

ระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
DATA ACQUISITION SYSTEMS FOR A SOLAR CELL POWER SYSTEM



นายศิริชัย พุทธา รหัส 51361766

นายอัศวินท์ ทานท่า รหัส 51364583

ชื่อสมาชิกสหกรณ์
วันที่รับ.....	21 มิ.ย. 2555
เลขประจำตัว	1607487X
เลขเรื่อง
.....
.....

2 664

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

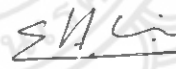
ปีการศึกษา 2554

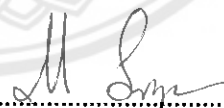


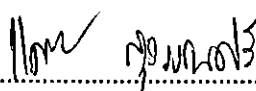
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ ระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
ผู้ดำเนินโครงการ นายศิริชัย พุทธิธา รหัส 51361766
นายอัครวิทย์ ทานท่า รหัส 51364583
ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร. สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบรจรัม อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ผศ.ดร. สุชาติ แย้มเม่น)


.....กรรมการ
(ดร. มุทธิตา สงมจันทร)


.....กรรมการ
(ดร. แดทริยา สุวรรณศรี)

ชื่อหัวข้อโครงการ ระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
ผู้ดำเนินโครงการ นายศิริชัย พุทธิธา รหัส 51361766
นายอัศวินท์ ทานท่า รหัส 51364583
ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร. สุชาติ เข้มเม่น
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนาาระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (ATmega32) ประมวลผลของสัญญาณแรงดัน และกระแสที่ได้รับทั้งชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรงพร้อมจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดทุก 5 วินาทีลงในหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ดตลอด 24 ชั่วโมง

จากผลการทดลองพบว่าระบบเก็บข้อมูลที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถเก็บข้อมูลสัญญาณแรงดัน และกระแสไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ต่ำ

Project title Data Acquisition Systems for a Solar Cell Power System
Name Mr. Sirichai Puttha ID. 51361766
Mr. Akkarawin Tanta ID. 51364583
Project advisor Assistant Professor Suchart Yammen, Ph.D.
Major Electrical Engineering
Department Electrical and Computer Engineering
Academic year 2011

.....

Abstract

This project presents the development of a data acquisition system for solar cell power system by using a microcontroller (ATmega32) processing of both voltage and current signals either AC or DC power. The data are also stored every 5 seconds into the Micro-SD memory card through 24 hours a day.

From experimental results, it was found that the developed data acquisition system can efficiently store the voltage and current signals and the mean absolute error is low.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน คณะผู้ดำเนินโครงการจึงขอถือโอกาสนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุชาติ เข้มเม่น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและให้ความกรุณาในการตรวจสอบโครงการและเนื้อหาในรูปแบบปฏิญญานิพนธ์ให้งานออกมาดีที่สุดใน รวมถึงให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ความรู้ในการทำ โครงการ ผู้ดำเนินโครงการขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านตลอดไป

ขอขอบพระคุณ ดร.มุกิตา สงฆ์จันทร์ และ ดร.แคทรียา สุวรรณศรี ซึ่งเป็นคณะกรรมการในการสอบโครงการที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในโครงการนี้ ทำให้โครงการออกมาสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณประทีป สังข์แป้น ซึ่งเป็นนิสิตปริญญาโทที่ให้ความรู้ในการทำโครงการนี้ โดยเป็นความรู้ที่นอกเหนือไปจากที่ได้เรียนมา อีกทั้งยังให้คำปรึกษา แนะนำต่างๆที่ได้เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำโครงการ อีกทั้งยังให้ยืมอุปกรณ์ต่างๆในการทำโครงการนี้ คณะผู้จัดทำโครงการจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆตลอดระยะเวลา 4 ปี ซึ่งเป็นความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการทำโครงการนี้และยังสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพในอนาคต

สุดท้ายนี้เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้จัดทำโครงการขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้มอบความรัก ความเมตตากรุณา และเป็นกำลังใจเสมอมา เป็นที่ปรึกษาในทุกๆเรื่องไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้ ด้านการทำงาน ด้านการใช้ชีวิต อีกทั้งยังสนับสนุนทางการเงิน ความสำเร็จในครั้งนี้จะไม่เกิดขึ้นเลยถ้าหากขาดความรัก ความห่วงใย และกำลังใจเหล่านี้ คณะผู้จัดทำโครงการจึงขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ เป็นอย่างสูง และขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวของคณะผู้จัดทำที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ด้วย

นายศิริชัย พุทธา

นายอัศวินท์ ทานท่า

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ.....	3
1.6 งบประมาณ.....	3
บทที่ 2 หลักการทำงานของระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์.....	4
2.1 วงจรตรวจจับกระแส.....	4
2.2 วงจรแบ่งแรงดัน.....	5
2.3 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	6
2.3.1 โครงสร้างทั่วไป.....	6
2.3.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR-ATmega.....	8
2.3.3 รูปแบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32.....	8
2.3.4 หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32.....	11
2.3.5 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32.....	11
2.4 ภาษาคอมพิวเตอร์.....	12
2.4.1 ภาษาระดับสูง.....	12
2.5 แหล่งจ่ายไฟที่ใช้หม้อแปลงวงจรเรียงกระแส วงจรกรอง และวงจรคุมค่า.....	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 สื่อบันทึกข้อมูลดิจิทัล	15
2.6.1 หน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด	15
2.7 การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด	16
2.8 การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์.....	19
2.8.1 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย.....	19
2.8.2 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย.....	19
2.8.3 ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย.....	19
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์.....	20
3.1 การออกแบบอุปกรณ์.....	21
3.1.1 ขั้นตอนออกแบบชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	21
3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบชุดตรวจสอบสัญญาณ	26
3.1.3 ขั้นตอนการออกแบบชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณ	33
3.2 การออกแบบการทำงานของระบบ	35
3.2.1 วงจรตรวจจับสัญญาณและปรับปรุงสัญญาณ	36
3.2.2 ส่วนประมวลผลสัญญาณ.....	38
3.2.3 ส่วนการทำงานเก็บข้อมูล.....	39
3.3 การพัฒนาฮาร์ดแวร์ระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบเซลล์ไฟฟ้าแสงอาทิตย์.....	39
3.3.1 ผลการติดตั้งหม้อแปลงลดแรงดัน 220 โวลต์เป็น 9 โวลต์.....	39
3.3.2 ผลการติดตั้งหม้อแปลงลดแรงดัน 220 โวลต์เป็น 12 โวลต์.....	40
3.3.3 ผลการติดตั้งฟิวส์ (Fuse) ขนาด 1 แอมแปร์.....	40
3.3.4 ผลการติดตั้งสวิตช์เปิด-ปิด.....	41
3.3.5 ผลการประกอบวงจรแหล่งจ่ายควบคุมระดับแรงดัน 5 และ 12 โวลต์.....	41
3.3.6 การประกอบวงจรควบคุมระดับแรงดัน -8 และ +8 โวลต์.....	42
3.3.7 การประกอบวงจรควบคุมระดับแรงดันปรับค่าได้ตั้งแต่ -15.57, ถึง +15.57 โวลต์.....	43
3.3.8 การประกอบวงจรลดระดับแรงดันสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง	44
3.3.9 การประกอบชุดวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง.....	45
3.3.10 การประกอบชุดวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ	46
3.3.11 การประกอบชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.12 การประกอบชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก	48
3.3.13 การติดตั้งโมดูลสำหรับหน่วยความจำไมโครเอสดี	50
3.4 ผลการพัฒนาด้านซอฟต์แวร์.....	51
3.4.1 ผลการเขียนโปรแกรมสำหรับการป้อนข้อมูลวันเดือนปีและเวลาให้กับระบบ.....	51
3.4.2 ผลการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างไฟล์สำหรับเก็บข้อมูล.....	56
3.4.3 การเขียนโปรแกรมเพื่อการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล.....	57
3.4.4 การเขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผลของข้อมูล.....	57
3.4.5 ผลการเขียนโปรแกรมเพื่อจัดเก็บข้อมูล.....	57
บทที่ 4 การทดสอบและวิเคราะห์ผล.....	58
4.1 ผลการทดสอบระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	60
4.1.1 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้น	60
4.1.2 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้น.....	63
4.1.3 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้น	65
4.1.4 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้น.....	67
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	70
4.2.1 ผลการทดสอบของเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสตรง.....	70
4.2.2 ผลการทดสอบของเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	71
4.2.3 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง.....	71
4.2.4 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรง	72
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	74
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ.....	74
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	75
5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงการ.....	77
เอกสารอ้างอิง	78

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์.....	79
ภาคผนวก ข รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายเลข ATmega32.....	86
ภาคผนวก ค รายละเอียดของไอซี DS1307.....	93
ภาคผนวก ง รายละเอียดของไอซี LM350.....	96
ภาคผนวก จ รายละเอียดของไอซีเรกกูเลเตอร์ หมายเลข LM7805.....	100
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดของไอซีเรกกูเลเตอร์ หมายเลข LM7812.....	102
ภาคผนวก ช รายละเอียดของไอซีเรกกูเลเตอร์ หมายเลข LM7908.....	105
ภาคผนวก ซ รายละเอียดของไอซี MAX232.....	108
ภาคผนวก ฌ รายละเอียดของไอซี LM7808.....	111
ภาคผนวก ฎ รายละเอียดของไอซี LM1117.....	114
ภาคผนวก ฏ รายละเอียดทรานซิสเตอร์ หมายเลข BC547.....	117
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	120

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32.....	10
2.2 แสดงค่าของอุปกรณ์และแรงดันเอาต์พุต.....	14
2.3 รายละเอียดขาสัญญาณต่างๆเมื่อใช้การเชื่อมต่อในโหมด SPI MODE	16
4.1 ผลการทดสอบวัดแรงดันกระแสตรงครั้งที่ 1	61
4.2 ผลการทดสอบวัดแรงดันกระแสตรงครั้งที่ 2.....	62
4.3 ผลการทดสอบวัดแรงดันกระแสสลับครั้งที่ 1.....	64
4.4 ผลการทดสอบวัดแรงดันกระแสสลับครั้งที่ 2.....	64
4.5 ผลการทดสอบวัดกระแสชนิดไฟฟ้กระแสตรงครั้งที่ 1	66
4.6 ผลการทดสอบวัดกระแสชนิดไฟฟ้กระแสตรงครั้งที่ 2.....	67
4.7 ผลการทดสอบวัดกระแสชนิดไฟฟ้กระแสสลับครั้งที่ 1	69
4.8 ผลการทดสอบวัดกระแสชนิดไฟฟ้กระแสสลับครั้งที่ 2	69
4.9 ค่าเฉลี่ยแรงดันกระแสตรงจากการทดสอบ.....	70
4.10 ค่าเฉลี่ยแรงดันกระแสสลับจากการทดสอบ.....	71
4.11 ค่าเฉลี่ยกระแสชนิดไฟฟ้กระแสตรงจากการทดสอบ.....	72
4.12 ค่าเฉลี่ยกระแสชนิดไฟฟ้กระแสสลับจากการทดสอบ	73

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หลักการทำงานของวงจรตรวจจับกระแส.....	4
2.2 วงจรแบ่งแรงดัน	5
2.3 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	8
2.4 การทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32	9
2.5 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่ใช้หม้อแปลง วงจรเรียงกระแส วงจรกรอง และวงจรคุมค่า	13
2.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	13
2.7 ระบบแหล่งจ่ายกำลังแบบคุมค่า.....	14
2.8 หน่วยความจำแอสติการ์ตและออปเตอเรตอร์	15
2.9 การอ่านเขียนข้อมูลลงไมโครแอสติการ์ต	17
3.1 แนวคิดการทำงานของระบบเก็บข้อมูล.....	20
3.2 วงจรจ่ายแรงดันกระแสตรงแรงดัน 5 โวลต์ และแรงดัน 12 โวลต์	21
3.3 ลายทองแดงและอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	22
3.4 วงจรจ่ายแรงดันกระแสตรงแรงดันปรับค่าได้ 0 ถึง -15.76 โวลต์	23
3.5 ลายทองแดงและอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายปรับค่าได้แรงดัน -15.76 ถึง +15.76 โวลต์	24
3.6 วงจรจ่ายกระแสตรงแรงดัน +8 โวลต์ และแรงดัน -8 โวลต์	25
3.7 ลายทองแดงและอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน -8 โวลต์ และแรงดัน +8 โวลต์	25
3.8 ลายวงจรทองแดงและอุปกรณ์ชุดตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง.....	26
3.9 วงจรแบ่งแรงดันสำหรับจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง.....	26
3.10 วงจรตรวจจับแรงดันสำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ.....	28
3.11 ลายทองแดงชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านหน้า.....	28
3.12 อุปกรณ์และค่าของอุปกรณ์.....	29
3.13 ลายทองแดงชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านหลัง	29
3.14 ชุดตรวจจับกระแสสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง	29
3.15 วงจรขยายสัญญาณไฟฟ้าชนิดกระแสตรง	30
3.16 ลายวงจรและอุปกรณ์ของวงจรขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง.....	30
3.17 วงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ	31
3.18 หม้อแปลงไฟฟ้ากระแส.....	32
3.19 ลายทองแดงชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านหน้า.....	32
3.20 ตำแหน่งอุปกรณ์และค่าของอุปกรณ์.....	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 ลายทองแดงชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านหลัง	33
3.22 ลายทองแดงและอุปกรณ์ของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์	34
3.23 วงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณ	35
3.24 ขั้นตอนการทำงานของระบบเก็บข้อมูล	36
3.25 ขั้นตอนการตรวจจับและปรับปรุงสัญญาณ	36
3.26 ขั้นตอนการตรวจจับและปรับปรุงสัญญาณ	37
3.27 ขั้นตอนการตรวจจับและปรับปรุงสัญญาณ	37
3.28 ขั้นตอนการตรวจจับและปรับปรุงสัญญาณ	38
3.29 การทำงานของระบบประมวลผลสัญญาณ	38
3.30 แสดงการทำงานการเก็บข้อมูลลงไมโครเอสดีการ์ด	39
3.31 หม้อแปลงลดแรงดัน 220 โวลต์เป็น 9 โวลต์	39
3.32 หม้อแปลงลดแรงดัน 220 โวลต์เป็น 12 โวลต์	40
3.33 ฟิวส์ (Fuse)	40
3.34 สวิตช์เปิด-ปิด	41
3.35 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าควบคุมระดับแรงดันขนาดแรงดัน 5 และ 12 โวลต์	42
3.36 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าควบคุมระดับแรงดันขนาดแรงดัน +8, -8 โวลต์	43
3.37 วงจรควบคุมระดับแรงดันปรับค่าได้ตั้งแต่ -15.57, 0 และ +15.57 โวลต์	44
3.38 วงจรลดระดับแรงดันสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง	45
3.39 ชุดวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง	46
3.40 ชุดวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ	47
3.41 ชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	48
3.42 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก	49
3.43 โมดูลสำหรับหน่วยความจำไมโครเอสดี	50
3.44 การต่อชุดเก็บข้อมูลกับคอมพิวเตอร์โดยเชื่อมต่อผ่าน RS-232	51
3.45 การสร้างไฟล์ใหม่สำหรับไฮเปอร์เทอร์มินอล (HyperTerminal)	52
3.46 การเลือกพอร์ต (Port) ที่เชื่อมกับ RS-232	52
3.47 การตั้งค่าการสื่อสารอนุกรม	53
3.48 การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ RS-232	53
3.49 รายการสำหรับการตั้งค่าเวลา	54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.50 การตั้งค่าวันเดือนปี.....	54
3.51 การตั้งเวลา ณ ปัจจุบัน.....	55
3.52 แสดงข้อมูลทั้งหมดที่ป้อนเข้าไป.....	55
3.53 การออกจากรายการการตั้งค่าเวลา.....	56
3.54 ไฟล์ที่สร้างเสร็จ โดยแสดงวันเดือนปีเป็นชื่อไฟล์.....	56
3.55 ผลการเก็บข้อมูล.....	57
4.1 ผลการขึ้นรูปชิ้นงานที่ประกอบจนเสร็จสมบูรณ์ (ชั้นล่าง).....	58
4.2 ผลการขึ้นรูปชิ้นงานที่ประกอบจนเสร็จสมบูรณ์ (ชั้นบน).....	59
4.3 การทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสตรง.....	60
4.4 การทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ.....	63
4.5 การทดสอบเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรง.....	65
4.6 การทดสอบเพื่อหาความผิดพลาดของเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ.....	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

พลังงานแสงอาทิตย์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการเป็นทางเลือกสำหรับการลดใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและเป็นพลังงานสะอาด เพื่อการลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันได้เริ่มมีการหันมาใช้พลังงานแสงอาทิตย์มากขึ้นเมื่อติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์เป็นเวลานานจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากการหาประสิทธิภาพเป็นเรื่องยุ่งยาก โครงการนี้จึงสร้างระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บข้อมูล

ในปัจจุบัน อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เนื่องจากระบบที่มีขนาดเล็ก จึงต้องการพื้นที่ในการติดตั้งน้อย ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถประมวลผลโปรแกรมที่ซับซ้อนได้ดี รวดเร็ว และการโปรแกรมข้อมูลได้สะดวก สามารถกำหนดเงื่อนไข โปรแกรมข้อมูลได้อย่างหลากหลาย เอาท์พุทสามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกแบบต่างๆ ได้หลากหลาย อุปกรณ์ที่นำมาแสดงผลประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ได้มีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประมวลผลและแสดงข้อมูลผ่านระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ได้สะดวกยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อสร้างระบบรวบรวมเก็บข้อมูลในระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์โดยการใช้วงจรมิโครคอนโทรลเลอร์และนำข้อมูลที่รับมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบ โดยเก็บข้อมูลที่รับทั้งหมดไว้ในหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด (Micro SD Card)

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) เก็บข้อมูลกระแสไฟฟ้าชนิดไฟฟ้ากระแสตรงและชนิดไฟฟ้ากระแสสลับทุกๆ 5 วินาที ซึ่งข้อมูลที่เก็บได้จะเก็บไว้ในหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด
- 2) เก็บข้อมูลแรงดันไฟฟ้าชนิดไฟฟ้ากระแสตรงและชนิดไฟฟ้ากระแสสลับทุกๆ 5 วินาที ซึ่งข้อมูลที่เก็บได้จะเก็บไว้ในหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

ระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลแรงดันและกระแสของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และมีความแม่นยำในการเก็บข้อมูล

1.6 งบประมาณ

1) ชุดเครื่องมือวัดสัญญาณ	10,500 บาท
2) ค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดเก็บข้อมูล	1,500 บาท
3) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญานิพนธ์	500 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สองพันบาทถ้วน)	<u>12,500 บาท</u>
หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ	



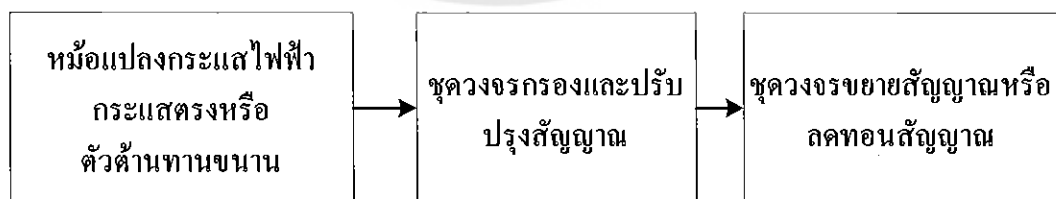
บทที่ 2

หลักการการทำงานของระบบระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

โครงการนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการเก็บข้อมูลของเครื่องตรวจจับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในวงจรตรวจจับกระแส วงจรแบ่งแรงดันหลักการเหนี่ยวนำ กฎของโอห์ม หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ภาษาคอมพิวเตอร์และคำสั่งที่ใช้เขียนสั่งการไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักการสื่อสารกับหน่วยความจำต่างๆ รวมถึงหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด เพื่อนำหลักการต่างๆ ไปใช้ออกแบบระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพและการทำงานที่ดีที่สุด

2.1 วงจรตรวจจับกระแส

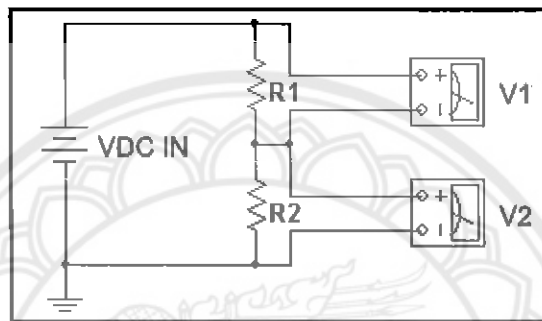
สำหรับการตรวจจับกระแส นั้น โดยส่วนใหญ่จะให้หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าในการตรวจจับสัญญาณ โดยใช้หลักการการเหนี่ยวนำไฟฟ้าเมื่อมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าผ่านมายังขดลวดในกรณีที่เป็แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ และจะใช้ตัวต้านทานขนานในการตรวจวัดสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งในการวัดไม่สามารถใช้หลักการการเหนี่ยวนำมาใช้ได้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงจึงต้องใช้หลักการกฎของโอห์มเข้ามาในการวัด โดยทั้งสองแบบจะมีการนำค่าที่ได้มากรองและปรับปรุงสัญญาณเพื่อให้สัญญาณมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน จากนั้นอาจมีการลดหรือขยายแรงดันตามต้องการดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของวงจรตรวจจับกระแส

2.2 วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider)

เป็นการนำความต้านทานมาต่ออนุกรมกันเพื่อต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟที่มี เพื่อแบ่งแรงดันไฟฟ้าออกได้เป็นหลายๆค่าตามที่ต้องการ แต่ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายที่จ่ายให้นั้นมีขนาดมากเกินไปความต้องการ จึงได้นำหลักการแบ่งแรงดันมาใช้ในการทำโครงการชิ้นนี้เพื่อทำให้แรงดันไฟฟ้าที่มีแรงดันสูงถูกลดระดับแรงดันลงมาให้มีแรงดันที่พอดีกับการใช้งานวงจรแบ่งแรงดันแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 วงจรแบ่งแรงดัน

จากรูปที่ 2.2 V_{in} จะถูก R_1 และ R_2 แบ่งแรงดันไฟฟ้าออกเป็น 2 ส่วน คือ V_1 และ V_2 และขนาด V_1, V_2 จากกฎของโอห์มสามารถหาได้จากสมการที่(2.1) และ (2.2) และสามารถหาขนาด V_1, V_2 จากการแบ่งแรงดันไฟฟ้าได้จากสมการที่(2.3) และ (2.4) ดังนี้

$$V_1 = I_1 \times R_1 \quad (2.1)$$

$$V_2 = I_1 \times R_2 \quad (2.2)$$

$$V_1 = V_{in} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2.3)$$

$$V_2 = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.4)$$

โดยที่ V_1 = แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R_1 (โวลต์)

V_2 = แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 (โวลต์)

V_{in} = แรงดันที่ป้อนเข้ามา (โวลต์)

R_1 = ค่าตัวต้านทานตัวที่ 1 (โอห์ม)

R_2 = ค่าตัวต้านทานตัวที่ 2 (โอห์ม)

2.3 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน ตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือขบวนการต่างๆซึ่งอาจทำขึ้นมาจากวงจรไฟฟ้ากลไก พีแอลซี (PLC) ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวเองมีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเน้นความสมบูรณ์ภายในตัวเองและง่ายต่อการนำไปใช้งานหรือแก้ไขดัดแปลง

ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter) วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse Width Modulator) ฯลฯ ซึ่งขึ้นกับผู้ผลิตที่จะใส่เข้าไป เพื่อเพิ่มความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์และจุดประสงค์ในการใช้งานความแตกต่างของไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครคอมพิวเตอร์คือ ไมโครคอมพิวเตอร์นั้นต้องการอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก เช่น หน่วยความจำอินพุต/เอาต์พุต (I/O) ฯลฯ ส่วน ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีสมบูรณ์ภายในตัวซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้

CPU (Central Processing Unit)

RAM (Random Access Memory)

EPROM/PROM/ROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

I/O (Input/Output) - Serial and Parallel

Timers

2.3.1 โครงสร้างทั่วไป

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

ก) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (Central Processing Unit: CPU) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียูทำหน้าที่ประมวลผลชุดคำสั่งและการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์

ข) หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดานจดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะ

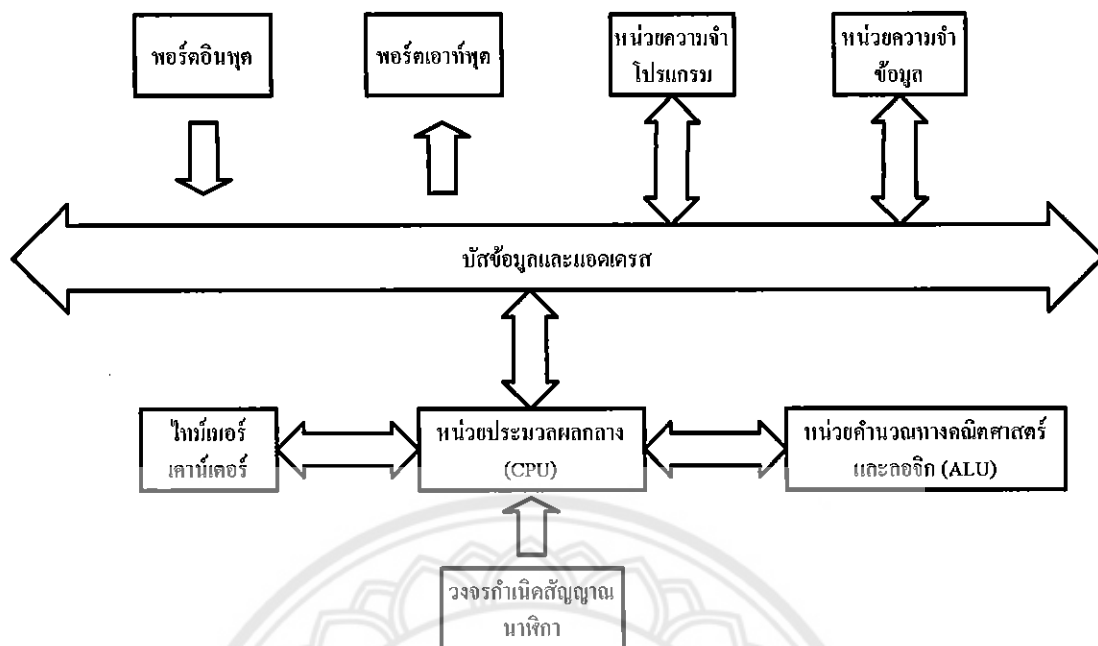
ทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม(RAM) ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (Erasable Electrically Read-Only Memory: EEPROM) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

ค) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต (Port) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกหรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือพอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุตเพื่อรับสัญญาณ อาจจะใช้การกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

ง) ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (Bus) ช่องทางเดินของสัญญาณหรือบัส (Bus) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่างซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

จ) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกานับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

การควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นกระทำผ่านกระบวนการควบคุมโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อบอกถึงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากลักษณะที่ถูกระบุขึ้น โดยผู้เขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งควบคุมการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการกำหนดพอร์ตให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต สามารถกำหนดหน่วยความจำภายในซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูลและเป็นที่พักข้อมูลตามความต้องการ โดยในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละคำสั่ง จะอ้างอิงเวลาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยมีโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

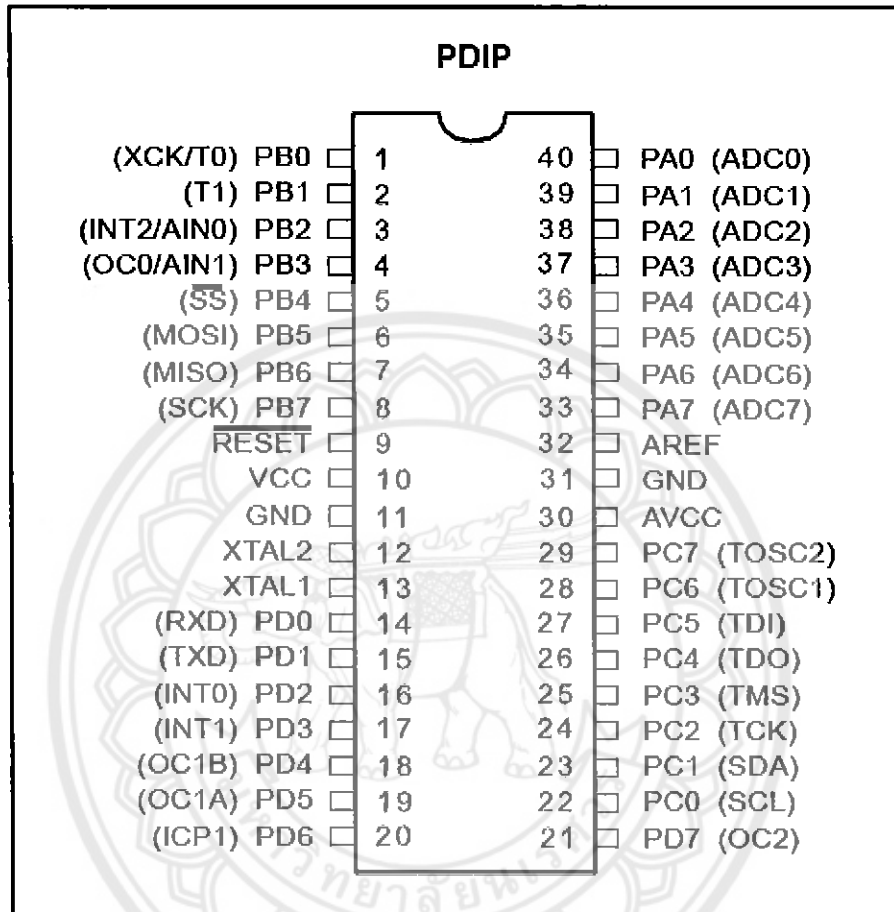
2.3.2 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR-ATmega

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานในปัจจุบันของค่าย AVR ในตระกูล ATmega ที่นิยมใช้งาน มีอยู่ด้วยกันหลายรุ่น เช่น หมายเลข ATmega8 ATmega16 ATmega32 ATmega64 และ ATmega128 เป็นต้น ในแต่ละโครงสร้างของแต่ละหมายเลขมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่คล้ายคลึงกัน อันได้แก่ หน่วยความจำภายใน จำนวนขา จำนวนพอร์ต จำนวนของความเร็วที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกไมโครโปรเซสเซอร์ไปใช้งานจึงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้หรือความเหมาะสมของงาน สำหรับในโครงการนี้ผู้ดำเนินโครงการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32 เพราะต้องการวงจรที่ประมวลผลค่าสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลที่ใช้อินพุต 7 ช่องสัญญาณ และใช้ส่วนเชื่อมต่อกับโมดูลไมโครเอสดีการ์ด (Module Micro SD Card) 7 ช่องสัญญาณ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32 นั้นมีจำนวนพอร์ตของอินพุตและเอาต์พุตรวมถึงจำนวนขา ความเร็วในการประมวลผลที่เหมาะสมกับการใช้งานในโครงการที่มีความยืดหยุ่นมาก สำหรับการนำมาทำโครงการชิ้นนี้ และยังสามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่ต้องยุ่งยาก

2.3.3 รูปแบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล ATmega32 มีรูปแบบของสถาปัตยกรรมตามแบบของ AVR มีการออกแบบให้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด แสดงการจัดการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ในแบบตัวถังขาฝั่ง 40 ขา สามารถใส่กับช่อง

ใส่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขาตั้งแต่ 40 ขาขึ้นไปได้อย่างสะดวก โดยมีลักษณะการจัดวางขาต่างๆ ไว้ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การทำงานของขาไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32

รายละเอียดการทำงานของขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR หมายเลข ATmega32 มีแบบตัวดัง 40 ขา นั้นมีการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการทำงานแต่ละขาของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32

ขา	หน้าที่การทำงาน
VCC	เป็นขาสำหรับต่อไฟเลี้ยง 5 V
GND	สำหรับต่อลงกราวด์
XTAL1/XTAL2	ต่อกับตัวผลิตสัญญาณนาฬิกาซึ่งโดยทั่วไปมีค่าเท่ากับ 16 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz)
RST (Reset)	เป็นขาอินพุตเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการป้อนสัญญาณลอจิก 1
ALE/PROG (Address Latch Enable)	เป็นขาสัญญาณเอาต์พุตเพื่อเลตซ์ค่าแอดเดรสตำแหน่งข้อมูล (Address Bus, A0-A7) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และเป็นขาสัญญาณเอาต์พุตเพื่อควบคุมการโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
PSEN (Program Store Enable)	เป็นขาสัญญาณสไตรบเมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยการส่งสัญญาณสไตรบนี้ 2 ครั้งใน 1 พัลส์สัญญาณนาฬิกา
Port 0 (P0.0-P0.7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตให้กับอุปกรณ์ภายนอก แบบ Open Drain ดังนั้นการใช้งานพอร์ต 0 จึงจำเป็นต้องต่อตัวต้านทาน Pull Up ด้วย นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นขาบั๊สที่อยู่ (A0-A7) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกและบั๊สข้อมูล (D0-D7)
Port 1 (P1.0-P1.7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตต่อกับอุปกรณ์ภายนอก แบบมีตัวต้านทาน Pull Up ภายใน
Port 2 (P2.0-P2.7)	เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตต่อกับอุปกรณ์ภายนอก แบบมีตัวต้านทาน Pull Up ภายในและเป็นขา Address Bus (A8-A15) ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก
P3.0/RXD	รับข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1/TXD	ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2/INT0	อินเทอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3/INT1	อินเทอร์รัพต์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4/T0	ตัวควบคุมเวลาการทำงาน/ตัวช่วยนับตัวที่ 1
P3.5/T1	ตัวควบคุมเวลาการทำงาน/ตัวช่วยนับตัวที่ 2
P3.6/WR	สัญญาณในการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก
P3.7/RD	สัญญาณในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

2.3.4 หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32

ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32 มีหน่วยความจำอยู่ 2 แบบที่ใช้เป็นที่เก็บข้อมูล คือ หน่วยความจำโปรแกรม (ROM) และหน่วยความจำข้อมูล (RAM) ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละหน่วยความจำดังต่อไปนี้

ก) หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) มีพื้นที่ไว้เพื่อเก็บโปรแกรมข้อมูลที่ถูกเขียนขึ้นและไม่สามารถเขียนลงหน่วยความจำนี้ได้ขณะทำงาน แต่จะทำหน้าที่โดยการอ่านคำสั่งของโปรแกรม เพื่อไปควบคุมตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงาน ตามลักษณะที่ถูกออกแบบโดยผู้เขียนโปรแกรม ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32 มีขนาดหน่วยความจำโปรแกรม 32 กิโลไบต์และสามารถขยายเพิ่มเติมด้วยหน่วยความจำภายนอกได้ถึง 1024 กิโลไบต์

ข) หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) มีหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆ ในขณะที่โปรแกรมทำงานโดยทำการเรียกข้อมูลที่ต้องการของหน่วยความจำข้อมูลที่ต้องการมาใช้ หรือการนำข้อมูลมาเก็บไว้ในหน่วยความจำข้อมูล ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32 นั้นจะจัดแบ่งหน่วยความจำข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายใน และหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

2.3.5 การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32

ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32 มีความสามารถในการติดต่อแบบสองทิศทาง ดังนั้น ในการใช้งานพอร์ตต่างๆของ ATmega32 จำเป็นต้องเข้าใจการกำหนดลักษณะการทำงานให้กับพอร์ตของ ATmega32 ดังต่อไปนี้

ก) การกำหนดเป็นพอร์ตอินพุตการกำหนดลักษณะการทำงานเป็นพอร์ตอินพุตนั้น ต้องเริ่มจากการเขียนโปรแกรมเริ่มต้น โดยให้มีสถานะลอจิก 1 เพื่อการทำงานของตัวเฟต (FET) ที่อยู่ในโครงสร้างของพอร์ตจะหยุดทำงานลง ดังนั้นสัญญาณของพอร์ตถูกเชื่อมต่อกับวงจร R-Pull Up ภายในโดยตรง ซึ่งมีค่าประมาณ 50 กิโลโอห์ม ส่งผลให้ขาพอร์ตมีสถานะลอจิก 1 สามารถรับลอจิก 0 จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย แต่สำหรับ Port 0 ซึ่งไม่มี R-Pull Up ทำให้เมื่อใช้งานควรต่อ R-Pull Up เพื่อทำหน้าที่เป็น External Pull Up ให้กับพอร์ต การให้พอร์ตทำงานเป็นพอร์ตอินพุตคือการรับสัญญาณไฟฟ้าเข้ามาที่พอร์ต ซึ่งก็คือสัญญาณไฟฟาลอจิก 0 นั่นเอง

ข) การกำหนดเป็นพอร์ตเอาต์พุตโดยปกติไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega32 จะกำหนดให้พอร์ตทำงานเป็นพอร์ตเอาต์พุตอยู่แล้ว เช่น เมื่อกำหนดให้มีสถานะลอจิก 0 ให้ไปปรากฏที่พอร์ตนั้นๆ ฟลิปฟล็อปก็จะส่งค่าลอจิก 0 ไร่และส่งลอจิก 1 ไปที่เฟต ทำให้เฟตทำงาน ส่งผลให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 แต่ถ้าต้องการเอาต์พุตเป็นลอจิก 1 สามารถทำได้โดยกำหนดให้มีสถานะลอจิก 1 ปรากฏที่พอร์ตนั้นๆ ฟลิปฟล็อปจะส่งลอจิก 0 ไปขับเฟตทำให้เฟตหยุดทำงาน ส่งผลให้มีลอจิก 1

ไปยังตัวด้านทาน R-Pull Up ในการใช้งาน Port 0 จะไม่มี R-Pull Up ดังนั้นเมื่อต้องการให้เอาท์พุทมีสถานะเป็นลอจิก 1 จำเป็นต้องต่อ R-Pull Up ให้ Port 0 เสมอ

2.4 ภาษาคอมพิวเตอร์

ภาษาคอมพิวเตอร์ (Computer Language) หมายถึงภาษาที่สามารถนำมาใช้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ซึ่งแต่ละภาษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1 ภาษาระดับสูง (High Level Language)

ภาษาระดับสูงเป็นภาษาที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเข้าใจได้ง่ายกว่าภาษาแอสเซมบลีและภาษาเครื่อง ทั้งนี้ก็เพราะการเขียนคำสั่งของภาษาระดับสูงมีลักษณะเป็นภาษาอังกฤษซึ่งอ่านแล้วเข้าใจได้ง่ายกว่าภาษาแอสเซมบลีเช่นใช้คำว่า READ WRITE PRINT และ COMPUTE เป็นต้น

ก) ภาษาฟอร์แทรน (FORTRAN ย่อมาจาก Formula Translator) ภาษานี้ใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่ต้องใช้ในการคำนวณสมการคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนปัจจุบันภาษาฟอร์แทรนยังเป็นที่นิยมใช้ในการพัฒนาโปรแกรมด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

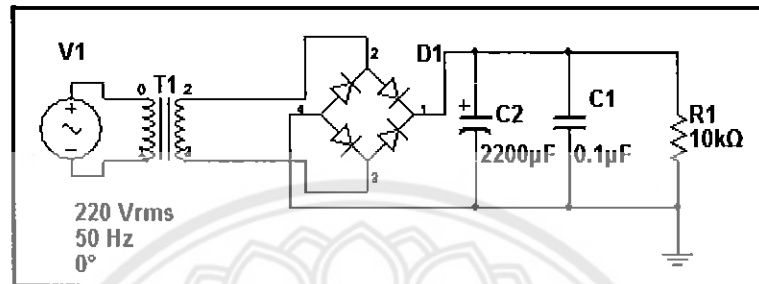
ข) ภาษาโคบอล (COBOL ย่อมาจาก Common Business Oriented Language) เป็นภาษาที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ด้านธุรกิจและการค้าปัจจุบันโปรแกรมที่ใช้ในด้านธุรกิจจำนวนมากยังเป็นโปรแกรมที่พัฒนามาจากภาษาโคบอล

ค) ภาษาเบสิก (BASIC ย่อมาจาก Beginners All-Purpose Symbolic Instructional Code) เป็นภาษาที่พัฒนาขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เริ่มต้นพัฒนาโปรแกรมสามารถเรียนรู้และเข้าใจการพัฒนาโปรแกรมอย่างง่ายภาษาเบสิกเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาแรกที่ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ง) ภาษาซี (C) พัฒนาขึ้นในช่วงเดียวกับภาษาปาสคาลโดยนักวิจัยที่ห้องปฏิบัติการ AT&T Bell ซึ่งได้นำเอาจุดเด่นของภาษา BCPL และภาษา B มาใช้และได้เพิ่มคุณลักษณะและชนิดข้อมูลอื่นเข้ามาด้วยเดิมภาษาซีถือว่าเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่สำคัญในการพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (Unix) ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่สามารถสร้างโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานได้รวดเร็วมากเมื่อเทียบกับภาษาคอมพิวเตอร์อื่น

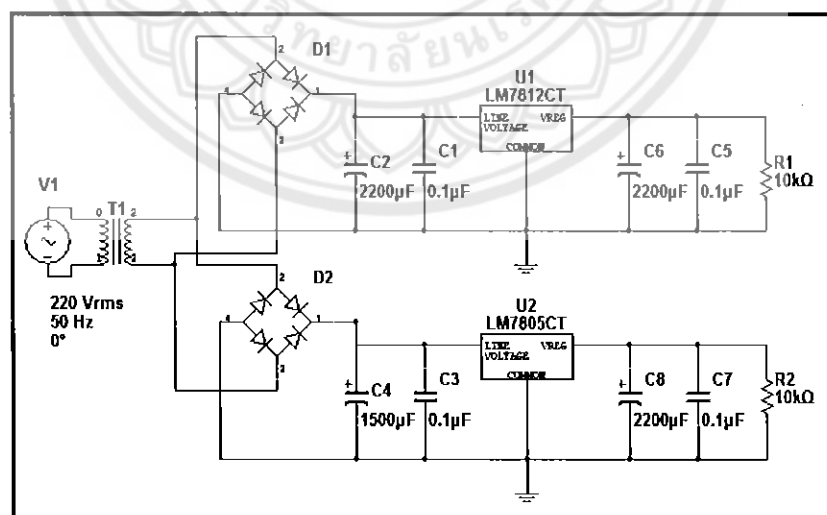
2.5 แหล่งจ่ายไฟที่ใช้หม้อแปลง วงจรเรียงกระแส วงจรกรอง และวงจรคุมค่า

เอาต์พุตไฟกระแสตรงจะถูกคุมค่าให้ไฟมีความเรียบมากไม่มีความพลัว เหมาะสำหรับป้อนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดซึ่งถ้าเทียบจากแหล่งจ่ายไฟชนิดอื่นแล้ว แหล่งจ่ายไฟชนิดนี้ถือว่ามีเหมาะสมที่สุด โดยวงจรถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.5



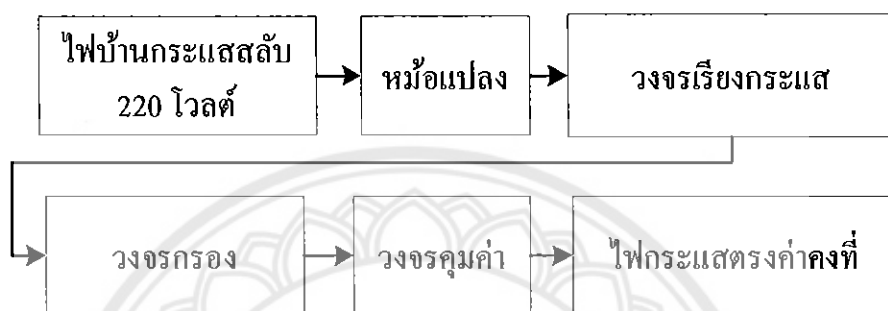
รูปที่ 2.5 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่ใช้หม้อแปลงวงจรเรียงกระแส วงจรกรอง และวงจรคุมค่า

วงจรนี้เป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟบวกอีกวงจรหนึ่งที่มีวงจรไม่ซับซ้อน และใช้อุปกรณ์เพียงไม่กี่ตัวและใช้ไอซีคุมค่า (IC Regulator) หมายเลข 78XX ทำหน้าที่ในการควบคุมแรงดันให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามที่ต้องการ ซึ่งแรงดันเอาต์พุตที่ได้นั้นสามารถดูได้จากเลข 2 ตัวท้ายของหมายเลขไอซีดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

การทำงานของวงจรเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์เข้าวงจร T1 ทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจาก 220 โวลต์ให้ลดลงตามขนาดของหม้อแปลงดูได้จากตารางที่ 2.2 สำหรับไดโอด D1-D4 ที่ต่อเป็นวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ จะทำหน้าที่เรียงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหลังจากนั้น C1 และ C2 ทำหน้าที่กรองกระแสให้เรียบโดย IC1 ทำหน้าที่คุมค่าแรงดันให้แรงดันลดลง และจะถูกกรองกระแสให้เรียบยิ่งขึ้นโดย C3 และ C4



รูปที่ 2.7 ระบบแหล่งจ่ายกำลังแบบคุมค่า

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าของอุปกรณ์และแรงดันเอาต์พุต

หม้อแปลงT1 ขนาด 1 A	หมายเลข IC178XX	ค่าความจุของ C1 อิเล็กโทรไลต์	ค่าความจุของ C3 อิเล็กโทรไลต์	แรงดัน เอาต์พุต
220/9 VAC	7805	470 μ F	100 μ F	5 VDC
220/9 VAC	7806	470 μ F	100 μ F	6 VDC
220/15 VAC	7809	1000 μ F	100 μ F	9 VDC
220/18 VAC	7812	1500 μ F	100 μ F	12 VDC
220/24 VAC	7815	2200 μ F	100 μ F	15 VDC
220/30 VAC	7818	3300 μ F	100 μ F	18 VDC
220/30 VAC	7824	4700 μ F	100 μ F	24 VDC

2.6 สื่อบันทึกข้อมูลดิจิทัล

สื่อบันทึกข้อมูลดิจิทัล คือสื่อหรืออุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลสามารถเอามาเก็บข้อมูลอะไรก็ได้เหมือนกับแผ่นดิสก์ที่ใช้อยู่ทั่วไป สื่อบันทึกข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้งานได้กับอุปกรณ์อื่นๆ

2.6.1 หน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด

มีลักษณะเด่นคือมีขนาดเล็ก โดยขนาดมิติของหน่วยความจำเอสดีการ์ดอยู่ที่ 32x24x2.1 มิลลิเมตร เมื่อเปิดตัวมีความจุให้เลือกใช้ตั้งแต่ 16 เมกะไบต์ ถึงขนาด 32 กิกะไบต์ โดยที่หน่วยความจำเอสดีการ์ด (SD card) คือ สื่อจัดเก็บข้อมูลแบบหน่วยความจำแฟลชแนนด์ (Nand Flash Memory) ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากสื่อเก็บข้อมูลแบบหน่วยความจำเอ็มเอ็มซีการ์ด (MMC card) เพื่อเป็นหน่วยเก็บข้อมูลขนาดกลางสำหรับกล้องถ่ายรูปดิจิทัล โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อีกมากมาย ซึ่งมีคุณสมบัติคือ ราคาถูก เก็บข้อมูลได้มาก และมีอายุการใช้งานได้นานขึ้น รวมถึงการมีระบบป้องกันล๊อคที่ตัวการ์ด ไม่ให้มีการเขียนทับโดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 หน่วยความจำเอสดีการ์ดและอะแดปเตอร์

นอกจากนั้นหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด จะมีตัวล๊อคเพื่อป้องกันการเขียนทับข้อมูล ส่วนการทำงานหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด จะมีระบบการเข้ารหัสข้อมูล (Data Encryption) เพื่อป้องกันการคัดลอกข้อมูล ในปัจจุบันหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ดมีความจุหน่วยความจำมากถึง 32 กิกะไบต์ ซึ่งถือว่ามีความจุมากสำหรับไมโครเอสดีการ์ดหน่วยความจำเอสดีการ์ดมีความเร็วในการอ่านข้อมูลสูงสุดที่ 80 เมกะไบต์ต่อวินาที มีความเร็วในการเขียนข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ 30 เมกะไบต์ต่อวินาทีหรือมีความเร็วประมาณเป็น 15 เท่าเมื่อเทียบกับหน่วยความจำเอ็มเอ็มซีการ์ด ความเร็วจริงในการทำงานจะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ร่วมกันด้วยในกรณีที่เป็นอุปกรณ์ใหม่ๆ ในปัจจุบันที่ผลิตออกมาเพื่อรองรับการรับส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูง สามารถใช้งานไมโครเอสดีการ์ดได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.7 การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด

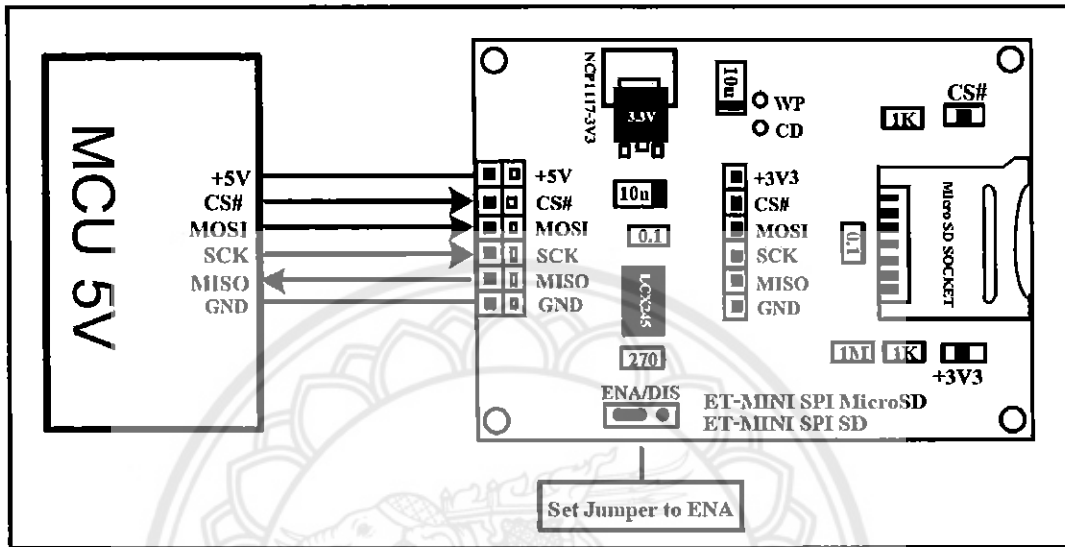
การเชื่อมต่อหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ด สามารถทำการเชื่อมต่อได้โดยการใช้ SPI โดยมีคุณสมบัติการเชื่อมต่อและการทำงานต่างๆ แบบ SPI นั้นมีความเหมาะสมสำหรับการทำงานร่วมกับโมดูลไมโครเอสดีการ์ดแบบ SPI ซึ่งมีช่องต่ออุปกรณ์ต่างๆ ทั้งสิ้น 7 ช่องเพื่อที่จะทำการส่ง การทำงานให้มีการอ่าน เขียน และควบคุมการทำงานต่างๆ ของชุดไมโครเอสดีการ์ดโดยมีการแสดงการทำงานของช่องต่ออุปกรณ์การทำงานของเขาต่างๆ ซึ่งมีการแสดงไว้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดขาสัญญาณต่างๆเมื่อใช้การเชื่อมต่อในโหมด SPI MODE

ขา	ชื่อ	ทำหน้าที่
1	CS#	ขาตรวจสอบสถานะการ์ด
2	MISO	ขานำข้อมูลเข้า
3	+5V	ขาที่ใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์
4	GND	ขาที่ใช้ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 0 โวลต์
5	SCK	ขาคำเน็ดสัญญาณนาฬิกา
6	MOSI	ขานำข้อมูลออก
7	CD	ขาตรวจสอบการ์ด

การใช้งานของ โมดูล ET-MINI SPI SD และ MicroSD เป็น โมดูลเชื่อมต่อระหว่างหน่วยประมวลผลกลาง(MCU)กับการ์ดหน่วยความจำโดยรองรับการ์ดหน่วยความจำทั้งแบบเอสดี และ ไมโครเอสดีการ์ด โดยใช้การเชื่อมต่อกับการ์ดหน่วยความจำในโหมดSPI ใช้สัญญาณในการติดต่อสื่อสาร 4 เส้นสัญญาณ โดยภายในแผงวงจรได้จัดให้มีวงจรแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าสัญญาณ ลอจิก (74LCX245) พร้อมวงจรเรียงกระแสแรงดัน 3.3 โวลต์ต่อกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไว้ด้วย เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับการ์ดหน่วยความจำแบบไมโครเอสดีการ์ดกับหน่วยประมวลผลกลางของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นระบบ5 โวลต์สำหรับชุด โมดูลไมโครเอสดีการ์ดชุดนี้ยังสามารถต่อช่องใส่เอสดีการ์ดได้ โดยนำมาต่อทางด้านหลังชุด โมดูลไมโครเอสดีการ์ดสามารถใช้งานร่วมกันได้ทั้งไมโครเอสดีการ์ด และเอสดีการ์ด โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มช่องเสียบสัญญาณเพิ่ม ถือได้ว่าชุด ไมโครเอสดีการ์ดชุดนี้ มีความสามารถอย่างมากในโครงการชิ้นนี้ สำหรับชุด โมดูลไมโครเอสดีการ์ดนี้สามารถรับไมโครเอสดีการ์ดได้ทุกๆ ความจุทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเขียน โปรแกรมสั่งงานจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อชี้ตำแหน่งความจุ และส่งสัญญาณควบคุมการทำงาน สำหรับชุด โมดูลไม

ไมโครเอสดีการ์ดชนิดนี้สามารถทำงานได้ตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง โดยไม่เกิดความร้อนกับตัวอุปกรณ์ และ ความเสียหายแก่อุปกรณ์อื่นๆ ข้างเคียงที่เชื่อมต่อกันกับชุดโมดูลไมโครเอสดีการ์ดโดยตรงมีการต่อ วงจรดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.9 การอ่านเขียนข้อมูลลงไมโครเอสดีการ์ด (Micro SD Card)

ในการใช้งานไมโครเอสดีการ์ดจำเป็นต้องรู้และเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ของโมดูล สำหรับในหัวข้อนี้จะทำการอธิบายอุปกรณ์ต่างๆ ในโมดูลไมโครเอสดีการ์ด โดยสามารถดูรูปประกอบได้ในรูปที่ 2.10 มีคำอธิบายดังนี้

หมายเลข 1 คือขั้วต่อสัญญาณติดต่อกับการ์ดหน่วยความจำไมโครเอสดีใช้กับหน่วยประมวลผลกลางที่มีระดับลอจิก 5 โวลต์

หมายเลข 2 คือวงจรเรียงกระแส (IC Regulate) 3.3 โวลต์ ต่อ 1 แอมแปร์ใช้สำหรับแปลงแรงดันของแหล่งจ่ายจาก 5 โวลต์ ให้เป็น 3.3 โวลต์เพื่อจ่ายให้กับการ์ดหน่วยความจำ และวงจรแปลงระดับสัญญาณลอจิก

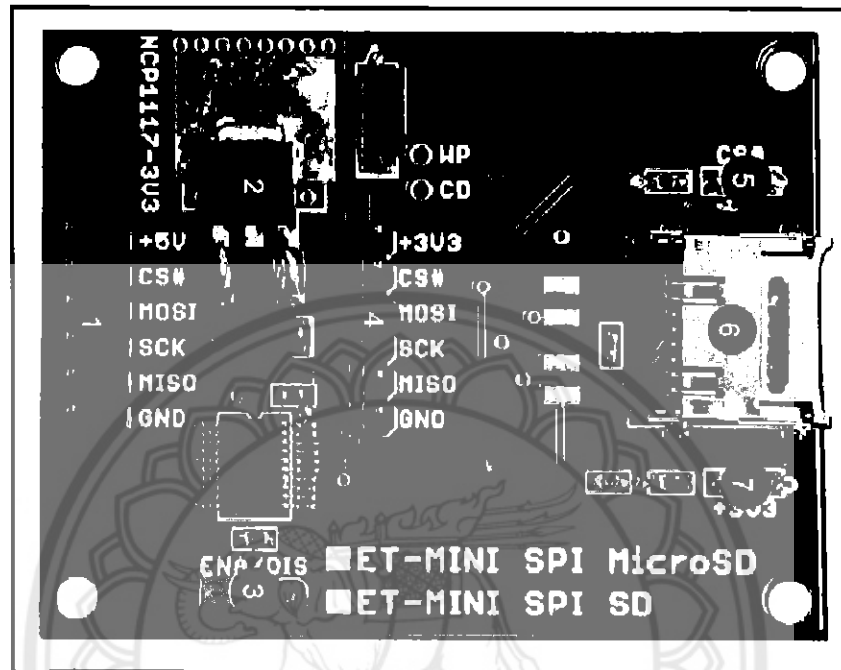
หมายเลข 3 คือจัมเปอร์ (Jumper) สำหรับเลือกเปิดปิดการทำงานของวงจรแปลงระดับลอจิก โดยถ้าใช้กับหน่วยประมวลผลกลางที่เป็น 5 โวลต์ต้องเลือกเป็น Enable (ENA) และเชื่อมต่อสัญญาณที่จุดเชื่อมต่อหมายเลข 1 แต่ถ้าใช้กับวงจรหน่วยประมวลผลกลางที่เป็นระดับลอจิก 3.3 โวลต์ต้องเลือกเป็น Disable (DIS) และเชื่อมต่อสัญญาณเข้าที่จุดเชื่อมต่อหมายเลข 4

หมายเลข 4 คือขั้วต่อสัญญาณติดต่อกับการ์ดหน่วยความจำใช้กับหน่วยประมวลผลกลางที่มีระดับลอจิก 3.3 โวลต์

หมายเลข 5 คือ LED แสดงสถานะ (CS#) เมื่อมีการติดต่อกับการ์ดหน่วยความจำ

หมายเลข 6 คือช่องเสียบสำหรับใส่การ์ดหน่วยความจำแบบไมโครเอสดี

หมายเลข 7 คือ LED แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ (3.3 โวลต์) ของการ์ดหน่วยความจำ



รูปที่ 2.10 อุปกรณ์ต่างๆ ของโมดูลเอสดีการ์ด (Module Micro SD Card)

2.8 การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

การวัดความคลาดเคลื่อนของค่าจริงและค่าที่พยากรณ์ได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ หรือจำนวนข้อมูลต่างๆ จะพิจารณาจากการที่ค่าจริงใกล้เคียงค่าพยากรณ์ที่สุด หรือทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ย่อมเป็นค่าที่เหมาะสมกับการใช้พยากรณ์ให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ การวัดความคลาดเคลื่อนสามารถวัดได้จากค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.8.1 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute error: MAE)

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute error: MAE) ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |ค่าจริง - ค่าที่วัดได้| \quad (2.5)$$

ค่า MAE ยิ่งน้อย หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนน้อย มีความแม่นยำมาก

2.8.2 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean square error: MSE)

ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean square error: MSE) ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (ค่าจริง - ค่าที่วัดได้)^2 \quad (2.6)$$

ค่า MSE ยิ่งน้อย หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนน้อย มีความแม่นยำมาก

2.8.3 ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percent Error: MAPE)

ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute percent error: MAPE) ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{(ค่าจริง - ค่าที่วัดได้ \times 100)}{ค่าจริง} \quad (2.7)$$

ค่า MAPE ยิ่งน้อย หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนน้อย มีความแม่นยำมาก

โดยที่ N = จำนวนข้อมูล

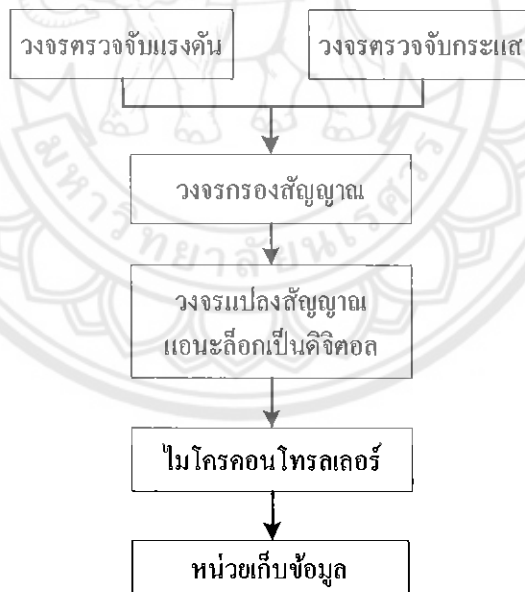
ค่าจริง = ค่าที่วัดได้จากมิเตอร์

ค่าที่วัดได้ = ค่าที่อ่านได้จากไมโครเอสดีการ์ด (Micro SD Card)

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

หลังจากทำความเข้าใจหลักการทำงานของแต่ละวงจรในบทที่ 2 แล้วจึงเริ่มการทำงานโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ออกแบบวงจรในทุกๆ ส่วนและเขียน โปรแกรมโดยทำการจำลองการทำงานของอุปกรณ์ผ่าน โปรแกรมจำลอง โดยในส่วน โปรแกรมที่เลือกใช้จำลองการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ และระบบคือ โปรแกรมมัลติซิม เวอร์ชัน 11.0 (Multisim 11.0) เพราะใช้งานที่ได้ง่าย สะดวกผลออกมามีความแม่นยำ และยังมีอุปกรณ์หลากหลายชนิดให้เลือกใช้ซึ่งเหมาะสมกับวงจรที่ต้องการจำลองผลทำให้สามารถนำผลการจำลองมาใช้ในการอธิบายการทำงานของระบบ และการพัฒนาชุดอุปกรณ์ต่างๆ ได้ในส่วนที่ 2 ได้ทำการออกแบบลายวงจรทองแดงของอุปกรณ์ทุกชิ้น โดยการออกแบบผ่านโปรแกรมเซอร์คิตวิซาร์ด เวอร์ชัน 1.15 (Circuit Wizard 1.15) เหตุที่เลือกใช้โปรแกรมนี้เนื่องจากตัวโปรแกรมใช้งานได้ง่าย มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมาก สามารถจำลองอุปกรณ์ต่างๆ ออกมาได้เลยก่อนการทำลายวงจรจริงลงบนแผ่นทองแดง



รูปที่ 3.1 แนวคิดการทำงานของระบบเก็บข้อมูล

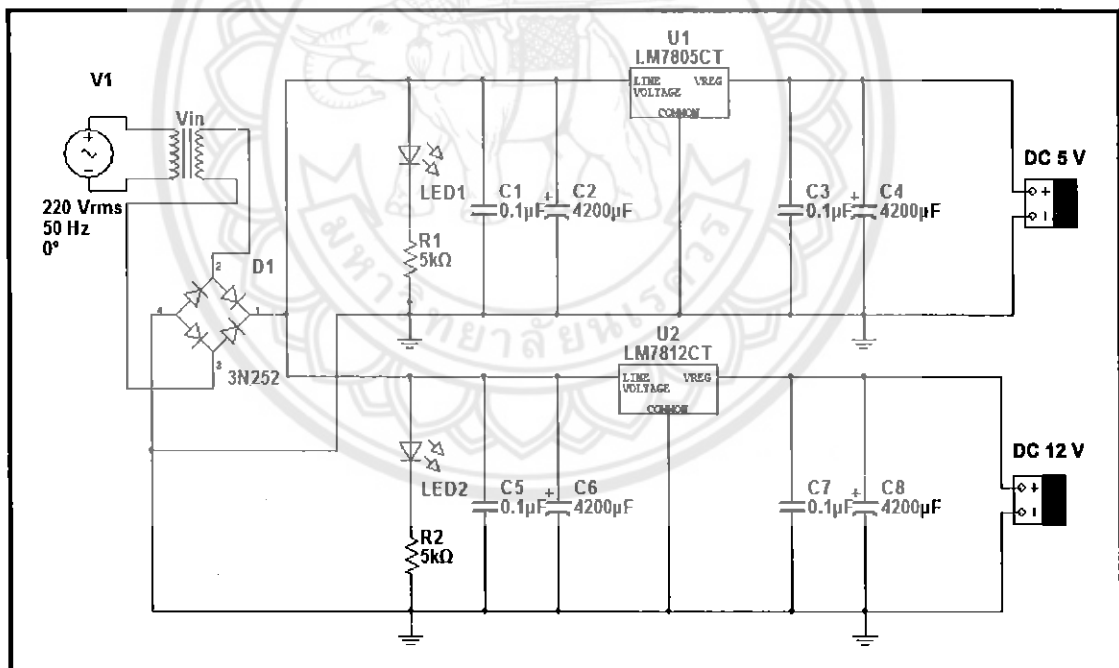
โดยมีแนวคิดในการออกแบบดังรูปที่ 3.1 เมื่อรับสัญญาณกระแสมาจากวงจรตรวจับกระแส และสัญญาณแรงดันจากวงจรแบ่งแรงดันมาเรียบร้อยแล้ว สัญญาณจะถูกส่งมากรองประมวลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยประมวลผลตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ส่งต่อไปจัดเก็บยังไมโครเอสดีการ์ดเมื่อได้แนวคิดแล้วจะเริ่มทำการ

3.1 การออกแบบอุปกรณ์

ในส่วนของการออกแบบอุปกรณ์ได้มีการออกแบบเป็น 3 ส่วนแบ่งเป็น 1. การออกแบบชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 2. การออกแบบชุดวงจรตรวจจับสัญญาณ 3. การออกแบบชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณ โดยเริ่มทำการออกแบบและทดสอบเป็นส่วๆไป ซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อต่อไปนี้

3.1.1 ขั้นตอนออกแบบชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

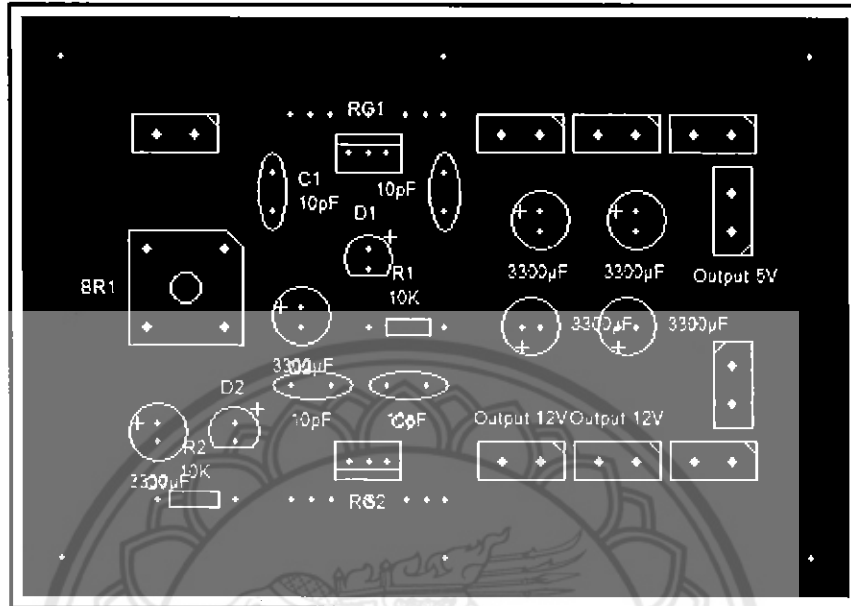
ก) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดัน 5 โวลต์ และขนาดแรงดัน 12 โวลต์มีการทำงานโดยใช้วงจรแหล่งจ่ายแบบเชิงเส้น โดยมีการใช้หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ ผ่านวงจรบริดจ์ไดโอด วงจรควบคุมแรงดันขนาด 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ วงจรกรองสัญญาณ วงจรตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และหลอดไฟแสดงสถานะ (LED) สำหรับการออกแบบวงจรนั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรจ่ายแรงดันกระแสตรงแรงดัน 5 โวลต์ และแรงดัน 12 โวลต์

เมื่อได้ทำการออกแบบวงจรเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปได้มีการออกแบบลายทองแดงวงจร โดยใช้โปรแกรมเซอร์คิตวิซาร์ด เวอร์ชัน 1.15 โดยมีการตั้งขาสู่อุปกรณ์ให้ตรงตามทีออกแบบไว้ในขั้นแรก และให้ตรงตามอุปกรณ์จริงที่จะนำมาต่อเมื่อทำการออกแบบ และทำการกัดลายทองแดงเสร็จสิ้น ในลายทองแดงประกอบด้วย 2 วงจร คือวงจรแปลงสัญญาณแรงดันขนาด 5 โวลต์ และ

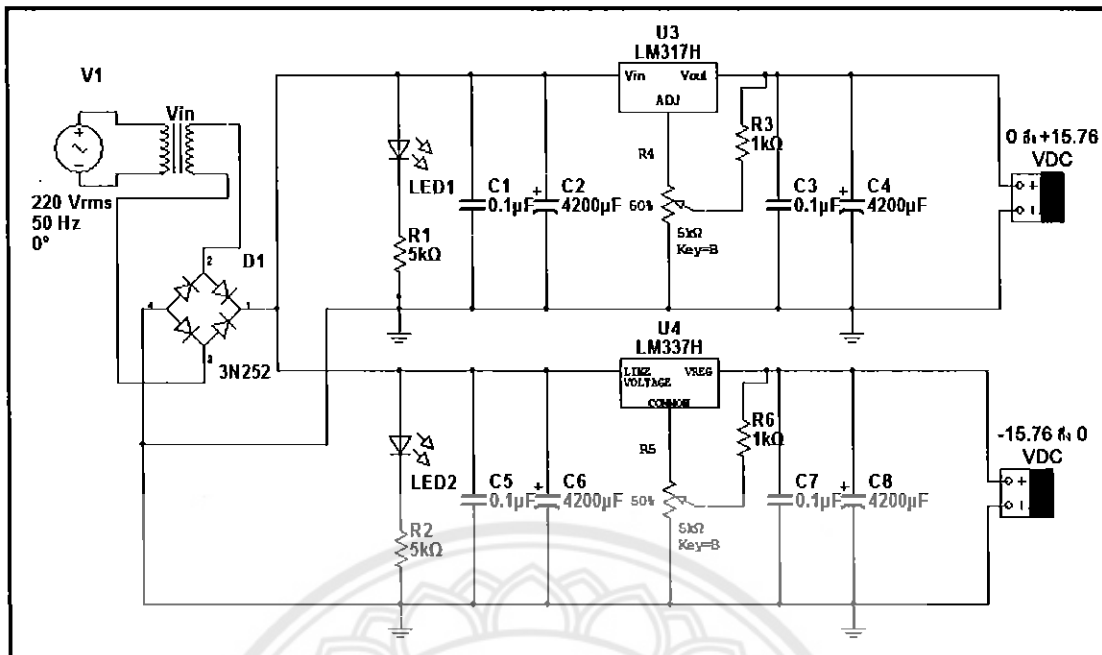
วงจรแปลงสัญญาณแรงดันขนาด 12 โวลต์ ในการดูรูปลายวงจรจะมีตัวอักษรกำกับอุปกรณ์ไว้แล้ว โดยลายทองแดง และอุปกรณ์แสดงไว้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ลายทองแดง และอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

สำหรับการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดัน 5 โวลต์ และแรงดัน 12 โวลต์ โดยแรงดันขนาด 5 โวลต์เพื่อทำการจ่ายแรงดันให้แก่ชุดวงจรสัญญาณแรงดันอ้างอิงการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลโดยจ่ายเข้าที่ขา VREF ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และขนาดแรงดัน 12 โวลต์ ใช้เพื่อจ่ายให้ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และทำการประมวลผลเพื่อทำการเก็บข้อมูลลงโมดูลไมโครเอสดีการ์ด

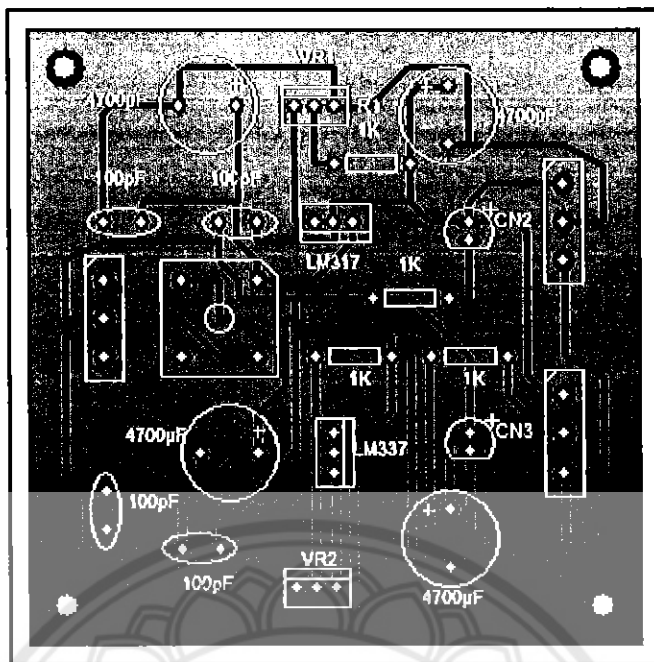
ข) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ ขนาดแรงดัน -15.76 โวลต์, 0 โวลต์ และ +15.76 โวลต์ มีการทำงานโดยใช้วงจรแหล่งจ่ายแบบเชิงเส้น โดยมีการใช้หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีแทบกลางขนาด -12, 0 และ +12 โวลต์ ผ่านวงจรวจรบริจด์ไดโอด วงจรควบคุมแรงดันแบบปรับค่าได้โดยจะมีแรงดันออกมาขนาด 0 ถึง -15.76 โวลต์ และแรงดัน 0 ถึง +15.76 โวลต์ ผ่านวงจรรองสัญญาณ วงจรตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และหลอดไฟแสดงสถานะ (LED) สำหรับการออกแบบวงจรมันแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วงจรจ่ายแรงดันกระแสตรงแรงดันปรับค่าได้ 0 ถึง -15.76 โวลต์ และแรงดัน 0 ถึง +15.76 โวลต์

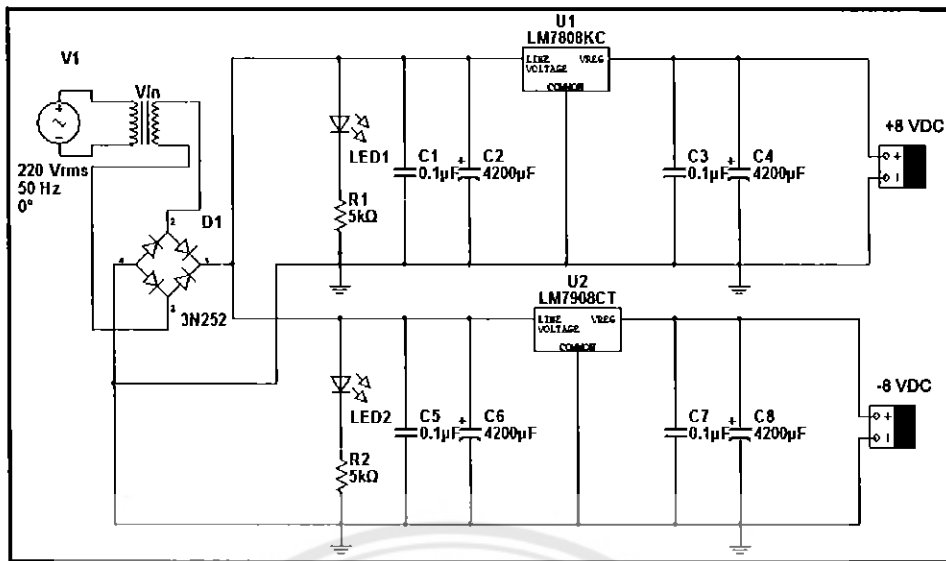
เมื่อได้ทำการออกแบบวงจรเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนได้ออกแบบหลายทองแดงวงจร โดยใช้โปรแกรมเซอร์คิตวิซาร์ด เวอร์ชัน 1.15 โดยมีการตั้งค่าใส่อุปกรณ์ให้ตรงตามที่ยกแบบไว้ในขั้นแรก และให้ตรงตามอุปกรณ์จริงที่จะนำมาต่อเมื่อทำการออกแบบ และทำการกัดลายทองแดงเสร็จสิ้น ในลายทองแดงประกอบด้วย 2 วงจร คือวงจรแปลงสัญญาณแรงดันปรับขนาดแรงดันได้ 0 ถึง -15.76 โวลต์ และวงจรแปลงสัญญาณแรงดันปรับขนาดแรงดันได้ 0 ถึง +15.76 โวลต์ สามารถปรับแรงดันได้โดยการปรับหมุนตัวต้านทานปรับค่าที่ตั้งแสดงในรูปที่ 3.4 โดยเมื่อปรับค่า R4 จะเป็นการปรับแรงดันด้านบวก หรือแรงดัน 0 ถึง +15.76 โวลต์ และเมื่อปรับค่า R5 จะเป็นการปรับค่าแรงดันด้านลบ หรือแรงดัน 0 ถึง -15.76 โวลต์

สำหรับการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดันปรับค่าได้ 0 ถึง +12.76 โวลต์และแรงดันกระแสตรงปรับค่าได้ขนาดแรงดัน 0 ถึง -15.76 โวลต์ โดยแรงดันขนาดทั้ง 2 ขนาดมีไว้เพื่อทำการจ่ายแรงดันให้แก่ชุดวงจรขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่รับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมาจากตัวต้านทานขนาน (R-Shunt) โดยจะมีขนาดแรงดันออกมาอยู่ที่ 0 ถึง 50 มิลลิโวลต์ สำหรับวงจรขยายสัญญาณถ้าไม่ได้ทำการจ่ายแรงดัน ที่มีค่าบวก และลบ จะไม่สามารถทำการขยายสัญญาณแรงดันได้ สำหรับลายทองแดงวงจรจ่ายแรงดันปรับค่าได้นั้น แสดงไว้ดังรูปที่ 3.5 โดยในการดูรูปลายวงจรทองแดงจะมีตัวอักษรกำกับอุปกรณ์ไว้แล้วสามารถปรับค่าแรงดันต่างๆได้ตามต้องการดังที่อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ที่แล้ว โดยสังเกตตัวต้านทานปรับค่าที่เขียนสัญลักษณ์อักษรว่า VR1 และ VR2 ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.5



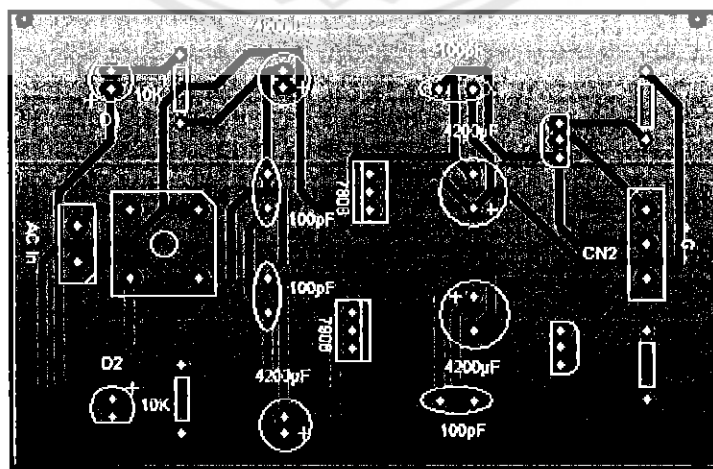
รูปที่ 3.5 ลายทองแดงและอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายกระแสตรงปรับค่าได้แรงดัน 0 ถึง -15.76 โวลต์ และแรงดัน 0 ถึง +15.76 โวลต์

ค) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดัน +8 โวลต์ และขนาดแรงดัน -8 โวลต์มี การทำงาน โดยใช้วงจรแหล่งจ่ายแบบเชิงเส้น โดยมีการใช้หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมี แทบกลางขนาด -12 , 0 และ +12 โวลต์ ผ่านวงจรวจรบริจด์ไดโอด วงจรควบคุมแรงดันโดยจะมี แรงดันออกมาขนาด +8 โวลต์ และแรงดัน -8 โวลต์ ผ่านวงจรรองสัญญาณ วงจรตัวต้านทาน ตัว เก็บประจุ และหลอดไฟแสดงสถานะ (LED) สำหรับการออกแบบวงจรมีสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ในรูปจะแสดงการออกแบบวงจรทั้ง 2 วงจร คือ วงจรปรับค่าแรงดันขนาด +8 โวลต์ ทาง ด้านบนของรูป และทางด้านล่างของวงจร คือ วงจรปรับค่าแรงดันขนาด -8 โวลต์ สำหรับวงจรได้มีการกรองสัญญาณแรงดันให้มีความเรียบ และตัดสัญญาณรบกวนทิ้ง โดยมีการต่อตัวเก็บประจุ สำหรับวงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้าชนิดกระแสตรงทำขึ้นมาเพื่อจ่ายแรงดันให้แก่วงจรขยาย สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมาจากตัวต้านทานขนาดที่มีขนาดแรงดัน 0 ถึง 50 มิลลิโวลต์ เพื่อส่งสัญญาณแรงดันดังกล่าวไปยังชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล สัญญาณแอนะล็อก ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรจ่ายกระแสตรงแรงดัน +8 โวลต์ และแรงดัน -8 โวลต์

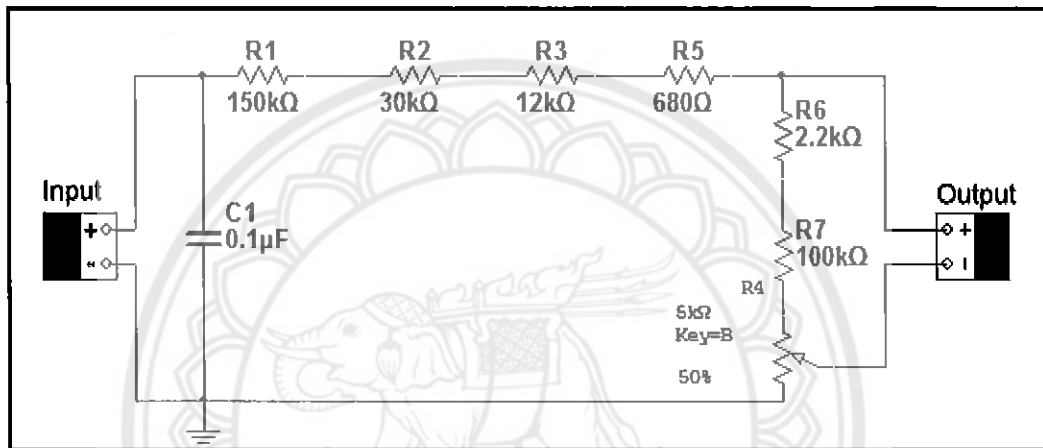
เมื่อได้ออกแบบวงจรเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการออกแบบลายทองแดงวงจร โดยใช้โปรแกรมเซอร์คิตริชาร์ด เวอร์ชัน 1.15 โดยมีภารกิจหลักคือให้ตรงตามที่ยกแบบไว้ และให้ตรงตามอุปกรณ์จริงที่จะนำมาต่อเมื่อทำการออกแบบ และทำการกัดลายทองแดงเสร็จสิ้น ในลายทองแดงประกอบด้วย 2 วงจร คือวงจรแปลงสัญญาณแรงดันขนาด +8 โวลต์ และวงจรแปลงสัญญาณแรงดันขนาด -8 โวลต์ ในการดูรูปลายวงจรจะมีตัวอักษรกำกับอุปกรณ์ไว้แล้ว สำหรับวงจรแหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าวงจรนี้ ได้ต่อหม้อแปลงแบบแทบกลางขนาด 12 โวลต์ เมื่อแรงดันดังกล่าวผ่านวงจรแล้ว จะลดขนาดแรงดันมาเหลือ +8 และ -8 โวลต์ สำหรับลายทองแดงของวงจรแสดงไว้ดังรูปที่ 3.7



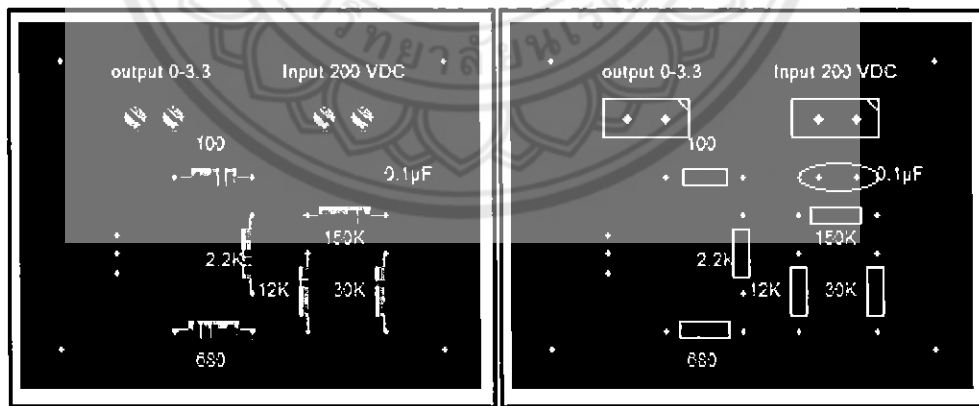
รูปที่ 3.7 ลายทองแดง และอุปกรณ์วงจรแหล่งจ่ายกระแสตรงแรงดัน -8 โวลต์ และแรงดัน +8 โวลต์

3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบชุดตรวจสอบสัญญาณ

ก) ขั้นตอนการออกแบบชุดวงจรตรวจสอบสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังจากที่ได้ศึกษาการทำงานของวงจรแบ่งแรงดันจากบทที่ 2 มาแล้ว จึงทำการออกแบบวงจรแบ่งแรงดันดังรูปที่ 3.8 เพื่อให้ได้แรงดันออกมาเท่ากับ 5 โวลต์ โดยมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 196 โวลต์ป้อนให้กับวงจรตรวจสอบแรงดันโดยมีการออกแบบวงจรและอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.8 หลังจากที่ได้ออกแบบวงจรเรียบร้อยแล้ว ได้มีการออกแบบลายวงจรทองแดง และออกแบบอุปกรณ์ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.9 สำหรับการคำนวณจะแสดงให้เห็นในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 3.8 ลายวงจรทองแดง และอุปกรณ์ชุดตรวจสอบสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 3.9 วงจรแบ่งแรงดันสำหรับจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

หลังจากที่ได้เห็น อุปกรณ์ และการทำงานต่างๆ ของวงจรไปเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในที่นี้จะเป็นการคำนวณหาค่าต่างๆ ที่ได้มาจากการออกแบบ และทดสอบจากโปรแกรมจำลอง ดังจะแสดงให้เห็นดังต่อไปนี้สำหรับการคำนวณและออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ

จากกฎของโอห์ม $V = IR$ (3.1)

กำหนด $I = 1$ มิลลิแอมแปร์ และ $V_{in} = 196$ โวลต์

จากสมการที่ (3.1) จะได้

$$R_T = \frac{196}{1 \times 10^{-3}} = 196 \text{ กิโลโห์ม}$$

หาค่าตัวต้านทาน R_2 ได้จากสมการที่ (3.2)

$$V_2 = V_{in} \times \frac{R_2}{R_T} \quad (3.2)$$

กำหนด $V_{in} = 150$ โวลต์, $V_2 = 5$ โวลต์, $R_T = 1$ เมกะโห์ม

จากสมการที่ (3.3) จะได้

$$R_2 = \frac{5 \times 196 \times 10^3}{196}$$

$$R_2 = 5 \text{ กิโลโห์ม}$$

หาค่าตัวต้านทาน R_1 ได้จากสมการที่ (3.3)

$$R_T = R_1 + R_2 \quad (3.4)$$

จากสมการที่ (3.4) จะได้

$$R_1 = (196 - 5) \text{ เมกะโห์ม}$$

$$R_1 = 191 \text{ เมกะโห์ม}$$

ตรวจสอบว่าใช้ตัวต้านทานที่เหมาะสมกับแรงดันที่ต้องการจากสมการที่ (3.1)

$$V_{out} = IR$$

$$V_{out} = 1 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^3$$

$$V_{out} = 5 \text{ โวลต์}$$

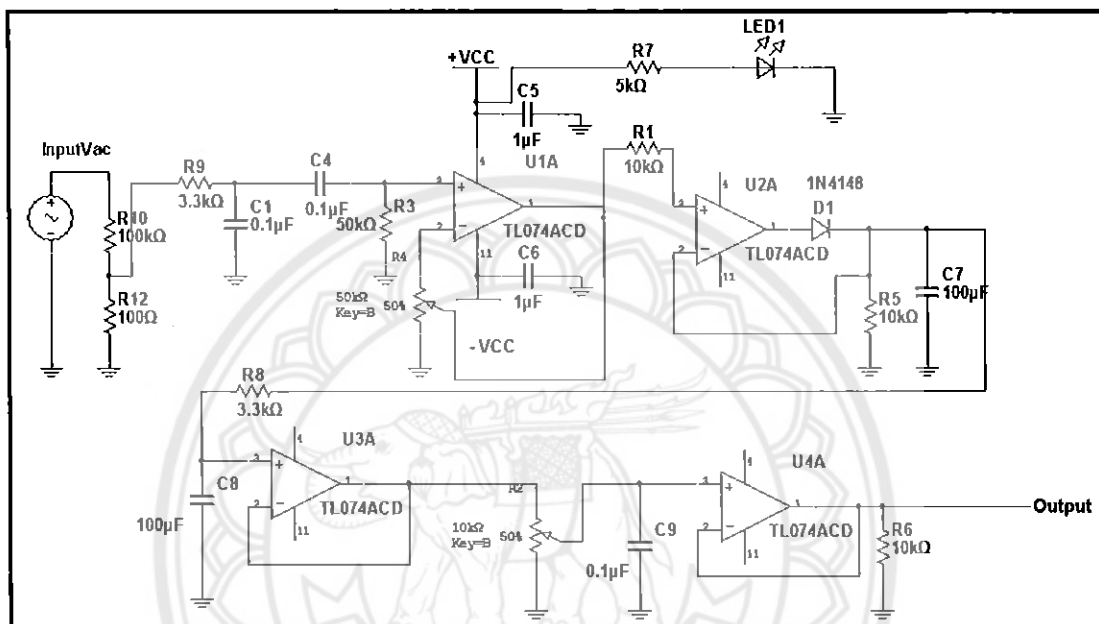
ซึ่งถือว่าตรงตามที่ต้องการ

แต่ในทางปฏิบัตินั้นค่าของตัวต้านทานที่ออกแบบไว้นั้นจะไม่เท่ากับค่าความต้านทานที่มีอยู่จริง จึงจำเป็นต้องนำตัวต้านทานหลายๆ ตัวมาต่ออนุกรมเพื่อให้ได้ค่าตามที่ต้องการ ดังนั้น

R_1 จะใช้ตัวต้านทานขนาด 150 กิโลโห์ม 30 กิโลโห์ม 12 กิโลโห์ม และ 680 โห์ม ต่ออนุกรมกันจะได้ 192.68 กิโลโห์ม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ 191 กิโลโห์ม

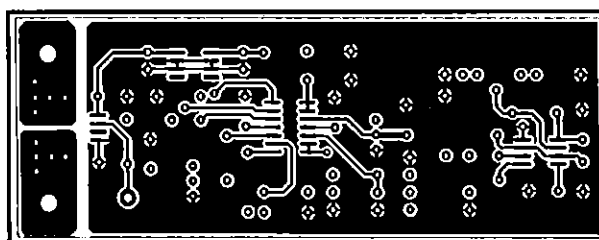
R_2 จะใช้ตัวต้านทานขนาด 2.2 กิโลโห์ม 100 โห์ม และตัวต้านทานปรับค่าได้ 5 กิโลโห์ม เพื่อใช้ปรับค่าแรงดันตามที่ต้องการ

ข) ขั้นตอนการออกแบบชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ หลังจากที่ได้ศึกษาการทำงานของวงจรแบ่งแรงดันจากบทที่ 2 มาแล้วจึงทำการออกแบบวงจรแบ่งแรงดันดังรูปที่ 3.4 เพื่อให้ได้แรงดันออกมาเท่ากับ 5 โวลต์ โดยมีหม้อแปลงทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ให้เป็นแรงดันไฟสลับ 12 โวลต์ป้อนเป็นไฟเลี้ยงให้กับวงจรให้กับวงจรซึ่งวงจรจะมีตัวต้านทานปรับค่าได้ทำหน้าที่ปรับแรงดันด้านออกให้เป็นไปตามที่ต้องการ

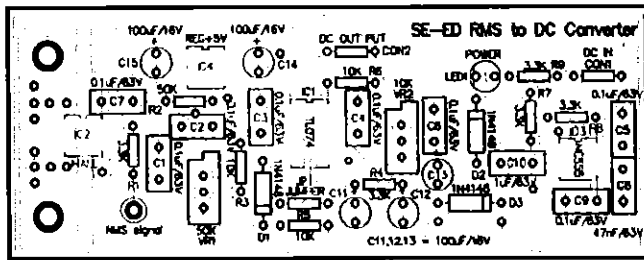


รูปที่ 3.10 วงจรตรวจจับแรงดันสำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ

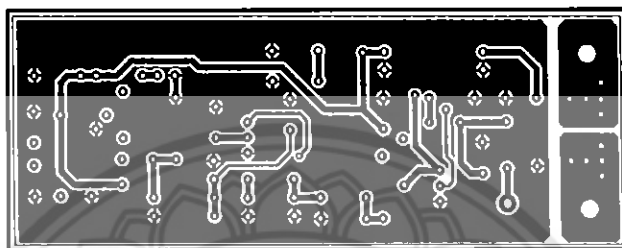
สำหรับลายวงจรของชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านหน้า และด้านหลัง แสดงดังรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.13 การวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆของชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 ลายทองแดงชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านหน้า



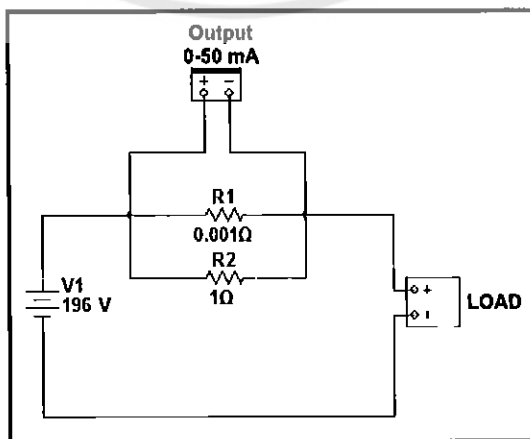
รูปที่ 3.12 อุปกรณ์และค่าของอุปกรณ์



รูปที่ 3.13 ลายทองแดงชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านหลัง

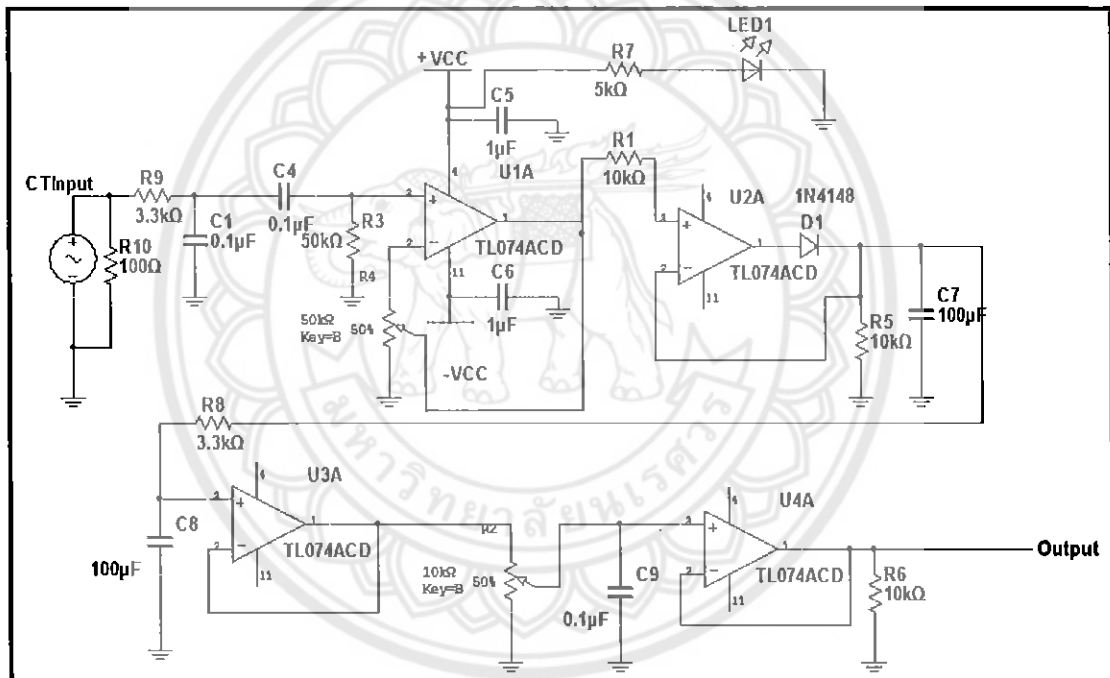
ค) ขั้นตอนการออกแบบชุดวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับชุดตรวจจับสัญญาณกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรงนั้น จะมีการใช้วงจรตัวต้านทานขนาน (R-Shunt) และวงจรขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีหลักการออกแบบ และหลักการทำงานดังนี้

ง) หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้าชนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จะใช้หลักการของวงจรไฟฟ้าแบบขนานเนื่องจากวงจรขนานมีกระแสไหลไม่เท่ากันกระแสไฟฟ้าจะถูกแบ่งให้ไหลผ่านไปในสาขาต่างๆ ตามพิกัดความต้านทานของไหลล้นนั้นๆซึ่งไหลล้นของวงจรนี้คือ 0.001 โอห์ม และ 1 โอห์ม ดังแสดงในรูปที่ 3.14



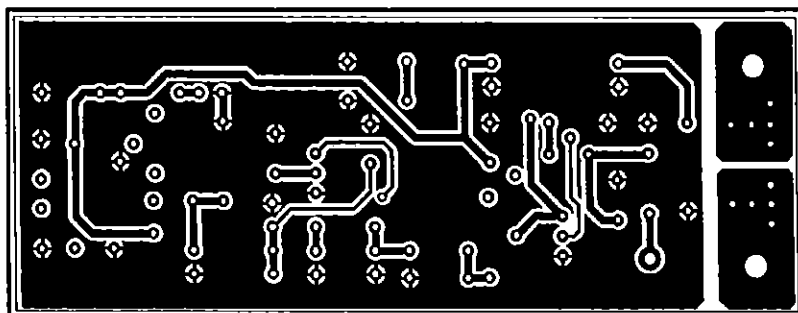
รูปที่ 3.14 ชุดตรวจจับกระแสสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง

จ) ขั้นตอนการออกแบบชุดวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ หลังจากที่ได้ศึกษาการทำงานของวงจรตรวจจับกระแส วงจรกรองสัญญาณ และวงจรขยายสัญญาณในบทที่ 2 สามารถแสดงวงจรชุดตรวจจับกระแสดังรูปที่ 3.17 ซึ่งภายในวงจรชุดตรวจจับกระแสประกอบไปด้วยวงจรตรวจจับกระแส วงจรกรองสัญญาณ และวงจรขยายสัญญาณ การทำงานเริ่มจากหม้อแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (TZ2L9) ซึ่งเป็นตัวตรวจจับกระแส เมื่อมีกระแสไหลผ่านจะเกิดการเหนี่ยวนำแรงดันที่เกิดขึ้นแรงดัน แรงดันที่ได้นั้นจะผ่านวงจรกรองสัญญาณ โดยผ่านตัวเก็บประจุจะกรองให้สัญญาณมีความกระเพื่อมน้อยลง จากนั้นแรงดันจะผ่านมายัง IC1 (LM1458) ซึ่งถูกออกแบบให้เป็นวงจรขยายแบบกลับเฟส จากนั้นสัญญาณจะถูกขยายเพื่อเพิ่มแรงดัน และกรองสัญญาณให้มีความกระเพื่อมน้อยลง หลังจากนั้นจะได้แรงดันตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.17 วงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ

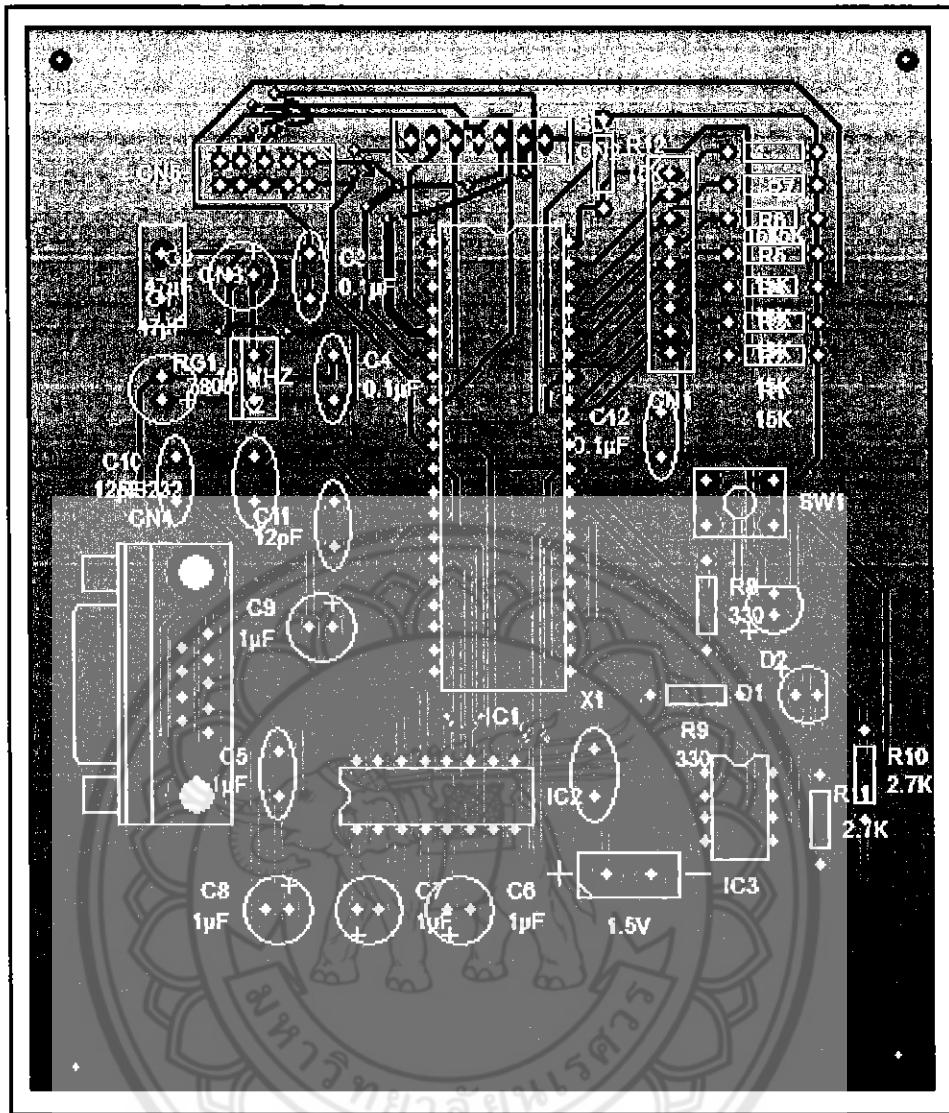
สำหรับชุดหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสสลับนั้นได้เลือกใช้หมายเลขหม้อแปลง TZ2L9 ดังแสดงในรูปที่ 3.18 ซึ่งสามารถตรวจวัดกระแสได้สูงสุด 50 แอมแปร์ โดยหม้อแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับนี้มีแรงดันเหนี่ยวนำออกมาตั้งแต่ 0 ถึง 20 มิลลิโวลต์ ที่กระแสฟลักซ์ 0 ถึง 50 แอมแปร์สำหรับลายทองแดงของชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านหน้าแสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.21 ลายทองแดงชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านหลัง

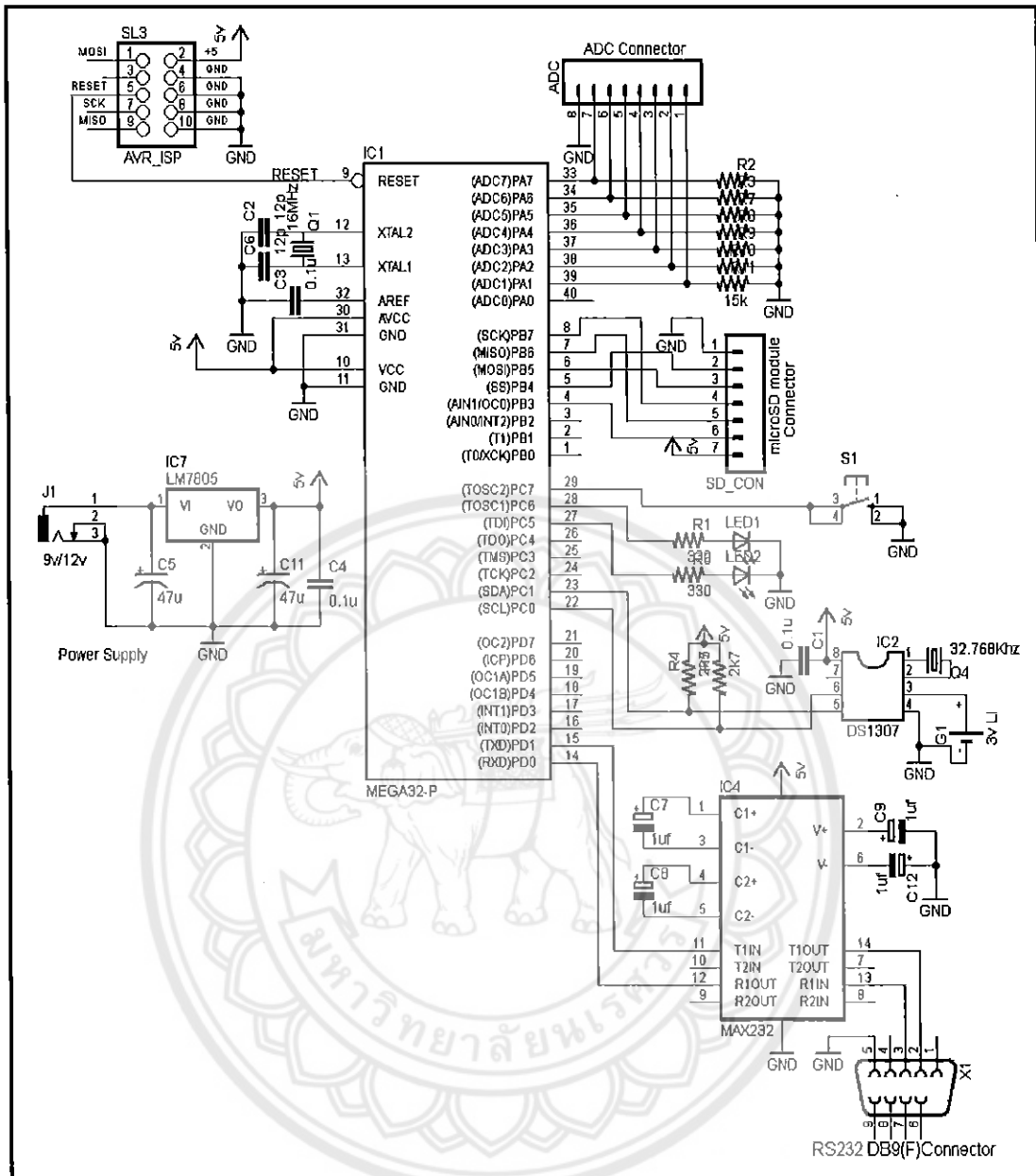
3.1.3 ขั้นตอนการออกแบบชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณ

สำหรับขั้นตอนการออกแบบชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณนั้นได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR หมายเลข ATmega32 ในการออกแบบ โดยได้มีการใช้คริสตัลกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ 16 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ใช้แรงดันแหล่งจ่ายจากวงจรแหล่งจ่ายแรงดันขนาด 12 โวลต์ โดยเมื่อแรงดันเข้ามายังชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์มีการลดระดับแรงดันให้เหลือ 5 โวลต์ที่แรงดันกระแสตรง โดยจะผ่านวงจรลดระดับแรงดันสำหรับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีไฟแสดงสถานะว่าวงจรพร้อมที่ทำงาน มีช่องสัญญาณด้านเข้าเพื่อทำการประมวลผลสัญญาณจำนวน 7 ช่องสัญญาณสามารถทำการตั้งเวลาจริงผ่านทาง RS232 สามารถเริ่มการทำงานได้ โดยการกดปุ่มเริ่มการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะมีไฟแสดงสถานะการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานเมื่อกดสวิตช์สำหรับไอซีเวลาจริงนั้นจะใช้ไฟฟ้าจากถ่านนาฬิกาขนาดแรงดัน 3.3 โวลต์ เพื่อเลี้ยงวงจรนับเวลา สำหรับฟังก์ชันอื่นจะแสดงในหัวข้อถัดไป โดยอุปกรณ์และลายทองแดงแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ลายทองแดง และอุปกรณ์ของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

สำหรับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณผู้ออกแบบได้ออกแบบชุดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR หมายเลข ATmega32 ซึ่งมีการเชื่อมช่องสัญญาณแบบISP ช่องสัญญาณเชื่อมต่อโมดูลไมโครเอสตีการ์ดช่องสัญญาณเชื่อมต่อไอซีหมายเลข DS1307 (Real Time Clock) มีการเชื่อมต่อช่องสัญญาณกับวงจรไอซีหมายเลข MAX232 (RS232) ได้มีการเชื่อมต่อการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลการจำนวน 7 ช่องสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 3.23

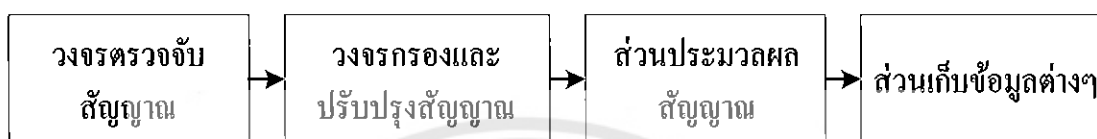


รูปที่ 3.23 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณ

3.2 การออกแบบการทำงานของระบบ

หลังจากได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนต่อไปคือขั้นตอนการออกแบบการทำงานของระบบโดยรวมของระบบ โดยจะแบ่งการออกแบบเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือในส่วนที่ 1. เป็นการออกแบบการทำงานของระบบการตรวจวัดสัญญาณ และการออกแบบการทำงานของวงจรกรองและปรับปรุณสัญญาณ ในส่วนที่ 2. เป็นในส่วนของการออกแบบการทำงานของระบบประมวลผลสัญญาณต่างๆ และในส่วนสุดท้าย ส่วนที่ 3. เป็นส่วนการออกแบบการทำงานของระบบเก็บข้อมูล โดยมีอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบดังรูปที่ 3.24

แนวคิดการออกแบบระบบการทำงานหลักคือ ตรวจจับสัญญาณต่างๆมา ทำการขยาย ลดกรองสัญญาณให้ได้ค่าสัญญาณด้านขาออก ไม่เกิน 5 โวลต์แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อส่งจ่ายเข้าส่วนประมวลผลสัญญาณ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อทำการประมวลผลสัญญาณเสร็จสิ้นสัญญาณจะถูกส่งออกมาจากหน่วยประมวลผลกลาง เพื่อส่งต่อไปให้กับส่วนเก็บข้อมูลโมดูลไมโครเอสดีการ์ดเพื่อทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ลงไมโครเอสดีการ์ดต่อไป ดังแสดงหลักการทำงานในรูปที่ 3.24

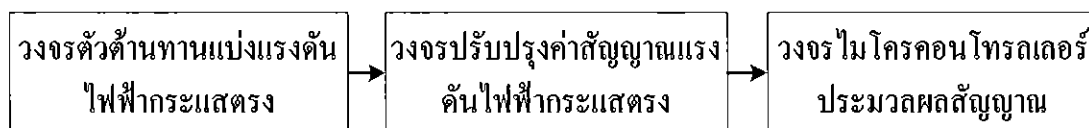


รูปที่ 3.24 ขั้นตอนการทำงานของระบบเก็บข้อมูล

3.2.1 วงจรตรวจจับสัญญาณและปรับปรุ้งสัญญาณ

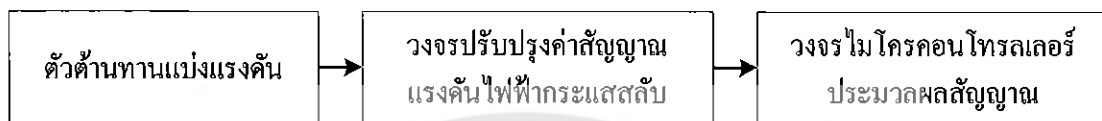
สำหรับการออกแบบการทำงานของชุดตรวจจับสัญญาณนั้นมีการออกแบบให้มีการทำงานแตกต่างกันออกไปตามสัญญาณที่ต้องการจะวัดที่มีทั้งสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ สัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ และสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรง โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนย่อยๆ เพื่อการอธิบายการทำงานให้เข้าใจง่ายและไม่สับสนการทำงานของระบบสำหรับการออกแบบระบบการทำงานของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณ มีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

ก) การตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง มีหลักการออกแบบการทำงาน คือการใช้วงจรแบ่งแรงดันที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเข้ามาจากนั้นทำการปรับปรุ้งค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เข้ามาโดยมีการกรองสัญญาณรบกวนต่างๆที่แฝงเข้ามากับแรงดันและทำการปรับค่าแรงดันให้ได้ค่าแรงดันตั้งแต่ 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ โดยการทำงานได้เขียนไว้ดังรูปที่ 3.25



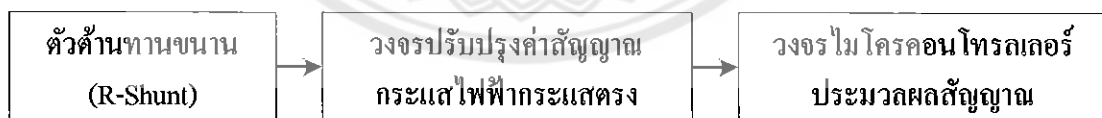
รูปที่ 3.25 ขั้นตอนการตรวจจับและปรับปรุ้งสัญญาณ

ข) การตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ หลังการออกแบบการทำงาน คือการใช้เครื่องมือวัดที่ได้ออกแบบไว้ดังบทที่ 3 วัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ โดยสัญญาณที่เข้ามาจะถูกลดแรงดัน 100 เท่า เมื่อสัญญาณเข้ามา จากนั้นจะถูกส่งเข้าวงจรปรับปรุงค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการออกแบบระบบได้ทำการออกแบบให้มีสัญญาณด้านขาออกมาจากวงจรปรับปรุงค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไม่เกิน 5 โวลต์ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยการทำงานได้เขียนไว้ดังรูปที่ 3.26



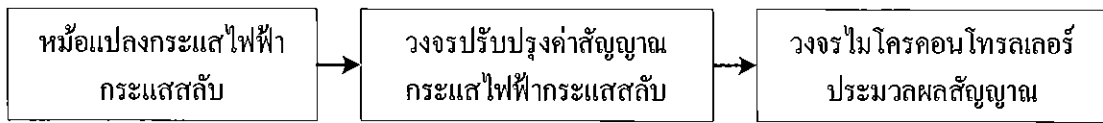
รูปที่ 3.26 ขั้นตอนการตรวจจับและปรับปรุงสัญญาณ

ค) การตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรง หลังการออกแบบการทำงาน คือการใช้เครื่องมือวัดที่ได้ออกแบบไว้ดังบทที่ 3 วัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงผ่านทางวงจรตัวต้านทานขนาน จากนั้นสัญญาณจะถูกกรองสัญญาณที่ไม่ต้องการออก โดยแรงดันที่ออกมาจากชุดวัดสัญญาณตัวต้านทานขนานคือ 0 โวลต์ถึง 50 มิลลิโวลต์ โดยสัญญาณที่เข้ามาจะถูกขยายแรงดัน 100 เท่า เมื่อสัญญาณเข้ามาจะถูกส่งเข้าวงจรปรับปรุงค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยการออกแบบระบบได้ทำการออกแบบให้มีสัญญาณด้านขาออกมาจากวงจรปรับปรุงค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะอยู่ในช่วง 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยการทำงานได้เขียนไว้ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ขั้นตอนการตรวจจับและปรับปรุงสัญญาณ

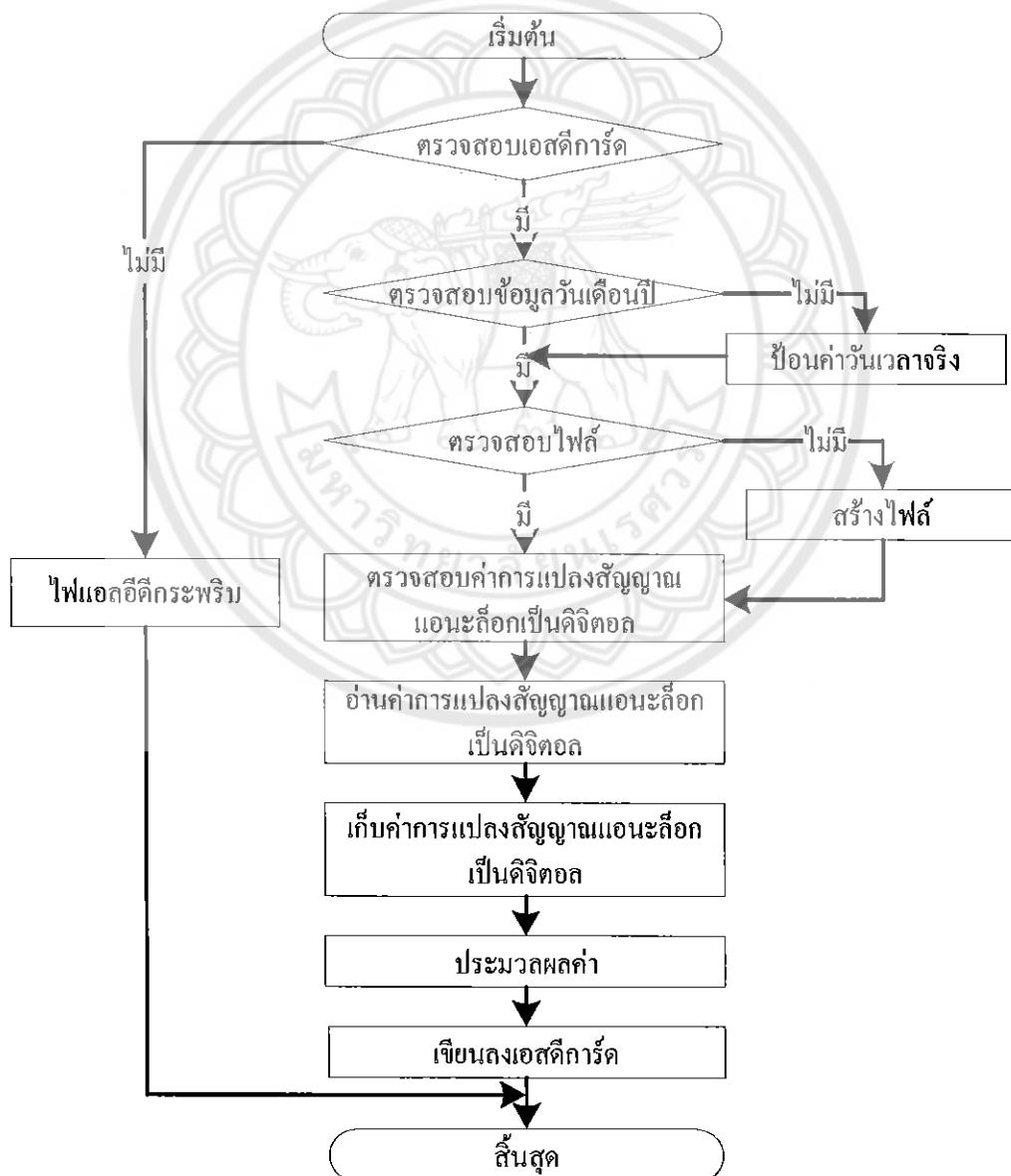
ง) การตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ มีหลักการการทำงานหลักๆ คือห้อยแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับเหนี่ยวนำให้เกิดสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ออกมาตกร้อมชุดตรวจวัดสัญญาณที่ระดับแรงดัน 0 โวลต์ถึง 20 มิลลิโวลต์ เมื่อมีแรงดันคั่นกล่าวเข้ามาที่วงจรกรองและปรับปรุงสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อให้ได้สัญญาณด้านขาออกอยู่ที่แรงดัน 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์ เพื่อส่งเข้าชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณต่อไป โดยการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ขั้นตอนการตรวจจับและปรับปรุงสัญญาณ

3.2.2 ส่วนประมวลผลสัญญาณ

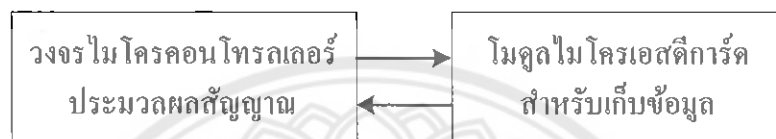
ทำการประมวลผลสัญญาณโดยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยมีลักษณะการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การทำงานของระบบประมวลผลสัญญาณ

3.2.3 ส่วนการทำงานเก็บข้อมูล

สำหรับการทำงานในส่วนเก็บข้อมูลนั้นได้มีการทำงานร่วมกับชุดโมดูลไมโครเอสดีการ์ด โดยมีหลักการการทำงานคือรับสัญญาณคำสั่งและสัญญาณข้อมูลมาจากชุดประมวลผลสัญญาณ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณมาจากชุดรับสัญญาณต่างๆ โดยเมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลคำสั่งและสัญญาณมาแล้ว จะทำการส่งข้อมูลและสัญญาณต่างๆไปยังโมดูลไมโครเอสดีการ์ดจากนั้นโมดูลไมโครเอสดีการ์ดจะทำการสั่งงานให้ทำการเก็บข้อมูลและสัญญาณต่างๆ ลงในไมโครเอสดีการ์ดการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.30



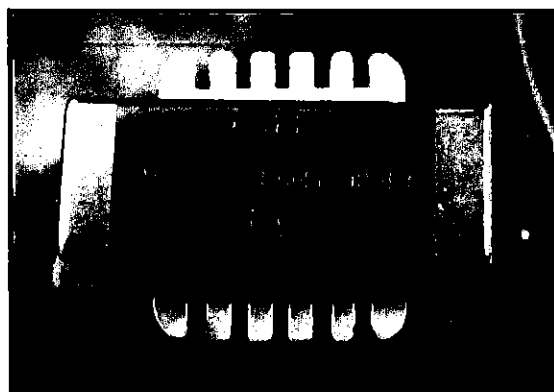
รูปที่ 3.30 แสดงการทำงานการเก็บข้อมูลลงไมโครเอสดีการ์ด

3.3 การพัฒนาฮาร์ดแวร์ระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบเซลล์ไฟฟ้าแสงอาทิตย์

หลังจากที่ได้ออกแบบและจัดทำวงจรต่างๆ สำหรับระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบเซลล์แสงอาทิตย์เสร็จแล้ว ซึ่งผลการติดตั้งวงจรและอุปกรณ์ต่างๆ จะอธิบายในหัวข้อถัดไป

3.3.1 ผลการติดตั้งหม้อแปลงลดแรงดัน 220 โวลต์เป็น 9 โวลต์

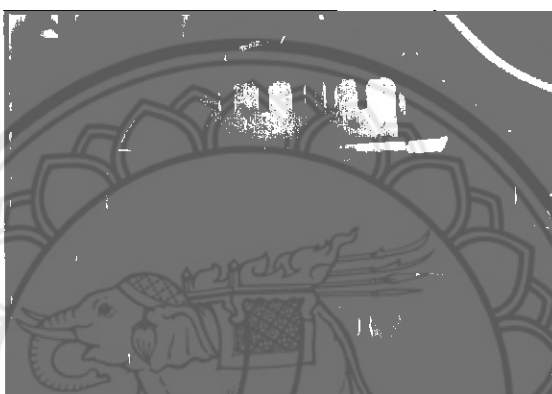
หม้อแปลงลดแรงดัน 220 โวลต์เป็น 9 โวลต์ ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายให้กับวงจรชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดัน 5 โวลต์ โดยมีพิกัดกำลังอยู่ที่ 20 โวลต์แอมแปร์ (VA) สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้ายที่แรงดัน 9 โวลต์ได้สูงสุด 2.22 แอมแปร์ เพียงพอดต่อความต้องการของวงจรต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 หม้อแปลงลดแรงดัน 220 โวลต์เป็น 9 โวลต์

3.3.2 ผลการติดตั้งหม้อแปลงลดแรงดัน 220 โวลต์เป็น12โวลต์

หม้อแปลงแรงดันขนาด +12, 0 และ -12 โวลต์ได้ถูกแสดงไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.32 เป็นหม้อแปลงแบบมีแทบกลางทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายให้กับวงจรชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดัน +8 และ -8 โวลต์ วงจรชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดัน 12 โวลต์และจ่ายให้กับวงจรชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ 0 ถึง 15.57 โวลต์โดยมีฟิวด์กำลังอยู่ที่ 40 โวลต์แอมแปร์ (VA) สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่แรงดัน 12 โวลต์ได้ประมาณ 3.33 แอมแปร์ เพียงพอต่อความต้องการ



รูปที่ 3.32 หม้อแปลงลดแรงดัน 220 โวลต์เป็น 12 โวลต์

3.3.3 ผลการติดตั้งฟิวส์ (Fuse) ขนาด 1 แอมแปร์

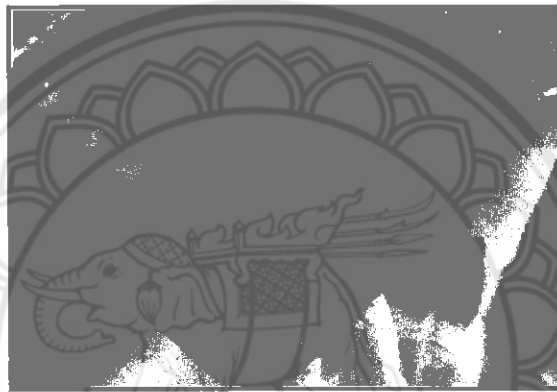
การติดตั้งฟิวส์ (Fuse) ขนาด 1 แอมแปร์ได้ถูกแสดงไว้ดังแสดงในรูปที่ 3.33 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลผ่านเข้าวงจรเกินไม่เกิน 1 แอมแปร์ เพื่อป้องกันความเสียหายต่างๆที่จะเกิดขึ้นกับวงจรและยังส่งผลให้สามารถป้องกันกระแสไฟฟ้าที่เกินจากแหล่งจ่ายภายนอกเข้าสู่หม้อแปลง และวงจรที่ป้องกันได้



รูปที่ 3.33 ฟิวส์ (Fuse)

3.3.4 ผลการติดตั้งสวิตช์เปิด-ปิด

สวิตช์ทำหน้าที่เป็นตัวเปิด-ปิดให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่หม้อแปลงและวงจรการทำงานต่างๆของระบบสามารถทนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ 0 ถึง 250 โวลต์ กระแส 5 แอมแปร์ เมื่อได้ติดตั้งสวิตช์เปิด-ปิดแล้ว การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ภายหลังสวิตช์เปิด-ปิดเป็นไปได้ง่าย การควบคุมวงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสตรง หม้อแปลงลดแรงดันต่างๆ สามารถได้ได้ง่ายและสะดวกขึ้น ซึ่งก่อนการต่อสวิตช์เปิด-ปิด ได้ทำการต่อไฟฟ้าแรงดัน 220 โวลต์เข้าโดยตรงที่วงจรหม้อแปลง ทำให้เมื่อต้องการเปิด-ปิด แต่ทุกครั้งต้องทำการถอดสายไฟฟ้า และเสียบสายไฟฟ้าแทนภายหลังการติดตั้งสวิตช์เปิด-ปิดดังแสดงในรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 สวิตช์เปิด-ปิด

3.3.5 ผลการประกอบวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมระดับแรงดันขนาด 5 โวลต์และควบคุมขนาดแรงดัน 12 โวลต์

วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมระดับแรงดันขนาด 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันด้านออกให้เป็นแรงดัน 5 โวลต์ และแรงดัน 12 โวลต์ โดยที่แรงดันขนาดแรงดัน 5 โวลต์ จะถูกให้เป็นแรงดันอ้างอิงการทำงานแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และแรงดันขนาดแรงดัน 12 โวลต์จะถูกจ่ายให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีหลักการทำงานคือรับกำลังไฟฟ้ากระแสสลับมาจากหม้อแปลงขนาด 12 โวลต์ โดยการต่อสายสัญญาณเข้าที่ขั้วต่อแรงดันด้านขาเข้าแรงดัน 12 โวลต์ จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านบริดจ์ไดโอดแปลงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการแปลงกระแสไฟฟ้าแบบฟูลบริดจ์ (Full Bridge Rectifier) ต่อตัวต้านทานอนุกรมกับหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) แล้วนำมาต่อขานานกับวงจรเพื่อแสดงสถานะการทำงานของวงจร วงจรได้ถูกออกแบบให้กรองสัญญาณให้เรียบโดยการต่อตัวเก็บประจุขานานเข้าที่วงจร ผ่านวงจรควบคุมแรงดันเพื่อปรับลดแรงดันลงเหลือ 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ จากนั้นนำมาผ่านตัวเก็บประจุอีกรอบ เพื่อให้สัญญาณเรียบและตัดสัญญาณ

สัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับได้เพียงพอต่อความต้องการ สำหรับชุดวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมระดับแรงดันขนาดแรงดัน +8 และ -8 โวลต์ไม่จำเป็นต้องมีตัวระบายความร้อนภายนอก เนื่องจากผลต่างของแรงดันอยู่ที่ 4 โวลต์ ทำให้มีพลังงานไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนโดยมีพลังงานที่เปลี่ยนไปคือ 2 โวลต์แอมแปร์ (VA) ที่พิกัดสูงสุด กำลังไฟฟ้าที่ผ่านวงจรมีค่าน้อย จึงเป็นเหตุทำให้ไม่ต้องมีตัวระบายความร้อน ซึ่งวงจรแสดงดังรูปที่ 3.36

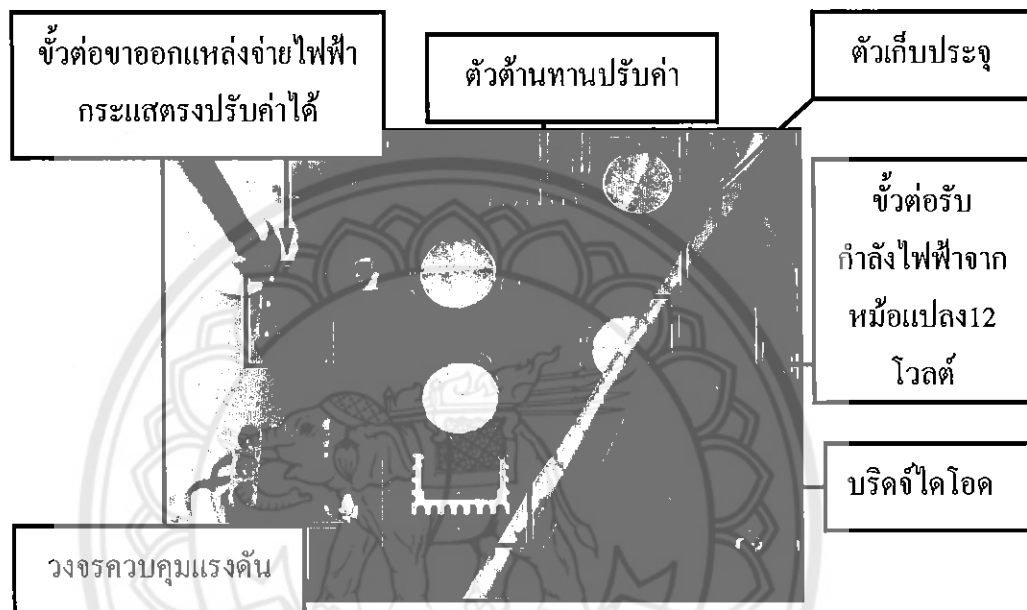


รูปที่ 3.36 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมระดับแรงดันขนาดแรงดัน +8,-8 โวลต์

3.3.7 ผลการประกอบวงจรควบคุมระดับแรงดันปรับค่าได้ตั้งแต่ -15.57,0 และ +15.57 โวลต์

วงจรควบคุมระดับแรงดันปรับค่าได้ตั้งแต่ -15.57 ถึง +15.57 โวลต์ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันด้านออกให้เป็น -15.57, 0 และ +15.57 โวลต์ตามต้องการเพื่อจ่ายให้กับวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่รับมาจากตัวต้านทานขนาดชุดวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรง และชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ โดยมีหลักการทำงานคือรับกำลังไฟฟ้ากระแสสลับมาจากหม้อแปลงขนาด 12 โวลต์ เข้าที่ขั้วต่อรับกำลังไฟฟ้าจากหม้อแปลง 12 โวลต์ จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านบริดจ์ไดโอดแปลงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เป็นการแปลงกระแสไฟฟ้าแบบฟูลบริดจ์ต่อตัวต้านทานอนุกรมกับหลอดไดโอดเปล่งแสงจากนั้นต่อขนานกับวงจรเพื่อแสดงสถานการณ์การทำงานของวงจร วงจรได้ถูกออกแบบให้กรองสัญญาณให้เรียบ โดยการต่อเก็บประจุขนานเข้าที่วงจร ผ่านวงจรควบคุมแรงดันและตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อปรับลดแรงดันลงให้ได้ตามที่ต้องการ จากนั้นสัญญาณจะผ่านตัวเก็บประจุอีกรอบ เพื่อให้สัญญาณเรียบและตัดสัญญาณรบกวน สามารถจ่ายกำลังให้ชุดวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่รับมาจากตัวต้านทานขนาดได้อย่างเพียงพอ สำหรับการต่อแรงดันไปใช้สามารถทำได้โดยการนำสายสัญญาณต่อเข้าที่ขั้วต่อขาออกแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้

โดยจะใช้สายสัญญาณในการต่อแรงดันไปใช้งานจำนวน 3 เส้น คือสายสัญญาณแรงดัน 0 โวลต์ สายแรงดันปรับค่าได้ด้านแรงดันค่าบวก สายแรงดันปรับค่าได้ด้านแรงดันค่าลบ สามารถต่อสายสัญญาณได้โดยที่มีการต่อสายไฟฟ้าทั้ง 3 เส้น โดยที่ สีส้มคือแรงดันปรับค่าได้ทางด้านลบ สีขาวคือแรงดัน 0 โวลต์ สีแดงคือแรงดันปรับค่าได้ทางด้านบวก สามารถดูรายละเอียดต่างๆ ดังที่แสดงในรูปที่ 3.37

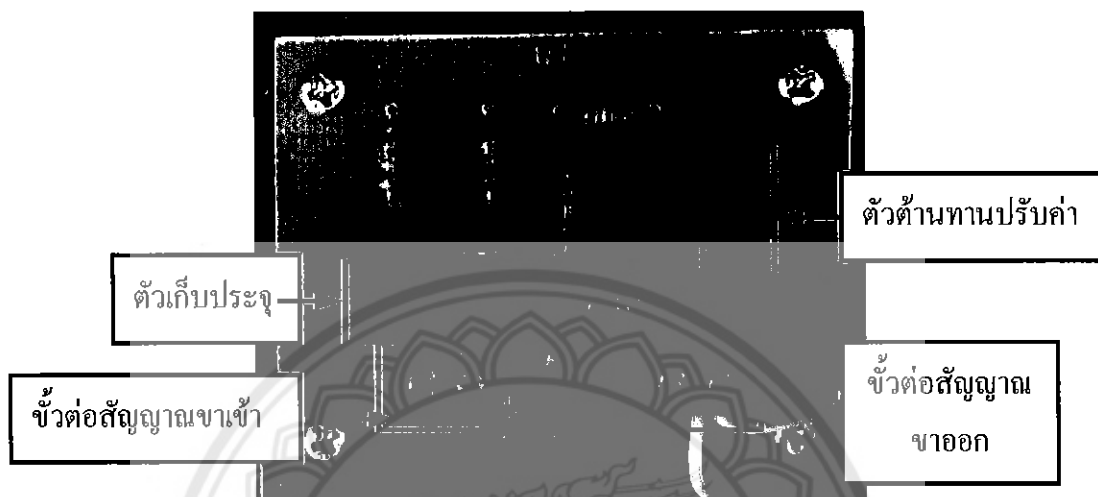


รูปที่ 3.37 วงจรควบคุมระดับแรงดันปรับค่าได้ตั้งแต่ -15.57, 0 และ +15.57 โวลต์

3.3.8 ผลการประกอบวงจรลดระดับแรงดันสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง (Voltage Divider)

วงจรลดระดับแรงดันสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันด้านเข้า เพื่อนำแรงดันด้านออกไปเป็นสัญญาณด้านเข้าของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีหลักการทำงานคือใช้ตัวต้านทานต่ออนุกรมเพื่อลดแรงดันขึ้นอยู่กับตัวต้านทานตามทีออกแบบ ตามที่ได้ออกแบบไว้จะใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้เพื่อปรับให้ค่าแรงดันที่ออกมาใกล้เคียงตามที่คำนวณไว้ มีการต่อตัวเก็บประจุที่สามารถทนแรงดันได้สูงไว้กรองสัญญาณ ซึ่งพิกัดของวงจรแบ่งแรงดันนี้จะอยู่ในช่วง 0 ถึง 196 โวลต์ เมื่อมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0 ถึง 196 โวลต์เข้าที่ขั้วต่อสัญญาณขาเข้า แรงดันด้านออก จากขั้วต่อสัญญาณด้านขาออกจะอยู่ในช่วง 0 ถึง 5 โวลต์ เพื่อเป็นสัญญาณทางด้านขาเข้าของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เหตุที่กำหนดแรงดันด้านออกไว้ไม่ให้เกิน 5 โวลต์เนื่องจากถ้าแรงดันเกิน 5 โวลต์ จะเป็นอันตรายต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำการปรับตั้งค่าสัญญาณขาออกให้ได้ 0 ถึง 5 โวลต์ โดยการจ่ายแรงดันพิกัดคือ 196 โวลต์เข้าที่ขั้วต่อสัญญาณด้านขาเข้าแล้วนำมิเตอร์วัดแรงดันกระแสตรงที่ขั้วสัญญาณด้านออกว่าได้ 5 โวลต์หรือไม่ถ้าไม่ได้ให้ปรับตัวต้านทานปรับ

ค่าให้ได้แรงดันที่ขั้วต่อสัญญาณด้านขาออกมาเป็นแรงดัน 5 โวลต์ จากนั้นสามารถต่อสายสัญญาณเข้าไปที่ชุดชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกซึ่งวงจรระดับแรงดันสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังรูปที่ 3.38

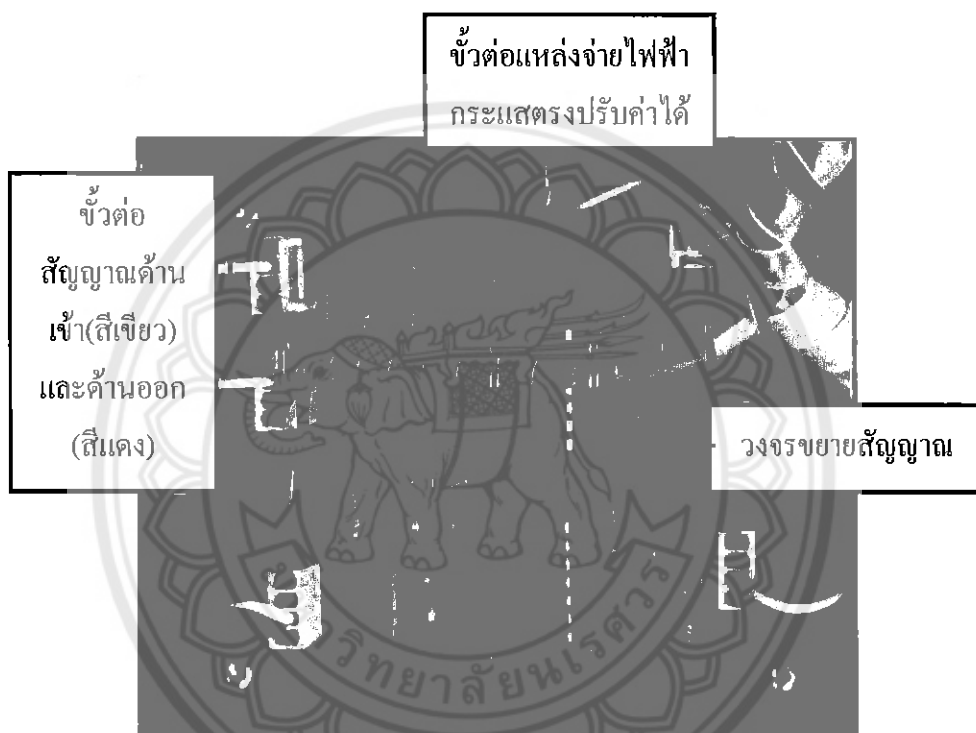


รูปที่ 3.38 วงจรลดระดับแรงดันสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง

3.3.9 ผลการประกอบชุดวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง

วงจรถ่ายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง ทำหน้าที่รับสัญญาณมาจากตัวด้านทานขนานเข้ามาทำการปรับขยายเพิ่มสัญญาณแรงดันเพื่อส่งเข้าวงจรด้านขาเข้าของไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกโดยพิกัดแรงดันสูงสุดที่ออกมาจากตัวด้านทานขนาน คือ 0 ถึง 50 มิลลิโวลต์ จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งเข้ามายังวงจรถ่ายที่มีกำลังขยายอยู่ที่ 100 เท่า จะส่งผลให้แรงดันด้านขาออกจากชุดวงจรถ่ายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงมีแรงดันอยู่ที่ 0 ถึง 5 โวลต์ ออกมาจากขั้วต่อสัญญาณด้านออก เพื่อส่งเข้าชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก เพื่อนำสัญญาณไปประมวลผลต่อไปวงจรถ่ายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงรับกำลังไฟฟ้าจากชุดวงจรควบคุมระดับแรงดันปรับค่าได้ตั้งแต่ 15.57, 0 และ +15.57 โวลต์ โดยการต่อสายไฟฟ้าเข้าที่ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ทำการปรับตั้งแรงดันที่วงจรถ่ายควบคุมระดับแรงดันปรับค่า โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 50 มิลลิโวลต์เข้าที่ขั้วต่อสัญญาณด้านขาเข้า จากนั้นปรับแรงดันที่วงจรถ่ายควบคุมระดับแรงดันปรับค่าให้มีสัญญาณด้านขาออกอยู่ที่ 5 โวลต์ จากนั้นปลดสัญญาณแรงดันด้านขาเข้าออก และวัดสัญญาณขาออกถ้าเป็น 0 โวลต์แสดงว่าได้กำหนดค่าอัตราขยายไว้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้แล้ว ผลการทดสอบอัตราขยายถูกต้องตามที่ออกแบบไว้สามารถนำสัญญาณที่ได้ประมวลผลต่อไป โดยมีย่านแรงดันอยู่ที่ตั้งแต่ 0 ถึง 5 โวลต์

ในกรณีที่กระทำการตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว อัตราขยายของแรงดันออกมาไม่ตรงตามที่ได้ ออกแบบไว้ ให้ทำการตรวจสอบดูว่าชุดวงจรขยายเกิดความเสียหายหรือไม่ โดยการตรวจสอบ แรงดันไฟฟ้าที่เลี้ยงวงจร ถ้าเข้าตามปกติยังไม่สามารถขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้าได้ตามต้องการ ให้ทำการเปลี่ยนไอซี (IC) หมายเลข TL074CN โดยสามารถถอดออกจากช่องเสียบ 14 ขาได้ โดยตรงโดยไม่ต้องทำการเชื่อมวงจรใหม่ เมื่อทำการเปลี่ยนแล้วให้ทำตามขั้นตอนการปรับ อัตราส่วนที่ได้กล่าวมาแล้วอีกครั้ง ซึ่งวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.39 ชุดวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง

3.3.10 ผลการประกอบชุดวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ

ผลการทำงานของวงจรนี้หม้อแปลงกระแส (CT) จะถูกเชื่อมสัญญาณเข้าที่ขั้วต่อสัญญาณ ด้านขาเข้าซึ่งจะต่อตัวต้านทานขนาด 100 โอห์ม เป็นผลให้เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันระดับ 0 ถึง 20 มิลลิโวลต์เมื่อมีกระแสไหลผ่านสายสัญญาณที่คล้องอยู่ สัญญาณนี้จะถูกส่งผ่านไปยัง วงจรคัปปลิง (Coupling) เพื่อให้ได้สัญญาณอาร์เอ็มเอส (Root Mean Square: RMS) เพียงอย่างเดียว จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปเข้าวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน เพื่อขจัดสัญญาณความถี่สูงที่ไม่ ต้องการออกไป สัญญาณที่ได้ก็จะนำไปขยายเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ขนาดสัญญาณเอาต์พุตที่เหมาะสม กับการนำไปประมวลผลต่อไป สำหรับสัญญาณที่เข้าชุดไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีความจำเป็น อย่างยิ่งที่ต้องกรองสัญญาณที่ไม่ต้องการออกและสัญญาณที่ได้ทำการขยายและกรองสัญญาณแล้ว

นั่นก็จะส่งสัญญาณดังกล่าวไปเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น เมื่อเรียงกระแสเสร็จแล้วก็เข้าสู่วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านอีกครั้ง สัญญาณที่ได้ก็จะเป็นค่าสูงสุดของสัญญาณ โดยที่ไม่มีสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการและส่งไปยังวงจรแบ่งแรงดันภายในวงจร เพื่อทำการปรับสัดส่วนแรงดันเอาท์พุทให้สัมพันธ์กับสัดส่วนสัญญาณอินพุทโดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ปรับสัดส่วนของแรงดันด้านขาออก ซึ่งพิกัดของกระแสที่สามารถวัดได้จากชุดตรวจสอบสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับคือ 0 แอมแปร์ถึง 50 แอมแปร์ ส่งผลให้มีสัญญาณด้านออกของชุดวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับคือแรงดันขนาด 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์ สามารถนำสัญญาณดังกล่าวไปเข้าสู่ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกเพื่อประมวลผล และเก็บค่าสัญญาณ โดยนำสายสัญญาณมาต่อกับสายสัญญาณสีแดงดังแสดงในรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40 ชุดวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ

3.3.11 ผลการประกอบชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

ผลการทำงานของวงจรนี้ จะใช้วงจรแบ่งแรงดันซึ่งประกอบด้วยตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม 2 ตัว และ 100 โอห์ม 1 ตัว ซึ่งการต่อจะให้ตัวต้านทาน 100 โอห์มอยู่ระหว่างกลางของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม ทั้งสองในลักษณะวงจรถอดรูป จากนั้นนำแรงดันตกคร่อมที่เกิดขึ้นตัวต้านทาน 100 โอห์ม ด้านหนึ่งต่อกับกราวด์ และอีกด้านหนึ่งต่อร่วมเข้าไปที่ด้านขาเข้าเพื่อรับสัญญาณแรงดันดังกล่าวเมื่อสัญญาณแรงดันดังกล่าวเข้ามาจะถูกส่งผ่านไปยังวงจรคัปปลิ่ง เพื่อให้ได้สัญญาณอาร์เอ็มเอสเพียงอย่างเดียวและนำสัญญาณนั้นเข้าวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน เพื่อขจัดสัญญาณความถี่สูงที่ไม่ต้องการออกไป จากนั้นสัญญาณที่ได้ก็จะนำไปขยายเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ขนาดสัญญาณเอาท์พุทที่เหมาะสม และสัญญาณที่ได้จะนำไปเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น เมื่อเรียงกระแสเสร็จจะเข้าสู่วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านอีกครั้ง เพื่อทำการกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการออกสัญญาณแรงดันดังกล่าวจะได้เป็นค่าสูงสุดของสัญญาณแรงดัน และส่งไปยังวงจรแบ่งแรงดันภายในวงจร

เพื่อปรับสัดส่วนแรงดันเอาต์พุตให้สัมพันธ์กับสัดส่วนสัญญาณอินพุต โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ ปรับสัดส่วนของแรงดันเอาต์พุต ซึ่งพิกัดของแรงดันที่ชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามารถวัดได้คือ 0 โวลต์ ถึง 230 โวลต์ เป็นผลให้สัญญาณด้านออกของชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับคือ ระดับแรงดันตั้งแต่ 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์เพื่อนำสัญญาณแรงดันดังกล่าวส่งเข้าไปยังชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก เป็นดิจิทัล และทำการประมวลผลเพื่อที่จะทำการเก็บค่าลงชุดไมโครเอสดีการ์ด ซึ่งชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับวงจรตรวจกับอื่น ถ้าต้องการสัญญาณแรงดันออกที่มีค่ามากกว่าแรงดันที่กล่าวมา ให้ทำการเปลี่ยนตัวต้านทานปรับค่าตามต้องการ วงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแสดงดังรูปที่ 3.41

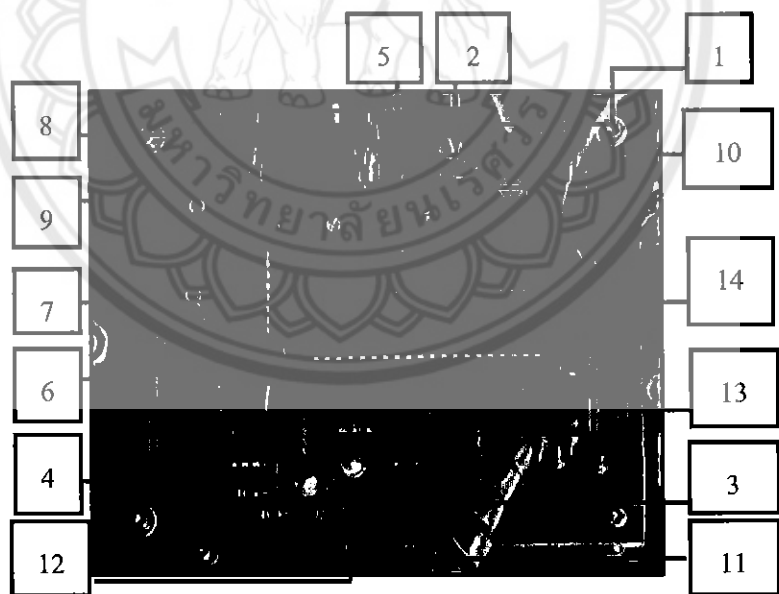


รูปที่ 3.41 ชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

3.3.12 ผลการประกอบชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก

ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกที่ได้รับจากอุปกรณ์ต่างๆ รับแรงดันไฟฟ้าเลี้ยงวงจรมาจากช่องรับสัญญาณแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์ หมายเลข 1 จากวงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟกระแสตรงควบคุมระดับแรงดันขนาด 12 โวลต์จากนั้นวงจรระดับแรงดันไฟฟ้าทำให้แรงดันเหลือ 5 โวลต์ดังหมายเลข 2 เพื่อที่จ่ายเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นผลทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้ โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังหมายเลข 3 และส่งแรงดันไฟฟ้าไปยังไฟแสดงสถานะการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเป็นการแสดงว่าวงจรมีแรงดันไฟฟ้ามาเลี้ยงวงจรเป็นที่เรียบร้อยดังหมายเลข 4 โดยวงจรของไมโครคอนโทรลเลอร์มีความเร็วการทำงาน 8 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ซึ่งจะรับสัญญาณความถี่จากชุดกำเนิดความถี่ดังหมายเลข 5 จากรูปที่ 3.42 จะเห็นว่ามียังวงจรเวลาจริง (Real Time Clock) ดังหมายเลข 6 เพื่อนับวันที่ เดือน ปี และเวลาจริง ซึ่งมีชุดกำเนิด

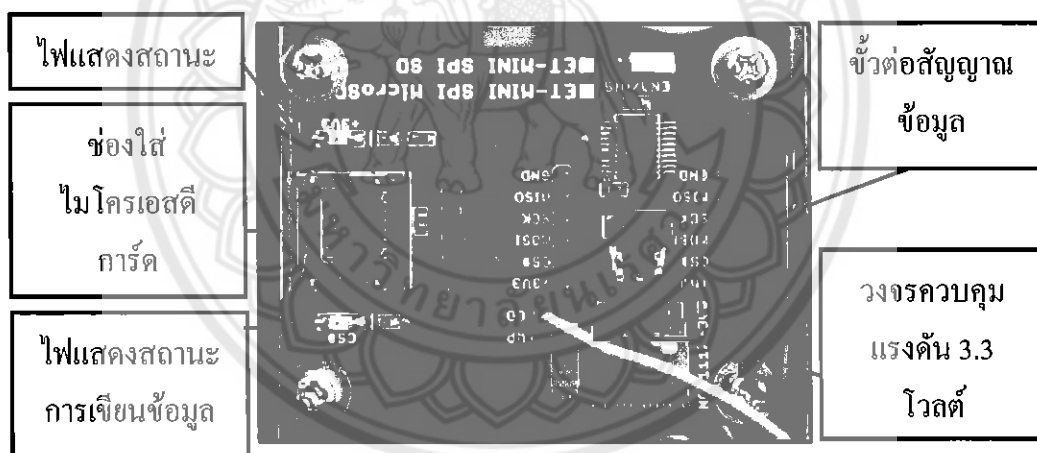
ความถี่ 32.768 กิโลเฮิร์ตซ์ (KHz) ดังหมายเลข 7 เป็นตัวควบคุมการนับเวลาให้สอดคล้องกับเวลาจริงเพื่อให้เวลาจริงสามารถนับเวลาได้อย่างต่อเนื่องดังหมายเลข 8 โดยสามารถตั้งเวลาจริงได้โดยเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม (RS232) ไปยังคอมพิวเตอร์และยังมีวงจรควบคุมการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมดังหมายเลข 9 เพื่อเป็นตัวกลางสำหรับการเชื่อมต่อของวงจรกับคอมพิวเตอร์ สามารถทำการโปรแกรมตัววงจรไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านทางช่องเสียบสายสัญญาณเอสพีไอ (SPI) ดังหมายเลข 10 โดยใช้อุปกรณ์เขียนโปรแกรมลงไมโครคอนโทรลเลอร์ เสร็จเรียบร้อยแล้วสามารถทำการเริ่มการทำงานของโปรแกรมได้โดยการกดสวิทช์ที่ติดตั้งแสดงในรูปที่ 3.42 ดังหมายเลข 11 เมื่อทำการเริ่มการทำงานของโปรแกรมแล้วจะมีไฟแสดงสถานะการทำงานของโปรแกรม โดยไฟแสดงสถานะการทำงานจะเป็นสีฟ้า ซึ่งเป็นไฟแสดงสถานะสีเดียวกับไฟแสดงสถานะการทำงานของระบบดังหมายเลข 12 และจากที่วัดค่าจะมีการส่งข้อมูลมายังช่องรับสัญญาณแอนะล็อกข้อมูลจะถูกส่งมาทางสายสัญญาณสีแดงดังหมายเลข 13 เป็นผลให้เกิดการประมวลผลสัญญาณ เมื่อสัญญาณผ่านการประมวลผลแล้วจะเก็บข้อมูลทั้งหมดลงไมโครเอสดีการ์ด โดยส่งสัญญาณผ่านสายสัญญาณสีแดงดังหมายเลข 14 โดยสามารถดูรายละเอียดต่างๆ ของการติดตั้งอุปกรณ์ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก

3.3.13 ผลการติดตั้งโมดูลสำหรับหน่วยความจำไมโครเอสดี

โมดูลสำหรับหน่วยความจำไมโครเอสดี ทำหน้าที่รับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มาเก็บไว้ในไมโครเอสดีการ์ดโดยเก็บข้อมูล วันเดือนปี เวลา และค่าต่างๆ ที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้ โดยมีหลักการทำงานคือ รับสัญญาณต่างๆ จากขั้วต่อสัญญาณข้อมูลรวมทั้งสัญญาณกระแสไฟฟ้าเลี้ยง วงจรการทำงานด้วย โดยมีการนำแรงดันที่ได้รับมาคือ 5 โวลต์จากไมโครคอนโทรลเลอร์มาผ่าน วงจรควบคุมแรงดัน ขนาดแรงดัน 3.3 โวลต์ เพื่อทำการส่งสัญญาณแรงดันเป็นไฟเลี้ยงทั้งวงจร จากนั้นไฟแสดงสถานะจะทำงาน เมื่อได้รับสัญญาณแรงดันเลี้ยงวงจร ต่อมาจะทำการตรวจสอบว่า มีการใส่ไมโครเอสดีการ์ดหรือไม่ โดยรับคำสั่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อมีการใส่ไมโครเอสดีการ์ดจะส่งสัญญาณ ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ประมวลผลต่างๆ จากสัญญาณด้านเข้าเสร็จจะส่งผลการประมวลสัญญาณต่างๆ เข้ามาที่ขั้วต่อสัญญาณข้อมูล ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาเก็บไว้ในไมโครเอสดีการ์ด มีไฟแสดงสถานะการเขียน ข้อมูลติดให้เห็น โดยไฟจะกระพริบตามคำสั่งในโปรแกรมที่ตั้งไว้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่ง วงจรแสดงดังรูปที่ 3.43



รูปที่ 3.43 โมดูลสำหรับหน่วยความจำไมโครเอสดี

3.4 ผลการพัฒนาด้านซอฟต์แวร์ (Software)

หลังจากที่ได้ออกแบบการทำงานของระบบแล้ว ได้พัฒนาโปรแกรมต่างๆ ที่สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ในด้านต่างๆตามทีออกแบบไว้ ดังแสดงในหัวข้อถัดไป

3.4.1 ผลการเขียนโปรแกรมสำหรับการป้อนข้อมูลวันเดือนปีและเวลาให้กับระบบ

ผลการเขียนโปรแกรมสำหรับการป้อนข้อมูลวันเดือนปีและเวลาให้กับระบบ โดยจะทำการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านการเชื่อมต่อข้อมูลแบบอนุกรมซึ่งรหัสโปรแกรมในส่วนนี้จะเป็นการสร้างรายการเพื่อติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ซึ่งติดต่อสื่อสารผ่าน RS232 นอกจากนี้ยังเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบว่าพบหน่วยความจำไมโครเอสดีหรือไม่เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำไมโครเอสดี หรือไม่ และตรวจสอบระบบไฟล์ของหน่วยความจำไมโครเอสดีเป็นแบบ FAT32 หรือไม่ เมื่อเกิดความผิดพลาดไดโอดเปล่งแสง (LED) จะกระพริบเพื่อแสดงให้เห็นว่าเกิดความผิดพลาดขึ้น

การสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์จะใช้สายสัญญาณ RS232 ในการเชื่อมต่อ โดยมีการต่อสายสัญญาณ RS232 เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 3.44

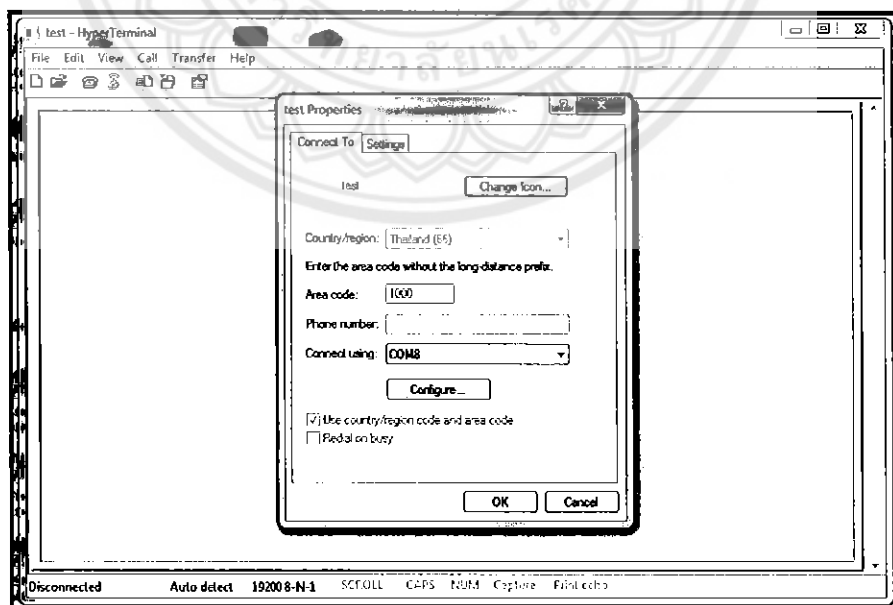


รูปที่ 3.44 การต่อชุดเก็บข้อมูลกับคอมพิวเตอร์โดยเชื่อมต่อผ่าน RS-232

ขั้นตอนในการป้อนค่าวันเดือนปี และเวลา สำหรับลำดับแรกของการป้อนค่าจะต้องทำการเปิดโปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (HyperTerminal) ในคอมพิวเตอร์ทำการสร้างไฟล์ใหม่ โดยการสร้างชื่อไฟล์ หลังจากนั้นให้ทำการกดปุ่ม “OK” ดังแสดงในรูปที่ 3.45 เมื่อสร้างไฟล์เสร็จแล้วจะเป็นการเลือกพอร์ตที่ได้ต่อกับ RS232 ดังแสดงในรูปที่ 3.46

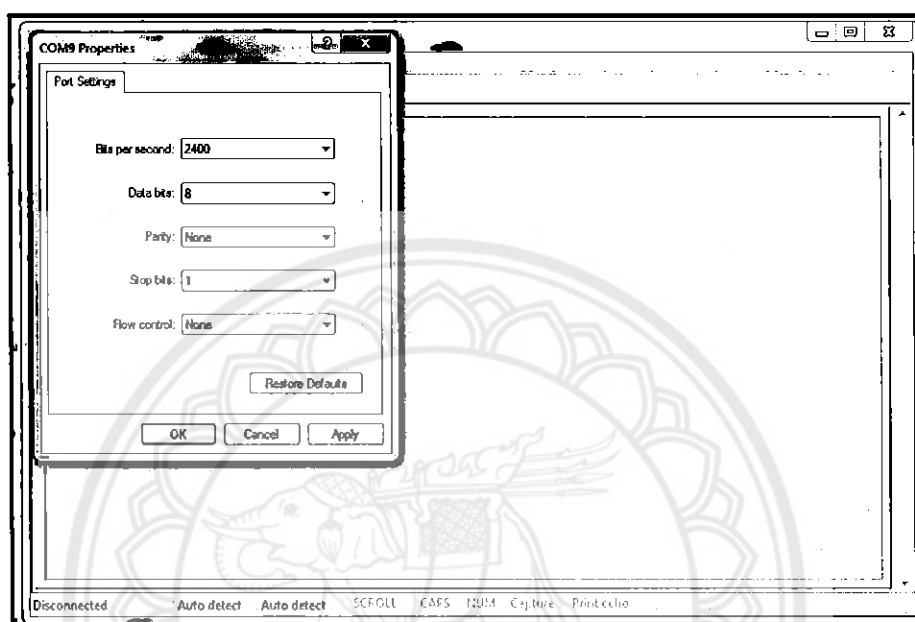


รูปที่ 3.45 การสร้างไฟล์ใหม่สำหรับไฮเปอร์เทอร์มินอล (HyperTerminal)

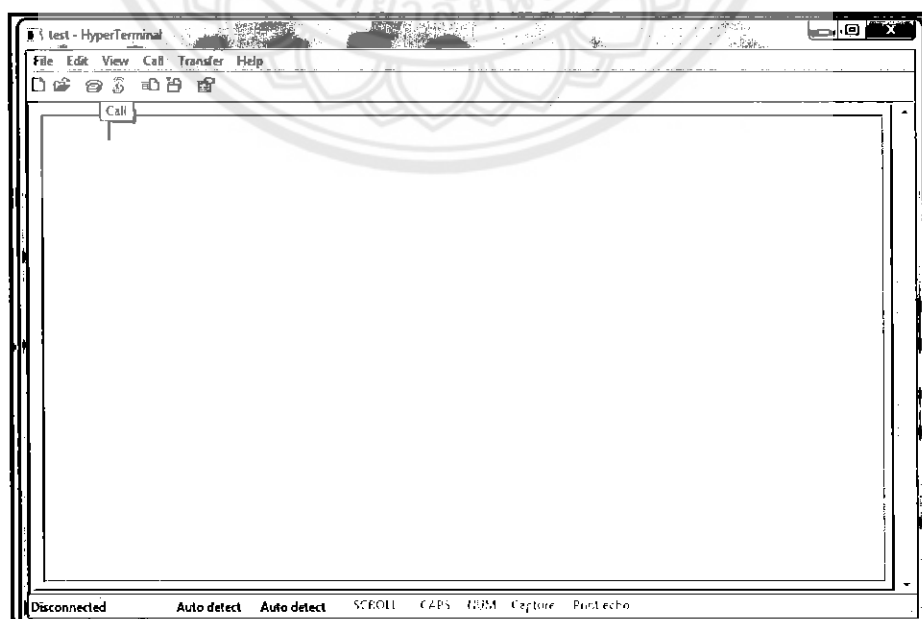


รูปที่ 3.46 การเลือกพอร์ต (Port) ที่เชื่อมกับ RS-232

หลังจากเลือกพอร์ตเสร็จ จากนั้นตั้งค่าต่างๆ ของพอร์ต โดยกดปุ่ม “Configure” ตั้งค่า COM8: 2,400, 8, None, 1, None โดยมี “Baud rate”เท่ากับ 2,400, “Data bits”เท่ากับ 8, “Pararity”เป็น None, “Stop bits”เป็น 1, “Flow control”เป็น None ดังแสดงในรูปที่ 3.47 หลังจากที่ตั้งค่าการสื่อสารอนุกรม กดปุ่ม “Call” เพื่อทำการเชื่อมต่อ ดังแสดงในรูปที่ 3.48

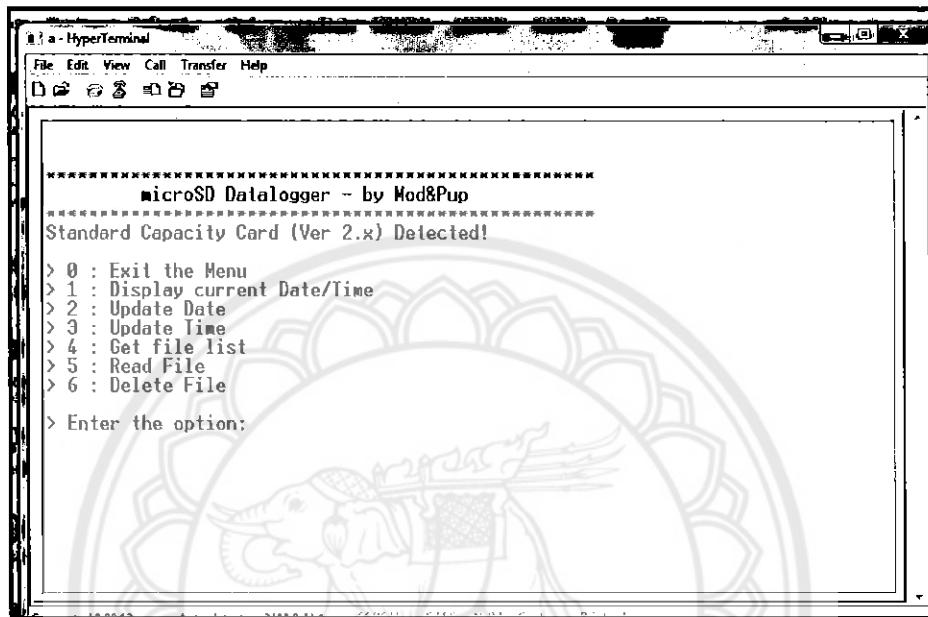


รูปที่ 3.47 การตั้งค่าการสื่อสารอนุกรม

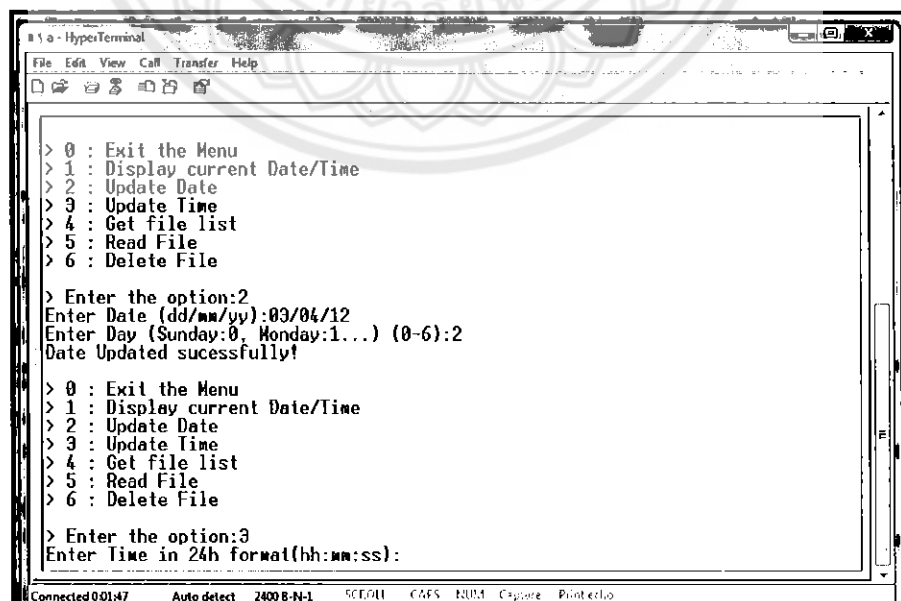


รูปที่ 3.48 การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ RS-232

เมื่อกดเชื่อมต่อเสร็จแล้วเปิดสวิตช์เพื่อจ่ายไฟให้กับวงจรพร้อมทั้งกดปุ่มของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ค้างไว้จนกระทั่งจะปรากฏรายการสำหรับการตั้งค่าเวลาที่ไฮเปอร์เทอร์มินอล ดังแสดงในรูปที่ 3.49 เมื่อปรากฏรายการขึ้นมาที่ไฮเปอร์เทอร์มินอล แล้วกดปุ่มเลข “2” เพื่อเข้าสู่การตั้งวันเดือนปีแสดงดังรูปที่ 3.50

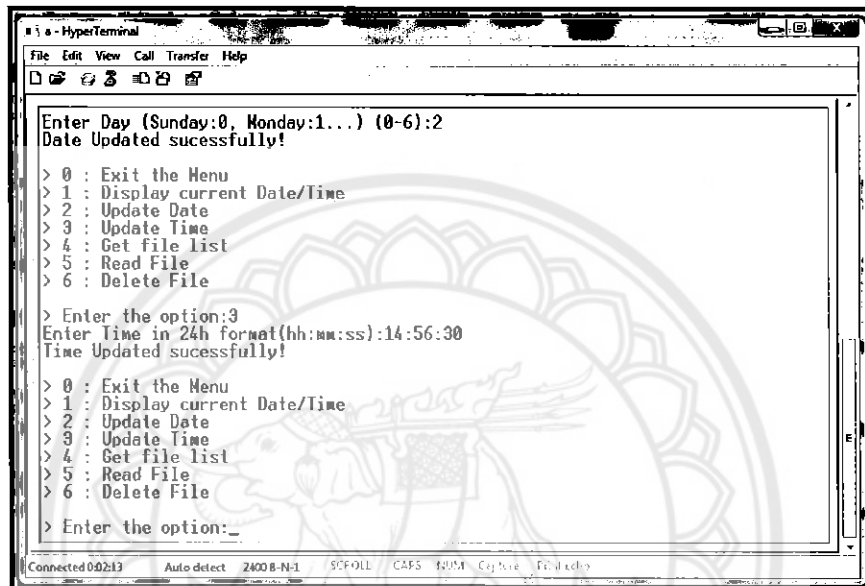


รูปที่ 3.49 รายการสำหรับการตั้งค่าเวลา

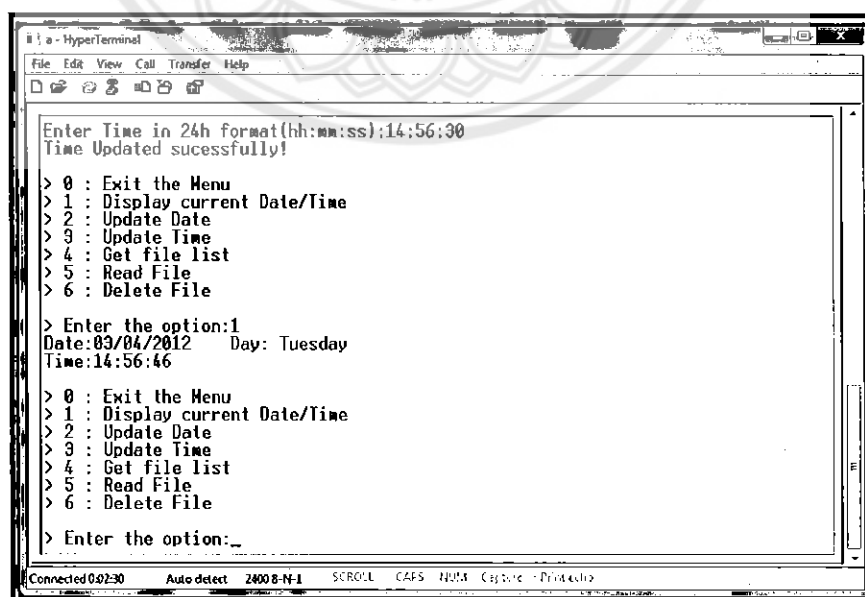


รูปที่ 3.50 การตั้งค่าวันเดือนปี

เมื่อใส่ข้อมูลเสร็จจะกลับมาสู่หน้ารายการหลักจากนั้นให้ทำการกดปุ่มเลข “3” เพื่อเข้าสู่การตั้งเวลา ณ ปัจจุบัน เมื่อใส่ข้อมูลเสร็จแล้วโปรแกรมจะกลับมาสู่หน้ารายการหลักดังแสดงในรูปที่ 4.51 เมื่อใส่ข้อมูลวันเดือนปีและเวลาเสร็จแล้ว สามารถตรวจสอบความถูกต้องของเวลาจริงได้ โดยการกดปุ่มเลข “1” เพื่อดูข้อมูลที่ได้ใส่ลงไปดังแสดงในรูปที่ 4.52 ถ้าข้อมูลวันเดือนปีดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนสามารถทำการตั้งวันเดือนปีใหม่ได้

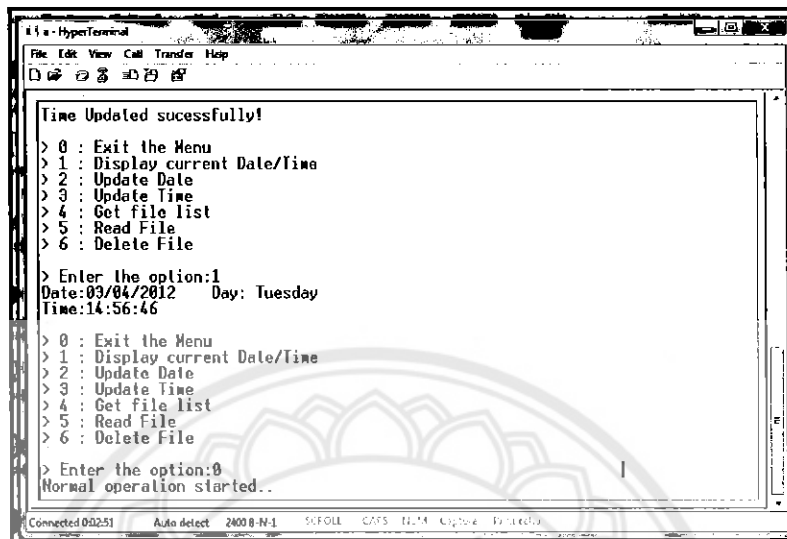


รูปที่ 3.51 การตั้งเวลา ณ ปัจจุบัน



รูปที่ 3.52 แสดงข้อมูลทั้งหมดที่ป้อนเข้าไป

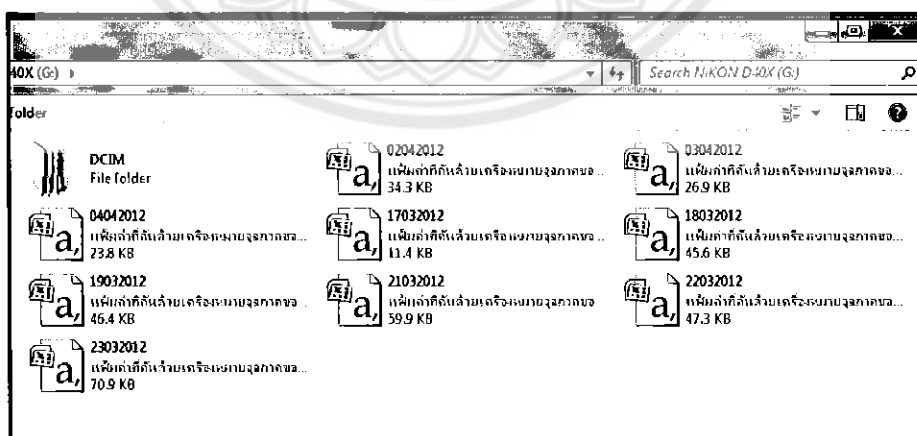
เมื่อกระทำการดั่งที่กล่าวมาเสร็จแล้วจากนั้นกดปุ่มเลข “0” เพื่อออกจากหน้ารายการการตั้งเวลา เข้าสู่โหมดการทำงานปกติ ดังแสดงในรูปที่ 3.53



รูปที่ 3.53 การออกจากรายการการตั้งค่าเวลา

3.4.2 ผลการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างไฟล์สำหรับเก็บข้อมูล

ผลการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างไฟล์สำหรับเก็บข้อมูล โดยชื่อไฟล์ที่สร้างขึ้นจะใช้วันเดือนปีมาใช้ในการสร้างชื่อไฟล์และจะสร้างไฟล์ขึ้นใหม่เมื่อได้เข้าสู่วันถัดไป นามสกุลของไฟล์ที่สร้างคือ .CSV ซึ่งสามารถใช้โปรแกรม Excel เปิดไฟล์ ดังแสดงในรูปที่ 3.54



รูปที่ 3.54 ไฟล์ที่สร้างเสร็จ โดยแสดงวันเดือนปีเป็นชื่อไฟล์

3.4.3 การเขียนโปรแกรมเพื่อการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

โปรแกรมในส่วนนี้เขียนขึ้นเพื่อแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและมีการทำซ้ำ 8 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยของค่าการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล เพื่อให้ได้ความแม่นยำของการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

3.4.4 การเขียนโปรแกรมเพื่อประมวลผลของข้อมูล

โปรแกรมในส่วนนี้จะประมวลผลข้อมูลที่ได้มาจากการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลให้กลับเป็นค่าแรงดันหรือกระแสที่เครื่องมือวัดสามารถวัดได้ โดยจะนำค่าที่ได้จากการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลมาคูณด้วยค่าพิคคสูงสุดของเครื่องมือวัดแต่ละชนิด

3.4.5 ผลการเขียนโปรแกรมเพื่อจัดเก็บข้อมูล

ผลการเขียนโปรแกรมเพื่อจัดเก็บข้อมูล เมื่อข้อมูลที่ประมวลผลเสร็จแล้วจะถูกเก็บในข้อมูลแบบสตริง (String) ก่อนที่ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในไฟล์นามสกุล .CSV ที่สร้างขึ้นโดยจะแสดงข้อมูลวันเดือน ปีและเวลาที่เก็บข้อมูลข้อมูลข้อมูลที่เก็บได้จะแสดงแบ่งเป็นชนิดไฟฟ้า กระแสตรงและชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.55

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
100	7/4/2012	15:46:27	155.019 Vdc	155.019 Vdc	155.019 Vdc	155.019 Vdc	155.019 Vdc	188.856 Vac	188.856 Vac	
101	7/4/2012	15:46:32	155.019 Vdc	155.019 Vdc	155.019 Vdc	155.019 Vdc	155.019 Vdc	188.856 Vac	188.856 Vac	
102	7/4/2012	15:47:32	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	218.885 Vac	218.885 Vac	
103	7/4/2012	15:47:37	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	218.885 Vac	218.885 Vac	
104	7/4/2012	15:47:42	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	218.885 Vac	218.885 Vac	
105	7/4/2012	15:47:47	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	218.885 Vac	218.885 Vac	
106	7/4/2012	15:47:52	179.668 Vdc	179.476 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	218.651 Vac	218.885 Vac	
107	7/4/2012	15:47:57	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	218.885 Vac	218.885 Vac	
108	7/4/2012	15:48:03	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	218.885 Vac	218.885 Vac	
109	7/4/2012	15:48:08	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	218.885 Vac	218.885 Vac	
110	7/4/2012	15:48:13	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	218.885 Vac	218.885 Vac	
111	7/4/2012	15:48:18	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	179.668 Vdc	218.885 Vac	218.885 Vac	
112	7/4/2012	15:48:29	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
113	7/4/2012	15:49:09	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
114	7/4/2012	15:49:14	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
115	7/4/2012	15:49:20	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
116	7/4/2012	15:49:25	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
117	7/4/2012	15:49:30	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
118	7/4/2012	15:49:35	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
119	7/4/2012	15:49:41	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
120	7/4/2012	15:49:46	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
121	7/4/2012	15:49:51	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
122	7/4/2012	15:49:56	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
123	7/4/2012	15:50:01	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
124	7/4/2012	15:50:06	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
125	7/4/2012	15:50:12	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
126	7/4/2012	15:50:17	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	
127	7/4/2012	15:50:22	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	185.060 Vdc	225.454 Vac	225.454 Vac	

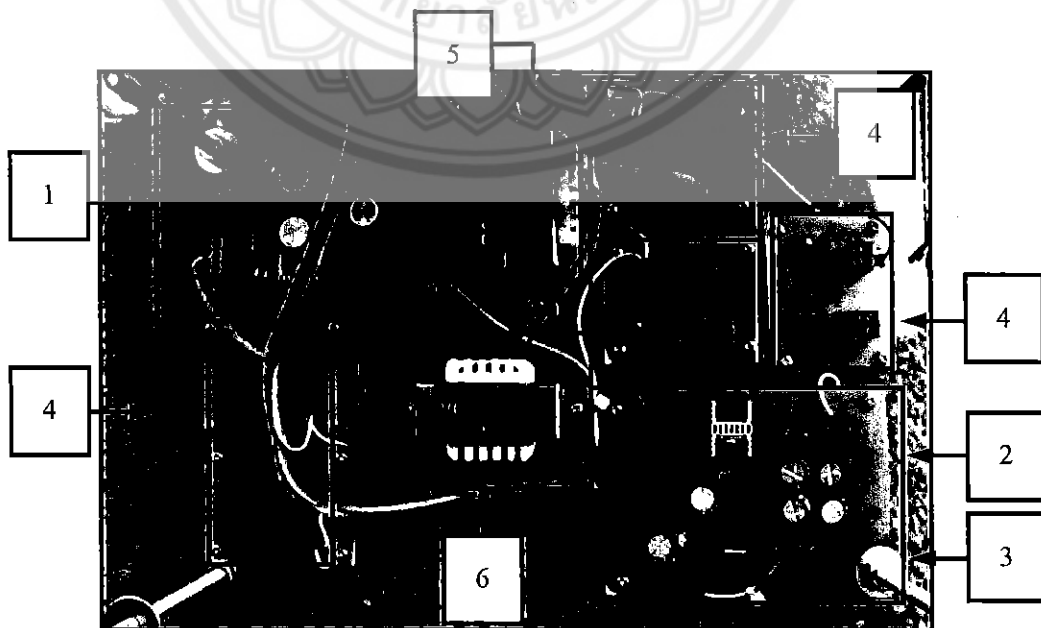
รูปที่ 3.55 ผลการเก็บข้อมูล

บทที่ 4

การทดสอบและวิเคราะห์ผล

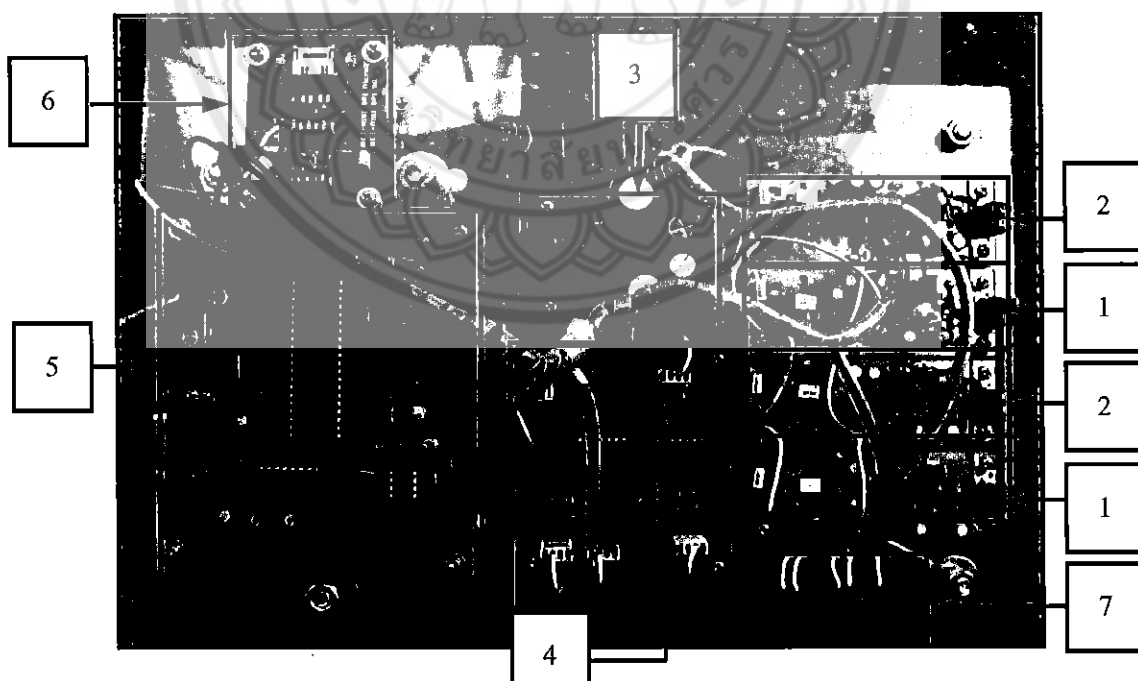
หลังจากการออกแบบและสร้างระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งในบทนี้จะได้ดำเนินการทดสอบการทำงานของระบบเก็บข้อมูลเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

ผลสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์ (ชั้นล่าง) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 นั้นจะประกอบด้วยหมายเลข 1 ชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้จำนวน 1 ชุด ซึ่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่วงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหมายเลข 2 ชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์จำนวน 1 ชุด จ่ายกำลังไฟฟ้าให้เป็นแรงดันอ้างอิงการทำงานแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล หมายเลข 3 ชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์จำนวน 1 ชุด จ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก หมายเลข 4 วงจรลดระดับแรงดันสำหรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 5 ชุด ซึ่งจะทำการส่งสัญญาณแรงดันให้แก่ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล หมายเลข 5 หม้อแปลงลดแรงดันกระแสสลับ 220/12 โวลต์จำนวน 1 ตัว เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้กับชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ และหมายเลข 6 หม้อแปลงลดแรงดันกระแสสลับ 220/9 โวลต์จำนวน 1 ตัว เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์



รูปที่ 4.1 ผลการขึ้นรูปชิ้นงานที่ประกอบจนเสร็จสมบูรณ์ (ชั้นล่าง)

ผลสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์ (ชั้นบน) ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ประกอบด้วย หมายเลข 1 ชุดวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 2 ชุด ซึ่งจะส่งสัญญาณแรงดันให้แก่ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล หมายเลข 2 ชุดวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจำนวน 2 ชุด ซึ่งจะส่งสัญญาณแรงดันให้แก่ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล หมายเลข 3 วงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงจำนวน 1 วงจร จะขยายสัญญาณ และส่งสัญญาณให้แก่ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล หมายเลข 4 ชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง +8 และ -8 โวลต์จำนวน 1 ชุด ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ชุดวงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ หมายเลข 5 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกจำนวน 2 ชุด มีหน้าที่แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และประมวลผลสัญญาณที่ได้เพื่อเก็บลงชุดเก็บข้อมูล หมายเลข 6 ชุดโมดูลเอสดีการ์ดสำหรับเก็บข้อมูลจำนวน 2 ชุด มีหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายเลข 7 ชุดรับสัญญาณค่าน้ำของชุดวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง ทำหน้าที่รับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงส่งต่อไปยังชุดวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง



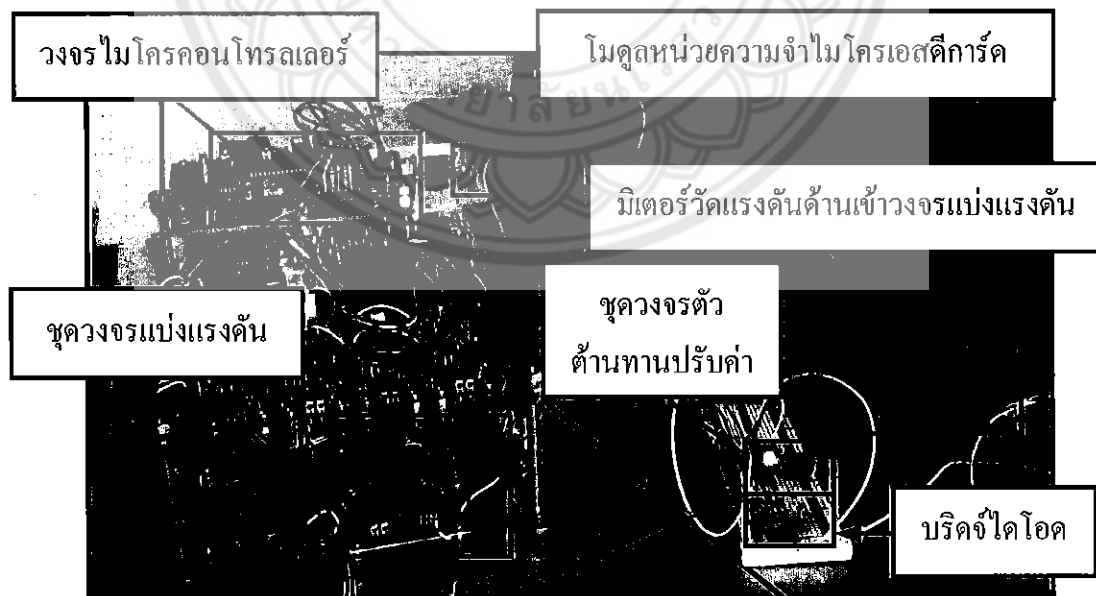
รูปที่ 4.2 ผลการขึ้นรูปชิ้นงานที่ประกอบจนเสร็จสมบูรณ์ (ชั้นบน)

4.1 ผลการทดสอบระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

หลังจากได้ทำการประกอบระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เรียบร้อยแล้ว และได้ทำการทดสอบอุปกรณ์ในทุกส่วนเรียบร้อยแล้ว มาถึงขั้นตอนดูผลทดสอบเครื่องมือต่างๆ ที่สร้างขึ้นมาเพื่อเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ว่ามีความเที่ยงตรงเพียงใด มีเสถียรภาพมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะแสดงวิธีการทดสอบและผลการทดสอบดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้น

ผลการทดสอบเพื่อหาความผิดพลาดของเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถต่อวงจรได้ดังรูปที่ 4.3 การทดสอบจะใช้หม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจาก 220 โวลต์เป็น 110 โวลต์ร่วมกับวงจรบริดจ์ไดโอดเพื่อเรียงกระแสจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อปรับค่าแรงดันตามที่ต้องการทดสอบ โดยแรงดันจะถูกส่งเข้าไปที่ชุดวงจรแบ่งแรงดันและที่มิเตอร์วัดแรงดันด้านเข้าวงจรแบ่งแรงดัน จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลสัญญาณแอนะล็อก ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลจะถูกส่งไปยังโมดูลหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ดเก็บค่าลงไมโครเอสดีการ์ด จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากมัลติมิเตอร์วัดแรงดันกับเครื่องมือที่สร้างขึ้นซึ่งค่าที่วัดได้จากการทดลองในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสตรง

การทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยได้ทำการทดสอบป้อนแรงดันไฟฟ้า 0 โวลต์ 50 โวลต์ 120 โวลต์ 150 โวลต์และ 155 โวลต์เข้าทั้ง 5 ช่องสัญญาณของการใช้งานเพื่อเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของอุปกรณ์เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้นกับมิเตอร์เครื่องมือวัด สัญญาณที่ได้จากช่องสัญญาณที่ 1 ถึง ช่องสัญญาณที่ 5 จะถูกส่งไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นค่าที่ได้จากการประมวลผลจะถูกนำไปเก็บไว้ในไมโครเอสดีการ์ด โดยค่าที่ได้จากการทดสอบจะถูกอ่านผ่านคอมพิวเตอร์ จากนั้นค่าสัญญาณของแต่ละช่องสัญญาณ จะถูกนำมาแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวัดแรงดันกระแสตรงครั้งที่ 1

ผลการวัด	แรงดัน(โวลต์)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
แรงดันจากมิเตอร์	0	49.984	120.121	150.105	155.101
ช่องสัญญาณที่ 1 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 2 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 3 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 4 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 5 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019

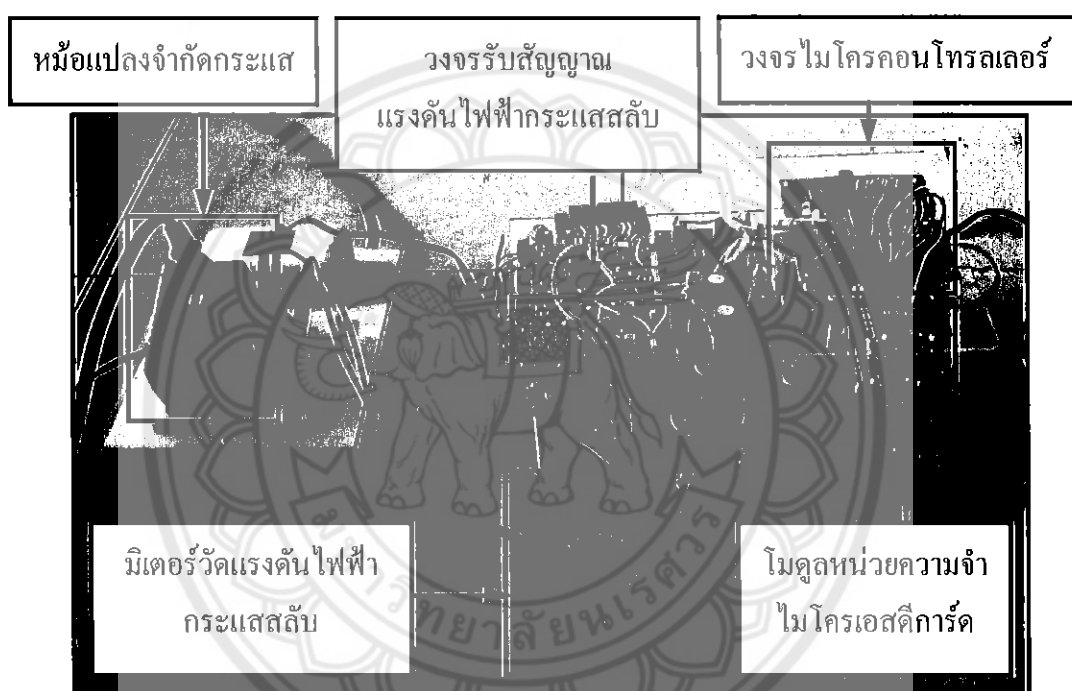
ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งได้ผลการทดสอบวัดแรงดันกระแสตรงครั้งที่ 2 โดยทำการทดลองเหมือนกับครั้งที่ 1 ปรับค่าต่างๆ ตามการทดลองครั้งแรก มีผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบวัดแรงดันกระแสตรงครั้งที่ 2

ผลการวัด	แรงดัน (โวลต์)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
แรงดันจากมิเตอร์	0	50.012	120.102	150.115	155.089
ช่องสัญญาณที่ 1 โดยการอ่านจาก ไมโครเอสดีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 2 โดยการอ่านจาก ไมโครเอสดีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 3 โดยการอ่านจาก ไมโครเอสดีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 4 โดยการอ่านจาก ไมโครเอสดีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 5 โดยการอ่านจาก ไมโครเอสดีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019

4.1.2 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้น

ผลการทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งสามารถต่อวงจรได้ดังรูปที่ 4.4 การทดสอบใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ ร่วมกับหม้อแปลงลดแรงดันทำการจ่ายแรงดัน 220/220 โวลต์ 220/110 โวลต์ 220/24 โวลต์และ 220/12 โวลต์ โดยใช้มิเตอร์วัดแรงดันเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่ได้สร้างขึ้น โดยแรงดันจะผ่านเข้าที่วงจรรับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ จากนั้นถูกส่งเข้าไปยังชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผล และส่งค่าไปยังโมดูลหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ดเพื่อทำการเก็บค่าลงไมโครเอสดีการ์ด



รูปที่ 4.4 การทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ โดยได้ทำการทดสอบป้อนแรงดันไฟฟ้า 0 โวลต์ 12 โวลต์ 24 โวลต์ 110 โวลต์ และ 225 โวลต์เข้าทั้ง 2 ช่องสัญญาณของการใช้งานเพื่อเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของอุปกรณ์เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้นกับมิเตอร์เครื่องมือวัด สัญญาณที่ได้จากช่องสัญญาณที่ 6 และช่องสัญญาณที่ 7 ค่าสัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปประมวลผลยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นค่าที่ได้จากการประมวลผลจะถูกนำไปเก็บไว้ในไมโครเอสดีการ์ด

โดยค่าที่ได้จากการทดสอบจะถูกอ่านผ่านคอมพิวเตอร์ จากนั้นค่าสัญญาณของแต่ละช่องสัญญาณจะถูกนำมาแสดงในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบวัดแรงดันกระแสสลับครั้งที่ 1

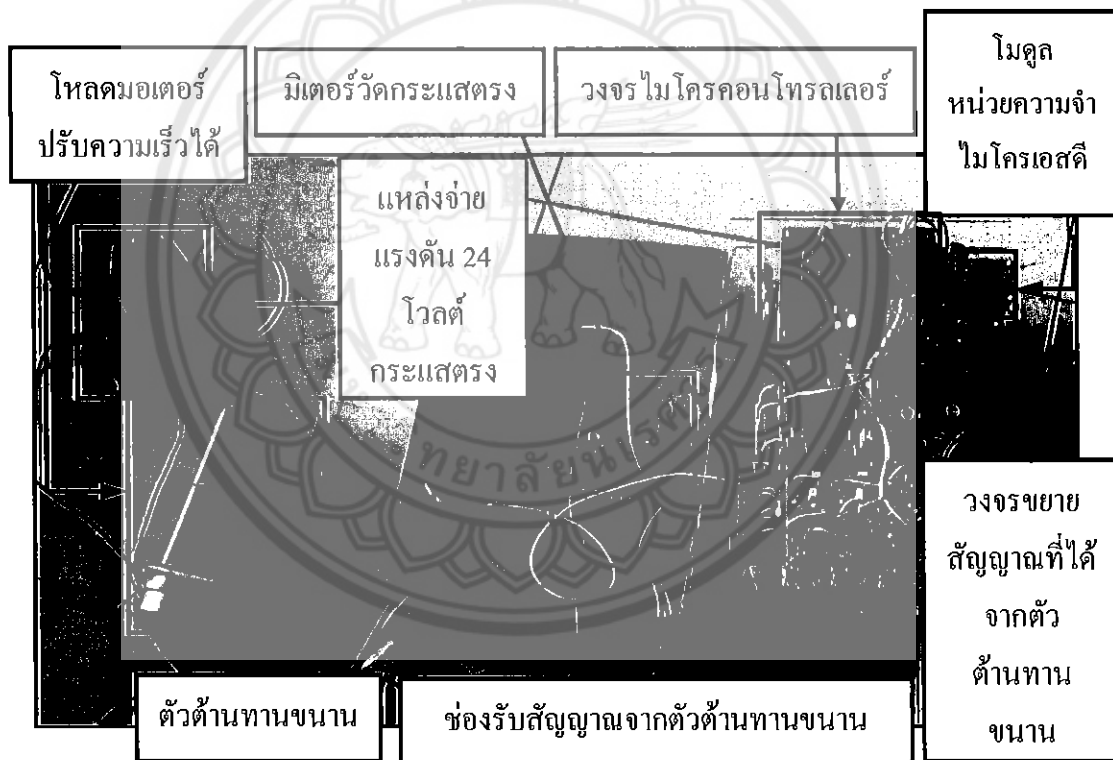
ผลการวัด	แรงดัน (โวลต์)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
แรงดันจากมิเตอร์	0	11.964	23.929	110.29	225.689
ช่องสัญญาณที่ 1 โดยการอ่านจาก ไมโครเอสทีการ์ด	0	11.730	23.695	109.325	225.454
ช่องสัญญาณที่ 2 โดยการอ่านจาก ไมโครเอสทีการ์ด	0	11.730	23.695	109.325	225.454

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบวัดแรงดันกระแสสลับครั้งที่ 2

ผลการวัด	แรงดัน (โวลต์)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
แรงดันจากมิเตอร์	0	12.016	23.872	110.314	225.723
ช่องสัญญาณที่ 1 โดยการอ่านจาก ไมโครเอสทีการ์ด	0	11.730	23.695	109.325	225.454
ช่องสัญญาณที่ 2 โดยการอ่านจาก ไมโครเอสทีการ์ด	0	11.730	23.695	109.325	225.454

4.1.3 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้น

ผลการทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถต่อวงจรได้ดังรูปที่ 4.5 การทดสอบใช้โพลดอมเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถปรับความเร็วได้ต่ออนุกรมกับตัวต้านทานขนานเพื่อเป็นสัญญาณเข้าให้แก่ช่องรับสัญญาณจากตัวต้านทานขนาน จากนั้นค่าสัญญาณจะถูกส่งผ่านเข้าไปยังวงจรมอนิเตอร์สัญญาณที่ได้จากตัวต้านทานขนาน ทำการส่งค่าสัญญาณที่ขยายค่ากระแสไฟฟ้าทดสอบทั้ง 5 ช่องสัญญาณ คือช่องสัญญาณที่ 1 ถึงช่องสัญญาณที่ 5 จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปยังวงจรมอนิเตอร์ทรานสดิวเซอร์ทั้งหมดพร้อมกัน 5 ช่องสัญญาณ เพื่อทำการประมวลผลและส่งค่าไปเก็บยังไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ค่ากระแสต่างๆ แล้วนำค่าทั้งหมดเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่ได้สร้างขึ้น



รูปที่ 4.5 การทดสอบเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรง

การทดสอบเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง โดยได้ทำการทดสอบป้อนกระแสไฟฟ้า 0 แอมแปร์ 0.25 แอมแปร์ 0.35 แอมแปร์ 0.5 แอมแปร์ 0.89 แอมแปร์ และ 1 แอมแปร์เข้าทั้ง 5 ช่องสัญญาณของการทำงานเพื่อเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของอุปกรณ์เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้นกับมิเตอร์เครื่องมือวัด สัญญาณที่ได้จากช่องสัญญาณที่ 1 ถึง ช่องสัญญาณที่ 5 ค่าสัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปประมวลผลยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นค่าที่ได้จากการ

ประมวลผลจะถูกนำไปเก็บไว้ในไมโครเอสดีการ์ด โดยค่าที่ได้จากการทดสอบจะถูกอ่านผ่านคอมพิวเตอร์ จากนั้นค่าสัญญาณของแต่ละช่องสัญญาณจะถูกนำมาแสดงค่าในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรงครั้งที่ 1

ผลการวัด	กระแส (แอมแปร์)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6
กระแสจากมิเตอร์	0	0.248	0.35	0.492	0.88	0.988
ช่องสัญญาณที่ 1 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 2 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 3 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 4 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 5 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977

ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งได้ผลการทดสอบวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรงครั้งที่ 2 แสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรงครั้งที่ 2

ผลการวัด	กระแส (แอมแปร์)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6
กระแสจากมิเตอร์	0	0.249	0.347	0.490	0.897	0.984
ช่องสัญญาณที่ 1 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 2 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 3 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 4 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 5 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977

4.1.4 ผลการทดสอบเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้น

ผลการทดสอบเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ทำการทดลองโดยการต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 4.6 โดยที่มีโหลดปรับค่าได้คือ เตารีดใช้ทดสอบวงจรตรวจจับสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ โดยเริ่มจากการต่อเตารีดเข้ากับมิเตอร์วัดกระแสสลับ จากนั้นนำสายสัญญาณมาคล้องผ่านหม้อแปลงกระแส หลังจากนั้นนำสายสัญญาณเส้นเดียวกันมาต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ หลังจากนั้นทำการเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ และเริ่มทำการปรับเตารีดให้เกิดการใช้พลังงาน เมื่อมีการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าผ่านสายสัญญาณที่คล้องไว้ด้วยหม้อแปลงกระแส เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นส่งไปยังชุดวงจรตรวจจับสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถวัดแรงดันเหนี่ยวนำได้จากมิเตอร์วัดแรงดันดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.6 โดยสัญญาณที่เหนี่ยวนำมาจากหม้อแปลงแรงดันจะถูกส่งเข้ามายังเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ ทั้ง 2 ตัว โดยเมื่อสัญญาณแรงดันเข้ามาที่วงจรวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสสลับแล้ว ทั้ง 2 ช่องสัญญาณสัญญาณจะถูกส่งไปยังวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยช่องสัญญาณที่ 6 และช่องสัญญาณที่ 7 เพื่อทำ

การประมวลผลและส่งค่าไปเก็บยังไมโครหน่วยความจำไมโครเอสดีการ์ดจากนั้นเปรียบเทียบค่าที่ได้จากไมโครเอสดีการ์ดกับค่าที่ได้บันทึกจากมัลติมิเตอร์วัดกระแสของโหลดเตารีดที่ค่ากระแสต่างๆ แล้วนำค่าทั้งหมดเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่ได้สร้างขึ้น โดยค่าที่ได้จากการทดลองมีการเก็บอยู่ 2 แหล่งคือ ค่าที่ได้จากการจดบันทึกจากมิเตอร์อีกแหล่งก็คือค่าที่ได้จากไมโครเอสดีการ์ดจากนั้นสามารถนำค่าต่างๆ ที่วัดได้จากการทดลองมาบันทึกค่าซึ่งการต่อวงจรการทดสอบมีการต่อวงจรดังที่แสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การทดสอบเพื่อหาความผิดพลาดของเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การทดสอบเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ โดยได้ทำการทดสอบป้อนกระแสไฟฟ้า 0 แอมแปร์ 0.5 แอมแปร์ 1 แอมแปร์ 1.4 แอมแปร์ 2 แอมแปร์ และ 3.5 แอมแปร์เข้าทั้ง 2 ช่องสัญญาณของการใช้งานเพื่อเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของอุปกรณ์เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้นกับมิเตอร์เครื่องมือวัด สัญญาณที่ได้จากช่องสัญญาณที่ 6 และช่องสัญญาณที่ 7 ค่าสัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปประมวลผลยังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นค่าที่ได้จากการประมวลผลจะถูกนำไปเก็บไว้ในไมโครเอสดีการ์ด โดยค่าที่ได้จากการทดสอบจะถูกอ่านผ่านคอมพิวเตอร์ สำหรับการเก็บค่าเพื่อนำมาประมวลผลนั้นจะนำสัญญาณที่ตรวจวัดได้จากมิเตอร์ภายนอกนั้นมาทำการเทียบค่าที่อ่านได้จากไมโครเอสดีการ์ดโดยการนำค่ามาเปรียบเทียบผลนั้นจะทำการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จริงกับค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ โดยทำการนำมาเทียบวัดสัญญาณที่ละช่องสัญญาณ เพื่อเปรียบเทียบหาความผิดพลาดของสัญญาณจากการ

ประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นค่าสัญญาณของแต่ละช่องสัญญาณจะถูกนำมาแสดงในตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสสลับครั้งที่ 1

ผลการวัด	กระแส (แอมแปร์)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6
กระแสจากมิเตอร์	0	0.490	1.026	1.415	2.011	3.479
ช่องสัญญาณที่ 6 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.488	0.977	1.417	2.003	3.470
ช่องสัญญาณที่ 7 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.488	0.977	1.417	2.003	3.470

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสสลับครั้งที่ 2

ผลการวัด	กระแส (แอมแปร์)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6
กระแสจากมิเตอร์	0	0.488	1.018	1.418	2.003	3.475
ช่องสัญญาณที่ 6 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.488	0.977	1.417	2.003	3.470
ช่องสัญญาณที่ 7 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.488	0.977	1.417	2.003	3.470

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองการต่อวงจรและทดสอบอุปกรณ์ทั้งหมดที่สร้างขึ้นมาเพื่อเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว อุปกรณ์ทุกชิ้นมีความสามารถในการทำงานได้ตรงตามจุดประสงค์ โดยไม่มีอุปกรณ์ชิ้นใดได้รับความเสียหายในการทดสอบ ซึ่งสามารถทำการสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ผลการทดสอบของเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงพบว่า เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีผลการทดสอบออกมาตรงตามที่ออกแบบไว้ โดยมีค่าความผิดพลาดจากการวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสตรง มาจากการคำนวณค่าที่บันทึกผล และจากสมการที่ (2.5) ซึ่งค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นแรงดันทดสอบในห้องปฏิบัติการสามารถทำแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้เพียง 156 โวลต์ ผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยแรงดันกระแสตรงจากการทดสอบ

ค่าเฉลี่ยผลการวัด	แรงดัน (โวลต์)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
แรงดันจากมิเตอร์	0	49.998	120.111	150.11	155.095
ช่องสัญญาณที่ 1 โดยการอ่านจากไมโครเอสทีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 2 โดยการอ่านจากไมโครเอสทีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 3 โดยการอ่านจากไมโครเอสทีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 4 โดยการอ่านจากไมโครเอสทีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019
ช่องสัญญาณที่ 5 โดยการอ่านจากไมโครเอสทีการ์ด	0	49.683	120.164	150.205	155.019

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.9 สามารถนำผลการทดลองการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมาทำการหาค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute error: MAE) โดยการคำนวณค่าจากสมการที่ (2.5) ได้ผลการคำนวณดังนี้

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 1 = 0.1078

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 2 = 0.1078

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 3 = 0.1078

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 4 = 0.1078

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 5 = 0.1078

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณนั้นแสดงถึงความแม่นยำของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น ยิ่งค่าความผิดพลาดน้อยเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำมากขึ้น

4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องมือวัดแรงดันชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ผลการทดสอบของเครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับพบว่า เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีผลการทดสอบออกมาตรงตามที่ออกแบบไว้ โดยมีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการวัดจากการทดสอบการวัดค่าทุกช่องสัญญาณมีการวัดค่าที่ได้มาจากการตรวจจับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ผลการทดสอบการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้แสดงผลดังในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยแรงดันกระแสสลับจากการทดสอบ

ค่าเฉลี่ยผลการวัด	แรงดัน (โวลต์)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
แรงดันจากมิเตอร์	0	11.99	23.900	110.302	225.706
ช่องสัญญาณที่ 6 โดยการอ่านจากไมโครเอสทีการ์ด	0	11.730	23.695	109.325	225.454
ช่องสัญญาณที่ 7 โดยการอ่านจากไมโครเอสทีการ์ด	0	11.730	23.695	109.325	225.454

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.10 สามารถนำผลการทดลองจากการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมาทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) ได้จากสมการที่ (2.5) ได้ผลการคำนวณดังนี้

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 6 = 0.3388

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 7 = 0.3388

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณนั้นแสดงถึงความแม่นยำของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น ยิ่งค่าความผิดพลาดน้อยเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำมากขึ้น

4.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง

ผลการทดสอบวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงผ่านอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ได้ออกแบบไว้พบว่า อุปกรณ์มีประสิทธิภาพในการวัดสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ทำการทดสอบวัดสัญญาณทั้ง 5 ช่องสัญญาณ การวัดค่าที่ได้มาจากอุปกรณ์เครื่องมือวัดมีความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย สำหรับการทดสอบนี้ที่ไม่สามารถทดสอบวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่กระแส 50 แอมแปร์ ได้ เนื่องจากว่า ที่ห้องปฏิบัติการไม่สามารถจ่ายโหลดที่กินกระแสไฟฟ้ากระแสตรงถึง 50 แอมแปร์ ได้ผลการทดสอบวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรงจากการทดสอบ

ค่าเฉลี่ยผลการวัด	กระแส (แอมแปร์)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6
กระแสจากมิเตอร์	0	0.2485	0.3485	0.491	0.8885	0.986
ช่องสัญญาณที่ 1 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 2 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 3 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 4 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977
ช่องสัญญาณที่ 5 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.244	0.342	0.488	0.879	0.977

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.11 สามารถนำผลการทดลองจากการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงมาทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) ได้จากสมการที่ (2.5) ได้ผลการคำนวณดังนี้

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 1 = 0.0054

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 2 = 0.0054

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 3 = 0.0054

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 4 = 0.0054

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 5 = 0.0054

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณนั้นแสดงถึงความแม่นยำของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น ยิ่งค่าความผิดพลาดน้อยเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำมากขึ้น

4.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเครื่องมือวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ผลการทดสอบวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรงผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้ออกแบบไว้พบว่า อุปกรณ์มีประสิทธิภาพในการวัดสัญญาณกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาจากการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นน้อยมากจากการทดสอบการวัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับทั้ง 2 ช่องสัญญาณ สำหรับการทดสอบนี้ที่ไม่สามารถทดสอบวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 50 แอมแปร์ เนื่องจากที่ห้องปฏิบัติการไม่สามารถจ่ายโหลดที่กระแสไฟฟ้ากระแสสลับถึง 50 แอมแปร์ การวัดกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสตรงผลการทดสอบดังในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยกระแสชนิดไฟฟ้ากระแสสลับจากการทดสอบ

ผลการวัด	กระแส (แอมแปร์)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6
กระแสจากมิเตอร์	0	0.489	1.022	1.4165	2.00	3.477
ช่องสัญญาณที่ 6 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.488	0.977	1.417	2.003	3.470
ช่องสัญญาณที่ 7 โดยการอ่านจากไมโครเอสดีการ์ด	0	0.488	0.977	1.417	2.003	3.470

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.12 สามารถนำผลการทดลองจากการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงมาทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งสามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) ได้จากสมการที่ (2.5) ได้ผลการคำนวณดังนี้

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 6 = 0.0082

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของช่องสัญญาณที่ 7 = 0.0082

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณนั้นแสดงถึงความแม่นยำของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น ยิ่งค่าความผิดพลาดน้อยเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำมากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทที่ 5 จะกล่าวถึงสรุปผลการดำเนินโครงการปัญหาและแนวทางแก้ไขและแนวทางในการพัฒนาโครงการพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาโครงการต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

ในโครงการนี้ได้ออกแบบและพัฒนาระบบเก็บสัญญาณแรงดัน และกระแสประเภทไฟฟ้าสลับและประเภทไฟฟ้าตรง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนฮาร์ดแวร์ ส่วนซอฟต์แวร์ และส่วนการทดสอบระบบเก็บข้อมูลที่พัฒนาขึ้น

ก) ส่วนฮาร์ดแวร์ ผู้ดำเนินโครงการได้ออกแบบและพัฒนาระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์อันประกอบด้วย 11 วงจร คือ วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมระดับแรงดัน 5 โวลต์ และ 12 โวลต์ วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงควบคุมระดับแรงดัน -8 โวลต์ และ 8 โวลต์ วงจรควบคุมระดับแรงดันปรับค่าได้ตั้งแต่ -15.57 ถึง +15.57 โวลต์ วงจรลดระดับแรงดันสำหรับไฟฟ้ากระแสตรง วงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง วงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรตรวจจับสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรง วงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกและวงจรโมดูลไมโครเอสดีการ์ดสำหรับหน่วยความจำไมโครเอสดี

ข) ส่วนซอฟต์แวร์ ผู้ดำเนินโครงการได้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม AVR Studio 4 ซึ่งใช้สั่งงานตัวควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับสัญญาณแรงดัน และกระแสจากวงจรตรวจจับสัญญาณ ต่อมาแปลงสัญญาณดังกล่าวให้เป็นสัญญาณดิจิทัลและนำมาประมวลผลข้อมูล จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้รับพร้อมจัดเก็บข้อมูลไมโครเอสดีการ์ดได้อย่างถูกต้อง

ค) ส่วนการทดสอบระบบเก็บข้อมูลจากการทดสอบระบบเก็บข้อมูลที่พัฒนาขึ้น พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยในการจัดเก็บสัญญาณกระแสไฟฟ้าสลับ แรงดันไฟฟ้าสลับ กระแสไฟฟ้าตรง และสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเท่ากับ 0.1078, 0.3388, 0.0054 และ 0.0094 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบระบบเก็บข้อมูลที่พัฒนาขึ้นกับสัญญาณแรงดัน และกระแสประเภทไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์มีค่าต่ำมากอยู่ที่ระดับ 0.33 จึงทำให้มั่นใจได้ว่าประสิทธิภาพของระบบเก็บข้อมูลที่พัฒนาขึ้นอยู่ในเกณฑ์ดี

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการทำโครงการระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ได้มีปัญหาอุปสรรคต่างๆ มากมายในการทำโครงการ โดยได้มีการปรับปรุง และแก้ไขให้ระบบเก็บข้อมูลสามารถทำงานได้ถูกต้องตามการออกแบบ โดยปัญหาต่างๆในการทำงานนั้นสามารถแสดงออกมาได้ โดยมีการอธิบายไว้เป็นข้อดังต่อไปนี้

ก) อุปกรณ์แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า สำหรับอุปกรณ์แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้านั้น ได้มีปัญหาทางด้านกรอกแบบวงจร เนื่องจากกระดပ်แรงดันต่างๆ ที่ใช้ในวงจรมีความแตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายแรงดันที่มีค่าต่างๆ กัน จนทำให้ไม่สามารถใช้หม้อแปลงเพียงตัวเดียวได้ จึงจำเป็นต้องทำการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายแรงดันใหม่ให้สามารถจ่ายแรงดันให้ได้ตรงตามความต้องการ โดยได้ทำการเพิ่มหม้อแปลงขึ้นอีก 1 ตัว เป็นหม้อแปลงแบบมีแทบกลางและหม้อแปลงตัวเดิมเป็นแบบหม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้า หลังจากทำการติดตั้งแล้วมีการออกแบบโดยแหล่งจ่ายได้ทำการออกแบบให้มีการใช้แรงดันทางด้านบวกและแรงดันทางด้านลบให้ออกมาได้สามารถนำไปใช้อย่างตรงตามต้องการ และสำหรับหม้อแปลงทั้ง 2 ตัว ก็สามารถจ่ายแรงดันให้ชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำไปเลี้ยงวงจรอื่นต่อไปได้อย่างเพียงพอ

ข) อุปกรณ์ชุดตรวจวัดแรงดันกระแสสลับ และชุดตรวจวัดกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ สำหรับวงจรชุดตรวจวัดแรงดันกระแสสลับ และชุดตรวจวัดกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ มีปัญหาเกิดขึ้น คือการออกแบบวงจรในครั้งแรกมีการออกแบบที่ไม่ดีทำให้วงจรที่ออกแบบทำงานได้ไม่ถูกต้องตามความต้องการ โดยค่าที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อนมากจนเกินไป ไม่สามารถปรับค่าแรงดันด้านขาออกให้ได้ค่าแรงดันตรงตามต้องการได้ สำหรับวิธีการแก้ไขในส่วนชุดอุปกรณ์นี้ คือ การศึกษา และการออกแบบวงจรชุดตรวจวัดแรงดันกระแสสลับ ชุดตรวจวัดกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสสลับใหม่ โดยได้มีการใช้อุปกรณ์ต่างๆ จากของเดิมมาประกอบการออกแบบ โดยได้ตามความต้องการ โดยวงจรชุดอุปกรณ์ตรวจจับที่ออกแบบมาใหม่สามารถนำมาใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นในวงจรได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวงจรอื่น ได้อีกโดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์อื่นๆ

ค) อุปกรณ์ชุดตรวจวัดแรงดันกระแสตรง สำหรับชุดตรวจวัดแรงดันกระแสตรงนั้น มีปัญหาทางด้านขาออกของสัญญาณ เนื่องจากว่าเดิมได้ออกแบบให้ใช้แรงดันด้านขาออก 3.3 โวลต์เพื่อให้เข้ากับสัญญาณด้านขาเข้าของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์เดิมที่เป็นหมายเลข PIC32MX460F512L ซึ่งจะกล่าวเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์ในหัวข้อถัดไป ได้มีการออกแบบให้ทำการเปลี่ยนไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่โดยมีสัญญาณแรงดันขาเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่อยู่ที่ 5 โวลต์ จึงจำเป็นต้องออกแบบวงจรตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงใหม่ ทำการเปลี่ยนตัวต้านทานปรับค่าให้สามารถปรับค่าแรงดันด้านขาออกได้ตามต้องการ เมื่อปรับแล้วแรงดันไม

5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงการ

สำหรับระบบเก็บข้อมูลสำหรับพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้น อุปกรณ์เครื่องวัดทางไฟฟ้าทุกตัวได้ถูกออกแบบมาให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆได้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบเก็บข้อมูลอื่นๆได้อีกทั้งระบบที่เล็กกว่า ระบบที่ใหญ่กว่าระบบเก็บข้อมูลที่ได้สร้างขึ้นในโครงการนี้ มีความยืดหยุ่นมากสำหรับการนำไปใช้ในโครงการต่างๆ สามารถปรับฐานแรงดันด้านขาออกเข้ากับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ได้อย่างง่ายดาย สามารถทำการเปลี่ยนอุปกรณ์วัดสัญญาณด้านขาเข้าวงจรเครื่องมือวัดต่างๆได้ ไม่ว่าจะเป็นตัวต้านทานแบ่งกระแส ตัวต้านทานแบ่งแรงดัน หม้อแปลงกระแส หม้อแปลงแรงดัน สามารถทำการเปลี่ยนเพื่อให้ได้ค่าสัญญาณต่างๆ เป็นไปตามที่ต้องการ แล้วปรับค่าสัญญาณจากเครื่องมือวัดได้ โดยไม่ต้องทำการโปรแกรมใหม่ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ใหม่ สามารถใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกอื่นๆ ได้โดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนเครื่องมือวัดใหม่ นำไปใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทุกค่ายอย่างง่ายดาย โดยไม่ต้องกังวลเรื่องแรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้าของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกินพิกัดสูงสุดของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลขนั้นๆ ยังเหมาะแก่การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม เพื่อเก็บข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ เพื่อดูค่าต่างๆ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต หรือระบบเครือข่ายต่างๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

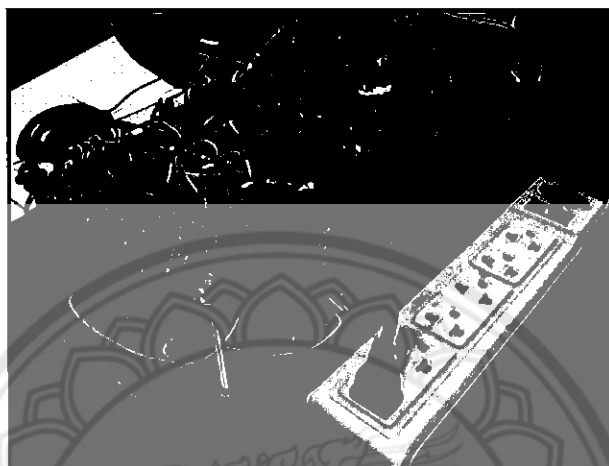
- [1] ทีมงานสำนักพิมพ์ซีเอ็ด. “เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 364 ตุลาคม 2554”. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ด, 2554.
- [2] นภัทร วัฒนเทพินทร์. “วงจรไอซีและการประยุกต์ใช้งาน”. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สกายบุ๊กส์, 2547.
- [3] อาจารย์ทรงสรรค์อุดมศิลป์. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย. (2545). “การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์” มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย. สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2555 จาก http://e-learning.mfu.ac.th/mflu/1301312/IM/chapter4_8.htm
- [4] Dharmani, Chennai, (2012). **Design with Microcontrollers**. Blog DharmaniTech, India. Retrieved March 1, 2012, from <http://www.dharmanitech.com/2011/05/microsd-ATMEGA32-datalogger.html>
- [5] เชษฐา ชินรุ่งเรือง. “ทฤษฎีไฟฟ้าเบื้องต้น”. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.
- [6] คณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. “การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิศวกร”. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2549.
- [7] รศ.ดร.เอก ไชยสวัสดิ์. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). “การวัดและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า”. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546.

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งานระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์



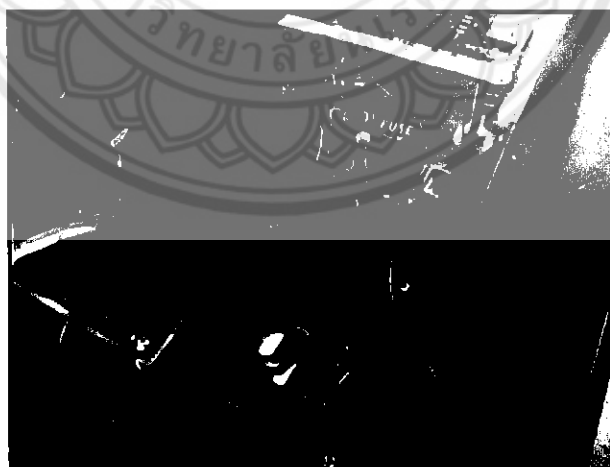
สำหรับขั้นตอนการใช้งานระบบเก็บข้อมูลสำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นั้น มีขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

1.เสียบสายไฟฟ้าสีดำนับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ เพื่อทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรต่างๆดังรูปที่ ก.1



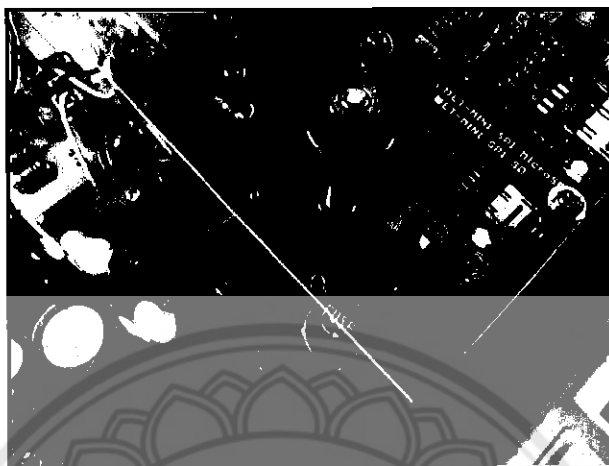
รูปที่ ก.1การเชื่อมต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์

2.ตรวจสอบดูว่าอุปกรณ์สายพ่วงสัญญาณต่างๆ ต่อยู่พร้อมที่จะใช้งานหรือไม่ เมื่อตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว ทำการเปิดสวิทซ์การทำงานสีดำนับ ดังแสดงในรูปที่ ก.2



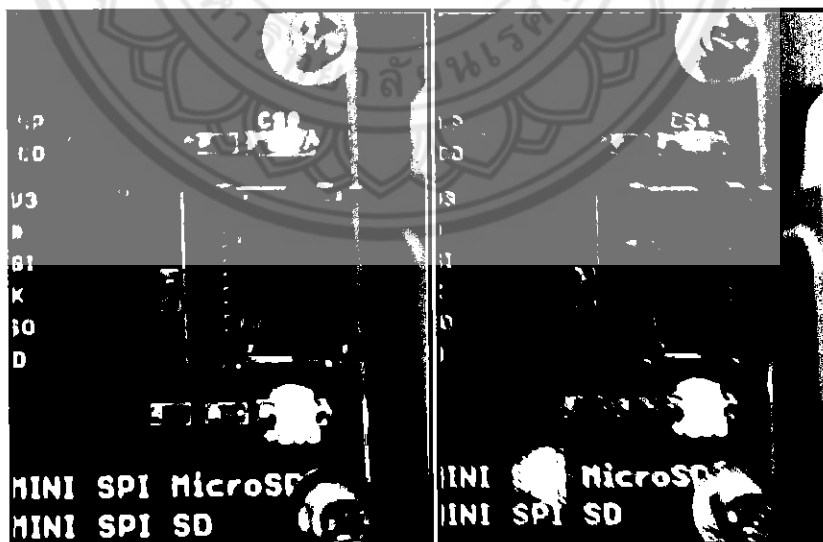
รูปที่ ก.2การเริ่มทำงานของระบบ

3.เมื่อทำการเปิดสวิตช์แล้ว จะสังเกตเห็นว่ามีหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานของแต่ละวงจร ดังแสดงในรูปที่ ก.3



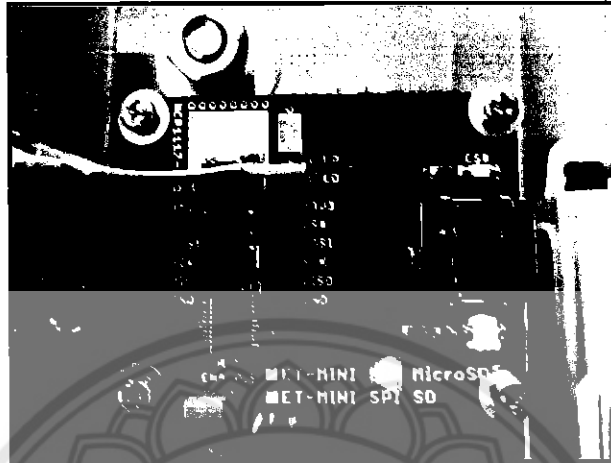
รูปที่ ก.3 ไฟแสดงสถานะการทำงานของระบบ

4.เมื่อทำการเปิดการทำงานของวงจรต่างๆเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อมาทำการเตรียมชุดเก็บข้อมูลให้พร้อม โดยการสังเกตดูว่าโมดูลไมโครเอสดีการ์ดนั้น มีการใส่ไมโครเอสดีการ์ดแล้วหรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 การตรวจสอบการใส่ไมโครเอสดีการ์ด

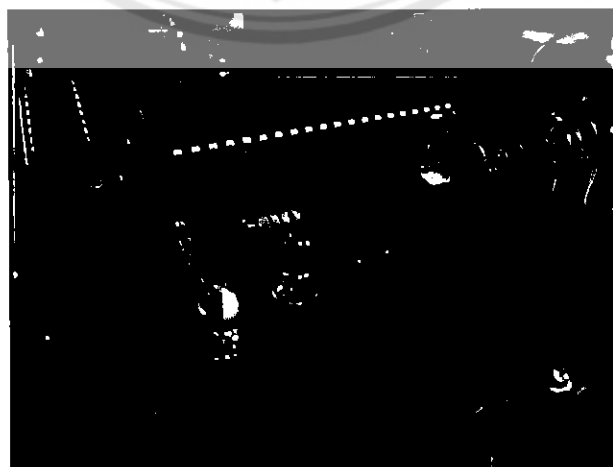
สำหรับไมโครเอสดีการ์ด เมื่อวางเรียบร้อยแล้วให้ทำการปิดช่องใส่ลงโดยพับ กลับมาแล้วดับไปทางขวาเบาๆ จะเข้าช่องเอง ดังแสดงในรูปที่ ก.7



รูปที่ ก.7 การปิดแผงเหล็กเมื่อใส่ไมโครเอสดีการ์ดเสร็จ

จากนั้นทำการเปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟอีกครั้ง จะเห็นว่าไฟแสดงสถานะสีเขียวจะดับลง จะมีเพียงไฟสีส้มแสดงเท่านั้น ในกรณีใส่ไมโครเอสดีการ์ด และไฟแสดงสถานะสีเขียวยังไม่ดับลง ให้ทำการถอดไมโครเอสดีการ์ด เพื่อเปลี่ยนระบบข้อมูลไมโครเอสดีการ์ดให้เป็น FAT32 ก่อน จากนั้นนำกลับมาใส่ช่องอีกครั้ง

5.เมื่อทำตามข้อที่ 4 เสร็จขั้นตอนนี้ต่อไปคือการสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงาน โดยขั้นแรกสังเกตที่ไฟแสดงสถานะ “ON” สีฟ้า ดังแสดงในรูปที่ ก.8



รูปที่ ก.8 ไฟแสดงสถานะการทำงานของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

เพื่อแปลงสัญญาณแอนะล็อกไปทำการประมวลผล และเก็บข้อมูลลงไมโครเอสดีการ์ด โดยการกดที่ปุ่มสีดำ เพื่อทำการเริ่มการทำงานของโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ ก.9



รูปที่ ก.9 การเริ่มทำงานของโปรแกรม

เมื่อทำการกดปุ่มเริ่มทำงาน โปรแกรมแล้ว จะเห็นว่า มีไฟแสดงสถานะสีฟ้า ดังแสดงในรูปที่ ก.10 สามารถทำการหยุดการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ด้วยการกดปุ่มเดิมซ้ำอีกครั้ง



รูปที่ ก.10 ไฟแสดงสถานะการทำงานของโปรแกรม

จะสังเกตเห็นว่าที่โมดูลไมโครเอสดีการ์ดทุกๆ 5 วินาที จะมีไฟแสดงสถานะการเขียนและอ่านข้อมูลลงไมโครเอสดีการ์ดติดกระพริบ ดังแสดงในรูปที่ ก.11



รูปที่ ก.11 ไฟแสดงการเขียนข้อมูลลงในไมโครเอสดีการ์ด

6. เมื่อต้องการหยุดการทำงานของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และชุดโมดูลไมโครเอสดีการ์ด ให้ทำการกดปุ่มเริ่มการทำงานซ้ำอีกครั้ง เป็นการหยุดการทำงาน และทำการปิดวงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ เพื่อที่จะทำการถอดไมโครเอสดีการ์ด นำข้อมูลไปอ่าน และวิเคราะห์ยังคอมพิวเตอร์ เป็นการจบการทำงานของชุดระบบเก็บข้อมูลไฟฟ้าสำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์



ภาคผนวก ข

รายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายเลข ATMEGA32

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 32K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 1024 Bytes EEPROM
 - 2K Byte Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C(1)
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain of 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 6.5V for ATmega32A
- Speed Grades
 - 0 - 16 MHz for ATmega32A
- Power Consumption at 1 MHz, 3V, 25°C for ATmega32A
 - Active: 0.8 mA
 - Idle Mode: 0.2 mA
 - Power-down Mode: < 1 µA



8-bit **AVR**®
Microcontroller
with 32K Bytes
In-System
Programmable
Flash

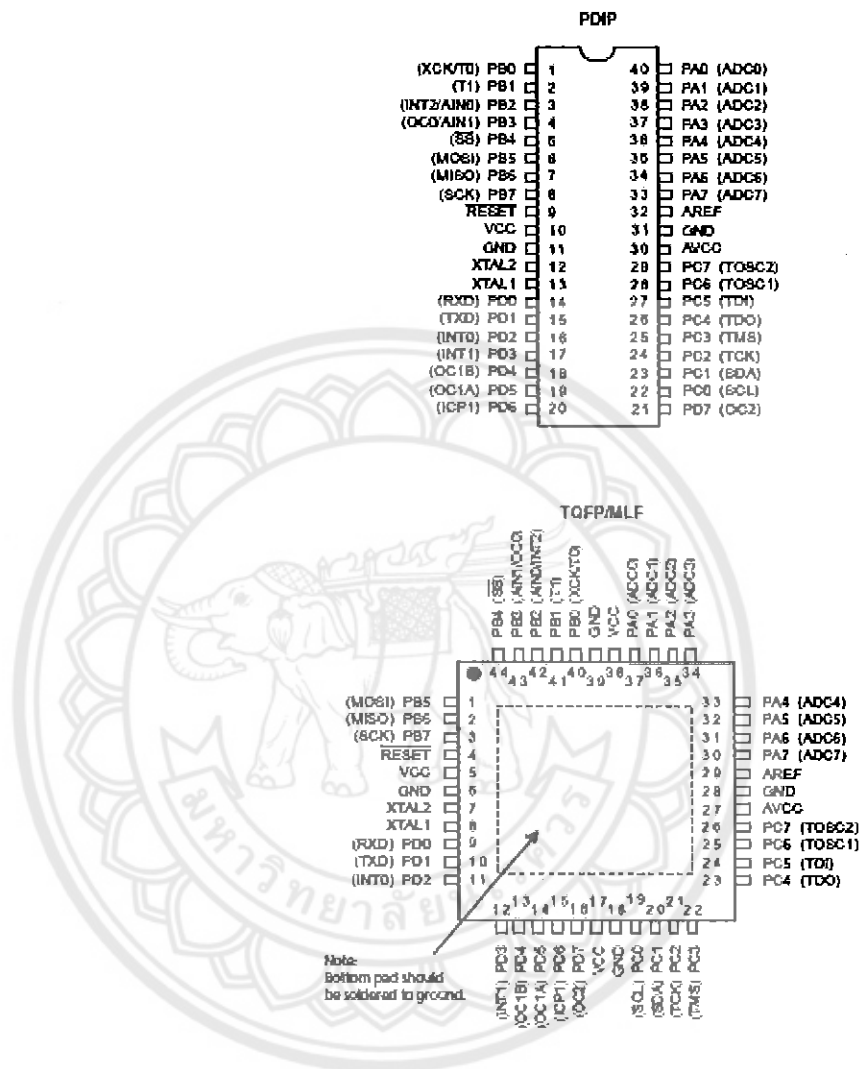
ATmega32A





1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega32A



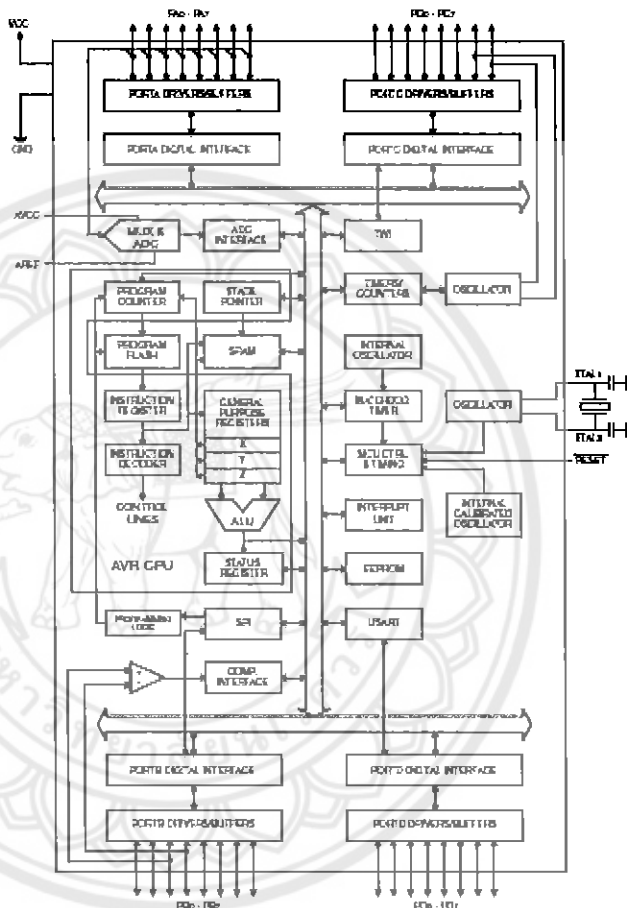
ATmega32A

2. Overview

The ATmega32A is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega32A achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega32A provides the following features: 32K bytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 1024 bytes EEPROM, 2K byte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega32A is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega32A AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

2.2 Pin Descriptions

2.2.1 VCC

Digital supply voltage.

2.2.2 GND

Ground.

2.2.3 Port A (PA7:PA0)

Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have sym-

4 ATmega32A

ATmega32A

metrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

2.2.4 Port B (PB7:PB0)

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega32A as listed on page 59.

2.2.5 Port C (PC7:PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.

The TD0 pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered.

Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega32A as listed on page 62.

2.2.6 Port D (PD7:PD0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega32A as listed on page 64.

2.2.7 RESET

Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 27-1 on page 289. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

2.2.8 XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

2.2.9 XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.





2.2.10 AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.

2.2.11 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

3. Resources

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.

4. Data Retention

Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85°C or 100 years at 25°C.

5. About Code Examples

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C Compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.







DS1307 64 x 8 Serial Real-Time Clock

www.maxim-ic.com

FEATURES

- Real-time clock (RTC) counts seconds, minutes, hours, date of the month, month, day of the week, and year with leap-year compensation valid up to 2100
- 56-byte, battery-backed, nonvolatile (NV) RAM for data storage
- Two-wire serial interface
- Programmable squarewave output signal
- Automatic power-fail detect and switch circuitry
- Consumes less than 500nA in battery backup mode with oscillator running
- Optional industrial temperature range: -40°C to +85°C
- Available in 8-pin DIP or SOIC
- Underwriters Laboratory (UL) recognized

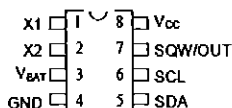
ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP (300-mil)
DS1307Z	8-Pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

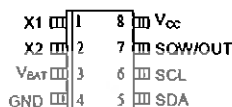
DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real-Time Clock is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire, bi-directional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power sense circuit that detects power failures and automatically switches to the battery supply.

PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)



DS1307 8-Pin SOIC (150-mil)

PIN DESCRIPTION

Vcc	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768kHz Crystal Connection
VBAT	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square Wave/Output Driver

CLOCK ACCURACY

The accuracy of the clock is dependent upon the accuracy of the crystal and the accuracy of the match between the capacitive load of the oscillator circuit and the capacitive load for which the crystal was trimmed. Additional error will be added by crystal frequency drift caused by temperature shifts. External circuit noise coupled into the oscillator circuit may result in the clock running fast. See Application Note 58, "Crystal Considerations with Dallas Real-Time Clocks" for detailed information.

Please review Application Note 95, "Interfacing the DS1307 with a 8051-Compatible Microcontroller" for additional information.

RTC AND RAM ADDRESS MAP

The address map for the RTC and RAM registers of the DS1307 is shown in Figure 2. The RTC registers are located in address locations 00h to 07h. The RAM registers are located in address locations 08h to 3Fh. During a multi-byte access, when the address pointer reaches 3Fh, the end of RAM space, it wraps around to location 00h, the beginning of the clock space.

DS1307 ADDRESS MAP Figure 2

00H	SECONDS
	MINUTES
	HOURS
	DAY
	DATE
	MONTH
	YEAR
07H	CONTROL
08H	RAM
3FH	56 x 8

CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. The RTC registers are illustrated in Figure 3. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the BCD format. Bit 7 of register 0 is the clock halt (CH) bit. When this bit is set to a 1, the oscillator is disabled. When cleared to a 0, the oscillator is enabled.

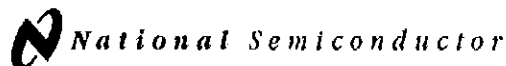
Please note that the initial power-on state of all registers is not defined. Therefore, it is important to enable the oscillator (CH bit = 0) during initial configuration.

The DS1307 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12- or 24-hour mode select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10 hour bit (20-23 hours).

On a 2-wire START, the current time is transferred to a second set of registers. The time information is read from these secondary registers, while the clock may continue to run. This eliminates the need to re-read the registers in case of an update of the main registers during a read.



ภาคผนวก ง
รายละเอียดของไอซี LM350



May 1998

LM150/LM350A/LM350 3-Amp Adjustable Regulators

General Description

The LM150 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 3A over a 1.2V to 33V output range. They are exceptionally easy to use and require only 2 external resistors to set the output voltage. Further, both line and load regulation are comparable to discrete designs. Also, the LM150 is packaged in standard transistor packages which are easily mounted and handled.

In addition to higher performance than fixed regulators, the LM150 series offers full overload protection available only in IC's. Included on the chip are current limit, thermal overload protection and safe area protection. All overload protection circuitry remains fully functional even if the adjustment terminal is accidentally disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An output capacitor can be added to improve transient response, while bypassing the adjustment pin will increase the regulator's ripple rejection.

Besides replacing fixed regulators or discrete designs, the LM150 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential voltage, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., avoid short-circuiting the output.

By connecting a fixed resistor between the adjustment pin and output, the LM150 can be used as a precision current

regulator. Supplies with electronic shutdown can be achieved by clamping the adjustment terminal to ground which programs the output to 1.2V where most loads draw little current.

The part numbers in the LM150 series which have a K suffix are packaged in a standard Steel TO-3 package, while those with a T suffix are packaged in a TO-220 plastic package. The LM150 is rated for $-55^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +150^{\circ}\text{C}$, while the LM350A is rated for $-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$, and the LM350 is rated for $0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$.

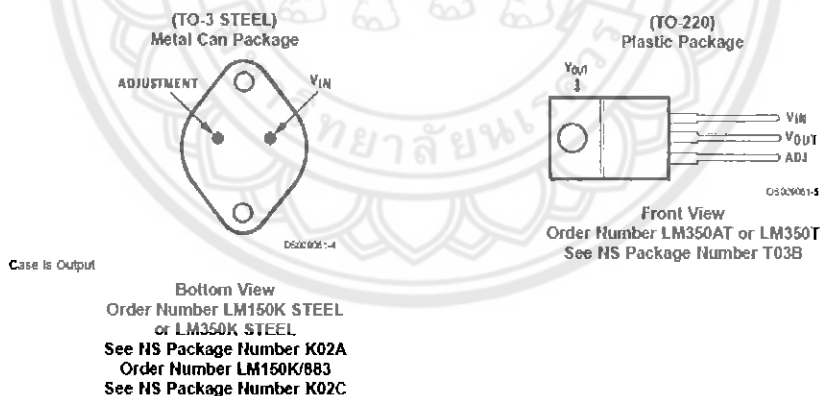
Features

- Adjustable output down to 1.2V
- Guaranteed 3A output current
- Guaranteed thermal regulation
- Output is short circuit protected
- Current limit constant with temperature
- P* Product Enhancement tested
- 86 dB ripple rejection
- Guaranteed 1% output voltage tolerance (LM350A)
- Guaranteed max. 0.01%/V line regulation (LM350A)
- Guaranteed max. 0.3% load regulation (LM350A)

Applications

- Adjustable power supplies
- Constant current regulators
- Battery chargers

Connection Diagrams



Absolute Maximum Ratings (Note 1)		Lead Temperature		
If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 4)		Metal Package (Soldering, 10 sec.)		300°C
		Plastic Package (Soldering, 4 sec.)		260°C
		ESD Tolerance		TBD
		Operating Temperature Range		
Power Dissipation	Internally Limited	LM150	$-55^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +150^{\circ}\text{C}$	
Input-Output Voltage Differential	+35V	LM350A	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	
Storage Temperature	-65°C to $+150^{\circ}\text{C}$	LM350	$0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$	

Electrical Characteristics					
Specifications with standard type face are for $T_J = 25^{\circ}\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$, and $I_{OUT} = 10\text{mA}$. (Note 2)					
Parameter	Conditions	LM150			Units
		Min	Typ	Max	
Reference Voltage	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$, $10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$, $P \leq 30\text{W}$	1.20	1.25	1.30	V
Line Regulation	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$ (Note 3)		0.005	0.01	%/V
			0.02	0.05	%/V
Load Regulation	$10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$ (Note 3)		0.1	0.3	%
			0.3	1	%
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.002	0.01	%/W
Adjustment Pin Current			50	100	μA
Adjustment Pin Current Change	$10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$, $3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$		0.2	5	μA
Temperature Stability	$T_{MIN} \leq T_J \leq T_{MAX}$		1		%
Minimum Load Current	$V_{IN} - V_{OUT} = 35\text{V}$		3.5	5	mA
Current Limit	$V_{IN} - V_{OUT} \leq 10\text{V}$	3.0	4.5		A
	$V_{IN} - V_{OUT} = 30\text{V}$	0.3	1		A
RMS Output Noise, % of V_{OUT}	$10\text{Hz} \leq f \leq 10\text{kHz}$		0.001		%
Ripple Rejection Ratio	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{Hz}$, $C_{ADJ} = 0\mu\text{F}$		65		dB
	$V_{OUT} = 10\text{V}$, $f = 120\text{Hz}$, $C_{ADJ} = 10\mu\text{F}$	66	86		dB
Long-Term Stability	$T_J = 125^{\circ}\text{C}$, 1000 hrs		0.3	1	%
Thermal Resistance, Junction to Case	K Package		1.2	1.5	$^{\circ}\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction to Ambient (No Heat Sink)	K Package		35		$^{\circ}\text{C/W}$

Electrical Characteristics								
Specifications with standard type face are for $T_J = 25^{\circ}\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified, $V_{IN} - V_{OUT} = 5\text{V}$, and $I_{OUT} = 10\text{mA}$. (Note 2)								
Parameter	Conditions	LM350A			LM350		Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ		Max
Reference Voltage	$I_{OUT} = 10\text{mA}$, $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	1.238	1.250	1.262			V	
	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$, $10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$, $P \leq 30\text{W}$	1.225	1.250	1.270	1.20	1.25	1.30	V
Line Regulation	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$ (Note 3)		0.005	0.01	0.005	0.03	%/V	
			0.02	0.05	0.02	0.07	%/V	
Load Regulation	$10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$ (Note 3)		0.1	0.3	0.1	0.5	%	
			0.3	1	0.3	1.5	%	
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.002	0.01	0.002	0.03	%/W	
Adjustment Pin Current			50	100	50	100	μA	
Adjustment Pin Current Change	$10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 3\text{A}$, $3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$		0.2	5	0.2	5	μA	



ภาคผนวก จ

รายละเอียดของไอซีเรกกูเดเตอร์ หมายเลข LM7805

Block Diagram

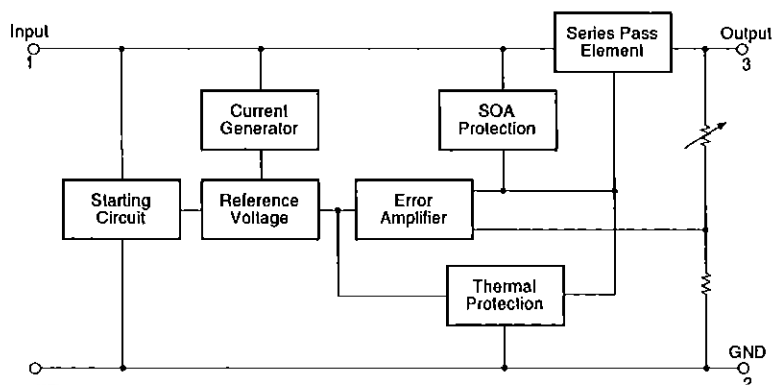


Figure 1.

Pin Assignment

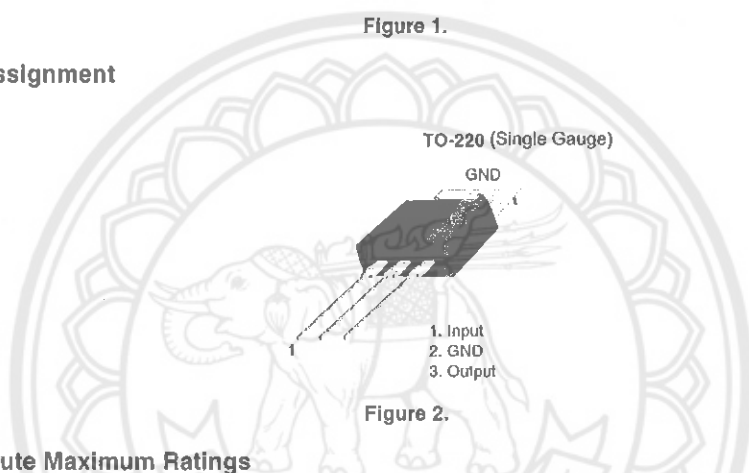


Figure 2.

Absolute Maximum Ratings

Absolute maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur. The datasheet specifications should be met, without exception, to ensure that the system design is reliable over its power supply, temperature, and output/input loading variables. Fairchild does not recommend operation outside datasheet specifications.

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_i	Input Voltage	$V_O = 5V$ to $18V$	35
		$V_O = 24V$	40
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	5	$^{\circ}C/W$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	65	$^{\circ}C/W$
T_{OPR}	Operating Temperature Range	LM78xx	-40 to +125
		LM78xxA	0 to +125
T_{STG}	Storage Temperature Range	-65 to +150	$^{\circ}C$

Electrical Characteristics (LM7805)Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 10\text{V}$, $C_1 = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	
V_O	Output Voltage	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 7\text{V to } 20\text{V}$	4.75	5.0	5.25		
Regline	Line Regulation ⁽¹⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_O = 7\text{V to } 25\text{V}$	–	4.0	100	mV
			$V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$	–	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation ⁽¹⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$	–	9.0	100	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	4.0	50.0	
I_Q	Quiescent Current	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	8.0	mA	
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 7\text{V to } 25\text{V}$	–	0.03	0.5	mA	
			–	0.3	1.3		
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift ⁽²⁾	$I_O = 5\text{mA}$	–	–0.8	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
V_N	Output Noise Voltage	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	42.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
RR	Ripple Rejection ⁽²⁾	$f = 120\text{Hz}$, $V_O = 8\text{V to } 18\text{V}$	62.0	73.0	–	dB	
V_{DROP}	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
r_O	Output Resistance ⁽²⁾	$f = 1\text{kHz}$	–	15.0	–	m Ω	
I_{SC}	Short Circuit Current	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	230	–	mA	
I_{PK}	Peak Current ⁽²⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Notes:

- Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
- These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.



ภาคผนวก ฉ
รายละเอียดของไอซีเรกกูเลเตอร์ หมายเลข LM7812

LM78XX (KA78XX, MC78XX) FIXED VOLTAGE REGULATOR (POSITIVE)

3-TERMINAL 1A POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

The LM78XX series of three-terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

FEATURES

- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor SOA Protection

TO-220



D-PAK

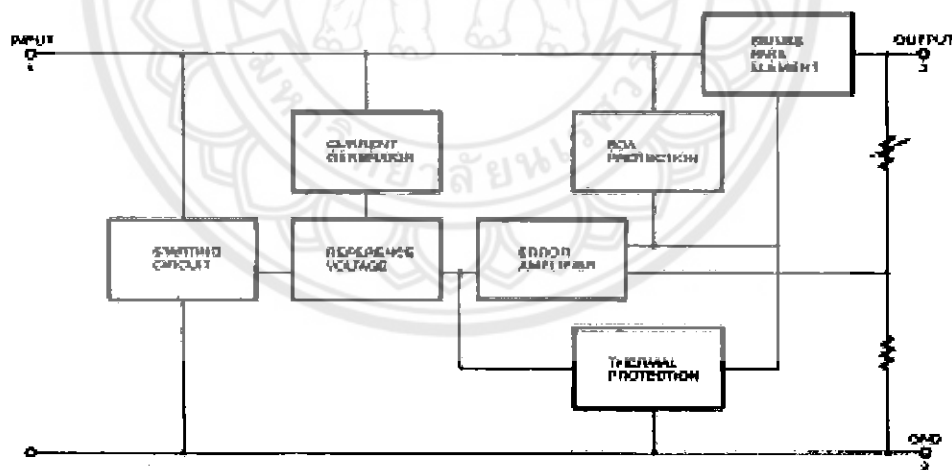


1: Input 2: GND 3: Output

ORDERING INFORMATION

Device	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature
KA7800CT	± 4%	TO-220	0 ~ +125 °C
KA7800AT	± 2%		-40 ~ +125 °C
KA7800T	± 4%	D-PAK	0 ~ +125 °C
KA7800R	± 2%		-40 ~ +125 °C

BLOCK DIAGRAM



FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

© 1988 Fairchild Semiconductor Corporation

Rev. B

LM78XX (KA78XX, MC78XX) FIXED VOLTAGE REGULATOR (POSITIVE)

LM7812WR/RJ ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Refer to test circuit, $T_{amb} < T_J < T_{max}$, $I_D = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_1 = 0.33\mu F$, $C_2 = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	LM7812			LM7812			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^\circ C$	11.5	12	12.5	11.5	12	12.5	V
		$I_O = 50mA < I_L < 1.0A$, $P_{DCL} < 15W$ $V_I = 14.5V$ to $27V$ $V_O = 15.5V$ to $27V$	11.4	12	12.6	11.4	12	12.6	
Line Regulation	ΔV_O	$T_J = +25^\circ C$		10	240		10	240	mV
Load Regulation	ΔV_O	$T_J = +25^\circ C$		3.0	120		3.0	120	mV
		$V_I = 14.5V$ to $30V$ $V_O = 15V$ to $22V$		11	240		11	240	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^\circ C$		5.9	8		5.1	8	mA
		$I_O = 5mA$ to $1.0A$		0.1	0.5		0.1	0.5	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$T_J = +25^\circ C$			1.0			1.0	mA
		$V_I = 14.5V$ to $30V$ $V_O = 15V$ to $22V$							
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	0.5	-1		-1		mV/°C	
Output Noise Voltage	V_{nO}	$f = 10Hz$ to $100kHz$, $T_J = +25^\circ C$		78		78		mV $_{RMS}$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_I = 15V$ to $25V$	55	71		55	71	dB	
Dropout Voltage	V_D	$I_O = 1A$, $T_J = +25^\circ C$		2		2		V	
Output Resistance	R_O	$f = 1kHz$		18		18		m Ω	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35V$, $T_J = +25^\circ C$		230		230		mA	
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^\circ C$		2.2		2.2		A	

$T_{amb} < T_J < T_{max}$

LM7800/LM781: $T_{max} = -40^\circ C$, $T_{max} = +125^\circ C$

LM78XX/R: $T_{max} = 0^\circ C$, $T_{max} = +125^\circ C$

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.



ภาคผนวก ช

รายละเอียดของไอซีเรกกูเลเตอร์ หมายเลข LM7908

UTCLM79XX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

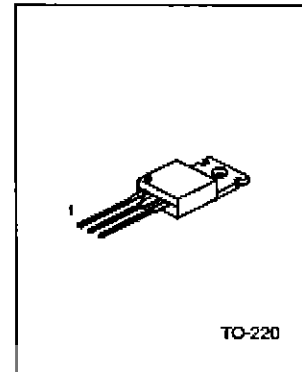
3 TERMINAL 1A NEGATIVE VOLTAGE REGULATOR

DESCRIPTION

The UTC LM79XX series of three-terminal negative regulators are available in TO-220 package and with several fixed output voltage, making them useful in a wide range of application. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible.

FEATURES

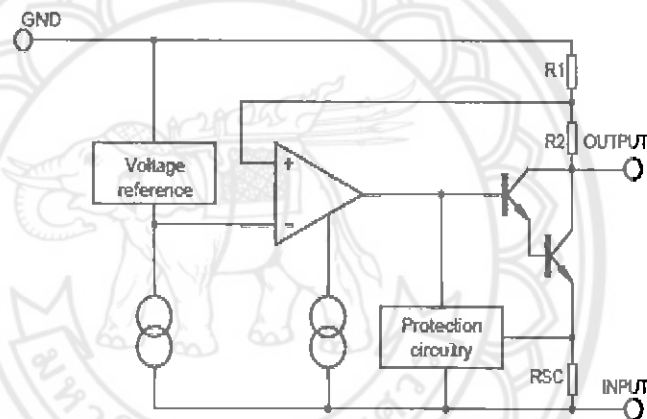
- *Output current up to 1A
- *-5V, -6V, -8V, -12V, -15V, -18V, -24V output voltage available
- *Thermal overload protection
- *Short circuit protection



TO-220

1:GND 2:Input 3:Output

BLOCK DIAGRAM



UTC UNISONIC TECHNOLOGIES CO., LTD.

QW-R101-C07.B

UTCLM79XX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

UTC7908 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Refer to test circuits, $0 < T_j < 125^\circ\text{C}$, $I_o = 500\text{mA}$, $V_i = -14\text{V}$, $C_i = 2.2\mu\text{F}$, $C_o = 1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output voltage	V_o	$T_j = 25^\circ\text{C}$	-7.68	-8.0	-8.32	V
		$5.0\text{mA} < I_o < 1.0\text{A}$, $P_o < 15\text{W}$ $V_i = -10.5\text{V}$ to -23V	-7.60		-8.40	V
Line regulation	ΔV_o	$T_j = 25^\circ\text{C}$, $V_i = -10.5\text{V}$ to -25V		10	100	mV
Load regulation	ΔV_o	$T_j = 25^\circ\text{C}$, $V_i = -11.5\text{V}$ to -17V		5	80	mV
		$T_j = 25^\circ\text{C}$, $I_o = 5.0\text{mA}$ to 1.5A		12	160	mV
Quiescent current	I_o	$T_j = 25^\circ\text{C}$		4	80	mV
		$T_j = 25^\circ\text{C}$, $I_o = 250\text{mA}$ to 750mA		3	6	mA
Quiescent current change	ΔI_o	$I_o = 5\text{mA}$ to 1.0A $V_i = -11.5\text{V}$ to -25V		0.05	0.5	mA
Output voltage drift	$\Delta V_o / \Delta T$	$I_o = 5\text{mA}$		-0.6		mV/PC
Output noise voltage	V_n	$f = 10\text{Hz}$ to 100kHz , $T_a = 25^\circ\text{C}$		175		μV
Ripple rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_i = -11.5\text{V}$ to -21.5V	54	60		dB
Dropout voltage	V_o	$I_o = 1.0\text{A}$, $T_j = 25^\circ\text{C}$		2		V
Short circuit current	I_{sc}	$V_i = -35\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$		300		mA
peak current	I_{pk}	$T_j = 25^\circ\text{C}$		2.2		A

UTC7912 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Refer to test circuits, $0 < T_j < 125^\circ\text{C}$, $I_o = 500\text{mA}$, $V_i = -18\text{V}$, $C_i = 2.2\mu\text{F}$, $C_o = 1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output voltage	V_o	$T_j = 25^\circ\text{C}$	-11.52	-12.0	-12.48	V
		$5.0\text{mA} < I_o < 1.0\text{A}$, $P_o < 15\text{W}$ $V_i = -14.5\text{V}$ to -27V	-11.40		-12.60	V
Line regulation	ΔV_o	$T_j = 25^\circ\text{C}$, $V_i = -14.5\text{V}$ to -30V		12	240	mV
Load regulation	ΔV_o	$T_j = 25^\circ\text{C}$, $V_i = -16\text{V}$ to -22V		5	120	mV
		$T_j = 25^\circ\text{C}$, $I_o = 5.0\text{mA}$ to 1.5A		12	240	mV
Quiescent current	I_o	$T_j = 25^\circ\text{C}$, $I_o = 250\text{mA}$ to 750mA		4	120	mV
		$T_j = 25^\circ\text{C}$		3	6	mA
Quiescent current change	ΔI_o	$I_o = 5\text{mA}$ to 1.0A $V_i = -14.5\text{V}$ to -30V		0.05	0.5	mA
Output voltage drift	$\Delta V_o / \Delta T$	$I_o = 5\text{mA}$		-0.8		mV/PC
Output noise voltage	V_n	$f = 10\text{Hz}$ to 100kHz , $T_a = 25^\circ\text{C}$		200		μV
Ripple rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_i = -15\text{V}$ to -25V	54	60		dB
Dropout voltage	V_o	$I_o = 1.0\text{A}$, $T_j = 25^\circ\text{C}$		2		V
Short circuit current	I_{sc}	$V_i = -35\text{V}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$		300		mA
peak current	I_{pk}	$T_j = 25^\circ\text{C}$		2.2		A



ภาคผนวก ข
รายละเอียดของไอซี MAX232

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where $\pm 12V$ is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 6 μ W. The MAX226, MAX233, MAX235, and MAX246/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers
Low-Power Modems
Interface Translation
Battery-Powered RS-232 Systems
Multidrop RS-232 Networks

AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc.

Next-Generation Device Features

- For Low-Voltage, Integrated ESD Applications
MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/
MAX3246E: +3.0V to +5.5V, Low-Power, Up to
1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four
0.1 μ F External Capacitors (MAX3246E Available
in a UCSP™ Package)
- For Low-Cost Applications
MAX221E: $\pm 15kV$ ESD-Protected, +5V, 1 μ A,
Single RS-232 Transceiver with AutoShutdown™

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CEHDIP
MAX220EJE	-55°C to +125°C	16 CEHDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.
*Contact factory for dice specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (μ F)	SHDN & Thru-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.047(0.3)	No	—	120	Ultra low cost, industry standard circuit
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low power shutdown
MAX223 (MAX223A)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX230)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX231)	+5 and +7.5 to +12	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery package, same functions as MAX232
MAX232 (MAX232)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (E4)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX233)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX234)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	No external caps
MAX235 (MAX235)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	Shutdown, thru state
MAX236 (MAX236)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Compatible IBM PC serial port
MAX237 (MAX237)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Also uses 1438 and 1480
MAX238 (MAX238)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery package, single package solution for IBM PC serial port
MAX239 (MAX239)	+5 and +7.5 to +12	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	DIP or flatpack package
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	Compatible IBM PC serial port
MAX241 (MAX241)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Compatible IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Selectable shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open tri-state for simultaneous calling
MAX244	+5	R/0	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	R/0	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, no shutdown modes
MAX246	+5	R/0	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, tri-state shutdown modes
MAX247	+5	R/0	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, tri-state shutdown modes
MAX248	+5	R/0	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, passive half chip enables
MAX249	+5	R/0	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com

MAX220-MAX249

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

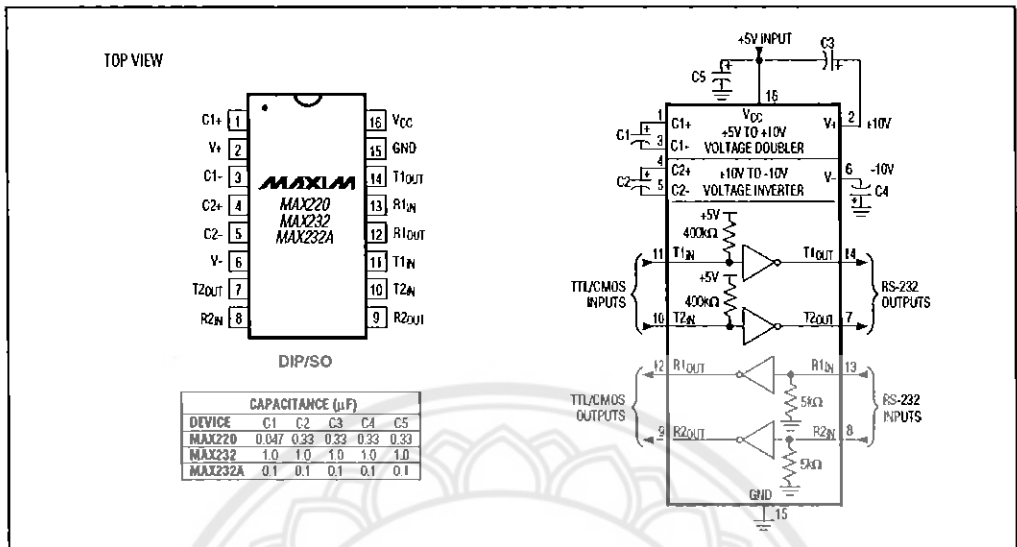
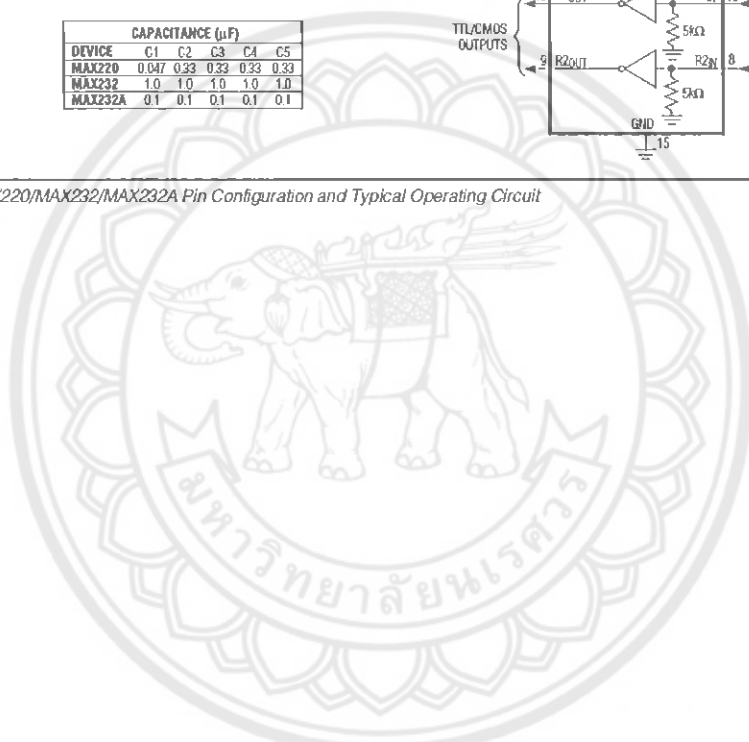


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

MAX220-MAX249







July 2008

LM340/LM78XX Series 3-Terminal Positive Regulators

General Description

The LM140/LM340A/LM340/LM78XX monolithic 3-terminal positive voltage regulators employ internal current-limiting, thermal shutdown and safe-area compensation, making them essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1.0A output current. They are intended as fixed voltage regulators in a wide range of applications including local (on-card) regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. In addition to use as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents.

Considerable effort was expended to make the entire series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

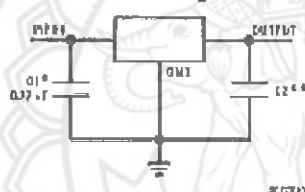
The 5V, 12V, and 15V regulator options are available in the steel TO-3 power package. The LM340A/LM340/LM78XX series is available in the TO-220 plastic power package, and the LM340-5.0 is available in the SOT-223 package, as well as the LM340-5.0 and LM340-12 in the surface-mount TO-263 package.

Features

- Complete specifications at 1A load
- Output voltage tolerances of $\pm 2\%$ at $T_j = 25^\circ\text{C}$ and $\pm 4\%$ over the temperature range (LM340A)
- Line regulation of 0.01% of V_{OUT}/V of ΔV_{IN} at 1A load (LM340A)
- Load regulation of 0.3% of V_{OUT}/A (LM340A)
- Internal thermal overload protection
- Internal short-circuit current limit
- Output transistor safe area protection
- P- Product Enhancement tested

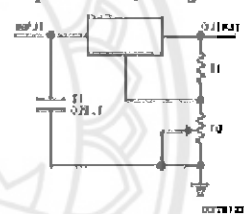
Typical Applications

Fixed Output Regulator



*Required if the regulator is located far from the power supply filter.
 **Although no output capacitor is needed for stability, it does help transient response. (If needed, use 0.1 µF, ceramic disc).

Adjustable Output Regulator



$$V_{OUT} = 5V + (5V/R1 + I_{ADJ}) R2 \approx 5V(R1 + R2) / R1 + 5I_{ADJ}R2$$

load regulation $(L_r) = [(R1 + R2)/R1] (I_{ADJ} \text{ of LM340-5})$

Current Regulator



$$I_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{R1} + I_{ADJ}$$

$I_{ADJ} \approx 1.3 \text{ mA}$ over line and load changes.

Comparison between SOT-223 and D-Pak (TO-252) Packages



Scale 1:1

LM340A, LM78XX

Ordering Information

Package	Temperature Range	Part Number	Packaging Marking	Transport Media	NSC Drawing
3-Lead TO-3	-55°C to +125°C	LM140K-5.0	LM140K 5.0P±	50 Per Tray	K02A
		LM140K-12	LM140K 12P±	50 Per Tray	
		LM140K-15	LM140K 15P±	50 Per Tray	
	0°C to +125°C	LM340K-5.0	LM340K 5.0 7805P±	50 Per Tray	
		LM340K-12	LM340K 12 7812P±	50 Per Tray	
		LM340K-15	LM340K 15 7815P±	50 Per Tray	
3-Lead TO-220	0°C to +125°C	LM340AT-5.0	LM340AT 5.0 P±	45 Units/Rail	T03B
		LM340T-5.0	LM340T5 7805 P±	45 Units/Rail	
		LM340T-12	LM340T12 7812 P±	45 Units/Rail	
		LM340T-15	LM340T15 7815 P±	45 Units/Rail	
		LM7808CT	LM7808CT	45 Units/Rail	
3-Lead TO-263	0°C to +125°C	LM340S-5.0	LM340S-5.0 P±	45 Units/Rail	TS3B
		LM340SX-5.0		600 Units Tape and Reel	
		LM340S-12	LM340S-12 P±	45 Units/Rail	
		LM340SX-12		600 Units Tape and Reel	
		LM340AS-5.0	LM340AS-5.0 P±	45 Units/Rail	
		LM340ASX-5.0		600 Units Tape and Reel	
4-Lead SOT-223	0°C to +125°C	LM340MP-5.0	N00A	1k Units Tape and Reel	MP04A
		LM340MPX-5.0		2k Units Tape and Reel	
Unpackaged Die	-55°C to +125°C	LM140KG-5 MDB		Wafler Pack or Gal Pack	DL060089
		LM140KG-12 MDB		Wafler Pack or Gal Pack	DL050093
		LM140KG-15 MDB		Wafler Pack or Gal Pack	DL050093
	0°C to +125°C	LM340-5.0 MDA		Wafler Pack or Gal Pack	DL074058
		LM7808C MDC		Wafler Pack or Gal Pack	DL074058

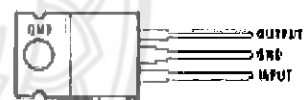
Connection Diagrams

TO-3 Metal Can Package (K)



Bottom View
See Package Number K02A

TO-220 Power Package (T)



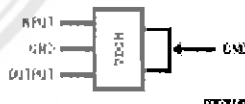
Top View
See Package Number T03B

TO-263 Surface-Mount Package (S)



Top View
See Package Number TS3B

3-Lead SOT-223



Top View
See Package Number MP04A



ภาคผนวก ญ
รายละเอียดของไอซี LM1117

มหาวิทยาลัยนเรศวร



October 2002

LM1117/LM1117I 800mA Low-Dropout Linear Regulator

General Description

The LM1117 is a series of low dropout voltage regulators with a dropout of 1.2V at 800mA of load current. It has the same pin-out as National Semiconductor's industry standard LM317.

The LM1117 is available in an adjustable version, which can set the output voltage from 1.25V to 13.8V with only two external resistors. In addition, it is also available in five fixed voltages, 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V, and 5V.

The LM1117 offers current limiting and thermal shutdown. Its circuit includes a zener trimmed bandgap reference to assure output voltage accuracy to within $\pm 1\%$.

The LM1117 series is available in LLP, TO-263, SOT-223, TO-220, and TO-252 D-PAK packages. A minimum of 10 μ F tantalum capacitor is required at the output to improve the transient response and stability.

Features

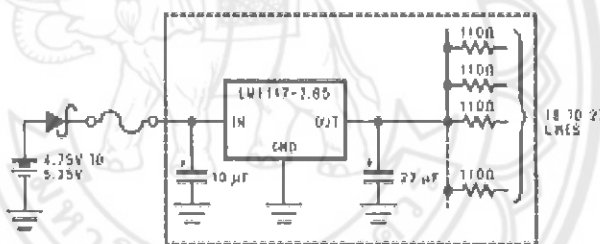
- Available in 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V, 5V, and Adjustable Versions
- Space Saving SOT-223 and LLP Packages
- Current Limiting and Thermal Protection
- Output Current 800mA
- Line Regulation 0.2% (Max)
- Load Regulation 0.4% (Max)
- Temperature Range
 - LM1117 0°C to 125°C
 - LM1117I -40°C to 125°C

Applications

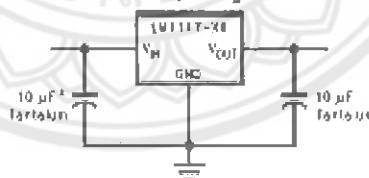
- 2.85V Model for SCSI-2 Active Termination
- Post Regulator for Switching DC/DC Converter
- High Efficiency Linear Regulators
- Battery Charger
- Battery Powered Instrumentation

Typical Application

Active Terminator for SCSI-2 Bus



Fixed Output Regulator



* Required if the regulator is located far from the power supply filter.

LM1117/LM1117I 800mA Low-Dropout Linear Regulator

LM1117/LM1117I

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

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

Maximum Input Voltage (V_{IN} to GND)	20V
Power Dissipation (Note 2)	Internally Limited
Junction Temperature (T_J) (Note 2)	150°C
Storage Temperature Range	-55°C to 150°C
Lead Temperature	
TO-220 (T) Package	280°C, 10 sec

SOT-223 (IMP) Package

280°C, 4 sec

ESD Tolerance (Note 3)

2000V

Operating Ratings (Note 1)

Input Voltage (V_{IN} to GND)	15V
Junction Temperature Range (T_J) (Note 2)	
LM1117	0°C to 125°C
LM1117I	-40°C to 125°C

LM1117 Electrical Characteristics

Typicals and limits appearing in normal type apply for $T_J = 25^\circ\text{C}$. Limits appearing in Boldface type apply over the entire junction temperature range for operation, 0°C to 125°C.

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 5)	Typ (Note 4)	Max (Note 5)	Units
V_{REF}	Reference Voltage	LM1117-ADJ $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} - V_{OUT} = 2\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.238	1.250	1.262	V
		$10\text{mA} \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $1.4\text{V} \leq V_{IN} - V_{OUT} \leq 10\text{V}$	1.225	1.250	1.270	V
V_{OUT}	Output Voltage	LM1117-1.8 $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 3.8\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.782	1.800	1.818	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $3.2\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	1.748	1.800	1.854	V
		LM1117-2.5 $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 4.5\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.475	2.500	2.525	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $3.9\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	2.450	2.500	2.550	V
		LM1117-2.85 $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 4.85\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.820	2.850	2.880	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $4.25\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	2.780	2.850	2.910	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 500\text{mA}$, $V_{IN} = 4.10\text{V}$	2.780	2.850	2.910	V
		LM1117-3.3 $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 5\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	3.287	3.300	3.333	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $4.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$	3.235	3.300	3.365	V
		LM1117-5.0 $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $V_{IN} = 7\text{V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$	4.950	5.000	5.050	V
		$0 \leq I_{OUT} \leq 800\text{mA}$, $6.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 12\text{V}$	4.900	5.000	5.100	V
		ΔV_{OUT}	Line Regulation (Note 6)	LM1117-ADJ $I_{OUT} = 10\text{mA}$, $1.5\text{V} \leq V_{IN} - V_{OUT} \leq 13.75\text{V}$		0.035
LM1117-1.8 $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $3.2\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$				1	5	mV
LM1117-2.5 $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $3.9\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$				1	5	mV
LM1117-2.85 $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $4.25\text{V} \leq V_{IN} \leq 10\text{V}$				1	5	mV
LM1117-3.3 $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $4.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$				1	5	mV
LM1117-5.0 $I_{OUT} = 0\text{mA}$, $6.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 15\text{V}$				1	10	mV



ภาคผนวก ก
รายละเอียดของทรานซิสเตอร์ หมายเลข BC547

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

FEATURES

- Low current (max. 100 mA)
- Low voltage (max. 65 V).

APPLICATIONS

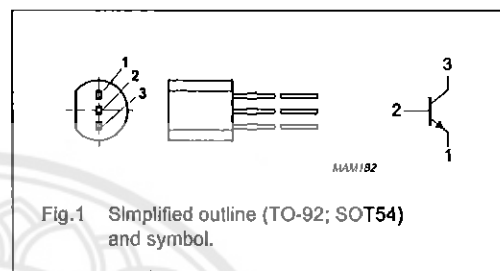
- General purpose switching and amplification.

DESCRIPTION

NPN transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.
PNP complements: BC556 and BC557.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{CB0}	collector-base voltage	open emitter			
	BC546		—	80	V
	BC547		—	50	V
V _{CEO}	collector-emitter voltage	open base			
	BC546		—	65	V
	BC547		—	45	V
V _{EB0}	emitter-base voltage	open collector			
	BC546		—	6	V
	BC547		—	6	V
I _C	collector current (DC)		—	100	mA
I _{CM}	peak collector current		—	200	mA
I _{BM}	peak base current		—	200	mA
P _{tot}	total power dissipation	T _{amb} ≤ 25 °C; note 1	—	500	mW
T _{stg}	storage temperature		−65	+150	°C
T _J	junction temperature		—	150	°C
T _{amb}	operating ambient temperature		−65	+150	°C

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-a)}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	0.25	K/mW

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

CHARACTERISTICS

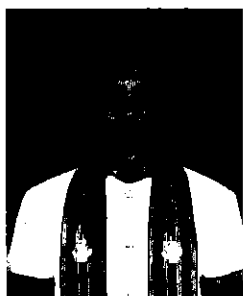
$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current	$I_E = 0$; $V_{CB} = 30\text{ V}$	–	–	15	nA
		$I_E = 0$; $V_{CB} = 30\text{ V}$; $T_j = 150\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	5	μA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0$; $V_{EB} = 5\text{ V}$	–	–	100	nA
h_{FE}	DC current gain	$I_C = 10\text{ }\mu\text{A}$; $V_{CE} = 5\text{ V}$; see Figs 2, 3 and 4	–	90	–	–
			–	150	–	–
	DC current gain	$I_C = 2\text{ mA}$; $V_{CE} = 5\text{ V}$; see Figs 2, 3 and 4	110	180	220	–
			200	290	450	–
			420	520	800	–
			110	–	800	–
			110	–	450	–
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}$; $I_B = 0.5\text{ mA}$	–	90	250	mV
		$I_C = 100\text{ mA}$; $I_B = 5\text{ mA}$	–	200	600	mV
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}$; $I_B = 0.5\text{ mA}$; note 1	–	700	–	mV
		$I_C = 100\text{ mA}$; $I_B = 5\text{ mA}$; note 1	–	900	–	mV
V_{BE}	base-emitter voltage	$I_C = 2\text{ mA}$; $V_{CE} = 5\text{ V}$; note 2	580	660	700	mV
		$I_C = 10\text{ mA}$; $V_{CE} = 5\text{ V}$	–	–	770	mV
C_c	collector capacitance	$I_E = I_B = 0$; $V_{CB} = 10\text{ V}$; $f = 1\text{ MHz}$	–	1.5	–	pF
C_e	emitter capacitance	$I_C = I_C = 0$; $V_{EB} = 0.5\text{ V}$; $f = 1\text{ MHz}$	–	11	–	pF
f_T	transition frequency	$I_C = 10\text{ mA}$; $V_{CE} = 5\text{ V}$; $f = 100\text{ MHz}$	100	–	–	MHz
F	noise figure	$I_C = 200\text{ }\mu\text{A}$; $V_{CE} = 5\text{ V}$; $R_S = 2\text{ k}\Omega$; $f = 1\text{ kHz}$; $B = 200\text{ Hz}$	–	2	10	dB

Notes

1. V_{BEsat} decreases by about 1.7 mV/K with increasing temperature.
2. V_{BE} decreases by about 2 mV/K with increasing temperature.

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายศิริชัย พุทธา
 ภูมิลำเนา 88/3 หมู่ 5 ต.คลองมะพลับ อ.ศรีนครจ.สุโขทัย
 ประวัติการศึกษา
 -จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนศรีนคร
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: S.Puttha@hotmail.co.th



ชื่อ นายอัครวินท์ ทานท่า
 ภูมิลำเนา 4/18 ถ.สระหลวง ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิจิตร
 ประวัติการศึกษา
 -จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: akkarawin4@hotmail.com