ตัวแปลงค่า อุณหภูมิ ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และ ตัวประกอบค่ากำลังไฟฟ้า ส่งผ่าน RS232

Temp-Volt-Amp Converter for Measurement at Transformer Using Serial Communication Interface RS232

นายสุทธิพงษ์ อุ่นจารย์ รหัส 46380169

นายเลอสรรค์ จันทร์นุช รหัส 46380248

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 W.A. 2553
เลขทะเบียน 15000452
เลขเรียกหนังสือ ปร. ส773ท
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2549

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	ตัวแปลงค่า อุณหภูมิ ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และ ตัวประกอบค่ากำลังไฟฟ้า ส่งผ่าน RS232
ผู้ดำเนินโครงการ	นายสุทธิพงษ์ อุ่นจารย์ รหัส 46380169
	นายเลอสรรค์ จันทร์นุช รหัส 46380248
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานคณะกรรมการ

(ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห)

.....กรรมการ

(ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล)

.....กรรมการ

(ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช)

หัวข้อโครงงาน	ตัวแปลงค่า อุณหภูมิ ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และ ตัวประกอบค่า-กำลังไฟฟ้า ส่งผ่าน RS232
ผู้ดำเนินโครงการ	นายสุทธิพงษ์ อุ่นจารย์ รหัส 46380169
	นายเลอสรรค์ จันทร์นุช รหัส 46380248
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ เป็นการศึกษา และออกแบบสร้างเครื่องมือวัดอุณหภูมิ และองค์ประกอบของปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆ ได้แก่ กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า และเพาเวอร์แฟคเตอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADUC832 เป็นส่วนรับข้อมูล และประมวลผล ส่งต่อไปยังโปรแกรม Matlab ผ่านทางสาย RS232 พร้อมแสดงค่าปริมาณทางไฟฟ้า และอุณหภูมิ ผ่านทางโปรแกรม Matlab

ผลที่ได้จากการทำโครงงานนี้คือ ได้เครื่องมือที่สามารถวัดอุณหภูมิ และองค์ประกอบของปริมาณทางไฟฟ้า ที่สามารถนำค่าที่วัดได้ไปใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบ และปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

Project Title	Temp-Volt-Amp Converter for Measurement at Transformer Using Serial Communication Interface RS232
Name	Mr.Sutthipong Ounjarn ID.46380169
	Mr.Lersan Jannoot ID.46380248
Project Advisor	Akaraphunt Vongkunghae Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2006

.....

ABSTRACT

This project studies and developes an instrument to measure temperature and electrical quantities such as current, voltage, active power (Watt) and power factor by using microcontroller ADUC832. The microcontroller converts analog data into digital data and sends them to a personal computer through standard RS232 protocal. Matlab Programming language is used for calculating the electrical quantities, and displaying them.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำ ความรู้ และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการแก้ปัญหาต่างๆ จาก ดร.อัครพันธ์ วงศ์กังแห และภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ที่ได้ให้ความสะดวกในด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ จนจัดทำปริญญานิพนธ์สำเร็จ ซึ่งผู้จัดทำขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายสุดขอขอบพระคุณ บริษัท พรีไซซ อินเตอร์เนชั่นแนล คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ให้ทุนสนับสนุนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำมีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล และเป็นที่ปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จสมบูรณ์ รวมถึงแหล่งข้อมูลที่เอื้ออำนวยต่อการทำปริญญานิพนธ์นี้ด้วย

นายสุทธิพงษ์ อุ่นจารย์
นายเลอสรรค์ จันทร์นุช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....ข
กิตติกรรมประกาศ .....ค
สารบัญ .....ง
สารบัญตาราง .....ช
สารบัญรูป .....ซ

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2
1.5 แผนการดำเนินงาน 3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.7 งบประมาณที่ใช้ 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี
2.1 การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสสลับ (AC Power Analysis) 5
2.1.1 กำลังไฟฟ้าชั่วขณะ (Instantaneous Power) 5
2.1.2 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Power) 6
2.1.3 การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด 7
2.1.4 ค่าประสิทธิผลหรือค่า rms (Effective or rms Values) 9
2.1.5 ตัวประกอบกำลัง (The Power Factor) 10
2.1.6 กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน (Complex Power) 11
2.1.7 การวัดกำลังไฟฟ้า (Power Measurement) 13
2.2 CT (Current Transformer) 15
2.3 ลักษณะทั่วไปของบอร์ด CP-JR51- ADU832 V1.0 16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัด

3.1 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง 26

3.1.1 SENSOR วัดอุณหภูมิ DS18S20 26

3.1.2 Current Transformer 26

3.1.3 หม้อแปลงแรงดัน 26

3.1.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-JR51- ADU832 V1.0 26

3.2 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือวัด 26

3.2.1 โปรแกรมแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล 26

3.2.2 โปรแกรมสื่อสารพอร์ตอนุกรม RS232 32

3.2.3 โปรแกรมแปลงค่าอุณหภูมิ 35

3.2.4 Flow chart ภาพรวมของโปรแกรมรับและส่งข้อมูลของบอร์ด 38

3.2.5 โปรแกรมที่ใช้ประมวลผลและแสดงผลทาง Matlab 39

3.2.6 แปลนการทำงาน 44

3.3 การออกแบบ พัฒนาการวัด 3 เฟส 45

3.3.1 การออกแบบ 45

3.3.2 แปลนการทำงานวัด 3 เฟส 45

3.3.3 ส่วนของโปรแกรม 46

บทที่ 4 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การทดลองวัดค่า กระแส และแรงดัน และอุณหภูมิ 47

4.1.1 เมื่อโหลด คือ หลอดอินแคนเรสเซนต์ 1 หลอด 47

4.1.2 เมื่อโหลด คือ หลอดอินแคนเรสเซนต์ 1 หลอด
และ หลอดไฟ ตะเกียบ 1 หลอด.....51

4.1.3 เมื่อโหลด คือ หลอดอินแคนเรสเซนต์ 1 หลอด, หลอดไฟตะเกียบ
1 หลอด และหลอดฟูออเรสเซนต์ 1 หลอด.....54

4.2 ผลการทดลองวัดกระแสและแรงดัน 57

4.3 การทดลองวัดค่าอุณหภูมิ 57

4.4 การทดลองวัดค่าที่คำนวณได้จากกราฟของกระแสและแรงดัน 57

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง 58

5.2 ประเมินผล 58

5.3 ปัญหา ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข 59

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป 59

เอกสารอ้างอิง 60

ภาคผนวก 61

ภาคผนวก ก 62

ภาคผนวก ข 74

ภาคผนวก ค 78

ภาคผนวก ง 80

ประวัติผู้เขียนโครงงาน 82

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON1 29

3.2 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON2 30

3.3 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ T3CON 33

3.4 แสดงค่า Baud Rate ที่ใช้งานทั่วไป โดยใช้ Timer 3 34

3.5 สรุปขั้นตอนการติดต่อระหว่าง DS1820 กับอุปกรณ์มาสเตอร์ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADUC832.....37

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ขอบเขตโครงงาน 2

2.1 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.....5

2.2 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.....7

2.3 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 11

2.4 แผนภาพเฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า.....12

2.5 สามเหลี่ยมของกำลังไฟฟ้า 13

2.6 การต่อเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าเข้ากับวงจร 14

2.7 การต่อ CT เข้ากับวงจร 15

2.8 แสดงโครงสร้างของ MCU ADuC832 17

2.9 แสดงตำแหน่งขาของ MCU ADuC832 17

2.10 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต P0 18

2.11 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต P1 19

2.12 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต P2 19

2.13 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต P3 20

2.14 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต I2C BUS 21

2.15 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต DAC 21

2.16 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ตการใช้งานหน่วยความจำภายนอก 22

2.17 แสดงวงจร Power Supply 23

2.18 แสดงขั้วต่อสัญญาณ RS232 24

3.1 โครงสร้างของ Internal ADC 27

3.2 แสดงรูป ADC Transfer Function 28

3.3 แสดงการวางผลลัพธ์จากการแปลง ADC ภายในรีจิสเตอร์ ADCDATAH/L 28

3.4 แสดง Block diagram ของ Timer 3 ในการกำเนิด Baud Rate 32

3.5 แสดงรูปร่างและการจัดขาของไอซี DS1820 35

3.6 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของสแครตช์แพดใน DS1820 36

3.7 แสดงโครงสร้างการทำงานภายในของไอซี DS1820..... 36

3.8 แสดง Flowchart แสดง Main Program 38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.9 แสดง Flow chartแยกค่าแล้วเก็บไว้ในตัวแปร Array ที่ชื่อ r 40

3.10 แสดง flow chart แยกค่า x1แล้วมาเก็บไว้ในตัวแปร Array ที่ชื่อว่า r1 41

3.11 แสดงกราฟคลื่นรูปไซน์ 2 คาบๆละ 40 Sampling 42

3.12 แสดง Flowchart หาระยะห่างของลูกคลื่น 43

3.13 แสดง Flowchart แสดงค่า Lead หรือ Lag 44

3.14 แสดงแปลนวิธีการทำงานของเครื่องมือ 44

3.15 แสดงแปลนวิธีการทำงานของเครื่องมือวัด 3 เฟส.....45

4.1 แสดงวิธีการทดลอง 46

4.2 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 1 ของการทดลองที่ 4.1.1.....47

4.3 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 2 ของการทดลองที่ 4.1.1.....48

4.4 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 3 ของการทดลองที่ 4.1.1.....49

4.5 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 1 ของการทดลองที่ 4.1.2 50

4.6 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 2 ของการทดลองที่ 4.1.2 51

4.7 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 3 ของการทดลองที่ 4.1.2 52

4.8 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 1 ของการทดลองที่ 4.1.3 53

4.9 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 2 ของการทดลองที่ 4.1.3 54

4.10 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 3 ของการทดลองที่ 4.1.3 55

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

การรู้ค่า สภาวะแวดล้อม และ สภาพการใช้งานที่แม่นยำของหม้อแปลงไฟฟ้าซิงเกิลเฟส เป็นที่จำเป็นมากในการบำรุงรักษา และ การใช้งาน หม้อแปลงไฟฟ้าซิงเกิลเฟส ข้อมูลสภาวะแวดล้อม และ สภาพการใช้งานที่ได้ จะนำมาใช้ในการออกแบบหม้อแปลงให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้น ในการวัดสภาวะชนิดต่างๆ ของหม้อแปลงซิงเกิลเฟส อุปกรณ์ตรวจจับจะมีความหลากหลาย และ มีการเชื่อมต่อและควบคุมต่างกันไปจึงเป็นการยากที่ผู้ใช้งานจะทำการติดตั้งและเขียนโปรแกรมควบคุม

ในการวัดองค์ประกอบต่างๆ ทางไฟฟ้าหลายๆ องค์ประกอบ เช่น ค่ากระแส ค่าโวลต์ อุณหภูมิ และ เพาเวอร์แฟคเตอร์ จะต้องใช้เครื่องมือในการวัดเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดความยุ่งยากในการวัด และเสียเวลาในการอ่านค่า

โครงการนี้จึงเสนอให้ออกแบบโปรแกรมและสร้างวงจรควบคุมตัวตรวจจับ ที่ใช้ในการวัด สภาวะต่างๆของหม้อแปลงที่มีหลายชนิด ซึ่งวงจรควบคุมจะทำหน้าที่แปลงค่าที่ได้ให้อยู่ในรูปของข้อมูลซึ่งส่งผ่านไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ด้วยมาตรฐานการสื่อสารแบบ RS232

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

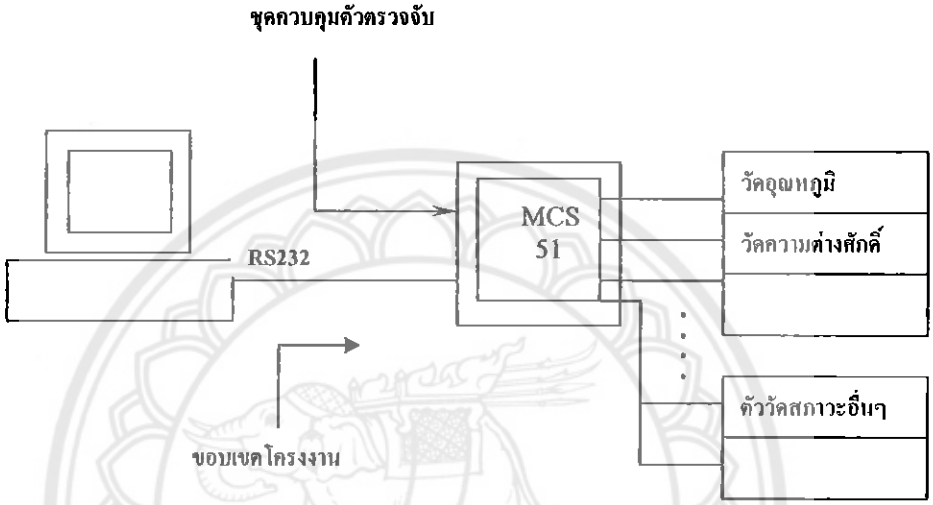
1.2.1 ออกแบบเลือกใช้วงจรควบคุมโดยใช้ ไมโครโปรเซสเซอร์ ระบบจะเป็นระบบเปิดที่สามารถขยายตัวตรวจจับได้ ในเบื้องต้นใช้ วัดค่า อุณหภูมิ ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และ ตัวประกอบค่ากำลังไฟฟ้า

1.2.2 ออกแบบรหัสการสื่อสาร(Protocol) ในการควบคุมตัวตรวจจับและอ่านข้อมูลจากตัวตรวจจับคำสั่งและข้อมูลจะแก้และออกจากวงจรควบคุมไปสู่อุปกรณ์อื่นโดยใช้มาตรฐาน RS232

1.2.3 ออกแบบซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมตัวตรวจจับและสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆโดยผ่าน RS232

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้ เป็นการตรวจจับสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความต่างศักย์ โดยใช้บอร์ด CP-JR51-ADUC832 V 1.0 ซึ่งสามารถรับสัญญาณ A/D ได้ถึง 8 ช่องสัญญาณ เมื่อรับค่าข้อมูลจากบอร์ดเสร็จแล้ว จะเอาข้อมูลไปประมวลผลต่อที่โปรแกรม Matlab ให้แสดงค่า และเปรียบเทียบกราฟระหว่างกระแสกับแรงดัน ซึ่งขอบเขตของโครงงานแสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ขอบเขตโครงงาน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาเรื่องของหม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดัน

1.4.2 ศึกษาเรื่องเครื่องมือวัดกระแสและแรงดัน

1.4.3 ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4.4 ศึกษาการเขียนภาษาซี

1.4.5 เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เหมาะสมกับโครงงาน

1.4.6 ออกแบบวงจรและเขียนโปรแกรมทีละส่วน

1.4.7 ทดสอบฮาร์ดแวร์กับซอฟท์แวร์ทีละส่วน

1.4.8 นำฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ทุกส่วนมารวมกันแล้วทดสอบ

1.4.9 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา

1.4.10 สรุปผลการทดลอง

1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2548		ปี 2549									
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1.ศึกษาเรื่องของหม้อแปลงกระแสและหม้อแปลงแรงดัน	←	→										
2. ศึกษาเรื่องเครื่องมือวัดกระแสและแรงดัน	←	→										
3.ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของไมโครคอนโทรล-เลอร์			←	→	→							
4.ศึกษาการเขียนภาษาซี				←	→	→						
5. เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เหมาะสมกับโครงงาน						←	→	→				
6. ออกแบบวงจรและเขียนโปรแกรมทีละส่วน						←	→	→	→			
7. ทดสอบฮาร์ดแวร์กับซอฟท์แวร์ทีละส่วน						←	→	→	→			
8. นำฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ทุกส่วนมารวมกันแล้วทดสอบ								←	→	→		
9. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา									←	→	→	
10. สรุปผลการทดลอง										←	→	→

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม ในการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยภาษาซีเพิ่มขึ้น
2. เข้าใจ การใช้และการเขียนโปรแกรม Matlab ในการพัฒนามากขึ้น
3. สามารถสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด สภาวะต่างๆ ของหม้อแปลงในชีวิตประจำวันได้
4. สามารถนำไปใช้ในการออกแบบหม้อแปลงให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้น

1.7 งบประมาณ

1. ถ่ายเอกสารและค่าเข้าเล่ม	200 บาท
2. ค่าปริ้นท์เอกสาร	500 บาท
3. ค่าหนังสือ	300 บาท
4. ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	500 บาท
5. ค่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	1,500 บาท

รวมเป็นเงิน 3,000 บาท (**สามพันบาทถ้วน**)

หมายเหตุ ถั่วเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสสลับ (AC Power Analysis)

ในบทที่ 2 นี้ จะกล่าวถึงแนวความคิดเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าในวงจร AC ซึ่งได้แก่ กำลังไฟฟ้าชั่วขณะ, กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย, การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดหรือการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด, ค่าใช้งานหรือค่า rms, ตัวประกอบกำลัง, กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนและการวัดกำลังไฟฟ้า

2.1.1 กำลังไฟฟ้าชั่วขณะ (Instantaneous Power)

กำลังไฟฟ้าชั่วขณะที่องค์ประกอบป้อนให้กับวงจร (Supplied) และองค์ประกอบที่ได้รับหรือดูดซึม (Absorbed) สามารถหาได้จากผลคูณของแรงดันชั่วขณะที่ตกคร่อมองค์ประกอบกับกระแสชั่วขณะที่องค์ประกอบนั้น ดังรูปประกอบที่ 2.1

รูปที่ 2.1 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปที่ 2.1 สามารถเขียนสมการของแรงดันที่สถานะคงตัวหรือสมการของแรงดันชั่วขณะ และสมการของกระแสที่สถานะคงตัวหรือสมการของกระแสชั่วขณะ ได้เป็น

$$v(t) = V_m \cos(wt + \theta_v) \tag{2.1}$$

$$i(t) = I_m \cos(wt + q_i) \tag{2.2}$$

จากสมการ 2.1 และ 2.2 จะได้สมการของกำลังไฟฟ้าชั่วขณะ ดังนี้

$$p(t) = v(t)i(t)$$
$$= V_m I_m \cos(wt + \theta_v)\cos(wt + \theta_i)$$
$$p(t) = \frac{V_m I_m}{2}[\cos(\theta_v - \theta_i) + \cos(2wt + \theta_v + \theta_i)] \quad (2.3)$$

2.1.2 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Power)

ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นที่มีลักษณะเป็นรายคาบหรือรูปคลื่นรายคาบ (Periodic Waveform) สามารถหาได้จากการอินทิเกรตฟังก์ชั่นตลอดคาบเวลาที่สมบูรณ์ แล้วหารผลลัพธ์นี้ด้วยคาบเวลา ดังนั้นถ้าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเป็นดังสมการ (2.1) และ (2.2) ตามลำดับ จะได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยดังนี้

$$P = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} p(t)$$
$$= \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} V_m I_m \cos(wt + \theta_v)\cos(wt + \theta_i)dt$$

$$P = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} \frac{V_m I_m}{2}[\cos(\theta_v - \theta_i) + \cos(2wt + \theta_v + \theta_i)]dt \quad (2.4)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

t_0 = ค่าเวลาใดๆ

T = คาบเวลาของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

จากสมการที่ 2.4 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยนั้นจะประกอบไปด้วยเทอม 2 เทอม เทอมแรกไม่ขึ้นกับค่า t ทำให้ได้ค่าคงที่ในการอินทิเกรต สำหรับเทอมที่สองเป็นเทอมรูปคลื่นโคไซน์ แต่เนื่องจากค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นโคไซน์ตลอด 1 คาบเวลาเท่ากับศูนย์ ดังนั้นสมการ 2.4 จึงลดรูปเป็น

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\theta_v - \theta_i) \quad (2.5)$$

เมื่อ $\theta_v - \theta_i$ เป็นมุมเฟสของอิมพีแดนซ์ของวงจร

ดังนั้นถ้าวงจรประกอบด้วยความต้านทานอย่างเดียว กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจะเป็นดังนี้

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \quad (2.6)$$

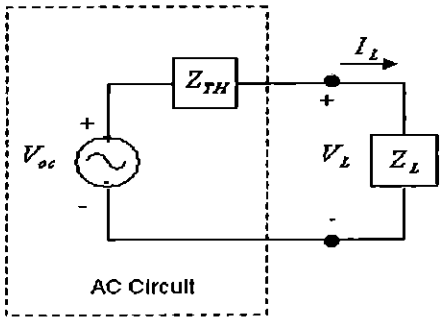
และ ถ้าวงจรประกอบด้วยรีแอกทีฟเพียงอย่างเดียว กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจะเป็นดังนี้

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(90^\circ) = 0 \quad (2.7)$$

เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่เกิดจากอิมพีแดนซ์รีแอกทีฟเพียงอย่างเดียวมีค่าเท่ากับศูนย์ แสดงว่าอิมพีแดนซ์รีแอกทีฟเป็นองค์ประกอบวงจรที่ไม่มีการสูญเสียกำลังไฟฟ้า เพราะไม่สามารถรับหรือดูดซึมกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้และเนื่องจากอิมพีแดนซ์รีแอกทีฟจะเก็บพลังงานส่วนหนึ่งตลอดคาบเวลาและปล่อยพลังงานตลอดอีกส่วนหนึ่งของคาบเวลา ทำให้มีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์

2.1.3 การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด (Maximum Average Power Transfer)

การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดหรือการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดไปยังโหลดความต้านทานจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ ความต้านทานของโหลดมีค่าเท่ากับค่าความต้านเทวินิน ($R_L = R_{TH}$) ส่วนวงจรที่ประกอบด้วยอิมพีแดนซ์ของโหลด (Z_L) การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดไปยังโหลด จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ อิมพีแดนซ์ของโหลดมีค่าเท่ากับอิมพีแดนซ์เทียบเคียงเทวินินที่ถูกคอนจูเกต



รูปที่ 2.2 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

สมการของกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่โหลดคือ

$$P_L = \frac{1}{2} V_L I_L \cos(\theta_{vl} - \theta_{il}) \tag{2.8}$$

กระแสเฟสเซอร์ที่โหลดและแรงดันเฟสเซอร์ตกคร่อมโหลดคือ

$$I_L = \frac{V_{oc}}{Z_{TH} + Z_L} \tag{2.9}$$

$$V_L = \frac{V_{oc} Z_L}{Z_{TH} + Z_L} \tag{2.10}$$

เมื่อ $Z_{TH} = R_{TH} + jX_{TH}$

และ $Z_L = R_L + jX_L$

สมการขนาดของกระแสเฟสเซอร์และแรงดันเฟสเซอร์คือ

$$I_L = \frac{V_{oc}}{[(R_{TH} + R_L)^2 + (X_{TH} + X_L)^2]^{1/2}} \tag{2.11}$$

$$V_L = \frac{V_{oc}(R_L^2 + X_L^2)^{1/2}}{[(R_{TH} + R_L)^2 + (X_{TH} + X_L)^2]^{1/2}} \tag{2.12}$$

มุมเฟสของกระแสเฟสเซอร์และแรงดันเฟสเซอร์ประกอบด้วยปริมาณ $\theta_{vl} - \theta_{il}$ ถ้ากำหนดให้ $\theta_{vl} - \theta_{il} = \theta_{zl}$ แล้ว

$$\cos q_{Z_L} = \frac{R_L}{[R_L^2 + X_L^2]^{1/2}} \tag{2.13}$$

ดังนั้นจะได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่โหลดคือ

$$P_L = \frac{1}{2}\frac{V_{oc}^2 R_L}{(R_{TH}+R_L)^2+(X_{TH}+X_L)^2} \tag{2.14}$$

ถ้ากำหนดให้ $X_L = X_{TH}$ จะได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลดซึ่งเกิดจากความต้านทานเพียงอย่างเดียวนั่นคือ $R_L = R_{TH}$ ดังนี้

$$P_L = \frac{1}{2}\frac{V_{oc}^2 R_L}{(R_{TH}+R_L)^2} \tag{2.15}$$

จากสมการข้างต้น ดังนั้นการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อ

$$Z_L = R_L + jX_L = R_{TH} - jX_{TH} = Z_{TH} \tag{2.16}$$

2.1.4 ค่าประสิทธิผลหรือค่า rms (Effective or rms Values)

ค่าประสิทธิผลของกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า เป็นค่าของแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าในวงจรกระแสตรงซึ่งไหลผ่านตัวต้านทานตัวเดียวกันในเวลาเท่ากัน

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่เกิดจากกระแสใช้งานซึ่งป้อนให้ตัวต้านทานคือ

$$P = I_{eff}^{\ 2} R \tag{2.17}$$

เมื่อ I_{eff} = กระแสใช้งาน

ส่วนกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ป้อนให้กับตัวต้านทานที่เกิดจากกระแสรายคาบ $i(t)$ คือ

$$P = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} i^2(t)Rdt \tag{2.18}$$

จากสมการทั้งสองจะได้

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} i^2(t)dt} \qquad (2.19)$$

จะเห็นได้ว่าค่าใช้งานหาได้จากการยกกำลังสอง (Square) ของกระแสไฟฟ้า แล้วหาค่าเฉลี่ย (Mean) จากนั้นจึงหารากที่สอง (Square Root) ดังนั้นจึงเรียกว่า รากของกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square) หรือค่า rms

จากค่า rms ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า สามารถหากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้ดังนี้

$$P = V_{rms} I_{rms} COS(\theta_v - \theta_i) \qquad (2.20)$$

กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน R ได้รับคือ

$$P = I_{rms}{}^2 R = \frac{V_{rms}{}^2}{R} \qquad (2.21)$$

2.1.5 ตัวประกอบกำลัง (The Power Factor)

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ป้อนให้กับโหลดของวงจรในสภาวะคงตัว

$$P = V_{rms} I_{rms} COS(\theta_v - \theta_i) \qquad (2.22)$$

จากสมการ ผลคูณของ $V_{rms}I_{rms}$ เรียกว่า กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) ที่มีหน่วยเป็นโวลท์แอมแปร์ (Volt-Ampere ; VA) ส่วนเทอม $\cos(\theta_v - \theta_i)$ เรียกว่า ตัวประกอบกำลัง (pf)

ดังนั้นจะได้ว่า

$$Pf = \frac{P}{V_{rms} I_{rms}} = COS(\theta_v - \theta_i) \qquad (2.23)$$

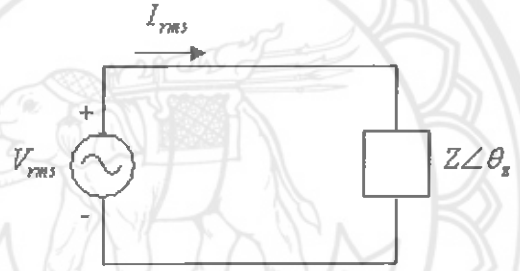
เมื่อ $$COS(\theta_v - \theta_i) = COS_{\theta_{zl}}$$

มุม $\theta_{vl} - \theta_{il} = \theta_{zl}$ เป็นมุมเฟสของอิมพีแดนซ์ของโหลด ซึ่งเรียกว่า มุมตัวประกอบกำลัง (Power Factor Angle) หรือ มุม pf ถ้าโหลดเป็นความต้านทานเพียงอย่างเดียว แสดงว่า $\theta_{zl} = 0$ และ $pf = 1$ แต่ถ้าโหลดเป็นรีแอกทีฟเพียงอย่างเดียว แสดงว่า $\theta_{zl} = 90°$ และ $pf = 0$ นอกจากนี้โหลดที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ R, L และ C อาจมีมุมเฟสเป็นศูนย์ หรือ $pf = 1$ กรณีนี้เกิดขึ้นที่ความถี่เฉพาะ

ถ้าโหลดเป็น RC จะมีมุม pf อยู่ระหว่าง $-90° \le \theta_{zl} \le 0$ แต่ถ้าโหลดเป็น RL มุม pf จะอยู่ระหว่าง $0 \le \theta_{zl} \le 90$

กรณีโหลด RC กระแสไฟฟ้าจะนำหน้าแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแสดงว่าโหลดมี pf นำหน้า ส่วนโหลด RL กระแสไฟฟ้าจะล้าหลังแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแสดงว่าโหลดมี pf ล้าหลัง

2.1.6 กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน (Complex Power)



รูปที่ 2.3 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูป กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน (S) หาได้จาก

$$S = V_{rms} I_{rms}^{*} \qquad (2.24)$$

เมื่อ I_{rms}^{*} เป็นคอนจูเกตเชิงซ้อนของ I_{rms}
ดังนั้นกำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนสามารถกำหนดใหม่ได้เป็น

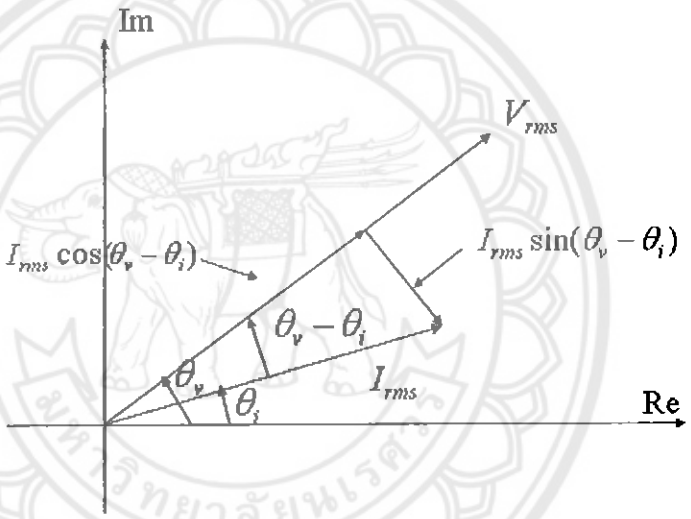
$$S = V_{rms} I_{rms} COS(\theta_v - \theta_i) + jV_{rms} I_{rms} SIN(\theta_v - \theta_i) \qquad (2.25)$$

ส่วนจริงของ S เรียกว่ากำลังไฟฟ้าจริง หรือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Real or Average Power) และเรียกส่วนจินตภาพของ S ว่ากำลังไฟฟ้าต้านกลับ หรือ กำลังไฟฟ้าตั้งฉาก (Reactive or Quadrature Power) ดังนั้นกำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนจึงสามารถกำหนดใหม่ได้เป็น

$$S = P + jQ \tag{2.26}$$

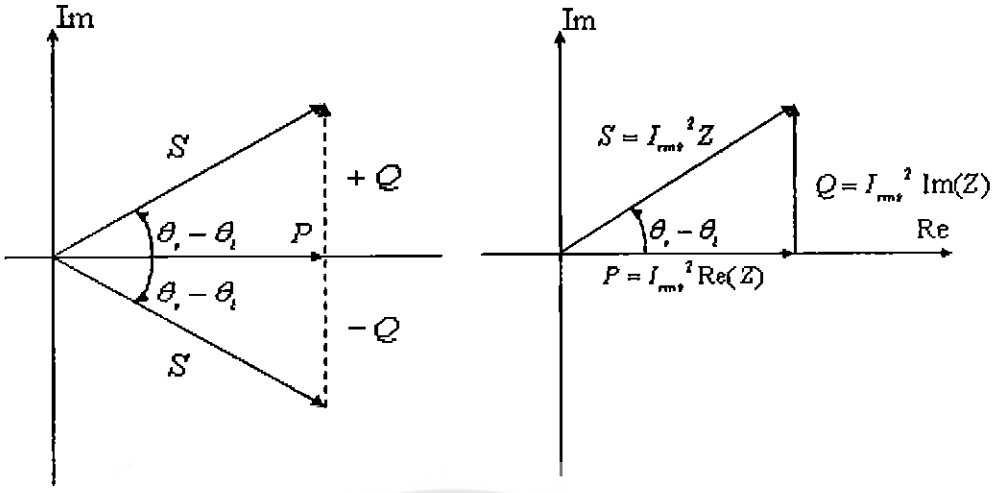
เมื่อ $$P = \mathrm{Re}(S) = V_{rms} I_{rms} COS(\theta_v - \theta_i)$$
$$Q = \mathrm{Im}(S) = V_{rms} I_{rms} \sin(\theta_v - \theta_i)$$

กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อนเหมือนกับกำลังไฟฟ้าปรากฏมีหน่วยเป็น โวลท์แอมป์ (Volt-Ampere ; VA) ส่วนกำลังไฟฟ้าจริงมีหน่วยเป็น วัตต์ (W) และกำลังไฟฟ้าต้านกลับมีหน่วยเป็น โวลท์แอมแปร์รีแอกทีฟ (Volt-Ampere Reactive ; var)



รูปที่ 2.4 แผนภาพเฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ของมุม pf กับ P และ Q สามารถแสดงได้ในรูปของสามเหลี่ยมของกำลังไฟฟ้า (Power Triangle) ดังรูปที่ 2.5



(a) (b)

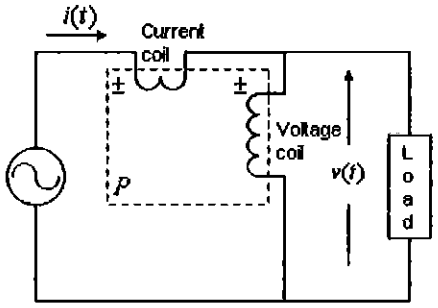
รูปที่ 2.5 (a), (b) สามเหลี่ยมของกำลังไฟฟ้า

จากสามเหลี่ยมของกำลังไฟฟ้า ได้เงื่อนไขของความสัมพันธ์ระหว่าง S , P และ Q เป็นดังนี้

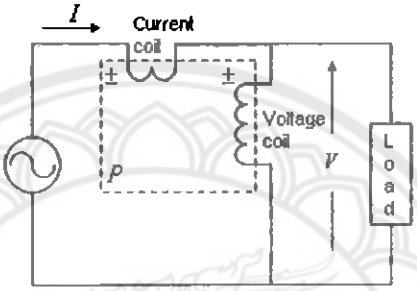
- ถ้า Q เป็นบวก แสดงว่าโหลดเป็นโหลดแบบอินดักทีฟ มีตัวประกอบกำลังล้าหลัง และกำลังเชิงซ้อนอยู่ในควอดแดนซ์ที่ 1
- ถ้า Q เป็นลบ แสดงว่าโหลดเป็นโหลดแบบคาปาซิทีฟ มีตัวประกอบกำลังนำหน้า และกำลังเชิงซ้อนอยู่ในควอดแดนซ์ที่ 4
- ถ้า Q เป็นศูนย์ แสดงว่าโหลดเป็นโหลดแบบความต้านทาน มีตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1 และกำลังเชิงซ้อนอยู่ในแนวแกนจริงที่เป็นบวก

2.1.7 การวัดกำลังไฟฟ้า (Power Measurement)

เครื่องมือที่ใช้วัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยคือ วัตต์มิเตอร์ (Wattmeter) เครื่องมือนี้ประกอบด้วยขดลวดกระแสไฟฟ้า (Current Coil) ที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำมาก ซึ่งต่ออนุกรมกับโหลดและขดลวดแรงดันไฟฟ้า (Voltage Coil) ที่มีอิมพีแดนซ์สูงมากซึ่งต่อขนานกับโหลดดังรูปที่ 2.6



(a)



(b)

รูปที่ 2.6 (a),(b) การต่อเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าเข้ากับวงจร

ถ้าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามีลักษณะเป็นรายคาบ แล้วต่อวัตต์มิเตอร์ดังรูป ค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์คือ

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T v(t)i(t)dt \qquad (2.27)$$

จากวงจรเทียบเคียงในโดเมนความถี่ในรูป ค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์คือ

$$P = \mathrm{Re}(VI^*) = |V||I|\cos(\theta_v - \theta_i) \qquad (2.28)$$

จากรูปสังเกตได้ว่า มีการป้อน $i(t)$ และ I เข้าสู่ขั้ว Current Coil ของขดลวดกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้ยังป้อน $v(t)$ และ V ที่ขั้ว Voltage Coil ของขดลวดแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับอีกขั้วหนึ่ง แสดงว่ากำลังไฟฟ้าที่วัตต์มิเตอร์อ่านเป็นกำลังไฟฟ้าที่ป้อนไปยังโหลด ถ้าต่อขั้วขดลวด

ชุดใดชุดหนึ่งของวัตต์มิเตอร์สลับกันจะทำให้สมการของกำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นลบและวัตต์มิเตอร์จะอ่านค่าเป็นลบ อ้างอิงจาก [5]

2.2 CT (Current Transformer)

เป็นอุปกรณ์แปลงกระแสด้าน High Voltage ให้เป็นกระแสปริมาณเล็กลง เพื่อป้อนให้กับ Relayโดยจะมี Ratio ให้เลือกใช้งานทั้งแบบ Single และ Multi Ratio เช่น 500/5 หรือ 100-2000/5 ใน CT 1 เฟส อาจมี 1 core หรือ 2 core ก็ได้ โดยแต่ละ core จะมี Ratio ของตัวเองเป็นอิสระต่อกัน

ข้อควรระวังของ CT

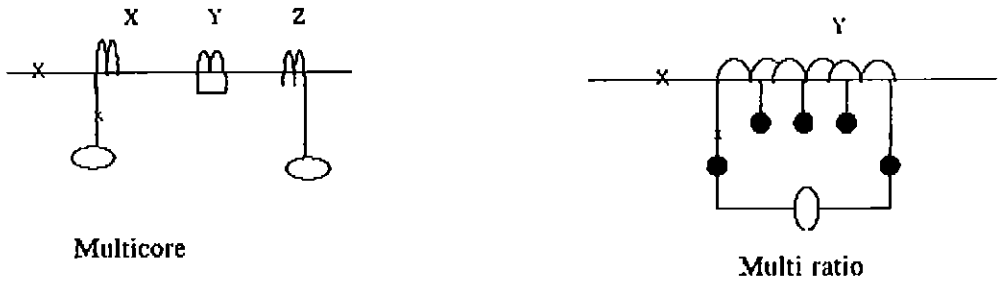
ห้าม Open Circuit ด้าน Secondary ของ CT ในขณะที่มีกระแสไหลผ่านขดลวดของ CT ด้าน Primary การต่อใช้งานของ CT โดยปกติจะใช้ CT ในการแปลงกระแสทั้ง 3 เฟส เพื่อส่งให้ Relay การต่อใช้งานของ CT จะมี 3 แบบ คือ

1. แบบ Y ใช้ CT 3 ตัว Detect Fault ได้ทุกเฟส
2. แบบ V ใช้ CT 2 ตัว Detect Fault ได้เฉพาะเฟสที่มี CT
3. แบบ Delta ใช้ CT 3 ตัว ต่อเป็น Delta คุณสมบัติสำคัญคือ จะทำให้กระแส Secondary มี Phase Shift กับกระแส Primary และขนาดของกระแสที่ไหลเข้า Relay จะมีขนาด $\sqrt{3}$ เท่า ของกระแสที่แปลงด้วย CT Ratio ปกติ (คุณสมบัตินี้ไม่มีในการต่อแบบ Y และ V)

ข้อแนะนำการ Short CT

เนื่องจาก CT ไม่ควร Open ขณะใช้งาน ดังนั้นการ Short CT จะยึดหลักดังนี้

- พวก Multicore ใน Core ใดไม่ได้ต่อไปใช้งานให้ Short ไว้
- พวก Multiratio เมื่อใช้ Ratio ใดไปแล้ว Terminal ที่เหลือไม่จำเป็นต้อง Short



รูปที่ 2.7 การต่อ CT เข้ากับวงจร

CT Saturate

คือ การอิ่มตัวของ CT เนื่องจากไม่สามารถ Drive Load ทางด้าน Secondary ของ CT ได้ส่งผลให้กระแสด้าน Secondary ไม่เป็นไปตาม Ratio ที่กำหนดไว้ (ค่าน้อยลง) หรืออาจไม่มีกระแสออกมาเลย (Completely Saturate)

<u>สาเหตุที่ทำให้ CT Saturate คือ</u>

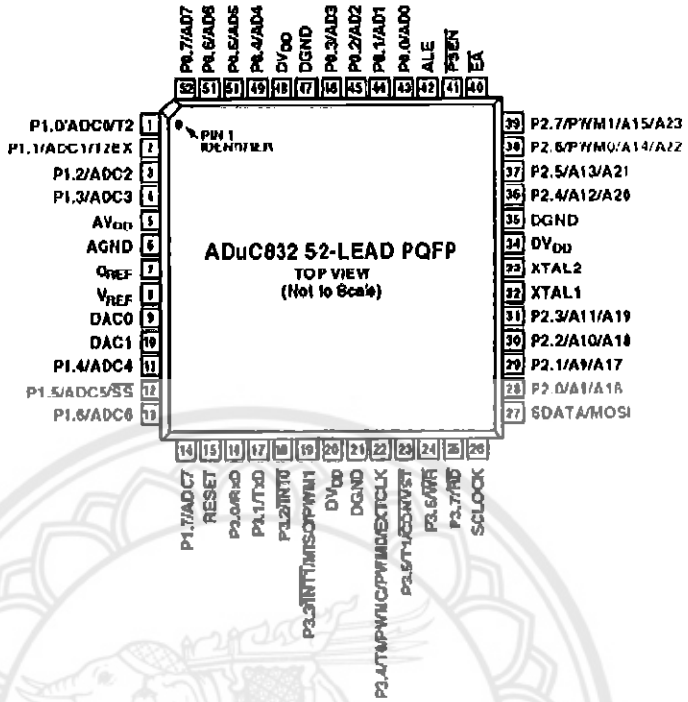
1. ค่า Load (Burden) ที่ต่อทางด้าน Secondary ของ CT มีค่าสูงกว่า Standard Burden ของ CT
2. ค่า Fault Current และ DC Component ขณะเกิด Fault มีค่าสูง
3. ค่า Knee Point Voltage ของ CT มีค่าต่ำกว่าค่า Voltage ที่เกิดขึ้นด้าน Secondary ของ CT ในขณะที่เกิด Maximum Fault Current โดยค่านี้สามารถรู้ได้จาก CT Excitation Curve

การหาค่า Standard Burden และค่า Max Fault Current สามารถรู้ได้จากข้อมูลของ CT ที่เรียกว่า CT Accuracy Class เช่น 15 VA 5P20 หรือ C400 เป็นต้น

2.3 ลักษณะทั่วไปของบอร์ด CP-JR51- ADU832 V1.0

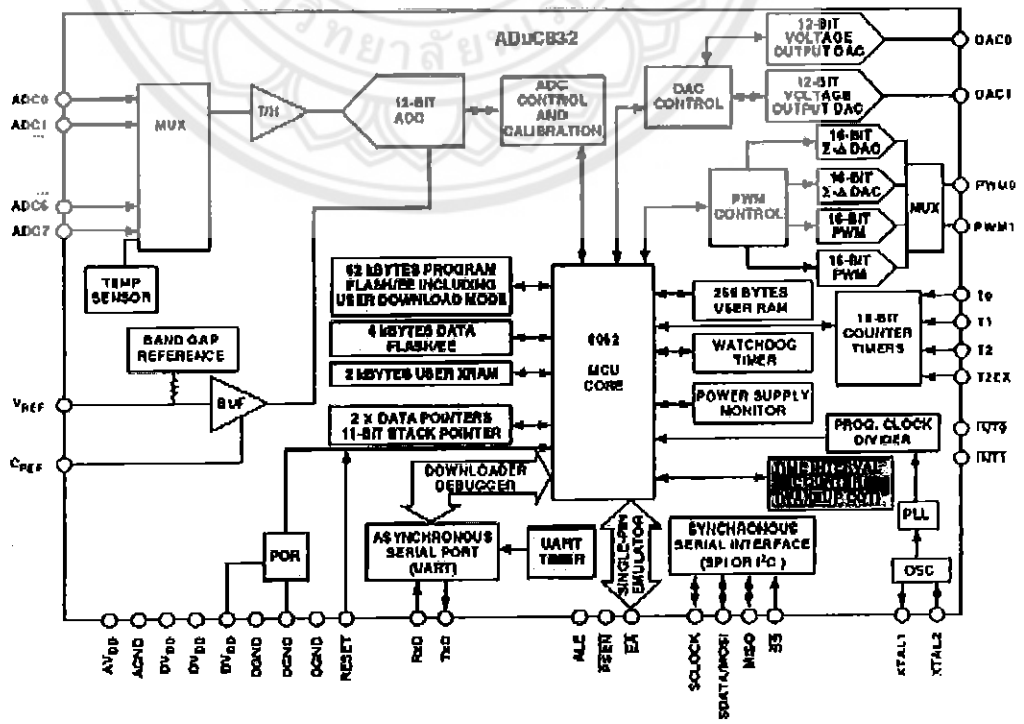
ภายในบอร์ด CP-JR51-ADU832 V1.0 นี้ จะใช้ MCU เบอร์ ADuC832 ซึ่งภายในตัว MCU จะมีเฟสล็อกลูปอยู่ภายในโดย Crystal ที่ใช้ในบอร์ดนี้ มีค่า 32.768 kHz และ ถูกควบคุมความถี่โดย เฟสล็อกลูปที่จะสามารถกำเนิดความถี่ Core Clock ได้สูงสุดถึง 16.78 MHz เลยทีเดียว เนื่องจาก MCU ADuC832นั้นมีฟังก์ชั่นการทำงานพิเศษเพิ่มขึ้นมาจาก 8051 ทั่วไปซึ่งฟังก์ชั่นหน้าที่บางอย่างจะต้องต่ออุปกรณ์Hardware เพิ่มเติมที่ภายนอกด้วย ดังนั้น ในบอร์ดทดลองรุ่นนี้จึงได้รองรับการทำงานไว้อย่างครบถ้วน โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องต่ออุปกรณ์อะไรเพิ่มเติมเลย นอกจากนั้น MCU เบอร์ ADuC832 ยังสามารถที่จะต่อหน่วยความจำ RAM ภายนอกได้มากสุดๆ ถึง 16 MByte

ตำแหน่งขาของ MCU ADuC832



รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งขาของ MCU ADuC832

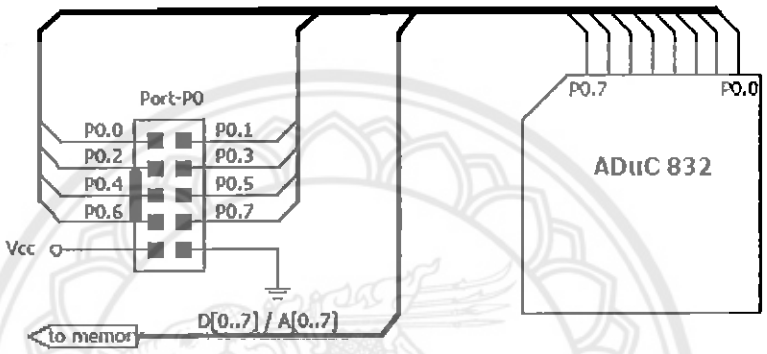
โครงสร้างของ MCU ADuC832



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของ MCU ADuC832

การใช้งาน Port-P0

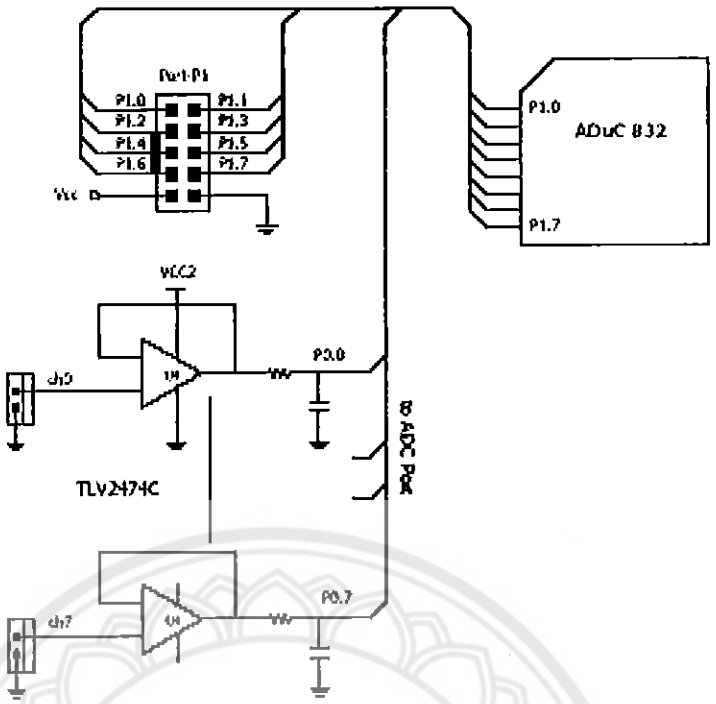
สำหรับการใช้งานพอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็น Input หรือ Output ก็ได้แล้วแต่การใช้งานของผู้ใช้โดยพอร์ต 0 นี้จะมีขนาด 8-bit Open Drain เมื่อทำการรีเซ็ตจะทำให้พอร์ตนี้มีค่าเป็น FFH ซึ่งหากต้องการเปลี่ยนแปลงค่าข้อมูลของพอร์ตสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง MOV P0,#XXH และ นอกจากนั้นพอร์ต P0 ยังใช้งานเป็น Low Address Bus หรือ Data Bus อีกด้วย ซึ่งจะถูกใช้งานเมื่อมีการใช้คำสั่งติดต่อกับ External Memory เช่น การใช้คำสั่ง MOVX เป็นต้น รูปแสดงการเชื่อมต่อพอร์ต P0 แสดง ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 2.10 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต P0

การใช้งาน Port1-P1

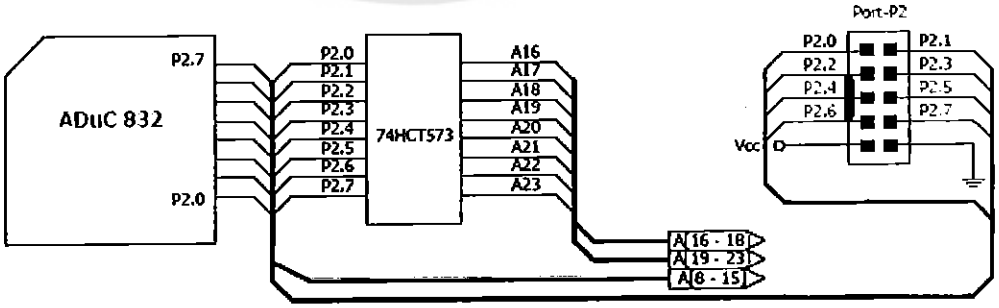
สำหรับการใช้งานพอร์ตนี้จะไม่เหมือนกับพอร์ตอื่นๆ คือ สามารถใช้เป็น Input ได้อย่างเดียวเท่านั้นไม่สามารถใช้งานเป็น Output ได้ มีขนาด 8-bit, เมื่อทำการรีเซ็ตจะทำให้พอร์ตนี้มีค่าเป็น FFH ซึ่งในการออกแบบบนบอร์ดรุ่นนี้จะจัดวงจรเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งจะต่อเข้าวงจร ADC 8 Channel และ อีกส่วนหนึ่งจะต่อเป็น Port-P1 ลอยไว้เผื่อผู้ใช้ต้องการใช้เป็นอินพุตของการใช้งานอื่นๆ รูปแสดงการเชื่อมต่อพอร์ตP1 แสดง ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต P1

การใช้งาน Port-P2

สำหรับการใช้งาน Port-P2 นี้สามารถใช้งานเป็น Input หรือ Output ก็ได้แล้วแต่การใช้งานของผู้ใช้มีขนาด 8-bit เมื่อทำการรีเซ็ตจะทำให้พอร์ตนี้มีค่าเป็น FFH ซึ่งจะมีรีจิสเตอร์ Pull-up อยู่ภายใน ซึ่งในการออกแบบบนบอร์ดรุ่นนี้จะจัดวงจรเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งจะต่อออกไปที่ Port-P2 สำหรับใช้งานทั่วไปและ อีกส่วนหนึ่งจะใช้เป็น High Address Bus และ Page Address Bus เมื่อติดต่อกับ External Memory รูปแสดงการเชื่อมต่อพอร์ต P2 แสดง ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต P2

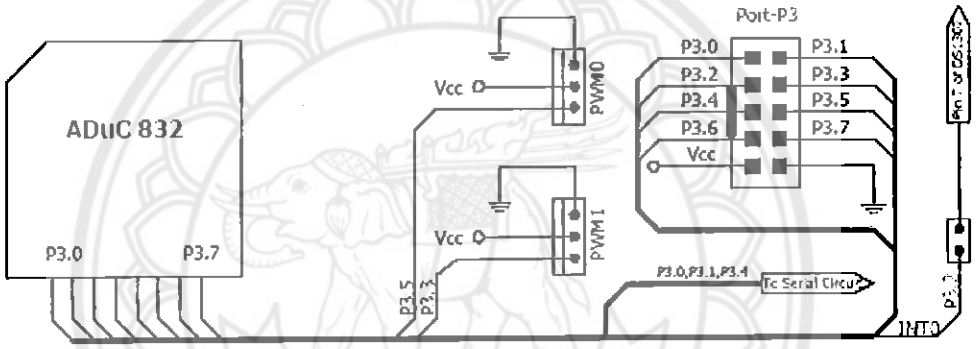
การใช้งาน Port-P3

สำหรับการใช้งาน Port-P3 นี้สามารถใช้งานเป็น Input หรือ Output ก็ได้แล้วแต่การใช้งานของผู้ใช้ มีขนาด 8-bit เมื่อทำการรีเซ็ตจะทำให้พอร์ตนี้มีค่าเป็น FFH โดยมีรีจิสเตอร์ Pull-up อยู่ภายใน การออกแบบวงจรนั้นส่วนหนึ่งจะต่อออกไปที่ Port-P3 เพื่อใช้งานทั่วไป โดยจะไม่ต่อบิต P3.0 และ P3.1 ออกไปที่Port-P3 เนื่องจากจะใช้ในการสื่อสารอนุกรมอย่างเดียว แล้วนอกจากนั้นยังมีอีกบางขาที่ถูกจัดสรรหน้าที่ออกไปใช้งานส่วนอื่นด้วย ดังนี้

• P3.2 ซึ่ง ทำหน้าที่เป็นขา INT0 ต่อไปที่ขา 7 ของ IC DS1307 ซึ่งเป็นไอซี RTC (Serial Real TimeClock)

• P3.3 ต่อไปที่พอร์ต PWM1

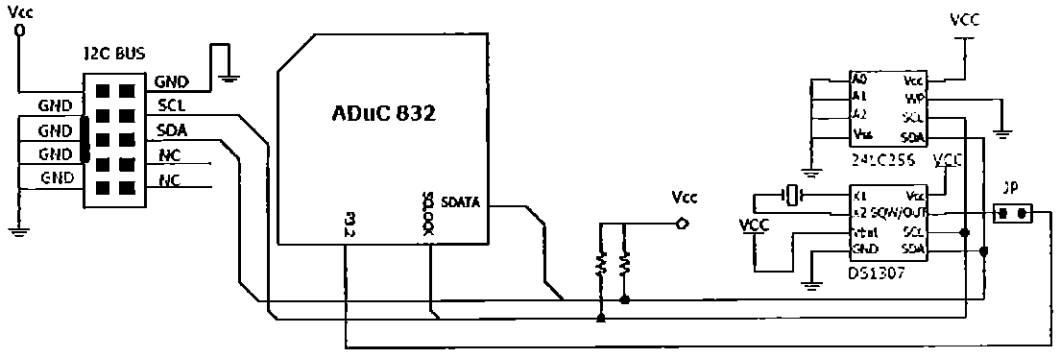
• P3.5 ต่อไปที่ พอร์ตการสื่อสารอนุกรม RS422/485



รูปที่ 2.13 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต P3

การใช้งานพอร์ต I2C BUS

ภายใน MCU ADuC832 ได้มีฟังก์ชั่นการใช้งานของ *CI2* บรรจุรวมอยู่ภายในชิพอยู่แล้ว โดยจะมีขาใช้งาน 2 ขา คือ ขา SDATA ทำหน้าที่เป็นขารับส่งข้อมูล และ ขา SCLOCK ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ Clock เพื่อกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูลบนบัส C I 2 และ บนบอร์ดได้มีอุปกรณ์ C I 2 อยู่บนบอร์ดด้วย คือ IC 24XX ซึ่งเป็น EEPROM และ IC DS1307 ซึ่งเป็น IC RTC(Serial Real Time Clock) และ นอกจากนี้ยังมีพอร์ต I2C BUS เพื่อใช้ในเพิ่มเติมจำนวนอุปกรณ์บน I2C BUS ได้อีกด้วย รูปการจัดขา และ การจัดวงจรแสดงดังรูปที่ 2.14



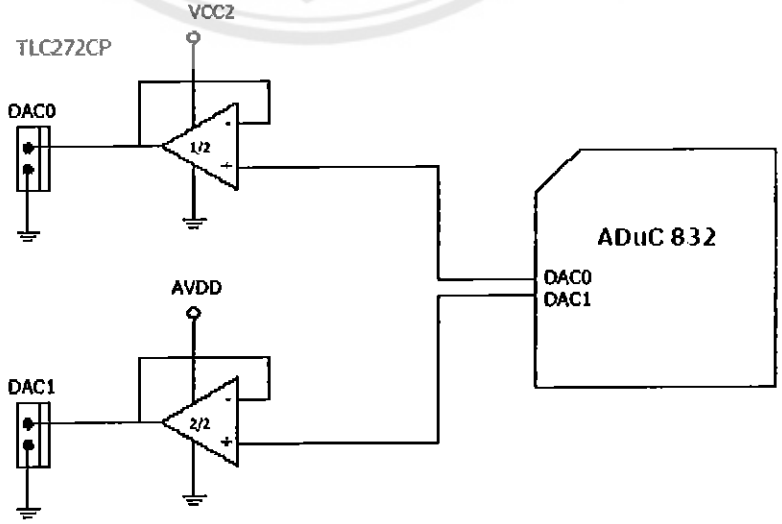
รูปที่ 2.14 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต I2C BUS

การใช้งานพอร์ต ADC

พอร์ตนี้มีขนาด 2 Pin ซึ่งภายในบอร์ดจะต่อใช้งานทั้งหมด คือ จำนวน 8 channel ซึ่งถูกต่อออกมาผ่าน Buffer Op-Amp ทางขา P1.0 – P1.7 ของ MCU ADuC832 โดยขาหนึ่งจะเป็นขากราวด์ และ อีกขาหนึ่งจะเป็นขาสัญญาณซึ่งจะถูกต่อไปที่ Op – Amp ทำหน้าที่เป็น Buffer ตำแหน่งขา และ การต่อวงจรADC แสดงดังรูปที่ 2.14 โดยหน้าที่ของพอร์ตนี้ คือ แปลงสัญญาณ Analog จากภายนอกบอร์ดทดลองให้เป็นสัญญาณ Digital

การใช้งานพอร์ต DAC

พอร์ตนี้มีขนาด 2 Pin โดยขาหนึ่งจะเป็นขากราวด์ และ อีกขาหนึ่งจะเป็นขาสัญญาณเอาท์พุตซึ่งถูกต่อออกมาจากเอาท์พุตของ Op – Amp ที่ทำหน้าที่เป็น Buffer โดยภายในบอร์ดจะมี DAC 2 ชุด หรือ 2channel คือ พอร์ต DAC0 และ DAC1 ซึ่งถูกต่อออกมาจากขา DAC0 และขา DAC1 ของ MCUADuC832 การต่อวงจร DAC แสดงดังรูปที่ 2.15โดยหน้าที่ของพอร์ตนี้ คือ การแปลงสัญญาณ Digital ให้เป็นสัญญาณ Analog ออกไปเป็นเอาท์พุต



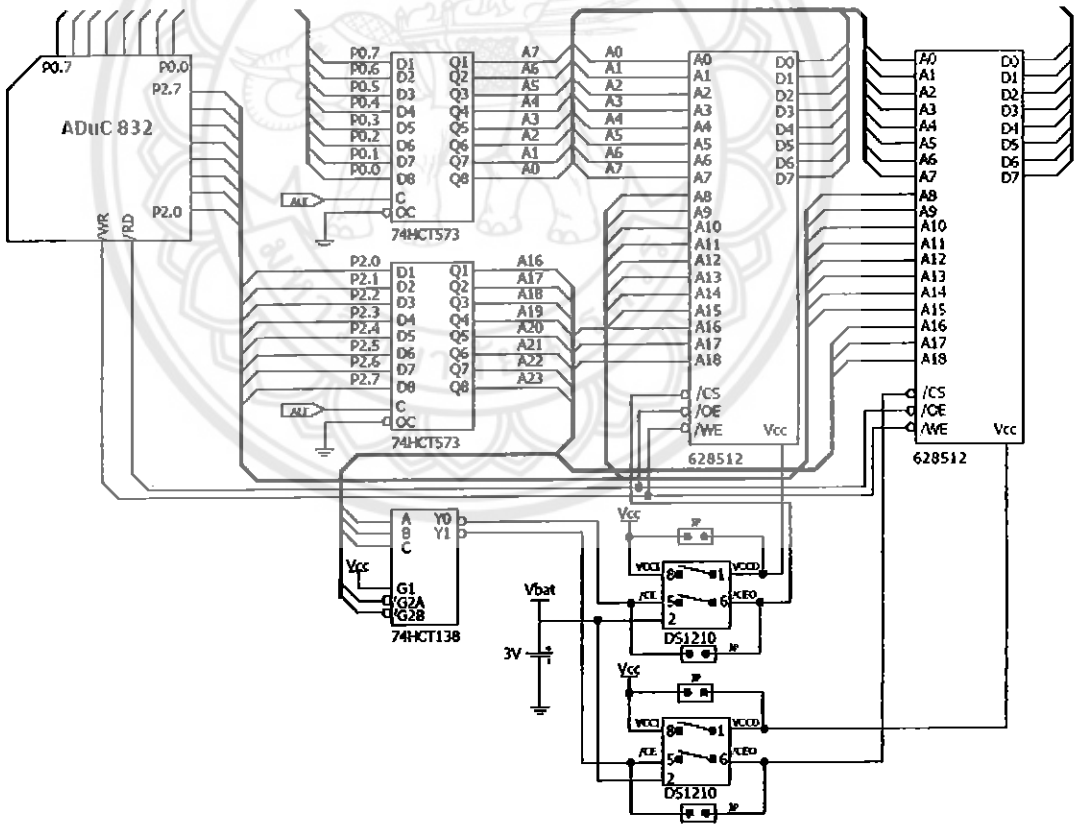
รูปที่ 2.15 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ต DAC

พอร์ต PWM

พอร์ตนี้มีขนาด 3 Pin โดยประกอบไปด้วยขา สัญญาณ, ขาไฟบวก, และ ขากราวด์ โดยภายในบอร์ดจะมี PWM 2 ชุด คือ PWM0 และ PWM1 ซึ่ง การจัดตำแหน่งขา และ วงจร PWM แสดงดังรูปที่ 2.13โดยหน้าที่ของพอร์ตนี้ คือ ผลิตสัญญาณ Pulse Width Modulator (PWM) ออกทางพอร์ตนี้ ซึ่งภายในจะมีโหมดการทำงานอยู่ 6 โหมด ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้ตามความเหมาะสม

การใช้งานหน่วยความจำภายนอก (External Memory)

คุณสมบัติเด่นอีกประการหนึ่งของ MCU เบอร์นี้ก็คือ สามารถต่อ External Memory ได้ถึง 16 Mbyte แต่สำหรับการออกแบบบอร์ดทดลอง CP-JR51-ADU832 นี้จะรองรับการใช้งาน External Memoryไว้ที่ 1 Mbyte การจัดวงจรจะใช้ พอร์ต 0 เป็นมัลติเพล็กซ์ของสัญญาณ DATA Bus และ Low Address Bus และ ใช้พอร์ต 2 เป็น High Address และ Page Address Bus ซึ่งการต่อวงจรแสดงได้ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงการเชื่อมต่อพอร์ตการใช้งานหน่วยความจำภายนอก

จากรูปที่ 2.7 เป็นการต่อหน่วยความจำภายนอกโดยใช้หน่วยความจำขนาด 512 KByte จำนวน 2 ตัว เบอร์ 628512 ในวงจรจะมี Ic 74HCT573 จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่ Latch ค่าตำแหน่ง

Address ของการติดต่อกับ External Memory นอกจากนั้นบนบอร์ดรุ่นนี้ยังมีวงจร Back up หน่วยความจำภายนอกอีกด้วย โดยใช้ Ic DS1210 ทำหน้าที่ตรวจสอบ และ เปรียบเทียบสถานะของแหล่งจ่ายไฟดังนี้ คือ

• เป็นการเลือกระหว่างจะใช้แหล่งจ่ายไฟ Vcc หรือ จะใช้แหล่งจ่ายไฟจาก Battery Back up ให้กับExternal Memory คือ ตัว Ic DS1210 จะตรวจสอบว่าแรงดันทั้ง 2 อันไหนมีขนาดแรงดันสูงกว่าจะเลือกอันนั้น โดยจะมี Voltage Drop ภายในน้อยกว่า 0.3 V

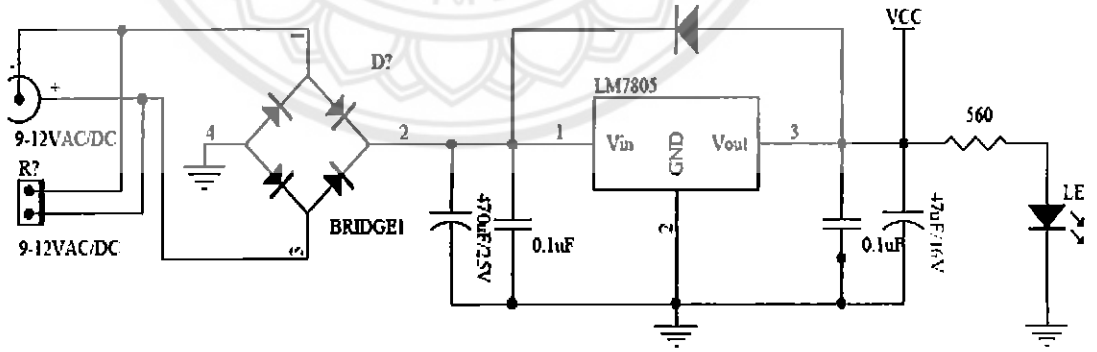
• จะมีการตรวจสอบแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ ว่าลดลง หรือ ไม่แน่นอน (Power–fail) หรือ ถูกถอดออก หรือไม่ ถ้ามีการตรวจสอบเจอจะทำให้ขา Chip Enable (CEO) ค่าสถานะปัจจุบัน

• การป้องกันสถานะของแรงดันที่ไม่คงที่ (Power–fail) ของขาอินพุต CE ที่ดีนั้น ขาเอาท์พุต CEOจะต้องรักษาค่าแรงดันอยู่ในช่วง 0.2 V ของแรงดัน VCCI หรือ แรงดันของ Battery การตรวจสอบพบสถานะแรงดันไม่คงที่ (Power–fail) นั้นจะอยู่ในช่วงแรงดัน 4.75 – 4.5 โวลต์ เมื่อขา 3 ต่อลงกราวด์ ถ้า ขา 3 ต่อที่ Vcco การตรวจสอบ Power–fail จะมีช่วงแรงดันที่ 4.5 – 4.25 โวลต์

นอกจากการทำงานของ Ic DS1210 ที่ได้กล่าวไว้ข้างบนแล้วยังมีรายระเอียดอื่นๆ อีกซึ่งผู้ใช้สามารถหาอ่านได้จาก Data sheet ซึ่งในกรณีที่ไม่ใช้ Ic DS1210 ภายในบอร์ดจะมี Jumper เพื่อเลือกการทำงานแบบไม่ใช้ Ic DS1210 โดยถ้าไม่ใช้ Ic DS1210 ก็ให้ ใส่ Jumper ทั้ง 4 ตัว

ขั้วต่อ Power Supply

ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกจะใช้ขนาด 9 - 12 VAC/DC. คือ ต่อใช้งานได้ทั้งไฟ DC และ ไฟAC โดยจะจัดขั้วต่อไว้ 2 แบบ แล้วแต่ความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงวงจร Power Supply

การสื่อสารอนุกรมแบบ RS232

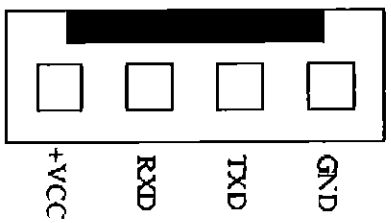
ในกรณีนี้จะต้องทำการติ ดตั้งไอซี Line Driver เพื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณทางไฟฟ้าของขาสัญญาณสำหรับ รับ-ส่ง ข้อมูลแบบ TTL ของ MCU (RX และ TX) ให้ เป็นระดับสัญญาณทางไฟฟ้าแบบRS232 (±12V) โดยการติดตั้งไอซีเบอร์ MAX232 เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนระดับสัญญาณ

TTL จากขาสัญญาณส่งข้อมูล (TX) ของ MCU ให้เป็นระดับสัญญาณ ±12V สำหรับส่งไปยังขารับสัญญาณ (RX) ของอุปกรณ์ภายนอก และในทางกลับกัน ก็จะทำหน้าที่ เปลี่ยนระดับสัญญาณส่ง (TX) แบบ RS232 (±12V)จากอุปกรณ์ภายนอก ให้ กลับมาเป็นระดับ TTL เพื่อส่งให้กับขารับข้อมูล (RX) ของ MCU ด้วย โดยเมื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณในการรับส่งข้อมูลจาก TTL มาเป็นแบบ RS232 นี้แล้วจะทำให้สามารถทำการ รับ-ส่ง ข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ระดับสัญญาณทางไฟฟ้าในการ รับ-ส่ง แบบเดียวกัน (RS232) ได้ไกลขึ้นประมาณ 50ฟุต หรือ ประมาณ 15 เมตร โดยสามารถทำการ รับ-ส่ ง ข้อมูลกับอุปกรณ์ต่างๆได้ในลักษณะของตัวต่อตัว (Point-to-Point) เท่านั้นสำหรับสายสัญญาณที่ จะนำมาใช้สำหรับทำการสื่อสารแบบ RS232 นั้น จะใช้สัญญาณเพียง 2-3 เส้น เท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการในการสื่อสารว่าต้องการสื่อสารแบบทิศทางเดียวหรือสองทิศทาง

- การสื่อสาร **RS232 แบบสองทิศทาง** ซึ่งจะมี ทั้งการรับข้อมูล และส่งข้อมูลไปมาระหว่างด้านรับและด้านส่ง โดยในกรณี นี้จะต้องใช้ สายสัญญาณจำนวน 3 เส้น คือสัญญาณรับข้อมูล (RXD) สัญญาณส่งข้อมูล (TXD) และสัญญาณอ้างอิง (GND) โดยในการเชื่อมต่อสายนั้นจะต้องทำการสลับสัญญาณกับอุปกรณ์ ปลายทางด้วย คือ สัญญาณส่ง (TXD) จากบอร์ด CPJR51-ADU832 จะต้อง ต่อเข้ากับสัญญาณรับ (RXD) ของอุปกรณ์ และสัญญาณส่ง (TXD)จากอุปกรณ์ ก็ต้องต่อ กับสัญญาณรับ (RXD) ของบอร์ด ส่วนสัญญาณอ้างอิง (GND) จะ ต้องต่อตรงถึงกัน จึงจะสามารถทำการ รับ-ส่ง ข้อมูลกันได้

- **การสื่อสาร RS232 แบบทิศทางเดียว** ซึ่งอาจเป็นการรอรับข้อมูลจากด้านส่งเพียงอย่างเดียว หรืออาจเป็นการส่งข้อมูลออกไปยังปลายทางเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการโต้ตอบข้อมูลซึ่งกันและกัน ซึ่งวิธีนี้จะใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เท่านั้ น โดยถ้าเป็นทางด้านส่ง ก็จะต่อเพียงสัญญาณส่ง และสัญญาณอ้างอิง เท่านั้น

โดยขั้วต่อของสัญญาณ RS232 ของบอร์ด CP-JR51-ADU832 นั้น จะเป็นจุดเชื่อมต่อของ สัญญาณ รับ-ส่ง ข้อมูล ที่เปลี่ยนระดับสัญญาณเป็นแบบ RS232 แล้ว ซึ่งจะมีลักษณะเป็นแบบขั้ว CPAขนาด 4 PIN สำหรับใช้เป็นจุดเชื่อมต่อสัญญาณ รั บ-ส่ง ข้อมูลกับอุปกรณ์ ภายนอก โดยมีลักษณะการจัดเรียงสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงขั้วต่อสัญญาณ RS232

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

150004522

ซึ่งจะเห็นได้ว่าขั้วต่อสัญญาณ RS232 ของบอร์ดนั้น จะมีทั้งหมด 4 เส้น แต่ในการรับ-ส่งข้อมูลแบบปรกตินั้น จะใช้สัญญาณเพียงแค่ 3 เส้น คือ RXD,TXD และ GND เท่านั้น ส่วน +VCC ซึ่งเป็นไฟเลี้ยงวงจร +5V นั้น จะไม่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการสื่อสารกันแต่อย่างใด โดย +VCC หรือ +5V นี้ จะออกแบบเผื่อไว้ในกรณีที่อุปกรณ์ปลายทางเป็นวงจรขนาดเล็กและไม่สะดวกที่จะหาแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ปลายทางด้วย ก็อาจต่อไฟเลี้ยงวงจร +VCC นี้ออกไปให้กับอุปกรณ์ปลายทางด้วยก็ได้เช่นกัน อ้างอิงจาก [4]

ปร.
ส773ท.
2549

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัด

3.1 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

อุปกรณ์ที่สำคัญในการสร้างเครื่องมือวัดนี้ อาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 4 กลุ่มด้วยกัน คือ SENSOR วัดอุณหภูมิ DS18S20 , Current Transformer , หม้อแปลงแรงดัน และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-JR51- ADU832 V1.0

3.1.1 SENSOR วัดอุณหภูมิ DS18S20

เลือกใช้ SENSOR วัดอุณหภูมิ DS18S20 เพราะ DS18S20 เป็นตัววัดอุณหภูมิที่ใช้ง่าย เพราะตัว DS18S20 นั้น จะทำการแปลงสัญญาณอะนาลอก เป็นสัญญาณดิจิตอลภายในตัว ดังนั้นจึงไม่ต้องนำสัญญาณที่ได้จาก SENSOR ตัวนี้เข้าไปในวงจรแปลงอะนาลอกเป็นดิจิตอล

3.1.2 Current Transformer

เลือกใช้ Current Transformer เพราะ การที่จะวัดกระแสสลับจากแรง 220 โวลต์นั้น ทำได้ยาก เพราะการวัดหาค่ากระแสสลับ จะต้องต่อวงจรแปลงแรงดันและแปลงกระแสหลายวงจรซับซ้อน ส่วน Current Transformer นั้น สามารถที่จะวัดกระแสสลับได้เลย และมีราคาถูก สำหรับ CT ที่ใช้ เลือกใช้ 50/5 A เพราะ เป็นค่าอัตราส่วนที่มีค่าน้อยสุดที่หาได้

3.1.3 หม้อแปลงแรงดัน

เลือกใช้ หม้อแปลงแรงดันจาก แรงดัน 220 โวลต์ เป็น 6 โวลต์ ค่ากระแสไม่เกิน 100 มิลลิแอมป์ เพราะ มีราคาถูก เมื่อนำมาเข้าวงจร เพื่อลดแรงดันอีกครั้ง สามารถแปลงเป็นโวลต์ต่ำ ที่สามารถเข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-JR51- ADU832 V1.0 ได้

3.1.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-JR51- ADU832 V1.0

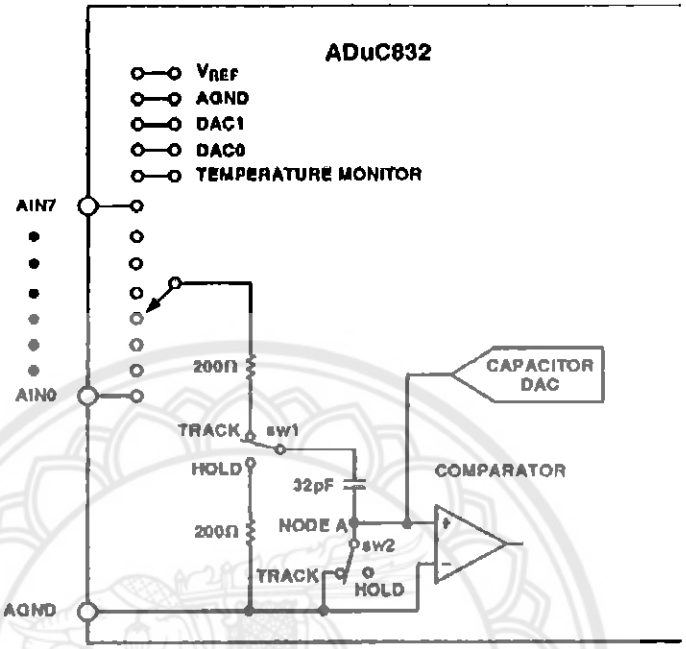
เลือกใช้ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-JR51- ADU832 V1.0 เพราะ จากคุณสมบัติของบอร์ด MCS-51 รุ่นนี้ มีลักษณะที่เหมาะกับการประยุกต์ใช้ในโปรเจ็คท์นี้ เช่น มีช่องสัญญาณแปลง อะนาลอกเป็นดิจิตอล ได้ถึง 8 ช่องสัญญาณ และอื่นๆนอกเหนือจากนี้

3.2 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือวัด

3.2.1 โปรแกรมแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล

ในส่วนของ ADC Converter นี้จะมีขนาด 12- bit, 8 – channel โดยเลือกสัญญาณอินพุตจาก Mux ซึ่งจะมีอยู่ภายในตัวชิพ นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติอื่นๆ ดังนี้ คือ มี Track/Hold,

On-chip Reference ,Calibration Feature ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดนี้สามารถปรับได้จาก รีจิสเตอร์ SFR 3 ตัว คือ ADCCON1, ADCCON2, ADCCON3



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของ Internal ADC

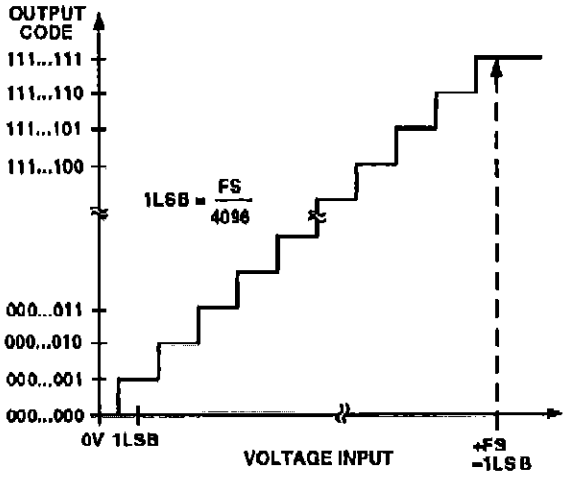
ADC Converter ภายในจะมีส่วนของ Successive Approximation (SAR) อยู่ภายในด้วย ในการแปลงสัญญาณอะนาล็อกทางอินพุตจะอยู่ในช่วง 0 ถึง VREF ซึ่งความเที่ยงตรงในการแปลงสัญญาณอะนาล็อกทางอินพุตนั้นมีความถูกต้องสูงมาก โดยภายในจะมีแรงดันอ้างอิง (VREF) อยู่ภายในอยู่แล้วที่ 2.5 V. ค่าสัญญาณเอาท์พุตที่ได้จะเป็นเลขไบนารี 12 บิต ดังนั้นค่าแรงดัน 1 LSB จะหาได้ดังแสดงในสมการที่ 3.1,3.2 และภาพแสดงคุณสมบัติการถ่ายโอนข้อมูลแสดงในรูปที่ 3.2 นอกจากนั้นผู้ใช้สามารถจะใช้แรงดันอ้างอิงจากภายนอกได้อีกด้วย (External reference) ซึ่งแรงดันจะอยู่ในช่วง 1V. ถึง AVDD

$$1\,\mathrm{LSB} = \frac{FS}{4096} \tag{3.1}$$

เมื่อ $4096 = 2^{2\,\mathrm{bit}}$;

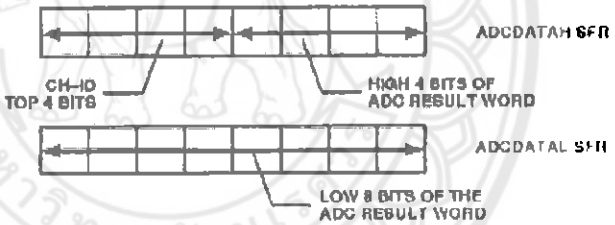
$$1\,\mathrm{LSB} = \frac{2.5}{4096} = 0.61mV \tag{3.2}$$

หมายเหตุ : 1 LSB คือ Least Significant Bit หมายถึง ค่าแรงดันอินพุตในแต่ละขั้นนั้นเอง



รูปที่ 3.2 แสดงรูป ADC Transfer Function

การใช้งาน ADC จะต้องสั่งงานผ่านรีจิสเตอร์ 3 ตัว คือ ADCCON1, ADCCON2, ADCCON3 และ คำตอบ 12 บิต ของการแปลงข้อมูลจะถูกเก็บในรีจิสเตอร์ ADCDATAH และ ADCDATAL ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการวางผลลัพธ์จากการแปลง ADC ภายในรีจิสเตอร์ ADCDATAH/L

ในการทำโปรเจ็คท์นี้ เราใช้รีจิสเตอร์ เพียง 4 ตัวเท่านั้นคือ รีจิสเตอร์ADCCON1, ADCCON, ADCDATAH และ ADCDATAL ซึ่งภายในรีจิสเตอร์แต่ละตัว มีฟังก์ชันการใช้งานซึ่งจะอธิบายดังต่อไปนี้

รีจิสเตอร์ ADCCON1

รีจิสเตอร์ ADCCON1 เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมเกี่ยวกับ การ Conversion, acquisition times, Hardware, Conversion mode, และ Power-down modes ซึ่งรายละเอียดแสดงข้างล่าง คือตำแหน่งของรีจิสเตอร์ EFH, ค่าเริ่มแรกของการใช้งาน 00H, การเข้าถึงแบบบิตไม่ได้

ตารางที่ 3.1 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON1

Bit	Name	คำอธิบาย
7	MD1	**บิตที่ใช้เลือกการทำงานของ ADC** ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะเป็นการเปิดการทำงานของโหมด ADC ถ้าเซ็ตเป็น '0' โดยผู้ใช้ จะเป็นการปิดการทำงานของโหมด ADC
6	EXT_REF	ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะเป็นการจะเป็นการเลือกแรงดันอ้างอิงจากภายนอก (External Reference) ถ้าเซ็ตเป็น '0' โดยผู้ใช้ จะเป็นการจะเป็นการเลือกแรงดันอ้างอิงจากภายใน (Internal Reference)
5	CK1	บิต CK1 และ CK0 เป็นบิตที่ใช้เลือกค่าอัตราการหาร PLL master clock เพื่อใช้กำเนิด ADC clock CK1 CK0 MCLK Divider 0 0 8 0 1 4 1 0 16
4	CK0	
3	AQ1	เป็นบิตที่ใช้เลือก Acquisition time ซึ่งจะใช้งานร่วมกัน 2 บิต คือ AQ1 และ AQ0 เป็นการเลือกเวลาการ Track and Hold ของสัญญาณอินพุตที่จะเข้ามา ซึ่งขอแนะนำให้ใช้ #ADC Clks เท่า กับ 3 หรือ มากกว่านั้น AQ1 AQ0 #ADC Clks 0 0 1 0 1 2 1 0 3 1 1 4
2	AQ0	
1	T2C	**บิต Timer2 conversion (T2C)** ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะเป็นการ Enable บิต Timer2 Overflow เพื่อใช้เป็นสัญญาณทริกให้เริ่มการแปลงสัญญาณ ADC
0	EXC	**บิต External Trigger Enable (EXC)** ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะยอมให้ขา 3.5 (CONVST) เป็นขาอินพุตสำหรับสั่งเริ่มการ Convert โดยจะ Active Low โดยขานี้ควรจะ Active Low Pulse (ความกว้างของ Pulse > 100 ns)

รีจิสเตอร์ ADCCON2

รีจิสเตอร์ ADCCON2 เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมเกี่ยวกับการเลือก Channel ของ ADC และ โหมดการ Conversion ซึ่งรายละเอียดแสดงข้างล่าง คือ ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ D8H, ค่าเริ่มแรก ของการใช้งาน 00H, การเข้าถึงแบบบิต ไม่ได้

ตารางที่ 3.2 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON2

Bit	Name	คำอธิบาย
7	**ADCI**	**บิต ADC Interrupt (ADCI)** บิตนี้จะเซ็ตโดย Hardware ที่ปลายสุดของรอบการแปลงสัญญาณ ADC หรือ ที่ปลายของการแปลง DMAบิตนี้จะเคลียร์โดย Hardware เมื่อ PC ชี้ไปที่ตำแหน่งบริการ Interrupt ถ้าไม่ได้ใช้งานควรจะให้เป็น '0' ด้วย โปรแกรมของผู้ใช้
6	DMA	บิต DMA mode enable (DMA) ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะเป็นการ Enable ก่อนการใช้งาน โหมด ADC DMA และ บิตนี้จะเซ็ตเป็น '0' อัตโนมัติที่ปลายของรอบการทำงาน DMA การเซ็ตบิตนี้จะเป็นสาเหตุให้เอาท์พุตของ ALE นั้นหยุดทำงานลง และ จะทำงานอีกครั้งหนึ่งเมื่อ DMA นั้นเริ่มทำงานแต่จะทำงานอย่างถูกต้องเมื่อ DMA นั้นทำงานสมบูรณ์แล้ว
5	CCONV	บิต Continuous conversion (CCONV) ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะเป็นการเริ่มการแปลงสัญญาณ ADC ในโหมด Continuous การแปลงสัญญาณในโหมดนี้ผู้ใช้จะต้องตั้งค่าความถี่ และ channel ที่ต้องการจะแปลงเสียก่อนซึ่งตั้งค่าใน 3 รีจิสเตอร์นี้เช่นกัน
4	**SCONV**	**บิต Single conversion (SCONV)** **ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะเป็นการเริ่มการแปลงสัญญาณ ADC ในโหมด Single conversion บิตนี้จะรีเซ็ตเป็น '0' โดยอัตโนมัติเมื่อจบรอบการแปลงสัญญาณแบบ Single conversion**

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON2

Bit	Name	คำอธิบาย
3	CS3	**บิต Channel Select (CS3-0)** บิตนี้จะใช้ในการเลือก Channel ที่ต้องการจะแปลงสัญญาณซึ่งผู้ใช้จะต้องควบคุมโดยการเขียนโปรแกรมเข้าไปในส่วนของโหมด DMA นั้นการเลือก Channel จะได้มาจาก Channel ID เพื่อเขียนข้อมูลไปที่ External Memory
2	CS2	
1	CS1	
0	CS0	

CS3	CS2	CS1	CS0	CH#	
0	0	0	0	0	
0	0	0	1	1	
0	0	1	0	2	
0	0	1	1	3	
0	1	0	0	4	
0	1	0	1	5	
0	1	1	0	6	
0	1	1	1	7	
1	0	0	0	Temp Monitor	Requires Minimum of 1uS to acuire
1	0	0	1	DAC0	Only use with Internal DAC o/p buffer on
1	0	1	0	DAC1	Only use with Internal DAC o/p buffer on
1	0	1	1	AGND1	
1	1	0	0	VREF	
1	1	1	1	DMA STOP	Place in XRAM location to finish DMA sequence ,see the section ADC DMA Mode

การตั้งค่าการใช้งาน ADC

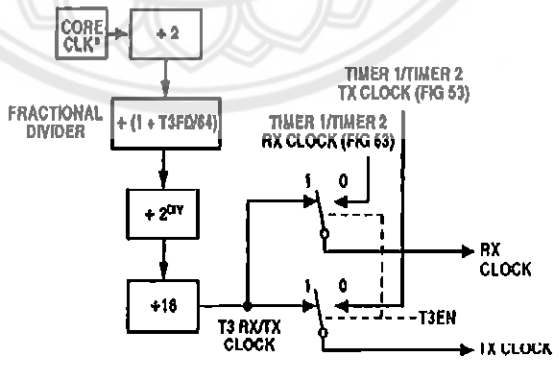
การทำงานของ ADC นั้นจะมีสัญญาณ Clock ที่จะต้องใช้เพื่อกำหนดอัตราการแปลงสัญญาณข้อมูลซึ่งสัญญาณ Clock ของ ADC นั้นจะได้มาจากการหารสัญญาณ Clock ของระบบ (master clock) ซึ่งสัญญาณ clock ที่ ADC จะทำงานได้นั้นอยู่ในช่วง 400 kHz ถึง 6 MHz และจะได้ผลดีที่สุดเมื่อใช้ในช่วงความถี่ 400 kHz ถึง 4.5 MHz โดยกำหนดได้จากรีจิสเตอร์ ADCCON1.5 และ ADCCON 1.4

ในโปรแกรม เราได้ตั้งค่าต่างๆดังนี้

1. ADCCON1 = 0x098; ค่าเป็นเลขฐาน 2 คือ 10010100 bit 7 มีค่าเป็น 1 หมายความว่า ผู้ใช้ จะเป็นการเปิดการทำงานของโหมด ADC bit 5 มีค่าเป็น 0 และบิตที่ 4 เป็น 1 หมายความว่า MCLK Divider = 4 ซึ่งใช้ในการคำนวณหาอัตราการแปลงสัญญาณข้อมูลซึ่งสัญญาณ Clock ของ ADC ส่วนบิตที่ 3 เป็น 1 และบิตที่ 2 เป็น 0 คือ #ADC Clks เท่า กับ 3
2. ADCCON2 = 0x01ตามด้วยตัวเลขของช่องสัญญาณที่จะทำการวัด;
3. x = ADCDATAH; เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลไบต์บน
4. y = ADCDATAL; เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลไบต์ล่าง

3.2.2 โปรแกรมสื่อสารพอร์ตอนุกรม RS232

การสื่อสารพอร์ตอนุกรมในโปรเจคนี้ ใช้ Timer 3 ในการกำหนดค่า Baud Rate รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุม Timer 3 นี้ จะมีทั้งหมด 2 ตัว คือ T3CON และ T3FD ซึ่ง T3CON นี้ เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดค่า Baud Rate ที่อัตราต่างๆซึ่ง Timer 3 แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดง Block diagram ของ Timer 3 ในการกำเนิด Baud Rate

ตารางที่ 3.3 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ T3CON

Bit	Name	คำอธิบาย
7	**T3BAUDEN**	**T3UARTBAUD Enable** ถ้าเซ้ตเป็น '1' จะเป็นการ Enable การทำงานของ Timer3 ในการกำเนิด Baud Rate เมื่อเซ็ตบิตนี้ T2CON.4และ T2CON.5 จะถูกตัดทิ้งถ้าเซ้ตเป็น '0' จะเป็นการ ใช้งานการกำเนิด Baud Rate ในแบบ Standard 8052
6	-	Reserved for Future Use
5	-	Reserved for Future Use
4	-	Reserved for Future Use
3	-	Reserved for Future Use
2	**DIV2**	**Binary Divider Factor**
1	**DIV1**	**DIV2 DIV1 DIV0 Divider** 0 0 0 1 0 0 1 2 0 1 0 4 0 1 1 8 1 0 0 16 1 0 1 32 1 1 0 64 1 1 1 128
0	**DIV0**	

หาค่า DIV จากสมการข้างล่าง

$$DIV = \frac{\log(\frac{f_{core}}{32 \times Baud\ Rate})}{\log(2)} \qquad (3.2)$$

เศษที่คำนวณได้จะปัดลง

f_{core} หาได้จากการกำหนดรีจิสเตอร์ PLLCON ถ้าในโปรแกรมไม่ได้กำหนด ค่าของ f_{core} จะมีค่าเท่ากับ 2.079152 MHz

ในส่วนของรีจิสเตอร์ T3FD คือ Fractional Divider Ratio ซึ่งค่านี้จะต้องนำไปใช้ในส่วนของการคำนวณค่า Baud Rate ซึ่งการคำนวณค่าในรีจิสเตอร์ T3FD สามารถคำนวณได้จากสมการข้างล่างและค่าที่คำนวณได้ ควรปัดเศษให้เป็นจำนวณเต็ม T3FD หาได้ดังสมการที่ 3.3

$$T3FD = [\frac{2 \times f_{core}}{2^{DIV} \times Baud\ Rate}] - 64 \qquad (3.3)$$

เมื่อได้ค่า DIV และ T3FD แล้ว จากนั้นจะใช้ 2 ค่านี้ในการคำนวณหาค่า Baud Rate ซึ่งคำนวณได้จากสมการข้างล่างนี้

$$\text{Actual Baud Rate} = \frac{2 \times f_{core}}{2^{DIV} \times (T3FD + 64)} \qquad (3.4)$$

ตารางที่ 3.4 แสดงค่า Baud Rate ที่ใช้งานทั่วไป โดยใช้ Timer 3

Ideal Baud	CD	DIV	T3CON	T3FD	%Error
230400	0	1	81H	09H	0.25
115200	0	2	82H	09H	0.25
115200	1	1	81H	09H	0.25
115200	2	0	80H	09H	0.25
57600	0	3	83H	09H	0.25
57600	1	2	82H	09H	0.25
57600	2	1	81H	09H	0.25
57600	3	0	80H	09H	0.25
38400	0	3	83H	2DH	0.2
38400	1	2	82H	2DH	0.2
38400	2	1	81H	2DH	0.2
38400	3	0	80H	2DH	0.2
19200	0	4	84H	2DH	0.2
19200	1	3	83H	2DH	0.2
19200	2	2	82H	2DH	0.2
19200	3	1	81H	2DH	0.2
19200	4	0	80H	2DH	0.2
9600	0	5	85H	2DH	0.2
9600	1	4	84H	2DH	0.2
9600	2	3	83H	2DH	0.2
9600	3	2	82H	2DH	0.2
9600	4	1	81H	2DH	0.2
9600	5	0	80H	2DH	0.2

จากโปรแกรมนี้ ความถี่ที่ใช้ คือ 2.079152 MHz Baud Rate 9600 จะต้องกำหนดค่ารีจิสเตอร์ดังนี้

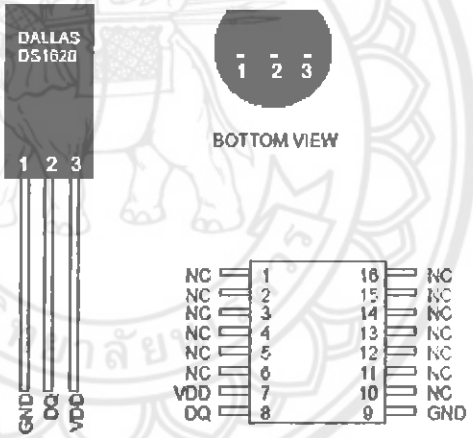
T3CON = 0x082; เป็นเลขฐาน 2 คือ 10000010

T3FD = 0x02D;เป็นเลขฐาน 2 คือ 00101101

3.2.3 โปรแกรมแปลงค่าอุณหภูมิ

DS1820 เป็นไอซีตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ในการติดต่อแบบระบบบัสหนึ่งสาย มีขาต่อเพียง 3 ขา คือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส, ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอก และขากราวน์ หัวใจสำคัญของ DS1820 อยู่ที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิและหน่วยความจำเร็วสูงที่เรียกว่า สแครตช์แพด ขนาด 9 ไบต์

เมื่อวัดอุณหภูมิก็จะนำค่าที่วัดได้นี้มาเก็บไว้ในสแครตช์แพดที่ไบต์ 0 และ 1 ทั้งนี้เนื่องจากไอซี DS1820 สามารถให้ข้อมูลของอุณหภูมิละเอียดถึง 16 บิต เมื่อนำมาแปลงเป็นข้อมูลฐานสิบ จึงสามารถแสดงความละเอียดของค่าอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 0.5 องศาเซลเซียสหรือ 0.9 องศาฟาเรนไฮต์ โดยย่านวัดอุณหภูมิ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียส หรือ -67 ถึง +257 องศาฟาเรนไฮต์



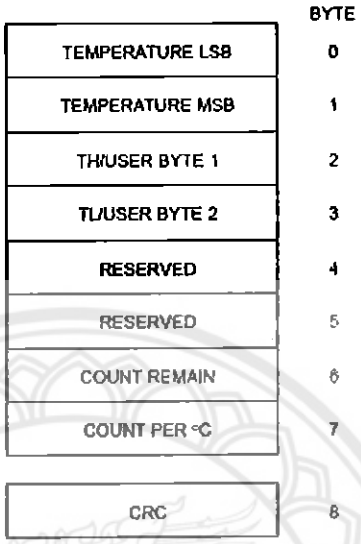
รูปที่ 3.5 แสดงรูปร่างและการจัดขาของไอซี DS1820

คำสั่งเพื่อควบคุมการทำงาน DS1820

ในการติดต่อกับไอซี DS1820 จะมีคำสั่งที่ต้องส่งให้แก่ DS1820 เพื่อกำหนรูปแบบการทำงาน คำสั่งที่ใช้มากที่สุด มีด้วยกัน 3 คำสั่ง คือ

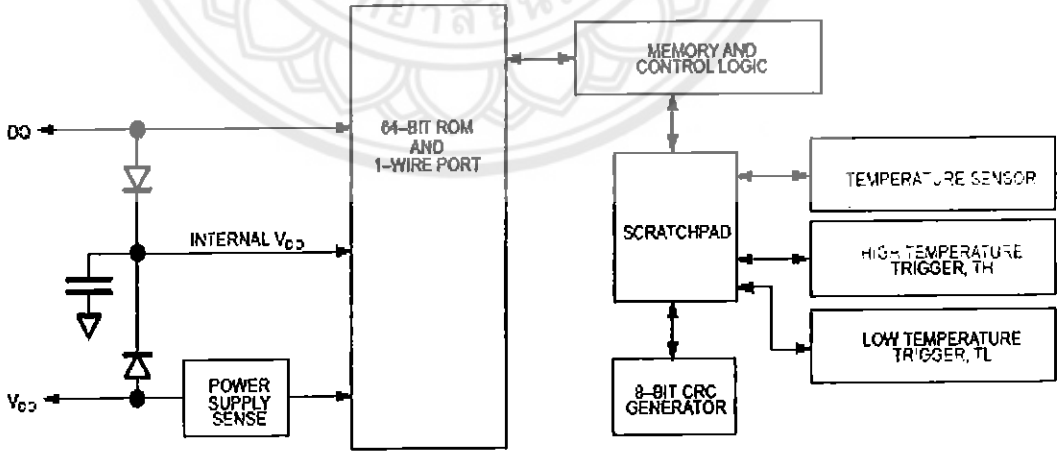
1. คำสั่งไม่ติดต่อกับหน่วยความจำรอม หรือ สคิปรอม(Skip Rom) เนื่องจากในการใช้งาน DS1820 โดยปกติแล้วจะมี D S1820 อยู่บนสายสัญญาณเพียงตัวเดียว จึงไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลกำหนดแอดเดรส ดังนั้นจึงไม่ต้องติดต่อกับหน่วยความจำรอมเพื่ออ่านข้อ มูลข้อมูลของคำสั่งสคิปรอมที่ส่งให้ DS1820 คือ 0CCH

2. คำสั่งแปลงอุณหภูมิ มีค่าเท่ากับ 44H เมื่อส่งคำสั่งนี้ให้ DS1820 จะต้องทำการวนลูปรออย่างน้อย 200 มิลลิวินาที เพื่อให้ DS1820 ได้ใช้เวลานี้ในการแปลงค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลดิจิตอลมาเก็บไว้ใน สแครตช์แพด



รูปที่ 3.6 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของสแครตช์แพดใน DS1820

3. คำสั่งอ่านข้อมูลจากสแครตช์แพด มีค่าเท่ากับ 0BEH เมื่อส่งคำสั่งนี้ DS1820 จะทยอยส่งข้อมูลค่าอุณหภูมิออกมาทั้งหมด 9 ไบต์



รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างการทำงานภายในของไอซี DS1820

การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (ADUC832)

ใช้พอร์ต PMW1 ซึ่งต่อกับขาพอร์ต3.3 ของตัว MPU ADU832 ใช้ขาพอร์ตเพียง 1 ขา เท่านั้นสำหรับการเชื่อมต่อกับ DS1820 โดยพอร์ต 3.3 ต่อพูลอัปอยู่แล้ว ดังนั้น จึงสามารถทำการเขียนโปรแกรม โดยใช้รูปแบบการติดต่อตามมาตรฐานระบบบัสหนึ่งสายได้

ตารางที่ 3.5 สรุปขั้นตอนการติดต่อระหว่าง DS1820 กับอุปกรณ์มาสเตอร์ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADUC832

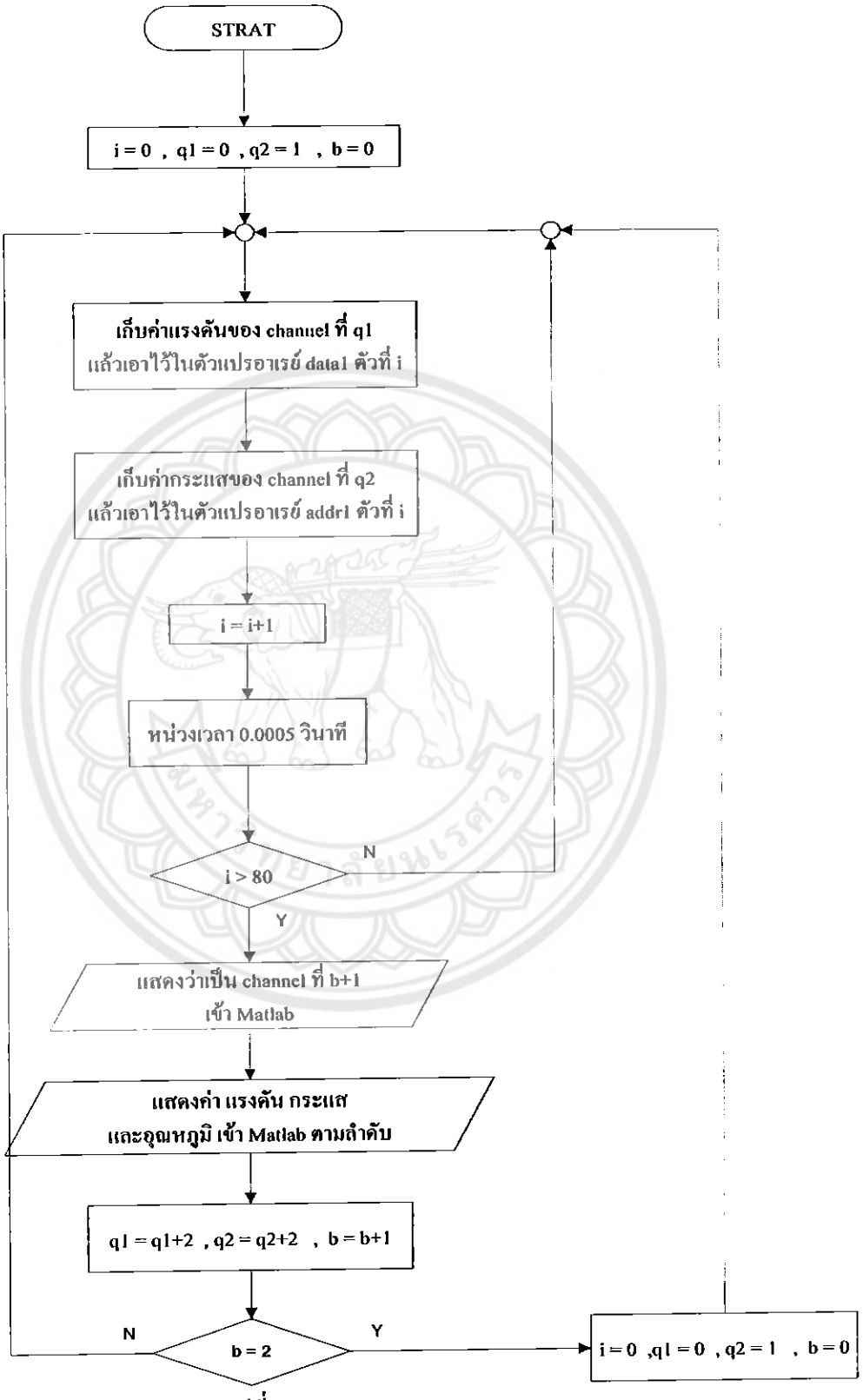
ขั้นตอนที่	การทำงานของอุปกรณ์มาสเตอร์	ข้อมูลหรือสภาวะ	รายละเอียด
1	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซต
2	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
3	ตัวส่ง	0CCH	คำสั่ง Skip Rom
4	ตัวส่ง	44H	คำสั่งแปลงอุณหภูมิ
5	ตัวรับ	ข้อมูล 1 ไบต์	อ่านแฟล็ก Busy 8 ครั้ง
6	ตัวส่ง	รีเซต	สร้างสัญญาณรีเซ็ต
7	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
8	ตัวส่ง	0CCH	คำสั่ง Skip Rom
9	ตัวส่ง	0BEH	คำสั่งอ่านค่าจากสแครตช์แพด
10	ตัวรับ	ข้มูล 9 ไบต์	อ่านค่าอุณหภูมิจากสแครตช์แพด
11	ตัวส่ง	รีเซ็ต	สร้างสัญญาณรีเซ็ต
12	ตัวรับ	ตอบรับ	รอการตอบรับจาก DS1820
13	-		ทำการคำนวณค่าที่ได้จาก DS1820 เป็นเลขฐานสิบ แล้วนำไปแสดงผล

ในการคำนวณเวลาคิดจากสัญญาณนาฬิกา ความถี่ใช้งาน 2.079152 MHz จะได้ว่า

$$1\,MCL = 1/(\frac{2.079152MHz}{12}) = 5.7715\,\mu s$$

3.2.4 Flow Chart ภาพรวมของโปรแกรมรับและส่งข้อมูลของบอร์ด ดังนี้

Main Program



รูปที่ 3.8 Flowchart แสดง Main Program

3.2.5 โปรแกรมที่ใช้ประมวลผลและแสดงผลทาง Matlab

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

1.เคลียร์ค่าหน้าจอคอมให้ว่าง โดยใช้คำสั่ง CLC;

2. ตั้งตัวแปร S1 เป็นค่าของพอร์ต Com1 มีค่า buad rate 9600 โดยใช้คำสั่ง S1 = Serial ('Com1');

3. เปิดพอร์ต Com1 โดยใช้คำสั่ง fopen (S1);

4. ส่งตัวแปร 'v' เข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการ Interface รอรับค่าของโวลต์ออกมาโดยใช้คำสั่ง fprintf (S1,'v')

5. เอาค่าโวล์ที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร v โดยใช้คำสั่ง V = fscanf (S1);

6. ส่งตัวแปร 'i' เข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการ Interface รับค่าของกระแสออกมาโดยใช้คำสั่ง fprintf (S1,'i')

7. เอาค่ากระแสที่ได้ออกมาโดยใช้คำสั่ง i โดยค่ากระแสที่ได้ i = fscanf (S1);

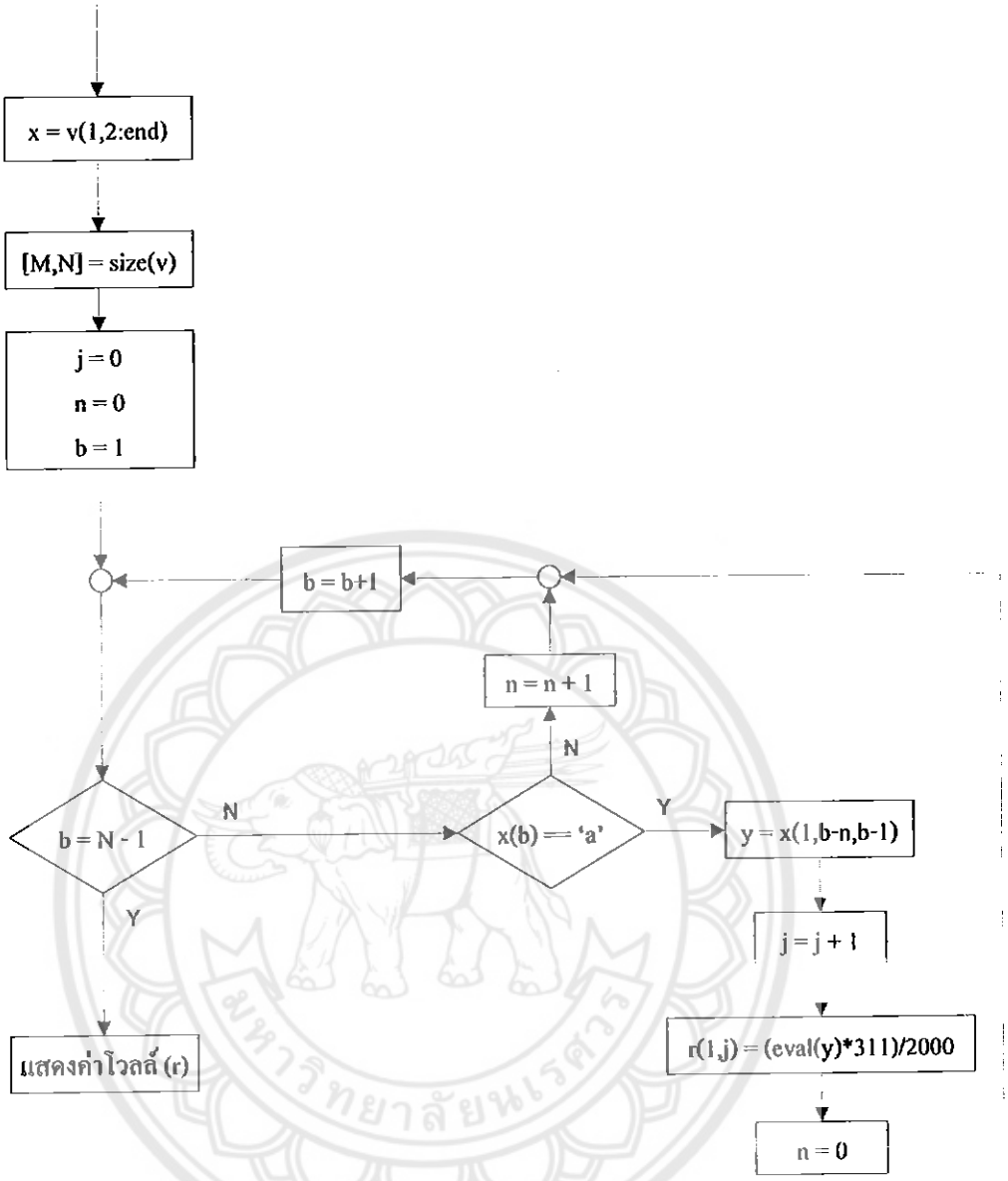
8. ส่งตัวแปร 't' เข้าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการ Interface รับตัวแปลอุณหภูมิออกมาโดยใช้คำสั่ง fprintf (S1,'t')

9. เอาค่าอุณหภูมิที่ได้ออกมาโดยใช้คำสั่ง t โดยค่าอุณหภูมิที่ได้ t = fprintf (S1);

10. ตั้งค่าตัวแปร b, j เพื่อใช้ในการวนลูปเงื่อนไข และตั้งตัวแปร y เพื่อเก็บค่าโดยใช้คำสั่ง syms b j y ;

11. ตัวค่าตัวแปร x ให้เท่ากับ ค่าของโวลต์ที่เก็บไว้ในตัวแปร V ตั้งแต่ตัวที่ 2 ถึงตัวสุดท้าย เหตุผลที่ไม่เอาตัวเลขที่ 1 เพราะว่าตอนที่เรารับค่ามาจะมีตัวอักษร 'V' ติดมาเป็นตัวแรก จากนั้นจะตามศัพค่าของโวลต์ โดยแต่ละค่าของโวลต์จะมีตัวอักษร 'a' คั่นอยู่ซึ่งค่าเหล่านี้ได้มาจากโปรแกรม Interface ในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

12. เอาค่าในตัวแปร x มาแยกค่าแล้วทำการคำนวนหาค่าออกมา จากนั้นเก็บไว้ในตัวแปร Array ที่ชื่อ r ขั้นตอนการแยกค่าดัง flow chart รูปที่ 3.9



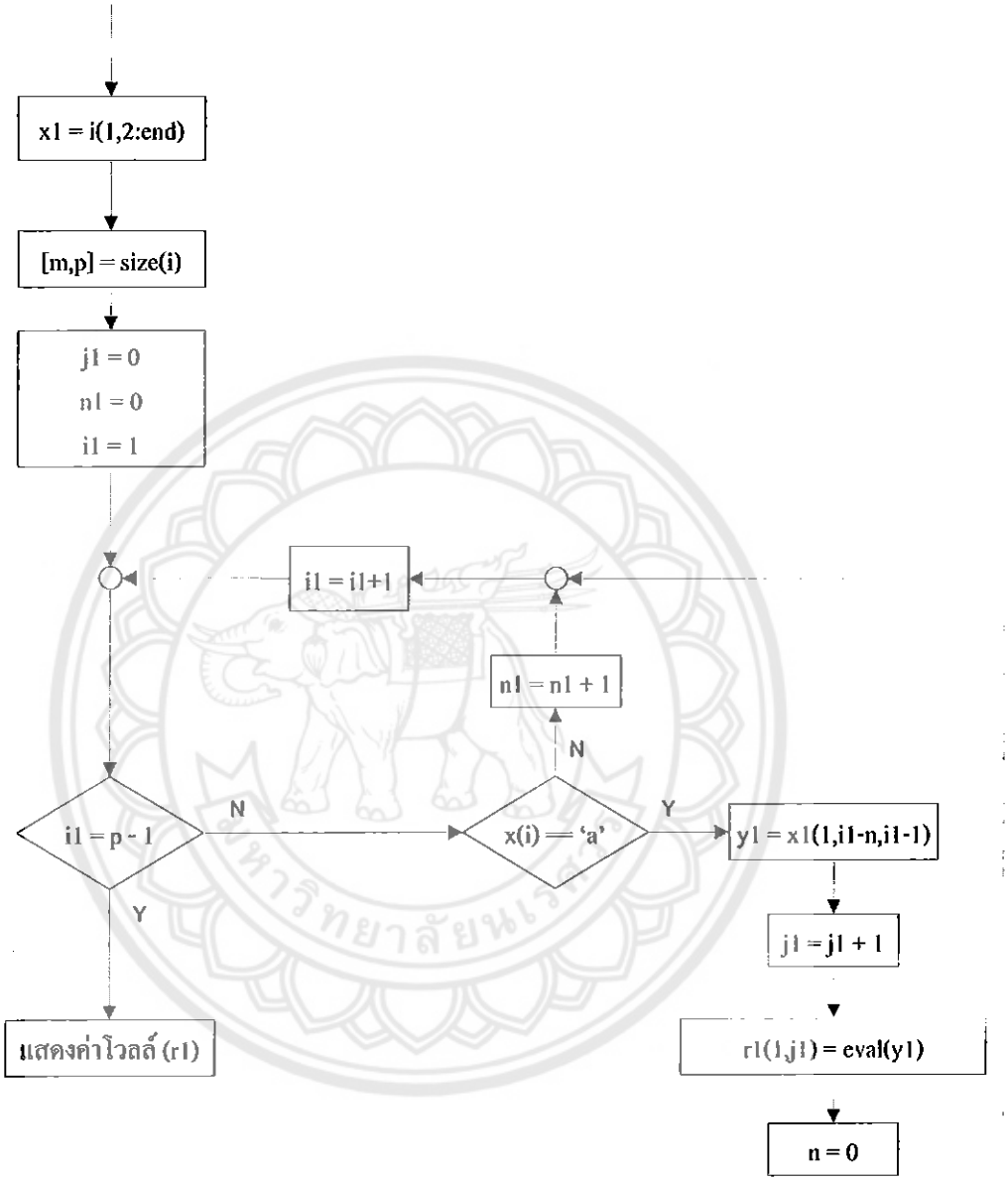
รูปที่ 3.9 แสดง flow chartแยกค่าแล้วเก็บไว้ในตัวแปร Array ที่ชื่อ r

13. กำหนดตัวแปร k เท่ากับ ค่าตั้งแต่ 1 ถึง j-13 plot กราฟเริ่มต้นตัวที่ 14 ถึงตัวสุดท้าย ซึ่งเป็นการเลื่อนเฟส 90 องศา ที่เนื่องมาจากการ sampling จากบอร์ด ทำการ plot กราฟ ลักษณะคือแบบ bar, stem และแบบเส้น ไว้ใน Figure(1);

14. กำหนดตัวแปร i1,j1 เพื่อใช้ในเงื่อนไขวนลูปกำหนดตัวแปร y เพื่อเก็บค่ากระแส โดยใช้คำสั่ง sym = i1 j1 y;

15. กำหนดตัวแปร x1 เท่ากับค่าของกระแสที่เก็บไว้ในตัวแปร i ตั้งแต่ตัวที่ 2 ถึงตัวสุดท้าย เหตุที่ไม่เอาค่าตัวแปรที่ 1 เพราะว่าตอนที่เรารับค่ามาจะมีตัวอักษร 'i' ติดมาเป็นตัวแรก จากนั้นจะตามด้วยค่าของกระแส โดยแต่ละค่าของกระแสจะมีตัวอักษร 'a' คั่นอยู่ ซึ่งค่าเหล่านี้ได้มาจากโปรแกรม Interface ในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

16. เอาค่าในตัวแปร x1 มาแยกค่าที่ได้จริง แล้วมาเก็บไว้ในตัวแปร Array ที่ชื่อว่า r1 ขั้นตอนการแยกค่า ตัว Flow Chart ข้างล่างนี้



รูปที่ 3.10 แสดง flow chart แยกค่า x1แล้วมาเก็บไว้ในตัวแปร Array ที่ชื่อว่า r1

17. เมื่อได้ค่าระยะห่างของเฟสมาแล้ว ต้องทำการคำนวณหาค่า Power Factor ซึ่งสามารถทำได้เลย แต่เนื่องจากการซุ่มเก็บค่าและอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณเข้าบอร์ด คือ หม้อแปลง แบบ isolate และ Current transformer ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของเฟส ดังนี้

ระยะห่างในการ Sampling แต่ละครั้งของ 2 channel ทำให้เกิดความต่างของเฟสไปประมาณ 2 ช่อง

หม้อแปลง ทำให้เฟสเลื่อนประมาณ 1.8 ช่อง Sampling ซึ่งมีค่าประมาณ

$$\frac{180}{20}\times 1.8 = 16.2^{\circ}$$

CT. ทำให้เฟสเลื่อนประมาณ 10 ช่อง sampling ซึ่งมีค่าประมาณ $\frac{180}{20}\times 10 = 90^{\circ}$

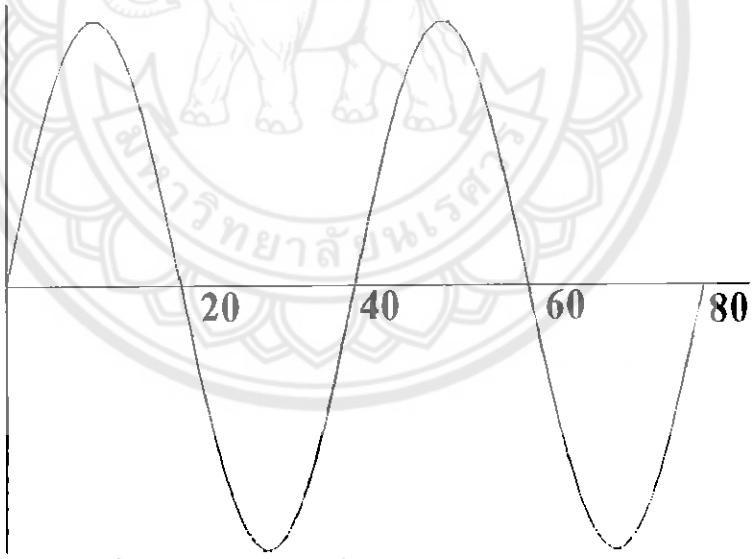
รวมแล้วการเกิดเฟสที่เพี้ยนทั้งสิ้นประมาณ 14 ช่อง

ดังนั้นเราต้องทำการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดนี้ โดย กำหนดตัวแปล k1 เท่ากับค่าตั้งแต่ 1 ถึง j-13 plot กราฟ เริ่มต้นที่ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ j1-13 เพื่อเป็นการเลื่อนเฟส กราฟที่ plot มี 3 ลักษณะ คือ bar, stem และ แบบเส้น ไว้ใน figure (2);

18. หาค่า maximum ของโวลต์ และกระแส เพื่อจะทำการวัดระยะห่างระหว่างค่า max ของโวลต์ กับค่า max ของกระแส เพื่อคำนวณค่าของ Power factor

ค่า Power factor คำนวณจากการ sampling มีทั้งหมด 80 ค่า โดย 40 ค่า จะเท่ากับ 1 คาบ สัญญาณ

ค่า Power factor คำนวณจากการ Sampling มีทั้งหมด 80 ค่า โดย 20 ค่า จะเท่ากับ 1 ลูก สัญญาณ

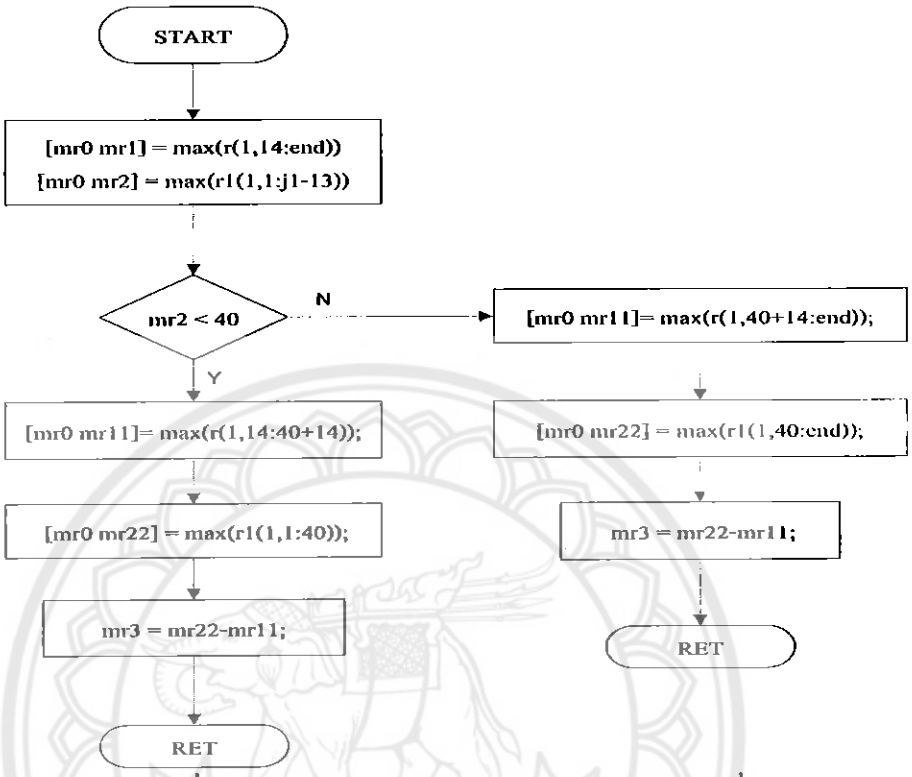


รูปที่ 3.11 แสดงกราฟคลื่นรูปไซน์ 2 คาบๆละ 40 Sampling

Sampling 20 ค่า เท่ากับ π เรเดียน หรือ 180 องศา

ดังนั้น ภายใน 40 sampling จะต้องมีลูกคลื่น 1 ลูกแน่นอน เวลาหาระยะห่าง จึงคิดเป็น 40 ช่องแรก และ 40 ช่องถัดไป แต่เกิดการผิดพลาดในบางกรณี เช่น ค่า max ของโวลต์กับกระแส อยู่ห่างกันเกิน 1 คาบ ซึ่งหมายความว่าค่า max ของทั้งสอง ไม่ได้อยู่ในคาบเดียวกัน วิธีแก้ไขคือ เลือกคาบในฝั่งใดฝั่งหนึ่ง มาพิจารณาโดยเลือกค่าโวลต์สูงสุด หรือกระแสสูงสุดเป็นหลัก ใน

โปรแกรมนี้ เลือกค่ากระแสเป็นหลัก แล้วหาระยะห่างของทั้งสองซึ่งมีรายละเอียดของโปรแกรมดัง Flow Chart ที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดง Flow Chart หาระยะห่างของลูกคลื่น

20. หาค่าโวลต์สูงสุด และกระแสสูงสุดโดยแบ่งเป็นฝั่งค่า sampling 40 ค่าแรก และ 40 ค่าถัดไป ดังนั้นจะได้ค่าโวลต์สูงสุด 2 ค่า และค่าของกระแสสูงสุด 2 ค่า

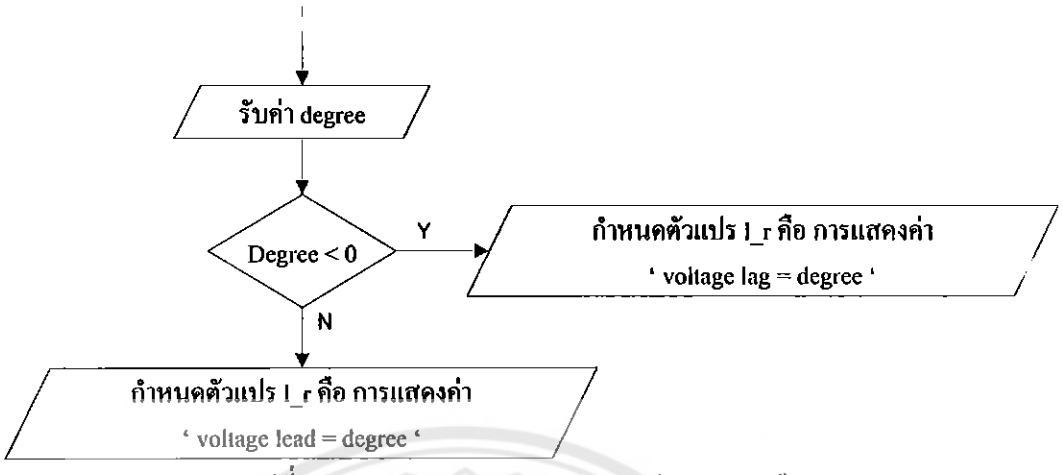
หาค่า Vm จากการเอาค่า (Vm1+Vm2)/2

หาค่า Im จากการเอาค่า (Im1+Im2)/2

เมื่อได้ค่า Vm และ Im แล้ว สามารถหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆ ได้อีกจากทฤษฎีและสมการของบทที่ 2 อาทิเช่น กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (P), กำลังไฟฟ้าปรากฏ (S), ค่ามุม, ค่า power factor (PF), Q, Irms, Vrms จากสมการนี้

```
>>      Vm      =   (Vm1+Vm2)/2;
        Im      =   (Im1+Im2)/2;
        Irms    =   Im/S8rt (2);
        Vrms    =   Vm/sqrt (2);
        S       =   (SO1+SO2)/2;
        P       =   S*PF
        PF      =   COS (XX);
        Degree  =    (xx*180)/Pi);
        Q       =   (S*sin (xx));
```

21. สามารถบอกได้ว่า Volt มีค่า Lead หรือ Lag จาก Flow Chart นี้

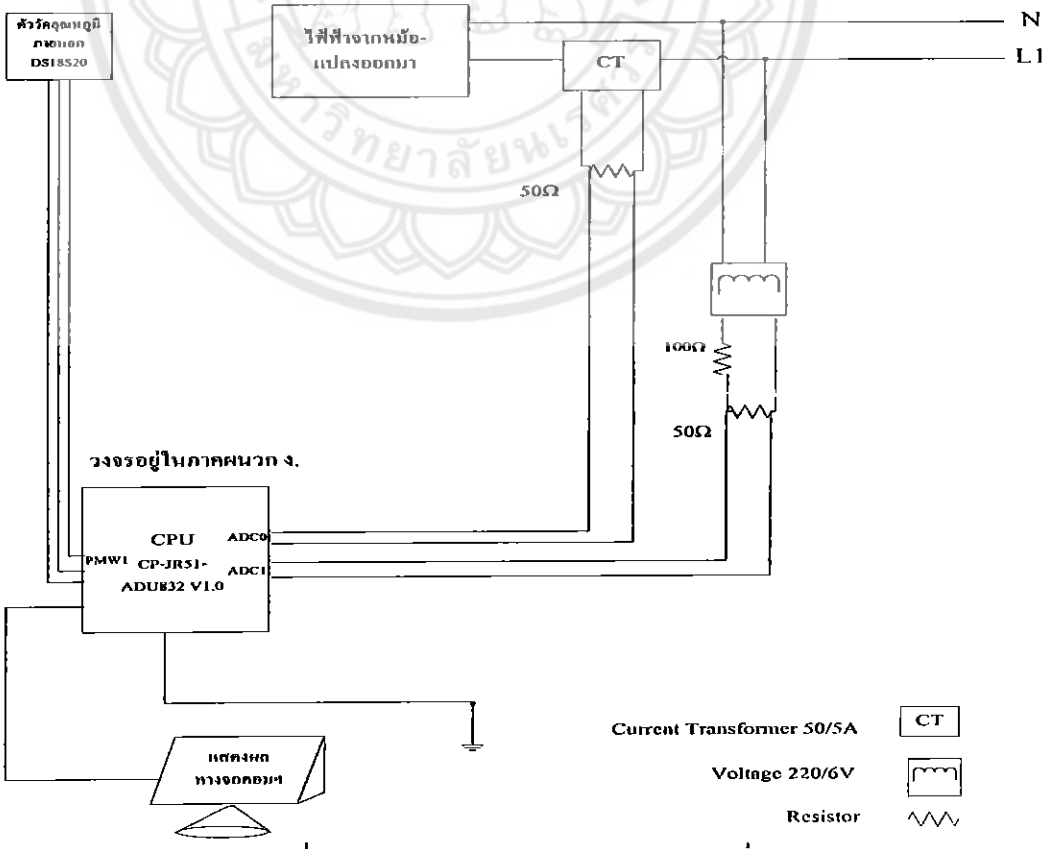


รูปที่ 3.13 แสดง Flow Chart แสดงค่า Lead หรือ Lag

22. แสดงค่าที่คำนวณทั้งหมดออกมา

23. ปิดพอร์ต Com1 โดยใช้คำสั่ง fclose (s1);

3.2.6 แปลนการทำงาน



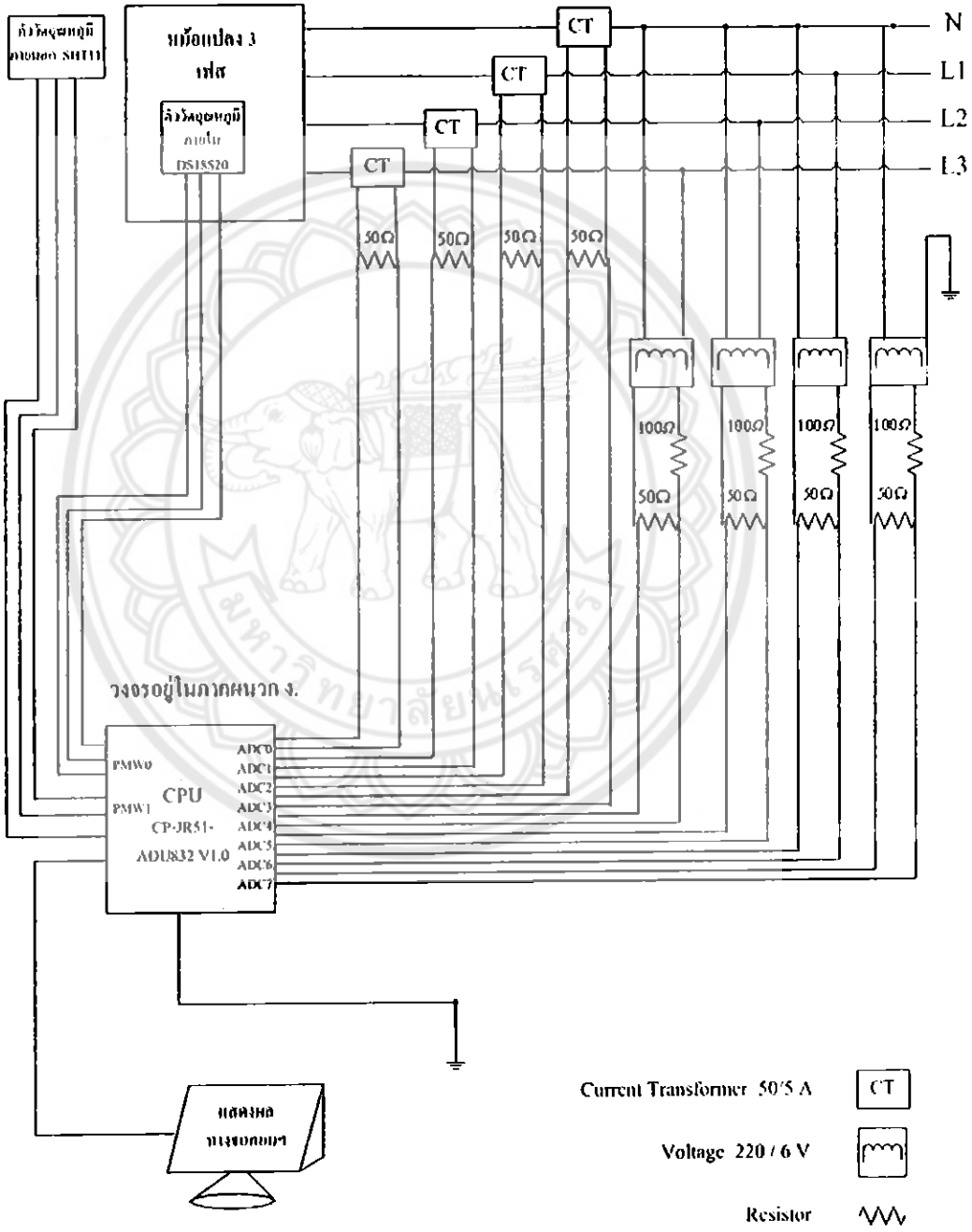
รูปที่ 3.14 แสดงแปลนวิธีการทำงานของเครื่องมือ

3.3 การออกแบบ พัฒนาการวัด 3 เฟส

3.3.1 การออกแบบ

ในการวัดไฟ 3 เฟสนั้น จะออกแบบให้วัดครั้งละเฟส แล้วนำค่าที่ได้มาบันทึกผล โดยวัดสายไฟเทียบกับสายกราว์

3.3.2 แปลนการทำงานวัด 3 เฟส



รูปที่ 3.15 แสดงแปลนวิธีการทำงานของเครื่องมือวัด 3 เฟส

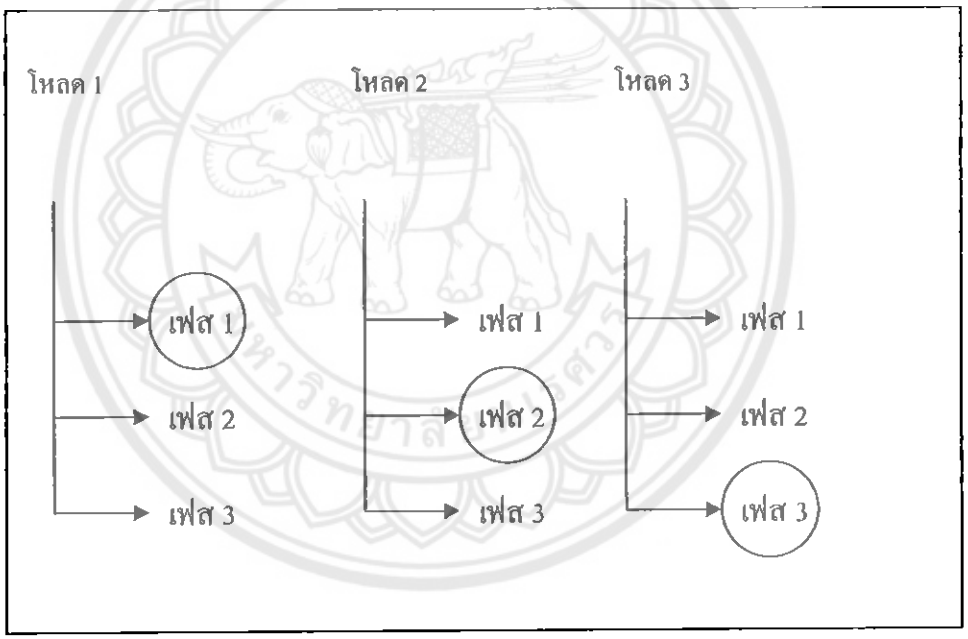
3.3.3 ส่วนของโปรแกรม

แก้ไขตัวโปรแกรมจาก ADCCON2 ให้เป็น Channel ที่ต้องการจะวัดหาค่านั้นๆแต่การวัดค่าในแต่ละ Channel ของบอร์ดมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก ไอซีออปแอมป์บกพร่อง อันเกิดจากการทดลอง ดังนั้น แต่ละ Channel จึงต้องตั้งค่าให้ได้มาตรฐานเหมือนกันหมดทุก Channel โดย SET ค่าการคำนวณในโปรแกรม Matlab

บทที่ 4
ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลทางการทดลอง

4.1 การทดลองวัดค่า กระแส แรงดัน และอุณหภูมิ

วิธีการทดลองนี้ เป็นการวัดค่าของแรงดัน กระแส และอุณหภูมิ โดยใช้คำสั่งและวิธีการใช้งานเครื่องวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ ตามที่แสดงในภาคผนวก ค. ซึ่งในการทดลอง วัดค่าจะทำการวัดโดยต่อโหลดดูความเปลี่ยนแปลงของค่ากระแส ดูความสามารถในการวัดไฟ 3 เฟสโดยการใช้จั๊มพ์เปอร์ จั๊มไปที่ Channel ที่ไม่ต้องการวัด ค่าที่ได้ของ Channel ที่ไม่ต้องการวัด จะต้องเป็นศูนย์ ส่วน Channel ที่ต้องการวัดต้องได้ค่าแรงดันกับกระแสจริง และเพิ่ม-ลดอุณหภูมิห้องจากแอร์เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรอบๆเครื่องวัด



รูปที่ 4.1 แสดงวิธีการทดลอง

โหลด 1 คือ โหลดที่ต่อเข้าในการทดลองที่ 4.1.1

โหลด 2 คือ โหลดที่ต่อเข้าในการทดลองที่ 4.1.2

โหลด 3 คือ โหลดที่ต่อเข้าในการทดลองที่ 4.1.3

เฟส 1 คือ channel ที่ 0 และ 1

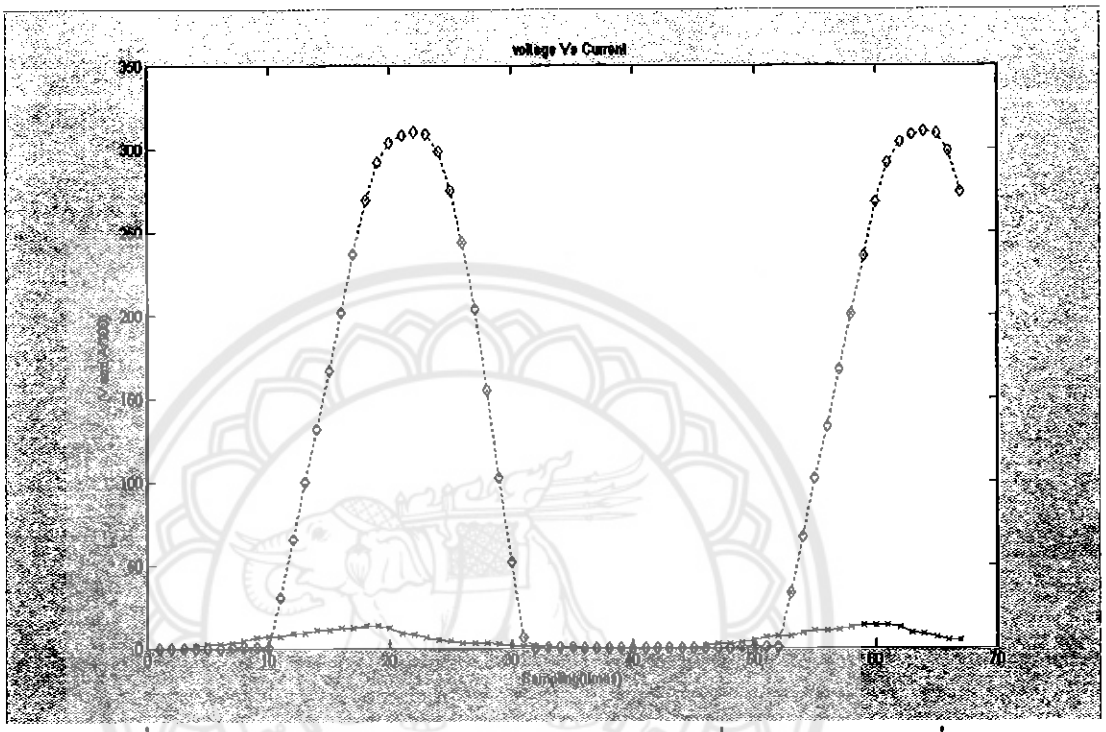
เฟส 2 คือ channel ที่ 2 และ 3

เฟส 3 คือ channel ที่ 4 และ 5

เครื่องหมายวงกลมที่วงเฟสต่างๆไว้ เพื่อแสดงว่า จะทำการวัดที่เฟสใด ในแต่ละโหลด

4.1.1 เมื่อโหลด คือ หลอดอินแคนเรสเซนต์ 1 หลอด แรงดัน 227 โวลต์ กระแส 170 มิลลิแอมป์ (กรณีสัญญาณต่อเข้าที่ Channel 0 และ Channel 1)

เฟสที่ 1 (วัดที่ Channel 0 และ Channel 1)



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 1 ของการทดลองที่ 4.1.1

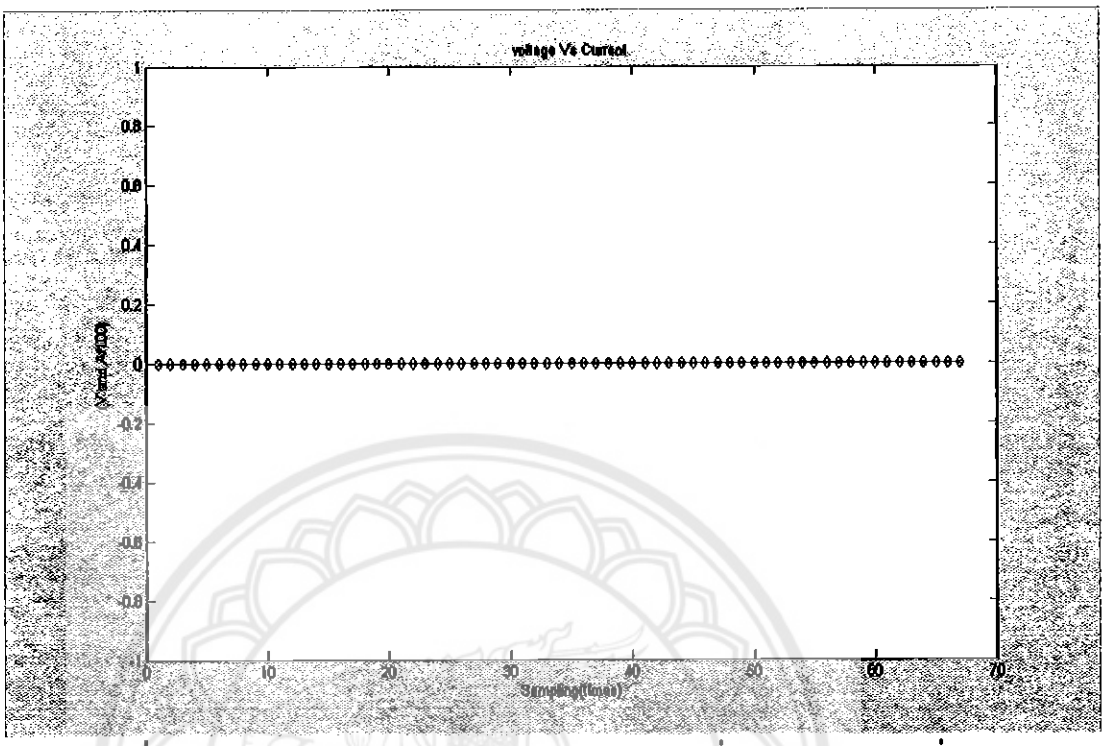
Channel = 1		
Power Factor	=	0.8090
Degree	=	-36.00 degree
Voltages lag.	=	36.00 degree
Vm	=	324 V
Im	=	248 mA
Vrms	=	229 V
Irms	=	175 mA
Power Average	=	16.2
S	=	20.1
Q	=	-11.8
Temperrature C	=	24.5 C
Temperrature F	=	75.0

ค่า Power Average คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย คำนวณจากสมการที่ (2.5)

ค่า S คือ Real Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

ค่า Q คือ Reactive Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

เฟสที่ 2 (วัดที่ Channel 2 และ Channel 3)



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 2 ของการทดลองที่ 4.1.1

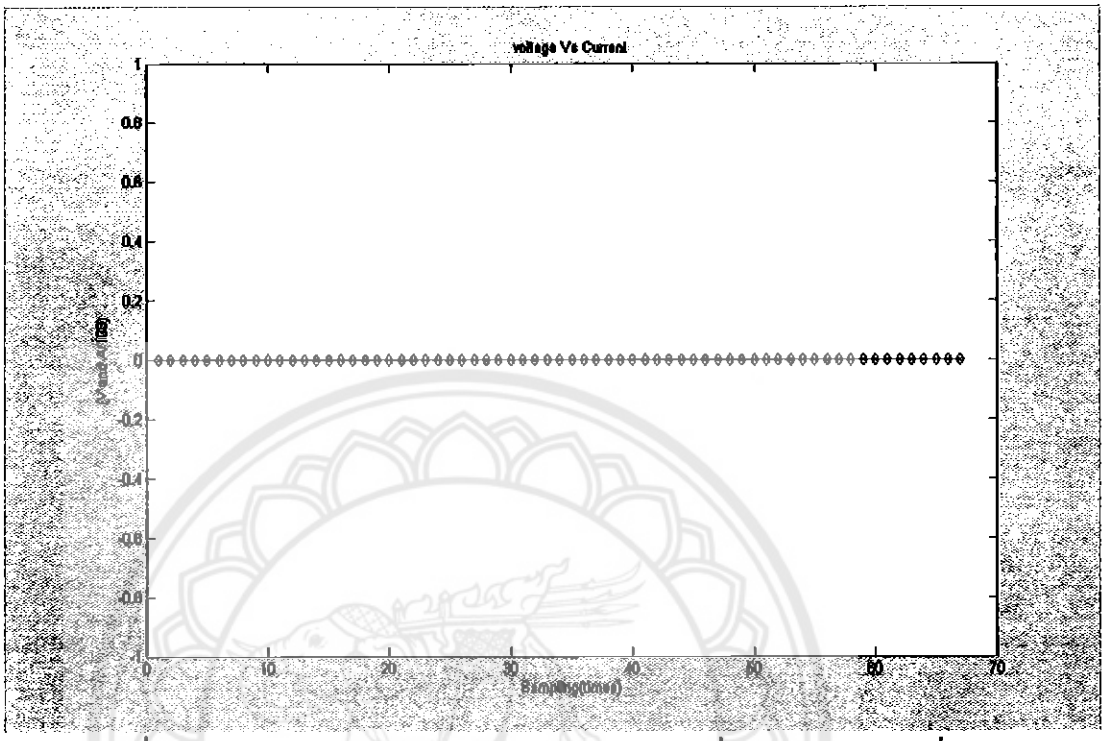
Channel =	2	
Power Factor	=	1.0000
Degree	=	0.00 degree
Voltages lead.	=	0.00 degree
Vm	=	0 V
Im	=	0 mA
Vrms	=	0 V
Irms	=	0 mA
Power Average	=	0.0
S	=	0.0
Q	=	0.0
Temperrature C	=	24.5 C
Temperrature F	=	75.0

ค่า Power Average คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย คำนวณจากสมการที่ (2.5)

ค่า S คือ Real Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

ค่า Q คือ Reactive Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

เฟสที่ 3 (วัดที่ Channel 4 และ Channel 5)



รูปที่ 4.4 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 3 ของการทดลองที่ 4.1.1

Channel = 3		
Power Factor	=	1.0000
Degree	=	0.00 degree
Voltages lead.	=	0.00 degree
Vm	=	0 V
Im	=	0 mA
Vrms	=	0 V
Irms	=	0 mA
Power Average	=	0.0
S	=	0.0
Q	=	0.0
Temperrature C	=	24.5 C
Temperrature C	=	75.0

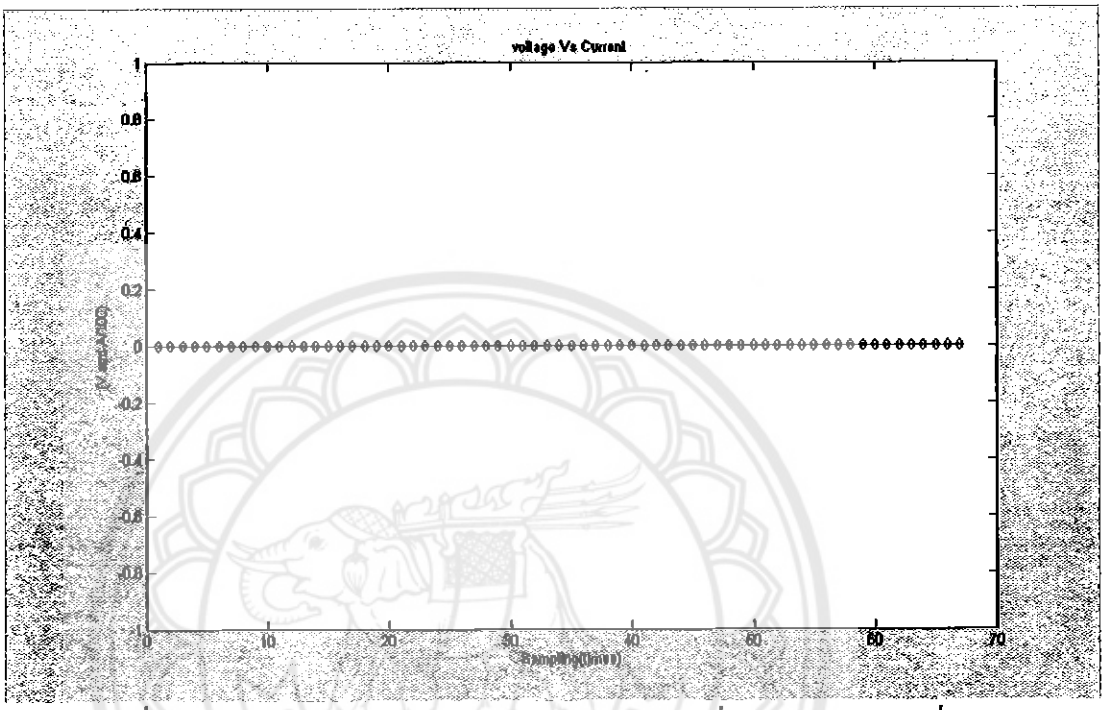
ค่า Power Average คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย คำนวณจากสมการที่ (2.5)

ค่า S คือ Real Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

ค่า Q คือ Reactive Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

4.1.2 เมื่อโหลด คือ หลอดอินแคนเรสเซนต์ 1 หลอด และ หลอดไฟ ตะเกียบ 1 หลอด แรงดัน 228 โวลต์ กระแส 230 มิลลิแอมป์ (กรณีสัญญาณต่อเข้าที่ Channel 2 และ Channel 3)

เฟสที่ 1 (วัดที่ Channel 0 และ Channel 1)



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 1 ของการทดลองที่ 4.1.2

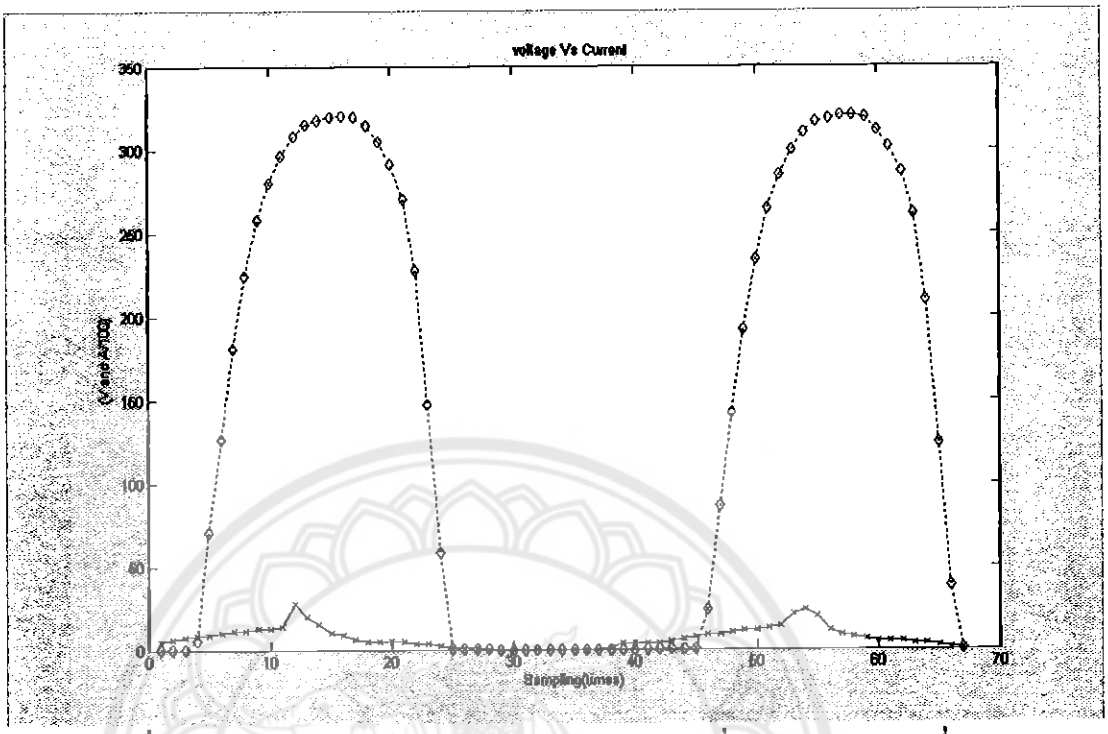
Channel =	1	
Power Factor	=	0.9877
Degree	=	9.00 degree
Voltages lead.	=	9.00 degree
Vm	=	0 V
Im	=	0 mA
Vrms	=	0 V
Irms	=	0 mA
Power Average	=	0.0
S	=	0.0
Q	=	0.0
Temperrature C	=	25.5 C
Temperrature F	=	77.0

ค่า Power Average คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย คำนวณจากสมการที่ (2.5)

ค่า S คือ Real Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

ค่า Q คือ Reactive Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

เฟสที่ 2 (วัดที่ Channel 2 และ Channel 3)



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 2 ของการทดลองที่ 4.1.2

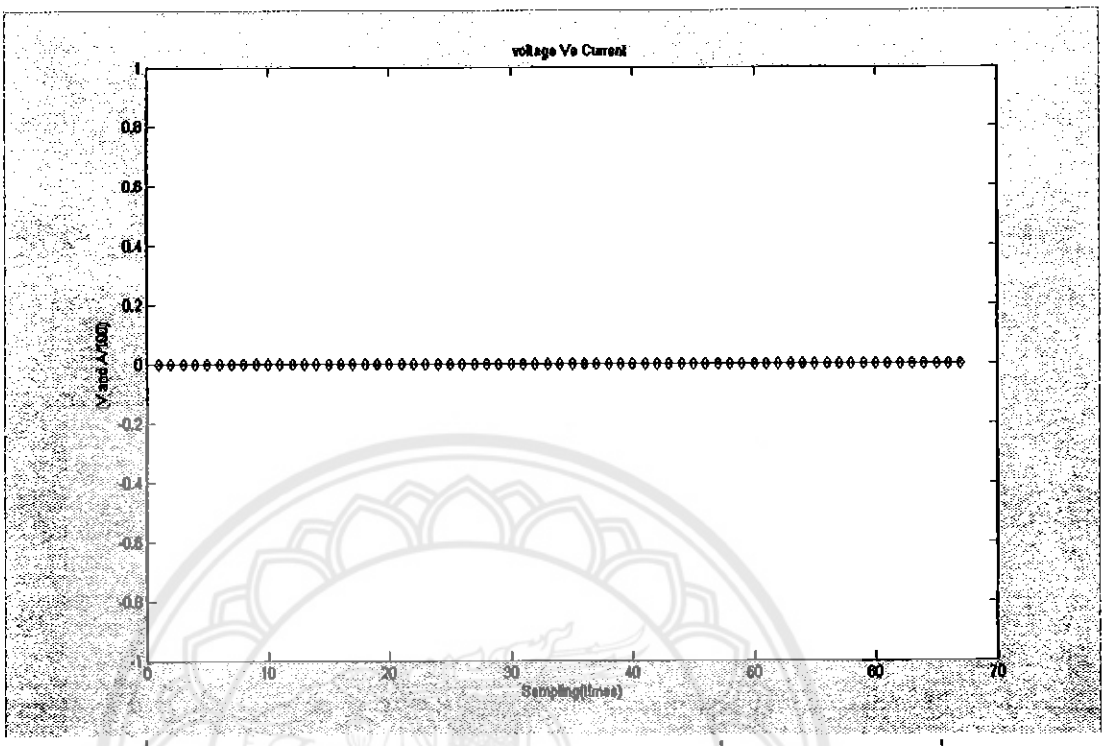
Channel = 2		
Power Factor	=	0.8090
Degree	=	-36.00 degree
Voltages lag.	=	36.00 degree
Vm	=	321 V
Im	=	513 mA
Vrms	=	227 V
Irms	=	362 mA
Power Average	=	33.2
S	=	41.1
Q	=	-24.2
Temperrature C	=	25.5 C
Temperrature F	=	77.0

ค่า Power Average คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย คำนวณจากสมการที่ (2.5)

ค่า S คือ Real Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

ค่า Q คือ Reactive Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

เฟสที่ 3 (วัดที่ Channel 4 และ Channel 5)



รูปที่ 4.7 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 3 ของการทดลองที่ 4.1.2

Channel = 3		
Power Factor	=	1.0000
Degree	=	0.00 degree
Voltages lead.	=	0.00 degree
Vm	=	0V
Im	=	0 mA
Vrms	=	0 V
Irms	=	0 mA
Power Average	=	0.0
S	=	0.0
Q	=	0.0
Temperrature C	=	25.5 C
Temperrature F	=	77.0

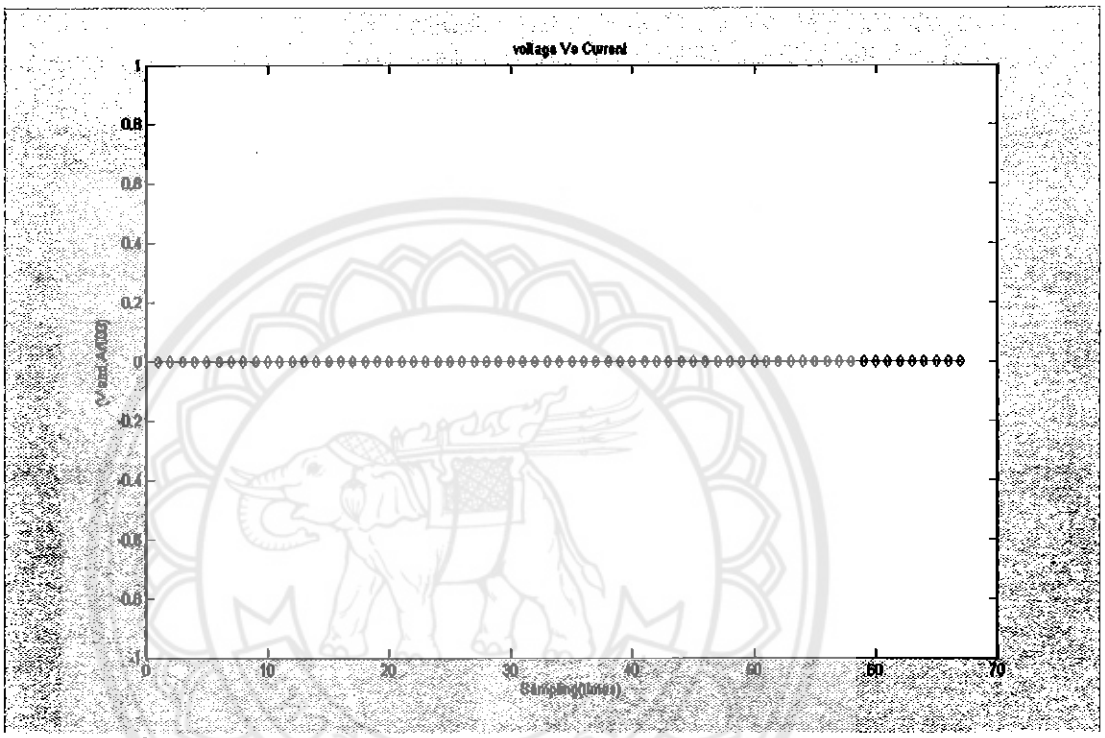
ค่า Power Average คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย คำนวณจากสมการที่ (2.5)

ค่า S คือ Real Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

ค่า Q คือ Reactive Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

4.1.3 เมื่อโหลด คือ หลอดอินแคนเรสเซน 1 หลอด , หลอดไฟตะเกียบ 1 หลอด และหลอดฟูออเรสเซน 1 หลอด แรงดัน 228 โวลล์ กระแส 610 มิลลิแอมป์ (กรณีสัญญาณต่อเข้าที่ Channel 4 และ Channel 5)

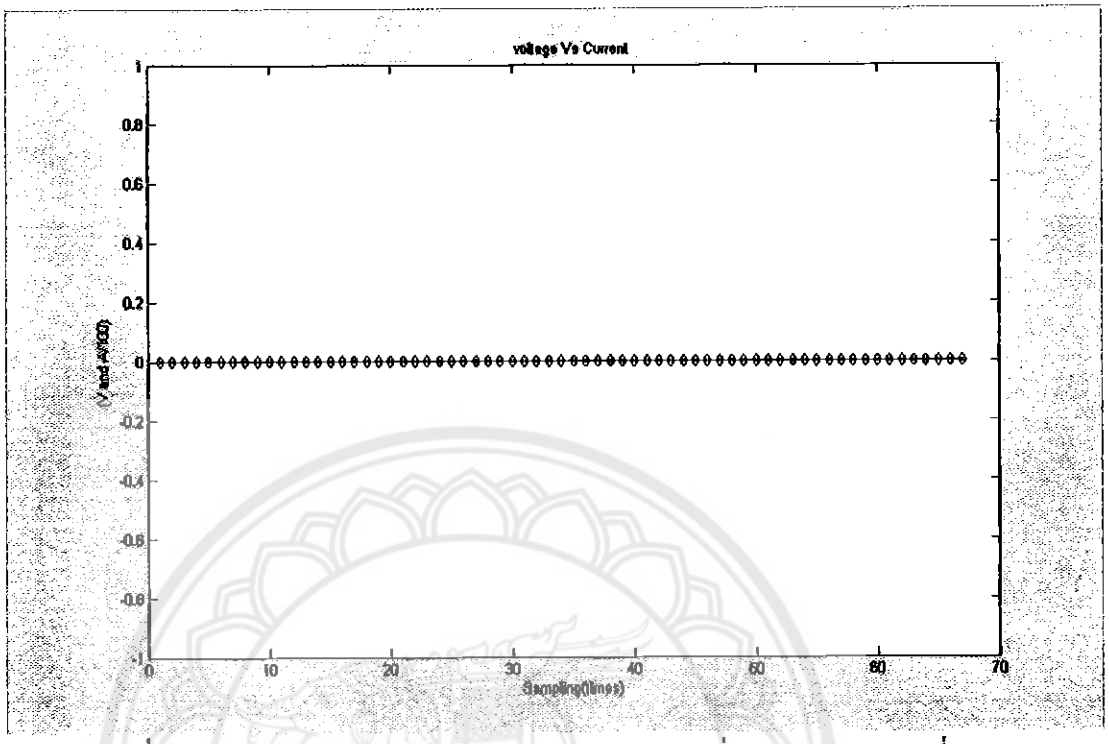
เฟสที่ 1 (วัดที่ Channel 0 และ Channel 1)



รูปที่ 4.8 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 1 ของการทดลองที่ 4.1.3

Channel = 3		
Power Factor	=	1.0000
Degree	=	0.00 degree
Voltages lead.	=	0.00 degree
Vm	=	0 V
Im	=	0 mA
Vrms	=	0 V
Irms	=	0 mA
Power Average	=	0.0
S	=	0.0
Q	=	0.0
Temperrature C	=	26.0 C
Temperrature F	=	78.0

เฟสที่ 2 (วัดที่ Channel 2 และ Channel 3)



รูปที่ 4.9 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 2 ของการทดลองที่ 4.1.3

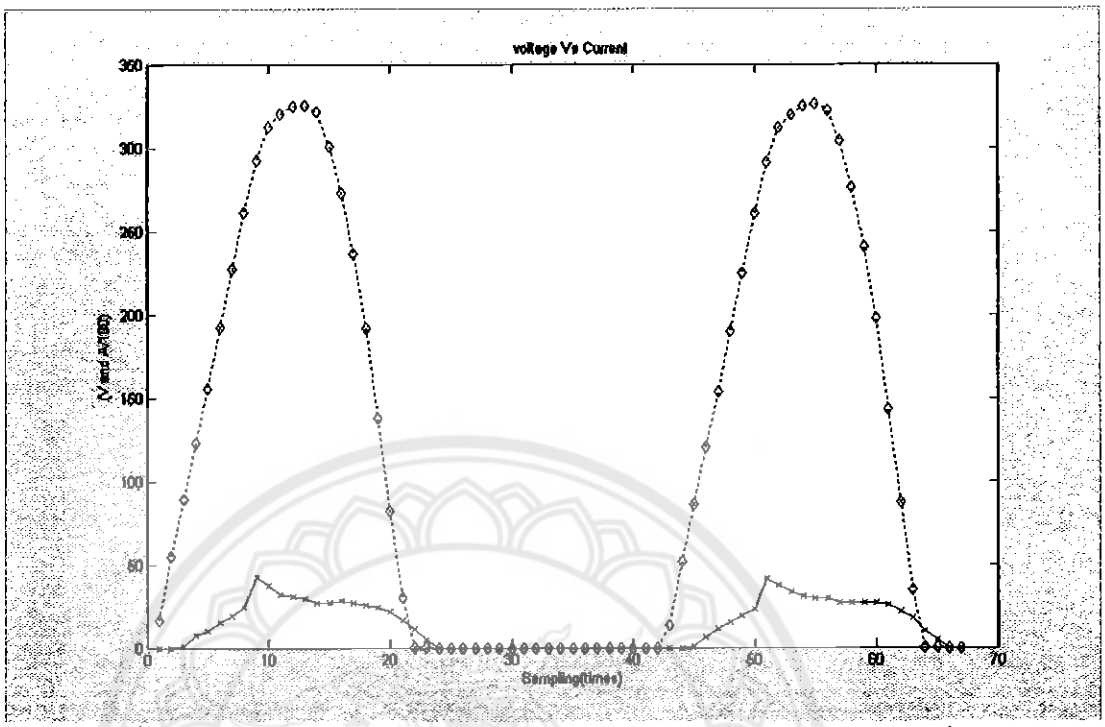
Channel =	3	
Power Factor	=	1.0000
Degree	=	0.00degree
Voltages lead.	=	0.00 degree
Vm	=	0 V
Im	=	0 mA
Vrms	=	0 V
Irms	=	0 mA
Power Average	=	0.0
S	=	0.0
Q	=	0.0
Temperrature C	=	26.0 C
Temperrature F	=	78.0

ค่า Power Average คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย คำนวณจากสมการที่ (2.5)

ค่า S คือ Real Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

ค่า Q คือ Reactive Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

เฟสที่ 3 (วัดที่ Channel 4 และ Channel 5)



รูปที่ 4.10 แสดงกราฟระหว่างแรงดันกับกระแสของเฟสที่ 3 ของการทดลองที่ 4.1.3

Channel = 3		
Power Factor	=	0.8090
Degree	=	-36.00 degree
Voltages lag.	=	36.00degree
Vm	=	326 V
Im	=	843 mA
Vrms	=	230 V
Irms	=	596 mA
Power Average	=	55.6
S	=	68.7
Q	=	-40.4
Temperrature C	=	26.0 C
Temperrature F	=	78.0

ค่า Power Average คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย คำนวณจากสมการที่ (2.5)

ค่า S คือ Real Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

ค่า Q คือ Reactive Power คำนวณจากสมการที่ (2.26)

4.2 ผลการทดลองวัดกระแสและแรงดัน

ในการทดลองหาค่ากระแสและแรงดัน โดยใช้โหลดที่ต่อเข้าไปจะมีค่าของวัตต์ที่ใช้ต่างกัน นั่นคือ กระแสของแต่ละโหลดจะต่างกันด้วย จากการทดลองที่ 4.1.1 เมื่อวัดค่าของเฟสที่ 1 ผลการทดลอง คือ จะมีแรงดันและกระแสใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากแคลมป์วัดกระแสกับแรงดัน ส่วนเฟสที่ 2 และ 3 จะมีค่าเป็นศูนย์จากการทดลองที่ 4.1.2 เมื่อวัดเฟสที่ 2 จะมีแรงดันและกระแสใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากแคลมป์วัดกระแสกับแรงดัน ส่วนเฟสที่ 1 และ 3 จะมีค่าเป็นศูนย์ จากการทดลองที่ 4.1.3 เมื่อวัดเฟสที่ 3 จะมีแรงดันและกระแสใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากแคลมป์วัดกระแสกับแรงดัน ส่วนเฟสที่ 1 และ 2 จะมีค่าเป็นศูนย์

4.3 ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิ

จากการทดลองที่ 4.1 จะเห็นว่า อุณหภูมิที่วัดในแต่ละครั้ง มีค่าสูงขึ้นตามลำดับ เพราะการวัดของการทดลองที่ 4.1 ในการวัดครั้งแรกจะให้อุณหภูมิที่ต่ำโดยการเปิดแอร์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำๆ และวัดครบให้ทั้ง 3 เฟส ก่อนการวัดครั้งที่ 2 จะทำการปิดแอร์เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้น แล้วทำการวัด ผลปรากฏว่า ค่าของอุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น ตามอุณหภูมิรอบๆเครื่องวัด

4.4 ผลการทดลองวัดค่าที่คำนวณได้จากกราฟของกระแสและแรงดัน

จากการทดลอง ค่าของแรงดันและกระแสที่รับมานั้น เมื่อนำมา plot กราฟจะได้กราฟมีลักษณะเป็นคลื่นรูปไซน์ ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่าของพาวเวอร์แฟคเตอร์ (PF) โดยดูจากการ นำค่าสูงสุดของกระแสและแรงดัน มาเปรียบเทียบหาระยะห่าง (ค่าความละเอียดประมาณ 9 องศา) , ค่าของกำลังเฉลี่ย (P) หาได้จากสมการที่ 2.5 ในบทที่ 2 , ค่าของกำลังปรากฏ (S) และค่ากำลังรีแอคทีฟ (Q) หาได้จากสมการที่ (2.25)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง ค่าของแรงดันที่นำมาวัดได้จากหม้อแปลงทั่วๆไป คือ แรงดันเข้า 220 โวลล์ และแรงดันออกมา 6 โวลต์ จากนั้นใช้วงจร Voltage Deviceder เพื่อลดค่าแรงดันเข้าบอร์ดอีกทีหนึ่ง ส่วนค่าของกระแสได้จาก Current Transformer โดยใช้ตัวต้านทานต่อเข้ากับ CT เพื่อที่จะนำค่าแรงดันเข้าบอร์ด จากนั้น คำนวณค่ากลับเพื่อหากระแสอีกที

จากผลการทดลอง ค่าของกระแสจะมีความแตกต่างกันไป โดยจะขึ้นกับโหลดที่นำมาต่อ ซึ่งกระแสที่วัดได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้น จะมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องมือที่ใช้ในการอ้างอิง แต่ค่าและกราฟที่ได้มีความผิดเพี้ยน ทั้งนี้เนื่องจาก ความผิดพลาดจากการอ่านของพอร์ต ADC และการรบกวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวดของ CT ที่เรียกว่า ฮิสเตอร์ไรซิส ซึ่งทำให้ความแม่นยำในการวัดลดลง

ค่าของแรงดันที่ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคส่งมาจะอยู่ในระดับแรงดันประมาณ 200-230 โวลต์ ซึ่งจากการทดลองวัดจะเห็นว่า ระดับค่าแรงดันที่ได้จากแคลมป์วัดแรงดันและค่าที่ได้จากเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันที่ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคส่งมา

ค่าของอุณหภูมิ สามารถวัดอุณหภูมิได้ในหน่วยขององศาเซลเซียสและหน่วยของฟาเรนไฮต์ โดยอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 0.5 องศาเซลเซียส เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีความละเอียดในการแสดงผลเป็นทศนิยม 1 ตำแหน่ง ค่าอุณหภูมิที่ได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้นสามารถวัดอุณหภูมิที่ต้องการได้ในช่วง 0-100 องศาเซลเซียส

ค่าที่ได้จากกราฟแรงดันและกระแสสามารถนำมาคำนวณหาค่าองค์ประกอบทางไฟฟ้าอื่นๆ ได้แก่ ค่าของพาวเวอร์แฟคเตอร์ (PF), ค่าของกำลังเฉลี่ย (P), ค่าของกำลังปรากฏ (S) และค่ากำลังรีแอคทีฟ (Q)

5.2 ประเมินผล

จากผลของการดำเนินงานโครงงานเมื่อเทียบกับวัตถุประสงค์ได้ผลดังนี้

5.2.1 สามารถสร้างอุปกรณ์ที่วัดค่าของแรงดัน กระแส อุณหภูมิ และองค์ประกอบต่างๆ ทางไฟฟ้าได้เช่น พาวเวอร์แฟคเตอร์ (PF) ค่าของกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (P) ค่าของกำลังไฟฟ้าปรากฏ (S) และค่ากำลังรีแอคทีฟ (Q)

5.2.2 สามารถนำข้อมูลผลทาง Matlab และนำข้อมูลไปวิเคราะห์ได้จริง โดยการอินเตอร์เฟส

5.2.3 สามารถใช้ภาษาซีในการเขียนคำสั่ง ร่วมกับ MCS-51 ได้

5.2.4 สามารถใช้ภาษาซีในการเขียนคำสั่ง ร่วมกับ โปรแกรม Matlab ได้

5.3 ปัญหา ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข

5.3.1 กรณีที่มีความละเอียดไม่เพียงพอทำให้ค่าที่ได้มีความผิดพลาดเกิดขึ้น

5.3.2 ปัญหาของ Current Transformer เนื่องตัว Current Transformer ที่ใช้วัดค่าต้องใช้โหลดที่กินกระแสสูงและโหลดที่ใช้ทดลองกินกระแสน้อย เมื่อกระแสไหลผ่าน Current Transformer ทำให้กระแสที่ออกมาน้อยมากเมื่อนำมาคำนวนทำให้ค่าที่ออกมามีความผิดพลาด การแก้ปัญหา ควรหา Current Transformer ที่เหมาะสมกับกระแสที่ใช้ หรือหาโหลดที่กินกระแสมากตาม Current Transformer

5.3.3 ปัญหาการใช้หม้อแปลงลดแรงดัน จะทำให้เฟสที่ออกจากหม้อแปลงเลื่อนไปจากเดิม และเมื่อนำค่าที่ได้มาคำนวน ตัวประกอบกำลัง ทำให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้น การแก้ปัญหา โดยการแก้ไขทางโปรแกรมคำนวน และในทางที่ดีควรใช้ Potential Transformer แทนเนื่องจากจะมีการเลื่อนเฟสน้อยมาก

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

เครื่องมือวัดตัวนี้สามารถวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้าได้ 1 เฟสในตัว และสามารถนำไปวัดค่าต่างๆทางไฟฟ้า 3 เฟส ได้โดยการนำ Current Transformer และ Potential Transformer ที่มีค่า out putของกระแส และโวลต์ ตรงกับ อุปกรณ์ในเครื่องวัด 1 เฟส ก็จะทำให้คำนวนค่าปริมาณต่างๆ ของไฟฟ้า 3 เฟสได้ และอาจจะพัฒนาโดยการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดค่าที่มีความเที่ยงตรงมากๆ มาวัด และเมื่ออุปกรณ์มีความเที่ยงตรงทางด้านของตัวโปรแกรมก็ควรออกแบบให้มีการคำนวณที่แม่นยำมากขึ้น จะทำให้ได้เครื่องมือวัดค่าที่มีความแม่นยำเมื่อเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล. **"ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51".** กรุงเทพมหานคร : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด.2521

[2] ผศ.ธีรวัตน์ ประกอบผล. **"การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี".พิมพ์ครั้งที่ 3** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).2545

[3] นิรุธ อำนวยศิลป์. **"คู่มือการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี".** กรุงเทพมหานคร : บริษัท โปรวิชัน จำกัด.2546

[4] จักรพันธ์ จิตรทรัพย์. **"คู่มือการใช้บอร์ด CP-JR51-ADUC832 V 1.0 ".พิมพ์ครั้งที่ 1** กรุงเทพมหานคร : บริษัท อีทีที จำกัด.2546

[5] ดร.ปัญญา ยอดโอวาท. **"การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit Analysis " .** กรุงเทพมหานคร : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.2546

[6] ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ. **"การใช้งานโปรแกรม Matlab เบื้องต้น".** พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2549

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
โปรแกรม สร้างเครื่องมือวัด และรูปกราฟ

โปรแกรมที่ทำงานบนบอร์ด ADUC832

```
#include<stdio.h>
#include<aduc832.h>
#include <intrins.h>
#include <math.h>
int x,n,v,y,j,i = 0;
int q1=0,q2=1, d,t,r;
long m,z;
long g,h;
char k,p;
unsigned char c;
unsigned long xdata data1[81];
unsigned long xdata addr1[81];

sbit DAT1 = P3^3;
char temp_c,temp_f,k;
unsigned char TEMBUF[2];

void delayms (unsigned char us) {     // mSec Delay 2.097152 Mhz
    int i;
          for(i=0;i<us;i++)
          {
   _nop_();
          }

}

void tmreset (void) {                 // Reset TX
   unsigned int i;
   DAT1 = 0;
   i = 17; while (i>0) i--;           // หน่วงเวลาประมาณ 900 us
   DAT1 = 1;
   _nop_();
         _nop_();
         _nop_();

}

void tmpre (void) {                   // Wait for Presence RX

   while (DAT1);
   while (~DAT1);
   _nop_();
         _nop_();
         _nop_();

}

bit tmrbit (void) {                   // read one bit
```

```
    unsigned int i;
    bit dat;
    DAT1 = 0;
    DAT1 = 1; _nop_();
    dat = DAT1;
    i = 1; while (i>0) i--;          // หน่วงเวลาประมาณ 65 us
          _nop_();
          _nop_();
          _nop_();
          _nop_();
    return (dat);
}

unsigned char tmrbyte (void) {       // read one byte
    unsigned char i,j,dat;
    dat = 0;
    for (i=1;i<=8;i++) {
      j = tmrbit ();
      dat = (j << 7) | (dat >> 1);
    }
    return (dat);
}

void tmwbyte (unsigned char dat) {          // write one byte
    unsigned int i;
    unsigned char j;
    bit testb;
    for (j=1;j<=8;j++) {
      testb = dat & 0x01;
      dat = dat >> 1;
      if (testb) {
        DAT1 = 0;                    // Write 1
        _nop_();                     // หน่วงเวลาประมาณ 4 us
        DAT1 = 1;
        i = 1; while (i>0) i--;      // หน่วงเวลาประมาณ 65 us
                        _nop_();
                        _nop_();
                        _nop_();
                        _nop_();
      }
      else {
        DAT1 = 0;                    // Write 0
        i = 1; while (i>0) i--;      // หน่วงเวลาประมาณ 65 us
                        _nop_();
                        _nop_();
                        _nop_();
                        _nop_();
        DAT1 = 1;
```

```
        _nop_();                                    // หน่วงเวลาประมาณ 4 us

      }
    }
}

void tmstart (void) {                   // ds1820 เริ่มการแปลง
   tmreset ();
   tmpre ();
   delayms (10);
   tmwbyte (0xcc);                      // skip rom
   tmwbyte (0x44);                      // convert
}

void tmrtemp (void) {                   // read temp
   unsigned char a,b;
   TEMBUF[0] = 0;
   TEMBUF[1] = 0;
   tmreset ();
   tmpre ();
   delayms (10);
   tmwbyte (0xcc);                      // skip rom
   tmwbyte (0xbe);                      // convert
   a = tmrbyte ();                      // LSB
   b = tmrbyte ();                                          // MSB

        if (b==1) return;               // ไม่เอาอุณหภูมิติดลบ
   TEMBUF[1] = a & 0x01;                // 0=x.0 1=x.5
        if( TEMBUF[1] == 1)
         {
                k = 5;
         }
        else
        {
                k = 0;
        }
   a = a >> 1;
   TEMBUF[0] = a + 1;                   // ปรับอุณหภูมิให้เหมาะสมกับประเทศไทย

}
void invest(void);
void timer0() interrupt 1
{
        TF0 = 0;
        TR0 = 0;
        TH0 = 0x0f2;
        TL0 = 0x030;
        TR0 = 1;
```

```
                ADCCON2 = 0x010+q1; /*เลือก channe ที่ q1 */
                  invest();
                  data1[i] = z;

                ADCCON2 = 0x010+q2; /*เลือก channe ที่ q2 */
                  invest();
                  addr1[i] = z;

                i++;

}
void main(void)
{

/*  set up UART       baud rate 9600 timer 3 */

 T3CON = 0x082;
 T3FD  = 0x02D;
 SCON  = 0x052;

ADCCON1 = 0x098; /*conversion mode*/

TMOD = 0x01;
TH0 = 0x0ff;
TL0 = 0x0fe;
TR0 = 1;
IE = 0x82;

while(1)
        {
                if(i > 80)
                {
                        TR0 = 0;
                        TF0 = 0;
                        ET0 = 0;
                        if(b == 2)
                                                {
                                                printf("%c\n",'3');
                                                }
                        else if(b == 1)
                                                {
                                                printf("%c\n",'2');
                                                }
                        else
                                                {
                                                printf("%c\n",'1');
                                                }
```

```
c = getchar();

switch (c)
{
case 'v':for(j=0;j<80;j++)
                        {
                        printf("%lda",data1[j]);
                        }
printf("\n");
break;

case 'i':for(j=0;j<80;j++)
                        {
                        printf("%lda",addr1[j]);
                        }
printf("\n");
        i = 0;
                IE = 0x82;
                TF0 = 1;
break;

case 't':tmstart ();          // ds1820 start convert
         delayms(10);
         tmrtemp ();      // read temperature
        delayms(10);
        temp_c = TEMBUF[0];
        temp_f = (((int)temp_c * 9)/5) + 32;
printf("%d.%d%d.%d",(int)temp_c,(int)k,(int)temp_f);
printf("\n");
        i = 0;

        if(b == 2)
                {
                q1 = 0;
                q2 = 1;
                }
        else
                {
                q1 = q1+2;
                q2 = q2+2;
                }

        b = b+1;
        if(b == 3)
        {
                b = 0;
        }
        IE = 0x82;
        TF0 = 1;
break;
```

```
                    default : {}
                    break;
                    }
                }
    }
}
void invest(void)
{
                    x = ADCDATAH;
                    y = ADCDATAL;
                    m = x;
                    m = m & 0x0f;
                    m = m << 8;
                    m = m + y;
                    z = (m*2500)/4096;  // คำนวณค่าเป็นเลขฐานสิบหน่วยเป็นมิลลิ
}
```

โปรแกรม Matlab ที่ทำงานอยู่บน PC

```
clc                 % เคลียร์ค่าทั้งหมดที่อยู่ในหน้าจอ command window ของ matlab%
s1 = serial('COM1'); % กำหนดตัวแปร S1 คือ พอร์ต com1 Baud Rate 9,600%
fopen(s1)
fprintf(s1,'');
g = fscanf(s1);
g = fscanf(s1);
fprintf(s1,'v');    % รับค่าแรงดัน %
v = fscanf(s1);
fprintf(s1,'i');
i = fscanf(s1);
i = fscanf(s1);
i = fscanf(s1);
i = fscanf(s1);     % รับค่ากระแส %
fprintf(s1,'t')
t = fscanf(s1);
t = fscanf(s1);
t = fscanf(s1);     % รับค่าอุณหภูมิ %
fprintf(s1,'t')
t = fscanf(s1);

syms b j y;
t1 = t(1,2:5);      % แบ่งค่า t ที่เป็นหน่วยอุณหภูมิและหน่วยฟาเรนไฮต์ %
t2 = t(1,6:9);
x = v(1,2:end);
[M,N] = size(v);
j = 0;
n = 0;
```

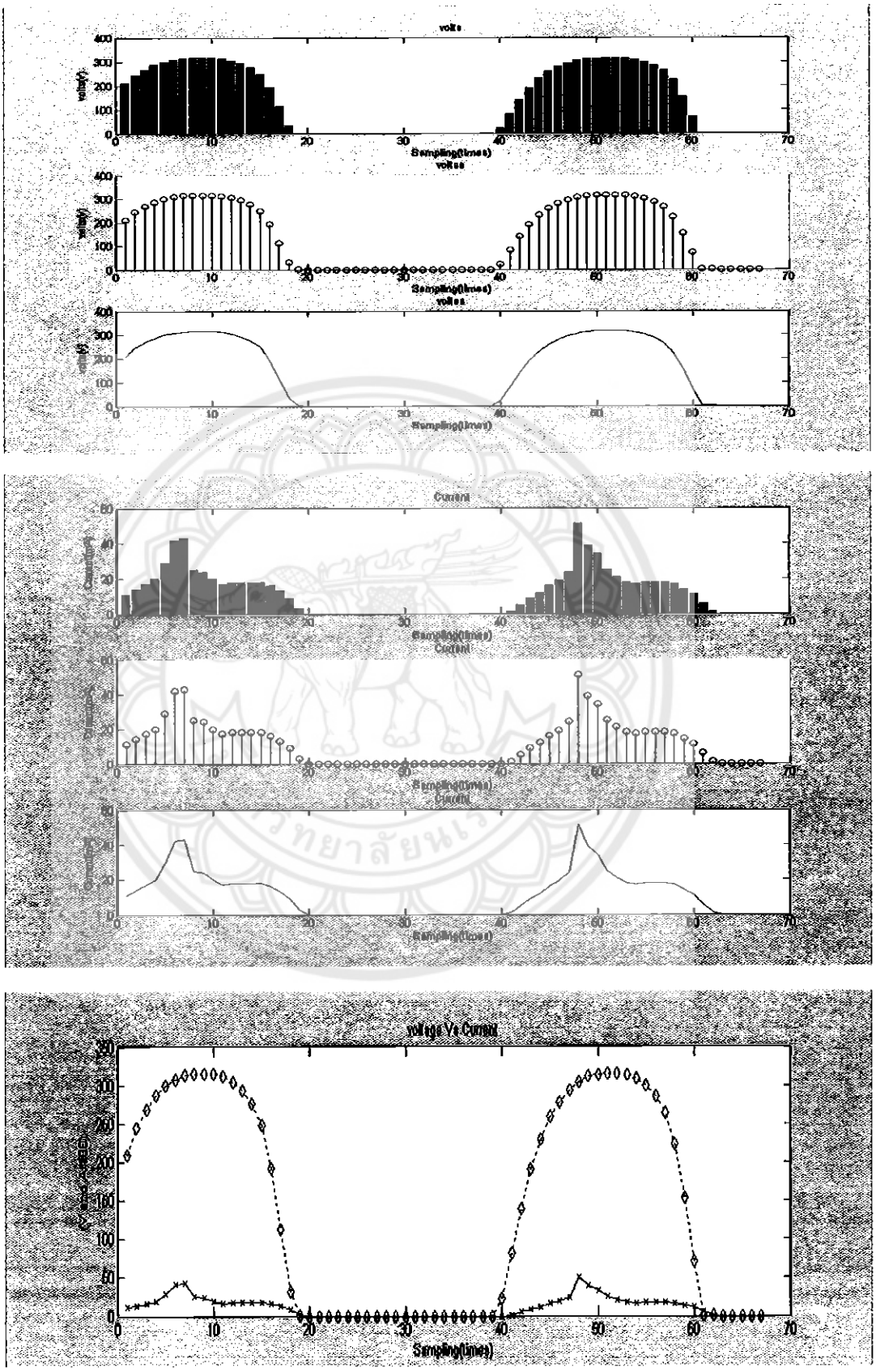
```
for b = 1:1:N-1

    if  x(b) == 'a'              % เงื่อนไขที่ใช้ในการแยกค่าของแรงดันเก็บไว้ในตัวแปร Array
       y = x(1,b-n:b-1);          ที่ชื่อ r() %
       j = j+1;
        if g(1) == '1'
         r(1,j) = (eval(y)*321)/1790;   % ปรับค่าพอร์ต ADC ที่ใช้วัดแรงดันแต่ละพอร์ต %
        elseif g(1) == '3'
         r(1,j) = (eval(y)*321)/1790;
        else
         r(1,j) = (eval(y)*321)/(1020);
        end

       n = 0;
    else
      n = n+1;
    end
end


syms i1 j1 y1;
x1 = i(1,2:end);
[m,p] = size(i);
j1 = 0;
n1 = 0;
for i1 = 1:1:p-1

 if  x1(i1) == 'a'              % เงื่อนไขที่ใช้ในการแยกค่าของกระแสเก็บ
    y1 = x1(1,i1-n1:i1-1);       ไว้ในตัวแปร Array  ที่ชื่อ r1() %
    j1 = j1+1;
     if g(1) == '1'
     r1(1,j1) = (eval(y1)/1.05);        % ปรับค่าพอร์ต ADC ที่ใช้วัดกระแส
     elseif g(1) == '3'                   ของแต่ละพอร์ต %
    r1(1,j1) = (eval(y1)*1.297);
     else
     r1(1,j1) = (eval(y1)*1.25);
    end
   n1 = 0;
    else
      n1 = n1+1;
    end
end

[mr mr1] = max(r(1,14:end));
[mr mr2] = max(r1(1,1:j1-13));
```

```
if  mr2 < 40                                % เงื่อนไขการหาระยะทาง เพื่อนำไป
   [mr0 mr11]= max(r(1,14:40+14));          คำนวณค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์%
   [mr0 mr22] = max(r1(1,1:40));
   mr3 = mr22-mr11;
else
   [mr0 mr11]= max(r(1,40+14:end));
   [mr0 mr22] = max(r1(1,40:end));
   mr3 = mr22-mr11;
end
Vm1 = max(r(1,1:40));              % คำนวณค่าต่างๆทางไฟฟ้าในช่วงคาบแรก %
Im1 = max(r1(1,1:40))*100/5;
s01 =(max(r(1,1:40))/sqrt(2))*(max(r1(1,1:40))/sqrt(2))/100;
P1 = (max(r(1,1:40))/2)*(max(r1(1,1:40)))/100;

Vm2 = max(r(1,41:end));            % คำนวณค่าต่างๆทางไฟฟ้าในช่วงคาบที่สอง%
Im2 = max(r1(1,41:end))*100/5;
s02 =(max(r(1,41:end))/sqrt(2))*(max(r1(1,41:end))/sqrt(2))/100;
P2 = (max(r(1,41:end))/2)*(max(r1(1,41:end)))/100;


k = 1:1:j-18;
k1 = 1:1:j1-18;
xx = ((pi*(mr3))/20);          % คำนวณหาค่าความต่างของมุมระหว่างแรงดันกับกระแส %
figure(3);
plot(k,r(1,19:j1),'d:',k1,r1(1,1:j1-18),'-x')   % Plot กราฟระหว่างแรงดันกับกระแส %
title 'voltage Vs Current'
xlabel('Sampling(times)');ylabel('(V and A/100)')

Vm = ((Vm1+Vm2)/2);          % จากการทดลองพบว่า พอร์ต ADC สำหรับวัดแรงดัน
if Vm <= 2                    ที่ไม่ได้ทำการต่อวัด แต่มีค่าแรงดันอยู่ที่พอร์ต มีค่าเท่ากับ 1
   Vm = 0;                    ดังนั้นจึงทำการแก้ไขปัญหานี้โดยใช้เงื่อนไข %
   k = 1:1:j-13;
   k1 = 1:1:j1-13;
   figure(1);
   subplot(311)
   bar(k,r(1,14:end)*0);
   title 'volts'
   xlabel('Sampling(times)');ylabel('volts(v)')
   subplot(312)
   stem(k,r(1,14:end)*0);
   title 'volts's
   xlabel('Sampling(times)');ylabel('volts(v)')
   subplot(313)
   plot(k,r(1,14:end)*0);
   title 'volts's
```

```
    xlabel('Sampling(times)');ylabel('volts(v)')
    figure(3);
    plot(k,r(1,4:j1-10)*0,'d:',k1,r1(1,1:j1-13)*0,'-x')
    title 'voltage Vs Current'
    xlabel('Sampling(times)');ylabel('(V and A/100)')

else
    Vm = ((Vm1+Vm2)/2);
    k = 1:1:j-13;
    k1 = 1:1:j1-13;
    figure(1);
    subplot(311)
    bar(k,r(1,14:end));
    title 'volts'
    xlabel('Sampling(times)');ylabel('volts(v)')
    subplot(312)
    stem(k,r(1,14:end));
    title 'volts's
    xlabel('Sampling(times)');ylabel('volts(v)')
    subplot(313)
    plot(k,r(1,14:end));
    title 'volts's
    xlabel('Sampling(times)');ylabel('volts(v)')
end

Im = ((Im1+Im2)/2);          % จากการทดลองพบว่า พอร์ต ADC สำหรับวัดกระแส
if Im < 140                  ที่ไม่ได้ทำการต่อวัด แต่มีค่าแรงดันอยู่ที่พอร์ต มีค่าเท่ากับ 135
    Im = 0;                  ดังนั้นจึงทำการแก้ไขปัญหานี้โดยใช้เงื่อนไข %
    k = 1:1:j-13;
    k1 = 1:1:j1-13;
    figure(2);
    subplot(311)
    bar(k1,r1(1,1:j1-13)*0);
    title 'Current'
    xlabel('Sampling(times)');ylabel('Current(mA)')
    subplot(312)
    stem(k1,r1(1,1:j1-13)*0);
    title 'Current'
    xlabel('Sampling(times)');ylabel('Current(mA)')
    subplot(313)
    plot(k1,r1(1,1:j1-13)*0);
    title 'Current'
    xlabel('Sampling(times)');ylabel('Current(mA)')
    figure(3);
    plot(k,r(1,4:j1-10)*0,'d:',k1,r1(1,1:j1-13)*0,'-x')
    title 'voltage Vs Current'
    xlabel('Sampling(times)');ylabel('(V and A/100)')
else
```

```
   Im = (Im1+Im2)/2;
   k = 1:1:j-13;
   k1 = 1:1:j1-13;
   figure(2);
   subplot(311)
   bar(k1,r1(1,1:j1-13));
   title 'Current'
   xlabel('Sampling(times)');ylabel('Current(mA)')
   subplot(312)
   stem(k1,r1(1,1:j1-13));
   title 'Current'
   xlabel('Sampling(times)');ylabel('Current(mA)')
   subplot(313)
   plot(k1,r1(1,1:j1-13));
   title 'Current'
   xlabel('Sampling(times)');ylabel('Current(mA)')
end
 Irms = ((Im)/sqrt(2));          % คำนวณค่า Irms %
Vrms = Vm/sqrt(2);               % คำนวณค่า Vrms %
s = (s01+s02)/2;                 % คำนวณค่า Real Power %
PF = cos(xx);                    % คำนวณค่า Power Factor%
P = s*PF;                        % คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย %
degree =(xx*180)/pi;             % คำนวณค่าเฟสหน่วยเป็นองศา %

   if degree > 0                 % แสดงผลของกระแสนำหน้าหรือล้าหลัง %
     l_r = sprintf('Current lag.  = %.2f degree',abs(degree));
   else
     l_r = sprintf('Current lead.  = %.2f degree',abs(degree));
   end
Q = (s*sin(xx));                 % คำนวณค่า Reactive  Power %

 if mr3 < -11                    % เมื่อต่อสายวัดผิดหรือเกิดการบกพร่องของเครื่องมือวัด %
  sprintf('Error : Please check divice \n')      % จะแสดงผล Error ออกมา%
 elseif  mr3 > 11
  sprintf('Error : Please check divice \n')
 else
sprintf('    Channel =    %s\n Power Factor  = %.4f\n Degree       = %.2f degree\n
%s\n Vm          = %.0f V\n Im          = %.0f mA\n Vrms        = %.0f  V\n Irms
= %.0f mA\n Power Average  = %.1f \n S          = %.1f\n Q          = %.1f\n
temperrature c = %s C\n temperrature f = %s
\n',g,PF,degree,l_r,Vm,Im,Vrms,Irms,P,s,Q,t1,t2)    % แสดงค่าต่างๆออกมาทั้งหมด%
 end
fclose(s1);      % ปิดพอร์ต S1 เพื่อความสะดวกในการใช้งานครั้งต่อไป%
```

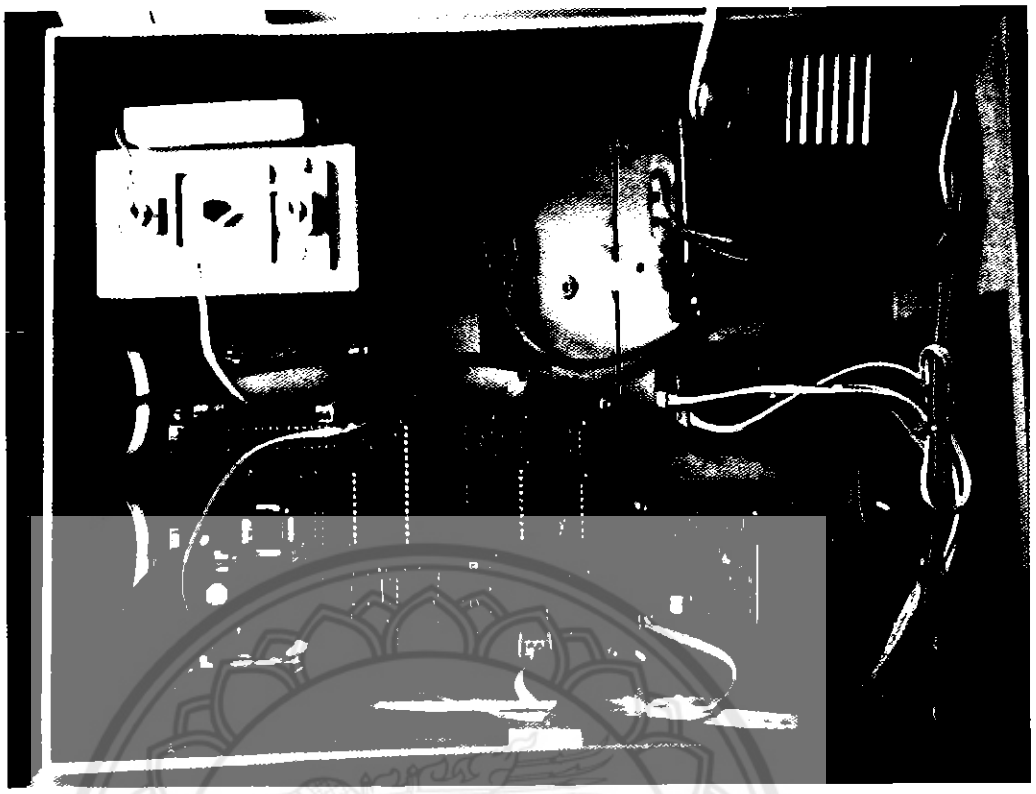
ผลที่แสดงออกทาง Matlab



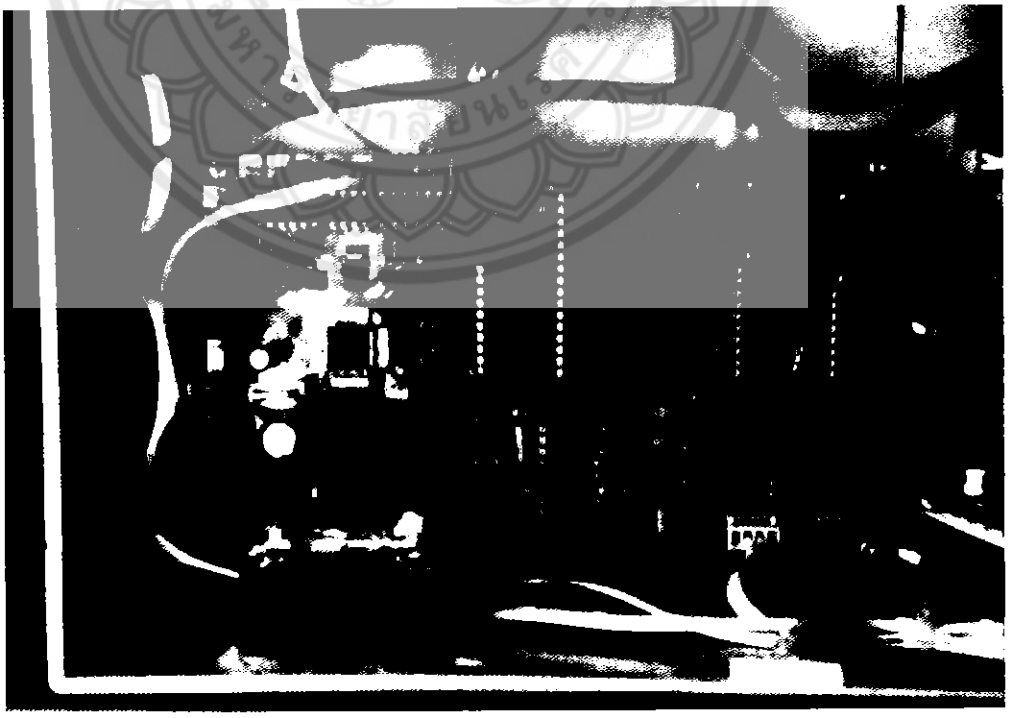
รูปกราฟ กระแสเทียบกับแรงดัน

ภาคผนวก ข

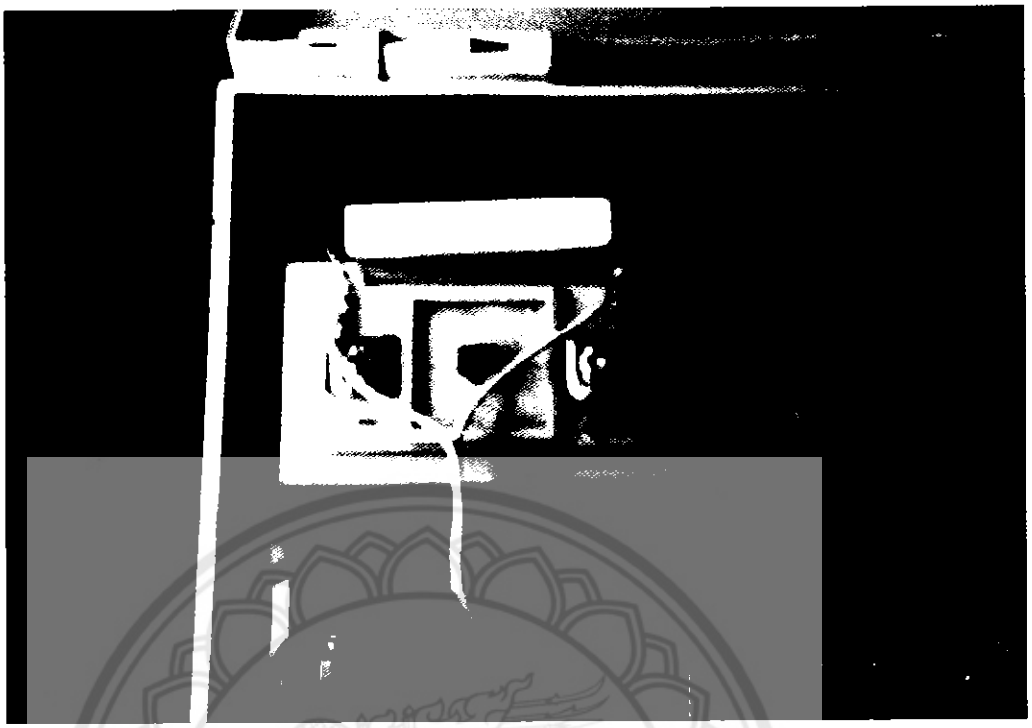
วงจร อุปกรณ์ และบอร์ดต่างๆ



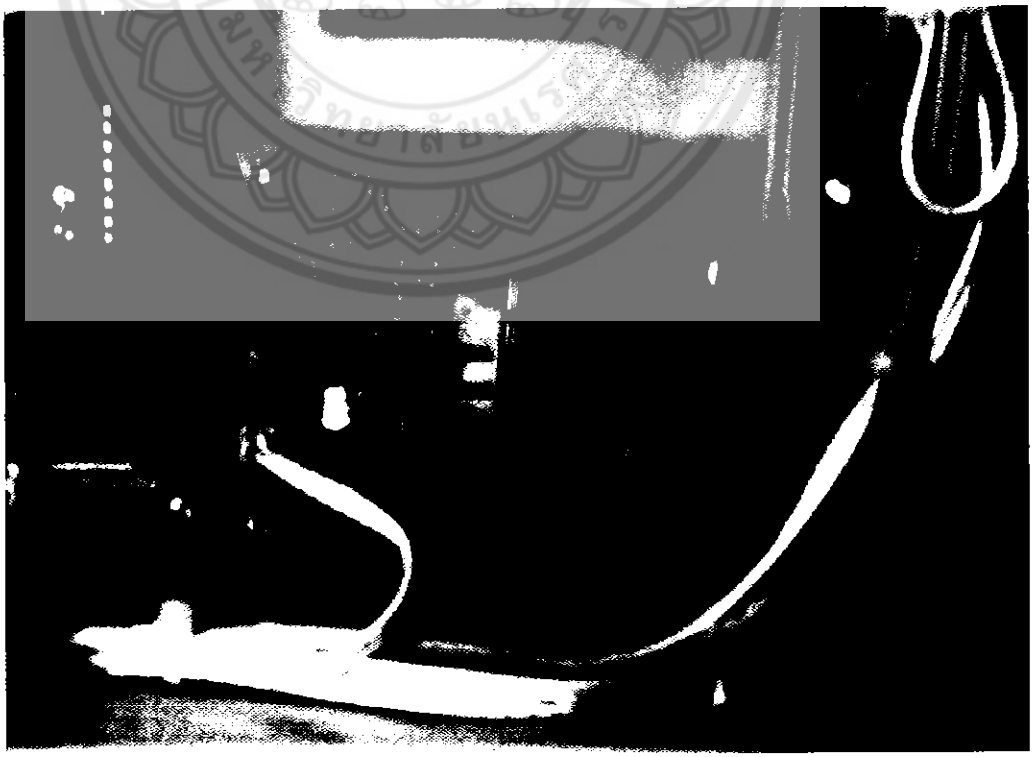
รูปภาพ วงจรภายในเครื่องวัด



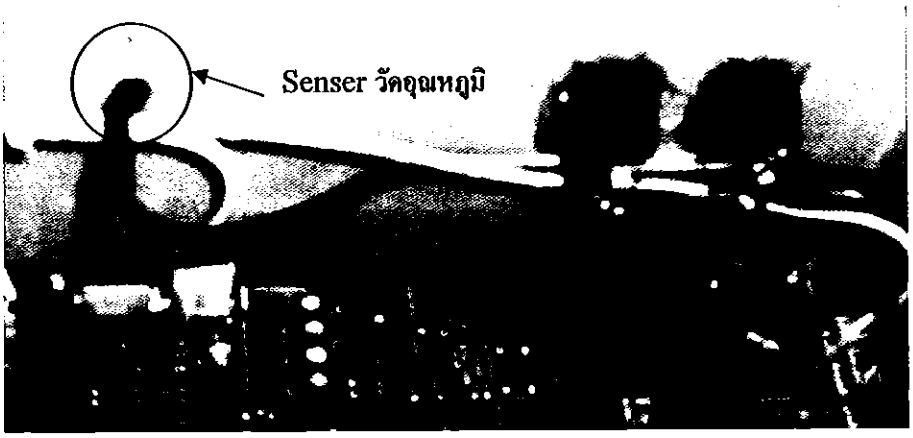
รูปภาพ บอร์ด ADUC832



รูปภาพ Current Fransformer (CT) ต่อกับตัวต้านทาน 50 โอมห์ ตามรูปที่ 3.14



รูปภาพ วงจรหม้อแปลงแรงดัน ตามรูปที่ 3.14



รูปภาพ เซ็นเซอร์วัดอุณภูมิต่อกับบอร์ด

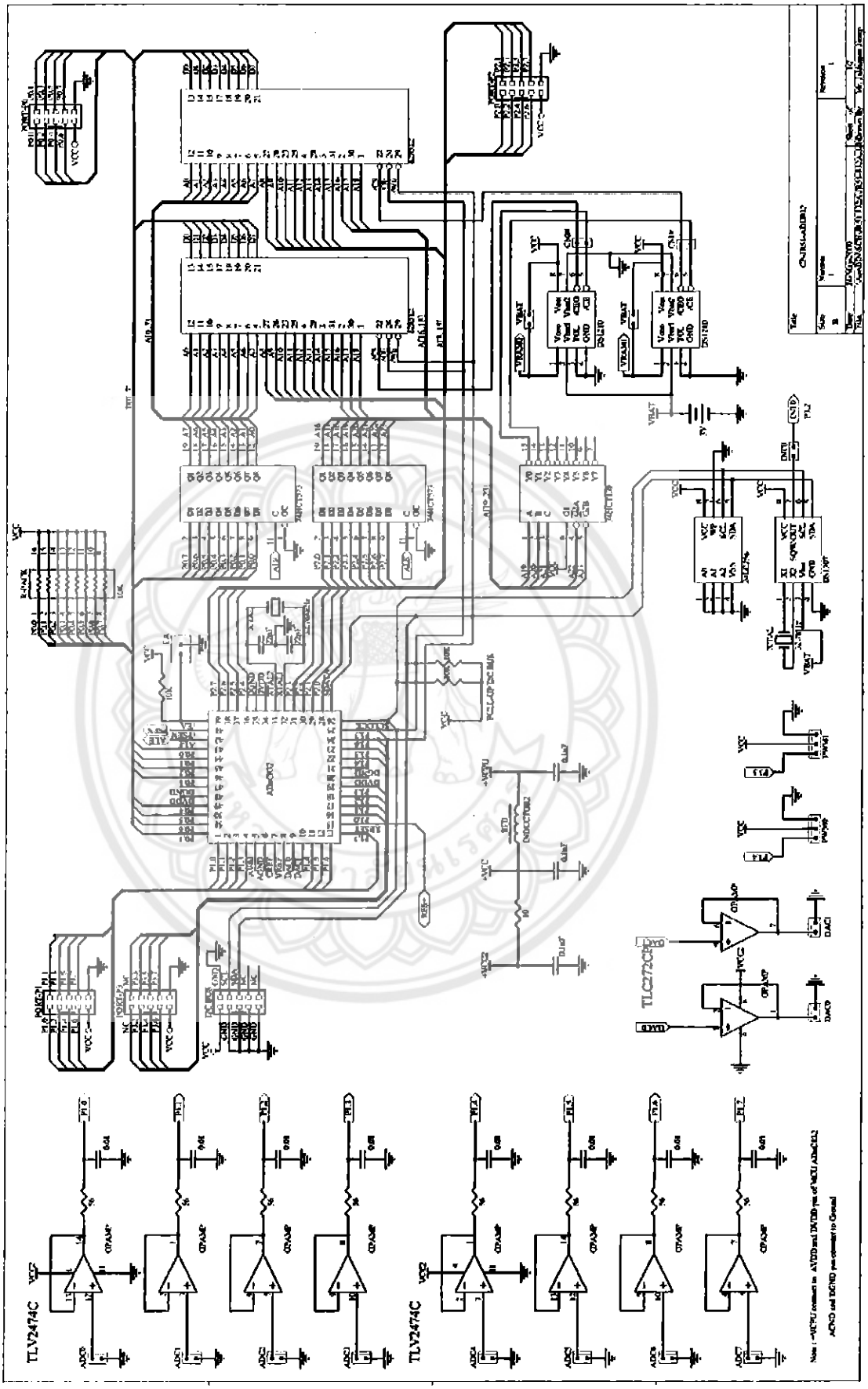
รูปภาพ เครื่องวัด

ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้เครื่องวัด

คู่มือการใช้งาน

1. **เช็คการต่ออุปกรณ์ให้เรียบร้อย**
   1.1 ต่อสายเข้าพอร์ตอนุกรม RS323
   1.2 เสียบปลั๊กเพื่อ จ่ายแรงดันเลี้ยงบอร์ด 5 โวลล์
   1.3 เปิดสวิทส์เพื่อจ่ายแรงดันเข้าบอร์ด
   1.4 ต่อโหลดที่ต้องการวัดและค่าของกระแสจะเปลี่ยนแปลงไปตามโหลดที่ต่อ
   1.5 เสียบปลั๊กสายไฟเพื่อวัดค่าแรงดัน กระแส และเพาร์เวอร์แฟกเตอร์
2. **โหลดตัวโปรแกรมเบิร์นลงบอร์ด**
   ตัวโปรแกรมที่เขียนไว้แล้วนั้น ทำการเบิร์นลงบอร์ดไว้แล้ว ดังนั้น จึงไม่ต้องเบิร์นลงอีก สามารถนำไปใช้ได้เลย
3. **เปิดโปรแกรม Matlab เพื่อทำการวัดค่าและแสดงผลออกมา**
   3.1 เปิดโปรแกรม Matlab
   3.2 ไปที่ command window จากนั้นพิมพ์คำว่า ch (m.File)
   3.3 ค่าที่ต้องการวัดจะแสดงผลออกมาทั้งหมด รวมทั้งกราฟด้วย
   3.4 ค่าที่ออกมาครั้งแรกจะเป็นค่าที่ได้จาก channel 0 และ channel 1 (เฟส 1)
   3.5 ไปที่ command window จากนั้นพิมพ์คำว่า ch ก็จะได้เฟสที่ 2
   3.6 ทำข้อ 3.2 ไปจนครบ 3 ครั้ง หมายความว่าครบ 3 เฟสแล้ว ครั้งต่อไปจะวนมาที่เฟส 1 ใหม่

ภาคผนวก ง
วงจรภายในของบอร์ด ADUC832



รูปภาพ วงจรภายในบอร์ด ADUC832

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายเลอสรรค์ จันทร์นุช

วัน/เดือน/ปีที่เกิด 6 มิถุนายน พ.ศ. 2527

ภูมิลำเนา 15 หมู่ 7 ต.ท่าโรง อ.วิเชียรบุรี จ. เพชรบูรณ์ 67130

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนิยมศิลป์อนุสรณ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

E-mail : Electrical_x@hotmail.com

ชื่อ นายสุทธิพงษ์ อุ่นจารย์

วัน/เดือน/ปีที่เกิด 30 มกราคม พ.ศ. 2527

ภูมิลำเนา 13 หมู่ 2 ต.เรือง อ.เมือง จ.น่าน 55000

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

E-mail : sutthipong_commu@hotmail.com