สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าระยะไกล

REMOTED KILOWATT – HOUR METER

โดย

นายณัฐพล	วุฒิพงษ์	40012086
นายพิเชษฐพงษ์	ปานกลาง	40012095
นายอุทัย	ศรีจันทร์	40012117

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36800
วัน, เดือน, ปี 29 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าระยะไกล

REMOTE KILOWATT-HOUR METER

ผู้จัดทำ

1. นายณัฐพล	วุฒิพงษ์	40012086
2. นายพิเชษฐพงษ์	ปานกลาง	40012095
3. นายอุทัย	ศรีจันทร์	40012117

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รศ. เกษตร ศิริสันติสัมฤทธิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าระยะไกล
REMOTE KILOWATT-HOUR METER

ผู้จัดทำ	นายณัฐพล	วุฒิพงษ์	40012086
	นายพิเชษฐพงษ์	ปานกลาง	40012095
	นายอุทัย	ศรีจันทร์	40012117
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.เกษตร	ศิริสันติสัมฤทธิ์	

บทคัดย่อ

การสื่อสารข้อมูลผ่านคลื่นความถี่วิทยุเป็นเทคโนโลยีที่ได้นำเข้ามาประยุกต์ใช้กับโครงงานเครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าระยะไกล เนื่องจากความสามารถในการสื่อสารได้ระยะทางที่ไกล ทำให้ประหยัดสายที่ใช้ในการส่งสัญญาณและยังอำนวยความสะดวกในการทำงานของพนักงานอีกด้วย

โครงงานเครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าระยะไกลสามารถเก็บค่ากำลังไฟฟ้าจากผู้ใช้ไฟฟ้าโดยการป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าให้ถูกต้องผ่านเครื่องรับส่ง ข้อมูลจะถูกส่งผ่านคลื่นวิทยุย่าน VHF ไปยังชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ ถ้าข้อมูลของหมายเลขเครื่องถูกต้อง ก็จะส่งค่าการใช้กำลังงานไฟฟ้ากลับมาโดยผ่านคลื่นความถี่วิทยุ จากนั้นนำค่าที่เก็บได้ไปต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อนำค่ากำลังงานไฟฟ้าที่เก็บได้มาคำนวณเป็นค่าไฟฟ้าโดยโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้า และ ปริ้นเป็นใบเสร็จค่ากระแสไฟฟ้า

ในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่จ่ายค่ากระแสไฟฟ้าโครงงานนี้สามารถตัดกระแสไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟออกได้ ขณะเดียวกันก็สามารถต่อกระแสไฟฟ้าได้ โดยไม่ต้องส่งพนักงานของการไฟฟ้าออกไปทำงาน

สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของกิโลวัตต์มิเตอร์ได้ว่า ขณะนั้น ระบบการตัด-ต่อไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าอยู่ในสถานะใด

จากการทดลองโครงงาน ผลการทดลองในการติดต่อสื่อสารในฟังก์ชั่นต่างๆ ภายในระยะ 140 เมตรสามารถทำงานได้ 100 % หลังจากระยะ 145 เมตรขึ้นไปถึง 155 เมตร สามารถติดต่อได้บ้างซึ่งไม่สามารถยอมรับได้ เป็นผลเนื่องมาจากกำลังส่งของเครื่องและอัตราขยายของสายอากาศต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REMOTED KILOWATT-HOUR METER

Staff	Nuttapon	Wuttipong	40012086
	Pichetpong	Panklang	40012095
	Autai	Srijan	40012117
Advisor	Assoc.Prof.Kaset	Sirisantisamrid	

Abstract

Technology of radio wave communication nowaday has gone too far from its origin. Because of its long-distance communication ability that make our work has become more comfortatle than before. Then this project is based on this principle.

A remote kwh meter will be an excellent way to save money , time ect. In stead of sending an officer to check out the cost of electric power using at each user home. We just programe a correct user number pass through a VHF transmitter , VHF receiver and finally get to it. If a user number is correct then a it will sent an amount of electric power using back for calculating its cost by a computer program and print the bill.

Furthermore , not only calculating the cost of electric power using but it can also connect and disconnect an electricity too.

The result of an experiment present that it can work 100% under range 140 m. In range 145-155 m. , our communication is not stable enough to get an acceptance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงจะไม่เสร็จสมบูรณ์ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจาก รศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่คอยให้คำชี้แนะแนวทางในการทำโครงงาน ขอบคุณเพื่อนภาควัดคุมทุกคนที่ให้คำปรึกษาด้วยดีตลอดมา ขอบคุณ พ่อ แม่ ที่เป็นกำลังใจในความสำเร็จทุกๆย่างก้าวของลูก สุดท้ายขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้โอกาสในการทำโครงงาน เครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวความคิดในการจัดทำปริญญานิพนธ์	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 หลักการของเครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าแบบรีโมท	1
1.4 องค์ประกอบของปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	4
2.1 โครงสร้างสถาปัตยกรรม MCS-51	4
2.1.1 โครงสร้างภายในของ MCS-51	5
2.1.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51	6
2.2 การสื่อสารข้อมูล	8
2.3 รูปแบบการส่งข้อมูล	11
2.3.1 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส	12
2.3.2 การสื่อสารแบบซิงโครนัส	15
2.4 หลักการทั่วไปของวิทยุรับ-ส่งแบบดิจิตอล	17
2.4.1 หลักการทำงานของภาคส่ง	17
2.4.2 หลักการทำงานของภาครับ	18
2.5 วิธีการโมดูเลชั่น	19
2.5.1 เปรียบเทียบฟรีเควนซีโมดูเลชั่นกับแอมปลิจูดโมดูเลชั่น	19
2.5.2 หลักการทำงานของ FSK	22
2.6 มาตรฐานการ Interface	27
2.7 มาตรฐาน RS-232C	31
2.8 ประเภทของผู้ใช้และหลักการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 โครงสร้าง-หลักการทำงานและการออกแบบ	43
3.1 ชุดรีโมทคอนโทรล	43
3.1.1 โครงสร้างของชุดรีโมท	43
3.1.2 ฟังชันการทำงานของชุดรีโมท	43
3.1.3 หลักการทำงานของชุดรีโมท	43
3.2 ชุดกิโลวัตต์มิเตอร์	48
3.2.1 โครงสร้างของชุดกิโลวัตต์มิเตอร์	48
3.2.2 หลักการทำงานของชุดกิโลวัตต์มิเตอร์	49
3.3 สภาวะการรับส่งข้อมูล	54
3.4 ชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่งอันเนื่องจากฝนฟ้าคะนอง	57
บทที่ 4 การใช้งาน	59
4.1 การตั้งค่าเริ่มต้นของชุดกิโลวัตต์	60
4.2 การใช้งานรีโมทคอนโทรล ในฟังก์ชันต่างๆ	60
4.3 การแสดงผลเมื่อมีการใช้ฟังก์ชันต่างๆ	62
4.4 การถ่ายโอนข้อมูลระหว่างชุดรีโมทกับคอมพิวเตอร์	63
บทที่ 5 การทดลอง	70
5.1 ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับมิเตอร์	70
5.2 การรับส่งของตัวรีโมทและกิโลวัตต์ในฟังก์ชันต่างๆ	71
5.3 ชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่งอันเนื่องจากฝนฟ้าคะนอง	73
5.4 การทดลองใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้า	74
5.5 สรุปผลและปัญหาที่เกิดขึ้น	77
บทที่ 6 บทสรุป	78
6.1 สรุปการพัฒนาโครงงาน	80
6.2 ข้อบกพร่อง	80
6.3 ข้อเสนอแนะ	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	81
ภาคผนวก A FLOW CHART	82
ภาคผนวก B CIRCUIT	98
ภาคผนวก C DATA SHEET	102
หนังสืออ้างอิง	130

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1 ชุดรับ-ส่งและชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ 2

ภาพที่ 1.2 แสดงการนำชุดรีโมทสั่งงานมาต่อกับคอมพิวเตอร์ 2

ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 5

ภาพที่ 2.2 แสดงการจัดตำแหน่งขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 6

ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของระบบสื่อสาร 9

ภาพที่ 2.4 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม 11

ภาพที่ 2.5 ภาพทั่วไปของสัญญาณอักษรอะซิงโครนัส 12

ภาพที่ 2.6 รูปคลื่นของอักษรอะซิงโครนัส 6 บิต 15

ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของข้อมูล Bisyn 17

ภาพที่ 2.8 Block Diagram ภาคส่ง 17

ภาพที่ 2.9 Block Diagram ภาครับ 18

ภาพที่ 2.10 รูปคลื่นที่เกิดจากการโมดูเลชั่นชนิด ASK,FSK และPSK 21

ภาพที่ 2.11 หลักการและสัญญาณอินพุท เอาท์พุทของ FSK 22

ภาพที่ 2.12 FSK Modulation 23

ภาพที่ 2.13 การเบี่ยงเบนความถี่ 24

ภาพที่ 2.14 สเปคตรัมความถี่ของตัวอย่างที่ 1 26

ภาพที่ 2.15 PLL Demodulation 27

ภาพที่ 2.16 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของการอินเตอร์เฟสที่ใช้แทนระดับแรงดันสัญญาณ TTL 28

ภาพที่ 2.17 แสดงการใช้ RS 232C เชื่อมต่ออุปกรณ์ 32

ภาพที่ 2.18 แสดงพอร์ตและขาที่ใช้งาน 33

ภาพที่ 3.1 การเปลี่ยนแปลงจาก Digital เป็น Analog และ Analog เป็น Digital 44

ภาพที่ 3.2 วงจร FSK Circuit (Frequency Shift Keying) 45

ภาพที่ 3.3 สัญญาณที่ได้จาก FSK ขณะ INPUT เป็น " 1" จะมีความถี่ประมาณ 1200 Hz 46

ภาพที่ 3.4 สัญญาณที่ได้จาก FSK ขณะ INPUT เป็น " 0" จะมีความถี่ประมาณ 2200 Hz 47

ภาพที่ 3.5 แสดงลายวงจรรวมของชุดรีโมท 47

ภาพที่ 3.6 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของชุดรีโมท 48

ภาพที่ 3.7 แสดง KILOWATT-HOUR METER 50

ภาพที่ 3.8 แสดงมาตรวัดวัตต์-ชั่วโมงแบบเหนี่ยวนำ 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ 3.9 การติดตั้ง SENSOR กับจารหมุนเพื่อนับรอบ 52
ภาพที่ 3.10 สัญญาณอินแตอร์รัปต์จาก SENSOR 53
ภาพที่ 3.11 แสดงลายวงจรรวมของชุดกิโลวัตต์ 54
ภาพที่ 3.12 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของชุดกิโลวัตต์ 54
ภาพที่ 3.13 แสดงจำนวนไบต์ในการส่งข้อมูล 55
ภาพที่ 3.14 แสดงข้อมูลที่ถูกส่งมาจากกิโลวัตต์มิเตอร์ 56
ภาพที่ 3.15 แสดงวงจรชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่งอันเนื่องมาจากฝนฟ้าคะนอง 57
ภาพที่ 3.16 แสดงลายวงจรของชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่ง 58
ภาพที่ 3.17 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่ง 58
ภาพที่ 4.1 แสดงชุดรีโมทคอนโทรล 59
ภาพที่ 4.2 แสดงชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ 59
ภาพที่ 4.3 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นวงจร 60
ภาพที่ 4.4 ลักษณะของ FUNCTION SWITCH 61
ภาพที่ 4.5 แสดงชุดการติดต่อระหว่างรีโมทกับคอมพิวเตอร์ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ตารางรายละเอียดของตระกูล MCS-51 5
ตารางที่ 2.2 อักขระควบคุมใน Bisyn 16
ตารางที่ 2.3 Bassel Function Table 25
ตารางที่ 2.4 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS232C 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดในการจัดทำปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบันจะพบว่าการไฟฟ้าต้องการเก็บค่าไฟฟ้าแต่ละเดือนต้องให้พนักงานการไฟฟ้าเดินจดค่ากำลังงานไฟฟ้าตามมิเตอร์ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีเครื่องอำนวยความสะดวกแก่พนักงานการไฟฟ้าแล้วก็ตาม การเก็บข้อมูลจะมีเครื่องบันทึกโดยการเดินไปอ่านแล้วก็ทำการบันทึกหน่วยผู้ใช้ไฟฟ้า

แต่ในโครงงานนี้การเก็บข้อมูลนั้นไม่จำเป็นต้องเดินไปอ่านที่มิเตอร์ เพียงแต่ป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าก็สามารถที่ทราบถึงค่ากำลังงานไฟฟ้าโดยหมายเลขเครื่องและชุดคำสั่งจะถูกส่งผ่านทางคลื่นวิทยุออกไปยังมิเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้า คลื่นวิทยุที่ใช้ในโครงงานนี้จะอยู่ในย่าน VHF ความถี่ 138-174 MHz เมื่อมิเตอร์ไฟฟ้าได้รับหมายเลขเครื่องที่ถูกต้องก็จะส่งกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในแต่ละเดือนกลับมา เมื่อเก็บข้อมูลครบทุกรายการแล้วสามารถนำเครื่องนี้ไปต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อนำค่าที่ได้ไป คำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ไปในแต่ละเดือน และพิมพ์เป็นใบเสร็จค่าไฟฟ้าได้ทันที และในกรณีผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ยอมจ่ายค่าไฟฟ้าก็สามารถนำเครื่องนี้สั่งงดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้โดยไม่ต้องไปถอดสายออกเหมือนปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.เป็นการพัฒนาการจดหมายเลขการใช้ไฟฟ้ามาเป็นแบบ REMOTE แทน เพื่อความสะดวกในการทำงานของพนักงานการไฟฟ้า

2.เพื่อเป็นการนำ Micro Controller มาประยุกต์ใช้งานเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการทำงาน

3.เพื่อพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น

4.เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาเทคโนโลยี

5.เพื่อพัฒนาโครงงานให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและเป็นแนวทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

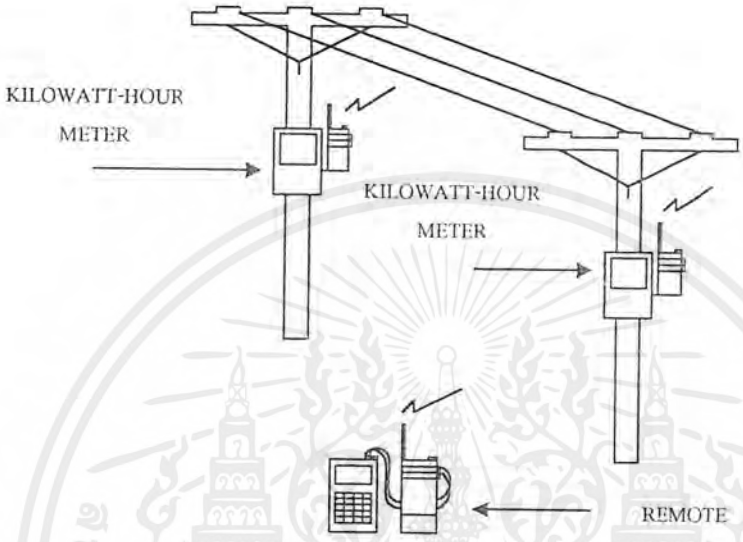
1.3 หลักการของเครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าแบบรีโมท

เครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าแบบรีโมทแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ชุดคือ

1.ชุดรีโมทสั่งงานจะเป็นเครื่องส่งและรับข้อมูลในเครื่องเดียวกัน เพื่อให้พนักงาน การไฟฟ้านำติดตัวไปใช้ในการเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้าซึ่งค่าที่เก็บจะเป็นค่ายูนิตหรือหน่วยที่ใช้ไปในแต่ละเดือนคือเมื่อพนักงานการไฟฟ้าต้องการเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้โดยป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าและชุดคำสั่ง หมายเลขเครื่องก็จะถูกส่งผ่านคลื่นวิทยุไปยังมิเตอร์ เมื่อมิเตอร์ได้รับหมาย

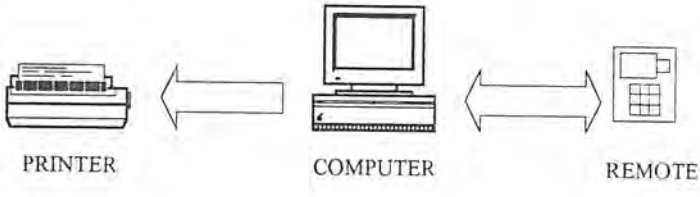
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขเครื่องที่ส่งมาก็จะเช็คว่าหมายเลขเครื่องที่ส่งมานั้นตรงกับที่ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าตรงจะทำการประมวลผลตามคำสั่งนั้นและเมื่อประมวลผลเสร็จก็จะส่งค่ากำลังงานไฟฟ้ากลับมายังชุดรีโมทสั่งงานเพื่อเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ได้นั้นไว้ ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ชุดรับ-ส่งและชุดกิโลวัตต์มิเตอร์

จากนั้นจึงนำค่ากำลังงานไฟฟ้าที่เก็บมานั้นมาคำนวณเป็นค่าไฟฟ้าด้วยโปรแกรมการคำนวณค่าไฟฟ้า โดยนำชุดรีโมทสั่งงานมาต่อกับคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตอนุกรม RS - 232 เพื่อถ่ายข้อมูลจากชุดรีโมทสั่งงานมาเก็บไว้ที่คอมพิวเตอร์ ต่อจากนั้นก็สามารถทำการคำนวณค่าไฟฟ้าได้ทันทีและสามารถพิมพ์เป็นใบเสร็จได้ ซึ่งในโปรแกรมการคำนวณค่าไฟฟ้าสามารถที่จะแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าและรายละเอียดอื่นๆ เช่น ชื่อ ที่อยู่ของผู้ใช้ไฟฟ้า เป็นต้น



รูปที่ 1.2 แสดงการนำชุดรีโมทสั่งงานมาต่อกับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชุดกิโลวัตต์มิเตอร์จะเป็นเครื่องรับและส่งข้อมูลในตัวเดียวกัน ชุดกิโลวัตต์มิเตอร์จะเป็นตัวเก็บข้อมูลการใช้กำลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย โดยนำข้อมูลที่อ่านได้ไปเก็บไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ และเมื่อได้รับสัญญาณจากตัวรีโมทจากการสั่งงานของพนักงานการไฟฟ้า ชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ก็จะส่งข้อมูลที่เก็บไว้โดยผ่านทางคลื่นวิทยุความถี่ 138-174 MHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ทางราชการสามารถใช้งานได้ และเป็นความถี่ที่เหมาะสมสำหรับสัญญาณ ANALOG:ซึ่งแปลงมาจากวงจร Frequency Shift Keying ซึ่งข้อมูลก็จะถูกส่งมายังชุดรีโมทเพื่อเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้าไว้เพื่อแสดงกับคอมพิเตอร์ต่อไป

1.4 องก์ประกอบของปริญญานิพนธ์

สำหรับในส่วนของปริญญานิพนธ์ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุมาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งปริญญานิพนธ์นี้ได้แบ่งออกเป็นบทต่างๆดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำ แนวคิดในการทำโครงงาน วัตถุประสงค์ของโครงงาน หลักการของเครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าแบบรีโมท และองค์ประกอบข้อปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีต่างๆที่นำมาใช้ เช่น การสื่อสารข้อมูล แพ็กเก็ตเรดิโอ การสื่อสารแบบอนุกรม โครงสร้างสถาปัตยกรรม MCS – 51 หลักการทำงานของ FSK การคิดค่ากระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

บทที่ 3 กล่าวถึง โครงสร้างและการทำงานของวงจร โครงสร้างและหลักการทำงานของชุดรีโมท โครงสร้างและหลักการทำงานของชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ โครงสร้างและหลักการทำงานของวิทยุรับ-ส่งความถี่ 138-174 MHz สภาวะการรับ-ส่งข้อมูล

บทที่ 4 กล่าวถึง การออกแบบและการสร้าง การออกแบบและการสร้างชุดรีโมท การออกแบบและการสร้างชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ การติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์

บทที่ 5 กล่าวถึง วิธีการใช้งานและการปรับแต่ง รูปร่างลักษณะของเครื่องชุดรีโมทและชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ ฟังก์ชั่นการทำงานของชุดรีโมท วิธีการใช้งานของชุดรีโมท การปรับแต่งชุดกิโลวัตต์มิเตอร์

บทที่ 6 กล่าวถึง ผลการทดสอบ การทดสอบการรับ-ส่งค่ากำลังงานไฟฟ้า การทดสอบการใช้คำสั่ง ON-OFF Kwh การทดสอบอุปกรณ์ป้องกันวิทยุรับ-ส่งจากเหตุการณ์ฟ้าผ่าอันเนื่องมาจากฝนฟ้าคะนอง และสรุปผลและปัญหาที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1โครงสร้างสถาปัตยกรรม MCS – 51

คุณสมบัติทั่วไปที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังนี้

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต

2. มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี

3. มีขาสัญญาณอินพุทเอาต์พุทจำนวน 32 บิต

4. สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก (external data memory) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 K

5. มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว (on-chip program memory) ขนาด 4 K โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 8 K สำหรับเบอร์ 8031 และ M8032 จะไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้

6. มีหน่วยความจำข้อมูลภายในตัว (on-chip data memory) ขนาด 128 ไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 ไบต์

7. หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงระดับบิตได้ด้วย ทำให้การตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายขึ้น

8. มีไทเมอร์/เคาน์เตอร์ (timer /counters) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีไทเมอร์/เคาน์เตอร์จำนวน 3 ตัว

9. การอินเตอร์รัปต์สามารถทำได้จาก5 แหล่งกำเนิดโดยเฉพาะเบอร์ 8032 และเบอร์ 8052 จะทำการอินเตอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิดโดยการอินเตอร์รัปต์ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ

10. มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพลิกซ์ (full duplex)

11. มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์

12. คำสั่งโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกะเฮิรตซ์

13. ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว

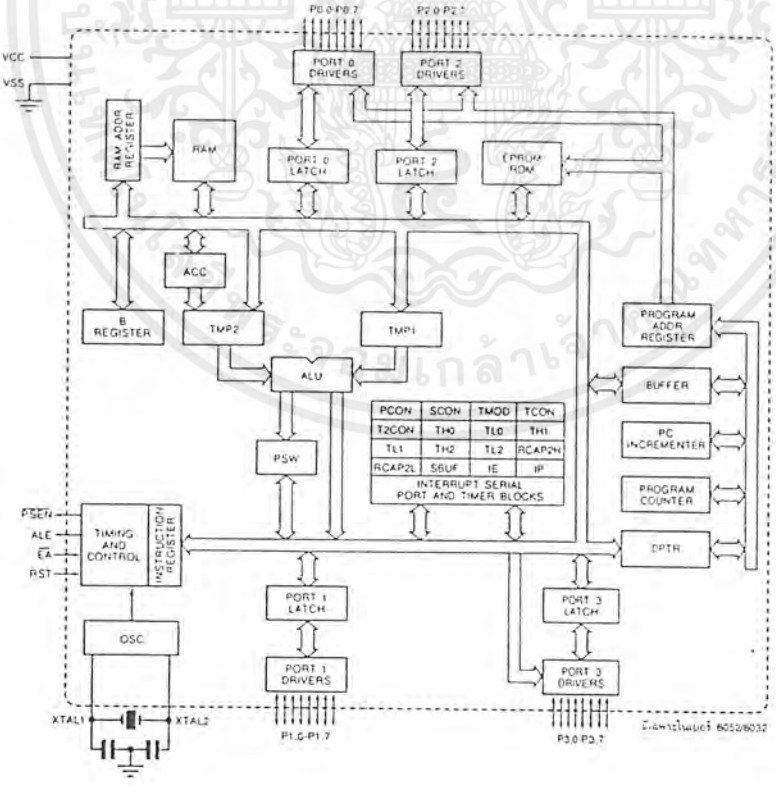
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางรายละเอียดของตระกูล MCS - 51

เบอร์	หน่วยความจำภายใน		ตัวจับเวลา/ตัวนับจำนวน	อินเตอร์รัพต์
	โปรแกรม	ข้อมูล		
8052AH	8 K * 8 ROM	256 * 8 RAM	3 * 16-Bit	6
8051AH	4K * 8 ROM	128 * 8 RAM	2 * 16-Bit	5
8051	4K * 8 ROM	128 * 8 RAM	2 * 16-Bit	5
8032AH	ไม่มี	256 * 8 RAM	3 * 16-Bit	5
8031AH	ไม่มี	128 * 8 RAM	2 * 16-Bit	5
8031	ไม่มี	128 * 8 RAM	2 * 16-Bit	5
8751H	4 K * 8 EROM	128 * 8 RAM	2 * 16-Bit	5
8752H	4 K * 8 EROM	128 * 8 RAM	2 * 16-Bit	5

2.1.1 โครงสร้างภายในของ MCS-51

โครงสร้างภายในของตรกูล MCS-51แสดงดังในรูปที่ 2.1

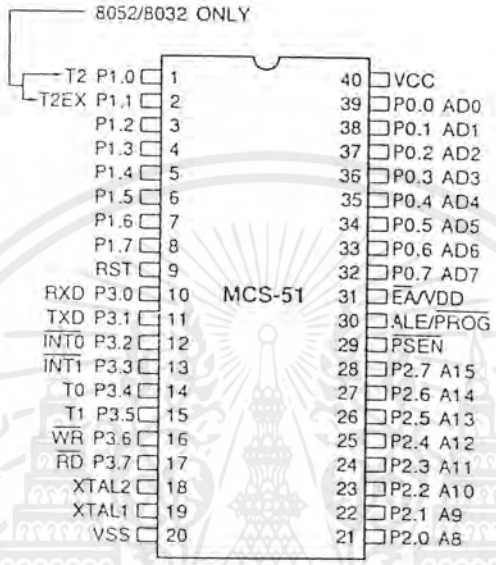


รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการจัดตำแหน่งขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขามีดังนี้

1.ขา Vcc เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์

2.ขา Vss เป็นขากราวด์

3.ขาพอร์ต 0 (port 0) มี 8 ขาได้แก่ขา P0.0-P0.7 เป็นพอร์ตอินพุทเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองสามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุทอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุทเอาต์พุทแล้วมันยังถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) ซึ่งจะใช้เป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0-D7)

4.ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขาได้แก่ขา P1.0-P1.7 เป็นขาพอร์ตอินพุทเอาต์พุทแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุท นอกจากนี้สำหรับเบอร์ 8032 และ 8052 ขาพอร์ต P1.0-P1.1 จะถูกนำมาใช้งานเป็นขา T2 และ T2EX ตามลำดับด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.ขาพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขาได้แก่ขา P2.0-P2.7 เป็นขาพอร์ตอินพุทเอาต์พุทแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุท นอกจากนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุทเอาต์พุทแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15)

6. ขาพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขาได้แก่ขา P3.0-P3.7 เป็นขาพอร์ตอินพุทเอาต์พุทแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุท นอกจากนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุทเอาต์พุทแล้วมันยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ

7.ขารีเซต (RTS) ใช้สำหรับการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซตต้องคงสภาวะเป็น 1 อย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

8.ขา ALE/PROG เป็นขาสัญญาณเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำเมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุทรับพัลส์ในการโปรแกรม ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS –51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM

9. ขา PSEN (Program Stor Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกจะไม่มีการส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด

10.ขา EA/VPP (External Access enable/VPP) เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือภายนอก โดยมีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0-0FFFH (0-1FFFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (security bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (Vpp)ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM

11.ขา XTAL1 และขา XTAL2 เป็นขาอินพุทและเอาต์พุทของวงจรอินเวอร์ติ้งออสซิลเลเตอร์แอมปลิไฟเออร์ (inverting osillator amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตรอลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การสื่อสารข้อมูล (Data Communications)

เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย คำว่าการสื่อสารคือ พฤติกรรม ขั้นตอน และเทคโนโลยีต่างๆที่ทำให้สามารถส่งหรือแปลความหมายของข้อมูลข่าวสารได้ เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารกัน เช่น การสื่อสารระหว่างบุคคลเพื่อถ่ายทอดความคิดความรู้สึกไปยังอีกคนหนึ่ง แต่การสื่อสารของคนก็มีขีดจำกัดทางด้านภาษาที่แตกต่างกัน หรืออุปสรรคด้านระยะทางที่ห่างไกลกันมากระหว่างผู้รับสาร ดังนั้นมนุษย์จึงได้คิดค้นและพัฒนาวิธีการและเทคนิคใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อลดขีดจำกัดในด้านต่างๆของการสื่อสาร ดังเช่น การพัฒนาของการสื่อสารไร้สาย สำหรับคำว่าไร้สายนั้นแสดงให้ทราบว่าสื่อตัวกลางที่นำพาสัญญาณให้กับระบบสื่อสารนั้นไม่จำเป็นต้องใช้สาย แต่มีการใช้เทคนิคและวิธีการเข้ามาช่วยในการนำพาข้อมูลข่าวสารผ่านตัวกลางที่ไม่สามารถมองเห็นได้

สิ่งที่สำคัญสิ่งหนึ่งในระบบการสื่อสารคือ ความถี่ ซึ่งแน่นอนที่สุดคือ ความหมายของช่วงกว้าง (Band width) ของความถี่จะต้องเข้าเกี่ยวข้องด้วย ช่วงกว้างความถี่นี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เริ่มตั้งแต่ประมาณ 100 Hz ซึ่งใช้ในระบบโทรเลขจนถึงหลายๆเมกกะเฮิร์ท 1(MHz) ในระบบโทรทัศน์

สิ่งที่สำคัญอีกสิ่งหนึ่งคือ กำลัง (Power) เครื่องส่งวิทยุอาจจะมีกำลังเป็นร้อยกิโลวัตต์ในขณะที่กำลังในสายส่งโทรศัพท์มีหน่วยแค่ มิลลิวัตต์ ในระบบสื่อสารดาวเทียมสัญญาณที่รับเข้าเครื่องรับมีหน่วยเป็นไมโครวัตต์ ในกรณีที่สัญญาณมีกำลังอ่อนมากๆ การออกแบบก็ยุ่งยากมากขึ้นโดยเฉพาะการถ่ายเทพลังงานจากวงจรหนึ่งไปอีกวงจรหนึ่ง เพื่อให้ได้พลังงานสูงสุดนั้น การทำให้อิมพีแดนส์ระหว่างวงจรต่อวงจรแมทช์ (Match) กันจึงเป็นสิ่งสำคัญ การลดทอน (Attenuation) หรือการสูญเสีย (Loss) ในวงจรก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงในการออกแบบวงจร อีกทั้งอัตราส่วนระหว่างสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (S/N ratio) ด้วย

ข้อมูลข่าวสารที่รับหรือส่งระหว่างกัน แบ่งออกได้เป็น 3 พวกใหญ่ๆ คือ

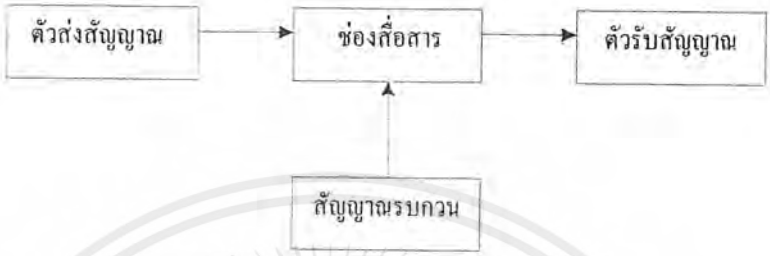
1. **เสียงหรือออดิโอ (audio)** ได้แก่เสียงพูดในระบบโทรศัพท์ เสียงพูด เสียงเพลง หรือเสียงดนตรีซึ่งต้องการคุณภาพเสียงดีในระบบวิทยุกระจายเสียง

2. **ภาพ (picture)** ได้แก่ภาพนิ่งในระบบโทรสาร (facsimile)และระบบส่งภาพระยะไกล (telephoto) ภาพยนต์ในระบบโทรทัศน์

3. **ข้อมูล (data)** ส่วนใหญ่ส่งมาเป็นรหัสให้แก่เครื่องยนต์ เครื่องจักร เครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่ข้อมูลและคำสั่งในระบบโทรมาตร ตัวอักษรในระบบโทรพิมพ์ หรือโทรเลข ข้อมูลคอมพิวเตอร์ในระบบสื่อสารคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนที่จะเริ่มกล่าวต่อไปในรายละเอียดของระบบสื่อสารไร้สาย ขอให้พิจารณาดูองค์ประกอบของระบบสื่อสารไร้สาย ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับองค์ประกอบโดยทั่วไปของการสื่อสารทุกประเภท



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของระบบสื่อสาร

จากรูปที่ 2.3 ระบบสื่อสารไม่ว่าในรูปแบบใดจะมีส่วนประกอบพื้นฐานที่เหมือนกันอยู่ 4 อย่างดังนี้

1.ตัวส่งสัญญาณ (Transmitter) ตัวส่งสัญญาณวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อที่จะแปลงข้อมูลข่าวสารหรือเสียงพูดให้เป็นสัญญาณรูปแบบที่สามารถส่งออกไปในตัวกลางหรือช่องสัญญาณ ได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุไมโครเวฟ เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง เป็นต้น

2.สื่อกลางหรือช่องสื่อสาร (Communication Channel) เป็นตัวกลางที่ให้สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์จากผู้ส่ง ณ สถานที่หนึ่งผ่านไปยังผู้รับในอีกสถานที่หนึ่งได้ ตัวกลางในที่นี้ได้แก่ คลื่นวิทยุ และในตัวกลางนี้มีส่วนทำให้สัญญาณที่ถูกส่งลดทอนลงไปได้ส่วนหนึ่ง

3.สัญญาณรบกวน (Noise) เป็นพลังงานของรูปแบบต่างๆที่มีลักษณะไม่แน่นอนเข้ามาในระบบสื่อสาร มีผลรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาในช่องสื่อสาร บางครั้งสัญญาณรบกวนอาจเกิดขึ้นในวงจรของตัวรับสัญญาณก็ได้ สำหรับระบบสื่อสารไร้สายนั้น นอยส์ที่รับเข้ามาได้แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

3.1 นอยส์บรรยากาศ (atmostpheric noise) เกิดจากการแปรปรวนของบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกเช่น ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า ก่อให้เกิดคลื่นวิทยุแผ่กระจายออกไปรอบโลก นอยส์บรรยากาศเกิดขึ้นตลอดเวลาแม้จะไม่มีพายุฝนฟ้าคะนองก็ตาม

3.2 นอยส์จากอวกาศ (space noise) เกิดจากดวงอาทิตย์และดวงดาวนับล้านๆดวงในจักรวาลดวงอาทิตย์เป็นวัตถุที่มีขนาดมหึมาและมีความร้อนสูงถึง 6,000 อาศาเซลเซียสที่ผิวดวงอาทิตย์ ฉะนั้นดวงอาทิตย์จะแผ่พลังงานออกมามีสเปกตรัมความถี่กว้างมาก พลังงานนี้ปรากฏออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาเป็นนอยส์คงที่ อย่างไรก็ตามที่ผิวดวงอาทิตย์ยังมีความแปรปรวนอื่นอีก เช่น จุดบนดวงอาทิตย์ (sun spot) การลุกโชติช่วง (sola flar) ซึ่งก่อให้เกิดนอยส์เพิ่มขึ้นอีก นอกจากนี้ดวงอาทิตย์บางดวงที่ไกลออกไปจากระบบสุริยะจักรวาลก็มีคุณสมบัติเหมือนดวงอาทิตย์ คือ มีความร้อนสูงและสามารถกำเนิดนอยส์มายังโลกได้

3.3 นอยส์ที่เกิดขึ้นจากสิ่งประดิษฐ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น (man- made-noise) ได้แก่ นอยส์จากมอเตอร์ไฟฟ้า เช่น พัดลมที่เป่าผม เครื่องดูดฝุ่น นอกจากนี้ก็ยังมีนอยส์จากระบบจุดระเบิดรถยนต์ การรั่วของสายไฟแรงสูง หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์

3.4 นอยส์ภายในตัวอุปกรณ์ในเครื่องรับ (internal noise) แยกออกเป็น 2 ประเภท คือ นอยส์อุณหภูมิ (thermal noise) และช็อตนอยส์ (shot noise) นอยส์อุณภูมิเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในตัวอุปกรณ์ บางครั้งเรียกว่าจอห์นสันนอยส์ (Johnson noise) ส่วนช็อตนอยส์เกิดขึ้นในอุปกรณ์แอกทีฟ (active device) ทุกชนิด เนื่องจากการรวมตัวของอิเล็กตรอนกับโฮล (hole) เช่น ในทรานซิสเตอร์ ซึ่งไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ

4. ตัวรับสัญญาณ (Receiver) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบให้รับสัญญาณที่ถูกส่งออกมาทางช่องสื่อสาร และทำการแปลงสัญญาณให้กลับไปอยู่ในรูปแบบที่ผู้รับปลายทางสามารถเข้าใจได้ เช่น ตัวรับสัญญาณจากดาวเทียม

รูปแบบของการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

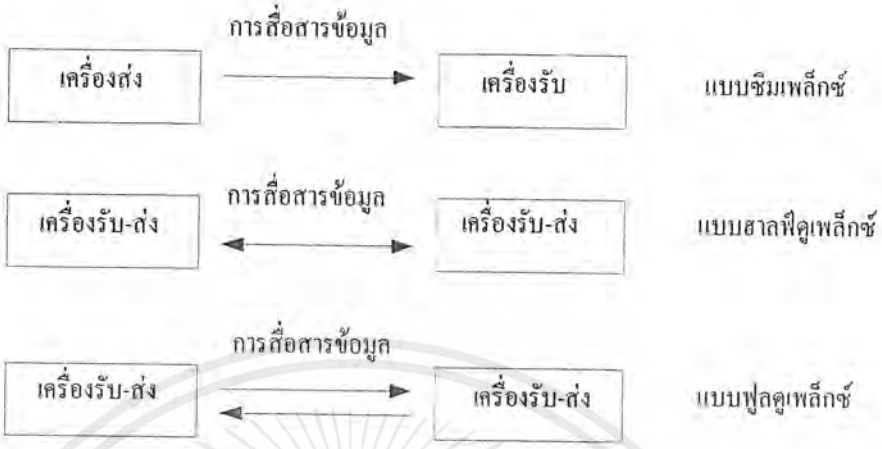
การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมอาจจะแบ่งตามรูปลักษณะได้ 3 แบบ ตามรูปที่ 2.4

1. แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) ข้อมูลส่งได้ในทางเดียวเท่านั้นบางครั้งก็เรียกว่าการส่งทิศทางเดียว (Unidirectional data bus)

2. แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half duplex) ข้อมูลสามารถส่งได้ทั้งสองสถานี แต่จะต้องผลัดกันรับผลัดกันส่ง จะส่งและรับพร้อมกันไม่ได้

3. แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex) ทั้งสองสถานีสามารถรับและส่งได้ในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.4 รูปแบบของการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

การส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์และฮาล์ฟดูเพล็กซ์ ไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนของสายในการติดต่อ บางครั้งคำว่า ทูไวร์ (two wire) หรือ สองเส้น และโฟร์ไวร์ (four wire) หรือ 4 เส้น ใช้ในการบรรยายถึงลักษณะการสื่อสารข้อมูลที่อาจจะทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

2.3 รูปแบบการส่งข้อมูล

ข่าวสารบนสายการสื่อสารนั้นมีลักษณะเป็นกลุ่มของบิต ซึ่งเรียกว่าตัวอักษร (character) ตัวอักษรจะมีขนาดที่จำกัดแน่นอนโดยปกติทั่วไปแล้วเครื่องมือการสื่อสารจะไม่ส่งข้อมูลที่เป็นเพียงครึ่งหรือค่อนตัวอักษร จะต้องส่งไปเป็นข้อมูลของตัวอักษรที่สมบูรณ์ ดังนั้นถ้าจะกล่าวว่า ตัวอักษร ก็คืออะตอมของเนื้อข้อมูลในการสื่อสารก็คงไม่ผิด

การส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส และอะซิงโครนัส

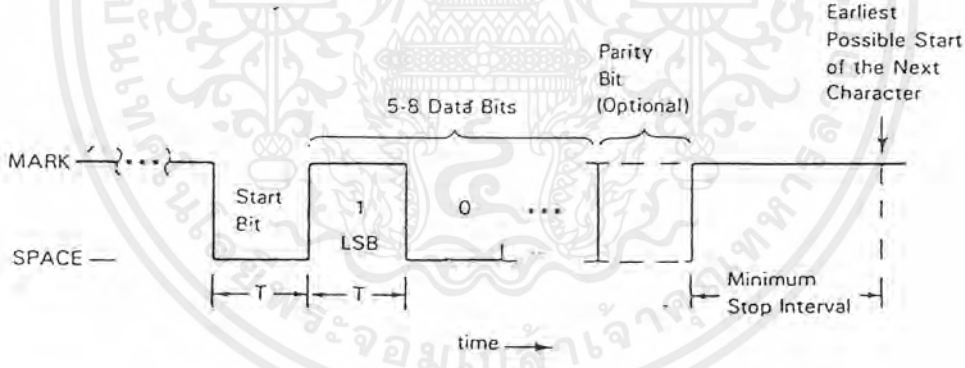
การใช้ศัพท์คำว่า อะซิงโครนัส (asynchronous) และซิงโครนัส (synchronous) นั้น จะใช้อธิบายถึงการเกี่ยวข้องของเวลาที่สัมพันธ์กันระหว่างเวลาการส่งตัวอักษรแต่ละตัวบนสายส่งข้อมูล ถ้าจะกล่าวถึงความหมายตามตัวอักษรแล้ว อะซิงโครนัสก็หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน (not synchronous) แต่อย่างไรก็ดีความหมายของการส่งข้อมูลในระบบอะซิงโครนัสนั้นหมายถึงว่า การส่งตัวอักษรตัวหนึ่งๆนั้นจะเริ่มต้นที่เวลาใดก็ได้ เวลาที่ว่างในระหว่างการส่งอักษรแต่ละตัวไม่มีความแน่นอน ช่วงเวลาที่ว่าง (idle time) นี้ไม่มีการจำกัดระยะเวลาไว้แต่อย่างใด ดังนั้นรูปแบบการส่งข้อมูลแบบนี้ จึงเหมาะสมกับข้อมูลที่เกิดจากการพิมพ์ตัวอักษรของพนักงานที่ใช้อุปกรณ์ในการพิมพ์ แต่ละครั้งที่กดแป้นพิมพ์ตัวอักษร ตัวอักษรก็จะถูกส่งไปแบบ อะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปแบบ ซิงโครนัส เวลาที่ว่างระหว่างตัวอักษรจะถูกขจัดออกไป บิทแรกของตัวอักษรจะถูกส่งตามหลังบิทสุดท้ายของตัวอักษรที่ส่งมาก่อนนั้นแล้วอย่างต่อเนื่อง นั่นก็คือ บนสายส่งข้อมูลนั้นจะต้องมีอะไรถูกส่งผ่านอยู่เสมอ และถ้ามีช่วงเวลาที่อุปกรณ์ที่ควบคุมสายไม่มีอะไรเป็นพิเศษที่จะส่ง ช่วงเวลานี้ก็จะต้องถูกเติมอักษรข้อมูลที่ไม่ใช่อักขระ (nonalphanumerical character) ซึ่งกำหนดจุดมุ่งหมายพิเศษเฉพาะเพื่อจะใช้รักษาความเป็นซิงโครนัสของสายสัญญาณไว้ ความจริงแล้วยังมีสภาพการณ์อื่นๆอีกที่จะทำให้เกิดการสูญเสียการควบคุมการส่งแบบซิงโครนัสนี้ไปได้ เช่น การที่เครื่องรับไม่สามารถกำหนดได้ว่า ตัวอักษรที่ส่งมานั้นสิ้นสุดที่ไหน และตัวอักษรตัวต่อไปจะเริ่มต้นที่ใด และเมื่อบิทข้อมูลเป็น 1 หรือ 0 ยาวเกินไป จะทำให้ขาดสัญญาณควบคุมสัญญาณนาฬิกาไป ดังนี้เป็นต้น

2.3.1 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

รูปที่ 2.5 เป็นภาพทั่วไปของตัวอักษรแบบอะซิงโครนัส เวลาจะผ่านไปในลักษณะที่เคลื่อนไปสู่ขวามือของหน้ากระดาษ สิ่งแรกที่ควรสังเกตก็คือสถานะของสายการสื่อสารแบบไบนารี่นั้นจะเรียก มาร์ค (mark) และ สเปซ (space) มากกว่า "1" และ "0"



รูปที่ 2.5 ภาพทั่วไปของสัญญาณอักษรอะซิงโครนัส

ในช่วงเวลาที่ว่างระหว่างตัวอักษร สถานะของสายส่งสัญญาณจะถูกรักษาไว้ให้มีค่าเป็นมาร์คและโดยคำนิยามของการส่งสัญญาณแบบอะซิงโครนัส การส่งตัวอักษรสามารถจะเริ่มจากเวลาใดก็ได้เมื่อสายว่าง แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ระบบสามารถที่จะทำงานได้ จะต้องมีสภาวะบางอย่างที่จะใช้บอกกับเครื่องรับให้รับรู้ว่าในช่วงเวลาใดกำลังมีข้อมูลตัวอักษรปรากฏอยู่บนสาย สภาวะที่ใช้นอกจากนั้นก็คือ บิทเริ่มต้น (start bit) บิทเริ่มต้นนี้ไม่ใช่บิทข้อมูล แต่เป็นสัญญาณควบคุม (control signal) ที่จุดเริ่มต้นของ "บิทเริ่มต้น" นี้สถานะของสายส่งข้อมูล จะเปลี่ยนเป็นมาร์ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาร์คเป็นสเปซ และจะถูกรักษาให้อยู่ในสถานะสเปซนี้ตลอดช่วงเวลาที่กำหนด T ค่าหนึ่งที่เรียกว่า เวลาบิท (bit time)

ถัดจากบิทเริ่มต้นไปทันทีนั้นจะเป็นบิทข้อมูลตัวอักษรซึ่งจะเป็นเนื้อหาข้อมูลของตัวอักษรแต่ละตัวที่ถูกส่ง บิทที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด (least significant bit) ซึ่งนิยมเขียนย่อว่า LSB จะถูกส่งตามบิทเริ่มต้นก่อนเป็นอันดับแรก แต่ละช่วงเวลาของบิทข้อมูลจะมีความยาวเท่ากับ T ซึ่งเท่ากับช่วงเวลาของบิทเริ่มต้น เวลาบิท T นี้เป็นพารามิเตอร์พื้นฐานที่สำคัญของสายการสื่อสาร อัตราส่งข้อมูล (data rate) ของสายการสื่อสารในหน่วย บิทต่อวินาที สามารถคำนวนได้โดยความสัมพันธ์ต่อไปนี้คือ

อัตราส่งข้อมูล = 1/T (บิท/วินาที: b/s)

ความยาวของตัวอักษรอาจจะอยู่ระหว่าง 5-8 บิทข้อมูลขึ้นอยู่กับการออกแบบอุปกรณ์นั้นขึ้นมา อุปกรณ์บางอย่างถูกออกแบบขึ้นด้วยการกำหนดบิทหนึ่งเพิ่มขึ้นมาด้วยการกำหนดบิทหนึ่งเพิ่มขึ้นมาต่อท้ายบิทข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวช่วยตรวจสอบความผิดพลาดซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้เมื่อทำการส่งข้อมูลผ่านช่องการสื่อสาร บิทที่เพิ่มขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่ดังกล่าวนี้ เรียกว่า พาริตีบิท (parity bit) การเลือกค่าของพาริตีบิทมีหลักการดังต่อไปนี้คือ

พาริตีคู่ (even parity)

ทำการกำหนดค่าพาริตีโดยการนับจำนวนบิทข้อมูลที่มีสถานะเป็นมาร์ค (1) สถานะของพาริตีบิทจะถูกจัดให้มีค่าเป็นมาร์ค (1) หรือสเปซ (0) เพื่อทำให้จำนวนบิททั้งหมด รวมทั้งพาริตี้บิทมีจำนวนบิทที่เป็นมาร์ครวมกันแล้วมีค่าเป็นเลขคู่ (การนับไม่รวมบิทเริ่มต้น)

พาริตีคี่ (odd parity)

มีหลักการคล้ายกับหลักการแรก ต่างกันแต่การเลือกค่าของพาริตีบิทนั้น จะทำให้จำนวนของบิทที่เป็นมาร์ค ในจำนวนที่บิทรวมกันแล้วมีค่าเป็นจำนวนคี่แทนที่จะเป็นคู่

แน่นอนว่าเครื่องรับและเครื่องส่งนั้นถ้าใช้ระบบการตรวจพาริตีบิทนั้นจะต้องใช้ระบบเดียวกัน ถ้าเครื่องส่งใช้ระบบพาริตีคู่ แต่เครื่องรับใช้ระบบพาริตีคี่ ระบบก็ย่อมล้มเหลว การตรวจสอบความผิดพลาดที่อาจเกิดจากการส่งสัญญาณผ่านช่องการสื่อสารก็เพียงแต่เครื่องรับตรวจดูว่าข้อมูลที่รับเข้ามามีพาริตีตรงตามชนิดที่ออกแบบไว้หรือไม่ ถ้ามีบิทผิดพลาดเกิดขึ้นก็หมายความว่ามีบิทใดบิทหนึ่งเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 หรือจาก 1 เป็น 0 ก็จะทำให้จำนวนผลรวมของบิทที่เป็น 1 แตกต่างไปจากจำนวนคู่หรือจำนวนคี่ที่กำหนด เครื่องรับก็จะรู้ได้ว่าในกรณีนั้น ข้อมูลที่รับเข้ามาเกิดผิดพลาดแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 เมื่อสิ้นสุดบิทสุดท้ายแล้ว สถานะของสายส่งข้อมูลก็จะถูกบังคับกลับเป็นมาร์คอีกครั้ง นี่คือการเริ่มต้นของ ช่วงการหยุด (stop interval) ซึ่งมักจะมีผู้ใช้คำเรียกคลาดเคลื่อนว่าบิทสิ้นสุด (stop bit) กันมากมันเป็นจุดเริ่มต้นของเวลาที่ว่างระหว่างการส่งตัวอักษรแบบ อะซิง-โครนัส แต่เพื่อเป็นการประกันว่าจะมีการเปลี่ยนสถานะของสายจากมาร์คเป็นสเปซในการเริ่มต้นของบิทเริ่มต้นของการส่งตัวอักษรตัวใหม่นั้นก็จะเกิดความจำเป็นที่จะต้องจัดค่าช่วงการหยุดจากท้ายสุดของบิทสุดท้ายของอักษรตัวเก่าให้มีขึ้น ไม่เช่นนั้นถ้าบิทสุดท้ายของตัวอักษรตัวเก่า มีสถานะเป็นสเปซแล้ว สถานะการเริ่มต้นของบิทเริ่มต้นที่สังเกตจากการเปลี่ยนแปลงสถานะของสายจากมาร์คมาเป็นสเปซก็จะไม่มีความชัดเจน ช่วงการหยุดนั้นจะมีช่วงเวลาน้อยที่สุดเท่าใดนั้น มีใช้ต่างกันไปตามการออกแบบระบบสื่อสารข้อมูลนั้นๆที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปคือ 1 หรือ 2 เท่าของเวลบิท T และมีอยู่เหมือนกันที่ใช้เวลา 1.5 T และเนื่องจากรูปแบบการส่งเป็นแบบอะซิงโครนัส ช่วงการหยุดนี้จะไม่มีการกำหนดช่วงค่าเวลาว่าค่าที่นานที่สุดควรเป็นเท่าไร

การคำนวณอัตราส่งตัวอักษร

ค่าอัตราส่งสูงสุด(maximum rate) ของการส่งอักษรต่อวินาทีซึ่งเครื่องส่งแบบอะซิงโครนัสจะสามารถส่งได้ค่าสูงสุดนี้เกิดขึ้นได้เมื่อตัวอักษรแต่ละตัวอยู่ใกล้ชิดกันมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ นั่นคือช่วงต่อระหว่างตัวอักษรแต่ละตัวมีช่วงเวลาเพียงเท่ากับช่วงเวลาหยุด (stop interval) ที่น้อยที่สุด ดังนั้นสูตรการคำนวณที่เกี่ยวกับอัตราการส่งบิทข้อมูล และขนาดความยาวของตัวอักษรจึงเป็นดังต่อไปนี้คือ

อัตราการส่งอักษรต่อวินาที = อัตราการส่งข้อมูล (b/s) / จำนวนบิทต่อตัวอักษร

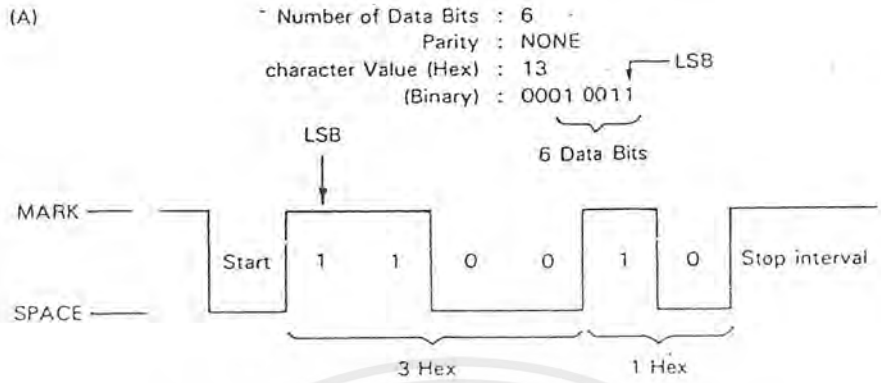
เราสามารถที่จะคำนวณหาขนาดของข้อมูลได้ดังนี้คือ

จำนวนบิตต่อตัวอักษร = 1(จำนวนบิทเริ่มต้น) + จำนวนบิทข้อมูล + พาริตีบิท(1 หรือ 0) + ช่วงเวลาหยุดที่สิ้นสุด

ตัวอย่างของรูปคลื่นของอักษรอะซิงโครนัส

แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างของรูปคลื่นที่เกิดจากตัวอักษรอะซิงโครนัสแบบต่างๆเพราะบิทข้อมูลในหนึ่งตัวอักษรมีจำนวน 5-8 บิท ดังนั้นเราจึงสามารถอ้างอิงถึงค่าตามลำดับของมันได้ด้วยค่าในเลขฐาน 16 (Hexadecimal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 รูปคลื่นของอักษรอะซิงโครนัส 6 บิท

จากรูป 2.6 เป็นตัวอักษรที่มีบิทข้อมูล 6 บิท ดังนั้นถ้าเราจะอ้างอิงถึงค่าของมันด้วยเลขฐาน 16 เราก็คิดแค่ 4 บิทแรกเป็นหลักแรกของเลขฐาน 16 ที่เราอ้างถึงในที่นี้คือ 3H และหลักที่ 2 ของฐาน 16 ที่จะอ้างถึงสำหรับรูปแบบนี้ก็จะใช้บิทข้อมูลที่ 5 และที่ 6 รวมกับบิท 0 สองบิท ซึ่งไม่ปรากฏในสัญญาณเป็นตัวกำหนดค่าโดยถือ บิทข้อมูลที่ 5 เป็น LSB เพราะฉนั้นในรูป 2.6 นี้ก็จะได้เลขฐาน 16 หลักที่ 2 คือ 1 H

ความจริงแล้ว ขีดแบ่งรอยต่อเวลาระหว่างบิตข้อมูลต่างๆที่มีระดับเดียวกันดังแสดงในรูปนั้นจะไม่มีปรากฏให้เห็นแต่ในที่นี้แสดงไว้เพื่อให้เป็นจุดสังเกตเท่านั้น ตามรูปไม่มีการใช้พาริตี้ บิทหหลังบิทสุดท้ายจะเป็นช่วงการหยุดระหว่างตัวอักษรทันที

2.3.2 การสื่อสารแบบซิงโครนัส

ข้อแตกต่างระหว่างวงจรส่งข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครนัสและอะซิโครนัสก็คือความต่อเนื่องของข้อมูลที่ส่ง ในแบบซิงโครนัสข้อมูลที่ส่งออกมาแบบต่อเนื่อง ไม่มีบิทสตาร์ทหรือบิทสต๊อปหรือแม้แต่บิทพาริตี้ โปรโตคอลที่ใช้ในการส่งแบบซิงโครนัสจึงแตกต่างไปจากโปรโตคอลแบบอะซิงโครนัส ดังตัวอย่าง

โปรโตคอลแบบไบซิงก์ (Bisyn Protocal) เป็นโปรโตคอลในระดับอักขระแต่ละตัวมีขอบเขตที่แน่นอน แต่ละอักขระไม่มีสตาร์ตบิทหรือสต๊อปบิทเหมือนกับอะซิงโครนัส การซิงโครนัสกระทำกันที่จุดเริ่มต้นของการส่งข้อมูลเลยทีเดียว สถานีส่งจะส่งสัญญาณที่เรียกว่า leading pad character ไปยังสถานีรับก่อนที่จะเริ่มส่งข้อมูล ตัวอักษรนำ (leading pad character) ประกอบไปด้วย 0 และ 1 สลับกันเพื่อให้สถานีรับจัดสัญญาณนาฬิกาให้ตรงกัน นอกจากนั้นก่อนข้อมูลจะส่งออกมาจะต้องมีอักขระที่เรียกว่า syn ตามหลัง pad มาก่อน และสถานีส่งจำเป็นจะต้องบอกความยาวของข้อมูลมาในกลุ่มนี้และเครื่องหมายที่เป็นตัวบอกจุดเริ่มต้นของข้อมูลมาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อักขระ syn ในโปรโตคอล Bisyn ทำหน้าที่คล้ายกับบิตเริ่มต้นในอะซิงโครนัสซึ่งทำหน้าที่ "ปลุก" สถานีรับให้ตื่นมารับข้อมูล ขณะที่สถานีรับกำลังรอรับสัญญาณจากสถานีส่ง เครื่องรับอยู่ในสถานภาพที่เรียกว่า " Hunt" บิททุกบิทที่ผ่านเข้ามาจะถูกหาอักขระ syn ก่อน เมื่อได้รับอักขระ syn แล้วจึงจะเริ่มนับบิทที่เข้ามาเพื่อจุดเริ่มต้นของสัญญาณ เพื่อป้องกันโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด อักขระ syn จะส่งมา 2 ตัวก่อนที่จะเริ่มส่งข้อมูล อักระควบคุมที่ใช้ในการส่งใน Bisyn แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 การใช้แสดงไว้ในรูปที่ 2.7

ตารางที่ 2.2 อักขระควบคุมใน Bisyn

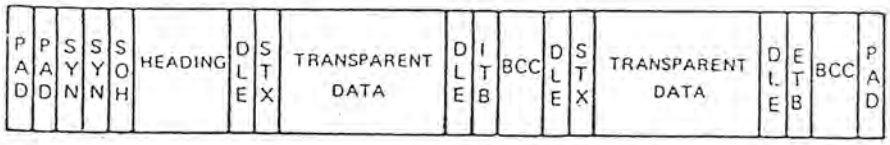
อักขระ	เลขฐาน 16 (Hex value)	เลขฐาน 10 (Decimal value)	อธิบาย
SYN	32	22	Synchronous Idle บอกการซิงโครนัส
PAD	55	85	PAD เริ่มต้นของ frame
PAD	FF	255	PAD บอกท้าย frame
DLE	10	16	Data link Escape บอกว่าใช้อักขระที่ตามหลังมาในการควบคุม
ENQ	2D	5	Enquiry ขอให้ส่ง
SOH	01	1	Start of Heading :เริ่มส่วนหัว
STX	02	2	Start of Text :เริ่มต้นข้อความ
ITB	1F	15	End of Intermediat Block หมดสิ้นกลุ่มของข้อมูลระหว่างกลาง
ETB	26	23	End of Transmission Block สิ้นสุดการส่งข้อมูล
ETX	03	3	End of Text สิ้นสุดข้อความ

ไม่มีขอบเขตจำกัดของจำนวนกลุ่มที่จะส่งไปในการส่งแต่ละครั้ง กลุ่มของข้อมูลอาจจะมีส่วนหัวนำหน้าเพื่อบรรยายข้อมูลที่ส่งมา

ส่วนที่เป็นข้อมูลจริงๆในสัญญาณ Bisyn มีกฎเกณฑ์บางอย่างเหมือนกับระบบอะซิงโครนัสคือ อักขระแต่ละตัวอาจจะใช้ 5 ,6,7 หรือ 8 บิท และอาจตามด้วยพาริตี้บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่2.7 โครงสร้างของข้อมูล Bisyn

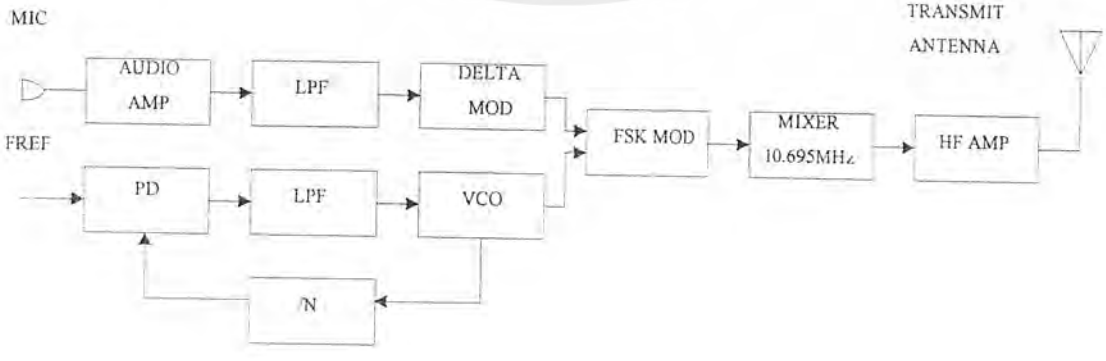
แต่ละกลุ่มของข้อมูลที่ถูกส่งออกจะได้รับการตรวจสอบความถูกต้องที่ฝ่ายรับโดย Block Check Character (BCC) ซึ่งเป็นกลุ่มของตัวอักษรสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง

2.4 หลักการทั่วไปของวิทยุรับ-ส่งแบบดิจิตอล

หลักการทั่วไปของวิทยุรับ-ส่งแบบดิจิตอลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือ ส่วนของภาคส่งและส่วนของภาครับ

2.4.1 หลักการทำงานของภาคส่ง

หลักการทำงานของภาคส่งมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังแสดงตามBlock Diagramรูปที่ 2.8 การทำงานของภาคส่งเริ่มจาก Mic Condencer จะทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงพูดให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ผ่านเข้าไปทางภาคขยายไมค์เพื่อให้สัญญาณแรงพอที่จะใช้ได้จากนั้นจะส่งผ่านไปยังวงจร LPF(low pass filter) เพื่อกรองเอาความถี่ 0-4 KHz ให้ผ่านไปได้เท่านั้น จากนั้นก็จะส่งไปเข้าวงจร Delta Mod ทำการเปลี่ยนสัญญาณเสียงจากสัญญาณ Analog ให้เป็นสัญญาณ Digital จากนั้นนำมา Modulate กับสัญญาณ Carrier ที่ผลิตโดยวงจร Frequency Synthesizer โดยวงจร Frequency Synthesizer จะผลิตความถี่ประมาณ 17-19 MHz โดยมี Step ละ 320 KHz โดย Modulate แบบ FSK จากนั้นนำสัญญาณที่ผ่านการ Modulate แล้วนำมา Mixer กับความถี่ 10.695 MHz จากนั้น ทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นและผ่านวงจร LPF (low pass filter) และส่งออกอากาศ



รูปที่ 2.8 Block Diagram ภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

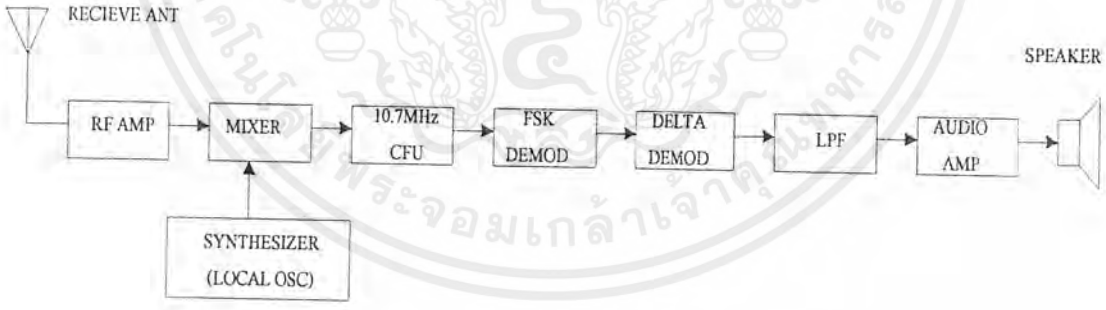
36800

2.4.2 หลักการทำงานของภาครับ

การทำงานของภาครับนี้มีลำดับขั้นตอนการทำงานดังแสดงตาม block diagram รูปที่ 2.9 โดยเริ่มจากการรับคลื่นความถี่วิทยุที่ผ่านมาทางสายอากาศและผ่านเข้ามาถึงภาคแรกของภาครับคือ ภาค front end หรือเรียกว่า ภาคขยายสัญญาณความถี่วิทยุ ซึ่งในภาคนี้จะต้องทำการกลั่นกรองความถี่ที่ต้องการเท่านั้นให้เข้ามาได้ดีที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งก็ยังคงเป็นสัญญาณที่อ่อนมาก และจะทำการขยายให้แรงขึ้นโดยมากจะต้องใช้ทรานซิสเตอร์ที่เป็นพวก Low noise หรือสัญญาณรบกวนต่ำ

ภาค Mixer ภาคนี้จะทำการแปลงความถี่ที่เข้ามา ให้เปลี่ยนเป็นความถี่ IF โดยมากจะทำการเปลี่ยนให้เป็นความถี่ต่ำลง จุดประสงค์ก็เพื่อจะได้ทำการขยายได้ง่ายและนอกจากนั้นยังเป็นการกันความถี่ที่ไม่ต้องการให้ออกไปได้อีกด้วย ซึ่งหลักการของการผสมความถี่ที่ผลิตจากวงจร Frequency Synthesizer ผลที่ได้คือจะเกิดความถี่ใหม่ขึ้นมาทั้งทางรวมกันและต่างกันหรือความถี่ที่บวกกันและลบกันนั่นเอง

ทำการ filter เอาเฉพาะความถี่ผลต่างความถี่ 10.695 MHz ผ่านไปได้เท่านั้นจากนั้นนำมาเข้าวงจร Demod FSK เพื่อให้ได้เป็นสัญญาณ Digital จากนั้นนำเข้าวงจร Delta Demod จะได้สัญญาณเสียงออกมา จากนั้นนำมาผ่าน LPF(low pass filter) แล้วทำการขยายสัญญาณเสียงให้แรงขึ้นแล้วป้อนเข้าสู่ลำโพง



รูปที่ 2.9 Block Diagram ภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วิธีการโมดูเลชั่น (Modulation)

การใช้เส้นทางส่งแบบอนาล็อกส่งข้อมูลแบบดิจิตอลจะต้องแปลงสัญญาณข้อมูลที่ต้องการส่งให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าก่อน (โดยทั่วไปใช้สัญญาณอนาล็อกด้วยแถบความถี่ของสัญญาณเสียง)วิธีการแปลงสัญญาณนี้เรียกว่า **การโมดูเลต** ในทางตรงกันข้าม วิธีการแปลงสัญญาณกลับไปเป็นสัญญาณข้อมูลเดิม เรียกว่า **การดีโมดูเลต**

วิธีการ โมดูเลตสัญญาณข้อมูล แบ่งเป็น 3 แบบด้วยกัน

1.วิธีแอมปลิจูดโมดูเลชั่น (AM:Amplitude Modulation)

2.วิธีฟรีเควนซีโมดูเลชั่น (FM:Frequency Modulation)

3.วิธีเฟสโมดูเลชั่น(PM:Phase Modulation)

2.5.1 เปรียบเทียบฟรีเควนซี่โมดูเลชั่นกับแอมปลิจูดโมดูเลชั่น

กล่าวได้ว่าการโมดูเลตทางความถี่นั้นมีข้อดีกว่าการโมดูเลตทางแอมปลิจูดหลายอย่าง ดังต่อไปนี้

1.สัญญาณ FM(Frequency Modulation) มีความทนต่อการรบกวนของสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าสัญญาณ AM สัญญาณรบกวนมักมีลักษณะเป็นสัญญาณแคบที่มีแอมปลิจูดสูง และมีความถี่สูงด้วย หากสัญญาณรบกวนมีความแรงมากพอ เมื่อมันรวมเข้ากับสัญญาณที่ถูกโมดูเลตก็อาจจะลบล้างสัญญาณข้อมูลที่ต้องการออกไปได้ โดยส่วนใหญ่สัญญาณรบกวนจะมีการเปลี่ยนแปลงทางแอมปลิจูดมาก สัญญาณ FM ซึ่งมีค่าแอมปลิจูดคงที่ และในวงจรเครื่องรับสัญญาณก็จะมีการจำกัดขนาดแอมปลิจูดของสัญญาณดังนั้นผลของสัญญาณรบกวนจะมีน้อยมาก

2.หากสัญญาณที่มีความถี่เดียวกันแต่มีความแรงของสัญญาณไม่เท่ากัน สัญญาณที่มีความแรงมากกว่าสองเท่าจะสามารถจองช่องสัญญาณได้ และกำจัดสัญญาณที่อ่อนกว่าออกไปได้ เป็นปรากฏการณ์จองช่องสัญญาณ เรียกว่าแคปเจอร์เอฟเฟกต์ (Captue effect) เนื่องจากในเครื่องรับ FM (Frequency Modulation) มีวงจรกำจัดสัญญาณซึ่งจะกำจัดสัญญาณที่ความถี่เดียวกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่หากขนาดความแรงของทั้งสองสัญญาณมีค่าใกล้เคียงกันอาจจะเกิดเหตุการณ์ที่มีการสลับช่องสัญญาณที่รับได้ไปมา เมื่อสัญญาณใดสัญญาณหนึ่งรับได้อ่อนกว่าอีกสัญญาณหนึ่ง

3.ระบบเครื่องส่งสัญญาณโมดูเลชั่นทางความถี่จะมีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากสัญญาณ FM (Frequency Modulation) มีค่าแอมปลิจูดของสัญญาณคงที่ จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้วงจรขยายเชิงเส้นในการขยายกำลังของสัญญาณ สัญญาณ FM (Frequency Modulation) มักถูกสร้างที่สัญญาณระดับต่ำ และขยายด้วยวงจรคลาสซี (Class C) หลายๆชุดเพื่อเพิ่มกำลังส่ง ทำให้การขยายสัญญาณมีประสิทธิภาพมากกว่าในเครื่องส่งสัญญาณโมดูเลตทางแอมปลิจูดซึ่งต้องการรักษาข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วงจรขยายเชิงเส้นคลาสเอ (Class A) หรือ (Class B) ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำกว่า

ถึงแม้ว่าการโมดูเลตทางความถี่จะมีข้อดีกว่าแต่ก็ยังมีข้อเสียเช่นเดียวกัน ดังนี้

1.แม้ว่าสัญญาณ FM(Frequency Modulation) จะทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า แต่หากสัญญาณรบกวนนั้นเป็นสัญญาณที่ความถี่สูงซึ่งมีแอมปลิจูดขนาดใหญ่กว่าสัญญาณข้อมูลที่มีความถี่สูง ก็จะทำให้สัญญาณผิดเพี้ยนได้ เพราะสัญญาณรบกวนอาจกำจัดสัญญาณข้อมูลส่วนที่ความถี่สูงดังกล่าวออกไปได้ วิธีการแก้ไขอาจทำได้โดยการเพิ่มวงจรเน้นสัญญาณก่อนเข้าวงจรโมดูเลตความถี่ หรือที่เรียกว่า เทคนิคปรีเอ็มฟาซีส (Pre-emphasis) ในวงจรเครื่องส่งก็จะมีวงจรขยายสัญญาณที่ความถี่สูงก่อนเข้าวงจรโมดูเลต และวงจรดังกล่าวจะเพิ่มพลังงานให้กับสัญญาณที่ความถี่สูงให้มีความแรงสัญญาณมากกว่าสัญญาณรบกวน สำหรับในเครื่องรับก็จะมีวงจรลดสัญญาณ ใช้เทคนิคที่เรียกว่า ดีเอ็มฟาซิส (De-emphasis) เพื่อจะลดสัญญาณที่ถูกขยายที่ความถี่สูงลงเป็นการชดเชยสัญญาณ ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะเพิ่มอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนขึ้น และทำให้สัญญาณมีความถูกต้องมากขึ้น

2.ข้อเสียที่สำคัญของสัญญาณโมดูเลตทางความถี่ก็คือสัญญาณFM(Frequency Modulation) จะใช้แถบความถี่มากกว่าสัญญาณที่โมดูเลตทางแอมปลิจูด แบนด์วิดธ์ของสัญญาณ FM (Frequency Modulation) จะกว้างกว่าสัญญาณ AM (Amplitude Modulation) ที่ส่งข้อมูลในแบบเดียวกัน แม้ว่าค่าดัชนีการโมดูเลตทางความถี่จะสามารถจำกัดให้น้อยที่สุด แต่แบนด์วิดธ์ของสัญญาณก็ยังมากกว่าในสัญญาณโมดูเลตทางแอมปลิจูด และการลดค่าดัชนีการโมดูเลตทางความถี่จะทำให้ความทนต่อสัญญาณรบกวนน้อยลงด้วย

3.วงจรที่ใช้ในการโมดูเลตทางความถี่มีความซับซ้อนกว่าการโมดูเลตทางแอมปลิจุด

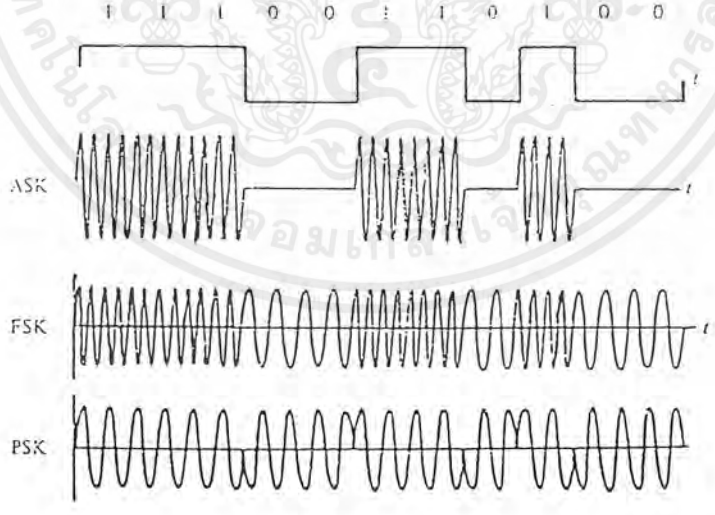
โดยสัญญาณที่จะถูกส่งออกไป (สัญญาณดิจิตอลหรือสัญญาณข่าวสารต่างๆ) จะถูกโมดูเลตทางด้านรับ เพื่อแยกสัญญาณข่าวสารเดิมที่ส่งมาออกจากสัญญาณพาหะ (Carrier Signal) เทคนิคการรวมสัญญาณทางดิจิตอล (Digital Modulation Techniques) ที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางคือ

1. แบบ FSK หรือ Ferquency Shift Keying
2. แบบ PSK หรือ Phase Shift Keying
3. แบบ ASK หรือ Amplitude Shift Keying

ในการส่งสัญญาณข้อมูลดิจิตอลนั้น บางครั้งคุณสมบัติของช่องสัญญาณมีข้อจำกัด ทำให้เราไม่สามรถส่งสัญญาณดิจิตอลนั้นผ่านช่องสัญญาณดังกล่าวนั้นออกไปได้ เช่น เมื่อช่องสัญญาณเป็นบรรยากาศ เราจำเป็นที่จะต้องทำการโมดูเลตชั่นฝากข้อมูลสัญญาณดิจิตอลนั้นไปกับคลื่นพาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เหมาะสม ซึ่งการโมดูเลตชั่นนั้นอาจใช้ระบบ AM,FM หรือ PM ก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม เนื่องจากสัญญาณข้อมูลดิจิตอลนั้นมีสภาวะของสัญญาณเปลี่ยนแปลงอยู่ 2 สถานะ หรือ 2 ระดับเท่านั้น ดังนั้น พารามิเตอร์ของคลื่นพาห์ที่ถูกโมดูเลตแล้วนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ 2 สถานะ หรือ 2 ระดับเท่านั้นเช่นกัน กล่าวคือ ถ้าเป็นการโมดูเลตแบบ AM แล้ว ขนาด (Amplitude) ของสัญญาณคลื่นพาห์ซึ่งเกิดจากการโมดูเลทกับสัญญาณดิจิตอลแล้วจะมีค่าเปลี่ยนไปมาอยู่ระหว่างค่า 2 ค่า แต่ถ้าเป็นการ โมดูเลตชั่นระบบ FM คลื่นพาห์ที่เกิดจากการโมดูเลตนั้น จะมีความถี่เปลี่ยนแปลงสูงขึ้น- ต่ำลงอยู่ระหว่างค่าความถี่ 2 ความถี่ และถ้าเป็นการโมดูเลตชั่นระบบ PM คลื่นพาห์ที่เกิดจากการโมดูเลตนั้น จะมีค่าของเฟสของคลื่นเปลี่ยนไป-มา อยู่ระหว่างค่าเฟส 2 ค่า (ดูรูปที่ 2.10 ประกอบ) จะเห็นได้ว่าในระบบการโมดูเลตชั่นชนิดต่างๆดังกล่าวนั้น ค่าพารามิเตอร์ต่างๆจะเปลี่ยนไป-มาอยู่เพียงระหว่างค่า 2 ค่าที่แน่นอนเท่านั้น คล้ายเสมือนกับว่าการเปลี่ยนแปลงนี้ เกิดจากการใช้คีย์ (Key) มาสับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของคลื่อนพาห์นั้นอยู่ ดังนั้นสำหรับระบบการโมดูเลตชั่นของสัญญาณดิจิตอลในลักษณะดังกล่าวที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ จึงได้ชื่อเฉพาะว่า ASK (amplitude shift keying) หรือ FSK (frequency shift keying) หรือ PSK (phase shift keying) ขึ้นอยู่กับว่าการโมดูเลตชั่นนั้นเป็นระบบ AM,FM หรือ PM ตามลำดับ

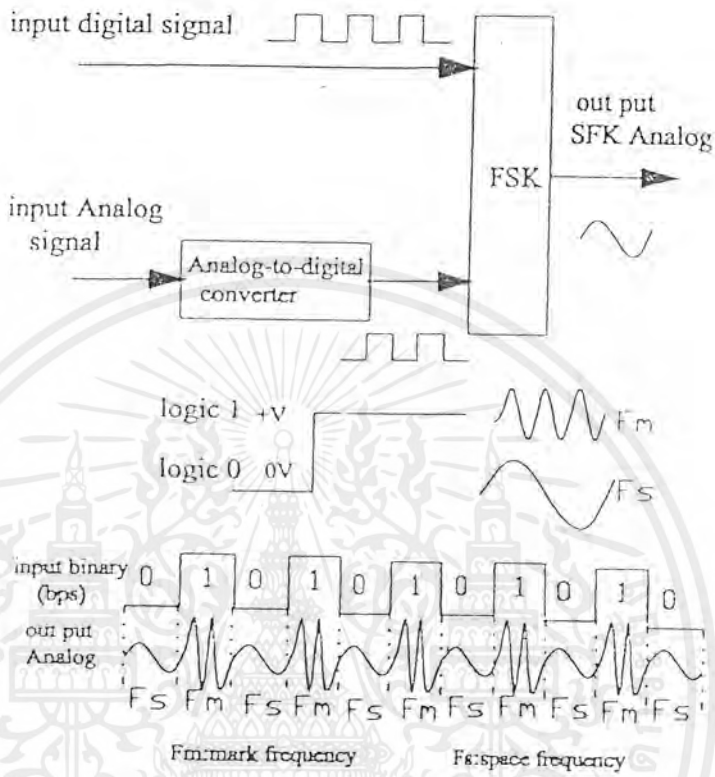


รูปที่ 2.10 รูปคลื่นที่เกิดจากการโมดูเลชั่นชนิด ASK , FSK และ PSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 หลักการทำงานของ FSK

กำเนิดสัญญาณ FSK (FSK Generator)



รูปที่ 2.11 หลักการและสัญญาณอินพุท เอาท์พุทของ FSK

ต้วกำเนิดสัญญาณ FSK ก็คือตัวสัญญาณ FSK (FSK Transmitter) ซึ่งมีหลักการที่ว่าเมื่อข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลไบนารีจะทำให้เกิดความถี่เลื่อนหรือเบี่ยงเบนไปตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไบนารีที่เข้ามา ถ้าหากสัญญาณอินพุทที่เข้ามาเป็นสัญญาณอนาลอกจะต้องทำการแปลงเป็นสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลก่อน โดยผ่านวงจร Analog-to-digital converter ดังนั้นสัญญาณทางเอ้าท์พุทของตัวกำเนิด FSK จะอยู่ในรูปของความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง(Frequency Continuous) เมื่อข้อมูลไบนารีด้านอินพุทเปลี่ยนแปลงจากสถานะโลจิก " 1 " เป็นโลจิก " 0 " (หรือในทางกลับกันคือโลจิก " 0 " เป็นโลจิก " 1 ") สัญญาณเอ้าท์พุทจาก FSK ก็จะเลื่อนความถี่ระหว่าง 2 ความถี่ด้วยกัน คือความถี่ที่โลจิก " 1 " หรือ Mark Frequency (fm) และความถี่ที่โลจิก " 0 " หรือ Space Frequency (fs)

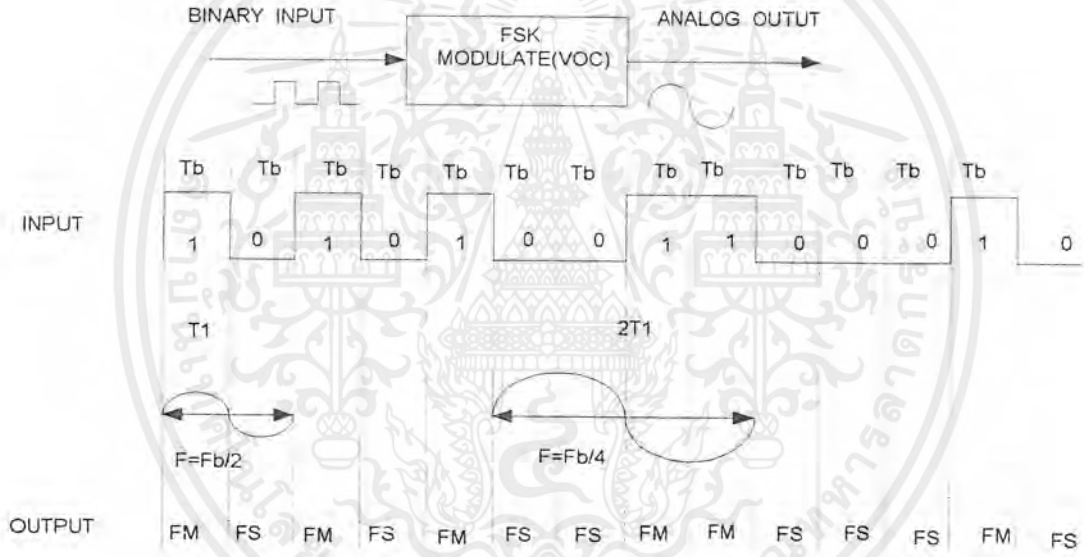
การเปลี่ยนแปลง (หรือการเลื่อน) ของความถี่แต่ละครั้งจะเกิดขึ้นเมื่อสถานะของโลจิกด้านสัญญาณเข้าเปลี่ยนแปลงนั้นคืออัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณออกจะเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเข้า ซึ่งในดิจิตอลมอดูเลชั่นนั้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านอินพุทของ FSK Generator จะเรียกว่า " อัตราบิต " หรือ Bit Rate มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps.) ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณด้านเอ้าท์พุทของ FSK Genertor เรียกว่า " อัตราบอร์ด " หรือ Baud Rate ดังนั้นในการส่งข้อมูลด้านเทคนิค FSK อัตราบิตจะเท่ากับอัตราบอร์ดเสมอ

FSK Bandwidth

ในการสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณความถี่นั้นแบนด์วิท (Bandwidth) เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรก เนื่องจากวิธีการของ FSK อยู่บนพื้นฐานเดียวกันกับวิธีการของ FM (Frequency Modulation) ดังนั้นการอธิบายถึงสูตรต่าง ๆ ก็ใช้หลักการของ FM (Frequency Modulation)ทุกอย่าง



รูปที่ 2.12 FSK Modulator

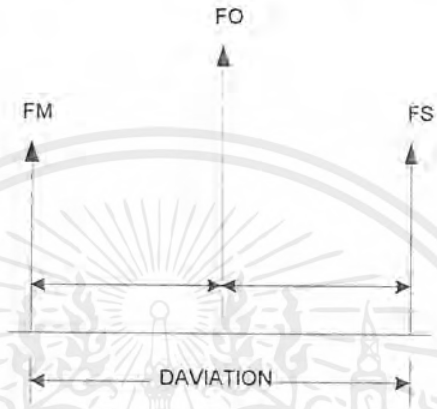
จากรูปที่ 2.12 แสดงถึงตัว FSK Modulator ซึ่งใช้หลักการเดียวกับ FM Modulator คือใช้หลักการของ VCO (Voltage Control Oscillator) จะเห็นว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงที่เร็วที่สุดของสัญญาณอินพุทจะเกิดขึ้นเมื่อข้อมูลไบนารีมีลักษณะเป็น 1 และ 0 สลับกัน ซึ่งก็คือสัญญาณสี่เหลี่ยมนั้นเอง (Square Wave) ตามตัวอย่างในรูปที่ 2.12 เป็นสัญญาณในช่วง T1 ความถี่หลักของคลื่นสี่เหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit Rate ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะความถี่หลักเพียงอย่างเดียวแล้ว ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่ต้องการนำมามอดูเลตแบบ FSK จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Bit Rate คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ $F_{a\ max}$ = ความถี่สูงสุดของสัญญาณดิจิตอลที่จะนำมามอดูเลต

ความถี่กลาง (Center Frequency = f o) ของ VCO จะอยู่ในตำแหน่งกลางระหว่าง Mark Frequency (fm) กับ Space Frequency (fs) ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การเบี่ยงเบนความถี่

โลจิก 1 ด้านอินพุทจะเลื่อนความถี่ของ VCO จาก f 0 ไปเป็น fs จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลไบนารีด้านอินพุทจาก " 1 " ไป " 0 " หรือ " 0 " ไป " 1 " จะทำให้ความถี่เอาท์พุทของ VCO เลื่อนหรือเบี่ยงเบนกลับไปมา ระหว่าง f m กับ f s เนื่องจากได้กล่าวมาแล้ว FSK นั้นก็คือการมอดูเลตแบบ FM ดังนั้น ดัชนีการมอดูเลต (Modulate Index = MI) ใน FSK ก็ทำได้จาก FM

$$MI = \Delta F / Fa$$

เมื่อ MI = ดัชนีการมอดูเลต

ΔF = การเบี่ยงเบนของความถี่ใด ๆ จากความถี่กลาง (Hz)

Fa = ความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลต (Hz)

ค่า MI ที่ยอมให้มีได้สูงสุดคือค่า MI ที่ทำให้แบนด์วิทกว้างที่สุดซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อการเบี่ยงเบนของความถี่ถูกมอดูเลตแล้วและความถี่ของสัญญาณที่นำมามอดูเลตมีค่าสูงสุด

ใน FSK มอดูเลตค่า ΔF เป็นการเบี่ยงเบนของความถี่สูงสุด (Peak Frequency Deviation) ของสัญญาณที่ถูกมอดูเลต ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง fm หรือ fo กับ fs ซึ่งก็คือครึ่งหนึ่งของความแตกต่างระหว่าง fm กับ fs นั่นคือ

$$\Delta F = (fs - fm)/2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเบี่ยงเบนของความถี่สูงขึ้นอยู่กับขนาดหรือแอมปลิจูดสัญญาณที่นำมามอดูเลต (สัญญาณดิจิตอล) เมื่อสถานะทางโลจิกเป็น " 1 " จะให้แรงดันออกมาค่าหนึ่งคงที่ตาม (เช่น 5 V) หรือถ้าในโลจิก " 0 " แรงดันออกมาคงที่ในระดับโลจิกเช่นกัน (เช่น 0 V)

Fa เป็นความถี่ของข้อมูลไบนารีด้านอินพุท ซึ่งจะทำให้แบนด์วิทกว้างที่สุดเมื่อ Fa = Bit Rate / 2 เท่านั้น เพราะฉะนั้นเราสามารถหาค่า MI ได้จาก

$$MI = (Fs-Fm) / Fb$$

เมื่อ fs - fm = ความถี่เบี่ยงเบนสูงสุด

Fb = อัตราบิตของไบนารีอินพุท

ในการส่งสัญญาณ FM โดยทั่ว ๆ ไป ความกว้างของแบนด์วิทจะแปรผันตรงกับค่า MI ซึ่งเช่นเดียว กับ FSK ที่ค่า MI โดยทั่ว ๆไป จะต้องมีค่าต่ำกว่า 1.0 เพื่อให้เป็นเอฟเอ็มแบนแคบ (Narrow band FM) ค่าแบนด์วิทที่แคบที่สุดเรียก Minimum Nyquist Bandwidth (Fn) ตัวอย่างเช่น การส่งข้อมูลแบบ FSK มีความถี่กลาง (fo) = 7 KHz ความถี่สเปส (fs) = 6 KHz และความถี่มาร์ค (fm) = 8 KHz ข้อมูลไบนารีอินพุทมี Bit Rate = 2 KHz สามารถหา FM ได้ดังนี้

$$MI = (6kHz-8kHz) / 2kHz$$

$$MI = 1.0$$

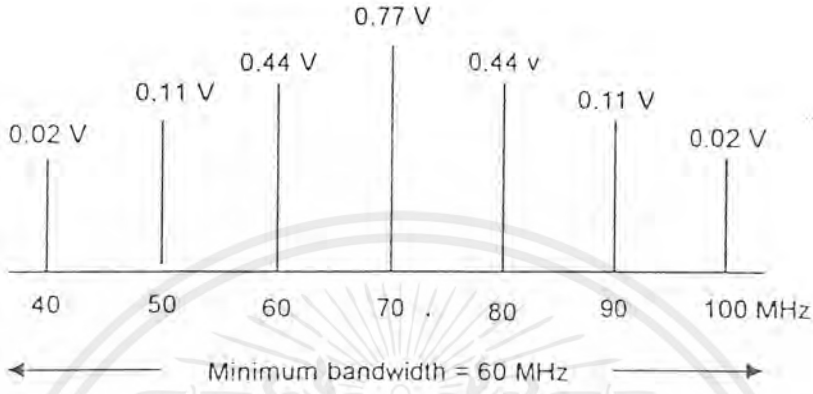
ตารางที่ 2.3 Bassel Function Table

MI	J0	J1	J2	J3	J4
0.0	1.0				
0.25	0.98	0.12			
0.5	0.94	0.24	0.03		
1.0	0.77	0.44	0.11	0.02	
1.5	0.51	0.50	0.23	0.06	0.01
2.0	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03

จากตาราง BasselFunctionในตารางที่2.3เมื่อMI=1.0จะได้แถบความถี่ข้างเคียง (Sideband Frequency) ออกมาข้างละ 3 ความถี่ โดยแต่ละความถี่จะห่างจากค่ากลาง (fo) = 1 KHz ซึ่งก็คือ (Fb / 2 เมื่อ Fb คือ Bit Rate = 2 KHz) สามารถเขียนเป็นสเปคตรัมความถี่ได้ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีข้อน่าสังเกตคือ MI มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 จะทำให้แบนด์วิทมีค่าประมาณ 2-3 เท่าของ Bit Rate เสมอ



รูปที่ 2.14 สเปคตรัมความถี่ของตัวอย่างที่ 1

FSK ดีมอดูเลเตอร์ (FSK Demodulator)

การดีมอดูเลทสัญญาณที่ถูกมอดูเลทแบบ Frequency Modulate นั้นมีอยู่หลายวิธี ซึ่งตัวมอดูเลทบางทีจะถูกเรียกว่า Discriminator หรือ Detector ตัว Demodulate จะทำการเปลี่ยนความถี่ที่แปรผันที่ได้รับจากตัวรับสัญญาณ FM(Frequency Modulate) ไปสู่แรงดันเสียง ขนาดของสัญญาณเสียงที่ถูกสกัดได้ (detect)จะแปรผันตาม deviationของความถี่พาหะในพริบตา ความถี่ของสัญญาณเสียงจะแปรผันตาม อัตราการแปรผันความถี่ของความถี่พาหะ และการตรวจจับ(detection) จะเกิดขึ้นที่ส่วนขยาย IF (IF Amplifier) ซึ่งเปลี่ยนค่าพาหะไปที่ 10.7 MHz แต่ค่าความถี่แปรผันเดิมของการมอดูเลทยังคงอยู่

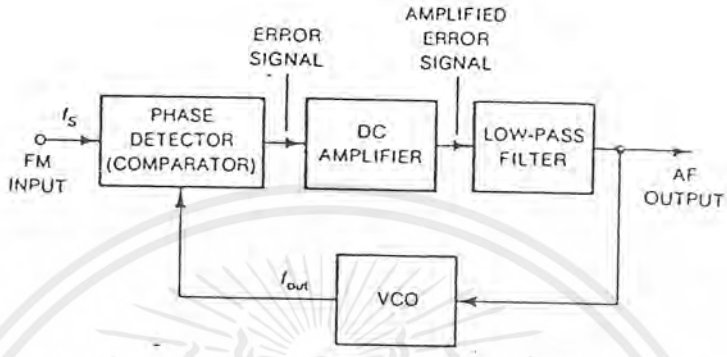
PLL detector

เป็นที่นิยมใช้เป็น FM Demodulator เนื่องจากการพัฒนาเป็น ICS มีข้อได้เปรียบคือ

- ไม่ต้องการตัวเหนี่ยวนำ หม้อแปลง (ไม่ต้องใช้เวลาปรับ coil)
- มีราคาถูกและใช้ได้ดีโดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ภายนอกมาก

ส่วนประกอบพื้นฐานมี phase detector,DC amp,LP fiilter,VCOโดยตัว VCO จะทำงานที่ความถี่อินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.15 PLL demodulator

จากรูป phase detector จะเปรียบเทียบความถี่อินพุทกับความถี่จาก VCO และสร้าง error voltage ซึ่งเป็นสัดส่วนกับผลรวมและทิศทาง (amount and direction) ของความแตกต่างของความถี่ โดยที่ DC amp จะเพิ่มค่า error voltage ให้เพียงพอสำหรับการขับ VCO จากนั้น error voltage จะผ่าน LP fillter ซึ่ง filler จะจัดลักษณะหลายอย่างทาง dynamic ของ PLL และตัว PLL มันจะหาค่าความถี่ที่เกินจาก loop ซึ่งจะจับและหยุดเฟสของมันไว้ และหาค่าความเร็วซึ่ง loop จะให้ผลของการเปลี่ยนไปของความถี่อินพุท error voltage จะกลับไปควบคุม VCO

สมมติว่าใส่ fs (ความถี่ source) error voltage จะถูขยายและผ่าน fillter และย้อนไปที่VCO ดังนั้น error voltage จะมีผลทำให้ ความถี่ของ VCO เพิ่มขึ้นจนล็อกกับความถี่อินพุท เมื่อสัญญาณอินพุทถูกมอดูเลทแล้ว ผลของ error voltage จะถูกนำมาทำเป็นสัญญาณ intelligence ได้

2.6 มาตรฐานการ Interface

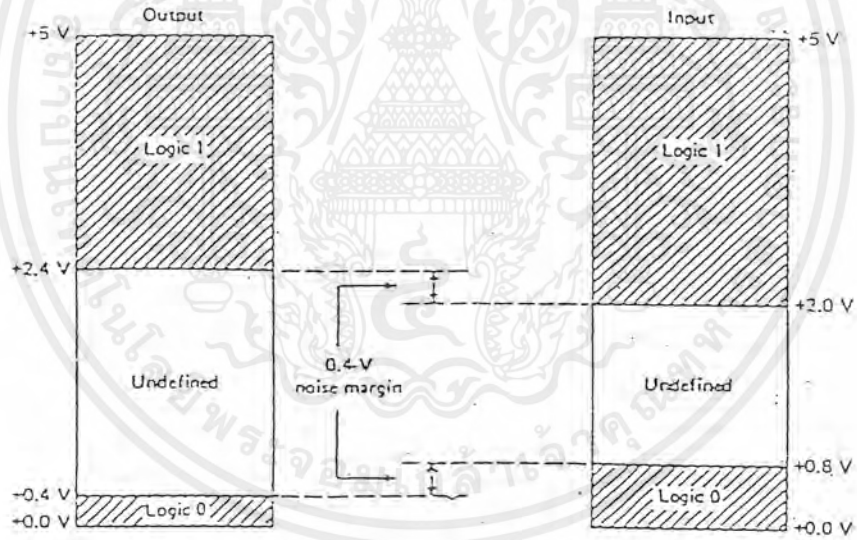
ระดับสัญญาณ TTL (Transister Transister Logic)

โดยทั่วไปข้อมูลจะแทนที่ด้วยเลขฐานสอง ระดับแรงดัน +5 จะแทนที่ด้วยลอจิก 1 และระดับแรงดัน 0 V จะแทนด้วยลอจิก 0 การแทนลอจิกด้วยระดับแรงดันเหล่านี้เรียกว่า การแทนระดับแรงดันสัญญาณของอุปกรณ์ TTL (Transister Transister Logic) ซึ่งจะใช้ทั่วๆไปในการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งไปยังอุปกรณ์อีกชิ้นหนึ่งในเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่มันจะไม่เหมาะสมที่จะกำหนดแรงดัน ในการแทนลอจิก 0 หรือ 1 ที่จำเพาะเจาะจงลงไปเป็นค่าเฉพาะเพียงค่าเดียว ดังนั้นระดับแรงดันที่ใช้แรงดัน 0 หรือ 1 นั้นจึงถูกกำหนดเป็นพิสัย(Rang) ดังแสดงไว้ในรูปที่2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นว่าพิสัยของแรงดันที่ส่งจากอุปกรณ์ที่เป็นตัวส่งจะแตกต่าง จากพิสัยของแรงดันที่ถูกรับโดยอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับ นั่นคือ ตัวส่ง(Driver) จะต้องจ่ายแรงดันที่มีระดับสัญญาณต่ำสุดเท่ากับ 2.4 V ในลอจิก 1 แต่ตัวรับ(Reciever)จะถือว่าระดับแรงดันที่มีระดับสัญญาณในช่วง 2.0-2.4 V เป็นลอจิก 1 ด้วย สำหรับสาเหตุที่ถือว่าระดับสัญญาณในช่วง 2.0-2.4 V เป็นลอจิก 1 ก็เนื่องจากมีการสูญเสียของสัญญาณระหว่างตัวส่งและตัวรับขึ้น ความคลาดเคลื่อนของระดับแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า "Noise Margin" ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.4 V ไม่ว่าจะเป็นกรณีของลอจิก 0 หรือ 1 สำหรับลอจิก 0 ความคลาดเคลื่อนจะเกิดขึ้นหลังจากสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ปนเข้ามาในทางปฏิบัติ ความคลาดเคลื่อนนี้ถูกยอมรับให้ใช้ได้ในการใช้งานทั่วๆไป

จากรูปที่ 2.16 จะมีระดับแรงดันอยู่ช่วงหนึ่ง เรียกว่า ช่วงการเปลี่ยนสถานะซึ่งไม่อาจระบุได้ว่าสัญญาณในช่วงนั้นเป็นลอจิก 1 หรือ 0 ช่วงของสัญญาณนี้ทางด้านรับจะมีช่วงแคบกว่าทางด้านส่ง ดังนั้นระดับแรงดันที่ใช้แทนลอจิก 0 หรือ 1 จะมีช่วงกว้างๆกว่าด้านส่ง



รูปที่ 2.16 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของการอินเตอร์เฟสที่ใช้แทนระดับแรงดันสัญญาณ TTL

ในการส่งข้อมูลภานในเครื่องคอมพิวเตอร์ เราจะถือว่าระดับสัญญาณที่ใช้ส่งและรับ(ซึ่งใช้ในการแทนระดับสัญญาณแบบTTL) เป็นแบบอุดมคติเนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

1.กำลังงานที่ใช้และการกระจายความร้อนมีค่าต่ำ

2.สัญญาณที่ใช้เป็นระดับสัญญาณลอจิกแบบ TTL ซึ่งสามารถจ่ายให้แก่ชิฟไอซี ได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้ Line Driver และวงจรรับข้อมูลที่มีราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การอินเตอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์ TTL จะทำงานที่ความถี่สูง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการส่งข้อมูลภายในคอมพิวเตอร์

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการสื่อสารข้อมูล ระหว่างอุปกรณ์แต่ละชิ้นที่ไม่ได้อยู่บนเครื่องๆเดียวกัน เช่น การติดต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ในสำนักงานเดียวกัน เทคนิคที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลภายในเครื่องนั้นไม่เพียงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการติดต่อระหว่างเครื่องหรืออุปกรณ์แต่ละชิ้นได้ เราต้องเพิ่มเทคนิคบางอย่างเข้าไปอีกเพื่อการสื่อสารระหว่างเครื่องเป็นไปได้อย่างถูกต้อง ปัจจุบันมีเทอร์มินัลบางตัวที่ใช้ระดับสัญญาณแบบ TTL กับคอมพิวเตอร์หลัก ซึ่งถ้าทำการสื่อสารข้อมูลด้วยระดับสัญญาณนี้ในระยะทางมากกว่า 2-3 ฟุต อาจจะมีปัญหาหรือข้อยุ่งยากบางข้อเกิดขึ้น เนื่องจาก

1.ระดับสัญญาณ TTL มักถูกเหนี่ยวนำจากสัญญาณรบกวนภายนอกได้ง่าย

2.การสูญเสีย (Loss) ไปในสายทำให้ระดับของแรงดันของสัญญาณที่ส่งออกไปลดลง ซึ่งมีผลกระทบต่อระดับแรงดัน 0-5 Volt ของ TTL เพราะอาการสูญเสียระดับแรงดันไปเพียง 2-3 Volt สามารถทำให้ลอจิกต่างๆ ที่ได้รับผิดพลาดไป

การอินเตอร์เฟส

การส่งข้อมูลอยู่เฉพาะภายในเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถกระทำได้ง่าย เนื่องจากเราสามารถคาดเดาสภาพแวดล้อมภายในเครื่องได้ แต่ในการส่งข้อมูลสู่ภายนอก เราไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์และตัวข้อมูล จะต้องพบกับสภาพเช่นไรและจะมีผลกระทบต่อตัวข้อมูลและคอมพิวเตอร์อย่างไร ดังนั้นในการออกแบบวงจรจึงมีสิ่งที่ต้องพิจารณาคือ เราจะต้องหาวิธีในการแยกข้อมูลออกจากสภาพแวดล้อมและสัญญาณรบกวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีสายส่งข้อมูลระยะยาวสิ่งที่จะต้องพิจารณาอีกสิ่งหนึ่งก็คือ เราจะต้องหาวิธีป้องกันคอมพิวเตอร์ออกจากสภาพแวดล้อมอันไม่พึงประสงค์ด้วย นั่นก็คือเราจะต้องมีตัวอินเตอร์เฟสซึ่งมีหน้าที่เป็นจุดเชื่อมระหว่างคอมพิวเตอร์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก และเนื่องจากอุปกรณ์อินเตอร์เฟสมีหน้าที่คล้ายกับเป็นประตูของคอมพิวเตอร์ บางครั้งมันจึงถูกเรียกว่า I/O พอร์ต (I/O PORT) หรือบางครั้งก็เรียกสั้นๆว่า พอร์ต (PORT)

การป้องกันอุปกรณ์เป็นเพียงจุดมุ่งหมายหนึ่งในจุดมุ่งหมายหลายๆ อย่างของการอินเตอร์เฟส แต่วัตถุประสงค์หลักของการอินเตอร์เฟสก็คือ การใช้อุปกรณ์อินเตอร์เฟสเป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูล และวัตถุประสงค์สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการอินเตอร์เฟสก็คือความง่ายต่อการใช้งาน หากสามารถสร้างวงจรที่สามารถป้องกันเครื่องคอมพิวเตอร์และข้อมูลได้แต่ใช้งานยาก วงจรอินเตอร์เฟสนี้แทบจะไม่มีประโยชน์เลย เพราะมันไม่ได้เพิ่มความสดวกต่อผู้ใช้ ในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายจากการใช้งานที่ไม่ถูกต้องนั้นทำได้ง่าย แต่การออกแบบวงจรที่ง่ายต่อการใช้งาน จะต้องอาศัยความสามารถอย่างมากทีเดียว

เมื่อทำการอินเตอร์เฟสได้สำเร็จเราก็สามารถที่จะส่งข้อมูลสู่ภายนอกได้ แต่ก็มีปัญหาใหม่เกิดขึ้นอีก ปัญหาแรกที่เห็นได้ชัดก็คือ หากต้องมีการส่งข้อมูลในระยะทางไกลค่าใช้จ่ายของสายไฟก็จะต้องสูงมากเลยทีเดียวในการส่งข้อมูลแบบขนานจะต้องใช้สายไฟถึง 9 เส้นทีเดียว โดย 8 เส้นสำหรับตัวข้อมูลและอีกหนึ่งเส้นเป็นเส้นอ้างอิงวงจร และโดยทั่วไปแล้วยังต้องมีสายอื่นๆที่ใช้ในการควบคุมการไหลของข้อมูลข้ามอินเตอร์เฟส ปัญหาอีกอย่างหนึ่งของข้อมูลแบบขนานก็คือ คุณสมบัติของบิตกับแรงดัน เวลาที่บิตหรือแรงดันไฟฟ้าใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากหนึ่งเป็นศูนย์นั้นสั้นมากโดยเร็วถึงระดับนาโนวินาที การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วนี้เป็นส่วนที่สำคัญมากต่อขั้นตอนการส่งข้อมูล เพราะการเปลี่ยนระหว่างศูนย์และหนึ่งอย่างช้าๆจะไม่ถูกอ่านเป็นข้อมูลเลย และเมื่อสายไฟที่ใช้ส่งข้อมูลยาวขึ้น คุณสมบัติทางไฟฟ้าของสายไฟเช่น ค่าความจุไฟฟ้าและค่าความเหนี่ยวนำก็จะจำกัดความเร็วในการเปลี่ยนแปลงระหว่าง ศูนย์และหนึ่งของบิต ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลสูญหายหรือการส่งข้อมูลล้มเหลวได้ ดังนั้นการส่งข้อมูลบนสายยาวอาจเป็นปัญหาได้ถ้าใช้การส่งข้อมูลแบบขนาน

เนื่องจากข้อเสียของการส่งข้อมูลแบบขนานทั้งสองอย่างคือ ค่าใช้จ่ายที่สูงและการสูญหายของข้อมูลทำให้การใช้งานของมันถูกจำกัดอยู่กับเพียงอุปกรณ์ไม่กี่ชนิด เช่นเครื่องพิมพ์ที่อยู่ใกล้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และต้องทำงานที่ความเร็วสูง แต่เรายังใช้วิธีส่งข้อมูลแบบขนานนี้ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์เนื่องจากไม่ต้องใช้สายไฟขนาดยาว

เห็นได้ชัดว่าเราต้องการวิธีการส่งข้อมูลที่มีราคาถูกและทนทานกว่านี้ และเพื่อให้สามารถแข่งขันกับวิธีการแบบเก่าได้ วิธีการใหม่นี้จะต้องมีการพัฒนาด้านราคาและขนาดอย่างมาก โดยในขณะเดียวกันก็จะต้องสามารถคงความถูกต้องของข้อมูลไว้ด้วย

ทางเลือกอีกทางเลือกหนึ่งแทนการส่งข้อมูลทุกบิตในเวลาเดียวกันที่ใช้สายไฟหลายเส้นก็คือการส่งข้อมูลทีละบิตและข้อมูลถูกต่อรวมเข้าเป็นไบต์ใหม่ ด้วยวิธีการส่งข้อมูลทีละบิตนี้ทำให้เราสามารถใช้สายไฟเพียงสองเส้นในการส่งข้อมูลซึ่งช่วยให้เราประหยัดสายไฟได้มากซึ่งมีชื่อเรียกว่า การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

น่าเสียดายที่การส่งข้อมูลแบบใหม่นี้แม้จะช่วยเราประหยัดค่าใช้จ่ายได้ แต่ก็ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลงไปด้วย เพราะการส่งข้อมูลด้วยวิธีการนี้ต้องใช้เวลานานขึ้นอย่างน้อยแปดเท่าของการส่งข้อมูลแบบขนาน แต่โชคดีที่ความเร็วที่ลดลงไปนี้ยังไม่ถือว่าเป็นขีดจำกัดที่สำคัญมากนักสำหรับการใช้งานทั่วไป หากพิจารณาที่อุปกรณ์ทั่วไปจะพบว่าลักษณะพ้องกันที่น่าสนใจก็คือ อุปกรณ์ส่วนใหญ่ทำงานช้ามาก เมื่อเทียบกับการทำงานภายในไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์แต่ละตัวมีขั้นตอนการทำงานที่กินเวลานาน ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นกระบวนการทางกลไก ที่เป็นตัวจำกัดความเร็วของเครื่องลงไปอย่างมาก ดังนั้นความเร็วที่ได้มาจากการส่งข้อมูลแบบขนานจะเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ เมื่อนำมาใช้งานกับอุปกรณ์ประเภทนี้ ดังนั้นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม สามารถนำมาใช้งานได้แม้ว่าอัตราเร็วของการส่งข้อมูลจะลดลงแต่ก็ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ประเภทนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อเสียจากความเร็วที่ลดลงไปยังไม่อาจเทียบได้กับผลพวง ที่ได้จากคุณภาพการส่งและระยะทางการส่งข้อมูลที่เพิ่มขึ้น

2.7 มาตรฐาน RS 232C

พอร์ต RS-232 ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลในแบบอนุกรมเรียกว่า Universal Asynchronous Adapter เหตุที่มีชื่อเรียกว่า RS-232 ก็เนื่องจากสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกาหรือ EIA ได้กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมไว้ภายใต้ชื่อว่า RS232C ความจริงมาตรฐานของการส่งข้อมูลมีหลายมาตรฐาน แต่ที่นิยมกันมากที่สุดสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ คือ RS232C

หน้าที่ของการสื่อสารคือ

ก).การรับสัญญาณ

1.เปลี่ยนสัญญาณที่เข้ามาแบบอนุกรมมาให้เป็นแบบขนาน

2.ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่ได้รับ

3.ตัด Stop bit และ Parity bit ออก

4.ส่งสัญญาณให้ซีพียูรู้ว่ารับสัญญาณไว้ได้แล้ว

ข)การส่งสัญญาณ

1.เปลี่ยนสัญญาณแบบขนานจากซีพียูค่อยทยอยส่งออกแบบอนุกรม

2. เพิ่ม Stop bit และ Parity bit

3.เพิ่มสัญญาณควบคุมโมเด็มที่ต่อเนื่อง (ถ้ามี)

มาตรฐาน RS232C ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อปี ค.ศ 1969 โดยสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา RS ย่อมาจาก Recommened Standard ส่วน 232 เป็นหมายเลขบอกของมาตรฐาน ตัวCเป็นหมายเลขของฉบับสุดท้ายของมาตรฐานตัวนี้ จุดประสงค์ของมาตรฐานตัวนี้ก็เพื่อบรรยายคุณลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง (Data Terminal Equipment :DTE)กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล(Data Communication Equipment:DCE) สำหรับผู้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ DTE ก็หมายถึงตัวไมโครคอมพิวเตอร์ และDCE ก็หมายถึงโมเด็ม อุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ที่ได้รับสัญญาณแบบอนุกรมอาจจะเป็นได้ทั้ง DTE และ DCE ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ข้อแตกต่างของ DTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ DCE จะเห็นได้จาก รูปที่ 2.17 จากรูปนี้จะเห็นว่า RS232C มีส่วนสำคัญมาก สำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์

รูปที่ 2.17 แสดงการใช้ RS232C เชื่อมต่ออุปกรณ์

ความเร็วและระยะทางในการเชื่อมต่อ RS232C สามารถเชื่อมต่อการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก 0-20,000 บิตต่อวินาที ซึ่งเพียงพอสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดอัตราบอดเรต 110 ถึง 9600 ความยาวของสายเชื่อมต่อโดยสัญญาณมาตรฐานของ RS232C จำกัดอยู่ที่ 50 ฟุต ซึ่งเพียงพอสำหรับการสื่อสารไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

2.5.1ลักษณะของสัญญาณ RS232C

เพื่อเป็นหลักประกันว่าข้อมูลถูกส่งออกไปอย่างถูกต้อง และอุปกรณ์ถูกควบคุมอย่างถูกต้อง จำเป็นต้องมีข้อตกลงกันในเรื่องของสัญญาณที่ใช้ มาตรฐาน RS232C กำหนดย่านของแรงดันไฟฟ้าในสัญญาณเพื่อสนองจุดประสงค์ข้างบน ดังแสดงในตารางที่ 2.4

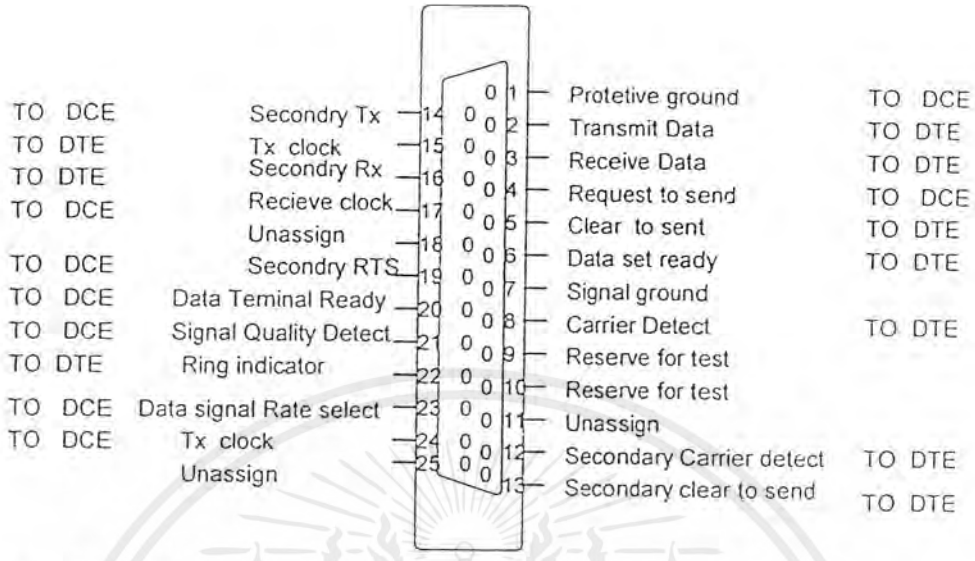
ตารางที่ 2.4 ย่านของแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในสัญญาณ RS232C

มาตรฐานของการใช้แรงดันไฟฟ้า			
แรงดันไฟฟ้า	สถานภาพลอจิก	สถานภาพของสัญญาณ	ฟังก์ชั่นในการควบคุม
บวก	0	SPACE	ON
ลบ	1	MARK	OFF

2.5.2การกำหนดจุดต่อของ RS232C

มาตรฐานของ RS232C กำหนดข้อต่อแบบ DB-25 แต่ละขาของข้อต่อกำหนดไว้ดังในรูปที่2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงพอร์ตและขาที่ใช้งาน

สัญญาณต่างๆถูกมอบหมายให้ทำหน้าที่ดังนี้

Transmit Data (TD ขาที่ 2)

เป็นสัญญาณที่ส่งออกจาก DTE (หรือตัวไมโครคอมพิวเตอร์) ไปยังโมเด็มหรือต่อเข้าโดยตรงกับไมโครคอมพิวเตอร์ตัวอื่น หรือเครื่องพิมพ์ เมื่อไม่มีสัญญาณส่งออกสถานภาพของลอจิกที่ขานี้จะมีค่าเท่ากับ "1" หรือเทียบเท่า Stop bit

Receive Data (RD ขาที่ 3)

เป็นทางเข้าของสัญญาณ DTE หรือไมโครคอมพิวเตอร์เมื่อไม่มีสัญญาณรับเข้ามาขานี้จะมีสถานภาพทางลอจิกเป็น "1"

Request To Send (RTS ขาที่4)

ใช้สำหรับส่งสัญญาณไปยังโมเด็มหรือเครื่องพิมพ์ที่เป็นการเรียกร้องที่จะส่งสัญญาณมายังที่ขา 2 สัญญาณนี้ใช้คู่กับ CTS หรือ Clear To Send อุปกรณ์รับหากได้รับสัญญาณ RTS จะตรวจสอบตัวเองว่าพร้อมจะรับสัญญาณได้หรือยัง หากพร้อมที่จะรับก็จะส่งสัญญาณไปที่สาย CTS

Clear To Send (CTS ขาที่ 5)

ดังอธิบายไว้ใน RTS เมื่อสัญญาณอยู่ในสภาวะ OFF (Negative Voltage หรือ ลอจิก "1") หมายความว่า อุปกรณ์รับกำลังบอกว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Set Ready (DSR ขาที่ 6)

สัญญาณที่อยู่ในสถานะ ON (ลอจิก "0") ไปบอกไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อได้รับสัญญาณจากโมเด็มอีกฝ่ายหนึ่ง เมื่อสัญญาณสายนี้อยู่ในสถานะ ON (ลอจิก"0") เป็นการบอกไมโครคอมพิวเตอร์หรือฝ่ายส่งโมเด็มต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะส่งได้แล้ว โมเด็มที่มีการหมุนหมายเลขอัตโนมัติจะส่งสัญญาณสายนี้ไปบอกให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าต่อโทรศัพท์ได้แล้ว

Signal Ground (SG ขาที่ 7)

SG ทำหน้าที่เป็นระดับแรงดันอ้างอิงสำหรับทุกๆสายของสัญญาณ จะมีแรงดันเป็น "0" เมื่อเทียบกับสัญญาณตัวอื่น

Carrier Detect (CD ขาที่ 8)

โมเด็มจะส่งสัญญาณนี้ไปป้อน LED ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าได้รับสัญญาณจากโมเด็มอีกฝ่ายหนึ่งแล้ว ไฟ LED ก็จะสว่างแดงขึ้น

Data Terminal Ready (DTR ขาที่ 20)

คอมพิวเตอร์เปิดสัญญาณนี้ให้ ON (ลอจิก"0") เมื่อพร้อมที่จะติดต่อกับโมเด็ม โมเด็มส่วนมากจะไม่รายงานสถานภาพของตัวเอง (CD,USR,และCTS) ให้คอมพิวเตอร์รู้ถ้าหากคอมพิวเตอร์ไม่เปิดสัญญาณ DTR

Ring Indicator (RI ขาที่ 22)

สัญญาณนี้ใช้โมเด็มเป็นระบบตอบรับอัตโนมัติ (Auto answer) สัญญาณนี้จะ ON เมื่อมีสัญญาณกระดิ่งเข้ามา และจะ OFF ระหว่างเสียงดังของกระดิ่ง

จากการที่ข้อต่อแบบ 25 ขา เราใช้เพียง 9 ขา เท่านั้น เครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ๆจึงได้ลดข้อต่อลงมาใช้แบบ 9 ขา แทน ซึ่งเราเรียกข้อต่อแบบนี้ว่า DB-9 การใช้ข้อต่อแบบ DB-9 มีข้อดีหลายอย่างคือ ขนาดเล็กกะทัดรัด ราคาของข้อต่อถูกกว่า การต่อสายเคเบิลสะดวกกว่า และการใช้งานคล่องตัวกว่า DB-25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ประเภทของผู้ใช้และหลักการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า

ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถที่จะแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังต่อไปนี้คือ

ประเภทที่ 1 บ้านที่อยู่อาศัย

ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่างๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน: ค่าพลังงานไฟฟ้า

5 หน่วย(Kilowatt Hour) แรก (หน่วยที่1-5)	เป็นเงิน	4.96	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่6-15)	หน่วยละ	0.7124	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่16-25)	หน่วยละ	0.8993	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่26-35)	หน่วยละ	1.1516	บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่36-100)	หน่วยละ	1.5348	บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่101-150)	หน่วยละ	1.6282	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่151-400)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย(หน่วยที่401 ขึ้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ 4.67 บาท

1.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน: ค่าพลังงานไฟฟ้า

35 หน่วยต่อไป(Kilowatt Hour) แรก (หน่วยที่1-35)	เป็นเงิน	85.21	บาท
115 หน่วยต่อไป (หน่วยที่35-150)	หน่วยละ	1.1236	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่151-400)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่401ขึ้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด: เดือนละ 83.18 บาท

หมายเหตุ

1.ผู้ใช้ไฟฟ้าติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟ้า ขนาด 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในประเภทที่1 ข้อ 1.1 แต่ถ้ามีการใช้พลังงานเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือนติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่1 ข้อ 1.2 และถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่1 ข้อ 1.1

2.ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดเครื่องวัดไฟฟ้าขนาดเกินกว่า 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในประเภทที่1 ข้อ 1.2 ตลอดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.สถานที่ๆใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องสามารถเลือกใช้ไฟฟ้าอัตราไฟฟ้าประเภทที่ 6 ได้

ประเภทที่2 กิจการขนาดเล็ก

ลักษณะการใช้ : สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจร่วมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรมและหน่วยรัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุดต่ำสุดที่ 30 กิโลวัตต์ โดยผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

อัตรารายเดือน: ค่าพลังงานไฟฟ้า

35 หน่วยต่อไป(Kilowatt Hour) แรก (หน่วยที่1-35)	เป็นเงิน	89.89	บาท
115 หน่วยต่อไป (หน่วยที่35-150)	หน่วยละ	1.1236	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่151-400)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่401ขึ้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด: เดือนละ 87.85 บาท

หมายเหตุ

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 นี้หากในรอบเดือนใดมีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงที่สุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป จะจัดให้อยู่ในประเภทที่ 3 ประเภทที่ 4 และประเภทที่ 5 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่2 อีกต่อเมื่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวลดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ เป็นเวลา 12 เดือน

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ลักษณะการใช้งาน: สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรมและหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในช่วง 15 นาทีสูงสุด 30-1999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 355000 หน่วยต่อเดือน

3.1 อัตราปกติ

			ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย
3.1.1 แรงดัน	69	Kilovolt Up	175.70	1.0208
3.1.2 แรงดัน	12-24	Kilovolt Up	196.26	1.0582
3.1.3 แรงดันต่ำกกว่า	12	Kilovolt	221.50	1.0862

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า: ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์เฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปปรับเป็น 1 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Uses Rate)

อัตรารายเดือน :

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย			ค่าบริการ บาท/เดือน
		1*	1*	2*	3*	
3.2.1	แรงดัน 115 กิโลโวลท์ขึ้นไป	102.80	1.534	0.6671	0.6062	400.00
3.2.2	แรงดัน 69 กิโลโวลท์	158.88	1.6292	0.6769	0.6135	400.00
3.2.3	แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	200.92	1.7736	0.6861	0.6236	850.00
3.2.4	แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00

1* วันจันทร์- วันเสาร์ เวลา 9.00-22.00 น. (On Peak)

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

3* วันอาทิตย์ เวลา00.00-24.00 น. (On Peak)

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงที่สุดในช่วง On Peak ในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 ตัดทิ้ง ถ้าเกิน 0.5 คิดเป็น 1 หน่วย

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ต้องไม่ต่ำกว่า 70% ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงที่สุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา(สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่า Power Factor : สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มี Power Factor (Lag) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการไฟฟ้า Reactive เฉลี่ยนใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็น KVAR เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้า Active เฉลี่ยนใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้วเฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่า Power Factor ในอัตรา KVAR ละ14.02 บาทสำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนนั้น เศษของ KVAR ถ้าไม่ถึง 0.5 ตัดทิ้ง เกินปัดเป็น 1

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าในประเภทที่3 นี้จะจัดให้เข้าอยู่ในประเภทที่3 ข้อ 3.1 และหากมีการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250000 หน่วยต่อเดือนสามารถที่จะเลือกใช้อัตราไฟฟ้าประเภทที่3 ข้อ 3.2 ได้ ทั้งนี้หากเกิดใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมไม่ได้
2. ส่วนราชการที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 นี้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 โดยจัดอยู่ในประเภทที่ 3 ข้อ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผู้ที่ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วง 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 หรือประเภทที่ 6 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 อีกเมื่อมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30-1999 กิโลวัตต์
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าประสงค์ที่จะใช้ไฟฟ้าประเภทที่3 ข้อ 3.2 ต้องติดต่อแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน

ประเภทที่4 กิจการขนาดใหญ่

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

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time Of Day Rate :TOD Ratre)

อัตรารายเดือน

			ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์			ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย
			1*	2*	3*	
3.1.1 แรงดัน	69	Kilovolt Up	224.30	29.91	0	1.0208
3.1.2 แรงดัน	12-24	Kilovolt Up	285.05	58.88	0	1.0582
3.1.3 แรงดันต่ำกกว่า	12	Kilovolt	332.71	68.22	0	1.0862

1* เวลา 18.30-21.30 น. (On peek)

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

3* เวลา 21.30-8.00 น. (Off peek) ไม่คิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า

ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน คือค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดของแต่ละช่วงเวลาในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ ตัดทิ้ง ถ้าเกิน 0.5 ปัดเป็น 1 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time Of Use Rate: TOU Rate)

อัตรารายเดือน:

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย			ค่าบริการ บาท/เดือน
	1*	1*	2*	3*	
3.2.1แรงดัน 115 กิโลโวลท์ขึ้นไป	102.80	1.534	0.6671	0.6062	400.00
3.2.2แรงดัน 69 กิโลโวลท์	158.88	1.6292	0.6769	0.6135	400.00
3.2.3แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	200.92	1.7736	0.6861	0.6236	850.00
3.2.4แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00

1* วันจันทร์- วันเสาร์ เวลา 9.00-22.00 น. (On Peak)

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

3* วันอาทิตย์ เวลา00.00-24.00 น. (On Peak)

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงที่สุดในช่วง On Peak ในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 ตัดทิ้ง ถ้าเกิน 0.5 คิดเป็น 1 หน่วย

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ต้องไม่ต่ำกว่า 70% ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงที่สุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา(สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่า Power Factor : สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มี Power Factor (Lag) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการไฟฟ้า Reactive เฉลี่ยนใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็น KVAR เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้า Active เฉลี่ยนใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้วเฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่า Power Factor ในอัตรา KVAR ละ14.02 บาทสำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนนั้น เศษของ KVAR ถ้าไม่ถึง 0.5 ตัดทิ้ง เกินปัดเป็น 1

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 นี้จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่4 ข้อ 4.1 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน มกราคม 2540 และสามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ได้ ดังนั้นถ้าเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมไม่ได้ แม้ว่าต่อไปมีความต้องการเฉลี่นใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 2000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355000 หน่วยต่อเดือนก็ตามนอกจากจะมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือนหรือ ได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ได้ แม้ว่าต่อไปมีความต้องการเฉลี่นใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 2000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355000 หน่วยต่อเดือนก็ตามนอกจากจะมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือนหรือ ได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
3. ส่วนราชการที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 355000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ตั้งแต่ ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 โดยอยู่ในประเภทที่ 4.2
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกัน 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดให้อยู่ใน ประเภทที่ 2 หรือ 6 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 4 อีกเมื่อมีความต้องการไฟฟ้าตั้งแต่ 30-1999 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช่ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน มากกว่า 355000 หน่วยต่อเดือน
5. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังงานเฉลี่ยสูงสุดใน 15 นาที 2000 กิโลวัตต์ขึ้นไปในเดือนใด หรือมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 355000 หน่วยต่อเดือนจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ในเดือนถัดไป หลังจากติดตั้งหน่วยเครื่องวัดไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน(TOD :Meter) หรือเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ หากยังไม่ได้ติดต่อเครื่องวัดดังกล่าว อนุโลมให้ใช้การคิดอัตราค่าไฟฟ้าเดิมไปก่อน
6. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ต้องแจ้งการไฟฟ้านครหลวง

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ลักษณะการใช้งาน : สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการ โรงแรมและกิจกรรมให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

5.1อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย
5.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	220.56	1.0208
5.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	256.07	1.0582
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	276.64	1.0862

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

5.2 อัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Rate :TOU Rate)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย			ค่าบริการ บาท/เดือน
		1*	1*	2*	3*	
3.2.1แรงดัน 115 กิโลโวลท์ขึ้นไป	102.80	1.534	0.6671	0.6062	400.00
3.2.2แรงดัน 69 กิโลโวลท์	158.88	1.6292	0.6769	0.6135	400.00
3.2.3แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	200.93	1.7736	0.6861	0.6236	850.00
3.2.4แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00

1* วันจันทร์- วันเสาร์ เวลา 9.00-22.00 น. (On Peak)

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

3* วันอาทิตย์ เวลา00.00-24.00 น. (On Peak)

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟกเตอร์ (lag) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น1กิโลวาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 นี้ จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ข้อ 5.1 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนมกราคม 2540 และหากมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน สามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่5 ข้อ 5.2 ได้ ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้ แม้ว่าต่อไปจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน นอกจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5ข้อ 5.1 ได้ และหากกมีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 แม้ว่าต่อไปจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน นอกจะมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
3. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือนในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 5 อีกเมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 จะจัดเข้าอยู่ในเดือนถัดไป หลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ หากยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าดังกล่าว อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามอัตราประเภทเดิมไปพลางก่อน
5. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 ต้องติดต่อแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน

ในโครงงานนี้ใช้การคำนวณอ้างอิงถึงประเภทที่ 1 ข้อ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โครงสร้าง-หลักการทำงานและการออกแบบ

3.1 ชุดรีโมทคอนโทรล

ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างและหลักการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น โครงสร้างและหลักการทำงานของชุดรีโมทและชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ โครงสร้างและหลักการทำงานของวิทยุรับ-ส่งข้อมูล หลักการทำงานของวงจรควบคุมการสั่งงานการรับ-ส่งข้อมูลของเครื่องรับ-ส่งวิทยุ และหลักการของสภาวะในการรับส่งข้อมูล ซึ่งรายละเอียดในส่วนต่างๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1.1 โครงสร้างของชุดรีโมท ซึ่งจะประกอบไปด้วย

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51
2. ภาคแปลงสัญญาณ FSK
3. วิทยุรับ-ส่งข้อมูล ความถี่ 138-174 MHz
4. จอแสดงผลแบบ LCD 2 บรรทัด 16 ตัวอักษร
5. คีย์บอร์ดขนาด 4 * 4

3.1.2 ฟังก์ชันการทำงานและ Flow Chart

ในตัว Remote Control สามารถเลือกฟังก์ชันการทำงานต่างๆได้ 2 ฟังก์ชัน คือ ในส่วนของการติดต่อกับตัวกิโลวัตต์ และในส่วนของการติดต่อกับคอมพิวเตอร์

ส่วนของการติดต่อกับตัวกิโลวัตต์ สามารถแบ่งฟังก์ชันการใช้งานออกได้เป็น 4 ฟังก์ชันด้วยกันคือ

ฟังก์ชันในการเก็บค่าการใช้กำลังงานไฟฟ้า (K)

ฟังก์ชันในการตัดการจ่ายไฟฟ้า (F)

ฟังก์ชันในต่อการจ่ายไฟฟ้า (N)

ฟังก์ชันในการตรวจสอบสภาวะการตัดต่อการจ่ายไฟฟ้าของชุดกิโลวัตต์ไฟฟ้า (S)

โดยในการสั่งงานแต่ละฟังก์ชันจะต้องกำหนดหมายเลขเครื่องที่เราจะติดต่อทุกครั้งเพื่อให้การสั่งงานนั้นสั่งได้ถูกต้องตรงกับเครื่องที่เราต้องการ เมื่อสั่งงานไปแล้วชุดรีโมทก็จะรอรับคำตอบจากชุดกิโลวัตต์ที่เราได้สั่งงานไปเป็นระยะเวลาหนึ่งถ้าไม่มีการตอบกลับก็แสดงว่าชุดรีโมทไม่สามารถติดต่อกับชุดกิโลวัตต์ได้

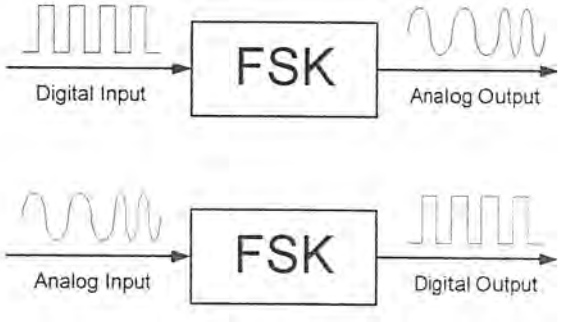
3.1.3 หลักการทำงานของชุดรีโมท

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) จะทำหน้าที่ควบคุมการรับ - ส่ง โดยจะรับหมายเลขเครื่องของชุดกิโลวัตต์และชุดคำสั่งจากคีย์บอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำข้อมูลที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมดจำนวน 7 ไบต์ (หมายเลขเครื่อง 5 โบต์ คำสั่ง 1 ไบต์ และ Sumcheck 1 ไบต์) ส่งออกทางพอร์ตอนุกรมที่ขา TX ของไมโครคอนโทรเลอร์ ที่อัตราการรับส่งข้อมูล 1200 บิต ต่อ วินาที ที่โหมด 1 (DATA 8 บิต 1 START บิต 1 STOP บิต) ข้อมูลส่งออกทางขา TX จะเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มาตรฐาน RS - 232 ส่งต่อไปยังภาคแปลงสัญญาณ FSK เพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก เพื่อนำไปมอดูเลตกับคลื่นพาหะของวิทยุรับ-ส่ง ในการส่งข้อมูลออกสู่อากาศ และในขณะเดียวกัน ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับข้อมูลที่ส่งกลับมาจากชุด กิโล-วัตต์มิเตอร์ โดยจะรับข้อมูลเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมที่ขา RXD 2 ลักษณะด้วยกัน คือ ถ้าเป็นการเก็บค่าการใช้ไฟฟ้าก็จะมีการรับข้อมูลจำนวน 12 ไบต์ (หมายเลขเครื่อง 5 ไบต์ คำสั่ง 1 ไบต์ ค่าการใช้ไฟฟ้า 5 ไบต์ และ Sumcheck 1 ไบต์) แต่ถ้าเป็นการสั่งงานในการตัดต่อไฟฟ้าก็จะมีการรับข้อมูลจำนวน 6 ไบต์ (หมายเลขเครื่อง 5 ไบต์ คำสั่ง 1 ไบต์) โดยที่ข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลที่ผ่านการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลที่มาตราฐาน RS - 232 แล้ว และไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาไว้ในหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ในขณะเดียวกันก็จะแสดงข้อมูลที่รับเข้ามาที่จอแสดงผล LCD ให้ผู้ที่ใช้งานทราบ

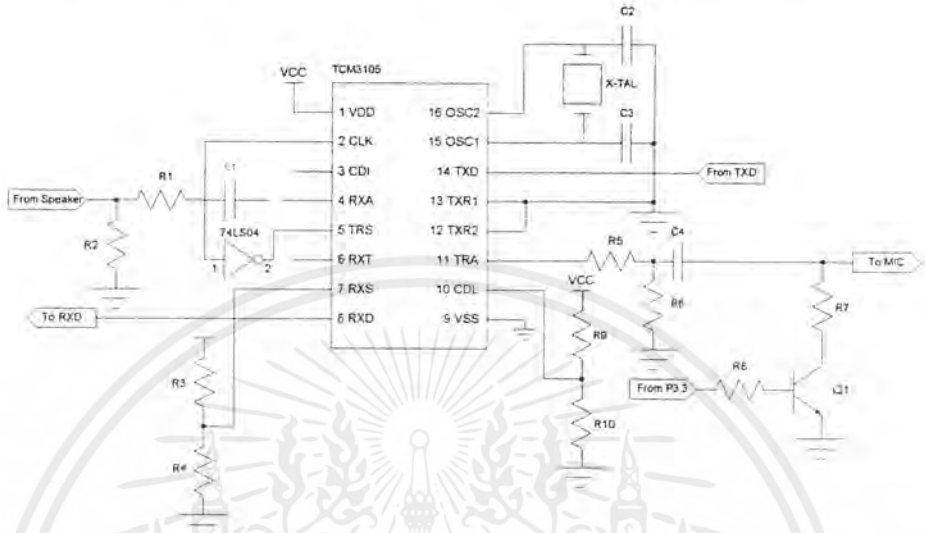
ภาคแปลงสัญญาณ วงจร FSK CIRCUIT (Frequency Shift Keying) จะใช้ IC เบอร์ TCM 3105 เนื่องจากเป็นเบอร์ที่ทำการแปลงสัญญาณไปกลับได้ในตัวเดียวกัน และเมื่อทำการออกแบบแล้วจะทำให้ประหยัดเนื้อที่ในแผ่นวงจร มาทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อก 2 ความถี่คือถ้าสัญญาณดิจิตอลเป็น " 1 " จะให้ความถี่ 1200 Hz และถ้าสัญญาณดิจิตอลเป็น " 0 " จะให้ความถี่ 2200 Hz (ตาม Data Sheet หน้า 110 ที่ BELL 202 Standard , Baud Rate 1200) ซึ่งหลักการแปลงสัญญาณจะใช้หลักการของวงจร FSK (Frequency Shift Keying) และยังสามารถทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลได้อีกด้วย ถ้าสัญญาณอนาล็อกมีความถี่ 1200 Hz จะให้สัญญาณดิจิตอลเป็น " 1 " ถ้าสัญญาณอนาล็อกมีความถี่ 2200 Hz จะให้สัญญาณดิจิตอลเป็น " 0 " ซึ่งหลักการแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การเปลี่ยนจาก Digital เป็น Analog และ Analog เป็น Digital

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในรูปที่ 3.2 เป็นวงจร FSK CIRCUIT (Frequency Shift Keying) ซึ่งเป็นวงจรในภาคแปลงสัญญาณที่ใช้ในโครงงานจะนำมาใช้ทั้งชุดรีโมทและชุดกิโลวัตต์มิเตอร์



รูปที่ 3.2 วงจร FSK CIRCUIT (Frequency Shift Keying)

โดยสัญญาณดิจิตอลที่เป็นข้อมูลส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขา TX จะไปเข้าขา 14 (TXD) ของ IC 1 (TCM 3105) เพื่อทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก สัญญาณที่เป็นอนาล็อกจะออกที่ขา 11 (TRA) ผ่าน R5 และ R6 เพื่อปรับระดับสัญญาณอนาล็อกก่อนที่จะส่งเข้าวิทยุรับ – ส่งเพื่อให้ได้ระดับสัญญาณที่เหมาะสม ได้สัญญาณอนาล็อกที่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 ถ้าปรับระดับสัญญาณไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการขลิบสัญญาณอันเป็นเหตุให้การมอดูเลตข้อมูลกับคลื่นพาหะในเครื่องส่ง เกิดการ Over Modulation

สัญญาณที่ถูกเปลี่ยนจากสัญญาณดิจิตอลเป็นความถี่จะมีความถี่ 1200 Hz และ 2200 Hz ซึ่งเป็นย่านความถี่เสียง ช่วง 300 Hz - 3000 Hz จะเป็นสัญญาณเสียงพูดปกติของมนุษย์ สัญญาณเสียงจะถูกส่งไปยังแจ็คไมค์ของวิทยุรับ - ส่งเพื่อทำการ Modulation ข้อมูลกับคลื่นพาหะของวิทยุต่อไป โดยปกติการที่จะส่งข้อมูลที่เป็นสัญญาณเสียงผ่านทางวิทยุได้นั้นจะต้องทำการกดคีย์ที่วิทยุก่อนที่จะทำการส่งข้อมูล เพราะตามปกตินั้นวิทยุรับ - ส่งในสภาวะปกติจะอยู่ในสภาพรอรับข้อมูลดังนั้นถ้าไม่ทำการกดคีย์ที่วิทยุข้อมูลก็จะไม่ถูกส่งออกไป

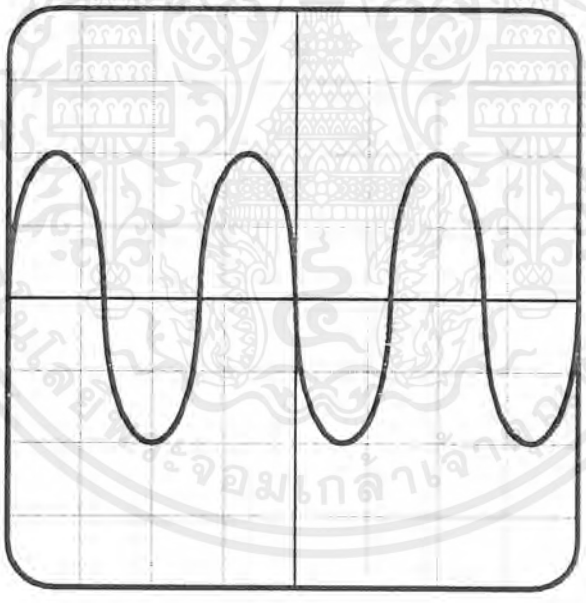
การกดคีย์เพื่อนำสัญญาณที่เป็นข้อมูลมา Modulation กับคลื่นพาหะนั้นทำได้โดยต่อวงจรที่จุดต่อไมค์เพื่อให้สัญญาณนั้นลงกราวด์โดยผ่าน R7 เมื่อสัญญาณดิจิตอลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ขา 23 เป็น " 1 " จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและสัญญาณอนาล็อกที่เป็นข้อมูลก็จะถูกต่อลงกราวด์ที่เหมาะสมเพื่อที่จะนำสัญญาณอนาล็อกนั้นไป Modulation กับคลื่นพาหะใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยุรับ-ส่งข้อมูลทั้งหมดก็จะถูกส่งผ่านคลื่นวิทยุออกไปเมื่อทำการส่งข้อมูลเสร็จไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณดิจิตอลเป็น " 0 " วิทยุก็จะหยุดการส่งข้อมูลและจะกลับมาอยู่ในสภาวะเดิมคือสภาวะรอรับข้อมูล

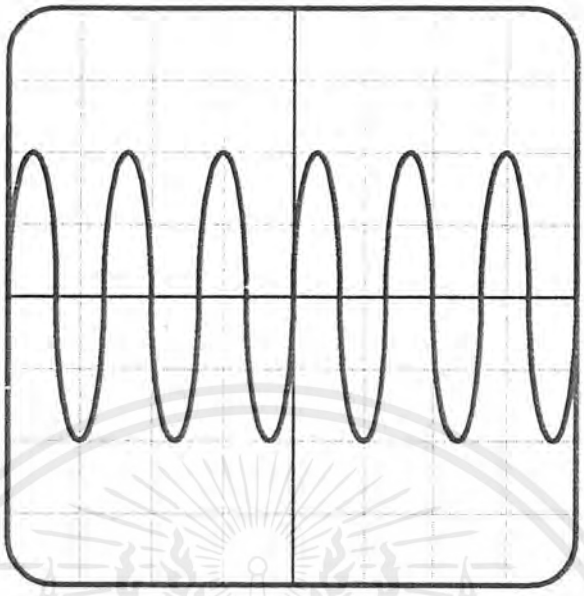
ในวงจรรูปที่ 3.2 วงจร FSK ยังแปลงสัญญาณอนาล็อกที่ได้จากจุดต่อลำโพงเป็นสัญญาณดิจิตอล ในสภาวะรอรับข้อมูลวิทยุที่ส่งมาจากกิโลวัตต์ วิทยุจะทำการ Demodulation สัญญาณที่เป็นข้อมูลออกจากคลื่นพาหะ สัญญาณที่ได้จะออกมายังที่แจ็คลำโพงของวิทยุสัญญาณอนาล็อกจากจุดต่อลำโพงที่เป็นข้อมูลจะเข้ามาที่ขา 4 (RXA) ของไอซี TCM 3105 โดยจะถูก R2 และ R1 ปรับระดับสัญญาณให้เหมาะสมก่อน (ที่ระดับ 0.3-0.78 Vp-p) ที่จะเข้าวงจรเพื่อทำการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

สัญญาณดิจิตอลที่ได้จะออกที่ขา 8 (RXD) ที่อัตราการส่งข้อมูล 300 บิตต่อวินาที ไปเข้าขา RX ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อที่จะนำสัญญาณดิจิตอลที่เป็นข้อมูลไปประมวลผลต่อไป

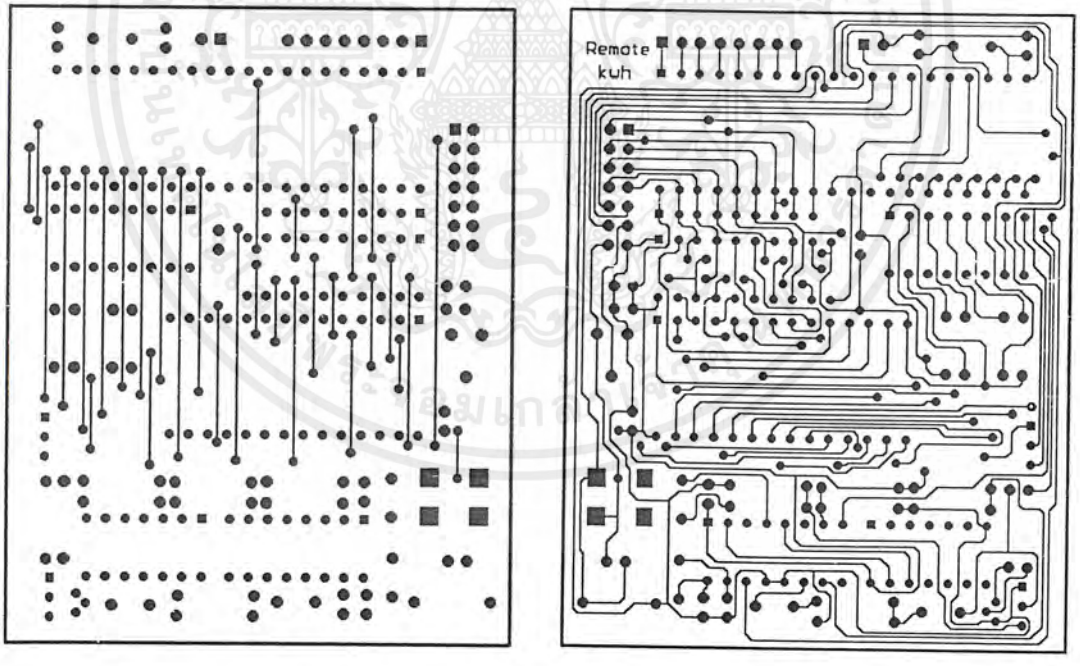


รูปที่ 3.3 สัญญาณที่ได้จาก FSK ขณะ INPUT เป็น " 1 " จะมีความถี่ประมาณ 1200 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

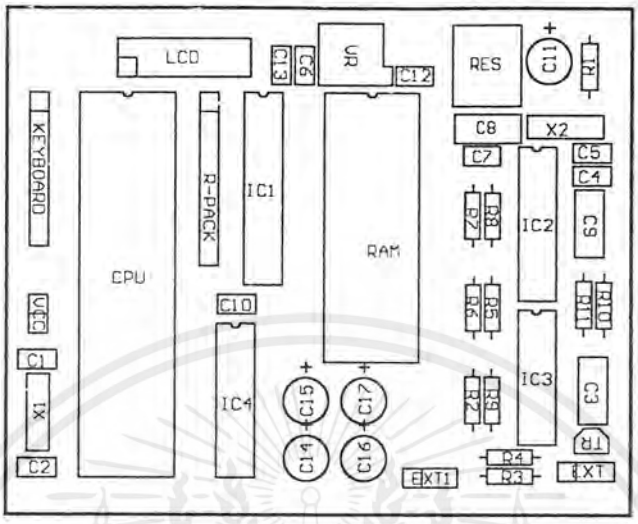


รูปที่ 3.4 สัญญาณที่ได้จาก FSK ขณะ INPUT เป็น " 0 " จะมีความถี่ประมาณ 2200 Hz



รูปที่ 3.5 แสดงลายวงจรรวมของชุดรีโมท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของชุดรีโมท

วิทยุรับ - ส่ง จะใช้วิทยุรับ-ส่ง ย่านความถี่ VHF ส่งข้อมูลที่ความถี่ 138-174 MHz โดยวิทยุจะทำหน้าที่นำสัญญาณที่เป็นข้อมูลไปมอดูเลทกับคลื่นพาห์เพื่อนำสัญญาณส่งผ่านคลื่นวิทยุไป การมอดูเลทจะเป็นแบบ FM (Frequency Modulation) ในขณะเดียวกันวิทยุจะรอรับคลื่นจากชุดกิโลวัตต์ที่ส่งมา และทำการดีมอดูเลทเพื่อแยกสัญญาณที่เป็นข้อมูลออกจากคลื่นพาห์ สัญญาณที่ได้จะออกทางจุดต่อลำโพงเพื่อนำสัญญาณเสียงที่ได้ส่งต่อไปยัง วงจร FSK เพื่อแปลงสัญญาณต่อไป

3.2 KILOWATTS HOUR METER

3.2.1 โครงสร้างของชุดกิโลวัตต์ ประกอบไปด้วย

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51
2. ภาคแปลงสัญญาณ FSK
3. วิทยุรับ-ส่ง ความถี่ 138-174 MHz
4. KILO WATT-HOUR METER
5. ชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่งอันเนื่องจากฝนฟ้าคะนอง

ฟังก์ชันการทำงานและ Flow Chart

ในตัว Kilowatts Hour Meter สามารถเลือกฟังก์ชันการทำงานต่างๆได้ 2 ฟังก์ชัน คือ ในส่วนของการตั้งค่าเริ่มต้น และในส่วนของการทำงานในโหมดของการทำงานปกติคือการตรวจจับการใช้กำลังไฟฟ้าและติดต่อกับชุดรีโมท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการติดต่อกับตัวรีโมท สามารถแบ่งฟังก์ชันการใช้งานออกได้เป็น 4 ฟังก์ชันด้วยกันคือ

ฟังก์ชันในการเก็บค่าการใช้กำลังงานไฟฟ้า (K)

ฟังก์ชันในการเก็บค่าการตัดการจ่ายไฟฟ้า (F)

ฟังก์ชันในการเก็บต่อการจ่ายไฟฟ้า (N)

ฟังก์ชันในการตรวจสอบสภาวะการตัดต่อการจ่ายไฟฟ้าของชุดกิโลวัตต์ไฟฟ้า (S)

โดยในแต่ละฟังก์ชั่นการทำงานจะมีการตรวจสอบหมายเลขเครื่องทุกครั้ง คือ ในขณะที่ชุดกิโลวัตต์รับข้อมูลเข้ามาจะทำการตรวจสอบหมายเลขเครื่องว่าตรงกับหมายเลขที่ถูกตั้งไว้หรือไม่โดยจะทำการตรวจสอบทีละตัวโดยถ้าตัวเลขไม่ตรงก็จะรอรับค่าใหม่ แต่ถ้าตัวเลขตรงก็จะทำการรับตัวต่อไปเข้ามาตรวจสอบอีกจนครบทุกตัว และทำการตรวจสอบว่าคำสั่งที่ส่งมานั้นให้ทำอะไร หลังจากนั้นก็ไปทำงานตามคำสั่งและส่งข้อมูลตอบกลับไปยังชุดรีโมท

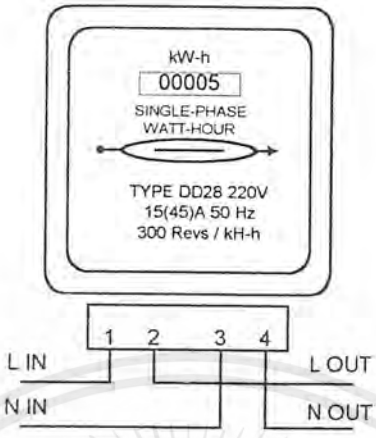
3.2.2หลักการทำงานของชุดกิโลวัตต์มิเตอร์

<u>ไมโครคอนโทรลเลอร์</u> (Microcontroller)จะทำหน้าที่ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล และเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้าจากกิโลวัตต์มิเตอร์ ซึ่งมีหลักการเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้าดังนี้คือ

<u>การตั้งค่าเริ่มต้น</u> การตั้งค่าเริ่มต้นต่างๆ ได้แก่ หมายเลขเครื่อง และ ค่าการใช้ไฟฟ้าเริ่มต้นของผู้ใช้ไฟฟ้า สามารถทำได้โดยการเลือก JUMPPER ไปในโหมด SET แล้วกด RESET ให้เครื่องทำงาน เราก็สามารถที่จะตั้งค่าได้โดยผ่านทาง KeyBoard และเครื่องก็จะแสดงการตั้งค่าให้เห็นโดยผ่านทางจอ LCD

<u>การเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้าจากกิโลวัตต์มิเตอร์</u> ตามปกติมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้อยู่ตามบ้านนั้นจะเป็นแบบจานหมุน ซึ่งจะขับเฟืองและแสดงผลโดยกลไกต่างๆจะถูกสร้างมาโดยบริษัทที่ออกแบบและสร้างมา ดังนั้นการหมุนของมิเตอร์ก็จะมีผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปหรือคิดง่ายๆคือถ้ามิเตอร์หมุน 300 รอบก็จะมีค่าเท่ากับ 1 kwh หรือเท่ากับ 1 UNIT ที่ตัวมิเตอร์จะมีชุดแสดงผลเป็นตัวเลข 5 หลัก ซึ่งหลักที่ 1 นั้นจะมีค่าเป็น UNIT เมื่อมิเตอร์หมุนครบ 300 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดง KILOWATT HOUR METER

ตามปกติมิเตอร์ที่ใช้อยู่ตามบ้านมีหลายขนาด ซึ่งการเลือกขนาดนั้นแล้วแต่ผู้ออกแบบ ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในที่นี้ ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้มิเตอร์ 2 ขนาด คือ 5(10)A และ 15(45)A ซึ่งจะมีอัตราการหมุน 1200 รอบ /kwh และ 300 รอบ/kwh ตามลำดับ เนื่องจากเป็นมิเตอร์ขนาดที่ใช้ตามบ้านพักอาศัยทั่วไป

มาตรวัดแบบนี้พัฒนาโดย Schallenberger ในปี 1888 มาตรวัดแบบนี้ราคาไม่แพง และทำงานด้วยความถูกต้องเป็นเวลานาน โดยเกือบไม่ต้องบำรุงรักษา นอกจากนั้นมันยังไม่ถูกกระทบกระเทือนโดยการเปลี่ยนโหลด การเปลี่ยนของตัวประกอบกำลังตลอดจนสิ่งแวดล้อม มันจะบันทึกพลังงานที่โหลดใช้ไปโดยการนับจำนวนรอบที่จานอลูมิเนียมหมุนไป การหมุนของจานอลูมิเนียมเนื่องมาจากกำลังที่ผ่านมาตรวัด

รูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างของมาตรวัดตัวนี้ หลักการทำงานของมันคือ มอร์เตอร์แบบเหนี่ยวนำซึ่งเอาต์พุตถูกดูดกลืนโดยระบบเบรกของมันและสูญเสียในรูปของความร้อน

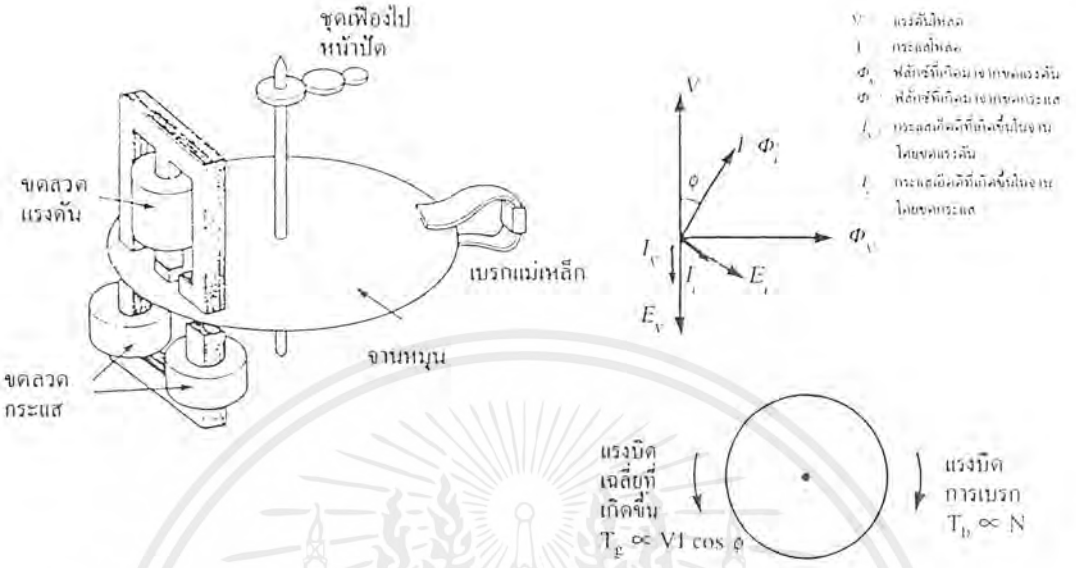
แรงบิดที่ทำให้จานอลูมิเนียมหมุนจะเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างกระแสวนที่ถูกเหนี่ยวนำในจานกับสนามแม่เหล็ก แรงบิดที่ขณะใดๆจะได้จาก

$$T \propto \omega \phi_{1m} \phi_{2m} \sin \alpha \qquad (3.1)$$

เมื่อ $\phi_{1m} = \phi_1$ เป็นเส้นแรงที่ทำให้เกิดขดลวดกระแส, $\phi_{2m} = \phi_2$ เป็นเส้นแรงที่กำเนิดโดยขดลวดแรงดัน α เป็นมุมที่ต้องการระหว่าง ϕ_{1m} กับ ϕ_{2m} (ปกติ ϕ_2 กับ V จะทำมุมไม่เท่ากับ 90 องศา พอดี เนื่องจากความต้านทานของขดลวด)

ดังนั้น จะใส่แหวน (Shaded Ring) ที่ขากลาง เพื่อทำหน้าที่ปรับให้เส้นแรง ϕ_1 ทำมุมกับแรงดันที่ป้อนเท่ากับ 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 มาตรวัดวัตต์-ชั่วโมงแบบเหนี่ยวนำ

จากแผนภาพเฟสเซอร์ เส้นแรงที่กำเนิดโดยขดลวดกระแส จะมีเฟสเดียวกันกับกระแส ขดลวดแรงดันมีความเหนี่ยวนำสูง แลมีค่า L โดยมีความต้านทานที่ตัดทิ้งได้ เมื่อต่อคร่อมแรงดันกำเนิด ทำให้กระแสในขดแรงดัน เท่ากับ $V/\omega L$ ดังนั้น $\phi_v \propto V/\omega L$ และจะมีแรงดันที่ป้อน 90 องศาทำให้ I ตาม V อยู่เท่ากับ ϕ ดังนั้นมุมเฟสระหว่าง ϕ_i และ ϕ_v คือ α โดย

$$\alpha = (90 - \phi) \qquad (3.2)$$

ดังนั้นแทนค่าลงในสมการ (1) จะได้

$$T \propto \omega I \frac{V}{\omega L} \sin(90 - \phi) \qquad (3.3)$$

$$\propto VI \cos\phi \qquad (4)$$

แรงบิดต้านมาจากการเบรกแบบกระแสวน เนื่องจากแม่เหล็กสำหรับเบรกซึ่งอยู่ห่างจากชุดขดลวดกระแสและแรงดันเพื่อหลีกเลี่ยงการกวนของสนามเมื่อจานหมุนไปตัดกับสนามแม่เหล็ก สำหรับเบรกจะหนี่ยวนำกระแสวนขึ้นทำให้เกิดแรงบิดที่จำเป็น แรงบิดในการเบรก

$$Tb \propto \frac{\phi^2 N}{R} \qquad (3.5)$$

เมื่อ ϕ คือเส้นแรงแม่เหล็กสำหรับการเบรก N คือความเร็วของจาน และ R คือความต้านทานของทางเดินกระแสวน ถ้า ϕ และ R เป็นค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

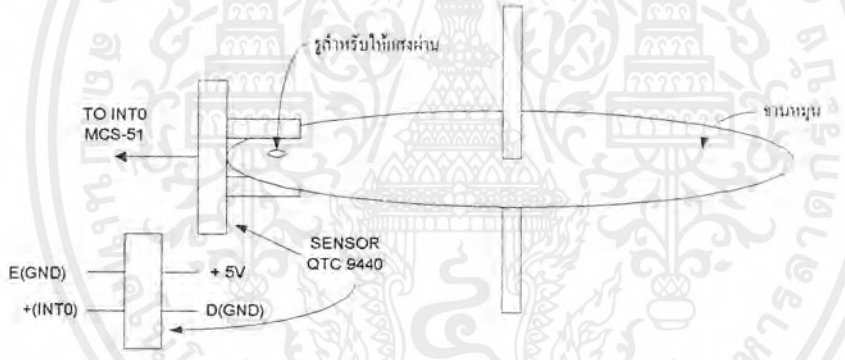
$$Tb \propto N \qquad (3.6)$$

จานจะได้รับความเร็วที่คงที่ N เมื่อแรงบิดทั้งสองเท่ากันนั่นคือเมื่อ

$$T = Tb \text{ และ } N \propto VI\cos\phi$$

ดังนั้น ความเร็วของการหมุนจานจะเป็นสัดส่วนกับกำลังเฉลี่ยในช่วงเวลาที่กำหนด จำนวนรอบการหมุน $\int_0^t Ndt$ จะเป็นสัดส่วนกับ $\int_0^t Wdt$ ซึ่งก็คือ พลังงานที่ใช้ไป

จากหลักการของมิเตอร์นั้นจึงจำเป็นต้องทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นรู้ว่ามิเตอร์นั้นหมุนไปกี่รอบแล้ว สามารถทำได้โดยการติดตั้ง ออฟโต้ไดโอดเป็น SENSOR นับรอบของจานหมุน ตัวออฟโต้นั้นเป็น SENSOR ทางแสง หลักการทำงาน เมื่อมีวัตถุมาบดบังทางเดินของแสงจะทำให้ SENSOR มีสถานะเป็น 1 ถ้าไม่มีอะไรมาบดบังทางเดินของแสงนั้น จะทำให้ SENSOR มีสถานะเป็น 0 ในโครงงานนี้จะใช้เบอร์ QTC 9440 ดังนั้นจึงนำมิเตอร์ไปติดตั้งที่จานหมุนดังรูป 3.7



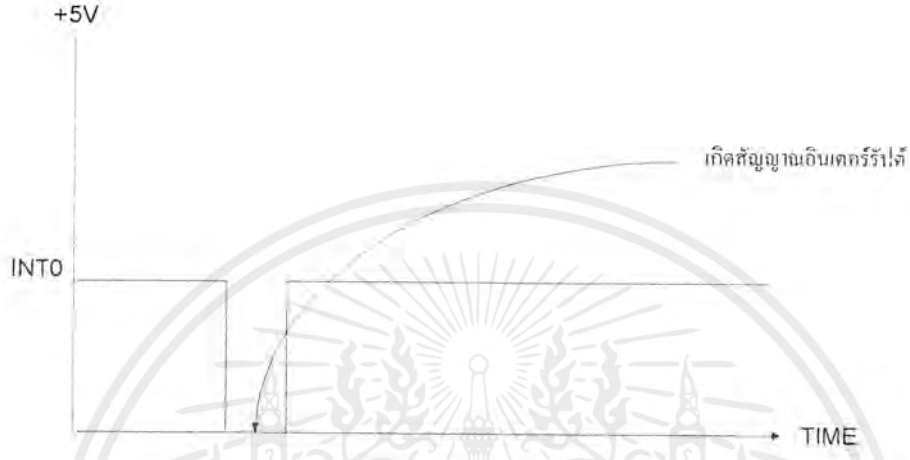
รูปที่ 3.9 การติดตั้ง SENSOR กับจานหมุนเพื่อนับรอบ

ที่มิเตอร์นั้นปกติแล้วบางรุ่นจะมีรูที่จานหมุนนี้มีประโยชน์สำหรับการเลื่อนกลไกของจานหมุนเมื่อไม่มีการต่อใช้งานหรือการต่อโหลดดังนั้นจึงสามารถใช้รูนี้มาเป็นประโยชน์ในการมาบดบังแสงจาก SENSOR และให้แสงรอดผ่าน เพื่อที่จะทำการนับรอบของจานหมุนต่อไป

โดยปกติการทำงานของมิเตอร์นั้นเมื่อมีการใช้ไฟฟ้าจานหมุนของมิเตอร์จะหมุนโดยใช้หลักการการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเพื่อทำให้จานหมุนนั้นหมุน และไปขับเฟืองของชุดแสดงผลของตัวกิโลวัตต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนับรอบของจานหมุนโดยใช้ตัวออฟโต้ไดโอดเป็นตัว SENSOR เพื่อทำการนับรอบจานหมุน สัญญาณจากตัว SENSOR เป็นพัลซ์ซึ่งสัญญาณนี้จะต่อเข้ากับ ขาอินเตอร์รัปต์ INTO ซึ่งเป็นขาสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกโดยเมื่อรูที่จานหมุนหมุนผ่านตัว SENSOR จะทำให้สัญญาณเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก " 1 " เป็น " 0 " ก็จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดการอินเตอร์รัปต์ โปรแกรมก็จะทำการเก็บค่าทุกๆ รอบที่จานหมุนหมุนไปไว้ในหน่วยความจำ จำนวนรอบที่นับได้จะเป็น UNIT ที่ใช้ไปเมื่อจานหมุนหมุนครบ 300 รอบก็จะมีค่าเท่ากับ 1 UNIT หรือ 1 kWh

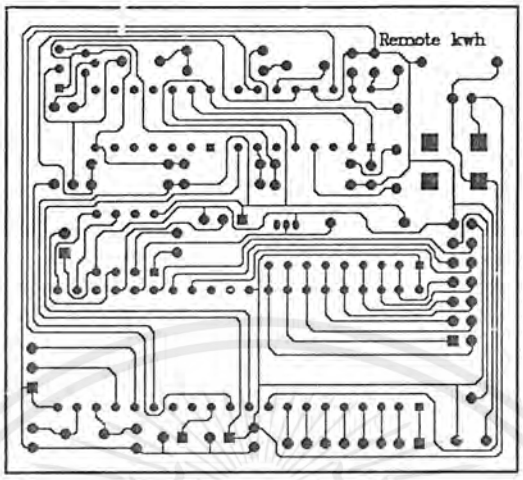


รูปที่ 3.10 สัญญาณอินเตอร์รัปต์จาก SENSOR

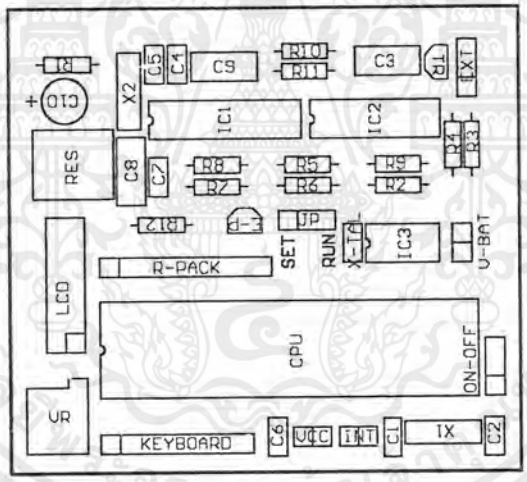
ภาคแปลงสัญญาณ FSK จะใช้วงจร FSK ซึ่งมีหลักการทำงานเช่นเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้วเมื่อมีการส่งหมายเลขเครื่องและชุดคำสั่งจากชุดรับส่งมายังเครื่องวัดกำลังงานไฟฟ้าก็จะได้สัญญาณอนาล็อกที่จุดต่อลำโพงของวิทยุรับ-ส่ง เข้าขา4 (RXA) ของ IC 1 โดยมี R1 และ R2 เป็นตัวแบ่งแรงดันเพื่อให้ IC 1 ได้รับแรงดันอินพุทที่เหมาะสม ซึ่ง IC 1 จะทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อกที่เข้าทางขา 4 (RXA) ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลออกทางขา8 (RXD) จะถูกต่อไปยังขา RX ของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลต่อไป เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล และก็จะส่งข้อมูล เป็นดิจิตอลออกมาทางขา TX มาเข้าวงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณและเข้าวงจร FSK เพื่อทำการแปลงสัญญาณข้อมูลที่เป็นดิจิตอลเป็นอนาล็อก 2 ความถี่ คือถ้าข้อมูลเป็นลอจิก " 1 " จะได้สัญญาณอนาล็อกความถี่ 1200 Hz และถ้าข้อมูลเป็นลอจิก " 0 " จะได้สัญญาณอนาล็อก 2200 Hz สัญญาณอนาล็อกที่ได้จากแปลงจะถูกส่งออกทางขา 11 (TRA) สัญญาณที่ได้จะส่งเข้าวิทยุเพื่อทำการส่งข้อมูลต่อไป

วิทยุรับ-ส่ง จะใช้วิทยุรับ-ส่ง ย่านความถี่ VHF ส่งข้อมูลที่ความถี่ 138-174 MHz เช่นเดียวกับชุดรีโมทดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงลายวงจรรวมของชุดกิโลวัตต์

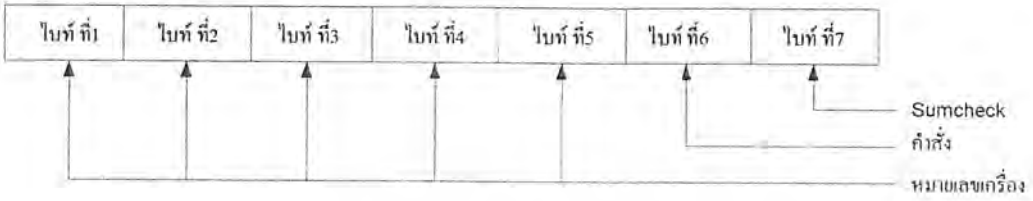


รูปที่ 3.12 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของชุดกิโลวัตต์

3.3 สภาวะการรับส่งข้อมูล

<u>การทำงานสภาวะการส่งข้อมูลของชุดรีโมท</u> เริ่มจากชุดควบคุมจะรอรับหมายเลขๆ เครื่องจากพนักงานและชุดคำสั่ง เพื่อส่งข้อมูลออกไปทางพอร์ตอนุกรมข้อมูลทั้งหมดจะประกอบไปด้วยหมายเลขเครื่อง 5 ไบต์ คำสั่ง 1 ไบต์ และ SUMCHECK อีก 1 ไบต์ จะเป็นไบต์ที่ทำการตรวจเช็คความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงจำนวนไบต์ในการส่งข้อมูล

หมายเลขเครื่องที่รอรับจากคีย์บอร์ด 5 หลักและคำสั่งอีก 1 หลักจะถูกไมโครคอนโทรลเลอร์ นำมา Exclusive - OR กันทั้งหมด และจะถูกส่งไปเป็นไบต์ที่ 7 เพื่อเป็นไบต์ตรวจสอบให้กับชุด Kilowatt ว่ารับข้อมูลมาถูกต้องหรือไม่

การตรวจเช็คความผิดพลาดกระทำได้โดยเมื่อมิเตอร์ได้รับข้อมูลครบทั้ง 7 ไบต์ ก็ทำการ Sumcheck ข้อมูลไบต์ที่ 1-6 ว่ามีค่าเท่ากับไบต์ที่ 7 ที่ได้รับมาหรือไม่ถ้าเท่ากันแสดงว่าข้อมูลที่ได้รับมาถูกต้อง และถ้าไม่เท่ากันแสดงว่าข้อมูลที่ได้รับมาเกิดการผิดพลาดในการสื่อสารข้อมูลเกิดขึ้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการส่งข้อมูลใหม่อีกครั้ง

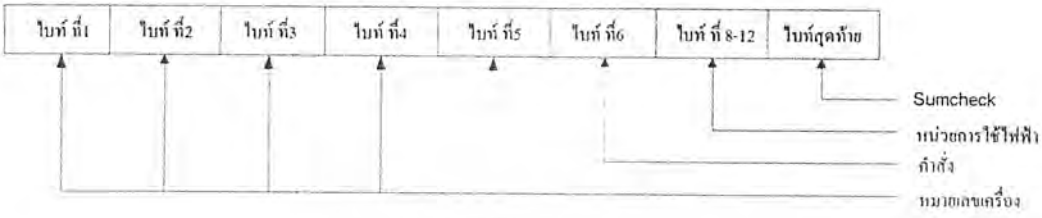
ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งสัญญาณดิจิตอล 7 ไบต์ ออกทางพอร์ตอนุกรมไปยังวงจร FSK เพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอล เป็นอนาล็อก และส่งสัญญาณอนาล็อกไปยังวิทยุทำการส่งข้อมูลผ่านคลื่นไปยังมิเตอร์ต่อไป

<u>การทำงานสภาวะรับข้อมูลของชุดกิโลวัตต์มิเตอร์</u> หลักการทำงานในสภาวะรับข้อมูล เมื่อมิเตอร์ได้สัญญาณจากชุดส่งที่ส่งมา 7 ไบต์ ก็จะทำการตรวจเช็คหมายเลขเครื่องก่อนว่าหมายเลขเครื่องตรงกับที่ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าไม่ตรงกันที่ตั้งไว้ก็จะไม่รับข้อมูลในไบต์ต่อไป แต่ถ้าตรงกับที่ตั้งไว้ ก็จะทำการรับข้อมูลที่เหลือจนครบ และก็ทำการเช็คความผิดพลาดในการรับข้อมูล ถ้าข้อมูลที่ได้รับมาไม่ผิดพลาดก็จะประมวลผลตามคำสั่งที่รับมาและจะส่งข้อมูลกลับไปแต่ถ้าทำการเช็คข้อมูลแล้วเกิดการผิดพลาดก็จะไม่ทำการส่งข้อมูลตอบกลับไป โดยจะใช้เวลาในการตรวจสอบที่ 2 วินาที ตัวรีโมทจึงจะรับรู้ว่าไม่สามารถติดต่อได้

<u>สภาวะการทำงานการส่งข้อมูลของชุดกิโลวัตต์มิเตอร์</u> เมื่อมิเตอร์ได้รับข้อมูลที่ส่งมาก็จะตอบกลับมายังชุดรับ - ส่ง ข้อมูลที่ส่งมาจากมิเตอร์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนของการตอบการสั่งงานให้ตัด-ต่อไฟฟ้า จะส่งหมายเลขเครื่อง 5 ไบต์ และคำสั่ง 1 ไบต์ รวมเป็น 6 ไบต์และใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการส่งค่าการใช้ไฟฟ้ากลับ ประกอบไปด้วย หมายเลขเครื่อง 5 ไบต์ ชุดคำสั่ง 1 ไบต์ และส่วนที่เป็น ข้อมูล 5 ไบต์ และ Sumcheck อีก 1 ไบต์ รวมเป็นทั้งหมด 12 ไบต์



รูปที่ 3.14 แสดงข้อมูลที่ถูกส่งมาจากกิโลวัตต์มิเตอร์

สภาวะการรับส่งข้อมูลของชุดรีโมท เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับข้อมูลที่เป็นดิจิตอลเข้ามา จะตรวจสอบข้อมูล 5 ไบต์แรกก่อนว่าหมายเลขเครื่องที่ได้รับมาตรงกับที่ส่งออกไปหรือไม่ ถ้าไม่ตรงก็จะตัดทิ้ง ถ้าตรงก็จะตรวจสอบไบต์ที่ 6 ว่าเป็นคำสั่งใดเมื่อเช็คได้แล้ว ถ้าเป็นคำสั่งเก็บค่าการใช้ไฟฟ้าก็จะไปรับอีก 5 ไบต์ และมาทำการตรวจสอบว่ามีผิดพลาดหรือไม่ ถ้าไม่ผิดผลาดก็จะนำค่าที่ได้ไปแสดงผลและเก็บค่าลงหน่วยความจำต่อไป แต่ถ้าเป็นคำสั่งในการสั่งให้ตัดต่อไฟฟ้า ก็จะไปแสดงผลที่ LCD ว่าสามารถทำงานได้ แต่ถ้าสั่งงานไปแล้วในระยะเวลาที่กำหนดแล้วไม่มีสัญญาณตอบกลับมา เครื่องก็จะปรากฏข้อความว่า NO CONNECT แสดงว่าไม่สามารถติดต่อกันได้

ชุดคำสั่งต่างๆ จะประกอบไปด้วย

1. การเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้า
2. การเปิดจ่ายไฟฟ้าตามปกติ

การตัดจ่ายไฟฟ้าในกรณีที่ไม่จ่ายค่าไฟฟ้าตามกำหนด

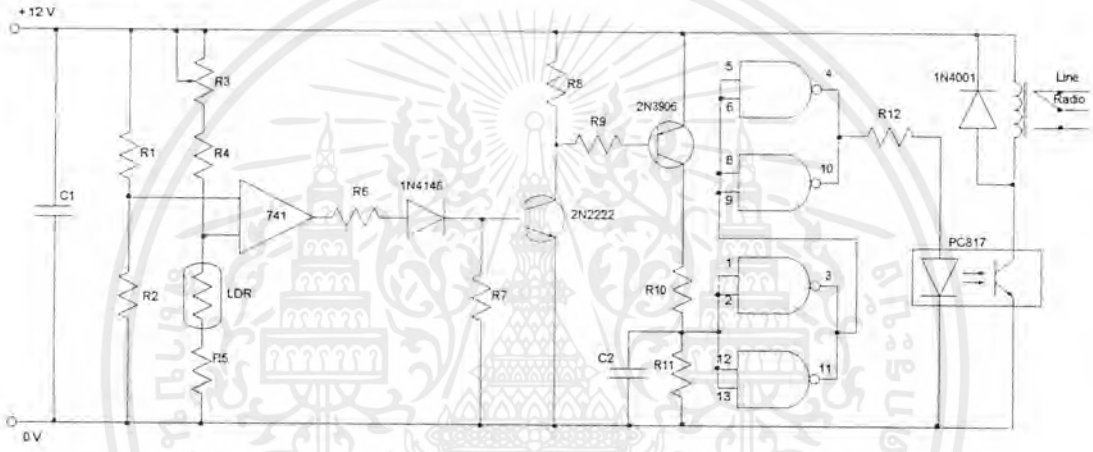
ตารางที่ 3.1 รหัสของชุดคำสั่งที่ใช้ในการรับ-ส่ง

ชุดคำสั่ง	รหัส ASCII	เลขฐาน 16
1. การเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้า	K	4B
2. การจ่ายไฟฟ้าตามปกติ	N	4E
3. การตัดจ่ายไฟฟ้า	F	46
4. การตรวจสอบสภาวะการตัด-ต่อไฟฟ้า	S	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่งอันเนื่องมาจากฝนฟ้าคะนอง

ในส่วนของวงจรนั้น ใช้วงจรตรวจสอบความเข้มของแสงที่ได้รับในขณะนั้นซึ่งโดยปกติถ้าเกิดฝนฟ้าคะนองที่จะทำให้เกิดฟ้าผ่าได้นั้น สภาพอากาศจะต้องมืดพอสมควรจึงได้อาศัยหลักการนี้เอง และยังช่วยประหยัดไฟฟ้าในเวลากลางคืนอีกด้วย การทำงานก็คือถ้าแสงน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้วงจรที่จ่ายไฟให้กับวิทยุรับ-ส่งก็จะถูกตัดออกเครื่องรับส่งก็จะไม่ทำงาน

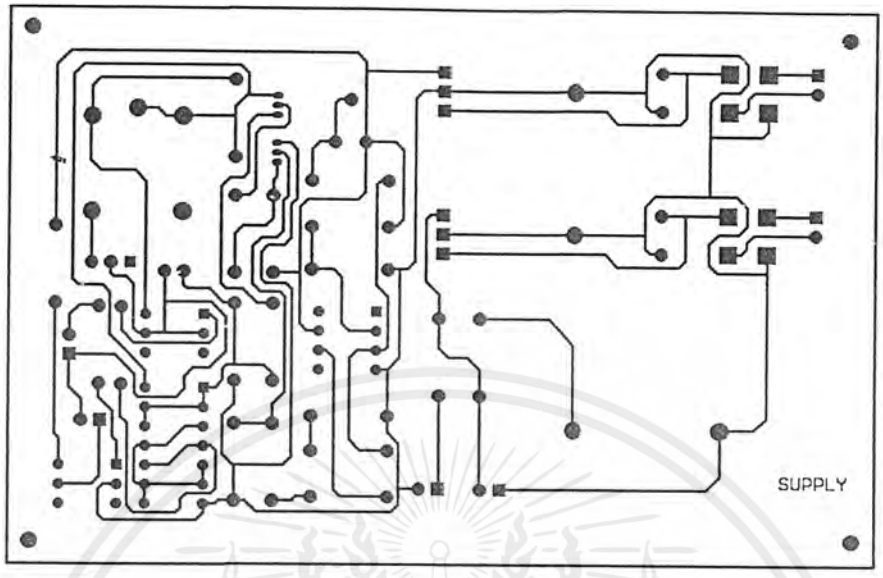


รูปที่ 3.15 แสดงวงจรชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่งอันเนื่องมาจากฝนฟ้าคะนอง

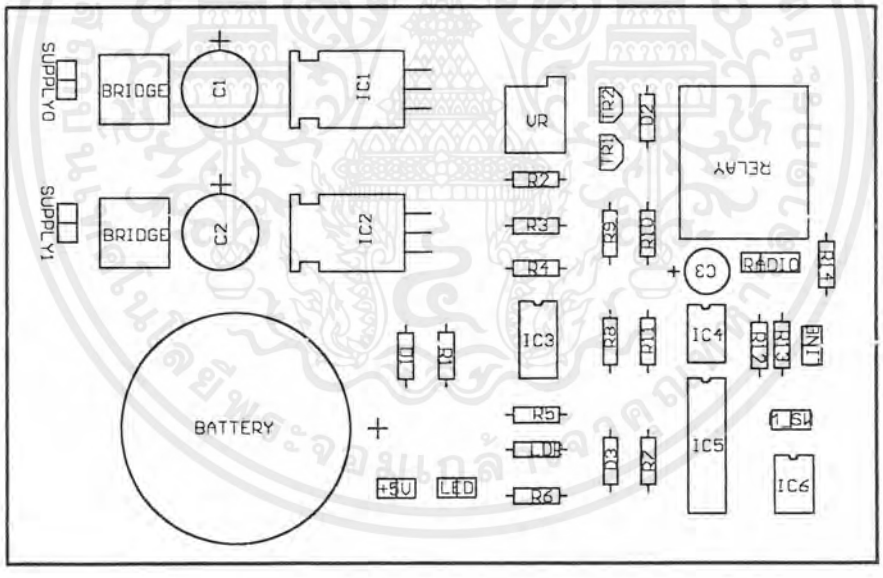
การต่อใช้งานสามารถทำได้โดยการนำแหล่งจ่ายไฟมาต่อเข้ากัยรีเลย์ตรงจุด Line และต่อไฟไปเข้าวิทยุตรงจุด Radio ซึ่งรีเลย์จะทำหน้าที่เหมือนสวิทช์คอยตัด-ต่อการจ่ายไฟให้กับเครื่องรับ-ส่งวิทยุ

จากวงจรจะเห็นว่าเมื่อมีแสงมาตกกระทบที่ LDR จะทำให้ค่าความต้านทานลดลงจะทำให้เกิดค่าความต้านทานที่แตกต่างทำให้ OP-AMP ทำงานมีค่าแรงดันไฟฟ้าออกมา ส่งผลไปไบอัสทรานซิสเตอร์ 2N2222 ทำการขยายสัญญาณ ส่งไปไบอัสทรานซิสเตอร์อีกตัวหนึ่ง 2N3906 เป็นสวิทช์ ON-OFF เพื่อป้อนให้กับ NAND GATE ไป SENSOR ที่ตัว OPTO ให้ OPTO ทำการ ON RELAY อีกทีหนึ่ง ซึ่งถ้าแสงมากก็จะทำการ ON แต่ถ้าแสงมีน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ ก็จะ OFF ตัดไฟที่จ่ายให้กับชุดรับ-ส่ง อีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



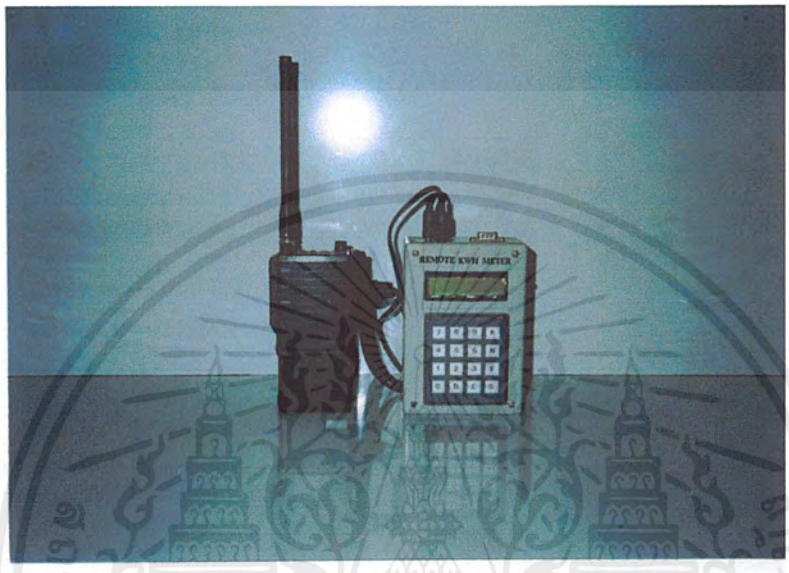
รูปที่ 3.16 แสดงลายวงจรของชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่ง



รูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การใช้งาน



รูปที่ 4.1 แสดงชุดรีโมทคอนโทรล

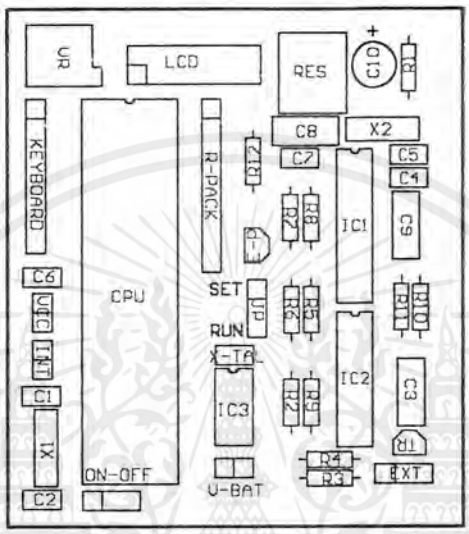
รูปที่ 4.2 แสดงชุดกิโลวัตต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 การตั้งค่าเริ่มต้นของชุดกิโลวัตต์

การเซ็ตหมายเลขเครื่องและค่ากำลังงานไฟฟ้าเริ่มต้นให้กับชุดกิโลวัตต์มิเตอร์

1.เลือก JUMPPER JP มาที่ SET



รูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งอุปกรณ์บนแผ่นวงจร

2.ทำการ ON เครื่อง ที่หน้าจอ LCD จะปรากฏข้อความว่า NUMBER kwh : ให้ทำการป้อนหมายเลขเครื่องที่กำหนดลงไป 5 หลัก หลังจากนั้น กดเครื่องหมาย # ที่หน้าจอจะปรากฏ ข้อความ START UNIT : ให้ใส่ค่าการใช้ไฟฟ้าเริ่มต้นลงไป 5 ตำแหน่งให้ตรงกับค่าการใช้งานที่ตัวมิเตอร์แล้วกดเครื่องหมาย # เป็นการตั้งค่าเรียบร้อย

3.เลือก JUMPPER ไปที่ตำแหน่ง RUN แล้วกด RESET เครื่องก็จะทำงานต่อไป

4.2 การใช้งาน Remote Control ในฟังก์ชันต่างๆ

วิธีการใช้งานชุดรีโมท สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ต่อ SUPPLY ขนาด 5 VOLT DC

2. ตัวเครื่องรีโมทจะมีสวิทช์อยู่ 2 ตัว คือ สวิทช์ ON - OFF และสวิทช์เลือกการใช้งานเป็น REMOTE หรือ ติดต่อกับ COMPUTER (PC)

3. เลือกการใช้งานเป็น REMOTE ให้เลือกสวิทช์มาที่ตำแหน่ง REMOTE และเลือกฟังก์ชั่น (1) kwh หลังจากนั้นก็เลือกฟังก์ชัน (1) kwh อีกครั้งหนึ่ง จะมีข้อความปรากฏที่จอ LCD NUMBER kwh ; พร้อมที่จะรอรับหมายเลขเครื่องได้ทันที

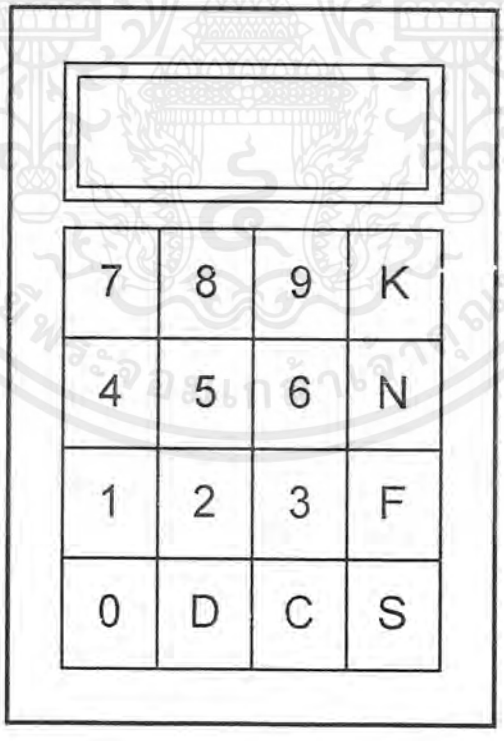
4. ป้อนหมายเลขเครื่อง 5 ตัวให้ตรงกับหมายเลขเครื่องที่ชุดกิโลวัตต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อป้อนหมายเลขเครื่องผิดพลาดสามารถกด D (DEL) เครื่องจะทำการลบหมายเลขเครื่องที่ป้อนผิดทีละหลักและสามารถป้อนหมายเลขใหม่ได้

6. เมื่อกดหมายเลขถูกต้องแล้ว ถ้าต้องการสั่งงานในฟังก์ชั่นใดก็ให้กด Key ตามฟังก์ชันที่ต้องการ

- กด K (KEEP) เพื่อเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้าจากชุดกิโลวัตต์มิเตอร์
- กด N (ON Kwh) เมื่อต้องการต่อการจ่ายไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้าตามปกติ
- กด F (OFF Kwh) เมื่อต้องการตัดการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า
- เมื่อต้องการทราบสถานะการตัดต่อไฟฟ้าของกิโลวัตต์ตัวใด ก็ป้อนหมายเลขเครื่องและตามด้วย S เครื่องก็จะทำการตรวจสอบสภาวะการตัดต่อและจะส่งผลกลับมาที่ชุดรีโมทและจะแสดงสภาวะการตัดต่อไฟฟ้าให้ดูที่จอ LCD
- เมื่อทำการสั่งงานเรียบร้อยแล้วต้องการที่จะสั่งงานเครื่องต่อไปก็กด C เพื่อทำการเริ่มต้นทำงานใหม่อีกครั้ง

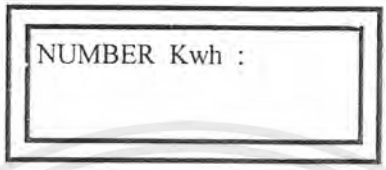


รูปที่ 4.4 ลักษณะของ FUNCTION SWITCH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การแสดงผลเมื่อมีการใช้งานในฟังก์ชั่นต่างๆ

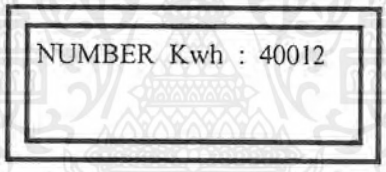
เมื่อเราเลือกฟังก์ชันมาที่ KWH แล้ว คือการติดต่อกับกิโลวัตต์ ที่หน้าจอของรีโมทจะขึ้นข้อความดังนี้



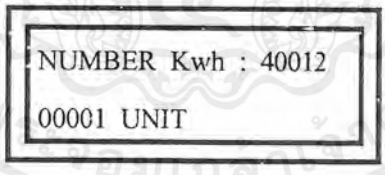
หลังจากนั้นเราต้องการติดต่อกับกิโลวัตต์หมายเลขใด ก็ให้ป้อนหมายเลขเครื่องที่ต้องการแล้วกดฟังก์ชันคำสั่งตามที่ต้องการ

1. KEEP DATA (K)

1. ป้อนหมายเลขเครื่องของชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ที่ต้องการเก็บข้อมูล

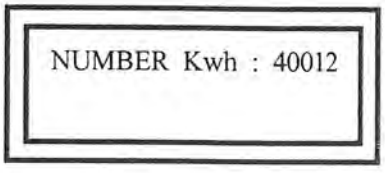


2. กด K เครื่องจะรอรับข้อมูลและแสดงผล



2. ON-Kwh และ OFF-Kwh

1. ป้อนหมายเลขเครื่องของชุดกิโลวัตต์มิเตอร์ที่ต้องการต่อการจ่ายไฟฟ้าหรือตัดการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กด N หรือ F เครื่องจะส่งข้อมูลไปทำการต่อหรือตัดการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า และแสดงผล ถ้า กด N จะเป็นการจ่ายไฟฟ้าให้ผู้ใช้ได้ตามปกติ

NUMBER Kwh : 40012 ON OK

กด F จะเป็นการตัดการจ่ายไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ยอมจ่ายค่าไฟฟ้า

NUMBER Kwh : 40012 OFF OK

ในกรณีที่รีโมทไม่สามารถติดต่อกับชุดกิโลวัตต์ได้ รีโมทจะแสดงข้อความว่า NO CONNECT คือ ไม่สามารถติดต่อได้

NUMBER Kwh : 40012 NO CONNECT

4.4 การถ่ายโอนข้อมูลระหว่างชุดรีโมทกับคอมพิวเตอร์

รูปที่ 4.5 แสดงชุดการติดต่อระหว่างรีโมทกับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม (Program) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. โปรแกรม (Program) ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) ของชุด Remote Kilowatt-Hour meter

2. โปรแกรม (Program) ที่ใช้ในการคิดราคาค่าการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยปริ้นออกมาเป็นใบเสร็จ ผ่านทางพอร์ตปริ้นเตอร์

โปรแกรมทั้งสองส่วนเขียนขึ้นโดยใช้ภาษาเดลไฟ 4 (Delphi 4) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีความโดดเด่นในด้านฐานข้อมูล สามารถใช้งานและพัฒนาการเขียนโปรแกรมได้เป็นอย่างดี

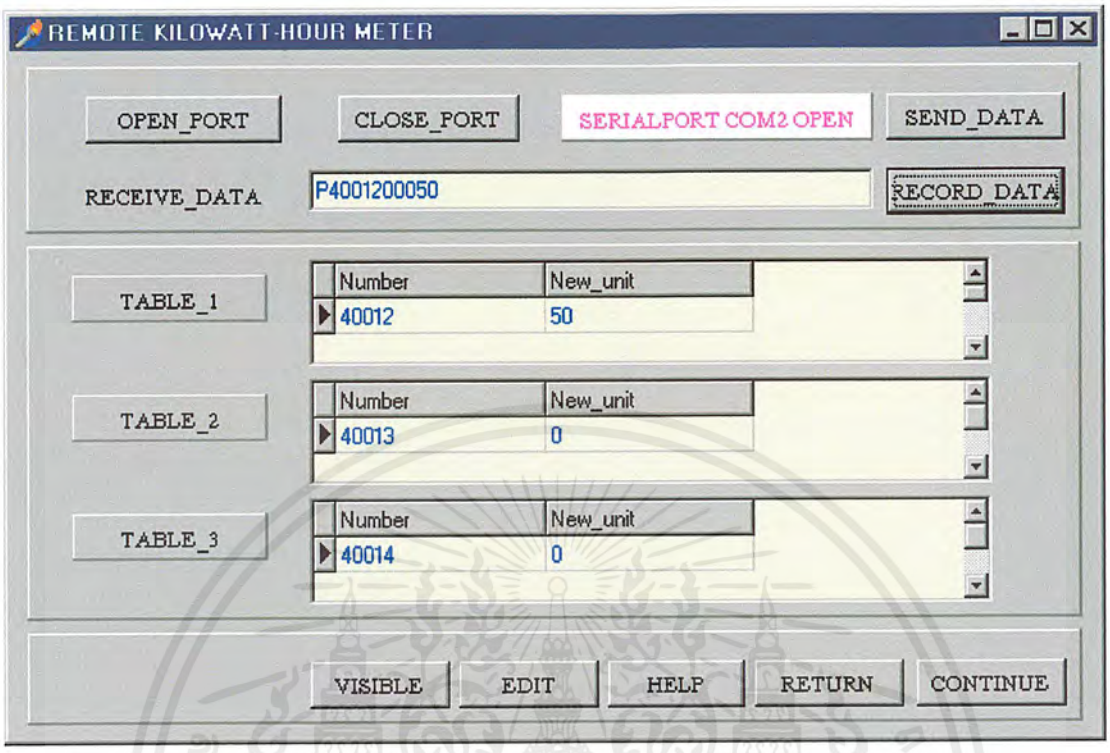
โปรแกรมประกอบด้วยฟอร์ม(Form) ต่างๆดังนี้

FORM 1

เป็นฟอร์มที่ใช้ในการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดรีโมทโดยใช้คอมโพแนนต์ (Component) Mscomm เป็นตัวติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 โดยมี พารามิเตอร์เป็นรูปแบบของการติดต่อสื่อสารคือ P เป็นตัวบ่งบอกถึง การแบ่งข้อมูลแต่ละชุดให้แยกออกจากกันโดยใช้เป็นตัวเริ่มต้นของชุดข้อมูล ตัวเลข 5 ตำแหน่งแรกแสดงถึงหมายเลขเครื่องตัวกิโลวัตต์ที่กำหนดขึ้น และ ตัวเลข 5 ตำแหน่งหลังแสดงถึง จำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า สิ่งสำคัญในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์และชุดรีโมทคือ

- อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล (Baud rate) ซึ่งจะต้องเซตให้ตรงกันโดยทำการเซตไว้ที่ 1,200 บิต/วินาที
- จำนวนบิตที่ใช้ในข้อมูลแต่ละไบต์ มีค่าอยู่ระหว่าง 4-8 บิต โดยทำการเซตไว้ที่ 8 บิต
- ชนิดของพาริตี้บิต โดยทำการเซตไว้ที่ NOPARITY คือ ไม่มีการเช็คพาริตี้
- จำนวนบิตหยุด (stop bit) ที่ใช้ โดยทำการเซตไว้ที่ 1 stop bit
- พอร์ตในการใช้งาน โดยทำการเซตไว้ที่ พอร์ต 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลำดับขั้นการใช้งาน FORM 1 ประกอบด้วย

เมื่อทำการต่อสาย RS-232 ระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดรีโมท เรียบร้อยแล้ว ที่ ชุดรีโมท เลื่อนสวิทช์ไปที่ PC ทำการเปิดสวิทช์ ON ที่หน้าจอ LDR จะปรากฏ LINK TO COMPUTER ซึ่งเป็นตัวแสดงให้รู้ว่าชุดรีโมทพร้อมที่จะโอนถ่ายข้อมูลแล้ว จากนั้นพิจารณาที่ฟอร์ม 1

กดปุ่ม OPEN_PORT เพื่อทำการเปิดพอร์ต RS-232 ให้มีสภาวะพร้อมที่จะโอนถ่ายข้อมูล และในทำนองเดียวกันเมื่อไม่ต้องการที่จะติดต่อพอร์ต ก็กดปุ่ม CLOSE_PORT

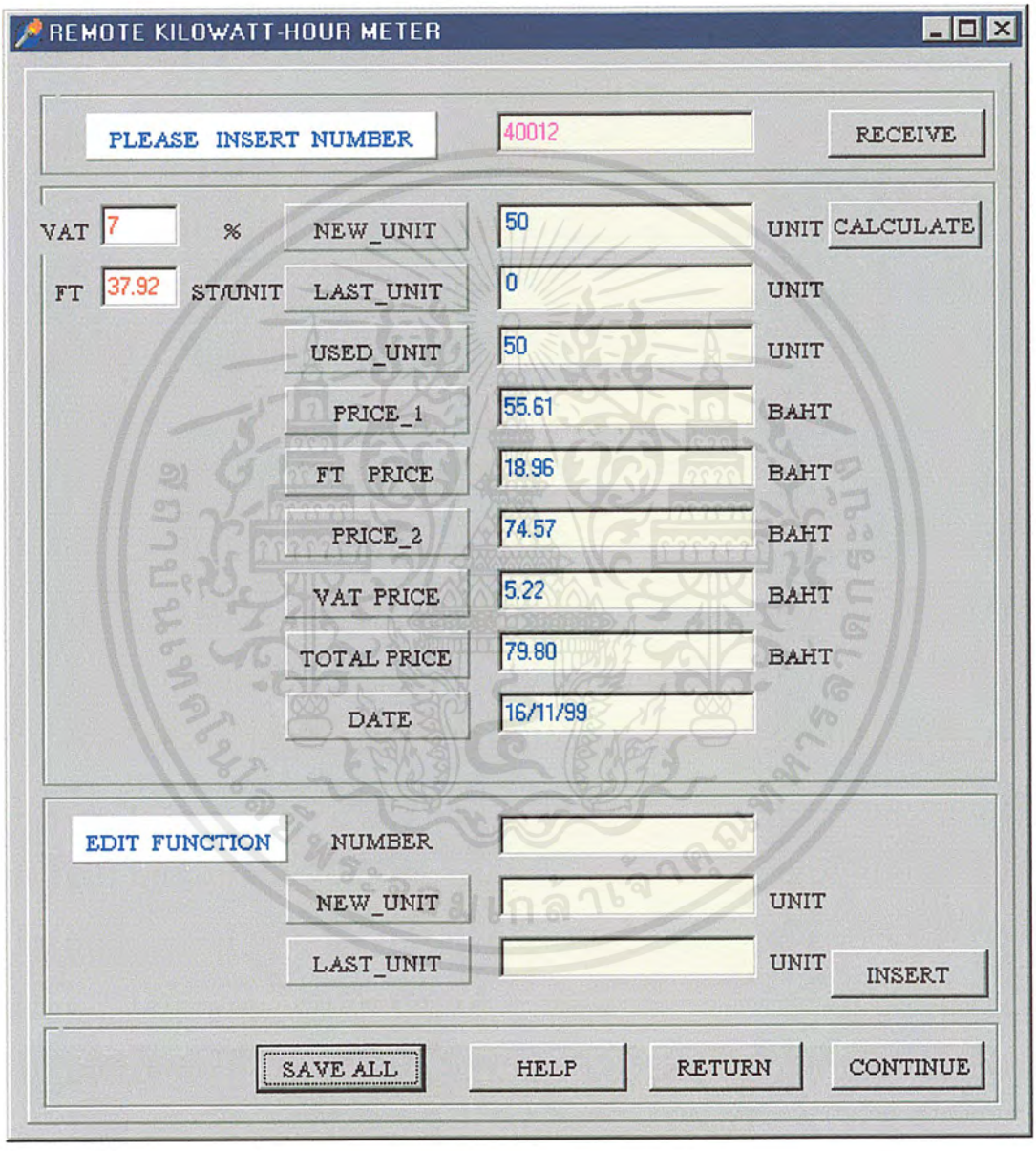
กดปุ่ม SEND_DATA เพื่อเป็นการบอกชุดรีโมทว่า ทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว ให้ชุดรีโมทส่งข้อมูลมาได้ ทางด้านชุดรีโมทก็จะโอนถ่ายข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 มาปรากฏที่ช่อง RECEIVE_DATA เพื่อให้เห็นถึงจำนวนข้อมูลที่ส่งมา

กดปุ่ม RECORD_DATA เพื่อทำการบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าลงฐานข้อมูล ซึ่งการบันทึกข้อมูลนั้นสามารถบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าได้ทุกหมายเลขเครื่องที่ชุดรีโมทโอนถ่ายข้อมูลมาโดยการกดปุ่ม RECORD-DATA เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FORM 2

เป็นฟอร์มที่ใช้ในการแสดงการคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย หลังจากที่ได้ทำการรับข้อมูล
จากชุดรีโมทมาเก็บไว้ในฐานข้อมูลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว



ลำดับขั้นการใช้งาน FORM 2 ประกอบด้วย

ป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายลงในช่อง INSERT NUMBER

กดปุ่ม RECEIVE เพื่อดึงค่าหน่วยการใช้ไฟฟ้าครั้งใหม่จากฐานข้อมูลมาเป็นเงื่อนไขในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้อนค่า ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) และ FT ลงในช่องที่กำหนดให้ ตัวแปรทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามสภาวะเศรษฐกิจของประเทศ

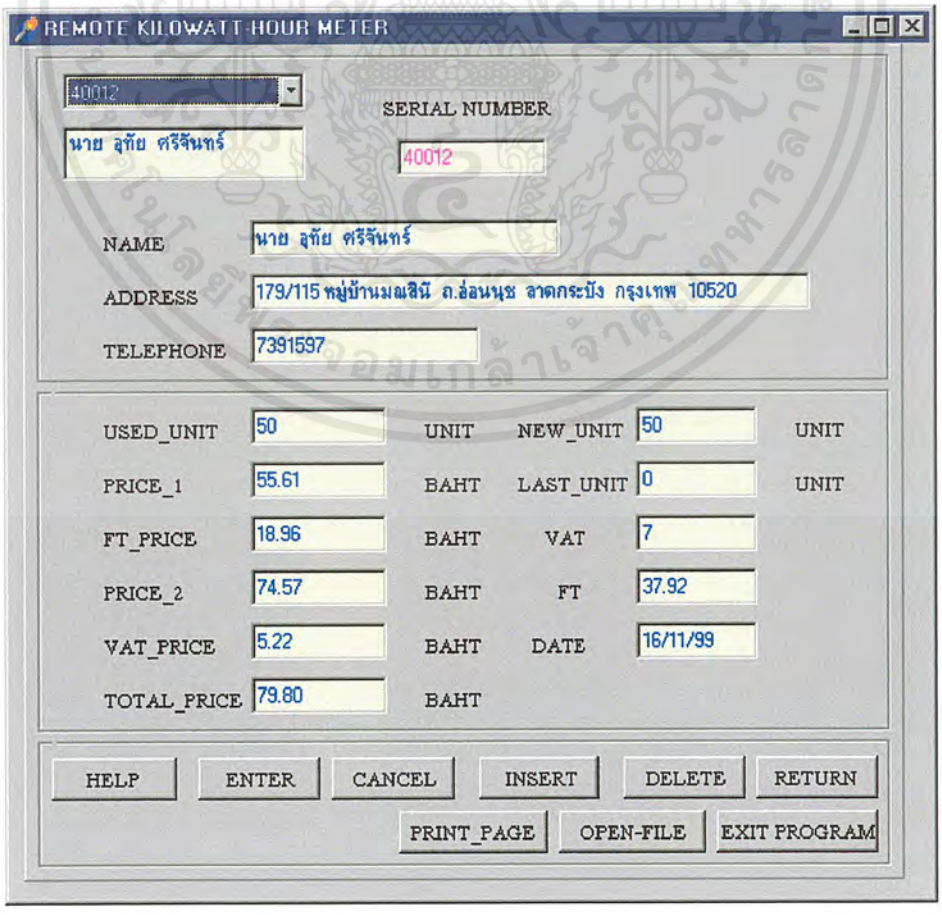
กดปุ่ม CALCULATE เพื่อใช้โปรแกรมคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้า ข้อจำกัดของโปรแกรมคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าคือ โปรแกรมสามารถคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าได้ถูกต้องเมื่อ หน่วยการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนไม่เกิน 150 หน่วย

กดปุ่ม SAVE_ALL เพื่อทำการบันทึกค่าที่คำนวณได้ลงฐานข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย

ในส่วนของ EDIT FUNCTION เป็นส่วนของการแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดจากการไฟฟ้า เช่น ในกรณีที่มีผู้ใช้ไฟฟ้าร้องเรียนว่าภายในเดือนนั้นจ่ายค่าไฟฟ้ามากกว่าปกติ เมื่อทำการหาสาเหตุปรากฏว่า เป็นความผิดพลาดของการไฟฟ้าเอง จึงต้องทำการแก้ไขข้อมูลภายในเดือนนั้นให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าใหม่

FORM 3

เป็นฟอร์มที่ใช้ในการแสดงข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย โดยจะแสดง ชื่อ ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ พร้อมทั้งแสดงค่าหน่วยการใช้ไฟฟ้า และค่าการใช้ไฟฟ้าในเดือนปัจจุบัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการใช้งาน FORM 3 ประกอบด้วย

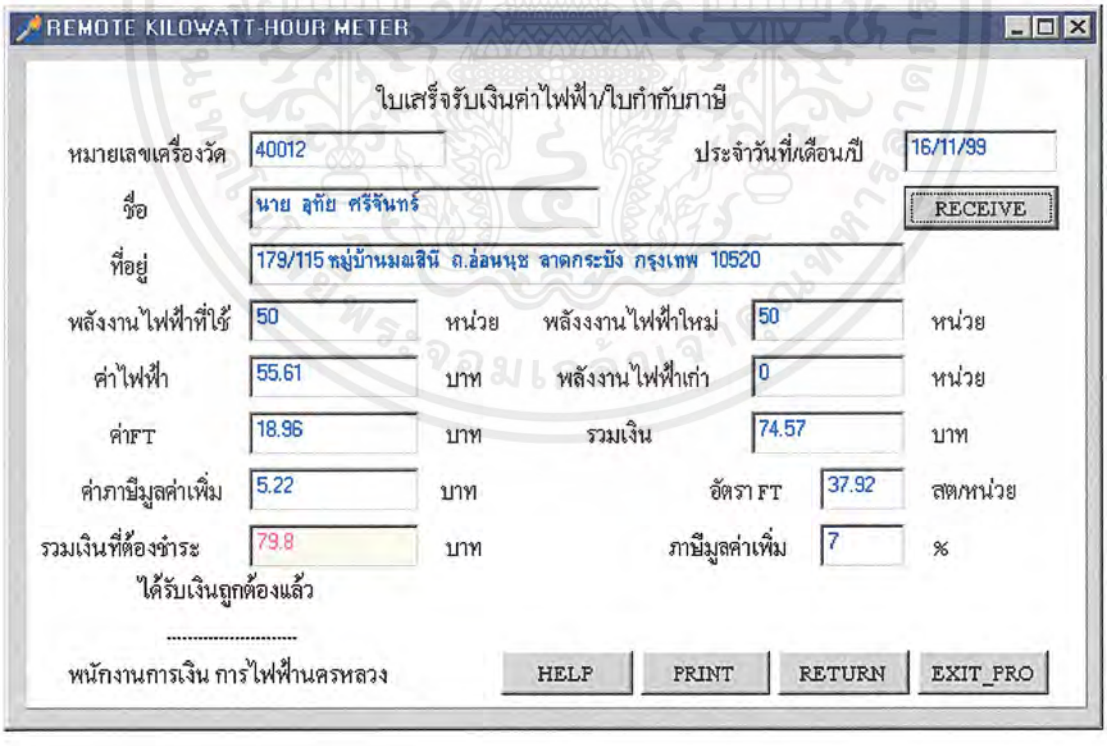
กดปุ่มลูกศรชี้ลงที่ช่องแสดงหมายเลขเครื่อง ภายในช่องจะแสดงหมายเลขเครื่องทั้งหมดที่ถูกบันทึกอยู่ จากนั้นทำการเลือกหมายเลขเครื่องที่ต้องการจะดูข้อมูล

FORM 3 ยังทำหน้าที่ในการเพิ่มหรือลบข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าออกจากฐานข้อมูล ซึ่งในการเพิ่มข้อมูลสามารถทำได้โดย กดปุ่ม INSERT จากนั้น ทำการป้อนข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่เข้าไป เมื่อป้อนข้อมูลครบแล้ว กดปุ่ม ENTER เพื่อทำการยืนยันการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

การลบข้อมูลออก ทำได้โดย ทำการเลือกหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องการจะลบข้อมูลออก จากช่องแสดงหมายเลขเครื่อง จากนั้นกดปุ่ม DELETE เพื่อทำการลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูล โดยทั้งสองคำสั่งคือ เพิ่มและลบข้อมูล สามารถยกเลิกการกระทำได้โดยการกดปุ่ม CANCLE เพื่อยกเลิกการกระทำดังกล่าว

FORM 4

เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงรูปแบบของใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า/ใบกำกับภาษี และปริ้นใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าออกทางพอร์ต ปริ้นเตอร์ ข้อจำกัดของ FORM 4 คือ สามารถปริ้นใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าได้ทีละหมายเลขตามค่าที่ป้อนเข้าไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการใช้งาน FORM 4 ประกอบด้วย

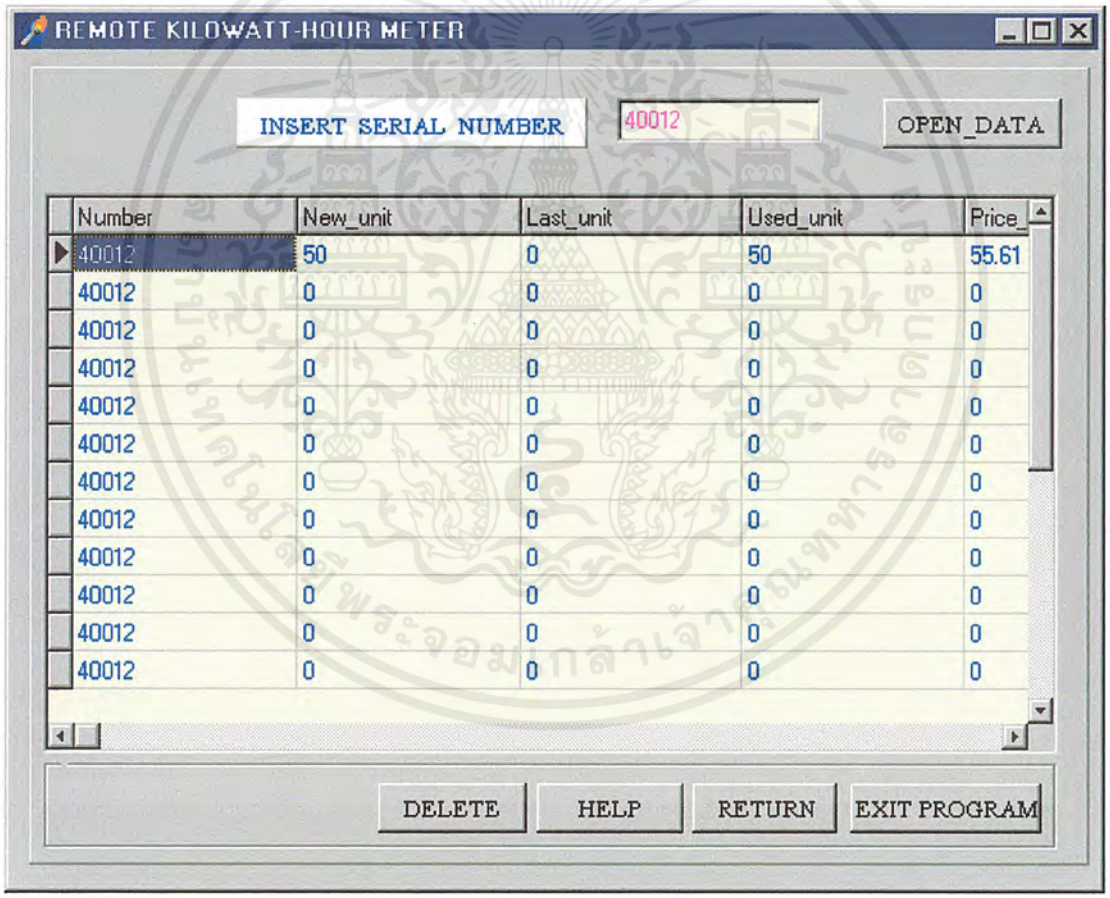
ป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้า

กดปุ่ม RECEIVE เพื่อนำข้อมูลมาบันทึกไว้บนใบเสร็จ

กดปุ่ม PRINT เพื่อปริ้นใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าออกทางพอร์ตปริ้นเตอร์

FORM 5

เป็นฟอร์มที่ใช้แสดงหลักฐานการใช้ไฟฟ้า ในกรณีที่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น เช่น ผู้ใช้ไฟฟ้าอาจจะจ่ายค่าการใช้ไฟฟ้าสูงกว่า ปกติในเดือนนั้น เมื่อผู้ใช้ไฟฟ้าเกิดข้อสงสัยต้องการจะดูการใช้ไฟฟ้าของตัวเองก็สามารถแสดงข้อมูลให้ดูได้โดย FORM 5 โดยข้อมูลจะถูกเก็บไว้นาน 12 เดือน หลังจากนั้นจะถูกลบทิ้งไป



ลำดับขั้นการใช้งาน FORM 5 ประกอบด้วย

ป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าลงในช่อง INSERT NUMBER

กดปุ่ม OPEN _DATA เพื่อแสดงข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลอง

5.1 ความเที่ยงตรงของการตรวจจับการใช้กำลังงานไฟฟ้า ระหว่าง Microcontroller กับ Meter

การทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องวัดกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อตรวจสอบว่าสามารถใช้งานได้ถูกต้องตรงตามความเป็นจริงหรือไม่ ซึ่งในการทดลองจะใช้มิเตอร์ 2 ตัวที่มีความแตกต่างกันคือ มิเตอร์ขนาด 5(15) A โดยใช้การหมุนของมิเตอร์ที่ 1200 รอบ ต่อ ยูนิต และขนาด 10 (45) A โดยใช้การหมุนของมิเตอร์ที่ 300 รอบ ต่อ ยูนิต ซึ่งสามารถทำการทดสอบได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ

1. โดยการต่อโหลด แล้วเทียบเวลาที่ใช้งาน ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสูตร

1 KWH = กำลังงาน*เวลา(ชั่วโมง)/1000

ซึ่งจากการทดลองนั้นค่าที่คำนวณได้นั้น ไม่ตรงกับที่แสดงที่ตัวมิเตอร์คลาดเคลื่อนไปเล็กน้อย โดยค่าที่ตัวมิเตอร์ครบ 1 ยูนิต ช้ากว่าเวลาที่คำนวณได้ อาจเป็นผลมาจากสนามแม่เหล็กในบริเวณนั้นและความฝืดของจานหมุนซึ่งตัวมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนั้นเป็นมิเตอร์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว

2. โดยการตรวจจับรอบการหมุนของมิเตอร์โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่ามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองมี 2 ขนาด มีจำนวนรอบการหมุนต่อ 1 ยูนิต ต่างกัน ซึ่งจากการทดลองให้ผลดังนี้

ตัวที่	รอบตาม Name Plate (rev/kwh)	รอบที่นับได้
1	300	300
2	1200	1200

ดังนั้น % ถูกต้องระหว่างการนับรอบ=รอบที่นับได้/รอบตามName Plate

<u>เครื่องที่1</u> % ถูกต้อง = 300*100%/300

= 100 %

<u>เครื่องที่2</u> % ถูกต้อง = 1200*100%/1200

= 100 %

จากการทดลองจะเห็นว่า 1 ยูนิตที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับได้นั้นมีค่าตรงกับที่ตัวมิเตอร์ ดังนั้นความเที่ยงตรงของการตรวจจับวิธีนี้จึงให้ค่าความถูกต้องที่ดีกว่าแบบที่ 1 และผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้ายังสามารถตรวจสอบค่าการใช้ไฟฟ้าของตนได้อีกด้วยโดยดูได้ที่ตัวมิเตอร์ เพราะค่าที่ตรวจจับได้จะมีค่าเท่ากันกับที่ตัวมิเตอร์

5.2 การรับส่งของตัวรีโมตและกิโลวัตต์ในฟังก์ชันต่างๆ

เครื่องอ่านกำลังไฟฟ้าระยะไกลนี้มีฟังก์ชันในการทำงานอยู่ทั้งหมด 4 ฟังก์ชันด้วยกันได้แก่

1.ฟังก์ชัน KEEP (K) เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการเก็บค่าการใช้ไฟฟ้าจากมิเตอร์ตามหมายเลขเครื่องที่เราป้อน

2. ฟังก์ชัน ON (N) เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการต่อการจ่ายไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟฟ้าตามปกติ

3. ฟังก์ชัน OFF (F) เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการตัดการจ่ายไฟฟ้าในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่จ่ายค่าไฟฟ้า

4. ฟังก์ชัน STATUS (S) เป็นฟังก์ชันที่ใช้ตรวจสอบสภาวะการตัดต่อไฟฟ้าเมื่อต้องการทราบว่าที่มิเตอร์ตัวใดตัดหรือต่อการจ่ายไฟฟ้าอยู่ไฟฟ้าอยู่

ซึ่งทั้ง 4 ฟังก์ชันนี้ได้ทำการทดสอบการทำงานที่ระยะต่างๆ ให้ผลดังต่อไปนี้

ฟังก์ชัน KEEP (K)

ระยะทาง (m)	จำนวนครั้งที่ทำการทดสอบ	จำนวนครั้งที่สามารถติดต่อกันได้
1	30	30
10	30	30
20	30	30
50	30	30
100	30	30
120	30	30
140	30	30
145	30	25
150	30	19
155	30	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน ON (N)

ระยะทาง (m)	จำนวนครั้งที่ทำการทดสอบ	จำนวนครั้งที่สามารถติดต่อกันได้
1	30	30
10	30	30
20	30	30
50	30	30
100	30	30
120	30	30
140	30	30
145	30	23
150	30	21
155	30	14

ฟังก์ชัน OFF (F)

ระยะทาง (m)	จำนวนครั้งที่ทำการทดสอบ	จำนวนครั้งที่สามารถติดต่อกันได้
1	30	30
10	30	30
20	30	30
50	30	30
100	30	30
120	30	30
140	30	30
145	30	27
150	30	20
155	30	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชัน STASUS (S)

ระยะทาง (m)	จำนวนครั้งที่ทำการทดสอบ	จำนวนครั้งที่สามารถติดต่อกันได้
1	30	30
10	30	30
20	30	30
50	30	30
100	30	30
120	30	30
140	30	30
145	30	25
150	30	20
155	30	14

ซึ่งจากการทดลองสรุปได้ว่าเครื่องรับส่งสามารถให้ความถูกต้องนั้นขึ้นอยู่กับระยะทางในการรับส่งเนื่องจากระยะทางที่ไกลขึ้นมีผลทำให้สัญญาณอ่อนลงและเกิดการรบกวนได้ง่ายและสัญญาณที่รับมานั้นเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ไม่ใช่สัญญาณเสียงที่คนสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเสียงนั้นเป็นเสียงอะไรมาจากใคร ดังนั้นสัญญาณที่รับมาจึงต้องการความถูกต้องมาก ทำให้ระยะทางที่ทำการทดลองได้ไม่ไกลเท่าที่ควร

5.3 ชุดป้องกันวิทยุรับ-ส่งอันเนื่องจากฝนฟ้าคะนอง

การทดลองการทำงานของวงจรชุดนี้ ได้ทำการทดลองโดยตรวจสอบสภาวะเวลาที่เกิดฝนฟ้าคะนอง โดยการตั้งค่าการตรวจจับแสงที่ค่าๆหนึ่ง ปรากฏว่าเมื่อแสงมีขนาดลดลงน้อยกว่าค่าที่ได้ตั้งไว้ วงจรก็จะทำการตัดไฟฟ้าที่จ่ายให้กับชุดรับ-ส่งทุกครั้งไป และในเวลาค่ำคืนซึ่งเป็นเวลาที่พนักงานการไฟฟ้าไม่ทำงานวงจรนี้ก็จะทำการตัดไฟฟ้าที่จ่ายให้กับชุดรับ-ส่ง เพื่อเป็นการประหยัดไฟฟ้าด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การทดลองใช้งานโปรแกรมคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้า

จากโครงงานเมื่อเก็บค่าหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้ามาเก็บไว้ที่ชุดรีโมทแล้ว จากนั้นจะทำการถ่ายโอนข้อมูลจากชุดรีโมทสู่คอมพิวเตอร์เพื่อใช้โปรแกรมในการคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าเพื่อปริ้นเป็นใบเสร็จ ซึ่งข้อจำกัดของโปรแกรมการคำนวณจะสามารถคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าได้ถูกต้อง เมื่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน ซึ่งเป็นการใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

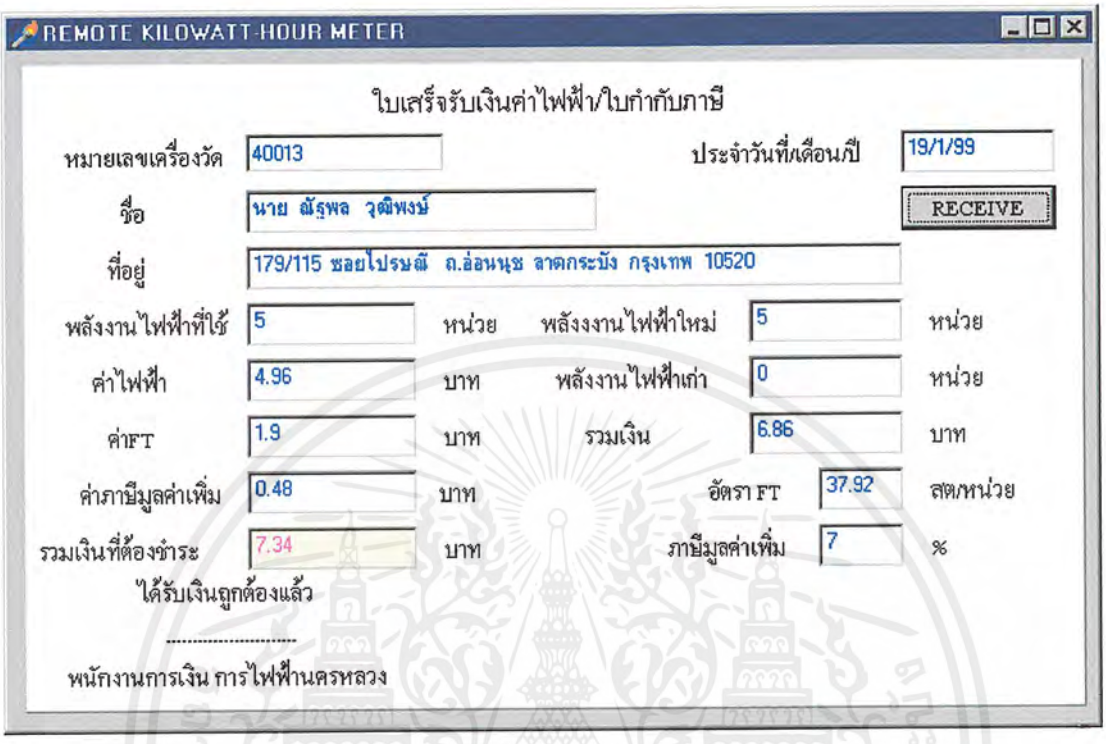
อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

5 หน่วย(Kilowatt Hour) แรก (หน่วยที่1-5)	เป็นเงิน	4.96	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่6-15)	หน่วยละ	0.7124	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่16-25)	หน่วยละ	0.8993	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่26-35)	หน่วยละ	1.1516	บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่36-100)	หน่วยละ	1.5348	บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่101-150)	หน่วยละ	1.6282	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่151-400)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย(หน่วยที่401 ขึ้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

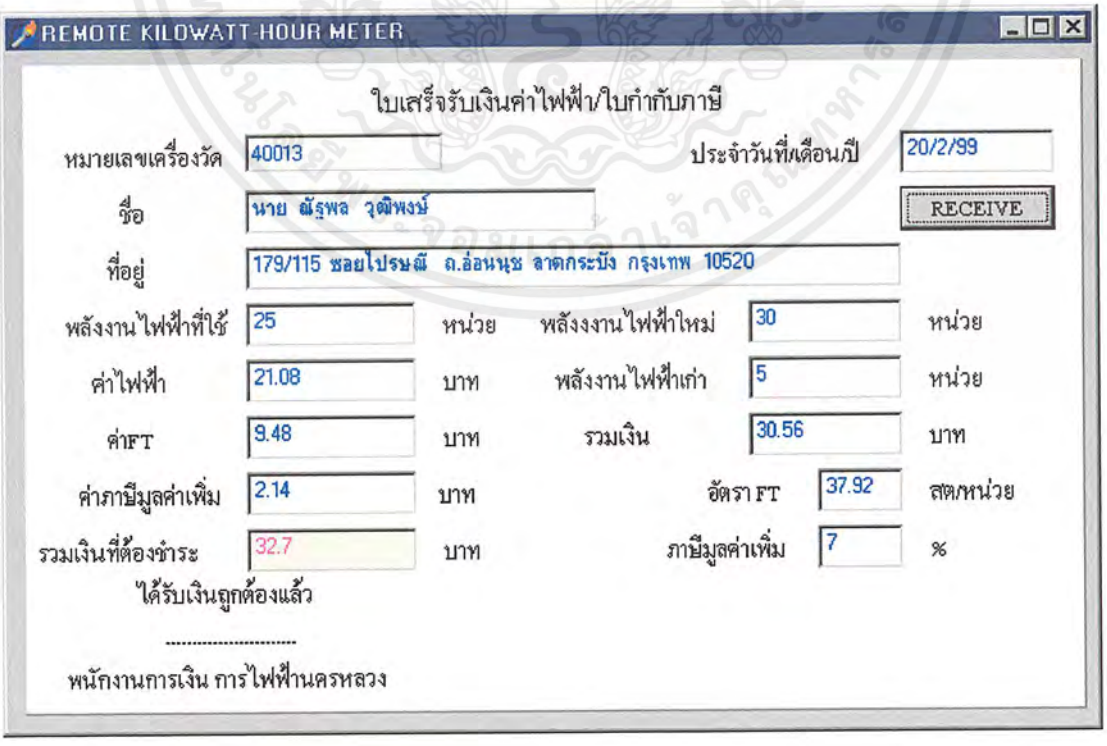
ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ 4.67 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บตัวอย่างใบเสร็จครั้งที่ 1

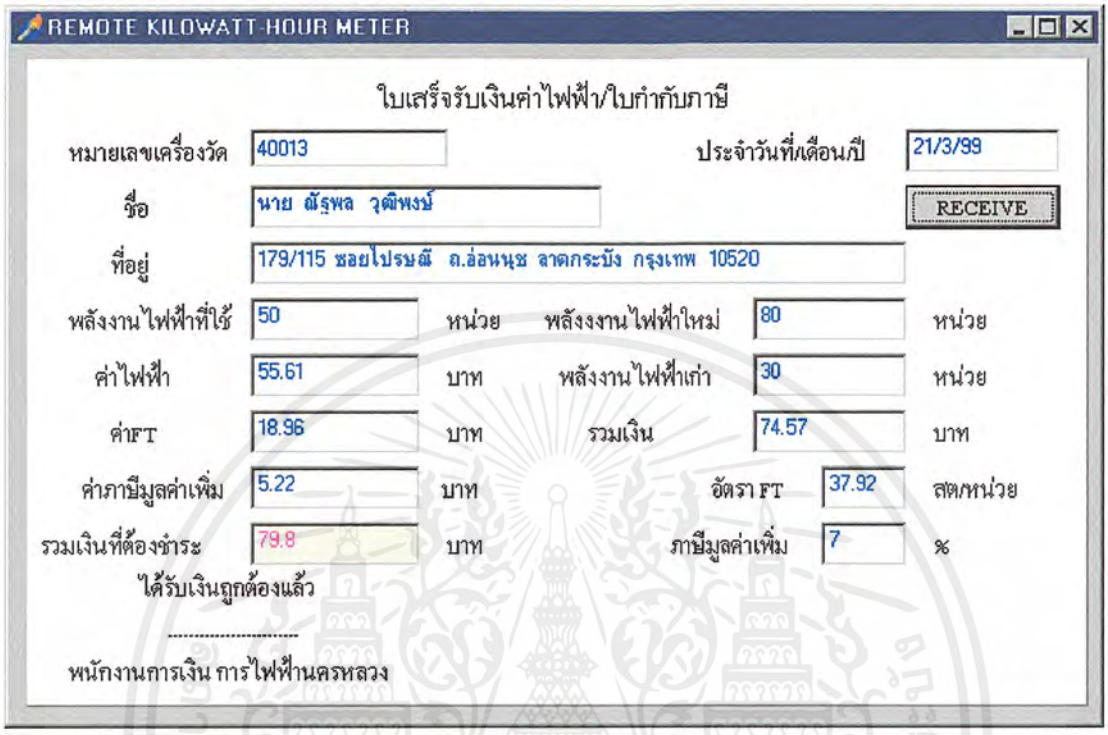


การเก็บตัวอย่างใบเสร็จครั้งที่ 2

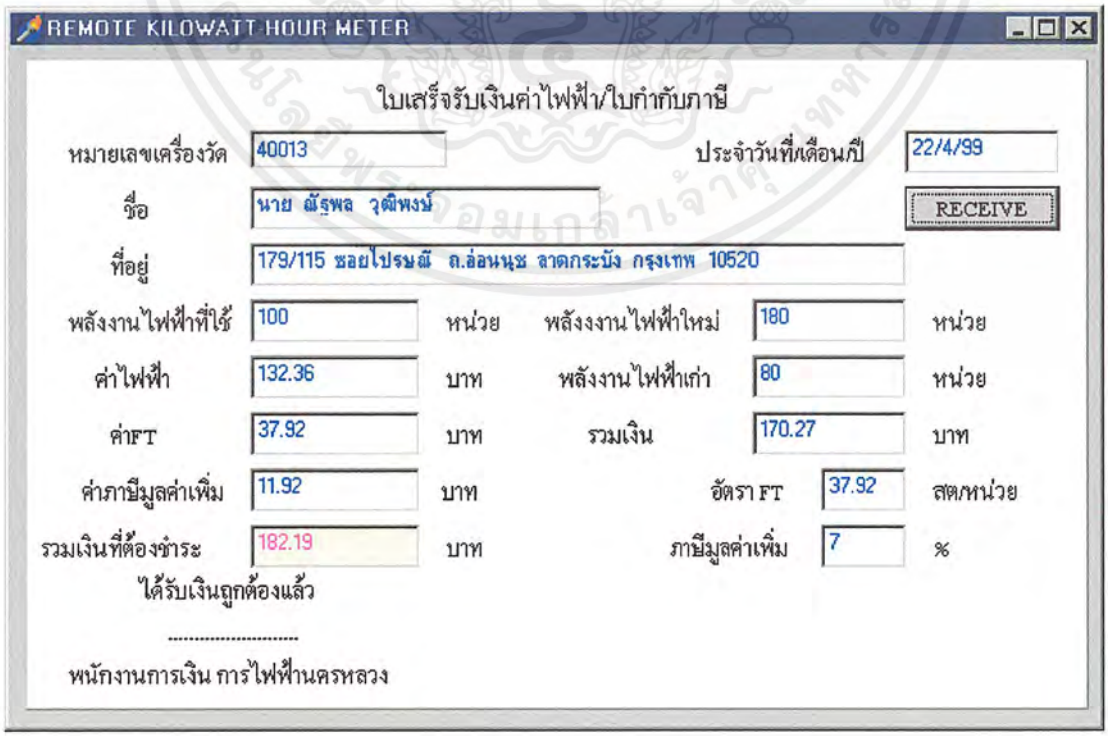


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บตัวอย่างใบเสร็จครั้งที่ 3

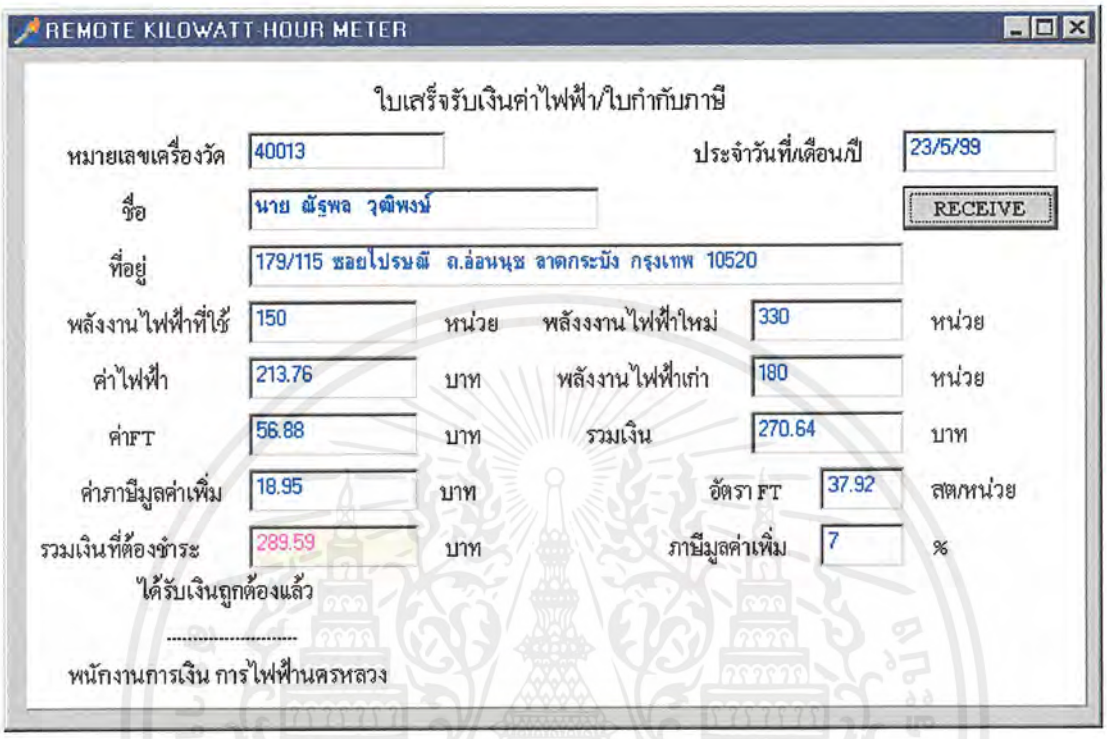


การเก็บตัวอย่างใบเสร็จครั้งที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บตัวอย่างใบเสร็จครั้งที่ 5



5.5 สรุปผลและปัญหาที่เกิดขึ้น

จากการทดลองผลที่ได้จะเห็นว่าเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพการรับ-ส่งลดลง ซึ่งสาเหตุของการรับส่งในระยะทางไกลไม่ค่อยดีนักก็เนื่องจาก

1.ข้อจำกัดด้านระยะทางในการส่ง เนื่องจากการส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุย่าน VHF ทำให้เกิดข้อจำกัดทางด้านระยะทางสูงสุดที่สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ โดยทั่วไปสามารถคิดคร่าวๆได้ว่าขอบเขตของระยะทางที่สามารถใช้ติดต่อสื่อสารได้มีค่าเท่ากับระยะทางตามแนวสายตาเท่าที่คลื่นสามารถเดินทางไปได้โดยไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ มากั้น บวกระยะทางคลาดเคลื่อนประมาณ 10-15% นอกจากนี้ระยะทางในการสื่อสารยังถูกกำหนดด้วยกำลังส่งของเครื่องรับส่งวิทยุ ประเภทและตำแหน่งการติดตั้งสายอากาศ ความถี่ที่ใช้ส่งข้อมูลออกอากาศ และความยาวของสายส่งที่ลากจากเครื่องรับส่งวิทยุไปถึงสายอากาศอีกด้วย ทั้งนี้ยังมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับระยะทางในการรับส่งซึ่งก็คือสิ่งกีดขวางต่างๆเช่น ภูเขา กลุ่มตึกหรืออาคารสูง กระจก

2.ปัญหาที่เกิดจากการรบกวนจากอุปกรณ์อื่น ซึ่งอุปกรณ์ที่สามารถทำให้ข้อมูลที่รับเข้ามาเกิดการผิดพลาดได้แก่ อุปกรณ์ที่มีการกำเนิดความถี่ขึ้นด้วยตัวเองเช่น คอมพิวเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้า ไม่ควรตั้งเครื่องรับส่งไกล้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในรัศมี 1.5-2 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่6

บทสรุป

โครงงานเครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าแบบรีโมทได้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการพัฒนาการเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้าแทนการเดินเก็บข้อมูลมาเป็นการเก็บข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้กับพนักงานการไฟฟ้า สิ่งที่ได้ทำการปรับปรุงพัฒนาขึ้นจากโครงงานเดิมก็คือ

ส่วนของชุด REMOTE CONTROL ที่ได้ปรับปรุงขึ้นมาได้แก่

-ในส่วนของชุด Micro Controller จากเดิมได้ใช้บอร์ดสำเร็จซึ่งเกินความจำเป็นในการใช้งานจึงได้ปรับปรุงขึ้นมาโดยการออกแบบชุด Micro Controller ขึ้นมาใหม่ให้เหมาะสมแก่การใช้งานและมีขนาดกระทัดรัด และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานใหม่ทั้งหมด

-รวมชุด Micro Controller กับชุดแปลงสัญญาณไว้ในบอร์เดียวกันเพื่อลดปัญหาการเกิดสัญญาณรบกวนในสาย

ส่วนของชุด KILOWATTS HOUR METER ที่ได้ปรับปรุงขึ้นมาใหม่ได้แก่

-ในส่วนของชุด Micro Controller จากเดิมได้ใช้บอร์ดสำเร็จซึ่งเกินความจำเป็นในการใช้งานจึงได้ปรับปรุงขึ้นมาโดยการออกแบบชุด Micro Controller ขึ้นมาใหม่ให้เหมาะแก่การใช้งานและมีขนาดกระทัดรัด และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานใหม่ทั้งหมด

-ส่วนของการตั้งค่าเริ่มต้นทั้งหมดที่ของเดิมเป็นแบบ Dip Switch สามารถตั้งค่าได้ ตั้งแต่ 00000-99999 เครื่อง แต่เวลาตั้งค่าจะต้องทำการแปลงจากเลขฐาน 10 มาเป็นเลขฐาน 16 ก่อนจึงจะสามารถตั้งค่าได้ จึงได้ทำพัฒนามาเป็นการตั้งค่าผ่านทาง Keyboard และเก็บค่านั้นไว้ใน EEPROM เบอร์ DS 2430A ซึ่งมีความสะดวกในการตั้งค่าคือสามารถป้อนตัวเลขผ่านทาง Keyboard เป็นเลขฐาน 10 ได้เลย และมีขนาดที่เหมาะสมแก่การใช้งาน ซึ่งยากต่อการแก้ไขจากบุคคลภายนอก

-ส่วนของชุด POWER SUPPLY จากเดิมเป็นชุด Switching Power Supply ซึ่งมีขนาดใหญ่เกินควรแก่การใช้งาน และมีความถี่ออกมารบกวนในวงจรแปลงสัญญาณทำให้ข้อมูลที่รับมาและที่ส่งออกมีข้อผิดพลาด จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนมาใช้ Regulater Power Supply ซึ่งสามารถใช้งานได้ดีและประสิทธิภาพของการจ่ายไฟในวงจรใกล้เคียงกัน

-ส่วนของชุดป้องกันฟ้าผ่ายังคงใช้วงจรเดิมซึ่งให้ประสิทธิภาพที่ดีอยู่แล้ว

ส่วนของการติดต่อสื่อสารระหว่างชุด REMOTE CONTROL กับชุด KILOWATTS HOUR METER จากโครงงานเดิมใช้วิทยุย่านความถี่ 27.185 MHz ซึ่งไม่เหมาะสมกับโครงงานนี้ซึ่งพอจำแนกได้ดังนี้คือ

-เป็นการ MODULATE แบบ AM ซึ่งทำให้เกิดการรบกวนจากสัญญาณภายนอกได้ง่าย

-เครื่องส่งมีกำลังในการส่งต่ำไม่สามารถส่งสัญญาณได้ไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-กรณีการใช้งานจริง ย่านความถี่ 27.185 MHz เป็นความถี่ CITIZEN BAND ซึ่งเป็นความถี่ที่ประชาชนทั่วไปสามารถใช้งานได้ อาจจะทำให้เกิดการรบกวนกันไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้

จึงได้ปรับปรุงมาใช้วิทยุรับ-ส่งย่าน 138-174 MHz ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกว่าซึ่งพอจำแนกได้ดังนี้คือ

-เป็นการ MODULATE แบบ FM ซึ่งไม่ค่อยมีผลกระทบจากสัญญาณภายนอก

-เครื่องส่งมีกำลังในการส่งสูงสามารถส่งสัญญาณได้ไกล

-กรณีการใช้งานจริง ย่านความถี่ 138-174 MHz เป็นความถี่ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของกรมไปรษณีย์โทรเลขซึ่งผู้ที่จะใช้งานได้นั้นจะต้องขออนุญาต และการไฟฟ้าได้มีความถี่ที่ใช้งานอยู่แล้วและอาจขอช่องความถี่มาใช้งานเพิ่มได้ ประชาชนทั่วไปไม่สามารถใช้งานได้ จึงยากที่จะเกิดการรบกวนกัน

ส่วนของโปรแกรมคิดค่าการใช้ไฟฟ้าได้นำโปรแกรม Delphi เข้ามาใช้ในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งโปรแกรม Delphi สามารถสร้าง Aplication ให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานโปรแกรมได้ง่ายและยังมีจุดเด่นในการพัฒนาด้านฐานข้อมูลอีกด้วยซึ่งมีความจำเป็นมากในการพัฒนาโปรแกรมของตัวโครงงาน

ส่วนของโปรแกรมจะรับข้อมูลที่ชุด Remote เก็บได้ผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 จัดเก็บข้อมูลที่ได้รับลงฐานข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย จากนั้นดึงข้อมูลที่เก็บไว้มาคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้า โดยนำค่าการใช้ไฟฟ้าเดิมมาเป็นเงื่อนไขในการคำนวณ จากนั้นส่งข้อมูล Print เป็นใบเสร็จ ผ่านพอร์ต Printer

ปัญหาที่พบในการเขียนโปรแกรม คือ โปรแกรม Delphi ไม่มีComponant ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม จึงได้นำ Componant "Mscomm" ของโปรแกรม Visual Basic Version 6.0 มาประยุกต์เพื่อใช้งานโดยมีขั้นตอนดังนี้

1.popy file mscomm32.dpe และ mscomm.ocx จากโปรแกรม Visual Basic มาไว้ใน system ของ window

2. เปิด Aplication Delphi จากนั้นทำการ click componant เลือก Import Active X control

3. ทำการ Add Microsoft comm control6.0 แล้วทำการ Install

4. เมื่อทำการ Install เสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อเปิดไปที่ Active X ก็จะพบ คอมโพแนนต์รูปโทรศัพท์ ก็จะสามารถติดต่อผ่านพอร์ต RS-232 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1 สรุปการพัฒนาโครงงาน

โครงงานเครื่องอ่านกำลังงานไฟฟ้าระยะไกลได้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาการเก็บค่ากำลังงานไฟฟ้าจากการจดบันทึกมาเป็นเก็บผ่านคลื่นวิทยุ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกกับพนักงานการไฟฟ้า และได้จัดทำโปรแกรมการคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าขึ้นมาอีกด้วย ซึ่งผลที่ได้จากการพัฒนานั้นการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าผ่านทางคลื่นวิทยุสามารถที่จะทำงานได้ในระยะทางประมาณ 150 เมตร หรืออาจจะสูงกว่านั้นถ้าเพิ่มกำลังการส่งวิทยุให้สูงขึ้นอีกก็สามารถที่จะทำให้การรับส่งมีระยะทางที่ไกลขึ้น

ส่วนกิโลวัตต์มิเตอร์ที่ได้สร้างขึ้นนั้นถึงแม้ว่าจะสามารถทำงานได้ก็ตามแต่ก็ควรใช้เพื่อการทดลองเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาเท่านั้น เนื่องจากระบบป้องกันจากฟ้าผ่ายังมีประสิทธิภาพที่ไม่สูงพอที่จะป้องกันไม่ให้ตัวมิเตอร์เกิดการเสียหายจากฟ้าผ่า เนื่องจากกำลังงานที่ส่งผ่านมาจากปรากฏการณ์ฟ้าผ่ามีสูง.มาก ซึ่ง Magnetic Switch ที่ใช้ไม่สามารถทนได้ โครงงานนี้จึงยังต้องการระบบป้องกันที่มีประสิทธิที่สู.งมาก ในส่วนของวิทยุที่ใช้ในการรับส่งซึ่งความถี่อยู่ในย่าน VHF เป็นความถี่ที่ใช้ในกิจการวิทยุสมัครเล่นถึงแม้จะผิดกฎหมายพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม แต่ผู้ทำโครงงานไม่ได้มีจุดประสงค์ที่จะใช้เครือข่ายกิจการวิทยุสมัครเล่นเพื่อทำกิจการใดๆในทางที่ผิดกฎหมาย ศีลธรรมหรือผิดกฎต่อสมาคม นอกจากการศึกษาและการพัฒนาเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์เท่านั้น เพื่อในอนาคตจะเป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมและเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

6.2 ข้อบกพร่อง

ในโครงงานนี้เป็นเพียงโครงงานในการศึกษา ดังนั้นอุปกรณ์บางอย่างที่นำมาใช้ซึ่งได้แก่ วิทยุรับ-ส่ง ซึ่งเป็นเครื่องที่มีราคาแพงพอสมควรเนื่องจากมีความถี่ใช้งานได้หลายความถี่ แต่ในการใช้งานจริงนั้น ความถี่ที่จะใช้งานนั้นใช้เพียงแค่ 1 ความถี่เท่านั้น ดังนั้นในการใช้งานจริงควรจะจัดทำชุดรับ-ส่งที่มีความถี่เดียวขึ้นมาใช้งานเพื่อเป็นการประหยัดและคุ้าค่าแก่การลงทุน

6.3 ข้อเสนอแนะ

ในการใช้งานจริงในส่วนของวิทยุรับ-ส่ง ควรจะมีการแก้ไขตัวเครื่องให้มีความถี่เดียว เพื่อการประหยัดของตัวเครื่องและควรจะขยายกำลังส่งของตัวเครื่งให้ทีกำลังส่งที่สูงขึ้น เพื่อระยะทางที่ไกลขึ้น และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการรับส่งที่ระยะไกลขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

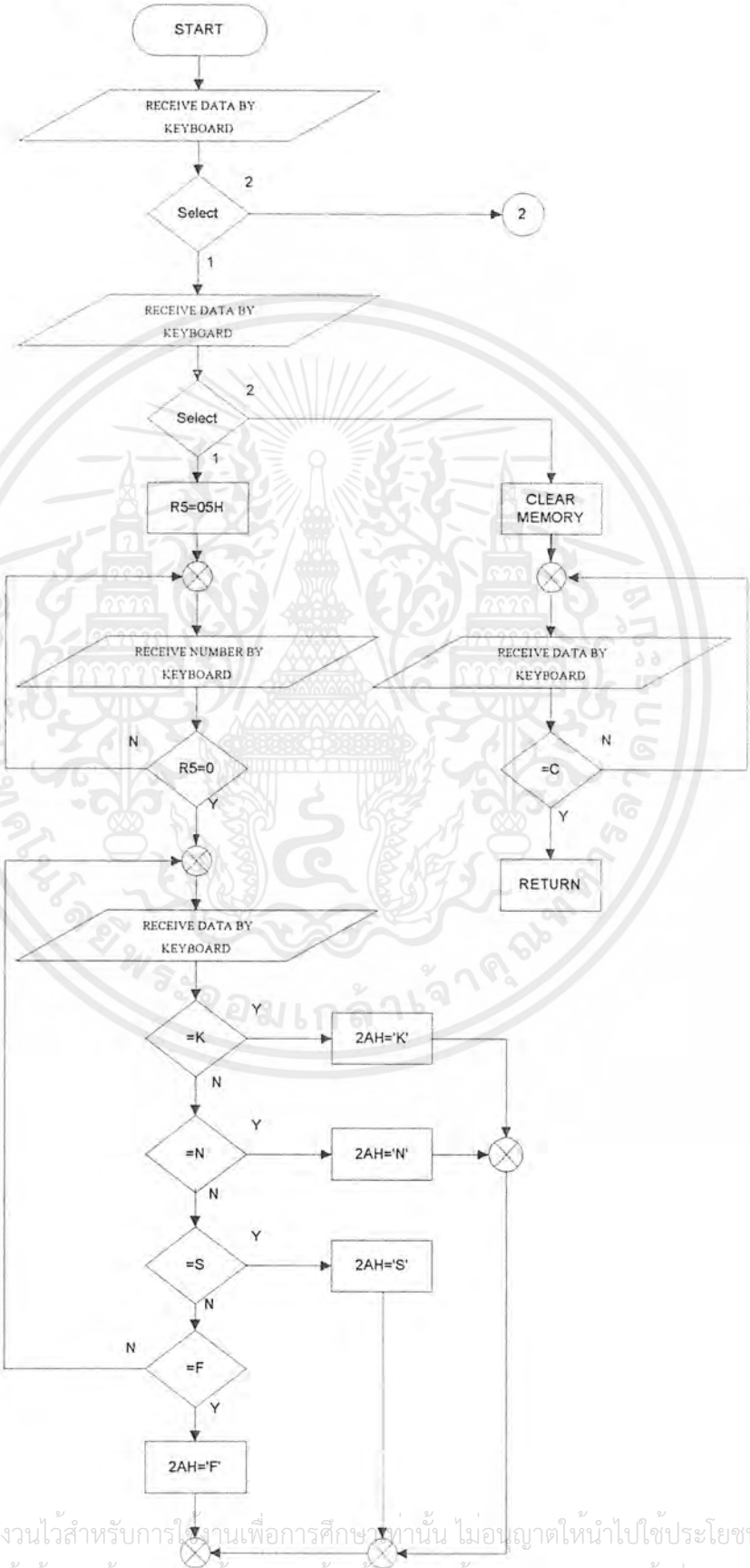
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

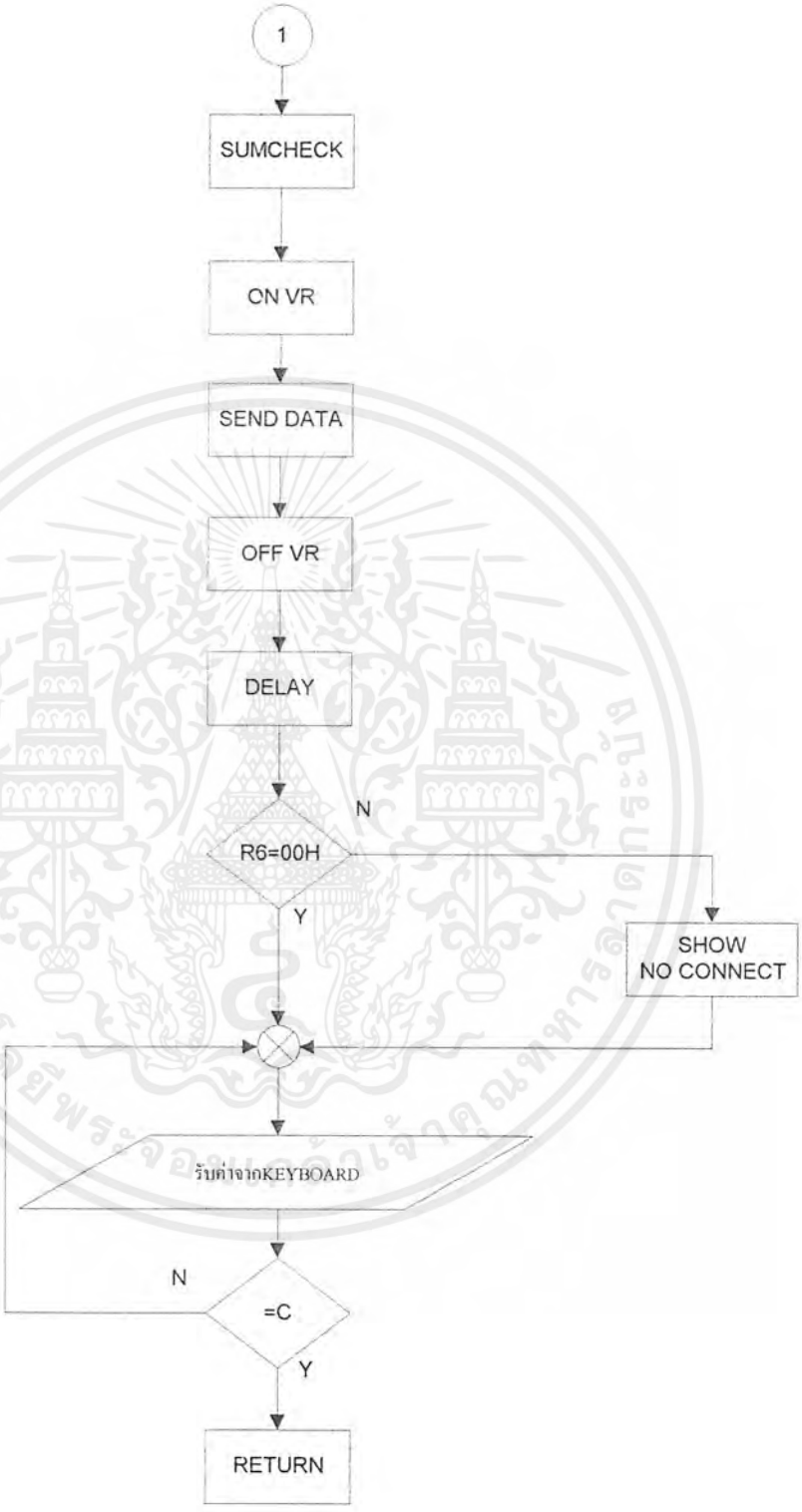
ภาคผนวก A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

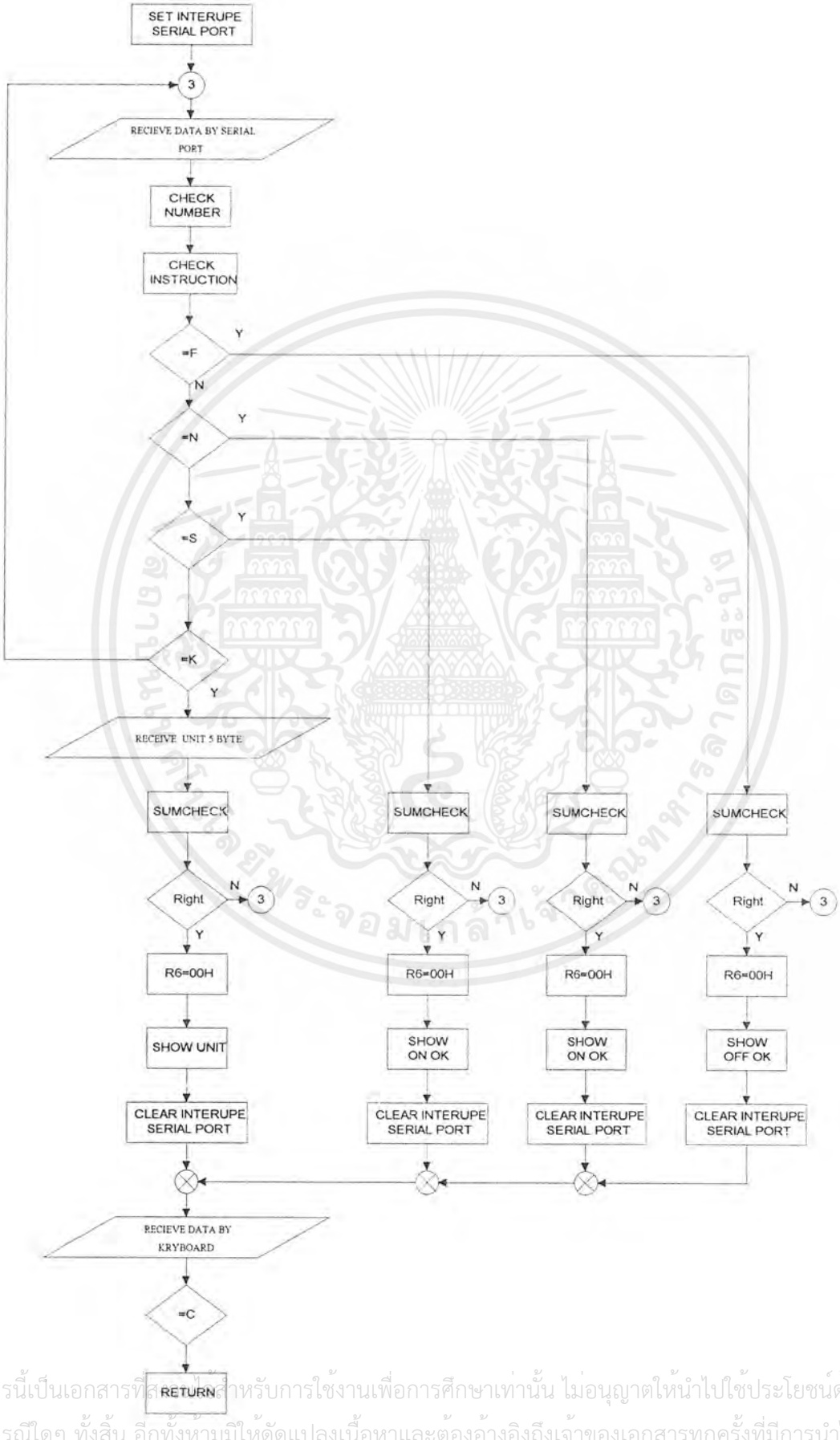
FLOECHART ของโปรแกรมส่วนของชุดรีโมท



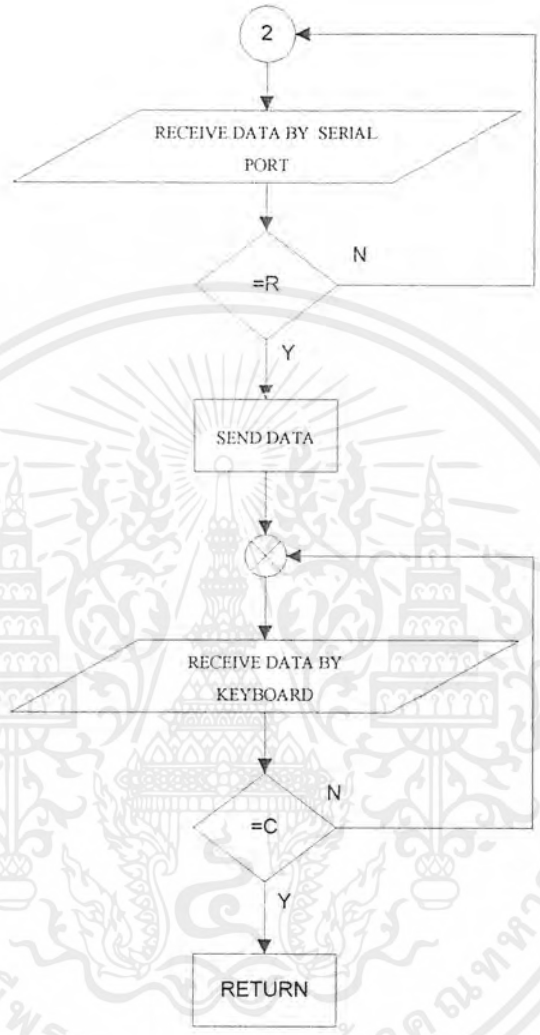
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรแกรมในส่วนของชุดรีโมทคอนโทรล

เมื่อเริ่มต้นโปรแกรมจะมีเมนูให้เลือก 2 เมนูด้วยกัน คือ

1. kwh คือ เลือกส่วนของการติดต่อกับชุดกิโลวัตต์ ซึ่งในส่วนนี้ ยังสามารถเลือกฟังก์ชันได้อีก 2 ฟังก์ชัน คือ

1.1 khw คือ เลือกการติดต่อกับชุดกิโลวัตต์

เมื่อเลือกฟังก์ชันนี้ ก็จะมีการรอรับ หมายเลขเครื่อง 5 หลักโดยมีรีจีสเตอร์ R5 เป็นตัวนับ หลังจากเราป้อนหมายเลขเครื่องครบแล้วจะมีการรอรับฟังก์ชันคำสั่ง ซึ่งมีฟังก์ชันในการติดต่อกัน 4 ฟังก์ชันด้วยกัน

- K คือฟังก์ชันในการเก็บค่าการใช้
- N คือฟังก์ชันในการสั่งให้มีการจ่ายไฟฟ้า
- F คือฟังก์ชันในการสั่งให้มีการตัดการจ่ายไฟฟ้า
- S คือฟังก์ชันในการตรวจสอบสภาวะการตัด-ต่อการจ่ายไฟฟ้า

ซึ่งทั้ง 4 ฟังก์ชันเมื่อมีการเลือกฟังก์ชันแล้ว จะมีการกำหนดคำสั่งในรีจีสเตอร์ 2AH หลังจากนั้นจะมีการทำ Sum Check (เพื่อให้เป็นข้อมูลไว้ตรวจสอบข้อข้อผิดพลาด) เมื่อเสร็จแล้วจะทำการ ON VR และส่งข้อมูลออกไปโดยผ่านทางเครื่องรับ-ส่งวิทยุ เมื่อเสร็จก็จะ OFF VR และทำการ Delay ประมาณ 2 วินาที เพื่อทำการรอเวลาให้มีการรอรับข้อมูลที่ส่งกลับมา หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบรีจีสเตอร์ R6 ว่ามีค่าเป็น 00H หรือไม่ ถ้าไม่ใช่จะแสดงข้อความว่า NO CONNECT เพื่อบอกว่าไม่สามารถติดต่อกับชุดกิโลวัตต์ได้ แต่ถ้ามีค่าเป็น 00H ก็จะรอรับข้อมูลจาก Keyboard ว่าเป็น C หรือไม่ ถ้าใช่ก็จะกระโดดไปทำงานที่เริ่มต้นโปรแกรมอีกครั้งถ้าไม่ใช่ก็จอรอรับจนกว่าจะใช่

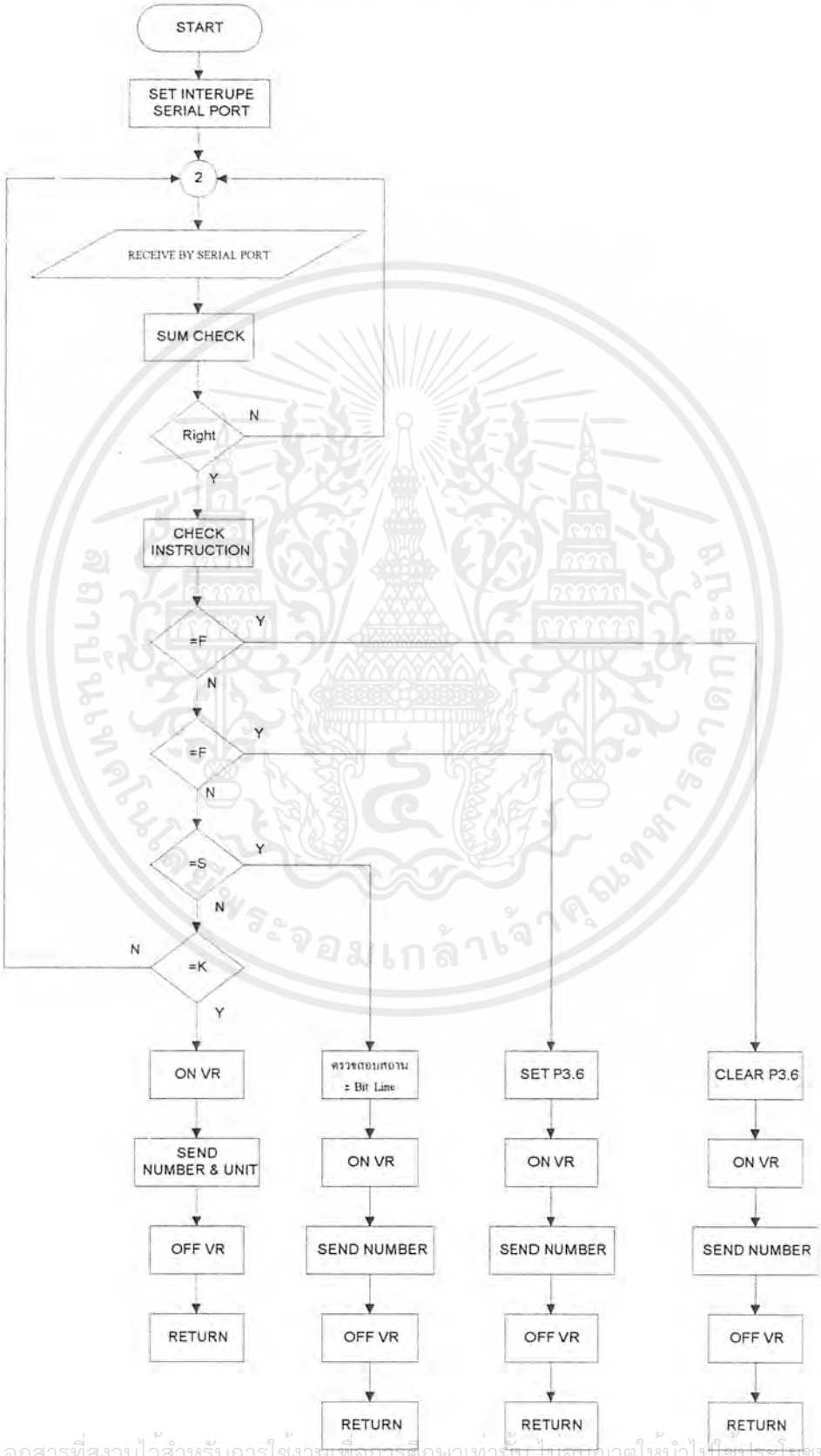
1.2 CLR_MEM คือ การ Clear Memory ในหน่วยความจำ

ส่วนของการรับข้อมูลกลับเข้ามาที่ชุดรีโมทคอนโทรล

เมื่อมีการอินเตอร์รัป serial port ก็จะทำการรับข้อมูลเข้ามาแล้วทำการตรวจสอบข้อมูลว่าตรงกับหมายเลขเครื่องที่ส่งออกไปหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบ SumCheck ที่รับเข้ามากับ ที่ตนเองคำนวณได้ ถ้าไม่ตรงก็จะออกจากการอินเตอร์รัปชุดนี้ แต้ถ้าตรงก็จะทำการตรวจสอบคำสั่งที่ได้รับมาและจะแสดงผลที่ได้ตามคำสั่งว่า ON หรือ OFF LINE หรือว่า ON OK , OFF OK แต่ถ้าคำสั่งที่รับเข้ามาเป็นการคำสั่งในการเก็บค่าก็จะไปรับค่าการใช้ไฟฟ้าเข้ามาแล้วแสงผลให้พนักงานได้ทราบ และจะนำค่าไปเก็บในหน่วยความจำ เมื่อแสดงผลแล้ว ในทุกฟังก์ชันจะมีการกำหนดค่าในรีจีสเตอร์ R6 ให้มีค่าเท่ากับ 00H เพื่อไว้ตรวจสอบว่าติดต่อกับกิโลวัตต์ได้หรือไม่

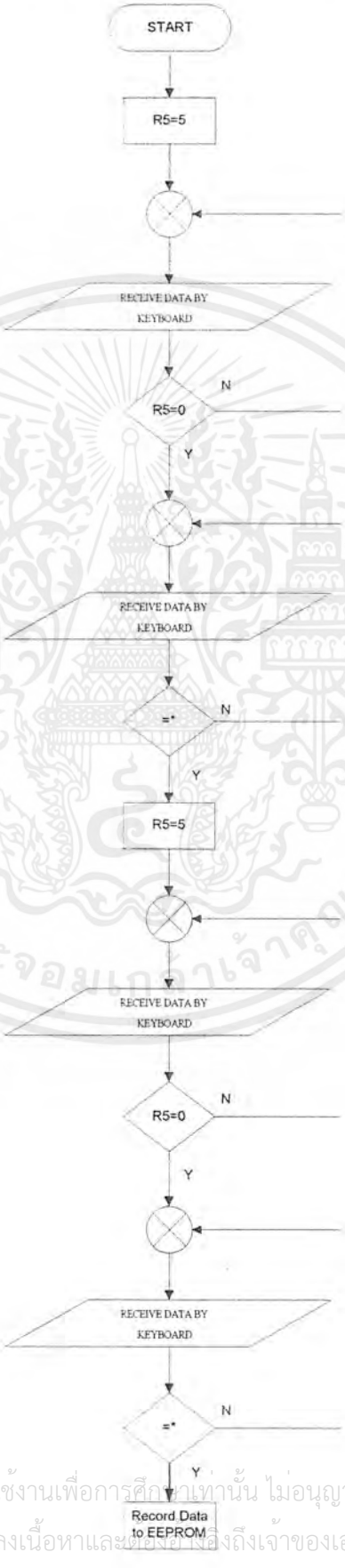
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOWCHART ของโปรแกรมส่วนของชุดกิโลวัตต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOWCHART ของส่วนการตั้งค่าเริ่มต้นของชุดกิโลวัตต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรแกรมในส่วนของชุดกิโลวัตต์

สภาวะการทำงานตามปกติ

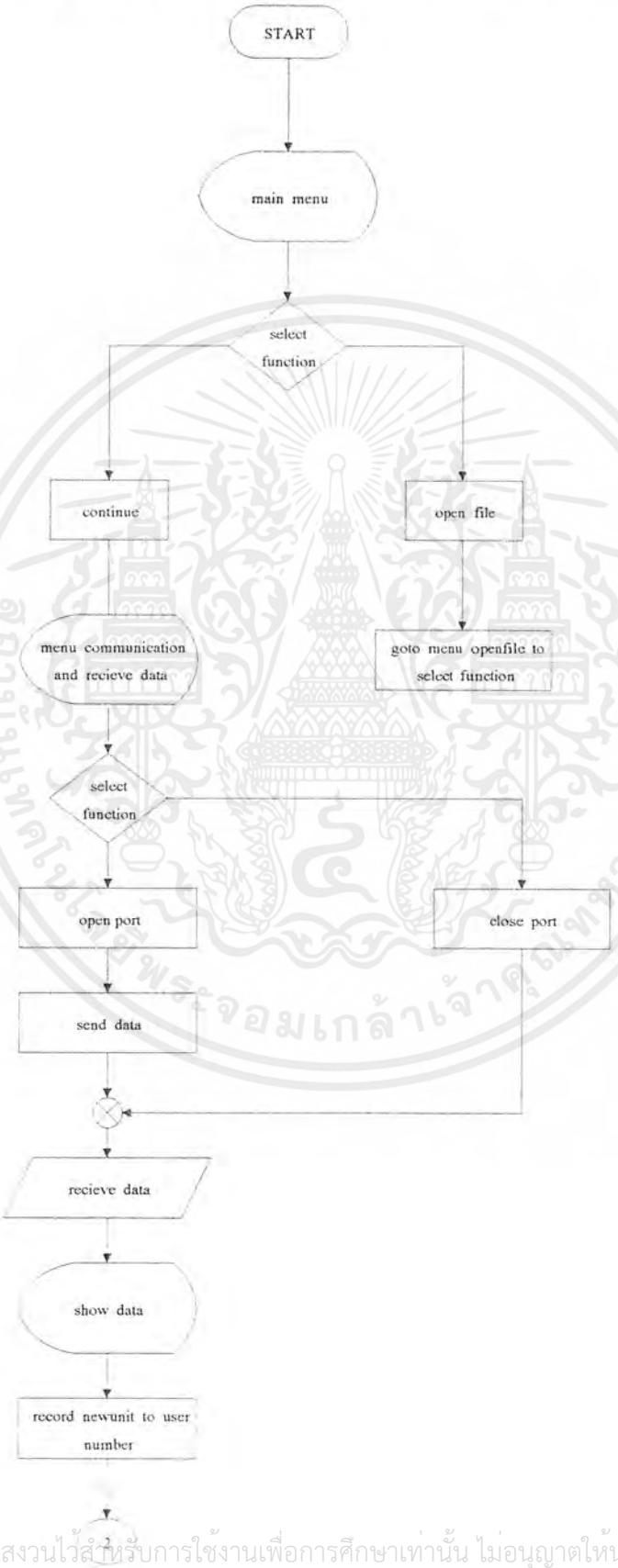
เมื่อมีการอินเตอร์รัป serial port ก็จะทำการรับข้อมูลเข้ามาแล้วทำการตรวจสอบข้อมูลว่าตรงกับหมายเลขเครื่องของตนหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบ SumCheck ที่รับเข้ามากับ ที่ตนเองคำนวณได้ ถ้าไม่ตรงก็จะออกจากการอินเตอร์รัปชุดนี้ แต้ถ้าตรงก็จะทำการตรวจสอบคำสั่งที่ได้รับมา เมื่อทราบแล้วก็จะไปทำงานตามคำสั่งที่รับมาหลังจากนั้นก็จะทำการ ON VR เพื่อส่งค่ากลับไปยังตัวรีโมท และ OFF VR หลังจากนั้นจะกลับไปยังสภาวะรอรับสัญญาณอินเตอร์รัปคือสภาวะเริ่มต้นอีกครั้ง

สภาวะการตั้งค่าเริ่มต้น

จะมีการแสดงเมนูว่า NUMBER kwh : และจะรอรับค่าจาก Keyboard คือหมายเลขเครื่องที่เราต้องการ 5 หลัก เมื่อเราป้อนค่าเสร็จ โปรแกรมจะรอรับค่าจาก Keyboard คือปุ่ม * กำหนดให้เป็น ENTER เมื่อรับค่าเข้าไปแล้วก็จะแสดง เมนูว่าUNIT START : และจะรอรับค่าการใช้ไฟฟ้าเริ่มต้น 5 หลัก เมื่อป้อนเสร็จก็ทำการตรวจสอบค่าจาก Keyboard ว่าเท่ากับ * หรือไม่ถ้ามีคร่าตรงกันก็จะบันทึกค่าทั้งสองลงไปใน EEPROM เก็บเป็นค่าเริ่มต้น

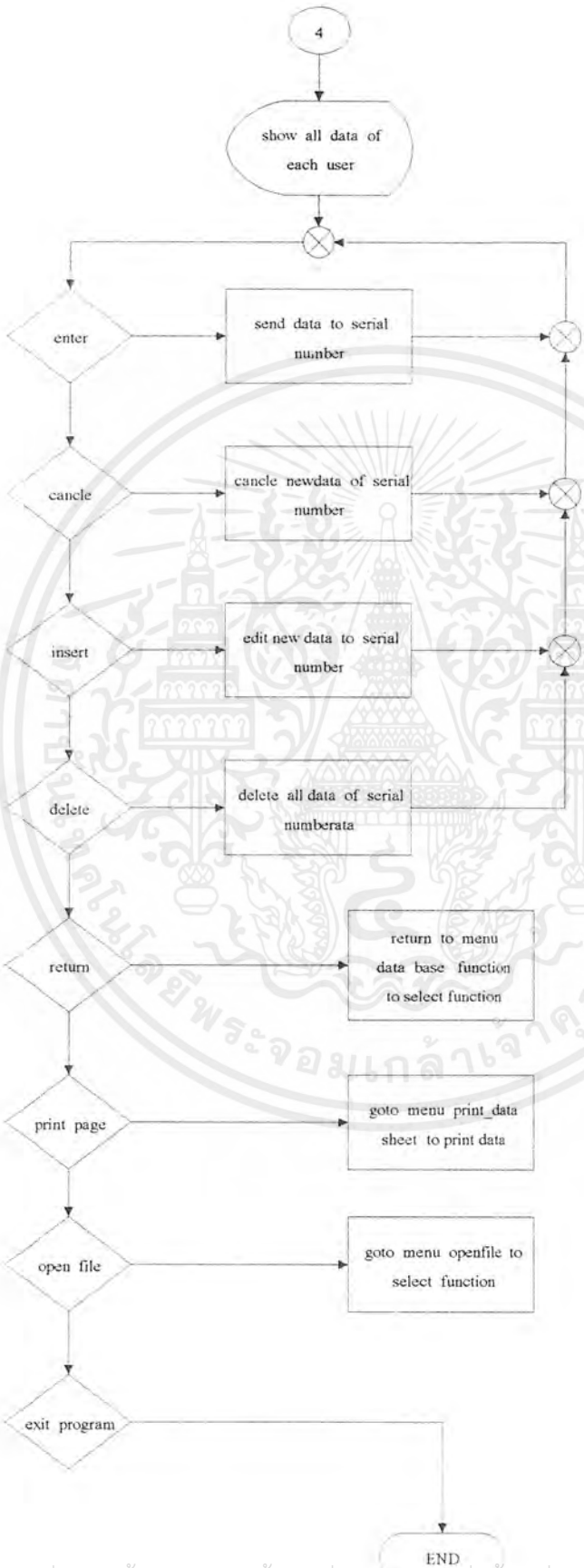
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOWCHART ของโปรแกรมส่วนคิดค่าการใช้ไฟฟ้า

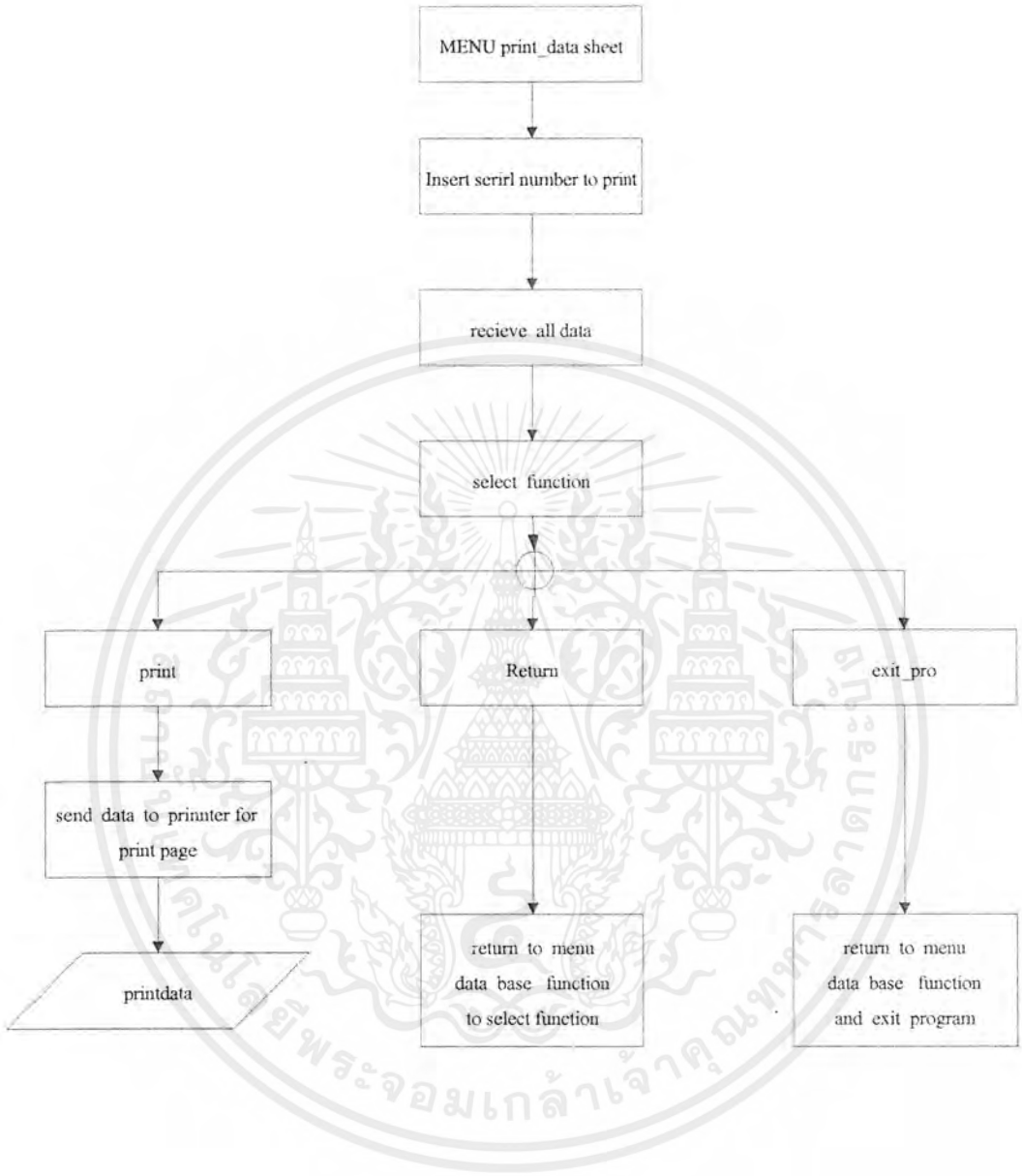


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

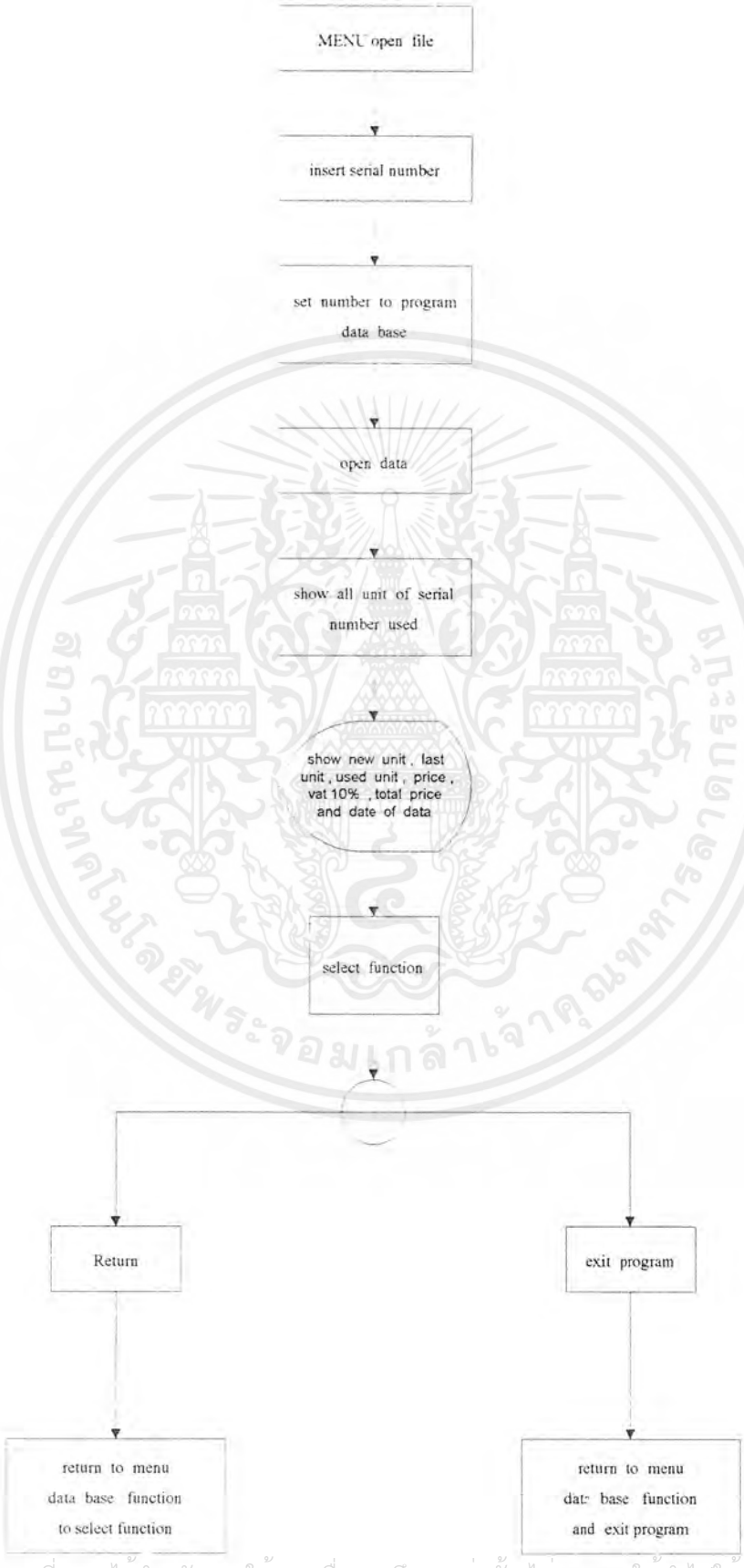
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน FLOWCHART โปรแกรมคิดค่าไฟฟ้า

เมื่อทำการใช้งานโปรแกรมโดยเริ่มที่ START_PROGRAM หน้าต่างของ MAIN_MENU จะปรากฏขึ้นมาให้ผู้ใช้งานเลือกฟังก์ชันการทำงาน

เมื่อเลือกไปที่ OPEN_FILE จะปรากฏหน้าต่างการของการเปิดข้อมูล (data base) ของผู้ใช้ไฟฟ้า ลำดับขั้นการใช้งาน ประกอบด้วย

1. ป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าลงในช่อง INSERT NUMBER

2. กดปุ่ม OPEN _DATA เพื่อแสดงข้อมูล

เมื่อเลือกไปที่ CONTINUE จะเป็นการเปิดหน้าต่างการทำงานใน ฟอร์มของการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างชุดรีโมทกับคอมพิวเตอร์ ลำดับขั้นการทำงานประกอบด้วย

1. กดปุ่ม OPEN_PORT เพื่อทำการเปิดพอร์ต RS-232 ให้มีสภาวะพร้อมที่จะโอนถ่ายข้อมูล และในทำนองเดียวกันเมื่อไม่ต้องการที่จะติดต่อพอร์ต ก็กดปุ่ม CLOSE_PORT

2. กดปุ่ม SEND_DATA เพื่อเป็นการบอกชุดรีโมดว่า ทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลแล้ว ให้ชุดรีโมดส่งข้อมูลมาได้ ทางด้านชุดรีโมดก็จะโอนถ่ายข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 มาปรากฏที่ช่อง RECEIVE_DATA เพื่อให้เห็นถึงจำนวนข้อมูลที่ส่งมา

3. กดปุ่ม RECORD_DATA เพื่อทำการบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าลงฐานข้อมูล ซึ่งการบันทึกข้อมูลนั้นสามารถบันทึกค่าการใช้ไฟฟ้าได้ทุกหมายเลขเครื่องที่ชุดรีโมทโอนถ่ายข้อมูลมา โดยการกดปุ่ม RECORD-DATA เพียงครั้งเดียวเท่านั้น จากนั้นทำการเลือกฟังก์ชันการทำงานคือ

เมื่อเลือกไปที่ RETURN จะเป็นการกลับไปทำงานที่หน้าต่างของ เมนูหลัก

เมื่อเลือกไปที่ CONTINUE จะเป็นการเปิดหน้าต่างการทำงานของการคำนวณค่าไฟฟ้า โดยมีลำดับขั้นการทำงานดังนี้

1. ป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายลงในช่อง INSERT NUMBER

2. กดปุ่ม RECEIVE เพื่อดึงค่าหน่วยการใช้ไฟฟ้าครั้งใหม่จากฐานข้อมูลมาเป็นเงื่อนไขในการคำนวณ

3. ป้อนค่า ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) และ FT ลงในช่องที่กำหนดให้ ตัวแปรทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามสภาวะเศรษฐกิจของประเทศ

4. กดปุ่ม CALCULATE เพื่อใช้โปรแกรมคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้า ข้อจำกัดของโปรแกรมคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าคือ โปรแกรมสามารถคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าได้ถูกต้องเมื่อหน่วยการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนไม่เกิน 150 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กดปุ่ม SAVE_ALL เพื่อทำการบันทึกค่าที่คำนวณได้ลงฐานข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจากนั้นทำการเลือกฟังก์ชั่นการทำงานคือ

เมื่อเลือกไปที่ RETURN จะเป็นการกลับไปทำงานที่หน้าต่างของ การโอนถ่ายข้อมูล

เมื่อเลือกไปที่ CONTINUE จะเป็นการเปิดหน้าต่างการทำงานของการแสดงข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยมีลำดับขั้นการทำงานดังนี้

1. กดปุ่มลูกศรชี้ลงที่ช่องแสดงหมายเลขเครื่อง ภายในช่องจะแสดงหมายเลขเครื่องทั้งหมดที่ถูกบันทึกอยู่ จากนั้นทำการเลือกหมายเลขเครื่องที่ต้องการจะดูข้อมูล

2. หน้าต่างนี้ ยังทำหน้าที่ในการเพิ่มหรือลบข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้าออกจากฐานข้อมูล ซึ่งในการเพิ่มข้อมูลสามารถทำได้โดย กดปุ่ม INSERT จากนั้น ทำการป้อนข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่เข้าไป เมื่อป้อนข้อมูลครบแล้ว กดปุ่ม ENTER เพื่อทำการยืนยันการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

3. การลบข้อมูลออก ทำได้โดย ทำการเลือกหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องการจะลบข้อมูลออก จากช่องแสดงหมายเลขเครื่อง จากนั้นกดปุ่ม DELETE เพื่อทำการลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูล โดยทั้งสองคำสั่งคือ เพิ่มและลบข้อมูล สามารถยกเลิกการกระทำได้โดยการกดปุ่ม CANCLE เพื่อยกเลิกการกระทำดังกล่าว จากนั้นทำการเลือกฟังก์ชั่นการทำงานคือ

เมื่อเลือกไปที่ RETURN จะเป็นการกลับไปทำงานที่หน้าต่างของ การคิดค่าไฟฟ้า

เมื่อเลือกไปที่ OPEN_FILE จะเป็นการเปิดหน้าต่างการทำงานของการเปิดข้อมูล (data base) ของผู้ใช้ไฟฟ้า

เมื่อเลือกไปที่ EXIT_PROGRAM เป็นการจบโปรแกรมการทำงาน

เมื่อเลือกไปที่ PRINT_PAPER จะเป็นการเปิดหน้าต่างการทำงานของการแสดงรูปแบบของใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า/ใบกำกับภาษี และปริ้นใบเสร็จรับเงินทางพอร์ตปริ้นเตอร์ โดยมีลำดับขั้นการทำงานดังนี้

1. ป้อนหมายเลขเครื่องของผู้ใช้ไฟฟ้า

2. กดปุ่ม RECEIVE เพื่อนำข้อมูลมาบันทึกไว้บนใบเสร็จ

3. กดปุ่ม PRINT เพื่อปริ้นใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าออกทางพอร์ตปริ้นเตอร์

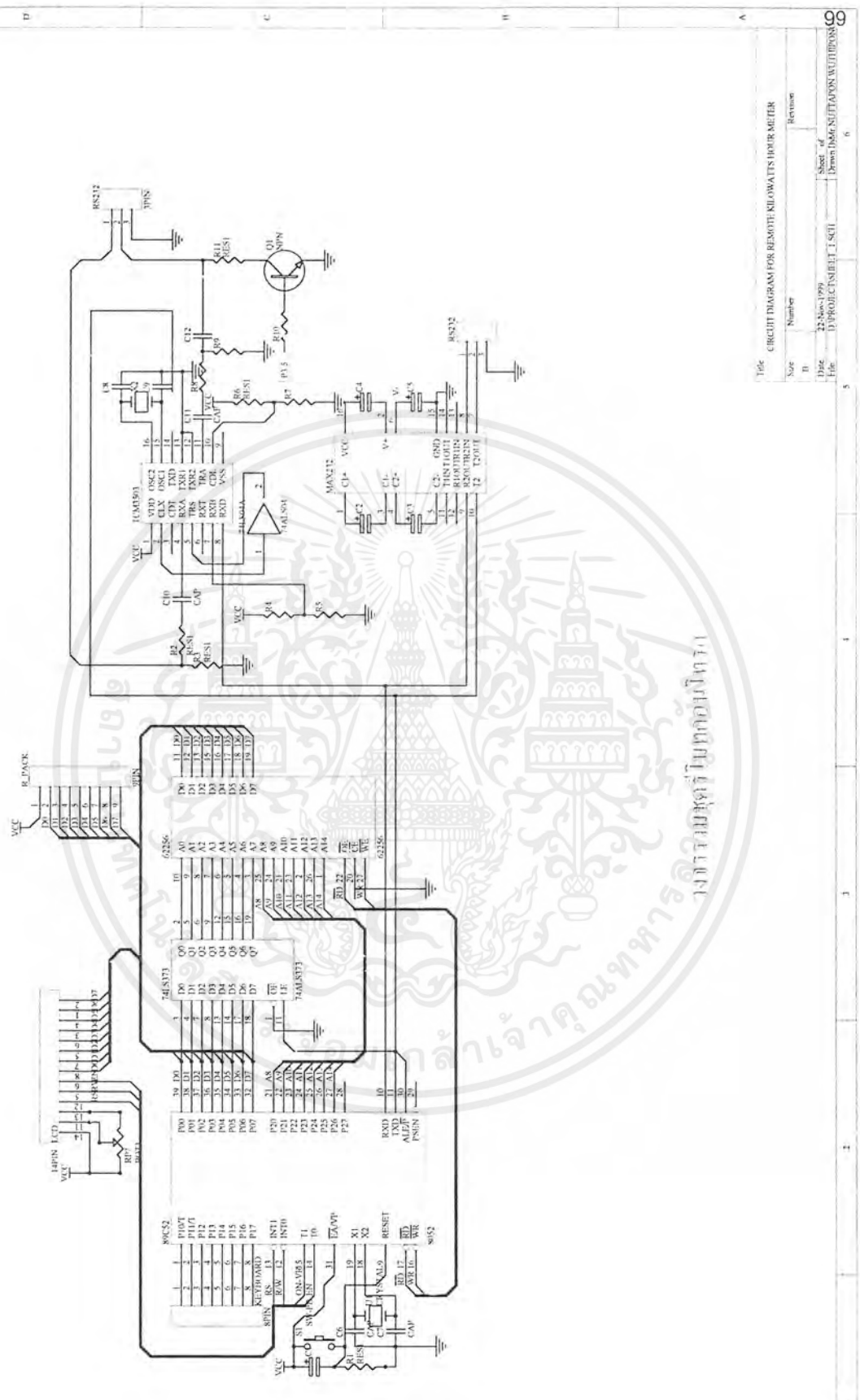
เมื่อเลือกไปที่ RETURN จะเป็นการกลับไปทำงานที่หน้าต่างของ การแสดงข้อมูลของผู้ใช้ไฟฟ้า

เมื่อเลือกไปที่ EXIT_PROGRAM เป็นการจบโปรแกรมการทำงาน

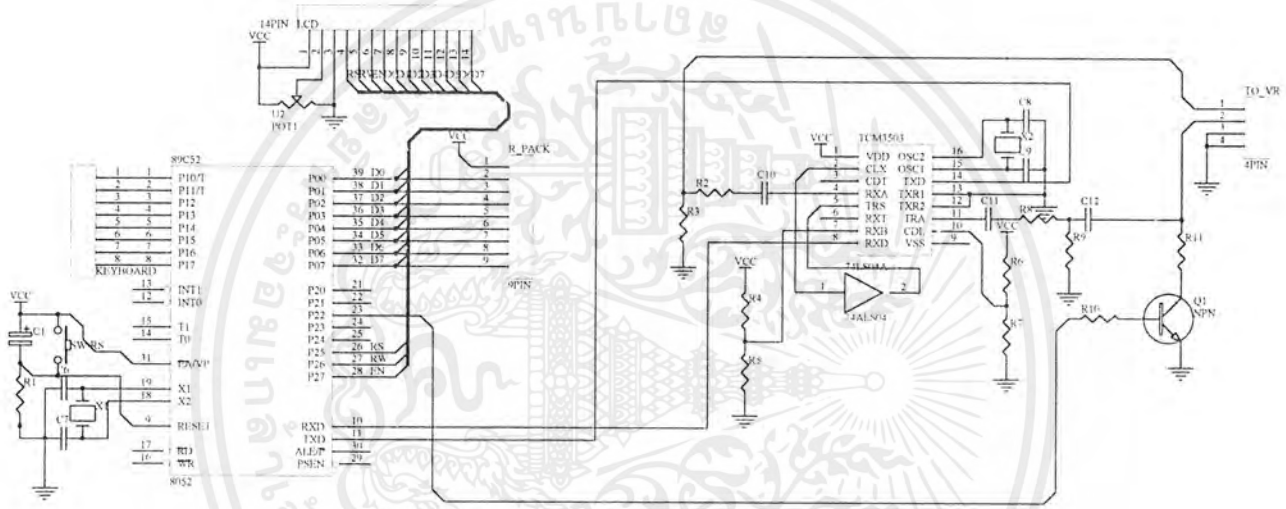
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



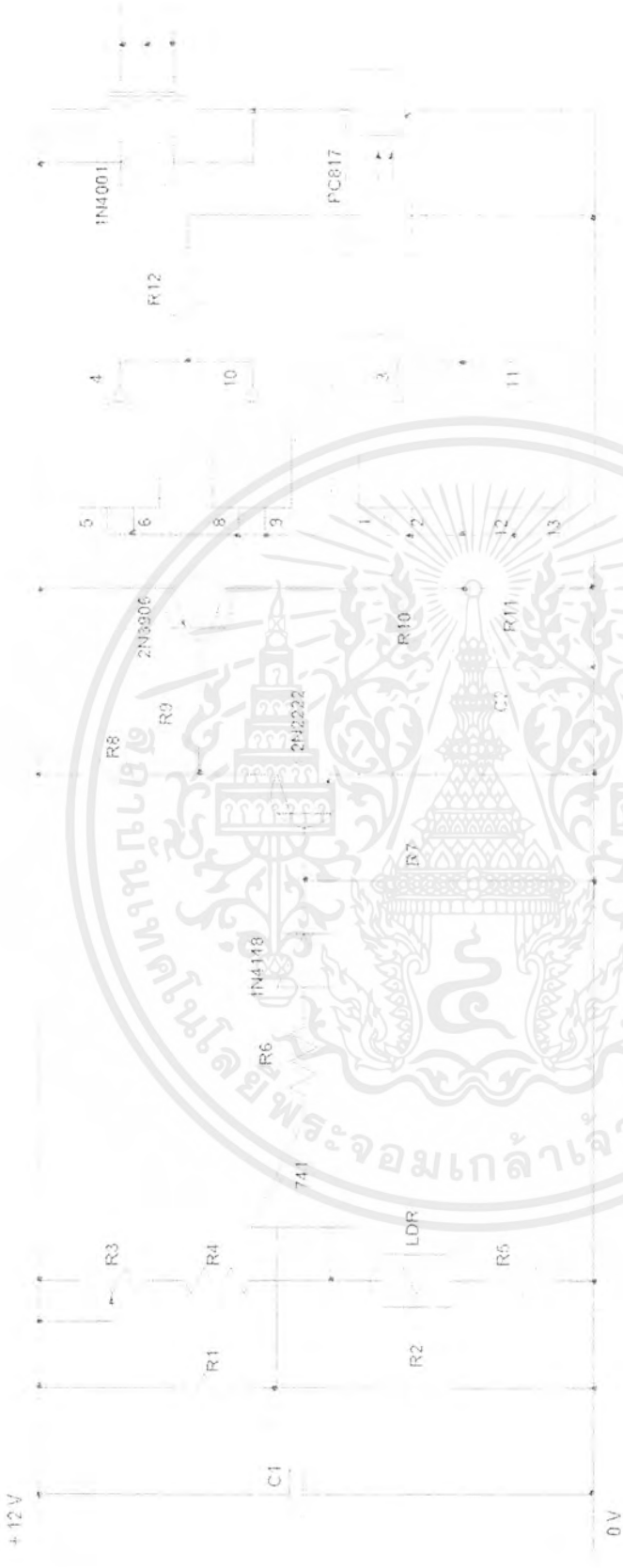
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Title	MICROCONTROLLER FOR REMOTE KILOWATTS HOUR METER		
Size	Number		Revision
B			
Date	22-Nov-1999	Sheet of	
File	D:\PROJECTS\SHEET_2.SCH	Drawn By:	

100



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก C

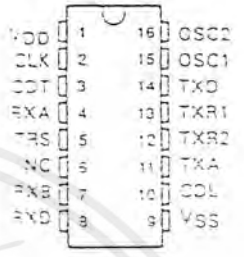
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

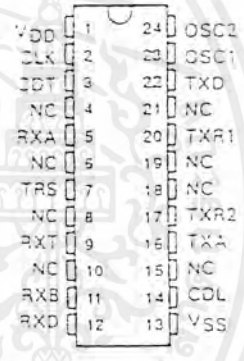
D2852, NOVEMBER 1985—REVISED DECEMBER 1990

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

J OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



DW PACKAGE
(TOP VIEW)



NC—No internal connection

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

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

description

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

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

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

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

Copyright © 1990, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

description (continued)

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

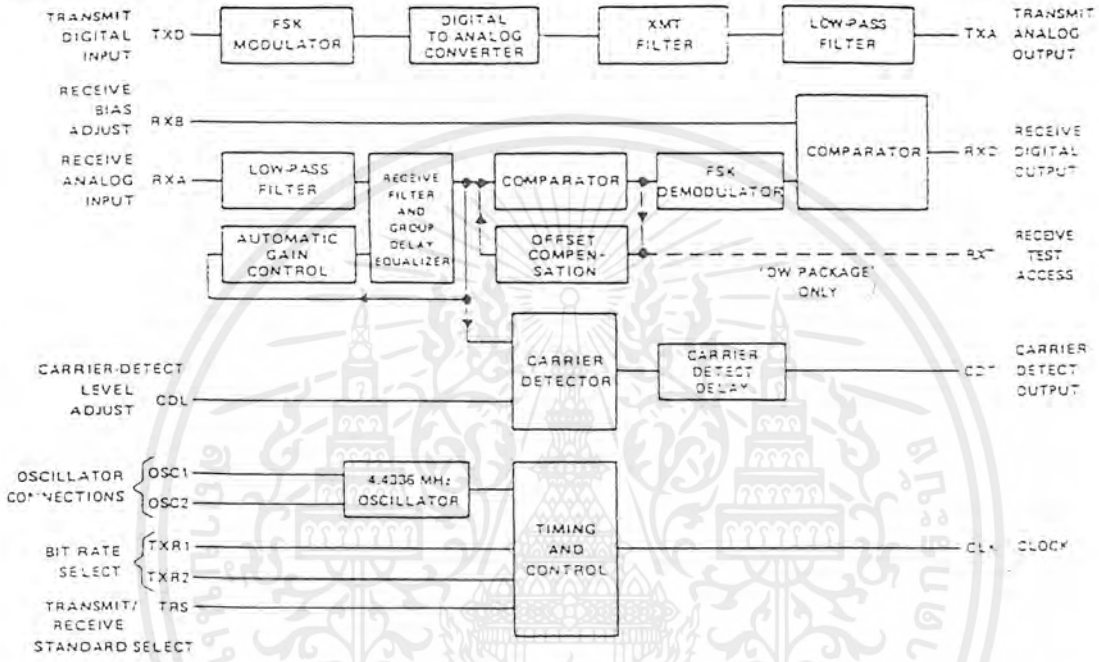
The TCM3105DWE, TCM3105JE, and TCM3105NE are characterized for operation from −40°C to 85°C. The TCM3105DWL, TCM3105JL, and TCM3105NL are characterized for operation from 0°C to 70°C.

TERMINAL FUNCTIONS

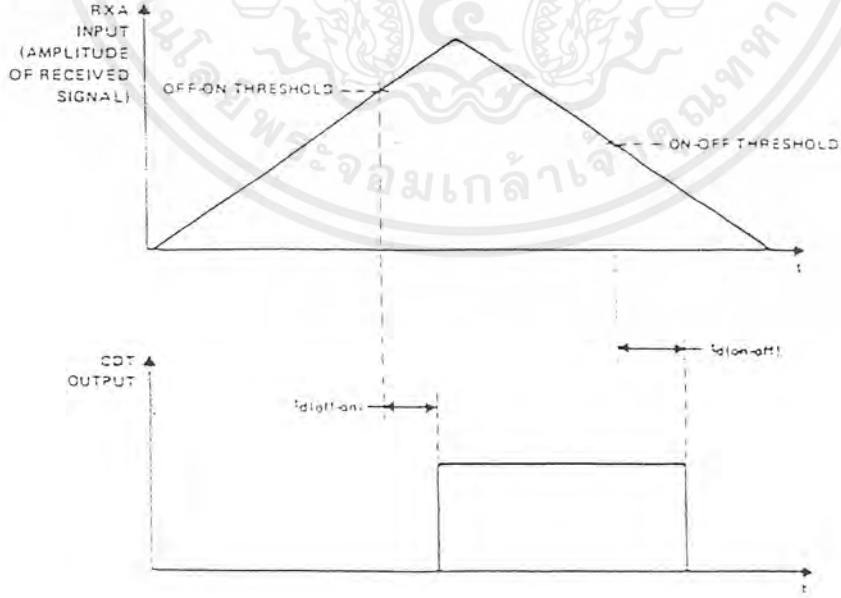
PIN NAME	PIN NO. DW	PIN NO. J OR N	DESCRIPTION
CDL	14	10	Carrier Detect Level Adjust for external adjustment of carrier detect threshold
CDT	3	3	Carrier-Detect Output. A low-level output indicates carrier failure
CLK	2	2	Output for a continuous clock signal at 16 times the highest selected transmit or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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

functional block diagram



timing diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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

recommended operating conditions

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

PARAMETER			TEST CONDITIONS		TCM3105DWE, TCM3105JE, TCM3105NE			TCM3105DWL, TCM3105JL, TCM3105NL			UNIT
					MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	
V_{OH}	High level output voltage	RXD, CDT, CLK	I_{OH} = −100 µA		2.4		V_{DD}	2.4		V_{DD}	V
V_{OL}	Low level output voltage	RXD, CDT, CLK	I_{OL} = 1.6 mA		V_{SS}		0.4	V_{SS}		0.4	V
	Analog output voltage level, peak to peak	TXA	V_{DD} = 4 V	R_L = 50 kΩ, C_L = 100 pF		1.55			1.55		V
			V_{DD} = 5 V		1.4	1.9	2.3	1.4	1.9	2.3	
			V_{DD} = 5.5 V			2.1			2.1		
	Adjust voltage	RXB	V_{DD} = 5 V		2.3	2.7	3.1	2.3	2.7	3.1	V
		CDL			2.8	3.3	3.9	2.8	3.3	3.9	
	Analog output dc offset	TXA				$V_{DD}/2$			$V_{DD}/2$		V
	Digital input current	TXD, TRS, TXRL, TXRJ	V_I = 0 to V_{DD}				±1			±1	µA
	Analog input current	RXA					±15			±15	µA
	Bias input current	RXB, CDL	V_I = 3 V				±150			±150	µA
I_{DD}	Supply current		V_{DD} = 4 V			3	6		3	5	mA
			V_{DD} = 5 V			5	10		5	8	
			V_{DD} = 5.5 V			8	16		8	12	
C_I	Input capacitance, all inputs		f = 1 MHz			10			10		pF
C_O	Output capacitance, all inputs		f = 1 MHz			10			10		pF
	Phase jitter						200			200	µs
	Bias distortion‡						±15%			±15%	
	Carrier detect threshold, off-on§				−45.5		−43	−45.5		−43	dBm
	Carrier detect threshold, on-off§				−48		−45.5	−48		−45.5	dBm
	Carrier detect hysteresis				2.5	2.8		2.5	2.8		dBm

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

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

PARAMETER		TEST CONDITIONS	TCM3105DWE, TCM3105JE, TCM3105NE			TCM3105DWL, TCM3105JL, TCM3105NL			UNIT
			MIN	TYP†	MAX	MIN	TYP†	MAX	
$t_{doff\text{-}on}$	Carrier detect off to on delay time	RX = 600 or 1200 b/s	12		25	12		25	ms
		RX = 5, 75, or 150 b/s	40		80	40		80	
$t_{don\text{-}off}$	Carrier detect on to off delay time	RX = 600 or 1200 b/s	12		20	12		20	ms
		RX = 5, 75, or 150 b/s	48		75	48		75	
	Transmit frequency deviation from assignment (see Table 1)	f_{clock} = 4.4336 MHz		±1			±1		Hz

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

TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

PRINCIPLES OF OPERATION

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

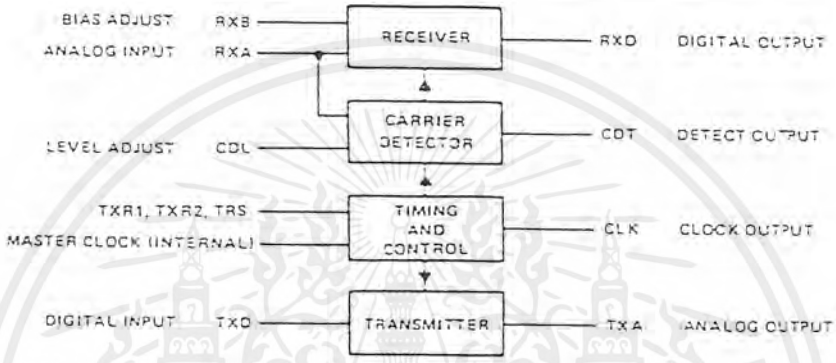


FIGURE 1. TCM3105 SYSTEM PARTITIONING

transmitter

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

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

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

receiver

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

carrier detect

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

control and timing

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

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

transmit and receive modes

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1. MODES OF OPERATION

STANDARD	TRS	TXR1	TXR2	TRANSMITTED BAUD RATE	RECEIVED BAUD RATE	TRANSMIT FREQUENCY ASSIGNMENTS (Hz)	RECEIVE FREQUENCY ASSIGNMENTS (Hz)	CLK FREQUENCY (kHz)
CCITT V.23	L	L	L	1200	1200	M 1300 S 2100	M 1300 S 2100	19.11
	H	L	L	1200	75	M 1300 S 2100	M 390 S 450	19.11
	L	L	H	600	75	M 1300 S 1700	M 390 S 450	9.55
	H	L	H	600	600	M 1300 S 1700	M 1300 S 1700	9.55
	L	H	L	75	1200	M 390 S 450	M 1300 S 2100	19.11
	H	H	L	75	600	M 390 S 450	M 1300 S 1700	9.55
	L	H	H	75	75	M 390 S 450	M 390 S 450	1.19
BELL 202	$\overline{CLK}$	L	L	1200	1200	M 1200 S 2200	M 1200 S 2200	19.11
	$\overline{CLK}/8$	L	H	1200	150	M 1200 S 2200	M 387 S 487	19.11
	$\overline{CLK}/8$	L	H	1200	5	M 1200 S 2200	M 387 S 0	19.11
	CLK	H	L	150	1200	M 387 S 487	M 1200 S 2200	19.11
	CLK	H	H	150	150	M 387 S 487	M 387 S 487	2.39
	CLK†	H†	L†	5	1200	M 387 S 0	M 1200 S 2200	19.11
	H†	H†	H†					
	H	L	H	Transmit Disabled	1200	Transmit Disabled	M 1200 S 2200	19.11

H = high level, L = low level

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

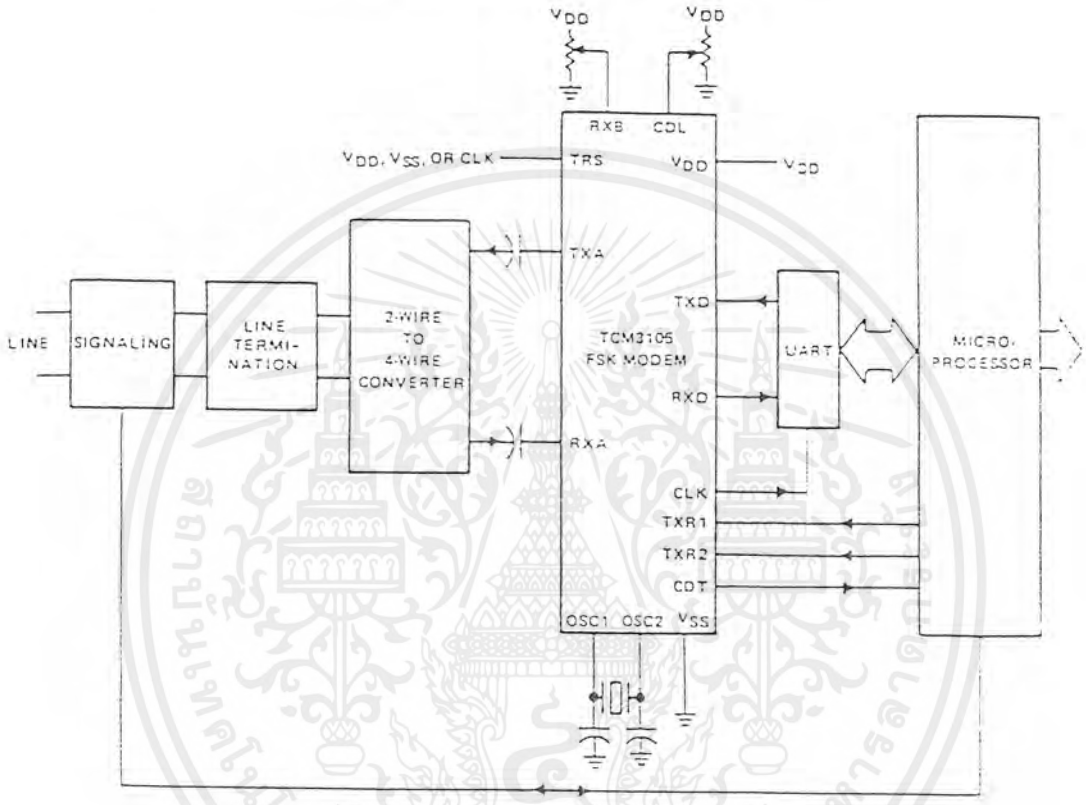


FIGURE 2. TYPICAL SYSTEM CONFIGURATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

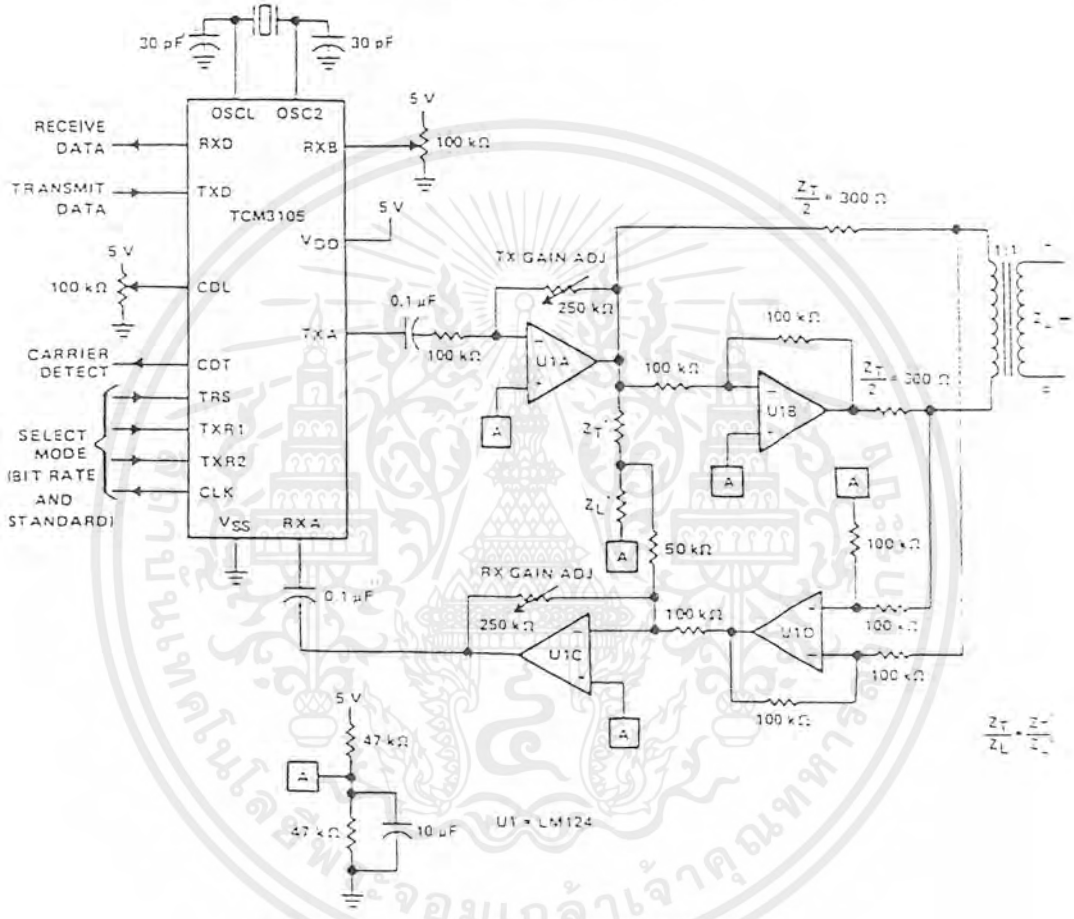


FIGURE 3. TELEPHONE LINE INTERFACE CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

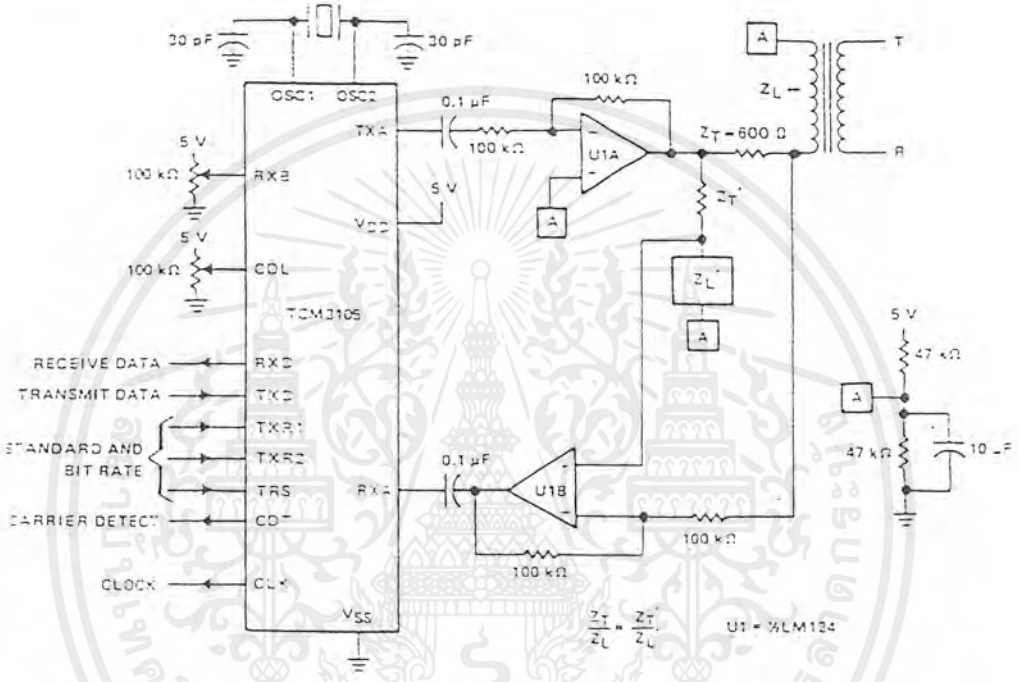


FIGURE 4. SIMPLIFIED TELEPHONE LINE INTERFACE CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

DS2430A
256-Bit 1-Wire™ EEPROM

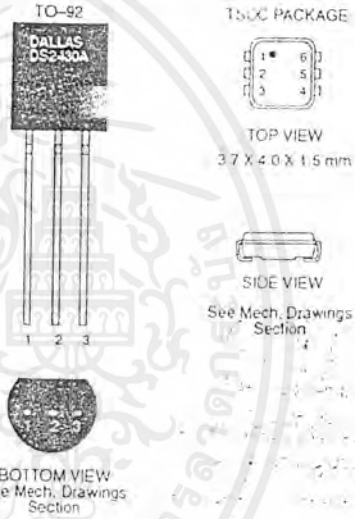
FEATURES

- 256-bit Electrically Erasable Programmable Read Only Memory (EEPROM) plus 64-bit one-time programmable application register
- Unique, factory-lasered and tested 64-bit registration number (8-bit family code + 48-bit serial number + 8-bit CRC tester) assures absolute identity because no two parts are alike
- Built-in multidrop controller ensures compatibility with other MicroLAN™ products
- EEPROM organized as one page of 32 bytes for random access
- Reduces control, address, data and power to a single data pin
- Directly connects to a single port pin of a microprocessor and communicates at up to 16.3k bits per second
- 8-bit family code specifies DS2430A communication requirements to reader
- Presence detector acknowledges when reader first applies voltage
- Low cost TO-92 or 6-pin TSOC surface mount package
- Reads and writes over a wide voltage range of 2.8V to 6.0V from -40°C to +85°C

ORDERING INFORMATION

DS2430A	TO-92 package
DS2430AP	6-pin TSOC package
DS2430AT	Tape & Reel version of DS2430A
DS2430AV	Tape & Reel version of DS2430AP

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

	TO-92	TSOC
Pin 1	Ground	Ground
Pin 2	Data	Data
Pin 3	NC	NC
Pin 4	—	NC
Pin 5	—	NC
Pin 6	—	NC

SILICON LABEL DESCRIPTION

The DS2430A 256-bit 1-Wire EEPROM identifies and stores relevant information about the product to which it is associated. This lot or product specific information can be accessed with minimal interface, for example a single port pin of a microcontroller. The DS2430A consists of a factory-lasered registration number that includes a unique 48-bit serial number, an 8-bit CRC, and an 8-bit Family Code, 256 bits of EEPROM, a 64-bit one-time programmable application register. The power to read and write the DS2430A is derived from the 1-Wire communication line. Data is transferred serially

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1–Wire protocol which requires only a single data lead and a ground return. The 48–bit serial number that is factory–lasered into each DS2430A provides a guaranteed unique identity which allows for absolute traceability. The TO–92 and TSOC packages provide a compact enclosure that allows standard assembly equipment to handle the device easily for attachment to printed circuit boards or wiring. Typical applications include storage of calibration constants, board identification and product revision status.

OVERVIEW

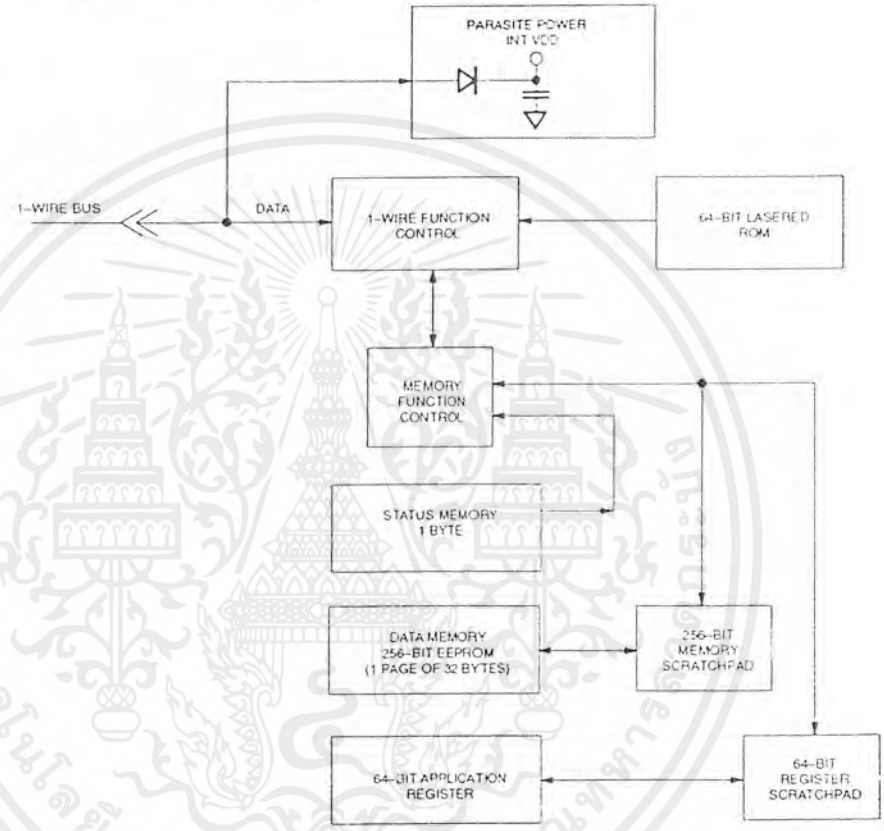
The block diagram in Figure 1 shows the relationships between the major control and memory sections of the DS2430A. The DS2430A has four main data components: 1) 64–bit lasered ROM, 2) 256–bit EEPROM data memory with scratchpad, 3) 64–bit one–time programmable application register with scratchpad and 4) 8–bit Status Memory. The hierarchical structure of the 1–Wire protocol is shown in Figure 2. The bus master must first provide one of the four ROM Function Commands, 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM. The protocol required for these ROM Function Commands is described in Figure 8. After a ROM Function Command is successfully executed, the memory functions become accessible and the master may provide any one of the four memory function commands. The protocol for these memory function commands is described in Figure 6. All data is read and written least significant bit first.

64–BIT LASERED ROM

Each DS2430A contains a unique ROM code that is 64 bits long. The first eight bits are a 1–Wire family code (14h). The next 48 bits are a unique serial number. The last eight bits are a CRC of the first 56 bits. (Figure 3). The 1–Wire CRC is generated using a polynomial generator consisting of a shift register and XOR gates as shown in Figure 4. The polynomial is $X^8 + X^5 + X^4 + 1$. Additional information about the Dallas 1–Wire Cyclic Redundancy Check is available in the Book of DS19xx iButton Standards. The shift register bits are initialized to zero. Then starting with the least significant bit of the family code, one bit at a time is shifted in. After the 8th bit of the family code has been entered, then the serial number is entered. After the 48th bit of the serial number has been entered, the shift register contains the CRC value. Shifting in the eight bits of CRC should return the shift register to all zeros.

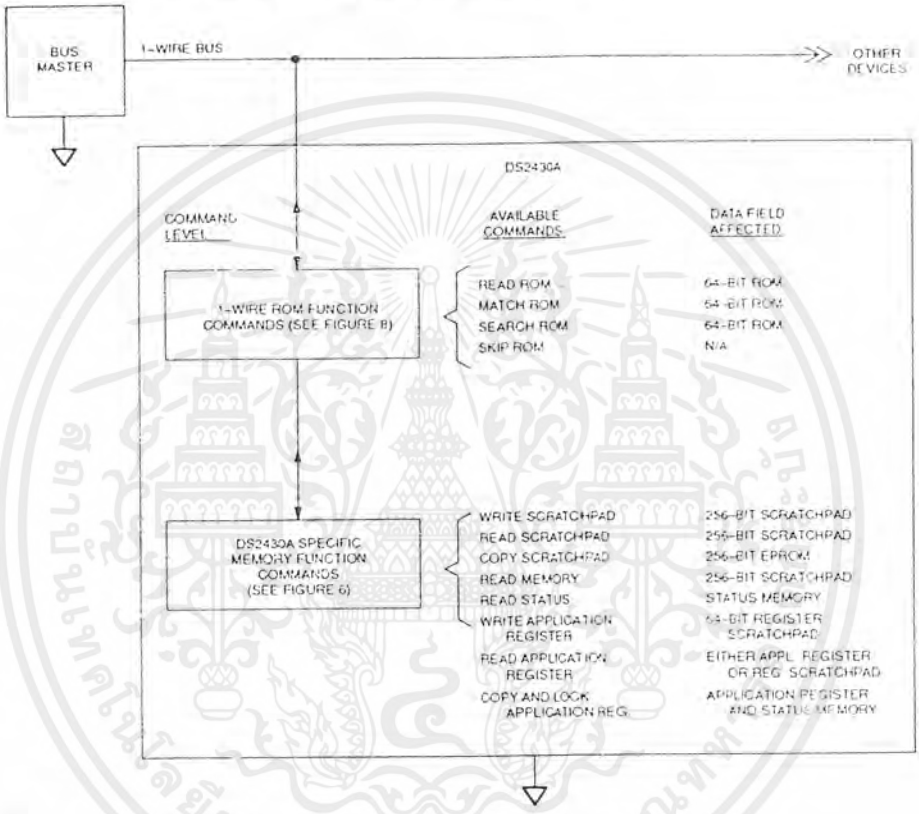
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS2430A BLOCK DIAGRAM Figure 1

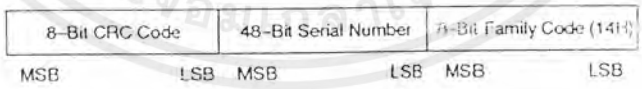


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

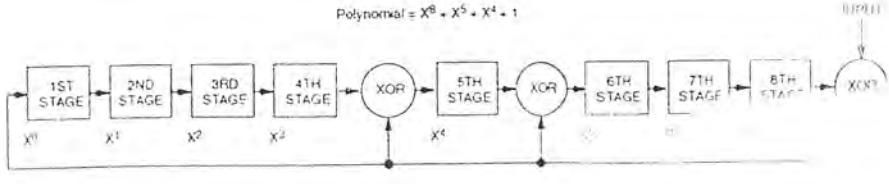
HIERARCHICAL STRUCTURE FOR 1-WIRE PROTOCOL Figure 2



64-BIT LASERED ROM Figure 3



1-WIRE CRC GENERATOR Figure 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY

The memory of the DS2430A consists of three separate sections, called data memory, application register and status register (Figure 5). The data memory and the application register each has its own intermediate storage area called scratchpad that acts as a buffer when writing to the device. The data memory can be read and written as often as desired. The application register, however, is one-time programmable only. Once the application register is programmed, it is automatically write-protected. The status register will indicate if the application register is already locked or if it is still available for storing data. As long as the application register is unprogrammed, the status register will read FFh. Copying data from the register scratchpad to the application register will clear the write protection bits of the status register, yielding a FCh the next time when one reads the status register.

DS2430A MEMORY MAP Figure 5

MEMORY FUNCTION COMMANDS

The "Memory Function Flow Chart" (Figure 6) describes the protocols necessary for accessing the different memory sections of the DS2430A. An example is shown later in this document.

WRITE SCRATCHPAD [0Fh]

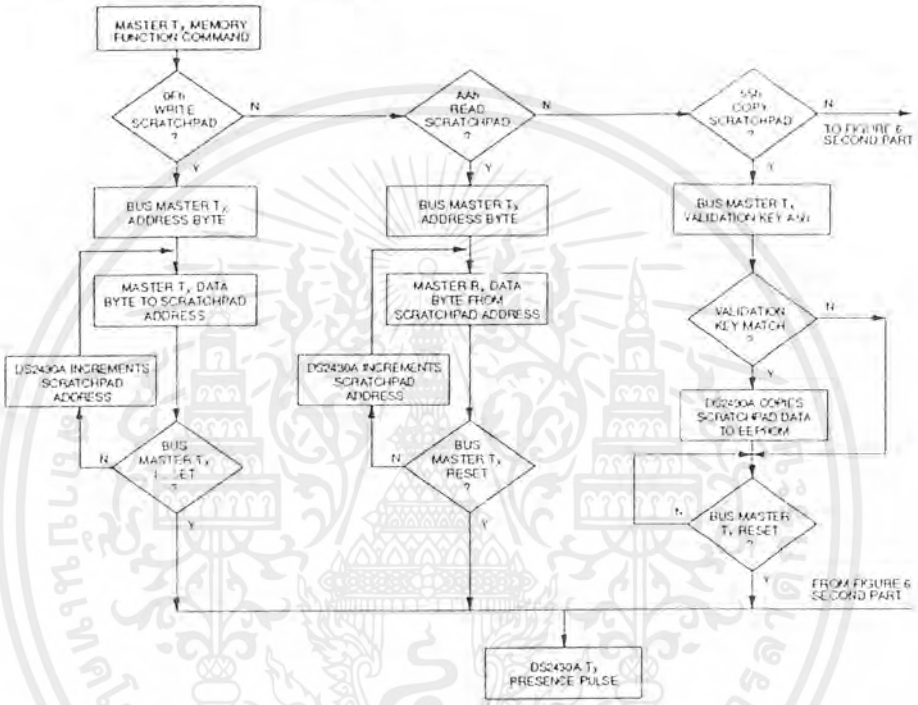
After issuing the write scratchpad command, the master must first provide a 1-byte address, followed by the data to be written to the scratchpad for the data memory. The DS2430A will automatically increment the address after every byte it received. After having received a data byte for address 1Fh, the address counter will wrap around to 00h for the next byte and writing continues until the master sends a reset pulse.

READ SCRATCHPAD [AAh]

This command is used to verify data previously written to the scratchpad before it is copied into the final storage EEPROM memory. After issuing the read scratchpad command, the master must provide the 1-byte starting address from where data is to be read. The DS2430A will automatically increment the address after every byte read by the master. After the data of address 1Fh has been read, the address counter will wrap around to 00h for the next byte and reading continues until the master sends a reset pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY FUNCTION FLOW CHART Figure 6



COPY SCRATCHPAD [55h]

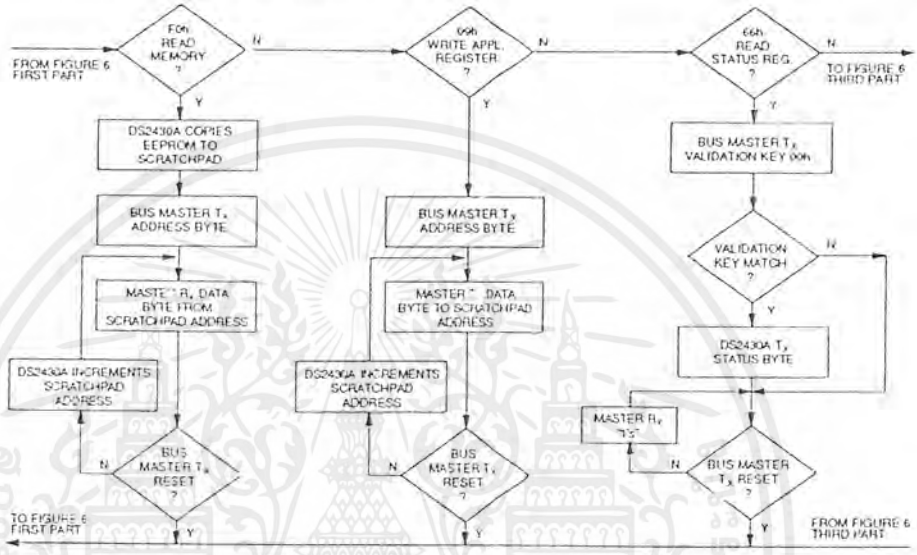
After the data stored in the scratchpad has been verified the master may send the copy scratchpad command followed by a validation key of A5h to transfer data from the scratchpad to the EEPROM memory. This command will always copy the data of the entire scratchpad. Therefore, if one desires to change only a few bytes of the EEPROM data, the scratchpad should contain a copy of the latest EEPROM data before the write scratchpad and copy scratchpad commands are issued. After this command is issued, the data line must be held at logic high level for at least 100 ms.

READ MEMORY [F0h]

The read memory command is used to read a portion or all of the EEPROM data memory and to copy the entire data memory into the scratchpad to prepare for changing a few bytes. To copy data from the data memory to the scratchpad and to read it, the master must issue the read memory command followed by the 1–byte starting address from where data is to be read from the scratchpad. The DS2430A will automatically increment the address after every byte read by the master. After the data of address 1Fh has been read, the address counter will wrap around to 00h for the next byte and reading continues until the master sends a reset pulse. If one intends to copy the entire data memory to the scratchpad without reading data, a starting address is not required, the master may send a reset pulse immediately following the command code.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY FUNCTION FLOW CHART Figure 6 (cont'd)



WRITE APPLICATION REGISTER [99h]

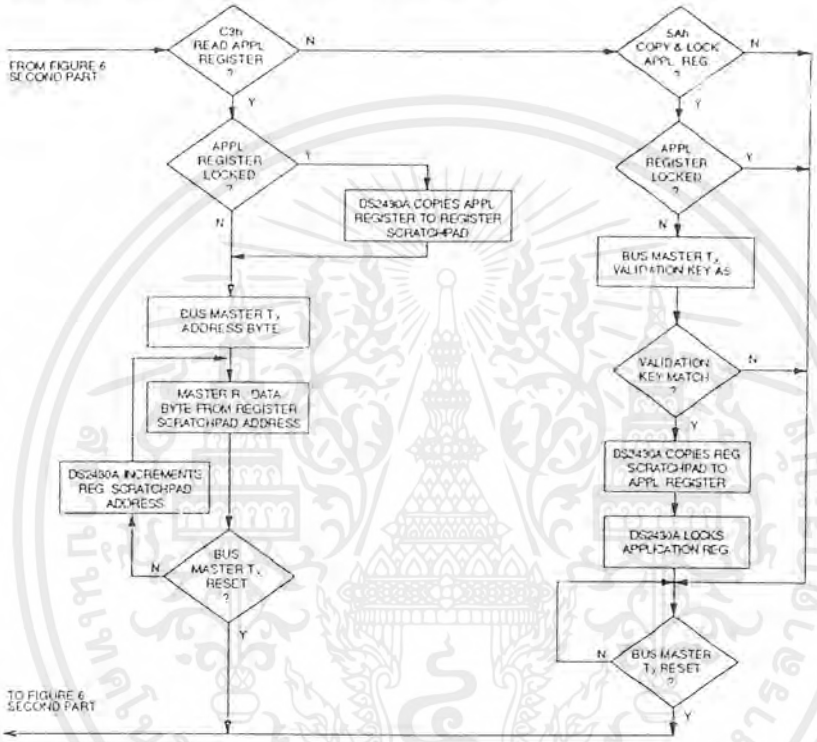
This command is essentially the same as the write scratchpad command, but it addresses the 64–bit register scratchpad. After issuing the command code, the master must provide a 1–byte address, followed by the data to be written. The DS2430A will automatically increment the address after every byte it received. After having received a data byte for address 07h, the address counter will wrap around to 00h for the next byte and writing continues until the master sends a reset pulse. The write application register command can be used as long as the application register has not yet been locked. If issued for a device with the application register locked, the data written to the register scratchpad will be lost.

READ STATUS REGISTER [66h]

The status register is a means for the master to find out if the application register has been programmed and locked. After issuing the read status register command, the master must provide the validation key 00h before receiving status information. The two least significant bits of the 8–bit status register will be 0 if the application register was programmed and locked; all other bits will always read 1. The master may finish the read status command by sending a reset pulse at any time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY FUNCTION FLOW CHART Figure 6 (cont'd)



READ APPLICATION REGISTER [C3h]

This command is used to read the application register or the register scratchpad. As long as the application register is not yet locked, one will receive data from the register scratchpad. After the application register is locked the DS2430A will transmit data from the application register, making the register scratchpad inaccessible for reading. The contents of the status register indicates where the data received with this command came from. After issuing the read application register command, the master must provide the 1–byte starting address from where data is to be read. The DS2430A will automatically increment the address after every byte read by the master. After the data of address 07h has been read, the address counter will wrap around to 00h for the next byte and reading continues until the master sends a reset pulse.

COPY & LOCK APPLICATION REGISTER [5Ah]

After the data stored in the register scratchpad has been verified the master may send the copy & lock application register command followed by a validation key of A5h to transfer the contents of the entire register scratchpad to the application register and to simultaneously write-protect it. The master may cancel this command by sending a reset pulse instead of the validation key. After the validation key was transmitted, the application register will contain the data of the register scratchpad. Further write accesses to the application register will be denied. **The copy & lock application register command can only be executed once.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1–WIRE BUS SYSTEM

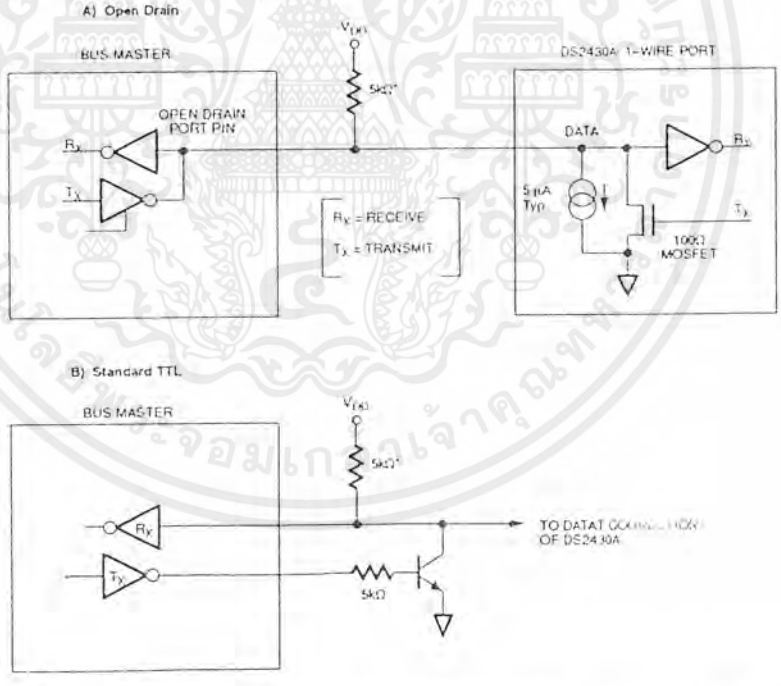
The 1–Wire bus is a system which has a single bus master and one or more slaves. In all instances, the DS2430A is a slave device. The bus master is typically a microcontroller. The discussion of this bus system is broken down into three topics: hardware configuration, transaction sequence, and 1–Wire signaling (signal type and timing). A 1–Wire protocol defines bus transactions in terms of the bus state during specified time slots that are initiated on the falling edge of sync pulses from the bus master. For a more detailed protocol description, refer to Chapter 4 of the Book of DS19xx iButton Standards.

Hardware Configuration

The 1–Wire bus has only a single line by definition; it is important that each device on the bus be able to drive it at the appropriate time. To facilitate this, each device attached to the 1–Wire bus must have open drain connection or 3–state outputs. The 1–Wire port of the DS2430A is open drain with an internal circuit equivalent to that shown in Figure 7. A multidrop bus consists of a 1–Wire bus with multiple slaves attached. The 1–Wire bus has a maximum data rate of 16.3k bits per second and requires a pull–up resistor of approximately 5kΩ.

The idle state for the 1–Wire bus is high. If for any reason a transaction needs to be suspended, the bus MUST be left in the idle state if the transaction is to resume. If this does not occur and the bus is left low for more than 120 µs, one or more of the devices on the bus may be reset.

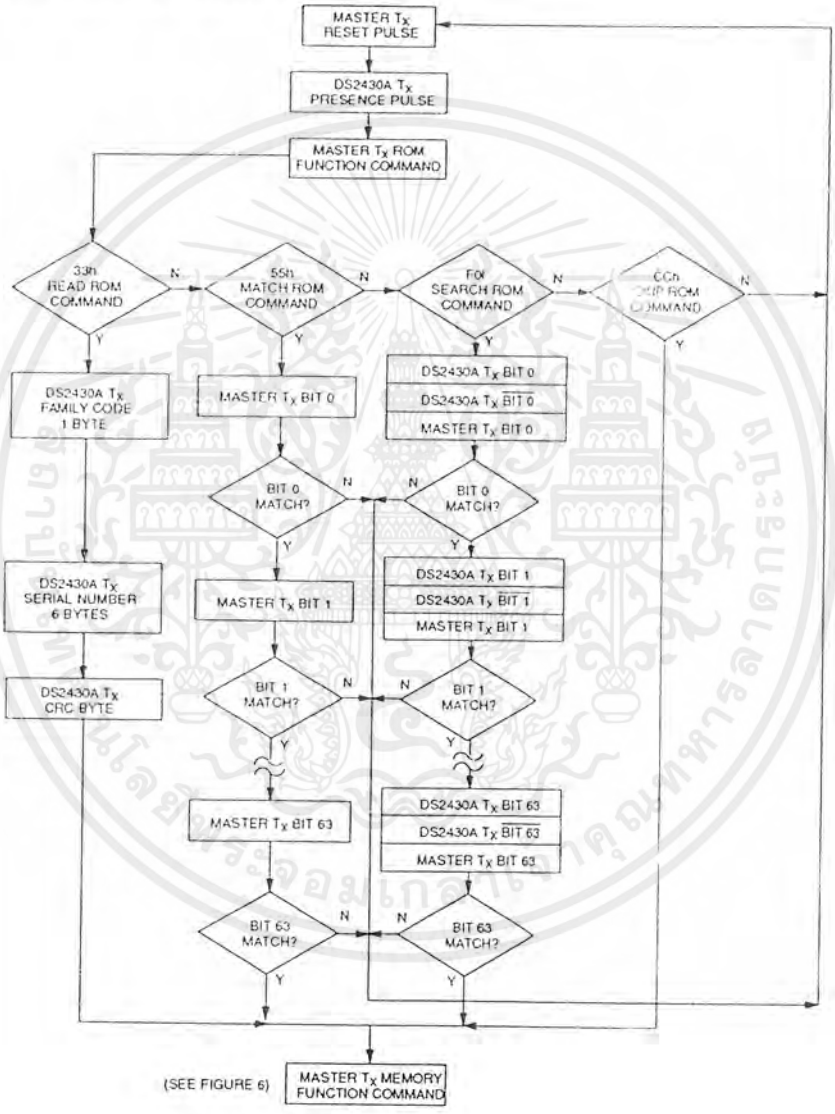
HARDWARE CONFIGURATION Figure 7



*5kΩ is adequate for reading the DS2430A. To write to a single device, a 2.2kΩ [illegible] and V_{PU} of at least [illegible] sufficient. For writing multiple DS2430As simultaneously, the resistor should be pullup to V_{PU} while the device copies the scratchpad to EEPROM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROM FUNCTIONS FLOW CHART Figure 8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transaction Sequence

The sequence for accessing the DS2430A via the 1–Wire port is as follows:

- Initialization
- ROM Function Command
- Memory Function Command
- Transaction/Data

INITIALIZATION

All transactions on the 1–Wire bus begin with an initialization sequence. The initialization sequence consists of a reset pulse transmitted by the bus master followed by a presence pulse(s) transmitted by the slave(s).

The presence pulse lets the bus master know that the DS2430A is on the bus and is ready to operate. For more details, see the "1–Wire Signaling" section.

ROM FUNCTION COMMANDS

Once the bus master has detected a presence, it can issue one of the four ROM function commands. All ROM function commands are eight bits long. A list of these commands follows (refer to flowchart in Figure 8):

Read ROM [33h]

This command allows the bus master to read the DS2430A's 8–bit family code, unique 48–bit serial number, and 8–bit CRC. This command can be used only if there is a single DS2430A on the bus. If more than one slave is present on the bus, a data collision will occur when all slaves try to transmit at the same time (open drain will produce a wired–AND result). The resultant family code and 48–bit serial number will usually result in a mis–match of the CRC.

Match ROM [55h]

The match ROM command, followed by a 64–bit ROM sequence, allows the bus master to address a specific DS2430A on a multidrop bus. Only the DS2430A that exactly matches the 64–bit ROM sequence will respond to the subsequent memory function command. All slaves that do not match the 64–bit ROM sequence will wait for a reset pulse. This command can be used with a single or multiple devices on the bus.

Skip ROM [CCh]

This command can save time in a single drop bus system by allowing the bus master to access the memory functions without providing the 64–bit ROM code. If more than one slave is present on the bus and a read command is issued following the Skip ROM command, data collision will occur on the bus as multiple slaves transmit simultaneously (open drain pull–downs will produce a wired–AND result).

Search ROM [F0h]

When a system is initially brought up, the bus master might not know the number of devices on the 1–Wire bus or their 64–bit ROM codes. The search ROM command allows the bus master to use a process of elimination to identify the 64–bit ROM codes of all slave devices on the bus. The search ROM process is the repetition of a simple 3–step routine: read a bit, read the complement of the bit, then write the desired value of that bit. The bus master performs this simple, 3–step routine on each bit of the ROM.

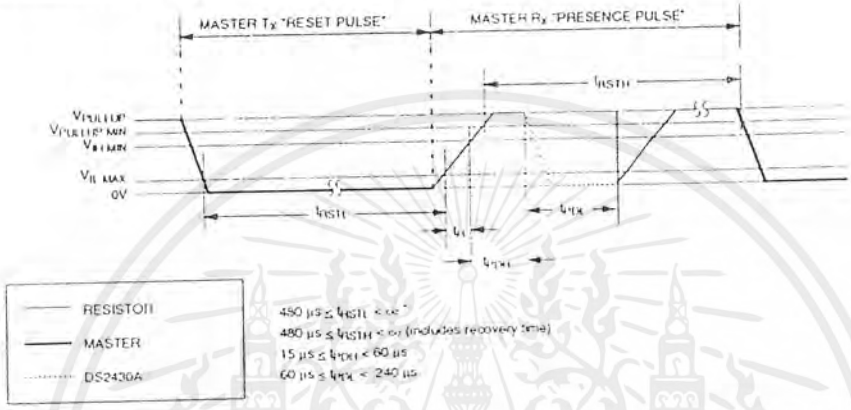
After one complete pass, the bus master knows the contents of the ROM in one device. The remaining number of devices and their ROM codes may be identified by additional passes. See Chapter 5 of the Book of DS19xx iButton Standards for a comprehensive discussion of a search ROM, including an actual example.

1–Wire Signaling

The DS2430A requires strict protocols to insure data integrity. The protocol consists of four types of signaling on one line: Reset Sequence with Reset Pulse and Presence Pulse, Write 0, Write 1 and Read Data. All these signals except presence pulse are initiated by the bus master. The initialization sequence required to begin any communication with the DS2430A is shown in Figure 9. A reset pulse followed by a presence pulse indicates the DS2430A is ready to accept a ROM command. The bus master transmits (TX) a reset pulse (t_{RSTL}, minimum 480 µs). The bus master then releases the line and goes into receive mode (RX). The 1–Wire bus is pulled to a high state via the pullup resistor. After detecting the rising edge on the data line, the DS2430A waits (t_{PDH}, 15–60 µs) and then transmits the presence pulse (t_{PDL}, 60–240 µs).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INITIALIZATION PROCEDURE "RESET AND PRESENCE PULSES" Figure 9



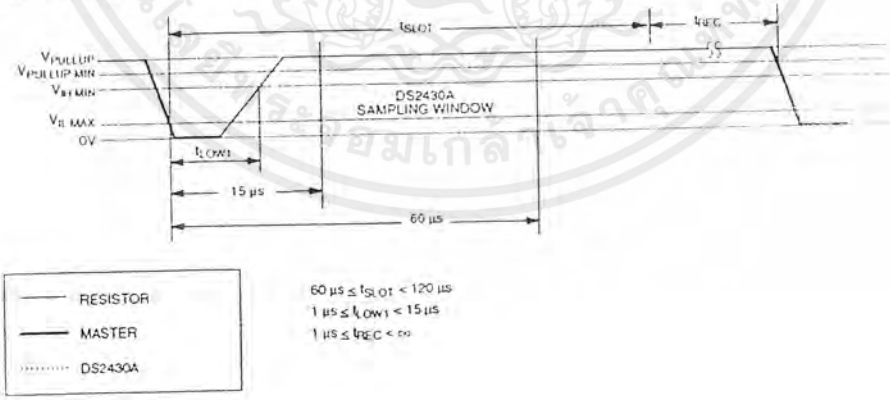
* In order not to mask interrupt signalling by other devices on the 1-Wire bus, $t_{RSTL} + t_R$ should always be less than 960 µs.

Read/Write Time Slots

The definitions of write and read time slots are illustrated in Figure 10. All time slots are initiated by the master driving the data line low. The falling edge of the data line synchronizes the DS2430A to the master by triggering a delay circuit in the DS2430A. During write time slots, the delay circuit determines when the DS2430A will sample the data line. For a read data time slot, if a "0" is to be transmitted, the delay circuit determines how long the DS2430A will hold the data line low overriding the 1 generated by the master. If the data bit is a "1", the DS2430A will leave the read data time slot unchanged.

READ/WRITE TIMING DIAGRAM Figure 10

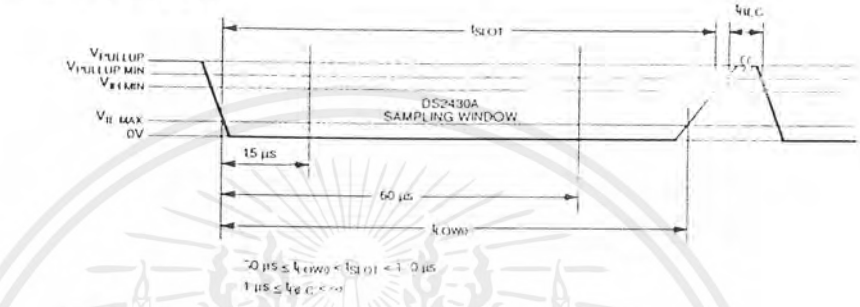
Write–one Time Slot



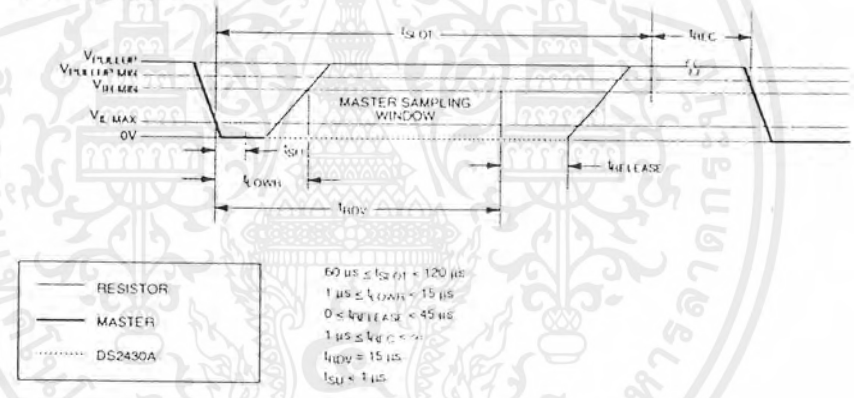
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

READ/WRITE TIMING DIAGRAM NO TAG (cont'd)

Write–zero Time Slot



Read–data Time Slot



60 µs ≤ tSLOT < 120 µs
1 µs ≤ tLOWR < 15 µs
0 < tRELEASE < 45 µs
1 µs ≤ tREC < ∞
tRDV = 15 µs
tSU < 1 µs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY FUNCTION EXAMPLE

Example: Write two data bytes to data memory location 0006 and 0007. Read entire data memory.

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	Reset	Reset pulse (480–960 µs)
RX	Presence	Presence pulse
TX	CCh	Issue "Skip ROM" command
TX	F0h	Issue "Read Memory" command
TX	Reset	Reset pulse (480–960 µs)
RX	Presence	Presence pulse
TX	CCh	Issue "Skip ROM" command
TX	0Fh	Issue "Write Scratchpad" command
TX	06h	Start address = 06h
TX	<2 data bytes>	Write two bytes of data to scratchpad
TX	Reset	Reset pulse
RX	Presence	Presence pulse
TX	CCh	Issue "Skip ROM" command
TX	AAh	Issue "Read Scratchpad" command
TX	06h	Start address = 06h
RX	<2 data bytes>	Read scratchpad data and verify
TX	Reset	Reset pulse
RX	Presence	Presence pulse
TX	CCh	Issue "Skip ROM" command
TX	55h	Issue "Copy Scratchpad" command
TX	A5h	Validation key
TX	<data line high>	Data line is held high for 100 ms by the bus master to provide energy for copying data from the scratchpad to EEPROM
TX	Reset	Reset pulse
RX	Presence	Presence pulse
TX	CCh	Issue "Skip ROM" command
TX	F0h	Issue "Read Memory" command
TX	00h	Start address = 00h
RX	<32 bytes>	Read EEPROM data page
TX	Reset	Reset pulse
RX	Presence	Presence pulse

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on DATA to Ground	–0.5V to +7.0V
Operating Temperature	–40°C to +85°C
Storage Temperature	–55°C to +125°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(–40°C to +85°C; V_{PUP}=2.8V to 6.0V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Logic 1	V_{IH}	2.2			V	1, 6
Logic 0	V_{IL}	-0.3		+0.8	V	1, 11
Output Logic Low @ 4 mA	V_{OL}			0.4	V	1
Output Logic High	V_{OH}		V_{PUP}	6.0	V	1, 2
Input Load Current (DATA pin)	I_L		5		µA	3
Operating Charge	Q_{OP}			30	nC	7, 8
Programming Current	I_P			600	µA	

CAPACITANCE

(t_A=25°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Capacitance DATA pin	C_D			800	pF	9

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(–40°C to +85°C; V_{PUP}=2.8V to 6.0V)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Time Slot	t_{SLOT}	60		120	µs	
Write 1 Low Time	t_{LOW1}	1		15	µs	
Write 0 Low Time	t_{LOW0}	60		120	µs	
Read Low Time	t_{LOWR}	1		15	µs	
Read Data Valid	t_{RDV}		exactly 15		µs	
Release Time	$t_{RELEASE}$	0	15	45	µs	
Read Data Setup	t_{SU}			1	µs	5
Recovery Time	t_{REC}	1			µs	
Reset Time High	t_{RSTH}	480			µs	4
Reset Time Low	t_{RSTL}	480		5000	µs	1
Presence Detect High	t_{PDH}	15		60	µs	
Presence Detect Low	t_{PDL}	60		240		
Programming Time	t_{PROG}			100	ms	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES:

1. All voltages are referenced to ground.
2. V_{PUP}=external pull-up voltage.
3. Input load is to ground.
4. An additional reset or communication sequence cannot begin until the reset high time has expired.
5. Read data setup time refers to the time the host must pull the 1-wire bus low to read a bit. Data is guaranteed to be valid within 1 µs of this falling edge and will remain valid for 14 µs minimum (15 µs total from falling edge on 1-wire bus).
6. V_{IH} is a function of the external pull-up resistor and V_{PUP}.
7. 30 nanocoulombs per 72 time slots @ 5.0V.
8. At V_{CC}=5.0V with 5kΩ pullup to V_{CC} and a maximum time slot of 120 µs.
9. Capacitance on the data pin could be 800 pF when power is first applied. If a 5kΩ resistor is used to pull up the data line to V_{CC}, 5 µs after power has been applied the parasite capacitance will not affect normal communications.
10. t_{RSTL} should be limited to maximum 5 ms. Otherwise the DS2430A may perform a power-on reset.
11. Under certain low voltage conditions V_{ILMAX} may have to be reduced to as much as 0.5V to always guarantee a presence pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ปรเมษฐ์ ประนยานันท์ และ ปิยพงศ์ เผ่าวณิช , " คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 380 หน้า , 2536

2. ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด , " ไมโครโปรเซสเซอร์ 2 " , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 192 หน้า , 2539

3. นุกูล กระจาย , " การเขียนโปรแกรมแบบวิชวล Delphi 4 ", บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 496 หน้า , 2542

4. กนก กุสุมาลย์ และ ไกรวุฒิ มั่นเสถียรสิน , " คู่มือการเขียนโปรแกรมด้วย Delphi ", บริษัท ซัคเซส จำกัด , 422 หน้า , 2542

5. วิมุติ วสะหลาย , กลเม็ดเคล็ดลับ , " Borland Delphi 4 ", บริษัท คอมกราฟ เพรส จำกัด , 233 หน้า , 2541

6. กิตติ เปรมพินิจ , " คู่มือการใช้งาน Borland Delphi 4 " , ห้างหุ้นส่วนจำกัด เคพีเอน ซิสเต็มอินทิเกรเตอร์ , 234 หน้า , 2541

7. ประสิทธ์ ประพิณมงคลการ , " หลักการระบบสื่อสาร ", หจก. เอช- เอ็นการพิมพ์ , 383 หน้า , 2533

8. ไพโรจน์ ไววานิชกิจ และ กมล เขมะรังษี , " เปิดโลกการสื่อสารไร้สาย " , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , หน้า 219 , 2539

9. ณรงค์ ชอนตะวัน , " เครื่องวัดและการวัดทางไฟฟ้า " , สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ , หน้า 62- 63 , 2519

10. Wayne Tomasi , " Advance Electronic Communications System " Simon & Schuster Company , 414 p. ,1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้