



เครื่องอ่านกำลังไฟฟ้าแบบรีโมท
REMOTED KILOWATT-HOUR METER

นายธีรวัฒน์ เทพมณี
นายสมชาย คำนุชิต

วัน เดือน ปี.....-5.ต.ค.2541
เลขทะเบียน.....038502
เลขเรียกหนังสือ.....T.40086H บมจค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมการวัดคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี **038502**

ปีการศึกษา 2540
เครื่องอ่านกำลังไฟฟ้าแบบรีโมท

โดย

นายธีรวัฒน์ เทพนณี
นายสมชาย คำนุชิต

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องอ่านกำลังไฟฟ้าแบบรีโมท

ผู้จัดทำ

1. นาย ชีรวัฒน์ เทพมณี
2. นาย สมชาย คำนุชิต



(ผศ. เกษตร ศิริสันติสัมฤทธิ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอ่านกำลังไฟฟ้าแบบรีโมท

ธีรวัฒน์ เทพมณี

สมชาย คำนุชิต

ผศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุเป็นสิ่งที่กำลังนิยมนำมาใช้มากเนื่องจากประโยชน์ในการสื่อสารระยะไกลซึ่งจะช่วยในการประหยัดสายที่จะต้องใช้ในการสื่อสารและยังมีประโยชน์ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานอีกด้วย

ในโครงการนี้จึงได้นำการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุมาประยุกต์ในการอ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากมิเตอร์ที่ใช้ตามบ้านเพื่อเก็บค่ากำลังไฟฟ้า เดิมพนักงานการไฟฟ้าต้องไปจดด้วยตัวเอง แต่สามารถทำได้โดยป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าผ่านทางเครื่องรับ - ส่ง ข้อมูลจะถูกส่งผ่านวิทยุสื่อสารย่าน VHF ไปยังมิเตอร์ เมื่อมิเตอร์ได้รับข้อมูลที่เป็นหมายเลขเครื่องที่ถูกส่งก็จะส่งค่ากำลังไฟฟ้าเป็นหน่วยกลับมายังพนักงาน โดยผ่านทางคลื่นวิทยุและเมื่อเก็บค่ากำลังไฟฟ้าเสร็จสามารถนำเครื่องนี้มาต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อมาคำนวณค่าไฟฟ้าด้วยโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าและพิมพ์ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละเดือนได้ในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ไม่จ่ายค่ากระแสไฟฟ้าเครื่องนี้สามารถตัดกระแสไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟออกโดยไม่ต้องให้พนักงานไปถอดสายออกเหมือนปัจจุบัน

REMOTED KILOWATT-HOUR METER

Teerawat Thepmanee

Somchai kumnuchit

Assistant Professor Kaset Sirisantamrit Advisor 1997

Abstract

In present , the radio wave communication is popular, because of it's utility in far communication , safe wire and convenient on operation.

This project presents an application of the radio wave communication for kilowatt -hour meter. In past, when inspectors wanted to read electricity power from kilowatt-hour meter each house, they walked with themself. Now, inspectors can operate by entry kilowatt-hour meter's serial number of user through transmitter and receiver. Data is sent to kilowatt-hour meter through radio wave VHF band. When kilowatt-hour meter receives correct serial number ,then controller will be sent electricity power back to inspectors in the same band. When inspectors keep data finish, they can connect to computer for calculate, save, and print receipt of electricity power by software. In case user doesn't pay money, inspectors can turn on or turn off kilowatt-hour meter by "Remote Kilowatt-Hour Meter".

สารบัญ

หน้า

บทที่1 บทนำ

- 1.1 แนวคิดในการจัดทำปฏิญยานิพนธ์ 1
- 1.2 วัตถุประสงค์ 1
- 1.3 หลักการของรีโมทิกโลว์ดด์ 2
- 1.4 องค์ประกอบของปฏิญยานิพนธ์ 4

บทที่2 ทฤษฎี

- 2.1 การสื่อสารข้อมูล 5
- 2.2 การมอดูเลททางความถี่ 8
- 2.3 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม 10
- 2.4 โครงสร้างสถาปัตยกรรม MCS - 51 31
- 2.5 การเชื่อมต่อแบบอนุกรม 32
- 2.6 หลักการทำงานของวงจร FSK 33
- 2.7 ประเภทของผู้ใช้และหลักการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า 38

บทที่3 โครงสร้างและการทำงานของวงจร

- 3.1 โครงสร้างและการทำงานของชุดรับส่ง 45
- 3.2 โครงสร้างและการทำงานของชุดกิโวลต์ดด์ 51
- 3.3 สภาวะการรับส่งข้อมูล 54

บทที่4 การออกแบบและการสร้าง

- 4.1 การออกแบบและการสร้างชุดรับ-ส่ง 57
- 4.2 การออกแบบและการสร้างส่วนของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า 67
- 4.3 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์ 74

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5	วิธีการใช้งานและการปรับแต่ง	
5.1	รูปร่างลักษณะเครื่อง REMOTED KILOWATT HOUR METER	75
5.2	วิธีการใช้เครื่อง	76
5.3	การติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อคิดค่าไฟฟ้า	80
5.4	การปรับแต่ง KILOWATT-HOUR METER	90
บทที่ 6	ผลการทดลองและสรุป	
6.1	การทดลองการรับส่ง	92
6.2	การนำค่าที่เก็บได้มาพิมพ์เป็นใบเสร็จ	94
6.3	การทดสอบ ACCURACY ของเครื่องวัด	98
6.4	สรุปผลและปัญหาที่เกิดขึ้น	100
สรุปการพัฒนาโครงการ		
ภาคผนวก ก.	FLOW CHART	
ภาคผนวก ข.	DATA SHEET	

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวคิดในการจัดทำปฏิญญานิพนธ์

ในปัจจุบันจะพบว่า การไฟฟ้าต้องการเก็บค่าไฟฟ้าแต่ละเดือนนั้นจะต้องให้พนักงานการไฟฟ้าไปเดินจดค่ากำลังไฟฟ้าตามมิเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้าถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีเครื่องอำนวยความสะดวกแก่พนักงานการไฟฟ้าแล้วก็ตาม การเก็บนั้นจะมีเครื่องบันทึกโดยการเดินไปอ่านแล้วก็ทำการบันทึกหน่วยของผู้ใช้ไฟ

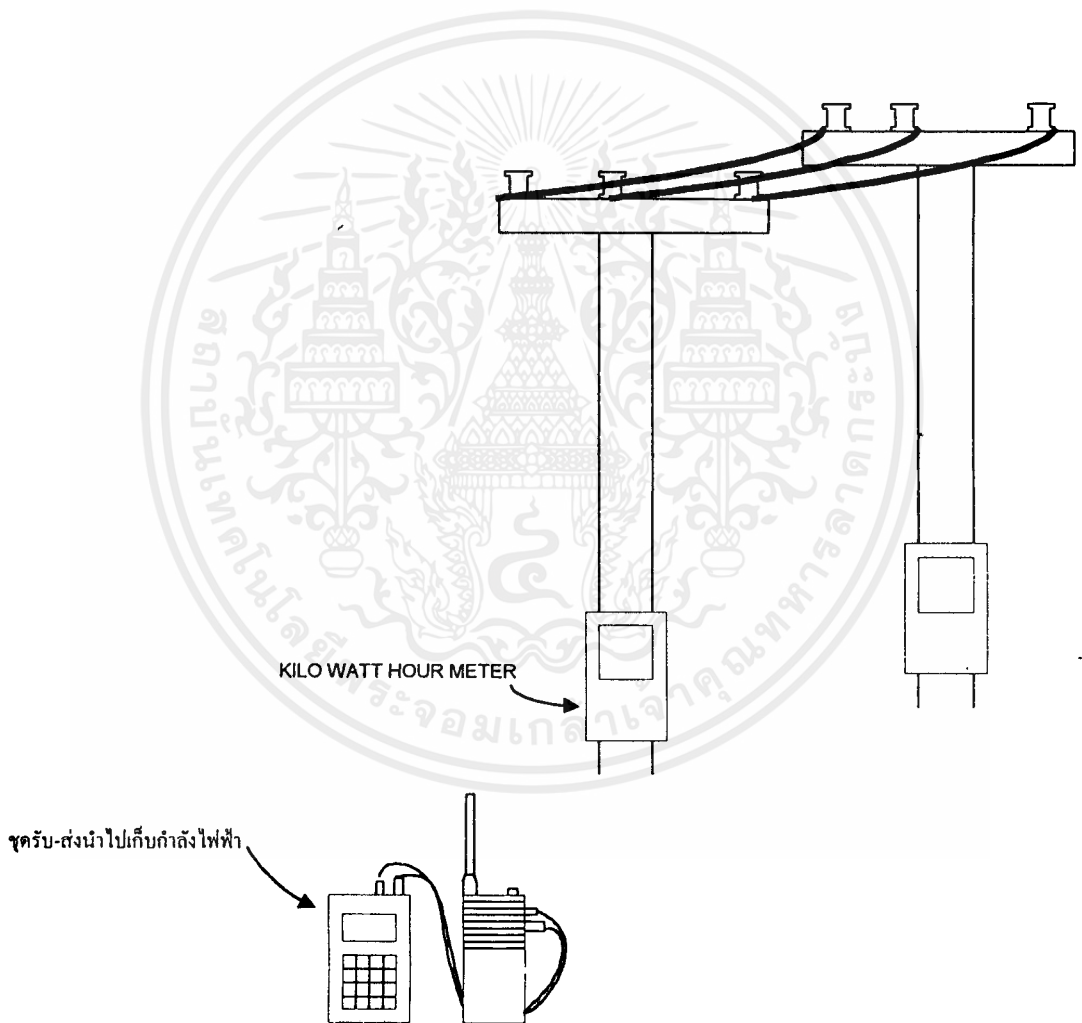
แต่โครงการนี้การเก็บนั้นไม่จำเป็นต้องเดินไปอ่านที่มิเตอร์เพียงแต่ป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าก็สามารถที่จะทราบถึงค่ากำลังไฟฟ้า โดยหมายเลขเครื่องและชุดคำสั่งจะถูกส่งผ่านทางคลื่นวิทยุออกไปยังมิเตอร์ของผู้ใช้ไฟ คลื่นวิทยุที่ใช้จะอยู่ในย่าน VHF ที่ความถี่ 146.07 MHz เมื่อมิเตอร์ได้รับหมายเลขเครื่องที่ถูกส่งก็จะส่งค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในแต่ละเดือนกลับมาเมื่อเก็บครบทุกรายแล้วสามารถนำเครื่องนี้ไปต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ไปแล้วพิมพ์เป็นใบเสร็จค่าไฟได้ทันที และในกรณีที่ผู้ใช้ไฟไม่ยอมจ่ายค่าไฟก็สามารถนำเครื่องนี้ส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟได้โดยไม่ต้องไปถอดสายออกเหมือนปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. พัฒนาการเก็บค่าไฟฟ้าแบบเดินจดมาเป็นการเก็บผ่านคลื่นวิทยุ
2. เพิ่มความสะดวกกับพนักงานในการตัดการจ่ายไฟฟ้า
3. สามารถนำค่ากำลังไฟฟ้าที่เก็บมาได้นำมาคิดค่าไฟฟ้าและพิมพ์เป็นใบเสร็จได้

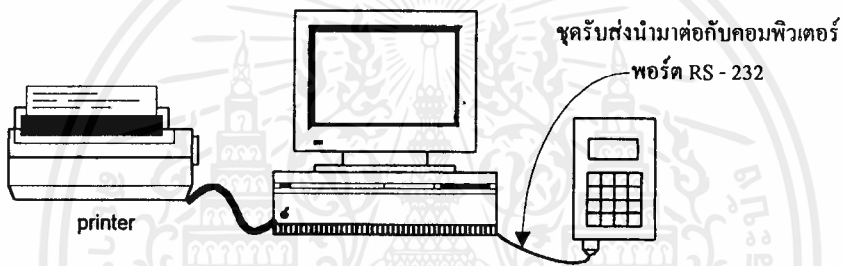
1.3 หลักการรีโมทกิโลวัตต์

รีโมทกิโลวัตต์จะเป็นเครื่องส่งและรับในเครื่องเดียวกันที่พนักงานการไฟฟ้าที่จะนำคิดตัวไปใช้ในการเก็บค่ากำลังไฟฟ้า ซึ่งค่าที่เก็บจะเป็นยูนิตหรือหน่วยที่ใช้ไปในแต่ละเดือนในสวนกิโลวัตต์นั้นจะถูกออกแบบใหม่เพื่อให้สามารถเป็นชุดที่สามารถ รับส่งข้อมูลผ่านทางคลื่นวิทยุได้ วิทยุที่ทำการรับส่งจะใช้วิทยุสื่อสารความถี่ย่าน VHF 146.07MHZ ซึ่งชุดรับส่งและชุดกิโลวัตต์จะมีลักษณะดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ชุดรับ-ส่งและกิโลวัตต์มิเตอร์

เมื่อพนักงานการไฟฟ้าต้องการที่จะเก็บค่ากำลังไฟฟ้าสามารถทำได้โดยป้อนหมายเลขเครื่องของมิเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้าและชุดคำสั่ง หมายเลขเครื่องก็จะถูกส่งผ่านคลื่นวิทยุไปยังมิเตอร์ เมื่อมิเตอร์ได้รับหมายเลขเครื่องที่ส่งมาก็จะเช็คหมายเลขเครื่องที่ส่งมานั้นตรงกับที่ตั้งไว้หรือไม่ถ้าตรงก็จะทำการประมวลผลตามคำสั่งนั้นและเมื่อประมวลผลเสร็จก็จะส่งค่ากำลังไฟฟ้ากลับมายังชุดรับส่งเพื่อเก็บค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้นั้นไว้ เพื่อที่จะนำค่าที่เก็บมานั้นมาคำนวณเป็นค่าไฟฟ้าด้วยโปรแกรมการคำนวณค่าไฟฟ้า โดยนำชุดรับส่งมาต่อกับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม RS - 232 เพื่อถ่ายข้อมูลจากชุดรับส่งมาเก็บไว้ที่คอมพิวเตอร์ ต่อจากนั้นก็ทำการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าได้ทันทีและสามารถพิมพ์เป็นใบเสร็จค่าไฟฟ้าได้



รูปที่ 1.2 การนำชุดรับส่งมาต่อกับคอมพิวเตอร์

โปรแกรมคำนวณค่ากระแสไฟฟ้านอกจากจะทำการคำนวณค่าไฟฟ้าและพิมพ์เป็นใบเสร็จได้แล้ว ยังสามารถที่จะดูข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ได้ เช่น ชื่อ ที่อยู่ของผู้ใช้ไฟ อัตราการจ่ายค่าไฟฟ้าแต่ละเดือน จำนวนหน่วยที่ใช้ไปแต่ละเดือน เป็นต้น

1.4 องค์ประกอบของปฏิญานิพนธ์

สำหรับในส่วนของปฏิญานิพนธ์ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ มาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งปฏิญานิพนธ์นี้ได้แบ่งออกเป็นบทต่างๆดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำ แนวคิดในการทำโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ หลักการของรีโมทกิโลวัตต์ และองค์ประกอบของปฏิญานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีต่างๆที่นำมาใช้ เช่น การสื่อสารข้อมูล การมอดูเลตทางความถี่ การสื่อสารแบบอนุกรม โครงสร้างสถาปัตยกรรม MCS-51 หลักการทำงานของวงจร FSK การคิดค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง

บทที่ 3 กล่าวถึงโครงสร้างและหลักการทำงานของวงจร FSK CIRCUIT การทำงาน ส่วนของเครื่องรับ-ส่ง ชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ การติดต่อกับคอมพิวเตอร์ และสภาวะการรับส่งข้อมูล

บทที่ 4 กล่าวถึงการออกแบบและการสร้าง รีโมทกิโลวัตต์ อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ บอร์ด MCS-51 ที่ใช้ การติดตั้งและวงจรรวมในส่วนต่างๆ

บทที่ 5 กล่าวถึงวิธีการใช้งานในการเก็บค่ากำลังไฟฟ้า การปรับแต่งเครื่องวัด การใช้โปรแกรมการคิดค่าไฟฟ้า

บทที่ 6 กล่าวถึง การทดลองการใช้งาน การทดลองการรับส่งที่ระยะทางเปลี่ยนไป การทดสอบ ACCURACY ของมิเตอร์ที่ใช้ การเก็บค่ากำลังไฟฟ้าและนำมาพิมพ์เป็นใบเสร็จ สรุปปัญหาที่เกิดขึ้น และสรุปการพัฒนาโครงการ

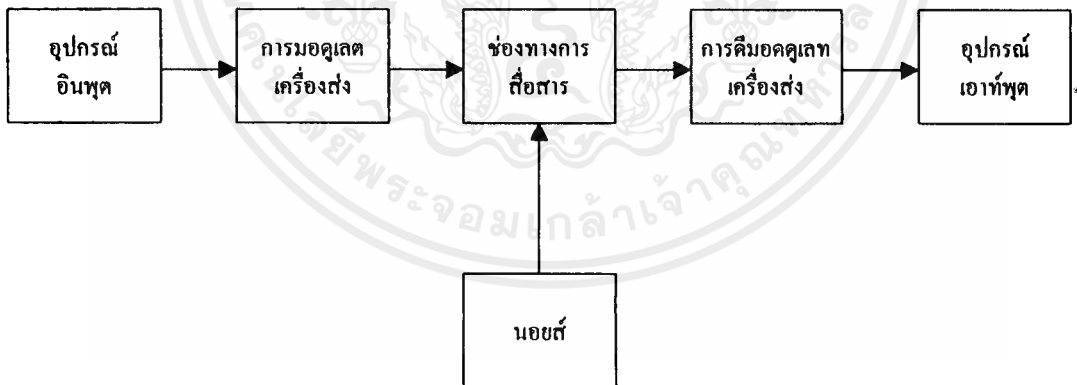
บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 การสื่อสารข้อมูล (Data Communications)

การสื่อสารข้อมูล เป็นสาขาหนึ่งของเทคโนโลยีการสื่อสารที่กล่าวถึง การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งอยู่ห่างกันพอสมควร ปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลนั้นนับวันนั้นจะยิ่งมีความสำคัญมากขึ้น ธุรกิจหลายอย่างหันมาใช้ประโยชน์จากการสื่อสารข้อมูลกันอย่างแพร่หลาย เช่น ระบบโทรสาร โทรศัพท์ มือ การควบคุมปิด-เปิด เครื่องจักรแบบรีโมท เป็นต้น

ในระบบการสื่อสารไม่ว่าจะระบบใดก็ตาม แผนผังพื้นฐานมักเหมือนกับรูปที่ 2.1 ระบบการสื่อสารโดยพื้นฐานประกอบด้วย อุปกรณ์อินพุต (input device) เครื่องส่ง ช่องทางสื่อสาร (communication channel) หรือแชนแนล ซึ่งมักจะมียอดส่งสามารถรับและอุปกรณ์เอาต์พุต (Output device)



รูปที่ 2.1 ระบบสื่อสารพื้นฐาน

อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต ความจริงอุปกรณ์อินพุตก็คือ อุปกรณ์ที่แปลงข่าวสารเป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่วนอุปกรณ์เอาต์พุตก็คือ อุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นข่าวสารนั่นเอง มีชื่อ

เรียกแตกต่างกันออกไปแล้วแต่การใช้งานเช่นในระบบวิทยุกระจายเสียงอุปกรณ์อินพุตอาจเป็น ไมโครโฟน และอุปกรณ์เอาต์พุตจะเป็นลำโพงสำหรับไมโครโฟนทำหน้าที่แปลงคลื่นเสียง เป็น สัญญาณไฟฟ้า และส่วนลำโพงทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับเป็นคลื่นเสียง

ในทำนองเดียวกันในระบบ แพร่ภาพทางโทรทัศน์อุปกรณ์อินพุตก็คือกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ ซึ่งเปลี่ยนพลังงานแสง (จากภาพ) ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า และอุปกรณ์เอาต์พุตก็คือ หลอดภาพ โทรทัศน์ ซึ่งเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้ากลับคืนเป็นพลังงานแสง

อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตของระบบสื่อสารยังมีอีกมากมาย เช่น คันเคาะโทรเลข เครื่อง โทรพิมพ์ เครื่องโทรสาร เครื่องโทรมาตร (Telemetry) ฯลฯ อุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุตจะต่อเข้ากับเครื่องส่งและเครื่องรับเสมอ

ข่าวสารที่รับหรือส่งระหว่างกัน แบ่งออกไปเป็น 3 พวกใหญ่ ๆ คือ

1. เสียงหรือออดิโอ (audio) ได้แก่ เสียงพูดในระบบโทรศัพท์ เสียงพูด เสียงเพลง เสียงดนตรี ซึ่งต้องการคุณภาพเสียงดีในระบบวิทยุกระจายเสียง
2. ภาพ (Picture) ได้แก่ ภาพนิ่งในระบบโทรสาร (Facsimile) และระบบส่งภาพระยะไกล (Telephoto) ภาพยนต์ในระบบโทรทัศน์
3. ข้อมูล (data) ส่วนใหญ่ส่งมาเป็นรหัสให้แก่เครื่องยนต์ เครื่องจักร เครื่องคอมพิวเตอร์ ฯลฯ ได้แก่ ข้อมูลและคำสั่งในระบบโทรมาตร ตัวอักษร ในระบบโทรพิมพ์ หรือโทรเลข ข้อมูลคอมพิวเตอร์ในระบบสื่อสารคอมพิวเตอร์

เครื่องส่ง เครื่องส่งทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์อินพุตแล้วทำการมอดูเลทลงบนคลื่นพาหะความถี่สูง เครื่องส่งประกอบด้วยแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่สูง (เรียกว่า ออสซิลเลเตอร์) กับมอดูเลทเครื่องส่งส่วนใหญ่ยังมีภาคขยายอีกเพื่อให้สัญญาณที่ส่งออกอากาศมีกำลังแรงทำให้สื่อสารกันได้ไกลขึ้น

ช่องทางสื่อสาร ช่องทางสื่อสารในที่นี้ ได้แก่ บรรยากาศ อวกาศ (free space) หรือสาย ฯลฯ แต่ในที่นี้เราจะกล่าวถึงเฉพาะระบบวิทยุเท่านั้น ช่องทางสื่อสารของระบบวิทยุอาศัยการแผ่คลื่นวิทยุออกไป โดยผ่านบรรยากาศซึ่งเป็นตัวกลาง (medium) ซึ่งคลื่นทางจากเครื่องส่งผ่านไปยังเครื่องรับ

ความถี่และความยาวคลื่นเรานิยมแบ่งคลื่นวิทยุออกเป็นย่านความถี่ต่างๆโดยมีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz) ในประวัติศาสตร์การวิทยุ เราแบ่งคลื่นวิทยุตามความยาวคลื่น (Wavelength) ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และความยาวคลื่นเป็นไปตามสูตรดังนี้

$$\lambda = v/f$$

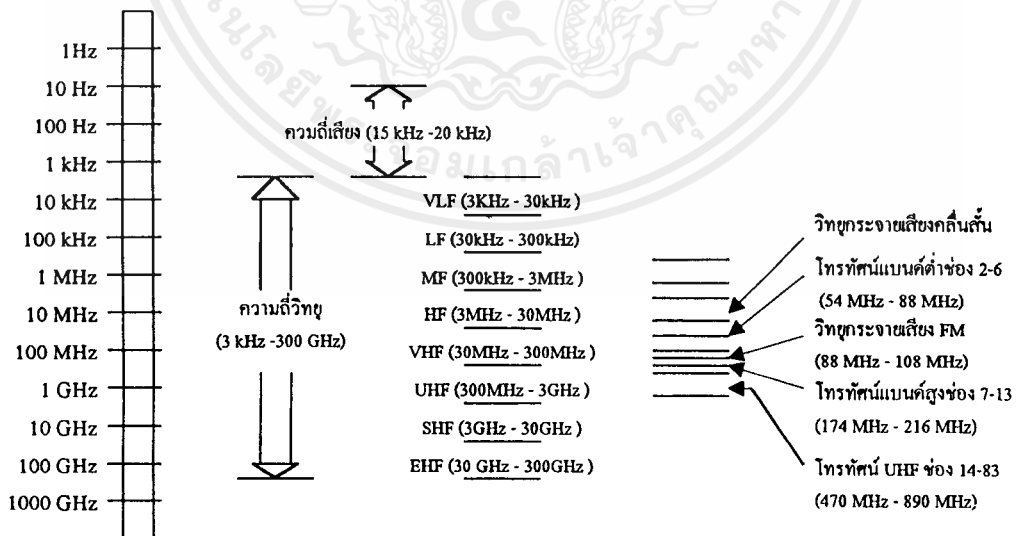
ในที่นี้ λ คือความยาวคลื่นมีหน่วยเป็นเมตร

v คือความเร็วของคลื่นวิทยุในอากาศ เท่ากับความเร็วของแสง = 3×10^8 เมตรต่อวินาที

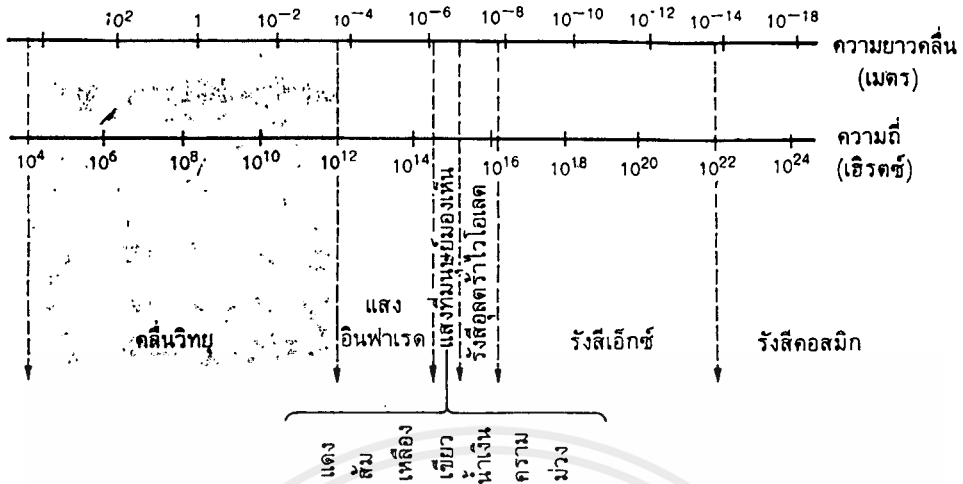
f คือ ความถี่มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz)

ตารางที่ 2.1 แสดงย่านความถี่ ความถี่ และความยาวคลื่น

ย่านความถี่	ความถี่	ความยาวคลื่น
very low frequency (VLF)	ต่ำกว่า 30 kHz	ยาวกว่า 10 km
low frequency (LF)	30 - 300 kHz	10 - 1 km
medium frequency (MF)	300-3000 kHz	1000-100 km
high frequency (HF)	3-30 MHz	100-10 km
very high frequency (VHF)	30-300 MHz	10-1 km
ultra high frequency (UHF)	300-3000 MHz	100-10 km
super high frequency (SHF)	3 - 30 GHz	10-1 km
extremely high frequency (EHF)	30-300 GHz	10-1 km



รูปที่ 2.2 การแบ่งสเปกตรัมความถี่ของคลื่นวิทยุ



รูปที่ 2.3 การแบ่งสเปกตรัมความถี่ของคลื่นวิทยุ

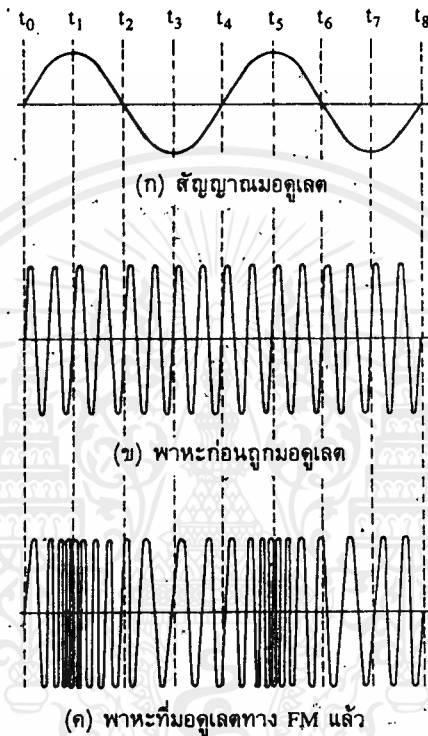
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการใช้งานความถี่ในกิจการสื่อสารต่าง ๆ

ย่านความถี่	ตัวอย่างการใช้งานในกิจการสื่อสาร
VLF	โทรเลข โซนาร์
LF	วิทยุนำร่อง โทรพิมพ์ โทรเลข
MF	วิทยุกระจายเสียง การสื่อสารระยะปานกลาง
HF	การสื่อสารระยะไกล วิทยุกระจายเสียง
VHF	วิทยุกระจายเสียง การแพร่ภาพโทรทัศน์ การสื่อสารระยะใกล้
UHF	การสื่อสารการบิน การสื่อสารระยะใกล้
SHF	เรดาร์ การสื่อสารไมโครเวฟ ดาวเทียม
EHF	การสื่อสารทางแสง

2.2 การมอดูเลตทางความถี่

รูปคลื่นสัญญาณ FM เกิดจากสัญญาณมอดูเลต ดังรูปที่ 2.4 (ก) เช่น สัญญาณเสียงซึ่งเป็นข่าวสารเข้าไปมอดูเลตลงบนสัญญาณพาหะ ดังรูปที่ 2.4 (ข) สัญญาณพาหะ หลังจากมอดูเลตแล้วใน รูปที่ 2.4 (ค) เป็นสัญญาณ FM อยู่ที่ความถี่กลาง เมื่อสัญญาณที่เข้ามามอดูเลตมีค่าทาง

บวกสูงสุด ความถี่ของพาหะจะเพิ่มขึ้นสูงสุด นั่นคือสัญญาณมอดูเลตถึงจุดสุดขั้ว (สัญญาณมอดูเลตมีขนาดสูงสุดนั่นเอง) ที่เวลา t_1



รูปที่ 2.4 การมอดูเลตทางความถี่

ที่เวลา t_2 สัญญาณมอดูเลตลดลงเป็นศูนย์ ความถี่พาหะก็จะลดลงมาที่ความถี่กลางดั้งเดิม หลังจากเวลาสัญญาณมอดูเลตมีค่าตกลงต่ำกว่าศูนย์กลายเป็นลบ พาหะจะมีความถี่ลดลงต่ำกว่าความถี่กลางและเมื่อเวลาสัญญาณมอดูเลตกลับเป็นศูนย์อีกครั้งหนึ่ง ความถี่ของพาหะก็จะกลับมาถึงความถี่กลางดั้งเดิมเช่นกัน ในเวลาเวลา t_4 ถึง t_8 ก็จะซ้ำแบบเดิมเรื่อย ๆ ไปสรุปแล้วความถี่ของพาหะ จะเปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณมอดูเลต และพาหะยังคงอยู่ที่ความถี่กลางเมื่อสัญญาณของมอดูเลตเป็นศูนย์

ช่วงความถี่ที่พาหะเบี่ยงเบนไปจากความถี่กลางเรียกว่า ความถี่เบี่ยงเบน (Frequency - Deviation) หรือ ดีวีเอชัน ตัวอย่างเช่นพาหะมีความถี่ 100 เมกะเฮิร์ตซ์ ตกลงต่ำสุดเป็น 99.9 เมกะเฮิร์ตซ์ และเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 100.1 เมกะเฮิร์ตซ์ สลับไปมาเช่นนี้ หมายความว่าช่วงความถี่เบี่ยงเบนเท่ากับ บวกลบ 0.1 เมกะเฮิร์ตซ์หรือ บวกลบ 100 กิโลเฮิร์ตซ์

อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณ FM ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามาอดูเลท นั่นคือ ความถี่ของสัญญาณที่เข้ามาอดูเลทเป็นตัวกำหนดอัตราการเบี่ยงเบนความถี่ ส่วนแอมพลิจูดของสัญญาณอดูเลทจะเป็นตัวกำหนดช่วงความถี่เบี่ยงเบน

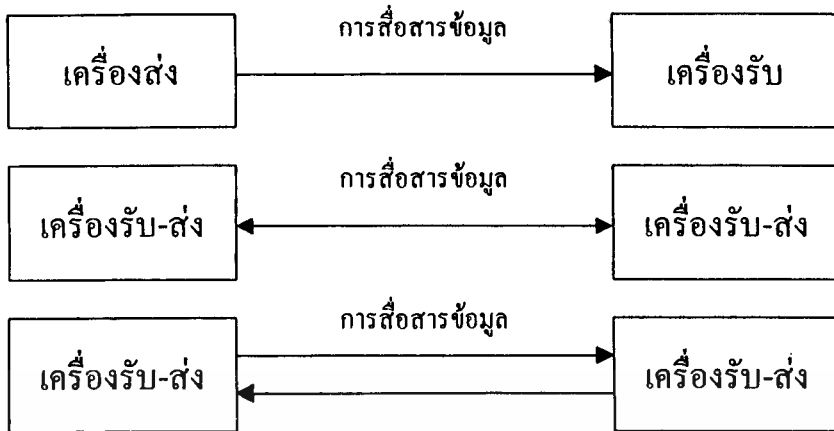
กล่าวโดยสรุป สัญญาณ FM มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. มีแอมพลิจูดคงที่ตลอด แต่ความถี่เปลี่ยนตามสัญญาณที่เข้ามาอดูเลท
2. อัตราการเบี่ยงเบนความถี่ของสัญญาณพาหะ มีค่าเท่ากับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามาอดูเลท
3. ช่วงความถี่เบี่ยงเบน (หรือดีวีเอชัน) เป็นสัดส่วนกับแอมพลิจูดของสัญญาณที่เข้ามาอดูเลท

2.3 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมอาจจะแบ่งตามรูปลักษณะได้ 3 แบบ ตามรูปที่ 2.7

1. แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) ข้อมูลส่งได้ในทางเดียวเท่านั้นบางครั้งก็เรียกว่าการส่งทิศทางเดียว (Unidirectional data bus)
2. แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half duplex) ข้อมูลสามารถส่งได้ทั้งสองสถานี แต่จะต้องผลัดกันส่งผลัดกันรับ จะส่งและรับพร้อมกันไม่ได้
3. แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex) ทั้งสองสถานีสามารถรับและส่งได้ในเวลาเดียวกัน



รูปที่ 2.5 รูปแบบการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

มาตรฐาน RS-232-C

เพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์จากผู้ผลิตต่างกันทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดจึงได้รับการออกแบบขึ้น มาตรฐานที่ใช้กันกว้างขวางที่สุดคือ RS-232-C ถูกประกาศในปี 1969 โดย Electronic Industries Association มาตรฐาน RS-232-C ที่ร่างขึ้นในตอนเริ่มแรกสำหรับกำหนดการเชื่อมต่อระหว่างเทอร์มินัล (terminal) และโมเด็มระบุคุณลักษณะทางไฟฟ้าของวงจรระหว่างอุปกรณ์สองตัว และกำหนดชื่อและหมายเลขแ่งสายที่จำเป็นสำหรับการเชื่อมต่อวงจร ชื่อวงจรตามมาตรฐาน RS-232-C(AA, AB เป็นต้น) จำได้ยากในทางปฏิบัติจึงใช้ชื่อย่อแทน

ตัวอย่างเช่น สายเส้นที่ 2 มีชื่อ BA แต่ใช้กันทั่วไปว่า TXD (Transmitted Data) ตามมาตรฐาน RS-232-C สายเส้นที่ 2 นำข้อมูลจากเทอร์มินัลไปสู่โมเด็ม เพื่อให้การทำงานถูกต้อง เทอร์มินัลต้องส่งเอาต์พุตออกที่สายเส้นที่ 2 และโมเด็มต้องรับข้อมูลบนสายเส้นที่ 2 เพราะฉะนั้นสายเส้นที่ 2 เป็นสายส่งข้อมูลสำหรับอุปกรณ์บางอย่างและเป็นสายรับข้อมูลสำหรับอุปกรณ์อย่างอื่น การเชื่อมต่อโดยตรงจากสายเส้นที่ 2 บนอุปกรณ์หนึ่งเข้ากับสายเส้นที่ 2 บนอุปกรณ์อีกตัวหนึ่ง สามารถทำได้ต่อเมื่ออุปกรณ์หนึ่งส่งข้อมูลบนสายเส้นที่ 2 และอีกตัวหนึ่งรับข้อมูลบนสายเส้นที่ 2

เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ส่งข้อมูลบนสายเส้นเดียวกัน อุปกรณ์จึงถูกแบ่งออกเป็นสองชนิด อุปกรณ์อย่างเช่นเทอร์มินัล ซึ่งใช้สายเส้นที่ 2 สำหรับเอาต์พุต เรียกว่า DTE (Data Terminal Equipment) อุปกรณ์อย่างเช่นโมเด็มซึ่งใช้สายเส้นที่ 2 สำหรับอินพุต เรียกว่า DCE (Data Communication Equipment)

อุปกรณ์ DTE และ DCE

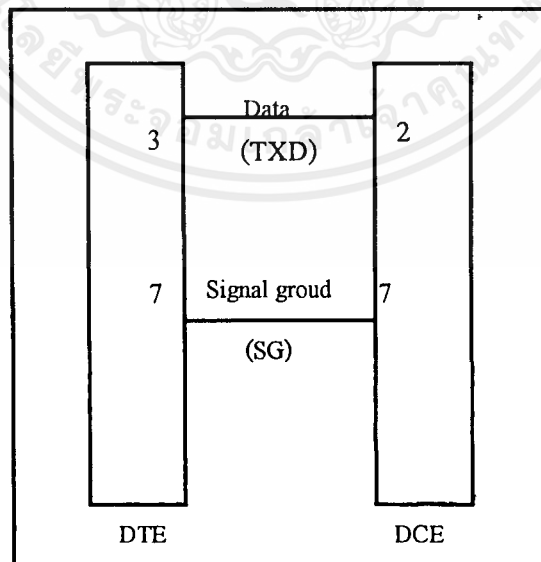
ตามมาตรฐาน RS-232-C อุปกรณ์ DTE ควรใช้หัวต่อตัวผู้ และอุปกรณ์ DCE ควรใช้หัวต่อตัวเมีย อย่างไรก็ตามผู้ผลิตไม่ได้ปฏิบัติตามกฎนี้เสมอ ดังนั้นจึงไม่อาจแยกแยะอุปกรณ์ DTE และ DCE โดยการมองเห็น ๆ ได้เสมอไป

เมื่อทราบว่าอุปกรณ์หนึ่งเป็น DTE และอีกตัวหนึ่งเป็น DCE ในทางทฤษฎีแล้วสามารถเชื่อมต่อได้อย่างง่ายดาย โดยการเชื่อมต่อสายที่มีหมายเลขตรงกัน เช่น เส้นที่ 2 กับ 2, 3 กับ 3 เป็นต้น เรียกว่าการเชื่อมต่อแบบตรงไปตรงมา แต่มีผู้ผลิตบางรายที่ไม่ได้ทำ

ตามมาตรฐานและทำให้เกิดปัญหาหลายอย่าง ปัญหาเหล่านี้จะได้รับการกล่าวถึงในภายหลัง เช่นเดียวกับวิธีการจัดการรับสถานการณ์ที่อุปกรณ์ทั้งสองเป็น DTE หรือ DCE เหมือนกัน ในตอนนี้ให้ถือว่าอุปกรณ์หนึ่งเป็น DTE และอีกตัวหนึ่งเป็น DCE และแต่ละฝ่ายส่งสัญญาณที่อีกฝ่ายต้องการรับสายที่ตรงกัน

การสื่อสารทางเดียว

วงจรหลักที่ถูกใช้สำหรับการสื่อสารมีอยู่สามวงจร คือสายเส้นที่ 2 สำหรับข้อมูลจาก DTE ไปยัง DCE สายเส้นที่ 3 สำหรับข้อมูลจาก DCE ไปยัง DTE และสายเส้นที่ 7 สำหรับเนลกรานด์ (signal ground) ซึ่งเป็นจุดอ้างอิงร่วมสำหรับขั้วและแรงดันไฟฟ้าของสายอื่น ในกรณีที่ยากที่สุดซึ่งมีเพียงอุปกรณ์หนึ่งส่งและอีกตัวรับใช้สายเพียงสองเส้นก็เพียงพอ คือสายเส้นที่ 2 หรือ 3 และสายเส้นที่ 7 ดังในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การเชื่อมต่อทางเดียวอย่างง่าย

ฮาร์ดแวร์แฮนด์เช็คกิ้ง

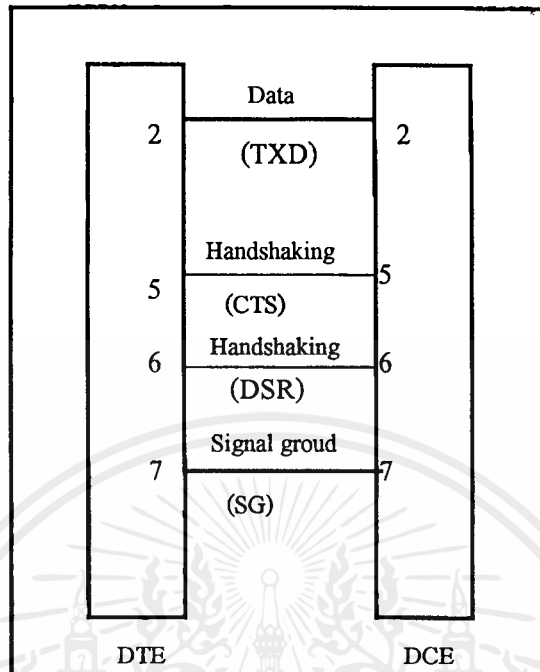
ในหลายๆ กรณี อุปกรณ์ฝ่ายส่งจำเป็นต้องรู้ว่าอุปกรณ์ฝ่ายรับพร้อมที่จะรับข้อมูลทั่วไป ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลไปที่เครื่องพิมพ์ ความเร็วของการสื่อสารอาจเร็วกว่าความเร็วของเครื่องพิมพ์ เครื่องพิมพ์ต้องระงับการส่งข้อมูลความคมชัดจนกว่ามันพร้อมที่จะรับข้อมูล ในทำนองเดียวกันกับการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปอีกเครื่องหนึ่ง และคอมพิวเตอร์ตัวที่สองไม่สามารถประมวลผลข้อมูลได้เร็วเท่ากับอัตราที่ข้อมูลเข้ามา

ทั้งสองกรณี ต้องมีข่าวสารถูกส่งกลับจากอุปกรณ์ฝ่ายรับไปยังอุปกรณ์ฝ่ายส่ง เพื่อแจ้งว่า มันพร้อมหรือไม่ ข่าวสารนี้เรียกว่า โฟลว์คอนโทรล

จาก DTE ไปสู่ DCE

เมื่ออุปกรณ์ STC ส่งข้อมูลไปที่อุปกรณ์ CDE ข้อมูลถูกส่งไปตามสายเส้นที่ 2 และใช้สายเส้นที่ 7 ซิกแนลกราวด์ ตามปกติอุปกรณ์ DCE ควบคุมการส่งแฮนด์เช็คกิ้งจากอุปกรณ์ DTE บนสายเส้นที่ 6 ชื่อว่า DER (Data Set Ready) ถ้าเครื่องพิมพ์เป็น DCE และคอมพิวเตอร์เป็น DTE สายเส้นที่ 6 บนคอมพิวเตอร์ควรถูกเชื่อมต่อเข้ากับสายเส้นที่ 6 บนเครื่องพิมพ์ และเครื่องพิมพ์จะรักษาแรงดันไฟฟ้าบวกบนสายเส้นที่ 6 ตลอดเวลาที่มันสามารถรับข้อมูล เมื่อมันต้องการที่จะบอกคอมพิวเตอร์ให้หยุดการส่งข้อมูล มันจะลดแรงดันไฟฟ้าบนสายเส้นที่ 6 ให้เป็นสถานะลบ

บ่อยครั้งที่วงจรแฮนด์เช็คกิ้งชุดที่สอง คือสายเส้นที่ 5 ถูกใช้โดยอุปกรณ์ DCE เพื่อควบคุมการส่งจากอุปกรณ์ DTE วงจรนี้มีชื่อว่า CTS (Clear to Send) เมื่อสายแฮนด์เช็คกิ้งสองเส้นถูกใช้ อุปกรณ์ DTE ต้องได้รับการออกแบบให้ส่งข้อมูลก็ต่อเมื่อสายทั้งสองเป็นไฮ (high) หรือแรงดันไฟฟ้าบวก บางครั้งสายนั้นอาจมีความหมายต่างไป เช่นเส้นหนึ่งอาจบอกอุปกรณ์ฝ่ายส่งให้หยุดการพิมพ์จนกระทั่งข้อมูลถูกพิมพ์ไปได้จำนวนหนึ่ง และเส้นที่เหลืออาจจะแจ้งว่ากระดาษของเครื่องพิมพ์หมดอย่างไรก็ตามความหมายเหล่านี้ไม่ได้มีมาตรฐาน เนื่องจากคอมพิวเตอร์หลายชนิดถูกโปรแกรมไม่ให้ส่งข้อมูล ถ้าสายแฮนด์เช็คกิ้งทั้งสองไม่เป็น High แม้แต่กับเครื่องพิมพ์ที่ไม่ได้กำหนดความหมายพิเศษกับสายชุดที่สองอย่างน้อยก็ควรรักษาแรงดันไฟฟ้าบวกไว้ อย่างไรก็ตามบางครั้งสัญญาณชุดที่สองต้องถูกต้องถูกสร้างหลอกขึ้นมาโดยการต่อมันเข้ากับชุดแรก

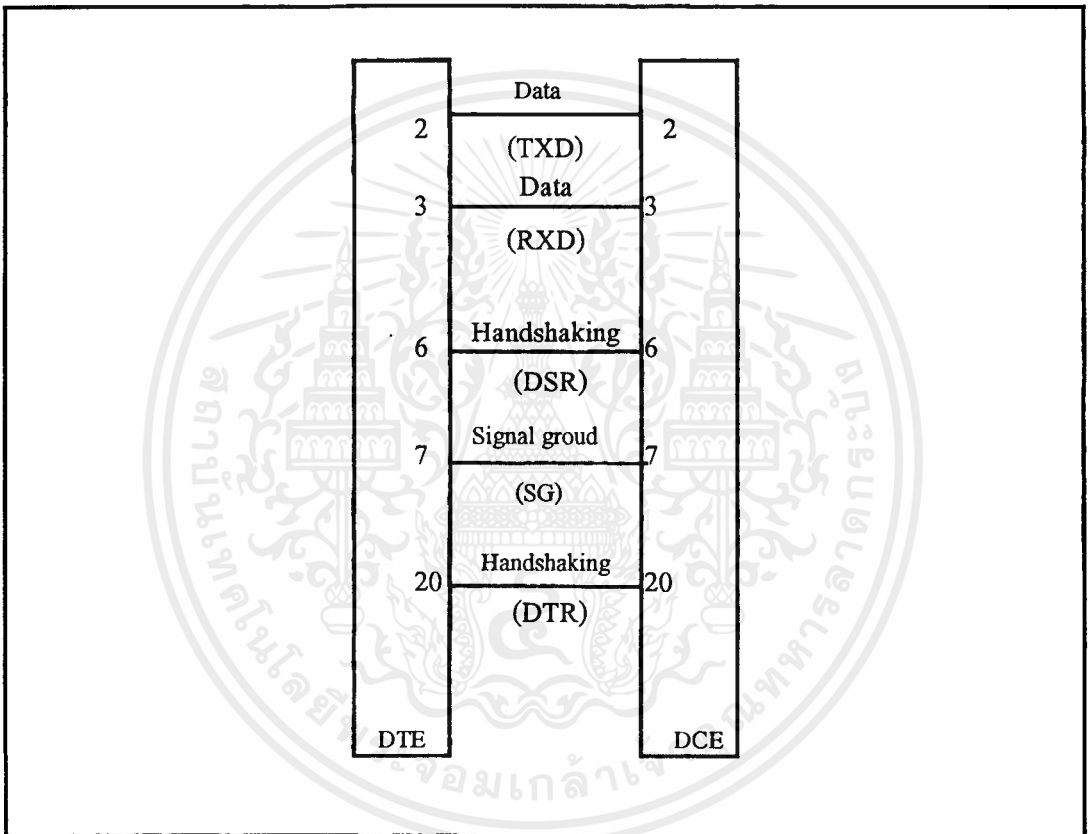


รูปที่ 2.7 การสื่อสารทางเดียวพร้อมด้วยแฮนด์เช็คกึ่งจาก DTE ไปยัง DCE

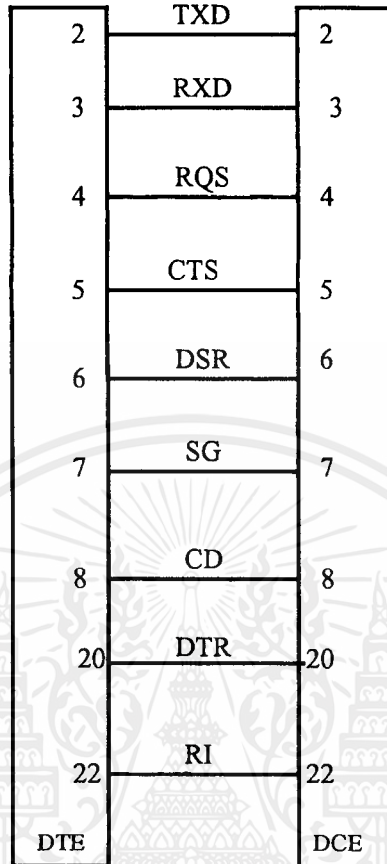
การสื่อสารสองทาง

ในหลายกรณีที่ข้อมูลถูกส่งผ่านในสองทิศทาง โดยเฉพาะเมื่อคอมพิวเตอร์สองตัวสื่อสารกัน รวมทั้งในกรณีที่ใช้ซอฟต์แวร์แฮนด์เช็คกึ่งด้วยเช่นกัน จำนวนสายที่น้อยที่สุดที่จำเป็นในการสื่อสารสองทางคือ สามเส้น ได้แก่ สายข้อมูลในแต่ละทิศทาง และซิกแนลกราวด์ การเพิ่มเติมสายแฮนด์เช็คกึ่งในแต่ละทิศทาง ทำให้จำนวนสายรวมเป็นห้าเส้น ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เมื่อสายแฮนด์เช็คกึ่งชุดที่สองถูกนำมาใช้เพิ่มเติมลงในแต่ละทิศทาง สายทั้งหมดที่ใช้คือเจ็ดเส้น บางครั้งอาจมีการเพิ่มสายอีกสองเส้น เพื่อให้โมเด็มสามารถให้ข้อมูลมากขึ้นแก่คอมพิวเตอร์หรือเทอร์มินัล ได้แก่ CD (Carrier Detect) ถูกเชื่อมต่อกับขา 8 เพื่อแจ้งการคงอยู่ของสัญญาณพาหะ และ RI (Ring Indicator) ถูกเชื่อมต่อกับขา 22 เพื่อแสดงว่าโมเด็มกำลังถูกเรียกโดยอุปกรณ์ระยะไกล ซึ่งก็คือการตรวจสอบสัญญาณกริ่งของโทรศัพท์นั่นเอง จำนวนวงจรทั้งหมดจะกลายเป็นเก้า ตามรูปที่ 2.9

แม้ว่ามีวงจรอื่นอีกหลายวงจรถูกกำหนดโดย RS-232-C แต่ทั้งเก้าวงจรนี้ถูกใช้กันมากที่สุด และเป็นเพียงชุดเดียวที่โดยปกติถูกเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นเหตุผลที่ไมโครคอมพิวเตอร์ใช้หัวต่อ 9 ขาแทน 25 ขา สำหรับนำพาสัญญาณที่จำเป็นทั้งหมดของวงจร RS-232-C



รูปที่ 2.8 การสื่อสารของทางพร้อมด้วยวงจรแฮนด์เชคกึ่งหลัก



รูปที่ 2.9 การเชื่อมต่อ RS-232 แบบมาตรฐานเก้าเส้น

สัญญาณทางไฟฟ้า

มาตรฐาน RS-232-C กำหนดคุณลักษณะของสัญญาณทางไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมต่ออนุกรมโดยตรง มีเพียงสองลักษณะคือ SPACE แสดงถึง ไบนารี 0 หรือแรงดันไฟฟ้าบวกและ MARK แสดงถึงไบนารี 1 หรือ แรงดันไฟฟ้าลบ

บนสายข้อมูล (เช่นสาย 2 และ 3) แรงดันไฟฟ้าบวกแสดงถึงค่าลอจิก (logic) 0 และแรงดันไฟฟ้าลบแสดงถึงค่าลอจิก 1 บนสายแฮนด์เช็คกิ้ง (เช่น DTR และ DSR) แรงดันไฟฟ้าบวกแสดงว่าส่งข้อมูลได้ ส่วนแรงดันไฟฟ้าลบหมายถึงหยุดข้อมูล

แรงดันไฟฟ้าบวก (สถานะ SPACE) อยู่ระหว่าง +5 ถึง +15 โวลต์สำหรับเอาต์พุต และระหว่าง +3 และ +15 โวลต์สำหรับอินพุต ความแตกต่างมีไว้เพื่อกรณีที่แรงดัน ไฟฟ้าสูญหายเนื่องจากความยาวของสายสัญญาณ ในทำนองเดียวกัน แรงดันไฟฟ้าลบ (สถานะ MARK) ถูกกำหนดไว้ระหว่าง -5 ถึง -15 โวลต์สำหรับเอาต์พุต และ -3 ถึง -15 โวลต์สำหรับอินพุต

สังเกตว่าถ้าให้สายสัญญาณยาวเกินไป ระดับแรงดันไฟฟ้าจะตกลงเกินขอบเขตที่ยอมรับได้นอกจากนี้ ความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีผลกับคุณภาพของสัญญาณ โดยทำให้การเปลี่ยนแปลงสถานะจากแรงดันไฟฟ้าบวกไปลบไม่ชัดเจน RS-232-C ไม่ได้มุ่งหวังให้นำไปใช้กับระยะทางไกล และโดยทั่วไป 50 ฟุต เป็นระยะทางไกลที่สุดในการใช้สายสัญญาณปกติที่อัตราการส่งข้อมูลปกติ ถ้าอุปกรณ์อยู่ห่างกันมาก อาจจำเป็นต้องใช้โมเด็ม หรือวิธีการอื่น

การเชื่อมต่อ RS-449 และ RS -232 - C

มันเป็นไปได้ที่จะเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ RS-449 และ RS-232-C EIA กล่าวถึงวิธีการไว้ในเอกสาร “Application Notes on Interconnection between Interface Circuit Using RS-449 and RS-232-C” หรือ Industrial Electrical Bulletin No. 12 เอกสารนี้ประยุกต์กับวงจร RS-423 เท่านั้น

รูปแบบข้อมูลในคอมพิวเตอร์.

การที่จะทำความเข้าใจการส่งผ่านข้อมูล สิ่งแรกคือต้องทำความเข้าใจกับวิธีที่ข้อมูลถูกเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ก่อน

บิตและไบต์

ในเลขฐานสิบ มีตัวเลขอยู่สิบตัวคือ 0 ถึง 9 การเพิ่มศูนย์หนึ่งตัวเข้าทางซ้ายเป็นการคูณจำนวนด้วยสิบ ในเลขฐานสองมีเพียงตัวเลขสองตัว คือ 0 กับ 1 การเพิ่มศูนย์เข้าทางซ้ายจำนวนเป็นการคูณจำนวนด้วยสอง

ตัวเลขศูนย์หรือแต่ละตัวในเลขฐานสองเรียกว่า บิต (bit) 8 บิตจะเป็น 1 ไบต์ (Byte) ผลที่ตามมาคือ ค่าของหนึ่งไบต์จึงเป็นได้ตั้งแต่ 00000000 ถึง 00000000 หรือ 0 ถึง 255 ในฐานสิบ

บิตที่อยู่ทางขวาสุดของไบต์เรียกว่า บิตศูนย์ บิตที่อยู่ซ้ายสุดเรียกว่า บิตเจ็ด บิตศูนย์ เรียกว่า บิตที่มีน้อยสำคัญที่สุด (least significant bit) และบิตเจ็ด เรียกว่า บิตที่มีน้อยสำคัญสูงสุด (most significant) รูปที่ 2.1 แสดงจำนวน 35 ในฐานสอง

หมายเลขบิต	7	6	5	4	3	2	1	0
ค่าถ้าถูกเซต	128	64	32	16	8	4	2	1
การเซต	0	0	1	0	0	0	1	1
ค่าตามที่เซต	0	0	32	0	0	0	2	1

รูปที่ 1 จำนวน 35 ในฐานสอง

คอมพิวเตอร์เกือบทั้งหมดทำงานในระบบเลขฐานสอง เพราะว่ามันเป็นนากการง่ายที่จะแปลงรหัส 0 และ 1 เป็นแรงดันไฟฟ้าบวกและลบ ในคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่หน่วยที่เล็กที่สุดของหน่วยความจำเป็นอั้งถึงโดยการอั้งแอดเดรสคือไบต์ ดังนั้นเมื่อข้อมูลถูกเก็บและจัดการในคอมพิวเตอร์ตามปกติจึงมันถูกแปลให้เป็นไบต์ที่เรียงลำดับกัน

การเข้ารหัสข้อความ

เมื่อข้อความ (อักขระเครื่องหมายวรรคตอน และอื่น ๆ) ถูกเก็บในคอมพิวเตอร์ แต่ละตัวอักษรที่แตกต่างกันจะถูกแทนด้วยจำนวนที่ต่างกันจำนวนเหล่านี้โดยปกติมีค่า 0 ถึง 127 หรือจาก 0 ถึง 255 เนื่องจากไบต์หนึ่งสามารถมีค่าจาก 0 ถึง 255 มันจึงเป็นธรรมชาติที่จะให้หนึ่งไบต์แทนตัวอักษรหรือเครื่องหมายวรรคตอนแต่ละตัวในข้อมูลที่เป็นข้อความ มีสองวิธีที่ต่างกันสำหรับการจับคู่ตัวอักษรกับจำนวน คือ EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code) ซึ่งถูกใช้ในคอมพิวเตอร์ชนิดอื่นของไอบีเอ็มยกเว้นไอบีเอ็มพีซี

และ ASCII (American Standard Code for Information Interchange) ซึ่งถูกใช้ในคอมพิวเตอร์อื่นส่วนใหญ่ เราจะเกี่ยวข้องกับ ASCII เท่านั้นในหนังสือเล่มนี้

ตาราง ASCII อย่างเป็นทางการให้จำนวนระหว่าง 32 ถึง 126 แทน ตัวเลข ตัวอักษร เครื่องหมายวรรคตอนและสัญลักษณ์ที่ใช้กันทั่วไปอื่น ๆ จำนวนจาก 0 ถึง 31 และ 127 มีความหมายพิเศษ เช่น Carriage return, Line feed และตัวอักษรที่ไม่สามารถแสดงผลได้อื่น ๆ

ตัวอย่างเช่น ตัว A ถูกเก็บเป็นเลขฐานสิบ 65 ในฐานสองคือ 01000001 คอมมาถูกเก็บในเลขฐานสิบ 44 ซึ่งเป็น 00101100 ในฐานสอง

เนื่องจากจำนวน 127 ในฐานสองใช้เพียงเจ็ดบิต ตัวอักษรทั้งหมดถูกแทนด้วย 0 ถึง 127 สามารถถูกเก็บในหนึ่งไบต์ โดยจะเหลืออีกหนึ่งบิตเนื่องจากเราให้ข้อบิตในไบต์หนึ่งตั้งแต่ศูนย์ถึงเจ็ด จะเห็นได้ว่ารหัส ASCII ใช้เพียงบิตศูนย์ถึงหก บิตเจ็ดถูกสำรองไว้

คอมพิวเตอร์หลายชนิดใช้เต็มที่ทั้งแปดบิตสำหรับการเข้ารหัส ทำให้มีรหัสที่แตกต่างกัน 256 ตัว 128 ตัวแรกเป็นไปตาม ASCII และส่วนที่เหลือถูกใช้สำหรับอักขระต่างชาติ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อักขระกราฟิก และอื่น ๆ ตามแต่การออกแบบ โชคไม่ดีที่ไม่มีมาตรฐานสำหรับอักขระเพิ่มเติม (extended character) เหล่านี้ ซึ่งมักจะมี ความหมายแตกต่างกันบนคอมพิวเตอร์คนละชนิด



รหัส ASCII ชนิดพิเศษ

รหัส 32 ตัวแรกในตาราง ASCII มีความหมายพิเศษ ดังในตารางที่ 2.3 มีหลายตัวได้รับการออกแบบเพื่อวัตถุประสงค์ทางการสื่อสารโดยเฉพาะ

ตารางที่ 2.3 รหัส ASCII ชนิดพิเศษ

รหัส	อักขระ	ความหมาย
0	NULL	วิธีหนึ่งที่จะทำให้เกิดการหน่วงเวลาอย่างจงใจ ในอดีตมันมีความจำเป็นที่จะส่ง null หลังจาก Carriage return เพื่อให้เครื่องพิมพ์ปิดแคร์ไปทางซ้ายสุดของหน้ากระดาษปัจจุบันเครื่องพิมพ์ทำงานได้เร็วขึ้น null จึงถูกใช้สำหรับ จุดประสงค์อื่นหลายอย่าง
1	SOH	Start of heading แสดงว่าข้อความที่ตามมาเป็นส่วนหนึ่งของหัวข้อ
2	STX	Start of text แสดงจุดเริ่มต้นของข้อความจริงของข่าวสาร
3	ETX	End of text แสดงจุดสิ้นสุดของข้อความ
4	EOT	End of transmission แสดงการสิ้นสุดของการส่ง
5	ENQ	Enquiry โดยปกติถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของซอฟต์แวร์แฮนด์เช็กกิ้งในการขอให้คอมพิวเตอร์ฝ่ายรับตอบรับการได้รับข่าวสาร

รหัส	อักขระ	ความหมาย
6	ACK	Acknowledge การตอบรับการได้รับข่าวสาร
7	BAL	ส่งเสียงออกทางเทอร์มินัล
8	BS	Backspace
9	HT	Horizontal tab
10	LF	Line feed ทำให้ขึ้นบรรทัดใหม่ในตำแหน่งเดิม
11	VT	Vertical tab
12	FF	Form feed เลื่อนหน้ากระดาษไปหนึ่งหน้า
13	CR	Carriage return เลื่อนไปที่ต้นบรรทัด บางครั้งทำให้เกิด Line feed ด้วยเช่นกัน
14	SO	Shift out กำหนดจุดเริ่มต้นของรหัสควบคุมพิเศษบ่อยครั้งที่ใช้ ESC แทน
15	SI	Switch in กำหนดจุดสิ้นสุดของรหัสควบคุมที่เริ่มต้นโดย SO
16	DLE	Data link escape เหมือนกับ Esc
17	DC ₁	
18	DC ₂	Device control 1 ถึง 4 รหัสที่สำรองไว้ให้ใช้ตามความต้องการ บางครั้งใช้ในซอฟต์แวร์แฮนด์เช็คกิ้ง
19	DC ₃	
20	DC ₄	
21	NAK	Negative acknowledgement บ่งชี้ว่าข้อมูลที่ส่งนั้น ไม่ได้ถูกรับอย่างถูกต้อง ตัวอย่างเช่น พบความผิดพลาดทางพาริตี
22	SYN	Synchronous idle เหมือนกับ NULL แต่ถูกใช้ในการสื่อสารแบบซิงโครนัส เพื่อดูแลให้อุปกรณ์สองตัวซิงโครไนซ์กันระหว่างการส่ง
23	ETB	End of transmission block ถูกใช้ในที่ซึ่งการส่งข้อมูลถูกแบ่งเป็นบล็อก เพื่อวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบข้อผิดพลาด

รหัส	อักขระ	ความหมาย
24	CAN	Cancel บ่งชี้ว่า ข้อมูลที่ถูกส่งไปควรถูกทิ้งไป
25	EM	End of medium บ่งชี้ว่ามาถึงปลายทางของเทปกระดาษ
26	SUB	Substitute แก้ไขตัวอักษรที่ถูกส่งมาผิดพลาด ถูกใช้เพื่อบ่งชี้จุดสิ้นสุดของการส่งด้วยเช่นกัน
27	Esc	Escape บ่งชี้จุดเริ่มต้นของตัวอักษรที่ติดตามมาว่ามีความหมายพิเศษ
28	FS	
29	GS	File group , Record และ Unit separator ตามลำดับใช้เพื่อกำหนดของเขตระหว่างส่วนของข้อความ
30	RS	
31	US	
32	DEL	บ่งชี้ว่า ตัวอักษรที่มาก่อนมันควรถูกลบ

รหัส 1 ถึง 26 ถูกอ้างถึงเป็น Ctrl - A ถึง Ctrl - Z ด้วยเช่นกัน และพวกมันสามารถถูกสร้างด้วยแป้นพิมพ์ของคอมพิวเตอร์ โดยการกดปุ่ม Ctrl ค้างไว้ และกดปุ่มตัวอักษรที่เหมาะสมพร้อมกัน (ดังนั้น 1 = Ctrl - A , 2 = Ctrl - B เป็นต้น) บางรหัสสามารถถูกป้อนเข้าโดยการกดปุ่มเฉพาะ เช่น Tab สำหรับรหัส 9 หรือ Return สำหรับรหัส 13

การแปลงเป็นรูปแบบอนุกรม

คอมพิวเตอร์เกือบทั้งหมดเก็บและจัดการข้อมูลในแบบขนาน หมายความว่าเมื่อไบต์หนึ่งถูกส่งจากส่วนหนึ่งของคอมพิวเตอร์ไปยังส่วนอื่น มันไม่ได้ถูกส่งไปครั้งละหนึ่งบิต แต่จะถูกส่งไปหลายบิตพร้อมกันผ่านตัวนำในแบบขนาน จำนวนบิตที่ถูกส่งในครั้งหนึ่งแปรผันไปตามเครื่อง แต่โดยปกติจะเป็นแปดหรือทวิคูณของแปด เพราะฉะนั้น คอมพิวเตอร์สามารถทำงานกับหนึ่งไบต์เป็นอย่างน้อยในครั้งหนึ่ง ๆ เนื่องจากการสื่อสารจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์อื่นหลายชนิดเป็นแบบอนุกรม หมายความว่าข้อมูลถูกส่งไปที่ละหนึ่งบิต ตัวเชื่อมต่อการสื่อสารต้องสามารถนำไบต์ที่รับมาแบบขนานส่งออกไปทีละบิตได้

จากที่กล่าวมาแล้วว่าสายข้อมูลในการสื่อสารแบบอนุกรม มีเพียงสภาวะ MARK และ SPACE ซึ่งในกรณีของการเชื่อมต่อโดยตรงเท่ากับแรงดันไฟฟ้าลบหรือบวกตามลำดับ ข้อมูลใด ๆ ที่ถูกส่งต้องแปลงให้เป็นลำดับของ MARK และ SPACE ก่อน สำหรับการส่งข้อมูล MARK แทนค่าหนึ่งและ SPACE แทนค่าศูนย์

การสื่อสารแบบซิงโครนัสและอะซิงโครนัส

เมื่อข้อมูลถูกแปลงเป็นรูปแบบอนุกรมแล้ว มีวิธีการส่งข้อมูลอยู่สองแบบคือ ซิงโครนัส (Synchronous) และอะซิงโครนัส (ASynchronous)

เมื่อข้อมูลถูกส่งมาจากการพิมพ์ที่เป็นพิมพ์ การส่งและรับจะเป็นแบบอะซิงโครนัส คือ คนที่พิมพ์ไม่สามารถที่จะพิมพ์ได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นเมื่อคอมพิวเตอร์รับตัวอักษรแต่ละตัวจะมีช่องว่างระหว่างตัวอักษรที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้อุปกรณ์ฝ่ายรับไม่อาจคาดหมายได้ว่า ตัวอักษรต่อไปจะมาถึงเมื่อใด จากการขาดความต่อเนื่องนี้จึงมีความจำเป็นต้องใส่บิตพิเศษก่อนและหลังตัวอักษรแต่ละตัวเพื่อบ่งบอกจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของตัวอักษร บิตพิเศษนี้เรียก บิตเริ่มต้น (Start bit) นอกจากนี้ ยังมีอีกบิตหนึ่งคือ บิตพาริตี (Parity bit) ที่มักจะถูกใส่เพิ่มเข้าไปเพื่อใช้ตรวจสอบความผิดพลาด วิธีนี้เรียกว่า การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous communication)

เมื่อตัวอักษรถูกส่งไปยังกลุ่มตามความเร็วของเครื่อง ช่วงห่างระหว่างกันก็จะสม่ำเสมอ จึงไม่มีความจำเป็นต้องมีบิตเริ่มต้นและบิตจบสำหรับตัวอักษรแต่ละตัว เพราะว่าเมื่อตัวอักษรแรกถูกรับไป อุปกรณ์ฝ่ายรับสามารถคาดหมายการมาถึงของตัวอักษรถัดไปได้ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ มันสามารถเข้าจังหวะตัวมันเองกับคอมพิวเตอร์ฝ่ายส่งได้ วิธีแบบนี้เรียกว่า การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous communication)

เนื่องจากการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสต้องการบิตเริ่มต้นและบิตจบเพิ่มเข้าไปในแต่ละตัวอักษร จึงมีความยาวในการส่งไฟล์ต์มากกว่าการสื่อสารแบบซิงโครนัส ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างนี้อาจสังเกตไม่เห็นเมื่อแหล่งข้อมูลที่ส่งมาจากการพิมพ์ที่เทอร์มินัล

นอกจากในโลกของไอบีเอ็มเมนเฟรมซึ่งเทอร์มินัลแบบซิงโครนัสเป็นอุปกรณ์สามัญ การสื่อสารแบบอนุกรมส่วนใหญ่เกิดขึ้นในแบบอะซิงโครนัสซึ่งประยุกต์กับการสื่อสารเกือบทั้งหมดระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์เทอร์มินัล และระบบยูนิกซ์ ด้วยเหตุนี้ส่วนที่เหลือของบทนี้จะให้ความสนใจที่การสื่อสารแบบอะซิงโครนัสเป็นหลัก

การจัดเฟรม

ในกรณีการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส บิตที่เป็นตัวแทนของไบนารี ซึ่งเรียกว่า บิตข้อมูล (Data bit) จะถูกนและตามด้วยบิตเริ่มต้น บิตจบและบิตพาริตี กระบวนการนี้เรียกว่า การจัดเฟรม (Framing)

จำนวนของบิตที่แทนหนึ่งตัวอักษรแปรผันไปตามโปรโตคอลสื่อสารที่ใช้จำนวนที่ว่า หมายถึง จำนวนของบิตข้อมูล หรือความยาวเวิร์ด (Word length) โดยปกติจะเป็นเจ็ดหรือแปดบิต แต่ละตัวอักษรจะถูกส่งออกไปเป็นกลุ่มที่ประกอบด้วยบิตเริ่มต้น ตัวอักษร (บิตข้อมูล) บิตพาริตีซึ่งสามารถเลือกได้ และบิตจบหรือสองบิต เพื่อความชัดเจน เราจะเรียกกลุ่มของตัวอักษรและบิตเหล่านี้ว่าเฟรม (Frame) เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนกับคำว่าตัวอักษร ที่บางครั้งอ้างถึงบิตข้อมูล และบางครั้งอ้างถึงกลุ่มพร้อมด้วยบิตเริ่มต้น บิตจบ และบิตพาริตี ตัวอย่างของเฟรมที่ถูกส่ง

Start Bite

บิตเริ่มต้นถูกใส่เพิ่มที่จุดเริ่มต้นของเฟรมเสมอ เพื่อเตือนปรกรณ์ฝ่ายรับว่าข้อมูลกำลังมาถึง และเพื่อเข้าจังหวะกลไกที่แยกแต่ละบิต บิตเริ่มต้นคือ SPACE หรือ ไบนารี 0

ในการเชื่อมต่อโดยตรง SPACE หรือ 0 ถูกส่งเป็นแรงดันไฟฟ้าบวก แรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟรมจะเป็นลบ ดังนั้นที่จุดเริ่มต้นของแต่ละเฟรมแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนจากลบเป็นบวก

Data Bite

มาตรฐานหรือโปรโตคอลการสื่อสารแบบอนุกรม ทำให้เกิดการส่งตัวอักษรที่ยาวต่างกัน เมื่อซอฟต์แวร์สื่อสารให้คุณเลือกความยาวเวิร์ด มันกำลังถามว่าคุณต้องการส่งตัว

อักษรเจ็ดบิตหรือแปดบิต (ความถี่ความยาวอื่นก็ถูกใช้แต่แทบไม่ค่อยมี) ถ้าข้อมูลทั้งหมดถูกส่งในรูปแบบ ASCII เวิร์ดขนาดเจ็ดบิตก็เพียงพอ จำไว้ว่าตาราง ASCII กำหนดจำนวนจาก 0 ถึง 127 ซึ่งทั้งหมดสามารถแทนได้ด้วยเจ็ดบิต

ถ้าข้อมูลที่ส่งไปไม่ใช่ ASCII (เช่นข้อความที่ใช้ชุดอักขระเพิ่มเติมหรือข้อมูลไบนารี) ทั้งแปดบิตของแต่ละไบต์จึงมีความจำเป็น คุณไม่สามารถใช้โปรโตคอลเจ็ดบิตได้ ถ้าข้อมูลไม่ถูกแปลงเป็นรูปแบบเจ็ดบิตเสียก่อน เรื่องนี้จะพูดถึงอย่างละเอียดในภาคที่ 5

Parity Bite

การตรวจสอบพาริตีเป็นวิธีหนึ่งในการทดสอบว่า ข้อมูลที่ส่งได้ถูกรับไปอย่างถูกต้องหรือไม่ อุปกรณ์ฝ่ายส่งจะเพิ่มพาริตีอีกบิตหนึ่ง เป็นค่า 0 หรือ 1 ขึ้นอยู่กับบิตข้อมูล อุปกรณ์ฝ่ายรับจะตรวจสอบว่าพาริตีมีความสัมพันธ์ที่ถูกต้องกับบิตอื่นหรือไม่ ถ้าไม่แสดงว่าบางสิ่งต้องผิดพลาดในระหว่างการส่ง พาริตีสามารถคำนวณได้จากวิธีต่อไปนี้

■ พาริตีคู่ (Even Parity) หมายความว่า จำนวนบิตของข้อมูลที่เป็น 1 และค่าของพาริตีรวมกัน เป็นจำนวนคู่ เช่น ตัว A ในฐานสองคือ 01000001 เมื่อจำนวนนับของบิตที่เป็น 1 จะได้ 2 ซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นพาริตีต้องเป็น 0 ถ้าตัวอักษร A ที่รับได้มีพาริตีเป็น 1 แสดงว่าเกิดความผิดพลาดในระหว่างการส่ง

■ พาริตีคี่ (Odd Parity) หมายความว่า จำนวนทั้งหมดของบิตข้อมูลที่เป็น 1 บวกกับค่าของพาริตี เป็นจำนวนคี่ ดังนั้นสำหรับตัวอักษร A พาริตีควรจะถูกเซตเป็น 1 เพื่อให้จำนวนของบิตที่เป็น 1 ทั้งหมดเป็น 3 ซึ่งเป็นจำนวนคี่

■ ไม่มีพาริตี (Null Parity) หมายถึง ไม่มีพาริตี

■ SPACE (บางครั้งเรียกว่า Bit Trimming) คือพาริตีที่เป็น 0 เสมอ มีประโยชน์ในการตรวจสอบข้อผิดพลาดบางอย่าง เมื่อการส่งข้อมูลเป็นขยะมาก บางครั้งพาริตีอาจกลายเป็น 1 แสดงว่า เกิดข้อผิดพลาด พาริตีแบบนี้สามารถใช้เพื่อส่งอักษรเจ็ดบิตให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการตัวอักษรแปดบิตได้เช่นกัน อุปกรณ์ฝ่ายรับจะถือว่าพาริตีเป็นบิตสุดท้ายของข้อมูล

■ Mark (บางครั้งเรียกว่า Bit Forcing) ทำงานเหมือนกับพาริตีแบบ SPACE ยกเว้นแต่พาริตีจะเป็น 1 เสมอ เนื่องจาก 1 ในตำแหน่งนั้นสามารถที่จะถูกตีความรวมเข้ากับค่าของจำนวนได้ อุปกรณ์ หรือ คอมพิวเตอร์ฝ่ายรับต้องถูกโปรแกรมไม่ให้สนใจมัน

Stop Bite

ที่ท้ายของแต่ละเฟรม บิตจบจะถูกส่งออกมา บิตจบมีทั้งแบบหนึ่งบิต หนึ่งบิตครึ่ง หรือสองบิต อย่างน้อยต้องมีหนึ่งบิตเสมอ เพื่อประกันว่ามีแรงดันไฟฟ้าลบน้อยเป็นช่วงเวลาหนึ่ง ก่อนที่เฟรมถัดไปจะมาถึง เพื่อที่จะสามารถแยกแยะเฟรมถัดไปได้จากบิตเริ่มต้นที่เป็นกระบวนการของมัน บิตจบมากกว่าหนึ่งบิตโดยทั่วไปจะใช้เมื่ออุปกรณ์ฝ่ายรับต้องการเวลาเพิ่มขึ้นก่อนที่มันจะสามารถจัดการกับตัวอักษรที่เข้ามาตัวถัดไปได้

หนึ่งบิตครึ่ง หมายความว่าความยาวของบิตนั้นมากกว่าบิตปกติ บิตจบบังคับให้มีช่องว่างอย่างน้อยระหว่างเฟรม พวกมันถูกส่งเป็นไบนารีหนึ่งซึ่งในการเชื่อมต่อโดยตรงจะเป็นแรงดันไฟฟ้าลบ

บิตจบสองบิตมักจะถูกใช้ที่อัตราบอด 10 ซึ่งเป็นอัตราการส่งข้อมูลต่ำสุดที่ใช้กันทั่วไป เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของเครื่องโทรพิมพ์รุ่นเก่าซึ่งใช้อัตราบอดต่ำและต้องการเวลาพิเศษเพื่อประมวลตัวอักษร

Baud Rate

อัตราการส่งข้อมูล (Baud rate) แสดงจำนวนของสัญญาณแต่ละหน่วยในหนึ่งหน่วยวินาที มันถูกตั้งตามชื่อตาม Baudot ซึ่งเป็นผู้บุกเบิกการสื่อสารชาวฝรั่งเศส ในการส่งแบบไบนารีมันเป็นสิ่งเดียวกับบิตต่อวินาที (bps) หรือจำนวนของเลขฐานสองที่ถูกส่งในหนึ่งวินาที ทั้งสองคำนี้มีความแตกต่างกัน แต่มันมักจะทำให้สับสน ผู้คน 200,000 คน อาจบอกว่าพวกเขามีโมเด็ม 1200 บอด และไม่มีสักคนที่จริงจัง ๆ ที่จริงแล้วพวกเขามีโมเด็ม 1200 bps

ในการเชื่อม RS-232 โดยตรง สัญญาณจะเป็นหนึ่งในสองสถานะในเวลาขณะใดขณะหนึ่ง อัตราบอดและ bps จึงเท่ากัน อย่างไรก็ตามในบทที่ 4 เราจะเห็นได้ว่าเมื่อสัญญาณหนึ่งถูกส่งผ่านระหว่างโมเด็มมันสามารถเป็นหนึ่งในหลายสถานะ ความยาวของสัญญาณอาจเป็น 1/600 วินาที (600 บอด) แต่เนื่องจากมากกว่าสองบิตของข้อมูลสามารถถูกส่งไปพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงแต่ละสภาวะ อัตราบิตต่อวินาทีจะสูงกว่าอัตราบอด

มีจุดน่าสังเกตคืออัตราบอดและ bps อ้างถึงอัตราที่บิตภายในหนึ่งเฟรมถูกส่ง ช่องว่างระหว่างเฟรมอาจมีความยาวแปรเปลี่ยนได้ เช่น จากการพิมพ์ตัวอักษรด้วยอัตราแตกต่างกัน ดังนั้นทั้ง Baud Rate และ bps จึงไม่ได้หมายถึงอัตราที่ข้อมูลถูกส่งไปจริง ๆ

อัตราบิตต่อวินาที โดยทั่วไปอยู่ในอนุกรม 110 , 150 , 300 , 600 , 1200 , 2400 , 4800 , 9600 และ 19200 อัตราที่ใช้กันมากที่สุดสำหรับการสื่อสารทางโมเด็มคือ 1200 และ 2400 อัตรา 1200 ใช้กันมาก สำหรับการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์ และ 9600 ใช้กันมาก สำหรับการเชื่อมต่อเทอร์มินัลกับคอมพิวเตอร์

การแก้ปัญหา

เมื่ออุปกรณ์สองตัวสื่อสารซึ่งกันและกัน พวกมันต้องตกลงกันในเรื่องอัตราบอด ความยาวเวิร์ด จำนวนบิตจบ และพาริตี ถ้าพบว่าไม่ได้รับอะไรเลย ความผิดพลาดอาจอยู่ที่การเชื่อม

ต่อทางกายภาพ เช่น ข้อมูลกำลังถูกส่งบนสายเส้น สายขาด หรือไม่ได้รับสัญญาณแฮนด์เช็คกึ่งที่ถูกต้อง ถ้าได้รับขยะ ความผิดพลาดอาจอยู่ในหัวข้อที่จะกล่าวต่อไปนี้

Baud Rate ไม่ตรงกัน

ถ้าอุปกรณ์สองตัวถูกตั้ง Baud Rate ต่างกัน อุปกรณ์ฝ่ายรับอาจพยายามที่จะแปลข้อมูล (ถ้ามันไม่ได้ถูกโปรแกรมให้รายงานข้อผิดพลาดทางพาริตีและทางเฟรม) โดยปกติคุณจะเห็นว่าจำนวนข้อมูลที่ได้รับแตกต่างจากที่ถูกส่งมา

Buffer

บัฟเฟอร์คือ พื้นที่ของหน่วยความจำซึ่งตัวอักษรที่รับเข้ามาได้ หรือตัวอักษรที่จะถูกส่งจะถูกเก็บพักไว้ชั่วคราว การใช้บัฟเฟอร์จะลดจำนวนของสัญญาณแฮนด์เช็คกึ่งที่ต้องถูกส่ง เนื่องจากข้อมูลสามารถถูกส่งเป็นบล็อกขนาดใหญ่แทนที่จะส่งทีละตัวอักษร

บัฟเฟอร์ข้อมูลเข้า

บัฟเฟอร์ข้อมูลเข้า (Input Buffer) ถูกใช้เมื่ออุปกรณ์ ฝ่ายรับกำลังรับตัวอักษรเร็วกว่าที่มันสามารถประมวลผลได้ ตัวอย่างเช่น เครื่องพิมพ์อาจกำลังรับตัวอักษรที่ 1200 บอด แต่พิมพ์ออกไปที่ 300 บอด แทนที่เครื่องพิมพ์จะสั่งให้คอมพิวเตอร์ฝ่ายส่งหยุดส่งหลังจากการส่งตัวอักษรแต่ละตัวจนกว่ามันจะถูกพิมพ์นั้นเครื่องพิมพ์มักจะกันพื้นที่หน่วยความจำภายในเครื่องพิมพ์ เพื่อใช้เก็บพักตัวอักษรที่เข้ามาได้จำนวนหนึ่ง พื้นที่ของหน่วยความจำนี้เรียกว่าบัฟเฟอร์ข้อมูลเข้า บัฟเฟอร์นี้เปรียบได้กับถังน้ำซึ่งมีน้ำไหลเข้าทางด้านบนและในขณะที่เดียวกันก็ไหลออกทางด้านล่างสัญญาณหยุดจะถูกส่งเมื่อบัฟเฟอร์เกือบจะเต็ม สัญญาณเริ่มต้นใหม่ถูกส่งเมื่อบัฟเฟอร์เกือบจะว่าง ถ้าเครื่องพิมพ์รองจนกระทั่งบัฟเฟอร์เต็มก่อนที่จะบอกให้หยุดส่ง และบอกให้เริ่มส่งในทันทีที่มีที่ว่าง การทำบัฟเฟอร์จะประสบความสำเร็จในเวลาในทันทีที่บัฟเฟอร์เต็มเป็นครั้งแรก เพราะว่าหลังจากนั้นมันจะบอกให้หยุดส่งทุกตัวอักษรที่ได้รับ และให้ส่งใหม่ทุกครั้งที่มีประมวลผลเหมือนกับตอนไม่มีบัฟเฟอร์

อีกเหตุผลหนึ่งสำหรับการส่งสัญญาณหยุดส่งก่อนที่ บัฟเฟอร์จะเต็มคือ เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญหายของตัวอักษรที่อาจได้รับมาพร้อมกับที่สัญญาณหยุดถูกส่ง

ถ้าใช้ฮาร์ดแวร์แฮนด์เช็คกึ่ง สัญญาณหยุดมักจะทำให้อุปกรณ์ฝ่ายส่งหยุดการส่งทันที อย่างไรก็ตาม การใช้ฮาร์ดแวร์แฮนด์เช็คกึ่ง จะมีเวลาหน่วงค่าหนึ่งก่อนที่คำสั่งหยุดจะมีผล เพราะ

ว่าคำสั่งหยุดต้องถูกนำไปประมวลผลโดยเครื่องฝ่ายส่งก่อน และในระหว่างนั้นตัวอักษรสามารถถูกส่งออกไปได้

รูปที่ 3.3 ถึง 3.5 แสดงสถานะต่าง ๆ ในการใส่มูลเข้าและดึงข้อมูลออกจากบัฟเฟอร์ของเครื่องพิมพ์ รูปที่ 3.3 แสดงบัฟเฟอร์ที่เต็มครึ่งหนึ่งซึ่งเป็นลักษณะที่มีทั้งการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์และส่งออกไปยังกลไกการพิมพ์ รูปที่ 3.4 แสดงบัฟเฟอร์ที่ใกล้เต็ม เมื่อเครื่องพิมพ์ขอให้คอมพิวเตอร์หยุดการส่งข้อมูล โดยลดระดับแรงดันไฟฟ้าบนสายแฮนด์เช็คกึ่งหรือส่ง XOFF รูปที่ 3.5 แสดงบัฟเฟอร์ที่ใกล้ว่าง เมื่อเครื่องพิมพ์ สั่งให้คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลต่อไปโดยการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าของสายแฮนด์เช็คกึ่งหรือส่ง XON

บัฟเฟอร์ข้อมูลออก

บัฟเฟอร์ข้อมูลออก (Output Buffer) เป็นพื้นที่ซึ่งข้อมูลถูกเก็บไว้ก่อนที่จะถูกส่งออกไป ซึ่งช่วยลดความไม่สะดวกของพนักงาน เช่น สมมติว่าคุณกำลังพิมพ์ที่เป็นพิมพ์ และตัวอักษรที่พิมพ์จะถูกส่งไปยังเครื่องพิมพ์หรืออุปกรณ์อื่นโดยตรง เมื่อเครื่องพิมพ์ได้รับข้อมูลทั้งหมดที่มันสามารถจัดการได้แล้วส่งสัญญาณจนกระทั่งเอาต์พุตบัฟเฟอร์เต็ม ในทางปฏิบัติคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่มีบัฟเฟอร์ข้อมูลเข้าของแป้นพิมพ์ด้วย สำหรับเก็บตัวอักษรที่ถูกพิมพ์ โปรแกรมจะรับค่าอินพุตของมันจากบัฟเฟอร์ของแป้นพิมพ์อีกที

อินไลน์บัฟเฟอร์

เป็นอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ระหว่างคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ และมีบัฟเฟอร์ขนาดใหญ่ อินไลน์บัฟเฟอร์ (In-line Buffer) เหล่านี้รับตัวอักษรจากคอมพิวเตอร์และส่งพวกมันไปให้เครื่องพิมพ์ อินไลน์บัฟเฟอร์รับข้อมูลได้เร็วกว่าเครื่องพิมพ์มาก และสามารถส่งข้อมูลไปที่เครื่องพิมพ์ด้วยอัตราบอดที่เหมาะสมจากมุมมองของคอมพิวเตอร์ มันเพียงแต่ส่งข้อมูลไปที่เครื่องพิมพ์ที่เร็วมากตัวหนึ่ง จากมุมมองของพนักงาน การทำงานเสร็จสมบูรณ์ในทันทีที่เอกสารถูกส่งไปที่บัฟเฟอร์ (สมมติว่า เอกสารใส่ลงในบัฟเฟอร์ได้ทั้งหมด) และสามารถทำงานต่อไปได้ในขณะที่เอกสารกำลังถูกพิมพ์อินไลน์บัฟเฟอร์ที่ซับซ้อนบางชนิดสามารถทำงานพิเศษ เช่น แปลงจากอนุกรมเป็นขนาด สลับเครื่องพิมพ์ พิมพ์เอกสารหลาย ๆ ชุด และเก็บข้อมูลที่ได้รับจากโมเด็มเพื่อการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไป

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมอะซิงโครนัส

ก่อนที่จะได้เรียนรู้ถึงการทำงานของพอร์ตแบบอนุกรมนั้น ควรจะได้ทำความเข้าใจกับการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (asynchronous) เสียก่อน ในการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสนั้น ข้อมูลจะถูกส่งผ่านพอร์ตแบบอนุกรมครั้งละ 1 บิต ซึ่งแตกต่างจากการส่งแบบขนานที่ส่งครั้งละ 1 ไบต์ และระยะเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสแต่ละไบต์นั้น ไม่จำเป็นต้องเท่ากันจึงได้ชื่อว่า การรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

ในการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตแบบอนุกรมนั้น ข้อมูลแต่ละไบต์จะประกอบด้วย

1. บิตเริ่มต้น (start bit) 1 บิต
2. บิตข้อมูล (data bit) 7 หรือ 8 บิต
3. พาริตีบิต (parity bit) (จะมีหรือไม่มีก็ได้)
4. บิตสิ้นสุด (stop bit) 1 หรือ 2 บิต

สถานะของสายส่งในขณะที่ไม่มีข้อมูลจะมีสถานะเป็นสูง (สถานะทางดิจิทัลมี 2 สถานะ คือ สูง (high) และต่ำ (low) ข้อมูลบิตใดมีค่า 0 จะทำให้สายส่งมีสถานะต่ำ ข้อมูลบิตใดมีค่า 1 ก็จะทำให้สายส่งมีสถานะสูงอยู่เช่นเดิม บิตเริ่มต้นใช้สำหรับบอกจุดเริ่มต้นของไบต์ของข้อมูล โดยการทำให้สถานะของสายส่งมีค่าต่ำ เป็นเวลา 1 รอบ (cycle) จากนั้นจะเป็นบิตของข้อมูล ตามด้วยพาริตีบิต ซึ่งจะมีหรือไม่มีก็ได้ สุดท้ายคือ บิตสิ้นสุด ซึ่งมี 1 หรือ 2 บิตก็ได้ ขึ้นกับว่าจะใช้เท่าใด

พาริตีบิต ถ้าหากมีในไบต์ข้อมูล ก็จะทำหน้าที่ตรวจสอบเช็คความผิดพลาดของข้อมูล พาริตีมีค่า 2 อย่างคือ เป็น คู่ หรือ คี่ (even or odd) ถ้าเป็นคู่ หมายความว่า เมื่อรวมพาริตีบิตแล้ว จำนวนบิตข้อมูลที่มีค่า 1 จะเป็นจำนวนคู่ และถ้าพาริตีเป็นคี่ หมายความว่าเมื่อรวมพาริตีบิตแล้วจำนวนของบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 จะเป็นจำนวนคี่

อัตราการส่งข้อมูลมีหน่วยเป็น baud (bit per second) ค่า baud rate ที่ต่ำที่สุดที่มีใช้กันคือ 300 baud ซึ่งจะใช้กับโมเด็มรุ่นเก่า (โมเด็มรุ่นใหม่่มักจะใช้ 1200-2400 baud) ส่วนเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับ IBM PC สามารถใช้ค่า baud rate ได้สูงถึง 9600 baud

มาตรฐาน RS-232

การที่จะเข้าใจว่าปัญหามากมายที่เกิดกับพอร์ตแบบอนุกรมนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร และทำไมถึงเกิดขึ้นได้ จะต้องเข้าใจมาตรฐานของการสื่อสารแบบอนุกรมอะซิงโครนัสของ RS-232 มากพอสมควร ถึงแม้ว่าจะไม่ลงไปในรายละเอียดมากนักก็ตาม

พอร์ตแบบอนุกรมส่วนใหญ่ จะมีรูปร่างขึ้นอยู่กับมาตรฐานของ RS-232 คือ มีขา 25 ขาที่คอนเน็คเตอร์แต่ละปลายสายส่ง (แต่ IBM AT จะมีเพียง 9 ขา) แต่ถึงแม้ว่าจะมีขาจำนวนเท่ากัน แต่พอร์ตส่วนใหญ่จะมีสัญญาณที่ไม่เหมือนสัญญาณของ RS-232 ทั้งหมด เพราะว่าบางสัญญาณไม่จำเป็นต้องใช้ หรือบริษัทผู้ผลิตบางบริษัทตั้งใจจะตัดสัญญาณบางสัญญาณออกไป เพื่อลดค่าใช้จ่าย สัญญาณพื้นฐานของ RS-232

สัญญาณทั้งหมดมีมากกว่านี้ เพราะว่าแรกเริ่มนั้น พอร์ตอนุกรมถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานร่วมกับโมเด็ม ดังนั้นเมื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์อื่น บางสัญญาณจึงไม่จำเป็น เพราะสัญญาณเหล่านี้มีเพื่อใช้เป็นข้อตกลงระหว่างโมเด็มและคอมพิวเตอร์ว่า

1. คอมพิวเตอร์จะไม่ส่งข้อมูลให้แก่โมเด็ม ก่อนที่โมเด็มจะพร้อมส่งข้อมูล
2. คอมพิวเตอร์จะไม่อ่านข้อมูลจากโมเด็ม ก่อนที่โมเด็มจะพร้อม

ความผิดพลาดของกรอบข้อมูล

ความผิดพลาดของกรอบข้อมูล (framing error) คือ ความผิดพลาดของการส่งข้อมูล ที่เกิดจากสัญญาณนาฬิกา (clock) ที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 2 ด้านมีค่าไม่เท่ากัน เพราะว่าการทำงานของพอร์ตอนุกรม เมื่อพอร์ตได้รับบิตเริ่มต้นก็จะสุ่มอ่านค่าจากส่วนรับข้อมูล 1 ครั้งต่อ 1 รอบ เพื่ออ่านบิตต่อไป ซึ่งระยะเวลาในการสุ่มอ่านแต่ละรอบกำหนดได้จาก baud rate ถ้าหากว่าคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 เครื่อง มีสัญญาณนาฬิกาไม่ตรงกัน คอมพิวเตอร์ด้านรับ ก็จะอ่านข้อมูลจากส่วนรับข้อมูลของตน ช้าเกินไปหรือเร็วเกินไป ก่อนที่ข้อมูลจะถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์ด้านส่ง ทำให้เกิดเฟรมมิงเอร์เรอร์ขึ้น

ฮาร์ดแวร์แฮนด์เชกกิ้ง

ฮาร์ดแวร์แฮนด์เชกกิ้ง (hardware handshaking) คือ วิธีที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านพอร์ตอนุกรม โดยจะต้องตรวจสอบสถานะของคอมพิวเตอร์ด้านของการรับข้อมูลว่าพร้อมจะรับข้อมูลหรือไม่ เมื่อคอมพิวเตอร์ด้านส่งพร้อมจะส่งข้อมูลให้ ดังนั้นข้อมูลจะต้องไม่ถูกส่งออกไปจนกว่าสัญญาณพร้อมจะส่งข้อมูลให้ ดังนั้นข้อมูลจะต้องไม่ถูกส่งออกไปจนกว่าสัญญาณพร้อมรับข้อมูลจะถูก ส่งกลับมายังคอมพิวเตอร์รับสัญญาณเตรียมพร้อม ที่รับข้อมูลของคอมพิวเตอร์ด้านรับคือ clear to send (CTS)

โปรแกรมจำลองการรับส่งข้อมูล จะมีรูปแบบดังนี้คือ

while (not) wait ;

send (byte);

while (bytes to send);

หมายความว่า จะมีการตรวจสอบสถานะ CTS ตลอดเวลาว่า พร้อมจะรับข้อมูลหรือไม่ ถ้าไม่พร้อม ก็จะรอไปเรื่อย ๆ แต่ถ้าพร้อมก็จะส่งข้อมูลไปให้ จะทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ตลอดที่ยังมีข้อมูลที่จะต้องส่งอยู่

ปัญหาของการสื่อสาร

เพื่อที่จะให้การสื่อสารผ่านโมเด็มเป็นไปอย่างถูกต้อง สัญญาณหลาย ๆ สัญญาณถูกใช้เพื่อตรวจดูว่า ข้อมูลจะพร้อมเมื่อใดหรือข้อมูลไบต์ต่อไปจะถูกส่งมาเมื่อใด แต่ต่อมาเมื่อมีการสื่อสารผ่านคอมพิวเตอร์ สัญญาณบางสัญญาณได้ถูกตัดทิ้งไป เพื่อว่าสายสัญญาณจะได้ลดน้อยลงและลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสายส่ง สัญญาณจึงเหลือเพียง GRD, TxD และ RxD ซึ่งในทางทฤษฎีแล้ว เมื่อคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งพร้อมที่จะส่งข้อมูล คอมพิวเตอร์อีกเครื่องจะต้องพร้อมที่จะรับข้อมูล แต่เมื่อลดสายสัญญาณลงแล้ว จะทำให้เกิดปัญหาตามมามากมาย ที่ยุ่งยากที่สุดปัญหาหนึ่งก็คือ ปัญหาของข้อมูลถูกเขียนทับ (overrun error)

ปัญหาข้อมูลถูกเขียนทับ

เมื่อการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมใช้สายส่งเพียง 2 สายนั้น จะต้องใช้กรรมวิธีพิเศษเล็กน้อย เพื่อให้พอร์ตตัวส่งเข้าใจว่าพอร์ตด้านรับพร้อมที่จะรับข้อมูลเสมอ โดยการต่อขา 6,8 และ 20 ของคอนเน็คเตอร์เข้าด้วยกัน วิธีการเช่นนี้เป็นการตัดฮาร์ดแวร์แฮนด์เชกกิ้งไปนั่นเอง

แต่การทำเช่นนี้จะทำให้เกิดปัญหาข้อมูลถูกเขียนทับได้ง่าย ซึ่งก็คือความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลอย่างหนึ่ง ที่เกิดขึ้นจากการที่คอมพิวเตอร์เครื่องส่ง ส่งข้อมูลใหม่มาให้คอมพิวเตอร์ด้านรับ ในขณะที่คอมพิวเตอร์ด้านรับยังไม่พร้อมจะรับข้อมูล

2.4 โครงสร้างสถาปัตยกรรม MCS-51

ลักษณะหลักทั่ว ๆ ไป ของ MCS-51 จะประกอบด้วย

1. ใช้ HMOS และ CHMOS เทคโนโลยีในการสร้างและทำงานด้วย แหล่งจ่ายไฟขนาด 5 v เพียงแหล่งเดียว

2. ซีพียูมีขนาดคำ 8 บิต

3. มีวงจรรอสซิลเลเตอร์ และวงจรมานาฬิกาบนชิป

4. ชุดแบงก์ (BANK) เรจิสเตอร์มี 4 ชุด แต่ละชุดมีรีจิสเตอร์ 8 ตัว

5. มีตัวจับเวลา / ตัวนับ ขนาด 16 บิต 2 ชุด

6. มีพอร์ต ไอ โอแบบขนานสองทิศทางจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต รวมทั้งหมดเป็น 32 เส้น แต่จะเหลือเพียง 16 เส้นสำหรับเบอร์ 8031 อีก 16 เส้น จะใช้ในการเข้าถึงทางแอดเดรส และข้อมูล

7. พอร์ตแบบอนุกรมสามารถที่จะโปรแกรมการรับส่งแบบ Full Duplex ที่ความเร็วสูง

8. หนึ่งวัฏจักรคำสั่งจะกินเวลา 1 ไมโครวินาที ด้วยการไคริสตัล 12 เมกกะเฮิร์ตซ์

9. แอดเดรสข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์

10. แอดเดรสโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์

11. สามารถกำหนดเลขที่อยู่ข้อมูลขนาด ไบต์หรือบิตได้โดยตรง

12. มีซอฟต์แวร์บิตแฟลคสำหรับผู้ใช้ที่จะกำหนดเองได้ถึง 128 ตำแหน่งบิต

13. โครงสร้างอินเตอร์รัพต์จะติดตั้งได้ถึง 5 แหล่ง และ 6 แหล่ง

14. ตัวโพรเซสเซอร์สามารถใช้งานแบบบูลีน (Boolean) ได้ สำหรับการเข้ากับกระบวนการควบคุม

15. มีคำสั่งคูณและหารทางฮาร์ดแวร์ที่ทำได้ภายใน 4 ไมโครวินาที

16. ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ ใช้ได้ทั้งระบบไบนารี และเดซิมีล

17. การใช้พื้นที่สแตคสำหรับโปรแกรมย่อยต่าง ๆ ทำได้กว้างกว่า MCS-48

18. ชุดคำสั่ง MCS-51 จะมีความสามารถสูงกว่าคำสั่งของ MCS-48

ตระกูล MCS-48 จะมีทั้งแบบ ROM ในตัว หรือมี EPROM บนชิปเดียวกันและจะมี ตำแหน่งขาที่เหมือนกัน ตารางที่ 2.4 แสดงถึงตารางรายละเอียดของเบอร์ต่าง ๆ ในตระกูล MCS-51 ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

เบอร์	หน่วยความจำภายใน		ตัวจับเวลา/	อินเตอร์รัพต์
	โปรแกรม	ข้อมูล	ตัวนับจำนวน	
8052 AH	8K x 8 ROM	256 x 8 RAM	3 x 16 BIT	6
8051 AH	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8051	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8032 AH	NO ROM	256 x 8 RAM	3 x 16 BIT	6
8031 AH	NO ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8031	NO ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8751 H	4K x EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8752 H	8K x EPROM	256 x 8 RAM	3 x 16 BIT	6

ตารางที่ 2.4 ตารางรายละเอียดของตระกูล MCS-51

2.5 การต่อเชื่อมแบบอนุกรม

พอร์ตอนุกรมเป็นแบบ Full Duplex สามารถที่จะส่งและรับพร้อมกันได้ โดยทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์การรับ หมายถึง พอร์ตสามารถที่จะรับไบต์ที่สองก่อนที่ตัวแรกจะถูกรับไปจากเรจิสเตอร์ตัวรับ อย่างไรก็ตามไบต์ตัวแรกจะต้องถูกอ่านไปก่อนที่ช่วงเวลากการรับไบต์ตัวที่สองจะสิ้นสุด มิฉะนั้นไบต์ตัวแรกจะถูกซ้อนและสูญหายได้ในพอร์ตอนุกรมเรจิสเตอร์รับและส่งจะเข้าถึงติดต่อกันด้วยเรจิสเตอร์ SBUF ใน SFR แม้ว่าทางโครงสร้างเรจิสเตอร์ทั้งสองจะแยกกันอยู่ก็ตาม พอร์ตอนุกรมสามารถที่จะเลือกทำงานในโหมดต่างๆ ได้สี่โหมด

โหมด 0 : ข้อมูลจะเข้าออกผ่าน RDX TXD ด้วยการเลื่อนสัญญาณนาฬิกาเอาต์พุต ข้อมูลลักษณะแปดบิต ในการรับส่งแต่ละครั้งโดยที่ส่งค่า LSB ก่อนอัตราบิตจะคงที่ที่ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

โหมด 1 : จะเป็นการส่งข้อมูลขนาด 10 บิตผ่านออก TXD หรือรับเข้ามาผ่าน RXD โดยรูปแบบบิตจะประกอบด้วยหนึ่งบิต Start เป็น “ 0 ” แปดบิตข้อมูลโดย LSB เป็นตัวแรกที่รับส่งข้อมูลนี้ และอีกหนึ่งบิต Stop มีค่า “ 1 ” การรับบิต Stop จะนำไปเก็บที่บิต RB8 ของ SFR เรจิสเตอร์ SCON อัตราบิตแปรผันได้ตามการตั้งตัวจับเวลา

โหมด 2 : เป็นการส่งข้อมูลขนาด 11 บิต ผ่านออกขา TXD หรือรับเข้ามาผ่านขา RXD ประกอบด้วยหนึ่งบิต Start มีค่า “0” แดคบิตข้อมูลโดย LSB เป็นตัวแรกที่รับและส่งข้อมูลบิตที่เก้าของข้อมูลสามารถที่จะโปรแกรมเลือกได้และ บิต Stop ค่า “1” อีกหนึ่งบิต ในการส่งบิตที่เก้าที่อยู่ในบิต TB8 ของ เรจิสเตอร์ SCON สามารถที่จะกำหนดเลือกเป็น “1” หรือ “0” ได้ตัวอย่างเช่น การใช้งานเป็นบิตพาริตี โดยการเลื่อนเอาบิต P ของ PSW มาไว้ใน TB8 เพื่อเป็นการส่งข้อมูลแบบมีการตรวจพาริตีของข้อมูลที่ส่ง ในการรับข้อมูลบิตที่เก้าจะเข้าไปเก็บที่ RB8 ใน SFR เรจิสเตอร์ SCON ขณะที่บิต Stop จะไปรับเข้ามาเก็บ อัตราบิตสามารถเลือกเป็น 1 / 32 หรือ 1 / 64 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ SCON เป็น SFB ที่ใช้ในการติดตั้งโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม เช่น การกำหนดค่า RB8 จะเป็นการใช้ตัวรับบิตที่เก้าด้วยหรือไม่

โหมด 3: เป็นการส่งข้อมูลขนาด 11 บิต ผ่านออกขา TXD หรือรับเข้ามาผ่านขา RXD ประกอบด้วยบิต Start มีค่าเป็น 0 ข้อมูลแเดคบิตโดย LSB เป็นบิตแรกที่รับและส่งข้อมูลบิตที่เก้าของข้อมูลสามารถที่จะโปรแกรมเลือกได้และบิต Stop ค่า 1 อีกหนึ่งบิตในความเป็นจริง โหมด 3 จะคล้ายกับโหมด 2 ทุกประการ ยกเว้นอัตราบิต โดยอัตราบิตในโหมด 3 จะแปรผันได้ไปตามการโปรแกรมการเลือกตัวจับเวลาทั้งสี่โหมดนี้ การส่งข้อมูลจะเริ่มติดตั้ง Initiales ด้วยคำสั่งใด ๆ ที่ใช้ตัวเรจิสเตอร์ SBUF เป็นเรจิสเตอร์ตัวรับข้อมูลจากซีพียู และในโหมด 0 การรับข้อมูลเริ่มติดตั้งด้วยการใช้สถานะ RI = 0 และ REN = 1 ส่วนโหมดอื่นการรับข้อมูลจะเริ่มติดตั้งด้วยการรับบิต Start เข้ามาตรวจสอบถ้า REN = 1

2.6 หลักการทำงานของวงจร FSK

2.6.1 ตัวกำหนดสัญญาณ FSK (FSK Generator)

ตัวกำหนดสัญญาณ FSK ก็คือ ตัวส่งสัญญาณ FSK (FSK TRANSMITTER) ซึ่งมีหลักการที่ว่า เมื่อมีข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลไบนารีจะทำให้ความถี่เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปตามการเปลี่ยนแปลงของความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Frequency Continuous) เมื่อข้อมูลไบนารีด้านอินพุตเปลี่ยนแปลงจากสถานะลอจิก “ 1 ” เป็นลอจิก “ 0 ” หรือ Space Frequency (fs)

การเปลี่ยนแปลง (หรือ การเลื่อน) ของความถี่แต่ละครั้งจะเกิดขึ้น เมื่อสถานะของลอจิกด้านสัญญาณเข้าเปลี่ยนแปลงนั่นคืออัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณออกจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยน

แปลงสัญญาณเข้า ซึ่งในดิจิตอลมอดูเลชันนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงของ FSK Generator จะเรียกว่า “อัตราบิต” หรือ Bit Rate มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps) ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านเอาต์พุตของ FSK Generator เรียกว่า “อัตราบ๊อค” หรือ Baud Rate ดังนั้นการส่งข้อมูลด้วยเทคนิค FSK อัตราบิตจะเท่ากับอัตราบ๊อคเสมอ

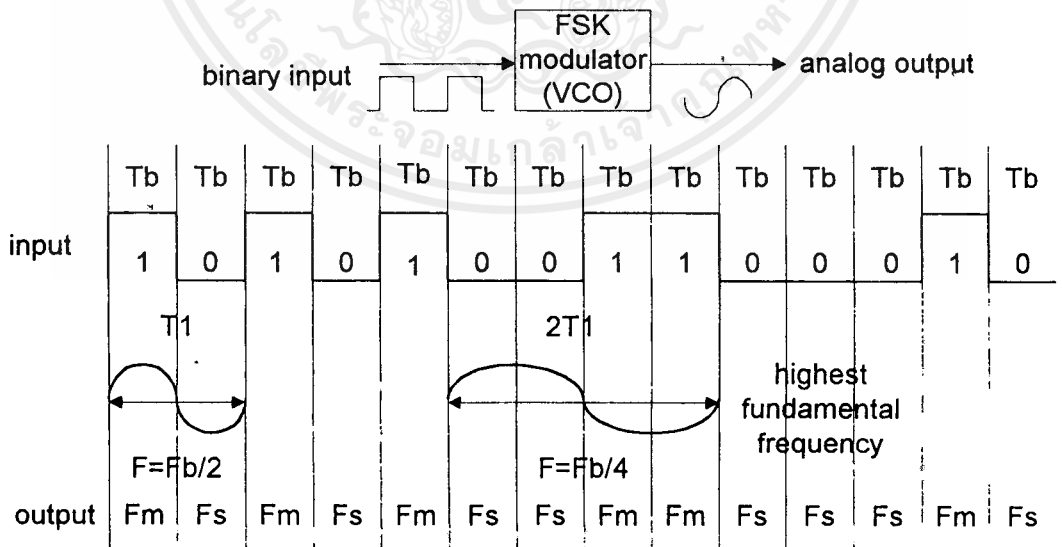
2.6.2 FSK Bandwidth

จากรูป 2.10 แสดงถึงตัว FSK มอดูเลเตอร์ ซึ่งในหลักการเดียวกันกับเอฟเอ็มมอดูเลเตอร์คือ ใช้หลักการของ VCO (Voltage Control Oscillator) จะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เร็วที่สุดของสัญญาณอินพุตจะเกิดขึ้นเมื่อข้อมูลไปนารีมีลักษณะเป็น “1” และ “0” สลับกันซึ่งก็คือสัญญาณสี่เหลี่ยมนั่นเอง (Square Wave) ตามตัวอย่างใน รูปที่ 2.10 เป็นสัญญาณในช่วง T_b ความถี่หลักของคลื่นสี่เหลี่ยมจะมีค่า เท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit Rate ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะความถี่หลักเพียงอย่างเดียวแล้วความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่ต้องการนำมามอดูเลทแบบ FSK จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit Rate คือ

$$F_{max} = (\text{Bit Rate}) / 2$$

เมื่อ F_{max} = ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่จะนำมามอดูเลท

ความถี่กลาง (Center Frequency = f_0) ของ VCO จะอยู่ในตำแหน่งกลางระหว่าง Mark Frequency (f_m) กับ Space Frequency (f_s) ดังรูปที่ 2.10

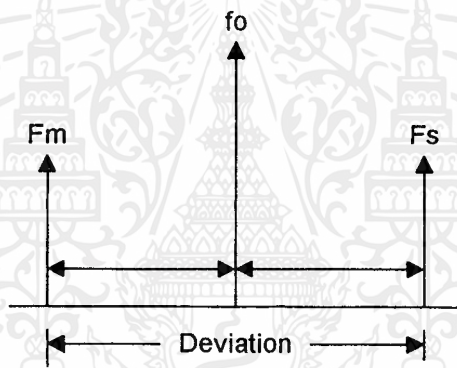


รูปที่ 2.10 FSK Modulator

ลอจิก 1 ด้านอินพุตจะเลื่อนความถี่ของ VCO จาก f_0 ไปเป็น F_s จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล ไปนารีด้านอินพุตจาก “1” ไป “0” หรือ “0” ไป “1” จะทำให้ความถี่เอาต์พุตของ VCO เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปมาระหว่าง F_m กับ F_s เนื่องจากที่กล่าวมาแล้วว่า FSK นั้นคือการมอดูเลตแบบ FM ดังนั้น ดัชนีการมอดูเลต (Modulate Index = MI) ใน FSK ก็ทำได้จาก FM คือ

$$MI = \#F/Fa$$

เมื่อ MI = ดัชนีการมอดูเลต
 $\#F$ = การเบี่ยงเบนของความถี่ใด ๆ จากความถี่กลาง (Hf)
 Fa = ความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลต (Hz)



รูปที่ 2.11 การเบี่ยงเบนความถี่

ค่า MI ที่ยอมให้มีได้สูงสุดคือ ค่า MI ที่ทำให้แบนด์วิธกว้างที่สุด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ การเบี่ยงเบนของความถี่ถูกมอดูเลตแล้วและความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลตมีค่าสูงสุด

ใน FSK มอดูเลตค่า $\exists F$ เป็นการเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุด (Peak Frequency Deviation) ของสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแล้วซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง f_0 กับ F_m หรือ F_0 กับ F_s ซึ่งก็คือ ครึ่งหนึ่งของความแตกต่างระหว่าง F_m กับ F_s นั่นคือ

$$\#F = (F_s - F_m) / 2$$

การเบี่ยงเบนความถี่สูงสุดขึ้นอยู่กับขนาด หรืออแอมพลิจูดของสัญญาณที่นำมามอดูเลต

(สัญญาณดิจิทัล) เมื่อสถานะทางลอจิกเป็น “ 1 ” ก็จะทำให้แรงดันออกมาค่าหนึ่งคงที่ตามสถานะดัง นั้นความถี่เบี่ยงเบนของ FSK มอดูเลทจะเบี่ยงเบนคงที่ และอยู่ในระดับการเบี่ยงเบนของความถี่ สูงสุดเสมอ F_a เป็นความถี่ของข้อมูลไบนารีด้านอินพุต ซึ่งจะทำให้แบนด์วิท กว้างที่สุดเมื่อ $F_a = \text{Bit Rate} / 2$ เท่านั้น เพราะฉะนั้นเราสามารถหาค่า MI ได้จาก

$$MI = (F_s - F_m) / F_b$$

เมื่อ $F_s - F_m =$ ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุด

$F_b =$ อัตราบิทของไบนารีอินพุต

ในการส่งสัญญาณ FM โดยทั่ว ๆ ไป ความกว้างของแบนด์วิทจะแปรผันตรงกับค่า MI ซึ่งเช่นเดียวกัน FSK ที่ค่า MI โดยทั่ว ๆ ไป จะต้องมียาค่าต่ำกว่า 1.0 เพื่อให้เป็น เอฟเอ็มแบบแคบ (Narrow band FM) ค่าแบนด์วิทที่แคบที่สุดเรียกว่า Minimum Nyquist Bandwidth (F_n) ตัวอย่าง เช่น การส่งข้อมูลแบบ FSK มีความถี่กลาง (f_o) = 7 kHz ความถี่สเปซ (F_s) = 6 kHz และความถี่มาร์ค (F_m) = 8 kHz ข้อมูลไบนารีอินพุตมี Bit Rate = kHz สามารถหา F_n ได้ดังนี้

$$MI = (6 \text{ kHz} - 8 \text{ kHz}) / 2 \text{ kHz}$$

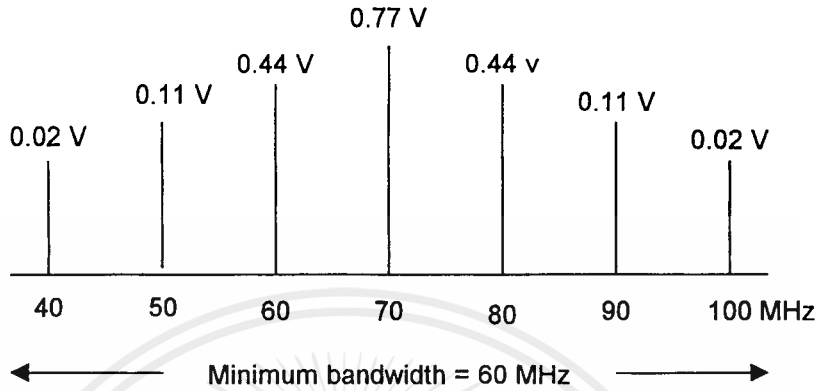
$$MI = 1.0$$

จากตาราง Bessel Function ใน ตารางที่ 2.5 เมื่อ $MI = 1.0$ จะได้แถบความถี่ข้าง (Sideband Frequency) ออกมาข้างละ 3 ความถี่ โดยแต่ละความถี่จะห่างจากความถี่กลาง (f_o) ช่วงละ 1 kHz (ซึ่งก็คือ $f_b/2$ เมื่อ f_b คือ Bit Rate = 2 kHz) สามารถเขียนเป็นสเป็คตรัมความถี่ ได้ดังรูปที่ 2.12

MI	J0	J1	J2	J3	J4
0.0	1.00				
0.25	0.98	0.12			
0.5	0.94	0.24	0.03		
1.0	0.77	0.44	0.11	0.02	
1.5	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01
2.0	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03

ตารางที่ 2.5 Bessel Function Table

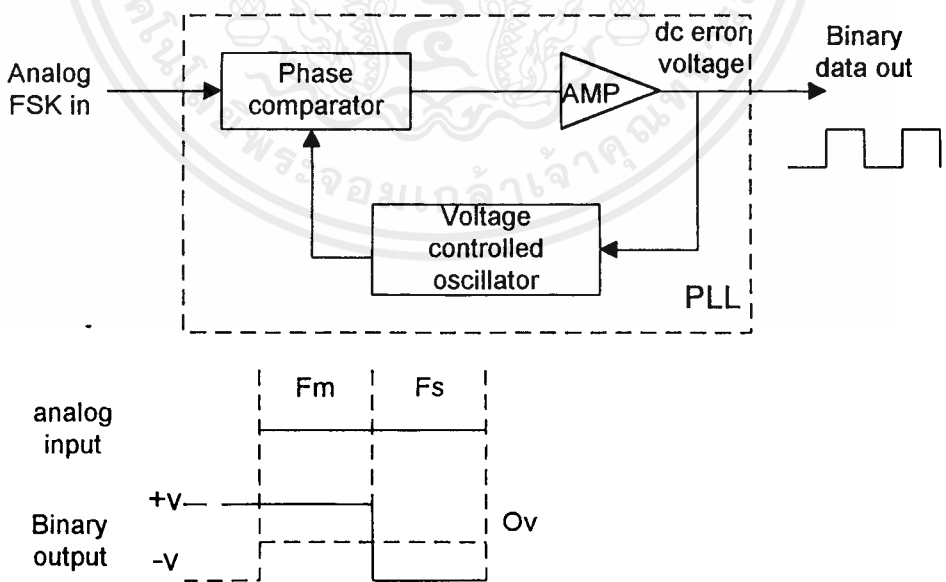
มีข้อสังเกตคือ MI ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 จะทำให้แบนด์วิทมีค่าประมาณ 2-3 เท่าของ Bit Rate เสมอ



รูปที่ 2.12 สเปกตรัมความถี่ของตัวอย่างที่ 1

2.6.3 FSK ดีมอดูเลเตอร์ (FSK Demodulator)

FSK Demodulator คือ ตัวรับสัญญาณ FSK (FSK Receiver) จะเป็นตัวแยกสัญญาณ ไบนารีออกจากสัญญาณ FSK โดยส่วนมากจะใช้วงจร PLL (Phaselock loops) ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 PLL - FSK Demodulator

PLL ใน FSK Demodulator มีหลักการทำงานเหมือนกับ PLL ใน FM Detector ทุกอย่างคือ จะมีความถี่ฟรีรันนิ่งเท่ากัน Center Frequency (f_0) และในขณะที่ความถี่อินพุตของ PLL เลื่อนไป-มาระหว่าง F_m กับ F_s จะทำให้เกิดแรงดันคลาดเคลื่อนไฟตรง (DC Error Voltage) ซึ่งเป็นผลมาจากการเปรียบเทียบเฟส (Phase Compactor) ของสัญญาณอินพุต เนื่องจากความถี่อินพุตที่เข้าทาง PLL มีเพียง 2 ความถี่คือ F_m และ F_s ดังนั้น ค่าแรงดันดังกล่าวจึงมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น ซึ่งสามารถแทนด้วยลอจิก “1” และลอจิก “0” เมื่อความถี่ทางอินพุตเป็น F_m และ F_s ตามลำดับ เราจึงได้สัญญาณเอาต์พุตจาก PLL กลับมาเป็นข้อมูลไบนารีเหมือนกับตอนแรกที่เราส่งมาทุกประการ

2.7 ประเภทของผู้ใช้และหลักการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า

ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถที่จะแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทดังต่อไปนี้คือ ประเภทที่ 1 บ้านที่อยู่อาศัย

ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

5 หน่วย (Kilowatt Hour) แรก (หน่วยที่ 1-5) เป็นเงิน	4.96 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6-15)	หน่วยละ 0.7124 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 15-25)	หน่วยละ 0.8993 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26-35)	หน่วยละ 1.1516 บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36-100)	หน่วยละ 1.5348 บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101-150)	หน่วยละ 1.6282 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	หน่วยละ 2.1329 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 ขึ้นไป)	หน่วยละ 2.4226 บาท
ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ	4.67 บาท

1.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

35 หน่วยต่อไป (Kilowatt Hour) แรก (หน่วยที่ 1-35) เป็นเงิน	85.21 บาท
115 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 35-150)	หน่วยละ 1.1236 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	หน่วยละ 2.1329 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 ขึ้นไป)	หน่วยละ 2.4226 บาท
ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ	83.18 บาท

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ขนาด 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ใน ประเภทที่ 1 ข้อ 1.1 แต่ถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน ติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.2 และถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจัดให้อยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.1
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า ขนาดเกินกว่า 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.2 ตลอดไป
3. สถานที่ ๆ ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องสามารถเลือกใช้ไฟฟ้าอัตราไฟฟ้าประเภทที่ 6 ได้

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

ลักษณะการใช้ : สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบการธุรกิจ ธุรกิจร่วมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรมและหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุด ต่ำสุดที่ 30 Kilowatt โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

35 หน่วยต่อไป (Kilowatt Hour) แรก (หน่วยที่ 1-35) เป็นเงิน	89.89 บาท
115 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 35-150)	หน่วยละ 1.1236 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	หน่วยละ 2.1329 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 ขึ้นไป)	หน่วยละ 2.4226 บาท
ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ	87.85 บาท

หมายเหตุ

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 นี้หากในรอบเดือนใดมีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงที่สุดตั้งแต่ 30 Kilowatt ขึ้นไป จะจัดให้อยู่ในประเภทที่ 3 ประเภทที่ 4 และประเภทที่ 5

แต่แค่ กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ใน ประเภทที่ 2 อีกต่อเมื่อความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวลดต่ำกว่า 30 kilowatt ติดต่อกันนาน 12 เดือน

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ลักษณะการใช้งาน : สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบการธุรกิจ อุตสาหกรรมและหน่วยงานของรัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดในช่วง 15 นาที สูงสุด 30 -1999 Kilowatt และมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 355000 หน่วยต่อเดือน

3.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

		ค่าความต้องการ	
		พลังไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า
		บาท/กิโลวัตต์	บาท/หน่วย
3.1.1	แรงดัน 69 kilovolt Up	175.70	1.0208
3.1.2	แรงดัน 12-24 kilovolt Up	196.26	1.0582
3.1.3	แรงดันต่ำกว่า 12 kilovolt	221.50	1.0862

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้า เป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปปัดเป็น 1 กิโลวัตต์

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate : TOU Rate)

อัตรารายเดือน :

		ค่าความต้องการ			ค่าบริการ	
		พลังไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า			
		บาท/กิโลวัตต์	บาท/หน่วย	บาท/เดือน		
		1*	1*	2*	3*	
3.2.1	แรงดัน 115 กิโลโวลท์ขึ้นไป	102.80	1.1534	0.6671	0.6062	400.00
3.2.2	แรงดัน 69 กิโลโวลท์	158.88	1.6292	0.6769	0.6153	400.00
3.2.3	แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	200.93	1.7736	0.6861	0.6236	850.00
3.2.4	แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00

1* วันจันทร์ - วันเสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น. (On peak)

2* วันจันทร์ - วันเสาร์ เวลา 22.00 - 09.00 น. (On peak)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3* วันอาทิตย์

เวลา 00.00 - 24.00 น. (On peak)

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงที่สุดในช่วง On peak ในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 ตัดทิ้ง แต่ถ้าเกิน 0.5 คิดเป็น 1 หน่วย

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ต้องไม่ต่ำกว่า 70% ของค่าความต้องการ พลังงานไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงที่สุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่า POWER FACTOR : สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่า Power factor (lag) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการไฟฟ้า Reactive เฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็น KVAR เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้า Active เฉลี่ยในช่วง 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้วเฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่า Power factor ในอัตรา KVAR ละ 14.02 บาทสำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนนั้นเศษของ KVAR ถ้าไม่ถึง 0.5 ตัดทิ้ง เกิน ปัดเป็น 1

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าในประเภทที่ 3 นี้จะจัดให้เข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ข้อ 3.1 และหากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250000 หน่วยต่อเดือนสามารถที่จะเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 ข้อ 3.2 ได้ทั้งนี้หากเกิดใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมไม่ได้
2. ส่วนราชการที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 นี้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 โดยจัดอยู่ในประเภทที่ 3 ข้อ 3.2
3. ผู้ที่ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงเวลา 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 หรือประเภทที่ 6 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 อีกเมื่อมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 -1999 กิโลวัตต์
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์ที่จะใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ข้อ 3.2 ต้องติดต่อแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ลักษณะการใช้ : สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลา 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 2000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 355000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time Of Day Rate : TOD Rate)

อัตรารายเดือน

		ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า			ค่าพลังงานไฟฟ้า
		บาท/กิโลวัตต์			
		1*	2*	3*	
4.1.1 แรงดัน	69 kilovolt Up	224.30	29.91	0	1.0208
4.1.2 แรงดัน	12-24 kilovolt Up	285.05	58.88	0	1.0582
4.1.3 แรงดันต่ำกว่า	12 kilovolt	332.71	68.22	0	1.0862

1* เวลา 18.30 - 21.30 น. (On peak)

2* เวลา 08.00 - 18.30 น. (Partial peak) คิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่เกินจากช่วง On peak

3* เวลา 21.30 - 08.00 น. (Off peak) ไม่คิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงที่สุดของแต่ละช่วงเวลาในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ถ้าเกิน 0.5 คิดเป็น 1 กิโลวัตต์

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate : TOU Rate)

อัตรารายเดือน :

		ค่าความต้องการ		ค่าพลังงานไฟฟ้า			ค่าบริการ
		พลังไฟฟ้า		บาท/เดือน			
		บาท/กิโลวัตต์		บาท/หน่วย			
		1*	1*	2*	3*		
4.2.1 แรงดัน	115 กิโลโวลต์ขึ้นไป	102.80	1.1534	0.6671	0.6062	400.00	
4.2.2 แรงดัน	69 กิโลโวลต์	158.88	1.6292	0.6769	0.6153	400.00	
4.2.3 แรงดัน	12-24 กิโลโวลต์	200.93	1.7736	0.6861	0.6236	850.00	
4.2.4 แรงดันต่ำกว่า	12 กิโลโวลต์	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00	

1* วันจันทร์ - วันเสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น. (On peak)

2* วันจันทร์ - วันเสาร์ เวลา 22.00 - 09.00 น. (On peak)

3* วันอาทิตย์ เวลา 00.00 - 24.00 น. (On peak)

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงที่สุดในช่วง On peak ในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 ตัดทิ้ง แต่ถ้าเกิน 0.5 คิดเป็น 1 หน่วย

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ต้องไม่ต่ำกว่า 70% ของค่าความต้องการ พลังงานไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงที่สุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่า POWER FACTOR : สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่า Power factor (lag) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการไฟฟ้า Reactive เฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็น KVAR เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้า Active เฉลี่ยในช่วง 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้วเฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่า Power factor ในอัตรา KVAR ละ 14.02 บาทสำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนนั้นเศษของ KVAR ถ้าไม่ถึง 0.5 ตัดทิ้ง เกิน ปัดเป็น 1

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าในประเภทที่ 4 นี้จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.1 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้า ประจำ เดือน มกราคม 2540 และสามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ได้ ดังนั้นถ้าเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมไม่ได้ แม้ว่าต่อไปมีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 2000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355000 หน่วยต่อเดือนก็ตาม นอกจากจะมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือนหรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ใน ประเภทที่ 4 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนตุลาคม 2540 จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 แม้ว่าต่อไปจะมีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ต่ำกว่า 2000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355000 หน่วยต่อเดือน นอกจากจะมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือ มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
3. ส่วนราชการที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 355000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 นี้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 โดยจัดอยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.2
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกัน 12 เดือนในเดือนถัดไปจะจัดให้อยู่ใน ประเภทที่ 2 หรือ 6 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 4 อีกเมื่อมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 30 - 1999 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 355000 หน่วยต่อเดือน

5. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดใน 15 นาที 2000 กิโลวัตต์ขึ้นไปในเดือนใดหรือมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 355000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ในเดือนถัดไปหลังจากติดตั้งหน่วยเครื่องวัดไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD Meter) หรือเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU Meter) หากยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าดังกล่าว อนุโลมให้ใช้การคิดอัตราค่าไฟฟ้าเดิมไปก่อน
6. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ต้องแจ้งการไฟฟ้านครหลวงหมายเหตุ ในโครงการนี้ใช้การคำนวณอ้างอิงถึงประเภทที่ 1 ข้อ 1.1



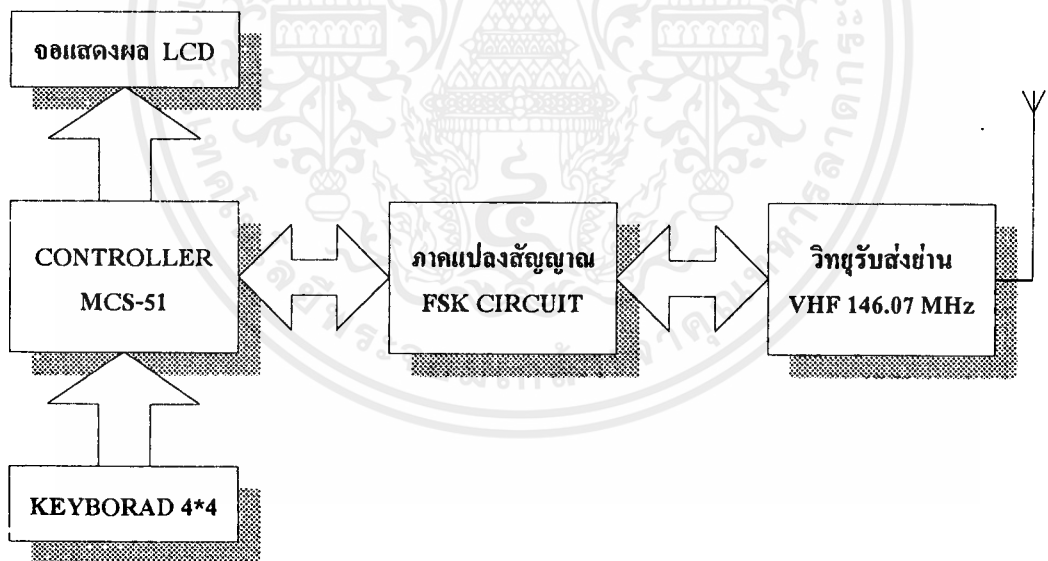
บทที่ 3

โครงสร้างและการทำงานของวงจร

3.1 โครงสร้างและหลักการทำงานของชุดรับ-ส่ง

3.1.1 โครงสร้างของชุดรับ-ส่งประกอบด้วย

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
2. ภาคแปลงสัญญาณ
3. วิทยุรับ-ส่ง
4. จอแสดงผลแบบ LCD 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร
5. คีย์บอร์ดขนาด 4*4

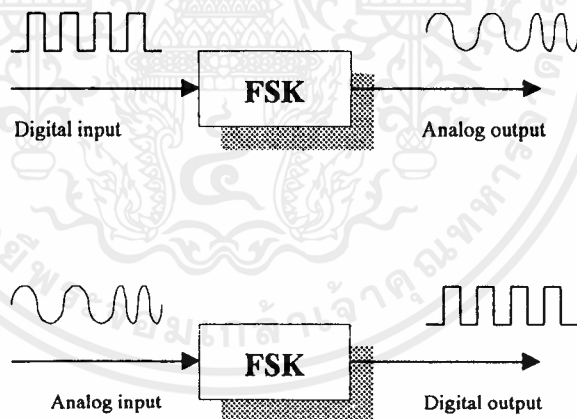


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของชุดรับ-ส่ง

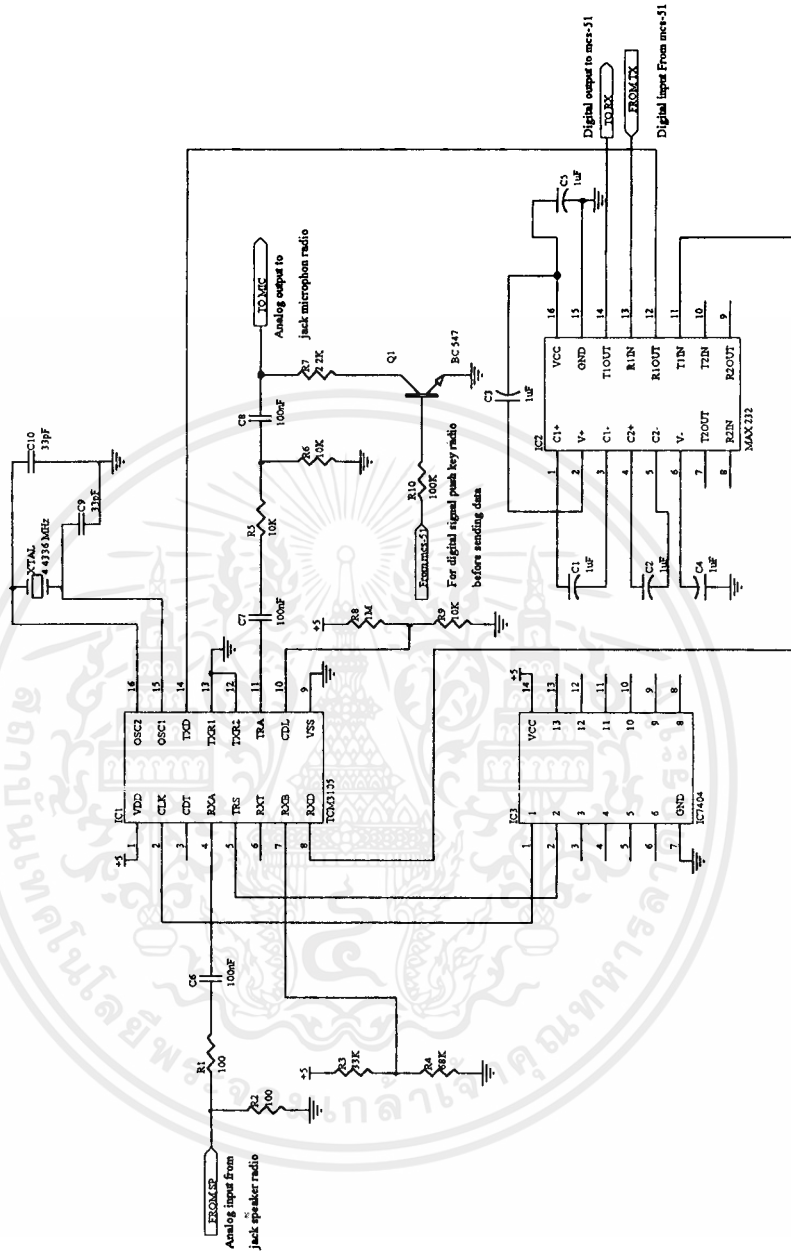
3.1.2 หลักการทำงานของชุดรับ-ส่ง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จะทำหน้าที่ควบคุมการรับ-ส่ง โดยจะรับหมายเลขเครื่องของกิโวลต์และชุดคำสั่งจากคีย์บอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจำนวน 4 ไบต์ ส่งออกทางพอร์ตอนุกรมที่ขา TX ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่อัตราการรับส่งข้อมูล 1200 บิต ต่อ วินาที ที่โหมด 1 (DATA 8 บิต 1 START บิต 1 STOP บิต) ข้อมูลที่ส่งออกทางขา TX จะเป็นสัญญาณดิจิทัลที่มาตรฐาน RS-232 ส่งต่อไปยังภาคแปลงสัญญาณต่อไป

ภาคแปลงสัญญาณ วงจร FSK Circuit (Frequency Shift Keying) จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก 2 ความถี่คือถ้าสัญญาณดิจิทัลเป็น " 1 " จะให้ความถี่ 1200 Hz และถ้าสัญญาณเป็น " 0 " จะให้ความถี่ 2200 Hz ซึ่งหลักการแปลงสัญญาณจะใช้หลักการของวงจร FSK (Frequency Shift Keying) และยังหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลอีกด้วย ถ้าสัญญาณอนาล็อกมีความถี่ 1200 Hz จะให้สัญญาณดิจิทัลเป็น " 1 " ถ้าสัญญาณอนาล็อกมีความถี่ 2200 Hz จะให้สัญญาณดิจิทัลเป็น " 0 "



รูปที่ 3.2 การเปลี่ยนจาก Digital เป็น Analog และ Analog เป็น Digital



รูปที่ 3.3 วงจร FSK CIRCUIT (Frequency Shift Keying)

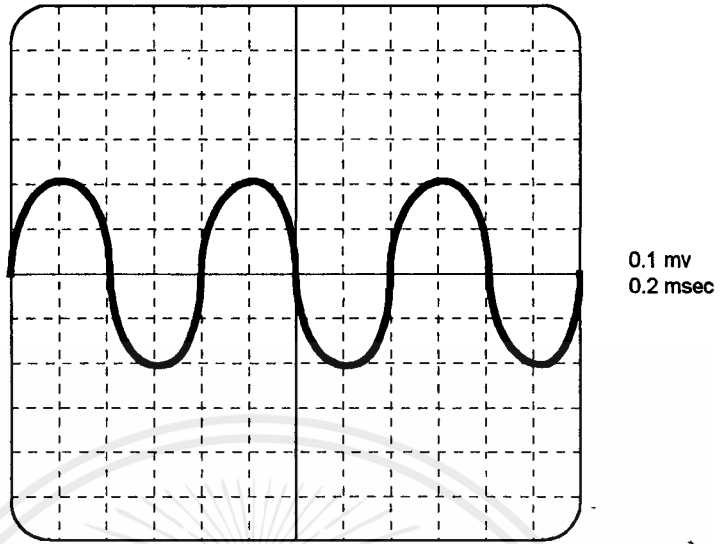
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.3 เป็นวงจร FSK CIRCUIT (Frequency Shift Keying) ซึ่งเป็นวงจรในภาคแปลงสัญญาณที่ใช้ในโครงงานจะนำมาใช้ทั้ง ชุดรับส่งและชุดกิโลวัตต์ ในวงจรจะมีส่วนที่สำคัญอยู่สองส่วนคือ ส่วนที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลและดิจิตอลเป็นอนาล็อกจะใช้ไอซีเบอร์ TCM 3105 และส่วนเปลี่ยนระดับสัญญาณ จะใช้ไอซี MAX 232 เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้มาตรฐาน RS-232 ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม จึงต้องนำสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์มาเปลี่ยนเป็นระดับสัญญาณ TTL ก่อนที่จะนำมาแปลงสัญญาณ เนื่องจากไอซี TCM3105 จะทำงานในระดับ 5 โวลต์ และ 0 โวลต์

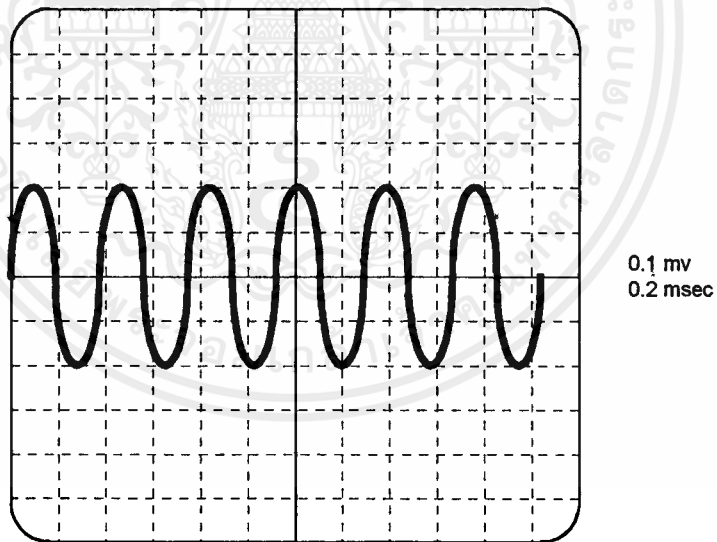
โดยสัญญาณดิจิตอลที่เป็นข้อมูลส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา TX จะมาเข้าที่ขา 13 (R1IN) ของ IC MAX232 สัญญาณที่ออกจากขา 12 (R1OUT) จะเป็นระดับสัญญาณ TTL และจะไปเข้าขา 14 (TXD) ของ IC1 (TMC 3105) เพื่อทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก สัญญาณที่เป็นอนาล็อกจะออกที่ขา 11(TRA) ผ่าน R5 และ R6 เพื่อปรับระดับสัญญาณอนาล็อกก่อนที่จะส่งเข้าวิทยุรับส่งเพื่อให้ได้ระดับสัญญาณที่เหมาะสม ถ้าปรับระดับสัญญาณไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการขลิบสัญญาณอันเป็นเหตุให้การมอดูเลทข้อมูลกับคลื่นพาห้ในเครื่องส่ง เกิดการ Over Modulation ได้ สัญญาณอนาล็อกที่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.4

สัญญาณที่ถูกเปลี่ยนจากสัญญาณดิจิตอลเป็นความถี่จะมีความถี่ 1200 Hz และ 2200 Hz ซึ่งเป็นย่านความถี่เสียง ช่วง 300 Hz- 3000 Hz จะเป็นสัญญาณเสียงพูดปกติของมนุษย์ สัญญาณเสียงจะถูกส่งไปยังแจ๊คไมค์ของวิทยุรับส่งเพื่อทำการ Modulation ข้อมูลกับคลื่นพาห้ของวิทยุต่อไป โดยปกติการที่จะส่งข้อมูลที่เป็นสัญญาณเสียงผ่านทางวิทยุได้นั้นจะต้องทำการกคคีย์ที่วิทยุก่อนที่จะทำการส่งข้อมูล เพราะตามปกติในวิทยุรับส่งในสภาวะปกติจะอยู่ในสภาวะรอรับข้อมูล ดังนั้นถ้าไม่ทำการกคคีย์ที่วิทยุข้อมูลก็จะไม่ถูกส่งออกไป

การกคคีย์เพื่อนำสัญญาณที่เป็นข้อมูลมา Modulation กับคลื่นพาห้นั้นทำได้โดยต่อวงจรที่จุดต่อไมค์เพื่อให้สัญญาณนั้นลงกราวด์โดยผ่าน R7 เมื่อสัญญาณดิจิตอลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น “ 1 “ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและสัญญาณอนาล็อกที่เป็นข้อมูลก็จะถูกต่อลงกราวด์ในระดับที่เหมาะสมเพื่อที่จะนำสัญญาณอนาล็อกนั้นไป Modulation กับคลื่นพาห้ในวิทยุรับส่งข้อมูลทั้งหมดก็จะถูกส่งผ่านคลื่นวิทยุออกไปเมื่อทำการส่งข้อมูลเสร็จไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณดิจิตอลเป็น “ 0 “ วิทยุก็จะหยุดการส่งข้อมูลและจะกลับมาอยู่ในสภาวะเดิมคือสภาวะรอรับข้อมูล



รูปที่ 3.4 สัญญาณที่ได้จาก FSK ขณะ INPUT เป็น “ 1 “ จะมีความถี่ประมาณ 1200 เฮิรตซ์

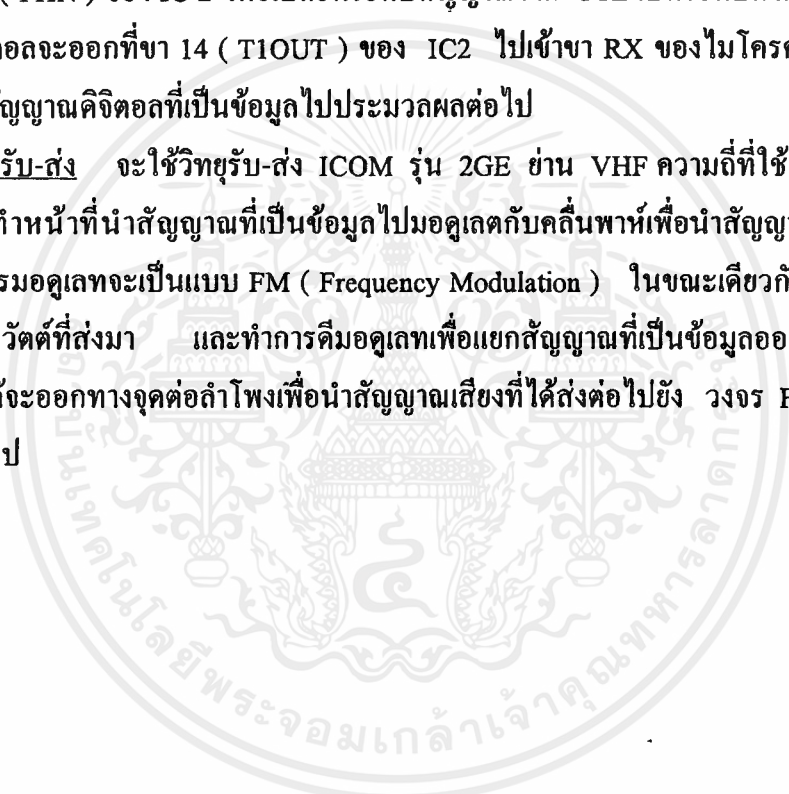


รูปที่ 3.5 สัญญาณที่ได้จาก FSK ขณะ INPUT เป็น “ 0 “ จะมีความถี่ประมาณ 2200 เฮิรตซ์

ในวงจรในรูปที่ 3.3 วงจร FSK ยังแปลงสัญญาณอนาล็อกที่ได้จากจุดต่อลำโพงเป็นสัญญาณดิจิทัล ในสภาวะรอร์ับข้อมูลวิทยุจะรอร์ับคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากกิโวลด์ต์ วิทยุจะทำการ Demodulation สัญญาณที่เป็นข้อมูลออกจากคลื่นพาห์ สัญญาณที่ได้จะออกมาอยู่ที่แจ็คลำโพงของวิทยุ สัญญาณอนาล็อกจากจุดต่อลำโพงที่เป็นข้อมูลจะเข้ามาที่ขา 4 (RXA) ของไอซี TCM 3105 โดยจะถูก R2 และ R1 ปรับระดับสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะเข้าวงจรเพื่อทำการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

สัญญาณดิจิทัลที่ได้จะออกที่ขา 8 (RXD) ที่อัตราการส่งข้อมูล 1200 บิตต่อวินาที แล้วไปเข้าขา 11 (T1IN) ของ IC 2 เพื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณจาก TTL เป็นระดับมาตรฐาน RS-232 สัญญาณดิจิทัลจะออกที่ขา 14 (T1OUT) ของ IC2 ไปเข้าขา RX ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะนำสัญญาณดิจิทัลที่เป็นข้อมูลไปประมวลผลต่อไป

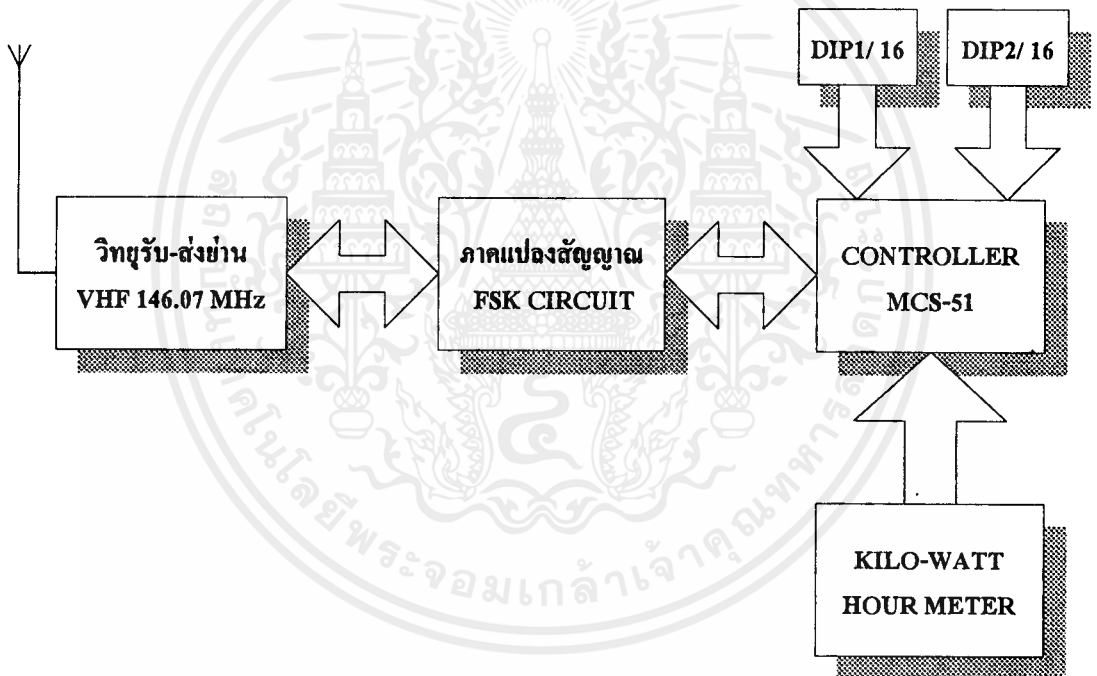
วิทยุรับ-ส่ง จะใช้วิทยุรับ-ส่ง ICOM รุ่น 2GE ย่าน VHF ความถี่ที่ใช้ 146.07 MHz โดยวิทยุจะทำหน้าที่นำสัญญาณที่เป็นข้อมูลไปมอดูเลตกับคลื่นพาห์เพื่อนำสัญญาณส่งผ่านคลื่นวิทยุไป การมอดูเลตจะเป็นแบบ FM (Frequency Modulation) ในขณะที่เดียวกันวิทยุจะรอร์ับคลื่นจากกิโวลด์ต์ที่ส่งมา และทำการดีมอดูเลตเพื่อแยกสัญญาณที่เป็นข้อมูลออกจากคลื่นพาห์ สัญญาณที่ได้จะออกทางจุดต่อลำโพงเพื่อนำสัญญาณเสียงที่ได้ส่งต่อไปยัง วงจร FSK เพื่อแปลงสัญญาณต่อไป



3.2 โครงสร้างและหลักการทำงานของชุดกิโวลต์ต์มิเตอร์

3.2.1 โครงสร้างของชุดกิโวลต์ต์มิเตอร์ประกอบด้วย

1. ส่วนของเครื่องควบคุม
2. ภาคแปลงสัญญาณ
3. วิทยุรับ-ส่ง
4. KILO WATT HOUR METER
5. DIP SWICHTH 16 จำนวน 2 ชุด

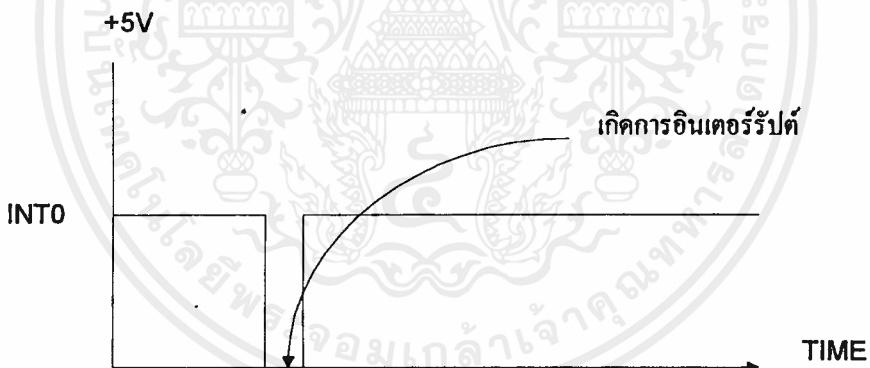


รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรม KILO WATT HOUR METER

3.2.2 หลักการทำงานของชุดกิโวลต์คัมมิเตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จะทำหน้าที่ควบคุมการรับส่งและอ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากกิโวลต์คัมมิเตอร์

การอ่านค่ากำลังไฟฟ้าจากกิโวลต์คัมมิเตอร์ โดยปกติการทำงานของมิเตอร์นั้นเมื่อมีการใช้ไฟฟ้างานหมุนของมิเตอร์จะหมุนโดยใช้หลักการการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเพื่อทำให้จานหมุนนั้นหมุนและไปขับเฟืองของชุดแสดงผลของตัวกิโวลต์คัมมิเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนับรอบของงานหมุนโดยใช้ตัวออปโตไดโอดเป็น SENSOR เพื่อทำการนับรอบงานหมุน สัญญาณจากตัว SENSOR จะเป็นพัลส์ซึ่งสัญญาณนี้จะต่อเข้ากับ ขา INTO ของ EXP6 ซึ่งเป็นขาสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกโดยเมื่อรูที่งานหมุนหมุนผ่านตัว SENSOR จะทำให้สัญญาณเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก “ 1 “ เป็น “ 0 “ ก็จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดการอินเตอร์รัปต์ โปรแกรมก็จะทำการเก็บค่าทุกๆ รอบที่งานหมุนหมุนไปไว้ในหน่วยความจำ จำนวนรอบที่นับได้จะเป็น UNIT ที่ใช้ไปเมื่องานหมุนครบ 300 รอบก็จะมีค่าเท่ากับ 1 UNIT หรือ 1 kWh



รูปที่ 3.7 สัญญาณอินเตอร์รัปต์จาก SENSOR

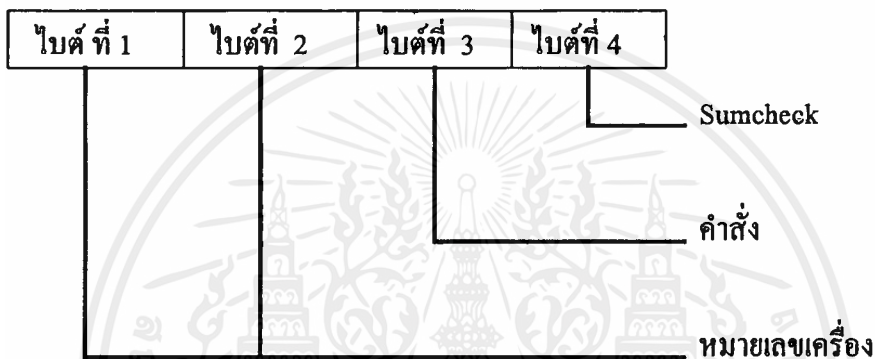
ภาคแปลงสัญญาณ จะใช้วงจร FSK ซึ่งมีหลักการทำงานเช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว เมื่อมีการส่งหมายเลขเครื่องและชุดคำสั่งจากชุดรับส่งมายังเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าก็จะได้รับสัญญาณอนาล็อกที่จุดต่อลำโพงของวิทยุรับส่งเข้าขา 4 (RXA) ของ IC1 โดยมี R1 และ R2 เป็นตัวแบ่งแรงดันเพื่อให้ IC1 ได้รับแรงดันอินพุตที่เหมาะสม ซึ่ง IC1 จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อกที่เข้าทางขา 4 (RXA) ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลออกทางขา 8 (RXD) แล้วต่อไปยังวงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณของ IC2 ที่ขา 11 (T1IN) โดยสัญญาณที่ออกจากขา 14 (T1OUT) จะถูกต่อไปยังขา RX ของไมโครเพื่อประมวลผลต่อไป เมื่อไมโครประมวลผลเสร็จก็จะส่งข้อมูลเป็นดิจิทัลออกมาทางขา TX มาเข้าวงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณ และเข้าวงจร FSK เพื่อทำการแปลงสัญญาณข้อมูลที่เป็นดิจิทัลเป็นอนาล็อก 2 ความถี่ คือถ้าข้อมูลเป็นลอจิก “ 1 “ จะได้รับสัญญาณอนาล็อกความถี่ 1200 Hz และถ้าข้อมูลเป็นลอจิก “ 0 “ จะได้รับสัญญาณอนาล็อก 2200 Hz สัญญาณอนาล็อกที่ได้จากการแปลงจะถูกส่งออกทางขา 11 (TRA) สัญญาณที่ได้จะส่งเข้าวิทยุเพื่อทำการส่งข้อมูลต่อไป

DIP SWITCH 16 จะออกแบบไว้ 2 ชุดทำหน้าที่ SET หมายเลขเครื่องและ SET หน่วยที่ใช้ตอนเริ่มต้นการเซตหมายเลขเครื่องสามารถเซตได้สูงสุด 65535 เครื่องโดยใช้ DIP SWITCH DIP SWITCH จะต่อกับ PORT 8255 ของบอร์ด MCS-51 ส่วนการเซตหน่วยเริ่มต้นนี้ก็จะมีลักษณะเดียวกันจะใช้ในกรณีที่เริ่มต้นเซตค่าเริ่มต้นของมิโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าที่เซตจากพอร์ต 8255 มาเก็บไว้ใน RAM เมื่อมีการนับรอบของงานหมุนไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการนับจำนวนรอบต่อจากค่าที่เก็บไว้ใน RAM และก็จะเก็บค่าที่นับนั้นไว้ใน RAM ต่อไปในกรณีที่เกิดไฟฟ้าดับจะมีระบบ BACKUP ข้อมูลไว้ แต่ถ้าอ่าน BACKUP หหมดก็สามารถที่จะเซตค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปมาเก็บไว้ใน RAM ใหม่ได้ โดยอ่านค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปจากชุดแสดงผลที่ตัวมิเตอร์แล้วนำมาเซตค่าใหม่ได้ก็สามารถที่จะทำให้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้านั้นไม่สูญหาย อายุการใช้งานของถ่าน BACKUP นั้นประมาณ 1-2 ปีในการใช้อย่างต่อเนื่อง

วิทยุรับ-ส่ง จะใช้วิทยุรับ-ส่ง ICOM รุ่น 2GE ย่าน VHF ความถี่ที่ใช้ 146.07 MHz เช่นเดียวกับชุดรับส่งดังได้กล่าวมาแล้ว

3.3 สถานะการรับ-ส่งข้อมูล

การทำงานสถานะการส่งข้อมูลของชุดรับส่ง เริ่มจากชุดควบคุมจะรอรับหมายเลขเลขเครื่องจากพนักงานและชุดคำสั่ง เพื่อส่งข้อมูลออกไปทางพอร์ตอนุกรมข้อมูลหมดจะประกอบไปด้วยหมายเลขเครื่อง 2 ไบต์ คำสั่ง 1 ไบต์และ SUMCHECK อีก 1 ไบต์ จะเป็นไบต์ที่ทำการตรวจเช็คความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล



รูปที่ 3.8 แสดงจำนวนไบต์ในการส่งข้อมูล

หมายเลขเครื่องที่รอรับจากคีย์บอร์ด 5 หลักจะถูกคอนโทรลเลอร์แปลงเป็นเลขฐาน 16 และแปลงจากฐาน 16 เป็นฐาน 2 ดังนั้นหมายเลขเครื่องจะมีข้อมูลที่เป็นดิจิตอล 16 บิต หรือ เท่ากับ 2 ไบต์ ส่วนชุดคำสั่งจะประกอบไปด้วยคำสั่งการเก็บข้อมูลค่าไฟฟ้า คำสั่งการตัดการจ่ายไฟฟ้าและคำสั่งการเปิดให้ผู้ใช้ไฟตามปกติ จะเป็นรหัส ASCII ซึ่งจะส่งเป็นอักษร K,F,N จำนวน 1 ไบต์ ไบต์สุดท้ายจะเป็น Sumcheck การ Sumcheck นั้นจะเป็นการนำข้อมูล ไบต์ที่ 1 และไบต์ที่ 2 มาทำการ Exclusive-OR ผลที่ได้จะนำมา Exclusive-OR กับไบต์ ที่ 3 อีกครั้งและผลที่ได้จะนำมาส่งเป็นไบต์ที่ 4 เพื่อที่ว่ามิเตอร์รับข้อมูลและจะทำการเช็คข้อมูลว่าข้อมูลที่ได้รับมานั้นผิดพลาดหรือไม่

สภาวะการรับข้อมูลของชุดรับส่ง เมื่อไมโครได้รับข้อมูลที่เป็นดิจิทัลเข้ามา จะตรวจสอบข้อมูล 3 ไบต์แรกก่อนว่าหมายเลขเครื่องที่ได้รับมาและคำสั่งที่ได้รับมาตรงกับที่ส่งออกไปหรือไม่ ถ้าตรงกันก็จะรับอีก 6 ไบต์และตรวจเช็คความผิดพลาดกับไบต์สุดท้าย ถ้าเช็คแล้วเกิดการผิดพลาดก็ต้องเริ่มการส่งข้อมูลกันใหม่ ถ้าเช็คแล้วไม่พบความผิดพลาด ก็จะนำผลที่ได้มาแสดงที่จอ LCD ต่อไป

ชุดคำสั่งต่างๆจะประกอบไปด้วย

1. การเก็บค่ากำลังไฟฟ้า
2. การเปิดจ่ายไฟฟ้าตามปกติ
3. การตัดจ่ายไฟฟ้ากรณีที่ไมจ่ายค่าไฟฟ้าตามกำหนด

ชุดคำสั่ง	รหัส ASCII	เลขฐาน 16
1. การเก็บค่ากำลังไฟฟ้า	K	4BH
2. การจ่ายไฟฟ้าตามปกติ	N	4EH
3. การตัดจ่ายไฟฟ้า	F	46H

ตารางที่ 3.1 รหัสของชุดคำสั่งที่ใช้ในการรับ-ส่ง

บทที่ 4

การออกแบบและการสร้าง

4.1 การออกแบบและการสร้างชุดรับ-ส่ง

ในโครงการการออกแบบส่งชุดรับ-ส่งจะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจร FSKวิทยุสื่อสาร ICOM โดยจะมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังนี้

4.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะติดต่อกับ คีย์บอร์ด และจอแสดงผล LCD พอร์ตอินพุท และเอาพุท ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานการรับส่ง การเก็บข้อมูลไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ ในโครงการนี้จะใช้บอร์ด CP-SB31 ของบริษัท ETT ซึ่งมีลักษณะของบอร์ดดังนี้

ลักษณะของบอร์ด CP-SB31

- CPU 8031 (ON BOARD) OR 8032, 8052, 8751MEMORY
- มี SOCKET ขนาด 28 PIN 2 ตัว สามารถใส่หน่วยความจำได้สูงสุด 96 KB I/O PORT
- 8X3 bit INPUT/OUTPUT (8255)
- 8X1 bit INPUT/OUTPUT (PORT 1)
- 1 SERIAL PORT (RS-232)
- 10 VDC POWER SUPPLY JACK
- 5 VDC (REGULATE) 7805 ON BOARD

คุณลักษณะของ CP-SB31

- หน่วยความจำ สามารถติดตั้งได้ทั้งขนาด, ตำแหน่ง และลักษณะการทำงาน (DATA MEMORY, CODE MEMORY, CODE & DATA MEMORY)
- สามารถพัฒนาโปรแกรมได้ทั้งภาษาแอสเซมบลี ร่วมกับ DEBUGGER OR ET EPROM EMULATOR iver
- ต่อกับ LCD ได้ทันที โดยไม่ต้องใช้ I/O พอร์ต
- มี I/O พอร์ต ขนาด 8 บิต ถึง 4 พอร์ตการติดตั้งหน่วยความจำให้กับ CP-SB31

เนื่องจาก CP-SB31 ถูกสร้างมาให้เป็นอิสระในการเลือกให้หน่วยความจำได้หลายขนาด ทั้ง EPROM และ RAM รวมทั้งตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำผู้ใช้ก็ยังสามารถกำหนดได้

ตามต้องการ ซึ่งทั้งหมดนี้จะขึ้นอยู่กับการใส่ตำแหน่งของ JUMPER ต่าง ๆ ให้ถูกต้อง ซึ่ง U3 และ U4 จะถูกควบคุมด้วย JUMPER ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

U3 JP3 เลือกเบอร์ของชิปหน่วยความจำที่ใส่อยู่บน U3 (2764, 27256, 27512, 6264, 62556) ในโครงการจะใช้เบอร์ 27256

JP4 สำหรับเลือกว่าจะให้หน่วยความจำที่ U3 เป็น DATA MEMORY หรือ CODE MEMORY ในโครงการจะเลือกให้เป็น CODE MEMORY

JP7 เลือกตำแหน่งเริ่มต้นและขนาดของหน่วยความจำ U3

U4 JP5 เลือกเบอร์ของชิปหน่วยความจำที่ใส่อยู่บน U4 (27256, 6116, 6264, 62256) ในโครงการจะใช้เบอร์ 6116

JP6 เลือกลักษณะการทำงานของ U4ว่าจะให้เป็น DATA MEMORY หรือ CODE MEMORY ในโครงการจะให้เป็น DATA MEMORY

JP8 เลือกตำแหน่งเริ่มต้นและขนาดของหน่วยความจำ U4

JP9 เลือกว่าจะอนุญาตให้มีการใช้ I/O พอร์ต (8255) ภายนอกอีกหรือไม่ ถ้าไม่มีพอร์ตภายนอก U4 จะมีขนาดสูงสุด 32 KB

PORT 8255 DECODE

PORT A = E0E0H

PORT B = E0E1H

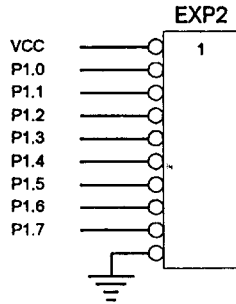
PORT C = E0E2H

CONTROL PORT = E0E3H

รายละเอียดเกี่ยวกับ CONNECTOR

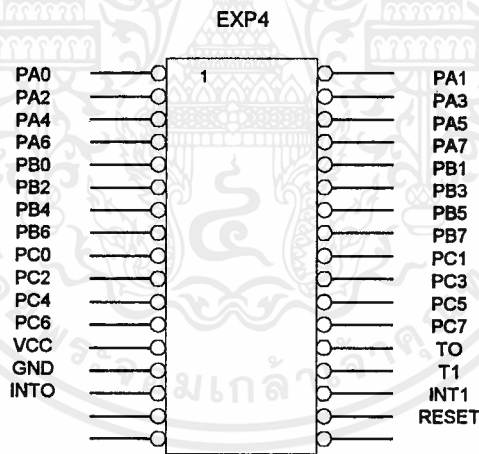
CP-SB31 ได้ถูกออกแบบมาให้ใช้ได้กับบอร์ดอินเทอร์เฟสต่าง ๆ ของบริษัท ETT โดยเฉพาะแต่จะขอกกล่าวส่วนที่ใช้เฉพาะในโครงการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

EXP.2 เป็น INPUT/OUTPUT เป็นพอร์ตขนาด 8 บิต ซึ่งจะถูกต่อในวงจรกับ KEYBOARD ทำหน้าที่เป็น INPUT รับค่าจากคีย์บอร์ดมาประมวลผล ตำแหน่งของขาต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.1



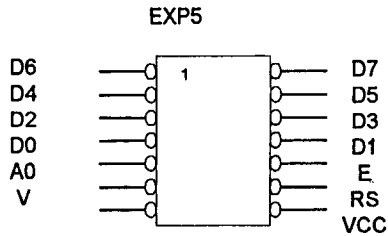
รูปที่ 4.1 ตำแหน่งของขาต่างๆ ของ PORT 1

EXP.4 เป็น CONNECTOR ขนาด 34 ขา จะถูกใช้เป็นตัวอินพุตและเอาพุต ซึ่ง PA0 จะต่อเป็น OUTPUT ทำหน้าที่ กดคีย์ที่วิทยุ เพื่อส่งสัญญาณออกผ่านทางคลื่นวิทยุ PB0 เป็น INPUT จะติดต่อกับ COMPUTER หรือนำไปใช้งานลักษณะขาของ EXP.4 ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งขาของ EXP.4

EXP.5 เป็น CONNECTOR ขนาด 14 ขา ใช้ต่อกับ LCD ได้โดยตรง มีขนาดรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ตำแหน่งขา EXP.5

EXP.5 ถูก EECODE ไว้ที่พอร์ตหมายเลขดังนี้

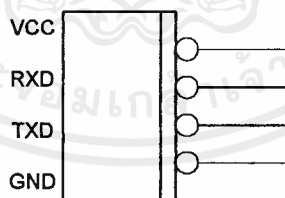
E0C0H = พอร์ตเกี่ยวกับการเขียนคำสั่งไปยัง LCD (R3, R/W = 00)

E0C1H = พอร์ตอ่าน BUSY FLAG และแอดเดรสของ CURSOR (RS, R/W = 01)

E0C2H = พอร์ตเขียนข้อมูลไปยัง DD RAM หรือ CG RAM (RS, R/W = 10)

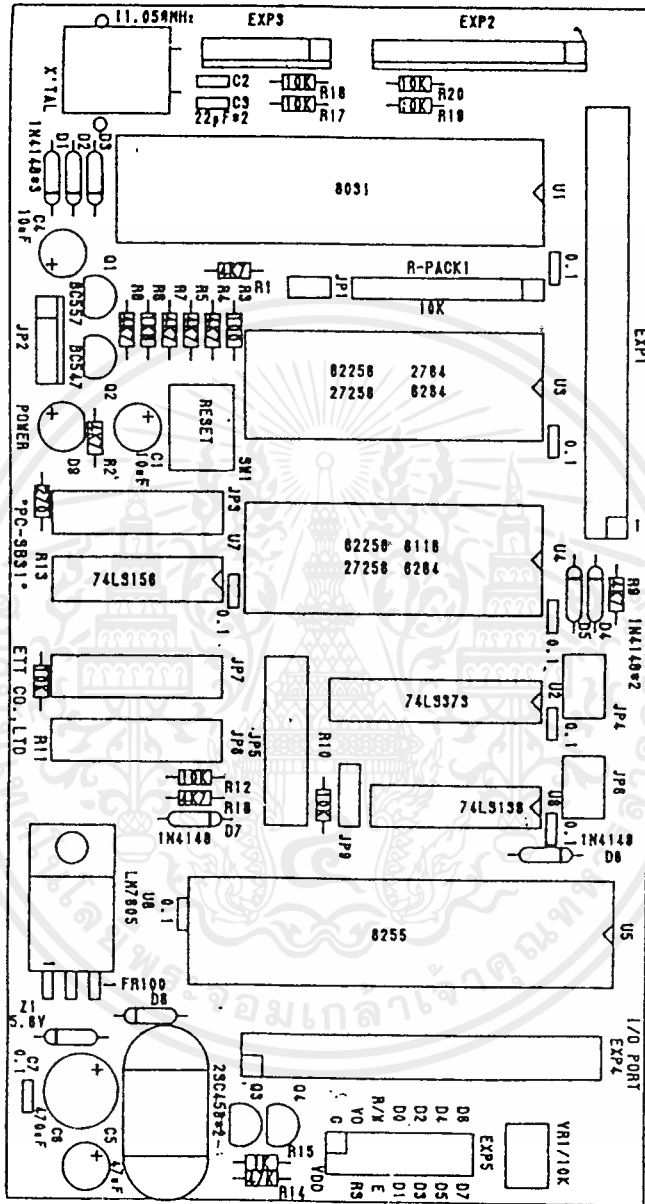
E0C3H = พอร์ตอ่านข้อมูลจาก DD RAM หรือ CG RAM (RS, R/W = 11)

JP2 เป็น CONNECTOR 4 ขา เป็นพอร์ตทำหน้าที่รับส่งข้อมูลมาตรฐาน RS-232 มีตำแหน่งดังรูปที่ 4.4



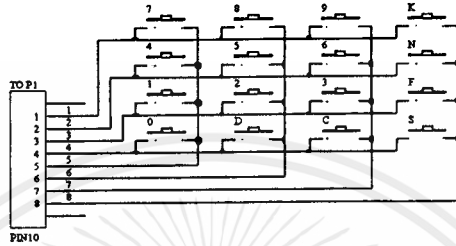
รูปที่ 4.4 ตำแหน่งขาพอร์ตอนุกรม

ตำแหน่งต่าง ๆ ของบอร์ด CP-SB31 จะมีอุปกรณ์ และตำแหน่งของ JUMPER และ CONNECTOR ต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.5



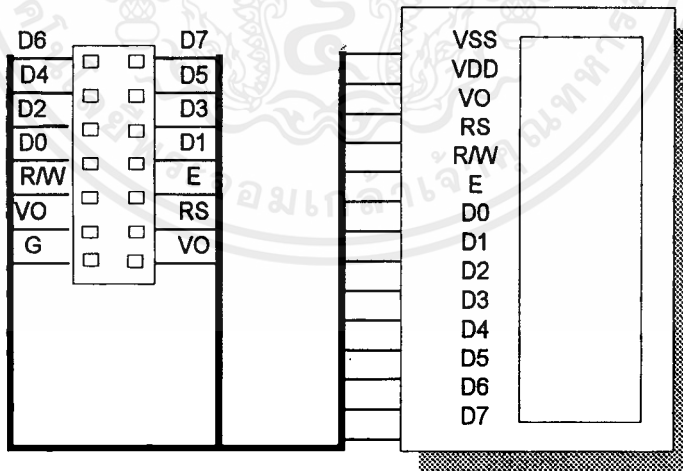
รูปที่ 4.5 ตำแหน่งต่าง ๆ บนบอร์ด CP-SB31

4.1.2 คีย์บอร์ด จะทำหน้าที่รับหมายเลขเครื่องและชุดคำสั่ง จะเป็นแบบ MATRIX 4X4 ขนาด 16 KEYS ซึ่งจะถูกต้องเข้ากับพอร์ต 1 ของบอร์ด CP-SP31 ซึ่งจะใช้โปรแกรมสแกน คีย์บอร์ดในการสแกน คีย์บอร์ดจะมีการต่อกับพอร์ต ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการต่อแบบ MATRIX 4*4

4.1.3 จอแสดงผลแบบ LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัดจะแสดงผลต่างๆของการทำงาน ซึ่งจะติดต่อกับ บอร์ด CP - SB31 ที่ EXP5 ได้ทันทีจะมีการต่อดังรูป 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงการต่อ LCD MODULE กับ EXP5 ของบอร์ด CP-SB31

4.14 การออกแบบวงจร FSK

วงจร FSK จะเป็นวงจรส่วนของภาคแปลงสัญญาณและส่วนเปลี่ยนระดับสัญญาณของภาคแปลงสัญญาณ ในโครงการจะใช้ชิป TCM 3105 ในกระบวนการมอดูเลตสัญญาณแบบเลื่อนความถี่ (FSK) ในย่านความถี่เสียงโดยมีโครงสร้างแบบ CMOS เป็นชิปแบบตะขาบ 16 ขา ที่ใช้ได้กับมาตรฐาน Bell 202 หรือ CCITT V.23 ในโครงการนี้จะใช้มาตรฐาน Bell 202 ซึ่งสัญญาณดิจิทัลเป็น 1 มีความถี่ 1200 Hz ถ้าเป็น 0 มีความถี่ 2200 Hz ขาค่าสัญญาณที่ควรรู้จัก มีดังนี้

VCC (ขา 1) : สัญญาณไฟเลี้ยง 5 VDC

VSS (ขา 9) : กราวด์

TXD (ขา 14) : ข้อมูลที่ส่งมาแบบดิจิทัลจะถูกส่งเข้ามอดูเลต สัญญาณระดับสูงจะใช้ ความถี่มาร์คออกมา และสัญญาณระดับต่ำจะใช้ความถี่สเปซ

TXA (ขา 11) : จะส่งสัญญาณอนาล็อกที่ได้จากการมอดูเลตสัญญาณออกมา

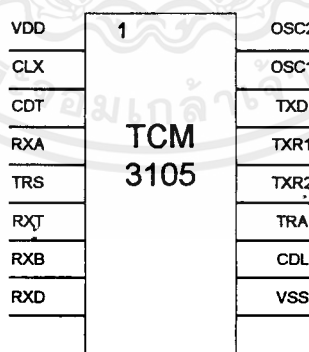
RXA (ขา 4) : รับสัญญาณอนาล็อกเข้ามา

RXD (ขา 8) : ส่งสัญญาณดิจิทัลที่ทำการดีมอดูเลตแล้วออกไป ที่ความถี่มาร์คจะให้สัญญาณรับค้ำสูง และความถี่สเปซให้สัญญาณระดับต่ำ

OSC1 (ขา 15) : ตัวสร้างความถี่ขาออก

OSC2 (ขา 16) : ตัวสร้างความถี่ขาเข้า

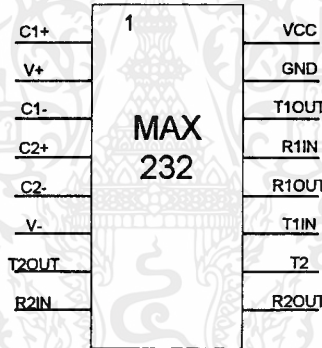
TXR1, TXR2 (ขา 13, 12) : เลือกบิตเลข และความถี่มาร์คกับสเปซ



รูปที่ 4.8 IC TCM 3105

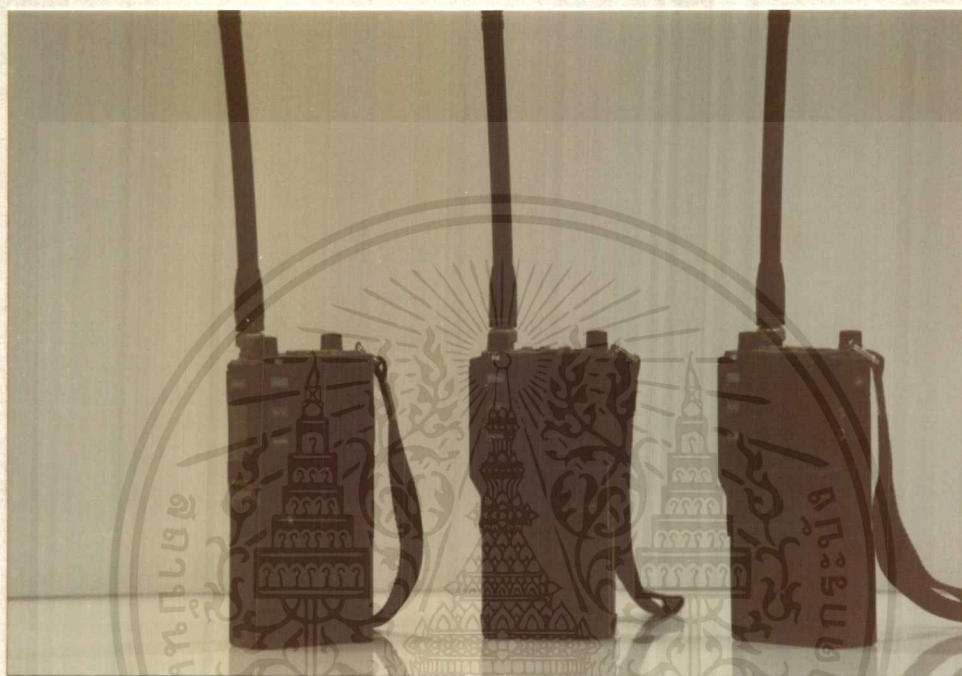
วงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณจะเปลี่ยนระดับสัญญาณจาก RS-232 เป็น TTL สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์กับวงจร FSK ซึ่ง วงจร FSK จะใช้สัญญาณในการทำงานที่ระดับ 5 โวลต์ กับ 0 โวลต์ เท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมี วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับสัญญาณ ซึ่งจะใช้ IC MAX 232 เป็นตัวเปลี่ยนระดับสัญญาณดังกล่าว ซึ่ง IC MAX 232 จะทำหน้าที่เปลี่ยนระดับสัญญาณ RS 232 เป็น TTL และจาก TTL เป็น RS 232 ในตัวเดียวกันเป็นชิปแบบตะขบ 16 ขา ขาที่สำคัญที่ใช้งานมีดังนี้

- ขา 11, 10 : เป็น TTL/CMOS INPUT
- ขา 14, 7 : เป็น RS-232 OUTPUT
- ขา 13, 8 : เป็น RS-232 INPUT
- ขา 12, 9 : เป็น TTL/CMOS OUTPUT



รูปที่ 4.9 IC MAX 232

4.1.5 วิทยุรับส่ง ในโครงการงานจะใช้วิทยุรับ-ส่ง ย่าน VHF โดยมีหน้าที่รับ-ส่งสัญญาณ ข่าวสารต่าง ๆ ในกิจการวิทยุสมัครเล่นรุ่น ICOM 2GE ที่ตัววิทยุจะมีรูสำหรับต่อแฉีกไม้ค้ำกับ ลำโพงซึ่งจะต่อกับวงจร FSK ได้โดยใช้สายสำหรับต่อกับวิทยุ รูปร่างลักษณะของวิทยุจะมีดังรูป ที่ 4.10



รูปที่ 4.10 รูปร่างลักษณะของวิทยุรับ-ส่ง รุ่น ICOM 2GE

4.1.6 วงจรรวมในการใช้งาน ของชุดรับส่งจะประกอบด้วย วงจร FSK ซึ่งเป็นหัวใจหลักของโครงการงาน วิทยุรับส่ง ชุดแสดงผล คีย์บอร์ด ซึ่ง จะต่อกับบอร์ด CP - SB31 ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้ววงจรจะแสดงในรูปที่ 4.11

4.2 การออกแบบและการสร้างส่วนของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

ในโครงการส่วนของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าจะเป็นส่วนที่จะติดอยู่กับเสาไฟฟ้า ซึ่งจะต้องมีการตัดแปลงเครื่องวัดที่จะทำให้สามารถติดต่อกับ เครื่องรับ-ส่งได้ โดยจะประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจร FSK วิทยุรับ-ส่ง ซึ่งการออกแบบวงจรส่วน FSK จะใช้วงจรเกี่ยวกับชุดรับ-ส่งและวิทยุก็จะเป็นอีกรุ่นเดียวกัน ซึ่งจะไม่ขอกกล่าวถึง และกลไกวัดคัมมิเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่วัดกำลังไฟฟ้า

4.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะติดต่อกับ DIPSWITCH 16 สองชุดและทำหน้าที่เก็บค่ากำลังไฟฟ้าไว้ในหน่วยความจำและควบคุมการรับ-ส่ง ในโครงการจะใช้บอร์ด CPAT 32 ของบริษัท ETT ซึ่งจะมีลักษณะของบอร์ดดังนี้

คุณลักษณะ

- CPU 80C154 (8032)
- WATCH DOG สามารถเลือกใช้ทั้งแบบ 8, 16, 32 บิต
- RS 232/RS422 1 CHANNEL
- PROGRAMABLE PORT 8255X3 (72 บิต I/O)
- ขั้วต่อ LCD ทั้งแบบ CHARACTER และ GRAPHIC
- 8 บิต I/O PORT 1
- หน่วยความจำภายนอก 3 SOCKET สามารถเลือกขนาดและตำแหน่งได้ (8KB/32KB)
- อินพุท/เอาต์พุท CPAT32 มีอินพุท เอาต์พุท พอร์ตแบบขนาน 8255 ถึง 3 ตัว โดยมีตำแหน่ง ADDRESS แต่ละตัวดังนี้

U6 พอร์ต E0B0H-E0B3H

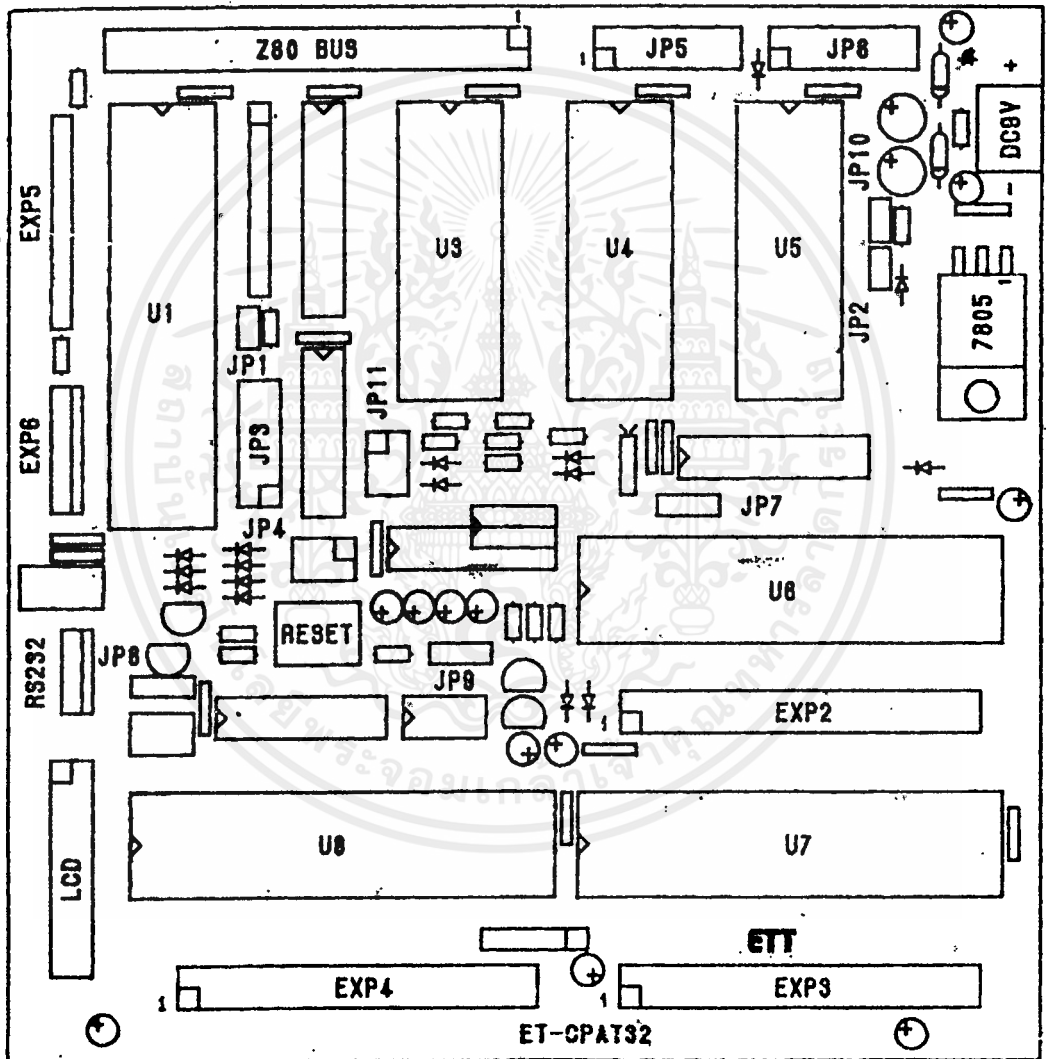
U7 พอร์ต E0A0H-E0A3H

U8 พอร์ต E0C0H-E0C3H

ในโครงการจะใช้ U7 และ U8 ทำหน้าที่เป็นพอร์ต อินพุท ทำหน้าที่เซตหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ และเซตค่าเริ่มต้นของหน่วยไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟเข้าไป และใช้เซตในกรณีไฟดับและถ่าน Back up ข้อมูลหมด ซึ่ง U7 และ U8 จะต่อกับ DIPSWITCH ขนาด 16 ต่อชุด ซึ่งคอนเนคเตอร์จะแสดงพอร์ตของ U7 และ U8

นอกจากนี้ยังใช้ PORT 1 ขนาด 8 bit แต่ใช้เพียง 2 bit เท่านั้นจะทำการควบคุมการรับส่งข้อมูล และการตัดต่อไฟฟ้า 220 VAC ของผู้ใช้ไฟ

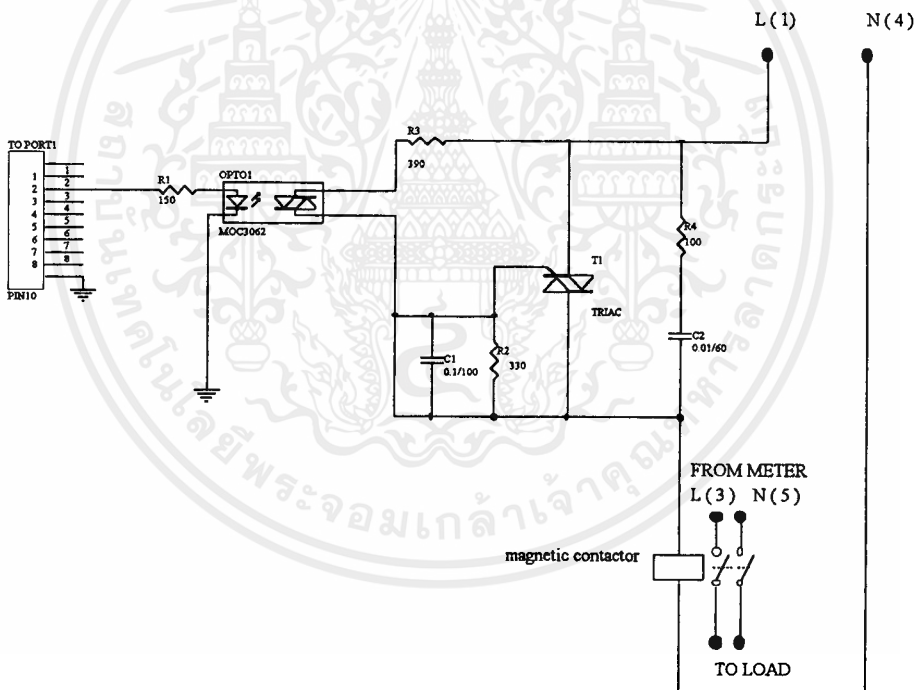
การ BACK UP ข้อมูล เมื่อต้อง BACK UP ข้อมูล U4 (เมื่อใช้ RAM หรือใช้ RTC ต้องใส่แบตเตอรี่ขนาด 3.6 V เพื่อเลี้ยงส่วนของ RAM ซึ่งจะทำหน้าที่เก็บหน่วยของผู้ใช้ไฟฟ้าเป็น Unit จะตรงกับที่มีเตอร์ของผู้ใช้ไฟ เมื่อถ่าน BACK UP หมดสามารถที่จะเซตใหม่ได้ที่ DIPSW 16 ซึ่งการเซตค่าต่าง ๆ จะกล่าวถึงในหัวข้อการใช้งานและการปรับแต่ง



รูปที่ 4.12 ตำแหน่ง IC, JUMPER และ CONNECTOR ต่าง ๆ

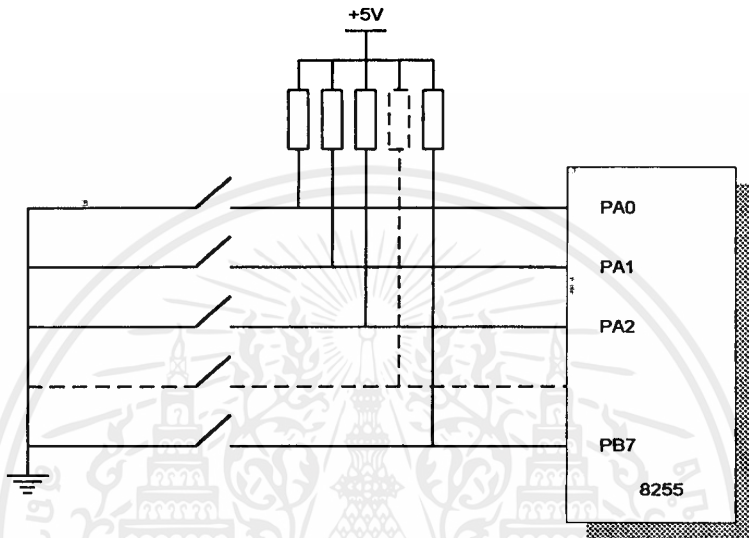
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ชุดตัดต่อไฟ 220 VAC จะใช้ในกรณีที่ใช้ไฟไม่ยอมจ่ายค่าไฟฟ้า ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อพนักงานการไฟฟ้า ซึ่งไม่จำเป็นที่จะต้องมาถอดสายไฟออกจากมิเตอร์เหมือนปัจจุบันแต่จะใช้ SOLID STATE RELAY ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวตัดต่อแรงดันไฟ AC ในลักษณะเช่นเดียวกับ RELAY โดยใช้ TRIAC เป็นตัวควบคุม ทั้งนี้จะไม่มีการติดต่อบนหน้าสัมผัส จึงคิดปัญหาเรื่องไฟสปาร์ค ทำให้มีอายุการใช้งานได้นานกว่า และไม่เกิดสัญญาณรบกวนต่อระบบไมโคร สามารถควบคุมด้วยสัญญาณระดับ TTL ได้โดยตรง ในโครงการจะใช้ตัว TRIAC ทนกระแส 10 A เป็นตัวตัดต่อดังนี้ การต่อใช้งานจึงไม่ควร 10 A ซึ่งอาจจะทำให้อุปกรณ์เกิดการเสียหายได้ ในการทำงานปกติควรอยู่ประมาณ 6 A แต่ถ้าหากต้องการนำไปใช้งานจริงก็สามารถที่จะเพิ่มการทนกระแสในการตัดต่อได้โดยใช้แมกเนติกในการตัดต่อแทนวงจรถออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งวงจรการใช้งาน ดังรูปที่ 4.13



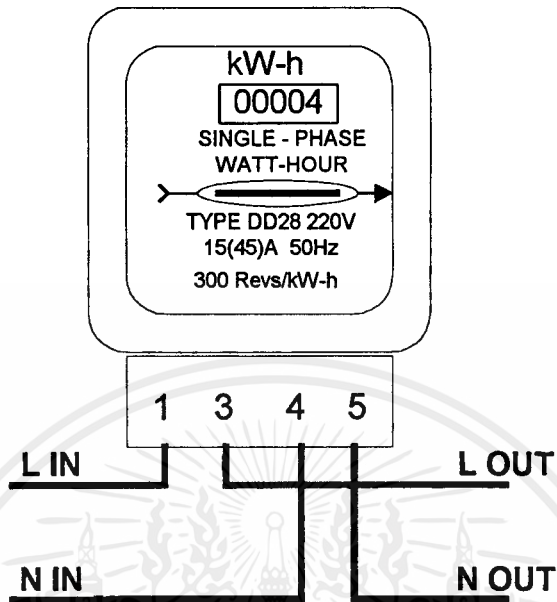
รูปที่ 4.13 วงจรการตัดต่อไฟ 220VAC

4.2.3 ชุดเซตหมายเลขเครื่องและจำนวนหน่วยเริ่มต้นของการใช้ไฟ ทั้ง 2 ชุดจะใช้ DIP SWITCH 8X2 ต่อกับ 8255 PORT A, B ดังนั้นจะต้องใช้ 8255 2 ตัว ในการใช้งานซึ่งบนบอร์ดมีให้ใช้อยู่แล้ว การต่อ DIP SWITCH จะเป็นดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การต่อ 8255 กับ DIP SWITCH

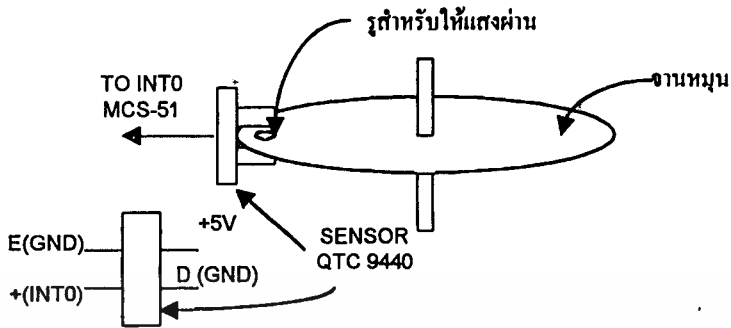
4.2.4 การออกแบบกิโลวัตต์มิเตอร์ ตามปกติมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้อยู่ตามบ้านนั้นจะเป็นแบบจานหมุน ซึ่งจะขับเฟืองและแสดงผลโดยกลไกต่าง ๆ จะถูกสร้างมาโดยบริษัทที่ออกแบบและสร้างมาดังนั้น การหมุนของมิเตอร์ก็จะมีผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปหรือคิดง่าย ๆ คือ ถ้ามิเตอร์หมุน 300 รอบ ก็จะมีค่าเท่ากับ 1 kWh หรือเท่ากับ 1 UNIT ที่ตัวมิเตอร์จะมีชุดแสดงผลเป็นตัวเลข 5 หลัก ซึ่งหลักที่ 1 นั้นจะมีค่าเป็น UNIT เมื่อมิเตอร์หมุนครบ 30 รอบ



รูปที่ 4.15 แสดง KILO WATT HOUR ที่ใช้ตามบ้าน

ตามปกติ มิเตอร์ที่ใช้อยู่ตามบ้านนั้นมีหลายขนาด ซึ่งการเลือกขนาดนั้นแล้วแต่ผู้ออกแบบ ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในที่นี้ ในโครงการนี้ได้เลือกใช้มิเตอร์ 2 ขนาดคือ 5 (10)A และ 15(45)A ซึ่งจะมีอัตราการหมุนของจานหมุน คือ 1200 รอบ/KWh และ 300 รอบ/KWh ตามลำดับ

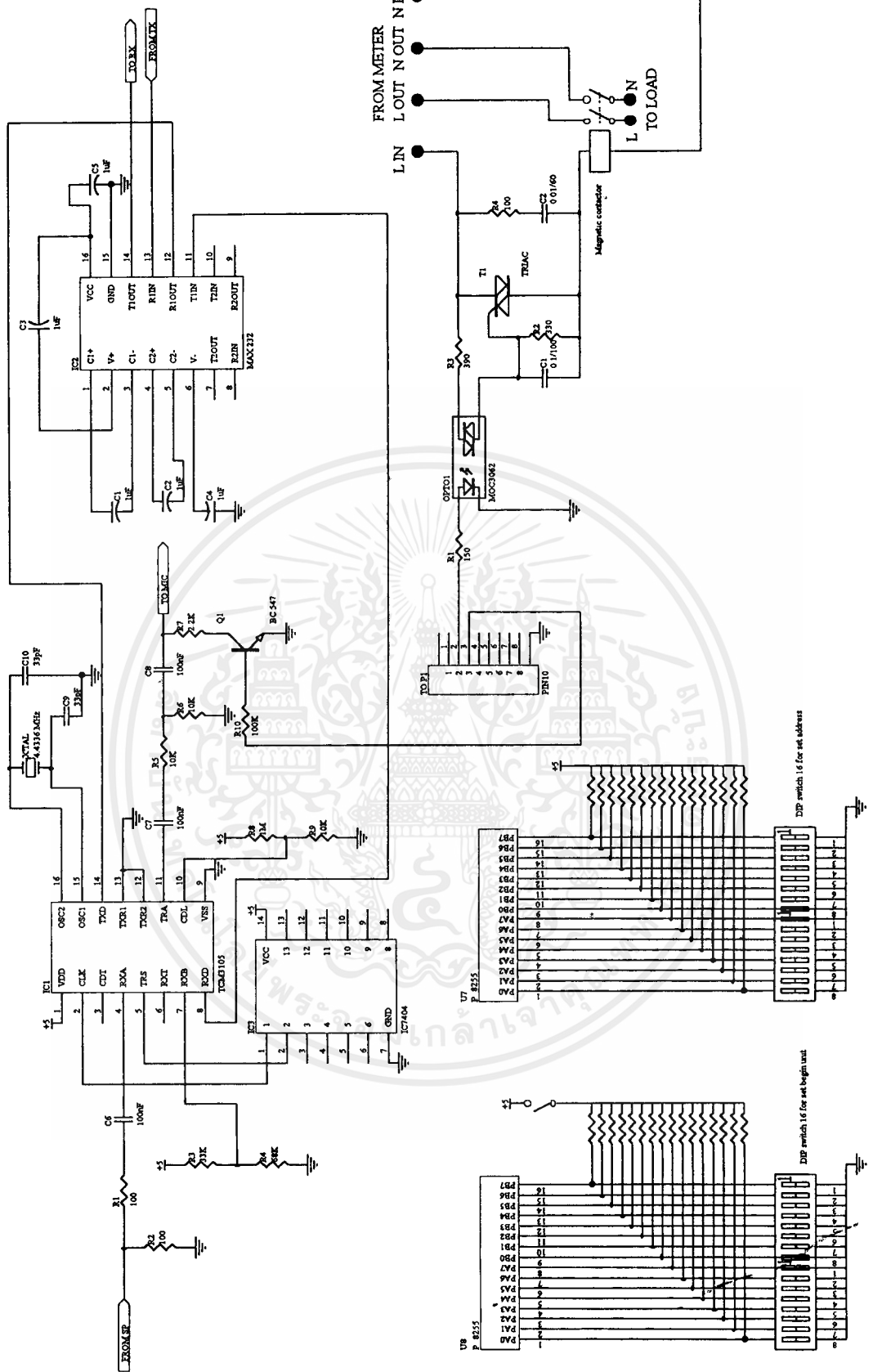
จากหลักการของมิเตอร์นั้นจึงจำเป็นต้องที่จะต้องทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นรู้ว่า มิเตอร์นั้นหมุนไปกี่รอบแล้ว สามารถทำได้โดยการติดตั้ง ออฟไดโอดเป็น SENSOR นับรอบของจานหมุน ตัวออฟไดโอดนั้นเป็น SENSOR ทางแสง หลักการทำงาน เมื่อมีวัตถุมาบดบังทางเดินของแสงจะทำให้ SENSOR มีสถานะเป็น 1 ถ้าไม่มีอะไรมาบดบังทางเดินของแสงนั้น จะทำให้ SENSOR มีสถานะเป็น 0 ในโครงการนี้จะใช้เบอร์ QTC 9440 ดังนั้นจึงนำมิเตอร์ไปติดตั้งที่จานหมุนดังรูปที่ 4.16.



รูปที่ 4.16 การติดตั้ง SENSOR กับจานหมุนเพื่อนับรอบ

ที่มิเตอร์นั้นปกติแล้ววางรูนจะมีรูที่จานหมุนรูนี้มีประโยชน์สำหรับด้านการเลื่อน โถงของจานหมุนเมื่อไม่มีการต่อใช้งานหรือการต่อโหด ดังนั้นจึงสามารถใช้รูนี้มาเป็นประโยชน์ในการมาบังคับแสงจาก SENSOR และให้แสดงรูดผ่าน เพื่อที่จะทำการนับรอบของจานหมุนทุก ๆ รอบที่หมุนไป

4.2.5 วงจรรวมที่ใช้ในชุดกิโวลต์จะประกอบไปด้วย วงจร FSK ชุด DIP SWITCH วงจรตัดต่อไฟ สัญญาณจาก SENSOR ซึ่งจะนำมาต่อกับบอร์ด CPAT-32 ซึ่งการที่ต่อวงจรจะต้องระวังไฟ 220 AC และ ไฟเลี้ยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ขนาด 5VDC จะมีวงจรถูกที่ 4.17

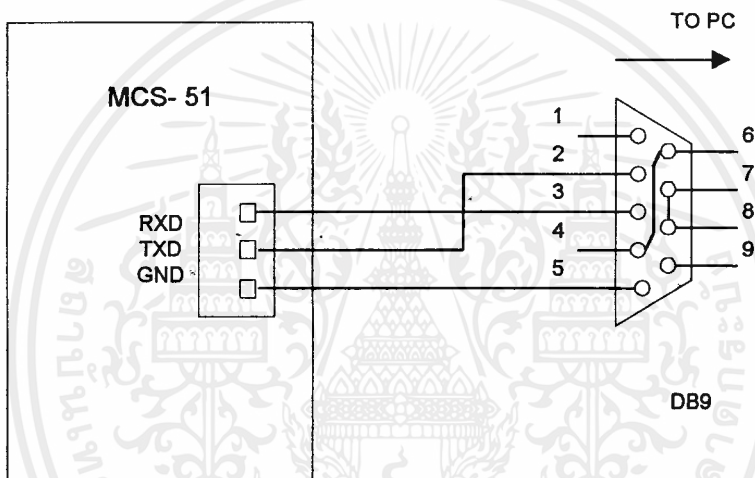


รูปที่ 4.17 วงจรรวมที่ใช้ในชุดकिโกวัดค้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์

เมื่อทำการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว นำค่าที่เก็บมาได้มาคำนวณค่าไฟฟ้าของผู้ใช้แต่ละรายได้ โดยการนำชุดรับ-ส่งนั้น มาต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ก็สามารถที่จะทำงานได้ทันที ข้อมูลที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะถูกถ่ายไปยังคอมพิวเตอร์ และก็จะคำนวณและปริ้นท์ออกมาได้ทันที



รูปที่ 4.18 การติดต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

บทที่ 5

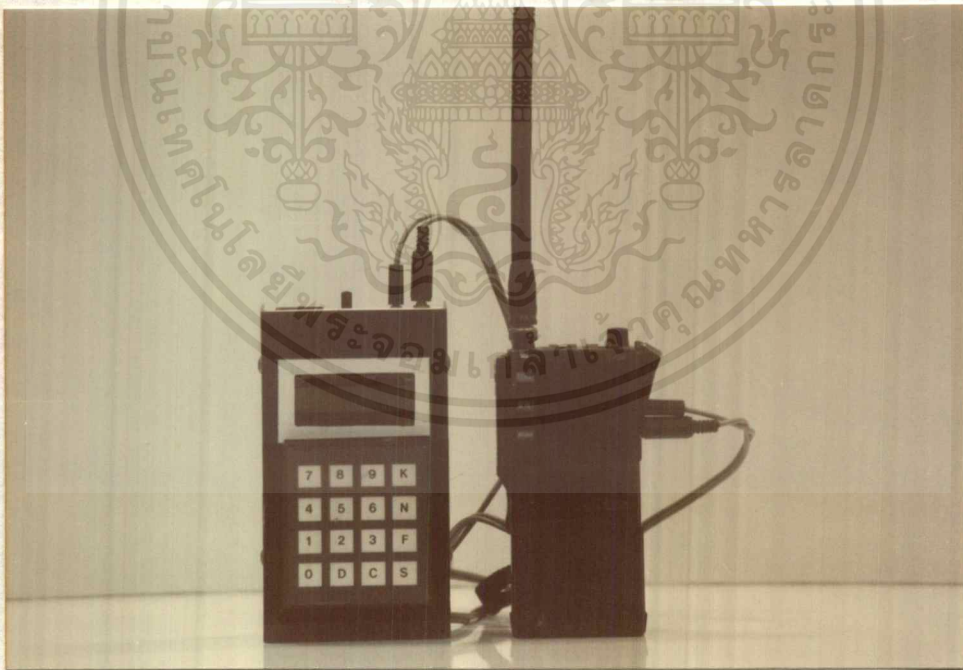
วิธีการใช้งานและการปรับแต่ง

5.1 รูปร่างลักษณะเครื่อง REMOTED KILO WATT HOUR METER

เครื่อง REMOTED KILOWATT HOUR METER แยกออกได้เป็นสองส่วนคือ

1. ชุดรับส่ง
2. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

1.ชุดรับส่ง เครื่องนี้จะอยู่กับพนักงานการไฟฟ้าหรือผู้ตรวจสอบ สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าหรือควบคุมการปิดเปิดกระแสไฟฟ้าของผู้ใช้ได้หรือสามารถที่จะตรวจสอบค่ากำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟได้โดยมีรูปร่างลักษณะดังรูปที่ 5.1



รูป 5.1 รูปร่างลักษณะชุดรับส่ง

2. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า เครื่องนี้จะอยู่กับผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งเป็นตัววัดกำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้านั้นเครื่องนี้จะรอรบคำสั่งจากเครื่องควบคุม โดยผ่านทางคลื่นวิทยุและนำคำสั่งที่ได้รับมาไปประมวลผล และทำตามคำสั่งนั้นต่อไป โดยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าจะมีลักษณะดังรูป 5.2

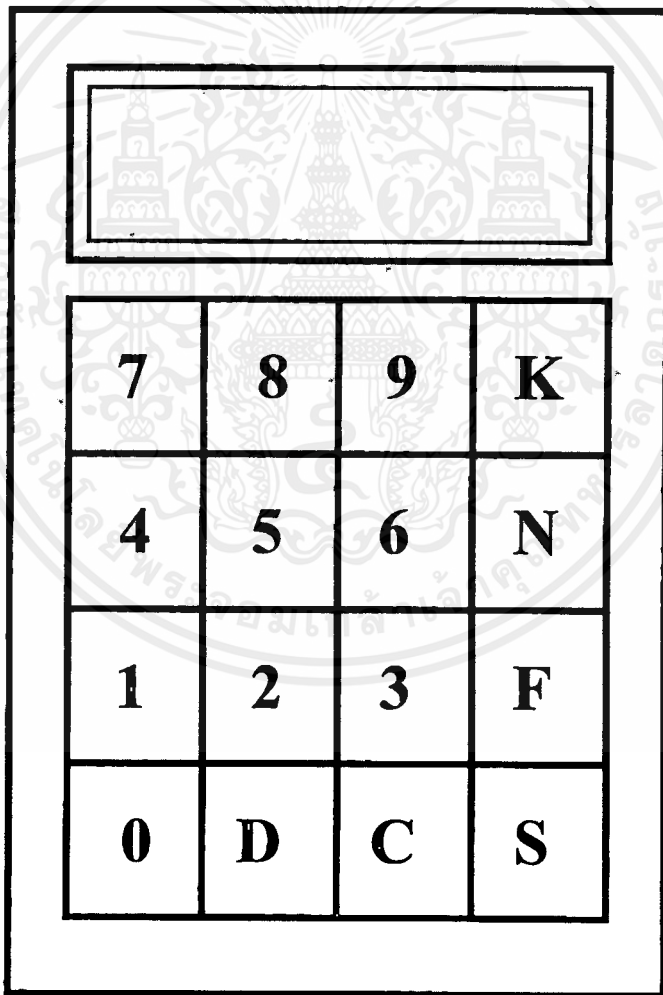


รูปที่ 5.2 ลักษณะเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

5.2 วิธีการใช้เครื่อง

1. เสียบปลั๊ก DC 12V หรือต่อถ่าน 9V (เครื่องใช้แหล่งจ่ายจากภายนอกหรือถ่านก็ได้)
2. ที่ตัวเครื่องมีสวิตช์อยู่ 2 ตัว ตัวที่ 1 ทำหน้าที่ ON-OFF ตัวที่ 2 จะเป็นตัวเลือกว่าต้องการใช้งานเป็น REMOTE หรือ ติดต่อกับ COMPUTER
3. เลือกการใช้งานเป็น REMOTE ให้เลือกสวิตช์มาที่ REMOTE จะมีข้อความปรากฏที่จอ LCD “ NUMBER kWh: “ พร้อมทั้งจะรอรบหมายเลขเครื่องได้ทันที
4. ป้อนหมายเลขเครื่อง 5 ตัว ไม่เกิน 65535
5. เมื่อป้อนหมายเลขเครื่องผิดพลาดสามภาค D (DEL) เครื่องจะทำการลบหมายเลขเครื่องที่ละหลัก
6. กด K (KEEP) เพื่อเก็บค่ากำลังไฟฟ้า

7. กด N (ON) เมื่อต้องการเปิดให้ผู้ใช้ไฟใช้ตามปกติ
8. กด F (OFF) เมื่อต้องการปิดการจ่ายไฟฟ้า
9. เมื่อทำการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าเสร็จก็ กด C (CONTINUE) เพื่อทำการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าของผู้ใช้รายต่อไป
10. เมื่อทำการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าแล้วต้องการที่จะดูค่าที่เก็บมาสามารถทำได้โดยป้อนหมายเลขเครื่องและกด S (STATUS) เครื่องจะแสดง ค่าที่เก็บมาแล้วออกมาให้ดู 2 วินาที และถ้าไม่มีข้อมูลอยู่จะแสดงข้อความ “ NO DATA ! ” แสดงว่าหมายเลขเครื่องนี้ยังไม่ได้มีการเก็บค่ากำลังไฟฟ้ามาเก็บไว้



รูปที่ 5.3 แผง KEY BOARD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน KEYBOARD

K ;(KEEP DATA) เก็บค่ากำลังไฟฟ้า

N ;(ON kWh) เปิดให้ผู้ใช้ไฟฟ้าตามปกติ

F ;(OFF kWh) ตัดไฟฟ้าในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่จ่ายค่าไฟฟ้า

S ;(STATUS) แสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่เก็บมาแล้วและแสดงสถานะว่ามิเตอร์ เปิดหรือปิดอยู่

D ;(DEL) ลบหมายเลขเครื่องเมื่อป้อนหมายเลขผิดจะลบทีละตัว

C ;(CONTINUE) CLEAR หน้าจอ LCD ใช้ในกรณีที่เก็บค่าไฟฟ้าเสร็จแล้วต้องการจะเก็บค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องต่อไป

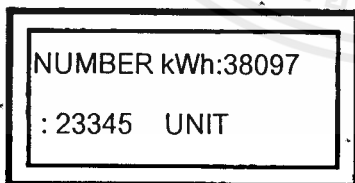
FUNCTION 1 KEEP

1. ป้อนหมายเลขเครื่อง



NUMBER kWh:38097
:

2. กด K เครื่องจะรอรับข้อมูล และ แสดงผลถ้าส่งข้อมูลแล้วไม่ตอบกลับให้กด K อีกครั้งจนกว่าเครื่องจะแสดงผล



NUMBER kWh:38097
: 23345 UNIT

FUNCTION 2 ON-OFF**1. ป้อนหมายเลข เครื่อง**

NUMBER kWh:38097

:

2. กด N หรือ F เครื่องจะส่งสัญญาณไป เปิดหรือปิด และแสดงผล ถ้ากด N จะเปิดให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้ตามปกติ

NUMBER kWh:38097

:12345 UNIT ON

ถ้ากด F จะตัดไฟฟ้าในกรณีที่ผู้ใช้ไฟไม่ยอมจ่ายค่าไฟฟ้า ถ้าส่งข้อมูลแล้วไม่ตอบกลับให้กดอีกครั้ง

NUMBER kWh:38097

:12345 UNIT OFF

FUNCTION 3 STATUS**1. ป้อนหมายเลข เครื่อง**

NUMBER kWh:38097

:

2. กด S เครื่องจะอ่านข้อมูลของkWh ที่มีอยู่มาแสดงผล

NUMBER kWh:38097

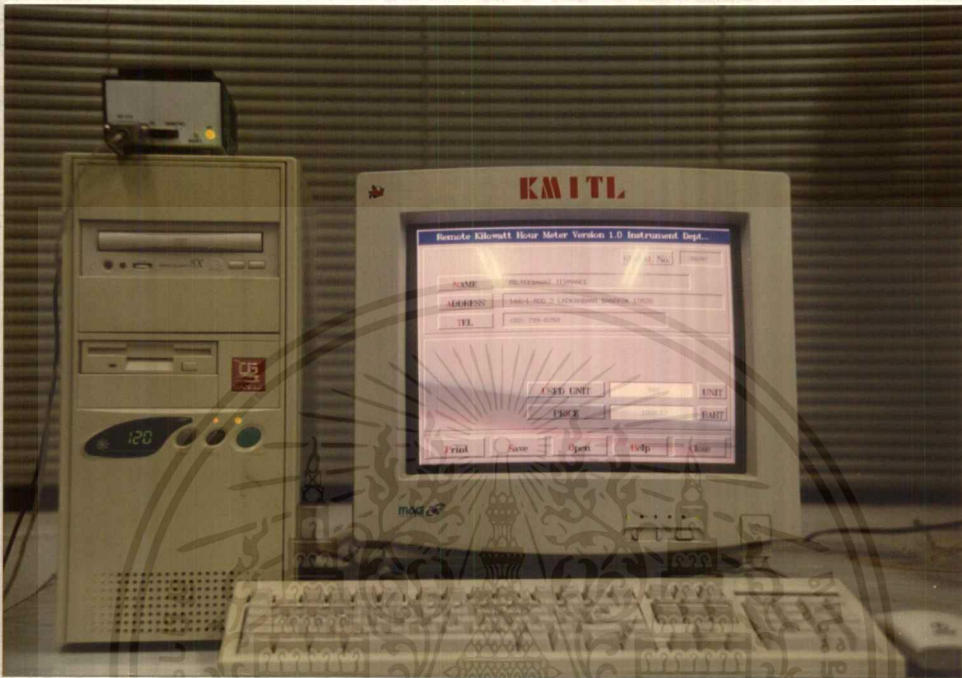
:23345 UNIT : QN

5.3 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อคิดค่าไฟฟ้า

เมื่อเก็บค่ากำลังไฟฟ้าครบทุกรายแล้วสามารถนำเครื่องนี้มาติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อนำค่ากำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟทั้งหมดมาคำนวณเป็นค่าไฟฟ้าแล้วปรี้นซ์ได้ทันที การติดต่อกับคอมพิวเตอร์นั้นสามารถทำได้โดย ต่อสาย RS - 232 จากคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องรับส่งเลือก สวิตซ์มาที่ PC ที่จอ LCD จะแสดงข้อความ “ LINK TO PC “

LINK TO PC :

แสดงว่าเครื่องพร้อมที่จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์แล้ว ต่อจากนั้นใช้โปรแกรมการคิดค่าไฟฟ้าทำการโหลดข้อมูลทั้งหมดจากชุดรับ ส่งมาเก็บที่คอมพิวเตอร์ต่อไป



รูปที่ 5.4 การติดต่อกับคอมพิวเตอร์

การใช้งาน SOFTWARE ร่วมกับเครื่อง REMOTE KILOWATT HOUR METER

ส่วนประกอบหลักของ SOFTWARE สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้ดังนี้คือ

1. โปรแกรมหลัก (MAIN PROGRAM) จะเป็นส่วนที่ติดต่อร์ับ - ส่งข้อมูลกับ REMOTE KILOWATT HOUR METER และ ติดต่อกับโปรแกรมย่อยคือส่วนของผู้ใช้แต่ละคน ดังรูปที่ 5.5 แสดงดังข้างล่าง

การใช้งาน จากรูปที่ 5.5 แสดงส่วน MAIN MENU ของโปรแกรมโปรแกรมรอร์ับคำสั่ง ผ่านการกด KEY BOARD ดังต่อไปนี้

กด R หรือ ENTER จะเป็นการรับข้อมูลจาก REMOTE KILOWATT HOUR METER มาทำการคำนวณค่าไฟฟ้าก่อนที่จะนำไปทำการแสดงผลบนหน้าจอ คอมพิวเตอร์ และ ข้อมูลที่ผ่านการคำนวณแล้วจะนำไปเก็บลงใน ไฟล์ข้อมูลไว้เพื่อนำไปเป็นเงื่อนไขในการคำนวณค่าไฟฟ้าในครั้งต่อไป โดยเงื่อนไขในการคำนวณจะอ้างอิง ตัวคูณของชนิด บ้าน-ที่อยู่อาศัย ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลเข้ามาจะรอร์ับข้อมูลใหม่

กด P จะเข้าสู่โหมด PRINTER จะทำการพิมพ์ กระจายค่าไฟฟ้าออกมา โดยจะทำการเลือกพิมพ์ทีละส่วนแยกในแต่ละ ส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้า เลือก 1, 2, 3, 4, 5 เพื่อทำการพิมพ์ใบเสร็จออกมาของผู้ใช้แต่ละคนตามลำดับ

กด X หรือ ESCAPE เพื่อออกจากโปรแกรมการคำนวณค่าไฟฟ้า เมื่อกด X แล้วจะแสดงเมนูย่อยตามจะออกจากโปรแกรมหรือไม่ YES ออกจากโปรแกรม NO หรือ ESC กลับเข้าสู่โปรแกรม

กด 1 จะเป็นการเรียก โปรแกรมย่อยของผู้ใช้ไฟฟ้าคนที่ 1 (SUB PROGRAM USER 1)

กด 2 จะเป็นการเรียก โปรแกรมย่อยของผู้ใช้ไฟฟ้าคนที่ 2 (SUB PROGRAM USER 2)

กด 3 จะเป็นการเรียก โปรแกรมย่อยของผู้ใช้ไฟฟ้าคนที่ 3 (SUB PROGRAM USER 3)

กด 4 จะเป็นการเรียก โปรแกรมย่อยของผู้ใช้ไฟฟ้าคนที่ 4 (SUB PROGRAM USER 4)

กด 5 จะเป็นการเรียก โปรแกรมย่อยของผู้ใช้ไฟฟ้าคนที่ 5 (SUB PROGRAM USER 5)

2. โปรแกรมย่อย (SUB PROGRAM) โปรแกรมย่อยนี้จะเป็นส่วนที่แสดงผลข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละคนที่เป็นสมาชิกอยู่จะมีส่วนของ FUNCTION ในการใช้งานต่าง ๆ ยกตัวอย่าง เช่น ฟังก์ชันในการพิมพ์เป็นใบเสร็จค่าไฟฟ้า, การบันทึกข้อมูลเก็บลงไว้ใน DISK ต่าง ๆ และสามารถที่จะเรียกดูข้อมูลที่ โปรแกรมบันทึกไว้ได้ ซึ่งอาจนำมาเป็นข้อมูลในการทำนายพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้า เพื่อนำไปเป็นตัววิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าของในแต่ละพื้นที่ได้ โปรแกรมย่อยแสดงดังรูปที่ 5.6

การใช้งาน ในส่วนของโปรแกรมย่อยแสดงในรูปที่ 5.6 โปรแกรมจะแสดง ชื่อ-ที่อยู่ของผู้ใช้ไฟฟ้า, หมายเลขโทรศัพท์ และแสดงจำนวน UNIT และ จำนวนเงินครั้งล่าสุดบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ SUB PROGRAM จะทำการรอรับคำสั่งผ่านทาง KEYBOARD ดังแสดงต่อไปนี้

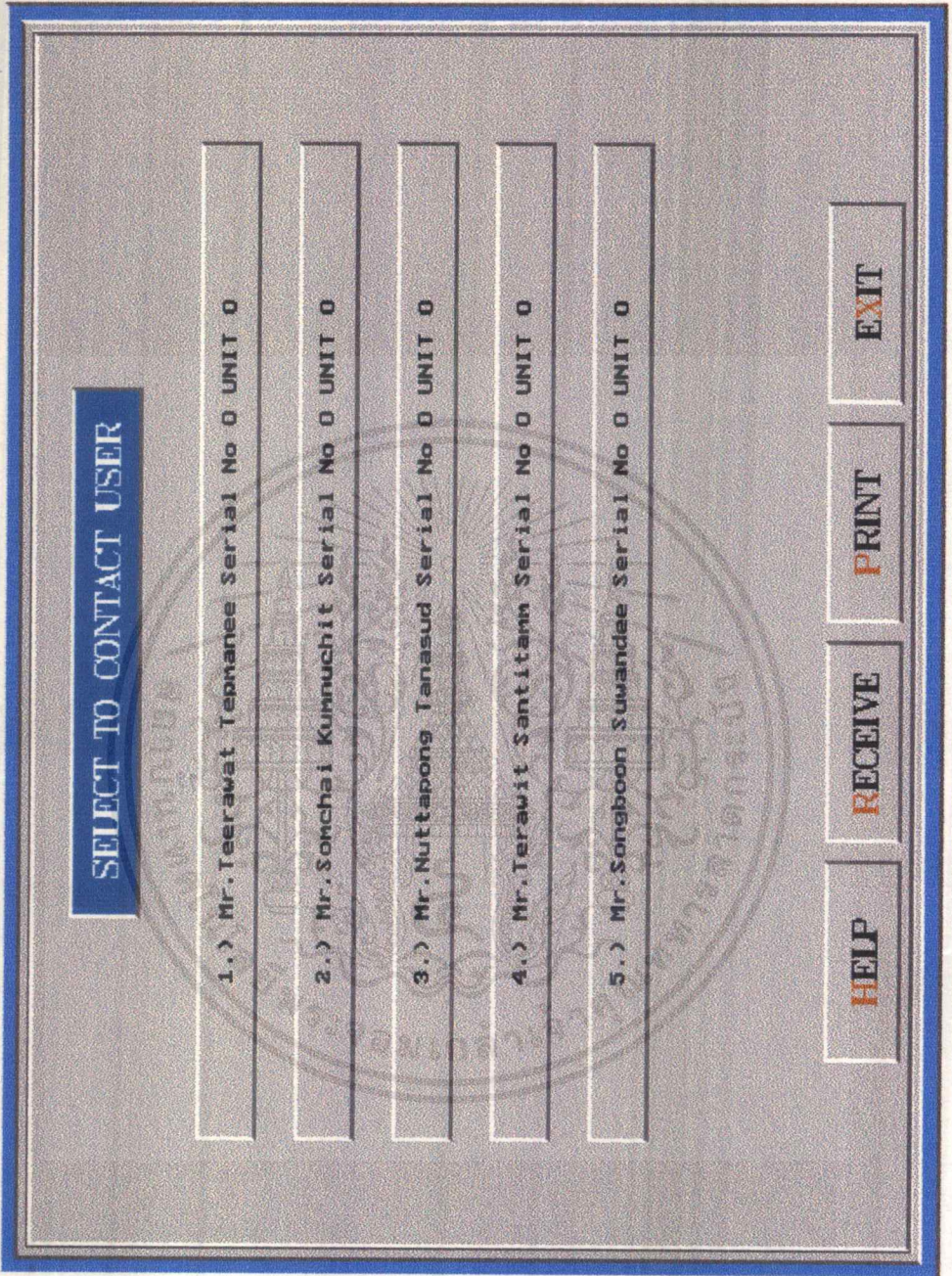
กด P จะเข้าสู่โหมดการพิมพ์ใบเสร็จค่าไฟฟ้าและพิมพ์ข้อมูลทั้งหมดของผู้ใช้ไฟฟ้าของแต่ละคน โดยสามารถที่จะเลือกโหมดการพิมพ์ได้ด้วยการ การเลือกพิมพ์แบบไหน โดยการกด KEYBOARD 'A' ทำการพิมพ์ข้อมูลทั้งหมด และกด KEYBOARD 'N' จะเข้าสู่โหมดการพิมพ์ใบเสร็จค่าไฟฟ้าครั้งล่าสุดของผู้ใช้ไฟฟ้าออกมา กด KEYBOARD 'ESCAPE' จะเป็นการออกจากโหมดการพิมพ์เข้าสู่ SUB PROGRAM

กด S จะเข้าสู่โหมดการ SAVE ข้อมูลลงใน แผ่นดิสก์ โดยสามารถที่จะเลือกทำการบันทึกข้อมูลลงใน DRIVE A, B, C, และ D โปรแกรมจะทำการ บันทึกข้อมูลลงใน DRIVE ตามที่ต้องการ กด KEYBOARD 'ESCAPE' ออกจาก โปรแกรม

กด O จะเข้าสู่โหมด OPEN DATA FILE คือ จะแสดงข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

กด H จะเข้าสู่โหมด HELP

กด C หรือ ESCAPE จะออกจาก SUB PROGRAM เข้าสู่ MAIN PROGRAM



รูปที่ 5.5 แสดงเมนูโปรแกรมหลัก

Remote Kilowatt Hour Meter Version 1.0 Instrument Dept...

SERIAL No. 38097

NAME MR. TEERAWAT TERMALEE

ADDRESS 166/1 100 3 LAKKRABANG BANGKOK 10520

TEL (02) 739-0250

USED UNIT 5 **UNIT**

PRICE 5.46 **BAHT**

Print **Save** **Open** **Help** **Close**

รูปที่ 5.6 แสดงเมนูโปรแกรมย่อย

Remote Kilowatt Hour Meter Version 1.0 Instrument Dept...

SERIAL No. 38097

NAME MR. TEERAWAT TEPMANEE

ADDRESS 166/1 100 3 LADKRABANG BANGKOK 10520

TEL

SAVE FILE

[A] [B] [C] [D]

USED UNIT	UNIT
5	5
PRICE	BAHT
5.46	5.46

Print **Save** **Open** **Help** **Close**

รูปที่ 5.7 แสดงโหมด การ SAVE DATA ลงใน DISK

SERIAL NO : 38097 NAME : MR. TEERAMAT TEPMALEE ADDRESS : 166/1 MOO 3 LADKRABANG BANGKOK 10520 TELEPHONE : (02) 739-0250		RATE » 7:	
DATE 11/November/1997	TIME 17:54:04	DATE 11/December/1997	TIME 11:31:43
SUM UNIT : 0 UNIT	UNIT IN LAST MONTH : 0 UNIT	SUM UNIT : 5 UNIT	UNIT IN LAST MONTH : 0 UNIT
UNIT IN THIS MONTH : 0 UNIT	PRICE : 0.00 BATH	UNIT IN THIS MONTH : 5 UNIT	PRICE : 4.96 BATH
DATE 11/December/1997	TIME 12:54:36	DATE 11/December/1997	TIME 12:59:16
SUM UNIT : 50 UNIT	UNIT IN LAST MONTH : 5 UNIT	SUM UNIT : 100 UNIT	UNIT IN LAST MONTH : 45 UNIT
UNIT IN THIS MONTH : 45 UNIT	PRICE : 47.94 BATH	UNIT IN THIS MONTH : 50 UNIT	PRICE : 55.61 BATH
DATE 12/December/1997		DATE 12/December/1997	

รูปที่ 5.8 แสดงโหมด OPEN FILE แสดงข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้า

Welcome to Help

FUNCTION FOR USE REMOTE KILOWAT METER

Page 1

- Press 'C' To Create new user
- Press 'R' or 'ENTER', To Receive Data from kilowat meter
- Press 'X' or 'ESCAPE' To Exit Program
- Press 'P' To Print Data
- Press '1' To Connect First user
- Press '2' To Connect Second user
- Press '3' To Connect Third user
- Press '4' To Connect Fourth user
- Press '5' To Connect Fifth user

WHEN YOU CONNECT TO USER PAGE

- Press 'P' To Print Paper
- Press 'S' To Save File To Disk
- Press 'O' To Open List Data
- Press 'H' To Help
- Press 'C' or 'ESCAPE' To close user page

รูปที่ 5.9 แสดงโหมด HELP

Name-Address : MR.SOMCHI KAMNUCHIT 166/1 MOO 3 LADKRABANG BANGKOK 10520 (02) 7390250										
Code	Serial No.	Kine	volt	new keep			last keep			day on
				day	mon.	year	day	mon.	year	11/12/1997
02 38123	38123	10		11	12	1997	11	12	1997	day off 11/12/1997
Electri power Max										
new unit		Last unit		Mul.(x)		kilowatt		Bath		
Electri energy (House Type)										
new unit		Last unit		Mul.		used unit		Bath		
5		0				5		4.96		
		cost repair		Total		vat 10%		Total money		
		Bath		Bath		Bath		Bath		
						0.50		5.46		
President recived money inspector.....date/tax p.										

Name-Address : MR.SOMCHI KAMNUCHIT 166/1 MOO 3 LADKRABANG BANGKOK 10520 (02) 7390250										
Code	Serial No.	Kine	volt	new keep			last keep			day on
				day	mon.	year	day	mon.	year	11/12/1997
02 38123	38123	10		11	12	1997	11	12	1997	day off 11/12/1997
Electri power Max										
new unit		Last unit		Mul.(x)		kilowatt		Bath		
Electri energy (House Type)										
new unit		Last unit		Mul.		used unit		Bath		
50		5				45		47.94		
		cost repair		Total		vat 10%		Total money		
		Bath		Bath		Bath		Bath		
						4.79		52.74		
President recived money inspector.....date/tax p.										

รูปที่ 5.10 ตัวอย่างใบเสร็จรับเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การปรับแต่งKILOWATT HOUR METER

ก่อนการเสียบ PLUG POWER ของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าที่มีข้อควรระวังอย่างหนึ่งคือตัว PLUG POWER จะมีสาย LINE และสาย NEUTRAL โยสาย LINE ที่ตัว PLUG POWER จะมี สติ๊กเกอร์บอกรหัสไว้ และจะเสียบ PLUG ต้องนำไขควงมาทดสอบที่ได้รับว่าข้างใดเป็น LINE ก็ เสียบเข้ากับ LINE ของเครื่อง และเป็น NEUTRAL ก็เสียบเข้ากับ NEUTRAL ถ้าไม่ทำการตรวจ เช็คก่อนก็จะทำให้เกิดเสียหายแก่เครื่องวัดได้

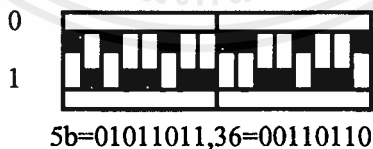
การ SET UNIT ที่ใช้(ใช้ในกรณี ติดตั้ง ครั้งแรกและกรณีที่ย่าน BACK UP ข้อมูลหมด)

1. ดูหน่วยที่ใช้ปัจจุบันที่มีเตอร์
2. เช่น 23350 แปลงเลขที่ได้เป็นเลขฐาน16 จะเท่ากับ 5b36H
3. แบ่งเลขเป็นสองกลุ่มคือ 5b และ 36 ต่อจากนั้น แปลงเลขเป็นฐานสองจะได้

$$5b = 01011011$$

$$36 = 00110110$$

4. ต่อจากนั้นนำตัวเลขที่ได้ไปตั้งค่าหน่วยเริ่มต้น
5. ใส่ JUMPER ข้าง DIP SW กด SWITCH RESET ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วนำ JUMPER ออก



รูปที่ 5.11 การ SET UNIT

การ SET หมายเลขเครื่อง

1. กำหนด หมายเลขเครื่องเช่น 38097
2. แปลง เป็นเลขฐาน16 จะได้94d1H แบ่ง ตัวเลขเป็นสองกลุ่มแล้วแปลงเป็นฐานสองจะได้

$$94 = 10010100$$

$$d1 = 11010001$$

3. นำไปSET ADDRESS ได้ดังรูป



$$94 = 10010100, d1 = 11010001$$

รูปที่ 5.12-การ SET ADDRESS

บทที่ 6

ผลการทดลองและสรุป

ในโครงการนี้ได้ทำการทดสอบการใช้งานรีโมทกิโลวัตต์การทดสอบจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. การทดลองการรับส่ง
2. การทดลองการนำค่าที่เก็บมาได้มาปรีนเป็นใบเสร็จ
3. การทดสอบ ACCURACY ของมิเตอร์

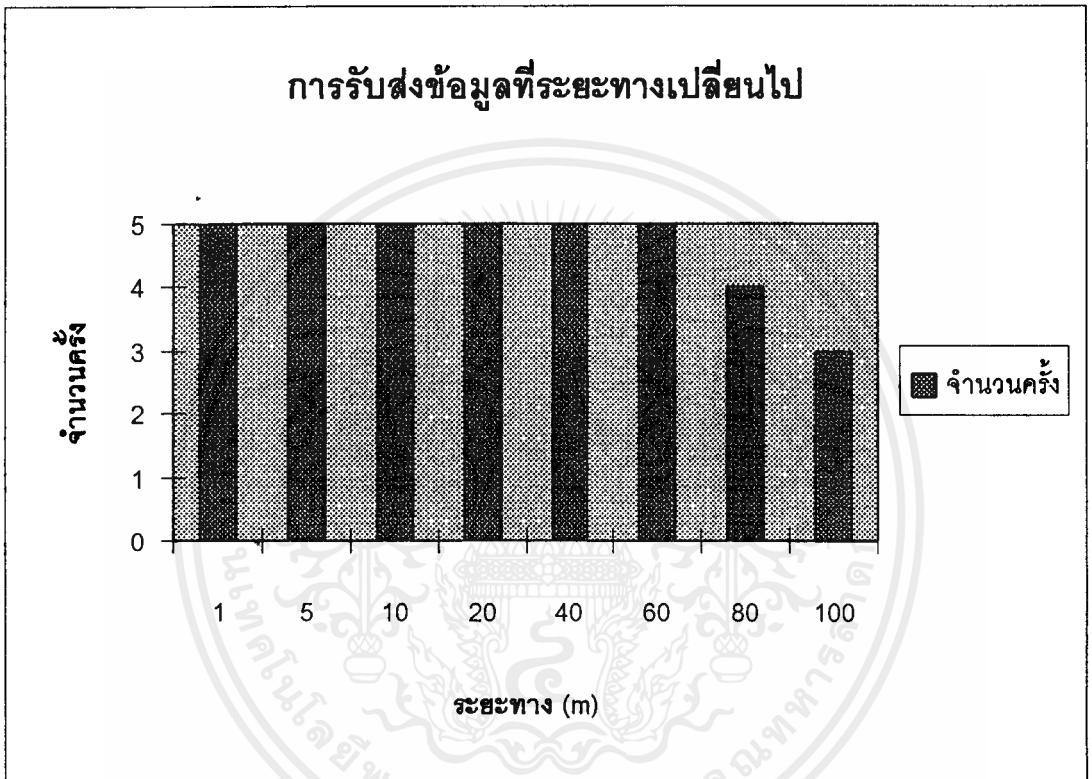
6.1 การทดลองการรับ-ส่ง

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการรับส่งของเครื่องรับส่งกับกิโลวัตต์มิเตอร์ เพื่อจะทดสอบว่าสามารถรับส่งข้อมูลในระยะทางที่สามารถจะรับส่งข้อมูลได้ถูกต้อง และจำนวนครั้งที่เก็บได้ว่ามีระยะทางเท่าใด การทดลองทำได้โดยเก็บค่ากำลังไฟฟ้าจำนวน 5 ครั้ง โดยผลที่ออกมาจะสามารถเก็บได้หรือไม่ได้โดยจะเปลี่ยนแปลงตามระยะทางผลที่ได้ดังตารางที่ 6.1

ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.1 การเก็บข้อมูลที่มีระยะทางเปลี่ยนไป

ครั้งที่	1	2	3	4	5	รวม
ระยะทาง (m)						
1	✓	✓	✓	✓	✓	5
5	✓	✓	✓	✓	✓	5
10	✓	✓	✓	✓	✓	5
20	✓	✓	✓	✓	✓	5
40	✓	✓	✓	✓	✓	5
60	✓	✓	✓	✓	✓	5
80	✓	✓	✓		✓	4
100	✓	✓			✓	3



รูปที่ 6.1 กราฟ แสดงจำนวนครั้งที่เก็บข้อมูลได้ต่อระยะทาง

6.2 การนำค่าที่เก็บได้มาปรีนเป็นใบเสร็จ

จากโครงการเมื่อเก็บค่ากำลังไฟฟ้าเสร็จสามารถนำค่าที่เก็บมาได้นำมาปรีนเป็นใบเสร็จ โดยทดลองเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าแล้วทำการคำนวณเป็นค่าไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ผลที่ได้ตามตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ทดลองการเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าแล้วคำนวณเป็นค่าไฟฟ้า

ครั้งที่	LAST	NEW	NUMBER	PRICE CALCULATE		PRICE COMPUTER	
	UNIT	UNIT	UNIT	BATH	+VAT 10%	BATH	+VAT 10 %
1	00000	00005	5	4.96	5.45	4.96	5.46
2	00005	00050	45	47.94	52.73	47.94	52.74
3	00050	00100	50	55.62	61.18	55.61	61.18
4	00100	00200	100	132.35	145.58	132.35	145.59
5	00200	00500	300	533.7	587.07	533.7	587.07
6	00500	01000	500	989.245	1088.16	989.25	1088.18

Name-Address : MR.SOMCHI KAMNUCHIT 166/1 MOO 3 LADKRABANG BANGKOK 10520 (02) 7390250										
Code	Serial No.	Kine	volt	new keep			last keep			day on
				day	mon.	year	day	mon.	year	11/12/1997
02 38123	38123	10		11	12	1997	11	12	1997	day off 11/12/1997
Electri power Max										
new unit		Last unit		Mul.(x)		kilowatt		Bath		
Electri energy (House Type)										
new unit		Last unit		Mul.		used unit		Bath		
5		0				5		4.96		
		cost repair		Total		vat 10%		Total money		
		Bath		Bath		Bath		Bath		
						0.50		5.46		
President recived money inspector.....date/tax p.										

ตัวอย่างใบเสร็จการเก็บครั้งที่ 1

Name-Address : MR.SOMCHI KAMNUCHIT 166/1 MOO 3 LADKRABANG BANGKOK 10520 (02) 7390250										
Code	Serial No.	Kine	volt	new keep			last keep			day on
				day	mon.	year	day	mon.	year	11/12/1997
02 38123	38123	10		11	12	1997	11	12	1997	day off 11/12/1997
Electri power Max										
new unit		Last unit		Mul.(x)		kilowatt		Bath		
Electri energy (House Type)										
new unit		Last unit		Mul.		used unit		Bath		
50		5				45		47.94		
		cost repair		Total		vat 10%		Total money		
		Bath		Bath		Bath		Bath		
						4.79		52.74		
President recived money inspector.....date/tax p.										

ตัวอย่างใบเสร็จการเก็บครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Name-Address : MR.SOMCHI KAMNUCHIT 166/1 MOO 3 LADKRABANG BANGKOK 10520 (02) 7390250										
Code	Serial No.	Kine	volt	new keep			last keep			day on
				day	mon.	year	day	mon.	year	11/12/1997
02 38123	38123	10		11	12	1997	11	12	1997	day off 11/12/1997
Electri power Max										
new unit		Last unit		Mul.(x)		kilowatt		Bath		
Electri energy (House Type)										
new unit		Last unit		Mul.		used unit		Bath		
100		50				50		55.61		
		cost repair		Total		vat 10%		Total money		
		Bath		Bath		Bath		Bath		
						5.56		61.18		
President recived money inspector.....date/tax p.										

ตัวอย่างใบเสร็จการเก็บครั้งที่ 3

Name-Address : MR.SOMCHI KAMNUCHIT 166/1 MOO 3 LADKRABANG BANGKOK 10520 (02) 7390250										
Code	Serial No.	Kine	volt	new keep			last keep			day on
				day	mon.	year	day	mon.	year	11/12/1997
02 38123	38123	10		11	12	1997	11	12	1997	day off 11/12/1997
Electri power Max										
new unit		Last unit		Mul.(x)		kilowatt		Bath		
Electri energy (House Type)										
new unit		Last unit		Mul.		used unit		Bath		
200		100				100		132.35		
		cost repair		Total		vat 10%		Total money		
		Bath		Bath		Bath		Bath		
						13.24		145.59		
President recived money inspector.....date/tax p.										

ตัวอย่างใบเสร็จการเก็บครั้งที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Name-Address : MR.SOMCHI KAMNUCHIT 166/1 MOO 3 LADKRABANG BANGKOK 10520 (02) 7390250										
Code	Serial No.	Kine	volt	new keep			last keep			day on
				day	mon.	year	day	mon.	year	11/12/1997
02 38123	38123	10		11	12	1997	11	12	1997	day off 11/12/1997
Electri power Max										
new unit		Last unit		Mul.(x)		kilowatt		Bath		
Electri energy (House Type)										
new unit		Last unit		Mul.		used unit		Bath		
500		200				300		533.70		
		cost repair		Total		vat 10%		Tatal money		
		Bath		Bath		Bath		Bath		
						53.37		587.07		
President recived money inspector.....date/tax p.										

ตัวอย่างใบเสร็จการเก็บครั้งที่ 5

Name-Address : MR.SOMCHI KAMNUCHIT 166/1 MOO 3 LADKRABANG BANGKOK 10520 (02) 7390250										
Code	Serial No.	Kine	volt	new keep			last keep			day on
				day	mon.	year	day	mon.	year	11/12/1997
02 38123	38123	10		11	12	1997	11	12	1997	day off 11/12/1997
Electri power Max										
new unit		Last unit		Mul.(x)		kilowatt		Bath		
Electri energy (House Type)										
new unit		Last unit		Mul.		used unit		Bath		
1000		500				500		989.25		
		cost repair		Total		vat 10%		Tatal money		
		Bath		Bath		Bath		Bath		
						98.93		1088.18		
President recived money inspector.....date/tax p.										

ตัวอย่างใบเสร็จการเก็บครั้งที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การทดสอบความ ACCURACY ของเครื่องวัด

ขีดจำกัดของความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับการนำเครื่องวัดนั้นไปใช้ และได้ถูกจัดแบ่งเป็นชั้นไว้อย่างละเอียดตามมาตรฐาน IEC ประการที่สำคัญที่สุดของการทดสอบของการทดสอบเครื่องวัดกำลังงานไฟฟ้าก็คือการทดสอบความคลาดเคลื่อน วิธีการต่างๆที่ใช้ในการทดสอบความคลาดเคลื่อนมีดังต่อไปนี้

วิธีใช้นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch Method) ถ่ายพลังงานไฟฟ้าที่มีปริมาณแน่นอนให้ผ่านเครื่องวัดที่อยู่ภายใต้การทดสอบแล้วจับเวลาที่ใช้ไปในการหมุนของจานหมุนจนครบจำนวนรอบที่กำหนดไว้

วิธีมาตรฐานหมุน (Rotating Standard Method) เครื่องวัดภายใต้การทดสอบถูกเปรียบเทียบกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเครื่องหนึ่งซึ่งสร้างขึ้นให้มีความเที่ยงตรงสูงเป็นพิเศษ จนใช้เป็นมาตรฐานสำหรับพลังงานไฟฟ้าได้

วิธีเครื่องวัดประธาน (Master Meter Method) ในกลุ่มของเครื่องวัดซึ่งมีประมาณ 20 เครื่อง ชนิดเดียวกัน และมีพิสัยเดียวกันที่อยู่ภายใต้การทดสอบนี้จะมีอยู่เครื่องหนึ่งที่เลือกเอาไว้ก่อนเป็นเครื่องประธาน (Master Meter) ซึ่งได้รับการทดสอบคุณลักษณะไว้แล้ว โดยการทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องประธานนี้เครื่องวัดที่เหลือในกลุ่มนั้นก็ถือว่าได้รับการทดสอบไปพร้อมๆกัน

ในโครงการนี้จะใช้วิธีใช้นาฬิกาจับเวลาโดยการต่อโหลดที่ทราบค่าแน่นอนแล้วคำนวณว่าควรจะใช้เวลาทำใดในการหมุนครบ 1 วน เมื่อได้เวลาแล้วก็เริ่มจับเวลาและทำการนับรอบเมื่อถึงเวลาตามที่คำนวณ ได้ก็นำจำนวนรอบที่นับได้ไปคำนวณหา ACCURACY เปรียบเทียบกับจำนวนรอบตาม NAME PLATE ของมิเตอร์

ผลการทดลอง

ต่อโหลด 100 W จาก เมื่อ 1 kWh มีค่าเท่ากับ 1 UNIT ดังนั้น 100 W จะต้องใช้เวลากการหมุนเท่ากับ 10 ชม. จึงจะมีค่าเท่ากับ 1 UNIT

ตารางที่ 6.2 ผลการนับรอบของเครื่องวัด

ตัวที่	รอบตาม Name Plate rev/kWh	รอบตามที่นับได้
1.	300	314
2.	1200	1013

ดังนั้น % ความถูกต้อง = รอบที่นับได้/รอบตาม

เครื่องที่ 1

$$\begin{aligned} \% \text{ความถูกต้อง} &= 314 * 100\% / 300 \\ &= 104\% \end{aligned}$$

เครื่องที่ 2

$$\begin{aligned} \% \text{ความถูกต้อง} &= 1013 * 100\% / 1200 \\ &= 84.41\% \end{aligned}$$

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ (ข้อมูลจาก : คุณ กฤษดา ตันศิริเสริญกุล หัวหน้าแผนกเครื่องวัดไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวงวัดเลียบ)

จากผลการทดลองนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของการไฟฟ้า มิเตอร์ที่การไฟฟ้ารับมาจากบริษัทผู้ผลิตนั้นจะต้องนำมาทดสอบให้ได้ตามมาตรฐานตามข้อมูลของผู้ผลิต การไฟฟ้าจะซื้อมิเตอร์ที่ใช้ตามบ้าน Class 2 Error $\pm 2\%$ การทดสอบจะใช้การทดสอบการจ่ายโหลดที่ทราบค่าแน่นอนและนับรอบงานหมุนถ้ารอบที่นับได้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดมิเตอร์ตัวนั้นก็ผ่านการทดสอบซึ่งการทดสอบนั้นจะใช้ทั้งโหลด R และ RL จากโครงการผลการทดสอบที่ได้จะมีความผิดพลาดอยู่อาจเกิดจากการทดลองที่ไม่ได้ควบคุมตัวแปรต่างๆ เช่น แรงดัน กระแส และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการทดสอบก็เพื่อจะดูว่าถ้าใช้ไฟฟ้าไป 1 กิโลวัตต์รอบของงานหมุนที่หมุนไปนั้นควรจะเท่ากับ 300 หรือ 1200 รอบ (แล้วแต่ขนาดของมิเตอร์) และ SENSOR ควรจะนับได้เท่ากับ 300 หรือ 1200 รอบ เช่นกัน ดังนั้นผลการทดสอบมิเตอร์ที่ได้มิใช่การทดสอบให้ได้ตามมาตรฐานตามการไฟฟ้า ซึ่งมิเตอร์ที่ซื้อจากการไฟฟ้านั้นจะผ่านการทดสอบและได้มาตรฐานทุกตัว แต่จากผลการทดลองที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นนั้นถ้าสามารถที่จะควบคุมตัวแปรต่างๆได้ตามการไฟฟ้าก็สามารถที่จะรู้ผลที่ถูกต้องได้

6.4 สรุปผลและปัญหาที่เกิดขึ้น

1. การทดสอบการรับส่ง

จากการทดลองผลที่ได้จะเห็นว่าเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพการรับส่งลดลง ถึงแม้ว่าการรับส่งนั้นจะสามารถรับส่งกันได้บ้างก็ตามแต่ก็ควรที่จะใช้ระยะทางในการรับส่งที่สามารถรับส่งกันได้ที่ดีที่สุด ซึ่งสาเหตุของการรับส่งในระยะทางไกลนั้นไม่ค่อยดีนักก็เนื่องจาก

1.1 ข้อจำกัดด้านระยะทางในการส่ง เนื่องจากการส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุย่าน VHF ที่ความถี่ 146.07 MHz จึงทำให้เกิดข้อจำกัดในด้านของระยะทางสูงสุดที่สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ โดยทั่วไปสามารถคิดคร่าวๆ ได้ว่าขอบเขตของระยะทางที่สามารถใช้ติดต่อสื่อสารได้มีค่าเท่ากับระยะทางตามแนวระดับสายตาเท่าที่คลื่นสามารถเดินทางไปได้โดยไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ มากั้น บวกระยะทางคลาดเคลื่อนประมาณ 10 - 15 % นอกจากนี้ระยะทางในการสื่อสารยังถูกกำหนดด้วยกำลังส่งของเครื่องรับส่งวิทยุ ประเภทและตำแหน่งการติดตั้งสายอากาศ ความถี่ที่ใช้ส่งข้อมูลออกอากาศ และความยาวของสายส่งที่ลากจากเครื่องรับส่งวิทยุไปถึงสายอากาศอีกด้วย ทั้งนี้ยังมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับระยะทางในการรับส่ง ซึ่งก็คือสิ่งกีดขวางต่างๆ เช่น ภูเขา กลุ่มตึกหรืออาคารสูง เป็นต้น

1.2 ปัญหาที่เกิดจากการรบกวนจากอุปกรณ์อื่น ซึ่งอุปกรณ์ที่สามารถทำให้ข้อมูลที่รับเข้ามาเกิดการผิดพลาดได้แก่ อุปกรณ์ที่มีการกำเนิดความถี่ขึ้นด้วยตัวเองเช่น คอมพิวเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้า ไม่ควรตั้งเครื่องรับส่งให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในรัศมี 1.5-2 เมตร

2. ความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัด

จากการทดสอบ ACCURACY ของ เครื่องวัดซึ่งผลที่ได้นั้นมีเมตรทั้งสองเครื่องหมุนแตกต่างกันเนื่องจาก

2.1 จากความต่างเฟส ได้กล่าวมาแล้วว่าเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กขนานจะมุมต่างเฟสกับแรงดัน 90° แต่ที่จริงแล้วไม่เป็นเช่นนั้น เพราะว่าเป็นขดลวดแม่เหล็กขนานนั้นยังมีค่าความต้านทานรวมอยู่ด้วยเพราะฉะนั้นที่ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ศูนย์ แรงบิดจะมีค่าไม่เป็นศูนย์ ความคลาดเคลื่อนอันนี้แก้ไขได้โดยปรับตำแหน่งของแหวนทองแดง (Shading ring) ที่สวมอยู่บนแกนของแม่เหล็กขนาน ดังนั้นจึงเรียกแหวนทองแดงนี้ว่า เครื่องแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor Compensator)

2.2 จากความเร็ว ถ้าใช้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าไปวัดพลังงานไฟฟ้าในวงจรที่มีโหลด เป็นความต้านอย่างเดียว เครื่องวัดจะมีความเร็วสูงเกินไปจากความเป็นจริง แต่เราก็สามารถที่จะ ปรับความเร็วได้ โดยปรับตำแหน่งของแม่เหล็กหน่วง (Braking Magnet) ที่เป็นแม่เหล็กถาวรให้ เลื่อนเข้าหรือเลื่อนออกจากงานได้ ถ้าปรับตำแหน่งของแม่เหล็กหน่วงให้เข้าใกล้กับจุดศูนย์กลาง ของงาน จะทำให้แรงหน่วงลดลงและถ้าดึงแม่เหล็กออกจะทำให้แรงหน่วงเพิ่มขึ้น

2.3 จากความเสียดทาน ความที่เกิดขึ้นได้เนื่องจากเบรคที่รองรับระบบเคลื่อนที่ และเกิด จากชุดบอกพลังงานไฟฟ้า แรงเสียดทานหรือความที่เกิดขึ้นนี้อาจจะทำให้ลดลงได้ โดยทำให้ อัตราส่วนของเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ_1 และ ϕ_2 มีค่ามากขึ้นโดยใช้แหวนทองแดงสองชุดเข้าช่วย แหวนทองแดงนี้จะสวมอยู่ที่ปลายของแกนสองแกนที่อยู่ด้านข้างทั้งสองของแม่เหล็กขนาน ดัง นั้น จะเห็นว่าจะมีกระแสไหลวนเกิดขึ้นในแหวนทองแดงทั้งสองนี้ด้วย ผลอันนี้จะทำให้เกิดแรง บิดบ้ายเบนขึ้นที่งานด้วยแรงบิดบ้ายเบนที่ทำให้เกิดขึ้นเพื่อแก้แรงเสียดทานนี้จะมีค่ามากหรือน้อย ก็ขึ้นอยู่กับ การปรับตำแหน่งของแกนสองแกนที่อยู่ด้านข้างทั้งสองของแม่เหล็กขนาน วิธีแก้ความ เสียดทานนี้จะต้องทดลองทำในขณะที่ป้อนแรงดันให้กับมิเตอร์อย่างเดียวกันนั้น โดยจะต้องไม่ ให้ระบบเคลื่อนที่ หรืองานอลูมิเนียมหมุน

2.4 เมื่อระบบเคลื่อนที่หมุนช้าๆ (Creeping or slow) แต่หมุนติดต่อกันเรื่อยๆไปในขณะ ที่ยังไม่มีกระแสของโหลด (ป้อนแต่แรงดันอย่างเดียว) อาการแบบนี้อาจจะเนื่องจากการแก้แรง เสียดทานไม่ถูกต้อง หรือการสั่น (vibration) จากที่อื่น หรือจากสนามแม่เหล็กรั่วไหลจากที่อื่น หรือแรงดันที่ป้อนให้สูงกว่าปกติ วิธีแก้ก็คือเจาะรูสองรูบนงานให้อยู่ในแนวเดียวกันแต่ละด้าน ของเพลลา การเจาะรูก็เพื่อทำให้สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กขนานเกิดการบิดเบนตัว (distortion) เมื่อรูหนึ่งบนงานเคลื่อนที่ผ่านขั้วแม่เหล็กขนาน ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ป้องกันไม่ให้งานหมุนเมื่อยังไม่ มีโหลด

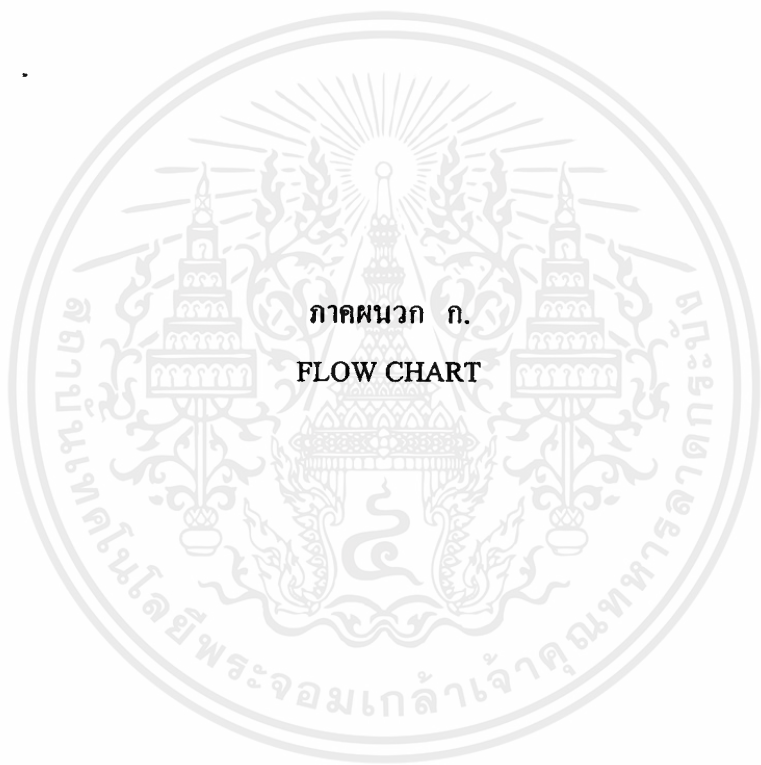
2.5 สาเหตุอื่นๆ เช่น มิเตอร์ที่นำมาทดลองมีทั้งเก่าและใหม่ ขนาดของมิเตอร์ที่ใช้ มาตรฐานของแต่ละบริษัทที่ผลิต และคุณภาพของมิเตอร์ เป็นต้น

สรุปการพัฒนาโครงการ

โครงการเครื่องอ่านกำลังไฟฟ้าแบบรีโมทได้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าจากการเดินจดมาเป็นการเก็บผ่านคลื่นวิทยุ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกกับพนักงานการไฟฟ้า และได้จัดทำโปรแกรมการคำนวณค่าไฟฟ้าขึ้นมาอีกด้วยนั้น ซึ่งผลที่ได้จากการพัฒนานั้นการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าผ่านทางคลื่นวิทยุสามารถที่จะทำงานได้ในระยะทางประมาณ 100 เมตร หรืออาจจะสูงกว่านั้นถ้าเพิ่มกำลังการส่งวิทยุให้สูงขึ้นอีกก็สามารถที่จะทำให้การรับส่งมีระยะทางที่ไกลขึ้น

ส่วนกิโวลต์คัมมิเตอร์ที่ได้สร้างขึ้นนั้นถึงแม้ว่าจะสามารถทำงานได้ก็ตามแต่ควรรใช้งานในห้องทดลองยังไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานจริงเนื่องจากยังติดปัญหาบางประการ เช่น ยังไม่สามารถติดตั้งกับสภาพอากาศที่มีฝนตก ฟ้าร้อง ฟ้าผ่าได้ เพราะยังไม่มีส่วนที่จะปกป้องในส่วนนี้ วิทยุที่ใช้ในการรับส่งยังไม่สามารถที่จะทำขึ้นเองได้ในโครงการจึงได้ใช้วิทยุสำเร็จรูปซึ่งในการใช้งานกับกิโวลต์คัมมิเตอร์ยังไม่เหมาะสมเพราะกิโวลต์คัมมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาในการทดลองเท่านั้น ราคาต่อเครื่องยังสูงมากเกิดไปที่จะนำมาใช้งานในสภาพเศรษฐกิจปัจจุบัน ดังนั้นโครงการนี้ยังต้องมีการปรับปรุงและยังต้องมีการพัฒนาอีกเพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน

เนื่องจากโครงการนี้ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าผ่านคลื่นวิทยุ ซึ่งความถี่ที่ใช้อยู่ในย่าน VHF 146.07 MHz เป็นความถี่ที่ใช้ในกิจการวิทยุสมัครเล่น ถึงแม้ว่าจะผิดกฎหมายพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม แต่ผู้ทำโครงการนี้ได้มีความประสงค์ที่ใช้เครือข่ายของกิจการวิทยุสมัครเล่นนี้เพื่อกระทำการใดๆในทางผิดกฎต่อสมาคมนอกจากการศึกษาและการพัฒนาเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์เท่านั้น เพื่อในอนาคตจะเป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมและเผยแพร่ความรู้ต่างๆสู่สาธารณชน

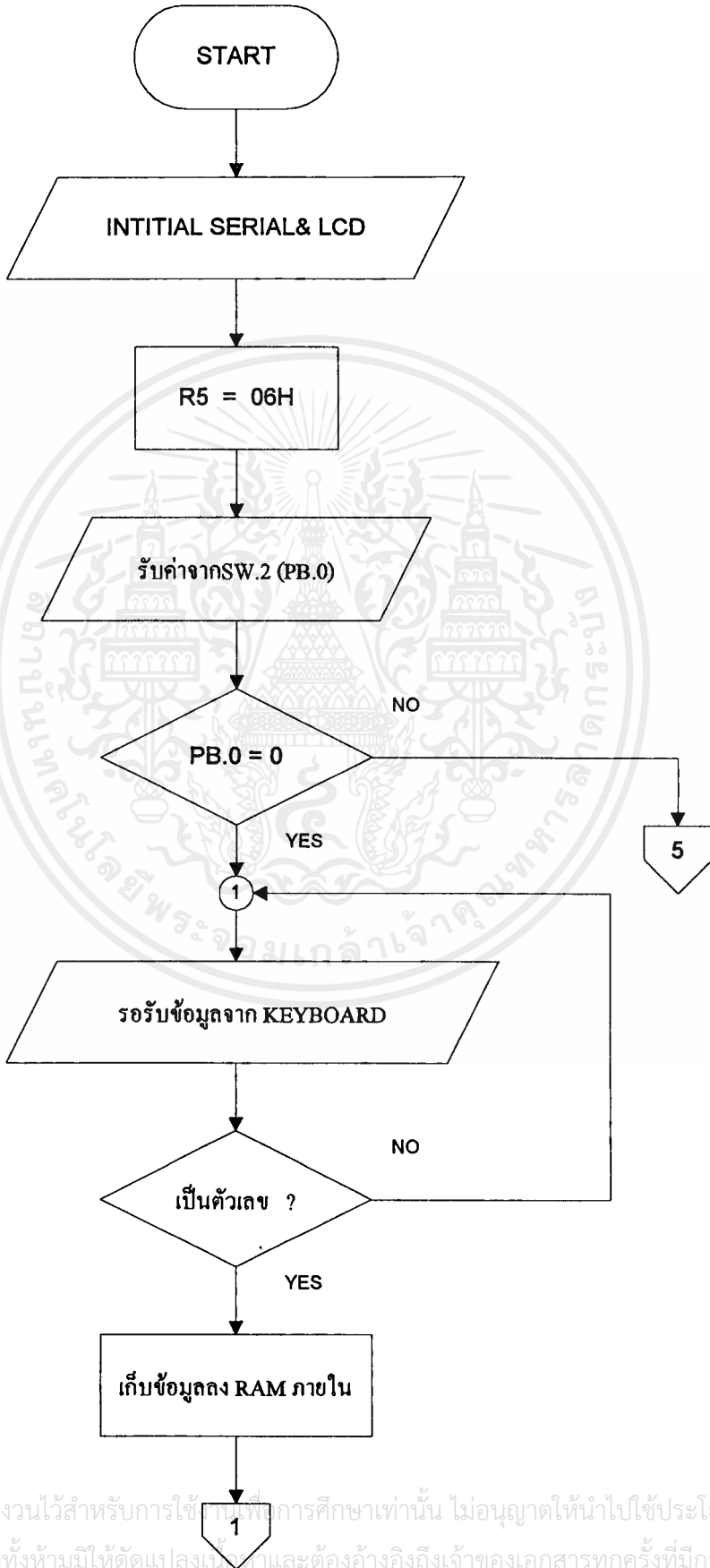


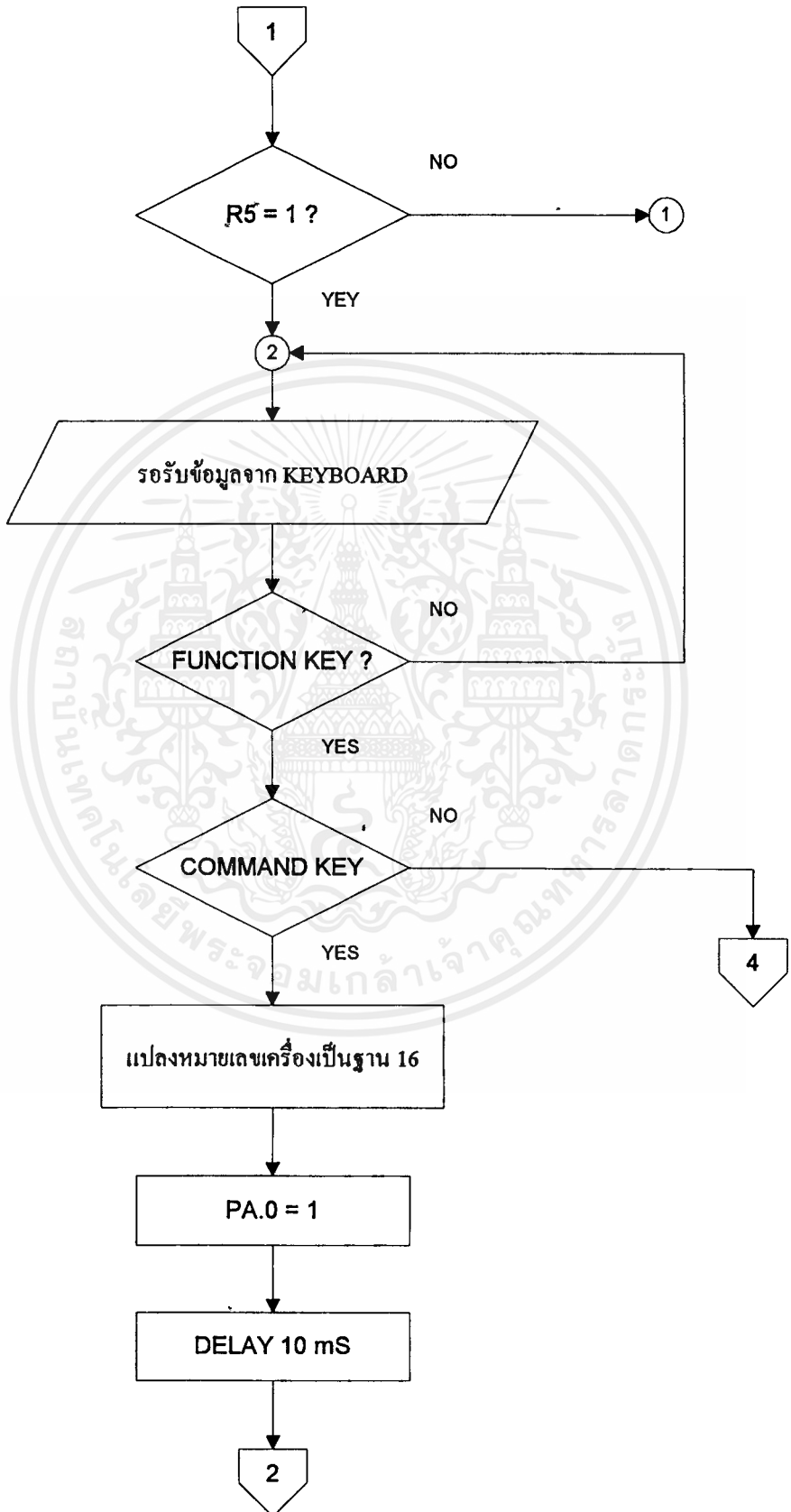
ภาคผนวก ก.

FLOW CHART

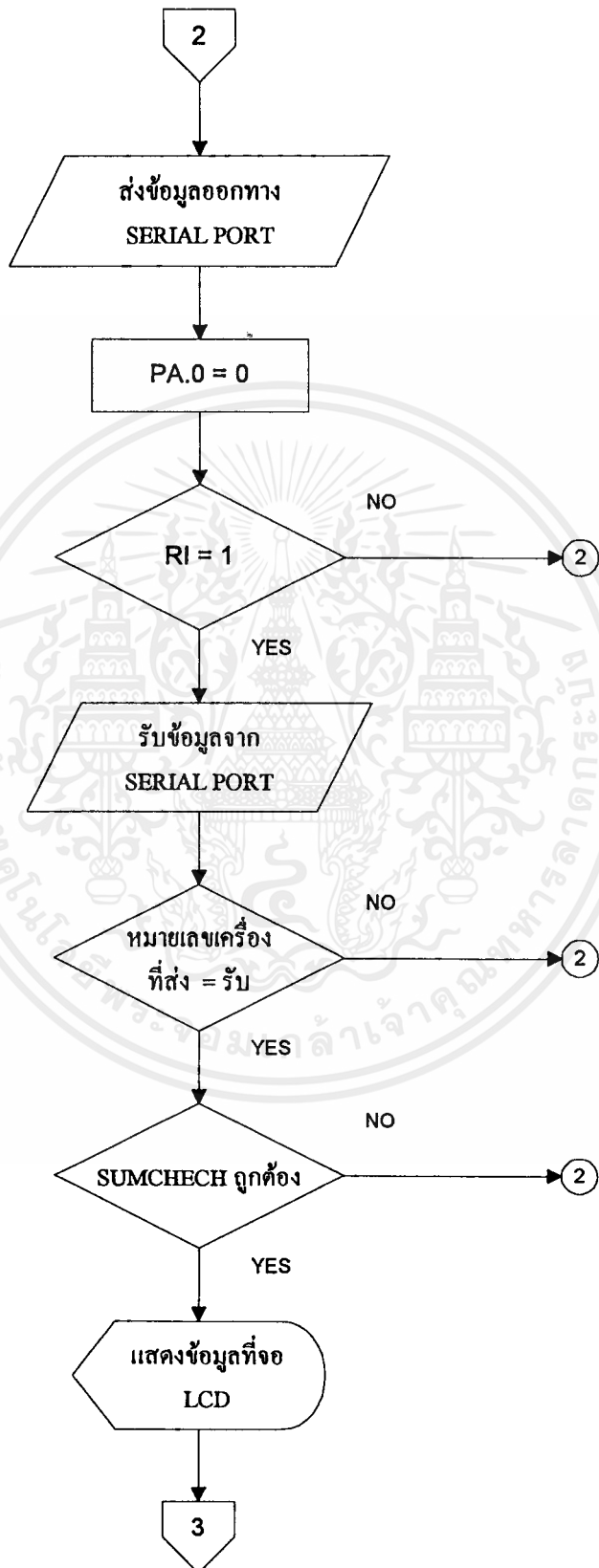
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOWCHART ของโปรแกรมส่วน KEYBOARD

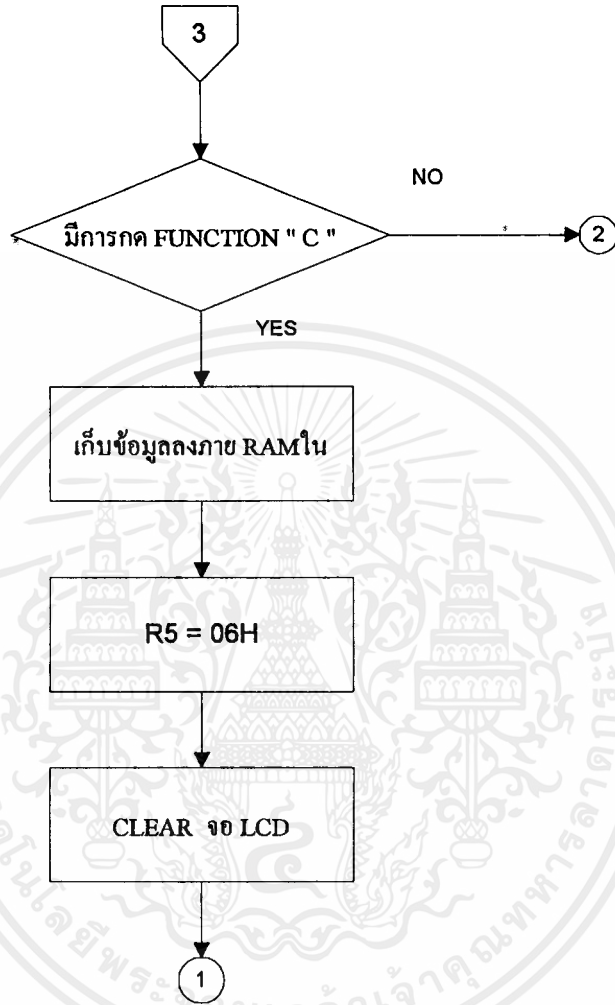


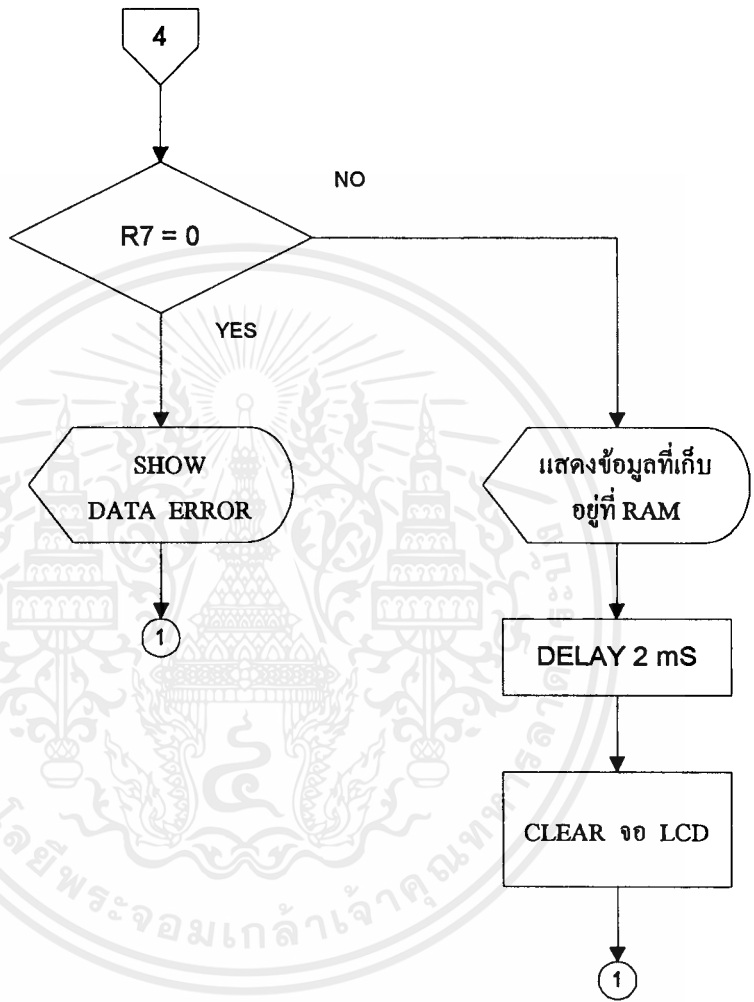


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

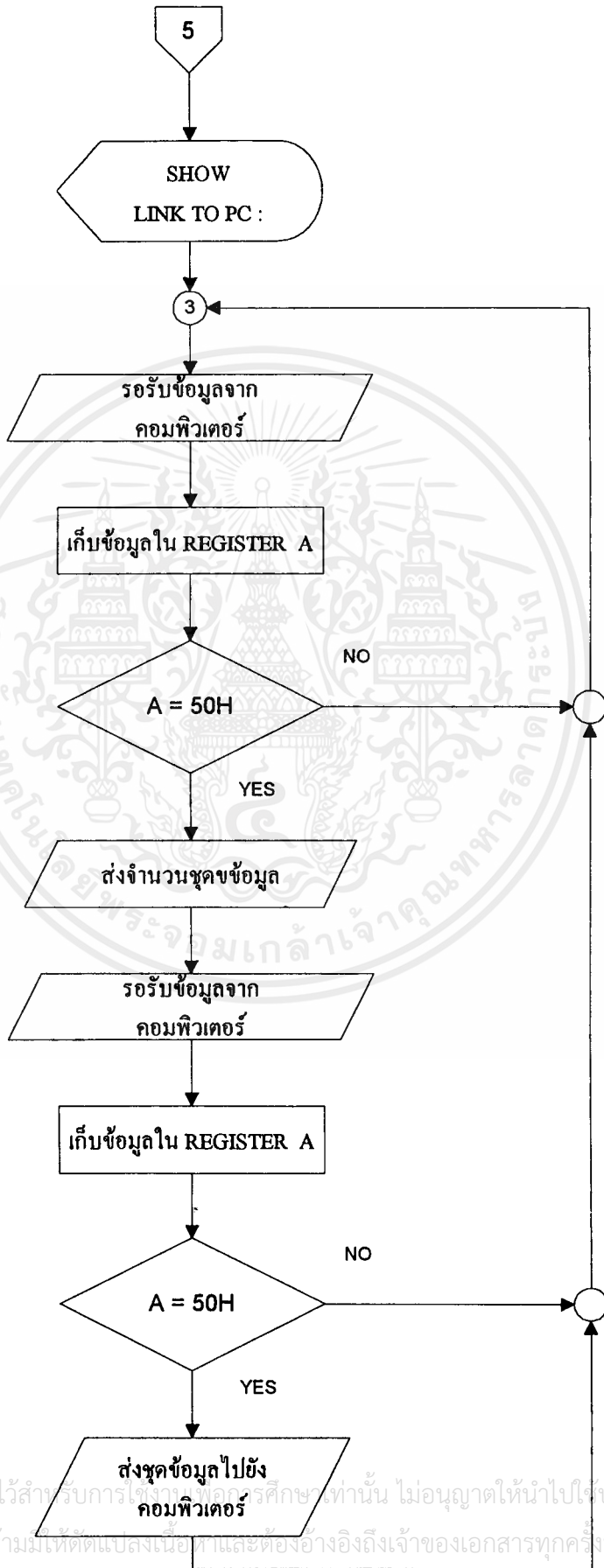


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

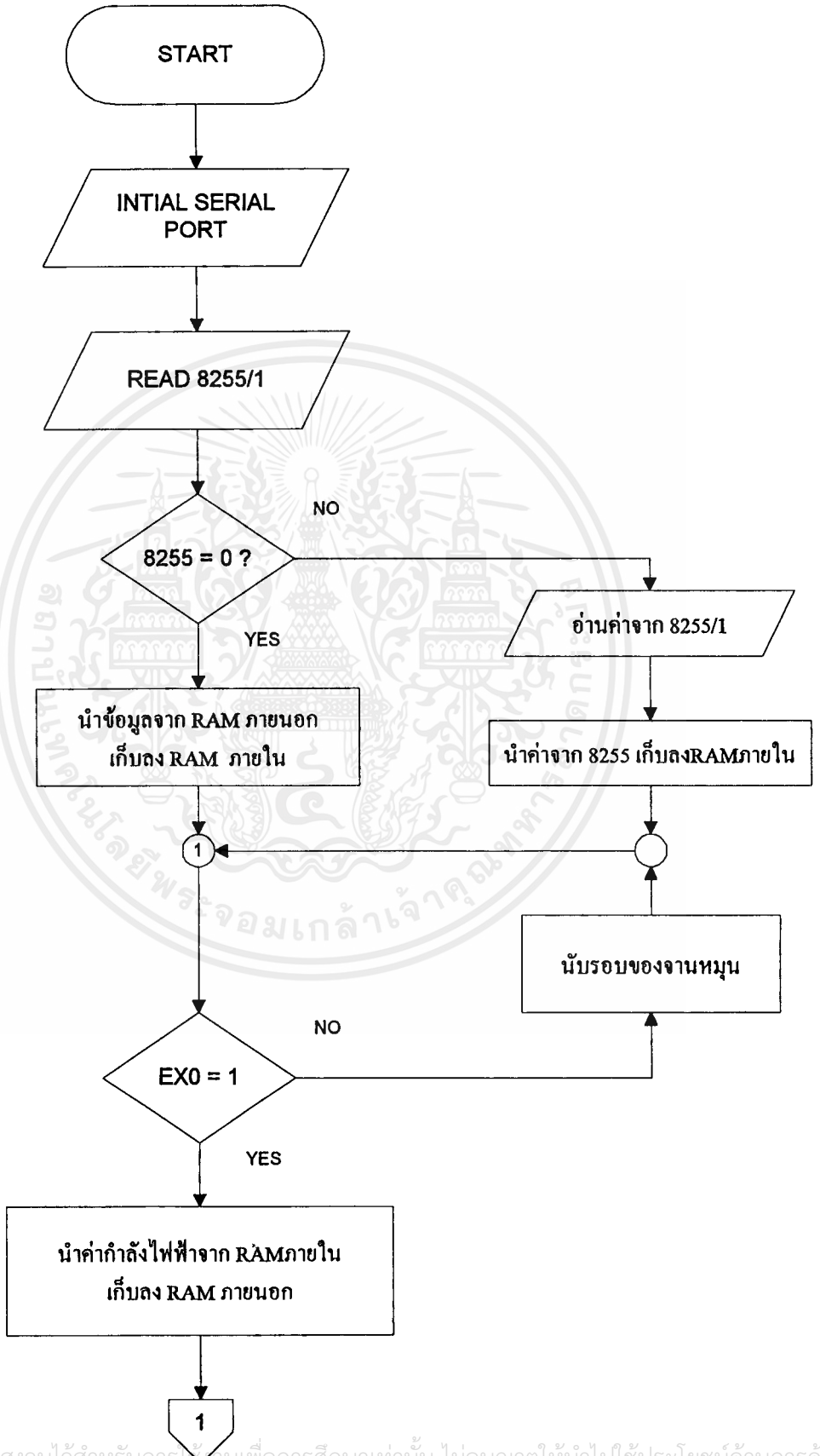


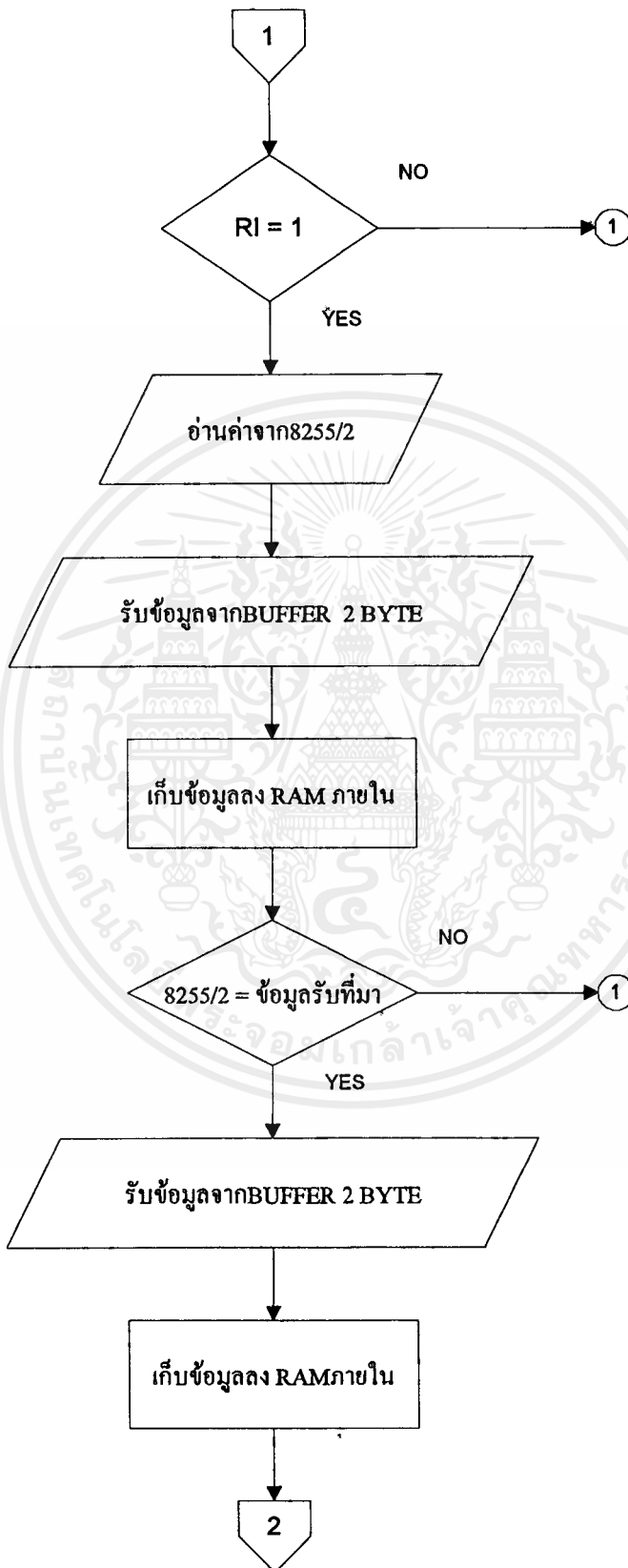


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

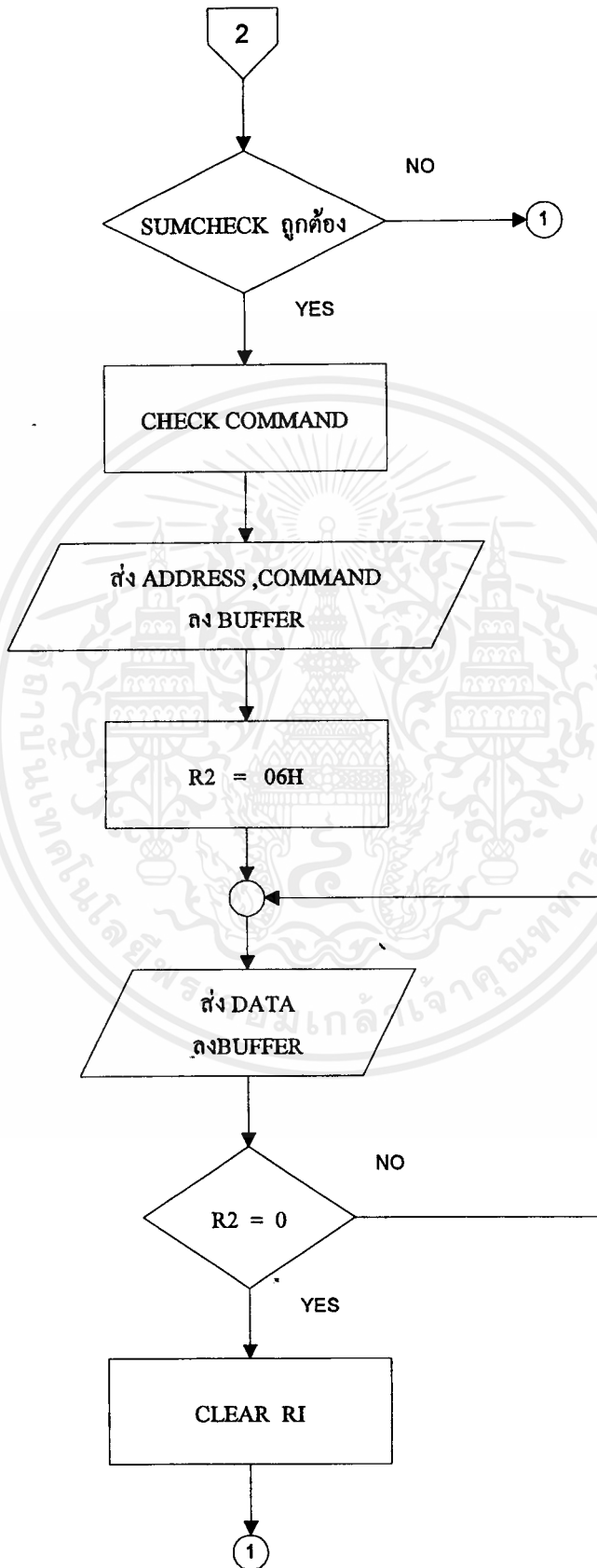


FLOWCHART ของโปรแกรมส่วน KILOWATT METER



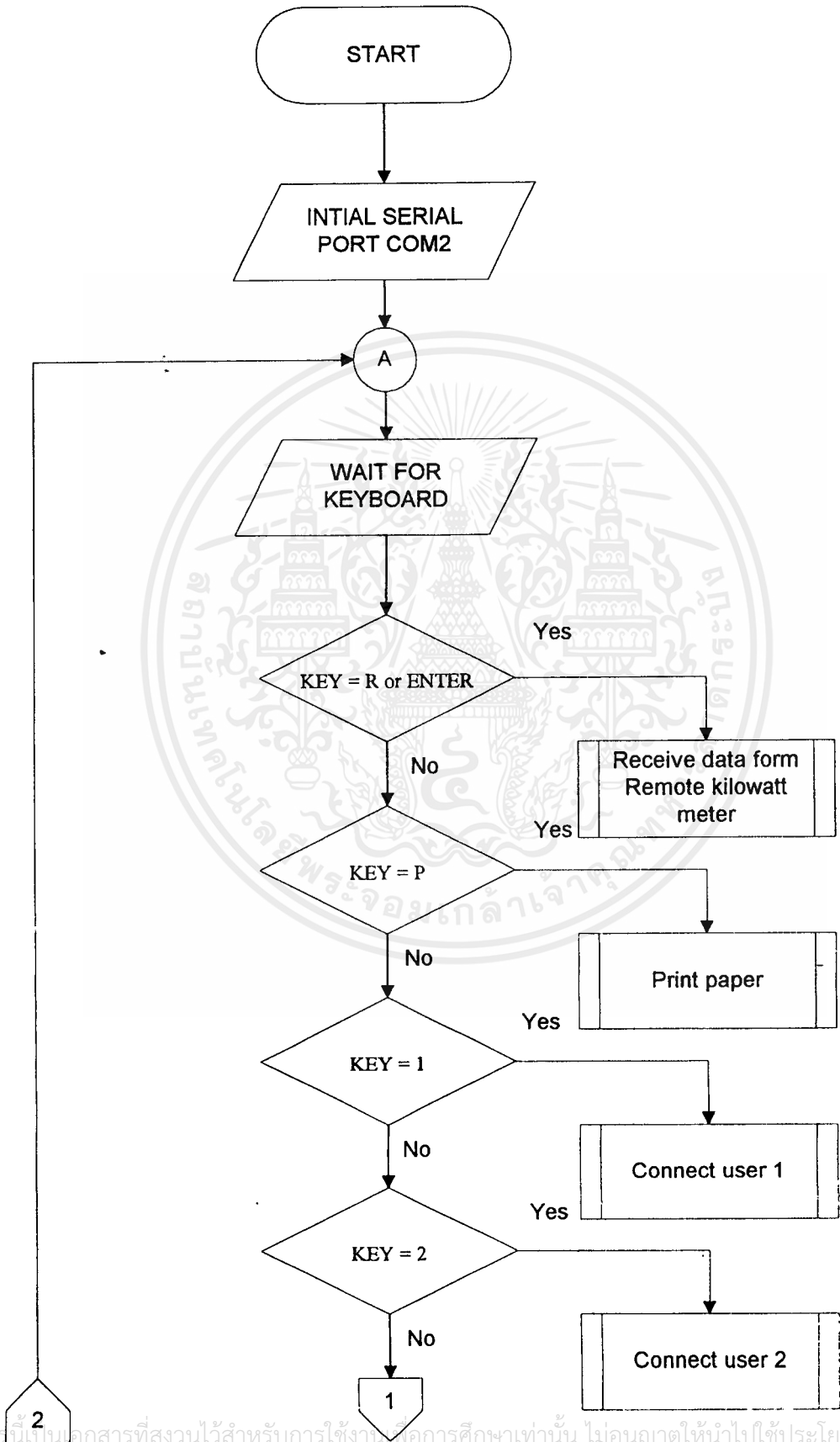


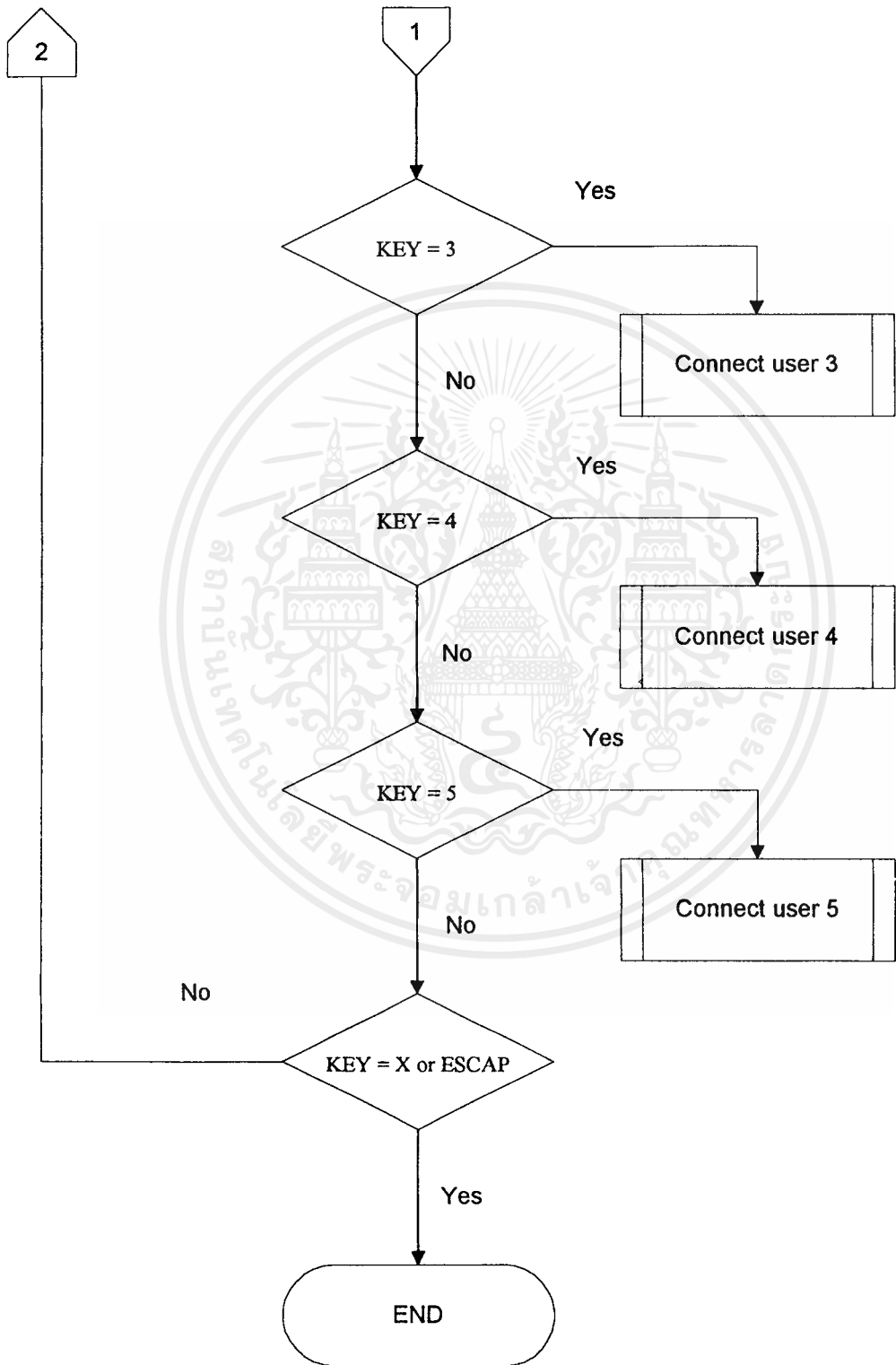
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



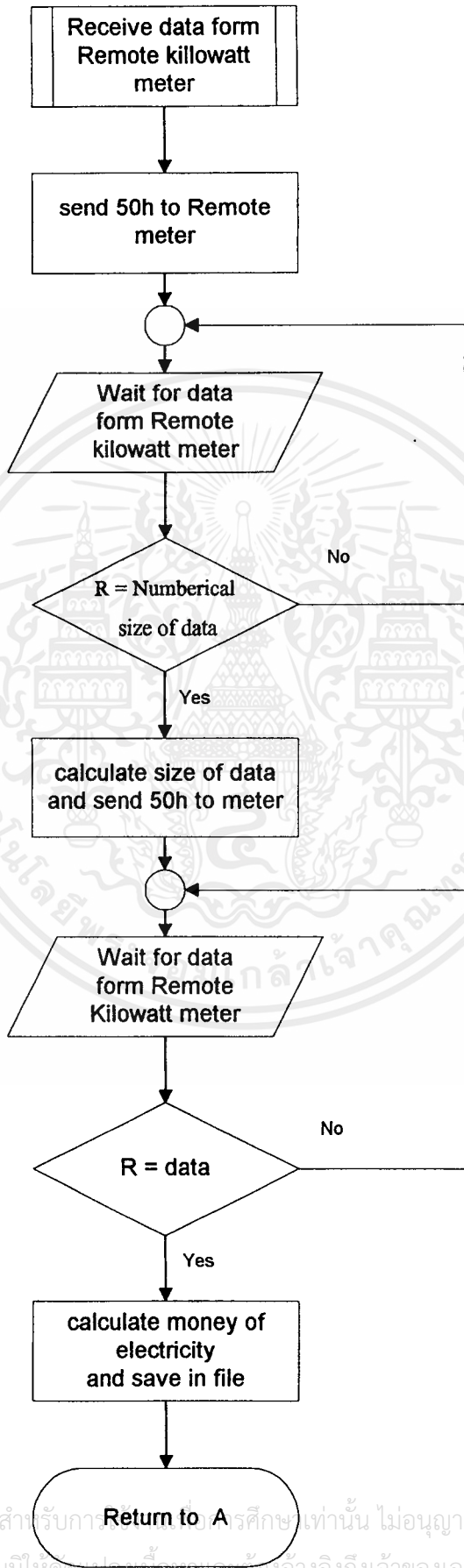
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

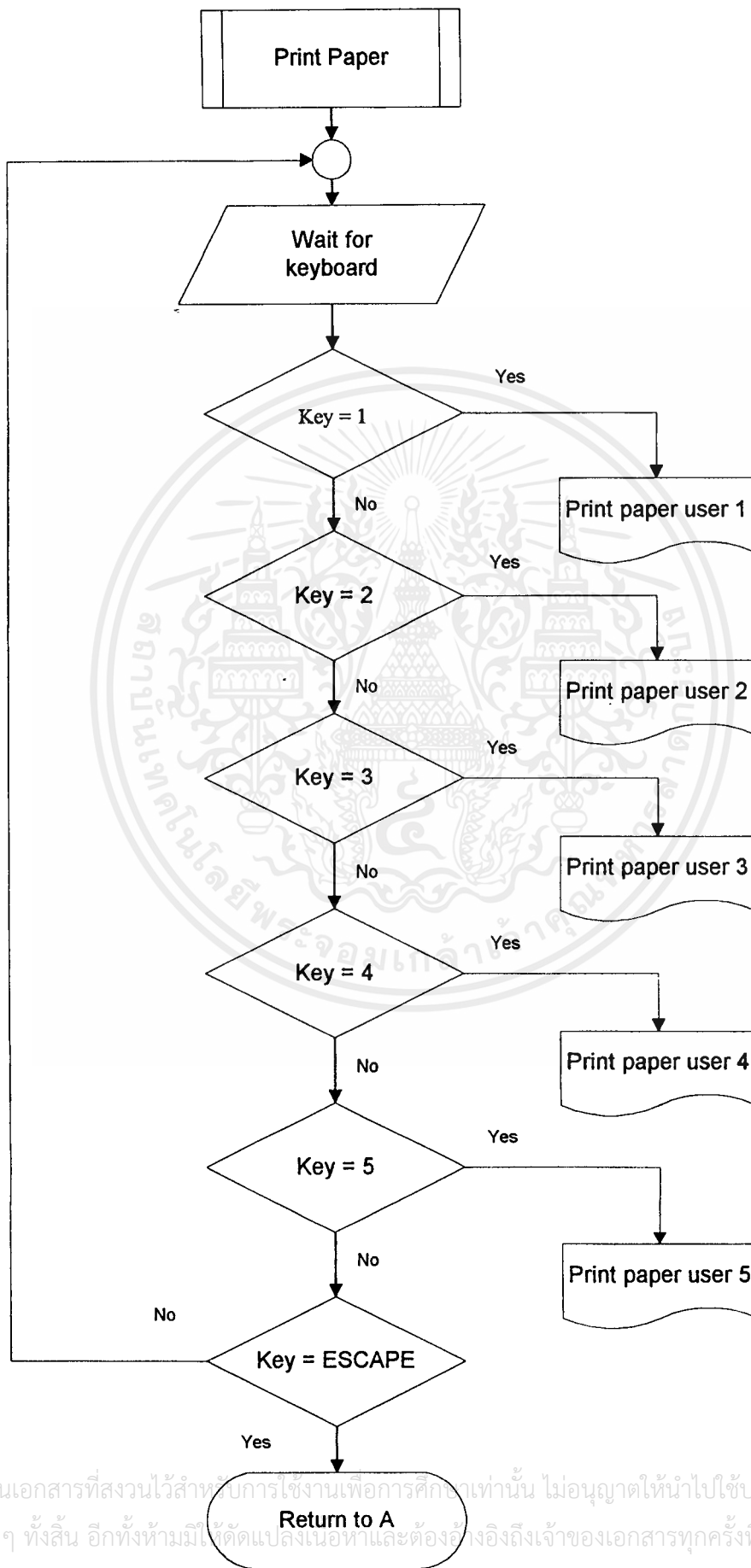
FLOWCHART ของโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้า



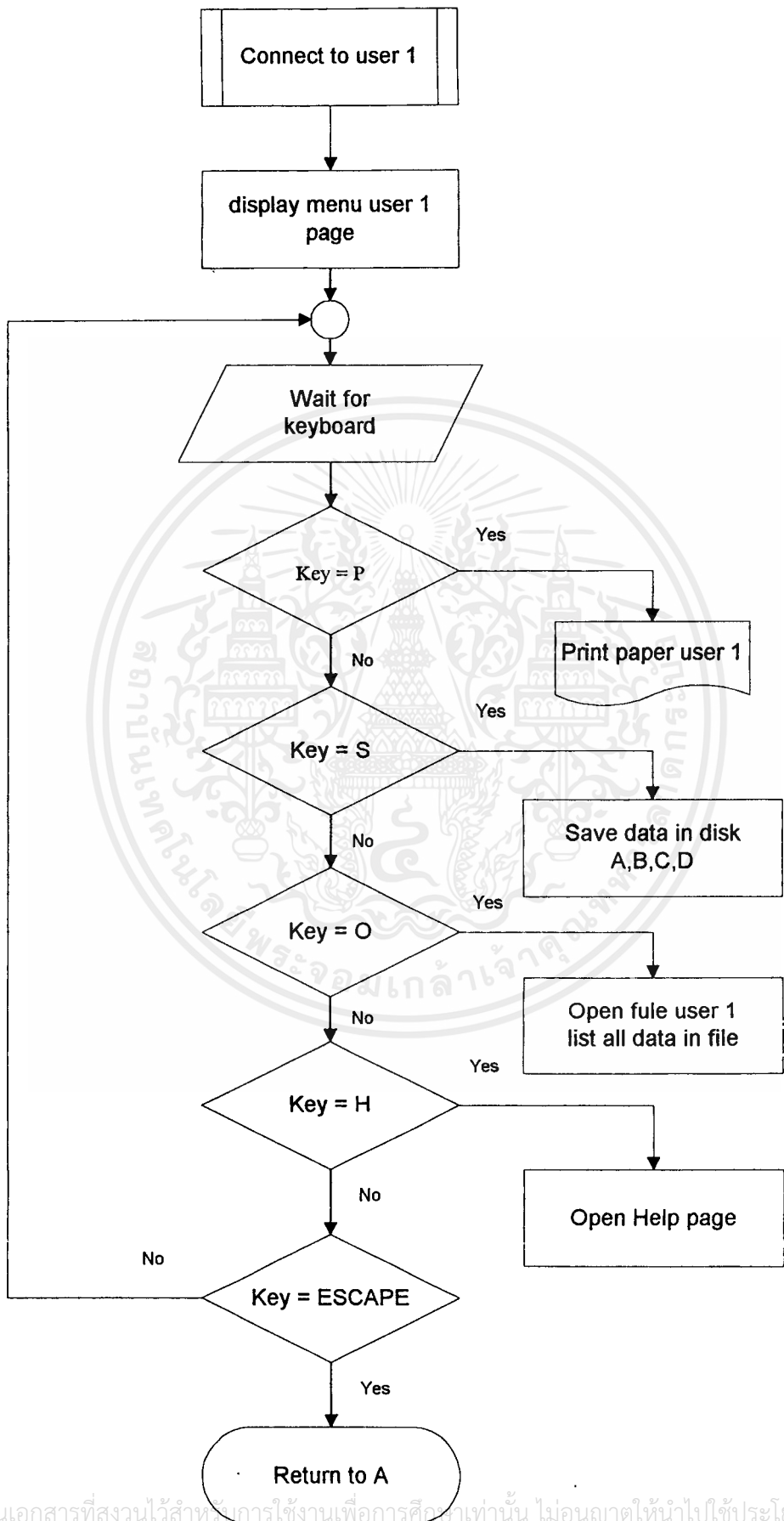


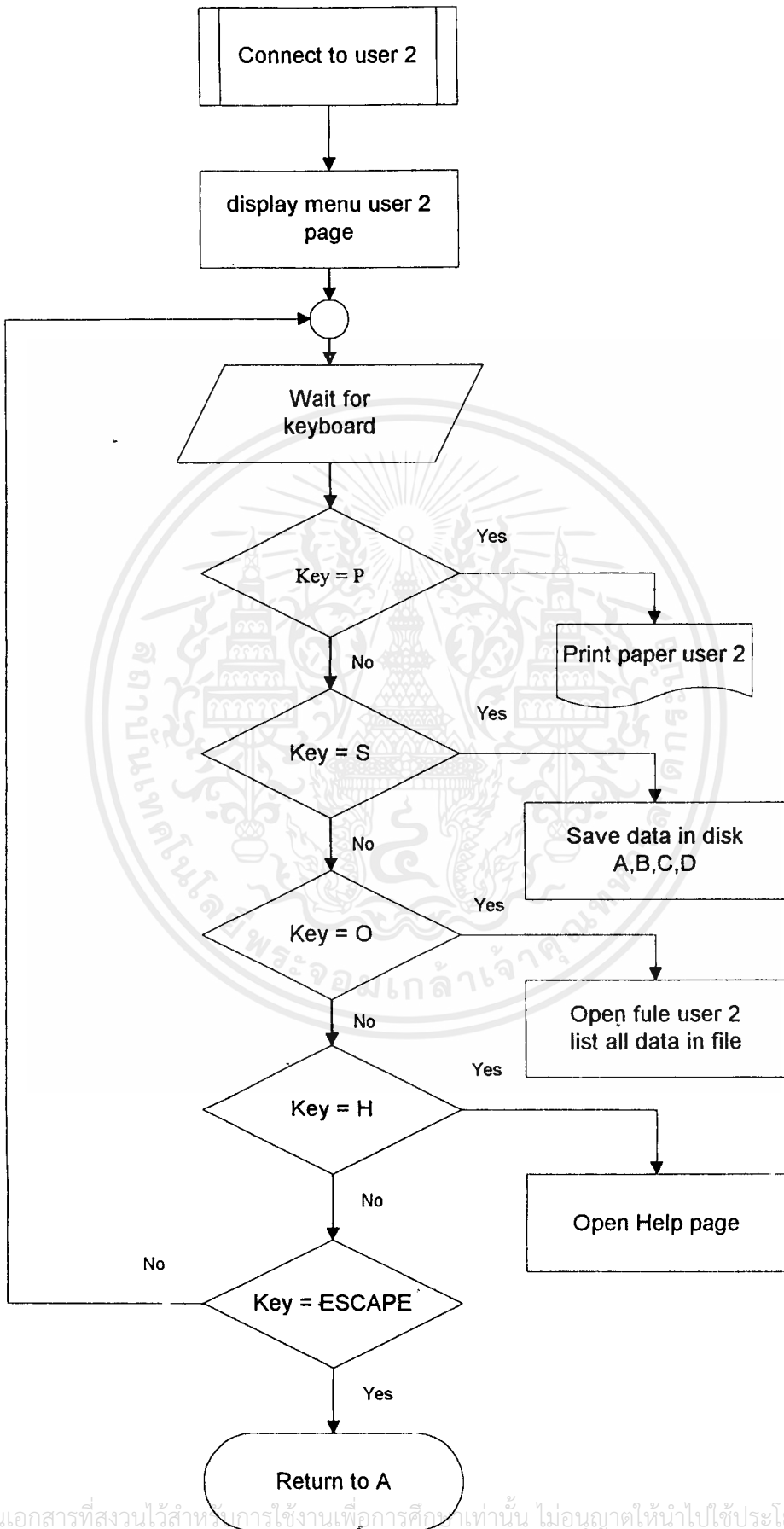
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

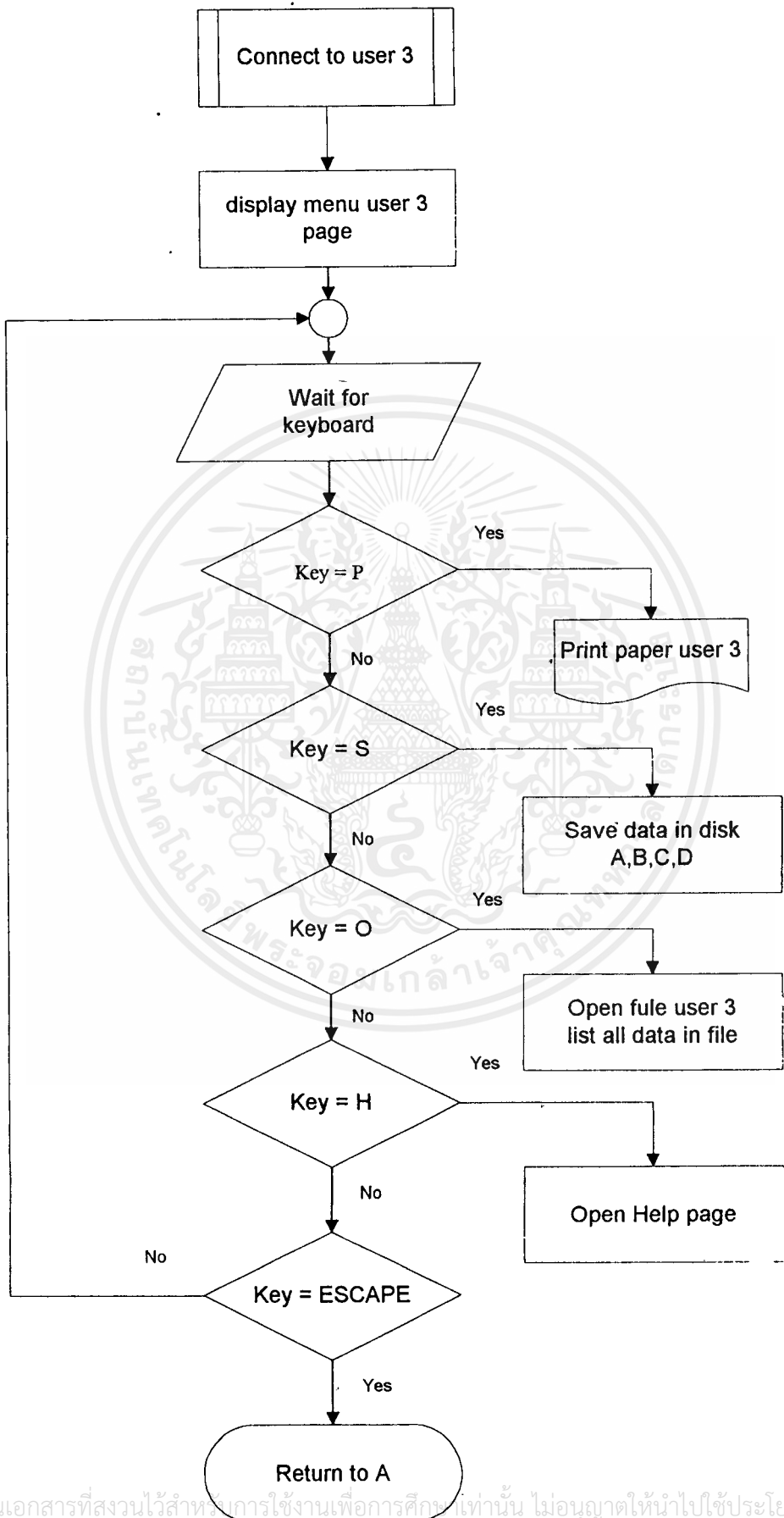


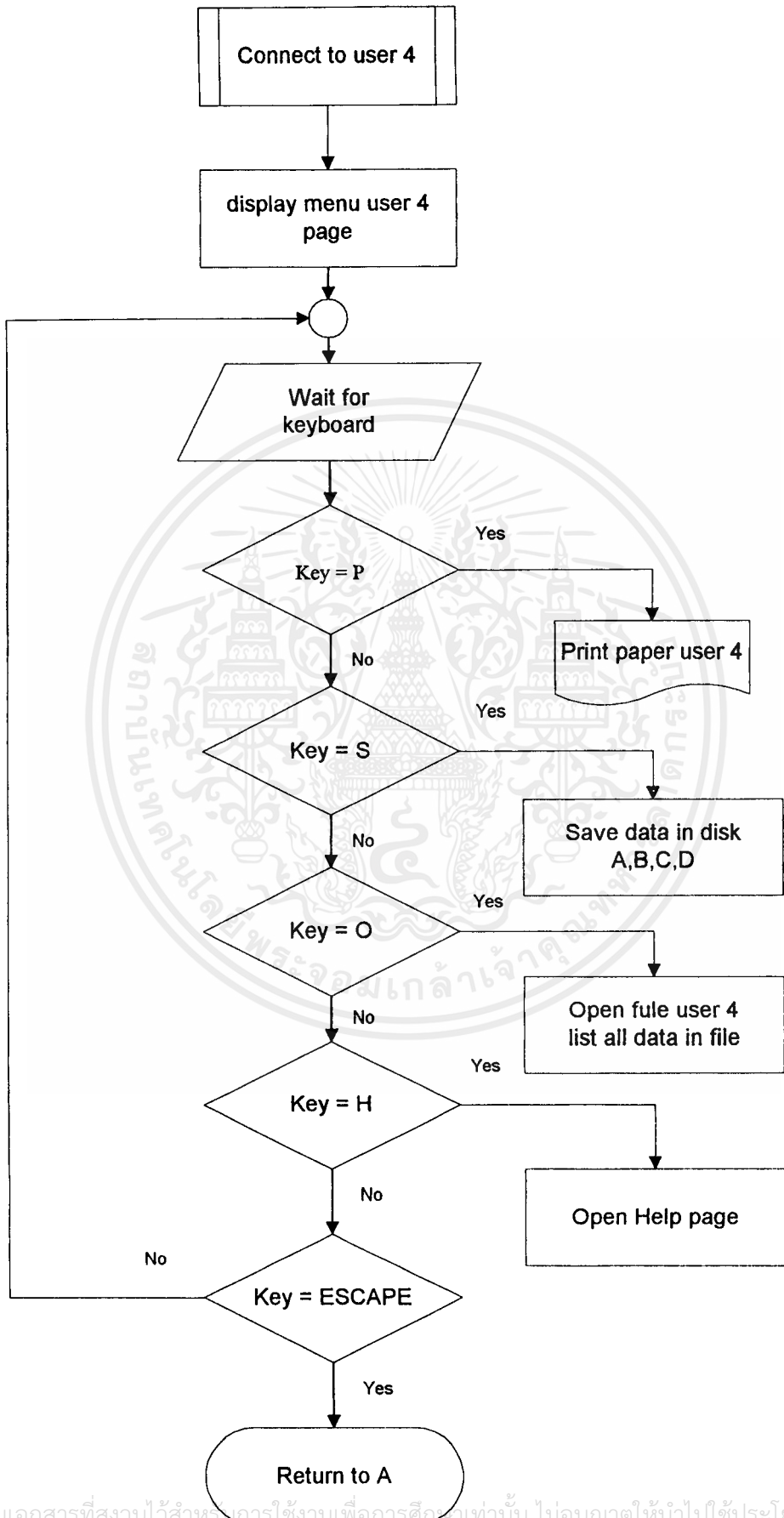


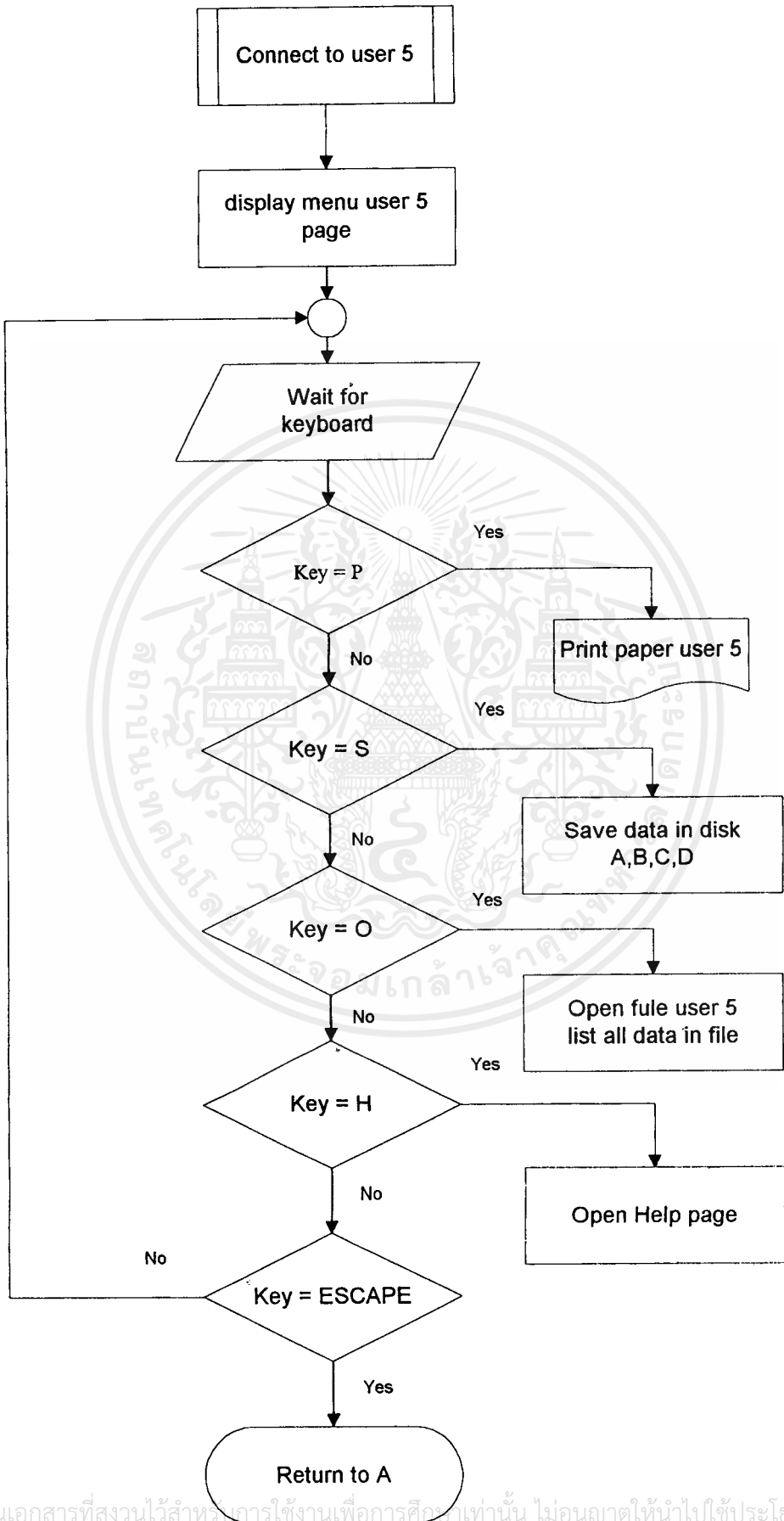
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิใช้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้











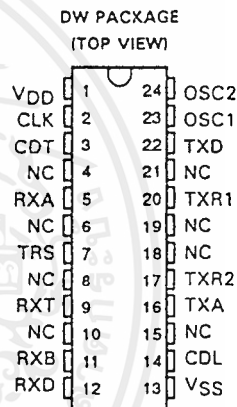
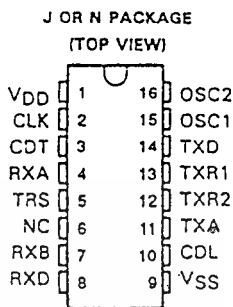


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3105DWE, TCM3105DWL, TCM3105JE
TCM3105JL, TCM3105NE, TCM3105NL
FSK MODEM

D2862, NOVEMBER 1985—REVISED DECEMBER 1990

- Single-Chip Frequency-Shift-Keying (FSK) Modem
- Meets Both Bell 202 and CCITT V23 Specifications
- Transmit Modulation at 75, 150, 600, and 1200 Baud
- Receive Demodulation at 5, 75, 150, 600, and 1200 Baud
- Half-Duplex Operation Up to 1200 Baud Transmit and Receive
- Full-Duplex Operation Up to 1200 Baud Transmit and 150 Baud Receive
- On-Chip Group Delay Equalization and Transmit/Receive Filtering
- Carrier-Detect-Level Adjustment and Carrier-Fail Output
- Single 5-V Power Supply
- Low Power Consumption
- Reliable CMOS Silicon-Gate Technology



NC—No internal connection

D packages are available taped and reeled. Add "R" suffix to device type (e.g., TCM3105DWLR)



Caution. These devices have limited built-in gate protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

description

The TCM3105 is a single-chip asynchronous Frequency Shift Keying (FSK) voiceband modem that uses silicon gate CMOS technology to implement a switched capacitor architecture. It is pin selectable (TXR1, TXR2, and TRS inputs) for a wide range of transmit/receive baud rates and is compatible with the applicable BELL 202 or CCITT V23 standards. Operation is fully reversible, thereby allowing both forward and backward channels to be used simultaneously.

The transmitter is a programmable frequency synthesizer that provides two output frequencies (on TXA), representing the 'marks' and 'spaces' of the digital signal present on the TXD input.

The receive section is responsible for the demodulation of the analog signal appearing at the RXA input and is based on the principle of frequency-to-voltage conversion. This section contains a group delay equalizer (to correct phase distortion), automatic gain control, carrier detect level adjustment, and bias distortion adjustment, thereby optimizing performance and giving the lowest possible bit error rate.

PRODUCTION DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS INSTRUMENTS

Copyright © 1990, Texas Instruments Incorporated

POST OFFICE BOX 855303 • DALLAS, TEXAS 75285

2-97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3105DWE, TCM3105DWL, TCM3105JE
TCM3105JL, TCM3105NE, TCM3105NL
FSK MODEM

description (continued)

Carrier-detect information is given to the system by means of the carrier-detect circuits, which set a flag on the CDT output if the level of received in-band energy falls below a value set on the CDL input for a specified minimum duration.

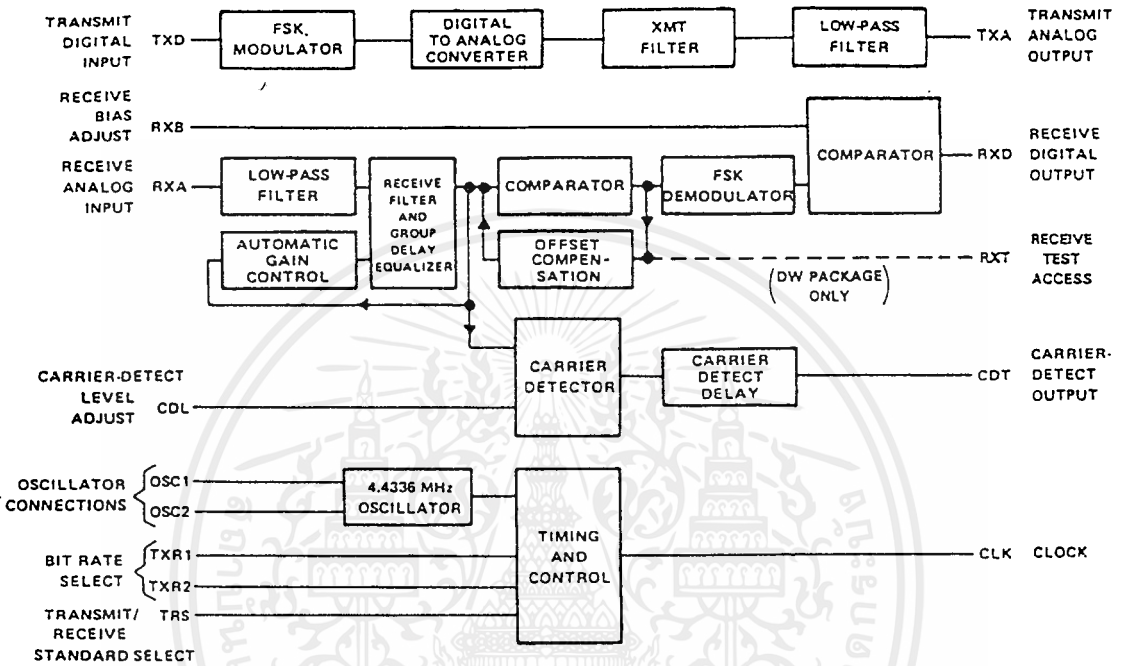
The TCM3105DWE, TCM3105JE, and TCM3105NE are characterized for operation from -40°C to 85°C . The TCM3105DWL, TCM3105JL, and TCM3105NL are characterized for operation from 0°C to 70°C .

TERMINAL FUNCTIONS

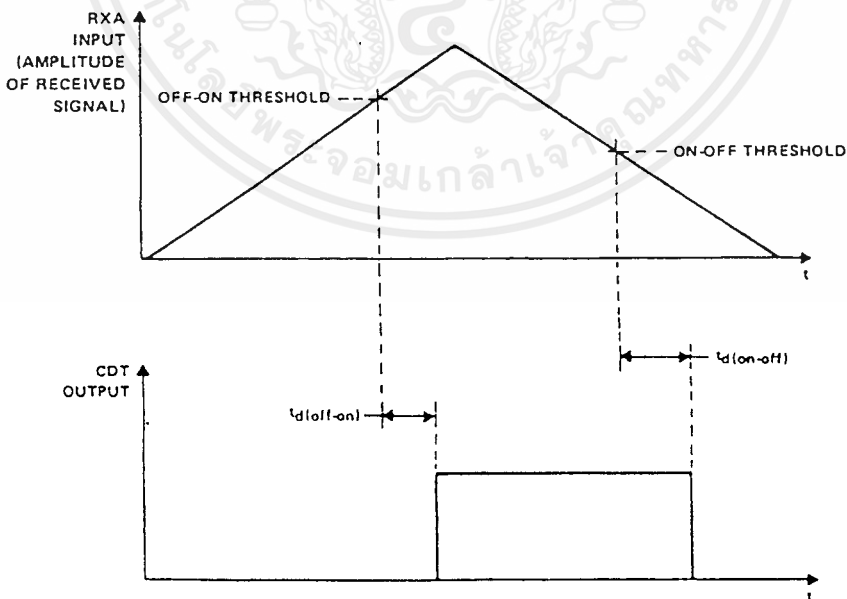
PIN NAME	PIN NO.		DESCRIPTION
	DW	J OR N	
CDL	14	10	Carrier Detect Level Adjust for external adjustment of carrier detect threshold
CDT	3	3	Carrier-Detect Output. A low-level output indicates carrier failure
CLK	2	2	Output for a continuous clock signal at 16 times the highest selected (transmit or receive) bit rate
NC	4, 6, 8, 10, 15, 18, 19, 21	6	No internal connection
OSC1	23	15	Oscillator connections. The crystal (typically 4.4336 MHz) is connected to these pins. If an external clock is used, OSC2 is left open and the clock is connected to OSC1.
OSC2	24	16	
RXA	5	4	Receive Analog Input to which the received line signal must be ac coupled
RXB	11	7	Receive Bias Adjust for external adjustment of the decision threshold of the final comparator to minimize bias distortion
RXD	12	8	Receiver Digital Output for the demodulated received data in positive logic. The high logic level is a mark and the low logic level is a space.
RXT	9	-	Receive test access. Output of limiter is available on this pin. (DW only)
TRS	7	5	Transmit/Receive Standard Select Input, which with TXR1 and TXR2, sets the standard bit rates and mark/space frequencies
TXA	16	11	Transmit Analog Output for the modulated signal, which must be ac coupled
TXD	22	14	Transmit Digital Input for input data to the transmitter in positive logic. The high logic level is a mark and the low logic level is a space. The data can be accepted at any speed from zero to the selected speed and may be totally asynchronous.
TXR1	20	13	Bit Rate Select 1 input, which, along with TXR2 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
TXR2	17	12	Bit Rate Select 2 input, which, along with TXR1 and TRS, sets the bit rates and mark/space frequencies
V _{DD}	1	1	Positive supply voltage
V _{SS}	13	9	Most negative supply voltage (normally ground); connected to substrate

TCM3105DWE, TCM3105DWL, TCM3105JE
TCM3105JL, TCM3105NE, TCM3105NL
FSK MODEM

functional block diagram



timing diagram



**TCM3105DWE, TCM3105DWL, TCM3105JE
TCM3105JL, TCM3105NE, TCM3105NL
FSK MODEM**

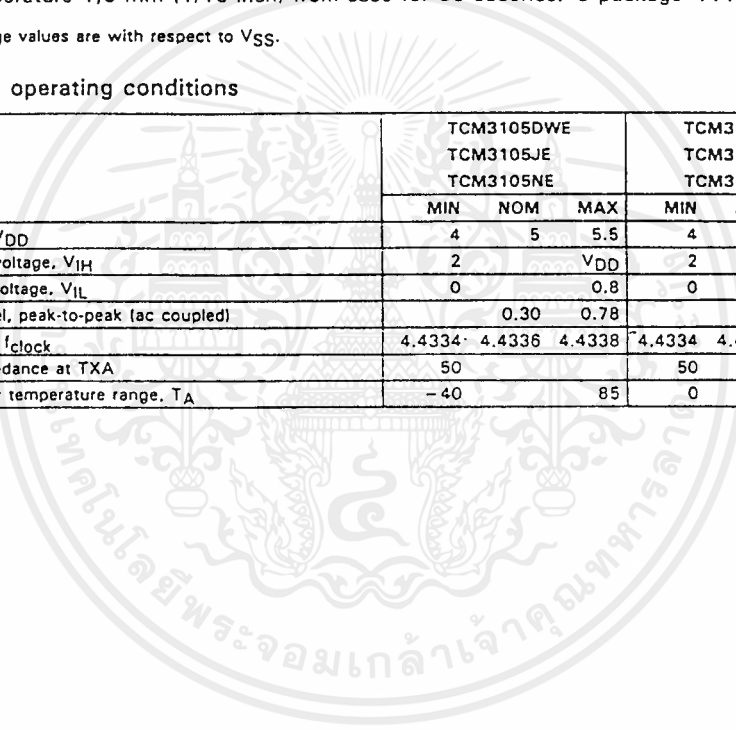
absolute maximum ratings over free-air operating temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{DD} (see Note 1)	-0.3 V to 10 V
Input voltage, V_I (any input)	-0.3 to V_{DD}
Operating free-air temperature range: TCM3105DWL, TCM3105JL, TCM3105NL	-10°C to 70°C
TCM3105DWE, TCM3105JE, TCM3105NE	-55°C to 85°C
Storage temperature range	-55°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: DW or N package	260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds: J package	300°C

NOTE 1: All voltage values are with respect to V_{SS} .

recommended operating conditions

	TCM3105DWE TCM3105JE TCM3105NE			TCM3105DWL TCM3105JL TCM3105NL			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{DD}	4	5	5.5	4	5	5.5	V
High-level input voltage, V_{IH}	2		V_{DD}	2		V_{DD}	V
Low-level input voltage, V_{IL}	0		0.8	0		0.8	V
Analog input level, peak-to-peak (ac coupled)		0.30	0.78		0.30	0.78	V
Clock frequency, f_{clock}	4.4334	4.4336	4.4338	4.4334	4.4336	4.4338	MHz
Analog load impedance at TXA	50			50			k Ω
Operating free-air temperature range, T_A	-40		85	0		70	°C



electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TCM3105DWE			TCM3105DJE			TCM3105DNE			TCM3105JL			TCM3105NE			TCM3105NL			UNIT				
		MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX					
V _{OH} High-level output voltage	RXD, CDT, CLK			2.4	V _{DD}			2.4	V _{DD}			2.4	V _{DD}			2.4	V _{DD}			V				
V _{OL} Low-level output voltage	RXD, CDT, CLK			V _{SS}	0.4			V _{SS}	0.4			V _{SS}	0.4			V _{SS}	0.4			V				
Analog output voltage level, peak-to-peak	TXA	V _{DD} = 4 V			1.55	V _{DD} = 5 V			1.4	1.9	2.3	V _{DD} = 5.5 V			1.4	1.9	2.3	V _{DD} = 5.5 V			1.55	V		
		R _L = 50 kΩ				C _L = 100 pF																		
		V _I = 3 V				V _I = 0 to V _{DD}						V _{DD} = 5 V			2.3	2.7	3.1	V _{DD} /2			2.3	2.7	3.1	V
Adjust voltage	CDL	V _I = 0 to V _{DD}			±1	V _I = 0 to V _{DD}			±1	V _I = 0 to V _{DD}			±1	V _I = 0 to V _{DD}			±1	V _I = 0 to V _{DD}			±1	μA		
		V _I = 3 V				V _I = 3 V				V _I = 3 V				V _I = 3 V				V _I = 3 V				μA		
		V _I = 5 V				V _I = 5 V				V _I = 5 V				V _I = 5 V				V _I = 5 V				μA		
Supply current	RXB, CDL	V _{DD} = 4 V			3	V _{DD} = 5 V			5	10	8	V _{DD} = 5.5 V			8	16	8	V _{DD} = 5.5 V			8	12	mA	
		f = 1 MHz				f = 1 MHz				f = 1 MHz				f = 1 MHz				f = 1 MHz				10	10	pF
		f = 1 MHz				f = 1 MHz				f = 1 MHz				f = 1 MHz				f = 1 MHz				10	10	pF
Phase jitter	Carrier detect threshold, on-off	±15%				±15%				±15%				±15%				±15%				±15%	μs	
		-45.5				-43				-45.5				-43				-45.5				-43	dBm	
		-48				-45.5				-48				-45.5				-48				-45.5	dBm	
Carrier detect hysteresis	Carrier detect threshold, on-off	2.5			2.8	2.5			2.8	2.5			2.8	2.5			2.8	2.5			2.8	2.8	dBm	

†All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
 ‡Bias distortion is the departure from a 50% duty cycle when a series of alternating mark and space tones is received.
 §This is the threshold with the CDL input properly adjusted.

switching characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TCM3105DWE			TCM3105DJE			TCM3105DNE			TCM3105JL			TCM3105NE			TCM3105NL			UNIT
		MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	
t _{d(off on)} Carrier detect off-to-on delay time	RX = 600 or 1200 b/s	12	25	25	12	25	25	12	25	25	12	25	25	12	25	25	12	25	25	ms
t _{d(on off)} Carrier detect on-to off delay time	RX = 5, 75, or 150 b/s	48	80	80	48	80	80	48	80	80	48	80	80	48	80	80	48	80	80	ms
Transmit frequency deviation from assignment (see Table 1)	RX = 600 or 1200 b/s	12	20	20	12	20	20	12	20	20	12	20	20	12	20	20	12	20	20	ms
	RX = 5, 75, or 150 b/s	48	75	75	48	75	75	48	75	75	48	75	75	48	75	75	48	75	75	ms
Transmit frequency deviation from assignment (see Table 1)	f _{clock} = 4.4336 MHz	±1			±1			±1			±1			±1			±1			Hz

†All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCM3105DWE, TCM3105DWL, TCM3105JL, TCM3105NE, TCM3105NL
FSK MODEM

PRINCIPLES OF OPERATION

The TCM3105 FSK modem is made up of four functional circuits. The circuits are the transmitter, the receiver, a carrier detector, and control and timing (See Figure 1).

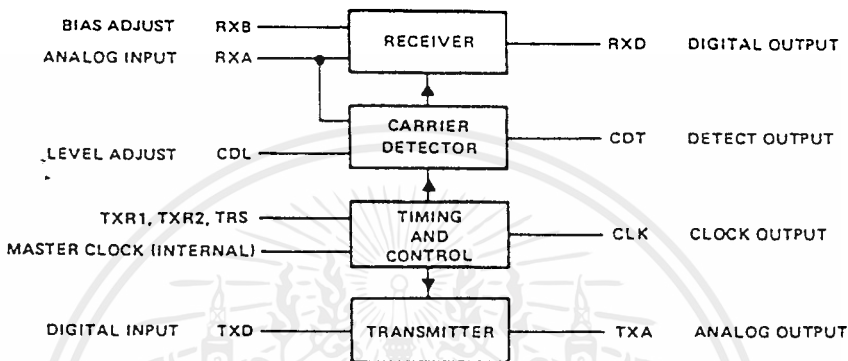


FIGURE 1. TCM3105 SYSTEM PARTITIONING

transmitter

The transmitter comprises a phase coherent FSK modulator, a transmit filter, and a transmit amplifier. The modulator is a programmable frequency synthesizer that drives the output frequencies by variable division of the oscillator frequency (4.4336 MHz). The division ratio is set by the states of the Transmit/Receive Standard input (TRS), the Bit Rate Select inputs (TXR1 and TXR2), and the Digital Data input (TXD).

A switched-capacitor low-pass filter limits the harmonics and noise outside the transmit band and the characteristics of this filter are set by the frequency select inputs as previously described. The harmonics introduced by the transmit filter clock are removed by a continuous low-pass filter.

The transmitter output level varies with power supply voltage and so must be compensated in the 2-wire to 4-wire converter to give a constant output level to the line.

receiver

A continuous low-pass anti-aliasing filter is followed by the receive amplifier, which automatically controls the gain to give a constant output level from the receive filter. The receive filter limits the bandwidth of the signal presented to the demodulator, reducing out-of-band interference, and has very high rejection of the transmit channel frequencies. These are typically present at much higher levels than the received signal.

The group delay equalizer is a switched-capacitor network that compensates the delay introduced by the receive filter and the network. The output from the equalizer is then limited to give an FSK modulated squarewave that is presented to the demodulator.

The demodulator is an edge-triggered multivibrator that triggers off positive and negative going edges. The output of the demodulator is, therefore, a stream of constant-length pulses at a frequency that is double the frequency of the limited input signal. The dc component of this signal is proportional to the received frequency and is extracted by a switched-capacitor, low-pass, post-demodulator filter.

The variation of dc level with received frequency is presented to a comparator that slices at a level external y fixed by the RXB bias adjustment pin. This voltage depends on received bit rate and internal offsets. The comparator output is then the received data at the RXD output.

TCM3105JL, TCM3105NE, TCM3105NL
FSK MODEM

carrier detect

The carrier detect circuits comprise an energy detector and digital delay. The energy detector compares the total signal level at the output of the receive filter to an externally set threshold level on the CDL input. The comparator has a 2.5-dB hysteresis and a delay to allow for momentary signal loss and to prevent oscillation. The output of the detector is available on the CDT pin where a high level indicates that a carrier is present. The data output is clamped to a MARK condition when the carrier detect output switches off at the end of transmission.

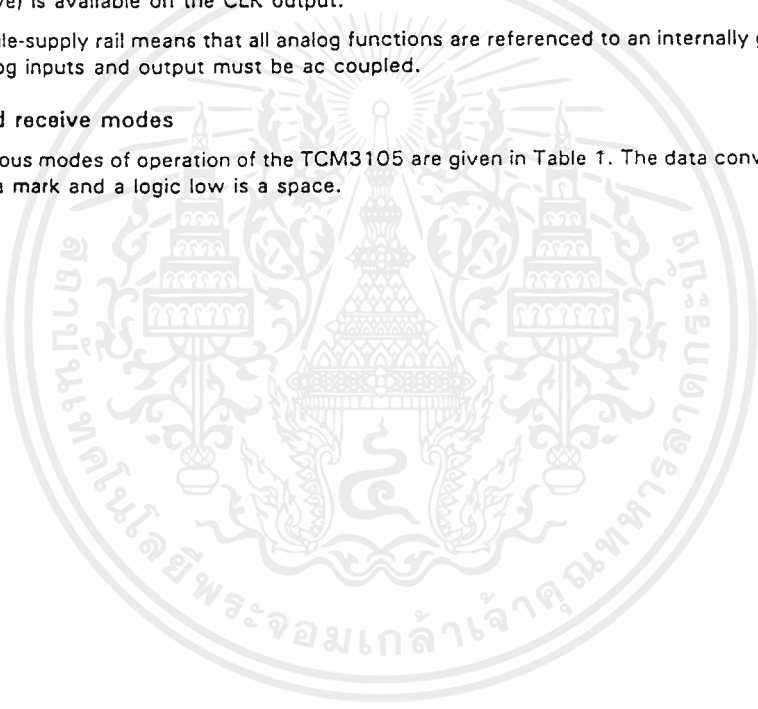
control and timing

An on-chip oscillator runs from an external 4.4336-MHz crystal connected between the OSC1 and OSC2 pins or an external signal driving OSC1. A clock signal equal to 16 times the highest selected bit rate (transmit or receive) is available on the CLK output.

The single-supply rail means that all analog functions are referenced to an internally generated reference. All analog inputs and output must be ac coupled.

transmit and receive modes

The various modes of operation of the TCM3105 are given in Table 1. The data convention is that a logic high is a mark and a logic low is a space.



TCM3105DWE, TCM3105DWE, TCM3105DL
 TCM3105JL, TCM3105NE; TCM3105NL
 FSK MODEM

TABLE 1. MODES OF OPERATION

STANDARD	TRS	TXR1	TXR2	TRANSMITTED BAUD RATE	RECEIVED BAUD RATE	TRANSMIT FREQUENCY ASSIGNMENTS (Hz)	RECEIVE FREQUENCY ASSIGNMENTS (Hz)	CLK FREQUENCY (kHz)
CCITT V.23	L	L	L	1200	1200	M 1300 S 2100	M 1300 S 2100	19.11
	H	L	L	1200	75	M 1300 S 2100	M 390 S 450	19.11
	L	L	H	600	75	M 1300 S 1700	M 390 S 450	9.56
	H	L	H	600	600	M 1300 S 1700	M 1300 S 1700	9.56
	L	H	L	75	1200	M 390 S 450	M 1300 S 2100	19.11
	H	H	L	75	600	M 390 S 450	M 1300 S 1700	9.56
	L	H	H	75	75	M 390 S 450	M 390 S 450	1.19
BELL 202	$\overline{\text{CLK}}$	L	L	1200	1200	M 1200 S 2200	M 1200 S 2200	19.11
	$\overline{\text{CLK}}/8$	L	H	1200	150	M 1200 S 2200	M 387 S 487	19.11
	$\overline{\text{CLK}}/8$	L	H	1200	5	M 1200 S 2200	M 387 S 0	19.11
	CLK	H	L	150	1200	M 387 S 487	M 1200 S 2200	19.11
	CLK	H	H	150	150	M 387 S 487	M 387 S 487	2.39
	$\overline{\text{CLK}}^{\dagger}$	$\overline{\text{H}}^{\dagger}$	$\overline{\text{L}}^{\dagger}$	5	1200	M 387	M 1200	19.11
	$\overline{\text{H}}^{\dagger}$	$\overline{\text{H}}^{\dagger}$	$\overline{\text{H}}^{\dagger}$			S 0	S 2200	
	H	H	H	Transmit Disabled	1200	Transmit Disabled	M 1200 S 2200	19.11

H = high level, L = low level

[†]In these modes, the modulation is controlled by the TRS and TXR2 pins. TXD is tied high.

TCM3105JL, TCM3105NE, TCM3105AL
FSK MODEM

APPLICATION INFORMATION

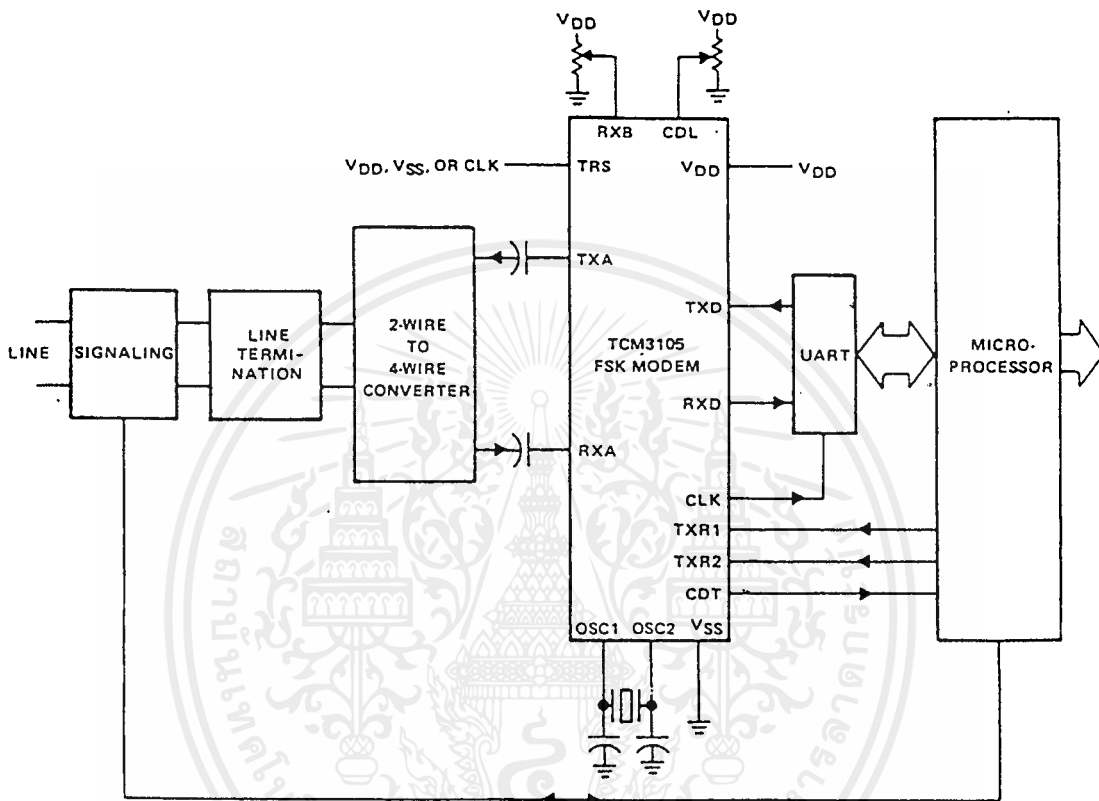


FIGURE 2. TYPICAL SYSTEM CONFIGURATION

TCM3105DWE, TCM3105DWL, TCM3105JE
TCM3105JL, TCM3105NE, TCM3105NL
FSK MODEM

APPLICATION INFORMATION

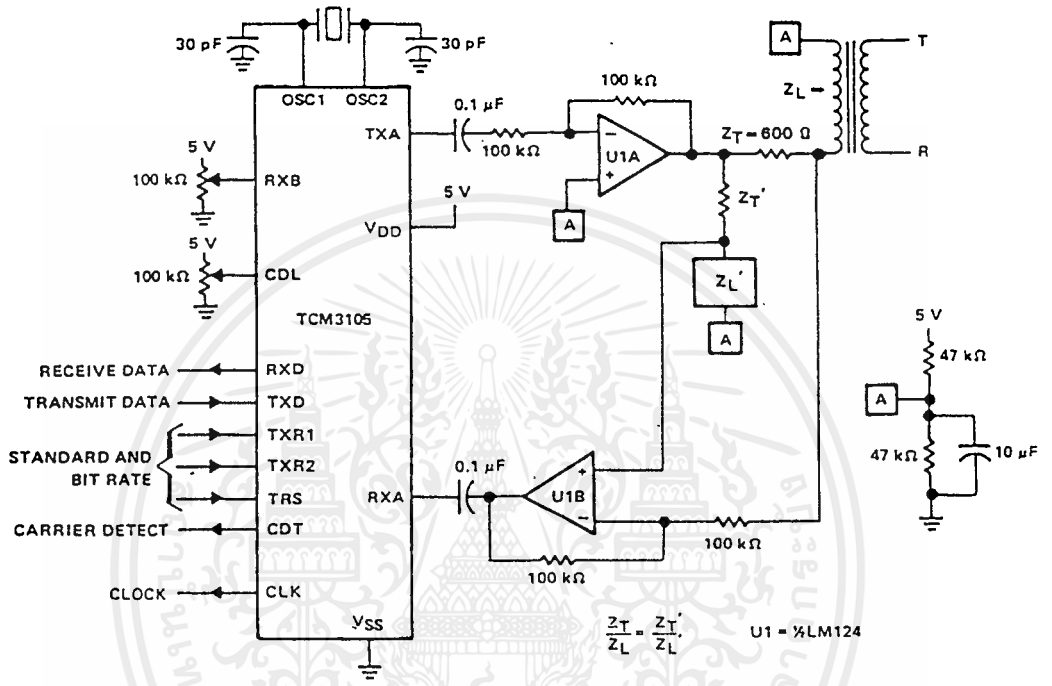


FIGURE 4. SIMPLIFIED TELEPHONE LINE INTERFACE CIRCUIT

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่สามารถที่จะสำเร็จลุล่วงไปได้ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจาก ผศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆด้วยดีตลอดมา และ รศ. สมศักดิ์ มิตะดา อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ให้ ไอซีทีมาใช้ในการทดลอง และคุณกฤษดา ดันศิริเสริญกุล หัวหน้าแผนกเครื่องวัดไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวงวัดเลียบที่ให้ข้อมูลในการทดลอง สุดท้ายขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้เอื้อเฟื้อในเรื่องสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆในการทำโครงการนี้ให้ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี





หนังสืออ้างอิง

1. ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคล , “หลักการระบบสื่อสาร” , หจก. เอช - เอ็นการพิมพ์ , 383 หน้า , 2533
2. ไพโรจน์ ไววนิชกิจ และ กมล เขมะรังษี , “เปิดโลกการสื่อสารไร้สาย” , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น , หน้า 219 , 2539
3. ดร. โอชามู นิชิโนะ , “เครื่องวัดและการวัดทางไฟฟ้า” , สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ , หน้า 62 - 63 , 2519
4. ณรงค์ ขอนตะวัน , “เครื่องวัดไฟฟ้า” , เอราวัณการพิมพ์ , หน้า 137 - 138
5. พิพัฒน์ เลาสงคราม , “ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS- 48 MCS-51” , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 299 หน้า , 2536
6. ธันวา ศรีประมง , “ การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม ” , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร , 739 , 2539
7. ศิววัฒน์ ศิวะบวร , พรชัย จักรธำรงค์ และจิรศักดิ์ ชัยวิริยะกุล , “ การประยุกต์ใช้งานภาษาซี ” , สำนักงานซีเอ็ดดูเคชั่น , 2521
8. สมพันธ์ ชาญศิลป์ , “ ภาษาซี ” , มหาวิทยาลัยขอนแก่น , 2531
9. สุริยัน ศรีสวัสดิ์กุล , “ ระบบการสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ ” , ฟิสิกซ์เซ็นเตอร์ , 208 หน้า
10. Frank R. Dungar , “Electronic Communication System” , Delmar , 1987
11. Kenneth J. Ayala , “ The 8051 Microcontroller” , West Publishing Company , 241 p. 1991
12. Wayne Tomasi , “Advance Electronic Communications System” , Simon & Schuster Company , 414 p. , 1992

