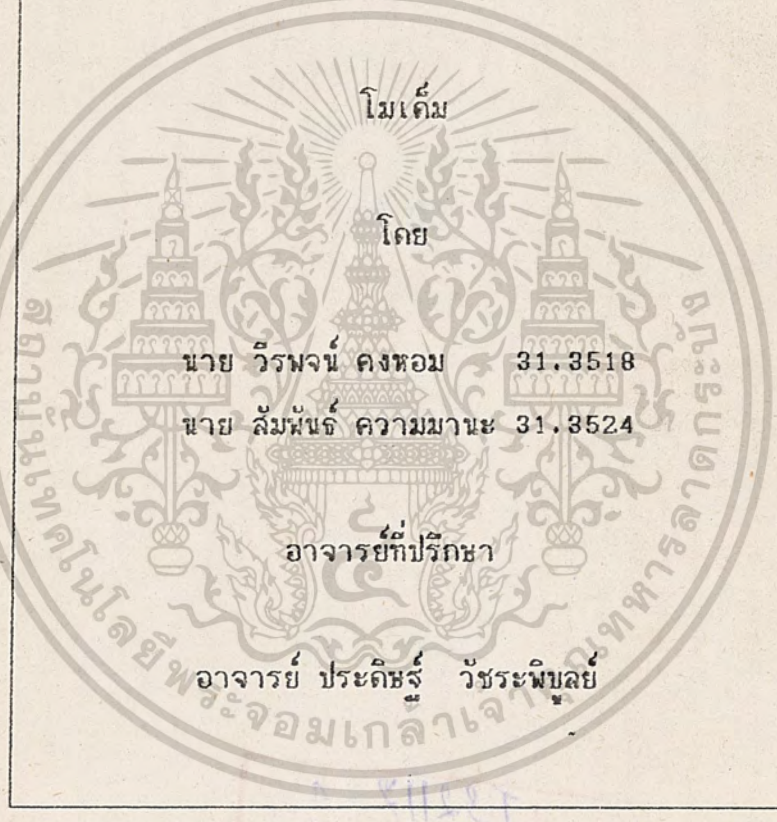


ปีการศึกษา 2532

โมเด็ม

โดย

นาย วีรพจน์ คงหอม 31.3518

นาย สัมพันธ์ ความมานะ 31.3524

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ประดิษฐ์ วัชระพิบูลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก 026943

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

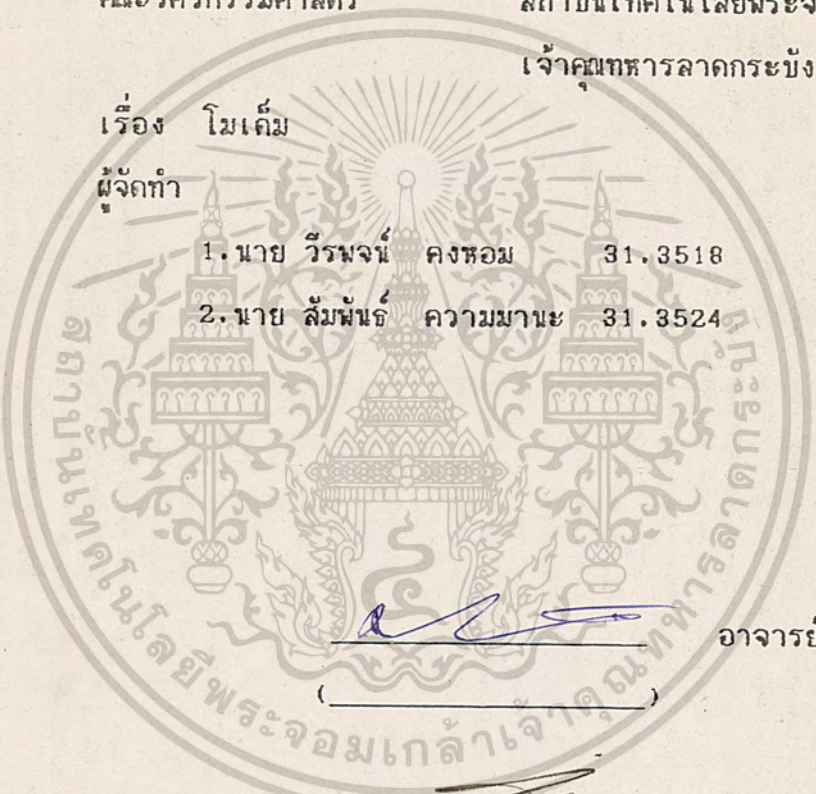
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โมเด็ม

ผู้จัดทำ

1. นาย วีรพจน์ คงหอม 31.3518

2. นาย สัมพันธ์ ความมานะ 31.3524



_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(_____)

_____ คณะกรรมการ

(_____)

_____ คณะกรรมการ

(_____)

_____ คณะกรรมการ

(_____)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026943

22 พ.ย. 2533

โมเด็ม 300 บอด

MODEM 300 BAUD

นาย วีรพจน์ คงหอม
นาย สัมพันธ์ ความมานะ
อ.ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

การสื่อสารข้อมูลโดยการใช้ตัวอุปกรณ์โมเด็ม(MODEM) ซึ่งอาศัยหลักการมอดดูเลท(modulate)และการดีมอดดูเลท(demodulate)สัญญาณข้อมูลนั้นมีอยู่หลายรูปแบบ สำหรับ FSK(Frequency Shift Keying) เป็นรูปแบบหนึ่งของการดีมอดดูเลทสัญญาณที่สามารถที่จะกระทำได้ ซึ่งให้ความเร็วของการส่งข้อมูลไม่เกิน 1800 bps.ของการมอดดูเลทแบบสัญญาณดังกล่าว ลักษณะการทำงานของโมเด็มจะนำเอาสัญญาณข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอล(digital signal)มามอดดูเลทกับสัญญาณแคร์เรียร์(carrier signal) ซึ่งสร้างจากคริสตอลออสซิเลเตอร์(crystal oscillator)ก็จะได้ความถี่ออกมาเป็น 2 ค่าคือความถี่มาร์ค(mark frequency)และความถี่สเปซ(space frequency) ความถี่ดังกล่าวจะแปรตามสัญญาณข้อมูลดิจิตอล ในมาตรฐานเบล 103(Bell 103 standard) รูปแบบของการส่งข้อมูลจะใช้การส่งระบบอะซิงโครนัส(asynchronous) สามารถส่งได้ทั้งแบบฟูลดูเพล็กซ์และฮาฟดูเพล็ก(full duplex and half duplex) โดยการเซ็ทโหมดการส่ง การส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์ความเร็วในการส่งจะน้อยกว่าแบบฮาฟดูเพล็กซ์ สำหรับสัญญาณแคร์เรียร์ที่มอดดูเลทแล้ว สัญญาณนี้จะถูกส่งไปสู่วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์(Bandpass filter circuit)เพื่อที่จะส่งผ่านช่องทางการสื่อสาร(สายโทรศัพท์) ในภาคของการรับสัญญาณเรารับสัญญาณดังกล่าวแล้วผ่านวงจรฟิลเตอร์ และการดีมอดดูเลทสัญญาณเพื่อการแสดงผลและการควบคุม(Display and control)สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลใช้การควบคุมจากซอร์ฟแวร์(Software)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODEM 300 BAUD

Weerapot konghom

Sampan kwammana

PRADIT VATCHARAPIBOON Advisor

1989

Abstract

Data communication was used Modem, it used method moddulate and demodulate a data singnal. It has many types. FSK is the common type which used in this process. But in FSK type, speed of tran smitted data has less than 1800 bps. Operating of Modem, data is modulate by carrier signal is generated by crystal oscillator. After that the output is a FSK signal, it consists of mark and space frequency which correlate data signal. In Bell 103 standard, the transmitted data use asynchronous system and can transmitted in half duplex or full duplex operation by setting tramsmission mode. In full duplex operation, data has transmission speed less than half duplex. When the data signal is modulated, it is tranami tted to bandpass filter circuit. Then the signal is fed to the telephone channel. At the Receiver,we recevie this signal, after that it is fed to filter circuit for filter and is transmittd to demodulater circuit. Now the data signal is split out of carrier signal. Data signal is connected to computer which is displayed and controlled. For the controlling process, it is controled by software which make by assembly language, it can operate quickly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

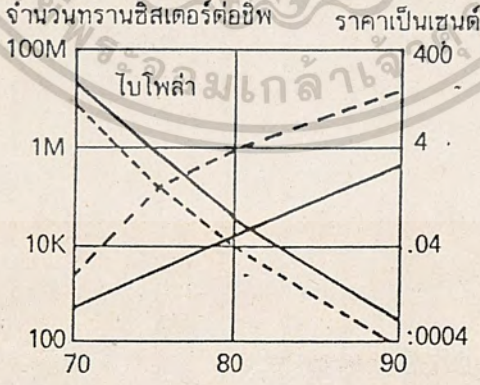
	หน้า
บทที่1 บทนำ	1
บทที่2 ทฤษฎีและหลักการ	5
บทที่3 การคำนวณและการสร้าง	42
บทที่4 การทดลองและผลการทดลอง	53
บทที่5 การสรุปและวิจารณ์	60
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การสื่อสารข้อมูลเป็นการพัฒนารูปแบบของการสื่อสารขึ้นมาจากยุคก่อนๆมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ ถ้าเรามาพิจารณาถึงเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาการสื่อสารทางด้านโทรคมมาคมการพัฒนาการของไอซีตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆให้มีขนาดเล็กลงเป็นส่วนสนับสนุนผลักดันให้เกิดการพัฒนาการอย่างไม่หยุดยั้ง การพัฒนาเทคโนโลยีโดยเฉพาะด้าน VLSI ก้าวหน้าขึ้นอย่างมากทำให้เกิดการสื่อสารด้านดาวเทียม การสื่อสารด้วยไฟเบอร์ออปติก รวมถึงการสื่อสาร ISDNC (integrated services digital network) ที่ซึ่งจะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้

รูปที่1 แสดงการพัฒนาการของชิพซึ่งพัฒนาโดยบริษัทสื่อสารโทรคมนาคม โทรเลขแห่งประเทศญี่ปุ่น หรือ NTT จะเห็นว่าในปัจจุบันมีความสามารถผลิตชิพประเภทหน่วยความแบบ MOS ได้สูงกว่า 16 เมกกะบิต ในทำนองเดียวกันก็สามารถผลิตชิพประเภทไบโพล่าได้มากเป็นหลายแสนตัวต่อชิพ



รูปที่ 1 ความก้าวหน้าของ VLSI

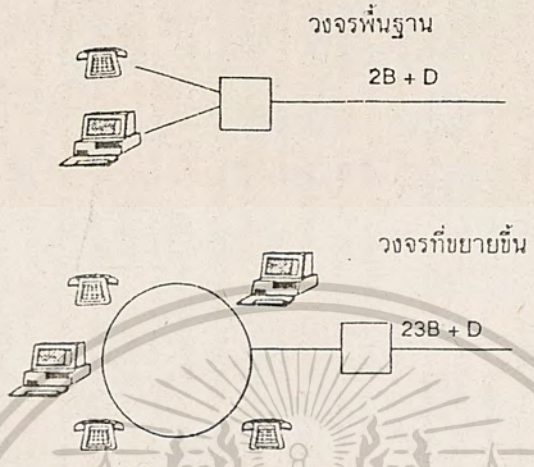
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลนั้นใช้ตัวกลางหรือสื่อข้อมูลหลายอย่างด้วยกัน เช่น สายส่งข้อมูล (Special purpose data line) สายโทรศัพท์ หรือระบบไมโครเวฟ แต่ที่ให้ความสนใจกันมากในขณะนี้เห็นจะได้แก่การสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ ดังนั้นเครือข่ายโทรศัพท์จึงมีความสำคัญจำเป็นต่อการขยายงานด้านนี้ ในประเทศที่พัฒนาแล้วจำนวนเครื่องโทรศัพท์ต่อจำนวนประชากรจะมากกว่าประเทศที่กำลังพัฒนาอยู่อีกมาก จึงมีความจำเป็นต่อการพัฒนาการข่ายการสื่อสารโทรศัพท์ขึ้นอีก เพราะการใช้โทรศัพท์ยังแพร่หลายขึ้นไปอีกมาก เพราะการสื่อสารข้อมูลยังจำเป็นที่ต้องใช้ข่ายสายโทรศัพท์อยู่อีกมาก แนวทางการพัฒนาการของโทรศัพท์จึงมีแนวทางการประยุกต์ได้อีกมาก ข่ายสายโทรศัพท์อาจจะประกอบด้วยชุมสาย (Telephone exchanges or Switching offices) นับจำนวนร้อยหรือจำนวนพันๆชุดก็ได้ เชื่อมโยงกันแบบผสมหรือแบบลำดับชั้น (Hierachical Networks) ดังนั้นการประยุกต์การใช้งานของข่ายโทรศัพท์ทำให้คอมพิวเตอร์ทั่วๆโลกสามารถที่จะเชื่อมโยงติดต่อกันได้ สามารถส่งเอกสารหรือข้อความถึงกันได้ สำหรับในสหรัฐอเมริกาเองมีการส่งข่ายการสื่อสารข้อมูลกันอย่างกว้างขวาง เช่น ARPANet, CSNET, BITNET ซึ่งเครือข่ายนี้จำเป็นที่ต้องวางโครงร่างที่เรียกว่า Backbone trunk ยิ่งปัจจุบันใช้ดาวเทียมสื่อสารเป็นตัวกลางในการเชื่อมโยงการสื่อสารข้อมูลทำให้การสื่อสารระยะไกลทำได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นรวมทั้งลดต้นทุน

การสื่อสาร ISDN จะเป็นการรวมถึงการสื่อสารส่งเอกสาร ข้อมูล ภาพ รวมเข้าถึงเสียงด้วย ดังนั้นความต้องการข่ายการสื่อสาร ISDN จึงเป็นเรื่องที่กล่าวถึงกันมาก สำหรับโครงสร้าง ISDN ที่กำหนดในปัจจุบันมีอยู่สองรูปแบบ คือ 2B+D และ 23B+D

ข้อมูลของคอมพิวเตอร์อยู่ในรูปแบบของสัญญาณอิเลคทรอนิคส์ที่สามารถส่งต่อ คัดลอก จัดพิมพ์ ทำสำเนาได้ง่าย ถ้าจะลองนึกถึงสภาพของงานบางอย่างที่ต้องคัดลอกสำเนาของข้อมูลขึ้นหลายๆสำเนาด้วยมือ ข้อมูลที่คัดลอกเหล่านี้จะต้องใช้เวลามากแล้วยังต้องเสี่ยงต่อความผิดพลาดของข้อมูลอีกด้วย ความสำคัญของการสื่อสารข้อมูลจึงเป็นสิ่งที่กล่าวถึงกันอยู่เสมอ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะได้นำมาทดแทนช่วยการทำงานเหล่านี้ให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นไป และเพื่อเป็นการประหยัดแรงงานในด้านนี้ได้เป็นอย่างมากทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 การเชื่อมต่อเข้ากับระบบ ISDN

การสื่อสารข้อมูลในปัจจุบันจะเห็นว่ามีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจอย่างมากซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในระบบสำนักงานเรียกว่า ระบบสำนักงานอัตโนมัติ (Office Automation) ซึ่งมักจะเรียกกันสั้นๆว่า OA เป็นระบบที่ทำงานเกี่ยวกับการทำเอกสารทั่วไปที่สร้างจากเวิร์ดโปรเซสเซอร์ เพื่อส่งไปยังหน่วยงานต่างๆที่เรียกว่าอิเลคทรอนิคส์เมล์ ในการเชื่อมโยงข่ายสารข้อมูลระยะไกลจำเป็นต้องผ่านข่ายการสื่อสารสาธารณะ แต่เนื่องจากว่าข่ายการสื่อสารสาธารณะยังไม่เกิดขึ้น การสื่อสารระยะไกลจำเป็นต้องใช้สายโทรศัพท์ การที่จะให้คอมพิวเตอร์ในโครงข่ายติดต่อถึงกันได้จึงจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ช่วยที่เรียกว่าโมเด็ม (MODEM)

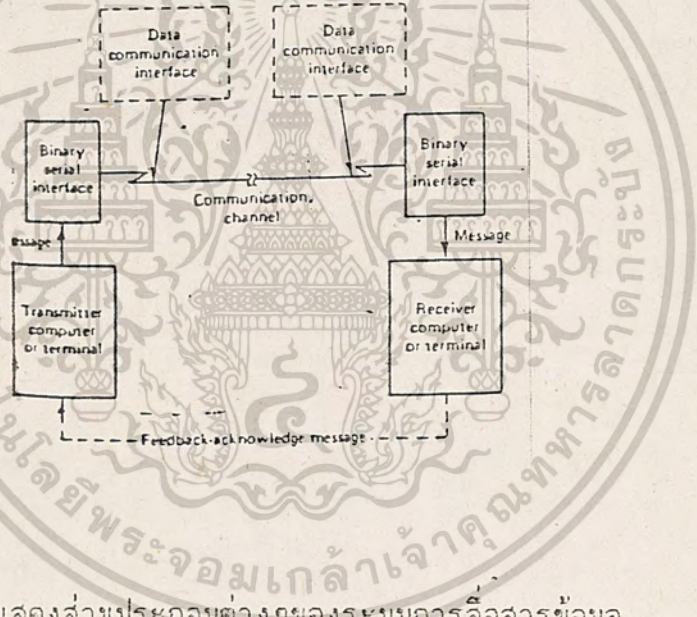
สำหรับอนาคตของการสื่อสารข้อมูลนั้น จะกลายมาเป็นปัจจัยสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจทุกๆอย่าง ซึ่งเราจะได้เห็นสิ่งประดิษฐ์ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารข้อมูลอีกมากในเมืองไทยเราก็ได้มีการพัฒนาการขึ้นมาเรื่อยๆ จากจำนวนผู้ที่ใช้ PC ในเมืองไทยขณะนี้มีไม่น้อยเลยแต่ระบบการเชื่อมโยง PC เข้ากับระบบข่ายโทรศัพท์ของเรามีน้อยมาก ทั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะปริมาณของคู่ข่ายสายโทรศัพท์ยังน้อยอยู่ อีกทั้งค่าใช้จ่ายโทรศัพท์ยังมีค่าสูงอยู่ ดังนั้น ความสะดวกในการใช้โทรศัพท์สื่อสารข้อมูลจึงถูกจำกัดอยู่

1.1 ส่วนประกอบของระบบการสื่อสารข้อมูล

ส่วนประกอบต่างๆดังแสดงในรูปที่3 ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ 5 ส่วนด้วยกันคือ ข้อมูล(Message) ตัวส่งสัญญาณข้อมูล(Transmitter) ตัวแปลงระหัสข้อมูล (Binary serial interface) ช่องส่งสัญญาณ(Transmittion channel) และตัวรับสัญญาณข้อมูล(Receiver)



รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบต่างๆของระบบการสื่อสารข้อมูล

ช่องทางส่งข่าวสารข้อมูลที่กล่าวถึงนั้นอาจจะเป็นสายโทรศัพท์, โคแอกเชียล, ระบบไมโครเวฟก็ได้ความจุ(Capacity)ของข้อมูลของแต่ละช่องทางการสื่อสารนั้นจะไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถหาออกมาได้ในเทอมของอัตราข้อมูล(Data Rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

จากปัญหาที่สัญญาณดิจิตอลส่งผ่านสายโทรศัพท์ในระยะทางไกลๆแล้ว สัญญาณจะสูญหายไปเลยซึ่งสัญญาณดิจิตอลส่งไปในระยะทางไกลไม่ได้ ดังนั้นเราจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณดังกล่าวเสียใหม่ ในรูปแบบที่เหมาะสมที่จะส่งผ่านไปยังสายโทรศัพท์ได้ โดยการนำไปแฝงไว้กับสัญญาณพาหะวิธีการเช่นนี้จะเป็นพาหะได้ดีขึ้นในการสื่อสารด้วยสายโทรศัพท์ก็คือสัญญาณรูปคลื่นของไซร์(SINE WAVE) กระบวนการที่จะนำสัญญาณที่จะส่ง(Digital)แฝงไปกับสัญญาณพาหะเรียกว่า มอดดูเลชั่น(Modulation) เพื่อส่งไปตามสายส่งจนถึงผู้รับแล้วผู้รับจะมีกระบวนการถอดสัญญาณดิจิตอลออกจากสัญญาณพาหะ ขบวนการเช่นนี้เรียกว่า ดีมอดดูเลชั่น(Demodulation)

กระบวนการทั้งสองรูปแบบที่กล่าวถึงนี้สามารถใช้อุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า โมเด็ม (MODEM)นั่นเองโดยที่คำว่า MODEM เป็นคำที่นำเอาส่วนหนึ่งของคำสองคำมาประกอบกัน คือ คำว่า Modulation กับคำว่า Demodulation ดังนั้นโมเด็มคืออุปกรณ์ที่สามารถทำได้สองหน้าที่ คือ มอดดูเลชั่นและดีมอดดูเลชั่นภายในตัวเดียวกัน บางครั้งอาจมีผู้เรียกโมเด็มว่า Data set

2.1 โดยทั่วไปเราแบ่งโมเด็มออกได้ดังนี้

2.1.1 โมเด็มที่ใช้ในการส่งระยะใกล้(Short haul modems)ซึ่งมีระยะทางน้อยกว่า 10 ไมล์และไม่มีการจำกัดแบนด์ บางครั้งระบบนี้จะไม่มีการมอดดูเลท-ดีมอดดูเลท แต่จะใช้พวกอุปกรณ์ขยายสัญญาณแทน(Line driver)

2.1.2โมเด็มแบนด์กว้าง(Wideband Modems)โมเด็มชนิดนี้ใช้ส่งข้อมูลทางสายโทรศัพท์ที่ความเร็ว 19.2 - 230.4 Kbps ซึ่งใช้แบนด์วิดช่วง 6 - 60ของช่วงสัญญาณเสียง(Voice grade chanels) เช่น Bell 303B,Cและ D ที่ความเร็ว 19.2, 50 และ230.4Kbps แบบฟูลดูเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3โมเด็มช่วงความถี่เสียง(Voice grade modems)ใช้กับสายโทรศัพท์ที่มีแบนด์วิดธ์ 2700hz(300 to 3000hz) สำหรับการส่งระยะทางกลางและระยะทางไกลจะใช้โมเด็มชนิดนี้ สำหรับโมเด็มชนิดนี้แบ่งออกได้ 2 ชนิดย่อย

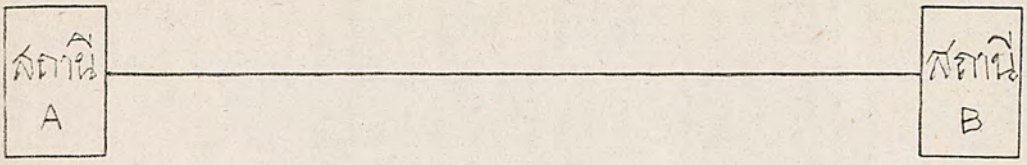
- ซิงโครนัส (Synchronous) ซึ่งสามารถส่งข้อมูลได้เร็วกว่าการส่งแบบอะซิงโครนัส สำหรับสายโทรศัพท์สาธารณะสามารถส่งได้ 4800 bps และสายเช่า 9600 bps
- อะซิงโครนัส(Asynchronous) ซึ่งส่งข้อมูลได้เร็วที่สุดผ่านสายโทรศัพท์สาธารณะ 1800 bps และ 2000 bps สำหรับสายเช่า(Leased lines)

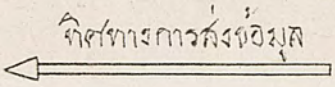
2.2 ระบบซิงโครนัส(SYNCHRONOUS SYSTEM)

การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสมีรูปแบบของการส่งที่แน่นอน ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มของข้อมูลต่างๆและทำการส่งข้อมูลไปพร้อมกันเลยทีเดียวเราเรียกกลุ่มข้อมูลนี้ว่า "เรคคอร์ดหรือบล็อค"(record or block) และในการส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัสนี้ช่วงระยะเวลาของแต่ละบิทที่ทำการส่งจะใช้เวลาเดียวกัน และในการส่งผ่านทั้งตัวอักษร ตัวอักษรตัวแรกและตัวถัดไปจะไม่มีอะไรมาคั่น (ภายในบล๊อคเดียวกัน) ดังนั้นช่วงเวลาระหว่างบิทสุดท้ายของตัวอักษรกับบิทแรกของตัวอักษรถัดไปเวลานี้จะเป็นศูนย์นั่นเอง หรือกล่าวอีกในหนึ่งการคิดเวลาของการส่งผ่าน จะต้องคิดในรูปแบบของเวลารวมทั้งหมดของการส่งผ่านตัวอักษรที่สมบูรณ์เป็นตัวๆไป

ถ้าจะพิจารณากันแล้วเราจะเห็นแนวโน้มว่ารูปแบบของการส่งข้อมูลนี้มีแนวโน้มที่จะยึดหลักการส่งผ่านข้อมูลที่อยู่ในรูปของรหัส 1,0 หรือ เลขฐาน 2 นั่นเองโดยที่ข้อความที่ต้องการส่งนั้นจะอยู่ในรูปของบิทจำนวนหนึ่ง ตามที่เข้ารหัสกันไว้โดยไม่ยึดหลักที่ว่า จะแบ่งความยาวของตัวอักษรลงด้วยขนาดความยาวที่แน่นอน สำหรับเทคนิคในการจัดรูปแบบของการส่งแบบซิงโครนัส ดังได้แสดงรูปแบบของการจัดการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสซึ่งเป็นการส่งข้อมูลรูปแบบหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





S	.		A	B	C	D	E	F	G	H	*	*

รูปที่ 4 แสดงการต่อเนื่องของข้อความที่ถูกส่งผ่านการส่งแบบซิงโครนัส

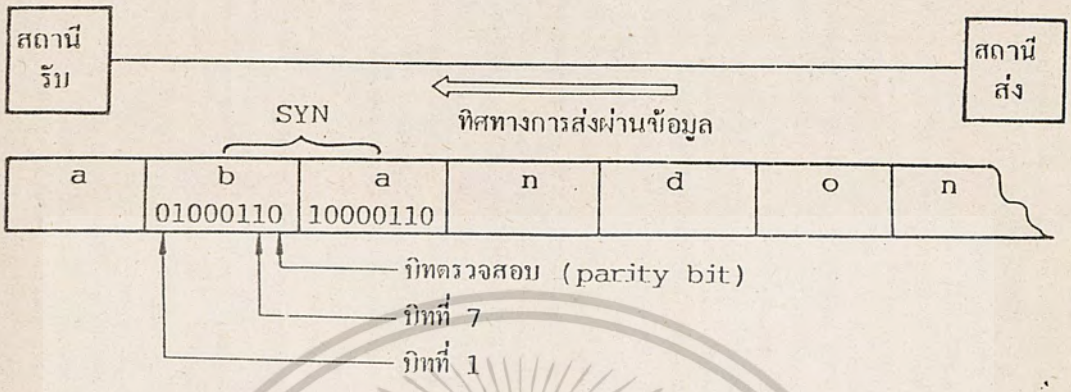
จากรูปแสดงให้เห็นการเอากลุ่มตัวอักษร(ข้อความที่ต้องการส่งผ่าน) มาเรียงต่อกันเพื่อการส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัส เราจะเห็นได้ว่าตัวอักษรที่นำมาต่อกันเรียงชิดกันโดยที่ไม่มีที่ว่างระหว่างตัวอักษรเลย ในเมื่อรูปแบบของการส่งข้อมูลเป็นเช่นนี้อุปกรณ์รับข้อมูลจะต้องทราบอะไรบ้าง จึงจะบรรจุลงไปว่าส่วนนั้นๆ เป็นกลุ่มบิทของตัวอักษรที่ถูกเข้ารหัสกันมา สิ่งที่อุปกรณ์รับข้อมูลจะต้องทราบก็คือ บิทใดเป็นบิทแรกของตัวอักษรตัวแรก ขนาดของตัวอักษร(จำนวนบิทที่แทนหนึ่งตัวอักษร) และอีกประการหนึ่งก็คือ ความเร็วในการส่งผ่านข้อมูล อุปกรณ์รับข้อมูลจึงจะจัดกลุ่มของบิทออกเป็นกลุ่มๆ เพื่อแทนค่ากลับเป็นตัวอักษรต่างๆที่รับเข้ามา อย่างเช่นที่ข้อมูลที่ส่งผ่านมาอยู่ในรูปของรหัสแอสกี้(ASCII) ตัวอักษรแต่ละตัวจะถูกเข้ารหัสในรูป 8 บิท แทนหนึ่งตัวอักษร โดยมีบิทแรกเป็นบิทตรวจสอบ ดังนั้น อุปกรณ์รับข้อมูลจะตัดบิทออกเป็นกลุ่มละ 8 บิทเพื่อนำมาตีความเป็นตัวอักษรแต่ละตัวนั่นเอง

สำหรับวิธีการที่จะระบุลงไปว่า บิทใดเป็นบิทแรกของตัวอักษรตัวแรกนั้นมีวิธีการดังนี้

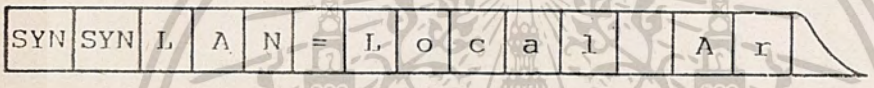
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า ข้อมูลที่ถูกส่งโดยวิธีการซิงโครนัสจะถูกจับมารวมกันเป็นกลุ่มของข้อมูล(Block of Data) และที่ส่วนต้นของบล๊อกเราใส่ตัวของอักขระ SYN ซึ่งเป็นอักขระพิเศษที่ใช้ในการควบคุมการส่งผ่านข้อมูล โดยที่อักขระซิง (SYN character) มีรูปแบบของบิทคือ 00010110(มีบิทตรวจสอบแบบเลขคี่ Odd parity) และอุปกรณ์รับข้อมูลจะคอยตรวจสอบดูขบวนบิทที่วิ่งมาว่ามีส่วนใดตรงกับอักขระซิงบ้าง เมื่อพบอักขระซิงแล้วอุปกรณ์รับข้อมูลจะทราบได้ทันทีว่าถึงจุดเริ่มต้นที่จะตัดกลุ่มของบิทกลุ่มละ 8 บิท เพื่อแทนตัวอักษรได้ และตัวอักขระหลายๆตัวที่ตีความได้ก็คือ ข้อมูลที่ถูกส่งมาในแต่ละบล๊อก แต่การใช้ตัวอักขระซิงเพียงตัวเดียวใส่ไว้ที่ส่วนต้นของบล๊อกยังเป็นวิธีการที่ไม่ถูกต้อง เพราะในบางกรณีขบวนของบิทที่แทนตัวอักษรมีบางช่วงที่ไปตรงกับรูปแบบของบิทของอักขระซิงได้ ถ้าพิจารณาจากรูปที่ 5 จะเห็นว่า ถ้าส่งข้อความที่มีตัวอักษร b และ a ติดกัน 4 บิทท้ายของตัวอักษร b ต่อกัน 4 บิทแรกของตัวอักษร a ตรงกับอักขระซิงพอดีจะทำให้อุปกรณ์รับข้อมูลตีความผิดไป ดังนั้นวิธีการแก้ไขข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นได้จากกรณีเช่นว่านี้ โดยการใช้อักขระซิง2ตัวใส่ไว้ที่ส่วนต้นของบล๊อกดังแสดงในรูปb และอุปกรณ์รับข้อมูลก็ทราบข้อตกลงนี้เป็นอย่างดี โดยที่ทันทีที่ตรวจพบอักขระซิง จะดูอีก 8 บิทถัดไปว่าเป็นอักขระซิงด้วยหรือไม่ ถ้าใช่จะเริ่มต้นรับว่าทุกๆ 8 บิทที่ตามมาคืออักษรแต่ละตัว กรณีที่ไม่ใช่ก็จะเริ่มตรวจหาอักขระซิงต่อไปหรือกล่าวได้ว่าเครื่องฯจะปรับตัวเข้าสู่ภาคการค้นหาอักขระซิง(Look for Sync mode) และเมื่อพบอักขระซิงอย่างน้อย 2 ตัวก็จะเริ่มเข้าสู่กระบวนการจัดกลุ่มบิทกลุ่มละ 8 บิทแทนตัวอักษรหรือข้อมูลที่ได้รับดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7 คือ ขบวนการรับข้อมูลที่ส่งผ่านมาในระบบซิงโครนัส ในบางระบบการใช้อักขระซิงนำหน้ากลุ่มข้อมูลอาจใช้อักขระซิง 3-4 ตัว เพื่อความแน่นอนในการส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัสที่สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น สำหรับการส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัสนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายหัวเรื่องที่จะต้องกล่าวถึงในบางกรณีจะใช้ตัวอักษรที่แตกต่างกัน 2 ตัวเป็นรูปแบบการส่งแบบซิงโครนัส ดังนั้นเครื่องรับข้อมูลจะต้องจำลักษณะของตัวอักษรตัวแรก ซึ่งมีเอกลักษณ์ไว้หนึ่งตัวก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) กลุ่มบิทที่เกิดขึ้นแล้วมีรูปแบบตรงกับอักขระซิง

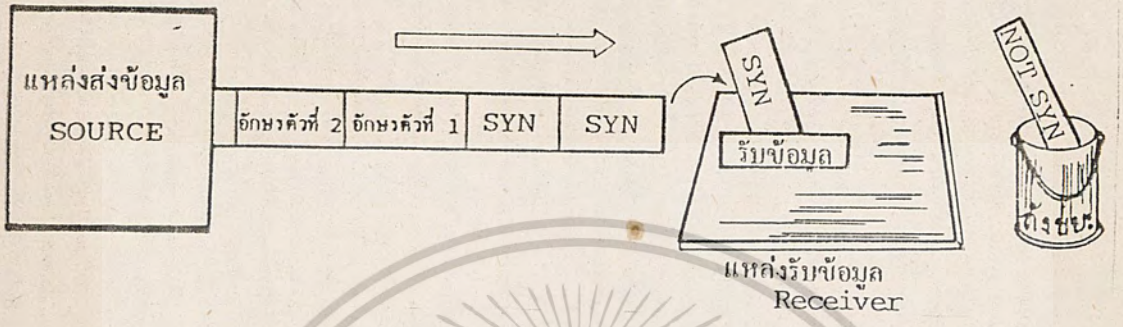


(b) การใช้อักขระซิง 2 ตัวนำหน้าเฟรมของข้อมูลที่ส่งผ่านในระบบซิงโครนัส

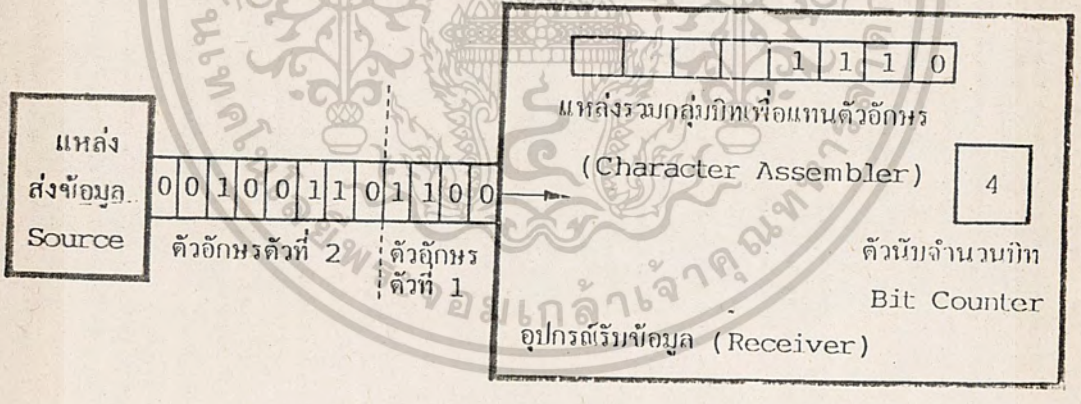
รูปที่ 5แสดงรูปแบบการใช้อักขระซิงนำหน้ากลุ่มตัวอักษร

จากนั้นจะต้องเตรียมตรวจดูกลุ่มของบิทกลุ่มต่อไป เพื่อให้รู้ว่าเป็นตัวอักษรอะไร ในระบบการส่งข้อมูลที่เป็นบิทล้วนๆ(คือเราไม่สนใจว่ากระแสของบิทเหล่านั้นจะเป็นตัวอักษรหรือไม่) รูปแบบของซิงโครนัสจะถูกเรียกว่า แฟล็ก(Flag) ความหมายก็คือ มีสัญญาณหรือไม่มีสัญญาณเช่นเดียวกับการใช้สัญญาณการโบกธง แต่ในทุกกรณีจะเห็นได้ว่า หลักของการส่งสัญญาณแบบซิงโครนัสนั้น จะต้องให้เครื่องรับข้อมูลที่ปลายทางเข้าใจถึงลักษณะของบิทพิเศษที่ส่งเพื่อให้รู้ว่านั่นคือ จัดเริ่มต้นของกลุ่มตัวอักษร(Block) ที่กำลังส่งเรียงกันเข้ามาเครื่องรับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
026943

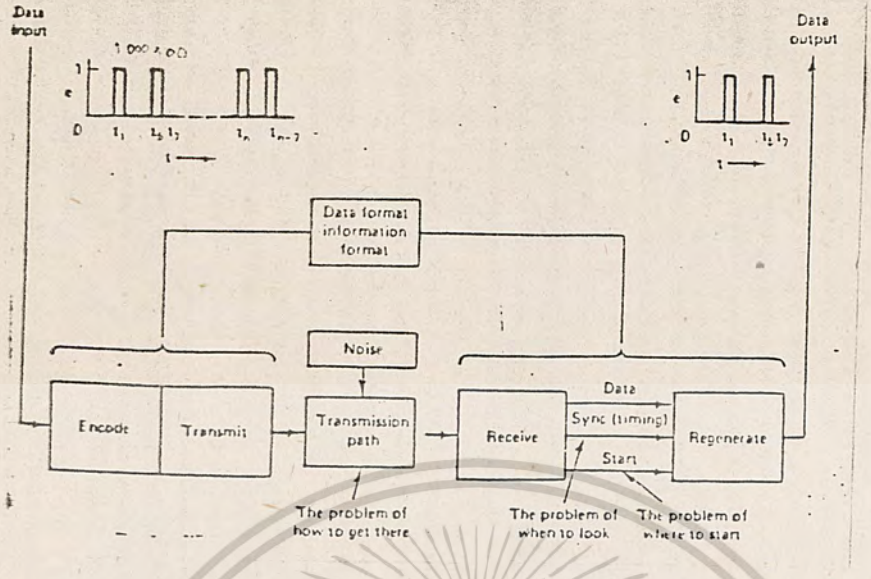


รูปที่6 แสดงเปรียบเทียบอุปกรณ์รับข้อมูลตรวจหาอักขระซิงในระบบซิงโครนัส



รูปที่7 แสดงการตัดแถวของบิทออกกลุ่มละ 8 บิทเพื่อแทนตัวอักษรของอุปกรณ์รับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

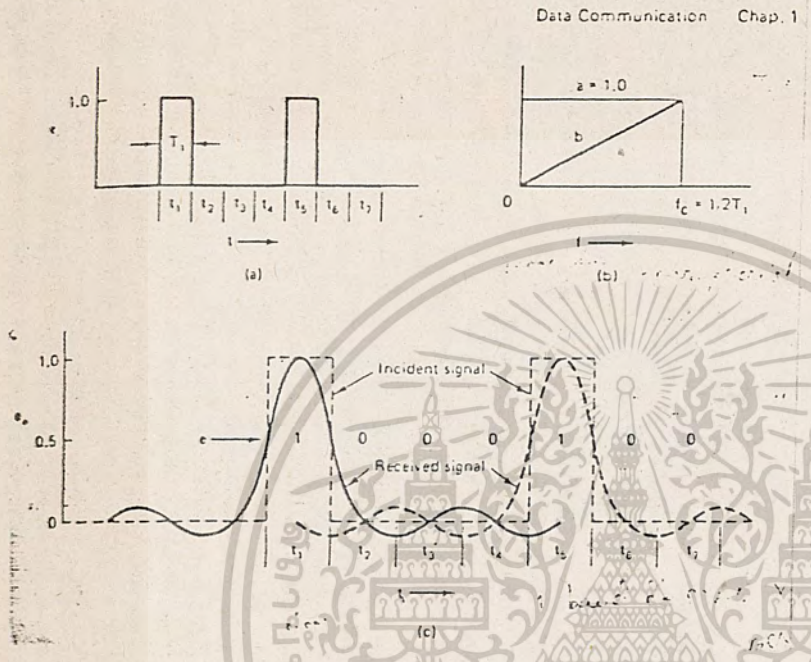


รูปที่ 8 ระบบการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสลักษณะหนึ่ง

จากรูปเราเข้ารหัสตัวอักษรด้วยรหัสดิจิตอล 7 บิทซึ่งมี 2 ค่า คือ 1000100 และ 1001000 สมมติว่าเวลาของการส่งสัญญาณและหยุดส่งสัญญาณเท่ากับ 0.001S(Time duration) ดังนั้นจำนวนของสัญญาณ(Singnal element) จะถูกส่งไปเท่ากับ 1000 ถ้าเราต้องการจะรู้ว่าช่องส่งสัญญาณมีแบนด์วิดธ์เพียงพอกับจำนวนข้อมูลหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบนี้กระทำโดย Mr.Nyquist โดยเขาทำการทดลองส่งสัญญาณ N ค่าต่อวินาที ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของแอมปลิจูดและได้กำหนดว่าการเปลี่ยนแปลงไปของรูปแบบสัญญาณที่ส่งผ่านช่องทางการสื่อสาร แต่เครื่องรับสามารถที่จะยังคงรับสัญญาณได้อย่างถูกต้องโดยไม่เกิดการผิดพลาดของการสื่อสารขึ้น จากข้อกำหนดดังกล่าวของ H.Nyquist เขาสามารถคำนวนหาค่าของแบนด์วิดธ์และความคม(shaping) ของแบนด์สำหรับสัญญาณที่เครื่องจะสามารถรับข้อมูลได้ พิจารณาดูรูปที่9 สายส่งสัญญาณถูกออกแบบสำหรับส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณได้อย่างถูกต้อง สัญญาณข้อมูลที่จะส่งอยู่ในรูป(a) และรูปแบบของสัญญาณที่รับได้ดังแสดงในรูป(c) สำหรับรูป(b)คือ คุณสมบัติของช่องทางการส่งสัญญาณซึ่งมีความถี่คัทออฟF_c=500 Hzของโลพาสและ b ในรูปคือค่าเฟสชิฟของช่องสัญญาณซึ่งจะมีค่าเชิงเส้นในช่องความถี่หนึ่ง ดังนั้นถ้า T_1=0.001S,F_c=500Hz ดังนั้นการส่งสัญญาณ N บอดจะต้องใช้ช่องการส่งสัญญาณที่มีแบนด์วิดธ์เท่ากับ N/2 Hz แต่สำหรับคุณสมบัติตามรูป(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้เป็นจริงขึ้นมาได้ ดังนั้นในการใช้งานจึงต้องระมัดระวังควบ เพื่อไม่ให้เกิดการบิดเบี้ยวเปลี่ยนแปลงไปของแอมปลิจูดและเฟสในช่องการสื่อสารนั้น



a) สัญญาณอินพุท
b) คุณสมบัติสายส่งสัญญาณ
c) สัญญาณเอาท์พุท

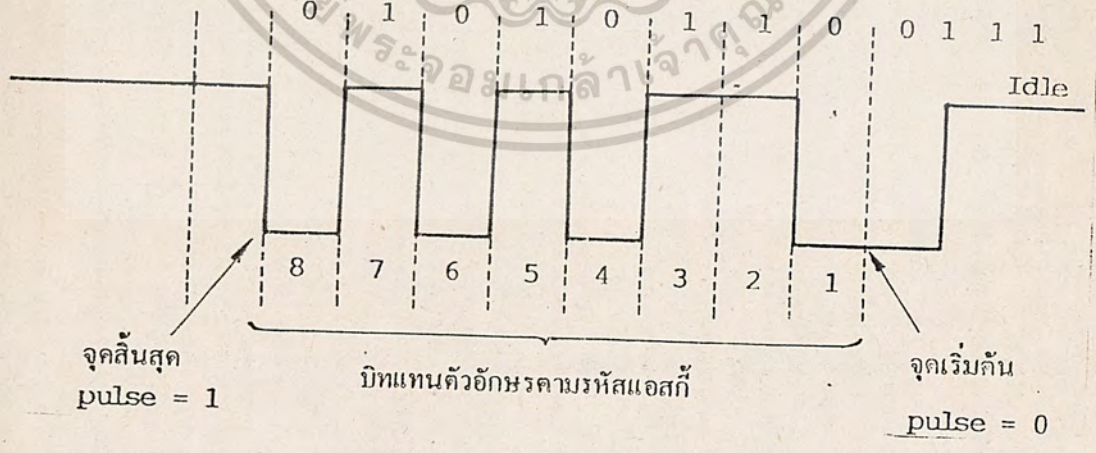
รูปที่ 9 คุณสมบัติของสัญญาณที่สามารถที่จะยอมรับได้

2.3 การส่งผ่านข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การส่งผ่านข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนี้ เป็นระบบในการส่งตัวอักษรตัวใดตัวหนึ่งไปในทันทีทันใดซึ่งเป็นเวลาใดๆก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดความสัมพันธ์กับตัวอักษรตัวอื่นๆ เราอาจส่งตัวอักษรเรียงติดไปเลย โดยที่ไม่มีที่ว่างระหว่างตัวอักษรคล้ายกับการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็ได้หรืออาจนานๆ ส่งไปสักตัวอักษรก็ได้ ในกรณีเช่นนี้เครื่องรับปลายทางจะต้องสร้างลักษณะของของการซิงโครนัสขึ้นมาใหม่ของอักษรแต่ละตัว เครื่องรับปลายทางจะต้องรู้จักว่าสิ่งที่ส่งมานั้น มีบิทแรกของตัวอักษรอยู่ที่ใด ดังนั้นหน้าตัวอักษรแต่ละตัวเราจะบิทลักษณะพิเศษเพื่อถือเป็นจุดเริ่มต้น(Start pulse) ซึ่งเมื่อเครื่องรับพบบิทแบบนี้จะทราบได้ทันทีว่านี้คือจุดเริ่มต้นของตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรับปลายทางจะตรวจพบบิทแสดงจุดเริ่มต้น(Start pulse) ได้โดยตรวจสภาวะทางไฟฟ้าของสายส่งนั่นเอง คล้ายกับตัวเราเป็นผู้รับสัญญาณแล้วดูที่สายส่งว่าขณะนั้นมีสภาวะเป็น 1 หรือ 0 ในขณะที่สายส่งรักษาระดับไฟคงที่โดยไม่การเปลี่ยนแปลง นั่นแสดงว่าไม่มีการส่งข้อมูลมาเลยลักษณะของสายส่งในลักษณะนี้จะเรียกว่า IDLE Line และเพื่อความสะดวกจะให้สภาวะของ Idle line มีระดับทางไฟฟ้าเป็น 1 (ในบางระบบเรียกสภาวะนี้ว่า mark condition) สำหรับสภาวะทางไฟฟ้าที่ตรงกันข้ามกับสภาวะ Idle line คือสภาวะทางไฟฟ้าที่เป็น 0 และในบางระบบจะเรียกสภาวะนี้ว่า Space condition หรือสภาวะว่างเปล่า หรืออาจจะเรียกอีกอย่างว่าสภาวะสายเปิด (Open line) จะสังเกตุเห็นได้ว่าสภาวะ Idle line นี้เป็นสภาวะที่ตัวส่งสัญญาณส่งค่าบิทมาเป็น 1 ตลอด เมื่อมีความต้องการที่จะส่งตัวอักษร เครื่องส่งสัญญาณ จะใส่บิท 0 มาหน้ากลุ่มของบิทที่แทนตัวอักษรนั้น ซึ่งบิทที่นำมาใส่นำหน้านี้จะทำหน้าที่เป็นบิทนำหน้าเพื่อบ่งบอกว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการส่งตัวอักษร ถ้าพิจารณาในแง่ของลักษณะสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่10



รูปที่ 10 แสดงการส่งตัวอักษรหนึ่งตัวแบบอะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องส่งสัญญาณจะสร้างบิทเริ่มต้น(Start Bit หรืออาจเรียกว่า Start pulse) โดยการเปลี่ยนสภาวะของสายส่งจากการรักษาระดับไฟคงที่(Idle line) ซึ่งถือเป็น 1 เข้าสู่สภาวะ 0 โดยใช้เพียงบิทเดียว พร้อมกันนี้ข้อความที่ต้องการส่งก็จะตามบิทเริ่มต้นเข้าสู่เครื่องรับต่อไป เมื่อเครื่องรับสัญญาณตรวจพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสภาวะ 1 ไปสู่สภาวะ 0 ก็จะมีการเทียบกับสัญญาณนาฬิกาทันที ภายหลังจากผ่านพ้นไปได้ครึ่งบิท สัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวบอกเครื่องรับให้ตรวจสอบสภาวะของสายส่ง ถ้ายังคงอยู่ในสภาวะ 0 ถ้าตรวจสอบสภาวะของสายส่งแล้วได้บิท 0 อยู่เครื่องก็จะเริ่มตรวจรับรหัสของตัวอักษรนั้น แต่ถ้าในจุดเริ่มต้นนี้เครื่องรับพบว่าบิทที่เข้ามาทีแรกมีสภาวะเป็น 1 เครื่องจะวิเคราะห์ว่าที่จุดเริ่มต้นมีการเปลี่ยนแปลงจาก 1 ไปเป็น 0 นี้เป็นสัญญาณรบกวน(Noise) ช่วงสั้นๆ และการหยุดตรวจสภาวะสายส่ง เพราะไม่ต้องการรวมบิทเป็นตัวอักษรอีกต่อไป (ถ้าเครื่องรับสัญญาณรับรหัส 1,0 ที่มีการส่งผ่านมาจริงๆโดยไม่มีการตรวจทานโดยวิธีที่กล่าวมาแล้ว สัญญาณรบกวนอาจเป็นสาเหตุให้มีการนับบิทรวมขึ้นเป็นตัวอักษรขึ้นมาได้ ซึ่งถือว่าตัวอักษรที่เกิดขึ้นในกรณีเช่นนี้เป็นขยะของการส่งผ่านข้อมูล)

สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่เครื่องรับจะทำให้เกิดการซิงโครนัส ที่ตอนต้นของตัวอักษรที่กำลังรับเข้ามา โดยเราอาจมอบให้เกิดความแตกต่างกันไปได้เล็กน้อยระหว่างความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลกับสัญญาณนาฬิกาที่เครื่องรับใช้ ณ ที่จุดสิ้นสุดของแต่ละตัวอักษรที่ส่งมา Stop pluse จะถูกส่งมาเครื่องรับเพื่อทำให้เกิดสภาวะคงที่ก่อนที่ตัวอักษรถูกปิดหัวปิดท้ายไว้ด้วย Start bit และ Stop bit ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ในบางครั้งจึงมีการเรียกการส่งผ่านข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนี้ว่า การส่งผ่านข้อมูลแบบเริ่มต้น/หยุด (STart /Stop Transmission)

สัญญาณหยุด(Stop pulse) จะถือเอาสภาวะของสายเป็น 1 ระดับที่ถือว่าเป็นหนึ่งนี้ถ้าจะถือเป็นโวล หรือมิกระแสไฟก็แล้วแต่และจะมีค่าเป็นกี่โวลนั้นย่อมแปรเปลี่ยนไปได้ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับแต่ละระบบว่าออกแบบมาอย่างไร สำหรับการส่งผ่านข้อมูลที่มีรูปแบบเป็นรหัสแอสกี้ อาจใช้สัญญาณหยุด(Stop pulse) 1 หรือ 2 บิทก็ได้ และสำหรับระบบของบอโด(Beudot System) สัญญาณหยุดมักจะมีความยาวเท่ากับ 1.5 บิท แต่อย่างไรก็ตามอาจมีบางกรณีที่ใช้สัญญาณหยุดที่มีความยาว 1.42 บิท จุดประสงค์ดั้งเดิมของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หยุดที่ใช้ในยุคเริ่มแรกใช้เพื่อบอกจุดสิ้นสุดแก่อุปกรณ์ปลายทางซึ่งเป็นอุปกรณ์ประเภทเครื่องจักรไฟฟ้า โดยใช้กับตัวอักษรหนึ่งๆที่มีการส่งมายังอุปกรณ์นี้ ดังนั้นอุปกรณ์เครื่องรับปลายทางจะรับข้อมูลที่ส่งเข้ามาเป็นบิทและระหว่างช่วงสัญญาณที่เกิดสัญญาณหยุด เครื่องจะต้องตีความหมายด้วยว่าจะต้องทำอย่างไรกับข้อมูลที่รับมานี้ ด้วยเหตุนี้ความยาวของสัญญาณหยุด จึงมีผลถึงการให้เวลาเครื่องรับปลายทางด้วยว่าจะทำอย่างไรกับตัวอักษรที่รับเข้ามาจึงจะสามารถรับตัวอักษรตัวต่อไปได้ ในยุคแรกๆอุปกรณ์รับข้อมูลปลายทางที่ใช้รูปแบบแทนตัวอักษรด้วยรหัสแอสกี้ ต้องใช้สัญญาณหยุดที่มีความยาวถึง 2 บิท จึงจะทำให้การทำงานของเครื่องเสร็จและพร้อมที่จะรับตัวอักษรอื่นๆต่อไปแต่ในปัจจุบันเพราะความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เครื่องรับสัญญาณปลายทางสามารถตีความหมายของตัวอักษรใช้ระยะเวลาเพียง 1 บิทเท่านั้น

2.4 อัตราบิท(BIT RATE)กับ อัตราบอด(BAUD RATE)

อัตราบอด คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณใน 1วินาที สัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปหนึ่งครั้งอาจจะให้ข้อมูลมากกว่า 1 บิท ในกรณีเช่นนี้อัตราบิทจะต่างไปจากอัตราบอดขึ้นอยู่กับจำนวนสภาวะของสัญญาณ ถ้าสัญญาณมี 4 สถานภาพ การเปลี่ยนแปลงสัญญาณ 1 ครั้งจะทำให้ได้ข้อมูล 2 บิท ซึ่งในกรณีนี้เราจะได้อัตราบิทเป็นสองเท่าของอัตราบอด

2.5 รหัสที่ใช้ในการส่งสัญญาณ(TRANSMISSION CODE)

ภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่ใช้กันแพร่หลายดังนั้นถ้าหากว่าใช้ตัวอักขระภาษาอังกฤษในการสื่อสารก็ย่อมที่จะใช้ได้ทั่วโลกเช่นเดียวกัน มีรหัสมาตรฐานที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลอยู่หลายรูปแบบแต่ที่เราพบเห็นอยู่บ่อยคือ รหัสบอโด(Baudot Code) และ รหัสแอสกี้ (ASCII Code)

2.5.1 รหัสบอโด(baudot code)

บางครั้งอาจจะเรียกว่า รหัสมูเร่ รหัสนี้ถือว่าเป็นรหัสมาตรฐานของ CCITT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 2 และรหัสนี้ถูกนำมาใช้ในระบบเทเล็กซ์ทั่วโลก จะมีบางคนเรียกว่า รหัสเทเล็กซ์

รหัสบอโดประกอบด้วย รหัสขนาด 5 บิทดังนั้นจึงใช้แทนตัวอักษรได้ 32 รูปแบบซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่เพียงพอที่จะใช้ส่งตัวอักขระได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงมีการเพิ่มตัวอักขระพิเศษขึ้นมา 2 ตัวเพื่อเป็นตัวบอกเครื่องรับว่า กำลังใช้ตัวอักษรกลุ่มใด ดูรูปที่11 จากรูปแถวซ้ายมือสุดเป็นกลุ่มเลขฐาน 2 เป็นกลุ่มของอักขระที่อยู่ในรูปของตัวอักษร ส่วนแถวที่ 3 เป็นกลุ่มของอักขระพิเศษ ซึ่งอาจอยู่ในลักษณะของรูปภาพก็มีจึงได้รับชื่อ อักขระของรูปภาพ(Figtures Characters) สำหรับอักขระพิเศษ 2 ตัวที่กล่าวมาทีแรก เพื่อบอกให้เครื่องรับทราบว่ากำลังใช้รหัสของตัวอักขระกลุ่มใด ตัวอักขระพิเศษที่กล่าวถึงนี้คือ ตัวเลื่อนเข้าสู่ตัวกลุ่มอักษร(Letter shift character) เขียนโดยย่อว่า LTRS หรือ LS ส่วนอีกตัวหนึ่งคือ ตัวเลื่อนเข้าสู่กลุ่มภาพ(Figure shift character) เขียนโดยย่อว่า FIGS หรือ FS โดยที่ LS มีรหัสคือ 11111ส่วน FS มีรหัส 11011 และอาจแทน FS ด้วยรูปของตัวศรชี้ขึ้น(^) ส่วนLS แทนด้วยรูปของลูกศรชี้ลง( )

เนื่องจากรหัสบอโดใช้เพียง 5 บิทแทนหนึ่งตัวอักษรนี้เอง ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูลที่ทำการส่งผ่านได้ จึงไม่เป็นที่นิยมที่จะนำมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์ เพราะในเครือข่ายการสื่อสารของคอมพิวเตอร์ต้องการข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง แต่อย่างไรก็ตามรหัสบอโดถูกนำมาใช้ในการส่งโทรพิมพ์(Telex) และโทรเลข(Telegraph)กันอย่างกว้างขวาง สำหรับรหัสบอโดที่ใช้ในการสื่อสารของประเทศไทยได้มีการพัฒนาให้เป็น 6 บิท เพื่อให้เข้ารหัสตัวอักษรได้มากพอที่จะส่งข้อความได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษนั่นเอง

2.5.2 รหัสแอสกี้(ASCII Code)

ASCII ย่อมาจากคำเต็มว่า Americen Standerd Code for Informetion Interchange ซึ่งก็คือรหัสมาตรฐานอเมริกาที่ใช้ที่ใช้ในการส่งข่าวสาร ซึ่งเป็นรหัสขนาด 8 บิท โดยใช้ 7 บิทเข้าแทนรหัสตัวอักษรและอีก 1 บิทเป็นบิทตรวจสอบ(Perity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเลขฐานสอง (Binary)	กลุ่มตัวอักษร Letters Characters	กลุ่มรูปภาพ Figures Characters
00000	ว่าง (Blank)	ว่าง (Blank)
00001	E	3
00010	≡	≡ เลื่อนบรรทัด (Line feed)
00011	A	-
00100	SP	SP ช่องว่าง (Space)
00101	S	'
00110	I	8
00111	U	7
01000	<	< ปัดแคร่ (Carriage Return)
01001	D	Who are you?
01010	R	4
01011	J	เสียงกริ่ง (Bell)
01100	N	,
01101	F	%
01110	C	:
01111	K	(
10000	T	5
10001	Z	+
10010	L	)
10011	"	2
10100	H	£
10101	Y	6
10110	P	0
10111	Q	1
11000	O	9
11001	B	?
11010	G	$
11011	↑	↑ (FS)
11100	M	.
11101	X	/
11110	V	=
11111	↓	↓ (LS)

รูปที่11 การเข้ารหัสมาตราฐานบอโด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

bit check) และถือเป็นรหัสแบบหนึ่งที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลกันอย่างกว้างขวางและได้รับมาตรฐานของ CCITT โดยถือว่าเป็นมาตรฐานของ CCITT หมายเลข 5 ในบางครั้งก็เรียกว่า International Alphabet No.5 และในองค์กรสื่อสารระหว่างประเทศบางแห่งก็เรียกว่า "International Standards Organization"หรือ ISO และกลุ่มตัวอักษรที่สร้างขึ้นด้วยรหัสแอสกี้นี้มีชื่อเต็มเรียกว่า "ISO Seven-bit Code Character Set for Information Processing Interchange" นอกจากนี้ ยังมีส่วนที่ให้แต่ละประเทศเลือกกำหนดใช้รหัสบางส่วนได้ตามความเหมาะสมของประเทศนั้นๆ เนื่องจากรหัสแอสกี้เป็นรหัส 7 บิทแทนหนึ่งตัวอักษรจึงสามารถสร้างตัวอักษรได้ถึง 128 ตัวอักษร (เท่ากับ 2 ยกกำลัง 7) จึงช่วยให้เข้ารหัสได้ทั้งตัวอักษรตัวใหญ่และตัวอักษรตัวเล็กได้เพียงพอและยังใส่ลักษณะของกราฟฟิค และตัวอักขระพิเศษที่ใช้ในการควบคุมเข้าไปด้วย

อักขระพิเศษที่ใช้ในการควบคุม

-รหัสที่ใช้ควบคุมการสื่อสารข้อมูล(communication control)

-รหัสจัดรูปฟอร์แมท(format effectors)

-รหัสไว้ใช้แยกข้อความ(information separator)

-รหัสควบคุมพิเศษ(special control characters)

2.5.3 รหัสบีซีดี(BCD Code)

เป็นรหัสแทนตัวอักษรที่ใช้การเข้ารหัสแบบ 6 บิทแทน 1 ตัวอักษร และถือว่าเป็นรหัสมาตราฐานในการเข้ารหัสของเครื่องคอมพิวเตอร์ในยุคที่ 2(1959-1965) จากการที่ใช้ 6 บิทแทนตัวอักษรจึงสามารถเข้ารหัสตัวอักษรได้เท่ากับ 2 ยกกำลัง 6 =64 ตัวอักษรเท่านั้น และเมื่อมีความจำเป็นต้องส่งผ่านข้อมูลภายใต้ระบบการสื่อสาร มักจะเพิ่มบิทตรวจสอบเข้าไปอีก 1 บิทรวมเป็น 7 บิท

2.5.4 รหัสเอ็บซีดิค(EBCDIC)

EBCDIC เป็นคำย่อมาจากคำว่า Extended Binary Coded Decimal Interchange Code เป็นรหัสแทนตัวอักษรที่ใช้การเข้ารหัส 8 บิทแทน 1 ตัวอักษร เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสมาตราฐานในการเข้ารหัสตัวอักษรของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในยุคปัจจุบัน (ใช้ในเมนเฟรมคอมพิวเตอร์และมินิคอมพิวเตอร์ แต่ไม่ใช้ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์) แต่ถึงจะเป็นรหัส 8 บิท ซึ่งดูคล้ายกับรหัสแอสกี้ที่เพิ่มบิทตรวจสอบก็ตาม แต่จะมีการเข้ารหัสที่แตกต่างกันไป รหัสเอ็บซีดิคนี้ความจริงแล้วก็คือ การนำเอารหัสบิซีดีมาขยาย เพื่อให้เข้ารหัสแทนตัวอักษรได้มากขึ้นนั่นเอง จากการที่ใช้ 8 บิทแทนตัวอักษรจึงสามารถเข้ารหัสได้ถึง 2 ยกกำลัง 8 หรือเท่ากับ 256 รูปแบบที่ไม่ซ้ำกันเลย

2.6 บิทตรวจสอบ(The parity bit)

บิทตรวจสอบทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งผ่านมาตามสายส่งสัญญาณนั้น ซึ่งมีอยู่ 2 รูปแบบด้วยกันคือ การตรวจจำนวนคี่(Odd parity) และการตรวจสอบจำนวนคู่ (Even parity)

การตรวจสอบจำนวนคี่หมายถึง การส่งข้อมูลไป 1 ตัวอักษรที่ถูกเข้ารหัสเป็นรหัสแอลกี้ 7 บิทเพิ่มด้วยบิทที่ 8 ซึ่งเป็นบิทตรวจสอบจะต้องนับบิทที่มีค่าของ"1" อยู่เป็นจำนวนคี่ สำหรับการตรวจสอบจำนวนคู่จะมีหลักการเดียวกัน เพียงแต่นับว่าจำนวนบิทที่มีค่าเป็น"1" รวมทั้งสิ้น 8 บิท จะต้องเป็นจำนวนคู่

2.7 อักขระควบคุมการสื่อสาร

NUL เป็นอักขระว่างคือ ไม่มีอะไรเลย อย่าสับสนกับคำว่า Blank เพราว่า Blank ยังมีอักขระอยู่คือ " " ในภาษาเบสิก ส่วน NUL =CHR$(0) ในภาษาเบสิค อักขระนี้มีประโยชน์สำหรับอุปกรณ์เครื่องพิมพ์ซึ่งต้องการเวลาที่แน่นอนในการเลื่อนหัวพิมพ์

STX(start of text) ใช้ใน Bisyn เป็นการเตือนให้ฝ่ายรับได้รู้ว่าข้างหลังที่ตามมาเป็นข้อความที่ต้องการจะส่งให้ และเป็นการบอกว่าส่วนหัวได้สิ้นสุดลงแล้ว

SOH (Start of heading) ใช้ในการควบคุมสายข้อมูลของ Bisyn ซึ่งหมายถึงจุดเริ่มต้นของส่วนนำหน้าของข้อมูล สถานีในข่ายการสื่อสารจะตรวจสอบอักขระที่ตามหลัง SOH สำหรับติความว่า จะเป็นผู้รับข้อความที่ตามมาข้างหลังนี้หรือไม่ SOH บางครั้งก็ใช้ในแบบอะซิงโครนัส สำหรับการถ่ายโอนข้อมูลหลายๆแฟ้มติดต่อกันโดยไม่แยกแฟ้มส่ง SOH ใช้บอกจุดเริ่มต้นของแต่ละแฟ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ETX (End of text)ใช้ใน Bisynเหมือนกัน เป็นการบอกฝ่ายรับว่าข้อความที่ต้องการส่งในกลุ่มนี้หมดแล้ว

EOT (End of transmission) เป็นอักขระควบคุมการสื่อสาร เพื่อเป็นการบอกให้รู้ว่าสิ้นสุดการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ที่บ่งบอกแล้ว

ETB (End of transmission block) เป็นอักขระควบคุมการสื่อสารเป็นตัวบ่งชี้ถึงการสิ้นสุดกลุ่มข้อมูลที่ส่ง

ENQ (Enquire)อักขระนี้ใช้ในการเรียกการตอบสนองจากฝ่ายรับอาจจะใช้ในการเรียกให้อุปกรณ์ในข่ายการสื่อสารแสดงตัวเอง หรืออาจจะใช้ในการบอกสถานภาพของการสื่อสาร

ACK (Acknowledge) อักขระควบคุมใช้ในการบ่งบอกถึงการสื่อสาร และถ่ายโอนข้อมูลอย่างไม่ผิดพลาด ระหว่างสถานีรับและสถานีส่งหลังจากรับกลุ่มของข้อมูลอย่างถูกต้องแล้ว ฝ่ายรับจะต้องส่ง ACKให้ฝ่ายส่งได้รับรู้ว่าข้อความที่ส่งไปได้รับอย่างถูกต้องแล้ว

NAK (Negative Acknowledge) ใช้ระหว่างฝ่ายรับกับฝ่ายส่งหรือบ่งบอกว่ามีการผิดพลาดเกิดขึ้นในข่ายการสื่อสาร

BEL (Bell) เป็นอักขระควบคุมที่ทำงานเหมือนชื่อ ในIBM PC อาจจะกระทำได้โดยการกด CTRL และ G พร้อมกัน

BS (Back spaec) เป็นอักขระสำหรับจัดรูปร่างเพื่อควบคุมเครื่องพิมพ์และการแสดงผลบนหน้าจอ โดยมีผลทำให้เคอร์เซอร์หรือหัวพิมพ์เลื่อนไปทางซ้าย 1 ตำแหน่ง

HT (Horizontal Tabulation) เป็นอักขระสำหรับจัดรูปร่าง ทำให้เครื่องพิมพ์และการแสดงผลบนหน้าจอ เลื่อนไปตำแหน่งที่ตั้งค่าเอาไว้แล้ว

LF (Line Feed) เป็นอักขระควบคุมทำให้ตำแหน่งที่พิมพ์เลื่อนไป 1 บรรทัดนับต่อไปในแถวตั้งอันเดียวกัน

VT (Vertical tabulation) เป็นอักขระควบคุมการจัดรูปร่าง ซึ่งทำให้เครื่องพิมพ์ หรือการแสดงผลบนหน้าจอเลื่อนไปยังแถวตั้งเดิมแต่จำนวนบรรทัดห่างออกไปเท่ากับจำนวนบรรทัดที่ตั้งเอาไว้

FF (Form Feed) เป็นอักขระควบคุมรูปร่าง ใช้ในการเลื่อนหัวพิมพ์ไปยังส่วนบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแบบฟอร์มที่ตั้งเอาไว้ของหน้าถัดไป

CR (Carriage Return) เป็นอักขระควบคุมการจัดรูปร่าง ซึ่งจะทำให้เครื่องพิมพ์หรือเคอร์เซอร์ของการแสดงผลบนหน้าจอเลื่อนไปยังตำแหน่งที่ 1 ของบรรทัดเดียวกัน

SO (Shift Out) เป็นอักขระควบคุมพิเศษ ซึ่งทำหน้าที่ในการขยายอักขระมาตราฐานของ ASCIIออกไป

SI (Shift in) เป็นอักขระพิเศษซึ่งอาจจะใช้ในการตั้งค่าใหม่ของเครื่องรับกลับไปตามมาตราฐานของรหัส ASCII

DLE (Data Link Escape) เป็นอักขระควบคุมการสื่อสารใช้ในการแก้ไขดัดแปลงความหมายของอักขระที่ตามหลังมา ใช้ใน Bisyn

DC1 (Device Control 1) เป็นอักขระสำหรับโยกสวิทช์ทางอิเลคทรอนิคส์

DC2 (Device Control 2) เช่นเดียวกับ DC1

DC3 (Device Control 3) เป็นอักขระสำหรับโยกสวิทช์อิเลคทรอนิคส์อีกอันหนึ่ง ส่วนมากจะใช้ร่วมกับ DC1 เสมอ

DC4 (Device control 4) ก็เช่นเดียวกับ DC2

SYN (Synchronuos Idle) เป็นอักขระควบคุมการสื่อสารใช้ในโปรโตคอล bisyn สำหรับเริ่มกับการสื่อสารหรือเมื่อยังไม่มีข้อมูลจะส่ง สำหรับให้หน่วยรับปรับสัญญาณนาฬิกาให้เข้ากับฝ่ายส่งเสมอ

CAN (Cancel) เป็นอักขระควบคุมพิเศษ อาจจะนำไปใช้งานต่างๆกันสำหรับในผู้ใช้แต่ละราย

EM (End of medium) เป็นอักขระควบคุมพิเศษใช้ในการบ่งบอกการสิ้นสุดของตัวกลางในทางฟิสิคส์

SUB (Substitute) อักขระนี้ใช้ในการสื่อสารเพื่อควบคุมความแม่นยำเครื่องรับใช้ SUB แทนอักขระที่ถูกติความว่าผิดพลาด ไม่ถูกต้อง

ESC (Escape) เป็นอักขระควบคุมใช้กันอย่างแพร่หลายในการสื่อสาร

FS (File separator) เป็นตัวรับข่าวสารใช้สำหรับแสดงถึงขอบเขตในทางลอจิกระหว่างแฟ้มที่ถูกถ่ายโอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GS (Group Separator) เป็นอักขระคั่นกลางใช้ในการแสดงขอบเขตในทางลอจิกของกลุ่มข้อมูลที่กำลังส่งออกไป

RS (Record Seperator) เป็นอักขระสำหรับคั่นกลางอีกเหมือนกันใช้ในการคั่นระหว่างเร็คคอร์ดที่กำลังส่งออก

US (Unit Seperator) ใช้ในการคั่นระหว่างข้อมูลที่แตกต่างกัน

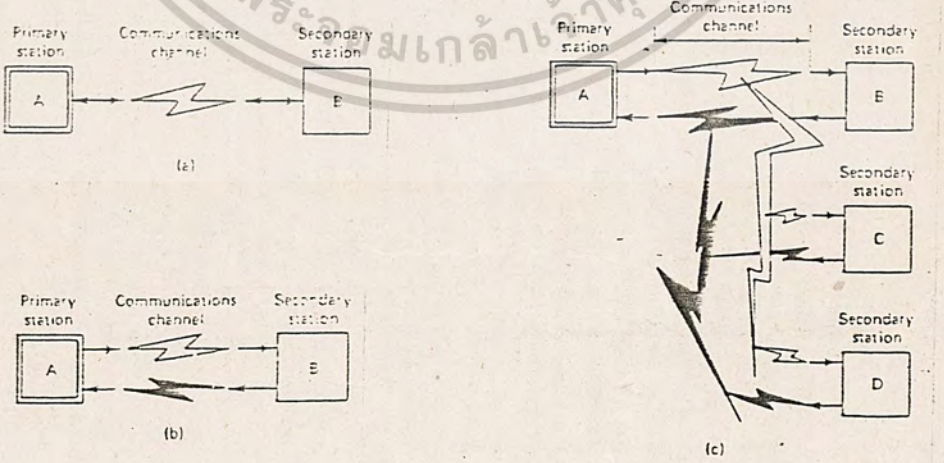
DEL (Delete) ใช้ในการลบอักขระ สำหรับเครื่องพิมพ์ใช้ในการลบอักขระที่ได้รับตัวสุดท้าย ถ้าเป็นหน่วยแสดงผลก็จะเป็นการลบอักขระใต้เคอร์เซอร์ออก

2.8 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

1.การส่งสัญญาณทางเดียว(Simplex transmission) หรือที่มักเรียกกันว่า"SPX" ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณจาก A ไปสู่ B แต่ไม่สามารถจะส่งสัญญาณข้อมูลจาก B มาสู่ A ได้ ดังรูป(a)

2.การส่งสัญญาณกึ่งทางคู่(Half duplex) มักเรียกกันว่า "HDX" สามารถส่งสัญญาณจาก A ไปสู่ B ได้และก็สามารถที่จะส่งสัญญาณจาก B ไปหา A ได้เหมือนกันแต่ว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งสองจะต้องไม่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน

3.การส่งสัญญาณทางคู่(Full duplex) ใช้เรียกคำย่อว่า "FDX" เป็นการส่งสัญญาณจาก A ไปสู่ B และ B ส่งสัญญาณไปสู่ A ได้ในเวลาเดียวกันซึ่งเกิดขึ้นได้พร้อมๆกันทั้งสองเหตุการณ์ดังแสดงในรูป (C)



รูปที่ 12 การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ประเภทของการเชื่อมโยงเพื่อการติดต่อสื่อสาร

การเชื่อมโยงแบบจุดต่อจุด(Point to Point) ถือได้ว่าเป็นแบบพื้นฐานของข่ายการสื่อสารโดยมีอุปกรณ์รับส่งข้อมูล 2 ชุดที่ต้องการสื่อสารถึงกันโดยเชื่อมโยงกันด้วยสายสื่อสาร ในข่ายการสื่อสารประเภทนี้จะไม่พิจารณากันที่ความยาวของสายส่งผ่านข้อมูลซึ่งอาจจะยาวเพียง 3 เมตร หรือ 10000 กิโลเมตรก็ได้ ส่วนสายส่งข้อมูลที่ใช้อาจจะเป็นได้ทั้งสายส่งทางเดียว สายส่งกึ่งทางคู่หรือสายส่งทางคู่สมบูรณ์ก็ได้ และวิธีการส่งผ่านข้อมูล สามารถเป็นไปได้ทั้งสองรูปแบบซิงโครนัสหรืออะซิงโครนัสก็ได้

บางครั้งข่ายการสื่อสารแบบนี้อาจจัดให้มีการรวมศูนย์ และมีสถานีรับส่งปลายทางหลายๆจุดซึ่งในรูปแบบนี้จะมีชื่อเรียกกันว่า "Star Network"

การเชื่อมโยงแบบหลายจุดบนช่องทางส่งผ่านข้อมูลช่องเดียว(Multidrop or Multipoint) เพื่อต้องการค่าใช้จ่ายค่าเช่าของช่องทางการส่งผ่านข้อมูล

อุปกรณ์รับส่งข้อมูลที่เชื่อมโยงกับศูนย์กลางอาจจะใช้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลชนิดที่ไม่มีบัฟเฟอร์ แต่ส่วนใหญ่แล้วจะใช้อุปกรณ์รับส่งข้อมูลชนิดที่มีบัฟเฟอร์ทั้งสิ้น โดยมีเหตุผลอยู่ 2 ประการ

2.9.1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลด้วยการเก็บข้อมูลไว้ ก่อนที่จะมีการส่งได้หรือเมื่อมีข้อมูลส่งมาก็จะสามารถเก็บไว้ได้ทันที

2.9.2 ประหยัดช่วงเวลาใช้ การใช้ช่องทางการสื่อสารในขณะที่ผู้ใช้กำลังป้อนข้อมูลจะยังไม่ต้องส่งผ่านไปทันทีจะรอจนกว่าข้อมูลเต็มบัฟเฟอร์แล้วส่งไปทีเดียวพร้อมๆกันครั้งละมากเลยทีเดียว

2.9.3 การเชื่อมโยงเครือข่ายแบบสลับช่องช่องทางการสื่อสารได้(Switched Network)

สำหรับเครือข่ายการสื่อสารระบบนี้มีใช้กัน 4 รูปแบบ

- เครือข่ายสารโทรศัพท์(The telephone Networks)
- เครือข่ายสื่อสารเทลเล็กซ์(The telex/TWX Networks)
- เครือข่ายสื่อสาร packet switching(Packet Switching Networks)
- เครือข่ายสื่อสาร specielized digital (Specialized Digital Networks)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราได้กล่าวแล้วว่าถ้าหากช่องสัญญาณมีแบนด์วิดซ์กว้างเราก็สามารถส่งสัญญาณอัตราข้อมูล(Data rate) ได้มากขึ้น เมื่อข้อมูลหรือสัญญาณมีค่าระดับของสัญญาณมีมากกว่า 2 ระดับสัญญาณ เช่นในการมอดดูเลทสัญญาณหลายระดับ อัตราบิทจะมากกว่าอัตราบอด เมื่อเรามาพิจารณาถึงช่องทางการสื่อสารที่ไม่มีสัญญาณรบกวน(Niose)เกิดขึ้น ซึ่งมีแบนด์วิดซ์เท่ากับ X ถูกสุ่มด้วยอัตรา 2X/วินาที และถ้าช่องสัญญาณมีแบนด์วิดซ์ x เฮิร์ทซ์แล้วเราสามารถส่งสัญญาณที่แตกต่างกันได้ 2x ค่าได้ สำหรับข้อมูลดิจิตอลซึ่งระดับโวลเต็จต่างกันอยู่ 2 ค่า(0,1) เมื่อเป็นเช่นนี้การส่งสัญญาณพร้อมกัน 2 บิทข้อมูลซึ่งมีค่าโวลเต็จต่างกัน 4 ค่า ในหนึ่งช่วงเวลาเมื่อระดับสัญญาณเท่ากับ 2 ยกกำลัง n เราสามารถเข้ารหัสได้ n บิท ยิ่งกว่านั้นเราสามารถส่งข้อมูล 2nx บิทต่อวินาทีผ่านช่องส่งสัญญาณที่มีแบนด์วิดซ์ x เฮิร์ทซ์ ถ้ากำหนดให้ $L = 2^n$

L = จำนวนระดับสัญญาณ(signal level)

n = จำนวนบิท

เราสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ว่า

$C = 2nx$

$= 2x\log_2 L$ บิทต่อวินาที

C = อัตราข้อมูลสูงสุดส่งผ่านช่องสัญญาณที่ไม่มีสัญญาณรบกวน

x = แบนด์วิดซ์ของสายโทรศัพท์ที่ไม่มีสัญญาณรบกวน

ตารางที่1 แสดงความจุ(capacity)ของช่องสัญญาณสายโทรศัพท์ตามอุดมคติ

จำนวนบิทต่อการสุ่ม number of bit/sam	จำนวนระดับสัญญาณ signal level	อัตราข้อมูลสูงสุด maximum data rate
1	2	5.4
2	4	10.8
3	8	16.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลรูปแบบต่างๆมักจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน

- คอมพิวเตอร์หรือเทอร์มินอลสำหรับส่งหรือรับ
- อุปกรณ์อินเตอร์เฟสแบบอนุกรม(serial interface)ซึ่งมักจะเรียกกันว่า DTE (Data terminal equipment)
- อุปกรณ์สื่อสารข้อมูล(Data communication equipment)หรืออุปกรณ์ซึ่งเรียกกันว่า DCE

2.10 อินเทอเฟส(INTERFACE)

การอินเทอเฟสคือ การกำหนดในเรื่องของสายส่งสัญญาณสื่อสารด้วยการถือว่าอุปกรณ์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชั้น โดยชั้นส่วนทั้งสองนี้ต้องทำงานสอดคล้องกันไปพร้อมๆกัน และเป็นไปให้ได้ตามคุณสมบัติที่มีการกำหนดในการอินเทอเฟสนั้นๆ สำหรับคุณสมบัติเฉพาะในการอินเทอเฟสมีด้วยกันหลายระดับ แต่การจัดทำอุปกรณ์ทั้งสองชั้นให้สอดคล้องกันก็เป็นไปตามระดับของการอินเทอเฟสในระดับนั้นๆ

ระดับต่ำสุดของการอินเทอเฟสก็คือ ความสอดคล้องในระดับกลไกของอุปกรณ์ที่ใช้เช่น ปลั๊กที่จะเสียบลงไปในช่องรับสัญญาณ(Socket) ของการสื่อสารจะต้องสอดคล้องกัน ซึ่งจะเป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์แต่ละตัวเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ในระดับสูงไปอีกขั้นหนึ่งก็คือความสอดคล้องกันทางไฟฟ้า โดยการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์แต่ละคู่จะต้องจำนวนสายที่เท่ากันและต่อกันอย่างถูกต้องตามคู่สายซึ่งกันและกัน เพื่อจะใช้ส่งสัญญาณได้ถูกต้องตามระยะเวลาที่กำหนดด้วย ดังนั้นจึงอาจจะมีพิธีการ(protocal) ได้มากกว่าหนึ่งระดับที่จะกำหนดลงไปอย่างแน่นอนว่าการส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ ซึ่งจะต้องมีการอินเทอเฟสในลักษณะใดบ้าง ในการอินเทอเฟสระหว่างโมเด็มและเทอร์มินอลจะใช้มาตราฐานของ CCITT คือ V24 และมาตราฐานของ EIA(Eleectronic Industriels association)คือ RS232 โดยที่มีรุ่นล่าสุดคือ RS232Cซึ่งมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย

เนื่องจากในความเป็นจริงแล้วมีเทอร์มินอลนับร้อยชนิดที่แตกต่างกันไป และโมเด็มก็มีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ดังนั้นจึงจำเป็นต้องการกำหนดมาตราฐานในการอินเทอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองขึ้น และมาตราฐานที่เป็นที่รู้จักกันดีก็คือ V24 ของ CCITT ซึ่งสามารถรองรับการส่งผ่านข้อมูลได้ด้วยความเร็วถึง 20,000 บิท/วินาที แต่ถ้าเราต้องการ

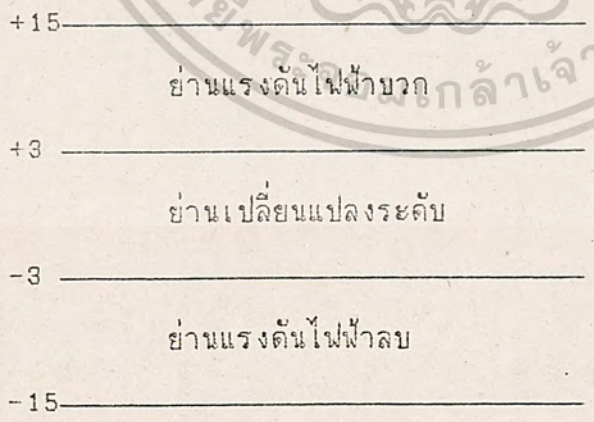
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็วที่สูงกว่านี้สามารถใช้มาตราฐาน V35 ของ CCITT แทนได้ ส่วนในอเมริกานิยมใช้มาตราฐานการอินเทอเฟสของ EIA คือ RS232 ซึ่งทั้ง V24 และ RS232 ได้กำหนดสายที่จะใช้เชื่อมระหว่างโมเด็มและเทอร์มินอล โดยให้สัญญาณไฟฟ้าต่างๆส่งผ่านไปได้ตามสายที่เชื่อมโยงนี้ รวมทั้งกำหนดระดับของสัญญาณที่ใช้นี้ด้วย

2.11 ลักษณะของสัญญาณ RS232C

มาตราฐาน RS232C กำหนดย่านของแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อตอบสนองจุดประสงค์ดังแสดงในตารางที่2

มาตราฐานของการใช้แรงดัน			
แรงดันไฟฟ้า	สถานภาพลอจิก	สถานภาพของสัญญาณ	ฟังก์ชั่นในการควบคุม
บวก ลบ	0 1	สเปส มาร์ค	ออน ออฟ



*รูปที่*13 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS232C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1 การกำหนดจุดข้อต่อของ RS232C

RS232C ประกอบด้วยขาทั้งหมด 25 ขา แต่ละขาของข้อต่อกำหนดไว้ดังในรูปที่13 อย่างไรก็ตามผู้ผลิตไมโครคอมพิวเตอร์อาจจะใช้ข้อต่อชนิดอื่นเช่น Fujitsu F-8 IBM AT ,IBM Jr ตัวเมียของข้อต่อควรจะอยู่ที่ตัวโมเด็ม

*รูปที่*14 การกำหนดของข้อต่อ RS232

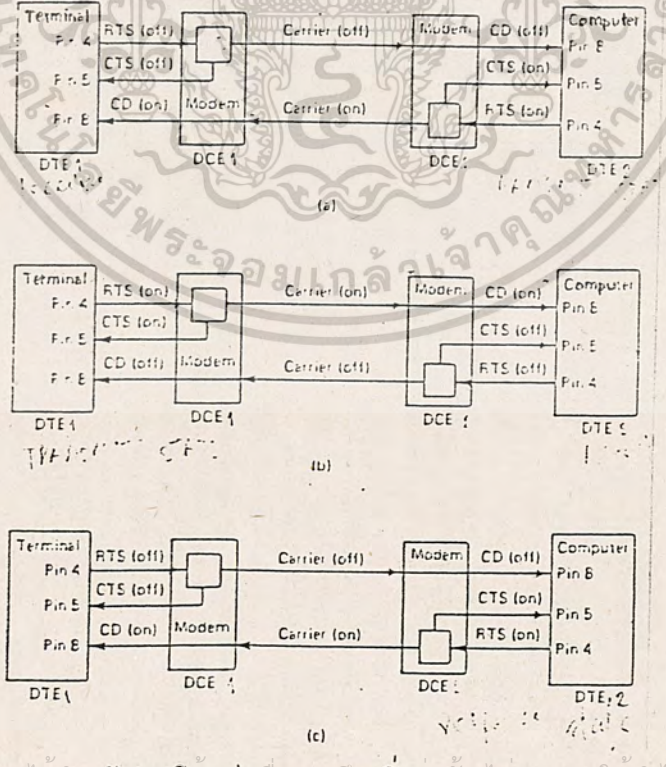
ในการโต้ตอบกันระหว่างการส่งสัญญาณสื่อสารข้อมูลของฝ่ายส่งกับฝ่ายรับนั้น ซึ่งเรียกกันว่า Handshaking ซึ่งเป็นการป้องกันการผิดพลาดหรือการสูญหายไปของข้อมูล หรือการเตรียมช่องทางการสื่อสารระหว่างโมเด็มกับเทอร์มินอล(DTE)

ในรูปข้างล่างแสดงถึงการกระทำ "Hand-shaked"โดยผ่าน RS232C เราสมมติเป็นการส่งสัญญาณแบบ Half duplex ในรูป(ก) สัญญาณแคร์เรียร์จากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์(ขา4)ขณะนี้ทำงานสภาวะออน ซึ่งจะทำให้มีสัญญาณแคร์เรียร์จากโมเด็มของเทอร์มินอล(DTE2) ไปที่โมเด็มของDTE1 ซึ่งจะตรวจสอบรับสัญญาณแคร์เรียร์ได้ที่ขา 8 ของDTE1 ขณะนี้เราไม่ต้องการให้DTE1ส่งข้อมูลจึงมีสภาวะออฟ ดังนั้นจะทำให้สัญญาณที่ขา5(CTS) ซึ่งจะถูกควบคุมโดยโมเด็มจะมีสภาวะออฟเช่นเดียวกัน

ถ้าหากเทอมินอล(DTE1)ได้รับสัญญาณแคร์เรียร์ขาดหายไป ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณแคร์เรียร์ได้ ดังนั้นขา8จะมีสภาวะออฟ เทอร์มินอลจะส่งสตริง(string) ดังนั้นทั้ง RTS และ CTS จะมีสภาวะออน ในรูป(b)แสดงการเปลี่ยนแปลงการหน้าที่จากการรับข้อมูลของ DTE1เป็นการส่งข้อมูล ก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลเทอร์มินอลจะรอคอยเวลาชั่วขณะเพื่อที่จะให้แน่ใจว่ามันพร้อมที่จะส่งข้อมูล เมื่อเทอร์มินอลรับทราบแล้วมันก็จะออฟสัญญาณ RTS และสัญญาณแคร์เรียร์ของเทอร์มินอล ทำให้โมเด็มที่ปลายทางได้รับทราบและจะหยุดส่งสัญญาณแคร์เรียร์ ถ้าหากว่าที่เทอร์มินอลมีข้อมูลที่ต้องการจะส่ง มันจะส่งสัญญาณ RTS ซึ่งจะทำให้โมเด็มส่งสัญญาณแคร์เรียร์ หลังจากนั้นชั่วขณะเทอร์มินอลจะสมมติว่าที่โมเด็มของเทอร์มินอลที่ตัวรับได้รับสัญญาณแคร์เรียร์แล้ว และจะส่งข้อมูลไปได้โดยการส่งสัญญาณ CTS ของเทอร์มินอล



รูปที่15 การจัดเตรียมช่องทางการสื่อสาร(HANDSHAKE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูป(c) แสดงภาวะการตอบสนองของเทอร์มินอลหลังจากที่เทอร์มินอลไม่มีข้อมูลที่จะส่งมันจะทำการออฟสัญญาณ RTS และสัญญาณแคเรียร์จากโมเด็มเทอร์มินอล และเมื่อเทอร์มินอลไม่ต้องการจะติดต่อด้วยอีกจะมีสัญญาณ RTS เพื่อบอกโมเด็มของเทอร์มินอลว่าจะเริ่มส่งสัญญาณแคร์เรียร์ หลังจากคอยอยู่ชั่วระยะเวลาหนึ่ง โมเด็มของเทอร์มินอลของตัวส่งจะสมมติว่าโมเด็มเทอร์มินอลของตัวรับได้รับสัญญาณแคร์เรียร์แล้ว และจะให้คอมพิวเตอร์ต้องการส่งข้อมูลได้(CTS) เทอร์มินอลจะทำการเริ่มส่งข้อมูล

2.12โปรโตคอลและมาตราฐานการเชื่อมโยง

การติดต่อสื่อสารระหว่างสองหน่วยที่จะทำให้ประสบผลสมบูรณ์ได้ ก็ต่อเมื่อโปรโตคอลที่ใช้เป็นมาตรฐานเดียวกัน การเชื่อมโยงโครงข่ายจึงจำเป็นต้องอ้างอิงตามมาตราฐานใดมาตราฐานหนึ่ง ในระบบเครือข่าย BBS ของแต่ละแห่งที่สร้างกันขึ้น การเชื่อมต่อผ่านเข้าไปด้วยโมเด็ม เราจำเป็นต้องมีซอร์ฟแวร์อิลูมิเนเทอร์มินอลเพื่อให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปตามมาตราฐานที่กำหนด

2.13 โปรโตคอลสำหรับการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล

แฟ้มข้อมูลถ้ามองในแง่ของการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูลจะมีอยู่ 2 ชนิด คือแฟ้มที่เป็นข้อความ (text file) คือแฟ้มที่มีเฉพาะรหัสที่เป็นอักขระเท่านั้น ไม่รวมถึงรหัสควบคุมที่นอกเหนือไปจากรหัสควบคุมการแสดงข้อความ เช่น LF, CR, FF, HT, VT ตัวอย่างเช่น แฟ้มที่สร้างขึ้นมาโดย Word Ster หรือ Note Pad ของ Sidekick แฟ้มอีกประเภทหนึ่งเป็นแฟ้มที่มีข้อมูลที่อาจจะมีค่าได้ตั้งแต่ 0-255 เราเรียกแฟ้มประเภทนี้ว่าแฟ้มเลขฐานสอง (Binary file) เช่น แฟ็มคำสั่งที่ลงท้ายด้วย COM หรือ EXE

การรับส่งแฟ้มประเภทข้อความนั้น ไม่มีปัญหาเรื่องที่จะทำให้ตัวโมเด็มเองหรือเทอร์มินอลตีความหมายผิดไป สำหรับแฟ็มประเภท Binary แล้วรหัสข้อมูลภายในแฟ้มมีโอกาสเป็นไปได้ทุกชนิด หากส่งในลักษณะธรรมดาเหมือนกับข้อความอาจจะทำให้เทอร์มินอลตีความหมายผิดๆไปได้ ดังนั้นในการรับส่งแฟ้มข้อมูลไม่ว่าจะเป็นแฟ้มข้อความหรือแฟ้มเลขฐานสอง ทางที่ดีควรจะมีระเบียบกติกาสำหรับการรับส่งที่เป็นที่เข้าใจทั้งฝ่ายส่งและฝ่ายรับ ระเบียบหรือกติกาที่ว่านี้ก็คือ โปรโตคอลในการรับส่งนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจะช่วยในการรับส่งข้อมูลให้เป็นแบบแผนแล้ว โปรโตคอลควรจะต้องมีวิธีการในการ

-ตรวจสอบข้อผิดพลาดการรับส่ง

-มีขบวนการที่แน่นอน ที่จะต้องปฏิบัติเมื่อมีข้อผิดพลาดในการรับส่ง

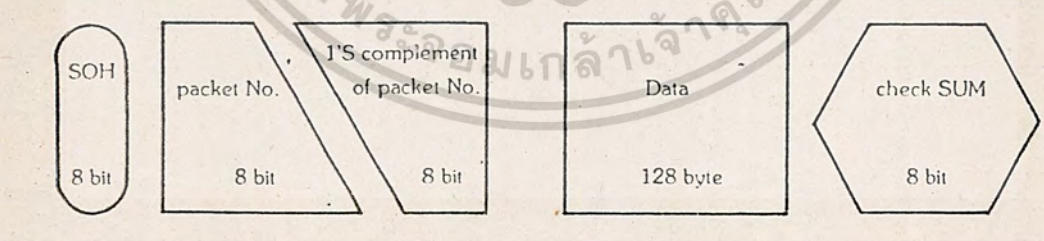
-มีวิธีการเรียงลำดับของกลุ่มข้อมูลที่จะส่ง

- มีวิธีการที่จะทำให้ข้อมูลประเภทแฟ้มเลขฐานสองไปถึงฝ่ายรับได้

โปรโตคอลในการรับส่งข้อมูลส่วนมากจะอยู่ในการสื่อสารอนุกรมแบบ Sunchronous เช่น Bisynch,Hdlc,Sdlc แต่เมื่อการรับส่งเป็นแบบ Asynchronous มีปัญหาก็จำเป็นต้องมีโปรโตคอลในการรับส่งข้อมูลได้ โปรโตคอลสำหรับการรับส่งข้อมูลผ่านทางโมเด็มที่รู้จักกันดี คือ XMODEM, KERMIT, YMODEM เป็นต้น XMODEM เป็นโปรโตคอลตัวแรกที่ใช้ใน Bulletin board ส่วน KERMIT นั้นพัฒนาขึ้นมาทีหลัง นัยว่าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการรับส่งผ่านคู่สายที่มีระยะทางไกลๆ เช่นว่าต้องผ่านข่ายการสื่อสารดาวเทียมได้ดีกว่า XMODEM

2.13.1 โปรโตคอล XMODEM

xmodem รับส่งข้อมูลทีละ 128 ไบท์ ซึ่งเรียกว่า 1 packet โดยมีโครงสร้างของ packet ดังรูป



*รูปที่*16 โครงสร้างของกลุ่มข้อมูลของ xmodem

กลุ่มของข้อมูล (packet) เริ่มต้นด้วย SOH(Start of heading) ซึ่งมีรหัส 1 ในแอสกี้ ตามหลังด้วยหมายเลขกลุ่มข้อมูล 8 บิท ซึ่งเริ่มต้นที่ 1 ไม่ใช่เริ่มที่ 0 เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้นหมายเลขของกลุ่มข้อมูลก็จะเริ่มที่ 1 ไปถึง 255 ,0 แล้วก็ขึ้น 1 ใหม่ 8 บิทที่ตามมาเป็นส่วนเติมเต็มหนึ่งของกลุ่มข้อมูล เช่น ส่วนเติมเต็มหนึ่งของ 1 ก็คือ 254 หรือ FE ในเลขฐาน 16 การที่มีทั้งหมายเลขของกลุ่มข้อมูลและส่วนเติมเต็มหนึ่งก็เพื่อต้องการตรวจสอบความถูกต้องของหมายเลขกลุ่มข้อมูลเมื่อไปถึงปลายทาง ถ้าทั้งสองไบท์นี้ไม่เป็นส่วนเติมเต็มกัน แสดงว่ามีอะไรผิดพลาดแน่นอน

ข้อมูล 128 ไบท์ภายในกลุ่มจะตามมา ไบท์สุดท้ายของกลุ่มก็จะเป็นไบท์ตรวจสอบที่เรียกว่า check sum ซึ่งก็คือผลรวมของข้อมูล 128 ไบท์ใน Modulo ของ 256 หรือเอาเฉพาะ 8 บิทสุดท้ายของการรวม ถ้าหากฝ่ายรับฯแล้วปรากฏว่ารวมข้อมูลออกมาแล้วตรวจสอบกับ sheck sum ไม่เท่ากัน ก็แสดงว่ามีการผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลแล้ว วิธีการตรวจสอบแบบตรวจสอบผลรวมนี้ยังจุดอ่อนหลายประการเช่น ถ้าหากมีการส่งไปแล้วมีสัญญาณรบกวนทำให้ถึงฝ่ายรับมีข้อมูลผิดไป 2 ไบท์ แล้วเผอิญที่ผิดไปรวมกันได้ 256 พอดี ในกรณีนี้การตรวจสอบแบบผลรวมจะใช้ไม่ได้

การรับส่งข้อมูลแบบ xmodem จะใช้รหัสควบคุมในตาราง ascii ดังรูปที่ 17

กลุ่มข้อมูล	รหัส	ความหมาย
SOH	รหัส 01	สำหรับบอกจุดเริ่มต้นของกลุ่มข้อมูล
NAK	รหัส 14	สำหรับฝ่ายรับบอกฝ่ายส่งว่าข้อมูลตรวจสอบดูแล้วมีการผิดพลาด
ACK	รหัส 06	สำหรับฝ่ายรับบอกฝ่ายส่งว่ารับข้อมูลได้ถูกต้อง
EOT	รหัส 04	ฝ่ายส่งบอกฝ่ายรับว่าหมดข้อมูลที่จะส่งแล้ว

รูปที่17

จุดอ่อนของ xmodem ก็คือ การฝ่ายส่งต้องรอรับสัญญาณ Acknowledge จากฝ่ายรับทุกครั้งที่ส่งไป 1 กลุ่มข้อมูลทำให้เสียเวลา ถ้าหากระยะทางการสื่อสารยาวมากๆ เป็นต้นว่าต้องข้ามทวีปหรือประเทศ delaytime ของสัญญาณมีมาก ประสิทธิภาพการส่งก็จะด้อยลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.2โปรโตคอล MODEM7

มีลักษณะคล้ายกับ xmodem โดยสร้างขึ้นมาเพื่อสนันสนุน xmodem เพื่อส่งทีละหลายๆแฟ้ม

2.13.3โปรโตคอล TELINK

ทำงานเหมือนกับ modem7 คือสามารถส่งแบบหลายๆแฟ้มได้

2.13.4โปรโตคอล Ymodem

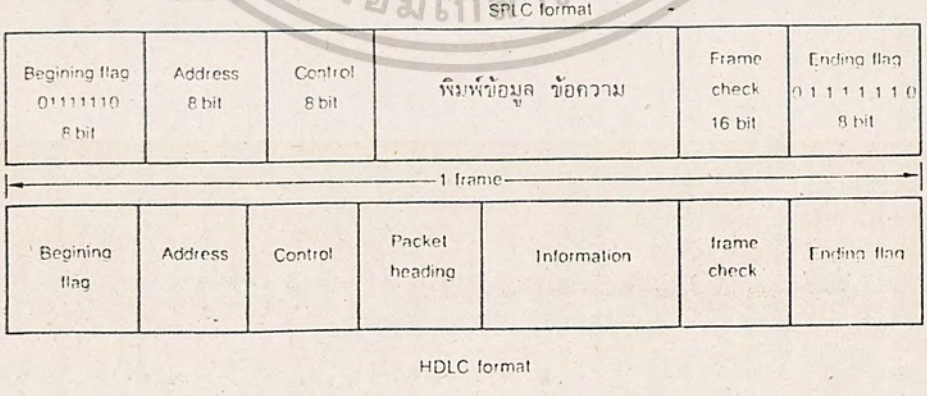
มีลักษณะการทำงานเหมือนกับ xmodem-CRCแต่ Ymodemจะส่งแพ็คเก็ทละ 1 Kbyte ซึ่งมากกว่า 128 อักขระต่อวินาที เนื่องจาก Ymodem กินเวลาในการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นไม่นานนักจึงทำงานได้เร็วกว่า Xmodem

2.13.5โปรโตคอล SEALINK

พัฒนาเพิ่มเติมจาก Xmodem ให้ทำงานได้เร็วขึ้น และสามารถส่งทีละหลายๆแฟ้ม

2.13.6โปรโตคอล BISYNCH

เป็นโปรโตคอลในระดับอักขระซึ่งหมายความว่าอักขระแต่ละตัวมีขอบเขตที่แน่นอน แต่ละอักขระไม่มีสตาร์ทบิทหรือสต๊อปบิทเหมือนกับอะซิงโครนัส การซิงโครนัสกระทำที่จุดเริ่มต้นของส่งข้อมูลเลยทีเดียว สถานีส่งจะส่งสัญญาณที่เรียกว่า Leading pad character ไปยังสถานีรับก่อนที่จะเริ่มการส่งข้อมูล อักขระ syn ในโปรโตคอล bisynch ทำหน้าที่คล้ายกับบิทเริ่มต้นในอะซิงโครนัส ขณะที่สถานีกำลังรอรับสัญญาณจากสถานีส่ง เครื่องรับจะอยู่ในสถานภาพที่เรียกว่า "Hunt"



*รูปที่*18 การจัดรูปแบบของ SDLC/HDLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.7โปรโตคอล SDLC/HDLC

โปรโตคอลทั้งสองนี้เป็น มาตราฐานโปรโตคอลที่ใช้ในธุรกิจ ระดับเครื่องเมนเฟรม ข้อมูลที่ส่งโดย SDLC/HDLC เรียกว่า Information field และฟิลด์ดังกล่าวก็คือ เลขฐานสองที่วิ่งต่อเนื่องกันมาแบบอนุกรม ขนาดของฟิลด์อาจจะตั้งแต่ 0 จนถึงค่าสูงสุดที่หน่วยความจำจะรับได้

2.14 การใช้งานโมเด็ม

การเลือกพอร์ตอนุกรมจะต้องเลือกใช้พอร์ตอนุกรมให้ถูกต้อง ปรกติการ์ดที่มีขายจะตั้งค่ามาจากโรงงานให้ใช้พอร์ตอนุกรม COMO ถ้าหากว่าพอร์ตนี้ใช้งานอยู่ก็ให้เปลี่ยนเป็น COM1ซึ่งถ้าหากไม่ทราบว่าคอมพิวเตอร์มีพอร์ตอนุกรมอยู่หรือไม่ สามารถตรวจสอบได้ด้วยโปรแกรมทดสอบอุปกรณ์รอบข้าง(peripheral) ซึ่งมีอยู่มากมายในวงการคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ DEBUG ที่มากับ DOS โดยการเรียก Debug แล้วก็ Dump ดูที่หน่วยความจำตำแหน่งที่ 40:00-40:08 4 ตำแหน่ง สำหรับพอร์ตอนุกรมถ้าเป็น 00 แสดงว่าไม่พอร์ตอนุกรมอยู่ พอร์ตอนุกรม COMO จะมีอยู่ที่ 3F8H COM1 2FBH ดังแสดงในรูปที่ 19

*รูปที่*19 Debug เพื่อดูพอร์ตอนุกรม 3F8H คือ พอร์ต 0
2FBH คือ พอร์ต 1 ในที่นี้มีพอร์ทอนุกรม 2 พอร์ต

2.15 ชนิดของโมเด็มแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ชนิด

- อะคูสติคโมเด็ม(Acoustic modem) ไม่มีส่วนใดของโมเด็มที่ติดต่อกันทางไฟฟ้ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบโทรศัพท์ หรือสายโทรศัพท์แต่อย่างไร เพราว่าโมเด็มชนิดนี้จะส่งข้อมูลโดยใช้สัญญาณเสียง

-โมเด็มที่ต่อกับสายโทรศัพท์โดยตรง(Direct connect modem) ซึ่งสามารถแบ่งเป็นชนิดย่อยได้ 2 ชนิด

1.Internal direct connect modem เป็มโมเด็มภายใน

2.External direct connect modem เป็มโมเด็มภายนอก

2.16 การทำงานของโมเด็ม

วิธีการมอดดูเลทสัญญาณนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี

2.16.1 Amplitude modulation(AM) คือการเอาความสูงของสัญญาณดิจิตอลเข้าไปเปลี่ยนแปลงความสูงของสัญญาณแคร์เรียร์

กำหนดให้สัญญาณแคร์เรียร์ $e(t) = A_c \cos(w_c t + \theta)$ ---(1)

สัญญาณมอดดูเลท $g(t) = E_m \cos w_m t$ ---(2)

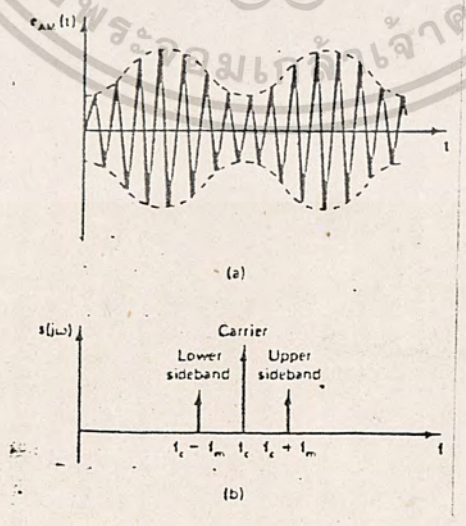
จะได้สัญญาณที่มอดดูเลทแล้วคือ $e_{AM}(t) = [A_c + g(t)]\cos w_c t$ ---(3)

$$= [A_c + E_m \cos w_m t]\cos w_c t$$

$$= A_c [1 + E_m / A_c \cos w_m t]\cos w_c t$$

$$= A_c [1 + m_a \cos w_m t]\cos w_c t \quad ---(4)$$

m_a = ดัชนีของการมอดดูเลท(modulation index)



รูปที่20 รูปแบบของสัญญาณที่มอดดูเลทกับสเปคตรัมของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่20 จะเห็นว่าสเปคตรัมของสัญญาณจากการมอดดูเลทแบบ AM จะประกอบไปด้วยความถี่แคร์เรียร์ แบนด์ข้างต่ำ(Lower side band) แบนด์ข้างสูง(High side band) ดังจะแสดงได้ด้วยสมการ

$$e_{AM}(t) = A_c\cos w_c t + m_a A_c/2\cos(w_c+w_m)t + m_a A_c/2\cos(w_c-w_m)t \quad ---(5)$$

ซึ่งแบนด์วิดธ์ (BW) = $2f_m(max)$

fm(max) : ความถี่สูงสุดของสัญญาณที่ถูกมอดดูเลท

2.16.2 Angle modulation

พิจารณาจากสมการ $e(t) = A_c\cos(w_c t+\theta)$

$$= A_c\cos\phi(t) \quad ---(6)$$

ถ้าหากว่าค่า w_c เปลี่ยนแปลงตามข้อมูลก็จะเป็นการมอดดูเลทแบบความถี่ และถ้าเฟส$\theta(t)$ เปลี่ยนแปลงตามข้อมูลก็จะเป็นการมอดดูเลทแบบเฟสมอดดูเลทชั่น ซึ่งทั้งสองรูปแบบนี้จะมาจากพื้นฐานลักษณะเดียวกัน

ความถี่ $w(t)$จะเป็นสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงต่อเวลาของ $\theta(t)$ ดังนั้นจะได้

$$w(t) = d/dt\,\phi(t) \quad ---(7)$$

ดังนั้นความถี่ของสัญญาณที่ยังไม่ได้มอดดูเลท คือ $w(t) = d/dt(w_c t+\theta)=w_c$ -(8)

สมมติว่าสัญญาณมอดดูเลท คือ $g(t)$ จากคำจำกัดความของการมอดดูเลทแบบความถี่เราจะได้

$$w(t) = w_c[1+g(t)] \quad ---(9)$$

นำสมการที่(9) แทนในสมการที่(7)เราจะได้

$$\phi(t) = \int_0^t w_c[1+g(t)]dt$$

$$= w_c t + w_c\int_0^t g(t)dt \quad ---(10)$$

นำสมการที่ (10)แทนในสมการที่ (6) เราจะได้

$$e_{AM}(t) = A_c\cos[w_c t + w_c t\int_0^t g(t)dt \quad ---(11)$$

สมมติให้ $g(t) = \Delta w/w_c\cos w_m$

Δw : ความถี่ที่เบี่ยงเบนไป

w_m : ความถี่ของสัญญาณมอดดูเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าในสมการที่(10)ได้

$$\phi(t) = w_c t + w_c \int_0^t \Delta w / w_c \cos w_m t\,dt$$

$$= w_c t + \Delta w / w_m \sin w_m t$$

$$= w_c t + m_f \sin w_m t$$

$m_f = \Delta w / w_m$: ดัชนีการมอดดูเลทชั่น

ซึ่งจะมีค่าแบนด์วิดธ์ (BW) = $2(\Delta f + f_m)$ เฮิร์ต

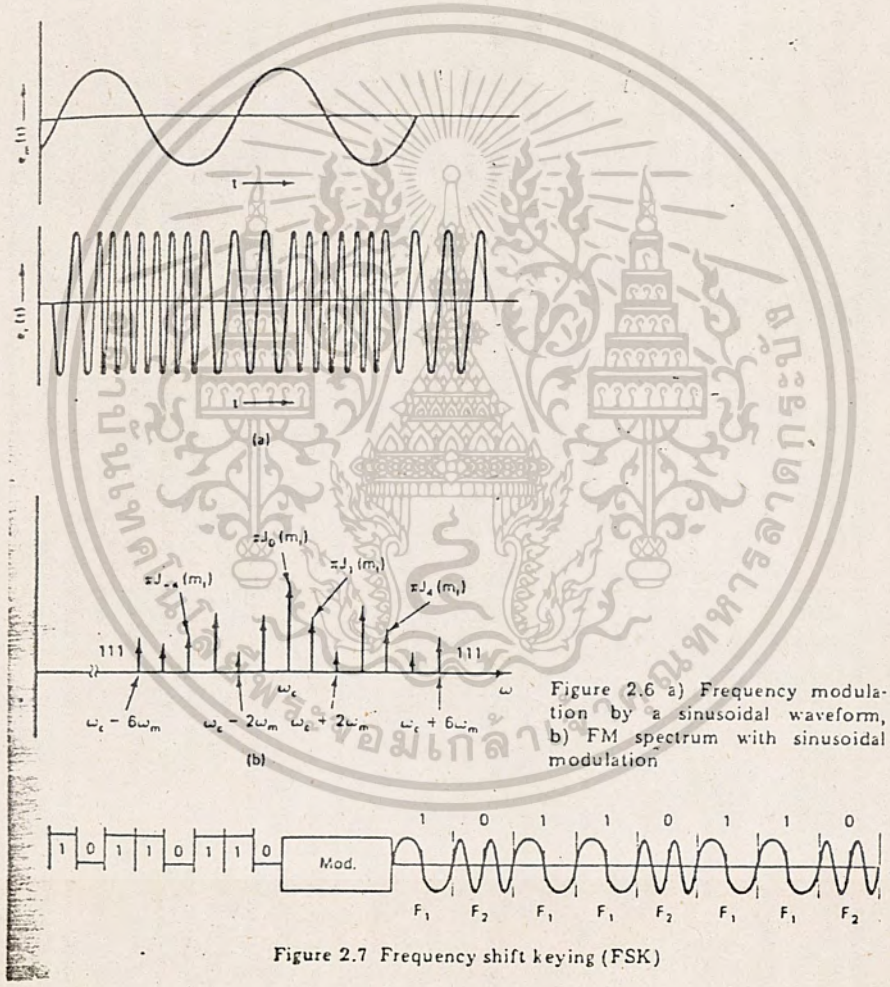


Figure 2.6 a) Frequency modulation by a sinusoidal waveform, b) FM spectrum with sinusoidal modulation

Figure 2.7 Frequency shift keying (FSK)

รูปที่21 แสดงการมอดดูเลทแบบความถี่และสเปคตรัมสัญญาณ

2.16.3 Phase modulation

ค่าเฟส $\phi(t)$ เปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ของสมการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$e_{PM}(t) = A_c \cos[w_c t + m_p g(t)]$$

m_p : การเบี่ยงเบนของเฟสสูงสุดในหน่วยเรเดียน

$$w_i(t) = d/dt\,\emptyset(t)$$

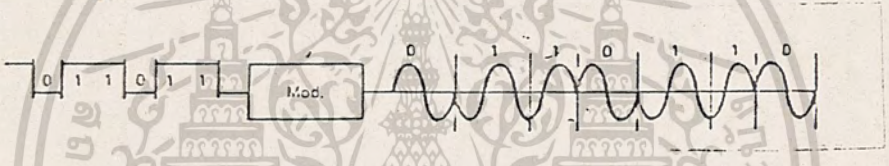
$$= w_c t + m_p\, d/dt\, g(t)$$

กำหนดให้ $g(t) = \cos w_m t$

$$w_i(t) = w_c t + w_m m_p \sin w_m t$$

จะได้แบนด์วิดธ์(BW)= $2(w_c + w_m m_p)$ rad.

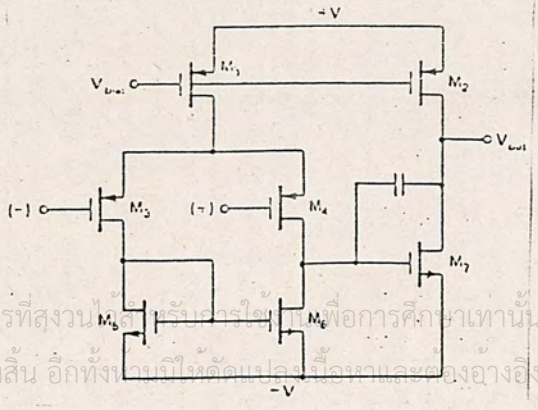
เฟสมอดดูเลทชั่นเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากในการสื่อสารข้อมูล ซึ่งเทคนิคหนึ่งก็คือการใช้เฟสชิพคีร์อิง(Phase shift keying) ดังแสดงในรูป



*รูปที่*22 Phase shift keying

2.17 สวิทช์ชิ่งแคปปาซิเตอร์ฟิลเตอร์(Switching capacitor filters)

วาจรกรองสัญญาณ(filtering) นับเป็นวงจรหนึ่งซึ่งถูกนำมาใช้ในการสื่อสารเป็นเวลานานแล้ว ในวงจรอนาล็อกเรามักจะใช้วงจรออปแอมป์เป็นส่วนประกอบของวงจร ซึ่งช่วงแรกๆเราก็ใช้เบอร์ 709 และ เบอร์ 741 ซึ่งวงจรดังกล่าวมีใช้กันมากในวงจรแหล่งจ่ายไฟ A-D คอนเวอท์เตอร์ ซึ่งจะต้องใช้กระแสสูง การพัฒนาการของMOS ออปแอมป์รูปที่23 ทำให้เกิดการพัฒนารูปแบบของชิพไอซี สิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ สวิทช์ชิ่งแคปปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สามารถนำมาแทนค่าตัวความต้านทานได้



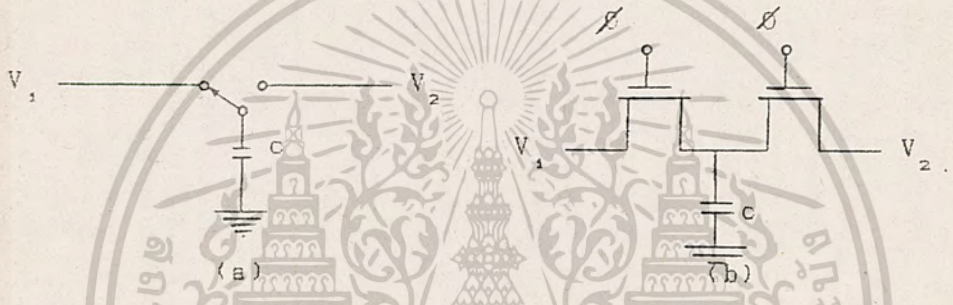
*รูปที่*23 ออปแอมป์มอสเฟท 7 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปแบบเบื้องต้นของสวิทช์ชิ่งแคปปาซิเตอร์ฟิลเตอร์(ความต้านทาน)ดังแสดงในรูปที่24 ที่อยู่ทางด้านซ้ายมือ ตัวเก็บประจุ C จะชาร์จแรงดัน v_1 หลังจากนั้นสวิทช์ไปตำแหน่งทางขวามือตัวเก็บประจุ C จะคายประจุออกไปสู่V_2 จำนวนประจุที่วิ่งผ่าน c คือ $Q = C(v_2-V_1)$ ถ้าหากจังหวะการสับสวิทช์ไปมาถูกควบคุมจากสัญญาณนาฬิกา(clock)ที่ความถี่ f_c ค่าเฉลี่ยของกระแสที่ไหลผ่านจาก V_1 ไป V_2 จะได้

$$i = Q/T_c = C(V_2-V_1)/(1/f_c)$$

$$= C(V_2-V_1)f_c$$



รูปที่24 สวิทช์ชิ่งแคปปาซิเตอร์

ค่าความต้านทานเทียบเท่า(equivalent)ซึ่งกระแสขนาดเดียวกันไหลผ่านคือ

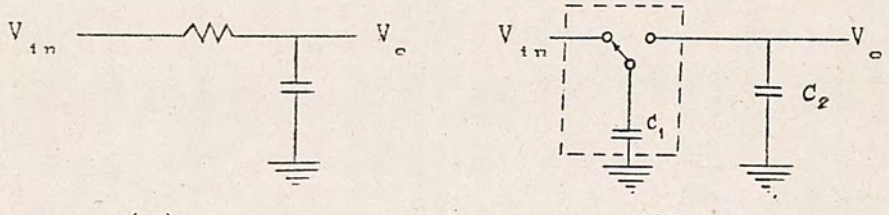
$$R = 1/(Cf_c)$$

ถ้าหากความถี่ของการสวิทช์ชิ่ง(f_c)มีค่ามากกว่าอัตราการสุ่ม เราจะไม่คิดเวลาของการสุ่มในอันดับหนึ่ง(first order)ของการแก้ปัญหา

ดูรูปที่ 25 วงจรโลผาสฟิลเตอร์ซึ่งถูกแทนด้วยวงจรสวิทช์ชิ่งแคปปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ ที่ให้แบนด์วิดช์ของสัญญาณที่ -3dB จะเท่ากับ

$$W_{-3dB} = 1/(R_1C_2)$$

$$=(C_1f_c)/C_2 \quad ; f_c >> W_{-3dB}$$



รูปที่25 (a) แสดงวงจรโลผาสฟิลเตอร์ (b)แทนด้วยสวิทช์ชิ่งแคปปาซิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18 FSK modulation

ลักษณะของการมอดดูเลทแบบ FSK จะต้องการความคงที่ของความถี่มาร์คและสเปซ เมื่อมีสัญญาณลอจิก "0" หรือ "1" เข้ามาที่อินพุท สำหรับการมอดดูเลทแบบนี้นิยมใช้กันมากเพราะว่ามีข้อดีคือ

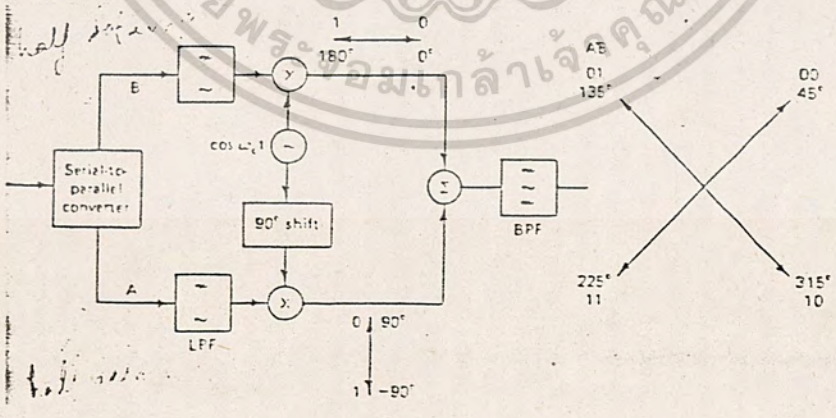
1.การเข้ารหัสง่ายและค่าใช้จ่ายในการสร้างไม่แพง

2.FSK เป็นการมอดดูเลทแบบความถี่ เครื่องรับสัญญาณสามารถขยายสัญญาณรับได้โดยไม่ต้องใช้ Automatic gain control (AGC)

3.FSKมีผลกระทบจากสัญญาณรบกวนน้อยกว่าการมอดดูเลทแบบความสูง(AM)

2.19 การมอดูเลทแบบหลายเฟส(Mutiphase moddulation)

เมื่อต้องการส่งข้อมูลที่อัตราของข้อมูลจำนวนมาก จำเป็นจะต้องใช้การมอดดูเลทแบบหลายเฟสอาจจะเป็น 4 เฟส หรือ 8 เฟส ในการส่งแต่ละสัญญาณอาจจะเข้ารหัส 2 บิท หรือ 3 บิทข้อมูลสำหรับรูปที่25 เป็นการมอดดูเลทแบบ 4 เฟส(Quadrephase modulation,QPSK) ตัวแปลงข้อมูลจากแบบอนุกรมไปเป็นแบบขนานด้วยอัตราครึ่งหนึ่งของแบบอนุกรม ตัวมอดูเลทส่วนบนได้รับสัญญาณแคร์เรียร์ $\cos w_c t$ ส่วนล่างได้รับสัญญาณแคร์เรียร์ $\cos(w_c t+\pi/2)$ สำหรับเอาท์พุทของการมอดดูเลทของช่องทาง A และ B แสดงดังตารางที่3



รูปที่26 การมอดดูเลทแบบ 4 เฟส

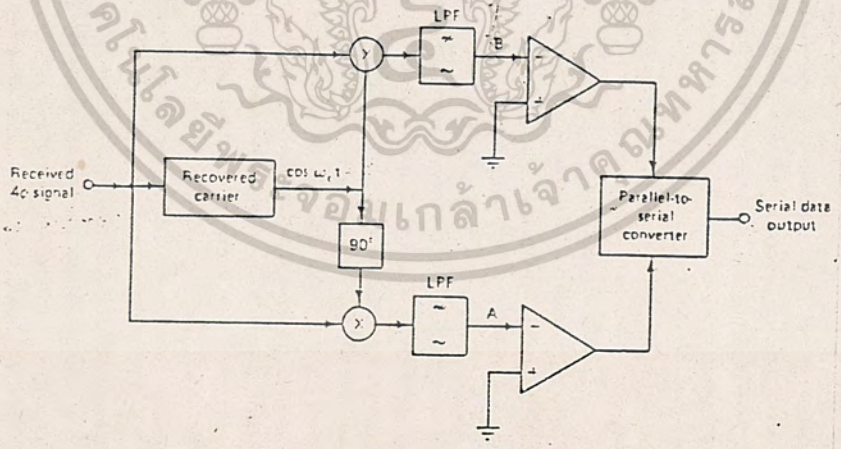
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่3 แสดงสัญญาณการมอดดูเลทแบบ 4 เฟส

สัญญาณลอจิก		แรงดัน	สัญญาณเอาท์พุท
B	0	V	$V\cos w_c t$
	1	-V	$-V\cos w_c t = V\cos(w_c t+\pi)$
A	0	V	$V\cos(w_c t+\pi/2)$
	1	-V	$-V\cos(w_c t+\pi/2) = V\cos(w_c t+\pi/2)$

ที่จุดรวมสัญญาณเราจะได้สัญญาณเอาท์พุทดังสมการ

$$V\cos w_c t + V\cos(w_c t+\pi/2) = \cos w_c t + j\sin w_c t$$



รูปที่27 แสดงการดีมอดดูเลทสัญญาณ 4 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

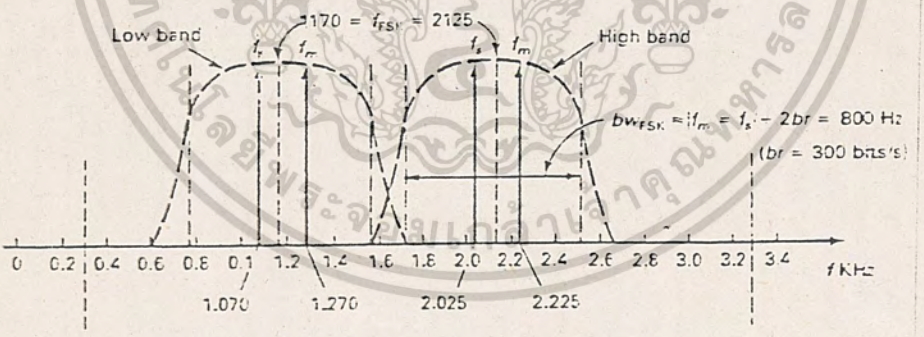
บทที่ 3

การคำนวนและการสร้าง

3.1โมเด็มมาตราฐานเบล 103

มาตราฐานโมเด็มเบล 103 ที่ซึ่งมีความเร็วในการรับส่งข้อมูล 300 บิทต่อวินาที ที่มีการส่งสัญญาณแบบฟูลดูเพล็กผ่านสายโทรศัพท์ ซึ่งมีการมอดดูเลทแบบความถี่(FSK)

สมมติว่ารหัสแอสกี้ 7 บิทและ 4 บิทควบคุมต่อตัวอักขระ(charactor)[สตาร์ท , พาริตี้(parity),สต๊อปบิท 2 บิท] ซึ่งมีความเร็ว 300 บิทต่อวินาที จะสามารถส่งข้อมูลได้ 27 ตัวอักขระต่อวินาที ซึ่งจะเร็วกว่าความเร็วของการพิมพ์ดีดโดยใช้คนพิมพ์ แต่จะความเร็วที่ช้ามากๆถ้าหากว่าเป็นการส่งข้อมูลเป็นไฟล์ขนาดใหญ่ หรือการใช้งานในโหมดกราฟฟิค FSK แบ่งออกเป็นแบนด์ความถี่สูงและแบนด์ความถี่ต่ำ ซึ่งแต่ละแบนด์ประกอบด้วยความถี่มาร์คและความถี่สเปส เพื่อที่จะให้มีการส่งสัญญาณพร้อมกันในสองทิศทางในสายสัญญาณเส้นเดียวกัน ซึ่งแสดงได้ด้วยสเปคตรัมดังรูปที่26

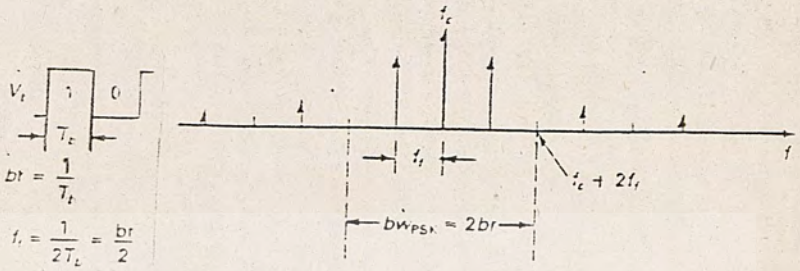


รูปที่28 สเปคตรัมของมาตราฐานโมเด็ม 103

สำหรับความถี่มาร์คและความถี่สเปสของแบนด์ความถี่ต่ำ คือ 1270 Hz และ1070 Hz ส่วนแบนด์ของความถี่สูงก็คือ 2225Hz และ 2025 Hz ความถี่กลางคือ $f_{(FSK)}$ 1170 Hz และ 2125 Hz ค่าผลต่างของความถี่มาร์คและความถี่สเปส คือ 200 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แบนด์วิดธ์ของFSK



รูปที่29 แบนด์วิดธ์ของFSK โดยประมาณ

พิจารณาจากรูป อัตราบิทข้อมูลเท่ากับ b_r บิทต่อวินาที เวลาของบิทหนึ่งบิทเท่ากับ T_b ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กันโดย $T_b = 1/b_r$ วินาที สัญญาณข้อมูลจะมีการเปลี่ยนสภาวะบ่อยๆ เนื่องจากมันประกอบด้วยสัญญาณลอจิก "0"และ "1" ซึ่งจะเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส(Square wave) ซึ่งมีความถี่หลัก $f_f = 1/(2T_b) = b_r/2$ เฮิร์ท ความถี่หลักของสัญญาณสูงสุดเท่ากับ 1.5 เท่าของอัตราบิท ถ้าเป็นสัญญาณข้อมูลสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะส่วนประกอบของฮาร์โมนิคส์คี่เข้าเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งฮาร์โมนิคส์ที่ 3 คือ $3f_f$ และฮาร์โมนิคส์ที่5 คือ $5f_f$

ดังนั้นสัญญาณ FSK ที่ได้จะเขียนอยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ได้

$$V_{FSK} = V_b \sin(2\pi f_m t) + \bar{V}_b \sin(2\pi f_s t)$$

เมื่อ V_b คือ ตัวแปรของบิทข้อมูลอาจจะเป็น "0" หรือ"1" เท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะของสัญญาณข้อมูล f_m :ความถี่มาร์ค f_s :ความถี่สเปส

ค่าสเปคตรัมในแต่ละเทอมในสมการ V_{FSK} จะประกอบด้วยสัญญาณแคร์เรียร์และแบนด์ข้างเคียง 1 คู่ ซึ่งจะมีคู่ของแบนด์ข้างเคียงสำหรับแต่ละฮาร์โมนิคส์ในสัญญาณดิจิตอล ดังแสดงในสมการที่27 สมมติ $f_m > f_s$ เพื่อจะให้ได้ค่าแบนด์วิดธ์อย่างน้อยที่สุดที่สามารถส่งข้อมูลที่มอดดูเลทแบบFSKได้ ระยะห่างระหว่างความถี่ที่อยู่ด้านนอกสองความถี่ที่อยู่ระหว่างแบนด์ข้างเคียงฮาร์โมนิคที่1 กับฮาร์โมนิคที่3 มักจะถูกนำมาคำนวณ ซึ่งจะให้แบนด์วิดธ์

$$BW_{FSK} = (f_m + 2f_f) - (f_s - 2f_f) = f_m - f_s + 4f_f \text{ เฮิร์ท}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BW_{FSK} = |f_m - f_s| + 2b_r \quad \text{เฮิร์ท}$$

สำหรับการออกแบบการดีมอดดูเลทเพื่อเป็นการลดต้นทุน แนวทางการเลือก FSK ความถี่กลาง(center frequency)และความแตกต่างของความถี่มาร์คและความถี่สเปส คือ

$$f_{FSK} = (f_m + f_s)/2 > 3b_r$$

$$|f_m - f_s| > 2b_r/3$$

3.3 การคำนวณหาค่าแบนด์วิดธ์ของBELL 103

การหาค่าแบนด์วิดธ์ของFSK ซึ่งมีความถี่มาร์คและความถี่สเปสดังนี้

	ความถี่ต่ำ(originate)	แบนด์ความถี่สูง(answer)
มาร์ค	1270	2225
สเปส	1070	2025

จะได้ความถี่กลาง f_{FSK} ระหว่าง f_m กับ f_s คือ

$$f_{FSK} = (1070+1270)/2 = 1170 \quad \text{เฮิร์ท}$$

$$BW_{FSK} = |f_m - f_s| + 2b_r$$

$$= |1270-1070| + 2(300) = 800 \quad \text{เฮิร์ท}$$

เพื่อเป็นการออกแบบให้เหมาะสมที่สุดและเป็นการลดต้นทุนให้น้อยที่สุด พิจารณาที่เงื่อนไขแรก $f_{FSK} > 3b_r$ ซึ่งจากตัวอย่างจะได้

$$1170 > 900$$

และเงื่อนไขที่สอง $|f_m - f_s| > 2b_r/3$

$$200 > 2(300)/3$$

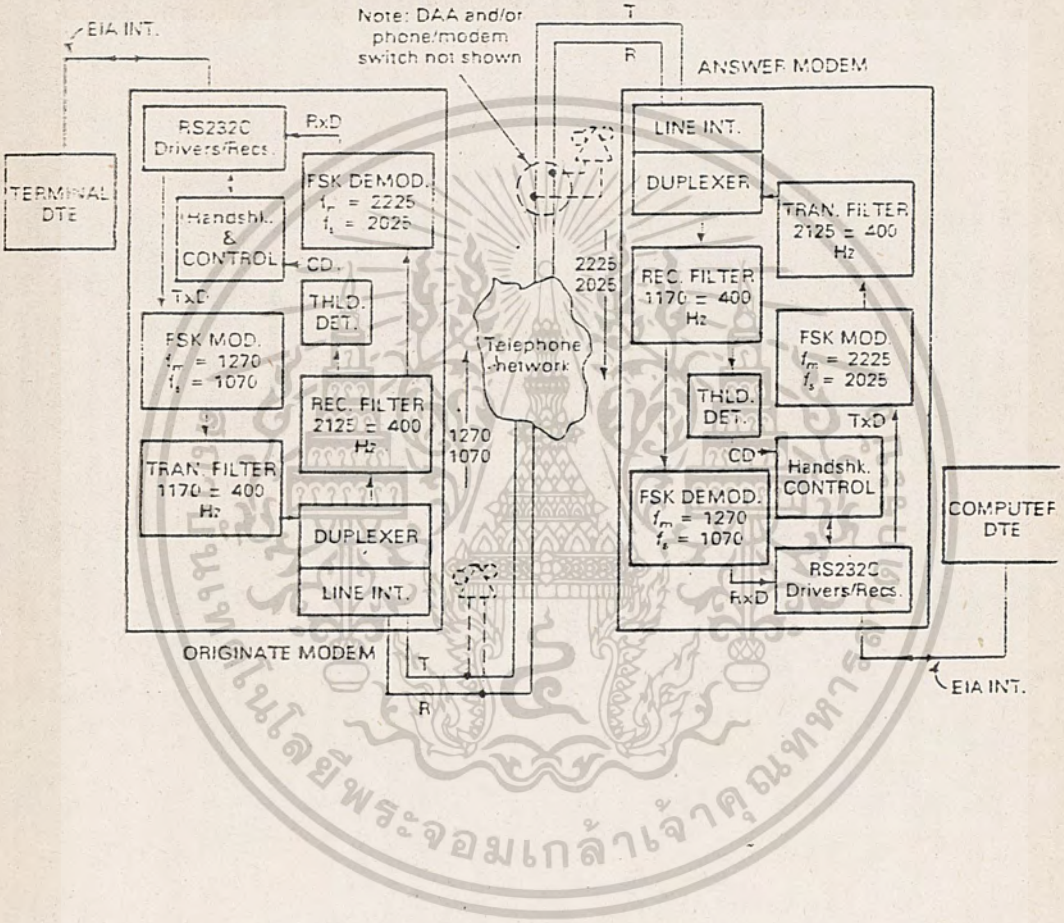
ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขทั้งสองดังนั้นการออกแบบดังกล่าวจึงเป็นการออกแบบเพื่อการประหยัดค่าใช้จ่ายในวงจรการดีมอดดูเลท

ในรูปที่28 เป็นไดอะแกรมแสดงการทำงานของโหมดการเริ่มส่งสัญญาณและโหมดของการตอบรับในมาตราฐานโมเด็มเบล 103 ซึ่งจะมีแต่ละส่วนมีหน้าที่การทำงานดังนี้

Line interface เป็นการอินเทอเฟสสายเข้ากับวงจรของโมเด็มซึ่งจะต้องมีการแมชชิ่งกันของอิมพีแดนซ์ ซึ่งโดยที่สายโทรศัพท์มีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม ซึ่งตัวอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการแมชชิ่งก็ คือ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอัตราส่วน 1:1 ถ้าหากว่าต่อหม้อแปลงเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับวงจรโดยตรงแล้วจะต้องใส่วงจรป้องกันสัญญาณออสซิเลทด้วย



รูปที่30

Duplexer จะเป็นตัวทำหน้าที่การตัดต่อวงจรมอดดูเลทFSK วงจรดีมอดดูเลทและสายโทรศัพท์ สัญญาณที่ได้จากวงจรฟิลเตอร์ Tx ดูเพล็กเซอร์จะต่อสัญญาณนี้ส่งไปยังสายโทรศัพท์ โดยจะไม่ผ่านเข้าไปสู่อินพุทวงจรฟิลเตอร์ Rx ในลักษณะเดียวกันสัญญาณที่รับมาได้จากสายโทรศัพท์ดูเพล็กเซอร์จะส่งสัญญาณดังกล่าวไปให้อินพุทวงจรฟิลเตอร์ Rx และมีการขยายสัญญาณเล็กน้อย สำหรับส่วนสำคัญของดูเพล็กเซอร์ก็ คือ ออปแอมป์ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแบบดิฟเฟอเรนเชี่ยลแอมปลิไฟล์ ขับสัญญาณที่รับได้จากสายโทรศัพท์ส่งไปยังวงจรฟิลเตอร์ Rx

Rx-filter เป็นวงจรฟิลเตอร์ที่รับสัญญาณจากสายโทรศัพท์และทำการขยายสัญญาณแล้วส่งผ่านวงจรฟิลเตอร์แบบแบนด์พาส ซึ่งเอาท์พุทที่ได้จะเป็นไปตามรูปสเปคตรัมของสัญญาณ ช่วงความถี่ที่จะผ่านวงจรนี้ได้จะต้องอยู่ในช่วงที่มากกว่าหรือน้อยกว่าความถี่กลาง 400 เฮิร์ท วงจรกรองความถี่ Rx จะเป็นวงจรที่ใช้ออปแอมป์และวงจรRC 4-7 ตัว ซึ่งเป็นวงจรในรูปแบบของ Chebyshev filter ซึ่งอัตราขยาย 20-30 dB

Demodulator งวจรนี้อาจจะสร้างโดยการลดรูปของวงจรเอฟเอ็มดีเทคเตอร์ โดยการใช้ความแตกต่างของความถี่หรือวงจรเฟสล็อคลูฟเพื่อให้เกิดระดับโวลเต็จเอาท์พุทเปลี่ยงแปลงไปตามสัญญาณความถี่ของสัญญาณอินพุท ซึ่งเอาท์พุทที่ได้ก็คือสัญญาณข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอล

Threshold detector วงจรนี้สร้างขึ้นได้จากวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ซึ่งเอาท์พุทที่ได้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเป็นสภาวะโลว์หรือไฮ(Low or High) ตามค่าของสัญญาณที่ได้รับ ถ้าหากเกิดระดับสภาวะของสัญญาณมีค่าระดับต่ำมากๆแล้ว สำหรับการมอดดูเลทที่มีความเชื่อถือได้สูง สัญญาณ Rxd จะมีสภาวะไฮและแคร์เรียร์จะแสดงสภาวะผิดพลาด

Modulator สำหรับการมอดดูเลทแบบ FSK โดยการใช้ในรูปแบบของโวลเต็จคอนโทรลออสซิเลเตอร์(VCO) โดยการใช้เทคนิคของการควบคุมความถี่ของออสซิเลเตอร์ ซึ่งความถี่มาร์คและความถี่สเปสที่เอาท์พุท จะต้องแปรผันสอดคล้องตามระดับของสัญญาณลอจิกของสัญญาณอินพุทข้อมูล

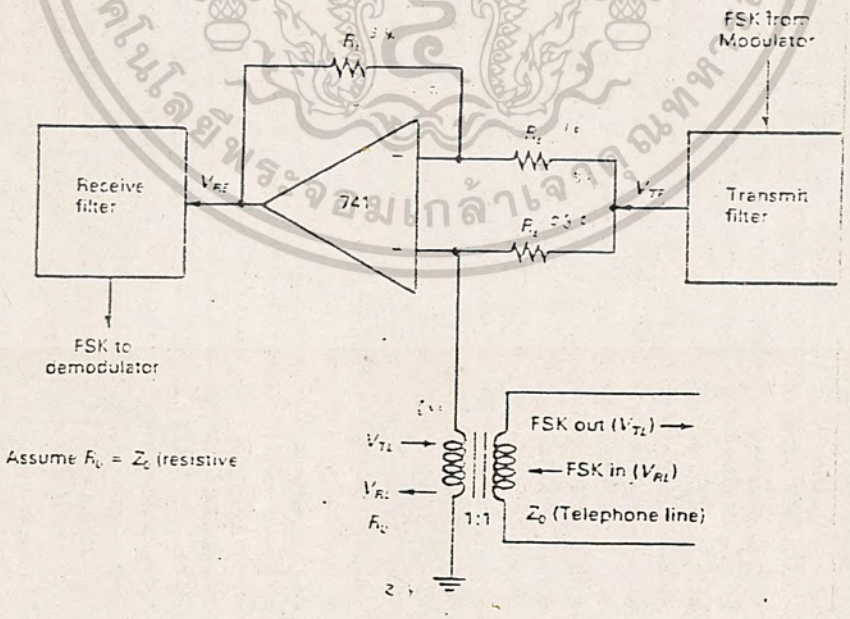
Tx filter เป็นวงจรกรองสัญญาณซึ่งจำกัดแบนด์วิดซ์สำหรับช่วงการส่งสัญญาณเพียงเท่านั้น ดังนั้นพวกฮาร์โมนิคส์ต่างๆที่ที่มีความถี่ไม่อยู่ในช่วงความถี่กลาง +- 400 เฮิร์ทจะถูกกำจัดทิ้งไป วงจรแอคทิฟฟิลเตอร์จะใช้เซ็ทระดับของสัญญาณที่จะส่งเพื่อควบคุมเอาท์พุทให้มีค่าใกล้เคียงแต่ไม่เกิน -9 dBm การจำกัดแบนด์สำหรับการส่งสัญญาณซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับมาตรฐานของเบล 103 ที่ความถี่ของoriginate เพราะว่าที่ฮาร์โมนิคส์ที่ 2ของความถี่มาร์คและสเปสจะเข้าไปในวงจร Rxจะเข้าไปรบกวนสัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การสร้างวงจรดูเพล็กเซอร์

วงจรดูเพล็กเซอร์เบื้องต้นสามารถสร้างได้จากการใช้ออปแอมป์เป็นส่วนประกอบ ดูเพล็กเซอร์จะต้องมีความสามารถที่จะส่งสัญญาณและรับสัญญาณจากสายโทรศัพท์ได้เป็นอย่างดี โดยไม่มีการลดทอนของสัญญาณในวงจรดูเพล็กเซอร์ ในขณะที่มีการจัดการกำจัดสัญญาณแคร์เรียร์ที่รับได้ที่อินพุทของวงจรฟิลเตอร์ทางด้านรับ ออปแอมป์จะมีรูปแบบการต่อเป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชี่ยนแอมปลิไฟเออร์ และสัญญาณที่จะส่งจะถูกต่อที่อินพุททั้งสองของออปแอมป์ที่มีความต้านทาน R_s ต่ออยู่กับอินพุททั้งสอง ดังนั้นในโหมดของการรับสัญญาณ T_x จะถูกตัดทิ้งไปโดยออปแอมป์ซึ่งจะไม่มาเกี่ยวข้องกับฝ่ายรับสัญญาณ เอาท์พุทของวงจรกรองความถี่ภาคส่ง(V_{TF}) ซึ่งต่ออยู่โดยตรงกับสายโทรศัพท์โดยผ่านค่าความต้านทาน R_s และหม้อแปลงไฟฟ้า สัญญาณ FSK ที่ได้รับซึ่งมีอัตราขยายเล็กน้อย สำหรับหม้อแปลงที่ใช้แมชชิ่งกับสายโทรศัพท์มีอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม

มีข้อควรสังเกตุว่าการตัดสัญญาณที่ส่งด้วยออปแอมป์ซึ่งจะมีผลต่ออิมพีแดนซ์ของสาย(R_0) เท่ากับความต้านทานย้อนกลับ(R_f) แม้ว่าความต้านทานของสายปกติจะเป็น 600 โอห์ม ซึ่งในความเป็นจริงแล้วมันจะมีค่าสูงกว่านี้ และการกำจัดสัญญาณ V_{TF} ด้วยออปแอมป์จะต้องน้อยกว่า 10dB-15dB ตามแต่ละชนิด



*รูปที่*31การใช้ออปแอมป์สร้างวงจรดูเพล็กเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอินพุทของวงจรด้านรับจะได้

$$V_{RF} = V_{TF}\,[R_o(R_f+R_s)/(R_s(R_o+R_s) - R_f/R_s] + V_{RL}(R_f+R_s)/R_s$$

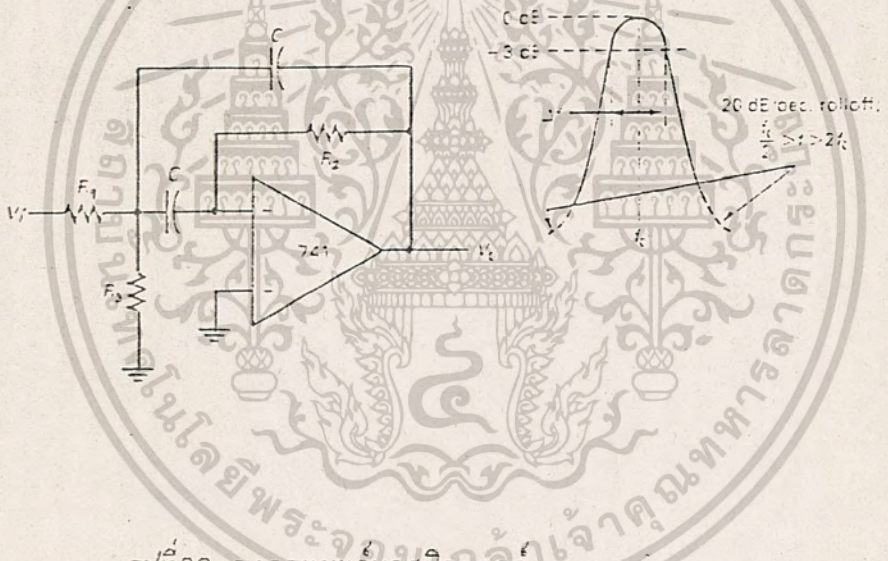
และเมื่อ $R_o = R_f$

$$V_{RF} = V_{RL}\,(R_f+R_s)/R_s$$

สัญญาณ FSK ที่ส่งจะได้

$$V_{TL} = V_{TF}\,.R_o/(R_s+R_o)$$

วงจรฟิลเตอร์ของโมเด็มสามารถสร้างได้จากวงจรแอคทีฟฟิลเตอร์ ซึ่งใช้ออปแอมป์กับอุปกรณ์ RC วงจรแบนด์พาสรูปแบบหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 32



รูปที่32 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์

ให้ f_o, Δf และ $A = v_o/v_i$ ที่ f_o

$Q = f_o / f$ ($A/2<Q<20$)

เลือกค่า C ที่เหมาะสมที่สุด

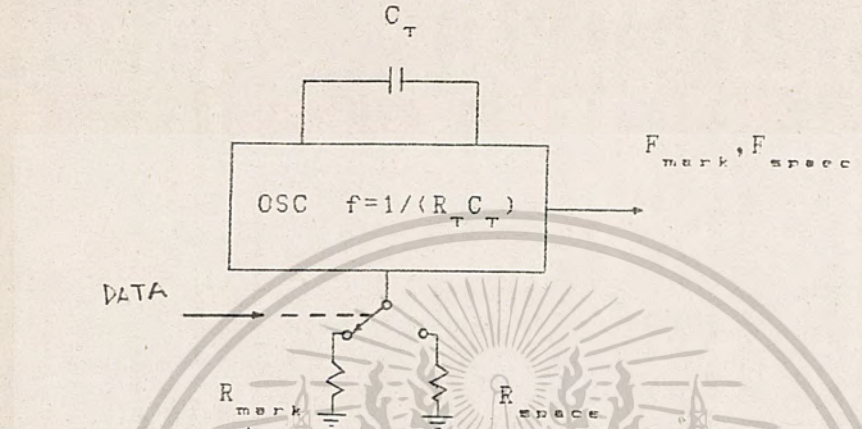
$R_2 = 2/(2\pi\Delta f_c)$, $R_1 = R_2/2A$

$R_3 = R_1/(4\pi^2 R_1 R_2 f_o^2 C^2 - 1)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

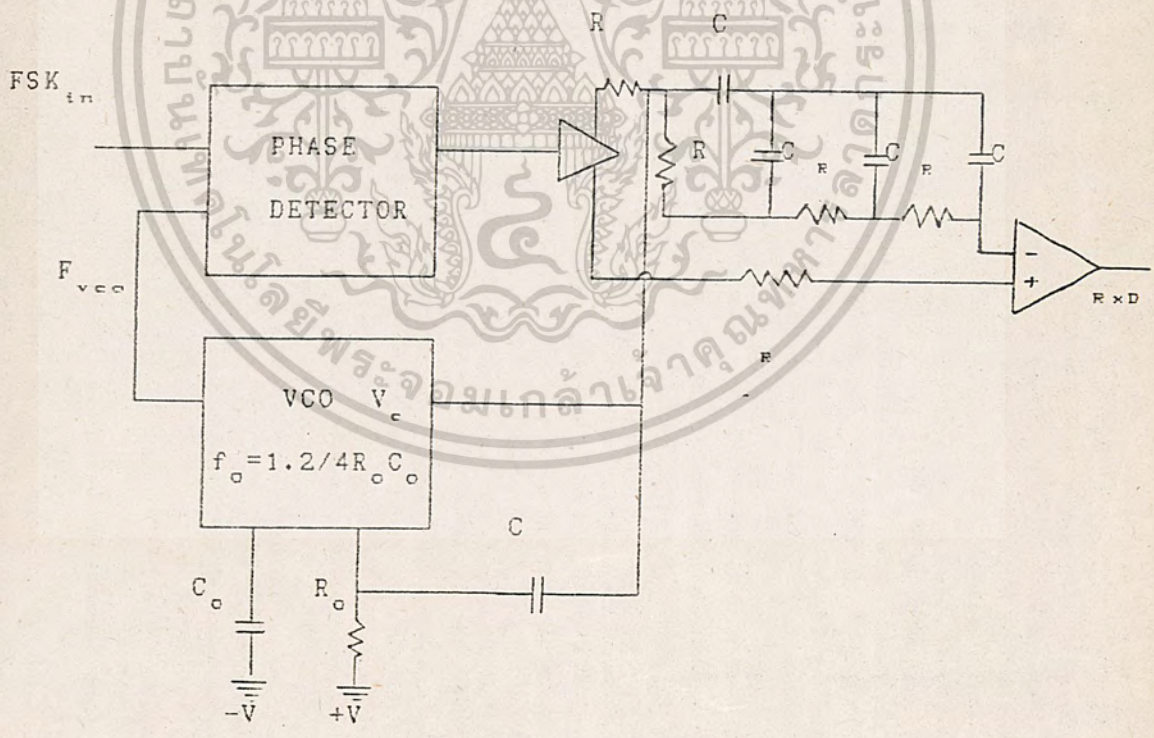
การออกแบบวงจรมอดดูเลทและดีมอดดูเลท

ในการมอดดูเลทแบบ FSK จะใช้ VCO ควบคุมการสร้างสัญญาณของการมอดดูเลทที่ความถี่มาร์คและความถี่สเปส



รูปที่33 บล็อกไดอะแกรมแสดงการมอดดูเลท

สำหรับในส่วนของการดีมอดดูเลทสัญญาณ FSK



รูปที่34 แสดงหลักการดีมอดดูเลทสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

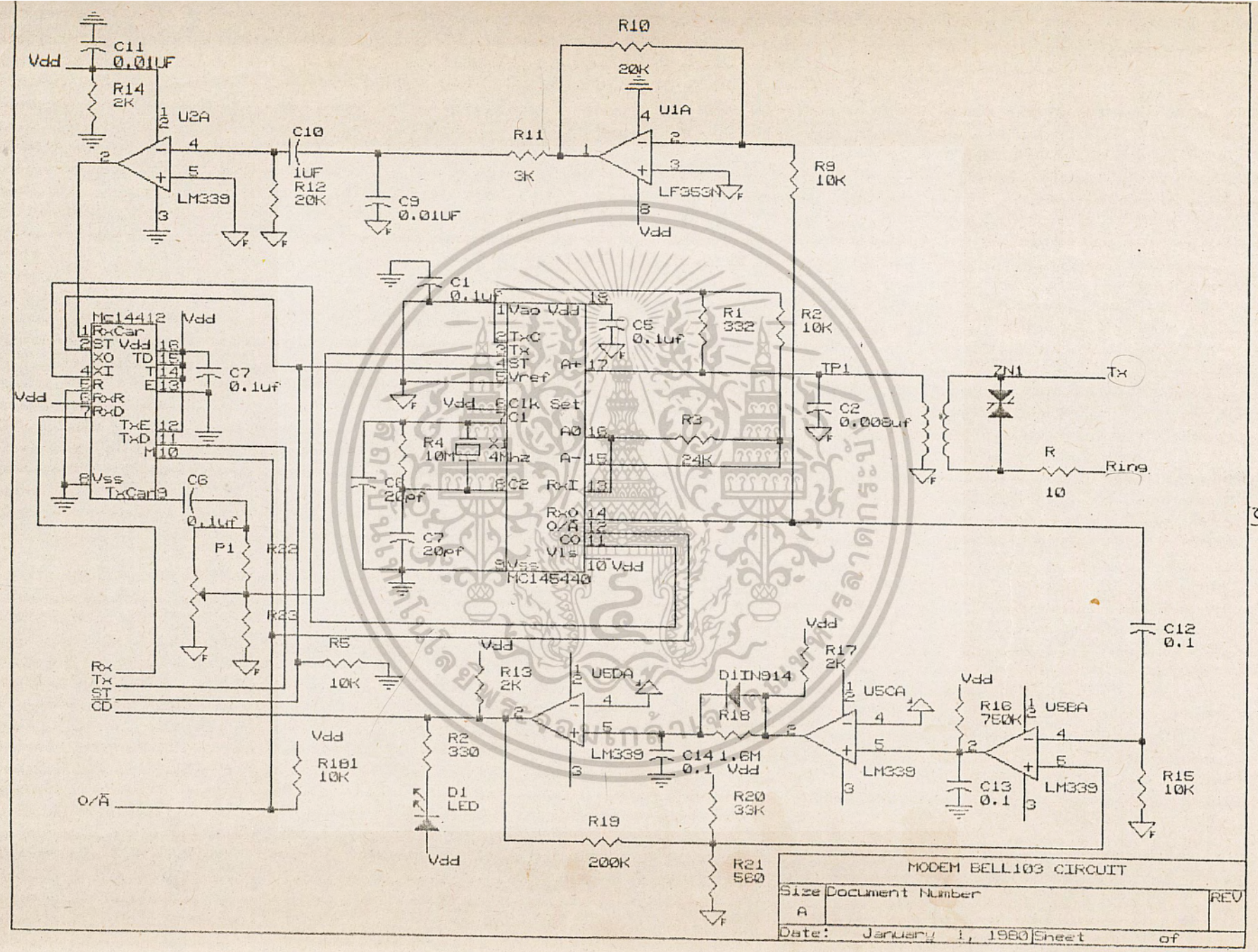
จะใช้หลักการของเฟสล็อคลูฟซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้อย่างเหมาะสม เฟสดีเทคเตอร์จะสร้างสัญญาณที่ผิดพลาด(V_o) ซึ่งแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของความถี่ระหว่างf_{in}กับfvco และค่า V_o นี้จะถูกขยายโดยออปแอมป์ ต่อจากนั้นจะถูกฟิลเตอร์ด้วยวงจรโลพาสฟิลเตอร์และป้อนให้ VCO ซึ่งค่า Vc การเปลี่ยนแปลงของV_o ทำให้เกิด f_{vco} เปลี่ยนแปลงตาม สัญญาณที่ออกจากออปแอมป์ผ่านค่าความต้านทานซึ่งจะถูกฟิลเตอร์อีกครั้งหนึ่งโดยวงจร RC แบบขั้นบันไดเพื่อกำจัดสัญญาณแคร์เรียร์ออกไป หลังจากนั้นผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน#741 ค่าR_o,C_o เป็นค่าที่ใช้กำหนดค่าความถี่ฟรีรันนิ่ง(free running frequency)ของVCOซึ่งจะเท่ากับความถี่กลางของFSK

การออกแบบวงจรฟิลเตอร์

วงจรฟิลเตอร์ที่ออกแบบจะต้องเป็นวงจรที่สามารถที่จะเลือกโหมดของการฟิลเตอร์ได้ ซึ่งมีอยู่ 2 โหมดด้วยกันคือ originate และanswer ซึ่งในแต่ละโหมดจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงความถี่คือ ช่วงความถี่สูงกับช่วงความถี่ต่ำ(high band & low band) วงจรฟิลเตอร์จะตอบสนองต่อแบนด์ในช่วงความถี่ดังกล่าว สำหรับในโหมดของ originateวงจรกรองความถี่สูงจะถูกนำมาใช้ตัวรับสัญญาณแคร์เรียร์ และช่วงแบนด์ความถี่ต่ำจะถูกนำมาใช้กับตัวส่งสัญญาณ ซึ่งลักษณะของการกระทำดังกล่าวจะเกิดขึ้นในลักษณะตรงกันข้ามกับโหมดของ answer ในรูปที่35เป็นการแสดงคุณสมบัติของ#MC145440 ซึ่งเป็นชิพที่มีตอบสนองของความถี่ของทั้งสองแบนด์(ความถี่สูง ความถี่ต่ำ) เส้นกราฟแสดงการตอบสนองของความถี่ซึ่งจะไม่เหมือนกับวงจรอื่นๆที่สร้างขึ้น มีงลังเกตว่าอัตราขยายโวลเต็จของแต่ละแบนด์ของวงจรฟิลเตอร์ที่ความถี่กลางจะมีค่าเท่ากับ 10dB ระดับของสัญญาณลอจิกของอินพุทของ originatr/answer(O/A)จะควบคุมสวิทช์ภายในของ CMOS ว่าจะเลือกโหมด originate หรือ answer

โหมด V_{SL} เป็นโหมดของการเลือกระดับของสัญญาณลอจิกว่าจะเป็น TTL หรือ CMOS โดยการควบคุมสัญญาณระดับสัญญาณที่ V_{SL} นี้ ถ้าหากว่าระดับสัญญาณ V_{SL} มีค่าต่ำก็จะเป็นระดับสัญญาณลอจิกเป็น TTL ถ้าระดับสัญญาณ V_{SL} สูงก็จะเป็นระดับสัญญาณของCMOS

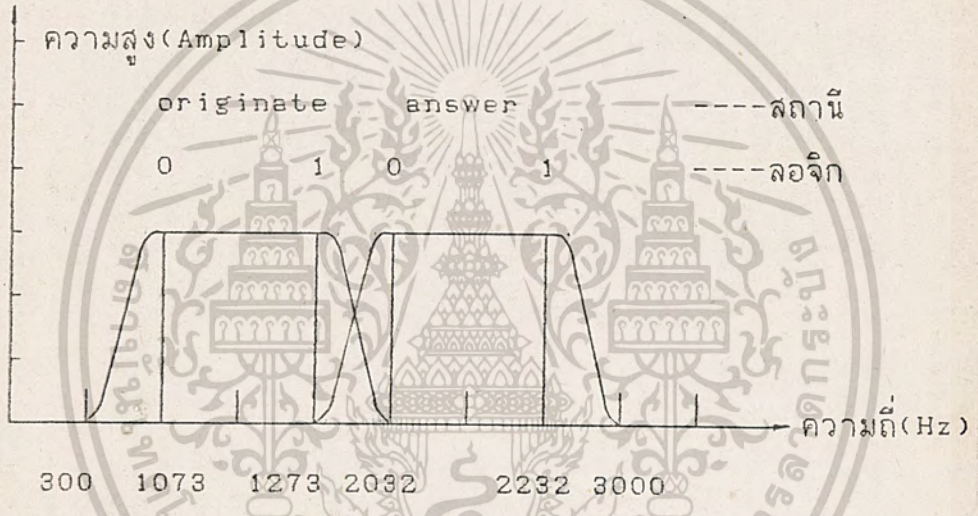
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


C11
0.01UF
Vdd
R14
2K
U2A
LM339
C10
1UF
R12
20K
C9
0.01UF
R11
3K
R10
20K
U1A
LF353N
R9
10K
Vdd
C1
0.1uf
MC14412
RxCar
ST
XO
XI
ER
RxR
RxD
TxE
TxD
M10
Vss
TxCar
C7
0.1uf
C6
0.1uf
P1
R22
R23
MC145440
TxC
Tx
ST
Vref
Clk
Set
C1
C2
RxI
RxO
O/A
CO
Vss
Vdd
C5
0.1uf
R1
332
R2
10K
R3
24K
R4
10M
X1
4Mhz
C8
20pf
C7
20pf
TP1
C2
0.008uf
ZN1
Tx
R
10
Ring
C12
0.1
R5
10K
R13
2K
U6DA
D1IN914
R17
2K
R18
U5CA
R16
750K
U5BA
LM339
C14 1.6M
0.1
C13
0.1
R15
10K
R2
330
D1
LED
R181
10K
R20
33K
R19
200K
R21
580
RX
TX
ST
CD
O/A
MODEM BELL103 CIRCUIT
Size
A
Document Number
REV
Date: January 1, 1980
Sheet of

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

จากวงจรที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น สามารถที่จะวัดค่าของความถี่มาร์คและความถี่ของสเปสได้ เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบกับความถี่ของมาร์คกับความถี่ของสเปสตามมาตรฐาน สำหรับความถี่ทั้งสองที่สามารถวัดมาได้ดังแสดงอยู่ในรูปที่37



*รูปที่*37 ความถี่ของสเปสและมาร์คที่เราได้จากการทดลอง

เพื่อที่จะให้นำสัญญาณข้อมูลออกมาได้จากสัญญาณแคร์เรียร์ที่เข้าที่ขา1 ของ#MC14412 ในการดีมอดดูเลทสัญญาณ การออกแบบตัวควบคุม(Limiter)นั้นถือว่าสำคัญสิ่งหนึ่งเพราะว่าสัญญาณรบกวนความถี่สูง จะทำให้เกิดการสวิงของสัญญาณเอาว์พุทสแควเวฟ (output square wave)ทำให้เกิดการผิดพลาดของบิทมิค่ามากขึ้น การเลือกค่า low offset comperator)ของการควบคุมนั้นถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญเพราะถ้าค่า offset นี้มีค่ามากแล้วจะเกิดการเบี่ยงเบนของค่าดิวตี้ไซเคิล(duty cycle) ซึ่งบางครั้งอาจจะเกิน 50 +2% ดิวตี้ไซเคิลของความต้องการของ#MC14412

วงจรดีเทคสัญญาณแคร์เรียร์ประกอบด้วย U2(LM339) 3 ตัว เอาว์พุทที่ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรเปรียบเทียบแรงดันตัวแรก(ขา13)ผ่านR_{16} และ C_{13} ซึ่งเป็นรูปแบบของวงจรที่เรียกว่าวงจรควบคุมการหน่วงเวลา(Delay control) เมื่อสามารถที่จะดีเทคสัญญาณแคร์เรียร์ได้ ที่ขา13 จะมีสภาวะเป็นโลว์(low) C_{13} จะคายประจุออกจนแรงดันตกคร่อมตัวมันมีค่าต่ำลงจากค่าสูงสุด C_{13} จะเริ่มชาร์จประจุใหม่โดยผ่านR_{16} และเพื่อควบคุมการตอบสนองของวงจรดีเทคสัญญาณแคร์เรียร์ วงจรที่อยู่ที่เอาว์พุทของU2(ตัวที่อยู่ทางซ้ายมือสุด)ขาที่14 จะควบคุมการทำงาน(Attract time)ซึ่งจะประกอบด้วยตัวความต้านทาน R_{17},R_{18},C_{R1} และ C_{14} ในขณะที่มีสัญญาณแคร์เรียร์ขา14จะอยู่ในสภาวะโลว์(low) C_{14} จะคายประจุผ่าน R_{18} ดังนั้นแคร์เรียร์จะต้องเกิดขึ้นชั่วขณะหนึ่งก่อนที่แคร์เรียร์จะถูกดีเทคซึ่งจะทำให้ขาที่2 อยู่ในสภาวะโลว์ การตอบสนองของวงจรตรวจจับสัญญาณแคร์เรียร์และเวลาที่สูญเสียไปในการรอการตรวจจับสัญญาณ(Decay time)

เวลาของการตรวจจับสัญญาณแคร์เรียร์(attract time)

$$= R_{18} C_{14} \ln(1/2) = 111 \text{ ms}$$

เวลาที่สูญเสียไปในการตรวจจับสัญญาณ(Decay time)

$$= r_{16} C_{13} \ln(1/2) = 52 \text{ ms}$$

3dB ของฮิสเตอร์รีซิส(Hysteresis)สามารถสร้างขึ้นได้จากวงจรความต้านทาน 3 ตัว R_{19}-R_{21} วงจรดีเทคสัญญาณแคร์เรียร์ทั้งหมดจะทำงานเมื่อสัญญาณที่รับเข้า -40dBmที่ TP1 และจะไม่ทำงานที่ -43dBmเมื่อใช้แหล่งจ่ายไฟ +5V

สัญญาณที่ขาต่างของ#MC14412

ขาที่1(R_x Car)สัญญาณดังกล่าวที่ได้รับที่1 เป็นสัญญาณ FSK นำมาดีมอดดูเลท สัญญาณที่ได้รับออกมาเป็นสัญญาณของCMOS +12V หรือ +5V สำหรับสัญญาณ TTL ซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิล(duty cycle)ซึ่งจะเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ขาที่2(ST) เพื่อขานี้ได้รับสัญญาณลอจิก"1"ที่อินพุท ตัวดีมอดดูเลทจะถูกต่อเข้าตัวรับสัญญาณที่ถูกมอดดูเลทเพื่อการดีมอดดูเลทสัญญาณ FSK

ขาที่3,4(Osc_{out},Osc_{in})เป็นคริสตอล 1 MHz ซึ่งใช้ในชิพตัวนี้ซึ่งเป็นคลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส อาจจะป้อนเข้าที่ขา4 เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการในการใช้สัญญาณคล็อก ค่าตัวเก็บประจุรวมกับค่าตัวเก็บประจุภายในของคริสตอลจะต้องน้อยกว่า 9 pF(วัดที่ขา4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่5(Reset) สัญญาณที่ขานี้ซึ่งจะถูกลดเวลาของการทดสอบชีพ ในสภาวะการทำงานตามปกติ(Reset=1)

ขาที่6(R_x Rate) เป็นโหมดของการเลือกการรับส่งข้อมูล

อัตราข้อมูล	สัญญาณลอจิกที่ขา6
0-300 bps	1
0-600 bps	0

ตารางที่5

ขาที่7(R_x Data) สัญญาณข้อมูลดังกล่าวเป็นสัญญาณดิจิตอล ได้จากการดีมอดดูเลทสัญญาณที่ได้รับมา

ขาที่9(T_x Car) สัญญาณแคร์เรียร์ที่ส่งมาเป็นสัญญาณรูปคลื่นไซร์(sine wave) ซึ่งได้จากคริสตอล 1 MHz ที่ขานี้จะมีอิมพิแดนซ์ 5 K ซึ่งจะมีคุณสมบัติของความถี่ดังที่จะได้แสดงต่อไปนี้

มาตราฐาน U.S. Type ="1"

Echo ="0"

Mode		T_x Data		T_x Car
Originate	"1"	Mark	"1"	1270Hz
Originate	"1"	Space	"0"	1070Hz
Answer	"0"	Mark	"1"	2225Hz
Answer	"0"	Space	"0"	2025Hz

ตารางที่6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราฐานCCITT Type = "0"

Echo = "0"

Mode		T_x Data		T_x Car
Chennel	"1"	Mark	"1"	980 Hz
No.1	"1"	Space	"0"	1180 Hz
Chennel	"0"	Mark	"1"	1650 Hz
No.2	"0"	Space	"0"	1850 Hz

ตารางที่7

รูปที่38 แสดงสัญญาณแคร์เรียร์ที่ส่ง

ขาที่10(Mode)เป็นโหมดของการเลือกคู่ของความถี่ของการส่งข้อมูลและความถี่ของข้อมูลรับที่เกิดจากการมอดดูเลทและการดีมอดดูเลท เมื่อขานี้ได้รับลอจิก"1"มาตรฐานของU.S. ในโหมดของ originate จะถูกใช้(Type="1") หรือมาตรฐานCCITT ช่องที่1(type="0") และเมื่อขานี้ได้รับลอจิก"0" ในมาตรฐานU.S. answerโหมดจะถูกนำมาใช้(type="1")หรือในมาตรฐานCCITTช่องที่2(type="0")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

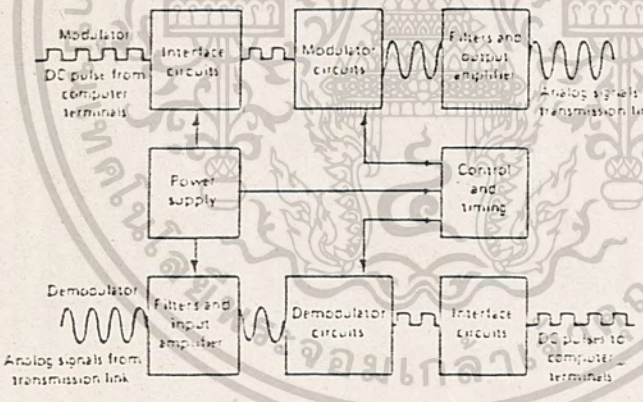
ขาที่11(T_x Data)เป็นขาที่รับข้อมูลจากเทอร์มินอลแล้วส่งข้อมูล ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลดิจิตอลจะถูกมอดดูเลทแบบ FSK ถ้าหากเป็นมาตราฐานU.S.แล้วสัญญาณลอจิก "1" ของข้อมูลอินพุทจะถูกมอดดูเลทให้มีความถี่มาร์ค

ขาที่12(T_x enable) สัญญาณแคร์เรียร์สามารถส่งสัญญาณได้เมื่อสัญญาณที่ขานี้ได้รับสัญญาณลอจิก "1"เท่านั้น

ขาที่13(Echo)ในระหว่างการส่งข้อมูลปกตินั้น สัญญาณที่ขาดังกล่าวจะเป็นลอจิก "0"

ขาที่15(TTLD) เพื่อปรับปรุงให้สอดคล้องกับการอินเทอเฟสของ TTL สัญญาณที่ขานี้จะถูกควบคุมให้เป็น "1" เพื่อลดการแพร่กระจายของกำลังไฟฟ้าเมื่อมีการอินเทอเฟสกับ CMOS ขณะที่ V_{DD} มากกว่า 6 V

ขาที่17 สัญญาณที่ปรากฏที่ขานี้ในขณะที่มีการส่งสัญญาณ



*รูปที่*39 แสดงรูปแบบของการส่งสัญญาณ

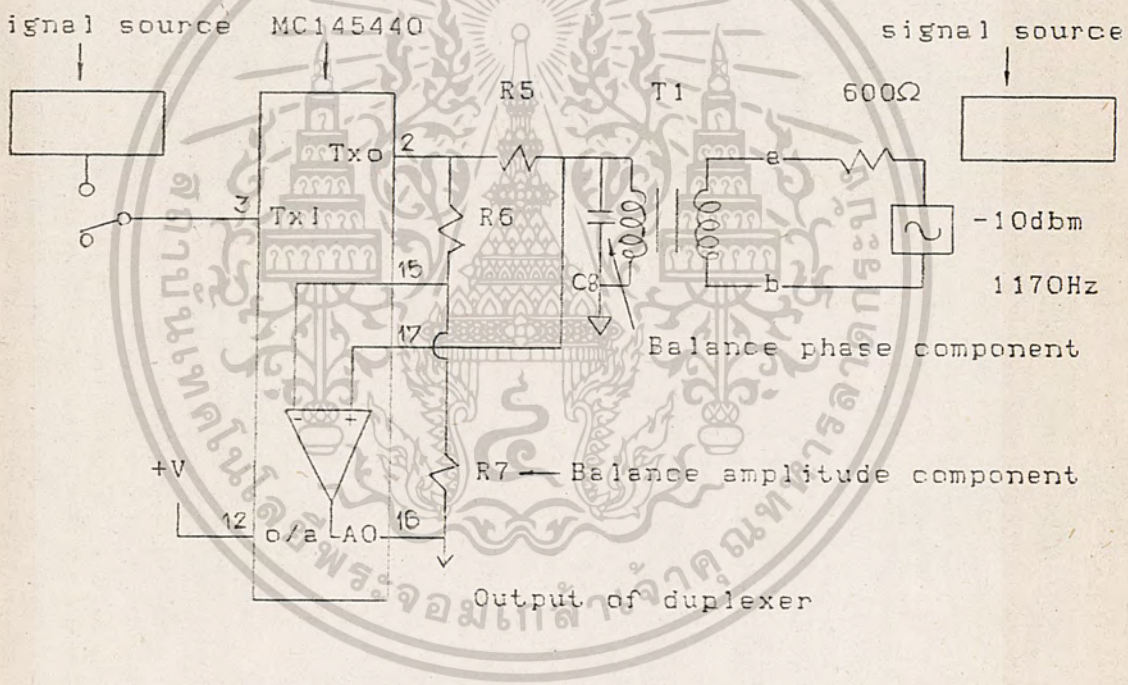
การทำงานของวงจรโมเด็ม

IC 14412 ส่งความถี่มาร์คและความถี่สเปลไปในรูปของสัญญาณดิจิตอลผสมอยู่กับสัญญาณแคร์เรียร์ ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกคัปปลิ้ง เพื่อแยกสัญญาณดิชีออกจากสัญญาณเอซี R_3 จะเซ็ทสัญญาณอินพุทให้ฟิลเตอร์ตัวส่งเพื่อให้ปรับระดับเอาว์พุทของสายส่งอีกทอดหนึ่ง สัญญาณที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC 145440 ขา3 จะถูกฟิลเตอร์และขยาย 10 dB และ เอาว์พุท T_xO ที่ขา2 ซึ่งที่เอาว์พุทที่จ่ายกระแสที่อยู่ในช่วง +5V ที่ 4 V_p(peak voltage)เมื่อแต่ละส่วนของวงจรถูกป้อนด้วย +5V สัญญาณนี้จะถูกส่งไปยังวงจรดูเพล็กเซอร์ จุดมุ่งหมายของวงจรดูเพล็กเซอร์เพื่อช่วยการทำงานป้องกันการลดทอนของสัญญาณที่จะส่งและขยายสัญญาณที่ TP1 6dB

สำหรับหม้อแปลง T1 เป็นหม้อแปลงที่มีอิมพีแดนซ์ 600:600 โอห์ม ใช้คัปปลิ้งสายโทรศัพท์ มีอัตรากระแสลูปอินพุท(primary Loop current) 20-80 mA เมื่อต่อกับสายโทรศัพท์ ZN1 เป็นการกำจัดทรานเซี้ยนของแรงดันกระชาก(Spike voltage)และ R_e กำจัดกระแสกระชาก(Surge current) ช่วยป้องกัน ZN1



*รูปที่*40 การทำงานของวงจรดูเพล็กเซอร์

สัญญาณที่รับที่ TP1 ถูกส่งไปยังขานอนอินเวอทติ้งของออปแอมป์ดูเพล็กเซอร์ขาที่ 17หลังจากขยาย 6 dB สัญญาณดังกล่าวจะถูกส่งไปยังขารับสัญญาณของฟิลเตอร์(ขา13)R_xI หลังจากนั้นสัญญาณที่ออกจากฟิลเตอร์R_xO(ขา14) และจะถูกจ่ายให้วงจรควบคุม(Limiter) วงจรดิเทคสัญญาณแคร์เรียร์ระหว่างอินพุทที่แท้จริงของวงจรควบคุมและR_xO จะใช้เลือกอัตราขยายของสองสภาวะ(U_4) IC4558 ซึ่งจะทำให้เกิดความไวของการรับเป็น -45dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไม่ต้องมีการชดเชยของวงจรควบคุม(Limiter comparator U5A)เอาว์พุทของวงจรขยายจะถูกฟิลเตอร์โดย RC low pass filter เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากความถี่สูงในสวิทช์ชิ่งแคปปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สัญญาณที่ขา TP4 จะถูกคัปปลิ้งเองสัญญาณป้อนให้วงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การสรุปและวิจารณ์

ในการออกแบบวงจรโมเด็มนั้น เราจะต้องทราบว่าออกแบบมาเพื่อการนำไปใช้งานในรูปแบบใด ในฟังก์ชั่นต่างๆ เพื่อจะให้วงจรดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อได้สเปคดังกล่าวแล้ว เราจะสามารถนำมาดัดแปลงให้สามารถที่จะใช้งานได้มากน้อยเพียงใด สำหรับการออกแบบวงจรโมเด็มมาตราฐานเบล103 เราใช้ชิพมอดดูเลทกับการดีมอดดูเลทอยู่ในตัวอุปกรณ์ตัวเดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการนำไปใช้งานและการออกแบบตลอดจนการป้องกันการเกิดสัญญาณรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้นได้มากกว่าในการวัดค่าของความถี่ของมาร์คและความถี่สเปสเราใช้ออสซิลโลสโคป ซึ่งอาจจะเกิดการอ่านค่าที่ไม่ได้ถูกต้องแม่นยำที่สุด นอกจากนี้มีผลมาจากอุปกรณ์อื่นๆอีกที่จะทำให้เกิดการเบี่ยงเบนผลของข้อมูลไป นอกจากนี้ในการออกแบบวงจรนั้นเดิมทีเราจะใช้ชิพเบอร์ MC14412FP แต่ในตลาดอุปกรณ์เมืองไทยมีเพียงเบอร์ MC14412VP เท่านั้นซึ่งชิพทั้งสองจะมีส่วนต่างกันของอุปกรณ์อยู่ที่การป้อนแรงดันให้แก่ชิพคือ ชิพ MC14412FP ป้แรงดันไฟฟ้าเลี้ยงวงจร +12V ในขณะที่ MC14412VP นั้นใช้แรงดันเลี้ยงวงจร +5Vเท่านั้น ดังนั้นระดับของสัญญาณลอจิก"1"จะมีค่าระดับของสัญญาณแรงดัน 5 โวลท์ สำหรับMC14412VP ส่วนของMC14412FP ระดับของสัญญาณลอจิก"1" จะค่าของระดับของสัญญาณแรงดัน +12V ดังนั้นเมื่อเราใช้MC14412 VP ดังนั้นเราจึงต้องเปลี่ยนระดับของสัญญาณแรงดันที่ใช้สร้างสัญญาณลอจิก เพื่อที่จะผ่านการอินเทอเฟสของ RS232c จะเห็นว่าเกิดการยุ่งยากขึ้น ทำให้ต้องเพิ่มงบประมาณค่าใช้จ่าย ในส่วนของวงจรฟิลเตอร์ที่เรากำหนดใช้เบอร์ MC 145440 ฟิลเตอร์ตัวนี้เป็นตัวกำหนดให้ว่าเป็นมาตรฐานของเบล อีกเบอร์หนึ่งที่ความเร็วของการส่งข้อมูลเท่ากันแต่เป็นมาตรฐานของ CCITT แต่ว่าอุปกรณ์ชิฟเบอร์นี้คือ MC 145441 ไม่มีขาย ดังนั้นจึงเปลี่ยนมาตรฐานหนึ่ง แต่ที่เราใช้ชิฟเบอร์นี้คือ MC 145440 ก็เพราะว่าได้รวมเอาฟิลเตอร์ทั้งโลพาสฟิลเตอร์และไฮพาสฟิลเตอร์ไว้ในชิฟตัวเดียวกัน ซึ่งการใช้งานก็จะสะดวกและมีแรงดันไฟเลี้ยง +5 V เช่นเดียวกันซึ่งสอดคล้องกับ MC 14412 ดังนั้นจึงสามารถใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียวได้ สำหรับความเร็วของการส่งข้อมูล ความเร็วสูงสุดที่ได้ประมาณ 250 bps. แบบฟูลดูเพล็กซ์ หรือ 400 bps. แบบฮาฟดูเพล็กซ์ซึ่งไม่ได้ตามมาตรฐานเบล 103 นั้นเกิดจากปัญหาอุปกรณ์มากที่สุด นอกจากนี้ไอซิฟิลเตอร์ MC 145440 มีออปแอมป์อยู่อีกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่งซึ่งสามารถนำมาสร้างเป็นดูเพล็กเซอร์ได้ ซึ่งจะทำให้สะดวกและประหยัดไปอีกทางหนึ่ง ในส่วนของการอินเทอเฟสกับคอมพิวเตอร์นั้นจะใช้การ์ดของมัลติไอโอ(multi I/O) ที่มีคอนโทรลไดร์ฟอยู่ด้วย ถ้าหากว่าในเครื่องคอมพิวเตอร์มีคอนโทรลไดร์ฟอยู่แล้ว ถ้าหากเราอินเทอเฟสการ์ดนี้เข้าไปอีกจะไม่สามารถที่จะบูท (boot) เครื่องได้ ต้องเอาคอนโทรลไดร์ฟของเก่าออกเสียก่อนจึงจะสามารถทำการอินเทอเฟสได้ ในส่วนของการเขียนซอร์ฟแวร์นั้นใช้ภาษาแอสแซมบลี้ในการเขียน ซึ่งจะมีข้อดีที่สามารถทำงานได้รวดเร็ว แต่ในการสร้างฟังก์ชั่นการเขียนนั้นทำได้ยุ่งยากมากกว่าการใช้ภาษาระดับสูงอื่นๆ จึงอยากจะแนะนำว่าในการเขียนซอร์ฟแวร์นั้นควรจะใช้ภาษาระดับสูงดีกว่าสามารถแก้ไขได้ง่ายเพราะมีความยืดหยุ่นต่อการเขียนได้ดีกว่าภาษาแอสแซมบลี้ รวมทั้งการพัฒนาโปรแกรมสามารถทำได้ง่ายอีกด้วย สำหรับหม้อแปลงที่ใช้ในการแมชชิ่งกับสายโทรศัพท์นั้นไม่มีจำหน่ายกัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องจัดการพันหม้อแปลงหรือจ้างพันอีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโปรเจคงานชิ้นนี้ขึ้นมาได้นั้น ได้รับความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ ประดิษฐ์ วัชระพิบูลย์ ในการให้คำปรึกษาตลอดจนข้อเสนอแนะต่างๆ เจ้าหน้าที่ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในการให้ความช่วยเหลือจากเอกสารอ้างอิง รวมถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ในการให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] รศ.ยืน ภู่วรวรรณ
นต.ดร.ไพศาล สงวนหมู่,"การสื่อสารข้อมูลและไมโครคอมพิวเตอร์", ซีเอ็ดยูเคชั่น,พิมพ์ครั้งที่3,พ.ศ.2531,243 หน้า

[2] สุริยัน ศรีสวัสดิ์กุล,"การสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์",ฟิสิคส์เซ็นเตอร์, 208 หน้า

[3] กองบรรณาธิการ,"แนวโน้มของการสื่อสารด้วยคอมพิวเตอร์",วารสารไมโครคอมพิวเตอร์,ฉบับที่56,มีนาคม2533,หน้า 205 - 209

[4] ดร.ไพศาล สงวนหมู่,"โมเด็มม้าเร็วของไมโครคอมพิวเตอร์",วารสารไมโครคอมพิวเตอร์,ฉบับที่56,มีนาคม2533,หน้า 210-218

[5] Harold B.killen,"Telecommunications and Data communication System Design with TroubsHooting",Prehtice-Hall,INC.,Englewood cliffs,New Jersey 07632, 300 p.,1986

[6] Paul Bates,P.ENG,"Practical Digital and Data Communication with LSI Application",Prentice-Hall,1987,ISBN 0-8359-5572-9 025

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Macros:

Name	Lines
DISP	3
DISPLAY CHAR	3
GET STRING	4
LSEEK	5
READ KEY	2

Segments and Groups:

Name	Length	Align	Combine Class
CODE HERE	266A	PAGE	NONE

Symbols:

Name	Type	Value	Attr	
ADD37	L NEAR	035F	CODE HERE	
ADDHI	L NEAR	0379	CODE HERE	
ATTRIBUTE	N PROC	04D5	CODE HERE	Length = 0016
BAD DECIMAL DIGIT	L NEAR	053B	CODE HERE	
BEEP1	L NEAR	0457	CODE HERE	
BEEP2	L NEAR	045C	CODE HERE	
BLINK HIGH	NUMBER	001F		
BLINK LOW	NUMBER	0017		
BOARD W	L BYTE	076D	CODE HERE	
BUFFER	L BYTE	1DCB	CODE HERE	Length = 0028
BUFFER F	L BYTE	1E6A	CODE HERE	Length = 0B00
BUFF VRAM	L BYTE	07D3	CODE HERE	Length = 0FA0
CHARS	L BYTE	1775	CODE HERE	Length = 0014
CHAR COUNTER	L BYTE	1D1C	CODE HERE	
CHAR NUM LIMIT	L BYTE	1773	CODE HERE	
CHK N DISPLAY	N PROC	01FC	CODE HERE	Length = 003F
CLEAR SCREEN	N PROC	04DB	CODE HERE	Length = 001F
CONVERT DIGIT	L NEAR	051A	CODE HERE	
CR	NUMBER	000D		
CURSORTYPE	N PROC	038A	CODE HERE	Length = 001E
DAT1	L NEAR	017C	CODE HERE	
DO1	L NEAR	0336	CODE HERE	
DO2	L NEAR	0346	CODE HERE	
DONE	L NEAR	026D	CODE HERE	
DONE DECIMAL	L NEAR	0534	CODE HERE	
ERROR	L WORD	1DF3	CODE HERE	
ERROR1	L BYTE	1E01	CODE HERE	
ERROR2	L BYTE	1E13	CODE HERE	
ERROR3	L BYTE	1E24	CODE HERE	
ERROR4	L BYTE	1E34	CODE HERE	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1DFB  1E34 R                          DW  OFFSET ERROR4
1DFD  1E48 R                          DW  OFFSET ERROR5
1DFF  1E59 R                          DW  OFFSET ERROR6
1E01  49 4E 56 41 4C 49 44    ERROR1 DB  'INVALID ACCESS ',13,10,24H
      20 41 43 43 45 53 53
      20 0D 0A 24
1E13  46 49 4C 45 20 4E 4F    ERROR2 DB  'FILE NOT FOUND',13,10,'$'
      54 20 46 4F 55 4E 44
      0D 0A 24
1E24  41 43 43 45 53 53 20    ERROR3 DB  'ACCESS DENIED',13,10,24H
      44 45 4E 49 45 44 0D
      0A 24
1E34  54 4F 20 4D 41 4E 59    ERROR4 DB  'TO MANY OPEN FILE',13,10,24H
      20 4F 50 45 4E 20 46
      49 4C 45 0D 0A 24
1E48  41 43 43 52 45 53 53    ERROR5 DB  'ACCRESS DENIED',13,10,24H
      20 44 45 4E 49 45 44
      0D 0A 24
1E59  49 4E 56 41 4C 49 44    ERROR6 DB  'INVALID HANDLE',13,10,24H
      20 48 41 4E 44 4C 45
      0D 0A 24
1E6A  0800[                   BUFFER F  DB 2048 DUP(?)
        ??
                              ;
                              ;
                              ;-------------------------------------
                              ------------
266A                          CODE HERE ENDS
                              END START
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้