สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ กิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

KILOWATTS HOURS METER

รายชื่อนักศึกษา 1. นายไมตรี นิ่มสุข รหัสประจำตัว 39031124

2. นายรวิภาส ไกรยูรเสน รหัสประจำตัว 39031126

3. นางสาวรักษฎาภรณ์ รักวาทิน รหัสประจำตัว 39031127

4. นายรุ่งโรจน์ ยินดีทิพย์ รหัสประจำตัว 39031129

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

1. ผศ.ประเชิญ ไทรแจ่มจันทร์

2. อาจารย์วรวิทย์ สมหา

3. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

TO30150

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม	.....
2. อาจารย์วรวิทย์ สมหา	.....
3. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	.....
4. อาจารย์โกศล ตราชู	.....
5. อาจารย์ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล	.....

วันเดือนปีที่สอบ วันที่ 1 พฤษภาคม 2541 เวลา 11.30 น. ถึง 13.30 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่ ..... พ.ศ. .....

เลขหมู่ 30150
เลขทะเบียน
วัน, เดือน, ปี 8 มิ.ย. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

กิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

KILOWATTS HOURS METER

นายไมตรี นิ่มสุข

นายรวิภาส ไกรยูรเสน

นางสาวรักษฎาภรณ์ รักวาทิน

นายรุ่งโรจน์ ยินดีทิพย์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง กิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

KILOWATTS HOURS METER

ผู้จัดทำ

1. นายไมตรี	นิ่มสุข
2. นายรวิภาส	ไกรยูรเสน
3. นางสาวรักษฎาภรณ์	รักวาทิน
4. นายรุ่งโรจน์	ยินดีทิพย์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม .....

(ผศ.ประเชิญ ไทรแจ่มจันทร์)

ลงนาม .....

(อาจารย์วรวิทย์ สมหา)

ลงนาม .....

(อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม .....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง กิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

KILOWATTS HOURS METER

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ และการนำไมโครคอนโทร์ลเลอร์มาใช้ในการบันทึก
2. เพื่อออกแบบวงจรและโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบบันทึกข้อมูล
3. เพื่อสร้างกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ และเครื่องจัดเก็บข้อมูล
4. เพื่อทดสอบการทำงานของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ และเครื่องจัดเก็บข้อมูล
5. เพื่อทดลองนำกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ไปใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้จัดทำมีความรู้เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับการทำงานของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ และกการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาใช้ในการวัดปริมาณและการจดบันทึกการใช้ไฟฟ้า
2. ได้วงจรต้นแบบของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ และโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบบันทึกข้อมูล
3. ได้เครื่องต้นแบบของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ และเครื่องจัดเก็บข้อมูล
4. ได้ผลการทดลอง และรับรู้ถึงค่าความผิดพลาดเมื่อทดสอบกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์
5. สามารถนำกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ และเครื่องจัดเก็บข้อมูลนี้ใช้ในงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I

กิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

นายไมตรี นิ่มสุข
นายรวิภาส ไกรยูรเสน
นางสาวรักษฎาภรณ์ รักวาทิน
นายรุ่งโรจน์ ยินดีทิพย์

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ประเชิญ ไทรแจ่มจันทร์
อาจารย์วรวิทย์ สมหา
อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่ประยุกต์นำไมโครคอนโทรลเลอร์ เอ็มซีเอส 51 มาใช้เป็นอุปกรณ์ประมวลผลหลักของเครื่องวัดค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมง ในการคำนวณกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในหน่วยของกิโลวัตต์ชั่วโมง จะอาศัยวงจรวัดแรงดัน และวงจรวัดกระแส แล้วเปลี่ยนค่าแรงดันและกระแสเป็นข้อมูลดิจิตอล เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถคำนวณ และบันทึกจำนวนหน่วยที่ถูกใช้งานไปแล้ว นอกจากนี้ยังนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นเครื่องบันทึกข้อมูลซึ่งจะส่งถ่ายข้อมูลจากมิเตอร์มายังเครื่องบันทึกโดยผ่านแสงอินฟราเรด ซึ่งเครื่องบันทึกสามารถรองรับการบันทึกข้อมูลจากมิเตอร์หลายๆ เครื่อง แล้วเมื่อนำเครื่องบันทึกไปเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะสามารถบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นเป็นแฟ้มข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KILOWATTS HOURS METER

MR.MITREE NIMSUK

MR.RAVIPART KRIYOONSEN

MISS RAKSADAPORN RAKWATIN

MR.RUNGROAT YINDEETIP

ADVISORS

ASSIST.PROF.PRACHERN THRAIEJAMJAN

MR.WORAWIT SOMHA

MR.PEERAWUT SUWANJAN

1997

ABSTRACT

This thesis is application a MCS-51 microcontroller in a central processing of the kilowatts hours meter. It calculates the electrical powers that are used to transform voltage and current to digital datas.Then the microcontroller can calculate the powers and remember them in form of using unit. After that it can send the number of units to a recorder that can recorded the datas form many meters and record into its memory by using an infrared circuit. The recorder can be connected and transferal of datas to a microcomputer for saving them as a file.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือในการให้คำแนะนำจากคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่าน ร่วมถึงความเอื้อเฟื้อในเรื่องของวัสดุ, อุปกรณ์, เครื่องมือ และสถานที่การทดสอบโครงงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาทั้ง 3 ท่าน คือ ผศ.ประเชิญ ไทรแจ่มจันทร์ ที่ให้เกียรติในการเป็นอาจารย์กิตติมศักดิ์ อาจารย์วรวิทย์ สมหา ซึ่งช่วยให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการคิด และสร้างโครงงานขึ้นมา และอาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ ที่ให้คำปรึกษา และชี้แนวทางในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางกลุ่มจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

อนึ่ง ขอกราบขอบคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ผู้บังเกิดเกล้า ผู้เป็นแรงกำลังอันยิ่งใหญ่ทั้งกำลังใจ, กำลังทรัพย์ และเป็นผู้ให้ตลอดมา ตลอดจนขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจในการทำงานแก่พวกเรา

สุดท้าย ประโยชน์ และคุณความดีใด ๆ ก็ตามที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ขอมอบให้แด่คุณพ่อ,คุณแม่ ผู้ให้กำเนิด และคุณครูบาอาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชามาตั้งแต่ต้นจนมีวันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ความหมายของกำลังไฟฟ้า และพาวเวอร์แฟคเตอร์	3
2.3 การคำนวณภาระการใช้ไฟฟ้า	6
2.3.1 ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า	6
2.3.2 ตัวประกอบความต้องการไฟฟ้า	7
2.4 การคิดค่าพลังงานไฟฟ้า	8
2.4.1 ประเภทต่าง ๆ ของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า	8
2.5 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า	9
2.5.1 วัตต์มิเตอร์ชนิดอิเลคโทรไดนาโมมิเตอร์	9
2.5.2 วัตต์มิเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ	11
2.5.3 วัตต์มิเตอร์ชนิดเทอร์โมคัปเปิล	13
2.6 แผงแสดงผลผลึกเหลวแบบจุดผสม	14
2.6.1 รายละเอียดคำสั่ง HD44780	14
2.7 การเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นข้อมูลทางดิจิตอล	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.8 นาฬิกาแบบฐานเวลาจริง	20
2.8.1 การควบคุมนาฬิกา และแรม	21
2.8.2 การเลือกใช้คริสตอล	23
2.9 การส่งสัญญาณโดยใช้แสงอินฟราเรด	23
2.9.1 ลักษณะของการส่งสัญญาณ	23
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	26
3.1 กล่าวนำ	26
3.2 แผนผังการทำงานของโครงงาน	26
3.3 การออกแบบด้านของฮาร์ดแวร์	28
3.3.1 วงจรนาฬิกาแบบเวลาจริง	29
3.3.2 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นข้อมูลทางดิจิตอล	29
3.3.3 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับแผงแสดงผลผลึกเหลวแบบจุดผสม	31
3.3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณศูนย์	32
3.3.5 วงจรรับส่งข้อมูลทางแสงอินฟาเรด	33
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	35
4.1 การวัดสัญญาณในภาคต่าง ๆ	35
4.1.1 การทดลองเปรียบเทียบเฟสของแรงดันและกระแส	35
4.1.2 การทดลองวัดสัญญาณเริ่มต้นการอ่านของวงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิตอล	37
4.1.3 การทดลองวัดสัญญาณในการรับส่งข้อมูล	37
4.2 การทดลองกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์โดยเครื่องใช้ไฟฟ้า	40
4.2.1 การทดลองต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดกำลังงาน 60 วัตต์	40
4.2.2 การทดลองต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดกำลังงาน 60 วัตต์	42
4.3 การทดลองรับส่งข้อมูลสัญญาณแสง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	56
5.1 บทสรุป	56
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงาน	56
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงาน	57
5.4 แนวทางการแก้ไขพัฒนา	57
ภาคผนวก ก รูปต้นแบบ	58
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน	62
ภาคผนวก ค แผนการทำงาน และโปรแกรมการทำงาน	73
ภาคผนวก ง วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	138
ภาคผนวก จ รายการอุปกรณ์	143
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดข้อมูล และคุณสมบัติของอุปกรณ์	147
ประวัติผู้แต่ง	169
บรรณานุกรม	173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าของเคอร์เซอร์	16
ตารางที่ 2.2 ค่าของการตั้งขนาดของตัวอักษร	18
ตารางที่ จ.1 รายการอุปกรณ์	144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปภาพ		หน้า
รูปที่ 2.1	กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดชนิดความต้านทาน	5
รูปที่ 2.2	กำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดชนิดอินดัคตีฟ	5
รูปที่ 2.3	กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดทั่ว ๆ ไป	6
รูปที่ 2.4	วงจรของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าชนิดอิเลคโทรไดนาโมมิเตอร์	11
รูปที่ 2.5	หลักการทำงานของเครื่องวัดชนิดเหนี่ยวนำ	12
รูปที่ 2.6	แผนผังทางเวคเตอร์ของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ	12
รูปที่ 2.7	หลักการของวัตต์มิเตอร์ชนิดเทอร์โมคัปเปิล	13
รูปที่ 2.8	ค่าหมายเลขตำแหน่งที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี	17
รูปที่ 2.9	แผนผังการติดต่อระหว่างอุปกรณ์แปลสัญญาณกับไมโครคอนโทรลเลอร์	19
รูปที่ 2.10	ขาด้านอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณ	20
รูปที่ 2.11	การจัดขาของไอซีดีเอส 1202	21
รูปที่ 2.12	การวางตำแหน่งบิตของค่าคำสั่ง	21
รูปที่ 2.13	แผนผังเวลาการส่งข้อมูลอนุกรมของไอซีดีเอส 1202	23
รูปที่ 2.14	การผสมความถี่เพื่อส่งสัญญาณแสงอินฟราเรด	24
รูปที่ 2.15	แผนผังการทำงานของส่วนรับสัญญาณจากแสงอินฟราเรด	24
รูปที่ 2.16	รูปร่างและการจัดขาของไอซีตระกูล TFMS5.0	25
รูปที่ 2.17	แผนผังการทำงานของวงจรภายในไอซีตระกูล TFMS5.0	25
รูปที่ 2.18	วงจรต่อใช้งานของไอซีตระกูล TFMS5.0	25
รูปที่ 3.1	ลักษณะของการคำนวณหาค่ากำลังงาน	27
รูปที่ 3.2	ลักษณะการโอนถ่ายข้อมูลของโครงงาน	27
รูปที่ 3.3	แผนผังการทำงานของมิเตอร์	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของเครื่องอ่านและบันทึกข้อมูล	28
รูปที่ 3.5 วงจรของนาฬิกาฐานเวลาจริง	29
รูปที่ 3.6 วงจรของภาควัดระดับแรงดัน	30
รูปที่ 3.7 วงจรของภาควัดปริมาณกระแส	30
รูปที่ 3.8 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	31
รูปที่ 3.9 วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์และแผงแสดงผลผลึกเหลวแบบจุดผสม	32
รูปที่ 3.10 วงจรตรวจจับสัญญาณศูนย์	32
รูปที่ 3.11 วงจรส่งผ่านแสงอินฟาเรด	33
รูปที่ 3.12 วงจรของภาครับสัญญาณแสงอินฟาเรด	35
รูปที่ 4.1 การต่อสายสัญญาณกับภาคตรวจวัดแรงดันและภาคตรวจวัดกระแส	
รูปที่ 4.2 สัญญาณอินพุตของวงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิตอลเมื่อต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 60 วัตต์	36
รูปที่ 4.3 สัญญาณอินพุตของวงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิตอลเมื่อต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 1000 วัตต์	37
รูปที่ 4.4 การต่อสายสัญญาณเข้าเพื่อวัดสัญญาณที่ส่ง	38
รูปที่ 4.5 สัญญาณแซมเปิ้ลเปรียบเทียบเฟสกับสัญญาณเอาท์พุทของภาคตรวจวัดแรงดัน	39
รูปที่ 4.6 การต่อสายวัดความถี่ 38 กิโลเฮริตซ์ไปเป็นระดับแรงดันดิจิตอล	39
รูปที่ 4.7 สัญญาณการสื่อสารข้อมูลระหว่างกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์กับเครื่องส่สัญญาณแสงอินฟาเรดไร้สาย	40
รูปที่ 4.8 การทดลองต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดกำลังงาน 60 วัตต์เพื่อทดสอบกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
รูปที่ 4.9	หน้าปัทม์ที่แสดงผลเมื่อต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กินกำลังงาน 60 วัตต์	41
รูปที่ 4.10	การทดลองต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดกำลังงาน 1000 วัตต์	42
รูปที่ 4.11	หน้าปัทม์แสดงเวลา	42
รูปที่ 4.12	หน้าปัทม์แสดงการตั้งค่าชั่วโมง	43
รูปที่ 4.13	หน้าปัทม์แสดงการตั้งนาที	43
รูปที่ 4.14	หน้าปัทม์แสดงรายการของการอ่านหน่วยการใช้ไฟฟ้า	43
รูปที่ 4.15	หน้าปัทม์แสดงการทำงานเรียบร้อย	43
รูปที่ 4.16	หน้าปัทม์แสดงการผิดพลาด	44
รูปที่ 4.17	หน้าปัทม์แสดงจำนวนหน่วยที่ทำการบันทึกครั้งก่อน	44
รูปที่ 4.18	หน้าปัทม์แสดงหน่วยปัจจุบันที่บันทึก	44
รูปที่ 4.19	หน้าปัทม์แสดงจำนวนหน่วยที่ใช้	45
รูปที่ 4.20	หน้าปัทม์แสดงจำนวนเงินการใช้ไฟฟ้า	45
รูปที่ 4.21	หน้าปัทม์แสดงรายการของการรีเซ็ตจำนวนหน่วย	45
รูปที่ 4.22	หน้าปัทม์แสดงการรีเซ็ตเรียบร้อย	46
รูปที่ 4.23	หน้าปัทม์แสดงการรีเซ็ตผิดพลาด	46
รูปที่ 4.24	หน้าปัทม์แสดงรายการตั้งจำนวนเงินต่อหน่วย	46
รูปที่ 4.25	หน้าปัทม์แสดงจำนวนเงินเดิมต่อหน่วย	47
รูปที่ 4.26	หน้าปัทม์แสดงรายการอ่านวัน เวลา จากมิเตอร์	47
รูปที่ 4.27	หน้าปัทม์แสดงผลการอ่าน วัน เวลา จากมิเตอร์เรียบร้อย	47
รูปที่ 4.28	หน้าปัทม์แสดงผลการอ่าน วัน เวลา จากมิเตอร์ผิดพลาด	48
รูปที่ 4.29	หน้าปัทม์แสดงรายการตั้งค่าเวลาและวันที่ ของมิเตอร์	48
รูปที่ 4.30	หน้าปัทม์แสดงผลการตั้งค่าวัน และเวลาเรียบร้อย	48
รูปที่ 4.31	หน้าปัทม์แสดงผลการตั้งค่าวัน และเวลาที่ผิดพลาด	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
รูปที่ 4.32	หน้าปัทม์แสดงรายการ การเปลี่ยนเลขประจำตัวมิเตอร์	49
รูปที่ 4.33	หน้าปัทม์แสดงการตั้งค่ากลุ่มของมิเตอร์	49
รูปที่ 4.34	หน้าปัทม์แสดงหมายเลขประจำตัวของมิเตอร์	50
รูปที่ 4.35	หน้าปัทม์แสดงรายการ การคำนวณเงินการใช้ไฟฟ้า	50
รูปที่ 4.36	หน้าปัทม์แสดงจำนวนหน่วยที่บันทึกครั้งก่อน	50
รูปที่ 4.37	หน้าปัทม์แสดงจำนวนการใช้ไฟฟ้าที่บันทึกครั้งปัจจุบัน	51
รูปที่ 4.38	หน้าปัทม์แสดงจำนวนหน่วยที่ใช้	51
รูปที่ 4.39	หน้าปัทม์แสดงจำนวนเงินที่ต้องชำระ	51
รูปที่ 4.40	หน้าปัทม์แสดงรายการ การบันทึกข้อมูล	52
รูปที่ 4.41	หน้าปัทม์แสดงการบันทึกข้อมูลเรียบร้อย	52
รูปที่ 4.42	หน้าปัทม์แสดงการบันทึกข้อมูลผิดพลาด	52
รูปที่ 4.43	หน้าปัทม์แสดงรายการถ่ายโอนข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์	53
รูปที่ 4.44	หน้าปัทม์แสดงข้อความ ยืนยันการถ่ายโอนข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์	53
รูปที่ 4.45	หน้าปัทม์แสดงข้อความ ขณะทำการถ่ายโอนข้อมูล	53
รูปที่ 4.46	หน้าปัทม์แสดงผลการถ่ายโอนข้อมูลเรียบร้อย	54
รูปที่ 4.47	หน้าปัทม์แสดงผลการถ่ายโอนข้อมูลผิดพลาด	54
รูปที่ 4.48	หน้าปัทม์แสดงวัน เดือน ปี	54
รูปที่ 4.49	หน้าปัทม์แสดงการตั้งค่าวันที่	54
รูปที่ 4.50	หน้าปัทม์แสดงการตั้งค่าเดือน	55
รูปที่ 4.51	หน้าปัทม์แสดงการตั้งค่าปี	55
รูปที่ ก.1	กิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ และเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย	59
รูปที่ ก.2	ส่วนประกอบภายในกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์และ เครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย	59
รูปที่ ก.3	ส่วนจ่ายกำลังงาน และขดลวดกระแสของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
รูปที่ ก.4	แผ่นวงจรพิมพ์หลักของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย	60
รูปที่ ก.5	การต่อสายภายในเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย	60
รูปที่ ก.6	แผ่นวงจรพิมพ์หลักของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์	61
รูปที่ ข.1	ขั้นตอนการเลือกรายการตั้งค่าเวลา	63
รูปที่ ข.2	ขั้นตอนการตั้งค่าชั่วโมง	63
รูปที่ ข.3	ขั้นตอนการตั้งค่านาที	63
รูปที่ ข.4	ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการอ่านจำนวนหน่วยที่ใช้	64
รูปที่ ข.5	ขั้นตอนการแสดงผลการทำงาน	64
รูปที่ ข.6	ขั้นตอนการดูจำนวนหน่วยเดิมที่บันทึก	64
รูปที่ ข.7	ขั้นตอนการดูจำนวนหน่วยปัจจุบัน	64
รูปที่ ข.8	ขั้นตอนการดูจำนวนหน่วยที่ใช้	65
รูปที่ ข.9	ขั้นตอนการดูเงินที่ต้องชำระ	65
รูปที่ ข.10	ขั้นตอนเลือกแสดงรายการรีเซ็ตจำนวนหน่วย	65
รูปที่ ข.11	ขั้นตอนการแสดงผลการรีเซ็ต	65
รูปที่ ข.12	ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการอ่านวันที่ และเวลา	66
รูปที่ ข.13	ขั้นตอนการแสดงผลการอ่านวันที่ และเวลา	66
รูปที่ ข.14	ขั้นตอนการเลือกรายการตั้งราคาต่อหน่วย	66
รูปที่ ข.15	ขั้นตอนการตั้งค่าจำนวนเงินต่อหน่วย	67
รูปที่ ข.16	ขั้นตอนการเลือกรายการตั้งค่าวัน เดือน ปี ของเครื่องส่งแสงอินฟราเรดไร้สาย	67
รูปที่ ข.17	ขั้นตอนการตั้งค่าวันที่	67
รูปที่ ข.18	ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการคำนวณราคาต่อหน่วย	68
รูปที่ ข.19	ขั้นตอนการดูค่าจำนวนหน่วยที่บันทึกครั้งก่อน	68
รูปที่ ข.20	ขั้นตอนการดูค่าจำนวนหน่วยปัจจุบัน	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
รูปที่ ข.21	ขั้นตอนการดูค่าจำนวนหน่วยที่ใช้	68
รูปที่ ข.22	ขั้นตอนการดูจำนวนเงินที่ต้องชำระ	69
รูปที่ ข.23	ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการบันทึกข้อมูล	69
รูปที่ ข.24	ขั้นตอนการแสดงผลการบันทึกข้อมูล	69
รูปที่ ข.25	ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการถ่ายโอนข้อมูล	70
รูปที่ ข.26	ขั้นตอนการถ่ายโอนข้อมูล	70
รูปที่ ข.27	ขั้นตอนการแสดงผลการถ่ายโอนข้อมูล	70
รูปที่ ข.28	ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการตั้งวันที่ และเวลา	70
รูปที่ ข.29	ขั้นตอนการแสดงผลการตั้งวันที่ และเวลา	71
รูปที่ ข.30	ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการเปลี่ยนหมายเลขประจำตัว	71
รูปที่ ข.31	ขั้นตอนการตั้งหมายเลขกลุ่ม	71
รูปที่ ข.32	ขั้นตอนการตั้งหมายเลขประจำตัว	71
รูปที่ ค.1	แผนผังแสดงการทำงานของมิเตอร์	74
รูปที่ ค.2	แผนผังแสดงการตรวจสอบการคำนวณกำลังงาน	74
รูปที่ ค.3	แผนผังการทำงานเมื่อทำการนับครบ	75
รูปที่ ค.4	แผนผังแสดงการตรวจสอบการควบคุมจากเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย	76
รูปที่ ค.5	แผนผังแสดงการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย	77
รูปที่ ค.6	แผนผังแสดงการทำงานของรายการของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย	79
รูปที่ ง.1	วงจรของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์	139
รูปที่ ง.2	วงจรของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย	140
รูปที่ ง.3	แผ่นวงจรพิมพ์ของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ด้านบน และด้านล่าง	141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
รูปที่ ง.4	แผ่นวงจรพิมพ์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายด้านบนและด้านล่าง	142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

การจดบันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปัจจุบัน ใช้พนักงานบันทึกตัวเลขของจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ถูกใช้ในแต่ละเดือน จากนั้นนำข้อมูลไปทำการคำนวณและออกใบเสร็จ ซึ่งการจดบันทึกอาจเกิดการผิดพลาดและตรวจสอบได้ยาก ทางคณะผู้จัดทำจึงคิดโครงงานนี้ขึ้นมา เพื่ออำนวยความสะดวกในการจดบันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละครอบครัวอีกทั้งสามารถเก็บข้อมูลจากมิเตอร์เข้าสู่ตัวเครื่องเก็บข้อมูลโดยใช้ระบบดิจิตอล ซึ่งสามารถตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลได้ ทำให้ถูกต้องและสะดวกมากขึ้น

1.2 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ขอบเขตของปริญญานิพนธ์มีดังต่อไปนี้

1. เป็นกิโลวัตต์ยาวเออร์มิเตอร์ แบบดิจิตอลควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
2. สามารถบันทึกจำนวนหน่วยของการใช้ไฟฟ้าของแต่ละเดือนได้ย้อนหลัง
3. ตัวจัดเก็บข้อมูลเป็นแบบเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟาเรดไร้สาย
4. ตัวจัดเก็บข้อมูลสามารถเก็บข้อมูล การใช้งานในแต่ละเดือน ได้ครั้งละไม่ต่ำกว่า 1,000 ครัวเรือน
5. ตัวจัดเก็บข้อมูลสามารถติดต่อนำข้อมูลส่งเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่าง ๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยเนื้อหาในทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้อ่านได้มีความรู้ความเข้าใจที่เป็นพื้นฐานเสียก่อน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการทำความเข้าใจกับวงจรที่ใช้งานจริงต่อไป โดยประกอบด้วยเรื่อง ความหมายของกำลังไฟฟ้า และเพาเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฟคเตอร์ , การคำนวณภาระการใช้ไฟฟ้า , การคิดค่าพลังงานไฟฟ้า , เครื่องวัดกำลังงานไฟฟ้าต่างๆ ,แผงแสดงผลผลึกเหลวแบบจุดผสม,การเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล วงจรนาฬิกาแบบฐานเวลาจริง และเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟาเรด

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน โดยจะกล่าวถึงการสร้าง และการออกแบบฮาร์ดแวร์ รวมถึงการทำงานในส่วนต่างๆ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านมีความเข้าใจการทำงานโดยรวมของโครงงานนี้

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง กล่าวถึงขั้นตอนการทดลองและการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ของโครงงานนี้ เพื่อตรวจสอบว่าโครงงานนี้สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา เป็นบทสรุปผลการทำงาน และได้เสนอแนะแนวทางในการแก้ไข และแนวทางในการพัฒนา ให้มีประสิทธิภาพ และการใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น

ภาคผนวก ก รูปต้นแบบ

ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก ค ผังการทำงาน และโปรแกรมการทำงาน

ภาคผนวก ง วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก จ รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดข้อมูล และคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และหลักการ

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับกำลังงานไฟฟ้า,เพาเวอร์แฟคเตอร์,มิเตอร์วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าแบบต่างๆ,แผงแสดงผลผลึกเหลวแบบจุดผสม และทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดและคำนวณค่าปริมาณการใช้กำลังงานของระบบไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดี่ยว

2.2 ความหมายของกำลังไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟคเตอร์

ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงกำลังไฟฟ้า P ที่ใช้ไปในความต้านทานที่โหลด R จะมีค่าเป็นดังนี้

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \qquad \text{(วัตต์)} \qquad (2.1)$$

โดยที่ V เป็นแรงดันตกคร่อมโหลด และ I เป็นกระแสที่ไหลผ่านโหลด ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในโหลด ขณะที่แรงดันตกคร่อมโหลดเท่ากับ $v(t)$ และกระแสในโหลดเท่ากับ $i(t)$ เป็นกำลังงานไฟฟ้าแต่ละขณะซึ่งมีค่าเป็น

$$p(t) = v(t)i(t) \qquad \text{(วัตต์)} \qquad (2.2)$$

สมมุติว่าแรงดันตกคร่อมโหลดเป็นแรงดันไฟฟ้าสลับรูปไซน์ที่มีสมการเป็น

$$v = V_m \sin \omega t \qquad \text{(โวลต์)} \qquad (2.3)$$

ถ้าโหลดมีความต้านทานเป็น R กระแสที่ไหลผ่านโหลด I จะเขียนได้เป็น

$$(\frac{V_m}{R}) \sin \omega t = I_m \sin \omega t \qquad \text{(แอมแปร์)} \qquad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้น p จะเขียนได้เป็น

$$p = V_m \cdot I_m \sin^2 \omega t \qquad \text{(วัตต์)} \qquad (2.5)$$

และจะได้

$$p = (\frac{V_m}{I_m})(1 - \cos^2 \omega t) \qquad \text{(วัตต์)} \qquad (2.6)$$

สมการข้างบนนี้ได้เขียนรูปแสดงไว้ให้ดูในรูปที่ 2.1 เช่นเดียวกับคำจำกัดความของค่าประสิทธิผลค่าเฉลี่ยของ p ในหนึ่งช่วงเวลาครบรอบซึ่งก็คือกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย P จะมีค่าเป็น

$$p = (\frac{V_m}{I_m}) = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \qquad \text{(วัตต์)} \qquad (2.7)$$

โดยให้ V และ I เป็นค่าประสิทธิผลของ v และ i ตามลำดับ สมการนี้มีรูปแบบเดียวกับสมการกระแสตรง Pในสมการนี้เรียกว่ากำลังไฟฟ้ากระแสสลับถ้าโหลดเป็นตัวรีแอคตีฟ (Reactive element) เช่น อินดัคแตนซ์ L เป็นต้น

$$i = (\frac{V_m}{\omega L}) \sin(\omega t(-\frac{\pi}{2})) = I_m \sin(\omega t(-\frac{\pi}{2})) \qquad (2.8)$$

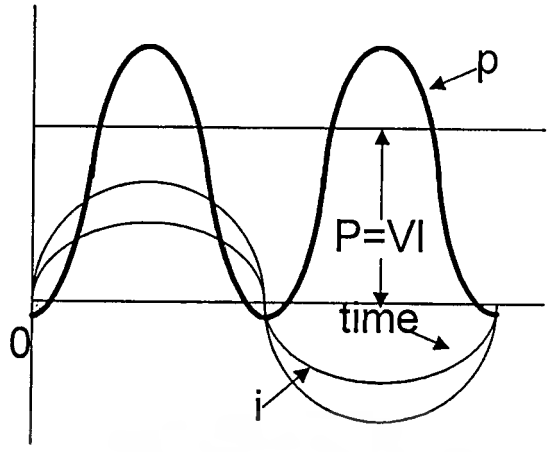
ความสัมพันธ์แสดงไว้ในรูปที่ 2.3 และกรณีนี้ กำลังเฉลี่ย P จะมีค่าเป็นดังนี้

$$P = VI \cos\varphi \qquad (2.9)$$

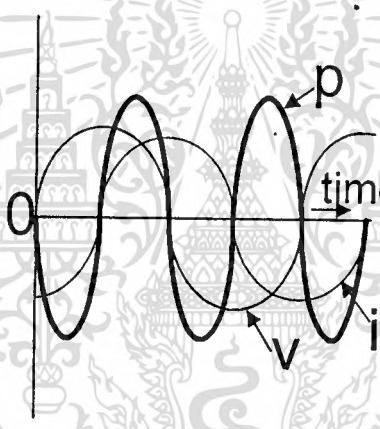
โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า

$$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \qquad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดชนิดความต้านทาน



รูปที่ 2.2 กำลังงานไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดชนิดอินดักตีฟ

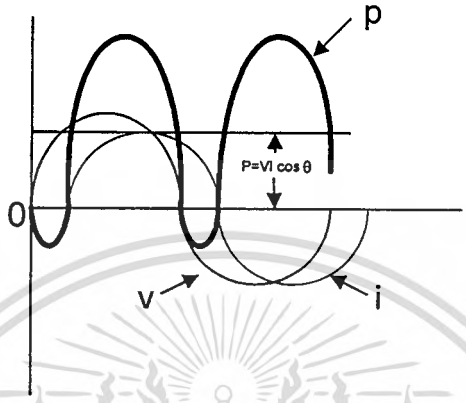
เราจะหาต่อไปได้ว่า

$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R} \qquad (2.11)$$

ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่า โดยทั่วไปแล้วกำลังเฉลี่ยในกรณีของไฟฟ้ากระแสสลับแสดงโดยผลคูณแรงดันประสิทธิผลคร่อมโหลดกับกระแสประสิทธิผลที่ไหลผ่านโหลดกับค่า cos ของมุมระหว่างเฟสของแรงดันกับกระแส กำลังเฉลี่ยนี้จะมีค่าเท่ากับกำลังที่ใช้ไปในความต้านทานของโหลด กำลังนี้จึงเรียกว่า กำลังประสิทธิผล ส่วนกำลังแต่ละขณะซึ่งมีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$p = VI\sin\varphi$ อันเป็นกำลังถ่ายเทไปมาระหว่างต้นกำเนิดกำลังกับรีแอคแตนซ์ของโหลดโดยไม่มีการสิ้นเปลืองไป เรียกว่า กำลังรีแอคตีฟค่าของ VI เรียกว่า กำลังที่ปรากฏและค่าของ $\cos\varphi$ เรียกว่า เพาเวอร์แฟคเตอร์



รูปที่ 2.3 กำลังไฟฟ้ากระแสสลับในโหลดทั่วๆ ไป

2.3 การคำนวณภาระการใช้ไฟฟ้า

ในการคำนวณภาระการใช้ไฟฟ้า เพื่อใช้ในการวางแผนผลิตกำลังไฟฟ้าจะเกี่ยวข้องกับกลุ่มคำ (Terms) และตัวประกอบ (Factors) ที่สำคัญดังนี้

2.3.1 ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (Load Factor)

ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าคือ ตัวประกอบที่บอกให้ทราบถึงอัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Load)กับการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) นั่นคือ

$$\text{ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า} = \frac{\text{การใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย}}{\text{การใช้ไฟฟ้าสูงสุด}} \qquad (2.12)$$

โดยค่าของการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยและการใช้ไฟฟ้าสูงสุดจะหาจากกราฟการใช้ไฟฟ้า (Load Curve) ซึ่งจะทำให้ได้ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า 3 ประเภทคือ

1. ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้ารายวัน (Daily Load Factor)

หาจากกราฟการใช้ไฟฟ้ารายวัน (Daily Load Curve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้ารายเดือน (Monthly Load Curve)

หาจากกราฟการใช้ไฟฟ้ารายเดือน (Monthly Load Curve)

3. ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้ารายปี (Annual Load Factor)

หาจากกราฟการใช้ไฟฟ้ารายปี(Annual Load Curve)

สำหรับค่าการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยหาจาก อัตราส่วนปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดกับเวลาที่ใช้ไฟฟ้า โดยปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด คือ พื้นที่ใต้กราฟของกราฟการใช้ไฟฟ้านั้น มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ซึ่งหาได้โดยการใช้ Planimeter วัด หรืออาจเขียนกราฟลงในกระดาษกราฟแล้วนับช่องเวลา ส่วนค่าของการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Load) นิยมวัดในช่วงเวลา 15 นาที หรือ 30 นาที เนื่องจากความไม่แน่นอนของค่าสูงสุด

$$\text{การใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย} = \frac{\text{การใช้ไฟฟ้าทั้งหมด}}{\text{เวลา}} \tag{2.13}$$

$$= \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของกราฟการใช้ไฟฟ้า}}{\text{ความยาวของกราฟการใช้ไฟฟ้า}} \tag{2.14}$$

โดยเวลาที่ใช้ไฟฟ้าอาจเป็น 24 ชั่วโมง, 720 ชั่วโมง หรือ 8,760 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับว่าเป็นรายวัน รายเดือน หรือรายปี ถ้าการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยมาก แสดงว่ามีผู้ใช้ไฟฟ้ามาก ทำให้เดินเครื่องได้อย่างประหยัด และเหมาะสมกับขนาดของเครื่อง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายต่อยูนิต และค่าใช้ไฟฟ้าจะถูกลง ซึ่งได้ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้น โดยตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 หรือ 100% อันแสดงว่าโรงไฟฟ้าไม่มีการสูญเสีย แต่โดยปกติแล้วค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าจะน้อยกว่า 100% เสมอถ้าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าต่ำมาก ๆ แสดงว่าผู้ใช้ไฟฟ้าน้อย อาจแก้โดยใช้เครื่องสะสมพลังงานไฟฟ้า เครื่องเก็บไอน้ำหรือเครื่องสะสมพลังงานศักย์ ที่ใช้หลักการปั๊มน้ำไปเก็บที่สูงเพื่อนำไฟฟ้าที่เหลือใช้ไป และปล่อยน้ำลงมาหมุนกังหันเพื่อจ่ายไฟตอนช่วงที่มีผู้ใช้ไฟมาก ทำให้เครื่องเดินได้เต็มที่

2.3.2 ตัวประกอบความต้องการไฟฟ้า (Demand Factor)

ตัวประกอบความต้องการไฟฟ้า จะเป็นตัวประกอบสำคัญในระบบจำหน่าย (distribution system) ใช้ในการคาดการณ์ความต้องการการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภค ตัวประกอบความต้องการไฟฟ้า จะบอกถึงความต้องการไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นจริง เปรียบเทียบกับภาระไฟฟ้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แจ้งการใช้งานเอาไว้ทั้งหมด ซึ่งคือโหลดที่ต่อไว้. ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\text{ตัวประกอบความต้องการไฟฟ้า} = \frac{\text{ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดจริง}}{\text{ภาระไฟฟ้าที่ติดตั้ง}} \qquad (2.15)$$

เมื่อภาระไฟฟ้าที่ติดตั้ง คือ ภาระไฟฟ้าที่ต่อไว้หรือแจ้งการใช้งานเอาไว้ทั้งหมด ได้แก่ การต่อใช้งานตามอาคารบ้านเรือน ร้านค้า สถานบริการ และโรงงานต่างๆ ซึ่งอาจใช้งานพร้อมกันหมดหรือไม่ก็ได้ถ้าใช้งานหมดจะทำให้เกิดความต้องการไฟฟ้าสูงสุดขึ้น แต่โดยทั่วไปจะไม่มีความเป็นไปได้ที่ผู้ใช้ไฟฟ้าจะเปิดใช้ไฟฟ้าพร้อมกันหมดตามที่ได้ติดตั้งไว้ ฉะนั้นค่าตัวประกอบความต้องการไฟฟ้าจะมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ

2.4 การคิดค่าพลังงานไฟฟ้า

การคิดค่าพลังงานไฟฟ้า การไฟฟ้ามีวิธีการคิดแบ่งแยกตามประเภทของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนี้

2.4.1 ประเภทต่าง ๆ ของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า

การไฟฟ้านครหลวง และการใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้แบ่งประเภทของผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าออกเป็น 6 ประเภท คือ

1. ประเภทบ้านผยู่อาศัยคือผู้ใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 5 ยูนิท ขึ้นไปจนถึงหมื่นยูนิทก็ได้ ถ้ายิ่งใช้พลังงานไฟฟ้ามากสำหรับผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าประเภทนี้ค่าพลังงานไฟฟ้ายิ่งจะสูงขึ้นมาก

2. ประเภทธุรกิจขนาดเล็ก คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าสำหรับอาคารพาณิชย์ โรงงานขนาดเล็กฯลฯ ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าไม่มากนัก มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าใน 15 นาที สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ (15 minute Maximum Kilowatt Demand) ในประเภทนี้การไฟฟ้าจะคิดเฉพาะค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นยูนิทเท่านั้น แต่ไม่คิดค่ากิโลวัตต์

3. ประเภทธุรกิจขนาดใหญ่ คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้กิโลวัตต์ดีมานด์เกินกว่า 30 กิโลวัตต์ต่อเดือน การไฟฟ้า ฯ จะคิดกิโลวัตต์ดีมานด์มิเตอร์อีก 1 ตัว คอยบันทึกวัดอัตราค่าดีมานด์ตามที่การไฟฟ้า ฯ กำหนด ก่อนจะทำการติดตั้งกิโลวัตต์ – เฮาว์มิเตอร์ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ประเภทอุตสาหกรรมขนาดเล็ก คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าใน 15 นาทีสูงสุดอยู่ระหว่าง 30 – 499 กิโลวัตต์ (15 minute Maximum Kilowatt Demand) ตั้งแต่ประเภท 3.1.4 เป็นต้นไปต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ด้วย

5. ประเภทอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้กิโลวัตต์ดีมานด์ ตั้งแต่ 500 กิโลวัตต์ขึ้นไป

6. ประเภทอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในระยะเวลาOFF-PEAK คือโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงกว่า 1,000 กิโลวัตต์ ขึ้นไป การไฟฟ้าตั้งประเภทลูกค้านี้ขึ้นเพื่อช่วยลดค่าใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลา ON – PEAK (ระยะเวลาที่ผู้ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดระหว่าง 18.30 – 20.30) ค่าไฟฟ้าประเภทนี้จะถูกลง

2.5 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (วัตต์มิเตอร์)

กำลังไฟฟ้าแสดงได้โดยผลคูณของแรงดันกับกระแส สำหรับกรณีของไฟฟ้ากระแสตรง และโดยผลคูณของแรงดันประสิทธิผล กับกระแสประสิทธิผลกับค่าเพาเวอร์เฟคเตอร์ของโหลด ในกรณีของไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้น ในการวัดกำลังไฟฟ้า การคูณดังกล่าวจะต้องกระทำโดยวิธีใดวิธีหนึ่งในสามวิธี ที่แบ่งๆ ไว้ดังต่อไปนี้

1. โดยการใช้เครื่องวัดที่ให้ผลคูณได้
2. โดยการใช้เครื่องวัดที่แยกวงจรการคูณต่างหากจากกัน
3. โดยการใช้ค่าที่วัดได้โดยทางอ้อม

เครื่องวัดที่ใช้ในข้อ 1 และ 2 คือเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (วัตต์มิเตอร์) สำหรับในข้อ 1 เป็นเครื่องวัดชนิดอิเล็กโทรไดนาโมมิเตอร์ (electro dynamo meter)หรือชนิดเหนี่ยวนำส่วนในข้อ 2 เป็นเครื่องวัดชนิดเทอร์โมคัปเปิล (thermo couple) หรือชนิดอื่นที่คล้ายคลึงกัน

2.5.1 วัตต์มิเตอร์ชนิดอิเลคโทรไดนาโมมิเตอร์

1.หลักการของวัตต์มิเตอร์ชนิดอิเลคโทรไดนาโมมิเตอร์ เครื่องวัดชนิดอิเลคโทรไดนาโมมิเตอร์มีขดลวดอยู่คู่หนึ่งคือ ขดลวดที่อยู่กับที่ กับขดลวดที่หมุนได้ และเข็มชี้ไปเป็นปฏิภาคกับผลคูณของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดทั้งสองนั้น ถ้านำเครื่องวัดดังกล่าวมาประกอบเป็นวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.4(ก) หรือ (ข) โดยให้กระแส i_1 ที่ไหลผ่านขดลวดอยู่กับที่เป็นปฏิภาคกับกระแส i ที่ไหลผ่านโหลดและให้กระแส i_2 ที่ไหลผ่านขดลวดหมุนเป็นปฏิภาคกับแรงดัน v ที่คร่อมโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงบิดที่เกิดขึ้นในเครื่องวัดนี้จะมีค่าเป็นปฏิภาคกับ $i_1 i_2 = Kvi$ โดย K เป็นค่าคงที่ และเป็นปฏิภาคกับกำลังของโหลด vi ในกรณีของไฟฟ้ากระแสตรง

ส่วนในกรณีของไฟฟ้ากระแสสลับ

$$i_1 i_2 = KVI(\cos\varphi - \cos(2\omega - \varphi)) \qquad (2.16)$$

ซึ่งหามาได้จากการสมมุติให้ $v = V_m \sin\omega t, i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$ และ I_2 มีเฟสเดียวกับ v และ i มีค่าสูงเป็นหลาย ๆ เฮิรตซ์ ส่วนที่เคลื่อนไหวก็จะหมุนไปตามผลตอบที่มีแต่เฉพาะต่อค่า $I\cos\varphi$ ที่อยู่ทางขวามือของสมการเท่านั้น ค่า $I\cos\varphi$ นี้ แสดงถึงกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในโหลด ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าไม่ว่าในกรณีของไฟฟ้ากระแสตรง หรือกระแสสลับการชี้บ่งของวัตต์มิเตอร์ชนิดอิเลคโทรไดนาโมมิเตอร์ ย่อมเป็นปฏิภาคกับกำลังที่ใช้ไปในโหลด สำหรับการต่อวัตต์มิเตอร์อาจทำได้สองวิธีดังแสดงในวงจรรูปที่ 2.4(ก) และ (ข) ซึ่งการเลือกใช้อาจทำได้โดยการพิจารณาในทำนองเดียวกัน

2. คุณลักษณะของวัตต์มิเตอร์ชนิดอิเลคโทรไดนาโมมิเตอร์ เนื่องจากเครื่องวัดชนิดนี้เป็นเครื่องวัดประเภทที่ใช้ได้ทั่วไป จึงใช้วัดกระแสสลับได้ด้วยหลังจากที่ได้รับการปรับเทียบกับกระแสตรงแล้ว ในกรณีนี้ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดหมุนจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นในการวัดโดยทำให้กระแส I_2 มีมุมของเฟสล้าหลังลงไป เมื่อเทียบกับ v ซึ่งการล้าหลังนี้ได้รับการยกเว้นไม่กล่าวถึงในคำอภิบายตอนต้นคือ ถ้ามุมต่างของเฟสระหว่าง v กับ i_2 มีค่าเป็น α เราจะเขียนได้ว่า

$$i_2 = KV_m \sin(\omega t - \alpha) \qquad (2.17)$$

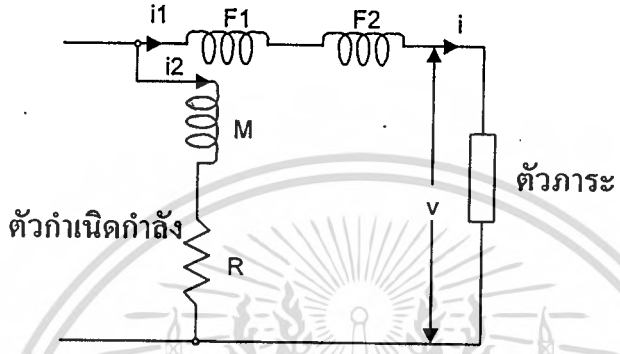
และจะได้สมการต่อไปนี้ ในทำนองเดียวกับสมการที่ (2.9) คือ

$$i_1 i_2 = KVI(\cos(\varphi - \alpha) - \cos(2\omega t - \varphi - \alpha)) \qquad (2.18)$$

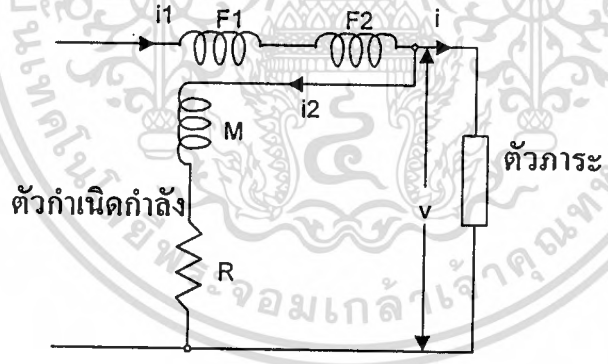
โดยมีข้อแม้ว่า$K' = K$ ดังนั้นวัตต์มิเตอร์จะชี้บ่งค่าที่เป็นปฏิภาคกับ $I\cos(\varphi - \alpha)$เนื่องจากมุม α มีขนาดเล็ก ความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจาก α จึงมีน้อยเมื่อ $\varphi = 0$ ซึ่งหมายถึงว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเพาเวอร์แฟคเตอร์ของโหลดมีค่าใกล้ 1 อย่างไรก็ตามเนื่องจาก φ โตขึ้นหรือ เพาเวอร์แฟคเตอร์ลดลง ความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก α จะมีมากขึ้นจนไม่สามารถละทิ้งได้ ดังนั้นในการวัดกำลังไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ จึงควรต้องใช้วัตต์มิเตอร์ที่มีมุม α น้อยซึ่งจะบ่งไว้โดยเฉพาะว่าใช้ในการวัดเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำ



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.4 วงจรของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าชนิดอิเลคโทรไดนาโมมิเตอร์

2.5.2 วัตต์มิเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ

เครื่องวัดชนิดเหนี่ยวนำประกอบด้วยคอยล์คู่หนึ่งซึ่งเป็นอิสระต่อกันที่ให้เกิดแรงบิดที่เป็นปฏิภาคกับผลคูณ กระแสที่ไหลผ่านคอยล์ทั้งสองนั้นขึ้นเช่นเดียวกันซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัตต์มิเตอร์ได้ ในกรณีนี้ φ_1 ในรูปที่ 2.5 ถูกสร้างขึ้นโดยกระแส I ที่ไหลผ่านโหลด และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

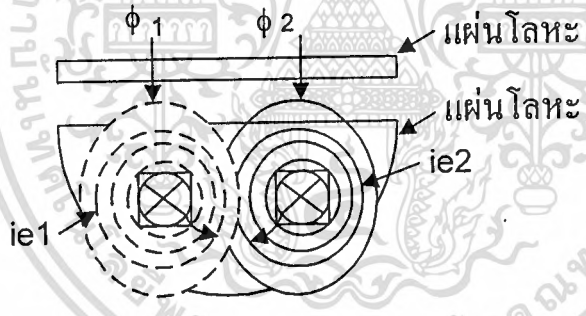
φ_2 เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดันคร่อมโหลด φ_2 ถูกทำให้ล้าหลัง V อยู่เป็นมุม 90 องศา ความสัมพันธ์ระหว่างเฟสเหล่านี้ แสดงไว้ในรูปที่ 2.6 และค่าของ $\sin\alpha$ ในสมการจะเขียนได้เป็น

$$\sin\alpha = \cos\varphi \tag{2.19}$$

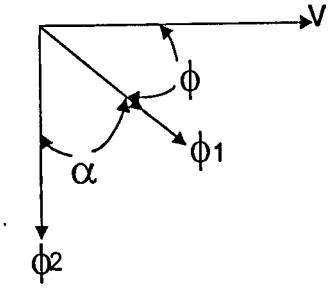
เพื่อที่จะให้ φ_2 ล้าหลัง V ถึง 90 องศาจะต้องเพิ่มจำนวนรอบของขดลวดขึ้นให้มากพอที่จะถือได้ว่าขดลวดนั้นเป็นความเหนี่ยวนำบริสุทธ์ ในสภาพเช่นนี้จะทำให้ค่า φ_2 เป็นปฏิภาคกับ $\frac{V}{\omega}$ และค่าของ $\omega\varphi_1\varphi_2 \sin\alpha$ ในสมการของแรงบิดเขียนได้เป็น

$$\omega\varphi_1\varphi_2 \sin\alpha = KVI\cos\varphi \tag{2.20}$$

โดยวิธีนี้ก็สามารถใช้เครื่องวัดชนิดนี้วัดกำลังไฟฟ้าได้ วัตต์มิเตอร์ชนิดนี้มักใช้เป็นเครื่องวัดแบบมุมกว้าง สำหรับติดตั้งบนแผงสวิทซ์



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของเครื่องวัดชนิดเหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.6 แผนผังทางเวคเตอร์ของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 วัตต์มิเตอร์ชนิดเทอร์โมคัปเปิล

วัตต์มิเตอร์ชนิดนี้ เป็นตัวอย่างของวัตต์มิเตอร์ ประเภทที่แยกวงจรคูณต่างหากจากกัน รูปแบบเป็นดังรูปที่ 2.7

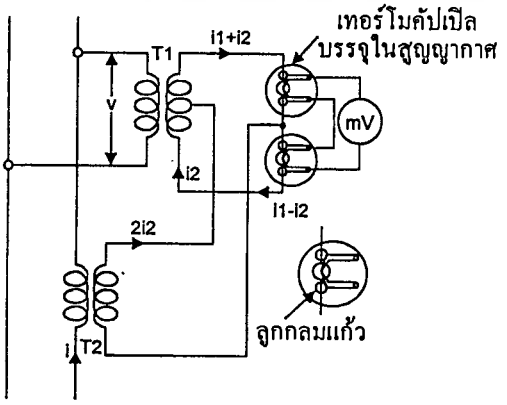
สมมุติให้กระแสส่วนที่เป็นปฏิภาคกับแรงดันคร่อมโหลด และส่วนที่เป็นปฏิภาคกับกระแสที่ไหลผ่านโหลดเป็น $i_1 = K_1 V$ และ $i_2 = K_1 K_2$ ตามลำดับจะได้สมการดังนี้

$$(i_1 + i_2)^2 - (i_1 - i_2)^2 = 4K_1 K_2 vi \qquad (2.21)$$

ค่าเฉลี่ยของจำนวนทางขวามือของสมการภายในหนึ่งช่วงเวลาครบรอบจะเป็นปฏิภาคกับกำลังที่โหลดได้รับหลักการนี้ได้ถูกนำไปใช้กับวัตต์มิเตอร์ชนิดเทอร์โมคัปเปิล ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.7 $i_1 = K_1 V$ เป็นกระแสทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง T_1 และ $2i_2 = 2K_2 I$ เป็นกระแสทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง T_2

เมื่อได้ให้ความร้อนแก่เทอร์โมคัปเปิลชนิดสูญญากาศตัวหนึ่ง โดยกระแส $(i_1 + i_2)$ และแก่อีกตัวหนึ่งโดยกระแส $(i_1 - i_2)$ ก็จะได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเนื่องจากความร้อน ซึ่งเป็นปฏิภาคกับกำลังสองของกระแสจากเทอร์โมคัปเปิลคู่นั้น ถ้านำเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองนั้นมาต่ออนุกรมโดยกลับขั้วกับเสียแล้ว วัดผลต่างของแรงเคลื่อนไฟฟ้า เนื่องจากความร้อนที่ได้จากเทอร์โมคัปเปิลคู่นั้นด้วยมิลลิโวล์ทมิเตอร์ มิเตอร์ตัวนั้นก็จะชี้บ่งค่าที่เป็นปฏิภาคกับกำลังไฟฟ้าที่ต้องการวัด วัตต์มิเตอร์ชนิดนี้ใช้ในการ วัดกำลังไฟฟ้าในย่านความถี่เสียงหรือกำลังที่มีค่าน้อย ๆ

ปัจจุบันนี้ได้มีการสร้างวัตต์มิเตอร์ประเภทแยกวงจรคูณต่างหากจากกันขึ้นหลายแบบ ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เฉพาะกิจสำหรับเครื่องวัดที่ใช้วัดกำลังงานไฟฟ้าตามบ้านเรือนนั้นเป็นเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าโดยการใช้เครื่องวัดที่ให้ผลคูณได้หรือชนิดเหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.7 หลักการของวัตต์มิเตอร์ชนิดเทอร์โมคัปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 แผงแสดงผลผลึกเหลวแบบจุดผสม

1. DOT MATRIX LCD เป็นตัวแสดงผลในลักษณะการปิด และเปิดกับแสง คือ ส่วนของที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก

2. DRIVER เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลัก LCD อีกทีหนึ่งโดยมีเบอร์ที่นิยมใช้ใน LCD MODULE เช่น HD44100H, MSM5259

3. CONTROLLER เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำงานแสดงผลต่าง ๆ เช่น การลบจอภาพ,การเกิดตัวอักษรเป็นต้น โดยมีเบอร์ IC ที่นิยมใช้กันคือ HD4478 ซึ่งจะใช้ในแบบ CHARACTER LCD MODULE เป็นส่วนใหญ่ และเบอร์ IC HD61830 จะใช้ในแบบ GRAPHIC LCD MODULE HD44780 เป็นไอซี LSI ตัวหนึ่งใช้ควบคุม LCDโดยแสดงผลในรูปตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ต่างๆตัว IC สามารถต่อใช้งานแบบ 4 บิต หรือ 8 บิต ได้ โดยถ้าต่อแบบ 4 บิต จะต่อใช้งานที่ DB7-DB4 เท่านั้นโดยข้อมูลครั้งแรกที่ส่งนั้น HD44780 จะถือเป็นข้อมูล 4 บิตบน และข้อมูลที่ส่งต่อมาเป็นข้อมูล 4 บิตล่าง

2.6.1 รายละเอียดคำสั่ง HD44780

1. CLEAR DISPLAY

	RS	R/W	D_{B7}							D_{B0}
code	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

คำสั่งนี้จะเป็นการเขียนช่องว่างหรือSPACE (ASCII 20H) เข้าไปใน DD RAM ทั้งหมด และทำการตั้ง DD RAM ADDRESSSER เป็นศูนย์ ตัว CURSOR จะกลับไปอยู่ตำแหน่งบนด้านซ้ายของจอภาพ SET I/D=1,S ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2. RETURN HOME

	RS	R/W	D_{B7}							D_{B0}
code	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*

* No effect

คำสั่งนี้จะทำการตั้ง DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ตัว CURSOR จะกลับไปอยู่ตำแหน่งบนสุดด้านซ้ายของจอภาพข้อมูลในจอภาพไม่เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ENTRY MODE SET

	RS	R/W	D_{B7}							D_{B0}
code	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

BIT I/D : โดยจะเป็นตัวกำหนดเมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูล และทำให้ตำแหน่ง DD RAM เพิ่มขึ้นหนึ่งหรือลดลงหนึ่งโดย 1=เพิ่ม และ 0=ลดลงหนึ่ง

BIT S : เป็นกำหนดแสดงผลโดย ถ้า S=1 จะเป็นการใส่ข้อมูลตัว CURSOR อยู่กับที่ ข้อมูลจะถูกดันไปทางซ้าย ถ้า S=0 ข้อมูลจะอยู่ที่ตัว CURSOR จะถูกดันไปทางด้านซ้าย

4. DISPLAY ON/OFF CONTROL

	RS	R/W	D_{B7}							D_{B0}
code	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

BIT D : เป็น BIT ให้เปิดหรือปิดหน้าจอภาพโดยถ้า D=1 จะON และถ้า D=0 จะOFF

BIT C : จะให้แสดง CURSOR ให้ BIT C=1 และถ้าไม่ต้องการแสดง CURSOR BIT C=0 โดย CURSOR จะอยู่ที่ LINE ที่ 8 ในแบบ 5X7 DOT อยู่ LINE ที่ 11 ในแบบ 5X10 DOT

BIT B : เป็นการตั้งบิต การกระพริบของ CURSOR โดย B=1 การกระพริบ B=0 ไม่มีการกระพริบโดยมีระยะเวลาการกระพริบประมาณ 379.2 ms

5. CURSOR OR DISPLAY SHIFT

	RS	R/W	D_{B7}							D_{B0}
code	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

* No effect

เป็นคำสั่งกำหนดให้ตำแหน่ง CURSOR หรือข้อมูลไปเกิดทางซ้ายหรือขวาโดยไม่ต้องใช้คำสั่งเขียนหรืออ่าน

6. FUNCTION SET

	RS	R/W	D_{B7}							D_{B0}
code	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*

* No effect

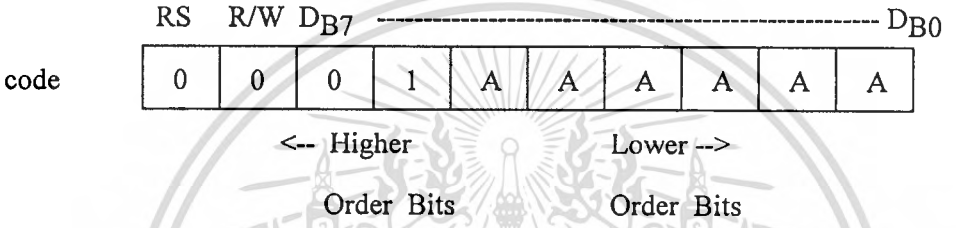
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIT DL : เป็นการตั้งค่าการติดต่อว่าจะให้เป็นแบบ 8 BIT หรือ 4 BITโดยถ้าต้องการ 4 BIT DL=0 และ 8 BIT DL=1

N : เป็นการตั้งค่าบรรทัดการแสดงผล N=0 แสดง 1 บรรทัด N=1 แสดง 2 บรรทัด ในกรณีมากกว่า 2 บรรทัด ก็ให้ตั้ง N=1

F : เป็นการตั้งค่า ขนาด DOT การแสดงผล 5X7 หรือ 5X10 โดย F=0 เป็นการ 5X7 และ F=0 เป็นแบบ 5X7 และ F=1 เป็นแบบ 5X10 ดังแสดงในตารางที่ 2.2

7. SET CG RAM ADDRESS

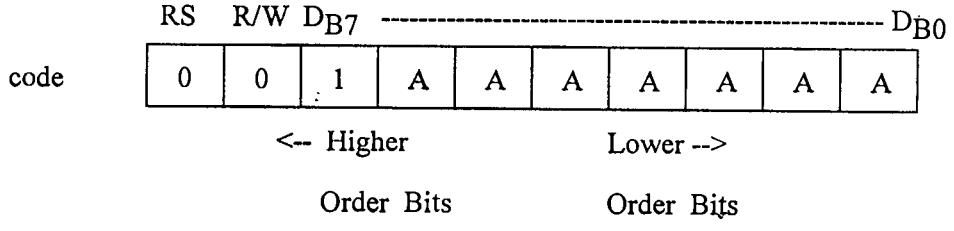


ตารางที่ 2.1 ค่าของเคอร์เซอร์

S/C	R/L	
0	0	ทำการย้าย CURSOR ไปจากตำแหน่งเดินไปซ้ายมือ 1 ตำแหน่ง
0	1	ทำการย้าย CURSOR ไปจากตำแหน่งเดินไปขวามือ 1 ตำแหน่ง
1	0	เป็นการดันตัวอักษรที่เกิดไปทางซ้าย
1	1	เป็นการดันตัวอักษรที่เกิดไปทางขวามือ

ใน HD44780 นั้นจะมีหน่วยความจำอยู่ 2 ชุด คือ DISPLAY DATA RAM (DD RAM) จำนวน 80X8 BIT และ CHARACTER GENERATOR ROM CG RAM จำนวน 512 BIT และ 7200 BIT คำสั่งนี้จะเป็นการตั้งหมายเลขตำแหน่ง ใน CG RAM โดยต้องทำการตั้งหมายเลขตำแหน่งก่อนเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก CG RAM ด้วย

8. SET DD RAM ADDRESS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เป็นคำสั่งตั้งค่าหมายเลขตำแหน่งใน DD RAM ในการเขียนหรืออ่านค่าจาก DD RAM (DD-RAM คือ ส่วนที่จะแสดงผลหน้าจอ LCD) โดยจำนวนหมายเลขตำแหน่งที่เกิดขึ้นบนจอ LCD จะอยู่กับการตั้งค่า N ด้วย

N=0 (1บรรทัด) หมายเลขตำแหน่งจะอยู่ 00H-4FH

N=1 (2บรรทัด) หมายเลขตำแหน่งจะอยู่ 00H-27H สำหรับบรรทัดที่ 1 และ 40H-67H สำหรับ บรรทัดที่ 2

แบบการจัดหมายเลขตำแหน่งของ DD RAM หน้าจอ LCD แบบ 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด, 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด, 20 ตัวอักษร 1 บรรทัด, 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด และ 40 ตัวอักษร 2 บรรทัด

9. READ BUSY FLAG AND ADDRESS

เป็นคำสั่งอ่านค่า BUSY FLAG ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าตัว HD44780 นี้อยู่ในขบวนการทำงานภายในอยู่หรืออยู่ในสภาพพร้อมจะรับข้อมูล โดย

BF=1 อยู่ในขบวนการทำงานภายในไม่พร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่ง

BF=0 พร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่งได้

และนอกจากนี้ยังเป็นคำสั่งอ่านค่าข้อมูลหมายเลขตำแหน่งของ CG RAM หรือ DD RAM

	RS	R/W	D_{B7}							D_{B0}
code	0	1	BF	A	A	A	A	A	A	A

<-- Higher Order Bits Lower Order Bits-->

16 ตัวอักษร 2 บรรทัด

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

รูปที่ 2.8 ค่าหมายเลขตำแหน่งที่แสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี

10. WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM

เป็นคำสั่งเขียนข้อมูลเข้าไปใน CG หรือ DD RAM โดยเมื่อเขียนข้อมูลและหมายเลขตำแหน่งจะเพิ่มหรือลดโดยอัตโนมัติตามคำสั่งที่ตั้งค่าใน ENTRY MODE ข้อกำหนดที่จะรู้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30150

เป็นการเขียนข้อมูลของ CG RAM หรือ DD RAM ทำโดยการตั้งหมายเลขตำแหน่งของ CG RAM หรือ DD RAM ขึ้นมาก่อนจะเขียนข้อมูล

	RS	R/W	D_{B7}							D_{B0}
code	1	0	D	D	D	D	D	D	D	D

<-- Higher Order Bits Lower Order Bits -->

ตารางที่ 2.2 ค่าของการตั้งขนาดของตัวอักษร

N	F	No.of display lines	Character font	Duty factor	Remarks
0	0	1	5X7 dots	1/8	
0	1	1	5X10 dots	1/11	
1	*	2	5X7 dots	1/16	Cannot display 2 lines with 5X10 dot character font.

* No effect

11. READ DATA FROM CG OR DD RAM

	RS	R/W	D_{B7}							D_{B0}
code	1	1	D	D	D	D	D	D	D	D

<-- Higher Order Bits Lower Order Bits -->

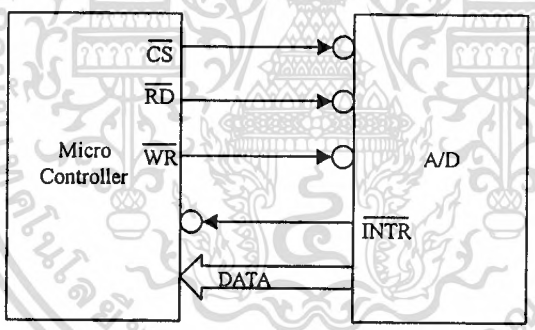
เป็นคำสั่งอ่านค่าข้อมูลจาก CG RAM หรือ DD RAM โดยก่อนอ่านค่าจาก DD RAM หรือ CG RAM ควรจะใช้คำสั่งตั้งหมายเลขตำแหน่งก่อน เพื่อให้รู้ข้อมูลที่อ่านได้นั้นเป็น DD หรือ CG RAM จากตารางการทำงานจะเห็นว่าการใช้งาน LCD MODULE นั้นจะส่งคำสั่งเริ่มแรก และตั้งความต้องการในขนาดตัวอักษร, CURSOR และทำการเขียนตัวอักษรเข้าไปใน DD RAM ตามตารางตัวอักษรจึงจะเกิดอักษรในจอภาพ LCD และสามารถกำหนดตำแหน่งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อักษรที่จะเกิดบนจอได้ โดยการตั้งหมายเลขตำแหน่ง DD RAM ตารางหัวข้อตั้งหมายเลขตำแหน่ง DD RAM

2.7 การเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นข้อมูลทางดิจิตอล

วงจรสัญญาณแอนะล็อกเป็นข้อมูลทางดิจิตอลนั้นสามารถจะอาศัยหลักการทำงานของไอซีตระกูล เอดีซี 0801 ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอลโดยการเปลี่ยนจะใช้แบบความต้านทานต่อกันแบบแลดเดอร์อยู่ภายในไอซีแบบ 256 ระดับ มีบัสควบคุมและบัสข้อมูลแบบไตรสเตทคงค้างสภาวะ ซึ่งในการต่อใช้งานไอซีตระกูลนี้กับไมโครคอนโทรลเลอร์จะปรากฏในลักษณะของหน่วยความจำหรือ อินพุตเอาต์พุตพอร์ต โดยที่การตรวจจับปริมาณของแรงดันแอนะล็อกจะเป็นแบบดิฟเฟอเรนเชี่ยล ที่มีการกำจัดสัญญาณคอมมอนโหมด นอกจากนี้ ยังมีขาแรงดันอ้างอิงที่ทำให้สามารถปรับค่าการเบี่ยงเบนของระดับสัญญาณ ที่จะแปลงเป็นดิจิตอลได้ตั้งแต่ระดับอินพุตต่ำๆ จนกระทั่งค่าสูงสุดของ 8 บิต

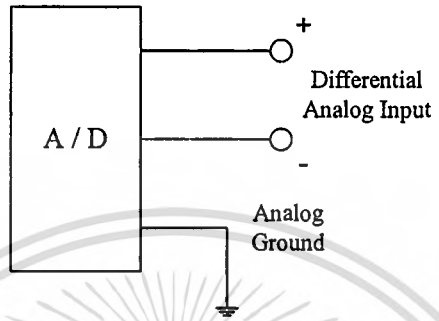


รูปที่ 2.9 แผนผังการติดต่อระหว่างอุปกรณ์แปลงสัญญาณกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ไอซีตระกูลเอดีซี 0801 นี้ ได้สร้างวงจรเสมือนเครือข่ายความต้านทาน 256 วงจรแอนะล็อกสวิตช์จะปรับเปลี่ยนในลักษณะการประมาณค่าสถานะลอจิก เพื่อสร้างผลต่าระหว่างค่าของแรงดันแอนะล็อกที่สร้างขึ้นกับค่าของความต่างศักย์ระหว่างอินพุตบวก และอินพุตลบ โดยอาศัยเครือข่ายของความต้านทาน โดยจะเริ่มเปรียบเทียบจากบิตนัยสำคัญสูงสุดก่อนแล้วจึงเปรียบเทียบกับบิตถัดมาจนกระทั่งครบ 8 บิต ซึ่งจะใช้เวลาในการเปรียบเทียบ 64 ไซเกิล สัญญาณนาฬิกาค่า ดิจิตอล 8 บิต จะถูกผ่านค่าออกมาทางเอาต์พุตค้างสภาวะ หลังจากนั้นขาอินเตอร์รัปต์จะเปลี่ยนกับบิตถัดมาจนกระทั่งครบ 8 บิต ซึ่งจะใช้เวลาในการเปรียบเทียบ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซเกิลสัญญาณนาฬิกาค่าดิจิตอล 8 บิตจะถูกผ่านค่าออกมาทางเอาต์พุตค้างสภาวะ หลังจากนั้น ขาอินเตอร์รัปต์จะเปลี่ยนจากลอจิก "1" ไปเป็นลอจิก "0" ซึ่งการทำงานสามารถรับเริ่มต้นแปลงค่าถัดไปได้



รูปที่ 2.10 ขาด้านอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณ

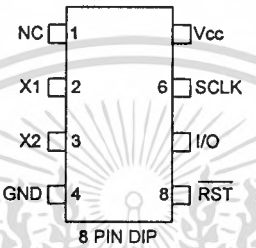
2.8 นาฬิกาแบบฐานเวลาจริง

ไอซีดีเอส 1202 เป็นไอซีที่ใช้ในการรักษาเวลาจริง/ปฏิทิน และสแตติกแรมขนาด 24 ไบต์มีการติดต่อรับส่งข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบอนุกรมแบบง่าย นาฬิกาเวลาจริงจะประกอบด้วยวินาที, นาที, ชั่วโมง, วัน, เดือน, ปี โดยมีการปรับเปลี่ยนสำหรับในเดือนที่มีน้อยกว่า 31วัน และปีอธิกมาส นาฬิกาสามารถเลือกให้เป็นแบบ 24 ชั่วโมง หรือ 12 ชั่วโมง พร้อมทั้งตัวแสดงผล AM/PM ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้สัญญาณ 3 เส้น คือ Reset,I/O Data line,SCLK ข้อมูลสามารถโอนถ่ายจากนาฬิกา/หน่วยความจำแรม 1 ไบต์ หรือ 24 ไบต์ต่อครั้งก็ได้ ไอซีดีเอส 1202 ได้ถูกออกแบบให้ทำงานที่กำลังงานต่ำกว่า 1 ไมโครวัตต์

การทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.18 จะประกอบไปด้วยชิฟท์รีจิสเตอร์, คอนโทรลลอจิก, ออสซิเลเตอร์, นาฬิกาเวลาจริง และแรม ในการโอนถ่ายข้อมูลจะต้องเริ่มต้นโดยให้สัญญาณรีเซทเป็นลอจิก 1 ข้อมูลขนาด 8 บิต จะถูกถ่ายลงยังชิฟท์รีจิสเตอร์ ซึ่งส่งไปทั้งแอดเดรสและคำสั่ง ข้อมูลจะถูกนำเข้าในทุกๆ ขอบขาขึ้นของพัลส์ที่ขา SCLK หลังจากสัญญาณ SCLK ผ่านไป 8 ไซเคิลจะทำให้คำสั่ง ผ่านเข้าไปยังชิฟท์รีจิสเตอร์ และสัญญาณ SCLK ถัดไปจะ ทำให้ข้อมูลถูกโอนถ่ายออกมาจากนาฬิกาถ้าเป็นการอ่านข้อมูล และถูกเขียนไปยังนาฬิกาถ้าเป็น การเขียนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบต์ของคำสั่งดังแสดงในรูปที่ 2.19 ในการโอนถ่ายข้อมูลแต่ละครั้งจะต้องเริ่มต้นด้วยไบต์ของคำสั่งก่อนเสมอ โดยที่ไบต์ของคำสั่งนี้จะมี บิตสูงสุด (บิตที่ 7) เป็นลอจิก "1" ถ้าเป็นลอจิก "0" การติดต่อจะถูกยกเลิก บิตที่ 6 จะเป็นตัวเลือกสำหรับการติดต่อนาฬิกา/ปฏิทิน หรือแรม ถ้าเป็นลอจิก "0" จะเป็นการติดต่อกับนาฬิกา/ปฏิทิน บิตที่ 1-5 จะระบุตำแหน่งแอดเดรสของนาฬิกาหรือแรมที่ต้องการจะติดต่อด้วย ส่วนบิต 0 จะเป็นบิตที่ใช้ในการบ่งบอกว่าเป็นการอ่านข้อมูลหรือเขียนข้อมูล ถ้าเป็นลอจิก 0 จะเป็นการเขียนข้อมูล



รูปที่ 2.11 การจัดขาของไอซีดีเอส 1202

2.8.1 การควบคุมนาฬิกาและแรม

ในการโอนถ่ายข้อมูลจะต้องให้ขารีเซ็ตเป็นลอจิก 1 ซึ่งจะเป็นการส่งสัญญาณให้ชิฟท์ SCLK จะต้องเริ่มต้นด้วยขอบขาลงแล้วจึงตามด้วยขอบขาขึ้นเสมอ ข้อมูลที่ถูกส่งเข้าไปจะเป็นข้อมูลที่อยู่ระหว่างขอบขาขึ้นของสัญญาณ ส่วนข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจะปรากฏขึ้นในขณะที่ขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกา การโอนถ่ายข้อมูลจะสิ้นสุดลงเมื่อสัญญาณที่ขารีเซ็ตเป็นลอจิก 0 ขา I/O Data line จะเปลี่ยนเป็นอิมพีแดนซ์สูงการโอนถ่ายข้อมูลแสดงในรูปที่ 2.12

7	6	5	4	3	2	1	0
1	RAM / $\overline{CK}$	A4	A3	A2	A1	A0	RD / $\overline{W}$

รูปที่ 2.12 การวางตำแหน่งบิตของค่าคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ข้อมูลอินพุต

จะตามหลังสัญญาณ SCLK ซึ่งจะตามหลังคอมมานด์ไบต์ด้วยข้อมูลที่นำเข้าไปจะเป็นข้อมูล ที่ตำแหน่งขอบขาขึ้นของสัญญาณ SCLK 8 ไซเกิลถัดไปจะต้องขึ้นต้นด้วยบิต 0 เสมอ

2. ข้อมูลเอาท์พุต

อยู่ตามหลังสัญญาณ SCLK 8 ไซเกิลจะปรากฏเมื่อขอบขาลงของสัญญาณ SCLK 8 ไซเกิลถัดไปข้อมูลบิตแรก จะถูกส่งออกมาที่ขอบขาลงอันแรก หลังจากบิตสุดท้ายของคอมมานด์ไบต์ได้ถูกเขียนแล้วการให้สัญญาณ SCLK ในไซเกิลถัดไปจะเป็นการนำข้อมูลออกมาใหม่ตลอดระยะเวลาที่สัญญาณ รีเซ็ตเป็นลอจิก 1

3. นาฬิกา/ปฏิทิน

นาฬิกา/ปฏิทินจะประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ที่อ่าน และเขียนข้อมูลได้ 8 ตัว ข้อมูลในรีจิสเตอร์ของนาฬิกา/ปฏิทินจะเป็นรหัสไบนารี่โค๊ดเดซิมอลฟอร์แมต (BCD)

4. แฟลกหยุดของนาฬิกา

บิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์วินาทีจะถูกกำหนดให้เป็นแฟลกหยุดของนาฬิกาเมื่อบิตนี้ถูกเซทขึ้นเป็นลอจิก 1 การเดินนาฬิกาจะถูกหยุดลง และไอซีดีเอส 1202 จะเข้าสู่โหมดกินกำลังงานต่ำซึ่งจะกินกระแสต่ำกว่า 100 นาโนแอมแปร์ และเมื่อถูกเขียนเป็นลอจิก 0 นาฬิกาจะเริ่มต้นทำงาน

5. AM-PM/12-24 โหมด

บิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์ชั่วโมงจะถูกกำหนดเป็นบิตที่ใช้ในการเลือกโหมด 12 หรือ 24 ชั่วโมงถ้าเป็นลอจิก 1 จะเป็น 12 ชั่วโมง และในแบบ 12 ชั่วโมงนี้บิตที่ 5 จะเป็น AM/PM บิต ถ้าเป็นลอจิก 1 หมายถึง PM ในโหมด 24 ชั่วโมง บิตที่ 5 นี้จะเป็นบิตที่ 2 ของหลักสิบของชั่วโมง

6. รีจิสเตอร์ป้องกันการเขียน

บิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์ป้องกันการเขียนเป็นบิตป้องกันการเขียนส่วนบิตที่ 0 ถึง 6 ซึ่งจะต้องให้เป็นลอจิก 0 ไว้เสมอเมื่อต้องการอ่าน ก่อนที่จะทำการเขียนข้อมูลลงในนาฬิกาหรือแรมจะต้องให้บิตที่ 7 นี้เป็น 0 ถ้าเป็นลอจิก 1 จะหมายถึงการป้องกันการเขียนของทุก ๆ รีจิสเตอร์

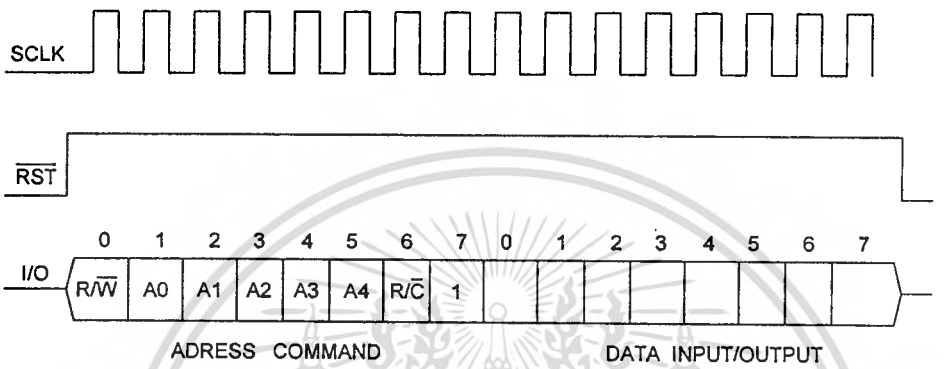
7. แรม

แรมจะเป็นแบสแตติกแรมซึ่งมีขนาด 8 บิต 24 ไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การเลือกใช้คริสตอล

คริสตอลนั้นจะใช้คริสตอลที่มีความถี่ขนาด 32.768 กิโลเฮริตซ์ ของไดวาจะเป็นเบอร์ DT 26S ส่วนของไซโกจะเป็นเบอร์ DS-VT-200 หรือเทียบเท่า สามารถต่อได้โดยตรงกับไอซีดีเอส 1202 ที่ขา 2 และ 3 โดยไม่ต้องมีคาปาซิเตอร์และรีจิสเตอร์ต่อภายนอก



รูปที่ 2.13 แผนผังเวลาการส่งข้อมูลอนุกรมของไอซีดีเอส 1202

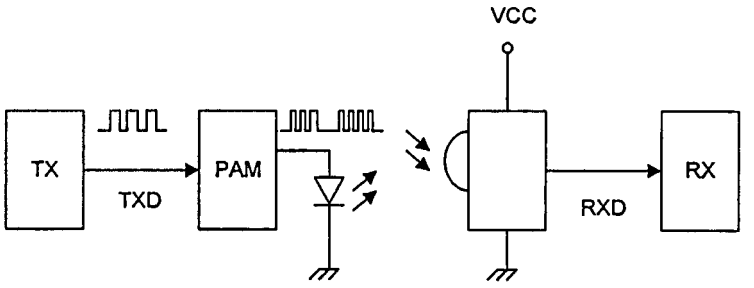
2.9 การส่งสัญญาณโดยใช้แสงอินฟราเรด

ในการส่งสัญญาณดิจิตอลนั้นสามารถกระทำได้หลายวิธีการ แต่วิธีการส่งสัญญาณผ่านแสงอินฟราเรดเป็นวิธีการที่สะดวกต่อผู้ใช้งานที่ ไม่ต้องการระยะทางใน การส่งสัญญาณไกลนักเนื่องจากไม่ต้องใช้สายต่อเชื่อมในการส่งสัญญาณ

2.9.1 ลักษณะของการส่งสัญญาณ

ในการส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านทางแสงอินฟราเรดนั้น จะอาศัยวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงเช่นเดียวกันกับใน การสื่อสารด้วยเส้นใยแสง แต่การส่งข้อมูลผ่านแสงอินฟราเรดที่เดินทางผ่านตัวกลาง ซึ่งเป็นอากาศนั้นจะมีการสูญเสียของแสงเนื่องจากการกระจายของลำแสงและถูกดูดกลืนแสงมาก ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับการใช้ในการติดต่อสื่อสารในระยะทางใกล้ๆ นอกจากนี้การส่งผ่านอากาศทำให้เกิดการรบกวนของแสงอินฟราเรดอันเนื่องมาจากแสงจากดวงอาทิตย์และแสงไฟอื่น ๆ อีกทั้งอุปกรณ์รับแสงคือโฟโต้ไดโอดนั้นจึงต้องมีการผสมสัญญาณแสงให้มีการส่งสัญญาณแสงเป็นความถี่เพื่อที่จะสามารถใช้วงจรยังสามารถรับความถี่ของแสงได้ในยานกว้าง ดังนั้นการส่งสัญญาณโดยผ่านแสงอินฟราเรดกรองความถี่เข้าช่วยในการแยกสัญญาณที่ส่งออกจากสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ซึ่งความถี่ที่ดีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

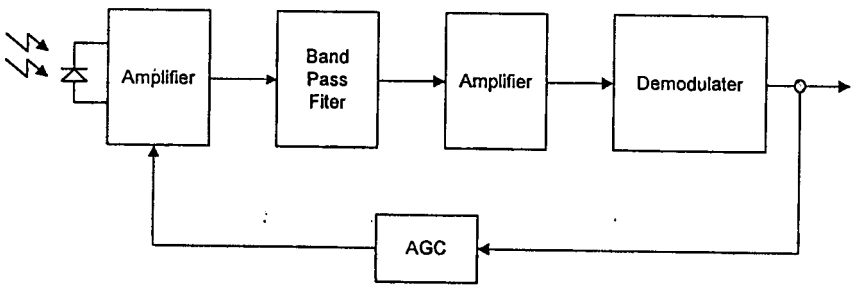


รูปที่ 2.14 การผสมความถี่ เพื่อส่งสัญญาณแสงอินฟราเรด

สุดสำหรับการผสมเพื่อส่งผ่านแสงอินฟราเรดนี่จะอยู่ในย่าน 30 ถึง 40 กิโลเฮริตซ์

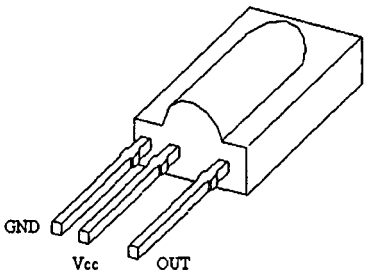
ในการรับสัญญาณจากแสงอินฟราเรดนั้นจะใช้โฟโต้ไดโอดหรือ โฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์รับแสงซึ่งสัญญาณที่รับได้จะมีค่าต่ำจึงต้องผ่านวงจรขยาย แต่เนื่องจากการใช้งานระบบรับ และส่งสัญญาณผ่านแสอินฟราเรดมักจะเป็นงานที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ดังนั้นปริมาณของสัญญาณที่รับได้จึงมีระดับไม่สม่ำเสมอ การแก้ไขปัญหานี้สามารถกระทำได้โดยอาศัยวงจรขยายสัญญาณ ที่มีการปรับอัตราการขยายโดยอัตโนมัติหรือที่เรียกว่าออโตเมติกเกนคอนโทรล (Autometic Gain Control or AGC) เพื่อรักษาระดับของสัญญาณเอาต์พุตให้คงที่จากนั้นเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนดังกล่าวแล้วจึงต้องสร้างวงจรกรองความถี่ เพื่อเลือกเอาแต่สัญญาณความถี่ที่ต้องการมาขยายต่ออีกทีหนึ่ง แล้วจึงทำการดีมอดูเลทสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณข่าวสารไอซีรับสัญญาณแสงอินฟราเรดแบบพัลส์แอมปลิจูดมอดูเลชั่น

ไอซีรับสัญญาณแสงอินฟราเรดแบบพัลส์แอมปลิจูดมอดูเลชั่นนี้ ได้แก่ไอซีในกระกูล TFMS 5380 ซึ่งจะมีการรับความถี่ในย่าน 38 ถึง 40 กิโลเฮริตซ์ให้เลือก คือ เบอร์ TFMS5380 จะเลือกรับความถี่ 38 กิโลเฮริตซ์, เบอร์ TFMS5390 จะเลือกรับความถี่ย่าน 39 กิโลเฮริตซ์ และเบอร์ TFMS5400 จะรับความถี่ในย่าน 40 กิโลเฮริตซ์ซึ่งไอซีในตระกูลนี้มีแผนผังการทำงานดังรูปที่ 2.15

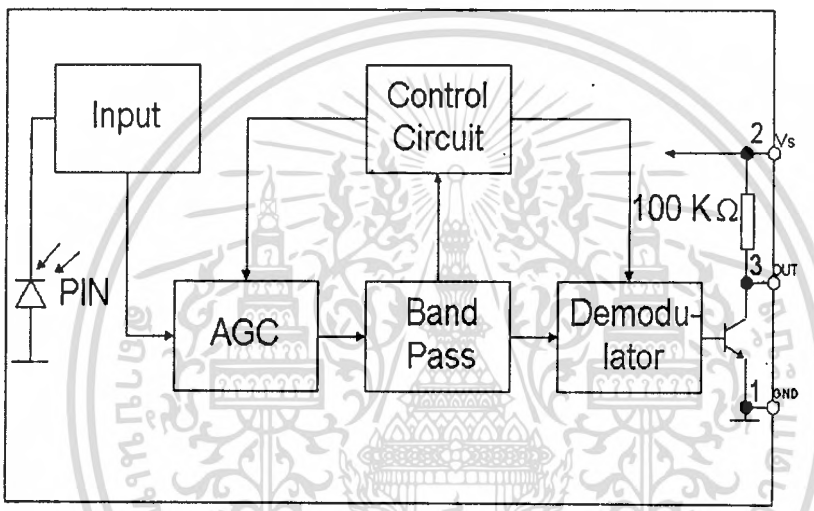


รูปที่ 2. 15 แผนผังการทำงานของส่วนรับสัญญาณจากแสงอินฟราเรด

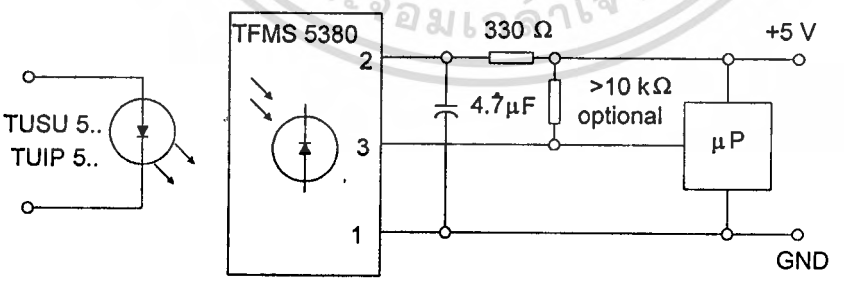
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 รูปร่าง และการจัดขาของไอซีตระกูล TFMS 5.0



รูปที่ 2.17 แผนผังการทำงานของวงจรภายในไอซีตระกูล TFMS5380



รูปที่ 2.18 วงจรต่อใช้งานของไอซีตระกูล TFMS5.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้เป็นส่วนของการออกแบบระบบของโครงงาน และการทำงานซึ่งจะกล่าวถึงขั้นตอนวิธีการในการออกแบบ แนวคิดในการวางระบบการทำงานในส่วนใหญ่ ๆ สามส่วน คือ วิธีการในการออกแบบระบบของโครงงานนี้ ,การออกแบบ และการสร้างฮาร์ดแวร์

3.2 แผนผังการทำงานของโครงงาน

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่เป็นเครื่องวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีหน่วยในการวัดเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งกำลังงานของไฟฟ้าเป็นผลคูณของแรงดันและกระแส ณ เวลาเดียวกันที่ปรากฏในเวลา 1 วินาที ดังนั้นโครงงานนี้จึงใช้วิธีการวัดระดับของแรงดัน และกระแสที่เวลาเดียวกัน จากนั้นจึงนำมาหาผลคูณของแรงดัน และกระแสที่วัดได้แล้วคูณด้วยค่าเวลาระหว่างการวัดแต่ละครั้งซึ่งเป็นระยะเวลาสั้น ๆ รวมกันในเวลา 1 วินาที ผลที่ได้จะเป็นค่าของกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยเป็นวัตต์ นำค่าที่ได้นี้มาแปลงเป็นกิโลวัตต์แล้วหารด้วยจำนวนของวินาทีในหนึ่งชั่วโมงก็จะเป็นค่าจำนวนหน่วยที่ถูกใช้ไป ใน 1 วินาที ดังนั้น ส่วนประกอบหลักๆ ของการวัดกำลังงานไฟฟ้า และปริมาณการใช้ไฟฟ้าจึงมี ส่วนวัดค่าแรงดัน และกระแส ส่วนของฐานเวลา และส่วนคำนวณ นอกจากการคำนวณค่าต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วโครงงานนี้ยังสามารถบันทึกค่า และโอนถ่ายค่าของจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าจากส่วนที่เป็นมิเตอร์ไฟยังเครื่องอ่านและบันทึกข้อมูลโดยการรับ-ส่งข้อมูลผ่านทางแสงอินฟราเรด ดังนั้นจึงต้องมีส่วนรับส่งข้อมูลโดยผ่านแสงอินฟราเรด และเมื่อนำเครื่องอ่าน และบันทึกข้อมูลเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อทำการส่งข้อมูลที่บันทึกมาเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลโดย การส่งข้อมูลจะส่งผ่านทางพอร์ตสื่อสารอนุกรมของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมด้วย ดังนั้นจึงสามารถสรุปส่วนประกอบที่ต้องออกแบบ และจัดสร้างของโครงงานได้เป็นส่วน ๆ ดังนี้คือ

1. ภาคคำนวณ และประมวลผลของมิเตอร์
2. ภาคฐานเวลา และหน่วยความจำที่มีแบตเตอรี่สำรองเมื่อไฟฟ้าดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาควัดแรงดัน และกระแส

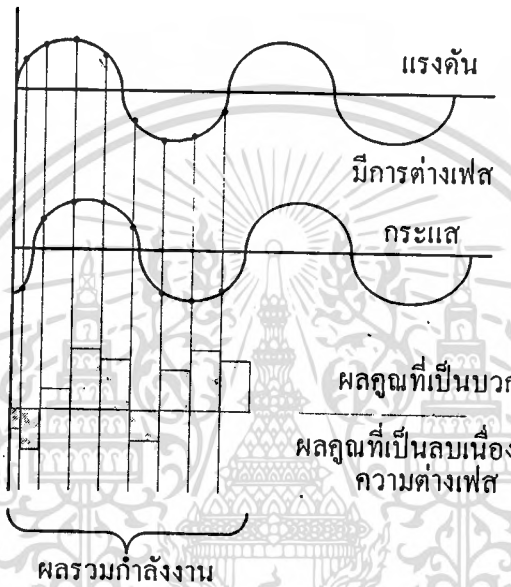
4. ภาคตรวจจับการตัดศูนย์ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

5. ภาครับ-ส่งข้อมูลโดยผ่านแสงอินฟราเรด

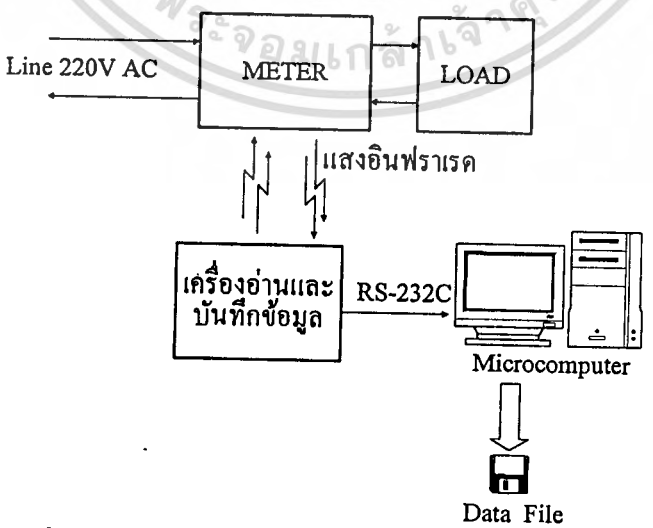
6. ภาคประมวลผล และหน่วยความจำของเครื่องอ่านและบันทึกข้อมูล

7. ภาครับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232C

8. ภาคแสดงผลซึ่งใช้แผงแสดงผลผลึกเหลวแบบจุดผสม (Dot matrix LCD display)

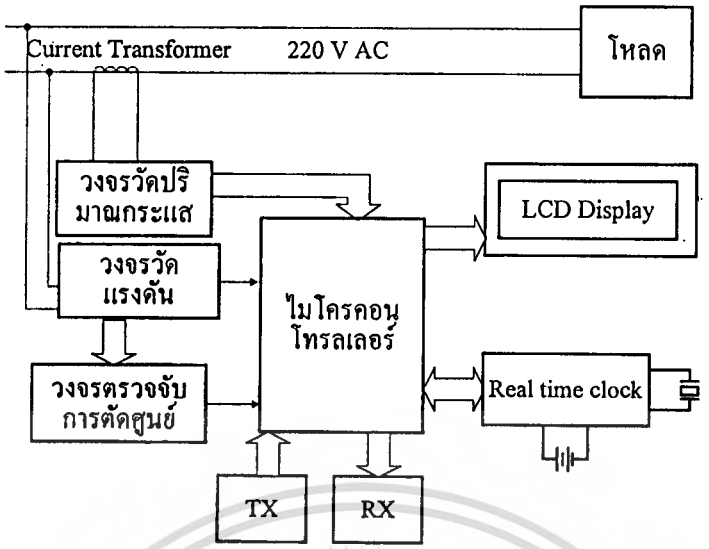


รูปที่ 3.1 ลักษณะของการคำนวณหาค่ากำลังงาน

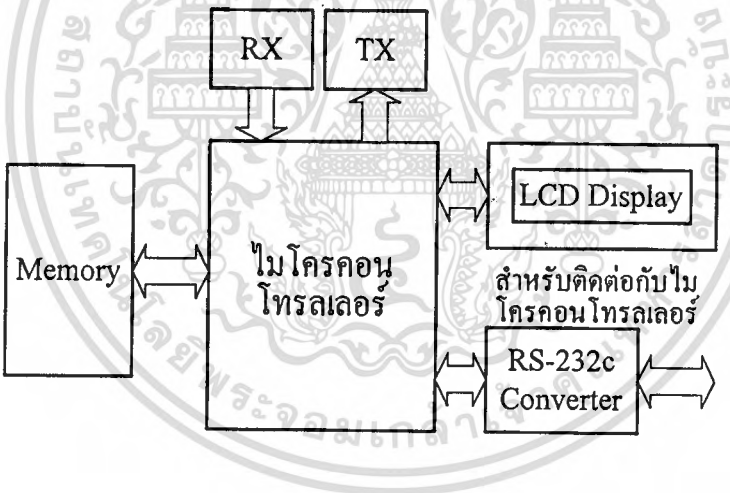


รูปที่ 3.2 ลักษณะการโอนถ่ายข้อมูลของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของมิเตอร์



รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของเครื่องอ่านและบันทึกข้อมูล

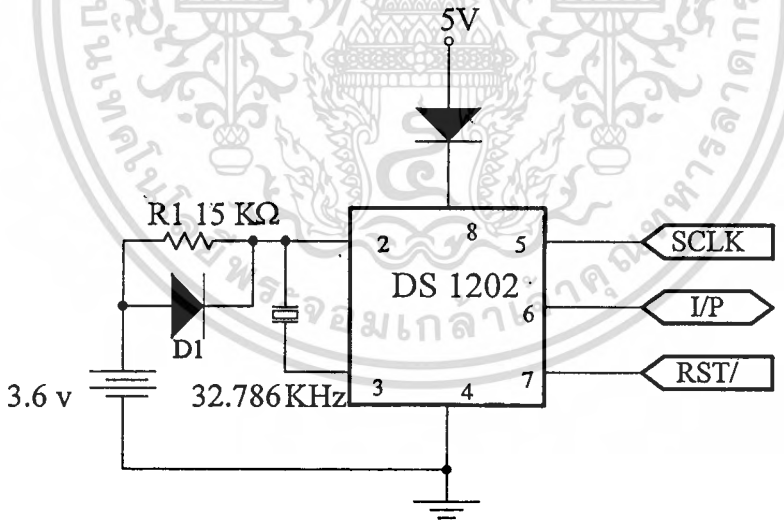
3.3 การออกแบบด้านของฮาร์ดแวร์

การออกแบบในส่วนฮาร์ดแวร์นี้ จะแบ่งเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนของตัวมิเตอร์ และส่วนของเครื่องอ่าน และบันทึกผลซึ่งทั้งสองส่วนนี้จะมีความคล้ายคลึงกันในส่วนของตัวประมวลผล, ภาคแสดงผล และภาครับ-ส่งข้อมูลผ่านแสงอินฟราเรด ดังจะแยกเป็นภาคต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 วงจรนาฬิกาแบบฐานเวลาจริง

วงจรในภาคนี้จะใช้ไอซีเพียงตัวเดียว คือ ไอซีเบอร์ DS 1202 เป็นไอซีเวลาจริง และหน่วยความจำหนาด 24 ไบต์ (Real time clock & 24 bytes statics RAM) ที่สามารถทำงานได้ที่แรงดันตั้งแต่ 2-6 โวลท์ ในส่วนของนาฬิกาเวลาจริงจะอาศัยสัญญาณนาฬิกาที่กำเนิดขึ้นจากคริสตอลที่มีขนาดความถี่ 32.768 กิโลเฮริตซ์ที่ต่ออยู่กับขา 2 และ 3 ของไอซี และในวงจรนี้ได้ออกแบบให้สามารถทำงานได้โดยอาศัยแหล่งจ่ายแรงดันสองแหล่ง คือเมื่อมีไฟฟ้ากระแสสลับเลี้ยงวงจรของมิเตอร์นี้จะอาศัยแรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดันแบบควบคุม 5 โวลท์ ผ่านทางไดโอด D_1 และแหล่งจ่ายไฟขนาด 5 โวลท์จะทำการประจุแรงดันให้กับแบตเตอรี่แบบนิกเกิลแคดเมี่ยม 3.6 โวลท์ เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันสำรองเมื่อเกิดไฟฟ้าดับ โดยเมื่อไฟฟ้าดับแรงดันจากแบตเตอรี่จะสามารถผ่านทางไดโอด D_2 มาจ่ายให้กับไอซีได้ ซึ่งไอซี DS 1202 นี้กินกำลังงานต่ำกว่า 1 ไมโครวัตต์ในขณะทำงาน ดังนั้นแบตเตอรี่จึงสามารถจ่ายแรงดันให้กับไอซีในขณะที่ไฟฟ้าดับได้เป็นเวลาต่อเนื่องได้นานกว่า 1 เดือน ไอซี DS 1202 นี้จะติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอนุกรมผ่านทางขา P 1.0, P 1.1 และ P 1.2 ซึ่งจะต่อกับขา I/O, SCLK และ Reset ตามลำดับ



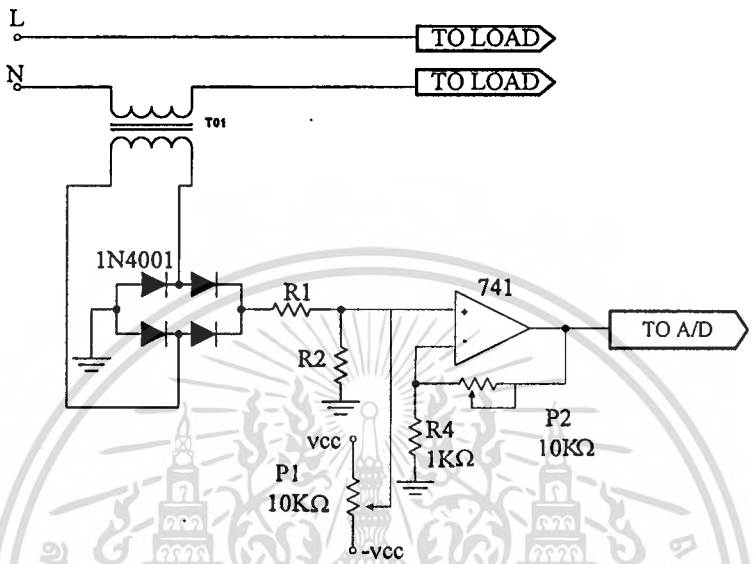
รูปที่ 3.5 วงจรของนาฬิกาฐานเวลาจริง

3.3.2 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นข้อมูลทางดิจิตอล

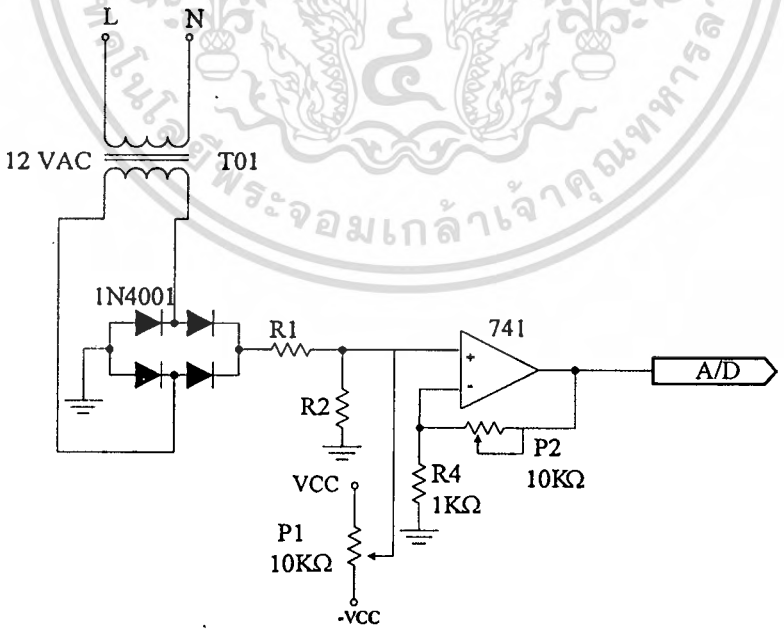
การทำงานของภาคนี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกเป็นภาควัดแรงดันซึ่งจะอาศัยการวัดแรงดันไฟฟ้าสลับจากทรานสฟอร์เมอร์ทางขดทุติยภูมิ โดยผ่านวงจรแบ่งแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนที่จะเข้าสู่อินพุตของออปแอมป์ซึ่งจะต่อเป็นวงจรขยายผลบวกของแรงดันไฟฟ้าสลับที่วัดกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 2.5 โวลท์ที่เกิดจากวงจรสร้างแรงดันอ้างอิง U_1 และ P_1 ซึ่งค่าของแรงดันอ้างอิงนี้จะสามารถปรับได้โดยการปรับโพเทนทิโอมิเตอร์ P_1



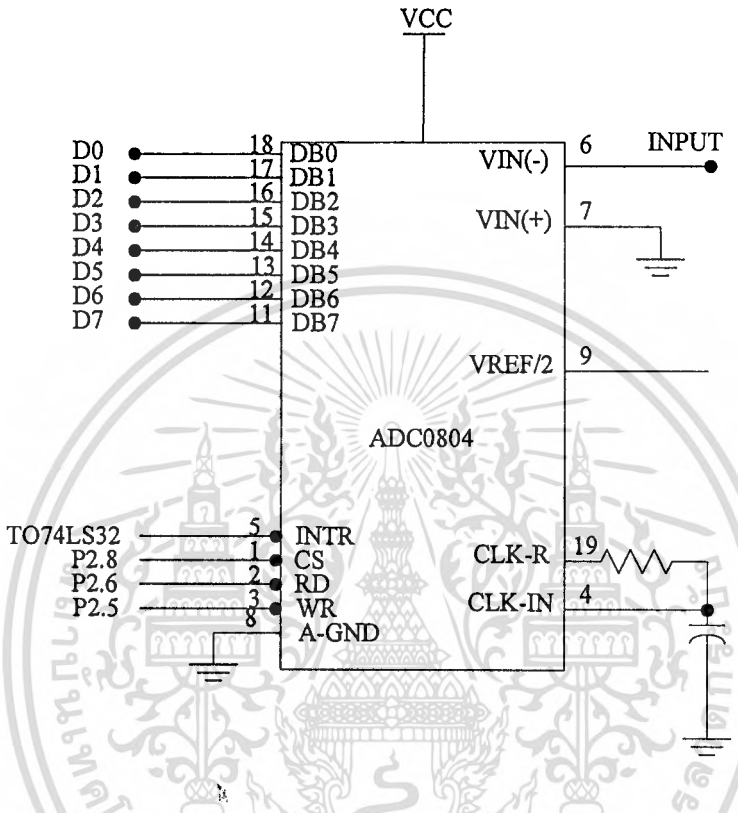
รูปที่ 3.6 วงจรของภาควัดระดับแรงดัน



รูปที่ 3.7 วงจรของภาควัดปริมาณกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่สองเป็นส่วนของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยจะใช้ไอซี ADC0804เป็นอุปกรณ์แปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล



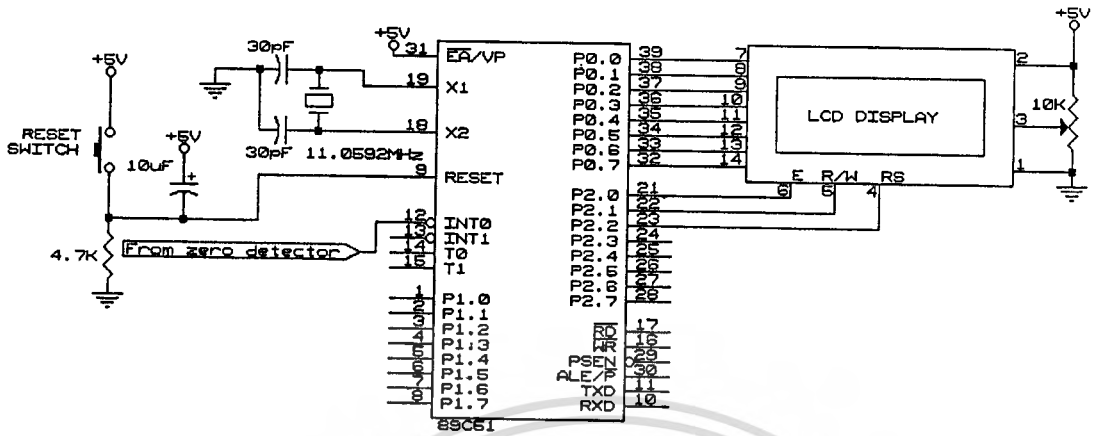
รูปที่ 3.8 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

3.3.3 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับแผงแสดงผลผลึกเหลวแบบจุดผสม

ในภาคนี้จะมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์หลักในการออกแบบ ซึ่งวงจรของภาคนี้เป็นดังนี้

การทำงานของภาคนี้ จะอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็น อุปกรณ์หลักที่จะควบคุมอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ ได้ถูกต้องโดยคริสตอลขนาดความถี่ 11.0592 เมกกะเฮริตซ์ จะเป็นคริสตอลที่ใช้ในการสร้างสัญญาณนาฬิกาภายในของไมโครคอนโทรเลอร์ วงจรเน็ตเวิร์คของความต้านทาน R_1 และ C_1 เป็นส่วนช่วยรีเซทไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อเริ่มจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงวงจรส่วนของแผงแสดงผลผลึกเหลวแบบจุดผสม จะต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ทางพอร์ต 0 และพอร์ต 2 ซึ่งจะสามารถรับ-ส่งข้อมูลและสัญญาณควบคุมได้โดยผ่านทางพอร์ตทั้งสองนี้

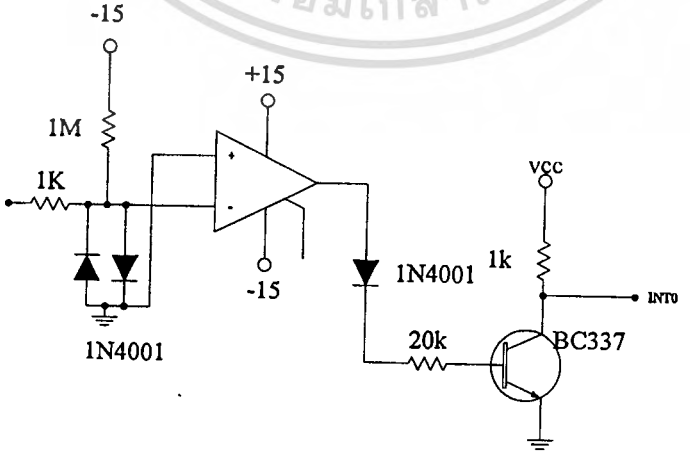
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์ และแผงแสดงผลผลึกเหลวแบบจุดผสม

3.3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณศูนย์

วงจรตรวจจับสัญญาณศูนย์จะมีการทำงานเป็นดังนี้ คือ เมื่อรับสัญญาณเข้ามาจากวงจรกรองสัญญาณแบบเต็มคลื่นสัญญาณจะถูกส่งผ่านเข้าไปยังออปแอมป์ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน เมื่อสัญญาณที่เข้ามามีแรงดันมากทำให้ไดโอดทำงานเอ้าท์พุทก็จะมีระดับแรงดันเป็น - 15 โวลท์ เมื่อสัญญาณที่เข้ามามีแรงดันน้อยทำให้ไดโอดไม่ทำงาน แรงดันจากแหล่งจ่าย - 15 โวลท์ ก็จะถูกป้อนเข้ามาทางอินพุท ทำให้เอ้าท์พุทมีแรงดันเป็น +15 โวลท์ สัญญาณก็จะถูกส่งผ่านไดโอด และทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิสต์เพื่อส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการอินเตอร์รัพท์

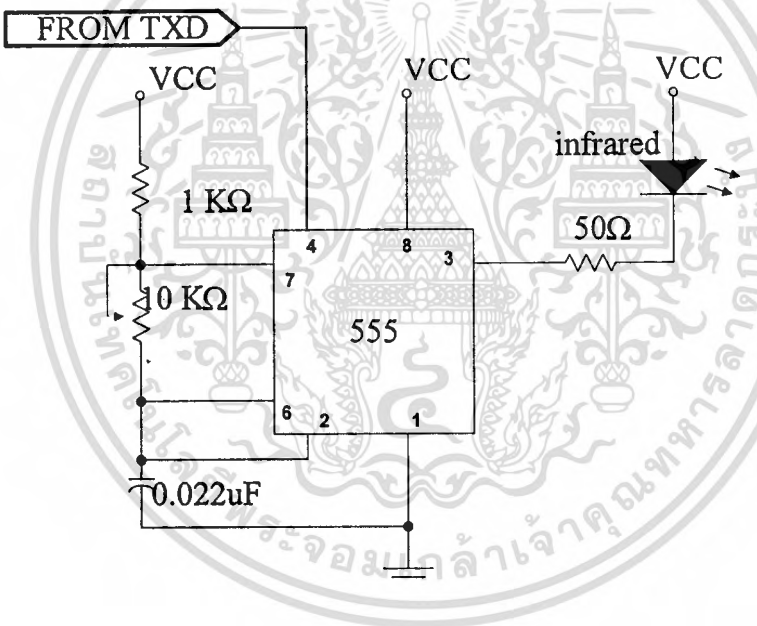


รูปที่ 3.10 วงจรตรวจจับสัญญาณตัดศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 วงจรรับส่งข้อมูลทางแสงอินฟราเรด

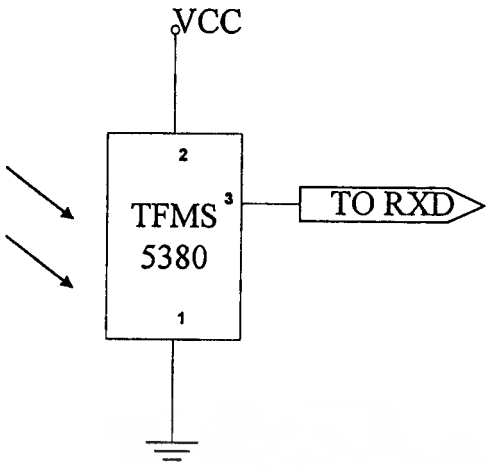
วงจรรับส่งข้อมูลทางแสงอินฟราเรดนี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือด้านส่งและด้านรับ โดยด้านส่งจะอาศัยวงจรกำเนิดความถี่ขนาด 38 กิโลเฮริตซ์ ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ NE555 ในการสร้างวงจรกำเนิดความถี่นี้ โดยความถี่ของสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 3 สามารถกำหนดได้โดยค่าของ R_3 , R_4 และ C_2 โดยไอซีเบอร์ NE555 นี้จะมีขา 4 เป็นขารีเซต ซึ่งสามารถใช้เป็นขาควบคุมการกำเนิดความถี่ได้ว่าจะให้สร้างความถี่หรือไม่ โดยถ้าให้ลอจิก 0 ไอซี NE555 จะหยุดการสร้างความถี่ และเมื่อให้ลอจิก 1 จะมีการกำเนิดความถี่ต่อไป ดังนั้นจึงสามารถใช้สภาวะของสัญญาณดิจิตอลที่เป็นข้อมูลอนุกรมมาควบคุมการกำเนิดความถี่ เพื่อส่งไปขับหลอดอินฟราเรดให้เปล่งแสงเป็นพัลส์ 38 กิโลเฮริตซ์หรือไม่เปล่งแสง



รูปที่ 3.11 วงจรส่งสัญญาณผ่านแสงอินฟราเรด

ภาครับของวงจรรับสัญญาณผ่านแสงอินฟราเรดนี้จะให้ไอซีเบอร์ KFMS5380 ซึ่งเป็นไอซีที่สร้างขึ้น เพื่อการรับ และถอดรหัสการส่งสัญญาณแบบ พัลส์แอมปลิจูดมอดูเลชั่นโดยเฉพาะ ซึ่งจะมีอุปกรณ์รับแสงอยู่ภายในตัว และส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นระดับ ของสัญญาณดิจิตอลมาตรฐาน TTL จึงสามารถต่อใช้งานได้ง่ายกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรของภาครับสัญญาณแสงอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง การทำงาน ในวงจรส่วนต่าง ๆ ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ว่ามีผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ โดยการใช้เครื่องมือวัดทำการตรวจสอบผลของรูปสัญญาณ การทำงานในแต่ละส่วนของวงจรที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นผลการทดลองในแต่ละส่วน ได้ดังนี้

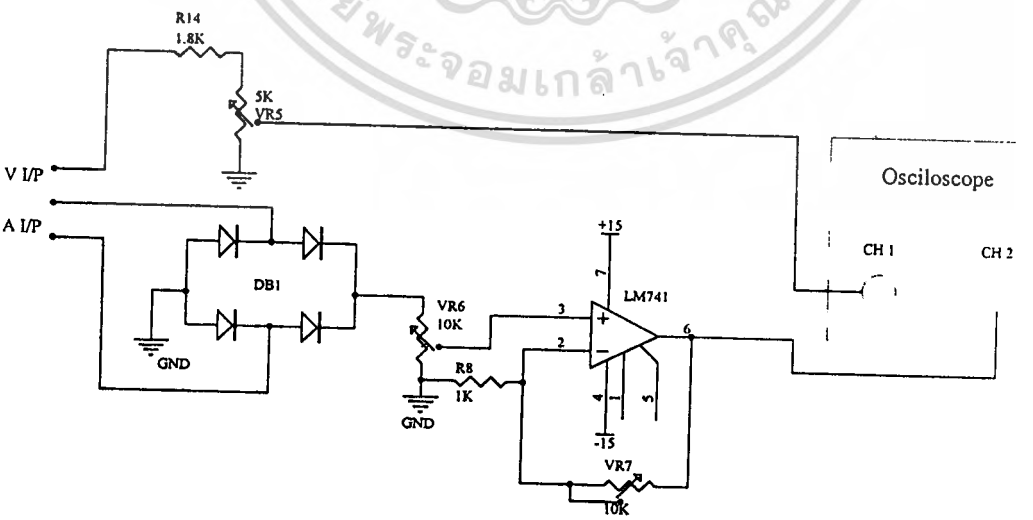
4.1 การวัดสัญญาณในภาคต่าง ๆ

4.1.1 การทดลองเปรียบเทียบเฟสของแรงดันและกระแส

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำสายไฟ 220 โวลท์ต่อเข้าที่อินพุตของมิเตอร์ และนำโหลดที่มีกำลัง 60 วัตต์ต่อที่เอาท์พุตของมิเตอร์

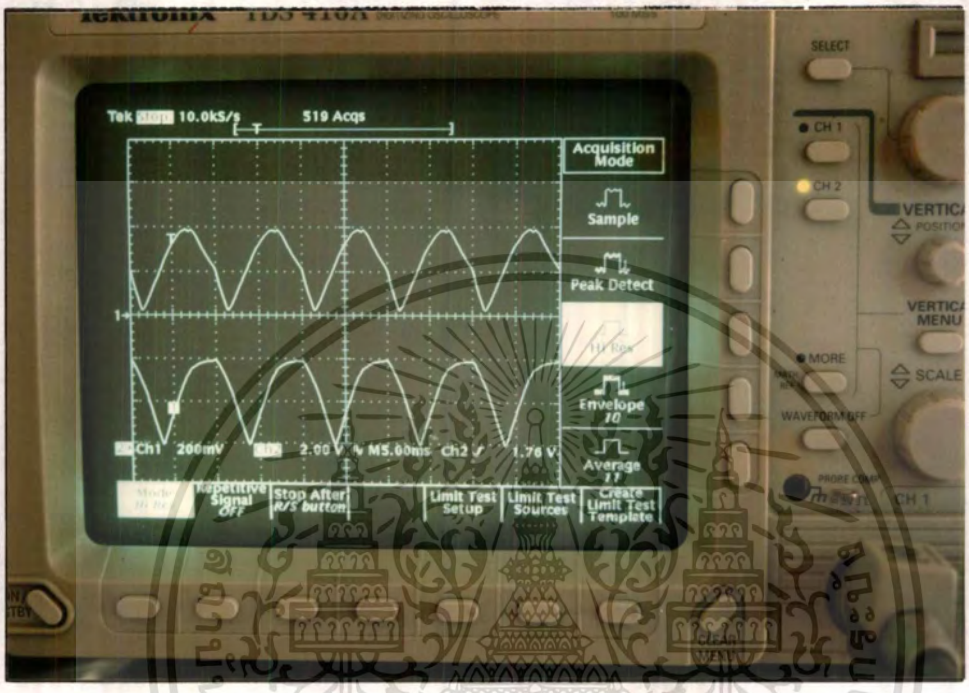
2. ทำการต่อสายสัญญาณของออสซิโลสโคปต่อกับเอาท์พุตของ ภาคตรวจวัดแรงดันและภาคตรวจวัดกระแสโดยให้ช่องสัญญาณที่ 1 วัดสัญญาณที่ภาคตรวจวัดแรงดัน และช่องวัดสัญญาณที่ 2 วัดสัญญาณที่ภาคตรวจวัดกระแส ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การต่อสายสัญญาณกับภาคตรวจวัดแรงดันและภาคตรวจวัดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ที่จอของสโคปจะแสดงลักษณะของสัญญาณ ณ จุดเอาท์พุตของ วงจรตรวจวัดแรงดัน และวงจรตรวจวัดกระแส ขณะที่โหลดกำลัง 60 วัตต์

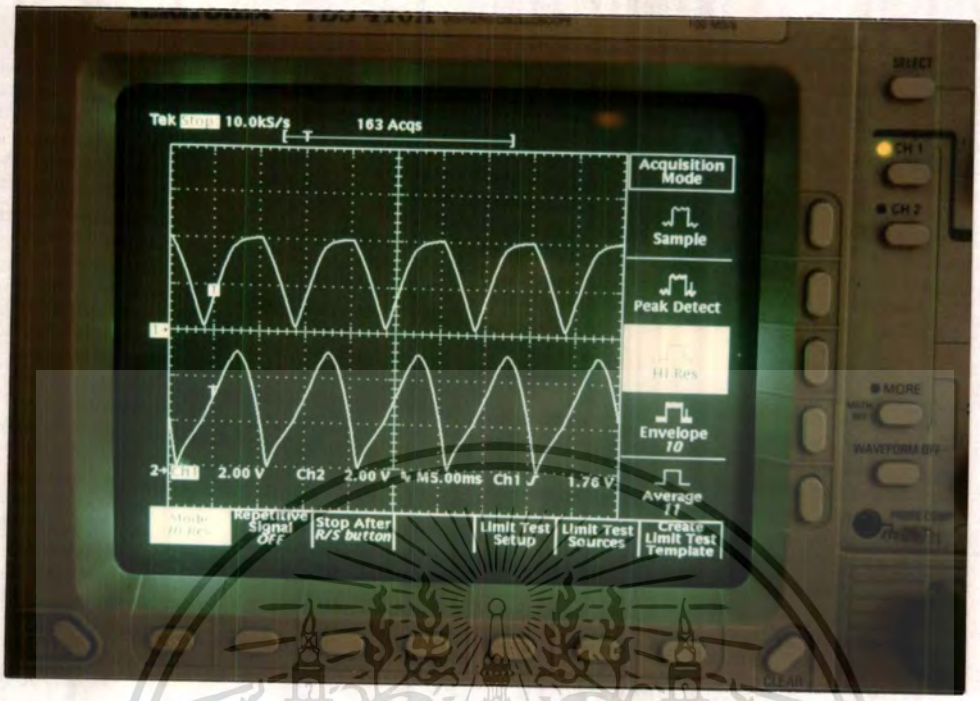


รูปที่4.2 สัญญาณอินพุตของวงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิตอล
เมื่อต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 60 วัตต์

4. นำโหลดที่มีกำลัง 1, 000 วัตต์ต่อแทนโหลดที่มีกำลังงาน 60 วัตต์

5. หน้าจอสโคปจะแสดงลักษณะสัญญาณหน้าจุด เอาท์พุตของ วงจรตรวจวัดแรงดันและวงจรตรวจวัดกระแส ขณะที่โหลดกำลัง 1,000 วัตต์ จะเห็นว่าขณะที่มิเตอร์มีโหลดกำลัง 1,000 วัตต์ ลักษณะของสัญญาณเอาท์พุตของ ภาคตรวจวัดกระแสจะมีความผิดเพี้ยนเกิดขึ้น เนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นของขดลวดกระแส ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 สัญญาณอินพุตของวงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิตอล
เมื่อต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์

4.1.2 การทดลองวัดสัญญาณเริ่มต้นการอ่านของวงจรแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิตอล

1. นำสายสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 1 ต่อที่เอาท์พุตของวงจรตรวจวัดแรงดัน และช่องวัดสัญญาณที่ 2 ต่อที่ขา 3 ของไอซี 3

2. ที่จอสโคปจะแสดงสัญญาณแซมเปิ้ลเปรียบเทียบเฟสกับสัญญาณเอาท์พุต ทางภาคตรวจวัดแรงดัน

4.1.3 การทดลองวัดสัญญาณในการรับส่งข้อมูล

1. นำสายสัญญาณของสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 1 ต่อที่ขา 11 ของไอซี 1 และช่องวัดสัญญาณที่ 2 ต่อที่ขา 3 ของไอซี 5 ดังรูปที่ 4.4

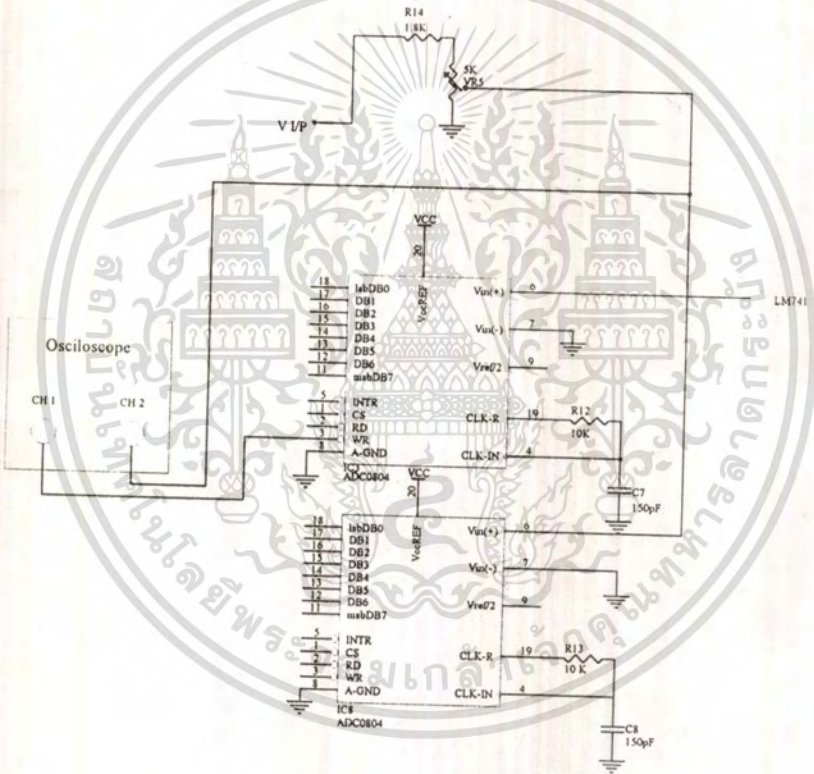
2. สั่งให้มิเตอร์ทำการส่งข้อมูลที่จอสโคปจะแสดงการเปลี่ยนสัญญาณความถี่ 38 กิโลเฮริตซ์ไปเป็นระดับแรงดันดิจิตอลของภาคติดต่อข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรด รูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำสายวัดสัญญาณของสโคปช่องวัดสัญญาณที่ 1 ต่อที่ขา 11 ของไอซี 1 ที่ตัวมิเตอร์ และช่องวัดสัญญาณที่ 2 ต่อที่ขา 11 ของไอซี 1 ที่ตัวเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

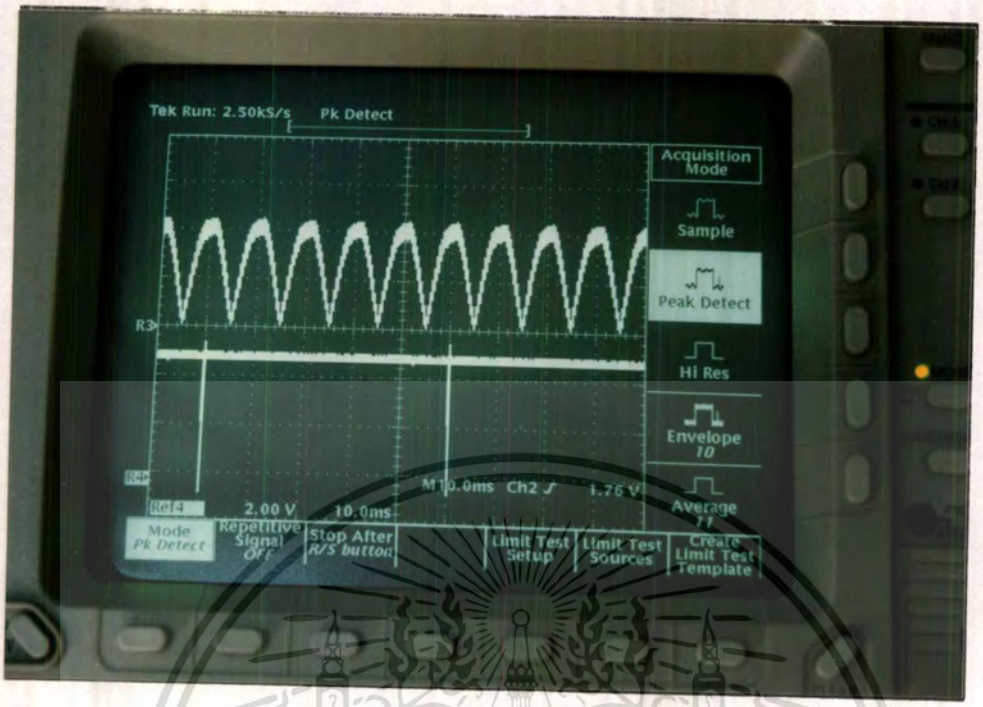
4. สั่งในเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย Read used unit

5. ที่จอสโคปจะแสดงสัญญาณการสื่อสารข้อมูลระหว่าง กิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์กับเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

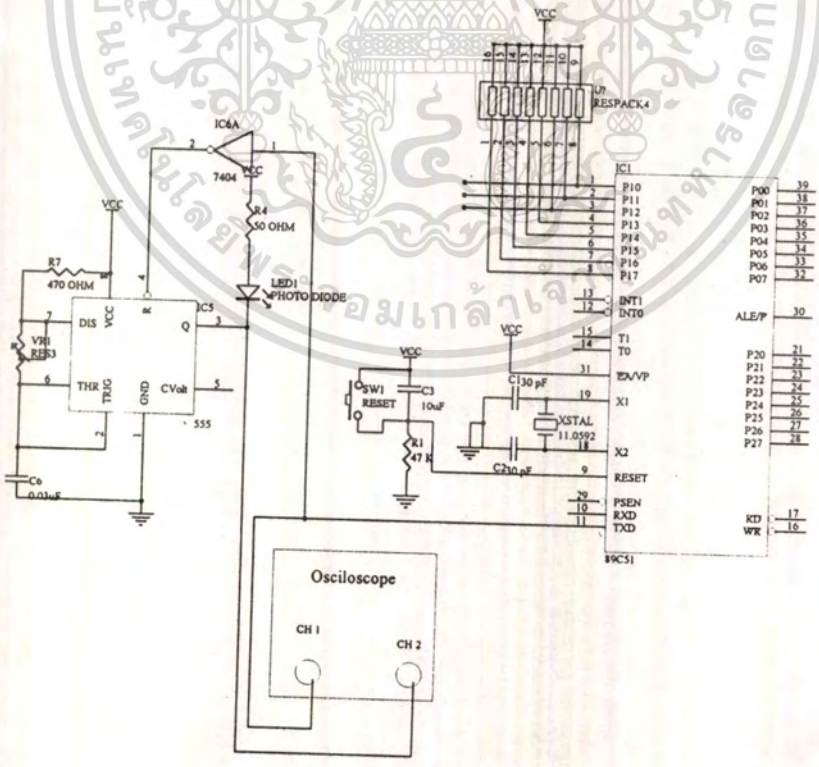


รูปที่ 4.4 การต่อสายสัญญาณเข้าเพื่อวัดสัญญาณที่ส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

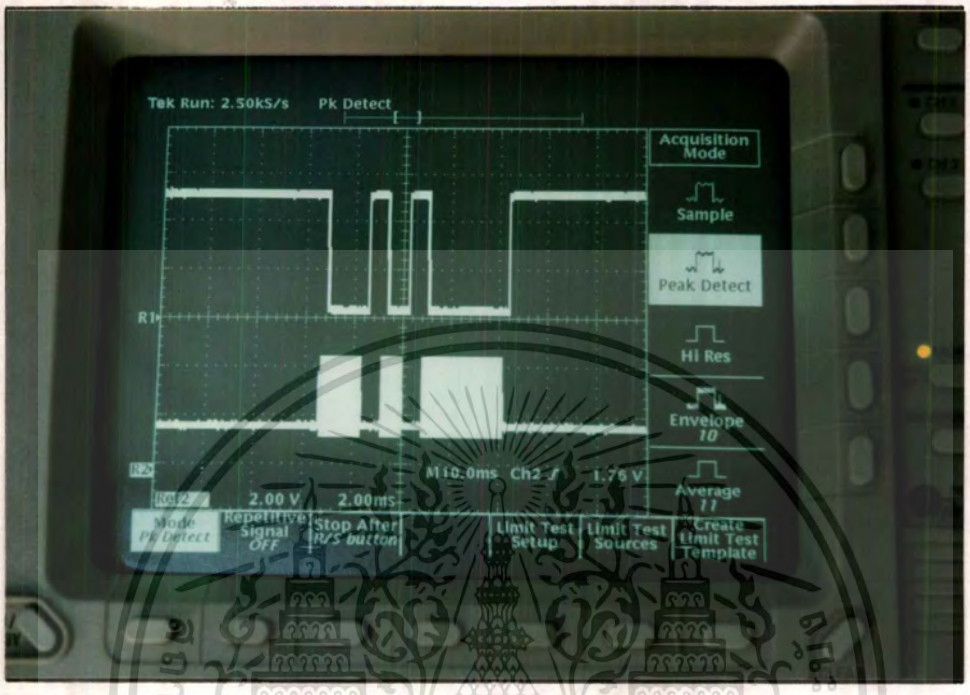


รูปที่ 4.5 สัญญาณแซมเปิ้ลเปรียบเทียบเฟสกับสัญญาณเอาท์พุตของภาคตรวจวัดแรงดัน



รูปที่ 4.6 การต่อสายวัดสัญญาณความถี่ 38 กิโลเฮริตซ์
ไปเป็นระดับแรงดันดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 สัญญาณการสื่อสารข้อมูลระหว่างกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์
กับเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

4.2 การทดลองกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์โดยเครื่องใช้ไฟฟ้า

4.2.1 การทดลองต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดกำลังงาน 60 วัตต์

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำสายไฟ 220 โวลท์ ต่อเข้าอินพุตของมิเตอร์ ต่อจากนั้นนำโหลดต่อเข้าที่จุดเอาท์พุตของมิเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะใช้โหลด 60 วัตต์ ดังรูปที่ 4.8

2. ที่หน้าปัทม์ของมิเตอร์จะแสดง Date, Time, Power ที่เก็บไว้จากการอ่านครั้งก่อน และค่า Unit ปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อ่านค่ากำลังงานจากหน้าปัทม์ของมิเตอร์ โดยมิเตอร์จะแสดงกำลังงานที่ 61.9 วัตต์ เมื่อต่อทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 40 นาที จำนวนหน่วยก็จะเพิ่มเป็น 0.1 หน่วย ดังรูป 4.9

รูปที่ 4.8 การทดลองต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดกำลังงาน 60 วัตต์ เพื่อทดสอบกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

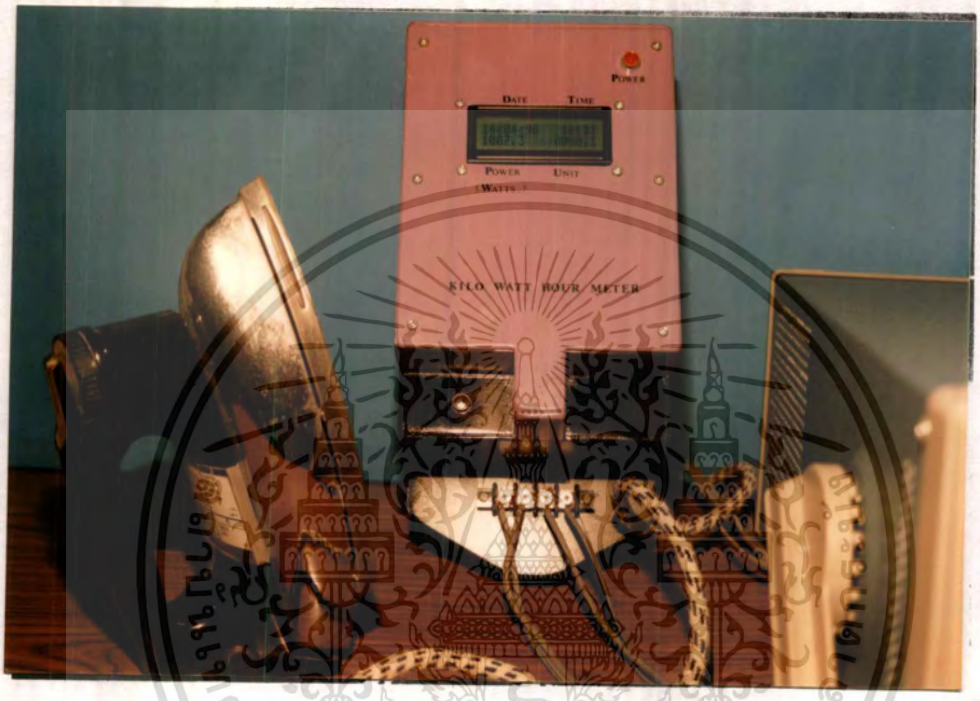
รูปที่ 4.9 หน้าปัทม์ที่แสดงผล เมื่อต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กินกำลังงาน 60 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลองต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดกำลังงาน 1,000 วัตต์

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำสายไฟ 220 โวลท์ ต่อเข้าอินพุตของมิเตอร์ ต่อจากนั้นนำโหลดต่อเข้าที่จุดเอาท์พุตของมิเตอร์ ซึ่งในที่นี้จะใช้โหลด 1,000 วัตต์ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การทดลองต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดกำลังงาน 1,000 วัตต์

2. อ่านค่ากำลังงานจากหน้าปัทม์ของมิเตอร์ โดยมิเตอร์จะแสดงกำลังงานที่ 1,007.3 วัตต์ เมื่อต่อทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที จำนวนหน่วยก็จะเพิ่มเป็น 0.1 หน่วย

4.3 การทดลองการรับส่งข้อมูลสัญญาณแสง

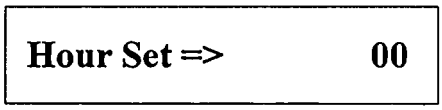
1. เปิดสวิทซ์ตำแหน่ง "ON" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงเวลา "TIME 00:00:00" ดังรูป

Time	**00:00:00**

รูปที่ 4.11 หน้าปัทม์แสดงเวลา

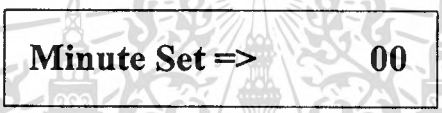
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Hour Set => 00" เมื่อกด "เพิ่ม" หรือ "ลด" ค่าชั่วโมงจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามลำดับ



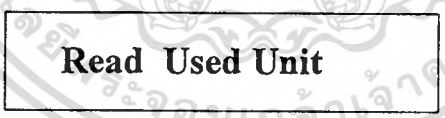
รูปที่ 4.12 หน้าปัทม์แสดงการตั้งค่าชั่วโมง

3. หลังจากตั้งค่าชั่วโมงเสร็จ เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Minute Set => 00" เมื่อกด "เพิ่ม" หรือ "ลด" ค่านาทีจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามลำดับ



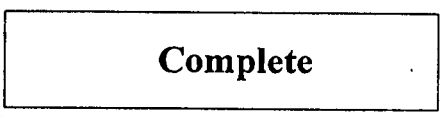
รูปที่ 4.13 หน้าปัทม์แสดงการตั้งนาที

4. เมื่อกด "เลือก" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ"Read used unit"



รูปที่ 4.14 หน้าปัทม์แสดงรายการของการอ่านหน่วยการใช้ไฟฟ้า

5. หันส่วนรับส่งของ เครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายให้อยู่ในระดับเดียวกับส่วนรับส่งของตัวมิเตอร์โดยมีระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากนั้นกด "ตกลง" และรอเวลาสักครู่ หากการรับส่งข้อมูลได้ที่หน้าปัทม์ของ เครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Comlpete"



รูปที่ 4.15 หน้าปัทม์แสดงการทำงานเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หากการรับส่งข้อมูลไม่ประสบความสำเร็จ หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Error !" ซึ่งการรับส่งข้อมูลที่ทำให้เกิด "Error !" นี้มีสาเหตุจากระดับของส่วนรับส่งข้อมูลของมิเตอร์ และเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไม่อยู่ในระดับเดียวกันหรือมีระยะห่างมากกว่า 3 เมตร หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงข้อความ "Complete" หรือ "Error !" แล้ว

รูปที่ 4.16 หน้าปัทม์แสดงการทำงานผิดพลาด

7. เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Old 000.0" ซึ่งหมายถึงจำนวนหน่วยที่ทำการบันทึกข้อมูลครั้งก่อน ซึ่งจากการบันทึกครั้งก่อนหน่วยของการใช้ไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 000.0

รูปที่ 4.17 หน้าปัทม์แสดงจำนวนหน่วยที่ทำการบันทึกครั้งก่อน

8. หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงข้อความ "Old 000.0" เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Now 000.0" ซึ่งหมายถึงจำนวนหน่วยของการใช้ไฟฟ้าที่ทำการบันทึกครั้งปัจจุบัน จากการบันทึกข้อมูลปัจจุบันที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงค่า 000.0 หน่วย

รูปที่ 4.18 หน้าปัทม์แสดงจำนวนหน่วยปัจจุบันที่บันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. หลังจากที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงข้อความ "Now 000.0" เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Used 000.0" หมายถึง จำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้า จากการบันทึกครั้งก่อนจนถึงการบันทึกครั้งปัจจุบัน ซึ่งที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงค่าเท่ากับ 000.0 หน่วย

รูปที่ 4.19 หน้าปัทม์แสดงจำนวนหน่วยที่ใช้

10. หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงข้อความ "Used 000.0" เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Price" ซึ่งเป็นการแสดงจำนวนเงินการใช้ไฟฟ้าจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงค่าเท่ากับ 000.0 บาท และเมื่อกด"ตกลง"อีกครั้งหนึ่งหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงค่าเวลา "Time"

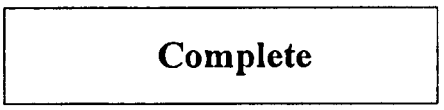
รูปที่ 4.20 หน้าปัทม์แสดงจำนวนเงินการใช้ไฟฟ้า

11. ในขณะที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงเวลา "Time" หากกด "เลือก" สองครั้งหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ"Reset unit"

รูปที่ 4.21 หน้าปัทม์แสดงรายการของการรีเซ็ตจำนวนหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. หันส่วนรับส่งข้อมูลของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายและมิเตอร์ให้อยู่ในระดับเดียวกันโดยมีระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากนั้นกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ"Complete" และหน้าปัทม์ของมิเตอร์ในส่วนแสดงจำนวนหน่วยจะถูกกำหนดค่าเป็น 000.0



รูปที่ 4.22 หน้าปัทม์แสดงการรีเซ็ตเรียบร้อย

13. ถ้าหากส่วนรับส่งของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย และมิเตอร์ไม่อยู่ในระดับเดียวกัน หรือมีระยะห่างมากกว่า 3 เมตร จะทำให้การ "Reset unit" ไม่ประสบผลสำเร็จ หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Error !" และเมื่อกด "ตกลง" อีกครั้งหนึ่ง หน้าปัทม์ของ เครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงเวลา "Time"

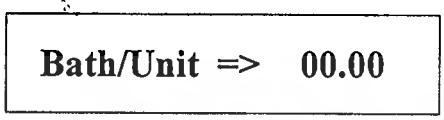
รูปที่ 4.23 หน้าปัทม์แสดงการรีเซ็ตผิดพลาด

14. ในขณะที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงเวลา "Time" หากกด "เลือก" สามครั้งหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Bath/Unit Preset"

รูปที่ 4.24 หน้าปัทม์แสดงรายการตั้งจำนวนเงินต่อหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. เมื่อกด "ตกลง" อีกครั้งจะเป็นการตั้งค่าจำนวนบาทต่อหน่วย ซึ่งหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Bath/Unit => 00.00" เมื่อกด"เพิ่ม" หรือ "ลด" ทำให้จำนวนบาทต่อหน่วยเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามลำดับ หลังจากที่ทำการตั้งค่าบาทต่อหน่วยแล้วเมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงเวลา"Time"



รูปที่ 4.25 หน้าปัทม์แสดงจำนวนเงินเดิมต่อหน่วย

16. ในขณะที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงเวลา "Time" เมื่อกด "เลือก" สี่ครั้งหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Read Date&time" ซึ่งหมายถึงการอ่าน วัน เวลา จากมิเตอร์

รูปที่ 4.26 หน้าปัทม์แสดงรายการอ่านวัน เวลา จากมิเตอร์

17. หันส่วนรับส่งของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย และมิเตอร์ให้อยู่ในระดับเดียวกันและมีระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากนั้นกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Complete" และเวลาที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะตรงกับเวลาที่หน้าปัทม์ของมิเตอร์

รูปที่ 4.27 หน้าปัทม์แสดงผลการอ่านวัน เวลาจากมิเตอร์ เรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

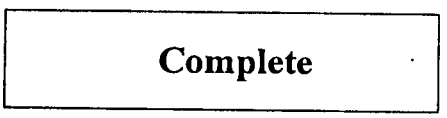
18. หลังจากกด "ตกลง" หากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงข้อความ "Error" แสดงว่าส่วนรับส่งที่เครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย และมิเตอร์ไม่อยู่ในระดับเดียวกันหรือมีระยะห่างมากกว่า 3 เมตร

รูปที่ 4.28 หน้าปัทม์แสดงผลการอ่านวัน เวลา จากมิเตอร์ ผิดพลาด

19. ในขณะที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงเวลา"Time" เมื่อกด "เลือก" ห้าครั้งหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Set Date&time" ซึ่งหมายถึงการตั้งเวลาที่ตัวมิเตอร์ โดยการตั้งเวลาที่เครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแล้วทำการส่งข้อมูลสู่มิเตอร์

รูปที่ 4.29 หน้าปัทม์แสดงรายการตั้งค่าเวลาและวันที่ ของมิเตอร์

20. หันส่วนรับส่งของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย และมิเตอร์ให้อยู่ในระดับเดียวกันและมีระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากนั้นกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ"Complete"และเวลาที่มิเตอร์จะตรงกับเวลาที่เครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย



รูปที่ 4.30 หน้าปัทม์แสดงผลการตั้งค่าวัน และเวลาเรียบร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21. หากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงข้อความ"Error !" แสดงว่าส่วนรับส่งของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายและมิเตอร์ไม่อยู่ในระดับเดียวกันหรือมีระยะห่างมากกว่า 3 เมตร

รูปที่ 4.31 หน้าปัทม์แสดงผลการตั้งค่าวัน เวลาที่ผิดพลาด

22. หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงข้อความ "Complete" หรือ "Error !" เมื่อกด "ตกลง" อีกครั้งหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงเวลา"Time"

23. ในขณะที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงเวลา"Time" หากกด"เลือก" หกครั้งหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Change Meter ID"

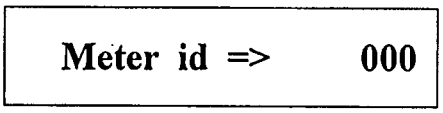
รูปที่ 4.32 หน้าปัทม์แสดงรายการ การเปลี่ยนเลขประจำตัวมิเตอร์

24. เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Meter Group => 000" กด "เพิ่ม" หรือ "ลด" หมายเลขของ"Meter Group"จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามลำดับ

รูปที่ 4.33 หน้าปัทม์แสดงการตั้งค่ากลุ่มของมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

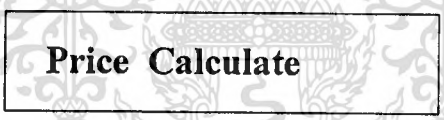
25. หลังจากที่ตั้งหมายเลข "Meter Group" แล้วเมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Meter id => 000" กด "เพิ่ม" หรือ"ลด" หมายเลขของ"Meter id"จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามลำดับ



รูปที่ 4.34 หน้าปัทม์แสดงหมายเลขประจำตัวของมิเตอร์

หลังจากที่ตั้งหมายเลขของ"Meter id" แล้วกด"ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงค่าเวลา "Time"

26. ในขณะที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงเวลา"Time" เมื่อกด"ตกลง" เจ็ดครั้งหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Price Calculate" หมายถึงการแสดงจำนวนเงินการใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 4.35 หน้าปัทม์แสดงรายการ การคำนวณเงินการใช้ไฟฟ้า

27. เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย จะแสดงข้อความ "Old 000.0" หมายถึงจำนวนหน่วยที่ได้จากการบันทึกครั้งก่อน

รูปที่ 4.36 หน้าปัทม์แสดงจำนวนหน่วยที่บันทึกครั้งก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28. หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงข้อความ "Old 000.0" เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย จะแสดงข้อความ"Now 000.0" หมายถึงจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าจากการบันทึกครั้งปัจจุบัน

รูปที่ 4.37 หน้าปัทม์แสดงจำนวนการใช้ไฟฟ้าที่บันทึกครั้งปัจจุบัน

29. หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงข้อความ "Now"เมื่อกด "ตกลง" น้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะ แสดงข้อความ "Used" หมายถึง จำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าจากการบันทึกครั้งก่อนจนถึงการบันทึกครั้งปัจจุบัน

รูปที่ 4.38 หน้าปัทม์แสดงจำนวนหน่วยที่ใช้

30. หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงข้อความ "Used 000.0" เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Price 000.0" หมายถึง จำนวนเงินที่ต้องชำระ

รูปที่ 4.39 หน้าปัทม์แสดงจำนวนเงินที่ต้องชำระ

หลังจากหน้าปัทม์เครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงข้อความ "Price" เมื่อกด"ตกลง"หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงเวลา "Time"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

31. ขณะที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงเวลา"Time" เมื่อกด "เลือก" แปดครั้ง หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ"Save Data"

รูปที่ 4.40 หน้าปัทม์แสดงรายการ การบันทึกข้อมูล

32. หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงข้อความ "Save data" เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงข้อความ"Complete" หากการบันทึกข้อมูลประสบผลสำเร็จ

รูปที่ 4.41 หน้าปัทม์แสดงการบันทึกข้อมูลเรียบร้อย

33. หากการบันทึกข้อมูลไม่ประสบผลหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ "Error !"

รูปที่ 4.42 หน้าปัทม์แสดงการบันทึกข้อมูลผิดพลาด

34. ทำการต่อสายสำหรับการส่งข้อมูลสู่คอมพิวเตอร์ โดยการต่อจากพอรต์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายสู่พอร์ตคอม 1 ของคอมพิวเตอร์ และเปิดโปรแกรม XTALK ในขณะที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงเวลา "Time" เมื่อกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"ตกลง" สิบครั้ง หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะ แสดงข้อความ "Upload Data"

รูปที่ 4.43 หน้าปัทม์แสดงรายการถ่ายโอนข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

กด"ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะ แสดงข้อความ "Ready To Send"

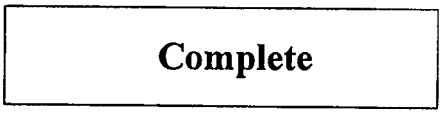
รูปที่ 4.44 หน้าปัทม์แสดงข้อความ ยืนยันการถ่ายโอนข้อมูลไปยังแครื่องคอมพิวเตอร์

กด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะ แสดงข้อความ "Please wait"

รูปที่ 4.45 หน้าปัทม์แสดงข้อความ ขณะทำการถ่ายโอนข้อมูล

35. หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย แสดงข้อความ "Please wait" สักครู่หากการถ่ายโอนข้อมูลสู่คอมพิวเตอร์ประสบผลสำเร็จ หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงข้อความ"Complete" และข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจะแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.46 หน้าปัทม์แสดงผลการถ่ายโอนข้อมูล เรียบร้อย

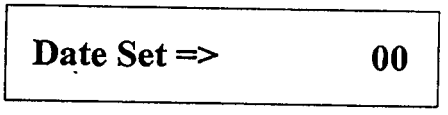
หากการถ่ายโอนข้อมูลสู่คอมพิวเตอร์ ไม่ประสบผลสำเร็จหน้าปัทม์ของรีโมตจะแสดงข้อความ "Error"

รูปที่ 4.47 หน้าปัทม์แสดงผลการถ่ายโอนข้อมูล ผิดพลาด

36. ในขณะที่หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงเวลา"Time" กด "เลือก" เก้าครั้งหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย จะแสดงข้อความ "Date 00/00/00"

รูปที่ 4.48 หน้าปัทม์แสดงวัน เดือน ปี

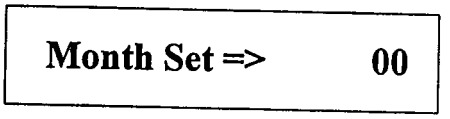
37. เมื่อกด"ตกลง"หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย จะแสดงข้อความ "Date Set => 00" กด "เพิ่ม" หรือ "ลด" ลำดับของวันจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามลำดับ



รูปที่ 4.49 หน้าปัทม์แสดงการตั้งค่าวันที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงข้อความ Date Set =>00" กด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย จะแสดงข้อความ "Month Set => 00" กด"เพิ่ม" หรือ "ลด" ลำดับของเดือนจะเพิ่มขึ้น หรือลดลง ตามลำดับ



รูปที่ 4.50 หน้าปัทม์แสดงการตั้งค่าเดือน

หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงข้อความ"Month Set => 00" กด "ตกลง" หน้าปัทม์เครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะ แสดงข้อความ "Year Set => 00" กด "เพิ่ม" หรือ "ลด" ลำดับของปีจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามลำดับ

รูปที่ 4.51 หน้าปัทม์แสดงการตั้งค่าปี

หลังจากหน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายแสดงข้อความ "Year Set => 00" เมื่อกด "ตกลง" หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย จะแสดงข้อความ "Date 00/00/00" และเมื่อกด "ตกลง" อีกครั้ง หน้าปัทม์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายจะแสดงเวลา "Time 00:00:00"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

โครงงานนี้ได้จัดทำขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกในการจดบันทึกจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้า ซึ่งในปัจจุบันจะเป็นการให้พนักงานมาทำการจดบันทึกหน่วยของแต่ละบ้านซึ่งอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการจดบันทึก ทางกลุ่มจึงได้คิดโครงงานนี้ขึ้นมาซึ่งเป็นกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ที่มีรีโมทคอนโทรลช่วยในการบันทึกจำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าของแต่ละบ้านเป็นจำนวนไม่ต่ำกว่า 1,000 หลังคาเรือน และยังสามารถค้นหาข้อมูลย้อนหลังได้อีก 6 เดือน ข้อมูลที่บันทึกมาจะนำมาต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำการออกใบเสร็จอีกครั้งหนึ่ง

กิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์นี้จะใช้หลักการการตรวจจับกระแส และแรงดัน โดยใช้ไอซีในการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นค่าดิจิตอล นำเข้าสู่ MCS51 เพื่อทำการคำนวณทางซอฟท์แวร์ใช้หลักการคูณกันของค่าแรงดันที่อ่านได้กับค่ากระแสที่อ่านได้ เพื่อหากำลังงานในหน่วยของวัตต์ จากนั้นนำค่ากำลังงานที่ได้ไปหาจำนวนหน่วยอีกครั้งหนึ่ง

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงาน

ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทำโครงงานมีดังนี้

1. แผ่นวงจรพิมพ์ในส่วนมิเตอร์ และส่วนเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายเป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบสองหน้าเมื่อทำการประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วทำการทดสอบ ปรากฏว่าจุดต่อด้านบนและด้านล่างปรินท์ต่อไม่ถึงกัน ทำให้ในการทดสอบกับซอฟต์แวร์ต้องเสียเวลามากเนื่องจากต้องทำการบัดกรีต่อสายใหม่หมด

2. แผ่นวงจรพิมพ์ในส่วนมิเตอร์ มีการลัดวงจรบางจุดทำให้ไหม้แต่มองไม่เห็นทำให้ในการทดสอบกับซอฟต์แวร์มีปัญหาทำให้เสียเวลาในการตรวจสอบวงจร

3. แผ่นวงจรพิมพ์บางส่วนออกแบบผิด ทำให้ลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ทำออกมาไม่ตรงกับวงจรที่ใช้งาน

4. จำนวนหน่วยความจำที่มีอยู่ภายในไอซี 89C51 มีจำกัด ทำให้ยากต่อการเขียนโปรแกรมที่มีการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จำนวนหน่วยความจำ ที่มีอยู่ภาย 89C51 มีจำกัดทำให้ยากต่อการเขียนโปรแกรมที่มีการคำนวณ

5. ขดลวดกระแสที่ใช้ไม่เป็นเชิงเส้น

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำโครงงาน

1.บัดกรีจุดต่อด้านบนและด้านล่างใหม่โดยใช้สายทองแดงโทรศัพท์เป็นตัวเชื่อมต่อ

2.ใช้มีดคัทเตอร์ตัดส่วนที่ลัดวงจรออก

3.ทำการตัดลายวงจรที่ผิดออกและใช้สายไฟต่อให้ตรงตามวงจร

4.หลีกเลี่ยงไปใช้หน่วยความจำในไอซี DS1202 ในบางส่วน

5.เขียนซอฟต์แวร์การคำนวณให้มีการชดเชยในระดับต่าง ๆ

5.4 แนวทางการแก้ไขพัฒนา

แนวทางในการพัฒนาโครงงานนี้

1. ควรเปลี่ยนจากการใช้ หม้อแปลงกระแส เป็นลักษณะการวัดปริมาณกระแสด้วยวิธีอื่นที่มีความเป็นเชิงเส้นมากขึ้นเพื่อความเที่ยงตรงในการวัด

2. ควรมีการพัฒนาโปรแกรมรองรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ให้มีการคำนวณพิมพ์รายงานจำนวนหน่วยการใช้งานและจำนวนเงินที่อ่านมาจากมิเตอร์แต่ละเครื่อง

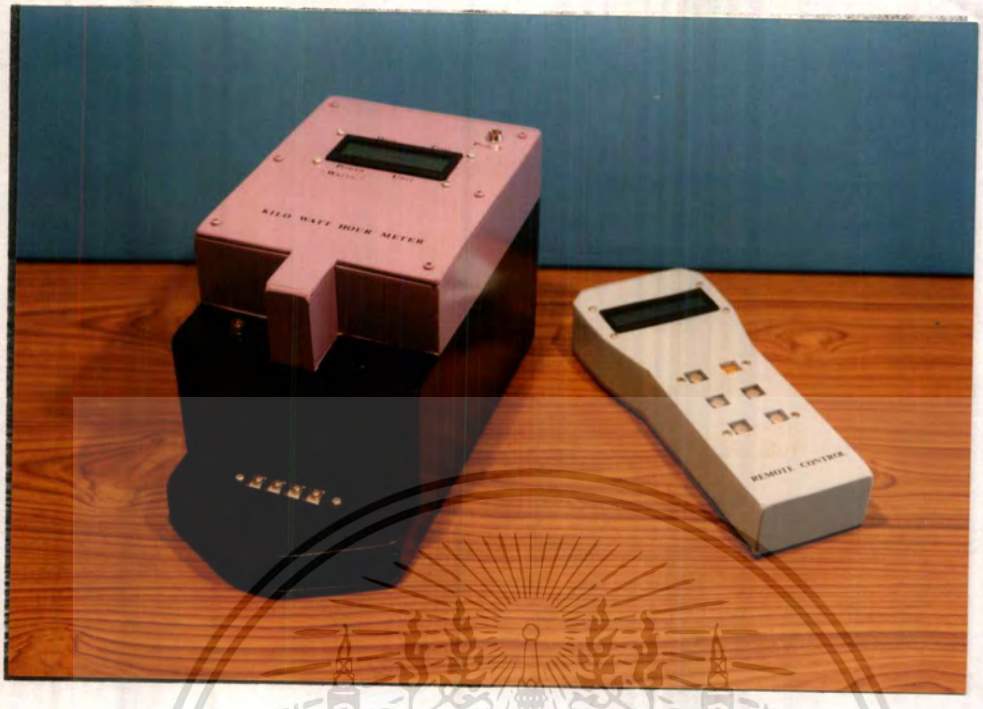
3.ควรมีการพัฒนาหน่วยประมวลผลโดยใช้ไอซีที่มีหน่วยความจำเพียงพอ

4.ควรมีการพัฒนาทางด้านระยะทางในการรับส่งให้มีระยะไกลมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
รูปต้นแบบ

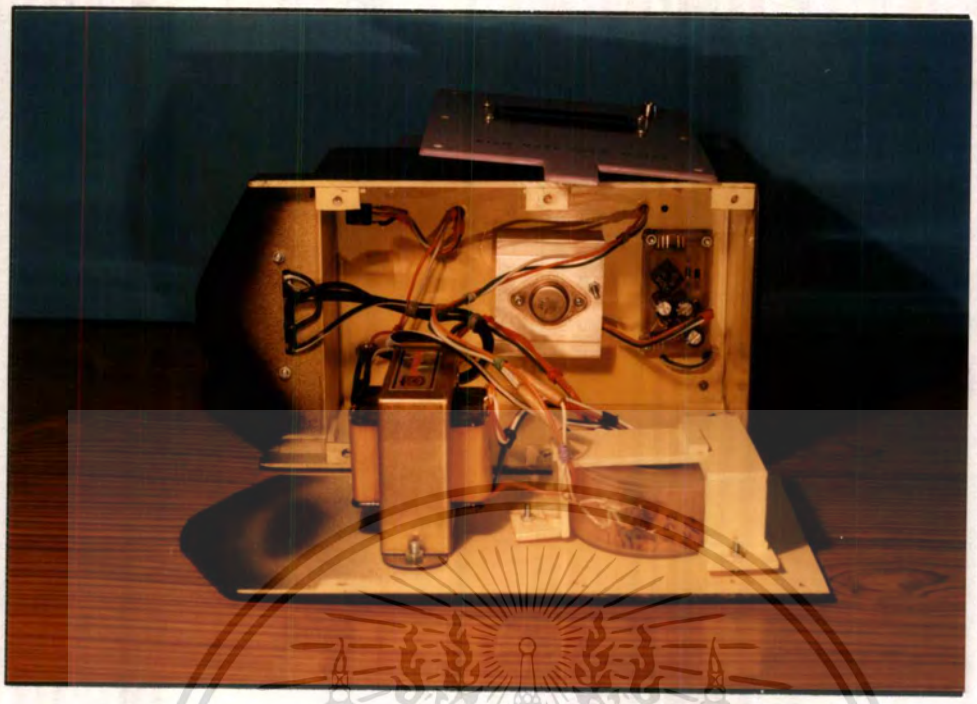
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



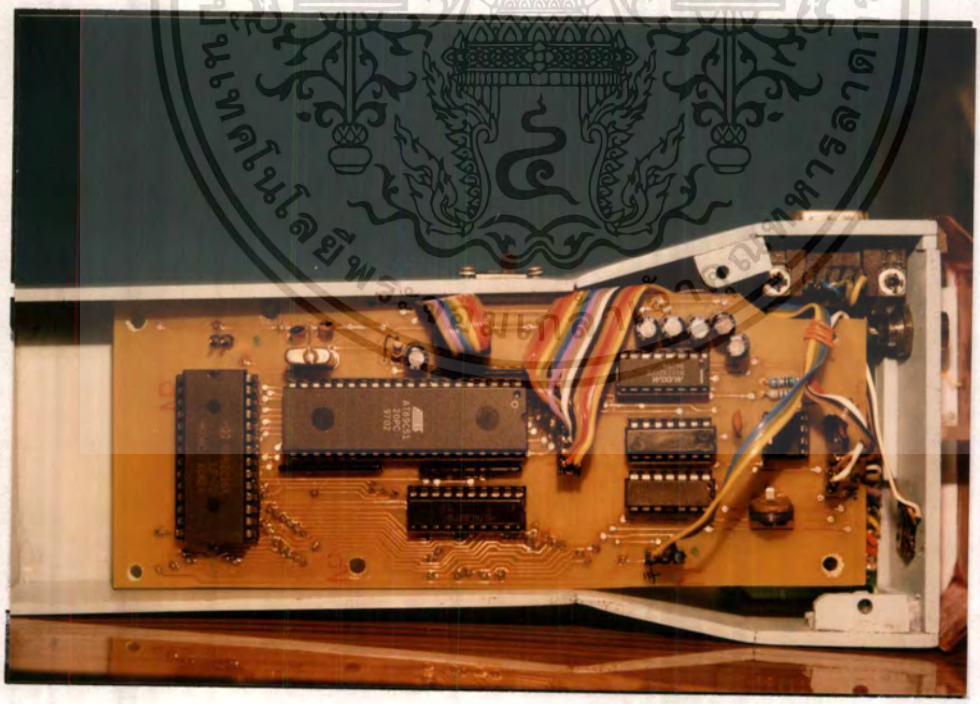
รูปที่ ก.1 กิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ และเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

รูปที่ ก.2 ส่วนประกอบภายในกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์
และเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

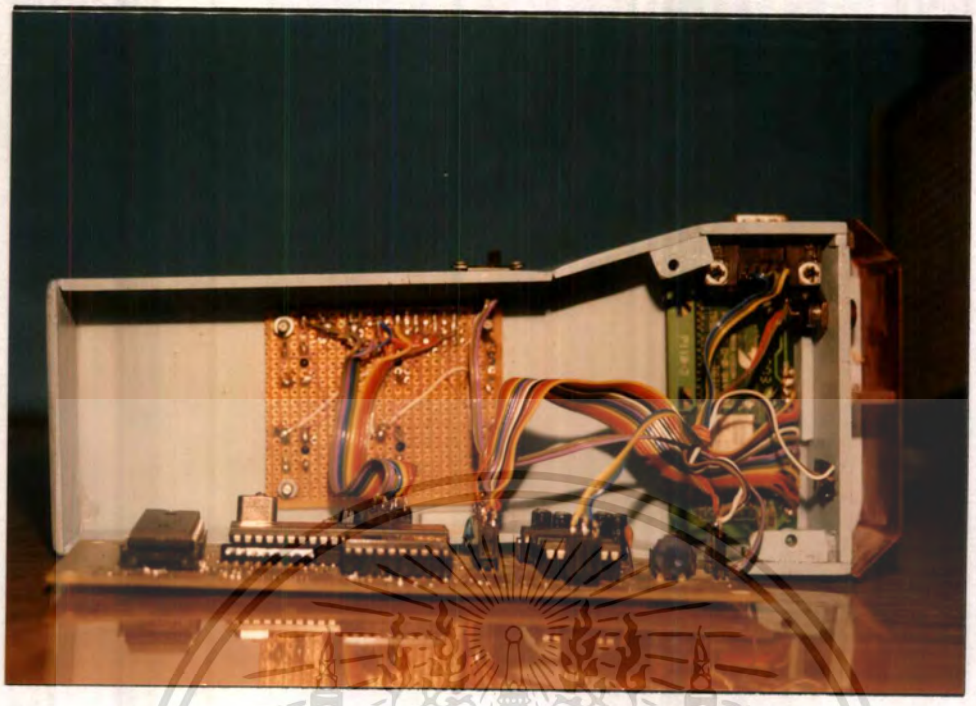


รูปที่ ก.3 ส่วนจ่ายกำลังงาน และ หม้อแปลงกระแสของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

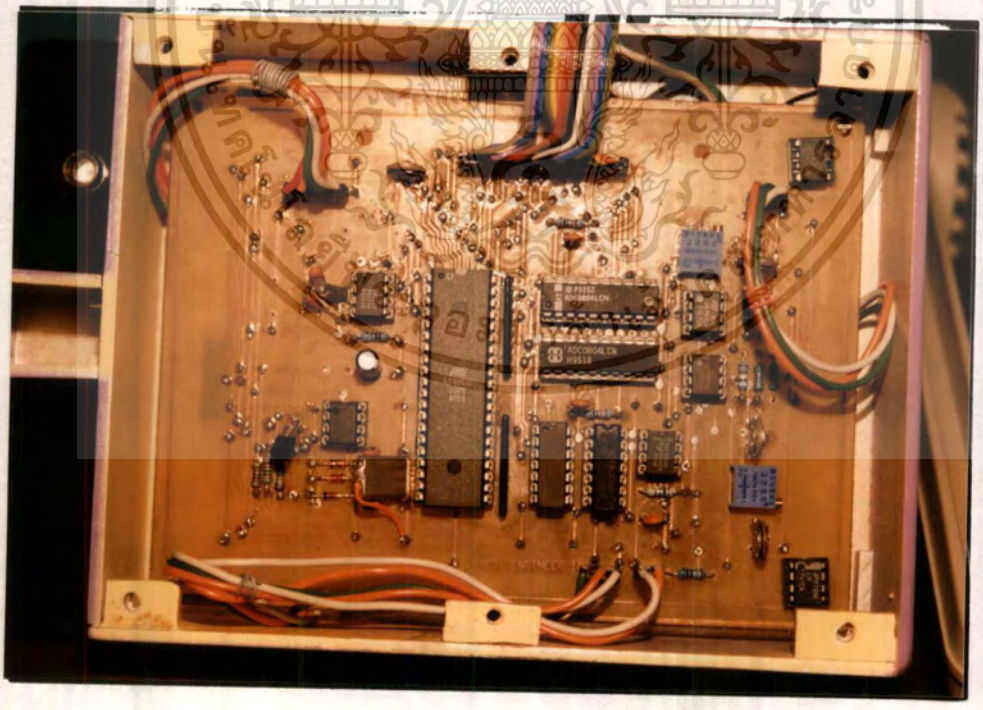


รูปที่ ก.4 แผ่นวงจรพิมพ์หลักของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 การต่อสายภายในเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย



รูปที่ ก.6 แผ่นวงจรพิมพ์หลักของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้งาน

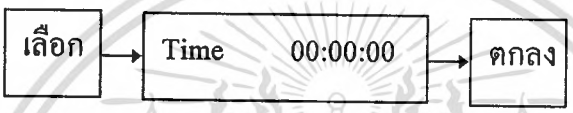
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

เนื่องจากในการใช้งานเครื่องกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ การควบคุมการทำงานจะทำได้ที่เครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย ดังนั้นในคู่มือการใช้งานนี้ จะกล่าวเฉพาะการใช้งานเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

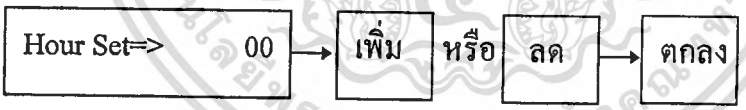
1. การตั้งค่าเวลา

1. กด"เลือก" เพื่อเลือกให้หน้าปัทม์แสดงรายการของเวลา จากนั้นกด"ตกลง"



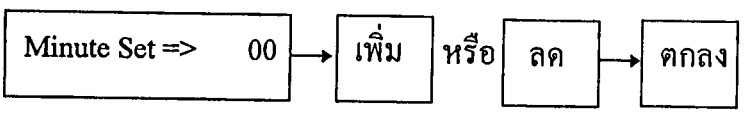
รูปที่ ข.1 ขั้นตอนการเลือกรายการตั้งค่าเวลา

2. ทำการตั้งค่าของชั่วโมง โดยใช้การกด"เพิ่ม" หรือ "ลด" เมื่อได้ตัวเลขที่ต้องการกด "ตกลง"



รูปที่ ข.2 ขั้นตอนการตั้งค่าชั่วโมง

3. ทำการตั้งค่าของนาที โดยวิธีการเดียวกับการตั้งค่าของชั่วโมง

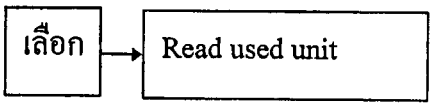


รูปที่ ข.3 ขั้นตอนการตั้งค่านาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การอ่านจำนวนหน่วยที่ใช้

1. กด"เลือก"เพื่อเลือกให้หน้าปัทม์แสดงรายการของการอ่านจำนวนหน่วยที่ใช้

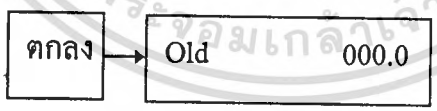


รูปที่ ข.4 ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการอ่านจำนวนหน่วยที่ใช้

2. กด"ตกลง"ค้างไว้จนกว่าจะมีการแสดงข้อความ"Completed" หรือ "Error" ซึ่งจะแสดงถึงผลของการอ่านว่าได้หรือไม่

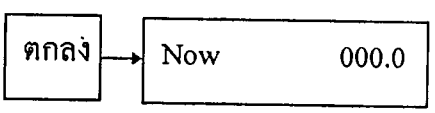
รูปที่ ข.5 ขั้นตอนการแสดงผลการทำงาน

3. กด"ตกลง"เพื่อดูค่าจำนวนหน่วยเดิมที่บันทึกในครั้งก่อน



รูปที่ ข.6 ขั้นตอนการดูจำนวนหน่วยเดิมที่บันทึก

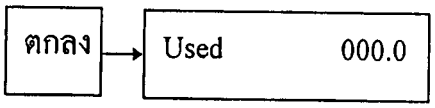
4. กด"ตกลง"เพื่อดูค่าจำนวนหน่วยปัจจุบัน



รูปที่ ข.7 ขั้นตอนการดูจำนวนหน่วยปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กด"ตกลง"เพื่อดูค่าจำนวนหน่วยที่ใช้



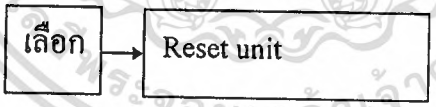
รูปที่ ข.8 ขั้นตอนการดูจำนวนหน่วยที่ใช้

6. กด"ตกลง"เพื่อดูจำนวนเงินที่ต้องชำระ จากนั้นกด"ตกลง"เพื่อกลับรายการหลัก

รูปที่ ข.9 ขั้นตอนการดจำนวนเงินที่ต้องชำระ

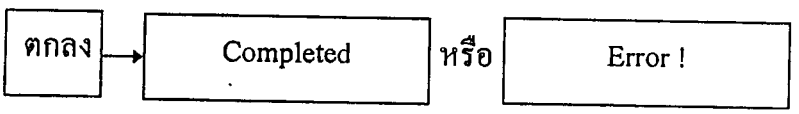
3. การรีเซ็ตจำนวนหน่วย

1. กด"เลือก"เพื่อเลือกให้หน้าปัทม์แสดงรายการของการรีเซ็ตจำนวนหน่วย



รูปที่ ข.10 ขั้นตอนเลือกแสดงรายการรีเซ็ตจำนวนหน่วย

2. กด"ตกลง"ค้างไว้จนกว่าจะมีการแสดงข้อความ"Completed" หรือ "Error" ซึ่งจะแสดงถึงผลของการรีเซ็ตว่าได้ หรือไม่

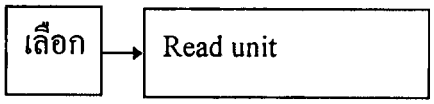


รูปที่ ข.11 ขั้นตอนการแสดงผลการรีเซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การอ่านวันที่ และเวลา

1. กด"เลือก"เพื่อเลือกให้หน้าปัทม์แสดงรายการของการอ่านวันที่ และเวลา



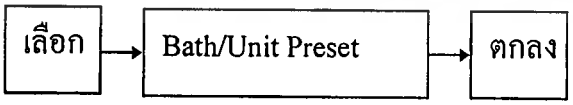
รูปที่ ข.12 ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการอ่านวันที่ และเวลา

2. กด"ตกลง"ค้างไว้จนกว่าจะมีการแสดงข้อความ"Completed" หรือ "Error" ซึ่งจะแสดงถึงผลของการอ่านว่าได้ หรือไม่

รูปที่ ข.13 ขั้นตอนการแสดงผลการอ่านวันที่ และเวลา

5. การตั้งค่าราคาต่อหน่วย

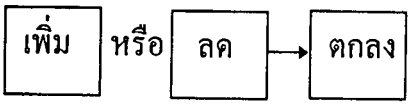
1. กด"เลือก"เพื่อเลือกให้หน้าปัทม์แสดงรายการของการตั้งค่าราคาต่อหน่วย จากนั้นกด"ตกลง"



รูปที่ ข.14 ขั้นตอนการเลือกรายการตั้งราคาต่อหน่วย

2. กด"เพิ่ม" หรือ"ลด"เพื่อตั้งค่าราคาต่อหน่วยที่ต้องการ จากนั้นกด"ตกลง" . เพื่อกลับรายการหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.15 ขั้นตอนการตั้งค่าจำนวนเงินต่อหน่วย

6. การตั้งค่าวัน เดือน ปี ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

1.กด"เลือก"เพื่อเลือกให้หน้าปัทม์แสดงรายการของการตั้งค่าวัน เดือน ปี จากนั้นกด "ตกลง"

รูปที่ ข.16 ขั้นตอนการเลือกรายการตั้งค่าวัน เดือน ปี ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

2. ตั้งค่าวันที่โดยใช้การกด"เพิ่ม" หรือ"ลด" เมื่อได้ค่าที่ต้องการกด"ตกลง"

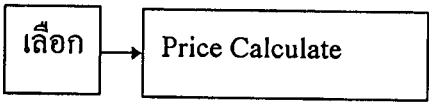
รูปที่ ข.17 ขั้นตอนการตั้งค่าวันที่

3. ตั้งค่าเดือน และปี โดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับการตั้งค่าวันที่

7. การคำนวณราคาที่ต้องชำระ

1. กด"เลือก" เพื่อเลือก ให้หน้าปัทม์แสดงรายการ ของการคำนวณราคาที่จะต้องชำระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.18 ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการคำนวณราคาต่อหน่วย

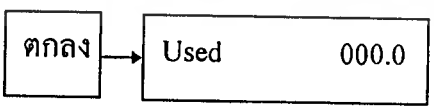
2. กด"ตกลง" หน้าปัทม์จะแสดงจำนวนหน่วยที่บันทึกครั้งก่อน

รูปที่ ข.19 ขั้นตอนการดูค่าจำนวนหน่วยที่บันทึกครั้งก่อน

3. กด"ตกลง"เพื่อดูค่าจำนวนหน่วยปัจจุบัน

รูปที่ ข.20 ขั้นตอนการดูค่าจำนวนหน่วยปัจจุบัน

4. กด"ตกลง"เพื่อดูค่าจำนวนหน่วยใช้



รูปที่ ข.21 ขั้นตอนการดูค่าจำนวนหน่วยที่ใช้

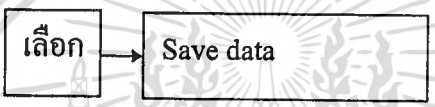
5. กด"ตกลง"เพื่อดูจำนวนเงินที่ต้องชำระ จากนั้นกด"ตกลง"เพื่อกลับรายการหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข.22 ขั้นตอนการดูจำนวนเงินที่ต้องชำระ

8. การบันทึกข้อมูล

1. กด"เลือก" เพื่อเลือกให้หน้าปัทม์แสดงรายการของการบันทึกข้อมูล



รูปที่ ข.23 ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการบันทึกข้อมูล

2. กด"ตกลง" เพื่อบันทึกข้อมูล ซึ่งหน้าปัทม์จะแสดงผลของการทำงานด้วย

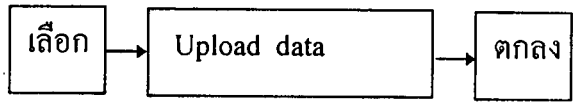
รูปที่ ข.24 ขั้นตอนการแสดงผลการบันทึกข้อมูล

9. การถ่ายโอนข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์

ในการถ่ายโอนข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ จะใช้โปรแกรม XTALK ในการรับข้อมูล โดยใช้ความเร็วในการส่งข้อมูล 1200 บิตต่อวินาที ผ่านสายรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม(RS 232c)ไปยังช่องต่อแบบอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์

1. กด"เลือก"เพื่อเลือกให้หน้าปัทม์แสดงรายการของการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ จากนั้นกด"ตกลง"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.25 ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการถ่ายโอนข้อมูล

2. หน้าปัทม์จะแสดงข้อความ"Ready to send" กด"ตกลง" เมื่อเริ่มส่งข้อมูลพร้อมทั้งแสดงข้อความ"Please wait"

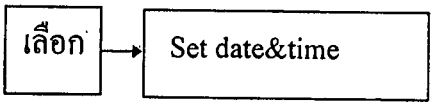
รูปที่ ข.26 ขั้นตอนการถ่ายโอนข้อมูล

3. เมื่อส่งข้อมูลเสร็จสิ้น หน้าปัทม์จะแสดงผลว่าถ่ายโอนข้อมูลได้ หรือไม่

รูปที่ ข.27 ขั้นตอนการแสดงผลการถ่ายโอนข้อมูล

10. การตั้งค่าวันที่และเวลาของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

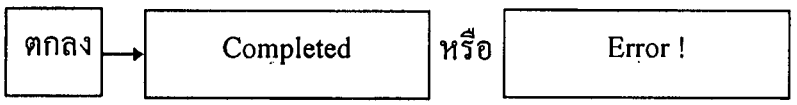
1. กด"เลือก"เพื่อเลือกให้หน้าปัทม์แสดงรายการของ การตั้งเวลาเครื่องกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์



รูปที่ ข.28 ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการตั้งวันที่และเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

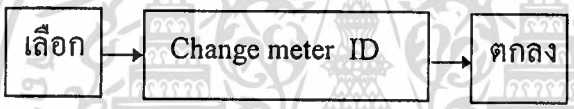
2. กด"ตกลง" เพื่อตั้งค่าเวลา ซึ่งหน้าปัทม์จะแสดงผลของการทำงานด้วย



รูปที่ ข.29 ขั้นตอนการแสดงผลการตั้งวันและเวลา

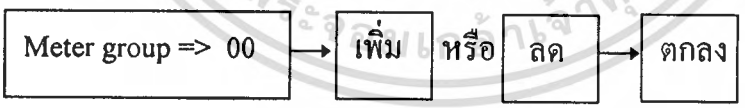
11. การเปลี่ยนหมายเลขประจำตัวของเครื่องกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

1. กด"เลือก" เพื่อเลือกให้หน้าปัทม์แสดงรายการของการเปลี่ยนหมายเลขประจำตัวของเครื่องกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ จากนั้นกด"ตกลง"



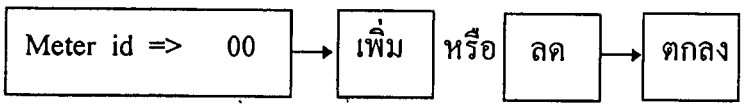
รูปที่ ข.30 ขั้นตอนการเลือกแสดงรายการเปลี่ยนหมายเลขประจำตัว

2. ทำการตั้งหมายเลขกลุ่ม โดยการกด"เพิ่ม" หรือ"ลด" เมื่อได้ค่าที่ต้องการ กด"ตกลง"



รูปที่ ข.31 ขั้นตอนการตั้งหมายเลขกลุ่ม

3. ทำการตั้งหมายเลขประจำตัว โดยวิธีการเดียวกับการตั้งหมายเลขกลุ่ม



รูปที่ ข.32 ขั้นตอนการตั้งหมายเลขประจำตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

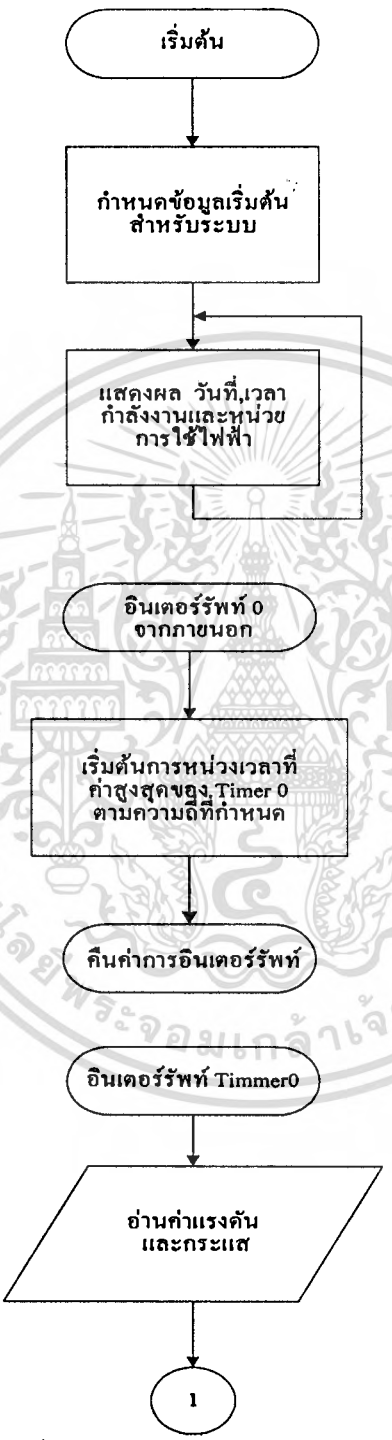
Completed	แสดงถึงผลการทำงานเรียบร้อย
Error	แสดงถึงการผลการทำงานผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ผังการทำงาน และโปรแกรมการทำงาน

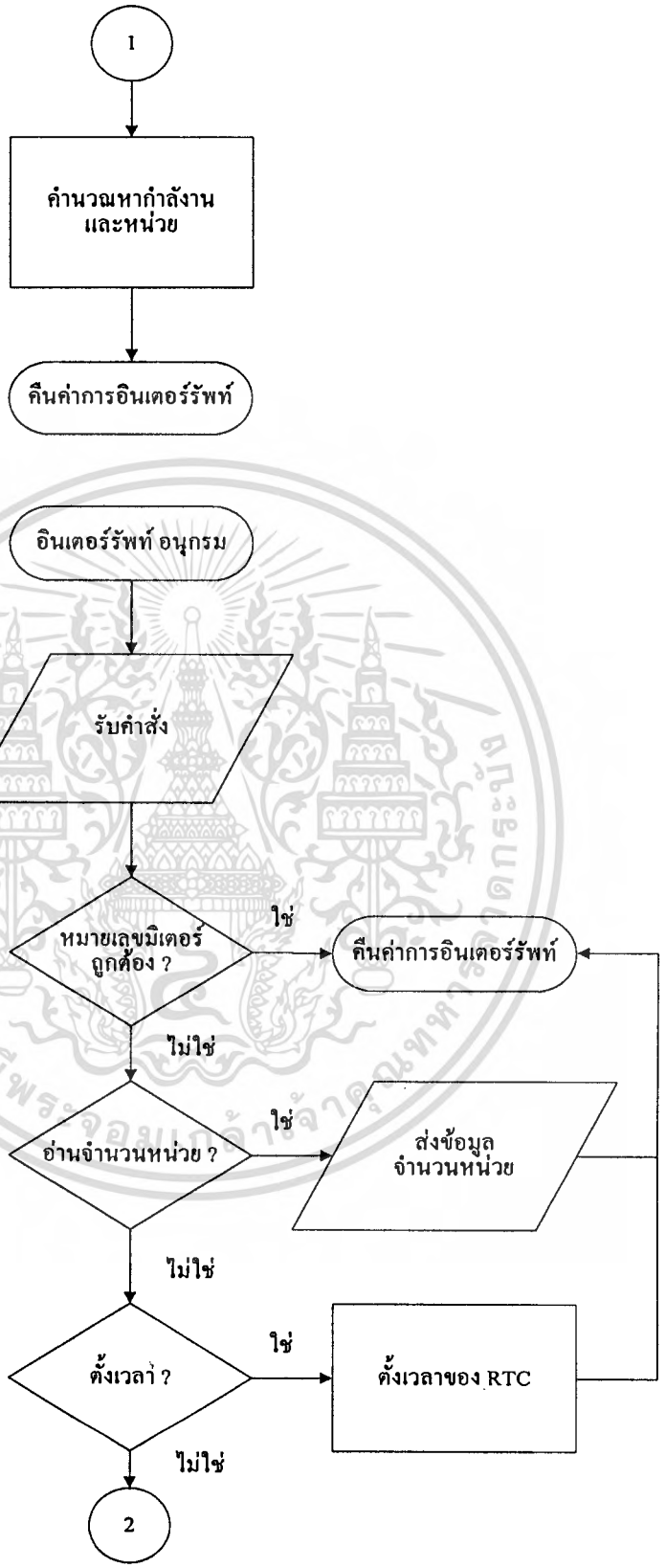
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังการทำงานของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์



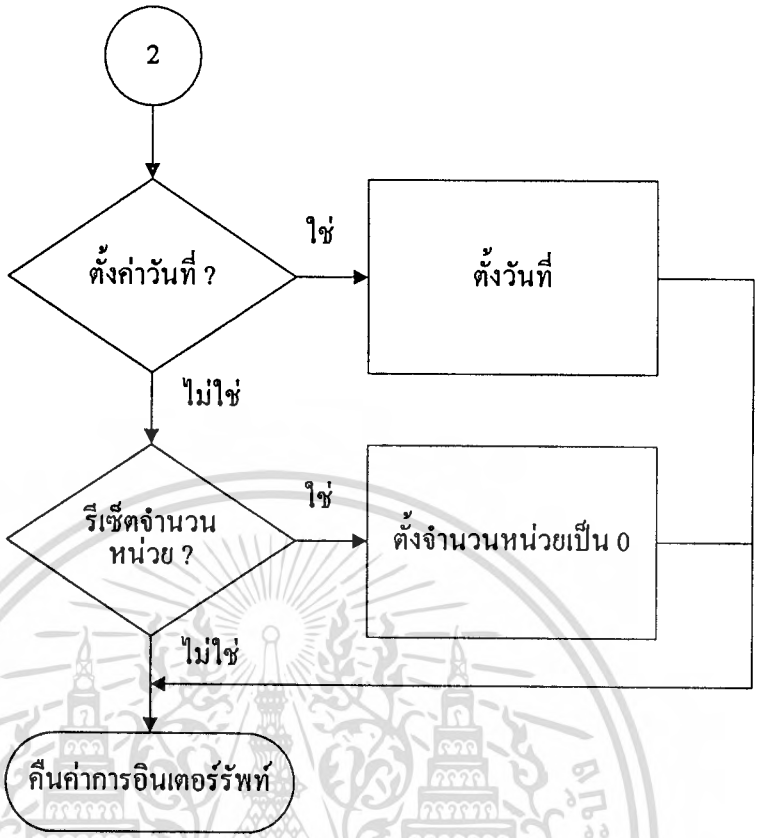
รูปที่ ค.1 แผนผังการทำงานของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.2 (ต่อ) แผนผังการทำงานของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

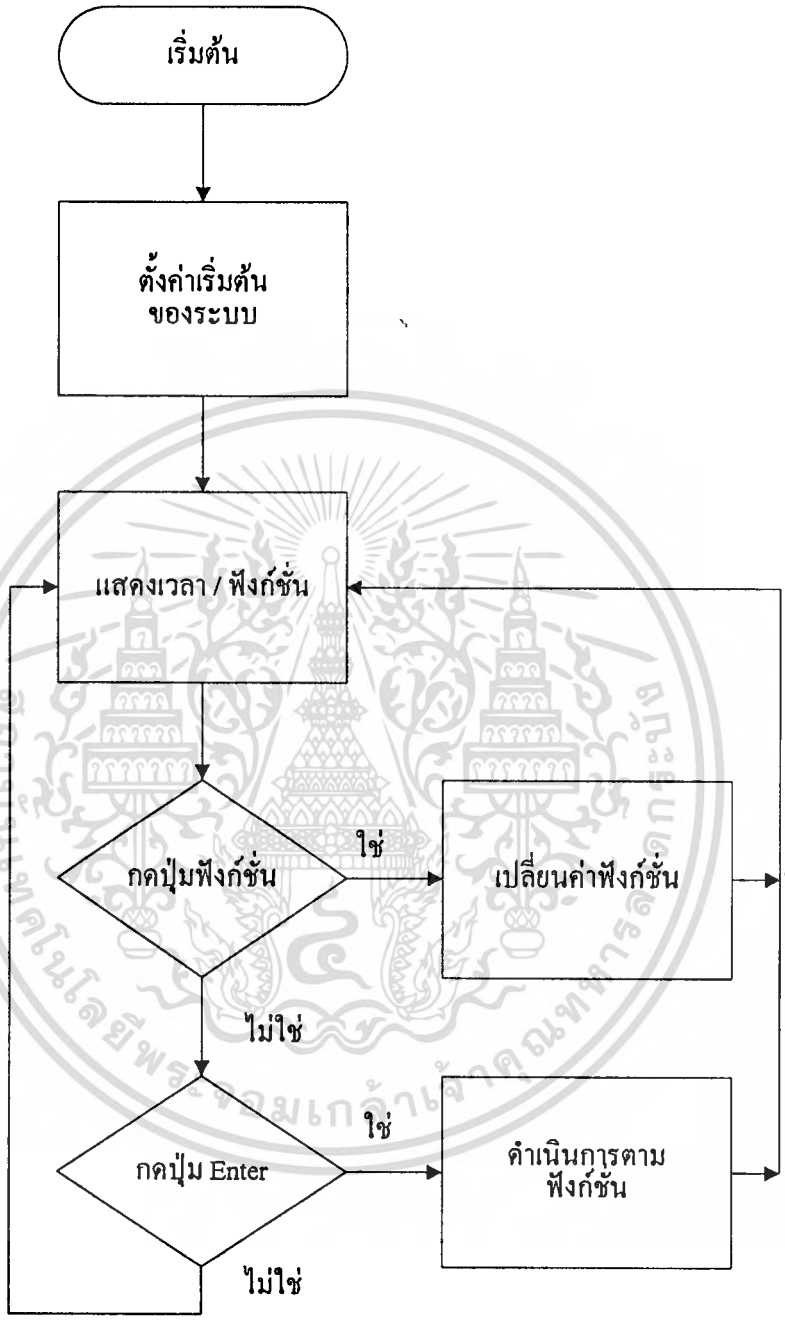
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.3(ต่อ) แผนผังการทำงานของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

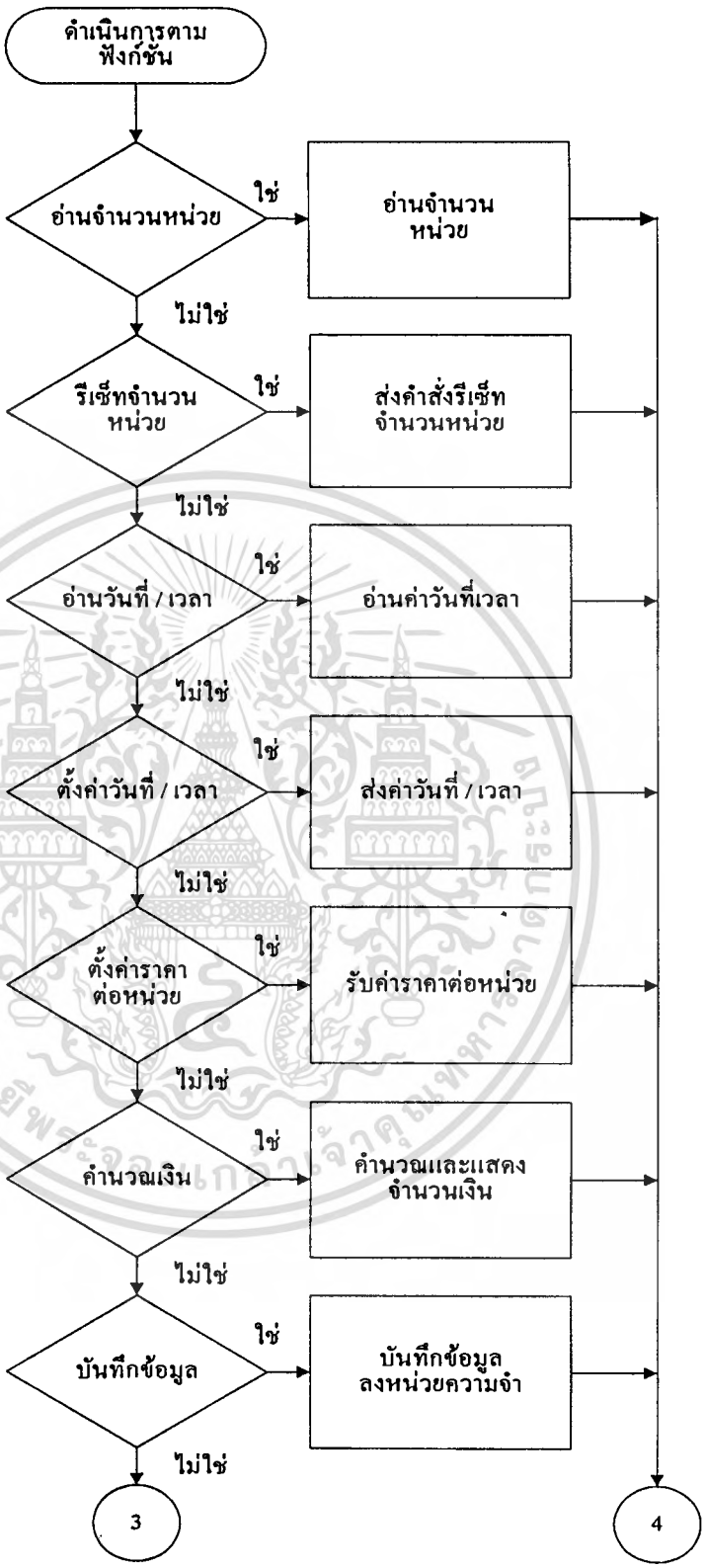
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย



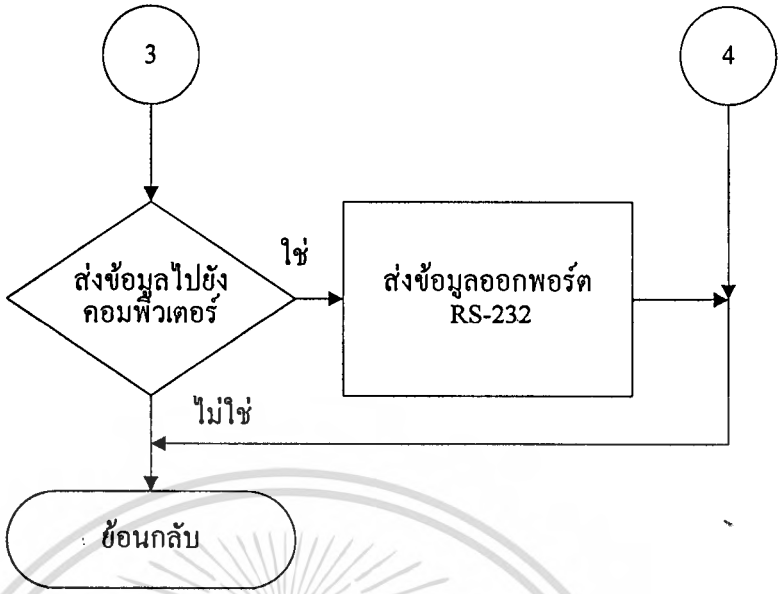
รูปที่ ค.4 แผนผังการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟาเรดไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.5 (ต่อ) แผนผังการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟาเรดไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.6 (ต่อ)แผนผังการทำงานของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟาเรดไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

```
;internal RAM address definition
cal_buf1        equ   8h
cal_buf2        equ   10h
voltage         equ   18h
current         equ   20h
watts           equ   28h
units           equ   30h
mas_unit        equ   38h
carry_b         equ   4ah
disp_buff       equ   8h
command         equ   40h
meter_id        equ   41h
count1          equ   42h
count2          equ   43h
time_h          equ   44h
time_m          equ   45h
time_s          equ   46h
date            equ   47h
month           equ   48h
year            equ   49h
lcd_data        equ   p0
lcd_rs          equ   p2.0
lcd_rw          equ   p2.1
lcd_e           equ   p2.2
rtc_rst         equ   p1.0
rtc_data        equ   p1.1
sclk            equ   p1.2
atod_wr         equ   p2.5
ad1_cs          equ   p2.6
ad2_cs          equ   p2.7
atod_rd         equ   p2.4
atod_intr       equ   p2.3

                org   0000h
                sjmp  start

                org   0003h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ljmp   int0_service

                org    000bh
                ljmp   timer0_service

                org    0013h
                ljmp   int1_service

                org    0023h
                ljmp   serial_service

start:          mov    sp,#50h
                mov    r7,#48h
                mov    a,#0
                mov    r0,#8
clr1:           mov    @r0,a
                inc    r0
                djnz   r7,clr1
                clr    rtc_rst
                clr    sclk
                mov    r7,#00h
                lcall  delay
                mov    meter_id,#0ah
                lcall  rd_mark
                cjne   a,#3ah,first
                sjmp   recall_time
first:          mov    time_s,#00h
                mov    time_m,#00h
                mov    time_h,#80h
                mov    date,#14h
                mov    month,#04h
                mov    year,#98h
                lcall  write_time
                mov    a,#0
                mov    r7,#8
                mov    r0,#watts
                mov    r1,#units
clr_watts1:     mov    @r0,a
                mov    @r1,a
                inc    r0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                inc   r1
                djnz  r7,clr_watts1
                mov   r0,#mas_unit
                mov   a,#0
                mov   r7,#8
clr_mas_u1:     mov   @r0,a
                inc   r0
                djnz  r7,clr_mas_u1
                lcall wr_mark
recall_time:    lcall read_time
sys_init:       lcall ram_init
                lcall init_timer
                lcall init_serial
                lcall init_lcd
                setb  ea
main:           mov   command,#0ffh
                setb  ex0
wait1:          mov   a,command
                cjne  a,#3ah,wait1
                lcall read_time
                lcall time_convert
                lcall display
                sjmp  main

read_volt_amp:  push  7
                mov   p2,#0f8h
                mov   p0,#0ffh
                clr   atod_wr
                clr   ad1_cs
                clr   ad2_cs
                setb  ad1_cs
                setb  ad2_cs
                mov   p2,#0f8h
                jb    atod_intr,$
                clr   atod_rd
                clr   ad1_cs
                mov   voltage,#205   ;p0
                setb  ad1_cs
                clr   ad2_cs
                mov   current,#194   ;p0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov   p2,#0f8h

                pop   7
                ret

disp_convert:   mov   r0,#disp_buff+16
                mov   r1,#watts+1
                mov   r7,#4
disp_con1:      mov   a,@r1
                add   a,#30h
                mov   @r0,a
                inc   r0
                inc   r1
                djnz  r7,disp_con1
                mov   a,#'.'
                mov   @r0,a
                inc   r0
                mov   a,@r1
                add   a,#30h
                mov   @r0,a
                inc   r0
                mov   r7,#4
                mov   a,#' '
disp_con2:      mov   @r0,a
                inc   r0
                djnz  r7,disp_con2
                mov   r1,#mas_unit+2
                mov   r7,#4
disp_con3:      mov   a,@r1
                add   a,#30h
                mov   @r0,a
                inc   r0
                inc   r1
                djnz  r7,disp_con3
                mov   a,#'.'
                mov   @r0,a
                inc   r0
                mov   a,@r1
                add   a,#30h
                mov   @r0,#a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ret

time_convert:   mov   r0,#disp_buff+15
                mov   a,time_m
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,time_m
                swap  a
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,#':'
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,time_h
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,time_h
                swap  a
                anl   a,#07h
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,#' '
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,year
                lcall bcd2ascii
                mov @r0,a
                dec   r0
                mov   a,year
                swap  a
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                dec   r0
                mov   a,#'/'
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,month
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,month
                swap  a
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,#'/'
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,date
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,date
                swap  a
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                ret

clr_dispbuff:   mov   r7,#32
                mov   r0,#disp_buff
                mov   a,#' '
clr_disp1:      mov   @r0,a
                inc   r0
                djnz  r7,clr_disp1
                ret

bcd2ascii:      anl   a,#0fh
                add   a,#30h
                ret

display:        clr   lcd_rs
                mov   a,#10000000b
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall   out_char
                setb    lcd_rs
                mov     r0,#disp_buff
                mov     r1,#16
next1:          mov     a,@r0
                inc     r0
                lcall   out_char
                djnz    r1,next1
                clr     lcd_rs
                mov     a,#11000000b
                lcall   out_char
                setb    lcd_rs
                mov     r0,#disp_buff+16
                mov     r1,#16
next2:          mov     a,@r0
                inc     r0
                lcall   out_char
                djnz    r1,next2
                ret

read_rtc_ram:   ret

rtc_init:       ret

ram_init:       mov     count2,#1
                mov     count1,#0
                ret

init_timer:     mov     th0,#00
                mov     tmod,#22h
                setb    et0
                ret

init_serial:    mov     scon,#50h
                mov     th1,#0e8h
                setb    tr1
                setb    es
                ret

init_lcd:       clr     lcd_e
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                clr   lcd_rs
                mov   a,#00111100b
                lcall out_char
                mov   a,#00001100b
                lcall out_char
                mov   a,#00000110b
                lcall out_char
                mov   a,#00000001b
                lcall out_char
                setb  lcd_rs
                ret

out_char:       mov   r7,#03h
                lcall delay
                clr   lcd_rw
                mov   p0,a
                setb  lcd_e
                mov   r7,#04h
                lcall delay
                clr   lcd_e
                ret

func_service:   ret

int0_service:   clr   ea
                push  acc
                inc   count2
                mov   a,count2
                cjne  a,#10,int0_ret
                mov   count2,#0
                clr   tr0
                setb  tr0
int0_ret:       pop   acc
                setb  ea
                reti

timer0_service: clr   et0
                clr   ex0
                setb  es
                setb  ea
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                push   acc
                inc    count1
                mov    a,count1
                cjne   a,#18,timer0_ret
                mov    count1,#0
                clr    tr0
                lcall  read_volt_amp
                lcall  convert_value
                lcall  disp_convert
                clr    p1.7
                push   7
                mov    r7,#4
                lcall  delay
                pop    7
                setb   p1.7
                mov    command,#3ah
timer0_ret:     clr    tf0
                pop    acc
                setb   et0
                setb   ex0
                reti

int1_service:   clr    ea

                setb   ea
                ret

serial_service: clr    ea
                push   acc
                lcall  rx_byte
                cjne   a,#07fh,ser_ret
                lcall  rx_byte
                cjne   a,meter_id,ser_ret
                lcall  rx_byte
                cjne   a,#5,rec_chk1
                lcall  rx_byte
                mov    date,a
                lcall  rx_byte
                mov    month,a
                lcall  rx_byte
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov   year,a
                lcall rx_byte
                mov   time_h,a
                lcall rx_byte
                mov   time_m,a
                lcall rx_byte
                mov   command,#0ffh
                lcall send_end
                lcall write_time
ser_ret:        pop   acc
                clr   ri
                setb  ea
                reti
f_error:        mov   command,#0ffh
                sjmp  ser_ret
rec_chk1:       cjne  a,#4,rec_chk2
                lcall rx_byte
                push  7
                mov   r7,#00h
                lcall delay
                lcall delay
                pop   7
                mov   a,date
                lcall tx_byte
                mov   a,month
                lcall tx_byte
                mov   a,year
                lcall tx_byte
                mov   a,time_h
                lcall tx_byte
                mov   a,time_m
                lcall tx_byte
                mov   command,#0ffh
                sjmp  ser_ret
rec_chk2:       cjne  a,#3,rec_chk3
                sjmp  ser_ret

rec_chk3:       cjne  a,#2,rec_chk4
                lcall rx_byte
                lcall send_end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov   command,#0ffh
                push  0
                push  7
                mov   r0,#units
                mov   r7,#16
                mov   a,#0
res_unit1:      mov   @r0,a
                inc   r0
                djnz  r7,res_unit1
                pop   7
                pop   0
ser_ret1:       sjmp  ser_ret

rec_chk4:       cjne  a,#1,ser_ret
                lcall rx_byte
                push  7
                mov   r7,#00h
                lcall delay
                lcall delay
                pop   7
                mov   r0,#mas_unit+7
                mov   r7,#5
rec_chk41:      mov   a,@r0
                lcall tx_byte
                dec   r0
                djnz  r7,rec_chk41
                lcall send_end
                sjmp  ser_ret1

send_end:       push  7
                mov   r7,#00h
                lcall delay
                lcall delay
                mov   a,#3ah
                lcall tx_byte
                pop   7
                ret

chk_serial:     mov   a,command
                cjne  a,#01h,ser_chk2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall  send_unit
                ret
ser_chk2:       cjne   a,#02h,ser_chk3
                lcall  read_unit_old
                lcall  send_unit
                ret
ser_chk3:       cjne   a,#03h,ser_chk4
                lcall  read_unit_now
                lcall  send_unit
                ret
ser_chk4:       cjne   a,#4,ser_chk5
                lcall  zero_unit
                push   6
                push   7
                lcall  delay1
                pop    7
                pop    6
                mov    a,#3ah
                lcall  tx_byte
                mov    command,#0ffh
ser_chk5:       ret

read_unit_now:  mov    r0,#mas_unit+3
                mov    r1,#cal_buf1
                push   7
                mov    r7,#5
read_now1:      mov    a,@r0
                mov    @r1,a
                inc    r0
                inc    r1
                djnz   r7,read_now1
                pop    7
                ret

read_unit_old:  mov    r0,#cal_buf1
                mov    a,#11000001b
                lcall  rd_rtc_byte
                mov    @r0,a
                inc    r0
                mov    a,#11000011b
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall  rd_rtc_byte
                mov    @r0,a
                inc    r0
                mov    a,#11000101b
                lcall  rd_rtc_byte
                mov    @r0,a
                inc    r0
                mov    a,#11000111b
                lcall  rd_rtc_byte
                mov    @r0,a
                inc    r0
                mov    a,#11001001b
                lcall  rd_rtc_byte
                mov    @r0,a
                ret

send_unit:      mov    r0,#cal_buf1
                push   7
                mov    r7,#5
re_send1:       mov    a,@r0
                lcall  tx_byte
                inc    r0
                djnz   r7,re_send1
                mov    command,#0ffh
                ret

zero_unit:      mov    r0,#units
                mov    r7,#16
                mov    a,#0
zero1:          mov    @r0,a
                inc    r0
                djnz   r7,zero1
                ret

cal_used_unit:  lcall  read_unit_old
                mov    r0,#cal_buf1+7
                mov    r1,#mas_unit+6
                mov    r2,#0
                mov    r7,#4
cal_used1:      mov    a,@r0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov   b,a
                mov   a,@r1
                clr   c
                subb  a,r2
                clr   c
                subb  a,b
                jc    subbadj
                mov   cal_buf2,a
                mov   r2,#0
cal_used2:      dec   r0
                dec   r1
                djnz  r7,cal_used1
                mov   r1,#cal_buf2
                mov   r0,#cal_buf1
                mov   r7,#8
cal_used3:      mov   a,@r1
                mov   @r0,a
                inc   r0
                inc   r1
                djnz  r7,cal_used3
                ret
subbadj:        mov   a,@r1
                mov   b,a
                mov   a,@r0
                clr   c
                subb  a,b
                mov   r2,#1
                sjmp  cal_used2

tx_byte:        clr   es
                mov   sbuf,a
                jnb   ti,$
                clr   ti
                push  7
                mov   7,#80h
                lcall delay
                pop   7
                setb  es
                ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rx_byte:        jnb   ri,$
                mov   a,sbuf
                clr   ri
                ret

read_time:      clr   ea
                mov   a,#10000001b
                lcall rd_rtc_byte
                mov   time_s,a
                mov   a,#10000011b
                lcall rd_rtc_byte
                mov   time_m,a
                mov   a,#10000101b
                lcall rd_rtc_byte
                mov   time_h,a
                mov   a,#10000111b
                lcall rd_rtc_byte
                mov   date,a
                mov   a,#10001001b
                lcall rd_rtc_byte
                mov   month,a
                mov   a,#10001101b
                lcall rd_rtc_byte
                mov   year,a
                setb  ea
                ret

write_time:     clr   ea
                mov   a,#10001110b
                mov   b,#00h
                lcall wr_rtc_byte
                mov   a,#10000000b
                mov   b,#00h
                lcall wr_rtc_byte
                mov   a,#10000010b
                mov   b,time_m
                lcall wr_rtc_byte
                mov   a,#10000100b
                mov   b,time_h
                lcall wr_rtc_byte
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov    a,#10000110b
                mov    b,date
                lcall  wr_rtc_byte
                mov    a,#10001000b
                mov    b,month
                lcall  wr_rtc_byte
                mov    a,#10001100b
                mov    b,year
                lcall  wr_rtc_byte
                mov    a,#10001110b
                mov    b,#80h
                lcall  wr_rtc_byte
                setb   ea
                ret

rd_mark:        mov    a,#11101111b
                lcall  rd_rtc_byte
                ret

rd_data:        mov    a,#11000001b
                lcall  rd_rtc_byte
                mov    meter_id,a
                mov    a,#11000011b
                lcall  rd_rtc_byte
                mov    meter_g,a
                mov    r0,#mas_unit
                mov    r1,#2
                mov    r7,#8
rd_data1:       lcall  add_adj
                lcall  rd_rtc_byte
                mov    @r0,a
                inc    r0
                djnz   r7,rd_data1
                ret

add_adj:        mov    a,r2
                rl     a
                anl    a,#00111110b
                orl    a,#11000001b
                inc    r2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ret

wr_mark:        mov   a,#10001110b
                mov   b,#00h
                lcall wr_rtc_byte
                mov   a,#11101110b
                mov   b,#3ah
                lcall wr_rtc_byte
                mov   a,#10001110b
                mov   b,#80h
                lcall wr_rtc_byte
                ret

wr_command:     mov   r7,#4
                lcall delay
                setb  rtc_rst
                mov   r0,#8
nextbit3:       rrc   a
                mov   rtc_data,c
                lcall stobe_sclk
                djnz  r0,nextbit3
                ret

wr_rtc_byte:    setb  rtc_rst
                lcall wr_command
                mov   r0,#8
                mov   a,b
nextbit4:       rrc   a
                mov   rtc_data,c
                lcall stobe_sclk
                djnz  r0,nextbit4
                clr   rtc_rst
                mov   r7,#4
                lcall delay
                ret

rd_rtc_byte:    setb  rtc_rst
                lcall wr_command
                mov   r0,#8
nextbit1:       mov   c,rtc_data
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall   stobe_sclk
                rrc     a
                djnz    r0,nextbit1
                clr     rtc_rst
                mov     r7,#4
                lcall   delay
                ret

stobe_sclk:     mov     r7,#08h
                lcall   delay
                setb    sclk
                lcall   delay
                clr     sclk
                lcall   delay
                ret

stobe_rd:       mov     r7,#08h
                lcall   delay
                setb    sclk
                lcall   delay
                clr     sclk
                lcall   delay
                ret

delay:          push    07h
                push    06h
dl1:            mov     r6,07h
                djnz    r6,$
                djnz    r7,dl1
                pop     06h
                pop     07h
                ret

delay1:         lcall   delay
                djnz    r6,delay1
                ret

convert_value:  mov     r0,#voltage+3
                mov     a,voltage
                lcall   hex2bcd
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov    dptr,#volt_factor+2
                lcall  mul_factor
                mov    r0,#voltage
                lcall  mov_value
                mov    a,current
                mov    r0,#current+3
                lcall  hex2bcd
                mov    dptr,#amp_factor+2
                lcall  mul_factor
                mov    r0,#current
                lcall  mov_value
                lcall  watts_cal
                mov    r0,#watts
                lcall  mov_value
                lcall  units_cal
                ret

volt_factor:    db     1,0,8
amp_factor:     db     2,3,5

units_cal:      push   0
                push   1
                push   2
                push   acc
                push   b
                mov    r1,#watts+5
                mov    r0,#units+7
                mov    r2,#0
                mov    r7,#6
units_cal1:     mov    a,@r0
                add    a,@r1
                addc   a,r2
                mov    b,#10
                div    ab
                mov    r2,a
                mov    a,b
                mov    @r0,a
                dec    r0
                dec    r1
                djnz   r7,units_cal1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov   a,@r0
                add   a,r2
                mov   b,#10
                div   ab
                mov   r2,a
                mov   a,b
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,@r0
                add   a,r2
                mov   b,#10
                div   ab
                mov   a,b
                mov   @r0,a
                inc   r0
                mov   a,@r0
                cjne  a,#7,unit_ret
                inc   r0
                mov   a,@r0
                cjne  a,#2,unit_ret
                mov   a,#0
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   @r0,a
                mov   r0,#mas_unit+7
                mov   r2,#0
                mov   r7,#8
                mov   a,@r0
                inc   a
units_cal2:     mov   b,#10
                div   ab
                mov   r2,a
                mov   a,b
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,@r0
                add   a,r2
                djnz  r7,units_cal2
unit_ret:       pop   b
                pop   acc
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                pop   2
                pop   1
                pop   0
                ret

watts_cal:      push  0
                push  1
                push  2
                push  3
                push  4
                push  5
                push  acc
                mov   r2,#voltage+6
                mov   r3,#current+5
                mov   r4,#cal_buf1+7
                mov   r5,#cal_buf2+7
                mov   r0,#cal_buf1
                lcall clr_buf
                mov   r6,#3
w_cal1:         push  2
                push  5
                mov   carry_b,#0
                push  0
                mov   r0,#cal_buf2
                lcall clr_buf
                pop   0
                mov   r7,#4
w_cal2:         mov   r0,2
                mov   r1,3
                mov   a,@r0
                mov   b,a
                mov   a,@r1
                mul   ab
                add   a,carry_b
                mov   b,#10
                div   ab
                mov   carry_b,a
                mov   a,b
                mov   r0,5
                mov   @r0,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                dec   r5
                dec   r2
                djnz  r7,w_cal2
                mov   r0,5
                mov   a,carry_b
                mov   @r0,a
                lcall add_buf
                pop   5
                pop   2
                dec   3
                dec   5
                djnz  r6,w_cal1
                mov   r0,#watts
                lcall mov_value
                pop   acc
                pop   5
                pop   4
                pop   3
                pop   2
                pop   1
                pop   0
                ret

mul_factor:     push  0
                push  1
                push  dph
                push  dpl
                push  0.
                mov   r0,#cal_buf1
                lcall clr_buf
                pop   0
                mov   r5,#cal_buf2+8
                mov   r4,0
                mov   r6,#3
re_mul2:        push  0
                mov   r0,#cal_buf2
                lcall clr_buf
                pop   0
                dec   r5
                mov   r0,4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov   r1,5
                mov   r2,#0
                mov   r7,#3
re_mul1:        mov   a,#0
                movc  a,@a+dptr
                mov   b,a
                mov   a,@r0
                dec   r0
                mul   ab
                add   a,2
                mov   b,#10
                div   ab
                mov   r2,a
                mov   a,b
                mov   @r1,a
                dec   r1
                djnz  r7,re_mul1
                lcall dec_dptr
                mov   a,r2
                mov   @r1,a
                lcall add_buf
                djnz  r6,re_mul2
                pop   dpl
                pop   dph
                pop   1
                pop   0
                ret

add_buf:        push  0
                push  1
                push  2
                push  7
                push  acc
                mov   r0,#cal_buf1+7
                mov   r1,#cal_buf2+7
                mov   r2,#0
                mov   r7,#8
re_add:         mov   a,@r1
                add   a,@r0
                add   a,r2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov   b,#10
                div   ab
                mov   r2,a
                mov   a,b
                mov   @r0,a
                dec   r0
                dec   r1
                djnz  r7,re_add
                pop   acc
                pop   7
                pop   2
                pop   1
                pop   0
                ret

mov_value:      push  0
                push  1
                push  7
                push  acc
                mov   r1,#cal_buf1
                mov   r7,#8
re_mov:         mov   a,@r1
                mov   @r0,a
                inc   r0
                inc   r1
                djnz  r7,re_mov
                pop   acc
                pop   7
                pop   1
                pop   0
                ret

clr_buf:        push  acc
                mov   r7,#8
                mov   a,#0
re_clr:         mov   @r0,a
                inc   r0
                djnz  r7,re_clr
                pop   acc
                ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
hex2bcd:    push   0
            push   acc
            mov    r7,#4
re_div:     mov    b,#10
            div    ab
            anl    b,#0fh
            mov    @r0,b
            dec    r0
            djnz   r7,re_div
            pop    acc
            pop    0
            ret

dec_dptr:   push   acc
            mov    a,dpl
            clr    c
            subb   a,#1
            mov    dpl,a
            mov    a,dph
            subb   a,#0
            mov    dph,a
            pop    acc
            ret

            end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

```
;constant
dec_key          equ   p1.7
func_key         equ   p1.6
enter_key        equ   p1.5
inc_key          equ   p1.3

;internal RAM address definition
cal_buf1         equ   8h
cal_buf2         equ   14h
used_unit        equ   38h
befor_unit       equ   20h
now_unit         equ   28h
rec_no1          equ   30h
rec_no2          equ   31h
bath1            equ   32h
bath2            equ   33h
meter_g          equ   34h
bath_buf         equ   35h
pointer_h        equ   36h
pointer_l        equ   37h
carry_b          equ   50h
disp_buff        equ   8h
command          equ   40h
meter_id         equ   41h
function         equ   42h
count1           equ   48h
count2           equ   49h
time_h           equ   4ah
time_m           equ   4bh
time_s           equ   4ch
date             equ   4dh
month            equ   4eh
year             equ   4fh
lcd_data         equ   p0
lcd_rs           equ   p1.2
lcd_rw           equ   p1.1
lcd_e            equ   p1.0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
rtc_rst         equ   p1.0
rtc_data        equ   p1.1
sclk            equ   p1.2
atod_wr         equ   p2.5
ad1_cs          equ   p2.6
ad2_cs          equ   p2.7
atod_rd         equ   p2.4
atod_intr       equ   p2.3

                org   0000h
                sjmp  start

                org   000bh
                ljmp  timer0_service

start:          mov   sp,#50h
                mov   r6,#20
                mov   r7,#00h
wait_start:     lcall delay
                djnz  r6,wait_start
                mov   meter_id,#0ah
                mov   meter_g,#1
first:          mov   time_s,#00h
                mov   time_m,#00h
                mov   time_h,#00h
                mov   date,#9h
                mov   month,#05h
                mov   year,#98h
                mov   bath1,#05h
                mov   bath2,#00h
                mov   function,#0
                mov   dptr,#2
                movx  a,@dptr
                cjne  a,#3ah,ex_ram_init
                mov   dptr,#0
                movx  a,@dptr
                mov   pointer_h,a
                inc   dptr
                movx  a,@dptr
                mov   pointer_l,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                sjmp    sys_init
ex_ram_init:    mov     pointer_h,#0
                mov     pointer_l,#3
                mov     dptr,#0
                mov     a,#0
                movx    @dptr,a
                inc     dptr
                mov     a,#3
                movx    @dptr,a
                inc     dptr
                mov     a,#3ah
                movx    @dptr,a
sys_init:       clr     lcd_e
                lcall   init_timer
                lcall   init_serial
                lcall   init_lcd
                setb    ea
main:           lcall   inkey
                lcall   disp_convert
                mov     r6,#2
                mov     r7,#0
                lcall   delay1
                sjmp    main

inkey:          jb      func_key,key2
                inc     function
                mov     a,function
                cjne    a,#11,key2
                mov     function,#0
key2:           jb      enter_key,key3
                mov     a,function
                ajmp    chk_func1
key3:
                ret

disp_convert:   lcall   clr_dispbuff
                mov     a,function
                cjne    a,#00h,disp_d
                lcall   disp_time
                lcall   display
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ret
disp_d:         cjne   a,#10,disp_func1
                lcall  disp_date
                lcall  display
                ret
disp_func1:     mov    dptr,#func_msg
                dec    a
                mov    b,#16
                mul    ab
                add    a,dpl
                mov    dpl,a
                clr    a
                addc   a,dph
                mov    dph,a
                lcall  disp_msg
                ret

disp_msg:       mov    r0,#disp_buff
                mov    r7,#16
copy_to_buf:    mov    a,#0
                movc   a,@a+dptr
                mov    @r0,a
                inc    r0
                inc    dptr
                djnz   r7,copy_to_buf
                lcall  display
                ret

chk_func1:      cjne   a,#1,chk_func2
                lcall  read_unit_used
                lcall  price_cal
                ret
chk_func2:      cjne   a,#2,chk_func3
                lcall  reset_unit
                ret
chk_func3:      cjne   a,#3,chk_func4
                lcall  bath1_set
                lcall  bath2_set
                ret
chk_func4:      cjne   a,#4,chk_func5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall  read_time
                ret
chk_func5:      cjne   a,#5,chk_func6
                lcall  set_time
                ret
chk_func6:      cjne   a,#6,chk_func7
                lcall  set_meter_id
                ret
chk_func7:      cjne   a,#7,chk_func8
                lcall  price_cal
                ret
chk_func8:      cjne   a,#8,chk_func9
                mov    dph,pointer_h
                mov    dpl,pointer_l
                mov    a,meter_g
                movx   @dptr,a
                inc    dptr
                mov    a,meter_id
                movx   @dptr,a
                inc    dptr
                mov    r7,#16
                mov    r0,#befor_unit
save1:          mov    a,@r0
                movx   @dptr,a
                inc    r0
                inc    dptr
                djnz   r7,save1
                mov    pointer_h,dph
                mov    pointer_l,dpl
                mov    dptr,#0
                mov    a,pointer_h
                movx   @dptr,a
                inc    dptr
                mov    a,pointer_l
                movx   @dptr,a
                mov    dptr,#comp_msg
                lcall  msg_show
                ret

chk_func9:      cjne   a,#9,chk_func10
```

นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov    dptr,#send_msg
                lcall  msg_show
                jb     enter_key,$
                mov    dptr,#wait_msg
                lcall  msg_show
                mov    dptr,#3
chk_point:      mov    a,dph
                cjne   a,pointer_h,send_data
                mov    a,dpl
                cjne   a,pointer_l,send_data
                mov    dptr,#comp_msg
                lcall  msg_show
                ret
send_data:      movx   a,@dptr
                lcall  tx_byte
                inc    dptr
                sjmp   chk_point
                ret

chk_func10:     cjne   a,#10,chk_func11
                lcall  date_set
                lcall  month_set
                lcall  year_set
                ret
chk_func11:     cjne   a,#0,chk_func_ret
                lcall  hour_set
                lcall  min_set
                ret
chk_func_ret:   ret

date_set:       mov    r0,#disp_buff+15
                mov    a,date
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,date
                swap   a
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                mov    r0,#disp_buff
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov    dptr,#date_set_msg
                mov    r7,#14
disp_d_set1:    mov    a,#0
                movc   a,@a+dptr
                mov    @r0,a
                inc    r0
                inc    dptr
                djnz   r7,disp_d_set1
date_set1:      lcall  display
                mov    r7,#0
                lcall  delay
                lcall  delay
                lcall  delay
                jnb    inc_key,inc_date
                jnb    dec_key,dec_date
                jb     enter_key,date_set1
                ret
inc_date:       mov    a,date
                lcall  bcd2hex
                inc    a
                cjne   a,#32,inc_date1
                mov    a,#1
inc_date1:      lcall  hex2bcd
                mov    date,a
                sjmp   date_set
dec_date:       mov    a,date
                lcall  bcd2hex
                dec    a
                cjne   a,#0,dec_date1
                mov    a,#31
dec_date1:      lcall  hex2bcd
                mov    date,a
                sjmp   date_set

month_set:      mov    r0,#disp_buff+15
                mov    a,month
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,month
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                swap   a
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                mov    r0,#disp_buff
                mov    dptr,#month_set_msg
                mov    r7,#14
disp_m_set1:    mov    a,#0
                movc   a,@a+dptr
                mov    @r0,a
                inc    r0
                inc    dptr
                djnz   r7,disp_m_set1
month_set1:     lcall  display
                mov    r7,#0
                lcall  delay
                lcall  delay
                lcall  delay
                jnb    inc_key,inc_month
                jnb    dec_key,dec_month
                jb     enter_key,month_set1
                ret
inc_month:      mov    a,month
                lcall  bcd2hex
                inc    a
                cjne   a,#13,inc_month1
                mov    a,#1
inc_month1:     lcall  hex2bcd
                mov    month,a
                sjmp   month_set
dec_month:      mov    a,month
                lcall  bcd2hex
                dec    a
                cjne   a,#0ffh,dec_month1
                mov    a,#12
dec_month1:     lcall  hex2bcd
                mov    month,a
                sjmp   month_set

year_set:       mov    r0,#disp_buff+15
                mov    a,year
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall   bcd2ascii
                mov     @r0,a
                dec     r0
                mov     a,year
                swap    a
                lcall   bcd2ascii
                mov     @r0,a
                mov     r0,#disp_buff
                mov     dptr,#year_set_msg
                mov     r7,#14
disp_y_set1:    mov     a,#0
                movc    a,@a+dptr
                mov     @r0,a
                inc     r0
                inc     dptr
                djnz    r7,disp_y_set1
year_set1:      lcall   display
                mov     r7,#0
                lcall   delay
                lcall   delay
                lcall   delay
                jnb     inc_key,inc_year
                jnb     dec_key,dec_year
                jb      enter_key,year_set1
                ret
inc_year:       mov     a,year
                lcall   bcd2hex
                inc     a
                cjne    a,#100,inc_year1
                mov     a,#0
inc_year1:      lcall   hex2bcd
                mov     year,a
                sjmp    year_set
dec_year:       mov     a,year
                lcall   bcd2hex
                dec     a
                cjne    a,#0ffh,dec_year1
                mov     a,#99
dec_year1:      lcall   hex2bcd
                mov     year,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                sjmp   year_set

hour_set:       mov    r0,#disp_buff+15
                mov    a,time_h
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,time_h
                swap   a
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                mov    r0,#disp_buff
                mov    dptr,#hour_set_msg
                mov    r7,#14
disp_h_set1:    mov    a,#0
                movc   a,@a+dptr
                mov    @r0,a
                inc    r0
                inc    dptr
                djnz   r7,disp_h_set1
hour_set1:      lcall  display
                mov    r7,#0
                lcall  delay
                lcall  delay
                lcall  delay
                jnb    inc_key,inc_hour
                jnb    dec_key,dec_hour
                jb     enter_key,hour_set1
                ret
inc_hour:       mov    a,time_h
                lcall  bcd2hex
                inc    a
                cjne   a,#24,inc_hour1
                mov    a,#0
inc_hour1:      lcall  hex2bcd
                mov    time_h,a
                sjmp   hour_set
dec_hour:       mov    a,time_h
                lcall  bcd2hex
                dec    a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                cjne   a,#0ffh,dec_hour1
                mov    a,#23
dec_hour1:      lcall  hex2bcd
                mov    time_h,a
                sjmp   hour_set

min_set:        mov    r0,#disp_buff+15
                mov    a,time_m
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,time_m
                swap   a
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                mov    r0,#disp_buff
                mov    dptr,#min_set_msg
                mov    r7,#14
disp_mi_set1:   mov    a,#0
                movc   a,@a+dptr
                mov    @r0,a
                inc    r0
                inc    dptr
                djnz   r7,disp_mi_set1
min_set1:       lcall  display
                mov    r7,#0
                lcall  delay
                lcall  delay
                lcall  delay
                jnb    inc_key,inc_min
                jnb    dec_key,dec_min
                jb     enter_key,min_set1
                ret
inc_min:        mov    a,time_m
                lcall  bcd2hex
                inc    a
                cjne   a,#60,inc_min1
                mov    a,#0
inc_min1:       lcall  hex2bcd
                mov    time_m,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                sjmp   min_set
dec_min:        mov    a,time_m
                lcall  bcd2hex
                dec    a
                cjne   a,#0ffh,dec_min1
                mov    a,#59
dec_min1:       lcall  hex2bcd
                mov    time_m,a
                sjmp   min_set

bath1_set:      lcall  show_set_bath
bath1_set1:     lcall  display
                mov    r7,#0
                lcall  delay
                lcall  delay
                lcall  delay
                jnb    inc_key,inc_bath1
                jnb    dec_key,dec_bath1
                jb     enter_key,bath1_set1
                ret
inc_bath1:      mov    a,bath1
                lcall  bcd2hex
                inc    a
                cjne   a,#100,inc_bath11
                mov    a,#0
inc_bath11:     lcall  hex2bcd
                mov    bath1,a
                sjmp   bath1_set
dec_bath1:      mov    a,bath1
                lcall  bcd2hex
                dec    a
                cjne   a,#0ffh,dec_bath11
                mov    a,#99
dec_bath11:     lcall  hex2bcd
                mov    bath1,a
                sjmp   bath1_set

bath2_set:      lcall  show_set_bath
bath2_set1:     lcall  display
                mov    r7,#0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall   delay
                lcall   delay
                lcall   delay
                jnb     inc_key,inc_bath2
                jnb     dec_key,dec_bath2
                jb      enter_key,bath2_set1
                ret
inc_bath2:      mov     a,bath2
                lcall   bcd2hex
                inc     a
                cjne    a,#100,inc_bath21
                mov     a,#0
inc_bath21:     lcall   hex2bcd
                mov     bath2,a
                sjmp    bath2_set
dec_bath2:      mov     a,bath2
                lcall   bcd2hex
                dec     a
                cjne    a,#0ffh,dec_bath21
                mov     a,#99
dec_bath21:     lcall   hex2bcd
                mov     bath2,a
                sjmp    bath2_set

show_set_bath:  mov     r0,#disp_buff+15
                mov     a,bath2
                lcall   bcd2ascii
                mov     @r0,a
                dec     r0
                mov     a,bath2
                swap    a
                lcall   bcd2ascii
                mov     @r0,a
                dec     r0
                mov     a,#'.'
                mov     @r0,a
                dec     r0
                mov     a,bath1
                lcall   bcd2ascii
                mov     @r0,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                dec   r0
                mov   a,bath1
                swap  a
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                mov   r0,#disp_buff
                mov   dptr,#bath1_set_msg
                mov   r7,#11
disp_b1_set1:   mov   a,#0
                movc  a,@a+dptr
                mov   @r0,a
                inc   r0
                inc   dptr
                djnz  r7,disp_b1_set1
                ret

read_unit_used: mov   command,#01h
                lcall send_frame
                lcall load_unit
                mov   dptr,#unit_msg
                lcall msg_copy
                mov   r0,#disp_buff+15
                mov   r1,#used_unit+4
                mov   r7,#5
read_u1:        mov   a,@r1
                add   a,#'0'
                mov   @r0,a
                dec   r0
                dec   r1
                djnz  r7,read_u1
                lcall display
                mov   r6,#5
                mov   r7,#00
                lcall delay1
                jb    enter_key,$
                ret

reset_unit:     mov   command,#02h
                lcall send_frame
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall   check_err
                ret

read_time:      mov     command,#04h
                lcall   send_frame
                clr     p3.2
                clr     ri
                lcall   rx_byte
                jc      read_time_err
                mov     date,a
                lcall   rx_byte
                jc      read_time_err
                mov     month,a
                lcall   rx_byte
                jc      read_time_err
                mov     year,a
                lcall   rx_byte
                jc      read_time_err
                mov     time_h,a
                lcall   rx_byte
                jc      read_time_err
                mov     time_m,a
                setb    p3.2
                mov     dptr,#comp_msg
                lcall   msg_show
                ret
read_time_err:  mov     dptr,#err_msg
                lcall   msg_show
                ret

set_time:       lcall   send_head
                mov     a,#5
                lcall   tx_byte
                mov     a,date
                lcall   tx_byte
                mov     a,month
                lcall   tx_byte
                mov     a,year
                lcall   tx_byte
                mov     a,time_h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall  tx_byte
                mov    a,time_m
                lcall  tx_byte
                lcall  send_tail
                lcall  check_err
                ret

set_meter_id:   lcall  set_g
                lcall  set_id
                ret

set_g:          mov    dptr,#g_set_msg
                mov    r0,#disp_buff
                mov    r7,#14
set_g1:         mov    a,#0
                movc   a,@a+dptr
                mov    @r0,a
                inc    r0
                inc    dptr
                djnz   r7,set_g1
set_g3:         mov    r0,#disp_buff+15
                mov    a,meter_g
                mov    r7,#3
set_g2:         mov    b,#10
                div    ab
                mov    r2,a
                mov    a,b
                add    a,#'0'
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,r2
                djnz   r7,set_g2
g_set1:         lcall  display
                mov    r7,#0
                lcall  delay
                lcall  delay
                lcall  delay
                jnb    inc_key,inc_g
                jnb    dec_key,dec_g
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                jb      enter_key,g_set1
                ret
inc_g:          inc     meter_g
                sjmp    set_g3
dec_g:          dec     meter_g
                sjmp    set_g3

set_id:         mov     dptr,#id_set_msg
                mov     r0,#disp_buff
                mov     r7,#14
set_id1:        mov     a,#0
                movc    a,@a+dptr
                mov     @r0,a
                inc     r0
                inc     dptr
                djnz    r7,set_id1
set_id3:        mov     r0,#disp_buff+15
                mov     a,meter_id
                mov     r7,#3
set_id2:        mov     b,#10
                div     ab
                mov     r2,a
                mov     a,b
                add     a,#'0'
                mov     @r0,a
                dec     r0
                mov     a,r2
                djnz    r7,set_id2
id_set1:        lcall   display
                mov     r7,#0
                lcall   delay
                lcall   delay
                lcall   delay
                jnb     inc_key,inc_id
                jnb     dec_key,dec_id
                jb      enter_key,id_set1
                ret
inc_id:         inc     meter_id
                sjmp    set_id3
dec_id:         dec     meter_id
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                sjmp   set_id3

pc_control:     ret

msg_show:       lcall  disp_msg
                mov    r6,#40
                mov    r7,#0
                lcall  delay1
                mov    function,#0
                ret

load_unit:      mov    r0,#used_unit
                mov    r7,#5
re_load:        lcall  rx_byte
                mov    @r0,a
                inc    r0
                djnz   r7,re_load
                lcall  check_err
                ret

send_frame:     lcall  send_head
                mov    a,command
                lcall  tx_byte
                lcall  send_tail
                ret

send_head:      mov    a,#07fh
                lcall  tx_byte
                mov    a,meter_id
                lcall  tx_byte
                ret

send_tail:      mov    a,#0feh
                lcall  tx_byte
                mov    r7,#00h
                lcall  delay
                clr    ri
                ret

check_err:      lcall  rx_byte
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                jc    disp_err
                cjne  a,#3ah,disp_err
                mov   dptr,#comp_msg
                lcall msg_show
                ret
disp_err:       mov   dptr,#err_msg
                sjmp  msg_show
                ret

disp_time:      mov   r0,#disp_buff+15
                mov   a,time_s
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,time_s
                swap  a
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,#':'
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,time_m
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,time_m
                swap  a
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,#':'
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,time_h
                lcall bcd2ascii
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,time_h
                swap  a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                anl    a,#07h
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                mov    r0,#disp_buff
                mov    dptr,#time_msg
                mov    r7,#4
disp_time1:     mov    a,#0
                movc   a,@a+dptr
                mov    @r0,a
                inc    r0
                inc    dptr
                djnz   r7,disp_time1
                ret

disp_date:      mov    r0,#disp_buff+15
                mov    a,year
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,year
                swap   a
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,#'/'
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,month
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,month
                swap   a
                lcall  bcd2ascii
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,#'/'
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    a,date
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall   bcd2ascii
                mov     @r0,a
                dec     r0
                mov     a,date
                swap    a
                anl     a,#07h
                lcall   bcd2ascii
                mov     @r0,a
                mov     r0,#disp_buff
                mov     dptr,#date_msg
                mov     r7,#4
disp_date1:     mov     a,#0
                movc    a,@a+dptr
                mov     @r0,a
                inc     r0
                inc     dptr
                djnz    r7,disp_date1
                ret

clr_dispbuff:   mov     r7,#32
                mov     r0,#disp_buff
                mov     a,#' '
clr_disp1:      mov     @r0,a
                inc     r0
                djnz    r7,clr_disp1
                ret

bcd2ascii:      anl     a,#0fh
                add     a,#30h
                ret

display:        clr     lcd_rs
                mov     a,#10000000b
                lcall   out_char
                setb    lcd_rs
                mov     r0,#disp_buff
                mov     r1,#8
next1:          mov     a,@r0
                inc     r0
                lcall   out_char
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                djnz   r1,next1
                mov    r7,#0
                lcall  delay
                clr    lcd_rs
                mov    a,#11000000b
                lcall  out_char
                setb   lcd_rs
                mov    r0,#disp_buff+8
                mov    r1,#8
next2:          mov    a,@r0
                inc    r0
                lcall  out_char
                djnz   r1,next2
                clr    lcd_rs
                mov    a,#00001100b
                lcall  out_char
                setb   lcd_rs
                ret

ram_init:       mov    count2,#1
                mov    count1,#0
                ret

init_timer:     mov    th0,#00
                mov    tmod,#22h
                setb   tr0
                setb   et0
                setb   ea
                ret

init_serial:    mov    scon,#50h
                mov    th1,#0e8h
                setb   tr1
                ret

init_lcd:       clr    lcd_rs
                clr    lcd_rw
                mov    a,#38h
                lcall  out_char
                mov    a,#0ch
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lcall   out_char
                mov     a,#08h
                lcall   out_char
                setb    lcd_rs
                ret

out_char:       mov     r7,#3
                lcall   delay
                clr     lcd_rw
                mov     p0,a
                setb    lcd_e
                mov     r7,#10
                lcall   delay
                clr     lcd_e
                ret

lcd_busy:       mov     p0,#0ffh
                setb    lcd_rw
                clr     lcd_rs
lcd_wait:       setb    lcd_e
                mov     r7,#04h
                lcall   delay
                mov     a,p0
                clr     lcd_e
                jb      acc.7,lcd_wait
                setb    lcd_rs
                ret

func_service:   ret

timer0_service: clr     ea
                push    psw
                push    acc
                push    b
                push    2
                inc     count1
                mov     a,count1
                cjne    a,#100,timer0_ret
                mov     count1,#0
                inc     count2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov    a,count2
                cjne   a,#36,timer0_ret
                mov    count2,#0
                mov    a,time_s
                lcall  bcd2hex
                inc    a
                lcall  hex2bcd
                mov    time_s,a
                cjne   a,#60h,timer0_ret
                mov    time_s,#0
                mov    a,time_m
                lcall  bcd2hex
                inc    a
                lcall  hex2bcd
                mov    time_m,a
                cjne   a,#60h,timer0_ret
                mov    time_m,#0
                mov    a,time_h
                lcall  bcd2hex
                inc    a
                lcall  hex2bcd
                mov    time_h,a
                cjne   a,#24h,timer0_ret
                mov    time_h,#0
timer0_ret:     clr    tf0
                pop    2
                pop    b
                pop    acc
                pop    psw
                setb   ea
                reti

bcd2hex:        mov    b,a
                anl    a,#0fh
                mov    r2,a
                mov    a,b
                anl    a,#0f0h
                swap   a
                mov    b,#10
                mul    ab
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                add    a,r2
                ret

hex2bcd:        mov    b,#10
                div    ab
                mov    r2,b
                swap   a
                anl    a,#0f0h
                mov    b,a
                mov    a,r2
                anl    a,#0fh
                orl    a,b
                ret

tx_byte:        clr    ren
                mov    sbuf,a
                jnb    ti,$
                clr    ti
                push   7
                mov    7,#80h
                lcall  delay
                pop    7
                setb   ren
                ret

rx_byte:        push   6
                push   7
                mov    r6,#0
                mov    r7,#0
rx_b2:          jb     ri,rx_b1
                djnz   r7,rx_b2
                djnz   r6,rx_b2
                setb   c
                sjmp   rx_ret
rx_b1:          mov    a,sbuf
                clr    c
rx_ret:         clr    ri
                pop    7
                pop    6
                ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
delay:          push   07h
                push   06h
dl1:            mov    r6,07h
                djnz   r6,$
                djnz   r7,dl1
                pop    06h
                pop    07h
                ret

delay1:         lcall  delay
                djnz   r6,delay1
                ret

cal_used_unit:  lcall  read_unit_old
                mov    r0,#cal_buf1+7
                mov    r1,#now_unit+4
                mov    r2,#0
                mov    r7,#4
cal_used1:      mov    a,@r0
                mov    b,a
                mov    a,@r1
                clr    c
                subb   a,r2
                clr    c
                subb   a,b
                jc     subbadj
                mov    cal_buf2,a
                mov    r2,#0
cal_used2:      dec    r0
                dec    r1
                djnz   r7,cal_used1
                mov    r1,#cal_buf2
                mov    r0,#cal_buf1
                mov    r7,#8
cal_used3:      mov    a,@r1
                mov    @r0,a
                inc    r0
                inc    r1
                djnz   r7,cal_used3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov    r0,#used_unit
                mov    r1,#cal_buf1
                lcall  mov_value
                ret
subbadj:        mov    a,@r1
                mov    b,a
                mov    a,@r0
                clr    c
                subb   a,b
                mov    r2,#1
                sjmp   cal_used2

read_unit_old:  mov    r0,#cal_buf1+3
                mov    r1,#befor_unit
                mov    r7,#5
read_old1:      mov    a,@r1
                mov    @r0,a
                inc    r0
                inc    r1
                djnz   r7,read_old1
                ret

test_unit:      mov    r0,#used_unit
                mov    dptr,#test
                mov    r7,#5
test1:          mov    a,#0
                movc   a,@a+dptr
                mov    @r0,a
                inc    r0
                inc    dptr
                djnz   r7,test1
                ret
test:           db     0,1,5,4,6

price_cal:      lcall  test_unit
                mov    dptr,#used_msg
                lcall  msg_copy
                mov    r0,#disp_buff+15
                mov    r1,#used_unit+4
                mov    a,@r1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                add   a,#'0'
                mov   @r0,a
                dec   r0
                dec   r1
                mov   a,#'.'
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   r7,#4
p_cal4:         mov   a,@r1
                add   a,#'0'
                mov   @r0,a
                dec   r0
                dec   r1
                djnz  r7,p_cal4
                lcall display
                mov   r6,#5
                mov   r7,#0
                lcall delay1
                jb    enter_key,$
                lcall bath2buf
                mov   r2,#used_unit+4
                mov   r3,#bath_buf+3
                mov   r4,#cal_buf1+12
                mov   r5,#cal_buf2+12
                mov   r0,#cal_buf1
                lcall clr_buf
                mov   r6,#4
p_cal1:         push  2
                push  5
                mov   carry_b,#0
                push  0
                mov   r0,#cal_buf2
                lcall clr_buf
                pop   0
                mov   r7,#5
p_cal2:         mov   r0,2
                mov   r1,3
                mov   a,@r0
                mov   b,a
                mov   a,@r1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mul    ab
                add    a,carry_b
                mov    b,#10
                div ab
                mov    carry_b,a
                mov    a,b
                mov    r0,5
                mov    @r0,a
                dec    r5
                dec    r2
                djnz   r7,p_cal2
                mov    r0,5
                mov    a,carry_b
                mov    @r0,a
                lcall  add_buf
                pop    5
                pop    2
                dec    3
                dec    5
                djnz   r6,p_cal1
                mov    r0,#bath_buf
                mov    r1,#cal_buf1+4
                lcall  mov_value
                mov    dptr,#price_msg
                lcall  msg_copy
                mov    r1,#bath_buf+7
                mov    r0,#disp_buff+15
                mov    r7,#2
cal_p2:         mov    a,@r1
                add    a,#'0'
                mov    @r0,a
                dec    r0
                dec    r1
                djnz   r7,cal_p2
                mov    a,#'.'
                mov    @r0,a
                dec    r0
                mov    r7,#6
cal_p3:         mov    a,@r1
                add    a,#'0'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov   @r0,a
                dec   r0
                dec   r1
                djnz  r7,cal_p3
                lcall display
                mov   r6,#5
                mov   r7,#00h
                lcall delay1
                jb    enter_key,$
                ret

msg_copy:       mov   r7,#14
                mov   r0,#disp_buff
cal_p1:         mov   a,#0
                movc  a,@a+dptr
                mov   @r0,a
                inc   dptr
                inc   r0
                djnz  r7,cal_p1
                ret

bath2buf:       mov   r0,#bath_buf+3
                mov   a,bath2
                anl   a,#0fh
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,bath2
                swap  a
                anl   a,#0fh
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,bath1
                anl   a,#0fh
                mov   @r0,a
                dec   r0
                mov   a,bath1
                swap  a
                anl   a,#0fh
                mov   @r0,a
                ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
add_buf:    push  0
            push  1
            push  2
            push  7
            push  acc
            mov   r0,#cal_buf1+12
            mov   r1,#cal_buf2+12
            mov   r2,#0
            mov   r7,#12
re_add:     mov   a,@r1
            add   a,@r0
            add   a,r2
            mov   b,#10
            div   ab
            mov   r2,a
            mov   a,b
            mov   @r0,a
            dec   r0
            dec   r1
            djnz  r7,re_add
            pop   acc
            pop   7
            pop   2
            pop   1
            pop   0
            ret

mov_value:  push  0
            push  7
            push  acc
            mov   r7,#8
re_mov:     mov   a,@r1
            mov   @r0,a
            inc   r0
            inc   r1
            djnz  r7,re_mov
            pop   acc
            pop   7
            pop   0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ret

clr_buf:        push    acc
                mov     r7,#14
                mov     a,#0
re_clr:         mov     @r0,a
                inc     r0
                djnz    r7,re_clr
                pop     acc
                ret

dec_dptr:       push    acc
                mov     a,dpl
                clr     c
                subb    a,#1
                mov     dpl,a
                mov     a,dph
                subb    a,#0
                mov     dph,a
                pop     acc
                ret

comp_msg:       db      '  Completed.  '
err_msg:        db      '   Error!   '
time_msg:       db      'Time'
date_msg:       db      'Date'
date_set_msg:   db      'Date set=>    '
month_set_msg:  db      'Month set=>   '
year_set_msg:   db      'Year set=>    '
hour_set_msg:   db      'Hour set=>    '
min_set_msg:    db      'Minute set=>  '
bath1_set_msg:  db      'Bath/unit=>   '
g_set_msg:      db      'Meter group=> '
id_set_msg:     db      'Meter id=>    '
unit_msg:       db      'Unit=         '
used_msg:       db      'Unit used     '
price_msg:      db      'Price         '
send_msg:       db      'Ready to send. '
wait_msg:       db      'Please wait.  '
func_msg:       db      'Read used unit. '      ;1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

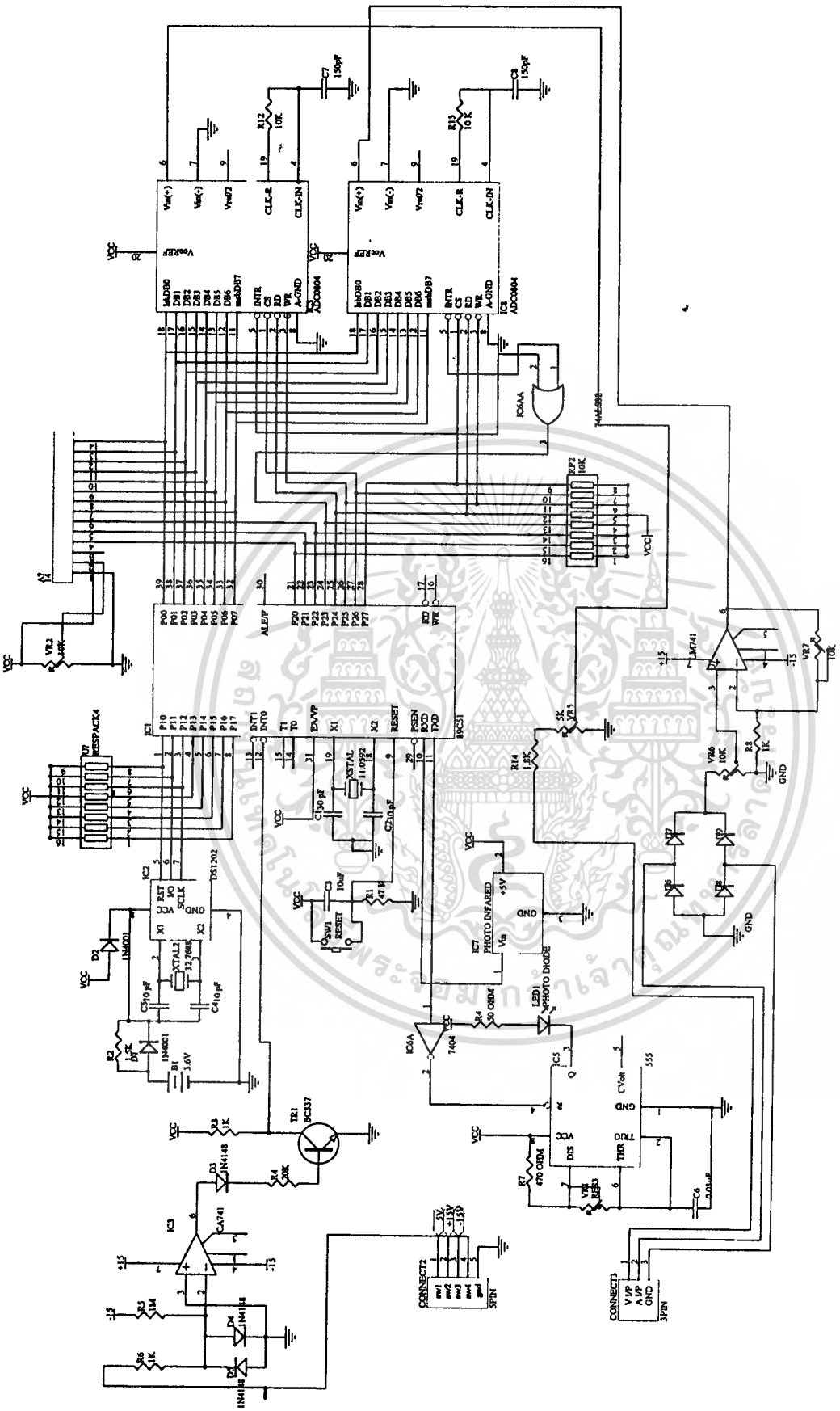
```
db    'Reset unit.   '    ;2
db    'Bath/Unit Preset'  ;3
db    'Read date&time. '  ;4
db    'Set date&time. '   ;5
db    'Change meter ID.'  ;6
db    'Price Calculate.'  ;7
db    'Save data.    '    ;8
db    'Upload data.  '    ;9
end
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

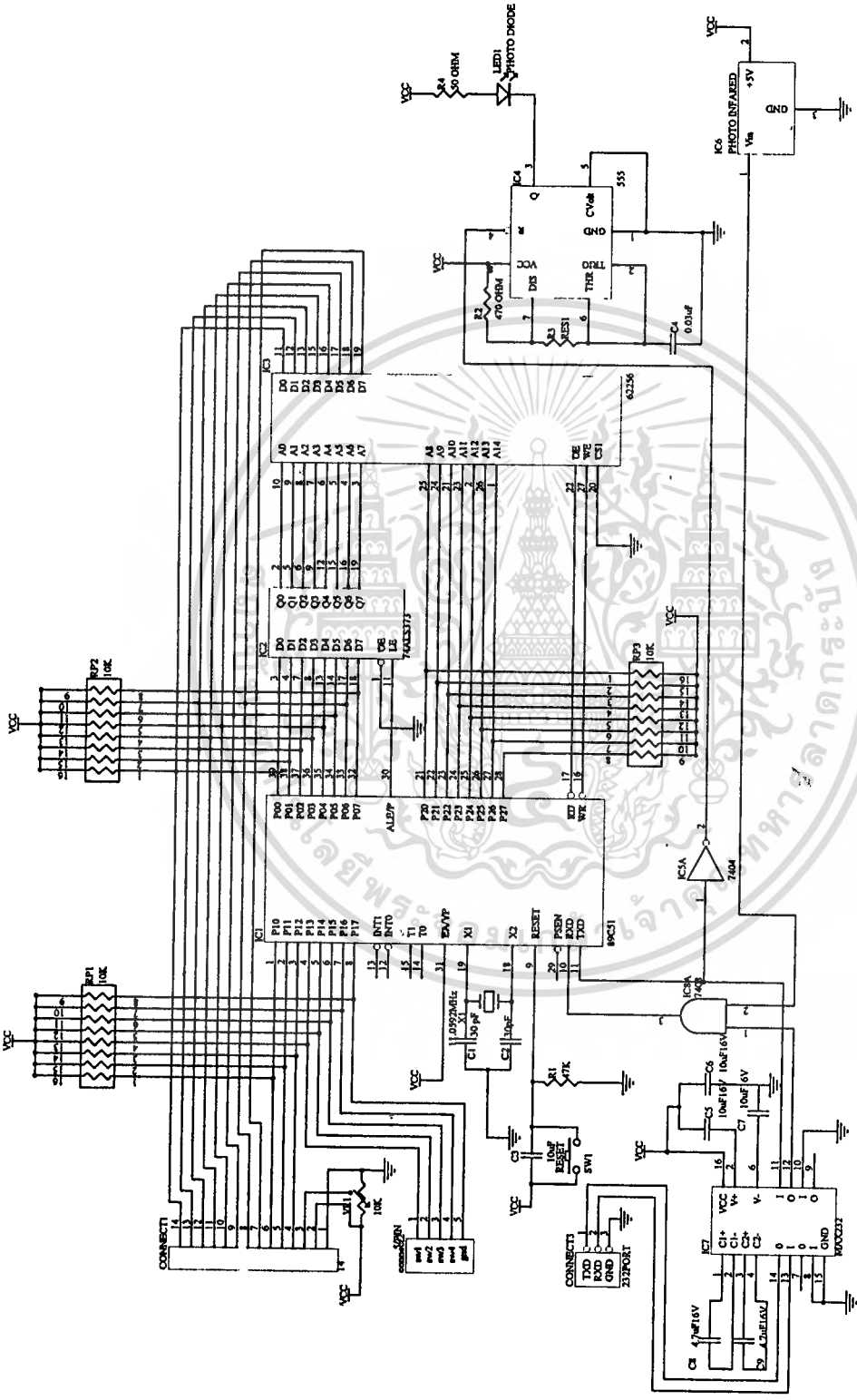
วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



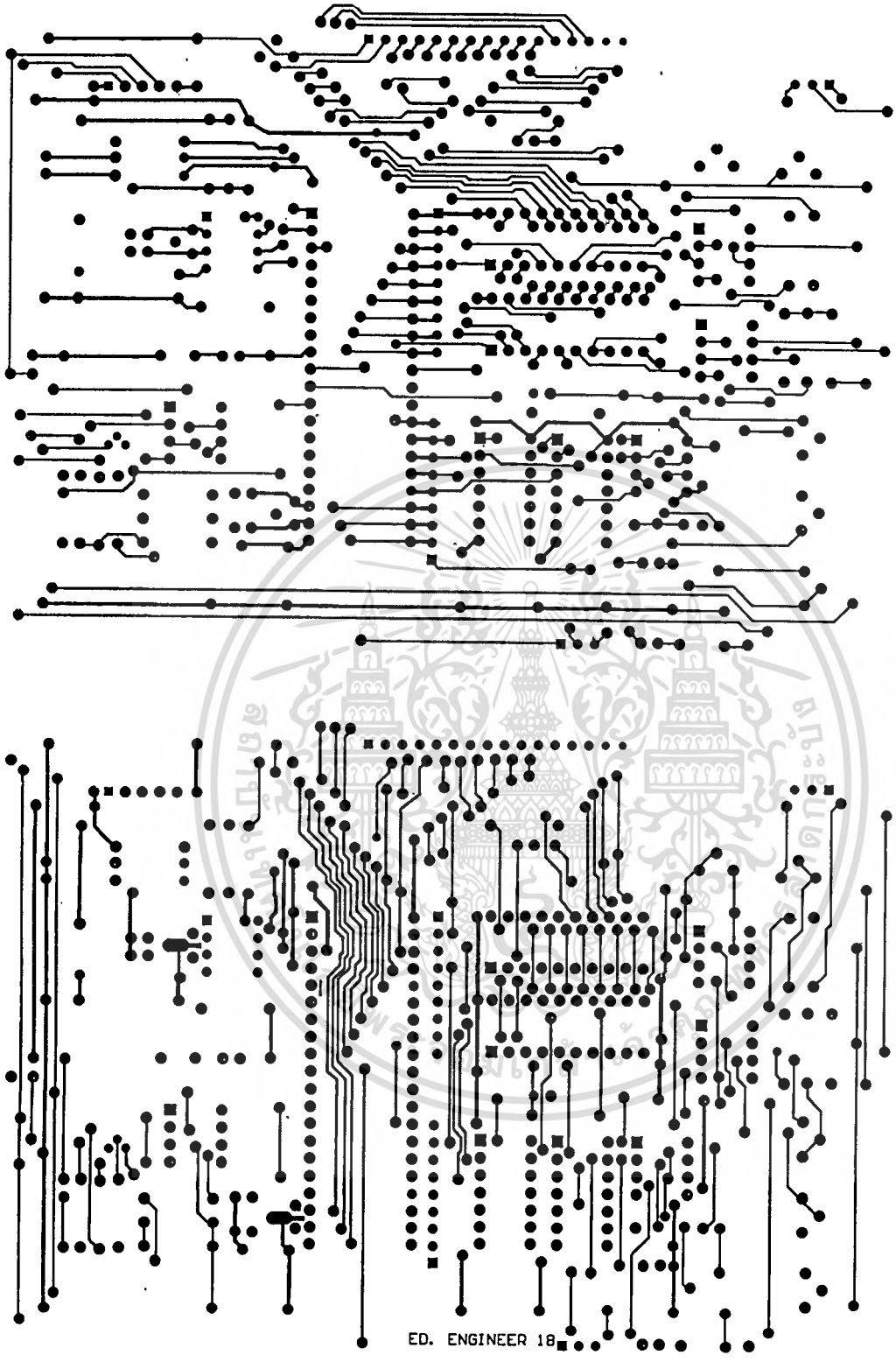
รูปที่ ง.1 วงจรของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



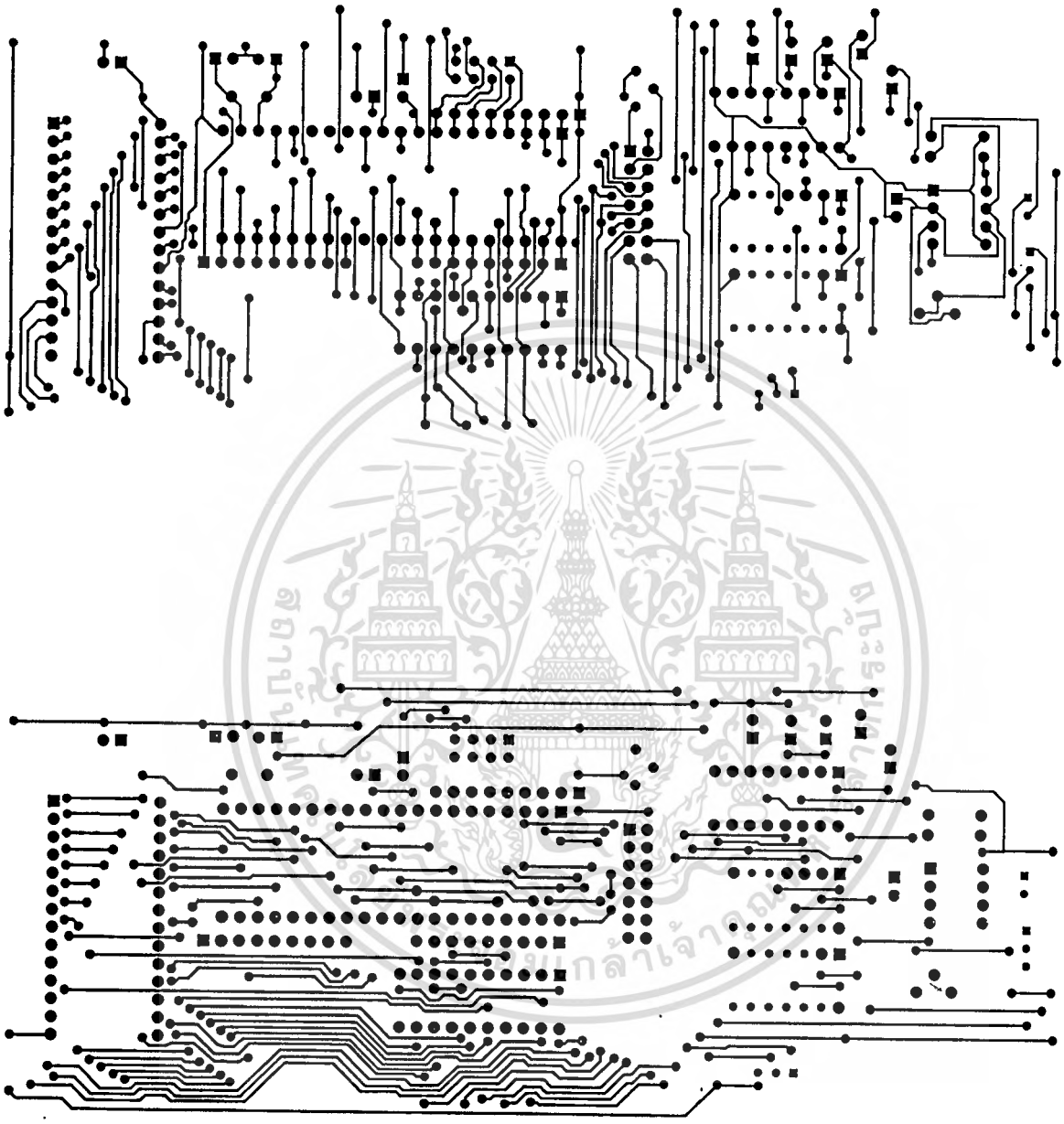
รูปที่ ง.2 วงจรของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.3 แผ่นวงจรพิมพ์ของกิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์ด้านบน และด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.4 แผ่นวงจรพิมพ์ของเครื่องส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไร้สายทั้งด้านบน และด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 รายการอุปกรณ์

รายการอุปกรณ์	จำนวน (ตัว)
<u>ตัวต้านทาน ขนาด 1/4 วัตต์</u>	
- 10 โอห์ม	1
- 470 โอห์ม	2
- 4.7 กิโลโอห์ม	1
- 330 กิโลโอห์ม	1
- 10 กิโลโอห์ม	2
- 1 กิโลโอห์ม	2
- 20 กิโลโอห์ม	1
- 50 โอห์ม	1
- 1 เมกะโอห์ม	1
- 3 เมกะโอห์ม	1
- 15 กิโลโอห์ม	1
- 9 กิโลโอห์ม	1
- 1.8 กิโลโอห์ม	3
<u>ตัวความต้านทานแบบปรับค่าได้ (เกือกม้า)</u>	
- 10 กิโลโอห์ม	2
- 1 กิโลโอห์ม	2
- 5 กิโลโอห์ม	2
<u>ตัวเก็บประจุ</u>	
(50 volt แบบเซรามิค)	
- 30 พิโคฟารัด	4
- 15 พิโคฟารัด	2
- 10 พิโคฟารัด	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์	จำนวน (ตัว)
- 10 ไมโครฟารัด	4
- 470 ไมโครฟารัด	1
- 4.7 ไมโครฟารัด	2
<u>ไอซี</u>	
- 89C51	2
- 62256	1
- 74HD373	1
- NE555	2
- 74LS04	2
- MAX232	1
- TFMS5380	2
- LM 741	3
- ADC0804	2
- 74LS32	1
- DS1202	1
- LM7805	1
<u>ทรานซิสเตอร์</u>	
- BC337	1
<u>คริสตอล</u>	
- 11.0592 เมกะเฮิรตซ์	2
- 32.768 กิโลเฮิรตซ์	1
<u>ตัวความต้านทานแบบอะเรย์ (9ขา)</u>	
- 10 กิโลโอห์ม	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์	จำนวน (ตัว)
LED	
LED INFARRED	2
LED สีแดง	1
ไดโอด	
- 1N4001	3
- 1N4148	3
- บริดท์ไดโอด	1
สวิทช์กดติดปล่อยดับ	5
LCD 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด	1
LCD 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดข้อมูล และคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

December 1994

ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 8-Bit μP Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE® output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

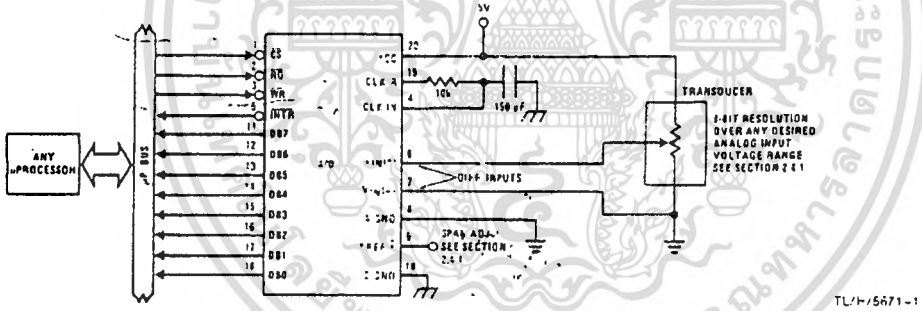
Features

- Compatible with 8080 μP derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

Key Specifications

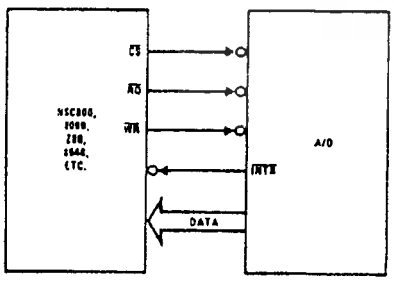
- Resolution: 8 bits
- Total error: ±¼ LSB, ±½ LSB and ±1 LSB
- Conversion time: 100 μs

Typical Applications



TL/H/5671–1

8080 Interface



TL/H/5671–31

Part Number	Full-Scale Adjusted	$V_{REF}/2 = 2.500\ V_{DC}$ (No Adjustments)	$V_{REF}/2$ = No Connection (No Adjustments)
ADC0801	±¼ LSB		
ADC0802		±½ LSB	
ADC0803	±½ LSB		
ADC0804		±1 LSB	
ADC0805			±1 LSB

Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corp.
Z-80® is a registered trademark of Zilog Corp.

©1995 National Semiconductor Corporation

RRD-B30M115/Printed in U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for $V_{CC} = 5V_{DC}$ and $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
$V_{IN}(0)$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 4.75\ V_{DC}$			0.8	V_{DC}
$I_{IN}(1)$	Logical "1" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 5\ V_{DC}$		0.005	1	μA_{DC}
$I_{IN}(0)$	Logical "0" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 0\ V_{DC}$	−1	−0.005		μA_{DC}
CLOCK IN AND CLOCK R						
V_T+	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	V_{DC}
V_T-	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.6	2.1	V_{DC}
V_H	CLK IN (Pin 4) Hysteresis $(V_T+)-(V_T-)$		0.6	1.3	2.0	V_{DC}
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O = 360\ \mu A$ $V_{CC} = 4.75\ V_{DC}$			0.4	V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O = -360\ \mu A$ $V_{CC} = 4.75\ V_{DC}$	2.4			V_{DC}
DATA OUTPUTS AND $\overline{INTR}$						
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs $\overline{INTR}$ Output	 $I_{OUT} = 1.6\ mA$, $V_{CC} = 4.75\ V_{DC}$ $I_{OUT} = 1.0\ mA$, $V_{CC} = 4.75\ V_{DC}$			 0.4 0.4	 V_{DC} V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360\ \mu A$, $V_{CC} = 4.75\ V_{DC}$	2.4			V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -10\ \mu A$, $V_{CC} = 4.75\ V_{DC}$	4.5			V_{DC}
I_{OUT}	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT} = 0\ V_{DC}$ $V_{OUT} = 5\ V_{DC}$	−3		 3	μA_{DC} μA_{DC}
I_{SOURCE}		V_{OUT} Short to Gnd, $T_A = 25°C$	4.5	6		mA_{DC}
I_{SINK}		V_{OUT} Short to V_{CC}, $T_A = 25°C$	9.0	16		mA_{DC}
POWER SUPPLY						
I_{CC}	Supply Current (Includes Ladder Current) ADC0801/02/03/04LCJ/05 ADC0804LCN/LCV/LCWM	$f_{CLK} = 640\ kHz$, $V_{REF}/2 = NC$, $T_A = 25°C$ and $\overline{CS} = 5V$		1.1 1.9	1.8 2.5	 mA mA

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to Gnd and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC}.

Note 4: For $V_{IN}(-) \geq V_{IN}(+)$ the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. Be careful, during testing at low V_{CC} levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 V_{DC} to 5 V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Accuracy is guaranteed at $f_{CLK} = 640$ kHz. At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

Note 6: With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see *Figure 2* and section 2.0.

Note 7: The $\overline{CS}$ input is assumed to bracket the $\overline{WR}$ strobe input and therefore timing is dependent on the $\overline{WR}$ pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the $\overline{WR}$ pulse (see timing diagrams).

Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and *Figure 5*.

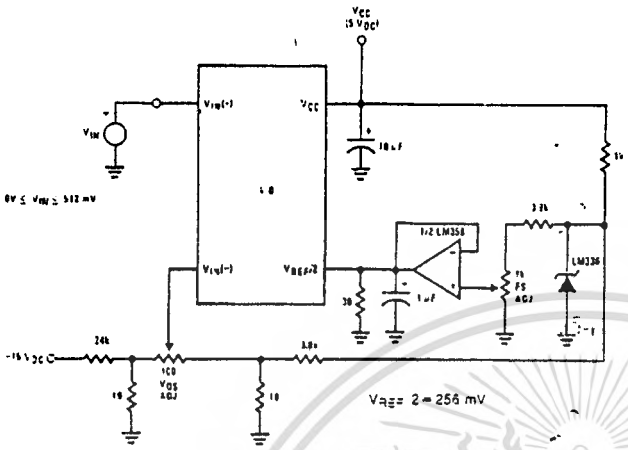
Note 9: The $V_{REF}/2$ pin is the center point of a two-resistor divider connected from V_{CC} to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 kΩ. In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 kΩ.

Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

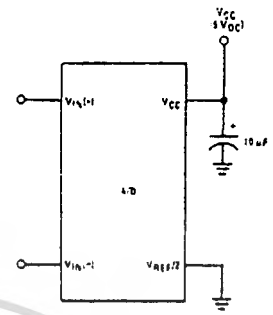
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

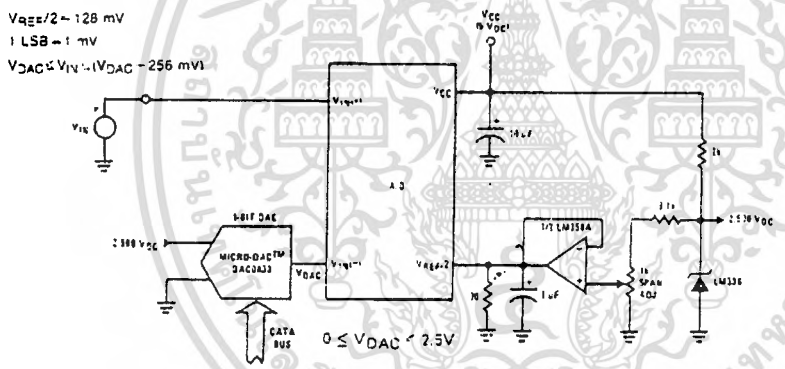
Directly Converting a Low-Level Signal



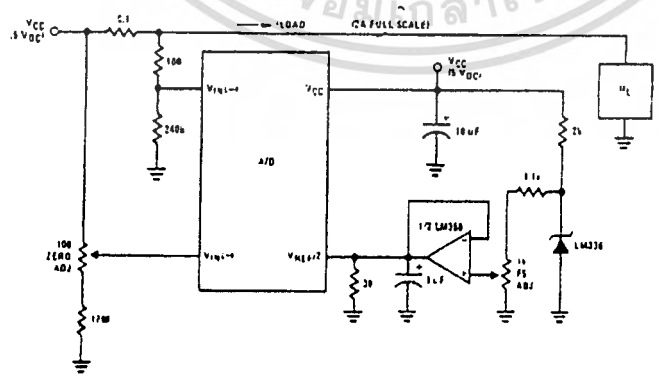
A µP Interfaced Comparator



1 mV Resolution with µP Controlled Range



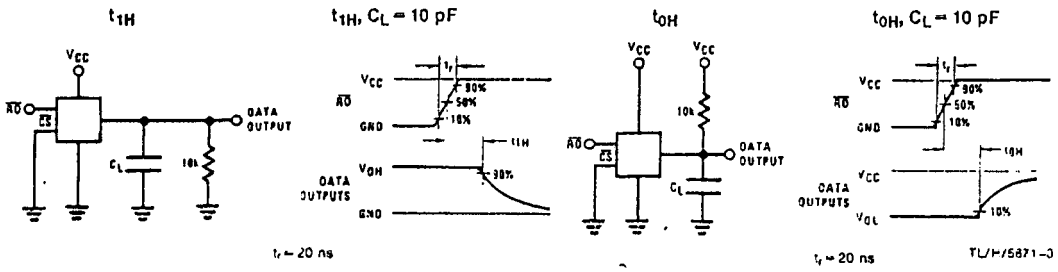
Digitizing a Current Flow



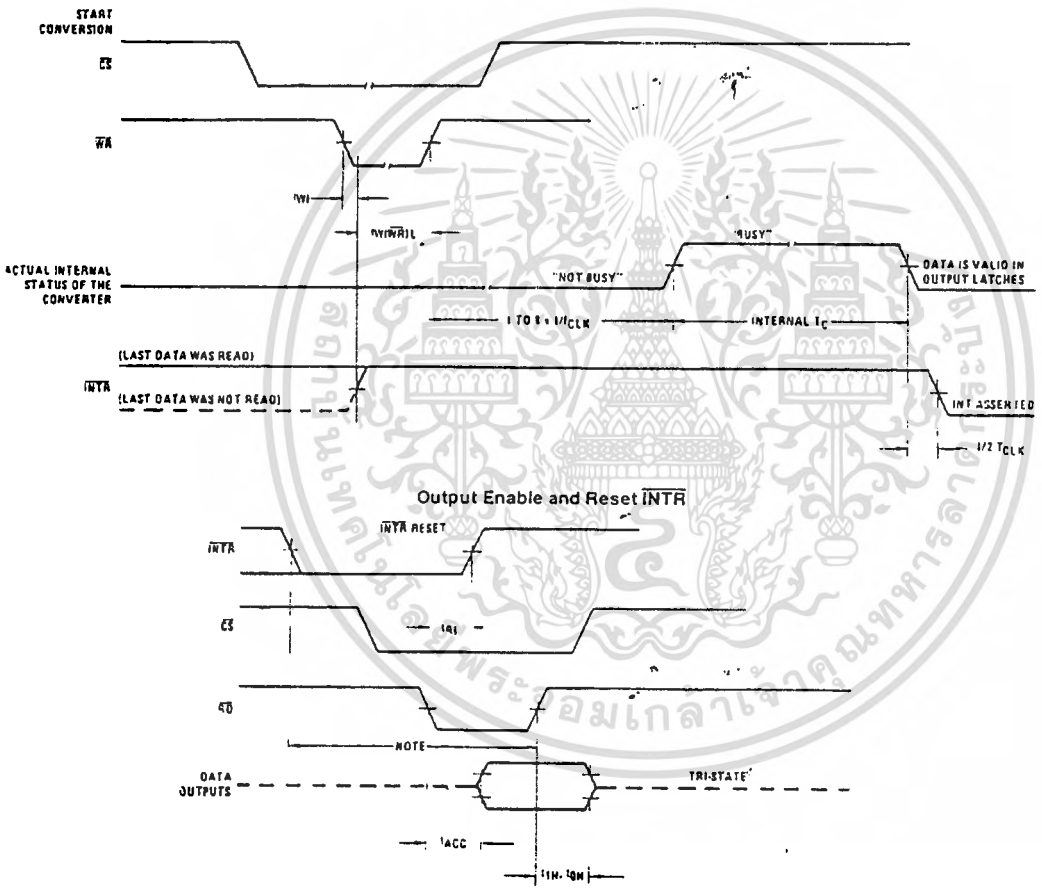
TL/H/5671–6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRI-STATE Test Circuits and Waveforms



Timing Diagrams (All timing is measured from the 50% voltage points)



Output Enable and Reset $\overline{INTR}$

Note. Read strobe must occur 8 clock periods ($8/f_{CLK}$) after assertion of interrupt to guarantee reset of $\overline{INTR}$

TL/H/5671–4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

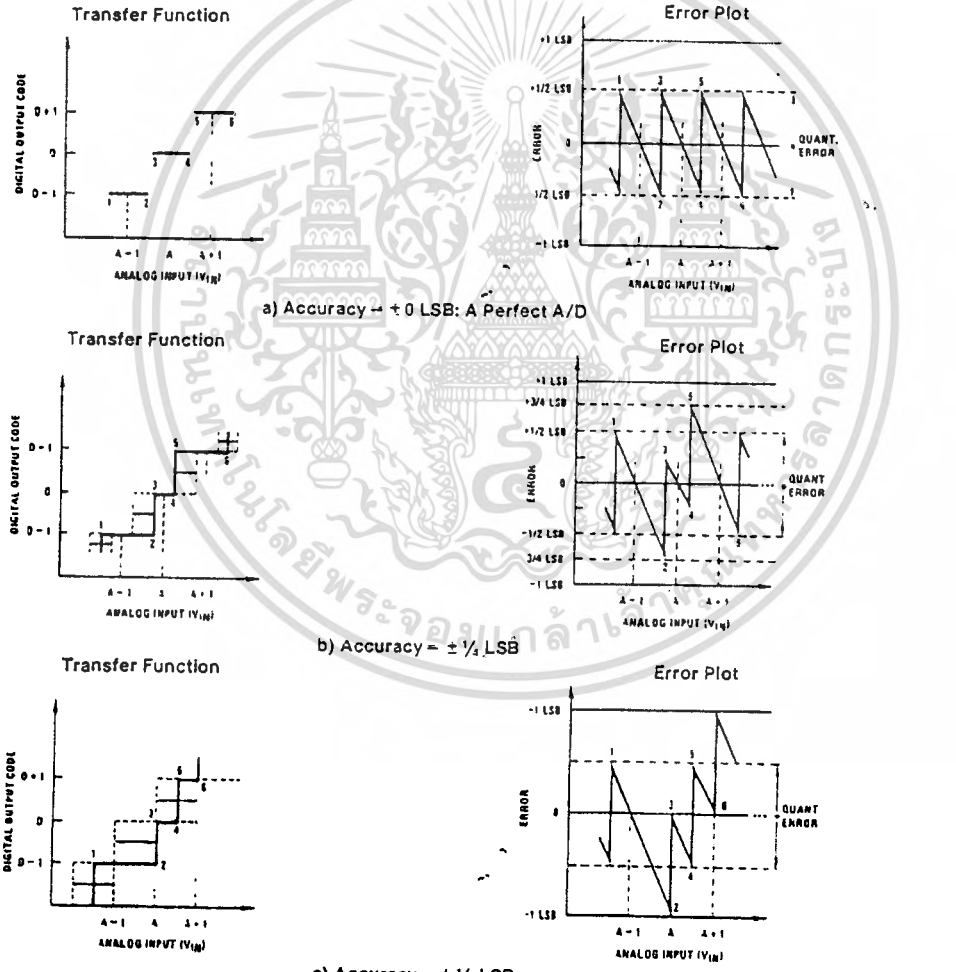
1.0 UNDERSTANDING A/D ERROR SPECS

A perfect A/D transfer characteristic (staircase waveform) is shown in *Figure 1a*. The horizontal scale is analog input voltage and the particular points labeled are in steps of 1 LSB (19.53 mV with 2.5V tied to the $V_{REF}/2$ pin). The digital output codes that correspond to these inputs are shown as D−1, D, and D+1. For the perfect A/D, not only will center-value (A−1, A, A+1, ...) analog inputs produce the correct output digital codes, but also each riser (the transitions between adjacent output codes) will be located ±½ LSB away from each center-value. As shown, the risers are ideal and have no width. Correct digital output codes will be provided for a range of analog input voltages that extend ±½ LSB from the ideal center-values. Each tread (the range of analog input voltage that provides the same digital output code) is therefore 1 LSB wide.

Figure 1b shows a worst case error plot for the ADC0801. All center-valued inputs are guaranteed to produce the correct output codes and the adjacent risers are guaranteed to be no closer to the center-value points than ±¼ LSB. In other words, if we apply an analog input equal to the center-value ±¼ LSB, *we guarantee* that the A/D will produce the correct digital code. The maximum range of the position of the code transition is indicated by the horizontal arrow and it is guaranteed to be no more than ½ LSB.

The error curve of *Figure 1c* shows a worst case error plot for the ADC0802. Here we guarantee that if we apply an analog input equal to the LSB analog voltage center-value the A/D will produce the correct digital code.

Next to each transfer function is shown the corresponding error plot. Many people may be more familiar with error plots than transfer functions. The analog input voltage to the A/D is provided by either a linear ramp or by the discrete output steps of a high resolution DAC. Notice that the error is continuously displayed and includes the quantization uncertainty of the A/D. For example the error at point 1 of *Figure 1a* is +½ LSB because the digital code appeared ½ LSB in advance of the center-value of the tread. The error plots always have a constant negative slope and the abrupt upside steps are always 1 LSB in magnitude.



TL/H/5671-12

FIGURE 1. Clarifying the Error Specs of an A/D Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

After the "1" is clocked through the 8-bit shift register (which completes the SAR search) it appears as the input to the D-type latch, LATCH 1. As soon as this "1" is output from the shift register, the AND gate, G2, causes the new digital word to transfer to the TRI-STATE output latches. When LATCH 1 is subsequently enabled, the Q output makes a high-to-low transition which causes the INTR F/F to set. An inverting buffer then supplies the $\overline{INTR}$ input signal.

Note that this $\overline{SET}$ control of the INTR F/F remains low for 8 of the external clock periods (as the internal clocks run at 1/8 of the frequency of the external clock). If the data output is continuously enabled ($\overline{CS}$ and $\overline{RD}$ both held low), the $\overline{INTR}$ output will still signal the end of conversion (by a high-to-low transition), because the $\overline{SET}$ input can control the Q output of the INTR F/F even though the RESET input is constantly at a "1" level in this operating mode. This $\overline{INTR}$ output will therefore stay low for the duration of the $\overline{SET}$ signal, which is 8 periods of the external clock frequency (assuming the A/D is not started during this interval).

When operating in the free-running or continuous conversion mode ($\overline{INTR}$ pin tied to $\overline{WR}$ and $\overline{CS}$ wired low—see also section 2.8), the START F/F is SET by the high-to-low transition of the $\overline{INTR}$ signal. This resets the SHIFT REGISTER which causes the input to the D-type latch, LATCH 1, to go low. As the latch enable input is still present, the $\overline{Q}$ output will go high, which then allows the INTR F/F to be RESET. This reduces the width of the resulting $\overline{INTR}$ output pulse to only a few propagation delays (approximately 300 ns).

When data is to be read, the combination of both $\overline{CS}$ and $\overline{RD}$ being low will cause the INTR F/F to be reset and the TRI-STATE output latches will be enabled to provide the 8-bit digital outputs.

2.1 Digital Control Inputs

The digital control inputs ($\overline{CS}$, $\overline{RD}$, and $\overline{WR}$) meet standard T^2L logic voltage levels. These signals have been renamed when compared to the standard A/D Start and Output Enable labels. In addition, these inputs are active low to allow an easy interface to microprocessor control busses. For non-microprocessor based applications, the $\overline{CS}$ input (pin 1) can be grounded and the standard A/D Start function is obtained by an active low pulse applied at the $\overline{WR}$ input (pin 3) and the Output Enable function is caused by an active low pulse at the $\overline{RD}$ input (pin 2).

2.2 Analog Differential Voltage Inputs and Common-Mode Rejection

This A/D has additional applications flexibility due to the analog differential voltage input. The $V_{IN}(-)$ input (pin 7) can be used to automatically subtract a fixed voltage value from the input reading (tare correction). This is also useful in 4 mA–20 mA current loop conversion. In addition, common-mode noise can be reduced by use of the differential input.

The time interval between sampling $V_{IN}(+)$ and $V_{IN}(-)$ is 4-1/2 clock periods. The maximum error voltage due to this slight time difference between the input voltage samples is given by:

$$\Delta V_e(MAX) = (V_P)(2\pi f_{cm})\left(\frac{4.5}{f_{CLK}}\right),$$

where:

ΔV_e is the error voltage due to sampling delay

V_P is the peak value of the common-mode voltage

f_{cm} is the common-mode frequency

As an example, to keep this error to 1/4 LSB (~5 mV) when operating with a 60 Hz common-mode frequency, f_{cm}, and using a 640 kHz A/D clock, f_{CLK}, would allow a peak value of the common-mode voltage, V_P, which is given by:

$$V_P = \frac{[\Delta V_{e(MAX)}(f_{CLK})]}{(2\pi f_{cm})(4.5)}$$

or

$$V_P = \frac{(5 \times 10^{-3})(640 \times 10^3)}{(6.28)(60)(4.5)}$$

which gives

$V_P = 1.9V$.

The allowed range of analog input voltages usually places more severe restrictions on input common-mode noise levels.

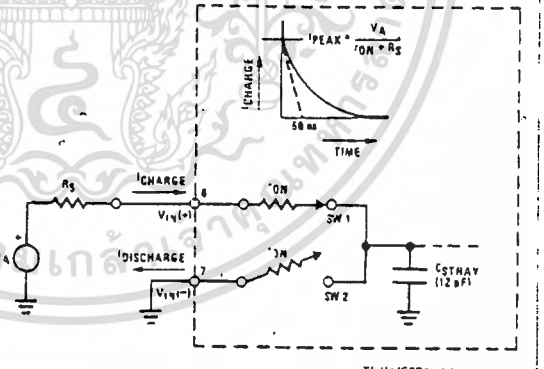
An analog input voltage with a reduced span and a relatively large zero offset can be handled easily by making use of the differential input (see section 2.4 Reference Voltage).

2.3 Analog Inputs

2.3.1 Input Current

Normal Mode

Due to the internal switching action, displacement currents will flow at the analog inputs. This is due to on-chip stray capacitance to ground as shown in *Figure 3*.



TL/H/5671–14

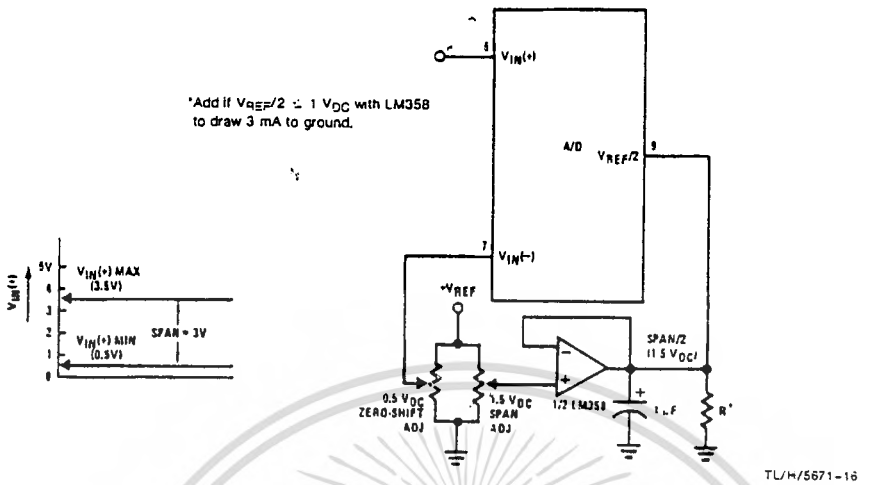
r_{ON} of SW 1 and SW 2 = 5 kΩ

$\tau = r_{ON} C_{STRAY} = 5\ k\Omega \times 12\ pF = 60$ ns

FIGURE 3. Analog Input Impedance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)



a) Analog Input Signal Example

b) Accommodating an Analog Input from 0.5V (Digital Out = 00_{HEX}) to 3.5V (Digital Out = FF_{HEX})

FIGURE 5. Adapting the A/D Analog Input Voltages to Match an Arbitrary Input Signal Range

2.4.2 Reference Accuracy Requirements

The converter can be operated in a ratiometric mode or an absolute mode. In ratiometric converter applications, the magnitude of the reference voltage is a factor in both the output of the source transducer and the output of the A/D converter and therefore cancels out in the final digital output code. The ADC0805 is specified particularly for use in ratiometric applications with no adjustments required. In absolute conversion applications, both the initial value and the temperature stability of the reference voltage are important factors in the accuracy of the A/D converter. For $V_{REF}/2$ voltages of 2.4 V_{DC} nominal value, initial errors of ±10 mV_{DC} will cause conversion errors of ±1 LSB due to the gain of 2 of the $V_{REF}/2$ input. In reduced span applications, the initial value and the stability of the $V_{REF}/2$ input voltage become even more important. For example, if the span is reduced to 2.5V, the analog input LSB voltage value is correspondingly reduced from 20 mV (5V span) to 10 mV and 1 LSB at the $V_{REF}/2$ input becomes 5 mV. As can be seen, this reduces the allowed initial tolerance of the reference voltage and requires correspondingly less absolute change with temperature variations. Note that spans smaller than 2.5V place even tighter requirements on the initial accuracy and stability of the reference source.

In general, the magnitude of the reference voltage will require an initial adjustment. Errors due to an improper value of reference voltage appear as full-scale errors in the A/D transfer function. IC voltage regulators may be used for references if the ambient temperature changes are not excessive. The LM336B 2.5V IC reference diode (from National Semiconductor) has a temperature stability of 1.8 mV typ (6 mV max) over $0°C \leq T_A \leq +70°C$. Other temperature range parts are also available.

2.5 Errors and Reference Voltage Adjustments

2.5.1 Zero Error

The zero of the A/D does not require adjustment. If the minimum analog input voltage value, $V_{IN(MIN)}$, is not ground, a zero offset can be done. The converter can be made to output 0000 0000 digital code for this minimum input voltage by biasing the A/D $V_{IN}(-)$ input at this $V_{IN(MIN)}$ value (see Applications section). This utilizes the differential mode operation of the A/D.

The zero error of the A/D converter relates to the location of the first riser of the transfer function and can be measured by grounding the $V_{IN}(-)$ input and applying a small magnitude positive voltage to the $V_{IN}(+)$ input. Zero error is the difference between the actual DC input voltage that is necessary to just cause an output digital code transition from 0000 0000 to 0000 0001 and the ideal ½ LSB value (½ LSB = 9.8 mV for $V_{REF}/2 = 2.500\ V_{DC}$).

2.5.2 Full-Scale

The full-scale adjustment can be made by applying a differential input voltage that is 1½ LSB less than the desired analog full-scale voltage range and then adjusting the magnitude of the $V_{REF}/2$ input (pin 9 or the V_{CC} supply if pin 9 is not used) for a digital output code that is just changing from 1111 1110 to 1111 1111.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

A single point analog ground that is separate from the logic ground points should be used. The power supply bypass capacitor and the self-clocking capacitor (if used) should both be returned to digital ground. Any $V_{REF}/2$ bypass capacitors, analog input filter capacitors, or input signal shielding should be returned to the analog ground point. A test for proper grounding is to measure the zero error of the A/D converter. Zero errors in excess of ¼ LSB can usually be traced to improper board layout and wiring (see section 2.5.1 for measuring the zero error).

3.0 TESTING THE A/D CONVERTER

There are many degrees of complexity associated with testing an A/D converter. One of the simplest tests is to apply a known analog input voltage to the converter and use LEDs to display the resulting digital output code as shown in *Figure 7*.

For ease of testing, the $V_{REF}/2$ (pin 9) should be supplied with 2.560 V_{DC} and a V_{CC} supply voltage of 5.12 V_{DC} should be used. This provides an LSB value of 20 mV.

If a full-scale adjustment is to be made, an analog input voltage of 5.090 V_{DC} (5.120 − 1½ LSB) should be applied to the $V_{IN}(+)$ pin with the $V_{IN}(-)$ pin grounded. The value of the $V_{REF}/2$ input voltage should then be adjusted until the digital output code is just changing from 1111 1110 to 1111 1111. This value of $V_{REF}/2$ should then be used for all the tests.

The digital output LED display can be decoded by dividing the 8 bits into 2 hex characters, the 4 most significant (MS) and the 4 least significant (LS). Table I shows the fractional binary equivalent of these two 4-bit groups. By adding the voltages obtained from the "VMS" and "VLS" columns in Table I, the nominal value of the digital display (when $V_{REF}/2$ = 2.560V) can be determined. For example, for an output LED display of 1011 0110 or B6 (in hex), the voltage values from the table are 3.520 + 0.120 or 3.640 V_{DC}. These voltage values represent the center-values of a perfect A/D converter. The effects of quantization error have to be accounted for in the interpretation of the test results.

For a higher speed test system, or to obtain plotted data, a digital-to-analog converter is needed for the test set-up. An accurate 10-bit DAC can serve as the precision voltage source for the A/D. Errors of the A/D under test can be expressed as either analog voltages or differences in 2 digital words.

A basic A/D tester that uses a DAC and provides the error as an analog output voltage is shown in *Figure 8*. The 2 op amps can be eliminated if a lab DVM with a numerical subtraction feature is available to read the difference voltage, "A−C", directly. The analog input voltage can be supplied by a low frequency ramp generator and an X-Y plotter can be used to provide analog error (Y axis) versus analog input (X axis).

For operation with a microprocessor or a computer-based test system, it is more convenient to present the errors digitally. This can be done with the circuit of *Figure 9*, where the output code transitions can be detected as the 10-bit DAC is incremented. This provides ¼ LSB steps for the 8-bit A/D under test. If the results of this test are automatically plotted with the analog input on the X axis and the error (in LSB's) as the Y axis, a useful transfer function of the A/D under test results. For acceptance testing, the plot is not necessary and the testing speed can be increased by establishing internal limits on the allowed error for each code.

4.0 MICROPROCESSOR INTERFACING

To dicuss the interface with 8080A and 6800 microprocessors, a common sample subroutine structure is used. The microprocessor starts the A/D, reads and stores the results of 16 successive conversions, then returns to the user's program. The 16 data bytes are stored in 16 successive memory locations. All Data and Addresses will be given in hexadecimal form. Software and hardware details are provided separately for each type of microprocessor.

4.1 Interfacing 8080 Microprocessor Derivatives (8048, 8085)

This converter has been designed to directly interface with derivatives of the 8080 microprocessor. The A/D can be mapped into memory space (using standard memory address decoding for $\overline{CS}$ and the $\overline{MEMR}$ and $\overline{MEMW}$ strobes) or it can be controlled as an I/O device by using the $\overline{I/O\ R}$ and $\overline{I/O\ W}$ strobes and decoding the address bits A0 → A7 (or address bits A8 → A15 as they will contain the same 8-bit address information) to obtain the $\overline{CS}$ input. Using the I/O space provides 256 additional addresses and may allow a simpler 8-bit address decoder but the data can only be input to the accumulator. To make use of the additional memory reference instructions, the A/D should be mapped into memory space. An example of an A/D in I/O space is shown in *Figure 10*.

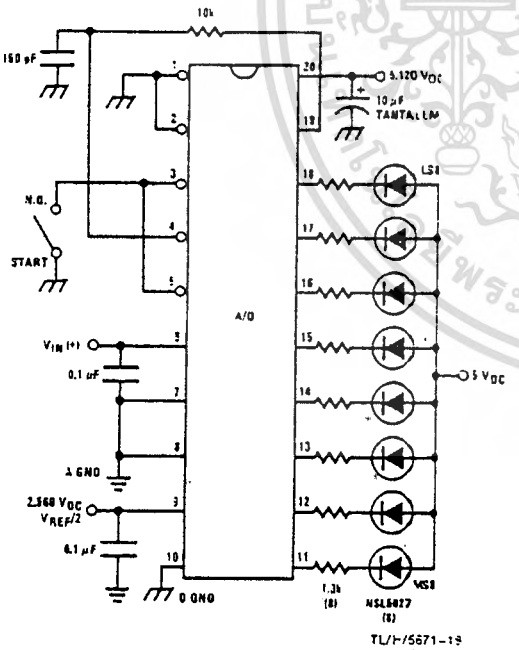
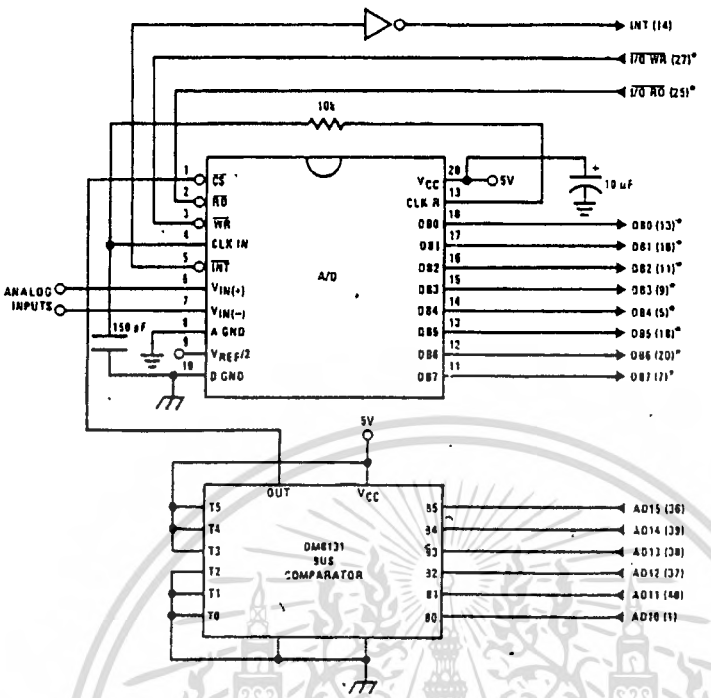


FIGURE 7. Basic A/D Tester

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)



TL/H/5671–20

Note 1: *Pin numbers for the DP8228 system controller, others are INS8080A

Note 2: Pin 23 of the INS8228 must be tied to +12V through a 1 kΩ resistor to generate the RST 7 instruction when an interrupt is acknowledged as required by the accompanying sample program.

FIGURE 10. ADC0801–INS8080A CPU Interface

SAMPLE PROGRAM FOR *FIGURE 10* ADC0801–INS8080A CPU INTERFACE

```
0038    C3 00 03    RST 7:          JMP     LD DATA
  •       •           •
  •       •           •
0100    21 00 02    START:          LXI H 0200H         ;HL pair will point to
                                                        ;data storage locations
0103    31 00 04    RETURN:         LXI SP 0400H        ;Initialize stack pointer (Note 1)
0106    7D                          MOV A, L            ;Test # of bytes entered
0107    FE 0F                       CPI 0FH             ;If # = 16, JMP to
0109    CA 13 01                    JZ CONT             ;user program
010C    D3 E0                       OUT E0 H            ;Start A/D
010E    FB                          EI                  ;Enable interrupt
010F    00          LOOP:           NOP                 ;Loop until end of
0110    C3 0F 01                    JMP LOOP            ;conversion
0113      •         CONT:             •
  •       •           •               •
  •       •         (User program to  •
  •       •         process data)     •
  •       •           •               •
  •       •           •               •
0300    DB E0       LD DATA:        IN E0 H             ;Load data into accumulator
0302    77                          MOV M, A            ;Store data
0303    23                          INX H               ;Increment storage pointer
0304    C3 03 01                    JMP RETURN
```

Note 1: The stack pointer must be dimensioned because a RST 7 instruction pushes the PC onto the stack

Note 2: All address used were arbitrarily chosen.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

4.2 Interfacing the Z-80

The Z-80 control bus is slightly different from that of the 8080. General $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ strobes are provided and separate memory request, $\overline{MREQ}$, and I/O request, $\overline{IORQ}$, signals are used which have to be combined with the generalized strobes to provide the equivalent 8080 signals. An advantage of operating the A/D in I/O space with the Z-80 is that the CPU will automatically insert one wait state (the $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ strobes are extended one clock period) to allow more time for the I/O devices to respond. Logic to map the A/D in I/O space is shown in *Figure 13*.

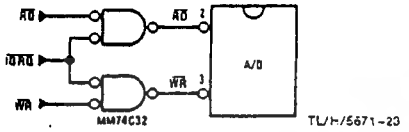


FIGURE 13. Mapping the A/D as an I/O Device for Use with the Z-80 CPU

Additional I/O advantages exist as software DMA routines are available and use can be made of the output data transfer which exists on the upper 8 address lines (A8 to A15) during I/O input instructions. For example, MUX channel selection for the A/D can be accomplished with this operating mode.

4.3 Interfacing 6800 Microprocessor Derivatives (6502, etc.)

The control bus for the 6800 microprocessor derivatives does not use the $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ strobe signals. Instead it employs a single R/$\overline{W}$ line and additional timing, if needed, can be derived fom the $\phi 2$ clock. All I/O devices are memory mapped in the 6800 system, and a special signal, VMA, indicates that the current address is valid. *Figure 14* shows an interface schematic where the A/D is memory mapped in the 6800 system. For simplicity, the $\overline{CS}$ decoding is shown using ½ DM8092. Note that in many 6800 systems, an already decoded $\overline{475}$ line is brought out to the common bus at pin 21. This can be tied directly to the $\overline{CS}$ pin of the A/D, provided that no other devices are addressed at HX ADDR: 4XXX or 5XXX.

The following subroutine performs essentially the same function as in the case of the 8080A interface and it can be called from anywhere in the user's program.

In *Figure 15* the ADC0801 series is interfaced to the M6800 microprocessor through (the arbitrarily chosen) Port B of the MC6820 or MC6821 Peripheral Interface Adapter, (PIA). Here the $\overline{CS}$ pin of the A/D is grounded since the PIA is already memory mapped in the M6800 system and no $\overline{CS}$ decoding is necessary. Also notice that the A/D output data lines are connected to the microprocessor bus under program control through the PIA and therefore the A/D $\overline{RD}$ pin can be grounded.

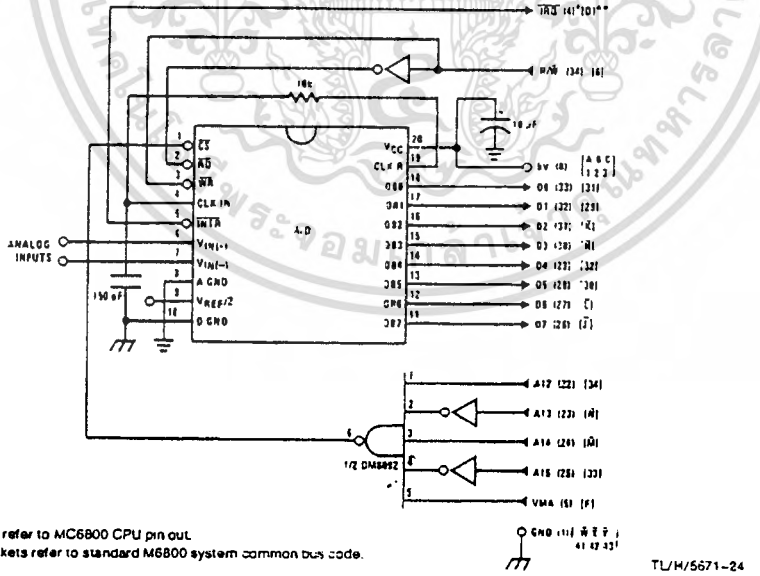
A sample interface program equivalent to the previous one is shown below *Figure 15*. The PIA Data and Control Registers of Port B are located at HEX addresses 8006 and 8007, respectively.

5.0 GENERAL APPLICATIONS

The following applications show some interesting uses for the A/D. The fact that one particular microprocessor is used is not meant to be restrictive. Each of these application circuits would have its counterpart using any microprocessor that is desired.

5.1 Multiple ADC0801 Series to MC6800 CPU Interface

To transfer analog data from several channels to a single microprocessor system, a multiple converter scheme presents several advantages over the conventional multiplexer single-converter approach. With the ADC0801 series, the differential inputs allow individual scan adjustment for each channel. Furthermore, all analog input channels are sensed simultaneously, which essentially divides the microprocessor's total system servicing time by the number of channels, since all conversions occur simultaneously. This scheme is shown in *Figure 16*



Note 1: Numbers in parentheses refer to MC6800 CPU pin out.
Note 2: Number or letters in brackets refer to standard M6800 system common bus code.

FIGURE 14. ADC0801-MC6800 CPU Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

SAMPLE PROGRAM FOR *FIGURE 15* ADC0801–MC6820 PIA INTERFACE

```
0010   CE 00 38      DATAIN   LDX    #$0038      ; Upon IRQ low CPU
0013   FF FF F8               STX    $FFF8       ; jumps to 0038
0016   B6 80 06               LDAA   PIAORB      ; Clear possible IRQ flags
0019   4F                     CLRA
001A   B7 80 07               STAA   PIACRB
001D   B7 80 06               STAA   PIAORB      ; Set Port B as input
0020   0E                     CLI
0021   C6 34                  LDAB   #$34
0023   86 3D                  LDAA   #$3D
0025   F7 80 07      CONVRT   STAB   PIACRB      ; Starts ADC0801
0028   B7 80 07               STAA   PIACRB
002B   3E                     WAI                ; Wait for interrupt
002C   DE 40                  LDX    TEMP1
002E   8C 02 0F               CPX    #$020F      ; Is final data stored?
0031   27 0F                  BEQ    ENDP
0033   08                     INX
0034   DF 40                  STX    TEMP1
0036   20 ED                  BRA    CONVRT
0038   DE 40      INTRPT   LDX    TEMP1
003A   B6 80 06               LDAA   PIAORB      ; Read data in
003D   A7 00                  STAA   X           ; Store it at X
003F   3B                     RTI
0040   02 00      TEMP1    FDB    $0200       ; Starting address for
                                                ; data storage
0042   CE 02 00    ENDP     LDX    #$0200      ; Reinitialize TEMP1
0045   DF 40                  STX    TEMP1
0047   39                     RTS                ; Return from subroutine
                  PIAORB   EQU    $8006       ; To user's program
                  PIACRB   EQU    $8007
```

The following schematic and sample subroutine (DATA IN) may be used to interface (up to) 8 ADC0801's directly to the MC6800 CPU. This scheme can easily be extended to allow the interface of more converters. In this configuration the converters are (arbitrarily) located at HEX address 5000 in the MC6800 memory space. To save components, the clock signal is derived from just one RC pair on the first converter. This output drives the other A/Ds.

All the converters are started simultaneously with a STORE instruction at HEX address 5000. Note that any other HEX address of the form 5XXX will be decoded by the circuit, pulling all the $\overline{CS}$ inputs low. This can easily be avoided by using a more definitive address decoding scheme. All the interrupts are ORed together to insure that all A/Ds have completed their conversion before the microprocessor is interrupted.

The subroutine, DATA IN, may be called from anywhere in the user's program. Once called, this routine initializes the CPU, starts all the converters simultaneously and waits for the interrupt signal. Upon receiving the interrupt, it reads the converters (from HEX addresses 5000 through 5007) and stores the data successively at (arbitrarily chosen) HEX addresses 0200 to 0207, before returning to the user's program. All CPU registers then recover the original data they had before servicing DATA IN.

5.2 Auto-Zeroed Differential Transducer Amplifier and A/D Converter

The differential inputs of the ADC0801 series eliminate the need to perform a differential to single ended conversion for a differential transducer. Thus, one op amp can be eliminated since the differential to single ended conversion is provided by the differential input of the ADC0801 series. In general, a transducer preamp is required to take advantage of the full A/D converter input dynamic range.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

SAMPLE PROGRAM FOR *FIGURE 16* INTERFACING MULTIPLE A/Ds IN AN MC6800 SYSTEM

```
ADDRESS   HEX CODE      MNEMONICS                COMMENTS
0033      A7 00         STAA   X                 ; Store data at X
0035      8C 02 07      CPX    #$0207            ; Have all A/D's been read?
0038      27 05         BEQ    RETURN            ; Yes: branch to RETURN
003A      08            INX                      ; No: increment X by one
003B      DF 42         STX    INDEX2            ; X → INDEX2
003D      20 EB         BRA    INTRPT            ; Branch to 002A
003F      3B      RETURN RTI
0040      50 00   INDEX1 FDB    $5000             ; Starting address for A/D
0042      02 00   INDEX2 FDB    $0200             ; Starting address for data storage
0044      00 00   TEMP  FDB     $0000
```

Note 1: In order for the microprocessor to service subroutines and interrupts, the stack pointer must be dimensioned in the user's program.

For amplification of DC input signals, a major system error is the input offset voltage of the amplifiers used for the preamp. *Figure 17* is a gain of 100 differential preamp whose offset voltage errors will be cancelled by a zeroing subroutine which is performed by the INS8080A microprocessor system. The total allowable input offset voltage error for this preamp is only 50 μV for ¼ LSB error. This would obviously require very precise amplifiers. The expression for the differential output voltage of the preamp is:

$$V_O = \underbrace{[V_{IN}(+) - V_{IN}(-)]}_{\text{SIGNAL}} \underbrace{\left[1 + \frac{2R2}{R1}\right]}_{\text{GAIN}} +$$

$$\underbrace{(V_{OS_2} - V_{OS_1} - V_{OS_3} \pm I_X R_X)}_{\text{DC ERROR TERM}} \underbrace{\left(1 + \frac{2R2}{R1}\right)}_{\text{GAIN}}$$

where I_X is the current through resistor R_X. All of the offset error terms can be cancelled by making $\pm I_X R_X = V_{OS1} + V_{OS3} - V_{OS2}$. This is the principle of this auto-zeroing scheme.

The INS8080A uses the 3 I/O ports of an INS8255 Programable Peripheral Interface (PPI) to control the auto zeroing and input data from the ADC0801 as shown in *Figure 18*. The PPI is programmed for basic I/O operation (mode 0) with Port A being an input port and Ports B and C being output ports. Two bits of Port C are used to alternately open or close the 2 switches at the input of the preamp. Switch SW1 is closed to force the preamp's differential input to be zero during the zeroing subroutine and then opened and SW2 is then closed for conversion of the actual differential input signal. Using 2 switches in this manner eliminates concern for the ON resistance of the switches as they must conduct only the input bias current of the input amplifiers.

Output Port B is used as a successive approximation register by the 8080 and the binary scaled resistors in series with each output bit create a D/A converter. During the zeroing subroutine, the voltage at V_X increases or decreases as required to make the differential output voltage equal to zero. This is accomplished by ensuring that the voltage at the output of A1 is approximately 2.5V so that a logic "1" (5V) on any output of Port B will source current into node V_X thus raising the voltage at V_X and making the output differential more negative. Conversely, a logic "0" (0V) will pull current out of node V_X and decrease the voltage, causing the differential output to become more positive. For the resistor values shown, V_X can move ±12 mV with a resolution of 50 μV, which will null the offset error term to ¼ LSB of full-scale for the ADC0801. It is important that the voltage levels that drive the auto-zero resistors be constant. Also, for symmetry, a logic swing of 0V to 5V is convenient. To achieve this, a CMOS buffer is used for the logic output signals of Port B and this CMOS package is powered with a stable 5V source. Buffer amplifier A1 is necessary so that it can source or sink the D/A output current.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A flow chart for the zeroing subroutine is shown in *Figure 19*. It must be noted that the ADC0801 series will output an all zero code when it converts a negative input [$V_{IN}(-) \geq V_{IN}(+)$]. Also, a logic inversion exists as all of the I/O ports are buffered with inverting gates.

Basically, if the data read is zero, the differential output voltage is negative, so a bit in Port B is cleared to pull V_X more negative which will make the output more positive for the next conversion. If the data read is not zero, the output voltage is positive so a bit in Port B is set to make V_X more positive and the output more negative. This continues for 8 approximations and the differential output eventually converges to within 5 mV of zero.

The actual program is given in *Figure 20*. All addresses used are compatible with the BLC 80/10 microcomputer system. In particular:

Port A and the ADC0801 are at port address E4

Port B is at port address E5

Port C is at port address E6

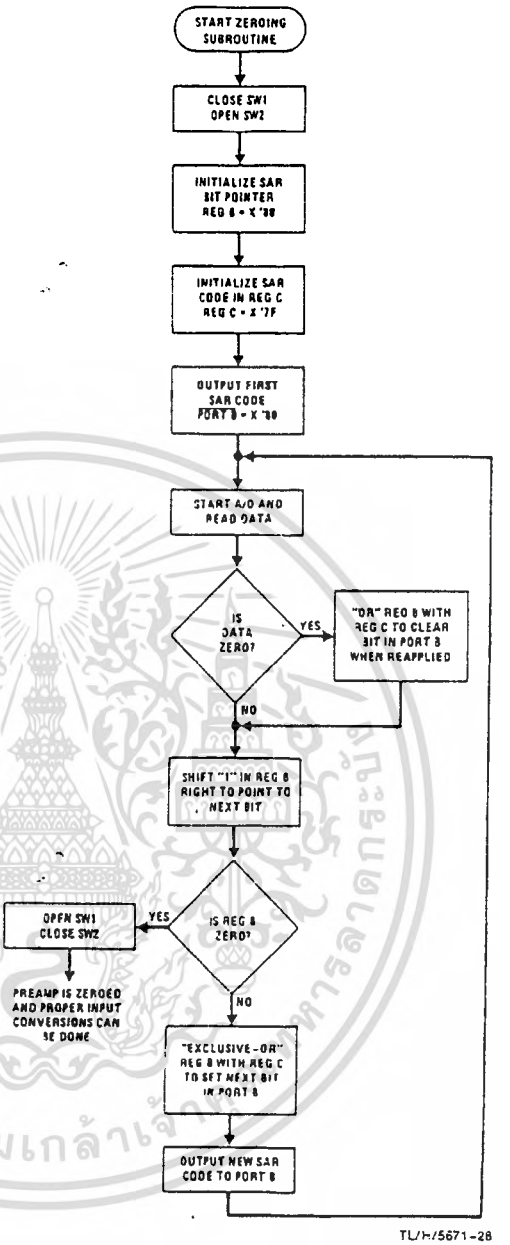
PPI control word port is at port address E7

Program Counter automatically goes to ADDR:3C3D upon acknowledgement of an interrupt from the ADC0801

5.3 Multiple A/D Converters in a Z-80 Interrupt Driven Mode

In data acquisition systems where more than one A/D converter (or other peripheral device) will be interrupting program execution of a microprocessor, there is obviously a need for the CPU to determine which device requires servicing. *Figure 21* and the accompanying software is a method of determining which of 7 ADC0801 converters has completed a conversion ($\overline{INTR}$ asserted) and is requesting an interrupt. This circuit allows starting the A/D converters in any sequence, but will input and store valid data from the converters with a priority sequence of A/D 1 being read first, A/D 2 second, etc., through A/D 7 which would have the lowest priority for data being read. Only the converters whose INT is asserted will be read.

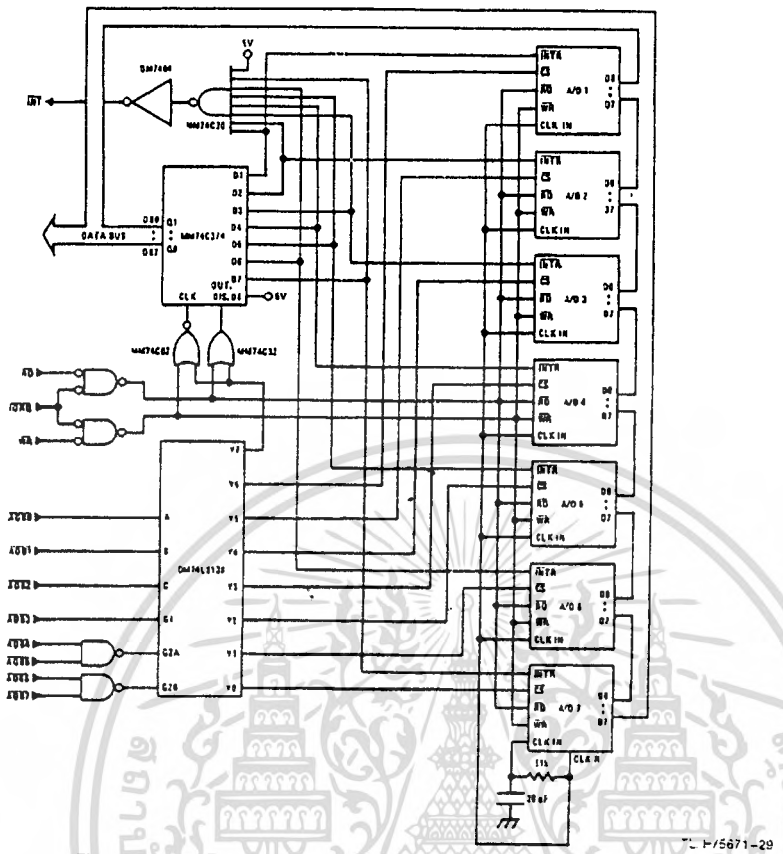
The key to decoding circuitry is the DM74LS373, 8-bit D type flip-flop. When the Z-80 acknowledges the interrupt, the program is vectored to a data input Z-80 subroutine. This subroutine will read a peripheral status word from the DM74LS373 which contains the logic state of the $\overline{INTR}$ outputs of all the converters. Each converter which initiates an interrupt will place a logic "0" in a unique bit position in the status word and the subroutine will determine the identity of the converter and execute a data read. An identifier word (which indicates which A/D the data came from) is stored in the next sequential memory location above the location of the data so the program can keep track of the identity of the data entered.



TL/H/5671-28

FIGURE 19. Flow Chart for Auto-Zero Routine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TL/F/5671–29

FIGURE 21. Multiple A/Ds with Z-80 Type Microprocessor

INTERRUPT SERVICING SUBROUTINE

LOC	OBJ CODE		SOURCE STATEMENT	COMMENT
0038	E5		PUSH HL	;Save contents of all registers affected by
0039	C5		PUSH BC	;this subroutine.
003A	F5		PUSH AF	;Assumed INT mode 1 earlier set.
003B	21 00 3E		LD (HL),X3E00	;Initialize memory pointer where data will be stored.
003E	0E 01		LD C, X01	;C register will be port ADDR of A/D converters.
0040	D300		OUT X00, A	;Load peripheral status word into 8-bit latch.
0042	DB00		IN A, X00	;Load status word into accumulator.
0044	47		LD B,A	;Save the status word.
0045	79	TEST	LD A,C	;Test to see if the status of all A/D's have
0046	FE 08		CP, X08	;been checked. If so, exit subroutine
0048	CA 60 00		JPZ, DONE	
004B	78		LD A,B	;Test a single bit in status word by looking for
004C	1F		RRA	;a "1" to be rotated into the CARRY (an $\overline{INT}$
004D	47		LD B,A	;is loaded as a "1"). If CARRY is set then load
004E	DA 5500		JPC, LOAD	;contents of A/D at port ADDR in C register.
0051	0C	NEXT	INC C	;If CARRY is not set, increment C register to point
0052	C3 4500		JP,TEST	;to next A/D, then test next bit in status word.
0055	ED 78	LOAD	IN A, (C)	;Read data from interrupting A/D and invert
0057	EE FF		XOR FF	;the data.
0059	77		LD (HL),A	;Store the data
005A	2C		INC L	
005B	71		LD (HL),C	;Store A/D identifier (A/D port ADDR).
005C	2C		INC L	
005D	C3 51 00		JP,NEXT	;Test next bit in status word.
0060	F1	DONE	POP AF	;Re-establish all registers as they were
0061	C1		POP BC	;before the interrupt.
0062	E1		POP HL	
0063	C9		RET	;Return to original program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

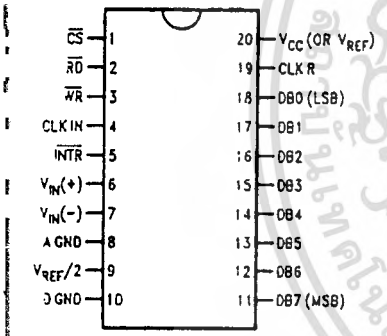
Ordering Information

TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	−40°C TO +85°C
ERROR	±¼ Bit Adjusted				ADC0801LCN
	±½ Bit Unadjusted	ADC0802LCWM	ADC0802LCV		ADC0802LCN
	±½ Bit Adjusted	ADC0803LCWM	ADC0803LCV		ADC0803LCN
	±1Bit Unadjusted	ADC0804LCWM	ADC0804LCV	ADC0804LCN	ADC0805LCN
PACKAGE OUTLINE		M20B—Small Outline	V20A—Chip Carrier	N20A—Molded DIP	

TEMP RANGE		−40°C TO +85°C	−55°C TO +125°C
ERROR	±¼ Bit Adjusted	ADC0801LCJ	ADC0801LJ
	±½ Bit Unadjusted	ADC0802LCJ	ADC0802LJ,
	±½ Bit Adjusted	ADC0803LCJ	ADC0802LJ/883
	±1Bit Unadjusted	ADC0804LCJ	
PACKAGE OUTLINE		J20A—Cavity DIP	J20A—Cavity DIP

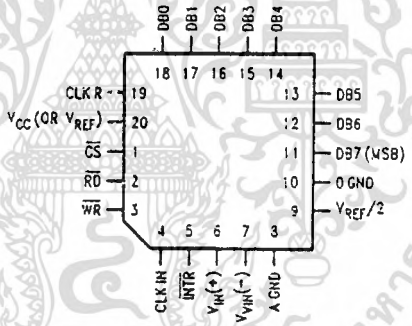
Connection Diagrams

ADC080X
Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



TL/H/5671–30

ADC080X
Molded Chip Carrier (PCC) Package



TL/H/5671–32

See Ordering Information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMIC

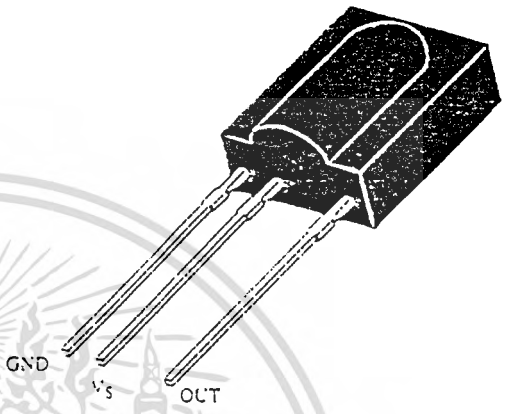
TELEFUNKEN Semiconductors

TFMS 5..0

Photo Modules for PCM Remote Control Systems

Available types for different carrier frequencies

Type	f_0	Type	f_0
TFMS 5300	30 kHz	TFMS 5330	33 kHz
TFMS 5360	36 kHz	TFMS 5370	36.7 kHz
TFMS 5380	38 kHz	TFMS 5400	40 kHz
TFMS 5560	56 kHz		



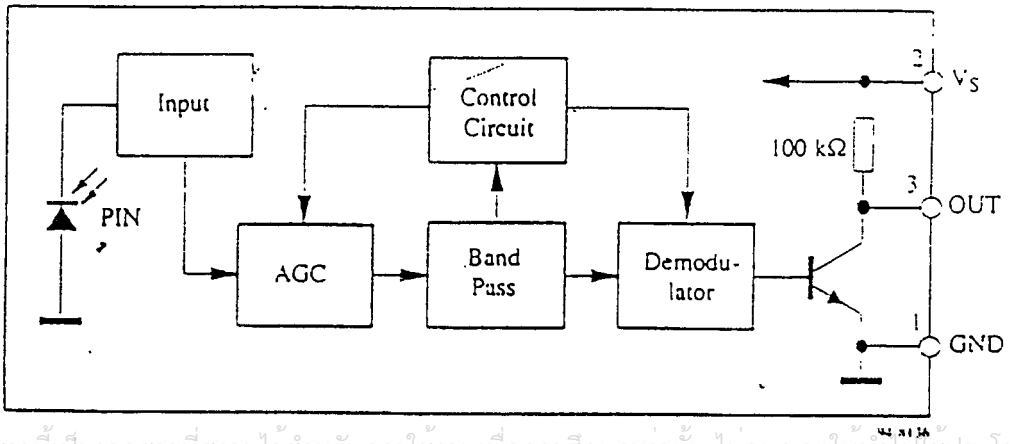
Description

The TFMS 5..0 – series are miniaturized receivers for infrared remote control systems. PIN diode and preamplifier are assembled on lead frame, the epoxy package is designed as IR filter.
The demodulated output signal can directly be decoded by a microprocessor. The main benefit is the reliable function even in disturbed ambient and the protection against uncontrolled output pulses.

Features

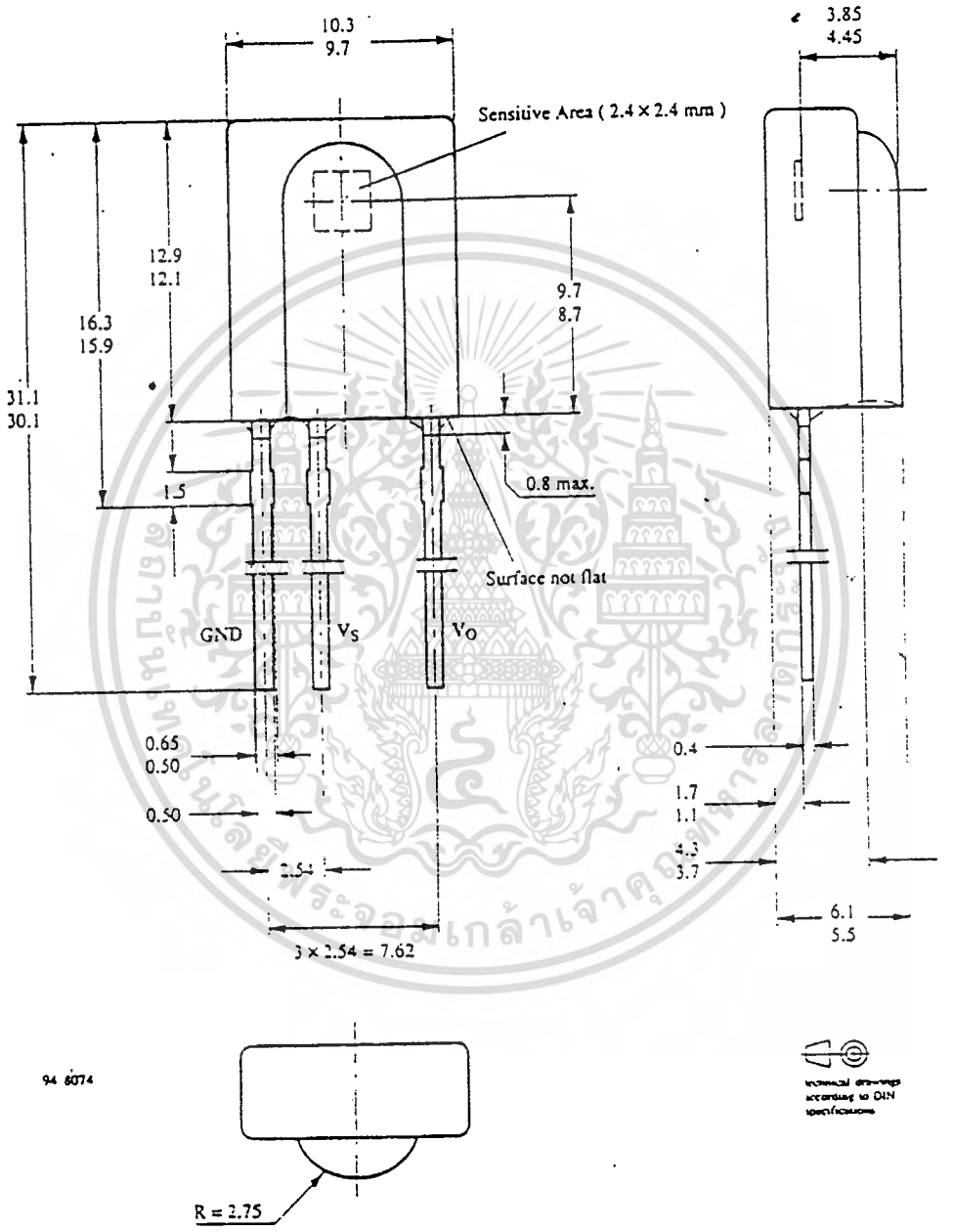
- Photo detector and preamplifier in one package
- Output active low. (active high modules: TFMS 5..9)
- Internal filter for PCM frequency
- High immunity against ambient light
- Improved shielding against electric field disturbance
- 5 Volt supply voltage, low power consumption
- TTL and CMOS compatibility
- Continuous transmission possible ($t_{pi}/T \leqq 0.4$)

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dimensions in mm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TFMS 5..0

Absolute Maximum Ratings

T_{amb} = 25°C

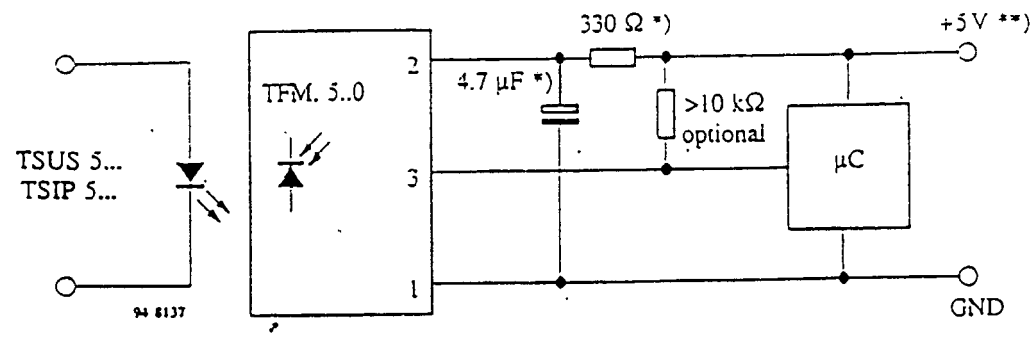
Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	(Pin 2)	V_S	–0.3...6.0	V
Supply Current	(Pin 2)	I_S	5	mA
Output Voltage	(Pin 3)	V_O	–0.3...6.0	V
Output Current	(Pin 3)	I_O	5	mA
Junction Temperature		T_j	100	°C
Storage Temperature Range		T_{stg}	–25...+85	°C
Operating Temperature Range		T_{amb}	–25...+85	°C
Power Consumption	(T_{amb} ≦ 85 °C)	P_{tot}	50	mW
Soldering Temperature	t ≦ 10 s, 1 mm from case	T_{sd}	260	°C

Basic Characteristics

T_{amb} = 25°C

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Current (Pin 2)	V_S = 5 V, E_v = 0	I_{SD}	0.4	0.5	0.8	mA
Supply Current (Pin 2)	V_S = 5 V, E_v = 40 klx, sunlight	I_{SH}		1.0		mA
Transmission Distance	E_v = 0, Test signal (see Fig.7), IR diode TSIP5201, I_F = 1.5 A	d		35		m
Output Voltage Low (Pin 3)	I_{OSL} = 0.5 mA, E_e = 0.5 mW/m², f = f_o, t_p/T = 0.4	V_{OSL}			250	mV
Irradiance	Pulse width tolerance: $t_{po}=t_{pi}\pm160\mu s$, Test signal (see Fig.7)	$E_{e\,min}$		0.3	0.5	mW/m²
Irradiance		$E_{e\,max}$	20			W/m²
Directivity	Angle of half transmission distance	$\varphi_{1/2}$		±55		deg

Application Circuit



*) only necessary to supress power supply disturbances
**) tolerated supply voltage range : 4.5 V < V_S < 5.5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics (T_{amb} = 25°C unless otherwise specified)

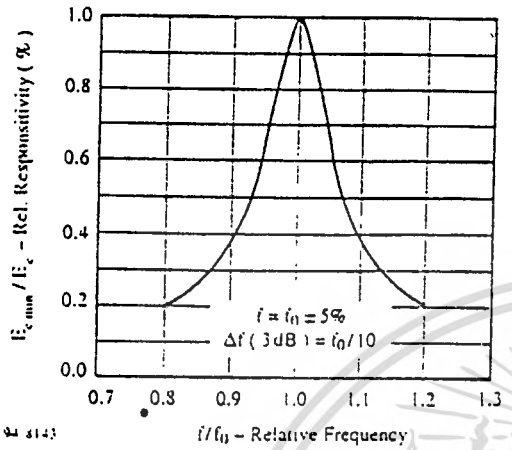


Figure 1 : Frequency Dependence of Responsivity

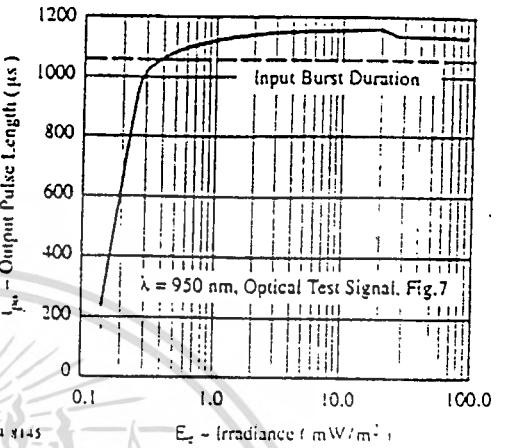


Figure 2 : Sensitivity in Dark Ambient

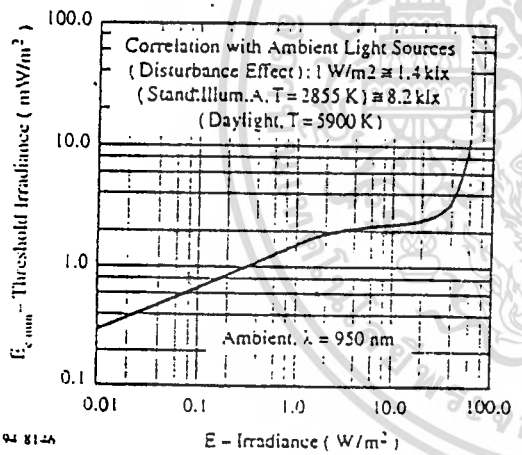


Figure 3 : Sensitivity in Bright Ambient

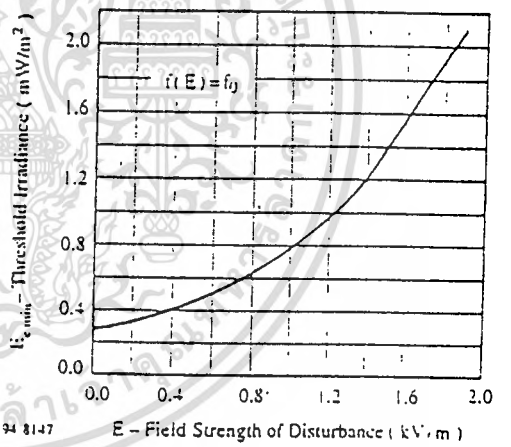


Figure 4 : Sensitivity vs. Electric Field Disturbances

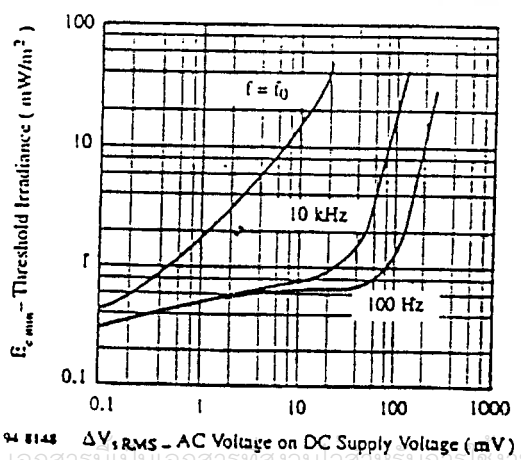


Figure 5 : Sensitivity vs. Supply Voltage Disturbances

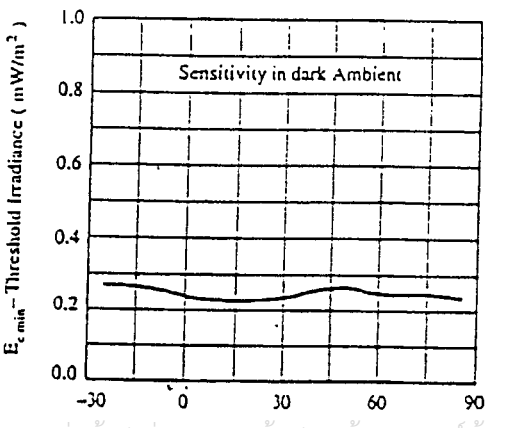
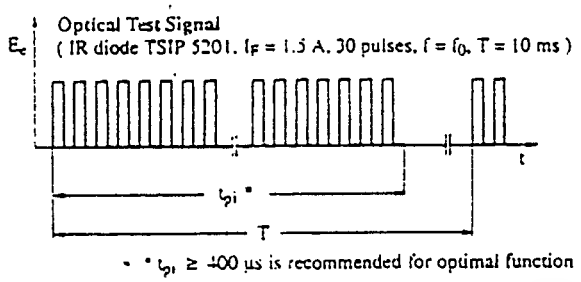
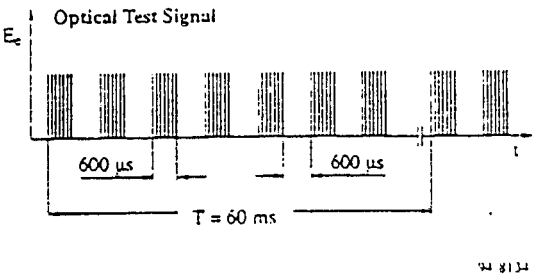


Figure 6 : Sensitivity vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



* $t_{pi} \geq 400\ \mu s$ is recommended for optimal function



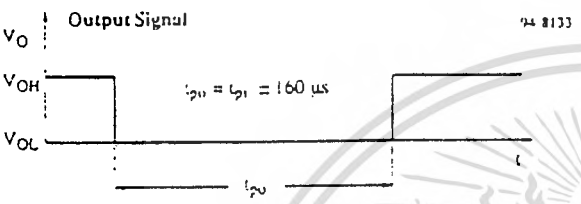


Figure 7 : Output Function

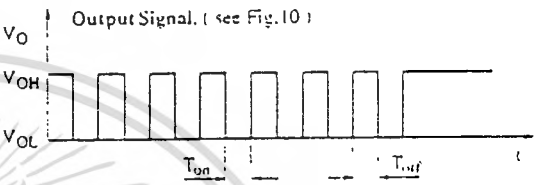


Figure 8 :

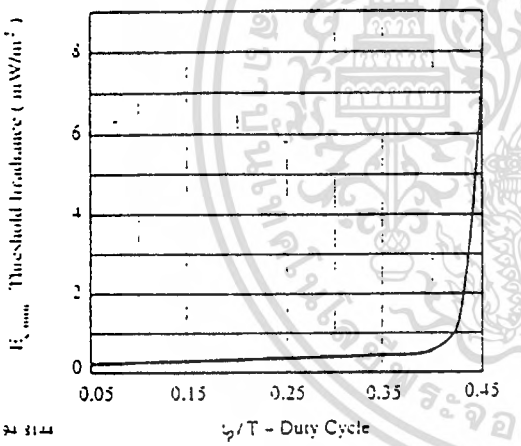


Figure 9 : Sensitivity vs. Duty Cycle

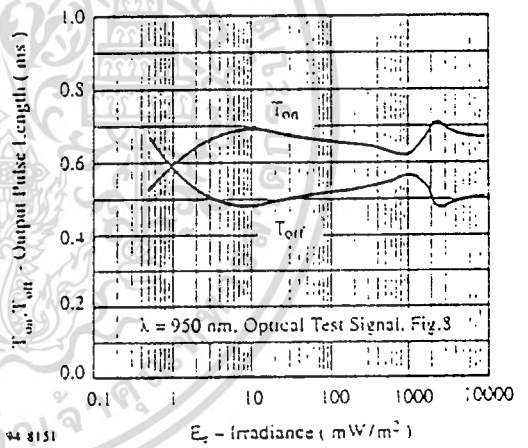


Figure 10 : Output Pulse Diagram

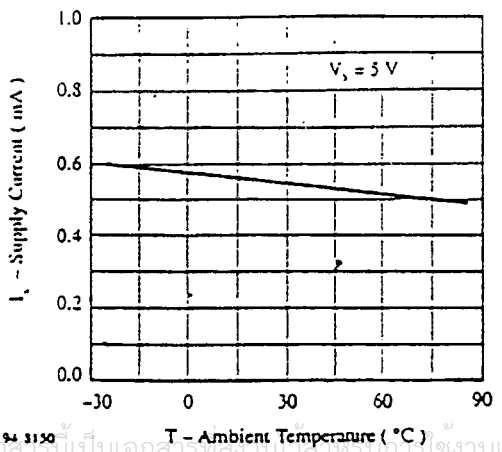


Figure 11 : Supply Current vs. Temperature

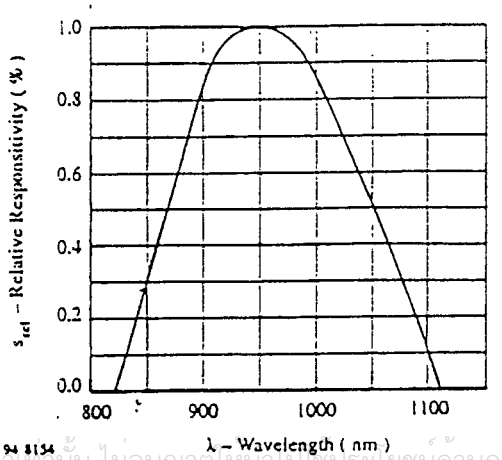


Figure 12 : Spectral Responce

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

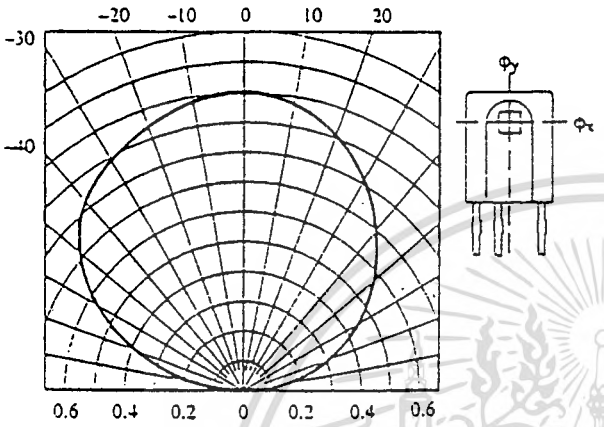


Figure 13 : Vertical Directivity φ_Y

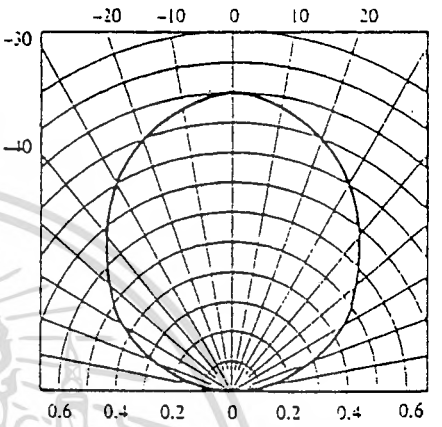
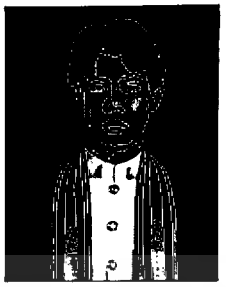


Figure 14 : Horizontal Directivity φ_X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

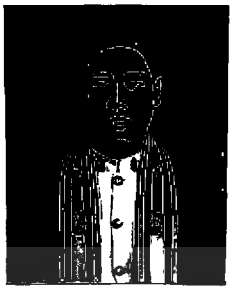
ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายไมตรี นิ่มสุข
วันเดือนปีเกิด	20 กรกฎาคม 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดปทุมธานี
ภูมิลำเนาเดิม	79 หมู่ 1 ตำบลบ้านนา อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก 26110
ที่อยู่ปัจจุบัน	333 หมู่ 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
โทรศัพท์	(037)323480
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านคลอง 14
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านนา นายกพิทยากร
	โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคนครนายก
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคนครนายก
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	ความขี้เกียจไม่ใช่เหตุผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายรวิภาส ไกรยูรเสน
วันเดือนปีเกิด	11 ธันวาคม 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดบุรีรัมย์
ภูมิลำเนาเดิม	97/2 ถนนหลักเมือง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ 31000
ที่อยู่ปัจจุบัน	261/141 ถนนอ่อนนุช ตำบลทับยาว เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520
โทรศัพท์	(044)612-252

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลบุรีรัมย์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คติพจน์

ผู้แพ้มองเห็นปัญหาทุกครั้งที่มีโอกาส
ผู้ชนะมองเห็นโอกาสทุกครั้งที่พบปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นางสาวรักษฎาภรณ์ รักวาทิน
วันเดือนปีเกิด	26 กรกฎาคม พ.ศ.2519
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดนนทบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	124/305 ถนนติวานนท์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
โทรศัพท์	(02)588-0064
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนประสาทพร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัยนนทบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	ทำทุกสิ่งทุกอย่างให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายรุ่งโรจน์ ยินดีทิพย์
วันเดือนปีเกิด	1 สิงหาคม พ.ศ.2518
สถานที่เกิด	จังหวัดนนทบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดนนทบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	85/2 ถนนติวานนท์ ตำบลท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
โทรศัพท์	(02)951-1898
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนชลประทานวิทยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนชลประทานวิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	อย่าคิดไกลเกินตัว อย่าคิดกลัวเกินใจ อย่าคิดไปเกินจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. อาภรณ์ เก่งพล และดร.โอซามุ นิชิโนะ. "เครื่องวัดและการวัดทางไฟฟ้า", สักนักพิมพ์ดวงกมล, พ.ศ. 2537

2. ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ และทินกร ดุ๊ก. "การสื่อสารข้อมูล", สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, พ.ศ. 2536

3. น.ต.ดร.ไพศาล สงวนหมู่ และรศ.ยืน ภู่วรวรรณ. "การสื่อสารข้อมูลและไมโครคอมพิวเตอร์เน็ตเวอร์ค". บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, พ.ศ. 2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้