

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญาบัตร

เดาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

INFRARED OVEN



เลขามู.....
เลขทะเบียน.....**66708**
วัน, เดือน, ปี.....**- 8 พ.ย. 2549**

b. ¹¹ **660591**
i.

ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตร

เรื่อง เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด
INFRARED OVEN

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์การใช้งานในการควบคุมอุณหภูมิและเวลาและศึกษาหลักการของคลื่นอินฟราเรด
2. เพื่อออกแบบเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด
3. เพื่อสร้างเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด
4. เพื่อทดสอบการควบคุมอุณหภูมิและการตั้งเวลาของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด
5. เพื่อนำเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดมาใช้งานในภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมอุณหภูมิและเวลาและศึกษาหลักการของคลื่นอินฟราเรด
2. ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและการสร้างเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด
3. ผลการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิและการตั้งเวลาของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดสำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานด้านการอบแห้งเมล็ดพันธุ์พืชและกระบวนการแปรรูปอาหาร
4. เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดที่สามารถนำไปใช้งานในภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	
นักศึกษา	นางสาววงเดือน	บุญกาพิมพ์
	นายสนธิ	เต็มชนศักดิ์
	นางสาวอรุณหวดี	มนูรัชต์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร.ปิ่นมณี	ขวัญเมือง
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2548	

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการสร้างเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ มาประยุกต์การใช้งานในการควบคุมอุณหภูมิได้ 40 องศาเซลเซียส ถึง 150 องศาเซลเซียส เตาอบแห้งจะทำการลดอุณหภูมิอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิสูงเกินกว่าอุณหภูมิที่กำหนด สามารถตั้งเวลาการทำงานได้สูงสุด 24 ชั่วโมง ศึกษาหลักการของคลื่นอินฟราเรด การออกแบบเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด การสร้างเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด การทดสอบ การควบคุมอุณหภูมิและการตั้งเวลาของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด มีจอแสดงผลการตั้งเวลาการทำงานและแสดงอุณหภูมิตามที่ต้องการใช้งาน เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดที่เสร็จสมบูรณ์ได้ผ่านการทดสอบแล้วว่ามีประสิทธิภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Infrared Oven
Students	Miss. Wongduen Boonkapimp Mr. Sanit Tupmtapnasak Miss. Arunwadee Manurath
Advisor	Dr. Somchai Maunsaiyat
Co-Advisor	Asst.Prof.Dr.Pinmanee Kwanmaung
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Telecommunication Engineering
Academic Year	2005

ABSTRACT

This project presented Infrared Oven construction. the study concerned these areas : the operation of microcontroller in the temperature between 40° C and 110° C with 24 hours the principle of infrared design Infrared Oven testing if the Infrared Oven was able to operate with in the setting time and the efficiency of the infrared oven

The result testing the oven showed that the oven operated effectively according to its setting specifications

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับความร่วมมือจากหลายท่าน คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ดร.สมชาย ห่มยืนยญาติ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปิ่นมณี ขวัญเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมและภาควิชาครุศาสตร์เกษตรทุกท่านได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองโครงการ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม เจ้าหน้าที่ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ และเจ้าหน้าที่สำนักหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการค้นหาข้อมูลและขอขอบคุณสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้ที่มีพระคุณสำหรับพวกเราที่ได้ให้การสนับสนุนทุกๆ สิ่งทุกๆ อย่างทางด้านการศึกษาจนถึงปัจจุบัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ	1
1.3 สมมุติฐานของโครงการ	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงการ	1
1.5 ขั้นตอนการทำโครงการ	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 (Microcontroller : MCS - 51)	4
2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51	4
2.3 แอลอีดีเจ็ดส่วน (7 Segment)	6
2.3.1 รูปแบบของแอลอีดีเจ็ดส่วน	7
2.3.2 รูปแบบการแสดงผลของแอลอีดีเจ็ดส่วน	8
2.3.3 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์	9
2.3.4 การขับแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบหลักเดียว	9
2.3.5 การขับแอลอีดีเจ็ดส่วนหลายหลักแบบมัลติเพล็กซ์	13
2.4 ไทเมอร์และเคาน์เตอร์	16
2.5 เทอร์มิสเตอร์	19
2.6 ไตรแอก (TRIAC)	22
2.7 รังสีอินฟราเรด (Infrared ray)	24
2.7.1 การสันสะท้อนของโมเลกุลและการดูดซึมรังสีอินฟราเรด	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.7.2 ความถี่ของการสั่นสะเทือน	26
2.8 ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)	27
2.8.1 คุณลักษณะของฮีตเตอร์อินฟราเรด	28
2.9 ฉนวน	29
2.9.1 ชนิดพื้นฐานของฉนวนความร้อน	29
2.9.2 คุณสมบัติของฉนวนและมวลบางชนิด	30
2.10 ความชื้น	32
2.10.1 วิธีที่ใช้ตาอบ	32
2.10.2 วิธีทางเคมี	33
2.10.3 วิธีทางนิวเคลียร์	33
2.10.4 วิธีทางไฟฟ้า	34
2.11 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน	34
2.11.1 การนำความร้อน (Conduction)	34
2.12 การวัดและมาตราวัดอุณหภูมิ (Temperature scales)	37
2.12.1 หน่วยการวัดอุณหภูมิ	37
2.12.2 หลักการวัดอุณหภูมิ	37
2.13 เมล็ดพันธุ์พืชชนิดต่างๆ การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร	39
2.13.1 ประวัติความเป็นมาของเมล็ดพันธุ์ (Seed history)	39
2.13.2 ความชื้นของเมล็ดและความชื้นสัมพัทธ์ (Seed moisture content and relative humidity)	39
2.13.3 อุณหภูมิ (Temperature)	40
2.14 การใช้รังสีอินฟราเรดในการถนอมและแปรรูปอาหาร	41
2.14.1 ทฤษฎีและหลักการ	42
2.14.2 การถนอมอาหารและแปรรูปอาหาร	43
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	45
3.1 กล่าวนำ	45
3.2 วงจรควบคุม	46
3.2.1 การออกแบบและการสร้าง	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.2 การทำงาน	46
3.3 วงจรสวิตช์	47
3.3.1 การออกแบบและการสร้าง	47
3.3.2 การทำงาน	48
3.4 วงจรแสดงผลเวลาและอุณหภูมิ	48
3.4.1 การออกแบบและการสร้าง	48
3.4.2 การทำงาน	48
3.5 วงจรควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์อินฟราเรด	49
3.5.1 การออกแบบและการสร้าง	49
3.5.2 การทำงาน	49
3.6 วงจรรีไฟสำหรับพัดลมดูดอากาศ	50
3.6.1 การออกแบบและการสร้าง	50
3.6.2 การทำงาน	50
3.7 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	51
3.7.1 การออกแบบและการสร้าง	51
3.7.2 การทำงาน	51
3.8 การออกแบบโครงสร้างเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	51
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	53
4.1 กล่าวนำ	53
4.2 การแสดงผล	53
4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง	53
4.2.2 ผลการทดลอง	55
4.3 การทดลองเปรียบเทียบการวัดอุณหภูมิ	55
4.3.1 ขั้นตอนการทดลอง	55
4.4 การทดลองการอบแห้งพืชสมุนไพร	56
4.4.1 การอบแห้งพืชสมุนไพร	56
4.5 การเปรียบเทียบคุณภาพของการอบแห้ง	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.5.1 การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับ ตู้อบแห้งลมร้อน	60
4.6 การทดลองการอบแห้งเมล็ดพันธุ์พืช	67
4.6.1 ขั้นตอนการทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อการเพาะปลูก	67
4.6.2 การทดลองนำเมล็ดพันธุ์พืชที่ทำการอบไปทำการเพาะปลูกเพื่อดูเปอร์เซ็นต์ การงอกของเมล็ดพันธุ์พืช	70
บทที่ 5 บทสรุป	74
5.1 สรุป	74
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข	74
5.3 แนวทางการพัฒนา	76
บรรณานุกรม	77
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	78
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	83
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	92
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	96
ภาคผนวก จ แผนผังการทำงาน	106
ภาคผนวก ฉ รหัสต้นฉบับของโปรแกรม	108
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้งาน	129
ประวัติผู้แต่ง	140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตำแหน่งขาของเซกเมนต์ที่ต่อเข้ากับพอร์ต	9
2.2 ตำแหน่งขาของเซกเมนต์ที่ต่อเข้ากับพอร์ต	9
2.3 การควบคุมการทำงานของ 74LS245	10
2.4 ข้อมูลการแสดงผล 0 - 9 ของแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วม	11
2.5 ข้อมูลการแสดงผล 0 - 9 ของแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วม	11
2.6 ข้อมูลการแสดงผล 0 - 9 ของแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแอนโอดร่วม	12
2.7 ข้อมูลการแสดงผล 0 - 9 ของแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแอนโอดร่วม	12
2.8 การควบคุมแอลอีดีเจ็ดส่วนหลักต่างๆ	14
2.9 การทำงานของ 74LS145	16
2.10 รายละเอียดในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON	17
2.10 (ต่อ) รายละเอียดในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON	18
2.11 รายละเอียดในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TMOD	18
2.12 รายละเอียดของการเซตบิต M1 และ M0 ช่องแต่ละโหมด	19
2.13 ข้อมูลจำเพาะของเทอร์มิสเตอร์ทั่วไป	20
2.14 คุณสมบัติทางกายภาพของฮีตเตอร์อินฟราเรด	29
2.15 คุณสมบัติของฉนวนแบบใยแก้ว	31
2.15 (ต่อ) คุณสมบัติของฉนวนแบบใยแก้ว	32
2.16 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเชิงกล	38
2.17 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า	38
2.18 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมลต์โดยประมาณในขณะที่สมดุลกับอากาศ ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ ในระดับต่างๆ กันที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	40
2.18 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมลต์โดยประมาณในขณะที่สมดุลกับอากาศ ที่มีความชื้น สัมพัทธ์ในระดับต่างๆ กันที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	41
2.19 ลักษณะเฉพาะของตัวปล่อยรังสีอินฟราเรด	43
4.1 ผลการทดลองของวงจรแสดงผล	54
4.1 (ต่อ) ผลการทดลองของวงจรแสดงผล	55
4.2 การทดสอบอุณหภูมิและเวลา	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.2 (ต่อ) การทดสอบอุณหภูมิและเวลา	56
4.3 ผลการทดลองการอบแห้งกระดาษ	57
4.4 ผลการทดลองการอบแห้งซิง	57
4.5 ผลการทดลองการอบแห้งข้าว	58
4.6 ผลการทดลองการอบแห้งตะไคร้	59
4.7 การเปรียบเทียบการอบแห้งกระดาษ อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาอบแห้งด้วย คลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน	61
4.8 การเปรียบเทียบการอบแห้งซิง อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาอบแห้งด้วย คลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน	62
4.9 การเปรียบเทียบการอบแห้งข้าว อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาอบแห้งด้วย คลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน	64
4.10 การเปรียบเทียบการอบแห้งพืชสมุนไพรตะไคร้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน	65
4.11 ผลการทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืชข้าวโพด	68
4.12 ผลการทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืชถั่วเหลือง	68
4.13 ผลการทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืชถั่วเขียว	69
4.14 ผลทดลองการเพาะเมล็ดพันธุ์พืชที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	71
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุม	93
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์	93
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรแสดงผล	94
ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรเชื่อมต่อกับอินฟราเรดกับไฟฟ้า	94
ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรหรีไฟ	94
ค.5 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรหรีไฟ	95
ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	95
ช.1 ข้อมูลเฉพาะ	138
ช.2 ตัวอย่างการใช้งานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	138
ช.2 (ต่อ) ตัวอย่างการใช้งานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51	4
2.2 แอลอีดีเจ็ดส่วน	6
2.3 แอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วม	7
2.4 แอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแอนโอดร่วม	8
2.5 ลักษณะการแสดงผลในรูปแบบต่างๆ	8
2.6 การเชื่อมต่อแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วม	10
2.7 การต่อใช้งานแอลอีดีเจ็ดส่วนจำนวน 2 หลักแบบมัลติเพล็กซ์	13
2.8 การต่อใช้งานแอลอีดีเจ็ดส่วนจำนวน 3 หลักแบบมัลติเพล็กซ์	15
2.9 รีจิสเตอร์ของไทเมอร์ 0	16
2.10 รีจิสเตอร์ของไทเมอร์ 1	17
2.11 รีจิสเตอร์ TCON	17
2.12 รีจิสเตอร์ TMOD	18
2.13 ความสัมพันธ์ อุณหภูมิ-ความต้านทาน ของเทอร์มิสเตอร์ทั่วไป	19
2.14 ความสัมพันธ์ กระแส-เวลาสำหรับเทอร์มิสเตอร์โดยทั่วไป	21
2.15 รูปร่างแบบต่างๆ ของไดรแอก	23
2.16 สัญลักษณ์และโครงสร้างของไดรแอก	23
2.17 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งตามระดับความยาวคลื่น	24
2.18 การดูดซึมรังสีอินฟราเรดของสสารต่างๆ	25
2.19 การสันสะท้อนของขดลวดสปริง	26
2.20 รูปร่างของฮีตเตอร์อินฟราเรด	27
2.21 โครงสร้างภายในของฮีตเตอร์อินฟราเรด	27
2.22 การนำความร้อนแบบมิติเดียวในสภาวะสม่ำเสมอ	35
2.23 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระยะทาง x ในกรณีความร้อนแบบมิติเดียว	35
2.24 รูปแบบของการสะท้อน การส่งผ่านและการดูดซับของรังสีอินฟราเรด	42
3.1 แผนผังการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2 วงจรควบคุมการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	47
3.3 วงจรสวิตช์ขนาด 3×4	48
3.4 วงจรแสดงเวลาและอุณหภูมิ	49
3.5 วงจรควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์	50
3.6 วงจรหรีไฟสำหรับพัดลมดูดอากาศ	50
3.7 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน	51
3.8 โครงสร้างของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	52
4.1 วงจรควบคุม	53
4.2 วงจรสวิตช์	54
4.3 วงจรแสดงเวลาและอุณหภูมิ	54
4.4 ผลการอบแห้งกระชาย	57
4.5 ผลจากการอบแห้งขิง	58
4.6 ผลการอบแห้งข่า	58
4.7 ผลการอบแห้งตะไคร้	59
4.8 ค่าเบร้รเซ็นต์ความชื้นที่เหลืออยู่ของการอบแห้งพีชสมุนไพรที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	60
4.9 การเปรียบเทียบการอบแห้งกระชาย อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน	61
4.10 การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับตู้อบแห้งลมร้อนของกระชาย	62
4.11 การเปรียบเทียบการอบแห้งขิงอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน	63
4.12 การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับตู้อบแห้งลมร้อนของขิง	63
4.13 การเปรียบเทียบการอบแห้งข่า อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน	64
4.14 การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับตู้อบแห้งลมร้อนของข่า	65
4.15 การเปรียบเทียบการอบแห้งตะไคร้ อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน	66
4.16 การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับตู้อบแห้งลมร้อนของตะไคร้	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17 ผลการอบเมล็ดพันธุ์พืชข้าวโพด	68
4.18 ผลการอบเมล็ดพันธุ์พืชถั่วเหลือง	69
4.19 ผลการทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืชถั่วเขียว	69
4.20 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหลืออยู่ของการอบเมล็ดพันธุ์พืชที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	70
4.21 ค่าเปอร์เซ็นต์การเพาะเมล็ดพันธุ์พืชที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	71
4.22 ผลการเพาะเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	72
4.23 ผลการเพาะเมล็ดถั่วเขียวที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	72
4.24 ผลการเพาะเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	72
4.25 ผลการเพาะเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง	73
4.26 ผลการเพาะเมล็ดถั่วเขียวที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง	73
4.27 ผลการเพาะเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง	73
ก.1 ด้านหน้าของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	79
ก.2 ด้านหลังของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	79
ก.3 ด้านบนของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	80
ก.4 ส่วนแสดงผลการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	80
ก.5 ปุ่มตั้งค่าการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	81
ก.6 ปุ่มเปิด-ปิดการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	81
ก.7 การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ขณะใช้งานจริงของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	82
ข.1 วงจรควบคุมการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	84
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	84
ข.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	85
ข.4 วงจรสวิตช์ขนาด 3×4	85
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรสวิตช์ขนาด 3×4	86
ข.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรสวิตช์ขนาด 3×4	86
ข.7 วงจรแสดงผลเวลาและอุณหภูมิ	87
ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลเวลาและอุณหภูมิ	87
ข.9 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลเวลาและอุณหภูมิ	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.10 วงจรควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์อินฟราเรด	88
ข.11 แผนวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์อินฟราเรด	88
ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผนวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์อินฟราเรด	89
ข.13 วงจรรีไฟสำหรับพัดลมดูดอากาศ	89
ข.14 แผนวงจรพิมพ์วงจรรีไฟสำหรับพัดลมดูดอากาศ	89
ข.15 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผนวงจรรีไฟสำหรับพัดลมดูดอากาศ	90
ข.16 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	90
ข.17 แผนวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายไฟ	91
ข.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผนวงจรแหล่งจ่ายไฟ	91
จ.1 ผังงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	107
ช.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด (ด้านหน้า)	131
ช.2 ส่วนประกอบของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด (ด้านหลัง)	131
ช.3 วัสดุจะนำมาทำการอบแห้ง	132
ช.4 การนำวัสดุเข้าไปในเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	133
ช.5 การเปิด-ปิดเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	133
ช.6 สภาวะที่เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดพร้อมใช้งาน	134
ช.7 การกดเพื่อยืนยันการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด	134
ช.8 การกดตั้งค่าอุณหภูมิ	135
ช.9 การยืนยันให้เตาอบแห้งทำงานโดยกดปุ่ม O.K.	135
ช.10 การยกเลิกคำสั่งของเตาอบแห้งโดยการกดปุ่ม CLR	136
ช.11 การแสดงผลขณะที่เตาอบแห้งกำลังทำงาน	136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากเตาอบแห้งที่ใช้อบเมล็ดพันธุ์พืชและผลผลิตทางการเกษตรของภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเป็นเตาอบแห้งที่ใช้ความร้อนแบบแห้งโลหะ ซึ่งเตาอบแห้งประเภทนี้มีราคาแพงทำให้จำนวนเตาอบแห้งมีจำนวนไม่เพียงพอสำหรับการใช้งานของนักศึกษาที่จะใช้ในการปฏิบัติการทดลอง

1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ

คณะผู้จัดทำได้จัดสร้างเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดเพื่อให้นักศึกษาของภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้นำเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดไปใช้งานในด้านการอบแห้งเมล็ดพันธุ์พืชและผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดนี้เป็นเทคโนโลยีใหม่และมีราคาถูกกว่าเตาอบแห้งแบบเดิมที่เป็นเตาอบแห้งที่ให้ความร้อนแบบแห้งโลหะ อีกทั้งเตาอบแห้งแบบอินฟราเรดยังเป็นเตาอบแห้งที่ให้ความร้อนได้รวดเร็วกว่าเตาอบแห้งที่ให้ความร้อนแบบแห้งโลหะ ทำให้ลดระยะเวลาในการอบอีกด้วย

1.3 สมมุติฐานของโครงการ

เมื่อโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์แล้ว นักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังได้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดที่มีราคาถูกกว่าเตาอบแห้งที่ให้พลังงานความร้อนแบบแห้งโลหะ สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งเมล็ดพันธุ์พืช

1.4 ขีดความสามารถของโครงการ

เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถปรับอุณหภูมิตั้งแต่ 40 °C ถึง 110 °C
2. สามารถตั้งเวลาการทำงานสูงสุดถึง 24 ชั่วโมง
3. มีสัญญาณเตือนเมื่อสิ้นสุดการทำงาน
4. เครื่องจะทำการลดอุณหภูมิอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิสูงเกินไป
5. มีจอแสดงผลการตั้งเวลาการทำงานและแสดงอุณหภูมิตามที่ต้องการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการทำโครงการ

โครงการนี้ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ขั้นตอนการทำโครงการ เริ่มต้นจากการทำฮาร์ดแวร์ โดยการสร้างโครงสร้างของเตาอบแห้ง ระบบทำความร้อน ชุดควบคุมเวลา ชุดควบคุมอุณหภูมิ แหล่งจ่ายไฟและชุดควบคุมความร้อน เมื่อสร้างฮาร์ดแวร์ได้เพียงพอที่จะใช้ในการทดลองกับซอฟต์แวร์แล้วต้องมีการเขียนโปรแกรมเพื่อนำมาควบคุมฮาร์ดแวร์ที่สร้างขึ้น เมื่อทั้งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้วจึงนำไปใช้ในการทดลองอบเมล็ดพันธุ์พืชและผลผลิตทางการเกษตรเมื่อผลการทดลองตรงตามมาตรฐานที่กำหนดแล้วจะให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินประสิทธิภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดต่อไป

1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาในปฏิญานี้ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมายของโครงการ สมมุติฐานของโครงการ ขีดความสามารถของโครงการ และขั้นตอนของการทำโครงการ

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ได้แก่ โครงสร้างและหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เทอร์โมคัปเปิล ไตรแอก ริงส์อินฟราเรด ฮีตเตอร์อินฟราเรด ฉนวน ความชื้น ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน การวัดและมาตราวัดอุณหภูมิ เมล็ดพันธุ์พืชชนิดต่างๆ และการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับแผนผังการทำงานของโครงการ ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงการ ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ ของโครงการ เช่น วงจรควบคุม วงจรสวิตช์ วงจรแสดงผลเวลาและอุณหภูมิ วงจรเชื่อมต่อฮีตเตอร์อินฟราเรดกับไฟฟ้า วงจรทรีไฟ วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน โครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดเมื่อนำมาอบเมล็ดพันธุ์พืชและผลผลิตทางการเกษตรแต่ละชนิด

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการจัดทำโครงการ ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข ปัญหา รวมทั้งแนวทางการพัฒนาโครงการต่อไป

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่สำคัญในโครงการ

ภาคผนวก จ แสดงผังงาน (Flowchart) ของโปรแกรมทั้งหมด

ภาคผนวก ฉ แสดงรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข แสดงคู่มือการใช้งานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

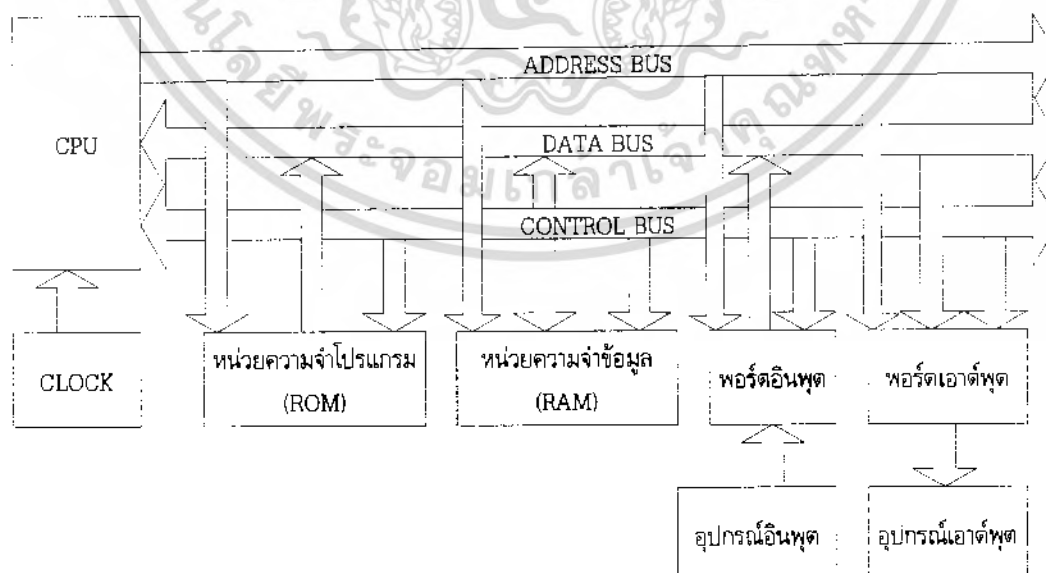
2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริิญาณินพหรับในบพนี้เบ้นทฤษฎีและหลักการที่จจะนำมำใช้ประกอบการสร้งครงงานโดยประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ แอลอีดีเจ็ดส่วน ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ เทอร์มิสเตอร์ ไตรแอก ริงส์ อินฟราเรด ซีตเตอร์อินฟราเรด ฉนวนความชื้น ทฤษฎีเกยวกับความร้อน การวัดและมาตราวัดอุณหภูมิ เมล็ดพันธุ์พืชชนิดต่างๆ การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และการใช้รังสีอินฟราเรดในการถนอมและแปรรูปอาหาร

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 (Microcontroller : MCS - 51)

2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS - 51 ได้ถูกคิดค้น พัฒนา และผลิตออกสู่ตลาดโดยบริษัทอินเทล (Intel) เพื่อใช้ในงานควบคุมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงานควบคุมขนาดเล็ก งานควบคุมขนาดกลาง จนถึงงานควบคุมขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนพอสมควร เช่น การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป เป็นต้น จากข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการนำวงจรพื้นฐานต่างๆ มารวมไว้ภายในชิป (Chip) ตัวเดียวกันทำให้วงจรควบคุมที่สร้างขึ้นมีขนาดเล็ก มีความสะดวกและคล่องตัวสูง จึงเป็นที่นิยมและแพร่หลายอย่างมาก



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

2.2.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU)

ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Logic Unit : CPU) และส่วนควบคุม (Control Unit : CU) ในส่วนของหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์จะทำหน้าที่ประมวลข้อมูล เช่น การบวก ลบ คูณ และหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการและส่วนควบคุมจะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ สัญญาณติดต่อกับอุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออก รวมทั้งส่วนควบคุมการขัดจังหวะและส่วนควบคุมบัสด้วย ซึ่งซีพียูจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมโดยการถอดรหัสคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เพื่อให้ทุกส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

2.2.1.2 หน่วยความจำ (Memory)

ใช้สำหรับจัดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ จำเป็นจะต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ (Address) ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ เรียกว่า "การเขียนข้อมูล" และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เรียกว่า "การอ่านข้อมูล" ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลซึ่งมีค่าระหว่าง 0000000_2 ถึง 1111111_2 หรือ 00_{16} ถึง $0F_{16}$ ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่มคือ

1. ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS - 51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 kBytes) ดังนั้นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้สายสัญญาณกำหนดตำแหน่งทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 65,536)
2. ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ
3. สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการจะอ่านหรือเขียนข้อมูล ซึ่งวงจรถอดรหัสคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

2.2.1.3 อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Device)

เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าและนำข้อมูลออกจาก MCS - 51 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่

1. พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนาน มีทั้งหมด 4 พอร์ต ใช้รับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าหรือออกจาก MCS-51 โดยพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0 P1 P2 และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 หน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

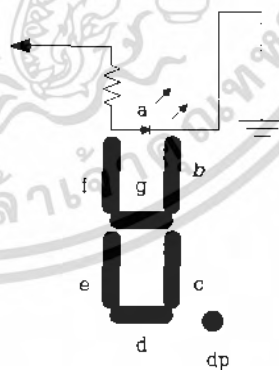
2. วงจรนับ/จับเวลา ทำงาน 2 หน้าที่ คือ ใช้เป็นวงจรรับหรือจับเวลา เมื่อเป็นวงจรรับจะทำการนับจำนวนรอบของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS - 51 หรือจำนวนของสัญญาณที่ต่อภายในตัว MCS - 51 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและการอ่านค่าการนับได้โดยซีพียู เมื่อเป็นวงจรถับเวลาจะใช้หลักการเดียวกับวงจรรับเพียงแต่จะกำหนดค่าสูงสุดของการนับไว้ ซึ่งค่าสูงสุดของการนับจะคำนวณจากเวลาที่ต้องการจับเวลานั้นเอง
3. พอร์ตอนุกรม ซีพียูจะอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS - 51 เรียงไปที่ละบิตออกจากขา TxD และในการรับข้อมูลก็จะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RxD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ซีพียูอ่านไปใช้งานต่อไป

ใน MCS - 51 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายรูปแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การนำพอร์ตไปใช้งานจะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

2.3 แอลอีดีเจ็ดส่วน (7 - Segment)

แอลอีดีเจ็ดส่วนหรือ LED 7 - Segment ประกอบด้วย แอลอีดีจำนวน 7 ตัวประกอบอยู่ในตัวถังเดียวกันและได้รับการจัดเรียงตัวเลข โดยแต่ละส่วนจะมีชื่อเรียกตามตัวอักษร คือ a b c d e f g และ dp เป็นส่วนที่ใช้แสดงจุดการนำไปใช้งานของแอลอีดีเจ็ดส่วนจะนำไปใช้ในการแสดงผลตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึงเลข 9 และยังสามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรได้อีกด้วย

Towards the microcontroller
pin controlling this segment



รูปที่ 2.2 แอลอีดีเจ็ดส่วน

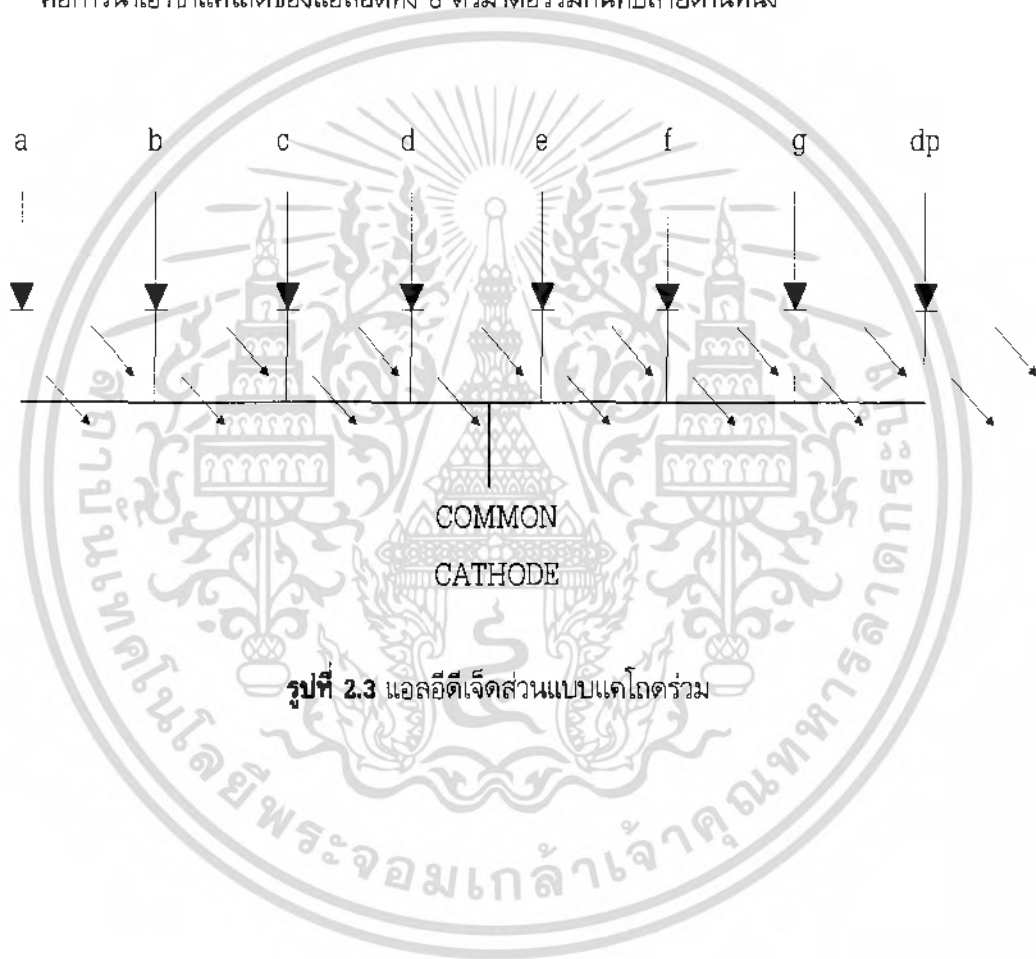
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอลอีดีเจ็ดส่วนที่มีขายอยู่ในท้องตลาดทั่วไปมีอยู่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งจะต้องเลือกขนาดและคุณสมบัติให้เหมาะสมกับงานนั้นๆ รวมถึงจะต้องคำนึงถึงแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่จะไปขับให้แอลอีดีเจ็ดส่วนแสดงผลออกมาให้มีความสว่างชัดเจนต่อการมองเห็นอีกด้วย

2.3.1 รูปแบบของแอลอีดีเจ็ดส่วนมีอยู่ 2 แบบคือ

2.3.1.1 แบบแคโทดร่วม (Common - cathode)

คือการนำเอาขาแคโทดของแอลอีดีทั้ง 8 ตัวมาต่อรวมกันที่ปลายด้านหนึ่ง

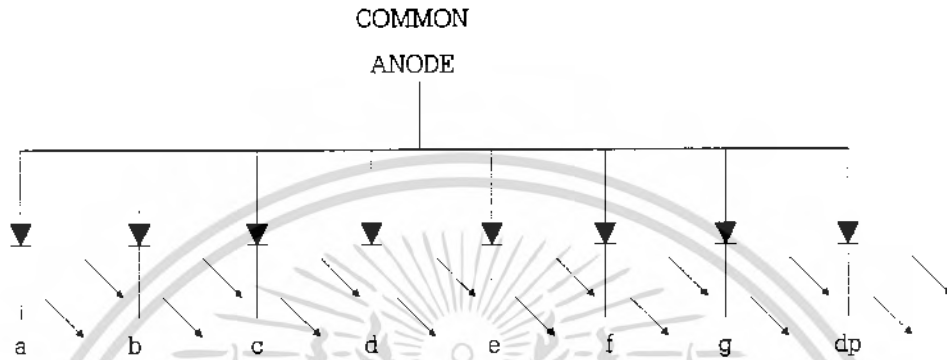


รูปที่ 2.3 แอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2. แบบแอโนดร่วม (Common - anode)

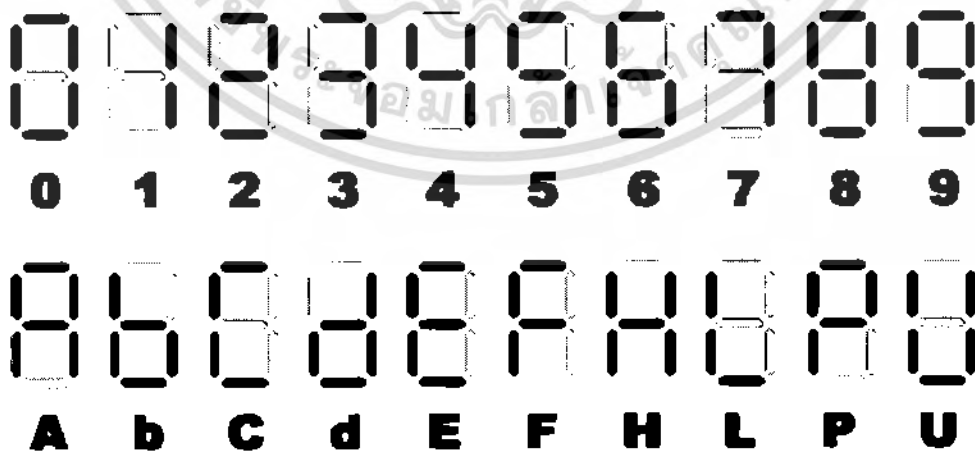
คือการนำเอาขาแอโนดของแอลอีดีทุกตัวมาต่อเป็นจุดรวมกันที่ปลายด้านหนึ่ง



รูปที่ 2.4 แอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแอโนดร่วม

2.3.2 รูปแบบการแสดงผลของแอลอีดีเจ็ดส่วน

อย่างที่กล่าวมาแล้วว่า แอลอีดีเจ็ดส่วนนิยมใช้ในการแสดงผลเป็นตัวเลขคือ 0 ถึง 9 และสามารถแสดงเป็นตัวอักษรได้บางตัวอักษรแล้วแต่ว่าจะประดิษฐ์เป็นตัวอักษรตัวใดดังรูปที่ 2.5 แสดงลักษณะการแสดงผลในรูปแบบต่างๆ



รูปที่ 2.5 ลักษณะการแสดงผลในรูปแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการต่อใช้งานจะเชื่อมต่อแต่ละเซกเมนต์เข้ากับข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแต่ละบิตจะต่อกับขาของหลอดแอลอีดีเจ็ดส่วน เมื่อต้องการให้แอลอีดีเจ็ดส่วนแสดงตัวเลขหรือตัวอักษรต่างๆ เราจะต้องส่งข้อมูลให้แต่ละเซกเมนต์สว่างหรือดับโดยให้ประกอบเป็นตัวอักษรต่างๆ ดังนั้นข้อมูลที่ส่งไปยังพอร์ตจะเป็นตัวกำหนดตัวอักษรที่จะแสดงบนแอลอีดีเจ็ดส่วน ตัวอักษรและค่าต่างๆ ที่ส่งออกมาจะมีความสัมพันธ์ ในตารางที่ 2.1 เป็นการกำหนดตำแหน่งบิตของข้อมูลแต่ละตำแหน่งของเซกเมนต์ โดยในการที่นี้ยกตัวอย่างมาด้วยกัน 2 รูปแบบซึ่งการกำหนดตำแหน่งของแอลอีดีเจ็ดส่วน ในการใช้งานจริงอาจจะมีรูปแบบไม่ตรงกับที่ยกตัวอย่างซึ่งในการประยุกต์ใช้งานจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของฮาร์ดแวร์ (Hardware) ที่ต่อร่วมด้วย

ตารางที่ 2.1 ตำแหน่งขาของเซกเมนต์ที่ต่อเข้ากับพอร์ต

ตำแหน่งบิต	P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0
ตำแหน่งเซกเมนต์	a	b	c	d	e	f	g	dp

ตารางที่ 2.2 ตำแหน่งขาของเซกเมนต์ที่ต่อเข้ากับพอร์ต

ตำแหน่งบิต	P1.7	P1.6	P1.5	P1.4	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0
ตำแหน่งเซกเมนต์	dp	g	f	e	d	c	b	a

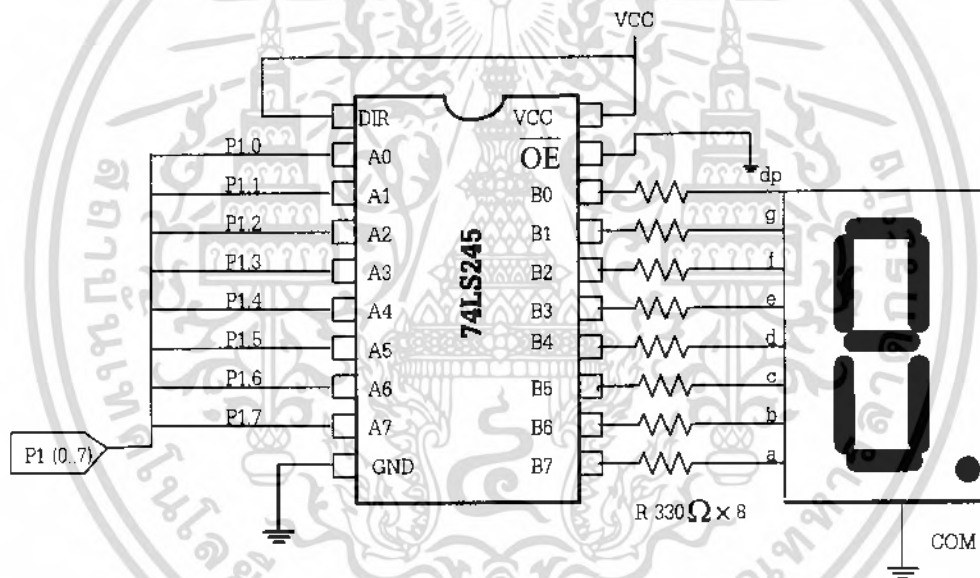
2.3.4 การขับแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบหลักเดียว

ในการต่อใช้งานแอลอีดีเจ็ดส่วนกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จำเป็นจะต้องมีไอซี ที่ทำหน้าที่บัฟเฟอร์ (Buffer) กันระหว่างชุดไมโครคอนโทรลเลอร์กับชุดแสดงผลแอลอีดีเจ็ดส่วนในตัวอย่างนี้คือ 74LS245 เนื่องจากกระแสที่จ่ายออกมาจากทางด้านเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์มีไม่มากนักอาจจะเพียงพอสำหรับการขับแอลอีดีแต่จะมีความสว่างน้อย ซึ่งไอซีบัฟเฟอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ เมื่อได้รับลอจิก "1" ตัวอย่างเช่น เมื่อ P1.7 มีลอจิก "1" เข้ามาที่ขา A0 ตัวไอซีบัฟเฟอร์ก็จะจ่ายแรงดันไฟ 5 โวลต์ให้กับขา B0 และส่งผลให้แอลอีดีเจ็ดส่วน ส่วนของ dp สว่าง อีกกรณีหนึ่งคือเมื่อ P1.7 มีลอจิก "0" เข้ามาที่ขา A0 ตัวไอซีบัฟเฟอร์ก็จะจ่ายลอจิก "0" หรือ กราวด์ ให้กับขา B0 ทำให้แอลอีดีเจ็ดส่วน ส่วนของ dp ดับ

ตารางที่ 2.3 การควบคุมการทำงานของ 74LS245

CONTROL INPUT		OPERATION
OE	DIR	
L	L	B Data to A Bus
L	H	A Data to B Bus
H	X	Isolation

ประโยชน์อีกประการหนึ่งของตัวไอซีบัฟเฟอร์คือจะเป็นตัวป้องกันสัญญาณรบกวนต่างๆ ที่จะเข้ามาสู่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.6 การเชื่อมต่อแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วม

จากรูปที่ 2.6 เราสามารถทำการแปลงข้อมูลจากฮาร์ดแวร์ที่ต่อเป็นข้อมูลที่จะใช้ในการแสดงผลเลข 0 - 9 ได้ดังตารางที่ 2.4 ถึงตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลการแสดงผล 0 - 9 ของแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วม

dp	g	f	E	d	c	b	a	เลขฐานสิบหก (Hexadecimal Code)	เลขฐานสิบ (Decimal Code)
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
0	0	0	0	0	0	0	0	00H	-
0	0	1	1	1	1	1	1	3FH	0
0	0	0	0	0	1	1	0	06H	1
0	1	0	1	1	0	1	1	5BH	2
0	1	0	0	1	1	1	1	4FH	3
0	1	1	0	0	1	1	0	66H	4
0	1	1	0	1	1	0	1	6DH	5
0	1	1	1	1	1	0	1	7DH	6
0	0	0	0	0	1	1	1	07H	7
0	1	1	1	1	1	1	1	7FH	8
0	1	1	0	1	1	1	1	6FH	9

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลการแสดงผล 0 - 9 ของแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วม

a	b	c	D	e	f	g	dp	เลขฐานสิบหก (Hexadecimal Code)	เลขฐานสิบ (Decimal Code)
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
0	0	0	0	0	0	0	0	00H	-
1	1	1	1	1	1	0	0	3FH	0
0	1	1	0	0	0	0	0	60H	1
1	1	0	1	1	0	1	0	DAH	2
1	1	1	1	0	0	1	0	F2H	3
0	1	1	0	0	1	1	0	66H	4
1	0	1	1	0	1	1	0	B6H	5
1	0	1	1	1	1	1	0	BEH	6
1	1	1	0	0	0	0	0	E0H	7
1	1	1	1	1	1	1	0	FEH	8
1	1	1	1	0	1	1	0	F6H	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลการแสดงผล 0 - 9 ของแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแอนโดรรม

dp	g	f	E	d	c	b	a	เลขฐานสิบหก (Hexadecimal Code)	เลขฐานสิบ (Decimal Code)
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
1	1	1	1	1	1	1	1	FFH	-
1	1	0	0	0	0	0	0	C0H	0
1	1	1	1	1	0	0	1	F9H	1
1	0	1	0	0	1	0	0	A4H	2
1	0	1	1	0	0	0	0	B0H	3
1	0	0	1	1	0	0	1	99H	4
1	0	0	1	0	0	1	0	92H	5
1	0	0	0	0	0	1	0	82H	6
1	1	1	1	1	0	0	0	F8H	7

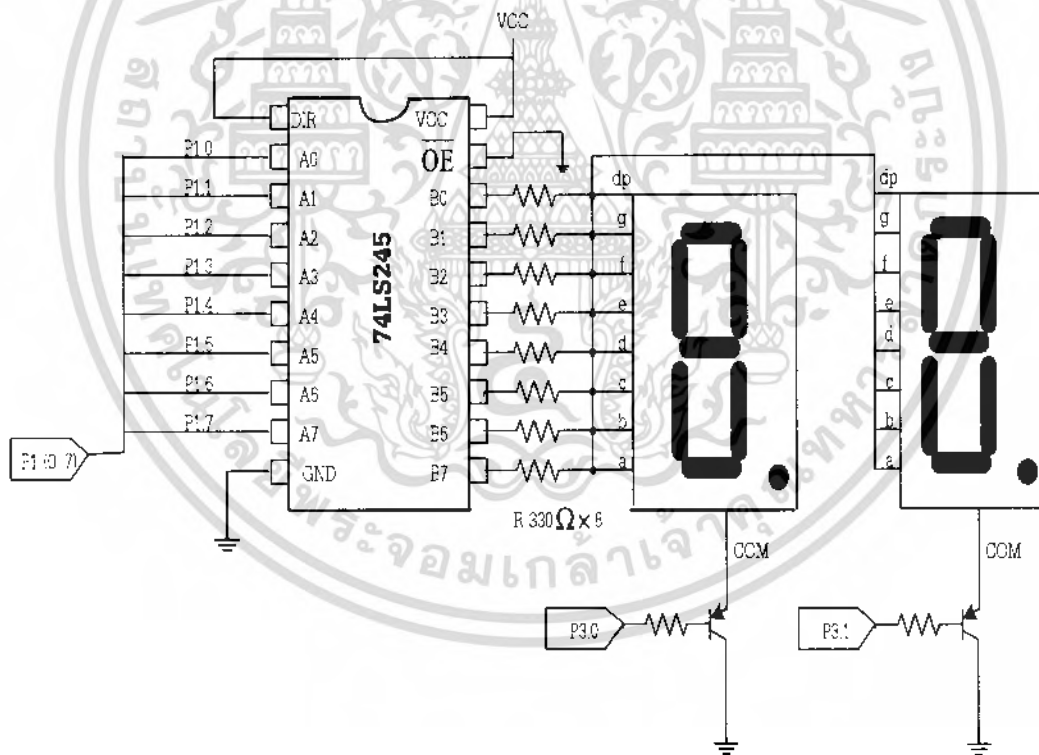
ตารางที่ 2.7 ข้อมูลการแสดงผล 0 - 9 ของแอลอีดีเจ็ดส่วนแบบแอ็อดรรม

dp	g	f	E	d	c	b	a	เลขฐานสิบหก (Hexadecimal Code)	เลขฐานสิบ (Decimal Code)
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
1	1	1	1	1	1	1	1	FFH	-
0	0	0	0	0	0	1	1	03H	0
1	0	0	1	1	1	1	1	9FH	1
0	0	1	0	0	1	0	1	25H	2
0	0	0	0	1	1	0	1	0DH	3
1	0	0	1	1	0	0	1	99H	4
0	1	0	0	1	0	0	1	49H	5
0	1	0	0	0	0	0	1	41H	6
0	0	0	1	1	1	1	1	1FH	7
0	0	0	0	0	0	0	1	01H	8
0	0	0	0	1	0	0	1	09H	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การขับแอลอีดีเจ็ดส่วนหลายหลักแบบมัลติเพล็กซ์

การติดต่อกับแอลอีดีเจ็ดส่วนที่มีมากกว่า 1 หลัก จะนิยมใช้วิธีการควบคุมขาคอมมอนของแอลอีดีเจ็ดส่วนให้แสดงผลหรือไม่แสดงผล โดยการกำหนดให้แอลอีดีเจ็ดส่วนแสดงผลทีละ 1 หลัก เรียงตามลำดับกันไป ในอัตราความเร็วที่ตามนุษย์ไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ทัน ดังรูปที่ 2.8 เป็นการต่อใช้งานแอลอีดีเจ็ดส่วนจำนวน 2 หลัก (DSP1 และ DSP2) โดยขาของข้อมูล (dp และ a) ทั้ง 2 หลักต่อถึงกันและต่อเข้ากับเอาต์พุตของ 74LS245 ที่รับอินพุตมาจากพอร์ต P1 ส่วนขาคอมมอนจะต่อแยกกันโดยเข้าขาอิมิตเตอร์ (Emitter) ของทรานซิสเตอร์ (Transistor) และขาเบส (Base) ต่อเข้ากับพอร์ต P3.0 และ P3.1 เพื่อใช้ควบคุมการทำงาน เมื่อต้องการให้แอลอีดีเจ็ดส่วนหลักใดติดจะต้องทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน โดยการป้อนลอจิก "0" ให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ในหลักนั้น เช่น ถ้าต้องการให้แอลอีดีเจ็ดส่วน หลัก DSP1 ติดหลักเดียวให้ใช้คำสั่ง CLR P3.0 และ SETB P3.1 จากนั้นก็ส่งข้อมูลที่ต้องการให้แสดงผลออกมาที่พอร์ต P1



รูปที่ 2.7 การต่อใช้งานแอลอีดีเจ็ดส่วนจำนวน 2 หลักแบบมัลติเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 การควบคุมแอลอีดีเจ็ดส่วนหลักต่างๆ

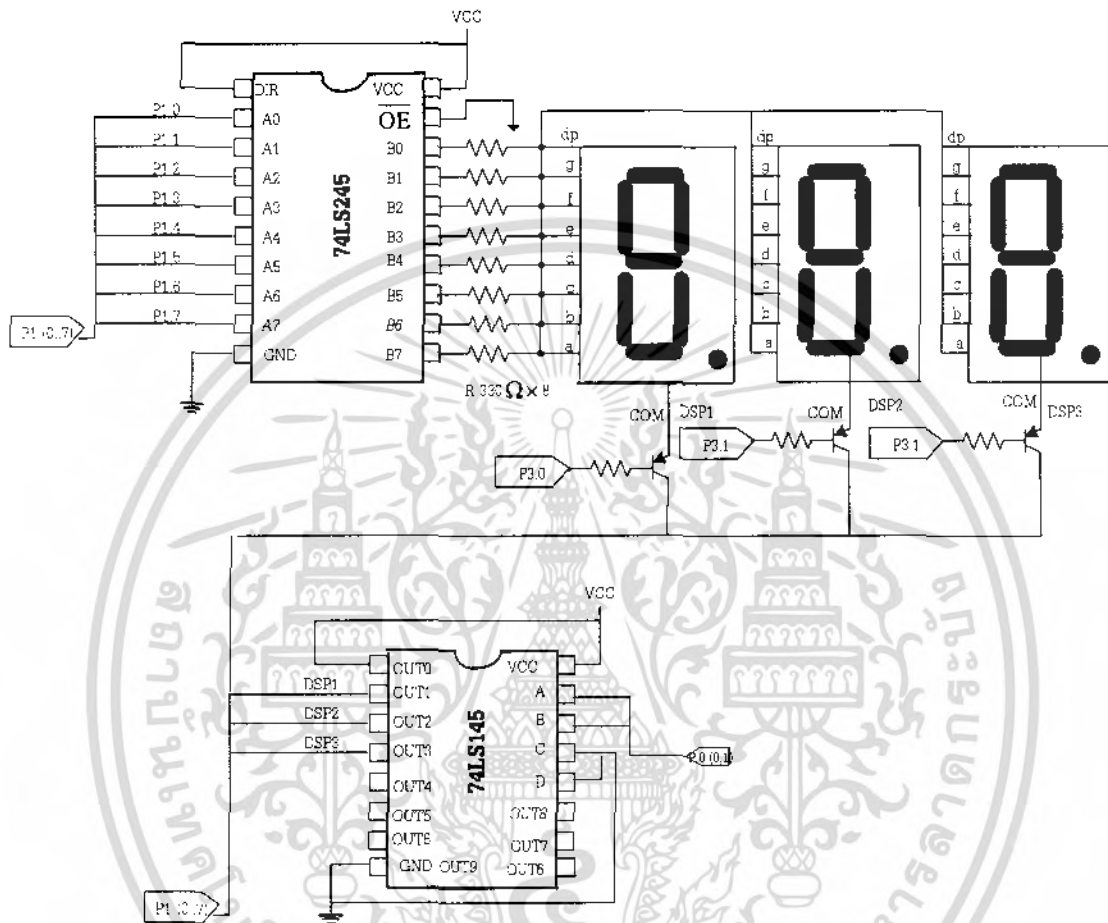
P3.0	P3.1	7 - Segment DSP1	7 - Segment DSP1
0	0	ทำงาน	ทำงาน
0	1	ทำงาน	ไม่ทำงาน
1	0	ไม่ทำงาน	ทำงาน
1	1	ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน

การแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์มีประโยชน์หลายประการดังนี้

1. ช่วยลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ทำให้ขนาดของแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าเล็กลง ส่งผลให้ขนาดโดยรวมของระบบเล็กลงด้วย
2. ช่วยให้ประหยัดพอร์ตที่ต่อใช้งาน เนื่องจากเพิ่มจำนวนขาสัญญาณที่นำมาต่อควบคุมขาคอมมอนเท่านั้น ส่วนข้อมูลใช้เท่าเดิม
3. ลดจำนวนตัวต้านทานจำกัดกระแสของแอลอีดีในแต่ละส่วน ยกตัวอย่างเช่น แอลอีดีเจ็ดส่วนหนึ่งหลักต้องใช้ตัวต้านทานจำกัดกระแส 8 ตัว ถ้าหากขับแอลอีดีเจ็ดส่วน 3 หลักโดยตรงต้องใช้ตัวต้านทานมากถึง 24 ตัว ในขณะที่หากใช้วิธีการแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ ยังคงใช้ตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสให้แอลอีดีในแต่ละเซกเมนต์เพียง 8 ตัว ไม่ว่าจะขับกี่หลักก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง การต่อใช้งานแอลอีดีเจ็ดส่วนจำนวน 3 หลักแบบมัลติเพล็กซ์



รูปที่ 2.8 การต่อใช้งานแอลอีดีเจ็ดส่วนจำนวน 3 หลักแบบมัลติเพล็กซ์

ในรูปที่ 2.8 เป็นการต่อใช้งานแอลอีดีเจ็ดส่วนจำนวน 3 หลักแบบมัลติเพล็กซ์ โดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS145 เป็นตัวควบคุมการทำงานของแอลอีดีในแต่ละหลัก ในตารางที่ 2.9 เป็นตารางการทำงานของไอซีเบอร์ 74LS145

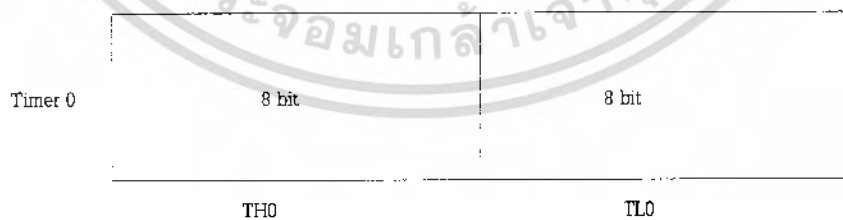
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 การทำงานของ 74LS145

INPUT				OUTPUT									
D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

2.4 ไทเมอร์และเคาน์เตอร์

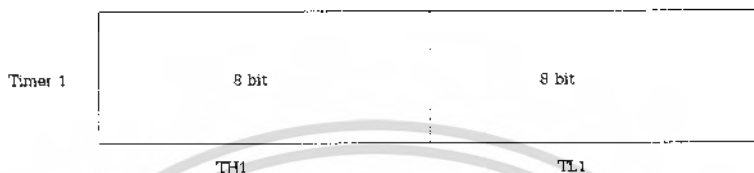
รีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับไทเมอร์/เคาน์เตอร์ของ 8051



รูปที่ 2.9 รีจิสเตอร์ของไทเมอร์ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8051 มีไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต คือ Timer 0 (T0) และ Timer1 (T1) ซึ่งแต่ละตัวจะสามารถทำงานได้อย่างอิสระ ภายในไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ จะถูกแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต จำนวน 2 ตัว คือ THX และ TLX ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.10 รีจิสเตอร์ของไทมเมอร์ 1 (Timer 1)

ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ทั้ง 2 ตัวจะถูกควบคุมการทำงานโดยรีจิสเตอร์ TCON (Timer/Counter Control Register) และ TMOD (Timer/Counter Mode Register) โดยรายละเอียดของรีจิสเตอร์แต่ละตัวจะมีดังนี้

รีจิสเตอร์ TCON อยู่ที่แอดเดรส 088H มีรายละเอียดดังนี้คือ

	7	6	5	4	3	2	1	0
TCON	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

รูปที่ 2.11 รีจิสเตอร์ TCON

รายละเอียดในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์มีดังนี้คือ

ตารางที่ 2.10 รายละเอียดในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON

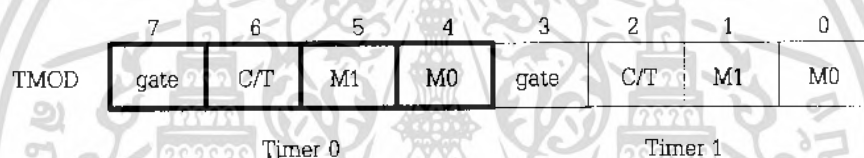
บิตที่	สัญลักษณ์	รายละเอียด
7	TF1	จะเป็น "1" เมื่อ Timer 1 เกิดโอเวอร์โฟลว์และจะถูกเคลียร์ให้เป็น "0" เมื่อกลับจากโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์หรือใช้โปรแกรมสั่ง
6	TR1	ถ้าเป็น "1" จะทำให้ Timer 1 นับและถ้าเป็น "0" Timer 1 จะหยุดนับ
5	TF0	จะเป็น "1" เมื่อ Timer 0 เกิดโอเวอร์โฟลว์และจะถูกเคลียร์ให้เป็น "0" เมื่อกลับจากโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพท์หรือใช้โปรแกรมสั่ง
4	TR0	ถ้าเป็น "1" จะทำให้ Timer 0 นับและถ้าเป็น "0" Timer 0 จะหยุดนับ

ตารางที่ 2.10 (ต่อ) รายละเอียดในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TCON

บิตที่	สัญลักษณ์	รายละเอียด
3	IE1	ยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์จากภายนอกผ่านขา INT1
2	IT1	ใช้ในการควบคุมสัญญาณที่มากระตุ้นที่ขา INT1
1	IE0	ยอมให้มีการอินเตอร์รัพท์จากภายนอกผ่านขา INTO
0	IT0	ใช้ในการควบคุมสัญญาณที่มากระตุ้นที่ขา INTO

และรีจิสเตอร์อีกตัวหนึ่งที่ใช้กับไทมเมอร์ คือ

รีจิสเตอร์ TMOD อยู่ที่แอดเดรส 089H ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.12 รีจิสเตอร์ TMOD

รายละเอียดในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์มีดังนี้คือ

ตารางที่ 2.11 รายละเอียดในแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ TMOD

บิตที่	สัญลักษณ์	รายละเอียด
7	gate	ถ้าเป็น "1" จะใช้ INT1 ควบคุม
6	C/T	ถ้าเป็น "0" จะทำให้ Timer รับสัญญาณจากขา OSC ถ้าเป็น "1" จะทำให้ Counter รับสัญญาณจากขา T1
5	M1	ใช้ร่วมกับ M0 ในการเลือกโหมดของ Timer 1
4	M0	ใช้ร่วมกับ M1 ในการเลือกโหมดของ Timer 1
3	gate	ถ้าเป็น "1" จะใช้ INTO ควบคุม
2	C/T	ถ้าเป็น "0" จะทำให้ Timer รับสัญญาณจากขา OSC ถ้าเป็น "1" จะทำให้ Counter รับสัญญาณจากขา T1
1	M1	ใช้ร่วมกับ M0 ในการเลือกโหมดของ Timer 0
0	M0	ใช้ร่วมกับ M1 ในการเลือกโหมดของ Timer 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโหมดของไทมเมอร์/เคาน์เตอร์มีรายละเอียดตามตารางที่ 2.12

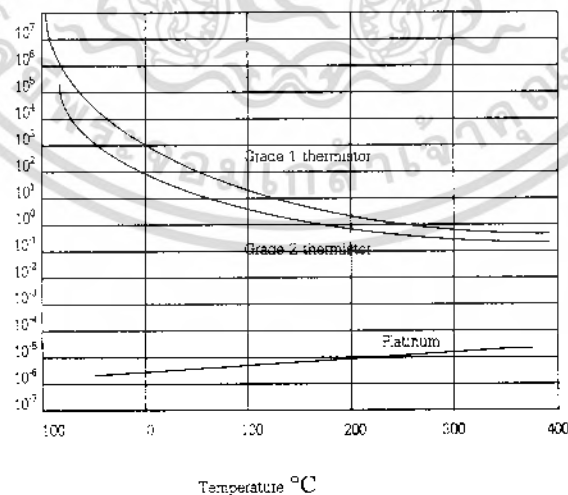
ตารางที่ 2.12 รายละเอียดของการเซตบิต M1 และ M0 ช่องแต่ละโหมด

M1	M0	โหมด
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

2.5 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors)

เทอร์มิสเตอร์เป็นตัวความต้านทานที่ไวต่อความร้อน ทำจากวัสดุกึ่งตัวนำคล้ายกระเบื้อง ไม่เหมือนกับโลหะ เทอร์มิสเตอร์ ตอบสนองต่ออุณหภูมิเชิงลบ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความต้านทานเทอร์มิสเตอร์ลดลง ดังรูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ อุณหภูมิ - ความต้านทาน โดยทั่วไป

ปรกติเทอร์มิสเตอร์ ประกอบด้วยออกไซด์ของ แมงกานีส (manganese) นิกเกิล (nickel) และโคบอลต์ (cobalt) ในสูตรผสม มีความต้านทาน 100 ถึง 450,000 W-cm ในงานอุณหภูมิต่ำมาก (cryogenic) จะใช้เยอรมาเนียมโด๊ป (doped germanium) และ แก้วชุบคาร์บอน (carbon-impregnated glass) เทอร์มิสเตอร์



รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ อุณหภูมิ-ความต้านทาน ของเทอร์มิสเตอร์ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 ข้อมูลจำเพาะของเทอร์มิสเตอร์ทั่วไป

Type	Resistance			Approximate Maximum Continuous Temperature, 0°C
	At 0°C	At 25°C	At 50°C	
Bread	165 kΩ	60 kΩ	25 kΩ	-
Glass-coated bread	8.8 kΩ	3.1 kΩ	1.3 kΩ	300
Washer	28.3 Ω	10 Ω	4.1 Ω	150
Washer	3270 Ω	1000 Ω	360 Ω	150
Rod	103 kΩ	31.5 kΩ	11.3 kΩ	150
Rod	327 kΩ	100 kΩ	36 kΩ	150
Disk	283 Ω	100 Ω	40.7 Ω	125

ฟังก์ชัน อุณหภูมิ - ความต้านทาน สำหรับ เทอร์มิสเตอร์ เป็นดังสมการที่

$$R = R_0 \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \quad (2.1)$$

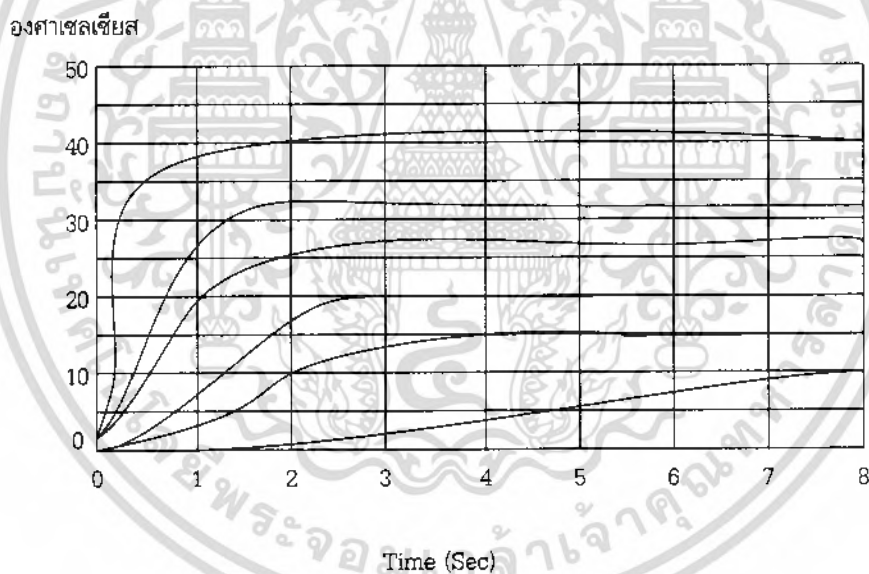
ซึ่ง R = ความต้านทาน ที่อุณหภูมิใด ๆ T , เป็น K_1
 R_0 = ความต้านทาน ที่อุณหภูมิอ้างอิง T_0 , เป็น K_1
 β = ค่าคงที่

ค่าคงที่ β ขึ้นกับ สูตรผสมเทอร์มิสเตอร์และชั้นคุณภาพเมื่อใช้เทอร์มิสเตอร์ในวงจรไฟฟ้า ปรกติจะมีกระแสไหลผ่านมันเกิดความร้อนโอห์มิกจากความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ ทำให้อุณหภูมิของส่วนปฐมสูงขึ้น ในปริมาณที่ขึ้นอยู่กับอัตราการระบายความร้อนออก สำหรับสภาวะแวดล้อมหนึ่ง อุณหภูมิจะเกิดสมดุลที่ค่าความต้านทานค่าหนึ่ง โดยการประยุกต์เทอร์มิสเตอร์และวงจรไฟฟ้าที่เหมาะสม อาจใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวัดหรือควบคุมอุณหภูมิได้ นอกจากนี้ยังใช้ประโยชน์สำหรับการชดเชยวงจรไฟฟ้าจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อมอย่างมาก เพราะว่าคุณลักษณะอุณหภูมิเชิงลบของเทอร์มิสเตอร์ตรงกันข้ามกับคุณลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิเชิงบวกที่มีอยู่ในชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ การทำงานหน่วงเวลาในช่วงค่อนข้างกว้าง ก็เป็นไปได้เช่นกัน โดยการปรับสภาพสมดุลสภาวะทางไฟฟ้าและความร้อน รูปที่ 2.15 แสดงคุณลักษณะตอบสนองภาวะร้อนเองของเทอร์มิสเตอร์โดยทั่วไป แน่นอนว่า สภาพแวดล้อม (ภาวะการถ่ายเทความร้อน) เป็นองค์ประกอบหลักในการใช้งานจริง เทอร์มิสเตอร์อาจมีขนาดค่อนข้างเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร) ทำให้การตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแวดล้อม ค่อนข้างเร็ว

โดยธรรมชาติที่มีความไวสูง ของเทอร์มิสเตอร์ ทำให้สามารถใช้วงจรไฟฟ้าง่าย ๆ สำหรับการวัดอุณหภูมิ โอห์มมิเตอร์ทั่วไปอาจใช้วัดได้ด้วยขีดความแม่นยำตามความสามารถของมิเตอร์เอง ที่ใช้บ่อยจะเป็นรูปแบบบริดจ์ความต้านทานแบบต่าง ๆ อาจเป็นบริดจ์แบบสมดุลศูนย์ หรือแบบเบี่ยง วงจรบัลลาสต์อย่างง่ายสามารถใช้งานได้เช่นกัน ในบางกรณี ใช้วงจรปรับเชิงเส้นพิเศษ (linearizing) เพื่อให้คักดาเอาท์พุทแปรเป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ.



รูปที่ 2.14 ความสัมพันธ์ กระแส-เวลาสำหรับเทอร์มิสเตอร์โดยทั่วไป

จากการใช้คุณลักษณะ ความต้านทาน-อุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์อย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับการถ่ายเทความร้อนแบบควบคุม ได้มีการใช้เทอร์มิสเตอร์สำหรับวัดปริมาณหลายอย่าง รวมถึง ความดัน ระดับของเหลว กำลัง และใช้สำหรับควบคุมอุณหภูมิ เวลา (จากการใช้คุณลักษณะหน่วงเวลา (delay) ร่วมกับการผลัดถ่าย (relays)) ป้องกันการเกิน อุปกรณ์เตือนภัย ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถผลิตเทอร์มิสเตอร์ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นบวกมีค่าสูงได้ โดยการเปลี่ยนส่วนผสม บางครั้ง เช่น เซอร์ PTC (positive temperature coefficient) เหล่านี้ทำจากออกไซด์สารกึ่งตัวนำที่มี แบเรียมไททาเนตเป็นส่วนผสมหลัก บางครั้งก็ทำจากซิลิกอนไดออกไซด์อย่างหนัก เซอร์ PTC ให้ค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นอย่างมหาศาลเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงความต้านทานนี้สามารถจัดทำให้เหมาะสม โดยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีที่ค่าอุณหภูมิกำหนดได้ ซึ่งทำให้ เทอร์มิสเตอร์ PTC สามารถใช้ประโยชน์เป็นส่วนป้อนของสวิตช์ควบคุมอุณหภูมิ ด้วยลักษณะร้อนเองแบบโอห์มิก ทำให้สามารถนำไปใช้งาน เป็นอุปกรณ์จำกัดกระแสได้เช่นกัน

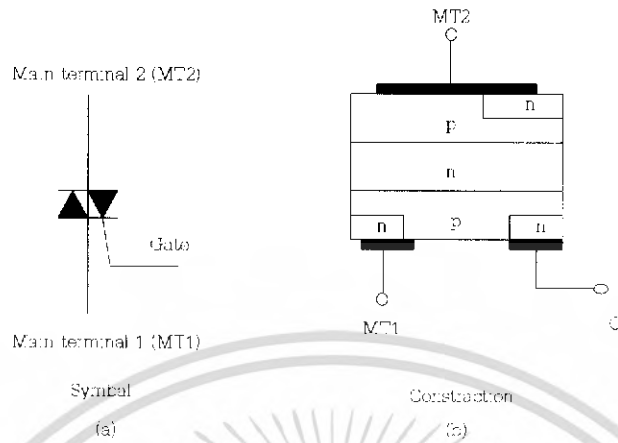
2.6 ไตรแอก (TRIAC)

ไตรแอกเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่รู้จักกันแพร่หลาย และมักรู้จักกันว่า ไตรแอกสามารถนำมาใช้เป็น หลีไฟหรือใช้ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับได้

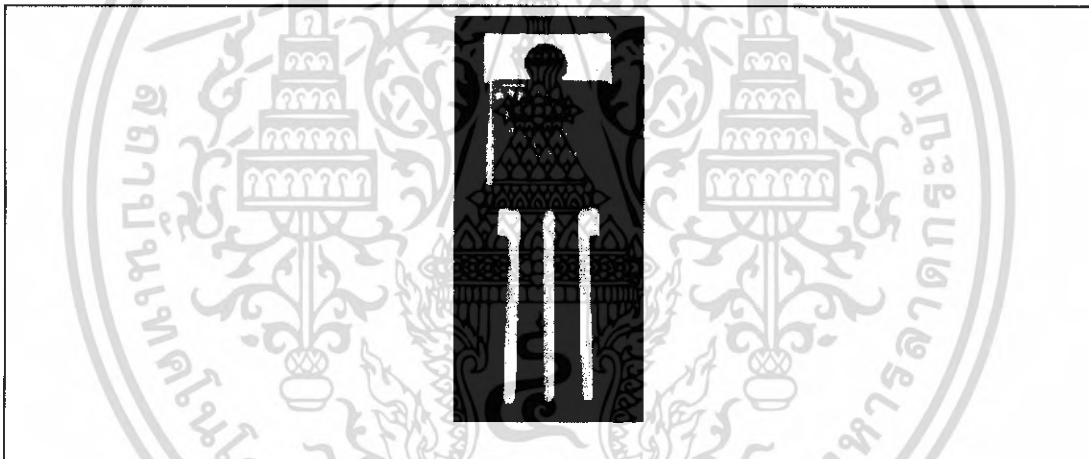
อุปกรณ์ไตรแอกเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีขาต่อ 3 ขา เรียกขาใช้งานขาต่างๆ ดังนี้ ขาแอโนด 2 (ANODE 2) ใช้ตัวย่อ A_2 หรือเรียกอีกอย่างว่าขาเมน เทอร์มินอล 2 (MAIN TERMINAL 2) ใช้ตัวย่อ MT_2 ขาแอโนด 1 (ANODE 1) ใช้ตัวย่อ A_1 หรือเรียกอีกอย่างว่าขาเมน เทอร์มินอล 1 (MAIN TERMINAL 1) ใช้ตัวย่อ MT_1 และขาเกต (GATE) ใช้ตัวย่อ G โดยมีสัญลักษณ์และรูปร่างของไตรแอก ดังแสดงในรูปที่ 2.19 ไตรแอกจะเป็นตัวทำหน้าที่คล้ายๆ กับสวิตช์ไฟฟ้าสำหรับกระแสสลับแต่มีข้อดีกว่า สวิตช์ที่สวิตช์ธรรมดาทำไม่ได้ธรรมดา คือ

1. การเปิดปิดวงจรไฟฟ้าของไตรแอกควบคุมได้ง่าย โดยให้พลังงานเพียงเล็กน้อยเข้าทางขั้วเกต เท่านั้น
2. ไม่มีการกระทบกระทั่งของหน้าสัมผัสที่เป็นโลหะเหมือนสวิตช์ธรรมดา เพราะไตรแอกอาศัย หลักการนำกระแสของสารกึ่งตัวนำ
3. จังหวะการเปิดปิดวงจรของไตรแอกเร็วกว่าสวิตช์ธรรมดาหลายเท่า จึงทำให้สามารถควบคุมวงจรได้ด้วยหลักการของสวิตช์ซิ่ง (switching)

โครงสร้างของไตรแอกประกอบด้วยรอยต่อสามรอยต่อ เช่นเดียวกับเอสซีอาร์ (SCR) แต่มีลักษณะทางโครงสร้างบางอย่างที่แตกต่างกับเอสซีอาร์ คือ ส่วนของขา G จะเป็นชั้นของสารกึ่งตัวนำที่ต่ออยู่โดยมี บางส่วนของสารกึ่งตัวนำกับขา MT_2 แสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.15 สัญลักษณ์และโครงสร้างของไทรแอก



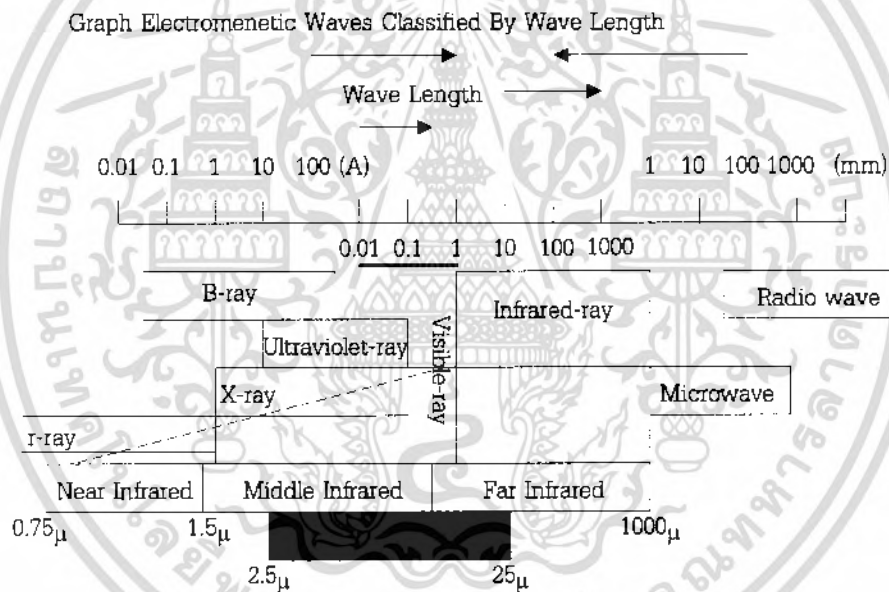
รูปที่ 2.16 รูปร่างของไทรแอก

ถ้าพิจารณาจากลักษณะโครงสร้างของไทรแอกเมื่อเปรียบเทียบกับเอสซีอาร์แล้วจะเห็นว่ามีส่วนที่แตกต่างกันอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนของสารกึ่งตัวนำทางด้านปลายที่จะต่อกับขา MT_2 , MT_1 และ G ดังตัวอย่างเช่น ที่ขา MT_2 จะสัมผัสกับเนื้อสารทั้งส่วนของสารพี (P) และสารเอ็น (N) โดยส่วนของสารเอ็นจะยังแบ่งอยู่ในส่วนของสารพี เช่นเดียวกับขา MT_1 และขา G ก็ต่อสัมผัสกับส่วนของสารกึ่งตัวนำทั้งชนิดพีและชนิดเอ็น ทั้งอยู่ในส่วนของเนื้อสารพี การที่ต้องกระทำเช่นนี้ก็เพื่อให้ไทรแอกทำงานได้ทั้งทางด้านบวกและทางด้านลบของไฟสลับเพราะจะทำให้ลักษณะของไทรแอกเหมือนกับเอสซีอาร์สองตัวหันหัวข้างละตัว และจะสามารถทริกการทำงานด้วยกระแสบวกหรือลบก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 รังสีอินฟราเรด (Infrared ray)

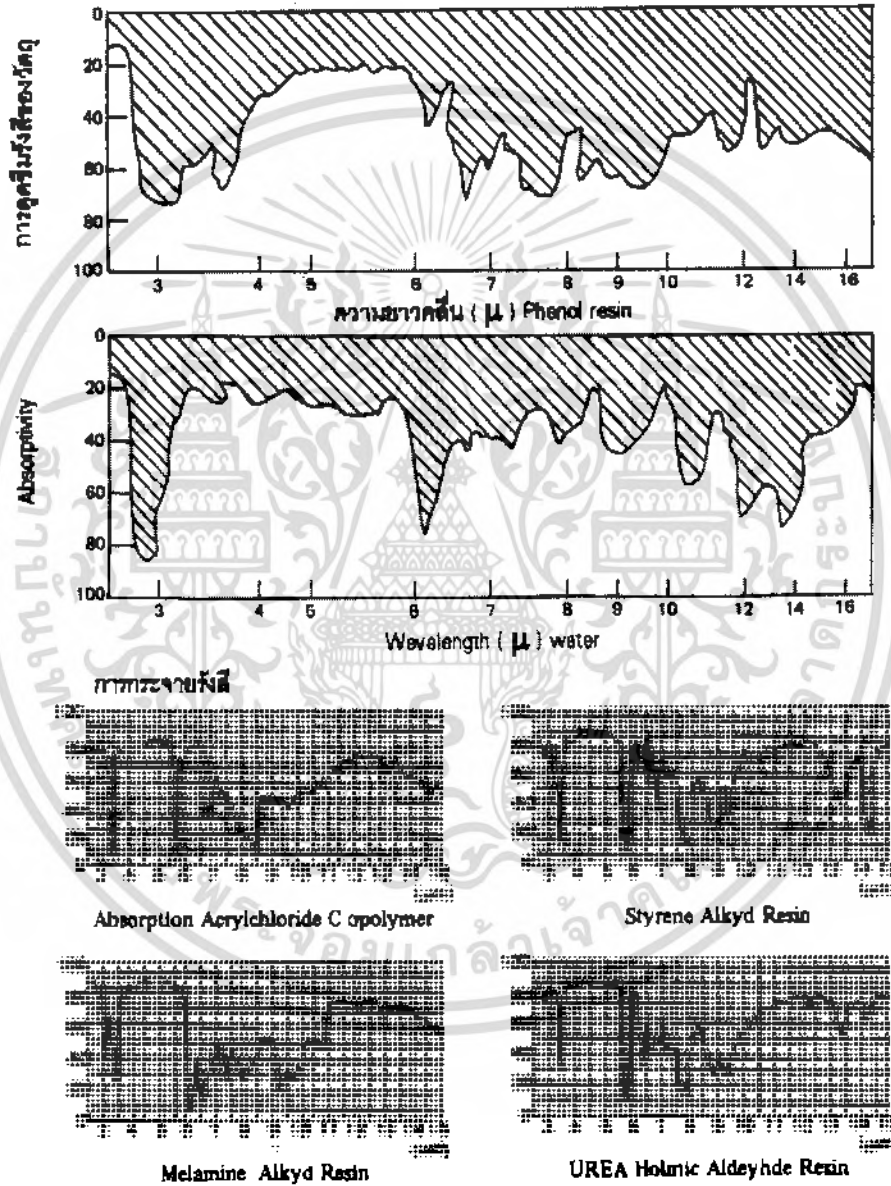
ถ้ามองดูแสงอาทิตย์ผ่านแท่งปริซึม (Prism) จะเห็นสายรุ้งสีต่างๆ 7 สี ตามลำดับคือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง ซึ่งรวมเป็นแสงแดดที่มองเห็นได้ สีเหล่านี้คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.22μ และ 0.72μ นั่นเอง และเป็นที่ยู้งกันอยู่ทั่วไปว่ายังมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองไม่เห็นอยู่อีกเรียกว่ารังสีอุลตราไวโอเล็ตและรังสีอินฟราเรด รังสีอินฟราเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความยาวคลื่น $7,800 - 420,000 \text{ }^{\circ}\text{A}$ รังสีอินฟราเรดแบ่งได้เป็น 2 ช่วงคือ Near Infrared ซึ่งมีความยาวคลื่น $7,700 - 14,000 \text{ }^{\circ}\text{A}$ และ Far Infrared $14,000 - 2,220,000 \text{ }^{\circ}\text{A}$ ดังรูปที่ 2.20 แสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งตามระดับความยาวคลื่น



รูปที่ 2.17 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งตามระดับความยาวคลื่น

ความสามารถของแสงอาทิตย์ที่ทำให้มนุษย์ร้อนส่วนใหญ่จะเกิดจากการกระทำของรังสีอินฟราเรด และรังสีที่มองเห็นได้ ความสามารถในการรับอุณหภูมิของวัตถุที่เป็นเป้าหมายจะเพิ่มขึ้นอย่างรุนแรง ถ้าความถี่ของการสั่นสะเทือนของโมเลกุลในวัตถุนั้นเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ความถี่ของรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมา มิฉะนั้นพลังงานที่ได้จากการแผ่รังสีนี้อาจถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์น้อยกว่าที่ควร

เมื่อโมเลกุลของวัตถุที่กำลังสันสะท้อนได้รับรังสีอินฟราเรดในระดับความยาวคลื่นที่เหมาะสม วัตถุ นั้น ดูดซึมความร้อนเข้าไปทำให้โมเลกุลเกิดการสันสะท้อนเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ผลที่ตามมาก็คือ กระบวนการเกิดความร้อนภายในวัตถุเองจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น



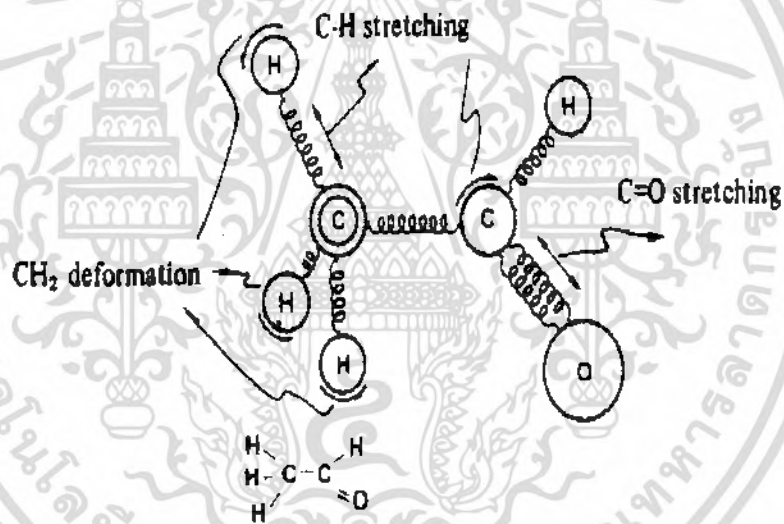
รูปที่ 2.18 การดูดซึมรังสีอินฟราเรดของสสารต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 การสั่นสะเทือนของโมเลกุลและการดูดซึ่มรังสีอินฟราเรด

โมเลกุลของสารทุกชนิดประกอบด้วยอะตอมจำนวนมากรวมกันด้วย ปฏิกริยาทางเคมีรวมขึ้นเป็นโมเลกุล การเชื่อมโยงทางเคมีมีหน้าที่เหมือนสปริงและอะตอมเปรียบเสมือนลูกบอลที่ผูกอยู่ปลายขดลวดสปริง มันจะยืดตัวเข้าออก การสั่นสะเทือนตามแนวยาวหรือเปลี่ยนทิศทางการขยับข้างขวาบ้างตลอดเวลา เรียกว่า การสั่นสะเทือนเปลี่ยนรูป ดังรูปที่ 2.19

ช่วงเวลาการสั่นสะเทือนของขดลวดสปริงแต่ละตัวมิได้ขึ้นอยู่กับประเภทของสารเคมีเพียงอย่างเดียว เช่น $C=O$ หรือ $C-H$ แต่ขึ้นอยู่กับผลรวมทั้งหมดของโมเลกุล จากการอธิบายด้วยภาพขดลวดสปริงและลูกบอล จะเห็นว่าไม่มีสปริงเส้นใดสั่นสะเทือนได้ตามลำดับ การสั่นสะเทือนของสปริงทุกเส้นมีผลจากการเคลื่อนไหวของสปริงเส้นที่เหลือด้วย



รูปที่ 2.19 การสั่นสะเทือนของขดลวดสปริง

2.7.2 ความถี่ของการสั่นสะเทือน

ถ้ารังสีอินฟราเรดสองกระทบลงบนโมเลกุล การสั่นสะเทือนรุนแรงจะเกิดขึ้นความถี่เท่ากับความถี่ของรังสีอินฟราเรดนั้นและขดลวดสปริงจะทำการดูดพลังงานรังสีไว้และสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงมากยิ่งขึ้น ถ้าไม่มีขดลวดสปริงทำหน้าที่สั่นสะเทือน ณ ระดับความถี่นี้ รังสีอินฟราเรดจะไม่ถูกดูดซึ่มเป็นอันขาดและมันจะส่องผ่านโมเลกุลออกไป

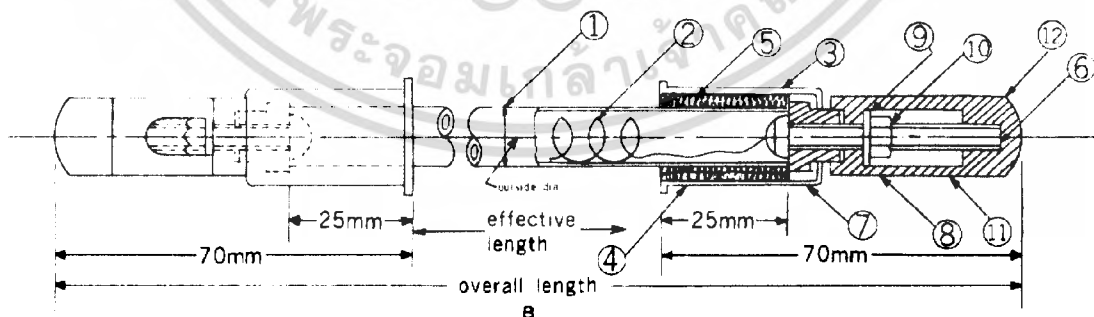
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)

ผลิตขึ้นมาจากเซรามิคซึ่งประกอบด้วยผลึกออกไซด์ของโลหะที่มีคุณสมบัติในการกระจายรังสีพลังงาน การแผ่รังสีพลังงานออกจากเซรามิคเกิดจากออกไซด์ของการเผาโลหะโดยเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแท่งความร้อน ออกไซด์ดังกล่าวจะดูดซึมพลังงานความร้อนจากแท่งความร้อนไว้และทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นรังสีอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ กันซึ่ง รังสีอินฟราเรดนี้สามารถทะลุผ่านวัตถุเข้าไปทำให้โมเลกุลของวัตถุ เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้วัตถุนั้นร้อนขึ้นได้ พลังงานที่แผ่ออกจากแท่งความร้อนอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุนั้นๆ ต้องเสียไป อีกทั้งประสิทธิภาพการให้ความร้อนยังรวดเร็วกว่าเครื่องให้ความร้อนแบบแท่งโลหะ (Pipe Heater) ระยะเวลาและพลังงานที่ใช้ก็น้อยกว่าด้วย



รูปที่ 2.20 แท่งของฮีตเตอร์อินฟราเรด



รูปที่ 2.21 โครงสร้างภายในของฮีตเตอร์อินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบคือ

1. ป्लอกเซรามิก
2. เส้นลวดนิโครม
3. เซรามิก
4. ฉนวนหุ้มปลอก
5. ซีเมนต์หรือเรย์ซินทนไฟ
6. สลักเกลียวสแตนเลส (Bolt)
7. เซรามิกหุ้มฉนวน
8. เซรามิกปิดหลังฉนวน
9. วงแหวนสามเกลียว (Washer)
10. เบ้าเกลียว (Nut)
11. ฉนวนเส้นลวดและฝาครอบ

2.8.1 คุณลักษณะของฮีตเตอร์อินฟราเรด

1. การกระจายความร้อนเท่ากันตลอดพื้นผิว
2. ประกอบขึ้นจากวัสดุที่แข็งแรงทนทานการบำรุงรักษาง่าย
3. แผ่ความร้อนสม่ำเสมอและรวดเร็วจัดปัญหาวัตถุแห้งไม่เท่ากัน
4. ทนทานต่ออุณหภูมิที่สูงเหมาะในการใช้งานติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน
5. เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ให้ความร้อนชนิดอื่นจะใช้เวลาทำงานน้อยกว่าและไม่ทำให้วัตถุนั้นได้รับความเสียหาย
6. ถ่ายเทความร้อนได้ดี
7. ระดับความร้อนไม่เปลี่ยนแปลงตามสีของวัตถุ
8. ไม่มีเปลวไฟระหว่างกระบวนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.14 คุณสมบัติทางกายภาพของฮีตเตอร์อินฟราเรด

ส่วนประกอบ	Ti ₂ O ₃ ,ZrO ₂ ,SiO ₂ ,Fe ₂ O ₃ ,MnO ₂ ,Clay
การกระจายรังสี	0.9
ความสามารถในการทำความร้อน	0.7 Kcal / m.h. °C
สัมประสิทธิ์ของการกระจายความร้อน	2.0×10 ⁻⁶
ความต้านทานไฟฟ้า	3000 MΩ - cm(20 °C) 1150 MΩ - cm(100 °C) 5 MΩ - (500 °C)
Yong's Modulus	1.04×10 ⁶ kg / cm ²
ความแข็งแรงเมื่อโค้งงอ	1.06×10 ³ kg / cm ²
ความคาดเคลื่อนของขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก ±0.5 มิลลิเมตร ความหนา ±0.2 มิลลิเมตร
อุณหภูมิสูงสุดที่ทำให้ชำรุด	1200 °C

2.9 ฉนวน

การเลือกใช้ฉนวนให้เหมาะสมกับการใช้งาน นับว่าไม่ใช่เรื่องที่ย่างยาก หากวิศวกรหรือผู้เกี่ยวข้องไม่มีความรู้ความเข้าใจชนิดและคุณสมบัติของวัสดุฉนวนโดยตลอด ในที่นี้ขอกล่าวถึงชนิดพื้นฐานของฉนวนบางชนิดและคุณสมบัติที่สำคัญ

2.9.1 ชนิดพื้นฐานของฉนวนความร้อน

คุณสมบัติของฉนวนความร้อนหาได้จากองค์ประกอบของฉนวนเป็นหลัก ซึ่งจากองค์ประกอบของฉนวนสามารถแบ่งฉนวนความร้อนออกได้เป็น 6 ชนิดพื้นฐาน ดังนี้

1. ชนิดชั้นอากาศหรือฟิล์มอากาศ
2. ชนิดวัสดุแบบเซลล์ (Cellular material)
3. ชนิดวัสดุแบบเส้นใย (Fibrous material)
4. ชนิดวัสดุแบบเกล็ด (Flake material)
5. ชนิดวัสดุแบบเกรนูลาร์ (Granular material)
6. ชนิดแผ่นผิวสะท้อนรังสี (Reflective foils)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 คุณสมบัติของฉนวนและมวลบางชนิด

การใช้งานฉนวนแบบมวลตามชนิดที่กล่าวมา จะใช้งานร่วมกันกันไป 2 ชนิด หรืออาจมากกว่านั้น เนื่องจากฉนวนแบบมวลที่ผลิตออกมามีจำนวนมาก และคุณสมบัติที่หลากหลาย โดยมีรูปแบบที่ต่างๆ กัน ในที่นี้จึงขอกล่าวถึงเพียงคุณสมบัติของฉนวนที่ใช้ในการทดลอง

2.9.2.1 ฉนวนใยแก้ว (Glass Fiber)

ฉนวนใยแก้วผลิตขึ้นมาจากการปั่นก้อนแก้วแข็งด้วยการปั่นจนเป็นเส้นเกลียวบาง ฉนวนชนิดนี้ที่ทำออกมา มีทั้งลักษณะแบบลูสฟิลล์แบบแผ่นอัด (Boards) และเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือแบบคลุมหรือห่ม ฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือแบบคลุมหรือห่มโดยทั่วไปจะไม่มีน้ำหนักแน่นอนอยู่ระหว่าง $9.61 - 16.02 \text{ kg/m}^3$ และจากผลของเส้นใยที่ยาวที่สุดชนิดนี้จึงมีแนวโน้มที่จะคืนสภาพความหนาออกแบบใหม่ได้ภายหลัง เมื่อใช้ในลักษณะเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือแบบห่มคลุมนี้ ฉนวนใยแก้วจะมีประสิทธิภาพต้านทานความร้อนประมาณ 22.4 m K/W

สำหรับใยแก้วแบบลูสฟิลล์ทำได้โดยการโมโยแก้วอัดเป็นแผ่น ซึ่งทำให้ฉนวนแบบลูสฟิลล์ที่ได้มีสภาพต้านทานความร้อนประมาณ 19.84 m K/W และทั้งแบบลูสฟิลล์และแบบอัดเป็นแผ่นหรือคลุมของฉนวนใยแก้ว น้ำสามารถซึมเข้าได้เป็นจำนวนมากกว่าแต่การดูดซับน้ำไว้กลับน้อยไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากใยแก้วด้วยตัวเองเป็นสารอนินทรีย์วัตถุจึงเป็นวัสดุที่ไม่ลุกไหม้ อย่างไรก็ตามตัวประสานอินทรีย์ที่ใช้ในการประสานเป็นฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นสามารถลุกไหม้ได้

ฉนวนวัสดุที่ใช้เป็นตัวประสาน ASTM E - 84 ฉนวนใยแก้วแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นไม่ปรากฏว่ามี การยุบตัวหรือหดตัวตามอายุการใช้งาน

อย่างไรก็ตามลูสฟิลล์อาจมีการยุบตัวหากใช้ฉนวนที่ความหนาแน่นต่ำกว่าข้อกำหนดของผู้ผลิต ส่วนคุณสมบัติของวัสดุด้านอื่น เช่น สมรรถนะทางความร้อนและสภาพต้านทานไฟไหม้ ไม่ปรากฏว่ามีผลกระทบเนื่องจากอายุการใช้งานและอุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร ณ สภาวะอุณหภูมิที่ติดตั้งปกติ นอกจากนี้ฉนวนใยแก้วไม่ทำให้แมคทีเรียเจริญเติบโต ไม่เป็นอาหารของสัตว์ใดๆ รวมทั้งไม่มีสภาวะกักร่อนวัสดุหุ้มและไม่มีการกัดกร่อน

สำหรับฉนวนใยแก้วแบบแผ่นอัดอัดที่ผลิตขึ้นมามีหลากหลายคุณสมบัติ ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้เป็นรากฐานและเปอร์เซ็นต์ใยแก้วที่ผสมอยู่ สำหรับชนิดที่มีความหนาแน่นประมาณ 64.0 kg/m^3 จะมีสภาพต้านทานความร้อนในระดับชั้น 278 m K/W

การประยุกต์ใช้งานฉนวนใยแก้วโดยทั่วไปจะใช้งานเป็นฉนวนหลังคาอาคาร ผนัง พื้น ห้องใต้ดิน และระบบท่อ นอกจากนี้ยังใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมด้วย เช่น เป็นฉนวนหุ้มถังเก็บ ระบบเชิงกลและท่อส่งลม

ตารางที่ 2.15 คุณสมบัติของฉนวนแบบใยแก้ว

คุณสมบัติ	แบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น	แบบลูสฟิลล์	แบบแผ่นหนา
สภาพความร้อนปรากฏ (k) W/m.K	0.045	0.052	0.038
สภาพต้านทานความร้อนปรากฏ(R), m.K/W	22.4	20	27.78
ความหนาแน่นของวัสดุ , kg/m ³	16.02	16.02	64
ความร้อนจำเพาะ (c), Cal/g °C	0.84	0.84	1.256
สภาพแพร่กระจายความร้อน, m ² /s	0.33×10 ⁻⁵	0.38×10 ⁻⁵	0.04×10 ⁻⁵
อุณหภูมิที่ใช้งานสูงสุด, C	190	540	205
สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน, m/mc	-	-	-
ความจุของเซลล์ที่ชิดกัน, เปอร์เซ็นต์	-	-	-
ค่าแทรกซึม, ความชื้น, perm-cm	180	180	180
ค่าดูดซึมน้ำ, เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	1	1	1
การกักความร้อนวัสดุที่ถูกฉนวนหุ้ม	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สภาพการติดไฟ :			
ระดับการกระจายของเปลวไฟ	15 - 20	15 - 20	15 - 20
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	5.0 - 15	5.0 - 15	5.0 - 15
ระดับการเกิดควัน	0 - 20	0 - 20	0 - 20
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ :			
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู หมด ไล่เดือน นก อื่นๆ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ความชื้น	ชั่วคราว	ชั่วคราว	ชั่วคราว
แบคทีเรีย	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ :			
สภาพอากาศ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ลม	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 (ต่อ) คุณสมบัติของฉนวนแบบใยแก้ว

คุณสมบัติ	แบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น	แบบลูตฟีลล์	แบบแผ่นหนา
ปัจจัยที่มีผลการทบต่อคน:			
การเป็นพิษ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ดี	ดี	ดี
ผลกระทบของอายุต่อ:			
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี	จะยุบตัว	ไม่มี
สมรรถนะทางความร้อน	ไม่มี	การยุบตัวเป็นสาเหตุให้เสื่อมสภาพลงบ้าง	ไม่มี

2.10 ความชื้น

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าน้ำเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งของสารโดยทั่วไป ปริมาณของน้ำที่อยู่ในสารมักจะถูกกล่าวถึงในรูปของความชื้นและทราบความชื้นของสารมีประโยชน์ต่อการใช้งานหลายด้านรวมทั้งด้านวิศวกรรม เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ซึ่งล้วนแต่ต้องการเครื่องมือและเทคนิคการวัดปริมาณความชื้นที่ให้ความแม่นยำสูงตลอดจนสะดวก รวดเร็ว และง่ายต่อการใช้งาน

เทคนิคการวัดความชื้นที่ใช้กันอยู่ในขณะนี้มีอยู่หลายวิธีจึงขอกล่าวถึงวิธีที่สำคัญพอสังเขปดังนี้

2.10.1 วิธีที่ใช้เตาอบ

วิธีวัดความชื้นของสารที่ได้การยอมรับมากที่สุดและได้ผลแม่นยำแน่นอนก็คือ การนำเอาสารความชื้น (Moisture material) ที่ทราบน้ำหนักแล้วไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 130°C จนกระทั่งความชื้นได้ระเหยออกไปหมดและน้ำหนักไม่ลดอีกต่อไป ใช้น้ำหนักของสารที่หายไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ดังนี้

$$\% \text{ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักของสารความชื้นก่อนอบ} - \text{น้ำหนักความชื้นของสารหลังอบ}}{\text{น้ำหนักของสารความชื้นหลังอบ}} \times 100 \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักของสารความชื้นก่อนอบ} - \text{น้ำหนักความชื้นของสารหลังอบ}}{\text{น้ำหนักของสารความชื้นก่อนอบ}} \times 100 \quad (2.3)$$

ค่าที่คำนวณได้ตามสมการที่ (2.2) จะเป็นค่าความชื้นสมบูรณ์ (Absolute moisture content) ส่วนค่าที่ได้ตามสมการที่ (2.3) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative moisture content)

เทคนิคการวัดความชื้นโดยใช้เตาอบนี้ได้รับการยอมรับให้เป็นมาตรฐานเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและปรับผลที่ได้ (Calibration) จากเทคนิคอื่นให้ถูกต้องการวัดความชื้นวิธีนี้ทำได้ง่ายและใช้เวลามากในการอบสารความชื้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในงานสนาม

2.10.2 วิธีทางเคมี

โดยการเติมสารจำพวกแคลเซียมคาร์ไบด์หรือแคลเซียมไฮไดรด์เพื่อให้ทำปฏิกิริยากับน้ำในสารความชื้นแล้ววัดหาน้ำหนักที่หายไป น้ำหนักที่หายไปนี้จะเป็นส่วนโดยตรงกับความชื้นของสาร อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะเสียเวลามากเพราะต้องรอให้สารเคมีทำปฏิกิริยากับน้ำภายในสารความชื้นให้เสร็จสมบูรณ์ก่อนเป็นการยากที่จะบอกว่าการทำปฏิกิริยาดังกล่าวใช้เวลาานเท่าใด อีกประการหนึ่ง ไม่สามารถตอบได้ว่าน้ำที่อยู่ในสารจะเข้าสู่ปฏิกิริยาเคมีทั้งหมด

2.10.3 วิธีทางนิวเคลียร์

วิธีทางนิวเคลียร์อย่างหนึ่งอาศัยหลักการที่เรียกว่า นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (Nuclear magnetic resonance หรือเขียนย่อว่า NMR) เพื่อตีเทกต์นิวเคลียร์ของไฮโดรเจนในสารความชื้น อำนาจแม่เหล็กในสารความชื้นจะถูกเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนนิวเคลียสของไฮโดรเจน ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่ได้จำเพาะเจาะจงสำหรับความชื้นโดยทั่วไปวิธีนี้ต้องใช้กราฟเปรียบเทียบ (Calibration curve) สำหรับสารความชื้นแต่ละอย่าง อีกอย่างหนึ่งจะต้องแน่ใจว่านิวเคลียสของไฮโดรเจนจากน้ำอิสระ (Free water) สร้างสัญญาณ NMR แบบเดียวกับสัญญาณ NMR ที่เกิดจากน้ำที่ยึดเหนี่ยวอยู่กับสาร (Bound water) ถ้าไม่เช่นนั้นเราต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นอิสระ (Free moisture) กับความชื้นยึดเหนี่ยว (Bound moisture)

อีกวิธีหนึ่งสำหรับวัดความชื้นอาศัยการยิงนิวตรอนที่มีความเร็วสูงเข้าไปในสารความชื้นและวัดความหนาแน่นของนิวตรอนที่วิ่งช้า นิวตรอนที่วิ่งช้าเหล่านี้เกิดจากการชนกับนิวเคลียสของอะตอมของสารความชื้น วิธีนี้ใช้ได้ผลถูกต้องสารความชื้นไม่มีไฮโดรเจนอื่นนอกเหนือจากไฮโดรเจนที่เป็นส่วนประกอบของน้ำ

2.10.4 วิธีทางไฟฟ้า

สารความชื้นทั่วไปมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงกับความชื้น อาศัยคุณสมบัติข้อนี้ จึงสามารถใช้เครื่องมือทางไฟฟ้าวัดหาความชื้นภายในสารได้ เนื่องจากคุณสมบัติทางไฟฟ้าขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ (Factor) อื่นๆ ที่ไม่ใช่ความชื้น ดังนั้นจึงไม่มีมิเตอร์วัดความชื้นด้วยไฟฟ้าชนิดไหนที่จะให้ผลการวัดนั้นถูกต้องและเชื่อถือได้ ทุกสภาวะการณ์ แม้กระนั้นก็ตามถ้ามีการปรับเทียบให้เหมาะสมและแก้ไขความคลาดเคลื่อนอันเกิดจากอุณหภูมิแล้วมิเตอร์วัดความชื้นด้วยวิธีนี้จะให้ผลการวัดที่ถูกต้องพอสมควรทุกสภาวะการใช้งาน สำหรับข้อดีของวิธีนี้ก็คือสะดวกในการใช้งานและใช้เวลาในการวัดน้อย

วิธีวัดทางไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่มีสองแบบคือ แบบการวัดความนำไฟฟ้าของสารความชื้นที่อยู่ระหว่างอิเล็กโทรดสองตัว กับแบบที่วัดความจุไฟฟ้า (Capacitance) ของคอนเดนเซอร์ (Condenser) ซึ่งบรรจุสารความชื้นเป็นไดอิเล็กทริกอยู่ภายใน

2.11 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน

2.11.1 การนำความร้อน (Conduction)

เป็นวิธีการเคลื่อนที่ของความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ภายใต้ตัวกลางตัวเดียวกัน (เกิดขึ้นได้ดีในสสารที่เป็นของแข็ง)

2.11.1.1 การเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการนำ

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.4)$$

เมื่อ k = ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของสารที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน (W/m.K)

A = พื้นที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของความร้อน

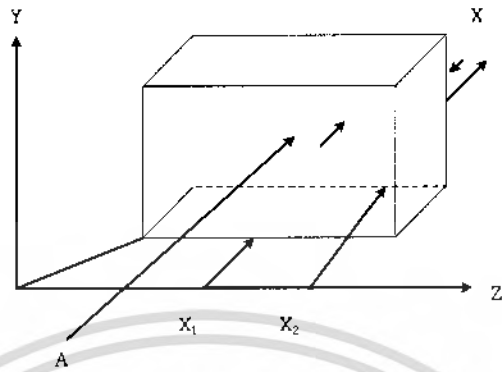
$\frac{dT}{dx}$ = เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับระยะทาง

2.11.1.2 การนำความร้อนผ่านผนังภายใน

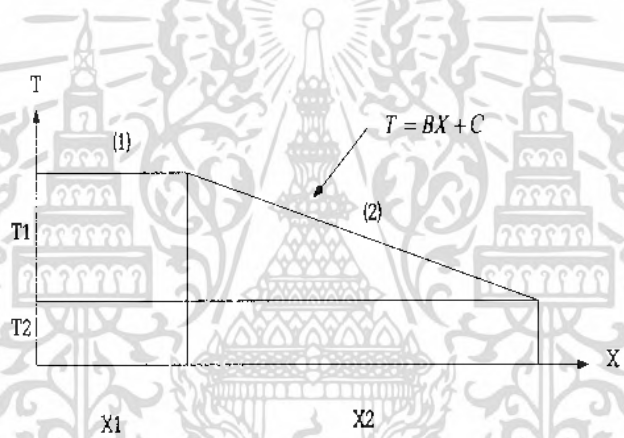
พิจารณาเฉพาะการเคลื่อนที่ของความร้อนในทิศทาง x หรือ อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเฉพาะในทิศทาง x เท่านั้น (อุณหภูมิมียค่าคงที่ในทิศทาง y และ z และในผนังก็ไม่มีแหล่งพลังงานอย่างอื่น)

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในวัตถุในทิศทาง x จะเป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 การนำความร้อนแบบมิติเดียวในสภาวะสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.23 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามระยะทาง x ในกรณีความร้อนแบบมิติเดียว

จาก

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} \tag{2.5}$$

$$Q = -kAB \tag{2.6}$$

ค่า B จะหาได้จากการพิจารณาเงื่อนไขขอบเขตของอุณหภูมิที่ผิวผนังทั้งสองด้านนั้นคือจุดสองจุดของผนังซึ่งมีระยะทาง x_1 และ x_2 และมีอุณหภูมิ T_1 และ T_2 ที่จุด 1 จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_1 = Bx_1 + C \quad (2.7)$$

ที่จุด 2 จะได้

$$T_2 = Bx_2 + C \quad (2.8)$$

ดังนั้น

$$B = \frac{(T_2 - T_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (2.9)$$

หรือ

$$Q = -kA \frac{(T_2 - T_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (2.10)$$

$$Q = kA \frac{(T_1 - T_2)}{(x_2 - x_1)} \quad (2.11)$$

ถ้าให้จุดที่ 1 และ 2 อยู่บนพื้นผิวของผนัง นั่นคือ $x_2 - x_1 = I$ เท่ากับความหนา

$$\therefore Q = \frac{kA}{I} (T_1 - T_2) \quad (2.12)$$

หรืออาจจะเขียนอยู่ในรูปคือ

$$Q = - \frac{kA}{I} \Delta T \quad (2.13)$$

เมื่อ k = ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของสารที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน (W/m.K)

A = พื้นที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของความร้อน

$\frac{dT}{dx}$ = เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับระยะทาง

$\Delta T = (T_2 - T_1) =$ ผลต่างของอุณหภูมิ

I = ความหนาของวัตถุที่มีดกั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 การวัดและมาตราวัดอุณหภูมิ (Temperature scales)

เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปและได้ให้คำจำกัดความความค่าว่า อุณหภูมิคือระดับความร้อนหรือความเย็นของวัตถุหรือสภาพแวดล้อม เพื่อให้คำจำกัดความชัดเจนยิ่งขึ้น อุณหภูมิ คือระดับความร้อนหรือความเย็นที่กล่าวถึงจุดอ้างอิงที่แน่นอน

2.12.1 หน่วยการวัดอุณหภูมิ

ความเป็นมาในปี ค.ศ. 1592 กาลิเลโอได้ค้นพบเครื่องมือวัดอุณหภูมิเป็นครั้งแรกเขาใช้แอลกอฮอล์ใส่ลงในหลอดแก้วขนาดเล็ก เขาพบว่าระดับของของเหลวในแก้วจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิแต่ใช้งานได้ไม่ดีนัก เพราะปลายหลอดแก้วเปิดสู่บรรยากาศ ทำให้มีผลกระทบจากความดันบรรยากาศเปลี่ยนแปลง ต่อมาได้มีผู้ผลิตจนใช้งานได้ดี โดยปลายปิดและทำเป็นสุญญากาศ ซึ่งมีความเที่ยงตรงมากเกิดขึ้นในเมือง Florentine แต่ยังไม่มีการเป็นที่ยอมรับ

2.12.1.1 FAHRENHEIT SCALE

ประมาณ ค.ศ. 1686 – 1736 Dabuel Gabriel Fahrenheit ได้หากฎเกณฑ์และกำหนดสเกลขึ้นมา เขากำหนดจุดขึ้นน้ำโดยใช้น้ำแข็งผสมน้ำและเกลือ ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำสุด ซึ่งเขาสามารถทำได้ โดยกำหนดเป็น 0 องศา และหาจุดคงที่อีกจุดพบว่าอุณหภูมิของเลือดมนุษย์จะมีอุณหภูมิคงที่ จึงกำหนดเป็น 96 องศา สาเหตุที่ไม่กำหนดสเกลเป็น 100 องศา เพราะต้องการให้เป็นสัดส่วนทวีคูณของ 12 ตามความนิยมในสมัยนั้น ต่อมาเรียกองศาใหม่นี้ว่า องศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$)

2.12.1.2 CELSIUS (CENTIGRADE) SCALE

Anders Celsius แห่ง Ppsala University ในสวีเดนได้บันทึกเป็นกฎเกณฑ์ เขากำหนดจุดแข็งของน้ำ (Ice point) เป็น 100 องศา และกำหนดจุดเดือดของน้ำเป็น 0 องศา ต่อมา Christin (1745) ที่ Lyon ฝรั่งเศสและ Linnaeus (1745) ที่ Uppsala University ได้เปลี่ยนแปลงการกำหนดสเกลของ Celsius ให้จุดน้ำแข็ง 0 องศา และให้จุดเดือดของน้ำเป็น 100 องศาและเป็นที่นิยมใช้กันเรื่อยมา เรียกอุณหภูมิตามสเกลนี้ว่าองศาเซนติเกรด ($^{\circ}\text{C}$) จนเมื่อไม่นานมานี้ได้เรียก เซลเซียส เพื่อให้เป็นเกียรติแก่ Anders Celsius อุณหภูมิของสาร ณ จุดต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วนี้จะใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงสำหรับการสอบเทียบค่าสากลและเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

2.12.2 หลักการวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิมียหลายชนิด โดยแต่ละชนิดอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสาร คือ จะต้องมีการเปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่แน่นอนและพิสูจน์ได้

ตารางที่ 2.16 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเชิงกล

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัดอุณหภูมิ	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
ใช้ของเหลวบรรจุในหลอดแก้วปิด (thermometer)	อุณหภูมิ → เทอร์โมมิเตอร์ → การขยายตัวของของเหลว	ปรอท แอลกอฮอล์	- 130 ถึง 315 °C (-200 ถึง 600 °F)
เปลี่ยนการขยายตัวเป็นความดัน (Filled Thermal)	อุณหภูมิ → เทอร์โมมิเตอร์แบบความดัน Filled Thermal → ปริมาตร	ปรอท แอลกอฮอล์	- 185 ถึง 540 °C (300 ถึง 1000 °F)
แบบแถบโลหะคู่	อุณหภูมิ → ตัววัด Bimetal → ระยะทาง	INVAR-Ni +Fe+Cr	- 60 ถึง 425 °C (- 30 ถึง 800 °F)

ตารางที่ 2.17 หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัดอุณหภูมิ	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
เทอร์โมคัปเปิล	อุณหภูมิ → เทอร์โมคัปเปิล → แรงดันไฟฟ้า	Type B	600 ~+ 1700 °C
		Type S	0 ~+ 1600 °C
		Type B	600 ~+ 1700 °C
		Type S	0 ~+ 1600 °C
		Type R	0 ~+ 1600 °C
		Type K	-200 ~+ 1200 °C
		Type E	-200 ~+ 800 °C
		Type J	-200 ~+ 800 °C
		Type T	-200 ~+ 350 °C
		พลาตินัม Pt	-258 ~+ 900 °C
อาร์ทีดี	อุณหภูมิ → RTD → ความต้านทาน	นิกเกิล ทองแดง	-150 ~+ 300 °C -200 ~+ 120 °C
เทอร์มิสเตอร์	อุณหภูมิ → เทอร์มิสเตอร์ → ความต้านทาน	เทอร์มิสเตอร์	-30 ~+ 300 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 เมล็ดพันธุ์พืชชนิดต่างๆ การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

2.13.1 ประวัติความเป็นมาของเมล็ดพันธุ์ (Seed history)

หมายถึงชนิดและพันธุ์ตลอดไปจนถึงการดูแลปฏิบัติรักษาในระหว่างการปลูก การเก็บเกี่ยว การปรับปรุงสภาพการบรรจุหีบห่อ และการคลุกยา ก่อนที่เมล็ดจะถูกส่งมายังโรงเก็บ สิ่งเหล่านี้จะเป็นปัจจัยแรกที่จะต้องคำนึงถึงและจะเป็นตัวชี้บ่งว่าเมล็ดจะเก็บไว้ได้นานมากน้อยเพียงใดหรือความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดดีหรือเลวอย่างไร เมล็ดที่มีความเสียหาย (Damage) มาก โอกาสที่จะเก็บไว้ได้นานย่อมจะมีน้อยกว่าเมล็ดที่ไม่มีความเสียหายหรือถูกกระทบกระเทือนเลย เมล็ดที่ปลูกในสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวน ย่อมจะมีความสามารถในการเก็บรักษาต่ำกว่าเมล็ดที่ปลูกในสภาพแวดล้อมปกติและเหมาะสมในการปลูกพืชนั้นๆ

2.13.2 ความชื้นของเมล็ดและความชื้นสัมพัทธ์ (Seed moisture content and relative humidity)

เมล็ดที่จะเก็บรักษาไว้ได้อย่างปลอดภัยจะต้องมีความชื้นต่ำ เมล็ดที่มีความชื้นสูงจะมีเมตาโบลิซึมสูง นอกจากนั้นพวกเชื้อโรคและแมลงก็จะช่วยทำลายเมล็ดได้ง่าย เมล็ดจึงเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน และเนื่องจากเมล็ดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคุณสมบัติที่เรียกว่า ไฮโกรสโคปิก (Hygroscopic) คือสามารถรับและถ่ายเทความชื้นกับบรรยากาศรอบๆ เมล็ดจนกว่าแรงดันไอน้ำ (Moisture vapor pressure) ภายในเมล็ดจะเท่ากับแรงดันไอน้ำภายนอก เกิดสภาวะสมดุล (Equilibrium) ขึ้น ที่สภาวะสมดุลนี้เมล็ดมีความชื้นคงที่ ดังนั้น ความชื้นสัมพัทธ์จึงเป็นตัวกำหนดความชื้นของเมล็ด หรืออาจกล่าวได้ว่า เมล็ดมีความชื้นเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูง เมล็ดก็จะมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ในทางตรงข้าม ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เมล็ดก็จะมีความชื้นต่ำด้วย บทบาทของความชื้นในเมล็ดที่มีต่อความมีชีวิตและคุณสมบัติด้านอื่นของเมล็ดกล่าวสรุปได้ดังนี้

2.13.2.1 เปอร์เซนต์ความชื้นของเมล็ด

40 - 80% เป็นความชื้นของเมล็ดที่กำลังสุกแก่และพัฒนา ระยะนี้ยังไม่สุกแก่ยังไม่ควรเก็บเกี่ยว

18 - 40% เมล็ดเริ่มสุกทางสรีรวิทยา เมล็ดมีอัตราการหายใจสูง การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดในไร่นาเกิดขึ้นได้ง่าย หากเก็บโดยสุ่มกองไว้มีการระบายอากาศไม่พอเพียงจะมีความร้อนสะสมในกองเมล็ดมาก เชื้อราและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย หากเก็บเกี่ยวเมล็ดโดยเครื่องจักรกล เมล็ดจะมีความเสียหายมาก

13 - 18% เมล็ดยังมีอัตราการหายใจสูง หากความชื้นสูงกว่า 13% จะมีความร้อนสะสมในกองเมล็ดสูง เชื้อราและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย แต่เมล็ดมีความทนทานต่อความเสียหายอันเนื่องมาจากเครื่องจักรกล

8 - 13% ความชื้นที่ระดับนี้หากเป็นเขตอบอุ่นสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ได้ยาวนาน 6 เดือน ถึง 18 เดือน ในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นที่ระดับนี้ยังคงมีปัญหาจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำลายของแมลงในเมล็ดพืชบางชนิด ความชื้นที่ระดับนี้เมล็ดจะมีความเสียหายจากเครื่องจักรกล (Mechanical Damage) สูง

4 – 8% ความชื้นที่ระดับนี้เป็นความชื้นของเมล็ดที่สามารถเก็บไว้ในภาชนะปิดอย่างปลอดภัย

0 – 9% เมล็ดพันธุ์พืชบางชนิดหากลดความชื้นให้ต่ำในระดับนี้ อาจมีอันตรายและเกิดผลเสียหายขึ้นกับเมล็ด ในเมล็ดพืชบางชนิดจะพบเมล็ดแข็ง (Hard seed)

33-60% เมล็ดมีการดูดซับน้ำ (Imbibitions) จนมีความชื้นถึงระดับนี้เมล็ดจะเริ่มมีขบวนการงอกเกิดขึ้น

2.13.3 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควรใช้อุณหภูมิต่ำ ถ้าอุณหภูมิสูง กิจกรรมทางชีวเคมีต่างๆ ภายในเมล็ด เช่น การหายใจสูงทำให้เมล็ดสูญเสียความงอกอย่างรวดเร็ว การเก็บเมล็ดพันธุ์ในสถานที่ที่มีความชื้นสูง ดังนั้นการเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ จึงสามารถดำรงความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ได้ยาวนานออกไป แม้เมล็ดที่เก็บไว้ที่ๆ มีอุณหภูมิต่ำจนถึงจุดเยือกแข็ง ก็ยังสามารถเก็บไว้ได้อย่างปลอดภัยหากเมล็ดนั้นมีความชื้นต่ำ

ตารางที่ 2.18 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดโดยประมาณในขณะที่สมดุลกับอากาศ ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในระดับต่างๆ กันที่อุณหภูมิ 25 °C

ชนิดของเมล็ด	ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)					
	15%	30%	45%	60%	75%	90%
ธัญพืช						
ข้าว	5.5	8.0	10.0	12.0	14.0	17.5
ข้าวสาลี	6.5	8.5	10.0	12.0	15.0	19.5
ข้าวโพด	6.5	8.5	10.5	12.5	15.0	19.0
ข้าวฟ่าง	6.5	8.5	10.5	12.0	15.0	19.0
พืชน้ำมัน						
ถั่วเหลือง	-	6.5	7.5	9.5	13.0	19.0
ถั่วลิสง	2.5	4.0	5.5	7.0	10.0	13.0
ฝ้าย	-	6.0	7.5	9.0	11.5	-
ป่าน	4.5	5.5	6.5	8.0	10.0	15.0
ผักกาดเขียว	4.0	5.0	6.0	7.0	9.0	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.18(ต่อ) เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดโดยประมาณในขณะที่ยังสดอยู่กับอากาศ ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในระดับต่างๆ กันที่อุณหภูมิ 25 °C

ชนิดของเมล็ด	ความชื้นสัมพัทธ์ (RH)					
	15%	30%	45%	60%	75%	90%
พืชผัก						
ถั่วแขก	5.0	6.5	8.5	11.0	14.0	-
หัวผักกาดแดง (Beet root)	5.0	6.0	7.5	9.5	12.5	-
กระเจี๊ยบมอญ	4.7	7.0	-	-	-	-
มะเขือยาว	3.5	4.5	6.0	7.0	9.0	-
กะหล่ำปลี,กะหล่ำดอก	6.0	7.0	8.0	9.0	11.0	-
พริก	5.0	6.0	7.0	9.0	11.5	-
แครอท	6.0	7.0	7.5	8.0	9.5	-
แตงกวา	4.0	5.0	6.0	7.0	9.0	-
ผักกาดหอม	6.0	7.0	8.5	10.0	12.0	-
หอมหัวใหญ่	5.0	7.0	8.5	11.0	14.0	-
ถั่วลันเตา	7.0	8.0	9.5	11.0	13.0	-
ผักขม	6.0	7.0	8.0	9.0	11.0	-
มะเขือเทศ	6.0	7.0	8.0	9.0	10.5	-
แตงโม						

2.14 การใช้รังสีอินฟราเรดในการถนอมและแปรรูปอาหาร

รังสีอินฟราเรดเป็นแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อน ในช่วงต้นปี ค.ศ.1970 — 1979 มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นเป็นตัวให้ความร้อนในอาหาร ในการทอดผลิตภัณฑ์เนื้อต่อมาในช่วงต่อช่วงต้นปี ค.ศ.1980 — 1989 มีการวิจัยในส่วนของรังสีอินฟราเรด จะใช้เพื่ออบขนมปัง ซึ่งพบว่าเวลาของการอบลดลงร้อยละ 25 ขณะเดียวกันก็ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามที่ ต้องการด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.1 ทฤษฎีและหลักการ

เมื่อวัตถุถูกทำให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในแถบคลื่นรังสีอินฟราเรด อุณหภูมิที่สูงกว่า 1000°C จะใช้รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น (0.7 – 2 ไมโครเมตร) ขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้จะใช้ รังสีอินฟราเรดคลื่นกลาง (2 – 4 ไมโครเมตร) และคลื่นยาว (4 ไมโครเมตร – 1 มิลลิเมตร)

รังสีอินฟราเรดคลื่นยาวจะเกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงประมาณ 400°C และคลื่นกลางจะ เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิถึง 1000°C



รูปที่ 2.24 การสะท้อน การส่งผ่านและการดูดซับของรังสีอินฟราเรด

เมื่อรังสีอินฟราเรดตกกระทบกับวัตถุ จะสะท้อน (R) ส่งผ่าน (T) หรือดูดซับ (A) ดังแสดงใน รูปที่ 2.28

เมื่อรังสีถูกดูดซับจะเปลี่ยนไปเป็นความร้อนและอุณหภูมิของสารจะเพิ่มขึ้น โดยที่ความลึกของการ ทะลุทะลวงก็มีความสำคัญสำหรับการให้ความร้อนแก่อาหารอัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับ

1. อุณหภูมิผิวของวัตถุที่ให้และรับความร้อน
2. สมบัติที่ผิวของวัตถุทั้งสอง
3. รูปร่างของวัตถุที่ปล่อยและรับ

ปริมาณของพลังงานที่ถูกดูดซับและระดับการให้ความร้อนจะมีตั้งแต่ 0 จนถึงการดูดซับสมบูรณ์ ซึ่ง กำหนดจากองค์ประกอบของอาหารที่ดูดซับรังสีในระดับต่างๆ กัน และความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรดที่แผ่ ออกมาความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรดหาได้จากอุณหภูมิของแหล่งให้รังสี อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะให้ความยาว คลื่นสั้นลงและความลึกของการทะลุทะลวงมากขึ้น

อาหารเป็นวัสดุที่ไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกันทำให้ยากต่อการอธิบายสมบัติทางด้านออปติคัลซึ่งมีความสำคัญในการควบคุมการให้ความร้อนและเพื่อให้เข้าใจอิทธิพลของปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านไปยังอาหาร แต่คุณสมบัติทางด้านออปติคัลขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นกับระดับการแปรรูป ความยาวคลื่นสั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่สุดเนื่องจากสามารถผ่านเข้าไปในอาหารได้ลึกกว่า ส่วนรังสีคลื่นยาวมีความสำคัญในแง่ปริมาณพลังงานที่ถ่ายเทไปยังผิวอาหาร

2.14.2 กระบวนการใช้รังสีอินฟราเรดในการถนอมอาหารและแปรรูปอาหาร

การให้ความร้อนที่ผิวของอาหารอย่างรวดเร็ว ทำให้อาหารแห้งเร็วและหุ้มความชื้นและกลิ่นรส การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่ผิวของอาหารคล้ายกับสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างการอบแห้ง

ชนิดของอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ปล่อยรังสีออกมา มีทั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนที่เป็นโลหะแบบแบนหรือแบบท่อ อุปกรณ์ให้ความร้อนแบบเซรามิก และท่อควอตซ์ (Quartz) หรือท่อเฮโลเจน (Halogen) ที่ยึดติดกับหลอดไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งมีลักษณะเฉพาะดังในตารางที่ 2.18

ตารางที่ 2.19 ลักษณะเฉพาะของตัวปล่อยรังสีอินฟราเรด

ชนิดของอุปกรณ์ปล่อยรังสี	อุณหภูมิแปรรูป สูงสุด (°C)	ความร้อนจาก การแผ่รังสี (%)	ความร้อนจาก การพา (%)	อายุการใช้งาน
ความยาวคลื่นสั้น				
หลอดไฟ	300	75	25	5000 ชั่วโมง
ปืนรังสีอินฟราเรด (IR gun)	1600	98	2	-
ท่อควอตซ์	600	80	20	5000 ชั่วโมง
ความยาวคลื่นปานกลาง				
ท่อควอตซ์	500	55	45	หลายปี
ความยาวคลื่นยาว				
เซรามิก	400	50	50	หลายปี

2.14.2.1 การอบแห้ง การใช้พลังงานอินฟราเรดหลักๆ ทางการค้าคือ ใช้ในการอบแห้งอาหารที่มีความชื้นต่ำ เช่น แป้ง เมล็ดธัญชาติ โกโก้ มอลต์ ผลิตภัณฑ์พาสต้า และชา เป็นต้น

โดยผลิตภัณฑ์อาหารจะผ่านเข้าไปในอุโมงค์ด้วยสายพาน ซึ่งอยู่ใต้แนวของตัวให้ความร้อนที่แผ่รังสี นอกจากนี้ในบางประเทศมีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วยรังสีอินฟราเรดประมาณร้อยละ 48 รังสีอินฟราเรดมักไม่ได้ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการอบแห้งขึ้นอาหารเพียงแหล่งเดียว เนื่องจากข้อจำกัดในด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความลึกของการทะลุทะลวง การให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดนิยมใช้ในเตาอบหรือเตาคั่วและเพื่อให้ความร้อนแก่ฟิล์มภาชนะบรรจุที่หดตัวด้วยความร้อน

2.14.2.2 การถนอมและแปรรูปวิธีอื่นๆ

การถนอมและแปรรูปวิธีอื่นๆ ด้วยรังสีอินฟราเรดส่วนใหญ่ยังเป็นการวิจัยเพื่อทำให้ผลิตผลเหมาะสมต่อการบริโภค โดยการทำลายเอนไซม์ที่เป็นอันตราย เพื่อหยุดกิจกรรมที่ทำให้เกิดกลิ่นรสและสารแปลกปลอมหรือเพื่อให้เกิดประโยชน์จากกระบวนการใช้ HTST ในการลดปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ราหรือยีสต์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีการวิจัยเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือรังสีอินฟราเรด เพื่อใช้ในการลอกเปลือก



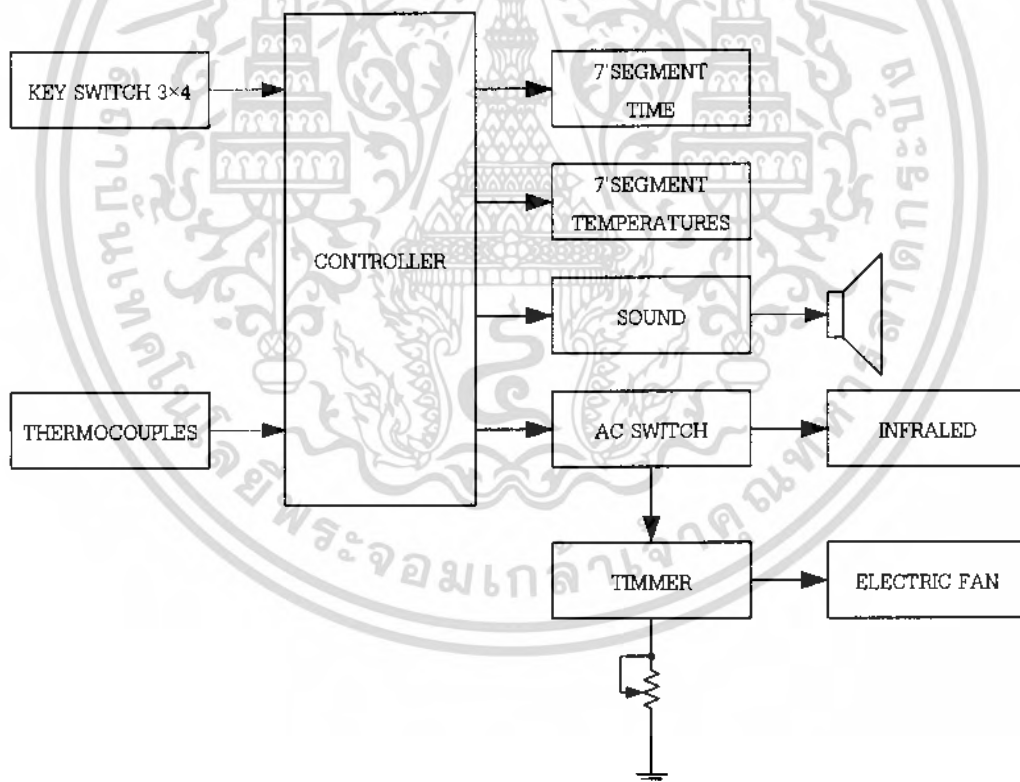
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดมีหลักการทำงานคล้ายกับเตาอบแห้งทั่วๆ ไป โดยมีข้อแตกต่างจากเตาอบแห้งชนิดอื่นๆ ยกตัวอย่าง เช่น เครื่องอบด้วยไมโครเวฟนั้นจะทำการสั่นโมเลกุลภายในแล้วจะเกิดความร้อนขึ้นมาซึ่งขณะนี้ได้ตรวจพบว่าเป็นอันตรายต่อมนุษย์ส่วนการอบด้วยคลื่นอินฟราเรดจะเป็นทำให้น้ำที่อยู่ภายในของเมล็ดพันธ์พืชค่อยๆ ละเหยออกไปที่ละน้อยโดยที่ความร้อนที่ได้จากตัวกำเนิดความร้อนเป็นรังสีอินฟราเรดซึ่งมีลักษณะคล้ายกับแสงอาทิตย์และไม่เป็นอันตรายกับผู้บริโภคใดๆ ทั้งสิ้นโดยมีแผนผังการทำงานดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรับสัญญาณที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วนส่วนที่หนึ่งจะรับคำสั่งจากสวิตช์ ขนาด 3x4 และส่วนที่สองจะรับสัญญาณจากเทอร์มิสเตอร์ เมื่อเริ่มเปิดเครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณจากชุดสวิตช์และนำไปแสดงผลที่แอลอีดี เจ็ดส่วน ในการตั้งเวลาและทำการตั้งอุณหภูมิโดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำไปแสดงไว้ที่แอลอีดี เจ็ดส่วน ในส่วนของเวลา จากนั้นเมื่อเราทำการกดตกลงเครื่องก็จะทำงานตามที่เราได้โปรแกรมเอาไว้หรือทำการกดปุ่ม ยกเลิกเครื่องก็จะไปทำการรอรับค่าจากสวิตช์ตามเดิมและเครื่องก็จะไม่ทำงานหากเราทำการกดตกลงเครื่องก็จะเริ่มการทำงานโดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการรับคำสั่งสัญญาณจากเทอร์มิสเตอร์และทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ทำการตั้งโปรแกรมภายในหากค่ายังไม่ถึงที่กำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งให้ฮีตเตอร์อินฟราเรด ทำงานโดยส่งผ่านชุด Switch AC ให้ทำการตัดต่อแรงดันไฟฟ้า 220 V_{AC} และยังมีวงจรหรีไฟ 2 ชุด ชุดแรกทำหน้าที่หรีไฟในส่วนที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์อินฟราเรดและอีกส่วนชุดหนึ่งทำหน้าที่หรีไฟในส่วนของพัดลมดูดอากาศ เพื่อให้อุณหภูมิภายในตู้เย็นเท่ากัน จากส่วนที่กำลังทำงานอยู่นั้นเวลาที่จะลดลงเรื่อยๆ จนถึง 0 นาที ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะมีคำสั่งให้วงจรเสียงทำงานเพื่อเตือนให้ผู้ใช้งานทราบว่า เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด ได้ทำงานเสร็จสิ้นแล้ว

3.2 วงจรควบคุม

3.2.1 การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดต้องกำหนดขอบเขตและความต้องการ ว่าต้องการเตาอบที่มีลักษณะแบบใด นำไปใช้งานแบบใด มีการทำงานอย่างไร เมื่อได้ขอบเขตของเตาอบแล้ว จึงทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของตู้ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้งาน ว่ามีความเหมาะสมและเหมาะกับการทำงานหรือไม่ แล้วเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดต้องใช้วงจรใดบ้าง และมีโปรแกรมควบคุมการทำงานส่วนใดบ้าง ดังนั้นส่วนประกอบหลักที่ใช้ในการออกแบบเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

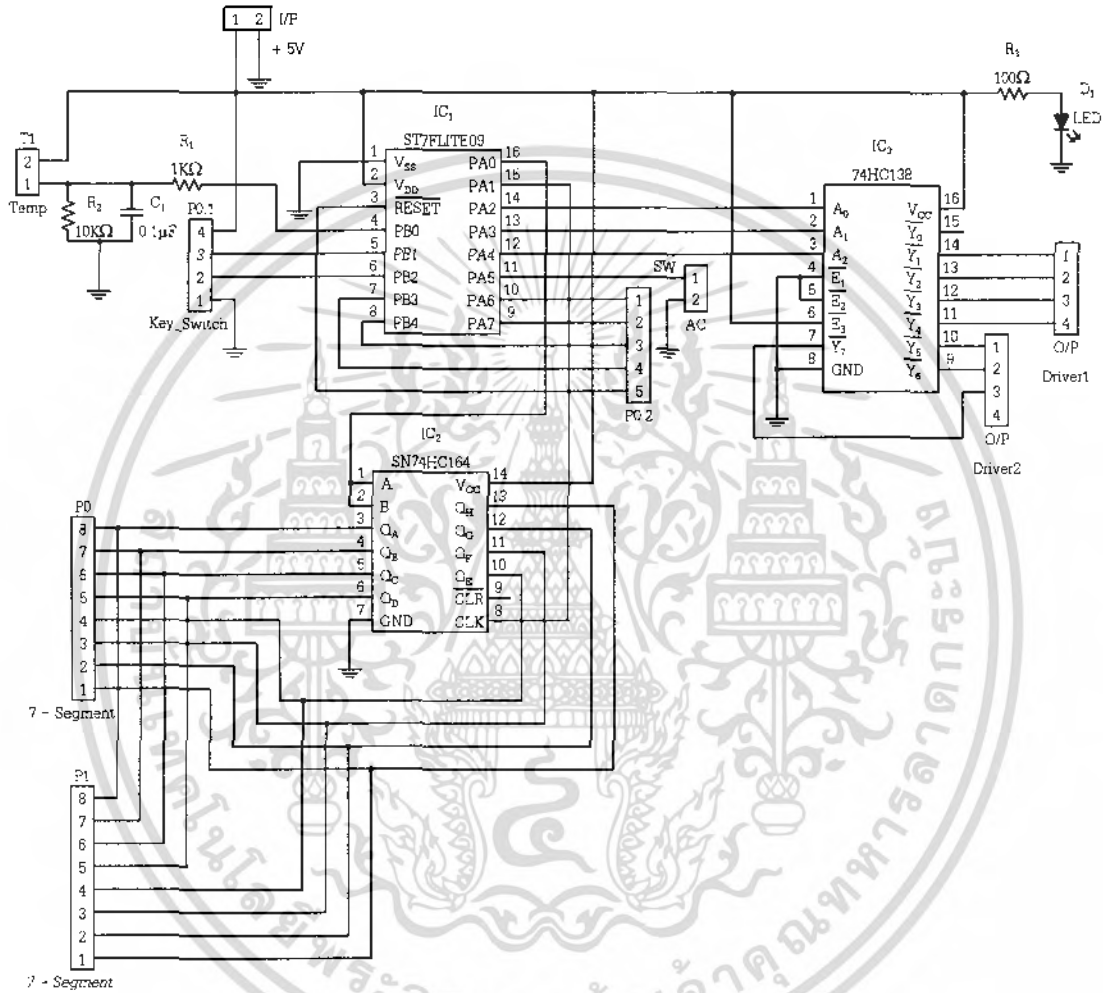
3.2.2 การทำงาน

ส่วนประมวลผลจะทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด ซึ่งมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและใช้โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีเป็นโปรแกรมควบคุม ขั้นตอนการทำงานของวงจรมีโปรแกรมที่ใช้ดังนี้

1. โปรแกรมตรวจสอบการกดของคีย์สวิตช์และแสดงผล เป็นโปรแกรมรับข้อมูลจากวงจรสวิตช์ และทำการถอดระดับของสัญญาณ และนำข้อมูลที่ได้จากการกดสวิตช์ไปแสดงผลที่แอลอีดี เจ็ดส่วน ในการกำหนดค่าของการตั้งเวลาและการตั้งอุณหภูมิสู่การทำงานในขั้นต่อไป
2. โปรแกรมควบคุมการรับค่าอุณหภูมิและตั้งค่าอุณหภูมิ เป็นส่วนที่นำข้อมูลจากเทอร์มิสเตอร์ 502 HT เพื่อทำหน้าที่กำหนดและอ่านค่าอุณหภูมิที่อ่านได้อย่างแม่นยำ โดยค่าที่เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ได้ตั้งค่าไว้ตั้งแต่แรก โดยจะมีส่วนที่จะตัดต่อฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater) ให้ทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ตั้งไว้และจะทำการประมวลผล ส่งสัญญาณไปตรวจสอบอุณหภูมิ และทำการตัดต่อจนเสร็จสิ้นกระบวนการการทำงาน ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรควบคุม

3.3 วงจรสวิตช์

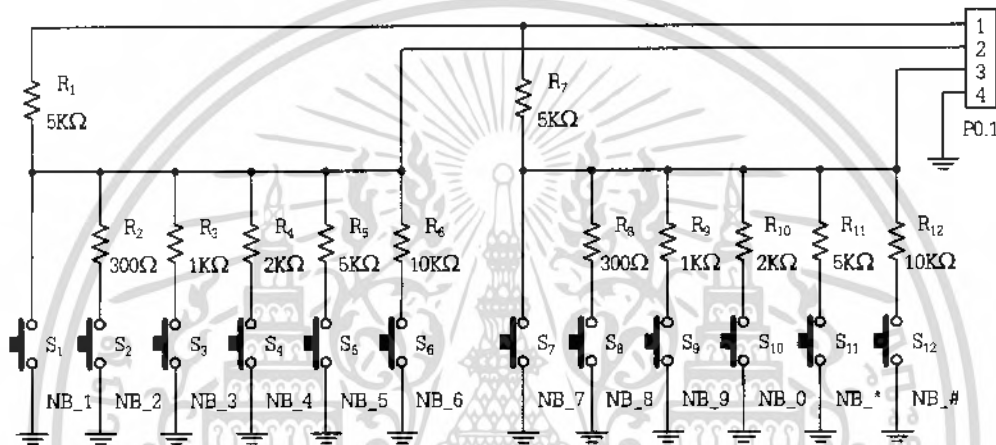
3.3.1 การออกแบบและการสร้าง

วงจรสวิตช์เป็นวงจรที่ไม่ยุ่งยากอะไรโดยที่เราจะนำเราสวิตช์กดติดปส่อยดับมาต่อเป็นสวิตช์ที่มีราคาไม่แพงและยังสามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายอีกด้วยซึ่งมีลักษณะการต่อใช้งานดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การทำงาน

ดังรูปที่ 3.3 ในการทำงานของปุ่มกดสวิตช์เมื่อบวมกดสวิตช์ได้รับสัญญาณไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากแหล่งจ่ายไฟตลอดเพื่อรอการกดสวิตช์ เมื่อมีการกดสวิตช์จะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่าน ตาข่ายความต้านทานที่มีค่าต่างกันจะทำให้ระดับของแรงดันไม่เท่ากันด้วยเมื่อทราบถึงระดับแรงดัน ก็จะสามารถเขียนโปรแกรมโดยให้เปรียบเทียบกับระดับแรงดันของแต่ละปุ่มที่ตั้งไว้และทำการเปลี่ยนให้เป็นในรูปแบบของ A/D และนำไปแสดงที่แอลอีดีเจ็ดส่วน



รูปที่ 3.3 วงจรสวิตช์

3.4 วงจรแสดงผลเวลาและอุณหภูมิ

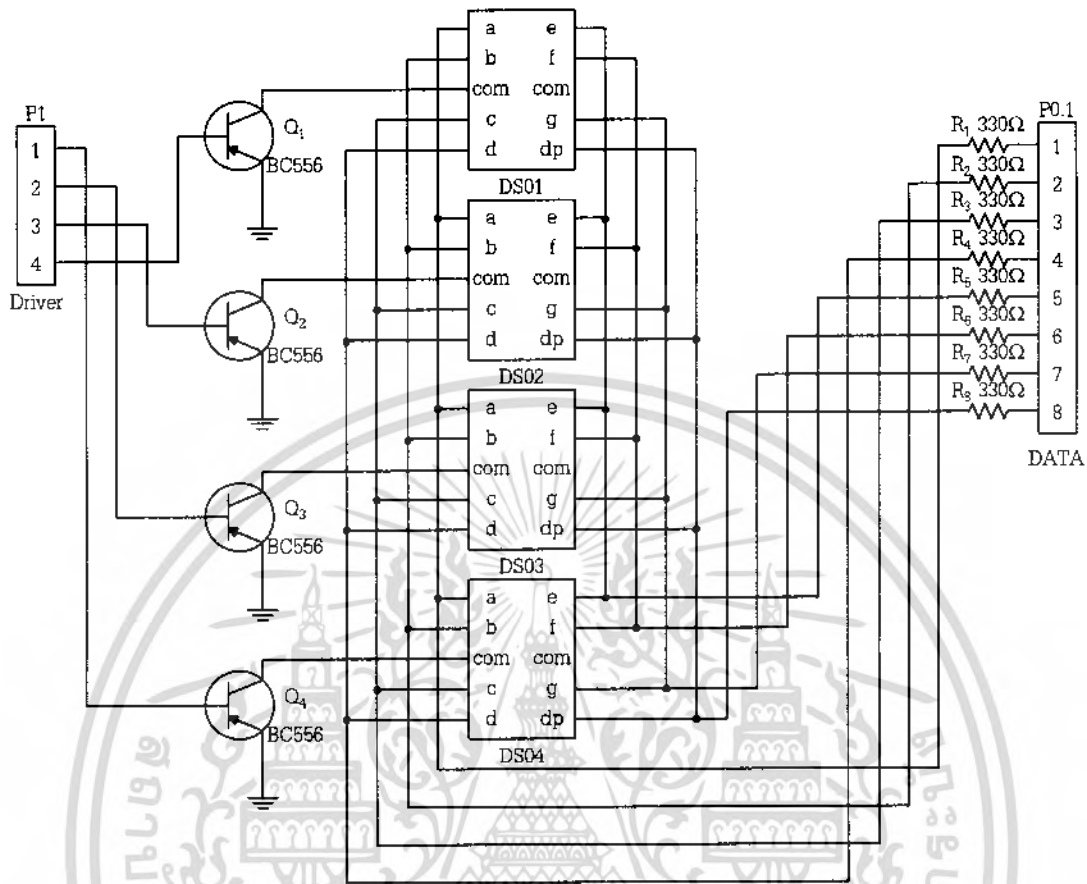
3.4.1 การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบการทำงานของวงจรมีจะใช้ไอซีเบอร์ 74HC164 เป็นตัวขับข้อมูลที่จะส่งให้กับแอลอีดีเจ็ดส่วนและยังใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC556 เป็นตัวขับกระแสให้กับแอลอีดีเจ็ดส่วน ว่าจะให้แอลอีดีเจ็ดส่วนตัวใดติดหรือดับแสดงดังรูปที่ 3.4

3.4.2 การทำงาน

จากรูปวงจรแสดงผลเวลาและอุณหภูมิแสดงผลโดยใช้แอลอีดีเจ็ดส่วน เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับคำสั่งเรียบร้อยแล้ว จะทำการสั่งให้แอลอีดีเจ็ดส่วนแสดงผลตามที่ผู้ใช้งานได้ทำการตั้งค่าไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งงานโดยผ่านพอร์ต P1 ซึ่งแอลอีดีเจ็ดส่วนเป็นชนิดคอมมอนแคโทดจะต้องจ่ายไฟบวกให้กับวงจร เพื่อให้แอลอีดีเจ็ดส่วนติดสว่างเป็นตัวเลขตามที่ผู้ใช้งานกำหนด โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาสองเส้นและส่งไปยังไอซีเบอร์ 74HC164 ทำหน้าที่ตัวป้อนข้อมูลให้กับแอลอีดีเจ็ดส่วน และทำการขับด้วยทรานซิสเตอร์เบอร์ BC556 ทำให้แอลอีดีเจ็ดส่วนทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรแสดงเวลาและอุนทภูมิ

3.5 วงจรควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์อินฟราเรด

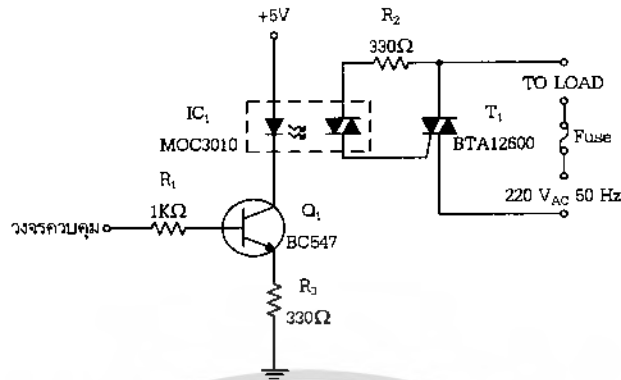
3.5.1 การออกแบบและการสร้าง

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อใช้งาน โดยจะใช้สัญญาณควบคุมมาจากส่วนประมวลผล ซึ่งวงจรนี้จะใช้ไทรแอกเป็นตัวตัดต่อวงจรต่อเชื่อมต่อกับฮีตเตอร์อินฟราเรดไฟฟ้า โดยมีออปโตไดโอดเป็นตัวจุดชนวนเกด มีลักษณะการต่อใช้งานดังรูปที่ 3.5

3.5.2 การทำงาน

การทำงานของวงจรนี้คือ เมื่อทรานซิสเตอร์ Q_1 ได้รับแรงดันไบแอสที่ขาเบสซึ่งมาจากส่วนของวงจรควบคุม ดังนั้น Q_1 ก็ทำงานมีกระแสไหลจากแหล่งจ่าย +5 โวลต์ลงกราวด์ทำให้ออปโตไดโอดแยกทำงานมีแรงดันไฟไปจุดชนวนเกดให้ไทรแอก T₁ ทำงาน เป็นผลให้กระแสจากแรงดันไฟ AC 220 โวลต์ไหลผ่านไทรแอกได้ทำให้อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรเชื่อมต่อฮีตเตอร์อินฟราเรดกับไฟฟ้า

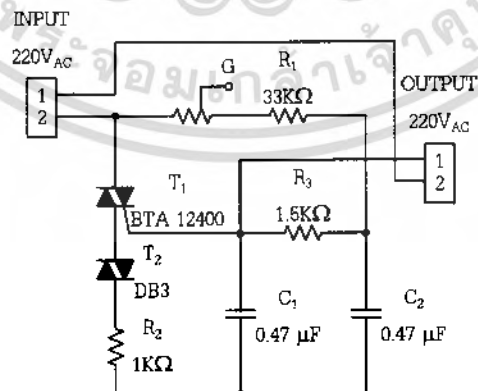
3.6 วงจรรีไฟสำหรับพัดลมดูดอากาศ

3.6.1 การออกแบบและการสร้าง

วงจรรีไฟเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการหรือแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับวงจร ให้มีระดับแรงดันตามที่ต้องการ แต่ในกรณีนี้ใช้วงจรรีไฟในการควบคุมความแรงของพัดลมเป่าอากาศเพราะถ้าพัดลมเป่าอากาศมีความแรงจนเกินไปก็จะทำให้วัสดุที่กำลังอบแห้งอยู่เกิดความเสียหายได้จึงจำเป็นต้องมีพัดลมดูดอากาศเข้ามาภายในตู้เพื่อที่จะกระจายความร้อนให้ทั่วทั้งตู้ลักษณะของวงจรดังรูปที่ 3.6

3.6.2 การทำงาน

วงจรรีไฟเมื่อได้รับแรงดันไฟที่ถูกป้อนเข้ามาภายในวงจรจะใช้ไตรแอก ไดแอกและตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ในการปรับการไบแอสและการไหลของแรงดันที่จะออกจากวงจร



รูปที่ 3.6 วงจรรีไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

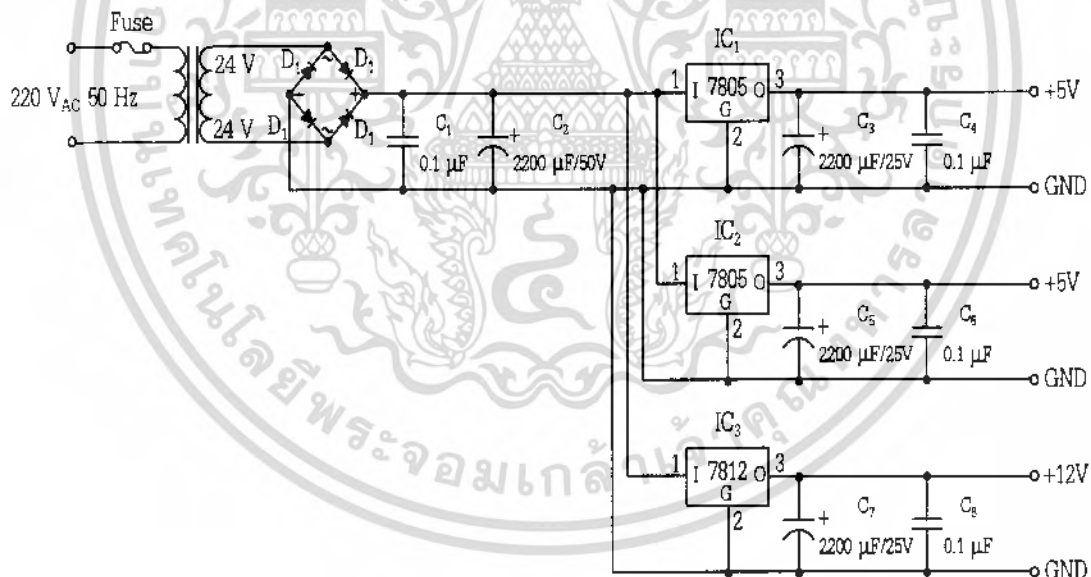
3.7 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

3.7.1 การออกแบบและการสร้าง

วงจรแหล่งจ่ายแรงดันของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด จะประกอบด้วยส่วนของหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าสลับลง ส่วนของวงจรกรองความถี่ ไดโอดบริดจ์เรกติไฟเออร์ และไอซีเร็กกูเลเตอร์

3.7.2 การทำงาน

การทำงานของวงจรแหล่งจ่ายแรงดันเริ่มจากเมื่อไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V เข้ามาผ่านหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 24 VAC ผ่านไดโอดบริดจ์เรกติไฟเออร์ เพื่อทำหน้าที่ตัดสัญญาณไฟกระแสสลับทางด้านลบออกไปให้เหลือทางซีกบวกอย่างเดียว แรงดันที่ออกจากไดโอดบริดจ์เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแต่ยังเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่ยังไม่เรียบ ต้องทำการเรียงกระแสให้เรียบ โดยผ่านวงจรกรองความถี่ ซึ่งจะใช้ตัวเก็บประจุแบบเซรามิกค่า 0.1 ไมโครฟารัดทำการกรองสัญญาณรบกวนและใช้ตัวเก็บประจุอิเล็กโตไลต์ทำการเรียงกระแสไฟฟ้าให้เรียบ โดยโครงงานนี้จะใช้ไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์และ +12 โวลต์ โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805, 7812

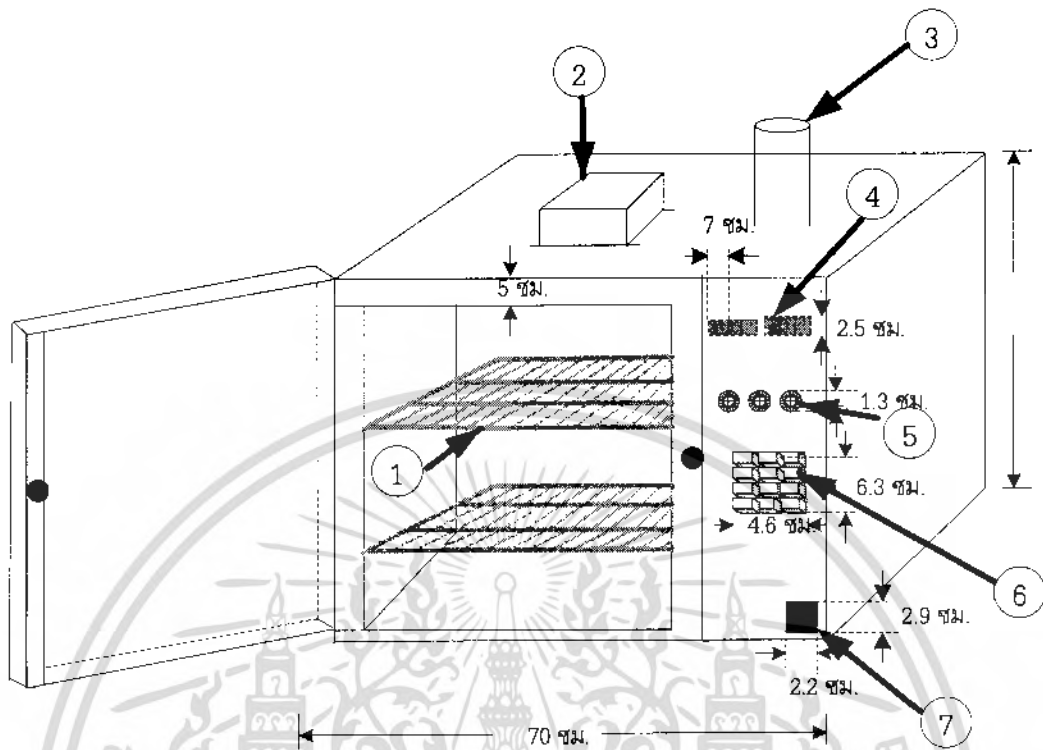


รูปที่ 3.7 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

3.8 การออกแบบโครงสร้างเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

โครงสร้างของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด โครงสร้างของภายนอกของเตาภายนอก เลือกใช้สังกะสีเพราะมีน้ำหนักเบา ด้านข้างสามารถเปิด – ปิดได้ เพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุง ลักษณะการออกแบบเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดแสดงดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 โครงสร้างของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

จากรูปที่ 3.8 สามารถอธิบายส่วนต่างๆ ที่จะประกอบเป็นโครงสร้างเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดดังนี้

1. ตะแกรงสำหรับวางวัสดุที่จะนำมาทำการอบแห้ง
2. ช่องของพัดลมเป่าอากาศ
3. ท่อสำหรับระบายอากาศออกจากตู้
4. แอลอีดีแสดงผล 7 ส่วน
5. หลอดไฟสำหรับแสดงสถานะของเครื่อง
6. สวิตช์เมตริกซ์ขนาด 3×4
7. สวิตช์สำหรับเปิดปิดเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

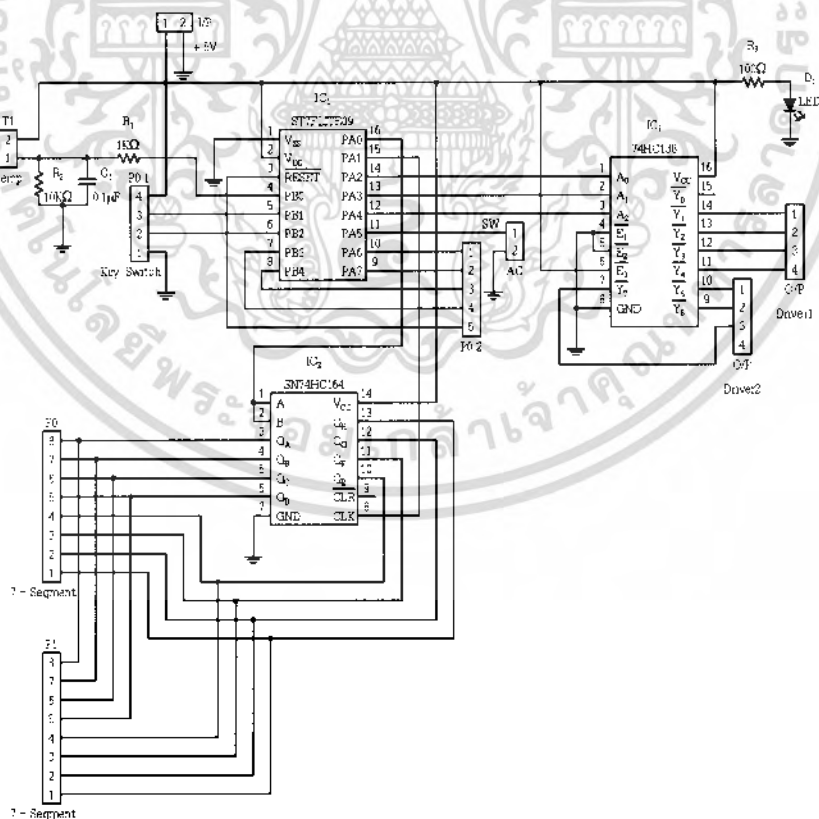
4.1 กล่าวนำ

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของคุณสมบัติการทำงานของเตาอบแห้ง การควบคุมอุณหภูมิ การแสดงผล การนำเมล็ดพันธุ์พืชและการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมาทำการอบแห้งซึ่งขึ้นอยู่กับเมล็ดพันธุ์พืชนั้นๆ ด้วย

4.2 การแสดงผล

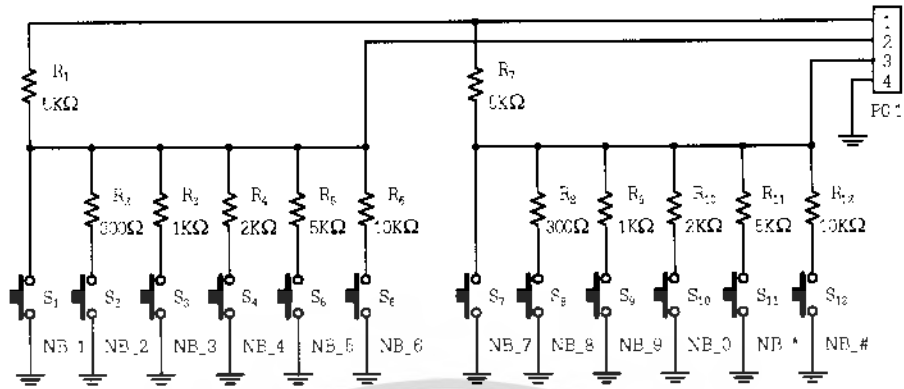
4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำวงจรแสดงผลต่อเข้ากับวงจรควบคุม ที่พอร์ต P0 และ P1 และนำวงจรสวิตซ์ต่อเข้ากับพอร์ต P0.1 ของวงจรควบคุม

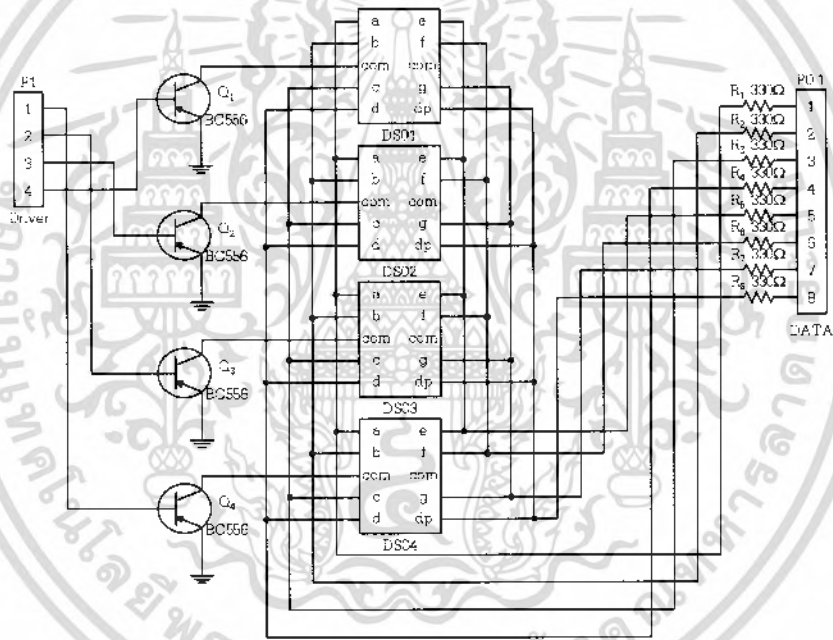


รูปที่ 4.1 วงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรสวิตช์



รูปที่ 4.3 วงจรแสดงเวลาและอุณหภูมิ

2. ทำการเขียนโปรแกรมรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรมที่พอร์ต B1 และพอร์ต B2 ให้แสดงผลออกที่พอร์ต P0 และ P1 ทำการบันทึกผลลงตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของวงจรแสดงผล

ลำดับที่	กดสวิตช์ตัวที่	7-Segment
1	1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1(ต่อ) ผลการทดลองของวงจรแสดงผล

ลำดับที่	กดสวิตช์ตัวที่	7-Segment
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	0	0

4.2.2 ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อเขียนโปรแกรมที่วงจรควบคุมและทำการทดลองกดคีย์สวิตช์ จะพบว่าอุปกรณ์แสดงผลแอลอีดีเจ็ดส่วน 1 หลัก ปรากฏตามที่กดคีย์สวิตช์

4.3 การทดลองเปรียบเทียบการวัดอุณหภูมิ

4.3.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ตั้งค่าอุณหภูมิภายในเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดจากนั้นนำเทอร์โมมิเตอร์ใส่ไว้ในเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด
2. ตั้งค่าเวลาที่ 1 ชั่วโมงดูค่าอุณหภูมิจากตารางที่ 4.2 เมื่อค่าอุณหภูมิภายในเตาเพิ่มขึ้นเท่ากับค่าในตารางให้บันทึกค่าเวลาและค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ลงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดสอบอุณหภูมิและเวลา

อุณหภูมิที่กำหนด(°C)	อุณหภูมิที่วัดได้(°C)	เวลาที่ใช้/อุณหภูมิ (นาที)	ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
30	29	0	3.33
40	39	1.56	2.5
50	49	2.30	2
60	59	3.18	1.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การทดสอบอุณหภูมิและเวลา

อุณหภูมิที่กำหนด(°C)	อุณหภูมิที่วัดได้(°C)	เวลาที่ใช้/อุณหภูมิ (นาที)	ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
70	69	4.02	1.42
80	80	5.25	0
90	90	7.35	0
100	100	9.40	0
110	วัดไม่ได้	11.45	-

4.4 การทดลองการอบแห้งพืชสมุนไพร

ในการทดลองนั้นพืชสมุนไพร อาจจะมีการทดลองที่ไม่เหมือนกัน สามารถยกตัวอย่างการทดลองการอบแห้งพืชสมุนไพร ได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

4.4.1 การอบแห้งพืชสมุนไพร

4.4.1.1 ขั้นตอนการทดลอง

- นำพืชสมุนไพร ทั้ง 4 ชนิด คือ กระชาย ขิง ข่า ตะไคร้ มาทำความสะอาดและฟึ่งลมให้แห้ง ทำการหั่นให้เป็นชิ้นเล็กและมีขนาดเท่าๆ กัน
- นำกระดาษฟอยด์มาทำเป็นกระชงให้มีขนาดเท่ากันโดยทำกระชง
- นำกระดาษฟอยด์มาทำการชั่งและบันทึกข้อมูลลงตารางที่ 4.3 - 4.6
- นำพืชสมุนไพรใส่กระชงฟอยด์และชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบ 10 กรัมและบันทึกข้อมูลลงตารางที่ 4.3 - 4.6
- นำเข้าเตาอบแห้งด้วยคลื่นและทำการตั้งอุณหภูมิที่ 80 องศาและทำการตั้งเวลาที่ 12 ชั่วโมง
- ทำการเก็บผลการทดลองทุกๆ 3 ชั่วโมง โดยนำไปฟึ่งอากาศให้เย็นลงและนำไปชั่งบันทึกผลลงตารางที่ 4.3 - 4.6
- ทำการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตรและบันทึกผลลงตารางที่ 4.3 - 4.6

สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักของสารความชื้นก่อนอบ} - \text{น้ำหนักของสารความชื้นหลังอบ}}{\text{น้ำหนักของสารความชื้นก่อนอบ}} \times 100 \quad (4.1)$$

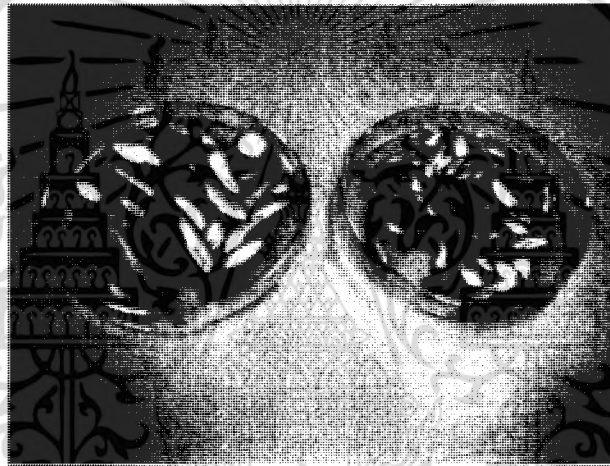
- บันทึกค่าลงกราฟรูปที่ 4.4 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหลืออยู่ โดยนำ 100 เปอร์เซ็นต์ลบด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการอบแห้งกระชาย

ชนิดของสมุนไพรที่ทำการอบ กระชาย อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	หมายเหตุ
3	0.770	10.300	4.040	31.748	
6	0.750	10.605	2.500	16.502	
9	0.781	10.632	2.345	14.714	
12	0.801	10.446	2.191	13.472	



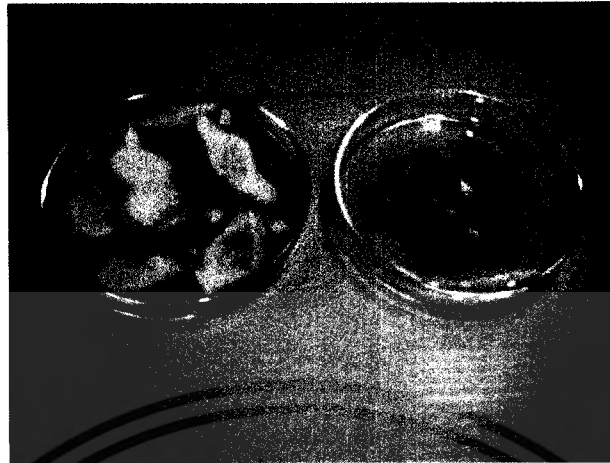
รูปที่ 4.4 ผลการอบแห้งกระชาย

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการอบแห้งขิง

ชนิดของสมุนไพรที่ทำการอบ ขิง อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	หมายเหตุ
3	0.796	10.163	3.00	21.683	
6	0.797	10.442	1.757	9.194	
9	0.677	10.384	1.602	8.908	
12	0.678	10.548	1.607	8.808	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ผลจากการอบแห้งซิง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการอบแห้งซิง

ชนิดของสมุนไพรที่ทำกรอบ ซิง อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	หมายเหตุ
3	0.804	10.723	3.317	23.476	
6	0.754	10.403	1.923	11.081	
9	0.850	10.336	1.721	8.427	
12	0.701	10.364	1.605	8.723	



รูปที่ 4.6 ผลการอบแห้งซิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการอบแห้งตะไคร้

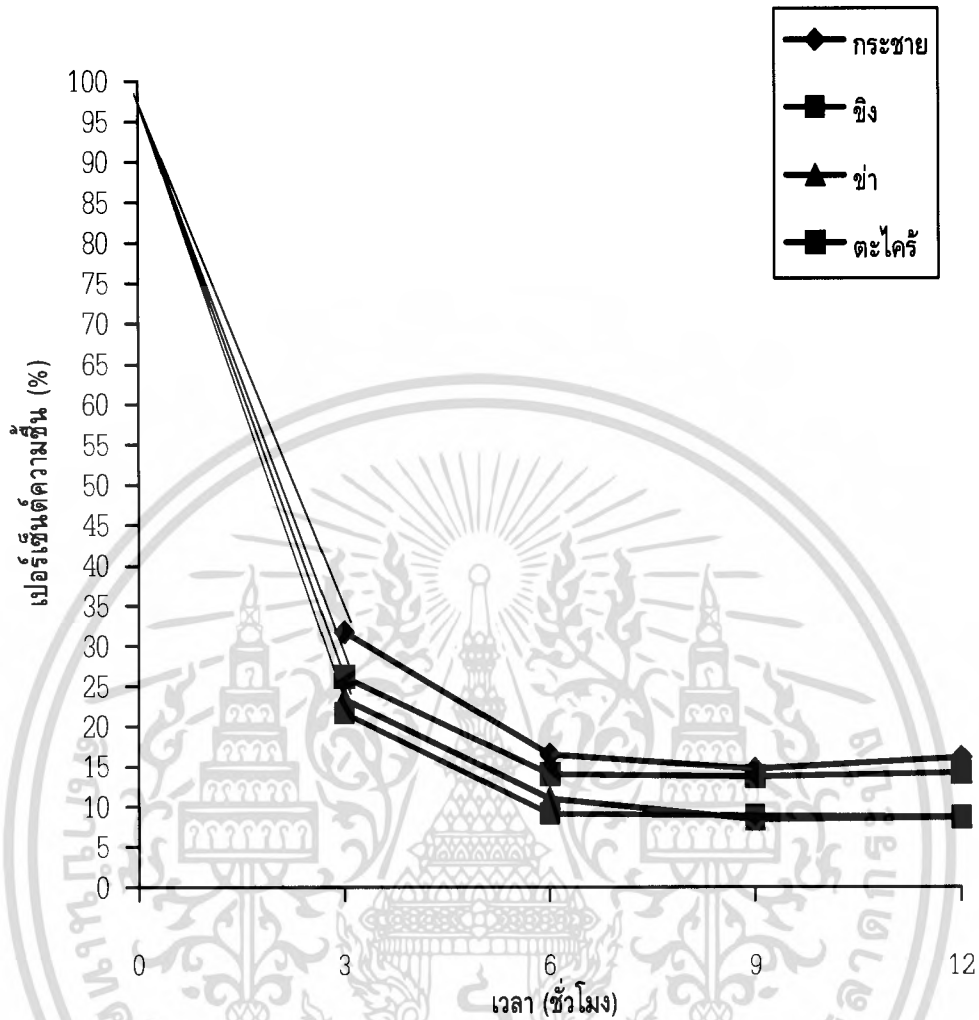
ชนิดของสมุนไพรที่ทำการอบ ตะไคร้ อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	หมายเหตุ
3	0.702	10.623	3.486	26.208	
6	0.760	10.594	2.252	14.084	
9	0.785	10.537	2.233	13.743	
12	0.824	10.379	2.020	11.523	



รูปที่ 4.7 ผลการอบแห้งตะไคร้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหลืออยู่ของการอบแห้งพืชสมุนไพรที่อุณหภูมิ 80 °C

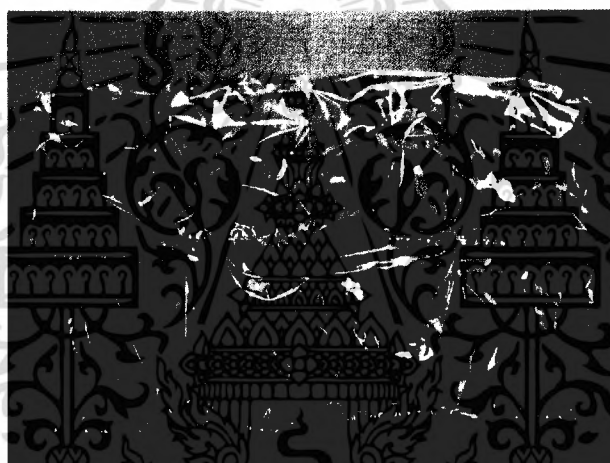
4.5 การเปรียบเทียบคุณภาพของการอบแห้ง

4.5.1 การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับตู้อบแห้งลมร้อน

การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับตู้อบแห้งลมร้อนที่มีขายตามท้องตลาด ซึ่งมีความแตกต่างของความชื้นที่ยังเหลืออยู่ภายในตัวสมุนไพร โดยจะทำการนำสมุนไพรตัวเดียวกันมีน้ำหนักเท่ากันอบที่อุณหภูมิเท่ากันและเวลาเท่ากันและนำมาทำการชั่งเพื่อหาความชื้นที่เหลืออยู่

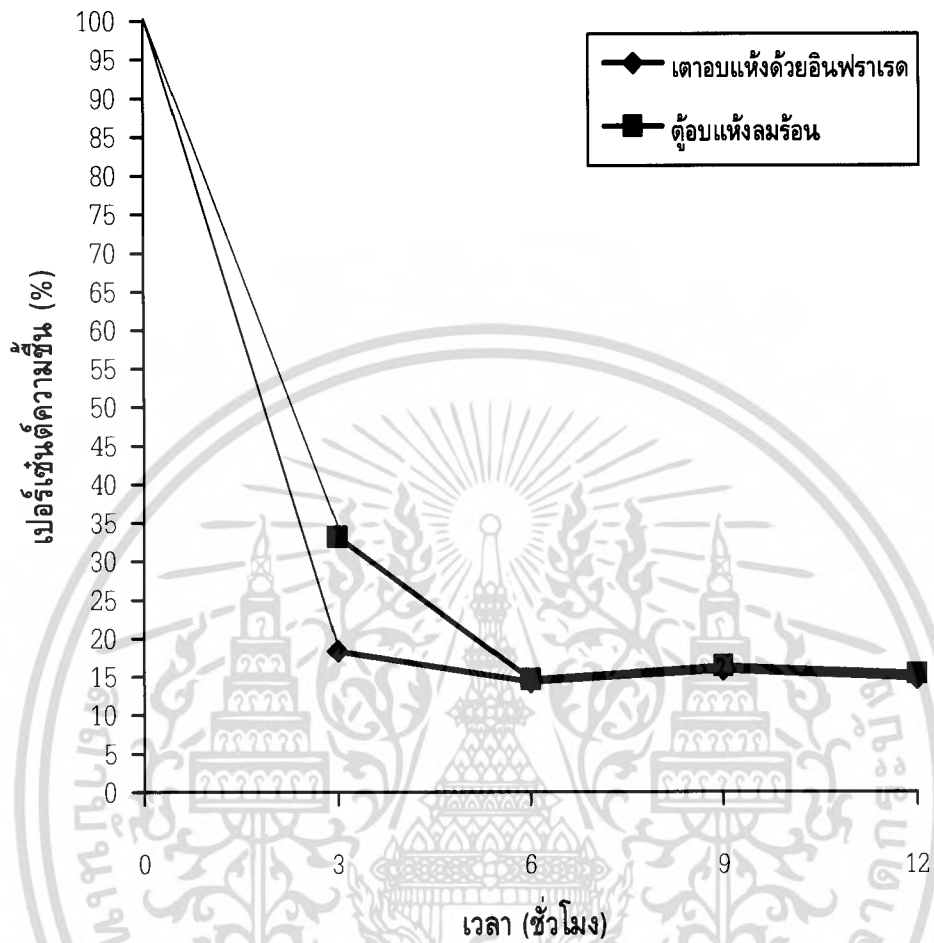
ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบการอบแห้งกระชาย อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด และตู้อบแห้งลมร้อน

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)		น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ(กรัม)		น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ(กรัม)		เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)		หมายเหตุ
	IO	HAO	IO	HAO	IO	HAO	IO	HAO	
3	0.771	0.690	10.499	10.491	2.698	4.173	18.354	33.199	IO คือ เตาอบแห้งด้วย คลื่นอินฟราเรด HAO คือ ตู้อบแห้งลม ร้อน
6	0.801	0.764	10.427	10.451	2.295	2.297	14.328	14.668	
9	0.692	0.694	10.534	10.528	2.364	2.426	15.872	16.451	
12	0.789	0.749	10.421	10.453	2.325	2.355	14.739	15.364	



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบการอบแห้งกระชาย อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและ ตู้อบแห้งลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับตู้อบแห้งลมร้อนของกระชาย

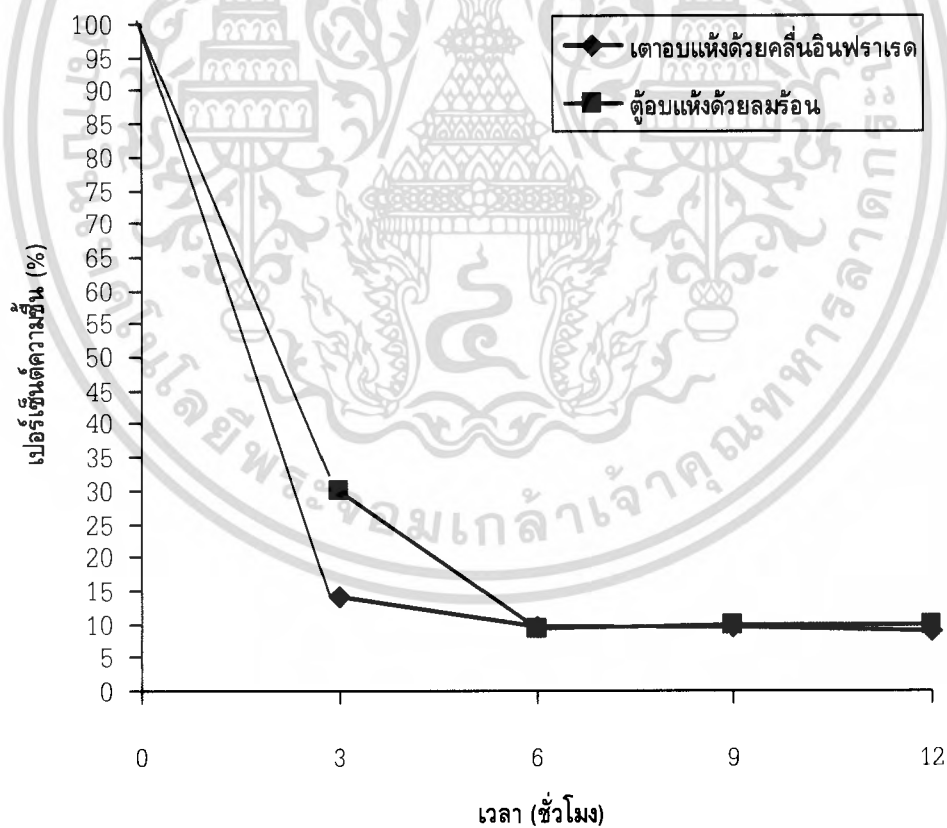
ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบการอบแห้งซึ่ง อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)		น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ(กรัม)		น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ(กรัม)		เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)		หมายเหตุ
	IO	HAO	IO	HAO	IO	HAO	IO	HAO	
3	0.647	0.730	10.468	10.526	2.129	3.871	14.157	29.840	IO คือ เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด HAO คือ ตู้อบแห้งลมร้อน
6	0.672	0.627	10.593	10.590	1.695	1.610	9.657	9.282	
9	0.665	0.695	10.432	10.501	1.676	1.726	9.691	9.818	
12	0.671	0.797	10.469	10.427	1.612	1.833	8.988	9.935	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบการอบแห้งขิง อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับตู้อบแห้งลมร้อนของขิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

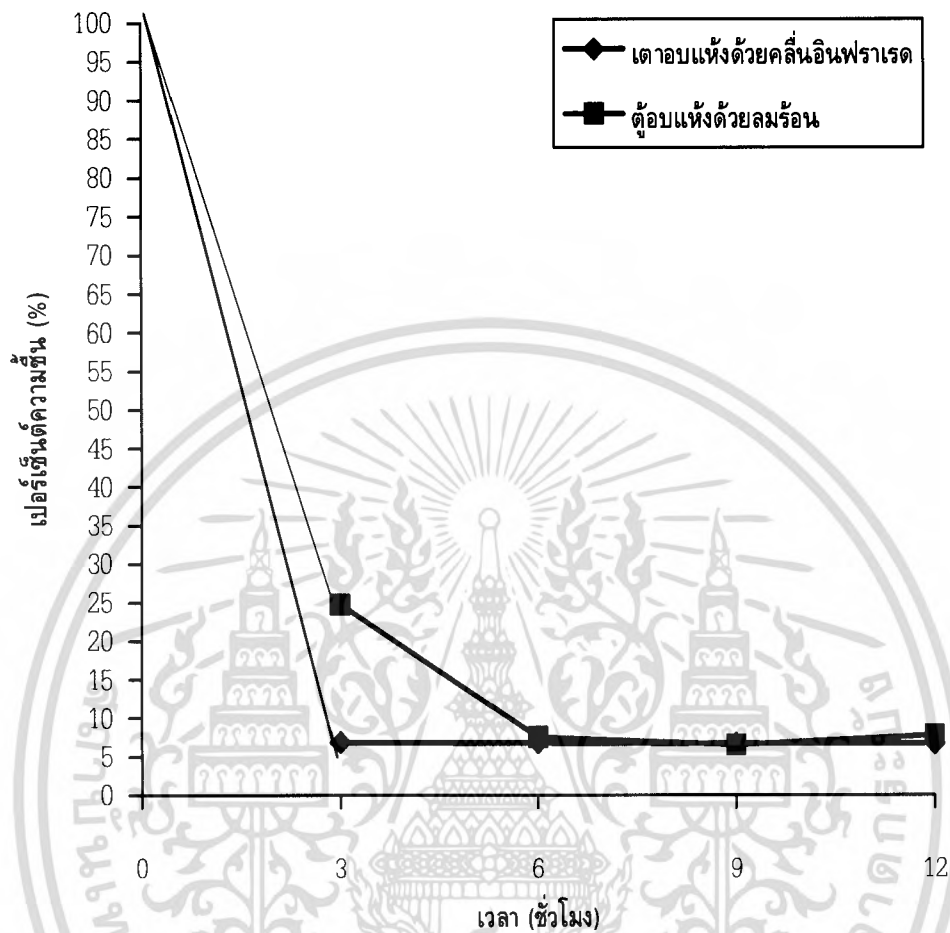
ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบการอบแห้งข้าว อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)		น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ(กรัม)		น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ(กรัม)		เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)		หมายเหตุ
	IO	HAO	IO	HAO	IO	HAO	IO	HAO	
3	0.733	0.683	10.519	10.514	1.459	3.284	6.901	24.738	IO คือ เตาอบแห้งด้วย คลื่นอินฟราเรด HAO คือ ตู้อบแห้งลม ร้อน
6	0.603	0.859	10.481	10.545	1.320	1.655	6.840	7.548	
9	0.741	0.725	10.411	10.528	1.441	1.410	6.723	6.506	
12	0.723	0.703	10.551	10.491	1.428	1.517	6.681	7.759	



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบการอบแห้งข้าว อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

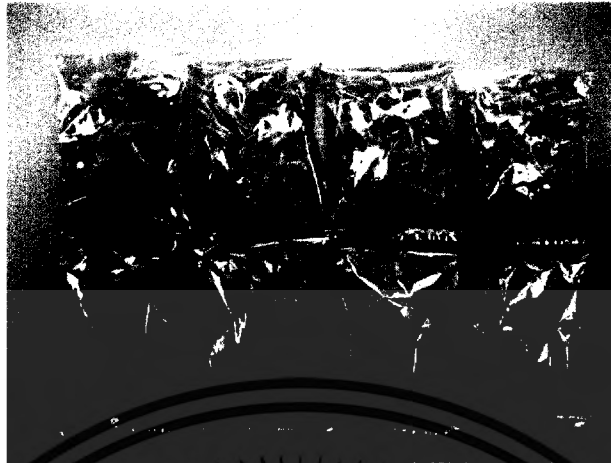


รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับตู้อบแห้งลมร้อนของข้า

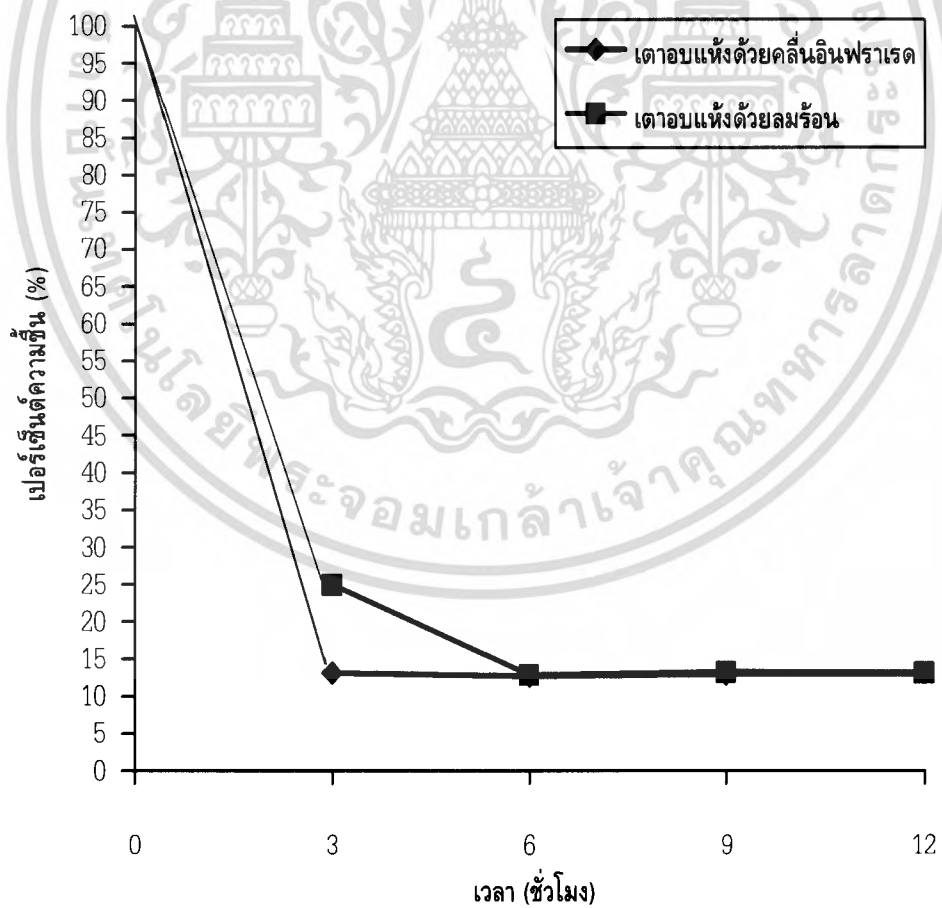
ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบการอบแห้งพืชสมุนไพรตะไคร้ อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและตู้อบแห้งลมร้อน

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)		น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ(กรัม)		น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ(กรัม)		เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)		หมายเหตุ
	IO	HAO	IO	HAO	IO	HAO	IO	HAO	
3	0.681	0.600	10.435	10.428	2.055	3.204	13.167	24.971	IO คือ เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด HAO คือ ตู้อบแห้งลมร้อน
6	0.611	0.686	10.423	10.433	1.937	2.031	12.721	12.891	
9	0.691	0.723	10.434	10.454	2.043	2.113	12.957	13.296	
12	0.728	0.740	10.482	10.484	2.104	2.124	13.127	13.201	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบการอบแห้งตะไคร้ อบที่อุณหภูมิ 80°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดและ
ตู้อบแห้งลมร้อน



รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบคุณภาพของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดกับตู้อบแห้งลมร้อนของตะไคร้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืช

ในการทดลองอบเมล็ดพันธุ์พืชทางการเกษตร เพื่อลดความชื้นของเมล็ดพืชก่อนนำไปทำการเพาะปลูก สามารถยกตัวอย่างการทดลองเมล็ดพันธุ์พืชได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

4.6.1 ขั้นตอนการทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อการเพาะปลูก

1. เตรียมเมล็ดพันธุ์พืชที่จะทำการอบได้แก่ ข้าวโพด ถั่วเขียว และถั่วเหลือง ทำความสะอาดโดยการนำดินและเศษเปลือกของเมล็ดพันธุ์ที่จะทำการอบออกให้หมด
2. เลือกเมล็ดพันธุ์พืชที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดโดยดูจาก ขนาด ไม่มีรอยแตกร้าว ไม่ถูกแมลงทำลาย เลือกเมล็ดพันธุ์ที่มีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน
3. แบ่งเมล็ดพันธุ์ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 สำหรับการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและส่วนที่ 2 สำหรับนำไปเพาะปลูก
4. การติดชื่อกระถางของเมล็ดพันธุ์พืช
5. นำกระถางพอยด์มาทำการชั่งและบันทึกข้อมูลลงตารางที่ 4.11 — 4.13
6. นำเมล็ดพันธุ์พืชใส่กระถางพอยด์ ซึ่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบ 10 กรัมและบันทึกข้อมูลลงตารางที่ 4.11 — 4.13
7. นำเข้าเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด ทำการตั้งอุณหภูมิที่ 40 องศาและทำการตั้งเวลาที่ 6 ชั่วโมง
8. ทำการเก็บผลการทดลองทุกๆ 3 ชั่วโมง โดยนำไปพียงอากาศให้เย็นลงและนำไปชั่งบันทึกผลลงตารางที่ 4.11 — 4.13
9. ทำการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตรและบันทึกผลลงตารางที่ 4.11 — 4.13

สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักของสารความชื้นก่อนอบ} - \text{น้ำหนักของสารความชื้นหลังอบ}}{\text{น้ำหนักของสารความชื้นก่อนอบ}} \times 100 \quad (4.2)$$

10. บันทึกค่าลงกราฟรูปที่ 4.9 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหลืออยู่โดยนำ 100 เปอร์เซ็นต์ลบด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืชข้าวโพด

ชนิดของเมล็ดพันธุ์พืชที่นำอบ ข้าวโพด อบที่อุณหภูมิ 40°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	หมายเหตุ
3	0.736	10.508	10.769	95.479	
6	0.735	10.492	10.56	93.642	

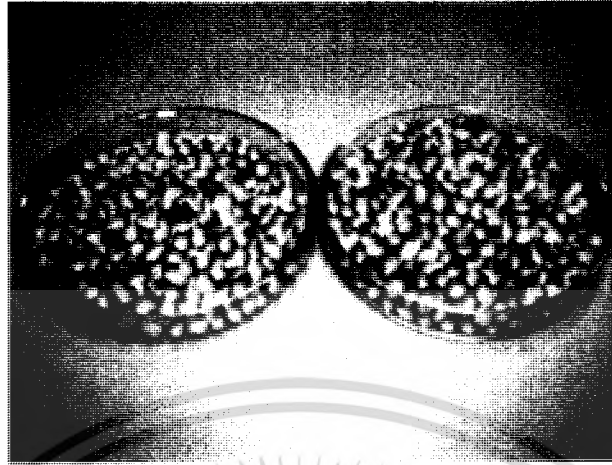


รูปที่ 4.17 ผลการอบเมล็ดพันธุ์พืชข้าวโพด

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืชถั่วเหลือง

ชนิดของเมล็ดพันธุ์พืชที่นำอบ ถั่วเหลือง อบที่อุณหภูมิ 40°C โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	หมายเหตุ
3	0.761	10.502	11.04	97.876	
6	0.700	10.511	10.912	97.155	



รูปที่ 4.18 ผลการอบเมล็ดพันธุ์พืชถั่วเหลือง

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืชถั่วเขียว

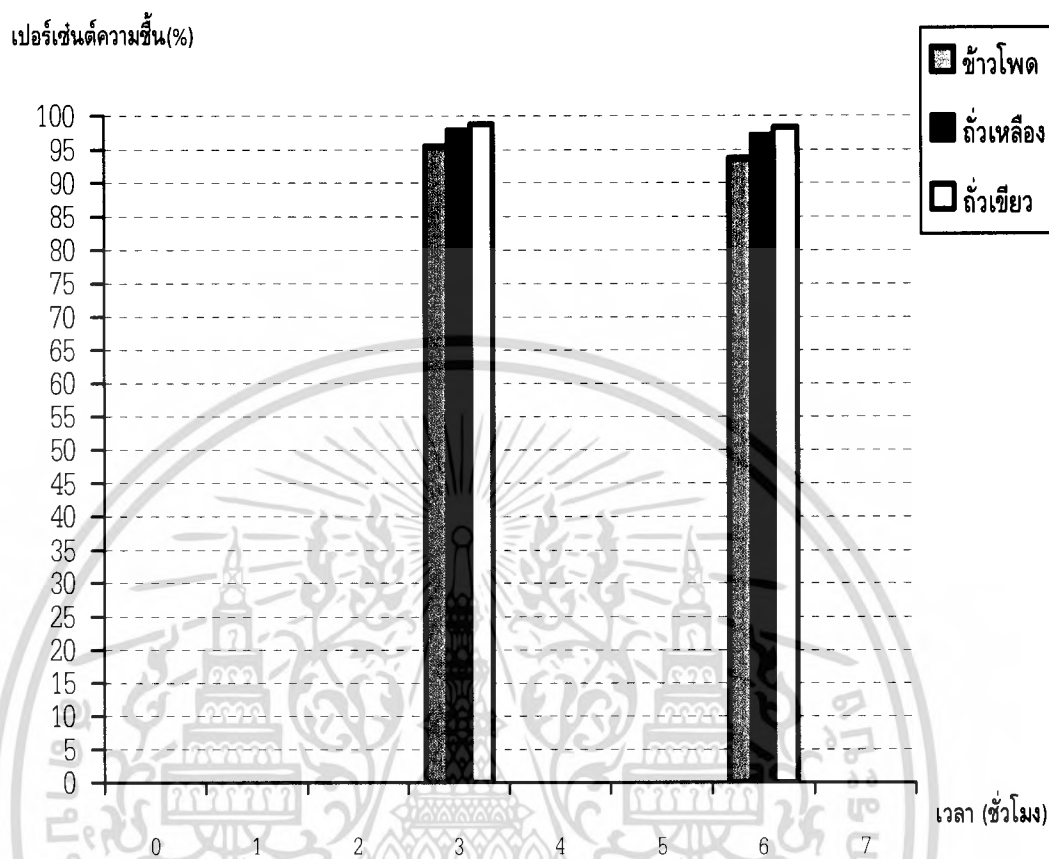
ชนิดของเมล็ดพันธุ์พืชที่นำอบ ถั่วเขียว อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักภาชนะ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	หมายเหตุ
3	0.740	10.380	10.993	98.776	
6	0.78	10.404	11.008	98.308	



รูปที่ 4.19 ผลการทดลองการอบเมล็ดพันธุ์พืชถั่วเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



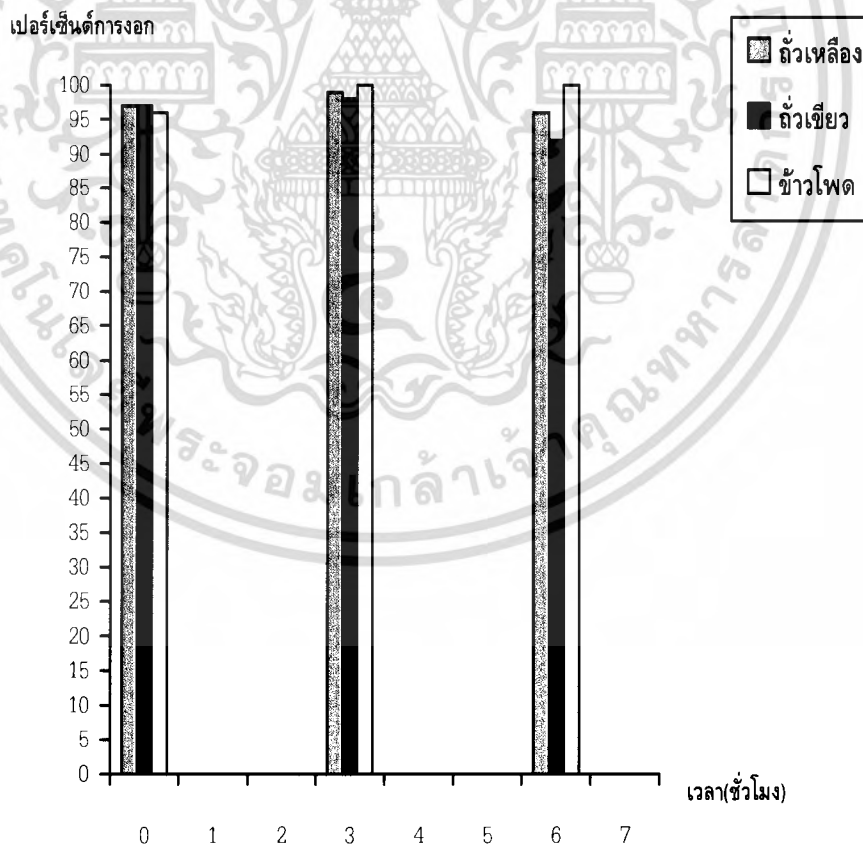
รูปที่ 4.20 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหลืออยู่ของการอบเมล็ดพันธุ์พืชที่อุณหภูมิ 40 °C

4.6.2 การทดลองนำเมล็ดพันธุ์พืชที่ทำการอบไปทำการเพาะปลูกเพื่อดูเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์พืช

ในการทดสอบการอบเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อการเพาะปลูกนั้นจะแตกต่างจากการอบแห้งพืชสมุนไพรตรงที่การอบแห้งพืชสมุนไพรจะใช้การอบที่อุณหภูมิสูงและไม่ต้องคำนึงถึงว่าพืชนั้นจะมีชีวิตหรือไม่ซึ่งจะส่งผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์พืช แต่ถ้าเราทำการอบแห้งเพื่อทำให้เมล็ดพันธุ์พืชมีความชื้นที่พอเหมาะกับการเก็บรักษาและการเพาะปลูก สามารถทำการทดลอง

ตารางที่ 4.14 ผลทดลองการเพาะเมล็ดพันธุ์พืชที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 °C

ชนิดพันธุ์พืช	เวลาที่ใช้อบ (ชั่วโมง)	เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์ พืช (%)
ถั่วเหลือง	0	97
	3	97
	6	96
ถั่วเขียว	0	99
	3	98
	6	100
ข้าวโพด	0	96
	3	92
	6	100

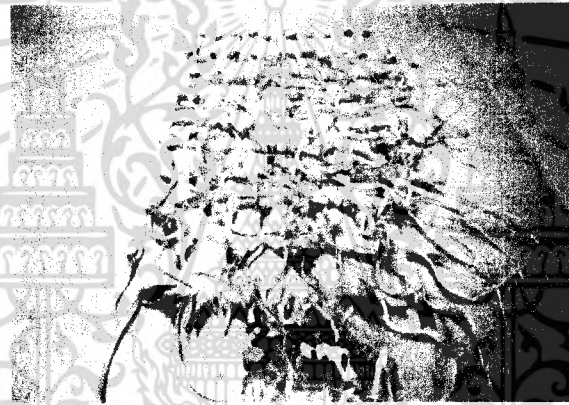


รูปที่ 4.21 ค่าเปอร์เซ็นต์การเพาะเมล็ดพันธุ์พืชที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 ผลการเพาะเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

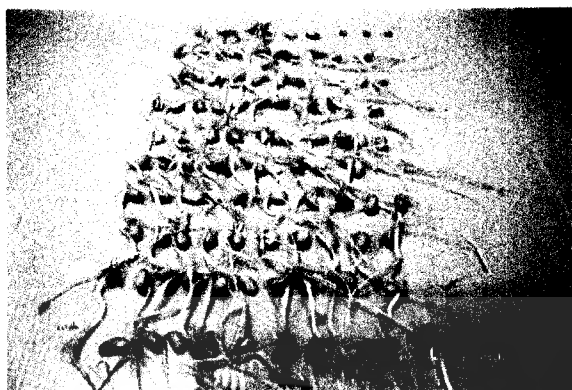


รูปที่ 4.23 ผลการเพาะเมล็ดถั่วเขียวที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง



รูปที่ 4.24 ผลการเพาะเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 ผลการเพาะเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง



รูปที่ 4.26 ผลการเพาะเมล็ดถั่วเขียวที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง



รูปที่ 4.27 ผลการเพาะเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุป

เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดเป็นเตาอบที่มีโครงงานประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งจะทำงานอย่างสัมพันธ์กัน โดยในส่วนของฮาร์ดแวร์ก็จะประกอบด้วย โครงสร้างของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด วงจรต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด ซึ่งได้แก่ วงจรแรงดันไฟ วงจรหรีไฟ วงจรแสดงผล เป็นต้น และในส่วนของซอฟต์แวร์ก็จะประกอบด้วย โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานต่างๆ ของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดซึ่งได้แก่ โปรแกรมตั้งเวลา โปรแกรมตั้งอุณหภูมิ โปรแกรมตรวจสอบอุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมระบบการทำงานต่างๆ ของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดต้องมีความสัมพันธ์กับวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมจะใช้ภาษาแอสเซมบลีในการเขียนโปรแกรมส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องได้ทำการทดลองเรื่องของการแสดงผลโดยการสวิตซ์และแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขดังตารางที่ 4.1 การทดลองเปรียบเทียบการวัดอุณหภูมิจะเป็นการทดสอบในเรื่องของการวัดอุณหภูมิภายในเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดด้วยเทอร์โมมิเตอร์โดยนำเทอร์โมมิเตอร์ใส่ไว้ในเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด จากนั้นทำการตั้งเวลาและอุณหภูมิจากนั้นก็นำเทอร์โมมิเตอร์ออกมาอ่านค่าอุณหภูมิและบันทึกผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 และต่อไปเป็นการทดลองเรื่องของการอบแห้งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือการอบแห้งพืชสมุนไพรและการอบแห้งเพื่อการเพาะปลูกโดยการอบแห้งพืชสมุนไพรจะทำการทดลองกับพืชสมุนไพร 4 ชนิดคือ กระชาย ชิง ข่า ตะไคร้ โดยมีขั้นตอนการทดลองอยู่ 8 ขั้นตอนจากนั้นทำการบันทึกผลการทดลองส่วนการอบแห้งเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อการเพาะปลูกจะมีส่วนของการทดลองอบแห้งและส่วนที่ทำการทดลองเพาะปลูกซึ่งจะเห็นผลการทดลองในบทที่ 4 และส่วนของตัวเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดสามารถนำไปใช้งานได้จริง

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานปรากฏว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความล่าช้าในการออกแบบวงจร เนื่องจากเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดมีส่วนของวงจรหลายๆ ส่วนจึงทำให้การออกแบบเกิดความล่าช้า

วิธีการแก้ไข แบ่งกันศึกษาวงจรและทำการออกแบบวงจรไว้ก่อนล่วงหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความล่าช้าจากการทดลองวงจร เนื่องจากเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดนั้นจะมีวงจรอยู่หลายส่วนการทำงานของวงจรแต่ละวงจรถูกไม่เหมือนกันเมื่อทำการทดลองแล้วปรากฏว่าวงจรที่ทำไปนั้นไม่สามารถทำงานได้ก็ต้องทำการแก้ไขและทำลายวงจรใหม่ จึงก่อให้เกิดความล่าช้าในการทำงานขึ้น

วิธีการแก้ไขปัญหา ทำการศึกษาวงจรอย่างละเอียดนำไปทดลองกันไฟโตบอร์ดก่อนนำไปทำเป็นลายวงจรจริงและขอคำปรึกษาจากผู้มีความรู้

3. ความผิดพลาดในการออกแบบโครงสร้างเตาอบ เนื่องจากการวัดโครงสร้างเตาอบและขนาดของอุปกรณ์มีความผิดพลาด จึงทำให้มีปัญหาในการวางตัวอุปกรณ์เข้ากับตัวเครื่อง

วิธีการแก้ไขปัญหา ทำการออกแบบใหม่ ให้สามารถวางอุปกรณ์ได้ครบ

4. โครงสร้างของเตาอบแห้งไม่ตรงตามที่ออกแบบ เนื่องจากขนาดของเตาอบแห้งที่นำเสนอั้นมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก อีกทั้งระบบกระจายความร้อนของตู้ยังไม่ดีอีกด้วย

วิธีการแก้ไขปัญหา ออกแบบโครงสร้างของเตาอบให้มีขนาดเล็กลง เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดท่าระบบกระจายความร้อน โดยการใช้พัดลมดูดอากาศดูดอากาศให้หมุนเวียนภายในตู้ และทำปล่องสำหรับให้อากาศถ่ายเทออกมาภายนอกเพื่อป้องกันการรวมของเตาอบ

5. เนื่องจากขอบเขตของโครงการได้ระบุไว้ว่าอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถวัดได้คือ 150°C แต่เมื่อนำมาปฏิบัติจริงไม่สามารถปฏิบัติได้

วิธีการแก้ไขปัญหา เตาอบสามารถวัดอุณหภูมิได้สูงสุด 110°C

6. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมินั้น คือเทอร์โมคัปเปิลแต่เทอร์โมคัปเปิลมีค่าความผิดพลาดในการวัดอุณหภูมิสูงและสัญญาณรบกวนสูง

วิธีการแก้ไขปัญหา เปลี่ยนอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิใหม่เป็นเทอร์มิสเตอร์รุ่น 502ht

7. เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากตัววัดอุณหภูมิเป็นสัญญาณอนาล็อกเราจึงต้องทำการเปลี่ยนจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อที่จะสามารถวัดสัญญาณออกมาได้และทำการเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะทำการควบคุมการทำงานแต่ที่ตัวควบคุมที่ใช้ยังไม่ดี A/D

วิธีการแก้ไขปัญหา เปลี่ยนตัวควบคุมใหม่โดยใช้ MCU เบอร์ ST7FLITE09 ที่มี A/D ภายในตัวและยังสามารถควบคุมการทำงานทั้งหมดได้ด้วย

8. ไม่สามารถหาเมล็ดพืชที่ใช้ทดลองในการอบได้ เนื่องจากเมล็ดพืชที่ใช้ต้องเป็นเมล็ดที่แก่และแห้งคานซึ่งในการทดลองต้องใช้เมล็ดพืชหลายชนิด จึงไม่สามารถหาได้ครบตามที่กำหนดได้

วิธีการแก้ไขปัญหา ให้ไปขอเมล็ดพืชที่คณะเทคโนโลยีการเกษตรและสถานที่ที่มีการเพาะปลูกพืชไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. สามารถพัฒนาจอแสดงผลจาก แอลอีดีเจ็ดส่วนให้เป็นการแสดงผลบนจอแอลซีดี (LCD) ได้
2. สามารถพัฒนาให้เตาอบมีขนาดเล็กลงได้
3. สามารถพัฒนาให้เครื่องใช้กำลังงานในการทำงานลดลง
4. สามารถวัดอุณหภูมิที่มีค่าสูงกว่า 110 องศาเซลเซียสได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

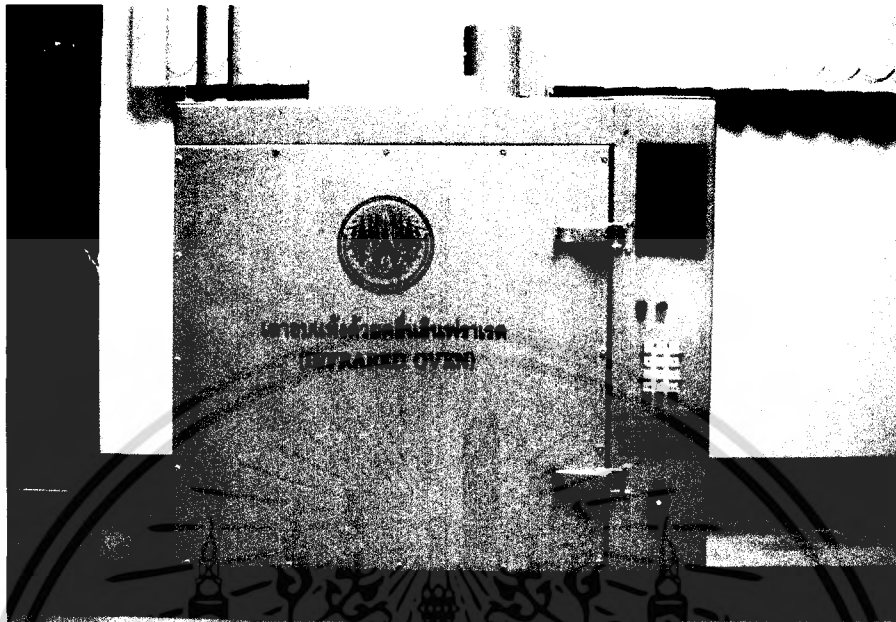
บรรณานุกรม

- ชัยยงค์ แก้วมงคล และนภัทร วัจนเทพินทร์. 2542. **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1**. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์
- พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2534. **ทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เจริญธรรม.
- พิชิต ฤกษ์นันท์. **เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)**. คู่มือการสอบเทียบเครื่องวัดอุณหภูมิ
- วิลัย รังสาทอง. 2543. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยี
- พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น. 2542. **การผลิตถั่วลิสงอย่างถูกต้องและเหมาะสม**. ขอนแก่น : สถาบันวิจัยพืชไร่
- กรมวิชาการเกษตร
- ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น. 2527. **ฟิสิกส์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียมสโตร์.
- สมคิด วิริยะประสิทธิ์ชัย, อรรถพล มณีโชติ และธนาวัฒน์ ภมรวิฑิตพงษ์. "อุปกรณ์แปลงแสง." **ความรู้เบื้องต้นทางอิเล็กทรอนิกส์**. 294 – 296.
- สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. **การพัฒนากรรมวิธีการผลิต ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์.
- อรวิทย์ เล้าหวัชตน์นันท์. 2545. **การถนอมและการแปรรูปอาหาร**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.
- อนันท์ คัมภีรานนท์. 2545. **ทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1**. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ด้านหน้าของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

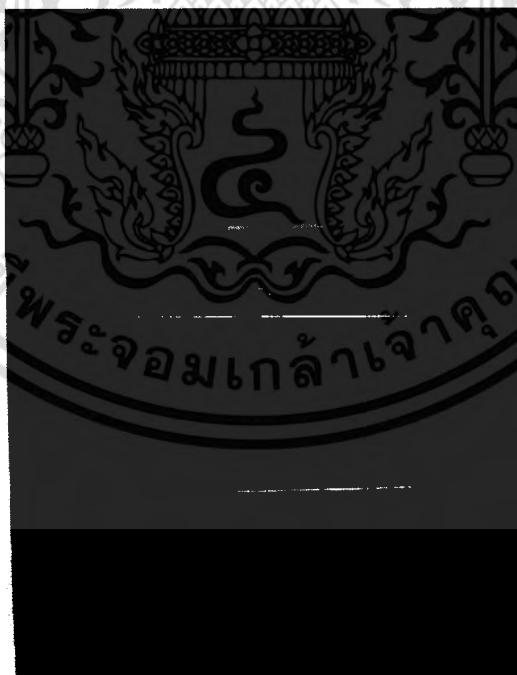


รูปที่ ก.2 ด้านหลังของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ด้านบนของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

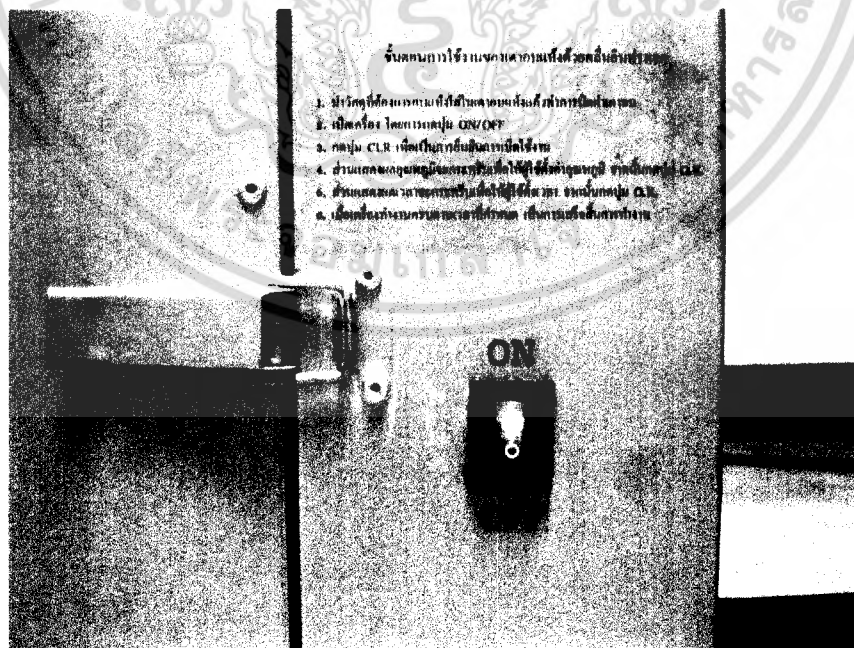


รูปที่ ก.4 ส่วนแสดงผลทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ปุ่มตั้งค่าการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด



รูปที่ ก.6 ปุ่มเปิด-ปิดการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

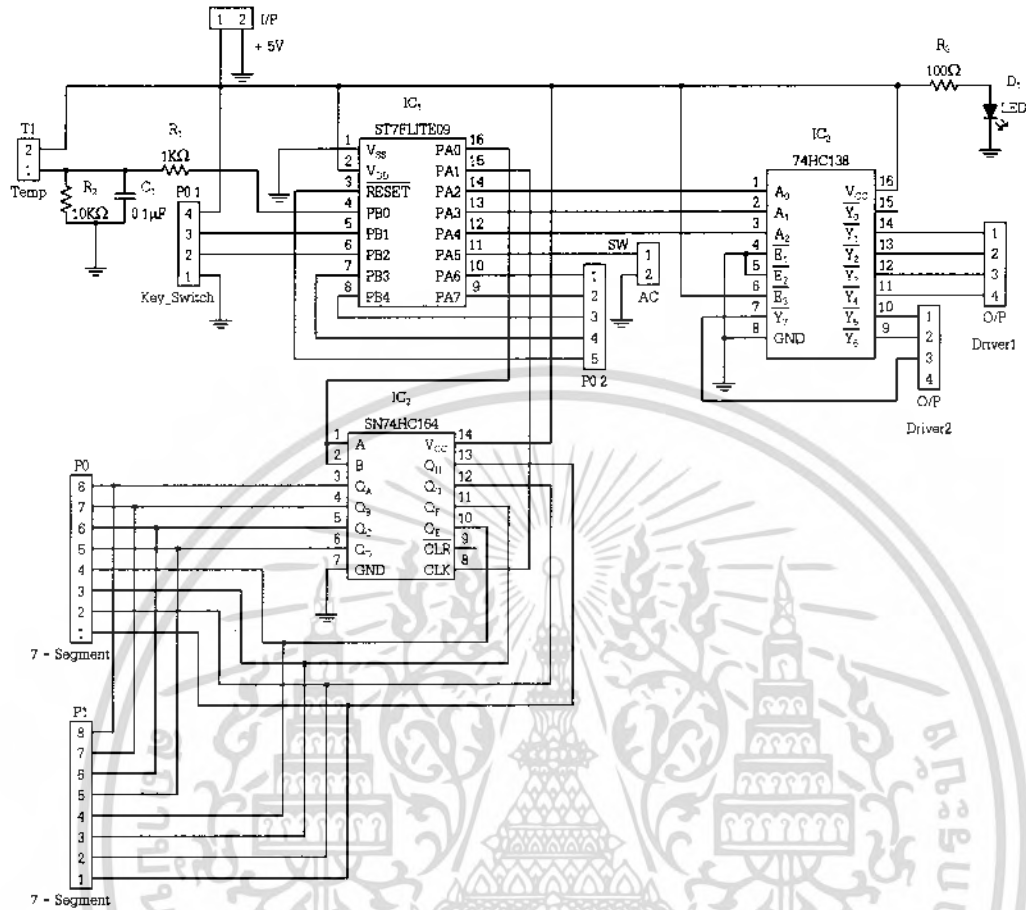


รูปที่ ก.7 การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ขณะใช้งานจริงของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

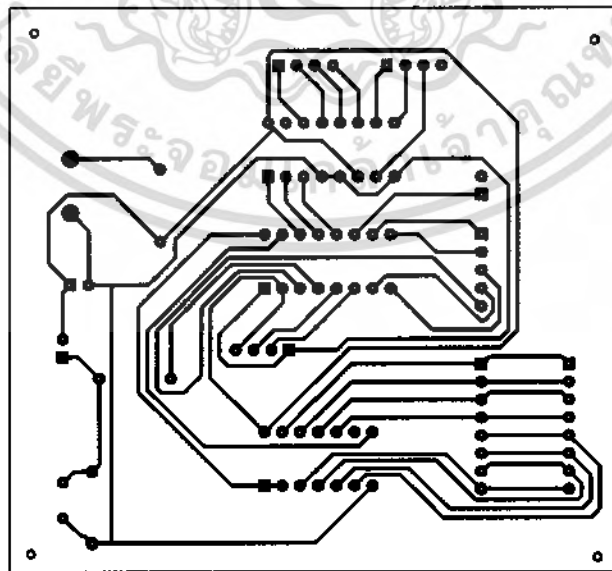
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

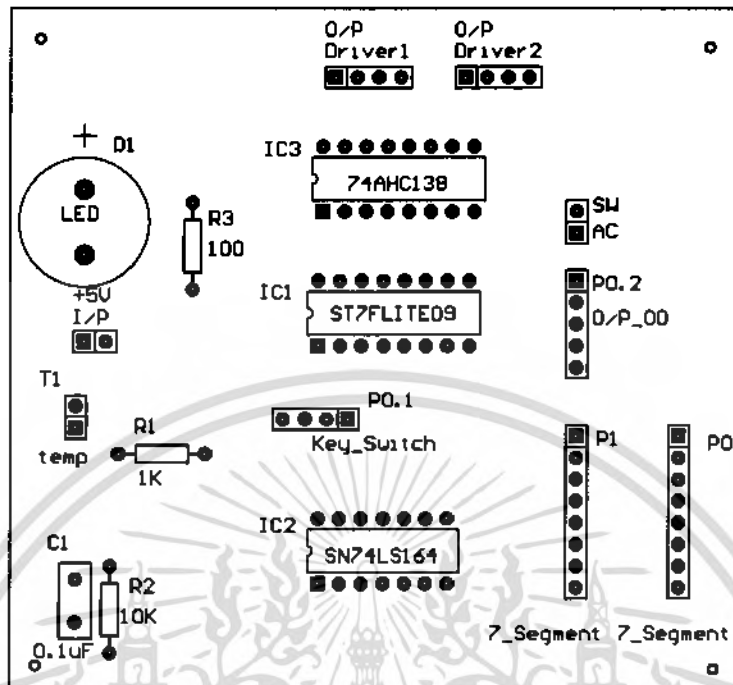


รูปที่ ข.1 วงจรควบคุม

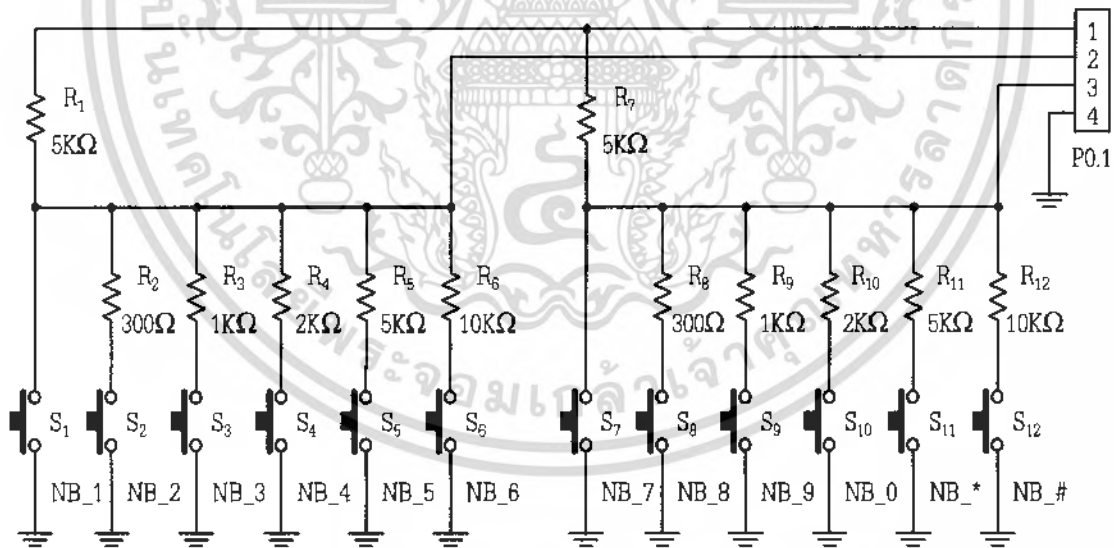


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมการทำงานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

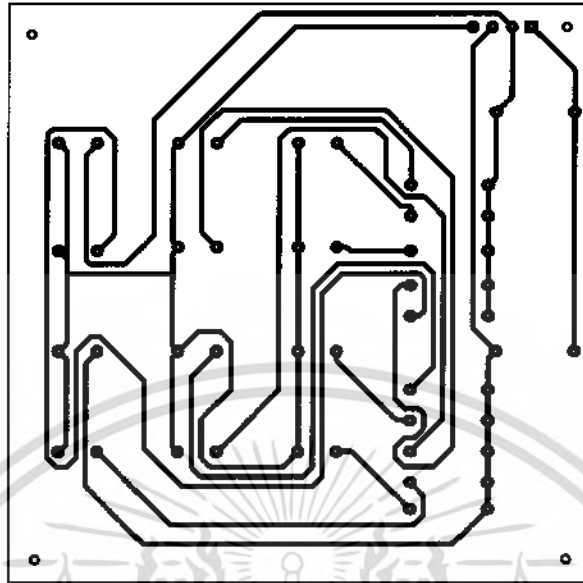


รูปที่ ๓.3 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุม

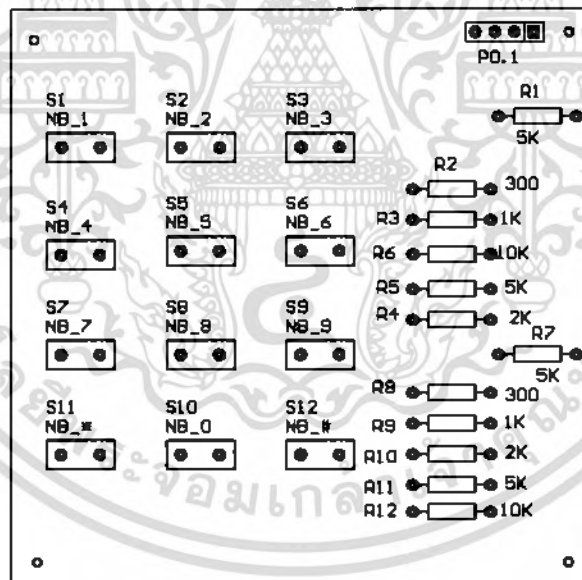


รูปที่ ๓.4 วงจรสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

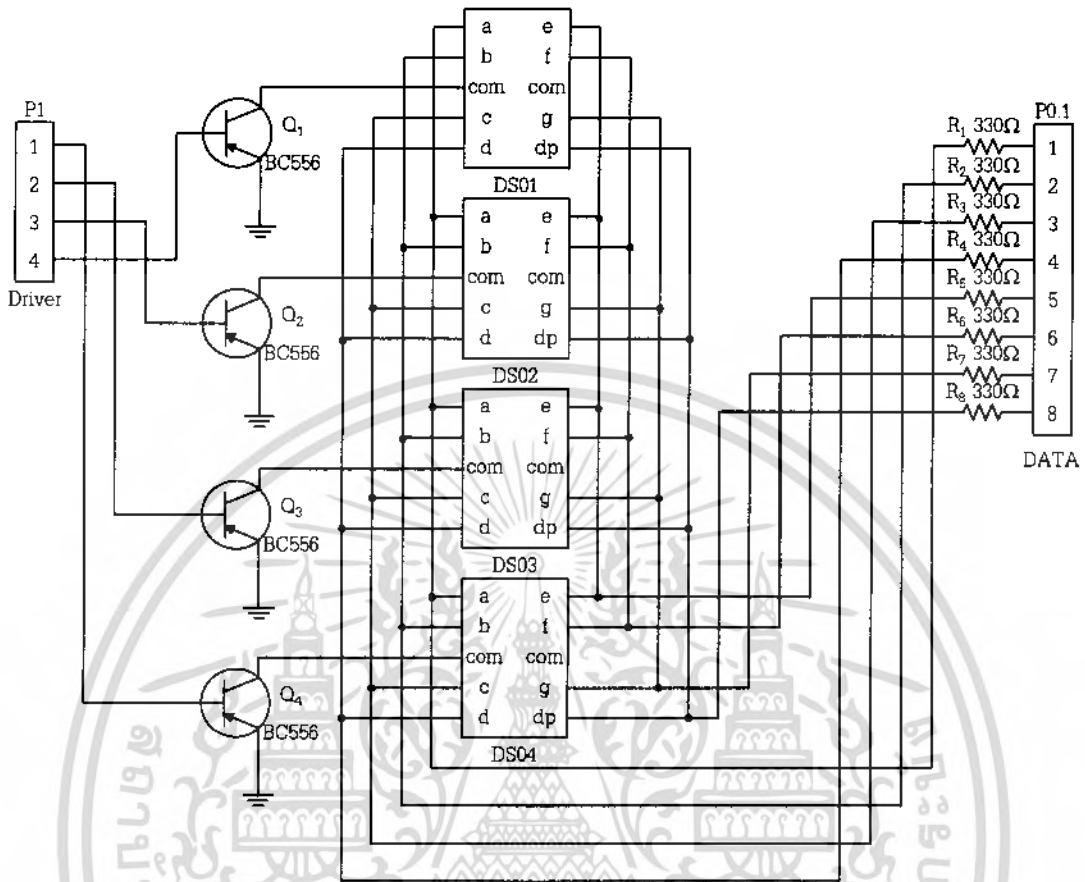


รูปที่ ๕.5 แผงวงจรพิมพ์วงจรสวิตช์

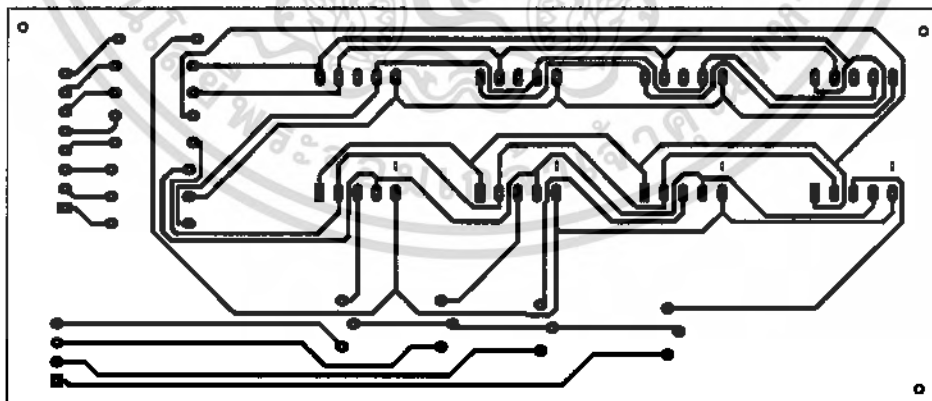


รูปที่ ๕.6 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผงวงจรพิมพ์วงจรสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

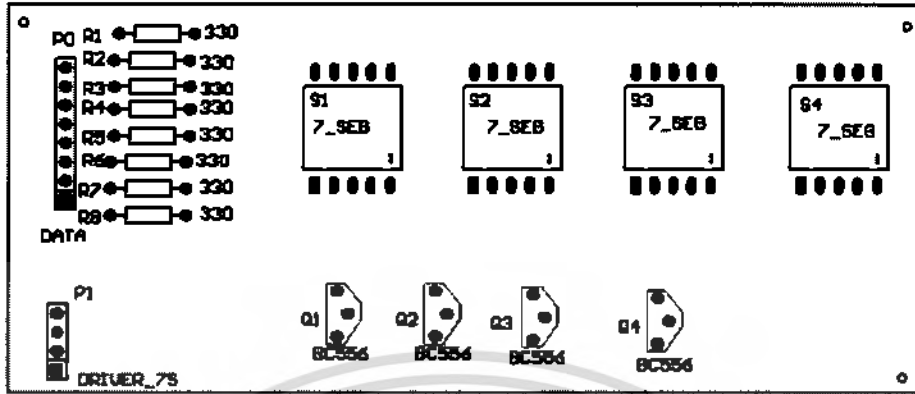


รูปที่ ข.7 วงจรแสดงเวลาและอุณหภูมิ

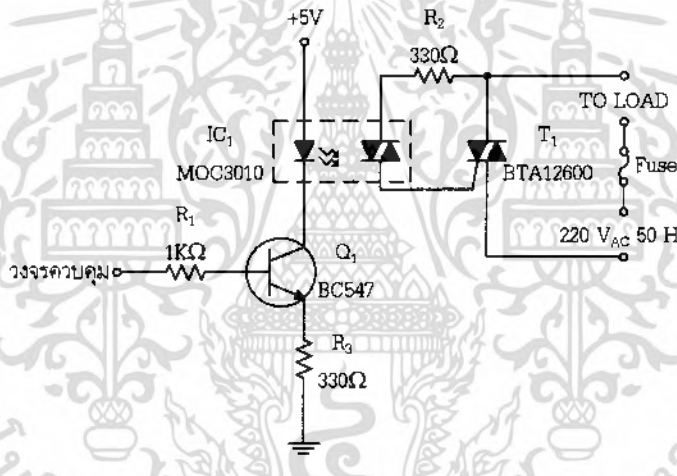


รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลและอุณหภูมิ

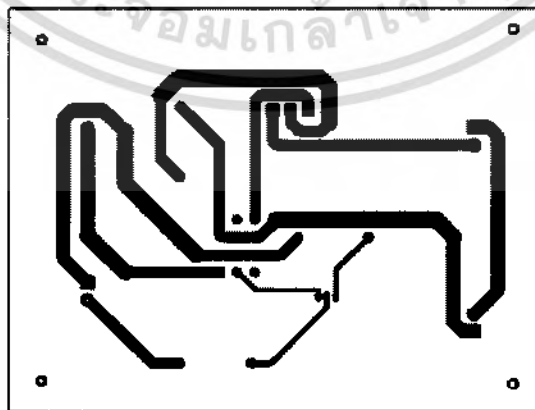
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.9 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผลและอุณหภูมิ

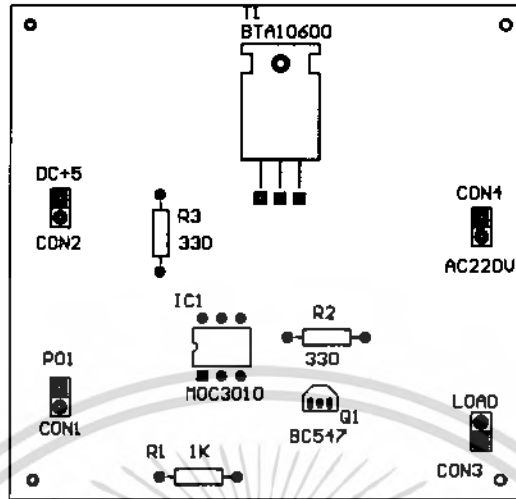


รูปที่ ข.10 วงจรเชื่อมต่อฮีดเตอร์อินฟราเรดกับไฟฟ้า

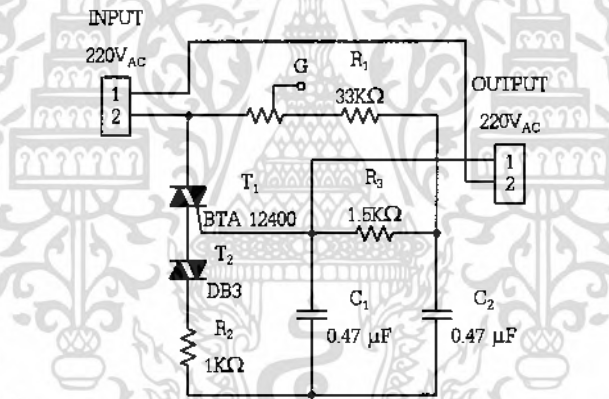


รูปที่ ข.11 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรเชื่อมต่อฮีดเตอร์อินฟราเรดกับไฟฟ้า

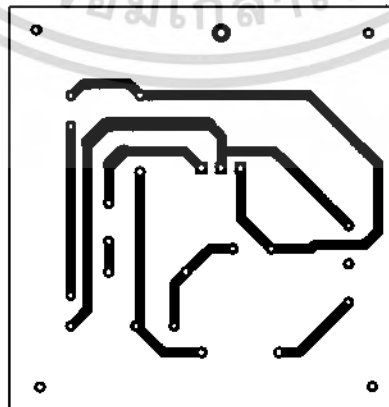
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรเชื่อมต่อฮีดเตอร์อินฟราเรดกับไฟฟ้า

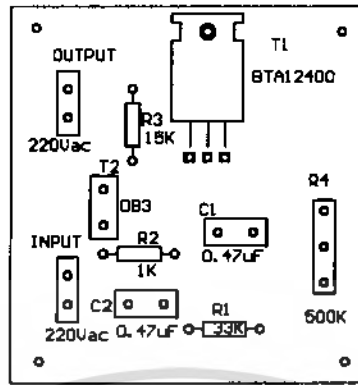


รูปที่ ข.13 วงจรหรีไฟ

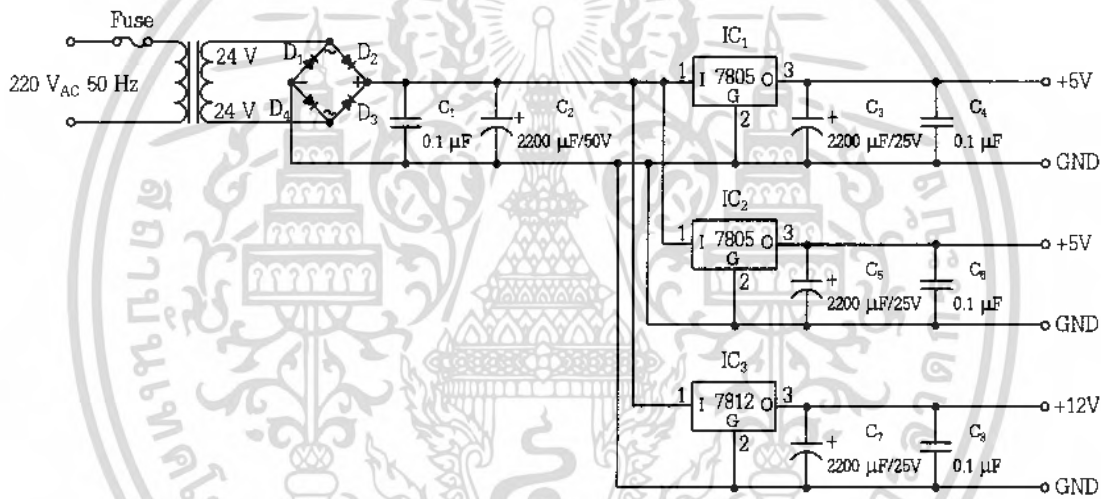


รูปที่ ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรหรีไฟสำหรับพัดลมดูดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

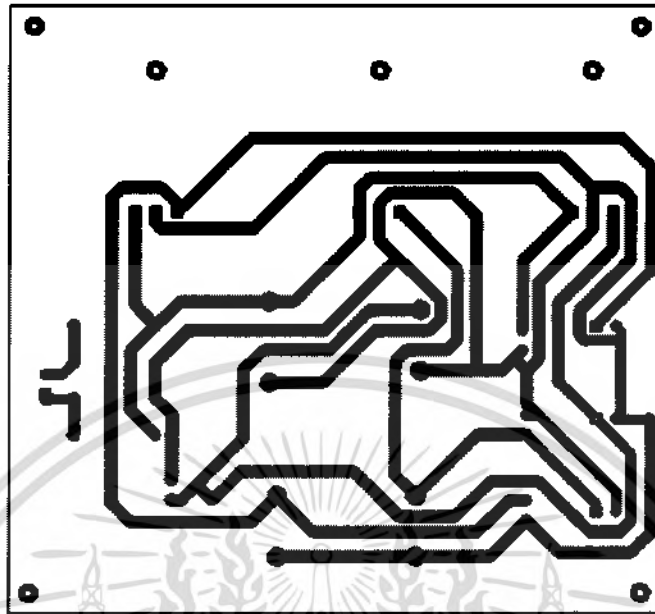


รูปที่ ข.15 การวางอุปกรณ์วงจรไฟสำหรับพัดลมดูดอากาศ

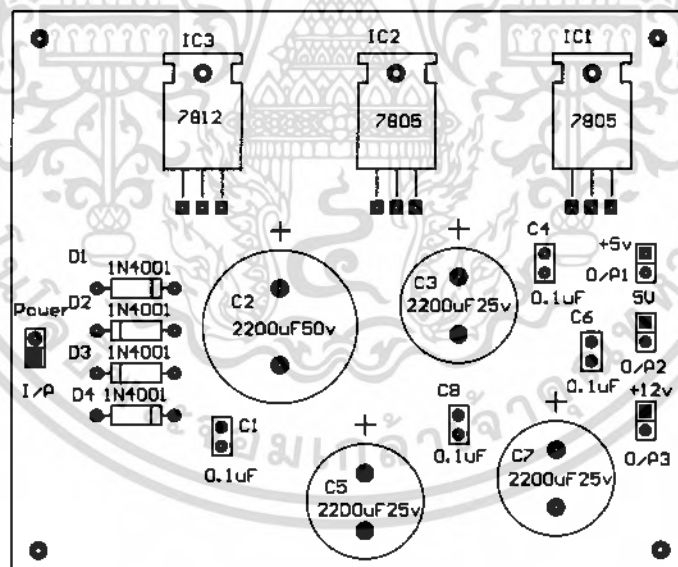


รูปที่ ข.16 วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.17 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน



รูปที่ ข.18 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุม

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC ₁	ST7F4TE09	1 ตัว
IC ₂	SN74LS164	1 ตัว
IC ₃	74AHC138	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C ₁	0.1 μ F ชนิดเซรามิก	1 ตัว
ตัวต้านทาน		
R ₁	1 k Ω 1/4 W \pm 5%	1 ตัว
R ₂	100 k Ω 1/4 W \pm 5%	1 ตัว
R ₃	100 Ω 1/4 W \pm 5%	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D ₁	แอลอีดี สีเขียว 3 มม.	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
T ₁ , I/P, SW	connector 2 PIN	3 ตัว
P0.1, O/P Driver1, O/P Driver2	connector 4 PIN	3 ตัว
P0.2	connector 5 PIN	1 ตัว
P0,P1	connector 8 PIN	2 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรสวิตช์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวต้านทาน		
R ₁ , R ₅ , R ₇ , R ₁₁	5 k Ω 1/4 W \pm 5%	4 ตัว
R ₂ , R ₉	300 Ω 1/4 W \pm 5%	2 ตัว
R ₃ , R ₈	1 k Ω 1/4 W \pm 5%	2 ตัว
R ₄ , R ₁₀	4 k Ω 1/4 W \pm 5%	2 ตัว
R ₆ , R ₁₂	10 k Ω 1/4 W \pm 5%	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
S ₁ - S ₁₂	สวิตช์กดติดปล่อยดับ	12 ตัว
P0.1	connector 4 PIN	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรแสดงผล

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวต้านทาน $R_1 - R_3$	330 Ω 1/4 W \pm 5%	8 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ $Q_1 - Q_4$	BC 556	4 ตัว
DS01 - DS04	7 - Segment สีแดง คอมมอนแคโทด ขนาด 1 นิ้ว 1 หลัก	4 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ PO.1	connector 4 PIN	1ตัว
P1	connector 8 PIN	1ตัว

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรเชื่อมต่อฮีสเตอร์อินฟราเรดกับไฟฟ้า

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม IC.	MOC3010	1ตัว
ตัวต้านทาน R_1	1 k Ω 1/4 W \pm 5%	1 ตัว
R_2, R_3	330 Ω 1/4 W \pm 5%	2 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ Q_1	BC 547	1 ตัว
T_1	BTA12600	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ CON1 - CON4	connector 2 PIN	4ตัว

ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรหรีไฟ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวต้านทาน R_1	33 k Ω 1/4 W \pm 5%	1 ตัว
R_2	1 k Ω 1/4 W \pm 5%	1 ตัว
R_3	1.5 k Ω 1/4 W \pm 5%	1 ตัว
R_4	500 k Ω	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.5 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรรีไฟ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
ตัวเก็บประจุ C_1, C_2	0.47 μ F ชนิดเซรามิก	2 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ T_1	BTA12400	1 ตัว
T_2	DB3	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ CON1 - CON2	connector 2 PIN	2ตัว

ตารางที่ ค.6 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม IC_1, IC_2	SN78LS05N	2 ตัว
IC_3	SN78LS12N	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ C_1, C_4, C_6, C_8	0.1 μ F ชนิดเซรามิก	4 ตัว
C_2	2200 μ F 50 V	1 ตัว
C_3, C_5, C_7	2200 μ F 25 V	3 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ $D_1 - D_4$	1N4001	4 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ CON1 - CON4	connector 2 PIN	4ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ST7LITE0, ST7SUPERLITE

8-BIT MCU WITH SINGLE VOLTAGE FLASH MEMORY, DATA EEPROM, ADC, TIMERS, SPI

■ Memories

- 1K or 1.5K bytes single voltage Flash Program memory with read-out protection, In-Circuit and In-Application Programming (ICP and IAP), 10K write/erase cycles guaranteed, data retention: 20 years at 55°C.
- 128 bytes RAM.
- 128 bytes data EEPROM with read-out protection, 300K write/erase cycles guaranteed, data retention: 20 years at 55°C.

■ Clock, Reset and Supply Management

- 3-level low voltage supervisor (LVD) and auxiliary voltage detector (AVD) for safe power-on/off procedures
- Clock sources: internal 1MHz RC 1% oscillator or external clock
- PLL x4 or x8 for 4 or 8 MHz internal clock
- Four Power Saving Modes: Halt, Active-Halt, Wait and Slow

■ Interrupt Management

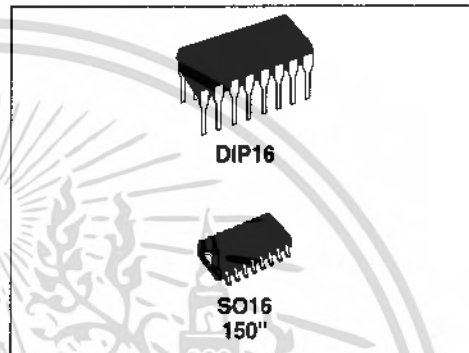
- 10 interrupt vectors plus TRAP and RESET
- 4 external interrupt lines (on 4 vectors)

■ I/O Ports

- 13 multifunctional bidirectional I/O lines
- 9 alternate function lines
- 6 high sink outputs

■ 2 Timers

- One 8-bit Lite Timer (LT) with prescaler including: watchdog, 1 realtime base and 1 input capture.
- One 12-bit Auto-reload Timer (AT) with output



compare function and PWM

■ 1 Communication Interface

- SPI synchronous serial interface

■ A/D Converter

- 8-bit resolution for 0 to V_{DD}
- Fixed gain Op-amp for 11-bit resolution in 0 to 250 mV range (@ 5V V_{DD})
- 5 input channels

■ Instruction Set

- 8-bit data manipulation
- 63 basic instructions with illegal opcode detection
- 17 main addressing modes
- 8 x 8 unsigned multiply instruction

■ Development Tools

- Full hardware/software development package

Device Summary

Features	ST7SUPERLITE		ST7LITE0		
	ST7LITES2	ST7LITES5	ST7LITE02	ST7LITE05	ST7LITE09
Program memory - bytes	1K	1K	1.5K	1.5K	1.5K
RAM (stack) - bytes	128 (64)	128 (64)	128 (64)	128 (64)	128 (64)
Data EEPROM - bytes	-	-	-	-	128
Peripherals	LT Timer w/ Wdg, AT Timer w/ 1 PWM, SPI	LT Timer w/ Wdg, AT Timer w/ 1 PWM, SPI, 8-bit ADC	LT Timer w/ Wdg, AT Timer w/ 1 PWM, SPI	LT Timer w/ Wdg, AT Timer w/ 1 PWM, SPI, 8-bit ADC w/ Op-Amp	
Operating Supply	2.4V to 5.5V				
CPU Frequency	1MHz RC 1% + PLLx4/8MHz				
Operating Temperature	-40°C to +85°C				
Packages	SO16 150°, DIP16				

Rev. 3.0

October 2004

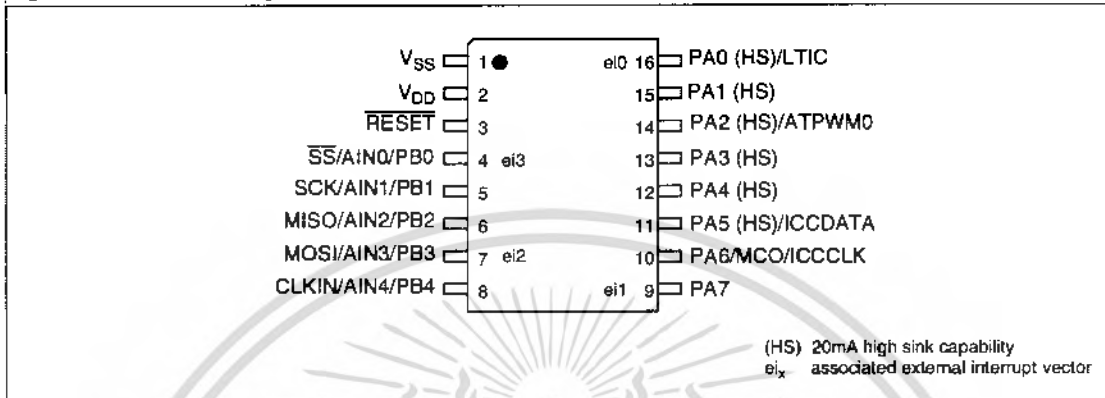
1/124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ST7LITE0, ST7SUPERLITE

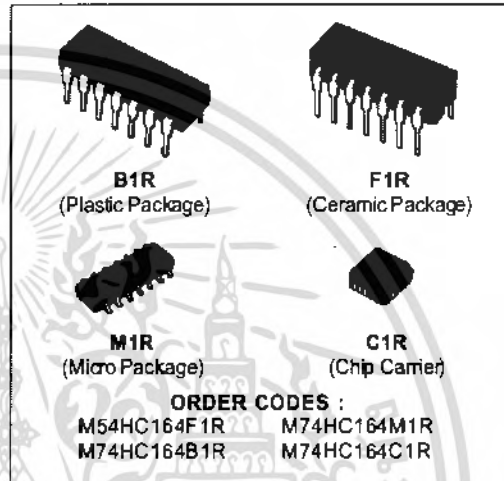
2 PIN DESCRIPTION

Figure 2. 16-Pin Package Pinout (150mil)



8 BIT SIPO SHIFT REGISTER

- HIGH SPEED
t_{PD} = 15 ns (TYP.) AT V_{CC} = 5 V
- LOW POWER DISSIPATION
I_{CC} = 4 μA (MAX.) AT T_A = 25 °C
- OUTPUT DRIVE CAPABILITY
10 LSTTL LOADS
- BALANCED PROPAGATION DELAYS
t_{PLH} = t_{PHL}
- SYMMETRICAL OUTPUT IMPEDANCE
I_{OL} = |I_{OH}| = 4 mA (MIN.)
- HIGH NOISE IMMUNITY
V_{NIH} = V_{NIL} = 28 % V_{CC} (MIN.)
- WIDE OPERATING VOLTAGE RANGE
V_{CC} (OPR) = 2 V TO 6 V
- PIN AND FUNCTION COMPATIBLE
WITH 54/74LS164

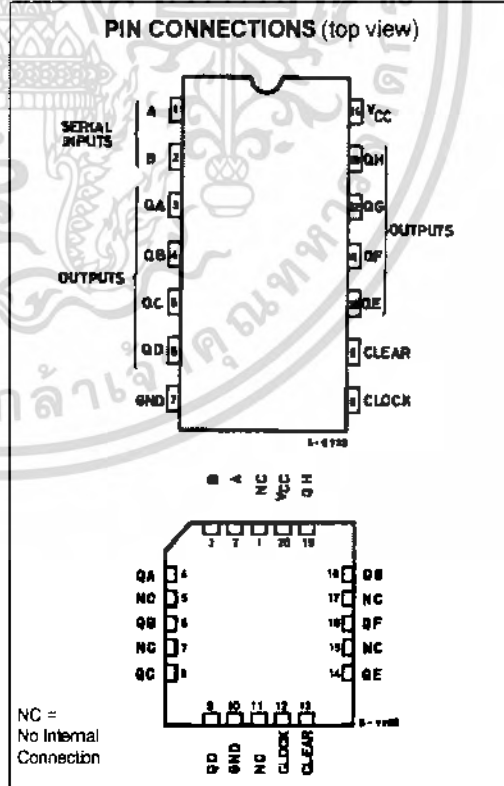


DESCRIPTION

The M54/74HC164 is a high speed CMOS 8 BIT SIPO SHIFT REGISTER fabricated in silicon gate C²MOS technology. It has the same high speed performance of LSTTL combined with true CMOS low power consumption.

The HC164 is an 8 bit shift register with serial data entry and an output from each of the eight stages. Data is entered serially through one of two inputs (A or B), either of these inputs can be used as an active high enable for data entry through the other input. An unused input must be high, or both inputs connected together. Each low-to-high transition on the clock input shifts data one place to the right and enters into QA, the logic NAND of the two data inputs (A · B), the data that existed before the rising clock edge. A low level on the clear input overrides all other inputs and clears the register asynchronously, forcing all Q outputs low.

All inputs are equipped with protection circuits against static discharge and transient excess voltage.



AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($C_L = 50$ pF, Input $t_r = t_f = 6$ ns)

Symbol	Parameter	Test Conditions Vcc (V)	Value						Unit
			T _A = 25 °C 54HC and 74HC			-40 to 85 °C 74HC		-55 to 125 °C 54HC	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	Min.	
t _{TLH} t _{THL}	Output Transition Time	2.0		30	75		95	110	ns
		4.5		8	15		19	22	
		6.0		7	13		16	19	
t _{PLH} t _{PHL}	Propagation Delay Time (CLOCK - Q)	2.0		57	160		200	240	ns
		4.5		19	32		40	48	
		6.0		16	27		34	41	
t _{PHL}	Propagation Delay Time (CLEAR - Q)	2.0		60	175		220	265	ns
		4.5		20	35		44	53	
		6.0		17	30		37	45	
f _{MAX}	Maximum Clock Frequency	2.0		6.2	18		5.0	4.2	MHz
		4.5		31	53		25	21	
		6.0		37	62		30	25	
t _{w(H)} t _{w(L)}	Minimum Pulse Width (CLOCK)	2.0		24	75		95	110	ns
		4.5		6	15		19	22	
		6.0		5	13		16	19	
t _{w(L)}	Minimum Pulse Width (CLEAR)	2.0		40	75		95	110	ns
		4.5		10	15		19	22	
		6.0		9	13		16	19	
t _s	Minimum Set-up Time (A, B - CK)	2.0		16	50		65	75	ns
		4.5		4	10		13	15	
		6.0		3	9		11	13	
t _h	Minimum Hold Time (A, B - CK)	2.0		5			5	5	ns
		4.5		5			5	5	
		6.0		5			5	5	
t _{REM}	Minimum Removal Time	2.0		5			5	5	ns
		4.5		5			5	5	
		6.0		5			5	5	
C _{IN}	Input Capacitance			5	10		10	10	pF
C _{PD} (*)	Power Dissipation Capacitance			99					pF

(*) C_{PD} is defined as the value of the IC's internal equivalent capacitance which is calculated from the operating current consumption without load. (Refer to Test Circuit). Average operating current can be obtained by the following equation. I_{cc(opr)} = C_{PD} • Vcc • f_{in} + I_{cc}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

74AHC138;
74AHCT138

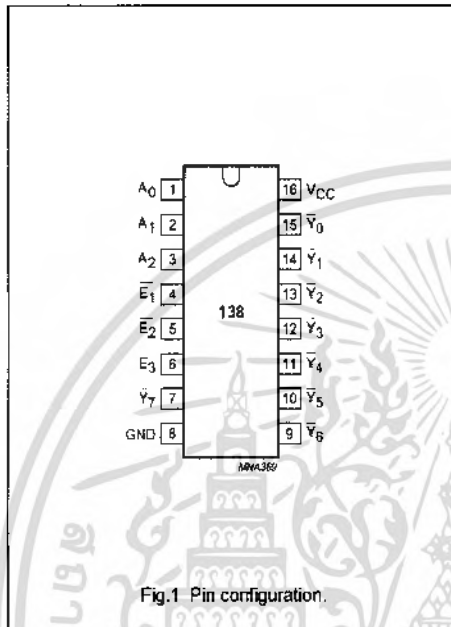


Fig.1 Pin configuration.

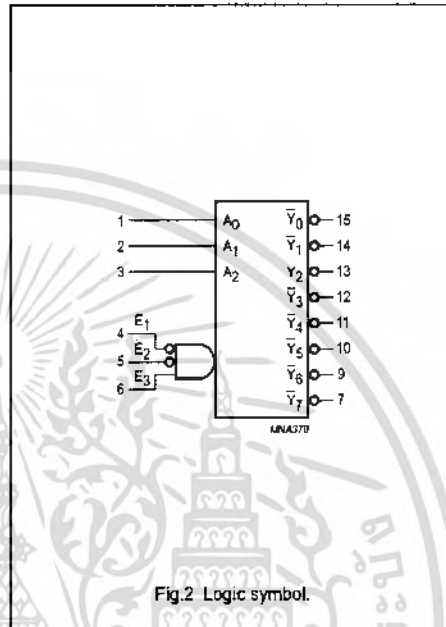


Fig.2 Logic symbol.

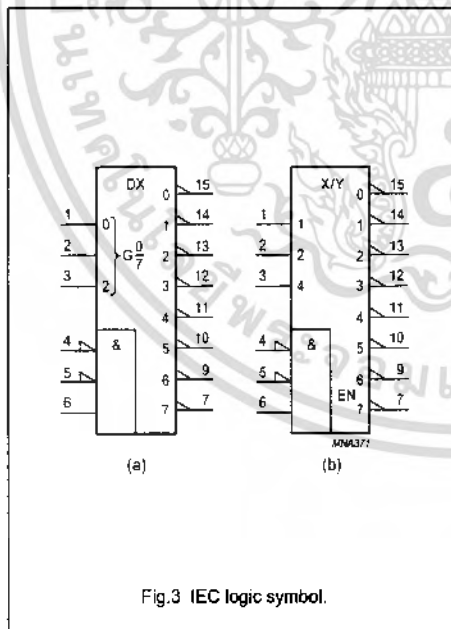


Fig.3 IEC logic symbol.

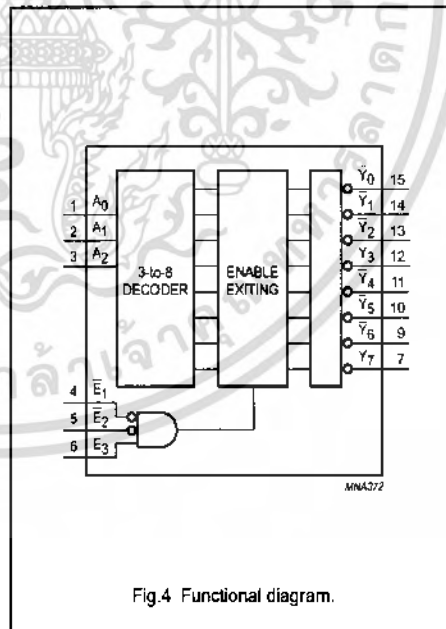


Fig.4 Functional diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

74AHC138;
74AHCT138

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	74AHC			74AHCT			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.	
V_{CC}	DC supply voltage		2.0	5.0	5.5	4.5	5.0	5.5	V
V_I	input voltage		0	–	5.5	0	–	5.5	V
V_O	output voltage		0	–	V_{CC}	0	–	V_{CC}	V
T_{amb}	operating ambient temperature range	see DC and AC characteristics per device	–40	+25	+85	–40	+25	+85	°C
			–40	+25	+125	–40	+25	+125	°C
t_r, t_f ($\Delta V/\Delta t$)	input rise and fall rates	$V_{CC} = 3.3 V \pm 0.3 V$	–	–	100	–	–	–	ns/V
		$V_{CC} = 5 V \pm 0.5 V$	–	–	20	–	–	20	

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134); voltages are referenced to GND (ground = 0 V).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CC}	DC supply voltage		–0.5	+7.0	V
V_I	input voltage range		–0.5	+7.0	V
I_{IK}	DC input diode current	$V_I < -0.5 V$; note 1	–	–20	mA
I_{OK}	DC output diode current	$V_O < -0.5 V$ or $V_O > V_{CC} + 0.5 V$; note 1	–	±20	mA
I_O	DC output source or sink current	$-0.5 V < V_O < V_{CC} + 0.5 V$	–	±25	mA
I_{CC}	DC V_{CC} or GND current		–	±75	mA
T_{stg}	storage temperature range		–65	+150	°C
P_D	power dissipation per package	for temperature range: –40 to +125 °C; note 2	–	500	mW

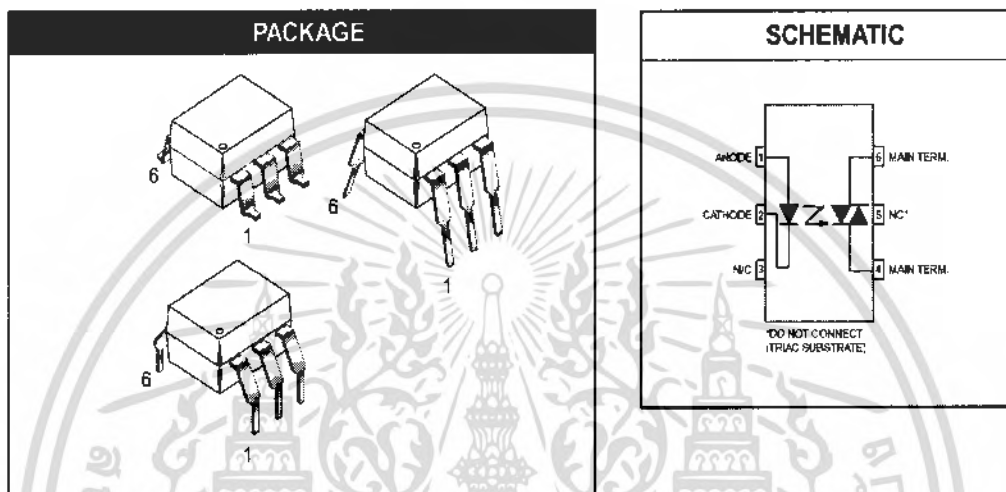
Notes

- The input and output voltage ratings may be exceeded if the input and output current ratings are observed.
- For SO packages: above 70 °C the value of P_D derates linearly with 8 mW/K.
For TSSOP packages: above 60 °C the value of P_D derates linearly with 5.5 mW/K.

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

6-PIN DIP RANDOM-PHASE OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT (250/400 VOLT PEAK)

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M



DESCRIPTION

The MOC301XM and MOC302XM series are optically isolated triac driver devices. These devices contain a GaAs infrared emitting diode and a light activated silicon bilateral switch, which functions like a triac. They are designed for interfacing between electronic controls and power triacs to control resistive and inductive loads for 115 VAC operations.

FEATURES

- Excellent I_T stability—IR emitting diode has low degradation
- High isolation voltage—minimum 5300 VAC RMS
- Underwriters Laboratory (UL) recognized—File #E90700
- Peak blocking voltage
 - 250V-MOC301XM
 - 400V-MOC302XM
- VDE recognized (File #94766)
 - Ordering option V (e.g. MOC3023VM)

APPLICATIONS

- Industrial controls
- Traffic lights
- Vending machines
- Solid state relay
- Lamp ballasts
- Solenoid/valve controls
- Static AC power switch
- Incandescent lamp dimmers
- Motor control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

**6-PIN DIP RANDOM-PHASE
OPTOISOLATORS TRIAC DRIVER OUTPUT
(250/400 VOLT PEAK)**

MOC3010M MOC3011M MOC3012M MOC3020M MOC3021M MOC3022M MOC3023M

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS							
Parameters	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
EMITTER							
Input Forward Voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F	All		1.15	1.5	V
Reverse Leakage Current	$V_R = 3\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	I_R	All		0.01	100	μA
DETECTOR							
Peak Blocking Current, Either Direction	Rated $V_{DRM}, I_F = 0$ (note 1)	I_{ORM}	All		10	100	nA
Peak On-State Voltage, Either Direction	$I_{TM} = 100\text{ mA peak}, I_F = 0$	V_{TM}	All		1.8	3	V

TRANSFER CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

DC Characteristics	Test Conditions	Symbol	Device	Min	Typ	Max	Units
LED Trigger Current	Voltage = 3V (note 3)	I_{FT}	MOC3020M			30	mA
			MOC3010M			15	
			MOC3021M				
			MOC3011M			10	
			MOC3022M				
			MOC3012M			5	
Holding Current, Either Direction		I_H	All		100		μA

Note

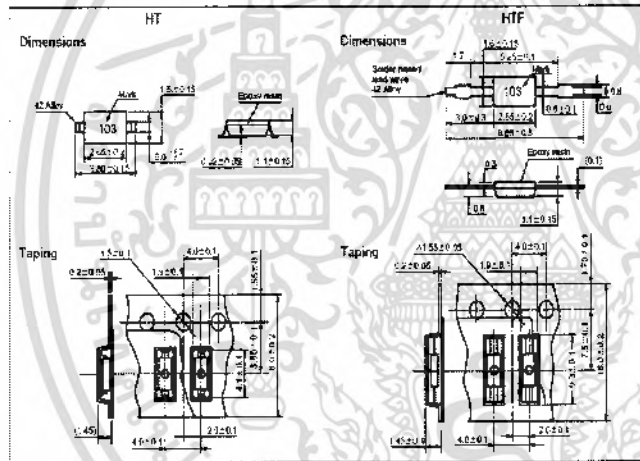
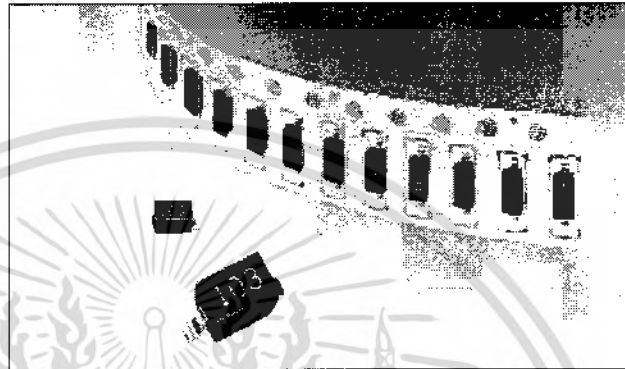
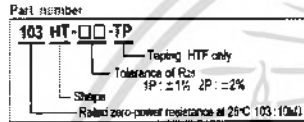
1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
2. This is static dv/dt. See Figure 5 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.
3. All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT} . Therefore, recommended operating I_F lies between max I_{FT} (30 mA for MOC3020M, 15 mA for MOC3010M and MOC3021M, 10 mA for MOC3011M and MOC3022M, 5 mA for MOC3012M and MOC3023M) and absolute max I_F (60 mA).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SURFACE MOUNT TYPE THERMISTOR

HT THERMISTOR

HT thermistors are entirely new type of thermistor for surface mounting (by reflow soldering) and were acquired from advanced technology. Our HT thermistors are adapted metal electrodes packaged in a resin mold, unlike conventional chip thermistors, and can offer $\pm 2\%$ tolerance for a resistance value at 25°C. HT series (SMD Thermistor) is not only compact surface mounting type but also highly accurate and reliable.



Specifications

Minimum quantity: 3000pcs/roll (Unit: mm)

Part No.	R ₂₅ **	B value**	Dissipation factor (mW/°C)	Thermal time constant (s)	Rated power at 25°C (mW)	Operating temp. range (°C)
302HT(F)	3.0k Ω $\pm 2\%$	3690K $\pm 1\%$	1.0	8.0	5.0	50 ~ 125
502HT(F)	5.0k Ω $\pm 2\%$	3860K $\pm 1\%$	1.0	8.0	5.0	-50 ~ 125
103HT(F)	10.0k Ω $\pm 2\%$	3435K $\pm 1\%$	1.0	8.0	5.0	-50 ~ 100
203HT(F)	20.0k Ω $\pm 2\%$	3760K $\pm 1\%$	1.0	8.0	5.0	-50 ~ 125
303HT(F)	30.0k Ω $\pm 2\%$	3760K $\pm 1\%$	1.0	8.0	5.0	-50 ~ 125
503HT(F)	50.0k Ω $\pm 2\%$	4055K $\pm 1\%$	1.0	8.0	5.0	-50 ~ 125
104HT(F)	100.0k Ω $\pm 2\%$	4390K $\pm 1\%$	1.0	8.0	5.0	-50 ~ 125

*1 R₂₅: Rated zero-power resistance value at 25°C. $\pm 1\%$ and $\pm 2\%$ are also available.
 *2 B value: determined by rated zero-power resistance at 25°C and 85°C.
 *3 T₉₀: Time when thermistor temperature reaches 83.2% of the temperature difference. The value is measured in the air.

Resistance-Temperature

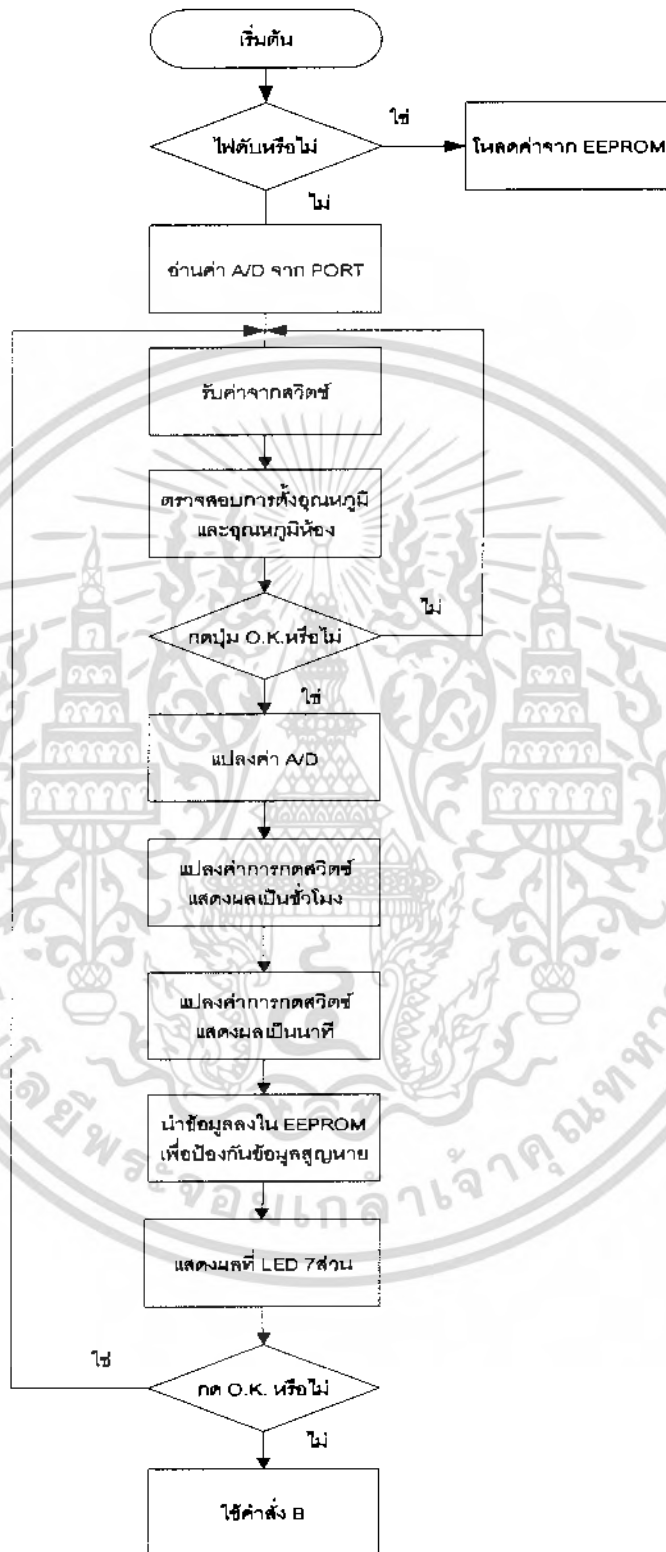
Temperature (°C)	Type								Temperature (°C)	Type							
	302HT	502HT	103HT	203HT	303HT	503HT	104HT	302HT		502HT	103HT	203HT	303HT	503HT	104HT		
-50	182.1	303.4	367.7	1026	1539	3135	8584	50	1.109	1.849	4.147	7.632	11.45	17.93	32.51		
-40	93.35	165.6	204.7	540.5	810.8	1602	4572	60	0.7744	1.291	3.011	5.380	8.070	12.33	21.61		
-30	49.85	83.09	118.5	296.7	445.1	955.0	2282	70	0.5513	0.9199	2.224	3.861	5.792	8.588	14.66		
-20	27.75	46.25	71.02	169.2	253.8	474.4	1191	80	0.4000	0.6667	1.668	2.815	4.223	6.064	10.13		
-10	16.02	26.70	43.87	99.85	149.8	272.7	647.2	90	0.2951	0.4918	1.267	2.083	3.125	4.338	7.135		
0	9.541	15.90	27.70	60.87	91.31	161.9	365.0	100	0.2210	0.3683	0.9753	1.584	2.348	3.142	5.111		
10	5.876	9.793	18.07	38.21	57.32	99.13	212.5	110	0.1680	0.2800		1.190	1.785	2.302	3.720		
20	3.728	6.214	12.11	24.65	36.99	62.38	127.7	120	0.1295	0.2158		0.9159	1.374	1.705	2.746		
30	2.431	4.051	8.301	16.31	24.47	40.24	78.88	125	0.1142	0.1903		0.8067	1.210	1.472	2.371		
40	1.623	2.705	5.811	11.04	16.56	26.58	50.03										

Unit (k Ω)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.1 ผังงานของโปรแกรมเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงานของเครื่อง

```

;=====
=
TITLE "pro_dek.ASM"
MOTOROLA
#include "ST72FLT0.INC" ;ST72FLITE0 registers and memory
mapping file
;=====
=
;# DEFINE PORT A 8 PORT
;=====
=
.dat_164 equ 0
.clk_164 equ 1
.a_138 equ 2
.b_138 equ 3
.c_138 equ 4
.heater equ 7
;=====
=
;# DEFINE PORT B 8 PORT
;=====
=
.buzzer equ 4
;=====
=
;# DEFINE PORT INPUT/OUTPUT
;=====
=
#define SELECT_A PADR,#a_138
#define SELECT_B PADR,#b_138
#define SELECT_C PADR,#c_138
#define DATA_164 PADR,#dat_164
#define CLOCK_164 PADR,#clk_164
#define HEATER PADR,#heater

#define BUZZER PBDR,#buzzer
;=====
=
;# DEFINE VALUE ALL
;=====
=
.DATARAM equ $80 ;start data ram page 0
.P_DDRA equ %11111111 ;port A is output bit 1-
7,interup. bit 0
.P_DDRB equ %00010000 ;port B is input PB 0-
2,output 3-4

.time_heat equ 30
.run_time equ 250
;=====
=
;# GERNARAL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นโดยศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=
.bit0      equ    0
.bit1      equ    1
.bit2      equ    2
.bit3      equ    3
.bit4      equ    4
.bit5      equ    5
.bit6      equ    6
.bit7      equ    7
;=====
=
;# FLAG
;=====
=
.f_read    equ    0
.up_timer  equ    1
.ct_heat   equ    2
.drive_heat equ    3
.sign_set  equ    4
.pull_up   equ    5
.active_no equ    6
;=====
=
;# FLAG2
;=====
=
.sign_min  equ    0
.sign_hour equ    1
;=====
=
;# DATA_I
;=====
=
.power     equ    0
.timer_off equ    1
;=====
=
;# KEY_SWITCH 1
;=====
=
.on_system equ    0
.enter     equ    1
;=====
=
;# KEY SWITCH 2
;=====
=
;# START SEGMENT RAM PAGE 0
;=====
=
BYTES
segment    'ram0'

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในระบบเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่ควรเผยแพร่ในวงกว้างโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

.FLAG2                DS.B    1

.DATA_I               DS.B    1
.SETTEMP             DS.B    1
.T_MIN               DS.B    1
.T_HOUR              DS.B    1

.ROOMTEMP            DS.B    1
.TEMP_R              DS.B    1
.EEP_CODE            DS.B    1

.DIGI_B1             DS.B    1
.DIGI_B2             DS.B    1
.DIGI_B3             DS.B    1
.DIGI_B4             DS.B    1
.DIGI_B5             DS.B    1
.DIGI_B6             DS.B    1
.DIGI_B7             DS.B    1

.SCAN                DS.B    1
.BIT_SW              DS.B    1
.BIT_SW2             DS.B    1
.SW_DELAY            DS.B    1
.BUFFER_KEY          DS.B    1
.STATE_KEY           DS.B    1
.DATA_KEY            DS.B    1
.SELECT              DS.B    1
.BACK_DATA           DS.B    1

.T_BASE              DS.B    1
.T_TOGLE             DS.B    1

.T_BLINK             DS.B    1
.T_BLINK1            DS.B    1
.T_COMP              DS.B    1
.T_SECOND            DS.B    1
.T_BEEP              DS.B    1

.RAM_TEST            DS.B    1

;=====
;
;# START SEGMENT RAM STACK
;=====
;
;   BYTES
;   segment      'stack'

;=====
;
;# START SEGMENT ROM
;=====
;
WORDS
segment 'rom'
;=====

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
;# TABLE FOR ROOM TEMP
;=====
=
table_r          DC.B  014,015,016,017,018,018,019,020,021,022
;00-09
DC.B  023,024,025,026,027,028,029,031,032,034   ;10-19
DC.B  035,036,038,039,040,042,043,045,047,048   ;20-29
DC.B  050,052,053,055,057,058,060,062,064,066   ;30-39
DC.B  067,068,070,072,074,076,078,080,048,049   ;40-49
DC.B  050,051,052,053,054,055,056,057,082,085   ;50-59
DC.B  088,089,091,093,095,097,099,102,104,107   ;60-69
DC.B  109,111,113,115,117,119,121,124,126,128   ;70-79
DC.B  131,133,134,136,138,140,142,144,147,149   ;80-89
DC.B  151,153,154,156,158,159,161,163,165,167   ;90-99
DC.B  169,170,172,173,175,176,178,179,181,183   ;100-109
DC.B  184,186,187,188,189,191,192,193,194,195   ;110-119
DC.B  196,197,198,199,200,201,202,203,205,206   ;120-129
DC.B  207,208,209,210,211,212,213,214,215,216   ;130-136
;=====
;# TABLE FOR ROOM TEMP 7 SEGMENT
;=====
=
;
;      a
;      ;;;;
;      f ; g ; b
;      ;;;;
;      e ; c
;      ;;;;
;      d
;      dp,g,f,e,d,c,b,a,
Table_no  DC.B  %00111111 ; 0
DC.B  %00000110 ; 1
DC.B  %01011011 ; 2
DC.B  %01001111 ; 3
DC.B  %01100110 ; 4
DC.B  %01101101 ; 5
DC.B  %01111101 ; 6
DC.B  %00000111 ; 7
DC.B  %01111111 ; 8
DC.B  %01101111 ; 9
DC.B  %00000000 ; -
DC.B  %01000000 ; -
;=====
;# RESET VECTOR
;=====
=
.reset      rsp
ld  X,#DATARAM ;clear ram 128 byte
clr_ram    clr  A
ld  (X),A
inc  X
jrne clr_ram
;=====

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้ง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
;# SETTING PORT INPUT/OUTPUT
;=====
=
setting_io ld    A,#P_DDRA                ;setting port A
ld    PADDR,A
clr    PAOR
ld    PAOR,A
clr    PADR

ld    A,#P_DDRB                ;setting port B
ld    PBDDR,A
clr    PBOR
ld    PBOR,A
clr    PBDR

ld    A,#00010000                ;enable RTC=2mS,WDG,CAP
ld    LTCSR,A

ld    A,#145                    ;caribation RC for timer
ld    RCCR,A

rim                                ;enable interup all

;=====
;# READ E2PROM
;=====
=====
read_e2p    clr    X                ;clear X
clr    EECSR                ;command read e2prom
read    ld    A,($1002,X)        ;start address write
e2prom
ld    (DATA_I,X),A
inc    X
cp    X,#4                    ;read 5 byte
jrne    read

;=====
;# INITIAL PROGRAM
;=====
=====
hot_start    btjt    DATA_I,#power,no_hot_state
bset    FLAG,#ct_heat
no_hot_state    ld    A,#time_heat
ld    T_COMP,A

ld    A,T_HOUR
jrne    con_time
ld    A,T_MIN
jrne    con_time
bres    DATA._I,#timer_off
con_time

bset    FLAG,#sign_set
inc    SELECT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้วยประการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;=====
;# MAIN PROGRAM
;=====
;=====
main          call  read_a2d
call  key_pad
call  power_sys
call  temp_cut
call  operate
call  convers
call  run_key_no
call  run_select
call  display_temp
call  display_hour
call  display_min
callr  write_e2p
jra   main

;=====
;# WRITE EEPROM
;=====
;=====
write_e2p    ld    A,EEP_CODE          ;code write eeprom
cp    A,#$0aa
jrne    q_wee
bset   EECSR,#bit1                    ;command write eeprom
clr    X
write     ld    A,(DATA_I,X)
ld    ($1002,X),A                    ;address EE2PROM
btjt   EECSR,#bit0,*                  ;Test if the PGM bit of EECSR
register
inc    X
cp    X,#4                            ; 5 byte
jrne   write
bset   EECSR,#bit0
clr    EEP_CODE

q_wee      ret

;=====
;# SWITCH ANALOG TO DIGITAL
;=====
;=====
key_pad    ld    A,$61
ld    ADCCSR,A
btjfb   ADCCSR,#bit7,*                ; wait for "END of conversion"
ld    A,ADCCR                          ; read value A/D
cp    A,#245
jrc     state_0
bres    FLAG,#pull_up                  ; clear pull up switch
clr    SW_DELAY
ex_switch    jp    q_switch
state_0    btjt   FLAG,#pull_up,ex_switch ; check pull up
switch
ld    R16,X,SW_DELAY

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cp    X,#20                ; delay time
jrc   ex_switch
cp    A,#10                ; " 5 "
jrnc  state_1
ld    A,#01
ld    BUFFER_KEY,A        ; number 01
jra   help_sw

state_1      cp    A,#14
jrc   ex_switch
cp    A,#24                ; " 19 "
jrnc  state_2
ld    A,#02
ld    BUFFER_KEY,A        ; number 02
jra   help_sw

state_2      cp    A,#38
jrc   ex_switch
cp    A,#48                ; " 43 "
jrnc  state_3
ld    A,#03
ld    BUFFER_KEY,A        ; number 03
help_sw     jra   sw_update

state_3      cp    A,#67
jrc   ex_switch
cp    A,#80                ; " 72 "
jrnc  state_4
ld    A,#06
ld    BUFFER_KEY,A        ; number 06
jra   sw_update

state_4      cp    A,#95
jrc   q_switch
cp    A,#119               ; " 108 "
jrnc  state_5
ld    A,#05
ld    BUFFER_KEY,A        ; number 05
jra   sw_update

state_5      cp    A,#120
jrc   q_switch
cp    A,#135               ; " 126 "
jrnc  state_6
ld    A,#04
ld    BUFFER_KEY,A        ; number 04
jra   sw_update

state_6      cp    A,#145
jrc   q_switch
cp    A,#163               ; " 155 "
jrnc  state_7
ld    A,#07
ld    BUFFER_KEY,A        ; number 07
jra   sw_update

state_7      cp    A,#163
jrc   q_switch

```

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยวิธีใดๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cp    A,#175                ; " 168 "
jrnc  state_8
ld    A,#08
ld    BUFFER_KEY,A        ; number 08
jra   sw_update

state_8      cp    A,#183
jrc    q_switch
cp    A,#194                ; " 190 "
jrnc  state_9
ld    A,#09
ld    BUFFER_KEY,A        ; number 09
jra   sw_update

state_9      cp    A,#196
jrc    q_switch
cp    A,#210                ; " 203 "
jrnc  state_10
clr   A
ld    BUFFER_KEY,A        ; number 00
jra   sw_update

state_10     cp    A,#212
jrc    q_switch
cp    A,#225                ; " 217 "
jrnc  state_11
bset  BIT_SW,#on_system   ; bit switch power
jra   no_act_sw

state_11     cp    A,#226
jrc    q_switch
cp    A,#240                ; " 232 "
jrnc  q_switch
bset  BIT_SW,#enter      ; enter
jra   no_act_sw

sw_update   bset  FLAG,#active_no
no_act_sw  bset  FLAG,#pull_up    ; lock switch

q_switch   ret

;=====
=====
;# CONTROL KEY ENTER
;=====
=====

run_select btjf DATA_I,#power,q_enter
btjf  BIT_SW,#enter,q_enter
bres  BIT_SW,#enter

bres  FLAG,#sign_set
bres  FLAG2,#sign_min
bres  FLAG2,#sign_hour
clr   T_BLINK
clr   T_BLINK1
clr   STATE_KEY
bset  BUZZER,1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยประการใดๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ld    A,#15
ld    T_BEEP,A

inc   SELECT
ld    A,SELECT
sel_01      cp    A,#01
jrne   sel_02
bset   FLAG,#sign_set
jra    q_enter
sel_02      cp    A,#02
jrne   sel_03
bset   FLAG2,#sign_min
jra    q_enter
sel_03      cp    A,#03
jrne   sel_04
bset   FLAG2,#sign_hour
jra    q_enter
sel_04      cp    A,#04
jrne   q_enter
clr    SELECT

q_enter    ret

;=====
;# CONTROL KEY NUMBER
;=====

run_key_no  btjif DATA_I,#power,ex_run_key
btjif FLAG,#active_no,ex_run_key
bres FLAG,#active_no

ld    A,SELECT
jrne  set_temp
ex_run_key  jp    q_run_key

set_temp  cp    A,#01
jrne  set_min

next_00      inc STATE_KEY
ld    A,STATE_KEY
cp    A,#01
jrne  next_01
ld    A,BUFFER_KEY
ld    BACK_DATA,A
ld    SETTEMP,A
jra  up_st

next_01      cp    A,#02
jrne  next_02
ld    A,BACK_DATA
ld    X,#10
mul  X,A
add  A,BUFFER_KEY
ld    SETTEMP,A
ld    BACK_DATA,A
jra  up_st

next_02      cp    A,#03
jrne  clr_state

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารส่วนหนึ่งของการดำเนินงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ld    A, BACK_DATA
cp    A, #20
jrc   nor_state
clr   SETTEMP
jra   clr_state
nor_state  ld    X, #10
mul    X, A
add    A, BUFFER_KEY
ld    SETTEMP, A
clr_state  clr    STATE_KEY

up_st      bset  FLAG2, #sign_set
bres  FLAG2, #sign_min
bres  FLAG2, #sign_hour
jra   up_e2p

set_min    cp    A, #02
jrne    set_hour

inc    STATE_KEY
ld    A, STATE_KEY
min_00  cp    A, #01
jrne    min_01
ld    A, BUFFER_KEY
ld    BACK_DATA, A
ld    T_MIN, A
jra   up_min
min_01  cp    A, #02
jrne    clr_min
ld    A, BACK_DATA
ld    X, #10
mul    X, A
add    A, BUFFER_KEY
cp    A, #60
jrc   nor_min
clr   A
nor_min  ld    T_MIN, A
clr_min  clr    STATE_KEY

up_min      bres  FLAG2, #sign_set
bset  FLAG2, #sign_min
bres  FLAG2, #sign_hour
jra   up_e2p

set_hour    cp    A, #03
jrne    q_run_key

inc    STATE_KEY
ld    A, STATE_KEY
hour_00  cp    A, #01
jrne    hour_01
ld    A, BUFFER_KEY
ld    BACK_DATA, A
ld    T_HOUR, A
jra   up_hour
hour_01  cp    A, #02
jrne    clr_hour
ld    A, BUFFER_KEY

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cp      A,#06
jrnc   up_hour
ld      A,BACK_DATA
ld      X,#10
mul     X,A
add     A,BUFFER_KEY
cp      A,#24
jrc     nor_hour
clr     A
nor_hour   ld      T_HOUR,A

clr_hour   clr     STATE_KEY

up_hour   bres     FLAG2,#sign_set
bres     FLAG2,#sign_min
bset     FLAG2,#sign_hour

up_e2p    ld      A,$0aa
ld      EEP_CODE,A

bset     BUZZER
ld      A,#15
ld      T_BEEP,A

clr     T_SECOND
clr     T_BLINK
clr     T_BLINK1

ld      A,T_HOUR
jrne    on_timer
ld      A,T_MIN
jreq    q_run_key
on_timer   bset     DATA_I,#timer_off

q_run_key   ret
;=====
;# OPERATE SYSTEM
;=====
;=====
operate    btjff  FLAG,#drive_heat,off_heater
bset     HEATER
jra      q_operate
off_heater_bres  HEATER
q_operate   ret
;=====
;=====
;# POWER ON / OFF SYSTEM
;=====
;=====
power_sys  btjff  BIT_SW,#on_system,q_system
bres     BIT_SW,#on_system
ld      A,$0aa
ld      EEP_CODE,A
bset     BUZZER
ld      A,#15
ld      T_BEEP,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้วยวิธีใดๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sys_off      btjf DATA_I,#power,sys_on
bres DATA_I,#power

clr T_HOUR
clr T_MIN
bres DATA_I,#timer_off
clr SELECT
clr STATE_KEY
btjf FLAG,#drive_heat,q_system
bres FLAG,#ct_heat
ld A,#time_heat
ld T_COMP,A
bres FLAG,#drive_heat
jra q_system

sys_on      btjt DATA_I,#power,q_system
bset DATA_I,#power
ld A,#01
ld SELECT,A

bset FLAG,#sign_set
clr T_BLINK
clr T_BLINK1

q_system   ret

;=====
;# COMPRESSOR CUT IN AND CUT OFF
;=====
temp_cut   btjf DATA_I,#power,q_temp_r

btjf FLAG,#ct_heat,q_temp_r ; already check 3 min.
btjt FLAG,#sign_set,q_temp_r
btjt FLAG2,#sign_min,q_temp_r
btjt FLAG2,#sign_hour,q_temp_r
btjf DATA_I,#timer_off,q_temp_r
btjf FLAG,#drive_heat,upslope
ld A,SETTEMP
cp A,ROOMTEMP
jrnc q_temp_r

bres FLAG,#ct_heat
ld A,#time_heat
ld T_COMP,A
bres FLAG,#drive_heat
jra q_temp_r

upslope    ld A,SETTEMP
cp A,ROOMTEMP
jreq q_temp_r
jrc q_temp_r

bres FLAG,#ct_heat
ld A,#time_heat
ld T_COMP,A
bset FLAG,#drive_heat

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

q_temp_r      ret

;=====
;# UPDATE DISPLAY TEMP
;=====
;=====
display_temp  btjt  DATA_I,#power,run_temp
ld  A,#%00111111
ld  DIGI_B5,A
ld  A,#%01110001
ld  DIGI_B6,A
ld  DIGI_B7,A
ex_digit     jp      q_digit

run_temp     btjf  FLAG,#sign_set,dis_tr
btjt  T_BLINK,#bit7,ex_digit
ld  A,SETTEMP
jra  dis_temp

dis_tr       ld  A,ROOMTEMP
cp  A,#10
jrc  over_range
cp  A,#131
jrnc over_range

dis_temp     cp  A,#10 ; 0-9
jrnc more_10
ld  X,A
ld  A,(Table_no,X)
ld  DIGI_B7,A ; digit x1
ld  X,#10
ld  A,(Table_no,X)
ld  DIGI_B6,A ; digit x10
ld  DIGI_B5,A ; digit x100
jp  q_digit

more_10     cp  A,#100 ; 10-
99
jrnc more_100
clr  X
dis_add     inc  X
sub  A,#10
cp  A,#10
jrnc dis_add
ld  Y,A
ld  A,(Table_no,Y)
ld  DIGI_B7,A ; digit x1
ld  A,(Table_no,X)
ld  DIGI_B6,A ; digit x10
ld  X,#10
ld  A,(Table_no,X)
ld  DIGI_B5,A ; digit x100
jra  q_digit

more_100    clr  X
dis_add2    inc  X
sub  A,#10

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับกรณีการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cp    A,#10
jrnc  dis_add2
ld    Y,A
ld    A,(Table_no,Y)
ld    DIGI_B7,A           ; digit x1

cp    X,#10
jrnc  more_up

ld    A,(Table_no,X)
ld    DIGI_B6,A           ; digit x10
ld    X,#10
ld    A,(Table_no,X)
ld    DIGI_B5,A           ; digit x100
jra   q_digit

more_up      ld    A,X
clr    X
dis_add3    inc   X
sub    A,#10
cp    A,#10
jrnc  dis_add3
ld    Y,A
ld    A,(Table_no,Y)
ld    DIGI_B6,A           ; digit x10
ld    A,(Table_no,X)
ld    DIGI_B5,A           ; digit x100
jra   q_digit

over_range  ld    X,#11
ld    A,(Table_no,X)
ld    DIGI_B7,A           ; digit x1
ld    DIGI_B6,A           ; digit x10
ld    DIGI_B5,A           ; digit x100

q_digit     ret

;=====
;====
;# UPDATE DISPLAY HOUR
;=====
=====
display_hour  btjt  DATA_I,#power,dis_hour
clr    DIGI_B2
clr    DIGI_B1
jra   q_hour

dis_hour     btjf  DATA_I,#timer_off,nor_off
ld    A,T_MIN
jrne   nor_off
ld    A,T_HOUR
Jreq 1bnk_alam
nor_off     btjf  FLAG2,#sign_hour,show_hour
bnk_alam    btjt  T_BLINK,#bit7,q_hour

show_hour   ld    A,T_HOUR
cp    A,#10           ; 0-9
jrnc  hour_10

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการดำเนินงานและไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ld    X,A
ld    A,(Table_no,X)
ld    DIGI_B2,A                ; digit x1
ld    X,#0
ld    A,(Table_no,X)
ld    DIGI_B1,A                ; digit x10
jra   q_hour

hour_10      clr    X
add_hour     inc    X
sub    A,#10
cp     A,#10
jrnc   add_hour
ld     Y,A
ld     A,(Table_no,Y)
ld     DIGI_B2,A                ; digit x1
ld     A,(Table_no,X)
ld     DIGI_B1,A                ; digit x10
q_hour      ret

;=====
;====
;# UPDATE DISPLAY HOUR
;=====
;====
display_min btjt DATA_I,#power,dis_min
clr    DIGI_B4
clr    DIGI_B3
jra    q_min

dis_min    btjf    DATA_I,#timer_off,nor_off1
ld     A,T_MIN
jrne    nor_off1
ld     A,T_HOUR
jreq    bnk_alam1

nor_off1  btjf    FLAG2,#sign_min,show_min
bnk_alam1 btjt    T_BLINK,#bit7,q_min

show_min
ld     A,T_MIN
cp     A,#10                ; 0-9
jrnc   min_10
ld     X,A
ld     A,(Table_no,X)
ld     DIGI_B4,A                ; digit x1
ld     X,#0
ld     A,(Table_no,X)
ld     DIGI_B3,A                ; digit x10
jra    q_min

min_10    clr    X
add_min   inc    X
sub    A,#10
cp     A,#10
jrnc   add_min
ld     Y,A
ld     A,(Table_no,Y)

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ld DIGI_B4,A ; digit x1
ld A,(Table_no,X)
ld DIGI_B3,A ; digit x10
q_min ret

;=====
;# CONVERTS TEMPROOM AND TEMPSET
;=====
====
converts clr X
conv_r1 ld A,(table_r,X) ; scan temp
room
cp A,TEMP_R ; 33 byte
jrn conv_r2
inc X
cp X,#110
jrc conv_r1
conv_r2 ld ROOMTEMP,X
q_convert ret

;=====
;# CONVERTS ANALOG TO DIGITAL
;=====
====
read_a2d btjt FLAG,#f_read,q_conv
bset FLAG,#f_read

a2d_room ld A,$60
ld ADCCSR,A ;strat A/D conversion
btjf ADCCSR,#bit7,* ;wait for "END of conversion"
ld A,ADCDR ;read value A/D
ld TEMP_R,A ;temp room
clr ADCCSR

q_conv ret

;=====
;# SEND DATA TO 74HC164
;=====
====
send_164 ld X,#08
loop_send sla A
bres DATA_164
jrn pulse_send
nop
nop

bset DATA_164
nop
nop

pulse_send bset CLOCK_164
nop
nop

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

bres CLOCK_164
dec X
jrne loop_send
clr DIGI_B1
clr DIGI_B2
clr DIGI_B3
clr DIGI_B4
clr DIGI_B5
clr DIGI_B6
clr DIGI_B7
ret

```

```

;=====
;# BASE TIME 4 mS
;=====
.timer
push A
push X
push CC
ld A,LTCSR ;clr interrup timer

display bres SELECT_A ;off scan display
bres SELECT_B
bres SELECT_C

inc SCAN
ld X,SCAN
scan_01 cp X,#01 ;check scan 1
jrne scan_02
ld A,DIGI_B1
call send_164
bset SELECT_A
bres SELECT_B
bres SELECT_C
jra q_common

scan_02 cp X,#02 ;check scan 2
jrne scan_03
ld A,DIGI_B2
call send_164
bres SELECT_A
bset SELECT_B
bres SELECT_C
jra q_common

scan_03 cp X,#03 ;check scan 3
jrne scan_04
ld A,DIGI_B3
call send_164
bset SELECT_A
bset SELECT_B
bres SELECT_C
jra q_common

scan_04 cp X,#04 ;check scan 4
jrne scan_05

```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ นครเชียงใหม่ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ld    A,DIGI_B4
call  send_164
bres  SELECT_A
bres  SELECT_B
bset  SELECT_C
jra   q_common

scan_05    cp    X,#05                ;check scan 5
jrne  scan_06
ld    A,DIGI_B5
call  send_164
bset  SELECT_A
bres  SELECT_B
bset  SELECT_C
jra   q_common

scan_06    cp    X,#06                ;check scan 6
jrne  scan_07
ld    A,DIGI_B6
call  send_164
bres  SELECT_A
bset  SELECT_B
bset  SELECT_C
jra   q_common

scan_07    cp    X,#07                ;check scan 7
jrne  q_common
ld    A,DIGI_B7
call  send_164
bset  SELECT_A
bset  SELECT_B
bset  SELECT_C
clr   SCAN
q_common

cpl   T_TOGGLE
jrne  q_timer

inc   SW_DELAY                ;check timer switch

dri_beep  dec   T_BEEP
jrne  q_beep
bres  BUZZER
q_beep

bnk_seg          inc   T_BLINK
jrne  q_bnk_seg
inc   T_BLINK1
ld    A,T_BLINK1
cp    A,#5
jrc   q_bnk_seg
clr   T_BLINK1
bres  FLAG,#sign_set
bres  FLAG2,#sign_min
bres  FLAG2,#sign_hour
clr   SELECT
clr   STATE_KEY
q_bnk_seg

```

```

time_ls      inc    T_BASE                ;base time 1 sec
ld    A,T_BASE
cp    A,#run_time
jrc    q_timer
clr    T_BASE

bres    FLAG,#f_read                ;active read ADC

time_h      btjt    FLAG,#ct_heat,q_time_h
dec    T_COMP
jrne    q_time_h
bset    FLAG,#ct_heat
q_time_h

off_timer   btjff   DATA_I,#power,q_off_timer
btjff    DATA_I,#timer_off,q_off_timer
btjt    FLAG,#sign_set,q_off_timer
btjt    FLAG2,#sign_min,q_off_timer
btjt    FLAG2,#sign_hour,q_off_timer
c_sec      ld    A,T_SECOND
cp    A,#60
jreq    c_sec
inc    T_SECOND
jra    q_off_timer
c_sec      clr    T_SECOND

ld    A,T_MIN
jreq    t_o_f
dec    T_MIN
jra    q_off_timer
t_o_f      ld    A,#59
ld    T_MIN,A

ld    A,T_HOUR
jreq    c2_tim
dec    T_HOUR
jra    seft_time

c2_tim      btjff   DATA_I,#power,seft_time
bset    BIT_SW,#on_system
clr    T_MIN
clr    T_HOUR
jra    q_off_timer

seft_time   ld    A,#$0aa
ld    EEP_CODE,A
q_off_timer

q_timer     pop    CC
pop    X
pop    A
iret

```

```

dummy      ired
segment 'vectit'

DC.W       dummy      ; FFE0-FFE1h not used
DC.W       dummy      ; FFE2-FFE3h SPI
DC.W       timer      ; FFE4-FFE5h LTimer
DC.W       dummy      ; FFE6-FFE7h LT Capture
DC.W       dummy      ; FFE8-FFE9h AT Overflow
DC.W       dummy      ; FFEA-FFEBh AT O/P Cmp
DC.W       dummy      ; FFEC-FFEDh AVD Interrupt
DC.W       dummy      ; FFEE-FFEFh Not used
DC.W       dummy      ; FFF0-FFF1h Not used
DC.W       dummy      ; FFF2-FFF3h Ei3 Int
DC.W       dummy      ; FFF4-FFF5h Ei2 Int
DC.W       dummy      ; FFF6-FFF7h Ei1 Int
DC.W       dummy      ; FFF8-FFF9h Ei0 Int
DC.W       dummy      ; FFFA-FFFBh Not used
DC.W       dummy      ; FFFC-FFFDh Trap
DC.W       reset      ; FFFE-FFFFh Reset

END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด
(INFRARED OVEN)



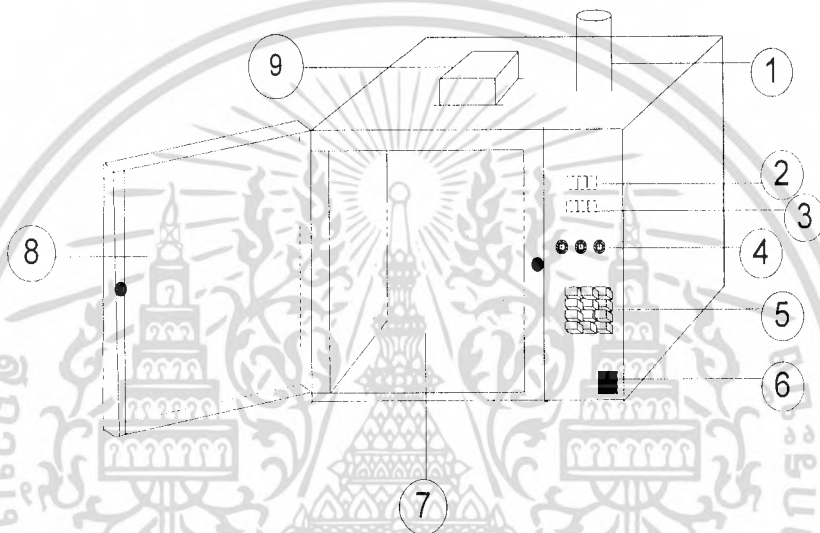
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

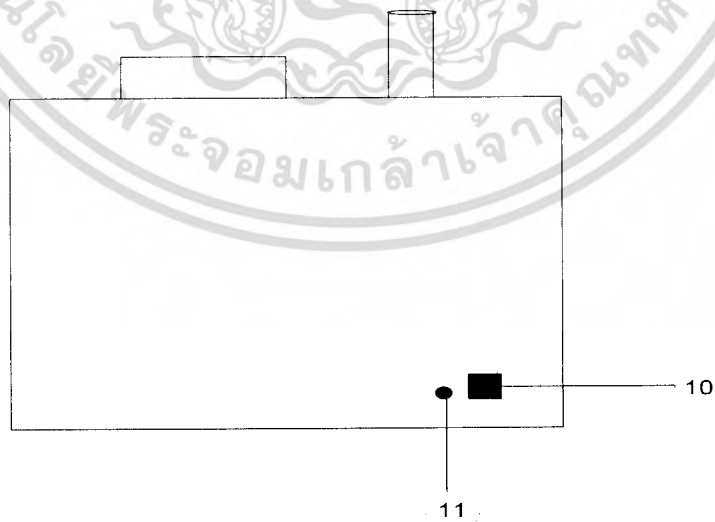
1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนการใช้งาน เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด ควรจะศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจเพื่อป้องกันความผิดพลาดซึ่งเกิดจากการใช้งาน ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายกับผู้ใช้งานหรือความเสียหายเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดได้

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ ๕.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด (ด้านหน้า)



รูปที่ ๕.2 ส่วนประกอบของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด (ด้านหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

- ① ปล่องระบายอากาศ
- ② ส่วนของการแสดงผลเวลา
- ③ ส่วนของการแสดงผลอุณหภูมิ
- ④ หลอดไฟแสดงสถานะการทำงานของเตาอบแห้ง
- ⑤ ส่วนของการรับข้อมูล
- ⑥ ปุ่มเปิด-ปิดเครื่อง
- ⑦ ตระแกรงสำหรับวางวัสดุที่ต้องการอบแห้ง
- ⑧ ฝาเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด
- ⑨ พัดลมดูดอากาศ
- ⑩ ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
- ⑪ พิวส์

3. การติดตั้งและการใช้งาน

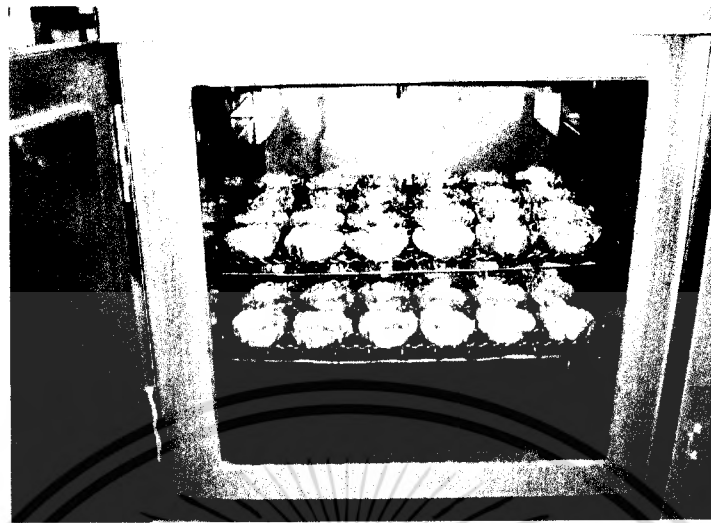
1. นำวัสดุที่ต้องการทำการอบแห้งมาล้างทำความสะอาดแล้วทำการหั่นเป็นชิ้นดังรูปที่ ๓.3 ถ้าเป็นเมล็ดพันธุ์พืชก็จะต้องเลือกเมล็ดพันธุ์ที่แก่จัดและไม่มีพวกเศษวัสดุเจือปน



รูปที่ ๓.3 วัสดุที่จะนำมาทำการอบแห้ง

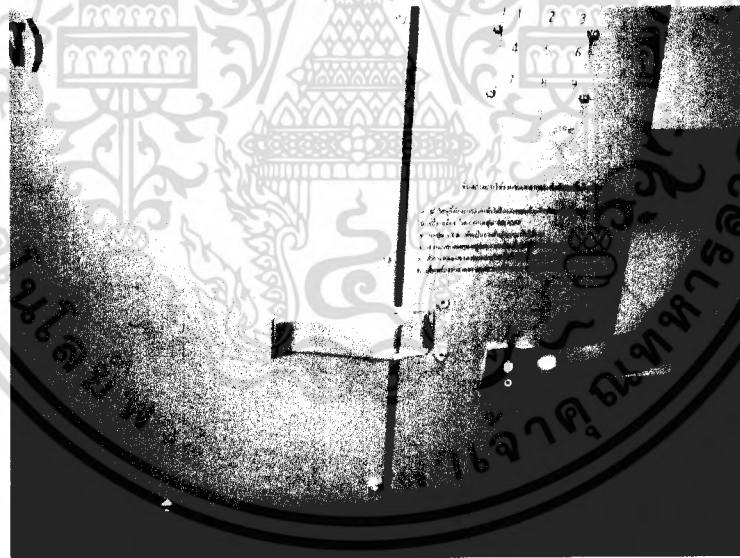
2. เมื่อเตรียมวัสดุเรียบร้อยแล้ว จึงทำการนำวัสดุบรรจุในกระถางที่ทำจากฟอยด์ จากรูปทำการ
ชั่งน้ำหนักกระถางละ 10 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓.๔ การนำวัสดุเข้าในเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

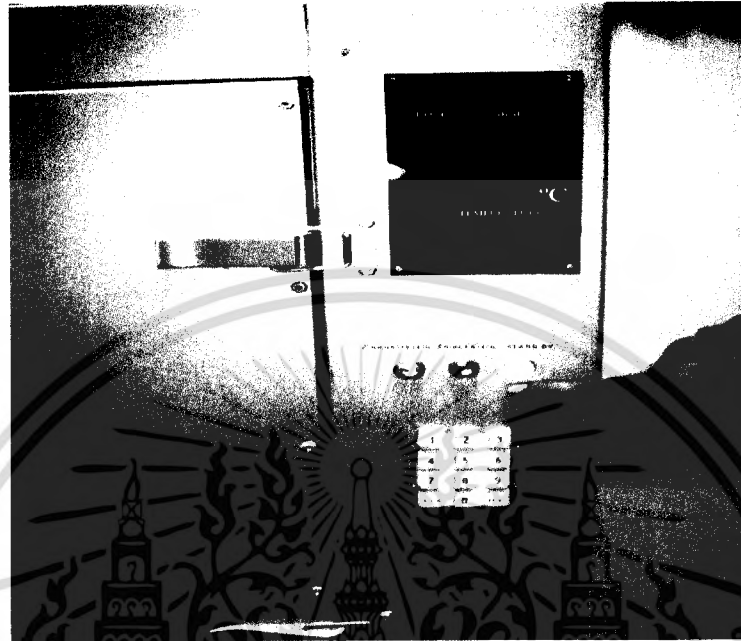
3) จากนั้นทำการเสียบปลั๊กเตาอบแห้งแล้วจึงเปิดเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดดังรูปที่ ๓.๕



รูปที่ ๓.๕ การเปิด ปิดเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

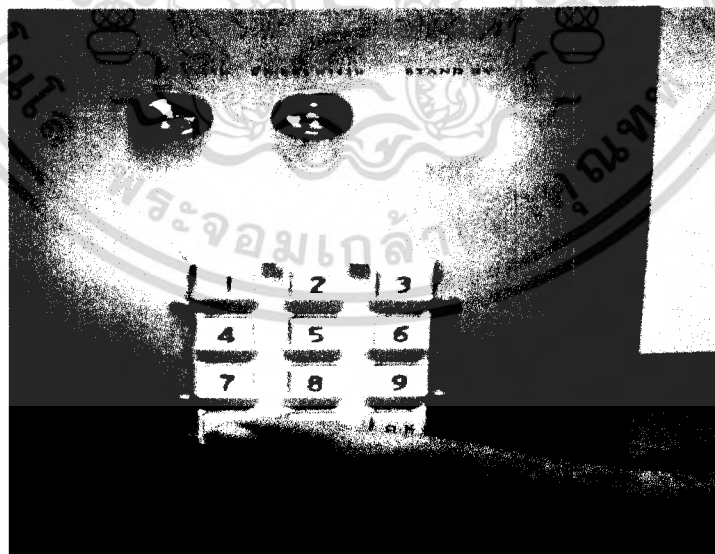
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อเปิดเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดแล้ว เครื่องจะแสดงสถานะพร้อมใช้งาน ดังรูปที่ ๕.6



รูปที่ ๕.6 สถานะที่เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดพร้อมใช้งาน

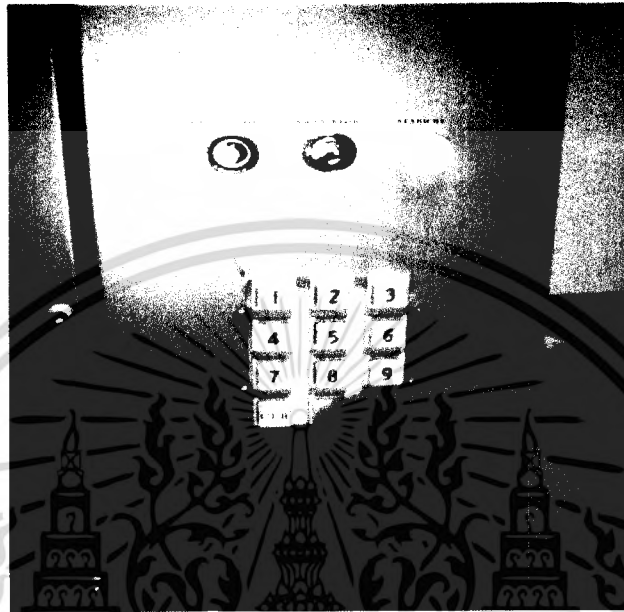
5. ผู้ใช้จะทำการยืนยันการที่ ึ่งนของเตาอบแห้งโดยกดปุ่ม OK ดังรูปที่ ๕.7



รูปที่ ๕.7 การกดเพื่อยืนยันการที่ ึ่งนของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการตั้งอุณหภูมิที่ต้องการใช้ในการอบแห้งต้องไม่เกิน 110 องศาเซลเซียส โดยการตั้งค่าที่ส่วนการรับข้อมูลดังรูปที่ ซ.8



รูปที่ ซ.8 การกดตั้งค่าอุณหภูมิ

เมื่อตั้งเวลาแล้วกดปุ่ม OK เพื่อเป็นการตกลงค่าที่วงน ดังรูปที่ ซ.9



รูปที่ ซ.9 การยืนยันคำสั่งให้เตาอบแห้งทำงานโดยการกดปุ่ม OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

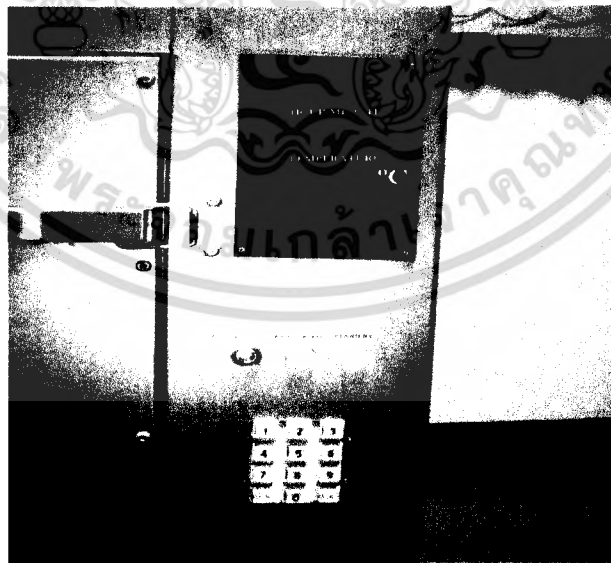
ถ้ากดตั้งค่าผิดพลาดให้กดปุ่ม CLR เพื่อเป็นการยกเลิก ดังรูปที่ ข.10



รูปที่ ข.10 การยกเลิกคำสั่งให้เดาอบแห้งทำงานโดยการกดปุ่ม *

เมื่อทำการตั้งอุณหภูมิแล้ว เครื่องจะแสดงผลดังรูปที่ ข.9

7 เวลาที่ใช้ในการอบแห้งต้องไม่เกิน 24 ชั่วโมง โดยวิธีการตั้งค่าเหมือนกับขั้นตอนที่ 6 เมื่อทำการกดตั้งค่าแล้วเครื่องจะแสดงผลดังรูปที่ ข.10



รูปที่ ข.11 การแสดงผลขณะที่เดาอบแห้งกำลังทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เตอบแห้งจะทำงานจนครบตามเวลาที่ตั้งไว้ เป็นการสิ้นสุดการทำงานของเตอบแห้งด้วย
คลื่นอินฟราเรด

4. การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้เตอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดสามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ไข
ปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีแก้ไข
ไม่มีไฟติดที่ LED STANDBY	ตรวจสอบที่สวิตช์ไฟ AC ว่ากดสวิตช์ ON แล้ว หรือไม่ และตรวจสอบปลั๊กเสียบด้านหลังเครื่องว่า แน่นหรือไม่ หากเสียบแน่นแล้วยังไม่มีไฟติดให้ดูที่ กระบอกฟิวส์ว่าฟิวส์ขาดหรือไม่
กดตั้งค่าเวลาและอุณหภูมิแล้วไม่มีตัวเลขขึ้นที่ 7'segment	เกิดจากการตั้งค่าไม่ถูกต้องตามขั้นตอน และ เครื่องรับสัญญาณไม่ทันให้ทำการตั้งค่าให้อีกครั้ง

5. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

5.1 การดูแลรักษา

1. ทำความสะอาดตะแกรงที่ใช้สำหรับวางวัสดุอย่างสม่ำเสมอ
2. ทำความสะอาดด้านในของเตอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด
3. ตรวจสอบพัดลมดูดอากาศไม่ให้มีฝุ่นจับเพราะฝุ่นอาจจะเข้าไปในตู้ได้

5.2 ข้อควรระวัง

1. ควรศึกษาคู่มือการใช้งานของเตอบแห้งก่อนใช้งาน
2. ควรติดตั้งเตอบแห้ง ในตำแหน่งที่เหมาะสมและสะดวกในการใช้งาน
3. ไม่ควรติดตั้งเตอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดบริเวณที่มีความชื้นสูง
4. ควรใช้ถุงมือจับวัสดุออกจากตู้เมื่อทำการอบแห้งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อมูลเฉพาะ

ตารางที่ ๕.1 ข้อมูลเฉพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
การใช้งานทั่วไป	เตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดสามารถอบแห้งได้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 110 °C การใช้งานต่อเนื่องได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง
ฮีตเตอร์อินฟราเรด	การใช้งานฮีตเตอร์อินฟราเรดต้องจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับไม่ต่ำกว่า 215 - 220 โวลต์ในเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรดประกอบไปด้วยฮีตเตอร์อินฟราเรดทั้งหมด 3 หลอด 1 หลอดใช้กำลังงานไฟฟ้า 550 วัตต์ ดังนั้นเตาอบแห้งใช้กำลังงานทั้งหมด 1650 วัตต์ใช้กระแส 7.5 แอมป์แปร์
การแสดงผล	การแสดงผลจะใช้แอลอีดีเจ็ดส่วนเป็นตัวบอกสถานะของเวลาและอุณหภูมิ เมื่อเกิดไฟฟ้าดับสามารถดูข้อมูลการอบแห้งที่ตั้งไว้ก่อนไฟดับได้
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50-60 เฮิร์ตซ์

ตารางที่ ๕.2 ตัวอย่างการใช้งานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

วัสดุที่ต้องการอบ	เวลา (ชั่วโมง)				อุณหภูมิ (°C)
	3	6	9	12	
การอบแห้ง					
กระชาย	3	6	9	12	80 องศาเซลเซียส
ขิง	3	6	9	12	80 องศาเซลเซียส
ข่า	3	6	9	12	80 องศาเซลเซียส
ตะไคร้	3	6	9	12	80 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2(ต่อ) ตัวอย่างการใช้งานของเตาอบแห้งด้วยคลื่นอินฟราเรด

การอบแห้งเมล็ดพันธุ์พืช			
ข้าวโพด	3	6	40 องศาเซลเซียส
ถั่วเหลือง	3	6	40 องศาเซลเซียส
ถั่วเขียว	3	6	40 องศาเซลเซียส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ - สกุล	นางสาววงเดือน บุญกาพิมพ์
วัน เดือน ปีเกิด	3 ธันวาคม พ.ศ.2526
ภูมิลำเนา	131 หมู่ที่ 6 ตำบลเหนือเมือง อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด 45000
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหนองผักแว่น จังหวัดร้อยเอ็ด
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนขี้ตยวงษา จังหวัดร้อยเอ็ด
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล (ถ้ามี)	-
ทุนการศึกษา (ถ้ามี)	-
ความสนใจพิเศษ	งานออกแบบ
คติพจน์	วันนี้ต้องดีกว่าเมื่อวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ - สกุล	นายสนธิ เต็มชนศักดิ์
วัน เดือน ปีเกิด	12 เมษายน พ.ศ.2526
ภูมิลำเนา	106 หมู่ที่ 10 ตำบลโรงเข้ อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสงคราม 74120
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านโรงเข้ จังหวัดสมุทรสงคราม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านโรงเข้ จังหวัดสมุทรสงคราม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม
ปริญญาตรี	สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล (ถ้ามี)	-
ทุนการศึกษา (ถ้ามี)	-
ความสนใจพิเศษ	ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นางสาวอรุณวดี มนุรซ์ต์
วัน เดือน ปีเกิด	21 มีนาคม พ.ศ.2527
ภูมิลำเนา	932 หมู่ที่ 7 ตำบลเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนสิริวิทย์วิทยา จังหวัดสมุทรปราการ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบางเมืองเขื่อนฟองอนุสรณ์ จังหวัดสมุทรปราการ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครเหนือ กรุงเทพฯ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล (ถ้ามี)	-
ทุนการศึกษา (ถ้ามี)	-
ความสนใจพิเศษ	ศิลปะ และงานออกแบบ
คติพจน์	ถ้าคิดจะก้าวหน้าต้องกล้าที่จะเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้