สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสื่อสารข้อมูลไร้สายที่ป้องกันการดักรับ ที่อัตรา 1200 บิต/วินาที โดยผ่านความถี่ย่านวีเฮชเอฟ

WIRELESS DATA COMMUNICATION SECURITY AT 1200 BPS VIA VHF

T032569

โดย

นายประยูร สนใจ

นายมงคล แก้วทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่
เลขทะเบียน 32569
วัน, เดือน, ปี 18 พ.ค. 2542

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

การสื่อสารข้อมูลไร้สายที่ป้องกันการดักรับ ที่อัตรา 1200 บิต/วินาที โดยผ่านความถี่ย่านวีเฮชเอฟ

WIRELESS DATA COMMUNICATION SECURITY AT 1200 BPS VIA VHF

โดย

นายประยูร สนใจ 39013017

นายมงคล แก้วทอง 39013054

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การสื่อสารข้อมูลไร้สายที่ป้องกันการดักรับ ที่อัตรา 1200 บิต/วินาที โดยผ่านความถี่ย่านวีเฮชเอฟ

WIRELESS DATA COMMUNICATION SECURITY AT 1200 BPS VIA VHF

ผู้จัดทำ

1. นายประยูร สนใจ 39013017
2. นายมงคล แก้วทอง 39013054

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. กอบชัย เดชหาญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลไร้สายที่ป้องกันการดักรับ ที่อัตรา 1200 บิต/วินาที โดยผ่านความถี่ย่าน วีเฮชเอฟ

WIRELESS DATA COMMUNICATION SECURITY AT 1200 BPS VIA VHF

โดย นาย ประยูร สนใจ 39013017

นาย มงคล แก้วทอง 39013054

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

บทคัดย่อ

ทุกวันนี้เรามีการสื่อสารข้อมูลกันมากขึ้น ทั้งในทางตรงและทางอ้อม เช่น การส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การโอนเงินทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งได้กลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของเราไปแล้ว ดังนั้นเรื่องของความปลอดภัยของข้อมูลข่าวสารจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะถ้าข้อมูลข่าวสารของเราถูกดักรับ หรือถูกล่วงรู้โดยผู้ใช้อื่นๆ ก็อาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อบุคคลหรือองค์กรได้ อีกทั้งในด้านการทหารซึ่งถือว่าความปลอดภัยเป็นหัวใจหลัก โครงงานนี้จึงได้นำเสนอหลักการพื้นฐานของการเข้ารหัสสัญญาณ โดยในที่นี้เป็นการเข้ารหัสในการสื่อสารไร้สาย โดยใช้ FSK MODEM เป็นตัวรับส่งข้อมูลระหว่าง คอมพิวเตอร์ กับ คอมพิวเตอร์

ABSTRACT

Data communication is popular and important dued to the technology development . At present , the data communication is used in several application such as E-mail and Electronics money transfer. All of them become an important process in business. The security data becomes an important feature, the transmitted is accessed by other users, the data can be changed or destroyed, especially for the military security is the first priority. This project shows the basic data encryption in order to secure the data and using the FSK modulation for wireless communication between computers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	หน้า
1. บทนำ	1
2. หลักการพื้นฐานของการเข้ารหัสข้อมูล	3
2.1 บทนำ	3
2.2 ความหมายและวิธีการ	3
2.3 วิธีการแปลงข้อมูล	4
2.4 ชนิดของการแปลงข้อมูล	6
2.4.1 การแปลงข้อมูลแบบซีซาร์	6
2.4.2 การแปลงข้อมูลแบบเวอร์เนม	7
2.4.3 การแปลงข้อมูลแบบวิจีเนียร์	7
2.5 ชนิดของกุญแจรหัส	9
2.5.1 กุญแจรหัสส่วนตัว	9
2.5.2 กุญแจรหัสส่วนรวม	9
2.5.3 กุญแจรหัสที่ใช้ครั้งเดียว	9
2.6 พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล	11
2.7 ความหมายของการสื่อสารข้อมูล	12
2.8 วิวัฒนาการของการสื่อสารข้อมูล	12
2.9 ความสำคัญของการสื่อสารข้อมูล	14
2.10 ส่วนประกอบของการสื่อสารข้อมูล	14
2.10.1 เทอร์มินอล	15
2.10.2 หน่วยควบคุมการรับส่ง	15
2.10.3 วงจรสื่อสาร	15
2.10.4 ระบบประมวลผลข้อมูล	16
2.11 พื้นฐานการส่งข้อมูล	16
2.12 ชนิดของสัญญาณ	17
2.13 ช่องสัญญาณ	17
2.14 แบนวิดท์	17
2.15 การส่งข้อมูลแบบซิงโครัสและอะซิงโครนัส	18
2.15.1 การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	18
2.15.2 การส่งแบบซิงโครนัส	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 รหัสในการส่งสัญญาณ 19
2.16.1 BAUDOT CODE 20
2.16.2 ASCII CODE 22
2.16.2.1 สรุปความหมายของตัวอักขระพิเศษที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล 23
2.16.3 EBCDIC CODE 25
3. การสร้างและการคำนวณ 26
3.1 ลักษณะของโครงงาน 26
3.2 ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ 26
3.2.1 ตัวกำเนิดสัญญาณ FSK 26
3.3.2 FSK Bandwith 27
3.3.3 FSK Demodulator 27
3.2.5 แนวทางการออกแบบ FSK เพื่อใช้งาน 28
3.2.6 Block diagram ของภาคส่ง 29
3.2.7 การทำงานของวงจรภาคส่ง 30
3.2.7.1 การแปลงสัญญาณ RS-232 เป็น TTL 30
3.2.7.2 ส่วนของการออกแบบ FSK Generator 31
3.2.8 Block diagram ของภาครับ 35
3.2.9 การออกแบบวงจร FSK Demodulator ด้วย IC เบอร์ XR-2211 35
3.2.10 ส่วนแปลงระดับสัญญาณ TTL เป็นมาตรฐาน RS-232 37
3.3 ลักษณะการทำงานของด้านส่ง 40
3.4 ลักษณะการทำงานของด้านรับ 41
3.5 การสร้างและออกแบบซอร์ฟแวร์โดยโปรแกรม VISUAL BASIC 5.0 42
3.5.1 ส่วนของหน้าต่างในโปรแกรม 42
4. ผลการทดลอง 46
4.1 แนวทางการทดลอง 46
4.2 ผลการทดลองของ FSK Modem 47
4.3 ผลการทดลองในส่วนของโปรแกรม 54
5. บทสรุปและวิจารณ์ 60
เอกสารอ้างอิง 61
ภาคผนวก ส่วนของโปรแกรม และอุปกรณ์ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างการสื่อสารข้อมูลที่จำเป็นต้องมีความปลอดภัยสูง	3
2.2 การใช้ระบบรหัสเพื่อสร้างความปลอดภัยในด้านการทหาร	4
2.3 หลักการแปลงข้อมูล	5
2.4 ขบวนการของการแปลงข้อมูลและการแปลงกลับข้อมูล	5
2.5 ลักษณะของกุญแจรหัสส่วนตัว	10
2.6 ลักษณะของกุญแจรหัสส่วนรวม	10
2.7 ลักษณะของกุญแจรหัสใช้ครั้งเดียว	11
2.8 ระบบสื่อสารข้อมูล	16
2.9 การส่งแบบอะซิงโครนัสและซิงโครนัส	19
3.1 FSK Modulation	27
3.2 PLL FSK Demodulator	27
3.3 แสดงการทำงานของภาคส่ง	29
3.4 วงจรแปลงสัญญาณ RS-232 เป็น TTL	30
3.5 วงจร FSK Modulation	33
3.6 แสดงวงจรภาคส่ง	34
3.7 แสดงการทำงานภาครับ	35
3.8 วงจร FSK Demodulation	37
3.9 แสดงวงจรแปลงสัญญาณ TTL เป็น RS-232	38
3.10 วงจรภาครับ	39
3.11 โฟร์ชาร์ตของด้านส่ง	40
3.12 โฟร์ชาร์ตของด้านรับ	41
3.13 แสดงหน้าต่างหลักของโปรแกรม	42
3.14 แสดงหน้าต่างการเลือกพอร์ตและอัตราความเร็วในการส่งและรับข้อมูล	43
3.15 แสดงหน้าต่างของการเข้ารหัสแบบเป็นข้อความ	43
3.16 แสดงหน้าต่างของการเข้ารหัสแบบเป็นไฟล์	44
3.17 แสดงหน้าต่างของการป้อนกุญแจรหัส	44
3.18 แสดงหน้าต่างแสดงลักษณะของโครงงานและพื้นฐานการเข้ารหัสข้อมูล	45
4.1 บล๊อกไดอะแกรมของโครงงาน	46
4.2 แสดงเอาต์พุตของภาคแปลงสัญญาณ RS-232 ไปเป็น TTL	48
4.3 แสดงเอาต์พุตของภาคแปลงสัญญาณ Binary เป็น FSK	50

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 แสดงเอาต์พุตของภาค Demodulator สัญญาณ FSK เป็น Binary 52
4.6 แสดงหน้าต่างหลัก 55
4.7 แสดงการเลือก Communication Port และ Baudrate 55
4.8 แสดงการส่งข้อมูลแบบเป็นข้อความโดยใช้ Cipher Mode A 56
4.9 แสดงการส่งข้อมูล Text File โดยใช้ Cipher Mode A 56
4.10 แสดงหน้าต่างหลักขณะเป็นตัวรับข้อมูลด้วย Cipher Mode A 57
4.11 แสดงการป้อนกุญแจรหัสในการรับข้อมูลด้วย Cipher Mode A 57
4.12 แสดงข้อความที่ถูกเข้ารหัสด้วย Cipher Mode A 58
4.13 แสดงการรับข้อมูลจาก Cipher Mode A 58
4.14 ลักษณะการใช้งานของโครงงานที่เสร็จสมบูรณ์ 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแปลงข้อมูลแบบวิจีเนียร์	8
2.2 การเข้ารหัสมาตรฐานบอโด	21
2.3 รูปแบบของรหัสแอสกี้	22
3.1 FSK BAND	31
3.2 เปรียบเทียบระดับสัญญาณของ RS-232 กับ TTL	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาการวิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยี ได้พัฒนารุดหน้าไปอย่างรวดเร็วทำให้มีอิทธิพลต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ เทคโนโลยีทำให้เกิดการทำงานที่รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้นโดยเฉพาะการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในด้านการติดต่อสื่อสารทำให้มีการพัฒนา วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ให้ทันสมัยและนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดวิธีการสื่อสารที่หลากหลายวิธีการเพื่อที่จะทำให้มนุษย์สะดวกสบายยิ่งขึ้น เช่น โทรเลข โทรพิมพ์ หรือ โทรศัพท์ เป็นต้น

การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในด้านการติดต่อสื่อสาร ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะพัฒนาระบบการติดต่อของมนุษย์ทำให้ ข่าวสารเปลี่ยนจากสภาพเส้นขีดเขียนบนกระดาษ มาเป็นสัญญาณพัลส์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อที่จะทำให้คอมพิวเตอร์เข้าใจ การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์เรียกว่าการสื่อสารข้อมูล (Data Communication) ถ้าคอมพิวเตอร์อยู่ใกล้ๆ กันเราอาจจะส่งข้อมูลถึงกันด้วยวิธีการง่ายๆ เช่นใช้สายต่อตรงจากพอร์ต RS-232 ระหว่างคอมพิวเตอร์หรืออาจจะอยู่ในลักษณะของการใช้ข้อมูลร่วมกันเป็นข่ายการสื่อสารข้อมูลท้องถิ่นซึ่งเราเรียกว่า ระบบ LAN (Local Area Network) แต่ถ้าคอมพิวเตอร์อยู่ระยะห่างกันไกลๆ เราก็อาจจะใช้ Modem ในการส่งผ่านข้อมูล ในการส่งผ่านข้อมูล ยังต้องอาศัยข่ายสื่อสารโทรศัพท์เป็นตัวกลางนำสัญญาณเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์จึงเป็นการยากลำบาก ซึ่งถ้าหากบริเวณที่เราต้องการสื่อสารข้อมูลระยะไกลไม่มีข่ายสื่อสารโทรศัพท์

ในขณะที่เรามีการสื่อสารข้อมูลกันในรูปแบบต่างๆ มากมาย การแข่งขันในรูปแบบของการสื่อสารข้อมูลก็มากขึ้น ปัญหาความปลอดภัยของข้อมูลข่าวสารจึงเกิดขึ้น ดังนั้นการสร้างความปลอดภัยให้กับข้อมูลของเราก่อนที่จะส่งออกไปจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เช่น ทางธุรกิจ การโอนเงินผ่านทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบ Network ต่างๆ ถ้าไม่มีการสร้างความปลอดภัยให้กับข้อมูล จำนวนเงินอาจผิดพลาดหรืออาจจะมีผู้ใช้งานอื่นมาทำการแก้ไขตัวเลขได้ ทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบธุรกิจ ส่วนในทางทหาร ความปลอดภัยถือว่ามีความสำคัญที่สุด การติดต่อสื่อสารข้อมูลกับฝ่ายเดียวกัน ต้องปราศจากการดักฟังหรือการรับรู้จากฝ่ายศัตรู โดยใช้หลักการของการแปลงข้อมูล (Encyption) ก่อนที่จำทำการส่งโดยที่ข้อความจะไม่เหมือนเดิมและทำการแปลงข้อมูลกลับ (Decyption) เพื่อให้ได้ข้อมูลเดิมก่อนที่จะทำการแปลงข้อมูล (Plaintext)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

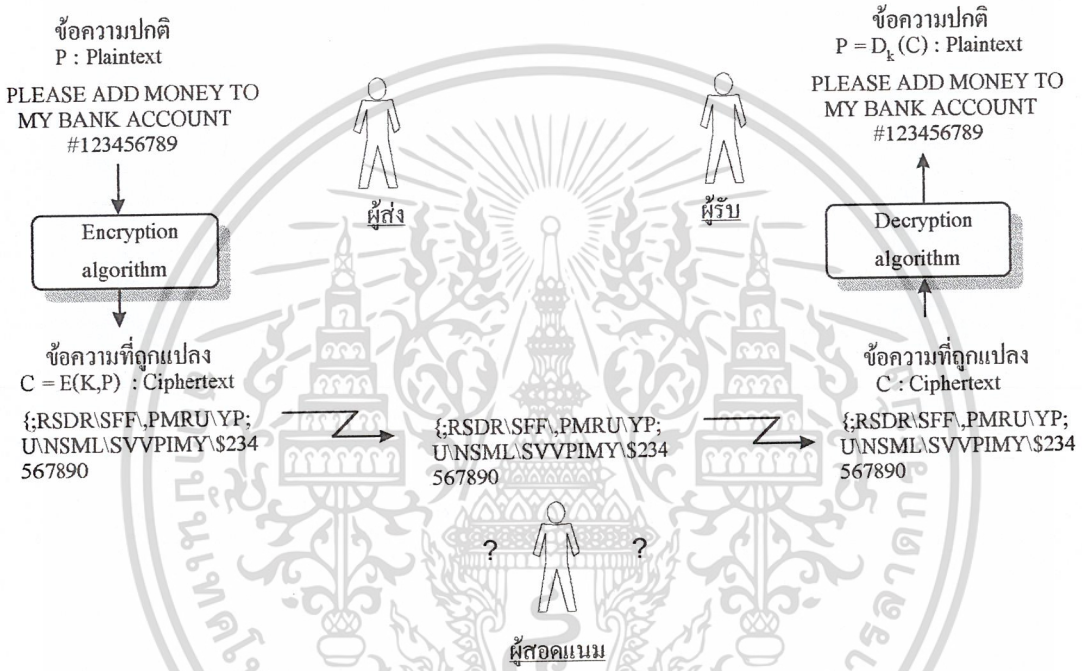
ดังนั้นกลุ่มของเราจึงมีความคิดที่จะทำการศึกษา และพัฒนาการสื่อสารข้อมูลที่มีความปลอดภัยของข้อมูลโดยอาศัยลักษณะช่ายการสื่อสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่ช่ายโทรศัพท์นี้ขึ้นมาจึงได้จัดทำปริญญานิพนธ์เรื่องการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายที่ป้องกันการดักรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการพื้นฐานของเข้ารหัสข้อมูล

2.1 บทนำ

ในการติดต่อสื่อสารโดยใช้ข้อความ ซึ่งข้อความของเราอาจตกหล่นไปอยู่กับคนอื่น การใช้การแปลงข้อมูล (Encryption) ทำการแปลงข้อความก่อนที่จะทำการส่ง โดยที่ข้อความที่ถูกแปลงจะไม่เหมือนเดิม การแปลงข้อมูลจะทำให้ข้อมูลของเรามีความปลอดภัยในสภาวะที่ไม่ปลอดภัย หรือในสภาวะที่ต้องการเก็บหรือส่งข้อมูลที่เป็นความลับ



รูป 2.1 ตัวอย่างการสื่อสารข้อมูลที่จำเป็นต้องมีปลอดภัยสูง

2.2 ความหมายและวิธีการ

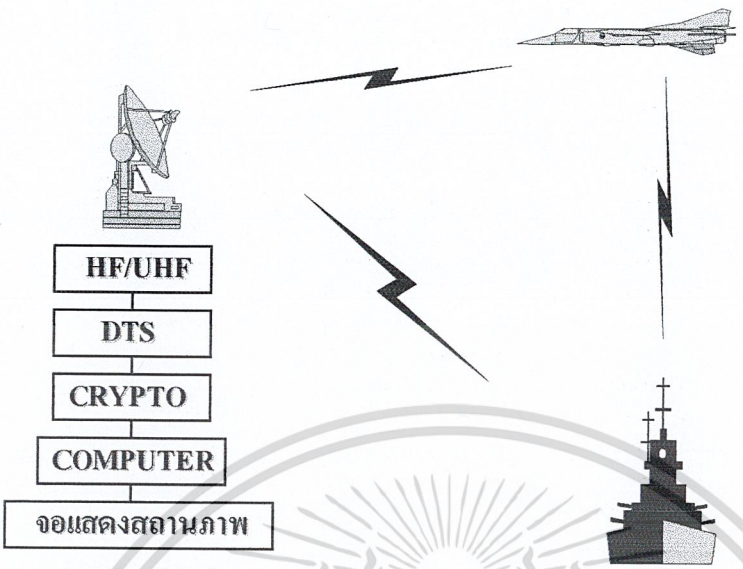
ถ้า S ต้องการส่งข้อมูลไป R เราจะเรียกว่า ผู้ส่ง (Sender) และ R ว่าผู้รับ (Receiver) S จะส่งข้อความผ่าน T ซึ่งเป็นผู้นำส่งไปยัง R เรียก T ว่า ตัวกลาง (Transmission medium) และมี I ว่า ผู้บุกรุก (Intruder) ในขณะที่ S ส่งข้อความผ่าน T ข้อความของเรา อาจถูก I เข้าถึงข้อมูลได้

การแปลงข้อมูล (Encryption) คือ กระบวนการของการเข้ารหัส (Encoding) ข้อมูลข่าวสาร ซึ่งหมายถึงข้อความของเราจะไม่ปรากฏเห็นชัดเจนว่าเป็นอะไร

การแปลงข้อมูลกลับ (Decryption) คือ กระบวนการที่ทำการย้อนกลับ แปลงข้อความที่ถูก Encrypted กลับไปเป็นข้อความเดิม สลับกัน เช่นเดียวกับวิธีการเข้ารหัส (Encoding) กับการถอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัส (Decoding) หรือ Encipher กับ Decipher ซึ่งระบบที่ใช้การ แปลงข้อมูล และ การแปลงข้อมูลกลับนี้ เรียกว่า ระบบรหัส (Cryptosystem)



รูป 2.2 การใช้ระบบรหัสเพื่อสร้างความปลอดภัยในด้านการทหาร

2.3 วิธีการแปลงข้อมูล

การแปลงข้อมูลคือการทำให้ข้อมูลมีความปลอดภัยในสภาวะแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัยซึ่งมีวิธีการพื้นฐานที่ใช้อยู่คือ

1. การแทนที่ (Substitution)
2. การสลับที่ (Transposition)

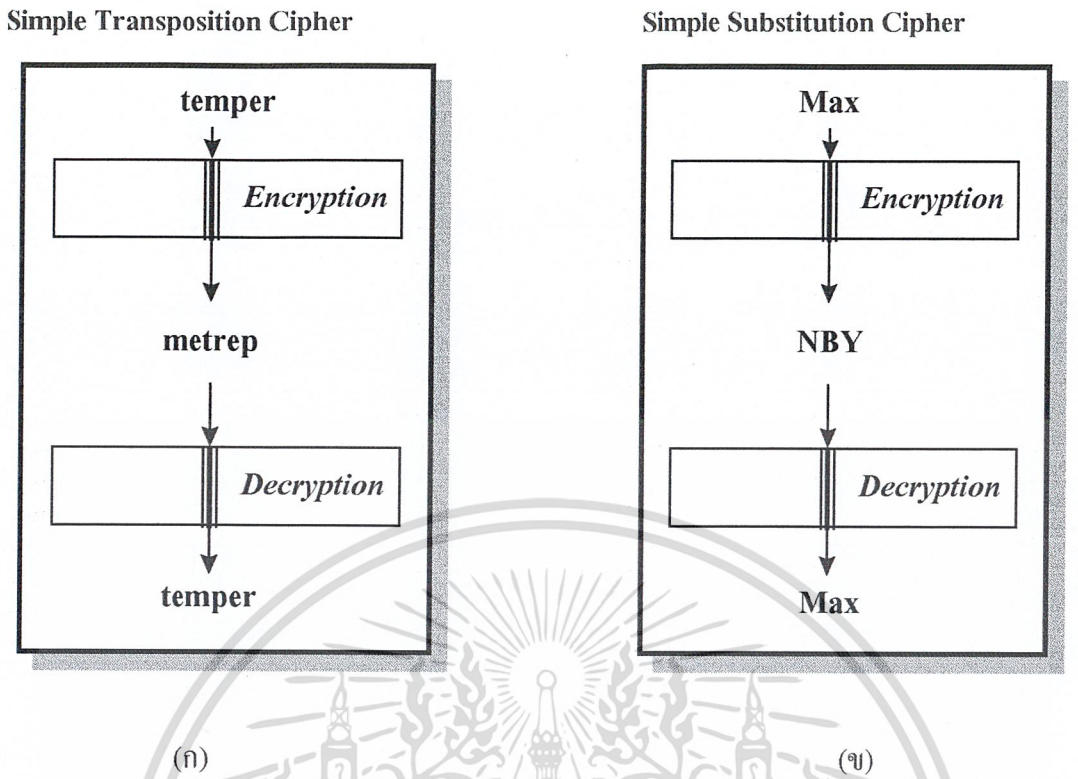
การแทนที่ คือ ขบวนการแปลงข้อมูลในหนึ่งหน่วย (ปกติ 1 ตัวข้อความ/อักษร) ของข้อความที่ถูกแปลง (Ciphertext) จะเกิดจากการแทนที่ของข้อความ/ตัวอักษร ลงในข้อความเดิมที่ยังไม่ได้ถูกแปลง (Plaintext) ซึ่งการแปลงข้อมูลกลับจะทำได้ก็ต่อเมื่อมีกุญแจรหัสพิเศษที่ถูกต้องเท่านั้น

การสลับที่ คือ ขบวนการแปลงข้อมูลในหนึ่งหน่วยของข้อความแรกเริ่ม (Plaintext) โดยการย้ายตัวอักษรหรือข้อความสลับกัน ซึ่งก็จะให้หน้าตาของข้อความเปลี่ยนไป

กุญแจเข้ารหัส (Encryption Key) คือ กุญแจรหัสที่เป็นลักษณะของข้อความหรือตัวอักษรหรือค่าตัวเลขที่ใช้ในการแปลงข้อมูล

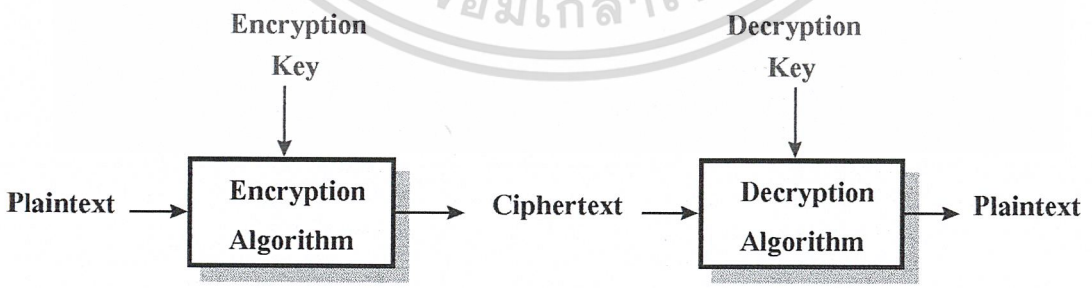
กุญแจถอดรหัส (Decryption Key) คือ กุญแจรหัสที่ใช้แปลงข้อความย้อนกลับเพื่อให้ได้ข้อความเดิม (Original Plaintext)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.3 หลักการแปลงข้อมูล (ก) แบบสลับที่ (ข) แบบการแทนที่

รูปแบบปกติของข้อความ (Plaintext) และข้อความที่ถูกแปลง (Cyphertext) ซึ่งแสดงดังรูป สมมุติให้ข้อความปกติ มีข้อความเป็น P ซึ่งมีซีเควนซ์ของตัวอักษร $P = (p_1,p_2,p_3\ldots,p_n)$ โดยที่คล้ายกับข้อความที่ถูกแปลง ก็จะเป็น $C = (c_1,c_2,c_3\ldots,c_n)$ ซึ่งการส่งข้อความระหว่างข้อความปกติกับข้อความที่ถูกแปลง ก็จะเป็น $C = E\{P\}$ และ $P = D\{C\}$ ซึ่ง C ก็คือ Cyphertext , E คือ Encryption D คือ Decryption , P คือ Plaintext ซึ่งในระบบรหัส (Cryptosystem) P=D(E(P))



รูป 2.4 ขบวนการของการแปลงและการแปลงข้อมูลกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการแปลงข้อมูลกลับจะใช้กุญแจรหัส (Key) หรือ K ซึ่งข้อความของข้อความที่ถูกแปลงจะมี 2 ค่าคือข้อความปกติกับกุญแจรหัส ซึ่งเขียนได้เป็น C = E(K,P) E ก็คือวิธีการแปลงส่วน K ก็คือตัวเลือกของการแปลง กุญแจรหัสของการแปลงข้อมูล และ การแปลงกลับข้อมูล สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้เป็น P = D(K,E(K,P)) ซึ่งจะมีกุญแจรหัสทั้งในด้านแปลงข้อมูลและด้านแปลงกลับข้อมูล กุญแจรหัสด้านแปลงข้อมูล(Encryption Key) คือ K_E ส่วนกุญแจรหัสด้านแปลงกลับ(Decryption Key) คือ K_D

ดังนั้นเราเขียนใหม่ได้เป็น $P = D(K_D,E(K_E,P))$

กุญแจรหัส 1 ค่า จะใช้กับการแปลงข้อมูลของ 1 ข้อความปกติ การใช้กุญแจรหัสจะทำให้ความปลอดภัยสูงขึ้น เพราะถ้าข้อความถูกแปลงแล้วถึงแม้จะตกไปอยู่ในมือใคร ข้อความก็ยังคงปลอดภัยอยู่เพราะว่าคนอื่นๆ จะไม่ทราบค่าของกุญแจรหัสของรหัสเรา

การแปลงข้อมูลส่วนมากจะเป็นการกระทำทางคณิตศาสตร์

ตัวอักษร	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
CODE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ตัวอักษร	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
CODE	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

การกระทำกับตัวอักษรอาจจะทำได้โดยการบวกและการลบ เช่น A+3 = D หรือ K-1 = J การบวกนั้นก็จะวนไปเรื่อยๆ จากท้ายไปอักษรเริ่มต้น ดังนั้น Y+3 = B ซึ่งผลลัพธ์จะมีค่าระหว่าง 0-25

วิธีการนี้เราเรียกว่าเลขโมดูโล (Modular Arithmetic) เขียนเป็น Mod n ซึ่งหมายความว่าค่าของผลลัพธ์ที่มากกว่า n จะถูกทำให้ลดลงโดยค่า n โดยจะมีค่าเป็น $0 <= \text{ผลลัพธ์} < n$ เช่น ค่าของ 95 mod 26 เขียนเป็น 95/26 = 17 หรือ 95-26-26-26 = 17

2.4 ชนิดของการแปลงข้อมูล

2.4.1 <u>การแปลงข้อมูลแบบซีซาร์ (Caesar Cipher)</u>

ซีซาร์เป็นชื่อของ จูเลียส ซีซาร์ (Julius Caesar) ในการแปลงข้อมูลแบบซีซาร์นี้แต่ละตัวอักษรจะถูกแปลงเป็นตัวเลขหรือตัวอักษรที่คงที่ ซีซาร์ใช้การเลื่อนไป 3 ค่า โดยที่ข้อความปกติ P_i จะถูกแปลงเป็นข้อมูลใหม่ C_i

$$C_i = E(P_i) = P_i + 3$$

การแปลงค่าเต็มๆ ของซีซาร์ไซเฟอร์จะได้

Plaintext : A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Ciphertext : d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z a b c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าใช้กับข้อความจะได้เป็น

T R E A T Y I M P O S S I B L E

w u h d w b l p s r v v l e o h

แต่ผลเสียของ ซีซาร์ไซเฟอร์คือ เป็นค่าคงที่ สามารถถอดรหัสได้ง่าย เพราะเป็นค่าระยะห่างคงที่ เช่น SS ถูกแปลงเป็น v v หรือ T , I และ E ถูกแปลงเป็น w,l และ h

แต่ถ้านำมาทำเป็น mod 26 จะได้

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

a d g j m p s v y b e h k n q t w z c f i l o r u x

เช่น π(I) = (3*I) mod 26 จากตัวอย่าง π(K) = (3*10) mod 26 = 30-26 = 4 = e

2.4.2 การแปลงข้อมูลแบบเวอร์เนม (Vernam Cipher)

เวอร์เนมไซเฟอร์ถูกคิดค้นขึ้นโดย กิลเบิร์ต เวอร์เนม (Gilbert Vernam) จาก AT & T เวอร์เนมไซเฟอร์เป็นการเข้ารหัสที่ปลอดภัยที่สุดวิธีหนึ่ง ซึ่งพื้นฐานของมันจะใช้ตัวเลขที่ไม่ซ้ำกันมากๆ มาเปรียบเทียบกับข้อความปกติ การประดิษฐ์ของเวอร์เนม จะใช้กับกระดาษเจาะรูเพื่อใช้กับเครื่องโทรเลข เทปจะบรรจุจำนวนของเลขที่สุ่มขึ้น ซึ่งเอาไว้เปรียบเทียบกับตัวอักษรที่จะพิมพ์ลงในโทรเลขซึ่งจะเป็นตัวเลขที่ไม่ซ้ำกัน และแต่ละเทปจะใช้ครั้งเดียวเท่านั้น

ตัวอย่างของวิธีการของเวอร์เนมคือ :

V	**E**	**R**	**N**	**A**	**M**	- ข้อความปกติ(Plaintext)
21	04	17	13	0	12	- ค่าประจำตำแหน่ง
76	48	16	82	44	03	- ค่าตัวเลขที่สุ่มขึ้น(Random number)
97	52	33	95	44	15	- ผลรวม
19	0	07	17	18	15	- Mod 26
T	**A**	**H**	**R**	**S**	**P**	- ข้อความที่ถูกแปลงแล้ว(Ciphertext)

ดังนั้น : ข้อความที่จะส่งออกไปคือ TAHRSP

2.4.3 การแปลงข้อมูลแบบวิจีเนียร์ (Vigenere Ciphers)

การแปลงข้อมูลแบบวิจีเนียร์จะเป็นลักษณะเมทริกซ์ 26x26 อักษรทั้ง 26 ตัว จะแสดงในทั้งในแนวแถว และคอลัมภ์ ส่วนข้อความปกติที่จะทำการแปลงข้อมูลจะอยู่ด้านบนและข้อความที่เป็นกุญแจรหัสจะอยู่ถัดมาเพื่อจะนำมาเปรียบเทียบกับข้อความปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
	K	E	Y	W	O	R	D	K	E	Y	W	O	R	D	K	E	Y	W	O	R	D	K	E	Y	W	O

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B
C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C
D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D
E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G
H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H
I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การแปลงข้อมูลแบบวิจีเนียร์

2.5 ชนิดของกุญแจรหัส

ในการแปลงข้อมูลที่ซับซ้อนเราจะไม่ใช้การแปลงแบบการแทนที่หรือการสลับที่แบบง่ายๆ แต่ข้อความที่ต้องการการเป็นความลับจะบวกกุญแจรหัสเข้าไปด้วยเพื่อควบคุมการเป็นไปของการแปลงข้อมูลแบบการแทนที่หรือการสลับที่ การควบคุมข้อความเริ่มต้นและกุญแจรหัสเพื่อสร้างข้อความที่ถูกแปลงข้อมูลนั้น เราจะใช้ลักษณะของตัวอักษรในการแปลงข้อความ ซึ่งกุญแจรหัส 3 รูปแบบที่ถูกใช้บ่อยมากที่สุด

1. กุญแจรหัสส่วนตัว (Private key)
2. กุญแจรหัสส่วนรวม (Public key)
3. กุญแจรหัสที่ใช้ครั้งเดียว (One-time pad)

2.5.1 กุญแจรหัสส่วนตัว (Private key)

ระบบที่ใช้กุญแจรหัสส่วนตัว(หรือบางครั้งเรียกว่า ,กุญแจลับ ,กุญแจเดี่ยว) ซึ่งจะใช้กุญแจรหัสเพียงหนึ่งค่าสำหรับการแปลงข้อมูลและแปลงกลับข้อมูล โดยที่จะผู้จะใช้งานเป็นคู่สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูล ด้านหนึ่งแปลงข้อมูลและต้องเก็บค่าของกุญแจรหัสไว้เป็นความลับ

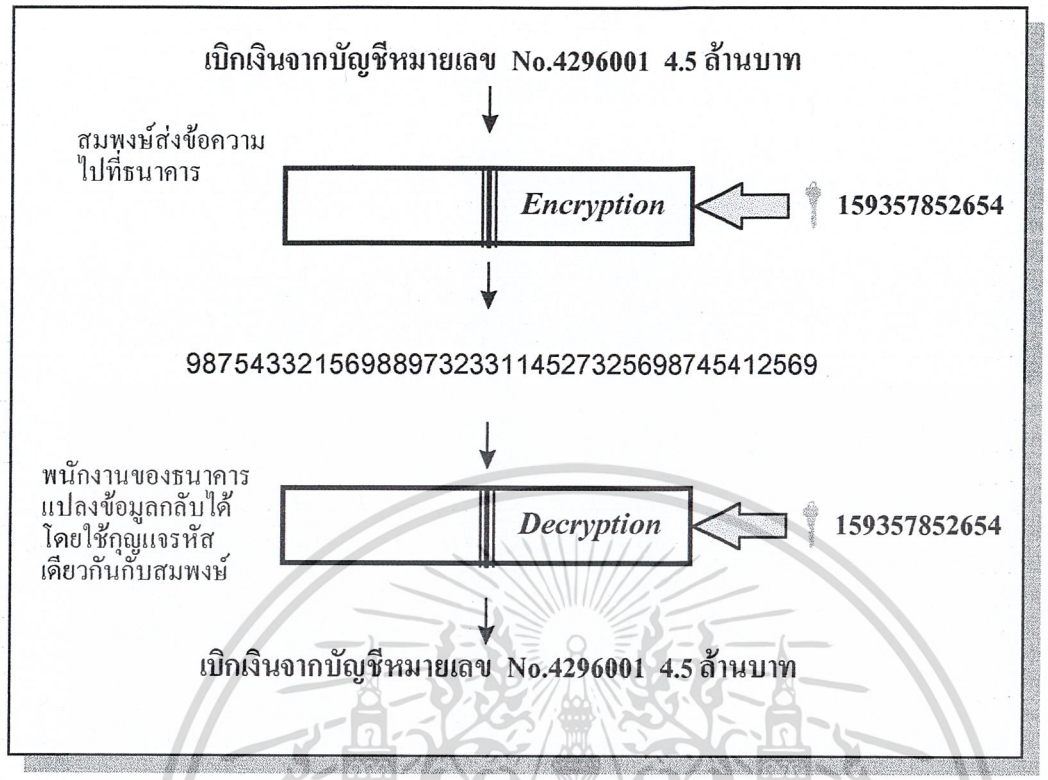
2.5.2 กุญแจส่วนรวม (Public key)

บางครั้งจะเรียกว่า กุญแจคู่ กุญแจแบบส่วนรวมนี้จะใช้กุญแจรหัส 2 ค่า ค่าหนึ่งคือกุญแจส่วนรวมและค่าหนึ่งคือกุญแจส่วนตัว ในด้านของการแปลงที่ใช้กุญแจส่วนรวมนั้น ผู้ใช้อาจจะไม่จำเป็นต้องเก็บค่าไว้เป็นความลับ การส่งข้อมูลแบบที่ใช้กุญแจส่วนรวมนี้จะเป็นการแปลงข้อมูลแบบทางเดียวและจะถูกแปลงข้อมูลกลับโดยใช้กุญแจรหัสส่วนตัว ภายในกลุ่มของผู้ใช้งานจะมีทั้งกุญแจรหัสส่วนตัวและส่วนรวม ผู้ใช้จะต้องเก็บรหัสส่วนตัวไว้เป็นความลับส่วนรหัสส่วนรวมนั้นทุกคนในกลุ่มจะรู้กันอยู่แล้ว

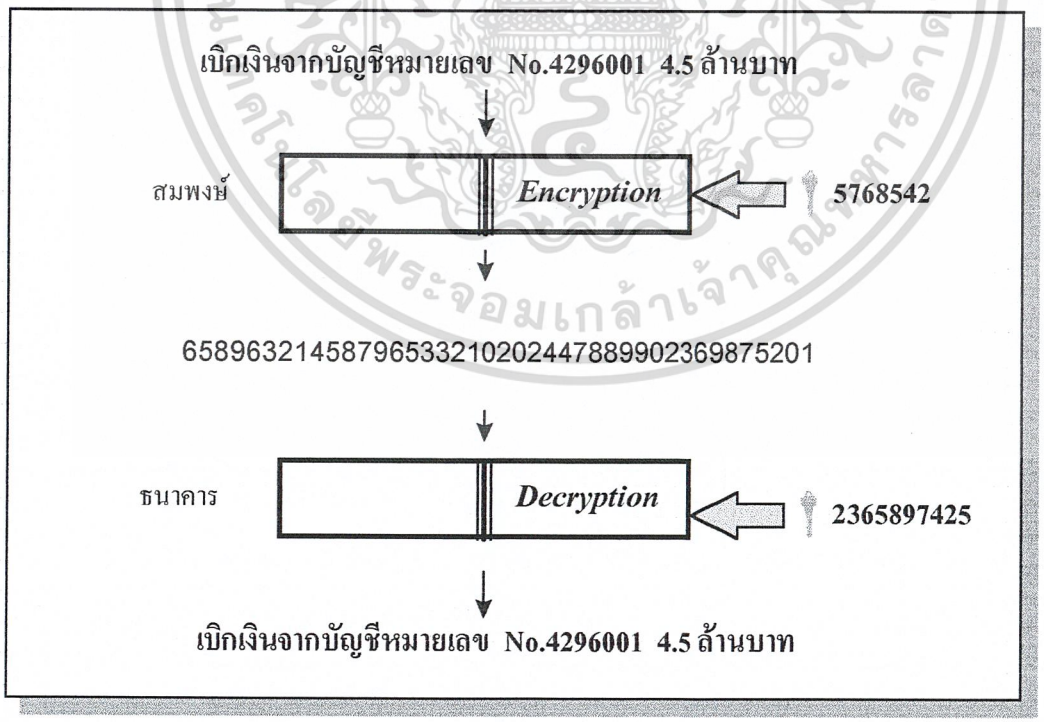
2.5.3 กุญแจรหัสที่ใช้ครั้งเดียว (One-time pad)

ในกุญแจรหัสแบบนี้กุญแจรหัสจะมีความยาวเท่ากับข้อความที่จะทำการส่ง และจะไม่มีการซ้ำกัน กุญแจแบบนี้ถือว่ามีความปลอดภัยสูงสุดเพราะว่าไม่มีทางที่จะทำการวิเคราะห์ข้อความที่ถูกแปลงแล้วว่าเกิดการกุญแจรหัสที่เป็นข้อความอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

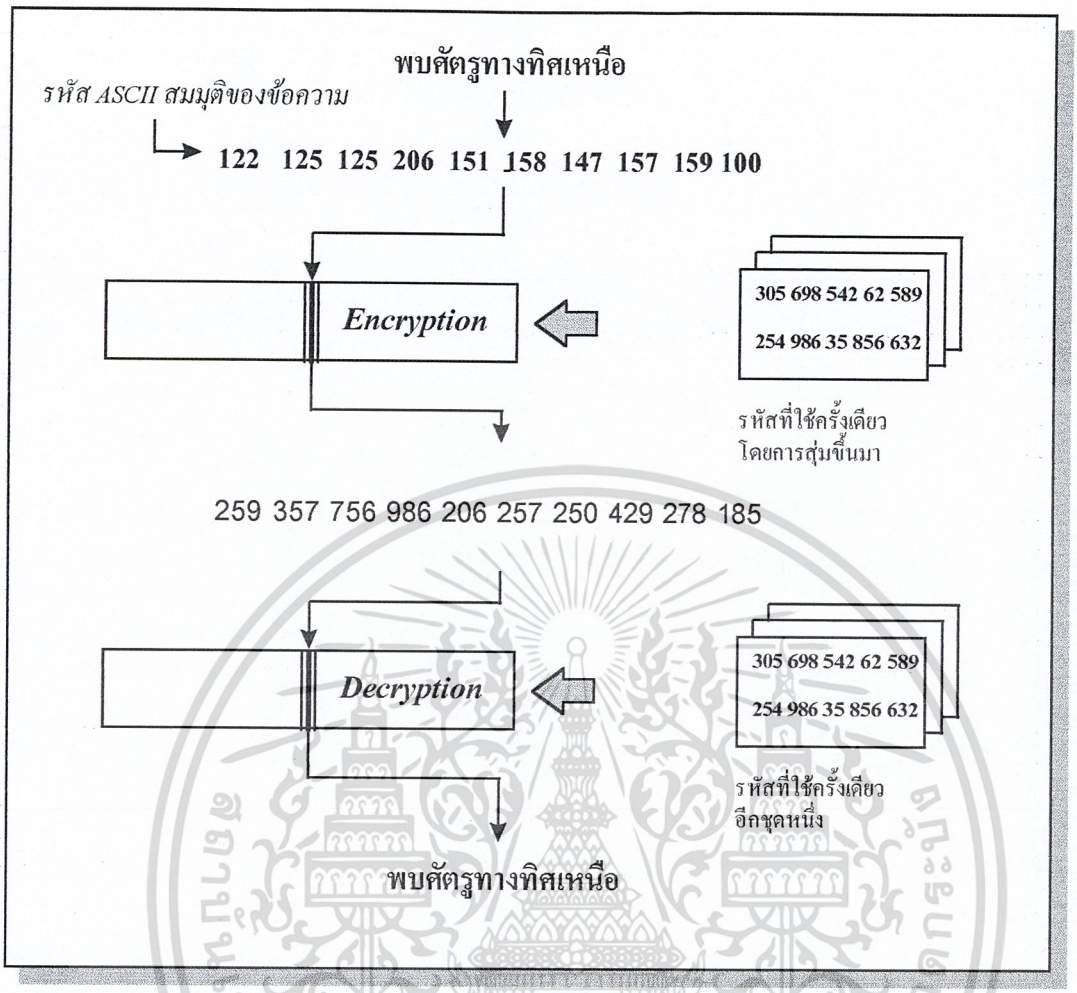


รูป 2.5 ลักษณะของกุญแจส่วนตัว (Private key)



รูป 2.6 ลักษณะของกุญแจส่วนรวม (Public key)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.7 ลักษณะของกุญแจใช้ครั้งเดียว (One-time pad)

2.6 พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล

จากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร และคอมพิวเตอร์เริ่มมีบทบาทต่อการทำธุรกิจ การทหาร การศึกษา เป็นอย่างมากในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา ไม่ว่าเราจะไปที่ใดเราจะพบคอมพิวเตอร์เสมอโดยอาจจะใช้ พิมพ์งาน เก็บข้อมูล ทำบัญชี การคำนวณต่างๆ เป็นต้น เมื่อคอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้งานมาก การติดต่อสื่อสารข้อมูลของคอมพิวเตอร์ก็มีความจำเป็นมากขึ้นด้วย เนื่องจากเจ้าของข้อมูลส่วนมากต้องการผลการประมวลผลที่รวดเร็ว เพื่อกำจัดความไม่สะดวกอันเนื่องจากระยะทางระบบการสื่อสารจะถูกนำมาเกี่ยวข้องในลักษณะของการเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลข่าวสารจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง อันเป็นผลให้ปัญหาข้างต้นหมดไป ดังนั้นบทบาทของการสื่อสารข้อมูลจึงเป็นเรื่องที่สำคัญและมีบทบาทต่อไปในอนาคตอย่างแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ความหมายของการสื่อสารข้อมูล

ในระบบการสื่อสารนั้นมีวิธีการหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการสนทนาระหว่างบุคคลสองคน การสนทนาทางโทรศัพท์ การส่งเทเล็กซ์ (Telex) อื่นๆ ซึ่งมีอีกมากมายของรูปแบบการสื่อสารที่เราจะพบได้ในชีวิตประจำวัน และการสื่อสารข้อมูล (Data Communication) ก็ถูกจัดเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการสื่อสารโดยมีวิธีการและขั้นตอนที่เฉพาะเจาะจง จากรูปแบบของวิธีการสื่อสารข้างต้นจะเห็นได้ว่าแต่ละรูปแบบจะมีวิธีการที่เป็นเอกลักษณ์ของตนเอง แต่ทุกรูปแบบจะต้องมีคุณสมบัติพื้นฐานหลักที่เหมือนกันก็คือ ทุกรูปแบบจะมีวัตถุประสงค์ที่จะส่งข้อความหรือข่าวสารจากที่หนึ่งไปยังแห่งอื่นๆ ส่วนในกรณีรูปแบบของการสื่อสารข้อมูลที่ส่งไปเราเรียกว่า " ข้อมูล " หรือ " ข้อความ " ระบบสื่อสารที่เชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์ประมวล กับอุปกรณ์ที่แหล่งกำเนิดข่าวสาร เราเรียกว่า ระบบการส่งข้อมูล ซึ่งหมายความรวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้รับส่งข้อมูล และตัวกลางนำสัญญาณแบบต่างๆ ด้วย

ส่วนการสื่อสารข้อมูลนั้น โดยทั่วไปหมายถึงวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่รวมการประมวลผลข้อมูลและการสื่อสารเข้าด้วยกัน โดยการใช้วงจรเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทางหรือคอมพิวเตอร์อื่นๆ และเราเรียกระบบที่สร้างขึ้นมาเพื่อการสื่อสารข้อมูลว่า " ระบบสื่อสารข้อมูล " (Data Communication System) ซึ่งการเชื่อมการต่อรับส่งข้อมูลกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะรับส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า คลื่นวิทยุ ดาวเทียม หรืออื่นๆ ก็ใช้ในการทำงานตามปกติ โดยไม่มีเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าร่วมขบวนการด้วยนั้นเราจะไม่ถือว่าเป็นการสื่อสารข้อมูล

จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์มีบทบาทอย่างมากคู่กับการสื่อสารข้อมูลแยกออกจากกันไม่ได้ ถ้าขาดคอมพิวเตอร์ไปการสื่อสารข้อมูลจะเกิดขึ้นไม่ได้ สิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือการสื่อสารข้อมูลที่เรากล่าวถึงนี้ระยะทางในการส่งข้อมูลไม่เข้ามาเกี่ยวข้องเลย คือถ้าคอมพิวเตอร์ที่อยู่ใกล้กัน หรือห่างกันคนละทวีปก็นับทั้งนั้น แต่คนส่วนมากคิดเอาเองว่าการสื่อสารข้อมูลนั้นจะต้องอยู่ห่างไกลกันมากๆ ซึ่งที่จริงแล้วเรื่องของระยะทาง เราไม่นับเป็นปัจจัยสำคัญในการสื่อสารข้อมูลเลย

คอมพิวเตอร์อาจรับส่งข้อมูลได้หลายวิธี เช่น รับส่งข้อมูลผ่านสายเคเบิลโดยตรงถ้าระยะทางไม่ห่างกันมากนัก ซึ่งวิธีนี้จัดเป็นแบบที่ง่ายที่สุดหรือรับส่งระหว่างกันผ่านโมเด็มไปตามสายโทรศัพท์แบบนี้ สามารถส่งข้อมูลไปได้ไกลทั่วโลกที่ระบบโทรศัพท์เข้าถึงหรืออาจรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายของคอมพิวเตอร์เอง เช่น ผ่าน Local Area Network (LAN) ผ่าน Public Data Network (PDN) ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 วิวัฒนาการของการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลได้เกิดขึ้นมาจากการถูกพัฒนาในกิจการทหารเป็นครั้งแรก โดยเริ่มมีการใช้ระบบออนไลน์ เพื่อให้สามารถส่งผลที่ได้จากการประมวลผลออกไปยังเทอร์มินอลที่อยู่ห่างไกล โดยใช้วงจรสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับเทอร์มินอล ตัวอย่างอันแรกสุดของระบบนี้คือ " ระบบป้องกันภัยทางอากาศกึ่งอัตโนมัติ " (SAGE, Semi - Automatic Ground Environment) ที่พัฒนาขึ้นในปี 1958 ซึ่งเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์บัญชาการกับข่ายต่อต้านอากาศยาน ของสหรัฐอเมริกา ระบบนี้ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในทางธุรกิจกลายเป็นระบบ " SABRE " (Semi - Automatic Business Research Environment) ซึ่งใช้เป็นระบบสำรองที่นั่งและระบบบัญชีขนาดใหญ่ของสายการบินอเมริกา เริ่มให้การบริการในปี 1963 เมื่อความนิยมของระบบออนไลน์เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กลงแต่มีความสามารถมากขึ้น และเหมาะสมกับการใช้เป็นคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) มากยิ่งขึ้น ทำให้การเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันเปลี่ยนจุดประสงค์ไปเป็นเพื่อใช้ทรัพยากรร่วมกันเพื่อลดค่าใช้จ่ายในสายสื่อสารและ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดต่อสื่อสารกันได้

จากความต้องการเหล่านี้ในปี 1968 สำนักงานโครงการค้นคว้าระดับสูงของอเมริกา ARPA (Advance Research Project Agency) ได้เริ่มทดลองเกี่ยวกับข่ายคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า " ข่าย ARPA " และตั้งแต่ปี 1971 เป็นต้นมา ข่าย ARPA ได้ถูกนำมาใช้งานจริงโดยศูนย์กลางที่กระทรวงกลาโหมและมีเทอร์มินอลต่างๆ ต่ออยู่เป็นจำนวนมากโดยข่ายนี้มีระบบการแลกเปลี่ยนข้อมูล แบบ Packet

ส่วนระบบ ALOHA (Additive Link Online Hawaii Area) ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาใช้ที่ มหาวิทยาลัยฮาวายในปี 1968 ใช้ระบบการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบ Packet ไร้สายโดยอาศัยระบบสื่อสารดาวเทียม เป็นหนึ่งของระบบเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับเทอร์มินอล

ด้านการบริการสื่อสารข้อมูลระหว่างประเทศ มีการสร้างระบบสื่อสารข้อมูล โดยใช้ดาวเทียม ตัวอย่างเช่น SWIFT (Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunication) ซึ่งทำให้การแลกเปลี่ยนเงินตราระหว่างธนาคารนานาชาติทำได้รวดเร็วขึ้น

จากแนวคิดของข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการสร้างข่ายสื่อสารข้อมูลบนพื้นฐานของระบบคอมพิวเตอร์ และได้พัฒนามาเป็นสถาปัตยกรรมข่าย (Network Architecture) ที่กำหนดในรูปแบบของโปรโตคอลที่มีการทำงานของแต่ละชิ้นอิสระจากกัน เพื่อกำหนดลักษณะการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์หรือข่ายสื่อสารเพื่อให้การติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ต่างชนิดกัน มีความเป็นไปได้มากขึ้นและทำได้ง่ายขึ้นโดยมีการกำหนดมาตรฐานสำหรับการอ้างอิง เรียกว่า OSI (Open System Interconnection) Reference Model ขึ้นและจาก OSI Reference Model นี้ก็ได้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาข่ายสื่อสารแบบใหม่เรียกว่า Integrated Services Digital Network (ISDN) ซึ่งในอนาคตข่าย ISDN จะทำให้การสื่อสารข้อมูลทำได้อย่างกว้างขวางขึ้น โดยไม่จำกัดชนิดของข่าวสารและอัตราเร็วที่ทำการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ความสำคัญของการสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลนอกจากจะช่วยให้เราทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และลดข้อผิดพลาดลงแล้วการสื่อสารข้อมูลยังช่วยให้เราใช้คอมพิวเตอร์ได้เต็มที่อีกด้วยเพราะเมื่อ คอมพิวเตอร์ของเราติดต่อรับส่งข้อมูลกับเครื่องอื่นได้ เราก็สามารถดึงข้อมูลที่เราไม่มีมา จากที่ต่างๆได้ตามความต้องการใช้ในงานทางธุรกิจ อันนี้เป็นประโยชน์มหาศาลทีเดียว เพราะเทคโนโลยีทุกวันนี้การเปลี่ยนแปลงเร็วมาก การตัดสินใจถูกก็มากขึ้นตามไปด้วย การบริหารงานและการดำเนินงานในธุรกิจจึงขึ้นอยู่กับข้อมูลที่นำมาตัดสินใจเป็นหลัก ถ้าข้อมูลล่าช้าหรือเชื่อถือไม่ค่อยได้ก็จะมีผลเสียหายต่อธุรกิจมาก

สิ่งที่ตามมาหลังจากการสื่อสารข้อมูลแล้วก็คือ เกิดบริการใหม่ๆ ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการส่งข่าวสาร เรียกได้ว่าเป็นการพัฒนารูปแบบของการสื่อสารข้อมูลนั่นเอง คือ แทนที่จะให้คอมพิวเตอร์รับส่งข้อมูลกันตามปกติธรรมดาอย่างแต่ก่อน เราก็เพิ่มขีดความสามารถต่างๆ เข้าไปหรือเปลี่ยนรูปแบบให้กลายเป็นบริการไปเพื่อให้การใช้งานสะดวกมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น อิเล็กทรอนิกส์เมล์ ซึ่งเมื่อก่อนเราใช้วิธีการส่งจดหมายกัน พอมาเป็นอิเล็กทรอนิกส์เมล์ก็ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่งข้อความถึงกันแทนศูนย์บริการข้อมูล (Database Service) ก็ใช้คอมพิวเตอร์เรียกไปยังศูนย์เพื่อค้นหาหรือตรวจสอบข้อมูลที่ต้องการ เช่น เบอร์โทรศัพท์ อัตราแลกเปลี่ยน ข้อมูลทางธุรกิจ ตารางเวลารถไฟหรือเครื่องบิน บริการซื้อขายอัตโนมัติ เป็นต้น

จากตัวอย่างเหล่านี้พอให้เราเห็นภาพว่า จากการสื่อสารข้อมูลที่ดูแล้วค่อนข้างห่าง ไกลชีวิตประจำวัน พอเริ่มพัฒนาออกมาเป็นบริการต่างๆ ทุกคนก็อยากใช้กันทั้งนั้นถ้ามีใช้บางอย่างเราใช้งานตรงบางอย่างเราใช้งานทางอ้อม เช่น ตู้เบิกเงิน ATM เป็นต้น ซึ่งอนาคตของการสื่อสารข้อมูลนับวันจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้น และเราจะได้เห็นสิ่งประดิษฐ์ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารอีกมากในอนาคต ต่อไป

2.10 ส่วนประกอบของการสื่อสารข้อมูล

ส่วนประกอบหลักของการสื่อสารข้อมูลสามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วน คือ

- เทอร์มินอล
- หน่วยควบคุมการรับส่งข้อมูล
- วงจรสื่อสาร
- ระบบประมวลผลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1 เทอร์มินอล

เป็นอุปกรณ์ปลายทางสำหรับตัวเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ภายนอก กับระบบสื่อสารข้อมูล ชนิดของเทอร์มินอลมีหลายชนิดตามจุดประสงค์ของงานได้แก่

- เทอร์มินอลที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางสนทนาระหว่างผู้ใช้เครื่องอ่านด้วยแสงสำหรับอ่านบัตร เทปแม่เหล็ก และตัวอักษร OCR (Optical Character Reader) เป็นต้น

- เทอร์มินอลทำหน้าที่เป็นตัวกลางสนทนาระหว่างผู้ใช้คอมพิวเตอร์เช่นจอภาพและคีย์บอร์ด เป็นต้น

- เทอร์มินอลที่ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่นอุปกรณ์ Sensor เป็นต้นสำหรับเทอร์มินอลที่ใช้ติดต่อกับระบบสื่อสารข้อมูล ในลักษณะของการสื่อสารข้อมูลนั้น สามารถแบ่งการทำงานได้ 3 วิธีคือ Start-Stop Mode , Asychronous Mode และ Packet Mode

- Start-Stop Mode เป็นเทอร์มินอลชนิดรับส่งข้อมูลแบบ Synchronous เช่น Asynchronous Terminal , Personal Computer เป็นต้น

- Synchronous Mode เป็นเทอร์มินอลที่รับส่งข้อมูลแบบ Synchronous เช่น คอมพิวเตอร์หรือ เทอร์มินอลของคอมพิวเตอร์ระบบออนไลน์ เป็นต้น

- Packet Mode เป็นเทอร์มินอลที่สามารถจัดข้อมูลที่จะส่งออกให้อยู่ในรูปของ Packet ได้ ทำให้สามารถส่งผ่านข่ายสื่อสารข้อมูลแบบ Packet Switched ได้โดยตรง ซึ่งอาจจะเป็น Host Computer หรือ เทอร์มินอลตามมาตรฐาน X.25 เป็นต้น

2.10.2 หน่วยควบคุมการรับส่ง

เป็นส่วนหนึ่งที่จำเป็นในการเชื่อมต่อเทอร์มินอล กับวงจรสื่อสารซึ่งอยู่ที่ปลายของวงจรสื่อสารเรียกว่า DCE (Data Communication Equipment) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงแบบไบนารี่ของเทอร์มินอล ให้เป็นสัญญาณที่ใช้ในวงจรสื่อสาร ถ้าหากวงจรสื่อสารใช้การส่งสัญญาณแบบอนาลอก อุปกรณ์ส่วนนี้คือ โมเด็ม (Modem) และถ้าส่งแบบดิจิตอลอุปกรณ์ส่วนนี้คือ DSU (Digital Service Unit) นอกจากนี้ DCE ยังทำหน้าที่จัดการควบคุมการส่งข้อมูลโดยการจัดเวลาของการส่งสัญญาณ ตรวจสอบสัญญาณที่ได้รับ ควบคุมขั้นตอนการรับส่งข้อมูล และตรวจสอบแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลด้วย

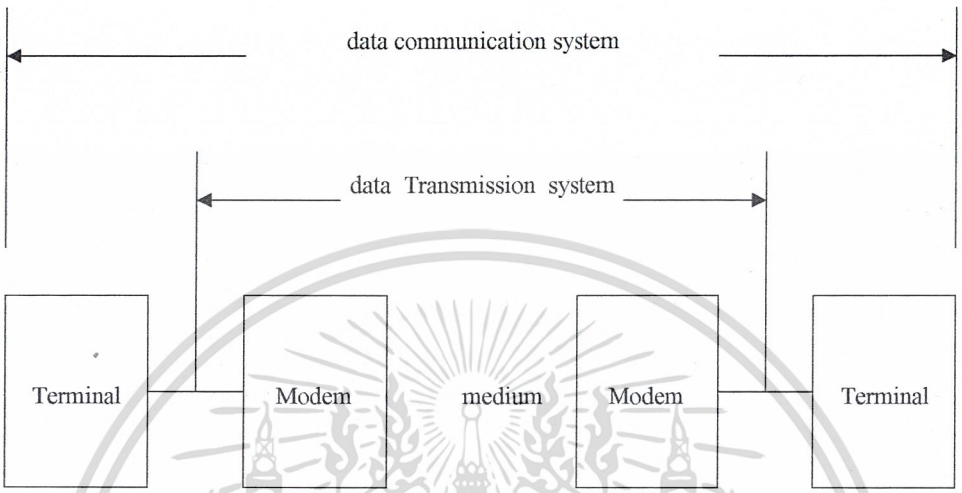
2.10.3 วงจรสื่อสาร

ตัวกลางนำสัญญาณไม่ว่าจะเป็นชนิดใดก็ตามที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างเทอร์มินอลกับคอมพิวเตอร์หรือเทอร์มินอลกับเทอร์มินอลหรือคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ เรียกว่าวงจรสื่อสาร ซึ่งอาจเป็นสายคู่แบบตีเกลียว (Twisted Pair) สายโคแอคเชียล (Coaxial) สายเส้นใยแสง (Optical Fiber) สัญญาณวิทยุ สัญญาณดาวเทียม หรือสัญญาณไมโครเวฟ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.4 ระบบประมวลผลข้อมูล

คือ ระบบคอมพิวเตอร์ ที่ต้องมีสมรรถนะในการประมวลผลแบบออนไลน์ที่สามารถตอบสนองผู้ใช้จำนวนมากได้และยังจะเป็นต้องมีหน่วยควบคุมการสื่อสารที่จำเป็นสำหรับการส่งข้อมูลด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างระบบสื่อสารข้อมูล และระบบส่งข้อมูลที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ระบบสื่อสารข้อมูล

2.11 พื้นฐานการส่งข้อมูล

ในการส่งข้อมูลไม่ว่าจะเป็นชนิดใดก็ตาม ตัวกลางที่เป็นตัวพาข้อมูลหรือข่าวสารจากผู้ส่งไปยังผู้รับนั้น ส่วนมากเป็นคลื่นไฟฟ้า ซึ่งคลื่นไฟฟ้าที่เป็นพื้นฐานที่สุดในการส่งข้อมูลก็คือ คลื่นรูปไซน์ (Sine)

คลื่นลักษณะนี้มีคุณสมบัติ 3 ประการคือ ขนาด ความถี่ และเฟส ขนาด (Amplitude) เป็นความสูงของคลื่น หน่วยที่ใช้วัดขนาดของคลื่นมีได้หลายหน่วยขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณ ตัวกลางที่คลื่นเดินทางผ่านและวิธีการวัด เช่น การวัดขนาดคลื่นของแรงดันไฟฟ้าในสายไฟ หน่วยวัดจะเป็น โวลท์ (Volt) ในขณะที่สัญญาณเสียงที่ส่งผ่านบรรยากาศวัดเป็นมิลลิบาร์ (Millibars) เป็นต้น

ความถี่ (Frequency) คือจำนวนครั้งที่คลื่นกลับมาซ้ำรูปแบบเดิมซึ่งวัดภายในเวลา 1 วินาที มีหน่วยวัดเป็นรอบต่อวินาที (Cycle/Second) หรือเฮริตซ์ (Hertz, Hz)

เฟส (Phase) เป็นระยะทางสัมพันธ์ที่วัดระหว่างคลื่น 2 ขบวน โดยอาศัยคลื่นขบวนหนึ่งเป็นตัวอ้างอิงและวัดเฟสของคลื่นอีกขบวนหนึ่งในลักษณะของความต่างเฟสของคลื่นทั้ง 2 ขบวน

คุณสมบัติทั้ง 3 อย่างนี้มีความสำคัญในการสื่อสารข้อมูลมาก ทั้งนี้เนื่องจากการเข้ารหัสของข้อมูลที่ส่งไปตามช่องสัญญาณนั้นต้องอาศัยคุณสมบัติเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.12 ชนิดของสัญญาณ

สัญญาณที่ใช้ในการส่งข่าวสารมีตั้งแต่คลื่นรูปไซน์ (Sine Wave) บริสุทธิ์เพียงความถี่เดียว สัญญาณคอมเพลกซ์ที่ประกอบด้วยคลื่นรูปไซน์หลายความถี่รวมกันจนกลายเป็นรูป พัลซ์ (Pulse) เป็นต้น สัญญาณที่ใช้ส่งข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สัญญาณอนาลอก และสัญญาณดิจิตอล

2.13 ช่องสัญญาณ

ช่องสัญญาณคือเส้นทางสำหรับการส่งสัญญาณระหว่างจุด 2 จุด หรือมากกว่าซึ่งอาจจะใช้สายคู่แบบตีเกลียว สายโคแอคเชียล สายเส้นใยแสง คลื่นวิทยุ แสงเลเซอร์ หรือสัญญาณดาวเทียมเป็นตัวกลางนำสัญญาณ ภายในช่องสัญญาณ ข่าวสารที่ส่งอาจเป็นข้อความ ภาพ เสียง หรือสัญญาณชนิดอื่นๆ ได้ ช่องสัญญาณไม่ว่าจะใช้สำหรับส่งสัญญาณชนิดใด หรือใช้ตัวกลางนำสัญญาณชนิดใดก็ตามจะมีขีดจำกัดในการส่งข้อมูล ซึ่งขึ้นอยู่คุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางกายภาพของสัญญาณและตัวกลางนำสัญญาณที่ใช้

ในการติดต่อสื่อสารระหว่างจุด 2 จุด โดยอาศัยช่องสัญญาณนั้นสามารถกระทำได้ 3 วิธี คือ การติดต่อสื่อสารแบบทางเดียว (Simplex) กึ่งสองทาง (Half Duplex: HDX) และสองทาง (Full Duplex: FDX)

ทั้งสามวิธีนี้มีข้อดีและข้อเสียในตัวมันเอง ความจริงแล้วเราได้ใช้การรับส่งทั้งสามวิธีนี้ในชีวิตประจำวันอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นการชมโทรทัศน์ การฟังเพลง การสนทนา หรือในการทำงานต่างๆ แต่ละแบบของการรับส่งดังกล่าว มีคุณสมบัติเฉพาะตัวของมันเอง และในบางกรณีจะนำมาใช้ทดแทนกันไม่ได้เลย หรือจะตัดแบบใดแบบหนึ่งทิ้งไปจากระบบก็ไม่ได้เช่นกัน

2.14 แบนด์วิดท์ (Bandwidth)

ในการส่งสัญญาณไปตามตัวกลางนั้น คุณสมบัติของตัวกลางนำสัญญาณทุกชนิดมีช่วงความถี่ที่สามารถส่งผ่านสัญญาณไปได้ ช่วงความถี่หรือแถบความถี่ที่สามารถผ่านสัญญาณได้นั้นเรียกว่า แบนวิดท์ คือ ผลต่างระหว่างความถี่สูงสุดกับความถี่ต่ำสุดของสัญญาณส่งผ่านได้ ตัวอย่างเช่น ในการส่งสัญญาณเสียงผ่านไปในสายโทรศัพท์เนื่องจากสายโทรศัพท์ยอมให้เฉพาะสัญญาณที่มีความถี่ ช่วง 300-3400 Hz เท่านั้นผ่านไปได้ ดังนั้นแบนวิดท์ของสัญญาณโทรศัพท์คือ 3100 Hz หรือเมื่อใช้งานจริงประมาณ 4000 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32569

2.15 การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสและอะซิงโครนัส

ในการส่งข่าวสารไปตามช่องสัญญาณ การที่จะให้อุปกรณ์ปลายทางด้านรับสามารถรับข่าวสารจากช่องสัญญาณได้อย่างถูกต้องนั้น ทั้งด้านรับและด้านส่งต้องมีการทำงานที่สัมพันธ์กัน โดยทั่วไปในการส่งข่าวสาร หน่วยพื้นฐานของข่าวสารที่ส่งคืออักขระ และอักรขระเหล่านั้นเกิดจากการเรียงตัวกันของบิตในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นเมื่อสัญญาณข้อมูลเหล่านี้ถูกส่งผ่านช่องสัญญาณเข้าสู่อุปกรณ์ปลายทางด้านรับอุปกรณ์ ปลายทางด้านรับสามารถรับสัญญาณไบนารี่ได้ถูกต้อง ตามจังหวะนี้ เรียกว่าการซิงโครนัสแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคืออะซิงโครนัสและซิงโครนัส

2.15.1 การส่งแบบอะซิงโครนัส

เนื่องจากการที่ผู้ใช้งานส่งข้อมูลด้วยเทอร์มินอลหรือ PC การป้อนข้อมูลทำในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง คือ ป้อนข้อมูลครั้งละ 1 ตัวอักษร ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงเวลาที่มีการใช้ช่องสัญญาณจะพบว่ามีช่องเวลาหนึ่งที่ช่องสัญญาณว่างอยู่ ในกรณีนี้ทำให้อุปกรณ์ปลายทางด้านรับไม่สามารถรู้ได้ว่าเมื่อใดจะมีข้อมูลเข้ามาหรือมีข้อมูลเข้ามามากน้อยเท่าใด เพื่อแก้ปัญหานี้จึงได้มีการส่งข้อมูลแต่ละตัวอักษรที่ส่ง

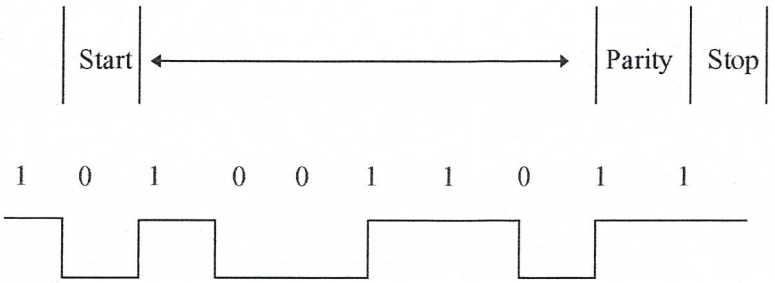
การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนี้ ส่วนใหญ่ใช้กับระบบที่มีการส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วต่ำ การส่งจะทำดังนี้ เมื่ออุปกรณ์ปลายทางด้านส่งนี้มีข้อมูลที่ต้องการส่ง ก็จะจัดสัญญาณข้อมูลนั้นให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแล้วเติม Start บิตที่ด้านหน้า และ Stop บิตที่ด้านหลังของสัญญาณข้อมูลแต่ละอักษร แล้วส่งออกไปตามจังหวะของสัญญาณข้อมูลที่ตามมาจนกว่าจะถึง Stop บิตจึงหยุดรับการส่งโดยวิธีนี้ ถ้าจำนวนสัญญาณข้อมูลระหว่าง Start และ Stop บิต มาก จะทำให้โอกาสที่จังหวะสัญญาณนาฬิการะหว่างด้านรับและด้านส่งเบี่ยงเบนกันได้จะมากขึ้น เพราะฉะนั้นการส่งวิธีนี้จะใช้ส่งสัญญาณข้อมูลที่เป็นหน่วยสั้นๆ เช่นครั้งละตัวอักษร เป็นต้น

2.15.2 การส่งแบบซิงโครนัส

การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ใช้สำหรับการส่งข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง แต่ในกรณีที่มีข่าวสารจำนวนมากที่ต้องการส่งไปในช่องสัญญาณ การส่งข้อมูลที่มีจำนวนมากนี้จำเป็นต้องทำด้วยระบบที่มีความเร็วในการส่งข้อมูลสูง ซึ่งทำได้โดยวิธีส่งแบบซิงโครนัส วิธีนี้ข้อมูลจะถูกส่งออกไปอย่างต่อเนื่องในอัตราเร็วที่กำหนด การส่งโดยวิธีนี้ทางด้านส่งต้องส่งสัญญาณ Timing ออกไปพร้อมกับสัญญาณข้อมูล เพื่อให้ทางด้านรับสามารถรับสัญญาณข้อมูลที่ส่งมาอย่างต่อเนื่องได้ถูกต้องการแยกสัญญาณ Timimg ออกจากสัญญาณข้อมูลที่ได้รับ ทำได้โดยวิธีการตรวจจับจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณเนื่องจากการส่งโดยวิธีนี้ ข้อมูลที่ส่งจะถูกส่งอย่าง ต่อเนื่องไปในช่องสัญญาณ ดังนั้นเพื่อให้ทางด้านรับรู้ว่าเมื่อใดมีข้อมูลเข้ามา จึงต้องมีสัญญาณรูปแบบพิเศษในการซิงโครนัสระหว่างอุปกรณ์ปลายทางด้านส่งและด้านรับ สัญญาณพิเศษนี้ คือสัญญาณซิงค์ (SYN: 0110100) ในการส่งแบบซิงโครนัสโดยใช้โค๊ดตัวอักษร (Character-Oriented) หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณลำดับแฟลก (Flag Sequence: 01111110) สำหรับการส่งซิงโครนัสแบบ HDLC (Bit-Oriented)



(ก)

(ข)

(ค)

รูป 2.9 (ก) การส่งแบบอะซิงโครนัส
(ข) การส่งแบบซิงโครนัสแบบใช้โค๊ดตัวอักษร
(ค) การส่งแบบซิงโครนัสแบบ HDLC

2.16 รหัสในการส่งสัญญาณ (Transmission Code)

การส่งข่าวสารข้อมูลไม่ว่าจะเป็นตัวอักษร ตัวเลข หรือสัญญลักษณ์ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจะมีการส่งข่าวสาร 2 แบบ ได้แก่ การส่ง Analog Information ซึ่งเป็นการส่งแบบที่มนุษย์เข้าใจได้ง่าย อีกแบบเป็นการส่งแบบ Digital Information เป็นการติดต่อของระบบคอมพิวเตอร์

โดยในการส่งแบบ Digital ซึ่งระบบคอมพิวเตอร์ จะเก็บข้อมูลข่าวสารในรูปของ Binary การส่งข่าวสารข้อมูลขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสมาตรฐานที่ใช้ในการส่งข่าวสารข้อมูลมีอยู่หลายแบบ เช่น

- BAUDOT CODE
- ASCII CODE
- EBCDIC CODE

2.16.1 BAUDOT CODE

BAUDOT CODE หรือ ITA-2 เป็นมาตรฐานของ CCITT หมายเลข 2 รหัสนี้ประกอบด้วย 5 บิท ซึ่งจะใช้แทนตัวอักษรได้ 32 รูปแบบ ซึ่งไม่เพียงพอที่จะใช้ส่งอักขระทั้งหมดจึงจำเป็นต้องเพิ่มอักขระขึ้นมา 2 ตัว ได้แก่ LETTERS SHIFT CHARACTERS และ FIGURES SHIFT CHARACTER เพื่อที่จะสามารถส่งอักขระได้ทั้งหมด โดยรหัส BAUDOT ถูกนำมาใช้ในระบบ TELEX ทั่วโลก จนบางครั้ง ถูกเรียกว่ารหัส TELEX ซึ่งมีรหัสของ BAUDOT ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสเลขฐานสอง (Binary)	กลุ่มตัวอักษร Letters Characters	กลุ่มรูปภาพ Figure Characters
00000	ว่าง (Blank)	ว่าง (Blank)
00001	E	3
00010	≡	≡ เลื่อนบรรทัด (Line Feed)
00011	A	-
00100	SP	SP
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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเข้ารหัสมาตรฐานบอโด (Baudot Code)

2.16.2 ASCIII CODE

ASCII ย่อมาจาก AMERICAN STANDARD CODE FOR INFORMATION INTERCHANGE เป็นรหัส 8 บิต โดยใช้ 7 บิตในการเข้ารหัสตัวอักษร และอีก 1 บิตจะเป็นบิตในการตรวจสอบเรียกว่า PARITY BIT CHECK ซึ่งกำหนดได้ 2 แบบคือ การตรวจสอบจำนวนคี่ (ODD PARITY) และการตรวจสอบจำนวนคู่ (EVEN PARITY)

		Most Significant Bits b7 b6 b5							
		000	001	010	011	100	101	110	111
	Hex	0	1	2	3	4	5	6	7
0000	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	’	p
0001	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	2	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0011	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	4	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	7	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
1000	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	C	FF	FS	‘	<	L	\	l	|
1101	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

Least Significant Bits $b_4 b_3 b_2 b_1$

ตารางที่ 2.3 รูปแบบของรหัสแอสกี้

ASCII CODE หรือ LA-5 เป็นมาตรฐานของ CCITT หมายเลข 5 เนื่องจากรหัส ASCII เป็นรหัส 7 บิต แทน 1 ตัวอักษรจึงสามารถสร้างตัวอักษรได้ถึง 128 ตัวอักษร ซึ่งทำให้นอกจากมีตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อักษรที่ใช้ในการติดต่อแล้วยังมีตัวอักษรพิเศษที่ใช้ควบคุมการทำงาน (CONTROL CHARACTER) โดยมีรายละเอียดของตัวอักษรและการใช้งานใน ASCII CODE ดังรูป

2.16.2.1 สรุปความหมายของตัวอักขระพิเศษที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล

จากหัวข้อที่ผ่านมา ได้กล่าวถึงรหัสแอสกี้ที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล แต่จะมีรหัสตัวอักษรเหล่านี้กลุ่มหนึ่งเป็นรหัสช่วยควบคุมการรับส่งข้อมูล เมื่อมีการสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้น และรหัสเหล่านี้จะไม่มีรูปร่างที่จะแสดงออกมาได้เป็นตัวอักษรบนจอภาพหรือเครื่องพิมพ์ก็ตามแต่มีรหัสเป็นเลข 1,0 ไว้ ซึ่งเป็นตัวช่วยในการทำงานของเครื่อง และโดยมากจะเขียนเป็นคำย่อ ซึ่งผู้ที่ยังไม่คุ้นเคยกับระบบการสื่อสารข้อมูลแล้วอาจจะไม่ทราบได้ และการไปค้นหาความหมายเหล่านี้ก็ค่อนข้างจะยากพอสมควรผู้เขียนจึงเอามารวมสรุปได้ ณ ที่นี้

NUL (Null) หมายถึง ไม่มีตัวอักษรใดๆ ใช้สำหรับใส่ไปในช่วงเวลาหรือที่ว่างบนเทปเมื่อไม่มีข้อมูลใดๆ

SOH (Start of Heading) ใช้ระบุส่วนต้นของขบวนข้อความที่ส่งผ่าน ซึ่งอาจประกอบด้วยหมายเลขตำแหน่งของผู้รับ ผู้ส่งหรือบอกลักษณะของข้อมูลที่ตามมา

STX (Start of Text) ใช้ในการระบุว่าตั้งแต่นี้ไปคือ ส่วนของข้อมูลที่ส่งผ่านมาจริงๆ และเมื่อพบรหัสตัวนี้ย่อมเป็นการบ่งว่าคือจุดจบของ Heading ด้วย

ETX (End of Text) ใช้ระบุว่า ณ จุดนี้คือ จุดจบของขบวนข้อมูลที่ส่งมา ซึ่งเริ่มตั้งแต่พบ STX เป็นต้นมา

EOT (End of Transmission) ใช้ระบุว่าสิ้นสุดการส่งผ่านข้อมูล

ENQ (Enquiry) ใช้ในการตรวจสอบสถานีปลายทางที่อยู่ห่างไกลเพื่อสอบถามกันได้ว่าสัญญาณที่ได้รับนี้มาจากแหล่งใด

ACK (Acknowledge) คือ รหัสที่ผู้รับปลายทางส่งตอบมา เพื่อเป็นการยืนยันต่อผู้ส่งไปว่าได้รับแล้ว

BEL (Bell) ใช้เมื่อต้องการให้เกิดเสียงเรียก เพื่อเป็นการเตือนหรือเรียกผู้ใช้ให้ไปควบคุม

BS (Back Space) ใช้ในด้านการพิมพ์หรือการแสดงตำแหน่งของเคอเซอร์ให้ถอยกลับไป 1 ตำแหน่ง

HT (Horizontal Tab) ใช้ควบคุมการพิมพ์หรือตำแหน่งเคอเซอร์บนจอภาพให้มีการเลื่อนระยะไปตามแนวนอน

LF (Line Feed) ใช้กำหนดการพิมพ์หรือกำหนดตำแหน่งเคอเซอร์บนจอภาพให้เลื่อนระยะไปยังบรรทัดถัดไป

VT (Vertical Tab) ใช้กำหนดลักษณะการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ หรือตำแหน่งของเคอเซอร์บนจอภาพให้เลื่อนไปยังตำแหน่งแรกสุดของหน้าถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CR (Carriage Return) ใช้กำหนดลักษณะของการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ หรือตำแหน่งของเคอเซอร์บนจอภาพ ให้เลื่อนไปยังตำแหน่งแรกสุดของบรรทัดนั้นๆ (ถ้าเป็นเครื่องพิมพ์หมายถึงการเลื่อนหัวพิมพ์ แต่ถ้าเป็นจอภาพจะหมายถึง เคอเซอร์)

SO (Shift Out) ใช้ร่วมกับรหัสตัวอักษรอื่นๆ เพื่อให้ตัวอักษรที่ตามมานั้นมีขนาดที่ปรากฏขยายใหญ่กว่าปกติ

SI (Shift In) ใช้ร่วมกับรหัสตัวอักษรอื่นๆ เพื่อให้ตัวอักษรที่ตามมานั้น มีขนาดที่ปรากฏแคบลงกว่าปกติ

ESC (Escape) เป็นรหัสที่ใช้ร่วมกับรหัสอื่นๆ เพื่อให้ลักษณะของการควบคุมด้วยรหัสแปรเปลี่ยนไปได้หลายรูปแบบ

FS (File Separator)

GS (Group Separator)

RS (Record Separator)

US (United Separator)

ข้อมูลหรือข้อความมีการใช้ตัวแยกส่วนที่ให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม โดยเลือกใช้ได้ตั้งแต่ FS ถึง US โดยจะถือว่าการแยกด้วย FS เป็นกลุ่มใหญ่สุดส่วนการแยกด้วย US เป็นกลุ่มย่อยที่สุด

SP (Space) เป็นรหัสที่จะ ไม่มีการพิมพ์ตัวอักษรใดๆ ใช้เป็นตัวแยกคำต่างๆ

DEL (Delete) ใช้เป็นตัวระบุให้ลบตัวอักษรที่ไม่ต้องการทิ้งไป (ในกรณีของเทปกระดาษถ้ายกเลิกตัวอักษรใด เครื่องเจาะเทปกระดาษจะเจาะลงไปทุกตำแหน่งของบิต

DLE (Data Link Escape) ใช้ในการระบุว่าหนึ่งตัวอักษรหรือมากกว่า ที่ตามมานั้นจะเป็นรหัสควบคุมการส่งผ่านข้อมูล รหัสคำสั่งควบคุมที่ใช้เป็นตัวเสริมการควบคุมด้านอื่นๆ หรือใช้เพื่อให้เกิดการยอมรับว่า ข้อมูลที่ส่งมานั้นอาจมีการใช้บิตร่วมกันอยู่

DC1, DC2, DC3, DC4 (Device Control) เป็นรหัสควบคุมที่การใช้งานขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้หรือกับอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลชนิดพิเศษ

NAK (Nagative Acknowledgment) หมายถึง รหัสที่สถานีปลายทางส่งกลับมายังผู้ส่งว่ามีผลในทางลบ เช่น เกิดข้อบกพร่องต่างๆ ขึ้น ตรวจพบว่าข้อมูลสูญหาย เป็นต้น

SYN (Synchronous/Idle) ใช้ในระบบการส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโคนัส เพื่อเป็นสัญญาณที่คอยส่งอยู่ตลอดเวลาเมื่อไม่มีข้อมูลส่งผ่าน

ETB (End of Transmission Block) ใช้ระบุจุดจบของขบวนหรือกลุ่มของข้อมูลที่ทำการส่งผ่านรหัสนี้ถูกใช้ในการจัดขบวนหรือกลุ่มของข้อมูล (Blocking Data) โดยที่โครงสร้างของขบวนข้อมูลนี้ไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์กับรูปแบบของการประมวลผลข้อมูล

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAN (Cancel) ใช้ระบุว่าข้อมูลที่มีอยู่หรือเกิดขึ้นมาก่อนที่ขบวนข้อมูลที่จะตามนี้จะไม่มีการใช้คือ การลบข้อมูลเก่าที่ค้างอยู่นั่นเอง

EM (End of Medium) ใช้ระบุจุดจบทางกายภาพ (คือสิ้นสุดจริงๆ) ของสื่อข้อมูลไม่ว่าจะเป็นบัตร เทป หรือสื่อข้อมูลประเภทอื่นก็ตาม

SUB (Substitute) ใช้ในการควบคุมการเข้าไปแทนที่ตัวอักษรที่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น

2.16.3 EBCDIC CODE

EBCDIC CODE ย่อมาจาก Extended Binary Coded Decimal Interchange Code เป็นรหัสแทน 1 ตัวอักษร เป็นรหัสมาตรฐานที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เมนเฟรมคอมพิวเตอร์และมินิคอมพิวเตอร์ แต่ไม่ใช้ Personal Computer จึงไม่ขอกล่าวถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การสร้างและการคำนวณ

3.1 ลักษณะของโครงงาน

ในโครงงานนี้จะแบ่งหัวข้อการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์ โดยที่ในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นจะเป็นการสร้างโมเด็ม (Modem) ที่เป็นการผสมสัญญาณ (Modulation) แบบ FSK Modem (Frequency Shift Keying Modem) เพื่อทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สื่อสาร (Data Communication Equipment ,DCE) ระหว่างคอมพิวเตอร์สองตัว (Data Terminal Equipmet, DTE) และส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์สื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ซึ่งในที่นี้จะทำหน้าที่เข้ารหัสให้กับข้อมูลก่อนที่จะทำการส่งข้อมูล

3.2 ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์

3.2.1 ตัวกำเนิดสัญญาณ FSK (FSK Generator)

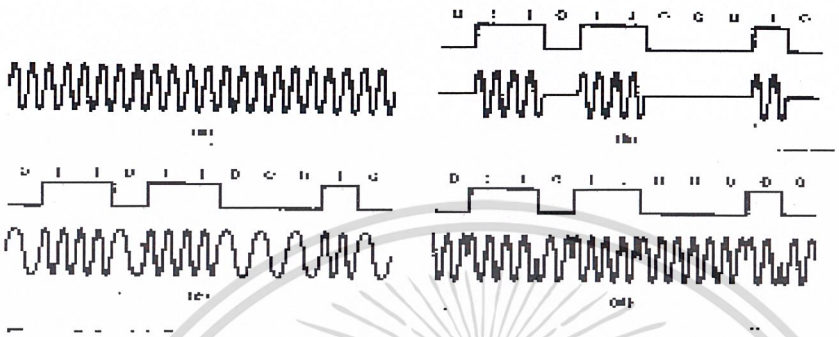
ตัวกำเนิดสัญญาณ FSK ก็คือ ตัวส่งสัญญาณ FSK (FSK Transmitter) ซึ่งมีหลักการที่ว่าเมื่อข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลไบนารี จะทำให้ความถี่เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไบนารีที่เข้ามามากดังนั้นสัญญาณทางเอาต์พุตตัวกำเนิด FSK จะอยู่ในรูปของความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Frequency Continuous) เมื่อข้อมูลไบนารีด้านอินพุตเปลี่ยนแปลงจากสถานะลอจิก “1” เป็นลอจิก “0” (หรือในทางกลับกันคือลอจิก “0” เป็นลอจิก “1”) สัญญาณเอาต์พุตจาก FSK ก็จะเลื่อนความถี่ระหว่าง 2 ความถี่ด้วยกันคือความถี่ลอจิก “1” หรือ Mark Frequency (fm) และความถี่ที่ลอจิก “0” หรือ Space Frequncy (fs)

การเปลี่ยนแปลง (หรือการเลื่อน) ของความถี่แต่ละครั้งจะเกิดขึ้น เมื่อสถานะของลอจิกด้านสัญญาณเข้าเปลี่ยนแปลงนั่นคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณออกจะเท่ากับอัตราเปลี่ยนแปลงสัญญาณเข้า ซึ่งในดิจิตอล มอดูเลชั่นนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านอินพุตของ FSK เปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านเอาต์พุตของ FSK Generator เรียกว่า “ อัตราบอด ” หรือ Baud Rate ดังนั้นการส่งข้อมูลด้วยเทคนิค FSK อัตราบิตจะเท่ากับอัตราบอดเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 FSK Bandwidth

ในระบบการสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณความถี่นั้นแบนด์วิทเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก เนื่องจากวิธีการของ FSK อยู่บนพื้นฐานเดียวกันกับ FM ดังนั้นการอธิบายถึงสูตรต่างๆ ก็ใช้หลักการของ FM ทุกอย่าง



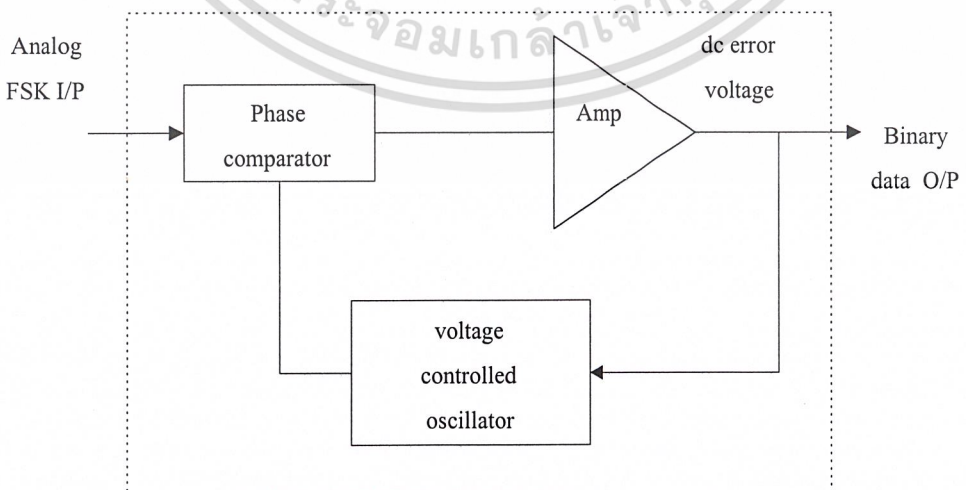
รูป 3.1 FSK Modulation

ความถี่กลาง (Center Frequency = fo) ของ VCO จะอยู่ในตำแหน่งกลางระหว่าง Mark Frequency (fm) กับ Space Frequency (fs) ดังรูป

ลอจิก 1 ด้านอินพุตจะเลื่อนความถี่ของ VCO จาก fo ไปเป็น fm จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ไบนารีด้านอินพุตจาก “1” ไป “0” หรือ “0” ไป “1” จะทำให้ความถี่เอาท์พุตของ VCO เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปมา ระหว่าง fm กับ fs เนื่องจากที่กล่าวมาแล้วว่า FSK นั่นคือการมอดูเลตแบบ FM

3.2.4 FSK ดีมอดูเลเตอร์ (FSK Demodulation)

FSK Demodulation คือ ตัวรับสัญญาณ FSK (FSK Receiver) จะเป็นตัวแยกสัญญาณไบนารีออกจากสัญญาณ FSK โดยส่วนมากจะใช้วงจร PLL (Phaselock loops) ดังรูป



รูป 3.2 PLL FSK Demodulator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

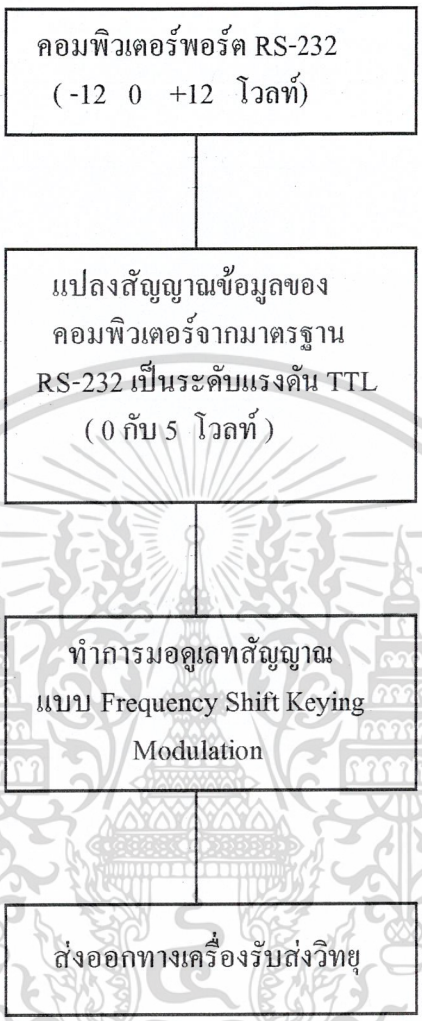
PLL ใน FSK Demodulation มีหลักการทำงานเหมือนกับ PLL ใน FM Detector ทุกอย่างคือจะมีความถี่ฟรีรันนิ่งเท่ากับ Center Frequency (fo) และในขณะที่ความถี่อินพุตของ PLL เลื่อนไปมา ระหว่าง fm กับ fs จะทำให้เกิดแรงดันคลาดเคลื่อนไฟตรง (DC Error Voltage) ซึ่งเป็นผลมาจากการเปรียบเทียบเฟส (Phase Comparator) ของสัญญาณอินพุต เนื่องจากความถี่อินพุตที่เข้าทาง PLL มีเพียง 2 ความถี่คือ fm และ fs ดังนั้น ค่าแรงดันดังกล่าว จึงมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น ซึ่งสามารถแทนด้วยลอจิก "1" และลอจิก "0" เมื่อความถี่ทางอินพุตเป็น fm และ fs ตามลำดับ เราจึงได้สัญญาณเอาท์พุตจาก PLL กลับมาเป็นข้อมูลไบนารีเหมือนกับตอนแรกที่ส่งมาทุกประการ

3.2.5 แนวทางการออกแบบ FSK เพื่อใช้งาน

หลังจากที่เราได้ทราบถึงหลักการและรายละเอียดของการรับ-ส่ง ข้อมูลด้วย FSK มาพอสมควรแล้ว ก็มาดูถึงการนำไปใช้งานในทางปฏิบัติ ซึ่งก็คือ เราจะออกแบบวงจร FSK ได้อย่างไร เมื่อก่อนการออกแบบวงจร FSK จะใช้อุปกรณ์ประเภททรานซิสเตอร์ และอุปกรณ์พาสซีฟต่างๆ มาต่อเป็นวงจร FSK ทั้งทางด้านส่งและด้านรับ แต่เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีด้านไอซี (Integrate Circuit) ได้พัฒนาไปมาก ทำให้สามารถรวมวงจรต่างๆ เข้าด้วยกันบรรจุภายในชิฟเล็กๆ เช่น ไอซี ออปแอมป์ ไอซี PLL เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 Block diagram ของภาคส่ง

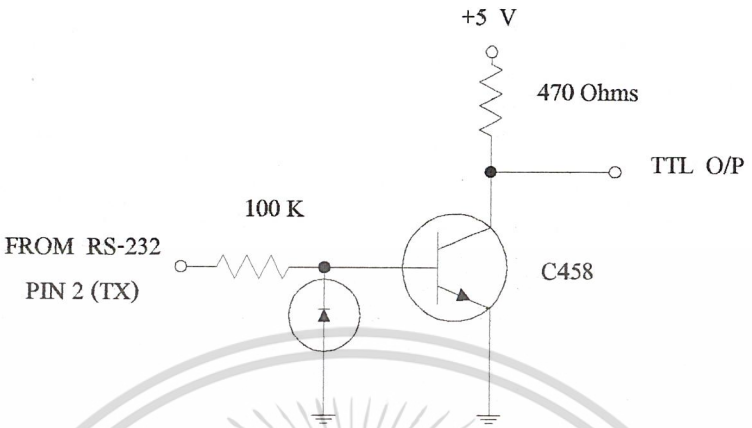


รูป 3.3 แสดงการทำงานของภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 การทำงานของวงจรภาคส่ง

3.2.7.1 ส่วนการแปลงสัญญาณข้อมูลมาตรฐาน RS-232 เป็นระดับแรงดัน TTL



รูป 3.4 วงจรแปลงสัญญาณ RS-232 เป็น TTL

การทำงานของวงจรจะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ C458 ทำงานอยู่ 2 สภาวะ คือ จะทำงานในสภาวะอิ่มตัว (Satuarate) และ สภาวะคัทออฟ (Cut off)

I_C sat = 10 mA

I_B sat = 10 mA/β = 10 mA/120 = 83 μA

ใช้ I_B = 100 μA

I_C = 100 μA x 120 = 12 mA

เมื่อ V_{in} = 12 V ; R_B = $(V_{in} - V_{BE})/ I_B$ = 113 kΩ

ใช้ R_B = 100 kΩ

I_B = 11.3 / 100 kΩ = 113 μA

$I_B > I_B$ sat

ดังนั้น Tr จะทำงานในสภาวะ Saturate

ใช้ R_B = 100 kΩ

เมื่อ V_{in} = -12 V ; I_B = 0 μA

ดังนั้น Tr จะทำงานในสภาวะ Cutoff

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7.2 ส่วนของการออกแบบ FSK Generator

ในการออกแบบ FSK Generator ได้นำเอาไอซีเบอร์ XR-2206 ซึ่งเป็นโมโนลิธิคฟังก์ชั่น เยนเนอร์เรเตอร์ กำเนิดคลื่นเอาท์พุตได้ทั้งคลื่นไซน์ คลื่นสามเหลี่ยม คลื่นสี่เหลี่ยม หรือแรมป์(Ramp)โดยมีย่านความถี่ตั้งแต่ 0.01 Hz ถึง 1.0 MHz

ในกรณีนี้เราจะใช้ XR-2206 เป็นตัวกำเนิดคลื่นรูปไซน์ ในลักษณะ FSK Generator โดยใช้ไทม์มิ่ง รีซีสเตอร์ R1 และ R2 ที่ต่อระหว่างขา 7,8 กับกราวด์ตามลำดับ โดยที่สัญญาณดิจิตอล (หรือ Keying Signal) ที่ป้อนเข้ามายังขา 9 ของไอซี เป็นตัวกำหนดสัญญาณทางเอาท์พุต (ขา 2) ถ้าขา 9 อยู่ในสภาวะวงจรเปิดหรือมี $V_{Bias} \geq 2$ V แล้ว R1 จะเป็นกำหนดไทม์มิ่งร่วมกับตัวเก็บประจุที่ต่อคร่อมระหว่างขา 5 กับขา 6 (หรือในทำนองกลับกันถ้าขา 9 มี $V_{Bias} < 1$V แล้ว R2 จะเป็นตัวกำหนดไทม์มิ่ง รวมกับตัวเก็บประจุระหว่างขา 5 กับขา 6 เช่นเดียวกัน) จึงทำให้ความถี่เอ้าท์พุตอยู่ในช่วงระหว่าง fm กับ fs โดยทั้ง fm และ fs จะอิสระต่อกันและสามารถเปลี่ยนแปลงความถี่ได้โดยการ เลือกค่า R1 หรือ R2 ตามสมการข้างล่าง

$$fm = 1/R_1C$$

$$fs = 1/R_2C$$

ตัวเก็บประจุระหว่างขา 5 กับ ขา 6 จะอยู่ในช่วง 1,000 pF - 100 uF ตัวต้านทาน R_1 และ R_2 จะอยู่ในช่วง 4 k - 200 kΩ

ในการออกแบบด้านส่งนั้นเราจำเป็นต้องกำหนดค่า fm และ fs ก่อนซึ่งจะกำหนดเองก็ได้ แต่ในทางปฏิบัติจริงแล้วบางครั้งการกำหนด fm และ fs เองนั้น มักจะเป็นปัญหาในเรื่องความถี่ฮาร์โมนิกและการกำหนด fm และ fs นั้นจะเกี่ยวข้องไปถึง Baud Rate ในการรับ-ส่งด้วย ดังนั้นจึงมีการกำหนด fm และ fs ซึ่งเรียกว่า FSK BAND และจะแตกต่างกันตาม Band Rate ดังตาราง

75 Baud	fm = 1110 Hz
	fs = 1170 Hz
300 Baud	fm = 1070 Hz
	fs = 1270 Hz
1200 Baud	fm = 1200 Hz
	fs = 2200 Hz

ตาราง 3.1 FSK BAND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราใช้ไอซีเบอร์ XR-2206 ซึ่งเป็น Monolithic Function Generator ทำหน้าที่ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอล โดยการเข้ารหัสแถบความถี่ FSK ซึ่งสามารถใช้ได้กับอินพุตที่เป็น TTL หรือ CMOS ก็ได้ สามารถที่จะให้ค่าคลื่นรูปไซน์เอาต์พุตได้ประมาณ 3 Vp-p และค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดขึ้นจะอยู่ระหว่าง 0.5 % ถึง 2.5 %

วงจรที่ใช้แสดงดังรูป โดยสัญญาณดิจิตอล อินพุตจะเข้าที่ขา 9 สัญญาณระดับสูง (High level signal) จะมีค่าความถี่ตามค่า $1/R_1C$ Hz ส่วนสัญญาณระดับต่ำ (Low level signal) จะมีค่าความถี่ตามค่า $1/R_2C$ Hz (ค่าความต้านทานหน่วยเป็นโอห์ม ตัวเก็บประจุหน่วยฟารัด) ถ้าจะให้มีค่าเสถียรภาพที่ดี ความต้านทาน R_8 และ R_9 มีไว้เพื่อปรับค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่น้อยที่สุด ถ้าไม่ต้องการค่าที่ละเอียดมาก ก็อาจจะปล่อยขา 15 และ 16 ว่างและตัวต้านทานปรับค่าได้ R_6 อาจจะแทนด้วยตัวต้านทานค่าคงที่ 200 โอห์ม ที่ขา 2 ค่าเอาท์พุตอิมพีแดนซ์จะมีค่าประมาณ 600 โอห์ม และก็ควรจะใช้หลักการคัปปลิ้ง (coupling) ด้วย

RS-232	TTL	Frequency
-12 V	5V	1,200 Hz
+12 V	0V	2,200 Hz

ตาราง 3.2 เปรียบเทียบระดับสัญญาณของ RS-232 กับ TTL

$$f1 = 1{,}200 \text{ Hz} = 1/R_1C$$

$$C = 0.1 \text{ uF} ; \; R1 = 1/f_1C$$

$$R1 = 1/1{,}200x0.1x10^{-6}$$

$$R1 = 8.33 \text{ k}\Omega$$

เลือกใช้งาน $C = 0.1 \mu F$ และ $R1 = 8.2 \text{ k}\Omega$

$$f2 = 2{,}200 \text{ Hz} = 1/R_2C$$

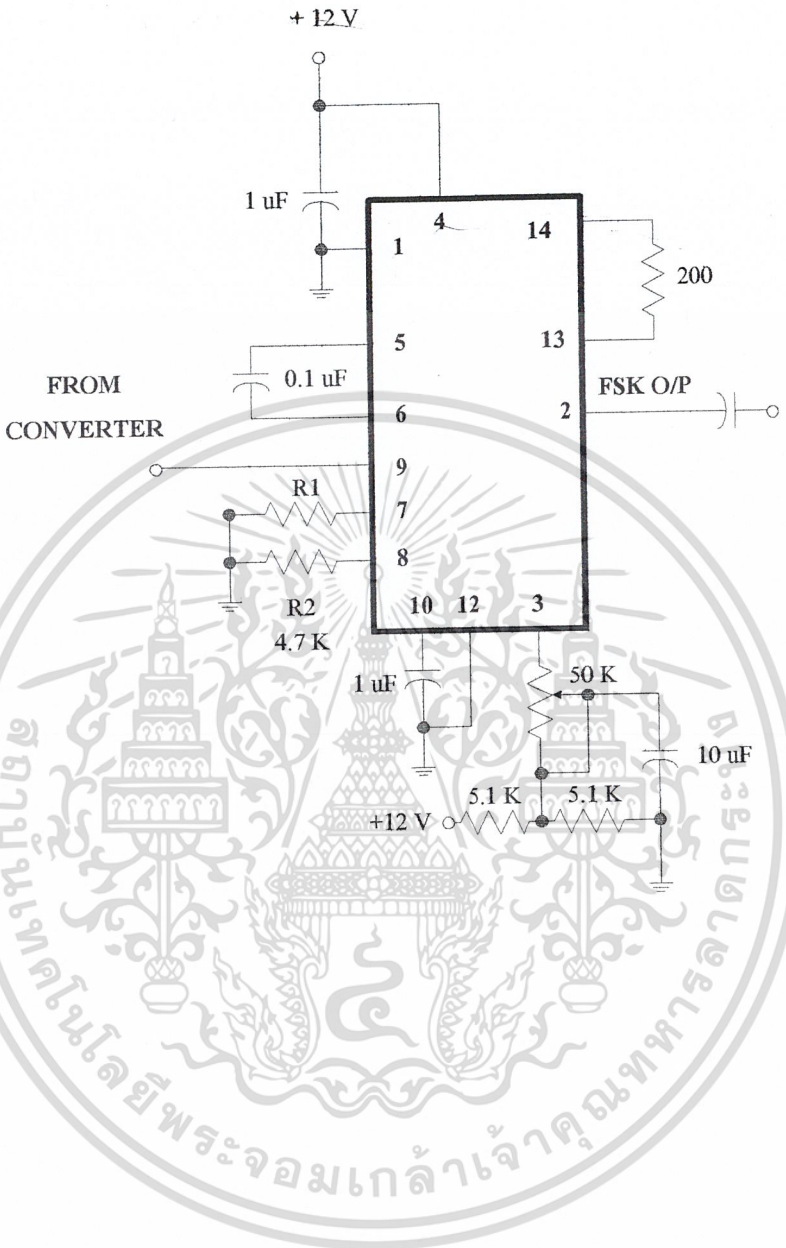
$$C = 0.1 \text{ uF} ; \; R2 = 1/f_2C$$

$$R2 = 1/2{,}200x0.1x10^{-6}$$

$$R2 = 4.545 \text{ k}\Omega$$

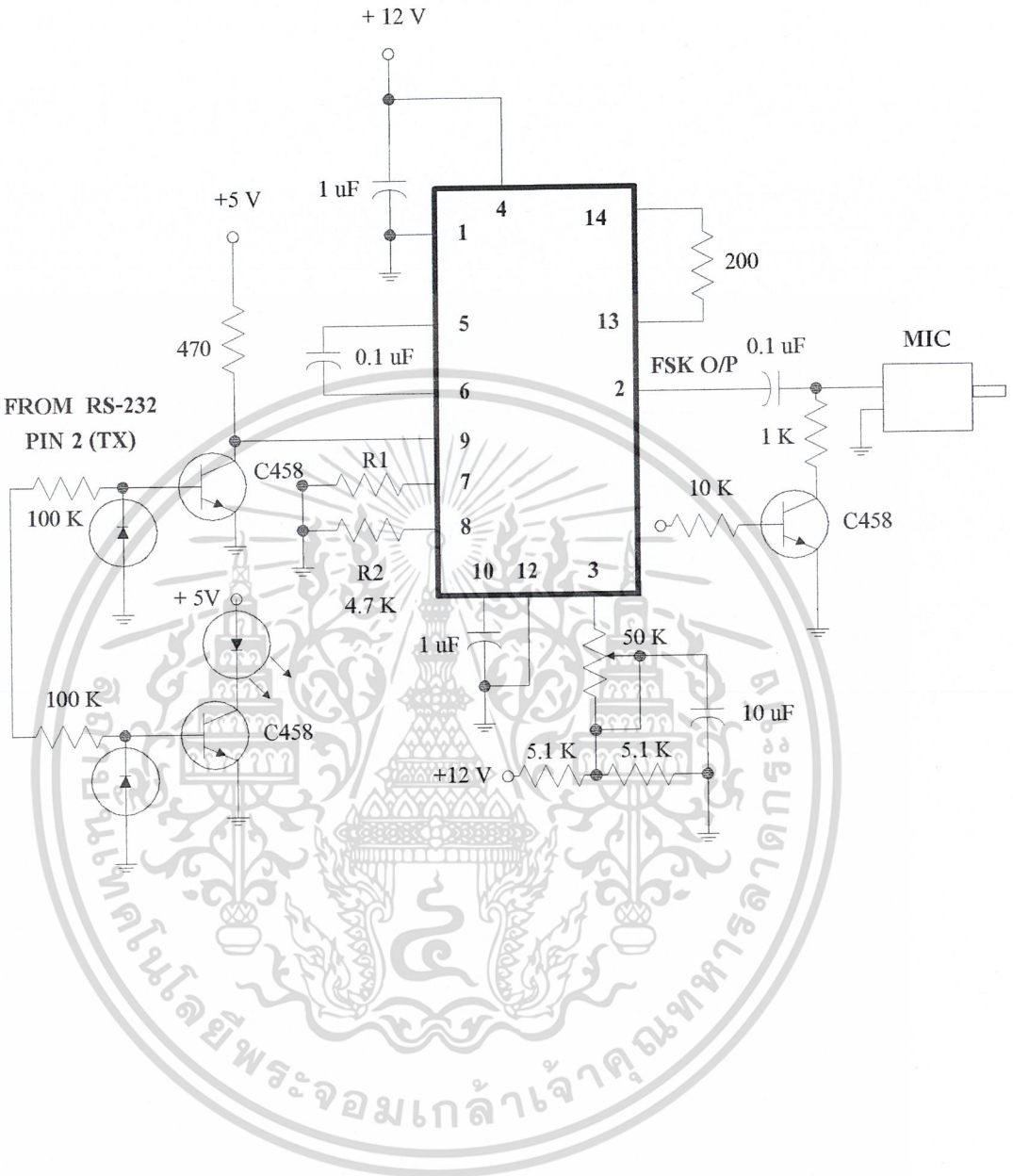
เลือกใช้งาน $C = 0.1 \mu F$ และ $R2 = 4.7 \text{ k}\Omega$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.5 วงจร FSK Modulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.6 แสดงวงจรของภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 Block diagram ของภาครับ

รูป 3.7 แสดงการทำงานของภาครับ

3.2.9 การออกแบบวงจร FSK Demodulation ด้วย IC เบอร์ XR-2211

ในการ ดีมอดูเลท สัญญาณ FSK เราจะใช้ IC เบอร์ XR-2211 ซึ่งเป็นโมโนลิธิกเฟสล็อกลูป (monolithic phase - locked loop ,PLL) ซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับการสื่อสารข้อมูลโดยเฉพาะย่านความถี่ที่ใช้งานตั้งแต่ 0.01 Hz ถึง 300 KHz สัญญาณอินพุตที่เป็นอนาล็อกอยู่ในช่วง 2 mV ถึง 3 V โดยสามารถเชื่อมต่อได้กับ DTL , TTL และ ECL วงจรภายในประกอบด้วย PLL สำหรับ tracking สัญญาณความถี่อินพุต Quadrature phase detector และ FSK voltage comparator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้โดยการคำนวณค่าพารามิเตอร์ จากวงจร ที่ต้องใช้กำหนดมีทั้งหมด 5 ตัว คือ R_0,R_1,R_2,C_0,C_1 และ C_F โดย fm = 1,200 Hz และ fs = 2,200 Hz

การคำนวณ

1. คำนวณความถี่กลางของ PLL , f_0

   $f_0 = (fm + fs)/2 = 1,700$ Hz

2. เลือกใช้ความต้านทานไทม์มิ่ง (R_0) ในย่าน 10 kΩ ถึง 100 kΩ ในที่นี้เราใช้ความต้านทานไทม์มิ่ง R_0 ประมาณ 20 kΩ โดยใช้ความต้านทานค่าคงที่ 18 kΩ อนุกรมกับโพเทนชิโอมิเตอร์ 5 kΩ

3. คำนวณค่าคาปาซิเตอร์ C_0 จาก

   $C_0 = 1/R0f0$

   $C_0 = 1/(20\ k\Omega \times 1,700) = 0.0294\ \mu F$

   เลือกใช้ $C_0 = 0.027\ \mu F$

4. คำนวนค่าความต้านทาน R_1 จากสมการ

   $R_1 = R_0 (f_0 /(fm-fs)) = 20\ k\Omega (1,700/(1,200-2,200))$

   $R_1 = 34\ k\Omega$

   เลือกใช้ $R_1 = 30\ k\Omega$

5. คำนวน C_1 จาก

   $C_1 = C_0 /4 = (0.027\ \mu F)/4 = 0.00675\ \mu F$

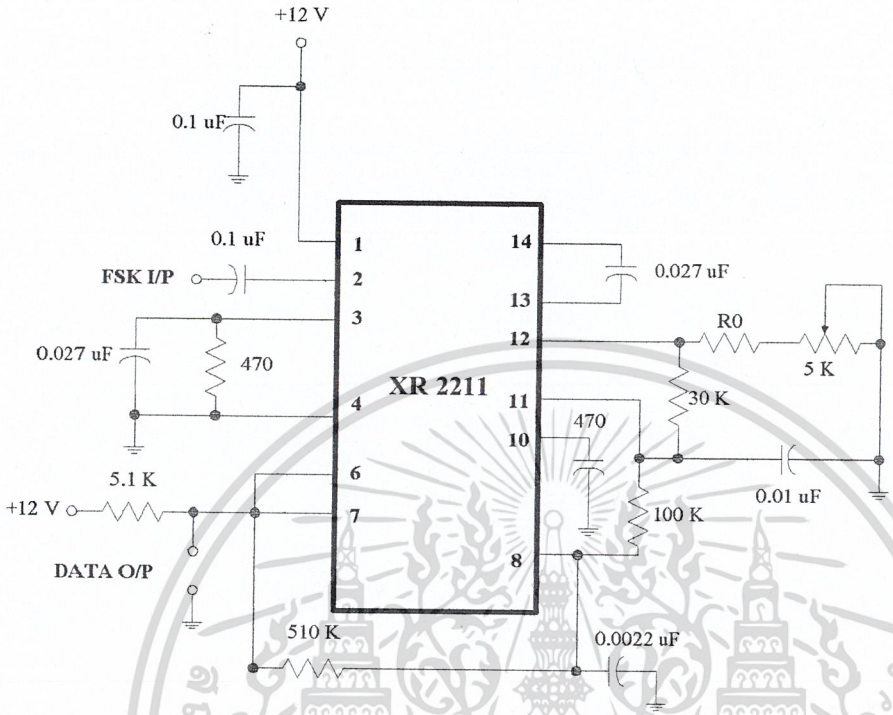
   เลือกใช้ $C_1 = 0.01\ \mu F$

6. คำนวนค่าคาปาซิเตอร์ C_F เมื่อใช้ความต้านทาน $R_F = 100\ k\Omega$ และ $R_B = 510\ k\Omega$

   C_F (in μF) = (3 / Baud Rate) = 3 / 1,200 = 0.0025 μF

   เลือกใช้ $C_F = 0.0022\ \mu F$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจร FSK Demodulation

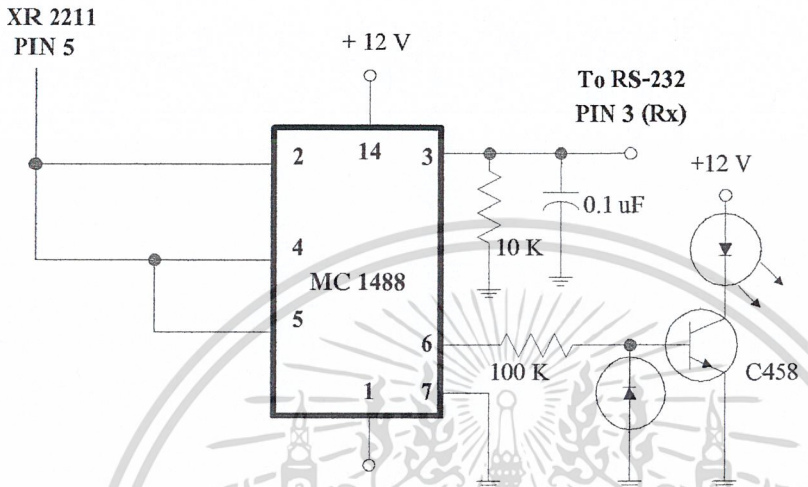
3.2.10 ส่วนแปลงระดับสัญญาณ TTL เป็นมาตรฐาน RS-232

ใช้ IC เบอร์ MC 1488 (Gd75188) ซึ่งเป็น IC line driver ใช้สำหรับขับ RS-232 แรงดันแหล่งจ่ายมากที่สุด ± 15 โวลท์ สามารถใช้กับแหล่งจ่ายที่ไม่สมมาตรได้ เอาต์พุตจะแตกต่างจากแรงดันของแหล่งจ่ายอยู่ 2 โวลท์ เช่น เราใช้แหล่งจ่าย ±12 โวลท์

เมื่อป้อนอินพุต TTL ลอจิก 0 (< 0.8 โวลท์) ผลที่ได้จาก line voltage จะเป็น +10 V ซึ่งเป็น space ของ RS - 232

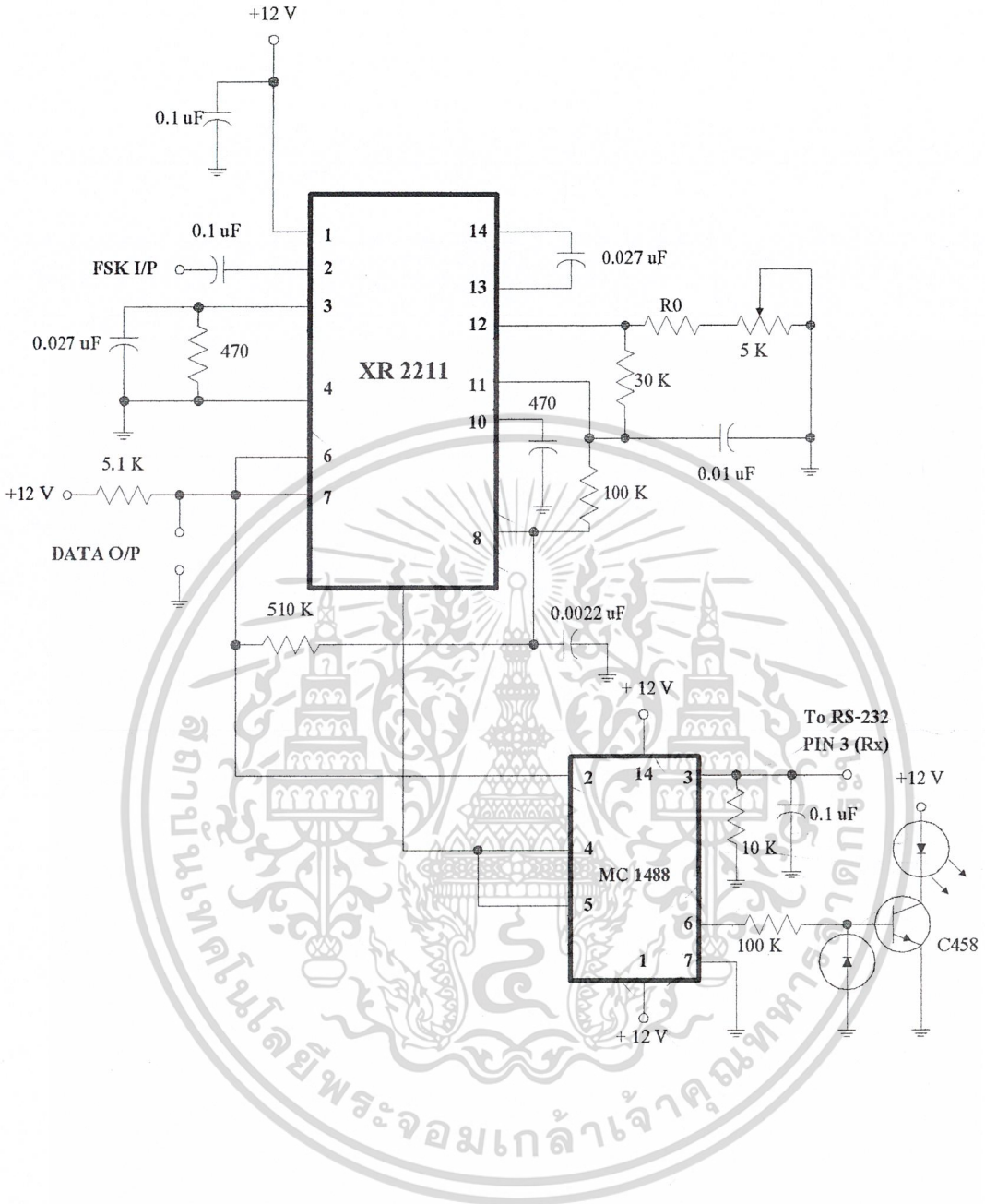
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าอินพุต TTL ลอจิก 1 (> 2.4 โวลท์) ผลที่ได้จาก line voltage จะเป็น -10 โวลท์ ตรงกับ mark ของ RS - 232



รูป 3.9 แสดงวงจรแปลงสัญญาณ TTL เป็น RS-232

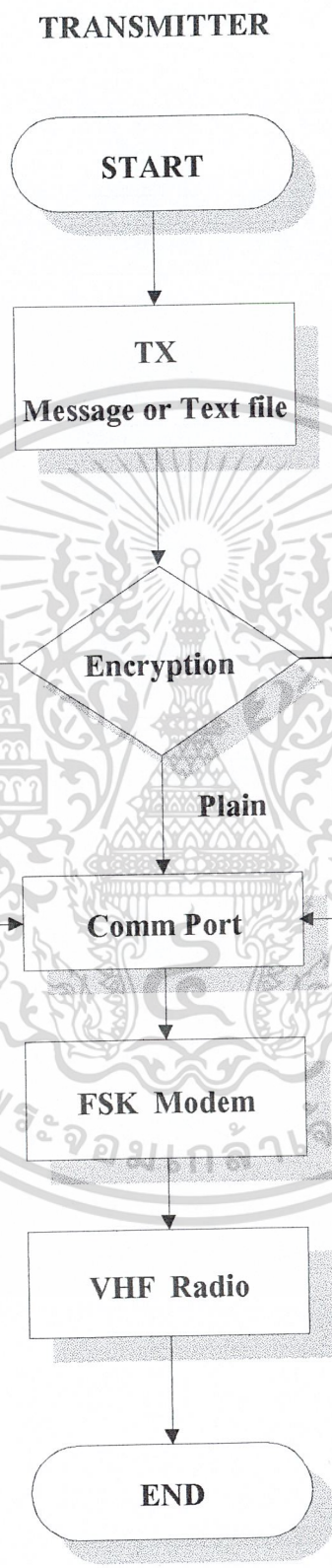
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.10 วงจรภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

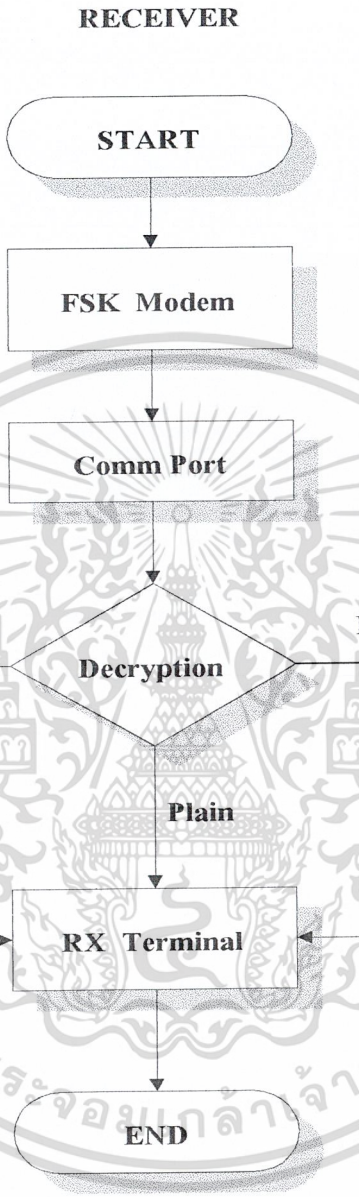
3.3 ลักษณะการทำงานของด้านส่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.11 โฟร์ชาร์ตของด้านส่ง

3.4 ลักษณะการทำงานของด้านรับ



รูป 3.12 โฟร์ชาร์ตของด้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การสร้างและออกแบบของซอฟต์แวร์โดยโปรแกรม VISUAL BASIC

3.5.1 ส่วนหน้าต่าง (windows) ต่างๆ ในโปรแกรมประกอบด้วย

3.5.1.1 หน้าต่างที่ 1 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมในทำงาน

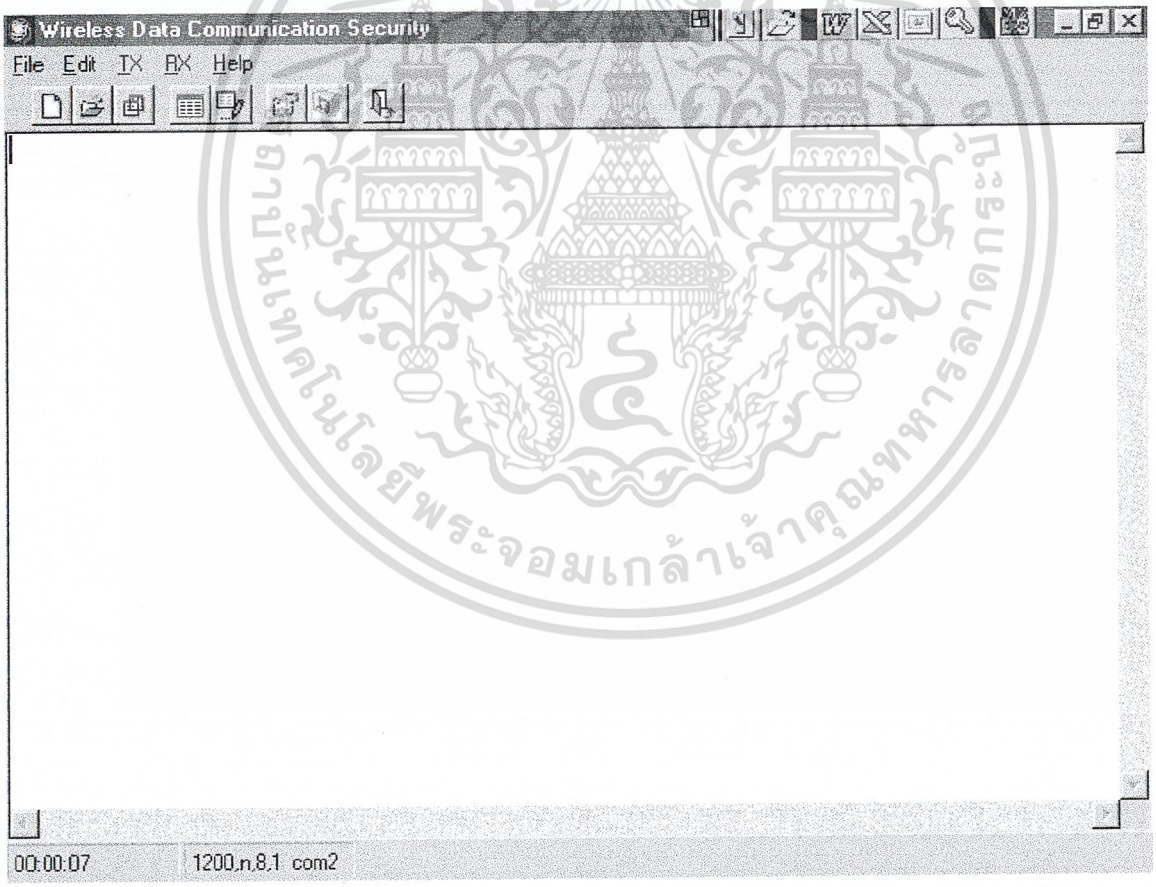
3.5.1.2 หน้าต่างที่ 2 แสดงหน้าจอการเลือกพอร์ตเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก และอัตราเร็วในการส่งและรับข้อมูล (Configuration setup)

3.5.1.3 หน้าต่างที่ 3 แสดงหน้าจอการส่งข้อมูลที่เข้ารหัสเป็นข้อความ (Message Encrypted Transfer)

3.5.1.4 หน้าต่างที่ 4 แสดงหน้าจอการส่งข้อมูลที่เข้ารหัสเป็นไฟล์ (File Encrypted Transfer)

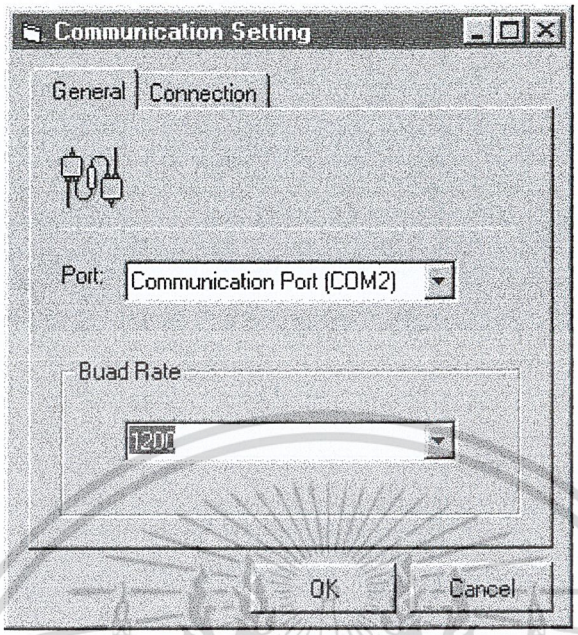
3.5.1.5 หน้าต่างที่ 5 แสดงหน้าจอการแปลงกลับข้อมูล (Data Decryption)

3.5.1.6 หน้าต่างที่ 6 แสดงหน้าจอลักษณะของโครงงานนี้และพื้นฐานการเข้ารหัส

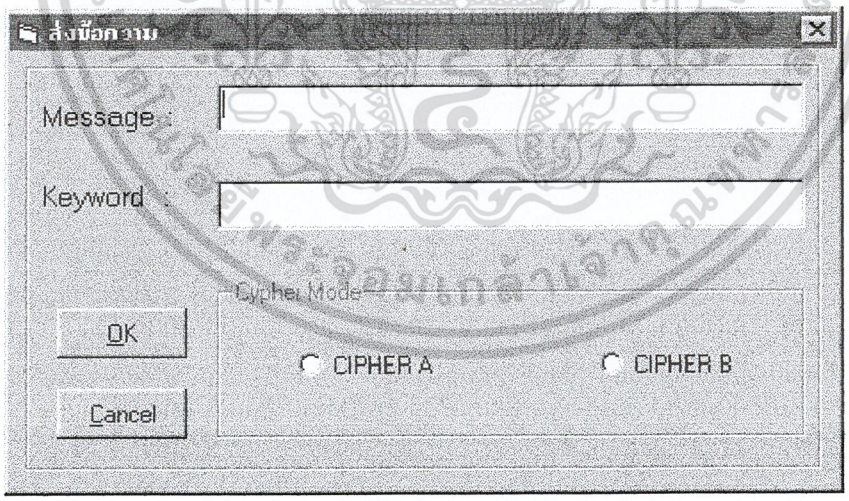


รูป 3.13 แสดงหน้าต่างหลักของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

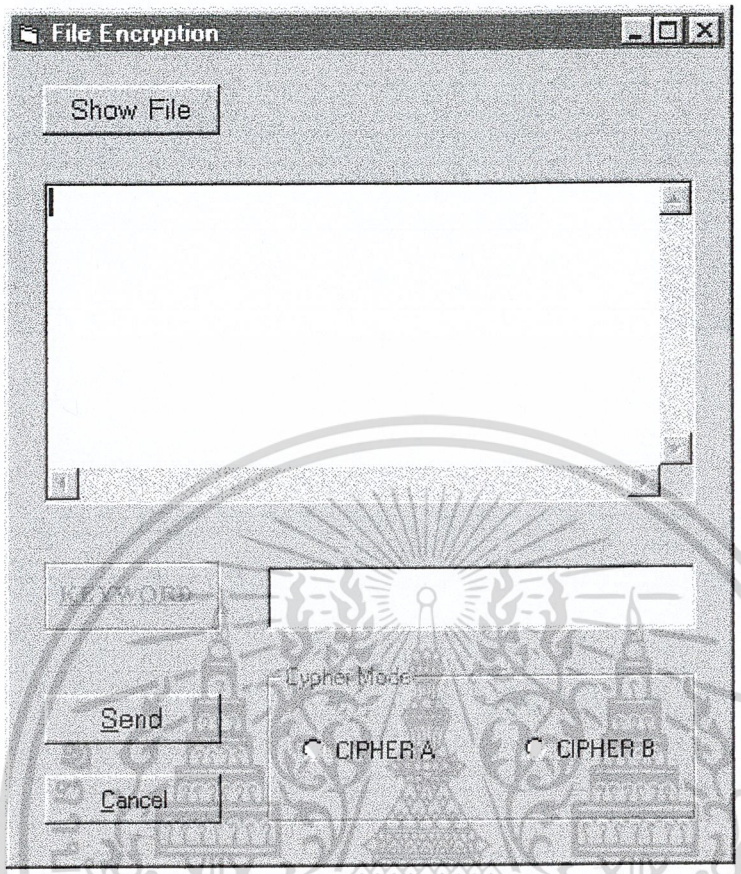


รูป 3.14 แสดงหน้าต่างการเลือกพอร์ตสื่อสารและอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล

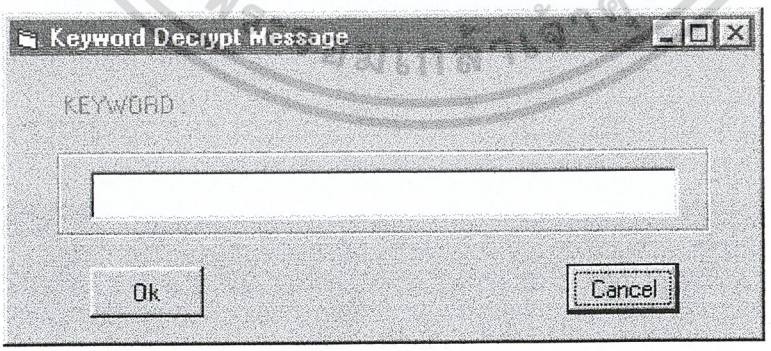


รูป 3.15 แสดงหน้าต่างของการเข้าแบบข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

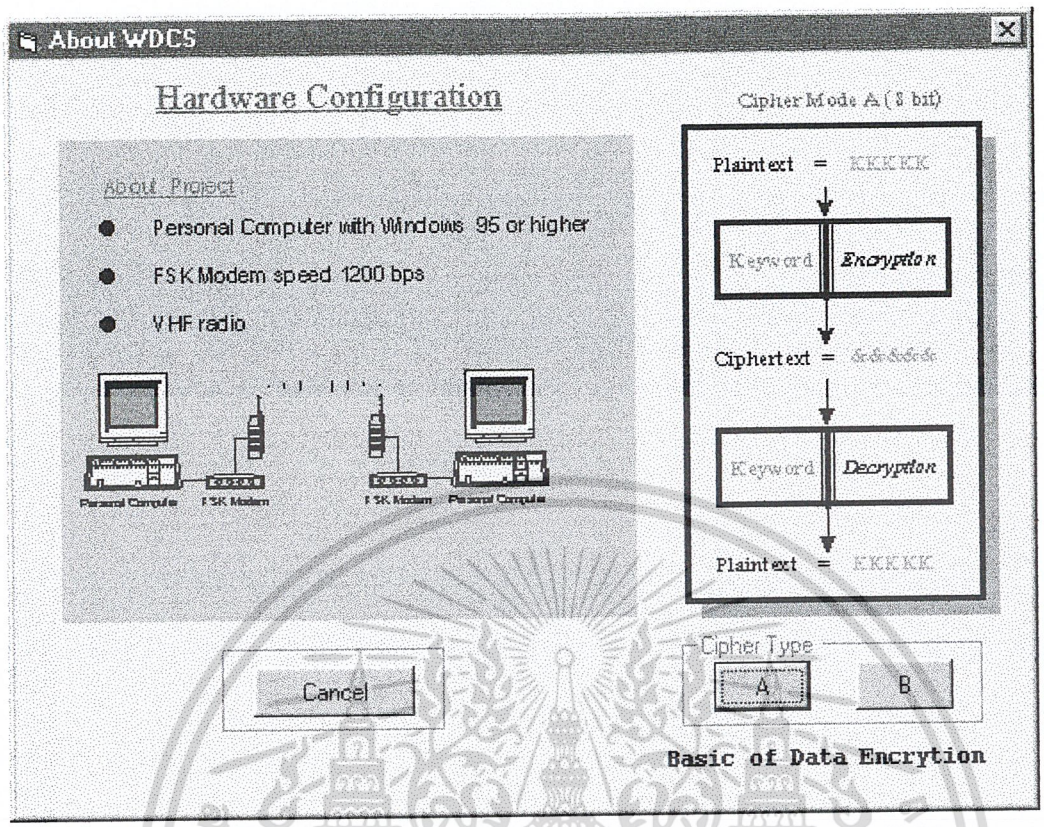


รูป 3.16 แสดงหน้าต่างของการเข้ารหัสแบบเป็นไฟล์



รูป 3.17 แสดงหน้าต่างของการป้อนกุญแจรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

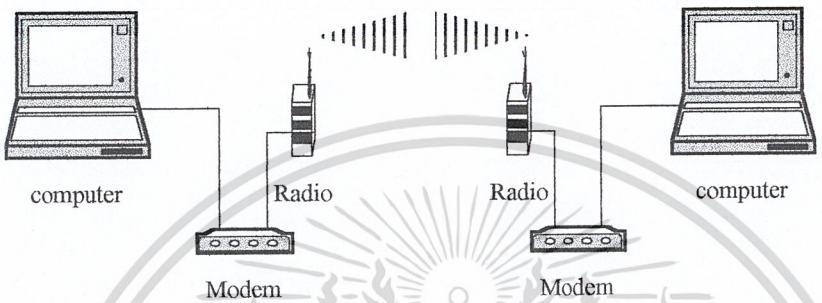


รูป 3.18 แสดงหน้าต่างแสดงลักษณะของโครงงานและพื้นฐานการเข้ารหัสข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 แนวทางการทดลอง



รูป 4.1 บล๊อกไดอะแกรมของโครงงาน

จากรูป อุปกรณ์ DTE ซึ่งในที่นี้คือ คอมพิวเตอร์บุคคล จะทำการรับและส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์อีกด้านหนึ่งทั้งด้านไปและกลับ โดยในขณะที่คอมพิวเตอร์ด้านหนึ่งเป็นภาคส่งข้อมูลก็จะส่งข้อมูลออกไปแบบอนุกรม ทางอินเตอร์เฟส RS-232 C ไปให้กับตัวโมเด็ม จากนั้นโมเด็มจะทำการแปลงสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล๊อกย่านความถี่ต่ำ เช่น ย่านความถี่เสียงด้วยวิธีการเข้ารหัส แบบความถี่ (FSK) นั่นคือใช้ความถี่ค่าหนึ่งแทนบิต “0” และใช้ความถี่อีกค่าหนึ่งแทนบิต “1” จากนั้นสัญญาณ FSK นี้ก็จะถูกส่งออก โดยวิทยุรับ-ส่ง แบบ Walkie-Talkie ในย่านความถี่ที่เหมาะสม

คลื่นวิทยุที่ถูกมอดูเลตแล้ว เมื่อเดินทางผ่านตัวกลางไปยังภาครับของเครื่องคอมพิวเตอร์อีกด้านหนึ่งก็จะผ่านส่วนของเครื่องรับ Receiver ซึ่งจะทำให้การดีมอดูเลตสัญญาณ ที่รับได้ให้เป็นสัญญาณ FSK เมื่อนำสัญญาณที่ได้นี้ผ่านโมเด็มก็จะทำการแปลงสัญญาณอนาล๊อกให้กลายเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งผ่านอินเตอร์เฟส RS-232C ไปให้คอมพิวเตอร์อีกด้านหนึ่งซึ่งทำการประมวลผลต่อไป

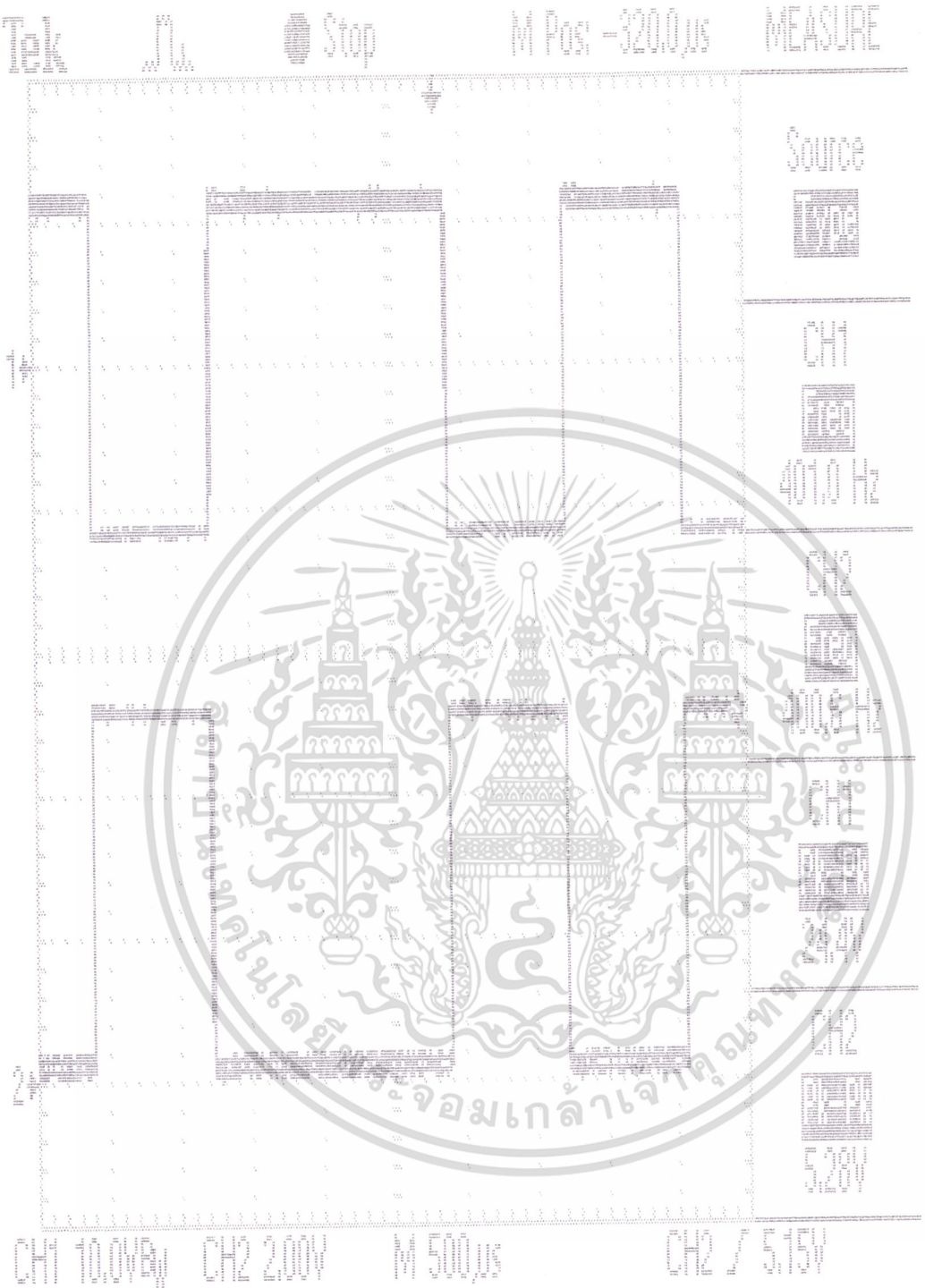
จากการทำงานของบล๊อกไดอะแกรม จะเห็นว่าคอมพิวเตอร์ทั้งสองด้านทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ปลายทางข้อมูล (Data Terminal Equipment :DTE) โดยที่อุปกรณ์อินเตอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์ปลายทางข้อมูลกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล นั่นคือ อินเตอร์เฟส RS-232 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองของ FSK Modem

จากการทดลองส่งข้อมูลที่เป็นรหัสแอสกี้ (ASCII) สามารถวัดระดับสัญญาณมาตรฐาน RS-232 ซึ่งมีขนาดแรงดัน Mark ขนาด -12V และ Space ขนาด +12V เทียบกับระดับแรงดัน TTL ที่ได้จากวงจรแปลงระดับสัญญาณ จะพบว่า ระดับแรงดัน TTL ของ Mark จาก -12V จะถูกแปลงเป็นระดับ 5V ของ TTL และ Space ขนาด +12V ไปเป็น 0V ของระดับแรงดัน TTL ดังแสดงในรูป 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 แสดงเอาต์พุตของภาคแปลงสัญญาณ RS-232 ไปเป็น TTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ระดับแรงดัน TTL แล้วก็จะป้อนเข้าสู่ ขา 9 ของ XR-2206 ที่เป็น I/P ของ FSK Generator ผลิตความถี่ออกมา โดยที่

"1" ⟶ 5V จะผลิตความถี่ 1,200 Hz วัดได้ 1,212.8 Hz

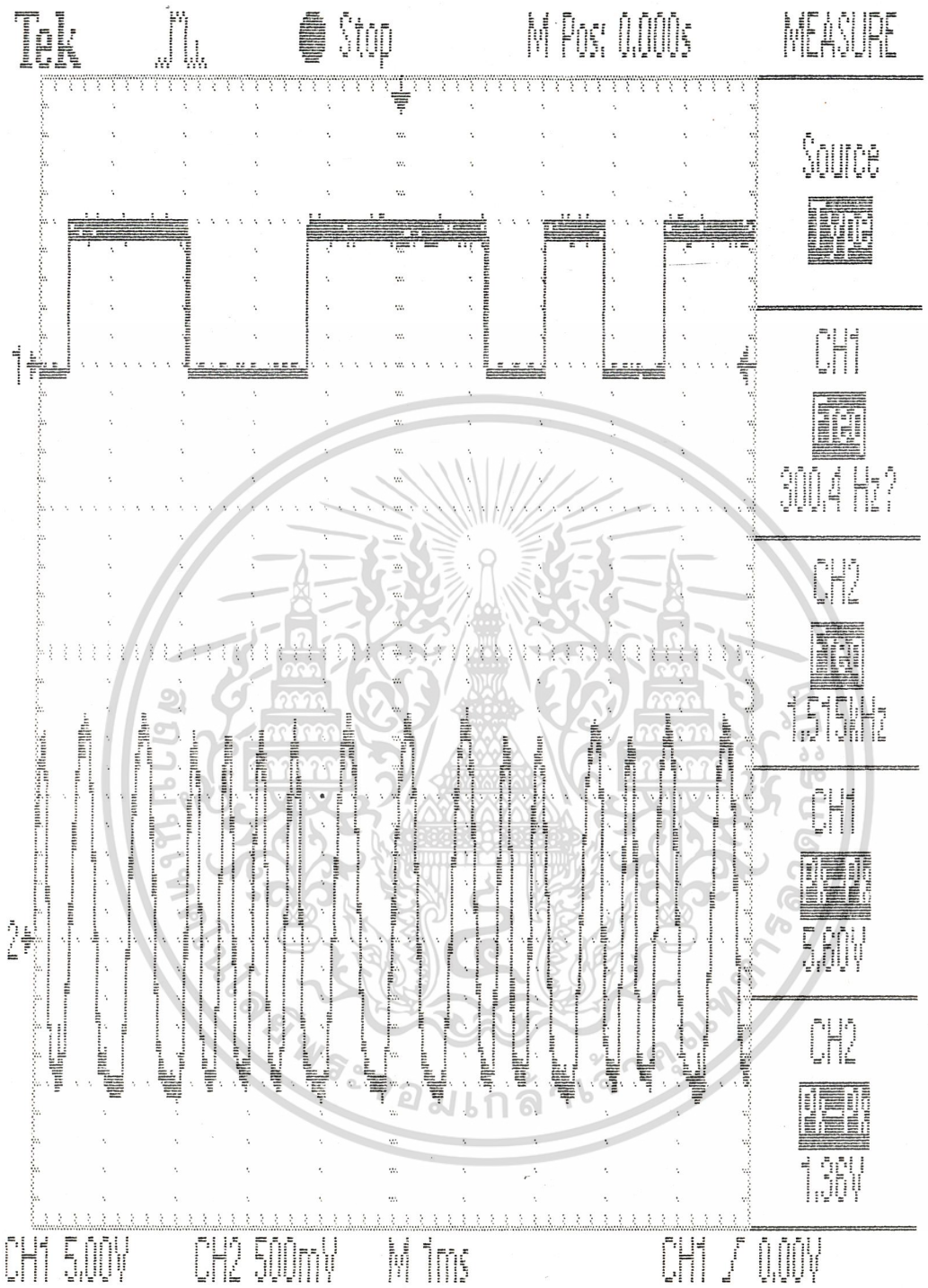
ขนาด 2.605 Vp-p +5.8 VDC

"0" ⟶ 0V จะผลิตความถี่ 2,200 Hz วัดได้ 2,223.8 Hz

ขนาด 2.72 Vp-p +5.8 VDC

ส่งออกอากาศโดยต่อเข้ากับแจ๊คไมค์ของเครื่องรับ-ส่งวิทยุต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

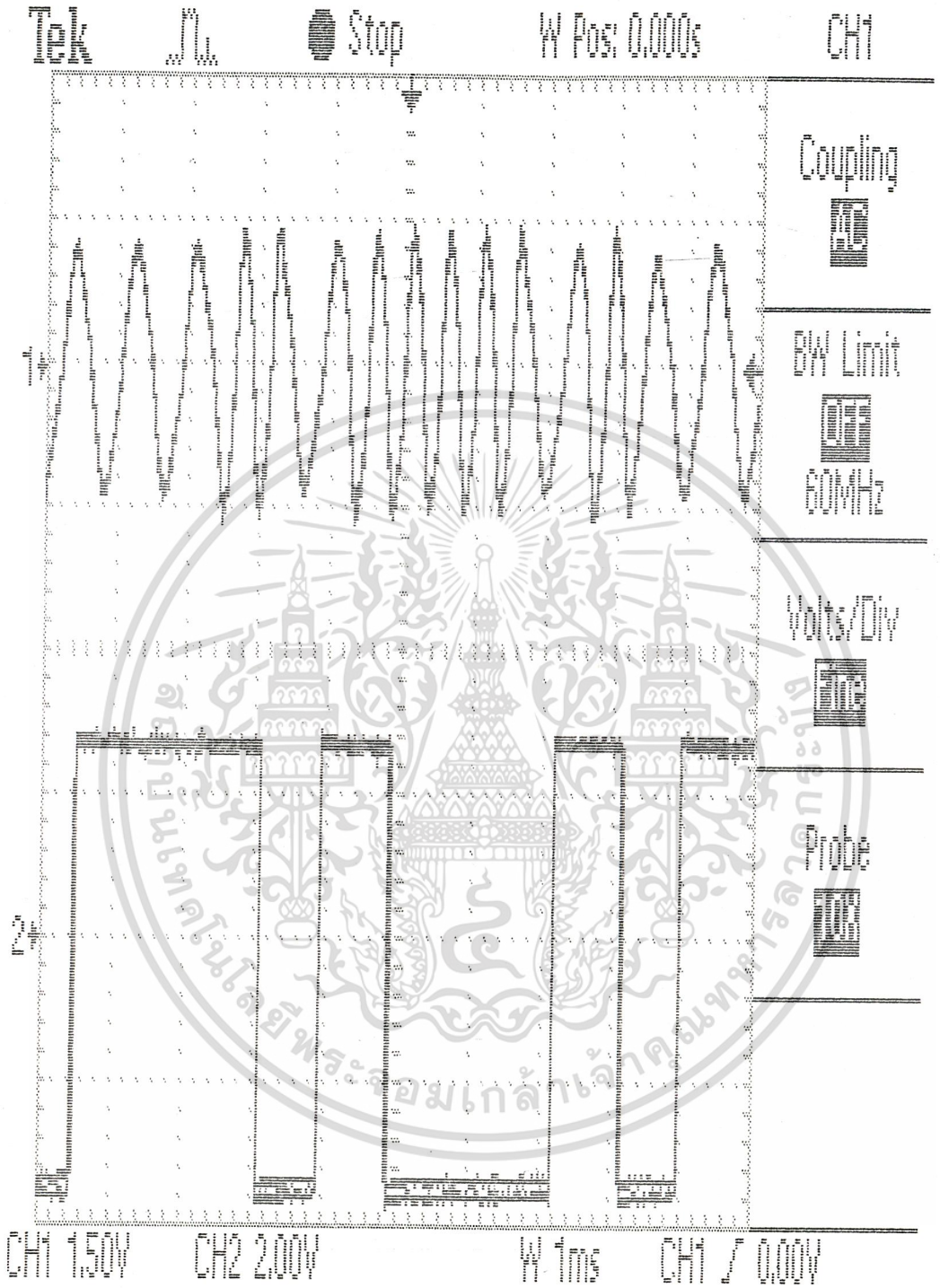


รูป 4.3 แสดงเอาต์พุตของภาคแปลงสัญญาณ Binary ไปเป็น FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับภาครับนั้น จะรับสัญญาณที่ส่งออกอากาศมาด้านวิทยุสื่อสาร ซึ่งวิทยุสื่อสารจะทำการรับสัญญาณความถี่ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแทน โดยระดับสัญญาณที่ได้จะเป็นระดับ TTL ซึ่งจะทำการแปลงให้เป็นระดับสัญญาณมาตรฐาน RS-232 โดยใช้ IC MC1488 ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.4 แสดงเอาต์พุตของภาค Demodulator สัญญาณ FSK เป็น Binary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองและผลการทดลองในส่วนของโปรแกรม

ในการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรม WDCS มีลักษณะการใช้งานเป็นการติดต่อแบบ 2 ทาง (Halt duplex) ดังนั้นการติดตั้งและการปรับลักษณะการทำงานของคอมพิวเตอร์ จึงต้องมีการทำให้ตัวหนึ่งเป็นตัวส่ง (Transmitter) และอีกตัวหนึ่งเป็นตัวรับ (Receiver)

4.3.1 การส่งข้อมูลจาก TX Computer ไปยัง RX Computer

4.3.1.1 เปิดหน้าต่างที่ 1 ซึ่งเป็นหน้าต่างหลัก

4.3.1.2 เลือก Communication setting เพื่อเลือก Communication Port และอัตราเร็วของบอดร์ดเรดให้ตรงกันทั้งภาคส่งและภาครับ 1200 bps

4.3.1.3 ทดลองส่งข้อมูลที่เข้ารหัสเป็นข้อความ (Message) จากนั้นทำการป้อนกุญแจรหัสเพื่อแปลงข้อมูล ถ้าไม่มีการป้อนรหัส การส่งข้อมูลก็จะทำการส่งเป็นข้อความปกติ (Plaintext) เมื่อป้อนรหัสเสร็จก็ทำการเลือกโหมดการแปลงข้อมูลว่าเป็นแบบ Cipher A หรือ Cipher B

4.3.1.4 ทดลองส่งข้อมูลที่เป็นรหัสเป็นไฟล์แบบ Text file การเข้ารหัสก็จะคล้ายกับการส่งแบบข้อความ

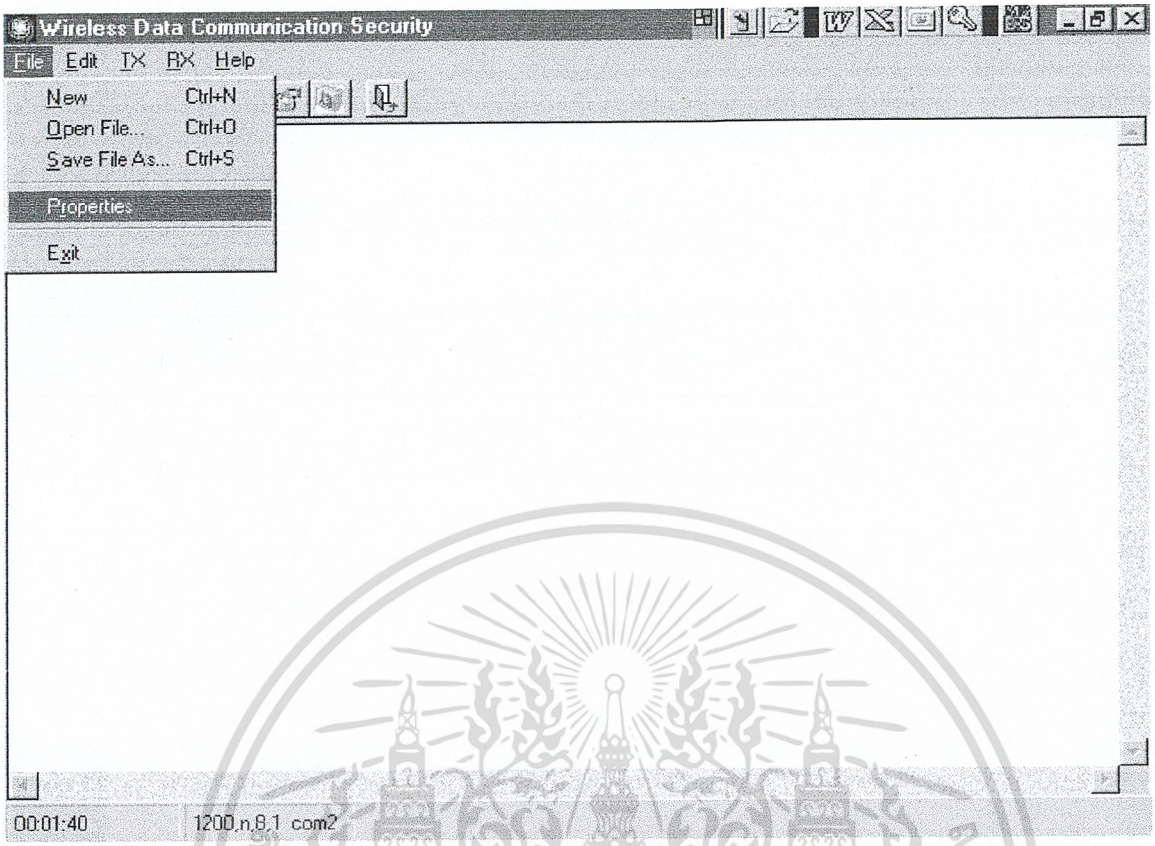
4.3.2 ส่วนของการรับข้อมูล

4.3.2.1 เปิดหน้าต่างหลัก

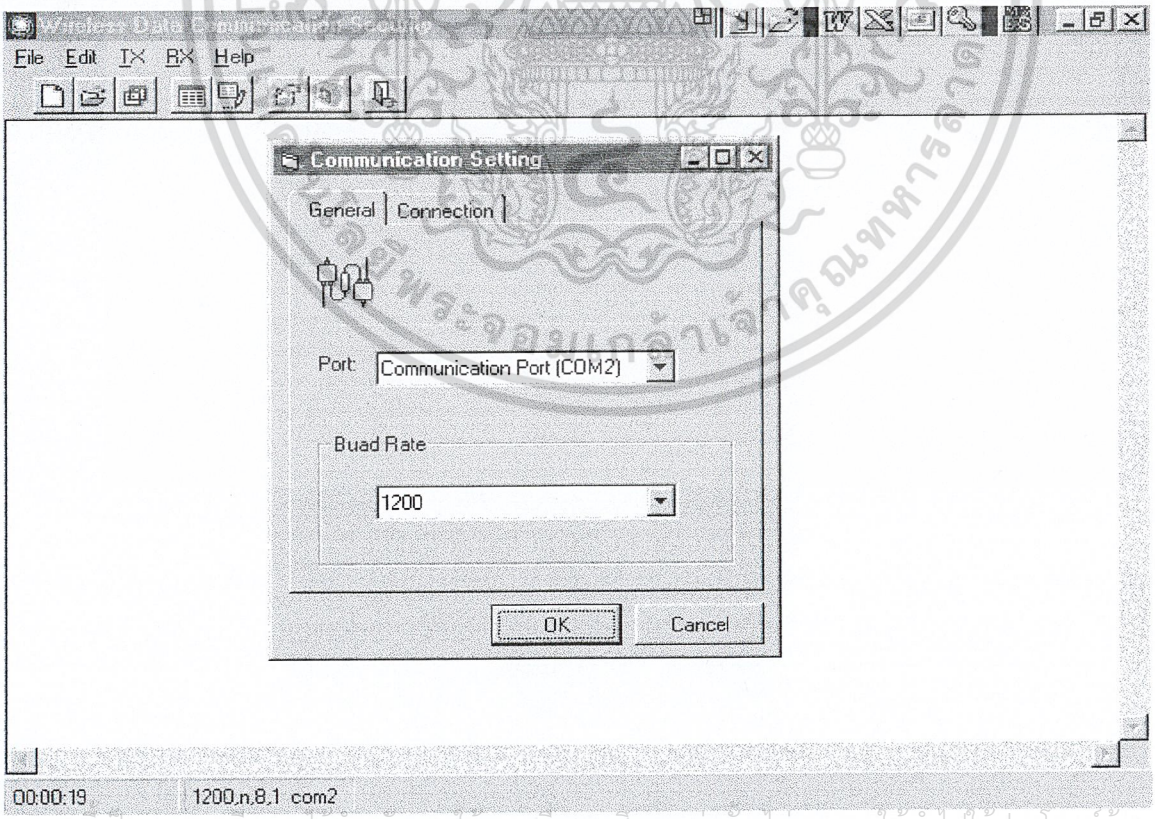
4.3.2.2 ทำการเลือก Communication Port ให้ตรงกัน ในที่นี้คือ 1200 bps

4.3.2.3 เลือกโหมดของการรับข้อมูลซึ่งจะต้องเลือกให้ตรงกับทางด้านส่งถ้าด้านส่งทำทำส่งด้วยการเข้ารหัสแบบ Cipher A การถอดรหัสก็จะเป็นแบบ Cipher A ด้วย เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

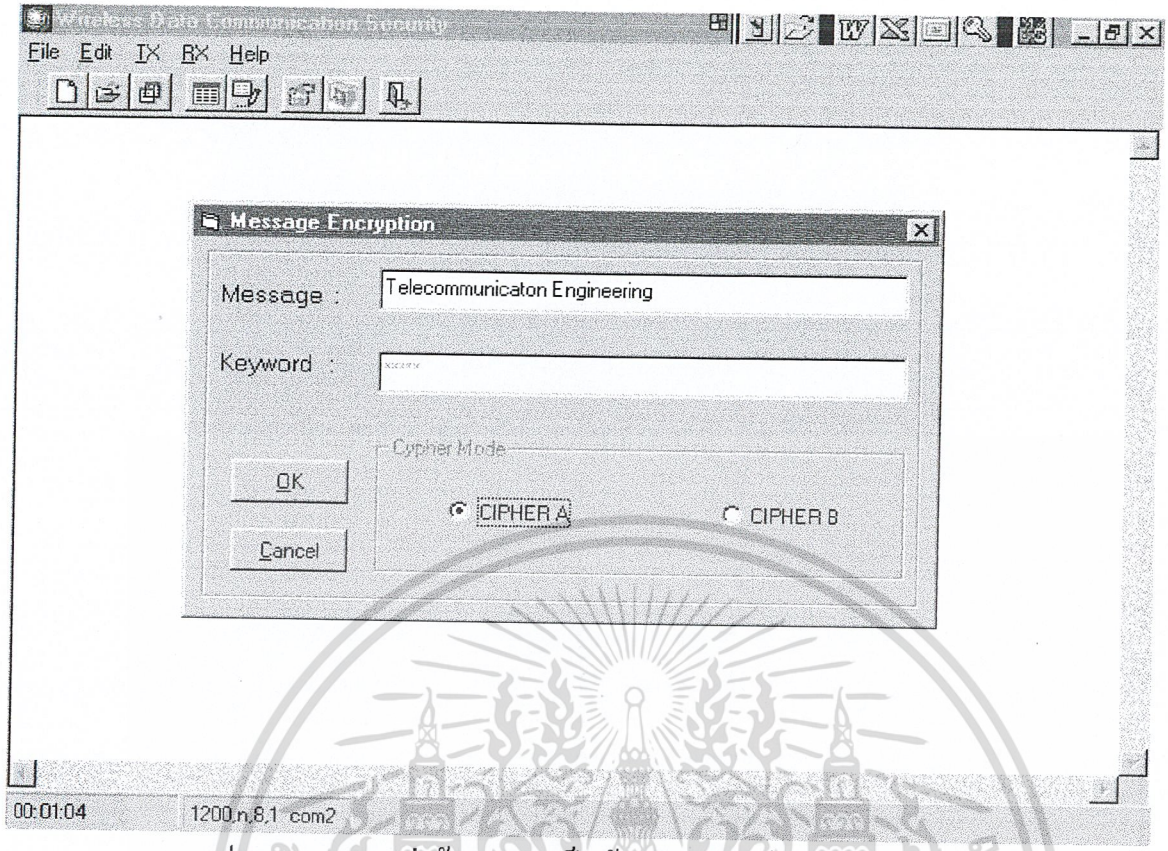


รูป 4.6 แสดงหน้าต่างหลัก

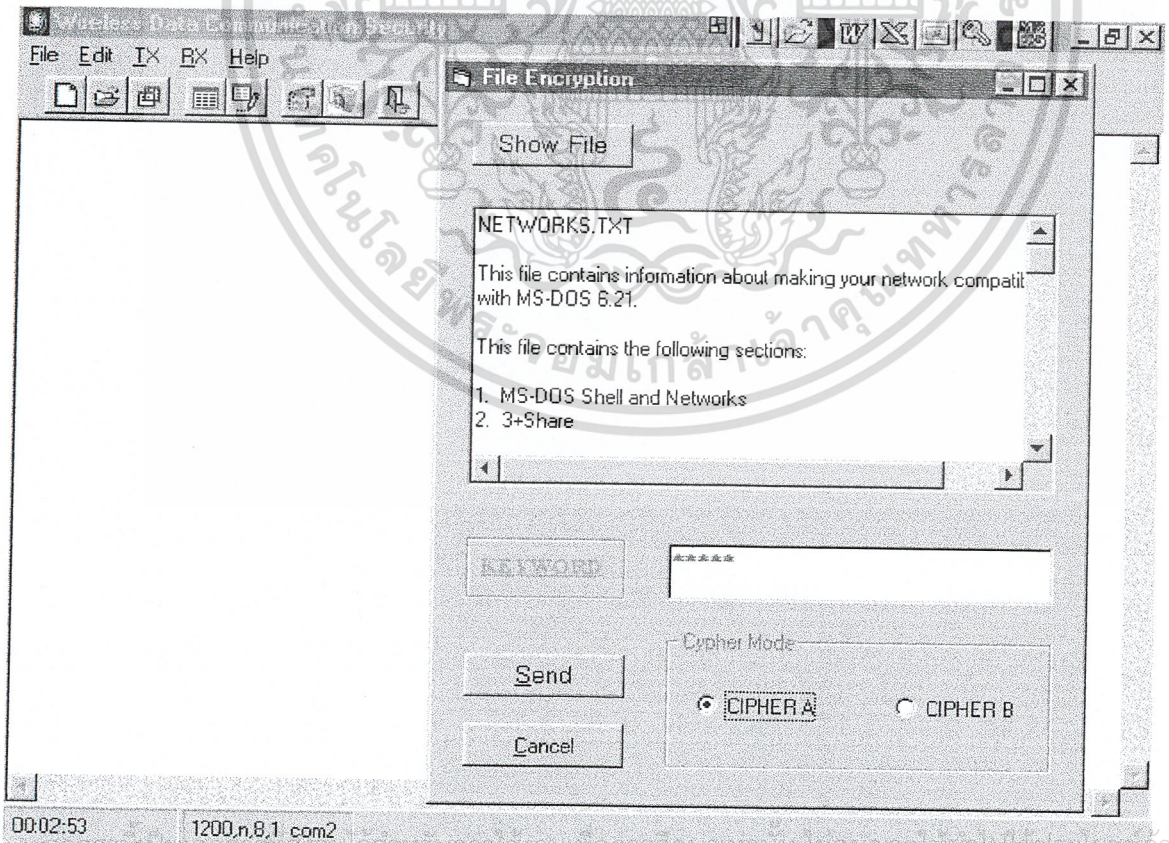


รูป 4.7 แสดงการเลือก Communication Port และ Baudrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

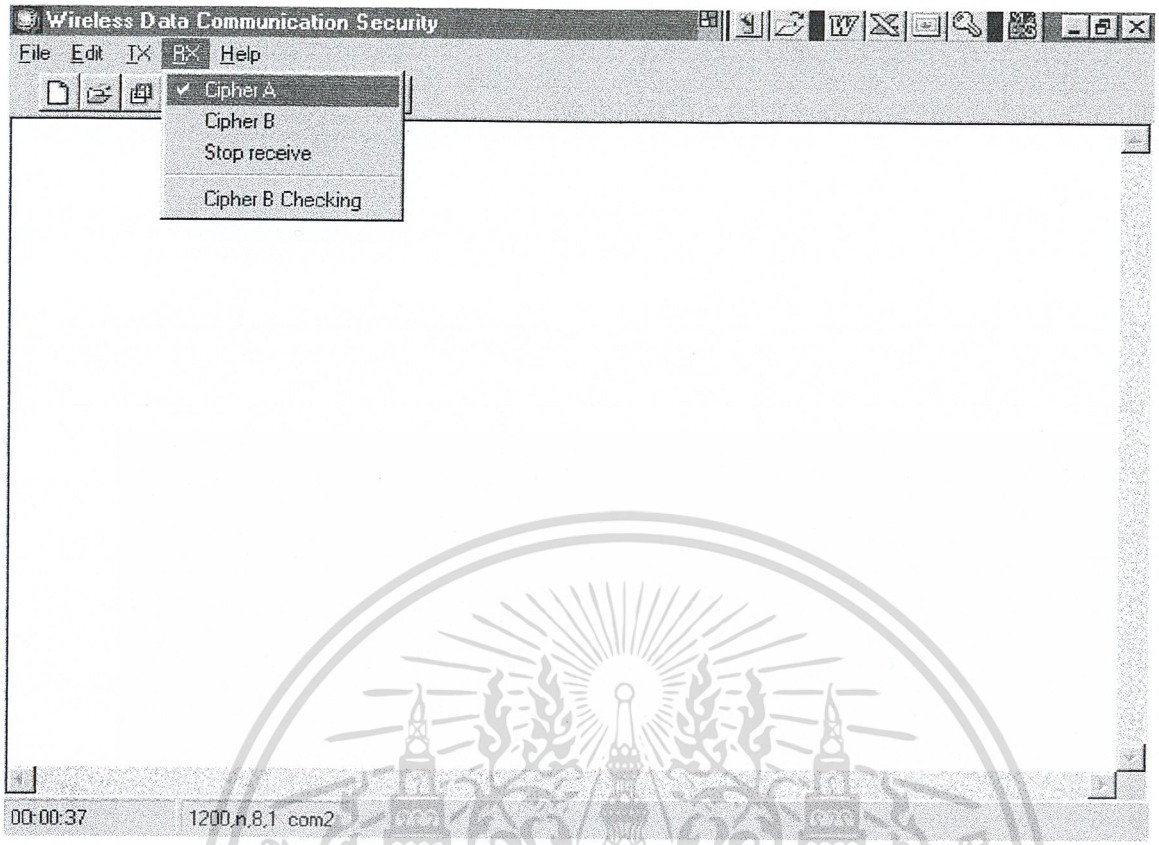


รูป 4.8 แสดงการส่งข้อมูลแบบเป็นข้อความโดยใช้ Ciphre Mode A

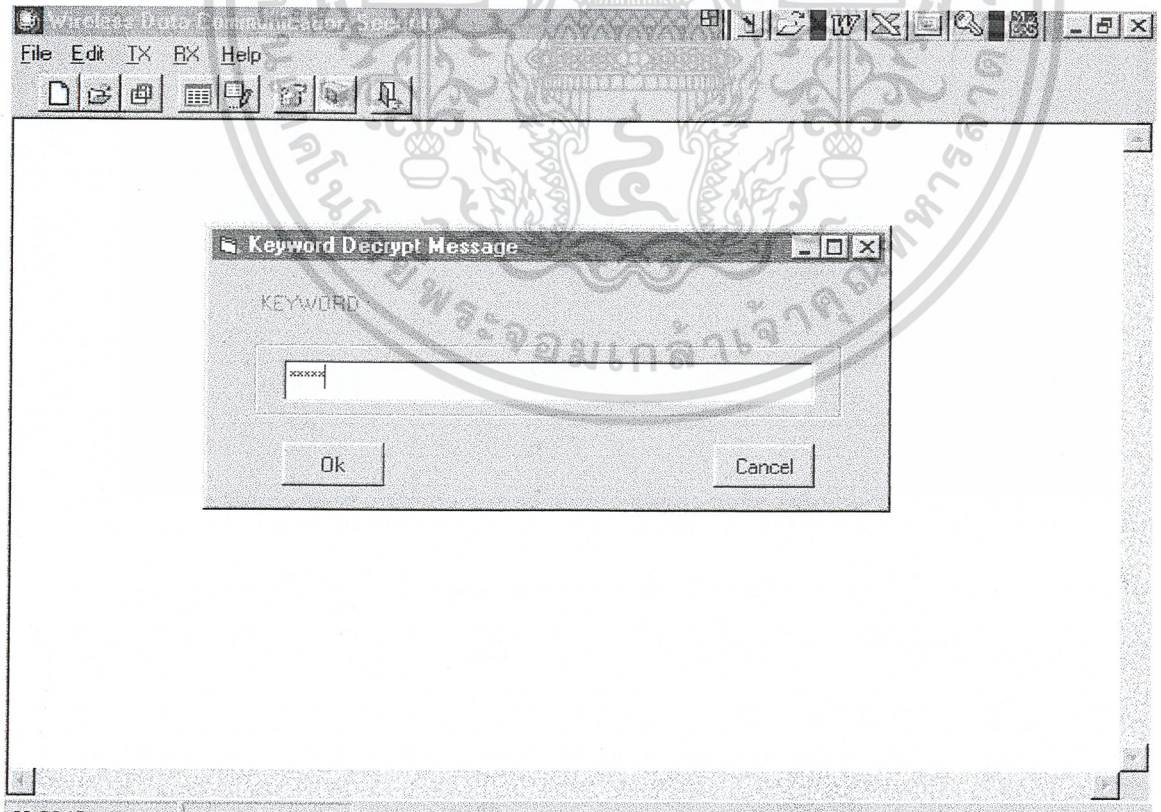


รูป 4.9 แสดงการส่งข้อมูล Text file โดยใช้ Cipher Mode A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

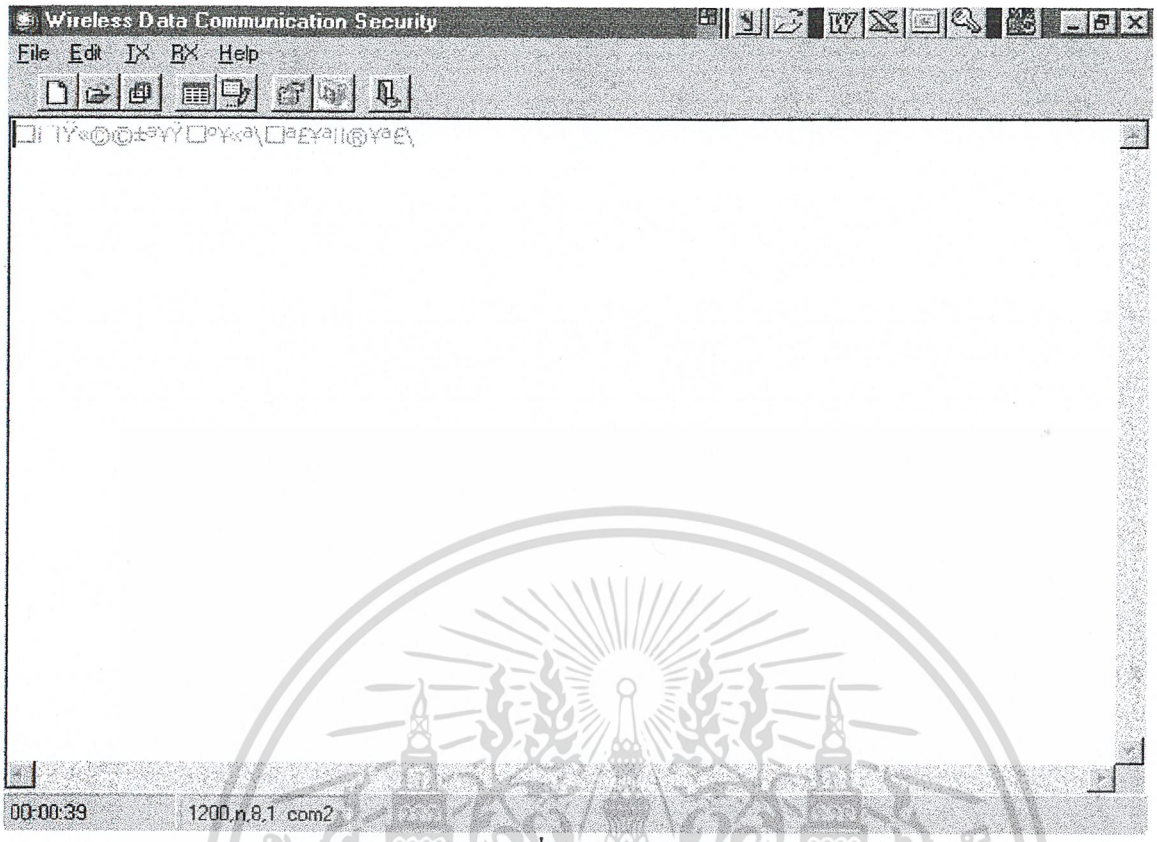


รูป 4.10 แสดงหน้าต่างหลักขณะเป็นตัวรับข้อมูลด้วย Cipher Mode A



รูป 4.11 แสดงการป้อนการกุญแจรหัส (Keyword) ในการรับแบบ Cipher Mode A

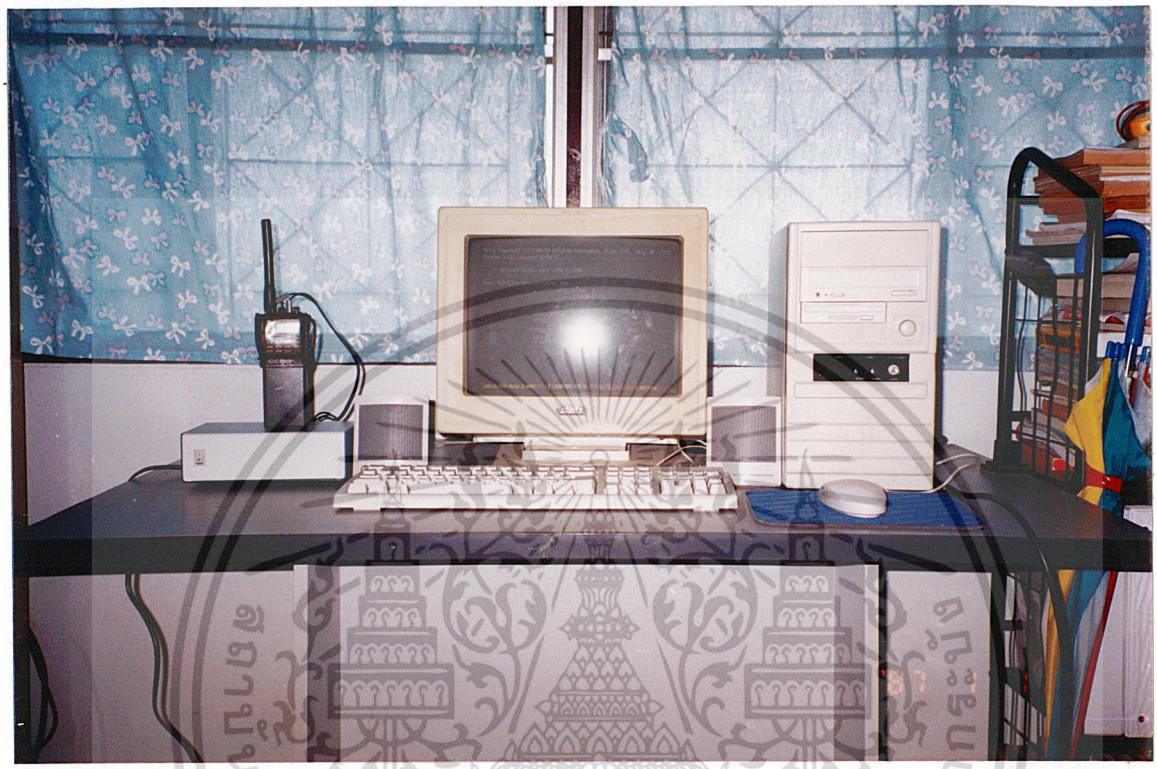
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.12 แสดงข้อความที่ถูกเข้ารหัสด้วย Cipher Mode A

รูป 4.13 แสดงการรับข้อมูลจาก Cipher Mode A

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.14 ลักษณะการใช้งานของโครงงานที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

จากการทดลองนี้เป็นการทดลองที่จัดทำขึ้นเพื่อ การศึกษาให้ทราบถึงหลักการของการเข้ารหัสสัญญาณก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลออกไป โดยสามารถทำการเข้ารหัสได้หลายแบบ ซึ่งทำให้ข้อมูลของเรายากต่อการตรวจสอบ ถึงแม้ข้อมูลจะถูกดักรับได้ก็ตาม อีกทั้งมีการใช้กุญแจรหัสที่หลากหลาย ทำให้ข้อมูลมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

FSK Modem ทำการส่งข้อมูลแบบไร้สาย มีข้อจำกัดต่างๆ ด้วยเทคนิคของการ Modulation เช่น Bandwidth ฯลฯ จากการทดลองส่งข้อมูลแบบ Asynchronous สามารถส่งข้อมูลสูงสุดได้ 1200 bps หรือต่ำกว่า ถ้าจะให้ส่งข้อมูลสูงกว่านี้จะต้องใช้เทคนิคอย่างอื่นเข้าช่วยด้วย เช่น เฟสมอดูเลชั่น

จากการทดลอง จากการใช้วิทยุ Walkie -Talkie เนื่องจากวิทยุอยู่ใน VHF ซึ่งมีการใช้ช่องสัญญาณ กันจำนวนมากจึงทำให้มีสัญญาณรบกวนบ้าง นอกจากนี้การรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ส่งกับผู้รับยังคงต้องพัฒนาในเรื่องของโปรโตคอล ในการตรวจสอบค่าผิดพลาดของข้อมูลที่ทำการส่งและรับ เพื่อให้ได้ข้อความที่ถูกต้องครบถ้วนมากที่สุด

ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงงานนี้

1. สามารถติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Computer กับ Computer ได้ อย่างปลอดภัย
2. ในสถานที่ที่ไม่มีสายโทรศัพท์เข้าถึง ก็สามารถใช้ชุดทดลองนี้ได้
3. นำไปประยุกต์ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลด้านการทหาร เนื่องจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบนี้จะมีความปลอดภัยของข้อมูล มากกว่าการติดต่อทางเสียง
4. นำไปใช้กับการแลกเปลี่ยนข้อมูล เชิงธุรกิจได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

(1) C.Louis Hohenstein, " Modem Computer Peripherals For minicomputer ", McGraw-Hill Book Company, 1980,p 253-264

(2) Technical Reference, " Asynchronous Communications Adapter ", IBM Personal Computer XT Hardware Reference Library ,p 185-190

(3) Freder F.driscol, " Data Communication ", Saunders college publish,1991 p.166-184

(4) Jennifer Seberry and Josef Pieprzyk "Cryptography An Introduction to Computer Security" , p. 61-78

(5) ยืน ภู่วรวรรณ การสื่อสารข้อมูล และ คอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์ค ,. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด พ.ศ. 2531 หน้า 44-66

(6) ดร.วิวัฒน์ กิรานนท์ , ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน " พื้นฐานการสื่อสารข้อมูล ", JICA , พ.ศ.2536 หน้า 90-97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Object = "{F9043C88-F6F2-101A-A3C9-08002B2F49FB}#1.1#0"; "COMDLG32.OCX"
Object = "{6B7E6392-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}#1.1#0"; "COMCTL32.OCX"
Object = "{648A5603-2C6E-101B-82B6-000000000014}#1.1#0"; "MSCOMM32.OCX"
Begin VB.Form Form1
   BackColor       =   &H00C0C0C0&
   Caption         =   "Wireless Data Communication Security "
   ClientHeight    =   2055
   ClientLeft      =   2160
   ClientTop       =   1965
   ClientWidth     =   4680
   BeginProperty Font
      Name            =   "Tahoma"
      Size            =   8.25
      Charset         =   0
      Weight          =   400
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Icon            =   "Form1.frx":0000
   LinkTopic       =   "Form1"
   PaletteMode     =   1  'UseZOrder
   ScaleHeight     =   0
   ScaleWidth      =   0
   WindowState     =   2  'Maximized
   Begin ComctlLib.Toolbar Toolbar1
      Height          =   390
      Left            =   240
      TabIndex        =   0
      Top             =   0
      Width           =   3720
      _ExtentX        =   6562
      _ExtentY        =   688
      ButtonWidth     =   609
      ButtonHeight    =   582
      Wrappable       =   0   'False
      ImageList       =   "ImageList95"
      _Version        =   327680
      BeginProperty Buttons {0713E452-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         NumButtons      =   11
         BeginProperty Button1 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
            Object.ToolTipText     =   "New"
            Object.Tag             =   ""
            ImageIndex      =   1
         EndProperty
         BeginProperty Button2 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
            Object.ToolTipText     =   "Open Text File"
            Object.Tag             =   ""
            ImageIndex      =   2
         EndProperty
         BeginProperty Button3 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
            Object.ToolTipText     =   "Save File As"
            Object.Tag             =   ""
            ImageIndex      =   10
         EndProperty
         BeginProperty Button4 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
            Object.Tag             =   ""
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Style          =   3
      MixedState     =   -1  'True
   EndProperty
   BeginProperty Button5 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
      Object.ToolTipText     =   "Send Text File"
      Object.Tag             =   ""
      ImageIndex     =   6
   EndProperty
   BeginProperty Button6 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
      Object.ToolTipText     =   "Send Message"
      Object.Tag             =   ""
      ImageIndex     =   5
   EndProperty
   BeginProperty Button7 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
      Object.Tag             =   ""
      Style          =   3
      MixedState     =   -1  'True
   EndProperty
   BeginProperty Button8 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
      Object.ToolTipText     =   "Properties"
      Object.Tag             =   ""
      ImageIndex     =   3
   EndProperty
   BeginProperty Button9 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
      Object.ToolTipText     =   "About Project"
      Object.Tag             =   ""
      ImageIndex     =   8
   EndProperty
   BeginProperty Button10 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
      Object.Tag             =   ""
      Style          =   3
      MixedState     =   -1  'True
   EndProperty
   BeginProperty Button11 {0713F354-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
      Object.ToolTipText     =   "Exit"
      Object.Tag             =   ""
      ImageIndex     =   7
   EndProperty
EndProperty
MouseIcon      =   "Form1.frx":1002
End
Begin VB.Timer Timer2
   Interval       =   300
   Left           =   5880
   Top            =   0
End
Begin VB.Timer Timer1
   Interval       =   10
   Left           =   6480
   Top            =   0
End
Begin VB.TextBox Text1
   BeginProperty Font
      Name           =   "Tahoma"
      Size           =   9.75
      Charset        =   0
      Weight         =   400
      Underline      =   0   'False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   ForeColor       =   &H80000006&
   Height          =   3255
   Left            =   120
   MultiLine       =   -1  'True
   ScrollBars      =   3   'Both
   TabIndex        =   1
   Top             =   960
   Width           =   7395
End
Begin MSComDlg.CommonDialog ComDlg
   Left            =   4050
   Top             =   -45
   _ExtentX        =   847
   _ExtentY        =   847
   _Version        =   327680
   MaxFileSize     =   1024
End
Begin MSCommLib.MSComm MSComm1
   Left            =   4545
   Top             =   0
   _ExtentX        =   847
   _ExtentY        =   847
   _Version        =   327680
   DTREnable       =   -1  'True
   InBufferSize    =   512
End
Begin ComctlLib.StatusBar StatusBar1
   Align           =   2   'Align Bottom
   Height          =   345
   Left            =   0
   TabIndex        =   2
   Top             =   -345
   Width           =   0
   _ExtentX        =   0
   _ExtentY        =   609
   SimpleText      =   ""
   _Version        =   327680
   BeginProperty Panels {0713E89E-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
      NumPanels       =   2
      BeginProperty Panel1 {0713E89F-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         TextSave        =   ""
         Object.Tag              =   ""
      EndProperty
      BeginProperty Panel2 {0713E89F-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         TextSave        =   ""
         Object.Tag              =   ""
      EndProperty
   EndProperty
   BeginProperty Font {0BE35203-8F91-11CE-9DE3-00AA004BB851}
      Name            =   "MS Sans Serif"
      Size            =   8.25
      Charset         =   222
      Weight          =   400
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Strikethrough    =    0    'False
   EndProperty
End
Begin ComctlLib.ImageList ImageList95
   Left            =    5160
   Top             =    0
   _ExtentX        =    1005
   _ExtentY        =    1005
   BackColor       =    8421376
   ImageWidth      =    16
   ImageHeight     =    16
   _Version        =    327680
   BeginProperty Images {0713E8C2-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
      NumListImages   =    10
      BeginProperty ListImage1 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         Picture         =    "Form1.frx":131C
         Key             =    ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage2 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         Picture         =    "Form1.frx":1636
         Key             =    ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage3 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         Picture         =    "Form1.frx":1950
         Key             =    ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage4 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         Picture         =    "Form1.frx":1C6A
         Key             =    ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage5 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         Picture         =    "Form1.frx":1F84
         Key             =    ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage6 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         Picture         =    "Form1.frx":229E
         Key             =    ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage7 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         Picture         =    "Form1.frx":25B8
         Key             =    ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage8 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         Picture         =    "Form1.frx":28D2
         Key             =    ""
      EndProperty
      BeginProperty ListImage9 {0713E8C3-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}
         Picture         =    "Form1.frx":29E4
         Key             =    ""
      EndProperty
      BeginProperty       ListImage10       {0713E8C3-850A-101B-AFC0-
4210102A8DA7}
         Picture         =    "Form1.frx":2AF6
         Key             =    ""
      EndProperty
   EndProperty
End
Begin VB.Menu mnuFile
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   Caption          =    "&File"
   Begin VB.Menu mnuNew
      Caption       =    "&New"
      Shortcut      =    ^N
   End
   Begin VB.Menu mnuOpen
      Caption       =    "&Open File..."
      Shortcut      =    ^O
   End
   Begin VB.Menu mnuSave
      Caption       =    "&Save File As..."
      Shortcut      =    ^S
   End
   Begin VB.Menu mnu1
      Caption       =    "-"
   End
   Begin VB.Menu mnuProp
      Caption       =    "P&roperties"
   End
   Begin VB.Menu mnu2
      Caption       =    "-"
   End
   Begin VB.Menu mnuExit
      Caption       =    "E&xit"
   End
End
Begin VB.Menu mnuEdit
   Caption          =    "&Edit"
   Begin VB.Menu mnuEditItem
      Caption       =    "Cu&t"
      Index         =    0
      Shortcut      =    ^X
   End
   Begin VB.Menu mnuEditItem
      Caption       =    "&Copy"
      Index         =    1
      Shortcut      =    ^C
   End
   Begin VB.Menu mnuEditItem
      Caption       =    "&Paste"
      Index         =    2
      Shortcut      =    ^V
   End
   Begin VB.Menu mnu_b
      Caption       =    "-"
   End
   Begin VB.Menu clsscr
      Caption       =    "Clear Screen"
   End
End
Begin VB.Menu mnutran
   Caption          =    "&TX"
   Begin VB.Menu mnuSM
      Caption       =    "Send Message"
   End
   Begin VB.Menu mnusfnew
      Caption       =    "Send Text File"
   End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   End
   Begin VB.Menu mnur
      Caption         =   "&RX"
      Begin VB.Menu mstart
         Caption          =   "Cipher A"
      End
      Begin VB.Menu mrcva
         Caption          =   "Cipher B"
      End
      Begin VB.Menu mstop
         Caption          =   "Stop receive"
      End
      Begin VB.Menu mblkchk
         Caption          =   "-"
      End
      Begin VB.Menu mchk
         Caption          =   "Cipher B Checking"
      End
   End
   Begin VB.Menu mnuhelp
      Caption         =   "&Help"
      Begin VB.Menu mnuAbout
         Caption          =   "About Project..."
      End
   End
End
Attribute VB_Name = "Form1"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Public msg$, Fname$, ChkChr$, Title$, NLine$, StrTime$, StrTmp$, Shr$,
Smin$, store$
Public temp%, finalkey%, sc%, hr%, min%, sec%, inpkey$, keywrd$,
instart$

Private Sub Setting_Config()
    Form1.MSComm1.PortOpen = False
    Form1.MSComm1.CommPort = ComPort
    Form1.MSComm1.Settings = BaudRate & ",n,8,1"
    Form1.MSComm1.Handshaking = 0
    Form1.MSComm1.PortOpen = True
End Sub

Private Sub clsscr_Click()
Form1.Text1.Text = ""
End Sub

Private Sub Form_Initialize()
    flag = False
    hr% = 0
    min% = 0
    sec% = 0
    Shr = "00"
    Smin = "00"
    StrTmp = "00"
    ComPort% = 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    BaudRate% = 4800
    MSComm1.CommPort = ComPort%
    MSComm1.Handshaking = 2
    MSComm1.Settings = BaudRate% & ",n,8,1"
    Form2.Port.ListIndex = ComPort% - 1
    Form2.ComBaud.ListIndex = 4
    temp% = BaudRate%
    StatusBar1.Panels.Item(2).Text = temp% & ",n,8,1  com" & ComPort%
    MSComm1.PortOpen = True
End Sub

Private Sub Form_Load()
     ChDir App.Path
    ChDrive App.Path
     Text1.Move 0, 390
     Top = Screen.Height / 2 - Height / 2
    Left = Screen.Width / 2 - Width / 2
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    Text1.Width = ScaleWidth
    Text1.Height = ScaleHeight
    If ScaleHeight > 720 Then
        Text1.Height = Text1.Height - 720
    End If
End Sub

Private Sub mchk_Click()
Dim asckey As Integer
Dim txtinp As String
Dim u As Integer
Dim ss As String
Dim keywrd As String
Dim d As Boolean
Dim over As Integer
Dim orgnal As Integer
Dim ascin As Integer
Dim addvalue As Integer

          kywrd$ = InputBox("enter keyword", "KEYWORD", "")
          keywrd = UCase(kywrd$)
          txtinp = Form1.Text1.Text
          Form1.Text1.Text = ""
              u = 1
              over = 1
            Form6.Show
           Do While txtinp <> "" And u <= Len(txtinp)     'do, if it has
data input
              Form6.ProgressBar1.Max = Len(txtinp)
                  ascin = Asc(Mid(txtinp, u, 1))
                  lenkey = Len(keywrd)
                  If u <= lenkey Then
                      asckey = Asc(Mid(keywrd, u, 1))
                  Else
                      over = u Mod lenkey
                      If over <> 0 Then
                          asckey = Asc(Mid(keywrd, over, 1))
                      Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    over = over + 1
                    asckey = Asc(Mid(keywrd, over, 1))
                End If
            End If
             orgnal = (ascin - asckey)
            If Sgn(orgnal) = -1 Then
                Form6.Hide
                Exit Sub
            End If
            ss = Chr(orgnal)
            Form6.ProgressBar1.Value = u
            If u = Len(txtinp) Then
                Form6.Hide
            End If
            Form1.Text1.Text = Form1.Text1.Text + ss
        u = u + 1
      Loop
    d = True
    Form6.Hide
End Sub

Private Sub mnuabout_Click()
    Form3.Show
    'Form3.Text1.Text   =   "This   program   use   for   wireless   data
communication security"
  End Sub

Private Sub mnuchk_Click()
Dim asckey As Integer
Dim txtinp As String
Dim u As Integer
Dim ss As String
Dim keywrd As String
Dim d As Boolean
Dim over As Integer
Dim orgnal As Integer
Dim ascin As Integer
Dim addvalue As Integer

      kywrd$ = InputBox("enter keyword", "KEYWORD", "")
      keywrd = UCase(kywrd$)
      txtinp = Form1.Text1.Text
      Form1.Text1.Text = ""
          u = 1
          over = 1
        Do While txtinp <> "" And u <= Len(txtinp)    'do, if it has
data input
          Form6.ProgressBar1.Max = Len(txtinp)
              ascin = Asc(Mid(txtinp, u, 1))
              lenkey = Len(keywrd)
               If u <= lenkey Then
                  asckey = Asc(Mid(keywrd, u, 1))
              Else
                  over = u Mod lenkey
                  If over <> 0 Then
                      asckey = Asc(Mid(keywrd, over, 1))
                  Else
                      over = over + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    asckey = Asc(Mid(keywrd, over, 1))
                End If
            End If
             orgnal = (ascin - asckey)
             ss = Chr(orgnal)
             Form6.ProgressBar1.Value = u
            If u = Len(txtinp) Then
                Form6.Hide
            End If
            Form1.Text1.Text = Form1.Text1.Text + ss
        u = u + 1
        'count = count + 1
      Loop
    d = True
End Sub
Private Sub mnuexit_Click()
    MSComm1.PortOpen = False
    Form5.Hide
    End
End Sub
  Private Sub mnuOpen_Click()
    Comdlg.filename = "*.txt"
    Comdlg.Filter = "All Files (*.*)|*.*|Text Files (*.txt)|*.txt|Batch
Files (*.bat)|*.bat"
    Comdlg.FilterIndex = 2
    Comdlg.Flags = &H4&
    Comdlg.DialogTitle = "Open File"
    Comdlg.ShowOpen
    Fname$ = Comdlg.filename
    filenum = FreeFile
    If Fname$ <> "*.txt" Then
        Open Fname$ For Input As filenum
          Text1.Text = Input(LOF(filenum), filenum)
       Close filenum
     End If
End Sub

Private Sub mnuprop_Click()
    MSComm1.PortOpen = False
    Form2.Show
End Sub

Private Sub mnur_Click()
     If MSComm1.PortOpen = False Then
       MSComm1.PortOpen = True
    End If
    Timer2.Enabled = True
    Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub mnuSave_Click()
    Comdlg.filename = "Untitled"
     Comdlg.Filter    =    "Text    Files    (*.txt)|*.txt|Encrypt    File
(*.ecp)|*.ecp"
    Comdlg.FilterIndex = 2
    Comdlg.Flags = &H4& Or &H2&
    Comdlg.DialogTitle = "Save File As"
    Comdlg.ShowSave
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Fname$ = Comdlg.filename
    filenum = FreeFile
    Open Fname$ For Output As filenum
    Print #filenum, Text1.Text
    Close filenum
End Sub

Private Sub mnuSF_Click()
    Exit Sub
    Dim Idx As Integer
    Dim E As Boolean
 '''' send file and check outbuffersize(1024)
     mnuOpen_Click
    E = False
    yoon$ = Text1.Text
'---------------------------------
    Dim c_long As Integer
    Dim fa As Integer
    Dim ka As Integer
    Dim sum As Integer
    Dim dm As String
    Dim key As String
    Dim count As Integer
    Dim over As Integer

     key = Textkey.Text
    c_long = Len(key)
    count = 1

     ''''''''' encryption '''''''''
       Do While yoon$ <> "" And count <= 100
            fa = Asc(Mid(UCase$(yoon$), count, 1))
             If count <= c_long Then
              ka = Asc(Mid(UCase$(key), count, 1))
            Else
             over = count Mod c_long
              If over <> 0 Then
               ka = Asc(Mid(UCase$(key), over, 1))
              Else
               over = over + 1
               ka = Asc(Mid(UCase$(key), over, 1))
              End If
           End If
          sum = fa + ka
          da = Chr(sum)
          'Text2.Text = Text2.Text + da
          'aa$ = Form1.Text1.Text
          gofor$ = gofor$ + da
          count = count + 1
        Loop
''''''''''''
    Text1.Text = ""
    Text1.Text = gofor$
 ''End Sub
'---------------------------------
    before$ = Text1.Text
Do While before$ <> "" And E = False
    If MSComm1.OutBufferCount = 0 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            'before$ = Text1.Text
            'Text1.Text = Left(Text1.Text)
            MSComm1.Output = Left(before$, MSComm1.OutBufferSize)
            before$ = Mid(before$, MSComm1.OutBufferSize)
            'Text1.Text = mid(Text1.Text, MSComm1.OutBufferSize)
            'aa$ = Text1.Text
            If Len(before$) > 0 Then
                If MsgBox("data inside = " + CStr(Len(before$)) + " Do
you want to send?", vbYesNo + vbQuestion) = vbNo Then
                    E = True
                End If
            End If
        End If
    Loop
    If E = True Then
        MsgBox "interrupt by user "
    Else
        MsgBox "interrupt by user"
    End If
End Sub

Private Sub mnusfnew_Click()
    Form5.Show
    Form5.Left = 3630
    Form5.Top = 345
End Sub

Private Sub mnuSM_Click()
    Form4.Show
End Sub

Private Sub mrcva_Click()
''case cypher B
    instart$ = "cypherb"
    Text1.Text = ""
    mrcva.Checked = True
    mstart.Checked = False
    mstop.Checked = False
    If MSComm1.PortOpen = False Then
       MSComm1.PortOpen = True
    End If
    Timer2.Enabled = True
    Timer1.Enabled = True
End Sub

Private Sub mstart_Click()
''case cypher A
    instart$ = "cyphera"
    Form7.Show
    mstart.Checked = True
    mrcva.Checked = False
    mstop.Checked = False
    If MSComm1.PortOpen = False Then
       MSComm1.PortOpen = True
    End If
    Timer2.Enabled = True
    Timer1.Enabled = True
    'StatusBar1.Panels(1).Text = shr & ":" & smin & ":" & strtmp$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub mstop_Click()
    mstart.Checked = False
    mrcva.Checked = False
    mstop.Checked = True
    If MSComm1.PortOpen = True Then
       MSComm1.PortOpen = False
    End If
    Timer2.Enabled = False
    Timer1.Enabled = False
    Shr = "00"
    Smin = "00"
    StrTmp = "00"
    hr% = 0
    min% = 0
    sec% = 0
    StatusBar1.Panels.Item(1).Text = ""
End Sub

Private Sub Timer_Counter()
    'StrTime$ = Time$
    sec% = sec + 1
    If sec% = 60 Then
        sec% = 0
        min% = min% + 1
        If min% = 60 Then
            min% = 0
            hr% = hr% + 1
            Shr$ = hr
            If hr% < 10 Then
               Shr$ = "0" & Shr$
            End If
        End If
        Smin$ = min%
        If min% < 10 Then
            Smin$ = "0" & Smin$
        End If
    End If
    StrTmp$ = sec%
    If sec% < 10 Then
        StrTmp$ = "0" & StrTmp$
    End If
    StatusBar1.Panels(1).Text = Shr & ":" & Smin & ":" & StrTmp$
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
Dim txtkey As String
Dim u As Integer
Dim eachkey As Integer
Dim finalkey As Integer
Dim ascinput As Integer
Dim a As Integer
Dim d As Boolean
Dim keyrcv As Integer
Dim chrinput As String
Dim add As Integer
Dim alldata As String
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim ascin As Integer
Dim keylong As Integer
Dim asckey As Integer
Dim over As Integer
Dim orgnal As String
Dim newvalue As String
Dim goahead As Integer

txtkey = UCase(Form7.txtkywrd.Text)
u = 1
Do While u <= Len(txtkey)
    eachkey = Asc(Mid(txtkey, u, 1))
    finalkey% = finalkey% + eachkey
    u = u + 1
Loop
    finalkey% = finalkey% Mod 65
 a = 1
''case  Cipher A ''
If MSComm1.InBufferCount > 0 And instart$ = "cyphera" Then
     d = False
     chrinput = MSComm1.Input
    Do While Len(chrinput) >= a And d = False
        ascinput = Asc(Mid(chrinput, a, 1))
        add = ascinput - finalkey%
        orgnal = Chr(add)
        Text1.Text = Text1.Text + orgnal
         a = a + 1
    Loop
     d = True
End If

'' case Cipher B ''
  If MSComm1.InBufferCount > 0 And instart$ <> "cyphera" Then
     chrinput = MSComm1.Input
     Text1.Text = Text1.Text + chrinput
  End If
  End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
    StrTime$ = Time$
    sc% = Second(StrTime$)
    If sc% <> temp% Then
        temp% = sc%
        Timer_Counter
    End If
End Sub
Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As Button)
    Select Case Button.Index
    Case 1
        Text1.Text = ""
    Case 2
        mnuOpen_Click
    Case 3
        mnuSave_Click
    Case 5
        mnusfnew_Click
        'mnuSF_Click
    Case 6
        mnuSM_Click
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Case 8
        mnuprop_Click
    Case 9
        mnuabout_Click
    Case 11
        End
    End Select
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Object = "{BDC217C8-ED16-11CD-956C-0000C04E4C0A}#1.1#0"; "TABCTL32.OCX"
Begin VB.Form Form2
   Caption         =   "Communication Setting"
   ClientHeight    =   4275
   ClientLeft      =   1110
   ClientTop       =   1485
   ClientWidth     =   4185
   LinkTopic       =   "Form2"
   PaletteMode     =   1  'UseZOrder
   ScaleHeight     =   4275
   ScaleWidth      =   4185
   Begin VB.CommandButton Command2
      Caption         =   "Cancel"
      Height          =   375
      Left            =   3000
      TabIndex        =   1
      Top             =   3840
      Width           =   1095
   End
   Begin VB.CommandButton Command1
      Caption         =   "OK"
      Height          =   375
      Left            =   1800
      TabIndex        =   0
      Top             =   3840
      Width           =   1095
   End
   Begin TabDlg.SSTab SSTab1
      Height          =   3615
      Left            =   120
      TabIndex        =   2
      Top             =   120
      Width           =   3975
      _ExtentX        =   7011
      _ExtentY        =   6376
      _Version        =   327680
      Style           =   1
      Tabs            =   2
      TabsPerRow      =   4
      TabHeight       =   529
      BeginProperty Font {0BE35203-8F91-11CE-9DE3-00AA004BB851}
         Name            =   "MS Sans Serif"
         Size            =   8.25
         Charset         =   222
         Weight          =   400
         Underline       =   0   'False
         Italic          =   0   'False
         Strikethrough   =   0   'False
      EndProperty
      TabCaption(0)   =   "General"
      TabPicture(0)   =   "Form2.frx":0000
      Tab(0).ControlCount=   5
      Tab(0).ControlEnabled=   -1  'True
      Tab(0).Control(0)=   "Label1"
      Tab(0).Control(0).Enabled=   0   'False
      Tab(0).Control(1)=   "Line1"
      Tab(0).Control(1).Enabled=   0   'False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Tab(0).Control(2)=   "Image1"
Tab(0).Control(2).Enabled=   0   'False
Tab(0).Control(3)=   "Port"
Tab(0).Control(3).Enabled=   0   'False
Tab(0).Control(4)=   "Frame1"
Tab(0).Control(4).Enabled=   0   'False
TabCaption(1)   =   "Connection"
TabPicture(1)   =   "Form2.frx":001C
Tab(1).ControlCount=   1
Tab(1).ControlEnabled=   0   'False
Tab(1).Control(0)=   "Frame2"
Tab(1).Control(0).Enabled=   0   'False
Begin VB.Frame Frame1
   Caption          =   "Buad Rate"
   Height           =   1215
   Left             =   240
   TabIndex         =   15
   Top              =   2160
   Width            =   3495
   Begin VB.ComboBox ComBaud
      Height           =   330
      ItemData         =   "Form2.frx":0038
      Left             =   480
      List             =   "Form2.frx":0051
      TabIndex         =   16
      Text             =   "9600"
      Top              =   480
      Width            =   2535
   End
End
Begin VB.ComboBox Port
   Height           =   330
   ItemData         =   "Form2.frx":007E
   Left             =   720
   List             =   "Form2.frx":008E
   TabIndex         =   14
   Top              =   1440
   Width            =   2535
End
Begin VB.Frame Frame2
   Caption          =   "Conection preferences"
   Height           =   3015
   Left             =   -74880
   TabIndex         =   3
   Top              =   480
   Width            =   3735
   Begin VB.ComboBox Combo3
      Height           =   330
      ItemData         =   "Form2.frx":00FE
      Left             =   960
      List             =   "Form2.frx":0111
      TabIndex         =   10
      Text             =   "8"
      Top              =   360
      Width            =   1815
   End
   Begin VB.ComboBox Combo4
      Height           =   330
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   ItemData        =   "Form2.frx":0124
   Left            =   960
   List            =   "Form2.frx":0131
   TabIndex        =   9
   Text            =   "None"
   Top             =   840
   Width           =   1815
End
Begin VB.ComboBox Combo5
   Height          =   330
   ItemData        =   "Form2.frx":0146
   Left            =   960
   List            =   "Form2.frx":0153
   TabIndex        =   8
   Text            =   "1"
   Top             =   1320
   Width           =   1815
End
Begin VB.Frame Frame3
   Height          =   1095
   Left            =   120
   TabIndex        =   4
   Top             =   1800
   Width           =   3495
   Begin VB.CheckBox Check1
      Caption         =   "Use flow control"
      Height          =   195
      Left            =   120
      TabIndex        =   7
      Top             =   0
      Width           =   1575
   End
   Begin VB.OptionButton Option1
      Caption         =   "Hardware (RTS/CTS)"
      Height          =   195
      Left            =   360
      TabIndex        =   6
      Top             =   360
      Width           =   2655
   End
   Begin VB.OptionButton Option2
      Caption         =   "Software (XON/OFF)"
      Height          =   255
      Left            =   360
      TabIndex        =   5
      Top             =   720
      Width           =   2655
   End
End
Begin VB.Label Label2
   Caption         =   "Data bits:"
   Height          =   255
   Left            =   120
   TabIndex        =   13
   Top             =   360
   Width           =   735
End
Begin VB.Label Label3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Caption         =   "Parity:"
            Height          =   255
            Left            =   120
            TabIndex        =   12
            Top             =   840
            Width           =   735
         End
         Begin VB.Label Label4
            Caption         =   "Stop bits:"
            Height          =   255
            Left            =   120
            TabIndex        =   11
            Top             =   1320
            Width           =   735
         End
      End
      Begin VB.Image Image1
         Height          =   480
         Left            =   240
         Picture         =   "Form2.frx":0162
         Top             =   600
         Width           =   480
      End
      Begin VB.Line Line1
         BorderColor     =   &H00E0E0E0&
         X1              =   240
         X2              =   3720
         Y1              =   1200
         Y2              =   1200
      End
      Begin VB.Label Label1
         Caption         =   "Port:"
         Height          =   255
         Left            =   240
         TabIndex        =   17
         Top             =   1440
         Width           =   495
      End
   End
End
Attribute VB_Name = "Form2"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Public ComPort%, BaudRate%
Private Sub Setting_Baud()
    Select Case ComBaud.ListIndex
    Case 0
        BaudRate% = 110
    Case 1
        BaudRate% = 300
    Case 2
        BaudRate% = 1200
    Case 3
        BaudRate% = 2400
    Case 4
        BaudRate% = 4800
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Case 5
        BaudRate% = 9600
    Case 6
        BaudRate% = 19200
    End Select
End Sub


Private Sub Setting_Port()
    Select Case Port.ListIndex
    Case 0
        ComPort = 1
    Case 1
        ComPort = 2
    Case 2
        ComPort = 3
    Case 3
        ComPort = 4
    End Select
End Sub

Private Sub Check1_Click()
    If Check1.Value = 0 Then
        Option1.Enabled = False
        Option2.Enabled = False
    Else
        Option1.Enabled = True
        Option2.Enabled = True
    End If
End Sub

Private Sub Command1_Click()
    Setting_Port
    Setting_Baud
    Hide
    Form1.MSComm1.CommPort = ComPort%
    Form1.MSComm1.Handshaking = 0
    Form1.MSComm1.Settings = BaudRate% & ",n,8,1"
    Form1.StatusBar1.Panels.Item(2).Text = BaudRate% & ",n,8,1  com" &
ComPort
    Form1.MSComm1.PortOpen = True
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Hide
    'Form1.Show
End Sub

Private Sub Form_Initialize()
    Port.ListIndex = 0
End Sub

Private Sub Form_Load()
    If Check1.Value = 0 Then
        Option1.Enabled = False
        Option2.Enabled = False
End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Begin VB.Form Form3
   BackColor       =   &H00C0FFFF&
   BorderStyle     =   3  'Fixed Dialog
   Caption         =   "About WDCS"
   ClientHeight    =   5655
   ClientLeft      =   390
   ClientTop       =   945
   ClientWidth     =   7695
   ClipControls    =   0   'False
   ForeColor       =   &H80000017&
   LinkTopic       =   "Form3"
   MaxButton       =   0   'False
   MinButton       =   0   'False
   PaletteMode     =   1  'UseZOrder
   ScaleHeight     =   5655
   ScaleWidth      =   7695
   ShowInTaskbar   =   0   'False
   Begin VB.Frame Frame2
      BackColor       =   &H00C0FFFF&
      Height          =   735
      Left            =   1560
      TabIndex        =   5
      Top             =   4320
      Width           =   1695
      Begin VB.CommandButton Cmdcel
         Caption         =   "Cancel"
         Height          =   375
         Left            =   240
         TabIndex        =   6
         Top             =   240
         Width           =   1215
      End
   End
   Begin VB.Frame Frame1
      BackColor       =   &H00C0FFFF&
      Caption         =   "Cipher Type "
      ForeColor       =   &H00FF0000&
      Height          =   735
      Left            =   5040
      TabIndex        =   1
      Top             =   4320
      Width           =   2295
      Begin VB.CommandButton CmdB
         Caption         =   "B"
         Height          =   375
         Left            =   1320
         TabIndex        =   3
         Top             =   240
         Width           =   735
      End
      Begin VB.CommandButton CmdA
         Caption         =   "A"
         Height          =   375
         Left            =   240
         TabIndex        =   2
         Top             =   240
         Width           =   735
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   End
End
Begin VB.Label Label2
   BackColor       =   &H00C0FFFF&
   Caption         =   "Basic of Data Encrytion "
   BeginProperty Font
      Name            =   "Courier New"
      Size            =   9
      Charset         =   0
      Weight          =   700
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height          =   495
   Left            =   4920
   TabIndex        =   4
   Top             =   5160
   Width           =   3135
End
Begin VB.Image ImgB
   Height          =   4125
   Left            =   2040
   Picture         =   "Form3.frx":0000
   Top             =   5040
   Width           =   2730
End
Begin VB.Image Image1
   Height          =   3615
   Left            =   360
   Picture         =   "Form3.frx":24CEE
   Top             =   600
   Width           =   4335
End
Begin VB.Image ImgA
   Height          =   4125
   Left            =   4920
   Picture         =   "Form3.frx":57E54
   Top             =   240
   Width           =   2730
End
Begin VB.Label Label1
   Alignment       =   2  'Center
   BackColor       =   &H00C0C0C0&
   BackStyle       =   0  'Transparent
   Caption         =   "Hardware Configuration"
   BeginProperty Font
      Name            =   "Angsana New"
      Size            =   20.25
      Charset         =   222
      Weight          =   400
      Underline       =   -1  'True
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   ForeColor       =   &H00C00000&
   Height          =   495
   Left            =   120
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      TabIndex        =   0
      Top             =   0
      Width           =   4575
   End
End
Attribute VB_Name = "Form3"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False

Private Sub Command1_Click()
    Exit Sub
End Sub

Private Sub CmdA_Click()
    ImgA.Visible = True
    ImgB.Visible = False
    ImgB.Height = 4125
    ImgB.Left = 4920
    ImgB.Top = 240
    ImgB.Width = 2730
End Sub

Private Sub CmdB_Click()
    ImgA.Visible = False
    ImgB.Visible = True
    ImgB.Height = 4125
    ImgB.Left = 4920
    ImgB.Top = 240
    ImgB.Width = 2730
End Sub

 Private Sub Cmdcel_Click()
    Hide
End Sub

Private Sub Form_Load()
    ImgB.Visible = False
    Form3.Top = 735
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Begin VB.Form Form4
   BorderStyle     =   3  'Fixed Dialog
   Caption         =   "Message Encryption"
   ClientHeight    =   3270
   ClientLeft      =   1485
   ClientTop       =   2025
   ClientWidth     =   6255
   LinkTopic       =   "Form4"
   MaxButton       =   0   'False
   MinButton       =   0   'False
   PaletteMode     =   1  'UseZOrder
   ScaleHeight     =   3270
   ScaleWidth      =   6255
   ShowInTaskbar   =   0   'False
   Begin VB.CommandButton MsgOK
      Caption         =   "&OK"
      Height          =   375
      Left            =   360
      TabIndex        =   1
      Top             =   1920
      Width           =   975
   End
   Begin VB.TextBox TextMsg
      BackColor       =   &H00FFFFFF&
      Height          =   375
      Left            =   1560
      TabIndex        =   0
      Top             =   240
      Width           =   4455
   End
   Begin VB.Frame Frame1
      Height          =   3135
      Left            =   120
      TabIndex        =   2
      Top             =   0
      Width           =   6015
      Begin VB.Frame Frame2
         BackColor       =   &H00C0C0C0&
         Caption         =   "Cypher Mode"
         ForeColor       =   &H00FF0000&
         Height          =   1215
         Left            =   1440
         TabIndex        =   7
         Top             =   1680
         Width           =   4455
         Begin VB.OptionButton Optionb
            Caption         =   "CIPHER B"
            Height          =   375
            Left            =   2880
            TabIndex        =   9
            Top             =   480
            Width           =   1215
         End
         Begin VB.OptionButton Optiona
            Caption         =   "CIPHER A"
            Height          =   375
            Left            =   600
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      TabIndex        =   8
      Top             =   480
      Width           =   1455
   End
End
Begin VB.TextBox Textkey
   BackColor       =   &H00FFFFFF&
   ForeColor       =   &H000000FF&
   Height          =   375
   IMEMode         =   3  'DISABLE
   Left            =   1440
   PasswordChar    =   "*"
   TabIndex        =   6
   Top             =   960
   Width           =   4455
End
Begin VB.CommandButton MsgCancel
   Caption         =   "&Cancel"
   Height          =   375
   Left            =   240
   TabIndex        =   3
   Top             =   2520
   Width           =   975
End
Begin VB.Label Label2
   Caption         =   "Keyword   : "
   BeginProperty Font
      Name            =   "MS Sans Serif"
      Size            =   9.75
      Charset         =   222
      Weight          =   400
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height          =   375
   Left            =   120
   TabIndex        =   5
   Top             =   960
   Width           =   1215
End
Begin VB.Label Label1
   Caption         =   "Message  :"
   BeginProperty Font
      Name            =   "MS Sans Serif"
      Size            =   9.75
      Charset         =   222
      Weight          =   400
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height          =   375
   Left            =   120
   TabIndex        =   4
   Top             =   360
   Width           =   1215
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   End
End
Attribute VB_Name = "Form4"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
 Public before$
Private Sub Command1_Click()
Dim i As Integer
ProgressBar1.Max = 90
For i = 1 To 80
ProgressBar1.Value = i
Next i
 End Sub

 Private Sub MsgCancel_Click()
    TextMsg.Text = ""
    TextMsg.SetFocus
    Hide
End Sub

Private Sub MsgOK_Click()
    Dim txtkey As String
    Dim u As Integer
    Dim eachkey As Integer
    Dim finalkey As Integer
    Dim ascinput As Integer
    Dim a As Integer
    Dim sumasc As Integer
    Dim chrsum As String
    Dim trnfer As String
    Dim d_i_a As Integer
    Dim count As Integer
    Dim lenkey As Integer
    Dim over As Integer

Form1.Text1.Text = ""
If Textkey.Text = "" Then
     If MsgBox("If you don't enter keyword,It'll work as PLAIN MODE",
vbYesNo + vbQuestion, "[-Keyword for Encryption-]") = vbYes Then
        Form1.Text1.ForeColor = QBColor(9)
        Form1.Text1.Text = TextMsg.Text
''''''
    Dim E As Boolean
    E = False
    before$ = Form1.Text1.Text
     Do While before$ <> "" And E = False
        If Form1.MSComm1.OutBufferCount = 0 Then
            Form1.MSComm1.Output = Left(before$,
Form1.MSComm1.OutBufferSize)
            before$ = Mid(before$, Form1.MSComm1.OutBufferSize)
            If Len(before$) > 0 Then
                If MsgBox("data inside = " + CStr(Len(before$)) + "
Byte. Do you want to send?", vbYesNo + vbQuestion, "DATA INSIDE") = vbNo
Then
                    E = True
                End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            End If
        End If
    Loop
        If E = True Then
            MsgBox "interrupt by user "
            Hide
            Exit Sub
        Else
            MsgBox "interrupt by user"
        End If
''''''
    Form1.MSComm1.Output = Left(before$, Form1.MSComm1.OutBufferSize)
        Hide
        Exit Sub
     Else   'comment yes/no when don't have keyword
        Exit Sub
     End If
Else 'comment when have keyword
    Txtinput = TextMsg.Text
    txtkey = UCase(Textkey.Text)
    lenkey = Len(txtkey)
    If Optiona.Value Then
    u = 1
    a = 1
    Do While u <= Len(txtkey)
        eachkey = Asc(Mid(txtkey, u, 1))
        finalkey = finalkey + eachkey
        u = u + 1
    Loop
        finalkey = finalkey Mod 65
         If finalkey = 0 Then
            finalkey = finalkey + 1
        End If
     Do While Txtinput <> "" And a <= Len(Txtinput)
        ascinput = Asc(Mid(Txtinput, a, 1))
        sumasc = ascinput + finalkey
        chrsum = Chr(sumasc)
        Form1.Text1.ForeColor = QBColor(12)
        Form1.Text1.Text = Form1.Text1.Text + chrsum
        trnfer = Form1.Text1.Text
        a = a + 1
     Loop
        Form1.MSComm1.Output = trnfer
    Else
        count = 1
        Do While TextMsg.Text <> "" And count <= Len(Txtinput)
            ascinput = Asc(Mid(Txtinput, count, 1))
             If count <= lenkey Then
               eachkey = Asc(Mid(UCase(txtkey), count, 1))
             Else
               over = count Mod lenkey
                 If over <> 0 Then
                   eachkey = Asc(Mid(UCase(txtkey), over,1))
                 Else
                   over = over + 1
                   eachkey = Asc(Mid(UCase(txtkey), over,1))
                 End If
             End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            sumasc = ascinput + eachkey
            chrsum = Chr(sumasc)
            Form1.Text1.ForeColor = QBColor(12)
            Form1.Text1.Text = Form1.Text1.Text + chrsum
            trnfer = Form1.Text1.Text
            count = count + 1
        Loop
            Form1.MSComm1.Output = trnfer
    End If
      Hide
End If
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Object = "{F9043C88-F6F2-101A-A3C9-08002B2F49FB}#1.1#0"; "COMDLG32.OCX"
Begin VB.Form Form5
   Caption         =   "File Encryption"
   ClientHeight    =   6045
   ClientLeft      =   1635
   ClientTop       =   855
   ClientWidth     =   5400
   LinkTopic       =   "Form5"
   ScaleHeight     =   6045
   ScaleWidth      =   5400
   Begin MSComDlg.CommonDialog Comdlg
      Left            =   4200
      Top             =   240
      _ExtentX        =   847
      _ExtentY        =   847
      _Version        =   327680
   End
   Begin VB.Frame Frame2
      Caption         =   "Cypher Mode"
      ForeColor       =   &H00FF0000&
      Height          =   1215
      Left            =   1920
      TabIndex        =   7
      Top             =   4560
      Width           =   3255
      Begin VB.OptionButton Optcypb
         Caption         =   "CIPHER B"
         Height          =   375
         Left            =   1920
         TabIndex        =   9
         Top             =   480
         Width           =   1215
      End
      Begin VB.OptionButton Optcypa
         Caption         =   "CIPHER A"
         Height          =   375
         Left            =   240
         TabIndex        =   8
         Top             =   480
         Width           =   1335
      End
   End
   Begin VB.CommandButton Command1
      Caption         =   "&Cancel"
      Height          =   375
      Left            =   240
      TabIndex        =   6
      Top             =   5400
      Width           =   1335
   End
   Begin VB.TextBox Textkey
      BackColor       =   &H00FFFFFF&
      BeginProperty Font
         Name            =   "MS Sans Serif"
         Size            =   9.75
         Charset         =   222
         Weight          =   700
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   ForeColor       =   &H00FF0000&
   Height          =   495
   IMEMode         =   3   'DISABLE
   Left            =   1920
   PasswordChar    =   "*"
   TabIndex        =   5
   Text            =   " "
   Top             =   3840
   Width           =   3255
End
Begin VB.Frame Frame1
   BeginProperty Font
      Name            =   "MS Sans Serif"
      Size            =   8.25
      Charset         =   222
      Weight          =   700
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
   EndProperty
   Height          =   615
   Left            =   240
   TabIndex        =   3
   Top             =   3720
   Width           =   1335
   Begin VB.Label Label1
      Caption         =   "KEYWORD"
      BeginProperty Font
         Name            =   "Angsana New"
         Size            =   14.25
         Charset         =   0
         Weight          =   700
         Underline       =   -1  'True
         Italic          =   0   'False
         Strikethrough   =   0   'False
      EndProperty
      ForeColor       =   &H000000FF&
      Height          =   375
      Left            =   120
      TabIndex        =   4
      Top             =   120
      Width           =   1095
   End
End
Begin VB.CommandButton Cmdshow
   Caption         =   "Show  File"
   BeginProperty Font
      Name            =   "MS Sans Serif"
      Size            =   9.75
      Charset         =   222
      Weight          =   400
      Underline       =   0   'False
      Italic          =   0   'False
      Strikethrough   =   0   'False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      EndProperty
      Height            =   375
      Left              =   240
      TabIndex          =   2
      Top               =   240
      Width             =   1335
   End
   Begin VB.CommandButton Cmdsend
      Caption           =   "&Send"
      BeginProperty Font
         Name           =   "MS Sans Serif"
         Size           =   9.75
         Charset        =   222
         Weight         =   400
         Underline      =   0   'False
         Italic         =   0   'False
         Strikethrough  =   0   'False
      EndProperty
      Height            =   375
      Left              =   240
      TabIndex          =   1
      Top               =   4800
      Width             =   1335
   End
   Begin VB.TextBox Text2
      Height            =   2415
      Left              =   240
      MultiLine         =   -1  'True
      ScrollBars        =   3   'Both
      TabIndex          =   0
      Top               =   960
      Width             =   4935
   End
End
Attribute VB_Name = "Form5"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Public Fname$
Private Sub Cmdsend_Click()

If Form5.Textkey.Text = "" Then
     If MsgBox("If you don't enter keyword,It'll work as PLAIN MODE",
vbYesNo + vbQuestion, "[-Keyword for Encryption-]") = vbYes Then
        Form1.Text1.ForeColor = QBColor(9)
        Form1.Text1.Text = Text2.Text
''''''
    Dim E As Boolean
    E = False
    before$ = Form1.Text1.Text
     Do While before$ <> "" And E = False
        If Form1.MSComm1.OutBufferCount = 0 Then
            Form1.MSComm1.Output = Left(before$,
Form1.MSComm1.OutBufferSize)
            before$ = Mid(before$, Form1.MSComm1.OutBufferSize)
            If Len(before$) > 0 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                If MsgBox("data inside = " + CStr(Len(before$)) + "
Byte. Do you want to send?", vbYesNo + vbQuestion, "DATA INSIDE") = vbNo
Then
                    E = True
                End If
            End If
        End If
    Loop
        If E = True Then
            MsgBox "interrupt by user "
            Hide
            Exit Sub
        Else
            MsgBox "interrupt by user"
        End If
''''''
    Form1.MSComm1.Output = Left(before$, Form1.MSComm1.OutBufferSize)
        Hide
        Exit Sub
     Else   'comment yes/no when don't have keyword
        Exit Sub
     End If
 Else 'comment when have keyword
    Form6.Show
    Dim txtkey As String
    Dim u As Integer
    Dim eachkey As Integer
    Dim finalkey As Integer
    Dim ascinput As Integer
    Dim a As Integer
    Dim sumasc As Integer
    Dim chrsum As String
    Dim trnfer As String
    Dim d_i_a As Integer
    Dim count As Integer
    Dim lenkey As Integer
    Dim over As Integer
    Txtinput = Text2.Text
    txtkey = UCase(Textkey.Text)
    lenkey = Len(txtkey)
If Optcypa.Value Then
    u = 1
    a = 1
    Do While u <= Len(txtkey)
        eachkey = Asc(Mid(txtkey, u, 1))
        finalkey = finalkey + eachkey
        u = u + 1
    Loop
        finalkey = finalkey Mod 65
        If finalkey = 0 Then
            finalkey = finalkey + 1
        End If
    Do While Txtinput <> "" And a <= Len(Txtinput)
        Form6.ProgressBar1.Max = Len(Txtinput)
        ascinput = Asc(Mid(Txtinput, a, 1))
        sumasc = ascinput + finalkey
        chrsum = Chr(sumasc)
        Form6.ProgressBar1.Value = a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        If a = Len(Txtinput) Then
           Form6.Hide
        End If
         Form1.Text1.ForeColor = QBColor(12)
         Form1.Text1.Text = Form1.Text1.Text + chrsum
         trnfer = Form1.Text1.Text
         a = a + 1
    Loop
Else
        count = 1
        Do While Text2.Text <> "" And count <= Len(Txtinput)
            Form6.ProgressBar1.Max = Len(Txtinput)
              ascinput = Asc(Mid(Txtinput, count, 1))
              If count <= lenkey Then
                eachkey = Asc(Mid(UCase(txtkey), count, 1))
              Else
                over = count Mod lenkey
                  If over <> 0 Then
                    eachkey = Asc(Mid(UCase(txtkey), over,1))
                  Else
                    over = over + 1
                    eachkey = Asc(Mid(UCase(txtkey), over,1))
                  End If
              End If
             sumasc = ascinput + eachkey
             chrsum = Chr(sumasc)
             Form6.ProgressBar1.Value = count
             If count = Len(Txtinput) Then
                Form6.Hide
             End If
             Form1.Text1.ForeColor = QBColor(12)
             Form1.Text1.Text = Form1.Text1.Text + chrsum
             trnfer = Form1.Text1.Text
             count = count + 1
        Loop
 End If

    Dim r As Boolean
    Dim overf As String
    r = False
overf = trnfer
      Do While overf <> "" And r = False
        If Form1.MSComm1.OutBufferCount = 0 Then
            Form1.MSComm1.Output = Left(overf,
Form1.MSComm1.OutBufferSize)
            overf = Mid(overf, Form1.MSComm1.OutBufferSize)
            If Len(overf) > 0 Then
                If MsgBox("data inside = " + CStr(Len(overf)) + " Byte.
Do you want to send?", vbYesNo + vbQuestion, "DATA INSIDE") = vbNo Then
                    r = True
                End If
            End If
        End If
     Loop
        If r = True Then
            MsgBox "interrupt by user "
            Hide
            Exit Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Else
            MsgBox "interrupt by user"
        End If
    '''''
    Form1.MSComm1.Output = overf
  End If
  Exit Sub
  Hide
 End Sub

Private Sub Cmdshow_Click()
    Text2.Text = ""
    Comdlg.filename = "*.txt"
    Comdlg.Filter = "Text Files(*.txt)|*.txt|Encrypted Files
(*.ecp)|*.ecp"
    Comdlg.FilterIndex = 1
    Comdlg.Flags = &H4&
    Comdlg.DialogTitle = "Open File"
    Comdlg.ShowOpen
    Fname$ = Comdlg.filename
    Filenum = FreeFile
    If Fname$ <> "*.txt" Then
        Open Fname$ For Input As Filenum
           Text2.Text = Input(LOF(Filenum), Filenum)
        Close Filenum                          ' Close the file.
    End If
End Sub

Private Sub Command1_Click()
Hide
End Sub

Private Sub Form_Load()
Text2.Text = ""
Textkey.Text = ""
Form1.Text1.Text = ""
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Object = "{6B7E6392-850A-101B-AFC0-4210102A8DA7}#1.1#0"; "COMCTL32.OCX"
Begin VB.Form Form6
   Caption         =   "Encrypting and Transmitting"
   ClientHeight    =   1185
   ClientLeft      =   2025
   ClientTop       =   2535
   ClientWidth     =   4215
   LinkTopic       =   "Form6"
   ScaleHeight     =   1185
   ScaleWidth      =   4215
   Begin VB.Frame Frame1
      Height          =   1215
      Left            =   0
      TabIndex        =   0
      Top             =   0
      Width           =   4335
      Begin ComctlLib.ProgressBar ProgressBar1
         Height          =   375
         Left            =   120
         TabIndex        =   1
         Top             =   600
         Width           =   3975
         _ExtentX        =   7011
         _ExtentY        =   661
         _Version        =   327680
         Appearance      =   1
         MouseIcon       =   "from6.frx":0000
      End
   End
End
Attribute VB_Name = "Form6"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
Private Sub Form_Load()
Form6.Left = 165
Form6.Top = 2670
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
VERSION 5.00
Begin VB.Form Form7
   Caption         =   "Keyword Decrypt Message"
   ClientHeight    =   2085
   ClientLeft      =   1695
   ClientTop       =   2220
   ClientWidth     =   5640
   LinkTopic       =   "Form7"
   ScaleHeight     =   2085
   ScaleWidth      =   5640
   Begin VB.CommandButton Canclkey
      Caption          =   "Cancel"
      Height           =   375
      Left             =   4200
      TabIndex         =   4
      Top              =   1560
      Width            =   855
   End
   Begin VB.CommandButton Cmdkeyin
      Caption          =   "Ok"
      Height           =   375
      Left             =   600
      TabIndex         =   3
      Top              =   1560
      Width            =   855
   End
   Begin VB.Frame Frame1
      Height           =   735
      Left             =   360
      TabIndex         =   0
      Top              =   600
      Width            =   4935
      Begin VB.TextBox txtkywrd
         Height           =   375
         IMEMode          =   3  'DISABLE
         Left             =   240
         PasswordChar     =   "*"
         TabIndex         =   1
         Top              =   240
         Width            =   4455
      End
   End
   Begin VB.Label Label1
      BackColor        =   &H00C0C0C0&
      Caption          =   " KEYWORD :"
      ForeColor        =   &H00FF0000&
      Height           =   375
      Left             =   360
      TabIndex         =   2
      Top              =   240
      Width            =   1215
   End
End
Attribute VB_Name = "Form7"
Attribute VB_GlobalNameSpace = False
Attribute VB_Creatable = False
Attribute VB_PredeclaredId = True
Attribute VB_Exposed = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Public inpkey$, finalkey%

Private Sub Canclkey_Click()
    Hide
End Sub

Private Sub Cmdkeyin_Click()
    inpkey = txtkywrd.Text
    Hide
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XR-2206

Monolithic Function Generator

EXAR ...the analog plus company™

June 1997-3

FEATURES

- Low-Sine Wave Distortion, 0.5%, Typical
- Excellent Temperature Stability, 20ppm/°C, Typ.
- Wide Sweep Range, 2000:1, Typical
- Low-Supply Sensitivity, 0.01%V, Typ.
- Linear Amplitude Modulation
- TTL Compatible FSK Controls
- Wide Supply Range, 10V to 26V
- Adjustable Duty Cycle, 1% TO 99%

APPLICATIONS

- Waveform Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- V/F Conversion
- FSK Generation
- Phase-Locked Loops (VCO)

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp, and pulse waveforms of high-stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01Hz to more than 1MHz.

The circuit is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM, or FSK generation. It has a typical drift specification of 20ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range with an external control voltage, while maintaining low distortion.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2206M	16 Lead 300 Mil CDIP	-55°C to +125°C
XR-2206P	16 Lead 300 Mil PDIP	-40°C to +85°C
XR-2206CP	16 Lead 300 Mil PDIP	0°C to +70°C
XR-2206D	16 Lead 300 Mil JEDEC SOIC	0°C to +70°C

©1972

TQM™

EXAR Corporation, 48720 Kato Road, Fremont, CA 94538 ◆ (510) 668-7000 ◆ (510) 668-7017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

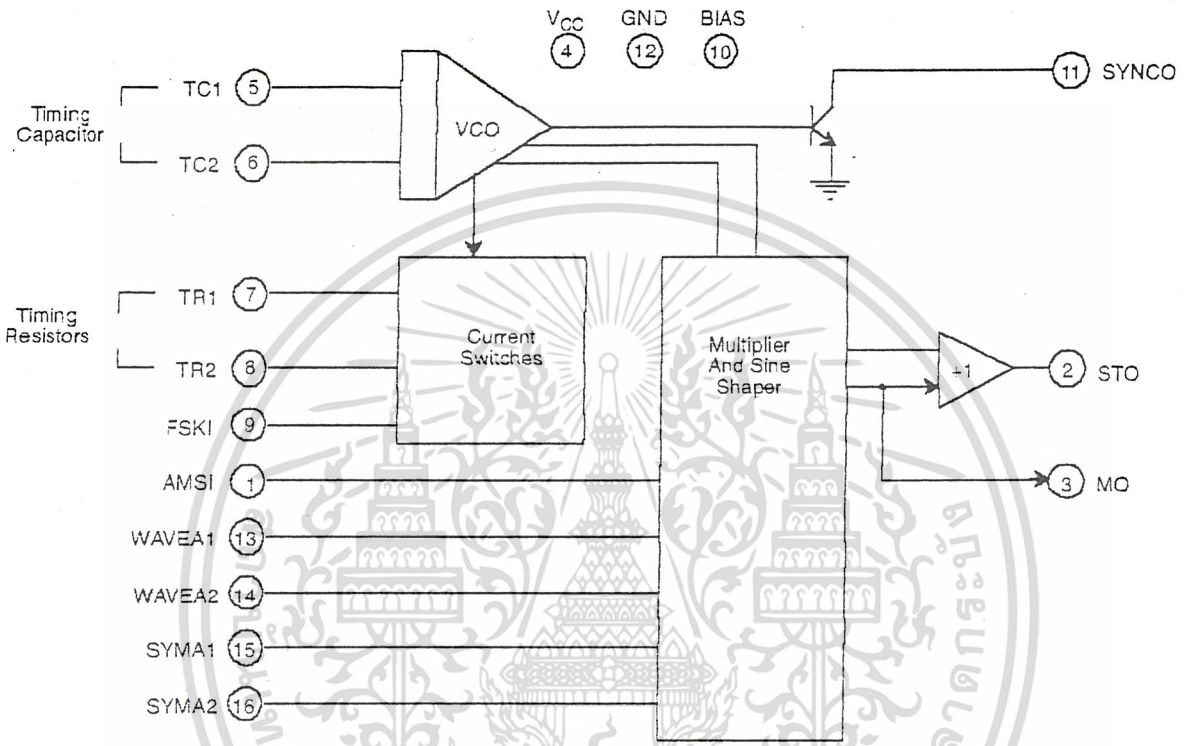
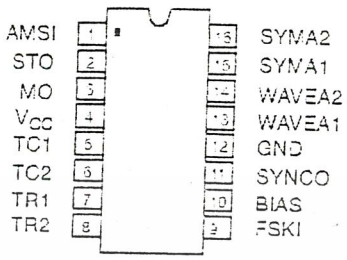
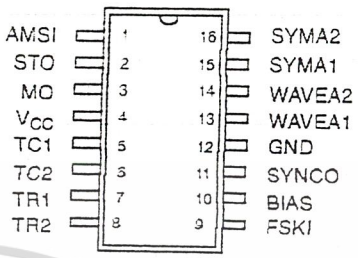


Figure 1. XR-2206 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



16 Lead PDIP, CDIP (0.300")



16 Lead SOIC (Jedec, 0.300")

PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	AMSI	I	Amplitude Modulating Signal Input.
2	STO	O	Sine or Triangle Wave Output.
3	MO	O	Multiplier Output.
4	V_{CC}		Positive Power Supply.
5	TC1	I	Timing Capacitor Input.
6	TC2	I	Timing Capacitor Input.
7	TR1	O	Timing Resistor 1 Output.
8	TR2	O	Timing Resistor 2 Output.
9	FSKI	I	Frequency Shift Keying Input.
10	BIAS	O	Internal Voltage Reference.
11	SYNCO	O	Sync Output. This output is a open collector and needs a pull up resistor to V_{CC}.
12	GND		Ground pin.
13	WAVEA1	I	Wave Form Adjust Input 1.
14	WAVEA2	I	Wave Form Adjust Input 2.
15	SYMA1	I	Wave Symetry Adjust 1.
16	SYMA2	I	Wave Symetry Adjust 2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of *Figure 2* Vcc = 12V, T_A = 25°C, C = 0.01µF, R_1 = 100kΩ, R_2 = 10kΩ, R_3 = 25kΩ Unless Otherwise Specified. S_1 open for triangle, closed for sine wave.

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
General Characteristics								
Single Supply Voltage	10		26	10		26	V	
Split-Supply Voltage	±5		±13	±5		±13	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	$R_1 \geq 10k\Omega$
Oscillator Section								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	C = 1000pF, R_1 = 1kΩ
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	C = 50µF, R_1 = 2MΩ
Frequency Accuracy		±1	±4		±2		% of f_o	$f_o = 1/R_1C$
Temperature Stability Frequency		±10	±50		±20		ppm/°C	0°C ≤ T_A ≤ 70°C $R_1 = R_2$ = 20kΩ
Sine Wave Amplitude Stability[2]		4800			4800		ppm/°C	
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	V_{LOW} = 10V, V_{HIGH} = 20V, $R_1 = R_2$ = 20kΩ
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	f_H @ R_1 = 1kΩ f_L @ R_1 = 2MΩ
Sweep Linearity								
10:1 Sweep		2			2		%	f_L = 1kHz, f_H = 10kHz
1000:1 Sweep		8			8		%	f_L = 100Hz, f_H = 100kHz
FM Distortion		0.1			0.1		%	±10% Deviation
Recommended Timing Components								
Timing Capacitor: C	0.001		100	0.001		100	µF	*Figure 5*
Timing Resistors: R_1 & R_2	1		2000	1		2000	kΩ	
Triangle Sine Wave Output[1]								*Figure 3*
Triangle Amplitude		160			160		mV/kΩ	*Figure 2*, S_1 Open
Sine Wave Amplitude	40	60	80		60		mV/kΩ	*Figure 2*, S_1 Closed
Max. Output Swing		6			6		Vp-p	
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Distortion								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	R_1 = 30kΩ
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	See *Figure 7* and *Figure 8*

Notes

[1] Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3, on Pin 3. See Figure 3.

[2] For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Amplitude Modulation								
Input Impedance	50	100		50	100		kΩ	
Modulation Range		100			100		%	
Carrier Suppression		55			55		dB	
Linearity		2			2		%	For 95% modulation
Square-Wave Output								
Amplitude		12			12		Vp-p	Measured at Pin 11.
Rise Time		250			250		ns	C_L = 10pF
Fall Time		50			50		ns	C_L = 10pF
Saturation Voltage		0.2	0.4		0.2	0.6	V	I_L = 2mA
Leakage Current		0.1	20		0.1	100	μA	V_{CC} = 26V
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	0.8	1.4	2.4	V	See section on circuit controls
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	3.3	2.5	3	3.5	V	Measured at Pin 10.

Notes
[1] Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3, on Pin 3. See Figure 3.
[2] For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.
***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

Specifications are subject to change without notice

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply 26V
Power Dissipation 750mW
Derate Above 25°C ..... 5mW/°C
Total Timing Current 6mA
Storage Temperature ..... -65°C to +150°C

SYSTEM DESCRIPTION

The XR-2206 is comprised of four functional blocks; a voltage-controlled oscillator (VCO), an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches.

The VCO produces an output frequency proportional to an input current, which is set by a resistor from the timing terminals to ground. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK generation applications by using the FSK input control pin. This input controls the current switches which select one of the timing resistor currents, and routes it to the VCO.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FSK Demodulator/Tone Decoder

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2211 is a monolithic phase-locked loop (PLL) system especially designed for data communications applications. It is particularly suited for FSK modem applications. It operates over a wide supply voltage range of 4.5 to 20V and a wide frequency range of 0.01 Hz to 300 kHz. It can accommodate analog signals between 2 mV and 3V, and can interface with conventional DTL, TTL, and ECL logic families. The circuit consists of a basic PLL for tracking an input signal within the pass band, a quadrature phase detector which provides carrier detection, and an FSK voltage comparator which provides FSK demodulation. External components are used to independently set center frequency, bandwidth, and output delay. An internal voltage reference proportional to the power supply provides ration metric operation for low system performance variations with power supply changes.

The XR-2211 is available in 14 pin DIP ceramic or plastic packages specified for commercial or military temperature ranges.

FEATURES

Wide Frequency Range	0.01 Hz to 300 kHz
Wide Supply Voltage Range	4.5V to 20 V
HCMOS / TTL / Logic Compatibility	
FSK Demodulation, with Carrier Detection	
Wide Dynamic Range	2 mV to 3 V rms
Adjustable Tracking Range (±1% to ±80%)	
Excellent Temp. Stability	20 ppm/°C, typ.

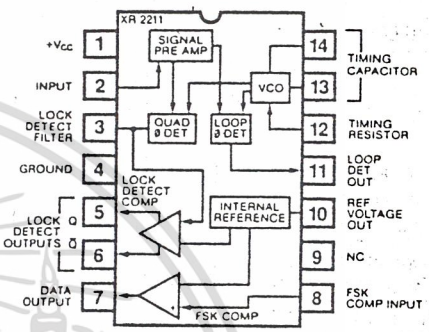
APPLICATIONS

FSK Demodulation
Data Synchronization
Tone Decoding
FM Detection
Carrier Detection

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	20V
Input Signal Level	3V rms
Power Dissipation	900 mW
Ceramic Package	750 mW
Derate Above T_A = +25°C	8mW°C
Plastic Package	800 mW
Derate Above T_A = +25°C	60 mW/°C
JEDEC SO and Japanese SO	390 mW
Derate Above T_A = +25°C	5 mW/°C

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



ORDERING INFORMATION

Part Number	Package	Operating Temperature
XR-2211M	Ceramic	−55°C to +125°C
XR-2211CN	Ceramic	0°C to +70°C
XR-2211CP	Plastic	0°C to +70°C
XR-2211N	Ceramic	−40°C to +85°C
XR-2211P	Plastic	−40°C to +85°C
XR-2211CD	JEDEC SO-14	0°C to 70°C
XR-2211MD	Japanese SO-14	0°C to 70°C

SYSTEM DESCRIPTION

The output of the phase detector produces sum and difference frequencies of the input and the VCO (internally connected). When in lock, these frequencies are $f_{IN} + f_{VCO}$ (2 times f_{IN} when in lock) and $f_{IN} - f_{VCO}$ (0HZ when lock). By adding a capacitor to the phase detector output, the 2 times f_{IN} component is reduced, leaving a DC voltage that represents the phase difference between the two frequencies. This closes the loop and allows the VCO to track the input frequency.

The other sections of the XR-2211 act to: determine if the VCO is driven above or below the center frequency (FSK comparator); produced both active high and active low outputs to indicate when the main PLL is in lock (quadrature phase detector and lock detector comparator).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XR-2211

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: $V+ = 12V$, $T_A = +25°C$, $R_O = 30\ K\Omega$, $C_O = 0.033\ \mu F$.

PARAMETER	XR-2211/2211M			XR-2211C			UNITS	CONDITIONS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
GENERAL								
Supply Voltage	4.5		20	4.5		20	V	
Supply Current		4	7		5	9	mA	$R_O \geq 10\ k\Omega$. See Fig. 4
OSCILLATOR SECTION								
Frequency Accuracy		±1	±3		±1		%	Deviation from $f_O = 1/R_OC_O$
Frequency Stability								$R_1 = 1/2$
Temperature		±20	±50		±20		ppm/°C	* See Figure. 8
Power Supply		0.05	0.5		0.05		%/V	$V^+ = 12 \pm 1V$. See Fig. 7.
		0.2			0.2		%/V	$V^+ 5 \pm 0.5V$. See Fig. 7.
Upper Frequency Limit	100	300			300		kHz	$R_O = 8.2\ k\Omega$, $C_O = 400\ pF$
Lowest Practical								
Operating Frequency			0.01		0.01		Hz	$R_O = 2\ M\Omega$, $C_O = 50\ \mu F$
Timing Resistor, R_O								See Fig. 5.
Operating Range	5		2000	5		2000	kΩ	
Recommended Range	15		100	15		100	kΩ	See Figs. 7 and 8.
LOOP PHASE DETECTOR SECTION								
Peak Output Current	±150	±200	±300	±100	±200	±300	μA	Measured at Pin 11.
Output Offset Current		±1			±2		μA	
Output Impedance		1			1		MΩ	
Maximum Swing	±4	±5		±4	±5		V	Referenced to Pin 10.
QUADRATURE PHASE DETECTOR								Measured at Pin 3.
Peak Output Current	100	150			150		μA	
Output Impedance		1			1		MΩ	
Maximum Swing		11			11		V pp	
INPUT PREAMP SECTION								Measured at Pin 2.
Input Impedance		20			20		kΩ	
Input Signal								
Voltage Required to								
Cause Limiting		2	10		2		mV rms	
VOLTAGE COMPARATOR SECTIONS								
Input Impedance		2			2		MΩ	Measured at Pins 3 and 8.
Input Bias Current		100			100		nA	
Voltage Gain	55	70		55	70		dB	$R_L = 5.1\ k\Omega$
Output Voltage Low		300			300		mV	$I_C = 3\ mA$
Output Leakage Current		0.01			0.01		μA	$V_O = 20V$
INTERNAL REFERENCE								
Voltage Level	4.9	5.3	5.7	4.75	5.3	5.85	V	Measured at Pin 10.
Output Impedance		100			100		Ω	AC Small Signal
Maximum Source Current		80			80		μA	

* These parameters, although guaranteed over the recommended operating conditions, are not 100% tested in production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRINCIPLES OF OPERATION

Signal Input (Pin 2): Signal is ac coupled to this terminal. The internal impedance at Pin 2 is 20 KΩ. Recommended input signal level is in the range of 10 mV rms to 3V rms.

Quadrature Phase Detector Output (Pin 3): This is the high impedance output of quadrature phase detector and is internally connected to the input of lock detect voltage comparator. In tone detection applications, Pin 3 is connected to ground through a parallel combination of R_D and C_D (see Figure 2) to eliminate the chatter at lock detect outputs. If the tone detect section is not used, Pin 3 can be left open circuited.

Lock Detect Output, Q (Pin 5): The output at Pin 5 is at "high" state when the PLL is out of lock and goes to "low" or conducting state when the PLL is locked. It is an open collector type output and requires a pull-up resistor, R_L, to V+ for proper operation. At "low" state, it can sink up to 5 mA of load current.

Lock Detect Complement, $\overline{Q}$ (Pin 6): The output at Pin 6 is the logic complement of the lock detect output at Pin 5. This output is also an open collector type stage which can sink 5 mA of load current at low or "on" state.

FSK Data Output (Pin 7): This output is an open collector logic stage which requires a pull-up resistor, R_L, to V+ for proper operation. It can sink 5 mA of load current. When decoding FSK signals, FSK data output is at "high" or "off" state for low input frequency, and at "low" or "on" state for high input frequency. If no input signal is present, the logic state at Pin 7 is indeterminate.

FSK Comparator Input (Pin 8): This is the high impedance input to the FSK voltage comparator. Normally, an FSK post-detection or data filter is connected between this terminal and the PLL phase detector output (Pin 11). This data filter is formed by R_F and C_F of Figure 2. The threshold voltage of the comparator is set by the internal reference voltage, V_R, available at Pin 10.

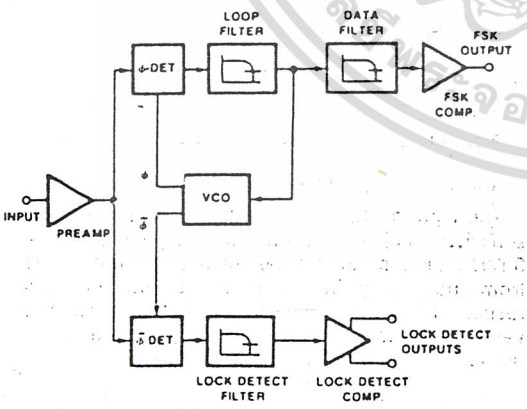


Figure 1. Functional Block Diagram of a Tone and FSK Decoding System Using XR-2211

Reference Voltage, V_R (Pin 10): This pin is internally biased at the reference voltage level, V_R: V_R = V+/2 ±650 mV. The dc voltage level at this pin forms an internal reference for the voltage levels at Pins 5, 8, 11 and 12. Pin 10 *must* be bypassed to ground with a 0.1 μF capacitor for proper operation of the circuit.

Loop Phase Detector Output (Pin 11): This terminal provides a high impedance output for the loop phase detector. The PLL loop filter is formed by R_1 and C_1 connected to Pin 11 (see Figure 2). With no input signal, or with no phase error within the PLL, the dc level at Pin 11 is very nearly equal to V_R. The peak voltage swing available at the phase detector output is equal to $\pm V_R$.

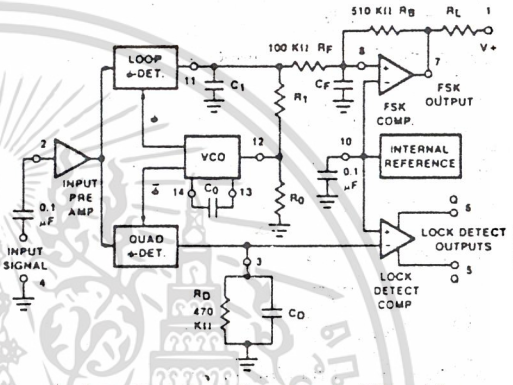


Figure 2. Generalized Circuit Connection for FSK and Tone Detection

VCO Control Input (Pin 12): VCO free-running frequency is determined by external timing resistor, R_0, connected from this terminal to ground. The VCO free-running frequency, f_0, is:

$$f_0 = \frac{1}{R_0 C_0} \text{ Hz}$$

where C_0 is the timing capacitor across Pins 13 and 14. For optimum temperature stability, R_0 must be in the range of 10 KΩ to 100 KΩ see Figure 8).

This terminal is a low impedance point, and is internally biased at a dc level equal to V_R. The maximum timing current drawn from Pin 12 must be limited to ≤3 mA for proper operation of the circuit.

VCO Timing Capacitor (Pins 13 and 14): VCO frequency is inversely proportional to the external timing capacitor, C_0, connected across these terminals (see Figure 5). C_0 must be nonpolar, and in the range of 200 pF to 10 μF.

VCO Frequency Adjustment: VCO can be fine-tuned by connecting a potentiometer, R_X, in series with R_0 at Pin 12 (see Figure 9).

VCO Free-Running Frequency, f_0: XR-2211 does not have a separate VCO output terminal. Instead, the VCO outputs are internally connected to the phase detector sections of the circuit. For set-up or adjustment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

purposes, the VCO free-running frequency can be tuned by using the generalized circuit in Figure 2, and applying an alternating bit pattern of O's and I's at known mark and space frequencies. By adjusting R_O, the VCO can then be tuned to obtain a 50% duty cycle on the FKS output (pin 7). This sill ensure that the VCO f_o value is accurately referenced to the mark and space frequencies.

DESIGN EQUATIONS

(See Figure 2 for definition of components.)

1. VCO Center Frequency, f_0:

   $f_0 = 1/R_0C_0$ Hz

2. Internal Reference Voltage, V_R (measured at Pin 10):

   $V_R = V+/2 - 650$ mV

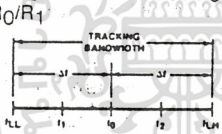
3. Loop Low-Pass Filter Time Constant, τ:

   $\tau = R_1C_1$

4. Loop Damping, ζ:

   $$\zeta = 1/4\sqrt{\frac{C_0}{C_1}}$$

5. Loop Tracking Bandwidth, $\pm\Delta f/f_0$:
   $\Delta f/f_0 = R_0/R_1$



6. FSK Data Filter Time Constant, τF:
   $\tau F = R_FC_F$

7. Loop Phase Detector Conversion Gain, $K\phi$: ($K\phi$ is the differential dc voltage across Pins 10 and 11, per unit of phase error at phase detector input):

   $K\phi = 02V_R/\pi$ volts/radian

8. VCO Conversion gain, K_O: (K_O is the amount of change in VCO frequency, per unit of dc voltage change at Pin 11):

   $K_O = -1/V_RC_0R_1$ Hz/volt

9. Total Loop Gain, K_T:

   $K_T = 2\pi K\phi K_O = 4/C_0R_1$ rad/sec/volt

10. Peak Phase Detector Current I_A:

    $I_A = V_R$ (volts)/25 mA

APPLICATIONS INFORMATION

FSK DECODING:

Figure 9 shows the basic circuit connection for FSK decoding. With reference to Figures 2 and 9, the functions of external components are defined as follows: R_0 and C_0 set the PLL center frequency, R_1 sets the system bandwidth, and C1 sets the loop filter time constant and the loop damping factor. C_F and R_F form a one-pole post-detection filter for the FSK data output. The resistor R_B (= 510 KΩ) from Pin 7 to Pin 8 introduces positive feedback across the FSK comparator to facilitate rapid transition between output logic states.

Recommended component values for some of the most commonly used FSK bands are given in Table 1.

Design Instructions:

The circuit of Figure 9 can be tailored for any FSK decoding application by the choice of five key circuit components: R_0, R_1, C_0, C_1 and C_F. For a given set of FSK mark and space frequencies, f_1 and f_2, these parameters can be calculated as follows:

a) Calculate PLL center frequency, f_0:

$$f_O = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

b) Choose value of timing resistor R_0, to be in the range of 10 KΩ to 100 KΩ. This choice is arbitrary.

The recommended value is R_0 = 20 KΩ. The final value of R_0 is normally fine-tuned with the series potentiometer, R_X.

c) Calculate value of C_0 from design equation (1) or from Figure 6:

$C_0 = 1/R_0f_0$

d) Calculate R_1 to give a Δf equal to the mark space deviation:

$R_1 = R_0[f_0/(f_1 - f_2)]$

e) Calculate C_1 to set loop damping. (See design equation No. 4.):

Normally, $\zeta \approx 1/2$ is recommended.

Then: $C_1 = C_0/4$ for $\zeta = 1/2$

f) The input to the XR-2211 may sometimes be to sensitive to noise conditions on the input line. Figure 3 illustrates a method of de-sensitizing the XR-2211 from such noisy line conditions by the use of a resistor, R_X, connected from pin 2 to ground. The value of R_X is chosen by the equation and the desired minimum signal threshold level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

MC1488

QUAD MDTL LINE DRIVER EIA-232D

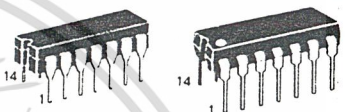
SILICON MONOLITHIC
INTEGRATED CIRCUIT

QUAD LINE DRIVER

The MC1488 is a monolithic quad line driver designed to interface data terminal equipment with data communications equipment in conformance with the specifications of EIA Standard No. EIA-232D.

Features:

- Current Limited Output
  ±10 mA typ
- Power-Off Source Impedance
  300 Ohms min
- Simple Slew Rate Control with External Capacitor
- Flexible Operating Supply Range
- Compatible with All Motorola MDTL and MTTL Logic Families

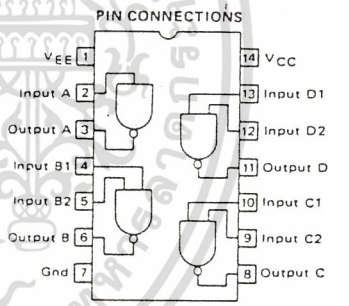


L SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 632

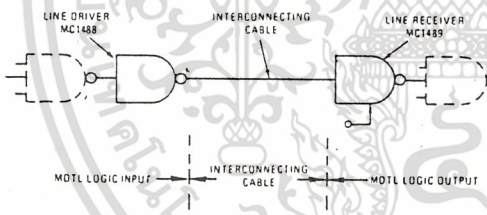
P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A
(SO-14)

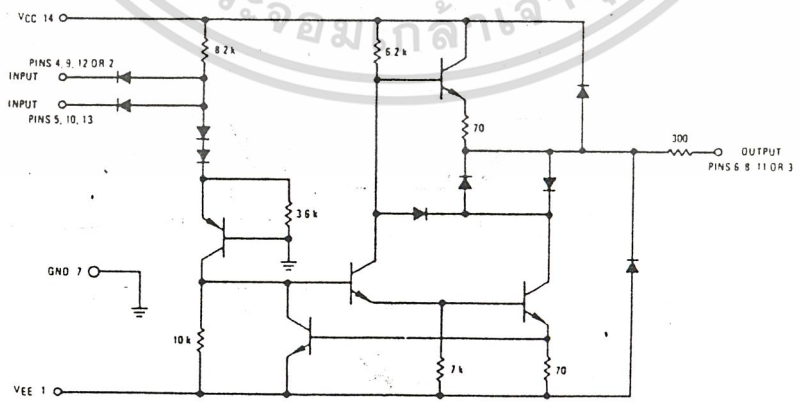
PIN CONNECTIONS



TYPICAL APPLICATION



CIRCUIT SCHEMATIC
(1/4 OF CIRCUIT SHOWN)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC} V_{EE}	+15 −15	Vdc
Input Voltage Range	V_{IR}	$-15 \leq V_{IR} \leq 7.0$	Vdc
Output Signal Voltage	V_O	±15	Vdc
Power Derating (Package Limitation, Ceramic and Plastic Dual-In-Line Package) Derate above T_A = +25°C	P_D $1/R_{\theta JA}$	1000 6.7	mW mW/°C
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +75	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−65 to +175	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = +9.0 ±1% Vdc, V_{EE} = −9.0 ±1% Vdc, T_A = 0 to 75°C unless otherwise noted.)

Characteristic	Figure	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Input Current — Low Logic State (V_{IL} = 0)	1	I_{IL}	—	1.0	1.6	mA
Input Current — High Logic State (V_{IH} = 5.0 V)	1	I_{IH}	—	—	10	μA
Output Voltage — High Logic State (V_{IL} = 0.8 Vdc, R_L = 3.0 kΩ, V_{CC} = +9.0 Vdc, V_{EE} = −9.0 Vdc) (V_{IL} = 0.8 Vdc, R_L = 3.0 kΩ, V_{CC} = +13.2 Vdc, V_{EE} = −13.2 Vdc)	2	V_{OH}	 +6.0 +9.0	 +7.0 +10.5	 — —	Vdc
Output Voltage — Low Logic State (V_{IH} = 1.9 Vdc, R_L = 3.0 kΩ, V_{CC} = +9.0 Vdc, V_{EE} = −9.0 Vdc) (V_{IH} = 1.9 Vdc, R_L = 3.0 kΩ, V_{CC} = +13.2 Vdc, V_{EE} = −13.2 Vdc)	2	V_{OL}	 −6.0 −9.0	 −7.0 −10.5	 — —	Vdc
Positive Output Short-Circuit Current, Note 1	3	I_{OS+}	+6.0	+10	+12	mA
Negative Output Short-Circuit Current, Note 1	3	I_{OS-}	−6.0	−10	−12	mA
Output Resistance (V_{CC} = V_{EE} = 0, $\|V_O\|$ = ±2.0 V)	4	r_o	300	—	—	Ohms
Positive Supply Current (R_L = ∞) (V_{IH} = 1.9 Vdc, V_{CC} = +9.0 Vdc) (V_{IL} = 0.8 Vdc, V_{CC} = +9.0 Vdc) (V_{IH} = 1.9 Vdc, V_{CC} = +12 Vdc) (V_{IL} = 0.8 Vdc, V_{CC} = +12 Vdc) (V_{IH} = 1.9 Vdc, V_{CC} = +15 Vdc) (V_{IL} = 0.8 Vdc, V_{CC} = +15 Vdc)	5	I_{CC}	 — — — — — —	 +15 +4.5 +19 +5.5 — —	 +20 +6.0 +25 +7.0 +34 +12	mA
Negative Supply Current (R_L = ∞) (V_{IH} = 1.9 Vdc, V_{EE} = −9.0 Vdc) (V_{IL} = 0.8 Vdc, V_{EE} = −9.0 Vdc) (V_{IH} = 1.9 Vdc, V_{EE} = −12 Vdc) (V_{IL} = 0.8 Vdc, V_{EE} = −12 Vdc) (V_{IH} = 1.9 Vdc, V_{EE} = −15 Vdc) (V_{IL} = 0.8 Vdc, V_{EE} = −15 Vdc)	5	I_{EE}	 — — — — — —	 −13 — −18 — — —	 −17 −500 −23 −500 −34 −2.5	 mA μA mA μA mA mA
Power Consumption (V_{CC} = 9.0 Vdc, V_{EE} = −9.0 Vdc) (V_{CC} = 12 Vdc, V_{EE} = −12 Vdc)		P_C	 — —	 — —	 333 576	mW

SWITCHING CHARACTERISTICS (V_{CC} = +9.0 ±1% Vdc, V_{EE} = −9.0 ±1% Vdc, T_A = +25°C.)

Propagation Delay Time	(z_l = 3.0 k and 15 pF)	6	t_{PLH}	—	275	350	ns
Fall Time	(z_l = 3.0 k and 15 pF)	6	t_{THL}	—	45	75	ns
Propagation Delay Time	(z_l = 3.0 k and 15 pF)	6	t_{PHL}	—	110	175	ns
Rise Time	(z_l = 3.0 k and 15 pF)	6	t_{TLH}	—	55	100	ns

Note 1. Maximum Package Power Dissipation may be exceeded if all outputs are shorted simultaneously.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHARACTERISTIC DEFINITIONS

FIGURE 1 – INPUT CURRENT

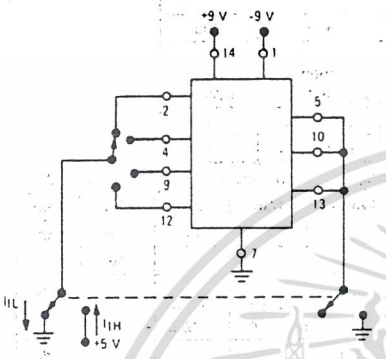


FIGURE 2 – OUTPUT VOLTAGE

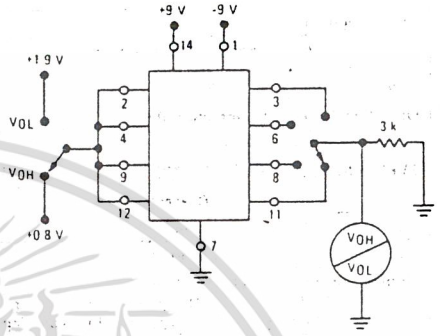


FIGURE 3 – OUTPUT SHORT-CIRCUIT CURRENT

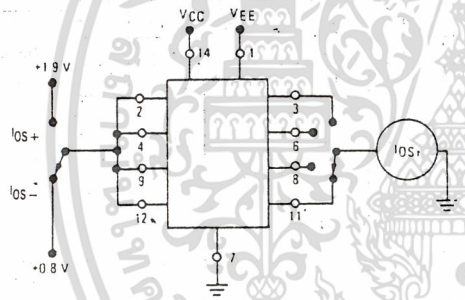


FIGURE 4 – OUTPUT RESISTANCE (POWER-OFF)

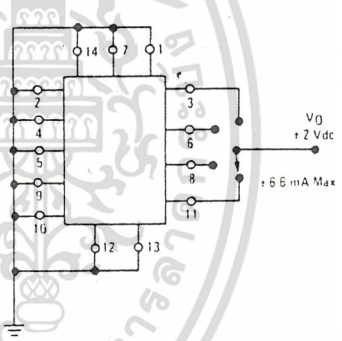


FIGURE 5 – POWER-SUPPLY CURRENTS

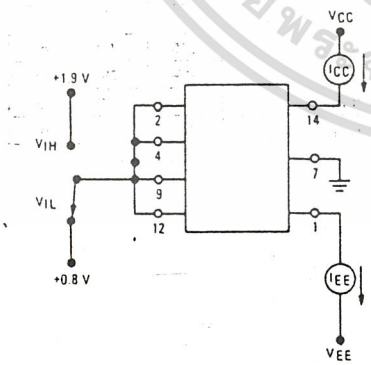
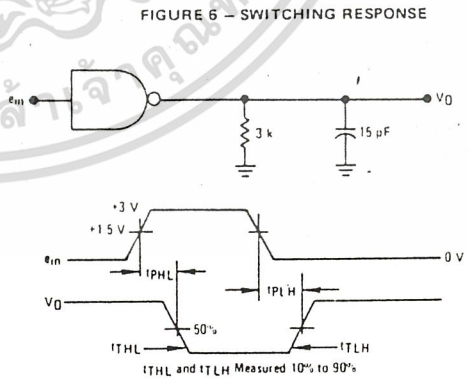


FIGURE 6 – SWITCHING RESPONSE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น-อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

(T_A = +25°C unless otherwise noted.)

FIGURE 7 — TRANSFER CHARACTERISTICS versus POWER-SUPPLY VOLTAGE

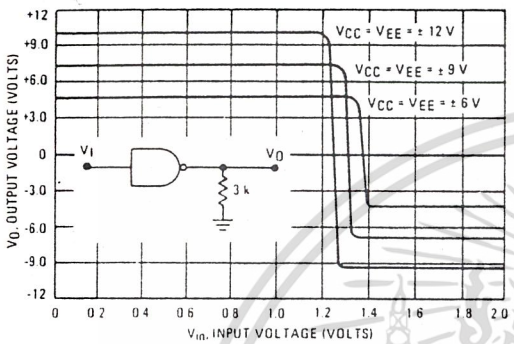


FIGURE 8 — SHORT-CIRCUIT OUTPUT CURRENT versus TEMPERATURE

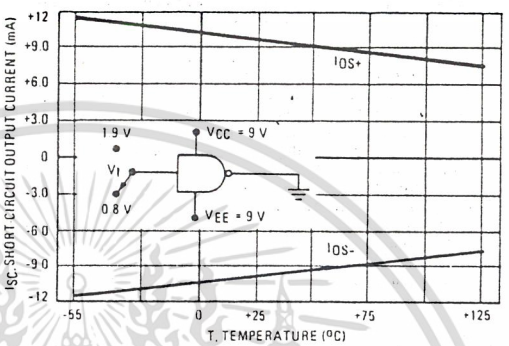


FIGURE 9 — OUTPUT SLEW RATE versus LOAD CAPACITANCE

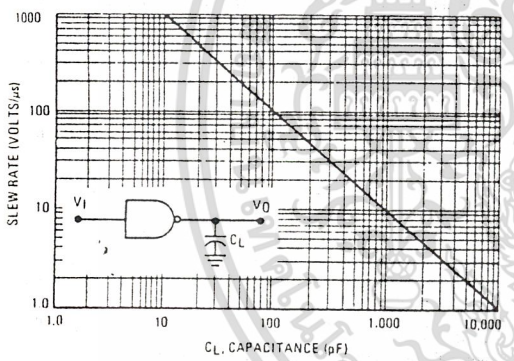


FIGURE 10 — OUTPUT VOLTAGE AND CURRENT-LIMITING CHARACTERISTICS

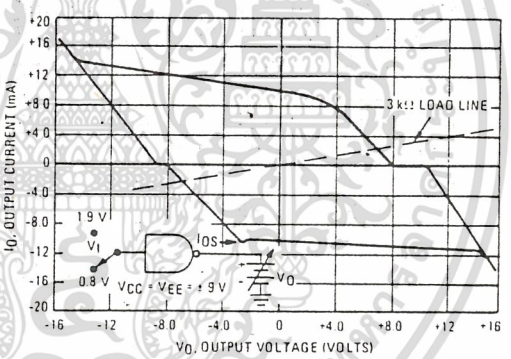
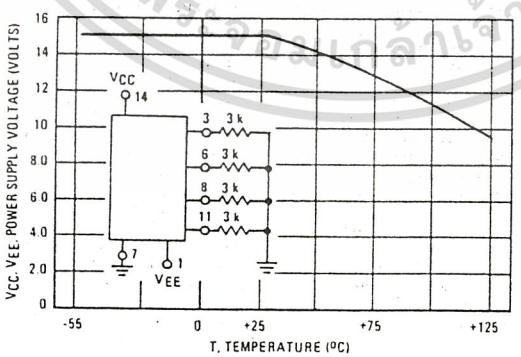


FIGURE 11 — MAXIMUM OPERATING TEMPERATURE versus POWER-SUPPLY VOLTAGE



7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

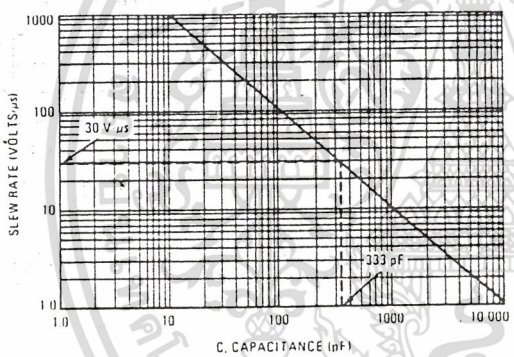
APPLICATIONS INFORMATION

The Electronic Industries Association EIA-232D specification detail the requirements for the interface between data processing equipment and data communications equipment. This standard specifies not only the number and type of interface leads, but also the voltage levels to be used. The MC1488 quad driver and its companion circuit, the MC1489 quad receiver, provide a complete interface system between DTL or TTL logic levels and the EIA-232D defined levels. The EIA-232D requirements as applied to drivers are discussed herein.

The required driver voltages are defined as between 5 and 15-volts in magnitude and are positive for a Logic "0" and negative for a Logic "1." These voltages are so defined when the drivers are terminated with a 3000 to 7000-ohm resistor. The MC1488 meets this voltage requirement by converting a DTL/TTL logic level into EIA-232D levels with one stage of inversion.

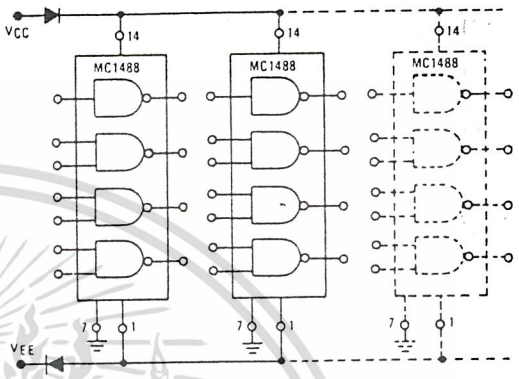
The EIA-232D specification further requires that during transitions, the driver output slew rate must not exceed 30 volts per microsecond. The inherent slew rate of the MC1488 is much too fast for this requirement. The current limited output of the device can be used to control this slew rate by connecting a capacitor to each driver output. The required capacitor can be easily determined by using the relationship $C = I_{OS} \times \Delta T/\Delta V$ from which Figure 12 is derived. Accordingly, a 330 pF capacitor on each output will guarantee a worst case slew rate of 30 volts per microsecond.

FIGURE 12 – SLEW RATE versus CAPACITANCE FOR I_{SC} = 10 mA



The interface driver is also required to withstand an accidental short to any other conductor in an interconnecting cable. The worst possible signal on any conductor would be another driver using a plus or minus 15 volt, 500 mA source. The MC1488 is designed to indefinitely withstand such a short to all four outputs in a package as long as the power-supply voltages are greater than 9.0 volts (i.e., $V_{CC} \geq 9.0$ V; $V_{EE} \leq -9.0$ V). In some power-supply designs, a loss of system power causes a low impedance on the power-supply outputs. When this occurs, a low impedance to ground would exist at the power inputs to the MC1488 effectively shorting the 300 ohm output resistors to ground. If all four outputs were then shorted to plus or minus 15 volts, the power dissipation in these resistors would be excessive. Therefore, if the system is designed to permit low impedances to ground at the power-supplies of the drivers, a diode should be placed in each power-supply lead to prevent overheating in this fault condition. These two diodes, as shown in Figure 13, could be used to decouple all the driver packages in a system. (These same diodes will allow the MC1488 to withstand momentary shorts to the ±25 volt limits specified in the earlier Standard EIA-232B.) The addition of the diodes also permits the MC1488 to withstand faults with power-supplies of less than the 9.0 volts stated above.

FIGURE 13 – POWER-SUPPLY PROTECTION TO MEET POWER-OFF FAULT CONDITIONS



The maximum short-circuit current allowable under fault conditions is more than guaranteed by the previously mentioned 10 mA output current limiting.

Other Applications

The MC1488 is an extremely versatile line driver with a myriad of possible applications. Several features of the drivers enhance this versatility:

1. Output Current Limiting — this enables the circuit designer to define the output voltage levels independent of power-supplies and can be accomplished by diode clamping of the output pins. Figure 14 shows the MC1488 used as a DTL to MOS translator where the high level voltage output is clamped one diode above ground. The resistor divider shown is used to reduce the output voltage below the 300 mV above ground MOS input level limit.

2. Power Supply Range — as can be seen from the schematic drawing of the drivers, the positive and negative driving elements of the device are essentially independent and do not require matching power-supplies. In fact, the positive supply can vary from a minimum seven volts (required for driving the negative pulldown section) to the maximum specified 15 volts. The negative supply can vary from approximately −2.5 volts to the minimum specified −15 volts. The MC1488 will drive the output to within 2 volts of the positive or negative supplies as long as the current output limits are not exceeded. The combination of the current-limiting and supply-voltage features allow a wide combination of possible outputs within the same quad package. Thus if only a portion of the four drivers are used for driving EIA-232D lines, the remainder could be used for DTL to MOS or even DTL to DTL translation. Figure 15 shows one such combination.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 14 – MDTL/MTTL-TO-MOS TRANSLATOR

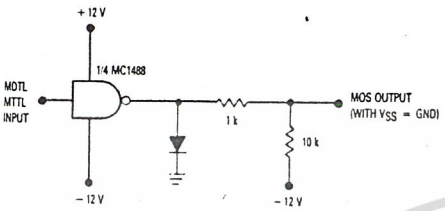
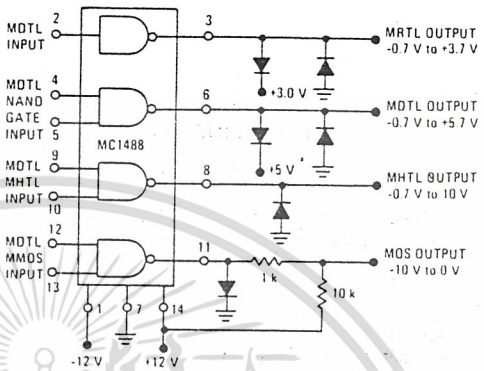


FIGURE 15 – LOGIC TRANSLATOR APPLICATIONS



7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้