สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

COMPUTER INTERFACING DIGITAL WATT METER

ดิจิตอลวัตต์มิเตอร์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

โดย

นายเกรียงไกร	ชมภูพันธุ์	43015762
นายธัญญะ	ยังโหมด	43015773
นายเอกอนันต์	ทินสมุทร	43015798

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50401
วัน,เดือน,ปี 13 พ.ค. 2547

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER INTERFACING DIGITAL WATT METER

BY

MR. KRIENGKRAI CHOMPOOPAN 43015762

MR. TUNYA YUNGMODE 43015773

MR. EAKANUN TINSAMUT 43015798

PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE BACHELOR'S DEGREE

DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEER

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ดิจิตอลวัตต์มิเตอร์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	
	COMPUTER INTERFACING DIGITAL WATT METER	
ชื่อนักศึกษา	นายเกรียงไกร ชมภูพันธุ์	รหัสประจำตัว 43015762
	นายธัญญะ ยังโหมด	รหัสประจำตัว 43015773
	นายเอกอนันต์ ทินสมุทร	รหัสประจำตัว 43015798
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2545	

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ)

.....กรรมการ
( )

.....กรรมการ
( )

.....กรรมการ
( )

.....กรรมการ
( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ดิจิตอลวัตต์มิเตอร์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
นักศึกษา	นายเกรียงไกร ชมภูพันธุ์ รหัสประจำตัว 43015762
	นายธัญญะ ยังโหมด รหัสประจำตัว 43015773
	นายเอกอนันต์ ทินสมุทร รหัสประจำตัว 43015798
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ
ระดับการศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิชาเทคโนโลยีอีเล็กทรอนิกส์
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้เสนอการออกแบบและการสร้างโครงงานดิจิตอลวัตต์มิเตอร์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยการทำงานของไอซีมัลติพลายเออร์ในการรวมสัญญาณแรงดันและกระแส มีการแสดงผลทางแอล อี ดี 7 ส่วนจำนวน 4 หลัก ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์จะควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม และใช้โปรแกรม VISUAL BASIC 6.0 สร้างส่วนแสดงผลในรูปของกราฟและการคิดคำนวณค่าไฟฟ้า

จากผลที่ได้สามารถแสดงกำลังไฟฟ้าได้ แต่ผลยังไม่ค่อยเที่ยงตรงนักจะต้องพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT TITLE	COMPUTER INTERFACING DIGITAL WATT METER
STUDENT	Mr. Kriengkrai Chompoopan No. 43015762
	Mr. Tunya Yungmode No. 43015773
	Mr. Eakanun Tinsamut No. 43015798
ADVISOR	Assoc.Prof. Chawalit Banjangkaprasert
COURSE	Bachelor of Industrial Technology in Electronics
DEPARTMENT	Information Engineering
YEAR	2002

ABSTRACT

This project presents about design and implimentation of Computer Interfacing Digital Watt Meter . By using multiplier IC for mix both signal of voltage and current. It is display by LED seven segment in four digit. Interfacing the microcomputer controled by microcontroller and using VISUAL BASIC 6.0 program for build display of graph and calculation charge of electricity.

From the results show that the machine calculation the power , but the accuracy not so good.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มิอาจสำเร็จลุล่วงไปได้ หากขาดความช่วยเหลือจากบุคคลต่าง ๆ ในหลายฝ่าย ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงใคร่ขอขอบคุณบุคคลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณ รศ. ชวลิต เบญจางคประเสริฐ ที่กรุณาให้คำชี้แนะและเป็นที่ปรึกษาในโครงงานนี้ด้วยดีตลอดมา พร้อมกันนี้ขอขอบคุณ คณาจารย์ทุกท่าน และเพื่อน ๆ ทุกคน รวมทั้งหน่วยงานของรัฐวิสาหกิจในการให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ เป็นอย่างดี

อนึ่ง คุณประโยชน์ใด ๆ จากปริญญานิพนธ์นี้ขอมอบแก่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ เพื่อน ๆ ผู้ให้การสนับสนุน และที่สำคัญคือ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นแหล่งประสิทธิ์ประสาธน์ปัญญาแห่งนี้

คณะผู้จัดทำ

นายเกรียงไกร ชมภูพันธุ์

นายธัญญะ ยังโหมด

นายเอกอนันต์ ทินสมุทร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 แนวความคิด	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีหลักการและความรู้เบื้องต้น	
2.1 ทฤษฎีกำลังไฟฟ้า	3
2.2 การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ	3
2.3 กำลังไฟฟ้ารูปคลื่นซายน์ในภาวะอยู่ตัว	4
2.4 กำลังไฟฟ้าลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	7
2.5 เพาเวอร์ไทรแองเกิ้ล (power triangle)	10
2.6 เพาเวอร์แฟคเตอร์	12
2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช	12
2.8 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx	13
2.9 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	13
2.10 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต	17
2.11 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	19
2.12 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	19
2.13 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51	21
2.14 โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51	22
2.15 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 3 การคิดค่าไฟฟ้า

3.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ 25

3.2 ความหมายของ Ft 40

3.3 ตัวอย่างการคิดเงินค่าไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า 40

บทที่ 4 โครงสร้างของโครงงาน

4.1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงงาน 44

4.2 วงจรและการทำงาน 45

บทที่ 5 การสร้างโปรแกรมแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์

5.1 บทนำ 51

5.2 สาเหตุที่ต้องใช้ Visual Basic 51

5.3 ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมของ Visual Basic 51

5.4 ความสามารถของโปรแกรมที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้ 52

5.5 ส่วนการติดต่อกับดิจิตอลวัตต์มิเตอร์โดยการส่งค่าผ่านพอร์ต RS232 โดยใช้ MSComm Control 52

5.6 ทำความรู้จักกับ ADO Data Control 58

5.7 วิธีการเพิ่มคอนโทรล ADO Data เข้ามาใน VBIDE 59

5.8 วิธีการเชื่อมต่อคอนโทรล ADO Data เข้ากับฐานข้อมูล 60

5.9 การเพิ่ม, แก้ไข และลบข้อมูลในฐานข้อมูล ผ่านทางคอนโทรล ADO Data 64

5.10 ตำแหน่งของคุณสมบัติ BOF และ EOF ของออปเจ็กต์ Recordset 65

5.11 วิธีการเลื่อนตำแหน่งของเคอร์เซอร์ในออปเจ็กต์ Recordset 65

5.12 ภาษา SQL 66

5.13 โครงสร้างของภาษา SQL 66

5.14 ขั้นตอนในการสร้าง 67

บทที่ 6 การทดลอง

6.1 การปรับแต่งของวงจร 70

6.2 ผลการทดลอง 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 บทสรุป 72

7.2 ข้อเสนอแนะ 73

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก. วงจรส่วนต่าง ๆ ของโครงงาน

ภาคผนวก ข. แผ่นลายวงจรและการลงอุปกรณ์

ภาคผนวก ค. โปรแกรมการทำงานของ MCS-51

ภาคผนวก ง. โปรแกรมการแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์

ภาคผนวก จ. ข้อมูลไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย แบบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน 25
ตารางที่ 1.2 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย แบบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า เกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน 25
ตารางที่ 1.3 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัย แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 26
ตารางที่ 2.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็ก แบบอัตราปกติ 27
ตารางที่ 2.2 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็ก แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 27
ตารางที่ 3.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง แบบอัตราปกติ 28
ตารางที่ 3.2 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 29
ตารางที่ 4.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่ แบบอัตราตามช่วงเวลาของวัน 31
ตารางที่ 4.2 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่ แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 32
ตารางที่ 5.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการเฉพาะอย่าง แบบอัตราปกติ 34
ตารางที่ 5.2 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการเฉพาะอย่าง แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 35
ตารางที่ 6.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร แบบอัตราปกติ 36
ตารางที่ 6.2 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 37
ตารางที่ 7.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทสูบน้ำเพื่อการเกษตร แบบอัตราปกติ 38
ตารางที่ 7.2 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทสูบน้ำเพื่อการเกษตร แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ 2-1 วงจรพื้นฐานแสดงลักษณะการเกิดกำลังไฟฟ้า 4
รูปที่ 2-2 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าและวงจรที่ประกอบด้วย R เพียงอย่างเดียว 5
รูปที่ 2-3 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าและวงจรที่ประกอบด้วย L เพียงอย่างเดียว 6
รูปที่ 2-4 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าและวงจรที่ประกอบด้วย C เพียงอย่างเดียว 7
รูปที่ 2-5 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 9
รูปที่ 2-6 เพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลของวงจรที่โหลดเป็นอินดักตีฟ 11
รูปที่ 2-7 เพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลของวงจรที่โหลดเป็นคาปาซิตีฟ 12
รูปที่ 2-8 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel 16
รูปที่ 2-9 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C5x 16
รูปที่ 2-10 วงจรภายในของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช 18
รูปที่ 2-11 รูปแบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 20
รูปที่ 2-12 รายละเอียดเบื้องต้นของไอซีแปลงสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ 23
รูปที่ 2-13 วงจรเชื่อมต่อ MAX232 หรือ ICL232 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์และไมโคร คอนโทรลเลอร์ MCS-51 24
รูปที่ 4-1 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงงาน 44
รูปที่ 4-2 วงจรการต่อโหลด 45
รูปที่ 4-3 วงจรคูณสัญญาณ 46
รูปที่ 4-4 วงจรการตรวจจับค่าสัญญาณเพาเวอร์แฟคเตอร์ 47
รูปที่ 4-5 วงจรแสดงผล 48
รูปที่ 4-6 วงจรวัดค่าสัญญาณแรงดันและค่าสัญญาณกระแส 49
รูปที่ 4-7 วงจรแหล่งจ่ายไฟ 50
รูปที่ 5-1 แสดงแท็บ General ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages ของคอนโทรล MSComm 54
รูปที่ 5-2 แสดงแท็บ Buffers ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages ของคอนโทรล MSComm 55
รูปที่ 5-3 แสดงแท็บ Hardware ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages ของคอนโทรล MSComm 55
รูปที่ 5-4 แสดงคอนโทรล MSComm ในขณะออกแบบ 56
รูปที่ 5-5 แบบจำลองการทำงานของคอนโทรล ADO Data 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ 5-6 การเพิ่มคอนโทรล ADO Data 59
รูปที่ 5-7 การเลือกคอนโทรลที่ต้องการ 60
รูปที่ 5-8 แสดงคอนโทรล Data และคอนโทรล ADO Data 60
รูปที่ 5-9 Property Pages ของคอนโทรล ADO Data 61
รูปที่ 5-10 การกำหนดวิธีเชื่อมต่อให้กับ ADO Data Control ในแท็บ General 61
รูปที่ 5-11 แสดงไดอะลอกบอคซ์ Data Link Properties 62
รูปที่ 5-12 การเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการเชื่อมต่อให้กับคอนโทรล ADO Data 62
รูปที่ 5-13 แท็บ RecordSource 63
รูปที่ 5-14 การเลือกชื่อตารางที่อยู่ในฐานข้อมูลที่เชื่อมต่ออยู่ 64
รูปที่ 5-15 แบบจำลองแสดงตำแหน่งของคุณสมบัติ BOF และ EOF ในออปเจ็กต์ Recordset 65
รูปที่ 5-16 ฟอร์มเมนในการแสดงผล 68
รูปที่ 5-17 ฟอร์มแสดงการคิดค่าไฟฟ้า 68
รูปที่ 5-18 ฟอร์มแสดงตารางข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้ 69
รูปที่ 5-19 ฟอร์มแสดงกราฟของค่ากำลังงานไฟฟ้า 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวความคิด

ในปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้านับวันยิ่งจะเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ต้องมีการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เป็นไปอย่างประหยัดและมีประโยชน์สูงสุด ในอดีตเมื่อเราต้องการทราบว่าอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าใดใช้กำลังไฟฟ้าไปเป็นจำนวนเท่าใดนั้น จะต้องใช้การคำนวณด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สะดวกสำหรับบุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้ทางไฟฟ้า

ดังนั้น จึงเกิดแนวความคิดในการสร้างโครงงานนี้ขึ้นมา โดยให้ชื่อโครงงานว่า " ดิจิตอลวัตต์มิเตอร์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ (COMPUTER INTERFACING DIGITAL WATT METER)" ซึ่งจะแสดงค่าปริมาณของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปและคิดคำนวณค่าใช้จ่ายให้เราทราบ ดังนั้นจึงทำให้เราสามารถที่จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ ในกรณีที่เราเห็นว่า ค่าใช้จ่ายสูงแล้วโดยการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าน้อยลง

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงการใช้งานไอซีเบอร์ #MC1495 ซึ่งเป็นวงจรคูณแบบ Linear Four Quadrant Multiplier

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

1.2.3 เพื่อศึกษาถึงการสร้าง Solfware ควบคุมการทำงานโดยใช้ Visual Basic 6.0

1.2.4 เ พื่อให้ผู้ใช้ทราบถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป

1.2.5 เพื่อศึกษาการออกแบบเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอล ที่ใช้งานได้สะดวก มีการติดตั้งไม่ยุ่งยาก และแสดงผลได้ชัดเจน อ่านง่าย

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 สามารถแสดงปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในหน่วยของ "วัตต์" ได้

1.3.2 สามารถแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งแบ่งแยกได้เป็นดังนี้

1.3.2.1 การแสดงผลในรูปของกราฟ ซึ่งจะแสดงถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลานั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2.2 การแสดงการคิดคำนวณค่าใช้จ่ายของการใช้พลังงานไฟฟ้า

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1.4.1 ศึกษาการใช้งานไอซีคูณเบอร์ #MC1495

1.4.2 ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

1.4.3 ศึกษาถึงการเขียนโปรแกรม Visual Basic 6.0 เพื่อใช้สร้าง Interface ใช้งานและควบคุมการทำงานในการคิดคำนวณค่าไฟฟ้า และสร้างกราฟแสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

1.4.4 ออกแบบโครงสร้างของฮาร์ดแวร์

1.4.5 ทดสอบวงจรโดยใช้โฟโต้บอร์ด

1.4.6 สร้างวงจรโดยสมบูรณ์

1.4.7 ทดสอบการทำงานของวงจรในส่วนต่าง ๆ และทดสอบการทำงานทั้งหมดของโครงงาน

1.4.8 วิเคราะห์ถึงข้อบกพร่องของโครงงานและตรวจสอบความถูกต้องในการใช้งาน

1.4.9 สรุปผลและเขียนรายงานการจัดทำโครงงาน พร้อมทั้งนำเสนอผลงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหลักการและความรู้เบื้องต้น

2.1ทฤษฎีกำลังไฟฟ้า

ในการคำนวณเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้านั้น มีอยู่สิ่งหนึ่งที่เราไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ นั่นคือ การพิจารณาและการคำนวณเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในวงจร การพิจารณาและการคำนวณเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนั้น จะเห็นได้ว่า ไม่ยุ่งยากและซับซ้อนเท่าใดนักเพราะกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง มีค่าเท่ากับผลคูณของแรงดันกับกระแสที่มีค่าคงที่และอินเฟสกันด้วย ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรได้ว่า P = IE [ในที่นี้ P = กำลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) , I = กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมป์แปร์ (A) และ E = แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลท์ (V)] ส่วนกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้น จะมีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนมากกว่า เพราะแรงดันกับกระแสไฟสลับมีการเปลี่ยนแปลงขนาด (Amplitude) อยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้มุมเฟสของวงจรที่เกิดจากแรงดันและกระแสยังมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยเมื่อมีการใช้โหลดที่แตกต่างกัน ซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

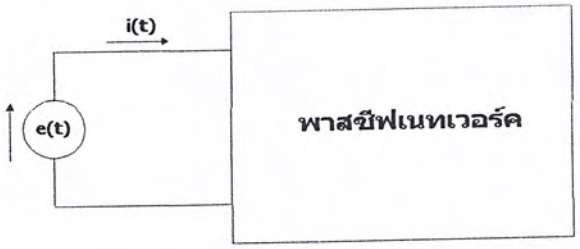
2.2 การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปที่ 2-1 จะเห็นได้ว่า เมื่อจ่ายแรงดัน e(t) ให้กับวงจรพาสซีฟ - เนทเวอร์ค (passive network) ก็จะทำให้เกิดกระแส i(t) ไหลในวงจร โดยค่าและขนาดของกระแส i(t) จะมีค่าหรือขนาดเท่าใดนั้น จะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของตัวประกอบวงจรหรืออีเลเมนท์ในพาสซีฟ - เนทเวอร์ค นั่นเอง และผลคูณของแรงดัน e(t) กับกระแส i(t) ที่ทุก ๆ ขณะเวลาที่ได้ ก็จะเป็นค่าของกำลังไฟฟ้าที่ขณะใด ๆ p(t) นั่นเอง ซึ่งจะเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$p(t) = e(t).\, i(t) \qquad (2\text{-}1)$$

หรือ $p = e.i$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-1 วงจรพื้นฐานแสดงลักษณะการเกิดกำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า p ในที่นี้เราสามารถที่จะกำหนดให้มีค่าเป็นบวกหรือมีค่าเป็นลบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาในระยะระหว่างหนึ่งคาบเวลานั่นเอง ถ้ากำลังไฟฟ้า p มีค่าเป็นบวกก็ชี้แสดงให้เห็นว่า พลังไฟฟ้าได้ถูกถ่ายทอดจากแหล่งจ่ายพลังงานไปยังวงจรหรือเนทเวอร์คหรือโหลด แต่ถ้ากำลังไฟฟ้า p มีค่าเป็นลบก็ชี้แสดงให้เห็นว่า พลังงานไฟฟ้าได้ถูกถ่ายทอดจากโหลดหรือวงกลับคืนมายังแหล่งจ่ายพลังงานนั่นเอง

2.3 กำลังไฟฟ้ารูปคลื่นซายน์ในภาวะอยู่ตัว

การพิจารณากำลังไฟฟ้ารูปคลื่นซายน์ในภาวะอยู่ตัว จะแบ่งการพิจารณาออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

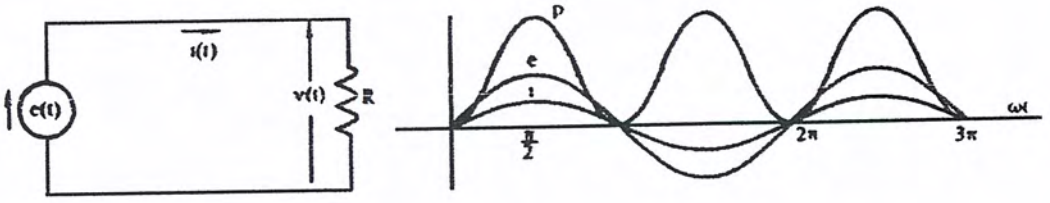
2.3.1 <u>กำลังไฟฟ้าในวงจรที่ประกอบด้วย R เพียงอย่างเดียว</u>

ในวงจรไฟสลับที่ประกอบด้วย R เพียงอย่างเดียวดังในรูปที่ 2-2 (ก) จะพิจารณาเห็นได้ว่า เมื่อจ่ายแรงดัน $e = E_m \sin \omega t$ ให้กับวงจร จะทำให้เกิดกระแส $i = I_m \sin \omega t$ ไหลในวงจร และกำลังไฟฟ้าที่เวลาขณะใด ๆ ที่เกิดขึ้นที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับแรงดัน e และกระแส i คือ

$$p = e.i = (E_m \sin \omega t)(I_m \sin \omega t) = E_m . I_m \sin^2 \omega t \qquad (2\text{-}2)$$

ซึ่งผลลัพธ์ของกำลังไฟฟ้า p ตามสมการที่ (2-2) นี้ จะสามารถอธิบายให้เห็นได้ด้วยภาพตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2-2 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) วงจร (ข) กำลังไฟฟ้ารูปคลื่นซายน์

รูปที่ 2-2 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าและวงจรที่ประกอบด้วย R เพียงอย่างเดียว

จากรูปที่ 2-2 (ข) จะสังเกตเห็นได้ว่า กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีความถี่เป็นสองเท่าของแรงดันหรือกระแส นอกจากนี้ค่าของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าเป็นบวกตลอด โดยแปรค่าจากศูนย์จนถึงค่าสูงสุดคือ $E_m . I_m$ และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของวงจรดังกล่าวนี้ก็คือ $1/2\ E_m . I_m$ นั่นเอง

2.3.2 กำลังไฟฟ้าในวงจรที่ประกอบด้วย L เพียงอย่างเดียว

ในวงจรไฟสลับที่ประกอบด้วย L เพียงอย่างเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2-3 (ก) จะพิจารณาเห็นได้ว่า เมื่อจ่ายแรงดัน $e = E_m \sin \omega t$ ให้กับวงจรก็จะทำให้เกิดกระแส $i = I_m \sin (\omega t - \pi/2)$ ไหลในวงจรและกำลังไฟฟ้าที่เวลาขณะใด ๆ ที่เกิดขึ้นที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับแรงดัน e และกระแส i ดังนี้คือ

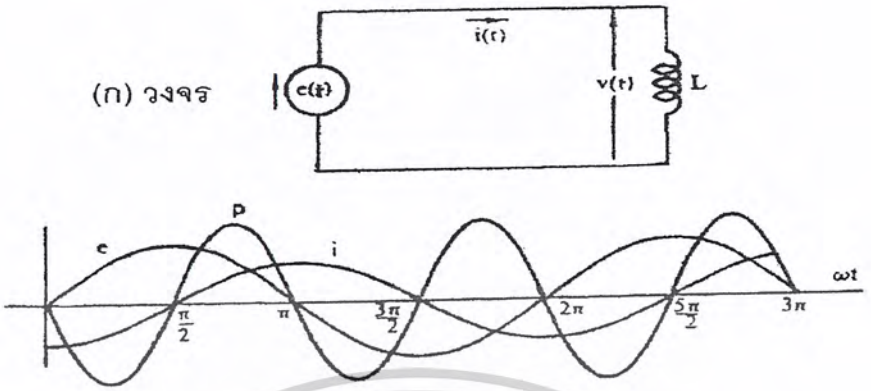
$$p = e.i = (E_m \sin \omega t)\,[I_m \sin (\omega t - \pi/2)]$$

$$= E_m . I_m (\sin \omega t)\,[\sin (\omega t - \pi/2)]$$

แต่ $\sin (\omega t - \pi/2) = -\cos \omega t$ และ $2 \sin A \cos A = \sin 2A$

ดังนั้นจะได้ $p = -1/2\ E_m . I_m \sin 2$ (2-3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) กำลังไฟฟ้ารูปคลื่นซายน์

รูปที่ 2-3 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าและวงจรที่ประกอบด้วย L เพียงอย่างเดียว

จากรูปที่ 2-3 (ข) จะสังเกตเห็นได้ว่า รูปคลื่นของกระแส i จะเกิดล้าหลังรูปคลื่นของแรงดัน e อยู่เป็นมุม 90° หรือ $\pi/2$ เรเดียน และค่าของกำลังไฟฟ้า p ที่เกิดขึ้นมีค่าเป็นบวกก็ต่อเมื่อค่าของแรงดัน e และกระแส i มีค่าเป็นบวก ซึ่งในภาวะดังกล่าวนี้หมายความว่า พลังงานไฟฟ้าได้ถูกถ่ายทอดจากแหล่งกำเนิดแรงดัน e ไปยังอินดัคแตนซ์ L นั่นเอง แต่เมื่อค่าของแรงดัน e และกระแส i มีค่าตรงข้ามกันกล่าวคือถ้าแรงดัน e มีค่าเป็นบวกและกระแส i มีค่าเป็นลบ หรือถ้าแรงดัน e มีค่าเป็นลบและกระแส i มีค่าเป็นบวก ก็จะทำให้ได้ค่าของกำลังไฟฟ้า p มีค่าเป็นลบ ซึ่งในภาวะดังกล่าวนี้หมายความว่า พลังงานไฟฟ้าได้ถูกถ่ายทอดจากอินดัคแตนซ์ L กลับคืนมายังแหล่งกำเนิดแรงดัน e นั่นเอง โดยที่กำลังไฟฟ้า p ที่เกิดขึ้นจะมีความถี่เป็นสองเท่าของแรงดัน e และกระแส i และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P_{av} ของวงจรดังกล่าวนี้เมื่อพิจารณาในระยะ 1 ไซเกิ้ล จะมีค่าเท่ากับศูนย์

2.3.3 กำลังไฟฟ้าในวงจรที่ประกอบด้วย C เพียงอย่างเดียว

ในวงจรไฟสลับที่ประกอบด้วย C เพียงอย่างเดียวดังแสดงในรูปที่ 2-4 (ก) จะพิจารณาได้ว่าเมื่อจ่ายแรงดัน $e = E_m \sin \omega t$ ให้กับวงจร ก็จะทำให้เกิดกระแส $i = I_m \sin (\omega t + \pi/2)$ ไหลในวงจร และกำลังไฟฟ้าที่เวลาขณะใด ๆ ที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับแรงดัน e และกระแส i ดังนี้คือ

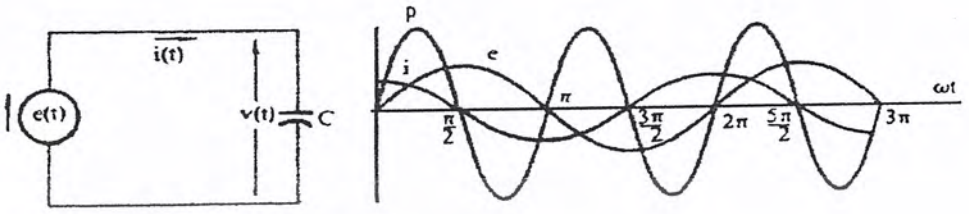
$$p = e.i = (E_m \sin \omega t)\,[I_m \sin (\omega t + \pi/2)]$$

$$= E_m . I_m (\sin \omega t)\,[\sin (\omega t + \pi/2)]$$

แต่ $\sin (\omega t + \pi/2) = \cos \omega t$ และ $2 \sin A \cos A = \sin 2A$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะได้ $p = 1/2\ E_m .I_m \sin 2\omega t$ (2-4)



(ก) วงจร (ข) กำลังไฟฟ้ารูปคลื่นซายน์

รูปที่ 2-4 รูปคลื่นกำลังไฟฟ้าและวงจรที่ประกอบด้วย C เพียงอย่างเดียว

จากรูปที่ 2-4 (ข) จะสังเกตเห็นได้ว่า รูปคลื่นของกระแส i จะเกิดนำหน้ารูปคลื่นของแรงดัน e ไปเป็นมุม 90° หรือ $\pi/2$ เรเดียน และค่าของกำลังไฟฟ้า p ที่เกิดขึ้นมีค่าเป็นบวกก็ต่อเมื่อค่าของแรงดัน e และกระแส i มีค่าเป็นบวก ซึ่งในภาวะดังกล่าวนี้หมายความว่า พลังงานไฟฟ้าได้ถูกถ่ายทอดจากแหล่งกำเนิดแรงดัน e ไปยังคาปาซิแตนซ์ C นั่นเอง แต่เมื่อค่าของแรงดัน e และกระแส i มีค่าตรงข้ามกันกล่าวคือถ้าแรงดัน e มีค่าเป็นบวกและกระแส i มีค่าเป็นลบ หรือถ้าแรงดัน e มีค่าเป็นลบและกระแส i มีค่าเป็นบวก ก็จะทำให้ได้ค่าของกำลังไฟฟ้า p มีค่าเป็นลบ ซึ่งในภาวะดังกล่าวนี้หมายความว่า พลังงานไฟฟ้าได้ถูกถ่ายทอดจากคาปาซิแตนซ์ C กลับคืนมายังแหล่งกำเนิดแรงดัน e นั่นเอง โดยที่กำลังไฟฟ้า p ที่เกิดขึ้นจะมีความถี่เป็นสองเท่าของแรงดัน e และกระแส i และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P_{av} ของวงจรดังกล่าวนี้เมื่อพิจารณาในระยะ 1 ไซเกิ้ล จะมีค่าเท่ากับศูนย์เช่นเดียวกับในวงจรที่ประกอบด้วย L เพียงอย่างเดียว

2.4 กำลังไฟฟ้าลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

การพิจารณาและการคำนวณเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จะแยกพิจารณาออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

- กำลังไฟฟ้าที่แท้จริงที่ทำให้เกิดกำลังงานหรือเกิดงานขึ้นภายในวงจร ซึ่งเรียกว่า กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Power), P_{av} มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watts)
- กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่วงจร ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏให้เห็นทางโวลท์มิเตอร์ และแอมป์มิเตอร์ กล่าวคือ เป็นกำลังไฟฟ้าที่ได้จากผลคูณของแรงดันกับกระแสที่ปรากฏให้เห็นทางโวลท์มิเตอร์ และแอมป์มิเตอร์นั่นเอง จึงเรียกกำลังไฟฟ้าชนิดนี้ว่า กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏให้เห็น (Apparent Power), P_{ap} มีหน่วยเป็น โวลท์-แอมป์ (VA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปในรูปวงจรในรูปของรีแอคตีฟ (Reactive) ซึ่งเป็นกำลังงานไฟฟ้าที่ไม่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ เรียกว่า กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (Reactive Power), P_r มีหน่วยเป็น วาร์ (Var)

2.4.1 <u>กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย</u>

จากเนื้อหาเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้ารูปคลื่นซายน์ในภาวะอยู่ตัวในหัวข้อที่ผ่านมา ทำให้เราทราบว่า กำลังไฟฟ้า p ที่เกิดขึ้นในวงจรที่ประกอบด้วย R หรือ L หรือ C เพียงอย่างเดียวนั้นจะมีลักษณะสมบัติที่แตกต่างกันแต่อย่างไรก็ตาม ลักษณะสมบัติของกำลังไฟฟ้า p ที่เกิดขึ้นในวงจรที่ประกอบด้วย L หรือ C เพียงอย่างเดียวนั้นจะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมาก และจากลักษณะสมบัติที่แตกต่างกันของกำลังไฟฟ้า p ดังกล่าวข้างต้น ทำให้เราสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาหาสูตรเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P ที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้าโดยทั่วไปกล่าวคือเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ารูปคลื่นซายน์ $e = E_m \sin \omega t$ ให้กับวงจรไฟฟ้าทั่ว ๆ ไปวงจรหนึ่ง จะทำให้เกิดกระแส $i = I_m \sin (\omega t + \varnothing)$ ไหลในวงจร และมุมเฟส $\varnothing$ ที่เกิดขึ้นอาจจะมีค่าเป็นบวกหรือลบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติของวงจรที่ปรากฏออกมาในรูปของอินดัคแตนซ์หรือคาปาซิแตนซ์นั่นเอง ดังนั้นจะได้

$$p = e.i = E_m.I_m (\sin \omega t) [\sin (\omega t + \varnothing)]$$

แต่ $\sin A \sin B = 1/2 [\cos (A-B) - \cos (A+B)]$ และ $\cos -A = \cos A$ เพราะฉะนั้นจะได้

$$p = 1/2\ E_m.I_m [\cos \varnothing - \cos (2\omega t + \varnothing)]$$

จากสมการข้างบน จะพิจารณาเห็นได้ว่า กำลังไฟฟ้าที่ขณะใด ๆ p จะประกอบด้วยเทอมที่อยู่ในรูปของซายน์คือ $-1/2 \cos (2\omega t + \varnothing)$ ซึ่งค่าเฉลี่ยของมันจะมีค่าเท่ากับศูนย์ และเทอมคงที่คือ $1/2\ E_m.I_m \cos \varnothing$ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ขณะใด ๆ P_{av} คือ

$$P_{av} = 1/2\ E_m.I_m \cos \varnothing = E.I \cos \varnothing \qquad (2\text{-}5)$$

ในที่นี้ $E = E_m/\sqrt{2}$ และ $I = I_m/\sqrt{2}$ ซึ่งเป็นค่าประสิทธิผลของเฟสเซอร์ E และ I ตามลำดับและเทอม $\cos \varnothing$ ก็คือค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ นั่นเอง ส่วนมุม $\varnothing$ ซึ่งเป็นมุมระหว่างเฟสเซอร์ของแรงดัน E กับกระแส I ปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง $\pm 90^\circ$ ดังนั้นค่าของ $\cos \varnothing$ จึงมีค่าเป็นบวกเสมอและทำให้ค่าของกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P_{av} มีค่าเป็นบวกเสมอด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตามในการกำหนดเครื่องหมายของมุม $\varnothing$ นั้นขึ้นอยู่กับการพิจารณาชนิดของวงจรไฟฟ้านั่นเอง กล่าวคือถ้าวงจรเป็นแบบอินดัคตีฟ กระแสที่ไหลในวงจรจะเกิดล้าหลังแรงดัน และทำให้เพาเวอร์แฟคเตอร์ที่เกิดขึ้นล้าหลังด้วยจึงเรียกว่า เพาเวอร์แฟคเตอร์ล้าหลัง (lagging power factor) ในกรณีนี้มุมเฟสของวงจรหรือมุม $\varnothing$ จะมีเครื่องหมายเป็นลบ แต่ถ้าวงจรเป็นแบบคาปาซิตีฟ กระแสที่ไหลในวงจรจะเกิด

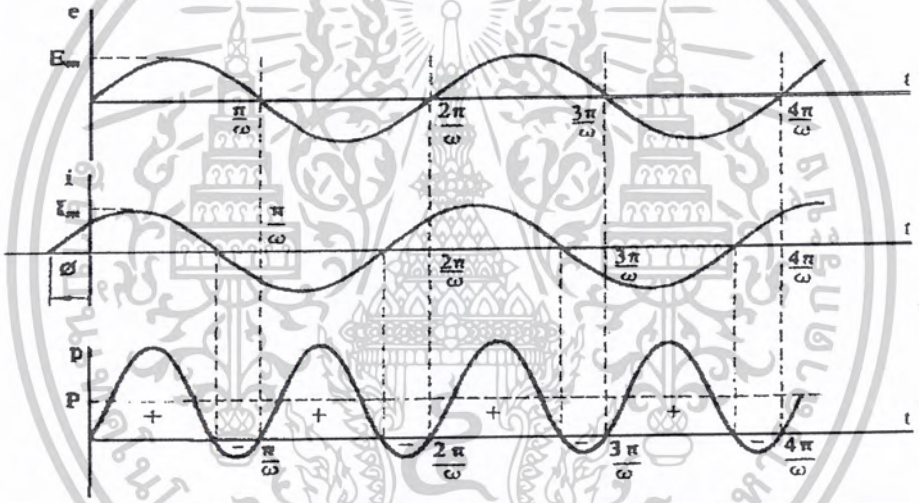
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำหน้าแรงดัน และทำให้เพาเวอร์แฟคเตอร์ที่เกิดขึ้นนำหน้าด้วย จึงเรียกว่า เพาเวอร์แฟคเตอร์นำหน้า (leading power factor) ในกรณีนี้มุมเฟสของวงจรหรือมุม ∅ จะมีเครื่องหมายเป็นบวก

อย่างไรก็ตามค่าของกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P_{av} เราสามารถที่จะคำนวณหาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$P_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t)\, dt \qquad (2\text{-}6)$$

หน่วยของกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P คือ วัตต์ (W) และ 1 kW = 1000 W และ 1 MW = 1 000 000 W



รูปที่ 2-5 รูปคลื่นแสดงกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย

2.4.2 <u>กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ</u>

กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ (apparent power) หมายถึงกำลังไฟฟ้าที่ได้จากผลคูณของแรงดัน E กับกระแส I และใช้ตัว S เป็นสัญลักษณ์เขียนแทน ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$S = E.I \qquad (2\text{-}7)$$

ในที่นี้ S = กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ , VA

E = แรงดันไฟฟ้า, V

I = กระแสไฟฟ้า, A

หน่วยของกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ คือ VA (volt – ampere) และ 1 kVA = 1 000 VA และ

1 MVA = 1 000 000 VA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 <u>กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ</u>

กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (reactive power) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ได้จากผลคูณของแรงดัน E กับกระแส I กับมุม sin ∅ และใช้ตัว Q เป็นสัญลักษณ์เขียนแทน ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

$$Q = E.I \sin \varnothing \qquad (2\text{-}8)$$

ในที่นี้ Q = กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ, var

E = แรงดันไฟฟ้า, V

I = กระแสไฟฟ้า, A

sin ∅ = sin มุมเฟสของวงจร

หน่วยของกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ คือ var (volt ampere reactive) และ 1 kvar = 1 000 var และ 1 Mvar = 1 000 000 var

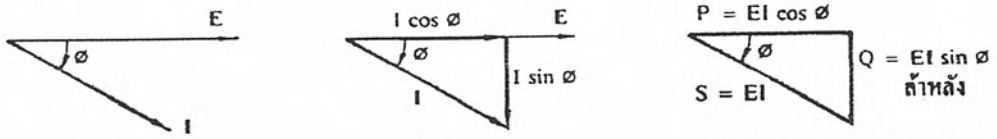
2.5 เพาเวอร์ไทรแองเกิ้ล (power triangle)

เมื่อนำสมการเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ และกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ คือ สมการที่ (2-5), (2-7) และ (2-8) มาเขียนแสดงความสัมพันธ์ต่อกันทางด้านตรีโกณมิติก็จะได้เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งเรียกว่า เพาเวอร์ไทรแองเกิ้ล (power triangle) หรือส่วนประกอบของกำลังไฟฟ้าเป็นรูปสามเหลี่ยมนั่นเอง

2.5.1 <u>เพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลของวงจรที่โหลดเป็นอินดัคตีฟ</u>

ในวงจรที่โหลดเป็นอินดัคตีฟ (inductive load) จะพิจารณาเห็นได้ว่า กระแสที่ไหลในวงจรจะเกิดล้าหลังแรงดันที่จ่ายให้วงจรอยู่เป็นมุม ๆ หนึ่งที่น้อยกว่า 90° ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2-6 (ก) จะเห็นว่าได้กำหนดให้กระแส I เกิดล้าหลังแรงดัน E อยู่เป็นมุม ∅ และในรูปที่ 2-6 (ข) จะเห็นว่ากระแส I จะประกอบด้วยกระแสที่อินเฟสกับแรงดัน E คือ I cos ∅ กับกระแสที่ตั้งฉากกับแรงดัน E คือ I sin ∅ หรือจะกล่าวในอีกทางหนึ่งก็คือ กระแส I สามารถที่จะแตกให้อยู่ในรูปของกระแสอินเฟส (I cos ∅) กับกระแสรีแอคตีฟ (I sin ∅) นั่นเอง และเมื่อใช้แรงดัน E (ค่าประสิทธิผล) คูณกับส่วนประกอบของกระแสทั้งสามในรูปที่ 2-6 (ข) ก็จะได้เป็นเพาเวอร์ไทรแองเกิ้ล ดังแสดงในรูปที่ 2-6 (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2-6 เพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลของวงจรที่โหลดเป็นอินดัคตีฟ

จากเพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลในรูปที่ 2-6 (ค) จะได้

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P = แรงดัน x กระแสอินเฟส = $E.I\cos\varnothing$ = P_{av}

กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ S = แรงดัน x กระแส = $E.I$ = P_{ap}

กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ Q = แรงดัน x กระแสรีแอคตีฟ = $E.I\sin\varnothing$ = P_r

$$\cos\varnothing = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ}} = \frac{P}{S}$$

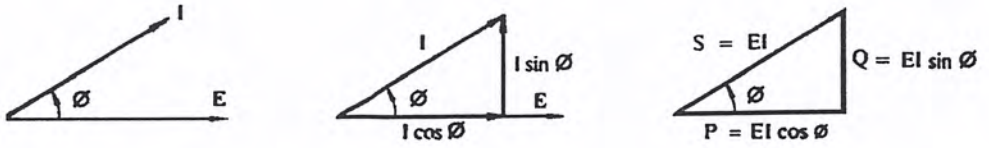
$$\sin\varnothing = \frac{\text{กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ}} = \frac{Q}{S}$$

$$\tan\varnothing = \frac{\text{กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ}}{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย}} = \frac{Q}{P}$$

2.5.2 <u>เพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลของวงจรที่โหลดเป็นคาปาซิตีฟ</u>

การหาค่าเพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลของวงจรที่โหลดเป็นคาปาซิตีฟก็มีลักษณะเหมือนกับการหาค่าของเพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลเมื่อโหลดเป็นอินดัคตีฟ เพียงแต่ในวงจรที่โหลดเป็นคาปาซิตีฟนั้น กระแสที่ไหลในวงจรจะเกิดนำหน้าแรงดันที่จ่ายให้กับวงจรไปเป็นมุม ๆ หนึ่งที่น้อยกว่า 90° ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2-7 (ก) จะเห็นว่าได้กำหนดให้กระแส I เกิดนำหน้าแรงดัน E ไปเป็นมุม $\varnothing$ และในรูปที่ 2-7 (ข) จะเห็นว่ากระแส I จะประกอบด้วยกระแสอินเฟส $I\cos\varnothing$ กับกระแสรีแอคตีฟ $I\sin\varnothing$ ส่วนในรูปที่ 2-7 (ค) นั้นก็คือเพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลของวงจรที่โหลดเป็นคาปาซิตีฟนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2-7 เพาเวอร์ไทรแองเกิ้ลของวงจรที่โหลดเป็นคาปาซิตีฟ

2.6 เพาเวอร์แฟคเตอร์

เพาเวอร์แฟคเตอร์ หมายถึง อัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าจริงที่วัดได้จากวัตต์มิเตอร์ต่อกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ ที่วัดได้จากโวลท์มิเตอร์และแอมมิเตอร์ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้ คือ

$$PF = \frac{P}{S} = \cos \varnothing \qquad (2\text{-}9)$$

ปกติค่าของเพาเวอร์แฟคเตอร์จะเขียนบอกเป็นทศนิยมหรือเป็นเปอร์เซ็นต์ดังตัวอย่าง เช่น PF = 0.85 เราอาจจะเขียนว่า PF = 85% ก็ได้ และ PF = 0.85 ในกรณีนี้หมายความว่า อุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรได้ใช้กำลังไฟฟ้าในการทำให้เกิดกำลังงานหรือเกิดงานเพียง 85% ของแรงดัน-กระแส (VA) ที่จ่ายให้แก่วงจร ส่วนกำลังไฟฟ้าที่เหลืออีก 15% นั้นจะสูญเสียไปในรูปของ รีแอคตีฟ (ซึ่งเรียกว่ากำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ)

นั่นคือ ถ้าหากว่าวงจรไฟฟ้ามีค่า PF ต่ำ ๆ ก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของวงจรต่ำด้วย เพราะงานหรือกำลังงานที่ได้จากวงจรมีค่าต่ำ ในขณะที่ต้องป้อนแรงดันกับกระแสที่มีค่าสูงให้แก่วงจร อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวนี้ เราสามารถที่จะแก้ไขโดยทำให้ค่า PF ของวงจรสูงขึ้นได้

2.7 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในโครงงานนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel corporation ซึ่งมีเบอร์ขึ้นต้นด้วย AT89 เหตุผลที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบนี้ในการเรียนรู้เพื่อใช้งานไมโครคอนเลอร์ ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายประการดังนี้

1.หน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบแฟลช ทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้นับพันครั้ง จึงสามารถใช้งานในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยวไม่ต้องใช้หน่วยความจำภายนอก ส่งผลให้สามารถใช้งานพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ต้นทุนและเวลาในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องมือพัฒนาจำพวกอีมูเลเตอร์และเครื่องโปรแกรมอีพรอม

3.บริษัทผู้ผลิตได้ทำการผลิตไมโครลคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ออกมาหลายเบอร์ และมีความสามารถแตกต่างกันไป ทำให้มีทางเลือกในการใช้งานสูง

4.ด้วยการใช้หน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรเลอร์ ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมได้อย่างดี

5.ในบางเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตโดย Atmel สามารถทำการโปรแกรมข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมได้โดยที่ไม่ต้องถอดตัวไมโครลคอนโทรลเลอร์ออกมาทำการโปรแกรมใหม่ หรือเรียกว่า การโปรแกรมในวงจร หรือ ในระบบ(In-system programming)ทำให้การพัฒนาหรือการซ่อมบำรุง ตลอดจนการปรับปรุงหรืออัปเกรดข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมทำได้อย่างสะดวก ภายใต้งบประมาณที่ไม่สูงมากนัก

6.ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมพื้นฐานเหมือนกับไมโครคอนโทรล MCS-51 ของผู้ผลิตอื่น ไม่ว่าจะเป็นอินเทล ซีเมนต์ หรือ ดัสลัส

2.8 คุณสมบัติของไมโครลคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx

- เป็นไมโครลคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟรชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป

2.9 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2-8 และ 2-9 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

ขา Vcc ใช้ต่อไฟเลี้ยง +5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำการได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลทำให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก(A0-A7)และขาข้อมูล(D0-D7)โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กเข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำการได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุททริกเกอร์ของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4-P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำการได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลทำให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก(A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำการได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลทำให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย(float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่ใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- **P3.0** ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD
- **P3.1** ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD
- **P3.2** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือ ขา INT0
- **P3.3** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือ ขา INT1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **P3.4** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือ ขา T0
- **P3.5** ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือ ขา T1
- **P3.6** ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีใช้กับหน่วยความจำภายนอก
- **P3.7** ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีใช้กับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมชีนไซเกิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

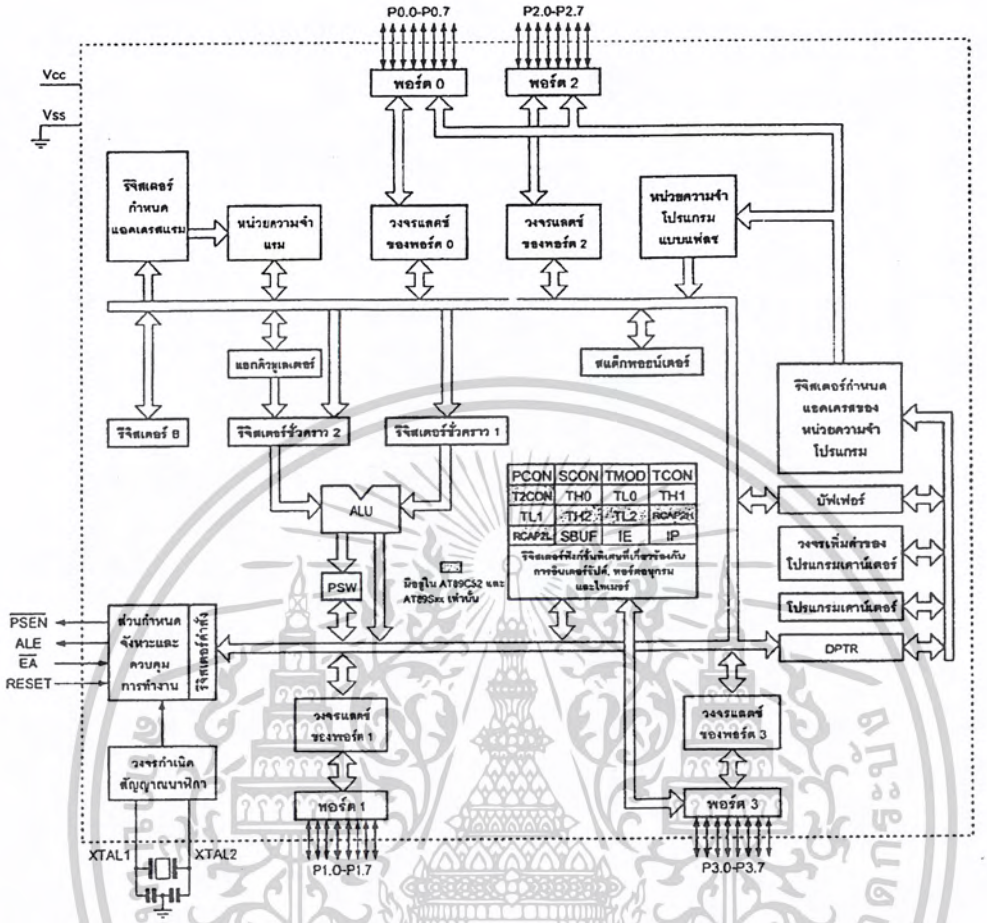
ขา ALE /PROG (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตซ์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลซ์ของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรกรมเป็นแบบอีพรอม

ขา PSEN (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อขอร้องติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

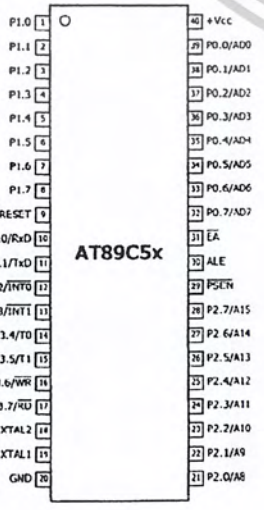
ขา EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการลเอกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแต่ถ้าหากขานี้เป็น"1"เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับโปรแกรมหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12 V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-8 รายละเอียดโครงสร้างหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel



รูปที่ 2-9 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89C5x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.10 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ตคือ พอร์ต 0 ถึงพอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุต สำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาท์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออกทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ใด

ในรูปที่ 2-10 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยในรูปที่ 2-10 (ก)เป็นวงจรของพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจรดีฟลิฟลอปนั่นเอง การอ่านค่าสถานะของพอร์ตและสถานะของวงจรแลตช์สามารถกระทำได้อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกจากกัน นั่นคือสัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิฟลอปในขณะที่ข้อมูลจะผ่านมาทางขาบัสข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิฟลอป

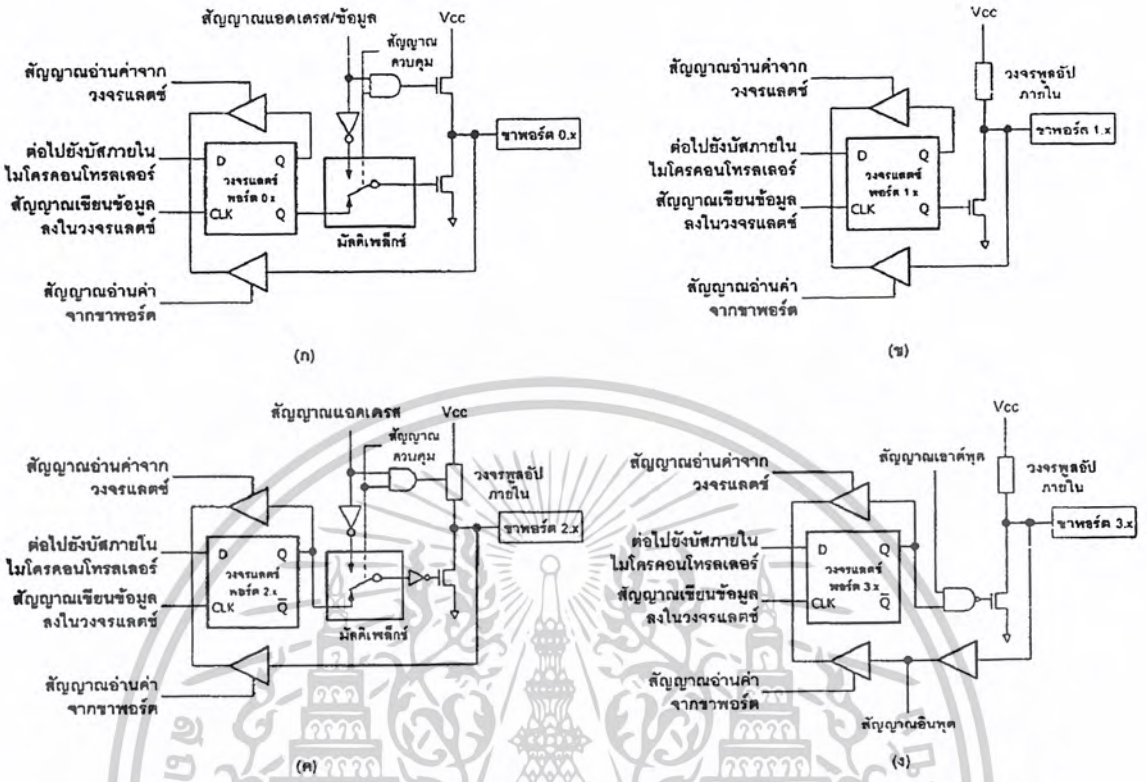
ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่า ต้องการใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตปกติหรือใช้การติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัปภายใน หากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นอินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัปภายนอกเข้าที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย

ในรูปที่ 2-10 (ข) เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจร มัลติเพล็กซ์ เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัปภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน สำรายละเอียดของวงจรพูลอัป แสดงในรูปที่ 2-6

ในรูปที่ 2-10 (ค) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 มาก ต่างเพียงมีวงจรพูลอัปเพิ่มเข้ามาส่วนในรูปที่ 2-10 (ง) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นว่าคล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาท์พุตเมื่อทำงานในฟังก์ชั่นพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
50401



รูปที่ 2-10 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

2.10.1 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล “1” มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟตที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้นๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรงส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น “1” สามารถรับสัญญาณลอจิก “0” จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับอินพุตพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชควรกำหนดให้ทำงานในสภาวะลอจิก “0” จะดีและสะดวกที่สุด (ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก “0” แล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

โดยปกติแล้ว ขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือเมื่อต้องการส่งข้อมูล "0" ออกไปทางเอาต์พุต ก็ให้เขียนข้อมูล "0" ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปขับเฟต ทำให้เฟตทำงาน ที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก "0" ขึ้น ในทางตรงข้ามหากต้องการส่งข้อมูล "1" ออกไปก็ให้เขียนข้อมูล "1" ไปยังวงจรแลตช์วงจรก็จะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก "1" ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่กรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต แต่ละขา (หรือละบิต) ของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่า กระแสซอร์ส (source current) ได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต (ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาต์พุตจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุตเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแสควรต่อวงจรสบัฟเฟอร์ทางเอาต์พุตเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง

2.11 พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ 1 ชุด (วงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ หมายถึง วงจรสื่อสารที่ทำการรับและส่งข้อมูลในลักษณะ 2 ทิศทางได้ในเวลาเดียวกัน) โดยใช้สัญญาณของพอร์ต 3 คือขา P3.0 เป็นขารับข้อมูลเข้าหรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลออกหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบบแฟลชเป็นแบบอะซิงโครนัส ปกติแล้วพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้ในการติดต่อสื่อสารกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-232

2.12 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

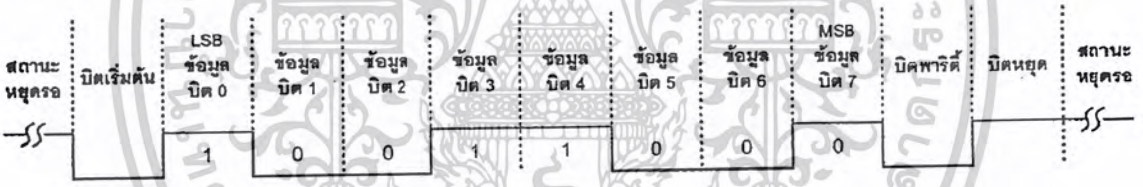
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราบอด หรือบอดเรต (band rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second : bps)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น(start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมมีขนาด 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (parity bit) มีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit)

รูปที่ 2-11 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อน ซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งมีจำนวน 8 บิตจากนั้นตามด้วย บิตพาริตี้ (parity bit) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้าย หรือ บิตหยุด (stop bit) โดยจะเป็นการทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต , 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว



รูปที่ 2-11 รูปแบบข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสหรืออัตราบอดเรตหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ตั้งแต่ 110 ถึง 19,200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอัตราบอดคือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมติว่า ข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของบข้อมูล 1 ไบต์ จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิตถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd) ,แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ พาริตี้คู่หรือพาริตี้คี่แสดงถึงจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ รวมบิตพาริตี้ว่าเป็นจำนวนเลขคู่หรือเลขคี่ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิตมีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก "1" จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ค่าของบิตพาริตี้จะต้องมีลอจิกเป็น "0" แต่ถ้ากำหนดพาริตี้เป็นคี่ ค่าของบิตพาริตี้จะต้องเป็น "1" เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตี้เป็นคี่

2.13 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51

ในการทำงานของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ตัว ดังนี้

2.13.1 รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ตอนุกรมหรือ SBUF (Serial data buffer register)

มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษหรือ SFR มีขนาด 8 บิตแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit buffer register) และรับข้อมูล (receive buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล เพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

2.13.2 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมหรือ SCON (Serial port control register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตมีแอแดรสอยู่ที่ 98H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตมีรายละเอียดการทำงาน ดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

SM0- SM1 (serial port mode bit 0-1) : ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

SM2 : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการสื่อสารในแบบมัลติโปรเซสเซอร์ ในการทำงานของโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ถ้าบิตนี้เป็น "1" บิต RI จะไม่แอกตีฟถ้าบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาเป็น "0" (ข้อมูลบิตที่ 9 เก็บไว้ที่บิต RB8) ในการทำงานโหมด 1 ถ้าบิตนี้เซท บิต RIจะไม่แอกตีฟถ้ายังไม่ได้รับบิตหยุด ส่วนในโหมด 0 นี้บิตนี้ไม่มีการใช้งาน

REN (Enable serial reception) : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ทำการเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ ถ้าต้องการให้มีการรับข้อมูลต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TB8 : ใช้สำหรับเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่ต้องการส่งออกไปในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

RB8 : ใช้สำหรับรับข้อมูลบิตที่ 9 ที่เข้ามาในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แต่ถ้าหากพอร์ตอนุกรมทำงานอยู่ในโหมด 1 และบิต SM2 เป็น "0" ข้อมูลที่บิต RB8 คือข้อมูลของบิตหยุด สำหรับในการทำงานโหมด 0 บิตนี้จะไม่ใช้งาน บิต RB8 นี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

TI (Transmit Interrupt flag) : ใช้ในการแสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการส่งข้อมูลออกจากพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เมื่อทำการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ไปเรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อมีการเริ่มต้นส่งบิตหยุดออกไป การเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟต์แวร์เท่านั้น

RI (Receive Interrupt flag) : ใช้แสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการรับข้อมูลเข้าสู่พอร์ตอนุกรม สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อมีการรับข้อมูลบิตที่ 8 เรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อสามารถรับบิตหยุดของข้อมูลอนุกรมไปได้ครึ่งทางแล้ว ยกเว้นในการณีที่บิต SM2 มีการเซต บิตนี้จะเซตได้ก็ต่อเมื่อการรับบิตหยุดหรือบิตที่ 9 เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว การเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟต์แวร์เท่านั้น

2.14 โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมใน MCS-51

พอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเลือกการทำงานได้ถึง 4 โหมด คือ

1 โหมด 0 เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในลักษณะชิฟต์รีจิสเตอร์

2 โหมด 1 เป็นการกำหนดให้เป็น UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตรา บอดได้

3 โหมด 2 เป็นการกำหนดให้เป็น UART ขนาด 9 บิต โดยมีอัตราบอดคงที่

4 โหมด 3 เป็นการกำหนดให้เป็น UART ขนาด 9 บิต สามารถเลือกอัตราบอดได้

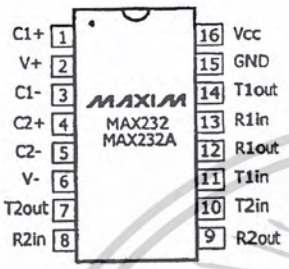
การเลือกโหมดทำได้ด้วยการกำหนดข้อมูลให้แก่บิต SM1 และ SMO ในรีจิสเตอร์ SCON

2.15 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

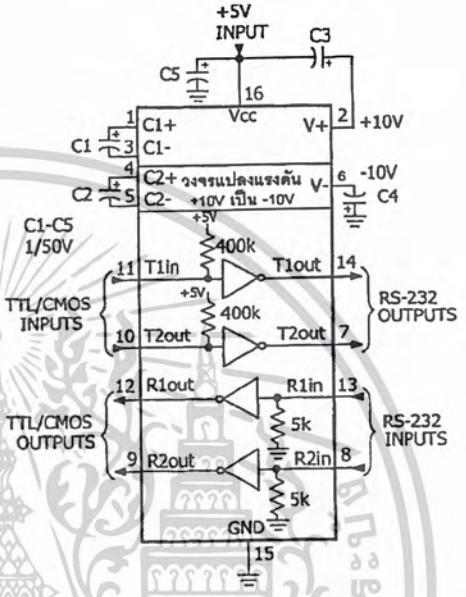
การใช้งานวงจรพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มักนิยมใช้ในการติดต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมในมาตรฐาน RS-232 เป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีระดับตั้งแต่ ±3 ถึง ±12 V ในขณะที่ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อยู่ในระดับทีทีแอล ดังนั้นจึงไม่สามารถเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง จึงต้องอาศัยการเชื่อมต่อผ่านไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณ



(ก) การจัดขาของ MAX232 หรือ ICL232

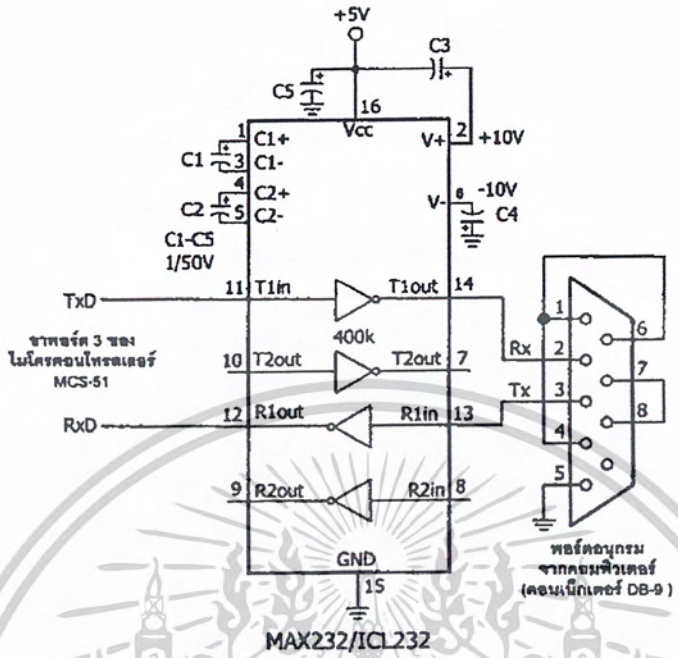


(ข) โครงสร้างภายในของ MAX232 หรือ ICL232

รูปที่ 2.12 รายละเอียดเบื้องต้นของไอซีแปลงสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

ไอซีที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณนี้ต้องทำการแปลงข้อมูลส่งของ MAX232 หรือ ICL232 จากระดับทีทีแอลไปเป็นระดับของ RS-232 และทำการแปลงข้อมูลรับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS-232 เป็นระดับทีทีแอลเพื่อให้สามารถถ่ายทอดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้อย่างสมบูรณ์ ไอซีดังกล่าวมีด้วยกันหลายเบอร์จากหลายผู้ผลิต อาทิ MAX232 จาก MAXIM หรือ ICL232 จาก HARRIS เป็นต้น ในรูปที่ 2-12 แสดงการจัดขาของไอซี ICL232 ซึ่งใช้ในการแปลงสัญญาณ RS-232 ส่วนวงจรของการต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงในรูปที่ 2-13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-13 วงจรเชื่อมต่อ MAX232 หรือ ICL232 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคิดค่าไฟฟ้า

3.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ

การพิจารณาอัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีดังต่อไปนี้ คือ

ประเภทที่ 1 : บ้านอยู่อาศัย

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

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

ค่าบริการ : เดือนละ 8.19 บาท

1.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าบริการ : เดือนละ 40.90 บาท

1.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

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

1* On Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

2* Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

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

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ขนาดไม่เกิน 5 แอมแปร์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในอัตรา ข้อ 1.1 แต่ถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน ติดต่อกัน 3 เดือนในเดือนถัดไป จะจัดเข้าอยู่ในอัตรา ข้อ 1.2 และถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน ติดต่อกัน 3 เดือนในเดือนถัดไป จะจัดเข้าอยู่ในอัตรา ข้อ 1.1 ตามเดิม
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ขนาดเกินกว่า 5 แอมแปร์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในอัตรา ข้อ 1.2 ตลอดไป
3. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตรา ข้อ 1.2 สามารถเลือกใช้อัตรา ข้อ 1.3 ได้ และจะต้องชำระค่าเครื่องวัดฯ TOU หรือ ค่าบริการด้านเครื่องวัดฯTOU เพิ่มขึ้นจากค่าบริการปกติ และหากเลือกใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า 12 เดือน จะขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตรา ข้อ 1.2 ตามเดิมอีกก็ได้
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตรา ข้อ 1.3 จะต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน และการไฟฟ้านครหลวงจะติดตั้งเครื่องวัดฯTOU ให้ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2545 เป็นต้นไป
5. สถานที่ที่ใช้ประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องสามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 6 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าบริการรายเดือน ถึงแม้จะไม่มีการใช้ไฟฟ้า

ประเภทที่ 2 : กิจการขนาดเล็ก

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

2.1.1 แรงดัน 12 – 24 กิโลโวลท์	หน่วยละ	2.4649	บาท

ค่าบริการ : เดือนละ 228.17 บาท

2.1.2 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์			
150 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 - 150)	หน่วยละ	1.8047	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	หน่วยละ	2.7781	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.9780	บาท

ค่าบริการ : เดือนละ 40.90 บาท

2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

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

1* On Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

2* Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 นี้ หากในรอบเดือนใดมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ประเภทที่ 4 หรือประเภทที่ 5 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 2 อีกต่อเมื่อความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวลดลงต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตรา ข้อ 2.1 สามารถเลือกใช้อัตราข้อ 2.2 ได้ และจะต้องชำระค่าเครื่องวัดฯ TOU หรือค่าบริการด้านเครื่องวัดฯTOU เพิ่มขึ้นจากค่าบริการปกติ และหากเลือกใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า12 เดือน จะขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตรา ข้อ 2.1 ตามเดิมอีกก็ได้
3. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราข้อ 2.2 จะต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน และการไฟฟ้านครหลวงจะติดตั้งเครื่องวัดฯTOU ให้ตั้งแต่เดือน มกราคม 2545 เป็นต้นไป
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าบริการรายเดือน ถึงแม้จะไม่มีการใช้ไฟฟ้า

ประเภทที่ 3 : กิจการขนาดกลาง

<u>ลักษณะการใช้</u> สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

3.1 <u>อัตราปกติ</u>

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย
3.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	**175.70**	**1.6660**
3.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	**196.26**	**1.7034**
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	**221.50**	**1.7314**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือนคือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

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

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

3.2 <u>อัตราตามช่วงเวลาของการใช้</u> (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย		ค่าบริการ บาท/เดือน
	1*	1*	2*	
3.2.1 แรงดัน 69 กิโลโวลท์	74.14	2.6136	1.1726	228.17
3.2.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
3.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

1* On Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

2* Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือนคือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

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

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ก่อนเดือนตุลาคม 2543 จะถูกจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ 3.1 สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2543 จะถูกจัดเข้าอยู่ในอัตรา ข้อ 3.2 ในเดือนถัดไปหลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดฯTOU แล้ว ในช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดฯ TOU อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามอัตรา ข้อ 3.1 ไปพลางก่อน
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 หากมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไปในเดือนใด หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน จะถูกจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ในเดือนถัดไปหลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดฯ TOU แล้ว ในช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดฯ TOU อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าอัตราข้อ 3.1 ไปพลางก่อน แม้ว่าต่อมาจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือนก็ตาม
3. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือนในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 3 อีก เมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 3.1 สามารถเลือกใช้อัตราข้อ 3.2 ได้ โดยจะต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อนและจะต้องชำระค่าเครื่องวัดฯ TOU ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้ แม้ว่าต่อมาจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเดือนก็ตาม นอกจากจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า

5. กรณีที่จะต้องเรียกเก็บค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ในอัตราร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge)ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมานั้น ให้มีการยกเว้นการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าต่ำสุดดังกล่าวไปก่อน จนถึงเดือน กันยายน 2545
6. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 3.2 จะต้องชำระค่าบริการรายเดือน เพิ่มจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดด้วย

ประเภทที่ 4 : กิจการขนาดใหญ่

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Tariff : TOD Tariff)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์			ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย
	1*	2*	3*	
4.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	224.30	29.91	0	1.6660
4.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	285.05	58.88	0	1.7034
4.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	332.71	68.22	0	1.7314

1* On Peak : เวลา 18.30-21.30 น. ของทุกวัน

2* Partial Peak : เวลา 08.00-18.30 น. ของทุกวัน
คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง On Peak

3* Off Peak : เวลา 21.30-08.00 น. ของทุกวัน ไม่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือนคือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

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

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

4.2 <u>อัตราตามช่วงเวลาของการใช้</u> (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย		ค่าบริการ บาท/เดือน
	1*	1*	2*	
4.2.1 แรงดัน 69 กิโลโวลท์	74.14	2.6136	1.1726	228.17
4.2.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
4.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

1* On Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

2* Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือนคือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

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

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในอัตราข้อ 4.1 (TOD Rate เดิม) ซึ่งใช้ไฟฟ้าก่อนเดือนตุลาคม 2543 จะถูกจัดอยู่ในอัตราข้อ 4.1 (TOD Tariff ใหม่)
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในอัตราข้อ 4.2 (TOU Rate เดิม) ซึ่งใช้ไฟฟ้าก่อนเดือนตุลาคม 2543 จะถูกจัดอยู่ในอัตราข้อ 4.2 (TOU Tariff ใหม่)
3. ผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่ที่มีความต้องการพลังไฟฟ้า เฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไปหรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2543 เป็นต้นไป จะจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ 4.2 ในเดือนถัดไปหลักจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดฯTOU แล้ว ในช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดฯ TOU อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามอัตราข้อ 3.1 ไปพลางก่อน
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 4.1 สามารถเลือกใช้อัตราข้อ 4.2 โดยจะต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน และจะต้องชำระค่าเครื่องวัดฯ TOU ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้ แม้ว่าต่อมาจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือนก็ตามนอกจากจะมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
5. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 หรือประเภทที่ 6 ข้อ 6.1 แล้วแต่กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กรณีที่จะต้องเรียกเก็บค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ในอัตราร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมานั้น ให้ยกเว้นการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าต่ำสุดดังกล่าวไปก่อน จนถึงเดือน กันยายน 2545
7. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 4.2 จะต้องชำระค่าบริการรายเดือน เพิ่มจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดด้วย

ประเภทที่ 5 : กิจการเฉพาะอย่าง

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการ โรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

5.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย
5.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	220.56	1.6660
5.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	256.07	1.7034
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	276.64	1.7314

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือนคือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้อง ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 <u>อัตราตามช่วงเวลาของการใช้</u> (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย		ค่าบริการ บาท/เดือน
	1*	1*	2*	
5.2.1 แรงดัน 69 กิโลโวลท์	74.14	2.6136	1.1726	228.17
5.2.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
5.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

1* On Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

2* Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

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

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือนคือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

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

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 จะจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ 5.2 เท่านั้น ในช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดฯ TOU อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าในข้อ 5.1 ไปพลางก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 5 อีกเมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป
3. กรณีที่จะต้องเรียกเก็บค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ในอัตราร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมานั้น ให้ยกเว้นการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าต่ำสุดดังกล่าวไปก่อน จนถึงเดือน กันยายน 2545
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 5.2 จะต้องชำระค่าบริการรายเดือน เพิ่มจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดด้วย

ประเภทที่ 6 : ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

<u>ลักษณะการใช้</u> สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และองค์กรที่ไม่ใช่ ส่วนราชการแต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน รวมถึงสถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่รวมถึงหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

6.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย	ค่าบริการ บาท/เดือน
6.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	1.9712	228.17
6.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	2.1412	228.17
6.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์		20.00
10 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1 – 10)	1.3576	
เกินกว่า 10 หน่วย (หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	2.4482	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 <u>อัตราตามช่วงเวลาของการใช้</u> (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย		ค่าบริการ บาท/เดือน
	1*	1*	2*	
6.2.1 แรงดัน 69 กิโลโวลท์	74.14	2.6136	1.1726	228.17
6.2.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
6.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

1* On Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

2* Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

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

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือนคือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

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

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นส่วนราชการหน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า 1,000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรจะจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ 6.1

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นส่วนราชการหากในรอบเดือนใดมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ในเดือนถัดไปหลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดฯTOU ในช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดฯTOU อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามอัตรา ข้อ 6.1 ไปพลางก่อน
3. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 6.1 สามารถเลือกใช้อัตราข้อ 6.2 โดยจะต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน และจะต้องชำระค่าเครื่องวัดฯ TOU ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้ แม้ว่าต่อมาจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน ก็ตาม นอกจากจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 6.2 ที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ 6.1
5. สถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 1 สามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 6 นี้ได้
6. กรณีที่จะต้องเรียกเก็บค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ในอัตราร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมานั้น ให้มีการยกเว้นการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าต่ำสุดดังกล่าวไปก่อน จนถึงเดือน กันยายน 2545
7. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 6.1 จะต้องชำระค่าบริการรายเดือน ถึงแม้จะไม่มีการใช้ไฟฟ้า และผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 6.2 จะต้องชำระค่าบริการรายเดือน เพิ่มจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดด้วย

ประเภทที่ 7 : สูบน้ำเพื่อการเกษตร

<u>ลักษณะการใช้</u> สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของส่วนราชการ กลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรองหรือสหกรณ์เพื่อการเกษตร โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

7.1 <u>อัตราปกติ</u>

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

100 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-100)	หน่วยละ	**0.6452**	บาท
เกินกว่า 100 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 101 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	**1.7968**	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าบริการ : เดือนละ 115.16 บาท

7.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย		ค่าบริการ บาท/เดือน
	1*	1*	2*	
7.2.1 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
7.2.2 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

1* On Peak : เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

2* Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

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

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือนคือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

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

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าในประเภทที่ 7 จะต้องทำสัญญากับการไฟฟ้านครหลวงก่อน
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 7.1 สามารถเลือกใช้อัตราข้อ 7.2 ได้ โดยจะต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน และจะต้องชำระค่าเครื่องวัดฯ TOU และเมื่อใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า 12 เดือน จะเปลี่ยนกลับไปใช้ในอัตราข้อ 7.1 ตามเดิมอีกก็ได้
3. กรณีที่จะต้องเรียกเก็บค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ในอัตราร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมานั้น ให้มีการยกเว้นการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าต่ำสุดดังกล่าวไปก่อน จนถึงเดือน กันยายน 2545
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 7.1 จะต้องชำระค่าบริการรายเดือน ถึงแม้จะไม่มีการใช้ไฟฟ้า และผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 7.2 จะต้องชำระค่าบริการรายเดือน เพิ่มจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ความหมายของ Ft

ค่า Ft คือ ค่าตัวประกอบอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ มีค่าเป็นสตางค์ต่อหน่วย เป็นค่าไฟฟ้าผันแปรที่ปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นหรือลดลงในทุก ๆ 4 เดือน ซึ่งจะพิจารณาจากค่าใช้จ่ายที่การไฟฟ้าไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปจากแผน ผลกระทบของอัตราแลกเปลี่ยน (FOREX) ที่เปลี่ยนแปลงไปจากแผน และอัตราเงินเฟ้อเป็นต้น โดยค่า F_t จะแยกตามกิจการ ได้แก่ กิจการผลิต กิจการระบบส่ง กิจการระบบจำหน่าย และกิจการค้าปลีก

การคิดเงินค่า F_t คำนวณจากจำนวนหน่วยที่ใช้ คูณด้วยราคาค่า F_t ต่อหน่วยของเดือนนั้น ๆ ค่า F_t ที่เรียกเก็บในแต่ละเดือนจะเรียกเก็บกับผู้ใช้ไฟฟ้าทุกประเภทและทุกหน่วยของการใช้ในอัตราเดียวกัน โดยการไฟฟ้าจะแสดงราคาค่า F_t เป็นสตางค์ต่อหน่วย และจำนวนเงินค่า F_t เป็นบาท ไว้ในใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า

3.3 ตัวอย่างการคิดเงินค่าไฟฟ้าตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

<u>ตัวอย่างที่ 1</u>

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัยอัตรา 1.1 (อัตราปกติ แบบอัตราก้าวหน้า)

ผู้ใช้ไฟฟ้ามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 120 หน่วยต่อเดือน

<u>สมมติ</u> การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดย อัตโนมัติ (F_t) 3.00 สตางค์/หน่วย

<u>ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน</u>			
1.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า			
5 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1 – 5)		= 0.00	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6 – 15)	= (10x1.3576)	= 13.576	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 – 25)	= (10x1.5445)	= 15.445	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 – 35)	= (10x1.7968)	= 17.968	บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 – 100)	= (65x2.1800)	= 141.70	บาท
20 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 – 120)	= (20x2.2734)	= 45.468	บาท
รวม		= 234.1570	บาท
1.2 ค่าบริการ		= 8.19	บาท
รวมค่าไฟฟ้าฐาน	**= 234.157 + 8.19**	**= 242.3470**	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (F_t)</u>			
จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า F_t	= 120 x 0.03	**= 3.60**	บาท
<u>ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%</u>			
(ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า F_t) x 7/100	= (242.3470 + 3.60) x 7/100	**= 17.2163**	บาท
รวมเงินค่าไฟฟ้า	**= 242.3470 + 3.60 + 17.2163**	**= 263.1633**	บาท

<u>ตัวอย่างที่ 2</u>

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง อัตรา 3.1.2 (อัตราปกติ)

ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าดังนี้

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

<u>ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน</u>			
1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	= 76x196.26	= 14,915.76	บาท
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า	= 13,880x1.7034	= 23,643.1920	บาท
3. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	= จำนวน kVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ kW		
จำนวนกิโลวาร์ที่คิดเงิน	= 128 – (76 x 0.6197)	= 81	กิโลวาร์
จำนวนเงิน	= 81 x 14.02	= 1,135.62	บาท
รวมค่าไฟฟ้าฐาน	= 14,915.76 + 23,643.1920 + 1,135.62	**= 39,694.5720**	**บาท**
<u>ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (F_t)</u>			
จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า F_t	= 13,880 x 0.03	**= 416.4000**	**บาท**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%			
(ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า F_t) x 7/100	= (39,694.5720 + 416.40) x 7/100	= 2,807.7680	บาท
รวมเงินค่าไฟฟ้า	**= 39,694.5720 + 416.40 + 2,807.7680**	**= 42,918.74**	**บาท**

ตัวอย่างที่ 3

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ อัตรา 4.2.1 (อัตรา TOU)

ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าดังนี้

แรงดันไฟฟ้า	69	กิโลโวลต์
ความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง On Peak	3,339	กิโลวัตต์
ความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง Off Peak	3,735	กิโลวัตต์
พลังงานไฟฟ้า	1,852,000	หน่วย
พลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak	964,000	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
พลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak	888,000	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ	1,413	กิโลวาร์
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (F_t)	3.00	สตางค์/หน่วย

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน			
1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	= ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าพลังไฟฟ้าช่วง On Peak		
	= 3,339 x 74.14	= 247,553.46	บาท
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า	= (จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง On Peak) + (จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off Peak)		
	= (964,000 x 2.6136)+(888,000 x 1.1726)	= 3,560,779.20	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	= จำนวน KVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ kW		
จำนวนกิโลวาร์ที่คิดเงิน	= 1,413 – (3,735 x 0.6197)	= - 902(แสดงว่าค่า PF สูงกว่า 0.85)	กิโลวาร์
จำนวนเงิน		= 0.00	บาท
4. ค่าบริการ		= 228.17	บาท
รวมค่าไฟฟ้าฐาน	= 247,553.46 + 3,560,779.20 + 228.17	**= 3,808,560.83**	บาท
ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (F_t)			
จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า F_t	= 1,852,000 x 0.03	**= 55,560.00**	บาท
ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%			
(ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า F_t) x 7/100	= (3,808,560.83 + 55,560.00) x 7/100	**= 270,488.4581**	บาท
รวมเงินค่าไฟฟ้า	**= 3,808,560.83 + 55,560.00 + 270,488.4581**	**= 4,134,609.2880**	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

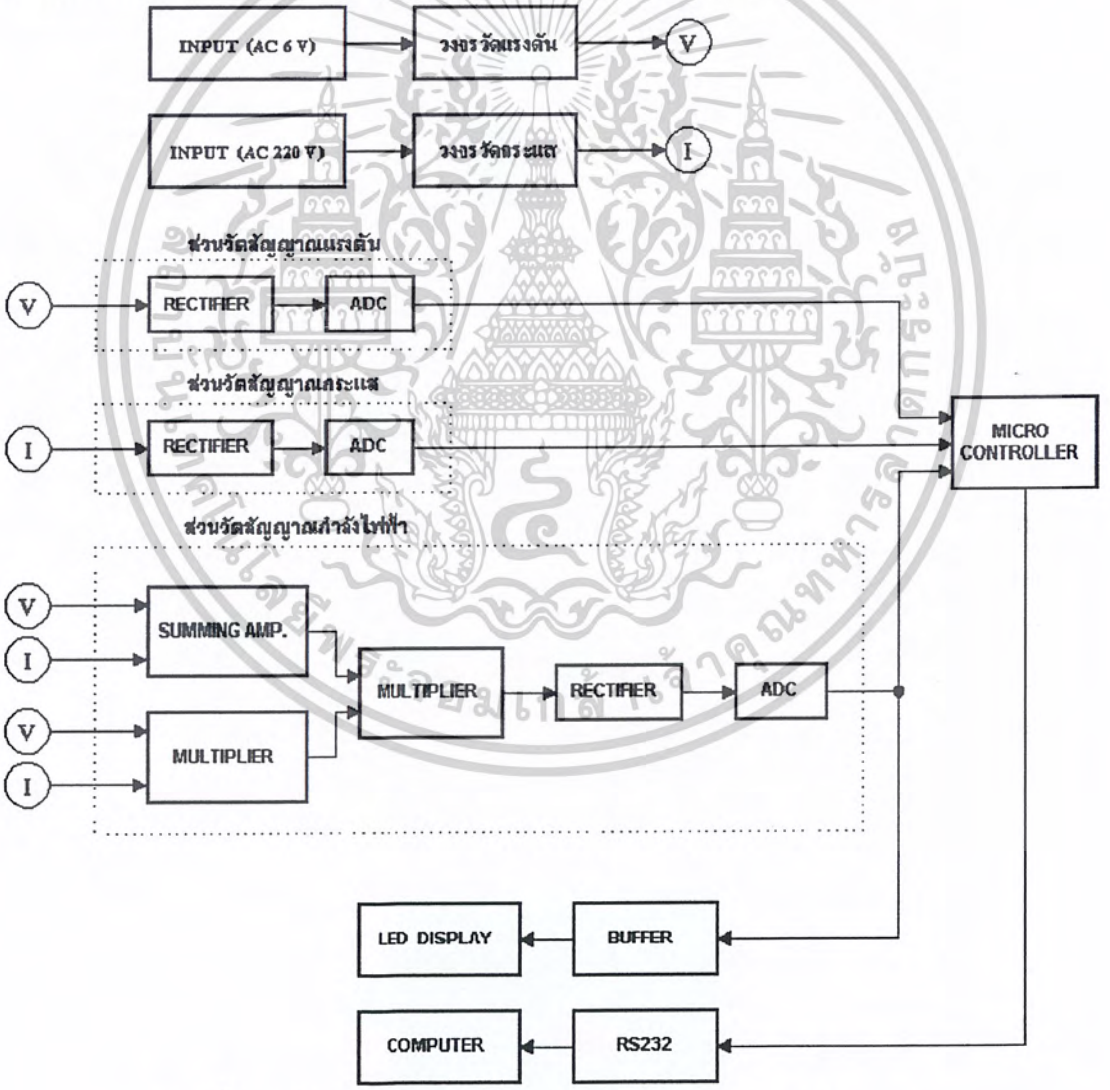
บทที่ 4
โครงสร้างของโครงงาน

4.1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงงาน

โครงงานประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ คือส่วนของดิจิตอลวัตต์มิเตอร์

2. ส่วนที่เป็นซอร์ฟแวร์ คือส่วนของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อการติดต่อกับคอมพิวเตอร์และโปรแกรมของการแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์



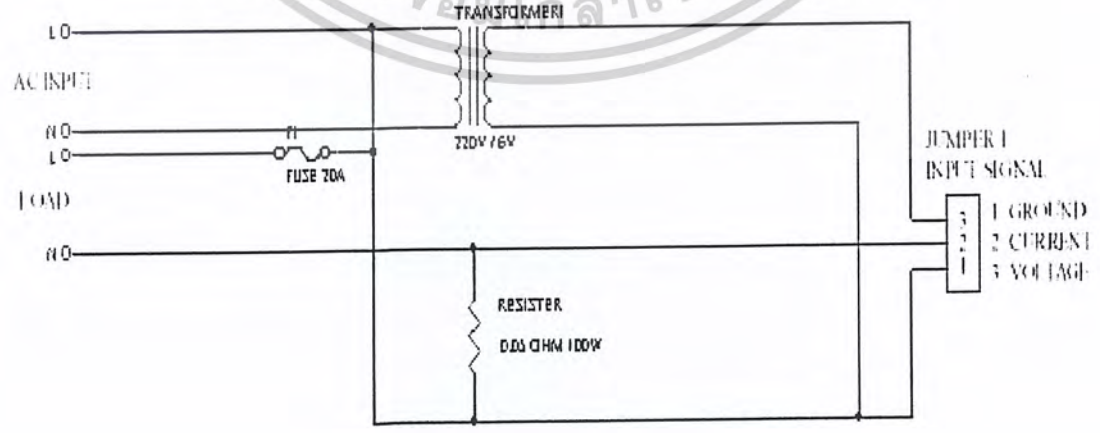
รูปที่ 4-1 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาค INPUT จะใช้แรงดัน 2 ระดับคือ 6 โวลท์และ 220 โวลท์ ในการป้อนเข้าสู่ส่วนของวงจรวัดแรงดันและส่วนของวงจรวัดกระแสตามลำดับ
- ภาค MULTIPLIER จะใช้ในการคูณสัญญาณกันทางสเกล่า
- ภาค SUMMING AMP. ใช้ในการรวมสัญญาณกันทางเวคเตอร์
- ภาค RECTIFIER เป็นการแปลงสัญญาณไฟสลับให้เป็นไฟตรง
- ภาค ADC ใช้แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล
- ภาค BUFFER ใช้ในการกันสัญญาณก่อนส่งเข้าสู่ภาคแสดงผล
- ภาค DISPLAY ใช้แสดงค่ากำลังไฟฟ้าของดิจิตอลวัตต์มิเตอร์
- ภาค MICROCONTROLLER ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์
- ภาค RS232 ใช้ในการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์
- ภาค COMPUTER ใช้แสดงค่าต่าง ๆ คำนวณค่าไฟฟ้า และเก็บบันทึกข้อมูล

4.2 วงจรและการทำงาน

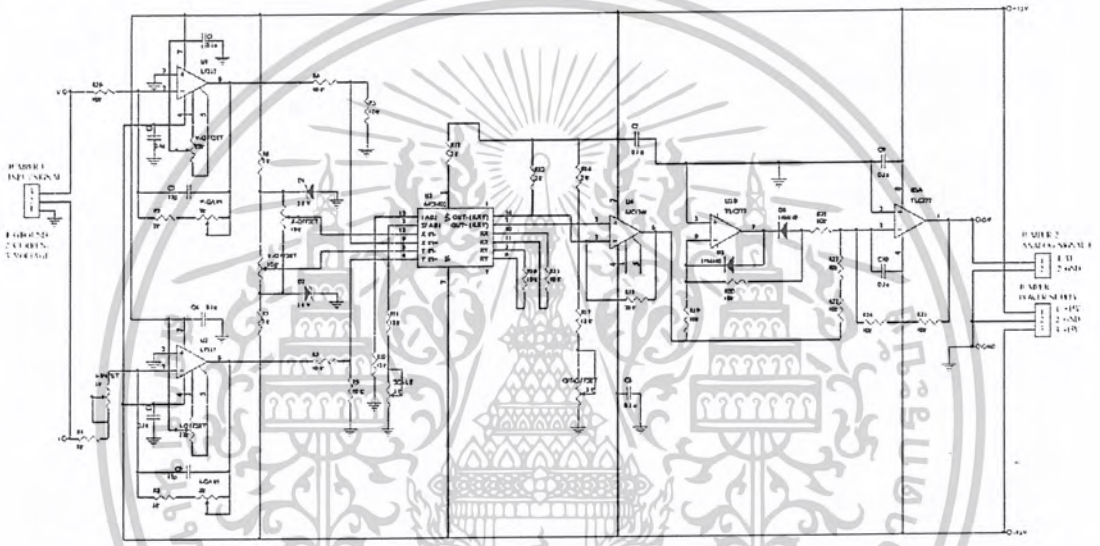
การทำงานของดิจิตอลวัตต์มิเตอร์ กระแสที่วัดจะได้จากกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานแบ่งกระแส ซึ่งก็คือ Resister 0.05 โอห์ม ของวงจรรูปที่ 4-2 จะถูกนำไปทำการเปลี่ยนกระแสให้เป็นแรงดันทันที ซึ่งค่าแรงดันที่ได้ก็จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่ากระแสที่วัดได้ และในส่วนของการวัดแรงดันที่จะเข้ามาทางอินพุตของวัตต์มิเตอร์จะใช้หม้อแปลงลดแรงดัน เพื่อทำการลดแรงดันลงให้เหลือ 6 โวลท์ ซึ่งจะช่วยลดความผิดเพี้ยนของสัญญาณเอาท์พุตของภาควัดแรงดันลง ก่อนที่กระแสและแรงดันที่วัดได้จะถูกส่งไปวงจรคูณเพื่อหาค่ากำลังงานต่อไป



รูปที่ 4-2 วงจรการต่อโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณของกระแสและแรงดันของโหลดก็จะถูกส่งมายังวงจรคูณดังรูปวงจรที่ 4-3 สัญญาณของแรงดัน จะมาเข้าที่ขาอินเวอร์ติ้งอินพุตขา 2 ของ U1 ซึ่งเรียกว่าบัฟเฟอร์มิเตอร์ แรงดันทางอินพุตของออปแอมป์ U1 สามารถปรับได้ด้วย V-OFFSET และ V-GAIN โดย V-GAIN จะปรับอัตราป้อนกลับเพื่อให้เกิดความแตกต่างทางอินพุตกับเอาต์พุตที่เหมาะสมส่วน V-OFFSET เป็นตัวปรับแรงดันออฟเซตของ U1 แรงดันจะออกทางเอาต์พุตที่ขา 6 ซึ่งเป็นแรงดันที่ได้รับการขยายตามอัตราส่วนแล้ว ซึ่งสัญญาณแรงดันนี้จะเป็นสัญญาณแรงดันที่ป้อนเข้าสู่ขา 9 ของ U3 ในวงจรคูณสัญญาณ

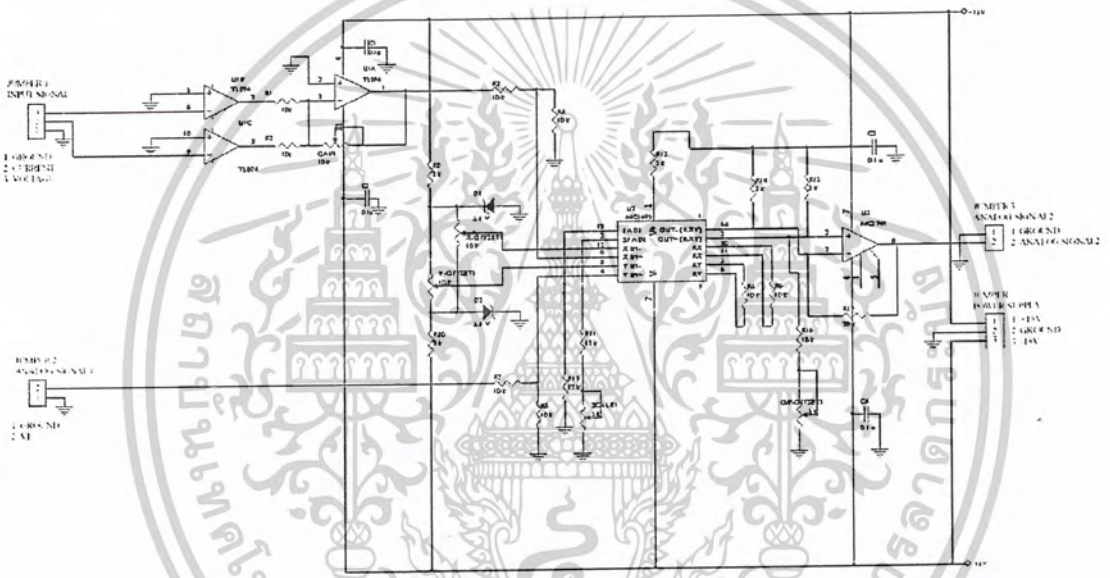


รูปที่ 4-3 วงจรคูณสัญญาณ

ในการวัดกระแสทางอินพุตนี้จะนำแรงดันที่เกิดจากการไหลของกระแสไหลผ่านตัวต้านทานแบ่งกระแสทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมขึ้น ซึ่งจะเป็นสัดส่วนที่สัมพันธ์กันกับปริมาณการไหลของกระแส และแรงดันนี้เองที่จะนำมาเข้าทางอินพุต โดยมี I-INPUT เป็นตัวปรับขนาดของกระแสทางอินพุตมาเข้าที่ขาอินเวอร์ติ้งอินพุต ขา 2 ของ U2 ทำหน้าที่ขยายปริมาณแรงดันนี้เปรียบเสมือนหนึ่งว่าเป็นการเปลี่ยนกระแสเป็นแรงดัน มี I-GAIN ปรับอัตราขยาย และ I-OFFSET ปรับแรงดันออฟเซตทางเอาต์พุตของ U2 แรงดันจะออกทางเอาต์พุตที่ขา 6 ซึ่งเป็นแรงดันที่ได้รับการขยายตามอัตราส่วนแล้ว ซึ่งสัญญาณแรงดันนี้จะเป็นสัญญาณที่ป้อนเข้าสู่ขา 4 ของ U3 ในวงจรคูณต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจาก U3 ได้รับสัญญาณแรงดันและสัญญาณกระแสของโหลดเข้ามาแล้ว เอาต์พุตที่ได้จากไอซี U3 ก็ จะเป็นค่าสัญญาณที่คูณกันทางสเกล่า นั่นก็คือค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จะมีหน่วยเป็นโวลท์-แอมป์ โดยมี X-OFFSET และ Y-OFFSSET เป็นตัวปรับออฟเซตของ X และY ตามลำดับ ค่าสัญญาณที่ได้จาก U4 จะถูกส่งเข้าภาคขยายเร็กติไฟเออร์โดย ใช้ U5A และ U5B เพื่อทำให้ค่าสัญญาณที่ได้ กลายเป็นแรงดันไฟตรงที่ไม่มีการกระเพื่อมของแรงดัน อาจเรียกได้ว่าเป็นแรงดันที่คงที่ ซึ่งสัญญาณแรงดันนี้จะเป็นสัญญาณที่ป้อนเข้าสู่ส่วนของวงจรการตรวจจับค่าสัญญาณเพาเวอร์แฟคเตอร์ดังรูปที่ 4-4 ต่อไป

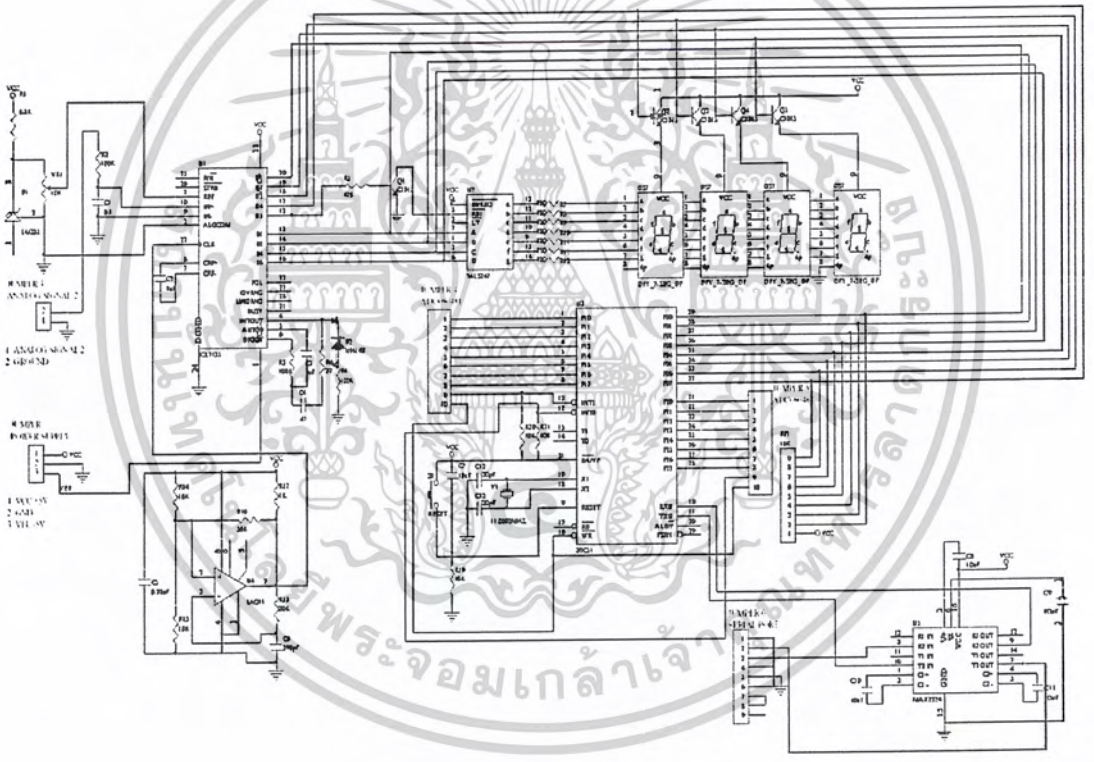


รูปที่ 4-4 วงจรการตรวจจับค่าสัญญาณเพาเวอร์แฟคเตอร์

จากรูปที่ 4-4 ค่าสัญญาณแรงดันและค่าสัญญาณกระแสจะถูกนำมารวมกันโดยใช้วงจร summing amplifier นั่นก็คือ U1A , U1B และ U1C ซึ่งค่าเอาท์พุตที่ได้จะเป็นการรวมกันทางเวคเตอร์เป็นเสมือนค่าสัญญาณเพาเวอร์แฟคเตอร์ จากนั้นก็นำเอาค่าเอาท์พุตนี้ไปคูณกับค่าสัญญาณกำลังไฟฟ้าที่ยังไม่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์โดยใช้ไอซีคูณ U2 ซึ่งเอาท์พุตที่ได้ก็จะถูกส่งเข้าภาคแสดงผลดิจิตอลต่อไป

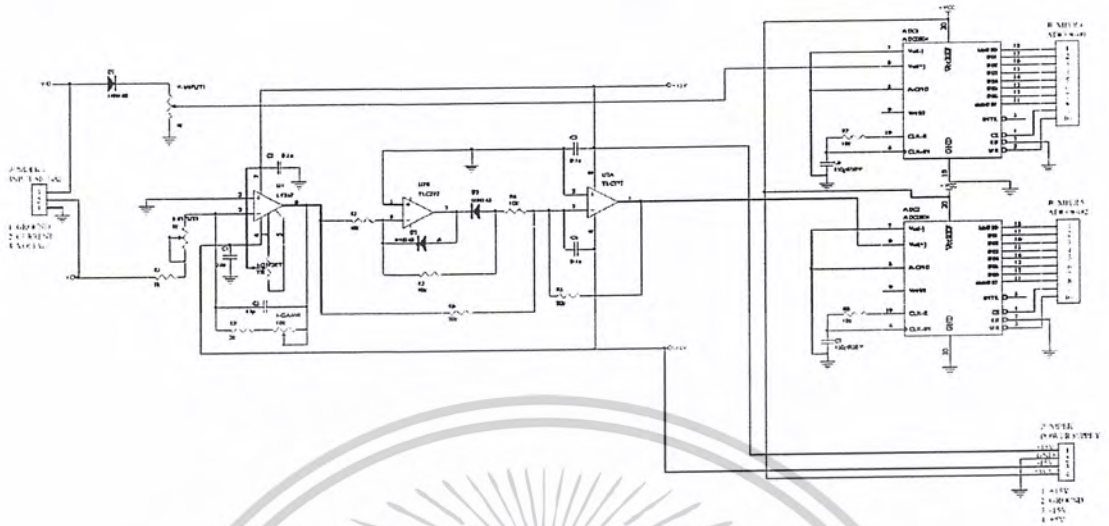
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคแสดงผลแสดงดังวงจรรูปที่ 4-5 จะรับสัญญาณมาจาก U3 ในส่วนของวงจรการตรวจจับค่าสัญญาณเพาเวอร์แฟคเตอร์ มาเข้าที่ขา 9 –10 ของ U1#ICL7135 โดยมี D1#LM385BZ เป็นตัวสร้างแรงดันอ้างอิง และ U4#LM311 สร้างความถี่ให้กับไอซี U1#ICL7135 สัญญาณดิจิตอลที่ได้จะเป็นชนิด BCD โดยส่วนหนึ่งจะส่งต่อไปให้ U2#74LS247 เพื่อแปลงโค้ดที่ได้ส่งต่อไปแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขทางดิสเพลย์ และอีกส่วนหนึ่งจะส่งต่อไปยัง MCS-51 จาก MCS-51 ก็จะส่งสัญญาณผ่านพอร์ตอนุกรมไปยัง MAX232 เพื่อใช้ส่งสัญญาณเข้าสู่พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์อีกทีหนึ่ง



รูปที่ 4-5 วงจรแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

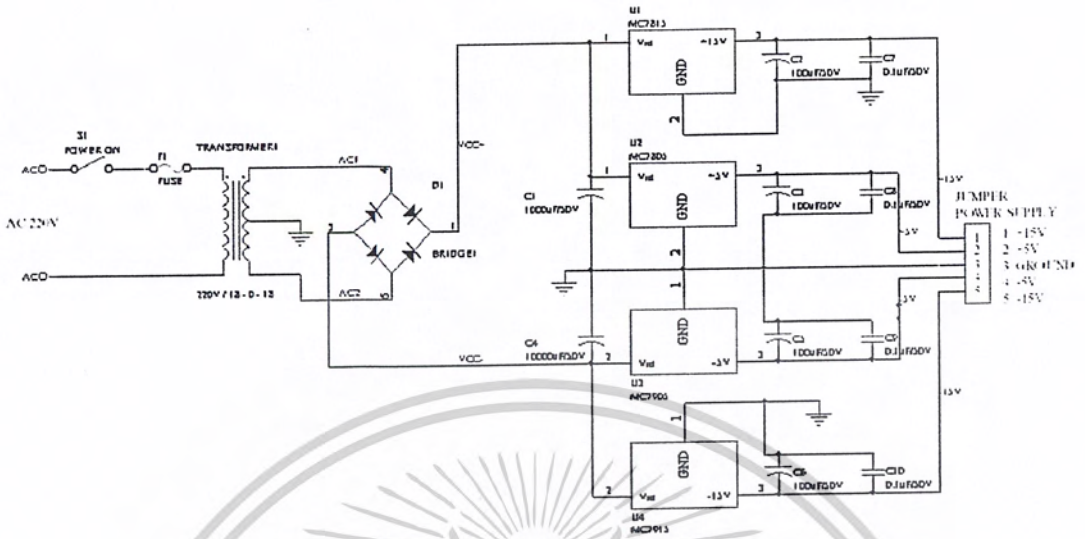


รูปที่ 4-6 วงจรวัดค่าสัญญาณแรงดันและค่าสัญญาณกระแส

ในการคำนวณหาค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เพื่อใช้แสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์จำเป็นจะต้องทราบค่าของแรงดันและค่าของกระแสที่แท้จริงของโหลดนั้น ๆ วงจรที่ใช้วัดค่าสัญญาณแรงดันและค่าสัญญาณกระแสจึงแสดงดังรูปที่ 4-6 โดยสัญญาณแรงดันจะได้จากเอาท์พุทของหม้อแปลงลดแรงดัน(6 โวลท์) ผ่าน D1#1N4148 เพื่อเร็คติไฟเออร์ให้เป็นสัญญาณไฟตรงและ V-INPUT1 เพื่อการปรับแรงดันให้เหมาะสม จากนั้นก็ส่งสัญญาณเข้า ADC1#ADC0804 เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล และส่งเข้าสู่ MCS-51 ซึ่งจะถูกส่งผ่านเพื่อใช้ในการแสดงผลบนคอมพิวเตอร์อีกทีหนึ่ง ส่วนสัญญาณกระแสจะได้จากค่าแรงดันที่ตกคร่อม Resister 0.05 โอห์ม ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่ากระแส ค่าแรงดันนี้จะถูกส่งเข้าสู่ U1#LF357 เพื่อขยายสัญญาณให้มีค่าสูงขึ้นและผ่าน U2A และ U2B เพื่อเร็คติไฟเออร์ให้เป็นสัญญาณไฟตรง จากนั้นก็ส่งสัญญาณเข้า ADC2#ADC0804 เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล และส่งเข้าสู่ MCS-51 ซึ่งจะถูกส่งผ่านเพื่อใช้ในการแสดงผลบนคอมพิวเตอร์อีกเช่นกัน

สำหรับไฟเลี้ยงของวงจรในภาคต่าง ๆ นั้น จะถูกสร้างขึ้นด้วยวงจรดังรูปที่ 4-7 ซึ่งใช้ไอซีเร็คกูเรทเบอร์ 7805 และเบอร์ 7905 สำหรับสร้างไปเลี้ยง +5V และ -5V ส่วนไอซีเรคกูเรทเบอร์ 7815 และเบอร์ 7915 ใช้สำหรับสร้างไฟเลี้ยง +15V และ –15V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-7 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การสร้างโปรแกรมแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์

5.1 บทนำ

ในปัจจุบันได้มีโปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกและแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ออกมาหลายโปรแกรมด้วยกัน และเป็นโปรแกรมที่มีลักษณะการเขียนโปรแกรม Object – Oriented Programming ซึ่งเราสามารถที่จะใช้ความสามารถของโปรแกรมเหล่านี้มาสร้างและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของกราฟฟิกได้อีกด้วย ซึ่งในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ Visual Basic 6.0 มาสร้างส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกและแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์

5.2 สาเหตุที่ต้องใช้ Visual Basic

สามารถใช้ Visual Basic สร้างโปรแกรมบนวินโดวส์โดยอาศัยการออกแบบโปรแกรมในลักษณะ Visualize ซึ่งใช้การกำหนดตำแหน่งของ Object ลงบนจอภาพเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกและแสดงผล ในการกำหนดขั้นตอนการทำงานให้กับ Object ภายใต้ Even ใด ๆ จะใช้ภาษา Basic เข้ามาช่วยในการเขียนโปรแกรม ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การพัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์โดยใช้ Visual Basic มีความง่ายและสะดวกในการใช้งาน รวมทั้งมีขั้นตอนน้อย เพียงแต่เลือก Form และ Control ที่เหมาะสม แล้ววาดลงบนจอภาพ จากนั้นจึงทำการเขียนภาษา Basic เพื่อสร้างโปรแกรมด้วยตนเอง ด้วยวิธีการที่ง่ายและรวดเร็วกว่าที่คิด จึงทำให้ผู้ใช้เรียนรู้ได้ภายใน 2-3 ชั่วโมง

นอกจากนี้ Visual Basic ใช้ได้ตั้งแต่ User ระดับต้นเพื่อจะสร้างโปรแกรมง่าย ๆ บนวินโดวส์ หรือโปรแกรมเมอร์ระดับกลางที่จะเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ของ Visual Basic ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจน Programmer ระดับอาชีพที่จะพัฒนาโปรแกรมในระดับสูงโดยใช้ Object linking and Embedding (OLE) และ Windows Application Programming Interface (API) มาประกอบในการเขียนโปรแกรม

5.3 ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมของ Visual Basic

ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรม ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างจอภาพของโปรแกรม

ในขั้นตอนนี้จะทำการออกแบบ Form เพื่อใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกและการแสดงผล ในการพัฒนาโปรแกรมแบบเดิม ขั้นตอนนี้จะใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากจะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างจอภาพต่าง ๆ จากนั้นต้อง Compile โปรแกรมนั้น แล้ว Run จึงจะเห็นจอภาพที่จัดทำขึ้น แต่สำหรับ Visual Basic ขั้นตอนนี้สามารถทำได้อย่างง่ายดาย เพียงแต่นำเอาคอนโทรลต่าง ๆ ใน Toolbox ที่ต้องการใช้งานมาวางไว้บน Form ซึ่งทำให้ประหยัดเวลา และสามารถเห็นลักษณะจอภาพที่ออกแบบได้ในขณะนั้นเลย

ขั้นตอนที่ 2 เขียนโปรแกรม

เมื่อทำการวาง Control ต่าง ๆ บน Form เป็นที่เรียบร้อยแล้ว (Control ต่าง ๆ เมื่อถูกนำมาวางไว้บน Form จะเรียกว่า "Object") ขั้นตอนต่อก็คือ การเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดการทำงานให้กับแต่ละ Object ภายใต้เหตุการณ์ต่าง ๆ (Event) ที่จะเกิดขึ้นกับจอภาพนั้น ๆ

5.4 ความสามารถของโปรแกรมที่สร้างขึ้นในโครงงานนี้

1. สามารถแสดงกราฟรูปคลื่นของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลานั้น ๆ
2. สามารถแสดงการคิดคำนวณค่าไฟฟ้าได้

5.5 ส่วนการติดต่อกับดิจิตอลวัตต์มิตอร์โดยการส่งค่าผ่านพอร์ต RS232 โดยใช้ MSComm Control

ในการจะติดต่อกับดิจิตอลวัตต์มิเตอร์ซึ่งอยู่ในส่วนของ Hardware เพื่อนำมาใช้แสดงผลนั้นจะต้องใช้ Function คำสั่ง MSComm ที่มีอยู่ใน Visual Basic มาช่วย

MSComm เป็น Object Controller ที่ใช้ทางด้านการสื่อสารผ่านพอร์ต Series ของคอมพิวเตอร์ การนำแอปพลิเคชั่น MSComm ใช้นั้นมีอยู่หลายประเภทด้วยกัน เช่น การเขียนโปรแกรมสื่อสารกับคอมพิวเตอร์อื่น ๆ หรือศูนย์บริการ BBS หรือแม้กระทั่งโฮสต์ที่ให้บริการอินเทอร์เน็ตโดยผ่านทางโมเด็ม หรือนอกจากนี้ผู้อ่านยังสามารถที่จะใช้คอนโทรล MSComm ในการติดต่อหรือควบคุมบอร์ดต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งเครื่องอ่านรหัสบาร์โค้ด (Barcode Reader) ที่ต่อผ่านพอร์ตอนุกรมก็ได้เช่นกัน

ด้วยเหตุนี้คอนโทรล MSComm จึงมีประโยชน์อย่างมากกับผู้อ่านที่ต้องการสร้างแอปพลิเคชั่นด้านการสื่อสารหรือการควบคุมบอร์ดต่าง ๆ ที่มีใช้ตามโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในบทนี้ผู้เขียนจึงขอกล่าวถึงเนื้อหาโดยทั่วไปของคอนโทรล MSComm เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งานต่อไป

คอนโทรล MSComm

คอนโทรล MSComm (Communications) เป็นคอนโทรลตัวหนึ่งที่ช่วยในการติดต่อกับพอร์ตอนุกรม (serial port) ซึ่งผู้อ่านสามารถทำการรับ – ส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมได้ด้วยคอนโทรลนี้ เช่น การติดต่อผ่านโมเด็ม (modem) หรือติดต่อโดยตรงกับบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์เป็นต้น ซึ่งคอนโทรล MSComm ที่มากับ Visual Basic จะเป็นคอนโทรลที่ทำงานโดยมีการตอบสนองต่อเหตุการณ์แบบ Event – Driven นั่นก็คือคอนโทรลจะทำหน้าที่ตรวจสอบการเกิดขึ้นหรือการร้องขอให้เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ กับพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติ และจะมีการแจ้งเตือนให้ผู้อ่านได้ทราบโดยผ่านทางโพรซีเยอร์เหตุการณ์ เช่นเดียวกับคอนโทรลทั่วไปของ Visual Basic นั่นเอง ดังนั้นในการเขียนโค้ดผู้อ่านจึงไม่จำเป็นต้องสร้างโพรซีเยอร์ที่ทำหน้าที่คอยตรวจสอบเหตุการณ์ต่าง ๆ ของพอร์ตอนุกรม ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก

คอนโทรล MSComm จะมีหน้าที่มาตรฐานหลัก ๆ สำหรับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม 3 ประการ ดังต่อไปนี้

- หมุนหมายเลขติดต่อกับโทรศัพท์ปลายทางที่กำหนด
- ตรวจสอบการเข้ามาของข้อมูลยังพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติ
- ส่งข้อมูลตามที่กำหนดจากโปรแกรมไปยังพอร์ตอนุกรม

ในความเป็นจริงคอนโทรล MSComm ไม่ได้ทำหน้าที่ติดต่อกับพอร์ตอนุกรมโดยตรง แต่มันจะทำหน้าที่เรียกใช้ฟังก์ชันวินโดว์ API ซึ่งวินโดวส์จะทำการส่งหรือรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมโดยอาศัยไดรเวอร์ Comm.drv อีกทอดหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถสรุปสั้น ๆ ได้ว่าทุกครั้งที่ผู้อ่านมีการเรียกใช้คอนโทรล MSComm ก็หมายถึงเรียกใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API ซึ่งจะถูกตีความอีกทอดหนึ่งโดยไดรเวอร์ Comm.drv จากนั้นก็จะส่งผ่านข้อมูลที่ถูกจัดรูปแบบตามมาตรฐานการสื่อสาร (ทั้งนี้ก็ขึ้นกับอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรม) ให้กับดีไวซ์ไดรเวอร์อีกทอดหนึ่งนั่นเอง

การกำหนดคุณสมบัติของคอนโทรล MSComm ในขณะออกแบบ ผู้อ่านสามารถกระทำได้อย่างสะดวกโดยการคลิกที่ปุ่มของรายการ(Custom)ในหน้าต่างคุณสมบัติ ซึ่งก็จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages เพื่อให้ผู้อ่านได้ปรับแต่งค่าของคุณสมบัติที่คอนโทรล MSComm สนับสนุนดังในรูปที่ 5.1 ซึ่งผู้เขียนจะได้อธิบายของแต่ละแท็ปต่อไป ส่วนปุ่มคำสั่งต่าง ๆ ของไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages มีความหมายดังนี้

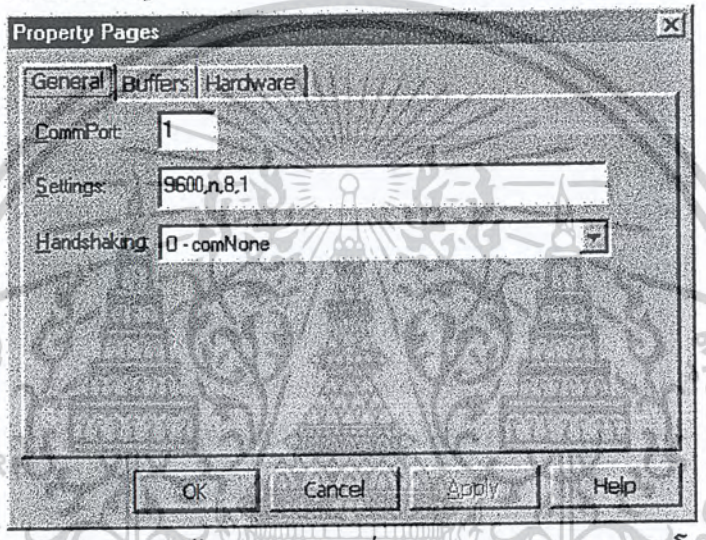
- ปุ่มคำสั่ง OK ยอมรับการแก้ไขคุณสมบัติของคอนโทรล MSComm
- ปุ่มคำสั่ง Cancle ยกเลิกการแก้ไขคุณสมบัติของคอนโทรล MSComm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปุ่มคำสั่ง Apply อัปเดตคุณสมบัติที่ถูกแก้ไขของคอนโทรล MSComm
- ปุ่มคำสั่ง Help แสดงผล Help ของคอนโทรล MSComm

แท็บ **General** การกำหนดคุณสมบัติทั่วไปของข้อมูล

- CommPort หมายเลขของพอร์ตอนุกรม
- Settings พารามิเตอร์สำหรับการสื่อสาร เช่น baud rate หรือ parity bit เป็นต้น
- Handshaking การตรวจสอบการตอบรับการสื่อสาร (handshaking)



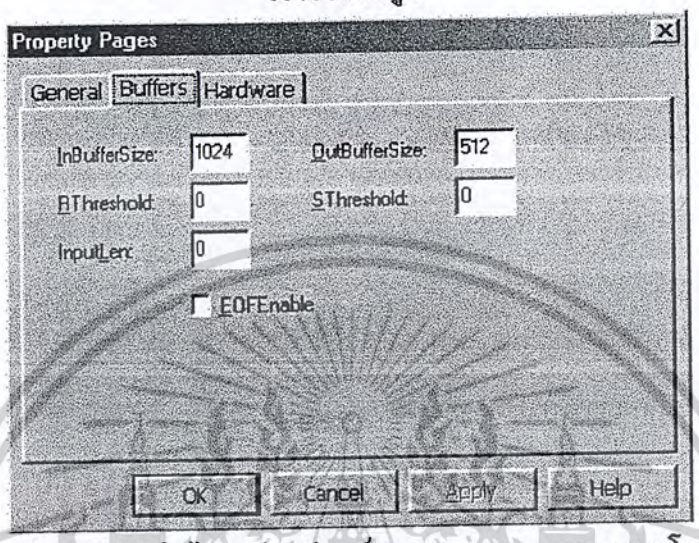
รูปที่ 5-1 แสดงแท็บ General ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages ของคอนโทรล MSComm

แท็บ **Buffers** การกำหนดคุณสมบัติเกี่ยวกับบัฟเฟอร์ข้อมูล

- InBufferSize ขนาดของบัฟเฟอร์สำหรับด้านรับเข้าข้อมูล
- Rthreshold จำนวนตัวอักษรที่จะรับเข้า ก่อนที่คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเท่ากับ comEvReceive และมีการเรียกเหตุการณ์ OnComm
- InputLen จำนวนตัวอักษรที่คุณสมบัติ Input จะอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า
- OutBufferSize ขนาดของบัฟเฟอร์ด้านการส่งออกข้อมูล
- Sthreshold จำนวนตัวอักษรที่น้อยที่สุดที่ถูกจัดเก็บในบัฟเฟอร์ด้านส่งออก ก่อนที่คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเท่ากับ comEvSend และมีการเรียกเหตุการณ์ OnComm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

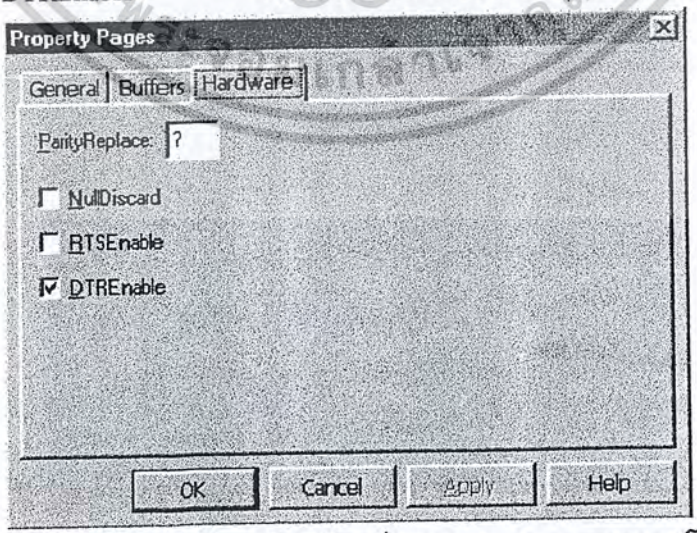
- EOFEnable กำหนดให้คอนโทรล MSComm มีการตรวจสอบตัวอักษรรหัสจุดสิ้นสุดของไฟล์ (EOF) ในระหว่างการรับเข้าของข้อมูล



รูปที่ 5-2 แสดงแท็บ Buffers ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages ของคอนโทรล MSComm

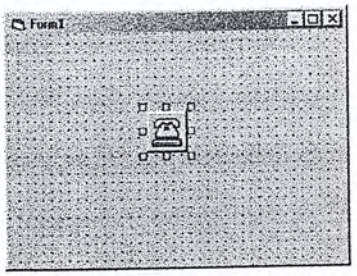
แท็บ **Hardware** การกำหนดคุณสมบัติฮาร์ดแวร์ (โมเด็ม)

- ParityReplace กำหนดตัวอักษรสำหรับแทนที่ตัวอักษรที่ไม่เป็นจริงในขณะที่เกิดข้อผิดพลาด parity error
- NullDiscard ตรวจสอบการส่งตัวอักษร Null จากพอร์ตอนุกรมไปยังบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า
- RTSEnable มีการใช้งานสาย Request To Send (RTS)
- DTREnable มีการใช้งานสาย Data Terminal Ready (DTR)



รูปที่ 5-3 แสดงแท็บ Hardware ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages ของคอนโทรล MSComm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-4 แสดงคอนโทรล MSComm ในขณะออกแบบ

สำหรับฟอร์มหนึ่ง ๆ ผู้อ่านสามารถเพิ่มได้หลาย ๆ คอนโทรล MSComm ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้อ่านในการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมใดบ้าง โดยเมื่อผู้อ่านเพิ่มคอนโทรล MSComm ลงในฟอร์มก็จะปรากฏดังในรูปที่ 5-4 ซึ่งจะสนับสนุนคุณสมบัติและโพซีเยอร์เหตุการณ์ ดังต่อไปนี้

คุณสมบัติ

Break	CDHolding	CommEvent	CommID
CommPort	CTSHolding	DSRHolding	DTREnable
EOFEnable	Handshanking	InBufferCount	InBufferSize
Index	Input	InputLen	InputMode
Name	NullDiscard	Object	OutBufferCount
OutBufferSize	Output	Parent	ParityReplace
PortOpen	Rthreshold	RTSEnable	Settings
Sthreshold	Tag		

Break : กำหนดหรือยกเลิกสัญญาณการหยุด (Break signal) ซึ่งผู้อ่านสามารถกำหนดได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น

CDHolding : ตรวจสอบสัญญาณพาหะ (carrier signal) โดยการค้นหาจากสถานะของสายสัญญาณ Carrier Detect (CD) ซึ่งผู้อ่านสามารถกำหนดได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น

CommEvent : รายงานเหตุการณ์ทุกครั้งที่เกิดข้อผิดพลาดหรือมีการสื่อสาร ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น

CommID : รายงานหมายเลข Handle ของดีไวซ์ด้านการสื่อสาร ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น

CommPort : รายงานหรือกำหนดหมายเลขของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CTSHolding : ตรวจสอบสถานะของสายสัญญาณ Clear To Send (CTS) ก่อนที่จะส่งข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ของโมเด็ม ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น

DSRHolding : ตรวจสอบสถานะของสายสัญญาณ Data Set Ready (DSR) ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น

DTREnable : ตรวจสอบหรือกำหนดสถานะของสายสัญญาณ Data Treminal Ready (DTR) ในระหว่างที่มีการสื่อสารข้อมูล ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น

EOFEnable : กำหนดให้คอนโทรล MSComm มีการตรวจสอบตัวอักษรรหัสจุดสิ้นสุดของไฟล์ (EOF) ในระหว่างการรับเข้าของข้อมูล โดยที่การรับเข้าข้อมูลจะสิ้นสุดที่พบตัวอักษร EOF

Handshanking : รายงานหรือกำหนดการใช้โปรโตคอลการตอบรับการติดต่อสื่อสารฮาร์ดแวร์ (hardware handshaking protocol)

InBufferCount : รายงานจำนวนตัวของอักษรที่รออยู่ในบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะรันแอปพลิเคชันเท่านั้น

InBufferSize : รายงานหรือกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า ซึ่งมีหน่วยเป็นไบต์ (โดยปกติ 1 ไบต์จะเท่ากับ 1 ตัวอักษร)

Input : รายงานพร้อมทั้งทำการลบข้อมูลในบัฟเฟอร์ด้านรับเข้าทิ้ง ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น

InputLen : รายงานหรือกำหนดจำนวนของตัวอักษรที่อ่านโดยคุณสมบัติ Input จากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า ซึ่งมีหน่วยเป็นไบต์

InputMode : รายงานหรือกำหนดชนิดของข้อมูลที่จะถูกอ่านโดยคุณสมบัติ Input จากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า

NullDiscard : รายงานหรือกำหนดตรวจสอบการส่งตัวอักษร Null (แอสกี 0) จากพอร์ตอนุกรมไปยังบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า

OutBufferCount : รายงานจำนวนของตัวอักษรทีรออยู่ในบัฟเฟอร์ด้านส่งออก ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะรันแอปพลิเคชันเท่านั้น

OutBufferSize : รายงานหรือกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ด้านส่งออก ซึ่งมีหน่วยเป็นไบต์ (โดยปกติ 1 ไบต์จะเท่ากับ 1 ตัวอักษร)

Output : ทำการส่งข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ด้านส่งออก ซึ่งผู้อ่านสามารถกำหนดค่าได้เฉพาะในขณะทำงานเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ParityReplace : กำหนดตัวอักษรสำหรับแทนที่ตัวอักษรที่ไม่เป็นจริงในขณะที่เกิดข้อผิดพลาด parity error

PortOpen : กำหนดสถานะการเปิด (open) หรือปิด (close) ของพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์

Rthreshold : รายงานหรือกำหนดจำนวนตัวอักษรที่จะรับเข้าก่อนที่คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเท่ากับ comEvReceive และมีการเรียกโพซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm

RTSEnable : กำหนดให้มีการใช้งานใย Request To Send (RTS) ซึ่งโดยปกติสัญญาณ Request To Send จะถูกส่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็ม เพื่อเป็นการแจ้งขอส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์

Settings : รายงานหรือกำหนดพารามิเตอร์ในการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

Sthreshold : รายงานหรือกำหนดจำนวนตัวอักษรที่น้อยที่สุดที่ถูกจัดเก็บในบัฟเฟอร์ด้านส่งออกก่อนที่คอนโทรล MSComm จะกำหนดให้คุณสมบัติ CommEvent มีค่าเท่ากับ comEvSend และมีการเรียก OnComm

โพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm

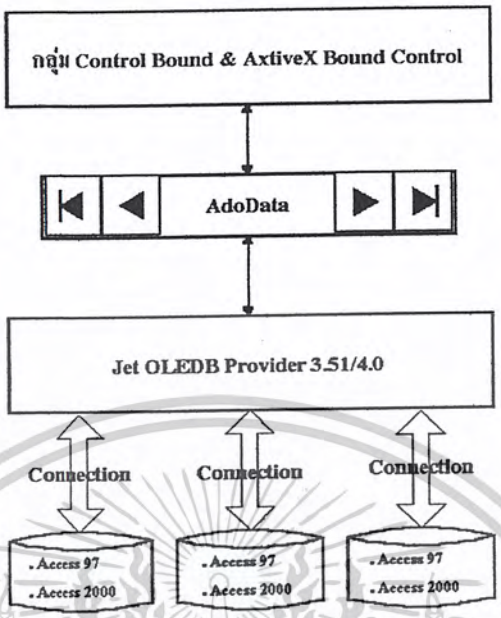
OnComm จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของคุณสมบัติ CommEvent ซึ่งเป็นการบอกถึงการเกิดข้อผิดพลาดหรือมีการสื่อสารเกิดขึ้นก็ได้

โดยปกติเมื่อคอนโทรล MSComm มีการเรียกโพรซีเยอร์เหตุการณ์ OnComm เรามักจะมีการเขียนโค้ดภายในโพรซีเยอร์เหตุการณ์นี้ เพื่อทำการตรวจสอบค่าของคุณสมบัติ CommEvent ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบสถานะของการสื่อสารหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั่นเอง

5.6 ทำความรู้จักกับ ADO Data Control

คอนโทรล ADO Data เป็นคอนโทรลที่ออกแบบมาแทนคอนโทรล Data โดยที่คอนโทรล ADO Data จะใช้เทคโนโลยี OLEDB เป็นกลไกในการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูล รูปแบบการติดต่อของคอนโทรล ADO Data กับฐานข้อมูล จะเป็นลักษณะการเชื่อมต่อ (Connection) เข้ากับฐานข้อมูลแทนการกำหนดชื่อฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-5 แบบจำลองการทำงานของคอนโทรล ADO Data

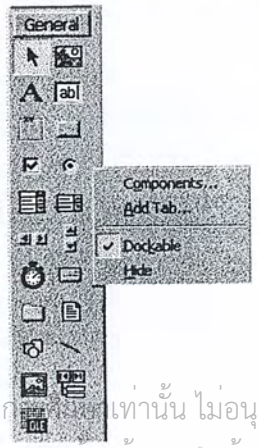
จากรูปที่ 5-5 Microsoft Jet 3.51 OLEDB Provider จะใช้กับ Access 97 และเวอร์ชั่นก่อนหน้านี้ ส่วน Microsoft Jet 4.0 OLEDB Provider จะใช้กับ Access 97 และ Access 2000

วิธีการจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลของคอนโทรล ADO Data จะทำผ่านทางออปเจ็กต์ Recordset เช่นเดียวกับคอนโทรล Data ซึ่งเป็นออปเจ็กต์ตัวเดียวที่เหลืออยู่ ที่นำมาใช้กับ ADO และเป็นออปเจ็กต์ที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งของโมเดล ADO อีกด้วย

5.7 วิธีการเพิ่มคอนโทรล ADO Data เข้ามาใน VBIDE

ในกรณีที่ใช้งาน VBIDE แบบ Data Project คอนโทรล ADO Data จะถูกโหลดเข้ามาที่แถบเครื่องมือของ VB อัตโนมัติ แต่ถ้าใช้งาน VBIDE แบบ Standard EXE จะต้องเพิ่มเข้ามาเอง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

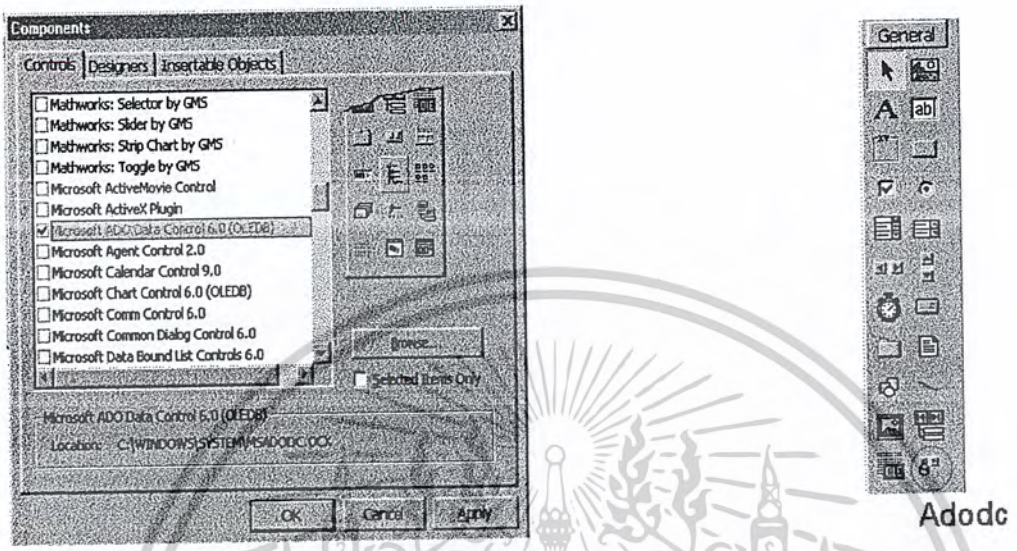
1. ให้เลือกเมนู Project>Components... หรือคลิกขวาที่บริเวณแถบเครื่องมือ แล้วเลือกคำสั่ง Component... ดังรูปที่ 5-6



รูปที่ 5-6 การเพิ่มคอนโทรล ADO Data

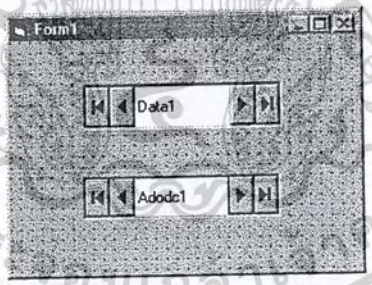
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Components ให้เลือกตัวเลือก Microsoft ADO Data Control 6.3 (SP3) (OLEDB) และคลิกที่ OK ดังรูปที่ 5-7



รูปที่ 5-7 การเลือกคอนโทรลที่ต้องการ

3. ในรูปที่ 5-8 จะพบว่าคอนโทรลทั้ง 2 ตัวเหมือนกันทุกประการ เพียงแต่ใช้เทคโนโลยีในการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลที่แตกต่างกับเท่านั้น ส่วนลักษณะการทำงานจะคล้ายกันคือ กระทำผ่านทางออปเจ็กต์ Recordset

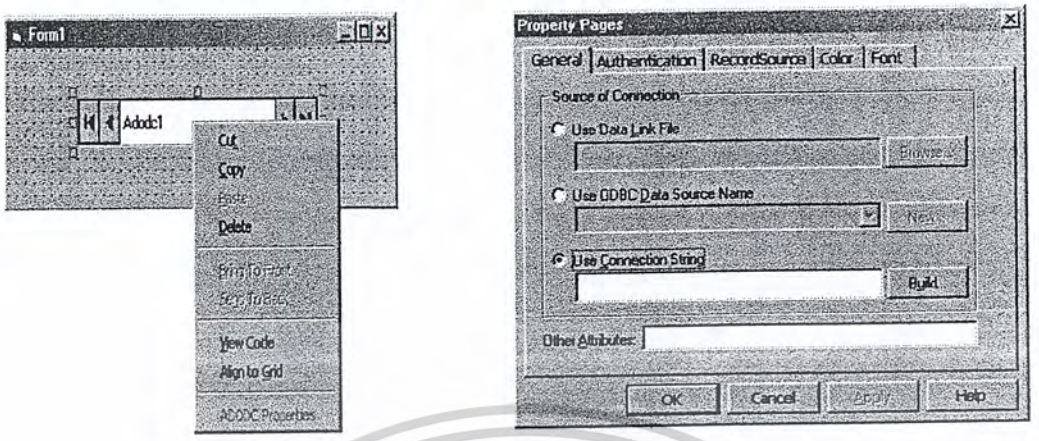


รูปที่ 5-8 แสดงคอนโทรล Data และคอนโทรล ADO Data

5.8 วิธีการเชื่อมต่อคอนโทรล ADO Data เข้ากับฐานข้อมูล

1. การเชื่อมต่อเป็นขั้นแรกสุดที่จะกำหนดให้คอนโทรล ADO Data รู้จักกับฐานข้อมูลที่คุณต้องการใช้งาน ให้คลิกขวาที่ตัวคอนโทรล ADO Data แล้วเลือกคำสั่ง ADODC Properties ดังรูปที่ 5-9

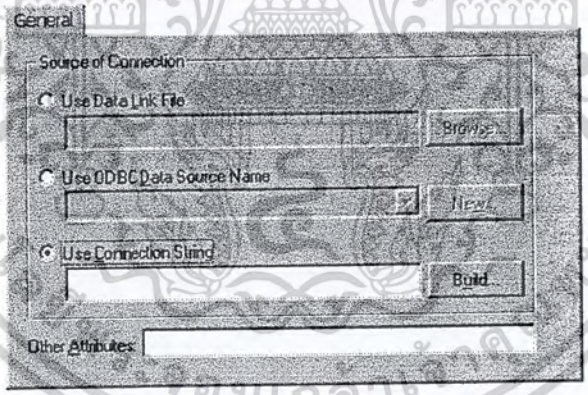
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-9 Property Pages ของคอนโทรล ADO Data

2. ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages ของคอนโทรล ADO Data จะประกอบไปด้วย 5แท็บ ในขั้นจะใช้งาน 2 แท็บ คือ แท็บ General และแท็บ RecordSource มีความหมายดังนี้

แท็บ General เป็นแท็บที่ใช้งานสำหรับกำหนดว่า ให้คอนโทรล ADO Data เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลด้วยวิธีใด ซึ่งมีอยู่ 3 วิธี โดยที่ VB จะกำหนดให้วิธี Use Connection String เป็นค่าดีฟอลต์ ดังรูปที่ 5-10 จากนั้นให้คลิกที่ Build... เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

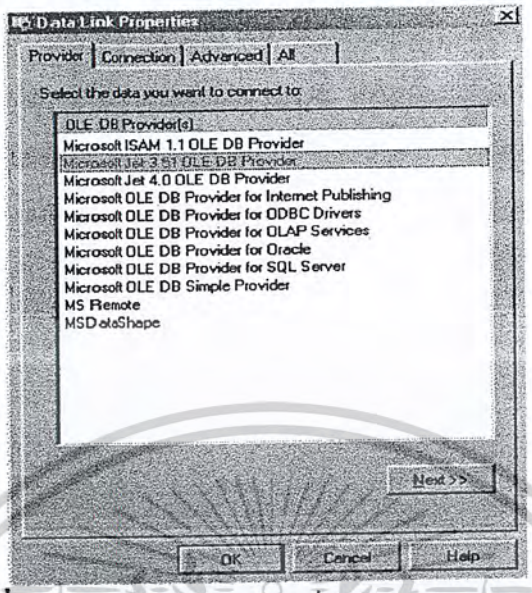


รูปที่ 5-10 การกำหนดวิธีเชื่อมต่อให้กับคอนโทรล ADO Data Control ในแท็บ General

ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Data Link Properties จะประกอบไปด้วย 4 แท็บ คือ

แท็บ Provider ใช้สำหรับกำหนดว่า คุณจะใช้ OLEDB Provider แบบใด ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าคุณใช้ฐานข้อมูลชนิดใด ในโครงงานนี้ต้องการใช้ฐานข้อมูลชนิด Access 97 จึงเลือกแบบ Microsoft Jet 3.51 OLEDB Provider

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

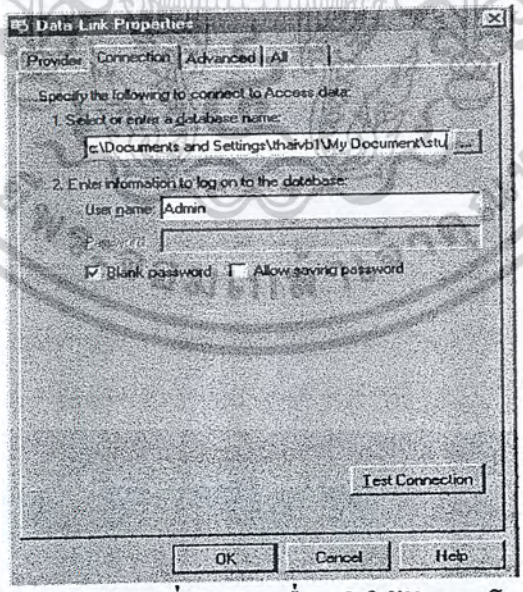


รูปที่ 5-11 แสดงไดอะล็อกบ็อกซ์ Data Link Properties

3. จากนั้นให้คลิกที่ Next>> หรือคลิกที่แท็บ Connection เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

แท็บ Connection จะใช้สำหรับกำหนดชื่อฐานข้อมูลที่คุณต้องการกำหนดให้คอนโทรล ADO Data ตัวนี้เชื่อมต่อ ให้คลิกที่ ... เพื่อเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการใช้งาน

หลังจากที่เลือกชื่อฐานข้อมูลแล้ว คุณสามารถคลิกที่ Test Connection เพื่อตรวจสอบว่าการเชื่อมต่อนี้สมบูรณ์หรือไม่ ดังรูปที่ 5-12



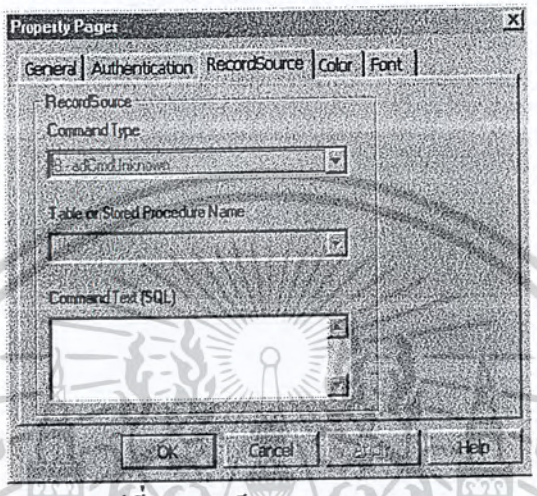
รูปที่ 5-12 การเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการเชื่อมต่อให้กับคอนโทรล ADO Data

แท็บ Advanced ใช้สำหรับกำหนดสิทธิในการใช้งานให้กับฐานข้อมูลตัวนี้ เกิดขึ้นในกรณีที่มีผู้ต้องการใช้งานฐานข้อมูลตัวนี้มากกว่า 1 คนในเวลาเดียวกัน ซึ่งในขั้นตอนนี้ยังไม่ต้องกำหนดค่าใด ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แท็บ All ใช้สำหรับกำหนดรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับ password, ระบบรักษาความปลอดภัย, การใช้งานฐานข้อมูลแบบ Multi-Users เป็นต้น ในขั้นตอนนี้ยังไม่ต้องกำหนดค่าใด ๆ เช่นกัน

4. จากนั้นคลิกที่ OK ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Data Link Properties แล้วคลิกที่แท็บ RecordSource ในไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages ดังรูปที่ 5-13



รูปที่ 5-13 แท็บ RecordSuorce

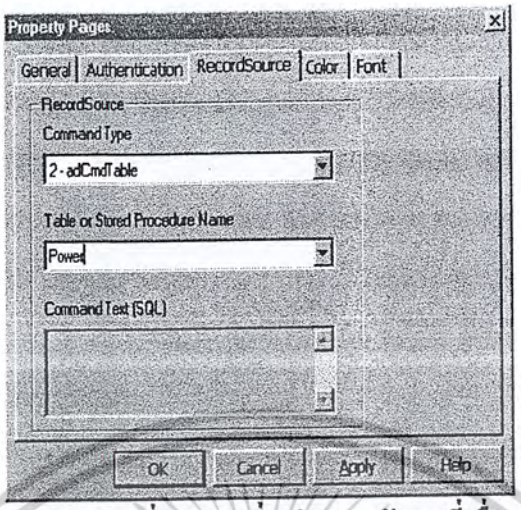
จากรูปที่ 5-13 ในไดอะล็อกบ็อกซ์นี้ถือได้ว่ามีความสำคัญมาก เป็นการกำหนดว่าคุณต้องการใช้งานออปเจ็กต์ Command ชนิดใดในการติดต่อกับฐานข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

การกำหนด RecordSource ในADO จะทำผ่านทาออปเจ็กต์ Command โดยการระบุในช่อง Command Type ซึ่งต้องกำหนดชนิดของออปเจ็กต์ Command ทุกครั้ง ในการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูล ซึ่งมีความหมายดังนี้

ตัวเลือก	ความหมาย
ชนิด 8 – adCmdUnknown	ไม่ระบุประเภทของออปเจ็กต์ Command
ชนิด 1 – adCmdText	ระบุให้ออปเจ็กต์ Commandใช้ชุดคำสั่ง SQL ในการเข้าถึงข้อมูล
ชนิด 2 – adCmdTable	ระบุให้ออปเจ็กต์ Command เข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลในรูปแบบตาราง
ชนิด 4 – adCmdStoredProc	ระบุให้ออปเจ็กต์ Command เข้าถึงข้อมูลโดยใช้Stored Procedure จะใช้ในฐานข้อมูลประเภท SQL Server หรือ RDBMS ที่จัดอยู่ในระดับ Database Server

5. ให้เลือกแบบ 2 – adCmdTable เพื่อระบุว่า ต้องการติดต่อกับตารางชื่ออะไรในฐานข้อมูล ส่วนในช่อง Table or Stored Procedure Name ใช้ระบุชื่อของตารางที่ต้องการติดต่อ จากนั้นคลิกที่ OK ดังรูปที่ 5-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-14 การเลือกชื่อตารางที่อยู่ในฐานข้อมูลที่เชื่อมต่ออยู่

5.9 การเพิ่ม, แก้ไข และลบข้อมูลในฐานข้อมูล ผ่านทางคอนโทรล ADO Data

การจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล จะแบ่งออกเป็น 5 หัวข้อคือ การเพิ่ม, แก้ไข, ลบ, ค้นหา และแสดงข้อมูลตามเงื่อนไขต่าง ๆ ในหัวข้อนี้เป็นวิธีการเพิ่ม, แก้ไข และลบข้อมูลในฐานข้อมูล ผ่านทางคอนโทรล ADO Data

การเพิ่ม, แก้ไข, ลบ และยกเลิกการเพิ่มข้อมูลในฐานข้อมูลผ่านทางคอนโทรล ADO Data จะต้องทำผ่านทางออปเจ็กต์ Recordset โดยที่

- **การเพิ่มข้อมูล** จะใช้เมธอด AddNew ของออปเจ็กต์ Recordset เพียงเมธอดเดียวเท่านั้น ไม่ต้องใช้เมธอด Update อีก โดยมีเหตุผลดังนี้

เมื่อใช้เมธอด AddNew แล้ว จะเป็นการสร้างเร็คคอร์ดว่างขึ้นมาในตารางก่อน หลังจากนั้นเมื่อใส่ข้อมูลเข้าไปในคอนโทรล TextBox ซึ่งเชื่อมโยง (Binding) อยู่กับคอนโทรล ADO Data ด้วยคุณสมบัติ DataSource

เมื่อคอนโทรล ADO Data ถูกเปลี่ยน เร็คคอร์ด ด้วยเหตุการณ์ Adodc1_MoveComplete ( ) หรือมีการกดที่ปุ่มลูกศรทั้ง 4 ปุ่มของคอนโทรล ADO Data ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเร็คคอร์ดปัจจุบัน กลไกภายในคอนโทรล ADO Data จะนำข้อมูลที่อยู่ในคอนโทรล TextBox แต่ละตัวเข้าไปเพิ่มในเร็คคอร์ดว่างที่ถูกสร้างขึ้นมาด้วยเมธอด AddNew โดยอัตโนมัติ โดยที่ไม่ต้องใช้เมธอด Update แต่อย่างใด

- **การยกเลิกการเพิ่มข้อมูล** จากขั้นตอนการเพิ่มข้อมูลจะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน กล่าวคือขั้นตอนแรกเป็นการสร้างเร็คคอร์ดว่างขึ้นมาก่อน ต่อมาจึงเพิ่มข้อมูลลงไปในเร็คคอร์ดว่างที่ได้สร้างไว้ แต่ถ้าในกรณีที่ผู้ใช้กดปุ่ม Add... เพื่อต้องการเพิ่มข้อมูลแล้ว เกิดเปลี่ยนใจไม่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มข้อมูลในขณะนี้ คุณควรที่จะสร้างปุ่มขึ้นมาอีกปุ่มหนึ่งเพื่อทำหน้าที่ยกเลิกข้อมูล หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ เป็นการลบเร็คคอร์ดว่างที่เกิดขึ้นอันเป็นผลมาจากผู้ใช้กดปุ่ม Add... นั่นเอง วิธีการลบเร็คคอร์ดว่างดังกล่าวจะใช้เมธอด CancelUpdate ของออปเจ็กต์ Recordset

- **การแก้ไขข้อมูล** จะใช้เมธอด Update ของออปเจ็กต์ Recordset ในการแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล
- การลบข้อมูล จะใช้เมธอด Delete ของออปเจ็กต์ Recordset ในการแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล

5.10 ตำแหน่งของคุณสมบัติ BOF และ EOF ของออปเจ็กต์ Recordset

เพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งของ BOF และ EOF อย่างชัดเจน ให้ดูรูปที่ 5-15ประกอบการอธิบาย

Begin Of File - BOF				
	4110001	น.ส.ปิยพร	เพ็ชรพงศ์	1
	4110002	นายพิทยา	น้อยสุพรรณ	1
	4110003	นายศุภชัย	สมพานิช	2
	4110011	น.ส.นุสรา	ยุราวรรณ	3
	4110007	น.ส.ธิติมา	บุญยืน	4
End Of File – EOF				

รูปที่ 5-15 แบบจำลองแสดงตำแหน่งของคุณสมบัติ BOF และ EOFในออปเจ็กต์ Recordset

คุณสมบัติ BOF ย่อมาจากคำว่า Begin Of File หมายถึง ตำแหน่งที่อยู่ก่อนเร็คคอร์ดแรกในตาราง ส่วนคุณสมบัติ EOF ย่อมาจากคำว่า End Of File หมายถึง ตำแหน่งที่อยู่ถัดไปจากเร็คคอร์ดสุดท้ายในตาราง ดังนั้นเพื่อความถูกต้อง เมื่อเคอร์เซอร์มาอยู่ที่จุด BOF ก็ควรที่จะกำหนดให้เคอร์เซอร์มาอยู่ที่เร็คคอร์ดแรก ส่วนในกรณี EOF ก็ควรที่จะกำหนดให้มาอยู่ที่เร็คคอร์ดสุดท้าย

5.11 วิธีการเลื่อนตำแหน่งของเคอร์เซอร์ในออปเจ็กต์ Recordset

โดยปกติแล้ว เราสามารถเปลี่ยนตำแหน่งของเร็คคอร์ดได้โดยการคลิกที่ปุ่มลูกศรทั้ง 4 ปุ่มของคอนโทรล ADO Data แต่คุณยังสามารถสร้างปุ่มที่ทำหน้าที่เลื่อนตำแหน่งของเคอร์เซอร์ได้เช่นกัน โดยการใช้เมธอดของออปเจ็กต์ Recordset คือ

- MoveFirst ใช้สำหรับเลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังเร็คคอร์ดแรกสุดของตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- MoveLast ใช้สำหรับเลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังเร็คคอร์ดสุดท้ายของตาราง
- MoveNext ใช้สำหรับเลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังเร็คคอร์ดถัดไป
- MovePrevious ใช้สำหรับเลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังเร็คคอร์ดก่อนหน้าเร็คคอร์ดปัจจุบัน

เมธอดเหล่านี้จะมีประโยชน์ ในตอนที่คุณเรียกใช้งานกลุ่มออปเจ็กต์ ADO โดยตรง ซึ่งจะไม่มีการใช้งานคอนโทรล ADO Data

5.12 ภาษา SQL

SQL ย่อมาจากคำว่า Structured Query Language หมายถึง ภาษามาตรฐานกลางที่ใช้สำหรับจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งฐานข้อมูลประเภท RDBMS (Relation Database Management System) จะรู้จักภาษา SQL เป็นอย่างดี เราจะใช้ SQL เพื่อจัดการกับข้อมูลในฐานข้อมูลได้หลายอย่าง เช่น การแสดงข้อมูลจากฐานข้อมูลแบบมีเงื่อนไข, การเพิ่ม, การลบ ลา การนำข้อมูลจากหลาย ๆ ตารางมาแสดงร่วมกันได้ เป็นต้น เป็นภาษาที่ใช้จัดการข้อมูลในฐานข้อมูลได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

เราจะใช้ภาษา SQL เพื่อทำคิวรี (Query) ข้อมูลที่อยู่ในตาราง ในวัตถุประสงค์ที่ต่าง ๆ กัน เช่น อาจจะต้องการข้อมูลที่มาจากตารางเดียว หรือหลายตารางมาแสดงด้วยกันในเวลาเดียวกัน ดังนั้นการทำคิวรีจึงเป็นการสร้างตารางเสมือนขึ้นมา ประกอบด้วยข้อมูลที่มาจากตารางเดียวหรือหลายตารางก็ได้ เป็นตารางที่ไม่มีอยู่จริงในฐานข้อมูล เป็นมุมมองของข้อมูลในฐานข้อมูลตามคุณต้องการ

5.13 โครงสร้างของภาษา SQL

ภาษา SQL ประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. **Data Definition Language (DDL)** เป็นกลุ่มคำสั่งในภาษา SQL ที่ใช้สำหรับจัดการโครงสร้างของฐานข้อมูล เช่น การสร้างฐานข้อมูล, ปรับปรุงโครงสร้างของฐานข้อมูล เป็นต้น ตัวอย่างการใช้งานกลุ่มคำสั่ง DDL นี้ก็คือ การสร้างฐานข้อมูลด้วย MS SQL Server 7.0 ก็จะมีการใช้งานคำสั่งในกลุ่ม DDL เป็นหลัก
2. **Data Manipulation Language (DML)** เป็นกลุ่มคำสั่งในภาษา SQL ที่ใช้สำหรับจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล เช่น การแสดงข้อมูลแบบมีเงื่อนไข, การลบข้อมูล, การเพิ่มข้อมูล และการแสดงข้อมูลที่มาจากตารางหลายตาราง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **กลุ่มฟังก์ชัน Aggregate Functuon** เป็นฟังก์ชันพิเศษของภาษา SQL ที่ทำหน้าที่เฉพาะอย่าง เช่น หาผลรวมเร็คคอร์ด, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด เป็นต้น เป็นกลุ่มฟังก์ชันที่มีประโยชน์มาก เพราะจะช่วยลดภาระให้คุณไม่ต้องเขียนโค้ดจัดการเอง

สำหรับการใช้งานภาษา SQL ร่วมกับ Visual Basic เพื่อจัดการข้อมูลในฐานข้อมูลของโครงงานนี้จะใช้งานกลุ่มคำสั่ง DML เป็นหลัก ซึ่งคำสั่งในกลุ่มของ DML จะคำสั่งพื้นฐานอยู่ 4 คำสั่ง คือ

- DELETE เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับลบข้อมูลหรือลบเร็คคอร์ดใด ๆ ในตาราง
- INSERT เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับเพิ่มข้อมูลหรือเพิ่มเร็คคอร์ดใด ๆ เข้าไปในตาราง
- SELECT เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับเลือกข้อมูลหรือแสดงเร็คคอร์ดใด ๆ ที่ต้องการจากตาราง อาจจะมาจากตารางเดียวหรือหลายตารางก็ได้
- UPDATE ใช้สำหรับแก้ไขข้อมูลหรือแก้ไขเร็คคอร์ดใด ๆ ในตาราง

5.14 ขั้นตอนในการสร้าง

ขั้นตอนในการสร้างส่วน Interface นั้นประกอบด้วย

1 เปิดโปรแกรม Visual Basic 6.0

2 เลือก Standard.EXE แล้ว Click Open

3 หลังจากนั้นจะพบกับ Project และ Form

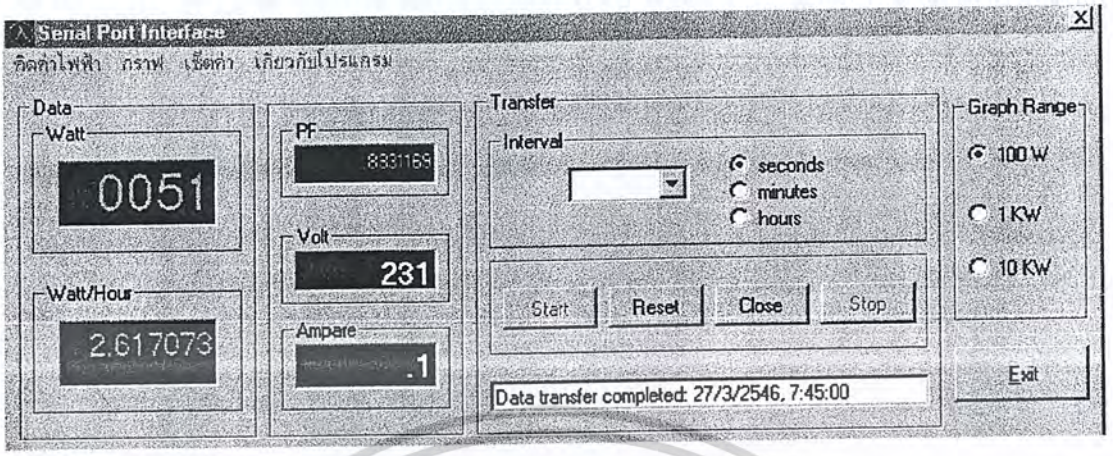
4 จากนั้นให้ดับเบิลคลิก Mouse ที่ Control ที่อยู่ทางด้านขวามือก็จะพบ Control วางอยู่ที่ Form

5 จากนั้นเลือก Add Component แล้วเช็คเครื่องหมายถูกที่ Control ต่าง ๆ ตามที่ต้องการ เพื่อที่จะเรียกใช้งาน

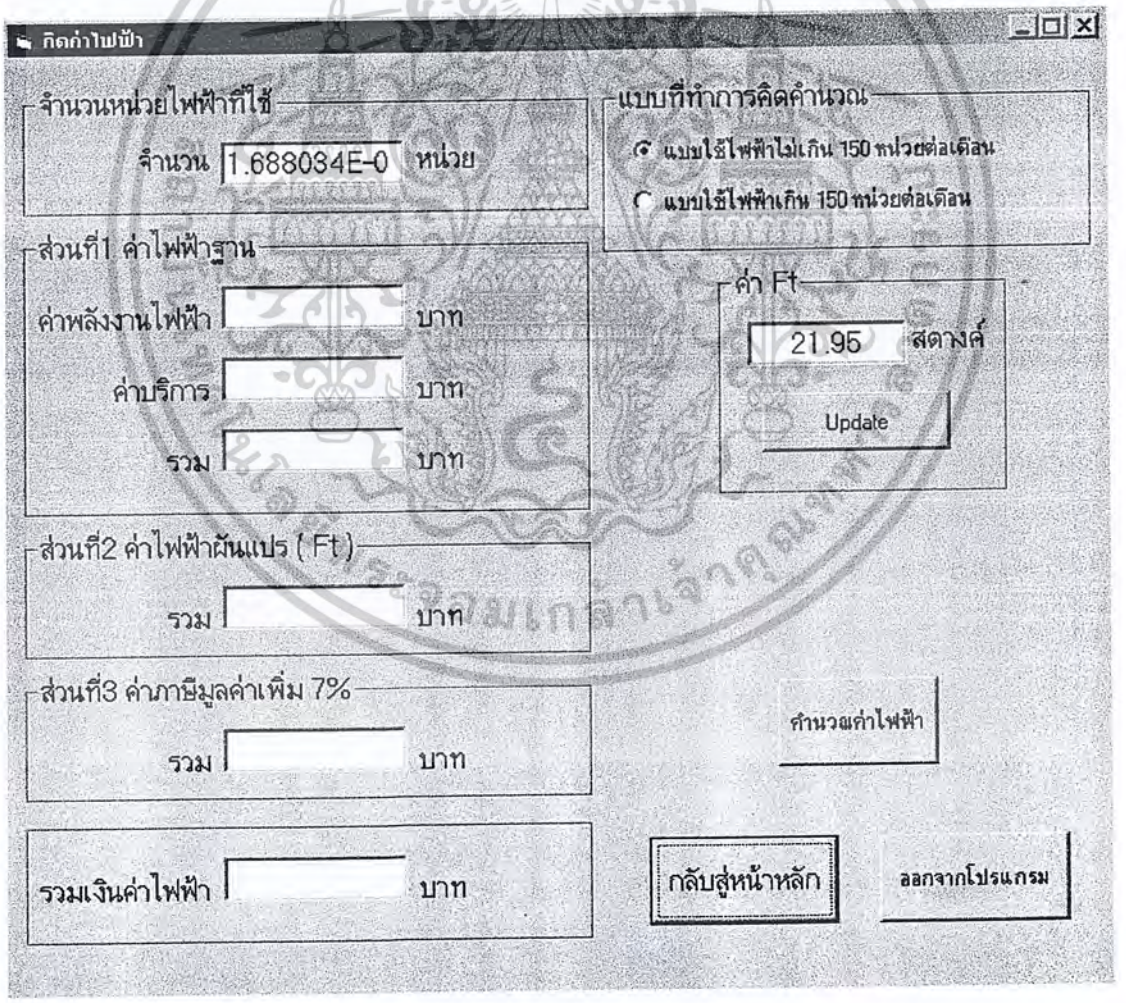
6 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

<u>หมายเหตุ</u> ส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานสามารถดูได้ที่ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

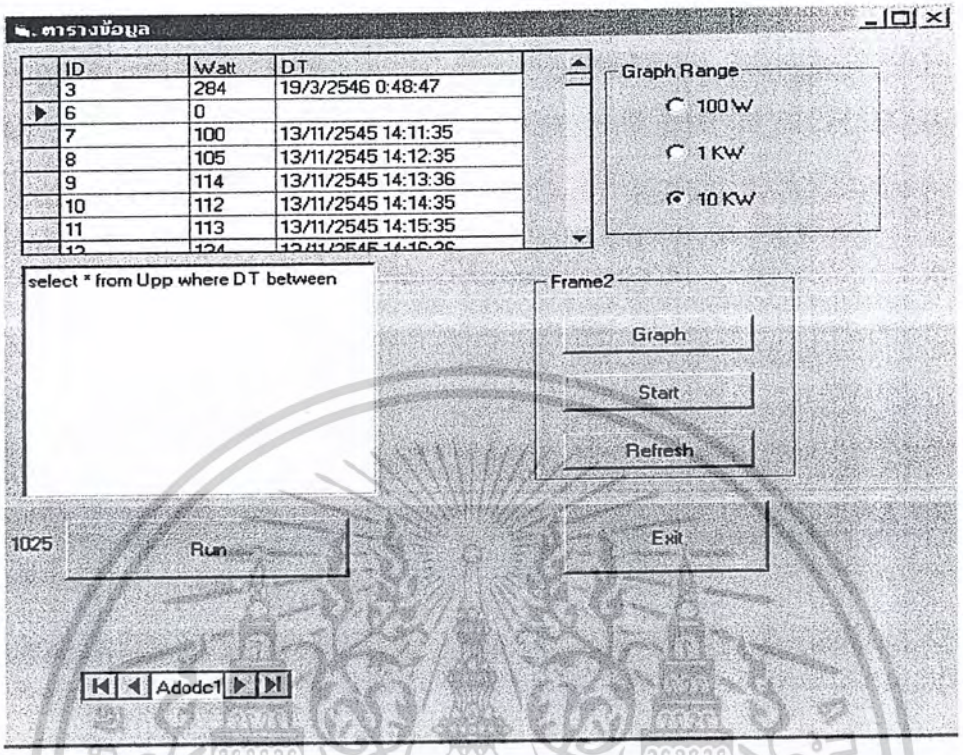


รูปที่ 5-16 ฟอร์มเมนในการแสดงผล

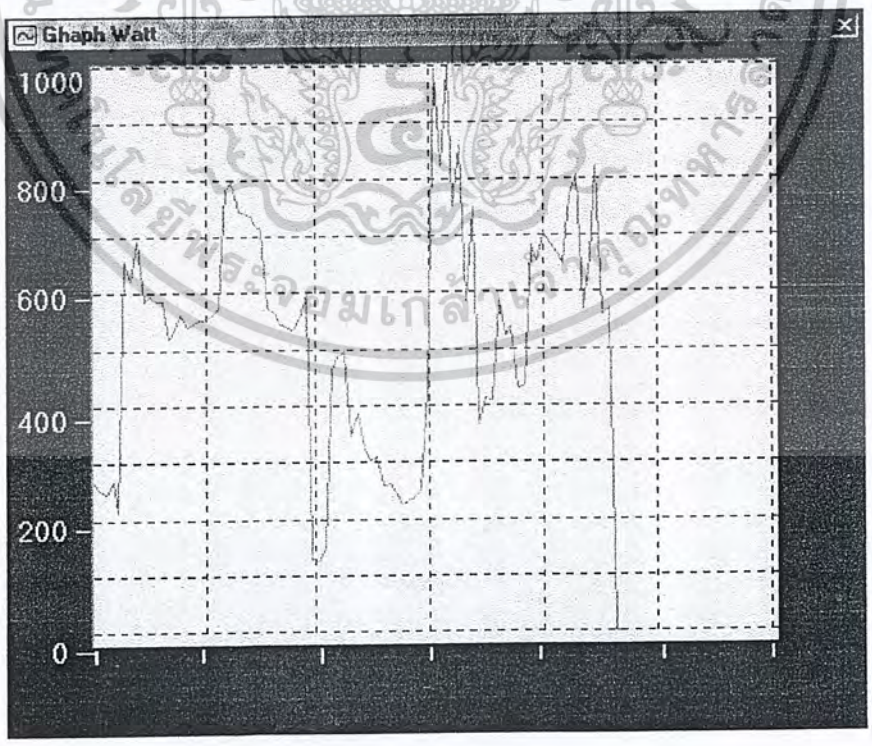


รูปที่ 5-17 ฟอร์มแสดงการคิดค่าไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-18 ฟอร์มแสดงตารางข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้



รูปที่ 5-19 ฟอร์มแสดงกราฟของค่ากำลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลอง

6.1 การปรับแต่งของวงจร

จากวงจรคูณสัญญาณ เป็นวงจรที่ต้องทำการทดลองวัดกำลังไฟฟ้าจากโหลดและต้องปรับแต่งให้ค่าที่วัดได้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยดูค่าที่วัดได้จากวงจรแสดงผล ที่ใช้ไอซีเบอร์ MC1495

วิธีการปรับแต่งของวงจรคูณสัญญาณสามารถกระทำได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ในส่วนของวงจรคูณ ขณะที่ไม่ต่อโหลด วัดสัญญาณที่ขา 6 ของ U1 และปรับ VR V-OFFSET ให้ได้ 0 โวลท์ วัดสัญญาณที่ขา 6 ของ U2 และปรับ VR I-OFFSET ให้ได้ 0 โวลท์
2. ต่อแรงดันไฟ AC 220 โวลท์ ผ่านหม้อแปลงลดแรงดันเหลือ 6 โวลท์ เข้าที่ภาคแรงดันอินพุต แล้ววัดสัญญาณที่ขา 6 ของ U1 และปรับ VR V-GAIN ให้ได้ 2 โวลท์
3. ต่อโหลดที่ทราบค่ากำลังไฟฟ้า(หลอดไฟ 100 W)เข้ากับเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า และทำการปรับ VR I-GAIN ของ U2 และ VR O/P-OFFSET ของ U3 จนกระทั่งวงจรแสดงผล แสดงค่าได้ตรงกับกำลังไฟฟ้าของโหลด ขณะที่ยังไม่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์
4. ส่วนของวงจรการตรวจจับค่าสัญญาณเพาเวอร์แฟคเตอร์ เมื่อต่อโหลดที่ทราบค่ากำลังไฟฟ้า(หลอดไฟ 100 W)แล้ว ทำการปรับ VR GAIN ของ U1A และ VR O/P OFFSET1 ของ U2 จนกระทั่งวงจรแสดงผล แสดงค่าได้ตรงกับกำลังไฟฟ้าของโหลด ขณะที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์แล้ว ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้โหลดเป็นหลอดไฟ 100 W ฉะนั้นค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ของโหลดขณะมีเพาเวอร์แฟคเตอร์และไม่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์จะต้องเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ผลการทดลอง

หลังจากที่ทำการปรับแต่งเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว จึงได้นำเครื่องวัดกำลังไฟฟ้านี้ไปใช้วัดเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยเทียบกับกำลังไฟฟ้ามาตรฐานที่แสดงไว้ในคู่มือการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด ซึ่งได้ผลการทดลองตามตาราง 6.1 ดังนี้

โหลดที่ใช้ในการทดลอง	ค่าที่วัดได้ ก่อนมี เพาเวอร์แฟคเตอร์	ค่าที่วัดได้ หลังมี เพาเวอร์แฟคเตอร์
หลอดฟลูออเรสเซนต์ 38 W	47 VA	41 W
พัดลม 50 W	48 VA	43 W
หลอดไฟ 100 W	102 VA	97 W
กาต้มน้ำไฟฟ้า (แบบไม่ตัดไฟ) 600 – 650 W	610 VA	603 W
กาต้มน้ำไฟฟ้า (แบบตัดไฟ) 670 W	666 VA	663 W
เตารีด 1000 W	1008 VA	990 W

ตารางที่ 6.1 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองดังตารางที่ 6.1 จะเห็นได้ว่าเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าที่ได้สร้างขึ้นมานั้นสามารถวัดได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงพอสมควร แต่ยังไม่เที่ยงตรงนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 บทสรุป

จากโครงงานดิจิตอลวัตต์มิเตอร์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์นี้สามารถแบ่งส่วนของโครงงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

- **ส่วนของฮาร์ดแวร์** ซึ่งเป็นส่วนของดิจิตอลวัตต์มิเตอร์ สามารถแยกเป็นภาคต่าง ๆ ได้ ดังนี้

- ภาคอินพุต ใช้วัดส่วนของกระแสและแรงดัน

- ภาควงจรคูณสัญญาณ ใช้ไอซีเบอร์ MC1495

- ภาควงจรการตรวจจับค่าสัญญาณเพาเวอร์แฟคเตอร์ ใช้วงจร summing amplifier

- ภาควงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ใช้ไอซีเบอร์ ICL7135 และ ADC0804

- ภาคแสดงผลดิจิตอล ใช้ แอลอีดี เซเว่น เซกเมนต์ 4 หลัก

- ภาคการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ติดต่อผ่าน MAX232 ส่งสัญญาณเข้าสู่พอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

- ภาคการคำนวณหาค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เพื่อแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ ใช้การตรวจจับสัญญาณของส่วนวัดกระแสและแรงดัน

- **ส่วนของซอร์ฟแวร์** แบ่งออกเป็น

- การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์

- การแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ จะมีการแสดงผลใน 2 ลักษณะคือ กราฟ และการคิดคำนวณค่าไฟฟ้า

เมื่อนำเอาส่วนของฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์มาทำงานร่วมกันแล้ว โครงงานที่ได้สร้างก็สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้าและแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ตามขอบเขตที่ตั้งไว้ แต่ผลที่ได้ยังไม่เที่ยงตรงนัก และจากการพัฒนาโครงงานนี้ทำให้โครงงานชิ้นนี้สามารถวัดกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดที่กระแสไฟฟ้า 37 แอมแปร์ และยังสามารถใช้งานได้อย่างง่ายดาย โดยสามารถวัดกำลังไฟฟ้าได้ที่กระแสไฟฟ้า 0 ถึง 37 แอมแปร์ โดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนย่านการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากผลที่ได้ยังไม่เที่ยงตรงนักและในส่วนของการคิดจำนวนวัตต์ต่อชั่วโมง(Wh) มีการส่งค่าไปแสดงผลและเก็บบันทึกไว้ที่คอมพิวเตอร์โดยตรง จึงไม่เป็นการสะดวกที่จะเปิดคอมพิวเตอร์ไว้ตลอดเวลา ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาในการสร้างหน่วยความจำในส่วนของเครื่องดิจิตอลวัตต์มิเตอร์เองและทำการปรับแต่งวงจรเพื่อให้ผลที่ได้มีความเที่ยงตรงและเกิดความสะดวกในการใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

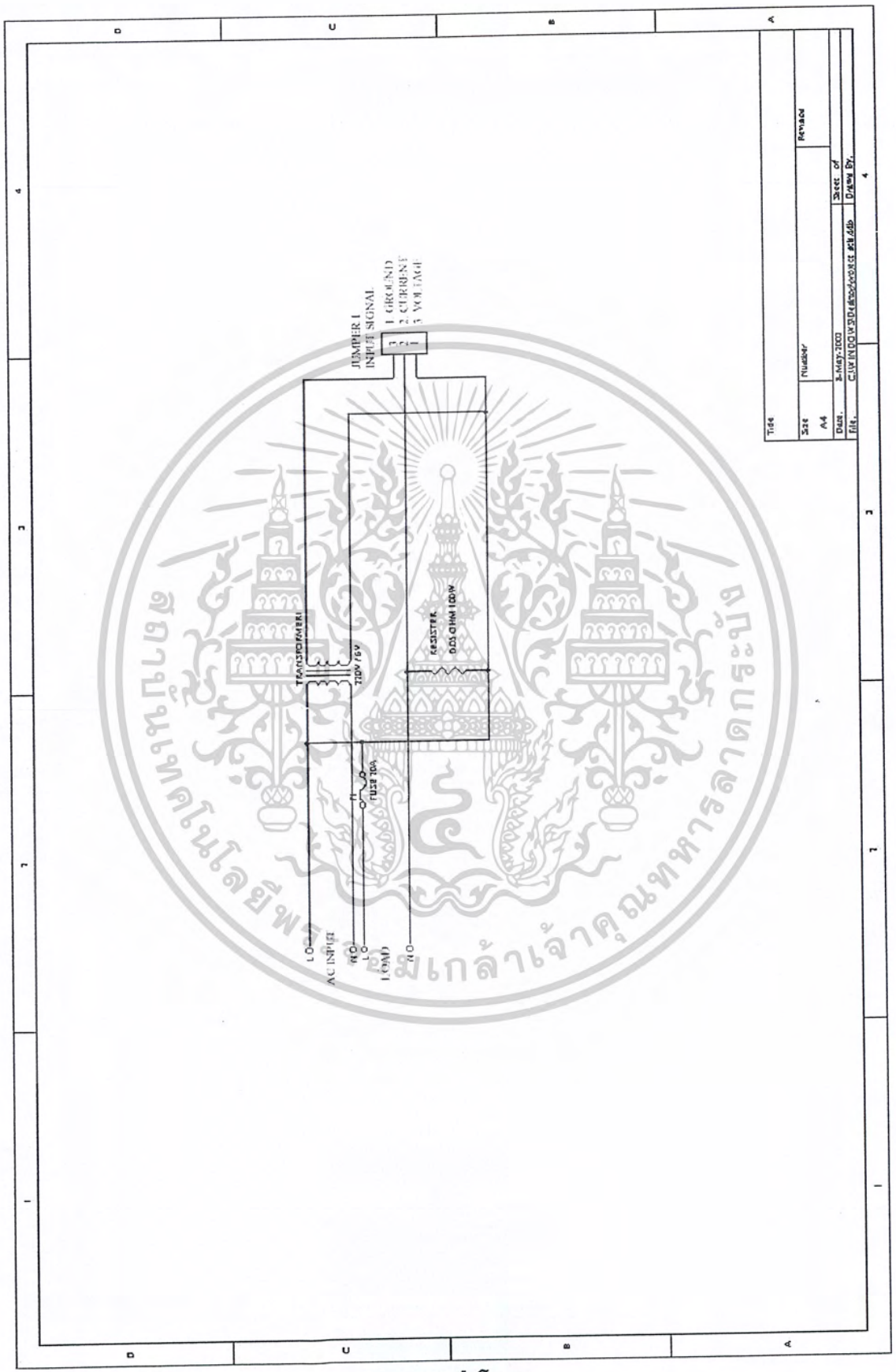
1. ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช, การออกแบบระบบไฟฟ้า, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
2. ไมตรี วรวุฒิจรรยากุล, ทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเล่ม 5, ภาควิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
3. ศุภชัย สมพานิช, Database Programming กับ Visual Basic ฉบับมืออาชีพ, บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด
4. เอก ไชยสวัสดิ์, การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า, บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด
5. ฉัททวุฒิ พืชผล, พิชิต สันติกุลานนท์, คู่มือเรียน Visual Basic 6, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
6. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช, (C) Innovative Experiment Co.,Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

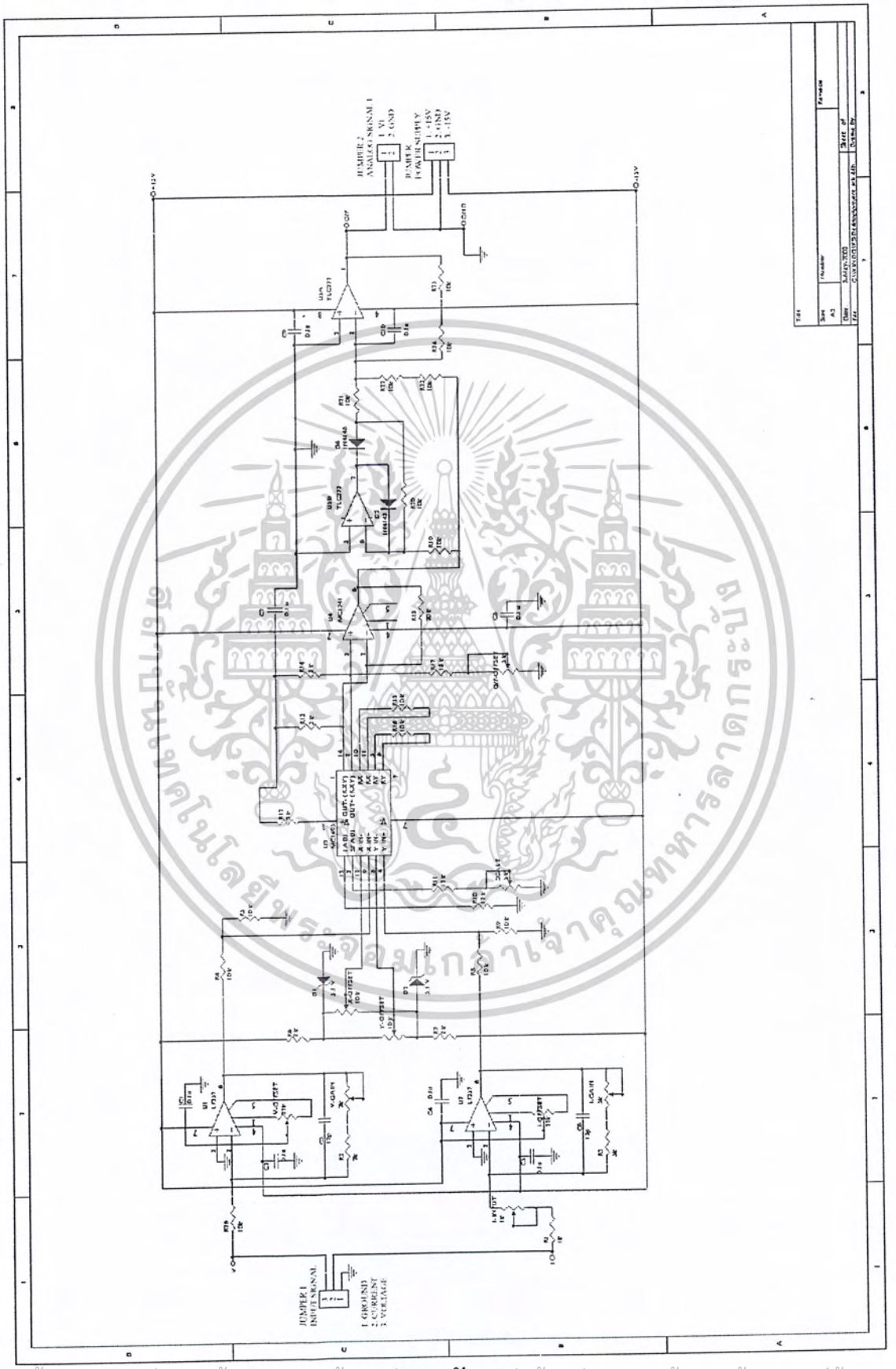
วงจรส่วนต่าง ๆ ของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



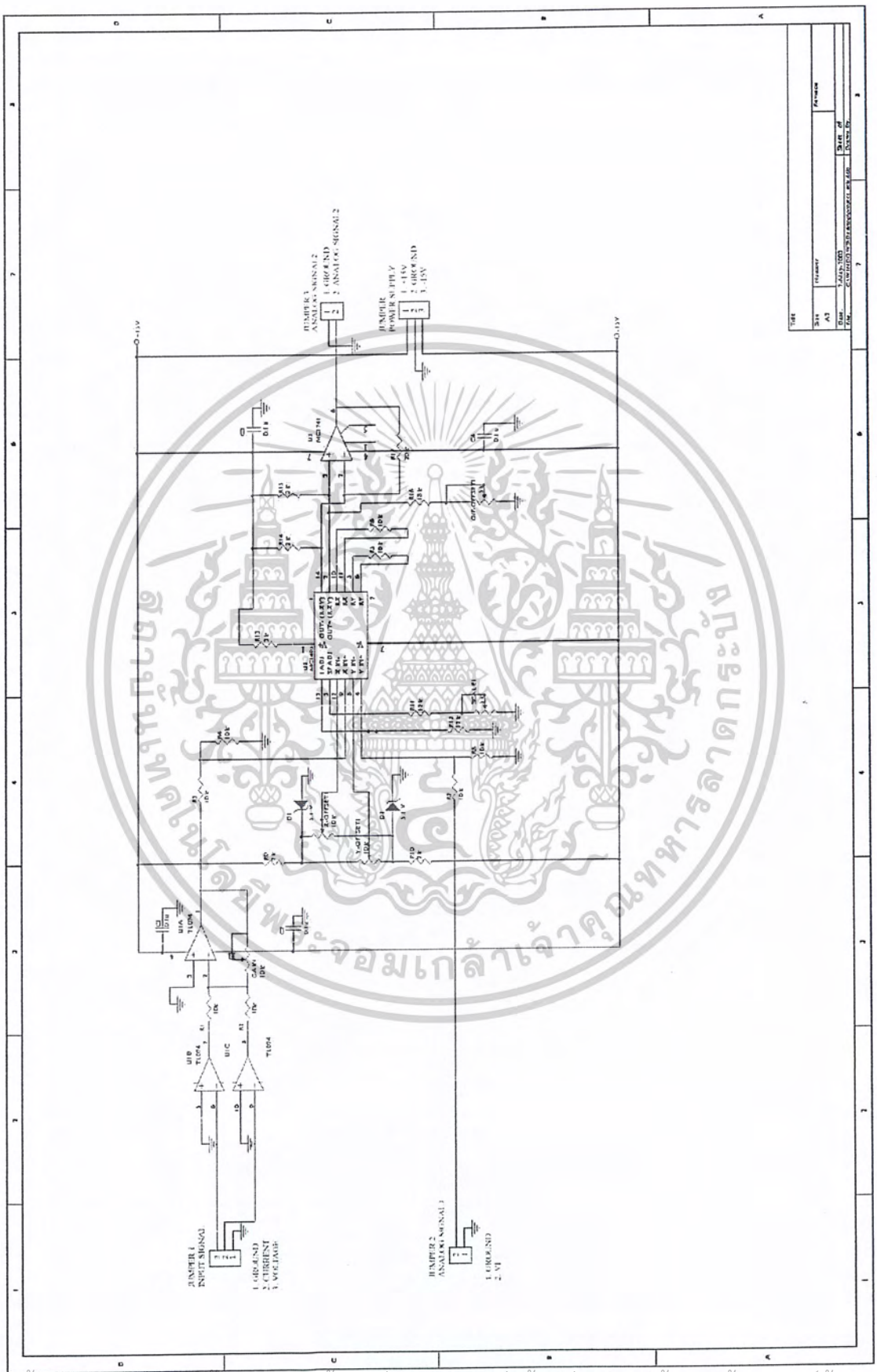
วงจรการต่อโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



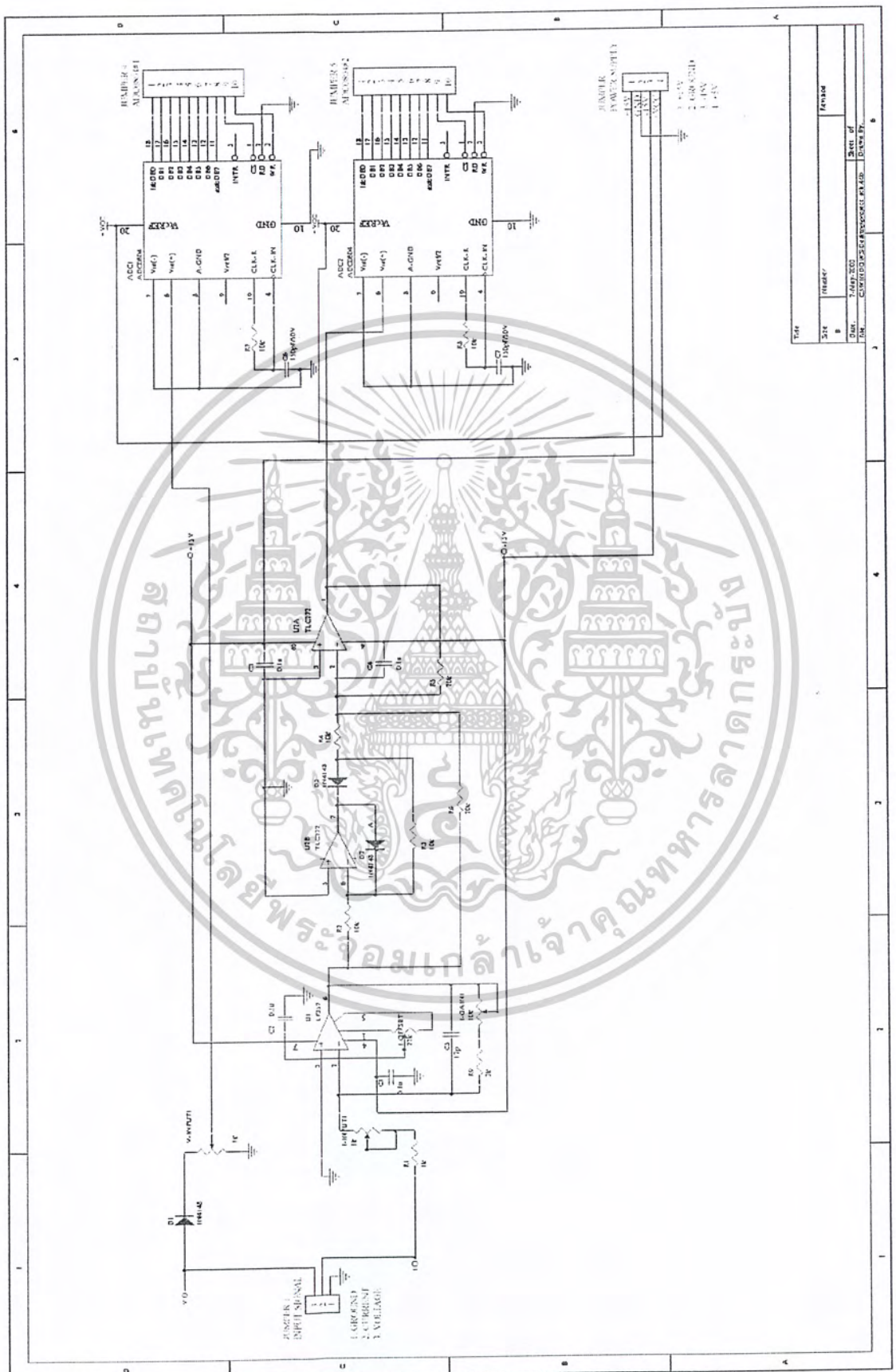
วงจรคุณสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



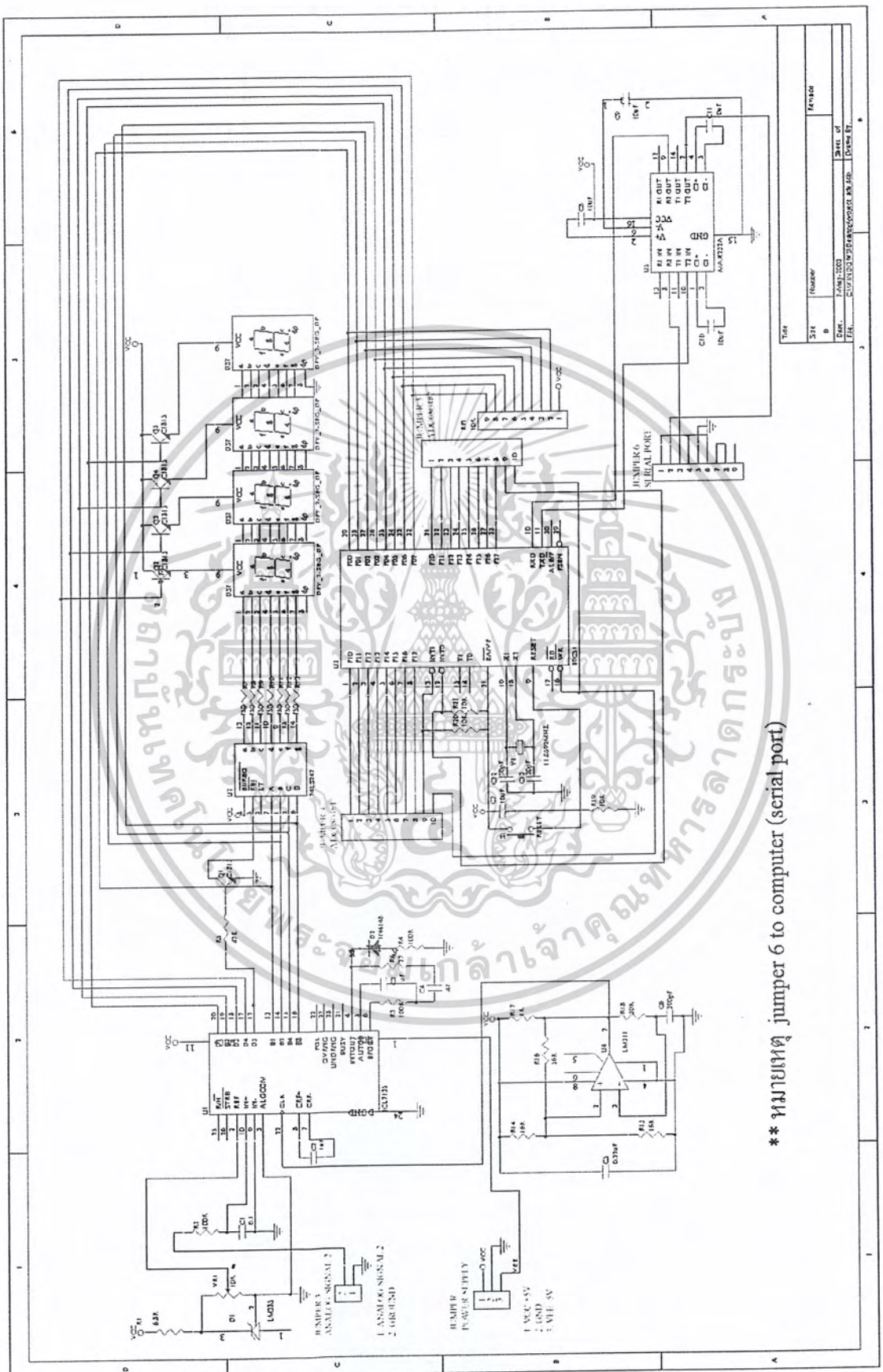
วงจรการตรวจจับค่าสัญญาณเพาเวอร์แฟคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



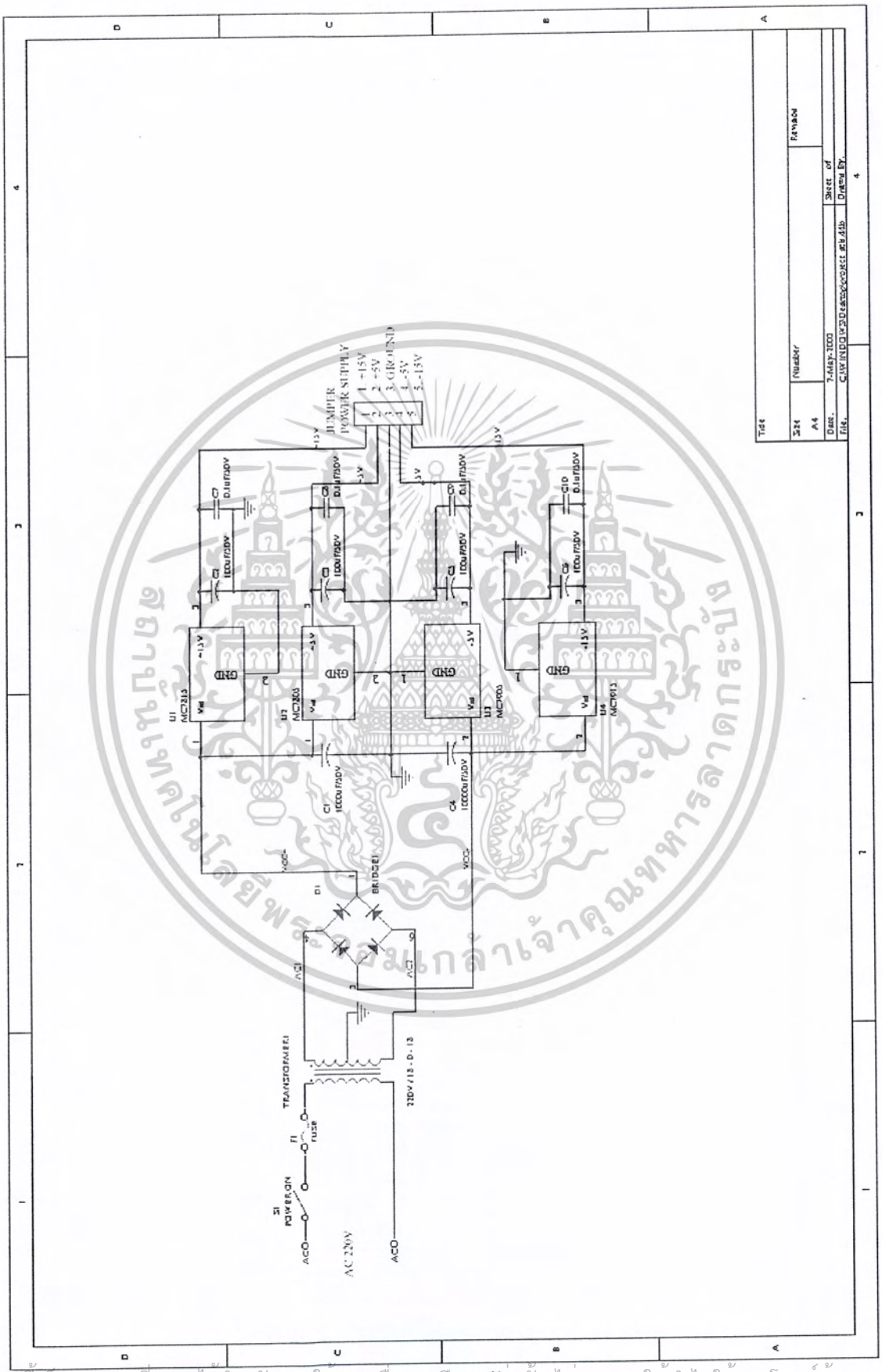
วงจรตรวจวัดค่าสัญญาณแรงดันและค่าสัญญาณกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



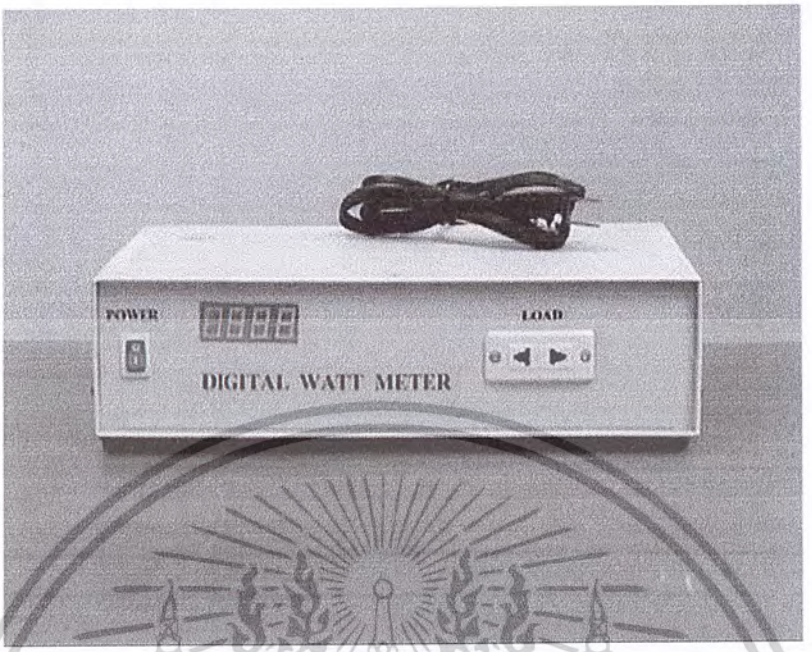
วงจรแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

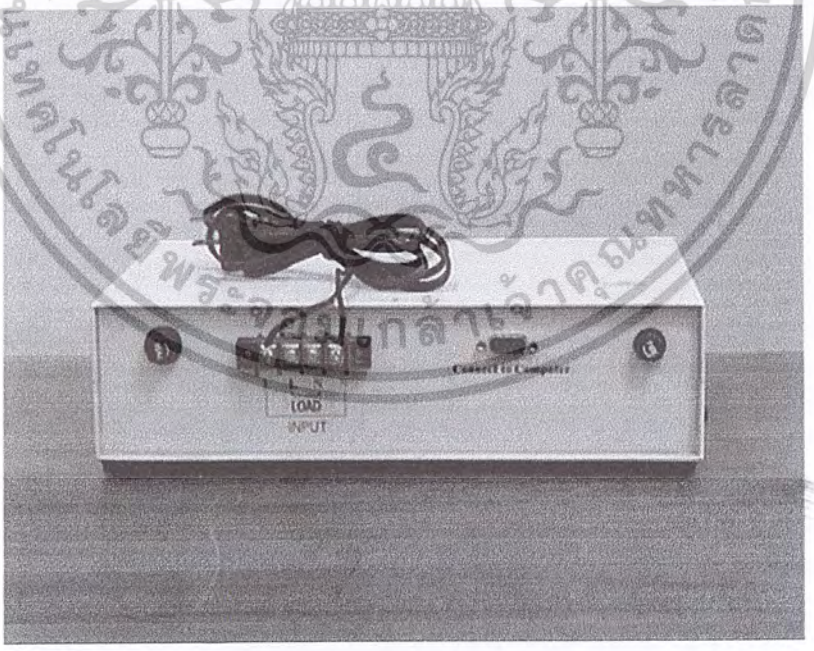


วงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

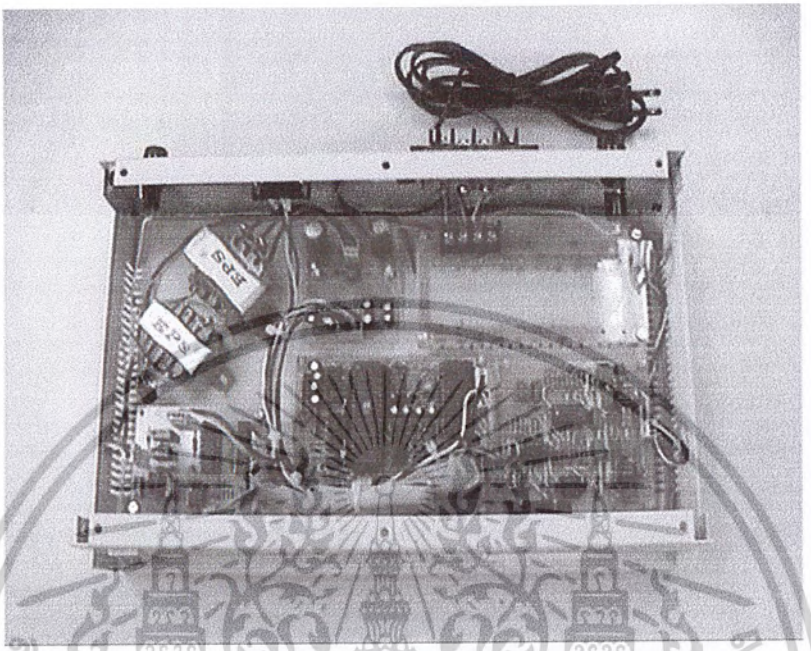


ภาพด้านหน้าที่เสร็จสมบูรณ์ของดิจิตอลวัตต์มิเตอร์



ภาพด้านหลังที่เสร็จสมบูรณ์ของดิจิตอลวัตต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



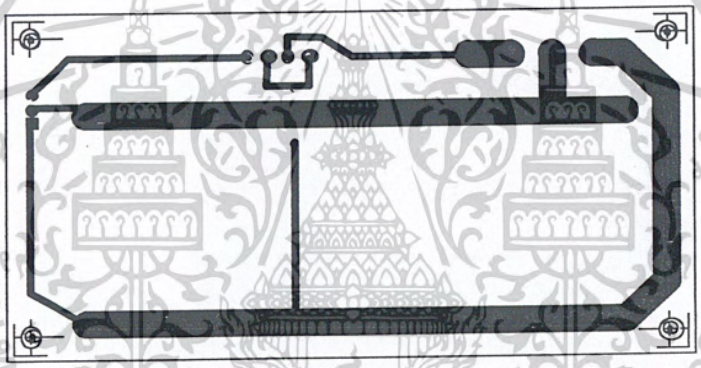
ภาพด้านบนที่เสร็จสมบูรณ์ของดิจิตอลวัตต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

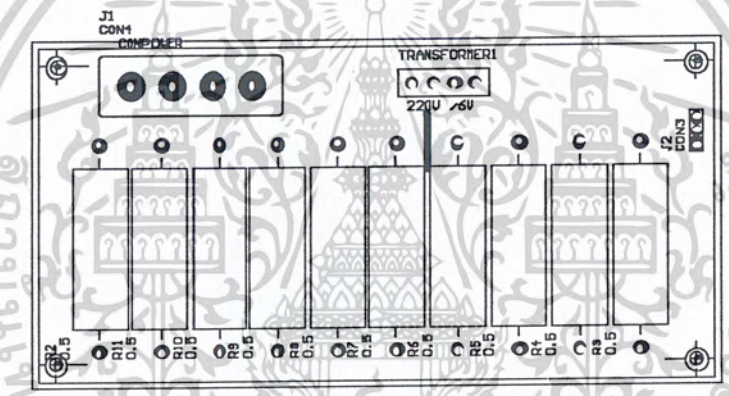
แผ่นลายวงจรและการลงอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



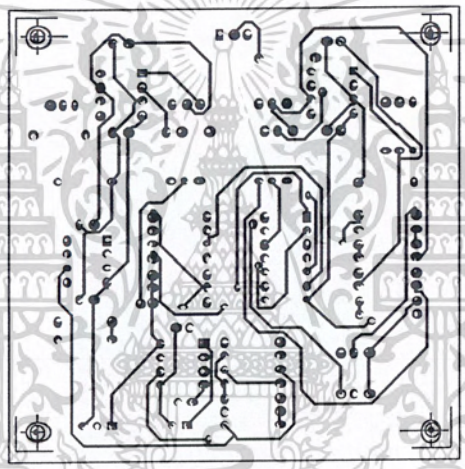
ลายทองแดงของวงจรการต่อโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



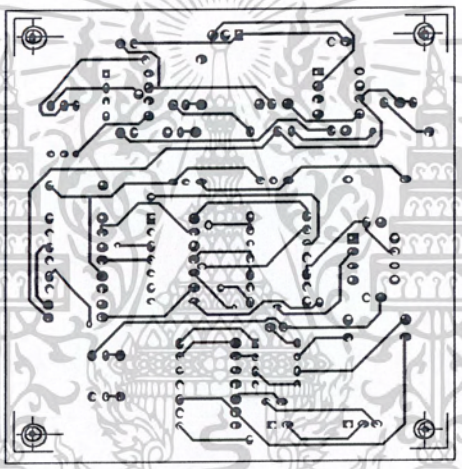
การลงอุปกรณ์ของวงจรการต่อโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



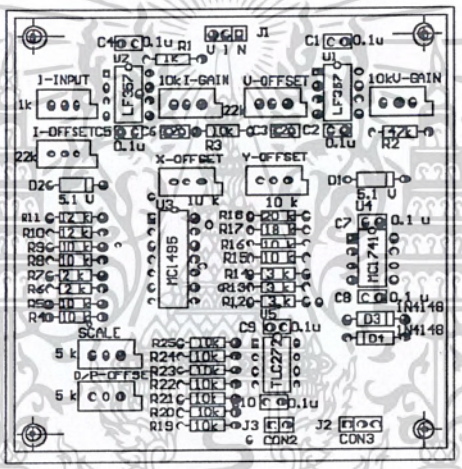
ลายทองแดงของวงจรคูณ หน้า 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



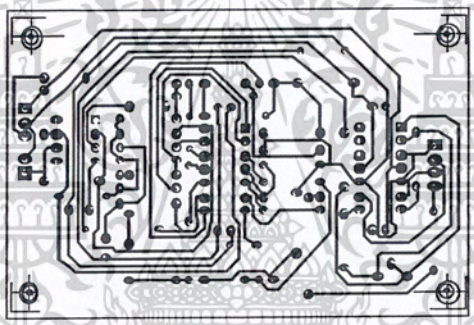
ลายทองแดงของวงจรคูณ หน้า 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



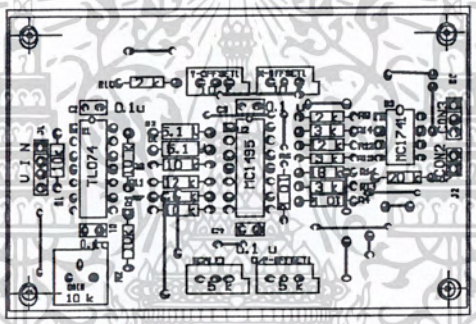
การลงอุปกรณ์ของวงจรคูณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



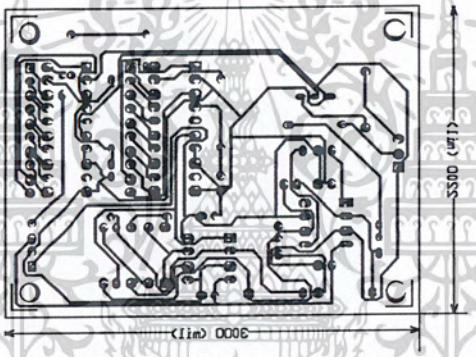
ลายทองแดงของวงจรการตรวจจับค่าสัญญาณเพาเวอร์แฟคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



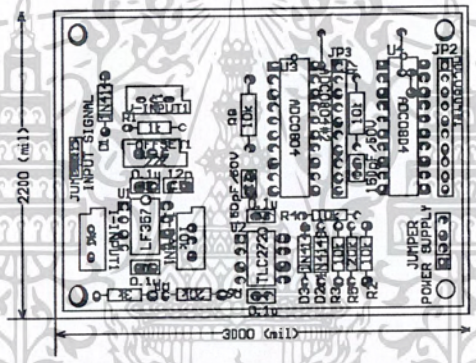
การลงอุปกรณ์ของวงจรการตรวจจับค่าสัญญาณเพาเวอร์แฟคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



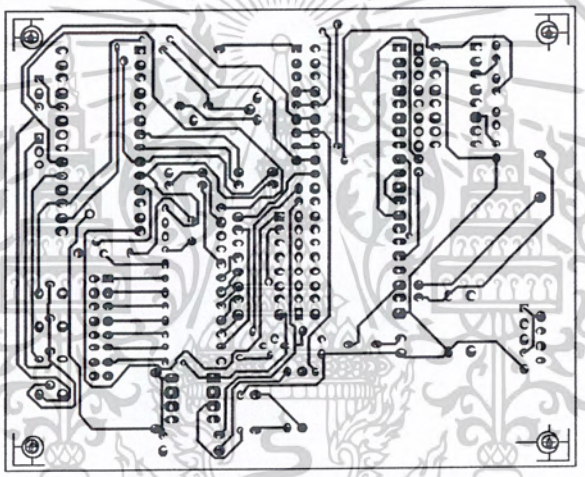
ลายทองแดงของวงจรตรวจวัดค่าสัญญาณแรงดันและค่าสัญญาณกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



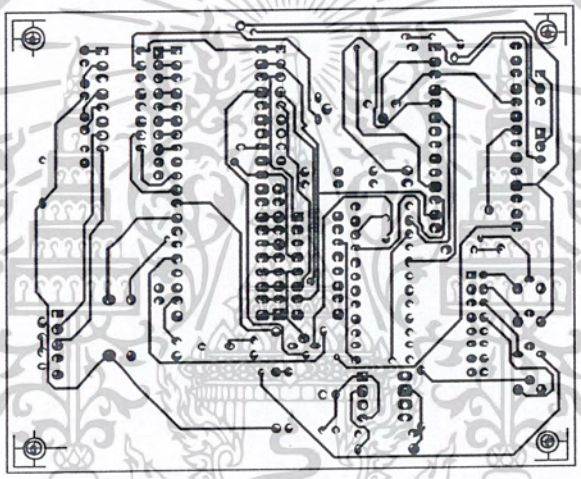
การลงอุปกรณ์ของวงจรตรวจวัดค่าสัญญาณแรงดันและค่าสัญญาณกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



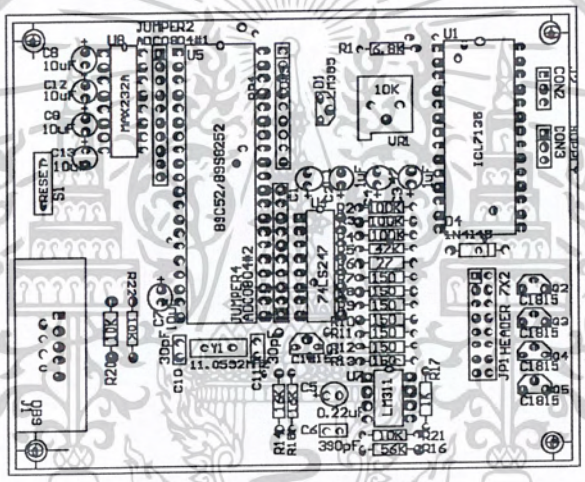
ลายทองแดงของวงจรแสดงผล หน้า 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายทองแดงของวงจรแสดงผล หน้า 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การลงอุปกรณ์ของวงจรแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายทองแดงของส่วนแอล อี ดี เซเว่น เซกเมนท์

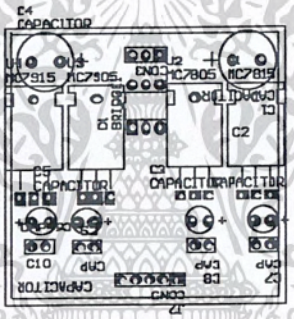
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลงอุปกรณ์ของส่วนแอล อี ดี เซเว่น เซกเมนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายทองแดงของวงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



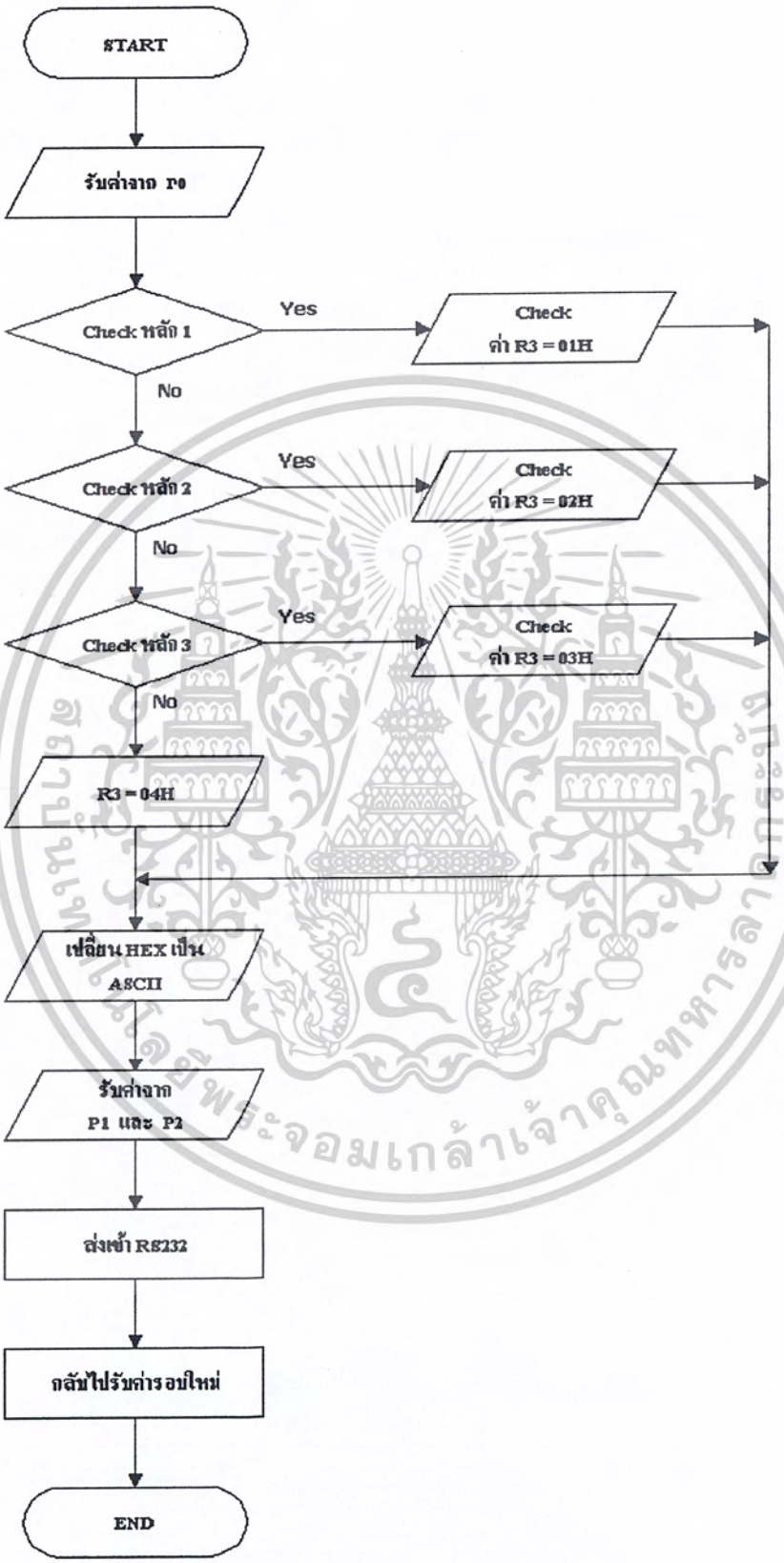
การลงอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

โปรแกรมการทำงานของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปโฟลชาร์ทแสดงการทำงานของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*******************************************************************************
; Program          : Serial UART 01
; Description      : Serial UART Write Data to PC
;                  : using Bit polled check method
; For              : MCS-51 Microcontroller
; Filename         : Data_to_pc.asm
; Assembler        : RAD51
; Copyright (C) 2002 KMITL #3L
;*******************************************************************************
;-------------------------------------------------------
; Define Port&Pin Name
;-------------------------------------------------------
ADC0804_0       BIT     P1.0    ; DB0
ADC0804_1       BIT     P1.1    ; DB1
ADC0804_2       BIT     P1.2    ; DB2
ADC0804_3       BIT     P1.3    ; DB3
ADC0804_4       BIT     P1.4    ; DB4
ADC0804_5       BIT     P1.5    ; DB5
ADC0804_6       BIT     P1.6    ; DB6
ADC0804_7       BIT     P1.7    ; DB7
BIN_1           BIT     P0.0    ; Binary 1
BIN_2           BIT     P0.1    ; Binary 2
BIN_4           BIT     P0.2    ; Binary 4
BIN_8           BIT     P0.3    ; Binary 8
DIGIT_1         BIT     P0.4    ; Digit 1
DIGIT_2         BIT     P0.5    ; Digit 2
DIGIT_3         BIT     P0.6    ; Digit 3
DIGIT_4         BIT     P0.7    ; Digit 4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------
; Main Program.
;-------------------------------------------------------------
        ORG     0000H           ; Reset Vector
        MOV     P0,#11111111B
        MOV     P1,#11111111B
        MOV     R7,#250
        ACALL   DELAY_100ms_1
MAIN:   MOV     TMOD,#021H      ; T1 8Bit Auto, T0 16Bit
        MOV     TH1,#0FDH       ; 9600 bps Timer1 Default
        MOV     TL1,#0FDH       ;
        SETB    TR1             ; Start Timer1
        MOV     SCON,#040H      ; Mode1 RX Disable
        MOV     DPTR,#SERIAL_TEXT ; Set Pointer Serial TX
        ACALL   TX_TEXT         ; TX Text to Serial Port
        MOV     DPTR,#HELLO_TEXT ; Set Pointer Serial TX
        ACALL   TX_TEXT         ; TX Text to Serial Port
        MOV     R7,#98
        ACALL   DELAY_100ms_1
        ACALL   CHECKDIGT       ; TX Text to Serial Port

        AJMP    MAIN

;-------------------------------------------------------------
; TX Serial Text from ROM Pointer
;-------------------------------------------------------------
TX_TEXT:    CLR     TI          ; Clear TI
TX_LOOP:    CLR     A           ; Clear ACC.
            MOVC    A,@A+DPTR   ; Get Data from ROM with Pointer
            INC     DPTR        ; Increase Pointer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    A,#0FFH,TX_CHAR   ; Check 0FFH End of Text Char.
                RET                       ; End => Return
TX_CHAR:        MOV     SBUF,A            ; Send Data to SBUF
                JNB     TI,$              ; Wait until TX already (TI=1)
                CLR     TI                ; Clear TI
                ACALL   DELAY_100ms       ; Delay
                AJMP    TX_LOOP           ; Jump to TX_LOOP
;-------------------------------------------------------
; TX Serial Text from ICL7135
;-------------------------------------------------------
CHECKDIGT:      MOV     R1,#00H           ;Check Digt Seven Segment
                MOV     R3,#00H
TX_CHAR1:
DIGIT1:         CJNE    R3,#00H,DIGIT2
CK1:            MOV     A,P0
                MOV     R2,A
                ANL     A,#080H
                CJNE    A,#080H,CK1
                CJNE    R2,#08AH,CKP1
                SJMP    CK1
CKP1:           ACALL   DELAY
                MOV     R2,P0
                MOV     R3,#01H
                ACALL   TX_TEXT1

DIGIT2:         CJNE    R3,#01H,DIGIT3
CK2:            MOV     A,P0
                MOV     R2,A
                ANL     A,#040H
                CJNE    A,#040H,CK2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    R2,#04AH,CKP2
        SJMP    CK2
CKP2:   ACALL   DELAY
        MOV     R2,P0
        MOV     R3,#02H
        ACALL   TX_TEXT1

DIGIT3: CJNE    R3,#02H,DIGIT4
CK3:    MOV     A,P0
        MOV     R2,A
        ANL     A,#020H
        CJNE    A,#020H,CK3
        CJNE    R2,#02AH,CKP3
        SJMP    CK3
CKP3:   ACALL   DELAY
        MOV     R2,P0
        MOV     R3,#03H
        ACALL   TX_TEXT1

DIGIT4: CJNE    R3,#03H,END
CK4:    MOV     A,P0
        MOV     R2,A
        ANL     A,#010H
        CJNE    A,#010H,CK4
        CJNE    R2,#01AH,CKP4
        SJMP    CK4
CKP4:   ACALL   DELAY
        MOV     R2,P0
        MOV     R3,#04H
        ACALL   TX_TEXT1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE        R1,#04H,TX_CHAR1    ; Check 04H End of Text Char

                ACALL       ADC0804
END:            RET
;-------------------------------------------------------------
;Read Data Form ADC 0804
;-------------------------------------------------------------
ADC0804:        MOV         R1,#00H
AA              CLR         P3.2                ;INT0 ADC0804#1
                MOVX        @DPTR,A             ;WR LOW
                ACALL       DELAY               ;DELAY 100uS
                MOV         R2,P2               ;ADC TO R1
                ACALL       TX_TEXT2
                CLR         P3.3                ;INT1 ADC0804#2
                MOVX        @DPTR,A             ;WR LOW
                ACALL       DELAY               ;DELAY 100uS
                MOV         R2,P1               ;ADC TO R2
                ACALL       TX_TEXT2

                CJNE        R1,#02H,AA          ;

                RET

;-------------------------------------------------------------
;Send Data To Port RS-232
;-------------------------------------------------------------
TX_TEXT1:       ACALL       DELAY
                CLR         TI                  ; Clear TI
                CLR         A                   ; Clear ACC.
                MOV         A,R2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     R2,#00H
                ANL     A,#0FH
                ADD     A,#30H
                MOV     SBUF,A          ; Send Data to SBUF
                JNB     TI,$            ; Wait until TX already (TI=1)
                CLR     TI              ; Clear TI
                ACALL   DELAY_100ms     ; Delay
                INC     R1              ; Increase Pointer
                RET                     ; End => Return
;-------------------------------------------------------
TX_TEXT2:       CLR     TI              ; Clear TI
                CLR     A               ; Clear ACC.

                MOV     A,R2
                MOV     R2,#00H
                MOV     SBUF,A          ; Send Data to SBUF
                JNB     TI,$            ; Wait until TX already (TI=1)
                CLR     TI              ; Clear TI
                ACALL   DELAY_100ms     ; Delay
                INC     R1              ; Increase Pointer
                RET                     ; End => Return

;-------------------------------------------------------
; Dummy Delay time 100mS
;-------------------------------------------------------
DELAY_100ms:    MOV     R7,#1           ; Do 100 times    100
DELAY_100ms_1:  MOV     R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms  0E6H
DELAY_100ms_2:  NOP
                NOP
                DJNZ    R6,DELAY_100ms_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ        R7,DELAY_100ms_1
                RET
;-------------------------------------------------------
; Dummy Delay time 100uS
;-------------------------------------------------------
DELAY:      MOV         R6,#35H
            DJNZ        R6,$
            NOP
            RET
;-------------------------------------------------------
;Define Constant < Store in Flash EEPROM Program Memory >
;-------------------------------------------------------
SERIAL_TEXT:    DB          00DH,0FFH
HELLO_TEXT:     DB          00DH,0FFH
                DB          00DH,'READY',00AH,00DH,0FFH
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
โปรแกรมการแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในส่วนของฟอร์มเมน

```
Option Explicit
'This program uses a serial port to
'exchange blocks of 8 bytes with a remote computer.
Private Type typDataTransferFormat
SingleOrContinuous As String
IntervalUnits As String
IntervalValue As Single
End Type
Dim txtDataIng1  As Long
Dim DataIn(7) As Byte
Dim DataTransferFormat As typDataTransferFormat
Dim PreviousTime As Date
Dim TimeOfTransfer As String
Dim Timeout As Boolean
Dim TransferInProgress As Boolean
Public RemoteCPU As String
Public SaveDataInFile As Boolean
Dim vall  As String

Private Sub aa_Click(Index As Integer)
End Sub

Private Sub About_Click()
frmAbout.Show vbModal, Me
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Adodc1_MoveComplete(ByVal adReason As ADODB.EventReasonEnum, ByVal
pError As ADODB.Error, adStatus As ADODB.EventStatusEnum, ByVal pRecordset As
ADODB.Recordset)
Adodc1.Enabled = True
TimAdd.Enabled = True
TimAdo.Enabled = True
End Sub

Private Sub Adodc3_MoveComplete(ByVal adReason As ADODB.EventReasonEnum, ByVal
pError As ADODB.Error, adStatus As ADODB.EventStatusEnum, ByVal pRecordset As
ADODB.Recordset)
'Adodc3.Enabled = True
End Sub

Private Sub cboDataFormat_Click()
'Change the display to match the selected format"แปลงข้อมูล"
Dim Count As Integer
Select Case cboDataFormat.Text
   Case "text"
      For Count = 0 To 7
         'txtDataOut(Count).Text = Chr$(DataOut(Count))
         txtDataIn(Count).Text = Chr$(DataIn(Count))
      Next Count
   Case "decimal"
      For Count = 0 To 7
         'txtDataOut(Count).Text = CStr(DataOut(Count))
         txtDataIn(Count).Text = CStr(DataIn(Count))
      Next Count
   Case "hex"
      For Count = 0 To 7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        'txtDataOut(Count).Text = Hex$(DataOut(Count))
        txtDataIn(Count).Text = Hex$(DataIn(Count))
      Next Count
End Select
End Sub

Private Sub cboIntervalValue_Click()
'Store the selected interval.
DataTransferFormat.IntervalValue = Val(cboIntervalValue.Text)
'With shorter intervals, check elapsed time more often.
Select Case DataTransferFormat.IntervalUnits
   Case "seconds"
      tmrTransferInterval.Interval = 100
   Case "minutes", "hours"
      tmrTransferInterval.Interval = 1000
End Select
End Sub

Private Sub CmdExit_Click()
If MsgBox("คุณต้องการออกจากโปรแกรม ใช่หรือไม่?", vbYesNo, "ดำยืนยัน") = vbYes Then
      Adodc2.Enabled = True
      Adodc2.Recordset.Update
      Adodc2.Recordset.MoveFirst
      End
End If
End Sub

Private Sub Cmdreset_Click()
txtwatt.Text = 0
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub cmdStart_Click()
cmdghaph.Enabled = True
'Initiate data transfer in the selected format."เลือกรูปแบบการส่ง"
Select Case DataTransferFormat.SingleOrContinuous
   Case "single"
      'Transfer data once.
      Call TransferData(DataTransferFormat)
   Case "continuous"
      cmdStart.Enabled = False
      cmdStop.Enabled = True
      cmdStop.SetFocus
      PreviousTime = Now
      tmrTransferInterval.Enabled = True
      'Do one transfer immediately, then let the timer take over.
      Call TransferData(DataTransferFormat)
   Case Else
End Select
End Sub

Private Sub cmdStop_Click()
'Stop transferring data."ปุ่ม start,stop"
tmrTransferInterval.Enabled = False
cmdStop.Enabled = False
cmdghaph.Enabled = False
cmdStart.Enabled = True
End Sub

Private Sub DisplayReceivedData()
Dim Count As Integer      'แสดงค่าที่รับเข้ามา.
Dim txtDataIng  As String
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Select Case cboDataFormat.Text
  Case "text"
    For Count = 0 To 7
      txtDataIn(Count).Text = Chr$(DataIn(Count))
      txtDataIn(8).Text = Chr$(DataIn(3)) + Chr$(DataIn(2)) + Chr$(DataIn(1)) + Chr$(DataIn
(0))
      txtDataIng = Chr$(DataIn(3)) & Chr$(DataIn(2)) & Chr$(DataIn(1)) & Chr$(DataIn(0))
     TxtI.Text = ((DataIn(5)) - 5) / 10
     TxtV.Text = (DataIn(4))
     Next Count

     Dim chk As Single
      chk = TxtI.Text
      If chk <= 0 Then
      TxtI.Text = 0
      End If

Dim a As Integer
Dim b As Single
Dim unit As Single
Dim c As Single
Dim watt As Single

a = txtDataIn(8).Text
b = txtwatt.Text
c = ((a / 3600) / 1000)
unit = b + c
txtwatt = unit
   Case "decimal"
     For Count = 0 To 7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        txtDataIn(Count) = DataIn(Count)
        txtDataIn(8).Text = Chr$(DataIn(4)) & Chr$(DataIn(5)) & Chr$(DataIn(6)) & Chr$
(DataIn(7))

      Next Count
    Case "hex"
      For Count = 0 To 7
        txtDataIn(Count) = Hex$(DataIn(Count))
        txtDataIn(8).Text = Chr$(DataIn(4)) & Chr$(DataIn(5)) & Chr$(DataIn(6)) & Chr$
(DataIn(7))
      Next Count
   End Select
End Sub

Private Function fncDisplayDateAndTime() As String
'Date and time formatting.      "แสดงเวลา..
fncDisplayDateAndTime = _
   CStr(Format(Date, "General Date")) & ", " & _
      (Format(Time, "Long Time"))
End Function

Private Sub Form_Load()
Adodc1.Enabled = False
Adodc3.Recordset.AddNew
Adodc3.Enabled = False
Show
Call Startup
Call GetSettings
TransferInProgress = False
Timeout = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
tmrTimeout.Interval = 3000
tmrTransferInterval.Enabled = False
Call InitializeDisplayElements
SaveDataInFile = False
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Call SaveSettings
Call ShutDown
Close #2
Unload frmDataFile
End
End Sub

Private Sub InitializeDataFormatComboBox()
cboDataFormat.AddItem "text"
cboDataFormat.AddItem "decimal"
cboDataFormat.AddItem "hex"
End Sub

Private Sub InitializeDisplayElements()
Dim Count As Integer
Call InitializeDataFormatComboBox
optSingleOrContinuous(0).Value = True
optIntervalUnits(0).Value = True
cboIntervalValue.ListIndex = 0
cboDataFormat.ListIndex = 0
txtStatus.Locked = True
For Count = 0 To 7
    txtDataIn(Count).Locked = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Next Count
txtStatus.Text = ""
DataTransferFormat.IntervalValue = 1
optSingleOrContinuous(1).Value = True
cmdStop.Enabled = False
cmdghaph.Enabled = False
End Sub

Private Sub Graph_Click()
Frm1.Show
End Sub

Private Sub mnuDataFile_Click(Index As Integer)
frmDataFile.Show
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
End
End Sub

Private Sub mnuPortSettings_Click(Index As Integer)
frmPortSettings.Show
End Sub

'Private Sub mnuRemoteCPU_Click(Index As Integer)
'frmRemoteCPU.Show
'End Sub

Private Sub optIntervalUnits_Click(Index As Integer)
'Configure the interval combo box to match the units selected.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim Maximum As Integer
Dim Count As Integer
Select Case Index
   Case 0
      Maximum = 59
      DataTransferFormat.IntervalUnits = "seconds"
   Case 1
      Maximum = 59
      DataTransferFormat.IntervalUnits = "minutes"
   Case 2
      Maximum = 24
      DataTransferFormat.IntervalUnits = "hours"
End Select
cboIntervalValue.Clear
For Count = 1 To Maximum
   cboIntervalValue.AddItem CStr(Count)
Next Count
End Sub

Private Sub Option1_Click()
Form1.Picture1.Cls
Call MakeGrid
End Sub

Private Sub Option2_Click()
Form1.Picture1.Cls
Call MakeGrid
End Sub
Private Sub Option3_Click()
Form1.Picture1.Cls
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call MakeGrid
End Sub

Private Sub optSingleOrContinuous_Click(Index As Integer)
Select Case Index
   Case 0
      DataTransferFormat.SingleOrContinuous = "single"
      'Disable interval selection:
      optIntervalUnits(0).Enabled = False
      optIntervalUnits(1).Enabled = False
      optIntervalUnits(2).Enabled = False
   Case 1
      DataTransferFormat.SingleOrContinuous = "continuous"
      'Enable interval selection:
      optIntervalUnits(0).Enabled = True
      optIntervalUnits(1).Enabled = True
      optIntervalUnits(2).Enabled = True
End Select
End Sub

Private Sub ReceiveData()
'Receive and display data from the remote computer.
Dim InputBuffer As Variant
Dim Count As Integer
Dim ByteArray() As Byte
Dim BytesIn As Integer
Dim ByteCount As Integer
'Time out if no response
tmrTimeout.Enabled = True
Timeout = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'8052-Basic echoes the received data, plus CR+LF.
'So the PC receives 10 additional bytes from an 8052.
'If RemoteCPU = "8052-Basic" Then
'   ByteCount = 18
'Else
    ByteCount = 8
'End If
'Wait for the bytes to arrive
Do
    DoEvents
    BytesIn = MSComm1.InBufferCount
Loop Until (BytesIn >= ByteCount) Or (Timeout = True)
If Timeout = True Then
    Timeout = False
    txtStatus.Text = _
        "Remote computer not responding: " & _
            fncDisplayDateAndTime
            cmdStop = True
Else
    tmrTimeout.Enabled = False
    'Get and display received data.
    InputBuffer = MSComm1.Input
    'Assign the variant's contents
    'to a variable-length byte array.
    ByteArray() = InputBuffer
    'Store the byte array's contents in DataIn.
    'For 8052-Basic, ignore the first ten bytes.
    For Count = 0 To 7
        DataIn(Count) = ByteArray(Count + ByteCount - 8)
    Next Count
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Call DisplayReceivedData
End If
End Sub

Private Sub StoreReceivedData()
'Save received data and time in a file.
Write #2, _
    TimeOfTransfer, _
    CStr(DataIn(0)), _
    CStr(DataIn(1)), _
    CStr(DataIn(2)), _
    CStr(DataIn(3)), _
    CStr(DataIn(4)), _
    CStr(DataIn(5)), _
    CStr(DataIn(6)), _
    CStr(DataIn(7))
End Sub

Private Sub tadd_Timer()
Adodc3.Enabled = True
Adodc3.Recordset.AddNew
Adodc3.Enabled = False
tadd.Enabled = False
End Sub

Private Sub Tado_Timer()
Adodc3.Enabled = True
Adodc3.Recordset.MoveNext
Tado.Enabled = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub TimAdd_Timer()
Adodc1.Recordset.AddNew
Adodc1.Enabled = False
Tx2 = 0
TimAdd.Enabled = False
End Sub

Private Sub TimAdo_Timer()
Adodc1.Enabled = True
Adodc1.Recordset.MoveFirst
TimAdo.Enabled = False
End Sub

Private Sub Timdat_Timer()
Dim mydate, mytime, dd, mm, hh, mn, ss
    mydate = Date
    mytime = Time
    dd = Day(mydate)
    mm = Month(mydate)
    hh = Hour(mytime)
    mn = Minute(mytime)
    ss = Second(mytime)
If dd = 31 And mm = 1 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 28 And mm = 2 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 3 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 30 And mm = 4 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
    Tado.Enabled = True
    TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 5 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
    Tado.Enabled = True
    TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 30 And mm = 6 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
    Tado.Enabled = True
    TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 7 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
    Tado.Enabled = True
    TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 8 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
    Tado.Enabled = True
    TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 30 And mm = 9 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
    Tado.Enabled = True
    TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 10 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
    Tado.Enabled = True
    TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 30 And mm = 11 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
    Tado.Enabled = True
    TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 12 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
    Tado.Enabled = True
    TimZero.Enabled = True
Else
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim unit As Single
unit = txtwatt.Text
TxtMemUnit = unit
End Sub

Private Sub TimPF_Timer()
'Dim cc  As Single
'Dim e As Single
    ' cc = TxtI.Text
   '  e = cc / 10
     'TxtI = e
Dim a As Single
Dim b As Single
Dim c As Single
Dim d As Single
a = txtDataIn(8).Text
     b = TxtV.Text
     c = TxtI.Text
   TxtVI = b * c
 If b = 0 Then
   TxtPF.Text = 0
 End If
If c = 0 Then
    TxtPF.Text = 0
Else
If a > (b * c) Then
d = (a / (b * (c + 0.15)))
Else
     d = (a / (b * c))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 End If
End If
TxtPF.Text = d
End Sub

Private Sub TimUnit_Timer()
Tx3.Text = Now
TxtMemdate.Text = Now
Dim a As Integer
Dim b As Single
Dim unit As Single
Dim c As Single
Dim tx As Single
Dim watt As Single
tx = Tx2.Text
a = txtDataIn(8).Text
b = txtwatt.Text
c = ((a / 3600) / 1000)
unit = b + c
txtwatt = unit
watt = tx + (a / 60)
Tx2 = watt
End Sub
Private Sub TimZero_Timer()
txtwatt = 0
TimZero.Enabled = False
End Sub

Private Sub tmrTimeout_Timer()
tmrTimeout.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Timeout = True
End Sub

Private Sub tmrTransferInterval_Timer()
'See if it's time to do a transfer.
Dim CurrentTime As Date
Dim Units As String
CurrentTime = Now
Select Case DataTransferFormat.IntervalUnits
   Case "seconds"
      Units = "s"
   Case "minutes"
      Units = "n"
   Case "hours"
      Units = "h"
End Select
'If elapsed time since the last transfer is more than
'the selected seconds, minutes, or hours, do a data transfer.
 If DateDiff(Units, PreviousTime, CurrentTime) >= _
     DataTransferFormat.IntervalValue Then
    PreviousTime = CurrentTime
    'But don't start a new transfer if one is in progress.
   If TransferInProgress = False Then
      Call TransferData(DataTransferFormat)
  End If
End If
End Sub

Private Sub TransferData _
 (DataTransferFormat As typDataTransferFormat)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim ClearToSend As Boolean
TransferInProgress = True
txtStatus.Text = ""
MSComm1.InBufferCount = 0
'If necessary, get the remote CPU's attention.
'frmMain.RemoteCPU = "PC"
'Select Case RemoteCPU
 ' Case "PC"
     ClearToSend = True
'End Select
If ClearToSend = True Then
   Call ReceiveData
   TimeOfTransfer = fncDisplayDateAndTime
   If txtStatus.Text = "" Then
      txtStatus.Text = _
         "Data transfer completed:" & TimeOfTransfer
   End If
   If SaveDataInFile = True Then
      Call StoreReceivedData
   End If
End If
TransferInProgress = False
End Sub

Public Function fncInitializeComPort _
   (BitRate As Long, PortNumber As Integer) As Boolean
'BitRate and PortNumber are passed to this routine.
'All other properties are set explicitly in the routine.
Dim ComSettings$
If MSComm1.PortOpen = True Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    MSComm1.PortOpen = False
End If
ComSettings = CStr(BitRate) & ",N,8,1"
    MSComm1.CommPort = PortNumber
    ' bit rate, no parity, 8 data, and 1 stop bit.
    MSComm1.Settings = ComSettings
    'Set to 0 to read entire buffer on Input
    MSComm1.InputLen = 0
    MSComm1.InBufferSize = 256
    'Input and output data are the contents of a byte array
    'stored in a variant.
    MSComm1.InputMode = comInputModeBinary
    'MSComm does no handshaking.
    MSComm1.Handshaking = comNone
    MSComm1.OutBufferSize = 256
    MSComm1.EOFEnable = False
    'No OnComm event on received data.
    MSComm1.RThreshold = 0
    'No OnComm transmit event.
    MSComm1.SThreshold = 0
    MSComm1.PortOpen = True
End Function
Public Sub MSComm1_OnComm()
'Handles all Comm events
Select Case MSComm1.CommEvent
    'Handle each event or error by placing
    'code below each case statement
    ' Events
    Case comEvCD
        'Change in the CD line.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Case comEvCTS
   'Change in the CTS line.
Case comEvDSR
   'Change in the DSR line.
Case comEvRing
   'Change in the RI line.
Case comEvReceive
   'The receive buffer has RThreshold number of characters
Case comEvSend
   'The transmit buffer has SThreshold number of characters
Case comEvEOF
   'EOF character (1Ah) received
'Errors
Case comEventBreak
   'A Break was received.
Case comEventCDTO
   'CD (RLSD) Timeout.
Case comEventCTSTO
   'CTS Timeout.
Case comEventDSRTO
   'DSR Timeout.
Case comEventFrame
   'Framing Error
Case comEventOverrun
   'Data Lost.
Case comEventRxOver
   'Receive buffer overflow
Case comEventRxParity
   'Parity Error
Case comEventTxFull
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    'Transmit buffer full
  Case comEventDCB
    'Unexpected error retrieving DCB
End Select
End Sub

Private Sub cmdghaph_Click()
frmMain.Top = 500
frmMain.Left = ((Screen.Width - frmMain.Width) / 2)
Form1.Show
Form1.Top = (Screen.Height - Form1.Height) - 100
Form1.Left = (Screen.Width - Form1.Width) / 2
If cmdghaph.Caption = "Close " Then
Timer1.Interval = 0
cmdghaph.Caption = "Ghaph"
Form1.Hide
cmdStop.Enabled = True
Else
Timer1.Interval = 1000 * DataTransferFormat.IntervalValue
vall = Val(txtDataIn(8).Text)
cmdghaph.Caption = "Close "
cmdStop.Enabled = False
End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
Call MakeGrid
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
vall = (Val(txtDataIn(8).Text)) / 2000
Call LineActive(vall)
End Sub

Private Sub กราฟ_Click(Index As Integer)
Frm1.Show
frmMain.Hide
Form1.Hide
End Sub

Private Sub คิดค่าไฟฟ้า_Click(Index As Integer)
Frm2.Show
End SubOption Explicit
'This program uses a serial port to
'exchange blocks of 8 bytes with a remote computer.
Private Type typDataTransferFormat
   SingleOrContinuous As String
   IntervalUnits As String
   IntervalValue As Single
End Type
Dim txtDataIng1  As Long
Dim DataIn(7) As Byte
Dim DataTransferFormat As typDataTransferFormat
Dim PreviousTime As Date
Dim TimeOfTransfer As String
Dim Timeout As Boolean
Dim TransferInProgress As Boolean
Public RemoteCPU As String
Public SaveDataInFile As Boolean
Dim vall  As String
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub aa_Click(Index As Integer)
End Sub

Private Sub About_Click()
  frmAbout.Show vbModal, Me
End Sub

Private Sub Adodc1_MoveComplete(ByVal adReason As ADODB.EventReasonEnum, ByVal
pError As ADODB.Error, adStatus As ADODB.EventStatusEnum, ByVal pRecordset As
ADODB.Recordset)
Adodc1.Enabled = True
TimAdd.Enabled = True
TimAdo.Enabled = True
End Sub

Private Sub Adodc3_MoveComplete(ByVal adReason As ADODB.EventReasonEnum, ByVal
pError As ADODB.Error, adStatus As ADODB.EventStatusEnum, ByVal pRecordset As
ADODB.Recordset)
'Adodc3.Enabled = True
End Sub

Private Sub cboDataFormat_Click()
'Change the display to match the selected format"แปลงข้อมูล"
Dim Count As Integer
Select Case cboDataFormat.Text
  Case "text"
    For Count = 0 To 7
      'txtDataOut(Count).Text = Chr$(DataOut(Count))
      txtDataIn(Count).Text = Chr$(DataIn(Count))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Next Count
  Case "decimal"
    For Count = 0 To 7
      'txtDataOut(Count).Text = CStr(DataOut(Count))
      txtDataIn(Count).Text = CStr(DataIn(Count))
    Next Count
  Case "hex"
    For Count = 0 To 7
      'txtDataOut(Count).Text = Hex$(DataOut(Count))
      txtDataIn(Count).Text = Hex$(DataIn(Count))
    Next Count
End Select
End Sub

Private Sub cboIntervalValue_Click()
'Store the selected interval.
DataTransferFormat.IntervalValue = Val(cboIntervalValue.Text)
'With shorter intervals, check elapsed time more often.
Select Case DataTransferFormat.IntervalUnits
  Case "seconds"
    tmrTransferInterval.Interval = 100
  Case "minutes", "hours"
    tmrTransferInterval.Interval = 1000
End Select
End Sub

Private Sub CmdExit_Click()
If MsgBox("คุณต้องการออกจากโปรแกรม ใช่หรือไม่?", vbYesNo, "คำยืนยัน") = vbYes Then
    Adodc2.Enabled = True
    Adodc2.Recordset.Update
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Adodc2.Recordset.MoveFirst
        End
    End If
    End Sub

    Private Sub Cmdreset_Click()
    txtwatt.Text = 0
    End Sub

    Private Sub cmdStart_Click()
    cmdghaph.Enabled = True
    'Initiate data transfer in the selected format."เลือกรูปแบบการส่ง"
    Select Case DataTransferFormat.SingleOrContinuous
      Case "single"
        'Transfer data once.
        Call TransferData(DataTransferFormat)
      Case "continuous"
        cmdStart.Enabled = False
        cmdStop.Enabled = True
        cmdStop.SetFocus
        PreviousTime = Now
        tmrTransferInterval.Enabled = True
        'Do one transfer immediately, then let the timer take over.
        Call TransferData(DataTransferFormat)
      Case Else
    End Select
    End Sub

    Private Sub cmdStop_Click()
    'Stop transferring data."ปุ่ม start,stop"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
tmrTransferInterval.Enabled = False
cmdStop.Enabled = False
cmdghaph.Enabled = False
cmdStart.Enabled = True
End Sub

Private Sub DisplayReceivedData()
Dim Count As Integer      'แสดงค่าที่รับเข้ามา.
Dim txtDataIng  As String
Select Case cboDataFormat.Text
   Case "text"
      For Count = 0 To 7
         txtDataIn(Count).Text = Chr$(DataIn(Count))
         txtDataIn(8).Text = Chr$(DataIn(3)) + Chr$(DataIn(2)) + Chr$(DataIn(1)) + Chr$(DataIn
(0))
         txtDataIng = Chr$(DataIn(3)) & Chr$(DataIn(2)) & Chr$(DataIn(1)) & Chr$(DataIn(0))
       TxtI.Text = ((DataIn(5)) - 5) / 10
       TxtV.Text = (DataIn(4))
      Next Count
      Dim chk As Single
       chk = TxtI.Text
       If chk <= 0 Then
       TxtI.Text = 0
       End If

 Dim a As Integer
 Dim b As Single
 Dim unit As Single
 Dim c As Single
 Dim watt As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
a = txtDataIn(8).Text
b = txtwatt.Text
c = ((a / 3600) / 1000)
unit = b + c
txtwatt = unit
   Case "decimal"
      For Count = 0 To 7
         txtDataIn(Count) = DataIn(Count)
         txtDataIn(8).Text = Chr$(DataIn(4)) & Chr$(DataIn(5)) & Chr$(DataIn(6)) & Chr$
(DataIn(7))
      Next Count
   Case "hex"
      For Count = 0 To 7
         txtDataIn(Count) = Hex$(DataIn(Count))
         txtDataIn(8).Text = Chr$(DataIn(4)) & Chr$(DataIn(5)) & Chr$(DataIn(6)) & Chr$
(DataIn(7))
      Next Count
   End Select
End Sub

Private Function fncDisplayDateAndTime() As String
'Date and time formatting.      "แสดงเวลา..
fncDisplayDateAndTime = _
   CStr(Format(Date, "General Date")) & ", " & _
      (Format(Time, "Long Time"))
End Function

Private Sub Form_Load()
Adodc1.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Adodc3.Recordset.AddNew
Adodc3.Enabled = False
Show
Call Startup
Call GetSettings
TransferInProgress = False
Timeout = False
tmrTimeout.Interval = 3000
tmrTransferInterval.Enabled = False
Call InitializeDisplayElements
SaveDataInFile = False
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
Call SaveSettings
Call ShutDown
Close #2
Unload frmDataFile
End
End Sub

Private Sub InitializeDataFormatComboBox()
cboDataFormat.AddItem "text"
cboDataFormat.AddItem "decimal"
cboDataFormat.AddItem "hex"
End Sub

Private Sub InitializeDisplayElements()
Dim Count As Integer
Call InitializeDataFormatComboBox
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
optSingleOrContinuous(0).Value = True
optIntervalUnits(0).Value = True
cboIntervalValue.ListIndex = 0
cboDataFormat.ListIndex = 0
txtStatus.Locked = True
For Count = 0 To 7
   txtDataIn(Count).Locked = True
Next Count
txtStatus.Text = ""
DataTransferFormat.IntervalValue = 1
optSingleOrContinuous(1).Value = True
cmdStop.Enabled = False
cmdghaph.Enabled = False
End Sub

Private Sub Graph_Click()
Frm1.Show
End Sub

Private Sub mnuDataFile_Click(Index As Integer)
frmDataFile.Show
End Sub

Private Sub mnuExit_Click()
End
End Sub

Private Sub mnuPortSettings_Click(Index As Integer)
frmPortSettings.Show
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'Private Sub mnuRemoteCPU_Click(Index As Integer)
'frmRemoteCPU.Show
'End Sub

Private Sub optIntervalUnits_Click(Index As Integer)
'Configure the interval combo box to match the units selected.
Dim Maximum As Integer
Dim Count As Integer
Select Case Index
   Case 0
      Maximum = 59
      DataTransferFormat.IntervalUnits = "seconds"
   Case 1
      Maximum = 59
      DataTransferFormat.IntervalUnits = "minutes"
   Case 2
      Maximum = 24
      DataTransferFormat.IntervalUnits = "hours"
End Select
cboIntervalValue.Clear
For Count = 1 To Maximum
   cboIntervalValue.AddItem CStr(Count)
Next Count
End Sub

Private Sub Option1_Click()
Form1.Picture1.Cls
Call MakeGrid
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Option2_Click()
Form1.Picture1.Cls
Call MakeGrid
End Sub

Private Sub Option3_Click()
Form1.Picture1.Cls
Call MakeGrid
End Sub

Private Sub optSingleOrContinuous_Click(Index As Integer)
Select Case Index
   Case 0
      DataTransferFormat.SingleOrContinuous = "single"
      'Disable interval selection:
      optIntervalUnits(0).Enabled = False
      optIntervalUnits(1).Enabled = False
      optIntervalUnits(2).Enabled = False
   Case 1
      DataTransferFormat.SingleOrContinuous = "continuous"
      'Enable interval selection:
      optIntervalUnits(0).Enabled = True
      optIntervalUnits(1).Enabled = True
      optIntervalUnits(2).Enabled = True
End Select
End Sub

Private Sub ReceiveData()
'Receive and display data from the remote computer.
Dim InputBuffer As Variant
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim Count As Integer
Dim ByteArray() As Byte
Dim BytesIn As Integer
Dim ByteCount As Integer
'Time out if no response
tmrTimeout.Enabled = True
Timeout = False
'8052-Basic echoes the received data, plus CR+LF.
'So the PC receives 10 additional bytes from an 8052.
'If RemoteCPU = "8052-Basic" Then
'  ByteCount = 18
'Else
   ByteCount = 8
'End If
'Wait for the bytes to arrive
Do
   DoEvents
   BytesIn = MSComm1.InBufferCount
Loop Until (BytesIn >= ByteCount) Or (Timeout = True)
If Timeout = True Then
   Timeout = False
   txtStatus.Text = _
      "Remote computer not responding: " & _
         fncDisplayDateAndTime
         cmdStop = True
Else
   tmrTimeout.Enabled = False
   'Get and display received data.
   InputBuffer = MSComm1.Input
   'Assign the variant's contents
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    'to a variable-length byte array.
    ByteArray() = InputBuffer
    'Store the byte array's contents in DataIn.
    'For 8052-Basic, ignore the first ten bytes.
    For Count = 0 To 7
        DataIn(Count) = ByteArray(Count + ByteCount - 8)
    Next Count
    Call DisplayReceivedData
End If
End Sub

Private Sub StoreReceivedData()
'Save received data and time in a file.
Write #2, _
    TimeOfTransfer, _
    CStr(DataIn(0)), _
    CStr(DataIn(1)), _
    CStr(DataIn(2)), _
    CStr(DataIn(3)), _
    CStr(DataIn(4)), _
    CStr(DataIn(5)), _
    CStr(DataIn(6)), _
    CStr(DataIn(7))
End Sub

Private Sub tadd_Timer()
Adodc3.Enabled = True
Adodc3.Recordset.AddNew
Adodc3.Enabled = False
tadd.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub Tado_Timer()
Adodc3.Enabled = True
Adodc3.Recordset.MoveNext
Tado.Enabled = False
End Sub

Private Sub TimAdd_Timer()
Adodc1.Recordset.AddNew
Adodc1.Enabled = False
Tx2 = 0
TimAdd.Enabled = False
End Sub

Private Sub TimAdo_Timer()
Adodc1.Enabled = True
Adodc1.Recordset.MoveFirst
TimAdo.Enabled = False
End Sub

Private Sub Timdat_Timer()
Dim mydate, mytime, dd, mm, hh, mn, ss
    mydate = Date
    mytime = Time
    dd = Day(mydate)
    mm = Month(mydate)
    hh = Hour(mytime)
    mn = Minute(mytime)
    ss = Second(mytime)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If dd = 31 And mm = 1 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 28 And mm = 2 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 3 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 30 And mm = 4 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 5 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 30 And mm = 6 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 7 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 8 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 30 And mm = 9 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 10 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ElseIf dd = 30 And mm = 11 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
ElseIf dd = 31 And mm = 12 And hh = 23 And mn = 59 And ss = 59 Then
   Tado.Enabled = True
   TimZero.Enabled = True
Else
End If

Dim unit As Single
unit = txtwatt.Text
TxtMemUnit = unit
End Sub
Private Sub TimPF_Timer()
'Dim cc  As Single
'Dim e As Single
     ' cc = TxtI.Text
     '  e = cc / 10
      'TxtI = e
Dim a As Single
Dim b As Single
Dim c As Single
Dim d As Single
      a = txtDataIn(8).Text
      b = TxtV.Text
      c = TxtI.Text
     TxtVI = b * c
 If b = 0 Then
    TxtPF.Text = 0
 End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If c = 0 Then
    TxtPF.Text = 0
Else
If a > (b * c) Then
d = (a / (b * (c + 0.15)))
Else
     d = (a / (b * c))
 End If
End If
TxtPF.Text = d
End Sub

Private Sub TimUnit_Timer()
Tx3.Text = Now
TxtMemdate.Text = Now
Dim a As Integer
Dim b As Single
Dim unit As Single
Dim c As Single
Dim tx As Single
Dim watt As Single
tx = Tx2.Text
a = txtDataIn(8).Text
b = txtwatt.Text
c = ((a / 3600) / 1000)
unit = b + c
txtwatt = unit
watt = tx + (a / 60)
Tx2 = watt
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub TimZero_Timer()
txtwatt = 0
TimZero.Enabled = False
End Sub

Private Sub tmrTimeout_Timer()
tmrTimeout.Enabled = False
Timeout = True
End Sub
Private Sub tmrTransferInterval_Timer()
'See if it's time to do a transfer.
Dim CurrentTime As Date
Dim Units As String
CurrentTime = Now
Select Case DataTransferFormat.IntervalUnits
   Case "seconds"
      Units = "s"
   Case "minutes"
      Units = "n"
   Case "hours"
      Units = "h"
End Select
'If elapsed time since the last transfer is more than
'the selected seconds, minutes, or hours, do a data transfer.
 If DateDiff(Units, PreviousTime, CurrentTime) >= _
      DataTransferFormat.IntervalValue Then
   PreviousTime = CurrentTime
   'But don't start a new transfer if one is in progress.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  If TransferInProgress = False Then
     Call TransferData(DataTransferFormat)
  End If
End If
End Sub

Private Sub TransferData _
 (DataTransferFormat As typDataTransferFormat)
Dim ClearToSend As Boolean
TransferInProgress = True
txtStatus.Text = ""
MSComm1.InBufferCount = 0
'If necessary, get the remote CPU's attention.
'frmMain.RemoteCPU = "PC"
'Select Case RemoteCPU
  ' Case "PC"
     ClearToSend = True
'End Select
If ClearToSend = True Then
   Call ReceiveData
   TimeOfTransfer = fncDisplayDateAndTime
   If txtStatus.Text = "" Then
      txtStatus.Text = _
         "Data transfer completed: " & TimeOfTransfer
   End If
   If SaveDataInFile = True Then
      Call StoreReceivedData
   End If
End If
TransferInProgress = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub


Public Function fncInitializeComPort _
   (BitRate As Long, PortNumber As Integer) As Boolean
'BitRate and PortNumber are passed to this routine.
'All other properties are set explicitly in the routine.
Dim ComSettings$
If MSComm1.PortOpen = True Then
   MSComm1.PortOpen = False
End If
ComSettings = CStr(BitRate) & ",N,8,1"
   MSComm1.CommPort = PortNumber
   ' bit rate, no parity, 8 data, and 1 stop bit.
   MSComm1.Settings = ComSettings
   'Set to 0 to read entire buffer on Input
   MSComm1.InputLen = 0
   MSComm1.InBufferSize = 256
   'Input and output data are the contents of a byte array
   'stored in a variant.
   MSComm1.InputMode = comInputModeBinary
   'MSComm does no handshaking.
   MSComm1.Handshaking = comNone
   MSComm1.OutBufferSize = 256
   MSComm1.EOFEnable = False
   'No OnComm event on received data.
   MSComm1.RThreshold = 0
   'No OnComm transmit event.
   MSComm1.SThreshold = 0
   MSComm1.PortOpen = True
End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Public Sub MSComm1_OnComm()
'Handles all Comm events
Select Case MSComm1.CommEvent
   'Handle each event or error by placing
   'code below each case statement
   ' Events
   Case comEvCD
      'Change in the CD line.
   Case comEvCTS
      'Change in the CTS line.
   Case comEvDSR
      'Change in the DSR line.
   Case comEvRing
      'Change in the RI line.
   Case comEvReceive
      'The receive buffer has RThreshold number of characters
   Case comEvSend
      'The transmit buffer has SThreshold number of characters
   Case comEvEOF
      'EOF character (1Ah) received
   'Errors
   Case comEventBreak
      'A Break was received.
   Case comEventCDTO
      'CD (RLSD) Timeout.
   Case comEventCTSTO
      'CTS Timeout.
   Case comEventDSRTO
      'DSR Timeout.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Case comEventFrame
        'Framing Error
    Case comEventOverrun
        'Data Lost.
    Case comEventRxOver
        'Receive buffer overflow
    Case comEventRxParity
        'Parity Error
    Case comEventTxFull
        'Transmit buffer full
    Case comEventDCB
        'Unexpected error retrieving DCB
End Select
End Sub

Private Sub cmdghaph_Click()
frmMain.Top = 500
frmMain.Left = ((Screen.Width - frmMain.Width) / 2)
Form1.Show
Form1.Top = (Screen.Height - Form1.Height) - 100
Form1.Left = (Screen.Width - Form1.Width) / 2
If cmdghaph.Caption = "Close " Then
Timer1.Interval = 0
cmdghaph.Caption = "Ghaph"
Form1.Hide
cmdStop.Enabled = True
Else
Timer1.Interval = 1000 * DataTransferFormat.IntervalValue
vall = Val(txtDataIn(8).Text)
cmdghaph.Caption = "Close "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
cmdStop.Enabled = False
End If
End Sub

Private Sub Form_Activate()
Call MakeGrid
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
vall = (Val(txtDataIn(8).Text)) / 2000
Call LineActive(vall)
End Sub

Private Sub กราฟ_Click(Index As Integer)
Frm1.Show
frmMain.Hide
Form1.Hide
End Sub

Private Sub คิดค่าไฟฟ้า_Click(Index As Integer)
Frm2.Show
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในส่วนของฟอร์มแสดงการคิดค่าไฟฟ้า

```
Private Sub Cmb1_Click()
Dim c As String
c = Cmb1.Text
If c = แบบปกติ Then
Cmb2.Visible = True
End If
End Sub

Private Sub Cmd2_Click()
  Frm2.Hide
txx = frmMain.txtwatt.Text
End Sub

Private Sub Cmd3_Click()
End
End Sub

Private Sub Cmd4_Click()
Dim unit As Single
Dim Ft As Single
Dim Total As Single
Dim Tax As Single
Dim a As Single
Dim b As Single
Dim c As Single
Dim d As Single
Dim e As Single
Dim f As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim g As Single
Dim h As Single
Dim i As Single
Dim j As Single
Dim k As Single
Dim l As Single
Dim m As Single
Dim n As Single
Dim o As Single
Dim X As Single
Dim Y As Single
Dim z As Single
Dim p As Single
Dim q As Single
Dim r As Single
Dim s As Single
Dim t As Single
Dim u As Single
Dim v As Single
    h = 8.19    'กำหนดค่าบริการ=8.19 บาท
    i = 1.3576
    j = 1.5445
    k = 1.7968
    l = 2.18
    m = 2.2734
    n = 2.7781
    o = 2.978
    p = 40.9
    q = 1.8047
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit = txx.Text
Ft = Txft(0).Text
If Frm2.Op1.Value = True Then
  If unit <= 5 Then
        TxPower = 0 + h
  ElseIf unit <= 15 Then
        a = (unit - 5)
        TxPower = (a * i) + h
  ElseIf unit <= 25 Then
        b = (unit - 15)
        TxPower = ((b * j) + (10 * i)) + h
  ElseIf unit <= 35 Then
        c = (unit - 25)
        TxPower = ((c * k) + (10 * j) + (10 * i)) + h
  ElseIf unit <= 100 Then
        d = (unit - 35)
        TxPower = ((d * l) + (10 * k) + (10 * j) + (10 * i)) + h
  ElseIf unit <= 150 Then
        e = (unit - 100)
        TxPower = ((e * m) + (65 * l) + (10 * k) + (10 * j) + (10 * i)) + h
  ElseIf unit <= 400 Then
        f = (unit - 150)
        TxPower = ((f * n) + (50 * m) + (65 * l) + (10 * k) + (10 * j) + (10 * i)) + h
  Else
        g = (unit - 400)
        TxPower = ((g * o) + (250 * n) + (50 * m) + (65 * l) + (10 * k) + (10 * j) +
(10 * i)) + h
  End If
Else
  If unit <= 150 Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            TxPower = (unit * q) + p
    ElseIf unit <= 400 Then
            r = (unit - 150)
            TxPower = ((150 * q) + (r * n)) + p
    Else
            s = (unit - 400)
            TxPower = ((150 * q) + (250 * n) + (s * o)) + p
    End If
End If
    If Frm2.Op1.Value Then
    Txser = h
Else
    Txser = p
End If
Dim aw As Single
aw = TxPower.Text
If Frm2.Op1 = True Then
    TxPow = aw - h
Else
    TxPow = aw - p
End If
Txf(1) = (unit * Ft) / 100
Y = TxPower.Text
z = Txf(1).Text
Tax = (((Y + z) * 7) / 100)
TxTax = Tax
X = TxTax.Text
Total = (X + Y + z)
TxTotal = Total
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub CmdUpdate_Click()
Adodc2.Recordset.Update
Adodc2.Recordset.MoveFirst
End Sub

Private Sub Form_Load()
txx = frmMain.txtwatt.Text
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในส่วนของการพลอตกราฟตามช่วงเวลาของการใช้กำลังไฟฟ้านั้น ๆ

```
Dim X1, X2 As Single
Dim Y1, Y2 As Single
Dim vall As Single 'ค่าสำหรับ Test เฉยๆ ไม่เกี่ยวกับโปนแกรม

Public Sub LineActive(ByVal ValLine As Single)
Dim xx1, xx2 As Single
Dim yy1, yy2 As Single
Dim range As Single
   If frmMain.Option1.Value = True Then
      range = 100000
      Form1.Lb10(20).Caption = 100
      Form1.Lb8(19).Caption = "80 --"
      Form1.Lb6(9).Caption = "60 --"
      Form1.Lb4(2).Caption = "40 --"
      Form1.Lb2(0).Caption = "20 --"
      Form1.Label10(21).Caption = ""
   ElseIf frmMain.Option2.Value = True Then
      range = 10000
       Form1.Lb10(20).Caption = 1000
      Form1.Lb8(19).Caption = "800 --"
      Form1.Lb6(9).Caption = "600 --"
      Form1.Lb4(2).Caption = "400 --"
      Form1.Lb2(0).Caption = "200 --"
      Form1.Label10(21).Caption = ""
   Else
      range = 1000
      Form1.Lb10(20).Caption = 10
      Form1.Lb8(19).Caption = "8 --"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Form1.Lb6(9).Caption = "6 --"
    Form1.Lb4(2).Caption = "4 --"
    Form1.Lb2(0).Caption = "2 --"
    Form1.Label10(21).Caption = "(KW)"
  End If

With Form1
xx1 = X1
yy1 = Y1
xx2 = X2
Y2 = ValLine * range 'Scale Y ค่ายิ่งมากราฟยิ่งสูง
yy2 = Y2
.Picture1.Line (xx1, 5000 - yy1)-(xx2, 5000 - yy2), vbGreen  ' Show line
If X2 >= .Picture1.Width Then X2 = -10: .Picture1.Cls: Call MakeGrid 'ถ้ากราฟวิ่งไปถึงขอบขวา
มือPicture1จะClea Picture1
X1 = X2
Y1 = Y2
X2 = X2 + 100 'ค่าในแนวแกน X ค่ายิ่งมากStep ยิ่งห่าง
End With
End Sub

Public Sub main()
X1 = 0
Y1 = 0
X2 = 100 'Step ในแกน X
Y2 = 0
End Sub
Public Sub MakeGrid()
Dim StepVal As Integer
Dim CountVal  As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
With Form1
.Picture1.DrawStyle = vbDot
.Picture1.DrawWidth = 1
For CountVal = 1 To 6 Step 1
StepVal = StepVal + 1000 ' ความถี่ของเส้นที่ลากแนวแกน X แทนคาบเวลา
.Picture1.Line (StepVal, 5000)-(StepVal, 0), &HC0C0C0 'เส้น แนวตั้ง
Next
.Picture1.Line (0, 0)-((.Picture1.Width), 0), &HC0C0C0 'เส้น ขอบบน
.Picture1.Line (0, 500)-((.Picture1.Width), 500), &HC0C0C0 'เส้น 9
.Picture1.Line (0, 1000)-((.Picture1.Width), 1000), &HC0C0C0 'เส้น 8
.Picture1.Line (0, 1500)-((.Picture1.Width), 1500), &HC0C0C0 'เส้น 7
.Picture1.Line (0, 2000)-((.Picture1.Width), 2000), &HC0C0C0 'เส้น 6
.Picture1.Line (0, 2500)-((.Picture1.Width), 2500), &HC0C0C0 'เส้น 5
.Picture1.Line (0, 3000)-((.Picture1.Width), 3000), &HC0C0C0 'เส้น 4
.Picture1.Line (0, 3500)-((.Picture1.Width), 3500), &HC0C0C0 'เส้น 3
.Picture1.Line (0, 4000)-((.Picture1.Width), 4000), &HC0C0C0 'เส้น 2
.Picture1.Line (0, 4500)-((.Picture1.Width), 4500), &HC0C0C0 'เส้น 1
.Picture1.Line (0, 5000)-((.Picture1.Width), 5000), &HC0C0C0 'เส้น 0
.Picture1.DrawStyle = vbSolid 'เส้น 0
End With
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในส่วนของการพลอตกราฟกำลังไฟฟ้าจากฐานข้อมูล

```
Dim X1, X2 As Single
Dim Y1, Y2 As Single
Dim vall As Single 'ค่าสำหรับ Test เฉยๆ ไม่เกี่ยวกับโปรแกรม

Public Sub LineActivee(ByVal ValLine As Single)
Dim all As Integer
 all = Frm1.Lb1.Caption
Dim xx1, xx2 As Single
Dim yy1, yy2 As Single
Dim range As Single
Form2.Label10(16).Caption = ""
Form2.Label10(23).Caption = ""
Form2.Label10(4).Caption = ""
Form2.Label10(26).Caption = ""
Form2.Label10(6).Caption = ""
Form2.Label10(29).Caption = ""
Form2.Label10(8).Caption = ""
Form2.Label10(10).Caption = ""

   If Frm1.Op1.Value = True Then
      range = 100000
      Form2.Lb10(20).Caption = 100
      Form2.Lb8(19).Caption = "80 --"
      Form2.Lb6(9).Caption = "60 --"
      Form2.Lb4(2).Caption = "40 --"
      Form2.Lb2(0).Caption = "20 --"
      Form2.Label10(21).Caption = ""
   ElseIf Frm1.Op2.Value = True Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    range = 10000
     Form2.Lb10(20).Caption = 1000
    Form2.Lb8(19).Caption = "800 --"
    Form2.Lb6(9).Caption = "600 --"
    Form2.Lb4(2).Caption = "400 --"
    Form2.Lb2(0).Caption = "200 --"
    Form2.Label10(21).Caption = ""
  Else
    range = 1000
    Form2.Lb10(20).Caption = 10
    Form2.Lb8(19).Caption = "8 --"
    Form2.Lb6(9).Caption = "6 --"
    Form2.Lb4(2).Caption = "4 --"
    Form2.Lb2(0).Caption = "2 --"
    Form2.Label10(21).Caption = "(KW)"
  End If
With Form2
xx1 = X1
yy1 = Y1
xx2 = X2
Y2 = ValLine * range 'Scale Y ค่ายิ่งมากราฟยิ่งสูง
yy2 = Y2
.Picture1.Line (xx1, 5000 - yy1)-(xx2, 5000 - yy2), vbGreen  ' Show line
If X2 >= .Picture1.Width Then X2 = -10: .Picture1.Cls: Call MakeGridd 'ถ้ากราฟวิ่งไปถึงขอบ
ขวามือPicture1จะClea Picture1
 X1 = X2
Y1 = Y2
X2 = X2 + ((10000 / all) / 1.75) 'ค่าในแนวแกน X ค่ายิ่งมากStep ยิ่งห่าง
End With
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Public Sub main()
X1 = 0
Y1 = 0
X2 = 60 'Step ในแกน X
Y2 = 0
End Sub
Public Sub MakeGridd()
Dim StepVal As Integer
Dim CountVal  As Integer
With Form2
.Picture1.DrawStyle = vbDot
.Picture1.DrawWidth = 1
For CountVal = 1 To 6 Step 1
StepVal = StepVal + 1000 ' ความถี่ของเส้นที่ลากแนวแกน X แทนคาบเวลา
.Picture1.Line (StepVal, 5000)-(StepVal, 0), &HC0C0C0 'เส้น แนวตั้ง
Next
.Picture1.Line (0, 0)-((.Picture1.Width), 0), &HC0C0C0 'เส้น ขอบบน
.Picture1.Line (0, 500)-((.Picture1.Width), 500), &HC0C0C0 'เส้น 9
.Picture1.Line (0, 1000)-((.Picture1.Width), 1000), &HC0C0C0 'เส้น 8
.Picture1.Line (0, 1500)-((.Picture1.Width), 1500), &HC0C0C0 'เส้น 7
.Picture1.Line (0, 2000)-((.Picture1.Width), 2000), &HC0C0C0 'เส้น 6
.Picture1.Line (0, 2500)-((.Picture1.Width), 2500), &HC0C0C0 'เส้น 5
.Picture1.Line (0, 3000)-((.Picture1.Width), 3000), &HC0C0C0 'เส้น 4
.Picture1.Line (0, 3500)-((.Picture1.Width), 3500), &HC0C0C0 'เส้น 3
.Picture1.Line (0, 4000)-((.Picture1.Width), 4000), &HC0C0C0 'เส้น 2
.Picture1.Line (0, 4500)-((.Picture1.Width), 4500), &HC0C0C0 'เส้น 1
.Picture1.Line (0, 5000)-((.Picture1.Width), 5000), &HC0C0C0 'เส้น 0
.Picture1.DrawStyle = vbSolid  'เส้น 0
End With
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในส่วนของฟอร์มการแสดงฐานข้อมูลกำลังไฟฟ้า

```
Private Sub Adodc1_MoveComplete(ByVal adReason As ADODB.EventReasonEnum, ByVal
pError As ADODB.Error, adStatus As ADODB.EventStatusEnum, ByVal pRecordset As
ADODB.Recordset)
Dim allRecord As Integer
 allRecord = Adodc1.Recordset.RecordCount
 Lb1.Caption = allRecord
End Sub

Private Sub cmdGraph_Click()
Call MakeGridd
Frm1.Top = (Screen.Height - Form1.Height) / 2
Frm1.Left = 20
Form2.Show
Form2.Top = (Screen.Height - Form1.Height) / 2
Form2.Left = (Screen.Width - Form1.Width) - 20
If cmdGraph.Caption = "Close Ghaph" Then
cmdGraph.Caption = "Ghaph"
Form2.Hide
Else
cmdGraph.Caption = "Close Ghaph"
End If
End Sub

Private Sub cmdRefresh_Click()
Form2.Picture1.Cls
Call MakeGridd
Adodc1.Recordset.MoveFirst
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub cmdStart_Click()
Timer1.Enabled = True
Timer1.Interval = 100
cmdRefresh.Enabled = False
End Sub

Private Sub Command1_Click()
Frm1.Hide
Form2.Hide
frmMain.Show
End Sub

Private Sub Command2_Click()
On Error GoTo SQLError
With Adodc1
        .RecordSource = Text1.Text
        .Refresh
End With
SQLError:
    MsgBox Err.Description
    Exit Sub
End Sub

Private Sub Form_Activate()
Call MakeGrid
End Sub

Private Sub Form_Load()
Timer1.Enabled = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Timer1_Timer()
vall = (Val(Txt2.Text)) / 2000
Call LineActivee(vall)
Timer2.Enabled = True
If Timer1.Interval = 0 Then
   cmdRefresh.Enabled = True
Else
End If
End Sub

Private Sub Timer2_Timer()
If Adodc1.Recordset.EOF = False Then
  Adodc1.Recordset.MoveNext
Else
  Timer1.Interval = 0
End If
 Timer2.Enabled = False
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในส่วนของฟอร์มพอร์ทเซทติ้ง

```
Option Explicit
'Enables users to select a serial port and bit rate.

Private Sub cboBitRate_Change()
Call VbSetCommTimeouts(BitRate)
End Sub

Private Sub cmdCancel_Click()
Hide
End Sub

Private Sub cmdOK_Click()
'The application's main form reads the new settings.
Call GetNewSettings
ValidPort = fncCheckForValidPort
If ValidPort = True Then
   Hide
End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
Dim Count As Integer
Call FindPorts
'Set default values if a retrieved setting is invalid.
'Be sure the selected port exists.
PortExists = False
For Count = 1 To UBound(CommPorts())
   'Compare the selected port number with the names in CommPorts.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    If "COM" & CStr(PortNumber) = CommPorts(Count) Then
        PortExists = True
    End If
Next Count
'Display the Setup window if the retrieved port number is invalid,
'or if the port is unavailable.
ValidPort = fncCheckForValidPort
Call InitializePortComboBox
Call InitializeBitRateComboBox
End Sub

Private Sub InitializeBitRateComboBox()
cboBitRate.AddItem ("300")
cboBitRate.AddItem ("1200")
cboBitRate.AddItem ("2400")
cboBitRate.AddItem ("4800")
cboBitRate.AddItem ("9600")
cboBitRate.AddItem ("19200")
cboBitRate.AddItem ("57600")
cboBitRate.AddItem ("115200")
End Sub

Private Sub InitializePortComboBox()
Dim Count As Integer
For Count = 1 To UBound(CommPorts())
    cboPort.AddItem CommPorts(Count)
Next Count
End Sub

Public Function fncCheckForValidPort()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'Find out if the selected port exists and is available.
'If not, display the Setup window to enable user to select another.
fncCheckForValidPort = True
If PortNumber < 1 Then
   Show
   cboPort.ListIndex = -1
   txtStatus.Text = "Please select a COM port."
   fncCheckForValidPort = False
   End If
If PortExists = False Then
   Show
   cboPort.ListIndex = -1
   txtStatus.Text = "COM" & PortNumber & " is unavailable. Please select a different port."
   fncCheckForValidPort = False
End If
End Function

Public Sub SetBitRateComboBox()
'Set the index of the BitRate combo box.
Do
   cboBitRate.ListIndex = cboBitRate.ListIndex + 1
Loop Until Val(cboBitRate.Text) = BitRate _
   Or cboBitRate.ListIndex = cboBitRate.ListCount - 1
End Sub

Public Sub SetPortComboBox()
'Set the index of the Port combo box.
'Read the numeric characters in the name of the selected port:
'"COM1", "COM2", etc.
Do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    cboPort.ListIndex = cboPort.ListIndex + 1
  Loop Until _
    Val(Right(cboPort.Text, (Len(cboPort.Text) - 3))) = PortNumber _
    Or cboPort.ListIndex = cboPort.ListCount - 1
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

ข้อมูลไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Order this document by MC1495/D

MOTOROLA

MC1495

Wideband Linear Four-Quadrant Multiplier

The MC1495 is designed for use where the output is a linear product of two input voltages. Maximum versatility is assured by allowing the user to select the level shift method. Typical applications include: multiply, divide*, square root*, mean square*, phase detector, frequency doubler, balanced modulator/demodulator, and electronic gain control.

- Wide Bandwidth
- Excellent Linearity:
  - 2% max Error on X Input, 4% max Error on Y Input Over Temperature
  - 1% max Error on X Input, 2% max Error on Y Input at + 25°C
- Adjustable Scale Factor, K
- Excellent Temperature Stability
- Wide Input Voltage Range: ± 10 V
- ±15 V Operation

*When used with an operational amplifier.

LINEAR FOUR-QUADRANT MULTIPLIER

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

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

P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646

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

Rating	Symbol	Value	Unit
Applied Voltage (V_2–V_1, V_{14}–V_1, V_1–V_9, V_1–V_{12}, V_1–V_4, V_1–V_8, V_{12}–V_7, V_9–V_7, V_8–V_7, V_4–V_7)	ΔV	30	Vdc
Differential Input Signal	V_{12}–V_9 V_4–V_8	± (6+I_{13} R_X) ± (6+I_3 R_Y)	Vdc
Maximum Bias Current	I_3 I_{13}	10 10	mA
Operating Temperature Range MC1495 MC1495B	T_A	 0 to +70 – 40 to +125	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	– 65 to +150	°C

ORDERING INFORMATION

Device	Tested Operating Temperature Range	Package
MC1495D	T_A = 0° to + 70°C	SO–14
MC1495P		Plastic DIP
MC1495BP	T_A = – 40° to +125°C	Plastic DIP

© Motorola, Inc. 1996

Rev 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (+V = + 32 V, –V = –15 V, T_A = + 25°C, $I_3 = I_{13}$ = 1.0 mA, $R_X = R_Y$ = 15 kΩ, R_L = 11 kΩ, unless otherwise noted.)

Characteristics	Figure	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Linearity (Output Error in percent of full scale)	5					%
T_A = + 25°C						
–10 < V_X < +10 (V_Y = ±10 V)		E_{RX}	–	±1.0	±1.0	
–10 < V_Y < +10 (V_X = ±10 V)		E_{RY}	–	± 2.0	± 2.0	
$T_A = T_{Low}$ to T_{High}						
–10 < V_X < +10 (V_Y = ±10 V)		E_{RX}	–	±1.5	± 2.0	
–10 < V_Y < +10 (V_X = ±10 V)		E_{RY}	–	± 3.0	± 4.0	
Square Mode Error (Accuracy in percent of full scale after Offset and Scale Factor adjustment)	5	E_{SQ}				%
T_A = + 25°C			–	± 0.75	–	
$T_A = T_{Low}$ to T_{High}			–	±1.0	–	
Scale Factor (Adjustable) $\left(K = \frac{2R_L}{13\,R_X\,R_Y}\right)$	–	K	–	0.1	–	
Input Resistance (f = 20 Hz)	7	R_{inX}	–	30	–	MΩ
		R_{inY}	–	20	–	
Differential Output Resistance (f = 20 Hz)	8	R_O	–	300	–	kΩ
Input Bias Current	6					µA
$I_{bx} = \frac{(I_9 + I_{12})}{2}$, $I_{by} = \frac{(I_4 + I_8)}{2}$ T_A = + 25°C		I_{bx}, I_{by}	–	2.0	8.0	
$T_A = T_{Low}$ to T_{High}			–	2.0	12	
Input Offset Current	6					µA
$\lvert I_9 - I_{12}\rvert$ T_A = + 25°C		$\lvert I_{iox}\rvert$, $\lvert I_{ioy}\rvert$	–	0.4	1.0	
$\lvert I_4 - I_8\rvert$ $T_A = T_{Low}$ to T_{High}			–	0.4	2.0	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current	6	$\lvert TC_{Iio}\rvert$				nA/°C
$T_A = T_{Low}$ to T_{High}			–	2.5	–	
Output Offset Current T_A = + 25°C	6	$\lvert I_{OO}\rvert$		10	50	µA
$\lvert I_{14} - I_2\rvert$ $T_A = T_{Low}$ to T_{High}			–	20	100	
Average Temperature Coefficient of Output Offset Current	6	$\lvert TC_{IOO}\rvert$				nA/°C
$T_A = T_{Low}$ to T_{High}			–	20	–	
Frequency Response	9,10					
3.0 dB Bandwidth, R_L = 11 kΩ		$BW_{(3dB)}$	–	3.0	–	MHz
3.0 dB Bandwidth, R_L = 50 Ω (Transconductance Bandwidth)		$T_{BW(3dB)}$	–	80	–	MHz
3° Relative Phase Shift Between V_X and V_Y		fφ	–	750	–	kHz
1% Absolute Error Due to Input-Output Phase Shift		fθ	–	30	–	kHz
Common Mode Input Swing (Either Input)	11	CMV	±10.5	±12	–	Vdc
Common Mode Gain T_A = + 25°C	11	A_{CM}	– 50	– 60	–	dB
(Either Input) $T_A = T_{Low}$ to T_{High}			– 40	– 50	–	
Common Mode Quiescent	12	V_{O1}	–	21	–	Vdc
Output Voltage		V_{O2}	–	21	–	
Differential Output Voltage Swing Capability	9	V_O	–	±14	–	V_{pk}
Power Supply Sensitivity	12	S^+	–	5.0	–	mV/V
		S^-	–	10	–	
Power Supply Current	12	I_7	–	6.0	7.0	mA
DC Power Dissipation	12	P_D	–	135	170	mW

NOTES: 1. T_{High} = +70°C for MC1495 = +125°C for MC1495B T_{Low} = 0°C for MC1495 = – 40°C for MC1495B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1. Multiplier Transfer Characteristic

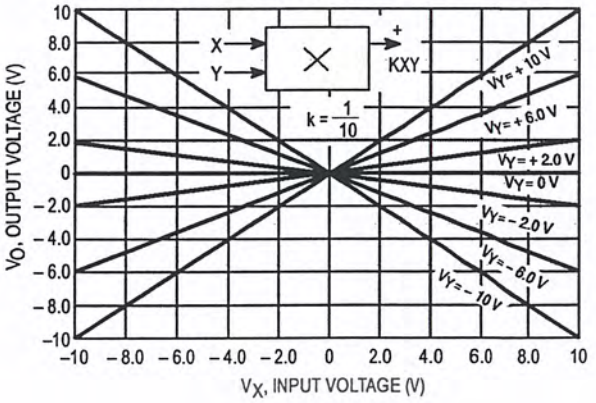


Figure 2. Transconductance Bandwidth

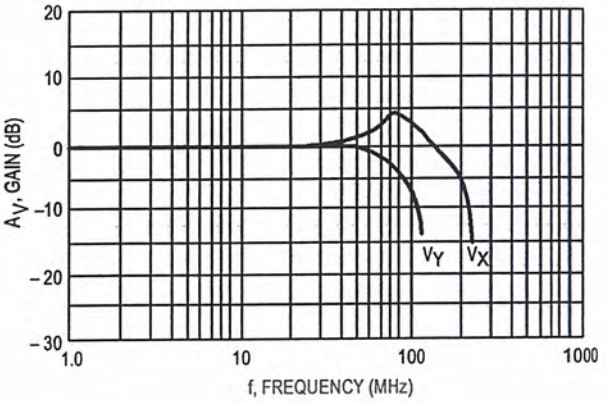
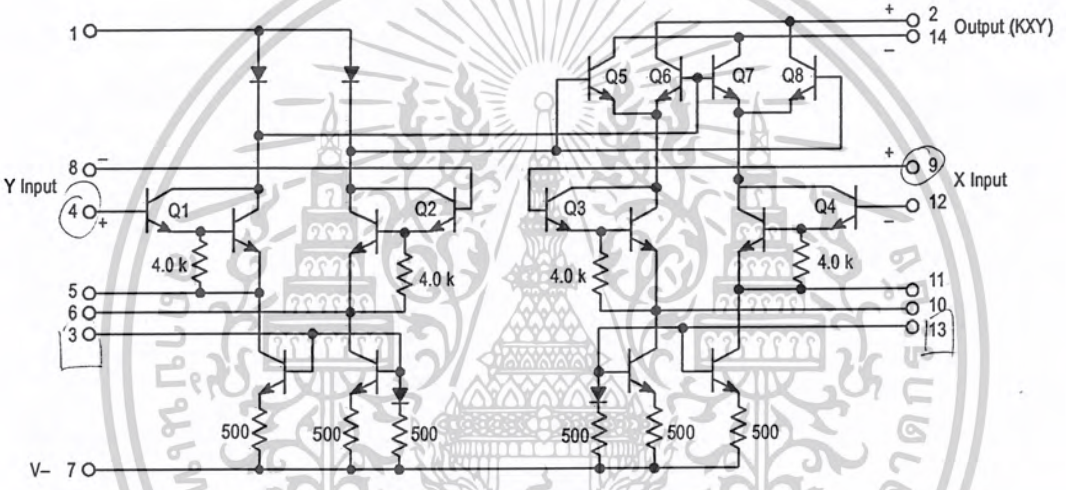
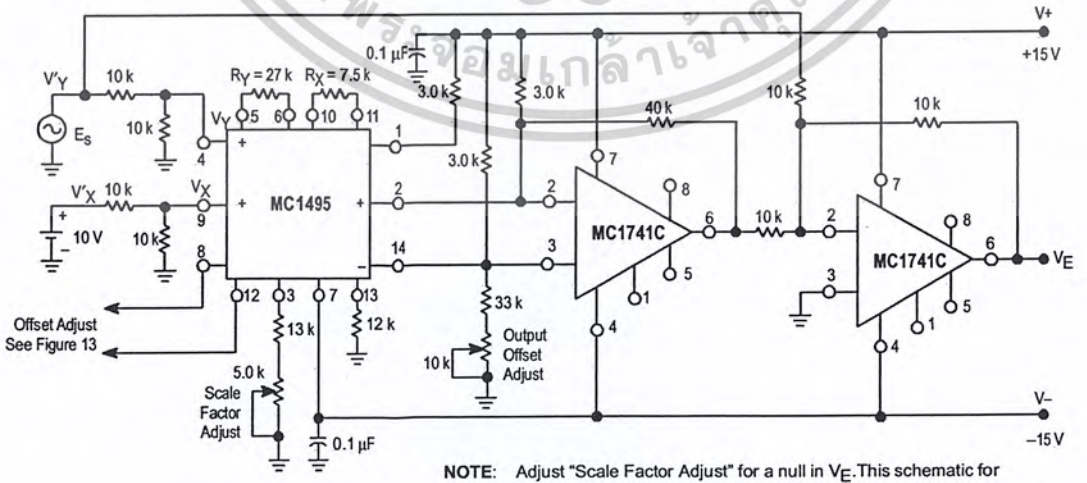


Figure 3. Circuit Schematic



This device contains 16 active transistors.

Figure 4. Linearity (Using Null Technique)



NOTE: Adjust "Scale Factor Adjust" for a null in V_E. This schematic for illustrative purposes only, not specified for test conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5. Linearity (Using X-Y Plotter Technique)

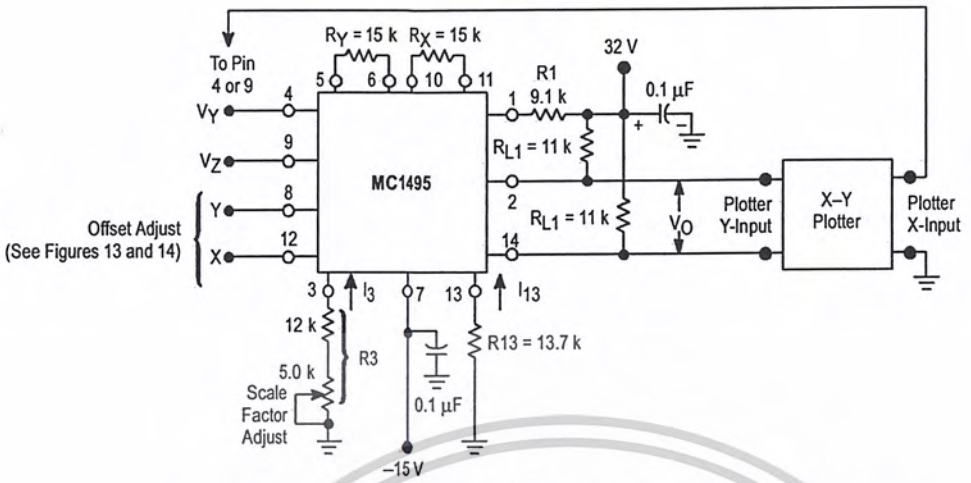


Figure 6. Input and Output Current

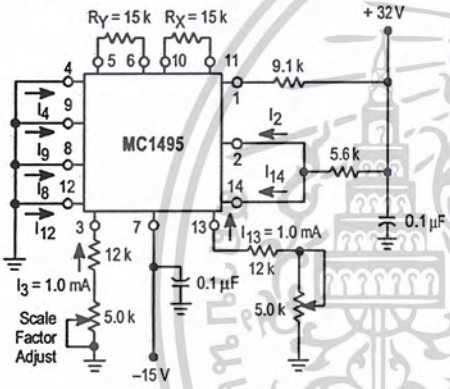


Figure 7. Input Resistance

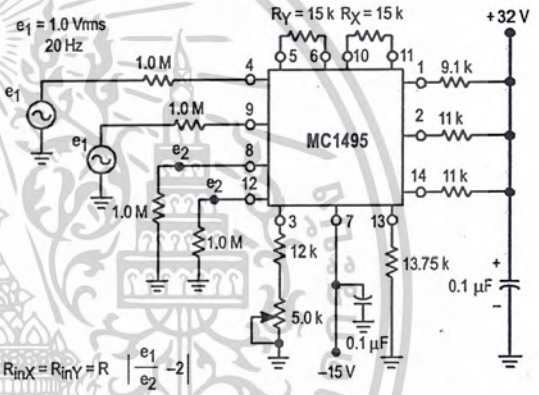


Figure 8. Output Resistance

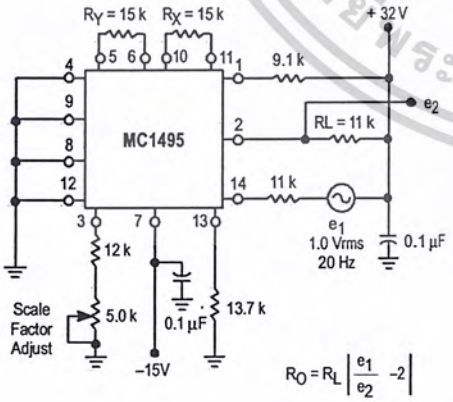
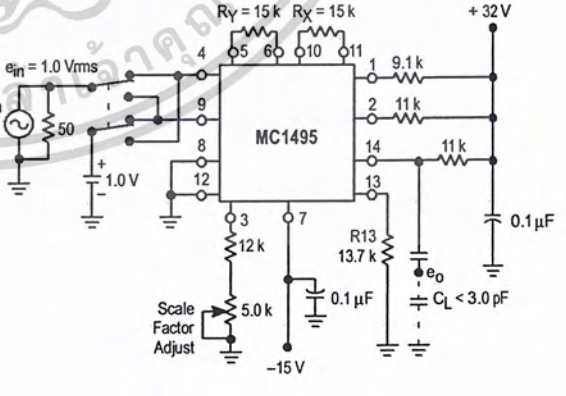


Figure 9. Bandwidth (R_L = 11 kΩ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 10. Bandwidth (R_L = 50 Ω)

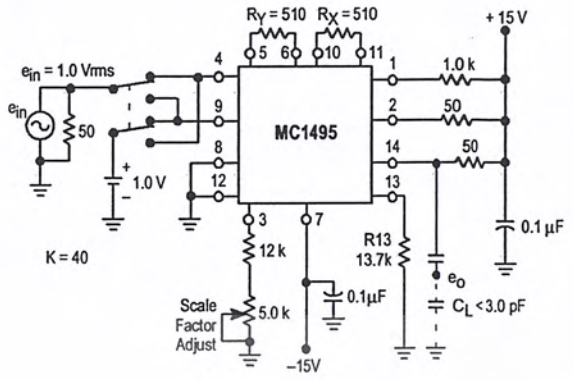


Figure 11. Common Mode Gain and Common Mode Input Swing

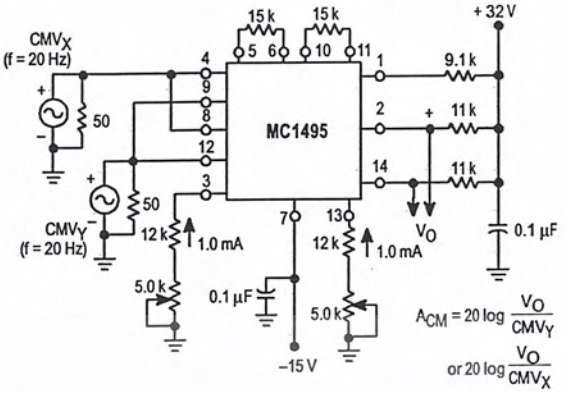


Figure 12. Power Supply Sensitivity

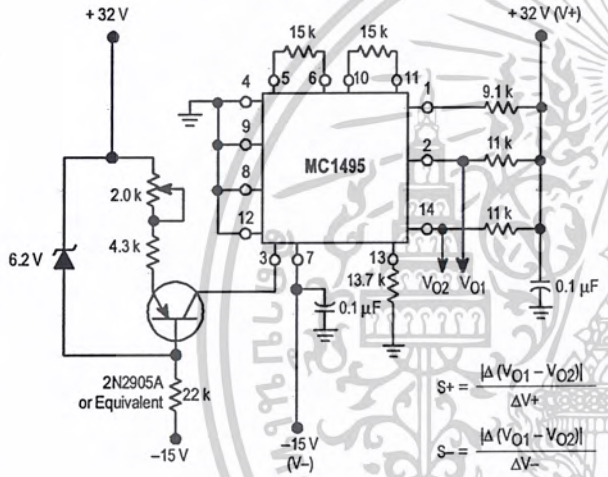
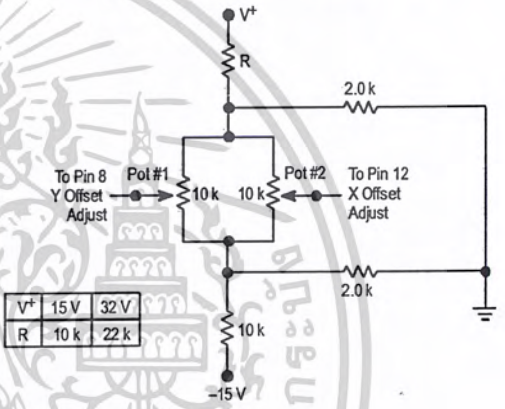
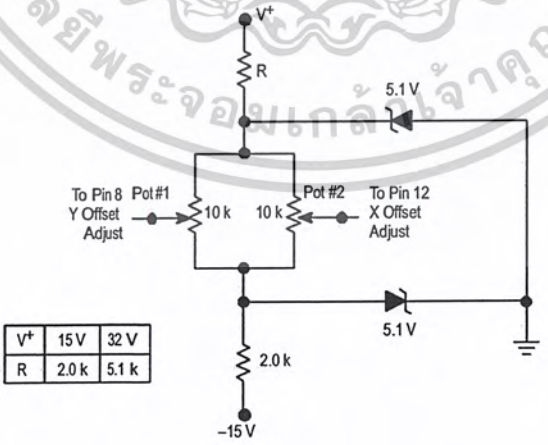


Figure 13. Offset Adjust Circuit



V+	15 V	32 V
R	10 k	22 k

Figure 14. Offset Adjust Circuit (Alternate)



V+	15 V	32 V
R	2.0 k	5.1 k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 15. Linearity versus Temperature

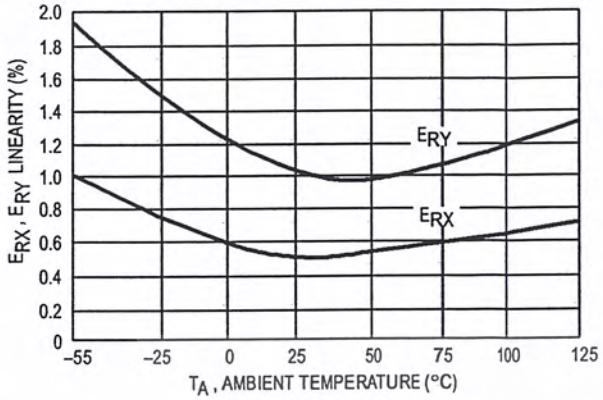


Figure 16. Scale Factor versus Temperature

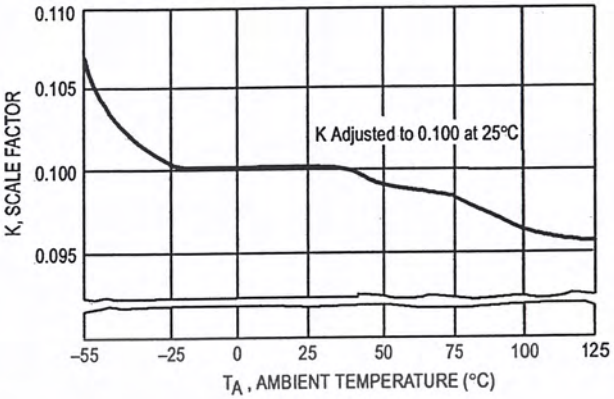


Figure 17. Error Contributed by Input Differential Amplifier

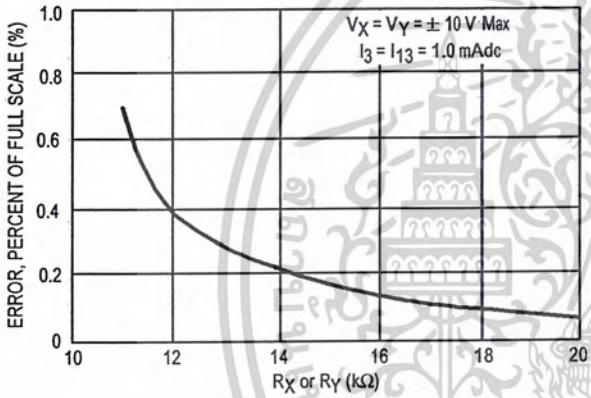


Figure 18. Error Contributed by Input Differential Amplifier

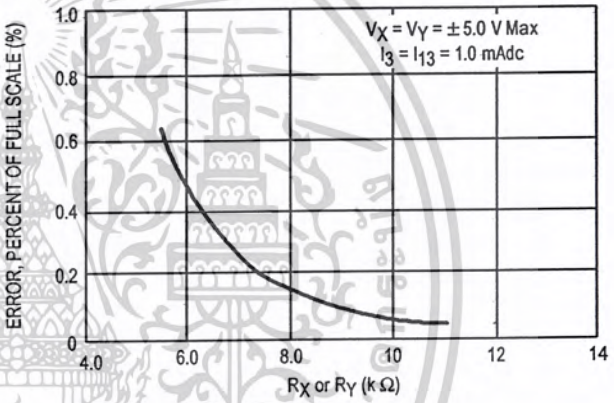
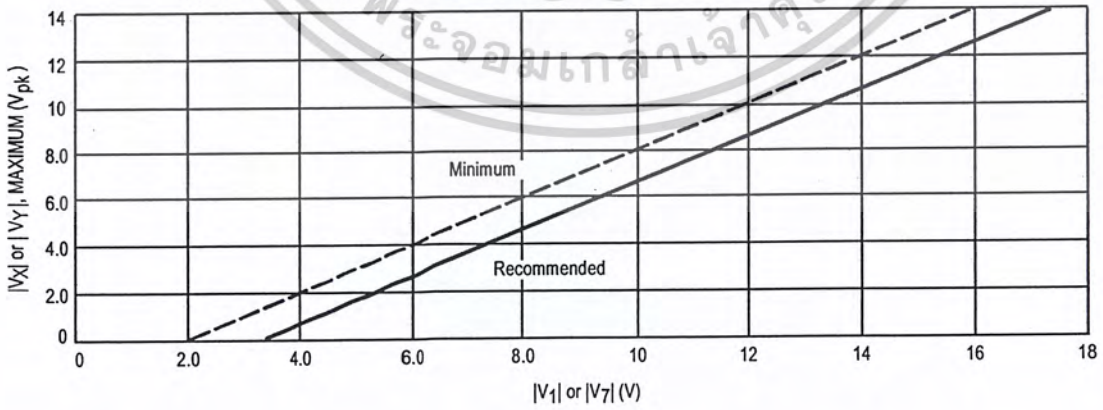


Figure 19. Maximum Allowable Input Voltage versus Voltage at Pin 1 or Pin 7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATION AND APPLICATIONS INFORMATION

Theory of Operation

The MC1495 is a monolithic, four-quadrant multiplier which operates on the principle of variable transconductance. A detailed theory of operation is covered in Application Note AN489, *Analysis and Basic Operation of the MC1595.* The result of this analysis is that the differential output current of the multiplier is given by:

$$I_A - I_B = \Delta I = \frac{2V_X V_Y}{R_X R_Y I_3}$$

where, I_A and I_B are the currents into Pins 14 and 2, respectively, and V_X and V_Y are the X and Y input voltages at the multiplier input terminals.

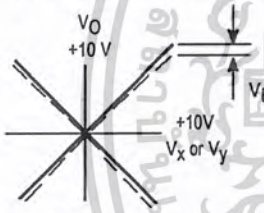
DESIGN CONSIDERATIONS

General

The MC1495 permits the designer to tailor the multiplier to a specific application by proper selection of external components. External components may be selected to optimize a given parameter (e.g. bandwidth) which may in turn restrict another parameter (e.g. maximum output voltage swing). Each important parameter is discussed in detail in the following paragraphs.

Linearity, Output Error, E_{RX} or E_{RY}

Linearity error is defined as the maximum deviation of output voltage from a straight line transfer function. It is expressed as error in percent of full scale (see figure below).



For example, if the maximum deviation, $V_{E(max)}$, is ±100 mV and the full scale output is 10 V, then the percentage error is:

$$E_R = \frac{V_{E(max)}}{V_{O(max)}} \times 100 = \frac{100 \times 10^{-3}}{10} \times 100 = \pm 1.0\%.$$

Linearity error may be measured by either of the following methods:

1. Using an X-Y plotter with the circuit shown in Figure 5, obtain plots for X and Y similar to the one shown above.
2. Use the circuit of Figure 4. This method nulls the level shifted output of the multiplier with the original input. The peak output of the null operational amplifier will be equal to the error voltage, $V_{E\,(max)}$.

One source of linearity error can arise from large signal nonlinearity in the X and Y input differential amplifiers. To avoid introducing error from this source, the emitter degeneration resistors R_X and R_Y must be chosen large enough so that nonlinear base-emitter voltage variation can be ignored. Figures 17 and 18 show the error expected from this source as a function of the values of R_X and R_Y with an operating current of 1.0 mA in each side of the differential amplifiers (i.e., $I_3 = I_{13} = 1.0$ mA).

3 dB Bandwidth and Phase Shift

Bandwidth is primarily determined by the load resistors and the stray multiplier output capacitance and/or the operational amplifier used to level shift the output. If wideband operation is desired, low value load resistors and/or a wideband operational amplifier should be used. Stray output capacitance will depend to a large extent on circuit layout.

Phase shift in the multiplier circuit results from two sources: phase shift common to both X and Y channels (due to the load resistor-output capacitance pole mentioned above) and relative phase shift between X and Y channels (due to differences in transadmittance in the X and Y channels). If the input to output phase shift is only 0.6°, the output product of two sine waves will exhibit a vector error of 1%. A 3° relative phase shift between V_X and V_Y results in a vector error of 5%.

Maximum Input Voltage

$V_{X(max)}$, $V_{Y(max)}$ input voltages must be such that:

$$V_{X(max)} < I_{13} R_Y$$
$$V_{Y(max)} < I_3 R_Y$$

Exceeding this value will drive one side of the input amplifier to "cutoff" and cause nonlinear operation.

Current I_3 and I_{13} are chosen at a convenient value (observing power dissipation limitation) between 0.5 mA and 2.0 mA, approximately 1.0 mA. Then R_X and R_Y can be determined by considering the input signal handling requirements.

For $V_{X(max)} = V_{Y(max)} = 10$ V;

$$R_X = R_Y > \frac{10\text{ V}}{1.0\text{ mA}} = 10\text{ k}\Omega.$$

The equation $I_A - I_B = \dfrac{2V_X V_Y}{R_X R_Y I_3}$

is derived from $I_A - I_B = \dfrac{2V_X V_Y}{(R_X + \frac{2kT}{qI_{13}})(R_Y + \frac{2kT}{qI_3}) I_3}$

with the assumption $R_X >> \dfrac{2kT}{qI_{13}}$ and $R_Y >> \dfrac{2kT}{qI_3}$.

At $T_A = +25°C$ and $I_{13} = I_3 = 1.0$ mA,

$$\frac{2kT}{qI_{13}} = \frac{2kT}{qI_3} = 52\ \Omega.$$

Therefore, with $R_X = R_Y = 10$ kΩ the above assumption is valid. Reference to Figure 19 will indicate limitations of $V_{X(max)}$ or $V_{Y(max)}$ due to V_1 and V_7. Exceeding these limits will cause saturation or "cutoff" of the input transistors. See Step 4 of General Design Procedure for further details.

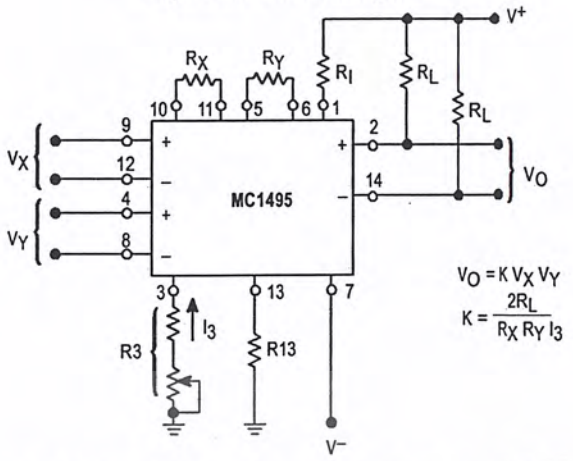
Maximum Output Voltage Swing

The maximum output voltage swing is dependent upon the factors mentioned below and upon the particular circuit being considered.

For Figure 20 the maximum output swing is dependent upon V^+ for positive swing and upon the voltage at Pin 1 for negative swing. The potential at Pin 1 determines the quiescent level for transistors Q_5, Q_6, Q_7 and Q_8. This potential should be related so that negative swing at Pins 2 or 14 does not saturate those transistors. See General Design Procedure for further information regarding selection of these potentials.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 20. Basic Multiplier



If an operational amplifier is used for level shift, as shown in Figure 21, the output swing (of the multiplier) is greatly reduced. See Section 3 for further details.

GENERAL DESIGN PROCEDURE

Selection of component values is best demonstrated by the following example. Assume resistive dividers are used at the X and Y-inputs to limit the maximum multiplier input to ± 5.0 V [$V_X = V_{Y(max)}$] for a ± 10 V input [$V_{X'} = V_{Y'(max)}$] (see Figure 21). If an overall scale factor of 1/10 is desired,

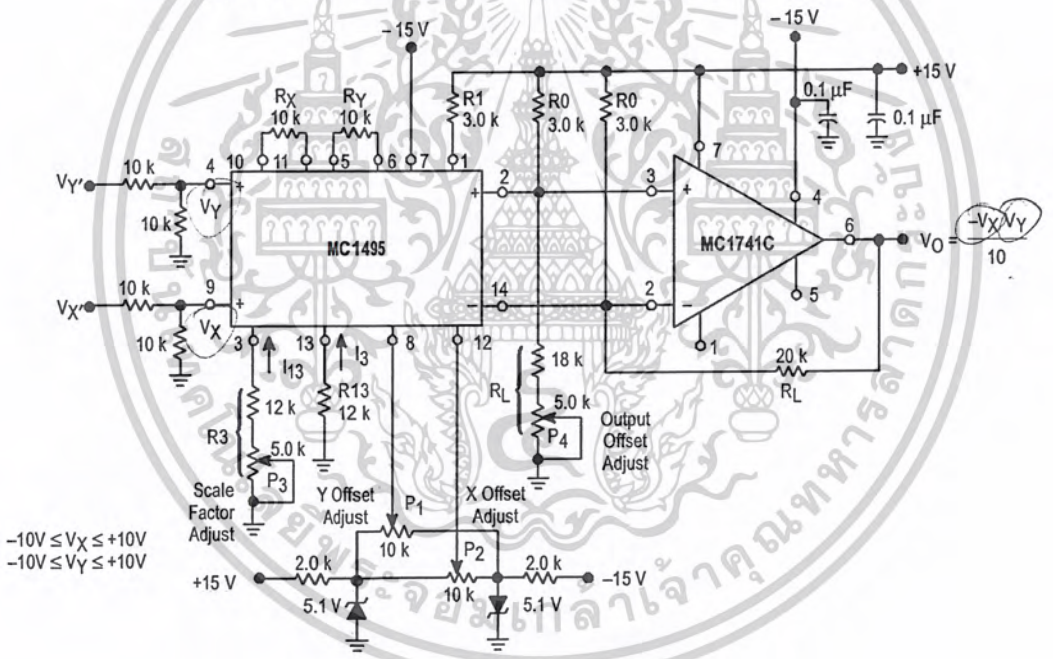
$$\text{then, } V_O = \frac{V_{X'}\,V_{Y'}}{10} = \frac{(2V_X)\,(2V_Y)}{10} = 4/10\ V_X\,V_Y$$

Therefore, K = 4/10 for the multiplier (excluding the divider network).

Step 1. The fist step is to select current I_3 and current I_{13}. There are no restrictions on the selection of either of these currents except the power dissipation of the device. I_3 and I_{13} will normally be 1.0 mA or 2.0 mA. Further, I_3 does not have to be equal to I_{13}, and there is normally no need to make them different. For this example, let

$$I_3 = I_{13} = 1.0\ \text{mA}.$$

Figure 21. Multiplier with Operational Amplifier Level Shift



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

To set currents I_3 and I_{13} to the desired value, it is only necessary to connect a resistor between Pin 13 and ground, and between Pin 3 and ground. From the schematic shown in Figure 3, it can be seen that the resistor values necessary are given by:

$$R13 + 500\ \Omega = \frac{|V-| - 0.7\ V}{I_{13}}$$

$$R3 + 500\ \Omega = \frac{|V-| - 0.7\ V}{I_3}$$

Let V– = –15 V, then $R13 + 500 = \frac{14.3\ V}{1.0\ mA}$ or R13 = 13.8 kΩ

Let R_{13} = 12 kΩ. Similarly, R_3 = 13.8 kΩ, let R_3 = 15 kΩ

However, for applications which require an accurate scale factor, the adjustment of R_3 and consequently, I_3, offers a convenient method of making a final trim of the scale factor. For this reason, as shown in Figure 21, resistor R_3 is shown as a fixed resistor in series with a potentiometer.

For applications not requiring an exact scale factor (balanced modulator, frequency doubler, AGC amplifier, etc.) Pins 3 and 13 can be connected together and a single resistor from Pin 3 to ground can be used. In this case, the single resistor would have a value of 1/2 the above calculated value for R_{13}.

Step 2. The next step is to select R_X and R_Y. To insure that the input transistors will always be active, the following conditions should be met:

$$\frac{V_X}{R_X} < I_{13}, \quad \frac{V_Y}{R_Y} < I_3$$

A good rule of thumb is to make $I_3R_Y \geq 1.5\ V_{Y(max)}$ and $I_{13}R_X \geq 1.5 V_{X(max)}$. The larger the I_3R_Y and $I_{13}R_X$ product in relation to V_Y and V_X respectively, the more accurate the multiplier will be (see Figures 17 and 18).

Let $R_X = R_Y$ = 10 kΩ,
then I_3R_Y = 10 V
$I_{13}R_X$ = 10 V

since $V_{X(max)} = V_{Y(max)} = 5.0$ V, the value of $R_X = R_Y$ = 10 kΩ is sufficient.

Step 3. Now that R_X, R_Y and I_3 have been chosen, R_L can be determined:

$$K = \frac{2R_L}{R_X R_Y I_3} = \frac{4}{10}, \text{ or } \frac{(2)(R_L)}{(10\ k)(10\ k)(1.0\ mA)} = \frac{4}{10}$$

Thus R_L = 20 kΩ.

Step 4. To determine what power supply voltage is necessary for this application, attention must be given to the circuit schematic shown in Figure 3. From the circuit schematic it can be seen that in order to maintain transistors Q_1, Q_2, Q_3 and Q_4 in an active region when the maximum input voltages are applied ($V_{X'} = V_{Y'}$ = 10 V or V_X = 5.0 V, V_Y = 5.0 V), their respective collector voltage should be at least a few tenths of a volt higher than the maximum input voltage. It should also be noticed that the collector voltage of transistors Q_3 and Q_4 is at a potential which is two diode-drops below the voltage at Pin 1. Thus, the voltage at Pin 1 should be about 2.0 V higher than the maximum input voltage. Therefore, to handle +5.0 V at the inputs, the voltage at Pin 1 must be at least +7.0 V. Let V_1 = 9.0 Vdc.

Since the current flowing into Pin 1 is always equal to $2I_3$, the voltage at Pin 1 can be set by placing a resistor (R_1) from Pin 1 to the positive supply:

$$R_1 = \frac{V^+ - V_1}{2I_3}$$

Let V+ = 15 V, then $R_1 = \frac{15\ V - 9.0\ V}{(2)\ (1.0\ mA)}$

$$R_1 = 3.0\ k\Omega$$

Note that the voltage at the base of transistors Q_5, Q_6, Q_7 and Q_8 is one diode-drop below the voltage at Pin 1. Thus, in order that these transistors stay active, the voltage at Pins 2 and 14 should be approximately halfway between the voltage at Pin 1 and the positive supply voltage. For this example, the voltage at Pins 2 and 14 should be approximately 11 V.

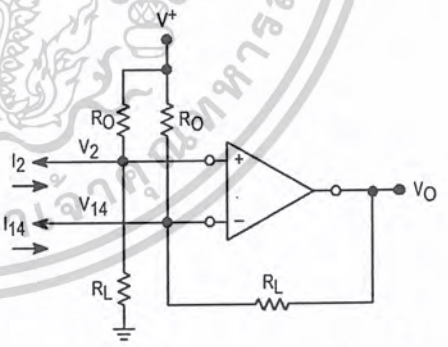
Step 5. For dc applications, such as the multiply, divide and square-root functions, it is usually desirable to convert the differential output to a single-ended output voltage referenced to ground. The circuit shown in Figure 22 performs this function. It can be shown that the output voltage of this circuit is given by:

$$V_O = (I_2 - I_{14})\ R_L$$

And since $I_A - I_B = I_2 - I_{14} = \frac{2I_X I_Y}{I_3} = \frac{2V_X V_Y}{I_3 R_X R_Y}$

then $V_O = \frac{2R_L\ V_X'\ V_Y'}{4R_X\ R_X\ I_3}$ where, $V_X'\ V_Y'$ is the voltage at the input to the voltage dividers.

Figure 22. Level Shift Circuit



The choice of an operational amplifier for this application should have low bias currents, low offset current, and a high common mode input voltage range as well as a high common mode rejection ratio. The MC1456, and MC1741C operational amplifiers meet these requirements.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Referring to Figure 21, the level shift components will be determined. When $V_X = V_Y = 0$, the currents I_2 and I_{14} will be equal to I_{13}. In Step 3, R_L was found to be 20 kΩ and in Step 4, V_2 and V_{14} were found to be approximately 11 V. From this information R_O can be found easily from the following equation (neglecting the operational amplifiers bias current):

$$\frac{V2}{R_L} + I_{13} = \frac{V^+ - V_2}{R_O}$$

And for this example, $\frac{11\ V}{20\ k\Omega} + 1.0\ mA = \frac{15\ V - 11\ V}{R_O}$

Solving for R_O: $R_O = 2.6\ k\Omega$, thus, select $R_O = 3.0\ k\Omega$

For $R_O = 3.0\ k\Omega$, the voltage at Pins 2 and 14 is calculated to be:

$$V_2 = V_{14} = 10.4\ V.$$

The linearity of this circuit (Figure 21) is likely to be as good or better than the circuit of Figure 5. Further improvements are possible as shown in Figure 23 where R_Y has been increased substantially to improve the Y linearity, and R_X decreased somewhat so as not to materially affect the X linearity. This avoids increasing R_L significantly in order to maintain a K of 0.1.

The versatility of the MC1495 allows the user to to optimize its performance for various input and output signal levels.

OFFSET AND SCALE FACTOR ADJUSTMENT

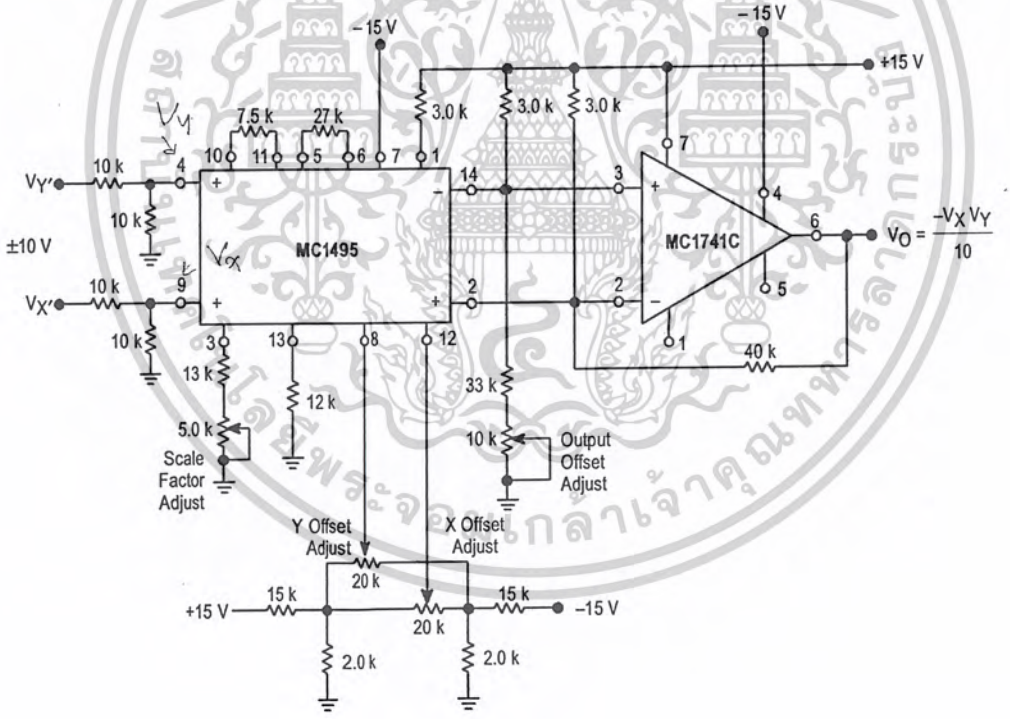
Offset Voltages

Within the monolithic multiplier (Figure 3) transistor base-emitter junctions are typically matched within 1.0 mV and resistors are typically matched within 2%. Even with this careful matching, an output error can occur. This output error is comprised of X-input offset voltage, Y-input offset voltage, and output offset voltage. These errors can be adjusted to zero with the techniques shown in Figure 21. Offset terms can be shown analytically by the transfer function:

$$V_O = K[V_X \pm V_{iox} \pm V_{x(off)}]\,[V_y \pm V_{ioy} \pm V_{y(off)}] \pm V_{OO} \quad (1)$$

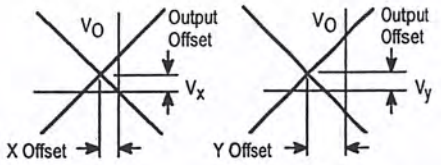
Where:
- K = scale factor
- V_X = "x" input voltage
- V_y = "y" input voltage
- V_{iox} = "x" input offset voltage
- V_{ioy} = "y" input offset voltage
- $V_{x(off)}$ = "x" input offset adjust voltage
- $V_{y(off)}$ = "y" input offset adjust voltage
- V_{OO} = output offset voltage.

Figure 23. Multiplier with Improved Linearity



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X, Y and Output Offset Voltages



For most dc applications, all three offset adjust potentiometers (P_1, P_2, P_4) will be necessary. One or more offset adjust potentiometers can be eliminated for ac applications (see Figures 28, 29, 30, 31).

If well regulated supply voltages are available, the offset adjust circuit of Figure 13 is recommended. Otherwise, the circuit of Figure 14 will greatly reduce the sensitivity to power supply changes.

Scale Factor

The scale factor K is set by P_3 (Figure 21). P_3 varies I_3 which inversely controls the scale factor K. It should be noted that current I_3 is one-half the current through R_1. R_1 sets the bias level for Q_5, Q_6, Q_7, and Q_8 (see Figure 3). Therefore, to be sure that these devices remain active under all conditions of input and output swing, care should be exercised in adjusting P_3 over wide voltage ranges (see General Design Procedure).

Adjustment Procedures

The following adjustment procedure should be used to null the offsets and set the scale factor for the multiply mode of operation, (see Figure 21).

1. X-Input Offset
   (a) Connect oscillator (1.0 kHz, 5.0 V_{pp} sinewave) to the Y-input (Pin 4).
   (b) Connect X-input (Pin 9) to ground.
   (c) Adjust X offset potentiometer (P_2) for an ac null at the output.
2. Y-Input Offset
   (a) Connect oscillator (1.0 kHz, 5.0 V_{pp} sinewave) to the X-input (Pin 9).
   (b) Connect Y-input (Pin 4) to ground.
   (c) Adjust Y offset potentiometer (P_1) for an ac null at the output.
3. Output Offset
   (a) Connect both X and Y-inputs to ground.
   (b) Adjust output offset potentiometer (P_4) until the output voltage (V_O) is 0 Vdc.
4. Scale Factor
   (a) Apply +10 Vdc to both the X and Y-inputs.
   (b) Adjust P_3 to achieve + 10 V at the output.
5. Repeat steps 1 through 4 as necessary.

The ability to accurately adjust the MC1495 depends upon the characteristics of potentiometers P_1 through P_4. Multi-turn, infinite resolution potentiometers with low temperature coefficients are recommended.

DC APPLICATIONS

Multiply

The circuit shown in Figure 21 may be used to multiply signals from dc to 100 kHz. Input levels to the actual multiplier are 5.0 V (max). With resistive voltage dividers the maximum could be very large however, for this application two-to-one dividers have been used so that the maximum input level is 10 V. The maximum output level has also been designed for 10 V (max).

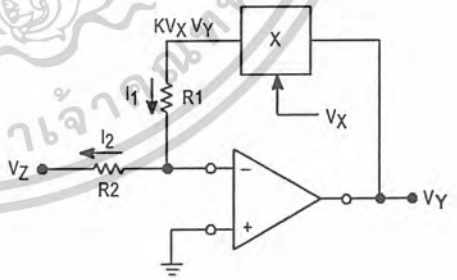
Squaring Circuit

If the two inputs are tied together, the resultant function is squaring; that is $V_O = KV^2$ where K is the scale factor. Note that all error terms can be eliminated with only three adjustment potentiometers, thus eliminating one of the input offset adjustments. Procedures for nulling with adjustments are given as follows:

A. AC Procedure:
   1. Connect oscillator (1.0 kHz, 15 V_{pp}) to input.
   2. Monitor output at 2.0 kHz with tuned voltmeter and adjust P_3 for desired gain. (Be sure to peak response of the voltmeter.)
   3. Tune voltmeter to 1.0 kHz and adjust P_1 for a minimum output voltage.
   4. Ground input and adjust P_4 (output offset) for 0 Vdc output.
   5. Repeat steps 1 through 4 as necessary.

B. DC Procedure:
   1. Set $V_X = V_Y = 0$ V and adjust P_4 (output offset potentiometer) such that $V_O = 0$ Vdc
   2. Set $V_X = V_Y = 1.0$ V and adjust P_1 (Y-input offset potentiometer) such that the output voltage is + 0.100 V.
   3. Set $V_X = V_Y = 10$ Vdc and adjust P_3 such that the output voltage is + 10 V.
   4. Set $V_X = V_Y = -10$ Vdc. Repeat steps 1 through 3 as necessary.

Figure 24. Basic Divide Circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Divide Circuit

Consider the circuit shown in Figure 24 in which the multiplier is placed in the feedback path of an operational amplifier. For this configuration, the operational amplifier will maintain a "virtual ground" at the inverting (–) input. Assuming that the bias current of the operational amplifier is negligible, then $I_1 = I_2$ and,

$$\frac{KV_XV_Y}{R1} = \frac{-V_Z}{R2} \quad (1)$$

$$\text{Solving for } V_Y, \quad V_Y = \frac{-R1}{R2\,K}\,\frac{V_Z}{V_X} \quad (2)$$

$$\text{If } R1=R2, \quad V_Y = \frac{-V_Z}{KV_X} \quad (3)$$

$$\text{If } R1=KR2, \quad V_Y = \frac{-V_Z}{V_X} \quad (4)$$

Hence, the output voltage is the ratio of V_Z to V_X and provides a divide function. This analysis is, of course, the ideal condition. If the multiplier error is taken into account, the output voltage is found to be:

$$V_Y = -\left[\frac{R1}{R2\,K}\right]\frac{V_Z}{V_X} + \frac{\Delta E}{KV_X} \quad (5)$$

where ΔE is the error voltage at the output of the multiplier. From this equation, it is seen that divide accuracy is strongly dependent upon the accuracy at which the multiplier can be set, particularly at small values of V_Y. For example, assume that R1 = R2, and K = 1/10. For these conditions the output of the divide circuit is given by:

$$V_Y = \frac{-10\,V_Z}{V_X} + \frac{10\,\Delta E}{V_X} \quad (6)$$

From Equation 6, it is seen that only when V_X = 10 V is the error voltage of the divide circuit as low as the error of the multiply circuit. For example, when V_X is small, (0.1 V) the error voltage of the divide circuit can be expected to be a hundred times the error of the basic multiplier circuit.

In terms of percentage error,

$$\text{percentage error} = \frac{\text{error}}{\text{actual}} \times 100\%$$

or from Equation (5),

$$PE_D = \frac{\frac{\Delta E}{KV_X}}{\left[\frac{R1}{R2\,K}\right]\frac{V_Z}{V_X}} = \left[\frac{R2}{R1}\right]\frac{\Delta E}{V_Z} \quad (7)$$

From Equation 7, the percentage error is inversely related to voltage V_Z (i.e., for increasing values of V_Z, the percentage error decreases).

A circuit that performs the divide function is shown in Figure 25.

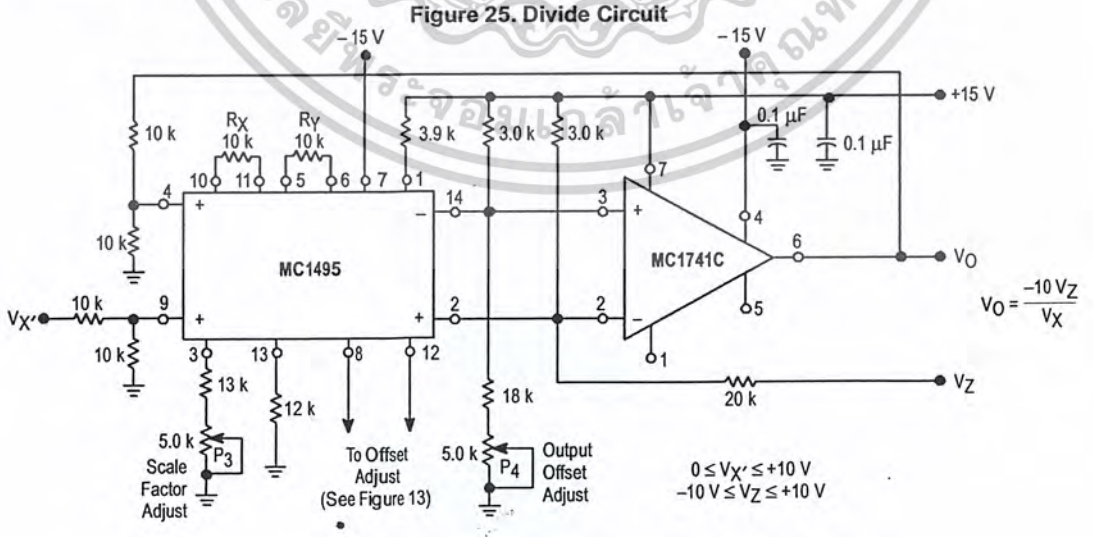
Two things should be emphasized concerning Figure 25.

1. The input voltage ($V_{X'}$) must be greater than zero and must be positive. This insures that the current out of Pin 2 of the multiplier will always be in a direction compatible with the polarity of V_Z.
2. Pin 2 and 14 of the multiplier have been interchanged in respect to the operational amplifiers input terminals. In this instance, Figure 25 differs from the circuit connection shown in Figure 21; necessitated to insure negative feedback around the loop.

A suggested adjustment procedure for the divide circuit.

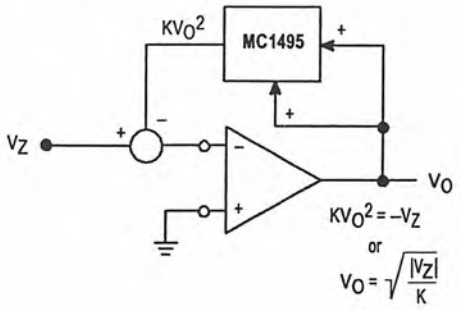
1. Set V_Z = 0 V and adjust the output offset potentiometer (P_4) until the output voltage (V_O) remains at some (not necessarily zero) constant value as $V_{X'}$ is varied between +1.0 V and +10 V.
2. Keep V_Z at 0 V, set $V_{X'}$ at +10 V and adjust the Y input offset potentiometer (P_1) until V_O = 0 V.
3. Let $V_{X'} = V_Z$ and adjust the X-input offset potentiometer (P_2) until the output voltage remains at some (not necessarily – 10 V) constant value as $V_Z = V_{X'}$ is varied between +1.0 and +10 V.
4. Keep $V_{X'} = V_Z$ and adjust the scale factor potentiometer (P_3) until the average value of V_O is –10 V as $V_Z = V_{X'}$ is varied between +1.0 V and +10 V.
5. Repeat steps 1 through 4 as necessary to achieve optimum performance.

Figure 25. Divide Circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 26. Basic Square Root Circuit



Square Root

A special case of the divide circuit in which the two inputs to the multiplier are connected together is the square root function as indicated in Figure 26. This circuit may suffer from latch-up problems similar to those of the divide circuit. Note that only one polarity of input is allowed and diode clamping (see Figure 27) protects against accidental latch-up.

This circuit also may be adjusted in the closed-loop mode as follows:

1. Set V_Z to –0.01 V and adjust P_4 (output offset) for V_O = +0.316 V, being careful to approach the output from the positive side to preclude the effect of the output diode clamping.
2. Set V_Z to –0.9 V and adjust P_2 (X adjust) for V_O = +3.0 V.
3. Set V_Z to –10 V and adjust P_3 (scale factor adjust) for V_O = +10 V.
4. Steps 1 through 3 may be repeated as necessary to achieve desired accuracy.

AC APPLICATIONS

The applications that follow demonstrate the versatility of the monolithic multiplier. If a potted multiplier is used for these cases, the results generally would not be as good because the potted units have circuits that, although they optimize dc multiplication operation, can hinder ac applications.

Frequency doubling often is done with a diode where the fundamental plus a series of harmonics are generated. However, extensive filtering is required to obtain the desired harmonic, and the second harmonic obtained under this technique usually is small in magnitude and requires amplification.

When a multiplier is used to double frequency the second harmonic is obtained directly, except for a dc term, which can be removed with ac coupling.

$$e_o = KE^2 \cos^2 \omega t$$

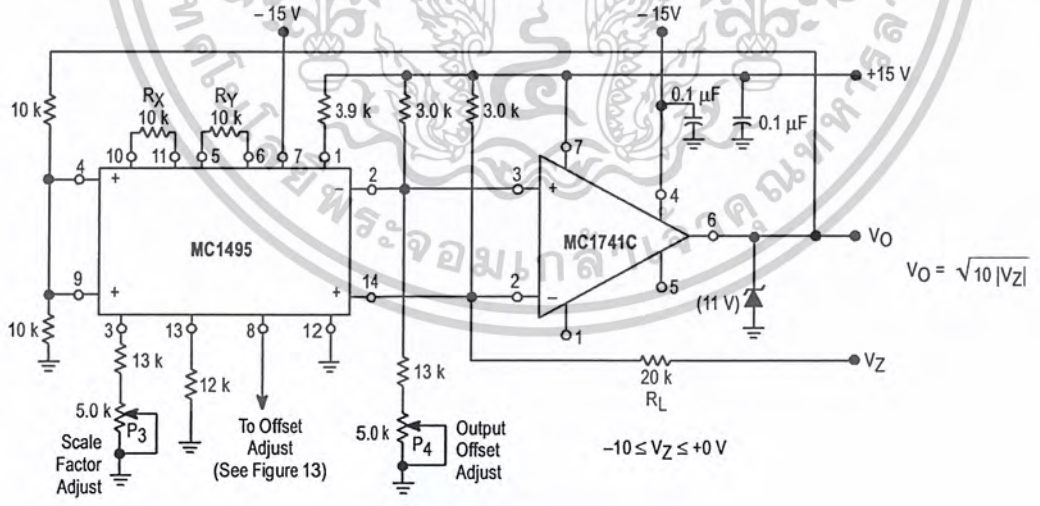
$$e_o = \frac{KE^2}{2} (1 + \cos 2\omega t).$$

A potted multiplier can be used to obtain the double frequency component, but frequency would be limited by its internal level-shift amplififer. In the monolithic units, the amplifier is omitted.

In a typical doubler circuit, conventional ± 15 V supplies are used. An input dynamic range of 5.0 V peak-to-peak is allowed. The circuit generates wave-forms that are double frequency; less than 1% distortion is encountered without filtering. The configuration has been successfully used in excess of 200 kHz; reducing the scale factor by decreasing the load resistors can further expand the bandwidth.

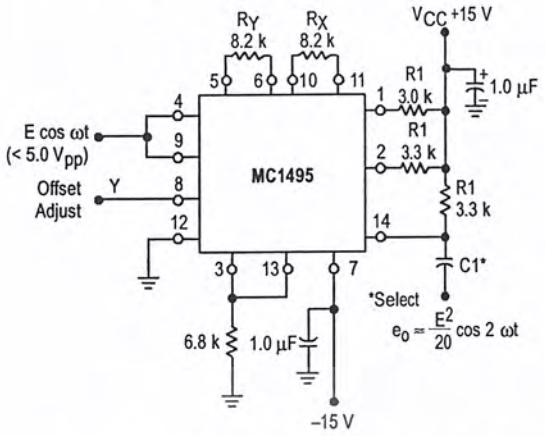
Figure 29 represents an application for the monolithic multiplier as a balanced modulator. Here, the audio input signal is 1.6 kHz and the carrier is 40 kHz.

Figure 27. Square Root Circuit



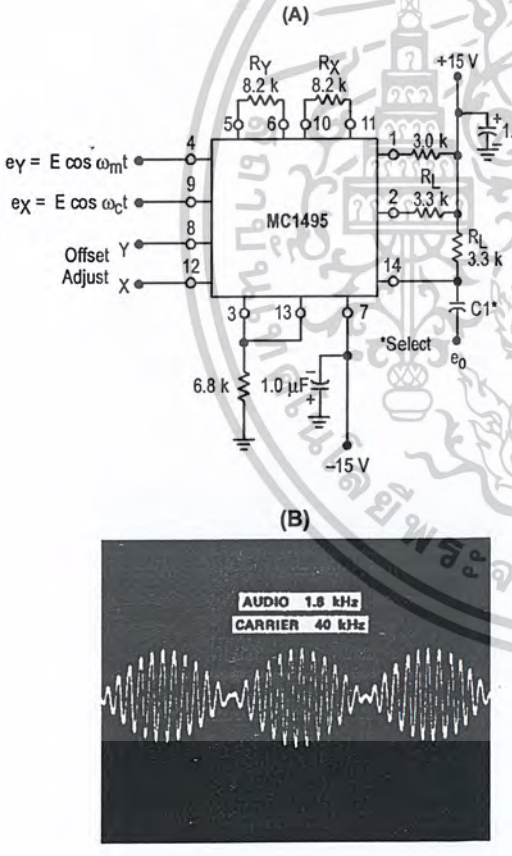
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 28. Frequency Doubler



When two equal cosine waves are applied to X and Y, the result is a wave shape of twice the input frequency. For this example the input was a 10 kHz signal, output was 20 kHz.

Figure 29. Balanced Modulator



The defining equation for balanced modulation is

$$K(E_m \cos \omega_m t)(E_c \cos \omega_c t) =$$

$$\frac{KE_c E_m}{2} [\cos(\omega_c + \omega_m)t + \cos(\omega_c - \omega_m)t]$$

where ω_c is the carrier frequency, ω_m is the modulator frequency and K is the multiplier gain constant.

AC coupling at the output eliminates the need for level translation or an operational amplifier; a higher operating frequency results.

A problem common to communications is to extract the intelligence from single-sideband received signal. The ssb signal is of the form:

$$e_{ssb} = A \cos(\omega_c + \omega_m)t$$

and if multiplied by the appropriate carrier waveform, $\cos \omega_c t$,

$$e_{ssb} e_{carrier} = \frac{AK}{2} [\cos(2\omega_c + \omega_m)t + \cos(\omega_c)t].$$

If the frequency of the band-limited carrier signal (ω_c) is ascertained in advance, the designer can insert a low pass filter and obtain the (AK/2) ($\cos\omega_c t$) term with ease. He/she also can use an operational amplifier for a combination level shift-active filter, as an external component. But in potted multipliers, even if the frequency range can be covered, the operational amplifier is inside and not accessible, so the user must accept the level shifting provided, and still add a low pass filter.

Amplitude Modulation

The multiplier performs amplitude modulation, similar to balanced modulation, when a dc term is added to the modulating signal with the Y-offset adjust potentiometer (see Figure 30).

Here, the identity is:

$$E_m(1 + m \cos \omega_m t) E_c \cos \omega_c t = KE_m E_c \cos \omega_c t +$$

$$\frac{KE_m E_c m}{2} [\cos(\omega_c + \omega_m)t + \cos(\omega_c - \omega_m)t]$$

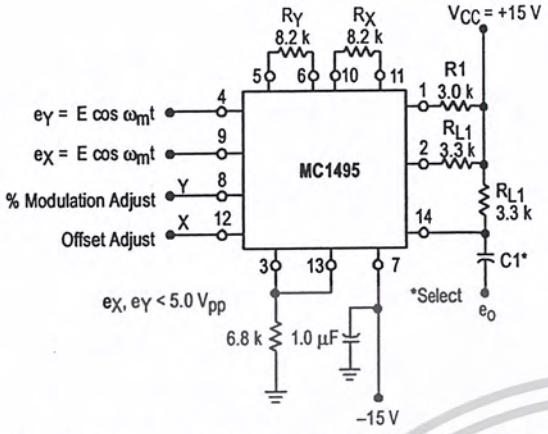
where m indicates the degrees of modulation. Since m is adjustable, via potentiometer P_1, 100% modulation is possible. Without extensive tweaking, 96% modulation may be obtained where ω_c and ω_m are the same as in the balanced modulator example.

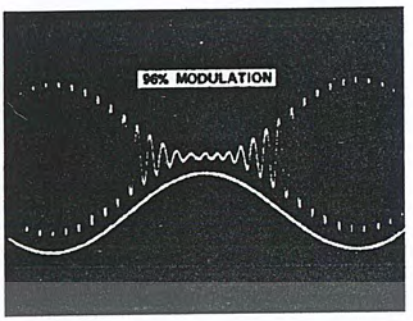
Linear Gain Control

To obtain linear gain control, the designer can feed to one of the two MC1495 inputs a signal that will vary the unit's gain. The following example demonstrates the feasibility of this application. Suppose a 200 kHz sinewave, 1.0 V peak-to-peak, is the signal to which a gain control will be added. The dynamic range of the control voltage V_C is 0 V to +1.0 V. These must be ascertained and the proper values of R_X and R_Y can be selected for optimum performance. For the 200 kHz operating frequency, load resistors of 100 Ω were chosen to broaden the operating bandwidth of the multiplier, but gain was sacrificed. It may be made up with an amplifier operating at the appropriate frequency (see Figure 31).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 30. Amplitude Modulation





The signal is applied to the unit's Y-input. Since the total input range is limited to 1.0 V_{pp}, a 2.0 V swing, a current source of 2.0 mA and an R_Y value of 1.0 kΩ is chosen. This takes best advantage of the dynamic range and insures linear operation in the Y-channel.

Since the X-input varies between 0 and +1.0 V, the current source selected was 1.0 mA, and the R_X value chosen was 2.0 kΩ. This also insures linear operation over the X-input dynamic range. Choosing R_L = 100 assures wide bandwidth operation.

Hence, the scale factor for this configuration is:

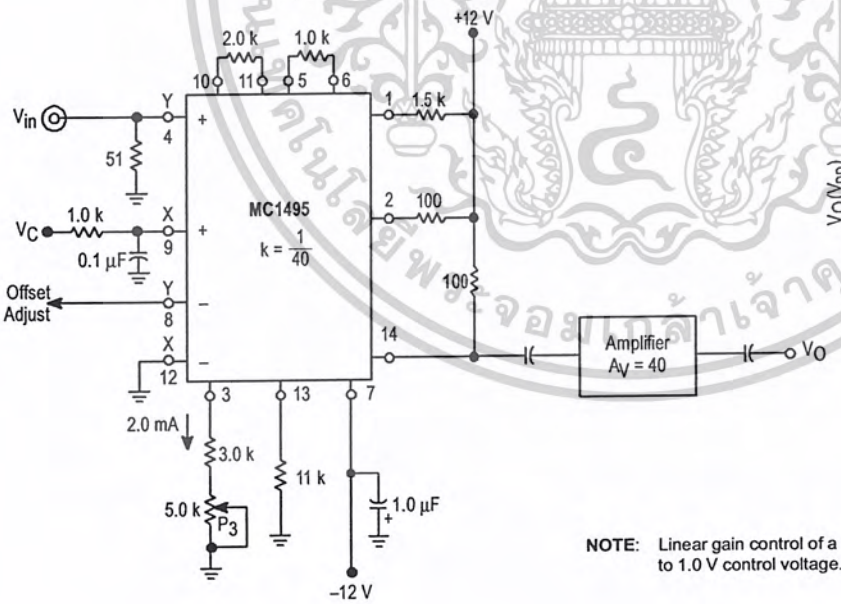
$$K = \frac{R_L}{R_X R_Y I_3}$$

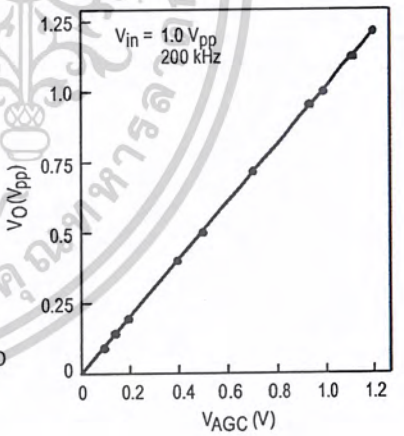
$$= \frac{100}{(2\text{ k})(1\text{ k})(2 \times 10^3)}\ V^{-1}$$

$$= \frac{1}{40}\ V^{-1}$$

The 2 in the numerator of the equation is missing in this scale factor expression because the output is single-ended and ac coupled.

Figure 31. Linear Gain Control



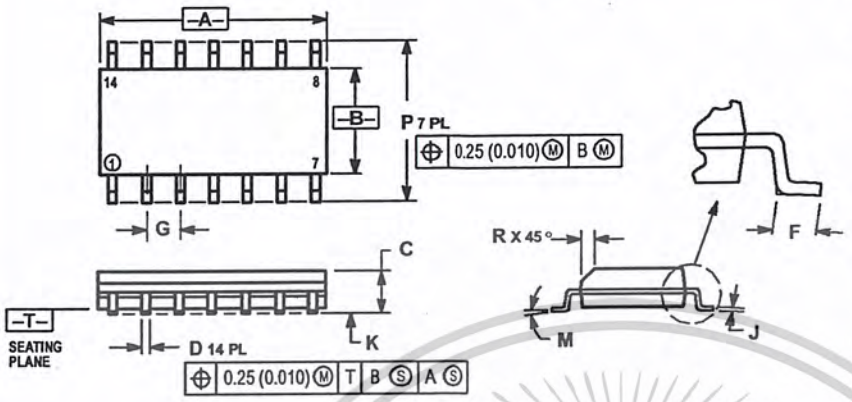


NOTE: Linear gain control of a 1.0 V_{pp} signal is performed with a 0 V to 1.0 V control voltage. If V_C is 0.5 V the output will be 0.5 V_{pp}.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DIMENSIONS

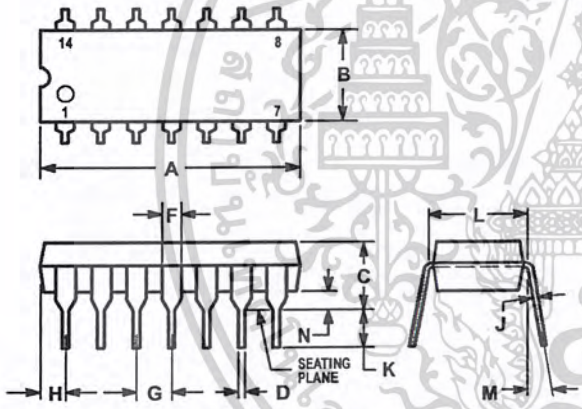
D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A–03
ISSUE F



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646–06
ISSUE L



NOTES:
1. LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
4. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and Ⓜ are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:
USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution; P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1–800–441–2447 or 602–303–5454

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 602–244–6609
INTERNET: http://Design–NET.com

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi–SPD–JLDC, 6F Seibu–Butsuryu–Center, 3–14–2 Tatsumi Koto–Ku, Tokyo 135, Japan. 03–81–3521–8315

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park, 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852–26629298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หาผลประโยชน์การค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Sheet | December 2000 | File Number 3093.2

$4^1/_2$ Digit, BCD Output, A/D Converter

The Intersil ICL7135 precision A/D converter, with its multiplexed BCD output and digit drivers, combines dual-slope conversion reliability with ±1 in 20,000 count accuracy and is ideally suited for the visual display DVM/DPM market. The 2.0000V full scale capability, auto-zero, and auto-polarity are combined with true ratiometric operation, almost ideal differential linearity and true differential input. All necessary active devices are contained on a single CMOS IC, with the exception of display drivers, reference, and a clock.

The ICL7135 brings together an unprecedented combination of high accuracy, versatility, and true economy. It features auto-zero to less than 10µV, zero drift of less than 1µV/°C, input bias current of 10pA (Max), and rollover error of less than one count. The versatility of multiplexed BCD outputs is increased by the addition of several pins which allow it to operate in more sophisticated systems. These include $\overline{\text{STROBE}}$, OVERRANGE, UNDERRANGE, RUN/$\overline{\text{HOLD}}$ and BUSY lines, making it possible to interface the circuit to a microprocessor or UART.

Features

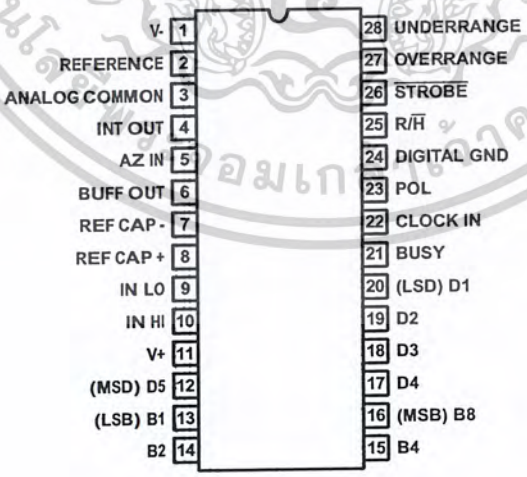
- Accuracy Guaranteed to ±1 Count Over Entire ±20000 Counts (2.0000V Full Scale)
- Guaranteed Zero Reading for 0V Input
- 1pA Typical Input Leakage Current
- True Differential Input
- True Polarity at Zero Count for Precise Null Detection
- Single Reference Voltage Required
- Overrange and Underrange Signals Available for Auto-Range Capability
- All Outputs TTL Compatible
- Blinking Outputs Gives Visual Indication of Overrange
- Six Auxiliary Inputs/Outputs are Available for Interfacing to UARTs, Microprocessors, or Other Circuitry
- Multiplexed BCD Outputs

Ordering Information

PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
ICL7135CPI	0 to 70	28 Ld PDIP	E28.6

Pinout

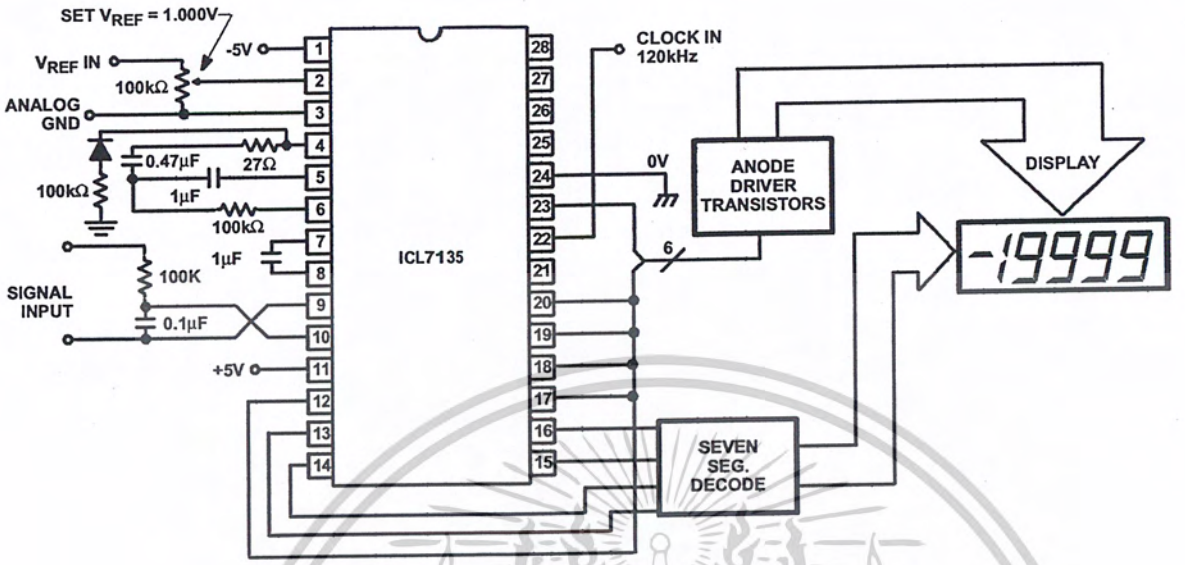
ICL7135
(PDIP)
TOP VIEW



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures.
1-888-INTERSIL or 321-724-7143 | Intersil and Design is a trademark of Intersil Corporation. | Copyright © Intersil Corporation 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Application Schematic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage V+ ..... +6V
V- ..... -9V
Analog Input Voltage (Either Input) (Note 1) ..... V+ to V-
Reference Input Voltage (Either Input) ..... V+ to V-
Clock Input Voltage ..... GND to V+

Operating Conditions

Temperature Range ..... $0^{o}C$ to $70^{o}C$

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 2) ..... θ_{JA} ($^{o}C/W$)
PDIP Package 55
Maximum Junction Temperature ..... $150^{o}C$
Maximum Storage Temperature Range ..... $-65^{o}C$ to $150^{o}C$
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s) ..... $300^{o}C$

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTES:

1. Input voltages may exceed the supply voltages provided the input current is limited to +100µA.
2. θ_{JA} is measured with the component mounted on a low effective thermal conductivity test board in free air. See Tech Brief TB379 for details.

Electrical Specifications

V+ = +5V, V- = -5V, $T_A = 25^{o}C$, f_{CLK} Set for 3 Readings/s, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ANALOG (Notes 3, 4)					
Zero Input Reading	$V_{IN} = 0V$, $V_{REF} = 1.000V$	-00000	+00000	+00000	Counts
Ratiometric Error (Note 4)	$V_{IN} = V_{REF} = 1.000V$	-3	0	+3	Counts
Linearity Over ± Full Scale (Error of Reading from Best Straight Line)	$-2V \le V_{IN} \le +2V$	-	0.5	1	LSB
Differential Linearity (Difference Between Worse Case Step of Adjacent Counts and Ideal Step)	$-2V \le V_{IN} \le +2V$	-	0.01	-	LSB
Rollover Error (Difference in Reading for Equal Positive and Negative Voltage Near Full Scale)	$-V_{IN} = +V_{IN} = 2V$	-	0.5	1	LSB
Noise (Peak-to-Peak Value Not Exceeded 95% of Time), e_N	$V_{IN} = 0V$, Full scale = 2.000V	-	15	-	µV
Input Leakage Current, I_{ILK}	$V_{IN} = 0V$	-	1	10	pA
Zero Reading Drift (Note 7)	$V_{IN} = 0V$, $0^{o}C$ to $70^{o}C$	-	0.5	2	µV/^{o}C
Scale Factor Temperature Coefficient, T_C (Notes 5 and 7)	$V_{IN} = +2V$, $0^{o}C$ to $70^{o}C$ Ext. Ref. 0ppm/^{o}C	-	2	5	ppm/^{o}C
DIGITAL INPUTS					
Clock In, Run/$\overline{Hold}$ (See Figure 2) V_{INH}		2.8	2.2	-	V
V_{INL}		-	1.6	0.8	V
I_{INL}	$V_{IN} = 0V$	-	0.02	0.1	mA
I_{INH}	$V_{IN} = +5V$	-	0.1	10	µA
DIGITAL OUTPUTS					
All Outputs, V_{OL}	$I_{OL} = 1.6mA$	-	0.25	0.40	V
B1, B2, B4, B8, D1, D2, D3, D4, D5, V_{OH}	$I_{OH} = -1mA$	2.4	4.2	-	V
BUSY, $\overline{STROBE}$, OVERRANGE, UNDERRANGE, POLARITY, V_{OH}	$I_{OH} = -10\mu A$	4.9	4.99	-	V
SUPPLY					
+5V Supply Range, V+		+4	+5	+6	V
-5V Supply Range, V-		-3	-5	-8	V
+5V Supply Current, I+	$f_C = 0$	-	1.1	3.0	mA
-5V Supply Current, I-	$f_C = 0$	-	0.8	3.0	mA
Power Dissipation Capacitance, C_{PD}	vs Clock Frequency	-	40	-	pF
CLOCK					
Clock Frequency (Note 6)		DC	2000	1200	kHz

NOTES:

3. Tested in $4\frac{1}{2}$ digit (20.000 count) circuit shown in Figure 3. (Clock frequency 120kHz.)
4. Tested with a low dielectric absorption integrating capacitor, the 27Ω INT OUT resistor shorted, and $R_{INT} = 0$. See Component Value Selection Discussion.
5. The temperature range can be extended to $70^{o}C$ and beyond as long as the auto-zero and reference capacitors are increased to absorb the higher leakage of the ICL7135.
6. This specification relates to the clock frequency range over which the ICL7135 will correctly perform its various functions See "Max Clock Frequency" section for limitations on the clock frequency range in a system.
7. Parameter guaranteed by design or characterization. Not production tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

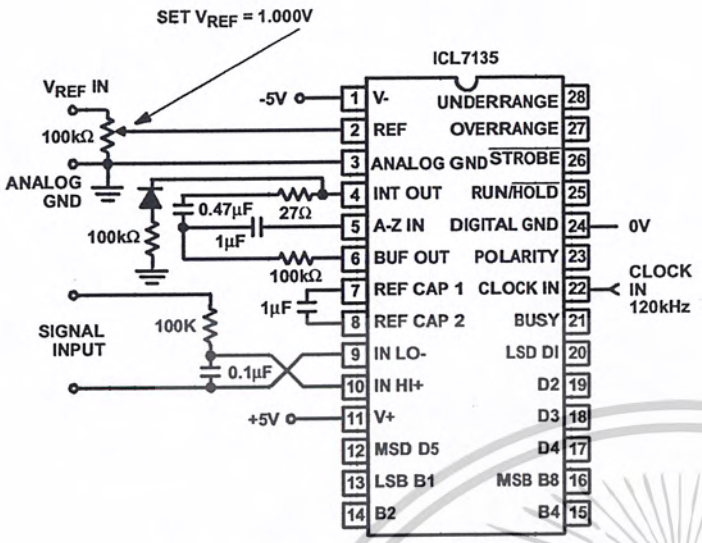


FIGURE 1. ICL7135 TEST CIRCUIT

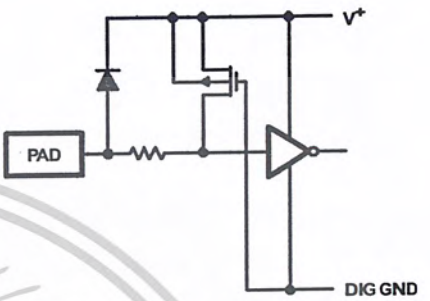


FIGURE 2. ICL7135 DIGITAL LOGIC INPUT

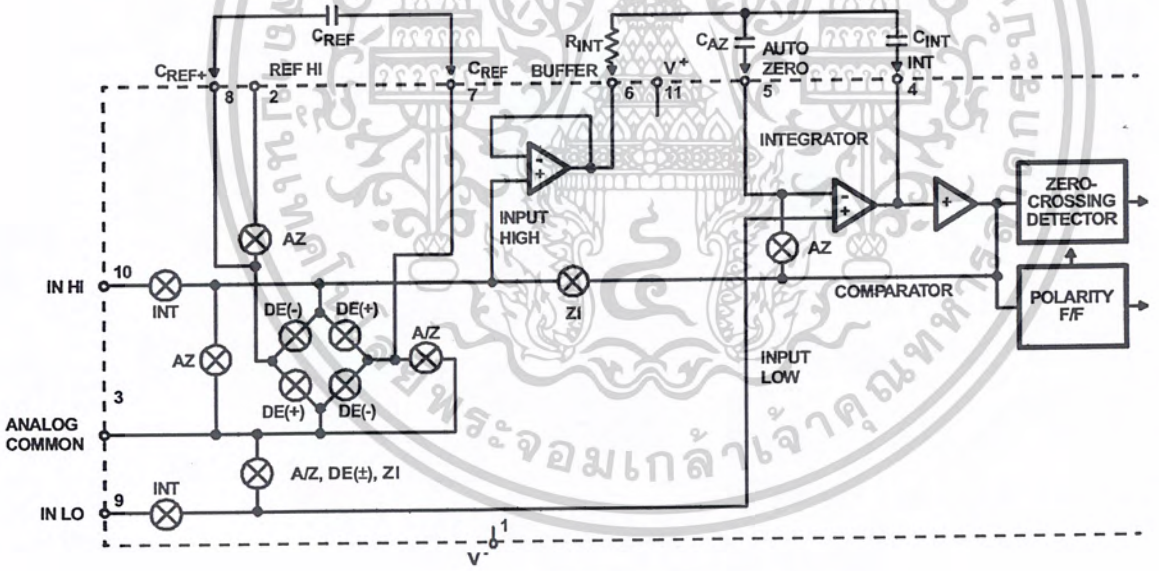


FIGURE 3. ANALOG SECTION OF ICL7135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Detailed Description

Analog Section

Figure 3 shows the Block Diagram of the Analog Section for the ICL7135. Each measurement cycle is divided into four phases. They are (1) auto-zero (AZ), (2) signal-integrate (INT), (3) de-integrate (DE) and (4) zero-integrator (ZI).

Auto-Zero Phase

During auto-zero, three things happen. First, input high and low are disconnected from the pins and internally shorted to analog COMMON. Second, the reference capacitor is charged to the reference voltage. Third, a feedback loop is closed around the system to charge the auto-zero capacitor C_{AZ} to compensate for offset voltages in the buffer amplifier, integrator, and comparator. Since the comparator is included in the loop, the AZ accuracy is limited only by the noise of the system. In any case, the offset referred to the input is less than 10µV.

Signal Integrate Phase

During signal integrate, the auto-zero loop is opened, the internal short is removed, and the internal input high and low are connected to the external pins. The converter then integrates the differential voltage between IN HI and IN LO for a fixed time. This differential voltage can be within a wide common mode range; within one volt of either supply. If, on the other hand, the input signal has no return with respect to the converter power supply, IN LO can be tied to analog COMMON to establish the correct common-mode voltage. At the end of this phase, the polarity of the integrated signal is latched into the polarity F/F.

De-Integrate Phase

The third phase is de-integrate or reference integrate. Input low is internally connected to analog COMMON and input high is connected across the previously charged reference capacitor. Circuitry within the chip ensures that the capacitor will be connected with the correct polarity to cause the integrator output to return to zero. The time required for the output to return to zero is proportional to the input signal. Specifically the digital reading displayed is:

$$\text{OUTPUT COUNT} = 10{,}000\left(\frac{V_{IN}}{V_{REF}}\right).$$

Zero Integrator Phase

The final phase is zero integrator. First, input low is shorted to analog COMMON. Second, a feedback loop is closed around the system to input high to cause the integrator output to return to zero. Under normal condition, this phase lasts from 100 to 200 clock pulses, but after an overrange conversion, it is extended to 6200 clock pulses.

Differential Input

The input can accept differential voltages anywhere within the common mode range of the input amplifier; or specifically from 0.5V below the positive supply to 1V above the negative supply. In this range the system has a CMRR of 86dB typical.

However, since the integrator also swings with the common mode voltage, care must be exercised to assure the integrator output does not saturate. A worst case condition would be a large positive common-mode voltage with a near full scale negative differential input voltage. The negative input signal drives the integrator positive when most of its swing has been used up by the positive common mode voltage. For these critical applications the integrator swing can be reduced to less than the recommended 4V full scale swing with some loss of accuracy. The integrator output can swing within 0.3V of either supply without loss of linearity.

Analog COMMON

Analog COMMON is used as the input low return during auto-zero and de-integrate. If IN LO is different from analog COMMON, a common mode voltage exists in the system and is taken care of by the excellent CMRR of the converter. However, in most applications IN LO will be set at a fixed known voltage (power supply common for instance). In this application, analog COMMON should be tied to the same point, thus removing the common mode voltage from the converter. The reference voltage is referenced to analog COMMON.

Reference

The reference input must be generated as a positive voltage with respect to COMMON, as shown in Figure 4.

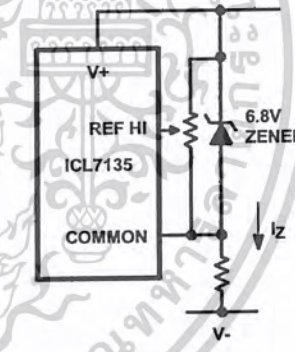


FIGURE 4A.

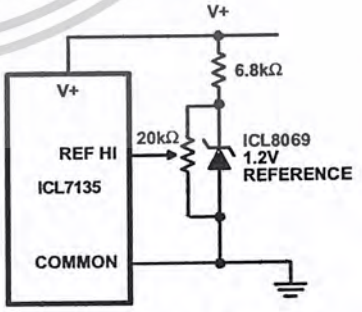


FIGURE 4B.

FIGURE 4. USING AN EXTERNAL REFERENCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Digital Section

Figure 5 shows the Digital Section of the ICL7135. The ICL7135 includes several pins which allow it to operate conveniently in more sophisticated systems. These include:

Run/$\overline{\text{HOLD}}$ (Pin 25)

When high (or open) the A/D will free-run with equally spaced measurement cycles every 40,002 clock pulses. If taken low, the converter will continue the full measurement cycle that it is doing and then hold this reading as long as R/$\overline{\text{H}}$ is held low. A short positive pulse (greater than 300ns) will now initiate a new measurement cycle, beginning with between 1 and 10,001 counts of auto zero. If the pulse occurs before the full measurement cycle (40,002 counts) is completed, it will not be recognized and the converter will simply complete the measurement it is doing. An external indication that a full measurement cycle has been completed is that the first strobe pulse (see below) will occur 101 counts after the end of this cycle. Thus, if Run/$\overline{\text{HOLD}}$ is low and has been low for at least 101 counts, the converter is holding and ready to start a new measurement when pulsed high.

$\overline{\text{STROBE}}$ (Pin 26)

This is a negative going output pulse that aids in transferring the BCD data to external latches, UARTs, or microprocessors. There are 5 negative going $\overline{\text{STROBE}}$ pulses that occur in the center of each of the digit drive pulses and occur once and only once for each measurement cycle starting 101 clock pulses after the end of the full measurement cycle. Digit 5 (MSD) goes high at the end of the measurement cycle and stays on for 201 counts. In the center of this digit pulse (to avoid race conditions between changing BCD and digit drives) the first $\overline{\text{STROBE}}$ pulse goes negative for $^1/_2$ clock pulse width. Similarly, after digit 5, digit 4 goes high (for 200 clock pulses) and 100 pulses later the $\overline{\text{STROBE}}$ goes negative for the second time. This continues through digit 1 (LSD) when the fifth and last $\overline{\text{STROBE}}$ pulse is sent. The digit drive will continue to scan (unless the previous signal was overrange) but no additional $\overline{\text{STROBE}}$ pulses will be sent until a new measurement is available.

BUSY (Pin 21)

BUSY goes high at the beginning of signal integrate and stays high until the first clock pulse after zero crossing (or after end of measurement in the case of an overrange). The internal latches are enabled (i.e., loaded) during the first clock pulse after busy and are latched at the end of this clock pulse. The circuit automatically reverts to auto-zero when not BUSY, so it may also be considered a ($\overline{\text{ZI}}$ + $\overline{\text{AZ}}$) signal. A very simple means for transmitting the data down a single wire pair from a remote location would be to AND BUSY with clock and subtract 10,001 counts from the number of pulses received - as mentioned previously there is one "NO-count" pulse in each reference integrate cycle.

OVERRANGE (Pin 27)

This pin goes positive when the input signal exceeds the range (20,000) of the converter. The output F/F is set at the end of BUSY and is reset to zero at the beginning of reference integrate in the next measurement cycle.

UNDERRANGE (Pin 28)

This pin goes positive when the reading is 9% of range or less. The output F/F is set at the end of BUSY (if the new reading is 1800 or less) and is reset at the beginning of signal integrate of the next reading.

POLARITY (Pin 23)

This pin is positive for a positive input signal. It is valid even for a zero reading. In other words, +0000 means the signal is positive but less than the least significant bit. The converter can be used as a null detector by forcing equal frequency of (+) and (-) readings. The null at this point should be less than 0.1 LSB. This output becomes valid at the beginning of reference integrate and remains correct until it is revalidated for the next measurement.

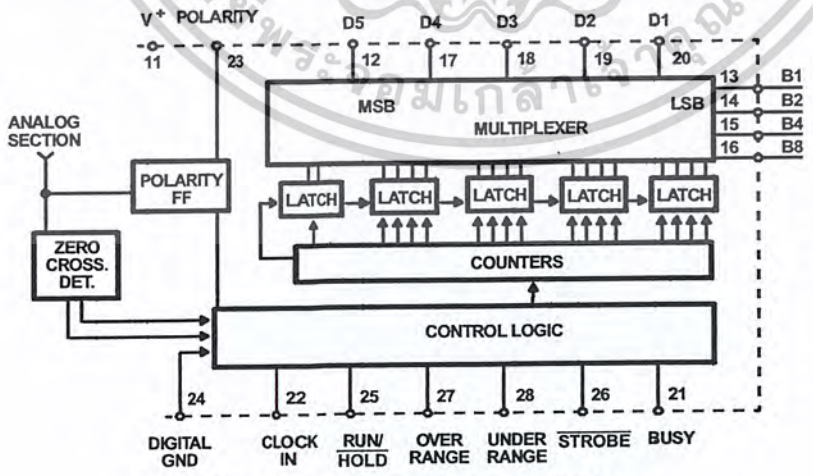


FIGURE 5. DIGITAL SECTION OF THE ICL7135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Digit Drives (Pins 12, 17, 18, 19 and 20)

Each digit drive is a positive going signal that lasts for 200 clock pulses. The scan sequence is D5 (MSD), D4, D3, D2, and D1 (LSD). All five digits are scanned and this scan is continuous unless an overrange occurs. Then all digit drives are blanked from the end of the strobe sequence until the beginning of Reference Integrate when D5 will start the scan again. This can give a blinking display as a visual indication of overrange.

BCD (Pins 13, 14, 15 and 16)

The Binary coded Decimal bits B8, B4, B2, and B1 are positive logic signals that go on simultaneously with the digit driver signal.

Component Value Selection

For optimum performance of the analog section, care must be taken in the selection of values for the integrator capacitor and resistor, auto-zero capacitor, reference voltage, and conversion rate. These values must be chosen to suit the particular application.

Integrating Resistor

The integrating resistor is determined by the full scale input voltage and the output current of the buffer used to charge the integrator capacitor. Both the buffer amplifier and the integrator have a class A output stage with 100µA of quiescent current. They can supply 20µA of drive current with negligible non-linearity. Values of 5µA to 40µA give good results, with a nominal of 20µA, and the exact value of integrating resistor may be chosen by:

$$R_{INT} = \frac{\text{full scale voltage}}{20\mu A}.$$

Integrating Capacitor

The product of integrating resistor and capacitor should be selected to give the maximum voltage swing which ensures that the tolerance built-up will not saturate the integrator swing (approx. 0.3V from either supply). For ±5V supplies and analog COMMON tied to supply ground, a ±3.5V to ±4V full scale integrator swing is fine, and 0.47µF is nominal. In general, the value of C_{INT} is given by:

$$C_{INT} = \left(\frac{[10{,}000 \times \text{clock period}] \times I_{INT}}{\text{integrator output voltage swing}}\right),$$

$$= \frac{(10{,}000)\,(\text{clock period})\,(20\mu A)}{\text{integrator output voltage swing}}.$$

A very important characteristic of the integrating capacitor is that it has low dielectric absorption to prevent roll-over or ratiometric errors. A good test for dielectric absorption is to use the capacitor with the input tied to the reference.

This ratiometric condition should read half scale 0.9999, and any deviation is probably due to dielectric absorption. Polypropylene capacitors give undetectable errors at reasonable cost. Polystyrene and polycarbonate capacitors may also be used in less critical applications.

Auto-Zero and Reference Capacitor

The physical size of the auto-zero capacitor has an influence on the noise of the system. A larger capacitor value reduces system noise. A larger physical size increases system noise. The reference capacitor should be large enough such that stray capacitance to ground from its nodes is negligible.

The dielectric absorption of the reference cap and auto-zero cap are only important at power-on or when the circuit is recovering from an overload. Thus, smaller or cheaper caps can be used here if accurate readings are not required for the first few seconds of recovery.

Reference Voltage

The analog input required to generate a full scale output is $V_{IN} = 2V_{REF}$.

The stability of the reference voltage is a major factor in the overall absolute accuracy of the converter. For this reason, it is recommended that a high quality reference be used where high-accuracy absolute measurements are being made.

Rollover Resistor and Diode

A small rollover error occurs in the ICL7135, but this can be easily corrected by adding a diode and resistor in series between the INTegrator OUTput and analog COMMON or ground. The value shown in the schematics is optimum for the recommended conditions, but if integrator swing or clock frequency is modified, adjustment may be needed. The diode can be any silicon diode such as 1N914. These components can be eliminated if rollover error is not important and may be altered in value to correct other (small) sources of rollover as needed.

Max Clock Frequency

The maximum conversion rate of most dual-slope A/D converters is limited by the frequency response of the comparator. The comparator in this circuit follows the integrator ramp with a 3µs delay, and at a clock frequency of 160kHz (6µs period) half of the first reference integrate clock period is lost in delay. This means that the meter reading will change from 0 to 1 with a 50µV input, 1 to 2 with a 150µV input, 2 to 3 with a 250µV input, etc. This transition at mid-point is considered desirable by most users; however, if the clock frequency is increased appreciably above 160kHz, the instrument will flash "1" on noise peaks even when the input is shorted.

For many dedicated applications where the input signal is always of one polarity, the delay of the comparator need not be a limitation. Since the non-linearity and noise do not increase substantially with frequency, clock rates of up to ~1MHz may be used. For a fixed clock frequency, the extra count or counts caused by comparator delay will be constant and can be subtracted out digitally.

The clock frequency may be extended above 160kHz without this error, however, by using a low value resistor in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

series with the integrating capacitor. The effect of the resistor is to introduce a small pedestal voltage on to the integrator output at the beginning of the reference integrate phase. By careful selection of the ratio between this resistor and the integrating resistor (a few tens of ohms in the recommended circuit), the comparator delay can be compensated and the maximum clock frequency extended by approximately a factor of 3. At higher frequencies, ringing and second order breaks will cause significant non-linearities in the first few counts of the instrument. See Application Note AN017.

The minimum clock frequency is established by leakage on the auto-zero and reference caps. With most devices, measurement cycles as long as 10s give no measurable leakage error.

To achieve maximum rejection of 60Hz pickup, the signal integrate cycle should be a multiple of 60Hz. Oscillator frequencies of 300kHz, 200kHz, 150kHz, 120kHz, 100kHz, 40kHz, $33\frac{1}{3}$kHz, etc. should be selected. For 50Hz rejection, oscillator frequencies of 250kHz, $166\frac{2}{3}$kHz, 125kHz, 100kHz, etc. would be suitable. Note that 100kHz (2.5 readings/sec) will reject both 50Hz and 60Hz.

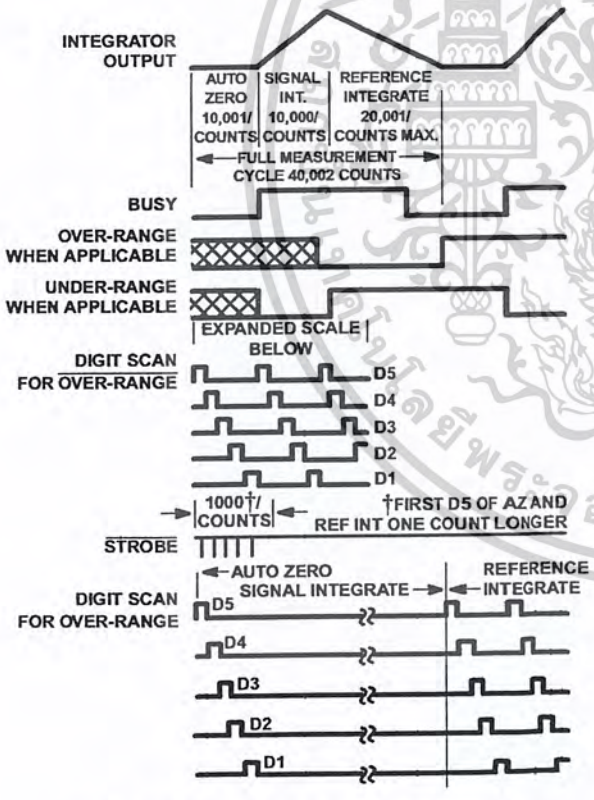


FIGURE 6. TIMING DIAGRAM FOR OUTPUTS

The clock used should be free from significant phase or frequency jitter. Several suitable low-cost oscillators are shown in the Typical Applications section. The multiplexed output means that if the display takes significant current from the logic supply, the clock should have good PSRR.

Zero-Crossing Flip-Flop

The flip-flop interrogates the data once every clock pulse after the transients of the previous clock pulse and half-clock pulse have died down. False zero-crossings caused by clock pulses are not recognized. Of course, the flip-flop delays the true zero-crossing by up to one count in every instance, and if a correction were not made, the display would always be one count too high. Therefore, the counter is disabled for one clock pulse at the beginning of phase 3. This one-count delay compensates for the delay of the zero-crossing flip-flop, and allows the correct number to be latched into the display. Similarly, a one-count delay at the beginning of phase 1 gives an overload display of 0000 instead of 0001. No delay occurs during phase 2, so that true ratiometric readings result.

Evaluating The Error Sources

Errors from the "ideal" cycle are caused by:

1. Capacitor droop due to leakage.
2. Capacitor voltage change due to charge "suck-out" (the reverse of charge injection) when the switches turn off.
3. Non-linearity of buffer and integrator.
4. High-frequency limitations of buffer, integrator, and comparator.
5. Integrating capacitor non-linearity (dielectric absorption).
6. Charge lost by C_{REF} in charging C_{STRAY}.
7. Charge lost by C_{AZ} and C_{INT} to charge C_{STRAY}.

Each error is analyzed for its error contribution to the converter in application notes listed on the back page, specifically Application Note AN017 and Application Note AN032.

Noise

The peak-to-peak noise around zero is approximately 15µV (peak-to-peak value not exceeded 95% of the time). Near full scale, this value increases to approximately 30µV. Much of the noise originates in the auto-zero loop, and is proportional to the ratio of the input signal to the reference.

Analog And Digital Grounds

Extreme care must be taken to avoid ground loops in the layout of ICL7135 circuits, especially in high-sensitivity circuits. It is most important that return currents from digital loads are not fed into the analog ground line.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Supplies

The ICL7135 is designed to work from ±5V supplies. However, in selected applications no negative supply is required. The conditions to use a single +5V supply are:

1. The input signal can be referenced to the center of the common mode range of the converter.
2. The signal is less than ±1.5V.

See "differential input" for a discussion of the effects this will have on the integrator swing without loss of linearity.

Typical Applications

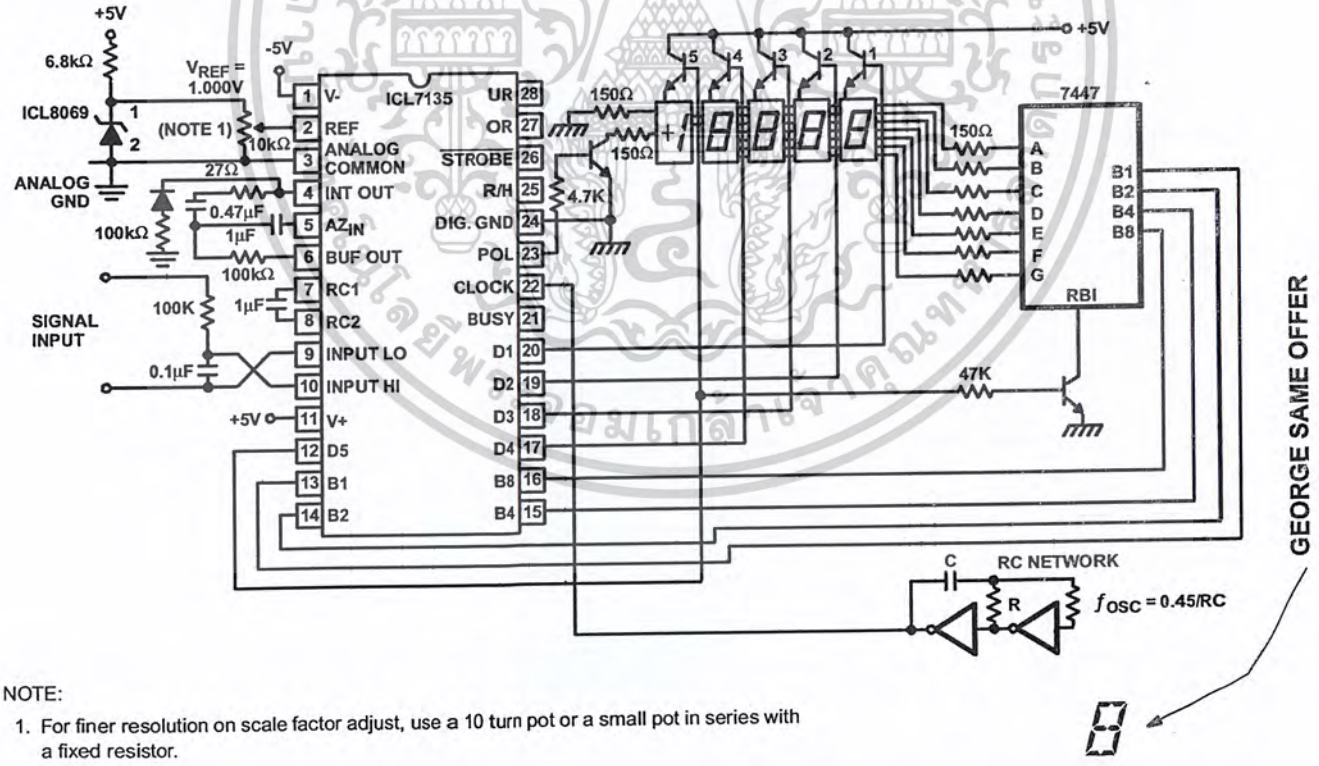
The circuits which follow show some of the wide variety of possibilities and serve to illustrate the exceptional versatility of this A/D converter.

Figure 7 shows the complete circuit for a $4\frac{1}{2}$ digit (±2.000V) full scale) A/D with LED readout using the ICL8069 as a 1.2V temperature compensated voltage reference. It uses the band-gap principal to achieve excellent stability and low noise at reverse currents down to 50µA. The circuit also shows a typical R-C input filter. Depending on the application, the time-constant of this filter can be made faster, slower, or the filter deleted completely. The $\frac{1}{2}$ digit LED is driven from the 7 segment decoder, with a zero reading blanked by connecting a D5 signal to RBI input of the decoder. The 2-gate clock circuit should use CMOS gates to maintain good power supply rejection.

A suitable circuit for driving a plasma-type display is shown in Figure 8. The high voltage anode driver buffer is made by Dionics. The 3 AND gates and caps driving "BI" are needed for interdigit blanking of multiple-digit display elements, and can be omitted if not needed. The 2.5kΩ and 3kΩ resistors set the current levels in the display. A similar arrangement can be used with Nixie® tubes.

The popular LCD displays can be interfaced to the outputs of the ICL7135 with suitable display drivers, such as the ICM7211A as shown in Figure 9. A standard CMOS 4030 QUAD XOR gate is used for displaying the $\frac{1}{2}$ digit, the polarity, and an "overrange" flag. A similar circuit can be used with the ICL7212A LED driver and the ICM7235A vacuum fluorescent driver with appropriate arrangements made for the "extra" outputs. Of course, another full driver circuit could be ganged to the one shown if required. This would be useful if additional annunciators were needed. The Figure shows the complete circuit for a $4\frac{1}{2}$ digit (±2.000V) A/D.

Figure 10 shows a more complicated circuit for driving LCD displays. Here the data is latched into the ICM7211 by the $\overline{\text{STROBE}}$ signal and "Overrange" is indicated by blanking the 4 full digits.



NOTE:

1. For finer resolution on scale factor adjust, use a 10 turn pot or a small pot in series with a fixed resistor.

FIGURE 7. $4\frac{1}{2}$ DIGIT A/D CONVERTER WITH A MULTIPLEXED COMMON ANODE LED DISPLAY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

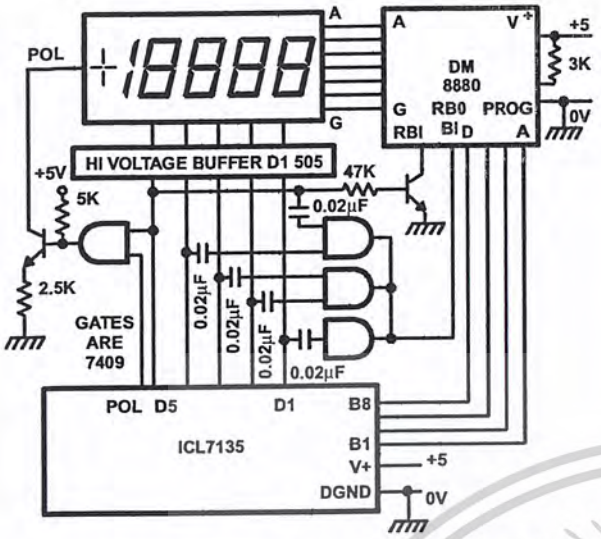


FIGURE 8. ICL7135 PLASMA DISPLAY CIRCUIT

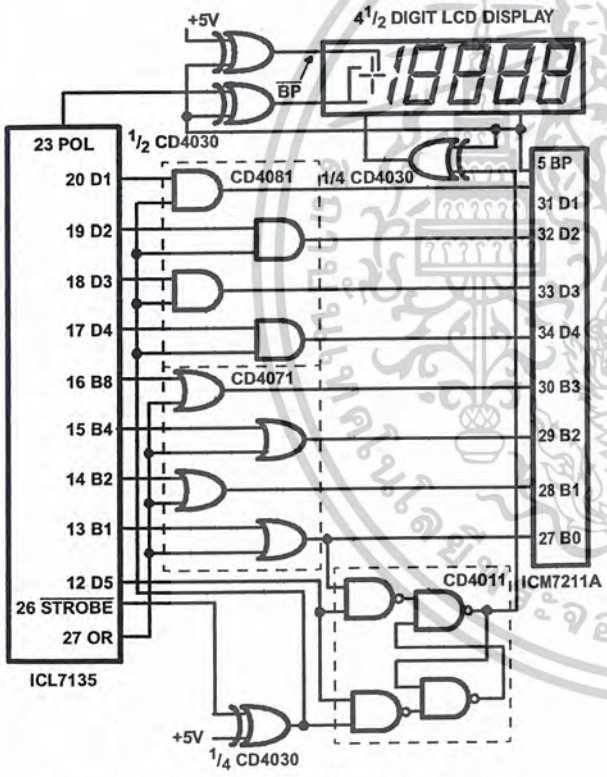


FIGURE 9. LCD DISPLAY WITH DIGIT BLANKING ON OVERRANGE

A problem sometimes encountered with both LED and plasma-type display driving is that of clock source supply line variations. Since the supply is shared with the display, any variation in voltage due to the display reading may cause clock supply voltage modulation. When in overrange the display alternates between a blank display and the 0000 overrange indication. This shift occurs during the reference integrate phase of conversion causing a low display reading just after overrange recovery. Both of the above circuits have considerable current flowing in the digital supply from drivers, etc. A clock source using an LM311 voltage comparator with positive feedback (Figure 11) could minimize any clock frequency shift problem.

The ICL7135 is designed to work from ±5V supplies. However, if a negative supply is not available, it can be generated with an ICL7660 and two capacitors (Figure 12).

Interfacing with UARTs and Microprocessors

Figure 13 shows a very simple interface between a free-running ICL7135 and a UART. The five $\overline{\text{STROBE}}$ pulses start the transmission of the five data words. The digit 5 word is 0000XXXX, digit 4 is 1000XXXX, digit 3 is 0100XXXX, etc. Also the polarity is transmitted indirectly by using it to drive the Even Parity Enable Pin (EPE). If EPE of the receiver is held low, a parity flag at the receiver can be decoded as a positive signal, no flag as negative. A complex arrangement is shown in Figure 14. Here the UART can instruct the A/D to begin a measurement sequence by a word on RRI. The BUSY signal resets the Data Ready Reset (DRR). Again $\overline{\text{STROBE}}$ starts the transmit sequence. A quad 2 input multiplexer is used to superimpose polarity, over-range, and under-range onto the D5 word since in this instance it is known that B2 = B4 = B8 = 0.

For correct operation it is important that the UART clock be fast enough that each word is transmitted before the next $\overline{\text{STROBE}}$ pulse arrives. Parity is locked into the UART at load time but does not change in this connection during an output stream.

Circuits to interface the ICL7135 directly with three popular microprocessors are shown in Figure 15 and Figure 16. The 8080/8048 and the MC6800 groups with 8-bit buses need to have polarity, over-range and under-range multiplexed onto the Digit 5 Sword - as in the UART circuit. In each case the microprocessor can instruct the A/D when to begin a measurement and when to hold this measurement.

Application Notes

NOTE #	DESCRIPTION	AnswerFAX DOC. #
AN016	"Selecting A/D Converters"	9016
AN017	"The Integrating A/D Converter"	9017
AN018	"Do's and Don'ts of Applying A/D Converters"	9018
AN023	"Low Cost Digital Panel Meter Designs"	9023
AN028	"Building an Auto-Ranging DMM Using the 8052A/7103A A/D Converter Pair"	9028
AN030	"The ICL7104 - A Binary Output A/D Converter for Microprocessors"	9030
AN032	"Understanding the Auto-Zero and Common Mode Performance of the ICL7136/7/9 Family"	9032

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

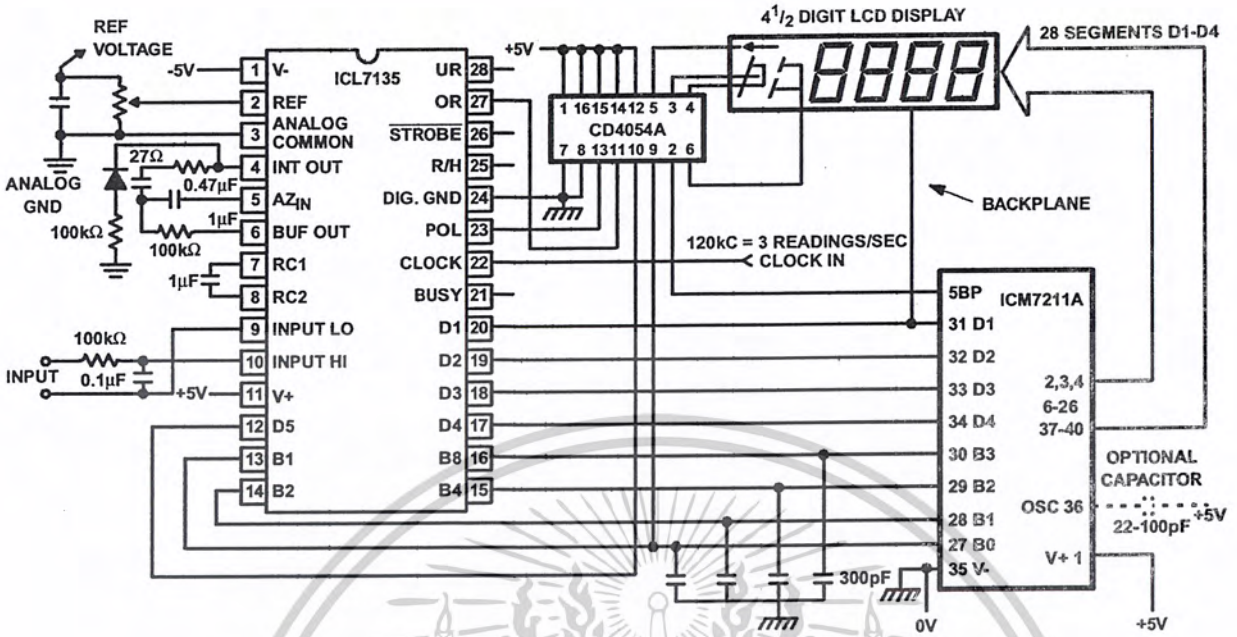


FIGURE 10. DRIVING LCD DISPLAYS

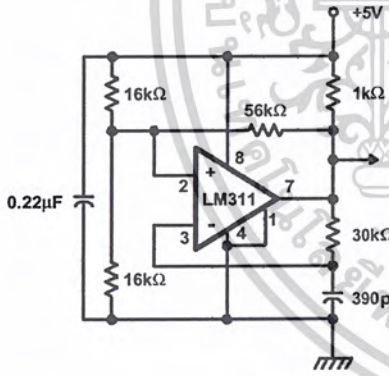


FIGURE 11. LM311 CLOCK SOURCE

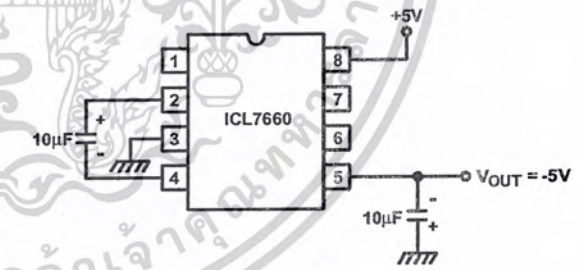


FIGURE 12. GENERATING A NEGATIVE SUPPLY FROM +5V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

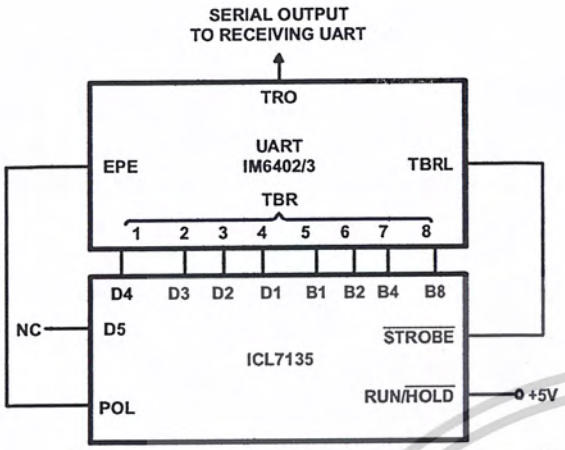


FIGURE 13. ICL7135 TO UART INTERFACE

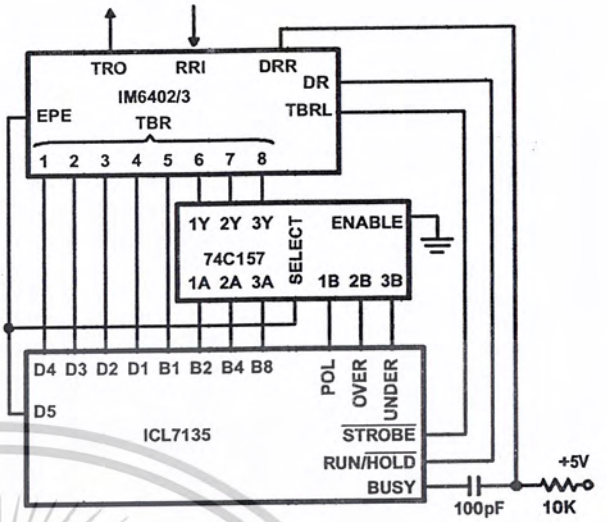


FIGURE 14. COMPLEX ICL7135 TO UART INTERFACE

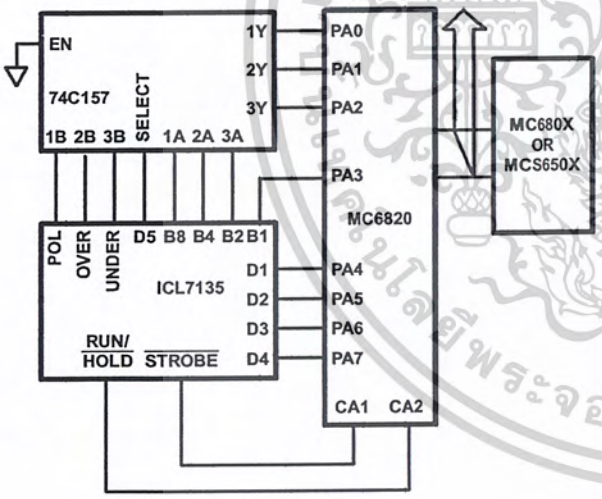


FIGURE 15. ICL7135 TO MC6800, MCS650X INTERFACED

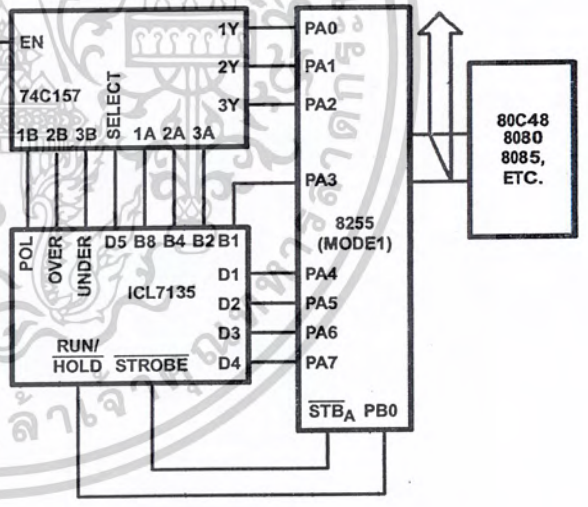


FIGURE 16. ICL7135 TO MCS-48, -80, -85 INTERFACE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design Information Summary Sheet

- **CLOCK INPUT**

  The ICL7135 does not have an internal oscillator. It requires an external clock.
  f_{CLOCK} (Typ) = 120kHz

- **CLOCK PERIOD**

  $t_{CLOCK} = 1/f_{CLOCK}$

- **INTEGRATION PERIOD**

  $t_{INT} = 10{,}000 \times t_{CLOCK}$

- **60/50Hz REJECTION CRITERION**

  t_{INT}/t_{60Hz} or t_{INT}/t_{50Hz} = Integer

- **OPTIMUM INTEGRATION CURRENT**

  $I_{INT} = 20\mu A$

- **FULL-SCALE ANALOG INPUT VOLTAGE**

  V_{INFS} (Typ) = 200mV or 2V

- **INTEGRATE RESISTOR**

  $$R_{INT} = \frac{V_{INFS}}{I_{INT}}$$

- **INTEGRATE CAPACITOR**

  $$C_{INT} = \frac{(t_{INT})(I_{INT})}{V_{INT}}$$

- **INTEGRATOR OUTPUT VOLTAGE SWING**

  $$V_{INT} = \frac{(t_{INT})(I_{INT})}{C_{INT}}$$

- **V_{INT} MAXIMUM SWING:**

  $(V- + 0.5) < V_{INT} < (V+ - 0.5V)$
  V_{INT} Typically = 2.7V

- **DISPLAY COUNT**

  $$COUNT = 10{,}000 \times \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

- **CONVERSION CYCLE**

  $t_{CYC} = t_{CLOCK} \times 40002$
  when f_{CLOCK} = 120kHz, t_{CYC} = 333ms

- **COMMON MODE INPUT VOLTAGE**

  $(V- + 1V) < V_{IN} < (V+ - 0.5V)$

- **AUTO-ZERO CAPACITOR**

  $0.01\mu F < C_{AZ} < 1\mu F$

- **REFERENCE CAPACITOR**

  $0.1\mu F < C_{REF} < 1\mu F$

- **POWER SUPPLY: DUAL ±5V**

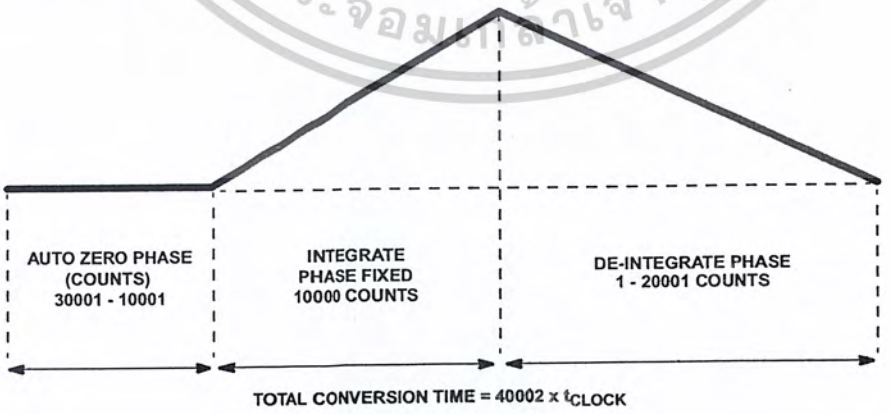
  V+ = +5V to GND
  V- = -5V to GND

- **OUTPUT TYPE**

  4 BCD Nibbles with Polarity and Overrange Bits

There is no internal reference available on the ICL7135. An external reference is required due to the ICL7135's $4\frac{1}{2}$ digit resolution.

Typical Integrator Amplifier Output Waveform (INT Pin)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Die Characteristics

DIE DIMENSIONS:

(120 mils x 130 mils) x 525µm ±25µm

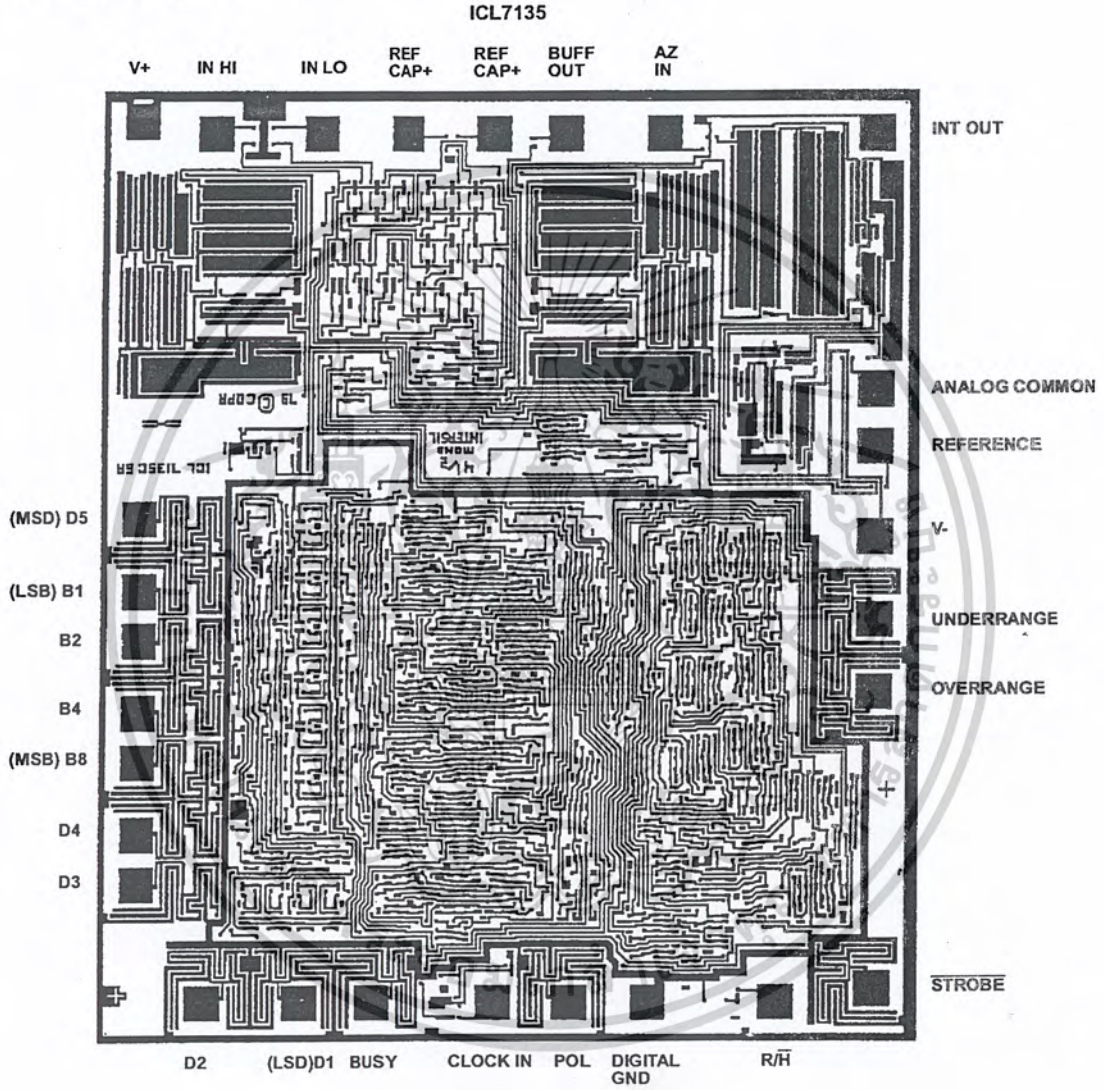
METALLIZATION:

Type: Al
Thickness: 10kÅ ±1kÅ

PASSIVATION:

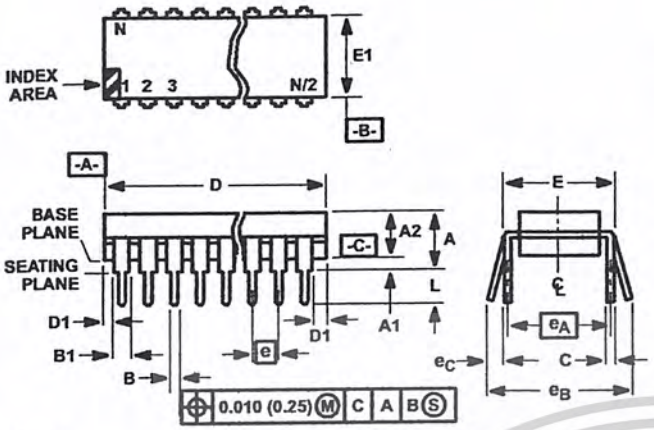
Type: Nitride/Silox Sandwich
Thickness: 8k Nitride over 7k Silox

Metallization Mask Layout



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dual-In-Line Plastic Packages (PDIP)



E28.6 (JEDEC MS-011-AB ISSUE B)
28 LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.250	-	6.35	4
A1	0.015	-	0.39	-	4
A2	0.125	0.195	3.18	4.95	-
B	0.014	0.022	0.356	0.558	-
B1	0.030	0.070	0.77	1.77	8
C	0.008	0.015	0.204	0.381	-
D	1.380	1.565	35.1	39.7	5
D1	0.005	-	0.13	-	5
E	0.600	0.625	15.24	15.87	6
E1	0.485	0.580	12.32	14.73	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
e_A	0.600 BSC		15.24 BSC		6
e_B	-	0.700	-	17.78	7
L	0.115	0.200	2.93	5.08	4
N	28		28		9

Rev. 1 12/00

NOTES:

1. Controlling Dimensions: INCH. In case of conflict between English and Metric dimensions, the inch dimensions control.
2. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
3. Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication No. 95.
4. Dimensions A, A1 and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane gauge GS-3.
5. D, D1, and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
6. E and e_A are measured with the leads constrained to be perpendicular to datum -C-.
7. e_B and e_C are measured at the lead tips with the leads unconstrained. e_C must be zero or greater.
8. B1 maximum dimensions do not include dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
9. N is the maximum number of terminal positions.
10. Corner leads (1, N, N/2 and N/2 + 1) for E8.3, E16.3, E18.3, E28.3, E42.6 will have a B1 dimension of 0.030 - 0.045 inch (0.76 - 1.14mm).

All Intersil semiconductor products are manufactured, assembled and tested under **ISO9000** quality systems certification.

Intersil semiconductor products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site **www.intersil.com**

Sales Office Headquarters

NORTH AMERICA
Intersil Corporation
P. O. Box 883, Mail Stop 53-204
Melbourne, FL 32902
TEL: (321) 724-7000
FAX: (321) 724-7240

EUROPE
Intersil SA
Mercure Center
100, Rue de la Fusee
1130 Brussels, Belgium
TEL: (32) 2.724.2111
FAX: (32) 2.724.22.05

ASIA
Intersil Ltd.
8F-2, 96, Sec. 1, Chien-kuo North,
Taipei, Taiwan 104
Republic of China
TEL: 886-2-2515-8508
FAX: 886-2-2515-8369

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้