สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย

Wireless Digital Watt Hour Meter

T061341

นายเกื้อกูล ชาตกิตติคุณวงศ์

นายสุธี เหมมาลา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61341
วัน,เดือน,ปี 17 ก.ค. 2549

.b 41595358
.i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย

Wireless Digital Watt Hour Meter

โดย

นายเกื้อกูล ชาตกิตติคุณวงศ์

นายสุธี เหมมาลา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.สมศักดิ์ มิตะถา

อ.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย

Wireless Digital Watt Hour Meter

คณะผู้จัดทำ นายเกื้อกูล ชาตกิตติคุณวงศ์ รหัส 44010041

นายสุธี เหมมาลา รหัส 44010540

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.สมศักดิ์ มิตะถา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย

นายเกื้อกูล ชาตกิตติคุณวงศ์ 44010041
นายสุธี เหมมาลา 44010540
รศ.สมศักดิ์ มิตะถา อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

ทุกวันนี้ยังคงต้องใช้การจดบันทึกที่มิเตอร์ไฟฟ้า โดยต้องอาศัยการอ่านค่าที่เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า จากนั้นนำค่าที่อ่านในเดือนปัจจุบันไปลบกับค่าในเดือนที่อ่านได้ก่อนหน้านี้ จึงจะได้ค่าพลังงานที่ได้ใช้ไปในเดือนนั้น นี่คือวิธีการเก็บค่าไฟฟ้าในปัจจุบัน แต่โครงงานเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย ได้จัดทำขึ้นเพื่อทดลองการจัดเก็บข้อมูลของเครื่องวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านระบบไร้สาย ซึ่งวิธีนี้จะช่วยให้เราสามารถเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้สะดวกขึ้น และยังสามารถรู้ได้ทันทีว่ามีการใช้ไฟฟ้าไปเป็นจำนวนเท่าใดในเดือนนั้น

โครงงานนี้จะประกอบไปด้วยการทำงานสามส่วนด้วยกันคือ ส่วนที่หนึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์วัดพลังงานไฟฟ้าแบบตัวเลข ซึ่งควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และติดตั้งชุดรับ-ส่งข้อมูลโดยใช้ความถี่วิทยุ ส่วนที่สอง จะประกอบด้วย อุปกรณ์เก็บข้อมูลที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และมีหน่วยความจำภายนอกที่ได้ติดตั้งชุดรับ-ส่งข้อมูลโดยใช้ความถี่วิทยุ และอุปกรณ์เก็บข้อมูลนี้สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ทางพอร์ตอนุกรม ส่วนสุดท้ายเป็นโปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า ซึ่งสร้างจากโปรแกรมวิชวลเบสิกส์เวอร์ชัน 6.0 โดยโปรแกรมสามารถติดต่อรับข้อมูลจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มาคิดคำนวณค่าไฟฟ้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Digital Watt Hour Meter

Mr. Kuakoon Chatkittikunwong 44010041
Mr. Sutee Hemmala 44010540
Assoc.Prof. Somsak Mitatha Advisor
Mr. Charoen Vongchumyen Advisor

ABSTRACT

Now, we must read the value of Unit at the Watt Hour Meter and compare the latest value with the old value to find the different Unit. The Different Units become the value of electric energy used in that month. This is the way of collecting data for electric energy unit cost charging. But this Wireless Digital Watt Hour Meter project is designed to test the new way of collecting data via wireless technology. This way will help us for collecting data easier and know at once that how much electric energy unit is used in every month.

This project has three parts. Part one, we designed and built the digital watt hour meter controlled by microcontroller. This meter can communicate with the data logger to sent data via RF devices. Part two, we designed and built the data logger device. This device is controlled by microcontroller so it can record and search the data from the memory. We integrated the RF device for communication with the meter in part one and serial port for communication with program on computer. Part three, we designed and built program computer from Microsoft Visual Basic 6.0 program tool. The Program can receive data from the data logger device form part two and compute the cost charging service from electric energy units.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายๆ ฝ่าย ด้วยกัน บุคคลที่ต้องกล่าวถึงเพราะท่านให้คำแนะนำที่ดีและชี้แนะแนวทางที่ดี ก็คือ รศ.สมศักดิ์ มิตะถา และอาจารย์เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูและสนับสนุนผู้เขียนเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าจึงขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เกื้อกูล ชาตกิตติคุณวงศ์
สุธี เหมมาลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า	4
2.1.1 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ	4
2.1.2 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล	11
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 รุ่น AT89C5X	16
2.2.1 การจัดการขาของ MCS-51	16
2.2.2 โครงสร้างหน่วยความจำของ MCS-51	18
2.2.3 Timer	20
2.2.4 Clocking Source	24
2.3 หลักการสื่อสารข้อมูล	25
2.4 เทคนิคการส่งผ่านข้อมูล	26
บทที่ 3 การคิดค่าไฟฟ้าและคำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง	30
3.1 ประเภทของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า	30
3.2 TOU คืออะไร	33
3.3 คำศัพท์ของการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ควรรู้	34
บทที่ 4 การออกแบบและหลักการทำงาน	35
4.1 การออกแบบและหลักการทำงาน	35
4.2 วงจรเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย	37
4.3 วงจรอุปกรณ์เก็บข้อมูล	41
4.4 วงจรชุดรับ-ส่งข้อมูลด้วยความถี่วิทยุ	44
4.5 โปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า	45
4.5.1 ความสามารถของโปรแกรม	45
4.5.2 Use Case Diagram	46
4.5.3 User Interface ของโปรแกรม	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า 50
บทที่ 5 วิธีการจัดเก็บและการจัดการข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า 68
5.1 ระบบการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 68
5.1.1 การกำหนดพื้นที่ความรับผิดชอบในการเก็บข้อมูล 68
5.1.2 วิธีการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์เก็บข้อมูล 70
5.1.3 การจัดการข้อมูลที่ได้จากเก็บข้อมูล 71
5.2 โพรโตคอลการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เก็บข้อมูลและมิเตอร์ 72
5.2.1 โพรโตคอลที่ใช้ในการค้นหาสัญญาณ 72
5.2.2 โพรโตคอลที่ใช้ในการร้องขอข้อมูล 73
5.3 การออกแบบเฟรมที่ใช้ในการส่งข้อมูล 77
5.3.1 เฟรมเริ่มต้นการติดต่อสื่อสารจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลไปยังมิเตอร์ 77
5.3.2 เฟรมที่ใช้ในการตอบกลับจากมิเตอร์ไปยังอุปกรณ์เก็บข้อมูล 77
5.3.3 เฟรมที่ใช้ในการร้องขอข้อมูลของอุปกรณ์เก็บข้อมูล 78
5.3.4 เฟรมที่ใช้ในการส่งข้อมูลของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 78
5.3.5 เฟรมที่ใช้ในการสิ้นสุดการเชื่อมต่อเมื่อได้รับข้อมูลที่สมบูรณ์ 78
5.4 การยืนยันความถูกต้องของข้อมูล 79
5.4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล 79
5.4.2 การเข้ารหัสและการถอดรหัสข้อมูล 80
5.5 จำลองสถานการณ์เมื่อนำอุปกรณ์ไปใช้งานจริง 81
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง 84
6.1 การทดลองส่วนของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 84
6.2 การทดลองส่วนของชุดรับ – ส่งข้อมูลด้วยความถี่วิทยุ 85
6.3 การทดลองส่วนของอุปกรณ์เก็บข้อมูล 86
6.3.1 ทดลองการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ 86
6.3.2 ทดลองการค้นหาข้อมูลจากหน่วยความจำ 88
6.3.3 ทดลองการติดต่ออุปกรณ์เก็บข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ 90
6.4 การทดลองใช้โปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า 91
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 93
ภาคผนวก ก Schematic
ภาคผนวก ข Semiconductor
บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้าที่

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

รูปที่ 2-1 ตัวอย่างเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 4

รูปที่ 2-2 ส่วนประกอบของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 5

รูปที่ 2-3 โครงสร้างภายในของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส 6

รูปที่ 2-4 วงจรการทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 7

รูปที่ 2-5 หลักการของเครื่องปรับเฟส 8

รูปที่ 2-6 หลักการของเครื่องปรับเฟสขณะโหลดมาก 9

รูปที่ 2-7 หลักการของเครื่องปรับเฟสขณะโหลดน้อย

รูปที่ 2-8 การต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบ 1 เฟส 11

รูปที่ 2-9 การต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบ 3 เฟส 11

รูปที่ 2-10 วงจรคูณสัญญาณ 13

รูปที่ 2-11 หลักการของเครื่องวัดกำลังงานไฟฟ้าโดยใช้ OTA 15

รูปที่ 2-12 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล 15

รูปที่ 2-13 การจัดการขาของ MCS-51 17

รูปที่ 2-14 หน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51 18

รูปที่ 2-15 หน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 19

รูปที่ 2-16 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น Timer 21

รูปที่ 2-17 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าขา 24

รูปที่ 2-18 ส่วนประกอบของการสื่อสารข้อมูล 25

รูปที่ 2-19 การส่งข้อมูลแบบขนาน 26

รูปที่ 2-20 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม 27

รูปที่ 2-21 รูปแบบอักขระสำหรับการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส 28

รูปที่ 2-22 ตัวอย่างรูปแบบการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส 29

บทที่ 4 การออกแบบและหลักการทำงาน

รูปที่ 4-1 Project Overview 35

รูปที่ 4-2 Block Diagram ของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย 36

รูปที่ 4-3 Block Diagram ของอุปกรณ์เก็บข้อมูล 36

รูปที่ 4-4 วงจรวัตต์มิเตอร์ 38

รูปที่ 4-5 วงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน 39

รูปที่ 4-6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของวัตต์มิเตอร์ 40

รูปที่ 4-7 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Master) 42

รูปที่ 4-8 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Slave) 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-9 RF-Module Circuit 44
รูปที่ 4-10 Use Case Diagram ของโปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า 46
รูปที่ 4-11 การรอรับการติดต่อจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลหลังจากกดปุ่มเริ่มรับข้อมูล 50
รูปที่ 4-12 การรับข้อมูลจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลและทำการแสดงข้อมูลที่กำลังได้รับ 51
รูปที่ 4-13 แสดงข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลทั้งหมด 51
รูปที่ 4-14 แสดงหน้าต่างการบันทึกข้อมูลที่กำลังแสดงอยู่ลงบนฐานข้อมูล 52
รูปที่ 4-15 แสดงหน้าต่างเมื่อการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลเสร็จสิ้น 53
รูปที่ 4-16 แสดงหน้าต่างการเลือกรายการข้อมูลที่จะลบทั้งหมด 54
รูปที่ 4-17 แสดงหน้าต่างของข้อมูลที่ถูกลบทั้งหมด 54
รูปที่ 4-18 แสดงหน้าต่างการเลือกรายการข้อมูลที่จะลบแบบเจาะจง 55
รูปที่ 4-19 การเลือกรายการลบข้อมูลทีละแถวโดยการใส่ลำดับที่ต้องการ 56
รูปที่ 4-20 แสดงข้อมูลที่ผู้ใช้เลือกลบเพื่อเป็นการยืนยัน 56
รูปที่ 4-21 แสดงว่ารายการที่เลือกลบไว้ได้ถูกลบออกไป 57
รูปที่ 4-22 แสดงรายการเลือกแก้ไขข้อมูลทีละแถว 58
รูปที่ 4-23 แสดงการเลือกลำดับของข้อมูลที่ต้องการแก้ไข 58
รูปที่ 4-24 แสดงข้อมูลที่แก้ไขและให้ผู้ใช้ทำการยืนยันการแก้ไข 59
รูปที่ 4-25 แสดงข้อมูลที่ผู้ใช้เลือกที่จะแก้ไข 60
รูปที่ 4-26 กดปุ่มบันทึกเมื่อแก้ไขข้อมูลเรียบร้อยแล้ว 60
รูปที่ 4-27 แสดงข้อมูลที่แก้ไขภายหลังจากทำการบันทึก 61
รูปที่ 4-28 แสดงการค้นหาผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยเลขที่มิเตอร์ไฟฟ้า 62
รูปที่ 4-29 แสดงรายการไฟฟ้าที่ผู้ใช้ทำการค้นหา 62
รูปที่ 4-30 แสดงหน้าต่างรายการผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 63
รูปที่ 4-31 แสดงรายการผู้ใช้ไฟฟ้าโดยสามารถเลื่อนดูผู้ใช้ทีละคนได้ตามลำดับ 64
รูปที่ 4-32 แสดงรายการเพิ่มผู้ใช้ไฟฟ้าโดยกรอกเลขมิเตอร์ที่ต้องการจะเพิ่ม 64
รูปที่ 4-33 แสดงข้อความว่ามีข้อมูลได้เพิ่มเข้ามาถูกบันทึกแล้ว 65
รูปที่ 4-34 แสดงข้อความเพื่อขอยืนยันการลบข้อมูล 66
รูปที่ 4-35 แสดงข้อมูลที่จะลบโดยการค้นหาจากเลขที่มิเตอร์ 66
รูปที่ 4-36 แสดงข้อความว่าข้อมูลถูกลบเรียบร้อยแล้ว 67
บทที่ 5 วิธีการจัดเก็บและการจัดการข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
รูปที่ 5-1 Block diagram การเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 68
รูปที่ 5-2 การกำหนดเขตพื้นที่ความรับผิดชอบในการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า 69
รูปที่ 5-3 แสดงการจัดการหน่วยความจำของอุปกรณ์เก็บข้อมูลแต่ละเครื่อง 69
รูปที่ 5-4 Flowchart แสดง ขั้นตอนการทำงานของการเก็บข้อมูล 70
รูปที่ 5-5 การกำหนดพื้นที่ความรับผิดชอบในการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5-6 Block diagram ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์เก็บข้อมูล 72
รูปที่ 5-7 แสดง Protocol ตรวจสอบสัญญาณจากมิเตอร์ก่อนทำการร้องขอข้อมูล 72
รูปที่ 5-8 แสดงโพรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อเพื่อขอข้อมูล
รูปที่ 5-9 การจัดการเมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในขณะที่ทำการติดต่อสื่อสาร 73
รูปที่ 5-10 แสดง Flow char tการทำงานของอุปกรณ์เก็บข้อมูล 74
รูปที่ 5-11 Flow Chart การทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 75
รูปที่ 5-12 วิธีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยวิธี Check sum 76
รูปที่ 5-13 การเริ่มต้นการติดต่อใหม่เมื่อทั้ง 2 ฝั่งรอข้อมูลเกินกว่าเวลา Time out 79
82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

ตารางที่ 2-1 คุณสมบัติต่างๆของ OTA 14

ตารางที่ 2-2 หน้าที่พิเศษของขาต่างๆ ของ Port 3 16

ตารางที่ 2-3 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นTimer 22

ตารางที่ 2-4 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode) 23

ตารางที่ 2-5 การใช้ Timer โหมดต่างๆ 23

ตารางที่ 2-6 ความหมายแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON (Timer Control) 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ที่อยู่อาศัยหรือที่เรียกว่าบ้าน นับได้ว่ามีสำคัญยิ่งต่อเราจะเห็นได้ว่าปัจจุบันการพัฒนาเครื่องใช้ไฟฟ้าตลอดจนระบบอัตโนมัติต่างๆ มาใช้เพื่อให้เกิดความสะดวกสบาย เช่น พัดลม, ตู้เย็น, ประตูเปิดปิดอัตโนมัติ, ระบบแสงสว่างหรือหลอดไฟฟ้า แต่ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ใดก็ตามจะเห็นได้ว่าล้วนต้องใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น

การใช้พลังงานไฟฟ้านับวันยิ่งจะมีปริมาณการใช้ที่มากขึ้นทุกวัน จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า ให้เป็นไปอย่างประหยัดและมีประโยชน์สูงสุด ถ้าเราสามารถรู้ได้ว่าปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้าน ที่มีการใช้ไปเท่าใดแล้ว ทำให้เราวางแผนในการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อควบคุมรายจ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

ในการเก็บค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันของประเทศไทยเรา ยังคงต้องใช้การอ่านค่าด้วยสายตาและจดบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยโครงงานนี้ได้ทำการพัฒนารูปแบบการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ด้วยการประยุกต์ใช้การส่งข้อมูลแบบไร้สายด้วยอุปกรณ์ RF ซึ่งจะทำให้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าสามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายได้ และทำการสร้างตัวรับและเก็บข้อมูลแบบไร้สายเพื่อทำการเก็บข้อมูลที่ได้เพื่อนำไปเก็บและคิดคำนวณด้วยโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

ปัจจุบันการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ของเครื่องวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละตัวยังคงต้องใช้การอ่านค่าด้วยสายตาและจึงทำการจดบันทึกค่า จากนั้นจึงนำค่าไปทำการคิดเงินค่าใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบันแล้ว วิธีการเช่นนี้ถือว่าไม่สะดวกและถือเป็นการสูญเสียเวลาอันมีค่าในการทำงานได้

โครงงานนี้ได้คิดกระบวนการในการจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและคิดเงินค่าไฟฟ้า โดยผู้เก็บข้อมูลไม่ต้องทำการอ่านค่าและจดบันทึก เพียงแต่มีอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่สามารถติดต่อสื่อสารกับเครื่องวัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยให้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าส่งข้อมูลการใช้พลังงงานไฟฟ้ามายังอุปกรณ์เก็บข้อมูลและทำการบันทึกข้อมูลที่ได้รับมาลงในหน่วยความจำของเครื่องได้ทันที ซึ่งเป็นการเพิ่มความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลและการนำข้อมูลไปใช้งานได้

ทุกวันนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญในงานทางด้านการควบคุมและ ติดต่อสื่อสารรับ-ส่งข้อมูล ของอุปกรณ์ต่างๆเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปัจจุบันถูกพัฒนาความสามารถเพิ่มขึ้นไปอย่างมาก ซึ่งในโครงงานนี้จึงได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการศึกษาก็เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูล ที่สามารถตอบสนองความต้องการดังที่กล่าวไปแล้วได้ ดังนี้

1.2.1 ออกแบบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าและอุปกรณ์เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวควบคุมการทำงาน และสามารถแสดงผลการทำงานต่างๆ ทางจอ LCD ได้

1.2.2 ศึกษาการรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย โดยใช้การรับ-ส่งข้อมูลผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ซึ่งปัจจุบันอุปกรณ์สื่อสารไร้สายต่างๆ ล้วนแต่ใช้ความคลื่นความถี่วิทยุ

1.2.3 ศึกษาการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นศูนย์กลางในการทำงาน

1.3 ขั้นตอนในการทำงาน

1.3.1 ออกแบบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่แสดงผลแบบตัวเลข มีการแสดงผลทาง LCD โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ควบคุมการทำงาน, การรับและส่งข้อมูลด้วยอุปกรณ์ RF

1.3.2 ออกแบบเครื่องเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย โดยจะรับค่าจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่อง และอุปกรณ์นี้สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ทาง Serial Port ได้

1.3.3 ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณค่าใช้จ่ายของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแต่ละตัว โดยจะคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามอัตราที่การไฟฟ้าได้กำหนดไว้ในประเภทผู้ใช้แบบที่ 1 (ผู้อยู่อาศัยตามบ้านเรือน)

1.3.4 สร้างอุปกรณ์และเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการทำงานของอุปกรณ์

1.3.5 ทดสอบ แก้ไขปรับแต่งการทำงานของอุปกรณ์ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้

1.3.6 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.สร้างอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดค่าพลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยสามารถคำนวณและแสดงค่าของการใช้พลังงานไฟฟ้าสะสม (Unit) จนถึงเวลาปัจจุบันและสามารถเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของสิ้นเดือนล่าสุดไว้ในหน่วยความจำ

2.สร้างอุปกรณ์ ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่อง วัดพลังงานไฟฟ้าหลายๆ ตัว ซึ่งสามารถให้ผู้ใช้งานกระทำการกับข้อมูลตามที่ผู้ใช้ต้องการได้ เช่น การบันทึก การเรียกดู การแก้ไขข้อมูล การเรียกเก็บข้อมูลที่ได้รับเข้ามาจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟาเข้าไปยังหน่วยความจำของอุปกรณ์ และการส่งข้อมูลที่เก็บไว้ออกสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้

3. สร้างระบบ การส่งข้อมูลด้วยวิธีการแบบไร้สายโดยใช้คลื่นวิทยุ เพื่อให้อุปกรณ์เก็บข้อมูลสามารถนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและข้อมูลที่เป็นรายละเอียดต่างๆ ที่จำเป็นต่อระบบการจัดการค่าไฟฟ้าจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่รับข้อมูลมาจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลหลายอุปกรณ์แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลผลเพื่อทำการคำนวณค่าไฟฟ้ารายละเอียดของการใช้ไฟฟ้าและทำการจัดเก็บลงในฐานข้อมูลเพื่อบันทึกเป็นข้อมูลสถิติต่อไป

5. เสนอวิธีการนำโครงงานนี้ไปประยุกต์ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

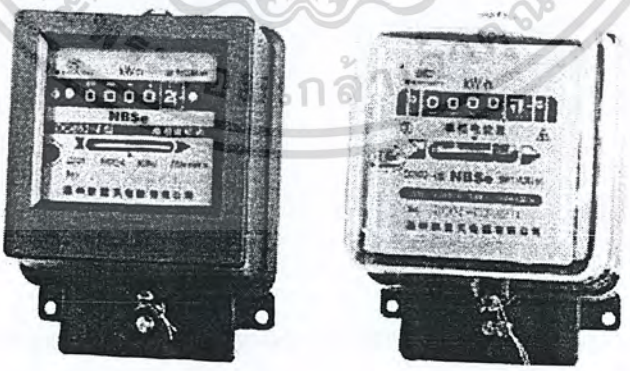
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

เครื่องวัดงานไฟฟ้า หรือเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า เป็นเครื่องมือวัดปริมาณงานทางไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้า มีชื่อเรียกว่า Kilowatt-Hour Meter นั่นคือวัดค่าของกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาที่กำหนด มีหน่วยของการวัดคือ ยูนิต (Unit) เพราะว่า 1 ยูนิต = 1P.t เมื่อ P คือวัตต์ และ t คือชั่วโมง เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ามีหลายชนิดเนื่องจากมีโครงสร้างภายใน และหลักการทำงานที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบอิเล็กโตรไลติก ใช้วัดพลังงานไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบกระแสตรงเท่านั้น และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบมอเตอร์ (Motor Meter) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ แบบเมอร์คิวร์มิเตอร์ วัดได้เฉพาะงานไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น แบบเหนี่ยวนำ วัดได้เฉพาะวงจรไฟฟ้าแบบสลับเท่านั้น และสุดท้ายแบบคอมมิวเตเตอร์มอเตอร์ วัดงานไฟฟ้าได้ทั้งแบบวงจรไฟตรงและวงจรไฟสลับ สำหรับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่นิยมใช้เพื่อวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ซื้อไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคของประเทศไทยนั้น จะใช้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

2.1.1 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ จัดเป็นเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กันแพร่หลายมาก เครื่องวัดชนิดนี้มีอุปกรณ์ขับเคลื่อนที่มีหลักการเช่นเดียวกันกับในวัตต์มิเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนปริมาณไฟฟ้าให้เป็นค่าที่วัดได้ โดยอาศัยจานหมุนที่กำหนดเป็นปฏิภาคกับพลังงาน และติดเฟืองทดแบบตัวหนอนเข้ากับแกนหมุนของจาน เพื่อให้ไปหมุนเข็มชี้หรือตัวเลข เพื่อบ่งบอกปริมาณของพลังงานที่วัดออกมาเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง



รูปที่ 2-1ตัวอย่าง เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

1. ฝาครอบหน้า เป็นฝาครอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า ทำด้วยกระจกใสหรือพลาสติกใสที่ทนความร้อนได้สูง และกันน้ำได้

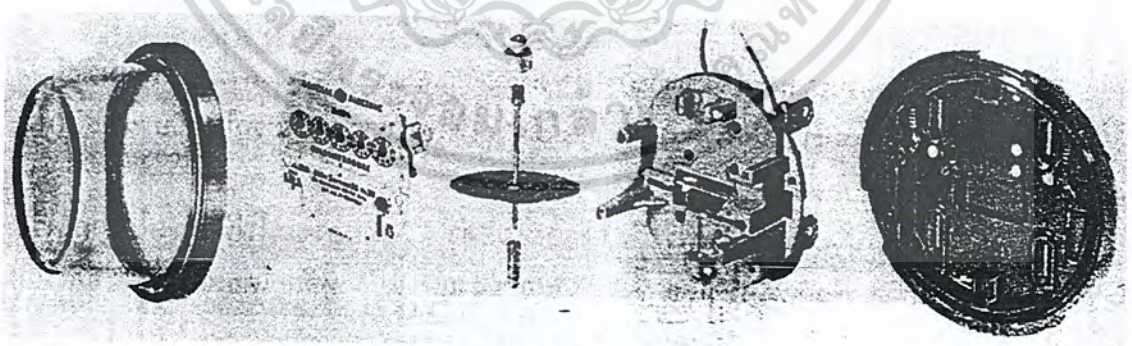
2. ชุดบอกปริมาณพลังงานไฟฟ้า คือชุดแสดงผลค่า kWh ของงานไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องมือวัด อาจแสดงผลด้วยเข็มชี้หรือตัวเลข ซึ่งแสดงผลได้ตั้งแต่ 4-6 หลัก โดยหลักต่ำสุด คือ หลักหน่วย

3. จานหมุนเพลา และแบริ่ง จานหมุนจะยึดติดกับเพลาซึ่งด้านบนยึดด้วยตัวรองรับแม่เหล็ก และด้านล่างยึดด้วยแบริ่ง จานหมุนจะหมุนไปตามสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากชุดแม่เหล็กและมีเฟืองต่อจากเพลาไปหมุนชุดบอกปริมาณงานไฟฟ้าเพื่อแสดงผลค่า kWh ที่วัดได้

4. ชุดแม่เหล็ก เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจะมีแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ชุด เกิดจากขดลวดกระแสไฟฟ้า 1 ชุด และขดลวดแรงดันไฟฟ้า 1 ชุด ดังนั้นสนามแม่เหล็กที่เกิดเพื่อบังคับให้จานหมุนนั้นหมุนไปได้ จะเป็นผลจากค่าแรงดันและกระแสโหลดที่ผ่านขดลวดทั้งสองโดยตรง

5. ฝาครอบหลัง เป็นฝาครอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าทำด้วยวัสดุพลาสติกหรือเอบีเอส เป็นฉนวนที่ดี เยี่ยมและกันน้ำได้ และทนแรงดันไฟฟ้าได้สูง

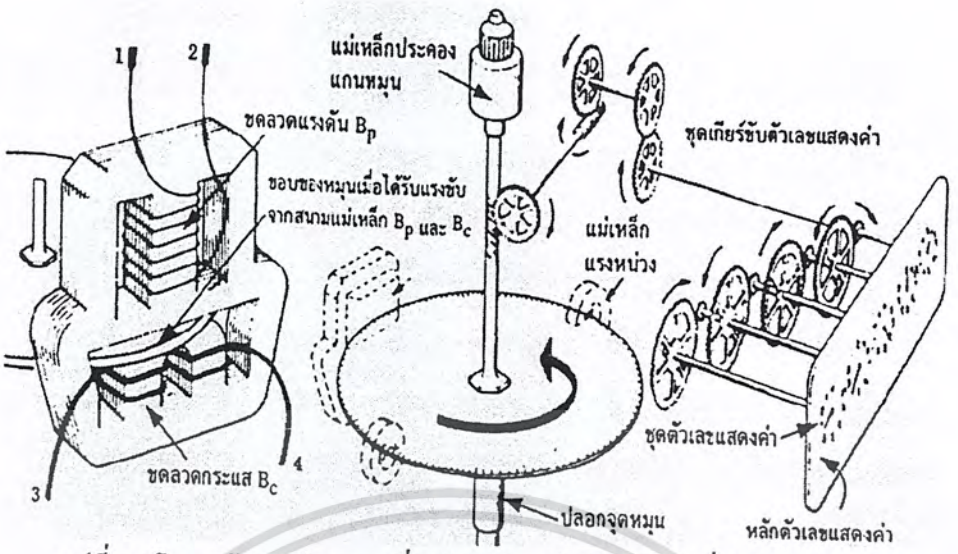
ส่วนประกอบภายนอก



ฝาครอบหน้า *ชุดบอกปริมาณพลังงานไฟฟ้า* *จานหมุนเพลาและแบริ่ง* *ชุดแม่เหล็ก* *ฝาครอบหลัง*

รูปที่ 2-2 ส่วนประกอบของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-3 โครงสร้างภายในของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส

หลักการทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ เป็นเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมาก เครื่องวัดชนิดนี้มีอุปกรณ์ขับเคลื่อน ที่มีหลักการเช่นเดียวกันกับในวัตต์มิเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ ดังแสดงรูปที่ 2-4 ก. ซึ่งมี C_p เป็นแกนเหล็กสำหรับแรงดัน W_p เป็นขดลวดสำหรับแรงดัน C_c เป็นแกนหล็กสำหรับกระแส และ W_c เป็นขดลวดสำหรับกระแส กระแส I ที่ไหลผ่าน W_c จะทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็ก $\phi_1 W_p$ มีจำนวนรอบมากพอที่จะถือได้ว่าเป็นอินดัคแตนซ์บริสุทธิ์ กระแส I_p ที่ไหลผ่าน W_p จึงล้าหลังแรงดันที่ V ที่โหลดอยู่ 90 องศาและทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็ก ϕ_2 ซึ่งความสัมพันธ์เหล่านี้แสดงไว้เป็นปฏิภาคกับกำลังที่โหลดขึ้นแก่จานหมุนอลูมิเนียม D สมมุติว่าจานหมุน D หมุน โดยแรงบิดขับนี้ด้วยอัตราเร็วของการหมุน n จานหมุน D จะหมุนตัดฟลักซ์แม่เหล็ก ϕ_m ของแม่เหล็กถาวร และมีกระแส I เกิดขึ้นในเนื้อจานบริเวณนั้นอย่างเป็นปฏิภาคกับ $n\phi_m$ ขณะเดียวกัน กระแสวนเวียนนี้ก็ตัดฟลักซ์ ϕ_m ด้วยจึงเกิดแรงบิดหน่วง T_d ขึ้นแก่จาน D โดยเป็นปฏิภาคกับ $n\phi_m$ ถ้าหากว่า T_D และ T_d ได้ดุลกันเราจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

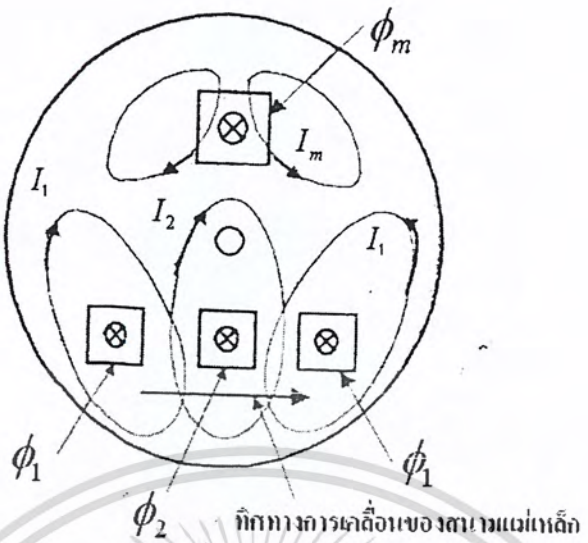
$$k_d VI\cos\phi = k_m n\phi_m^{\,2}$$

หรือ

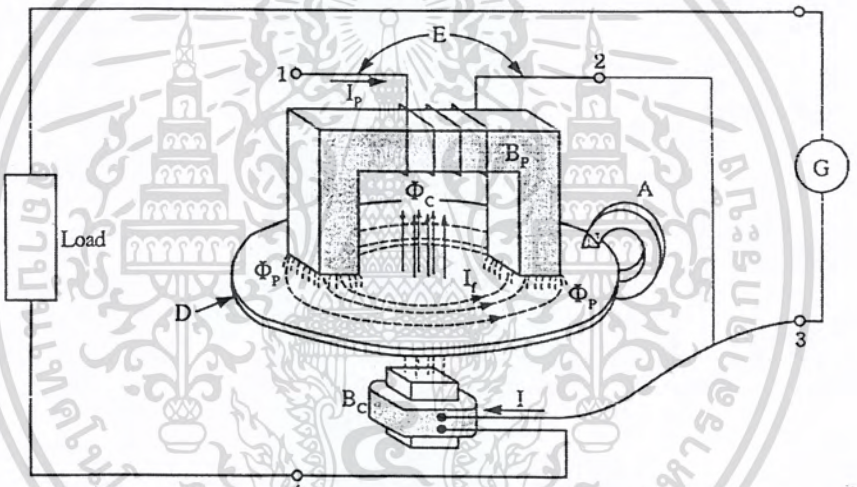
$$n = \frac{k_d VI\cos\phi}{k_m \phi_m^{\,2}}$$

ซึ่งแสดงว่าอัตราเร็วของการหมุนของจาน D เป็นปฏิภาคกับกำลังที่โหลด $VI\cos\phi$ ดังนั้นจำนวนรอบ n ที่จานหมุนไปในช่วงเวลาที่กำหนดช่วงหนึ่ง จึงเป็นปฏิภาคกับพลังงานที่ต้องการวัดในช่วงเวลานั้น โดยการติดเฟืองแบบตัวหนอน (Worm Gear) เข้ากับแกนหมุนของจาน เพื่อให้ไปหมุนเข็มชี้หรือล้อตัวเลข [1], [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.

รูปที่ 2-4 วงจรการทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

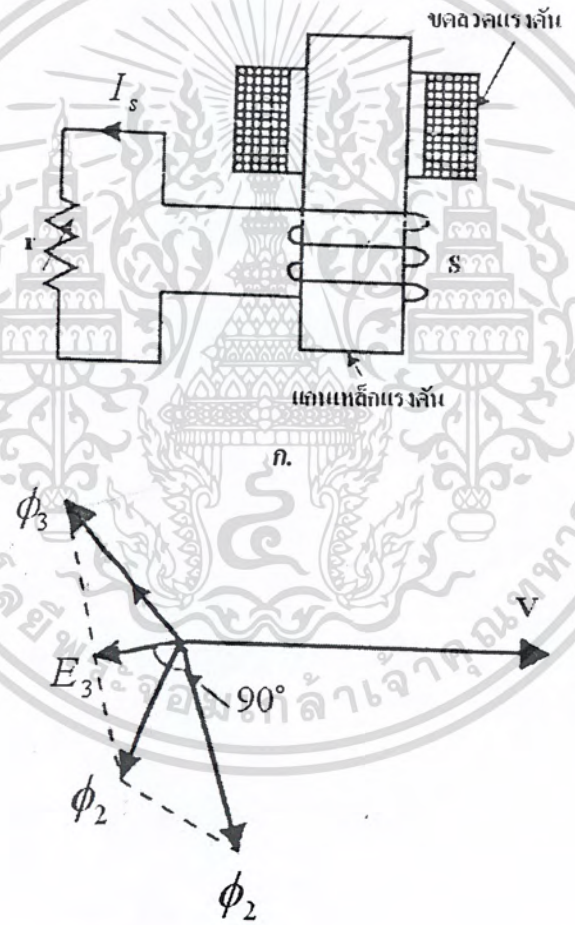
พิจารณาจาก รูปที่ 2-4 ข. วงจรการต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ากับโหลด โดยต่อขดลวดแรงดันไฟฟ้าขั้วที่ 1-2 ขนานกับ โหลดเพื่อวัดแรงดันคร่อมโหลดเป็นผลให้เส้นแรงแม่เหล็กส่วนแรก (ϕ_p) แปรผันโดยตรงกับแรงดันคร่อมโหลด และต่อขดลวดกระแสไฟฟ้าขั้วที่ 3-4 อนุกรมกับโหลด เป็นผลให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กส่วนที่สอง (ϕ_c) แปรผันโดยตรงกับกระแสผ่านโหลด และเมื่อ ϕ_p และ ϕ_c ผ่านจานหมุนจะทำให้เกิดกระแสไหลวน (I_f) ไหลอยู่บนจานหมุน ทำให้เกิดทอร์กหมุนจานไปในทิศทางเดียวกันกับกระแสไหลวน ซึ่งความเร็วของจานหมุนขึ้นอยู่กับผลคูณของแรงดันโหลดและกระแสโหลด อย่างไรก็ตามหากความเร็วของจานหมุนเร็วกว่าปกติสามารถบังคับให้ช้าลงได้โดยใช้แม่เหล็กถาวรที่ใช้เบรก (Breaking Magnet) คือแม่เหล็ก A ในรูปที่ 2-4 ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคลาดเคลื่อนและการชดเชย

เครื่องปรับเฟส

เพื่อที่จะให้แรงบิดขับที่เกิดแก่จานหมุน เป็นปฏิภาคกำลังของโหลด จำเป็นจะต้องทำให้ ϕ_2 ล้าหลัง V อยู่ 90องศา แต่ในทางปฏิบัติ มุมระหว่างเฟสนี้จะน้อยกว่า 90 องศาเสมอ เนื่องจากมีความต้านทานและการสูญเสียกำลังในเหล็กของขดลวดสำหรับแรงดัน W_p เพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนนี้ จึงต้องมีเครื่องปรับเฟสประกอบอยู่กับแกนเหล็กสำหรับแรงดัน เครื่องปรับเฟสนี้ประกอบด้วยขดลวด S ซึ่งพันไว้หลายๆ รอบบนแกนสำหรับแรงดันแล้วต่อปลายทั้งสองเข้ากับความต้านทาน r ดังแสดงในรูปที่ 2-5 ในรูปจะเห็นว่ามีกระแส I_s ไหลเนื่องจากฟลักซ์ ϕ_2(ซึ่งเป็นฟลักซ์ก่อนที่จะมีการปรับเฟส) ทำให้เกิดฟลักซ์ ϕ_s ขึ้น ซึ่งเมื่อรวมกับ ϕ_2 แล้วจะได้ผลรวมเป็น ϕ'_2 ที่สามารถปรับให้ล้าหลัง V เป็นมุม 90 องศาได้ [1], [2]



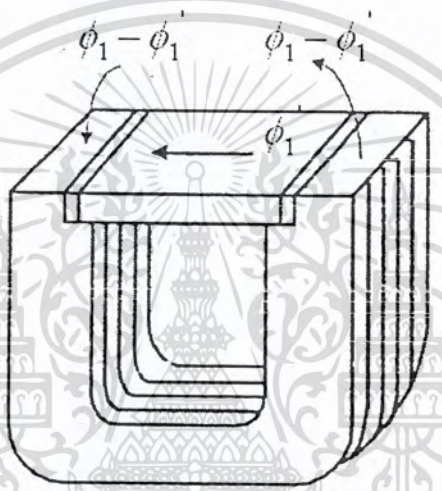
รูปที่ 2-5หลักการของเครื่องปรับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องปรับขณะโหลดมาก

ในขณะที่จานหมุน นอกจากมันจะตัด ϕ_m แล้วยังตัด ϕ_1 และ ϕ_2 อีกด้วยซึ่งจะทำให้เกิดแรงบิด $k_1 n\phi_1^{\,2}$ และ $k_2 n\phi^2{}_2$ ตามลำดับ แรงบิดเหล่านี้เกิดขึ้นในทิศทางที่ต้านอาการหมุนของจาน ซึ่งมีผลทำให้มีความคลาดเคลื่อนในทางลบเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มค่า ϕ_1 หรือ ϕ_2 ในระบบไฟฟ้ากำลังที่เราใช้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้านี้อยู่ แรงดันคร่อมโหลดมักจะมีค่าเกือบคงที่ ซึ่งทำให้ ϕ_2 มีค่าเกือบคงที่ด้วย กระแสที่ไหลผ่านโหลดจะเปลี่ยนแปลงได้มากทำให้ ϕ_1 เปลี่ยนไปมาก ดังนั้นในกรณีที่มีโหลดมากๆ จะเกิดความคลาดเคลื่อนในทางลบขึ้นเนื่องจาก $k_1 n\phi_1^{\,2}$

เพื่อที่จะลดความคลาดเคลื่อนนี้ จึงต้องทำให้ ϕ_1 มีค่าน้อย ϕ_2 มีค่ามาก และ n มีค่าน้อย นอกจากนั้นยังต้องมีชันท์แม่เหล็กประกอบไว้ในแกนสำหรับกระแสอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2-6



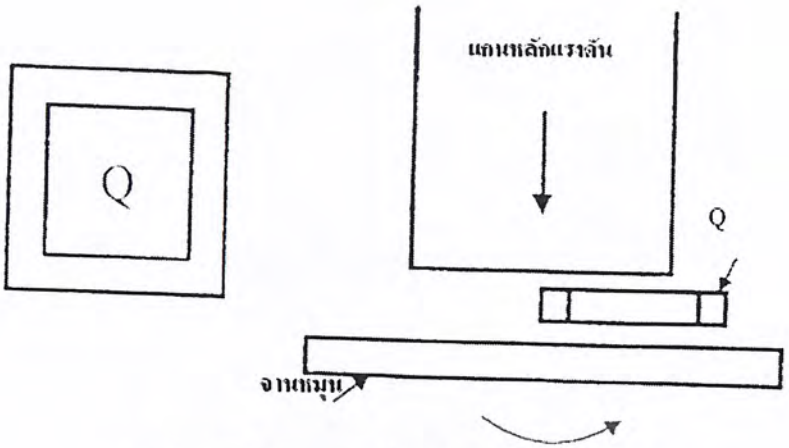
รูปที่ 2-6 หลักการของเครื่องปรับฟลขณะโหลดมาก

เมื่อกระแสโหลด I หรืออีกนัยหนึ่ง ϕ_1 มีค่าน้อย ชันท์แม่เหล็กจะยอมให้ฟลักซ์ ϕ_1' ซึ่งเป็นเศษส่วนของ ϕ_1 ไหลผ่าน ดังนั้นฟลักซ์อีกนัยหนึ่งซึ่งเกิดจากขดลวดสำหรับกระแสที่ตัดกับจาน D จะลดลงจาก ϕ_1 เป็น $\phi_1 - \phi_1'$ อย่างไรก็ตามเมื่อ I เพิ่มขึ้น ϕ_1' จะเพิ่มขึ้นเป็น ϕ_{1m}' และแล้วชันท์แม่เหล็กก็จะถึงจุดอิ่มตัว และไม่ยอมให้ฟลักซ์ผ่านเพิ่มได้อีก ด้วยเหตุนี้ที่โหลดมากๆ ฟลักซ์แม่เหล็กอันเนื่องมาจากกระแสโหลดที่ตัดกับจานหมุน หรืออีกนัยหนึ่งหมายถึงแรงบิดขับ จะเพิ่มขึ้นมากกว่าการเป็นปฏิภาคกับ I ซึ่งเป็นการชดเชยความคลาดเคลื่อนในขณะที่โหลดมากๆ [1], [2]

2. เครื่องปรับขณะโหลดน้อย

ในขณะที่จานหมุน D หมุนแรงบิดอันเนื่องจากความฝืดจะเกิดขึ้น และมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการลบ ความคลาดเคลื่อนนี้มีความสำคัญที่โหลดเบาๆ คือที่กระแสโหลดมีค่าน้อย เพื่อชดเชยความคลาดเคลื่อนนี้ จึงต้องติดเครื่องปรับขณะโหลดน้อย ดังแสดงในรูปที่ 2-7 ที่แสดงในรูปเป็นห่วงทองแดงลดวงจร ที่ใส่ไว้ในระหว่างแกนแรงดันกับจานหมุน ในตำแหน่งที่เยื้องออกไปตามทิศทางของการหมุนเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-7 หลักการของเครื่องปรับเฟสขณะโหลดน้อย

โดยการทำเช่นนี้ ฟลักซ์เนื่องจากแรงดัน ϕ_2 ส่วนที่ผ่านห่วงลัดวงจรลงไป จะล้าหลังส่วนที่ไม่ผ่านห่วง ดังนั้น จะเกิดปรากฏการณ์เหมือนกับว่า ขั้วแม่เหล็กของแกนแรงดันได้เคลื่อนตัวไปตามทางที่จานหมุน และมีผลทำให้เกิดแรงบิดขึ้นในทิศทางตามอาการหมุนของจาน โดยการปรับตำแหน่งของห่วงลัดวงจรนี้ให้พอเหมาะ เราก็จะสามารถลบล้างแรงบิดอันเนื่องมาจากความฝืดนั้นได้ [1], [2]

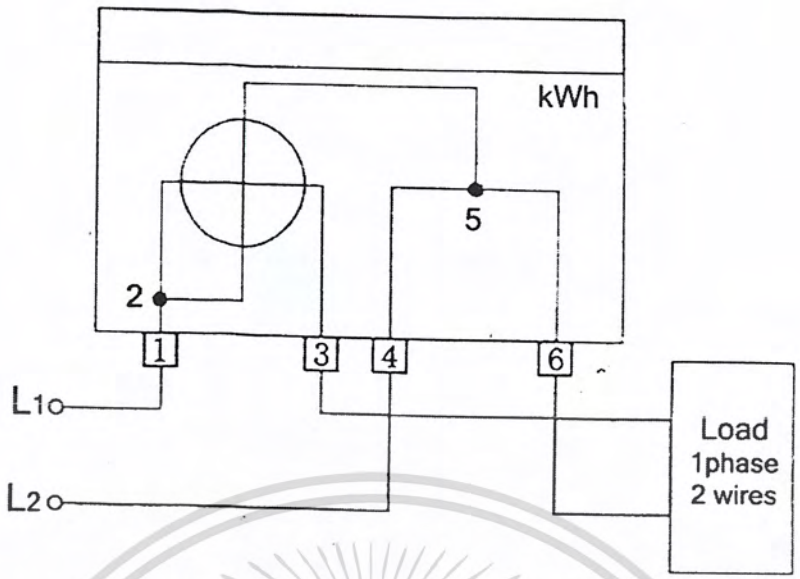
3. เครื่องปรับแรงเฉื่อนไถล

เมื่อติดตั้งเครื่องปรับขณะโหลดน้อยเข้าไปแล้ว จานอาจจะเกิดอาการหมุนในขณะที่ไม่มีโหลด โดยมีแต่แรงดันที่ขดลวดแรงดันเพียงอย่างเดียว ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า การเลื่อนไถล และเพื่อป้องกันอาการนี้ เขาจึงเจาะรูเอาไว้บนจานหมุน เมื่อรูนี้หมุนมาอยู่อยู่ภายใต้แกนแรงดัน ทางไหลบางส่วนของกระแสวนเวียนจะถูกตัดขาดซึ่งทำให้แรงบิดในขณะโหลดน้อยลดลงไปที่นี้ จึงทำให้จานหยุดหมุนที่ตำแหน่งนี้ [1], [2]

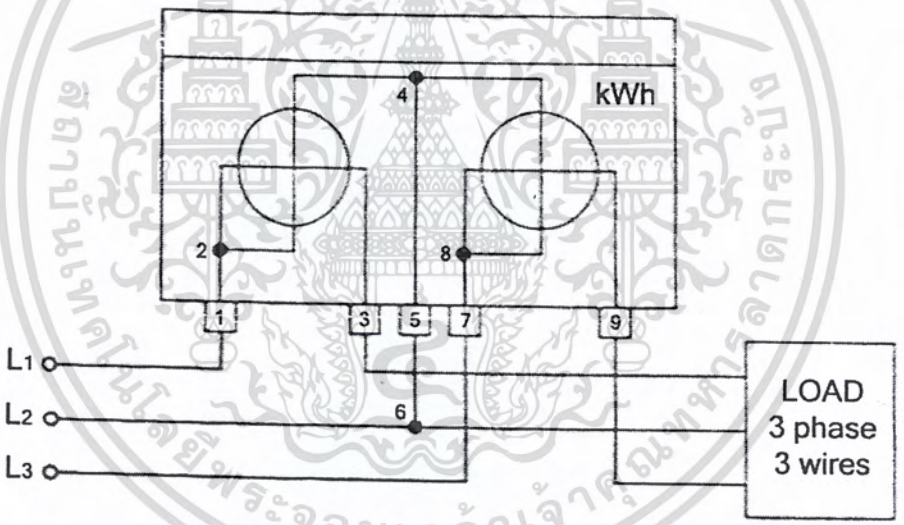
การต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

การต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส มีวจรการต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันดังนี้ กล่าวคือ เครื่องวัดงานไฟฟ้า 1 เฟส สองสายจะมีจานหมุนสำหรับขับชุดบอกปริมาณไฟฟ้าเพียงจานเดียว ต่อวงจรดังรูปที่ 2-8 และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย จะมีจานหมุนสำหรับชุดบอกปริมาณไฟฟ้าสองจาน ต่อวงจรสำหรับการวัดดังรูปที่ 2-9 และเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย จะมีจานหมุนชุดบอกปริมาณไฟฟ้าสามชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-8 การต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบ 1 เฟส



รูปที่ 2-9 การต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบ 3 เฟส

2.1.2 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าชนิดขึ้นตัวเลข หรือเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล

เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าชนิดขึ้นตัวเลข เป็นเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่จะแสดงค่าที่วัดได้ออกมาในรูปตัวเลข การใช้เครื่องวัดชนิดตัวเลขนี้ ความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าจะถูกขจัดออกไปด้วยการแสดงค่าที่วัดได้ออกมาเป็นตัวเลขโดยตรงและแบ่งจุดทศนิยมได้โดยอัตโนมัติเพื่อทำให้การวัด ทำได้สะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์ที่เราต้องการวัดส่วนมากนั้นจะเปลี่ยนแปลงค่าต่อเนื่องกันไปตลอดเวลาหรือแอนาลอก ซึ่งถ้าจะใช้เครื่องวัดชนิดขึ้นตัวเลขกับปรากฏการณ์เหล่านี้แล้ว เราจะต้องทำการแปลงปรากฏการณ์เหล่านั้นให้เป็นปริมาณรูปตัวเลข ณ ที่ใดที่หนึ่งเสียก่อน อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการนี้เรียกว่าเครื่องแปลงปริมาณแอนาลอก – ดิจิตอล (Analog to Digital Converter หรือ ADC) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของเครื่องวัดชนิดขึ้นตัวเลข

การออกแบบมีเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล สามารถทำได้ด้วยการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยอาศัยวงจรคูณสัญญาณ ซึ่งการออกแบบที่ง่ายที่สุด คือ การออกแบบวงจรคูณโดยใช้ OTA (Operational Transconductance Amplifier)

ทฤษฎีของการคูณสัญญาณ

วงจรคูณสัญญาณแบบแอนาลอก (Analog Multipliers) เป็นวงจรซึ่งประกอบด้วยออปแอมป์และอุปกรณ์ร่วมอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบันสามารถหาได้โดยทั่วไป ทั้งที่ทำเป็นไอซีสำเร็จรูปเดี่ยวๆ หรือ เป็นส่วนหนึ่งของไอซีใช้งาน วงจรคูณสัญญาณนี้ มีประโยชน์ในการนำไปใช้งานมากดังจะเห็นได้จากปัจจุบัน ได้มีการนำเอาไปประยุกต์ใช้งานกันมากเช่น

1.ดัดแปลงเป็นวงจรวัดกำลังงาน

2. ทำเป็นตัวเพิ่มความถี่สัญญาณต่างๆ ขึ้นเป็นสองเท่า และใช้เป็นวงจรเลื่อนความถี่

3. ใช้ดัดแปลงเป็นวงจรวัดค่าความต่างเฟส ระหว่างสัญญาณสองสัญญาณที่มีความถี่เท่ากัน

4. ใช้ในการคูณสัญญาณทั้งสองเข้าด้วยกัน

5. ทำเป็นวงจรหารสัญญาณ

6. ใช้ในการหาค่ารากที่สอง ของสัญญาณบางชนิด

7. ดัดแปลงเป็นวงจรยกกำลังสองของสัญญาณต่างๆ ทั้งที่เป็นไฟกระแสตรงและไฟกระแสสลับ

เราสามารถแสดงแบบจำลองของวงจรคูณสัญญาณได้ดังรูปที่ 2-10 ก. จากรูปมีอินพุตสองขาคือ X และ Y ซึ่งจะนำสัญญาณทั้งสองมาคูณกัน ที่ขาอินพุตแต่ละขา จะมีค่าความต้านทานอินพุต (Input Resistance) ประมาณตั้งแต่ 10 กิโลโอห์มขึ้นไปมีเอาต์พุตหนึ่งขา โดยที่แรงดันเอาต์พุตนี้มีค่าเท่ากับผลคูณของอินพุตทั้งสองขาหารด้วยค่าสเกลแฟกเตอร์ (Scale Factor)

ค่าสเกลแฟกเตอร์

จากแบบจำลองวงจรคูณสัญญาณที่แสดงดังในรูปที่ 2-10 ข. เห็นได้ว่ามีเครื่องหมายคูณ (X) ปรากฏอยู่ในกรอบสี่เหลี่ยม ซึ่งหมายถึงเป็นตัวคูณสัญญาณนั่นเอง นอกจากแบบจำลองนี้แล้ว อาจแสดงเป็นแบบอื่นๆ ได้ ดังเช่นในรูปที่ 2-4 ข. เป็นแบบจำลองซึ่งประกอบด้วยอินพุตสองข้างคือ x และ y เช่นเดียวกับแบบแรก และมีสมการของแรงดันเอาต์พุต V_0 ในเทอมทั่วไปคือ

$$V_0 = kxy$$

เมื่อ x และ y คือสัญญาณอินพุตของแต่ละข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคงที่ k ในสมการนี้เรียกว่า สเกลแฟกเตอร์ โดยปกติมักกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1/10 เนื่องจากในการออกแบบสร้างวงจรคูณสัญญาณ มักจะออกแบบให้สามารถใช้ไฟเลี้ยงเพียงชุดเดียวได้ คือ ± 15 โวลต์ และเพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุด ค่าของแรงดันที่ใช้งานทางอินพุตทั้ง x และ y ที่ไฟเลี้ยงขนาดนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วง ± 10 โวลต์ ถ้ากำหนดให้ k มีค่าเท่ากับ 1/10 ก็จะทำให้ เอาต์พุตมีค่าในช่วง ± 10 โวลต์เช่นกัน ซึ่งก็นับว่าเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด อาจแสดงค่าต่างๆ ในรูปของสมการได้คือ กำหนดให้ x = 10 โวลต์ y = 10 โวลต์

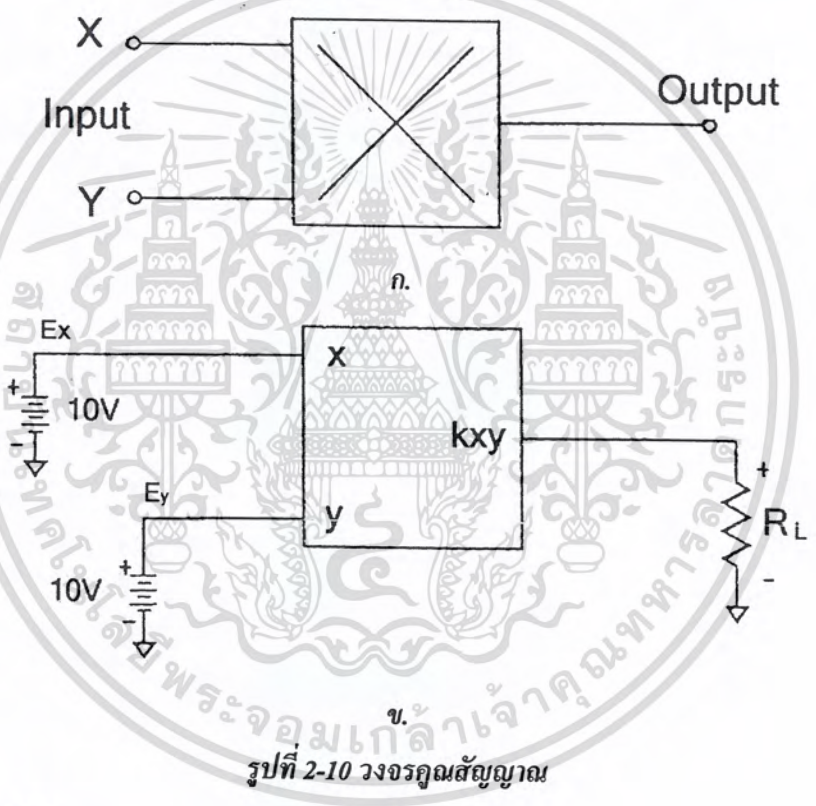
จาก $V_0 = kxy = k(10)(10)$

แทน $k = 1/10$

จะได้ $V_0 = 10\ V$

จะเห็นได้ว่าค่าอินพุตทั้งสอง (x และ y) และเอาต์พุตมีค่าเท่ากันหมดคือ 10 โวลต์ สรุปได้ว่า

$$V_0 = XY/10 = E_x E_y/10$$



รูปที่ 2-10 วงจรคูณสัญญาณ

หลักการของ OTA

งาน OTA แตกต่างจากออปแอมป์ธรรมดาที่ใช้งานทั่วไปคือ ออปแอมป์ทั่วไปจะทำงานกับสัญญาณอินพุตที่เป็นแรงดันเพราะอิมพิแดนซ์สูง สัญญาณเอาต์พุตคือ ปริมาณแรงดันที่เป็นผลคูณระหว่างอัตราการขยายกับแรงดันอินพุต ส่วน OTA มีอินพุตแบบเดียวกับออปแอมป์ธรรมดา แต่ให้เอาต์พุตในรูปของกระแส ดังนั้นอัตราการขยายแรงดัน แต่เรียกชื่อใหม่ว่า ความนำร่วม (Forward Transconductance -gm) ซึ่งมีหน่วยเป็น mA/v การทำ OTA ไปใช้งานเหมือนกับออปแอมป์ทั่วไป ต้องนำความต้านที่มีค่าเหมาะสมมาต่อที่เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสที่ OTA ใช้ไปทั้งหมด จะมีค่าเป็นสองเท่าของกระแสไบแอส บางครั้งมีค่าเพียง 0.1 ไมโครแอมป์ เท่านั้น คุณสมบัติของ OTA แสดงดังตารางที่ 2-1

คุณสมบัติ	ข้อจำกัด
ย่านแหล่งจ่ายแรงดันที่ใช้งาน	+4 โวลต์ ถึง +30 โวลต์ หรือ ± 2 โวลต์ ถึง ± 15 โวลต์
แรงดันที่อินพุตของวงจรขยายความแตกต่าง	สูงสุด ± 15 โวลต์
กำลังงานสูญเสีย	สูงสุด 125 มิลลิวัตต์
กระแสของสัญญาณอินพุต	สูงสุด 1 มิลลิแอมป์
กระแสไบแอสของวงจร	สูงสุด 2 มิลลิแอมป์
ช่วงเวลาที่เอาต์พุตลัดวงจรโดยไม่เสียหาย	ไม่จำกัด
ค่าความนำร่วม (gm)	9500 ไมโครซีเมนส์
ความกว้างของแถบความถี่เมื่อหลูปเปิด	2 เมกะเฮิรตซ์
สลูว์เรตเมื่ออัตราขยายเท่ากับหนึ่ง	50 โวลต์/ไมโครวินาที
อัตราลดทอนสัญญาณโหมดร่วม(CMRR)	110 เดซิเบล

ตารางที่ 2-1 คุณสมบัติต่างๆของ OTA

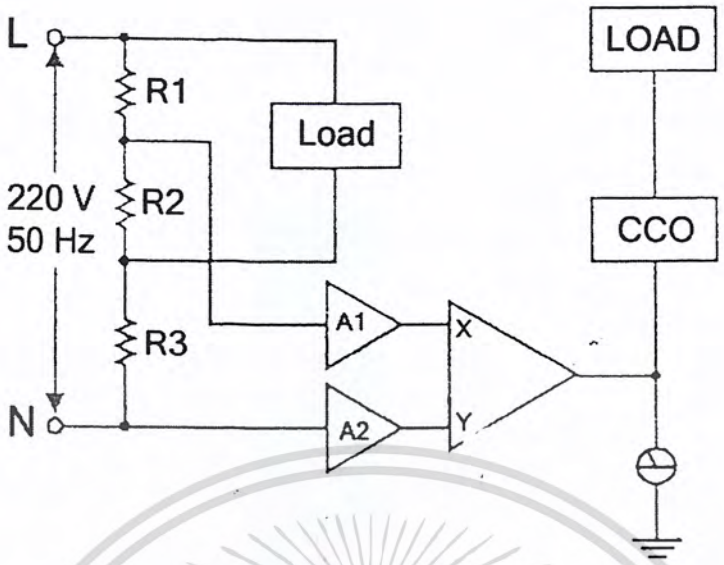
หลักการ

กระแสทางเอาต์พุตสามารถที่จะแปลงกลับเป็นแรงดัน ได้โดยการต่อตัวต้านทานเป็นโหลดที่ภาคเอาต์พุตค่าความนำร่วม (gm) สามารถเปลี่ยนแปลง โดยการปรับกระแสไบแอสจากภายนอกที่ป้อนเข้ามายังตัว OTA กระแสไบแอสนี้อาจได้จากการต่อแรงดันไฟสลับผ่านตัวต้านทาน ทำให้ออปแอมป์แบบ OTA ทำงานเป็นวงจรคูณค่าแรงดันทางอินพุตทั้งสองได้ การนำ OTA มาใช้ในงานวัดกำลังไฟฟ้ามีหลักการตามรูปที่ 2-11

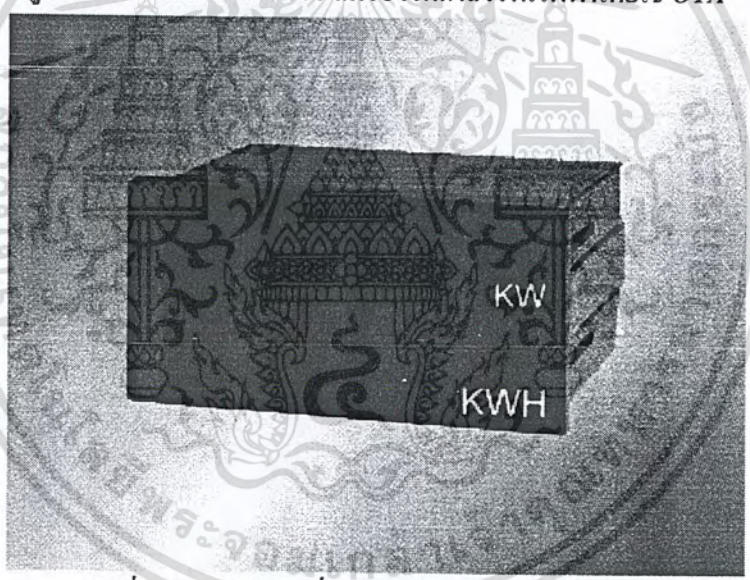
จากรูปที่ 2-11 โหลดจะถูกต่ออยู่ระหว่างสายไลน์ (L) กับสายนิวทรอล (N) ผ่านตัวต้านทาน R3 ส่วนแรงดันไฟฟ้าสลับที่ตกคร่อมโหลดถูกตรวจวัดโดยออปแอมป์ A1 ได้จากวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งประกอบไปด้วยตัวต้านทาน R1 และ R2 ซึ่ง A1 จะทำงานเป็นบัฟเฟอร์ สัญญาณเอาต์พุตถูกส่งผ่านจาก A1 เข้ายังอินพุต X ของวงจรคูณสัญญาณ OTA

ในขณะเดียวกัน แรงดันที่แปรไปตามกระแสที่ไหลผ่านโหลด จะเกิดขึ้นตกคร่อมตัวต้านทาน R3 แล้วป้อนผ่านวงจรบัฟเฟอร์ A2 มายังอินพุต Y ของวงจรคูณสัญญาณ เนื่องจาก OTA ต่อเป็นวงจรคูณสัญญาณ เอาต์พุตจึงเป็นค่าของกระแสไฟฟ้าที่แปรผันตามผลคูณของแรงดันทางอินพุต X และ Y นั่นคือกำลังงานไฟฟ้าที่โหลดได้ใช้ไปนั่นเอง [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-11 หลักการทำงานของเครื่องวัดกำลังงานไฟฟ้าโดยใช้ OTA



รูปที่ 2-12 ตัวอย่าง เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอล

ข้อดีของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอลเมื่อเทียบกับแบบเหนี่ยวนำ

1. การวัดพลังงานไฟฟ้าทำได้สะดวกกว่าเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ เนื่องจากมิเตอร์แบบเหนี่ยวนำไม่สามารถทำการตั้งค่าศูนย์ใหม่ได้ ต้องนำค่าที่ปรากฏในขณะนั้นไปลบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ไปก่อนหน้า ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านค่าได้
2. สามารถแสดงผลการใช้กำลังงานไฟฟ้าในขณะใดๆ ได้รวดเร็ว
3. แสดงผลเป็นตัวเลขทำให้อ่านค่าได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

2.2.1 การจัดการขาของ MCS-51

มีการจัดการขาต่างๆ ดังต่อไปนี้

Vcc : สำหรับแหล่งจ่ายไฟฟ้า (+5V)

GND : สำหรับต่อกราวด์

P0 : เป็นขาพอร์ต 0 ของ MCS-51 ที่มีขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทาง ซึ่งแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไปหากต้องการให้เป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น โดยแต่ละบิตเมื่อเป็นเอาต์พุตจะสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ TTL แบบ LS ได้ 8 ตัว และยังเป็นขาให้สัญญาณ Multiplex ระหว่างสัญญาณข้อมูลกับสัญญาณ Address 8 บิตแรก ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก

P1 : เป็นขาพอร์ต 1 ของ MCS-51 ที่มีขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบQuasi Bidirectional ซึ่งแต่ละบิตสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาท์พุต สำหรับใช้งานทั่วไปหากต้องการให้เป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังบิตนั้น และสามารถต่อพ่วงกับอุปกรณ์ LS TTL ได้ 4 ตัว

P2 : เป็นขาพอร์ต 2 ของ MCS-51 ที่มีขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi Bidirectional เช่นเดียวกับพอร์ต 1 นอกจากนี้พอร์ต 2 นี้ยังทำหน้าที่ให้สัญญาณ Address 8 บิตบน ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายนอก ในกรณีอ้าง Address หน่วยความจำขนาด 16 บิต ดังนั้นขณะที่ใช้หน่วยความจำภายนอก จะต้องไม่มีการเขียนข้อมูลใดๆ ไปที่พอร์ต 2 จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานได้

P3 : เป็นขาพอร์ต 2 ของ MCS-51 ที่มีขนาด 8 บิต ชนิดสองทิศทางแบบ Quasi Bidirectional เช่นเดียวกับพอร์ต 1 และ พอร์ต 2 แต่พอร์ต 3 นี้จะมีหน้าที่พิเศษดังตารางต่อไปนี้

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RxD (สำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.1	TxD (สำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม)
P3.2	INT0 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 0)
P3.3	INT1 (ขาอินเตอร์รัพท์ภายนอก 1)
P3.4	T0 (ขาอินพุตของ Timer 0)
P3.5	T1 (ขาอินพุตของ Timer 1)
P3.6	WR (สำหรับสัญญาณเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)
3.7	RD (สำหรับสัญญาณอ่านหน่วยความจำข้อมูลภายนอก)

ตารางที่ 2-2 หน้าที่พิเศษของขาต่างๆ ของ Port 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ดังนั้น เมื่อมีการใช้สัญญาณดังกล่าว จึงไม่ควรเขียนข้อมูลไปที่พอร์ต 3 จะทำให้การทำงานของ MCS-51 ผิดพลาดได้

RST : เป็นขาสำหรับรีเซตการทำงานของ MCS-51 โดยการให้ลอจิกหนึ่งเป็นเวลาอย่างน้อย 2 Machine Cycle

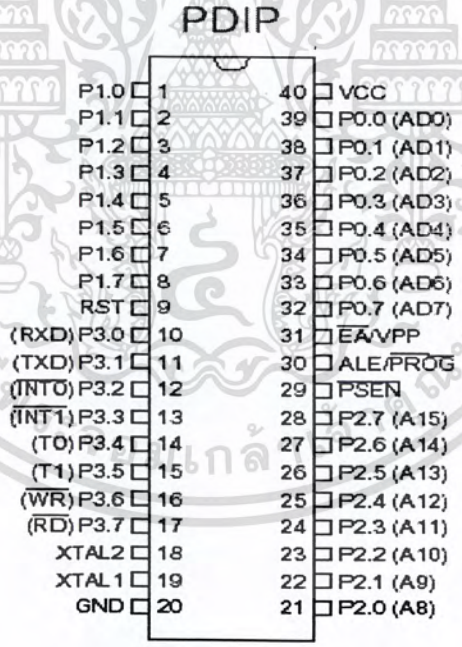
ALE : เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลทช์ (Latch) ของขา พอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก

PSEN : เป็นขาสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

EA : เป็นขาใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในไมโครคอนโทรลเลอร์โดยที่ให้ลอจิก 0 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และลอจิก 1 จะอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายใน

XTAL1 : ขาเข้าของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ MCS-51

XTAL2 : ขาออกของวงจรกำเนิดความถี่อ้างอิงภายในของ MCS-51

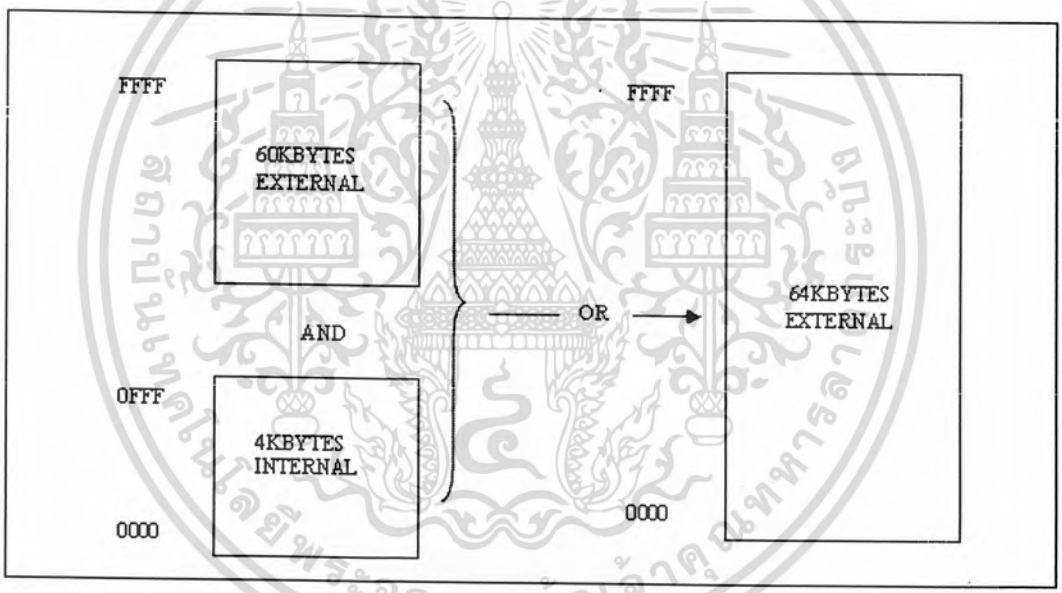


รูปที่ 2-13 การจัดขาของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61341

2.2.2 โครงสร้างหน่วยความจำของ MCS-51

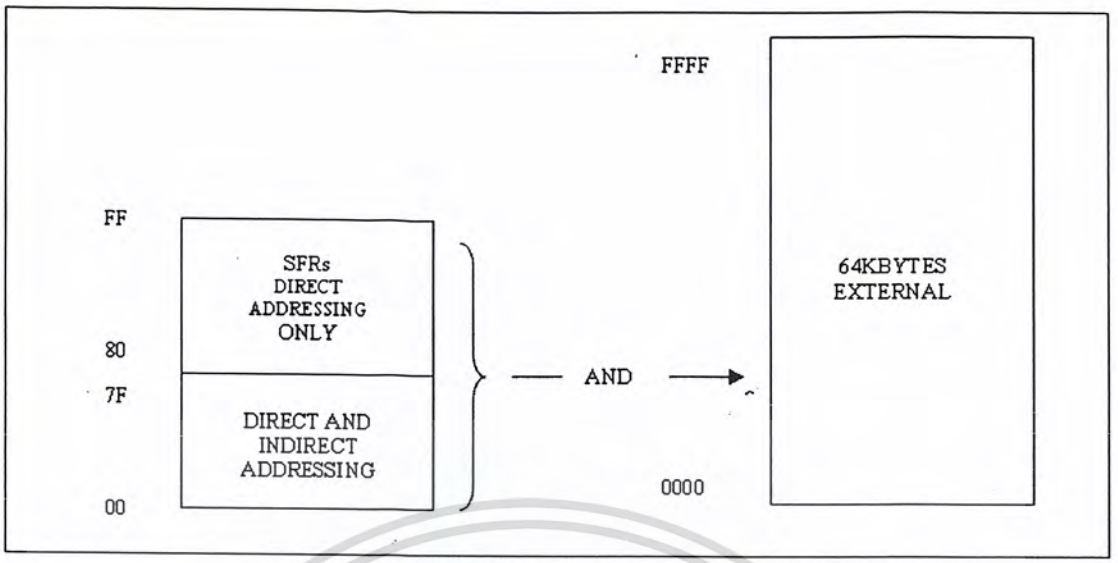
ดังที่กล่าวมาแล้ว MCS-51 จะแบ่งหน่วยความจำออกเป็นสองส่วน ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล โดยมีขนาดของแต่ละส่วนเท่ากับ 64 กิโลไบต์ ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมจะเป็นส่วนหน่วยความจำสำหรับอ่านอย่างเดียว โดยที่ MCS-51 จะใช้สัญญาณ PSEN ในการอ่านเท่านั้น แต่หน่วยความความจำข้อมูลของ MCS-51 จะสามารถอ่านและเขียนได้โดยใช้สัญญาณ RD และ WR ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้สามารถรวมหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลเข้าด้วยกันได้ โดยนำสัญญาณ RD และ PSEN มาต่อเข้าวงจร AND GATE สำหรับสร้างสัญญาณในการอ่านหน่วยความจำ นอกจากนี้หน่วยความจำโปรแกรมยังแบ่งออกเป็นภายนอกและภายในของ MCS-51 ดังแสดงในรูปที่ 2-11 และ รูปที่ 2-12 โดยรูปที่ 2-11 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมในกรณีที่เลือกใช้หน่วยความจำภายนอกและภายใน ในด้านซ้ายมือเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่มีขนาด 4 กิโลไบต์ของ MCS-51 ส่วนที่เหลือจะเป็นหน่วยความจำภายนอก ส่วนด้านขวามือแสดงหน่วยความจำโปรแกรมเมื่อเลือกให้ติดต่อหน่วยความจำภายนอกทั้งหมด



รูปที่ 2-14 หน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51

หน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 สามารถแบ่งออกเป็นภายนอกและภายในโดยหน่วยความจำภายนอกซึ่งมีขนาด 64 กิโลไบต์ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในของ MCS-51 แบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนของหน่วยความจำข้อมูลที่สามารถอ้างอิงแบบโดยตรง (Direct) และ แบบอ้อม (Indirect) ซึ่งมีขนาด 128 ไบต์ กับหน่วยความจำที่อ้างอิงได้เฉพาะแบบโดยตรง หรือในส่วนนี้จะเรียกอีกแบบหนึ่งว่า SFR (Special Function Register) โดยจะแบ่งกล่าวได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-15 หน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51

ในส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในที่อ้างอิงแบบ Direct และแบบ Indirect นั้นจะสามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้

- ส่วนที่ 1 เรียกว่า Register Banks 0-3 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งความจำข้อมูลภายใน ตั้งแต่ 00H ถึง 1FH จำนวน 32 ไบต์ โดยจะแบ่งออกเป็นชุดๆละ 8 ไบต์จำนวน 4 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีชื่อเรียกเป็น R0 ถึง R7 จะเป็น Register ที่ใช้งาน โดยเมื่อ MCS-51 ถูกรีเซต Register Bank 0 จะถูกเลือกใช้
- ส่วนที่ 2 เรียกว่า Bit Addressable Area ซึ่งมีขนาด 16 ไบต์ที่ตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูล 20H ถึง 2FH ในส่วนนี้สามารถที่จะอ้างอิงข้อมูลได้เป็นระดับบิตถึง 128 บิต โดยการอ้างอิงตำแหน่งโดยตรงในลักษณะบิต ตั้งแต่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH
- ส่วนที่ 3 เรียกว่า Scratch Pad Area จะอยู่ที่ตำแหน่งตั้งแต่ 30H ถึง 7FH ซึ่งเป็นบริเวณหน่วยความจำข้อมูลภายในอเนกประสงค์ที่ผู้ใช้สามารถใช้ได้โดยตรงนอกจากนี้ยังสามารถใช้หน่วยความจำข้อมูลบริเวณนี้สำหรับการเก็บข้อมูลแบบ Stack ได้ด้วย

ในส่วนของหน่วยความจำข้อมูลภายในที่ใช้อ้างอิงแบบ Direct เพียงอย่างเดียวหรือที่เรียกว่า SFR ซึ่งเป็นส่วนสำหรบเก็บหรือกำหนดการทำงานภายในของ MCS-51 ในส่วนของบริเวณนี้จะมีขนาด 128 ไบต์แต่ในการใช้งานนั้นใช้ได้เฉพาะตำแหน่งที่กำหนดและจะมีหน้าที่ดังนี้

ACC : เป็น Accumulator ซึ่งเป็น Register สำหรับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก โดยผู้ใช้สามารถอ้างอิงได้ในรูปแบบของไบต์หรือระดับบิตได้

B : เป็น Register พิเศษสำหรับใช้กับคำสั่งในการคูณหรือหาร นอกจากนี้ยังใช้เป็น Register สำหรับเก็บพักข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PSW : เป็น Register Status Word หรือ แฟลก(Flag) จะแสดงสถานะการทำงานของ MCS-51 สำหรับการตรวจสอบซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในภายหลัง

SP : เป็น Register ชี้หน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการเก็บแบบ Stack

DPTR : เป็น Register ขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็น 8 บิตบนและ 8 บิตล่าง ให้สำหรับชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก หรือสำหรับการอ่านตารางข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรม

P0 : เป็น Register สำหรับพอร์ต 0 ของ MCS-51

P1 : เป็น Register สำหรับพอร์ต 1 ของ MCS-51

P2 : เป็น Register สำหรับพอร์ต 2 ของ MCS-51

P3 : เป็น Register สำหรับพอร์ต 3 ของ MCS-51

IP : เป็น Register สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพท์ของ MCS-51

IE : เป็น Register สำหรับกำหนดการรับหรือไม่รับการอินเตอร์รัพท์ของ MCS-51

TMOD : เป็น Register สำหรับควบคุมหน้าที่ของ Timer/Counter ของ MCS-51

TCON : เป็น Register สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter ของ MCS-51

T2CON : เป็น Register สำหรับควบคุมการทำงานของ Timer/Counter2 ของ 8052

TH0 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter0 8บิตบน

TL0 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter0 8บิตล่าง

TH1 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter1 8บิตบน

TL1 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter1 8บิตล่าง

TH2 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter2 8บิตบนของ 8052

TL2 : เป็น Register สำหรับเก็บข้อมูลของ Timer/Counter2 8บิตล่างของ 8052

RCAP2H : เป็น Capture Register ของ Timer/Counter2 8บิตบนของ 8052

SCON : เป็น Register สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ MCS-51

SBUF : เป็น Register สำหรับเก็บพักข้อมูลที่ได้จากการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมขอ MCS-51

PCON : เป็น Register สำหรับควบคุมการทำงานของ MCS-51 ด้านเกี่ยวกับการใช้กำลังไฟฟ้าในส่วนของ Register SFR นี้สามารถที่จะอ้างอิงในระดับบิตได้โดยตำแหน่งการอ้างอิงระดับบิต

2.2.3 TIMER

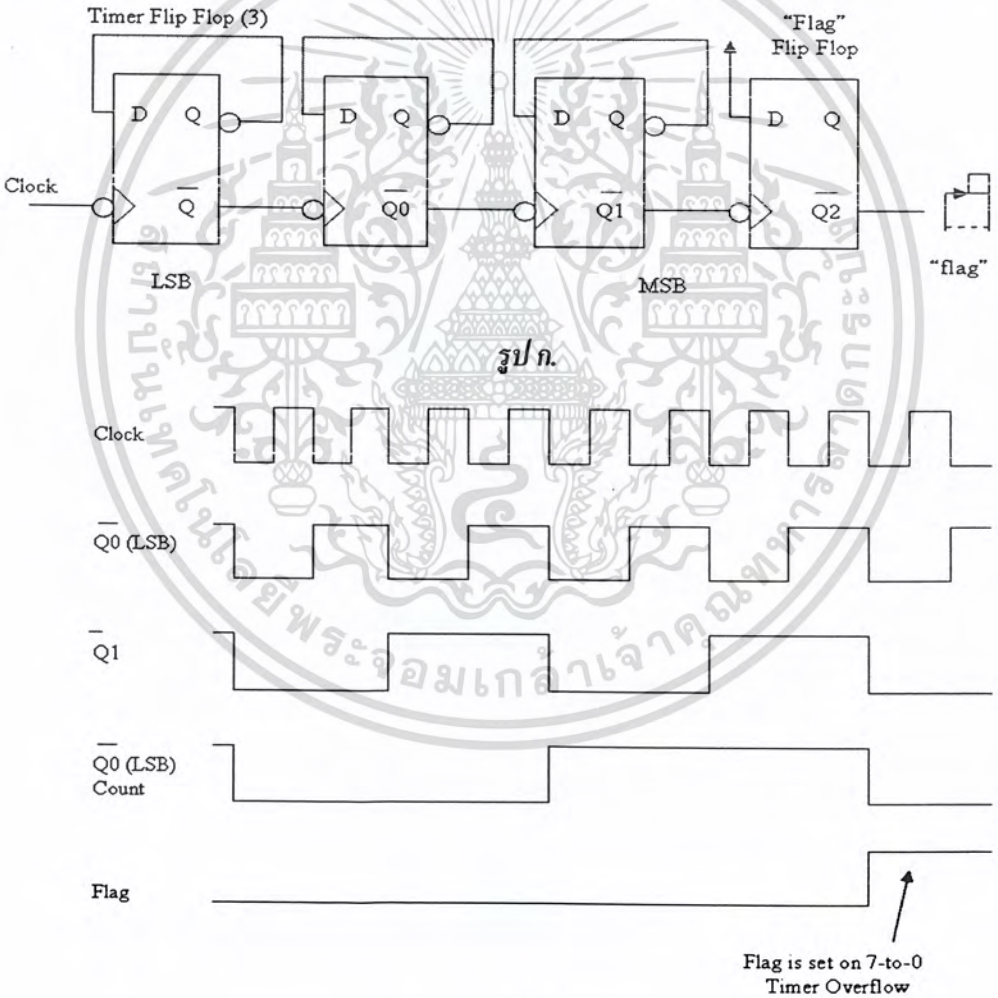
ตัว Timer อาจพิจารณาได้ง่ายๆว่าเป็นตัว Flip-Flop มาต่อเรียงกันโดยมี clock เป็นอินพุตสำหรับเอาต์พุตที่ออกมาจาก Flip-Flopแต่ละตัวจะถูกหารด้วย 2 พิจารณาการต่อ Flip-Flopตามรูปที่ 2-13 ถ้าใส่ clock เข้าไปใน Flip-Flop ตัวแรก ความถี่ของ clock ที่ออกจากเอาต์พุตตัวแรกจะถูกหารด้วย 2 และเอาต์พุตนี้จะต่อกับ Flip-Flop ตัวที่ 2 และสัญญาณที่ออกมาจะถูกหารด้วย 2 อีก ดังนั้น ถ้ามี Flip-Flop ต่ออยู่ n stages จะหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณนาฬิกาได้ 2 กำลัง n ถ้าให้เอาต์พุต stage สุดท้ายของ Timer เป็น Overflow Flip-Flop หรือ Flag และจะให้เอาต์พุตออกมาเมื่อการนับเป็น Overflow เช่น ถ้าเป็นตัวนับแบบ 16 บิต (มี Flip-Flopต่ออยู่ 16 ตัว) วงจรจะนับตั้งแต่ 000H ถึง FFFH เมื่อ Flip-Flopเปลี่ยนจาก FFFH เป็น 000H จะให้บิต Overflow ออกมา

พิจารณารูป 2-13 (ก). เป็น 3-Bit Timer โดย Flip-Flopแต่ละตัวจะนำขา Q มาต่อกับ D ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นการใช้ Flip-Flopแบบ Divide-by-two Mode โดยความถี่ของสัญญาณที่ได้จาก Flip-Flopแต่ละตัวจะมีค่าหารสองจากสัญญาณนาฬิกาที่เข้ามา เมื่อนับไปถึงค่า 111 (หรือ Q2=1, Q1=1, Q0=1) และเปลี่ยนกลับมาเป็น 000 จะให้บิต Flag ออกมา ดังรูป 2-13(ข)

ใน MCS-51 จะมีตัวจับเวลาอยู่ภายในChip ถ้าเป็นเบอร์ MCS-51 จะมี 2 ตัวคือ Timer 0 และ Timer 1 แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 จะมีเพิ่มอีกหนึ่งตัวคือ Timer 2 Registerต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Timer แสดงดังในตารางที่ 2-3 ซึ่งจะเห็นว่ามีRegister บางตัวสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย นอกจากนี้ตัว Timer สามารถใช้เป็นตัวนับ(Counter) ได้อีกด้วย โดยการโปรแกรมในRegister TMOD



รูป ข.

รูปที่ 2-16 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นTimer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์	หน้าที่	ตำแหน่ง	สามารถอ้างอิงตำแหน่งบิต
TCON	Control	88H	Yes
TMOD	Mode	89H	No
TL0	Timer 0 Low-byte	8AH	No
TL1	Timer 1 Low-byte	8BH	No
TH0	Timer 0 High-byte	8CH	No
TH1	Timer 1 High-byte	8DH	No
T2CON*	Timer 2 Control	C8H	Yes
RCAP2L*	Timer 2 Low-byte Capture	CAH	No
RCAP2H*	Timer 2 High-byte Capture	CBH	No
TL2*	Timer 2 Low-byte	CCH	No
TH2*	Timer 2 High-byte	CDH	No

* มีในเบอร์ 8032/8052

ตารางที่ 2-3 รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นTimer

2.2.3.1 Timer Mode Register (TMOD)

ตัวรีจิสเตอร์ TMOD เป็นรีจิสเตอร์ควบคุม Timer จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 4 บิต โดย 4 บิตบนจะเป็นการควบคุม Timer 1 ส่วน 4 บิตล่างจะเป็นการควบคุม Timer 0 ความหมายของแต่ละบิตดูในตารางที่ 2-4 ซึ่งตัวรีจิสเตอร์นี้เป็นตัวเลือกการทำงานว่าจะให้ตัว Time/Counter ทำงานในโหมดใดและเป็น Timer หรือ Counter รีจิสเตอร์ TCON ไม่สามารถจะโปรแกรมเข้าไปในระดับบิตได้ (Not Bit Addressable) ซึ่งการใช้งานมักจะโปรแกรมไปครั้งเดียวในตำแหน่งเริ่มต้นของโปรแกรม

บิต	ชื่อ	Timer	ความหมาย
7	GATE	1	GATE bit ถ้าบิตนี้เซต วงจรจะทำงานเมื่อ INT1เป็น High
A	C/T	1	เป็นบิตเลือก Counter / Timer 1 = ใช้เป็น Counter 0 = ใช้เป็น Timer
5	M1	1	Mode bit 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	M0	1	Mode bit 0
3	GATE	0	บิต Gate ของ Timer 0
2	C/T	0	บิตเลือก Counter / Timer ของ Timer 0
1	M1	0	Timer 0 M1 bit
0	M0	0	Timer 0 M0 bit

ตารางที่ 2-4 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer Mode)

M1	M0	Mode	ความหมาย
0	0	0	ใช้เป็น Timer แบบ 13-bit (8084 Mode)
0	1	1	ใช้เป็น Timer แบบ 16-bit
1	0	2	ใช้เป็น Timer แบบ 8-bit Auto-reload Mode
1	1	3	Split Timer Mode : แยก Timer 0 ออกเป็น Timer 8 บิตสองตัวคือ TL0 และ TH0 โดยไม่ใช้ Timer1

ตารางที่ 2-5 การใช้ Timer โหมดต่างๆ

2.2.3.2 Timer Control Register (TCON)

รีจิสเตอร์ TCON เป็นรีจิสเตอร์ที่บอกสถานะและควบคุมบิต Timer0 และ Timer1 ซึ่งดูได้จากตารางที่ 2-6 รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้

บิต	ชื่อ	ตำแหน่งบิต	ความหมาย
TCON.7	TF1	8FH	บิตแฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer1 จะ Set โดย Hardware และ Clear โดย Software
TCON.6	TR1	8EH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer1 Set และ Clear โดย Software
TCON.5	TF0	8DH	แฟลกแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer0
TCON.4	TR0	8CH	บิตควบคุมการปิด-เปิด Timer0
TCON.3	IE1	8BH	บิตแฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์จาก INT1 จะ Set โดย Hardware และสามารถ Clear ได้ด้วย Software
TCON.2	IT1	8AH	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INT1 สามารถ Set และ Clear ได้ด้วย Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCON.1	IE0	89H	บิตแฟลกแสดงการอินเทอร์รัพท์
TCON.0	IT0	88H	บิตเลือกชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัพท์จากอินเทอร์รัพท์ภายนอก INT0

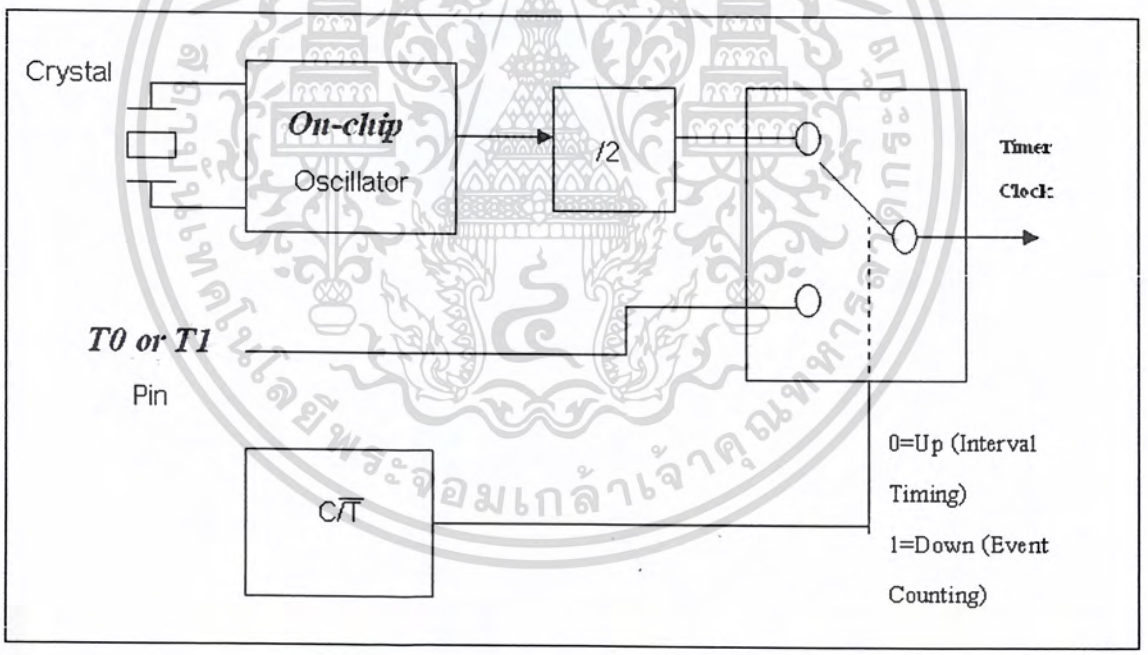
ตารางที่ 2-6 ความหมายแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON (Timer Control)

2.2.4 Clocking Source

การใช้ Timer นี้สามารถใช้ได้ 2 หน้าที่ คือ เป็นตัวจับเวลา (Timer) และเป็นตัวนับ (Counter) ซึ่งสามารถโปรแกรมได้โดยการเซตหรือรีเซตบิต C/T ในรีจิสเตอร์ TMOD

การใช้เป็นตัวจับเวลา (Timer)

ถ้าบิต C/T ใน TMOD เป็น ลอจิก "0" จะเป็นการเลือกให้ Timer นำ Clock มาจากวงจร Oscillator ในชิพ ซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะเข้ามาทุกๆ Machine Cycle หรืออาจกล่าวได้ว่าค่าใน THx และ TLx จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยอัตราการนับแต่ละครั้งใช้เวลาเท่ากับ 1/12 ของความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้บนชิพ ดังแสดงในรูปข้างล่าง ถ้า MCS-51 ใช้สัญญาณนาฬิกา 12 MHz การนับจะมีความถี่เท่ากับ 1 MHz



รูปที่ 2-17 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่เข้าขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เป็นตัวนับ (Counter)

ถ้าบิต C/T เป็น "1" ตัว Timer จะนำ Clock มาจากภายนอกโดยใช้ขา P3.4 หรือ T0 เป็นขา Input Clock ให้กับ Timer0 และใช้ขา P3.5 หรือ T1 เป็น Input Clock ให้กับ Timer1 หรือ อาจมองว่า ถ้าจะให้นับอะไรสัญญาณที่จะนับให้ต่อกับขา T0 กับ T1 ในการใช้เป็น Counter สัญญาณที่เข้ามามีการเปลี่ยนแปลงจาก "1" เป็น "0" จะทำให้วงจรนับ TLx มีค่าเพิ่มขึ้น 1 ภายใน MCS-51 นี้จะตรวจสอบขาอินพุต T0 และ T1 ในช่วงเวลาเฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ถ้าพบว่ามีค่าเป็น "1" ต่อมาในอีกหนึ่ง Machine Cycle ที่เฟส 2 ของ State 5 (S5P2) ลอจิกอินพุตเปลี่ยนเป็น "0" จะทำให้ค่าใน Timer เพิ่มขึ้น 1 ดังนั้น จะเห็นว่าการนับ 1 ครั้ง จะต้องใช้เวลา 2 Machine Cycles ดังนั้นความถี่สูงสุดที่จะให้ Timer ทำงานเป็น Counter นับได้ จะมีค่ามากที่สุด 500 KHz ถ้า MCS-51 ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz [3], [4] ,[6]

2.3 หลักการสื่อสารข้อมูล (Data Communication)

การสื่อสารข้อมูล คือ ขบวนการของการใช้ร่วมหรือแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารที่ถูกแปลงรหัสระหว่างอุปกรณ์สองตัวหรือมากกว่านั้น การสื่อสารข้อมูลตัวส่งและตัวรับเป็นอุปกรณ์หรือเครื่อง และข้อมูลข่าวสารที่ถูกแปลงรหัส หมายถึง ข้อมูลข่าวสารที่ถูกส่งผ่านไปในลักษณะของการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมของสัญญาณไฟฟ้า ผ่านตัวกลางที่ใช้ในการส่งข้อมูล เช่น เมื่อเจ้าหน้าที่คอมพิวเตอร์กดปุ่มอักษรบนแป้นพิมพ์อนุกรมทางไฟฟ้าก็จะถูกส่งออกไปยังคอมพิวเตอร์และคอมพิวเตอร์จะแปลงข้อมูลข่าวสารกลับมา

รูปที่ 2-18 ส่วนประกอบของการสื่อสารข้อมูล

ส่วนประกอบของการสื่อสารข้อมูลประกอบด้วย

1. DTE (Data Terminal Equipment) เป็นอุปกรณ์ต้นทางหรือปลาทางข้อมูล ทำหน้าที่รับหรือส่งข้อมูล โดยอีกนัยหนึ่งคือผู้ใช้ข้อมูล เช่น คอมพิวเตอร์ แป้นพิมพ์ จอภาพ เครื่องพิมพ์ เครื่องเทอร์มินอล เป็นต้น

2. DCE (Data Communication Equipment) เป็นอุปกรณ์การสื่อสารข้อมูล ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อและควบคุมการส่งผ่านข้อมูลระหว่างตัว DTE ทั้งสองตัว ผ่านตัวกลางในการสื่อสารหรือช่องผ่านสัญญาณ เช่น โมเด็ม มัลติเพล็กเซอร์ เป็นต้น

3. Medium เป็นตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลหรืออาจจะเรียกว่า ช่องสัญญาณสื่อสาร เช่น ดาต้าลิงค์เน็ตเวอร์ค สายโคแอ็กเชียล ไฟเบอร์ออฟติก และช่องสัญญาณดาวเทียม เป็นต้น

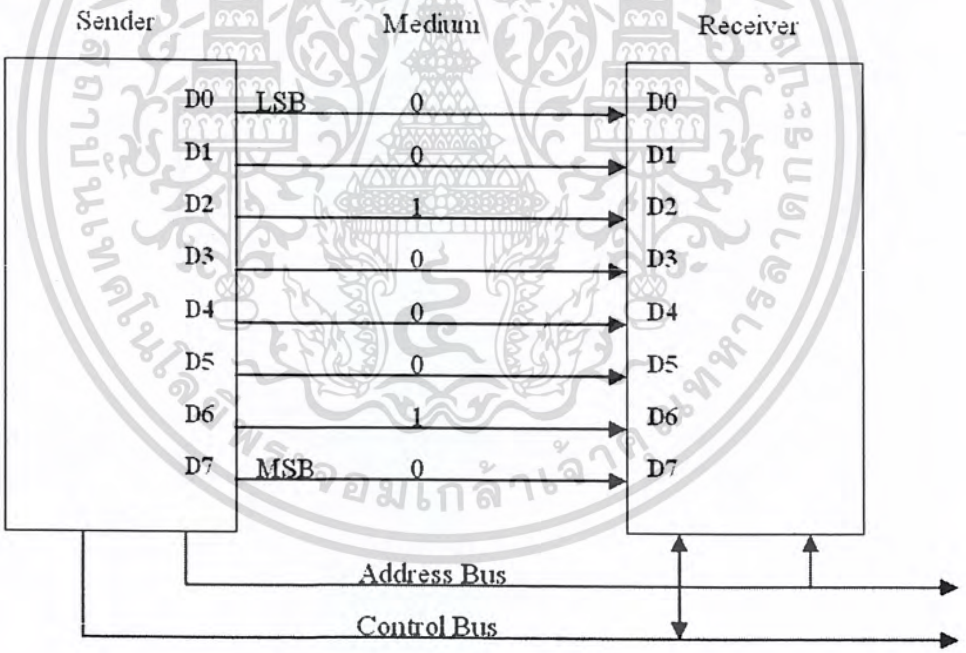
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เทคนิคการส่งผ่านข้อมูล

ในการส่งผ่านข้อมูล สามารถแบ่งลักษณะของการส่งผ่านข้อมูลได้เป็น 2 แบบ คือการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน (Parallel) และ การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial) การส่งผ่านข้อมูลโดยใช้สายคู่เดียว เป็นการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม และการส่งผ่านข้อมูล โดยใช้สายหลายคู่สายเป็นการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน ในการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลไบนารีจะถูกส่งออกไปครั้งละ 1 บิทที่เวลาหนึ่ง ส่วนในการส่งข้อมูลแบบขนาน ข้อมูลแต่ละบิทจะมีสายส่งเฉพาะ และทุกบิทของข้อมูลที่แต่ละสายส่ง จะถูกส่งออกไปในเวลาเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2-16 แสดงตัวอย่างของการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน ข้อมูลแต่ละบิทจะมีสายส่งเฉพาะ และทุกบิทของข้อมูลที่แต่ละสายส่ง จะถูกส่งออกในเวลาเดียวกัน

การส่งผ่านข้อมูลแบบขนานย่อมเร็วกว่าการส่งข้อมูลแบบอนุกรม เพราะว่าทุกบิทถูกส่งออกไปพร้อมกัน ดังนั้นในการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน จะถูกนำมาใช้สำหรับการทำงานภายในคอมพิวเตอร์ เช่น ในการส่งข้อมูลระหว่าง ซีพียู กับหน่วยความจำ หรือระหว่างซีพียูและชิฟอินพุตเอาท์พุต เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการใช้สายหลายๆ เส้น ทำให้สับสน ราคาสูงและรับสัญญาณรบกวนได้ง่าย ถ้านำการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน มาใช้กับการส่งผ่านข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รอบนอก เช่น คอมพิวเตอร์กับเครื่องพิมพ์

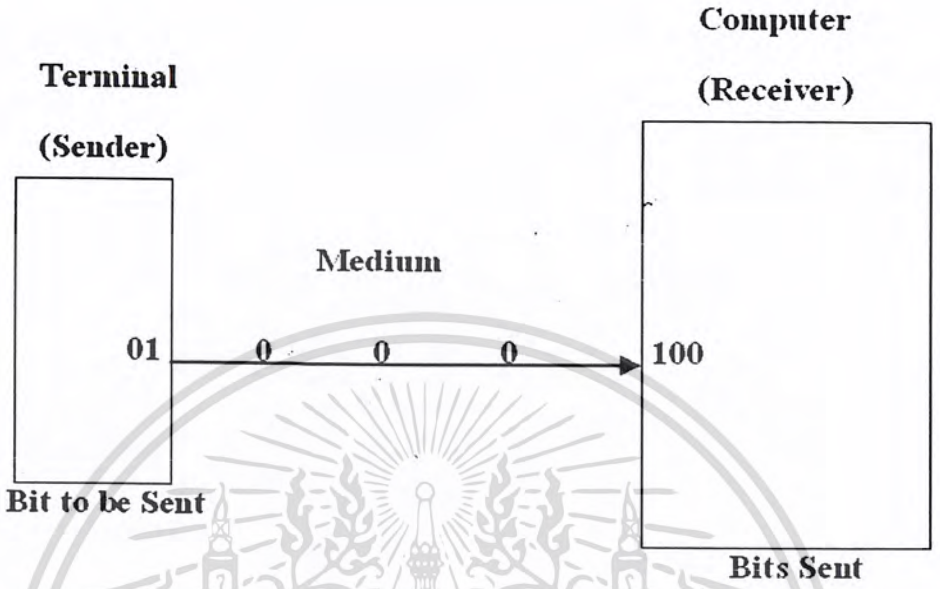


รูปที่ 2-19 การส่งข้อมูลแบบขนาน (Parallel)

แม้ว่าในบางระบบจะใช้การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน สำหรับการส่งผ่านข้อมูลไปยังอุปกรณ์ภายนอก แต่ส่วนใหญ่จะใช้การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งมีชิฟอินพุตเอาต์พุต ทำการแปลงข้อมูลแบบขนานจากซีพียู เพื่อเป็นข้อมูลแบบอนุกรม ก่อนที่จะส่งข้อมูลออกไป และชิฟอินพุตเอาท์พุตเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถรับข้อมูลแบบอนุกรม และแปลงกลับมาเป็นแบบขนานเพื่อให้สามารถอ่านได้โดย ซีพียู หรือหน่วยความจำได้ง่าย เพราะว่าในการสื่อสารข้อมูลจะเกิดขึ้นระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ หรือคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รอบนอก



รูปที่ 2-20 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

2.4.1 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Communication)

การส่งผ่านสัญญาณแบบอนุกรมแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การส่งสัญญาณแบบ อะซิงโครนัส (Asynchronous Transmission) และการส่งสัญญาณแบบ ซิงโครนัส (Synchronous Transmission) เพื่อทำให้ตัวส่งและตัวรับสามารถทำงานได้สอดคล้องกันทั้งคู่ จึงจะต้องใช้วิธีการส่งสัญญาณแบบเดียวกัน คือ ตัวรับต้องสามารถตรวจจับการเริ่มต้นและการสิ้นสุดของอักขระ (Character) 1 ตัวได้ สำหรับการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ส่วนในแบบซิงโครนัสจะดูที่บล็อคของการเริ่มต้น และการสิ้นสุดของอักขระ

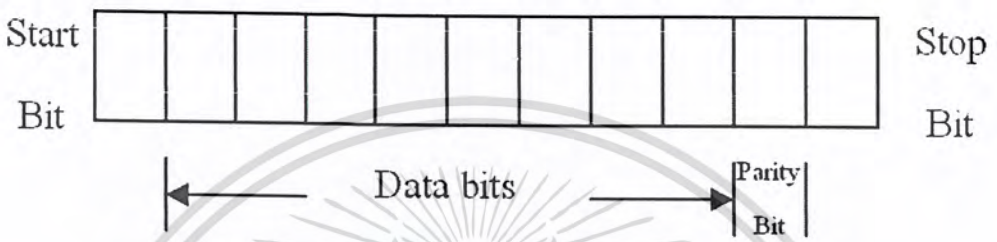
การส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส

คำว่า "อะซิงโครนัส" หมายความว่า ที่เวลาหนึ่งอักขระ 1 ตัวสามารถส่งออกไปได้ การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส จะใช้กับการส่งข้อมูลที่มีความเร็วต่ำ (น้อยกว่า 19,200 bps) และการใช้กับอุปกรณ์ราคาไม่แพงนัก เช่น เครื่องพิมพ์และพล็อตเตอร์ จึงมีผลทำให้การส่งข้อมูลแบบนี้เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมสูง เพราะออกแบบวงจรง่ายและสามารถลดต้นทุนในการผลิต วิธีนี้ยังทำให้มีการต่อเนื่องของข้อมูลไม่ตายตัว คือ เวลาระหว่างอักขระไม่จำเป็นต้องเท่าเทียมกัน เปรียบเทียบได้กับการพิมพ์หนังสือเวลาระหว่างการกดแป้นพิมพ์ของอักขระแต่ละตัวไม่จำเป็นต้องเท่ากัน เนื่องมาจากคำที่กำลังพิมพ์ ตำแหน่งของอักขระ รูปแบบอักขระของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส แสดงในรูปที่ 2-18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงรูปแบบของการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส จะเห็นว่าในการส่งอักขระข้อมูลจะประกอบด้วยส่วนด้วยกันคือ บิทเริ่มต้น (Start bit) บิทข้อมูล (Data bit) บิทตรวจสอบความถูกต้อง (Parity bit) และบิทหยุด (Stop bit) (ซึ่งอาจจะมีได้ 1, 1.5 หรือ 2 บิท) แม้ว่าบิทตรวจสอบความถูกต้องอาจจะมีหรือไม่ก็ได้แต่โดยทั่วไปจะใช้บิทตรวจสอบความถูกต้องนี้

แม้ว่าการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส จะง่ายต่อการออกแบบสร้างและใช้งานแต่เป็นวิธีการส่งข้อมูลที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ เนื่องจากในการส่งข้อมูลแต่ละอักขระอย่างน้อยที่สุดประกอบด้วยบิทเริ่มต้น 1 บิท และบิทหยุด 1บิท



รูปที่ 2-21 รูปแบบอักขระสำหรับการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส

การส่งสัญญาณแบบซิงโครนัส

ไม่ต้องการบิทเริ่มต้นและบิทหยุดให้แก่แต่ละอักขระของเฟรม โดยการส่งข้อมูลแต่ละครั้งจะส่งข้อมูลออกเป็นบล็อกใหญ่ๆ เพื่อที่จะให้เข้าจังหวะกับสัญญาณนาฬิกาของตัวรับ ในการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส จะมีตัวรับรู้ถึงการเริ่มต้นเฟรมใหม่ของข้อมูล และบิทภายในเฟรมแต่ละบิท ดังแสดงในรูป 2-19 แสดง รูปแบบของซิงโครนัสทั้ง 2 แบบที่แตกต่างกัน คือแบบCharacter-Oriented Frame และแบบ Bit-Oriented Frame

เฟรมแรกของการส่งข้อมูลแบบ Character-Oriented Frame จะเริ่มต้นด้วยตัวอักขระพิเศษหนึ่งตัวหรือมากกว่านั้น เรียกว่า Synchronization (SYN) Character อักขระ SYN จะมีรูปแบบทางไบนารี่ที่เป็นเอกลักษณ์หรือเฉพาะอักขระ SYN จะตามด้วย
ข่าวสารควบคุม (Control Information) ข้อมูลอักขระควบคุม และสุดท้ายคืออักขระตรวจสอบความผิดพลาด

ส่วนแบบ Bit-Oriented นั้นเฟรมหนึ่งจะประกอบด้วยรูปแบบบิทพิเศษที่ตอนเริ่มต้นและสิ้นสุดของเฟรม รูปแบบนี้ประกอบด้วยความยาว 8 บิท ซึ่งเรียกเรียกว่า แฟล็ก (Flags) แฟล็กเริ่มต้นของเฟรมและสิ้นสุดของเฟรมนั้นจะมีค่าเหมือนกันคือ "01111110" แสดงในรูปที่ 2-19 (ข) ซึ่งได้แสดงแฟล็กเริ่มต้น (Opening Flag) แล้วตามด้วยข้อมูลแสดงที่อยู่ (Address Information), ข้อมูลควบคุม (Control Information), ข้อมูลตรวจสอบข้อผิดพลาด (Checking Information) และสุดท้ายคือแฟล็ก สิ้นสุด (Ending Flag) [1], [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYN	SYN	Control Information	Data	Control Character	Error checking Characters

ก. Character Oriented

Beginning Flag 01111110	Address Field	Control Field	Information Field	Error checking Characters	Ending Flag 01111110

ข. Bit Oriented

รูปที่ 2-22 ตัวอย่างรูปแบบการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคิดค่าไฟฟ้าและคำศัพท์เกี่ยวข้อง

มาพิจารณาดูกันว่าการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีหลักเกณฑ์ในการคิดเงินค่าใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างไร

3.1 ประเภทผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า

ประเภทที่1 บ้านอยู่อาศัย

สำหรับสำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องโดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว โดยใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 5 ยูนิต (Unit) ขึ้นไปจนถึงหมื่นยูนิทก็ได้ ถ้ายิ่งใช้พลังงานไฟฟ้ามากสำหรับผู้ใช้พลังงานประเภทนี้ค่าพลังงานไฟฟ้าจะสูงขึ้นมาก

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรมและหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ (15 Minute Maximum Kilowatt Demand) โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว ในประเภทนี้การไฟฟ้าจะคิดเฉพาะค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นยูนิตเท่านั้น แต่ไม่คิดค่ากิโลวัตต์ดีมานด์

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าดังนี้

แรงดันไฟฟ้า	12	กิโลโวลต์
ความต้องการพลังไฟฟ้า	76	กิโลวัตต์
จำนวนพลังงานไฟฟ้า	13,880	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟ	128	กิโลวาร์
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (เอฟที)	3.00	สตางค์/หน่วย

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าดังนี้

แรงดันไฟฟ้า	69	กิโลโวลต์
ความต้องการพลังไฟฟ้าในช่วง On Peak	18,480	กิโลวัตต์
ความต้องการพลังไฟฟ้าในช่วง Partial Peak	19,580	กิโลวัตต์
ความต้องการพลังไฟฟ้าในช่วง Off Peak	18,200	กิโลวัตต์
จำนวนพลังงานไฟฟ้า	11,939,400	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟ	10,960	กิโลวาร์
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (เอฟที)	3.00	สตางค์/หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าดังนี้

แรงดันไฟฟ้า	12	กิโลโวลต์
ความต้องการพลังไฟฟ้า	2,000	กิโลวัตต์
จำนวนพลังงานไฟฟ้า	1,200,000	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟ	1,450	กิโลวาร์
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (เอฟที)	3.00	สตางค์/หน่วย

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร

ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าดังนี้

แรงดันไฟฟ้า	12	กิโลโวลต์
จำนวนพลังงานไฟฟ้า	200,000	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (เอฟที)	3.00	สตางค์/หน่วย

ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของส่วนราชการ กลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรอง หรือสหกรณ์เพื่อการเกษตร โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว (อัตราค่าใช้ไฟฟ้านี้เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าเดือนตุลาคม 2543 เป็นต้นไป)

ข้อกำหนดเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้า

1. อัตราค่าไฟฟ้าข้างต้น ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

2.ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บในแต่ละเดือน คือ ค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้าฐานคงที่ และค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่อยู่ในความควบคุมของการไฟฟ้า เช่น ราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจากแผน ผลกระทบจากอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราส่วนที่เกินกว่าที่กำหนดและ อัตราเงินเฟ้อ โดยแสดงจำนวนเงินค่าไฟฟ้าผันแปรไว้ในใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าด้วย (อัตราค่าใช้ไฟฟ้านี้เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าเดือนตุลาคม 2543 เป็นต้นไป)

โดยจุดประสงค์ของโครงงานนี้ ขนาดของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าจะเน้นไปที่บ้านอยู่อาศัย เพื่อให้ผู้อยู่รู้ว่าในเดือนนั้นๆ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปกี่หน่วยแล้ว และมีค่าใช้จ่ายเป็นเงินเท่าใด โดยในโปรแกรมคิดค่าไฟฟ้าจะยึดตามอัตราของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งมีอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับบ้านอยู่อาศัย ดังนี้

สำหรับอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับบ้านอยู่อาศัย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคคิดอัตราเดียวกับการไฟฟ้านครหลวง แต่สำหรับประเภทธุรกิจขนาดเล็กขึ้นไป อัตราค่าไฟฟ้าจะสูงกว่าการไฟฟ้านครหลวงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 1 (บ้านอยู่อาศัย)

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่างๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

5 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 - 5)	เป็นเงิน	0.00	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6 - 15)	หน่วยละ	1.3576	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 - 25)	หน่วยละ	1.5445	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 - 35)	หน่วยละ	1.7968	บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 - 100)	หน่วยละ	2.1800	บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 - 150)	หน่วยละ	2.2734	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	หน่วยละ	2.7781	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.9780	บาท

ค่าบริการ : เดือนละ 8.19 บาท

1.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน

150 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 - 150)	หน่วยละ	1.8047	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	หน่วยละ	2.7781	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.9780	บาท

ค่าบริการ : เดือนละ 40.90 บาท

1.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff: TOU Tariff)

	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย		ค่าบริการ บาท/เดือน
	1*	2*	
1.3.1 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	3.6246	1.1914	228.17
1.3.2 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	4.3093	1.2246	57.95

1* on peak เวลา 09.00-22.00 น.วันจันทร์-วันศุกร์

2* off peak เวลา 22.00-09.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

เวลา 00.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ(ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ขนาดไม่เกิน 5 แอมแปร์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในอัตรา ข้อ 1.1 แต่ถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน ติดต่อกัน 3 เดือนในเดือนถัดไป จะจัดเข้าอยู่ในอัตรา ข้อ 1.2 และถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน ติดต่อกัน 3 เดือนในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ1.1ตามเดิม

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ขนาดเกินกว่า 5 แอมแปร์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในอัตราข้อ1.2ตลอดไป

3. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตรา ข้อ 1.2 สามารถเลือกใช้อัตรา ข้อ 1.3 ได้ และจะต้องชำระค่าเครื่องวัดฯTOU หรือ ค่าบริการด้านเครื่องวัดฯTOU เพิ่มขึ้นจากค่าบริการปกติ และหากเลือกใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า 12 เดือน จะขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตราข้อ1.2ตามเดิมอีกก็ได้

4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราข้อ 1.3 จะต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน และการไฟฟ้านครหลวงจะติดตั้งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบ TOU ให้ตั้งแต่เดือนมกราคม2545เป็นต้นไป

5. สถานที่ที่ใช้ประกอบศาสนกิจ และบริเวณที่เกี่ยวข้องสามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่6 ได้

6. ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าบริการรายเดือน ถึงแม้จะไม่มีการใช้ไฟฟ้า

3.2 TOUคืออะไร

อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ หรือ ทีโอยู (Time of Use Rate - TOU) เริ่มนำมาใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2540 และมีการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาใหม่ ให้มีความเหมาะสมมากขึ้นและเริ่มประกาศใช้ตั้งแต่วันที่ 1ตุลาคม2543

จุดประสงค์ของอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU นี้ก็เพื่อสนับสนุนการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด คือลดความต้องการไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ต้องการไฟฟ้าสูงสุด (On Peak) และหันไปใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าน้อย โดยใช้มาตรการทางราคาเป็นกลไกในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า

ทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้ไฟฟ้ามากในช่วง On Peak ก็สามารถหันมาใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU ได้ และได้รับประโยชน์อย่างคุ้มค่าที่สุดทั้งผู้ใช้ไฟฟ้าและประเทศชาติ [8]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3คำศัพท์ของการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ควรรู้

1.กิโลวัตต์เป็นหน่วยวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าว่ามีการสิ้นเปลืองพลังงานมากน้อยเพียงใด

2. กิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) เป็นหน่วยวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เป็นกิโลวัตต์ใน 1 ชั่วโมงซึ่งค่าไฟฟ้า ทั่วๆ ไปจะเรียกเก็บตามค่าจำนวนยูนิตที่ใช้ไปทั้งหมดนี่เอง

3. ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด (Maximum 15 minute Kilowatt Demand) หรือเรียกว่าค่า "ดีมานด์" เนื่องจากการไฟฟ้า ไม่ต้องการให้ผู้ใช้ไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าพร้อมๆ กัน แต่ต้องการให้ผู้ใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าของโหลดในเวลาต่างๆ กัน จึงจำเป็นต้องเรียกเก็บค่าไฟฟ้าแพงขึ้นสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้โหลด พร้อมๆกัน วิธีเรียกเก็บคือ ติดดีมานด์มิเตอร์มาวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานไฟฟ้าทุกๆ 15 นาที ถ้าช่วง 15 นาทีใดใน 1 เดือนนั้น มีค่ากิโลวัตต์สูงสุด ดีมานด์มิเตอร์จะค้างอยู่ตรงนั้น แม้ว่าเหตุการณ์แบบนี้ จะเกิดขึ้นเพียง 15 นาที ในแต่ละเดือนเท่านั้น ดังนั้นผู้ใช้พลังงานที่การไฟฟ้าติดดีมานด์มิเตอร์ หากไม่ระวังการปิดเปิดโหลดก็จะเสียเปรียบมากในจุดนี้

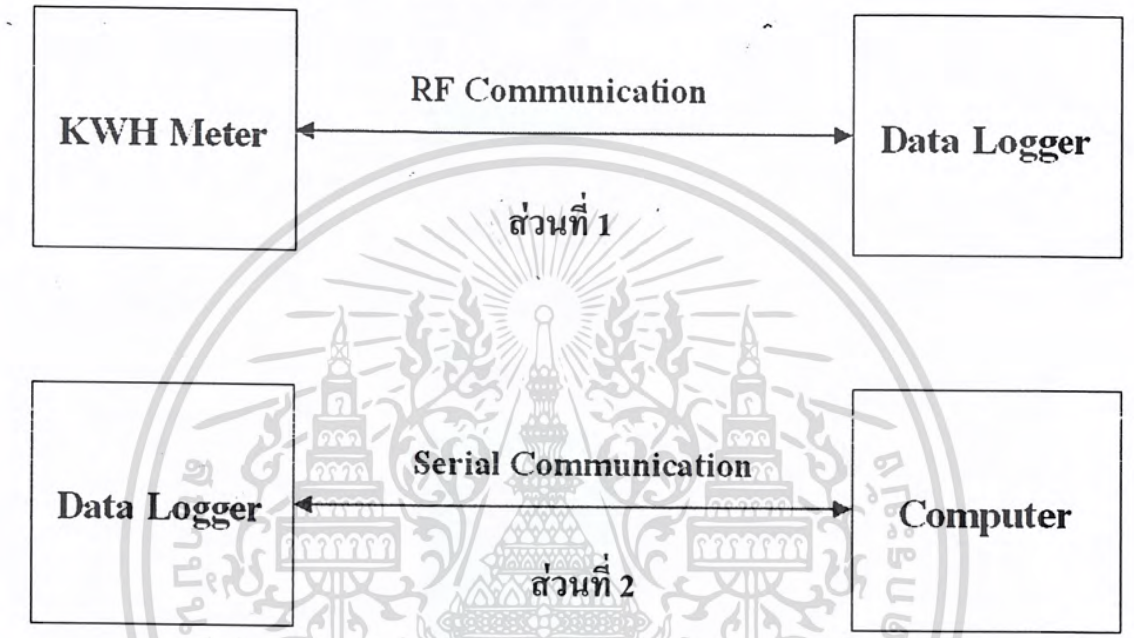
4. ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยแบบรีแอกตีฟใน 15 นาทีสูงสุด (Maximum 15 minute Kilovar Demand) มักเรียกว่าค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) มีค่านี้เกิดขึ้นเพราะโหลดเป็นอินดักตีฟ เช่น มอเตอร์ , หม้อแปลง ฯลฯ จึงทำให้ค่า Power Factor ของระบบต่ำกว่า 1 ซึ่งเรียกว่า Lagging Power Factor โดยทั่วไปการไฟฟ้า ต้องการให้ผู้ใช้ไฟฟ้ารักษาระดับ Power Factor ของระบบไว้ไม่ต่ำหว่า 0.85 ยิ่งค่า Power Factor ต่ำแสดงว่าโหลดเป็น รีแอคตีฟมากขึ้น ซึ่งทำให้การไฟฟ้าต้องทำการชดเชยในส่วนนี้ จึงมีอัตราการเก็บค่าไฟฟ้าจากระบบที่มีค่า Power Factor ต่ำกว่ากำหนด โดยที่การไฟฟ้าจะถือว่าค่า Power Factor ในส่วน 63 % แรกของดีมานด์ นั้นให้ใช้ฟรี ส่วนที่เกินจะนำมาคิดเป็น กิโลวาร์ (Kilovar) ตามที่การไฟฟ้ากำหนด แต่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคไม่เรียกเก็บค่า Power Factor นี้ แต่จะบังคับให้โรงงานที่ใช้ไฟฟ้ามี Power Factor ของระบบ ไม่ต่ำกว่า 0.85 [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบและหลักการทำงาน

การออกแบบโครงงานนี้ จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และส่วนที่เป็นซอฟท์แวร์ โดยส่วนของฮาร์ดแวร์จะประกอบด้วย เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย (Wireless Digital Watt Hour Meter) และอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data Logger) ในส่วนซอฟแวร์ จะเป็นโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าโดยรับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์เก็บข้อมูล ทาง Serial Port ของคอมพิวเตอร์

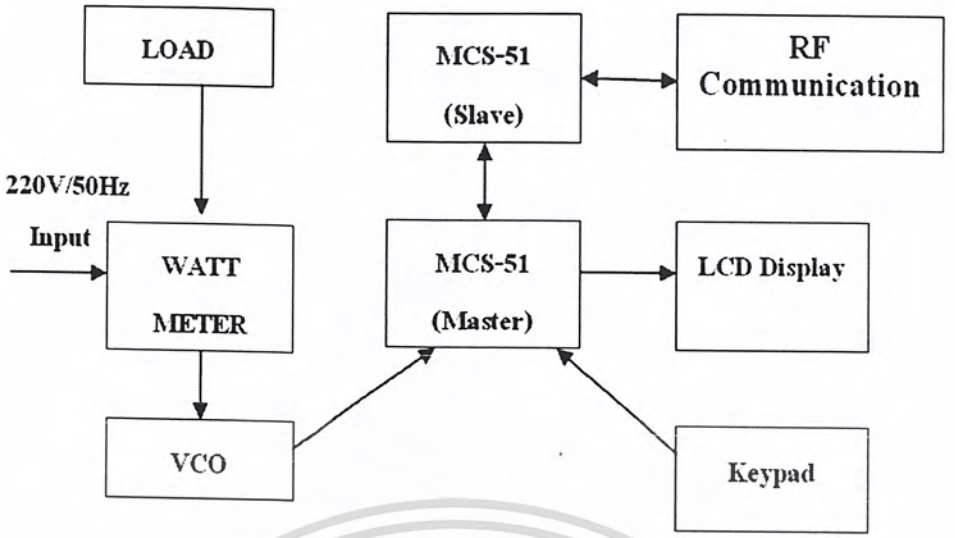


รูปที่ 4-1 Project Overview

4.1 การออกแบบและหลักการทำงาน

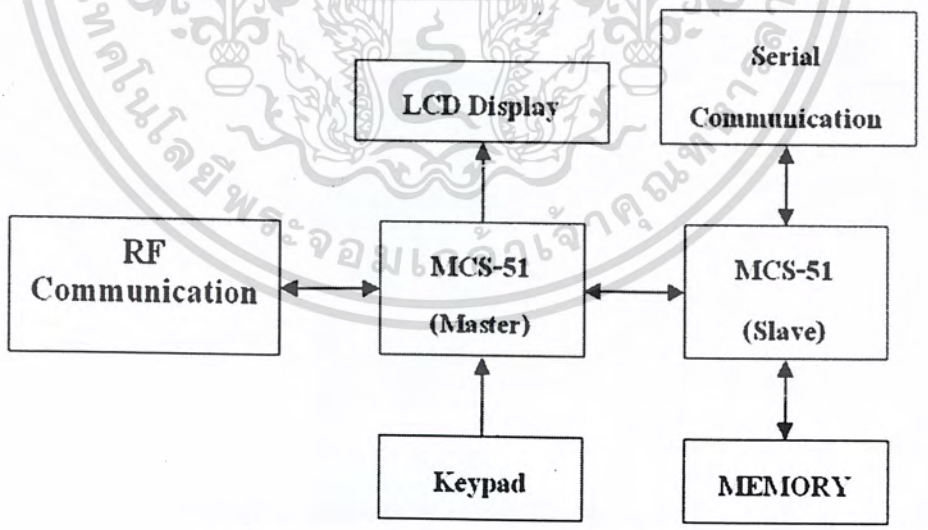
เมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้า กำลังงานที่เกิดขึ้นจะถูกตรวจจับ Watt Meter และ Watt meter จะส่งค่าวัดได้ส่งต่อไปให้กับวงจรกำเนิดความถี่ VCO ซึ่งวงจรนี้จะทำการแปลงค่าแรงดัน Input ที่รับมาไปเป็นความถี่ และความถี่จะถูกส่งต่อให้กับ Microcontroller เพื่อจะทำการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลา เพื่อให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้า หรือ Unit นั่นเอง และ Microcontroller จะแสดงผลค่าพลังงานงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นทางจอ LCD และจะส่งข้อมูลไปให้กับอุปกรณ์เก็บข้อมูล โดยใช้อุปกรณ์ส่งข้อมูลแบบ RF (ดูรูปที่ 4-2 ประกอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-2 Block Diagram ของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สาย

รูปที่ 4-3 แสดงการทำงานของอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบไร้สาย โดยเมื่อต้องการข้อมูล อุปกรณ์ต้องทำการส่งสัญญาณไปยังเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าเพื่อขอรับข้อมูลทางอุปกรณ์ RF เมื่อได้รับข้อมูล Microcontroller จะเก็บค่าที่ได้มาลงในหน่วยความจำ โดยแสดงผลค่าของข้อมูลเมื่อผู้ใช้ต้องการได้ทาง LCD และเมื่อต้องการทำการบันทึกข้อมูลจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลไปเก็บไว้บนคอมพิวเตอร์ ก็สามารถทำได้โดยติดต่อกับคอมพิวเตอร์ทาง Serial Port ในส่วนของคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ประมวลข้อมูลที่ได้รับมา ด้วยโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้า



รูปที่ 4-3 Block Diagram ของอุปกรณ์เก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วงจรเครื่องวัดพลังงานแบบไร้สาย

ในส่วนของวงจรเครื่องวัดพลังงานแบบไร้สายจะประกอบไปด้วย วงจรวัตต์มิเตอร์, วงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน, วงจรประมวลผลและควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4-4, รูปที่ 4-5 รูปที่ 4-6 ตามลำดับ

1.วงจรวัตต์มิเตอร์

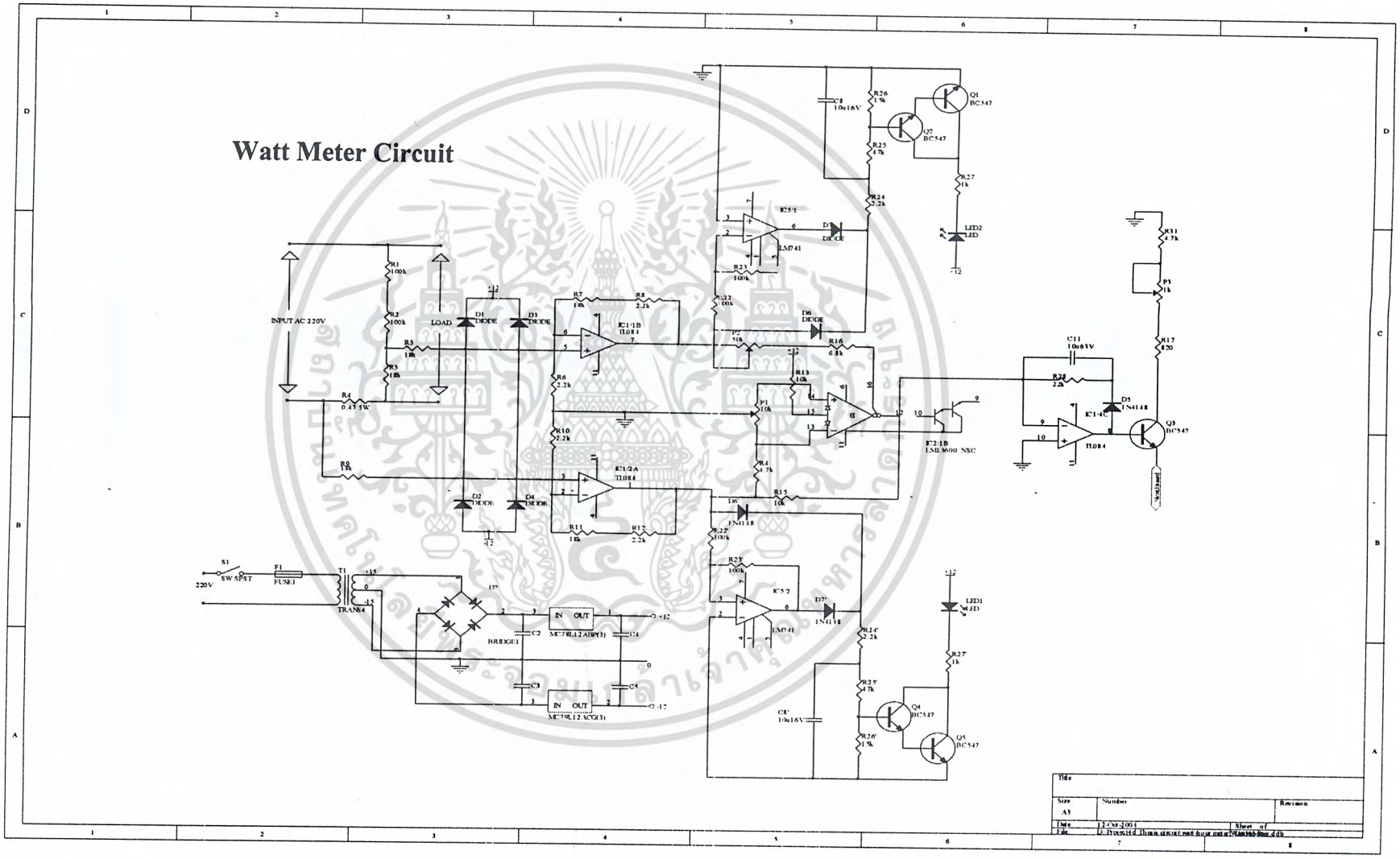
หลักการ

เมื่อใส่โหลดเข้าไปและป้อนไฟสลับ 220 โวลท์เข้าเครื่อง ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม R3เท่ากับ 10 V แล้วส่งผ่าน R5 มาเข้าขาอินพุตไม่กลับเฟสของ IC1/1 ซึ่งทำงานเป็นบัฟเฟอร์แรงดันเอาท์พุตจาก TL084 จะถูกส่งผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้ P2 เพื่อเปลี่ยนเป็นกระแสป้อนให้กับขาไบแอสของ IC2/1 ตัวต้านทาน R4 มีไว้จับกระแสที่ไหลผ่านโหลดเพื่อเปลี่ยนเป็นแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R4 แล้วส่งผ่าน R9 เข้าขาอินพุตไม่กลับเฟสของ IC1/2 ซึ่งทำงานเป็นบัฟเฟอร์สัญญาณเอาต์พุตที่จะส่งมาเข้าขาอินพุตของ IC2/1

กระแสที่ออกจาก IC2/1 ซึ่งเป็นผลคูณของสัญญาณอินพุต จะถูกป้อนผ่าน IC1/4 ซึ่งเป็นตัวขยายแล้วสัญญาณก็ผ่านไดโอดมาตกคร่อม R17 ไปทำให้ Q3 ทำงานในส่วนภาคที่ทำงานเป็นตัววัตต์มิเตอร์ ก็มีเพียงเท่านี้ถ้าลองเอาแอมมิเตอร์ ไปแทน R4.7K จะเห็นได้ว่ามิเตอร์ทำงาน

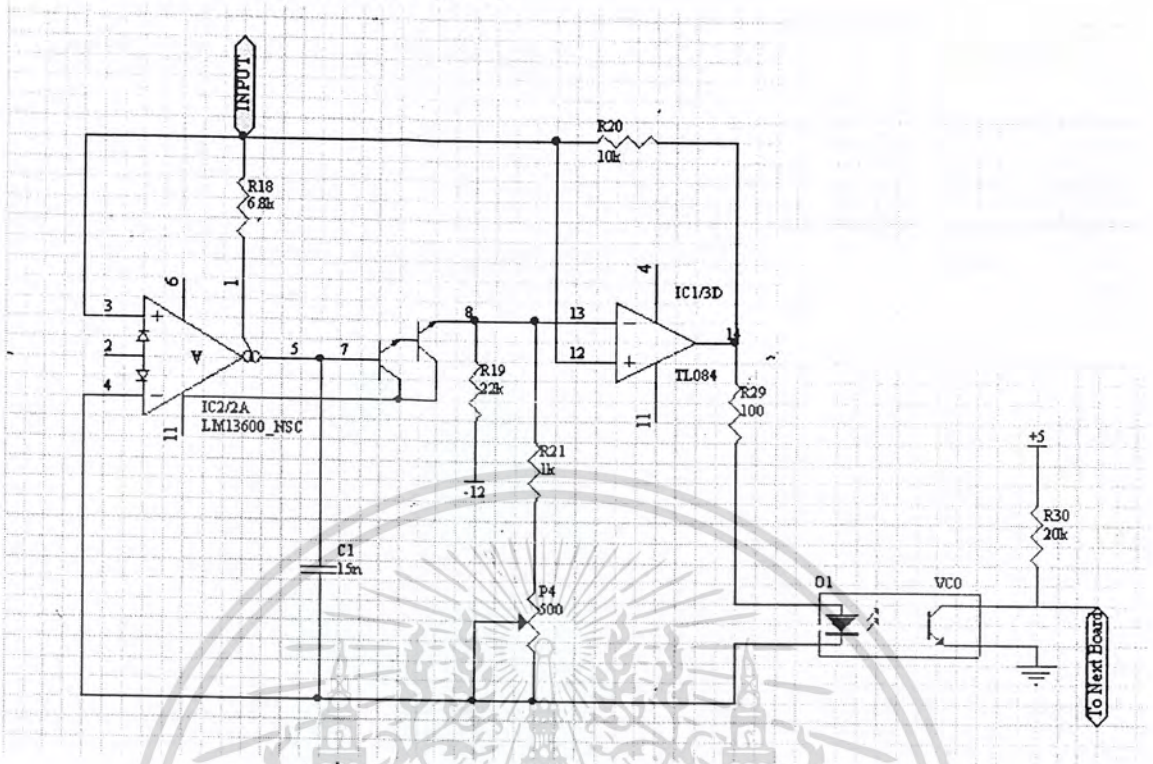
วงจรวัตต์มิเตอร์แสดงในรูปที่ 4-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-4 วงจรวัดกำลังไฟฟ้า

2.วงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน (VCO)



รูปที่ 4-5 วงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน(VCO)

ประกอบไปด้วย IC2/2 และ IC1/3 มีหลักการทำงานคร่าวๆคือสมมุติว่าสภาวะเดิมของเอาท์พุต IC1/3 เป็น +12 โวลต์ ดังนั้นจึงมีแรงดันที่อินพุทขา 3 ของ IC3/2 เป็น 1.5 โวลท์ เนื่องจากวงจรแบ่งแรงดัน R20, R2 และ P4 ทำให้เกิดกระแสที่ไหลออกจากขา 5 ของ IC2/2 มาเก็บที่ตัวเก็บประจุทำให้เกิดมีแรงดันเกิดขึ้นที่ขา 7 ของ IC2/2 ซึ่งต่ออยู่กับขาเบสของคาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ภายในตัว IC ทรานซิสเตอร์จึงนำกระแส ทำให้เกิดแรงดันขึ้นที่ขา 8 ของ IC2/2 ซึ่งต่ออยู่กับขา 13 ของ IC1/3 โดยแรงดันจะสูงขึ้นได้ช้าเร็วเท่าไร ขึ้นอยู่กับค่าของตัวเก็บประจุ

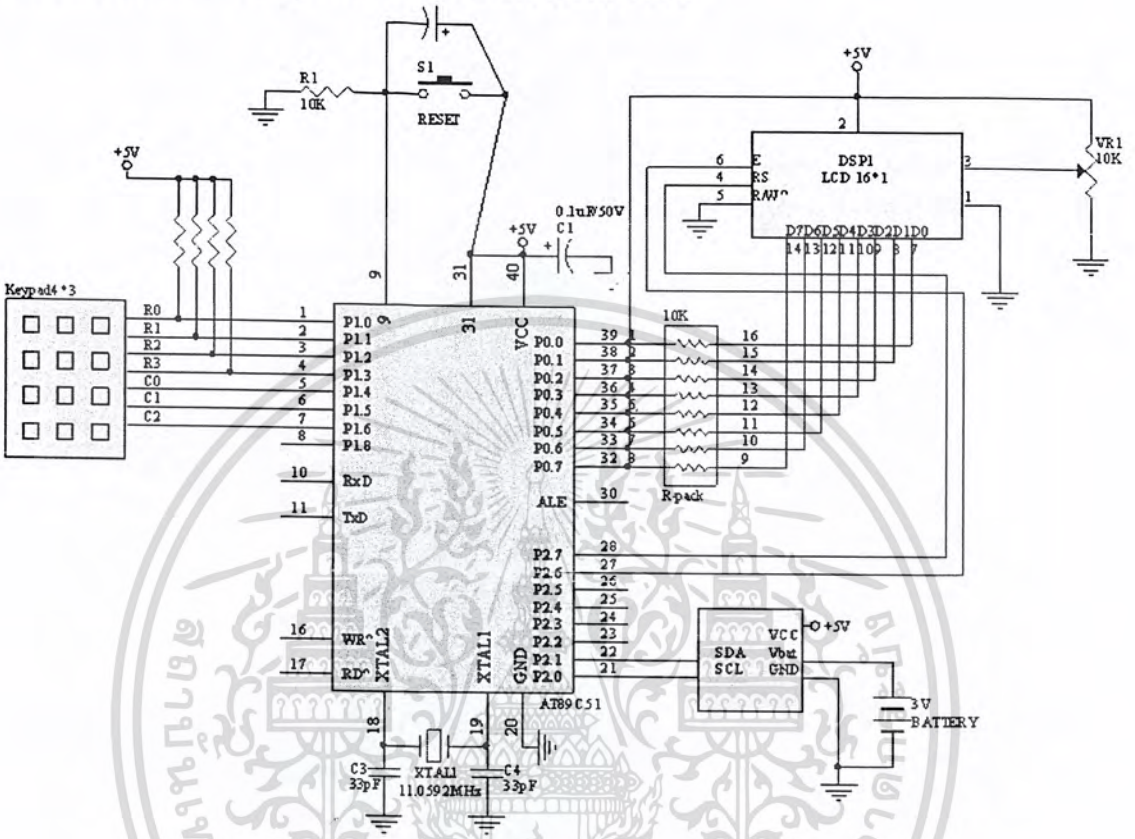
เมื่อแรงดันที่ขา 13 ของ IC1/3 มีค่าสูงกว่าขา 12 สภาวะที่เอาท์พุตของ IC1/3 จะเปลี่ยนจาก +12 โวลท์เป็น -12 โวลท์ ทันทีและทำให้ขาที่ 3 ของ IC2/2 และขา 14 ของ IC1/3 มีแรงดันเปลี่ยนจาก +1.5 โวลท์เป็น -10.5 โวลท์ ทำให้เกิดกระแสไหลเข้าขา 5 ของ IC3/2 ซึ่งกระแสที่ไหลเข้านี้ ได้มาจากการคายประจุของตัวเก็บประจุ เมื่อตัวเก็บประจุคายประจุออกมา ทำให้แรงดันตกคร่อมตัวมันค่อยๆ ลดลงทรานซิสเตอร์ภายในตัว IC3/2 จึงนำกระแสได้น้อยลง แรงดันที่ขา 8 จึงค่อยๆลดลงด้วย

ตัวเก็บประจุจะคายประจุจนกระทั่งแรงดันที่ขา 13 ของ IC1/3 ตกลงต่ำกว่า -10.5 โวลท์ ที่จุดนี้จะทำให้เอาท์พุตของ IC1/3 เปลี่ยนจาก -12 โวลท์ กลับไปเป็น +12 โวลท์ทันที ตัวเก็บประจุก็จะเริ่มต้นเก็บประจุอีกครั้ง เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยทำให้ได้สัญญาณสี่เหลี่ยมจากเอาท์พุต IC1/3 เพื่อป้อนเข้าไปยังชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ความถี่ที่ได้จากวงจร VCO มีค่าประมาณ 0-12KHz ขึ้นอยู่กับการปรับ P4 เนื่องจากเราเอาความถี่ VCO ไปเป็นอินพุตเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องผ่านตัวออโต้คัปเปอร์ เพื่อแยกกราวน์ออกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กัน เพราะว่าในวงจรภาคแรกของเรามีไฟ AC เข้ามาเกี่ยวข้องทำให้อาจจะเกิดปัญหากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ดังนั้นเราจะต้องทำไฟเลี้ยงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์แยกต่างหากจากวงจรของวัตต์มิเตอร์ [2]

3. วงจรประมวลผลและควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4-6 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของวัตต์มิเตอร์

ในส่วนของวงจรประมวลผลและควบคุมและควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้ไมโครคอนโทลเลอร์เบอร์ AT89C51 และ AT89C2051 ทำงานร่วมกันแบบ Master-Slave โดยกำหนดให้ตัว Master นี้จะใช้เบอร์ AT89C51 ส่วน Slaveจะใช้เบอร์ AT89C2051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็น Master จะมีหน้าที่ในการรับค่าความถี่ที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่เพื่อทำการประมวลผลค่าพลังงานไฟฟ้าหรือ Unit โดยจะรับค่าความถี่เข้ามาทาง Port 3.4 หรือขา Timer นั่นเอง และในส่วน Master ยังได้มีการต่อ Keypad, LCD เพื่อรับค่าและแสดงผลตามที่ผู้ใช้ต้องการเช่น เรียกดูค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ไป, ดูค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ไปแล้วในเดือนที่ผ่านมา โดย Keypad จะต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ทาง Port 1.0 – Port 1.6 และ LCD ที่ใช้จะเป็นแบบ 16*1 การต่อส่วนที่เป็นขาData ของ LCD จะทำการต่อเข้ากับ Port 0.0-0.7 ซึ่งในการต่อนั้นจะต้องทำการ Pull-Up ด้วยโดยการใช้ R ที่มีค่าประมาณ 10 กิโลโอมและจ่ายไฟประมาณ 5 V ส่วนขา E และ RS จะต่อเข้ากับ Port 2.6 และ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

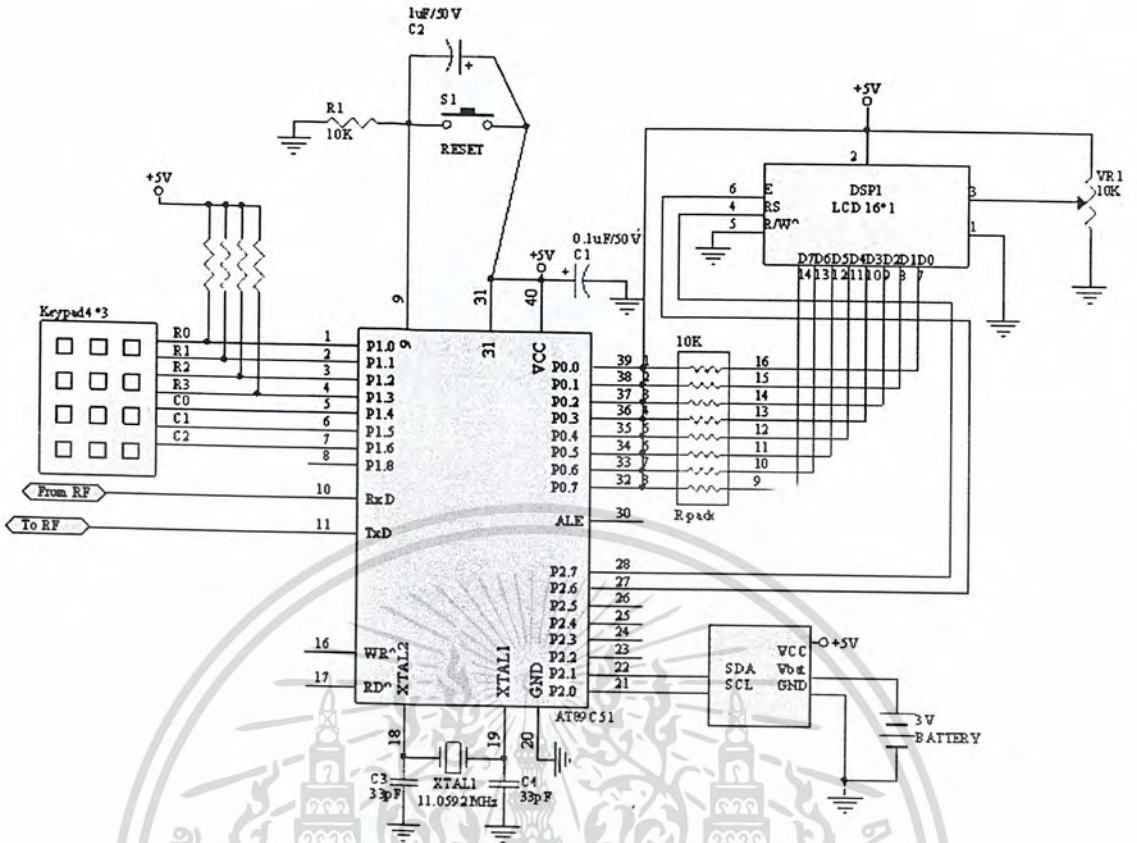
ในการเก็บข้อมูลของพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ไปนั้น จะมีการเก็บข้อมูลอยู่สองส่วนคือ ส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ไปในขณะนั้น และค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ไปในเดือนก่อนหน้า(ซึ่งจะทำการเก็บค่าทุกๆวันสุดท้ายของแต่ละเดือน) เพื่อให้มีความถูกต้องในเรื่องของเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลนั้น จะใช้ IC เบอร์ DS1307 เหตุผลที่เลือก IC Real Time Clock เบอร์นี้เพราะว่าใช้พลังงานงานน้อย และยังมีหน่วยความจำให้อีก 56 byte เพียงพอต่อความต้องการในการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และสามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ถึง 10 ปี โดยการใช้พลังงานสำรองเป็นแบตเตอรี่ เพียง 3 โวลต์ ซึ่งการใช้ IC Real Time Clock นี้ยังมีข้อดีอีกคือ ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เก็บลงไปในหน่วยความจำนั้น จะมีวันเดือนปี และเวลา ที่เก็บค่ากำกับอยู่ด้วย ทำให้การยืนยันความถูกต้องของข้อมูลทำได้ง่ายขึ้นด้วย ซึ่งจะต่อเข้ากับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ Port 2.0 และ Port 2.1 (ที่ใช้เพียงสองขาเพราะว่าเป็นแบบ I^2C)

ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานในโหมด Slave เหตุผลที่เลือกเบอร์ AT89C2051 ที่มีเพียง 20 ขา และมี Port ให้ใช้งานเพียง Port 1และ Port 3 ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน โดยงานที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็น Slave นั้นต้องทำการควบคุมการส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็น Master ให้กับชุดส่งข้อมูล (RF Transmitter Module) และทำการรับข้อมูลที่ได้จากชุดรับข้อมูล (RF Receiver Module) และทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลที่ได้ไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็น Master เพื่อทำงานตามข้อมูลที่ได้รับมา โดยในการทำงานของอุปกรณ์ชุดรับส่งนี้เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานจะควบคุมให้ทำงานเมื่อได้รับสัญญาณ Request จากอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบไร้สายเท่านั้น โดยจะต่อชุดรับ-ส่งแบบไร้สายเข้ากับ Port3.0 และ Port 3.1 หรือขา TxD และ RxD นั่นเอง

4.3 วงจรอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data Logger Circuit)

อุปกรณ์เก็บข้อมูลที่จะสร้างขึ้นเพื่อใช้งานนี้ จะต้องสามารถเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าไว้ในหน่วยความจำภายนอก และสามารถรับคำสั่งจาก Keypad เพื่อทำงานตามคำสั่งและแสดงผลการทำงานของเครื่องทาง LCD ได้ ซึ่งในการรับข้อมูลจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์เก็บข้อมูลจะต้องทำการส่งสัญญาณร้องขอข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า (Request) ก่อน จากนั้นเมื่อได้รับการตอบรับจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าและได้รับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า อุปกรณ์เก็บข้อมูลจะต้องทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับ และทำการเก็บข้อมูลนั้นลงไปไว้ในหน่วยความจำ การออกแบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 รุ่น AT89C51 สองตัวทำงานร่วมกันในโหมด Master –Slave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



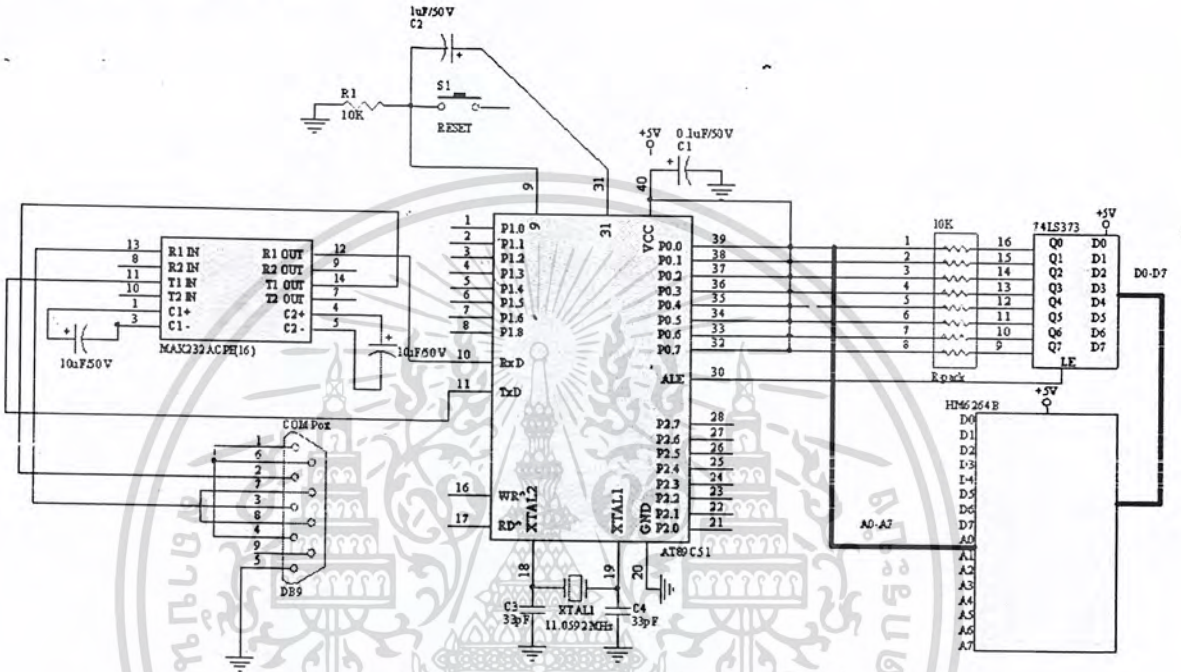
รูปที่ 4-7 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Master)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็น Master จะทำหน้าที่ในการรับค่าจาก Keypad เพื่อรับคำสั่งในการทำงาน โดยจะแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์เก็บข้อมูลทางจอLCD โดยจะต่อ Keypad เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ Port 1.0 จนถึง Port 1.6 และ LCD ที่ใช้จะเป็นแบบ 16*1 การต่อส่วนที่เป็นขาData ของ LCD จะทำการต่อเข้ากับ Port 0.0-0.7 ซึ่งในการต่อนั้นจะต้องทำการ Pull-Up ด้วยโดยการใช้ R ที่มีค่าประมาณ 10 กิโลโอมและจ่ายไฟประมาณ 5 V ส่วนขา E และ RS จะต่อเข้ากับ Port 2.6 และ 2.7 เพื่อให้มีความถูกต้องในเรื่องของเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลนั้น จะใช้ IC Real Time Clock เบอร์ DS1307 เหตุผลที่เลือก IC Real Time Clock เบอร์นี้เพราะว่าใช้พลังงานงานน้อย และยังมีหน่วยความจำให้อีก 56 Bytes เพียงพอต่อความต้องการในการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และสามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ถึง 10 ปี โดยการใช้พลังงานสำรองเป็นแบตเตอรี่ เพียง 3 โวลต์ ซึ่งการใช้ IC Real Time Clock นี้ยังมีข้อดีอีกคือ ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เก็บลงไปในหน่วยความจำนั้น จะมีวันเดือนปี และเวลาที่เก็บค่ากำกับอยู่ด้วยทำให้การยืนยันความถูกต้องของข้อมูลทำได้ง่ายขึ้นด้วย ซึ่งจะต่อเข้ากับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ Port 2.0 และ Port 2.1(ที่ใช้เพียงสองขาเพราะว่าเป็นแบบ I^2C)

นอกจากนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็น Master ยังมีหน้าที่ควบคุมการส่งสัญญาณร้องขอข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าให้กับชุดส่งข้อมูล (RF Transmitter Module) และทำการรับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดรับข้อมูล (RF Receiver Module) และทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลที่ได้ไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นSlave เพื่อทำการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับมาลงในหน่วยความจำ โดยในการทำงานของอุปกรณ์ชุดรับ-ส่งนี้ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานจะควบคุมให้ทำงานเมื่อต้องการข้อมูลจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (เมื่อทำการส่งสัญญาณร้องขอข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า) และจะหยุดการทำงานในส่วนนี้เมื่อการรับ-ส่งข้อมูลเสร็จสิ้นแล้ว โดยจะต่อชุดรับ-ส่งแบบไร้สายเข้ากับ Port3.0 และ Port 3.1 หรือขา TxD และ RxD นั่นเอง



รูปที่ 4-8 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ของอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Slave)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็น Slave จะมีหน้าที่ในการทำงานอยู่สองส่วนหลักด้วยกันคือ ส่วนของการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และส่วนของการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ทาง Serial Port

โดยในโครงงานนี้จะทำการต่อหน่วยความจำภายนอกเพิ่มให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เราสามารถทำการเพิ่มหน่วยความจำภายนอกให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ได้ถึง 64 Kilo Bytes แต่ในการทำการทดลองของโครงงานนี้ หน่วยความจำที่ต่อเพิ่มเพื่อใช้ในการทดลองจะใช้เพียง 8 Kilo Bytes ซึ่งเพียงพอต่อการทดลองและทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เก็บข้อมูล หน่วยความจำที่เลือกใช้งานในโครงงานนี้จะเป็นแบบ Static Ram ทำให้ สามารถเขียนทับได้ไม่จำกัด โดยจะทำการต่อแบตเตอรี่ 5 โวลต์เพื่อให้หน่วยความจำสามารถเก็บค่าข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าไว้ได้เมื่อพลังงานหลักขัดข้องหรือไม่ได้เปิดเครื่องไว้ หน่วยความจำที่นำมาต่อเพิ่มเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จะต่อเข้ากับ Port 0 และ Port 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และเนื่องจาก Port 0 เป็นทั้ง Port Data และ Address เมื่อจะใช้งานจึงต้องทำการต่อ IC Latch ในโครงงานนี้จะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

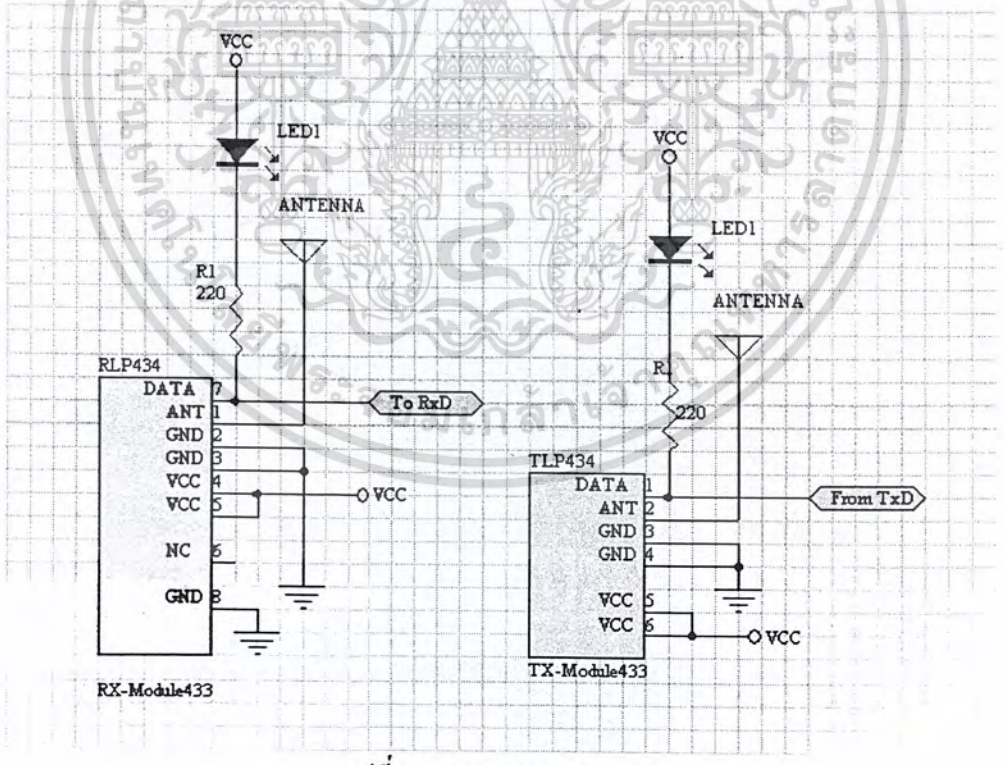
IC เบอร์ 74LS373 และในการควบคุมจะต้องต่อขา Latch Enable (LE) จากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานด้วย

การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์เก็บข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ ผ่านทาง Serial Port นี้ จะใช้ IC เบอร์ MAX232CPE เป็นตัวกลางในการแปลงข้อมูลซึ่ง MAX232CPEจะแปลงข้อมูลที่ส่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็นข้อมูลในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้ได้ และจะแปลงข้อมูลที่ส่งจากคอมพิวเตอร์ให้เป็นรูปแบบข้อมูลที่ ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับรู้ได้ โดยจะต่อกับเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็น Slave ทาง Port 3.0 และ Port 3.1 ซึ่งเป็น Port รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั่นเอง

4.4 วงจรชุดรับ-ส่งข้อมูลด้วยความถี่วิทยุ (RF Communication Circuit)

ใช้ RF-Module Wireless 433 MHz รุ่น TLP-434(ตัวส่ง) และ RLP-434(ตัวรับ) ของบริษัท Laipac Technology, Inc. โดย RF Module รุ่นนี้จะเป็นแบบรับ (Receiver) หรือ แบบส่ง (Transmitter) ทางเดียว และใช้การโมดูเลชันแบบ Amplitude Shift Keying Modulation (ASK Modulation)

โครงงานนี้จะทำการออกแบบชุดรับ-ส่งข้อมูลให้ เป็นแบบ Transceiver คือสามารถรับข้อมูล และส่งข้อมูลได้ โดยจะทำการติดตั้งชุดรับ-ส่งข้อมูลด้วยความถี่วิทยุ นี้ให้กับทั้งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า และอุปกรณ์เก็บข้อมูล เพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกันแบบไร้สายได้



รูปที่ 4-9 RF-Module Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 โปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า

ในการสร้างโปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า จะใช้โปรแกรม Visual Basic 6 เป็นเครื่องมือ (Tools) ในการเขียน ซึ่งปัจจุบันVisual Basic ถือได้ว่าเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย

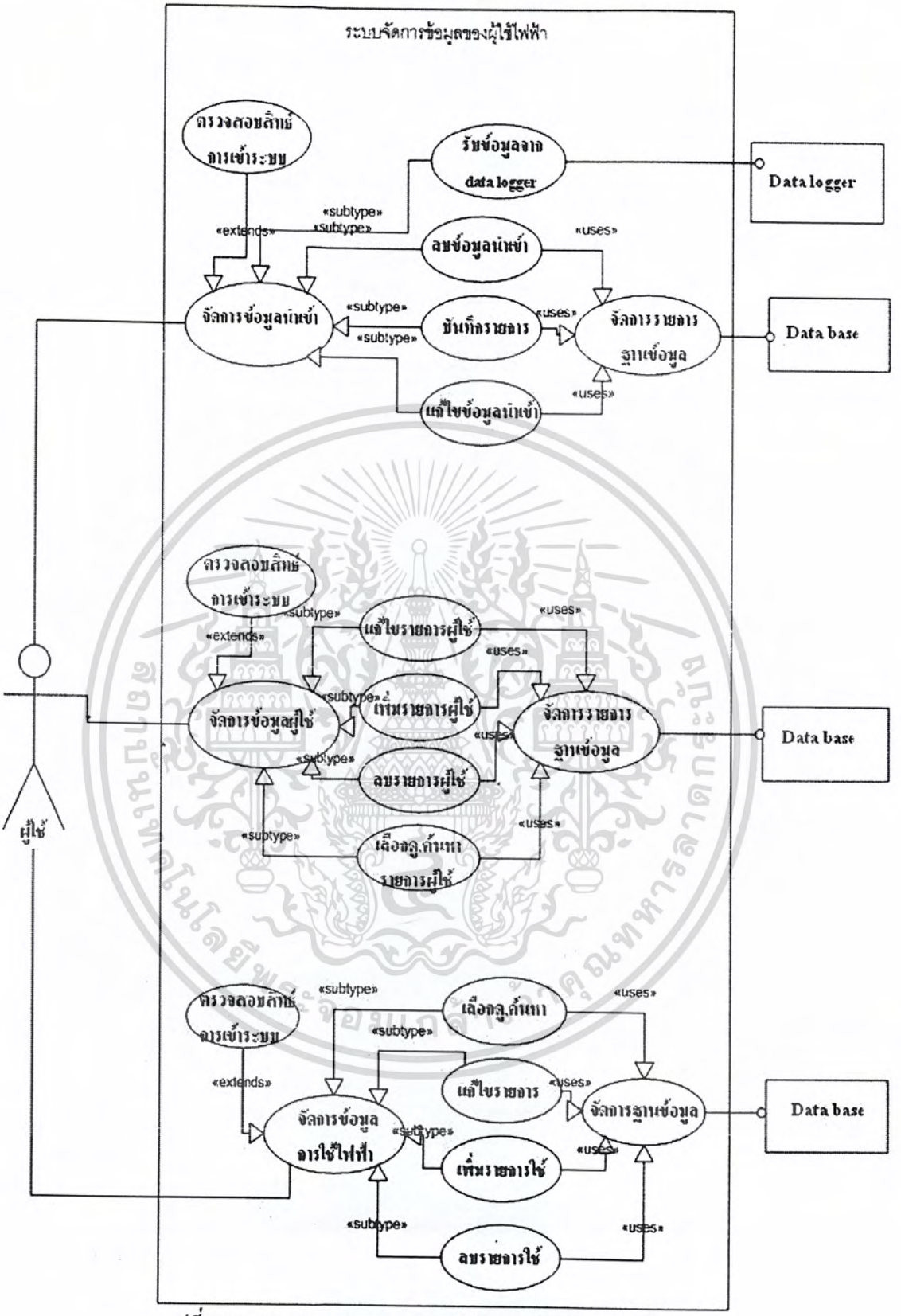
4.5.1 ความสามารถของโปรแกรม

1. ติดต่อกับ Data Logger Device ทาง พอร์ตอนุกรม เพื่อรับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้
2. นำข้อมูลที่ได้ มาคำนวณค่าไฟฟ้าตามอัตราที่การไฟฟ้าได้กำหนดไว้ในประเภทผู้ใช้แบบที่ 1 ของแต่ละบ้าน
3. สามารถแสดงรายละเอียดผู้ใช้ได้ เช่น ที่อยู่, หน่วยไฟฟ้าที่ได้ใช้ไป, ค่าไฟฟ้า
4. สามารถพิมพ์เป็นใบแจ้งค่าไฟฟ้า
5. สามารถเก็บทำสถิติการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนของแต่ละผู้ใช้ได้

4.5.2 Use Case Diagram ของโปรแกรม

โปรแกรมนี้ได้มีการออกแบบ Use Case Diagram ดังรูป 4-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

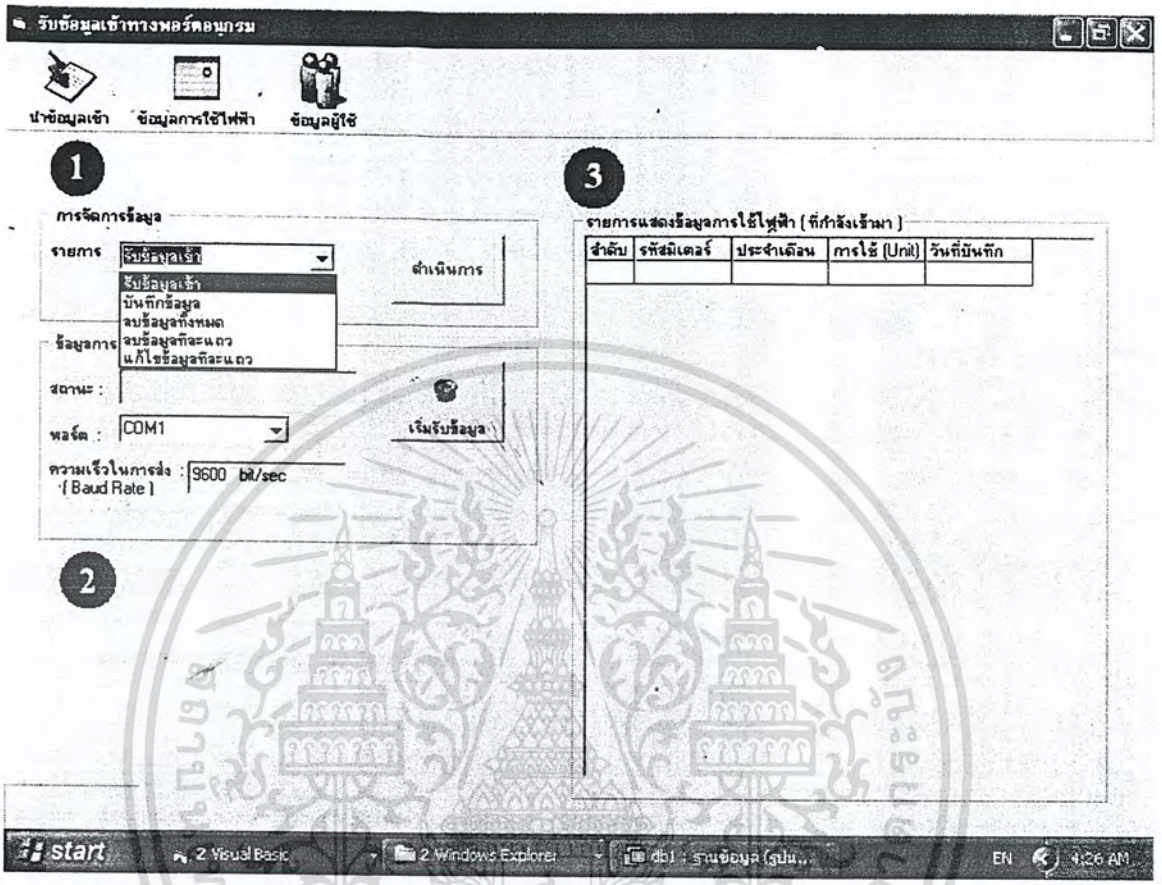


รูปที่ 4-10 Use Case Diagram ของโปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 User Interface ของโปรแกรม

1. หน้าต่างแสดงการรับข้อมูลเข้าทางพอร์ตอนุกรม



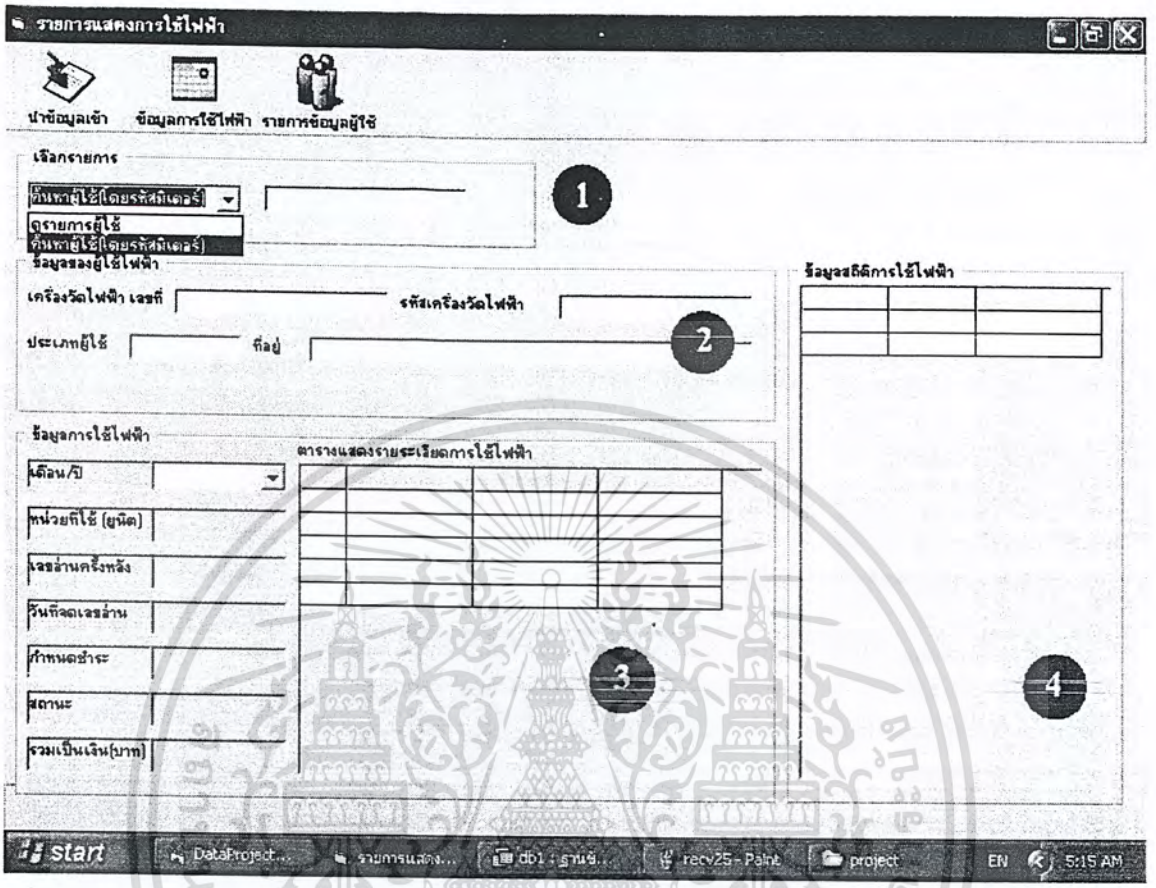
1.1 เฟรมที่ 1 มีชื่อว่าเฟรมจัดการข้อมูล หน้าที่และการทำงาน คือ เป็นรายการเลือกหลักที่จะให้ผู้ใช้จัดการกับข้อมูล ทั้งการนำเข้าข้อมูลจากอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data logger) , การบันทึกรายการข้อมูล , การลบข้อมูลทั้งหมด, การลบข้อมูลทีละแถว, และการแก้ไขข้อมูลทีละแถว จากข้อมูลที่ได้นำมาแสดงในเฟรมที่ 3

1.2 เฟรมที่ 2 มีชื่อว่าเฟรมข้อมูลการเชื่อมต่อ หน้าที่และการทำงาน คือ เป็นเฟรมที่จะเป็นผู้คอยบอกสถานะการเชื่อมต่อในระหว่างการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์เก็บข้อมูลกับคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งบอกอัตราเร็วของการส่งข้อมูลถ้าหากมีการรับข้อมูลเกิดขึ้น โดยผู้ใช้จะต้องกำหนดพอร์ตเองจากรายการพอร์ต

1.3 เฟรมที่ 3 มีชื่อว่าเฟรมรายการแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้า หน้าที่และการทำงานคือจะเป็นตารางที่แสดงข้อมูลที่รับเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมตามชนิดและประเภทของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน้าต่างแสดงการใช้ไฟฟ้า



2.1 เฟรมที่ 1 มีชื่อว่าเฟรมเลือกรายการ หน้าที่และการทำงาน คือ เป็นรายการที่จะให้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการจะทำอะไร โดยมี 2 รายการคือดูรายการ จากผู้ใช้ทั้งหมดและค้นหาผู้ใช้ไฟฟ้าเฉพาะที่ต้องการเลือกจากรหัสมิเตอร์เพียงตัวเดียวเท่านั้น

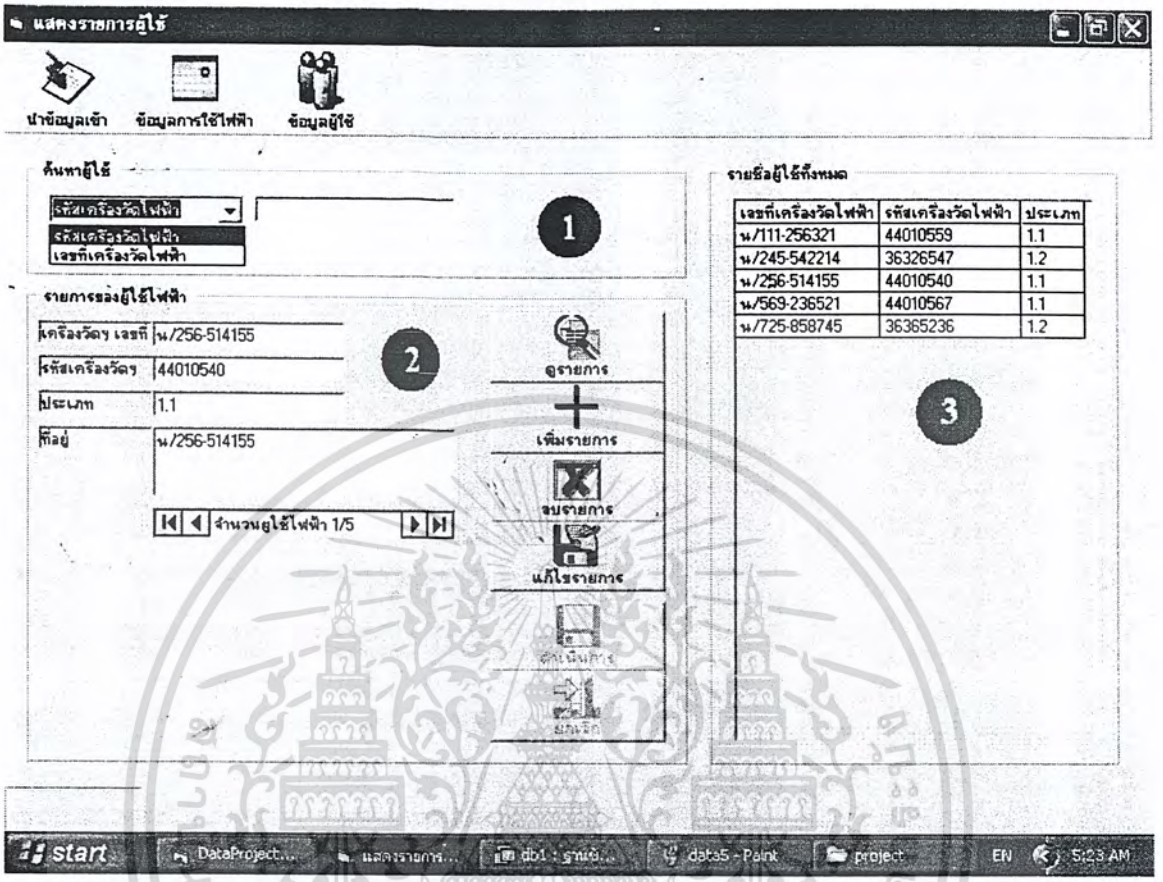
2.2 เฟรมที่ 2 มีชื่อว่าเฟรมของผู้ใช้ไฟฟ้า หน้าที่และการทำงาน คือ จะแสดงรายละเอียดของมิเตอร์วัดไฟฟ้าเครื่องนั้นๆ ว่าเป็นชนิดใด ที่อยู่ ประเภทของภาระใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

2.3 เฟรมที่ 3 มีชื่อว่าเฟรมข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้า หน้าที่และการทำงาน คือ แสดงรายละเอียดของการใช้ไฟฟ้าโดยละเอียดด้านขวาเป็นตารางการคิดค่าไฟฟ้าอย่างละเอียดส่านด้านซ้ายเป็นข้อมูลการใช้ไฟฟ้าประจำเดือนนั้นเช่น ประจำเดือน/ปีของการใช้ไฟฟ้า หน่วยที่ใช้ในเดือนนั้น สถานะ การชำระค้าง วันที่ทำการจดเลขที่อ่าน เป็นต้น

2.4 เฟรมที่ 4 มีชื่อว่าเฟรมสถิติการใช้ไฟฟ้า หน้าที่และการทำงาน คือ จะแสดงสถิติการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนว่ามีปริมาณการใช้งานเป็นอย่างไรเป็นข้อมูลที่จะให้ผู้ใช้โปรแกรมเปรียบเทียบปริมาณในการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หน้าต่างแสดงรายการผู้ใช้



3.1 เฟรมที่ 1 มีชื่อว่าเฟรมค้นหาผู้ใช้ หน้าที่และการทำงาน คือ ใช้ในการค้นหาผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ทั้งหมดในฐานข้อมูล โดยจะมีอยู่ 2 รายการ ที่จะให้ผู้ใช้ได้เลือกค้นหาคือ ค้นหาตามรหัสของเครื่องวัดไฟฟ้า และ ค้นหาตามเลขที่เครื่องวัดไฟฟ้าข้อมูลที่ค้นหามาได้จะนำมาแดงในเฟรมถัดๆไป

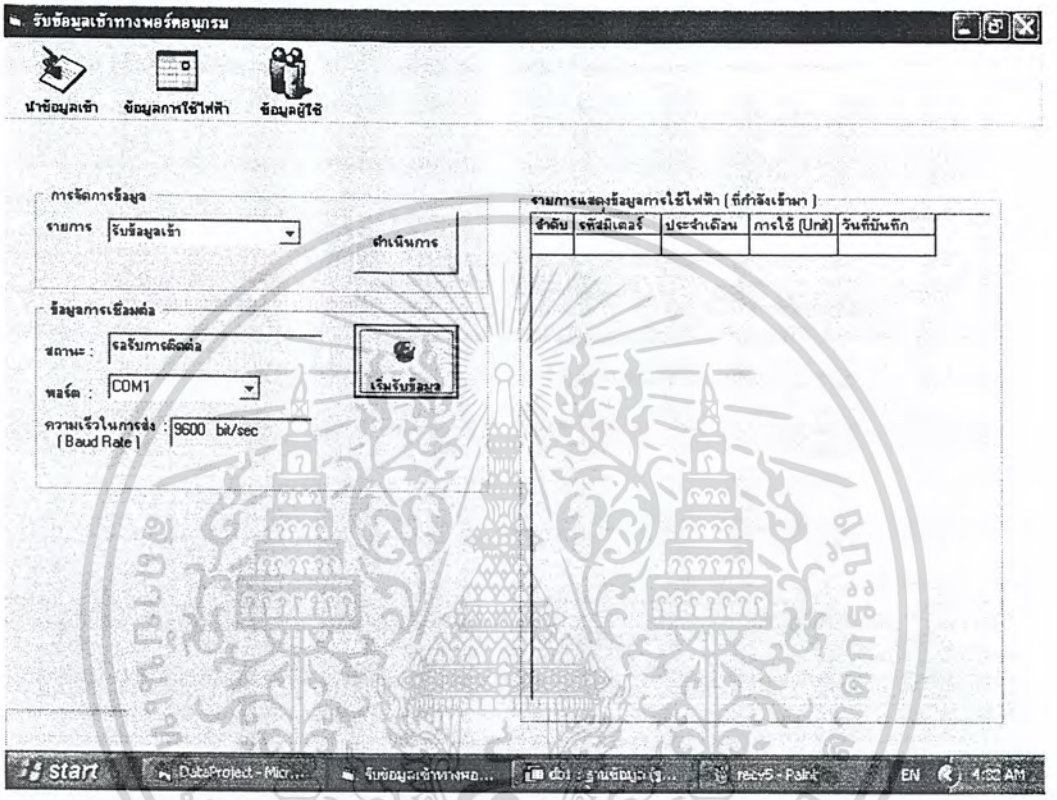
3.2 เฟรมที่ 2 มีชื่อว่าเฟรมรายการของผู้ใช้ไฟฟ้า หน้าที่และการทำงานคือจะแสดงรายการของผู้ใช้ไฟฟ้า เช่น เลขที่,รหัส ของเครื่องวัดไฟฟ้า ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าและที่อยู่ ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเลื่อนดูรายการผู้ใช้แต่ละคนได้ตามต้องการ ขวาสุดของเฟรมจะมีปุ่มควบคุมการทำรายการผู้ใช้ เช่น ดู เพิ่ม ลบ หรือ แก้ไขรายการ จากข้อมูลผู้ใช้ได้

3.3 เฟรมที่ 3 มีชื่อว่าเฟรมรายชื่อของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด หน้าที่และการทำงานคือ จะทำการแสดงผู้ใช้ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูลว่า มีรายการใดบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 ตัวอย่างการทำงานโปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า

เริ่มต้นการใช้งานเมื่อเปิดโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าจะขึ้นหน้าต่างแรก คือ การรับข้อมูลเข้าจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม ดังรูปที่4-11 แสดงการเริ่มรับข้อมูลเข้ามาจากอุปกรณ์ดังกล่าว โดยเลือกรายการที่เมนูรับข้อมูลเข้า จากนั้นเลือกพอร์ตที่ต้องการจะรับข้อมูล (Com1 or Com2) แล้วกดปุ่มเริ่มรับข้อมูล โปรแกรมก็จะแสดงสถานะรอรับการติดต่อ

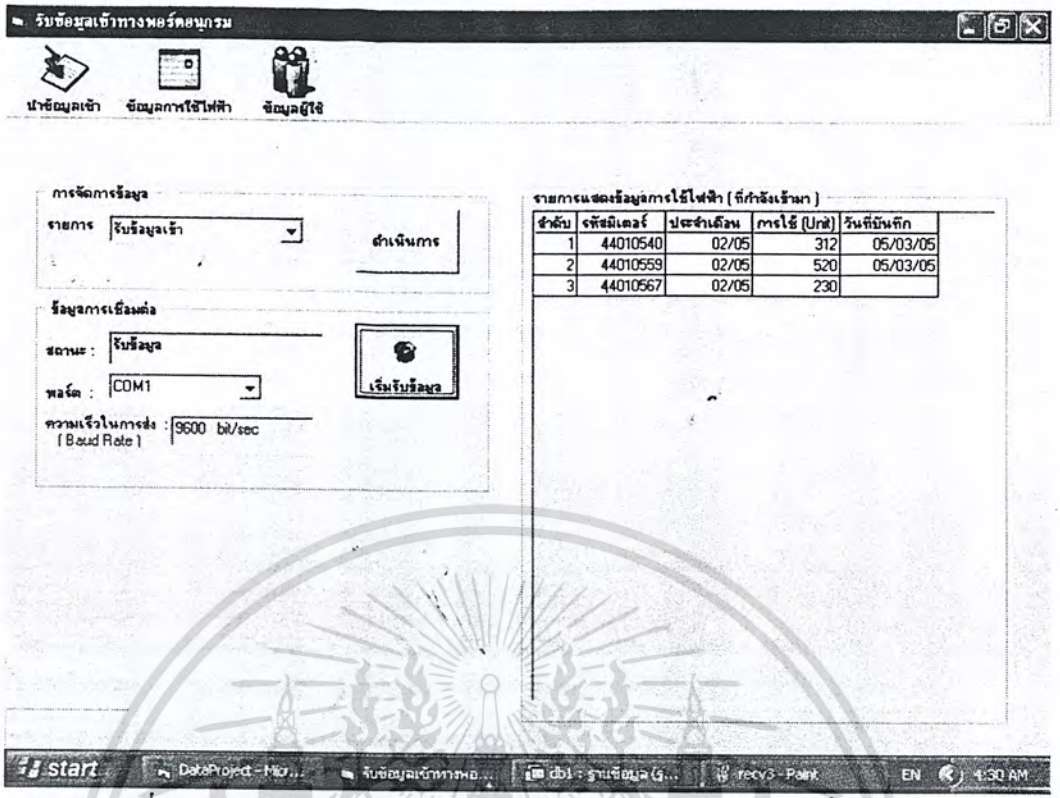


รูปที่ 4-11การรอรับการติดต่อจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลหลังจากกดปุ่มเริ่มรับข้อมูล

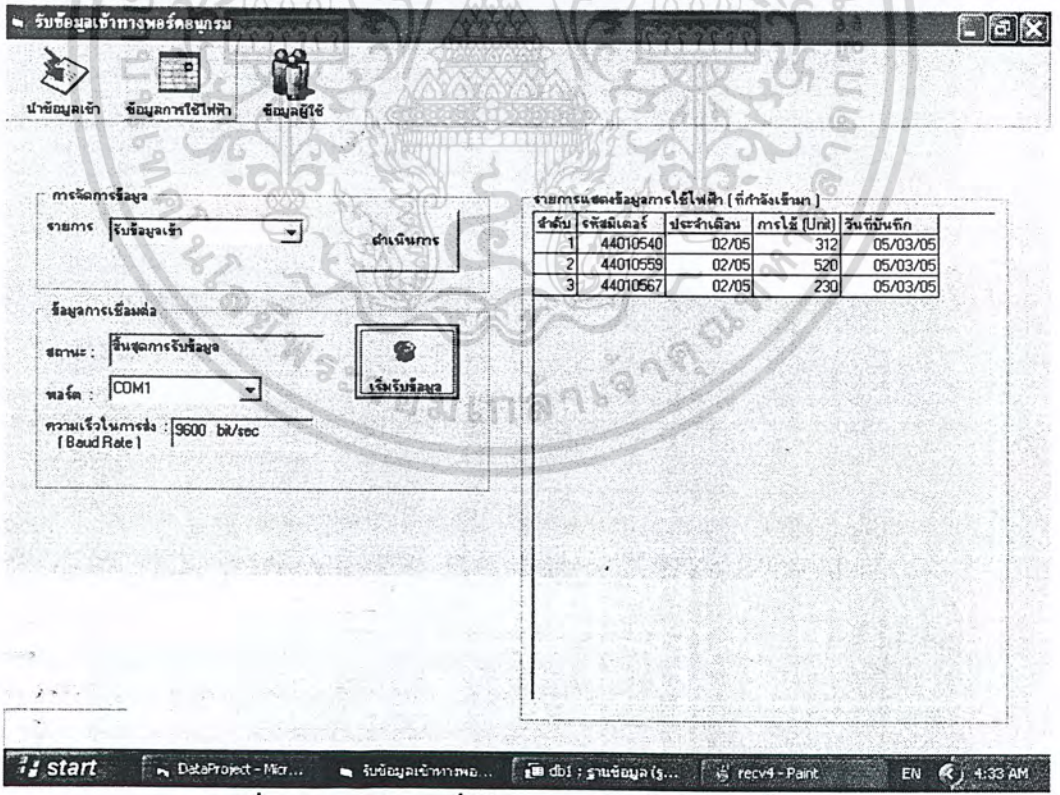
หลังจากกดปุ่มเริ่มรับข้อมูลโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าก็จะทำการติดต่ออุปกรณ์เก็บข้อมูล เมื่อทำการติดต่อเป็นผลสำเร็จ อุปกรณ์ดังกล่าวก็จะทำการส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้ามาทีละชุดของข้อมูล เช่น การใช้ไฟฟ้า 350 Unit เป็นต้น เมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วก็จะแสดงผลที่ตารางแสดงข้อมูลที่กำลังเข้ามาดังรูปที่ 4-12

เมื่อได้รับข้อมูลทั้งหมด โปรแกรมก็จะแสดงสถานะสิ้นสุดการรับข้อมูลเพื่อบอกให้ผู้ใช้โปรแกรมให้ทราบ ว่าข้อมูลทั้งหมดได้เข้าสู่โปรแกรมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และรอให้ผู้ใช้โปรแกรมสั่งคำเนินการข้อมูลเป็นลำดับต่อไปดังรูปที่ 4-13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



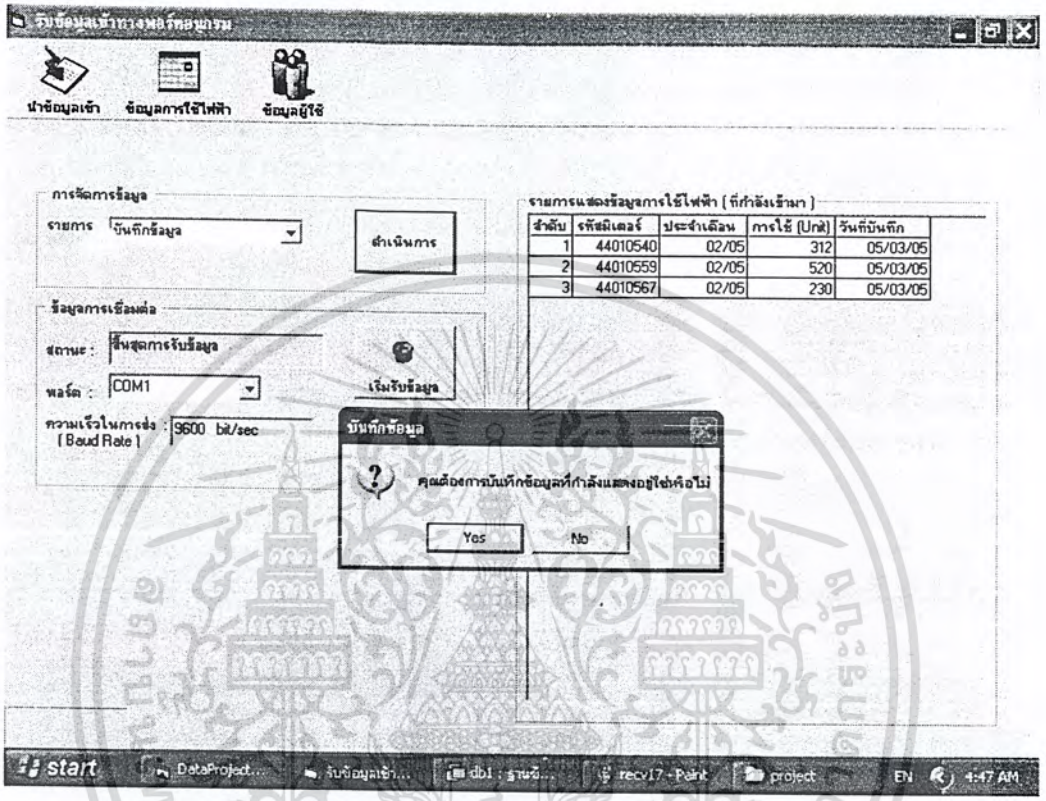
รูปที่ 4-12 การรับข้อมูลจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลและทำการแสดงข้อมูลที่กำลังได้รับ



รูปที่ 4-13 แสดงข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

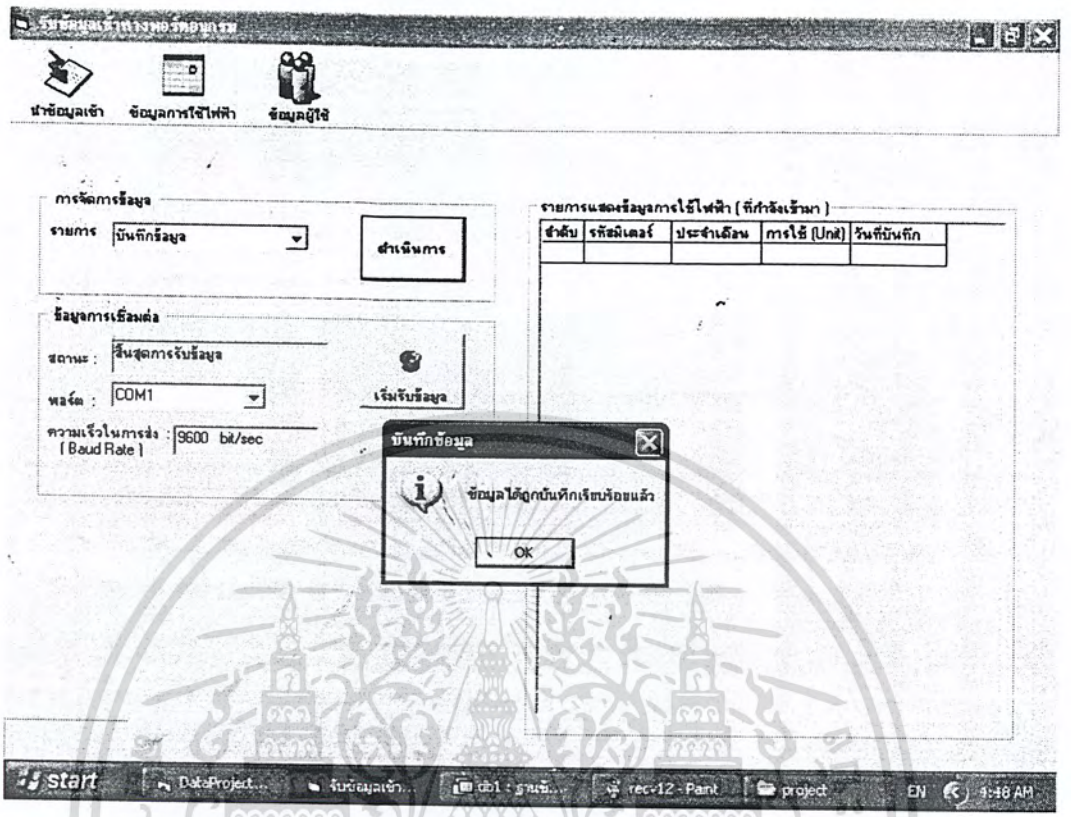
หลังจากรับข้อมูลมาเสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อผู้ใช้เลือกบันทึกข้อมูลที่ได้แสดงอยู่ในตารางขณะนี้ โปรแกรมก็จะทำการนำข้อมูลที่แสดงอยู่มาคำนวณค่าไฟฟ้าและรายละเอียดของการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้แต่ละคน เมื่อคำนวณเสร็จก็จะทำการบันทึกลงในฐานข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลดังกล่าวโดยผู้ใช้โปรแกรมจะต้องทำการยืนยันเพื่อบันทึกข้อมูล 1 ครั้ง ดังรูปที่ 4-14



รูปที่ 4-14 แสดงหน้าต่างการบันทึกข้อมูลที่กำลังแสดงอยู่ลงฐานข้อมูล

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมเลือกทำการบันทึกข้อมูล โปรแกรมจะดำเนินการประมวลผลข้อมูลก่อนการบันทึก และเมื่อมีการบันทึกข้อมูลเสร็จก็จะแสดงข้อความเพื่อมาบอกผู้ใช้ว่าโปรแกรมได้ทำการดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่4-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

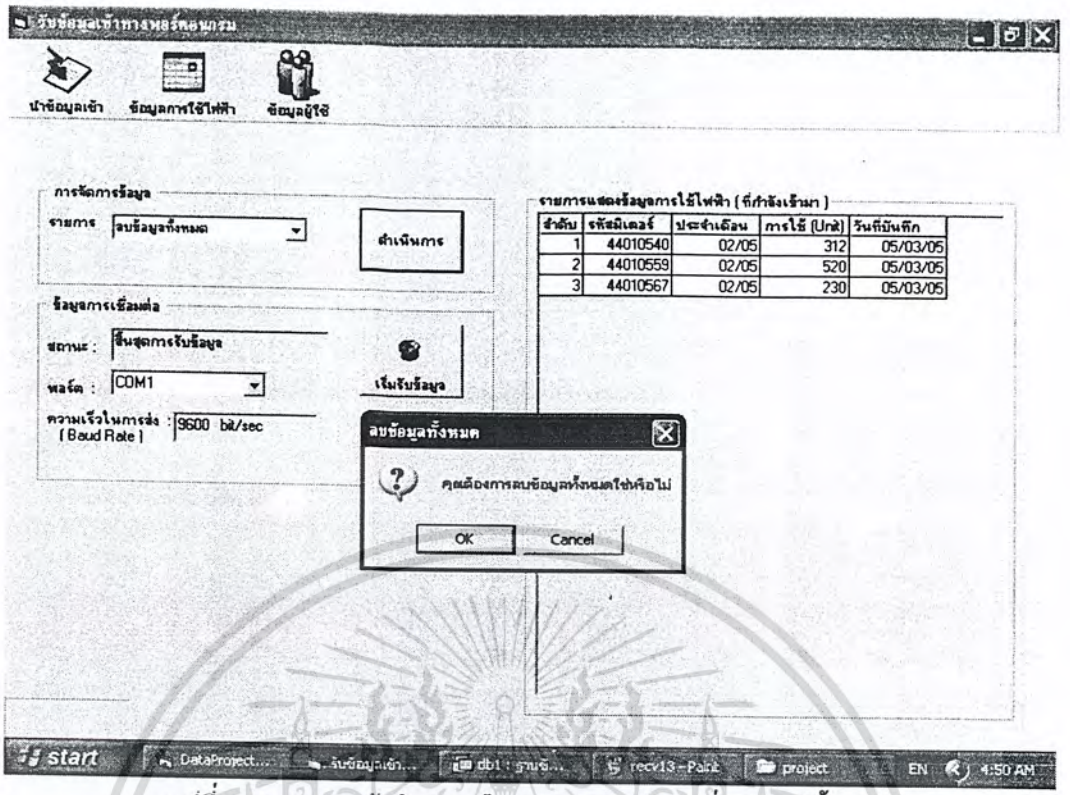


รูปที่ 4-15 แสดงหน้าต่างการเมื่อมีการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลเสร็จสิ้น

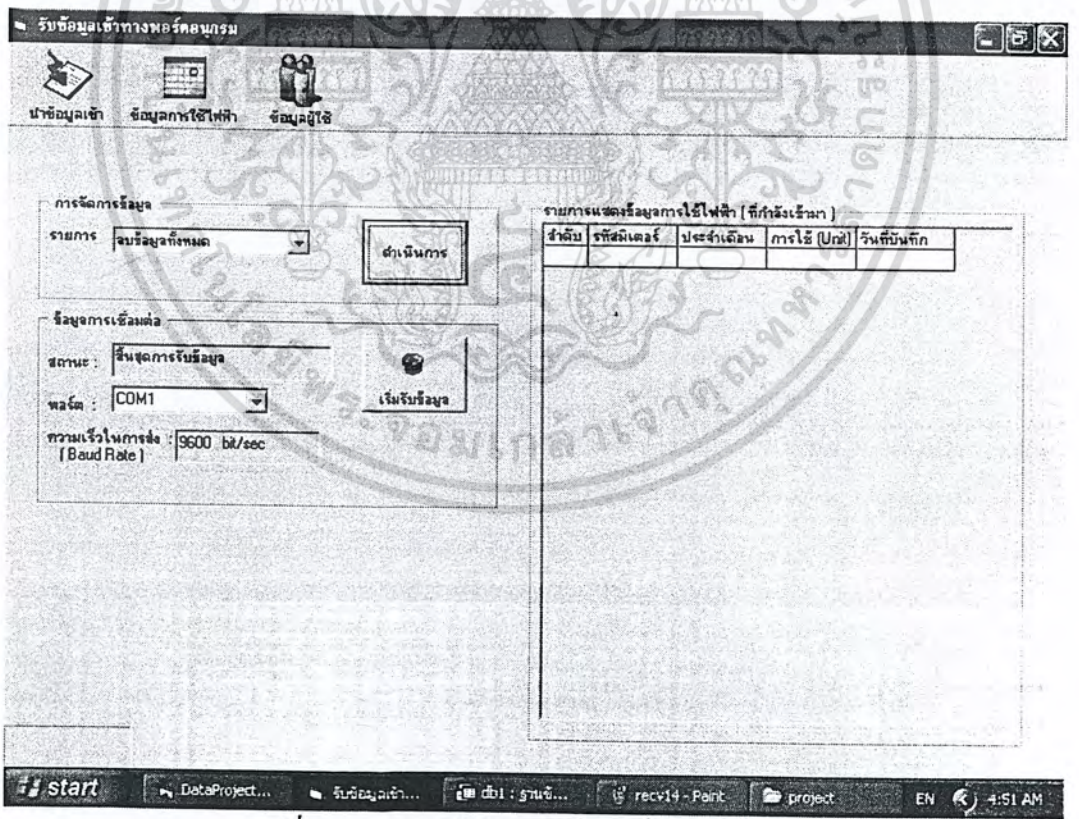
ถ้าหากข้อมูลที่มีการเข้ามาผู้ใช้ไม่ต้องการบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ที่กำลังแสดงอยู่ในตารางและต้องการจะลบข้อมูลทั้งหมดออกไป ก็สามารถจะทำได้โดยเลือกลบข้อมูลทั้งหมดออกไปจากเมนูรายการจัดการข้อมูล จากนั้นโปรแกรมก็จะถามเพื่อยืนยันการลบของข้อมูลอีกครั้ง ถ้าหากต้องการก็กดปุ่ม OK เพื่อแสดงการยืนยันการลบข้อมูลทั้งหมด ดังรูปที่ 4-16

หลังจากผู้ใช้เลือกรายการลบข้อมูลโปรแกรมก็จะดำเนินการลบข้อมูลที่แสดงอยู่ทั้งหมดดังรูป 4-17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



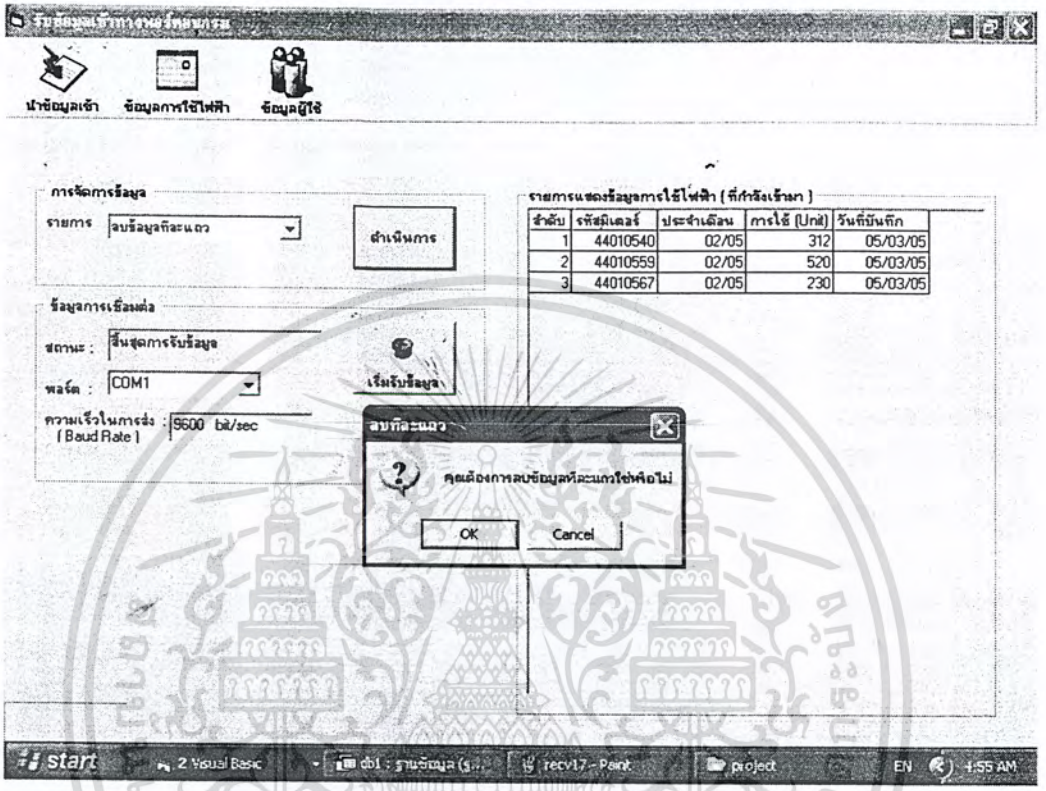
รูปที่ 4-16 แสดงหน้าต่างการเลือกรายการลบข้อมูลที่แสดงอยู่ทั้งหมด



รูปที่ 4-17 แสดงหน้าต่างของข้อมูลเมื่อถูกลบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากข้อมูลต้องการจะลบข้อมูลเฉพาะที่ผู้ใช้ต้องการ ก็สามารถจะทำได้โดยเลือกลบข้อมูลทีละแถว แถวได้จาก เมนูรายการจัดการข้อมูล แล้วกดปุ่มดำเนินการจากนั้นโปรแกรมก็จะถามเพื่อยืนยันการลบของข้อมูลอีกครั้ง ถ้าหากต้องการก็กดปุ่ม OK เพื่อแสดงการยืนยันการลบเฉพาะที่ต้องการ ดังรูปที่ 4-18

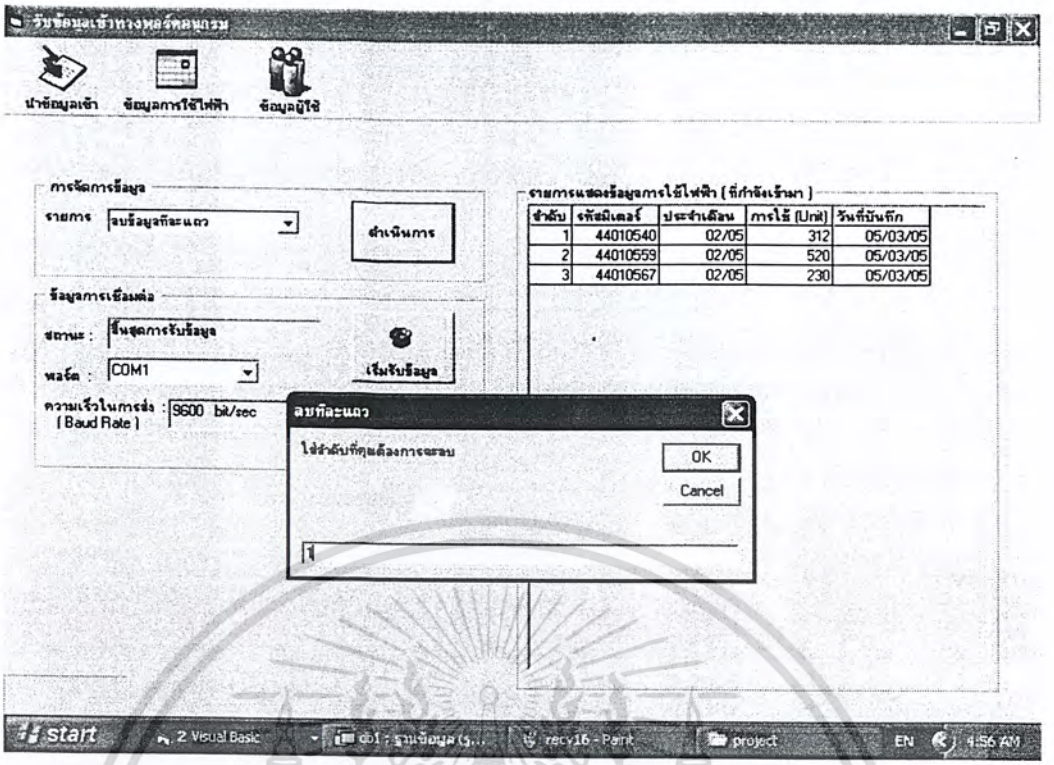


รูปที่ 4-18 แสดงหน้าต่างการเลือกรายการลบแบบเจาะจง

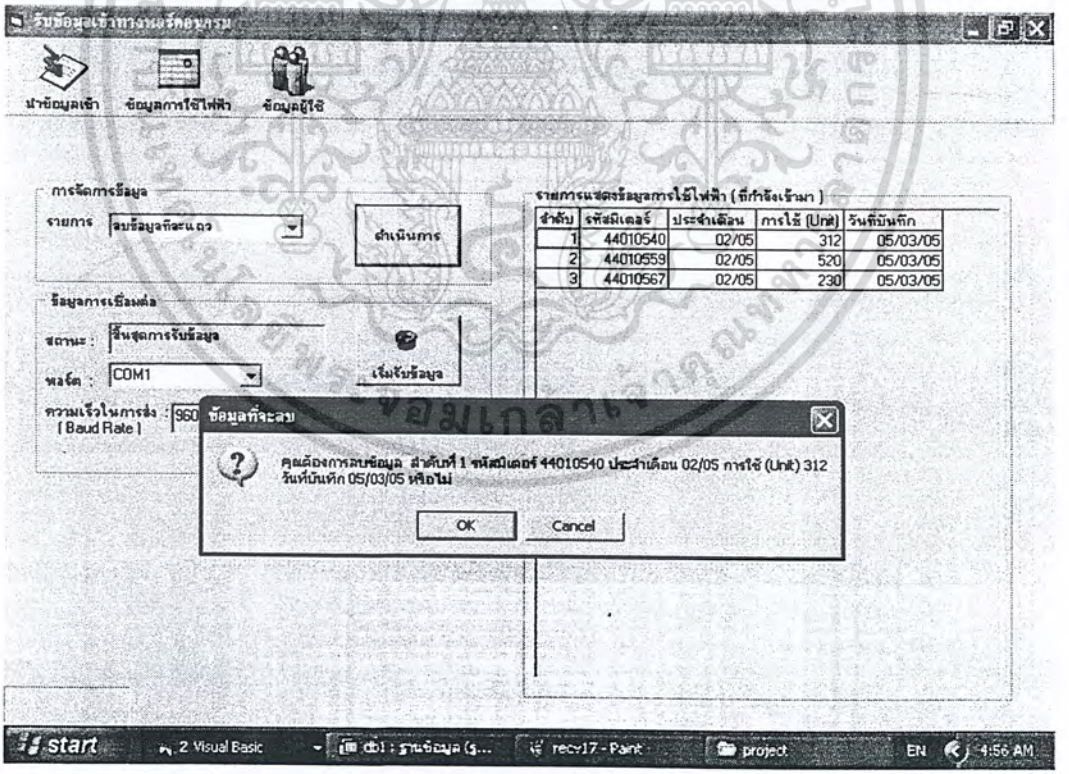
หลังจากที่ผู้ใช้เลือกลบข้อมูลที่ต้องการ (เฉพาะแถว) โปรแกรมก็จะให้ผู้ใช้ใส่เลขของข้อมูลลำดับที่ต้องการจะลบ ดังรูปที่4-19

หลังจากที่ผู้ใช้เลือกลำดับข้อมูลที่ต้องการจะลบ โปรแกรมก็จะทำการนำข้อมูลเฉพาะแถวของลำดับที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกไปนั้นเอามาแสดงข้อมูลที่ผู้ใช้เลือกพิจารณา เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของข้อมูลที่จะลบ ดังรูปที่ 4-20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



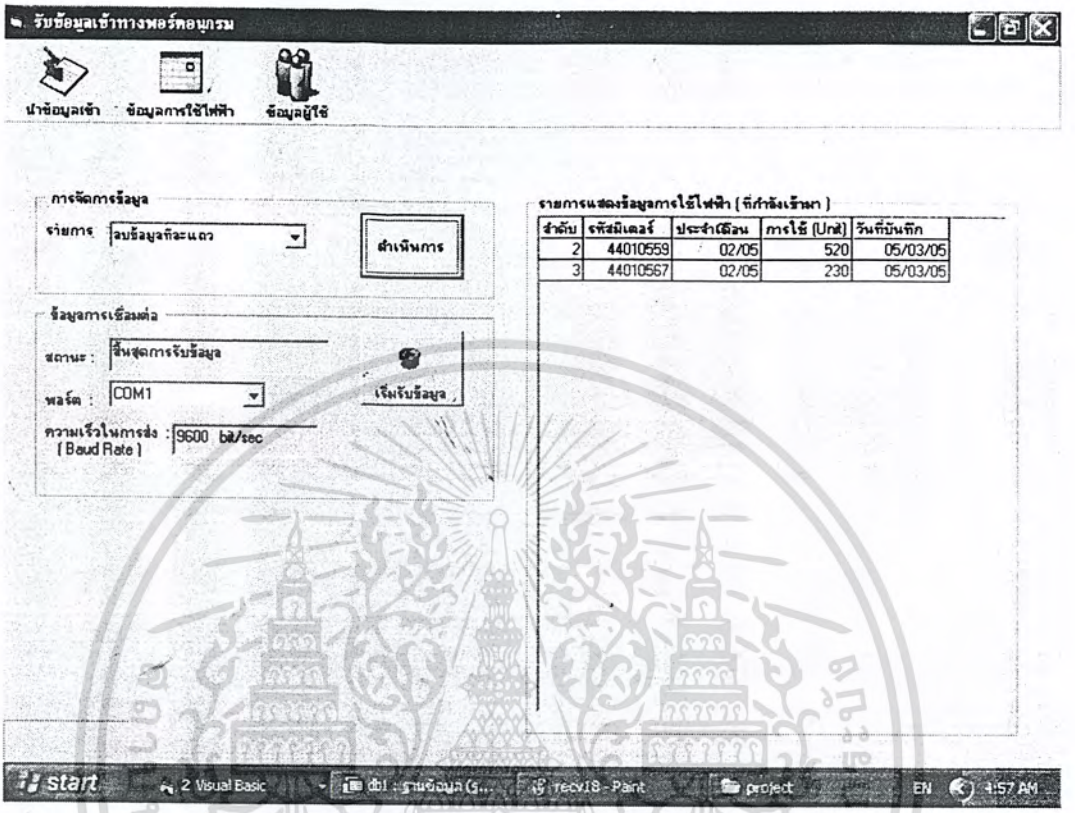
รูปที่ 4-19 การเลือกรายการลบข้อมูลที่ละแถวโดยใส่ลำดับที่ต้องการ



รูปที่ 4-20 แสดงข้อมูลที่ผู้ใช้เลือกลบเพื่อเป็นการยืนยัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ใช้ยืนยันการลบข้อมูล (กดปุ่ม OK) โปรแกรมก็จะทำการลบข้อมูลของแถวที่ได้เลือกนั้นออกไป ดังรูปจะเห็นว่าข้อมูลแถวที่ 1 นั้นถูกลบออกไปตารางแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่กำลังเข้ามา ดังรูปที่ 4-21

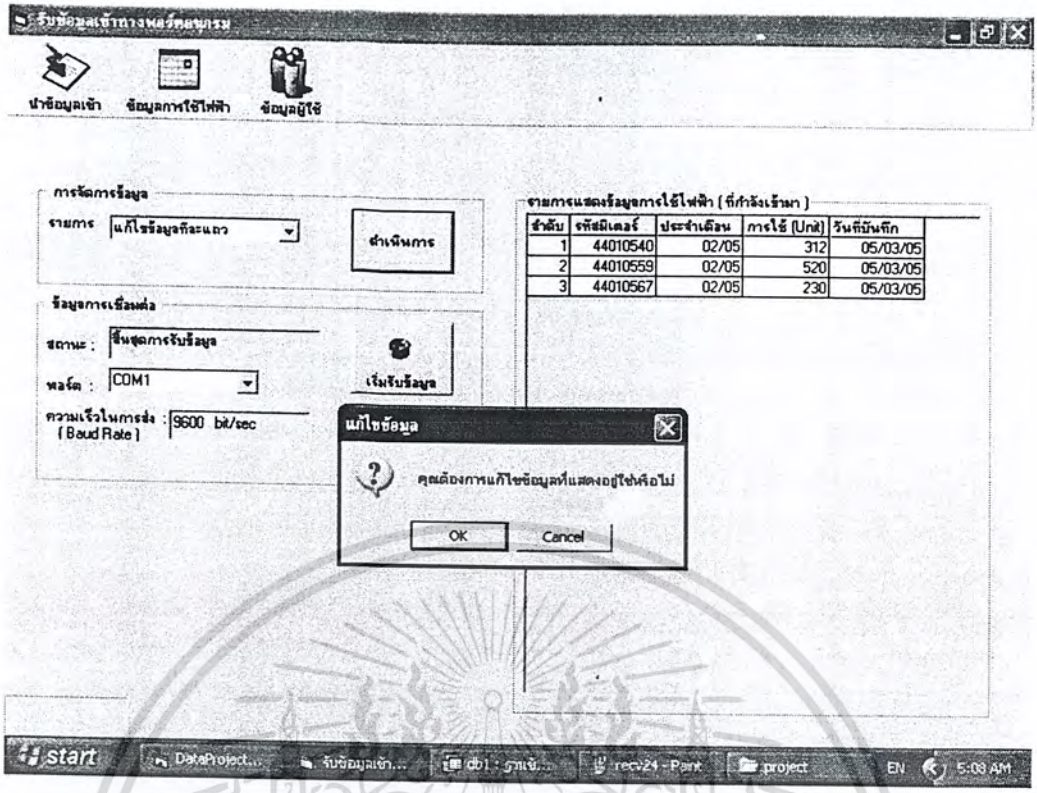


รูปที่ 4-21 แสดงว่ารายการที่เลือกไว้ได้ถูกลบออกไป

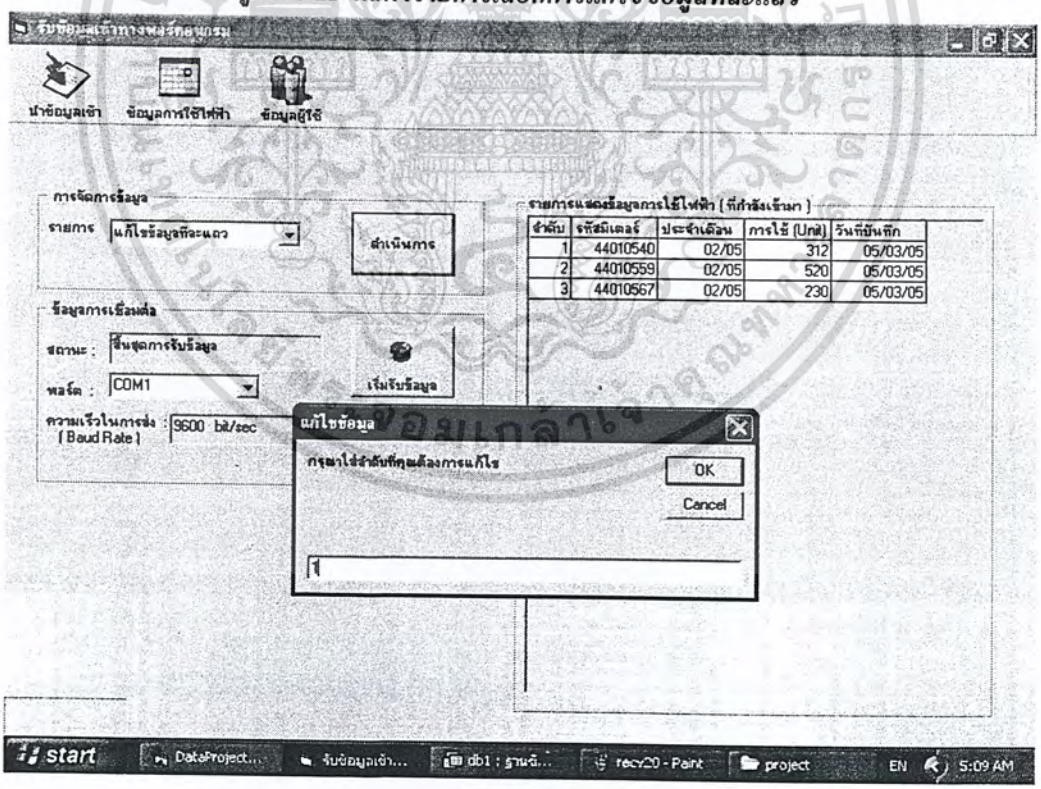
ถ้าหากผู้ใช้โปรแกรมเลือกที่จะแก้ไขข้อมูลเฉพาะแถว ก็สามารถกระทำได้โดยการเลือกเมนูการจัดการข้อมูล ในรายการแก้ไขข้อมูลทีละแถว แล้วกดปุ่มดำเนินการจากนั้นโปรแกรมก็จะถามเพื่อยืนยันการแก้ไขข้อมูลอีกครั้ง ถ้าหากต้องการก็กดปุ่ม OK เพื่อแสดงการยืนยันการการแก้ไขข้อมูลเฉพาะที่ต้องการ ดังรูปที่ 4-22

หลังจากที่ผู้ใช้เลือกแก้ไขข้อมูลที่ต้องการ (เฉพาะแถว) โปรแกรมก็จะให้ผู้ใช้ใส่เลขของข้อมูลลำดับที่ต้องการจะแก้ไขข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ดังรูปที่ 4-23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



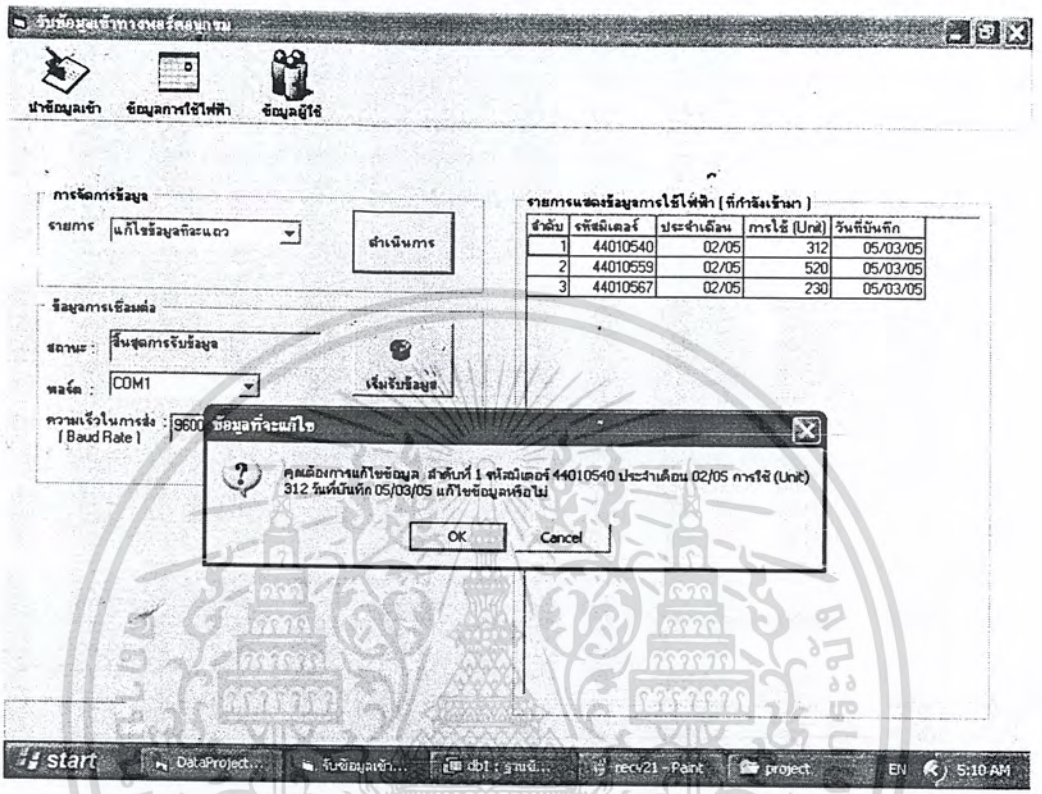
รูปที่ 4-22 แสดงรายการเลือกการแก้ไขข้อมูลทีละแถว



รูปที่ 4-23 แสดงการเลือกลำดับของข้อมูลที่ต้องการจะแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

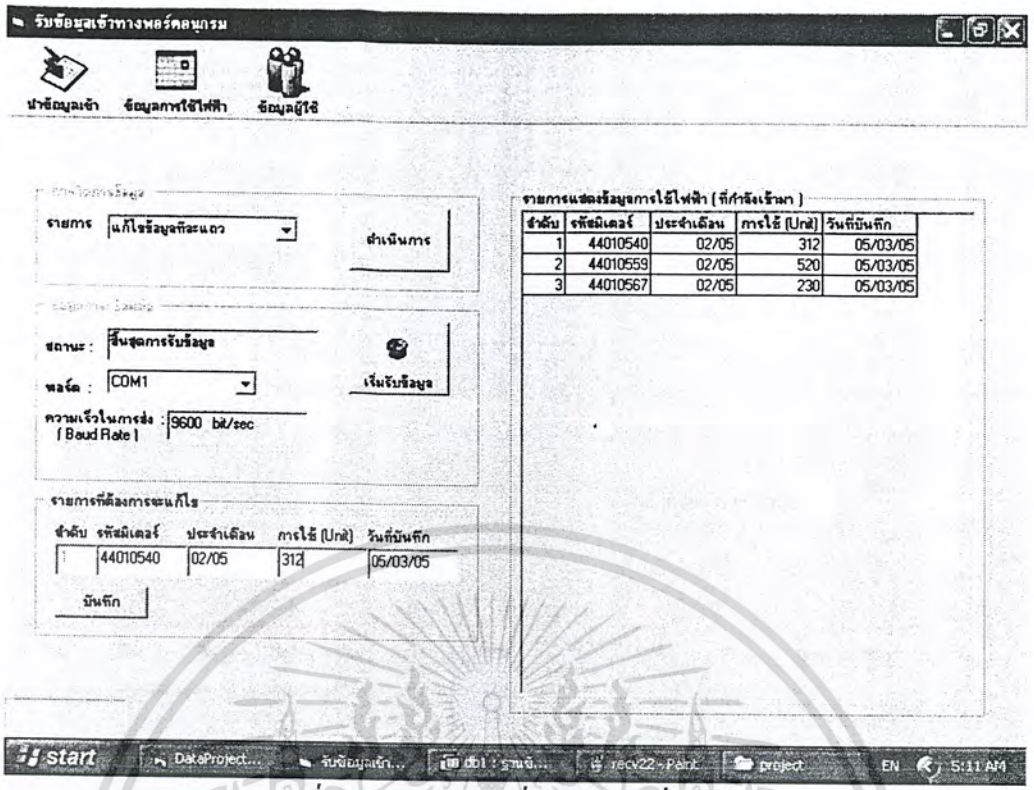
หลังจากที่ผู้ใช้เลือกลำดับข้อมูลที่ต้องการจะแก้ไขเฉพาะแถว โปรแกรมก็จะทำการนำข้อมูลเฉพาะแถวของลำดับที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกไปนั้นเอามาแสดงข้อมูลที่ผู้ใช้เลือกพิจารณา เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของข้อมูลที่จะแก้ไข ดังรูปที่ 4-24



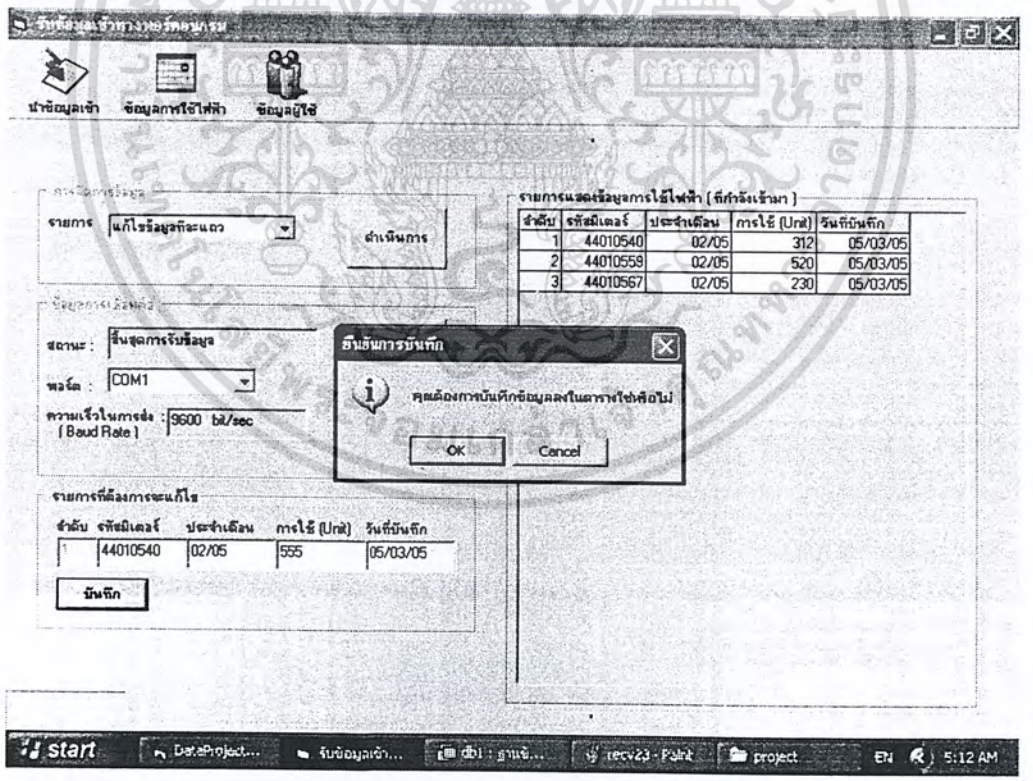
รูปที่ 4-24 โปรแกรมจะแสดงข้อมูลที่แก้ไขและให้ผู้ใช้ทำการยืนยันการแก้ไข

หลังจากผู้ใช้ได้ป้อนและยืนยันลำดับที่จะแก้ไข โปรแกรมจะให้ผู้ใช้ทำการแก้ไขข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการ ดังรูปที่ 4-25 เมื่อผู้ใช้โปรแกรมได้แก้ไขข้อมูลเสร็จเรียบร้อยและต้องการบันทึกข้อมูลต้องทำการกดปุ่มบันทึก ซึ่งโปรแกรมก็จะถามเพื่อเป็นการยืนยันการบันทึก ถ้าหากผู้ใช้ยืนยันก็จะต้องกดปุ่ม Ok ดังรูปที่ 4-26 และข้อมูลที่ได้แก้ไขแล้วก็จะนำมาแสดงที่ตารางให้ผู้ใช้ดู ดังรูปที่ 4-27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

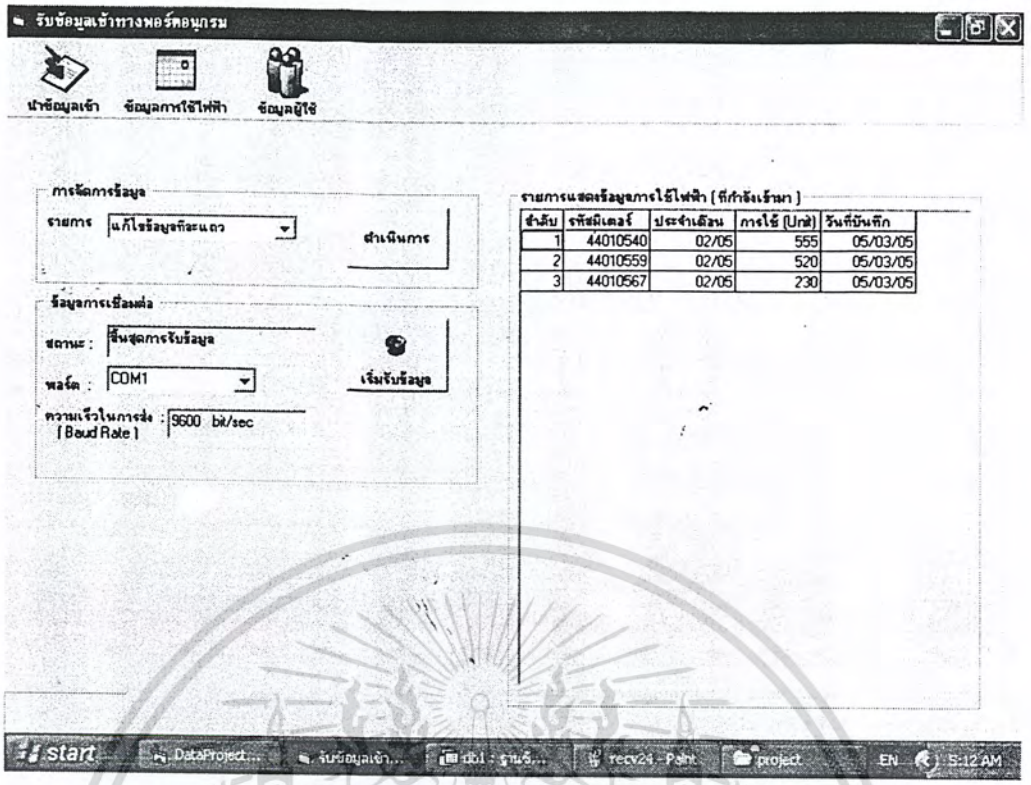


รูปที่ 4-25 แสดงข้อมูลที่ผู้ใช้ได้เลือกที่จะแก้ไข



รูปที่ 4-26 กดปุ่มบันทึกถ้าเมื่อแก้ไขข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

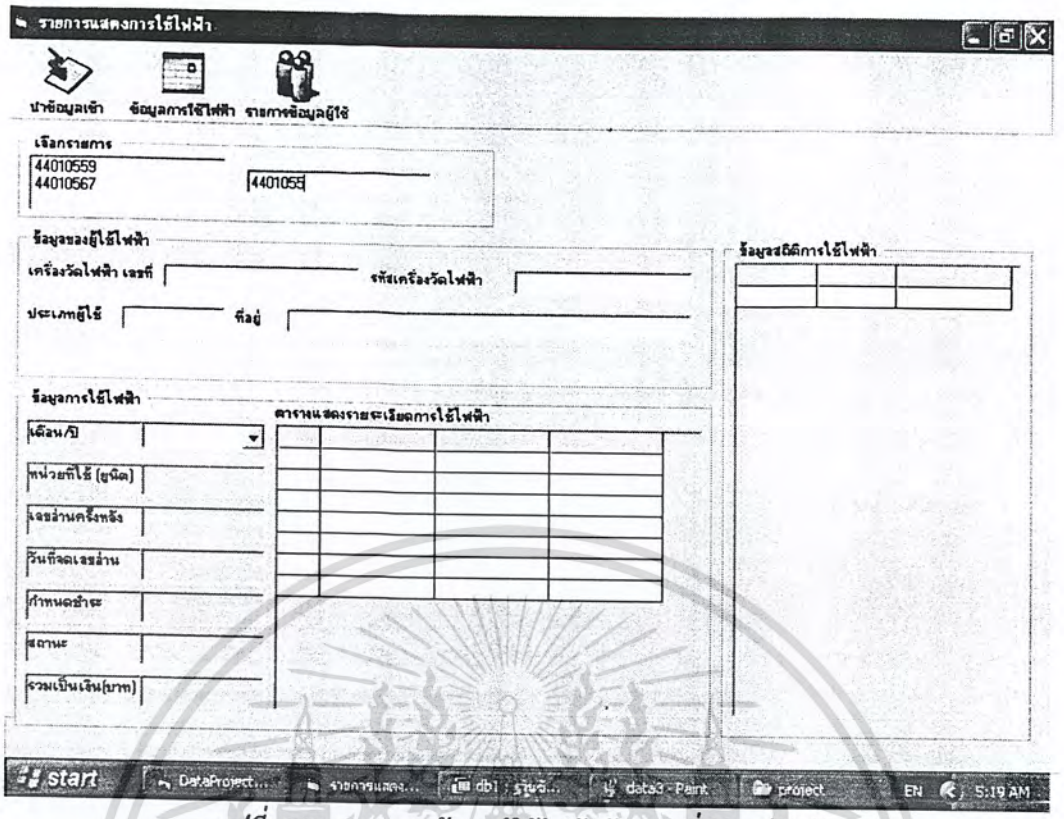


รูปที่ 4-27 ข้อมูลได้ถูกทำการแก้ไขแล้วภายหลังจากทำการบันทึก

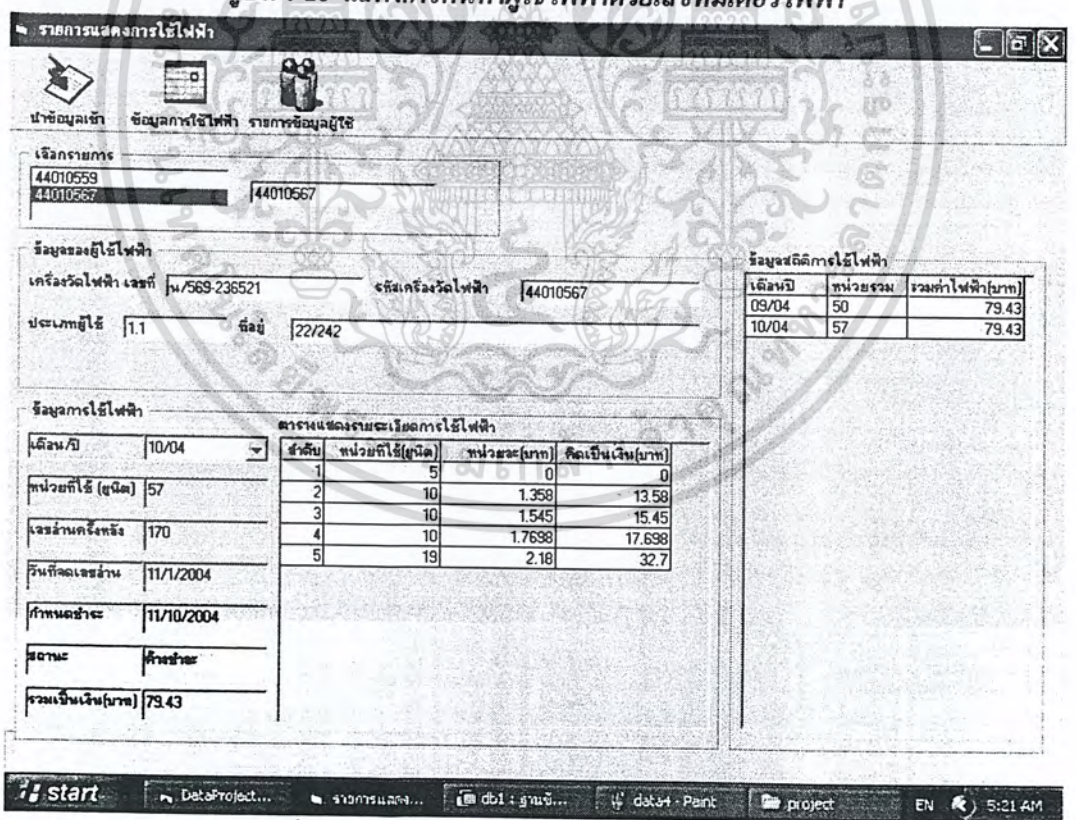
เมื่อทำการนำข้อมูลนำเข้าเสร็จหน้าต่างถัดไปเป็นการแสดงรายการใช้ไฟฟ้า ดังรูป สามารถค้นหาข้อมูลของผู้ใช้โดยการพิมพ์รหัสของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งในขณะพิมพ์โปรแกรมก็จะแสดงรายการรหัสมิเตอร์ข้างเคียง ดังรูปที่ 4-28

หลังจากที่ผู้ใช้ค้นหารายการ โดยพิมพ์รหัสมิเตอร์ ดังรูปที่ 4-29 เมื่อกด ปุ่ม Enter หรือเลือก ณ บริเวณรายการแสดงรายการข้างเคียง ข้อมูลทั้งหมดของผู้ใช้ไฟฟ้าก็จะแสดง ทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า และข้อมูลสถิติการใช้ไฟฟ้าของรหัสมิเตอร์ที่ต้องการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



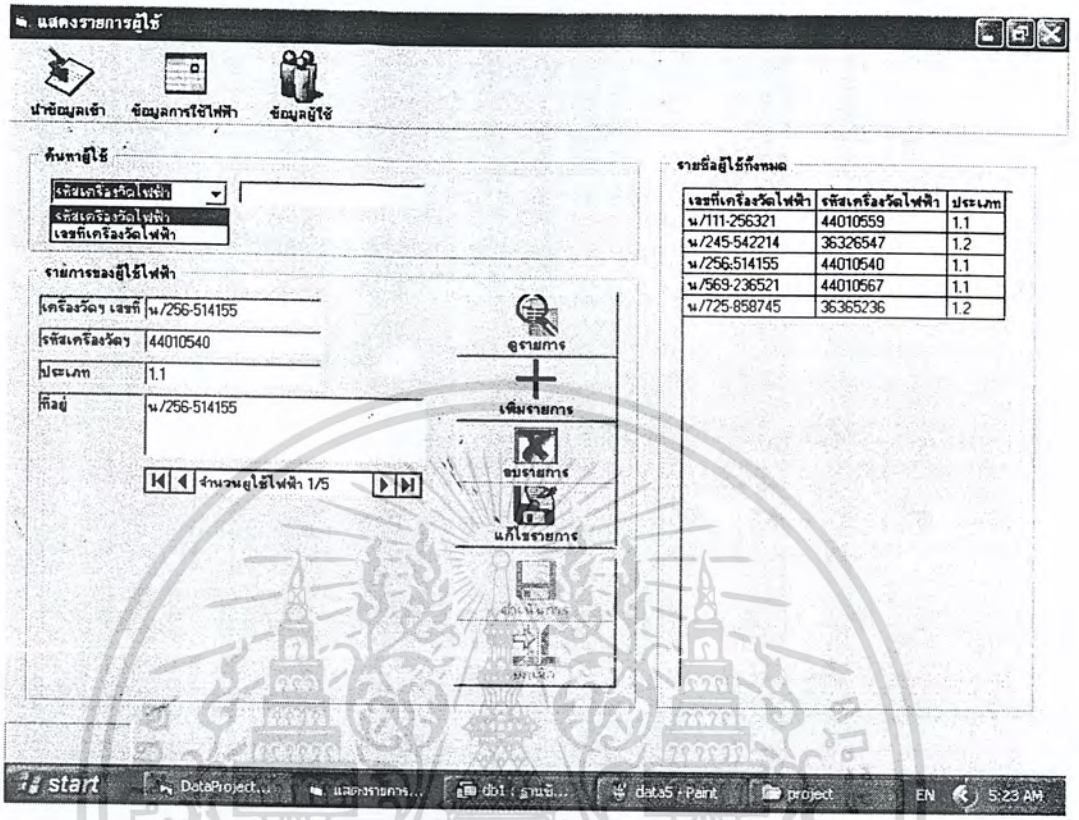
รูปที่ 4-28 แสดงการค้นหาผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยเลขที่มิเตอร์ไฟฟ้า



รูปที่ 4-29 แสดงรายการใช้ไฟฟ้าที่ผู้ใช้ได้ทำการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการข้อมูลของผู้ใช้ สามารถทำการค้นหาผู้ใช้โดยรหัสหรือเลขที่เครื่องวัดไฟฟ้าข้อมูลของผู้ใช้และรายการแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ไฟฟ้าของแต่ละคนรวมถึงรายชื่อของผู้ใช้ทั้งหมด ดังรูปที่ 4-30

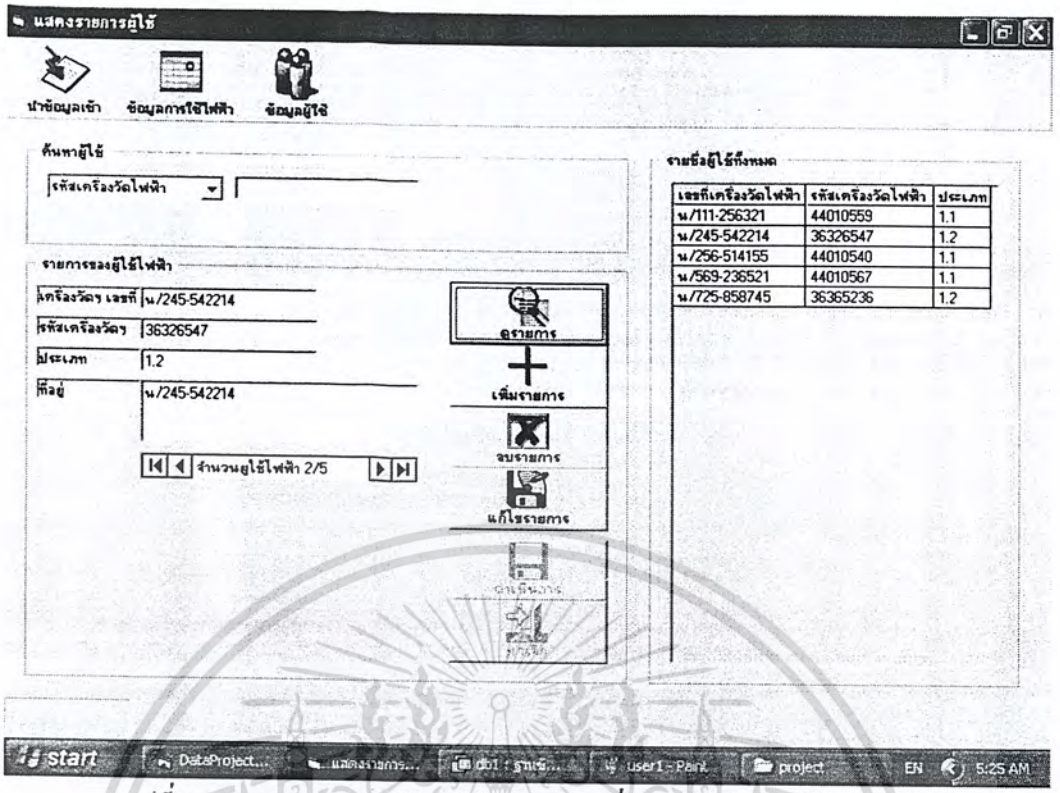


รูปที่ 4-30 แสดงหน้าต่างรายการผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

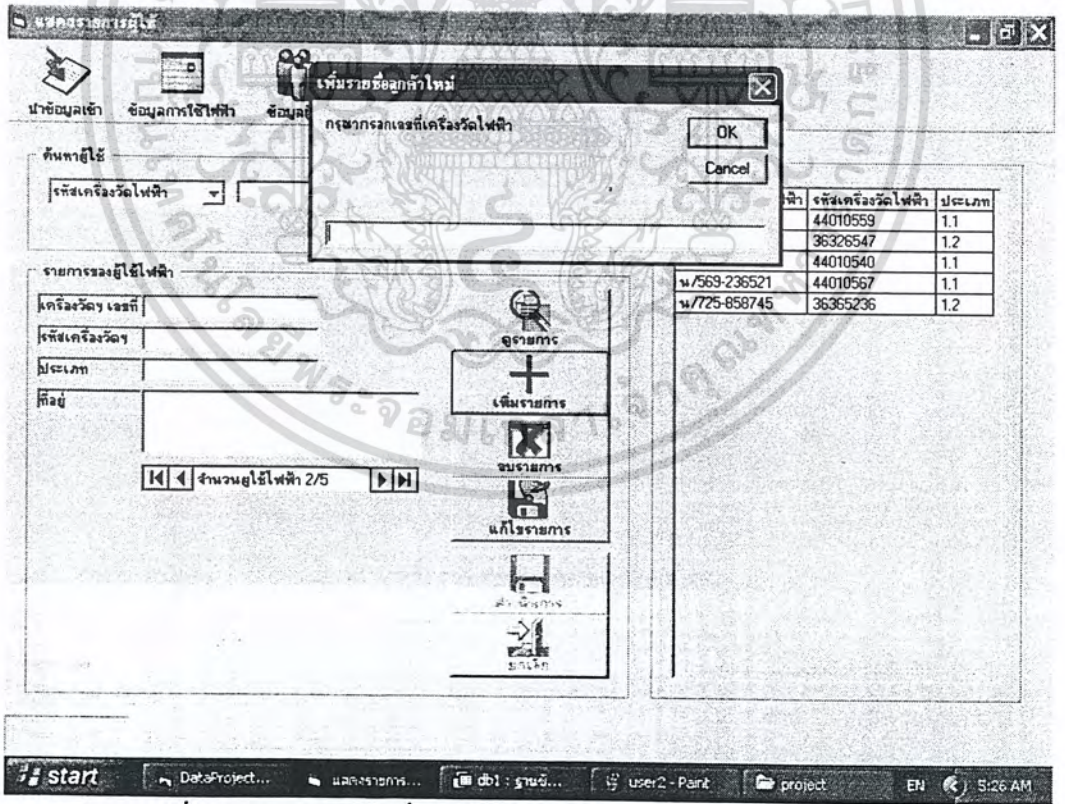
โปรแกรมสามารถให้ผู้ใช้เลือกดูรายชื่อและรายละเอียดของผู้ใช้แต่ละคน ได้โดยกดปุ่มดูรายการและเมื่อผู้ใช้กดปุ่มดูรายการผู้ใช้สามารถเลือกดูรายการได้จาก Slide เลื่อนดูผู้ใช้ไฟฟ้าข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดก็จะถูกทยอยนำมาแสดงทีละรายการ ดังรูปที่ 4-31

โปรแกรมสามารถเพิ่มผู้ใช้ไฟฟ้าคนใหม่ได้โดยการกดปุ่มเพิ่มรายการ โปรแกรมก็จะให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลเลขที่, รหัสของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า ประเภทของผู้ใช้ ที่อยู่ ดังรูปที่ 4-32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



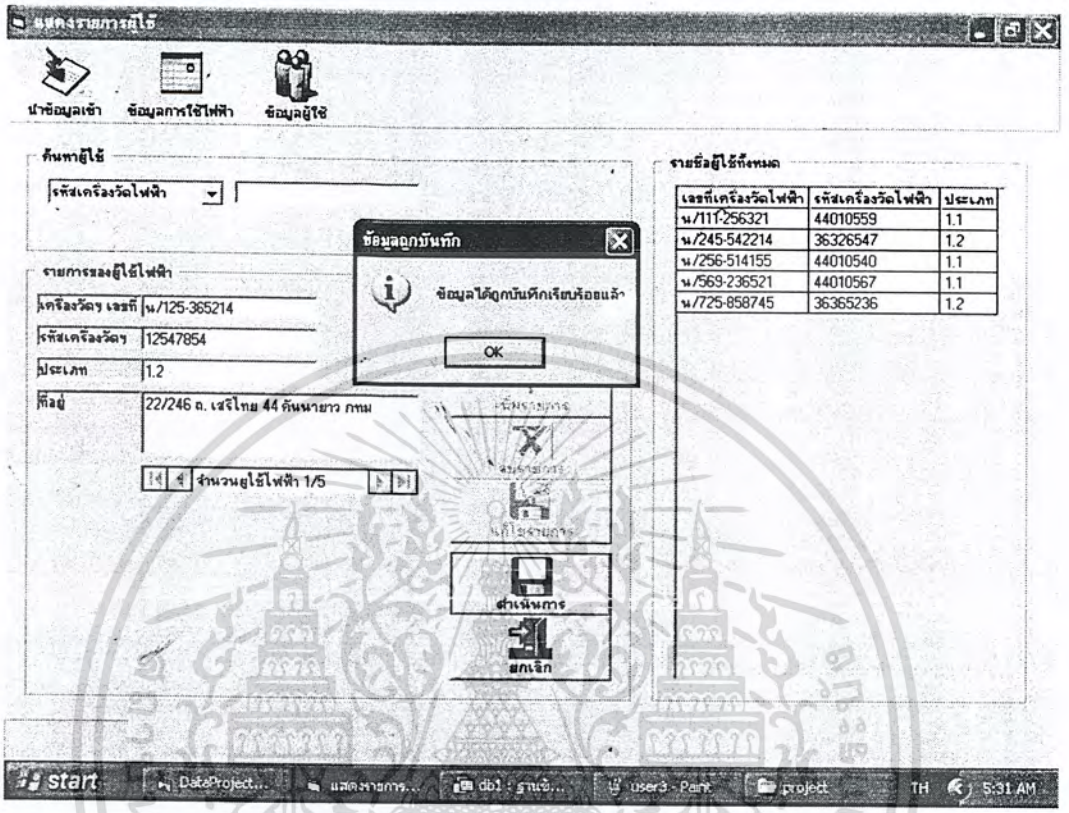
รูปที่ 4-31 แสดงรายการผู้ใช้ไฟฟ้าโดยสามารถเลื่อนดูผู้ใช้ทีละคนได้ตามลำดับ



รูปที่ 4-32 แสดงรายการเพิ่มผู้ใช้ไฟฟ้าโดยกรอกเลขมิเตอร์ที่ต้องการจะเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ใช้ได้กรอกข้อมูลและรายละเอียดของผู้ใช้ไฟฟ้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว โปรกรมก็จะให้ผู้ใช้ทำการบันทึกโดยการกดปุ่มบันทึก หรือถ้าหากที่จะยกเลิกการเพิ่มรายการก็สามารถทำได้โดยการกดปุ่มยกเลิก เมื่อดำเนินการเพิ่มผู้ใช้ไฟฟ้าเสร็จก็จะมีข้อความแสดงออกให้ผู้ใช้ได้รับทราบ ดังรูปที่ 4-33

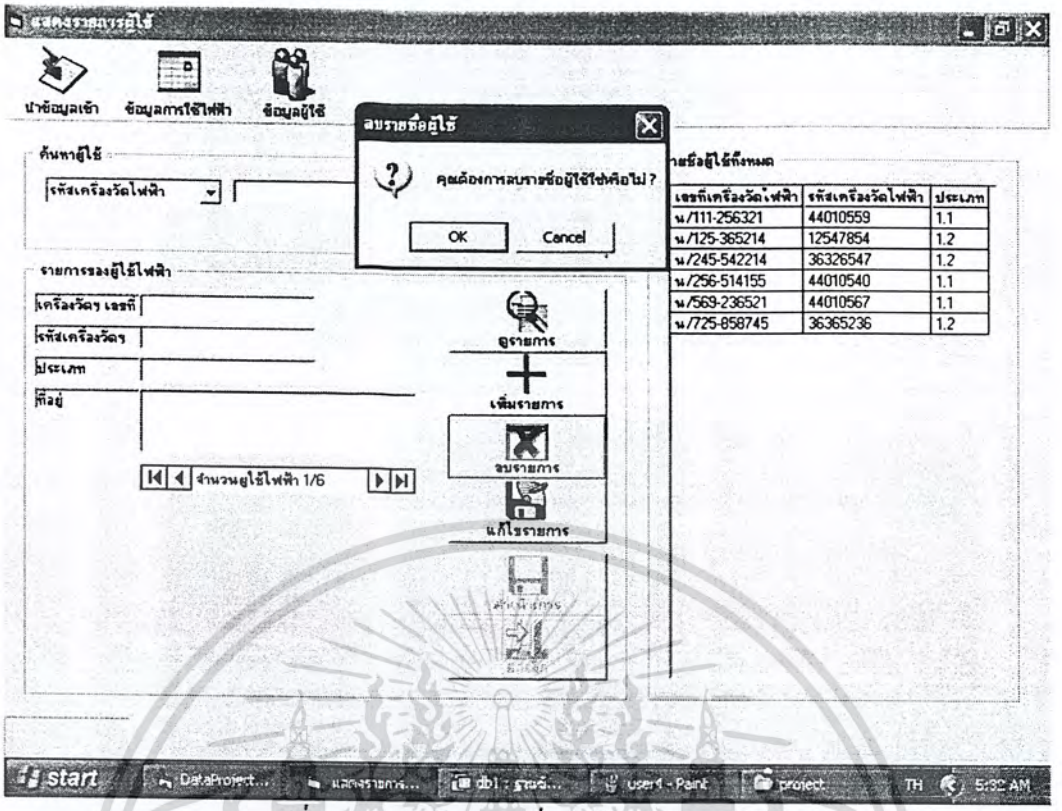


รูปที่ 4-33 แสดงข้อความว่ามีข้อมูลได้เพิ่มเข้ามาถูกบันทึกแล้ว

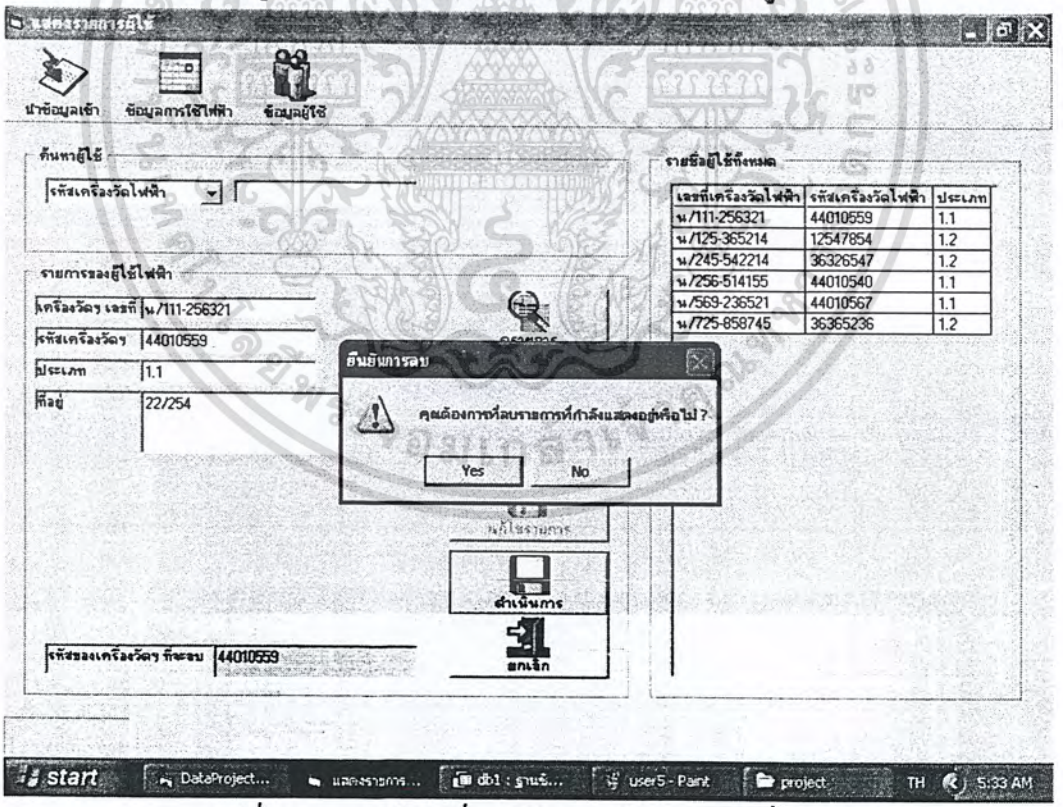
โปรแกรมสามารถลบรายการของผู้ใช้ไฟฟ้าคนใหม่ได้โดยการกดที่ปุ่มลบรายการ โปรแกรมก็จะแสดงข้อความยืนยันการลบผู้ใช้ ดังรูปที่ 4-34

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมทำการเลือกทำการลบจากนั้น โปรแกรมก็จะให้ผู้ใช้กรอกรหัสของเครื่องวัดไฟฟ้าที่ต้องการจะลบ ดังรูปที่ 4-35 และเมื่อกรอกข้อมูลเสร็จให้กดปุ่มดำเนินการโปรแกรมก็จะทำการตรวจสอบว่ารหัสของเครื่องวัดไฟฟ้าที่ผู้ใช้โปรแกรมป้อนว่ามีอยู่จริงหรือไม่ถ้ามีก็จะแสดงข้อความยืนยันการลบข้อมูลประจำรหัสมิเตอร์เครื่องที่จะลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



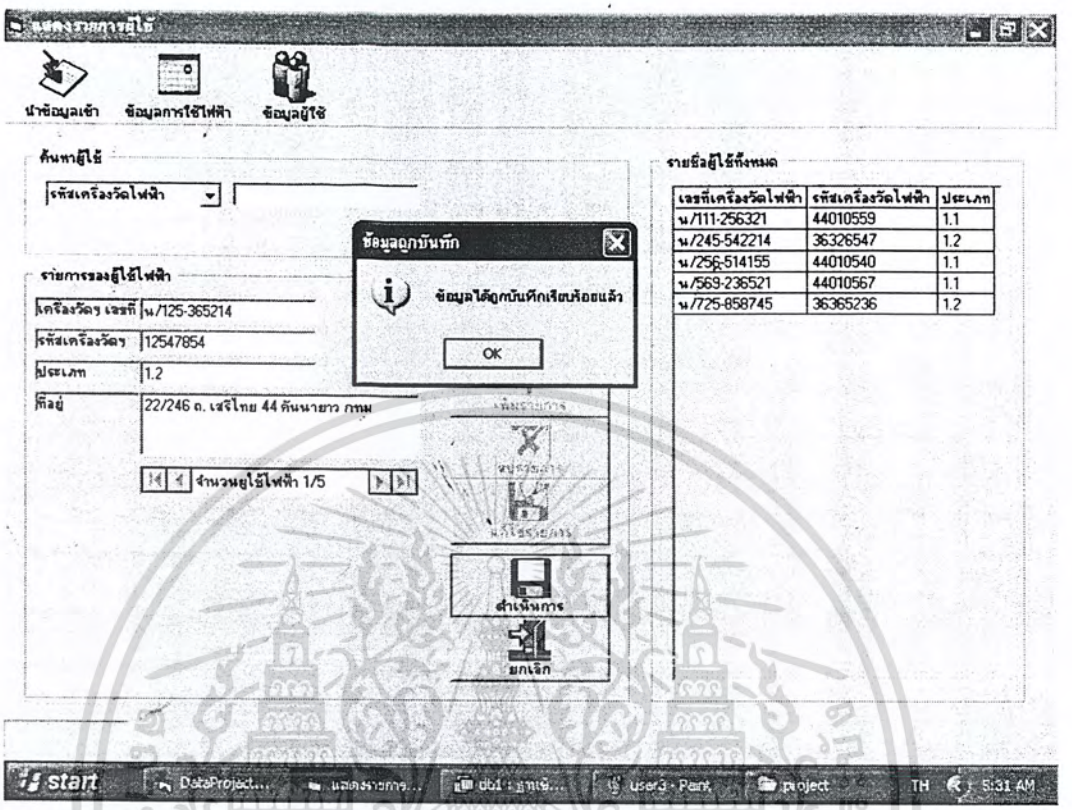
รูปที่ 4-34 แสดงข้อความเพื่อขอยืนยันการลบข้อมูล



รูปที่ 4-35 แสดงข้อมูลที่จะลบโดยการค้นหาจากเลขที่มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ทำการยืนยันการลบข้อมูลของรายการที่ต้องการแล้ว โปรแกรมจะทำการลบข้อมูลของผู้ใช้ตามต้องการและจะแสดงข้อความเพื่อบอกว่าข้อมูลได้ถูกดำเนินการลบไปเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่ 4-36



รูปที่ 4-36 แสดงข้อความว่าข้อมูลถูกลบเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิธีการจัดเก็บและการจัดการข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

5.1 ระบบการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

ภาพรวมทั้งหมดของระบบ

อุปกรณ์เก็บข้อมูลเป็นหน่วยความจำชนิดหนึ่ง ที่สามารถ เรียกเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (Unit) จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าที่ถูกติดตั้งอยู่ในแต่ละบ้าน ด้วยวิธีการสื่อสารแบบไร้สายผ่านคลื่นวิทยุในช่วงความถี่ 400 MHz ขึ้นไป อุปกรณ์นี้จะทำการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าประจำเขตที่ตนเป็นผู้ดูแล ซึ่งในเขตละแวกเดียวกันนี้จะมีอุปกรณ์ดังกล่าว ทำหน้าที่เก็บ ข้อมูลชนิดเดียวกันในพื้นที่ถัดไป ต่างกันเพียงแค่ว่าการติดต่อสื่อสารจะใช้คลื่นวิทยุคนละความถี่กัน จึงไม่มีปัญหาการรบกวนกันของสัญญาณในขณะที่เครื่องทั้ง 2 ทำการเก็บข้อมูลพร้อมกัน เมื่ออุปกรณ์เก็บข้อมูลทุกตัวได้รับข้อมูล ประจำท้องที่ครบถ้วนแล้วก็จะนำข้อมูลเหล่านั้นทั้งหมด มาเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ จากนั้นโปรแกรม ที่ได้ถูกสร้างขึ้นมาจะทำการพิจารณาประมวลผล และทำการบันทึกเก็บลงในฐานข้อมูลของคอมพิวเตอร์อย่างเป็นระบบ ดังรูปที่ 5-1

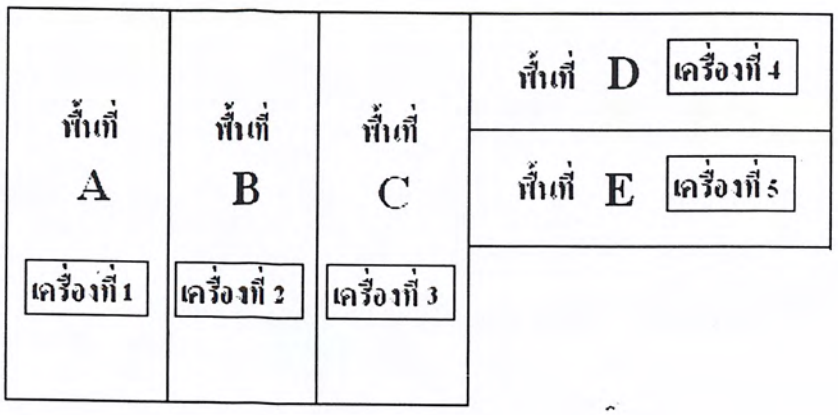
รูปที่ 5-1 Block diagram การเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

5.1.1 การกำหนดพื้นที่ความรับผิดชอบในการเก็บข้อมูล

พื้นที่ที่จะไปเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจะถูกแบ่งและถูกกำหนดให้กับอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบไร้สายแต่ละเครื่อง ดังนั้นจึงสามารถทราบได้ทันทีว่าข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในแต่ละบ้าน (Unit) มาจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่เครื่องใด

โดยมีการกำหนดรหัสให้กับอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data logger) ทุกเครื่อง ว่ารับผิดชอบจัดการและดูแลข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่อง มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้ารหัสใดบ้าง ดังรูปที่ 5-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-2 การกำหนดเขตพื้นที่ความรับผิดชอบในการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

อุปกรณ์เก็บข้อมูลเครื่องที่ 1

มิเตอร์ของบ้านเลขที่ 1	การใช้ (UNIT)
มิเตอร์ของบ้านเลขที่ 2	การใช้ (UNIT)
มิเตอร์ของบ้านเลขที่ 3	การใช้ (UNIT)
...	...
มิเตอร์ของบ้านเลขที่ 30	การใช้ (UNIT)

อุปกรณ์เก็บข้อมูลเครื่องที่ 2

มิเตอร์ของบ้านเลขที่ 31	การใช้ (UNIT)
มิเตอร์ของบ้านเลขที่ 32	การใช้ (UNIT)
มิเตอร์ของบ้านเลขที่ 33	การใช้ (UNIT)
...	...
มิเตอร์ของบ้านเลขที่ 60	การใช้ (UNIT)

รูปที่ 5-3 แสดงการจัดการหน่วยความจำของอุปกรณ์เก็บข้อมูลแต่ละเครื่องโดยแบ่งตามเขตพื้นที่รับผิดชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

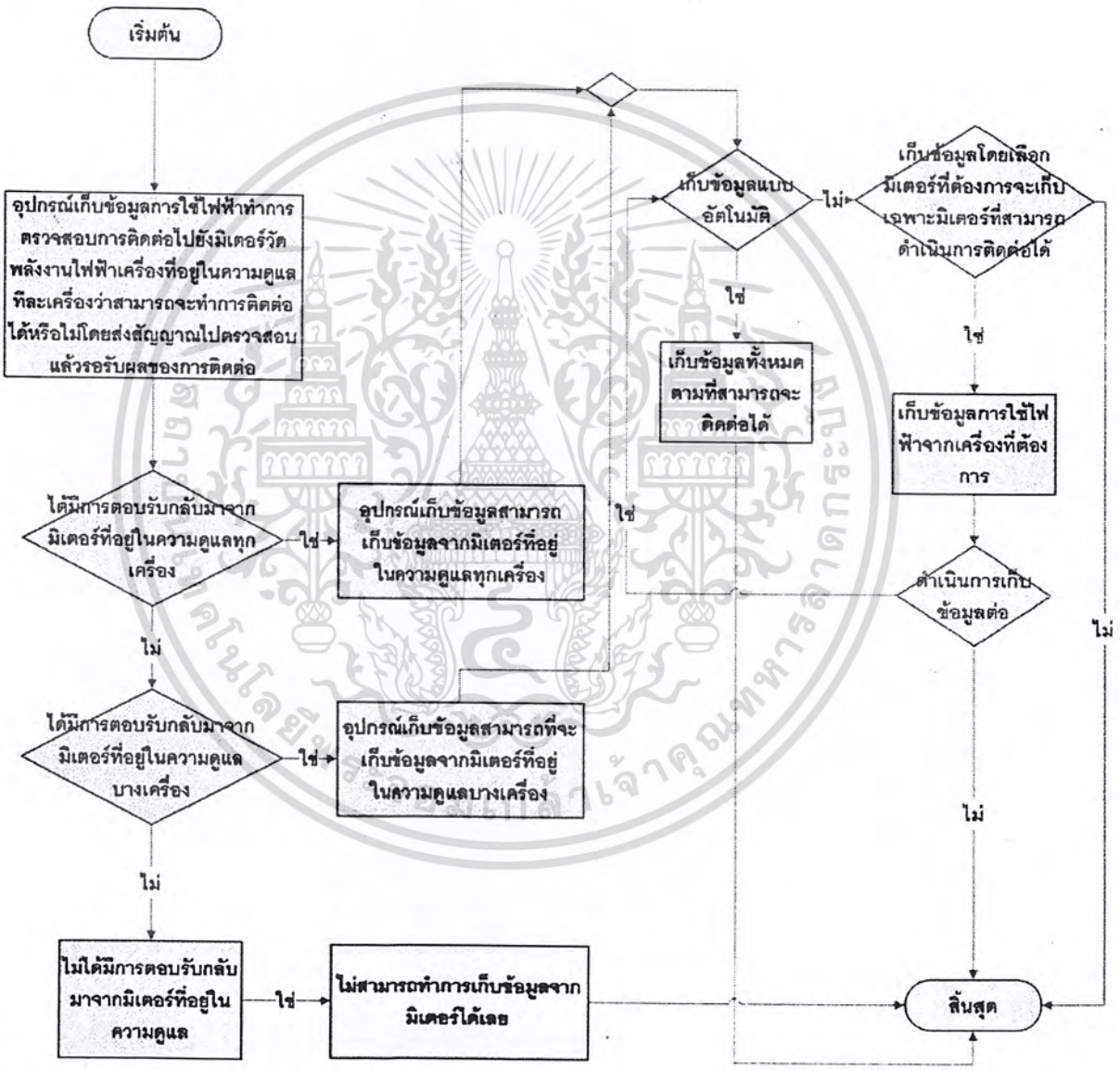
5.1.2 วิธีการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์เก็บข้อมูล

ขั้นตอนในการเรียกเก็บข้อมูล

1.ผู้ใช้นำอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data logger) เข้าไปยังในพื้นที่ที่เครื่องนั้นได้รับผิดชอบ

2.ผู้ใช้ทำการตรวจสอบสถานะเครื่องมิเตอร์ที่อยู่ในความดูแลของเครื่องนั้นๆ สามารถทำการติดต่อได้หรือไม่

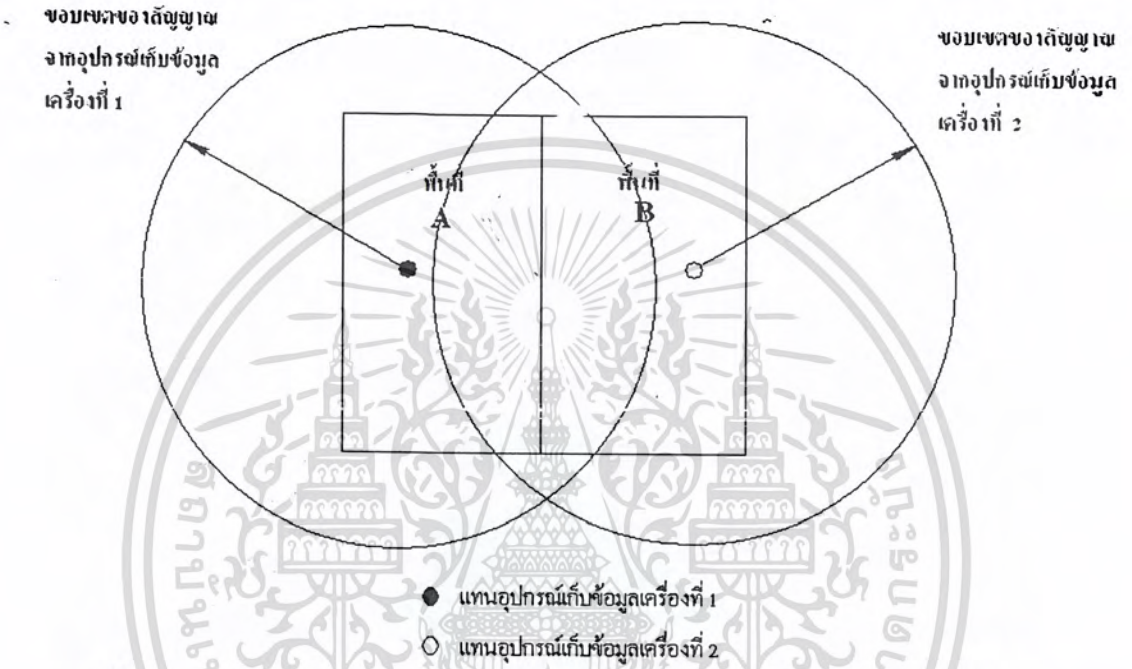
3.อุปกรณ์เก็บข้อมูลดำเนินการเก็บข้อมูลจากมิเตอร์ที่มีการติดต่อได้ตามข้อ 2ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบได้ว่าเครื่องมิเตอร์เครื่องใดบ้างที่เก็บข้อมูลมาได้ และเครื่องใดที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ และสามารถเลือกเก็บข้อมูลที่ทำการติดต่อได้จากรหัสมิเตอร์ตามที่ระบุ



รูปที่ 5- 4 Flowchart แสดง ขั้นตอนการทำงานของการเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะทำการเก็บข้อมูล อุปกรณ์เก็บข้อมูลแต่ละเครื่องจะดำเนินการเก็บข้อมูลพร้อมๆกันภายในเขตพื้นที่ที่ได้แบ่งพื้นที่ความรับผิดชอบไว้ก่อนหน้านี้ โดยการเก็บข้อมูลผู้เก็บข้อมูลต้องนำอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data logger) เข้าไปเก็บข้อมูลภายในพื้นที่ที่รับผิดชอบอยู่เท่านั้น ถ้าออกจากพื้นที่ที่รับผิดชอบก็จะเกิดปัญหาการได้รับข้อมูลไม่ครบอันเนื่องมาจากขอบเขตของสัญญาณครอบคลุมไม่ถึงพื้นที่ ภายหลังจากการเก็บข้อมูลอุปกรณ์เก็บข้อมูลแต่ละเครื่อง ก็จะมีข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (Unit) จากมิเตอร์เครื่องวัดที่อยู่ในความรับผิดชอบของตนเอง ดังรูปที่ 5-5

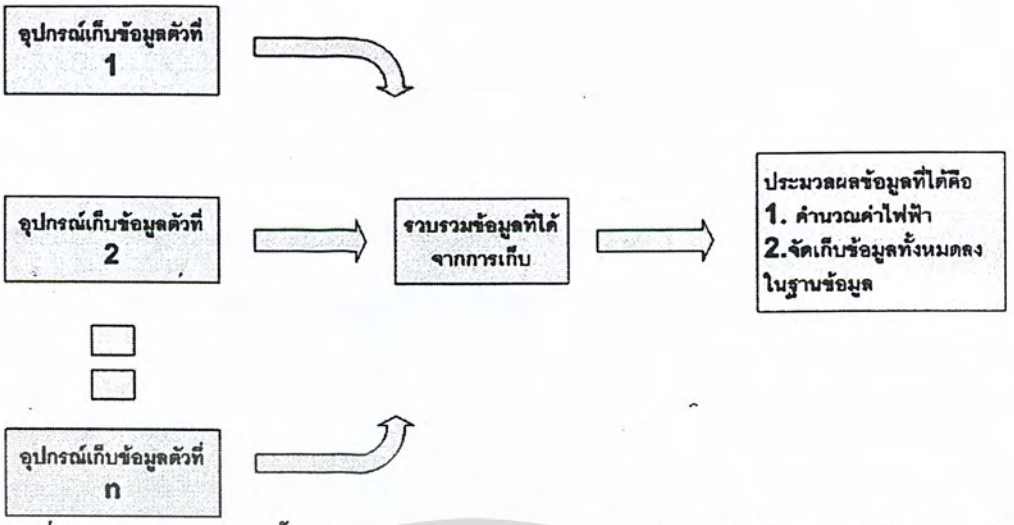


รูปที่ 5-5 การกำหนดพื้นที่ความรับผิดชอบในการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์เก็บข้อมูล

5.1.3 การจัดการข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล

อุปกรณ์เก็บข้อมูลแต่ละเครื่องจะมีข้อมูลการใช้ไฟฟ้าตามที่ได้กำหนด เมื่อนำเอาอุปกรณ์ดังกล่าวมารวมกันทั้งหมดจะได้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าทุกตัว (ทุกบ้าน) ครั้นเมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดมาแล้ว จะนำข้อมูลดังกล่าวมาเข้าสู่กระบวนการจัดเก็บข้อมูลดังรูปที่ 5-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

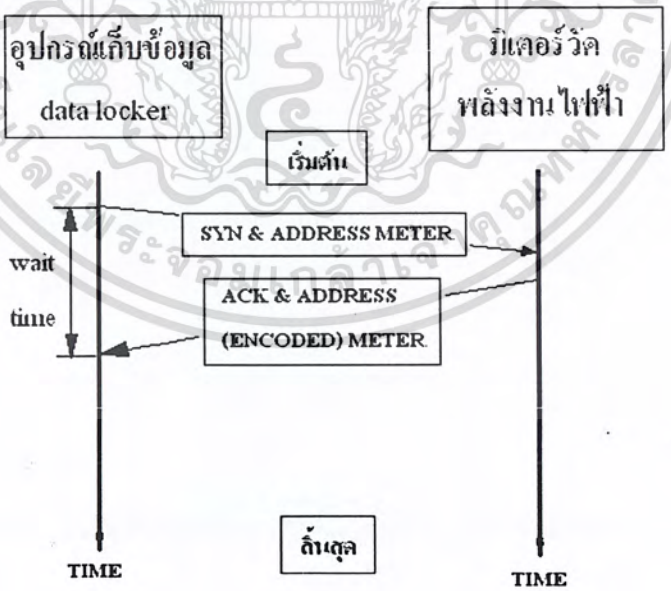


รูปที่ 5-6 Block diagram ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าทุกตัว

5.2 โพรโตคอลการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เก็บข้อมูลและเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

5.2.1 โพรโตคอลที่ใช้ในการค้นหาสัญญาณ (ตรวจสอบสัญญาณจากมิเตอร์ก่อนการร้องขอข้อมูลการใช้)

โดยการส่งสัญญาณ Sync & Address ของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการจะทดสอบสัญญาณถ้าหากมีการตอบกลับมาในเวลาที่กำหนดและ ข้อความที่ส่งมานั้นเป็นรหัสของมิเตอร์ (ในระบบASCII) ที่ได้ทำการเข้ารหัส และเมื่อทำการ Decode รหัสแล้วตรวจสอบว่าเป็นรหัสมิเตอร์นั้นจริงก็แสดงว่าเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้านั้นพร้อมที่จะทำการติดต่อได้

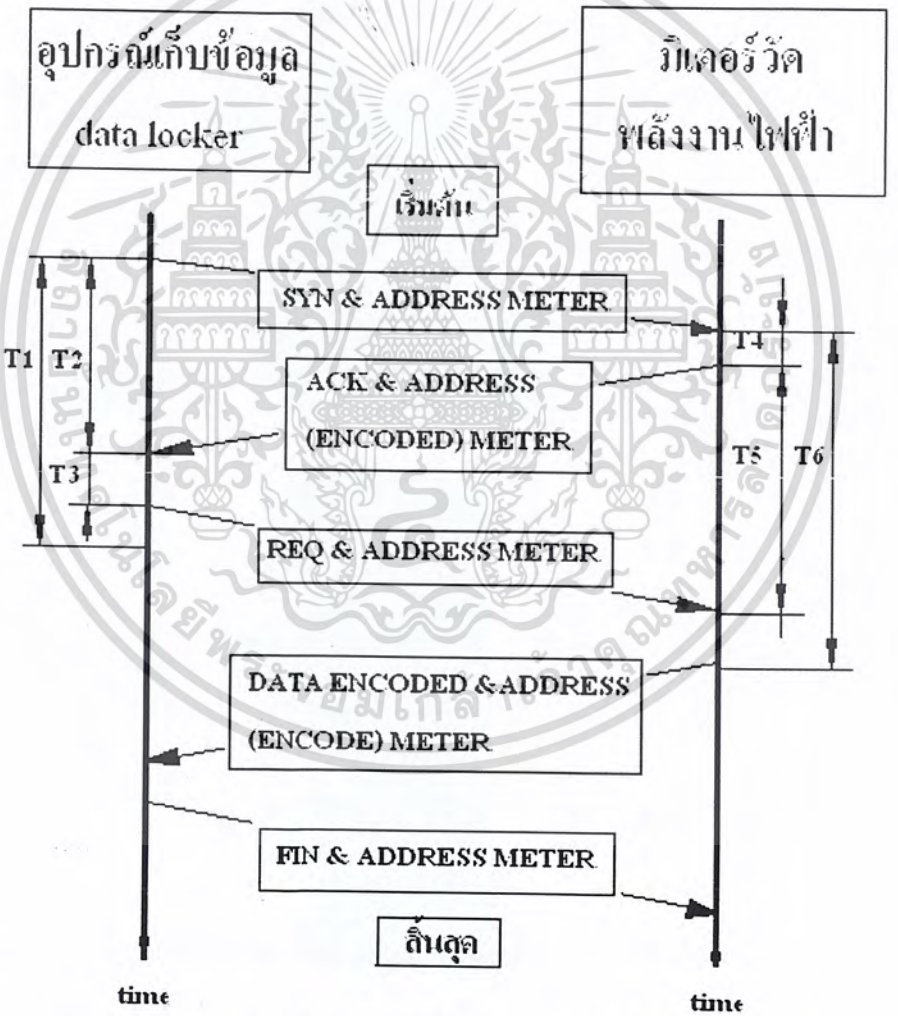


รูปที่ 5-7 แสดง Protocol ตรวจสอบสัญญาณจากมิเตอร์ก่อนทำการร้องขอข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 โพรโตคอลที่ใช้ในการร้องขอข้อมูล

จากรูปที่ 5-8 เป็นภาพรวมของโพรโตคอลที่ใช้ในการร้องขอข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์วัดไฟฟ้าที่ติดตั้งตามเสาไฟฟ้าในแต่ละบ้าน ดังรูป อุปกรณ์เก็บข้อมูลจะทำการเชื่อมต่อกับมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าตามที่ต้องการ โดยจะส่งสัญญาณการเชื่อมต่อ (SYN) แล้วตามด้วยรหัสเฉพาะของเครื่องมิเตอร์ นั้นๆ (ADDRESS) จากนั้นก็จะรอรับสัญญาณตอบกลับการเชื่อมต่อ (ACK SYN) ในเวลาช่วงหนึ่ง (WAIT TIME) จากนั้นเมื่อได้รับแพ็คเกจดังกล่าวก็จะทำการส่ง แพ็คเกจร้องขอข้อมูล ดังรูป จากนั้นก็จะรอข้อมูลจากมิเตอร์ เมื่อได้รับข้อมูลแล้ว อุปกรณ์เก็บข้อมูลก็จะส่งแพ็คเกจสิ้นสุดการรับข้อมูล (FIN) กรณีที่เกิด แพ็คเกจใดแพ็คเกจหนึ่งไม่ว่าจะเป็นชนิดอะไรก็ตามสูญหายหรือไม่มีการติดต่อกลับมาจะมีการนับเวลา (TIME OUT) เมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวที่ฝั่ง อุปกรณ์เก็บข้อมูลและฝั่งมิเตอร์จะถูกกลับไปยังสถานะเดิมคือเริ่มการติดต่อใหม่ ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจทางฝั่ง อุปกรณ์เก็บข้อมูลว่าจะทำการติดต่อซ้ำกันหรือไม่



รูปที่ 5-8 แสดงโพรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อเพื่อขอข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

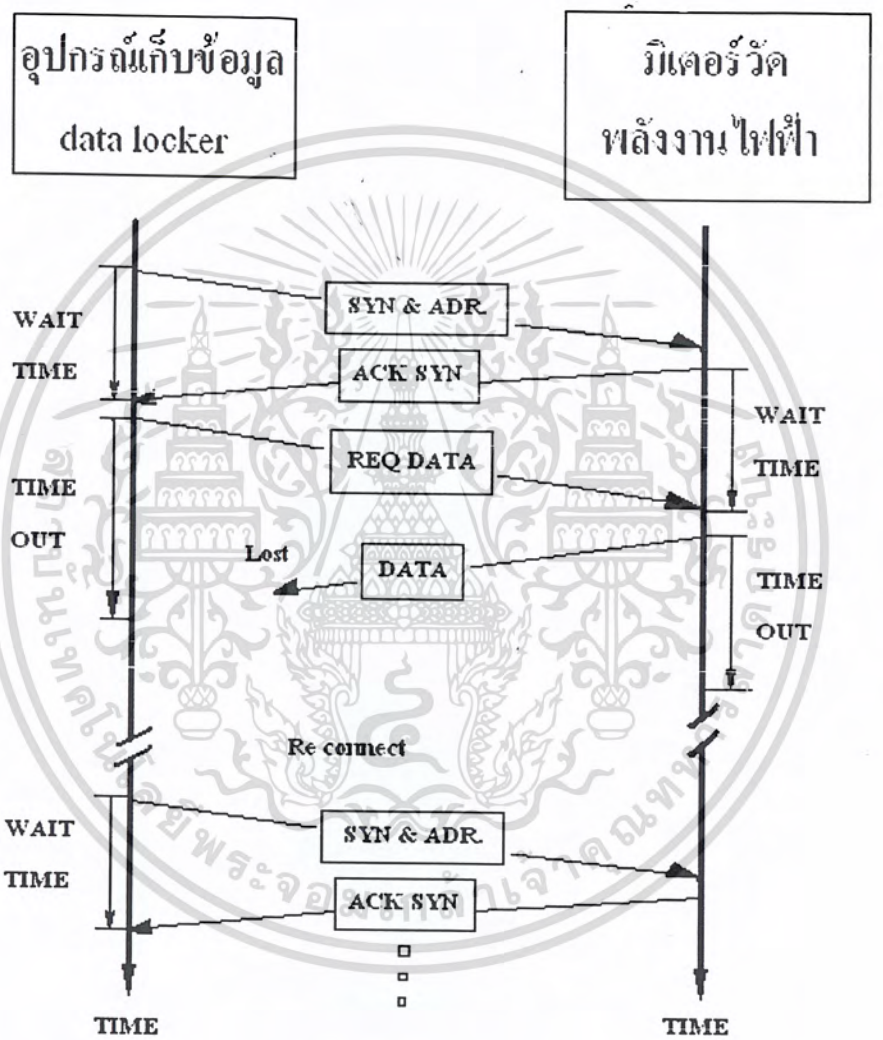
จากรูปที่ 5-8

T1 คือ เวลารอคอยข้อมูลการตอบกลับจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด (Time out)

T2 คือ เวลาได้รับข้อมูลการตอบกลับจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Wait time)

T3 คือ เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับจากมิเตอร์วัดพลังงานรวมกับ เวลาในการเตรียมข้อมูลชุดต่อไปที่จะส่งไปหามิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าถ้าเกิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากมิเตอร์มีความถูกต้อง

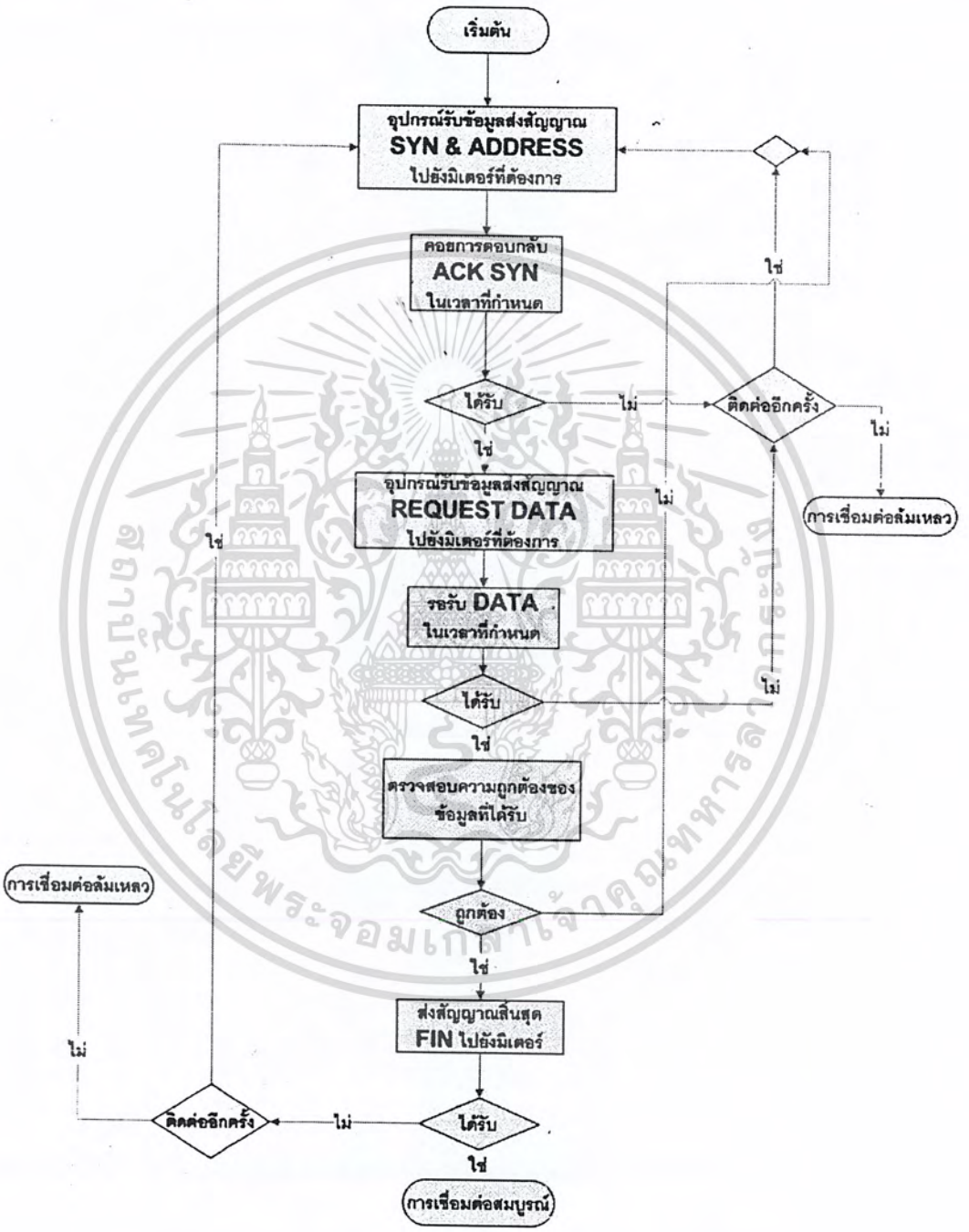
T4 คือ เวลาที่ใช้ในการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับ จากอุปกรณ์เก็บข้อมูลรวมกับ เวลาการเตรียมข้อมูลชุดต่อไปที่จะส่งไปหาอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data logger) ถ้าเกิดว่าข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลมีความถูกต้อง



รูปที่ 5-9 แสดงการจัดการเมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในขณะที่ทำการติดต่อสื่อสาร

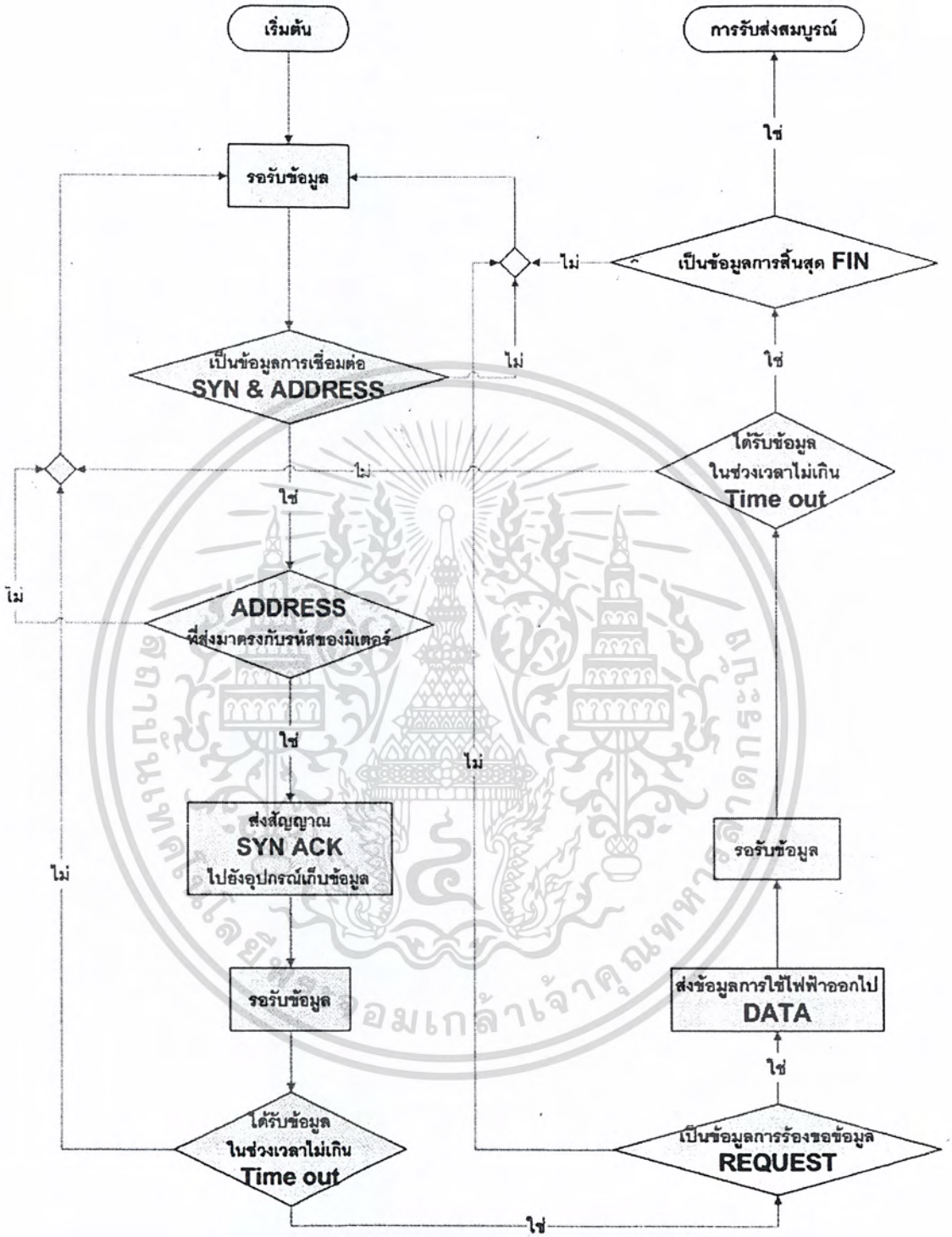
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดต่อกลับซ้ำขึ้นอยู่กับการตัดสินใจทางฝั่งอุปกรณ์เก็บข้อมูลว่าจะมีการติดต่อซ้ำหรือไม่ แต่การติดต่อครั้งใหม่นั้นจะต้องเริ่มต้นใหม่เสมอส่วนฝั่งมิเตอร์นั้นก็จะทำงานในลักษณะเดียวกันกับฝั่งอุปกรณ์เก็บข้อมูลคือมีการรอรับข้อมูลตอบกลับภายในเวลาที่กำหนดหากเวลาเกินกว่านั้นก็จะกลับไปเริ่มต้นรอรับข้อมูลการเชื่อมต่อ SYN ใหม่อีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 5-10 และ รูปที่ 5-11



รูปที่ 5-1 0แสดง Flow char tการทำงานของอุปกรณ์เก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

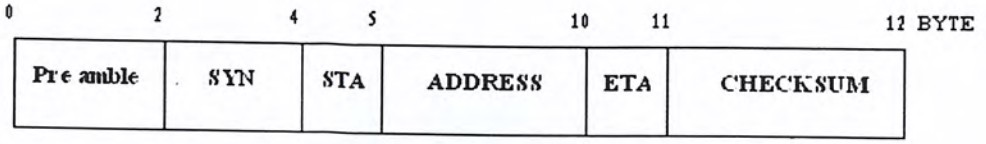


รูปที่ 5-11 Flow Chart การทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การออกแบบเฟรมที่ใช้ในการส่งข้อมูล

5.3.1 เฟรมเริ่มต้นการติดต่อสื่อสารจากอุปกรณ์เก็บข้อมูลไปยังมิเตอร์ (SYN & ADDRESS)



โดยที่ PRE AMBLE มีขนาด 2 ไบต์ ส่งไปก่อนให้รู้ว่าจะมีข้อมูลตามมาทีหลัง

SYN มีขนาด 2 ไบต์ เพื่อบอกให้รู้ว่านี่เป็นการเชื่อมต่อ

STA มีขนาด 1 ไบต์ เป็นไบต์ที่บอกว่าไบต์ถัดไปจะเป็น ADDRESS

ETA มีขนาด 1 ไบต์ เป็นไบต์ที่บอกการสิ้นสุดของ ADDRESS

ADDRESS มีขนาด 5 ไบต์ เป็นไบต์ที่แสดง ADDRESS ของมิเตอร์

CHECK SUM มีขนาด 1 ไบต์ เป็นไบต์ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ตัวอย่าง

PRE AMBLE 1110 0110 1100 0000

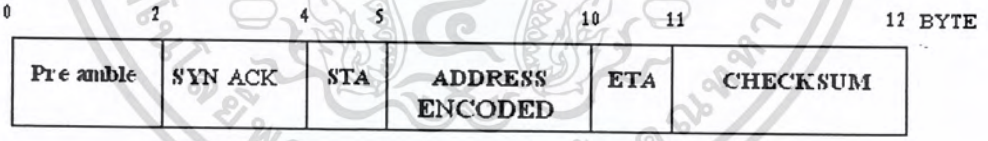
SYN 1000 0011 01001110 (ASCII(S, N))

STA 0000 0001

ADDRESS 0011 0000 0011 0000 0011 0000 0011 0000 0011 0001(ASCII)

ETA 0000 0001

5.3.2 เฟรมที่ใช้ในการตอบกลับจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์เก็บข้อมูล (SYN ACK)



โดยที่ SYN ACK มีขนาด 2 ไบต์เพื่อบอกให้รู้ว่าเป็นการตอบรับการเชื่อมต่อ

ADDRESS ENCODED มีขนาด 5 ไบต์เป็นไบต์ที่แสดง ADDRESS ของมิเตอร์ที่มีการเข้ารหัส

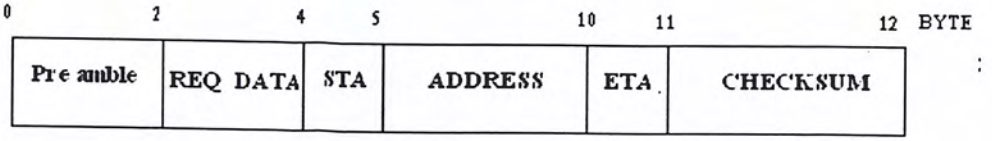
ตัวอย่าง

SYN 1000 0011 0100 0001 (ASCII(S, A))

ADDRESS ENCODED 1111 1100 1111 1100 1111 1100 1111 1100 1111 1100 (ASCII)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 เฟรมที่ใช้ในการร้องขอข้อมูล ของอุปกรณ์เก็บข้อมูล (REQ DATA)

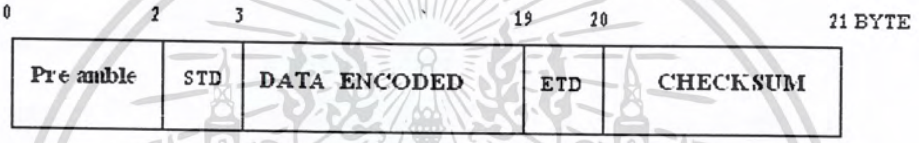


โดยที่ REQ DATA มีขนาด 2 ไบต์เพื่อบอกให้รู้ว่าเป็นการร้องขอข้อมูล

ตัวอย่าง

REQ DATA 0101 0010 0100 0100 (ASCII(R, D))

5.3.4 เฟรมที่ใช้ในการส่งข้อมูลของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (DATA)

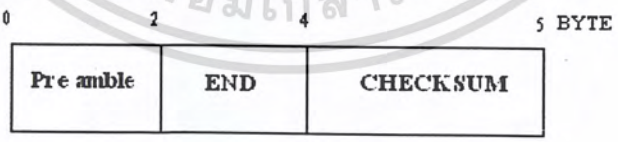


โดยที่ STD มีขนาด 1 ไบต์เป็นไบต์ที่บอกว่าไบต์ถัดไปจะเป็น DATA

DATA มีขนาด 16 ไบต์เป็นไบต์ของข้อมูล (ASCII CODE) ที่มิเตอร์ใช้ในการส่ง โดยที่ไบต์ที่ 3-6 เก็บวันสิ้นเดือนที่ผ่านมา ไบต์ที่ 7-10 เก็บหน่วยที่ใช้ทั้งหมดถึงวันที่ดังกล่าว ไบต์ที่ 11-14 เก็บวันที่ล่าสุด และ ไบต์ที่ 15-19 เก็บหน่วยการใช้ทั้งหมดจนถึงขณะนี้ ซึ่งข้อมูลนำส่งจะมีการเข้ารหัสเพื่อความปลอดภัยซึ่งจะกล่าวถัดไป

ETD มีขนาด 1 ไบต์เป็นไบต์ที่บอกการสิ้นสุดของไบต์ข้อมูล DATA

5.3.5 เฟรมที่บอกการสิ้นสุดการเชื่อมต่อเมื่อการรับข้อมูลสมบูรณ์ (END)



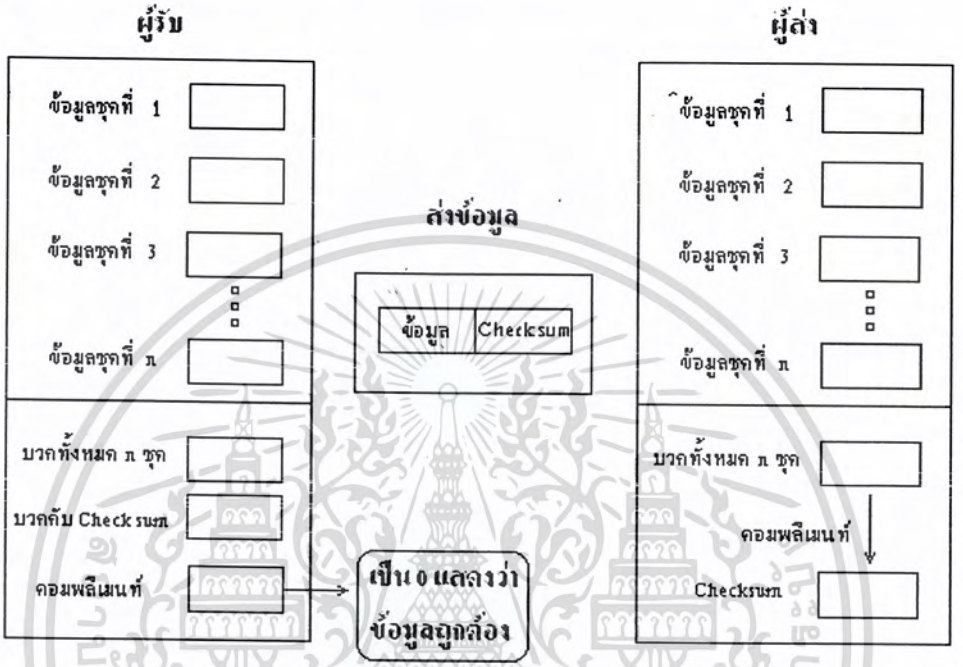
โดยที่ END มีขนาด 2 ไบต์ทำหน้าที่ในการอุปกรณ์เก็บข้อมูลจากมิเตอร์ ว่าการเชื่อมต่อได้สิ้นสุดลงหลังจากส่งข้อมูลได้สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การยืนยันความถูกต้องของข้อมูล

5.4.1 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

ในการส่งข้อมูลออกไปนั้น ข้อมูลอาจจะมีโอกาสผิดพลาดอันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ วิธีการที่ฝั่งรับข้อมูลจะรู้ได้ว่าได้รับข้อมูลที่ผิดพลาดมานั้น สามารถทราบได้จากวิธีการ ตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล (CHECK SUM) ดังรูปที่ 5-12



รูปที่ 5-12 แสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยวิธี Check sum

ผู้ส่ง

1.ผู้ส่งจะทำการบวกข้อมูลที่มีอยู่ทั้งหมดซึ่งแบ่งออกเป็นชุด ๆ ได้ผลเป็นเท่าไร แล้วทำการComplement bit ค่าที่ได้จะเป็นค่า check sum

2.ทำการส่งข้อมูลที่มีอยู่ออกไปโดยส่ง Check sum เป็นข้อมูลชุดสุดท้าย

ผู้รับ

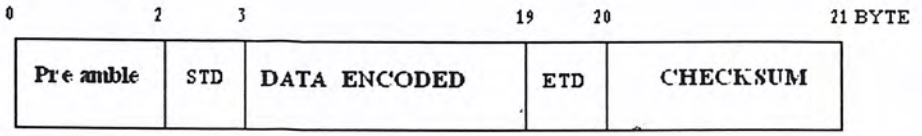
1.ผู้รับจะทำการรับข้อมูลแต่ละชุดเมื่อได้ข้อมูลครบก็จะทำการบวกข้อมูลทั้งหมดพร้อมกับชุดของ Check sum

2.ผลที่ได้จากข้อ 1ให้นำมา Complement แล้วดูผลลัพธ์ว่าถ้า เท่ากับ 0 แสดงว่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามามีค่าถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 การเข้ารหัสและการถอดรหัสข้อมูล

ข้อมูลที่ต้องการความปลอดภัย เช่น ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่อุปกรณ์เก็บข้อมูลต้องการหรือรหัสที่อยู่ (ADDRESS) ที่ฝั่งมิเตอร์วัดไฟฟ้าได้มีการเข้ารหัสส่งไปหาอุปกรณ์เก็บข้อมูลนั้น ก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลไปเป็นเฟรมข้อมูลจะต้องมีการเข้ารหัสกันของข้อมูลก่อน คือ



จากไบต์ที่ 3-19 แต่ละไบต์จะมีการ COMPLEMENT BIT ก่อน แล้วทำการสลับ ไบต์บนและไบต์ล่างก่อนจะทำการคำนวณค่า CHECK SUM แล้วส่งออกไป ทำให้ผู้ดักฟังไม่สามารถที่จะอ่านข้อมูลได้ จึงเป็นการเพิ่มความปลอดภัยของข้อมูล เมื่อถึงฝั่งผู้รับก็จะทำการ DECODE แล้วการคำนวณค่า CHECK SUM เพื่ออ่านข้อมูลถ้าหากว่าข้อมูลที่ทำการถอดรหัสออกมามีค่าการตรวจสอบความถูกต้องไม่ตรงกับค่าของการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล อุปกรณ์เก็บข้อมูลก็จะทำติดต่อเพื่อดำเนินการขอข้อมูลใหม่อีกครั้ง เช่น ถ้าหากข้อมูลไบต์ที่ 3 เป็น 11100010 การเข้ารหัสสามารถกระทำได้โดย 1) COMPLEMENT จะได้ 00011101B 2) สลับไบต์บนและล่าง คือ 11010001B แล้วจึงทำการส่งออกไปยังอุปกรณ์เก็บข้อมูล (DATA LOGGER) ดังรูป

1 1 1 0 0 0 1 0

แสดงข้อมูลก่อนการ ENCODE

การเข้ารหัส (ENCODE)

1. ทำการ COMPLEMENT BIT

0 0 0 1 1 1 0 1

แสดงข้อมูลที่ผ่านการทำ Complement

2. ทำการสลับไบต์ล่าง (BIT 0 – 3) กับไบต์บน (BIT 4 – 7)

1 1 0 1 0 0 0 1

แสดงข้อมูลหลังการ ENCODE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถอดรหัส (DECODE)

1. ฝั่งรับ (อุปกรณ์เก็บข้อมูล) รับข้อมูลที่มีการเข้ารหัสคือ

1 1 0 1 0 0 0 1

แสดงข้อมูลที่ได้รับเข้ามา (ก่อนการ DECODE)

2. ทำการสลับไบต์ล่าง (BIT 0 – 3) กับไบต์บน (BIT 4 – 7)

0 0 0 1 1 1 0 1

แสดงข้อมูลที่ทำการสลับบิตข้อมูลแล้ว

3. ทำการ COMPLEMENT BIT

1 1 1 0 0 0 1 0

แสดงข้อมูลหลังการ DECODE

5.5 การจำลองสถานการณ์เมื่อนำโพรโตคอลนี้ไปใช้งานจริง

5.5.1 ถ้าหากต้องการประยุกต์ใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลให้สามารถรับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าทุกเครื่อง ที่อยู่ในระยะทำการเพื่อทำการเก็บข้อมูลดังกล่าว จะสามารถทำได้อย่างไร?

ตอบ สามารถทำได้โดยให้อุปกรณ์เก็บข้อมูลส่งสัญญาณเพื่อให้มิเตอร์ที่อยู่บริเวณนั้นส่งข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของมิเตอร์เช่น รหัสมิเตอร์ ,ที่ติดตั้งประจำจุด บ้านเลขที่ เป็นต้น โดยมิเตอร์ที่อยู่บริเวณนั้นจะทำการส่งรหัสและข้อมูลมาพร้อมๆกันด้วยความถี่ที่ไม่เท่ากันและอุปกรณ์เก็บข้อมูลจะมี ช่องของการรับสัญญาณแบ่งออกเป็นหลายช่องรับ สัญญาณตามความถี่ของข้อมูลที่มิเตอร์ใช้ส่งมา ทำให้อุปกรณ์เก็บข้อมูล สามารถที่จะเก็บข้อมูลจากมิเตอร์ได้ในเวลาพร้อมๆ กัน แต่ทั้งนี้จำนวนช่องรับสัญญาณ จะต้องมีมากพอที่จะรองรับการเข้ามาของข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ของแต่ละเครื่องในเวลาเดียวกัน เมื่อได้ข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของมิเตอร์ที่อยู่ในบริเวณนั้นแล้ว อุปกรณ์เก็บข้อมูลก็จะทำการร้องขอข้อมูลซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้มิเตอร์ส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (UNIT) มายังอุปกรณ์เก็บข้อมูลแล้วทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลถ้าหากว่าไม่ถูกต้องก็จะทำการขอข้อมูลซ้ำจากมิเตอร์เฉพาะเครื่องที่ให้ข้อมูลผิดพลาด

5.5.2 กรณีที่มีอุปกรณ์เก็บข้อมูล ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปทำงานพร้อมกันในบริเวณใกล้ๆกันจะเกิดอะไรขึ้น?

ตอบ ไม่เกิดปัญหาของสัญญาณเพราะอุปกรณ์ดังกล่าวใช้คลื่นส่งสัญญาณคนละความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.3 กรณีที่มีมิเตอร์ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปได้รับสัญญาณจากตัวเก็บข้อมูลในตัวเดียวกันจะเกิดอะไรขึ้น?

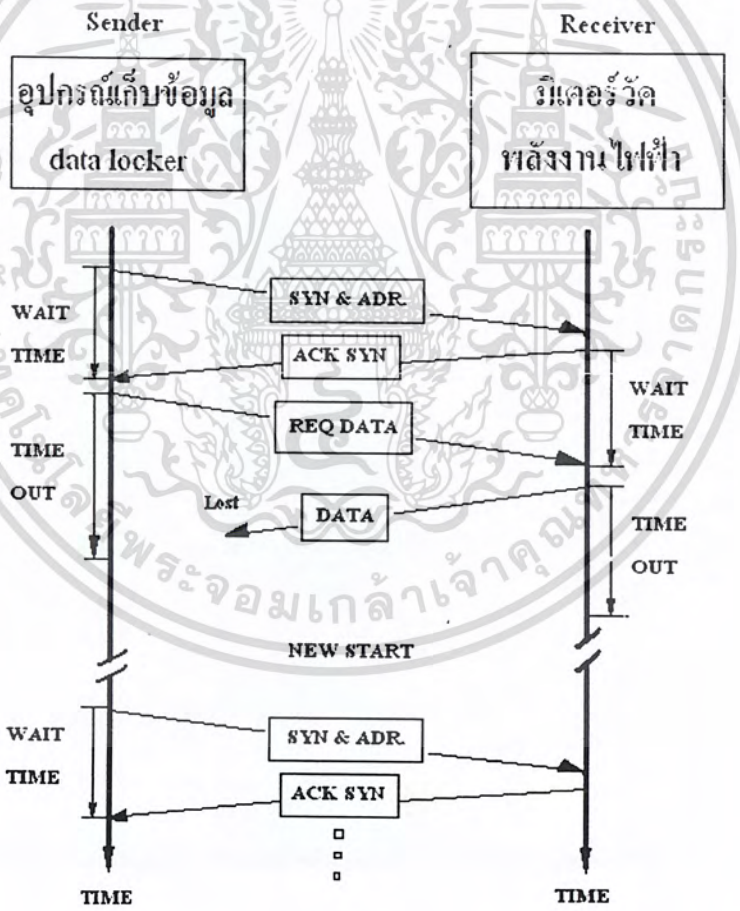
ตอบ มิเตอร์เฉพาะตัวที่ต้องการจะติดต่อเท่านั้นที่จะได้สิทธิ์การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เก็บข้อมูลจึงไม่มีปัญหาในเรื่องนี้

5.5.4 กรณีที่มีการปลอมแปลงแพ็คเกจข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (PACKET DATA) จะเกิดอะไรขึ้น?

ตอบ แม้ว่าจะมีการปลอมแปลงข้อมูลแต่ก็สามารถตรวจสอบได้ว่าเป็นแพ็คเกจที่ปลอมแปลงเพราะข้อมูลในแพ็คเกจนี้ได้ทำการเข้ารหัสไว้ จึงเป็นการยากที่จะถอดความหมายจากแพ็คเกจแล้วทำการปลอมแปลง

5.5.5 กรณีที่ข้อมูลในขณะส่งเกิดการสูญหายหรือข้อมูลที่ได้รับถูกตรวจพบว่าไม่ถูกต้องจะเกิดอะไรขึ้น ?

ตอบ ไม่เกิดปัญหาเพราะทั้ง 2 ฝั่งจะทำการรอข้อมูลในระยะเวลาหนึ่งเมื่อแน่ใจว่าไม่มีข้อมูลส่งมาก็จะกลับไปเริ่มต้นสถานการณ์เชื่อมต่อทั้ง 2 ฝั่งดังรูป



รูปที่ 5-13 แสดงการเริ่มต้นการติดต่อใหม่เมื่อทั้ง 2 ฝั่งรอข้อมูลเมื่อเกิด Time out

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.6 ถ้าหากว่าทำการเก็บข้อมูลซ้ำ เป็นครั้งที่ 2 จะเกิดอะไรขึ้น ?

ตอบ ไม่เกิดปัญหาเพราะมีการจองพื้นที่เก็บข้อมูลให้สำหรับมิเตอร์แต่ละตัวถ้าหากเรียกเก็บซ้ำก็จะทำการ Update ข้อมูลล่าสุด

5.5.7 ถ้าหากว่ามีสัญญาณรบกวนการส่งเกิด จะเกิดอะไรขึ้น ?

ตอบ จะเกิดการรบกวนกันของสัญญาณ ทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลได้

แนวทางแก้ไข เปลี่ยนตัวรับส่งข้อมูลให้มีความถี่และกำลังการส่งที่สูงขึ้น เพื่อให้เป็นการยากต่อการรบกวนจากสัญญาณภายนอก

5.5.8 ในกรณีที่ส่งรหัสไม่ตรงตามที่กำหนดไว้สำหรับครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแต่ละตัวจะเกิดอะไรขึ้น?

ตอบ มิเตอร์ที่ได้รับสัญญาณจะไม่ทำการตอบรับ ซึ่งต้องเป็นรหัสที่มีเฉพาะตัวของแต่ละเครื่องเท่านั้นจึงหมดปัญหาการตอบรับซ้อนกันจากมิเตอร์มากกว่า 1 เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

6.1 การทดลองส่วนของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำออสซิลโลสโคปหรือมิเตอร์ที่วัดความถี่ได้มาจับความถี่ที่ส่วนของ OUTPUT VCO ของวงจรวัตต์มิเตอร์

2. ใส่โหลดให้กับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า โดยในการทดลองจะใช้หลอดไฟ ชนิดแบบหลอดไส้ขนาด 100 วัตต์

3. จ่ายไฟฟ้าเข้าวงจร หลอดไฟจะสว่าง ปรับ P2, P4 และ P1 ให้สัมพันธ์กันจนเกิดความถี่ขึ้น

4. เมื่อมีความถี่ปรากฏขึ้นแล้วให้นำส่วนวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์มาต่อเข้ากับสัญญาณ VCO ที่เกิดขึ้น

5. ที่จอ LCD จะแสดงผลตัวเลขขึ้นมา

6. ทดสอบไปประมาณ 1 ชั่วโมง ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปจะปรากฏขึ้น ซึ่งตามทฤษฎี ถ้าโหลดขนาด 100 วัตต์ ภายใน 1 ชั่วโมงจะใช้พลังงานไฟฟ้าไปเท่ากับ

Unit = (จำนวนวัตต์ * จำนวนชั่วโมง)/1000 ดังนั้นจะได้เท่ากับ 0.1 Unit

7. ถ้าปรากฏว่ามีการแสดงผลของ Unit เกิน 0.1 ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง ให้ปรับความถี่เพราะแสดงว่าความถี่มากเกินไป ให้ค่อยๆ ปรับ P2 ให้ลดความถี่ลงมา เทคนิคในการปรับแต่งคือถ้าผลของยูนิตออกมาเท่าไหร่ ให้ทำการเทียบบัญญัติไตรยางค์จะได้ความถี่ที่ต้องการ เช่น

ถ้าครั้งแรกต่อโหลด 100 วัตต์ วัดได้ 0.2 ยูนิต ได้ความถี่ 30 Hz

ต้องการ 0.1 ยูนิต จะต้องใช้ความถี่ = (30*0.1)*0.2 = 15 Hz

ดังนั้น เราก็ปรับความถี่ 15 Hz แล้วทดสอบไป 1 ชั่วโมง ว่าค่าที่ได้ออกมาตรงกันหรือไม่

ผลการทดลอง

ค่าที่ได้จากการวัดโดยเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้ มีความแม่นยำในการวัดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 70%

วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นน่าจะเกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้ยังมีความละเอียดไม่เพียงพอ เช่น ความแม่นยำในการทำงานของ IC ที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2. IC บางเบอร์ที่ต้องการใช้ไม่สามารถหาได้ เช่น IC เบอร์ MC1495L จำเป็นต้องใช้ IC ที่สามารถทำงานได้ใกล้เคียงกันแทน จึงเป็นผลให้ค่าที่ได้จากการวัดนี้ออกมามีความคลาดเคลื่อนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การทดลองส่วนของชุดรับ - ส่งข้อมูลด้วยความถี่วิทยุ

ในการทดลองนี้จะทำการติดตั้งชุดรับ-ส่งข้อมูลด้วยความถี่วิทยุ เข้ากับชุดควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าและอุปกรณ์เก็บข้อมูล เพื่อทำการติดต่อส่งข้อมูล

ขั้นตอนการทดลอง

1. ที่อุปกรณ์เก็บข้อมูล ทำการกดเข้าไปในเมนูเพื่อทำการ Synchronization กับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าทางอุปกรณ์ RF โดยอุปกรณ์เก็บข้อมูลจะทำการส่งสัญญาณ Request ไปให้แก่เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

2. เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าได้รับสัญญาณ Request ก็จะทำการส่งสัญญาณ ACK เพื่อตอบอุปกรณ์เก็บข้อมูล จากนั้นจะทำการส่ง Packet ข้อมูลให้กับอุปกรณ์เก็บข้อมูล

3. อุปกรณ์เก็บข้อมูลได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ก็จะแสดงข้อความ "Data Received" ทางจอ LCD ถ้าเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลเกิดขึ้น จะแสดง "Connection Failed" และถามว่าทำการติดต่ออีกครั้งหรือไม่ โดยแสดงข้อความ "Retry 1)Y 2)N" ให้นับจำนวนครั้งที่เกิดที่เกิดความผิดพลาดและจำนวนครั้งที่การส่งสัญญาณประสบผลสำเร็จ

4. อุปกรณ์เก็บข้อมูลได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว เกิดข้อความ "Invalid data" ทางจอ LCD นั้นแสดงว่าข้อมูลที่ไดรับเกิดความผิดพลาด.ให้นับจำนวนครั้งที่เกิดที่เกิดความผิดพลาด

ผลการทดลอง

เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าและอุปกรณ์เก็บข้อมูลสามารถทำการติดต่อสื่อสารและส่งข้อมูลให้กันได้ และระยะทางที่สามารถส่งได้ในที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวางอยู่ในรัศมี ได้ประมาณ 30 เมตร และภายในอาคารที่มีสิ่งกีดขวางสามารถส่งข้อมูลได้ไกลประมาณ 15 เมตร ดังตารางแสดงผลการทดลองที่ 6-1

ระยะทางระหว่างมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้ากับอุปกรณ์เก็บข้อมูล(เมตร)	จำนวนครั้งที่ประสบผลสำเร็จ (ได้รับข้อมูลถูกต้อง) จากทั้งหมด 30 ครั้ง	จำนวนครั้งที่การติดต่อเกิดความผิดพลาดจากทั้งหมด 30 ครั้ง	จำนวนครั้งที่ได้รับข้อมูลผิดพลาดจากทั้งหมด 30 ครั้ง
10	30	0	0
15	30	0	0
20	27	1	2
25	15	5	10

ตารางที่ 6-1 แสดงผลการทดลองการรับ-ส่งข้อมูล

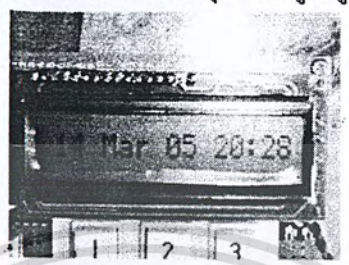
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

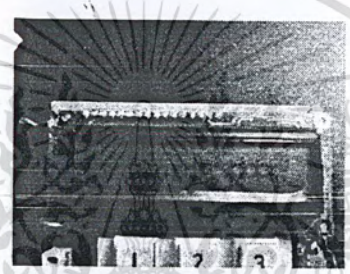
6.3 การทดลองส่วนของอุปกรณ์เก็บข้อมูล

6.3.1 ทดลองการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำ

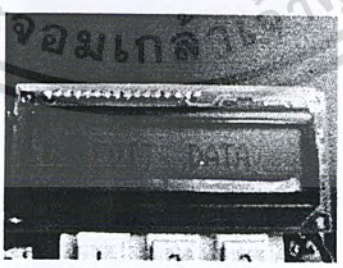
ขั้นตอนการทดลอง

1. จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์เก็บข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ทำงานจะแสดงวันเดือนปี และเวลาจากนั้น เมื่อกดปุ่ม # จาก Keypad จะให้ใส่รหัสผ่านเมื่อใส่รหัสผ่านพร้อมกดปุ่ม# เข้าสู่เมนูการจัดการข้อมูล



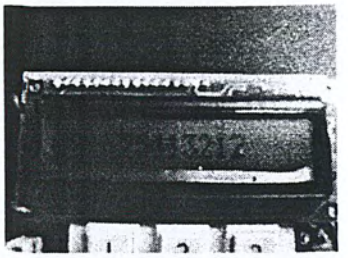


2. เข้าสู่เมนูการจัดการข้อมูลแล้วให้เลือกหัวข้อ "2)Edit "

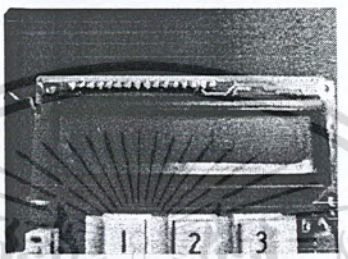


3. บนจอ LCD จะแสดงข้อความเพื่อให้ใส่ ID เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการ ก็ทำการใส่ค่า ID เครื่องที่เราต้องการ จากนั้นกดปุ่ม #

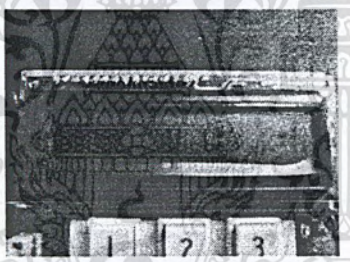
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4. จากนั้นเครื่องจะแสดงข้อมูลล่าสุดที่ได้ทำการบันทึกไว้แล้ว และอนุญาตให้ทำการแก้ไขค่าที่ต้องการได้ เมื่อทำการแก้ไขค่าแล้วกดปุ่ม # เครื่องจะแสดงข้อความให้ทำการยืนยันข้อมูล กดปุ่ม 1) Y 2) N



5. ถ้ากดปุ่ม 1 จะทำการ Save และจะให้ทำการยืนยันด้วยการใส่รหัสผ่านอีกครั้ง ถ้ากดปุ่ม 2 จะเป็นการยกเลิกและกลับสู่หน้าจอ "Edit Data" อีกครั้ง



ผลการทดลอง

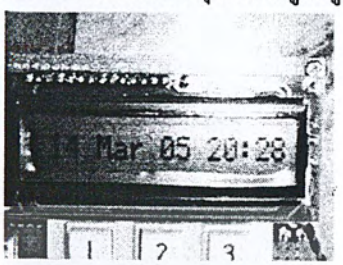
อุปกรณ์เก็บข้อมูล สามารถทำการบันทึกข้อมูลลงไปเก็บในหน่วยความจำได้

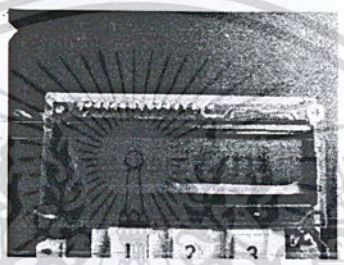
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

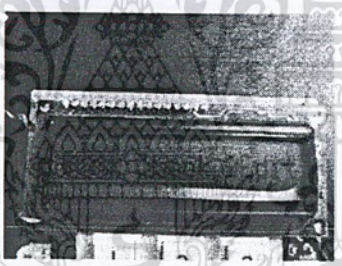
6.3.2 ทดลองการค้นหาข้อมูลจากหน่วยความจำ

ขั้นตอนการทดลอง

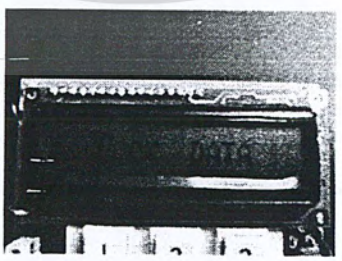
1. จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์เก็บข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ทำงานจะแสดงวันเดือนปี และเวลาจากนั้น เมื่อกดปุ่ม # จาก Keypad จะให้ใส่รหัสผ่านเมื่อใส่รหัสผ่านพร้อมกดปุ่ม# เข้าสู่เมนูการจัดการข้อมูล





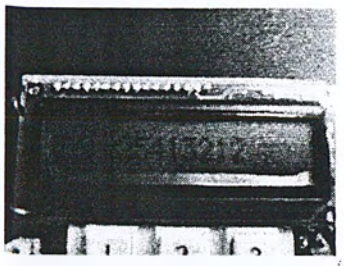


2. เข้าสู่เมนูการจัดการข้อมูลแล้วให้เลือกหัวข้อ “Search Data”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บนจอ LCD จะแสดงข้อความเพื่อให้ใส่ ID เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการ ก็ทำการใส่ค่า ID เครื่องที่เราต้องการ จากนั้นกดปุ่ม #



4. จากนั้นเครื่องจะแสดงข้อมูลล่าสุดที่ได้ทำการบันทึกไว้แล้ว ขึ้นมาแสดงที่จอ LCD ซึ่งในขั้นตอนนี้เราสามารถจะเลือกดูข้อมูลการใช้พลังงานของเดือนก่อน หรือ ข้อมูลของเดือนปัจจุบันได้

ผลการทดลอง

อุปกรณ์เก็บข้อมูล สามารถทำการค้นหาและแสดงข้อมูลจากหน่วยความจำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.3 ทดลองการติดต่ออุปกรณ์เก็บข้อมูลกับคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เก็บข้อมูลกับเครื่องคอมพิวเตอร์ทาง Serial Port

2. เปิดโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าและเข้าสู่หัวข้อ การรับข้อมูลจากอุปกรณ์

3. อุปกรณ์เก็บข้อมูล ให้เข้าสู่เมนู "Synchronization" จากนั้นอุปกรณ์เก็บข้อมูลจะแสดงเมนู ให้เราเลือก "1) COM 2) RF" ก็ให้กดปุ่ม 1

4. อุปกรณ์เก็บข้อมูลจะแสดงข้อความแสดงความพร้อมในการส่งข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อส่งให้กับโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้า

5. โปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าจะแสดงข้อมูลที่ได้รับมาบนจอคอมพิวเตอร์

ผลการทดลอง

อุปกรณ์เก็บข้อมูลสามารถทำการส่งข้อมูลที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำให้กับโปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า ผ่านทาง Serial Port ของคอมพิวเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การทดลองใช้โปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า

ขั้นตอนการทดลอง

1. เชื่อมต่ออุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data logger) กับโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้า โดยใช้สายที่ใช้กับพอร์ตอนุกรม ตามมาตรฐาน RS – 232 (Serial port)
2. พิจารณาที่อุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data logger) โดยดำเนินการดังนี้

1. กด 0-9 หรือ # หรือ * ณ แป้นรับข้อมูล (Keypad) เพื่อให้อุปกรณ์ดังกล่าวเริ่มต้นทำงาน

2. กรอกรหัสผ่าน (Password) โดยกด 0-9 แล้วตามด้วย # เพื่อแสดงสิทธ์ของการเข้าถึงข้อมูล

3. กด 2 เพื่อเลือก Sync จากรายการเลือกหลัก (Main menu)

4. กด 2 เพื่อเลือก Com จากรายการเลือกย่อย (Sub menu) เพื่อเลือกการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ หลังจากเสร็จขั้นตอนนี้จะมีการรอเชื่อมต่อจากคอมพิวเตอร์

3. พิจารณาที่โปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้า โดยดำเนินการดังนี้

1. เปิดโปรแกรมแล้วกรอกรหัสผ่าน (Password) เพื่อแสดงสิทธ์ของการเข้าถึงข้อมูล

2. เลือกหน้าต่างนำเข้าข้อมูล หลังจากนั้นเลือกพอร์ตที่ต้องการติดต่อ (พอร์ต 1 หรือ พอร์ต 2)

3. เลือกรายการหลักในรายการ “นำเข้าข้อมูล ” แล้วกดปุ่มดำเนินการ ณ ขณะนี้ถ้าหากอุปกรณ์เก็บข้อมูลรอรับการเชื่อมต่ออยู่ ก็จะเห็นข้อมูลที่ได้รับมาที่ตารางที่ละชุดๆต่อเนื่องกัน

4. เมื่อสิ้นสุดการรับข้อมูลจะได้ผลการทดลองตามข้อ 1.

5. เลือกหน้าต่างข้อมูลการใช้ไฟฟ้า แล้วเลือกรายการค้นหาหาผู้ใช้จากนั้นพิมพ์รหัสมิเตอร์ที่ต้องการ ณ ขั้นตอนนี้โปรแกรมจะขึ้นรายการของรหัสมิเตอร์ข้างเคียงมาเพื่อช่วยในการค้นหาเมื่อได้รหัสตามที่ต้องการให้กด Enter ก็จะได้ผลการทดลองตามข้อที่ 2.

6. เลือกหน้าต่างข้อมูลผู้ใช้ไฟฟ้า แล้วกดปุ่มลบรายการ จากนั้นป้อนรหัสมิเตอร์วัดไฟฟ้าที่ต้องการจะลบเสร็จแล้วตามด้วยคีย์ Enter ก็จะได้ผลการทดลองตามข้อที่ 4.

7. ดำเนินการตามข้อที่ 6. แต่เปลี่ยนมาเป็นเลือกรายการแก้ไขรายการ ก็จะได้ผลการทดลองตามข้อที่ 3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. โปรแกรมคิดคำนวณค่าไฟฟ้าสามารถทำการรับข้อมูลกับจากอุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data logger) ผ่านทางพอร์ตอนุกรมโดยข้อมูลที่รับเข้ามามีความถูกต้องแม่นยำ 100 %
2. โปรแกรมสามารถแสดงค่าสถิติของการใช้ไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นรายละเอียดของการคิดค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน ค่าไฟฟ้าที่คำนวณได้จากข้อ 1.ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ เช่น ชื่อ,นามสกุล,ที่อยู่ และอื่นๆ ได้อย่างถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้โปรแกรม (Search)
3. ค่าต่างๆ ที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้า เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้า, สถานะ การชำระค้าง,รหัสมิเตอร์, รหัสผู้ใช้ไฟฟ้า และอื่นๆ ค่าต่างๆเหล่านี้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในภายหลังจากผู้ใช้โปรแกรม โปรแกรมสามารถเปลี่ยนค่าตามความต้องการของผู้ใช้ดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง (Update)
4. ข้อมูลเฉพาะของผู้ใช้ไฟฟ้า เช่น ชื่อ, ที่อยู่, รหัสมิเตอร์ และอื่นๆที่ไม่ใช่ข้อมูลของการใช้ไฟฟ้าเมื่อมีการลบออกจากระบบฐานข้อมูลแล้ว จากผลการทดลองจะทำให้ข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไฟฟ้า เช่น ค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน สถานะ การชำระค้าง เป็นต้น ของผู้ใช้ไฟฟ้าคนนั้นจะถูกลบไปด้วย และไม่เกิดปัญหาข้อมูลติดค้างหล่งเหลืออยู่ (Delete)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

7.1 สรุปผลการทดลอง

1. เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบดิจิตอลที่ได้สร้างขึ้นมานี้ มีความไม่เที่ยงตรงมากนัก เมื่อได้เทียบกันกับเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เหตุเพราะน่าจะมาจากวงจรที่นำมาสร้างนั้นออกแบบไว้ไม่ดี หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรทำงานไม่ตรงตามความสามารถที่ได้กำหนดไว้

2 .การติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้ากับ อุปกรณ์เก็บข้อมูล แบบ 1 ต่อ 1 โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุเป็นสื่อกลางในการส่งนั้น สามารถทำได้ดีในระยะหนึ่งไม่เกิน 20 เมตร แต่ถ้าหากระยะในการรับส่งข้อมูลไกลเกินกว่านั้นข้อมูลที่รับส่งระหว่างกันนั้น จะมีความผิดพลาดของข้อมูลเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเกิดสัญญาณรบกวนคลื่นรับส่งทำให้ข้อมูลเกิดความผิดพลาด ข้อผิดพลาดนี้จะมาจากระยะในการส่งก็เป็นปัจจัย และพื้นที่ที่ทำการรับการส่งก็ควรจะเป็นพื้นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวางทางเดินของคลื่นรับส่ง ถ้าหากจะทำให้การรับส่งดีขึ้น ก็จะต้องเพิ่มกำลังที่ใช้ในการส่งก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการส่งดีขึ้น

3.อุปกรณ์เก็บข้อมูลสามารถทำงานได้ดี และสามารถเก็บข้อมูลได้ในปริมาณที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง แต่ถ้าหากมีการเก็บข้อมูลที่มากขึ้น และรายละเอียดเพิ่มมากขึ้นก็จะเกิดปัญหาการขาดแคลนหน่วยความจำได้ และต้องจ่ายแหล่งจ่ายไฟฟ้าแยกต่างหากเนื่องจากเป็นหน่วยความจำที่ต้องใช้ไฟฟ้าเลี้ยงวงจร ในการทดลองได้สังเกตว่า มีบางอุปกรณ์เช่น Relay มีความต้องการการใช้กระแสไฟฟ้าที่สูงบางช่วงจังหวะ ถ้าหากป้อนแหล่งจ่ายไฟฟ้ารวมกันไม่ได้มีการแยกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ถ้าจ่ายพลังงานไม่เพียงพอกับความต้องการแล้วก็จะเกิดความเสียหายของข้อมูลในหน่วยความจำ Ram ได้

4.โปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าสามารถทำงานได้ตามที่ได้กำหนดไว้ ในขั้นตอนการออกแบบเนื่องมาจากโปรแกรมที่ใช้ใช้โปรแกรม Visual basic 6 ซึ่งถ้าหากมีข้อผิดพลาดทางโปรแกรมเกิดขึ้น โปรแกรมนี้ก็จะมีฟังก์ชันที่ให้ผู้ใช้เลือกจัดการข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้ดีและใช้งานง่ายจึงไม่ค่อยจะมีปัญหากับส่วนนี้

7.2 ปัญหาที่เกิดขั้นในการทำโครงงาน

ในการทำโครงงานเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สายนี้ สามารถสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานได้ดังต่อไปนี้

1.ปัญหาในการแก้ไขและปรับแต่งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าให้เกิดความเที่ยงตรงในการวัด

2. ปัญหาในการหาซื้ออุปกรณ์ Semiconductor บางตัว ซึ่งหาซื้อได้ยากมาก เช่น IC เบอร์ NE566N, IC เบอร์ MC1495L, IC เบอร์ LM13600N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ปัญหาด้านราคาและคุณภาพของอุปกรณ์ Semiconductor โดยอุปกรณ์ที่ดีย่อมมีราคาค่าตัวที่สูงตามไปด้วย ดังนั้นในการเลือกใช้อุปกรณ์จึงต้องมีการเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมงบประมาณที่จำกัดและต้องหาร้านค้าที่ขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในราคาที่ถูกที่สุดด้วย

4.การสื่อสารแบบไร้สาย โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุเป็นสื่อกลางในการส่งนั้น ความถูกต้องและความชัดเจนของสัญญาณจะลดลงตามระยะทางและการเดินทางผ่านสิ่งกีดขวาง ทำให้ระยะทางที่ส่งได้จริงอาจไม่เป็นไปตามคุณสมบัติของ RF Module ที่นำมาใช้

7.3 การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงาน

1.ปัญหาในการแก้ไขและการปรับแต่งความเที่ยงตรงของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแก้ไขได้โดยการนำเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้าที่มีความเที่ยงตรงสูงมาเป็นต้นแบบในการปรับ

2.ปัญหาในการซื้ออุปกรณ์แก้ไขได้โดยสั่งซื้ออุปกรณ์จากผู้จำหน่ายโดยตรง

3.ปัญหาเรื่องของงบประมาณและคุณภาพของอุปกรณ์ Semiconductor แก้ไขได้โดยการสำรวจข้อมูลที่จำเป็นเช่น คุณภาพ ความสามารถของ IC ว่ามีความเหมาะสมในเรื่องของราคาเมื่อเทียบกับคุณภาพมากน้อยแค่ไหน ก่อนการตัดสินใจซื้ออย่างละเอียดเพื่อที่จะได้อุปกรณ์ตามที่ต้องการและราคาถูก

4.ปัญหาเรื่องของการสื่อสารชนิดไร้สายในเรื่องของความชัดเจนของสัญญาณในการส่ง แก้ไขได้โดยการเปลี่ยน RF Module ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลให้กำลังของสัญญาณในการส่งมากยิ่งขึ้นและใช้ช่วงความถี่ในการส่งข้อมูลที่สูงขึ้น

7.4 แนวทางในการพัฒนาต่อ

1.เพิ่มขีดความสามารถของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าให้สามารถรองรับ งานที่ต้องใช้กำลังไฟฟ้าและกระแสที่สูงขึ้นได้ และสามารถวัดได้เที่ยงตรงมากขึ้น

2.พัฒนาความสามารถของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า ให้สามารถติดต่อสื่อสารเพื่อรับ-ส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านสื่ออื่นๆ เช่น สายไฟฟ้า (AC Line), อินฟาเรด (Infared)

3.พัฒนาความสามารถของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า ให้สามารถติดต่อสื่อสารเพื่อรับ-ส่งข้อมูลกับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์มือถือ (PDA) ได้

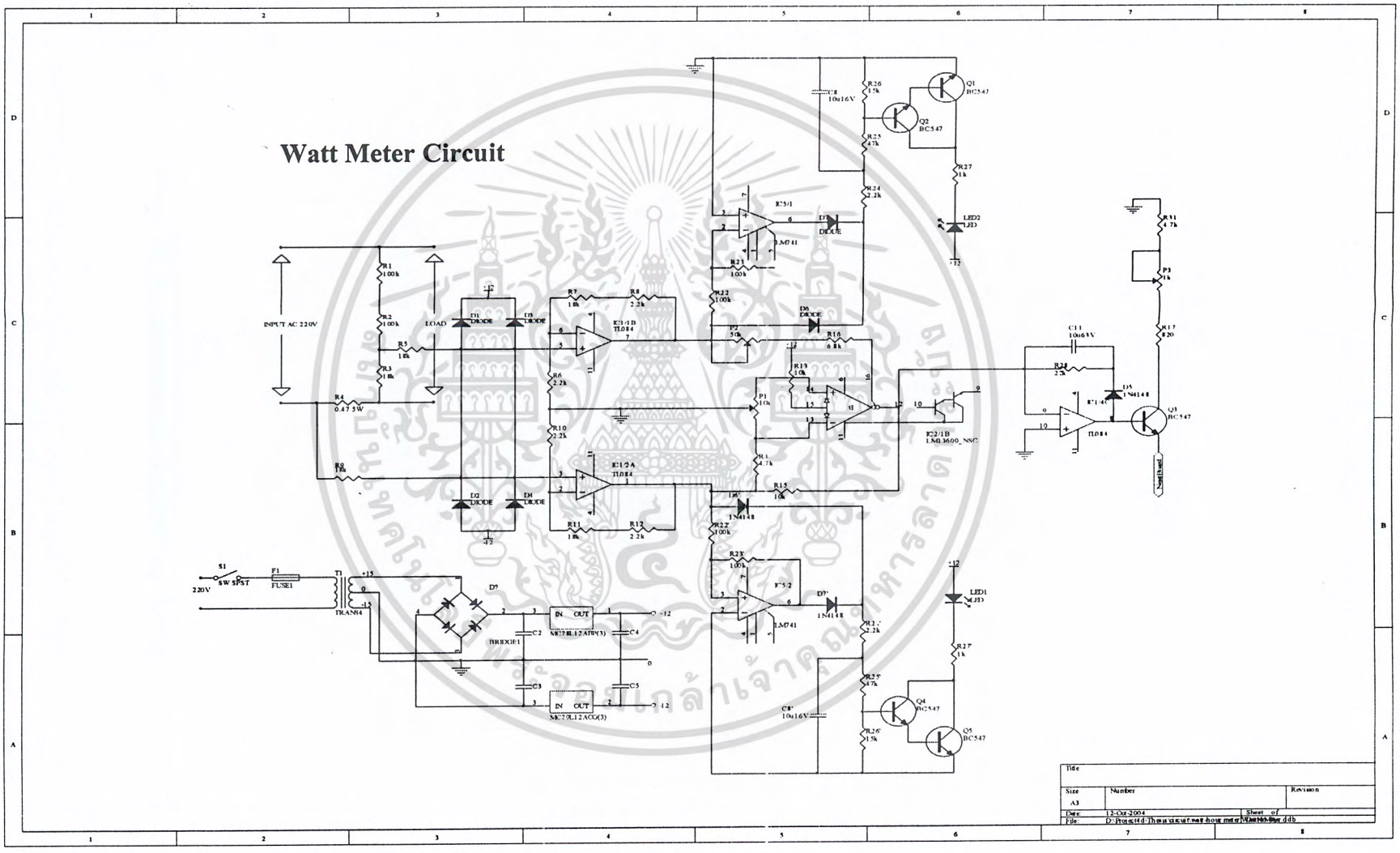
4.พัฒนาการรับข้อมูลของอุปกรณ์เก็บข้อมูล ให้สามารถรับข้อมูลจากเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในระยะทำการทุกตัว ได้พร้อมๆกัน โดยการส่งสัญญาณ Request จากอุปกรณ์เก็บข้อมูลเพียงครั้งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

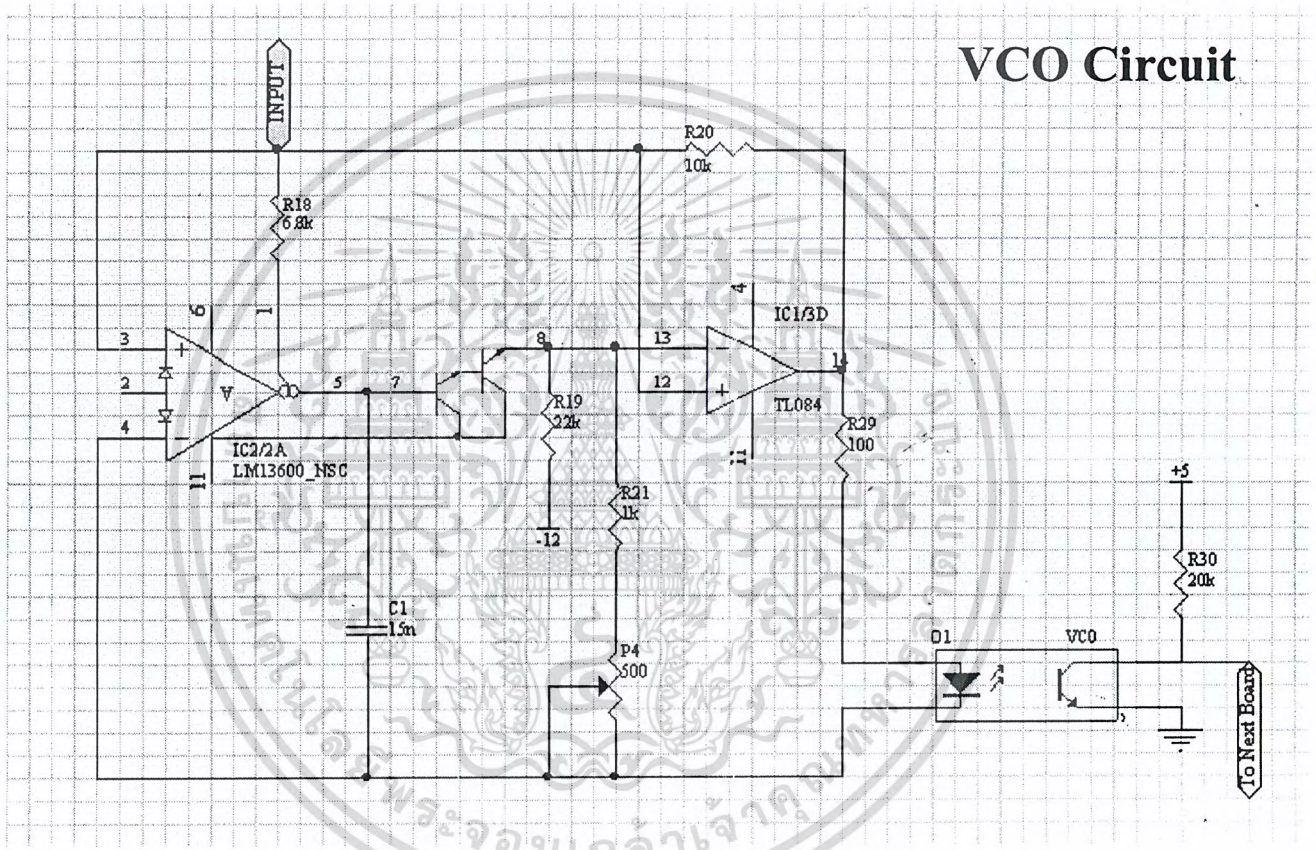
ภาคผนวก ก

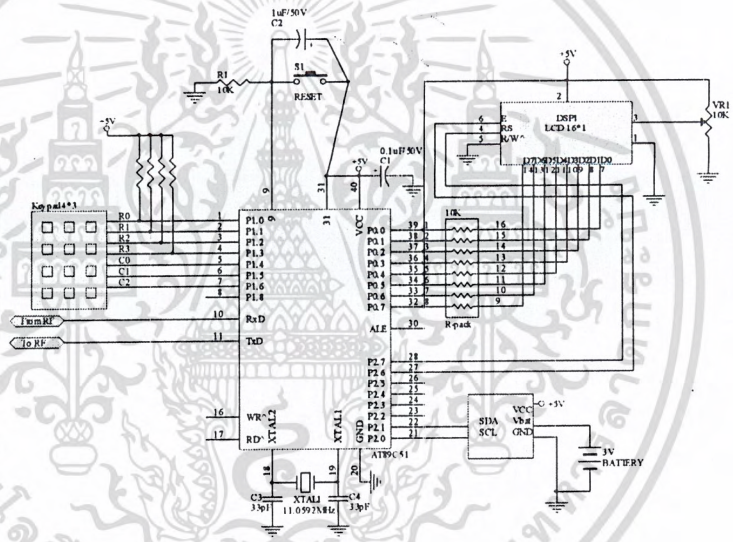
Schematic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


Watt Meter Circuit
INPUT AC 220V
LOAD
R1 100k
R2 100k
R3 1Ik
R4 0.47 5W
R5 1Ik
R6 2.2k
R7 1Ik
R8 2.2k
R9 1Ik
R10 2.2k
R11 1Ik
R12 2.2k
D1 DIODE
D2 DIODE
D3 DIODE
D4 DIODE
IC1/1D TL084
IC1/2A TL084
S1 SW SPST
220V
F1 FUSE1
T1 TRAN4
D7 BRIDGE1
IN OUT MC7812ACD(3)
C2
C3
C4
C5
+12
-12
IC5/1 LM741
D5 DIODE
R23 100k
R22 100k
P2 50k
R16 6.8k
R13 10k
P1 10k
R14 4.7k
R15 10k
1N4148
IC2/1B LM3600_NSC
R26 47k
R25 4.7k
R24 2.2k
Q1 BC547
Q2 BC547
R27 1k
LED2 LED
C8 10u16V
R11 4.7k
P3 1k
R17 820
C11 10u16V
R28 2.2k
D8 1N4148
IC1/4D TL084
Q3 BC547
Switch1
IC5/2 LM741
D6 1N4148
R22' 100k
R23' 100k
R24' 2.2k
R25' 47k
R26' 15k
R27' 1k
LED1 LED
C8' 10u16V
Q4 BC547
Q5 BC547
Title
Size A3
Number
Revision
Date 12-Oct-2004
Sheet of
File D:\Projects\dd\Thesis\circuit\watt-hour meter\WattHrMeter.ddb

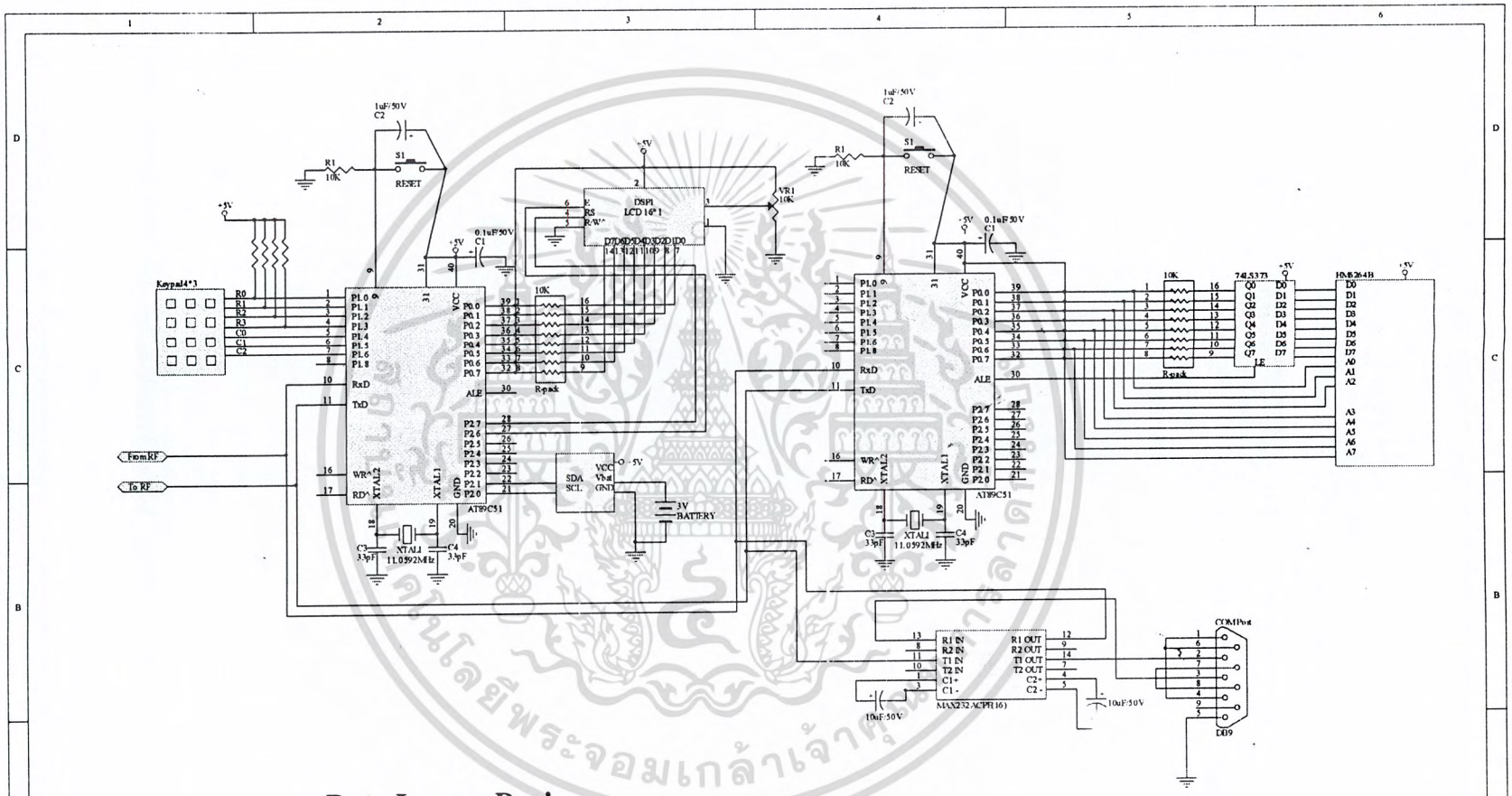
VCO Circuit


INPUT
R20
10k
R18
6.8k
IC1/3D
TL084
IC2/2A
LM13600_NSC
R19
22k
R29
100
R21
1k
-12
C1
15n
P4
500
+5
R30
20k
O1
VCO
To Next Board



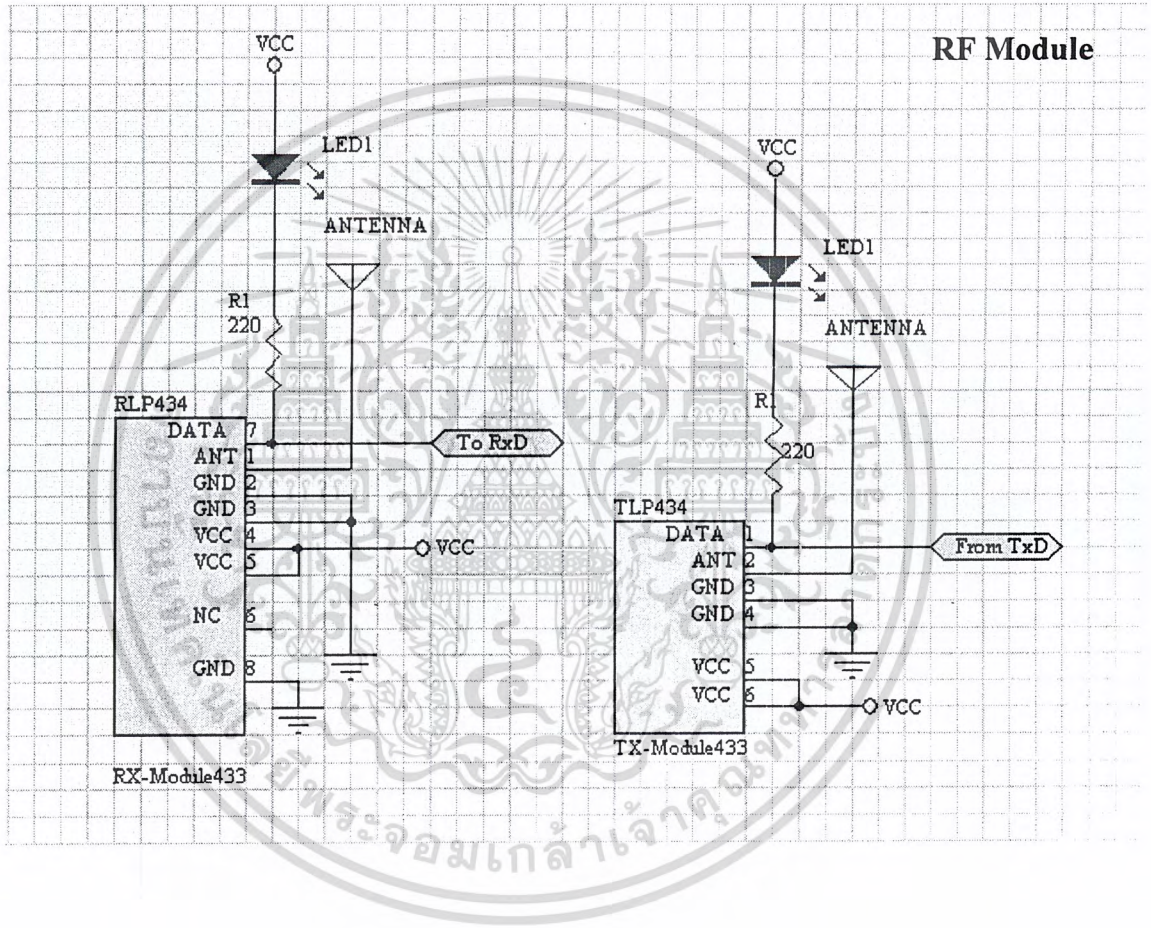
MCS-51 Board for Watt Meter

Title		
Size: B	Number	Revision
Date: 16-Mar-2005		Sheet of
File: D:\kuakoon project4d backup\Thesis circuit\Power\board m\mmboard.ddb		



Data Logger Device

Title			
Size: B	Number:	Revision:	
Date: 16-Mar-2005		Sheet of	
File: D:\kuukoon project\4d_backup\Thesis\circuit\boardboard system\board.ddb			


RF Module
VCC
LED1
ANTENNA
R1
220
RLP434
DATA 7
ANT 1
GND 2
GND 3
VCC 4
VCC 5
NC 6
GND 8
To RxD
VCC
RX-Module433
VCC
LED1
ANTENNA
R1
220
TLP434
DATA 1
ANT 2
GND 3
GND 4
VCC 5
VCC 6
From TxD
VCC
TX-Module433

ภาคผนวก ข

Semiconductor

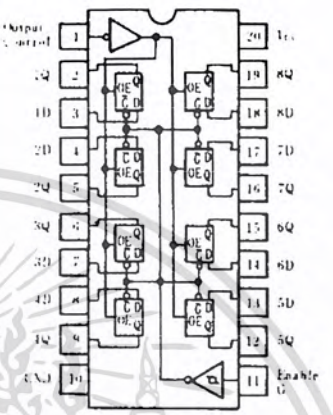
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HD74LS373 ●Octal D-type Transparent Latches (with three-state outputs)

The HD74LS373, 8-bit register features totem-pole three-state outputs designed specifically for driving highly-capacitive or relatively low-impedance loads. The high-impedance third state and increased high-logic-level drive provide this register with the capacity of being connected directly to and driving the bus lines in a bus-organized system without need for interface or pull-up components. They are particularly attractive for implementing buffer registers, I/O ports, bidirectional bus drivers, and working registers.

The eight latches are transparent D-type latches meaning that while the enable (G) is high the Q outputs will follow the data (D) inputs. When the enable is taken low the output will be latched at the level of the data that was setup.

■PIN ARRANGEMENT



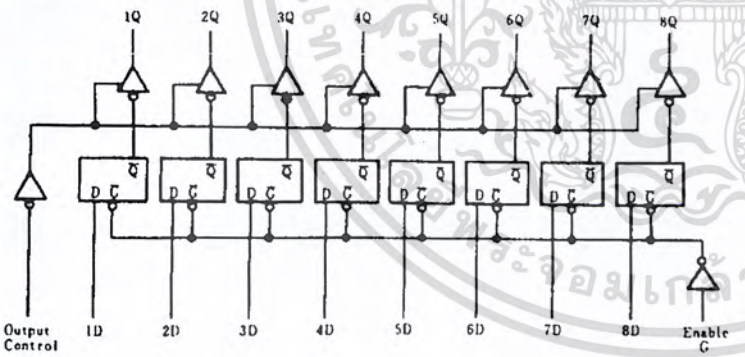
(Top View)

■FUNCTION TABLE

Inputs			Output
Output control	Enable G	D	Q
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	×	Q_0
H	×	×	Z

Notes: H = high level, L = low level,
X = irrelevant
Q_0 = level of Q before the indicated steady-state input conditions were established.
Z = off (high-impedance) state of a three-state output

■BLOCK DIAGRAM



■RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Item		Symbol	min	typ	max	Unit
Supply voltage		V_{CC}	4.75	5.00	5.25	V
Output voltage		V_{OH}	—	—	5.5	V
Output current		I_{OH}	—	—	−2.6	mA
		I_{OL}	—	—	24	mA
Enable pulse width	"H" level	t_w	15	—	—	ns
	"L" level		15	—	—	
Data setup time		t_{su}	5↓	—	—	ns
Data hold time		t_h	25↓	—	—	ns

Note) ↓ : The arrow indicates the falling edge of clock pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

May 1998

LM13600
Dual Operational Transconductance Amplifiers with Linearizing Diodes and Buffers

General Description

The LM13600 series consists of two current controlled transconductance amplifiers each with differential inputs and a push-pull output. The two amplifiers share common supplies but otherwise operate independently. Linearizing diodes are provided at the inputs to reduce distortion and allow higher input levels. The result is a 10 dB signal-to-noise improvement referenced to 0.5 percent THD. Controlled impedance buffers which are especially designed to complement the dynamic range of the amplifiers are provided.

Features

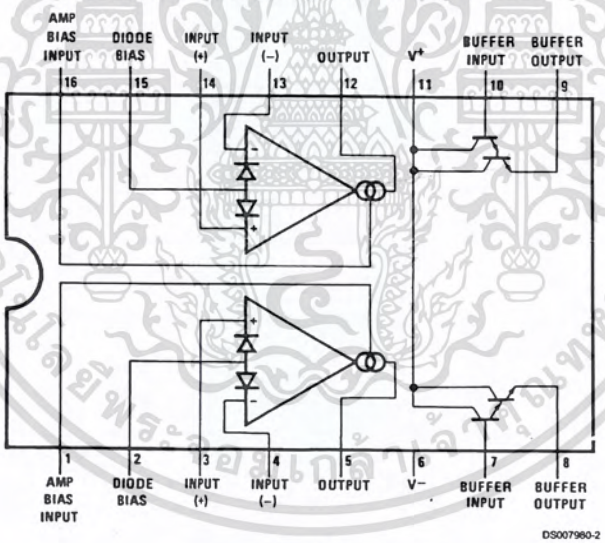
- g_m adjustable over 6 decades
- Excellent g_m linearity
- Excellent matching between amplifiers
- Linearizing diodes
- Controlled impedance buffers
- High output signal-to-noise ratio

Applications

- Current-controlled amplifiers
- Current-controlled impedances
- Current-controlled filters
- Current-controlled oscillators
- Multiplexers
- Timers
- Sample and hold circuits

Connection Diagram

Dual-In-Line and Small Outline Packages



Top View
Order Number LM13600M, LM13600N or LM13600AN
See NS Package Number M16A or N16A

© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (Note 2)	
LM13600	36 V_{DC} or ±18V
LM13600A	44 V_{DC} or ±22V
Power Dissipation (Note 3) T_A = 25°C	570 mW
Differential Input Voltage	±5V
Diode Bias Current (I_D)	2 mA
Amplifier Bias Current (I_{ABC})	2 mA
Output Short Circuit Duration	Continuous
Buffer Output Current (Note 4)	20 mA
Operating Temperature Range	0°C to +70°C
DC Input Voltage	$+V_S$ to $-V_S$
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Note 5)

Parameter	Conditions	LM13600			LM13600A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (V_{OS})			0.4	4		0.4	1	mV
	Over Specified Temperature Range						2	mV
	I_{ABC} = 5 µA		0.3	4		0.3	1	mV
V_{OS} Including Diodes	Diode Bias Current (I_D) = 500 µA		0.5	5		0.5	2	mV
Input Offset Change	5 µA ≤ I_{ABC} ≤ 500 µA		0.1	3		0.1	1	mV
Input Offset Current			0.1	0.6		0.1	0.6	µA
Input Bias Current			0.4	5		0.4	5	µA
	Over Specified Temperature Range		1	8		1	7	µA
Forward Transconductance (g_m)		6700	9600	13000	7700	9600	12000	µmho
	Over Specified Temperature Range	5400			4000			µmho
g_m Tracking			0.3			0.3		dB
Peak Output Current	R_L = 0, I_{ABC} = 5 µA		5		3	5	7	µA
	R_L = 0, I_{ABC} = 500 µA	350	500	650	350	500	650	µA
	R_L = 0, Over Specified Temp Range	300			300			µA
Peak Output Voltage								
Positive	R_L = ∞, 5 µA ≤ I_{ABC} ≤ 500 µA	+12	+14.2		+12	+14.2		V
Negative	R_L = ∞, 5 µA ≤ I_{ABC} ≤ 500 µA	−12	−14.4		−12	−14.4		V
Supply Current	I_{ABC} = 500 µA, Both Channels		2.6			2.6		mA
V_{OS} Sensitivity								
Positive	$\Delta V_{OS}/\Delta V+$		20	150		20	150	µV/V
Negative	$\Delta V_{OS}/\Delta V-$		20	150		20	150	µV/V
CMRR		80	110		80	110		dB
Common Mode Range		±12	±13.5		±12	±13.5		V
Crosstalk	Referred to Input (Note 6) 20 Hz < f < 20 kHz		100			100		dB
Differential Input Current	I_{ABC} = 0, Input = ±4V		0.02	100		0.02	10	nA
Leakage Current	I_{ABC} = 0 (Refer to Test Circuit)		0.2	100		0.2	5	nA
Input Resistance		10	26		10	26		kΩ
Open Loop Bandwidth			2			2		MHz
Slew Rate	Unity Gain Compensated		50			50		V/µs
Buffer Input Current	(Note 6), Except I_{ABC} = 0 µA		0.2	0.4		0.2	0.4	µA
Peak Buffer Output Voltage	(Note 6)	10			10			V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TL081, TL081A, TL081B, TL082, TL082A, TL082B
TL082Y, TL084, TL084A, TL084B, TL084Y
JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS081E – FEBRUARY 1977 – REVISED FEBRUARY 1999

- Low Power Consumption
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Input Bias and Offset Currents
- Output Short-Circuit Protection
- Low Total Harmonic Distortion . . . 0.003% Typ
- High Input Impedance . . . JFET-Input Stage
- Latch-Up-Free Operation
- High Slew Rate . . . 13 V/μs Typ
- Common-Mode Input Voltage Range Includes V_{CC+}

description

The TL08x JFET-input operational amplifier family is designed to offer a wider selection than any previously developed operational amplifier family. Each of these JFET-input operational amplifiers incorporates well-matched, high-voltage JFET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit. The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset voltage temperature coefficient. Offset adjustment and external compensation options are available within the TL08x family.

The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from –40°C to 85°C. The Q-suffix devices are characterized for operation from –40°C to 125°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of –55°C to 125°C.

symbols

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

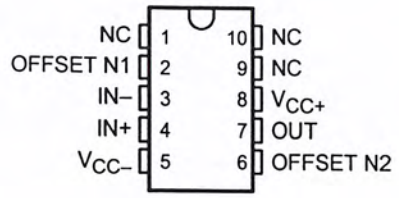
PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1999, Texas Instruments Incorporated

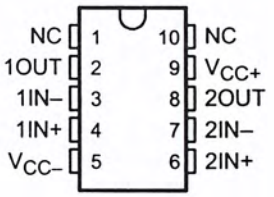
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

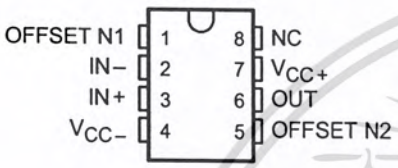
TL081M
U PACKAGE
(TOP VIEW)



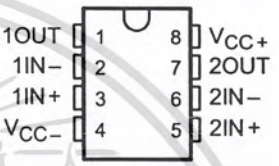
TL082M
U PACKAGE
(TOP VIEW)



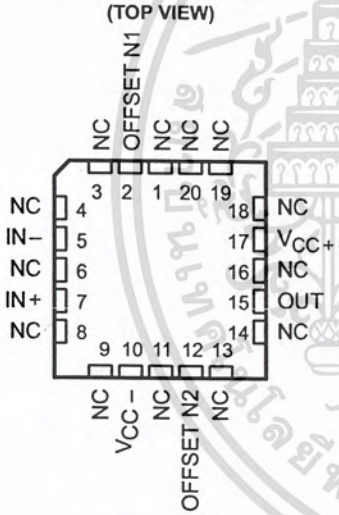
TL081, TL081A, TL081B
D, JG, P, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



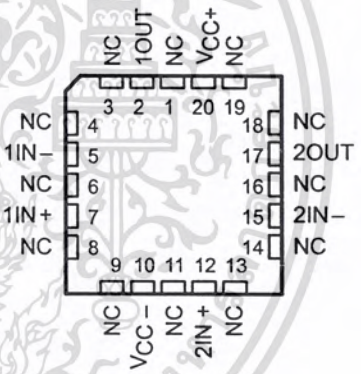
TL082, TL082A, TL082B
D, JG, P, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



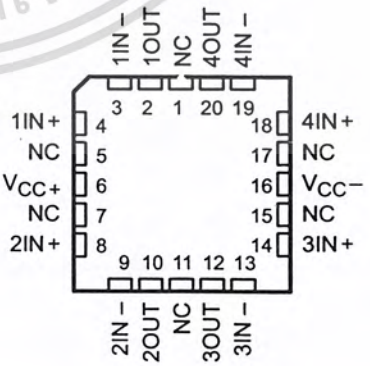
TL081M . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



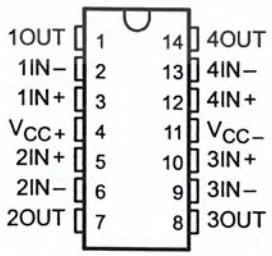
TL082M . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



TL084M . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



TL084, TL084A, TL084B
D, J, N, PW, OR W PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HM6264B Series

64 k SRAM (8-kword × 8-bit)

HITACHI

ADE-203-454B (Z)
Rev. 2.0
Nov. 1997

Description

The Hitachi HM6264B is 64k-bit static RAM organized 8-kword × 8-bit. It realizes higher performance and low power consumption by 1.5 µm CMOS process technology. The device, packaged in 450 mil SOP (foot print pitch width), 600 mil plastic DIP, 300 mil plastic DIP, is available for high density mounting.

Features

- High speed
  Fast access time: 85/100 ns (max)
- Low power
  Standby: 10 µW (typ)
  Operation: 15 mW (typ) (f = 1 MHz)
- Single 5 V supply
- Completely static memory
  No clock or timing strobe required
- Equal access and cycle times
- Common data input and output
  Three state output
- Directly TTL compatible
  All inputs and outputs
- Battery backup operation capability

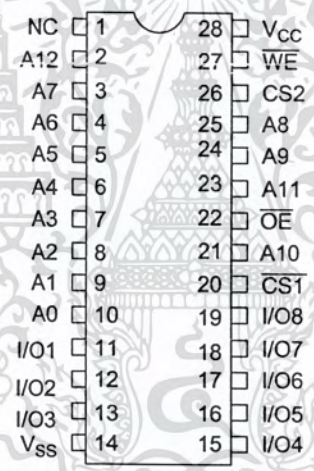
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Type No.	Access time	Package
HM6264BLP-8L HM6264BLP-10L	85 ns 100 ns	600-mil, 28-pin plastic DIP (DP-28)
HM6264BLSP-8L HM6264BLSP-10L	85 ns 100 ns	300-mil, 28-pin plastic DIP(DP-28N)
HM6264BLFP-8LT HM6264BLFP-10LT	85 ns 100 ns	450-mil, 28-pin plastic SOP(FP-28DA)

Pin Arrangement

HM6264BLP/BLSP/BLFP Series



(Top view)

Pin Description

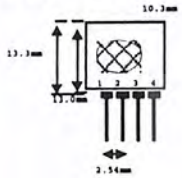
Pin name	Function	Pin name	Function
A0 to A12	Address input	$\overline{WE}$	Write enable
I/O1 to I/O8	Data input/output	$\overline{OE}$	Output enable
$\overline{CS1}$	Chip select 1	NC	No connection
CS2	Chip select 2	V_{cc}	Power supply
		V_{ss}	Ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TLP434A & RLP434A RF ASK Hybrid Modules for Radio Control (New Version)

TLP434A Ultra Small Transmitter

Easy-Link Wireless



pin 1 : GND
pin 2 : Data In
pin 3 : Vcc
pin 4 : Antenna (RF output)

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

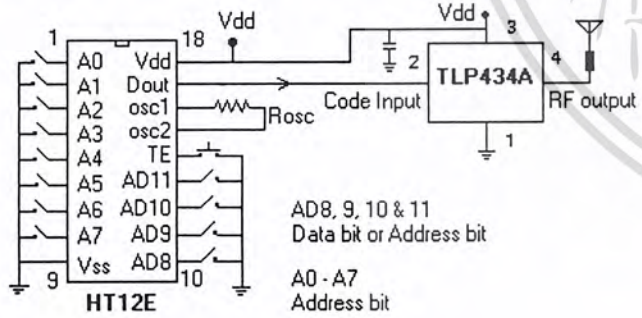
Modulation : ASK
Operation Voltage : 2 - 12 VDC

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc 1	Peak Current (2V)		-	-	1.64	mA
Icc 2	Peak Current (12V)		-	-	19.4	mA
Vh	Input High Voltage	Idata= 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
Vl	Input Low Voltage	Idata= 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz module	314.8	315	315.2	MHz
PO	RF Output Power- 50ohm	Vcc = 9V-12V	-	16	-	dBm
		Vcc = 5V-6V	-	14	-	dBm
DR	Data Rate	External Encoding	512	4.8K	200K	bps

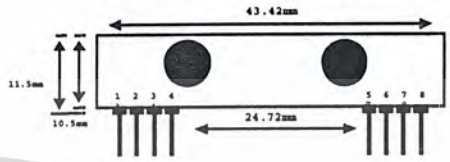
Notes : (Case Temperature = 25°C +- 2°C , Test Load Impedance = 50 ohm)

Application Circuit :

Typical Key-chain Transmitter using HT12E-18DIP, a Binary 12 bit Encoder from Holtek Semiconductor Inc.



RLP434A SAW Based Receiver



pin 1 : Gnd
pin 2 : Digital Data Output
pin 3 : Linear Output /Test
pin 4 : Vcc
pin 5 : Vcc
pin 6 : Gnd
pin 7 : Gnd
pin 8 : Antenna

Frequency 315, 418 and 433.92 Mhz

Modulation : ASK
Supply Voltage : 3.3 - 6.0 VDC
Output : Digital & Linear

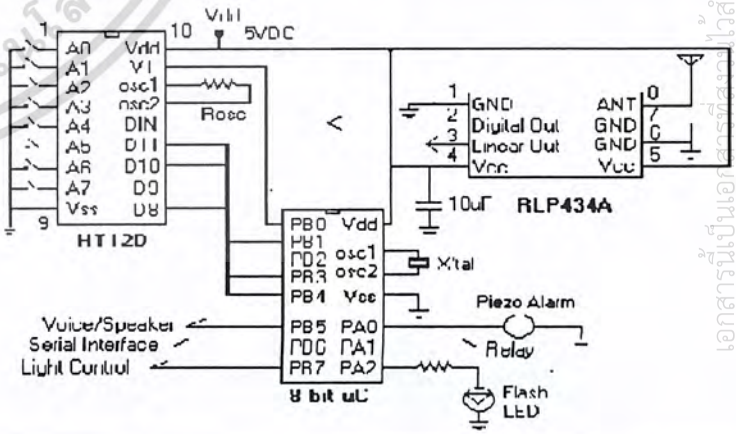
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	
Vcc	Operating supply voltage		3.3	5.0V	6.0	V
Itot	Operating Current		-	4.5		mA
Vdata	Data Out	Idata = +200 uA (High)	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		Idata = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V

Electrical Characteristics

Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit
Operation Radio Frequency	FC		315, 418 and 433.92		MHz
Sensitivity	Pref		-110		dBm
Channel Width			+-500		Khz
Noise Equivalent BW			4		Khz
Receiver Turn On Time			5		ms
Operation Temperature	Top	-20	-	80	C
Baseboard Data Rate			4.8		KHz

Application Circuit :

Typical RF Receiver using HT12D-18DIP, a Binary 12 bit Decoder with 8 bit uC HT48RXX from Holtek Semiconductor Inc.



Laipac Technology, Inc.

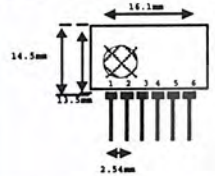
105 West Beaver Creek Rd. Unit 207 Richmond Hill Ontario L4B 1C6 Canada
Tel: (905)762-1228 Fax: (905)763-1737 e-mail: info@laipac.com

LAIPAC TECH

TLP/RLP434 RF ASK Low Cost Hybrid Modules for Radio Control and Telemetry applications

Easy-Link Wireless

TLP-434 Transmitter



pin 1 : Vcc
pin 2 : Vcc
pin 3 : Gnd
pin 4 : Gnd
pin 5 : RF Output
pin 6 : Digital Data Input

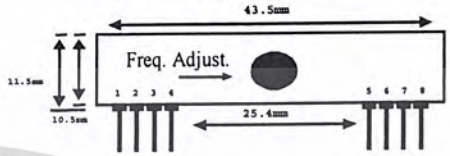
Frequency 315, 418 and 433.92MHz

Modulation : ASK
Operation Voltage : 2 - 12 VDC
RF Output Power : 8mW @3.6V

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Operating supply voltage		2.0	-	12.0	V
Icc	Peak Current		-	5	-	mA
Vh	Input High Voltage	Idata= 100uA (High)	Vcc-0.5	Vcc	Vcc+0.5	V
Vl	Input Low Voltage	Idata= 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
FO	Absolute Frequency	315Mhz module	314.8	315	315.2	MHz
	Relative To 433.92MHz			+/-150	+/-200	KHz
PO	RF Output Power- 50ohm	Vcc = 9V to 12V	-	16	-	dBm
		Vcc = 5V to 6V	-	14	-	dBm
DR	Data Rate	External Encoding	-	2.4K	3K	bps

Notes : (Case Temperature = 25°C +- 2°C , Test Load Impedance = 50 ohm)

RLP-434 Receiver



pin 1 : Gnd
pin 2 : Digital Data Output
pin 3 : Linear Output
pin 4 : Vcc
pin 5 : Vcc
pin 6 : Gnd
pin 7 : Gnd
pin 8 : Antenna (About 30 - 35 cm)

Frequency 315, 418 and 433.92MHz

Modulation : ASK
Supply Voltage : 4.5 - 5.5 VDC
Output : Digital & Linear
Sensitivity : 3uVrms

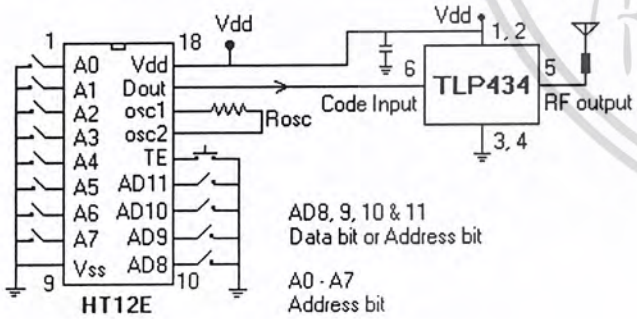
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	
Vcc	Operating supply voltage		4.5	5	5.5	V
Itot	Operating Current		-	3.5	4.5	mA
Vdata	Data Out	Idata = +200 uA (High)	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		Idata = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V

Electrical Characteristics

Characteristics	SYM	Min	Typ	Max	Unit
Operation Radio Frequency	FC		315, 418 and 434		MHz
Sensitivity	Pref	-100	-103	-106	dBm
Channel Width			+-1.5		Khz
Receiver Turn On Time			5		ms
Noise equivalent BW	NEB		4		Khz
Baseboard Data Rate			3	5	Khz

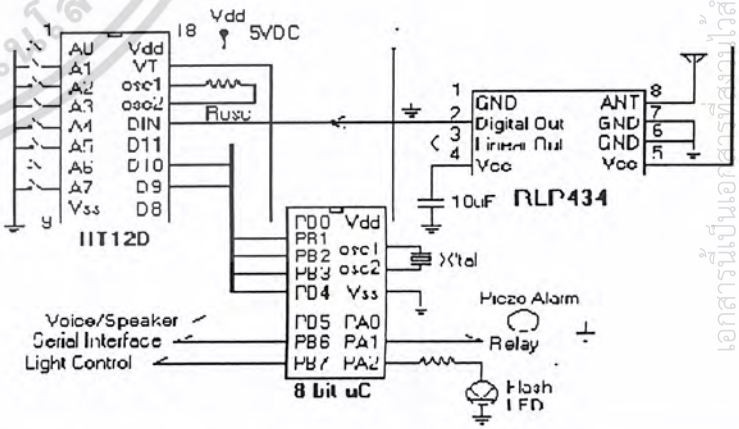
Application Circuit I:

Typical Key-chain Transmitter using HT12E-18DIP, a Binary 12 bit Encoder from Holtek Semiconductor Inc.



Application Circuit II:

Typical RF Receiver using HT12D-18DIP, a Binary 12 bit Decoder with 8 bit uC HT48RXX from Holtek Semiconductor Inc.



Laipac Technology, Inc.
105 West Beaver Creek Rd. Unit 207 Richmond Hill Ontario L4B 1C6 Canada
Tel: (905)762-1228 Fax: (905)770-6143 e-mail: info@laipac.com

LAIPAC TECH

บรรณานุกรม

[1] คฑาวุฒิ วันเพ็ญ. 2539. **"เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าและคิดเงินค่าไฟฟ้าโดยคอมพิวเตอร์."** ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

[2] พลรัฐ วิวิธวร. 2538. **"เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าและคิดราคาไฟฟ้า."** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคนิคอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[3] ธีรวัฒน์ ประกอบผล, ผศ. 2543. **ระบบคอมพิวเตอร์และภาษาแอสเซมบลี.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[4] ธีรวัฒน์ ประกอบผล, ผศ. 2537. **การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[5] ศุภชัย สมภานิชย์. 2545. **สร้างระบบฐานข้อมูลด้วย Visual Basic ฉบับปรับปรุง.** กรุงเทพฯ : บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์

[6] วรพจน์ กรแก้ววัมนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, ผู้แปล. **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช.** กรุงเทพฯ : บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.

[7] Andrew S. Tanenbaum. 2544. **Data Communications and Networking.** Second edition. McGraw-Hill.

[8] http://www.mea.or.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้