมีการแปลงสัญญาณให้เหมาะสม และอุปกรณ์แปลงสัญญาณที่ใช้ในระบบนี้มีชื่อเรียกว่า โมเด็ม (Modem) (ย่อมาจาก Modulator-Demodulalor) ซึ่งหน้าที่ของ modem

ก็คือการแปลงสัญญาณดิจิตัลจากระบบคอมพิวเตอร์ ให้อยู่ในรูปที่จะผ่านไปตามสายโทรศัพท์ ได้โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ สาเหตุที่ต้องมีการแปลงสัญญาณเสียก่อนก็เพราะสัญญาณ Logic (ในลักษณะ pquare wave หรือ "0" "1") จากคอมพิวเตอร์เมื่อผ่านไปในสื่อกลางที่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้ส่งสัญญาณลักษณะนี้ พบว่า สัญญาณที่ปลายทางมีความเบี้ยงสูง จึงต้องการปรับสัญญาณก่อน โดยเทคนิคที่ใช้กันมากคือ Frequency Sheft Keying กล่าวคือ เช่น การใช้คลื่นความถี่ของเสียง 2 ความถี่แทนสัญญาณ Logic "0", "1" ผ่ายรับต้องรับเอาความถี่นี้แล้วแปลงกลับมาเป็นสัญญาณ Logic อีกครั้งหนึ่ง หลักการของ FSK แสดงไว้ในรูป 1.11



รูป 1.11 การแปลงสัญญาณโดยใช้ FSK

การแปลงสัญญาณโดยผ่าน Modem นี้มีได้หลายลักษณะดังรูป 1.12



รูป 1.12 Modem modulation Technique

1.2.4 การแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปที่สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้

คอมพิวเตอร์จะเข้าใจได้เฉพาะสัญญาณไฟฟ้าในลักษณะของสัญญาณดิจิตัลเท่านั้น กล่าวคือ สัญญาณที่มีค่า 2 ระดับ เช่น +5 โวลต์ และ 0 โวลต์ ซึ่งสัญญาณในลักษณะนี้สามารถแสดงสภาพวะได้ 2 สภาวะเท่านั้น คือสูงและต่ำ ซึ่งหากนำสัญญาณเหล่านี้มาเรียงต่อกันก็จะทำให้สามารถสื่อความหมายได้ สัญญาณในลักษณะนี้เรียกว่า สัญญาณดิจิตัล ส่วนสัญญาณที่รับเข้ามาโดยทรานสดิวเซอร์ไม่ว่าจะเป็นทรานสดิวเซอร์ชนิดใด ส่วนมากมักจะมีลักษณะเป็น สัญญาณอะนาลอก คือสัญญาณที่มีความต่อเนื่อง เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงของความเร็ว ฯลฯ ส่วนอุปกรณ์ภายนอกที่ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการผลิตส่วนมากจะรับสัญญาณควบคุมในลักษณะสัญญาณอะนาลอกเช่นกัน เช่น ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ฯลฯ หากจะใช้คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณไปควบคุม ก็จะต้องมีการแปลงสัญญาณเช่นกัน เพราะคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณดิจิตัลออกมา ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่สามารถรับได้ อุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณในลักษณะนี้เรียกว่า Analog to Digital Converter (ADC) และ Digital to Analog Converter (DAC) ตามลำดับ หลักการของการแปลงสัญญาณนี้ค่อนข้างจะเข้าใจได้ง่าย และสามารถสร้าง

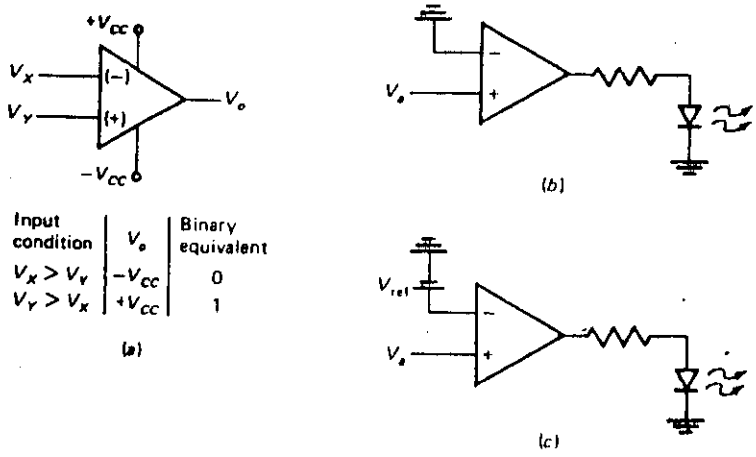
วงจรขึ้นได้เองแต่ในปัจจุบัน สามารถหาซื้ออุปกรณ์สำเร็จรูปเหล่านี้ได้ในราคาถูก จึงอาจหามาใช้ในระบบควบคุมการผลิตได้ง่าย

1.2.4.1 การแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตัล (Analog to Digital Converter)

ทรานสดิวเซอร์ที่กล่าวถึงข้างต้น จะแปลงค่าสัญญาณที่อ่านจากการเปลี่ยนแปลงค่าทางฟิสิกส์ ที่วัดได้เป็นค่าสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น เทอร์โมคัพเปิล แปลงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เป็นการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้า หรือ Strain Gauge แปลงการเปลี่ยนแปลงของความดันเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้า เป็นต้น

ในงานควบคุมการผลิต ไม่ว่าจะเป็นงานด้านอุตสาหกรรมเคมี หรือด้านอุตสาหกรรมอื่น ๆ โดยปกติจะต้องมีการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ (จากทรานสดิวเซอร์) กับค่าที่กำหนดเพื่อส่งคำสั่งย้อนกลับ (feedback) ไปควบคุมกระบวนการ ดังนั้นค่าที่อ่านได้จากทรานสดิวเซอร์ นี้จึงต้องอยู่ในรูปที่คอมพิวเตอร์ สามารถจะเข้าใจได้ นั่นคือ สัญญาณจากทรานสดิวเซอร์ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสัญญาณของอะนาลอก ต้องถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตัลก่อน โดยอุปกรณ์ที่อำนวยความสะดวกในการนำเข้านั้นคือ อุปกรณ์แปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตัล (Analog to Digital Converter หรือ ADC)

หลักการของ A/D Converter อาจเห็นได้จากวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) ง่าย ๆ ดังรูป 1.13



รูป 1.13 ก) ลักษณะทั่วไปของวงจร Voltage Comparater

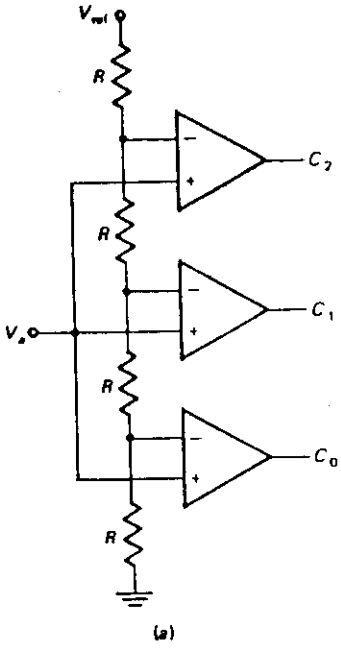
ข) Polarity detector

ค) 1-bit Comparator

จากรูปจะเห็นว่า IC differential input voltage comparator ซึ่งเปรียบเสมือนพื้นฐานของวงจร A/D conversion โดยรูป 1.13 ก) ศักย์ไฟฟ้าด้านเข้า Vx จะต่อกับ inverting terminal และ Vy จะต่อกับ Noninverting terminal

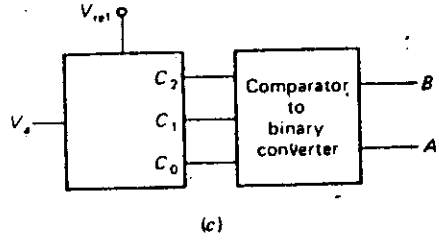
เพราะฉะนั้น ถ้า Vx > Vy ศักย์ไฟฟ้าด้านลัพท์นี้ (output) จะมีค่าเป็นลบ แต่ถ้า Vy > Vx ศักย์ไฟฟ้าด้านลัพท์นี้จะเป็นบวก ส่วนปริมาณศักย์ไฟฟ้า ด้านลัพท์นี้จะเป็นค่าศักย์สูงสุดคือ Vcc ดังนั้น โดยการใช้หลักการนี้ จะสามารถสร้างตารางแสดงค่า 1-bit comparator ได้ดังรูป 1.13)

ถ้าสัญญาณศักย์ไฟฟ้า เข้า Vx > Vy จะได้ค่าลัพท์เป็น -Vcc หรือสถานะ 0 แต่ถ้า Vy > Vx จะได้สถานะ 1 โดยอาศัยหลักการเช่นนี้ ทำให้สามารถนำมาสร้างเป็นวงจร 3 bit A/D Converter ได้ดังรูป 1.14



Input	C_2	C_1	C_0
$V_a < V_{ref}/4$	0	0	0
$V_{ref}/4 < V_a < V_{ref}/2$	0	0	1
$V_{ref}/2 < V_a < \frac{3}{4} V_{ref}$	0	1	1
$\frac{3}{4} V_{ref} < V_a$	1	1	1

(b)



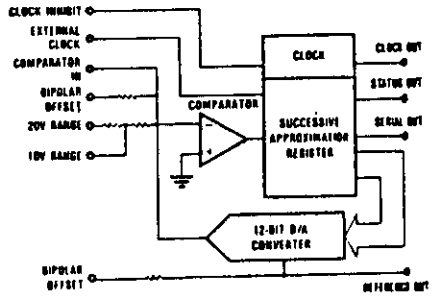
รูป 1.14 3-Comparator parallel A/D Convetter

ก) วงจรพื้นฐาน ข) เงื่อนไขต่าง ๆ ของศักย์ไฟฟ้า

ค) วงจรสมบูรณ์

จากรูป จะเห็นได้ว่าค่าสัญญาณด้านลัพท์นี้ได้ (C_2, C_1, C_0) นี้มิใช่เป็นค่าในเลขฐานสองที่แท้จริง จึงต้องมีการแปลงค่าอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้วงจร comparator to binarg converter

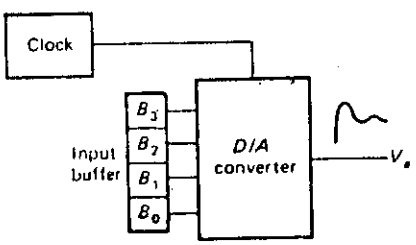
ปัจจุบันวงจร A/D converter นี้สามารถหาซื้อได้ ในลักษณะเป็น IC Chip ขนาด 8 บิท 12 บิท 14 บิท ฯลฯ ตามต้องการ ดังตัวอย่างเช่น ADC0804C (ดังรูป 1.15) ซึ่งเป็น ADC ขนาด 8 บิท



รูป 1.15 ลักษณะของ IC ADC type ADC804

1.2.4.2 การแปลงสัญญาณดิจิตัลเป็นสัญญาณอะนาลอก (D/A Conversion)

อุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิตัล เป็นสัญญาณอะนาลอกนี้ ลักษณะการทำงานอาจเห็นได้จาก Block Diagram ของ D/A convetter ขนาด 4 บิท



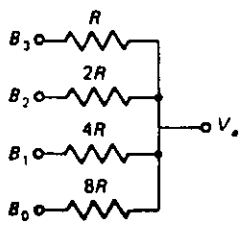
รูป 1.16 วงจร D/A converter ขนาด 4 บิท

สัญญาณดิจิตัลจากระบบคอมพิวเตอร์ (หรือวงจรที่ให้สัญญาณดิจิตัลขนาด 4 บิท) จะเข้ามาทางด้าน input ซึ่งมีอยู่ 4 ตำแหน่งดังรูป เมื่อผ่านวงจร D/A converter ก็จะได้สัญญาณที่มีลักษณะเป็นสัญญาณของอะนาลอก หลักการของการแปลงสัญญาณดิจิตัลเป็นสัญญาณ

อะนาลอกนี้ที่ใช้กันมากมี 2 ลักษณะ คือ แบบ Weighted resistance DAC และแบบ R-2R ladder network DAC

ก) Weighted resistarce DAc

ลักษณะของวงจรประกอบด้วยกลุ่มของตัวต้านทานที่ต่อแบบขนาน โดยตัวที่ต่ออยู่กับสัญญาณบิทสูง (Most Significant Bit : MSB) จะมีค่าความต้านทานต่ำที่สุด (เช่น R) ส่วนบิทถัดไปจะมีค่าเป็น 2 เท่าของตัวต้านทานตัวแรก (เช่น 2R, 4R, 8R ตามลำดับ) ลักษณะทั่วไปของวงจรจะเป็นดังรูป 1.17



รูป 1.17 ลักษณะของ Weighted Resistance DAC

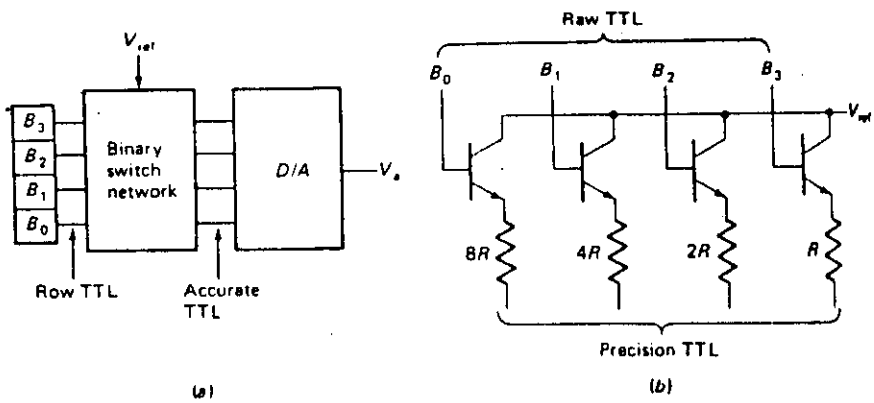
ส่วนของ operational amplifier (Op-Amp.) จะเป็นเพียงวงจร Buffer และส่งขยายสัญญาณเท่านั้น โดยค่าศักย์ไฟฟ้าด้านออก (Vout) จะเป็นสัญญาณอะนาลอก ที่สัมพันธ์กับสัญญาณดิจิตัลที่เข้ามา (B_1, B_2, B_4) โดยสูตร

$$Vout = 2\ V_{(1)}\ .RF\ (8\ B_4 + 4B_3 + 2B_2 + B_1)/R$$

โดย $V_{(1)}$ คือศักย์ไฟฟ้าทางเข้าที่สอดคล้องกับค่าตรรก "1" ส่วน B_4, B_3, B_2, B_1 จะมีค่าได้ไม่ "1" ก็ "0" เท่านั้น ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า สัญญาณดิจิตัลขนาด 4 บิท จะถูกแปลงเป็นสัญญาณอะนาลอกได้

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA **UNIVERSITY**

ในกรณีของวงจร TTL (Transistor-Transistor Logic) ถ้า V_1 นี้จะมีค่าสูงสุดได้ 5 โวลต์ แต่อาจมีค่าเพียง 34 โวลต์ก็ได้ ส่วนค่า "low" จะเป็น 0 โวลต์ (แต่อาจสูงถึง 0.4 โวลต์ได้) ดังนั้นเนื่องจากค่าศักย์ไฟฟ้าขาออก (สัญญาณอนาลอก) จะสัมพันธ์โดยตรงกับค่า V_1 ในกรณีของ TTL ความเที่ยงตรงยังไม่ค่อยดีนัก แต่อาจแก้ไขได้จากวงจรดังรูป 1.18



รูป 1.18 แสดงการปรับปรุงวงจร D/A

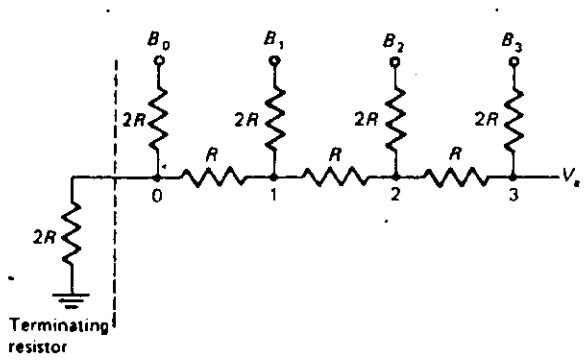
ก) ลักษณะ block diagram

ข) วงจร Binarg Switch Network

จากรูป เนื่องจากสัญญาณ "high" จะใช้ในการทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัว "Saturate" ดังนั้นค่าที่อ่านได้จะเป็นค่าศักย์ไฟฟ้าอ้างอิง ส่วนกรณีที่มีสัญญาณ "low" ทรานซิสเตอร์จะมีสภาพ "Cut off" ดังนั้นสัญญาณที่อ่านได้จะมีค่าเป็นศูนย์ สัญญาณขาออก จึงไม่ขึ้นกับขนาดของศักย์ไฟฟ้า ของ TTL แต่จะขึ้นกับศักย์ไฟฟ้าเปรียบเทียบ (V_{ref}) ทำให้การแปลงสัญญาณถูกต้องขึ้น การแปลงสัญญาณแบบ Weighted resistance นี้ถ้าบิทสูงขึ้น จำเป็นต้องใช้ขนาดความต้านทานสูงขึ้นเป็น 2 เท่า ดังนั้นกรณีที่ต้องการแปลงสัญญาณที่มีความละเอียดมาก เช่น 8 บิท 12 บิท ฯลฯ จะพบว่าการหาค่าความต้านทานสูงขึ้นนั้นลำบาก เช่นในกรณี 8 บิท ถ้า B_7 ต่อกับ R B_0 จะต่อกับ 128 R ซึ่งการเลือกตัวต้านทานแบบนี้จะทำได้ไม่สะดวก วิธีแก้ไขคือ ใช้การแปลงแบบ Ladder Network

ข) R-2R Ladder Network DAC

ในกรณีของ R-2R ladder Network DAC นี้ตัวต้านทานจะใช้เพียง 2 ขนาดเท่านั้น คือ R และ 2R ลักษณะทั่วไปของวงจร อาจจะเห็นได้จากรูป 1.19



รูป 1.19 วงจร R-2R Ladder Network DAC

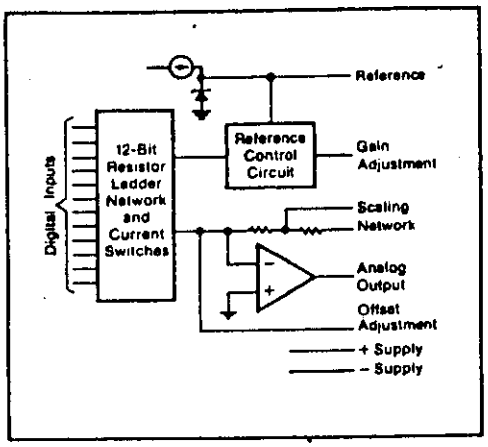
ค่าศักย์ไฟฟ้าขาออก (อะนาลอก) จะสามารถหาได้จาก

$$V_o = V_1 (8 B_0 + 4B_1 + 2B_2 + B_o)/8$$

และเช่นเดียวกับกรณี Weighted Resistance Network เนื่องจากสัญญาณ TTL มีค่าไม่คงที่ ดังนั้นหากต้องการค่าที่ถูกต้อง จึงต้องใส่วงจร Binarg Switch Network เข้าไปก่อน ก็จะได้ค่าถูกต้องขึ้น

ปัจจุบันวงจรลักษณะนี้มีจำหน่ายในลักษณะ Single Clip D/A Converter ซึ่งมีขนาด 8 บิท หรือมากกว่า จึงสามารถนำมาใช้งานได้ทันที

ตัวอย่างของ Chip เหล่านี้มีอาทิเช่น วงจร ADC ขนาด 8 บิท DAC 80 ซึ่งมีลักษณะดังรูป 1.20



รูป 1.20 บล็อคไดอะแกรม ของ DAC80

1.2.5 การเชื่อมโยงระบบคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

แม้จะเปลี่ยนสัญญาณที่รับจากอุปกรณ์ภายนอก (สัญญาณอะนาลอก) มาเป็นสัญญาณดิจิตัล (โดยใส่ ADC) ซึ่งคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับเข้าแล้วหรือสัญญาณจากไมโครคอมพิวเตอร์ได้ถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณอะนาลอก (โดยผ่าน D/A Converter) พร้อมที่จะไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกแล้วก็ตาม แต่การติดต่อนี้ก็จะต้องผ่านช่องทางติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับโลกภายนอกที่เรียกว่า I/O port (มาจาก input/output port) ซึ่งในระบบไมโครคอมพิวเตอร์นี้ ระบบการเชื่อมต่อที่ค่อนข้างจะเป็นที่นิยมจะทำใน 3 ลักษณะคือ ใช้ IEEE-488 port, RS232 port หรืออาจเชื่อมต่อโดยผ่าน Slot บน Main board ซึ่งลักษณะการใช้งานของ port เหล่านี้อาจแตกต่างไปบ้าง สุดแต่ลักษณะงานที่ใช้ โดยรายละเอียดของ port ทั้ง 3 จะเป็นดังนี้

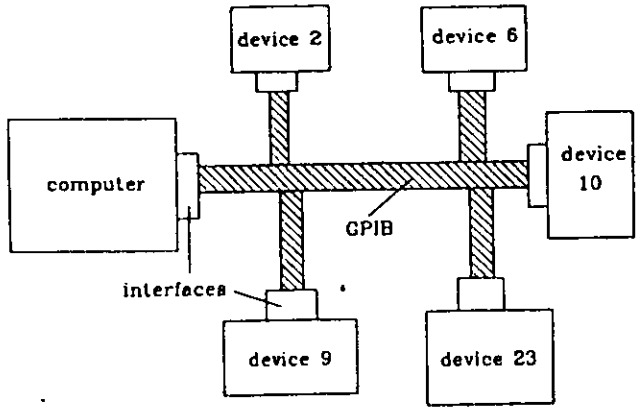
ก) IEEE-488 port

ระบบการเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ในลักษณะที่เรียกว่า มาตรฐาน IEEE 488 นี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Hewlett Packard (สหรัฐอเมริกา) ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า HPIB (มาจาก Hewlett Packard Interface Bus) หรือ GPIB (general purpose Interface Bus) โดยมีมาตรฐานหลัก ๆ ของการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ในลักษณะที่เป็นแบบขนาน คือมีลักษณะดังนี้

- รูปแบบของการส่งข้อมูลจะเป็นแบบ 8 บิท ขนาน, ไบท์อนุกรม
- อัตราการส่งสูงสุดทำได้ถึง 1 ล้านไบท์/วินาที
- สัญญาณที่ส่งจะมีลักษณะเหมือนกับสัญญาณจาก TTL (Transistor-transistor-Logic) กล่าวคือมีระดับ 0-5 โวลต์
- มีการกำหนดความยาวและจำนวนเส้นที่ใช้ในการส่งข้อมูล และสัญญาณควบคุม

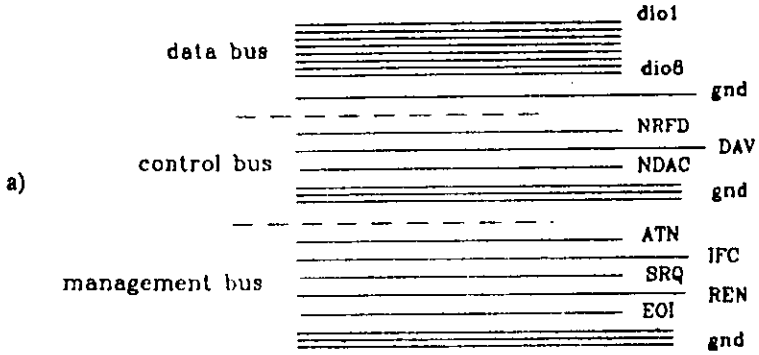
ฯลฯ

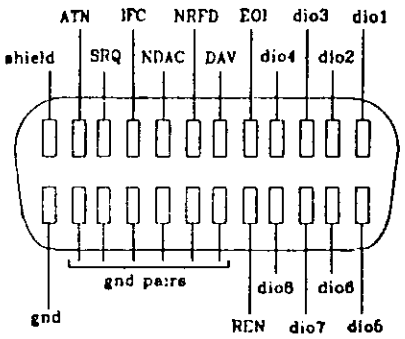
โดยปกติแล้วคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป ไม่ว่าจะเป็น IBM-PC หรือ Apple MacIntosh (ยกเว้นเครื่องคอมพิวเตอร์ของบริษัท Hewlett Packard) จะไม่มี I/O port ชนิดนี้ติดมาด้วย แต่ผู้ที่ต้องการนำไปใช้งานสามารถนำมาใส่เพิ่มเติมได้ (ใส่เข้าทาง expanion slot) โดยข้อได้เปรียบที่สำคัญมากของการเชื่อมโยงระบบคอมพิวเตอร์แบบนี้ก็คือ สามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ได้มากถึง 15 ชิ้นโดยใส่สายส่งข้อมูลที่เรียกว่า Bus ร่วมกัน ตัวอย่างของการเชื่อมโยงอาจเห็นได้จากรูป 1.21 โดยความยาวของสายเคเบิลที่ใช้ต่อเชื่อมนี้ปกติจะยาว 1-2 เมตร โดยความยาวสูงสุดที่นำได้คือ 20 เมตร ส่วนตัวควบคุมการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ที่เรียกว่า controller นี้ส่วนมากเป็นคอมพิวเตอร์ การเลือกว่าต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ใดสามารถทำได้โดยการกำหนด address ให้กับอุปกรณ์แต่ละชิ้นที่นำมาต่อเชื่อมในระบบ



รูป 1.21 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ กับคอมพิวเตอร์โดยใช้ GPIB

ลักษณะของ Bus และ controller สำหรับ IEEE488 หรือ GPIB นี้แสดงไว้ในรูป 1.22





รูป 1.22 ก) ลักษณะ Bus ของ GPIB ข) ลักษณะของ Socket

ระบบ Bus ของ IEEE488 นี้จะประกอบด้วยสายสัญญาณทั้งสิ้น 3 กลุ่ม คือ data bus จำนวน 8 เส้น (d_{io-8}) และ ground 1 เส้น) ส่วน control Bus มีจำนวน 3 เส้นและ ground อีก 3 เส้น และ managementt bus จำนวน 5 เส้น พร้อม ground อีก 3 เส้นในส่วนของ Control Bus ที่ใช้เพื่อจัดการตรวจเช็ค ข้อมูลขณะรับ/ส่ง (hand shaking) โดยมีสายสัญญาณ 3 เส้น คือ

NRED (Not Ready For Data) - ถ้าระดับสัญญาณในเส้นนี้ต่ำ (low) บัสจะยังไม่พร้อมที่จะส่งข้อมูล
- ถ้าระดับของสัญญาณในเส้นนี้สูง (high) บัสจึงจะพร้อมที่จะให้มีการรับส่งข้อมูล

DAV (Data Valid) - ถ้าระดับสัญญาณในเส้นนี้ต่ำ แสดงว่ามีข้อมูลใน data bus
- ถ้าระดับสัญญาณในเส้นนี้สูง แสดงว่าใน data bus ไม่มีข้อมูล

NDAC (Not Data ACcepted) - ถ้าระดับสัญญาณที่ device ส่งมายัง Controller เพื่อบอกสถานะของข้อมูลที่ส่ง มีสภาพต่ำ (low) แสดงว่ายังไม่ยอมรับข้อมูล
- ถ้าระดับสัญญาณเป็น high แสดงว่าอุปกรณ์นั้นไม่ได้รับข้อมูลใน data line แล้ว

ส่วน Management Bus ซึ่งมีสายสัญญาณ 5 เส้น ทำหน้าที่ต่าง ๆ กันคือ

ATN (Attention) - Controller จะให้สัญญาณในเส้นนี้อยู่ในสภาวะ low เพื่อบอกอุปกรณ์ทุกชนิดที่ต่ออยู่กับ GPIB ว่าขณะนี้ data bus กำลังส่ง address หรือคำสั่งอยู่

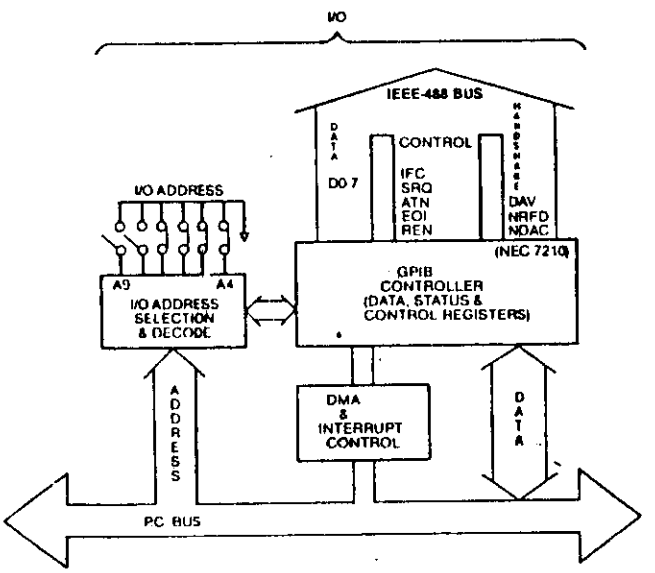
IFC (Interface Clear) - Controller จะ set ให้สัญญาณในเส้นนี้อยู่ในสภาวะ low เพื่อให้อุปกรณ์ที่อยู่ใน bus ออกจาก bus โดยอุปกรณ์จะอยู่ในสภาวะ idle และรอสัญญาณจาก Controller

SRQ (Service ReQuest) - อุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับระบบจะ set ให้สัญญาณ low เพื่อบอก Controller ว่าต้องการใช้บริการ เช่น ต้องการให้ Controller ติดต่อด้วย เป็นต้น

REN (REmote eNable) - Controller จะใช้เส้นนี้เพื่อเปิด/ปิดอุปกรณ์ (โดยอุปกรณ์ชิ้นนั้นต้องสามารถที่จะถูกควบคุมได้

EOI (End Or Identity) - ฟังก์ชั่น "end" จะใช้โดยอุปกรณ์จะเป็นผู้ส่งเพื่อบอกว่าข้อมูลที่กำลังส่งขณะนี้คือ ไบท์สุดท้ายของตัวนี้แล้ว (EOI อยู่ในสภาวะ low ขณะส่งข้อมูล) ส่วนฟังก์ชั่น "identity" จะใช้น้อยโดย Controller จะเป็นผู้ใช้เพื่อตรวจเช็คอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ใน bus

ลักษณะของการเชื่อมโยงของระบบ IEEE488 กับระบบคอมพิวเตอร์แสดงไว้ดังรูป 1.23



รูป 1.23 การเชื่อมต่อระบบ IEEE488 กับระบบคอมพิวเตอร์

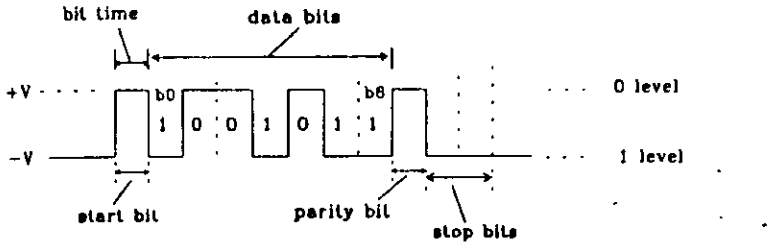
ซอฟท์แวร์สำหรับการควบคุมการผลิต โดยเชื่อมต่ออุปกรณ์กับระบบคอมพิว-เตอร์ อาจเขียนขึ้นเอง โดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น BASIC, Parcal, C ฯลฯ ร่วมกับ IEEE488 routine ก็ได้ หรืออาจใช้ driver ที่มีขายตามท้องตลาด เช่น I/O tech driver ฯลฯ ก็จะทำให้การใช้งานสะดวกขึ้น แต่หากผู้ใช้ต้องการความสะดวกรวดเร็ว ถูกต้องไม่เสียเวลาเขียนโปรแกรมก็อาจใช้ซอฟท์แวร์สำเร็จรูปได้ ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในภายหลัง

ข) RS-232C

ระบบ IEEE488 bus ที่พูดถึงมาในหัวข้อที่แล้วใช้เทคนิคการส่งข้อมูลแบบขนานกล่าวคือ จำนวนสายสัญญาณที่ใช้จะมีอย่างน้อยเท่ากับขนาดของไบท์ของสัญญาณ (เช่น 8 บิท ก็มี 8 เส้น) แต่ยังมีระบบเชื่อมต่อมาตรฐานอีกชนิดหนึ่งซึ่งนิยมใช้มากในระบบคอมพิวเตอร์ โดยการส่งแบบนี้จะส่งในลักษณะอนุกรม (Serial) อีกทั้งลักษณะการส่งจะเป็นในลักษณะการส่งข้อมูลมากกว่า การส่งสัญญาณควบคุม และเนื่องจากระบบ RS232 นี้ค่อนข้างมาตรฐานระบบคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อาจเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ได้ มักจะมี RS-232 port นี้คิดมาด้วย ดังนั้นจึงสะดวกในการใช้งาน

ลักษณะที่สำคัญของระบบ RS-232C นี้คือ ข้อมูลจะส่งในลักษณะอนุกรม กล่าวคือ แทนที่จะต้องมีสายสัญญาณ 8 เส้น สำหรับการส่ง 1 ไบท์ ระบบนี้อาจใช้เพียง 2 เส้น หรือมากกว่า (คืออย่างน้อยต้องมีสายสัญญาณ 1 เส้น และ ground 1 เส้น) โดยจะให้สัญญาณผ่านทีละบิท เรียงต่อ ๆ กันไปจนครบไบท์ ซึ่งลักษณะเช่นนี้มีข้อดีคือ จำนวนสายสัญญาณจะลดลงไปมาก แม้ความเร็วในการส่งจะน้อยลงก็ตาม โดยสัญญาณที่ส่งไปนี้จะส่งไปในลักษณะเป็น asynchronous serial data format (ดังแสดงในรูป 11.55) กล่าวคือ ข้อมูลที่ส่ง จะประกอบด้วยสัญญาณ 2 ระดับ มาเรียงต่อกัน (เช่น +5 V สำหรับระดับ "0" และ -5 V สำหรับระดับ "1") โดยก่อนจะเริ่มส่งข้อมูลระดับสัญญาณจะอยู่ที่ระดับ "1" จากนั้นก็จะมีสัญญาณเริ่มส่ง (Start bit) ซึ่งเป็นสัญญาณระดับต่ำ "0" ส่งไปเพื่อบอกว่ากำลังส่งข้อมูลตามมา จาก Start bit จะตามด้วยสัญญาณขนาด 8 บิท เรียงต่อกันไป (ดูรูป 1.24

ประกอบ) จากนั้นก็จะมีสัญญาณบอกว่าจบการส่งข้อมูลแล้ว (เรียก stop bit) ซึ่งเป็นสัญญาณระดับสูง ("1") จากนั้นก็ปรับให้สัญญาณมาอยู่ที่ระดับ "1" เพื่อคอยรับ Start bit ต่อไป



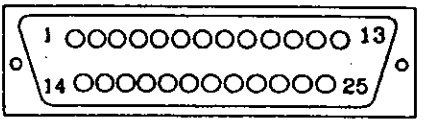
รูป 1.24 ลักษณะสัญญาณขณะส่งผ่าน RS232

การส่งสัญญาณลักษณะนี้ค่อนข้างช้า เพราะจำนวนบิทเรียงต่อกันอย่างอนุกรม โดยอัตราเร็วของการส่ง (เรียก baud rate : จำนวนบิท/วินาที) จะมีค่าอยู่ในช่วง 1200, 2400, 9600 ซึ่งจะเห็นได้ว่า การส่งแบบนี้ค่อนข้างช้ากว่าแบบขนานมาก เพราะการส่งลักษณะนี้ 1 ไบท์ จะต้องใช้จำนวนบิท ถึง 10 บิท (start bit + data + stop bit)

ในการส่งข้อมูลผ่าน RS-232 นี้สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็มีอาทิเช่น

- ต้องมีระดับสัญญาณตั้งแต่ $\pm$ 3 โวลต์ ถึง $\pm$ 25 โวลต์ (สำหรับการส่งโดยคอมพิวเตอร์ไม่มีปัญหา แต่ในกรณีรับสัญญาณเข้า อาจต้องมีระบบป้องกันเพราะหากสัญญาณเกิน $\pm$ 25 โวลต์อาจก่อให้เกิดความเสียหายได้)
- ความเร็วในการส่ง (baud rate) ถ้าเป็นสายสัญญาณธรรมดา อาจส่งได้เร็วถึง 9600 แต่กรณีใช้ผ่านระบบโทรศัพท์ ความเร็วจะลดลง
- จำนวนบิทสำหรับข้อมูลว่าใช้ระบบใด 5, 6, 7 หรือ 8 บิท/ตัวอักษร
- จำนวน stop bit มีขนาดเท่าใด
- จะต้องมี parity check หรือไม่ ฯลฯ

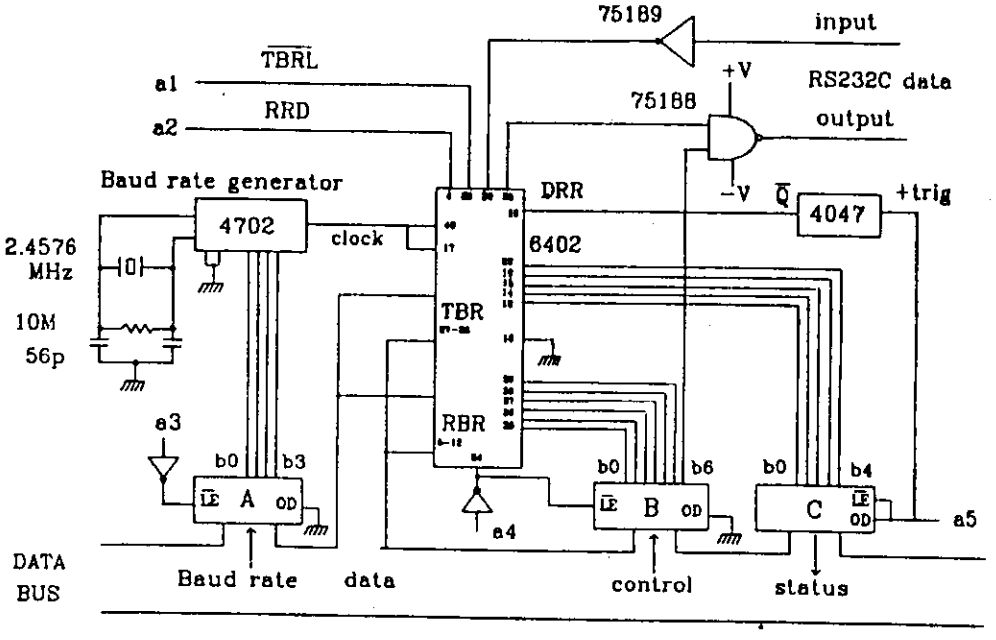
ข้อดีของระบบ RS232 นี้ก็คือ สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ที่วางอยู่ไกล ๆ ได้ (ความยาว <15 เมตร) โดยอาจใช้สายเพียง 2 เส้น ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลอย่างเดียว หรือ 8 เส้น ในกรณีต้องการตอบรับด้วย โดยข้อจำกัดก็มีบ้างเช่น สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ 1 ชิ้นต่อ 1 port (คอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ ๆ อาจมี port ชนิดนี้ติดมาให้ 2 port) แต่อาจขยายจำนวนได้ นอกจากนี้การส่งแบบอนุกรม ทำให้ส่งข้อมูลได้ช้ากว่าแบบขนาน สำหรับ RS-232 port นี้จะใช้ตัวต่อ (Connector) แบบ 25 pin (ดังรูป) ซึ่ง pin ตำแหน่งต่าง ๆ อาจจะใช้งานไม่ทั้งหมด



pin no	direction	abbreviation	name
1	-		protective ground
2	to DCE	TxD	transmitted data
3	to DTE	RxD	received data
4	to DCE	RTS	request-to-send
5	to DTE	CTS	clear-to-send
6	to DTE	DSR	data set ready
7	-	gnd	logic ground
8	to DTE	DCD	carrier detected
9			reserved
10			reserved
11			unassigned
12	to DTE		secondary carrier detected
13	to DTE		secondary clear-to-send
14	to DCE		secondary transmitted data
15	to DTE		transmit clock for synchronous data
16	to DTE		secondary received data
17	to DTE		receiver clock for synchronous data
18			unassigned
19	to DCE		secondary request-to-send
20	to DCE	DTR	data terminal ready
21	to DTE		signal quality detected
22	to DTE	RI	ring detected
23	to DCE		data rate selector
24	to DCE		transmit clock
25			unassigned

รูป 1.25 ลักษณะของ RS-232C port

ลักษณะการเชื่อมต่อระหว่าง bus ของไมโครคอมพิวเตอร์กับ RS232 port อาจแสดงได้ดังรูป 1.26

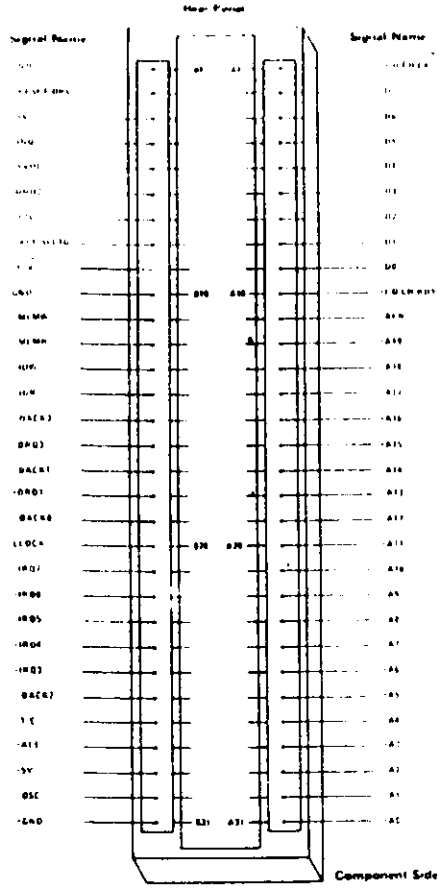


รูป 1.26 การเชื่อมต่อระหว่าง RS232 port กับ bus

ค) <u>การเชื่อมโยงผ่าน Slot บน Main Board ของเครื่องคอมพิวเตอร์</u>

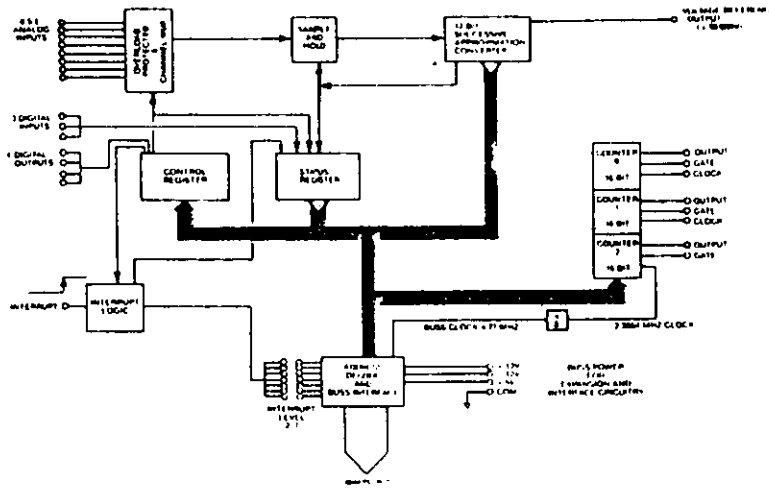
ไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วไปไม่ว่าจะเป็น IBM-PC หรือ MacIntosh ส่วนใหญ่แล้วได้ออกแบบให้มีส่วนเชื่อมโยงที่สามารถขยายขีดความสามารถ โดยผ่าน Slot บน Main board ซึ่งมีหลาย slot ด้วยกัน (เช่น 1 slot สำหรับ MacIntosh SE, 8 slot สำหรับ IBM-PC/XT ฯลฯ) ซึ่งแต่ละ Slot จะมีขาทั้งสิ้น 62 ขา โดยแบ่งออกเป็น 2 ข้าง ๆ ละ 31 ขา โดยแต่ละขาจะเชื่อมกับเส้นสัญญาณต่าง ๆ บน Main Board ทำให้การสร้างวงจรเชื่อมต่อ (interface) ทำได้สะดวก โดยเส้นสัญญาณเหล่านี้ก็มี อาทิเช่น

Address Bus, Data Bus, Control Bus (สำหรับควบคุมการอ่านเช่น จากหน่วยความจำหรือ I/O port) เส้นสัญญาณสำหรับการขัดจังหวะ (interrupt) ของวงจร interface หน่วยความจำ สัญญาณสำหรับการตรวจสอบความผิดพลาด (I/O Check) นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมต่อกับระบบจ่ายไฟของระบบได้อีกด้วย (เช่น ต่อกับ $\pm$ 15 V หรือ $\pm$ 12 V)



รูป 1.27 ลักษณะช่อง slot ของเครื่อง IBM-PC/XT

ดังนั้นการออกแบบ Interface card ให้สามารถรับส่งสัญญาณจากภายนอก ซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณอะนาลอก ผ่าน A/D converter เข้าสู่ระบบ จากนั้นก็ส่งสัญญาณดิจิตัลเข้า CPU ส่วนที่ใช้ควบคุมก็จะส่งสัญญาณดิจิตัลออกผ่าน D/A Convetter การแปลงไปเป็นสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมงาน ปัจจุบันมีผู้ออกแบบ Card ลักษณะนี้มากมาย อาทิ เช่น Metrabyte (ดูรูปประกอบ)



รูป 1.28 ลักษณะการเชื่อมโยงของ Card Metrabte กับ System

ส่วนการทำงานนั้นอาจเขียนโปรแกรมขึ้นเอง แต่ในกรณี Card มาตรฐาน เช่น Metrabyte อาจมีโปรแกรมสนับสนุน ที่สามารถซื้อมาใช้ได้เลย ตัวอย่างคุณสมบัติของ Card ลักษณะนี้ก็มี อาทิเช่น High Performance Analog + Digital Interface Board (Model DAS20) ซึ่งมีข้อเด่นดังนี้

- สามารถอ่านข้อมูลเข้าได้ด้วยอัตราเร็ว 100,000 ค่า/วินาที (สัญญาณเข้ามาเป็นสัญญาณอะนาลอก แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตัล)

- สามารถอ่านข้อมูลเข้ามาได้ถึง 16 ช่อง (channel) โดยอาจเพิ่มได้อีก หากใช้ Multiplexer

- สามารถส่งสัญญาณอะนาลอกออกได้ 2 ช่อง

- มีซอฟท์แวร์ควบคุมพร้อม

ฯลฯ