



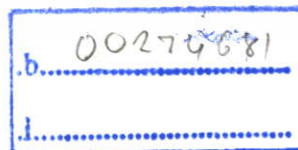
รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เครื่องต้นแบบการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นผลผลิตการเกษตรตามเวลา
จริงโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อทำนายการอบแห้ง

A Prototype for data logger to moisture changes of Agricultural
productivity by using microwave to predicts drying on real time

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์
นายพิมล ผลพฤษษา
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
นางสาวรัตติกกร สมบัติแก้ว

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **143549**
รับเดือน ปี **17** ค.ศ. **2559**



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) เครื่องต้นแบบการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นผลผลิตการเกษตรตามเวลา
จริงโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อทำนายการอบแห้ง

แหล่งเงิน เงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555

ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 322,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2555

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์	สถานะ หัวหน้าโครงการวิจัย	หน่วยงานต้นสังกัด	วิทยาเขตชุมพร
นายพิมล ผลพุกษา	สถานะ ผู้ร่วมวิจัย	หน่วยงานต้นสังกัด	วิทยาเขตชุมพร
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ	สถานะ ผู้ร่วมวิจัย	หน่วยงานต้นสังกัด	วิทยาเขตชุมพร
นางสาวรัตติกาล สมบัติแก้ว	สถานะ ผู้ร่วมวิจัย	หน่วยงานต้นสังกัด	วิทยาเขตชุมพร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้กล่าวถึงการใช้คลื่นไมโครเวฟสำหรับการอบเพื่อวัดความชื้นของตัวอย่าง โดยระบบจะประกอบไปด้วย ส่วนกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ ส่วนควบคุมกำลังไมโครเวฟ ส่วนควบคุมเวลา ส่วนของการเซนเซอร์น้ำหนัก และส่วนเก็บข้อมูล ระบบที่ออกแบบสามารถควบคุมกำลังไมโครเวฟได้ 6 ระดับที่กำลัง 80 240 400 560 และ 800 วัตต์ ควบคุมเวลาในการอบได้สูงสุด 30 สามารถเซนเซอร์น้ำหนัก ได้ละเอียด 1 กรัม ส่วนแสดงผลจะแสดงผลน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักหลังการอบ และความชื้นแบบมาตรฐานเปียกที่วัดได้ผ่านแอลซีดี (LCD) นอกจากนี้ส่วนเก็บข้อมูลจะสามารถใช้บันทึกข้อมูลน้ำหนักขณะเวลาจริงที่ทำการอบ และสามารถส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตมาตรฐาน RS 232 ซึ่งใช้โปรแกรมวิซวลเบสิกในการจัดการข้อมูล

จากการทดลองอบแห้งเมล็ดกาแฟตัวอย่าง โดยใช้น้ำหนักตัวอย่างเฉลี่ย 200 กรัม โดยอบด้วยกำลังไมโครเวฟที่กำลังไมโครเวฟระดับ 1 2 3 4 และ 5 ซึ่งในการทดลองจะอบกระทั่งได้น้ำหนักที่วัดได้ขณะอบมีค่าคงที่ ผลการทดลองจะเห็นว่าความชื้นในตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงตามสมการโพลีโนเมียล และการอบที่ระดับกำลังต่างกันจะมีสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจของสมการต่างกัน (มีค่า R^2 ต่างกัน) และขณะที่การทดลองอบด้วยกำลังไมโครเวฟที่ระดับสูง อาจจะใช้เวลาอบน้อยแต่ตัวอย่างจะแห้งไม่สม่ำเสมออาจจะมี

คำสำคัญ : ไมโครเวฟ, ความชื้น, แบบเวลาจริง

Research Title: A Prototype for data logger to moisture changes of Agricultural productivity by using microwave to predicts drying on real time.....

Researcher:..... Mr. MONTREE CHAICHANYUT.....

Faculty:..... Chumphon campus..... **Department:** ... Electronics engineering., King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.....

ABSTRACT

This research present a Prototype for data logger to moisture changes of Agricultural productivity by using microwave to predicts drying on real time. The system design consists of: the microwave generator, the microwave power control, the time control, the weight of the sensor and the storage system. The microwave generator can be generating the microwave power at frequency of 2.45GHz and controls up the microwave power were 6 levels (the microwave power were 80, 240, 400, 560 and 800w). The system can be control the time about 30 minute, Resolution was one minute. We use the load cell to sensor the weight of the sample, which it can be sensor the weight at resolution was 1 gram. The LCD was selected to show the initial weight, weight after drying and moisture of sample. In additional, the systems have EEPROM to save the weight on the real time and sent to the data to computer via the standard port RS 232 which, we using the Visual Basic program to manage data.

From our experimental, we selected the coffee beans to bake, at the weight of sample was 200 grams, the microwave power level of bake was 80, 240, 400, 560 and 800w, which we will bake experimental until the weight constant. The results of experimental, the moisture of sample decreases significantly. If considered from the trend line the changes of the sample moisture was polynomial equation as well as we bake different microwave power, the moisture of sample changes was polynomial equation but it has different on coefficient of determination (R^2). While the experimental baking with microwave power level higher. It takes less time, but the samples will dry irregular

Keywords : Microwave, Moisture, Real time

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาอย่างเต็มที่ ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา ผู้เขียนขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ปรึกษางานวิจัย และคำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำงานวิจัย ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณนางวรัญญา พริ้มจรัส ที่ช่วยในการสนับสนุนค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย ทั้งยังช่วยเหลือในด้านการประสานงาน และคอยให้กำลังใจเสมอมา จนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้ความรู้ และโอกาสในการทำงาน ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้รับงบประมาณจากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2555



นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์
นายพิมล ผลพุกษา
นายอรรถศาสตร์ นาคเทวีญ
นางสาวรัตติกร สมบัติแก้ว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูปภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review).....	5
2.2 ความชื้น (Moisture).....	6
2.3 การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture).....	6
2.3.1 การวิเคราะห์ความชื้นตัวอย่างแห้ง.....	7
2.3.2 การวิเคราะห์ความชื้นตัวอย่างเปียก.....	8
2.4 การวัดความชื้น.....	8
2.4.1 การวัดโดยตรง (Direct Methods).....	8
2.4.2 การวัดโดยอ้อม (Indirect Methods).....	10
2.5 เครื่องวัดความชื้น.....	10
2.5.1 หลักการความชื้นมีผลต่อค่าคงที่ไดอิเล็กทริก.....	11
2.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก.....	12
2.6.1 เครื่องชั่งไม่ใช้ไฟฟ้า หรือ เครื่องชั่งแม็กคลานิก.....	12
2.6.2 เครื่องชั่งไฟฟ้า หรือ เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์.....	12
2.7 โหลดเซลล์ (Load Cell).....	12
2.8 คลื่นไมโครเวฟ.....	15
2.9 หลักการทำงานของไมโครเวฟ.....	15
2.10 การรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ.....	16
2.11 ระยะที่ควรอยู่ห่างจากเตาไมโครเวฟจึงจะปลอดภัย.....	17

สารบัญ (ต่อ)

2.12	อันตรายจากเตาไมโครเวฟ.....	17
2.13	วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล A to D ขนาด 16 บิต.....	19
บทที่ 3	วิธีการ และการออกแบบ.....	22
3.1	บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงาน.....	22
3.2	การออกแบบวงจรที่ใช้ในระบบ.....	23
3.2.1	เซนเซอร์น้ำหนัก (Sensor Weight).....	23
3.2.2	วงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	31
3.2.3	การแสดงผลด้วยแอลซีดี (LCD).....	32
3.2.4	หน่วยความจำอีอีพรอม (EEPROM).....	33
3.2.5	การทำงานของไอซีฐานเวลา (DS1307).....	34
3.2.6	วงจรติดต่อพอร์ตอนุกรม RS 232.....	34
3.2.7	การตั้งกำลังวัตต์และเวลา.....	35
3.3	การออกแบบโครงสร้าง.....	37
3.4	การออกแบบโปรแกรมควบคุม.....	39
3.4.1	ส่วนของโฟลว์ชาร์ต (Flow Chat).....	39
3.4.2	ส่วนของ โฟลว์ชาร์ตการแสดงผลค่าน้ำหนัก.....	42
3.4.3	หลักการออกแบบโปรแกรมเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0.....	42
บทที่ 4	วิธีการ และผลการทดลอง.....	46
4.1	การทดลองที่ 1 ทดลองวัดแรงดันที่ออกจากโหลดเซลล์ โดยจ่ายไฟ DC 5 V.....	46
4.2	การทดลองที่ 2 ทดลองวัดแรงดันที่ออกจากวงจรขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์.....	48
4.3	การทดลองที่ 3 ทดลองอ่านค่าจาก A to D 16 บิต (LTC1605).....	50
4.4	การทดลองที่ 4 ทดลองวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ.....	52
4.5	การทดลองที่ 5 การทดลองอบ และวัดความชื้นของเมล็ดกาแฟ.....	53
4.6	การทดลองที่ 6 การทดลองวัดความชื้นของเมล็ดกาแฟตัวอย่างและโหลดข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์.....	60
บทที่ 5	สรุปผล และข้อเสนอแนะ.....	64
5.1	สรุปผลการทดลอง.....	64
5.2	ปัญหาและอุปสรรค.....	64
5.3	ข้อเสนอแนะ.....	64
บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง.....	65	
ภาคผนวก.....	66	
ภาคผนวก ก.....	66	
ภาคผนวก ข.....	71	
ประวัตินักวิจัย.....	78	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุกับค่าคงที่ไดอิเล็กทริก.....	11
2.2 ปัจจัยที่สามารถทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเปลี่ยนแปลงได้.....	12
4.1 แสดงวัดแรงดันจาก โหลดเซลล์ โดยตรง.....	47
4.2 การทดลองวัดแรงดันจากวงจรขยายสัญญาณ โหลดเซลล์ (Load Cell) เทียบกับน้ำหนัก.....	49
4.3 อ่านค่าประจำบิต (LTC1605) เปรียบเทียบกับน้ำหนัก.....	50
4.3(ต่อ) อ่านค่าประจำบิต (LTC1605) เปรียบเทียบกับน้ำหนัก.....	51
4.4 ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัดระดับ 1.....	54
4.5 ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัดระดับ 2.....	55
4.6 ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัดระดับ 3.....	56
4.6(ต่อ) ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัดระดับ 3.....	57
4.7 ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัดระดับ 4.....	58
4.8 ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัดระดับ 5.....	59



สารบัญรูปรภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงตู้อบแบบ Forced air oven.....	7
2.2 แสดงวงจรวิทสโตนบริดจ์เบื้องต้น.....	9
2.3 แสดงบริดจ์แบบสมดุล.....	9
2.4 ต้นแบบเครื่องวัดความชื้นฝีมือนักวิจัยไทย.....	9
2.5 เครื่องชั่งน้ำหนักขนาดเล็ก.....	13
2.6 โหลดเซลล์แบบเสตรนเกจ.....	13
2.7 แสดงโครงสร้างค่าความต้านทานภายในโหลดเซลล์.....	14
2.8 การให้ความร้อนแก่วัตถุ.....	15
2.9 เตาอบไมโครเวฟ.....	16
2.10 แสดง Timing และการควบคุม.....	21
2.11 การต่อใช้งานของ A to D 16 บิต (LTC1605).....	21
2.12 แสดงตำแหน่งขาของ A to D 16 บิต (LTC1605).....	22
3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	22
3.2 เครื่องชั่งน้ำหนักขนาดเล็ก.....	23
3.3 โหลดเซลล์แบบเสตรนเกจ.....	24
3.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานภายในโหลดเซลล์.....	24
3.5 วงจรขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์.....	25
3.6 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (LTC1605).....	29
3.7 วงจรใช้งานของการชั่งน้ำหนัก.....	30
3.8 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1.....	31
3.9 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2.....	32
3.10 แสดงวงจรแสดงผลจอแอลซีดี (LCD).....	33
3.11 แสดงวงจรหน่วยความจำ (24LC256).....	33
3.12 แสดงวงจรไอซีฐานเวลา.....	34
3.13 แสดงวงจรรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม.....	35
3.14 แสดงวงจรตัดต่อไมโครเวฟ.....	35
3.15 แสดงวงจรตรวจเช็คการทำงานของหลอดแมกนีตรอน.....	36
3.16 การติดตั้งโหลดเซลล์.....	37
3.17 แสดงด้านล่างของเตาอบไมโครเวฟ.....	37
3.18 แสดงฐานรองเตาอบไมโครเวฟและการติดตั้งวงจรทั้งหมด.....	38
3.19 แสดงระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	38
3.20 แสดง Timing และการควบคุม.....	39

สารบัญญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.21 แสดงโฟลว์ชาร์ตการติดต่อกับ A to D 16 บิต (LTC1605).....	41
3.22 แสดงโฟลว์ชาร์ตการแสดงค่าน้ำหนัก.....	42
3.23 แสดงการเลือกรูปแบบการใช้งาน.....	43
3.24 แสดงหน้าตาหลักของโปรแกรมเก็บข้อมูลที่ได้เลือกออกมา.....	43
3.25 การเลือกแอปพลิเคชันเพิ่มเติม.....	44
3.26 แสดงการแอดแอปพลิเคชันที่ต้องการ.....	44
3.27 แสดงหน้าตาโปรแกรมเก็บข้อมูลระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	45
4.1 แสดงการทดลองวัดแรงดันที่ออกจากโพลดเซลล์.....	46
4.2 แสดงการทดลองชั่งน้ำหนักและวัดแรงดันที่ จุด V_o	47
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันที่ออกจากโพลดเซลล์.....	48
4.4 แสดงการทดลองวัดแรงดันจาก วงจรขยายสัญญาณโพลดเซลล์.....	48
4.5 แสดงการทดลองชั่งน้ำหนักและวัดแรงดันที่ จุด V_o	49
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงดันของวงจรขยายสัญญาณโพลดเซลล์.....	50
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับค่าประจำบิต (A to D 16 บิต).....	51
4.8 แสดงเครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ.....	52
4.9 แสดงการตรวจสอบการรั่วไหลของคลื่นระหว่างไมโครเวฟทำงาน.....	52
4.10 แสดงการตรวจสอบการรั่วไหลของคลื่นระหว่างใช้โทรศัพท์มือถือ.....	53
4.11 แสดงเมล็ดกาแฟตัวอย่างก่อนและหลังจากการอบที่กำลังวัตต์ระดับ 1.....	53
4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่กำลังวัตต์ระดับ 1.....	54
4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่กำลังวัตต์ระดับ 2.....	56
4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่กำลังวัตต์ระดับ 3.....	57
4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่กำลังวัตต์ระดับ 4.....	58
4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่กำลังวัตต์ระดับ 5.....	59
4.17 แสดงการเลือก Com Port.....	60
4.18 แสดงค่าเวลาและน้ำหนักที่ได้เก็บข้อมูลเอาไว้.....	61
4.19 แสดงการบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์.....	61
4.20 แสดงการบันทึกชื่อข้อมูลและเลือกประเภทไฟล์.....	62
4.21 แสดงการเปิดข้อมูลไฟล์ .txt.....	62
4.22 แสดงการต้องการรับค่าข้อมูลใหม่.....	63
ก1 วงจรส่วนของการชั่งน้ำหนักโดยใช้ A to D 16 บิต.....	67
ก2 วงจรขยายสัญญาณจากโพลดเซลล์.....	68
ก3 แสดงวงจรตัดต่อไมโครเวฟ.....	68

สารบัญรูปรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก4 แสดงวงจรตรวจเช็คการทำงานของหลอดแมกนีตรอน.....	68
ก5 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1.....	69
ก6 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2.....	69
ก7 แสดงวงจรแสดงผลออกจอแอลซีดี (LCD).....	70
ก8 แสดงวงจรหน่วยความจำ (24LC256).....	70
ก9 แสดงวงจรไอซีฐานเวลา.....	70
ก10 แสดงวงจรรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม.....	70
ข1 ระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	72
ข2 แสดงปุ่มกดการทำงาน.....	72
ข3 โปรแกรมโหลดข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ของระบบวัดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ.....	75
ข4 แสดงการเลือกคอมพิวเตอร์.....	75
ข5 แสดงข้อมูลที่ได้ทำการส่งผ่านพอร์ต RS232.....	76
ข6 แสดงการบันทึกข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์.....	76
ข7 แสดงการตั้งชื่อไฟล์และเลือกประเภทไฟล์.....	77
ข8 แสดงการ Refresh เพื่อรับข้อมูลที่จะเข้ามาใหม่.....	77

บทที่ 1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎี หรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยถือได้ว่ามีผลิตผลทางการเกษตรเพื่อจำหน่ายทั้งภายในประเทศ และส่งออกไปยังต่างประเทศเป็นจำนวนมาก กระบวนการผลิตที่สำคัญกระบวนการหนึ่งไม่ว่าจะเป็นการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย หรือรอการแปรรูป คือ การอบแห้งผลผลิตเพื่อลดความชื้น เนื่องจากความชื้นมีผลทำให้ผลิตผลทางการเกษตรเสียหาย อย่างเช่น เกิดเชื้อรา มอด และอื่น ๆ รวมทั้งความชื้นยังส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพอีกด้วย การตรวจสอบความชื้นของผลิตผลทางการเกษตรที่มีความชื้นสูงจึงนับว่ามีความสำคัญมาก เพราะวิธีการตรวจสอบความชื้นที่รวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ จะช่วยให้จัดการกับผลิตผลทางการเกษตรได้ดี เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรไว้ได้นาน เช่น การตัดสินใจใช้อุณหภูมิเริ่มต้นในการอบ การคำนวณระยะเวลา และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการอบ การอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรเป็นกระบวนการหนึ่งในงานด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาคุณภาพ ลดความสูญเสีย และยืดระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เทคโนโลยีการอบแห้งเป็นสิ่งที่ไม่สลับซับซ้อน แต่การวางแผนการดำเนินการอบแห้งภายใต้สภาวะอากาศและเงื่อนไขที่กำหนด เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษา

ทั้งนี้เพื่อให้ได้วิธีดำเนินการที่เหมาะสมที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการใช้อุณหภูมิเริ่มต้นในการอบ ระยะเวลาในการอบ ปริมาณการใช้พลังงาน ซึ่งตัวแปรเหล่านี้สามารถทราบและทำนายได้จากสมการการอบแห้ง หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แต่ในการสร้างสมการอบแห้งของผลิตผลทางเกษตรแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน ดังนั้นจำเป็นต้องเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นในขณะที่ทำการอบตัวอย่างเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการอบแห้งของผลิตผล

จากความจำเป็นและความสำคัญของข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นคณะผู้วิจัยจึงได้ถือเป็นหัวข้อหลักในการวิจัย โดยพยายามที่จะคิดหาวิธีการตรวจสอบความชื้นของผลิตผลทางการเกษตรที่สามารถบันทึกการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่างการอบตามเวลาจริงเพื่อใช้ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง สำหรับทำนายการอบแห้งของผลิตผล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอระบบเก็บข้อมูลความชื้นของผลิตผลทางการเกษตรแบบเวลาจริงในขณะอบด้วยใช้คลื่นไมโครเวฟขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นนำเอาความรู้ทางด้านเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการเกษตรเพื่อทำให้สามารถนำองค์ความรู้ไปทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านของวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยมีดังนี้

- พัฒนารูปแบบในการอบแห้งให้ทำได้เร็วและเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรไว้ได้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพื่อใช้ระบบที่ออกแบบศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้คลื่นไมโครเวฟสำหรับการอบแห้ง ผลิตผลการเกษตร
- เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการออกแบบเครื่องอบผลิตผลการเกษตรด้วยคลื่นไมโครเวฟ
- เพื่อศึกษา และพัฒนาเทคนิคการอบแห้งจากการตรวจจับความชื้นแบบเวลาจริง
- พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ทำนายอัตราการอบแห้งผลิตผลการเกษตร
- เพื่อเพิ่มศักยภาพในการวิจัยทางด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว
- เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย เชิงประยุกต์โดยแนวทางใหม่
- กระตุ้นให้เกิดการวิจัยในเชิงวิศวกรรมระดับสูง และเผยแพร่ต่อสาธารณะ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

สืบเนื่องจาก การพิจารณาในครั้งแรกซึ่งไม่ได้รับการสนับสนุนด้วยเหตุผลเนื่องจากเข้าใจว่า ระบบที่คณะผู้วิจัยนำเสนอเป็นเทคนิคการวัดความชื้นผลิตผลทางการเกษตรด้วยคลื่นไมโครเวฟ จึงไม่ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ แต่ทั้งนี้ระบบที่คณะผู้วิจัยนำเสนอนี้เป็นระบบที่ออกแบบเพื่อเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นในขณะที่ทำการอบแห้งผลิตผลตัวอย่าง แบบเวลาจริงซึ่งไม่จำเป็นต้องหยุดการอบตัวอย่างเพื่อนำมาชั่งน้ำหนักบันทึกผลแล้วคำนวณเป็นความชื้น แต่ระบบจะสามารถเก็บข้อมูลในทุกช่วงเวลาที่มีความชื้นในผลิตผลตัวอย่างที่อบมีการเปลี่ยนแปลง พร้อมกันนั้นยังสามารถตอบอัตราส่วนความชื้นของตัวอย่างที่อบทั้งในรูปแบบมาตรฐานเปียก และมาตรฐานแห้งได้ด้วย ซึ่งองค์ความรู้ใหม่จะเกิดขึ้นเมื่อนำข้อมูลที่ได้เก็บไว้มาทำการเขียนเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือสมการอบแห้งเพื่อทำนายการอบแห้ง และใช้เป็นสมการตัดสินใจในการกำหนดอุณหภูมิเริ่มต้นในการอบ การคำนวณระยะเวลา และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการอบ

ดังนั้นภายในปีงบประมาณ 2555 จะทำการศึกษาระบบเก็บข้อมูลความชื้นของผลิตผลการเกษตรแบบเวลาจริงโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ และจะทำการทดลองภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ออกแบบระบบต่อบด้วยคลื่นไมโครเวฟ พร้อมทั้งระบบสามารถเก็บข้อมูลความชื้นของผลิตผลการเกษตรที่เปลี่ยนแปลงแบบเวลาจริงได้
- ระบบที่ออกแบบสามารถใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นกับผลิตผลการเกษตร อาทิ เช่น เมล็ดพันธุ์ต่าง ๆ กาแฟ ข้าว ข้าวโพด ถั่ว พริก หรือพืชสมุนไพรที่มีการหั่นบาง เป็นต้น โดยน้ำหนักของตัวอย่างไม่เกิน 500 กรัม
- ทำการทดสอบระบบโดยเก็บข้อมูลความชื้นของเมล็ดกาแฟ ซึ่งถือเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดชุมพร
- ระบบที่ออกแบบจะกำเนิดคลื่นไมโครเวฟที่ความถี่ 2.45GHz โดยสามารถปรับกำลังขับออกได้ 5 ระดับ มีกำลังขับออกสูงสุด 800 W
- ศึกษา และทดสอบการเปลี่ยนแปลงความชื้นของกาแฟโดยใช้คลื่นไมโครเวฟที่มีระดับกำลังขับออกต่างกัน โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้จะแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการออกแบบระบบเก็บข้อมูล ความชื้นของผลผลิตการเกษตรแบบเวลาจริงโดยใช้คลื่นไมโครเวฟในการอบแห้ง และส่วนของการทดสอบระบบ

การทดลองที่ 1 การออกแบบระบบเก็บข้อมูลความชื้นของผลผลิตการเกษตรแบบเวลาจริง โดยการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟเพื่อทำนายการอบแห้งซึ่งจะแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- เริ่มต้นจากการออกแบบระบบตรวจจับน้ำหนักแบบละเอียด และบันทึกค่าน้ำหนักที่ตรวจวัดได้ลงในหน่วยความจำ เพื่อนำค่าน้ำหนักที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาค่าความชื้นของตัวอย่างที่ทำกรอบโดยอัตโนมัติ

- การออกแบบระบบการจ่ายคลื่นไมโครเวฟเพื่อการอบแห้ง การออกแบบส่วนนี้จะออกแบบให้ระบบสามารถควบคุมการจ่ายกำลังขับออกของคลื่นไมโครเวฟ พร้อมทั้งสามารถตั้งเวลาในการอบได้

- การออกแบบส่วนของการแสดงผลจะเป็นการนำข้อมูลน้ำหนักที่บันทึกไว้ในหน่วยความจำส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลมาคำนวณเป็นค่าความชื้นของตัวอย่างที่เวลาใด ๆ

การทดลองที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลความชื้นผลผลิตทางการเกษตรด้วยระบบ

เมื่อระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบแล้วก็ทำการทดสอบระบบโดยนำกาแฟสดมาทำการอบด้วยคลื่นไมโครเวฟ และศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นตามเวลาจริงของกาแฟเพื่อพัฒนาเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ใช้ทำนายอัตราการอบแห้งต่อไปโดยตัวอย่างของกาแฟที่ใช้ทดลองจะเป็นกาแฟที่มีระดับความชื้นเท่ากัน และอบภายใต้เงื่อนไขของกำลังขับออกของคลื่นไมโครเวฟต่างกัน 5 ระดับ คือ 10%, 30%, 50%, 70% และ 100% ตามลำดับ โดยในแต่ละการทดลองจะทำการทดลอง การทดลองละ 4 ซ้ำ (Replication) มีหน่วยการทดลองรวมทั้งสิ้น 20 หน่วย

การทดลองที่ 3 การเขียนหรือสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการทดลองนี้จะเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ 2 มาศึกษา และสร้างเป็นสมการอบแห้งหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- นำผลการวิจัยไปใช้ในการออกแบบการตรวจสอบความชื้นของผลผลิตการเกษตรโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ
- ทราบพารามิเตอร์ด้านระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อใช้คลื่นไมโครเวฟอบแห้ง
- นำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการออกแบบเครื่องอบผลผลิตการเกษตรด้วยคลื่นไมโครเวฟ
- ใช้ข้อมูลเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการอบแห้งผลผลิตการเกษตร
- เพื่อเพิ่มศักยภาพในการวิจัยทางด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว
- เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย เชิงประยุกต์โดยแนวทางใหม่
- กระตุ้นให้เกิดการวิจัยในเชิงวิศวกรรมระดับสูง และเผยแพร่ต่อสาธารณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางการตลาด
- เผยแพร่ผลงานวิจัยในระดับชาติ และ เป็นข้อมูลสนับสนุนให้หน่วยงานอื่นๆ และผู้สนใจได้นำไปใช้ประโยชน์ เพื่อการพัฒนาประเทศ

1.5.2 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
- กรมส่งเสริมการเกษตร
- หน่วยงานภาครัฐ เอกชนและเกษตรกรทั่วไป

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

เมื่อเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ และทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว จะทำการถ่ายทอดเทคนิคให้กับหน่วยงาน และกลุ่มเกษตรกรผู้สนใจ ทำการเผยแพร่ผลงานในรูปแบบบทความ ในวารสารด้านการเกษตรและวิศวกรรมศาสตร์ การตีพิมพ์ในรูปแบบงานวิจัย และการเสนอผลงานทางวิชาการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ การวิเคราะห์ความชื้น การวัดความชื้น การชั่งน้ำหนัก การทำงานของไมโครเวฟ การขยายสัญญาณจากโพลีเซลล์ การแปลงสัญญาณ อนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล การแสดงผลออกทางจอแอลซีดี (LCD) และการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำ (EEPROM) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

อนันต์ พงษ์ธรรณกุลพานิช (2539)[1] ทำการศึกษาการอบแห้งข้าวโพดที่ความชื้นสูง และช่วงอุณหภูมิสูงด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิทางเข้าหอตลอด และอัตราการไหลจำเพาะ มีอิทธิพลต่อการอบแห้งเมล็ดข้าวโพด สำหรับการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สมการการอบแห้ง กึ่งทฤษฎี ได้แก่ สมการของ Wang-Singh, Page และสมการของ Lewis มาทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองพบว่า สมการของ Wang-Singh สามารถนำมาใช้ทำนายอัตราการอบแห้ง โดยมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองมากที่สุด

วิวัฒน์ วุฒิววัฒน์ชัย (2540)[2] งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการอบแห้งถั่วเหลืองโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน โดยพิจารณาถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อ การอบแห้ง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยอุณหภูมิในการอบแห้ง 110-140 องศาเซลเซียส ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 24.7-33.3 มาตรฐานแห้ง ความสูงเบด 10-15 และความเร็วยของการอบแห้ง 2.4-4.1 จากการทดลองพบว่า ตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าห้องอบแห้ง และอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ และพบว่า Page's model มีความเหมาะสมมากที่สุดที่ใช้อธิบายผลการทดลอง

ณัฐพล ภูมิสะอาด สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ อภิชาติ เทอดโยธิน (2542)[3] พัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของข้าวเปลือก ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด โดยใช้สมการการอบแห้งทางทฤษฎี โดยพิจารณารูปทรงข้าวเปลือกเป็นทรงกระบอกสั้น และใช้แบบจำลองสมการของ Arrhenius พบว่าสามารถทำนายอัตราส่วนความชื้นได้ตลอดช่วงการอบแห้ง และอุณหภูมิของอากาศในการอบแห้งมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นมากกว่าความชื้นของข้าวเปลือก

บุญมี และ ศิริพร [4] ได้ศึกษา การใช้ไมโครเวฟในการอบเมล็ดพันธุ์ เพื่อตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ข้าวโพด และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยการนำเมล็ดพันธุ์ไปแช่น้ำแล้วนำมาผึ่งให้ได้ความชื้นที่ต้องการ จากนั้น นำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ไปอบด้วยไมโครเวฟ (ที่กำลังไฟฟ้าสูงสุด 1,100 วัตต์ โดยใช้ระดับพลังงานความร้อนที่ 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 นาที) และเปรียบเทียบกับวิธีอบด้วยความร้อน ค่าของความชื้นในเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากไมโครเวฟ จะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กับวิธีอบด้วยความร้อนซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน

Srivastava and John (2002)[5] ในงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายการอบแห้งเมล็ดธัญพืช โดยใช้สมการ Semi-empirical ของชั้นบางสำหรับทำนายความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อุณหภูมิ

ของอากาศ และอุณหภูมิของเมล็ดธัญพืช โดยเปลี่ยนแปลงความสูงของเบตนิ่งของธัญพืช อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงความเร็วอากาศ และช่องว่างภายในเบต

ในงานวิจัยนี้สรุปว่าความชื้นจะระเหยเป็นไอน้ำได้ดี เมื่อความสูงของเบตเพิ่มขึ้น และช่องว่างในเบตมีผลกระทบต่ออุณหภูมิอากาศในห้องอบแห้งเล็กน้อย แต่ไม่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิของเมล็ดพืช

Akpinar, Midilli and Bicer (2003)[6] ในงานวิจัยนี้ทำการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการอบแห้งแผ่นมันฝรั่งแบบชิ้นบาง ในเครื่องอบแห้งไซโคลน และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองการอบแห้งของชิ้นบางในงานวิจัยก่อนหน้านี้จำนวน 8 สมการ จากผลการทดลองอบแห้งแผ่นมันฝรั่งที่มีความหนา 12.5 และ 8 อุณหภูมิทางเข้าของอากาศที่ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วอากาศ 1 และ 1.5 สรุปได้ว่าแผ่นมันฝรั่งซึ่งหนา 12.5 จะใช้เวลาในการอบแห้ง 460-740 นาที ซึ่งมากกว่าที่ความหนาของแผ่นมันฝรั่ง 8 จะใช้เวลาการอบแห้ง 280-520 นาที ความเร็วอากาศมีผลเพียงเล็กน้อยต่ออัตราการอบแห้ง และเวลาในการอบแห้งลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการอบแห้งของชิ้นบางถูกหาโดยเทคนิค non-linear regression analysis และหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมของแบบจำลองการแพร่ของสมการการอบแห้งมันฝรั่ง ซึ่งทั้ง 8 สมการให้ผลสอดคล้องดีกับผลการทดลอง

2.2 ความชื้น (Moisture)

ความชื้นหมายถึง ส่วนประกอบของอาหารหรือผลไม้ที่เป็นน้ำ[7] ซึ่งสามารถที่จะแบ่งส่วนประกอบที่เป็นน้ำนี้ได้ 3 รูปแบบ [7] คือ

1. Free water คือน้ำที่อยู่อย่างอิสระในอาหาร ไม่มีพันธะใดๆมายึดไว้ น้ำประเภทนี้ทำให้สูญเสียไปได้ง่ายโดยการระเหยหรือทำให้แห้ง

2. Bound water คือน้ำที่ประกอบอยู่ในอาหารในรูปไฮเดรต(hydrate) โดยมีพันธะเคมียึดไว้ เช่นเมื่อโปรตีนดูดซับน้ำไว้ น้ำจะอยู่ในลักษณะที่เป็นเจล มี hydrogen bonds ยึดไว้ระหว่างโมเลกุลของโปรตีนกับน้ำ ส่วนพวกคาร์โบไฮเดรตจะดูดซับน้ำไว้ใน ลักษณะที่เป็นโมโนไฮเดรต

3. Adsorbed water คือน้ำที่ดูดซับห่อหุ้มอยู่รอบๆผิวของส่วนประกอบของอาหารในลักษณะที่เป็นชิ้นบางๆ โดยมีแรงดึงดูดของโมเลกุล(Molecular forces) ยึดไว้

อาหารแต่ละชนิดมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำทั้ง 3 รูปแบบนี้อยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ปริมาณโภชนะในอาหารเหล่านั้นแตกต่างกันไปด้วย การจะเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะ จึงจำเป็นต้องปรับอาหารให้อยู่ในสภาพเดียวกันเสียก่อน คือปรับให้อยู่ในสภาพไร้ความชื้นที่เรียกว่า ตัวอย่างแห้ง(dry matter basis) จึงสามารถนำคุณค่าทางโภชนะมาเปรียบเทียบกันได้ จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในอาหาร เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณตัวอย่างแห้งของอาหารนั้น

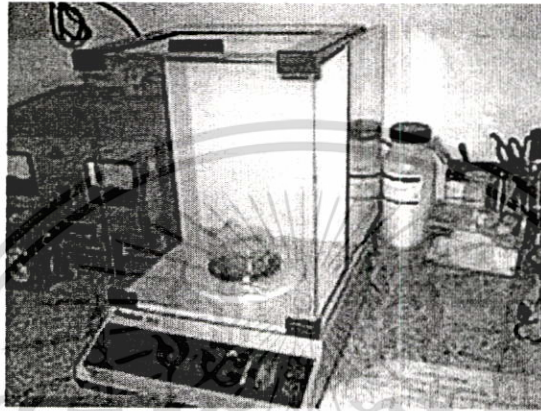
2.3 การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture)

การวิเคราะห์หาความชื้นเป็นการตรวจสอบคุณค่าทางอาหารอย่างหนึ่ง[7] ที่มีความสำคัญมาก และจำเป็นต้องใช้อย่างกว้างขวาง เพราะปริมาณความชื้นจะบอกให้ทราบว่าอาหารนั้น มีคุณภาพดีหรือไม่ อายุการเก็บรักษานานเท่าใด และปริมาณตัวอย่างแห้งในอาหารนั้นมีมากน้อยเพียงใด ส่วนวิธีวิเคราะห์จะเลือกใช้วิธีใด

นั้นขึ้นอยู่กับ ลักษณะและส่วนประกอบของอาหาร ความรวดเร็วในการวิเคราะห์และความถูกต้องแม่นยำของผลที่จะได้รับ

2.3.1 การวิเคราะห์ความชื้นตัวอย่างแห้ง

ตัวอย่างที่มีตัวอย่างแห้งมากกว่า 85% สามารถนำมาหาค่าตัวอย่างแห้งที่แท้จริงได้โดยใช้วิธีการแบบขั้นตอนเดียว คืออบในตู้อบแบบ forced air oven ดังในรูปที่ 2.1 โดยอาจใช้อุณหภูมิสูง 135 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 2 ชม. ความชื้นจะระเหยไปในระหว่างการอบแห้ง การหาค่าตัวอย่างแห้งทำโดยชั่งสารที่เหลือแล้วนำมาหักลบกับน้ำหนักเริ่มต้น ดังสมการที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงตู้อบแบบ forced air oven

วิธีการ

- 1.อบด้วยแก้วพร้อมฝาที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 2.ปิดฝาด้วย นำมาใส่ในโถดูดความชื้น ปิดฝาโถทันที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่เกิน 2-3 ชม.
- 3.ใส่ตัวอย่างอาหารประมาณ 2 กรัม ลงในถ้วย บนที่ก้นน้ำหนักเริ่มต้น
- 4.เขย่าถ้วยเล็กน้อยเพื่อให้อาหารกระจาย อย่างสม่ำเสมอ และกระจายเต็มพื้นถ้วย
- 5.นำถ้วยพร้อมตัวอย่างเข้าตู้อบที่ได้เตรียมให้มีอุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียสแล้ว วางฝาไว้ข้างๆถ้วย อบเป็นเวลา 2 ชม.นับจากอุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส
- 6.เอาตัวอย่างออกจากตู้โดยปิดฝาด้วยให้สนิททุกใบ ใส่ในโถดูดความชื้น ปิดฝาโถให้สนิท ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่เกิน 2-3 ชม.
- 7.ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แห้ง

การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้นมาตรฐานแห้ง} = \frac{\text{มวลตัวอย่างเริ่มต้น} - \text{มวลตัวอย่างที่แห้ง}}{\text{มวลตัวอย่างที่แห้ง}} \times 100\% \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การวิเคราะห์ความชื้นตัวอย่างเปียก

ตัวอย่างที่มีความชื้นสูงกว่า 15% หรือตัวอย่างแห้งต่ำกว่า 85 % การวิเคราะห์หาความชื้นทำในตู้อบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้กระทบต่อองค์ประกอบทางเคมีน้อยที่สุด เวลาที่ใช้อบขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง อยู่ในช่วง 24-48 ชม. การหาค่าตัวอย่างเปียกทำโดยชั่งสารที่เหลือแล้วนำมาหักลบกับน้ำหนักเริ่มต้น ดังสมการที่ 2.2

วิธีการ

1. ใสตัวอย่างลงในภาชนะที่ใช้บรรจุ บันทึกน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น
3. ใสตัวอย่างที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชม.
4. ปลดยंत्रให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2-4 ชม. เพื่อปรับความชื้นให้เป็นไปตามสภาพห้อง
5. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แห้ง

การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้นมาตรฐานเปียก} = \frac{\text{มวลตัวอย่างเริ่มต้น} - \text{มวลตัวอย่างที่แห้ง}}{\text{มวลตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100\% \quad (2.2)$$

ข้อควรระวัง

อย่ากองตัวอย่างสุ่มกัน หรืออัดแน่นในตู้อบ มิฉะนั้นอากาศจะผ่านไม่สะดวก อุณหภูมิตู้อบต้องไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส มิฉะนั้นโปรตีนจะถูกทำลาย ซึ่งมีผลทำให้ค่าเยื่อใยผิดไป

2.4 การวัดความชื้น

เมื่อความชื้นมีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์การเกษตรมาก [7] จึงมีการคิดหาวิธีวัดความชื้นออกมาหลายแบบด้วยกัน ดังเช่นการใช้เครื่องวัดความชื้นแบบอบไล่ความชื้น ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งเครื่องวัดความชื้นสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

2.4.1 การวัดโดยตรง (Direct Methods) เป็นการวัดความชื้นโดยนำเมล็ดพืชมาผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อแยกน้ำออกจากเนื้อ สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. การทำปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reaction) โดยการแยกน้ำด้วยปฏิกิริยาเคมี วิธีนี้ไม่นิยมใช้เนื่องจากใช้เวลานาน และมีราคาแพง

2. การอบไล่ความชื้น (Heating Oven) เป็นวิธีที่นิยมใช้ โดยนำตัวอย่างเมล็ดพืชที่บดเป็นแป้งแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทั้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับน้ำหนักก่อนและหลังการอบ จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

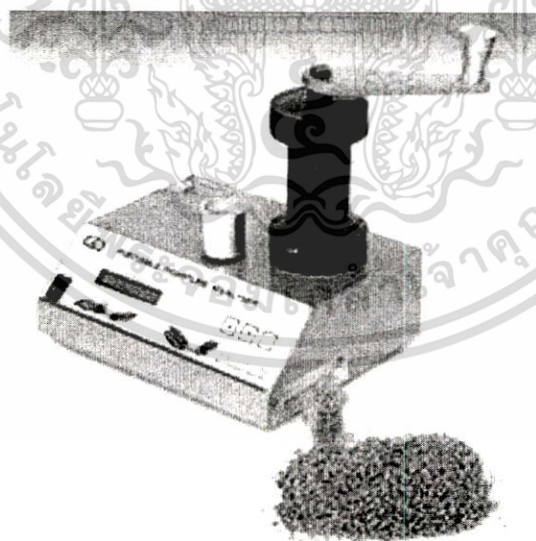


รูปที่ 2.2 เครื่องวัดความชื้นแบบอบไล่ความชื้น

3.การกลั่น (Distillation) นำตัวอย่างเมล็ดพืชที่บดเป็นแป้งผสมกับตัวทำละลาย toluene แล้วนำไปต้ม น้ำจะระเหยออกมาและควบแน่นเป็นหยด ซึ่งวัดเป็นปริมาตรและน้ำหนักได้

4.การใช้รังสีอินฟราเรดหรือคลื่นไมโครเวฟ (Infrared and Microwave Radiation) เป็นการใช้รังสีอินฟราเรดหรือคลื่นไมโครเวฟเพื่อระเหยน้ำในแป้งที่ได้จากการบดตัวอย่างเมล็ดพืช

วิธีวัดความชื้นเหล่านี้มีจุดเด่นที่ให้ผลการวัดถูกต้อง แต่จุดด้อยสำคัญคือ อุปกรณ์และเครื่องมือมีราคาแพง การใช้งานต้องเตรียมอุปกรณ์หลายชิ้น และการวัดแต่ละครั้งใช้เวลานาน ดังเช่น การใช้เครื่องวัดความชื้นจากต่างประเทศที่สามารถใช้กับเมล็ดพืชได้หลายชนิด ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เครื่องวัดความชื้นจากต่างประเทศที่ใช้กับเมล็ดพืชได้หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การวัดโดยอ้อม (Indirect Methods) เป็นการวัดสมบัติทางไฟฟ้าของเมล็ดพืชด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น วัดค่าความจุไฟฟ้า การวัดโดยอ้อมวัดได้หลายวิธีเช่นกันคือ

1.ความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) อุปกรณ์วัดจะวัดความต้านทานไฟฟ้าของเมล็ดพืช โดยบรรจุเมล็ดพืชตัวอย่างลงช่องว่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในภาชนะปิดแน่น ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้จะแปรเป็นค่าปริมาณความชื้น

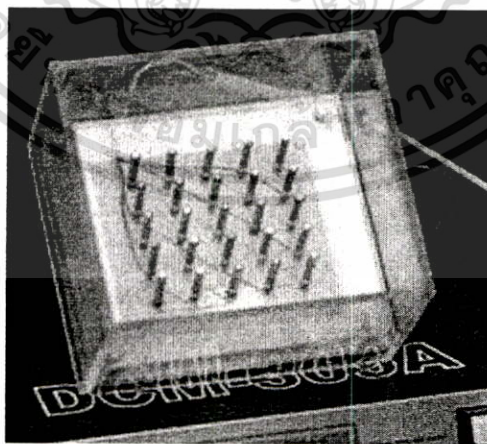
2.ความจุไฟฟ้า (Capacitance) ตัวอย่างจะถูกบรรจุในภาชนะปิด โดยผนังภาชนะทำหน้าที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าความถี่สูงออกมา การวัดวิธีนี้จำเป็นต้องใช้ตารางคาลิเบรชัน (calibration) ประกอบด้วยค่าความชื้นที่ได้จากการวัดด้วยวิธีนี้จะมีความแม่นยำมากกว่าการวัดจากค่าความต้านทานไฟฟ้า

3.ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) เป็นวิธีหาค่าความชื้นในเมล็ดพืชจากการวัดความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศระหว่างเมล็ด เนื่องจากปริมาณความชื้นในเมล็ดจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศระหว่างเมล็ดเปลี่ยนแปลง ซึ่งความถูกต้องของค่าความชื้นที่วัดได้จากวิธีนี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของความชื้น ดังนั้นการวัดด้วยวิธีนี้ต้องรอเวลานานประมาณ 1-2 ชั่วโมงเพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์ในช่องอากาศต่างๆ เกิดสมดุลก่อนวัดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

การวัดความชื้นโดยอ้อมมีจุดเด่นตรงรู้ผลเร็ว สะดวก และทำได้บ่อย จุดด้อยคือ ค่าที่ได้จากการวัดเป็นค่าประมาณการ

2.5 เครื่องวัดความชื้น

เมื่อความชื้นมีความสำคัญเช่นนี้ทำให้เครื่องวัดความชื้นกลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเกษตรกร [7] ผู้ขายตลอดจนผู้รับซื้อสินค้าเกษตรต่างๆ และกลายเป็นอุปกรณ์ที่ถูกกำหนดให้ต้องผ่านการสอบเทียบจากสำนักงานกลางชั่งตวงวัดเช่นเดียวกับเครื่องชั่งน้ำหนัก ในปัจจุบันเครื่องวัดความชื้นที่นิยมใช้เป็นเครื่องที่อาศัยการวัดความชื้นโดยอ้อม เนื่องจากลักษณะเครื่องเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีขนาดกะทัดรัด ใช้งานง่าย และทราบผลเร็ว อย่างไรก็ตามเครื่องวัดความชื้นเมล็ดพืชทั้งหลายยังมีราคาค่อนข้างแพง ตั้งแต่ราคาเกือบหมื่นบาทจนถึงหลายหมื่นบาทขึ้นอยู่กับความสามารถในการวัดของเครื่องมือ และส่วนใหญ่เป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ



รูปที่ 2.4 ต้นแบบเครื่องวัดความชื้นฝีมือนักวิจัยไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยเหตุนี้ ดร.ไพศาล เสดสุวรรณ กับุตรธีระพนธ์ แยมวงษ์ และทีมวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องวัดความชื้นในผลิตภัณฑ์การเกษตรที่ราคาไม่แพงออกมาเพื่อให้เกษตรกรสามารถซื้อใช้ได้เอง โดยวัดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นเมล็ดพืชกับค่าความจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปของเมล็ดพืช เมื่อเมล็ดพืชมีน้ำหรือความชื้นเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเพิ่มขึ้นตามเครื่องต้นแบบเครื่องวัดความชื้นฝีมือนักวิจัยไทย แสดงดังรูปที่ 2.4

2.5.1 หลักการความชื้นมีผลต่อค่าคงที่ไดอิเล็กทริก

วัสดุแต่ละชนิดจะมีสมบัติทางไฟฟ้าที่เรียกว่า ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ซึ่งเป็นค่าที่สามารถวัดได้โดยการวัดค่าความจุไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะสองแผ่นที่มีวัสดุนั้นคั่นกลาง ทั้งนี้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกจะแตกต่างกันตามความสามารถในการเก็บประจุของสารหรือวัสดุแต่ละประเภท ดังตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของวัสดุธรรมชาติหรือพืชผลการเกษตรบางชนิด

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุกับค่าคงที่ไดอิเล็กทริก

วัสดุ	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก	วัสดุ	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก
เมล็ดข้าว	3.5	ถั่วเหลือง	2.8
รำข้าว	1.4 - 2.0	ทราย	5.0
น้ำ (0° C)	88.0	เกลือ	3.0 - 15.0
น้ำ (100° C)	55.3	ข้าวโพด	5 - 10
น้ำ (199° C)	34.5	เมล็ดข้าวโพดแห้ง	1.8
ไอน้ำ	1.00785	น้ำมันเมล็ดฝ้าย	3.1
แป้งสาลีแห้ง	1.6	ดินเหนียว	1.8 - 2.8
ไม้ (แห้ง)	2 - 6	เซลลูโลส	3.2 - 7.5
ไม้ (เปียก)	10 - 30	น้ำมันมะกอก	3.1

จากข้อมูลค่าคงที่ไดอิเล็กทริกในตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่า วัสดุแห้งทั่วไปยกเว้นน้ำจะมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกไม่สูงมาก แต่เมื่อใดที่วัสดุมีความชื้นจะส่งผลให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเปลี่ยนแปลงไปมากเพียงพอที่จะสามารถวัดความเปลี่ยนแปลงนั้นได้ง่าย เช่น ไม้แห้งมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกประมาณ 2-6 แต่เมื่อไม้เปียกหรือมีความชื้นค่าคงที่ไดอิเล็กทริกจะเปลี่ยนแปลงไปถึงระดับ 10-30 นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วง 0-30 % จะมีความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นตรง และเป็นช่วงที่เหมาะสมในการดูแลผลผลิตการเกษตร เช่น ข้าว (10-25 %) เมล็ดพันธุ์ถั่ว (9 %) เป็นต้น อย่างไรก็ตามค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ตามปัจจัยต่างๆดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปัจจัยที่สามารถทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเปลี่ยนแปลงได้

อุณหภูมิ	อายุและความสุกของผลิตผล
ปริมาณความชื้นในผลิตผล	ลักษณะพื้นผิว เชื้อรา
ความหนาแน่น	ขนาดปริมาณตัวอย่างที่วัด
ชนิด รูปร่างของผลิตผล	วิธีการวัดและจัดวาง

ตัวอย่าง การคำนวณหา % ความชื้น (Percentage Moisture)

สมมุติว่ามีตัวอย่างแอปเปิ้ล 100.0 กรัม หลังจากอบแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังวัตต์ระดับ 1 ผ่านไป 1 ชม. จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักได้ 30.0 กรัม เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกมีค่าเท่าไร

จากสมการที่ 2.2 สามารถที่จะคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกได้ดังนี้

น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น = 100.0 กรัม

น้ำหนักตัวอย่างที่แห้ง = 30.0 กรัม

$$\% \text{ ความชื้นมาตรฐานเปียก} = \frac{100 - 30}{100} \times 100 \% = 70 \%$$

2.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก โดยทั่วไป เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป จะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท [8] ดังนี้

2.6.1. เครื่องชั่งไม่ใช้ไฟฟ้า หรือ เครื่องชั่งแม่เหล็กคานิก ออกแบบโดยอาศัยระบบหลักการของ คานถ่วงตุลน้ำหนัก กลไกใบมีด เฟืองทด สปริง อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือ อาจใช้ หลายระบบร่วมกันในเครื่องชั่งตัวเดียวกันก็ได้ เพื่อให้เกิดแรงกด หรือ แรงดึง แล้วเปลี่ยนเป็นน้ำหนักของตัวอย่างที่เราชั่งแสดงที่หน้าจอ อย่างเช่น เครื่องชั่งเข็ม เครื่องชั่งคานเลื่อน เครื่องชั่งสปริง เครื่องชั่งหน้าปัด เครื่องชั่งไฮดรอลิก เครื่องชั่งเบเกอร์ เครื่องชั่งกระบอก เครื่องชั่งแขวน เครื่องชั่งสองหน้า เครื่องชั่งสองแขน

2.6.2. เครื่องชั่งไฟฟ้า หรือ เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ ดังรูปที่ 2.5 เครื่องชั่งชนิดนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนดังต่อไปนี้

1. โหลดเซลล์ (Load Cell) มีหน้าที่เป็นตัวรับแรงกด หรือ แรงดึง แล้วส่งสัญญาณอล็อกหรือดิจิตอล ออกไปยังส่วนประมวลผล โหลดเซลล์แบ่งออก เป็น 2 แบบ

1. โหลดเซลล์แบบเสตรนเกจ ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม มีร่องเว้า 4 ร่อง ในโหลดเซลล์นี้จะประกอบด้วยวงจรวัดต้านทาน 4 ชุด เมื่อเราวางตัวอย่างบนเครื่องชั่ง ค่าความต้านทาน นี้ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลง แล้วส่งสัญญาณไปยังส่วนประมวลผล โหลดเซลล์แบบเสตรนเกจ แบบนี้ราคาถูก ความละเอียดต่ำ นิยมนำมาติดตั้งในเครื่องชั่งอุตสาหกรรม เช่น เครื่องชั่งขนาดเล็ก เครื่องชั่งก้นน้ำ เครื่องชั่งวางพื้น เครื่องชั่งวางโต๊ะ เครื่องชั่งห้องเย็น เครื่องชั่งนับจำนวน เครื่องชั่งราคาถูก เครื่องชั่งคิดราคา เครื่องชั่งอาหาร เครื่องชั่งห้องทดลอง เครื่องชั่งไปรษณีย์ เครื่องชั่งพกพา เครื่องชั่งกระดาษ เครื่องชั่งผ้า เครื่องชั่งราคาประหยัด

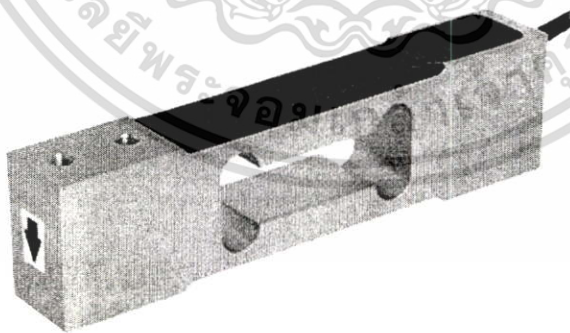
2. โหลดเซลล์แบบอิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ในโหลดเซลล์นี้จะมีหน้าที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อมีการวางตัวอย่างบนเครื่องชั่งก็จะเกิดการยุบตัวของสนามแม่เหล็ก หลังจากนั้นก็จะส่งสัญญาณออกไปยังส่วนประมวลผล โหลดเซลล์ชนิดนี้มีราคาแพง มีความละเอียดสูง ความแม่นยำและเที่ยงตรง สูงกว่า เสดรนเกจ ประมาณ 10 เท่า ดังนั้นจึงนิยมนำมาติดตั้งในเครื่องชั่งความละเอียดสูง เช่น เครื่องชั่งห้องแลป เครื่องชั่งวิเคราะห์ เครื่องชั่งเพชร เครื่องชั่งพลอย เครื่องชั่งอัญมณี เครื่องชั่งทอง เครื่องชั่งเงิน เครื่องชั่งวัดความชื้น เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. อินดิเคเตอร์ (Indicator) หัวอ่านน้ำหนัก หรือ จอแสดงผล มีหน้าที่ ประมวลผลของสัญญาณที่ส่งออกมาจาก โหลดเซลล์ ให้เป็นตัวเลขแสดงค่าของน้ำหนักที่เราชั่ง บนหน้าจอดีแสดงผล สำหรับวงจรประมวลผลนี้บางเครื่องอาจติดตั้งในหัวอ่านเลย หรืออาจจะติดตั้งอยู่กับแผ่นวงจรเครื่องชั่งเลยก็ได้



รูปที่ 2.5 เครื่องชั่งน้ำหนักขนาดเล็ก

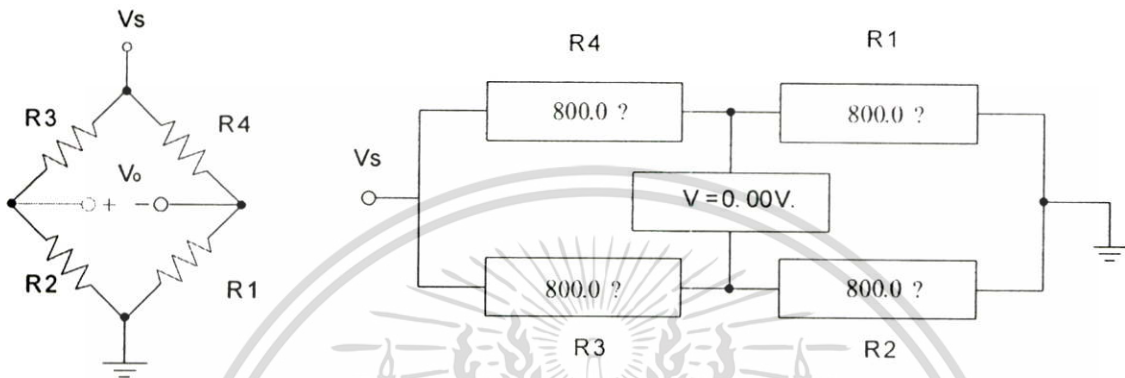
จากรูปที่ 2.5 เครื่องชั่งขนาดเล็ก ตัวเซนเซอร์น้ำหนักภายในนี้เป็น โหลดเซลล์แบบเสดรนเกจ ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม มีร่องเว้า 4 ร่อง แสดงดังรูปที่ 2. 6



รูปที่ 2.6 โหลดเซลล์แบบเสดรนเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6 ภายในโวลต์เซลล์นี้จะประกอบด้วยตัวต้านทาน 4 ชุด เมื่อเราวางตัวอย่างบนเครื่องชั่ง หรือกดลงตามลูกศรในรูปที่ 2.6 ค่าความต้านทาน R2 และ R4 จะมีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นและค่าความต้านทาน R1 และ R3 จะมีค่าความต้านทานลดลง และในทางกลับกันถ้าเราทำการกดขึ้น ค่าความต้านทาน R1 และ R3 จะมีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นและค่าความต้านทาน R2 และ R4 จะมีค่าความต้านทานลดลง เมื่อค่าความต้านทานมีการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลให้โวลต์มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นด้วย ซึ่งโครงสร้างค่าความต้านทานภายในโวลต์เซลล์ นี้สามารถที่จะเขียนได้ ดังในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างค่าความต้านทานภายในโวลต์เซลล์

2.7 โวลต์เซลล์ (Load Cell)

ในปัจจุบันเครื่องมือวัดน้ำหนักที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมคือโวลต์เซลล์แบบสเตรนเกจ (Load Cell Strain type) [9] อย่างไรก็ตาม ก่อนที่โวลต์เซลล์จะเป็นที่นิยม เราใช้ตาชั่งแบบคานเป็นเครื่องมือวัดน้ำหนักในงานอุตสาหกรรม โดยใช้ชั่งวัดตั้งแต่ยาเม็ดเล็ก ๆ จนกระทั่งในงานอุตสาหกรรมรถยนต์ ตาชั่งแบบคานเป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำและเชื่อถือได้ หากได้รับการสอบเทียบและบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันได้มีการใช้ระบบชั่งวัดที่มีความทันสมัยมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งโวลต์เซลล์แบบสเตรนเกจ ซึ่งวิวัฒนาการของโวลต์เซลล์ได้เริ่มขึ้นจากการคิดค้นวงจรสะพานไฟฟ้าของ เซอร์ชาลส์วีทสโตน นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ วงจรที่เขาได้คิดค้นขึ้นเหมาะสำหรับใช้วัดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์วัดความเครียดหรือสเตรนเกจ ซึ่งได้รับการพัฒนาต่อมาในคริสต์ศตวรรษ 1940 แม้ในยุคเริ่มต้นการใช้สเตรนเกจมีความยุ่งยาก แต่ต่อมาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้สเตรนเกจกลายเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานได้ง่ายขึ้นในขณะที่มีราคาถูกลง ปัจจุบันนี้แม้ในระดับห้องปฏิบัติการที่ต้องการวัดด้วยความแม่นยำสูง ยังคงมีความจำเป็นต้องใช้ตาชั่งแบบคานในการชั่งวัดอยู่ แต่ในงานอุตสาหกรรม ได้มีการใช้โวลต์เซลล์แบบสเตรนเกจอย่างแพร่หลาย โวลต์เซลล์แบบนิวแมติกมักจะใช้ในกรณีที่ต้องการความปลอดภัยและความสะอาดของสภาพการทำงาน ส่วนโวลต์เซลล์แบบไฮดรอลิกมักจะมีการใช้ในที่ที่เข้าถึงได้ยากเนื่องจากโวลต์เซลล์แบบนี้ไม่ต้องการแหล่งจ่ายพลังงานแต่อย่างใด อุปกรณ์ตรวจวัดแบบโวลต์เซลล์ที่มีสเตรนเกจนี้มีความแม่นยำอยู่ในช่วง 0.03-0.25 % ของช่วงการวัดแบบเต็มสเกล (Full Scale) และเหมาะสมที่จะใช้ในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกรูปแบบ ในการใช้งานที่ไม่ต้องการความแม่นยำมากนัก เช่น ในการขนถ่ายวัสดุที่เป็นก้อน ๆ หรือการตริงหรือ

ดึงน้ำหนักบรรทุกทุก แทนซึ่งน้ำหนักแบบที่มีขีดสเกลยังคงมีใช้อย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามในการใช้งานแบบนี้ แรงที่กระทำต่อคานกลไกมักจะถูกวัดโดยโพลดเซลล์ ทั้งนี้เพราะโพลดเซลล์มีความเหมาะสมกับการใช้งานในระบบดิจิทัลซึ่งอาจถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์อีกทีหนึ่ง

2.8 คลื่นไมโครเวฟ

คลื่นไมโครเวฟมีลักษณะเด่นอยู่ 3 ประการ [10] คือ การสะท้อนกลับ การส่งผ่าน และการดูดซึม ที่เป็นคุณสมบัติเด่นๆของไมโครเวฟซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.8 การให้ความร้อนแก่วัตถุ

ก. การให้ความร้อนแบบธรรมดา

ข. การให้ความร้อนโดยคลื่นไมโครเวฟ

2.8.1 การสะท้อนกลับ (Reflection) คลื่นไมโครเวฟเมื่อไปกระทบกับภาชนะที่เป็นโลหะหรือมีส่วนผสมของโลหะ คลื่นไมโครเวฟ ไม่สามารถทะลุผ่านภาชนะดังกล่าวได้ จะสะท้อนกลับหมดดังรูปที่ 2.8 ก และ 2.8 ข ดังนั้นอาหารที่ใส่ในภาชนะที่เป็นโลหะก็จะไม่สุก

2.8.2 การส่งผ่าน (Transmission) คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านภาชนะที่ทำด้วยแก้ว กระจกตาชไม เซรามิกและพลาสติกได้ เพราะ ภาชนะดังกล่าวไม่มีส่วนผสมของโลหะ จึงเป็นภาชนะที่ใช้ได้ดีในเตาไมโครเวฟ

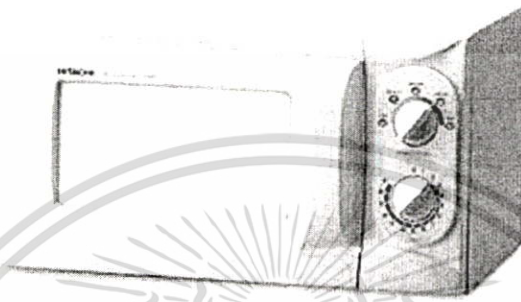
2.8.3 ดูดซึม (Absorption) ปกติอาหารโดยทั่วไป จะประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำในอาหารซึ่งจะดูดซึมคลื่นไมโครเวฟ ทำให้อาหารร้อนอย่างรวดเร็ว และอีกนัยหนึ่งเมื่อโมเลกุลของ น้ำดูดซึมคลื่นไมโครเวฟแล้ว จะสลายตัวในทันทีที่ไม่สะสมในอาหาร

2.9 หลักการทำงานของไมโครเวฟ

เตาอบไมโครเวฟ [11] ดังรูปที่ 2.9 ให้ความร้อนกับอาหารโดยการ แผ่คลื่นย่านความถี่ไมโครเวฟ โดยปกติจะใช้ ช่วงความถี่ 2450 เมกะเฮิรตซ์ (หรือ ความยาวคลื่น 12.24 เซนติเมตร) ผ่านเข้าไปในอาหาร โมเลกุลของน้ำ ไขมัน และ น้ำตาล ที่อยู่ในอาหารจะดูดซับพลังงานของคลื่นที่ผ่านเข้าไปและเกิดเป็นความร้อนขึ้น ในกระบวนการที่เรียกว่า การเกิดความร้อนในสารไดอิเล็กตริก (dielectric heating) เนื่องจากโมเลกุลส่วนใหญ่ นั้นเป็นโมเลกุลที่มีขั้วไฟฟ้า คือ มีประจุบวก และ ประจุลบที่ขั้วตรงกันข้าม เมื่อคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามไฟฟ้าผ่านเข้าไป โมเลกุลเหล่านี้ก็จะถูกเหนี่ยวนำและหมุนชั่วเพื่อปรับเรียงตัวตามสนาม สนามไฟฟ้าของคลื่นนี้เป็นสนามที่เปลี่ยนแปลงสลับไปมาจึงส่งผลให้โมเลกุลเหล่านี้หมุนกลับไปมา ทำให้เกิดความร้อนขึ้น การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟนี้จะมีประสิทธิภาพการเกิดความร้อนสูงสุด ในการให้ความร้อนแก่น้ำ และ ประสิทธิภาพต่ำเมื่อให้ความร้อนแก่ ไขมัน น้ำตาล และ น้ำแข็ง การให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟนี้ มักมีการให้คำอธิบายที่ผิดว่าเกิดจาก การสั่นพ้องของโมเลกุลน้ำ(Resonance) (การสั่นพ้องของโมเลกุลน้ำ ซึ่งเกิดได้ที่มีความถี่ที่สูงมาก ในช่วงหลายสิบกิกะเฮิรตซ์ เท่านั้น)



รูปที่ 2.9 เตาอบไมโครเวฟ

ช่องสำหรับอบอาหารนั้นจะถูกล้อมไว้ด้วย ลูกกรงฟาราเดย์ เพื่อกักไม่ให้คลื่นหลุดลอดออกมาสู่ภายนอก ประตูตู้ในส่วนใหญ่มักจะเป็นกระจก ซึ่งจะมีชั้นที่เป็นลูกกรงทำด้วยสารตัวนำไฟฟ้าสำหรับกั้นคลื่น เนื่องจากชาย ลูกกรงนี้มีขนาดความกว้างของช่องเล็กกว่า ความยาวคลื่น คือ 12 เซนติเมตร คลื่นไมโครเวฟจึงไม่สามารถลอด ผ่านออกมาได้ ในขณะที่ แสงสว่างผ่านลอดออกมาได้เนื่องจาก แสงมีความยาวคลื่นที่สั้นกว่ามาก

จากคุณสมบัติเด่นของคลื่นไมโครเวฟที่ทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็ว จึงเป็นการรักษาคุณค่าของอาหารไว้ อย่างครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็นการหุง ต้ม อบ นึ่ง ปิ้ง ย่าง ทอด และคุณสมบัติพิเศษที่ได้รับมากกว่าการประกอบ อาหารด้วยวิธีดั้งเดิมหลายประการ อาทิความสะอาดรวดเร็ว ประหยัด ปลอดภัย และไร้เขม่าควันไฟ

2.10 การรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ

อันตรายที่ได้รับจากคลื่นไมโครเวฟที่รั่วออกจากเตาอบไมโครเวฟ ตามกฎหมายของประเทศ สหรัฐอเมริกา [12] นั้นควบคุมการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟให้มีได้ไม่เกิน 1 mW/cm^2 ที่ 5 cm จากเตาอบ ใหม่ (เตาอบเก่านั้นให้มีได้ 5 เท่า) โดยปกติแล้วโอกาสที่เตาอบไมโครเวฟจะมีคลื่นรั่วออกมาเกินจากปริมาณที่ กำหนดนี้จะมีน้อยมาก ลองเปรียบเทียบกับ โทรศัพท์มือถือ (cellular phone) GSM ซึ่งแผ่คลื่นถึง 1 W ที่ 1800 MHz ซึ่งเท่ากับ 2 mW/cm^2 ที่ 5 cm ซึ่งอันตรายจากคลื่นจากโทรศัพท์มือถือนี้ ก็ยังไม่เป็นที่แน่ชัด และยังเป็นข้อถกเถียงกันอยู่

2.11 ระยะที่ควรอยู่ห่างจากเตาไมโครเวฟจึงจะปลอดภัย

ปกติเตาไมโครเวฟจะมีการแผ่รังสีออกมาโดยปกติอยู่แล้ว [6] แต่ก็ควรอยู่ในระดับที่เหมาะสมและไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้

ศูนย์เครื่องมือและรังสีวิทยาเพื่อสุขภาพ (Center for Devices and Radiological Health) องค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration) สหรัฐฯ ได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับเตาอบไมโครเวฟไว้ว่า ตลอดอายุการใช้งานของเตาอบไมโครเวฟทุกเครื่องจะมีรังสีรั่วไหลออกมาได้ไม่เกิน 5 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือมีระยะห่างจากเตาอบไม่เกิน 2 นิ้ว ซึ่งปริมาณรังสีระดับนี้ยังต่ำกว่าระดับที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์อยู่มาก และเมื่อเปรียบเทียบกับโทรศัพท์มือถือที่มีการแผ่รังสีสูงสุดถึง 1.6 วัตต์ แต่ก็ยังไม่มีความชัดเจนว่าเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

2.12 อันตรายจากเตาไมโครเวฟ

เตาอบไมโครเวฟ เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการปรุงและอุ่นอาหารในยุคเร่งรีบ [7] แม้เราจะใช้กันอยู่ทุกวัน แต่ก็มีคนจำนวนไม่น้อยที่ใช้ไปท่ามกลางความกังขาของตัวเองว่า มันปลอดภัยหรือไม่

คลื่นไมโครเวฟที่ใช้ในการปรุงอาหาร คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อคลื่นตกกระทบอาหาร ก็จะถ่ายทอดพลังงานของมันให้โมเลกุลของน้ำในอาหาร โมเลกุลเหล่านั้นจะเคลื่อนที่จนเกิดเป็นความร้อนขึ้น ทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็ว เพราะเกิดความร้อนจากภายในอาหารพร้อมกันเกือบทุกส่วนและจะมีคำถามเกี่ยวกับคลื่นไมโครเวฟต่างดังต่อไปนี้

2.12.1. คลื่นไมโครเวฟตกค้างในอาหารได้หรือไม่

คลื่นไมโครเวฟที่ออกมาไม่ได้แตกตัวเป็นอนุภาค ไม่มีผลให้โมเลกุลของสารเปลี่ยน เมื่อคลื่นถ่ายทอดพลังงานให้กับอาหารจนหมดแล้ว ก็จะสลายหายไป ไม่ตกค้างในอาหาร

2.12.2. คลื่นไมโครเวฟทำลายคุณค่าทางอาหารหรือไม่

กลุ่มบรรณารักษ์ต่อต้านการใช้เตาไมโครเวฟได้กล่าวอ้างถึงอันตรายจากการทำอาหารด้วยไมโครเวฟว่าจะสูญเสียคุณค่าทางอาหารมากกว่าการทำอาหารแบบทั่วๆ ไป นอกจากนั้นยังอ้างว่าคลื่นไมโครเวฟก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของอาหาร อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีหลักฐานยืนยันใดๆ อย่างชัดเจน

2.12.3. แสงจากเตาไมโครเวฟเป็นอันตรายต่อตาหรือไม่

แสงที่เห็นขณะที่เตาไมโครเวฟกำลังทำงาน ไม่ใช่แสงของคลื่นไมโครเวฟ แต่เป็นแสงไฟฟ้าที่ติดไว้ในตู้ให้เรามองเห็นอาหารเท่านั้นเอง เราสามารถมองดูแสงนั้นได้ แต่ก็ไม่ควรเอาตาไปแนบดูขณะที่เครื่องกำลังทำงาน

2.12.4. คลื่นไมโครเวฟรั่วไหลออกมาทำอันตรายกับผู้ใช้ได้หรือไม่

หากสังเกตที่ประตูของเตาไมโครเวฟ จะมองเห็นเหมือนมีตาข่ายกั้นอยู่ ภายในเตาไมโครเวฟจะถูกล้อมไว้ด้วยตาข่ายนี้ ศัพท์แสงทางวิทยาศาสตร์เรียกว่า ลูกกรงฟาราเดย์ มีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหลุดลอดออกมาภายนอกได้ เนื่องจากช่องของตาข่ายลูกกรงนี้เล็กกว่าความยาวคลื่นไมโครเวฟ คลื่นจึงไม่สามารถลอดผ่านออกมา และไม่สามารถเจาะทะลุทะลวงผ่านผนังตู้และฝาตู้ออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตาอบไมโครเวฟที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน ได้รับเครื่องหมาย มอก. จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จะมีความปลอดภัยสูง มีโอกาสน้อยมากที่จะมีคลื่นรั่วออกมา หรือหากมีก็จะไม่เกินจากระดับมาตรฐานที่ มอก. กำหนด โดยวัดระยะ 5 เซนติเมตรจากผิวเตา รั่วได้ไม่เกิน 5 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งถือว่าต่ำกว่าระดับที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์อยู่มาก

อันตรายที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟรั่วออกมา มักเกิดจากเตาที่เก่ามากๆ ฝาเป็นสนิม วัสดุเคลือบลอก บานพับประตูชำรุด ประตูปิดไม่สนิท กระจกแตกหรือร้าว

2.12.5. ข้อควรระวังในการใช้เตาไมโครเวฟที่คนส่วนใหญ่มักมองข้าม

1. พฤติกรรมทำร้ายตัวเอง วิธีการใช้เตาไมโครเวฟที่ถูกต้องคือ นำอาหารที่จะปรุงหรืออุ่นใส่ในเตา ปิดประตูให้สนิท ตั้งอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมกับอาหาร แล้วปล่อยให้เครื่องทำงานไปจนครบ กำหนดเวลาที่เตาจะปิดเครื่องเองโดยอัตโนมัติ อย่าเปิดประตูก่อนที่เครื่องจะตัดการทำงาน อย่าไปยืนอยู่ใกล้ๆ หรือแนบหน้าดูอาหารในเตาว่าเป็นอย่างไรบ้าง เพราะอาจทำให้เกิดอันตรายได้

อันตรายที่เกิดจากคลื่นไมโครเวฟที่อาจจะรั่วออกมาก็คือ ถ้าถูกที่ตามากๆ และนานพอ จะทำให้เกิดต่อกระจกได้ นอกจากนี้ ผู้ที่ใส่เครื่องกระตุ้นหัวใจเทียม อาจจะทำให้เครื่องทำงานผิดปกติ ดังนั้นอยู่ให้ไกลขณะที่เตาไมโครเวฟกำลังทำงาน ก็จะปลอดภัยที่สุด

2. อาหารสุกไม่ทั่วถึง อาหารจะได้รับความร้อนในช่วงเวลาสั้นๆ จึงอาจได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอ ทำให้อาหารสุกไม่ทั่ว ความร้อนที่ไม่สม่ำเสมอนั้น สาเหตุแรกเกิดจากการกระจายพลังงานของคลื่นไม่สม่ำเสมอ ผู้ผลิตแก้ปัญหานี้ด้วยการทำให้ลาดในเตาหมุนไปเรื่อยๆ ขณะที่เครื่องกำลังทำงาน อีกสาเหตุหนึ่งเกิดจากส่วนต่างๆ ของอาหารดูดซับคลื่นได้ไม่เท่ากัน และผู้ใช้ต้องแก้ปัญหาตัวเอง

อาหารที่ชิ้นหนาหรือใหญ่มาก คลื่นไมโครเวฟไม่สามารถผ่านเข้าไปถึงใจกลางของอาหารได้ ทำให้อาหารสุกได้ไม่เท่ากัน อาหารร้อนมากในบางจุดและดิบในบางจุด แบบที่เรียกขานนี้อาจยังมีชีวิตอยู่ได้ จึงควรหันหรือตัดอาหารให้บางสักหน่อย จัดอาหารให้กระจายห่างกัน ไม่รวมเป็นกระจุกเดียว อาจต้องปรุง 2 ครั้ง เพื่อกลับด้านให้สุกทั่วกัน

ปริมาณอาหารที่น้อยเกินไปก็เป็นปัญหาได้ เนื่องจากเมื่อมีอาหารน้อยเกินไปที่จะดูดซับคลื่นไว้ได้ คลื่นไมโครเวฟจะสะท้อนกลับ ทำให้เตาไมโครเวฟนั้นร้อน และอาจเสียหายได้

3. ระเบิดน้ำเดือดการต้มน้ำในภาชนะผิวเรียบ ไม่ว่าจะเป็นเซรามิกหรือแก้ว ด้วยเตาไมโครเวฟ น้ำที่ต้มนั้นอาจระเบิดได้ ปกติเวลาน้ำเดือดเราจะเห็นฟองอากาศลอยผุดขึ้นผิวน้ำ ฟองอากาศนี้จะช่วยลดอุณหภูมิของน้ำให้อยู่ที่จุดเดือดปกติ แต่น้ำที่ต้มด้วยเตาไมโครเวฟ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำปกติ โดยที่ไม่มีอาการเดือด แต่อาการเดือดจะเกิดขึ้นอย่างฉับพลันเมื่อน้ำนั้นถูกรบกวน เช่น เมื่อยกภาชนะออกจากเตา หรือเมื่อใส่กาแฟหรือถุงชาลงไป จนอาจกลายเป็นระเบิดน้ำเดือดขนาดย่อมๆ

วิธีแก้ อาจทำได้โดยวางช้อนไม้ไว้ในถ้วยเพื่อให้ความร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ และถึงจุดเดือดโดยไม่เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวขึ้น

ภาชนะที่ปิดสนิทและไขอาจเกิดระเบิดได้เช่นกันเมื่อได้รับความร้อนด้วยเตาไมโครเวฟ เนื่องจากความดันที่เพิ่มขึ้นภายใน

2.13 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล A to D ขนาด 16 บิต ไอซีเบอร์ LTC1605 ในการต่อใช้งานนั้นจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติที่สำคัญๆ บางประการในการนำไปใช้งานดังต่อไปนี้

2.13.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของ LTC1605

1. ใช้ไฟเลี้ยง 5V
2. มี input 2 ขั้ว ($\pm 10V$)
3. มีความผิดพลาด $\pm 2.0LSB$ สูงสุด
4. มี Clock ภายใน

2.13.2 ความต้องการทางไฟฟ้าของ LTC1605

หมายเหตุ 1: การต่อใช้งานควรต่ออุปกรณ์ ตามรูปที่ 2.11 เพื่อป้องกันความเสียหาย

หมายเหตุ 2: การต่อแรงดัน DGND, AGND1 AGND2 ควรต่อตามที่กำหนดไว้

หมายเหตุ 3: การต่อแรงดัน VANA, VDIG, VDD ควรต่อตามที่กำหนดไว้

หมายเหตุ 4: VDD = 5V

2.13.3 การต่อใช้งานของ PIN ต่างๆ ตำแหน่งขาในการต่อใช้งานของไอซีเบอร์ LTC1605 มีหน้าที่การทำงานดังต่อไปนี้

VIN (Pin 1): Analog Input. ต่อผ่านตัวต้านทาน 200 Ω ไปยัง Input ขนาด $\pm 10V$.

AGND1 (Pin 2): Analog Ground. ต่ออยู่กับตัวถัง

REF (Pin 3): 2.5V Output Reference. ต่อกับ C 2.2 μF แบบแทนทาลัม

CAP (Pin 4): Output Reference ต่อกับ C 2.2 μF แบบแทนทาลัม.

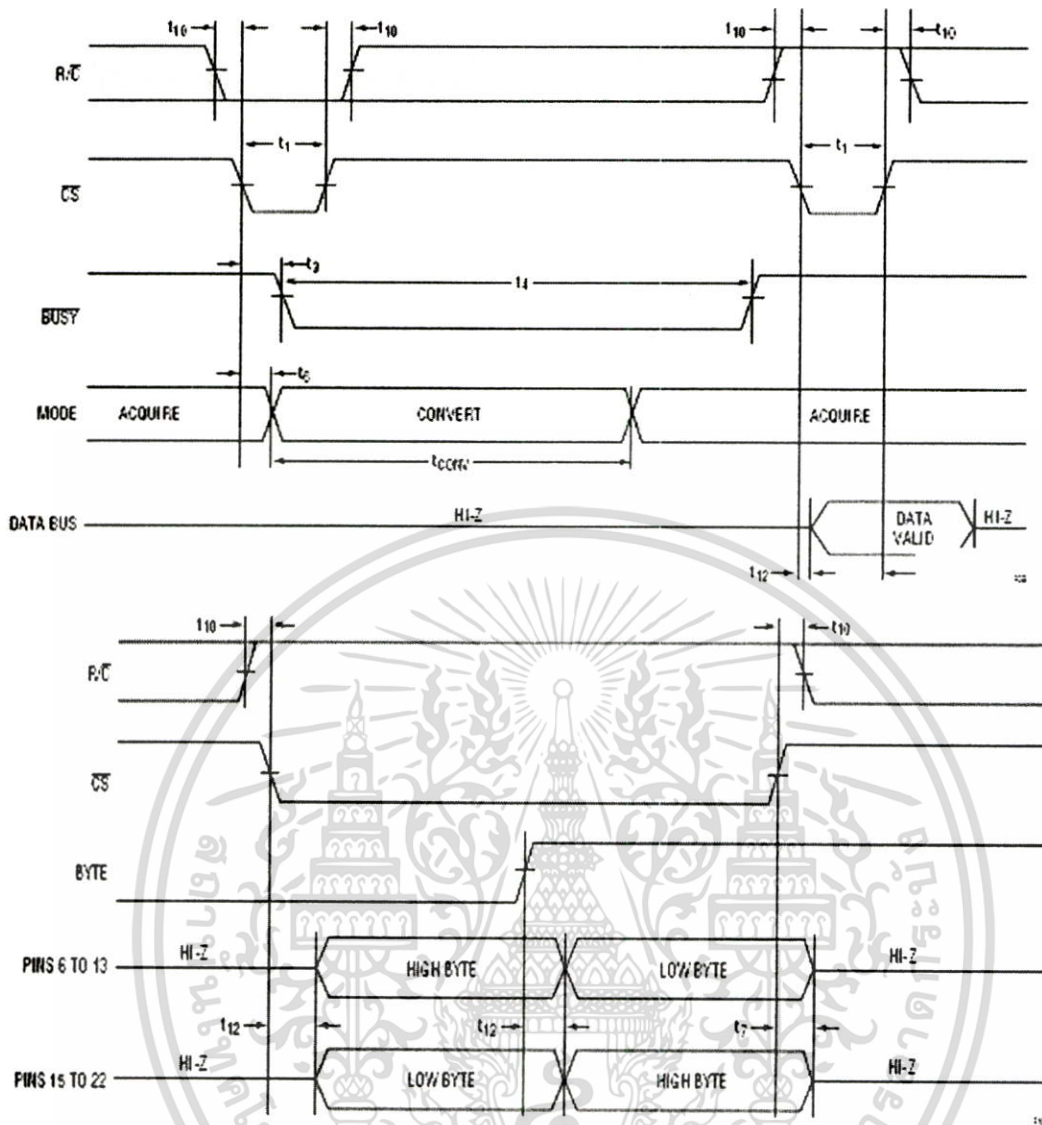
AGND2 (Pin 5): Analog Ground. ต่ออยู่กับตัวถัง

D15 to D8 (Pins 6-13): เป็น Bit ข้อมูล เมื่อ CS เป็น 1 หรือเมื่อ R / C เป็น 0

DGND (Pin 14): Digital Ground. ต่ออยู่กับตัวถัง

D7 to D0 (Pins 15-22): เป็น Bit ข้อมูล เมื่อ CS เป็น 1 หรือเมื่อ R / C เป็น 0

ส่วนตำแหน่งขาที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งก็คือ ขาควบคุมซึ่งแต่ละขามีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของไอซีเบอร์ LTC1605 ซึ่งการพิจารณาขาควบคุมสามารถที่จะพิจารณาได้ดังแสดงในรูปที่ 2.12

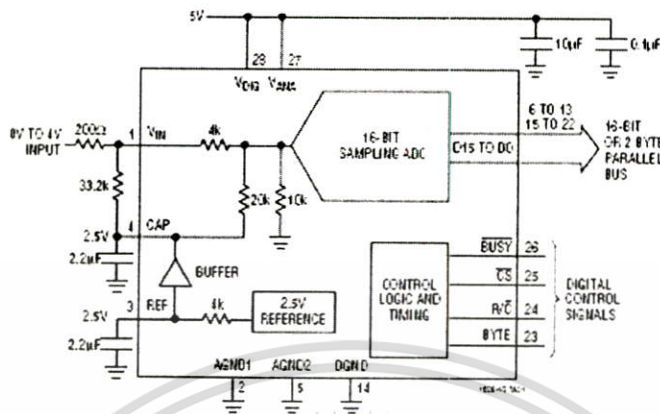


รูปที่ 2.10 แสดง Timing และการควบคุม

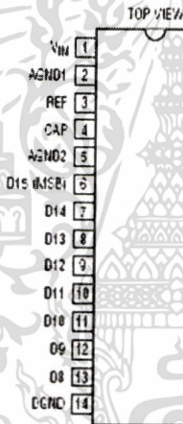
- Byte (Pin 23): เลือก Byte. เป็น 0 Bit ข้อมูล Pin 6 (D15) จะเป็น MSB และ Pin 22 (D0) จะเป็น LSB.
- Byte (Pin 23): เลือก Byte. เป็น 1 Bit ข้อมูล Pin 15 (D7) จะเป็น MSB และ Pin 13 (D8) จะเป็น LSB.
- R / C (Pin 24): Read / Convert Input เมื่อ R/C เป็น 0 และ CS เป็น 0 ตามจะทำให้เข้าสู่การเริ่มต้นการแปลง
- CS (Pin 25): Chip Select. เมื่อ R / C ยังเป็น 0 และ CS เริ่มเป็น 1 จะทำให้เข้าสู่การเริ่มต้นการข้อมูล
- BUSY (Pin 26): เป็น Output แสดงสถานะ เมื่อ A to D ทำการแปลงสัญญาณ BUSY จะเป็น 0 และเมื่อ A to D ทำการแปลงเรียบร้อย และข้อมูลถูกส่งออก BUSY จะเป็น 1
- VANA (Pin 27): Analog Supply 5V. ต่อคร่อมโดย C 0.1 μ F เซรามิก และ 10 μ F. แบบแทนทาลัม
- VDIG (Pin 28): Digital Supply 5V. ต่อร่วมกับ VANA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.4 วงจรการต่อใช้งานของ LTC1605 วงจรที่ใช้ต่อการนำปใช้งานของไอซีเบอร์ LTC1605 สามารถดูได้จากรูปที่ 2.11 และไอซีเบอร์ LTC1605 มีขาและมีตำแหน่งขาต่างๆ ดังในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.11 การต่อใช้งานของ A to D 16 บิต (LTC1605)



รูปที่ 2.12 แสดงตำแหน่งขาของ A to D 16 บิต (LTC1605)

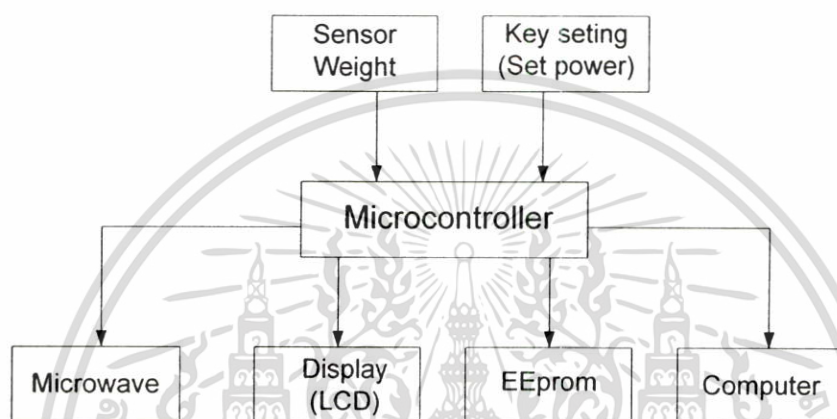
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการ และการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟโดย แบ่งออกเป็น ส่วนๆ คือ บล็อกไดอะแกรมการทำงาน การออกแบบวงจรที่ใช้งาน การออกแบบโครงสร้าง การออกแบบ โปรแกรมการใช้งาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงาน



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ

จากรูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ส่วนเซนเซอร์น้ำหนัก (Sensor Weight) วงจรเซนเซอร์น้ำหนักจะมีความละเอียดในการชั่งหน่วยเป็นกรัม โดยจะใช้โหลดเซลล์เป็นตัวตรวจวัดน้ำหนัก แต่สัญญาณที่ได้จากโหลดเซลล์จะมีขนาดเล็ก จึงต้องทำการขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์โดย ไอซีขยายสัญญาณเบอร์ (INA125) และสัญญาณที่ได้จากไอซี INA125 เป็นสัญญาณอนาล็อก จึงต้องทำการแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิทัล ด้วย A to D 16 บิต (LTC1605) แล้วส่งสัญญาณไปประมวลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

2. ส่วนถึงระดับกำลังและเวลา (Key Setting) ชุดควบคุมกำลังวัตต์สามารถตั้งกำลังวัตต์ได้ตั้งแต่ระดับต่ำสุดคือระดับ 1 จนถึงระดับสูงสุดคือระดับ 6 ส่วนชุดควบคุมเวลาสามารถตั้งเวลาได้ตั้งแต่ 0-30 นาที ซึ่งส่วนของการตั้งเวลานี้เปรียบเสมือนส่วนเสริมของการตั้งกำลังวัตต์

3. ส่วนไมโครเวฟ (Microwave) โดยจะใช้ไมโครเวฟสำเร็จรูปมาทำการอบ ซึ่งจะมีการควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

4. ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89C52) ในการประมวลผลจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ สองตัว โดยตัวที่หนึ่ง จะทำหน้าที่ควบคุมและอ่านค่าจาก A to D 16 บิต ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่สอง จะทำหน้าที่รับค่าน้ำหนักจาก A to D 16 บิต และเก็บค่าน้ำหนักไว้ในไอซีหน่วยความจำ (24LC256)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ส่วนการแสดงผลแอลซีดี (Display) จะแสดงผลค่าน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยบรรทัดแรก จะแสดงค่าน้ำหนักก่อนทำการอบหรือน้ำหนักเปียก บรรทัดที่สองจะแสดงค่าน้ำหนักระหว่างทำการอบ มีหน่วยเป็นกรัม (g) และเมื่อน้ำหนักมีค่าคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง บรรทัดที่สองจะแสดงค่าน้ำหนักค้างไว้ซึ่งนั่นก็คือ น้ำหนักหลังทำการอบหรือน้ำหนักแห้ง และบรรทัดที่สี่จะแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)

6. ส่วนพอร์ตอนุกรม (RS232) ใช้ไอซี MAX232 จะเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะโหลดข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ได้โดยผ่านทางมาตรฐานพอร์ต RS232

7. ส่วนเก็บข้อมูลและฐานเวลาจริง (EEPROM, Real time) จะทำการเก็บค่าน้ำหนักที่ได้จากวงจรเซนเซอร์น้ำหนักไว้ในไอซีหน่วยความจำ (24LC256) และเก็บค่าเวลาเพื่อทำการเปรียบเทียบซึ่งเวลานี้จะได้มาจากไอซีฐานเวลา DS1307 ซึ่งส่วนของไอซีฐานเวลาจริงนี้เปรียบเสมือนส่วนเสริมของการเก็บข้อมูล

3.2 การออกแบบวงจรที่ใช้ในระบบ

การออกแบบวงจรใช้งาน แยกเป็นส่วนต่างๆ ประกอบด้วย วงจรใช้งานในส่วนต่างๆซึ่งจะ อธิบายการทำงาน รวมทั้งการคำนวณสมการต่างๆ ที่ใช้ในระบบการวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ

3.2.1 เซนเซอร์น้ำหนัก (Sensor Weight) ซึ่งภายในเซนเซอร์น้ำหนัก จะประกอบไปด้วย

3.2.1.1 โหลดเซลล์แบบสเตอร์นเกจ

3.2.1.2 วงจรขยายสัญญาณโหลดเซลล์ (Load Cell Amplifier)

3.2.1.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (LTC1605)

3.2.1.1 โหลดเซลล์แบบสเตอร์นเกจ (Load Cell Strain Gauge type)

โหลดเซลล์ มีหน้าที่เป็นตัวรับแรงกด หรือ แรงดึง [9] แล้วส่งสัญญาณอนาล็อก หรือสัญญาณดิจิตอล ออกไปยังส่วนประมวลผล

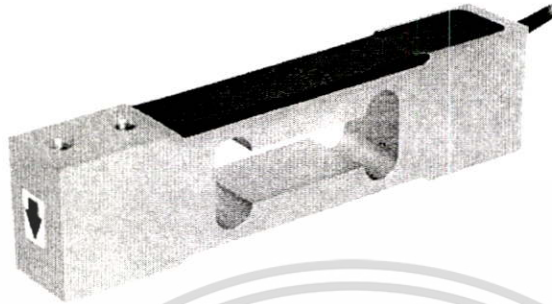


รูปที่ 3.2 เครื่องชั่งน้ำหนักขนาดเล็ก

โหลดเซลล์แบบสเตอร์นเกจ ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม มีร่องเว้า 4 ร่อง ในโหลดเซลล์นี้เสมือนประกอบด้วยตัวต้านทาน 4 ชุด เมื่อเราวางตัวอย่างบนเครื่องชั่ง ความต้านทาน นี้ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลง แล้วส่งสัญญาณไปยังส่วนประมวลผล โหลดเซลล์แบบสเตอร์นเกจนี้ราคาถูก ความแยกชัดต่ำ นิยมนำมาติดตั้งในเครื่องชั่งอุตสาหกรรม เช่น เครื่องชั่งกันน้ำ เครื่องชั่งวางพื้น เครื่องชั่งวางโต๊ะ เครื่องชั่งห้องเย็น เครื่องชั่งนับ

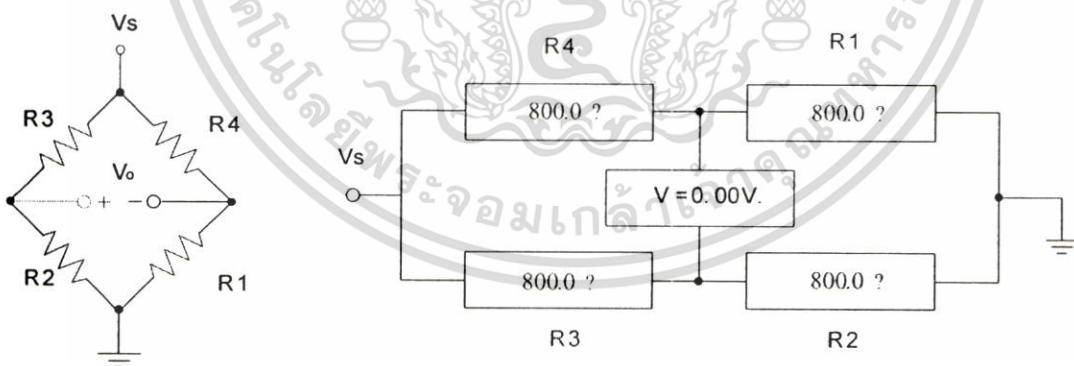
จำนวน เครื่องชั่งราคาถูก เครื่องชั่งคิดราคา เครื่องชั่งอาหาร เครื่องชั่งห้องทดลอง เครื่องชั่งไปรษณีย์ เครื่องชั่งพกพา เครื่องชั่งกระดาษ เครื่องชั่งผ้า เครื่องชั่งราคาประหยัด เครื่องชั่งขนาดเล็ก ดังในรูปที่ 3.2

เนื่องจากโหลดเซลล์ ที่มีความละเอียดเป็นกรัมมีราคาแพง จึงใช้วิธีการซื้อเครื่องชั่งขนาดเล็กที่ราคาถูก แต่มีความละเอียดเป็นกรัม มาแกะเอาเฉพาะเซนเซอร์น้ำหนัก หรือ โหลดเซลล์แบบเสตรนเกจ จึงทำให้ได้เซนเซอร์น้ำหนัก ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โหลดเซลล์แบบเสตรนเกจ

จากเครื่องชั่งขนาดเล็ก ตัวเซนเซอร์น้ำหนักนี้เป็นโหลดเซลล์แบบเสตรนเกจ [13] ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม มีร่องเว้า 4 ร่อง โดยภายในโหลดเซลล์นี้จะประกอบด้วยตัวต้านทาน 4 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 3.4 เมื่อเราวางตัวอย่างบนเครื่องชั่ง หรือกดลง ค่าความต้านทาน R_2 และ R_4 จะมีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นและค่าความต้านทาน R_1 และ R_3 จะมีค่าความต้านทานลดลง และในทางกลับกันถ้าเราทำการกดขึ้น ค่าความต้านทาน R_1 และ R_3 จะมีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้นและค่าความต้านทาน R_2 และ R_4 จะมีค่าความต้านทาน เมื่อค่าความต้านทานมีการเปลี่ยนแปลงก็จะส่งผลให้ แรงดันที่จุด V มีการเปลี่ยนแปลงตามน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง หลังจากนั้นก็นำแรงดันที่ได้จากโหลดเซลล์นี้ไปเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณต่อไป

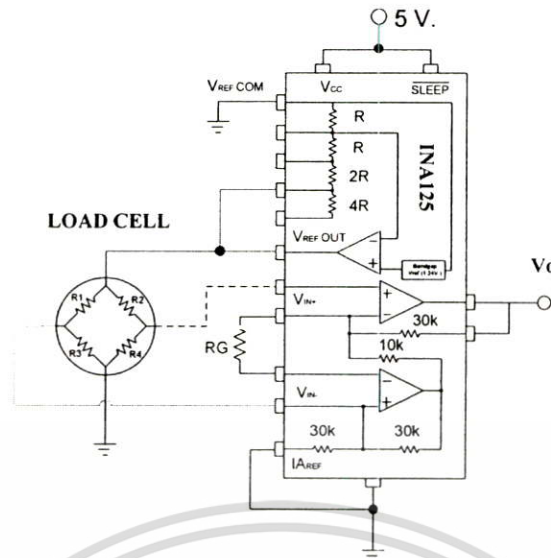


รูปที่ 3.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานภายในโหลดเซลล์

3.2.1.2 วงจรขยายสัญญาณโหลดเซลล์ (Load Cell Amplifier)

สัญญาณที่ได้จากโหลดเซลล์ จะเป็นสัญญาณ DC ขนาดเล็ก ดังนั้นจึงต้องทำการขยายสัญญาณที่ได้จากโหลดเซลล์ โดยใช้ไอซีขยายความแตกต่างเบอร์ INA125 ดังในรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์

จากรูปที่ 3.5 แรงดันที่จุด V_o นี้จะเป็นแรงดันอินพุตแก่วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลต่อไป ซึ่งเราสามารถที่จะกำหนดแรงดันที่จุด V_o ได้ดังในสมการที่ 3.1

$$V_o = (V_{IN+} - V_{IN-}) \times \text{Gain}$$

$$\text{Gain} = 4 + 60\text{K}\Omega/\text{R}_G \quad (3.1)$$

เมื่อ Gain คือ อัตราขยาย

V_o คือ แรงดันเอาต์พุตของวงจรขยายสัญญาณ

V_{in+} คือ แรงดันเอาต์พุตศักย์สูงของโหลดเซลล์

V_{in-} คือ แรงดันเอาต์พุตศักย์ต่ำของโหลดเซลล์

การกำหนดอัตราขยาย ในสมการที่ 3.1 จะขึ้นอยู่กับค่า R_G ซึ่งเราต้องการที่จะชั่งน้ำหนักตั้งแต่ 0-1000 กรัม และต้องการให้ได้แรงดัน V_o อยู่ในช่วง 0-5 V เพื่อที่จะนำไปเป็นอินพุตแก่วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เพราะ A to D ส่วนใหญ่จะมีอินพุตประมาณ 5 V

แสดงว่า 0 กรัม แรงดันควรจะเป็น 0 V.

และ 1000 กรัม แรงดันควรจะเป็น 5 V.

ดังนั้น 100 กรัม แรงดันควรจะเป็น 0.5 V

เพื่อที่ต้องการที่จะรู้ว่าเมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้นแรงดันจะมีค่าเพิ่มขึ้นเท่าไร จึงได้ทำการทดลองวัดแรงดันที่ออกจากโหลดเซลล์ และได้ผลการทดลองดังในตารางที่ 4.1

ยกตัวอย่างที่ น้ำหนักจาก 0 กรัม เป็น 100กรัม
 เริ่มต้นที่น้ำหนัก 0 กรัม มีแรงดันอยู่ 0.2 mV
 และเมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น 100 กรัม มีแรงดันเป็น 0.3 mV
 เพราะฉะนั้นเมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น 100 กรัม แรงดันที่เปลี่ยนไปก็คือ

$$(0.3-0.2 \text{ mV}) = 0.1 \text{ mV}$$

จากสมการที่ 3.1 ให้ $(V_{IN+} - V_{IN-}) = V_{in}$ (3.2)

นำสมการที่ 3.2 แทนลงในสมการที่ 3.1 จะทำให้ได้

$$V_o = \text{Gain} \times V_{in}$$

(3.3)

ดังนั้น

$$.5 = (0.1 \times 10^{-3}) \text{ Gain}$$

$$G = 1/0.1 \times 10^{-3}$$

$$= 5000 \text{ เท่า}$$

จากสมการที่ 3.3 จะทำให้เราได้อัตราขยายเท่ากับ 5000 เท่า

จากสมการที่ 3.1

$$G = 4 + 60 \text{ K}\Omega / R_G$$

เพราะฉะนั้น

$$R_G = 60 \text{ K}\Omega / G - 4$$

$$= 60 \text{ K}\Omega / (5000 - 4)$$

$$= 12 \Omega$$

ดังนั้น

R_G มีค่าเท่ากับ 12Ω

ถ้าเกิดค่า R_G ยิ่งน้อยจะทำให้อัตราขยายเพิ่มขึ้น และถ้า R_G ยิ่งมากจะทำให้อัตราขยายลดลง

***ถ้าใช้ $R = 12 \Omega$ มีอัตราขยายเท่ากับ 5000 เท่า แต่ในตารางที่ 4.1 แรงดันที่ได้จากโพลิตเซลล์ (V_{in}) ที่น้ำหนัก 1000 g มีค่าเท่ากับ 1.1 mV.

ซึ่งถ้าเกิดใช้อัตราขยาย 5000 เท่า จะทำให้ได้

$$V_o = 1.1 \times 5000$$

$$= 5.5 \text{ V}$$

ซึ่งจะทำให้แรงดัน V_o เกิน 5 V. (เพราะ A to D ส่วนใหญ่จะมี Input ประมาณ 5 V.)

ในการออกแบบจึงใช้ $R = 15 \Omega$ เพื่อต้องการให้อัตราขยายน้อยลงกว่าเดิม เพื่อต้องการไม่ให้ V_o ที่น้ำหนัก 1000g เกิน 5 V.

เพราะฉะนั้น

$$G = 4 + 60 \text{ K}\Omega / R_G$$

$$= 4 + 60 \text{ K}\Omega / 15 \Omega$$

$$= 4004 \text{ เท่า}$$

จะทำให้เราได้อัตราขยายเท่ากับ 4004 เท่า

เพื่อเป็นการทดลองว่าอัตราขยายมีค่าเท่ากับ 4004 จริงหรือไม่ จึงทำการทดลองวัดแรงดันที่ออกจากวงจรขยายสัญญาณจากโพลดเซลล์ ซึ่งมีผลการทดลองดังในตารางที่ 4.2 และยกตัวอย่างที่น้ำหนัก 70 กรัม มาทำการเปรียบเทียบระหว่าง V_o ที่ได้จากการคำนวณและจากการทดลองว่ามีค่าใกล้เคียงกันหรือไม่

จากตารางที่ 4.1 V_{in} ที่น้ำหนัก 70 g มีแรงดันเท่ากับ 0.3 mV. ดังนั้นสามารถที่จะคำนวณหา V_o ได้ดังสมการต่อไปนี้

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} V_{in} &= 0.3 \text{ mV.} \\ V_o &= (0.3 \text{ mv}) \times 4004 \\ &= 1.2012 \text{ V.} \end{aligned}$$

แต่จากการทดลองวัดแรงดันที่ออกจากวงจรขยายสัญญาณจากโพลดเซลล์ ซึ่งมีผลการทดลองดังในตารางที่ 4.2 นั้น V_o ที่น้ำหนัก 70 กรัม นั้นมีค่าเท่ากับ 1.076 V.

จะเห็นว่าแรงดัน V_o ที่น้ำหนัก 70 กรัม จากการคำนวณและการทดลองจะมีค่าไม่ตรงกันจึงสามารถที่จะคำนวณอัตราขยายที่แท้จริงได้จาก สมการที่ 3.4

$$\text{Gain} = V_o/V_{in} \quad (3.4)$$

เมื่อ Gain คือ อัตราขยาย

V_{in} คือ แรงดันที่ได้จากโพลดเซลล์

V_o คือ แรงดันที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณโพลดเซลล์

จากสมการที่ 3.4 สามารถคำนวณอัตราขยายที่แท้จริงที่น้ำหนัก 0 กรัม ได้ดังนี้

ดังนั้น

$$\begin{aligned} V_{in} &= 0.2 \text{ mV.} \\ V_o &= 0.883 \text{ V.} \\ \text{Gain} &= V_o/V_{in} \\ &= 0.883\text{V}/0.2\text{mV.} \\ &= 4415 \text{ เท่า} \end{aligned}$$

จากสมการที่ 3.4 สามารถคำนวณอัตราขยายที่แท้จริงที่น้ำหนัก 1000 กรัม ได้ดังนี้

ดังนั้น

$$\begin{aligned} V_{in} &= 1.1 \text{ mV.} \\ V_o &= 3.91 \text{ V.} \\ \text{Gain} &= V_o/V_{in} \\ &= 3.91\text{V}/1.1\text{mV.} \\ &= 3554 \text{ เท่า} \end{aligned}$$

จะเห็นว่าอัตราขยายไม่ได้มีค่าเท่ากับ 4004 เท่าตลอด แต่จะมีอัตราขยายตั้งแต่ 3554 ถึง 4415 เท่า

การคำนวณหาแรงดันที่เปลี่ยนไปเมื่อน้ำหนักเปลี่ยนไป 0.1 กรัม ยกตัวอย่างการคำนวณที่น้ำหนักเปลี่ยนจาก 15 เป็น 16 กรัม

ที่น้ำหนัก 15 กรัม มีแรงดัน = 0.924 V.

ที่น้ำหนัก 16 กรัม มีแรงดัน = 0.927 V.

แสดงว่าเมื่อน้ำหนักเปลี่ยนไป 1 กรัม แรงดันที่เปลี่ยนไป คือ

$$0.927 - 0.924 = 0.003 \text{ V}$$

$$= 3 \text{ mV}$$

1 กรัม แรงดันเปลี่ยนไป 3 mV

ดังนั้นที่ 0.1 g แรงดันเปลี่ยนไปคือ

$$3 \text{ mV}/10 = 300 \mu\text{V}$$

ยกตัวอย่างการคำนวณที่น้ำหนักเปลี่ยนจาก 80 เป็น 85 กรัม

ที่น้ำหนัก 80 กรัม มีแรงดัน 1.122 V.

ที่น้ำหนัก 85 กรัม มีแรงดัน 1.137 V.

แสดงว่าน้ำหนักเปลี่ยนไป 5 กรัม แรงดันจะเปลี่ยนไป คือ

$$1.137 - 1.122 = 0.015 \text{ V.}$$

$$= 15 \text{ mV.}$$

นั่นคือ 1 กรัม แรงดันเปลี่ยนไป 15 mV. ดังนั้นที่ 0.1 g แรงดันที่เปลี่ยนไป คือ

$$0.015\text{V}/50 = 300\mu\text{V.}$$

เพราะฉะนั้นแรงดันที่เปลี่ยนไปเมื่อน้ำหนักเปลี่ยนไป 0.1 กรัม คือ 300 μ V.

3.2.1.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

จะเห็นว่าน้ำหนักเปลี่ยนไป 0.1 g แรงดันจะเปลี่ยนไปคือ 300 μ V. ดังนั้นในการพิจารณาเลือก A to D ต้องเลือก A to D ที่มีการเปลี่ยนแปลงต่อ 1 ลอจิกบิต (1LSB) ให้น้อยกว่า 300 μ V. หรือมากกว่าเล็กน้อย เพราะเราไม่รู้แน่นอนว่าที่ 0.1 กรัม แรงดันที่เปลี่ยนไป คือ 300 μ V. เท่ากันตลอด บางครั้งอาจจะเป็น 310 μ V. หรือ 295 μ V. ก็ได้ ในที่นี้จึงเลือกใช้ A to D เบอร์ LTC 1605 เป็น A to D 16 บิต แบบพอร์ตขนาน ส่วนการเปลี่ยนแปลงต่อ 1 ลอจิกบิต (1LSB) มีค่าดังสมการที่ 3.5

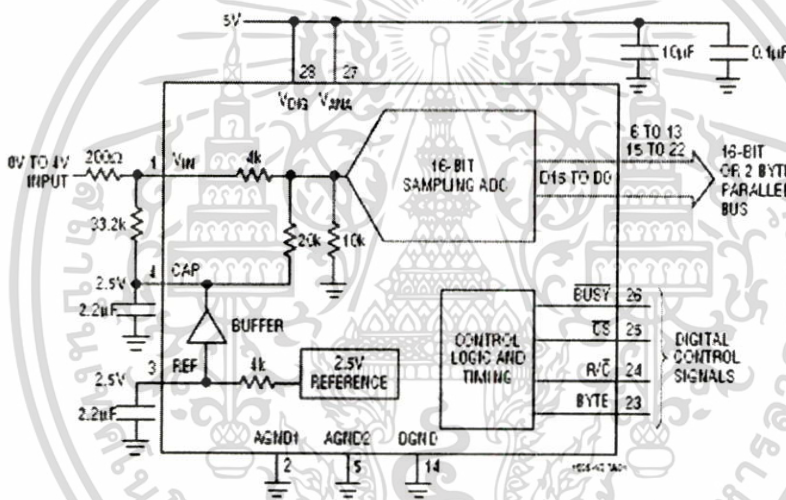
$$\begin{aligned} 1LSB &= \frac{V_{CC \text{ max}}}{2^n - 1} \\ &= \frac{20}{2^{16} - 1} \\ &= 305 \mu\text{V} \end{aligned} \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ VCC_{max} คือ แรงดันสูงสุดของแหล่งจ่าย
 n คือ จำนวนบิต

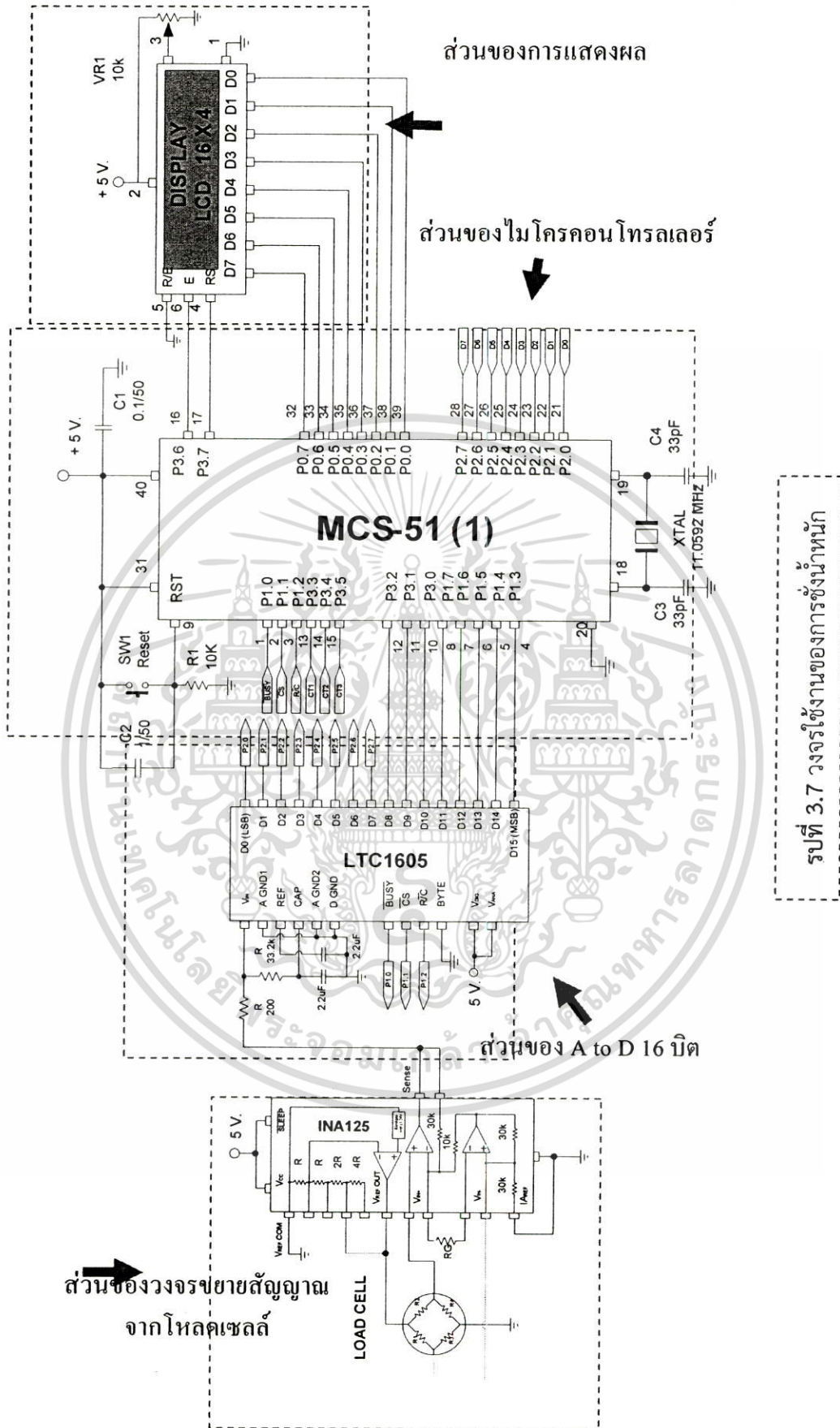
สมการที่ 3.5 1 ลอจิกบิต (1LSB) ของไอซี LTC 1605 จะเปลี่ยนไปใกล้เคียงกับแรงดันที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อน้ำหนักเปลี่ยนไป 0.1 กรัม

จากวงจรขยายสัญญาณ โหลดเซลล์ (Load Cell Amplifier) ในรูปที่ 3.5 จะทำให้ได้แรงดันอนาล็อกที่ 0-5 V. ที่น้ำหนัก 0-1000 กรัม ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงสัญญาณจากอนาล็อก เป็นดิจิทัล เพื่อที่จะใช้ในการติดต่อข้อมูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ โดยใช้ A to D ขนาด 16 บิต (LTC1605) เป็นตัวแปลงสัญญาณจากอนาล็อก เป็นดิจิทัล ซึ่งจะเป็ไอซีสำเร็จรูปในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล มีขนาด 16 บิต มีการต่อใช้งานดังแสดงในรูปที่ 3.6 ซึ่งขา 1 จะเป็นด้านอินพุต ของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยจะได้มาจากวงจรขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ ส่วนขา 6 ถึง ขา 13 และ ขา 15 ถึง ขา 22 จะเป็นเอาต์พุตที่จะนำไปต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (LTC1605)

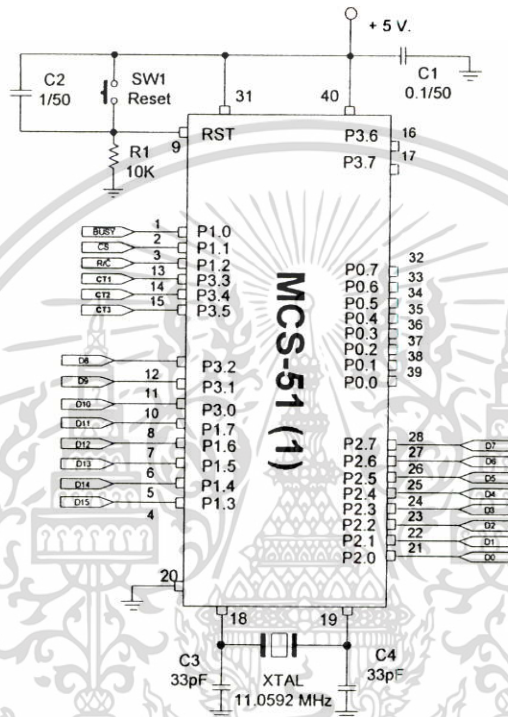
จากรูปที่ 3.7 ซึ่งเมื่อโหลดเซลล์ ได้รับน้ำหนักจะมีการเปลี่ยนค่าความต้านทานภายในเกิดขึ้น และทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตออกมาประมาณ 0 - 1.8 mV จากนั้นเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณโหลดเซลล์ เพื่อทำการขยายสัญญาณ DC ให้สัญญาณอินพุตอยู่ในช่วง 0 - 5 V ต่อจากนั้นจะเป็นอินพุตให้แก่วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A to D 16 บิต) โดย A to D 16 บิตจะถูกควบคุมและประมวลผลด้วยวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89C52) ซึ่งสามารถที่จะชั่งน้ำหนักและแสดงผลออกมาได้มีความละเอียดในการชั่งหน่วยเป็นกรัม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

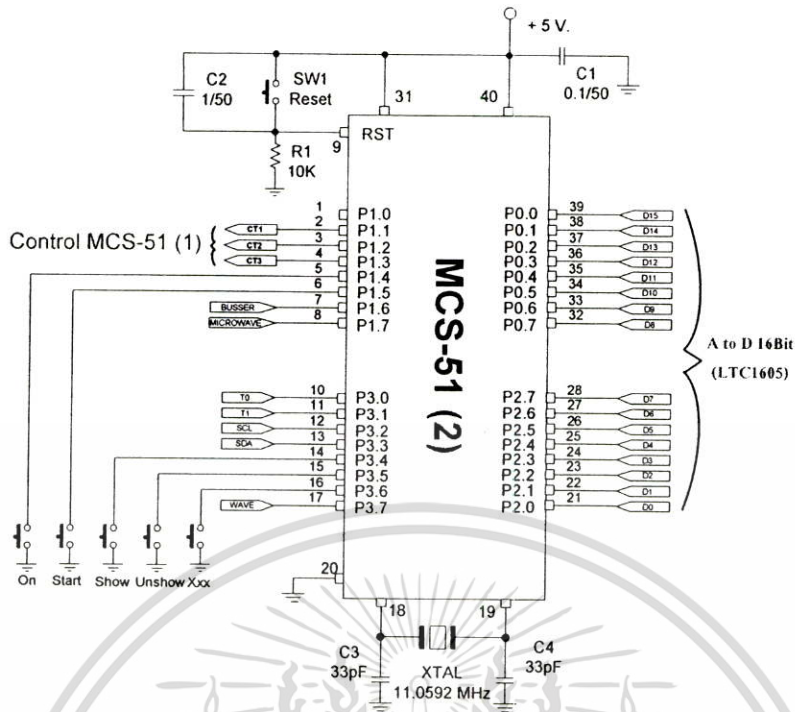
3.2.2 วงจร ไมโครคอนโทรลเลอร์

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพียงหนึ่งตัว มีขาที่สามารถต่อใช้งานได้ 32 ขา แต่ A to D และจอแอลซีดี (LCD)[14] ได้ต่อใช้งานไปแล้ว 29 ขา เหลือขาที่สามารถต่อใช้งานได้เพียง 3 ขา แต่จำนวนขาที่ต้องการใช้งานยังมีอีก 10 ขาดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัว โดยตัวที่ 1 จะทำหน้าที่ควบคุม A to D และรับค่าจาก A to D และแสดงค่าน้ำหนักพร้อมสถานการณ์การทำงานต่างๆโดยการทำงานของตัวที่ 1 จะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 โดยใช้ขาที่เหลือ 3 ขาของตัวแรกในการควบคุมการทำงานดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1

จากรูปที่ 3.8 การทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89C52) ซึ่งเป็นตัวประมวลผลข้อมูลที่เข้ามาจากส่วนต่างๆของวงจร พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำหน้าที่ ดังนี้ พอร์ต P1.0 - P1.7, P2.0 - P2.7 และพอร์ต P3.0 - P3.2 ต่อเข้ากับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (LTC1605) พอร์ต P0.0 - P0.7 ต่ออยู่กับจอแสดงผล (LCD) และ P3.6 - P3.7 ต่อเข้ากับ ขา RS และ ขา E ของ LCD และพอร์ต P3.3 - P3.5 จะใช้ในการรับคำสั่งการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2

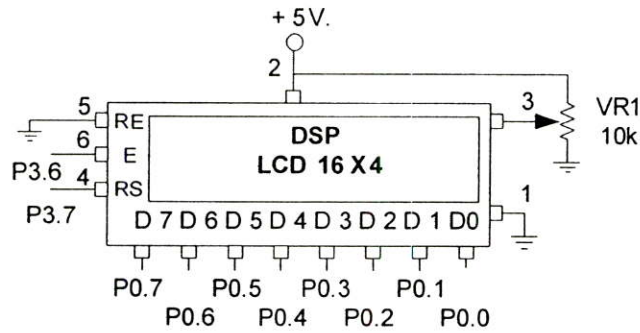


รูปที่ 3.9 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2

จากรูปที่ 3.9 การทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89C52) ซึ่งเป็นตัวประมวลผลข้อมูลที่เข้ามาจากส่วนต่างๆของวงจร พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำหน้าที่ ดังนี้ พอร์ต P0.0 – P0.7 , P2.0 – P2.7 และพอร์ต P1.0 ต่อเข้ากับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (LTC1605) พอร์ต P1.1 – P1.3 ต่ออยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 เพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 พอร์ต P1.6 จะต่ออยู่กับบัสเซอร์ เพื่อคอยเตือนเมื่อน้ำหนักมากกว่า 1 กิโลกรัม พอร์ต P1.7 จะทำหน้าที่ติดต่อการทำงานของไมโครเวฟ พอร์ต P 1.4- P 1.5 และพอร์ต P3.4-P3.6 จะใช้ในการรับคำสั่งการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2

3.2.3 การแสดงผลด้วยแอลซีดี (LCD)

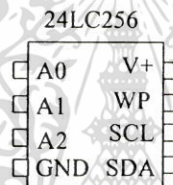
ในการแสดงผล จะใช้จอแอลซีดี (LCD 16 x4) [14] เป็นตัวแสดงผลซึ่งมีขนาด 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด โดยบรรทัดแรกจะแสดงค่าน้ำหนักก่อนทำการอบหรือน้ำหนักเปียก มีหน่วยเป็นกรัม (g) บรรทัดที่สองจะแสดงค่าน้ำหนักระหว่างทำการอบ มีหน่วยเป็นกรัม (g) และเมื่อน้ำหนักมีค่าคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง บรรทัดที่สองจะแสดงค่าน้ำหนักค้างไว้ซึ่งนั่นก็คือน้ำหนักหลังทำการอบหรือน้ำหนักแห้ง และบรรทัดที่สี่จะแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้น (%) ดังแสดงรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรแสดงผลออกจอแอลซีดี (LCD)

3.2.4 หน่วยความจำอีอีพรอม (EEPROM)

หน่วยความจำที่ใช้ คือ ไอซีเบอร์ 24LC256 [15] การต่อใช้งานดังรูปที่ 3.11 ขา 5 (SDA) และขา 6 (SCL) ของหน่วยความจำอีอีพรอม (24LC256) ต่อกับพอร์ตที่ P3.6 และพอร์ตที่ P3.7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 จะทำการติดต่อบนบัสแบบ I²C และทำการบันทึกเก็บค่าของ เวลา ชั่วโมง นาที วินาที และค่าน้ำหนัก ค่าที่ทำการเก็บสามารถทำการลบข้อมูลได้ เมื่อหน่วยความจำเต็ม



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรหน่วยความจำ (24LC256)

หน่วยความจำ (24LC256) มีขนาดความจุ 256 kbit หรือประมาณ 256,000 bit โดยจะเก็บน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง และจุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง เวลาเป็นชั่วโมง นาที และวินาที ซึ่งมีขนาดของข้อมูล 8 บิต และจะคำนวณหาเวลาในการบันทึกข้อมูลได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จะได้ การส่งข้อมูลหนึ่งครั้ง} &= \text{จำนวนข้อมูลที่ทำกรบันทึก} \times \text{ขนาดของข้อมูล} \\ &= 6 \times 8 \\ &= 48 \text{ บิต} \end{aligned}$$

การส่งข้อมูล 1 ครั้ง เท่ากับการส่งข้อมูล 48 บิต เพราะฉะนั้นจากด้วยความจำทั้งหมด 256,000 บิต จะได้เก็บกี่ครั้ง

$$\begin{aligned} \text{จะได้ จำนวนข้อมูลที่เก็บ} &= \text{หน่วยความจำทั้งหมด} / \text{การส่งข้อมูลหนึ่งครั้ง} \\ &= 256,000 / 48 \\ &= 5,333 \text{ ข้อมูล} \end{aligned}$$

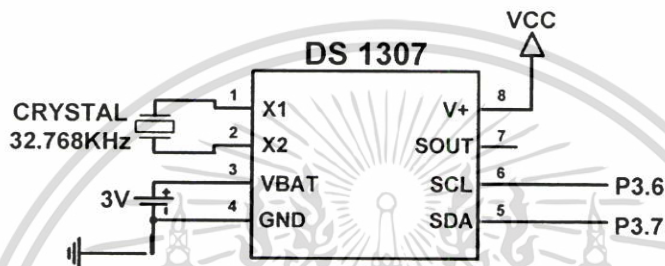
สมมุติ ต้องการเก็บและบันทึกข้อมูล ทุก 1 นาที แต่ใน 1 นาที จะทำการเก็บข้อมูล 2 ครั้ง จะมีการเก็บและบันทึกข้อมูลใน 1 นาทีทั้งหมด 12 ค่า จะและจะเก็บได้กี่นาที

จะได้ เวลาในการเก็บข้อมูล = จำนวนข้อมูลที่เก็บ/ จำนวนข้อมูลที่เก็บใน 1 นาที
 = 5,333/ 12
 = 444.41 นาที
 หรือ ประมาณ 7 ชั่วโมง 40 นาที

แต่ในการรอบตัวอย่างแต่ละชนิดจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ดังนั้นสามารถที่จะเก็บข้อมูลของตัวอย่างได้ประมาณ 7-8 ตัวอย่าง

3.2.5 การทำงานของไอซีฐานเวลา (DS1307)

การทำงานในส่วนนี้จะใช้ ไอซีเบอร์ DS1307 [4] ในการกำหนดฐานเวลาให้กับโปรแกรม ซึ่งจะต้องต่อแบตเตอรี่ ขนาด 3V เพื่อเป็นตัวสำรองไฟให้กับ DS 1307 ซึ่งมีการต่อใช้งาน ดังในรูปที่ 3.12

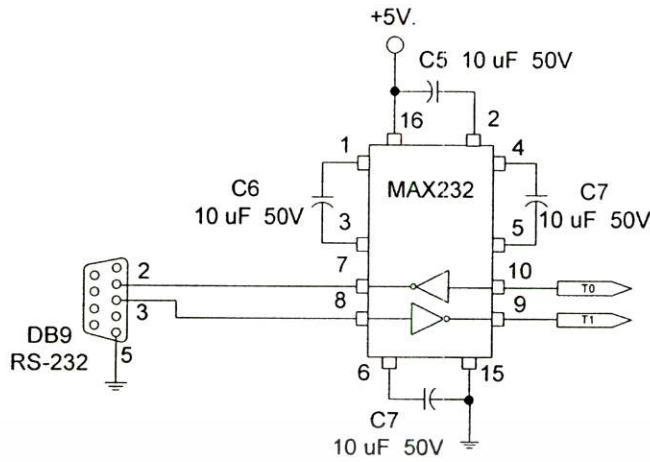


รูปที่ 3.12 แสดงวงจรไอซีฐานเวลา

จากรูปที่ 3.12 เป็นการต่อวงจรใช้งานไอซีฐานเวลา ซึ่งทำหน้าที่ เป็นฐานเวลาให้กับระบบ จะเป็นการอ้างอิงกับเวลามาตรฐานทั่วไป โดยมีแบตเตอรี่ต่ออยู่ที่ขา 3 และขา 4 ของ DS1307 เพื่อให้มีไฟไปเลี้ยงวงจร ให้ทำงานอยู่ตลอดเวลา และใช้คริสตอล (Crystal) 32.768 kHz เพื่อผลิตความถี่ให้กับไอซีฐานเวลาร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ซึ่งติดต่อบนบัสแบบ I²C

3.2.6 วงจรติดต่อพอร์ตอนุกรม RS 232

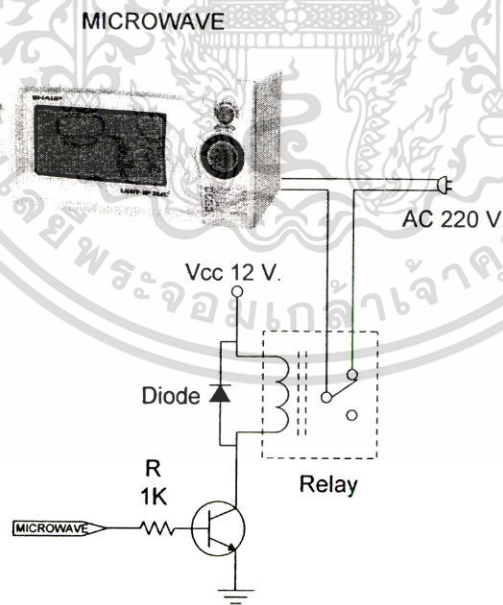
วงจรที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์[15] ในระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ แสดงดังรูปที่ 3.13 ซึ่งมีไอซี MAX-232 ทำหน้าที่แปลงระดับสัญญาณของ RS232 มาเป็นระดับ TTL และในทำนองเดียวกันก็แปลงระดับสัญญาณ TTL ไปเป็นระดับสัญญาณ RS-232โดยจะติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อส่งข้อมูลที่เก็บอยู่ภายในหน่วยความจำ (24LC256) ไปยังคอมพิวเตอร์ โดยที่ขา 9 (Rx) และขาที่ 10 (Tx) ของไอซี MAX-232 ต่อกับพอร์ตที่ P3.0 (Rx) และพอร์ตที่ P3.1 (Tx) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวที่ 2



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

3.2.7 การตั้งกำลังวัตต์และเวลา

ในส่วนของการควบคุมกำลังวัตต์ไมโครเวฟ และเวลาในการอบแห้ง จะใช้ไมโครเวฟสำเร็จรูป ดังนั้นในส่วนของการตั้งกำลังวัตต์และเวลาของไมโครเวฟ ไม่จำเป็นต้องทำการออกแบบเพิ่มเติม เพียงแต่จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการยิงคลื่นไมโครเวฟ คือเมื่อยังไม่มีการกดปุ่ม Start ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งไมโครเวฟทำการยิงคลื่นไมโครเวฟ ถึงแม้ว่าจะมีการตั้งระดับไมโครเวฟ และเวลาแล้วก็ตาม แต่เมื่อได้ทำการกดปุ่ม Start ก็จะทำให้การสั่งการยิงคลื่นไมโครเวฟทันที และเมื่อมีการตรวจเช็คคว่าน้ำหนักมีค่าคงที่แล้ว ก็จะสั่งหยุดทำการยิงคลื่นไมโครเวฟ โดยใช้รีเลย์เป็นตัวตัดต่อการยิงคลื่นของไมโครเวฟ ดังรูปที่ 3.14

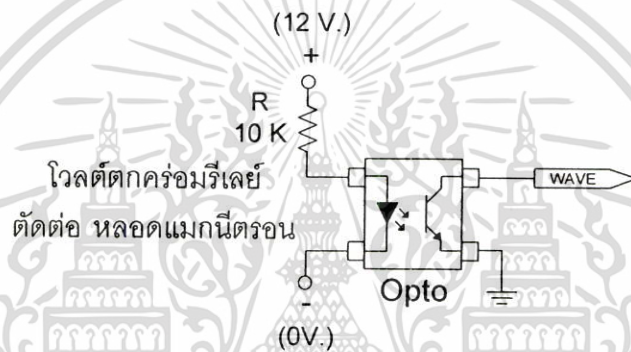


รูปที่ 3.14 แสดงวงจรตัดต่อไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.14 วงจรตัดต่อการยิงคลื่นไมโครเวฟ มีหลักการทำงานดังต่อไปนี้ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์จ่าย 0 ที่ตำแหน่ง Microwave ทราานซิสเตอร์ขาเบส และขาอีมีเตอร์มีแรงดันเท่ากันคือศูนย์โวลต์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานได้ เมื่อทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานรีเลย์ก็ไม่สามารถที่จะทำงานได้ และไมโครเวฟจะต่ออยู่ที่ตำแหน่ง NC จึงทำให้ไมโครเวฟทำการยิงคลื่นปกติ แต่เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์จ่ายมาเป็น 1 (หรือ 5 V.) ที่ตำแหน่ง Microwave แรงดันที่ขาเบสสูงกว่าขาอีมีเตอร์ และมากกว่า 0.6 โวลต์ ทำให้ทรานซิสเตอร์สามารถทำงานได้ส่งผลให้รีเลย์ทำงานและเมื่อรีเลย์ทำงานจะทำให้ หน้าสัมผัสของรีเลย์เดิมต่ออยู่ที่ NC จะมาต่อที่ NO แทนจึงทำให้ไมโครเวฟไม่สามารถที่จะทำการยิงคลื่นได้หรือถูกตัดการยิงคลื่นไมโครเวฟ

ในช่วงที่ไมโครเวฟทำงาน และหลอดแมกนีตรอนทำงาน จะทำให้ค่าน้ำหนักที่ได้ผิดเพี้ยนไปมาก จึงได้ทำการออกแบบวงจรตรวจวัดการทำงานของหลอดแมกนีตรอน เพื่อที่จะได้ทำการเก็บน้ำหนักเฉพาะช่วงที่หลอดแมกนีตรอนหยุดทำงาน และช่วงที่หลอดแมกนีตรอนทำงานจะไม่มีเก็บค่าน้ำหนัก ซึ่งวงจรที่ใช้ในการตรวจเช็คการทำงานของหลอดแมกนีตรอนแสดงดังรูปที่ 3.15



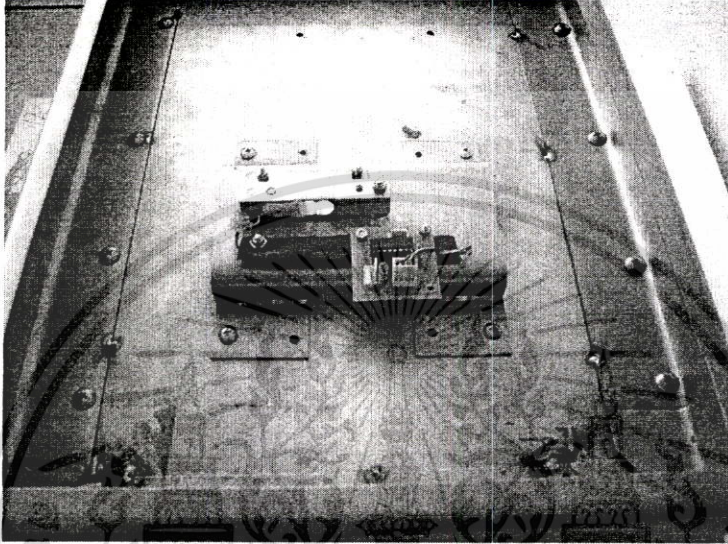
รูปที่ 3.15 แสดงวงจรตรวจเช็คการทำงานของหลอดแมกนีตรอน

จากรูปที่ 3.15 แสดงวงจรตรวจเช็คการทำงานของหลอดแมกนีตรอน ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อวงจรของไมโครเวฟทำการยิงคลื่นไมโครเวฟ แรงดันที่ตกคร่อมรีเลย์ตัดต่อหลอดแมกนีตรอนจะมีค่า 12 โวลต์ ทำให้กระแสสามารถไหลผ่านตัวต้านทานผ่านไดโอดเปล่งแสงลงกราวด์ได้ ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานด้วยแสงสามารถทำงานได้ เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงานแรงดันที่จุด Wave (P3.7) มีค่าประมาณ 0 โวลต์กว่าๆ หรือเปรียบเสมือน 0 แต่เมื่อไมโครเวฟทำการหยุดยิงคลื่นไมโครเวฟ แรงดันที่ตกคร่อมรีเลย์ตัดต่อหลอดแมกนีตรอนจะมีค่า 0 โวลต์ ทำให้กระแสไม่สามารถไหลผ่านตัวต้านทานผ่านไดโอดเปล่งแสงลงกราวด์ได้ ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานด้วยแสงไม่สามารถทำงานได้เช่นกัน และเมื่อทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานได้แรงดันที่จุด Wave (P3.7) มีค่าเท่ากับแรงดันที่ขา ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือประมาณ 5 โวลต์ หรือเปรียบเสมือน 1 ทำให้เราสามารถตรวจเช็คการทำงานของหลอดแมกนีตรอนได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3 การออกแบบโครงสร้าง

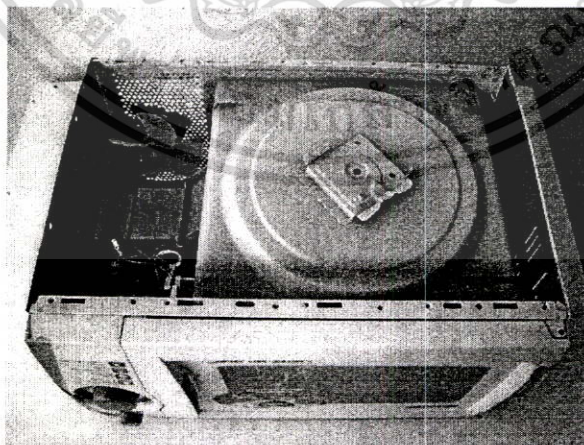
เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟมีอันตรายจึงออกแบบเครื่องที่มีความคงทนที่สามารถจะป้องกันคลื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้แผ่นสแตนเลสความหนา 2 มิลลิเมตรในการทำโครงสร้าง

อันดับแรกต้องออกแบบโครงสร้างส่วนของการติดตั้งโหลดเซลล์เพื่อที่จะรับน้ำหนักของตัวอย่างที่จะอบและใช้แกนเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 มิลลิเมตรในการรับน้ำหนักจากจานซึ่งเพื่อไปกดโหลดเซลล์ที่อยู่ด้านล่างดังแสดงในรูปที่ 3.16



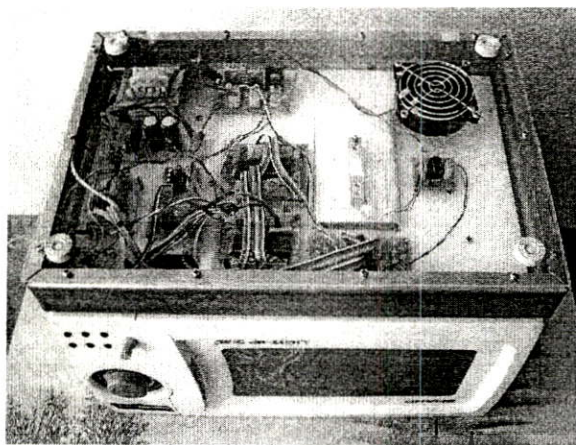
รูปที่ 3.16 การติดตั้งโหลดเซลล์

จากรูปที่ 3.17 แสดงโครงสร้างด้านล่างของเตาอบไมโครเวฟ จะเห็นว่าเมื่อนำฐานรองของเตาอบไมโครเวฟออก ด้านล่างของไมโครเวฟจะเป็นพื้นที่โล่ง ดังนั้นจะต้องออกแบบฐานรองให้สามารถรับน้ำหนักของเตาอบไมโครเวฟและหม้อแปลงได้ และติดตั้งโหลดเซลล์กับวงจรควบคุมทั้งหมดได้ดังแสดงในรูปที่ 3.18



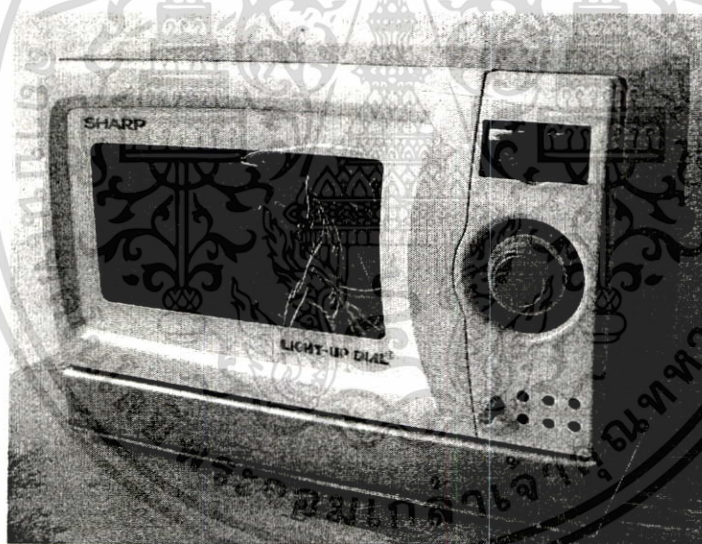
รูปที่ 3.17 แสดงด้านล่างของเตาอบไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงฐานรองเตาอบไมโครเวฟและการติดตั้งวงจรทั้งหมด

จากรูปที่ 3.18 แสดงติดตั้งโหลดเซลล์ วงจรควบคุมทั้งหมด และพัดลมระบายความร้อนเนื่องจากขณะทำการอบนั้นไมโครเวฟต้องใช้กำลังวัตต์สูง และเมื่อใช้กำลังวัตต์สูงก็ส่งผลให้เกิดความร้อนในส่วนของบริษัทติดตั้งวงจรตามไปด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิความร้อนสูงตามไมโครเวฟ จึงได้ออกแบบส่วนของการระบายความร้อนภายในบริเวณติดตั้งวงจร โดยได้ใช้พัดลมระบายความร้อน



รูปที่ 3.19 แสดงระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ

จากรูปที่ 3.19 ในส่วนของห้องอบแห้งนั้นไมโครเวฟที่ใช้ในการทำโครงงานนั้นได้ใช้ไมโครเวฟไมโครเวฟสำเร็จรูป ซึ่งทางบริษัทผู้ผลิตได้ออกแบบการสะท้อนกลับการหักเหของคลื่นมาสมบูรณ์แบบแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องแก้ไขส่วนของห้องอบแห้ง ส่วนของการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆรวมไปถึงการระบายความร้อนระบายความร้อนของไมโครเวฟ

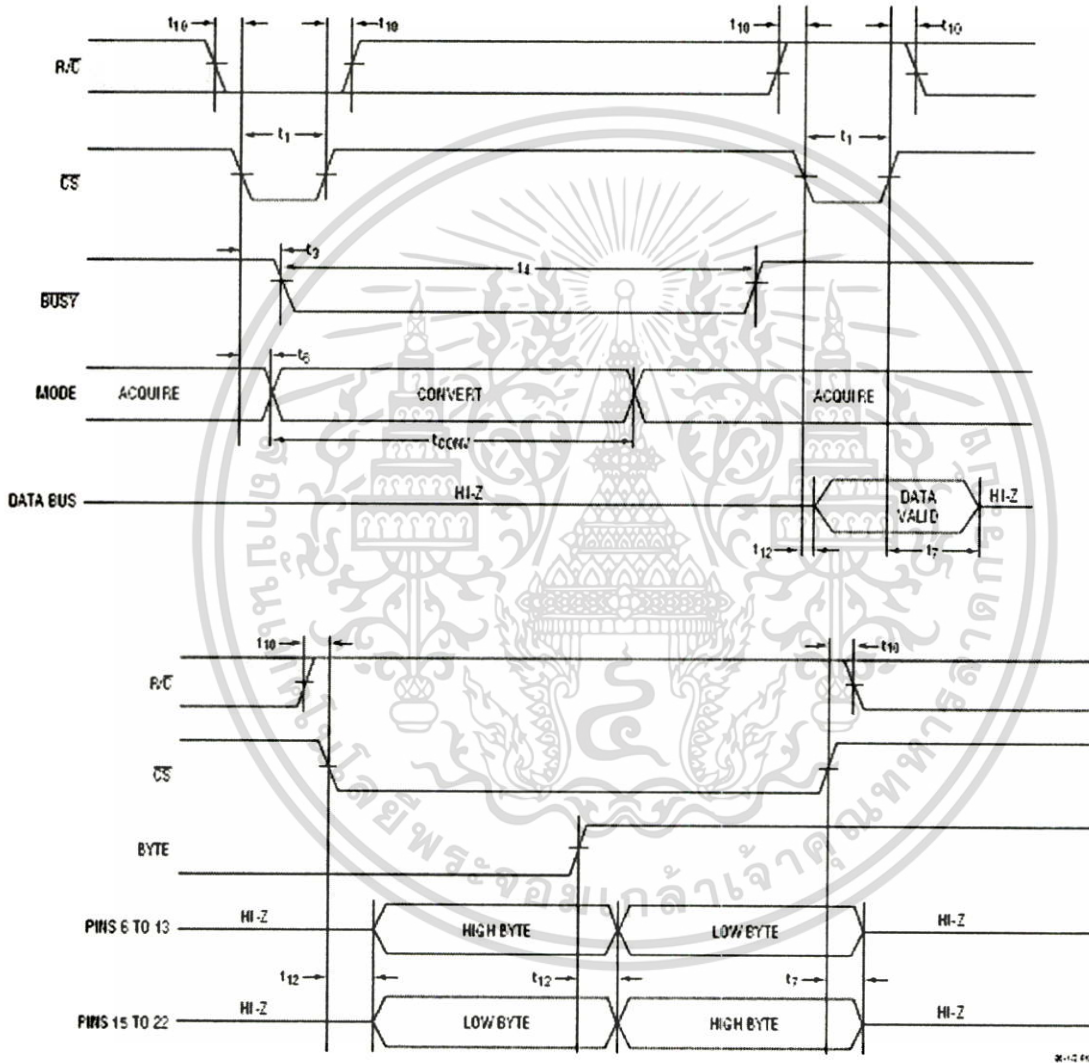
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบโปรแกรมควบคุม

ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมเป็นการอธิบายขั้นตอนของการเขียนโปรแกรมด้วยโฟลว์ชาร์ตการทำงานของวงจรในส่วนต่างๆ ดังนี้

3.4.1 ส่วนของโฟลว์ชาร์ต (Flow Chat) การติดต่อกับไอซี A to D 16 บิต (LTC1605)

การติดต่อกับ A to D 16 บิต (LTC1605) นั้นในการเริ่มต้นการติดต่อจะต้องพิจารณาถึง Timing Diagram โดยการใช้การควบคุม Pin R/C, CS, BYTE และการตรวจสอบ Pin BUSY โดยสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 3.20 และจาก Datasheet LTC1605 ซึ่งจะให้ได้โฟลว์ชาร์ต ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.20 แสดง Timing และการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.20 ในการควบคุม A to D 16 บิต (LTC1605) นั้น จะต้องพิจารณาถึง Timing Diagram ของ A to D ด้วย ซึ่งจากรูป 3.20 A to D จะมีช่วงการทำงานอยู่ 2 ช่วง คือช่วงที่ A to D ทำการแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล และอีกช่วงหนึ่งก็คือช่วงการส่งข้อมูลดิจิทัลให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ และการที่จะควบคุมให้ A to D ทำงานใน 2 ช่วงนี้ได้ นั้น จะต้องมีการตรวจเช็ค ขา BUSY และควบคุม ขา RC, CS และ BYTE ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

การที่จะควบคุมให้ A to D ให้เริ่มต้นทำการแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิทัลได้นั้น จะต้องตรวจเช็ค ขา BUSY ว่า เป็น 1 หรือไม่ ถ้าเป็น 1 ให้สั่งการทำงานดังนี้

1. สั่ง RC เป็น 1

2. สั่ง CS เป็น 1

3. เมื่อ BUSY ยังเป็น 1 อยู่ ทำการสั่ง RC เป็น 0 หนึ่งเวลาไปมากกว่า 10 nS และทำการสั่ง CS เป็น 0 และทำการหนึ่งเวลามากกว่า 40 nS

4. เมื่อ BUSY เป็น 0 ก็ทำการสั่ง สั่ง CS เป็น 1 และทำการหนึ่งเวลามากกว่า 40 nS ต่อจากนั้นทำการสั่ง RC กลับมาเป็น 1

ซึ่งในช่วงนี้ A to D จะเริ่มต้นทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลแต่เรายังไม่สามารถที่จะอ่านค่าข้อมูลได้จะต้องรอจนกว่า BUSY เป็น 1

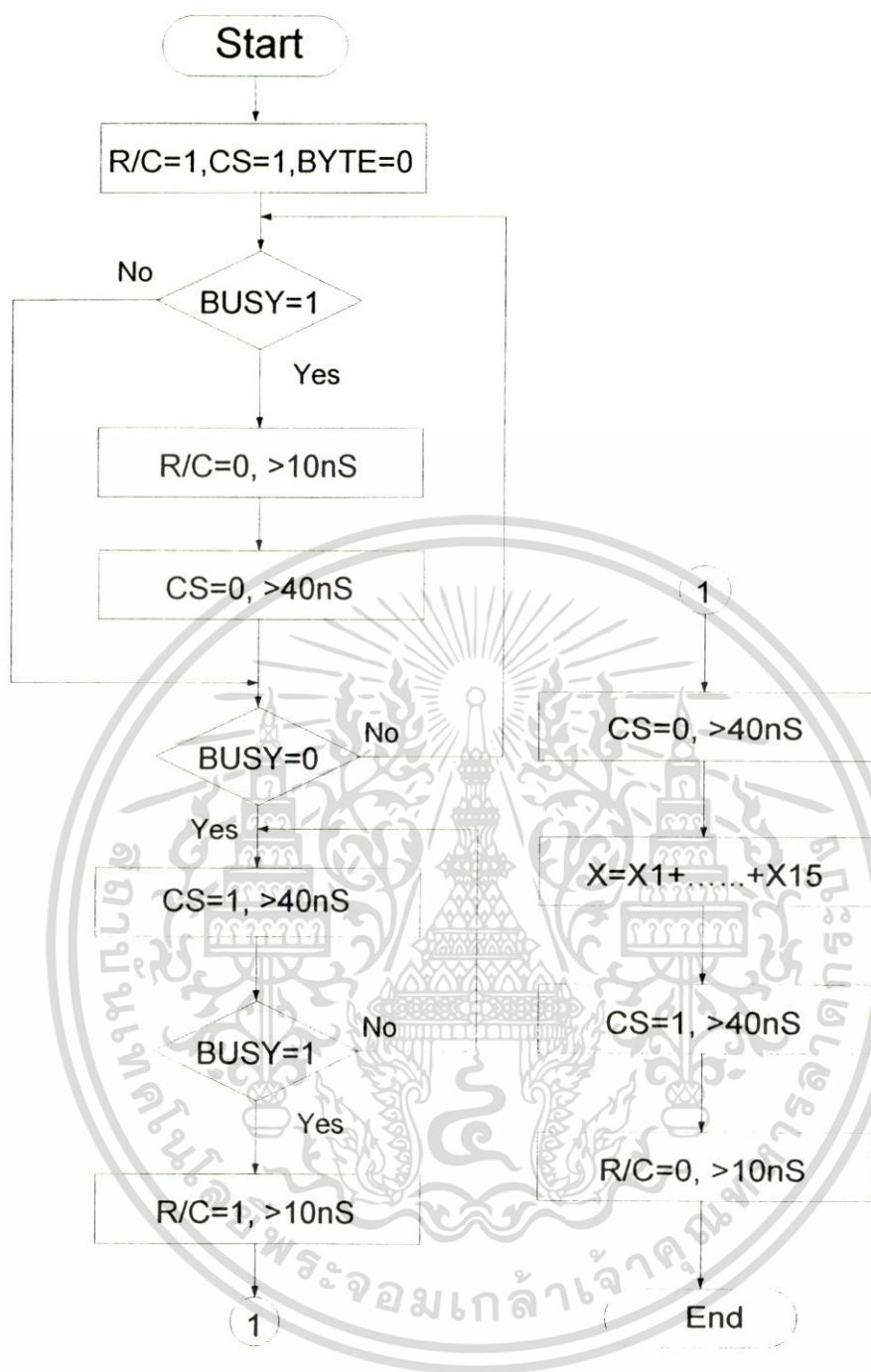
5. เมื่อ BUSY เป็น 1 เป็นการบอกว่า A to D ได้ทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นก็ทำการสั่ง RC เป็น 1 และหนึ่งเวลาไปมากกว่า 10 nS ต่อจากนั้นทำการสั่ง CS เป็น 0 และทำการอ่านค่าข้อมูลที่ได้จาก A to D และเมื่ออ่านค่าข้อมูลเรียบร้อยแล้วก็ทำการสั่ง CS กลับขึ้นมาเป็น 0 เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการอ่านข้อมูลและจะเป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ ทุกๆ ครั้งที่จะทำการอ่านข้อมูล

ส่วนขา BYTE เป็นการกำหนดว่าต้องการที่จะให้ ขา 6-ขา13 เป็น High Byte หรือเป็น Low Byte และกำหนดขา 15-ขา22 เป็น High Byte หรือเป็น Low Byte

ถ้าเกิดขา BYTE เป็น 0 จะเป็นการกำหนดให้ ขา 6-ขา13 เป็น High Byte และเป็นการกำหนดขา 15-ขา22 เป็น Low Byte

ถ้าเกิดขา BYTE เป็น 1 จะเป็นการกำหนดให้ ขา 6-ขา13 เป็น Low Byte และเป็นการกำหนดขา 15-ขา22 เป็น High Byte

ซึ่งจากคุณสมบัติการควบคุมการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลนั้น เมื่อเราต้องการที่จะนำไปใช้งาน จะต้องมีการเขียนโปรแกรมการควบคุมการทำงาน โดยโปรแกรมควบคุมการทำงานนั้นสามารถที่จะดูได้จากโฟลว์ชาร์ตการทำงานได้ดังในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงโฟลว์ชาร์ตการติดต่อกับ A to D 16 บิต (LTC1605)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ส่วนของ โฟลว์ชาร์ตการแสดงผลค่าน้ำหนัก

เนื่องจากค่าความต้านทานภายในโพลดเซลล์ เมื่อมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 0.1 กรัม ค่าความต้านทานไม่ได้เปลี่ยนแปลงไป 305 uV. เท่ากันตลอด ดังนั้นจึงทำให้การเปลี่ยนไม่เป็นเชิงเส้นและจากการทดลองในตารางที่ 4.3 เมื่อนำค่าน้ำหนักและเวลามาพล็อตกราฟจะทำให้ได้สมการ $Y = 0.0125 X^3 - 0.8541 X^2 + 16.45X - 58.96$ เมื่อ Y คือค่าน้ำหนักที่จะแสดง และ X คือค่าประจำบิต หลังจากนั้นนำค่าสมการนี้ไปใส่ในส่วนของการแสดงค่าน้ำหนักเพื่อที่จะให้ค่าน้ำหนักแสดงถูกต้อง เช่นเมื่อน้ำหนัก 1 กรัม ก็แสดง 1 กรัม เป็นต้น ซึ่งจะมีโฟลว์ชาร์ตการทำงานดังรูปที่ 3.22

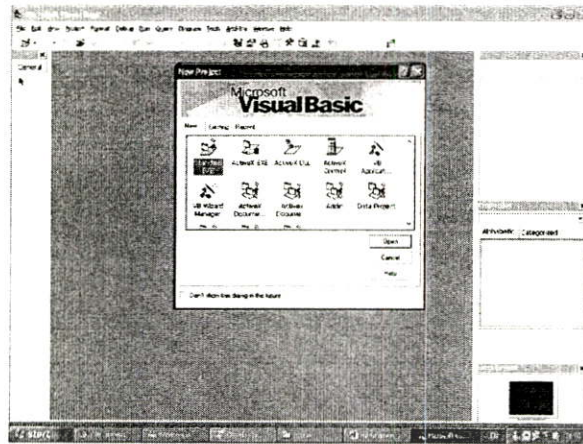


รูปที่ 3.22 แสดงโฟลว์ชาร์ตการแสดงผลค่าน้ำหนัก

3.4.3 หลักการออกแบบโปรแกรมเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 การออกแบบโปรแกรมเก็บข้อมูลมีหลักการในการออกแบบส่วนต่างๆ [16] ดังต่อไปนี้

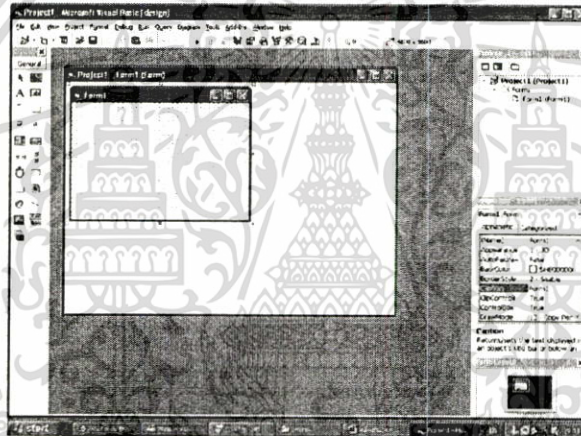
3.4.3.1 เปิดโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 แล้วเลือกรูปแบบการใช้งานว่าต้องการใช้งานในรูปแบบใด ดังรูปที่ 3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แสดงการเลือกรูปแบบการใช้งาน

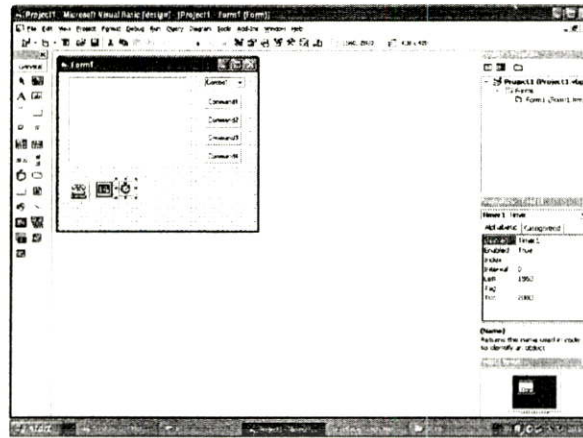
3.4.3.2 เมื่อได้เลือกรูปแบบเรียบร้อยแล้ว ก็จะได้หน้าต่างหลักของโปรแกรมเก็บข้อมูล ที่ได้เลือก ออกมาดังในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 แสดงหน้าต่างหลักของโปรแกรมเก็บข้อมูลที่ได้เลือกออกมา

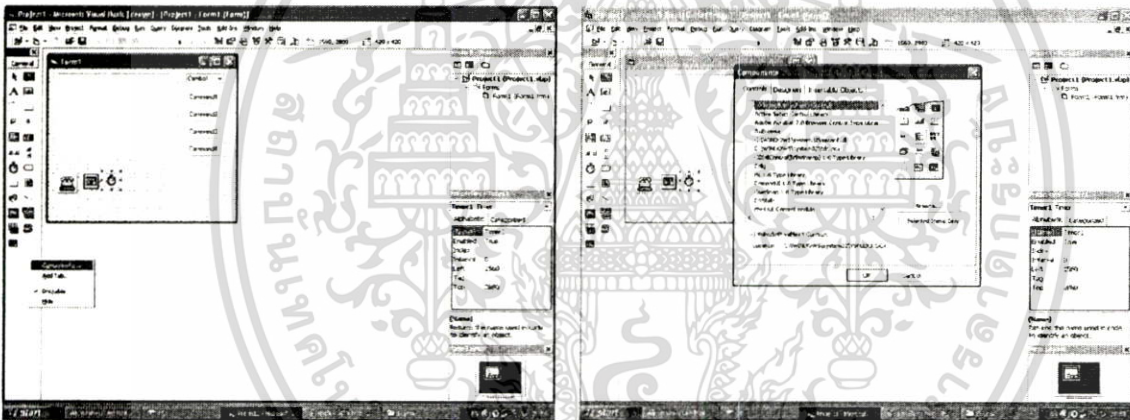
3.4.3.3 ต่อจากนั้นก็ทำการเลือกแอปพลิเคชันต่างๆ ที่ต้องการจะใช้งาน ไล่ลงไปหน้าต่างหลักของโปรแกรมเก็บข้อมูล ซึ่งจะอยู่ทางด้านซ้ายมือ ของโปรแกรม Microsoft Visual Basic ที่เขียนว่า General ดังในรูปที่ 3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 การเลือกแอปพลิเคชันเพิ่มเติม

3.4.3.4 ทำการแอดแอปพลิเคชันที่ต้องการใช้ดังในรูปที่ 3.26 แล้วก็จะทำให้ได้หน้าต่างโปรแกรม ออกมาดังในรูปที่ 3.26



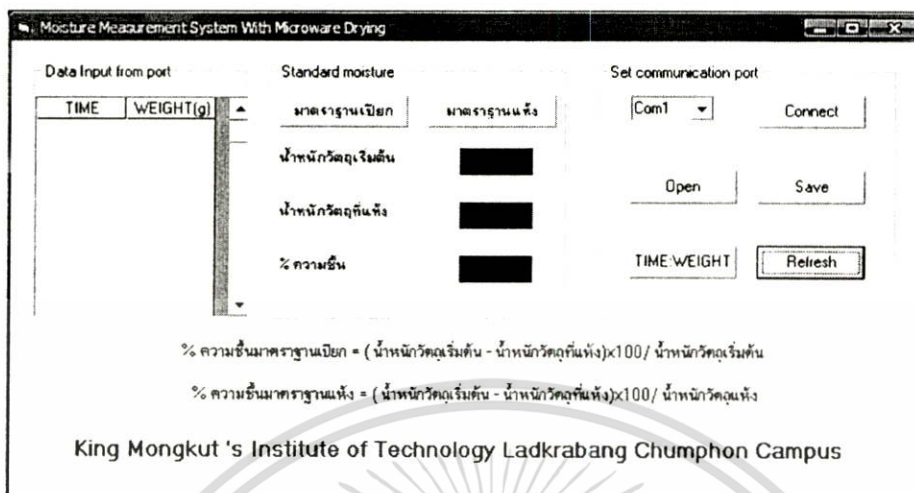
รูปที่ 3.26 แสดงการแอดแอปพลิเคชันที่ต้องการ

3.4.3.5 ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อไปกำหนดแอปพลิเคชันต่างๆ ว่าต้องการให้ทำงานในรูปแบบใด ซึ่งเราสามารถกำหนดได้ว่าเราต้องการใช้โปรแกรมควบคุมอะไรได้บ้าง รับค่ามาจากไหน และจะทำการบันทึก ในชื่ออะไร แล้วเก็บไว้ที่ใด ซึ่งการทำงานต่างๆนี้สามารถกำหนดได้ด้วยการเขียนโปรแกรมซึ่งได้อ้างอิงไว้ใน ภาคผนวก ค เรียบร้อยแล้ว

3.4.3.6 จากการออกแบบระบบเก็บข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์เสร็จสิ้น จะทำให้ได้หน้าต่างโปรแกรม เก็บข้อมูล ระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟที่สมบูรณ์แบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.27 ซึ่งสามารถ ที่จะรับข้อมูลเข้ามา และทำการแยกค่าน้ำหนักและเวลาออกจากกันได้ เพื่อที่จะสามารถนำไปพล็อตกราฟ เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูการเปลี่ยนแปลงความชื้น ว่ามีการเปลี่ยนแปลงความชื้นในรูปแบบใดโดยสามารถที่จะบันทึกเป็น ไฟล์ .doc และ .txt ได้ เพื่อที่จะนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่นต่อไป



รูปที่ 3.27 แสดงหน้าต่างโปรแกรมเก็บข้อมูลระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 วิธีการ และผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลองและบันทึกผลการทดลอง ของระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งจะประกอบไปด้วย การทดลองอ่านค่าน้ำหนักเปรียบเทียบกับแรงดันที่ออกจาก โหลดเซลล์โดยตรง และการทดลองอ่านค่าน้ำหนักเปรียบเทียบกับแรงดันที่ออกจาก วงจรขยายสัญญาณโหลดเซลล์ การทดลองในส่วนของการใช้ A to D 16 บิต และการทดลองอบหาความชื้นของเมล็ดกาแฟเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักเปรียบเทียบกับเวลา

4.1 การทดลองที่ 1 ทดลองวัดแรงดันที่ออกจากโหลดเซลล์ โดยจ่ายไฟ DC 5 V.

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองวัดแรงดันที่ออกจากโหลดเซลล์ เพื่อต้องการที่จะทราบว่าเมื่อน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลง แรงดันจะมีการเปลี่ยนไปอย่างไร โดยทำการทดลองต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 3.4 ซึ่ง V_s มีค่าเท่ากับ 5 V. และทำการวัดแรงดันที่จุด V_o ดังรูปที่ 4.1

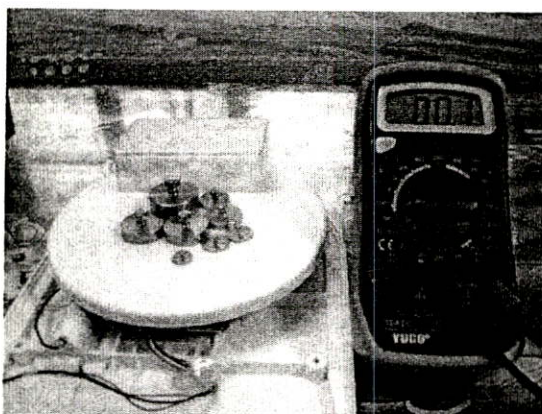


รูปที่ 4.1 แสดงการทดลองวัดแรงดันที่ออกจากโหลดเซลล์

เมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 3.5 เรียบร้อยแล้วก็ทำการวัดแรงดันที่ จุด V_o เริ่มต้นชั่งน้ำหนักตั้งแต่ ไม่มีถาดรอง มีถาดรอง และใช้ลูกตุ้มน้ำหนักขนาดตั้งแต่ 1 กรัม และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไปจนถึงที่น้ำหนัก 1500 กรัม ดังรูปที่ 4.2 และมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

เนื่องจากโหลดเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง จะใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน 4 ชุด และเมื่อจ่ายไฟตรง (DC) ให้กับโหลดเซลล์ สัญญาณที่ได้จากโหลดเซลล์จะเป็นแรงดัน DC แต่มีแรงดันต่ำมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



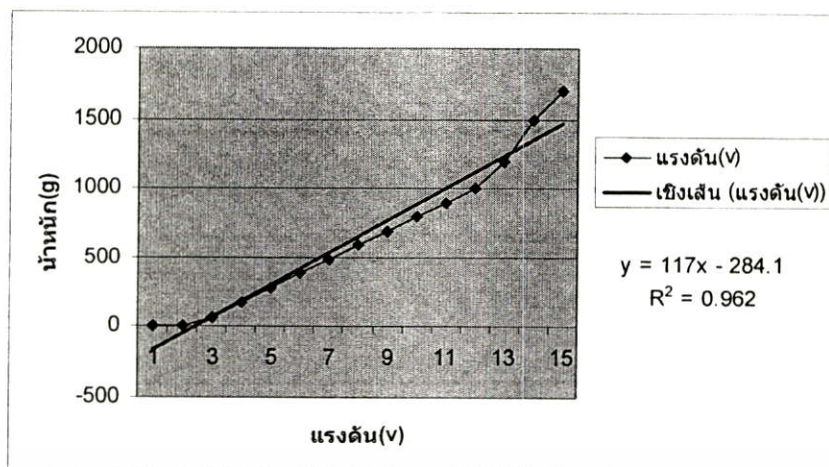
รูปที่ 4.2 แสดงการทดลองชั่งน้ำหนักและวัดแรงดันที่ จุด Vo

ตารางที่ 4.1 แสดงวัดแรงดันจาก โหลดเซลล์ โดยตรง

น้ำหนัก (g)	แรงดัน (mV)	น้ำหนัก (g)	แรงดัน (mV)
ไม่มีถาดรอง	0.1	593-695	0.8
มีถาดรอง	0.2	696-799	0.9
0-69	0.2	800-900	1
70-174	0.3	901-1000	1.1
175-280	0.4	1200	1.3
281-384	0.5	1500	1.6
385-485	0.6	1700	1.8
486-592	0.7		

ผลจากการทดลองในตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าแรงดันจะเริ่มตั้งแต่ 0.1 mV ที่ไม่มีลูกตุ้มน้ำหนัก และมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่ละ 0.1 mV เมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้นไปประมาณ 100 กรัม จนถึงที่น้ำหนักสูงสุดคือ 1500 กรัม จะมีแรงดัน 1.8 mV ซึ่งสามารถที่จะนำค่าในตารางที่ 4.1 ไปพล็อตกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันได้ดังในรูปที่ 4.3 ทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและน้ำหนักดังรูปที่ 4.4 แต่ในการออกแบบต้องการชั่งน้ำหนักที่ 0-1000 กรัม แสดงว่าแรงดันที่เปลี่ยนไปในช่วง 0-1000 กรัม จะมีค่าอยู่ที่ 0.1 mV ถึง 1.1 mV หรือเฉลี่ย 100 กรัม เพิ่มขึ้น 0.1 mV

ส่วนที่น้ำหนักเกิน 1000 กรัม เป็นการทดลองดูว่า โหลดเซลล์สามารถที่จะเปลี่ยนค่าความต้านทานได้อีกหรือไม่ เมื่อน้ำหนักมีค่ามากกว่า 1000 กรัม และจะเห็นว่า โหลดเซลล์ยังคงที่จะสามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานเพื่อทำให้แรงดันเปลี่ยนได้จนถึงที่น้ำหนัก 1500 กรัม



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันที่ออกจากโหลดเซลล์

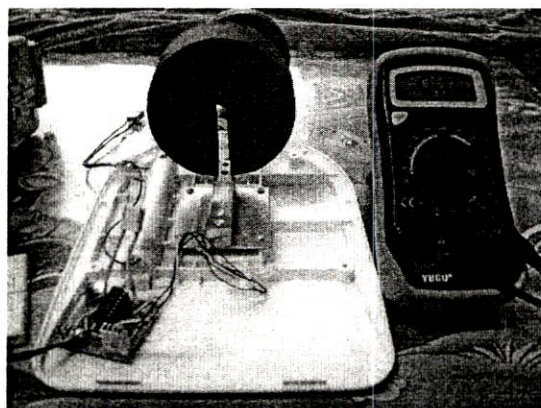
4.2 การทดลองที่ 2 ทดลองวัดแรงดันที่ออกจากวงจรขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ (Load Cell Amplifier)

จากการทดลองที่ 1 สัญญาณที่ได้จากโหลดเซลล์นั้นจะมีขนาดเล็ก จึงต้องทำการขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ โดยใช้วงจรขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ (INA125) และทำการทดลองวัดแรงดันจากวงจรขยายสัญญาณ โดยต่อวงจรตามรูปที่ 3.5 โดยจ่าย Vcc 5 V. และวัดแรงดันที่จุด Vo ดังแสดงใน รูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงการทดลองวัดแรงดันจาก วงจรขยายสัญญาณโหลดเซลล์

เมื่อต่อวงจรตามรูปที่ 3.5 เรียบร้อยแล้ว ก็ทำการวัดแรงดันที่ จุด Vo เริ่มต้นตั้งแต่ ไม่มีภาระและมีภาระ และใช้ขนาดลูกตุ้มน้ำหนักตั้งแต่ 0-1500 กรัม ดังรูปที่ 4.5 และมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

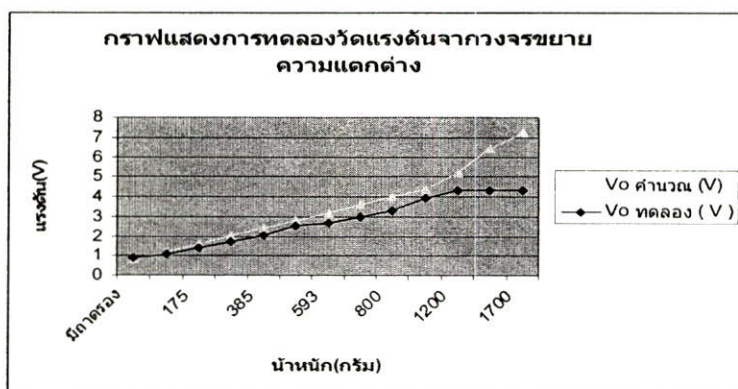


รูปที่ 4.5 แสดงการทดลองขั้วน้ำหนักและวัดแรงดันที่ จุดVo

ตารางที่ 4.2 การทดลองวัดแรงดันจากวงจรถยายสัญญาณ โหลดเซลล์ (Load Cell) เทียบกับ น้ำหนัก

น้ำหนัก	Vo จำนวน (V)	Vo ทดลอง (V)	ความผิดพลาด (%)
มีมาตรฐาน	0.8008	0.883	10%
70	1.201	1.076	10%
175	1.6	1.399	12%
281	2.002	1.717	14%
385	2.402	2.04	15%
486	2.802	2.56	8%
593	3.203	2.67	16%
696	3.603	2.99	17%
800	4.004	3.3	17%
1000	4.404	3.91	11%
1200	5.205	4.29	17%
1500	6.4064	4.29	33%
1700	7.2072	4.29	40%

ผลจากการทดลองในตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าแรงดันจะเริ่มตั้งแต่ 0.808 V ที่ไม่มีลูกตุ้มน้ำหนัก และที่น้ำหนักตั้งแต่ 1200-1700 กรัม จะมีแรงดันคงที่ ที่ 4.29V เพราะ Vo สูงสุดที่วงจรถยายสัญญาณ โหลดเซลล์ (Load Cell) สามารถจ่ายได้เพียง 4.29 V. แต่จะเห็นว่าในช่วง 0-1000 กรัม แรงดันยังคงเปลี่ยนอยู่ตั้งแต่ 0.808-3.91 V. ซึ่งยังไม่เกิน Vo สูงสุดที่วงจรถยายสัญญาณ โหลดเซลล์ (Load Cell) สามารถจ่ายได้ ดังนั้นผลที่ Vo คงที่ ที่น้ำหนักมากกว่า 1000 กรัม จึงไม่มีผลกับการออกแบบจุดขั้วน้ำหนักร 0-1000 กรัม จากการทดลองนี้จึงได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและน้ำหนัก ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงดันของวงจรขยายสัญญาณโพลีเซลล์

4.3 การทดลองที่ 3 ทดลองอ่านค่าจาก A to D 16 บิต (LTC1605)

จากการทดลองที่ 2 สัญญาณที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณจะเป็นสัญญาณอนาล็อก จึงต้องทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ด้วยวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (LTC1605) และทำการทดลองอ่านค่าที่ได้จากวงจรโดยต่อวงจรตามรูปที่ 3.9 เพื่อจะดูว่าเมื่อค่าน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลง ค่าประจำบิตจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร โดยจะใช้ลูกต้อน้ำหนักมาตรฐาน ตั้งแต่ 1 กรัมจนถึง 1000 กรัม ในการทดลอง ซึ่งมีผลการทดลองดังในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อ่านค่าประจำบิต (LTC1605) เปรียบเทียบกับน้ำหนัก

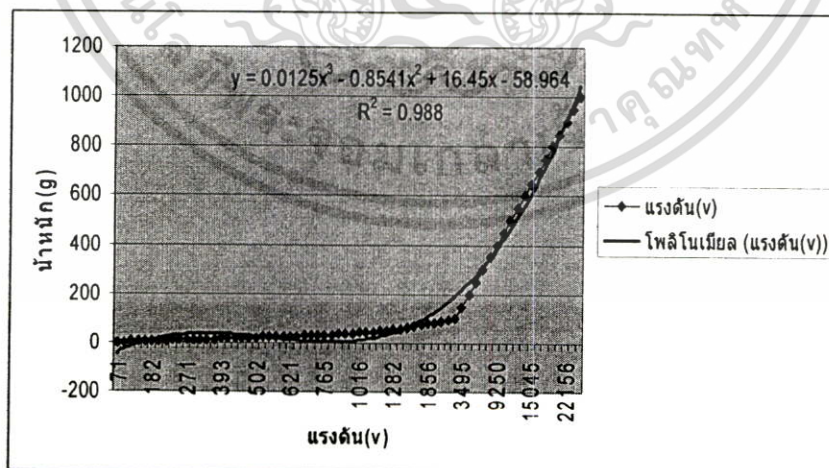
น้ำหนัก (g)	ค่าประจำบิต	น้ำหนัก (g)	ค่าประจำบิต
0 (empty)	53	18	425
1	71	19	457
2	98	20	498
3	113	21	502
4	129	22	532
5	157	23	555
6	182	24	581
7	202	25	605
8	217	26	621
9	236	27	645
10	267	28	662
11	271	29	706
12	294	30	717
13	312	32	765
14	354	34	804
15	365	36	852
16	393	38	901
17	416	40	961

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3(ต่อ) อ่านค่าประจำบิต (LTC1605) เปรียบเทียบกับน้ำหนัก

น้ำหนัก (g)	ค่าประจำบิต	น้ำหนัก (g)	ค่าประจำบิต
42	1016	250	4756
44	1056	300	6906
46	1114	350	8101
48	1130	400	9250
50	1186	450	10598
55	1282	500	11775
60	1424	550	12912
65	1542	600	14047
70	1648	650	15045
75	1756	700	16106
80	1856	750	17283
85	1984	800	18653
90	2098	850	19803
95	2209	900	22156
100	2334	950	22204
150	3495	1000	22246
200	4604		

ผลจากการทดลองในตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าค่าประจำบิต จะเริ่มต้นที่ 53 ที่ไม่มีลูกตุ้มน้ำหนัก และที่น้ำหนักสูงสุดคือ 1000 กรัม มีค่าประจำบิต เป็น 22246 ซึ่งจะทำได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประจำบิต และน้ำหนัก ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับค่าประจำบิต (A to D 16 บิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

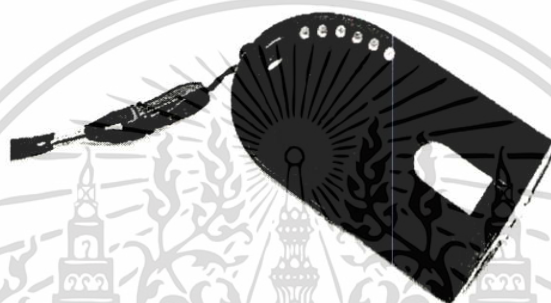
จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับค่าประจำบิต จะทำได้

$$Y = 0.0125 X^3 - 0.8541 X^2 + 16.45X - 58.964 \quad (4.1)$$

นำค่า สมการ Y นี้ไปใส่โปรแกรมก่อนแสดงค่า ดังในรูปที่ 3.15 จะทำให้ค่าน้ำหนักที่แสดง ได้แสดงออกเป็นกรัม แต่จะเห็นว่า กว่าสถานะจะเปลี่ยนไป 1 ลอจิกบิต น้ำหนัก ต้องเปลี่ยนไป 0.1 กรัม ดังนั้น ความละเอียดต่ำสุดที่ได้จากการใช้ A to D 16 บิต นี้คือ 0.1 กรัม

4.4 การทดลองที่ 4 ทดลองวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ

ก่อนจะทำการทดลองอ่านค่าน้ำหนักจากการรอบต่างๆได้ทำการตรวจวัดดูก่อนว่าเตาอบไมโครเวฟมีการรั่วไหลของคลื่นออกมาภายนอกเตาอบไมโครเวฟหรือไม่โดยใช้เครื่องวัดดังรูปที่ 4.8 ในการตรวจสอบ



รูปที่ 4.8 แสดงเครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ

เพื่อเป็นการตรวจสอบดูว่าระหว่างเตาอบไมโครเวฟ และสิ่งที่อยู่ใกล้ตัว และได้ใช้กันอยู่ทุกวัน อย่างโทรศัพท์มือถือ สิ่งไหนจะมีการรั่วไหลของคลื่นมากกว่ากัน จึงได้ทำการทดลองวัดการรั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟ ระหว่างไมโครเวฟทำงานดังรูปที่ 4.9 และวัดการรั่วไหลของคลื่นระหว่างใช้โทรศัพท์มือถือดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 แสดงการตรวจสอบการรั่วไหลของคลื่นระหว่างไมโครเวฟทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงการตรวจสอบการรั่วไหลของคลื่นระหว่างใช้โทรศัพท์มือถือ

จากการทดลองปรากฏว่าคลื่นไมโครเวฟมีการรั่วไหลออกมาภายนอกบ้างเล็กน้อย ในระยะห่างไม่เกิน 5 ซม. บริเวณขอบประตูเตาอบไมโครเวฟ ส่วนบริเวณอื่นไม่มีการรั่วไหลของคลื่นที่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องวัดการรั่วไหลของคลื่น แต่ตามมาตรฐานได้กำหนดว่าระยะอันตรายต้องมากกว่า 2 นิ้ว หรือ 5 ซม. ดังนั้นจึงถือว่ายังไม่เป็นอันตราย และถ้าเกิดเปรียบเทียบกับโทรศัพท์มือถือที่ใช้กันอยู่ทุกๆ วันโทรศัพท์มือถือยังมีการรั่วไหลของคลื่นมากกว่าโครงงานชิ้นนี้อีก แต่ไม่สามารถตอบได้ว่าคลื่นที่มีการรั่วไหลจากโทรศัพท์มือถืออันตรายหรือไม่

4.5 การทดลองที่ 5 การทดลองอบ และวัดความชื้นของเมล็ดกาแฟ

ในการทดลองอบ และวัดความชื้นของเมล็ดกาแฟนี้จะมีการเก็บค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟทุกๆ 1 นาที เพื่อที่จะดูว่าเมล็ดกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นในรูปแบบใด ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็นการทดลองที่ระดับกำลังวัตต์ของไมโครเวฟระดับต่างกัน 5 ระดับ และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามมาตรฐานเปียก ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังในสมการที่ 4.1

ในการทดลองนี้จะทำการทดลองอบ และวัดความชื้นของเมล็ดกาแฟ ที่ระดับกำลังวัตต์ของไมโครเวฟระดับ 1 2 3 4 และ 5 ซึ่งตัวอย่างผลการทดลองแสดงดังในรูปที่ 4.11 และบันทึกน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่เวลาต่างๆดังแสดงในตารางที่ 4.4-4.8

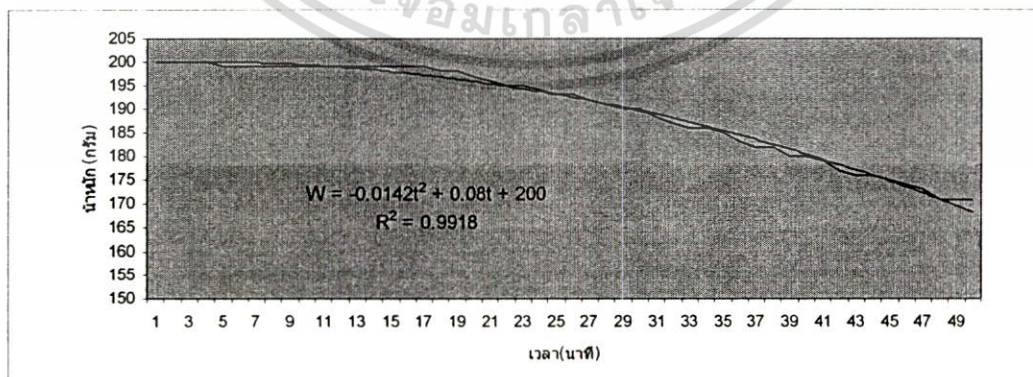


รูปที่ 4.11 แสดงเมล็ดกาแฟตัวอย่างก่อนและหลังจากการอบที่กำลังวัตต์ระดับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัดระดับ 1

เวลา (นาทื)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (นาทื)	น้ำหนัก (กรัม)
0	200	25	193
1	200	26	192
2	200	27	191
3	200	28	190
4	199	29	190
5	199	30	188
6	199	31	187
7	199	32	186
8	199	33	186
9	199	34	185
10	199	35	183
11	199	36	182
12	199	37	182
13	199	38	180
14	199	39	180
15	199	40	179
16	199	41	177
17	198	42	176
18	198	43	176
19	197	44	175
20	196	45	174
21	195	46	173
22	195	47	171
23	194	48	171
24	193	49	171



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่กำลังวัดระดับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำค่าน้ำหนักมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลง น้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลา จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลาดังในรูปที่ 4.12 ซึ่งจะเห็นว่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง จะเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง และจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 49 นาที โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาแบบสมการ โพลีโนเมียล กำลังสอง มีค่า $R^2 = 0.9918$ และจากการทดลองนี้สามารถที่จะคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง จากสมการที่ 4.1

จากการทดลองได้ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น 200 กรัม
และน้ำหนักตัวอย่างที่แห้ง 171 กรัม

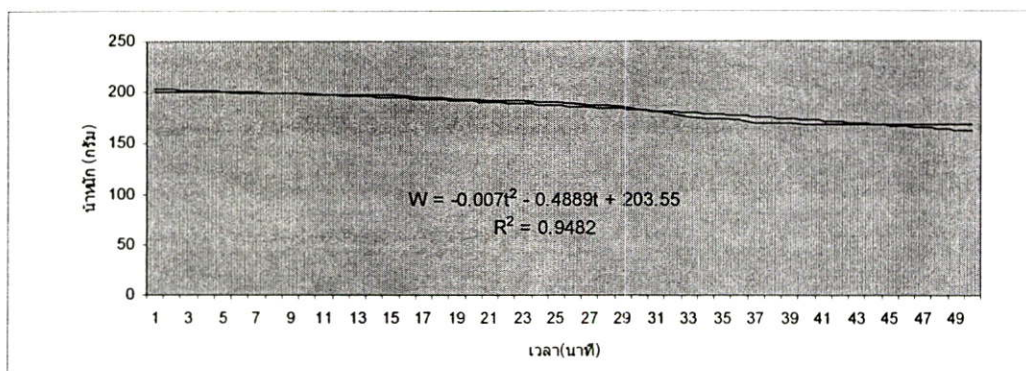
$$\begin{aligned} \text{จะได้} &= \frac{(200-171)}{(200)} \times 100\% \\ &= 14.5\% \end{aligned}$$

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นแบบมาตรฐานเปียกของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่นำมาทดลอง ที่กำลังวัดระดับ 1 มีเท่ากับ 14.5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.5 ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัดระดับ 2

เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (นาที)	น้ำหนัก (กรัม)
0	200	21	191
1	200	22	191
2	200	23	190
3	200	24	190
4	200	25	189
5	199	26	187
6	199	27	187
7	199	28	186
8	199	29	183
9	199	30	181
10	198	31	179
11	198	32	176
12	198	33	174
13	197	34	174
14	197	35	172
15	196	36	170
16	195	37	170
17	194	38	169
18	193	39	168
19	193	40	168
20	192	41	168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่กำลังวัดระดับ 2

จากตารางที่ 4.5 เมื่อนำค่าน้ำหนักมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลา จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลาดังในรูปที่ 4.13 ซึ่งจะเห็นว่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง จะเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง และจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 39 นาที โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาแบบสมการ โพลีโนเมียล กำลังสอง มีค่า $R^2 = 0.9482$ และจากการทดลองนี้สามารถที่จะคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง จากสมการที่ 4.1

จากการทดลองได้ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น 200 กรัม
และน้ำหนักตัวอย่างที่แห้ง 168 กรัม

จะได้
$$= \frac{(200-168) \times 100\%}{(200)}$$

$$= 16\%$$

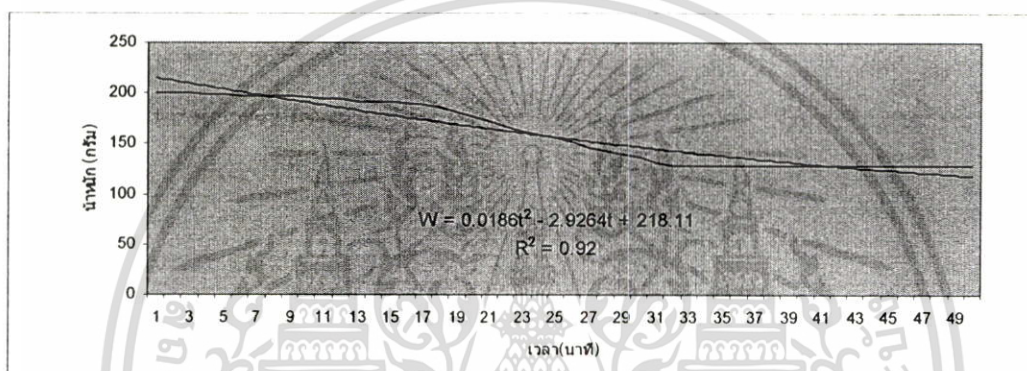
ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นแบบมาตรฐานเปียกของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่นำมาทดลอง ที่กำลังวัดระดับ 2 มีเท่ากับ 16 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.6 ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัดระดับ 3

เวลา (นาฬิกา)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (นาฬิกา)	น้ำหนัก (กรัม)
0	200	9	196
1	200	10	195
2	200	11	194
3	199	12	192
4	199	13	191
5	198	14	191
6	198	15	190
7	197	16	189
8	197	17	185

ตารางที่ 4.6(ต่อ) คำนวณน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัดระดับ 3

เวลา (นาทีก)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (นาทีก)	น้ำหนัก (กรัม)
18	181	27	144
19	177	28	141
20	172	29	137
21	167	30	132
22	163	31	129
23	160	32	128
24	156	33	128
25	152	34	128
26	146	35	128



รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่กำลังวัดระดับ 3

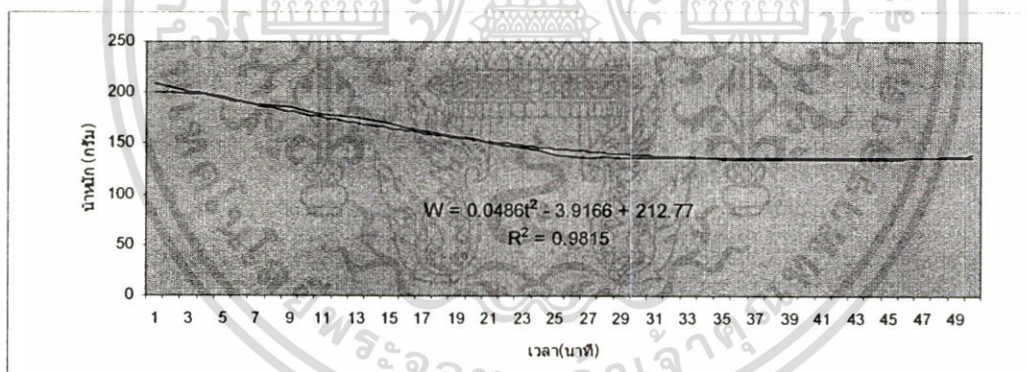
จากตารางที่ 4.6 เมื่อนำค่าน้ำหนักมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลา จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลาดังในรูปที่ 4.14 ซึ่งจะเห็นว่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง จะเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง และจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 32 นาที โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาแบบสมการโพลีโนเมียล (โพลีโนเมียล) กำลังสอง มีค่า $R^2 = 0.92$ และจากการทดลองนี้สามารถที่จะคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง จากสมการที่ 4.1

$$\begin{aligned}
 \text{จากการทดลองได้} \quad & \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น } 200 \text{ กรัม} \\
 & \text{และน้ำหนักตัวอย่างที่แห้ง } 128 \text{ กรัม} \\
 \text{จะได้} \quad & = \frac{(200-128) \times 100\%}{(200)} \\
 & = 36\%
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นแบบมาตรฐานเปียกของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่นำมาทดลอง ที่กำลังวัดระดับ 3 มีเท่ากับ 36 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.7 ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัตต์ระดับ 4

เวลา (นาทื)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (นาทื)	น้ำหนัก (กรัม)
0	200	16	163
1	200	17	160
2	199	18	157
3	199	19	155
4	196	20	151
5	191	21	148
6	189	22	146
7	187	23	144
8	185	24	139
9	181	25	137
10	178	26	136
11	177	27	137
12	175	28	136
13	172	29	136
14	169	30	136
15	165	31	136



รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่กำลังวัตต์ระดับ 4

จากตารางที่ 4.7 เมื่อเรานำค่าน้ำหนักมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลา จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลาดังในรูปที่ 4.15 ซึ่งจะเห็นว่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง จะเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง และจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 28 นาที โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาแบบสมการโพลิโนเมียล กำลังสอง มีค่า $R^2 = 0.9815$ และจากการทดลองนี้สามารถที่จะคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง จากสมการที่ 4.1

จากการทดลองได้ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น 200 กรัม
 และน้ำหนักตัวอย่างที่แห้ง 136 กรัม

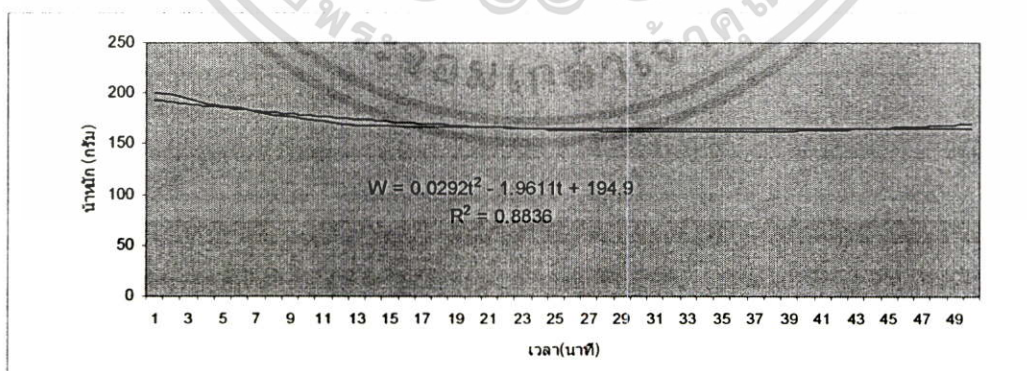
$$\text{จะได้} = \frac{(200-136) \times 100\%}{(200)}$$

$$= 32\%$$

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นแบบมาตรฐานเปียกของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่นำมาทดลอง ที่กำลังวัตต์ระดับ 4 มีเท่ากับ 32 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.8 ค่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาที่กำลังวัตต์ระดับ 5

เวลา (นาทื)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (นาทื)	น้ำหนัก (กรัม)
0	200	14	168
1	199	15	167
2	194	16	167
3	190	17	167
4	187	18	167
5	185	19	166
6	181	20	166
7	179	21	166
8	177	22	165
9	174	23	165
10	172	24	165
11	170	25	165
12	168	26	165
13	168	27	165



รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่กำลังวัตต์ระดับ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

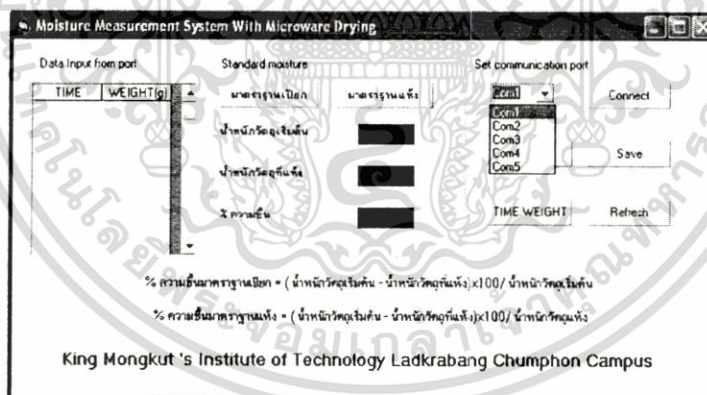
จากตารางที่ 4.8 เมื่อนำค่าน้ำหนักมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลง น้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลา จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและเวลาดังในรูปที่ 4.16 ซึ่งจะเห็นว่าน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง จะเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่อง และจะเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 22 นาที โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาแบบสมการ โพลีโนเมียล กำลังสอง มีค่า $R^2 = 0.8836$ และจากการทดลองนี้สามารถที่จะคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียกของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง จากสมการที่ 4.1

$$\begin{aligned} \text{จากการทดลองได้} \quad & \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น} \quad 200 \text{ กรัม} \\ & \text{และน้ำหนักตัวอย่างที่แห้ง} \quad 165 \text{ กรัม} \\ \text{จะได้} \quad & = \frac{(200-165)}{(200)} \times 100\% \\ & = 17.5\% \end{aligned}$$

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นแบบมาตรฐานเปียกของเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่นำมาทดลอง ที่กำลังวัดระดับ 5 มีเท่ากับ 17.5 เปอร์เซ็นต์

4.6 การทดลองที่ 6 การทดลองวัดความชื้นของเมล็ดกาแฟตัวอย่าง และโหลดข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์

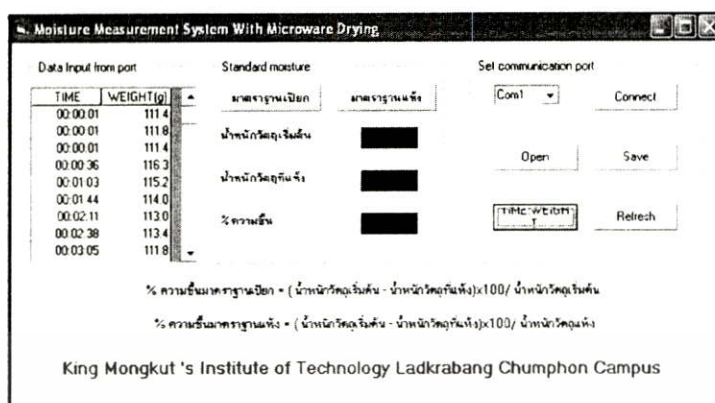
การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อทดลองวัดความชื้นของเมล็ดกาแฟตัวอย่างด้วยระบบที่ได้ออกแบบ โดยบันทึกค่าน้ำหนัก ที่เวลาต่าง ๆ ซึ่งมีลำดับการทดลองและบันทึกผลการทดลองดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.17 แสดงการเลือก Com Port

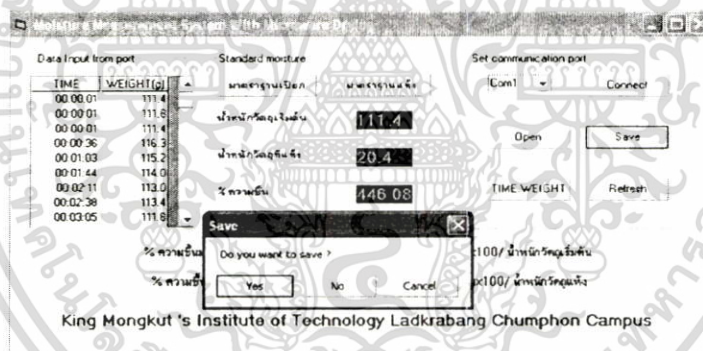
เมื่อระบบวัดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟเสร็จสิ้นการทำงาน หรือเมื่อเรากด ปุ่ม Stop กระบวนการเก็บข้อมูลก็จะเสร็จสิ้นลง แต่เราสามารถที่จะกดปุ่ม Start ต่อ เพื่อที่จะอบตัวอย่างต่อไป หรือสามารถที่จะโหลดข้อมูลในกระบวนการวัดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ได้เสร็จสิ้นลงเข้าคอมพิวเตอร์ได้ โดยทำการเปิดโปรแกรม เก็บข้อมูลที่ได้ทำการออกแบบมา เมื่อเปิดโปรแกรมก็ทำ

การเลือก Com Port ที่จะส่งข้อมูลผ่าน Port RS232 เป็น Com ไหน ในที่นี้คือ Com 5 ดังในรูปที่ 4.17 และเมื่อกดปุ่ม Connect ข้อมูลก็จะแสดงขึ้นมาดังในรูปที่ 4.18



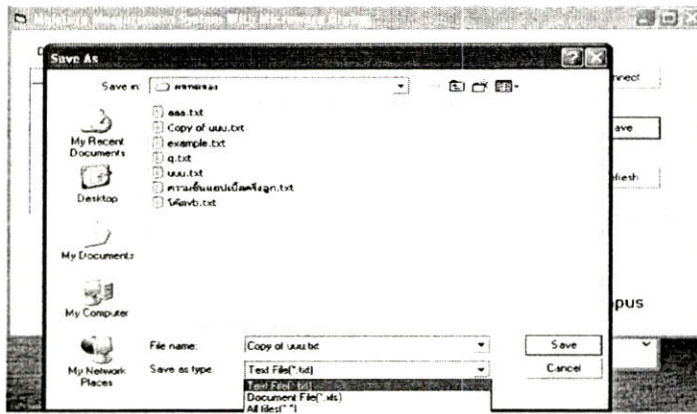
รูปที่ 4.18 แสดงค่าเวลาและน้ำหนักที่ได้เก็บข้อมูลเอาไว้

จากข้อมูลที่ได้อาจจะช่วยให้ทราบถึงน้ำหนักค่าเริ่มต้นที่ทำการอบและน้ำหนักสุดท้ายที่มีค่าคงที่แล้วและค่าเวลาที่ใช้ในการอบเพื่อเป็นการเก็บไว้เพื่อศึกษาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นหรือเพื่อประโยชน์ใดๆ ก็ทำการ บันทึกข้อมูลเหล่านี้ไว้ในคอมพิวเตอร์ได้โดยการกดปุ่ม Save ดังแสดงในรูปที่ 4.19

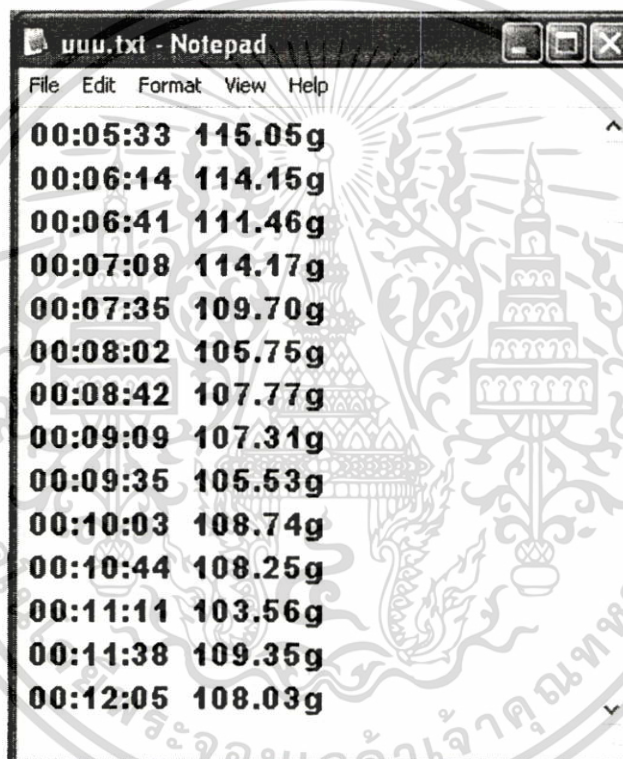


รูปที่ 4.19 แสดงการบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์

เมื่อทำการกดปุ่ม Save เราก็สามารถที่จะเลือกได้ว่าต้องการบันทึกข้อมูลในรูปแบบใดและจะใช้ชื่ออะไร และเป็นไฟล์ .txt ดังในรูปที่ 4.20 และสามารถเปิดข้อมูลขึ้นมาดูได้ดังในรูปที่ 4.21



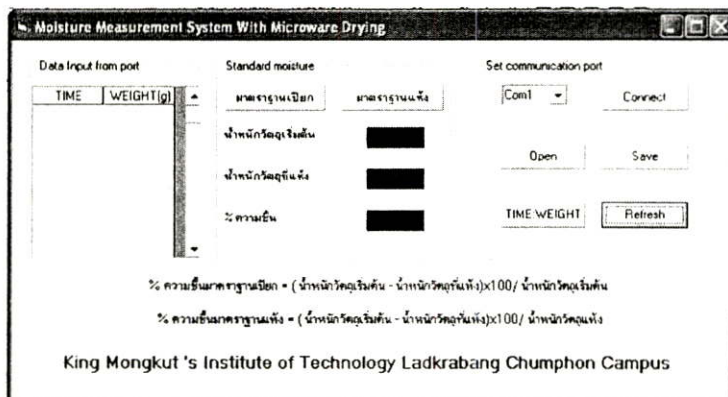
รูปที่ 4.20 แสดงการบันทึกชื่อข้อมูลและเลือกประเภทไฟล์



รูปที่ 4.21 แสดงการเปิดข้อมูลไฟล์ .txt

และเมื่อต้องการรับข้อมูลเข้ามาใหม่ในครั้งต่อไปก็ทำการกดปุ่ม Refresh เพื่อเริ่มรับข้อมูลใหม่ โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างดังแสดงในรูปที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 แสดงการต้องการรับค่าข้อมูลใหม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองระบบวัดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ มีผลสรุปการทดลองดังต่อไปนี้ ระบบวัดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟนี้ สามารถชั่งน้ำหนักได้ที่มีความละเอียด 1 กรัม แต่มีความผิดพลาดประมาณ +/- 2 กรัม (ซึ่งสาเหตุความผิดพลาดนี้ เกิดขึ้นมาจากสัญญาณรบกวนจากภายนอกและเกิดจากความผิดพลาดของ โหลดเซลล์ (Load Cell))

จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า ความชื้นของเมล็ดกาแฟตัวอย่างนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นในรูปแบบเดียวกันคือช่วงเริ่มต้น ความชื้นจะมีค่าคงที่อยู่สักระยะหนึ่ง หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์ความชื้นจะค่อยๆลดลง จนกระทั่งคงที่ไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงความชื้น โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเมล็ดกาแฟตัวอย่างเทียบกับเวลาแบบสมการพหุนาม (Polynomial) แต่จากการทดลองรอบตัวอย่างที่ระดับกำลังไมโครเวฟต่างกัน จะทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบเมล็ดกาแฟตัวอย่างไม่เท่ากัน มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงความชื้นต่อเวลาตามสมการพหุนามเหมือนกัน แต่ที่ระดับกำลังต่างกันจะมีสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจของสมการต่างกัน (มีค่า R^2 ต่างกัน)

จากการทดลองเวลาที่ใช้ในการอบแต่ละครั้งนั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับระดับกำลังที่ใช้ในการอบ และขนาดของตัวอย่าง ถ้ากำลังวัตต์ต่ำจะใช้เวลาในการอบนาน แต่ถ้ากำลังวัตต์สูงจะใช้เวลาในการอบน้อยลงกว่า ส่วนน้ำหนักถ้ามีน้ำหนักมากก็จะใช้เวลาในการอบนาน และถ้าน้ำหนักน้อยก็จะใช้เวลาในการอบน้อย แต่กำลังวัตต์และเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งของตัวอย่างเพื่อตรวจวัดความชื้นนั้น ควรจะใช้ที่ระดับกำลังวัตต์น้อยๆ ซึ่งจะใช้เวลาานแต่ จะทำให้ตัวอย่างนั้นได้แห้งสนิทเท่าๆ กันทุกส่วน ซึ่งจะทำได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่แน่นอน

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ช่วงที่โหลดแมกนีตรอนทำงานค่าน้ำหนักได้เปลี่ยนแปลงไปสูงมาก

5.2.2 ผลไม้ที่ใช้ออบแห้งไม่สม่ำเสมอทุกส่วนเนื่องจากการอบตัวอย่างไม่ได้หมุนเหมือนไมโครเวฟทั่วไป

5.2.3 ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าตัวอย่างนั้นได้แห้งสนิทไม่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นแล้ว เนื่องจากค่าที่อ่านได้จากโหลดเซลล์ไม่เป็นค่าที่แน่นอนมีความผิดพลาดเกิดขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เปลี่ยนไปใช้ โหลดเซลล์ (Load Cell) แบบสเตรนเกจ (Strain Gage) ที่มีคุณภาพดีกว่านี้ และราคาไม่สูงมากนัก

5.3.2 ออกแบบการป้องกันสัญญาณรบกวน จากภายนอกของระบบวัดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ

5.3.3 ขยายช่วงสัญญาณอินพุต ก่อนเข้า A to D 16 บิต ให้มีช่วงสัญญาณกว้างมากกว่านี้ (เพื่อเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด จะได้น้อยลง)

5.3.4 ใช้ไมโครเวฟที่มีการยิงคลื่นหลายทิศทางเพื่อให้ตัวอย่างได้แห้งสม่ำเสมอทุกส่วน

บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง

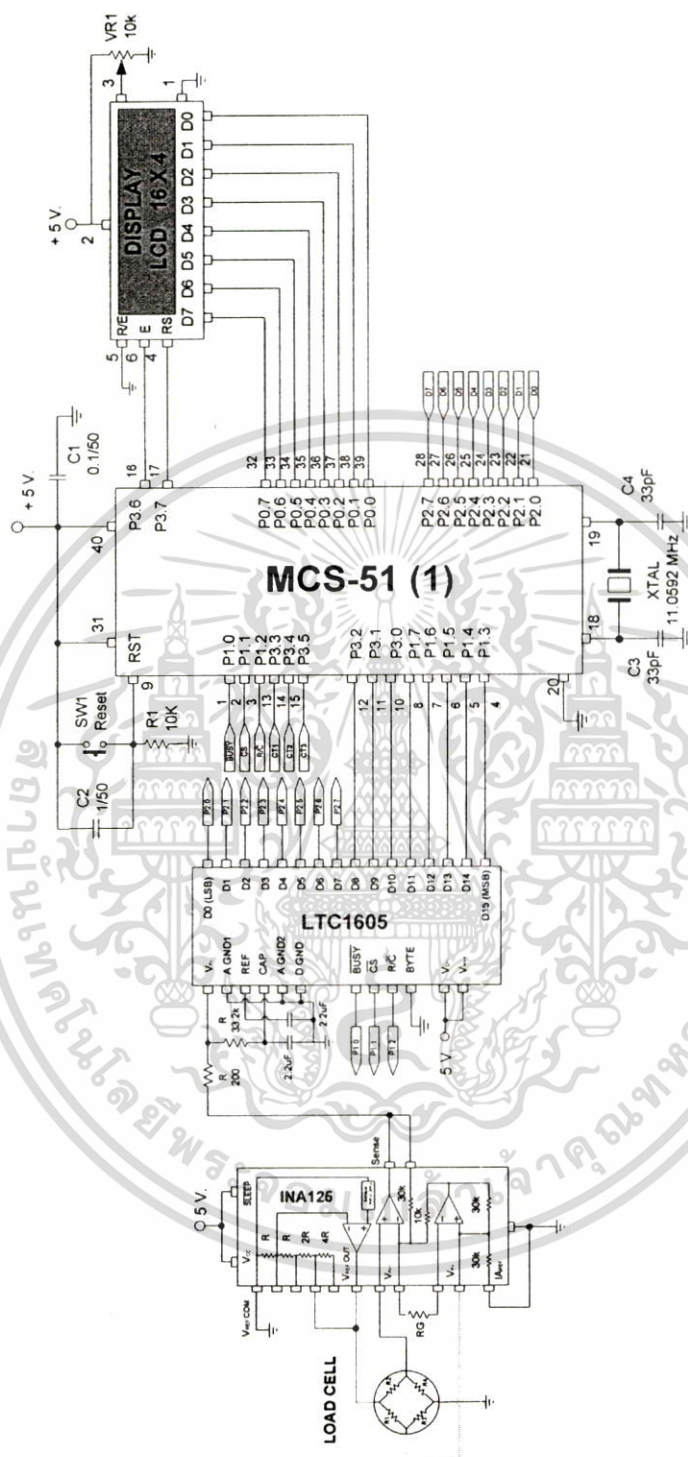
- [1] อนันต์ พงษ์จรกุลพานิช. 2539. “การศึกษาการอบแห้งข้าวโพดโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไดเซชัน.”วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน มจร.
- [2] วิวัฒน์ วุฒิวิวัฒน์ชัย. 2540. “แนวทางที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งถั่วเหลืองโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [3] ณัฐพล ภูมิสะอาด สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ อภิชิต เทอดโยธิน. 2542. “แบบจำลองการแพร่ความชื้นของข้าวเปลือกที่อบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน.”หน้า 268-273. ในการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี.
- [4] บุญมี ศิริ และ ศิริพร ศรีล้อม, 2546, “การศึกษาการตรวจสอบความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยไมโครเวฟ” , การสัมมนาวิชาการเกษตรประจำปี 2546 วันที่ 27-28 มกราคม 2546, ณ ห้องประชุมกวี จุติกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [5] Srivastava, V.K. and John, J. 2002. “Deep bed grain drying modeling” Energy Conversion and management. 43: 1689-1708.
- [6] Akpinar, E. Midilli, A. and Bicer, Y. 2003. “Single layer drying behavior of potato slices in a convective cyclone dryer and mathematical modeling.” Energy Conversion and Management. 44 : 1689-1705.
- [7] “ผลของความชื้นต่อสินค้าเกษตรและการพัฒนาเครื่องมือ” [Online]. เข้าถึงได้จาก: www.mtec.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=890&Itemid=36
- [8] “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องชั่ง” [Online]. เข้าถึงได้จาก : [http://www.servicescale.com /article?id=21879&lang=th](http://www.servicescale.com/article?id=21879&lang=th)
- [9] “เปิดตำนาน Straingage Load Cell” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://xn-42cgal7joc4a7b0e0de.blogspot.com/2009/09/straingage-loadcell.html>
- [10] “เตาอบไมโครเวฟ” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://th.wikipedia.org/wiki>
- [11] “ไมโครเวฟคืออะไรและทำงานได้อย่างไร” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.lib.kmutt.ac.th/st4kid/nonFlash/services/getText.jsp?id=191>
- [12] “เตาไมโครเวฟ อยู่ใกล้แค่ไหนถึงโดนรังสีทำร้าย” [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.atlasunit.info/th/genaral/genaral_03.html
- [13] ผศ. ดร.วรวงศ์ ตั้งศรีรัตน์ “เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์” กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ,2550.
- [14] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล และวรวงษ์ กรแก้ววัฒนกุล. “ MCS-51 เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบแฟลช. ” กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- [10] ประจัน พลังสันติกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล “ ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51- กับ Keil C51. ” กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- [15] ผศ.ธีรวัฒน์ ประกอบผล“การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์.”กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. ,2546
- [16] ธาริน สิทธิธรรมชารี“สร้างโปรแกรมบน Windows ด้วย Visual Basic.”กรุงเทพฯ:ซัคเซสมิเดีย จำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



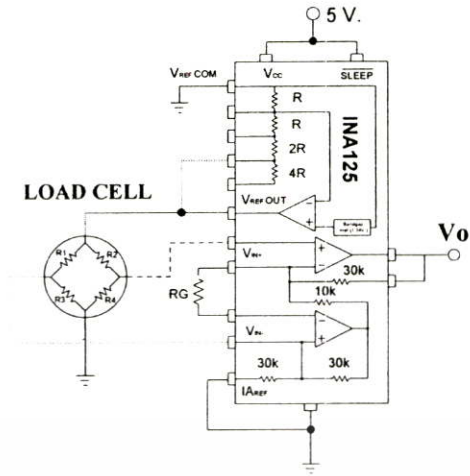
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรวมของระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ



รูปที่ ก1 วงจรส่วนของการชั่งน้ำหนักโดยใช้ A to D 16 บิต

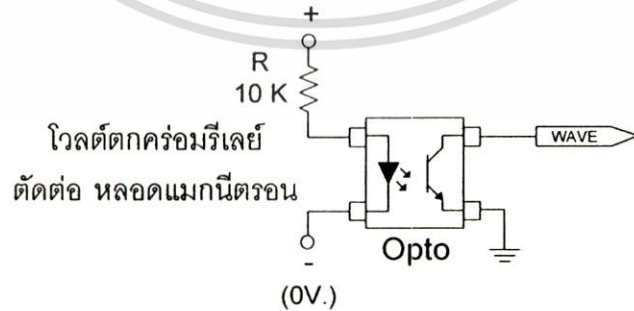
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก2 วงจรขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์

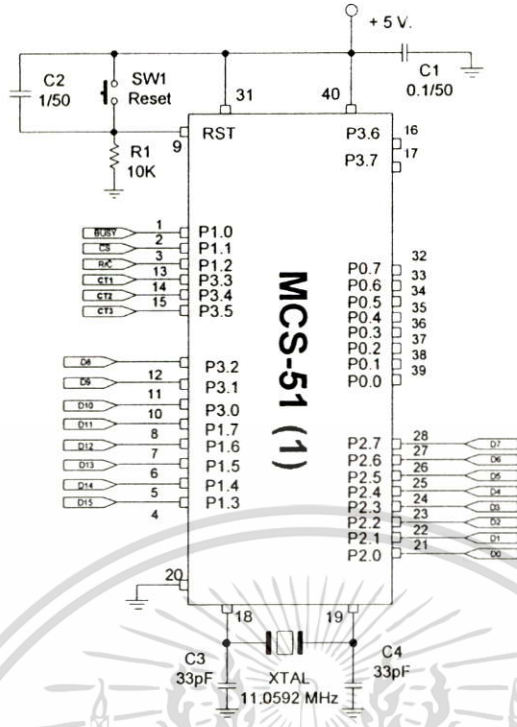


รูปที่ ก3 แสดงวงจรตัดต่อไมโครเวฟ

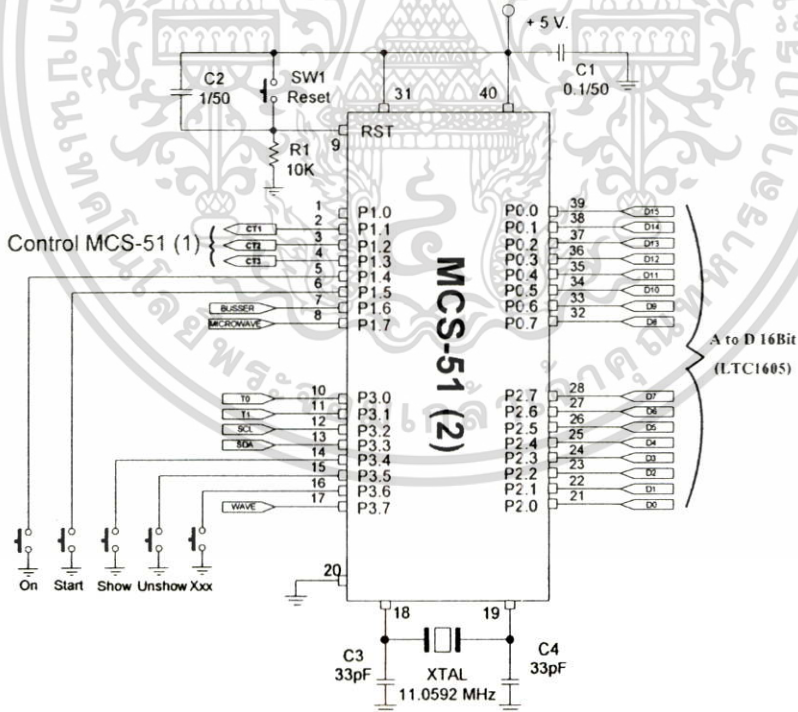


รูปที่ ก4 แสดงวงจรตรวจสอบการทำงานของหลอดแมกนีตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

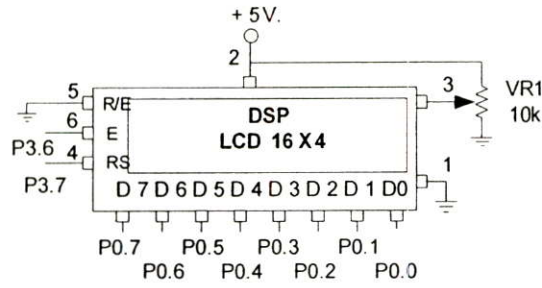


รูปที่ ก5 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1



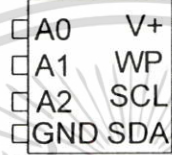
รูปที่ ก6 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

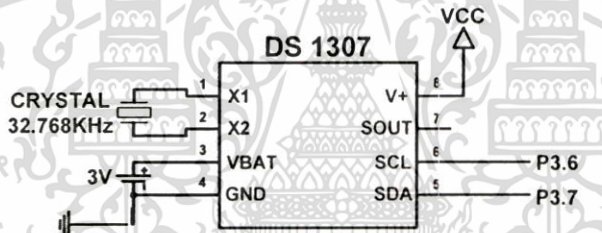


รูปที่ ก7 แสดงวงจรแสดงผลออกจอแอลซีดี (LCD)

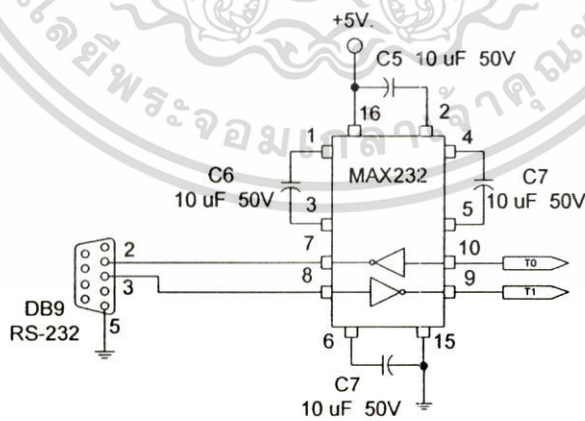
24LC256



รูปที่ ก8 แสดงวงจรหน่วยความจำ (24LC256)



รูปที่ ก9 แสดงวงจรไอซีฐานเวลา



รูปที่ ก10 แสดงวงจรรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

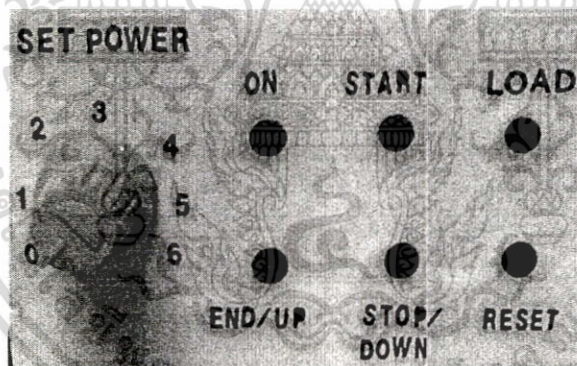
คู่มือการใช้งานเครื่องต้นแบบการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความชื้นผลผลิต การเกษตรตามเวลาจริงโดยใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อทำนายการอบแห้ง

ในส่วนของการใช้งานของตัวเครื่องสามารถที่จะเลือกโหมดการทำงานได้ 2 โหมด คือ

1. โหมดตรวจวัดความชื้น
2. โหมดลดความชื้น



รูปที่ ข1 ระบบวัดความชื้นโดยการอบแห้งด้วยคลื่นไมโครเวฟ



รูปที่ ข2 แสดงปุ่มกดการทำงาน

ปุ่มแต่ละปุ่มมีหน้าที่การทำงานดังต่อไปนี้

- ปุ่ม On แสดงค่าน้ำหนัก
- ปุ่ม Start เริ่มต้นทำการอบและเก็บข้อมูล
- ปุ่ม Load แสดงข้อมูลออกทางคอมพิวเตอร์
- ปุ่ม End/Up สิ้นสุดการแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์
- ปุ่ม Stop/Down สิ้นสุดการอบและเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ่ม Reset ทำการรีเซทไมโครคอนโทรลเลอร์

1. โหมดการตรวจวัดความชื้นมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1

ทำการเปิดเครื่องและเปิดฝาเครื่อง เพื่อทำการตั้งงานชั่ง ในที่นี้งานชั่งสามารถที่จะใช้ขนาดกี่กรัมก็ได้ เนื่องจากจะมีการเซ็ทให้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นให้เป็นศูนย์กรัมในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2

ทำการกดปุ่ม On เพื่อทำการเซ็ทให้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นให้เป็นศูนย์กรัม

ขั้นตอนที่ 3

นำตัวอย่างที่ต้องการตรวจวัดความชื้นตั้งไว้บนงานชั่งและค่าน้ำหนักก็จะแสดงผลในบรรทัดแรกของจอแอลซีดี หลังจากนั้นให้ทำการปิดฝาเครื่อง

ขั้นตอนที่ 4

ตั้งกำลังวัดและเวลาที่ต้องการใช้ในการตรวจวัดความชื้น โดยจะมีปุ่มปรับ Set Time สำหรับการตั้งเวลา และปุ่มปรับ Set Power สำหรับตั้งกำลังวัด โดยทั้ง 2 ปุ่มปรับนี้จะมีตัวเลขบ่งบอกระดับอยู่

ขั้นตอนที่ 5

ทำการกดปุ่ม Start หลังจากนั้นเครื่องก็จะเริ่มทำการอบและเก็บค่าน้ำหนักและเวลาไว้ในหน่วยความจำ เมื่อน้ำหนักคงที่หรือมีการกดปุ่ม Stop ก็จะหยุดทำการอบและหยุดการเก็บข้อมูลและจะขึ้นน้ำเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้ายและเปอร์เซ็นต์ความชื้นขึ้นมา

ขั้นตอนที่ 6

เมื่อต้องการข้อมูลที่ได้ทำการเก็บไว้ ก็สามารถที่จะโหลดเข้าสู่คอมพิวเตอร์ได้โดยทำการต่อสาย RS 232 ที่อยู่บริเวณด้านข้างของระบบ และกดปุ่ม Load และเมื่อข้อมูลได้โหลดเข้าสู่คอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้วก็ทำการกดปุ่ม End

ขั้นตอนที่ 7

เมื่อต้องการตรวจวัดความชื้นของตัวอย่างถัดไป ก็ทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 6

2. โหมดการตรวจวัดความชื้นมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1

ทำการเปิดเครื่องและเปิดฝาเครื่อง เพื่อทำการตั้งงานชั่ง ในที่นี้งานชั่งสามารถที่จะใช้ขนาดกี่กรัมก็ได้ เนื่องจากจะมีการเซ็ทให้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นให้เป็นศูนย์กรัมในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2

ทำการกดปุ่ม Start เพื่อทำการเซ็ทให้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นให้เป็นศูนย์กรัม

ขั้นตอนที่ 3

ทำการตั้งเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ต้องการจะลดโดยสามารถที่จะกดปุ่ม Up เพื่อทำการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการทีละ 1 เปอร์เซ็นต์ หรือกดปุ่ม Down เพื่อทำการลดเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการทีละ 1 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนที่ 4

ทำการกดปุ่ม Start เพื่อเริ่มต้นการทำงานในโหมดของการลดความชื้น

ขั้นตอนที่ 5

นำตัวอย่างที่ต้องการลดความชื้นตั้งไว้บนจานชั่งและค่าน้ำหนักก็จะแสดงผลในบรรทัดแรกของจอแอล ซีดี หลังจากนั้นทำการปิดฝาเครื่อง

ขั้นตอนที่ 6

ตั้งกำลังวัตต์และเวลาที่ต้องการใช้ในการลดความชื้น โดยจะมีปุ่มปรับ Set Time สำหรับการตั้งเวลา และปุ่มปรับ Set Power สำหรับตั้งกำลังวัตต์ โดยทั้ง 2 ปุ่มปรับนี้จะมีตัวเลขบ่งบอกระดับ

ขั้นตอนที่ 7

ทำการกดปุ่ม Start หลังจากนั้นเครื่องก็จะเริ่มทำการอบและเก็บค่าน้ำหนักและเวลาไว้ในหน่วยความจำ เมื่อน้ำหนักคงที่หรือมีการกดปุ่ม Stop ก็จะหยุดทำการอบและหยุดการเก็บข้อมูลและจะขึ้นน้ำเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้ายและเปอร์เซ็นต์ความชื้นขึ้นมา

ขั้นตอนที่ 8

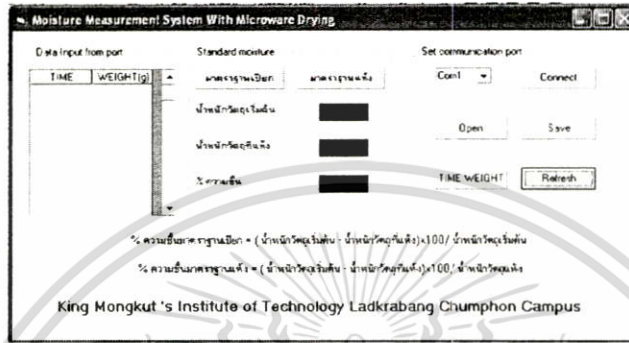
เมื่อต้องการข้อมูลที่ได้ทำการเก็บไว้ ก็สามารถที่จะโหลดเข้าสู่คอมพิวเตอร์ได้โดยทำการต่อสาย RS 232 ที่อยู่บริเวณด้านหลังของระบบ และกดปุ่ม Load และเมื่อข้อมูลได้โหลดเข้าสู่คอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้วก็ทำการกดปุ่ม End

ขั้นตอนที่ 9

เมื่อต้องการลดความชื้นของตัวอย่างถัดไป ก็ทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 8

การใช้งานส่วนโปรแกรมโหลดข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์

เมื่อต้องการที่จะโหลดข้อมูลในกระบวนการวัดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ เข้าคอมพิวเตอร์ก็สามารถทำได้โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



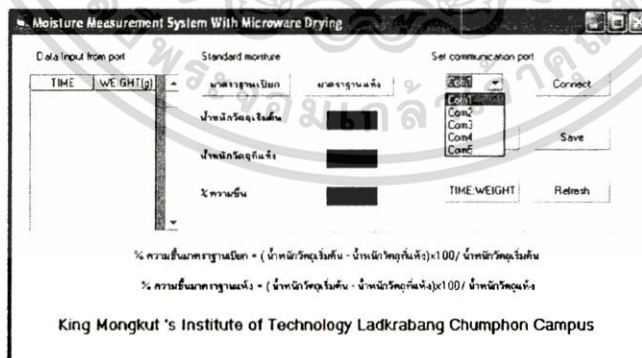
รูปที่ ข3 โปรแกรมโหลดข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ของระบบวัดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟ

ขั้นตอนที่ 1

ทำการต่อสาย คอมพอร์ต RS232 ระหว่างตัวเครื่องและคอมพิวเตอร์ต่อจากนั้นก็ทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมา ดังในรูปที่ ข3

ขั้นตอนที่ 2

ทำการเลือกคอมพอร์ต ว่าสายข้อมูล ที่ผ่าน พอร์ต RS232 เป็น Com ไหนแต่ในที่นี้คือ Com 5 ดังในรูปที่ ข4

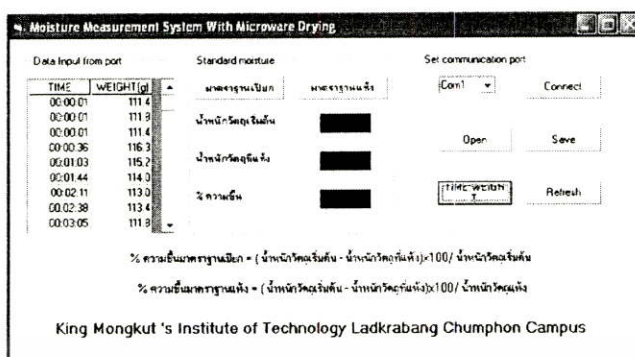


รูปที่ ข4 แสดงการเลือกคอมพอร์ต

ขั้นตอนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

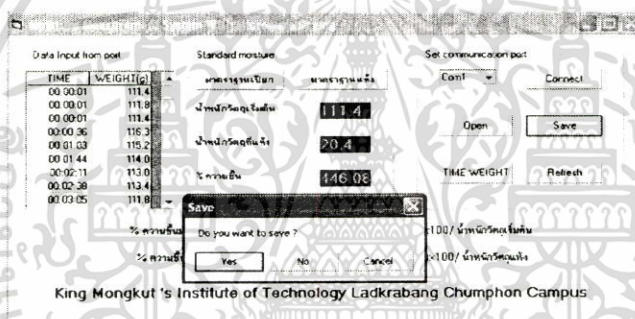
ทำการกดปุ่ม Connect เพื่อเชื่อมต่อการส่งข้อมูลและข้อมูลก็จะแสดงขึ้นมาดังในรูปที่ ข5



รูปที่ ข5 แสดงข้อมูลที่ได้ทำการส่งผ่านพอร์ต RS232

ขั้นตอนที่ 4

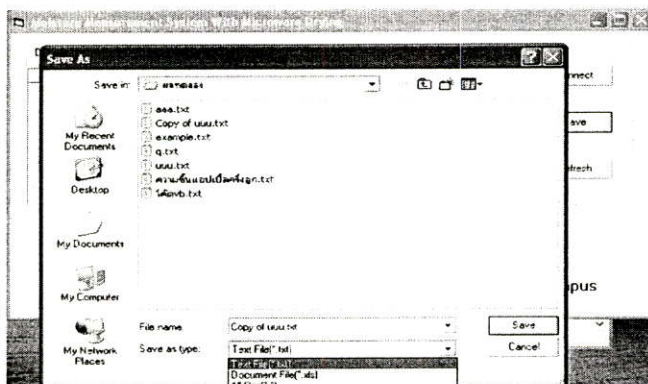
ทำการบันทึกข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์โดยทำการการกดปุ่ม Save ดังแสดงในรูปที่ ข6



รูปที่ ข6 แสดงการบันทึกข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนที่ 5

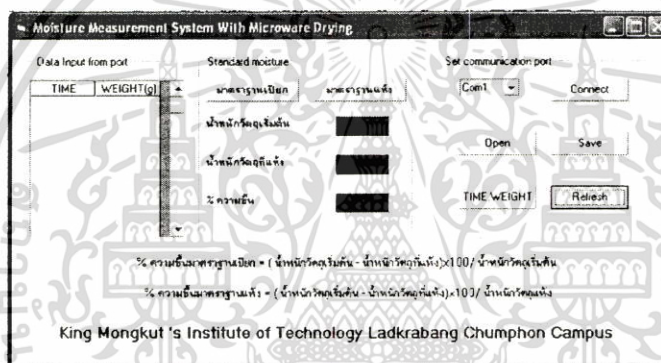
ทำการบันทึกชื่อและเลือกประเภทไฟล์ในที่นี่ได้ตั้งชื่อว่า ความชื้นของแอปเปิ้ลครึ่งลูก และเป็นไฟล์ .txt ดังในรูปที่ ข7



รูปที่ ข7 แสดงการตั้งชื่อไฟล์และเลือกประเภทไฟล์

ขั้นตอนที่ 6

เมื่อต้องการรับข้อมูลเข้ามาใหม่ในครั้งต่อไปก็ทำการกดปุ่ม Refresh เพื่อเริ่มรับข้อมูลใหม่ดังแสดงในรูปที่ ข8



รูปที่ ข8 แสดงการ Refresh เพื่อรับข้อมูลที่จะเข้ามาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้วิจัยหลัก/ผู้วิจัยร่วม/ที่ปรึกษาโครงการ

1. หัวหน้าโครงการ

1.1 ชื่อ (ภาษาไทย) (อังกฤษ)	นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์ MR. Montree CHAICHANYUT
1.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน	3 9001 00182 80 8
1.3 ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ระดับ 5
1.4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้	
แผนก/ภาควิชา	ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ วิทยาเขตชุมพร
กรม/มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่	หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
โทรศัพท์	077-591-445
โทรสาร	077-506-410
Email:	kcmontre@kmitl.ac.th

1.5 ประวัติการศึกษา

ปีจบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2547	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2545	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

1.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- อิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์และการประมวลผลสัญญาณ
- วิศวกรรมระบบเครื่องมือวัดควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

1.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

1.7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

1.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง Microwave Ablation with Cap-Choke Antenna: Result in Computer Simulation
- วารสาร International Conference organized by Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2010),
- ปีที่พิมพ์ 19-21 MAY,2010 ,Chiang Mai, THAILAND
- สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง ความเป็นไปได้ในการตรวจจับการลอกคราบของปูด้วยวิธีการประมวล ผลภาพสำหรับฟาร์มปูนิม
- วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
- ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
- สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชื่อเรื่อง เทคนิคการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟแบบสาย พานลำเลียง
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง เครื่องคัดแยกขนาดสับประคโดยใช้อินฟราเรดเซนเซอร์
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง เครื่องคั่วกาแฟ
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,6-7 พฤษภาคม 2553
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง การออกแบบโพรบตรวจจับความชื้นในผิวดินด้วยวิธีการวัดความนำ ไฟฟ้า
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง ระบบต้นแบบการเก็บข้อมูลขนาดความยาว และ น้ำหนักของปลาทะเล
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง ระบบต้นแบบการตรวจจับการลอกคราบของปูทะเลสำหรับฟาร์มปูนิมด้วยวิธีการ
ประมวลผลภาพ
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง ต้นต้นแบบเพื่อการเพาะถั่วงอกปลอดสารพิษในครัวเรือนด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิ และ
ความชื้น
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
ปีที่พิมพ์ ประเทศไทย,1-3 เมษายน 2552
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง LENGTH EFFECT OF DIELECTRIC-TIP MONOPOLE ANTENNA TO TEMPERATURE DISTRIBUTIONS
FOR MICROWAVE ABLATION
วารสาร International Conference on Cellular & Molecular Bioengineering
ปีที่พิมพ์ 10-12th December 2007, Singapore
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- ชื่อเรื่อง LENGTH EFFECT OF METAL-TIP MONOPOLE ANTENNA TO TEMPERATURE DISTRIBUTIONS
FOR MICROWAVE ABLATION
วารสาร World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006
ปีที่พิมพ์ August 27 –September 1 WC 2006
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชื่อเรื่อง COMPARISON TEMPERATURE DISTRIBUTION BETWEEN MICROWAVE AND RADIO-FREQUENCY ABLATION PROBE IN HEPATIC CANCER
วารสาร World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006
ปีที่พิมพ์ August 27 –September 1 WC 2006
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
 - ชื่อเรื่อง “FINITE ELEMENT METHOD FOR ANALYSIS OF HEPATIC CANCER TISSUE DESTRUCTION USING 2.45 GIGAHERTZ ANTENNAS”
วารสาร ICBME the 12th INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOMEDICAL ENGINEERING
ปีที่พิมพ์ December 7-10, 2005
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
 - ชื่อเรื่อง “Finite Element Analyses for a study of Hepatic cancer tissue destruction using monopolar and bipolar Radio-frequency Ablation”
วารสาร ISBME INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMEDICAL ENGINEERING
ปีที่พิมพ์ November 16-18, 2004
สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
 - ชื่อเรื่อง “ระบบเก็บข้อมูลสำหรับอุณหภูมิและความชื้น”
วารสาร การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5
ปีที่พิมพ์ 2547
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
- 1.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ
- ชื่อเรื่อง “การศึกษาอัลกอริทึมในการประมวลผลภาพสำหรับการตรวจจับการลอกคราบของปูนฉาบในฟาร์มเลี้ยง”
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
แหล่งเงินทุน งบวิจัยเงินรายได้วิทยาเขตชุมพร 2553
 - ชื่อเรื่อง “เทคนิคการทดสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์โดยการใช้คลื่นไมโครเวฟ”
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
แหล่งเงินทุน งบวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2553
 - ชื่อเรื่อง “เครื่องต้นแบบสำหรับสร้างแบบแม่พิมพ์กระดาษเพาะชำต้นกล้าจากเส้นใยหลายปาล์มเพื่อช่วยลดโลกร้อน”
สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย
แหล่งเงินทุน งบวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2553

2. ผู้ร่วมวิจัย

- 2.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายพิมล ผลพฤกษา
(อังกฤษ) MR. Phimon PHONPHUKSA
- 2.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 8601 00763 24 1
- 2.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 5
- 2.4 หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้
- | | | | |
|-----------------|--|---------|---------------|
| แผนก/ภาควิชา | ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ | กอง/คณะ | วิทยาเขตชุมพร |
| กรม/มหาวิทยาลัย | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อยู่ หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
 โทรศัพท์ 077-591-445
 โทรสาร 077-506-410
 Email: kpphimon@kmitl.ac.th

2.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	โท	วศ.ม.	วิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2543	ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

2.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- อิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์และการประมวลผลสัญญาณ
- วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และการประมวลผล

2.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

- 3.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย
- 3.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
- 3.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์การเผยแพร่และสถานภาพในการทำวิจัย
- ชื่อเรื่อง “วิธีการและเครื่องมือในการวัดหาค่า ผลตอบสนองการส่งผ่านของฮีมาโตคริตโดยวิธีการทางแสง”
 วารสาร การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 25 (EECON-25)
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ปีที่พิมพ์ 2545
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
 - ชื่อเรื่อง “A Photoplethysmographic Method For real time Hematocrit Monitoring”
 วารสาร International Congress on Biological and Medical Engineering (ICBME)
 ปีที่พิมพ์ 2002
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
- 2.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ ---

3. ผู้ร่วมวิจัย

- 3.1 ชื่อ (ภาษาไทย) นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ
 (ภาษาอังกฤษ) Mr. Athasart NARKTHEWAN
- 3.2 มายประจำตัวประชาชน 3 8097 00050 44 8
- 3.3 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ ระดับ 5
- 3.4 หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้
 แผนก/ภาควิชา ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ที่อยู่ หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
 โทรศัพท์ 077-591-445
 โทรสาร 077-506-410
 Email: knathasa@kmitl.ac.th

3.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	โท	วศม.	วิศวกรรมไฟฟ้า	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2536	ตรี	คอบ.	ครุศาสตร์ วิศวกรรม	อิเล็กทรอนิกส์ และ คอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

3.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- Image Processing
- Pattern Recognition

3.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

3.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

3.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

3.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง “การตรวจสอบหาสิ่งผิดปกติในเท็กเจอร์ของผ้าไหมโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต.”
 วารสาร การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41
 ปีที่พิมพ์ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546.
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
- ชื่อเรื่อง “การวิเคราะห์เท็กเจอร์โดยใช้การแปลงเวฟเล็ต.”
 วารสาร การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 20
 ปีที่พิมพ์ พฤศจิกายน 2540.
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย
- ชื่อเรื่อง “การแก้ไขรายละเอียดของภาพโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต.”
 วารสาร วิศวกรรมลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ปีที่พิมพ์ เมษายน 2540.
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

3.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ

—

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผู้ร่วมวิจัย

4.1 ชื่อ (ภาษาไทย) (อังกฤษ)	นางสาวรัตติกกร สมบัติแก้ว MISS RATTIKORN SOMBUTKAEW
4.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน	3 8413 00139 73 8
4.3 ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ระดับ 4
4.4 หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้	
แผนก/ภาควิชา	ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ วิทยาเขตชุมพร
กรม/มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่	หมู่ 6 ต.ชุมโค อ.ปะทิว จ.ชุมพร 86160
โทรศัพท์	077-591-445
โทรสาร	077-506-410
Email:	ksrattik@kmitl.ac.th

4.5 ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2548	โท	วศ.ม.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	คอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2539	ตรี	อส.บ.	อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	มหาวิทยาลัยสยาม	ไทย

4.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

- การประมวลผลภาพ

4.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

4.7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

4.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

4.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ชื่อเรื่อง "Color Image Query Using Hierarchical Search by Region of Interest with Color Indexing"

วารสาร International Conference on Control Automation and System (ICCAS 2004)

ปีที่พิมพ์ Thailand, August 2004

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

- ชื่อเรื่อง "Non-uniform Color Quantization for Content-Base Image Retrieval"

วารสาร Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI) International Conference 2007

ปีที่พิมพ์ Thailand, 2007, May 9-12

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้วิจัย

4.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ

5. ที่ปรึกษาโครงการ

5.1 ชื่อ (ภาษาไทย)	นายพลศาสตร์ เลิศประเสริฐ
(ภาษาอังกฤษ)	Mr.Polsart LERTPASERT
5.2 เลขหมายประจำตัวประชาชน	3 3001 00371 48 7
5.3 ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ ระดับ 7
5.4 หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้	
แผนก/ภาควิชา	ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ กอง/คณะ คณะวิศวกรรมศาสตร์
กรม/มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่	3 หมู่ 2 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์	02-326-4222-3
โทรสาร	02-7392398
Email:	klpolsar@kmitl.ac.th

5.5 ประวัติการศึกษา

ปีจบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2533	ปริญญาโท	ว.ศ.ม. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2530	ปริญญาตรี	อ.ส.บ. อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

5.6 สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และการประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
วิศวกรรมระบบควบคุม อิเล็กทรอนิกส์กำลัง และวิศวกรรมคลื่นเสียง

5.7 ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

5.7.1 การบริหารงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย

5.7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

5.7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์การเผยแพร่และสถานภาพในการทำวิจัย

- ชื่อเรื่อง “เครื่องต้นแบบเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ อัตราการเต้นของหัวใจ และอัตราการหายใจ แบบแสดงผลบนจอภาพใช้ในสนาม”

วารสาร รายงานการวิจัยห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์ทางการแพทย์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีที่พิมพ์ 2530

สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อเรื่อง “ระบบแสดงสัญญาณจากร่างกายสำหรับห้องผู้ป่วยหนัก”

วารสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 10 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปีที่พิมพ์ 24-25 พฤศจิกายน 2530
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
 - ชื่อเรื่อง “ระบบส่งคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วยคลื่นวิทยุ”
 วารสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า 9 สถาบัน ครั้งที่ 11 คณะวิศวกรรม
 เทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
- ปีที่พิมพ์ 16-17 ธันวาคม 2531
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
 - ชื่อเรื่อง “เครื่องวัดความดันโลหิตควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์”
 วารสาร การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 13 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ
 วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ปีที่พิมพ์ 8-9 พฤศจิกายน 2533
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
 - ชื่อเรื่อง “เทคนิคการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของร่างกาย”
 วารสาร การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 14 คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่
- ปีที่พิมพ์ 7-8 พฤศจิกายน 2534
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
 - ชื่อเรื่อง “การใช้จอ VGA ในการแสดงผลรูปสี่เหลี่ยม”
 วารสาร การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 15 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ปีที่พิมพ์ 3-4 ธันวาคม 2535
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
 - ชื่อเรื่อง “เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ 2 ช่องสัญญาณ”
 วารสาร วิศวกรรมสาร ปีที่ 46 เล่มที่ 8
- ปีที่พิมพ์ สิงหาคม 2535
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
 - ชื่อเรื่อง “Microprocessor base Arrhythmia Monitor Processing”
 วารสาร Asian Australia Regional Conference on Biomedical Electronics 1994, Institute
 Technology Bandung, INDONESIA
- ปีที่พิมพ์ 27-29 April 1994
 สถานภาพในการทำวิจัย ผู้ร่วมวิจัย
- 5.7.4 งานวิจัยที่กำลังจะทำ: ชื่อเรื่องและสถานภาพในการทำวิจัย
 - ชื่อเรื่อง “การสร้างต้นแบบแขนกลโดยใช้เส้นใยไฟเบอร์”
 สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
 - ชื่อเรื่อง “การควบคุมแขนกลแบบป้อนกลับทางลบ”
 สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
 - ชื่อเรื่อง “เครื่องส่งสัญญาณโทรทัศน UHF”
 สถานภาพในการทำวิจัย ที่ปรึกษาโครงการ
 - ชื่อเรื่อง “การควบคุมหุ่นยนต์อัตโนมัติ”
 สถานภาพในการทำวิจัย หัวหน้ากลุ่มวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้