สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมอุณหภูมิเตาอบอาหารเอนกประสงค์

ELECTRIC OVEN TEMPERATURE CONTROLLER

โดย

นางสาว สุมนา เจริญโชคกิตติกุล

นางสาว เสาวภา พรหมกูล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 61762

วัน,เดือน,ปี 21 ก.ค. 2549

ล.....

ส.....

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมอุณหภูมิเตาอบอาหารเอนกประสงค์

ELECTRIC OVEN TEMPERATURE CONTROLLER

โดย

นางสาว สุมนา เจริญโชคกิตติกุล 44010548

นางสาว เสาวภา พรหมกูล 44010570

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.จิรวัฒน์ ป่านกลาง

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องควบคุมอุณหภูมิเตาอบอาหารเอนกประสงค์
	Electric Oven Temperature Controller
นักศึกษา	นางสาวสุมนา เจริญโชคกิตติกุล รหัสประจำตัว 44010548
	นางสาวเสาวภา พรหมกูล รหัสประจำตัว 44010570
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	

(รศ.จิรวัฒน์ ปานกลาง)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องควบคุมอุณหภูมิเตาอบอาหารเอนกประสงค์
	Electric Oven Temperature Controller
นักศึกษา	นางสาวสุมนา เจริญโชคกิตติกุล รหัสประจำตัว 44010548
	นางสาวเสาวภา พรหมกูล รหัสประจำตัว 44010570
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.จิรวัฒน์ ปานกลาง

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการออกแบบวงจรเพื่อนำไปควบคุมการทำงานของเตาอบอาหาร เพื่อให้มีอุณหภูมิตามที่ต้องการ โดยจะสามารถสร้างอุณหภูมิที่สูงกว่าเดิม มีความละเอียดในการปรับค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและเข้าสู่สภาวะสมดุลอย่างรวดเร็วและมีเสถียรภาพ โดยได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มาประยุกต์ใช้งานเพื่อให้มีความสะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังได้เพิ่มวงจรแสดงผลและคีย์แพดแบบเมตริกเข้าไปด้วยเพื่อให้ใช้งานได้ง่าย เตาอบที่ออกแบบจะสามารถสร้างอุณหภูมิจาก 50 องศาเซลเซียส ถึง 200 องศาเซลเซียส มีความละเอียดของอุณหภูมิเท่ากับ 1 องศา

ในการรับค่าจากเตาอบได้เลือกใช้เทอร์โมคับเปิลเป็นอุปกรณ์รับอุณหภูมิ ผ่านวงจรขยายแล้วเข้าสู่ MCS-51 ด้วยการแปลงค่าจาก PCF8951 แล้ว MCS-51 จะทำการปรับค่าโดยเปรียบเทียบกับค่าที่ผู้ใช้ตั้งไว้และส่งกลับในรูปของพัลส์เพื่อ เข้าสู่วงจรขับตัวทำความร้อนนั่นเอง ทำให้เตาอบสามารถรักษาอุณหภูมิที่ต้องการได้อย่างคงที่ และใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Electric Oven Temperature Controller
Student	Miss Sumana Charoenchokkittikul
	Miss Saowapha Phomkool
Degree	Bachelor of Engineering in Electronics Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Acadamic year	2004
Advisor	Assoc.Prof. Jirawat Panklang

ABSTRACT

This report is a part of a senior student's thesis require for control function in the electric oven for it produces required temperature. The circuit we have designed can caused the oven to produces more large range in temperature, more complete and stable in performance. The objectives of this thesis has applied microcontroller in family of MCS-51 to make more comfortable faster and have high efficiency. Furthermore we have include display and keypad circuit in this controller for the easier application. The oven that have designed will able to produce temperature from 50 degree Celsius to 200 degree Celsius and the different of each level is 1 degree.

The receiver temperature in this project is thermistor pass through amplifier circuit to MCS-51 by PCF8951 and then MCS-51 will compare the temperature with the required temperature from user and feedback the value with pulse to drive the heater circuit. Therefore the oven can regulate the required temperature linearity and good efficiency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง เครื่องควบคุมอุณหภูมิเตาอบอาหารเอนกประสงค์ ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดีด้วยความปรารถนาดีและช่วยเหลือของหลายฝ่ายด้วยกัน ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์จิรวัฒน์ ปานกลาง อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและการช่วยเหลือเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรุ่นพี่ที่ได้ให้แนวทางในการศึกษาเกี่ยวกับโครงงานนี้ เพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ ความช่วยเหลือและคำแนะนำ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบุคคลในครอบครัวทุกท่านที่ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นกำลังใจ กำลังกายหรือกำลังทรัพย์ จนสำเร็จวัตถุประสงค์ของโครงงานได้อย่างเรียบร้อย

นางสาวสุมนา เจริญโชคกิตติกุล

นางสาวเสาวภา พรหมกูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 หลักการเกี่ยวกับการวัดและการควบคุม	4
2.2 หลักการของส่วนของโครงสร้าง	8
2.3 ฮาร์ดแวร์	8
2.3.1 การควบคุมกำลังงานไฟฟ้า	9
2.3.2 เทอร์โมคัปเปิล	18
2.3.3 DAC	22
2.3.4 วงจรขยาย	25
2.3.5 LCD	25
2.3.6 การเชื่อมต่อกับคีย์แพด	28
2.3.7 MCS-51	30
บทที่ 3 การออกแบบและดำเนินการ	32
3.1 การวางแผนการดำเนินการ	32
3.2 คุณสมบัติของเตาอบ	32
3.3 การออกแบบและการคำนวณค่าต่างๆ ทางฮาร์ดแวร์	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 ส่วนควบคุมกำลังงานไฟฟ้า 32
3.3.2 วงจรควบคุมวงจขับกำลังงานความร้อน 33
3.3.3 ADC 35
3.3.4 Keypad 36
3.3.5 LCD 36
3.3.6 วงจรขับเครื่องกำเนิดความร้อน 37
3.3.7 การส่งค่าไปควบคุมอุณหภูมิและ
รับค่าอุณหภูมิที่ฟีดแบคกลับมา 38
3.4 การออกแบบส่วนของซอฟท์แวร์ 39
3.4.1 ส่วนแสดงผล 39
3.4.2 ส่วนควบคุม 39
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 41
บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความนำ

เตาอบไฟฟ้า (Electric Oven) เป็นเตาที่ใช้กำลังทางไฟฟ้าเป็นต้นกำเนิดความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ โดยเตาอบชนิดนี้จะมีประโยชน์ในการให้ความร้อนเพื่อประกอบอาหาร เช่น ไก่อบ หมูอบ หรือขนมบางประเภท โดยเตาอบยังคงมีใช้อย่างแพร่หลายในการประกอบอาหาร เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาไม่สูงนัก ถ้ามองเปรียบเทียบในแง่ของประโยชน์ใช้งาน

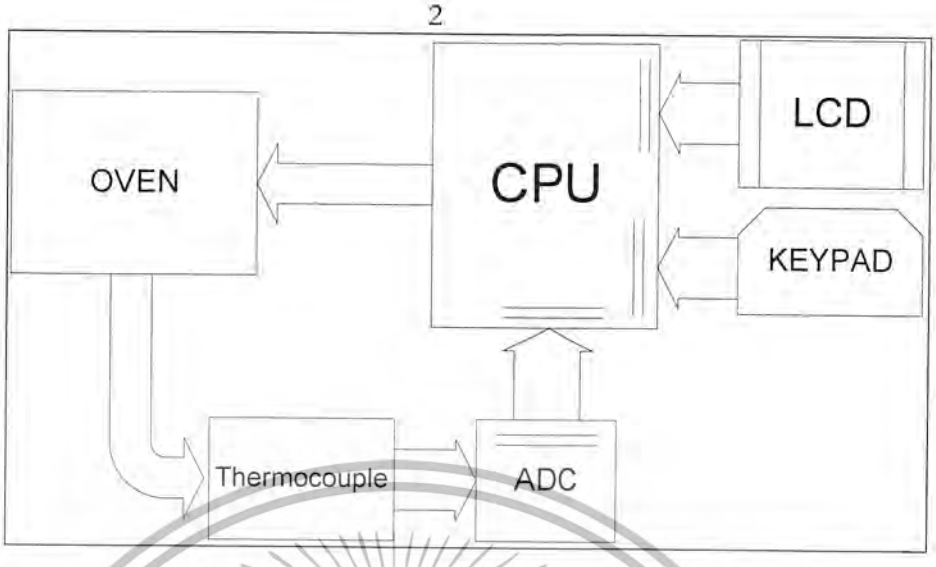
และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเตาอบให้สูงขึ้น จึงได้ศึกษาและออกแบบให้เตาอบสามารถทำงานได้ที่ช่วงอุณหภูมิกว้างขึ้น ความละเอียดสูงขึ้นและมีการควบคุมให้ขดลวดของเตาอบสร้างความร้อนได้ตามที่ต้องการอย่างรวดเร็วและมีเสถียรภาพ นอกจากนี้ยังมีจอแสดงผลให้ผู้ใช้ได้ทราบรายละเอียดการใช้งานแต่ละขั้นตอนอีกด้วย โดยควบคุมการทำงานเหล่านี้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เตาอบที่ออกแบบมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

1. อุปกรณ์รับสัญญาณความร้อน เทอร์โมคับเปิล
2. วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ADC)
3. วงจรควบคุมส่วนกลาง (MCS51)
4. วงจรแสดงผลหน้าจอ LCD และคีย์แพด
5. ชุดขยายสัญญาณ

แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 1.1 ส่วนรายละเอียดในการออกแบบและการทำงานของวงจรต่างๆ จะอธิบายโดยละเอียดในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 แสดงส่วนประกอบของเตาอบที่ออกแบบพอสังเขป

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

ในการทำโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเตาอบไฟฟ้า (Electric Oven)
2. ออกแบบและสร้างวงจรควบคุมการทำงานของเตาอบ โดยนำรูปแบบการควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาใช้
3. เพื่อเพิ่มฟังก์ชั่นการใช้งานให้มากขึ้น
4. เพื่อประสิทธิภาพการใช้งานให้สะดวก รวดเร็วขึ้น

1.3 ขอบเขตการทำโครงงาน

การออกแบบและการสร้างวงจรควบคุมเตาอบไฟฟ้านี้ อาศัยการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนที่ผ่านขดลวดโดยมีเทอร์โมคับเปิลเป็นตัวรับความร้อนและเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า (โวลต์เตจ) จากนั้น ADC จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งให้ตัวควบคุม CPU ประมวลผลแล้วสั่งการออกไปผ่าน DAC เพื่อแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก ไปยังแผงวงจรไฟฟ้าที่จะคอยสวิทช์ให้เตาอบสร้างอุณหภูมิตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยมีช่วงอุณหภูมิระหว่าง 50°C ถึง 200°C โดยมีช่วงห่าง 1 องศา และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน

1. ความรู้ที่ได้รับเกี่ยวกับการทำงานของเตาอบไฟฟ้า
2. การออกแบบและการสร้างวงจรควบคุมเตาอบไฟฟ้า
3. ความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิ
4. ความรู้ด้านการวางแผนการทำงาน
5. สามารถใช้เตาอบในการประกอบอาหารที่มีความละเอียด มีเสถียรภาพและใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการเกี่ยวกับการวัดและการควบคุม

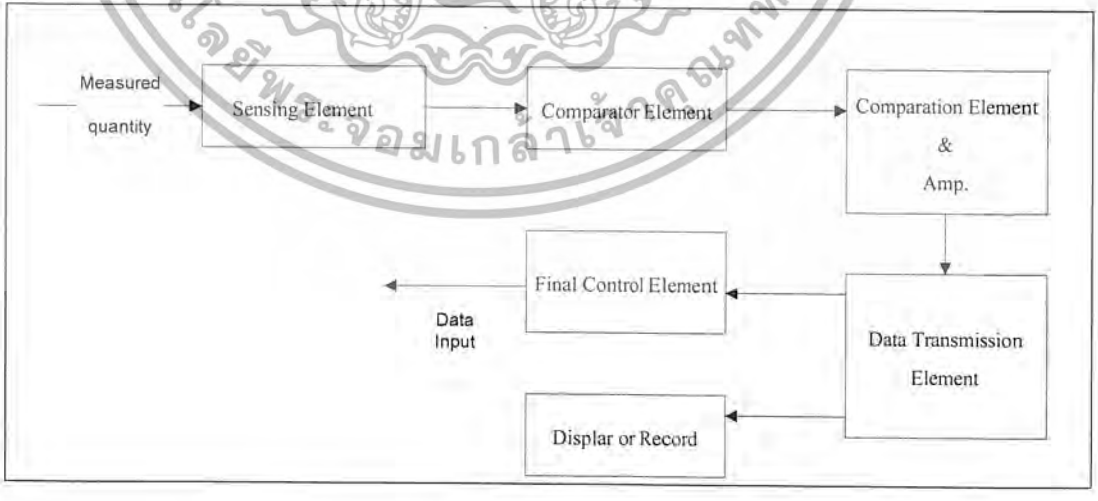
ส่วนประกอบของระบบการวัด อาจแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆตามหน้าที่การทำงานได้เป็น 4 ส่วน คือ

1. ส่วนของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการวัดและตรวจจับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรที่ต้องการจะควบคุม

2. ส่วนของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการวัดและเปรียบเทียบค่าตัวแปรที่วัดได้และค่าที่กำหนดไว้

3. ส่วนขยายสัญญาณเพื่อการควบคุมเป็นส่วนที่จะนำเอาค่าตัวแปรที่ได้จากส่วนเปรียบเทียบมาขยายและปรับขนาดสัญญาณให้เหมาะสมที่จะใช้ในการควบคุมต่อไป

4. ส่วนควบคุมเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปรับหรือเปลี่ยนแปลงขนาด ปริมาณ หรือคุณสมบัติของตัวแปรบางประการก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของตัวแปรให้มีค่าตามต้องการ



รูปที่ 2.1 ระบบการวัดปริมาณต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 2.1 แสดงถึงปริมาณการวัดต่างๆซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆที่สำคัญ 6 ส่วน ได้แก่

1. Sensing element เป็นหน่วยตรวจจับปริมาณตัวแปรต่างๆที่ต้องการวัด เช่น อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล ฯลฯ ที่หน่วยนี้จะส่งค่าออกมาเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ต้องการวัดในกระบวนการเหล่านั้น

2. Comparator element เป็นหน่วยที่ทำการเปรียบเทียบข้อมูลจากหน่วยตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลและปริมาณที่ต้องการควบคุม (จากหน่วยควบคุม) ซึ่งผลต่างที่ได้จะถูกนำไปใช้สำหรับการแสดงค่าและควบคุมต่อไป

3. Conversion element and amplifier เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงค่าที่ได้จากหน่วยแรกให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน โดยที่อาจมีการขยายระดับของสัญญาณ หรือข้อมูลที่วัดได้ให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะชี้แสดงค่าหรือส่งข้อมูลไปยังหน่วยอื่นๆซึ่งการขยายปริมาณของตัวแปรที่วัดได้นี้จำต้องมีอัตราขยายที่คงที่ด้วยเพื่อที่จะให้ค่าที่อ่านได้นั้นถูกต้องแน่นอน

4. Data transmission element เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ถูกขยายให้มีปริมาณที่เหมาะสมแล้วส่งไปยังหน่วยอื่นๆซึ่งอาจส่งไปยังหน่วยแสดงผลหรือหน่วยควบคุมก็ได้

5. Display or recorder เป็นหน่วยแสดงผลข้อมูลซึ่งอาจเป็นเครื่องมือที่ชี้บอกค่าต่างๆที่วัดได้หรืออาจเป็นหน่วยที่สามารถทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่วัดได้ทุกขณะ

6. Final control element เป็นหน่วยควบคุมปริมาณที่ต้องการวัดและต้องการควบคุมให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมตามความต้องการสำหรับที่หน่วยนี้อาจประกอบด้วยหน่วยกำหนดค่าเป้าหมาย (Setting value) เพื่อใช้กำหนดปริมาณที่ต้องการควบคุมและนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณที่วัดได้จากหน่วยตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณต่างๆ

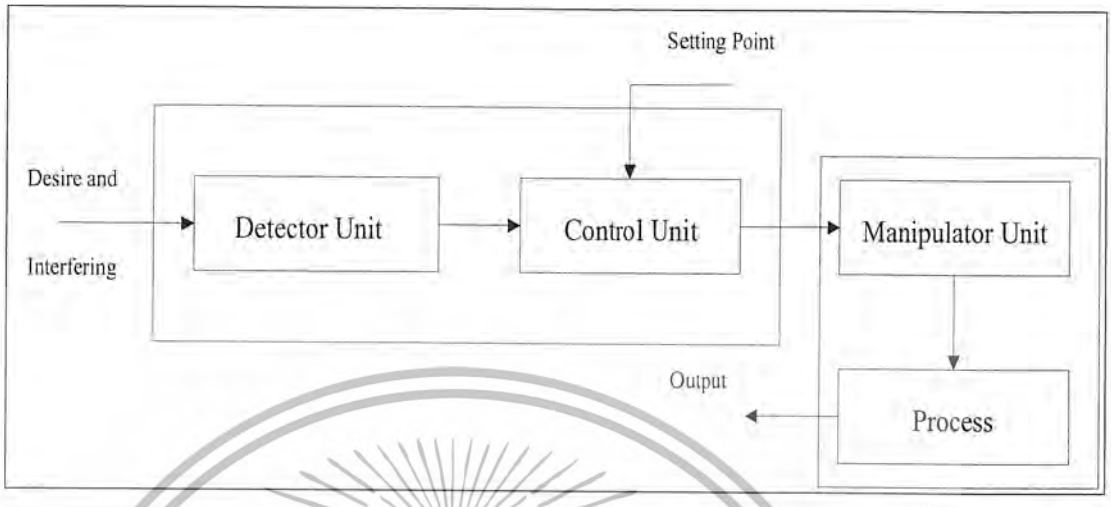
ระบบการควบคุม

ระบบควบคุมเราอาจแบ่งออกเป็น2ประเภท คือ ระบบควบคุมแบบวงจรเปิด (Open loop control system) และระบบควบคุมแบบวงจรปิด (Closed loop control system)

1.ระบบควบคุมแบบวงจรเปิด

เป็นระบบที่ไม่มีการติดตามผลเพื่อปรับเปลี่ยนค่าภายในวงจร กล่าวคือ หลังจากที่มีการควบคุมโดยส่งสัญญาณควบคุมไปแล้วจะไม่มีการติดตามผลที่เกิดขึ้นใหม่เพื่อทำการปรับแต่งสัญญาณการควบคุมให้เหมาะสมต่อไปเลย แสดงระบบควบคุมแบบนี้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



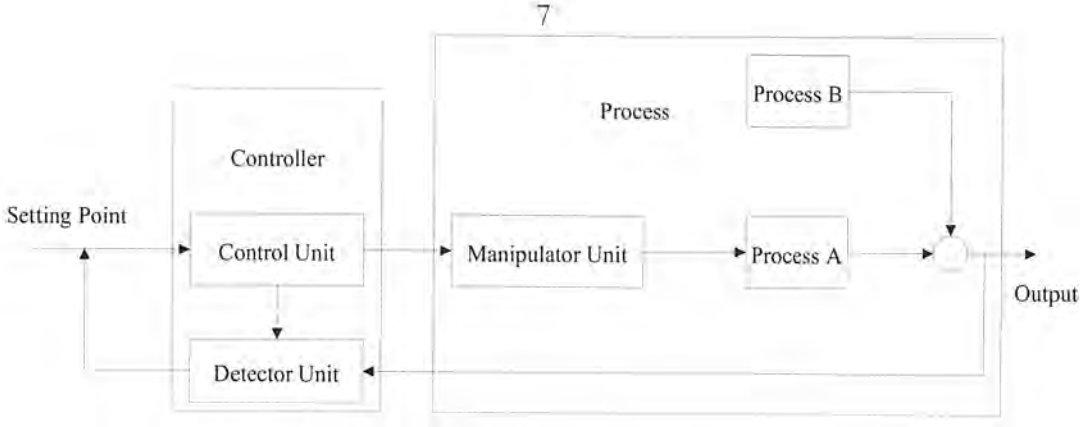
รูปที่ 2.2 ระบบการควบคุมวงจรเปิด

จากรูปที่2.2แสดงระบบการควบคุมแบบวงจรเปิดจะเห็นว่าค่าของตัวแปรในกระบวนการและสัญญาณรบกวนที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุใดๆก็ตามเป็นสัญญาณเข้าของระบบควบคุม(Control unit) ซึ่งเราสามารถปรับระดับหรือปริมาณที่ควบคุมได้จากนั้นค่าที่ปรับได้จึงเข้าสู่กระบวนการ(Process) จากรูปอาจกล่าวได้ว่าภายหลังจากที่มีการปรับค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมแล้วจะไม่มีการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงใดๆอีกเลย ทั้งนี้ทำให้การควบคุมกระบวนการนั้นๆอาจไม่เข้าสู่ค่าเป้าหมายที่ต้องการก็ได้ ซึ่งระบบการควบคุมแบบนี้ผู้ใช้หรือผู้ควบคุมการทำงานของกระบวนการผลิตจำต้องคอยตรวจสอบและรับค่าตัวแปรที่วัดได้อยู่ตลอดเวลา

2. ระบบควบคุมแบบวงจรปิด

เป็นระบบที่มีการติดตามผลภายหลังจากที่มีการปรับแต่งภายในแล้วโดยมีการวัดค่าตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการอยู่ตลอดเวลาว่าเข้าใกล้เป้าหมายที่ต้องการหรือยัง ทั้งนี้เพื่อนำไปปรับแต่งสัญญาณควบคุมสำหรับใช้ในการควบคุมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ระบบการควบคุมวงจรปิด

จากรูปที่ 2.3 แสดงระบบการควบคุมแบบวงจรปิดจะเห็นว่าคล้ายกับระบบการควบคุมแบบวงจรเปิดแต่ที่หน่วยควบคุม (Controller) จะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณออกภายหลังจากที่มีการปรับแต่งปริมาณที่ต้องการควบคุมแล้ว ต่อมาสัญญาณที่ตรวจจับได้นี้จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายเพื่อทำการควบคุมระบบต่อไป หากค่าผลลัพธ์นั้นยังไม่เข้าใกล้หรือเท่ากับค่าเป้าหมายที่ต้องการ ระบบควบคุมสามารถจะปรับตัวเองได้อย่างอัตโนมัติจนกว่าจะถึงค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ สำหรับขั้นตอนต่างๆของระบบควบคุมแบบวงจรปิดนี้อาจประกอบด้วย

1. การตรวจวัดค่าที่ต้องการควบคุมว่าต่างจากค่าเป้าหมายที่ต้องการควบคุมเพียงใดโดยอาศัยอุปกรณ์การวัดในลักษณะต่างๆ

2. อุปกรณ์ควบคุมที่ทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณความแตกต่างระหว่างค่าผลลัพธ์หลังจากที่ถูกควบคุมแล้วและค่าเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้แล้วจึงส่งไปควบคุมกระบวนการต่อไปเพื่อให้ค่าตัวแปรของกระบวนการถูกต้องตามต้องการ

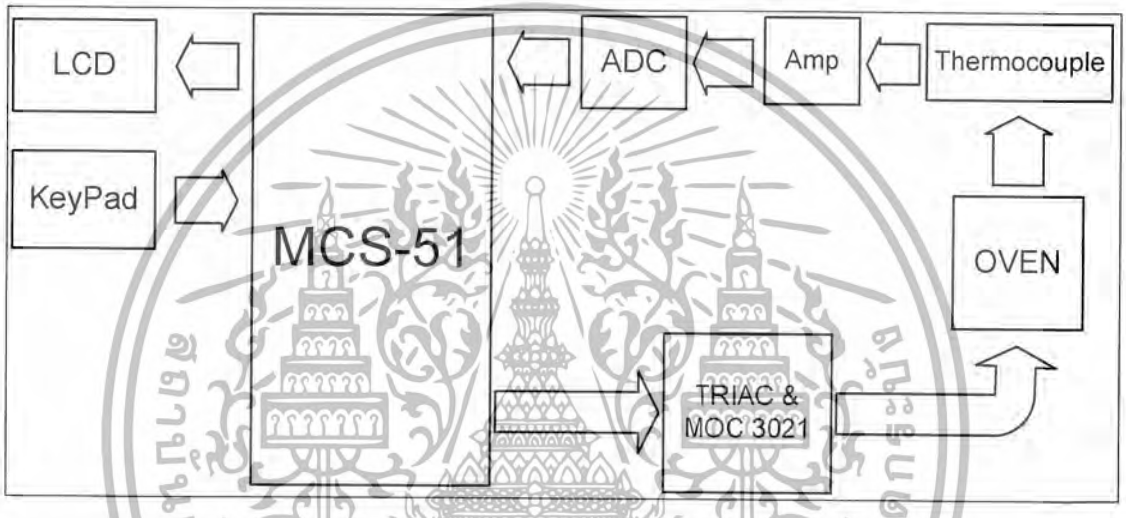
3. หากปรากฏว่ายังมีค่าต่างจากค่าเป้าหมายอีก อุปกรณ์ตรวจวัดจะทำการวัดค่าตัวแปรในกระบวนการและดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆในข้อ 1 และ 2 อีก จนกระทั่งค่าตัวแปรที่วัดได้เป็นค่าที่ต้องการจึงสิ้นสุดการควบคุม

จากระบบควบคุมที่กล่าวมาข้างต้นทั้งสองกรณีนี้จะเห็นว่ามีข้อแตกต่างกันในส่วนของการควบคุมซึ่งในระบบการควบคุมแบบวงจรปิดนี้เป็นระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างมากในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการของส่วนของโครงสร้าง

เราสามารถแบ่งการทำงานออกได้เป็นส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนซอฟท์แวร์ ในรูปที่ 2.4 แสดงโมเดลเบื้องต้นของเตาที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเห็นได้ว่าประกอบด้วย เตาอบ ส่วนของฮาร์ดแวร์ที่ใช้ควบคุม ซึ่งได้รับอินพุทจากคีย์บอร์ดและความร้อนจากเตาอบนั่นเอง



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ในการควบคุมเตาอบเบื้องต้น

2.3 ฮาร์ดแวร์

ในส่วนของการควบคุมนี้จะใช้ MCS-51 เป็นหลักในการทำงาน ซึ่งควบคุมการทำงานของคีย์แพด แอลซีดี ไตรแอค MOC3010 และค่าที่รับจากเซนเซอร์ที่ทำหน้าที่ฟีดแบคอุณหภูมิกลับมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเป็นสัญญาณที่ใช้ควบคุมต่อไป

การควบคุมการทำงานของไตรแอคนั้นจะใช้ MOC3010 เป็นตัวควบคุมโดยอาศัยหลักการของการควบคุมเฟส ในการควบคุมกำลังงานและส่วนที่ทำหน้าที่ฟีดแบคอุณหภูมิกลับมาโดยผ่านวงจรขยาย (Amplifier) และ ADC กลับมายัง MCS-51 ดังรูปที่ 2.5

ซึ่งแบ่งส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

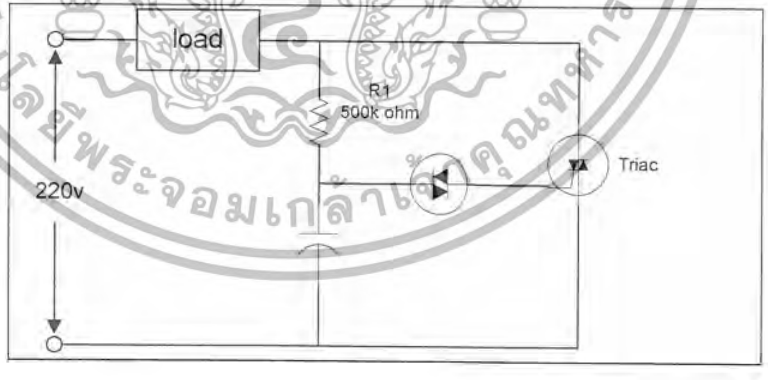
1. การควบคุมกำลังงานไฟฟ้าด้วย ไทริสเตอร์และ MOC3010
2. อุปกรณ์รับความร้อนจากเตาอบ เทอร์โมคับเปิล
3. วงจร ADC
4. วงจรขยายสัญญาณ
5. วงจรควบคุมส่วนกลาง MCS-51
6. วงจรแสดงผลและคีย์แพด

2.3.2 การควบคุมกำลังงานไฟฟ้า

โดยในโครงงานนี้เราได้ใช้การควบคุมกำลังแบบฟูลเวฟซึ่งมีหลักการดังนี้

2.3.2.1 วงจรควบคุมเฟสชนิดฟูลเวฟ

การควบคุมเฟสแบบฟูลเวฟแบบง่ายและใช้ในกรณีที่กระแสไม่สูงนัก มักใช้กับไตรแอค การควบคุมเฟสในกรณีนี้ ถ้าเป็นกรณีพื้นฐานเบื้องต้นที่ไม่ต้องการความละเอียดในการควบคุมกำลังงานมากนัก เรามักใช้วิธีการของ RC phase shift เป็นตัวสร้างทริกให้แก่ไตรแอค ดังรูปที่ 2.6

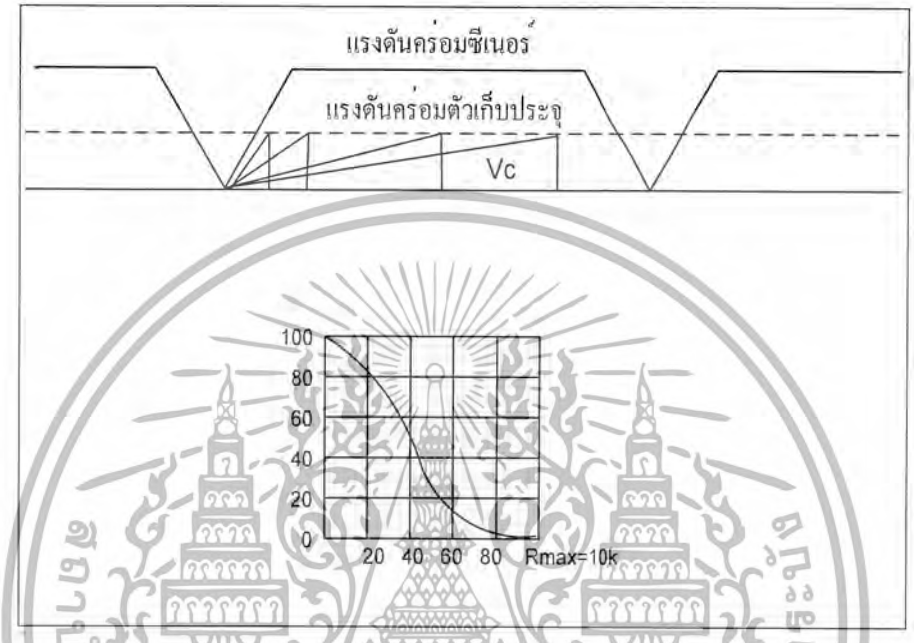


รูปที่ 2.6 วงจรควบคุมเฟสโดยใช้ไตรแอค

จากวงจรรูปที่ 2.6 สามารถควบคุมกำลังงานไฟฟ้าจากค่าที่น้อยสุดไปยังค่ามากสุดได้ แต่ช่วงการควบคุมจะไม่เป็นเชิงเส้นและการปรับค่า R จะอยู่ในช่วงที่กว้างมาก จึงไม่สะดวกต่อการใช้งานในการควบคุมอัตโนมัติ เช่น นำสัญญาณควบคุมมาจากแสงด้วยอุปกรณ์ LDR จากอุณหภูมิด้วยเทอร์โม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

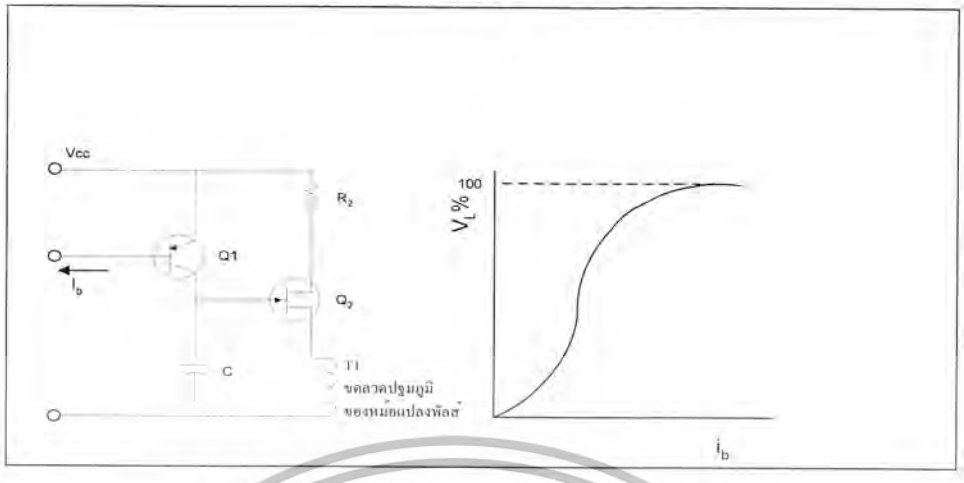
คับเปิล เป็นต้น เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านั้นมักมีช่วงการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก การควบคุมในกรณีนี้จำเป็นจะต้องสร้างวงจรควบคุมการจุดทริกเกทเสียใหม่



รูปที่ 2.7 ลักษณะของแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุและ $\%V_t$

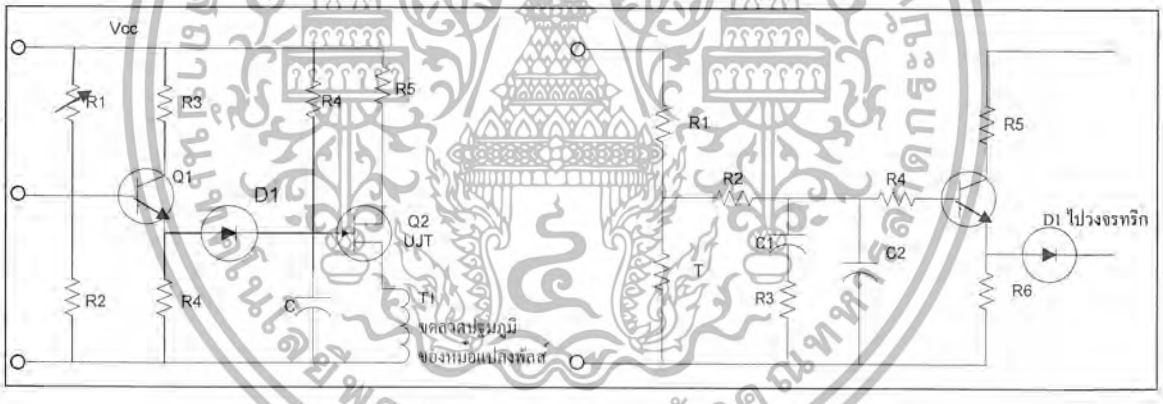
การใช้ UJT เป็นวงจรทริกจะได้การทริกที่ค่อนข้างเรียบขึ้นและสามารถควบคุมได้ ในกรณีนี้เราสามารถควบคุมแรงดันคร่อมตัวเก็บประจุด้วยการควบคุมกระแสและการควบคุมนี้ถ้าใช้วงจรจ่ายกระแสคงที่แปรค่าได้ ผลของการควบคุมจะเป็นเชิงเส้นและการควบคุมก็สามารถนำมาจากสัญญาณควบคุมอื่นได้ด้วย แสดงดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงการใช้กระแส I_b ควบคุมกำลังงาน

ดังกรณีนี้เราจึงได้สัญญาณการควบคุมด้วยการใช้เทอร์โมคับเปิลเป็นตัวควบคุมการทำงานของ UJT อีกต่อหนึ่ง จะได้ตัวอย่างวงจรในรูปที่ 2.9

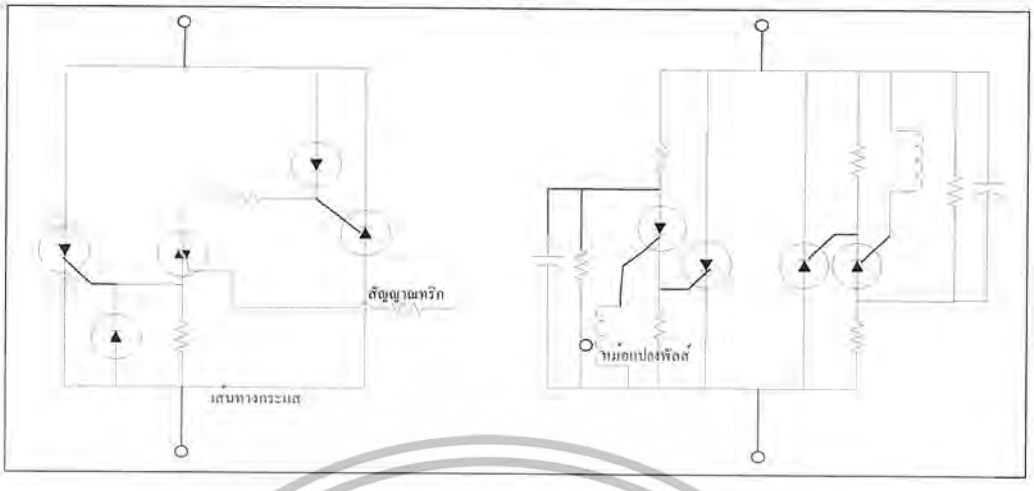


รูปที่ 2.9 การใช้เทอร์โมคับเปิลควบคุมกำลังงานไฟฟ้า

จากกรณีนี้เราสามารถนำหลักการควบคุมกำลังงานมาควบคุมอุณหภูมิได้ โดยเทอร์โมคับเปิลเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิ กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิสูงก็ควบคุมให้กำลังงานน้อยลงและถ้าอุณหภูมิต่ำก็ควบคุมให้กำลังงานเพิ่มขึ้น

ในกรณีที่ใช้กระแสสูงๆ เราไม่สามารถที่จะใช้ไตรแอคได้เพราะไตรแอคกระแสสูงๆ หาได้ยากและมีราคาแพงมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ เอสซีอาร์ สองตัวมาต่อกันแทนไตรแอค โดยลักษณะการต่อเอสซีอาร์ในวงจรควบคุมไฟกระแสสลับเป็นดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การใช้เอสซีอาร์ แทนไตรแอค

การทริกการทำงานสำหรับเอสซีอาร์กระแสสูงมักต้องมีการขยายกระแสด้วยการใช้ไตรแอคหรือเอสซีอาร์อีกตัวเสียก่อน ทั้งนี้เพราะในกรณีเอสซีอาร์กระแสสูงจำเป็นต้องใช้กระแสในการทริกสูงด้วยเช่นกัน

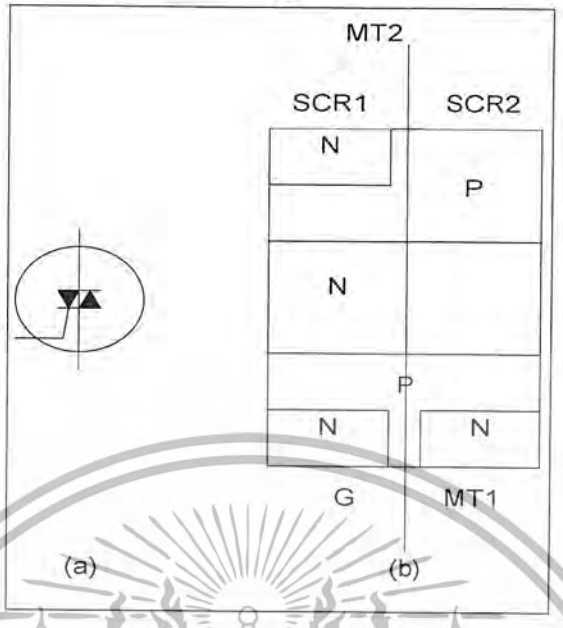
2.3.1.1 ไทริสเตอร์

ไทริสเตอร์เป็นอุปกณ์สารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติคล้ายหลอดไทราทอน โครงสร้างของไทริสเตอร์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำอย่างน้อย 4 ชั้น คือ p – n – p – n เรามักใช้ไทริสเตอร์ในวงจรควบคุมกำลังงาน วงจรจ่ายไฟ วงจรควบคุมการทำงานของมอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์และคอนเวอร์เตอร์ เป็นต้น

ไทริสเตอร์เป็นกลุ่มของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เอสซีอาร์และไตรแอค เป็นอุปกรณ์ประเภทไทริสเตอร์ที่รู้จักกันดี ในที่นี้เราเลือกใช้ไตรแอคเป็นตัวควบคุมวงจร

ไตรแอค เป็นไทริสเตอร์ที่นำกระแสได้สองทิศทาง กล่าวคือ ไตรแอคจะเป็นเสมือนเอสซีอาร์สองตัวที่หันหัวตรงข้ามกัน แต่การต่อเช่นนี้จะใช้หลักการของชิ้นสารกึ่งตัวนำที่เป็น n – p – n – p – n ซึ่งมีทั้งสิ้น 5 ชั้น โดยมีลักษณะโครงสร้างที่เขียนเป็นไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 (a) สัญลักษณ์ของไตรแอค (b)โครงสร้างของไตรแอค

ส่วนการทริกให้ไตรแอคสามารถทำงานได้ทั้งกระแสบวก (กระแสไหลเข้าเกท) และกระแสลบ (กระแสไหลออกจากเกท) ลักษณะของการทริกจึงแบ่งแยกออกเป็นควอแดรนท์ได้ 4 แบบ คือ

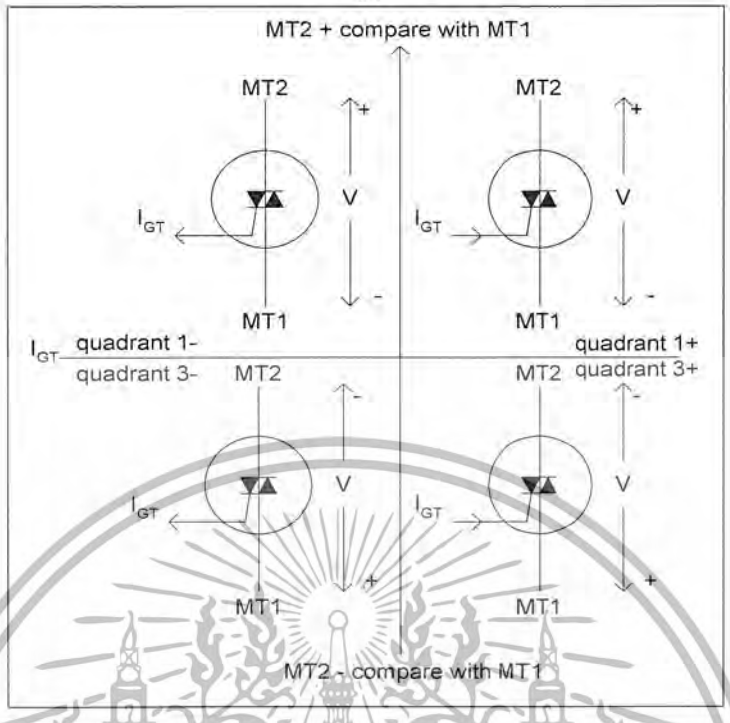
1. ควอแดรนท์ 1+ เป็นลักษณะที่แรงดัน MT2 เป็นบวกเมื่อเทียบกับ MT1 กระแสทริกเป็นค่าบวก เมื่อไตรแอคนำกระแส กระแสจะไหลจาก MT2 ไป MT1 เป็นลักษณะที่ทริกได้ง่ายที่สุดคือ ใช้กระแสทริกไตรแอคน้อยที่สุด

2. ควอแดรนท์ 1- เป็นลักษณะที่แรงดัน MT2 เป็นบวกเมื่อเทียบกับ MT1 กระแสทริกเป็นค่าลบ เมื่อไตรแอคนำกระแส กระแสจะไหลจาก MT2 ไป MT1 เป็นลักษณะที่ทริกได้ยากต้องใช้กระแสทริกไตรแอคสูง

3. ควอแดรนท์ 3+ เป็นลักษณะที่แรงดัน MT2 เป็นลบเมื่อเทียบกับ MT1 กระแสทริกเป็นค่าบวก เมื่อไตรแอคนำกระแส กระแสจะไหลจาก MT1 ไป MT2 เป็นลักษณะที่ทริกได้ยากที่สุดคือ ใช้กระแสทริกไตรแอคสูงมาก

4. ควอแดรนท์ 3- เป็นลักษณะที่แรงดัน MT2 เป็นลบเมื่อเทียบกับ MT1 กระแสทริกเป็นค่าลบ เมื่อไตรแอคนำกระแส กระแสจะไหลจาก MT1 ไป MT2 เป็นลักษณะที่ทริกได้เป็นอันดับที่สอง คือ ใช้กระแสทริกไตรแอคน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การทำงานของไตรแอคในสภาวะต่างๆ

การเลือกใช้ไทริสเตอร์และการอ่านสเปค

การพิจารณารายละเอียดของไทริสเตอร์มีหลักการกว้างๆ ดังนี้

1. ขีดจำกัดแรงดัน ต้องพิจารณาค่าแรงดันพังทลายด้านฟอร์เวิร์ดและยังต้องพิจารณาค่าแรงดันพังทลายขณะรีเวิร์ดแอสด้วย ค่าแรงดันเหล่านี้ต้องมีค่ามากกว่าค่าแรงดันที่ป้อนให้คร่อมตัวมัน

2. ขีดจำกัดทางด้านกระแส ไทริสเตอร์ที่ใช้ต้องทนกระแสได้ไม่ต่ำกว่าระแสโหลดแบบต่อเนื่อง ส่วนค่ากระแสกระชากสูงสุด (peak surge current) ควรมีค่าประมาณ 15 เท่าของกระแสโหลด **3. ความไวในการจุดชนวนเกท** ไทริสเตอร์ที่จะใช้ต้องมีความไวในการจุดชนวนเกทสูงพอ คือกระแสจุดชนวนเกท I_{GT} ในสเปคไม่สูงเกินกว่ากระแสที่วงจรจุดชนวนเกทจะจ่ายให้ได้และแรงดันจุดชนวนเกท V_{GT} ก็ไม่สูงเกินกว่าค่าแรงดันเอาท์พุทที่วงจรจุดชนวนเกท

4. ความเร็วในการใช้งาน ไทริสเตอร์ที่ใช้ต้องมีเวลาในการกลับสู่สภาพออฟ t_{off} ไม่เกิน 1/2f ของการใช้งาน (f คือความถี่ในการใช้งานไทริสเตอร์เป็นสวิทช์)

5. กระแสรั่วไหล ไทริสเตอร์ที่ใช้ต้องมีค่ากระแสรั่วไหลทั้งทางด้านไบแอสตรงและแอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับน้อยพอที่จะไม่ทำให้โหลดทำงานได้ ซึ่งค่ากระแสรั่วไหลนี้จะเป็นตัวจำกัดการใช้งานของไทริสเตอร์กับโหลดค่าน้อยๆ

6. แรงดันคร่อมตัวไทริสเตอร์ขณะนำกระแส ต้องไม่มากจนเกิดผลต่อวงจรด้านโหลด เช่น โหลดที่ต้องทำงานแรงดันไม่ต่ำกว่า 6 โวลต์โดยใช้แหล่งจ่ายไฟตรง 7 โวลต์ ไทริสเตอร์ที่ต้องใช้ต้องมีแรงดันคร่อมตัวเอง ขณะนำกระแสไม่เกิน 7 – 6 = 1 โวลต์ มิฉะนั้นโหลดจะไม่ทำงาน เป็นต้น

2.3.1.3 ไอซี MOC3010

MOC3010 เป็นออพโต้ไอโซเลเตอร์ ซึ่งประกอบไปด้วยธาตุแกลเลียมอินฟราเรด LED จะถูกกระตุ้นในการมองเห็นด้วยตัวค้นพบซิลิกอน ซึ่งถูกออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อควบคุมการขับเคลื่อนของไตรแอคบนกระแสไฟฟ้าสลับขนาด 240 โวลต์

MOC3010 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่แยกส่วนของวงจรควบคุม (Control circuit) และส่วนของวงจรขับกำลังงานตัวนำความร้อน (Drive Heater Circuit) ส่งสัญญาณผ่านทางแสงภายในตัวไอซี เพื่อทำการหลีกเลี่ยงและป้องกันโอกาสที่จะเกิดความเสียหายแก่วงจรเนื่องจากในส่วนของDrive Heater Circuit จะเป็นส่วนที่กระแสและแรงดันอยู่ในระดับที่สูง (high current and high voltage) ซึ่งหากไม่มีการแยกวงจรอาจจะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับ Control Circuit และวงจรในส่วนของ Digital ได้

ในการส่งสัญญาณโดยใช้ MOC3010 จะต้องนำทรานซิสเตอร์มาเป็นตัวรับสัญญาณพัลส์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจาก 2 สาเหตุด้วยกัน

1. เพื่อเป็นการขับให้กระแสเพียงพอในการทำให้ MOC3010 สามารถทำงานได้เพราะหากไม่มีทรานซิสเตอร์มาช่วยในการขับกระแส อาจจะทำให้กระแสไม่เพียงพอที่จะทำให้ MOC3010 เกิดการทำงาน ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาจากวงจรประมวลผลที่เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางดิจิตอลที่มีการไหลของกระแสน้อย

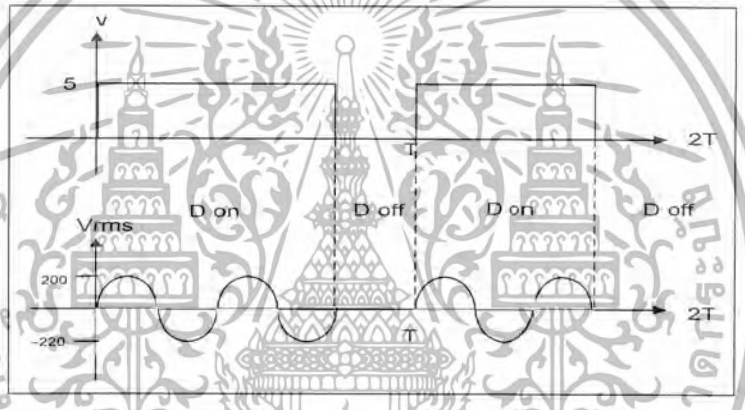
แต่การนำทรานซิสเตอร์มาใช้นั้นจะมีการนำตัวความต้านทาน (Resistor) มาเป็นตัวควบคุมปริมาณของกระแสให้เหมาะสม โดยมี

R1 : เพื่อควบคุมปริมาณกระแสทางด้านอินพุทเป็นตัวกำหนดกระแสเสเพื่อให้ได้กระแสคอลเลคเตอร์ให้เพียงพอตามความต้องการในการขับส่วนของ MOC3010 และเพื่อให้วงจรประมวลผลเกิดความเสียหายเนื่องจากกระแสที่สูงเกินไปเมื่อทรานซิสเตอร์เกิดความเสียหายและลัดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R2 : เพื่อควบคุมปริมาณกระแสที่จะขับให้ MOC3010 ทำงานและในกรณีที่ทรานซิสเตอร์เกิดความเสียกายและลัดวงจรจะเป็นตัวควบคุมไม่ให้กระแสสูงเกินไป จนถึงระดับที่ MOC3010 ไม่สามารถที่จะรับได้

2. เพื่อให้สัญญาณที่ออกจาก MOC3010 สัมพันธ์กับสัญญาณพัลส์ที่ได้รับมาจากส่วนวงจรประมวลผล เนื่องจากภายใน MOC3010 ที่ต่อกับทรานซิสเตอร์เป็นไดโอดเปล่งแสง เพราะฉะนั้นเมื่อมีสัญญาณพัลส์เข้ามาจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน (มีการไหลกระแส) เป็นผลให้ไดโอดภายใน MOC3010 เปล่งแสงให้สัญญาณเอาท์พุทกับสัญญาณอินพุท แล้วสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จะส่งไปที่ส่วนของ Drive Heater Circuit เพื่อให้เกิดการทำงานได้ โดยสังเกตได้จากกราฟในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 กราฟแสดงการทำงานของ Drive Heater Circuit เมื่อใช้ MOC3010 มาช่วย

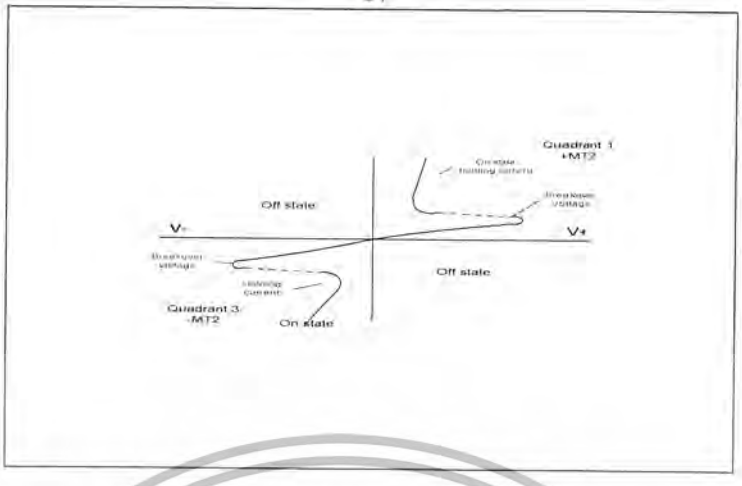
จากกราฟจะเห็นได้ถึงลักษณะการทำงานในส่วนของ Drive Heater Circuit โดยการนำเอา MOC3010 มาช่วยในการส่งสัญญาณและทำการแยกส่วนของวงจร Drive Heater Circuit ออกจากส่วนอื่นๆ

2.3.1.2 ไตรแอค

ไตรแอค เป็นอุปกรณ์ที่ยอมให้กระแสไหลกลับ(Bidirectional triode) ได้ขณะที่ เอสซีอาร์นั้นยินยอมให้กระแสไหลผ่านตัวมันได้เพียง 1 ทิศทางเท่านั้น โดยมันจะไม่ยอมให้กระแสไหลย้อนกลับในทิศทางเดิม ดังนั้นจึงดูเหมือนว่า ไตรแอค นั้นคือ เอสซีอาร์ ที่นำมาขนานกันแต่กลับหัวกลับหางกันอยู่ ไตรแอคมีความสัมพันธ์ระหว่างศักดาและกระแสระหว่างขา MT1, MT2 ดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.14 Characteristic curve ของไตรแอค

จากรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและศักดาของ ไตรแอค เป็นการวัดขา MT2 เทียบกับ MT1 จะเห็นว่าในควอแดรนท์ที่ 1 รูปกราฟที่มีลักษณะเช่นเดียวกับ เอสซีอาร์ กล่าวคือหากที่ขา MT2 ได้รับการป้อนศักดาบวกเทียบกับขา MT1 จะสังเกตเห็นว่าจากจุดกำเนิดนั้นตัวไตรแอค จะยังไม่นำกระแสคือยังอยู่ในช่วง off state ไตรแอคจะต้องได้รับการกระตุ้นที่ขาเกท ให้ศักดาคร่อมตัวไตรแอคมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่องๆ ซึ่งจะทำให้ศักดาตกคร่อมขา MT2 และ MT1 ค่อยๆ มีค่ามากขึ้นเรื่องๆ โดยในสภาวะนี้ ไตรแอคก็ยังไม่นำกระแสยังคงอยู่ในสภาวะ off state ต่อเมื่อศักดาตกคร่อม MT2 และ MT1 มีค่ามากขึ้นจนศักดาที่เรียกว่า Break over voltage จุดนี้จะเป็นจุดที่ไตรแอคเกิดกระแสไหลมากขึ้นโดยฉับพลัน ก็จะทำให้ศักดาตกคร่อม MT2 และ MT1 มีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว กระแสที่เพิ่มขึ้นอย่างฉับพลันนี้มีค่าถึงขนาดหนึ่งที่เรียกว่า Holding current ณ จุดนี้จะถือเป็นจุดเริ่มต้นของการนำกระแสของไตรแอค ซึ่งกระแสจะไหลได้เป็นจำนวนมากในขณะที่ศักดาตกคร่อมตัวไตรแอคมีค่าต่ำมากๆ ซึ่งมีสภาพเหมือนสวิทช์ ปิด – เปิดไฟนั่นเองและในทางกลับกันในควอแดรนท์ที่ 3 นั้นเป็นการป้อนศักดาวกให้กับ MT1 หรือเมื่อวัดที่ MT2 เทียบกับ MT1 และศักดาตกคร่อม MT2 และ MT1 จะมีค่าเป็นลบซึ่งเป็นการกระตุ้นให้เกิดการนำกระแสดังกล่าวข้างต้น ความสามารถในการนำกระแสของไตรแอค (รวมทั้ง เอสซีอาร์ ด้วย) นั้นจะนำกระแสได้มากน้อยเท่าใดขึ้นกับความทนต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากพลังงานสูญเสียที่แผ่กระจายออกมาสู่บรรยากาศในรูปของความร้อน โดยกำลังงานที่สูญเสียออกมาในรูปของความร้อนจะมีค่าเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61762

$$P = I_T V_T \quad \text{watt}$$

เมื่อ I_T = กระแสที่ไหลผ่านไตรแอคขณะนำกระแส

V_T = ศักดาตกคร่อมไตรแอคขณะนำกระแส

ดังนั้นการเลือกใช้ไตรแอคหรือเอสซีอาร์ หากต้องใช้จำนวนมากก็จำเป็นต้องนำตัวระบายความร้อน (Heat Sink) มาช่วยในการระบายความร้อนจากตัวเอสซีอาร์ออกสู่บรรยากาศด้วย มิฉะนั้นความร้อนที่เพิ่มขึ้นและสะสมอยู่จะทำให้ไตรแอคไหม้ ชำรุดเสียหายได้

2.3.2 เทอร์โมคับเปิล

เทอร์โมคับเปิลเป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่เกิดจากการนำเอาขดลวดโลหะ 2 ชนิดที่ไม่เหมือนกันมาเชื่อมปลายด้านหนึ่งเข้าด้วยกัน เมื่อนำปลายด้านนี้ของเทอร์โมคับเปิลไปวางในบริเวณที่ต้องการวัดจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น ณ ปลายที่เปิดอยู่ ทั้งนี้ค่าแรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะแปรเป็นสัดส่วนกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างปลายด้านเชื่อมต่อปลายด้วยกันกับปลายด้านที่เปิดอยู่

นักฟิสิกส์ ชื่อ โทมัส โจฮันน์ ซีเบค ได้ทำการทดลองและพบปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็คทรอนิกส์ อันเป็นรากฐานการทำงานของเทอร์โมคับเปิล ในการทดลองดังกล่าว ซีเบคพบว่า เมื่อนำเอาลวดโลหะสองชนิดมาเชื่อมต่อกันที่ปลายทั้งสองและทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่จุดเชื่อมทั้งสองจะทำให้มีกระแสไหลขึ้นที่ขดลวด

หลักการทำงานของเทอร์โมคับเปิลที่กล่าวมาข้างต้นอาจทำความเข้าใจได้ชัดเจนขึ้นเมื่อพิจารณาประกอบกับตารางที่1ในตารางดังกล่าวได้แสดงความไวเทอร์โมอิเล็คทริกของวัสดุค่าต่างๆเมื่อมาเชื่อมต่อกับแพลทินัม ณ อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียล

ตารางที่1 ความไวเทอร์โมอิเล็คทริกของวัสดุชนิดต่างๆเมื่อนำมาเชื่อมต่อกับแพลทินัม

วัสดุ	ความไว (uvpc)	วัสดุ	ความไว(uvpc)
Bismuth	-35	Lead	6.5
Constantan	-15	Silver	6.5
Nickel	-13.6	Copper	6.5
Alumel	0	Gold	7.5
Platinum	0.6	Tungsten	18.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mercury	3	Iron	25.5
Carbon	3.5	Chromel	300
Aluminium	4	Germanium	440

ตารางที่1 บอกให้รู้ว่าเมื่อเราวัสดุชนิดหนึ่งมาเชื่อมต่อกับแพลทินัมแล้วนำไปวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรอบๆ 0 องศาเซลเซียล ที่ปลายของวัสดุนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงกี่ไมโครโวลต์ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 1 องศา

ยกตัวอย่างเช่น ถ้านำลวดของนิคเกิลมาเชื่อมต่อกับแพลทินัมแล้วนำไปวัดอุณหภูมิที่ 0 องศา เราจะพบว่า

1. แรงเคลื่อนไฟฟ้าทางปลายด้านนิกเกิลจะเป็นลบเมื่อเทียบกับแพลทินัม
2. ความต่างศักย์ระหว่างปลายนิกเกิลกับปลายแพลทินัมจะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วน 15 ไมโครโวลต์ต่อ 1 องศา

ด้วยเหตุนี้เอง หากเราเลือกวัสดุที่เหมาะสมมาเชื่อมต่อเป็นเทอร์โมคัปเปิลที่มีความไวใกล้เคียงกับค่าในตารางที่1 ยกตัวอย่างเช่น เทอร์โมคับเปิลที่ใช้วัสดุโครเมลและอลูเมลมาเชื่อมปลายด้านหนึ่งไว้จะมีความไวซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

1. ปลายด้านโครเมลจะมีศักย์ทางไฟฟ้าสูงกว่าด้านอลูเมล
2. ความต่างศักย์ของปลายทั้งสองจะมีความไวเท่ากับ 25.8-(-13.6) = 39.4 uvpc

ในความเป็นจริงเราอาจนำวัสดุต่างๆมาเชื่อมต่อกันเพื่อทำเป็นเทอร์โมคับเปิลชนิดต่างๆได้มากมาย แต่ในทางปฏิบัติเราจะพบว่าเทอร์โมคับเปิลที่ใช้กันอยู่มีจำนวนประมาณ 10 ชนิดเท่านั้น เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะการนำวัสดุต่างๆมาเชื่อมต่อเป็นเทอร์โมคับเปิลนั้นจะต้องคำนึงถึงเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. ให้ได้ความไวสูงสุด
2. มีเสถียรภาพในการทำงานขณะทำการวัดอุณหภูมิค่าสูงๆ
3. ให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับค่าอุณหภูมิที่วัด
4. ให้ราคาต่อหน่วยต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นได้

2.3.2.1 ชนิดของเทอร์โมคับเปิล

เทอร์โมคับเปิลที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีหลายชนิด ได้แก่ B R S J K T E แต่ละชนิดจะมีข้อแตกต่างทั้งในด้านคุณสมบัติและการใช้งานที่สำคัญ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชนิดของลวดโลหะที่ใช้
2. ช่วงอุณหภูมิใช้งาน
3. แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้
4. เงื่อนไขบรรยากาศที่เหมาะแก่การใช้งาน
5. ลักษณะความเป็นเชิงเส้น

ในตารางที่2แสดงเปรียบเทียบชนิดของเทอร์โมคับเปิลแบบมาตรฐานที่มีใช้ชนิดของลวดโลหะที่เป็นส่วนประกอบ ย่านอุณหภูมิใช้งาน ตลอดถึงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้

ตารางที่2 เปรียบเทียบเทอร์โมคับเปิลแบบมาตรฐานกับย่านอุณหภูมิใช้งานและแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้

แบบ	ส่วนผสม	ย่านอุณหภูมิ		แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ mV
		°C	°F	
B	แพลทินัม -30% โรเดียม แพลทินัม -6% โรเดียม	0-1820	32-3310	0-13.814
R	แพลทินัม -13% โรเดียม แพลทินัม	-50-1768	-60-3210	-2.26-21.108
S	แพลทินัม -10% โรเดียม แพลทินัม	-50-1768	-60-3210	-0.236-18.698
J	เหล็ก/คอนแสตนแตน	-210-760	-350-1400	-8.096-42.922
K	โครเมล/อลูเมล	-270-1372	-450-2500	-6.458-54.875
T	ทองแดง/คอนแสตนแตน	-270-400	-450-750	-6.258-20.869
E	โครเมล/คอนแสตนแตน	-270-1000	-450-1830	-9.835-76.358

สำหรับย่านอุณหภูมิใช้งานที่ระบุในตารางนั้น หมายถึง ย่านอุณหภูมิที่สามารถใช้เทอร์โมคับเปิลได้ โดยที่ลวดโลหะที่ประกอบขึ้นเป็นเทอร์โมคับเปิลยังไม่เปลี่ยนสภาพ ทั้งนี้ยังไม่ได้พิจารณาถึงปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นที่มีส่วนจำกัด ย่านอุณหภูมิใช้งานให้แคบลงไปอีก

นอกจากปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นดังกล่าวแล้วการใช้งานเทอร์โมคับเปิลยังต้องพิจารณาเงื่อนไขบรรยากาศการใช้งานอีกด้วย ทั้งนี้เพราะโลหะของเทอร์โมคับเปิลแต่ละชนิด จะมีความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานในบรรยากาศต่างๆไม่เหมือนกัน สำหรับตารางที่2 เป็นตารางการเปรียบเทียบชนิดของเทอร์โมคับเปิลมาตรฐานเหล่านี้กับเงื่อนไขบรรยากาศเหมาะหรือไม่เหมาะสมกับการใช้งาน

ตารางที่ 3 เป็นตารางการเปรียบเทียบชนิดของเทอร์โมคับเปิลมาตรฐานเหล่านี้กับเงื่อนไขบรรยากาศ

ความเหมาะสมในการใช้งาน							
TC แบบ	บรรยากาศ Oxidizing	บรรยากาศ Reducing	บรรยากาศ Inert	Vacuum	บรรยากาศ Sulfurous	อุณหภูมิ $<0^{\circ}C$	มีไอของโลหะ
B	ได้	ไม่ได้	ได้	ได้ในช่วงสั้นๆ	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
R	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
S	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
J	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้
K	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ได้
T	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ได้
E	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ได้

2.3.2.2 เทอร์โมคับเปิลและส่วนประกอบ

เรามักไม่ใช้งานเทอร์โมคับเปิลเปล่อยๆหากแต่จะมีชิ้นส่วนประกอบอื่นเพิ่มเติมเพื่อสามารถใช้เทอร์โมคัปเปิลได้ในบรรยากาศที่ต้องการให้ยาวนานพอ

1. ตัวเทอร์โมคัปเปิลเองเทอร์โมคับเปิลที่ใช้จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันโดยเทอร์โมคับเปิลชนิดเดียวกันจะมีช่วงอุณหภูมิการใช้งานสูงขึ้น ถ้าหากเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดใหญ่กว่าดังตารางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงขนาดของสายเทอร์โมคับเปิลและอุณหภูมิสูงสุดของการใช้งาน

ชนิด	8 gage	14 gage	20 gage	24 gage	28 gage
T		370°C	260°C	200°C	200°C
J	760°C	590°C	480°C	370°C	370°C
E	870°C	650°C	540°C	430°C	430°C
K	1200°C	1090°C	980°C	870°C	870°C
R&S				1480°C	
B				1700°C	

2. ฉนวนของเทอร์โมคัปเปิล ฉนวนนี้จะทำหน้าที่กั้นไม่ให้สายของเทอร์โมคัปเปิลลัดวงจรและไม่ให้สายของเทอร์โมคับเปิลแตะกับปลอกหุ้มโลหะ ฉนวนดังกล่าวใช้สารประกอบประเภทแมกนีเซียมออกไซด์

3. ท่อหุ้มป้องกันทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงให้กับตัวเทอร์โมคับเปิลขณะเดียวกันก็ป้องกันเทอร์โมคับเปิลจากบรรยากาศภายนอกที่จะทำให้อายุการใช้งานของเทอร์โมคับเปิลสั้นลง

5. สายต่อชดเชย การเดินสายเชื่อมต่อจากสายเทอร์โมคับเปิลไปสู่เครื่องวัดนั้น หากสามารถเชื่อมโยงกันโดยใช้ลวดเทอร์โมคับเปิลก็จะดีที่สุดแต่เนื่องจากเทอร์โมคับเปิลมีราคาแพงเราจึงใช้ลวดโลหะอื่นเชื่อมต่อแทนเราเรียกลวดโลหะนี้ว่า สายต่อชดเชย

2.3.3 วงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC)

เป็นวงจรที่ใช้ในการรับค่าสัญญาณความร้อนจากเตาอบซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกแล้วแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปดิจิตอลเพื่อส่งต่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ใช้ในการควบคุมกำลังงานที่จะส่งมาที่วงจรทำความร้อนของเตาอบ โดยในวงจรนี้ได้เลือกใช้ไอซีเบอร์ PCF8591 ที่สามารถแปลงสัญญาณได้ทั้งจากอนาลอกเป็นดิจิตอล และจากสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก โดยติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบอนุกรม ซึ่งใช้ขาในการติดต่อเพียง 2 ขา ทำให้สะดวกในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8591

มีรายละเอียดและคุณสมบัติทางเทคนิคดังนี้

1. ทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียว
2. ทำงานที่แรงดัน 2.5V ถึง 6V
3. กินกระแสขณะอยู่ในสภาวะสแตนบายต่ำ
4. ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านระบบบัส I^2C
5. สัญญาณอนาลอกมีแรงดันตั้งแต่ V_{SS} ไปจนถึง V_{DD}
6. วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเป็นแบบซักเซสซีฟ แอปพร็อกซิเมชั่นขนาด 8 บิต
7. มีวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกขนาด 8 บิต 1 ช่อง
8. เลือกตำแหน่งแอดเดรสทางฮาร์ดแวร์จากขา A0, A1, A2 ทำให้สามารถต่อพ่วงกันได้ถึง 8 ตัว
9. อัตราการสุ่มข้อมูล (sampling) ขึ้นอยู่กับความเร็วของสัญญาณนาฬิกาบนบัส I^2C
10. วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) สามารถรับสัญญาณอนาลอกได้ 4 ช่อง ทั้งยังเลือกได้ว่าให้ทำงานแบบแยกช่องหรือทำงานเป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชียล
11. การอ่านค่าสามารถกำหนดให้เลื่อนช่องอินพุทได้อัตโนมัติ

ส่วนรายละเอียดของขาต่างๆ มีดังนี้

AN0-AN3(ขา 1-4)	อินพุทสำหรับป้อนสัญญาณอนาลอกที่ต้องการแปลงค่า
A0-A2(ขา 5-7)	ขากำหนดแอดเดรสทางฮาร์ดแวร์ ปกติต่อลงกราวด์ แต่ถ้ามีการใช้งาน PCF8591 มากกว่า 1 ตัว ต้องการกำหนดขา A0-A2 ของ PCF8591 ให้ไม่ตรงกัน จึงทำให้สามารถต่องานร่วมกันได้สูงสุด 8 ตัว
Vss(ขา 8)	ขาต่อกราวด์
SDA, SCL(ขา 9, 10)	ขาต่อเชื่อมระบบบัส I^2C
OSC(ขา 11)	ขาต่อกับสัญญาณนาฬิกาภายนอก เมื่อขา EXT ต่อกับไฟ +5V และเป็นเอาท์พุทถ้าขา EXT ต่อลงกราวด์
EXT(ขา 12)	ขาเลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ถ้าต่อ +5V เป็นการเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก โดยต่อสัญญาณนาฬิกาเข้าที่ขา OSC ถ้าต่อขานี้ลงกราวด์ จะเป็นการเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายใน
AGND(ขา 13)	ขากราวด์ของแรงดันอ้างอิง ปกติต่อลงกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_{REF}(ขา 14)	ขาป้อนแรงดันอ้างอิง ปกติต่อเข้าแรงดันไฟเลี้ยง +5V
AOUT(ขา 15)	ขาเอาท์พุทของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก
V_{DD}(ขา 16)	ขาต่อไฟเลี้ยง จ่ายได้ตั้งแต่ +2V ถึง +6V ปกติใช้ +5V

ข้อมูลควบคุม

หลังจากส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสให้แก่ PCF8591 แล้ว ต้องส่งข้อมูลควบคุมตามไปด้วยเพื่อกำหนดคุณสมบัติของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลและวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอกภายใน PCF8591

บิต 6 ของข้อมูลควบคุมใช้สำหรับการเอ็นเอเบิลขาอนาลอกเอาท์พุท เมื่อต้องการเอ็นเอเบิลต้องกำหนดขานี้ให้เป็น “1”

บิต 4 และบิต 5 ของข้อมูลควบคุมใช้สำหรับการกำหนดรูปแบบของสัญญาณอนาลอกอินพุทที่ป้อนให้แก่ PCF8591

บิต 2 ใช้สำหรับเลือกรูปแบบการอ่านข้อมูลจากขาอินพุทอนาลอกว่าจะเป็นการอ่านจากเพียงอินพุทเดียวหรือเป็นการอ่านแบบเรียงลำดับทุกอินพุท ถ้าต้องการให้เลือกอ่านแบบเรียงลำดับต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น “1”

บิต 0 และบิต 1 ใช้สำหรับกำหนดช่องอินพุทอนาลอกที่ต้องการอ่าน ถ้ากำหนดให้บิต 2 เป็น “1” หลังจากอ่านค่าของบิต “0” และบิต “1” แล้ว ในการอ่านครั้งต่อไปจะเป็นการอ่านค่าอินพุทจากช่องที่ 1

ข้อมูลควบคุมทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ควบคุมภายใน PCF8591

เมื่อจ่ายไฟให้แก่ PCF8591 ครั้งแรก บิตต่างๆ ของข้อมูลภายในรีจิสเตอร์ควบคุมจะเป็น “0”

ออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน PCF8591 จะสร้างสัญญาณนาฬิกาสำหรับการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล เมื่อต้องการใวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน ขา EXT ต้องต่อลงกราวด์ ถ้าต้องการใช้ออสซิเลเตอร์จากภายนอก ขา EXT ต้องต่อเข้ากับไฟบวกและป้อนสัญญาณนาฬิกาเข้าที่ขา OSC ของ PCF8591 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสูงสุดที่ป้อนให้กับออสซิลเลเตอร์เท่ากับ 1.25 MHz

โครงสร้างของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลติดต่อกับ PCF8591

ข้อมูลที่ต้องส่งไปยัง PCF8591 คือ ข้อมูลแอดเดรส เนื่องจากในวงจรที่ทำการทดลองใช้ PCF8591 เพียงตัวเดียว และต่อขา A0-A2 ลงกราวด์ ดังนั้นโครงสร้างข้อมูลแอดเดรสของ PCF8591 ในการทดลองเป็นดังนี้

สามารถกำหนดข้อมูลแอดเดรสเท่ากับ 0x90 เมื่อต้องการเขียนข้อมูลไปยัง PCF8591 และ 0x91 เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจาก PCF8591

ข้อมูลถัดมาคือ คำสั่งควบคุม(Control Byte) ใช้ในการเลือกอ่านข้อมูลจากช่องสัญญาณอินพุทอนาลอกและกำหนดค่าของสัญญาณอนาลอกที่ต้องาการส่งออกไปที่เอาพุทอนาลอก สามารถกำหนดข้อมูลได้ดังนี้

0x40 เปิดการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก และเลือกอ่านสัญญาณอนาลอกจากช่อง 0

0x41 เปิดการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก และเลือกอ่านสัญญาณอนาลอกจากช่อง 1

0x42 เปิดการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก และเลือกอ่านสัญญาณอนาลอกจากช่อง 2

0x43 เปิดการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก และเลือกอ่านสัญญาณอนาลอกจากช่อง 3

2.3.4 วงจรขยาย(Amplifier)

เนื่องจากสัญญาณที่ได้มาจากเทอร์โมคับเปิลมีค่าต่ำมาก จึงต้องใช้วงจรขยายสัญญาณหรือ Amplifier ช่วยขยายสัญญาณให้มีขนาดตามที่ต้องการเพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปส่งให้วงจร ADC ซึ่งต้องการให้สัญญาณขาเข้าอยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ โดยใช้ LM358 ซึ่งเป็นไอซีสำหรับขยายสัญญาณ

2.3.5 หลักการของLCD module

ในโมดูล LCD ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักดังนี้

1. ตัวแสดงผล(display) ภายในเป็นผลึกเหลว แสดงผลโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงบนจอ LCD

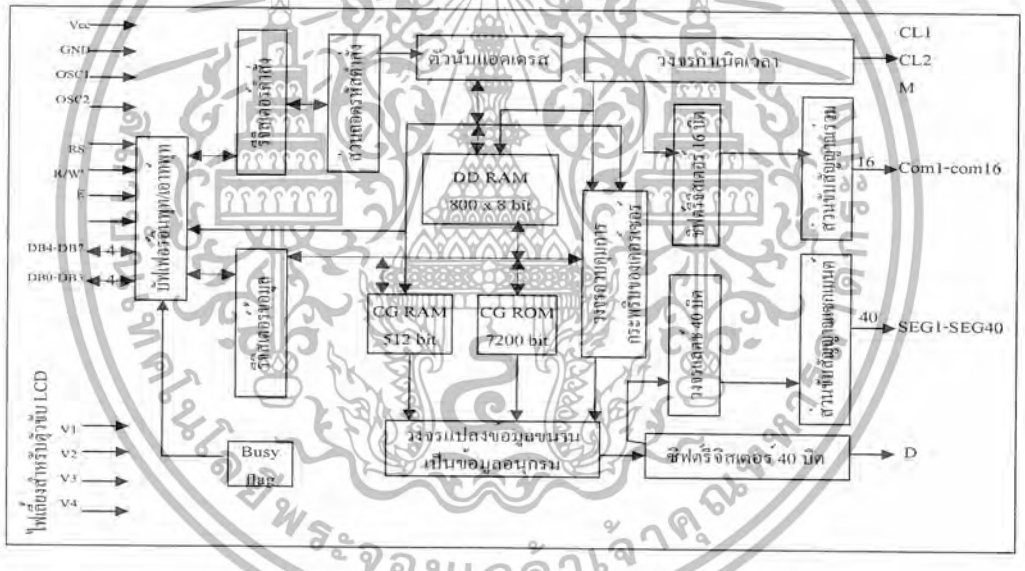
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวควบคุม(controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของ LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงอักษร เป็นต้น ใช้ชิพควบคุมเฉพาะคือ เบอร์ 44780 ควบคุม LCD แบบอักขระ ส่วน HD61830 ควบคุม LCD แบบกราฟฟิก

3. ตัวขับ(driver) รับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับตัวแสดงผลให้แสดงข้อมูลตามที่กำหนด ใช้ชิพควบคุม คือ เบอร์ HD44100H MSM5259

2.3.5.1 โครงสร้างภายในโมดูล LCD

การใช้งานโมดูล LCD ต้องเข้าใจโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ควบคุมในที่นี้ ยกตัวอย่างของโมดูลแบบอักขระ โดยในรูปเป็นเบอร์ 44780 ประกอบด้วย



รูปที่ 2.23 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบอักขระ

บัฟเฟอร์อินพุท เอาท์พุท ใช้ติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อจะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจิสเตอร์คำสั่ง(Instruction Register:IR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับส่งข้อข้อมูลคำ100สั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อไปควบคุมตัวแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

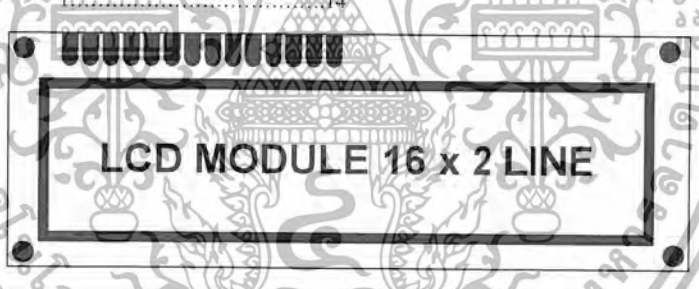
รีจิสเตอร์ข้อมูล(Data Register:DR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อถ่ายทอดไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

แรมเก็บข้อมูลการแสดงผล(Display Data Ram:DDRAM) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง(look up-table) ของตัวอักษรที่เก็บในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

รอมเก็บตัวอักษร(Character Generator ROM:CGROM) ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณะที่อ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้ ถูกอ่านด้วยค่า DDRAM

แรมเก็บตัวอักษร(Character Generator RAM:CGRAM) ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมในกรณีตัวอักษรใน DDRAM ไม่เพียงพอ การอ่านทำเช่นเดียวกับ DDRAM

แฟลก busy แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่า ตัวรับข้อมูลพร้อมรับคำสั่งหรือข้อมูลหรือไม่ ดังนั้นก่อนส่งข้อมูลต้องตรวจสอบสถานะแฟลก busy ว่าว่างหรือไม่



รูปที่ 2.24 รูปร่างและการจัดขาของโมดูล LCD แบบอักขระ

รายละเอียดของแต่ละขา

ขา 1 Vss : ต่อกราวน์

ขา 2 Vdd : ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

ขา 3 Vo : เป็นจากอินพุท รับแรงดันเพื่อปรับความเข้มการแสดงผล

ขา 4 RS : เป็นขาอินพุทใช้แยกข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งของรีจิสเตอร์ IR หรือ DR ถ้าขานี้เป็น 1 จะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

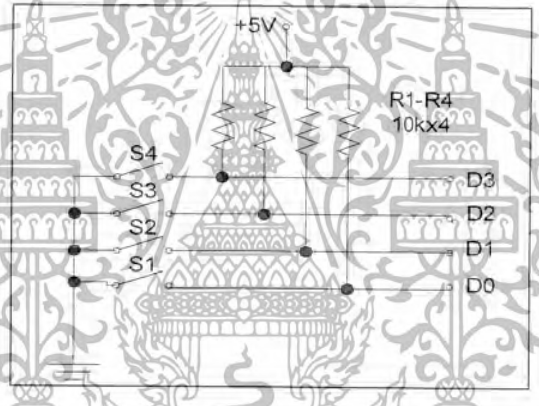
ขา 5 R/W : เป็นขาที่ใช้เลือกระหว่างการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ LCD ถ้า 0 เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น 1 เป็นการกำหนดให้อ่านข้อมูล

ขา 6 E : เป็นขา enable LCD ให้ทำงาน

ขา 7-14 D0-D7 : ใช้เป็นทางผ่านระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต

2.3.6 การเชื่อมต่อกับคีย์แพดหรือสวิทช์เมตริกซ์ 4 x 4 จุด

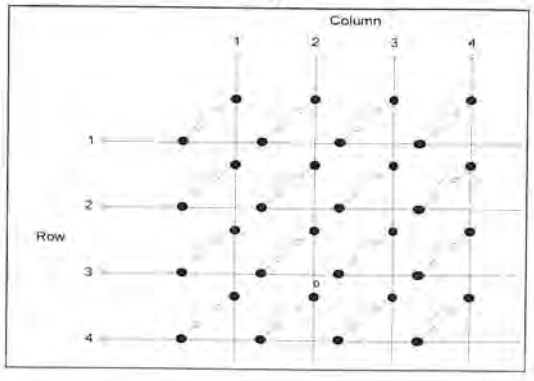
การอ่านหรือการรับค่าการกดสวิทช์เป็นอีกส่วนหนึ่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสามารถรองรับและเชื่อมต่อการใช้งานร่วมด้วย วงจรของสวิทช์มี 2 แบบคือ ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงหรือกราวน์โดยตรง เมื่อสวิทช์ตัวใดต้องวงจรสามารถอ่านค่าได้โดยตรง ดังรูปที่ 2.21 วงจรในลักษณะนี้สร้างง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถอ่านค่าสวิทช์ได้ง่ายและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ หากจำนวนสวิทช์มีมากๆ เข้าจะต้องใช้สายข้อมูลมากตาม ทำให้ระบบหรือวงจรโดยรวมมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลือง



รูปที่ 2.25 วงจรของสวิทช์แบบต่อเข้ากับไฟเลี้ยงและกราวน์

วงจรของสวิทช์อีกแบบหนึ่งคือ การต่อวงจรแบบสวิทช์เมตริกซ์ (matrix switch) ดังในรูปที่ 2.22 สวิทช์จะถูกต่อในแนวแกนตั้งและแกนนอน เรียกแนวตั้งว่าหลักหรือคอลัมน์(Column) ในขณะที่แนวนอนเรียกว่าแถวหรือโรว์(Row) ดังนั้นค่าของสวิทช์จะประกอบด้วยตำแหน่งในแนวตั้งและแนวนอน กระบวนการที่จะได้มาซึ่งค่าของสวิทช์แต่ละตัวซับซ้อนพอสมควร แต่วงจรสวิทช์แบบนี้มีข้อดีคือสามารถรองรับการเพิ่มของสวิทช์ได้อย่างสะดวก จึงทำให้วงจรสวิทช์แบบเมตริกซ์เป็นที่นิยมกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

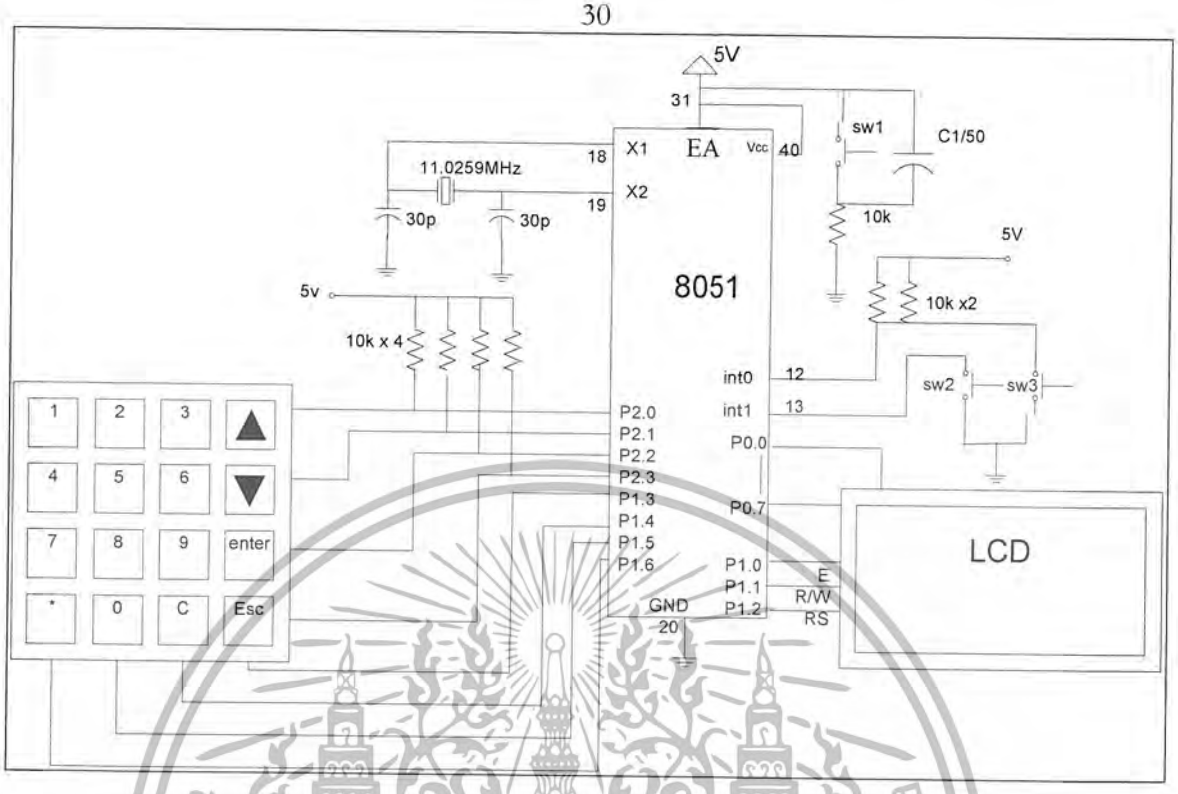


รูปที่ 2.26 วงจรของสวิทช์แบบเมตริกซ์หรือคีย์แพด

2.3.6.1 การเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

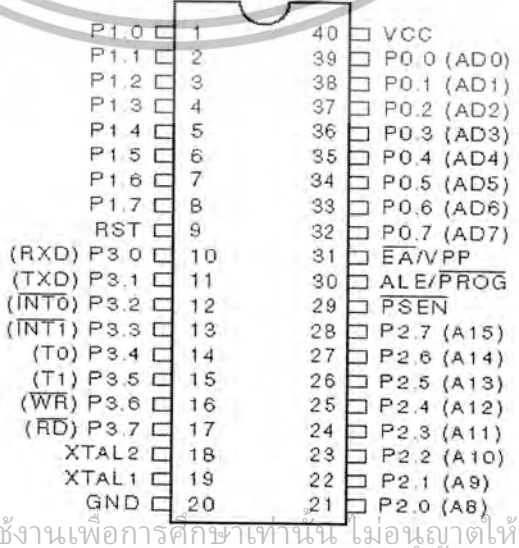
ตัวอย่างวงจรดังรูปที่ 2.23 จะให้พอร์ต 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อเข้ากับคีย์แพดทั้ง 8 เส้นคือสายของคอลัมน์ 4 สาย C0-C3 และสายทางโรว์อีก 4 สายคือ R0-R3 โดยเฉพาะที่ขาพอร์ต P2.0-2.3 ต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพไว้เพื่อกำหนดสภาวะเริ่มต้นที่ไม่มีการกดคีย์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งข้อมูล 0 ไปยัง P2.6, P2.5 และ P2.4 ตามลำดับ ในทุกครั้งที่มีการส่งข้อมูลไปยังสายคอลัมน์ของคีย์แพด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าที่ P2.0-P2.3 เข้ามาด้วย หากไม่มีการกดค่าของ P2.0-P2.3 ก็เป็น 1 ทั้งหมด แต่ถ้ามีการกด P2.0-P2.3 ด้วยค่าก็จะไม่เป็น 1111 อีกต่อไป เป็นการแจ้งให้ทราบว่ามีการกดคีย์แพดแล้ว จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการค้นหาตำแหน่งต่อไป โดยการค้นหาตำแหน่งสิ่งที่จะได้มาอย่างแรกคือ ค่าตำแหน่งของคีย์นั้น จากนั้นจะนำไปเปิดตารางข้อมูลเพื่อจะได้หมายเลขของคีย์ที่กดอย่างแท้จริง จากนั้นก็เป็นกระบวนการของซอฟท์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 การเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.3.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 แสดงตำแหน่งขาของชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51 เบอร์ 80C51

คุณสมบัติที่สำคัญของชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิพจำนวน 4 กิโลไบต์ (เบอร์ 8031, 8032 ไม่มีหน่วยความจำส่วนนี้ ส่วนเบอร์ 8052 มีหน่วยความจำส่วนนี้ 8 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 83C51FB จะมีหน่วยความจำรวมทั้งสิ้น 16 กิโลไบต์)
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) อยู่ภายในชิพจำนวน 128 ไบต์ (ใน 8031, 8051) หรือ 256 ไบต์ (ในเบอร์ 8032, 8052)
- สามารถใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายในชิพได้อย่างละ 64 กิโลไบต์ แยกจากกัน
- คำสั่งส่วนมากใช้เวลาเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 เมกกะเฮิร์ทซ์
- มีพอร์ทสำหรับรับส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ท พอร์ทละ 8 บิต หรือสามารถใช้งานเป็นพอร์ทขนาด 1 บิตแยกจากกัน ทำให้เสมือนมีพอร์ทขนาด 1 บิตใช้งานรวมทั้งสิ้น 32 พอร์ท
- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูล (Baud Rate) ได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพื่อนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาภายในชิพ หรือนับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา (ในเบอร์ 8052 จะมี 3 ตัว)
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบต์และระดับบิตเพื่อให้ออกแบบโปรแกรมและการควบคุมให้ทำงานได้ง่ายขึ้น
- มีคำสั่งคูณและหารเลขขนาด 8 บิตในตัวเอง
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้ในตัวเอง
- ใช้โปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-48 (upwardly compatible) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและดำเนินการ

3.1 การวางแผนการดำเนินการ

ในโครงงานนี้ได้มีการวางแผนการดำเนินงาน โดยจะแบ่งส่วนต่างๆ ของโครงงานดังนี้

3.1.1 ส่วนฮาร์ดแวร์

1. ส่วนควบคุมกำลังงานไฟฟ้า
2. ไตรแอค
2. อุปกรณ์รับความร้อน เทอร์โมคับเปิล
3. วงจรขยายสัญญาณ
4. วงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล
5. วงจรแสดงผลและคีย์แพด

3.1.2 ส่วนของโปรแกรมควบคุม

1. โปรแกรมควบคุมการทำงานของวงจรควบคุม
2. โปรแกรมควบคุมการแสดงผลและการรับค่าจากคีย์แพด
3. โปรแกรมนับเวลา

3.2 คุณสมบัติของเตาอบที่ต้องการ

1. มีอุณหภูมิต่ำสุด 50 ^{o}C และสูงสุดที่ 200 ^{o}C
2. มีความละเอียดเท่ากับ 1 ^{o}C สำหรับการปรับค่าแต่ละระดับ
3. สามารถกำหนดเวลาในการทำอาหารได้สูงสุดที่ 1 ชั่วโมง และมีความละเอียด 1 วินาที
3. สามารถทำการควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
4. สามารถแสดงผลทางหน้าจอ LCD ได้

3.3 การออกแบบและคำนวณค่าต่างๆ ทางทฤษฎี(สำหรับส่วนฮาร์ดแวร์)

3.3.1 ส่วนควบคุมกำลังงานไฟฟ้า

ในการออกแบบแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงสำหรับวงจรที่จะใช้นั้นเพื่อนำไปใช้เป็นไฟเลี้ยงให้กับไอซีตัวต่างๆ ที่เราต้องนำมาใช้ โดยในวงจรจะต้องการไฟเลี้ยงสำหรับตัวไอซีต่างๆ ที่นำมาใช้ในวงจรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซี	ไฟเลี้ยงที่ต้องการ
LM358	+5, +12
AT89C51	+5
PCF8951	+5
MOC3010	+15

แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงขนาด +15 โวลต์ สามารถทำได้โดยการนำแรงดันไฟกระแสสลับ(ไฟบ้าน 220 โวลต์) มาทำการผ่านหม้อแปลง Stepdown เพื่อให้ได้แรงดันอยู่ในระดับที่ต้องการ แล้วใช้วงจร rectifier ช่วยให้ได้สัญญาณเฉพาะทางด้านซีกบวกและซีกลบ จากนั้นใช้ตัวเก็บประจุช่วยในการกรองสัญญาณให้เป็นแรงดันไฟกระแสตรงโดยใช้ไอซีเบอร์ LM7815 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำงานในการควบคุมให้ได้แรงดันคงที่อยู่ที่ +15 โวลต์ แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงขนาด +5 สามารถทำได้เช่นเดียวกัน ไอซีเบอร์ LM7805 เป็น ไอซีในการควบคุมแรงดันคงที่ +5 โวลต์

3.3.2 วงจรควบคุมวงจรขับพลังงานความร้อน

การออกแบบส่วนของวงจรควบคุม ควรคำนึงถึงตัวต้านทานเพื่อให้มีการไบอัสที่เหมาะสมและการกำจัดกระแสไม่ให้เกิดความเสียหาย

การหาค่าความต้านทาน R1 ซึ่งเป็นตัวต่านทานไบอัสให้ทรานซิสเตอร์

จาก

$$I_C = \beta I_B$$

โดย

β พิจารณาค่าต่ำสุดของพารามิเตอร์ทราบได้จากคู่มือการใช้งานทรานซิสเตอร์(Datasheet)

I_C พิจารณาที่ค่าต่ำสุดของกระแสไบอัสสำหรับ MOC 3021 จะได้

$$I_B = \frac{Ic}{\beta}$$

$$I_B = 100 \text{ uA}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถหาค่า R1 ได้จากทฤษฎี KVL ที่ขาเบสและขาอีมิตเตอร์ ของตัวทรานซิสเตอร์

$$V_B = I_B R_1 + V_{BE}$$

$$5 = I_B R_1 + 0.7$$

$$R_1 = \frac{5 - 0.7}{Ib}$$

$$R_1 = 43 \text{ kOhm}$$

ในที่นี้เลือกใช้ 10 kOhm เพื่อให้ได้กระแสเบสมากกว่ากระแสที่คำนวณเพื่อให้แน่ใจว่าจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้

ส่วน R_2 จะเป็นตัวความต้านทานที่จำกัดกระแส หากเกิดการเสียหายขึ้นกับทรานซิสเตอร์ เพื่อไม่ให้ MOC3010 เกิดความเสียหาย

$$\frac{V}{I} = R$$

โดย V = 15 โวลต์

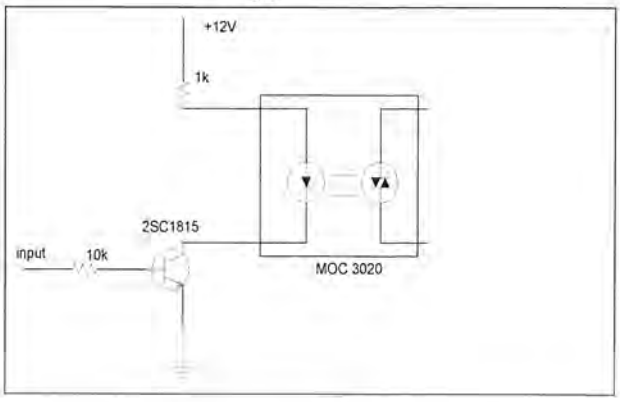
I_{max} คือกระแสที่ MOC3010 สามารถทนได้ ซึ่งหาได้จากใน Data sheet (50 mA)

$$R_2 = \frac{15}{Im\,ax}$$

$$R_2 = 300\ \Omega$$

จากการคำนวณแสดงว่าต้องใช้ R_2 อย่างน้อย 300 Ω แต่ในที่นี้เลือกใช้ 10 kΩ เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหาย การเลือกเช่นนี้จะทำให้กระแสสูงสุดต่ำกว่ากระแสสูงสุดใน Data Sheet

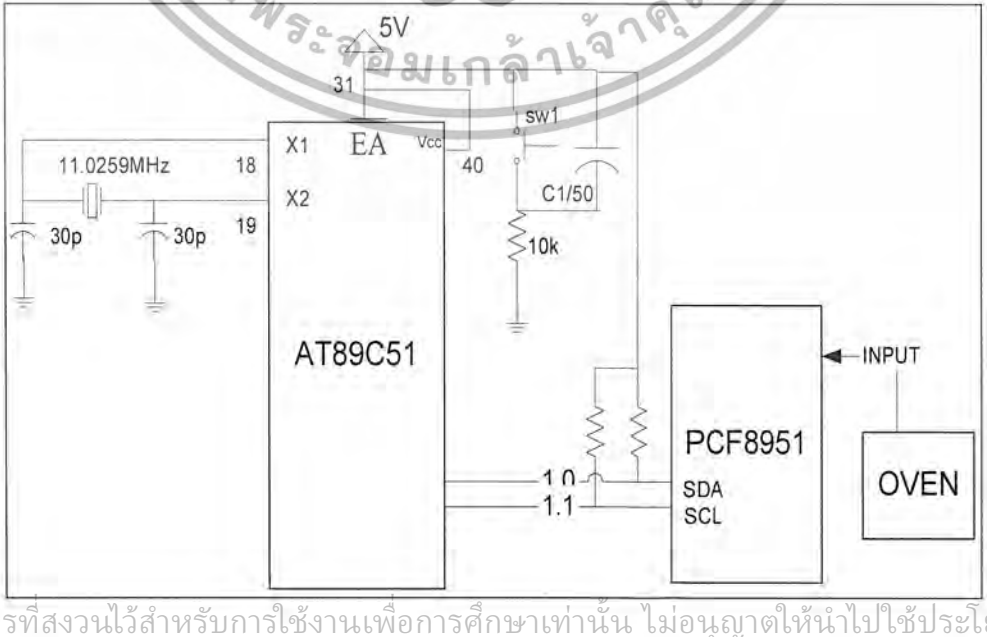
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรควบคุม

3.3.3 การเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (ADC)

การทำงานของวงจรอนาล็อกทูดิจิตอลตามหลักการใหญ่ๆคือการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เลือกใช้ IC PCF8951 โดย IC เบอร์นี้จะมีการสร้างสัญญาณเวลาขึ้นเองได้ภายในตัวโดยใช้วงจร RC ต่อร่วมภายนอกที่ขา 4 กับขา 19 ทำการป้อนแรงดันอินพุทเข้าที่ขา 6 ซึ่งเป็นสัญญาณที่มาจากวงจรขยาย IC ADC0804 ทำงานเป็นแบบ FREE RUNNING และที่ขา 20 คือ ขาป้อนไฟเลี้ยงจะมีค่า C 10 uF ต่อลงกราวด์ เพื่อกันสัญญาณรบกวน และที่ขา 8 เป็นขา ANALOG GROUND และที่ขา 10 เป็นขา DIGITAL GROUND ซึ่งจะถูกแยกออกจากกัน ป้องกันสัญญาณรบกวน อินพุทเข้าที่ขา 6 ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก 0-5 โวลต์ เอาท์พุทออกที่ขา 11-18 ขนาด 8 บิต แรงดันเปลี่ยนแปลงทุก 20 mV และถูกส่งต่อไปยัง MCS-51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อวงจร DAC และ ADC กับ MCS-51

3.3.5 การทำงานของคีย์บอร์ด 4*4

การต่อคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยคีย์บอร์ดแต่ละตัวจะสร้างลอจิก '0' หรือ '1' และจะถูกนำไปต่อกับบิตข้อมูลของพอร์ตอินพุท การสร้างสัญญาณลอจิกจากคีย์สวิทช์อย่างง่าย แสดงดังรูปที่ 3.4

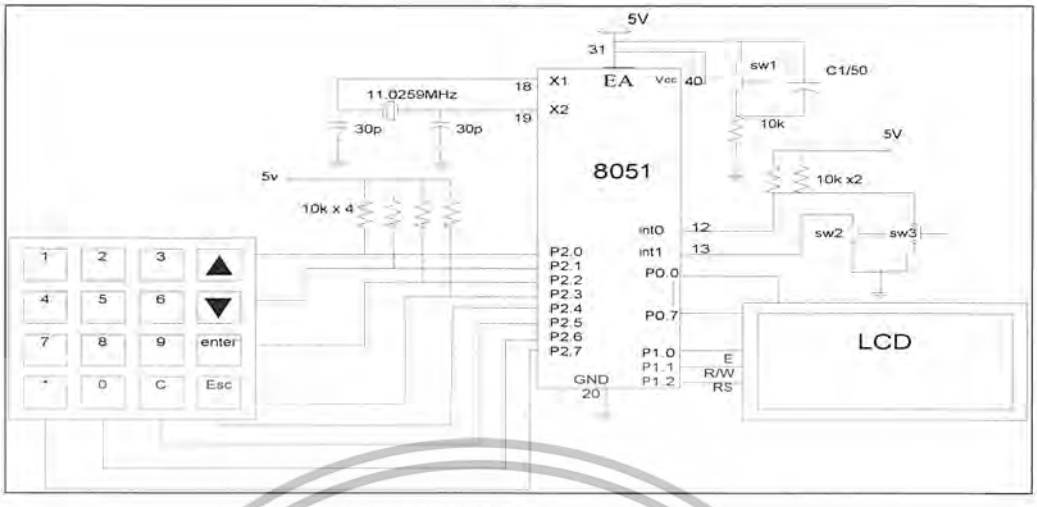
รูปที่ 3.3 การสร้างลอจิกคีย์สวิทช์อย่างง่าย

จากรูปถ้าหากมีการกดคีย์ ค่าเอาท์พุทจะเป็นลอจิก '0' ถ้าหากไม่มีการกดคีย์เอาท์พุทจะเป็นลอจิก '1' การต่อคีย์สวิทช์ดังกล่าวจะต้องใช้จำนวนบิตของพอร์ทอินพุทเท่ากับจำนวนคีย์สวิทช์ แต่ถ้าต้องการต่อคีย์สวิทช์จำนวนมาก จะใช้วงจรเข้ารหัสมาช่วยโดยแนวที่ต่อกับไฟเลี้ยงจะมีการต่อพูลอัพและต่อเข้าพอร์ทของ MCS-51 จะมีค่าลอจิกเป็น 1 ตลอดเวลา แต่เมื่อมีการกดคีย์สวิทช์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่า 0 ออกมาทำให้สามารถอ่านค่าที่กดได้นั่นเอง

3.3.6 การทำงานของจอแสดงผล LCD

การแสดงผลการควบคุมการทำงานนี้จะแสดงผลผ่านทางจอแสดงผล LCD ซึ่ง จะใช้งานร่วมกับ MCS-51 โดยต่อเข้าที่พอร์ท P0 และมีขาที่ใช้ควบคุมขา E ด้วย P1.0 ควบคุมขา R/W ด้วย P1.1 และควบคุม RS ด้วย P1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



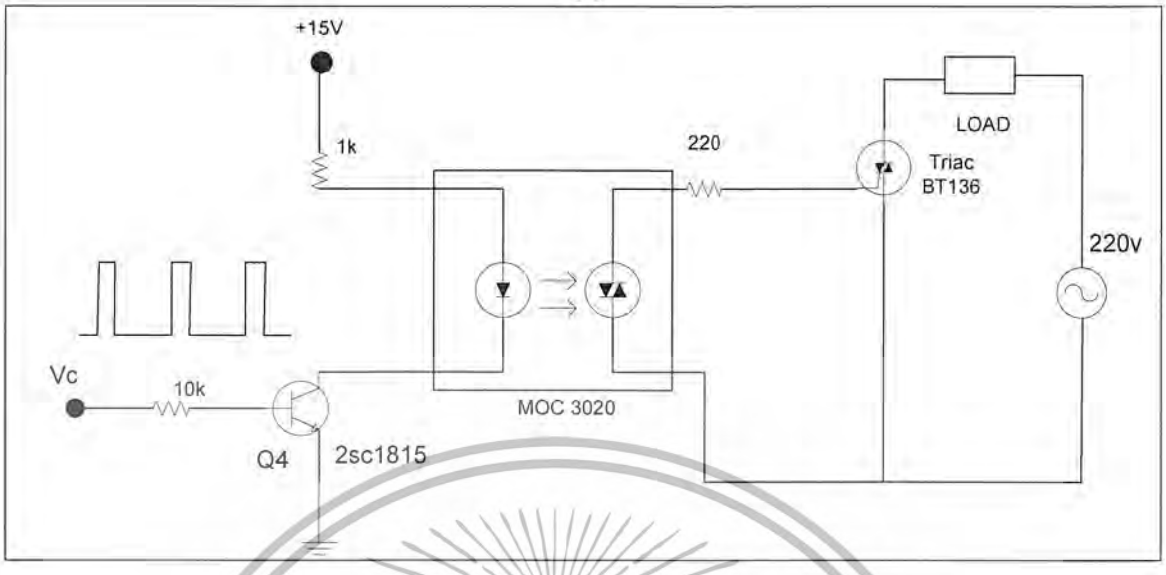
รูปที่ 3.4 แสดงการต่อ LCD และ keypad เข้ากับ MCS-51

3.3.6 วงจรขับเครื่องกำเนิดความร้อน

วงจรที่ใช้เป็นวงจรที่สามารถควบคุมกำลังงานไฟฟ้าโดยใช้สัญญาณดังที่กล่าวมาแล้วเป็นสัญญาณที่ได้มาจากการเขียนโปรแกรมลงบน MCS-51 ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิที่สามารถวัดได้

วงจรที่นำมาใช้ประกอบด้วย ไตรแอค ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวขับเครื่องกำเนิดความร้อน เพื่อให้สามารถขับแรงดันได้แบบ full wave โดยต้องคำนึงถึงกระแส และแรงดันที่ต้องใช้ในการขับตัวอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งในที่นี้เป็นเครื่องกำเนิดความร้อนที่ใช้แรงดันกระแสสลับจากไฟบ้านที่มีแรงดันสูงถึง 220 Vrms หรือ 331 Vp เพราะฉะนั้นอุปกรณ์ที่เลือกใช้ต้องทนแรงดันได้มากกว่า 220 Vrms หรือ 311 Vp และต้องทนกระแสกระชากสูงสุดหรือได้มากกว่า 15 เท่าของกระแสโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การต่อวงจรควบคุมและวงจรกำเนิดความร้อน

3.3.7 การส่งค่าไปควบคุมอุณหภูมิและการรับค่าอุณหภูมิที่ฟีดแบคกลับมา

การส่งค่าไปควบคุมอุณหภูมิ เมื่อรับค่าอุณหภูมิและส่งค่าไปควบคุมอุณหภูมินั้นให้มีค่าคงที่มากที่สุด ต้องมีการฟีดแบคค่าอุณหภูมิกลับมา โดยการส่งค่าไปควบคุมอุณหภูมิจะส่งผ่านขาเบสของ 1815 และรับค่าอุณหภูมิที่ฟีดแบคกลับมาทางพอร์ท 1 ซึ่งรับค่ามาจากวงจร ADC

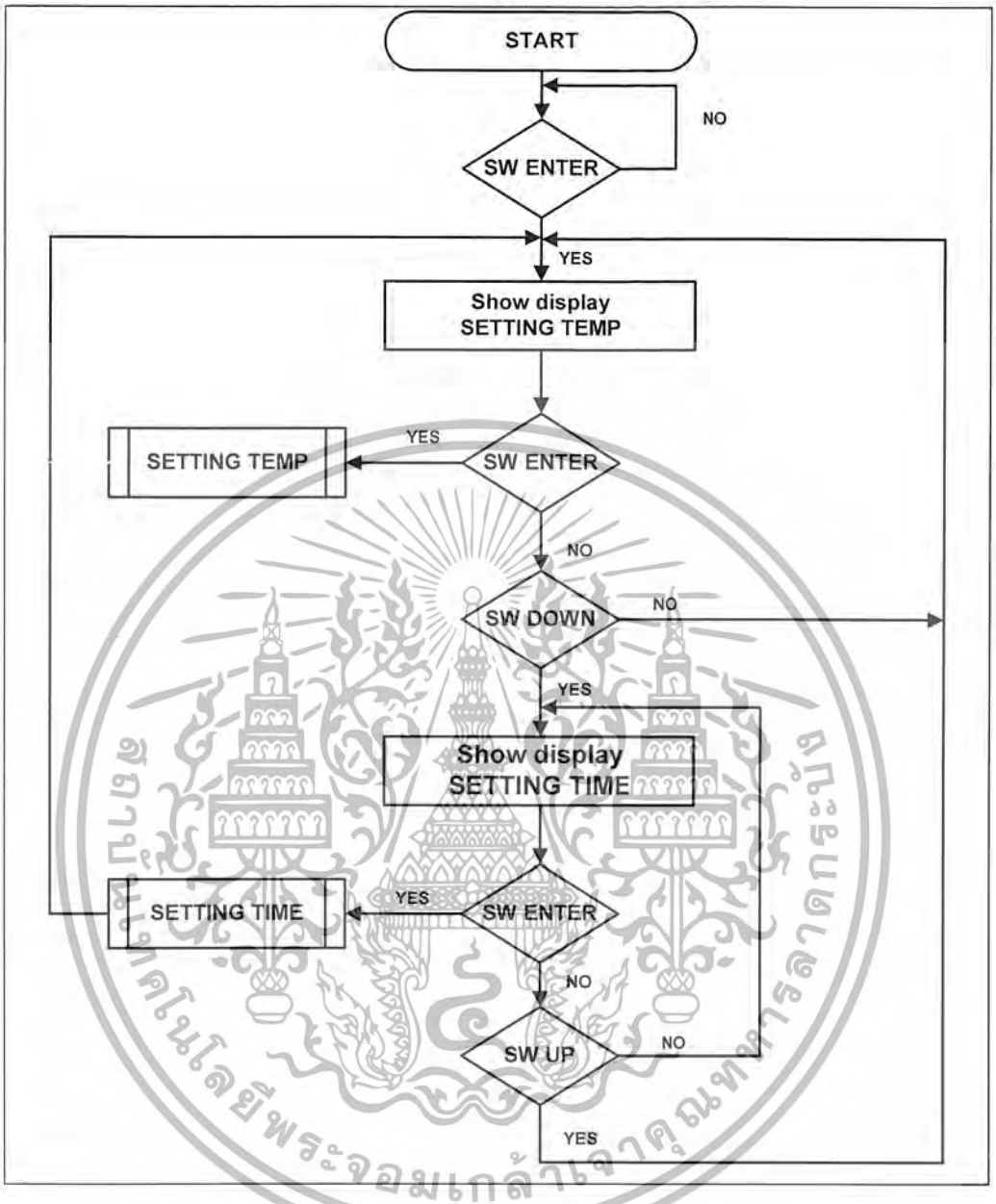
ในส่วนการเปรียบเทียบค่าที่ต้องการกับค่าที่ฟีดแบคกลับมา จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เขียนโปรแกรมเปรียบเทียบส่วนนี้ โดยถ้าส่วนที่ฟีดแคกลับมามีค่าเป็นเลขฐานสิบที่น้อยกว่าอุณหภูมิที่ต้องการ ทำให้ต้องเพิ่มค่าบิตที่ส่งไปควบคุมอุณหภูมิให้มากขึ้น แต่ถ้าค่าที่ฟีดแบคกลับมามากกว่าค่าที่ต้องการ แสดงว่าอุณหภูมิที่ได้ตอนนี้มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ต้องการทำให้ต้องลดบิตที่ส่งไปควบคุมอุณหภูมิให้ลดลง และจะมีการตรวจสอบอุณหภูมิทุกๆ ความถี่ 50 MHz ทำให้ได้ค่าอุณหภูมิที่ควบคุมได้มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ต้องการ

3.4 การออกแบบส่วนของซอฟท์แวร์

3.4.1 ส่วนแสดงผล

การออกแบบโปรแกรมในส่วนที่ใช้แสดงผล แสดงดังโฟลวชาร์ตในรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

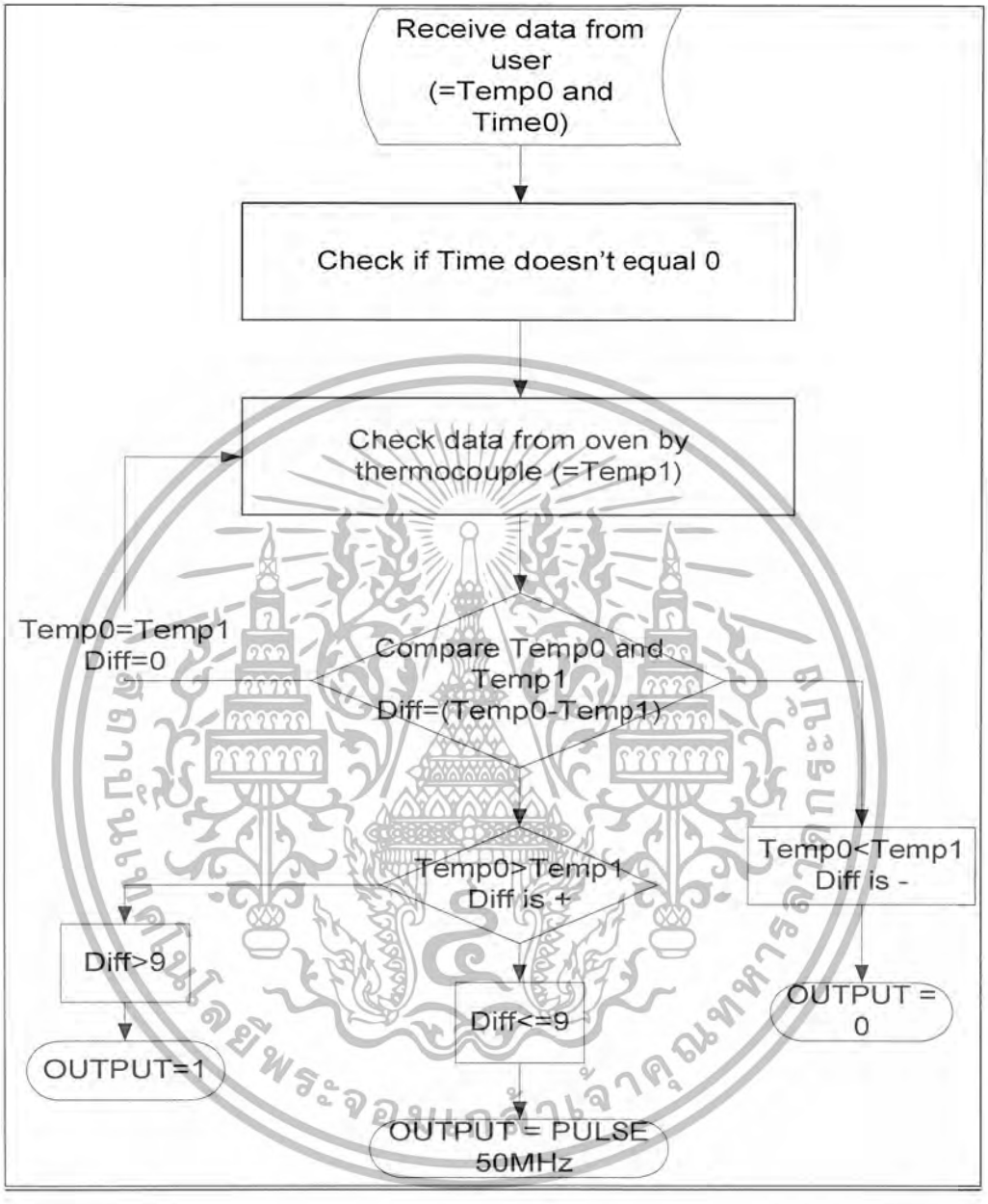


รูปที่ 3.6 โฟลวชาร์ตในการออกโปรแกรมแสดงผล

3.4.2 ส่วนควบคุม

โปรแกรมในส่วนนี้จะเป็นการนำผลที่ได้จากค่าที่ตั้งไว้ในโปรแกรมส่วนแสดงผล แล้วใช้เปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงจากเตาอบ ผ่านทาง PCF8951 จากนั้นจะควบคุมโดยการเปรียบเทียบค่าจริงสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าสูงกว่าก็จะลดค่าลงมา แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งค่าที่น้อยลงออกไป เป็นเช่นนี้ทุกๆ 5 วินาทีจนกว่าจะสิ้นสุดเวลาที่ตั้งไว้ โดยการรับและส่งค่าจะเป็นตัวเลข 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 โฟลวชาร์ตโปรแกรมการควบคุมอุณหภูมิของเตาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

จากการออกแบบทั้งหมดในบทที่แล้วได้มีการดำเนินการตามที่ได้วางแผนไว้ ดังนี้

4.1 ผลการทำงานของเตาอบก่อนการปรับเปลี่ยน

กราฟแสดงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมื่อเลือกฟังก์ชัน Up-Down

รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิ

กราฟเริ่มเพิ่มช้าโดยอุณหภูมิเริ่มเพิ่มขึ้นที่ วินาทีที่ 10 กราฟมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในช่วง 20 – 40 วินาทีแรก จากนั้นค่อยๆ ช้าลงที่วินาทีที่ที 120 กราฟเพิ่มขึ้นน้อยมากจนเกือบเป็นเส้นตรง ในฟังก์ชันนี้เตาอบสามารถสร้างอุณหภูมิสูงสุดได้ 206 องศาเซลเซียส โดยในฟังก์ชันนี้อุณหภูมิเสถียรที่ประมาณวินาทีที่ 185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองหลังจากทำการเปลี่ยนแปลงเตาอบ

4.2.1 วงจรรับค่าจากเตาอบ

จากการวัดอุณหภูมิจากเตาอบโดยใช้เทอร์โมคับเปิลและผ่านวงจรขยายจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต่างศักย์ ดังรูปที่ 4.1

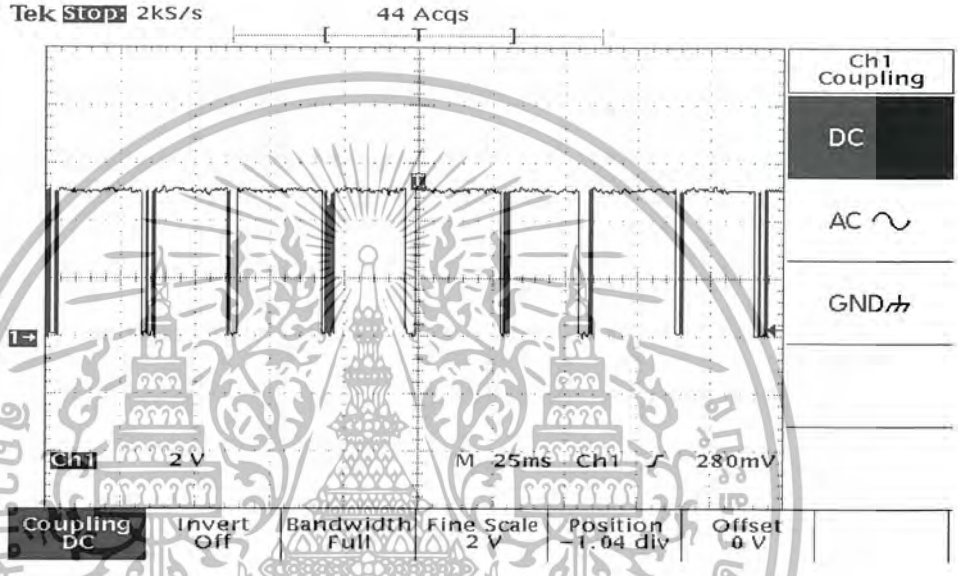
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต่างศักย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

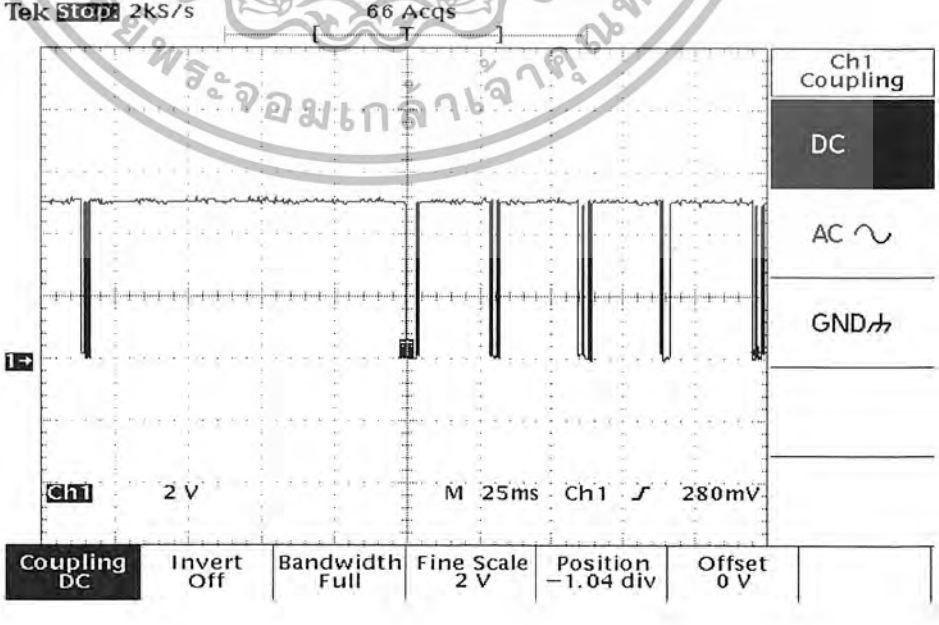
4.2.2 วงจรADC

ทดลองทำการวัดสัญญาณที่ได้จากขา SDA ของ PCF8951 โดยทำการตั้งค่าอุณหภูมิต่าง กัน ได้ผลดังนี้

4.2.2.1 สัญญาณจาก PCF8951 เมื่อวัดที่อุณหภูมิห้อง



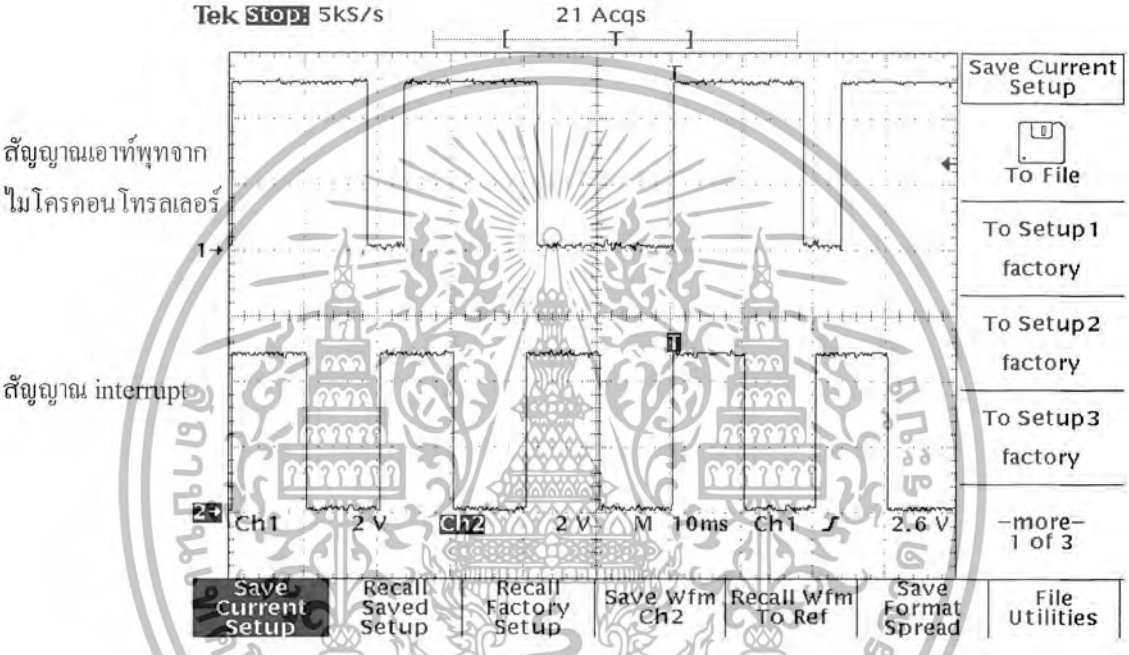
4.2.2.2 สัญญาณจาก PCF8951 เมื่อวัดที่อุณหภูมิ 100 องศา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 วงจรควบคุมส่วนกลาง

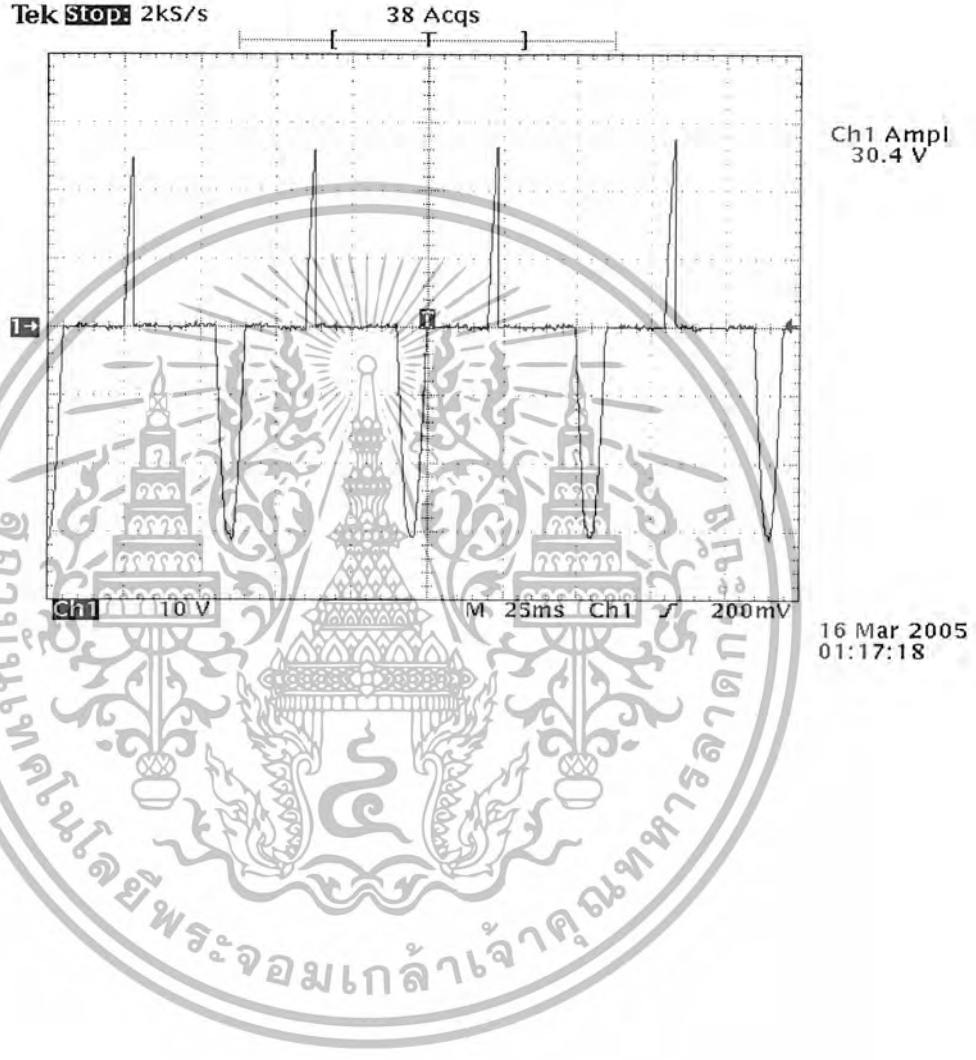
ทำการป้อนสัญญาณ interrupt เข้าที่ขา int0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แล้ววัดสัญญาณเอาท์พุทที่จะส่งไปยังวงจรทริก ได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 วงจรทริกสัญญาณ

ทำการวัดสัญญาณที่ได้จากวงจรทริก(ไตรแอค) ได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผล

จากการออกแบบและทดลองการทำงานในส่วนต่างๆ ของวงจรที่ได้ออกแบบขึ้นนี้พบว่าการทำงานของทั้งส่วนของ Hardware และ Software พบว่า ทั้งสองส่วนสามารถทำงานได้สัมพันธ์กัน โดยประกอบด้วย

วงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้า สามารถจ่ายไฟได้ทุกค่าที่ต้องการ คือ +5V, +12 และ+15V

วงจรรับค่าอุณหภูมิจากเตาอบ ใช้เทอโมคับเปิลในการรับค่า พบว่ามีความเหมาะสมเนื่องจากค่าที่ใช้อยู่ในย่านการทำงานของเทอร์โมคับเปิล

วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล สามารถแปลงค่าอุณหภูมิแล้วเก็บเป็นเลขฐานสิบหกเพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าจากผู้ใช้ได้และนอกจากนี้การใช้วิธีต่อแบบอนุกรมยังช่วยให้ต่อใช้งานได้อย่างสะดวกด้วย

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมได้ทุกส่วน ซึ่งมีทั้งการแสดงหน้าจอและรับค่าจากผู้ใช้และส่งพัลส์เพื่อควบคุมอุณหภูมิและนับเวลาได้

สรุปว่า ทุกส่วนสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ต้องการ และเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้