ใบรับรองรูปเล่มปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565
สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมหุ่นยนต์ และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ชื่อโครงงาน เครื่องเตรียมแป้งโรตี กึ่งอัตโนมัติ
SEMI-AUTOMATIC ROTI DOUGH PREPARATION MACHINE

ผู้จัดทำ

1.นายชนายุทธ ชุมคง รหัสนักศึกษา 63201273

2.นายวัชรินทร์ นุ่นสังข์ รหัสนักศึกษา 63201284

ด้วยข้าพเจ้านักศึกษาวิศวกรรมหุ่นยนต์ และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ สจล.วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมหุ่นยนต์ และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ ซึ่งในการนี้ข้าพเจ้าได้แก้ไขเนื้อหาและจัดทำรูปเล่มตามข้อกำหนดของรูปเล่มปริญญานิพนธ์เรียบร้อยแล้ว จึงขอให้อาจารย์ตรวจสอบ และรับรองความถูกต้องเหมาะสมของปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วย

อาจารย์รับรองรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.อาจารย์ สักกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์ ลงชื่อ .....
2.อาจารย์ ว่าที่ร้อยตรีศิลา ศิริมาสกุล ลงชื่อ .....
3.อาจารย์ ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข ลงชื่อ .....
4.อาจารย์ ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์ ลงชื่อ .....
5.อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกูล ลงชื่อ .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ

SEMI-AUTOMATIC ROTI DOUGH PREPARATION MACHINE

ชนายุทธ ชุมคง

CHANAYUT CHUMKONG

วัชรินทร์ นุ่นสังข์

WASCHARIN NUNSANG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ

SEMI-AUTOMATIC ROTI DOUGH PREPARATION MACHINE

ชนายุทธ ชุมคง

CHANAYUT CHUMKONG

วัชรินทร์ นุ่นสังข์

WASCHARIN NUNSANG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2023
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เรื่อง เครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ

Semi-Automatic Roti Dough Preparation Machine

ผู้จัดทำ

1. นายชนายุทธ ชุมคง รหัสนักศึกษา 63201273
2. นายวัชรินทร์ นุ่นสังข์ รหัสนักศึกษา 63201284

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญานิพนธ์	เครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ		
นักศึกษา	นายชนายุทธ ชุมคง	รหัสนักศึกษา	63201273
	นายวัชรินทร์ นุ่นสังข์	รหัสนักศึกษา	63201284
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกูล		
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ		
ปีการศึกษา	2565		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการเตรียมแป้งโรตี โดยใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติมาทดแทนการใช้กำลังจากคน เพื่อนวดส่วนผสมให้เข้ากัน ใช้การต่อบอร์ดอาดุยโน่กับโหลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักส่วนผสมให้ได้ตามค่าที่กำหนด โดยได้โปรแกรมโหมดเอาไว้ 3 น้ำหนักคือ 1 กิโลกรัม 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม มีโหมดแจ้งเตือนการพักแป้ง 40 นาที และมีโหมดตัดแป้งเพื่อปั้นแป้งโรตี

เครื่องเตรียมแป้งโรตี กึ่งอัตโนมัตินั้นสามารถปั้นแป้งให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ผิดพลาดไม่เกิน ±1.5 กรัม ตัวเครื่องมีโหลดเซลล์ที่ใช้ชั่งน้ำหนักของส่วนผสม และปล่อยผ่านมอเตอร์วาล์วลงถังนวดแป้ง และสามารถนวดวัตถุดิบ เช่น แป้ง น้ำมัน น้ำ เนยละลาย และไข่ไก่ ให้ได้ตามอัตราส่วนผสมและได้ความเหนียวที่ต้องการ แป้ง 1 ก้อนต้องยืดได้ความยาวขั้นต่ำ 20 เซนติเมตร

คำสำคัญ: อาดุยโน่, มอเตอร์, มอเตอร์วาล์ว, กึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Semi-Automatic Roti Dough Preparation Machine		
Students	Mr.Chanayut Chumkong	**Student ID**	63201273
	Mr.Wascharin Nunsang	**Student ID**	63201284
Advisor	Asst.Prof.Dr.Passaphon Manosukritkul		
Degree	Bachelor of Engineering		
Program in	Robotics and Intelligent Electronics Engineering		
Academic Year	2022		

ABSTRACT

This project presents the preparation of roti dough. by using semi-automatic machines to replace the use of human power to knead the ingredients together Use the Arduino board and load cell to weigh the ingredients to the specified values. It has programmed 3 modes of weight: 1 kg. 2 kg. and 3 kg. It has a warning mode to rest the dough for 40 minutes and has a dough cutting mode to make roti dough.

Roti dough preparation machine Semi-automatic can mold the dough to a similar size. The error is within ±1.5 g. The unit is equipped with a load cell used to weigh the ingredients and released through the motor valve into the kneading tank and can knead raw materials such as flour, oil, water, melted butter and eggs according to the mixing ratio. and get the desired toughness (20 cm.)

Keyword: Arduino, Motor, Motorized Valve, Semi-Automatic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เรียบเรียงความรู้เกี่ยวกับ เครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ สามารถสำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาและครอบครัว ผู้ซึ่งคอยอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาตลอดจนให้กำลังใจเสมอมาตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกูล อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำต่างๆ คอยช่วยเหลือ และติดตามเกี่ยวกับโครงงานตลอดมา ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่เคารพทุกๆ ท่าน ที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำ และคอยช่วยเหลือมาโดยตลอด

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกๆ คน ที่คอยช่วยเหลือการทำโครงงานชิ้นนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากรายงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชนายุทธ ชุมคง
วัชรินทร์ นุ่นสังข์
มิถุนายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ 1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 1

1.4 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงาน 2

1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 บอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 (Arduino Mega 2560) 5

2.1.1 ขาต่อใช้งานทั่วไป 6

2.1.2 ขาต่อใช้งานอื่นๆ 6

2.2 โหลดเซลล์ (Load Cell) 6

2.3 มอเตอร์ (Motor) 7

2.3.1 มอเตอร์ มีกี่ชนิด 7

2.4 สวิตช์ (Switch) 8

2.4.1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) 8

2.4.2 สวิตช์เลือก (Selector switch) 9

2.4.3 สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Switch) 9

2.5 โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay) 10

2.5.1 การทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.2 การนำโซลิดสเตทรีเลย์ไปใช้งาน 10
2.6 โมดูล XFW-HX711 11
2.7 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) 11
2.8 มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor) 16
2.9 เซฟตี้เบรกเกอร์ (Safety Breaker) 16
2.10 บัซเซอร์ (Buzzer) 17
2.11 เซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ (Infrared Photoelectric Sensor) 17
2.11.1 การต่อสาย การต่อใช้งานเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ 17
2.12 ไพลอตแลมป์ (Pilot Lamp) 18
2.12.1 ไฟเลี้ยง (Voltage Supply) 18
2.12.2 สีแสดงสถานะ (Color) 18
2.13 โมดูลรีเลย์ (Module Relay) 19
2.14 เฟือง (Gear) 20
2.14.1 อัตราทด (Velocity ratio) 21
2.15 สายพาน (Belt) 21
2.16 โซ่ (Chain) 22
2.17 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valves) 22
2.18 วงจรลดแรงดันแบบสเต็ปดาวน์ (DC to DC Converter: Step-Down) 23

บทที่ 3 การออกแบบ และการดำเนินการ 25
3.1 บล็อคไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานของเครื่องนวดแป้งโรตี 25
3.1.1 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ 26
3.1.2 ส่วนของอินพุต (INPUT) 26
3.1.3 ส่วนของเอาต์พุต (OUTPUT) 26
3.1.4 ส่วนของสมอง (Micro processing) 26
3.2 แผนผังแสดงหลักการทำงานของโปรแกรม 27
3.3 การต่อวงจรรีเลย์ 28
3.4 การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ 29
3.5 การทำงานของตัวเครื่อง 30
3.6 การออกแบบเครื่อง 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.1 ออกแบบโครงสร้างของเครื่อง 31
3.6.2 การออกแบบเครื่องนวดแป้ง 32
3.6.3 การออกแบบเครื่องตัดแป้ง 32
3.6.4 ถังนวดแป้ง 33
3.6.5 ที่เก็บวัตถุดิบ 33
3.6.6 เครื่องตัดแป้ง 34
3.6.7 ภาพรวมของเครื่องทั้งหมด 35
3.7 อุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในเครื่อง 35
3.8 การคำนวณความเร็วรอบ 36

บทที่ 4 วิธีการดำเนินงาน และผลการทดลอง 40
4.1 การทดลองปล่อยวัตถุดิบลงถังนวดแป้งตามโหมดน้ำหนัก 40
4.2 การทดลองความเหนียวของแป้งตามระยะเวลาที่กำหนด 46
4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 46
4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง 47
4.3 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ 50
4.4 ทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดต่างๆ 54
4.5 ทดลองการตัดแป้ง 63
4.6 การทดลองชั่งน้ำหนักแป้งที่ได้จากเครื่องตัดแป้ง 70
4.7 ทดลองการแจ้งเตือนสถานะการพักแป้ง 72

บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ 74
5.1 สรุปผลการทดลอง 74
5.1.1 การทดลองปล่อยวัตถุดิบลงถังนวดแป้งตามโหมดน้ำหนัก 74
5.1.2 การทดลองความเหนียวของแป้งตามระยะเวลาที่กำหนด 74
5.1.3 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ 75
5.1.4 ทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดต่างๆ 75
5.1.5 ทดลองการตัดแป้ง 75
5.1.6 การทดลองชั่งน้ำหนักแป้งที่ได้จากเครื่องตัดแป้ง 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.7 ทดลองการแจ้งเตือนสถานะการพักแป้ง 76
5.2 ปัญหา และอุปสรรค 76
5.3 ข้อเสนอแนะ 76

เอกสารอ้างอิง 77
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ 79
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานเครื่องนวดแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ 128
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet) 135
ประวัติผู้เขียน 170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1 2
1.2 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2 3
4.1 ทดลองการปล่อยแป้งลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก 40
4.2 ทดลองการปล่อยน้ำมันลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก 41
4.3 ทดลองการปล่อยน้ำลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก 41
4.4 ทดลองการปล่อยเนยละลายลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก 42
4.5 ระยะเวลาต่อความเหนียวของแป้งทั้ง 3 น้ำหนัก 49
4.6 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ตัวที่ 1 51
4.7 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ตัวที่ 2 51
4.8 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ตัวที่ 3 52
4.9 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ตัวที่ 4 52
4.10 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมด 1 กิโลกรัม 55
4.11 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมด 2 กิโลกรัม 55
4.12 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมด 3 กิโลกรัม 56
4.13 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดตัดแป้ง 57
4.14 การทดลองนับจำนวนแป้ง โหมด 1 กิโลกรัม 63
4.15 การทดลองนับจำนวนแป้ง โหมด 2 กิโลกรัม 64
4.16 การทดลองนับจำนวนแป้ง โหมด 3 กิโลกรัม 64
4.17 การทดลองชั่งน้ำหนักแป้งที่ได้จากเครื่องตัดแป้ง 70
4.18 ตารางบันทึกผลการแจ้งเตือนการพักแป้ง 40 นาที 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 บอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 (Arduino Mega 2560) 5
2.2 วงจรบริดจ์ และสัญลักษณ์แสดงการดึง-การกดของโหลดเซลล์ 7
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 7
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 8
2.5 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) 8
2.6 สวิตช์เลือก (Selector switch) 9
2.7 สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Switch) 9
2.8 โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay) 10
2.9 โมดูล XFW-HX711 11
2.10 แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่งขนาด 24 โวลต์ 33.3 แอมป์ 800 วัตต์ 11
2.11 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 12
2.12 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบ็ค (Flyback Converter) 13
2.13 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟอเวิร์ด (Forward Converter) 13
2.14 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบพุช-พูล (Push-Pull Converter) 14
2.15 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาล์ฟ-บริดจ์ (Half-Bridge Converter) 15
2.16 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูล-บริดจ์ (Full-Bridge Converter) 15
2.17 มอเตอร์เกียร์ขนาด 24 โวลต์ 450 วัตต์ 450 รอบต่อนาที 16
2.18 เซฟตี้เบรกเกอร์ขนาด 30 แอมป์ 16
2.19 บัซเซอร์ 220 โวลต์ 17
2.20 การนำเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุไปต่อใช้งาน 17
2.21 เซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ SP8001 5 โวลต์ 18
2.22 สีของไพลอตแลมป์ 18
2.23 โมดูลรีเลย์ (Module Relay) 20
2.24 เฟืองขับ และเฟืองตาม 20
2.25 สายพานวี 21
2.26 โซ่ส่งกำลัง 22
2.27 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) 22
2.28 โซลินอยด์วาล์ว 3/2 ทาง 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.29 บอร์ดสเต็ปดาวน์ LM2596S 23
2.30 วงจรแปลงแรงดันไฟแบบสเต็ปดาวน์ LM2596S 24
3.1 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของเครื่องนวดแป้งโรตี 25
3.2 แผนผังแสดงหลักการทำงานของโปรแกรม 27
3.3 การต่อวงจรรีเลย์ 28
3.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 29
3.5 การออกแบบโครงสร้าง 31
3.6 การออกแบบถังนวดแป้ง 32
3.7 การออกแบบเครื่องตัดแป้ง 32
3.8 ถังนวดแป้ง 33
3.9 ถังเก็บวัตถุดิบ 33
3.10 ถังตัดแป้ง 34
3.11 ภาพรวมของเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ 35
3.12 มู่เล่ที่ติดตั้งอยู่กับตัวเครื่อง 37
3.13 สเตอร์ที่ต่อร่วมกับมู่เล่อีกด้านหนึ่ง 38
3.14 สเตอร์ที่ต่อร่วมกับมอเตอร์กระแสตรงของเครื่องตัดแป้ง 39
4.1 ชั่งน้ำหนักภาชนะที่นำมาใส่วัตถุดิบ 43
4.2 การปล่อยแป้งของโหมดน้ำหนัก 2 กิโลกรัม 43
4.3 การชั่งน้ำหนักแป้งที่ปล่อยออกมาตามโหมดน้ำหนัก 43
4.4 การปล่อยน้ำมันตามโหมดน้ำหนัก 1 ถึง 3 กิโลกรัม 44
4.5 การชั่งน้ำหนักน้ำมันที่ปล่อยออกมาตามโหมดน้ำหนัก 44
4.6 การปล่อยน้ำตามโหมดน้ำหนัก 1 ถึง 3 กิโลกรัม 44
4.7 การชั่งน้ำหนักน้ำที่ปล่อยออกมาตามโหมดน้ำหนัก 45
4.8 การปล่อยเนยละลายตามโหมดน้ำหนัก 1 ถึง 3 กิโลกรัม 45
4.9 การชั่งน้ำหนักเนยละลายที่ปล่อยออกมาตามโหมดน้ำหนัก 45
4.10 แกนกวนที่ใส่ใต้ฝาปิดถังเก็บแป้ง 46
4.11 ใส่วัตถุดิบลงไปในถังนวดแป้ง 47
4.12 เปิดมอเตอร์ให้ทำการนวดแป้งโรตี 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.13 เช็คความหนืดของตัวแป้งหลังจากนวดไปได้ 5 นาที 48
4.14 เช็คความหนืดของตัวแป้งหลังจากนวดไปได้ 10 นาที 48
4.15 เช็คความหนืดของตัวแป้งหลังจากนวดไปได้ 15 นาที 48
4.16 เช็คความยืดหยุ่นของตัวแป้งเมื่อทำการพัก 49
4.17 การชั่งน้ำหนักขวดน้ำกับเครื่องชั่งแบบดิจิตอล 50
4.18 ค่าน้ำหนักแรกเริ่มก่อนทำการชั่งน้ำหนัก 53
4.19 ค่าน้ำหนักตอนชั่งขวดน้ำที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม 53
4.20 ค่าน้ำหนักตอนชั่งขวดน้ำที่มีน้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม 54
4.21 สถานะการทำงานของเครื่อง 57
4.22 ทดลองการทำงานของโหมด 1 กิโลกรัม 58
4.23 ทดลองการทำงานของโหมด 2 กิโลกรัม 58
4.24 ทดลองการทำงานของโหมด 3 กิโลกรัม 59
4.25 สถานะการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ขณะมอเตอร์นวดแป้งทำงาน 59
4.26 ทดลองการทำงานของสวิตช์โหมดตัดแป้ง และปิดโหมดตัดแป้ง 60
4.27 ทดลองการเปิด-ปิดมอเตอร์วาล์วปล่อยแป้ง 60
4.28 ทดลองการเปิด-ปิดมอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำมัน 61
4.29 ทดลองการเปิด-ปิดมอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำ 61
4.30 ทดลองการเปิด-ปิดมอเตอร์วาล์วปล่อยเนยละลาย 62
4.31 การทดลองวัดไฟขณะอุปกรณ์ทำงาน 62
4.32 การชั่งน้ำหนักภาชนะที่จะนำมาใส่แป้ง 65
4.33 การชั่งน้ำหนักแป้ง 1 กิโลกรัมก่อน และหลังตัดแป้ง 65
4.34 จำนวนแป้งที่ตัดได้จากแป้ง 1 กิโลกรัมจำนวน 30 ก้อน 66
4.35 การชั่งน้ำหนักแป้ง 2 กิโลกรัมก่อน และหลังตัดแป้ง 66
4.36 จำนวนแป้งที่ตัดได้จากแป้ง 2 กิโลกรัมจำนวน 84 ก้อน 67
4.37 การชั่งน้ำหนักแป้ง 3 กิโลกรัมก่อน และหลังตัดแป้ง 67
4.38 จำนวนแป้งที่ตัดได้จากแป้ง 3 กิโลกรัมจำนวน 138 ก้อน 68
4.39 แป้งที่ติดค้างอยู่ในเครื่องตัด 68
4.40 สุ่มตัวอย่างแป้งมาวัดความยืดหยุ่น 69
4.41 สุ่มตัวอย่างแป้ง 1 ก้อนน้ำหนัก 30 กรัมมาวัดขนาด 69
4.42 สุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาชั่งน้ำหนักก้อนที่ 1 และ 2 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.43 สุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาชั่งน้ำหนักก้อนที่ 3 และ 4 71
4.44 สุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาชั่งน้ำหนักก้อนที่ 5 และ 6 71
4.45 สุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาชั่งน้ำหนักก้อนที่ 7 และ 8 72
4.46 สุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาชั่งน้ำหนักก้อนที่ 9 และ 10 72
4.47 สถานะการทำงานของโหมดพักแป้ง 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญ วัตถุประสงค์ของโครงงาน สมมติฐานของโครงงาน ขอบเขตของโครงงาน ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ แผนการดำเนินงาน และโครงสร้างของปริญญานิพนธ์

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากการเตรียมแป้งโรตีตั้งแต่ขั้นตอนแรกนั้นจำเป็นต้องใช้แรงงานจากคน ซึ่งในช่วงแรกที่ทำอาจจะยังไม่มีปัญหาอะไร แต่ในระยะยาวนั้นจะมีปัญหาทางด้านร่างกายเกิดขึ้น เช่น อาการปวดกล้ามเนื้อข้อมือ อาการปวดบริเวณท่อนแขน เมื่อใช้กำลังในการนวดแป้งโรตีบ่อยๆ จะมีอาการชาบริเวณนิ้วมือด้วย ยังไม่รวมปัญหาของตัวเนื้อแป้งที่จะมีความเหนียวซึ่งเปรียบเสมือนตัววัดคุณภาพอีก หากใช้แรงงานคนอาจจะคงประสิทธิภาพได้ไม่ตรงนัก จึงมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติขึ้นมา เพื่อลดการใช้แรงงานคน และคงความเป็นมาตรฐานในการเตรียมแป้งโรตีในแต่ละก้อนเอาไว้

1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์

1) เพื่อลดการใช้แรงงานจากมนุษย์ ในการเตรียมแป้งโรตี
2) เพื่อแก้ปัญหาความยืดหยุ่นของเนื้อแป้งจากการผสมส่วนที่แน่นอน
3) เพื่อคงประสิทธิภาพในการเตรียมแป้งโรตี โดยการใช้เครื่องจักร
4) เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมอาดุยโน่ในการควบคุมอุปกรณ์
5) เพื่อศึกษาอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ภายในเครื่อง
6) เพื่อศึกษาการออกแบบเครื่องนวดแป้ง และเครื่องปั้นแป้ง

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

1) เครื่องสามารถปล่อยส่วนผสมลงได้ตามการตั้งค่าโหมดน้ำหนัก
2) เครื่องสามารถกวนส่วนผสมให้มีความเข้ากันได้
3) เครื่องสามารถนวดแป้งให้มีความเหนียวตามที่กำหนดได้
4) เครื่องสามารถปั้นแป้งกลมให้มีขนาดใกล้เคียงกันได้ทุกลูก
5) เครื่องสามารถทำงานเป็นระบบกึ่งอัตโนมัติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1) ตัวถังกวนแป้งมีความจุ 20 ลิตร

2) เครื่องสามารถปั้นแป้งโรตี 1 กิโลกรัม ให้ได้จำนวน 40 ลูก

3) เครื่องสามารถแจ้งสถานะการทำงานเมื่อพักแป้งเป็นเวลา 40 นาที

4) เครื่องสามารถปั้นแป้งให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ผิดพลาดไม่เกิน ±1.5 กรัม

5) มีที่เก็บแป้งความจุ 4 กิโลกรัม ที่เก็บน้ำ 2 ลิตร ที่เก็บน้ำมัน 1 ลิตร ที่เก็บเนยละลาย 1 ลิตร

6) เครื่องสามารถทำแป้งโรตีได้มากสุด 3 กิโลกรัม และมีโหมดให้ใส่แป้ง 1 กิโลกรัม 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม

7) ตัวเครื่องมีโหลดเซลล์ที่ใช้ชั่งน้ำหนักของส่วนผสม และปล่อยผ่านมอเตอร์วาล์วลงหม้อกวนแป้ง

8) เครื่องสามารถกวนวัตถุดิบ เช่น แป้ง เนยละลาย น้ำ น้ำมัน ไข่ไก่ ให้ได้ตามอัตราส่วนผสม และได้ความเหนียวที่ต้องการ (20 เซนติเมตร)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถลดการใช้แรงงานของมนุษย์ได้

2) ได้ความมีประสิทธิภาพในการเตรียมแป้งโรตี

3) ได้ความรู้ในการเขียนโปรแกรมอาดุยโนในการควบคุมอุปกรณ์

4) ได้ความรู้ในด้านอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ภายในเครื่อง

5) ได้ความรู้ในการออกแบบโครงสร้างทั้งหมดของตัวเครื่อง

1.6 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานของเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ ที่ผู้จัดทำได้วางแผนไว้แบ่งออกเป็น 2 ช่วงใหญ่ๆ คือแผนดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1 และแผนการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 2 ซึ่งได้แจกแจงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1.1 และตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน			
	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
1) คิดหัวข้อโครงงานนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา	←→			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน			
	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
2) ศึกษาข้อมูลแนวทาง การเขียนโปรแกรม อุปกรณ์ที่ใช้ และหลักการทำงานทั้งหมด	←	→		
3) จัดทำโครงสร้างของเครื่องนวดแป้ง		←	→	
4) ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงบนเครื่อง			←	→
5) ทดลองการทำงานของเครื่องตามขอบเขตที่วางไว้				← →
6) จัดทำรูปเล่ม และไฟล์นำเสนองานตามขอบเขตเทอม 1				← →

ตารางที่ 1.2 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน				
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม
1) จัดทำโครงสร้างของเครื่องตัดแป้ง	← →				
2) ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดลงบนเครื่อง		← →			
3) เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน		← →			
4) ทดลองการทำงานของเครื่อง			← →		
5) แก้ไขข้อผิดพลาดทั้งหมดในตัวเครื่อง				← →	
6) จัดทำรูปเล่ม และไฟล์นำเสนองานให้สมบูรณ์					← →

1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จะอธิบายเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ เครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 5 บท แต่ละบทประกอบไปด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ แผนขั้นตอนการดำเนินงาน และโครงสร้างของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งจะมีส่วนประกอบหลักๆ คือบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 (Arduino Mega 2560), โหลดเซลล์ (Load Cell), มอเตอร์ (Motor), สวิตช์ (Switch), โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay), โมดูล XFW-HX711, สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply), มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor), เซฟตี้เบรกเกอร์ (Safety Breaker), บัซเซอร์ (Buzzer), เซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ (Infrared Photoelectric Sensor), ไพลอตแลมป์ (Pilot Lamp), โมดูลรีเลย์ (Module Relay), เฟือง (Sprocket), สายพาน (Belt), โซ่ (Chain), โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) และวงจรลดแรงดันแบบสเต็ปดาวน์ (Step-Down Converter) โดยนำมาใช้ในการประกอบ ติดตั้งจนเป็นโครงงานชิ้นนี้

บทที่ 3 ในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งจะมีบล็อคไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานของเครื่องนวดแป้งโรตี แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรม การต่อวงจรรีเลย์ การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของตัวเครื่อง การออกแบบโครงสร้าง อุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในเครื่อง และการคำนวณความเร็วรอบ

บทที่ 4 ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองของเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งจะมีการทดลองปล่อยวัตถุดิบลงถังนวดแป้งตามโหมดน้ำหนัก การทดลองความเหนียวของแป้งตามระยะเวลาที่กำหนด การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ ทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดต่างๆ ทดลองการตัดแป้ง การทดลองชั่งน้ำหนักแป้งที่ได้จากเครื่องตัดแป้ง และทดลองการแจ้งเตือนสถานะการพักแป้ง

บทที่ 5 ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปในการทดลองจากบทที่ 4 ในหัวข้อการทดลองปล่อยวัตถุดิบลงถังนวดแป้งตามโหมดน้ำหนัก การทดลองความเหนียวของแป้งตามระยะเวลาที่กำหนด การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ ทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดต่างๆ ทดลองการตัดแป้ง การทดลองชั่งน้ำหนักแป้งที่ได้จากเครื่องตัดแป้ง และทดลองการแจ้งเตือนสถานะการพักแป้ง กับปัญหาอุปสรรค และแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เจอ

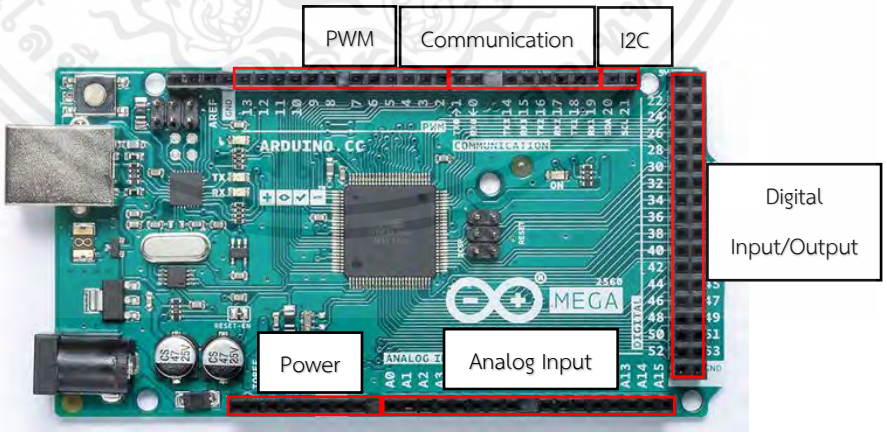
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งจะมีส่วนประกอบหลักๆ คือบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 (Arduino Mega 2560), โหลดเซลล์ (Load Cell), มอเตอร์ (Motor), สวิตช์ (Switch), โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay), โมดูล XFW-HX711, สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply), มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor), เซฟตี้เบรกเกอร์ (Safety Breaker), บัซเซอร์ (Buzzer), เซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ (Infrared Photoelectric Sensor), ไพลอตแลมป์ (Pilot Lamp), โมดูลรีเลย์ (Module Relay), เฟือง (Sprocket), สายพาน (Belt), โซ่ (Chain), โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) และวงจรลดแรงดันแบบสเต็ปดาวน์ (Step-Down Converter) โดยนำมาใช้ในการประกอบ ติดตั้งจนเป็นโครงงานชิ้นนี้

2.1 บอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 (Arduino Mega 2560)

บอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 [1] ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เป็นบอร์ดที่ใช้ชิปเอทีเมกะ 2560 เป็นบอร์ดที่ต่อยอดมาจากบอร์ดอาดุยโน่อูโน่อาร์ 3 ที่มีขาดิจิตอลอินพุต หรือเอาต์พุต 54 ขา สามารถใช้เป็น เอาต์พุตแบบพัลส์วิทมอด (PWM) ได้ 15 ขา มีอนาล็อกอินพุต 16 ขา มียูเออาร์ทีเอส (Hardware Serial Ports) 4 ขา ทำงานที่ความถี่ 16 เมกะเฮิร์ทสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิลยูเอสบีเพื่อเริ่มต้นใช้งาน โดยจะใช้โปรแกรมอาร์ดุยโน่ไอดีอีในการเขียนโค้ดควบคุมการทำงาน



รูปที่ 2.1 บอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 (Arduino Mega 2560)
(**ที่มา:** https://www.ai-corporation.net/2021/11/25/arduino-mega2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ขาต่อใช้งานทั่วไป

1) ขาวีอิน (VIN) เป็นขาจ่ายแรงดันขาเข้าของบอร์ด โดยใช้แหล่งจ่ายจากภายนอก

2) ขา 5 โวลต์ เป็นขาที่จ่ายแรงดัน 5 โวลต์ โดยควบคุมจากบอร์ด

3) ขา 3.3 โวลต์ เป็นแรงดันที่สร้างขึ้นจากเร็กกูเลเตอร์บนบอร์ด และให้กระแสได้สูงสุด 50 มิลลิแอมป์

4) ขาจีเอ็นดี (GND) เป็นขากราวด์

5) ขาไอโออาร์เอฟ (IOREF) เป็นขาที่ให้แรงดันอ้างอิงกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเลือกค่าแรงดันให้กับชีลด์ (Shield) ที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด

2.1.2 ขาต่อใช้งานอื่นๆ

1) ขาเชื่อมต่อวงจรภายนอก 2, 3, 18, 19, 20, 21 ขาเหล่านี้สามารถกำหนดค่าที่เรียกอินเทอรัป (Interrupt) ในค่าต่ำๆ ขอบขาขึ้น และลง หรือเปลี่ยนแปลงค่าได้

2) ขาพัลส์วิทมอด (PWM) ขา 2 ถึง 13 และ 44 ถึง 46 ให้พัลส์วิทมอดเอาต์พุต 8 บิท

3) ขาเอสพีไอ (SPI) ขา 50 (MISO), ขา 51 (MOSI), ขา 52 (SCK) และขา 53 (SS) ใช้สำหรับรองรับการสื่อสารแบบเอสพีไอ (SPI) โดยที่ไม่เกี่ยวข้องกันกับไอซีเอสพี เฮดเดอร์ (ICSP Header)

4) แอลอีดี 13 เป็นบิวด์อินแอลอีดี ที่เชื่อมต่อกับดิจิตอลขา 13 เมื่อพินมีค่าเป็น 1 แอลอีดีจะติด แต่เมื่อพินเป็น 0 แอลอีดีจะดับ

5) ขาทีดับเบิลยูไอ (TWI) ขาที่ 20 (SDA) และ 21 (SCL) รองรับการเชื่อมต่อแบบ ทีดับเบิลยูไอ (TWI หรือ I2C)

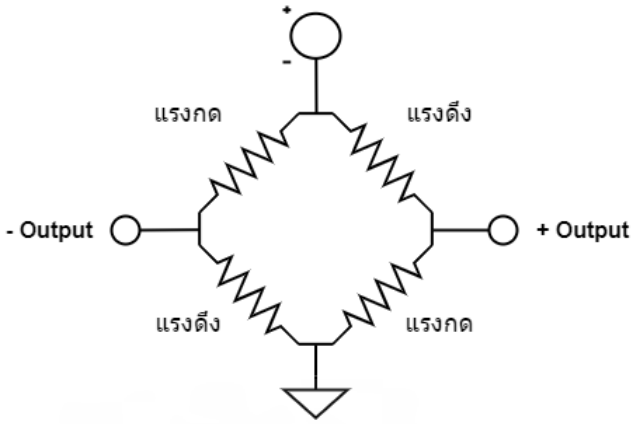
6) ขาแรงดันอ้างอิงสำหรับอินพุตแบบอนาล็อก (AREF.)

7) ขารีเซ็ต (Reset) ใช้ในการรีเซ็ตไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยทั่วไปจะใช้โดยการเพิ่มปุ่มรีเซ็ตไว้บนชีลด์ (Shield) เพื่อป้องกันปุ่มที่อยู่บนบอร์ด

2.2 โหลดเซลล์ (Load Cell)

โหลดเซลล์ [2] คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของแรงทางกล เช่น แรงกด (Compression), แรงดึง (Force) หรือน้ำหนัก (Weight) ให้เปลี่ยนแปลงออกมาในรูปแบบของสัญญาณทางไฟฟ้า (มิลลิโวลต์ หรือโวลต์) ซึ่งภายในโหลดเซลล์นั้นจะมีตัวเซ็นเซอร์วัดความเครียด (Strain-gauge) จำนวน 4 ตัว อยู่ภายใน ซึ่งเป็นความต้านทานที่จะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามแรงกดหรือแรงดึง โดยจัดเรียงในรูปแบบของวงจรบริดจ์ (Bridge Circuit) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 วงจรบริดจ์ และสัญลักษณ์แสดงการดึง-การกดของโหลดเซลล์
(**ที่มา**: https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=181)

2.3 มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ [3] เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วยขดลวดที่พันรอบแกนโลหะที่วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก โดยเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่อยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กจะทำให้ขดลวดหมุนไปรอบแกน และเมื่อสลับขั้วไฟฟ้าการหมุนของขดลวดจะหมุนกลับทิศทางเดิม

2.3.1 มอเตอร์ มีกี่ชนิด

มอเตอร์จะแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการใช้งานกระแสไฟฟ้า

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ผ่านเข้าไปในขดลวดเพื่อทำให้เกิดการดูด และผลักกันของแม่เหล็กถาวรกับแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวด มอเตอร์จึงหมุนได้

รูปที่ 2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
(**ที่มา:** https://northpower.co.th/pages/มอเตอร์-คืออะไร-และ-ทำหน้าที่อะไร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์กระแสสลับ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้าก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และจะไปทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ หรือ เรียกว่าตัวหมุน ซึ่งคือส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกล

รูปที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

(**ที่มา:** https://northpower.co.th/pages/มอเตอร์-คืออะไร-และ-ทำหน้าที่อะไร)

2.4 สวิตช์ (Switch)

สวิตช์ [4] คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมวงจรกระแสไฟฟ้าทำหน้าที่เปิดกระแสไฟ หรือตัดกระแสไฟไม่ให้ไหลเข้าสู่เครื่องใช้ไฟฟ้า หลอดไฟ เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้า สวิตช์ไฟถูกออกแบบมาให้ติดตั้งได้ง่าย ใช้งานง่าย สามารถตอบสนองความต้องการได้รวดเร็วเพียงแค่สัมผัส ผลิตจากพลาสติกที่ทนความร้อน

2.4.1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)

สวิตช์ปุ่มกด เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการนำมาใช้งานร่วมกับระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าหรือติดตั้งไว้ภายในตู้ เพื่อควบคุมวงจรไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยหลักการทำงานจะใช้นิ้วมือกดที่ปุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เป็นการควบคุมให้ระบบทำงานและหยุดทำงานได้ทันที ซึ่งลักษณะรูปแบบของปุ่มกดแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างที่สำคัญคือหน้าสัมผัส เปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าที่อยู่ภายใน

รูปที่ 2.5 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)

(**ที่มา:** https://northpower.co.th/pages/สวิตช์-คืออะไร-และมีกี่แบบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 สวิตช์เลือก (Selector switch)

สวิตช์เลือก สวิตช์เลือกมี 3 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 คือ ตำแหน่งหยุด (Off) ตำแหน่งมือ (Hand) และตำแหน่งออโต้ (Automatic) ในตำแหน่งหยุดหน้าสัมผัสทุกอันจะปิดหมด ส่วนในตำแหน่งมือหน้าสัมผัส A1 จะปิด หน้าสัมผัส A2 จะเปิด และในตำแหน่งออโต้หน้าสัมผัส A2 จะปิดหน้าสัมผัส A1 จะเปิด

รูปที่ 2.6 สวิตช์เลือก (Selector switch)
(**ที่มา:** https://th.element14.com/schneider-electric/xb5ad21/selector-switch-1-pole-6a-120vac/dp/2518127)

2.4.3 สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Switch)

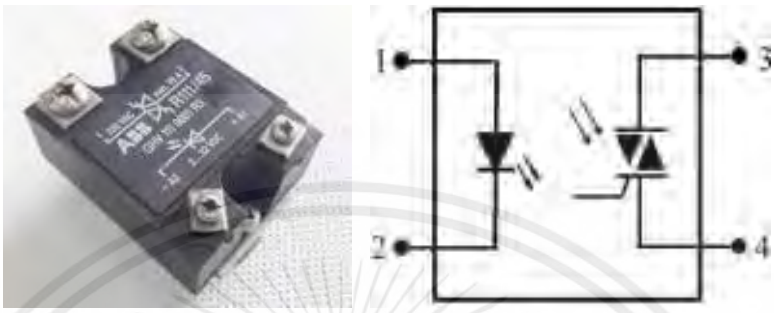
สวิตช์ฉุกเฉิน หรือที่เรียกทั่วไปว่าสวิตช์หัวเห็ด ดังแสดงในรูปที่ 2.7 นิยมใช้กับปุ่มหยุดเครื่องจักรกลต่างๆ เพื่อรองรับกับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น และเมื่อถึงเวลาใช้งาน ทันทีที่กดสวิตช์ฉุกเฉินเครื่องจักรกลทุกอย่างที่มีสวิตช์ฉุกเฉินจะหยุดการทำงานในทันที เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้

รูปที่ 2.7 สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Switch)
(**ที่มา:** https://northpower.co.th/pages/สวิตช์-คืออะไร-และมีกี่แบบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay)

โซลิดสเตทรีเลย์ [5] เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ โดยไม่มีหน้าสัมผัส ใช้สำหรับตัด-ต่อวงจร ดังแสดงในรูปที่ 2.8 โซลิดสเตทรีเลย์ผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ ทำหน้าที่คล้ายกับรีเลย์ ไม่มีเสียง ไม่มีหน้าสัมผัส ไม่เกิดเสียงดังเวลาใช้งาน



(ก) (ข)

รูปที่ 2.8 โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid State Relay)
(ก) โซลิดสเตทรีเลย์ (ข) สัญลักษณ์ของโซลิดสเตทรีเลย์
(**ที่มา:** https://www.prd.go.th/)

2.5.1 การทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์

เมื่อมองจากภายนอกเราสามารถแยกโซลิดสเตทรีเลย์ ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนควบคุม (1,2) และเมื่อเราป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ตั้งแต่ 3 ถึง 32 โวลต์ แอลอีดีจะส่งสัญญาณไปทริกให้ไตรแอคทำงานและต่อวงจรส่วนที่ 2 (3,4) ครบวงจร ซึ่งจะทำงานคล้ายกับรีเลย์ แต่มีข้อดีกว่า ตรงไม่มีหน้าสัมผัส (Contact) เวลาตัดต่อวงจรจะไม่มีเสียงดัง ไม่เกิดประกายไฟที่หน้าสัมผัส สามารถตัดต่อวงจรได้รวดเร็วกว่ารีเลย์ นอกจากนี้ยังสามารถรองรับกระแสที่ไหลผ่าน Load ได้มากกว่า และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า ขณะที่รีเลย์เมื่อป้อนแรงดันได้ตามขนาดของคอยล์จะเกิดการเหนี่ยวนำให้หน้าสัมผัสทำงาน ซึ่งเมื่อใช้งานเป็นระยะเวลานาน จะทำให้หน้าสัมผัสเสื่อม เนื่องการจากการอาร์คที่ผิวหน้าสัมผัส

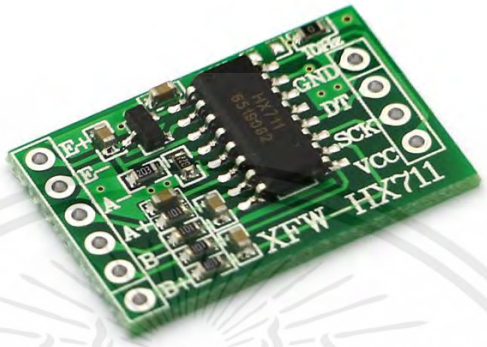
2.5.2 การนำโซลิดสเตทรีเลย์ไปใช้งาน

การนำโซลิดสเตทรีเลย์ไปประยุกต์ใช้งานปัจจุบันสามารถออกแบบให้ทำงานที่หลากหลายกว่ารีเลย์ เนื่องจากงานอะไรที่รีเลย์ทำได้ โซลิดสเตทรีเลย์ทำได้หมดแต่ที่นอกเหนือกว่านั้น โซลิดสเตทรีเลย์ สามารถใช้สัญญาณพัลส์มาควบคุมการทำงานโซลิดสเตทรีเลย์ให้ปล่อยกระแสตามจังหวะเพื่อจ่ายให้กับโหลดวงจรลักษณะนี้มักพบในการควบคุมการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ การปรับความร้อนของเครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องฉีดพลาสติก เครื่องแพ็กกิ้งสำหรับขั้นตอนการผลิตอาหาร วงจรหรี่ไฟ เครื่องควบคุม และรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โมดูล XFW-HX711

โมดูล XFW-HX711 [6] ดังแสดงในรูปที่ 2.9 เป็นตัวขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์สำหรับส่งให้อาดุยโน่เป็นสัญญาณแบบดิจิตอล 24 บิท เป็นบอร์ดภาคขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์มีช่องอินพุตสำหรับกับต่อกับโหลดเซลล์ได้โดยตรง ใช้ไฟเลี้ยง 2.6 ถึง 5.5 โวลต์



รูปที่ 2.9 โมดูล XFW-HX711
(**ที่มา:** https://www.arduitronics.com/product/1782/weight-sensor-amplifier-module-dual-channel-xfw-hx711-for-load-cell)

2.7 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย [7] ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ใช้ในการจ่ายพลังงานให้กับตัวอุปกรณ์ในวงจรที่ต่อใช้งานในเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งตัวสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายตัวนี้ จะทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ให้มาเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เนื่องจากอุปกรณ์บางส่วนที่เราใช้งานนั้นไม่ได้ใช้งานแรงดันไฟฟ้าที่เป็นกระแสสลับ (AC)

รูปที่ 2.10 แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่งขนาด 24 โวลต์ 33.3 แอมป์ 800 วัตต์
(**ที่มา:** https://mall.factomart.com/what-is-a-switching-power-supply/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

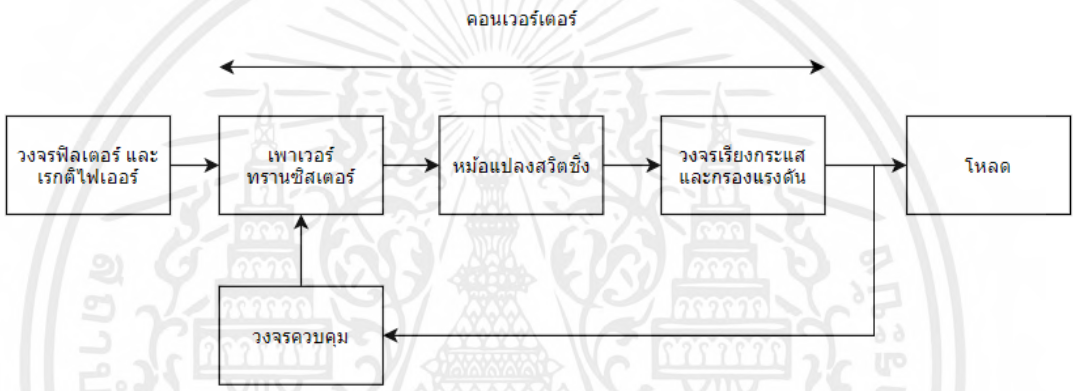
หลักการทำงานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

ในปัจจุบัน ได้มีการใช้เทคโนโลยีแหล่งจ่ายกำลังสวิตชิ่งกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายนั้นถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงโวลต์ต่ำได้ ซึ่งองค์ประกอบพื้นฐานนั้นโดยทั่วไปจะคล้ายกัน และสิ่งที่สำคัญที่สุดขององค์ประกอบนี้ คือคอนเวอร์เตอร์

วงจรฟิลเตอร์ และเรกติไฟเออร์ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง

คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับความถี่สูง และแปลงกลับเป็นไฟตรงโวลต์ต่ำ

วงจรควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามต้องการ



รูปที่ 2.11 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

(**ที่มา:** https://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/power/switching_regulator/)

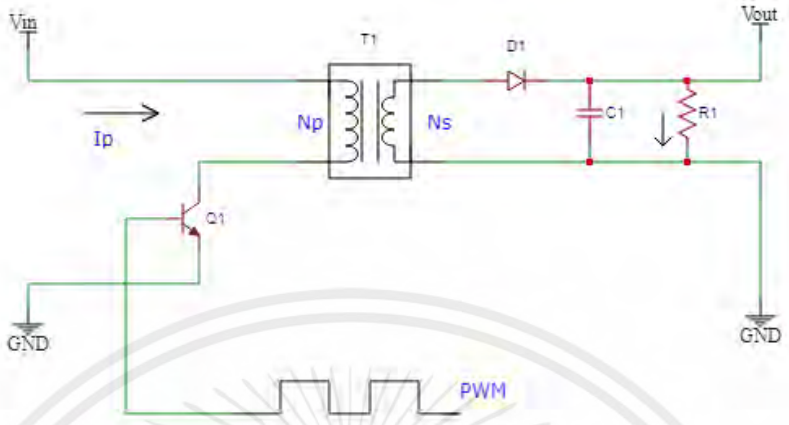
การคงค่าแรงดันจะทำโดยการป้อนค่าแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้การนำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุตซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ได้ การจำแนกประเภทของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย นั้นจะพิจารณาจากรูปแบบของคอนเวอร์เตอร์ที่ใช้ ซึ่งรูปแบบของคอนเวอร์เตอร์นั้นมีมากมาย แต่ที่จะกล่าวถึงนี้จะเป็นรูปแบบคอนเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ซึ่งจะมีด้วยกัน 5 รูปแบบดังนี้

1) วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบ็ค (Flyback Converter)

เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นเหมือนสวิตช์ และจะนำกระแสตามคำสั่งของพัลส์สี่เหลี่ยมที่ป้อนให้ทางขาเบส เมื่อ Q1 นำกระแส ไดโอด D1 จึงอยู่ในลักษณะถูกไบอัสกลับและไม่นำกระแส จึงทำให้มีการสะสมพลังงานที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลง T1 แทน เมื่อ Q1 หยุดนำกระแส สนามแม่เหล็ก T1 จะยุบตัวทำให้เกิดการกลับขั้วแรงดันที่ขดปฐมภูมิ และขดทุติยภูมิ D1 ก็จะอยู่ในลักษณะถูกไบอัสตรง พลังงานที่สะสมในขดปฐมภูมิของหม้อแปลงก็จะถูกถ่ายเทออกไปยังขดทุติยภูมิและมีกระแสไหลผ่านไดโอด D1 ไปยังตัวเก็บประจุเอาต์พุต Co และโหลดได้ ค่าของแรงดันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

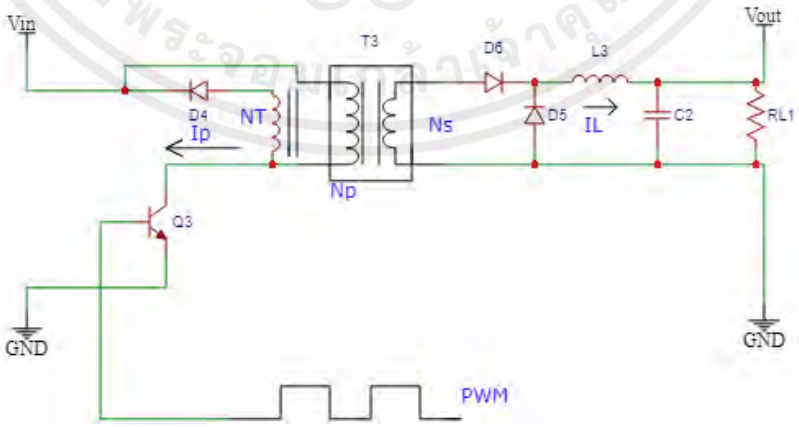
เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์จะขึ้นอยู่กับค่าความถี่การทำงานของ Q1 ช่วงเวลานำกระแสของ Q1 และอัตราส่วนจำนวนรอบของหม้อแปลง และค่าของแรงดันที่อินพุต



รูปที่ 2.12 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟลายแบ็ค (Flyback Converter)
(**ที่มา:** https://mall.factomart.com/principle-of-switching-power-supply/)

2) วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟอเวิร์ด (Forward Converter)

มีลักษณะใกล้เคียงกับฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์แต่พื้นฐานการทำงานจะแตกต่างกันตรงที่หม้อแปลงในฟอเวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ จะทำหน้าที่ส่งผ่านพลังงานในช่วงที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแส นิยมใช้กับกำลังไฟฟ้าที่มีขนาด 100 ถึง 200 วัตต์ การเชื่อมต่อสำหรับการควบคุมสวิตช์และการส่งออกของขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง และการแก้ไขและการกรองวงจรซับซ้อนกว่าฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์แกนแม่เหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีขนาดเล็ก ข้อเสียจะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตช์มีค่าสูงและต้นทุนในการผลิตสูง

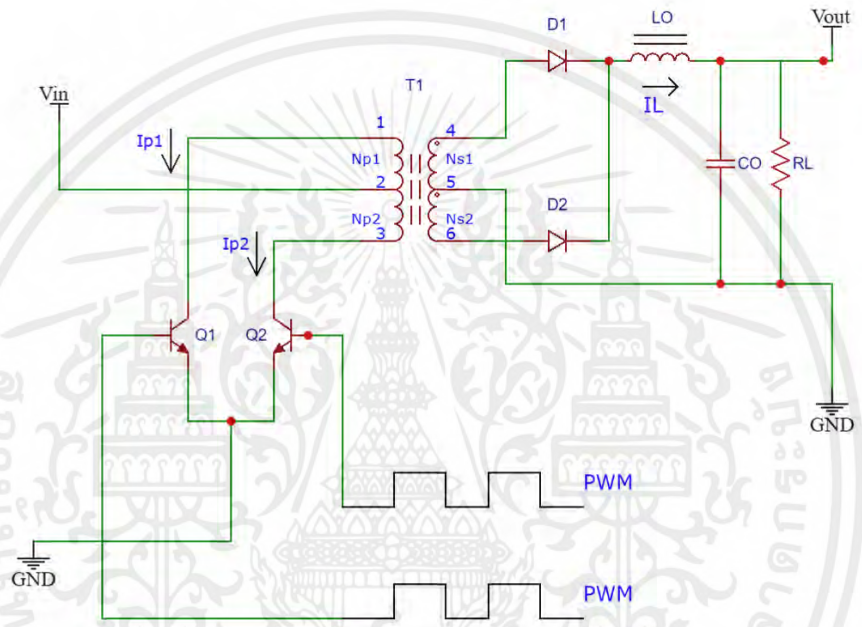


รูปที่ 2.13 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟอเวิร์ด (Forward Converter)
(**ที่มา:** https://mall.factomart.com/principle-of-switching-power-supply/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบพุช-พูล (Push-Pull Converter)

คอนเวอร์เตอร์แบบนี้จะเปรียบเสมือนการนำฟอเวิร์ดคอนเวอร์เตอร์สองชุดมาทำงานร่วมกัน โดยผลัดกันทำงานในแต่ละครึ่งคาบเวลาในลักษณะกลับเฟส เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรยังคงมีแรงดันตกคร่อมในขณะหยุดนำกระแสค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับฟลายแบ็คคอนเวอร์เตอร์และฟอเวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่จ่ายกำลังได้สูงซึ่งจะอยู่ในช่วง 200 ถึง 1000 วัตต์ ข้อเสียจะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตซ์มีค่าสูง และปัญหาแกนแม่เหล็กเกิดการอิ่มตัว เนื่องจากความไม่สมมาตรของฟลั๊กซ์ในแกนแม่เหล็ก ซึ่งจะมีผลต่อการพังเสียหายของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ได้ง่าย

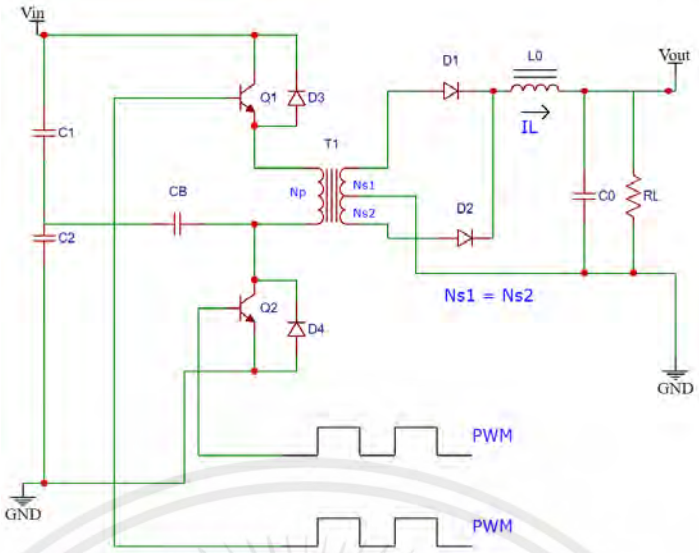


รูปที่ 2.14 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบพุช-พูล (Push-Pull Converter)
(**ที่มา:** https://mall.factomart.com/principle-of-switching-power-supply/)

4) วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาล์ฟ-บริดจ์ (Half-Bridge Converter)

เป็นคอนเวอร์เตอร์ที่อยู่ในตระกูลเดียวกับพุช–พูลคอนเวอร์เตอร์ แต่ลักษณะการจัดวงจรจะทำให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในวงจรมีแรงดันตกคร่อมขณะหยุดนำกระแสเพียงค่าแรงดันอินพุตเท่านั้น ทำให้ลดข้อจำกัดเมื่อใช้กับระบบแรงดันไฟสูงได้มาก รวมทั้งยังไม่มีปัญหาการไม่สมมาตรของฟลั๊กซ์ในแกนเฟอร์ไรต์ของหม้อแปลงได้ด้วย นิยมใช้กับพิกัดกำลังไฟฟ้าขนาดกลาง มีข้อดีเหมือนวงจรพุช–พูล ยกเว้นค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสวิตซ์จะมีค่าเท่ากับ vs เท่านั้น

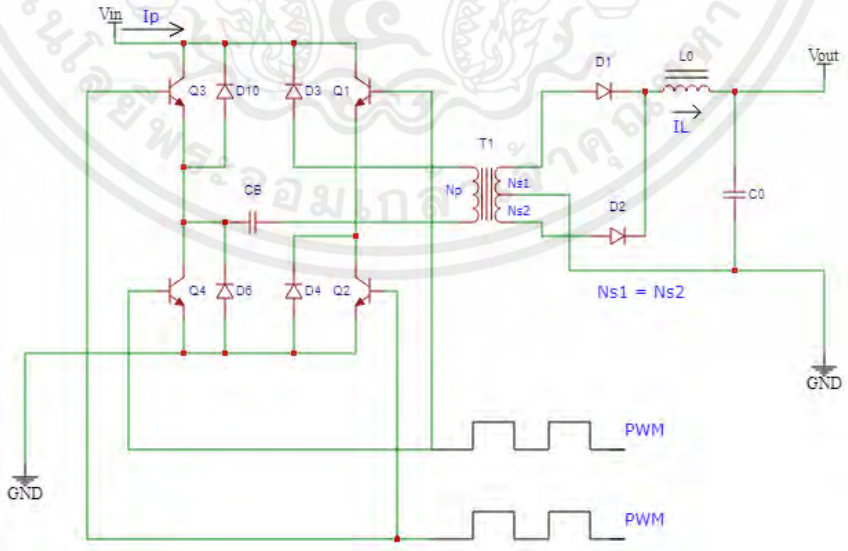
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฮาล์ฟ-บริดจ์ (Half-Bridge Converter)
(**ที่มา:** https://mall.factomart.com/principle-of-switching-power-supply/)

5) วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูล-บริดจ์ (Full-Bridge Converter)

คอนเวอร์เตอร์ชนิดนี้ในขณะทำงานจะมีแรงดันตกคร่อมขดปฐมภูมิเท่ากับแรงดันอินพุต แต่แรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของแรงดันอินพุตเท่านั้น และค่ากระแสสูงสุดที่เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวนั้น มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของค่ากระแสสูงสุดใน ฮาล์ฟ-บริดจ์ คอนเวอร์เตอร์ที่กำลังขาออกเท่ากัน เนื่องจากข้อจำกัดด้านเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ลดน้อยลงไป



รูปที่ 2.16 วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบฟูล-บริดจ์ (Full-Bridge Converter)
(**ที่มา:** https://mall.factomart.com/principle-of-switching-power-supply/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor)

มอเตอร์เกียร์ [8] คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมรอบการทำงานการเคลื่อนที่ของวัตถุได้อย่างเหมาะสม โดยอาศัยหลักการทำงานจากมอเตอร์ แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลทำให้วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ และฟันเฟืองหรือเกียร์ทำหน้าที่ลดรอบความเร็วหรือทดรอบแรงบิด ซึ่งลักษณะภายนอกของอุปกรณ์นี้จะมีรูปทรงคล้ายกับท่อนโลหะทรงกระบอกที่ประกอบด้วยตัวเรือน หน้าแปลน และก้านเพลายื่นออกมาดังแสดงในรูปที่ 2.17 ส่วนด้านในประกอบด้วยกลไกการทำงานต่างๆ เช่น ก้านเพลา แบริง ฟันเฟือง

รูปที่ 2.17 มอเตอร์เกียร์ขนาด 24 โวลต์ 450 วัตต์ 450 รอบต่อนาที
(**ที่มา:** https://th.misumi-ec.com/th/pr/recommend_category/gear_motor/)

2.9 เซฟตี้เบรกเกอร์ (Safety Breaker)

เซฟตี้เบรกเกอร์ [9] คืออุปกรณ์ตัดวงจรไฟฟ้าแบบไม่อัตโนมัติ ใช้สำหรับป้องกันความเสียหายของเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องจักร หรือป้องกันไฟรั่ว ไฟดูดจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร หรือกระแสไฟฟ้าเกินพิกัด เป็นอุปกรณ์ที่เน้นความปลอดภัยในการใช้งาน ควรรติดตั้งกับเครื่องปรับอากาศ ปั๊มน้ำ ป้ายไฟ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ ทั้งภายใน และภายนอกอาคาร

รูปที่ 2.18 เซฟตี้เบรกเกอร์ขนาด 30 แอมป์
(**ที่มา:** http://www.enscigroup.com/safety-breaker/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 บัซเซอร์ (Buzzer)

บัซเซอร์ [10] คือลำโพงแบบแม่เหล็กหรือ แบบเปียโซที่มีวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) อยู่ภายในตัว ใช้ไฟเลี้ยง 3.3 ถึง 5 โวลต์ สามารถสร้างเสียงเตือนหรือส่งสัญญาณที่เป็นรูปแบบต่างๆ ซึ่งจะใช้ในการส่งสัญญาณให้ทราบสถานะของคอมพิวเตอร์ให้ทราบว่ามีปัญหาอะไร แต่ในส่วนของเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัตินั้น จะใช้ในการแจ้งเตือนเมื่อทำการนวดแป้งโรตีเสร็จในแต่ละโหมด และใช้ในการแจ้งเตือนเมื่อทำการพักแป้งโรตีครบตามเวลาที่กำหนด

รูปที่ 2.19 บัซเซอร์ 220 โวลต์
(**ที่มา:** https://www.mindphp.com)

2.11 เซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ (Infrared Photoelectric Sensor)

เซนเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ [11] ใช้ในการตรวจจับวัตถุ ระยะตรวจจับเซนเซอร์ ใช้งานสายการผลิต และใช้เป็นอุปกรณ์การตรวจนับในระบบอัตโนมัติ จัดเป็นเซนเซอร์ประเภทตรวจจับโดยตรงที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลง ได้โดยไม่ต้องสัมผัสชิ้นงาน

2.11.1 การต่อสาย การต่อใช้งานเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ

รูปที่ 2.20 การนำเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุไปต่อใช้งาน
(**ที่มา:** https://s2ins.com/product/infrared-photoelectric-sensor-m18-npn-no-5 vdc-dr-80-e18-d80nk/)

1) สายสีน้ำตาล ไฟเลี้ยง (+VCC)
2) สายสีน้ำเงิน กราวด์ (GND)
3) สายสีดำ สัญญาณออก (Signal Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.21 เซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ SP8001 5 โวลต์

(**ที่มา:** https://s2ins.com/product/infrared-photoelectric-sensor-m18-npn-no-5 vdc-dr-80-e18-d80nk/)

2.12 ไพลอตแลมป์ (Pilot Lamp)

ไพลอตแลมป์ [12] ไฟแสดงสถานะ ถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่พบเจอได้ทั่วไป ซึ่งเกือบจะทุกตู้คอนโทรลหรือตู้ไฟฟ้าจะต้องมีอุปกรณ์นี้ เพื่อบอกสถานะการการทำงานต่างๆ เช่น แสดงการทำงานปกติ การหยุดทำงาน การเกิดอะลาม (Alarm) การเกิดโอเวอร์โหลด (Over load) การเปิด หรือปิดระบบ ไฟแสดงเฟสระบบไฟฟ้า และอื่นๆ

2.12.1 ไฟเลี้ยง (Voltage Supply)

สำหรับไฟเลี้ยงนั้น มีให้เลือกใช้งานหลากหลายขนาด ได้แก่ 12 โวลต์กระแสสลับ หรือกระแสตรง 24 โวลต์กระแสสลับ หรือกระแสตรง 110 ถึง 120 โวลต์กระแสสลับ และ 220 ถึง 240 โวลต์กระแสสลับ ซึ่งการเลือกใช้นั้นต้องดูก่อนว่าไฟในตู้คอนโทรลหรือตู้ไฟเป็นไฟขนาดเท่าไร

2.12.2 สีแสดงสถานะ (Color)

สีของไพลอตแลมป์เป็นสิ่งที่บอกสถานะการทำงานต่างๆ เช่น แสดงการทำงานปกติ การหยุดทำงาน การเกิดอะลาม (Alarm) การเกิดโอเวอร์โหลด (Over load) การเปิด หรือปิดระบบไฟแสดงเฟสระบบไฟฟ้า และอื่นๆ ซึ่งมีสีหลักๆ ให้เลือกใช้ดังแสดงในรูปที่ 2.22

รูปที่ 2.22 สีของไพลอตแลมป์

(**ที่มา:** https://mall.factomart.com/how-to-select-pilot-lamp/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการเลือกสีมีการกำหนดใช้งานโดยทั่วไป

1) สีเขียว เป็นการทำงาน

2) สีแดง เป็นการหยุดทำงาน

3) สีเหลือง เป็นการแจ้งสัญญาณเตือนความผิดพลาด

4) สีขาว เป็นไฟ 3 เฟส R S T

2.13 โมดูลรีเลย์ (Module Relay)

โมดูลรีเลย์ [13] คือโมดูลที่ประกอบด้วยรีเลย์จำนวนหลายๆ ตัวต่ออยู่ในชุดเดียวกัน สำหรับรับ-ส่งสัญญาณ AC/DC Control Voltage แบบไม่ต้องต่อร่วมกับซ็อกเก็ต โดยอินพุตจะเป็นคอมมอนร่วม ใช้สายเพียง 1 เส้น ประเภท NPN หรือ PNP มีให้เลือกหลายรุ่นตามจำนวนรีเลย์ที่ใช้งาน ตั้งแต่ 2,4,8,12,16 รีเลย์เป็นต้น มีทั้งรุ่นแบบหน้าคอนแทค SPDT (Single Pole Double Throw) และแบบ DPDT (Double Pole Double Throw) มีแอลอีดีแสดงสถานะการทำงานของรีเลย์แต่ละตัว มีขนาดกะทัดรัด ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้งบนราง Din Rail ได้เลย โดยรีเลย์โมดูลมีโครงสร้างลักษณะทั่วไป คืออินพุต และเอาต์พุตจะถูกแยกกันคนละฝั่ง จึงง่ายต่อการเข้าสายไฟ ทำให้ประหยัดเวลา ลดค่าใช้จ่าย โดยรีเลย์โมดูลมีหลักการทำงานดังนี้

หลักการทำงานของวงจรรีเลย์โมดูล คือการเปิด-ปิดวงจรด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อขดลวดเหนี่ยวนำมีกระแสไหลผ่านจะมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก สามารถส่งแรงผลัก หรือดูดเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งสวิตช์ได้ โดยมีสวิตช์เปิด-ปิดวงจรตามแรงดูดของขดลวด หน้าสัมผัสของสวิตช์มี 2 ชนิดคือ

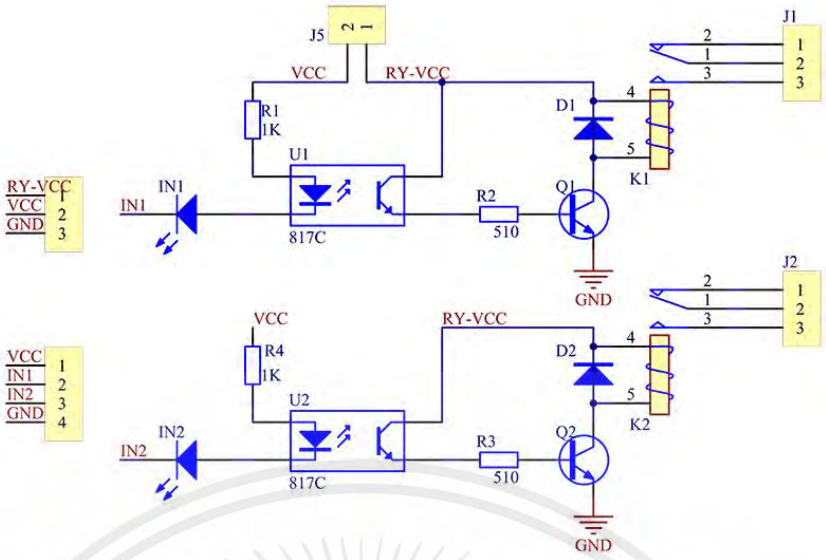
1) หน้าสัมผัสปกติเปิดหรือ NO (Normally Open) หมายถึง หน้าสัมผัสที่เปิดในภาวะขดลวดไม่เหนี่ยวนำ

2) หน้าสัมผัสปกติปิดหรือ NC (Normally Closed) หมายถึง หน้าสัมผัสที่ปิดในภาวะขดลวดไม่เหนี่ยวนำ

ซึ่งจะมีหน้าตาดังแสดงในรูปที่ 2.23 รูป (ก) ส่วนรูป (ข) จะเป็นวงจรเบื้องต้นของโมดูลรีเลย์

(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

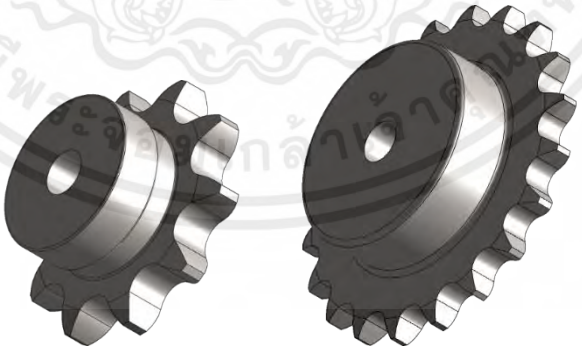
รูปที่ 2.23 โมดูลรีเลย์ (Module Relay)

(ก) โมดูลรีเลย์ 16 ช่อง (ข) ตัวอย่างวงจรโมดูลรีเลย์ 2 ช่อง

(**ที่มา:** https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=353)

2.14 เฟือง (Gear)

เฟือง [14] เป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในเครื่องจักรมีรูปร่างหลายแบบ ทำหน้าที่ส่งกำลังโดยการหมุนจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งที่ขนานหรือตั้งฉากซึ่งกันและกัน ส่วนมากเฟืองขับ (driving gear) จะมีขนาดใหญ่กว่าเฟืองตาม (driven gear หรือ pinion gear) ซึ่งจะมีหน้าตาดังแสดงในรูปที่ 2.24



(ก) (ข)

รูปที่ 2.24 เฟืองขับ และเฟืองตาม

(ก) เฟืองตาม (ข) เฟืองขับ

(**ที่มา:** https://misumitechnical.com/technical/mechanical/to-know-what-is-gear/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.1 อัตราทด (Velocity ratio)

คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนของฟันที่อยู่บนเฟืองคู่นั้นๆ ที่ขบกัน หรืออัตราส่วนระหว่างความเร็วเชิงมุมของเฟืองตัวขับต่ออัตราเร็วเชิงมุมของเฟืองตัวตาม สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 2.1

$$M_W = \frac{W_1}{W_2} = \frac{N_1}{N_2} \tag{2.1}$$

เมื่อ M_W คือ อัตราทด

W_1 คือ ความเร็วเฟืองที่ถูกขับ

W_2 คือ ความเร็วเฟืองที่ขับ

N_1 คือ จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 1

N_2 คือ จำนวนฟันของเฟืองตัวที่ 2

2.15 สายพาน (Belt)

สายพาน [15] เป็นอุปกรณ์ที่คล้องโยงเครื่องจักรต่างๆ เพื่อพาให้หมุนไปด้วยกัน เป็นส่วนรองรับวัสดุสิ่งของต่างๆ ทำให้วัสดุขนถ่ายที่อยู่บนสายพานนั้นเคลื่อนที่ตามสายพานไปด้วย รับการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมากๆ และค่าบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำ

รูปที่ 2.25 สายพานวี

(**ที่มา:** https://euromachthailand.com/สายพาน-belt/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 โซ่ (Chain)

โซ่ [16] หมายถึง โลหะชนิดต่างๆ ที่เกี่ยวกันเป็นข้อๆ เป็นสายยาวสำหรับผูกล่ามแทนเชือก โซ่ส่วนใหญ่ใช้ในงานเครื่องจักร เช่น โซ่สายพาน โซ่ปรับรอบ โซ่ตีนตะขาบ โซ่เฟือง โซ่ส่งกำลังในรถจักรยานเป็นต้น โซ่ลานใช้วัดที่ดิน ส่วนเครื่องประดับใช้เป็นสายสร้อยทำจากโลหะมีค่า

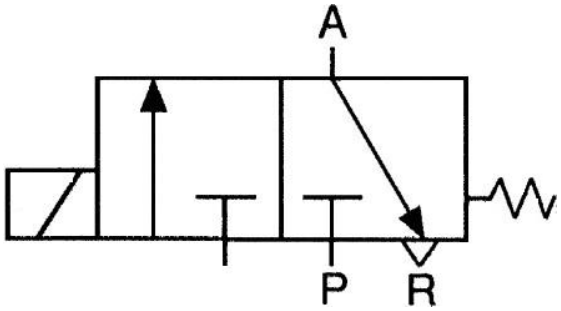
รูปที่ 2.26 โซ่ส่งกำลัง
(**ที่มา:** https://th.wikipedia.org/wiki/โซ่)

2.17 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valves)

โซลินอยด์วาล์ว [17] คือ อุปกรณ์ควบคุมการไหลของของไหล เช่น น้ำ อากาศ หรือก๊าซต่างๆ เป็นต้น ภายในวาล์วชนิดนี้เพิ่มส่วนประกอบขึ้นมาคือ ขดลวดพันแม่เหล็ก เป็นตัวกลางที่ใช้ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะเกิดพลังงานสนามแม่เหล็ก ส่งผลการทำงานปิด-เปิด ช่องการไหลของตัววาล์ว อุปกรณ์ชิ้นนี้มีระบบการทำงานให้เลือกหลายชนิดและควรเลือกวัสดุวาล์วให้เหมาะกับงาน

รูปที่ 2.27 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)
(**ที่มา:** https://th.misumi-ec.com/en/pr/recommend_category/solenoid_valves201904/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 โซลินอยด์วาล์ว 3/2 ทาง
(**ที่มา:** http://www.jmtpneumatic.com/article/1/)

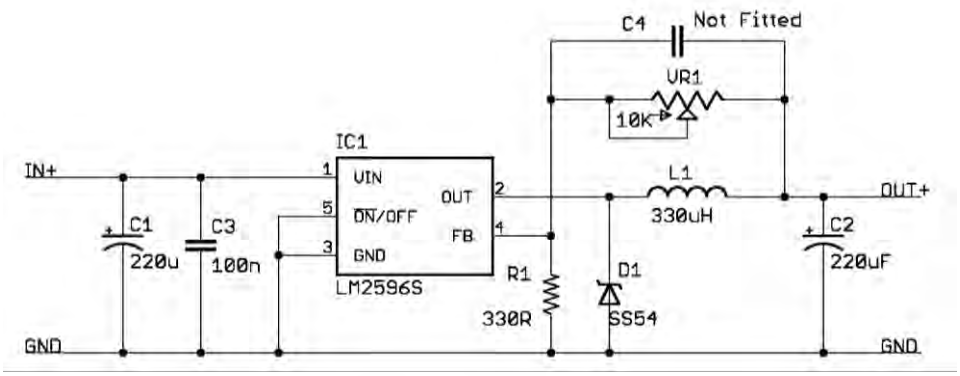
จากรูปที่ 2.28 โซลินอยด์วาล์ว 3/2 ทาง เป็นวาล์วควบคุมการไหลที่มี 3 พอร์ท มีสถานะการทำงาน 2 สถานะ โดยจะใช้แกนเหล็กเคลื่อนที่ (amateur) เพื่อเปิดและปิดโดยตรง จากแรงผลักของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโซลินอยด์วาล์ว 3/2 ทางแบบปกติปิด จะมีหลักการทำงาน คือเมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับขดลวดคอยล์แกนเหล็ก (amateur) จะถูกสปริงดันให้ปิดทางเข้าไว้ด้วยซีล (sealing) และเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดคอยล์ แกนเหล็ก (amateur) จะถูกดูดให้เอาชนะแรงสปริงและเปิดทางเข้า ทำให้ลมสามารถไหลผ่านไปยังทางออกได้

2.18 วงจรลดแรงดันแบบสเต็ปดาวน์ (DC to DC Converter: Step-Down)

วงจรลดแรงดันแบบสเต็ปดาวน์ หรือเรียกอีกแบบว่า บัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter) [18] ใช้ลดแรงดันจากแรงดันสูงให้ต่ำลง ใช้หลักการสวิตชิ่ง-ตัวเหนี่ยวนำ (L) จึงทำให้มีความร้อนและความสูญเสียกำลังไฟน้อย ไม่เหมือนกับการลดแรงดันโดยใช้ IC ตระกูล 78xx/317 ทั่วไปที่ใช้หลักการลดทอนทำให้เกิดความร้อนสูง วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เมื่อลดแรงดันลงแล้วจะได้กระแสเอาต์พุตเพิ่มขึ้น

รูปที่ 2.29 บอร์ดสเต็ปดาวน์ LM2596S
(**ที่มา:** https://www.igetsolarcell.com/category/26/วงจร-แปลงแรงดันไฟ-step-up-step-down)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 วงจรแปลงแรงดันไฟแบบสเต็ปดาวน์ LM2596S

(**ที่มา:** https://www.elcircuit.com/p/lm2596-3-step-down-voltage-regulator.html)

วงจรแปลงไฟสำหรับลดแรงดันไฟฟ้า ระบบสวิตชิ่งควบคุมด้วย IC เบอร์ LM2596S

1) รับไฟเข้าได้ตั้งแต่ 4 ถึง 40 โวลต์

2) ปรับลดแรงดันไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 1.5 ถึง 35 โวลต์ กระแสใช้งานปกติ 2 แอมป์ กระแสสูงสุด 3 แอมป์

3) วงจรสามารถตั้งค่าไฟขาออกตามต้องการได้ ด้วยการปรับค่าอาร์ทริมพอร์ทหลังจากตั้งค่าแล้ว วงจรจะทำการปรับแรงดันไฟฟ้าขาออกให้คงที่อัตโนมัติแม้แรงดันขาเข้าจะแปรผัน

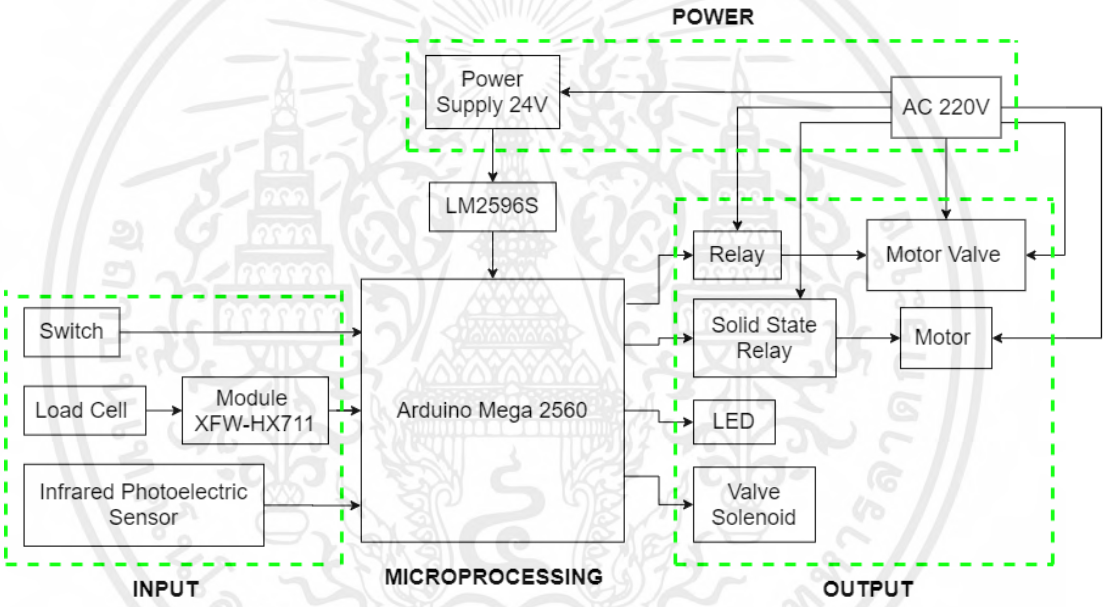
4) วงจรสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด 20 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ และการดำเนินการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งจะมีบล็อคไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานของเครื่องนวดแป้งโรตี แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรม การต่อวงจรรีเลย์ การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของตัวเครื่อง การออกแบบโครงสร้าง อุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในเครื่อง และการคำนวณความเร็วรอบ

3.1 บล็อคไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานของเครื่องนวดแป้งโรตี



รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะแกรมการทำงานของเครื่องนวดแป้งโรตี

จากรูปที่ 3.1 เป็นบล็อคไดอะแกรมการทำงานของเครื่องนวดแป้งโรตี จะแสดงถึงการเชื่อมโยงของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ และจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ คือจะมีอินพุต ไมโครโปรเซสซิ่งเอาต์พุต และส่วนของแหล่งจ่าย ซึ่งแต่ละส่วนจะมีลักษณะของการทำงาน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ

แหล่งจ่ายไฟที่ใช้ภายในของเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัตินั้นมาจาก 2 แหล่ง คือ

1) ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

ซึ่งจะใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ AC ½ hp, มอเตอร์วาล์ว รีเลย์ โซลิดสเตทรีเลย์ และเป็นตัวจ่ายไฟเข้าไปยังพาวเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์ อีกต่อนึง โดยอุปกรณ์แต่ละตัวนั้นจะติดอยู่บนเครื่องนวดแป้ง

2) เพาเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์

เราจะใช้ในการเป็นแหล่งจ่ายให้กับบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 โดยแปลงมาจากไฟ AC 220 โวลต์อีกทีหนึ่ง เพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับบอร์ด เช่น โหลดเซลล์ สวิตช์ โมดูล XFW-HX711 และหลอดไฟแอลอีดี

3.1.2 ส่วนของอินพุต (INPUT)

ในส่วนนี้นั้นจะมีตัวหลักๆ คือโหลดเซลล์ และสวิตช์ที่ใช้ในการชั่งน้ำหนัก และป้อนค่าต่างๆ เป็นคำสั่งผ่านบอร์ด โดยอุปกรณ์อีกส่วนหนึ่งจะเป็นโมดูล และไอซีที่นำมาใช้ขยายสัญญาณจากอุปกรณ์อีกทีหนึ่ง ซึ่งในตัวของโมดูล XFW-HX711 นั้นจะมีหน้าที่ในการนำสัญญาณที่ได้จากโหลดเซลล์มาทำความรู้จักกับบอร์ดอาดุยโน่อีกทีหนึ่ง เนื่องจากค่าที่ได้มานั้นไม่ใช่สัญญาณดิ จิตอลแบบที่บอร์ดรู้จัก จึงต้องทำการขยายสัญญาณ

3.1.3 ส่วนของเอาต์พุต (OUTPUT)

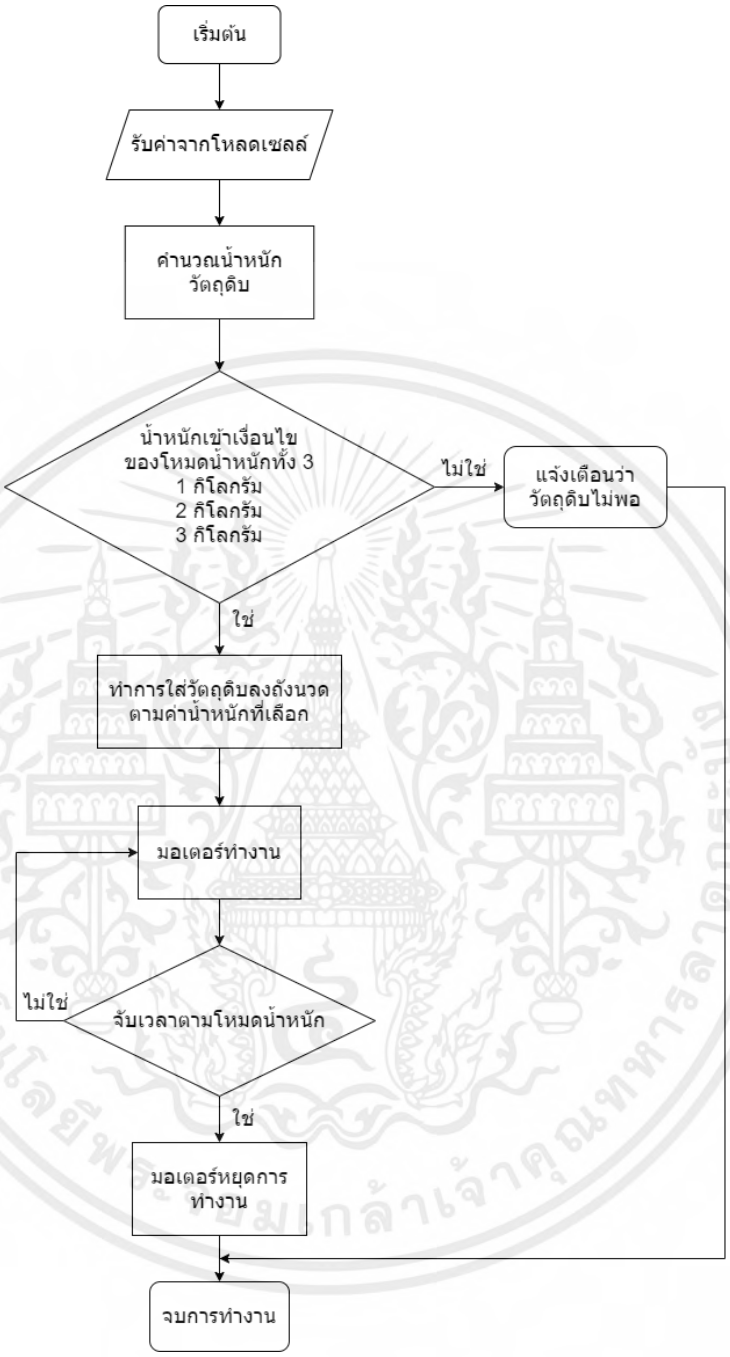
ในส่วนนี้นั้นจะมีตัวหลักๆ คือมอเตอร์ และมอเตอร์วาล์ว โดยเราจะใช้มอเตอร์ในการหมุนเพื่อนวดแป้ง แต่จะไม่ได้หมุนโดยตรง ทางเราจะใช้เฟือง และโซ่เป็นต้นกำลังในการหมุนโม่แกน และใช้สายพานเพื่อเป็นตัวส่งกำลังหมุนจากมอเตอร์ ในส่วนของมอเตอร์วาล์วนั้นเราจะใช้ในการปล่อยวัตถุดิบลงถังนวด โดยทั้งมอเตอร์ และมอเตอร์วาล์วนั้นเราจะใช้รีเลย์ และโซลิดสเตทรีเลย์ในการทริคสัญญาณเพื่อสั่งการทำงาน โดยการต่อจากบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 ออกมาเป็นในส่วนของเอาต์พุต

3.1.4 ส่วนของสมอง (Micro processing)

ในส่วนนี้เราจะใช้ตัวบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 ในการควบคุมอุปกรณ์ทั้งหมด ทั้งรับค่าจากอุปกรณ์ที่เป็นอินพุต เช่นโหลดเซลล์ และสวิตช์ ปล่อยผ่านเอาต์พุตที่เป็นอุปกรณ์ปล่อยวัตถุดิบหรือหมุนแกนเพื่อนวดแป้ง เช่นมอเตอร์ และมอเตอร์วาล์ว โดยเราจะใช้สวิตช์ในการเลือกโหมดน้ำหนัก และเปิด-ปิดการทำงาน ใช้โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักส่วนผสม และเขียนโปรแกรมในการควบคุมอุปกรณ์ที่เป็นเอาต์พุตทั้งหมดให้เป็นระบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แผนผังแสดงหลักการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงหลักการทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ 3.2 เป็นแผนผังแสดงหลักการทำงานของโปรแกรม ซึ่งจะเป็นระบบที่เราจะใช้ในการทำโหมดน้ำหนักทั้ง 3 โหมด โดยในแต่ละโหมดนั้นเราจะมีค่าน้ำหนักที่จะเซ็ตเอาไว้เพื่อนำมาเข้าเงื่อนไขในการตั้งค่าให้ปล่อยวัตถุดิบ และสั่งการเปิด-ปิดมอเตอร์นวดแป้ง โดยแบ่งเป็นหลักการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เริ่มต้นการทำงานด้วยการกดสวิตช์โหมด 1 ถึง 3 กิโลกรัม

2) โหลดเซลล์จะทำการชั่งน้ำหนัก และนำค่าที่ได้มาคำนวณตามน้ำหนักที่ได้เซ็ตเอาไว้ในระบบ

3) เมื่อน้ำหนักของวัตถุดิบเข้าเงื่อนไขจะทำการปล่อยวัตถุดิบผ่านมอเตอร์วาล์วลงถังนวดทีละตัว โดยจะเริ่มจากการปล่อยแป้ง น้ำมัน น้ำ และเนยละลายตามลำดับ

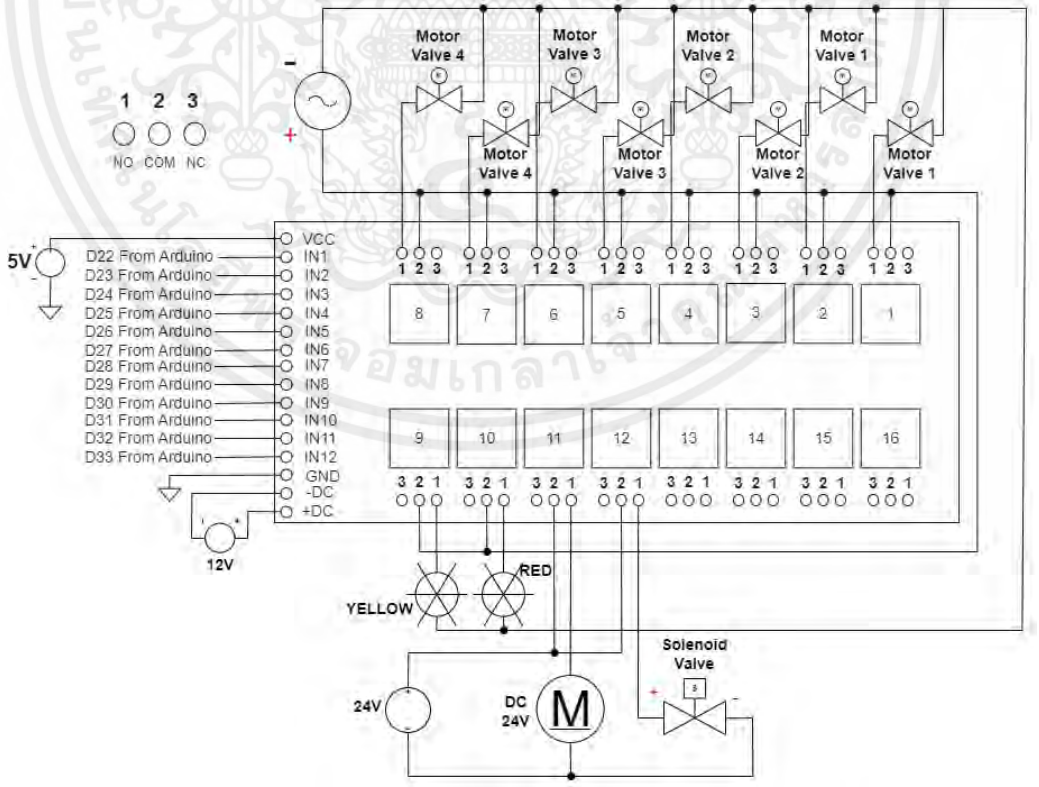
4) เมื่อวัตถุดิบลงถังนวดจนครบแล้ว จะทำการสั่งให้มอเตอร์หมุนแกนนวดแป้งเป็นเวลา 10 ถึง 15 นาที ตามโหมดน้ำหนักที่เลือก

5) เมื่อมอเตอร์ทำการนวดส่วนผสมจนครบเวลาที่กำหนด จะมีคำสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน

6) เมื่อมอเตอร์หยุดทำงาน ก็ครบเงื่อนไขในส่วนของเครื่องนวดแป้ง

3.3 การต่อวงจรรีเลย์

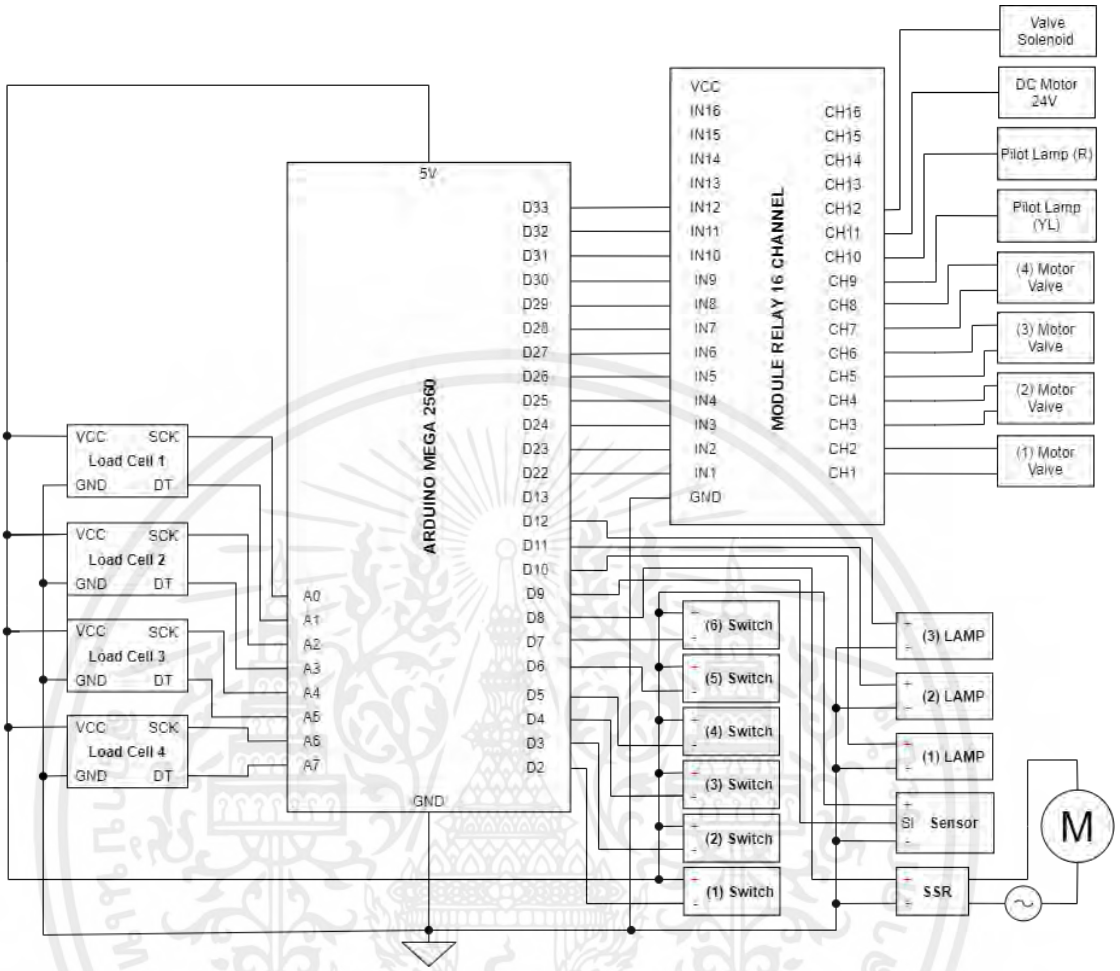
ในวงจรนี้เราจะใช้สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์มาต่อกับบอร์ดสเต็ปดาวน์มาลดแรงดันไฟให้เหลือ 12 โวลต์เพื่อเลี้ยงบอร์ดรีเลย์ ไฟ AC 220 โวลต์จะต่อเข้าขา COM ของรีเลย์ช่อง 1 ถึง 10 ขา NC จะต่อกับมอเตอร์วาล์ว และไพลอตแลมป์ ส่วนช่อง 11 กับ 12 จะใช้ไฟ 24 โวลต์ต่อเข้าขา COM และขา NC จะต่อกับเอาต์พุต 2 ตัว คือมอเตอร์ และวาล์วโซลินอยด์ ส่วนขา IN1 ถึง IN 12 จากรีเลย์จะต่อเข้ากับขา D22 ถึง D33 เพื่อใช้ในการทริคสัญญาณคำสั่งต่างๆ ที่โปรแกรมเอาไว้



รูปที่ 3.3 การต่อวงจรรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560

จากรูปที่ 3.4 เป็นการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์จากบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 กับอินพุต และเอาต์พุตต่างๆ ได้แก่

1) โหลดเซลล์ จะมีทั้งหมด 4 ตัว ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับโมดูลขยายสัญญาณ HX711 โดย

1.1) โหลดเซลล์ตัวที่ 1 ขา SCK เชื่อมต่อกับขา A0 ขา DT เชื่อมต่ออยู่กับขา A1

1.2) โหลดเซลล์ตัวที่ 2 ขา SCK เชื่อมต่อกับขา A2 ขา DT เชื่อมต่ออยู่กับขา A3

1.3) โหลดเซลล์ตัวที่ 3 ขา SCK เชื่อมต่อกับขา A4 ขา DT เชื่อมต่ออยู่กับขา A5

1.4) โหลดเซลล์ตัวที่ 4 ขา SCK เชื่อมต่อกับขา A6 ขา DT เชื่อมต่ออยู่กับขา A7 และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ดอาดุยโน่

2) สวิตช์ จะมีทั้งหมด 6 ตัว ใช้สำหรับเลือกโหมดการทำงานต่างๆ ซึ่งจะเชื่อมต่ออยู่กับขา D2-D7 ของบอร์ดอาดุยโน่ และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ดอาดุยโน่

3) โมดูลรีเลย์ 16 ช่อง จากรูปที่ 3.4 มีการเชื่อมต่อกับบอร์ดอาดุยโน่ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1) มอเตอร์วาล์วตัวที่ 1 CH1-CH2 เชื่อมต่ออยู่กับขา D22-D23 (ใช้ในการเปิดวาล์วแป้ง และปิดวาล์วแป้ง)

3.2) มอเตอร์วาล์วตัวที่ 2 CH3-CH4 เชื่อมต่ออยู่กับขา D24-D25 (ใช้ในการเปิดวาล์วน้ำมัน และปิดวาล์วน้ำมัน)

3.3) มอเตอร์วาล์วตัวที่ 3 CH5-CH6 เชื่อมต่ออยู่กับขา D26-D27 (ใช้ในการเปิดวาล์วน้ำ และปิดวาล์วน้ำ)

3.4) มอเตอร์วาล์วตัวที่ 4 CH7-CH8 เชื่อมต่ออยู่กับขา D28-D29 (ใช้ในการเปิดวาล์วเนยละลาย และปิดวาล์วเนยละลาย)

3.5) ไพลอตแลมป์สีเหลือง CH9 เชื่อมต่ออยู่กับขา D30 (ใช้ในการแจ้งเตือนสถานะการพักแป้ง)

3.6) บัซเซอร์ CH10 เชื่อมต่ออยู่กับขา D31 (ใช้ในการแจ้งเตือนเป็นเสียง)

3.7) มอเตอร์ DC 24 โวลต์ CH11 เชื่อมต่ออยู่กับขา D32 (ใช้ในการหมุนเพื่อส่งกำลังให้เครื่องตัดแป้ง)

3.8) วาล์วโซลินอยด์ CH12 เชื่อมต่ออยู่กับขา D33 (ใช้ในการตัดแป้ง)

4) แอลอีดี จะมีทั้งหมด 3 ดวง ใช้สำหรับแสดงสถานะของโหมดน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ถึง 3 กิโลกรัม ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับขา D10-D12 ของบอร์ดอาดุยโน่ และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์ จากบอร์ดอาดุยโน่

5) เซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ ใช้ในการตรวจจับแป้งที่ออกมาจากเครื่องตัดเพื่อสั่งให้วาล์วโซลินอยด์ตัดแป้ง ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับขา D9 ของบอร์ดอาดุยโน่ และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์ จากบอร์ดอาดุยโน่

6) โซลิดสเตทรีเลย์ ใช้ในการปรับรอบในการหมุนของมอเตอร์เครื่องนวดแป้ง ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับขา D8 ของบอร์ดอาดุยโน่ และมีไฟ AC 220 โวลต์เป็นแหล่งจ่าย

3.5 การทำงานของตัวเครื่อง

การทำงานของตัวเครื่องนั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ส่วนการทำงาน คือการนวดแป้ง และการตัดแป้ง แต่จะมีสวิตช์ที่ใช้ในการสั่งการทำงานอยู่ด้วยกัน 6 ปุ่ม โดยผู้ใช้จะต้องกดเอง มีการแสดงผลเป็นไฟแอลอีดี 3 ดวง และไพลอตแลมป์ คอยแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง ซึ่งจะมีสวิตช์ฉุกเฉินคอยปิดการทำงานฉุกเฉินของเครื่องทั้งหมด ซึ่งแต่ละปุ่มจะมีการทำงานดังนี้

1) สวิตช์ 1 กิโลกรัม จะเป็นการสั่งให้มอเตอร์วาล์วคอยปล่อยวัตถุดิบออกมาให้ครบตามค่าที่กำหนดเอาไว้ หลังจากปล่อยวัตถุดิบออกมาครบแล้วจะเริ่มทำการหมุนมอเตอร์เพื่อทำการนวดแป้งเป็นเวลา 15 นาทีเพื่อจบการทำงานของโหมด 1 กิโลกรัม หลังจากกดปุ่ม 1 กิโลกรัมจะแสดงสถานะการทำงานผ่านแอลอีดี เมื่อจบการทำงานแอลอีดีก็จะดับ และบัซเซอร์จะแจ้งเตือน

2) สวิตช์ 2 กิโลกรัม และสวิตช์ 3 กิโลกรัม จะสั่งการทำงานเหมือนกันกับสวิตช์ 1 กิโลกรัม แต่ระยะเวลาในการนวดแป้งจะเหลือแค่ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สวิตช์พักแป้ง เราจะใช้งานหลักจากที่บัซเซอร์แจ้งเตือนสถานะการหยุดทำงานของเครื่องนวดแป้งเพื่อที่จะคอยนับเวลาถอยหลัง 40 นาที และคอยแจ้งเตือนหลังจากครบเวลาพักแป้ง

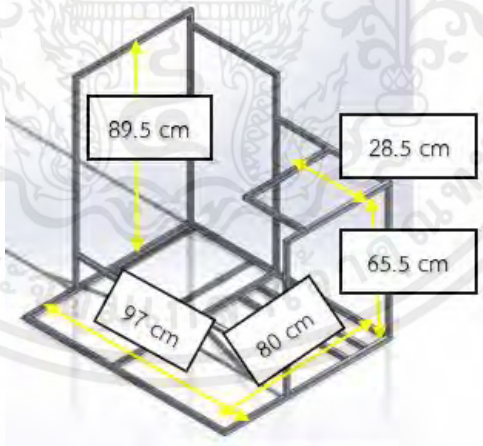
4) สวิตช์เปิดเครื่องตัดแป้ง จะคอยสั่งมอเตอร์ให้หมุนเกลียวที่คอยดันแป้งให้หมุนออกมาแล้วทำการตัดแป้งออกเป็นลูกๆ ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

5) สวิตช์หยุดการทำงานของเครื่องตัดแป้ง คอยสั่งให้มอเตอร์หยุดการทำงาน

3.6 การออกแบบเครื่อง

ทางเราได้ออกแบบโครงสร้างของเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติให้มีขนาดความกว้าง 97 เซนติเมตร ความยาว 80 เซนติเมตร และความสูง 89.5 เซนติเมตร ใช้วัสดุเหล็กในการสร้างโครงสร้างขึ้นมาเพื่อความทนทานแข็งแรง ใช้สแตนเลสปิดในส่วนของถังนวดเพื่อความสะอาดของการนำไปประกอบทำเป็นอาหาร โดยถังนวดนั้นมีขนาดหน้ากว้างอยู่ที่ 36 เซนติเมตร และความยาวอยู่ที่ 30 เซนติเมตร ความลึกจะอยู่ที่ 30 เซนติเมตร และมีขนาดความกว้างภายในอยู่ที่ 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร มีสปริงรองตรงช่วงด้านล่างของโครงสร้างเพื่อลดแรงสั่นสะเทือนของตัวเครื่อง ในส่วนของถังตัดแป้งนั้นจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมอยู่ที่ 2 นิ้ว ความยาวของแกนรูปทรงกระบอกอยู่ที่ 45 เซนติเมตร ความสูงของถังอยู่ที่ 30 เซนติเมตร ความกว้างหน้าถังอยู่ที่ 30 เซนติเมตร ความยาอยู่ที่ 25 เซนติเมตร และมีความกว้างภายในอยู่ที่ 20 เซนติเมตรเท่านั้น

3.6.1 ออกแบบโครงสร้างของเครื่อง

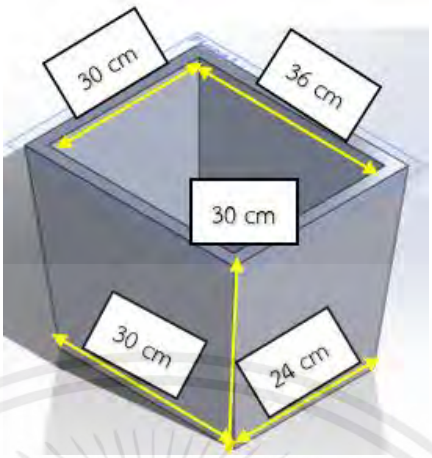


รูปที่ 3.5 การออกแบบโครงสร้าง

จากรูปที่ 3.5 จะเป็นการออกแบบโครงสร้างที่ใช้ในการวางเครื่องทั้ง 2 โดยได้ออกแบบส่วนของเครื่องนวดแป้งให้มีความกว้างอยู่ที่ 42 เซนติเมตร ความยาวขนาด 80 เซนติเมตร และความสูง 89.5 เซนติเมตร ในส่วนของเครื่องตัดแป้งนั้นจะมีความกว้างอยู่ที่ 55 เซนติเมตร ความยาวขนาด 80 เซนติเมตร และความสูง 65.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

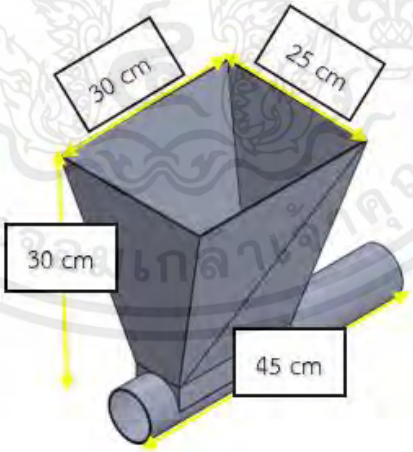
3.6.2 การออกแบบเครื่องนวดแป้ง



รูปที่ 3.6 การออกแบบถังนวดแป้ง

จากรูปที่ 3.6 จะเป็นการออกแบบถังนวดแป้ง โดยกำหนดขนาดให้ความกว้างของถังนวด 30 เซนติเมตร ความยาว 36 เซนติเมตร และความลึกอยู่ที่ 30 เซนติเมตร ส่วนถังภายในมีขนาดความกว้างอยู่ที่ 24 เซนติเมตร และความยาว 30 เซนติเมตร

3.6.3 การออกแบบเครื่องตัดแป้ง

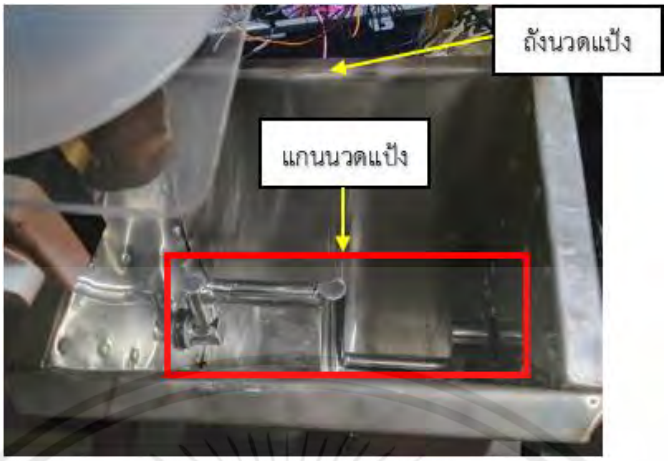


รูปที่ 3.7 การออกแบบเครื่องตัดแป้ง

จากรูปที่ 3.7 จะเป็นการออกแบบถังตัดแป้ง โดยกำหนดขนาดให้ความกว้างของถังตัดแป้ง 25 เซนติเมตร ความยาว 30 เซนติเมตร และความลึกอยู่ที่ 30 เซนติเมตร ส่วนขนาดของท่อส่งแป้งจะอยู่ที่ 45 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

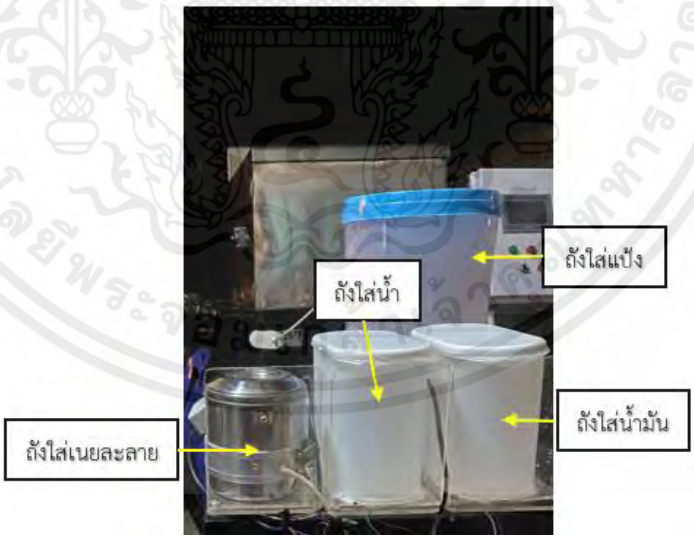
3.6.4 ถังนวดแป้ง



รูปที่ 3.8 ถังนวดแป้ง

จากรูปที่ 3.8 จะเป็นส่วนของถังนวดแป้งที่มีแกนนวดแป้งอยู่ภายใน โดยแกนนวดจะทำงานด้วยมอเตอร์ที่ส่งกำลังผ่านมู่เล่มาหมุนแกนนวด

3.6.5 ที่เก็บวัตถุดิบ

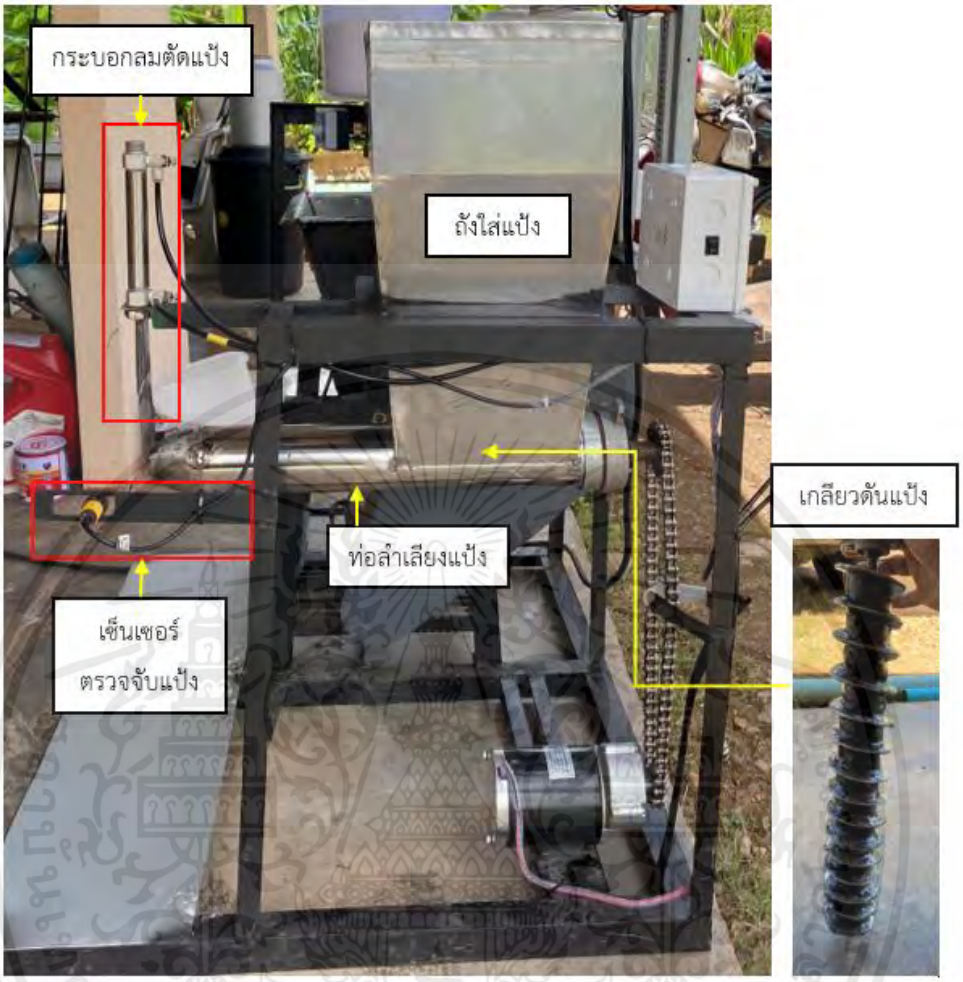


รูปที่ 3.9 ถังเก็บวัตถุดิบ

จากรูปที่ 3.9 จะเป็นส่วนของถังใส่วัตถุดิบ ซึ่งจะมีทั้งหมด 4 อย่าง คือ ถังใส่แป้ง ถังใส่น้ำมัน ถังใส่น้ำ และถังใส่เนยละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.6 เครื่องตัดแป้ง



รูปที่ 3.10 ถังตัดแป้ง

จากรูปที่ 3.10 จะเป็นส่วนของถังตัดแป้ง ซึ่งจะมีตัวถังรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ถูกบีบลงมาต่อกับตัวท่อลำเลียงแป้ง ภายในถังจะมีเกลียวดันแป้งคอยหมุนลำเลียงแป้งออกมาผ่านเซ็นเซอร์ตรวจจับ และสั่งให้กระบอกสูบตัดแป้งทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.7 ภาพรวมของเครื่องทั้งหมด

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.11 ภาพรวมของเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ
(ก) ภาพจากด้านขวา (ข) ภาพจากด้านหน้า (ค) ภาพจากด้านซ้าย

จากรูปที่ 3.11 จะเป็นส่วนของถังใส่วัตถุดิบ ซึ่งจะมีทั้งหมด 4 อย่าง คือ ถังใส่แป้ง ถังใส่น้ำมัน ถังใส่น้ำ และถังใส่เนยละลาย

3.7 อุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ในเครื่อง

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องนวดแป้งจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ในการขับให้แกนที่อยู่ในถังนวดแป้งคอยหมุนจนแป้งออกมาเหนียวได้ (มอเตอร์ ½ HP 4 โพล)

2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องตัดแป้งจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ ในการคอยหมุนเกลียวเพื่อดันแป้งออกมา และผ่านเซ็นเซอร์อินฟราเรด และตัดแป้งโดยวาล์วลม (มอเตอร์ 450 วัตต์ 450RPM)

3) วาล์วโซลินอยด์

เครื่องตัดแป้งจะใช้วาล์วลมในการคอยดันกระบอกสูบให้ตัดแป้ง ที่ถูกมอเตอร์กระแสตรงดันแป้งออกมา โดยจะทำงานควบคู่กับเซ็นเซอร์อินฟราเรด (วาล์ว 6 มิลลิเมตร 24 โวลต์ 4.8 วัตต์)

4) มอเตอร์วาล์วไฟฟ้า

จะใช้ในการปล่อยวัตถุดิบต่างๆ ลงถังนวดแป้ง โดยสั่งงานผ่านบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 (มอเตอร์วาล์วไฟฟ้า ½ นิ้ว 220 โวลต์ และมอเตอร์วาล์วไฟฟ้า 2 นิ้ว 220 โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เซ็นเซอร์โหลดเซลล์

จะใช้ในการชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบร่วมกับโมดูล HX711 ในการขยายสัญญาณก่อนเข้าบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 เพื่อนำไปสร้างเงื่อนไขในการเขียนโปรแกรมลงบอร์ดอาดุยโน่ (โหลดเซลล์ 10 กิโลกรัม ขนาด 81*13.5*13.5 มิลลิเมตร)

6) โมดูล HX711

จะใช้ในการขยายสัญญาณจากเซ็นเซอร์โหลดเซลล์เพื่อไปเข้าขาดิจิตอลของบอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560 (HX711 5 ถึง 10 โวลต์)

7) บอร์ดอาดุยโน่เมกะ 2560

จะใช้ในการเขียนโปรแกรมคำสั่งต่างๆ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญที่นำมาใช้ในการควบคุมทุกอย่างในเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ (อาดุยโน่เมกะ 2560 ขนาด 53.3*101.5 มิลลิเมตร)

8) ไพลอตแลมป์ และแอลอีดี

ใช้ในการแจ้งเตือนสถานการณ์ทำงาน และหยุดการทำงานของตัวเครื่องทั้ง 2 (ไพลอตแลมป์ขนาด 22 มิลลิเมตร 220 โวลต์ และแอลอีดีขนาด 5 มิลลิเมตร 5 โวลต์)

9) โมดูลรีเลย์ 16 ช่อง

ใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนเข้าบอร์ดอาดุยโน่ และคอยรับคำสั่งต่างๆ จากบอร์ดอาดุยโน่ เพื่อไปสั่งการทำงานกับอุปกรณ์อีกทีหนึ่ง (โมดูลรีเลย์ 16 ช่อง ขนาด 17.6*9*1.7 เซนติเมตร 12 โวลต์)

10) เซ็นเซอร์อินฟราเรด

ใช้ในการตรวจจับแป้ง และคอยทำงานควบคู่กับโซลินอยด์วาล์วในการตัดแป้ง (เซ็นเซอร์มีระยะ 3 ถึง 80 เซนติเมตร ขนาด 18 มิลลิเมตร 5 โวลต์)

11) โซลิดสเตทรีเลย์

ใช้ในการปรับความเร็ว และรอบการหมุนของมอเตอร์กระแสสลับ (SSR-25DA ขนาด 60*45*23 มิลลิเมตร 250 โวลต์ 25 แอมป์)

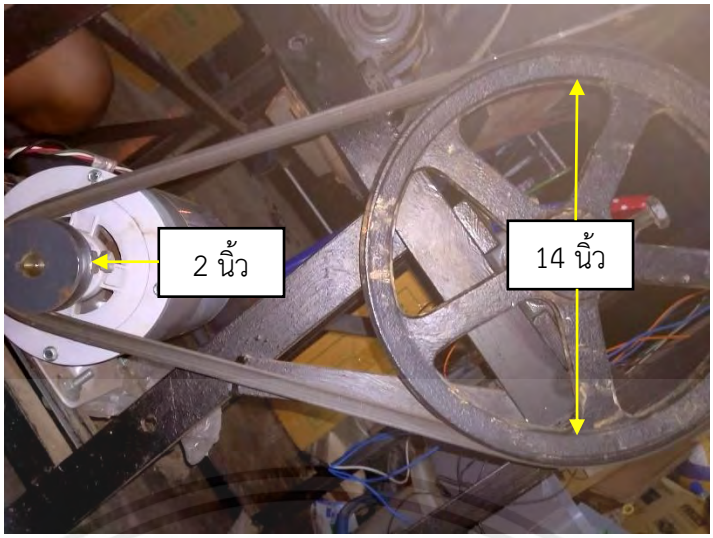
12) วงจรลดแรงดันแบบสเต็ปดาวน์

ใช้ในการลดแรงดันของไฟในวงจรเอาต์พุตขาออก 1.5 ถึง 32 โวลต์ (LM2596 DC-DC ขนาด 66*36 มิลลิเมตร)

3.8 การคำนวณความเร็วรอบ

มู่เล่ที่ติดอยู่กับตัวมอเตอร์มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ส่วนมู่เล่อีกชิ้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว ดังรูปที่ 3.12 และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้มีความเร็วรอบอยู่ที่ 1450 รอบต่อนาที สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 มู่เล่ที่ติดตั้งอยู่กับตัวเครื่อง

$$I = Na/Nb \quad = Db/Da \tag{3.1}$$

$$I = Na/1450 \ = 2/14$$

ดังนั้น $Na = 241.67$ รอบต่อนาที

จากสมการที่ 3.1

I คือ อัตราทด

Na คือ ความเร็วที่มู่เล่ทำได้

Nb คือ ความเร็วที่มู่เล่ขับ

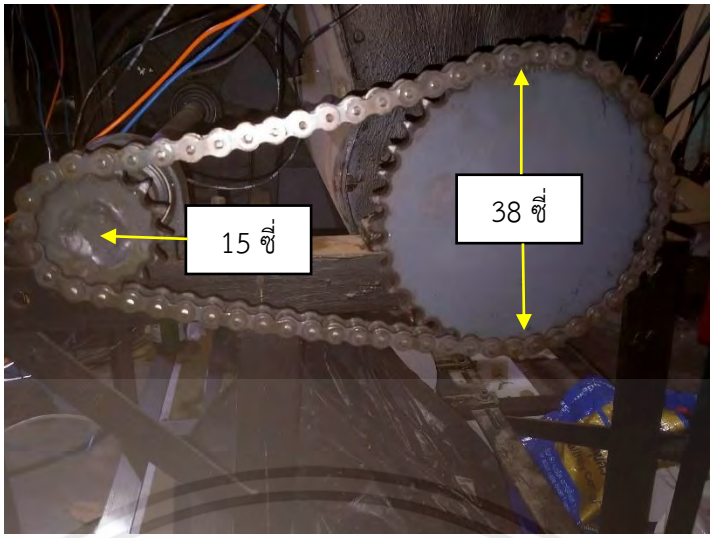
Da คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ที่ขับ

Db คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ที่ถูกขับ

จากการคำนวณ ความเร็วรอบที่มู่เล่ขนาด 12 นิ้วขับส่งให้สเตอร์ด้านข้างของเครื่องใช้ในการขับแกนนวดแป้ง คือ 241.67 รอบต่อนาที

สเตอร์ที่ติดอยู่กับตัวแกนนวดแป้ง เป็นสเตอร์ 38 ซี่ และสเตอร์ 15 ซี่ ดังรูปที่ 3.13 มีความเร็วรอบอยู่ที่ 241.67 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถคำนวณความเร็วรอบที่เครื่องนวดแป้งสามารถขับแกนนวด ให้หมุนแป้งได้โดยสมการที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 สเตอร์ที่ต่อร่วมกับมู่เล่อีกด้านหนึ่ง

$$I = Na/Nb \quad = Db/Da \tag{3.2}$$

$$I = Na/241.67 \; = 15/38$$

ดังนั้น $Na = 95.40$ รอบต่อนาที

จากสมการที่ 3.2

I คือ อัตราทด

Na คือ ความเร็วสเตอร์ที่ถูกขับ

Nb คือ ความเร็วที่สเตอร์ขับ

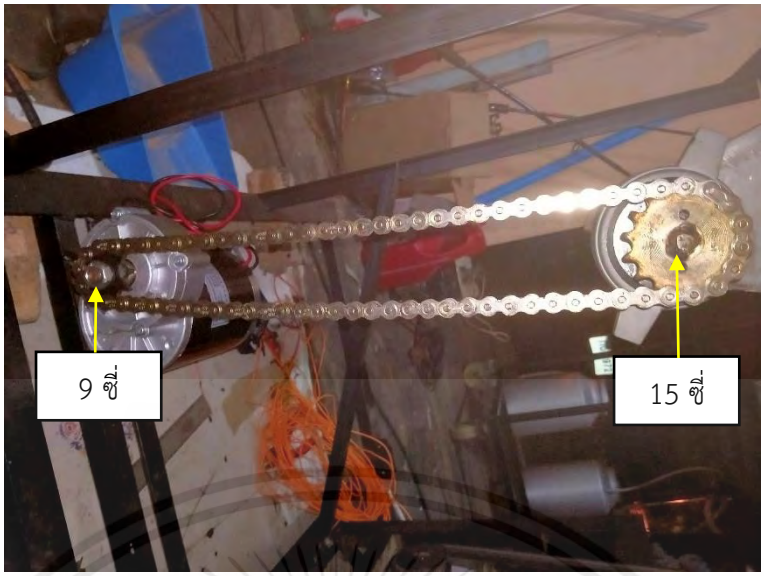
Da คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของสเตอร์ที่ขับ

Db คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของเสตอร์ที่ถูกขับ

จากการคำนวณความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ขับแกนนวดแป้งให้หมุน ได้ความเร็วรอบออกมาที่ 95.40 รอบต่อนาที

สเตอร์ที่ติดกับมอเตอร์ของถังตัดแป้ง เป็นสเตอร์ 15 ซี่ และสเตอร์ 9 ซี่ ดังรูปที่ 3.14 มีความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ที่ 450 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถคำนวณความเร็วรอบที่เครื่องตัดแป้งสามารถขับแกนให้หมุนแป้งออกได้โดยสมการที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 สเตอร์ที่ต่อร่วมกับมอเตอร์กระแสตรงของเครื่องตัดแป้ง

$$I = Na/Nb \quad = Db/Da \tag{3.3}$$
$$I = Na/450 \quad = 9/15$$

ดังนั้น $Na = 270$ รอบต่อนาที

จากสมการที่ 3.3

I คือ อัตราทด

Na คือ ความเร็วสเตอร์ที่ถูกขับ

Nb คือ ความเร็วที่สเตอร์ขับ

Da คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของสเตอร์ที่ขับ

Db คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของเสตอร์ที่ถูกขับ

จากการคำนวณความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ขับแกนให้หมุนดันแป้งออกมาเพื่อตัด ได้ความเร็วรอบออกมาที่ 270 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีการดำเนินงาน และผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองของเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งจะมีการทดลองปล่อยวัตถุดิบลงถังนวดแป้งตามโหมดน้ำหนัก การทดลองความเหนียวของแป้งตามระยะเวลาที่กำหนด การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ ทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดต่างๆ ทดลองการตัดแป้ง การทดลองชั่งน้ำหนักแป้งที่ได้จากเครื่องตัดแป้ง และทดลองการแจ้งเตือนสถานะการพักแป้ง

4.1 การทดลองปล่อยวัตถุดิบลงถังนวดแป้งตามโหมดน้ำหนัก

เป็นการทดลองปล่อยวัตถุดิบลงในถังนวดแป้ง ตามโหมดน้ำหนักทั้ง 3 เริ่มตั้งแต่ 1 กิโลกรัม ถึง 3 กิโลกรัม เพื่อดูว่าวัตถุดิบสามารถไหลลงถังนวดแป้งได้หรือไม่ และวัตถุดิบที่ปล่อยลงไปนั้นเป็นไปตามน้ำหนักที่ได้ตั้งค่าเอาไว้ในโปรแกรมหรือไม่ มีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1) กำหนดค่าน้ำหนักในโปรแกรมของโหมดน้ำหนักทั้ง 3 ให้แป้งมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม 2 กิโลกรัม 3 กิโลกรัม น้ำมัน และเนยละลาย 30 กรัม 60 กรัม 90 กรัม น้ำ 700 มิลลิลิตร 1,400 มิลลิลิตร 2,100 มิลลิลิตร

4) เสียบปลั๊กไฟจ่ายไฟเลี้ยงให้อุปกรณ์ภายในเครื่อง

5) กดสวิตช์โหมดน้ำหนักตั้งแต่ 1 ถึง 3 กิโลกรัม และจดค่าที่ได้เอาไว้ตามลำดับ

6) ทำซ้ำแต่ละโหมดน้ำหนักเริ่มตั้งแต่ 1 ถึง 3 กิโลกรัม และจดบันทึกค่าที่ได้

7) นำค่าที่ได้มาบันทึก และหาร้อยละความผิดพลาดลงในตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.1 ทดลองการปล่อยแป้งลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก

จำนวนครั้งที่ทดลอง	โหมด 1 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด	โหมด 2 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด	โหมด 3 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด
1	1.023	2.3	2.170	8.5	-	-
2	1.019	1.9	2.096	4.8	-	-
3	0.997	0.3	2.035	1.75	-	-
4	1.042	4.2	2.123	6.15	-	-
5	1.009	0.9	2.021	1.05	-	-
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ย	1.018	1.92	2.089	4.45	-	-

หมายเหตุ: - หมายถึง ไม่สามารถทดลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 เป็นการทดลองปล่อยแป้งลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าในโหมดน้ำหนัก 1 กิโลกรัมมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 1.018 กิโลกรัม ค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 1.92 โหมดน้ำหนัก 2 กิโลกรัมมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 2.089 กิโลกรัม ค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 4.45 ส่วนโหมด 3 กิโลกรัมนั้นไม่สามารถทดลองได้เนื่องจากมอเตอร์มีกำลังหมุนเพื่อปล่อยแป้งไม่เพียงพอ

ตารางที่ 4.2 ทดลองการปล่อยน้ำมันลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก

จำนวนครั้งที่ทดลอง	โหมด 1 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด	โหมด 2 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด	โหมด 3 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด
1	0.029	3.33	0.058	3.33	0.093	3.33
2	0.032	6.67	0.060	0	0.091	1.11
3	0.033	10	0.057	5	0.092	2.22
4	0.031	3.33	0.059	1.67	0.089	1.11
5	0.028	6.67	0.061	1.67	0.094	4.44
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ย	0.031	6	0.059	2.33	0.092	2.44

จากตารางที่ 4.2 เป็นการทดลองปล่อยน้ำมันลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าในโหมดน้ำหนัก 1 กิโลกรัมมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 31 กรัม ค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 6 โหมดน้ำหนัก 2 กิโลกรัมมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 59 กรัม ค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 2.33 ส่วนโหมด 3 กิโลกรัมนั้นมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 92 กรัม และค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 2.44

ตารางที่ 4.3 ทดลองการปล่อยน้ำลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก

จำนวนครั้งที่ทดลอง	โหมด 1 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด	โหมด 2 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด	โหมด 3 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด
1	0.701	0.14	1.431	2.21	2.106	0.29
2	0.708	1.14	1.422	1.57	2.105	0.24
3	0.693	1	1.408	0.57	2.103	0.14
4	0.698	0.29	1.435	2.5	2.110	0.48
5	0.702	0.29	1.427	1.93	2.102	0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ทดลองการปล่อยน้ำลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก (ต่อ)

จำนวนครั้งที่ทดลอง	โหมด 1 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด	โหมด 2 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด	โหมด 3 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด
ร้อยละความผิดพลาด	0.700	0.57	1.425	1.76	2.105	0.25

จากตารางที่ 4.3 เป็นการทดลองปล่อยน้ำลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าในโหมดน้ำหนัก 1 กิโลกรัมมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 700 กรัม ค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 0.57 โหมดน้ำหนัก 2 กิโลกรัมมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 1.425 กิโลกรัม ค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 1.76 ส่วนโหมด 3 กิโลกรัมนั้นมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 2.105 กิโลกรัม และค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 0.25

ตารางที่ 4.4 ทดลองการปล่อยเนยละลายลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก

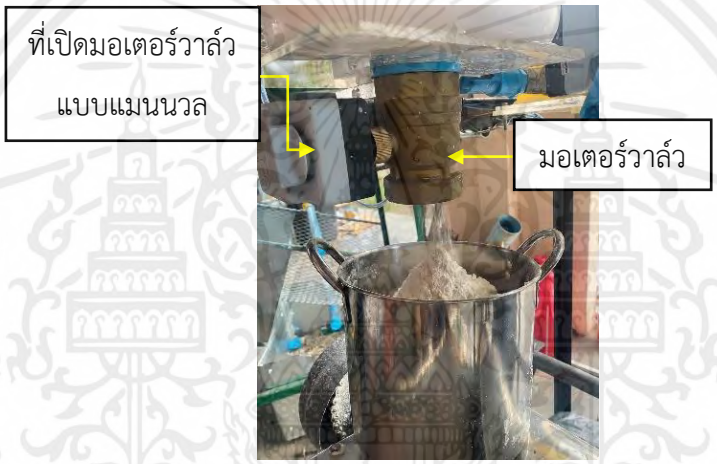
จำนวนครั้งที่ทดลอง	โหมด 1 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด	โหมด 2 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด	โหมด 3 กิโลกรัม	ร้อยละความผิดพลาด
1	0.030	0	0.062	3.33	0.095	5.56
2	0.030	0	0.066	10	0.098	8.89
3	0.031	3.33	0.068	13.33	0.097	7.78
4	0.028	6.67	0.063	5	0.093	3.33
5	0.030	0	0.061	1.67	0.096	6.67
ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ย	0.030	2	0.064	6.67	0.096	5.25

จากตารางที่ 4.4 เป็นการทดลองปล่อยเนยละลายลงถังนวดตามโหมดน้ำหนัก จะเห็นได้ว่าในโหมดน้ำหนัก 1 กิโลกรัมมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 30 กรัม ค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 2 โหมดน้ำหนัก 2 กิโลกรัมมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 64 กรัม ค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 6.67 ส่วนโหมด 3 กิโลกรัมนั้นมีค่าเฉลี่ยที่ปล่อยได้อยู่ 96 กรัม และค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 5.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.1 ชั่งน้ำหนักภาชนะที่นำมาใส่วัตถุดิบ (ก) น้ำหนักของถ้วย 147 กรัม (ข) น้ำหนักของเหยือก 60 กรัม (ค) น้ำหนักของหม้อสแตนเลส 337 กรัม

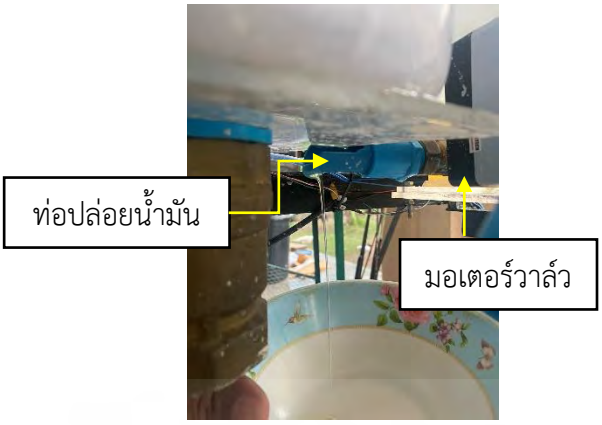


รูปที่ 4.2 การปล่อยแป้งของโหมดน้ำหนัก 2 กิโลกรัม

(ก) (ข)

รูปที่ 4.3 การชั่งน้ำหนักแป้งที่ปล่อยออกมาตามโหมดน้ำหนัก
(ก) น้ำหนักแป้งที่ได้จากโหมด 1 กิโลกรัม (ข) น้ำหนักแป้งที่ได้จากโหมด 2 กิโลกรัม

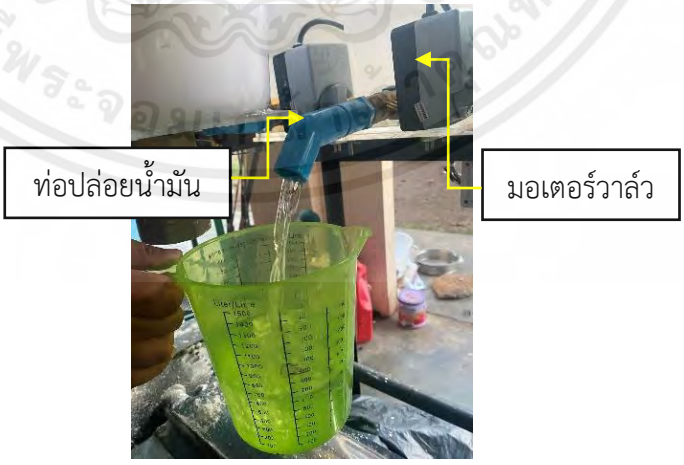
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การปล่อยน้ำมันตามโหมดน้ำหนัก 1 ถึง 3 กิโลกรัม

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.5 การชั่งน้ำหนักน้ำมันที่ปล่อยออกมาตามโหมดน้ำหนัก (ก) น้ำหนักน้ำมันที่ได้จากโหมด 1 กิโลกรัม (ข) น้ำหนักน้ำมันที่ได้จากโหมด 2 กิโลกรัม (ค) น้ำหนักน้ำมันที่ได้จากโหมด 3 กิโลกรัม

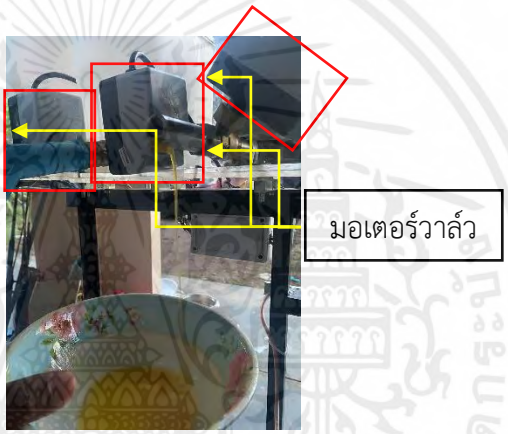


รูปที่ 4.6 การปล่อยน้ำตามโหมดน้ำหนัก 1 ถึง 3 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.7 การชั่งน้ำหนักน้ำที่ปล่อยออกมาตามโหมดน้ำหนัก (ก) น้ำหนักน้ำที่ได้จากโหมด 1 กิโลกรัม (ข) น้ำหนักน้ำที่ได้จากโหมด 2 กิโลกรัม (ค) น้ำหนักน้ำที่ได้จากโหมด 3 กิโลกรัม



รูปที่ 4.8 การปล่อยเนยละลายตามโหมดน้ำหนัก 1 ถึง 3 กิโลกรัม

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.9 การชั่งน้ำหนักเนยละลายที่ปล่อยออกมาตามโหมดน้ำหนัก (ก) น้ำหนักเนยละลายที่ได้จากโหมด 1 กิโลกรัม (ข) น้ำหนักเนยละลายที่ได้จากโหมด 2 กิโลกรัม (ค) น้ำหนักเนยละลายที่ได้จากโหมด 3 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 แกนกวนที่ใส่ใต้ฝาปิดถังเก็บแป้ง

จากตารางที่ 4.1–4.4 จะเห็นได้ว่าในการปล่อยน้ำมัน น้ำ และเนยละลาย ลงถังนวดสามารถทำได้ตามที่โปรแกรมเอาไว้ แต่จะมีค่าความคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักที่กำหนดเอาไว้อยู่ เนื่องจากการใช้มอเตอร์วาล์วในการปล่อยวัตถุดิบนั้นจะต้องทำการตั้งค่าเวลาในการเปิด-ปิดที่เป็นค่าแน่นอน และไม่สามารถเร่งความเร็วในการเปิด-ปิดมอเตอร์วาล์วได้ จึงทำให้วัตถุดิบที่ถูกปล่อยออกมานั้น จะมีความคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักตามที่ตั้งไว้ในขอบเขต ในส่วนของการปล่อยแป้งนั้นจะมีปัญหาที่ความหนาแน่นของแป้งตามน้ำหนักที่ใส่ลงไปในถังเก็บ แป้ง 1 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัมยังสามารถปล่อยลงถังนวดได้ด้วยการเพิ่มมอเตอร์ทดเกียร์เข้าไป 1 ตัวบริเวณฝาถัง และติดแกนที่จะใช้ในการกวนแป้งเอาไว้ใต้ฝาดังรูปที่ 4.10 ใช้ในการหมุนแป้งที่อยู่ภายในถังเก็บ และกวาดแป้งจากบริเวณก้นถังให้ลงผ่านมอเตอร์วาล์วไปยังถังนวด แต่เมื่อใส่แป้งลงไปมากกว่า 3 กิโลกรัมจะไม่สามารถกวนแป้งได้ เนื่องจากมอเตอร์ทดเกียร์ที่ใช้นั้นมีความเร็ว และกำลังไม่พอที่จะขับแกนนวดให้หมุนแป้งที่มีน้ำหนักมากได้ จึงทำให้ไม่สามารถปล่อยแป้งในโหมด 3 กิโลกรัมได้ตามขอบเขตที่วางไว้

4.2 การทดลองความเหนียวของแป้งตามระยะเวลาที่กำหนด

เป็นการทดลองนวดแป้งไปเรื่อยๆ โดยแบ่งเวลาตรวจสอบเป็นทุกๆ 5 นาที จนถึงเวลา 15 นาที เพื่อเช็คความเหนียวของตัวแป้งที่เราได้ทำการผสมเอง

4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

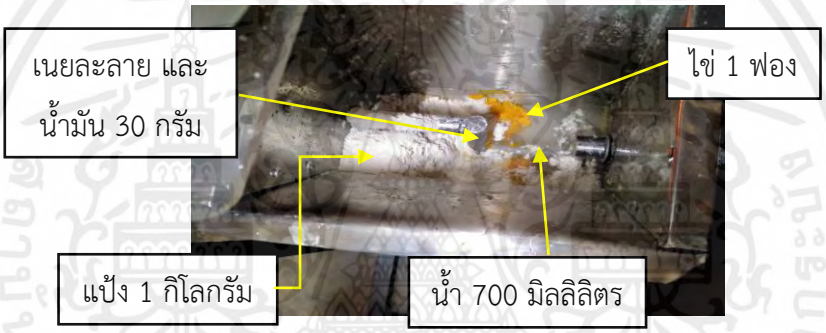
1) เครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัติ
2) แป้งอเนกประสงค์ 6 กิโลกรัม
3) ผลิตภัณฑ์เนยเทียม 1 กิโลกรัม
4) น้ำตาลทรายขาว 1 กิโลกรัม
5) เกลือ 1 กิโลกรัม
6) น้ำเปล่า 3 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

นำแป้งอเนกประสงค์ 1 กิโลกรัม จากนั้นก็นำน้ำตาล น้ำมัน เนยละลาย ใส่ลงไป 2 ช้อนโต๊ะ ใส่เกลือ 1 ช้อนชา และใส่น้ำเปล่าลงไป 700 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในถังนวดแป้งจากนั้นก็กดสวิตช์เพื่อเริ่มการนวดแป้ง ในส่วนของน้ำหนักอื่นๆนั้นเราจะทำการเปลี่ยนส่วนผสม โดยคูณตามน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เช่นถ้าต้องการทำแป้ง 2 กิโลกรัม เราก็จะใส่น้ำตาล น้ำมัน เนยละลาย ใส่ลงไป 4 ช้อนโต๊ะ ใส่เกลือ 2 ช้อนชา และใส่น้ำเปล่าลงไป 1,400 มิลลิลิตร พอเป็นแป้ง 3 กิโลกรัม เราก็จะใส่น้ำตาล น้ำมัน เนยละลาย ใส่ลงไป 6 ช้อนโต๊ะ ใส่เกลือ 3 ช้อนชา และใส่น้ำเปล่าลงไป 2,100 มิลลิลิตร

จากนั้นเราจะทำการจับเวลาครั้งละ 5 นาทีจนถึง 15 นาที เพื่อดูความเหนียวของตัวแป้งทั้ง 3 น้ำหนัก ตั้งแต่ 1 กิโลกรัม 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม เพื่อดูว่าเวลาประมาณไหนเหมาะสมที่สุดในการนวดแป้งในแต่ละน้ำหนักที่เราได้ใส่ลงไป



รูปที่ 4.11 ใส่วัตถุดิบลงไปในถังนวดแป้ง

จากรูปที่ 4.11 จะเป็นการใส่วัตถุดิบลงไปในอัตราส่วนของการทำแป้งโรตี 1 กิโลกรัม โดยจะมีแป้งสาลี 1 กิโลกรัม ไข่ไก่ 1 ฟอง น้ำ 700 มิลลิลิตร น้ำมัน และเนยละลาย 30 กรัม

รูปที่ 4.12 เปิดมอเตอร์ให้ทำการนวดแป้งโรตี

จากรูปที่ 4.12 จะเป็นการสั่งให้มอเตอร์ทำการนวดแป้งโรตีในอัตราส่วนการทำแป้ง 1 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 เช็คความเหนียวของตัวแป้งหลังจากนวดไปได้ 5 นาที

จากรูปที่ 4.13 จะเป็นการเช็คความเหนียวของตัวแป้งหลังจากทำการหมุนแกนนวดไปได้เป็นเวลา 5 นาที

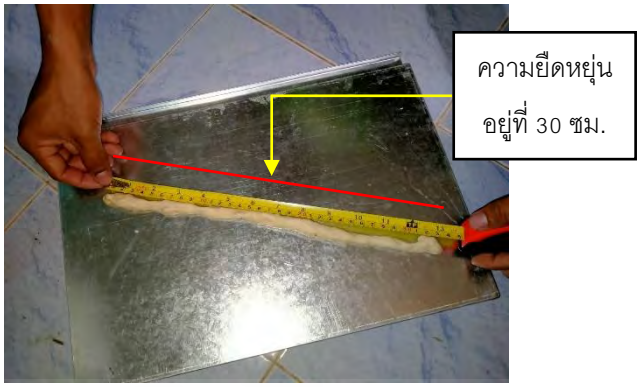
รูปที่ 4.14 เช็คความหนืดของตัวแป้งหลังจากนวดไปได้ 10 นาที

จากรูปที่ 4.14 จะเป็นการเช็คความเหนียวของตัวแป้งหลังจากทำการหมุนแกนนวดไปได้เป็นเวลา 10 นาที

รูปที่ 4.15 เช็คความหนืดของตัวแป้งหลังจากนวดไปได้ 15 นาที

จากรูปที่ 4.15 จะเป็นการเช็คความเหนียวของตัวแป้งหลังจากทำการหมุนแกนนวดไปได้เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 เช็คความยืดหยุ่นของตัวแป้งเมื่อทำการพัก

จากรูปที่ 4.16 จะเป็นการเช็คความยืดหยุ่นของตัวแป้งหลังจากทำการพักแป้งเป็นเวลา 40 นาที โดยจะนำมายืดแป้งออก แล้วใช้ตลับเมตรในการทาบความยาวของแป้ง ได้ผลออกมาคือ 30 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาต่อความเหนียวของแป้งทั้ง 3 น้ำหนัก

น้ำหนักแป้ง	ระยะเวลาการนวดแป้ง		
	5 นาที	10 นาที	15 นาที
1 กิโลกรัม	-	-	√
2 กิโลกรัม	-	√	-
3 กิโลกรัม	-	√	-

หมายเหตุ: √ หมายถึง ความเหนียวที่ต้องการ (20 ถึง 30 เซนติเมตร)

- หมายถึง ความเหนียวที่ไม่ต้องการ (<20 เซนติเมตร และ >30 เซนติเมตร)

จากตารางที่ 4.5 ระยะเวลาต่อความเหนียวของแป้งทั้ง 3 น้ำหนัก จะเห็นได้ว่าเมื่อนำวัตถุดิบทั้งหมดใส่ลงไปแล้ว ในส่วนของน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ตัวเครื่องนวดนั้นจะทำการนวดโดยใช้เวลา 15 นาที แต่น้ำหนัก 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม จะใช้เวลาเพียงแค่ 10 นาที เป็นเพราะความลึกของถังนวดที่ทำเผื่อเอาไว้จุแป้งจำนวนมาก ทำให้ใช้เวลามากขึ้น เพราะหน้าสัมผัสของแป้งกับแกนนวดนั้นอยู่ห่างกันระยะหนึ่ง แต่พอเป็นน้ำหนักแป้ง 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ตัวส่วนผสมทั้งหมดจะกองกันเต็มหน้าสัมผัส ทำให้เมื่อมอเตอร์ทำการหมุนโม่แล้วตัวส่วนผสมจะถูกนวดได้อย่างเต็มประสิทธิภาพทำให้ลดระยะเวลาในการนวดนั่นเอง

โดยหลังจากที่นวดแป้งเสร็จแล้วนั้น ทางเราได้ทำการพักแป้งอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้แป้งทำการเซ็ตตัว จากนั้นก็ทำการปั้นลูกกลมโดยมีเป้าหมายอยู่ที่ 40 ลูกตามขอบเขต จึงได้ชั่งน้ำหนักเมื่อแป้งได้ทำการเซ็ตตัวแล้ว จะได้แป้งน้ำหนัก 1.622 กิโลกรัม ในการทดลองครั้งแรกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนแป้ง 1 กิโลกรัม ทำให้เมื่อปั้นลูกกลมนั้น จะสามารถปั้นที่น้ำหนัก 40 กรัมต่อ 1 ลูกได้ ก็จะครบจำนวนตามเป้าหมายที่วางไว้

4.3 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์

เป็นการทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ โดยใช้ขวดน้ำที่มีน้ำหนักคงที่ 3 ขวดมาทำการสลับกันวางบนโหลดเซลล์ของเครื่องนวดแป้งโรตีให้ได้น้ำหนักที่มีความแตกต่างกัน 5 น้ำหนัก และเปรียบเทียบกับการชั่งน้ำหนักจากเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักที่ได้จากโหลดเซลล์ว่ามีความแตกต่างกันเท่าไหร่ โดยจะมีวิธีการทดลอง ดังต่อไปนี้

1) เปิดโปรแกรม Arduino IDE ที่ใช้ในการ Run Code และทำการอ่านค่าจาก Serial Monitor เพื่อเช็คค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากโหลดเซลล์แต่ละตัว

2) นำขวดน้ำที่ผ่านการชั่งน้ำหนักกับเครื่องชั่งดิจิตอลมาแล้ว ซึ่งมีน้ำหนัก 600 มิลลิลิตร 1000 มิลลิลิตร และ 1500 มิลลิลิตร มาใช้ในการทดลองโหลดเซลล์ทั้ง 4 ตัว

3) นำขวดน้ำไปวางบนถังใส่วัตถุดิบ และสลับกันวางจนได้ค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน 5 น้ำหนัก บนโหลดเซลล์ทั้ง 4 ตัว จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาร้อยละความผิดพลาดดังตารางที่ 4.6-4.9

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.17 การชั่งน้ำหนักขวดน้ำกับเครื่องชั่งแบบดิจิตอล
(ก) ขวดน้ำหนัก 600 มิลลิลิตร (ข) ขวดน้ำหนัก 1000 มิลลิลิตร (ค) ขวดน้ำหนัก 1500 มิลลิลิตร

จากรูปที่ 4.17 จะเป็นการชั่งน้ำหนักขวดน้ำ 3 ขวด 3 ขนาด บนเครื่องชั่งแบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ตัวที่ 1

วัตถุ	ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากตัวเครื่องนวดแป้ง (กิโลกรัม)	ค่าน้ำหนักจากเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (กิโลกรัม)	ร้อยละความผิดพลาด
1	[HX7] Reading1: 0.571 Kg	0.600	4.83
2	[HX7] Reading1: 0.986 Kg	1.000	1.4
3	[HX7] Reading1: 1.487 Kg	1.500	0.87
4	[HX7] Reading1: 1.587 Kg	1.600	0.81
5	[HX7] Reading1: 2.488 Kg	2.500	0.48
ร้อยละความผิดพลาดโดยเฉลี่ย			1.68

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าตัวโหลดเซลล์ตัวที่ 1 ที่ผ่านการ Calibrate น้ำหนักมาแล้วนั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยจากการนำมาเทียบกับการช่างผ่านเครื่องช่างดิจิตอล ผิดพลาดเพียงร้อยละ 1.68

ตารางที่ 4.7 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ตัวที่ 2

วัตถุ	ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากตัวเครื่องนวดแป้ง (กิโลกรัม)	ค่าน้ำหนักจากเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (กิโลกรัม)	ร้อยละความผิดพลาด
1	[HX7] Reading2: 0.603 Kg	0.600	0.5
2	[HX7] Reading2: 1.005 Kg	1.000	0.5
3	[HX7] Reading2: 1.495 Kg	1.500	0.33
4	[HX7] Reading2: 1.595 Kg	1.600	0.31
5	[HX7] Reading2: 2.491 Kg	2.500	0.36
ร้อยละความผิดพลาดโดยเฉลี่ย			0.4

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าตัวโหลดเซลล์ตัวที่ 2 ที่ผ่านการ Calibrate น้ำหนักมาแล้วนั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยจากการนำมาเทียบกับการช่างผ่านเครื่องช่างดิจิตอล ผิดพลาดเพียงร้อยละ 0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ตัวที่ 3

วัตถุ	ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากตัวเครื่องนวดแป้ง (กิโลกรัม)	ค่าน้ำหนักจากเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (กิโลกรัม)	ร้อยละความผิดพลาด
1	[HX7] Reading3: 0.597 Kg	0.600	0.5
2	[HX7] Reading3: 0.997 Kg	1.000	0.3
3	[HX7] Reading3: 1.496 Kg	1.500	0.27
4	[HX7] Reading3: 1.597 Kg	1.600	0.19
5	[HX7] Reading3: 2.501 Kg	2.500	0.04
ร้อยละความผิดพลาดโดยเฉลี่ย			0.26

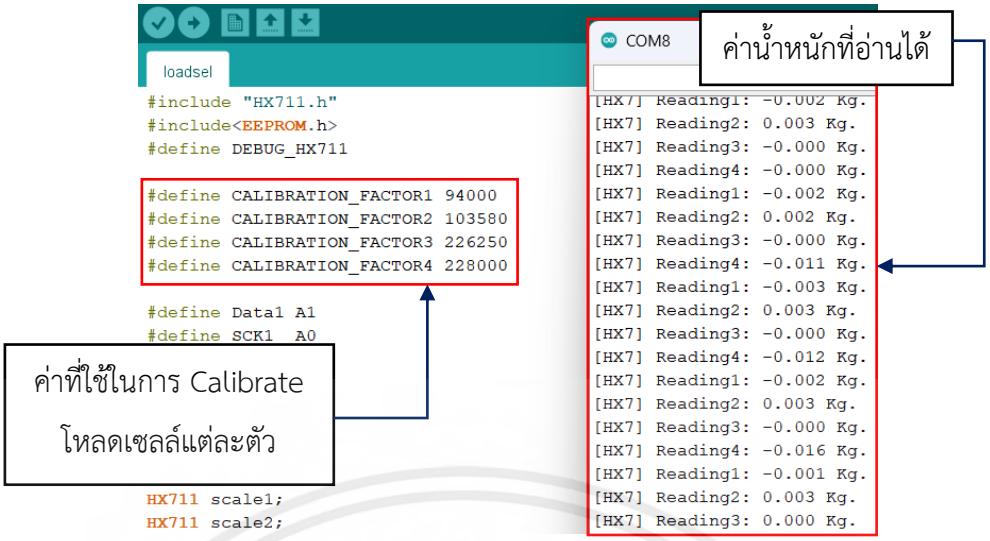
จากตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าตัวโหลดเซลล์ตัวที่ 3 ที่ผ่านการ Calibrate น้ำหนักมาแล้วนั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยจากการนำมาเทียบกับการช่างผ่านเครื่องช่างดิจิตอล ผิดพลาดเพียงร้อยละ 0.26

ตารางที่ 4.9 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ตัวที่ 4

วัตถุ	ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากตัวเครื่องนวดแป้ง (กิโลกรัม)	ค่าน้ำหนักจากเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (กิโลกรัม)	ร้อยละความผิดพลาด
1	[HX7] Reading4: 0.605 Kg	0.600	0.83
2	[HX7] Reading4: 1.002 Kg	1.000	0.2
3	[HX7] Reading4: 1.502 Kg	1.500	0.13
4	[HX7] Reading4: 1.600 Kg	1.600	0
5	[HX7] Reading4: 2.503 Kg	2.500	0.12
ร้อยละความผิดพลาดโดยเฉลี่ย			0.26

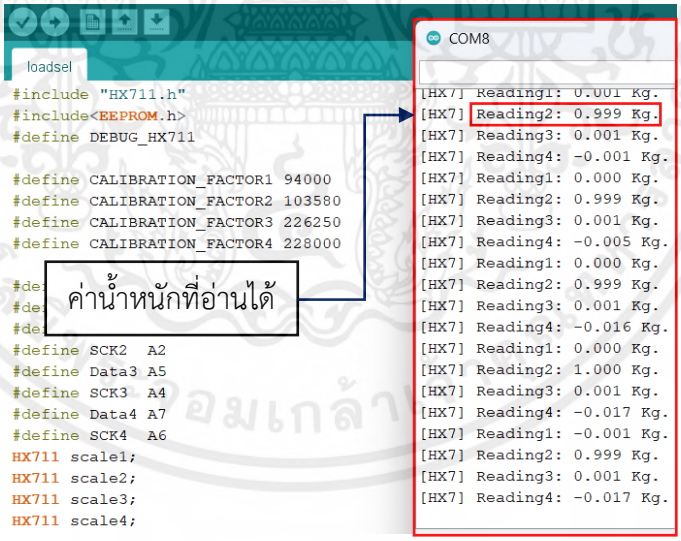
จากตารางที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าตัวโหลดเซลล์ตัวที่ 4 ที่ผ่านการ Calibrate น้ำหนักมาแล้วนั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยจากการนำมาเทียบกับการช่างผ่านเครื่องช่างดิจิตอล ผิดพลาดเพียงร้อยละ 0.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ค่าน้ำหนักแรกเริ่มก่อนทำการชั่งน้ำหนัก

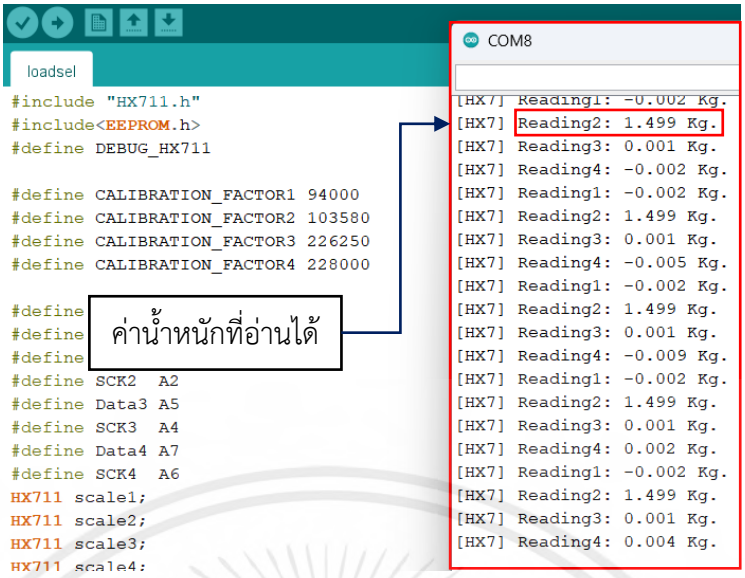
จากรูปที่ 4.18 เป็นการแสดงค่าน้ำหนัก และเลข Factor ที่เป็นค่าที่จำเป็นในการนำมา Calibrate ตัวโหลดเซลล์ โดยจะแสดงผ่านการ Run ในโปรแกรม Arduino IDE และดูค่าที่ได้ผ่าน Serial Monitor และค่าที่อ่านได้จากจอมีค่าเป็น 0.003 ถึง -0.016 กิโลกรัม



รูปที่ 4.19 ค่าน้ำหนักตอนชั่งขวดน้ำที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

จากรูปที่ 4.19 เป็นการแสดงค่าน้ำหนักของโหลดเซลล์ตัวที่ 2 โดยจะแสดงค่าผ่านจอ Serial Monitor ของโปรแกรม และค่าน้ำหนักที่อ่านได้จะอยู่ในช่วงของ 0.999 ถึง 1.000 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 ค่าน้ำหนักตอนชั่งขวดน้ำที่มีน้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม

จากรูปที่ 4.20 เป็นการแสดงค่าน้ำหนักของโหลดเซลล์ตัวที่ 2 โดยจะแสดงค่าผ่านจอ Serial Monitor ของโปรแกรม และค่าน้ำหนักที่อ่านได้จะอยู่ในช่วงของ 1.499 กิโลกรัม

จากตารางที่ 4.6, 4.7, 4.8 และ 4.9 นั้นเราจะเห็นได้ว่าตัวโหลดเซลล์มีค่าความผิดพลาดที่ไม่ได้มากนัก เนื่องจากการที่เราได้ทำการวางตำแหน่งของโหลดเซลล์ให้อยู่บริเวณด้านใต้ของตัวถังปล่อยวัตถุดิบพอดี ทำให้การกระจายน้ำหนักที่โหลดเซลล์ได้รับนั้นค่อนข้างมีความเที่ยงตรงในการอ่านค่าน้ำหนัก แต่ก็ยังมีความผิดพลาดที่จำเป็นต้องแก้ไขอยู่ในเรื่องของน้ำหนักที่มาก ซึ่งเห็นได้จากการที่เราใส่วัตถุที่มีค่าน้ำหนักที่มาก จึงทำให้ความผิดพลาดของน้ำหนักก็ค่อยๆ สูงขึ้นไปตามความหนักของวัตถุนั้นๆ ในส่วนนี้นั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเผื่อเวลาในการปล่อยวัตถุดิบจากมอเตอร์วาล์วอีกทีเพื่อคงค่าน้ำหนักที่เที่ยงตรงในแต่ละโหมดเอาไว้

4.4 ทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดต่างๆ

ในการทดลองนี้จะเป็นการเช็คสถานะการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในโหมดต่างๆ ทั้งหมด โดยจะทำการกดใช้งานโหมดนั้นๆ เพื่อดูว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามลำดับหรือไม่ และมีไฟไปเลี้ยงขณะที่อุปกรณ์ทำงานเท่าไหร่ มีแรงดัน หรือกระแสไฟเกินความต้องการของอุปกรณ์ที่ใช้หรือไม่ และนำค่ากับผลที่ได้มาบันทึกลงตาราง ซึ่งจะมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1) เสียบปลั๊กไฟเพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์

2) กดสวิตช์โหมดแต่ละโหมดเพื่อเช็คสถานะการทำงานของโหมดนั้นๆ

3) นำมิเตอร์มาวัดไฟที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัว

4) ทำการทดลองซ้ำ และนำค่าที่ได้มาบันทึกลงในตารางที่ 4.10, 4.11, 4.12 และ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมด 1 กิโลกรัม

รายการอุปกรณ์	จำนวนครั้งที่ทดลอง	สถานะการทำงาน (ครั้ง)	แรงดันที่วัดได้ (V)
1) สวิตช์โหมด 1 กิโลกรัม	5	ทำงาน 5 ครั้ง	0
2) โมดูลรีเลย์ 16 ช่อง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	12
3) มอเตอร์วาล์วปล่อยแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
4) มอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำมัน	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
5) มอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำ	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
6) มอเตอร์วาล์วปล่อยเนยละลาย	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
7) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
8) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักน้ำมัน	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
9) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักน้ำ	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
10) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักเนยละลาย	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
11) มอเตอร์นวดแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
12) มอเตอร์กวนแป้งในถังปล่อย	5	ทำงาน 5 ครั้ง	24
13) แอลอีดีโหมด 1 กิโลกรัม	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
14) ไพลอตแลมป์สถานะการทำงานเครื่อง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	221
15) บัซเซอร์	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่เราได้ทำการทดสอบทั้ง 5 ครั้งนั้นสามารถทำงานได้เป็นปกติทั้ง 5 ครั้ง และสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ตามค่าที่อุปกรณ์จำเป็นต้องใช้

ตารางที่ 4.11 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมด 2 กิโลกรัม

รายการอุปกรณ์	จำนวนครั้งที่ทดลอง	สถานะการทำงาน (ครั้ง)	แรงดันที่วัดได้ (V)
1) สวิตช์โหมด 2 กิโลกรัม	5	ทำงาน 5 ครั้ง	0
2) โมดูลรีเลย์ 16 ช่อง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	12
3) มอเตอร์วาล์วปล่อยแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
4) มอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำมัน	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
5) มอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำ	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
6) มอเตอร์วาล์วปล่อยเนยละลาย	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
7) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมด 2 กิโลกรัม (ต่อ)

รายการอุปกรณ์	จำนวนครั้งที่ทดลอง	สถานะการทำงาน (ครั้ง)	แรงดันที่วัดได้ (V)
8) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักน้ำมัน	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
9) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักน้ำ	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
10) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักเนยละลาย	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
11) มอเตอร์นวดแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
12) มอเตอร์กวนแป้งในถังปล่อย	5	ทำงาน 5 ครั้ง	24
13) แอลอีดีโหมด 2 กิโลกรัม	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
14) ไพลอตแลมป์สถานะการทำงานเครื่อง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
15) บัซเซอร์	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220

จากตารางที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่เราได้ทำการทดสอบทั้ง 5 ครั้งนั้นสามารถทำงานได้เป็นปกติทั้ง 5 ครั้ง และสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ตามค่าที่อุปกรณ์จำเป็นต้องใช้

ตารางที่ 4.12 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมด 3 กิโลกรัม

รายการอุปกรณ์	จำนวนครั้งที่ทดลอง	สถานะการทำงาน (ครั้ง)	แรงดันที่วัดได้ (V)
1) สวิตช์โหมด 3 กิโลกรัม	5	ทำงาน 5 ครั้ง	0
2) โมดูลรีเลย์ 16 ช่อง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	12
3) มอเตอร์วาล์วปล่อยแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
4) มอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำมัน	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
5) มอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำ	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
6) มอเตอร์วาล์วปล่อยเนยละลาย	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
7) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
8) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักน้ำมัน	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
9) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักน้ำ	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
10) โหลดเซลล์ชั่งน้ำหนักเนยละลาย	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
11) มอเตอร์นวดแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220
12) มอเตอร์กวนแป้งในถังปล่อย	5	ทำงาน 5 ครั้ง	24
13) แอลอีดีโหมด 3 กิโลกรัม	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
14) ไพลอตแลมป์สถานะการทำงานเครื่อง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมด 3 กิโลกรัม (ต่อ)

รายการอุปกรณ์	จำนวนครั้งที่ทดลอง	สถานะการทำงาน (ครั้ง)	แรงดันที่วัดได้ (V)
15) บัซเซอร์	5	ทำงาน 5 ครั้ง	220

จากตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่เราได้ทำการทดสอบทั้ง 5 ครั้งนั้นสามารถทำงานได้เป็นปกติทั้ง 5 ครั้ง และสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ตามค่าที่อุปกรณ์จำเป็นต้องใช้

ตารางที่ 4.13 การทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดตัดแป้ง

รายการอุปกรณ์	จำนวนครั้งที่ทดลอง	สถานะการทำงาน (ครั้ง)	แรงดันที่วัดได้ (V)
1) สวิตช์โหมดตัดแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	0
2) โมดูลรีเลย์ 16 ช่อง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	12
3) มอเตอร์ลำเลียงแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	24
4) เซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ	5	ทำงาน 5 ครั้ง	5
5) วาล์วโซลินอยด์ตัดแป้ง	5	ทำงาน 5 ครั้ง	24

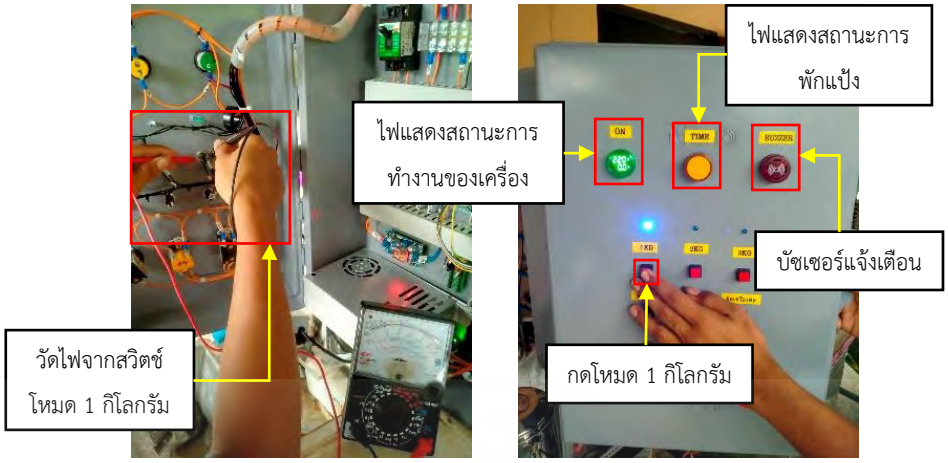
จากตารางที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ที่เราได้ทำการทดสอบทั้ง 5 ครั้งนั้นสามารถทำงานได้เป็นปกติทั้ง 5 ครั้ง และสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ตามค่าที่อุปกรณ์จำเป็นต้องใช้

(ก) (ข)

รูปที่ 4.21 สถานะการทำงานของเครื่อง

(ก) สถานะตอนเครื่องไม่ทำงาน (ข) สถานะตอนเครื่องไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

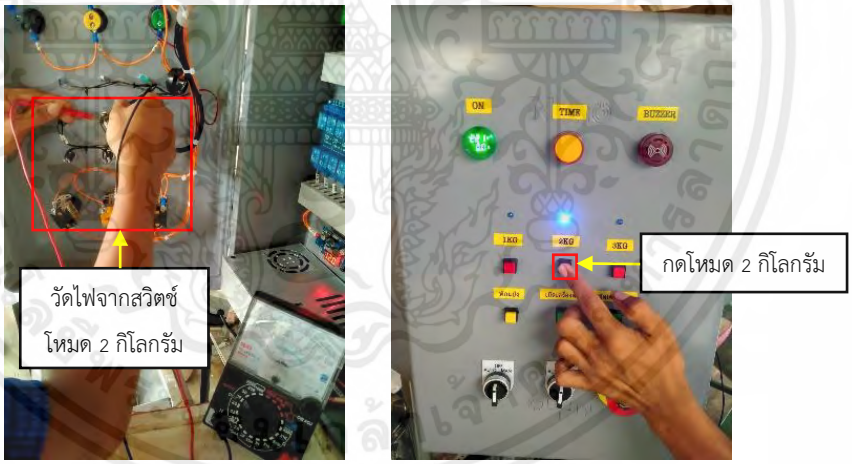


(ก) (ข)

รูปที่ 4.22 ทดลองการทำงานของโหมด 1 กิโลกรัม

(ก) การวัดไฟสวิตช์โหมด 1 กิโลกรัม (ข) สถานะการทำงานของโหมด 1 กิโลกรัม

จากรูปที่ 4.22 เป็นการกดสวิตช์เลือกโหมด 1 กิโลกรัม และทำการวัดไฟที่ไหลผ่านสวิตช์โหมด 1 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าเมื่อวัดไฟตอนกดสวิตช์อยู่แรงดันที่ได้จะมีค่า 0 โวลต์ แต่เมื่อปล่อยสวิตช์จะได้ 5 โวลต์



(ก) (ข)

รูปที่ 4.23 ทดลองการทำงานของโหมด 2 กิโลกรัม

(ก) การวัดไฟสวิตช์โหมด 2 กิโลกรัม (ข) สถานะการทำงานของโหมด 2 กิโลกรัม

จากรูปที่ 4.23 เป็นการกดสวิตช์เลือกโหมด 2 กิโลกรัม และทำการวัดไฟที่ไหลผ่านสวิตช์โหมด 2 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าเมื่อวัดไฟตอนกดสวิตช์อยู่แรงดันที่ได้จะมีค่า 0 โวลต์ แต่เมื่อปล่อยสวิตช์จะได้ 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข)

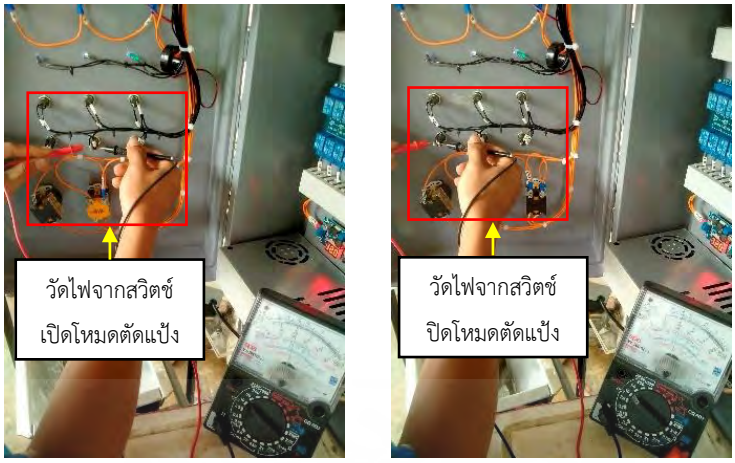
รูปที่ 4.24 ทดลองการทำงานของโหมด 3 กิโลกรัม
(ก) การวัดไฟสวิตช์โหมด 3 กิโลกรัม (ข) สถานะการทำงานของโหมด 3 กิโลกรัม

จากรูปที่ 4.24 เป็นการกดสวิตช์เลือกโหมด 3 กิโลกรัม และทำการวัดไฟที่ไหลผ่านสวิตช์โหมด 3 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าเมื่อวัดไฟตอนกดสวิตช์อยู่แรงดันที่ได้จะมีค่า 0 โวลต์ แต่เมื่อปล่อยสวิตช์จะได้ 5 โวลต์

รูปที่ 4.25 สถานะการทำงานของโซลิดสเตทรีเลย์ขณะมอเตอร์นวดแป้งทำงาน

จากรูปที่ 4.25 เป็นการเช็คสถานะการทำงานของมอเตอร์นวดแป้ง หากไฟของโซลิดสเตทรีเลย์ติดเป็นสีแดง เป็นการบอกถึงการทำงานของมอเตอร์นวดแป้งว่ากำลังทำงานอยู่ หากไฟสีแดงของโซลิดสเตทรีเลย์ดับหมายความว่ามอเตอร์นวดแป้งได้หยุดการทำงานแล้ว

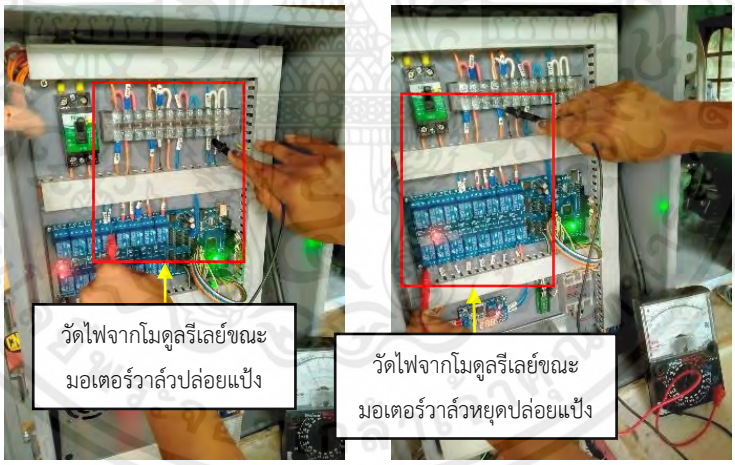
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 4.26 ทดลองการทำงานของสวิตช์โหมดตัดแป้ง และปิดโหมดตัดแป้ง
(ก) การวัดไฟสวิตช์เปิดโหมดตัดแป้ง (ข) การวัดไฟสวิตช์ปิดโหมดตัดแป้ง

จากรูปที่ 4.26 เป็นการกดสวิตช์เลือกเปิด และปิดโหมดตัดแป้ง จากนั้นทำการวัดไฟที่ไหลผ่านสวิตช์ จะเห็นได้ว่าเมื่อวัดไฟตอนกดสวิตช์อยู่แรงดันที่ได้จะมีค่า 0 โวลต์ แต่เมื่อปล่อยสวิตช์จะได้ 5 โวลต์

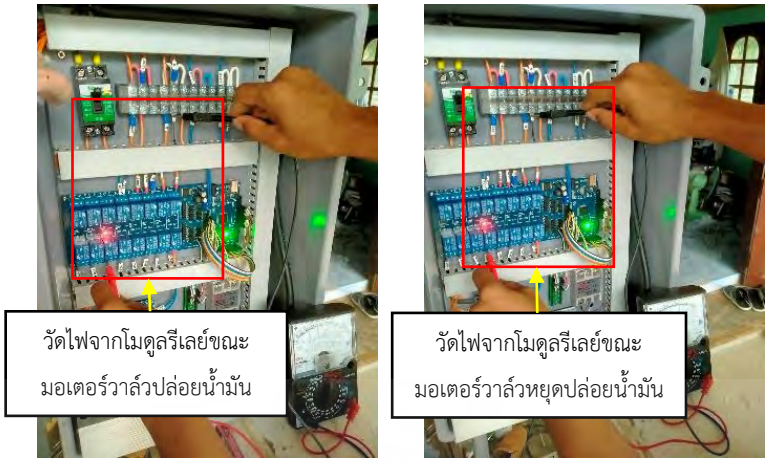


(ก) (ข)

รูปที่ 4.27 ทดลองการเปิด-ปิดมอเตอร์วาล์วปล่อยแป้ง (ก) การวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วปล่อยแป้งทำงาน (ข) การวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วปล่อยแป้งหยุดทำงาน

จากรูปที่ 4.27 เป็นการวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วทำการปล่อยแป้ง และหยุดการปล่อยแป้ง จะเห็นได้ว่าเมื่อวัดไฟผ่านโมดูลรีเลย์จะได้แรงดันอยู่ที่ 220 โวลต์ โดยจะใช้สายสีแดงในการจิ้มไปที่โมดูลรีเลย์ และสายสีดำจิ้มไปที่กราวด์

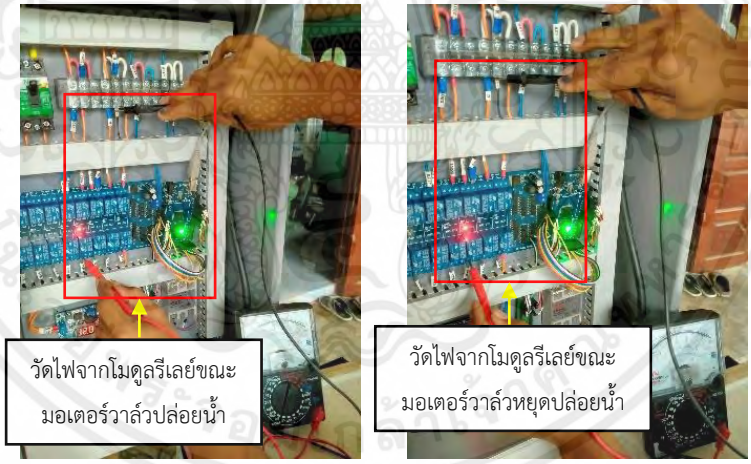
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 4.28 ทดลองการเปิด-ปิดมอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำมัน (ก) การวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำมันทำงาน (ข) การวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำมันหยุดทำงาน

จากรูปที่ 4.28 เป็นการวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วทำการปล่อยน้ำมัน และหยุดการปล่อยน้ำมัน จะเห็นได้ว่าเมื่อวัดไฟผ่านโมดูลรีเลย์จะได้แรงดันอยู่ที่ 220 โวลต์ โดยจะใช้สายสีแดงในการจิ้มไปที่โมดูลรีเลย์ และสายสีดำจิ้มไปที่กราวด์

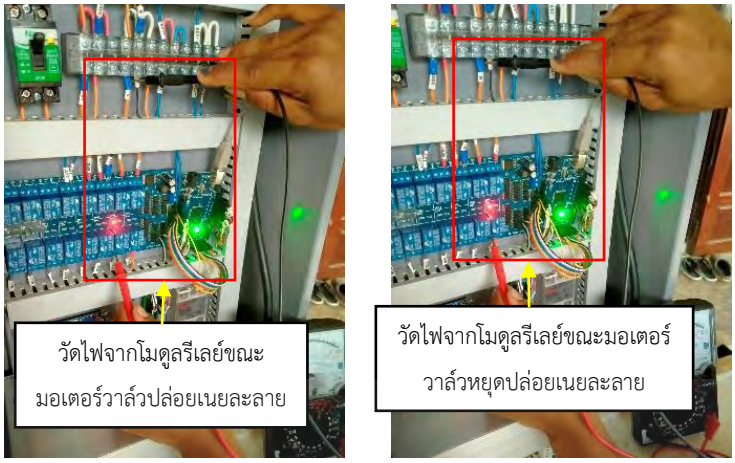


(ก) (ข)

รูปที่ 4.29 ทดลองการเปิด-ปิดมอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำ (ก) การวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำทำงาน (ข) การวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วปล่อยน้ำหยุดทำงาน

จากรูปที่ 4.29 เป็นการวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วทำการปล่อยน้ำ และหยุดการปล่อยน้ำ จะเห็นได้ว่าเมื่อวัดไฟผ่านโมดูลรีเลย์จะได้แรงดันอยู่ที่ 220 โวลต์ โดยจะใช้สายสีแดงในการจิ้มไปที่โมดูลรีเลย์ และสายสีดำจิ้มไปที่กราวด์

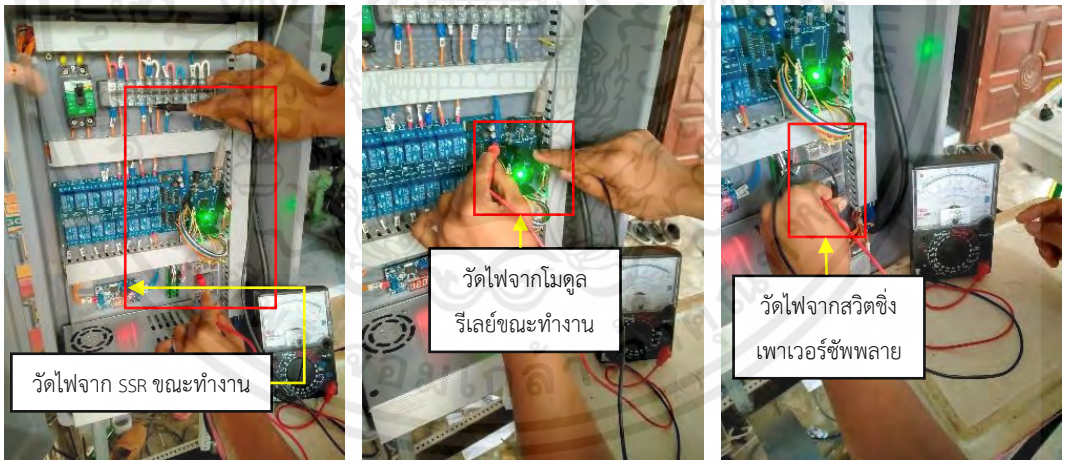
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 4.30 ทดลองการเปิด-ปิดมอเตอร์วาล์วปล่อยเนยละลาย
(ก) การวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วปล่อยเนยละลายทำงาน (ข) การวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วปล่อยเนยละลายหยุดทำงาน

จากรูปที่ 4.30 เป็นการวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ขณะมอเตอร์วาล์วทำการปล่อยเนยละลาย และหยุดการปล่อยเนยละลาย จะเห็นได้ว่าเมื่อวัดไฟผ่านโมดูลรีเลย์จะได้แรงดันอยู่ที่ 220 โวลต์ โดยจะใช้สายสีแดงในการจิ้มไปที่โมดูลรีเลย์ และสายสีดำจิ้มไปที่กราวด์



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.31 การทดลองวัดไฟขณะอุปกรณ์ทำงาน
(ก) การวัดไฟจากโซลิดสเตทรีเลย์ (ข) การวัดไฟจากโมดูลรีเลย์ 16 ช่อง (ค) การวัดไฟจากสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 24 โวลต์

จากรูปที่ 4.31 เป็นการวัดไฟจากอุปกรณ์ทั้ง 3 ตัวขณะกำลังทำงานอยู่ โดยจะมีโซลิดสเตทรีเลย์ที่วัดไฟได้ 220 โวลต์ ขณะทำงาน โมดูลรีเลย์วัดได้ 12 โวลต์ และวัดไฟจากสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลายได้ 24 โวลต์ โดยจะใช้สายสีแดงจิ้มไปที่ไฟบวกของอุปกรณ์ และสายสีดำจิ้มไปที่ไฟลบของอุปกรณ์

จากตารางที่ 4.10–4.13 จะแสดงให้เห็นถึงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เราวัดได้ขณะที่เราจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัตินี้ ซึ่งเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าตอนที่เครื่องได้เริ่มการทำงานไปแล้ว และจะเห็นจากการทดลองนี้ได้ว่า อุปกรณ์ทุกตัวสามารถทำงานได้ปกติ และทำงานเป็นลำดับการทำงานตามโหมดต่างๆ ที่ได้เซ็ตเอาไว้ในโปรแกรม จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าจากอุปกรณ์บางตัวที่อาจจะมีการแกว่งขึ้น-ลงเล็กน้อยขณะที่อุปกรณ์ทำงานไปบ้าง แต่ไม่มากเกินไปจนถึงขั้นที่จะทำให้อุปกรณ์เสียหาย

4.5 ทดลองการตัดแป้ง

เป็นการทดลองตัดแป้งที่นำมาจากเครื่องนวดแป้งโรตี ที่มีน้ำหนักของแป้งตั้งแต่ 1 ถึง 3 กิโลกรัม จากนั้นจะนำมาเข้าเครื่องตัดแป้ง ให้ได้จำนวนลูกทั้งหมด 40 ลูกต่อ 1 กิโลกรัม และแป้งที่ถูกตัดออกมานั้นจะต้องมีความยืดหยุ่นอยู่ที่ 20 เซนติเมตร ในการทดลองนี้จะทำการนับจำนวนแป้งที่ถูกตัดออกมาว่ามีจำนวนกี่ลูก และสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาดูความยืดหยุ่นของตัวแป้งว่าได้ตามค่าที่กำหนดเอาไว้หรือไม่ ซึ่งจะมีวิธีการทดลอง ดังต่อไปนี้

1) เปิดเครื่องตัดแป้ง
2) นำแป้งที่ได้มาจากเครื่องนวดไปใส่ลงในเครื่องตัดแป้ง
3) คอยนับจำนวนแป้งที่ถูกตัดออกมา
4) สุ่มเก็บตัวอย่างแป้งที่ถูกตัดออกมาวัดความยืดหยุ่น
5) บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 4.14, 4.15 และ 4.16

ตารางที่ 4.14 การทดลองนับจำนวนแป้ง โหมด 1 กิโลกรัม

จำนวนครั้งที่ทดลอง	จำนวนแป้งที่กำหนด (ก้อน)	จำนวนแป้งที่นับได้ (ก้อน)	ร้อยละความผิดพลาด
1	40	38	5
2	40	35	12.5
3	40	37	7.5
4	40	34	15
5	40	32	20
ค่าเฉลี่ยที่ได้		35.2	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าในการตัดแป้งโหมด 1 กิโลกรัมนั้นเราจะได้จำนวนแป้งที่ไม่ตรงตามขอบเขตที่วางไว้ ซึ่งจำนวนที่นับได้นั้นเฉลี่ยอยู่ที่ 35.2 ก้อน และมีความผิดพลาดร้อยละ 12

ตารางที่ 4.15 การทดลองนับจำนวนแป้ง โหมด 2 กิโลกรัม

จำนวนครั้งที่ทดลอง	จำนวนแป้งที่กำหนด (ก้อน)	จำนวนแป้งที่นับได้ (ก้อน)	ร้อยละความผิดพลาด
1	80	78	2.5
2	80	77	3.75
3	80	79	1.25
4	80	82	2.5
5	80	84	5
ค่าเฉลี่ยที่ได้		80	3

จากตารางที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าในการตัดแป้งโหมด 2 กิโลกรัมนั้นเราจะได้จำนวนแป้งที่ไม่ตรงตามขอบเขตที่วางไว้ ซึ่งจำนวนที่นับได้นั้นเฉลี่ยอยู่ที่ 80 ก้อน และมีความผิดพลาดร้อยละ 3

ตารางที่ 4.16 การทดลองนับจำนวนแป้ง โหมด 3 กิโลกรัม

จำนวนครั้งที่ทดลอง	จำนวนแป้งที่กำหนด (ก้อน)	จำนวนแป้งที่นับได้ (ก้อน)	ร้อยละความผิดพลาด
1	120	143	19.17
2	120	140	16.67
3	120	142	18.33
4	120	137	14.17
5	120	138	15
ค่าเฉลี่ยที่ได้		140	16.67

จากตารางที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าในการตัดแป้งโหมด 3 กิโลกรัมนั้นเราจะได้จำนวนแป้งที่ไม่ตรงตามขอบเขตที่วางไว้ ซึ่งจำนวนที่นับได้นั้นเฉลี่ยอยู่ที่ 140 ก้อน และมีความผิดพลาดร้อยละ 16.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.32 การชั่งน้ำหนักภาชนะที่จะนำมาใส่แป้ง

จากรูปที่ 4.32 เป็นการชั่งน้ำหนักของหม้อสแตนเลสที่จะนำมาใส่แป้งที่ใช้ในการทดลอง โดยที่น้ำหนักของหม้อนั้นอยู่ที่ 337 กรัม

(ก) (ข)

รูปที่ 4.33 การชั่งน้ำหนักแป้ง 1 กิโลกรัมก่อน และหลังตัดแป้ง (ก) น้ำหนักแป้งก่อนเข้าเครื่องตัดมีค่าอยู่ที่ 1532 กรัม (ข) น้ำหนักแป้งหลังเข้าเครื่องตัดมีค่าอยู่ที่ 947 กรัม

จากรูปที่ 4.33 เป็นการชั่งน้ำหนักของแป้ง 1 กิโลกรัมที่ผ่านการนวดมาแล้ว และทำการนำมาใส่ลงไปในหม้อสแตนเลสเพื่อชั่งน้ำหนักก่อนนำไปเข้าเครื่องตัด และเมื่อเครื่องตัดได้ทำการตัดแป้งออกมาแล้วจะนำเอาแป้งที่ได้จากเครื่องตัดมาใส่ลงไปในหม้อ และทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่งเพื่อดูว่ายังมีแป้งเหลือค้างอยู่ในเครื่องกี่กรัม ซึ่งในส่วนของแป้ง 1 กิโลกรัมนี้มีเหลืออยู่ที่ 585 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.34 จำนวนแป้งที่ตัดได้จากแป้ง 1 กิโลกรัมจำนวน 30 ก้อน

จากรูปที่ 4.34 เป็นการนำแป้งที่ผ่านการตัดมาวางเรียงกันเพื่อนับจำนวน ซึ่งในน้ำหนักของแป้ง 1 กิโลกรัมสามารถตัดออกมาได้แป้งจำนวน 30 ก้อน

(ก) (ข)

รูปที่ 4.35 การชั่งน้ำหนักแป้ง 2 กิโลกรัมก่อน และหลังตัดแป้ง (ก) น้ำหนักแป้งก่อนเข้าเครื่องตัดมีค่าอยู่ที่ 3154 กรัม (ข) น้ำหนักแป้งหลังเข้าเครื่องตัดมีค่าอยู่ที่ 2607 กรัม

จากรูปที่ 4.35 เป็นการชั่งน้ำหนักของแป้ง 2 กิโลกรัมที่ผ่านการนวดมาแล้ว และทำการนำมาใส่ลงไปในหม้อสแตนเลสเพื่อชั่งน้ำหนักก่อนนำไปเข้าเครื่องตัด และเมื่อเครื่องตัดได้ทำการตัดแป้งออกมาแล้วจะนำเอาแป้งที่ได้จากเครื่องตัดมาใส่ลงไปในหม้อ และทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่งเพื่อดูว่ายังมีแป้งเหลือค้างอยู่ในเครื่องกี่กรัม ซึ่งในส่วนของแป้ง 2 กิโลกรัมนี้มีเหลืออยู่ที่ 547 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.36 จำนวนแป้งที่ตัดได้จากแป้ง 2 กิโลกรัมจำนวน 84 ก้อน

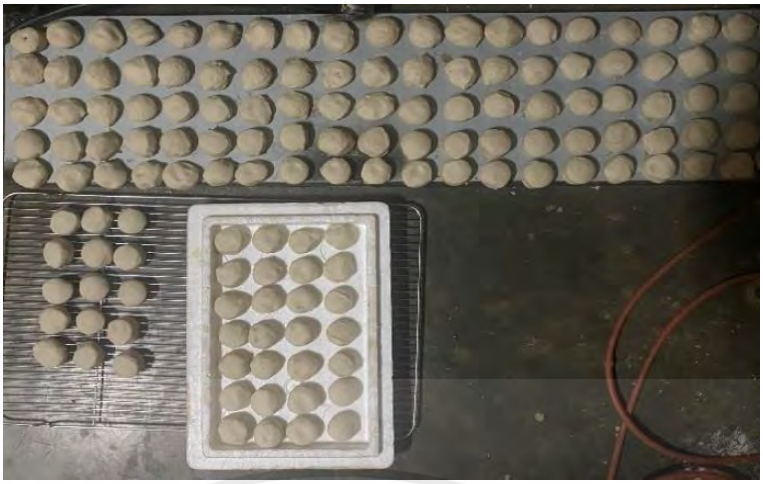
จากรูปที่ 4.36 เป็นการนำแป้งที่ผ่านการตัดมาวางเรียงกันเพื่อนับจำนวน ซึ่งในน้ำหนักของแป้ง 2 กิโลกรัมสามารถตัดออกมาได้แป้งจำนวน 84 ก้อน

(ก) (ข)

รูปที่ 4.37 การชั่งน้ำหนักแป้ง 3 กิโลกรัมก่อน และหลังตัดแป้ง (ก) น้ำหนักแป้งก่อนเข้าเครื่องตัดมีค่าอยู่ที่ 4788 กรัม (ข) น้ำหนักแป้งหลังเข้าเครื่องตัดมีค่าอยู่ที่ 4166 กรัม

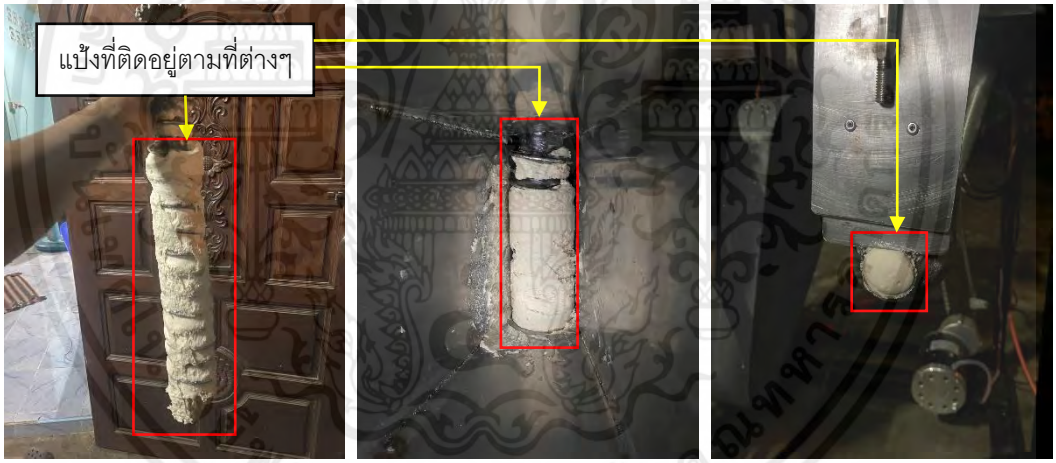
จากรูปที่ 4.37 เป็นการชั่งน้ำหนักของแป้ง 3 กิโลกรัมที่ผ่านการนวดมาแล้ว และทำการนำมาใส่ลงไปในหม้อสแตนเลสเพื่อชั่งน้ำหนักก่อนนำไปเข้าเครื่องตัด และเมื่อเครื่องตัดได้ทำการตัดแป้งออกมาแล้วจะนำเอาแป้งที่ได้จากเครื่องตัดมาใส่ลงไปในหม้อ และทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่งเพื่อดูว่ายังมีแป้งเหลือค้างอยู่ในเครื่องกี่กรัม ซึ่งในส่วนของแป้ง 3 กิโลกรัมนี้มีเหลืออยู่ที่ 622 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 จำนวนแป้งที่ตัดได้จากแป้ง 3 กิโลกรัมจำนวน 138 ก้อน

จากรูปที่ 4.38 เป็นการนำแป้งที่ผ่านการตัดมาวางเรียงกันเพื่อนับจำนวน ซึ่งในน้ำหนักของแป้ง 3 กิโลกรัมสามารถตัดออกมาได้แป้งจำนวน 138 ก้อน

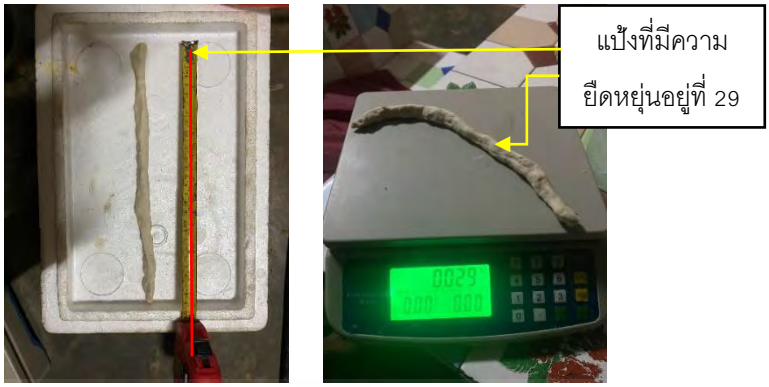


(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.39 แป้งที่ติดค้างอยู่ในเครื่องตัด
(ก) แป้งที่ติดอยู่ในเกลียวดันแป้ง (ข) แป้งที่ติดอยู่ภายในร่อง (ค) แป้งที่ติดบริเวณท่อปล่อยแป้ง

จากรูปที่ 4.39 เป็นการแสดงให้เห็นถึงปริมาณของแป้งที่ติดอยู่ตามที่ต่างๆ ของเครื่องตัดแป้ง

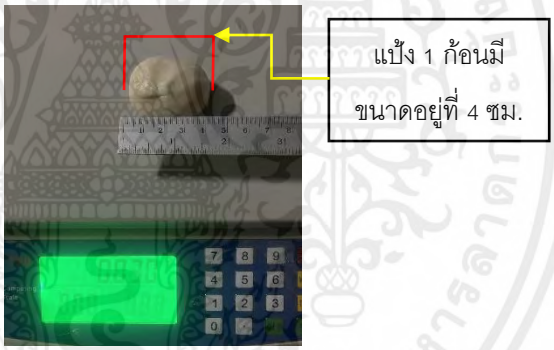
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 4.40 สุ่มตัวอย่างแป้งมาวัดความยืดหยุ่น
(ก) วัดความยืดหยุ่นของแป้ง (ข) น้ำหนักของแป้งที่นำมาวัดความยืดหยุ่นมีค่าอยู่ที่ 29 กรัม

จากรูปที่ 4.40 เป็นการสุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาทำการดึง เพื่อดูความยืดหยุ่นของแป้งว่าเป็นไปตามขอบเขตหรือไม่ และผลที่ได้ก็ คือแป้งที่มีน้ำหนักอยู่ที่ 29 กรัมขึ้นไปสามารถยืดได้ตามขอบเขตที่ตั้งไว้



รูปที่ 4.41 สุ่มตัวอย่างแป้ง 1 ก้อนน้ำหนัก 30 กรัมมาวัดขนาด

จากรูปที่ 4.41 เป็นการสุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาทำการวัดขนาดและผลลัพธ์ที่ได้ คือแป้งน้ำหนัก 30 กรัม มีความกว้างอยู่ที่ 4 เซนติเมตรต่อ 1 ก้อน โดยประมาณ

จากตารางที่ 4.14–4.16 จะเห็นได้ว่าตอนที่เครื่องตัดแป้งหยุดทำงาน จะมีแป้งบางส่วนยังติดที่บริเวณเกลียวลำเลียงแป้ง และติดบริเวณท่อลำเลียง เนื่องจากการออกแบบที่ไม่ดี ทำให้ยังคงมีแป้งเหลือค้างอยู่ ส่วนการตัดแป้งนั้นยังไม่สามารถทำให้แป้งมีน้ำหนักตรงตามขอบเขตที่ตั้งเอาไว้ได้ (±1.5 กรัม) เนื่องจากการจัดระยะห่างของเซ็นเซอร์กับแป้งที่โผล่ออกมา และการหน่วงเวลาของโซลินอยด์วาล์วที่ใช้ในการตัดแป้งนั้นยังทำงานไม่สัมพันธ์กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองชั่งน้ำหนักแป้งที่ได้จากเครื่องตัดแป้ง

เป็นการทดลองหาค่าความผิดพลาดจากการตัดแป้งโรตี โดยการจดบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้จากการสุ่มเก็บตัวอย่างของแป้งโรตีที่ตัดออกมา นำมาเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักที่กำหนดเอาไว้ว่าให้แป้งมีน้ำหนัก 40 กรัมต่อหนึ่งลูก จะมีค่าความผิดพลาดที่รับได้อยู่ที่ ±1.5 กรัมต่อลูก จะมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างแป้งโรตีที่ผ่านการตัดมาชั่งน้ำหนัก

2) ทำการทดลองซ้ำ

3) บันทึกค่าที่ได้ และนำมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาค่าร้อยละความผิดพลาด ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 การทดลองชั่งน้ำหนักแป้งที่ได้จากเครื่องตัดแป้ง

จำนวนครั้งที่ทดลอง	น้ำหนักแป้งที่กำหนด (กรัม)	น้ำหนักแป้งที่ได้จากการสุ่มเก็บตัวอย่าง (กรัม)	ร้อยละความผิดพลาด
1	40	30	25
2	40	30	25
3	40	28	30
4	40	29	27.5
5	40	30	25
6	40	28	30
7	40	32	20
8	40	28	30
9	40	30	25
10	40	32	20
ค่าเฉลี่ยที่ได้		29.7	25.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.17 น้ำหนักแป้งที่สุ่มตัวอย่างมาชั่งทั้ง 10 ก้อนนั้นเฉลี่ยอยู่ที่ 29.7 กรัม ผิดพลาดจากเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้อยู่ 10.3 กรัม คิดเป็นร้อยละความผิดพลาดอยู่ที่ 25.75

(ก) (ข)

รูปที่ 4.42 สุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาชั่งน้ำหนักก้อนที่ 1 และ 2
(ก) น้ำหนักของแป้งก้อนที่ 1 30 กรัม (ข) น้ำหนักของแป้งก้อนที่ 2 30 กรัม

จากรูปที่ 4.42 จะเป็นการสุ่มตัวอย่างแป้งที่ผ่านเครื่องตัดมาทำการชั่งน้ำหนัก

(ก) (ข)

รูปที่ 4.43 สุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาชั่งน้ำหนักก้อนที่ 3 และ 4
(ก) น้ำหนักของแป้งก้อนที่ 3 28 กรัม (ข) น้ำหนักของแป้งก้อนที่ 4 29 กรัม

จากรูปที่ 4.43 จะเป็นการสุ่มตัวอย่างแป้งที่ผ่านเครื่องตัดมาทำการชั่งน้ำหนัก

(ก) (ข)

รูปที่ 4.44 สุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาชั่งน้ำหนักก้อนที่ 5 และ 6
(ก) น้ำหนักของแป้งก้อนที่ 5 30 กรัม (ข) น้ำหนักของแป้งก้อนที่ 6 28 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.44 จะเป็นการสุ่มตัวอย่างแป้งที่ผ่านเครื่องตัดมาทำการชั่งน้ำหนัก

(ก) (ข)

รูปที่ 4.45 สุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาชั่งน้ำหนักก้อนที่ 7 และ 8
(ก) น้ำหนักของแป้งก้อนที่ 7 32 กรัม (ข) น้ำหนักของแป้งก้อนที่ 8 28 กรัม

จากรูปที่ 4.45 จะเป็นการสุ่มตัวอย่างแป้งที่ผ่านเครื่องตัดมาทำการชั่งน้ำหนัก

(ก) (ข)

รูปที่ 4.46 สุ่มตัวอย่างแป้งที่ตัดมาชั่งน้ำหนักก้อนที่ 9 และ 10
(ก) น้ำหนักของแป้งก้อนที่ 9 30 กรัม (ข) น้ำหนักของแป้งก้อนที่ 10 32 กรัม

จากรูปที่ 4.46 จะเป็นการสุ่มตัวอย่างแป้งที่ผ่านเครื่องตัดมาทำการชั่งน้ำหนัก

4.7 ทดลองการแจ้งเตือนสถานะการพักแป้ง

เป็นการทดลองพักแป้งหลังจากทำการนวดแป้งเสร็จ โดยจะทำการกดสวิตช์เพื่อเริ่มนับเวลาเป็นจำนวน 40 นาที หลังจากนั้นจะมีการแจ้งเตือนผ่านบัซเซอร์ 220 โวลต์ ที่จะมีสถานะการทำงานเป็นไฟ และเสียงแจ้งเตือน โดยจะมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

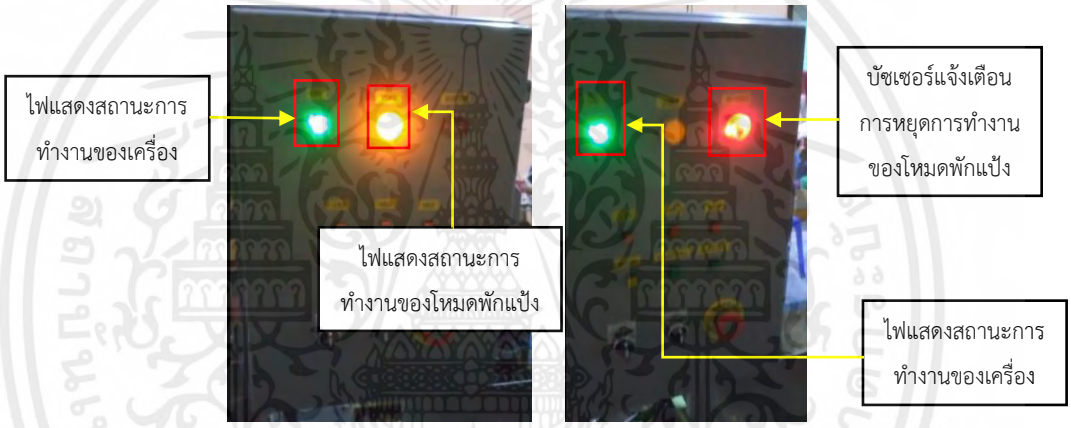
1) นำฝามาปิดถังนวดแป้ง
2) กดสวิตช์เพื่อเข้าโหมดการพักแป้ง
3) รอการแจ้งเตือนจากบัซเซอร์ 220 โวลต์
4) ทำการทดลองซ้ำ และนำค่าที่ได้มาบันทึกลงในตารางที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ตารางบันทึกผลการแจ้งเตือนการพักแป้ง 40 นาที

จำนวนครั้งที่ทดลอง	ไฟแสดงสถานะการพักแป้ง	บัซเซอร์ 220V
1	ทำงาน	แจ้งเตือน
2	ทำงาน	แจ้งเตือน
3	ทำงาน	แจ้งเตือน
4	ทำงาน	แจ้งเตือน
5	ทำงาน	แจ้งเตือน

จากตารางที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าสถานะการทำงานของโหมดพักแป้งนั้นสามารถทำงานได้อย่างปกติตามโปรแกรมที่ตั้งเอาไว้ และเวลาที่พักก็ถูกต้องตามที่กำหนดดังรูปที่ 4.47



รูปที่ 4.47 สถานะการทำงานของโหมดพักแป้ง
(ก) ไฟแสดงสถานะโหมดพักแป้ง (ข) บัซเซอร์ 220 โวลต์ แจ้งเตือนหลังจากผ่านไป 40 นาที

จากรูปที่ 4.47 แสดงถึงการทำงานของโหมดพักแป้ง โดยที่รูป (ก) จะแสดงถึงการพักแป้งเป็นเวลา 40 นาทีหลังจากที่กดสวิตช์พักแป้ง (ข) จะแสดงถึงการแจ้งเตือนของบัซเซอร์เมื่อทำการพักแป้งครบเวลา 40 นาทีแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปในการทดลองจากบทที่ 4 ในหัวข้อการทดลองปล่อยวัตถุดิบลงถังนวดแป้งตามโหมดน้ำหนัก การทดลองความเหนียวของแป้งตามระยะเวลาที่กำหนด การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์ ทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดต่างๆ ทดลองการตัดแป้ง การทดลองชั่งน้ำหนักแป้งที่ได้จากเครื่องตัดแป้ง และทดลองการแจ้งเตือนสถานะการพักแป้ง กับปัญหา อุปสรรค และแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เจอ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การทดลองปล่อยวัตถุดิบลงถังนวดแป้งตามโหมดน้ำหนัก

จากตารางที่ 4.1–4.4 จะเห็นได้ว่าในการปล่อยน้ำมัน น้ำ และเนยละลาย ลงถังนวดสามารถทำได้ตามที่โปรแกรมเอาไว้ แต่จะมีค่าความคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักที่กำหนดเอาไว้อยู่ เนื่องจากการใช้มอเตอร์วาล์วในการปล่อยวัตถุดิบนั้นจะต้องทำการตั้งค่าเวลาในการเปิด-ปิดที่เป็นค่าแน่นอน และไม่สามารถเร่งความเร็วในการเปิด-ปิดมอเตอร์วาล์วได้ จึงทำให้วัตถุดิบที่ถูกปล่อยออกมานั้น จะมีความคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักตามที่ตั้งไว้ในขอบเขต ในส่วนของการปล่อยแป้งนั้นจะมีปัญหาที่ความหนาแน่นของแป้งตามน้ำหนักที่ใส่ลงไปในถังเก็บ แป้ง 1 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัมยังสามารถปล่อยลงถังนวดได้ด้วยการเพิ่มมอเตอร์ทดเกียร์เข้าไป 1 ตัวบริเวณฝาถัง และติดแกนที่จะใช้ในการกวนแป้งเอาไว้ใต้ฝาดังรูปที่ 4.10 ใช้ในการหมุนแป้งที่อยู่ภายในถังเก็บ และกวาดแป้งจากบริเวณก้นถังให้ลงผ่านมอเตอร์วาล์วไปยังถังนวด แต่เมื่อใส่แป้งลงไปมากกว่า 3 กิโลกรัมจะไม่สามารถกวนแป้งได้ เนื่องจากมอเตอร์ทดเกียร์ที่ใช้นั้นมีความเร็ว และกำลังไม่พอที่จะขับแกนนวดให้หมุนแป้งที่มีน้ำหนักมากได้ จึงทำให้ไม่สามารถปล่อยแป้งในโหมด 3 กิโลกรัมได้ตามขอบเขตที่วางไว้

5.1.2 การทดลองความเหนียวของแป้งตามระยะเวลาที่กำหนด

จากตารางที่ 4.5 ระยะเวลาต่อความเหนียวของแป้งทั้ง 3 น้ำหนัก จะเห็นได้ว่าเมื่อนำวัตถุดิบทั้งหมดใส่ลงไปแล้ว ในส่วนของน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ตัวเครื่องนวดนั้นจะทำการนวดโดยใช้เวลา 15 นาที แต่น้ำหนัก 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม จะใช้เวลาเพียงแค่ 10 นาที เป็นเพราะความลึกของถังนวดที่ทำเผื่อเอาไว้จุแป้งจำนวนมาก ทำให้ใช้เวลามากขึ้น เพราะหน้าสัมผัสของแป้งกับแกนนวดนั้นอยู่ห่างกันระยะหนึ่ง แต่พอเป็นน้ำหนักแป้ง 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ตัวส่วนผสมทั้งหมดจะกองกันเต็มหน้าสัมผัส ทำให้เมื่อมอเตอร์ทำการหมุนโม่แล้วตัวส่วนผสมจะถูกนวดได้อย่างเต็มประสิทธิภาพทำให้ลดระยะเวลาในการนวดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยหลังจากที่นวดแป้งเสร็จแล้วนั้น ทางเราได้ทำการพักแป้งอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้แป้งทำการเซ็ตตัว จากนั้นก็ทำการปั้นลูกกลมโดยมีเป้าหมายอยู่ที่ 40 ลูกตามขอบเขต จึงได้ชั่งน้ำหนักเมื่อแป้งได้ทำการเซ็ตตัวแล้ว จะได้แป้งน้ำหนัก 1.622 กิโลกรัม ในการทดลองครั้งแรดจากจำนวนแป้ง 1 กิโลกรัม ทำให้เมื่อปั้นลูกกลมนั้น จะสามารถปั้นที่น้ำหนัก 40 กรัมต่อ 1 ลูกได้ ก็จะครบจำนวนตามเป้าหมายที่วางไว้

5.1.3 การทดลองเซ็นเซอร์โหลดเซลล์

จากตารางที่ 4.6, 4.7, 4.8 และ 4.9 นั้นเราจะเห็นได้ว่าตัวโหลดเซลล์มีค่าความผิดพลาดที่ไม่ได้มากนัก เนื่องจากการที่เราได้ทำการวางตำแหน่งของโหลดเซลล์ให้อยู่บริเวณด้านใต้ของตัวถังปล่อยวัตถุดิบพอดี ทำให้การกระจายน้ำหนักที่โหลดเซลล์ได้รับนั้นค่อนข้างมีความเที่ยงตรงในการอ่านค่าน้ำหนัก แต่ก็ยังมีความผิดพลาดที่จำเป็นต้องแก้ไขอยู่ในเรื่องของน้ำหนักที่มาก ซึ่งเห็นได้จากการที่เราใส่วัตถุที่มีค่าน้ำหนักที่มาก จึงทำให้ความผิดพลาดของน้ำหนักก็ค่อยๆ สูงขึ้นไปตามความหนักของวัตถุนั้นๆ ในส่วนนี้นั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเผื่อเวลาในการปล่อยวัตถุดิบจากมอเตอร์วาล์วอีกที เพื่อคงค่าน้ำหนักที่เที่ยงตรงในแต่ละโหมดเอาไว้

5.1.4 ทดลองการทำงานของอุปกรณ์ในโหมดต่างๆ

จากตารางที่ 4.10–4.13 จะแสดงให้เห็นถึงค่าแรงดันไฟฟ้าที่เราวัดได้ขณะที่เราจ่ายไฟเลี้ยงให้กับตัวเครื่องเตรียมแป้งโรตีกึ่งอัตโนมัตินี้ ซึ่งเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าตอนที่เครื่องได้เริ่มการทำงานไปแล้ว และจะเห็นจากการทดลองนี้ได้ว่า อุปกรณ์ทุกตัวสามารถทำงานได้ปกติ และทำงานเป็นลำดับการทำงานตามโหมดต่างๆ ที่ได้เซ็ตเอาไว้ในโปรแกรม จะมีค่าแรงดันไฟฟ้าจากอุปกรณ์บางตัวที่อาจจะมีการแกว่งขึ้น-ลงเล็กน้อยขณะที่อุปกรณ์ทำงานไปบ้าง แต่ไม่มากเกินไปจนถึงขั้นที่จะทำให้อุปกรณ์เสียหาย

5.1.5 ทดลองการตัดแป้ง

จากตารางที่ 4.14–4.16 จะเห็นได้ว่าตอนที่เครื่องตัดแป้งทำงาน จะมีแป้งบางส่วนที่ยังคงติดที่บริเวณเกลียวลำเลียงแป้ง และติดบริเวณท่อลำเลียง เนื่องจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสมทำให้ยังคงมีแป้งเหลือค้างอยู่ ส่วนการตัดแป้งนั้น ตัวของโซลินอยด์วาล์วสามารถทำการตัดแป้งได้เป็นอย่างดี แต่ยังไม่สามารถทำให้แป้งมีน้ำหนักตรงตามขอบเขตที่ตั้งเอาไว้ได้ (±1.5 กรัม) เนื่องจากการทำงานของเซ็นเซอร์ที่ใช้คู่กันกับโซลินอยด์วาล์วนั้นยังทำงานได้ไม่มีประสิทธิภาพพอ จากการจัดระยะห่างของเซ็นเซอร์กับแป้งที่โผล่ออกมา และการหน่วงเวลาของโซลินอยด์วาล์วที่ใช้ในการตัดแป้งจึงทำให้น้ำหนักของแป้งที่ชั่งออกมานั้นยังไม่นิ่ง ส่วนของจำนวนแป้งนั้นสามารถแก้ได้โดยการปรับระยะของเซ็นเซอร์ให้อยู่ห่างจากช่องปล่อยแป้งเพื่อให้ได้จำนวนแป้งที่ต้องการ

5.1.6 การทดลองชั่งน้ำหนักแป้งที่ได้จากเครื่องตัดแป้ง

จากตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าน้ำหนักของแป้งที่ตัดออกมาได้นั้นมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 29.7 กรัม ซึ่งไม่ตรงตามขอบเขตที่ตั้งเอาไว้ เนื่องจากมีแป้งบางส่วนที่ยังคงค้างอยู่ภายในตัวเครื่องตัด ซึ่งปัญหานั้นเกิดมาจากการออกแบบเครื่องตัดที่มีส่วนของท่อปล่อยแป้งที่ยื่นออกมามากจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกนลำเลียงแป้งที่มีขนาดเล็ก ร่องของแกนมีความลึก ทำให้มีแป้งไปติดอยู่บริเวณร่องในช่วงที่ลำเลียงแป้งออกไปตัด แป้งที่ได้จึงมีน้ำหนักที่ลดลงมา และไม่ถึง 40 กรัม

5.1.7 ทดลองการแจ้งเตือนสถานะการพักแป้ง

จากตารางที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าสถานะการทำงานของโหมดพักแป้งนั้นสามารถทำงานได้อย่างปกติตามโปรแกรมที่ตั้งเอาไว้ และเวลาที่พักก็ถูกต้องตามที่กำหนดดังรูปที่ 4.47

5.2 ปัญหา และอุปสรรค

1) ในส่วนของตัวโครงสร้าง ที่เสริมสปริงเข้าไป 4 มุม มุมละ 1 ตัว แต่ยังไม่สามารถทนแรงสั่งสะเทือนขณะที่มอเตอร์ทำการหมุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ก็ช่วยได้ในระดับหนึ่ง

2) ในส่วนของวัตถุดิบ ควรจะจัดตำแหน่งให้กับน้ำเปลี่ยนจากมุมขวาสุด มาอยู่ตรงกลางแทน เพื่อที่ตอนมอเตอร์ทำการหมุนตัวเนื้อแป้งจะได้ทำการผสมกันดีกว่านี้

3) ในส่วนของโหลดเซลล์นั้น เราเจอปัญหาความคลาดเคลื่อนของตัวเลขน้ำหนักที่โหลดเซลล์ทำการอ่านค่าได้ ซึ่งเราจำเป็นต้องเปลี่ยนตำแหน่งในการวางโหลดเซลล์ให้มาอยู่ตำแหน่งตรงกลางบริเวณด้านใต้ของถังปล่อยวัตถุดิบ

4) ในส่วนของการปล่อยแป้งนั้น ทางเราได้เจอปัญหาแป้งติดอยู่ที่ปากของมอเตอร์วาล์ว ซึ่งทำให้ไม่สามารถปล่อยแป้งลงถังนวดแป้งได้

5) ในส่วนของเครื่องตัดแป้งนั้น เราพบปัญหาในเรื่องของเกลียวดันแป้งที่มีแกน และเกลียวที่มีขนาดเล็กบาง ทำให้แป้งส่วนใหญ่นั้นติดอยู่กับแกนหมุน ไม่สามารถลำเลียงไปยังส่วนตัดได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ควรที่จะเพิ่มสปริงในส่วนของขาโครงสร้างไปอีกมุมละ 1 ตัว

2) เปลี่ยนตำแหน่งของถังน้ำจากมุมขวาสุด มาเป็นตรงกลาง

3) ควรใช้โหลดเซลล์ที่รับค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับน้ำหนักของวัตถุดิบ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการอ่านค่า

4) ควรใช้มอเตอร์ทดเกียร์ 5840-31ZY 12 โวลต์ 12 รอบต่อนาที มาใช้ในการกวนแป้งแทนมอเตอร์ตัวเดิม เพื่อทำการหมุนให้แป้งไม่หนาแน่นจนเกินไป และสามารถปล่อยลงถังนวดได้

5) ควรเพิ่มขนาดของแกนที่คอยลำเลียงแป้งให้มีความหนา และใหญ่ขึ้นเพื่อลดหน้าสัมผัสที่จะถูกแป้งเกาะไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] รศ.ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม, **หนังสือ คัมภีร์การใช้งาน C# : ควบคุมการทำงาน Microcontroller, PLC และ IoT**, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, ซีเอ็ดยูเคชั่น.บมจ, 2562.

[2] รศ.วิศรุต ศรีรัตนะ, **เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ในงานอุตสาหกรรม**, กรุงเทพมหานคร, ซีเอ็ดยูเคชั่น.บมจ, 2554.

[3] นพ มหิษานนท์, **ระบบและวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า**, พิมพ์ครั้งที่ 1, สนพ. COREFUNCTION, 2564.

[4] **“สวิตช์”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://northpower.co.th/pages/สวิตช์-คืออะไร-และมีกี่แบบ
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[5] **“โซลิดสเตทรีเลย์”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://www.prd.go.th/
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[6] **“โมดูล XFW-HX711”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: www.arduitronics.com/product/1782/weight-sensor-amplifier-module-dual-channel-xfw-hx711-for-load-cell
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[7] กองบรรณาธิการหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์, **สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย**, กรุงเทพมหานคร, ซีเอ็ดยูเคชั่น.บมจ, 2553.

[8] **“มอเตอร์เกียร์”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://th.misumi-ec.com/th/pr/recommend_category/gear_motor/
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[9] **“เซฟตี้เบรกเกอร์”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: http://www.enscigroup.com/safety-breaker/
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[10] **“บัซเซอร์”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://www.mindphp.com
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[11] **“เซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจจับวัตถุ”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://s2ins.com/product/infrared-photoelectric-sensor-m18-npn-no-5vdc-dr-80-e18-d80nk/
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[12] **“ไพลอตแลมป์”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://mall.factomart.com/how-to-select-pilot-lamp/
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[13] **“โมดูลรีเลย์”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=353
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[14] วิชัย โรมไธสง, **งานชิ้นส่วนเครื่องกลทั่วไป**, บริษัท วังอักษร จำกัด, 2563.

[15] **“สายพาน”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://euromachthailand.com/สายพาน-belt/
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[16] **“โซ่”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://th.wikipedia.org/wiki/โซ่
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[17] **“โซลินอยด์วาล์ว”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://th.misumi-ec.com/en/pr/recommend_category/solenoid _valves201904/
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

[18] **“วงจรลดแรงดันแบบสเต็ปดาวน์”** (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: https://www.igetsolarcell.com/category/26/วงจร-แปลงแรงดันไฟ -step-up-step-down
เข้าครั้งสุดท้าย 1 มิถุนายน 2566.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุมเครื่องเตรียมแป้งโรตี กึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include "HX711.h"            //เป็นการเรียกใช้ไลบรารี่เพื่อติดต่อกับบอร์ดอาดุยโน่
#include<EEPROM.h>            //เป็นการเรียกใช้ไลบรารี่เพื่อติดต่อกับบอร์ดอาดุยโน่
#define DEBUG_HX711
#define CALIBRATION_FACTOR1 94000          //เซ็ตค่าน้ำหนักโหลดเซลล์ตัวที่ 1
#define CALIBRATION_FACTOR2 103850         //เซ็ตค่าน้ำหนักโหลดเซลล์ตัวที่ 2
#define CALIBRATION_FACTOR3 226250         //เซ็ตค่าน้ำหนักโหลดเซลล์ตัวที่ 3
#define CALIBRATION_FACTOR4 228000         //เซ็ตค่าน้ำหนักโหลดเซลล์ตัวที่ 4
const int Level1 = 2;          //โหมด 1 กก.
const int Level2 = 3;          //โหมด 2 กก.
const int Level3 = 4;          //โหมด 3 กก.
const int Mix = 5;             //พักแป้ง
const int Fill = 6;            //ตัดแป้ง
const int InterlockFill = 7;   //หยุดตัดแป้ง
const int Motor = 8;           //มอเตอร์นวดแป้ง
const int sensor = 9;          //จับแป้ง
const int Lamp1 = 10;          //ไฟโหมด 1 กก.
const int Lamp2 = 11;          //ไฟโหมด 2 กก.
const int Lamp3 = 12;          //ไฟโหมด 3 กก.
#define Data1 A1               //ประกาศขา DT โหลดเซลล์ตัวที่ 1
#define SCK1  A0               //ประกาศขา SCK โหลดเซลล์ตัวที่ 1
#define Data2 A3               //ประกาศขา DT โหลดเซลล์ตัวที่ 2
#define SCK2  A2               //ประกาศขา SCK โหลดเซลล์ตัวที่ 2
#define Data3 A5               //ประกาศขา DT โหลดเซลล์ตัวที่ 3
#define SCK3  A4               //ประกาศขา SCK โหลดเซลล์ตัวที่ 3
#define Data4 A7               //ประกาศขา DT โหลดเซลล์ตัวที่ 4
#define SCK4  A6               //ประกาศขา SCK โหลดเซลล์ตัวที่ 4
const int r1  = 22;            //ประกาศขารีเลย์
const int r2  = 23;            //ประกาศขารีเลย์
const int r3  = 24;            //ประกาศขารีเลย์
const int r4  = 25;            //ประกาศขารีเลย์
const int r5  = 26;            //ประกาศขารีเลย์
const int r6  = 27;            //ประกาศขารีเลย์
const int r7  = 28;            //ประกาศขารีเลย์
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
const int r8  = 29;              //ประกาศขารีเลย์
const int r9  = 30;              //ประกาศขารีเลย์
const int r10 = 31;              //ประกาศขารีเลย์
const int r11 = 32;              //ประกาศขารีเลย์
const int r12 = 33;              //ประกาศขารีเลย์
const int r13 = 34;              //ประกาศขารีเลย์
int state[20];                   //ประกาศ state ในโหมด 1 กก.
int state2[20];                  //ประกาศ state2 ในโหมด 2 กก.
int state3[20];                  //ประกาศ state3 ในโหมด 3 กก.
int state4[20];                  //ประกาศ state4 ในโหมดพักแป้ง
int End[20];                     //array จบ step โหมด
HX711 scale1;                    //cmd load cell tank1
HX711 scale2;                    //cmd load cell tank2
HX711 scale3;                    //cmd load cell tank3
HX711 scale4;                    //cmd load cell tank4
      //เป็นฟังก์ชันการตั้งเวลาตามลำดับเมื่อเวลาเดินอุปกรณ์จะทำงานเมื่อครบเวลาที่ตังเป็น 0
อุปกรณ์จะหยุดทำงาน
unsigned long previousMillis1 = 0;
const long interval1 = 100;
int hrs = 0;
int Min = 0;
int sec = 0;
unsigned int check_val = 50;
int add_chk = 0;
int add_hrs = 1;
int add_min = 2;
int add_sec = 3;
bool RUN = true;
bool RUN2 = true;
bool RUN3 = true;
bool RUNmix = true;
bool xF = false;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void setup() {
        //ประกาศตัวแปรอินพุต เอาต์พุต
pinMode (r1,OUTPUT);
pinMode (r2,OUTPUT);
pinMode (r3,OUTPUT);
pinMode (r4,OUTPUT);
pinMode (r5,OUTPUT);
pinMode (r6,OUTPUT);
pinMode (r7,OUTPUT);
pinMode (r8,OUTPUT);
pinMode (r9,OUTPUT);
pinMode (r10,OUTPUT);
pinMode (r11,OUTPUT);
pinMode (r12,OUTPUT);
pinMode (r13,OUTPUT);
pinMode (Level1,INPUT_PULLUP);
pinMode (Level2,INPUT_PULLUP);
pinMode (Level3,INPUT_PULLUP);
pinMode (Mix,INPUT_PULLUP);
pinMode (Fill,INPUT_PULLUP);
pinMode (InterlockFill,INPUT_PULLUP);
pinMode (Motor,OUTPUT);
pinMode (sensor,INPUT);
pinMode (Lamp1,OUTPUT);
pinMode (Lamp2,OUTPUT);
pinMode (Lamp3,OUTPUT);
digitalWrite (r1,HIGH);
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite (r8,HIGH);
digitalWrite (r9,HIGH);
digitalWrite (r10,HIGH);
digitalWrite (r11,HIGH);
digitalWrite (r12,HIGH);
digitalWrite (r13,HIGH);
digitalWrite (Lamp1,LOW);
digitalWrite (Lamp2,LOW);
digitalWrite (Lamp3,LOW);
        //เป็นฟังก์ชันการอ่านค่าโหลดเซลล์
#ifdef DEBUG_HX711
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("[HX7] Sensor start HX711");
#endif
   scale1.begin(Data1,SCK1);
   scale2.begin(Data2,SCK2);
   scale3.begin(Data3,SCK3);
   scale3.begin(Data4,SCK4);
   scale4.begin(Data4,SCK4);
   scale1.set_scale(CALIBRATION_FACTOR1);
   scale2.set_scale(CALIBRATION_FACTOR2);
   scale3.set_scale(CALIBRATION_FACTOR3);
   scale4.set_scale(CALIBRATION_FACTOR4);
   scale1.tare();
   scale2.tare();
   scale3.tare();
   scale4.tare();
   if (EEPROM.read(add_chk) != check_val)
{
    EEPROM.write(add_chk, check_val);
    EEPROM.write(add_hrs, 0);
    EEPROM.write(add_min, 1);
    EEPROM.write(add_sec, 2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  }
  else
  {
    hrs = EEPROM.read(add_hrs);
    Min = EEPROM.read(add_min);
    sec = EEPROM.read(add_sec);
  }
  delay(1500);
}
void loop(){
        //อ่านค่าโหลดเซลล์ทั้ง 4 ตัว
#ifdef DEBUG_HX711
  Serial.print("[HX7] Reading1:");
  Serial.print(scale1.get_units(),3);
  Serial.print("Kgs");
  Serial.println();
  Serial.print("[HX7] Reading2:");
  Serial.print(scale2.get_units(),3);
  Serial.print("Kgs");
  Serial.println();
  Serial.print("[HX7] Reading3:");
  Serial.print(scale3.get_units(),3);
  Serial.print("Kgs");
  Serial.println();
  Serial.print("[HX7] Reading4:");
  Serial.print(scale4.get_units(),3);
  Serial.print("Kgs");
  Serial.println();
  delay(1000);
#endif
  Run1();                    //โหมด 1 กก.
  Run2();                    //โหมด 2 กก.
  Run3();                    //โหมด 3 กก.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
mix();                          //โหมดพักแป้ง
fill();                         //โหมดตัดแป้ง
}
        //โหมด 1 กก.
void Run1() {
 unsigned long currentMillis1 = millis();
 if (currentMillis1 - previousMillis1 >= interval1) {
     //Manpump();
   previousMillis1 = currentMillis1;
     //Manpump();
 }
 if (digitalRead(Level1) == LOW&&state[2] ==0)        //กดสวิตซ์ 1 สั่งโหมด 1 กก.ทำงาน
 {
       state[15] = 0;
                                //เปิดวาล์วแป้ง
 hrs = 0;
 Min = 2;
 sec = 0;
 delay(1000);
        state[1] = 1;           //สั่ง r1, lamp1, r13 ทำงาน
 }
  if (state[1] == HIGH)
 {
    RUN = true;
    while (RUN)
  {                             //สั่ง r1, lamp1, r13 ทำงาน
  digitalWrite (r1,LOW);
  digitalWrite (Lamp1,HIGH);
  digitalWrite (r2,HIGH);
  digitalWrite (r3,HIGH);
  digitalWrite (Motor,LOW);
  digitalWrite (r4,HIGH);
  digitalWrite (r5,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,LOW);
    Serial.println("Step1");
  if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state[1] ==1)
     {
                                    //ปิดวาล์วแป้ง
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 25;
       state[2]=1;                  //สั่ง r2, lamp1 ทำงาน
       state[1]=0;                  //สั่ง r1, lamp1, r13 หยุดทำงาน
     }
     if (state[2] ==1){             //สั่ง r2, lamp1 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp1,HIGH);
 digitalWrite (r2,LOW);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step2");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state[2] ==1)
     {
                                    //เครื่องนวดแป้ง
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 10;
        state[3]=1;                 //สั่ง motor, lamp1 ทำงาน
        state[2]=0;                 //สั่ง r2, lamp1 ทำงาน
     }
     if (state[3] ==1){             //สั่ง motor, lamp1 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp1,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,HIGH);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step3");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state[3] ==1)
     {
                                    //เปิดวาล์วน้ำมัน
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 12;
       state[4]=1;                //สั่ง r3, lamp1 ทำงาน
       state[3]=0;                //สั่ง motor, lamp1 หยุดทำงาน
     }
     if (state[4] ==1){           //สั่ง r3, lamp1 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp1,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,LOW);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step4");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state[4] ==1)
     {
                                //ปิดวาล์วน้ำมัน
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 13;
       state[5]=1;                //สั่ง r4, lamp1 ทำงาน
       state[4]=0;                //สั่ง r3, lamp1 หยุดทำงาน
     }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if (state[5] ==1){            //สั่ง r4, lamp1 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp1,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,LOW);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step5");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state[5] ==1)
    {
                                  //เปิดวาล์วน้ำ
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 19;
       state[6]=1;                //สั่ง r5, lamp1 ทำงาน
       state[5]=0;                //สั่ง r4, lamp1 หยุดทำงาน
    }
    if (state[6] ==1){            //สั่ง r5, lamp1 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp1,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,LOW);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,HIGH);
digitalWrite (r8,HIGH);
digitalWrite (r9,HIGH);
digitalWrite (r10,HIGH);
digitalWrite (r11,HIGH);
digitalWrite (r12,HIGH);
digitalWrite (r13,HIGH);
  Serial.println("Step6");
}
if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state[6] ==1)
    {
                              //ปิดวาล์วน้ำ
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 20;
      state[7]=1;             //สั่ง r6, lamp1 ทำงาน
      state[6]=0;             //สั่ง r5, lamp1 หยุดทำงาน
    }
    if (state[7] ==1){        //สั่ง r6, lamp1 ทำงาน
digitalWrite (r1,HIGH);
digitalWrite (Lamp1,HIGH);
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (Motor,LOW);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,LOW);
digitalWrite (r7,HIGH);
digitalWrite (r8,HIGH);
digitalWrite (r9,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step7");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state[7] ==1)
     {
                                    //เปิดวาล์วเนย
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 12;
         state[8]=1;               //สั่ง r7, lamp1 ทำงาน
         state[7]=0;               //สั่ง r6, lamp1 หยุดทำงาน
     }
     if (state[8] ==1){            //สั่ง r7, lamp1 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp1,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,LOW);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step8");
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state[8] ==1)
    {
                                    //ปิดวาล์วเนย
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 13;
       state[9]=1;                  //สั่ง r8, lamp1 ทำงาน
       state[8]=0;                  //สั่ง r7, lamp1 หยุดทำงาน
    }
    if (state[9] ==1){              //สั่ง r8, lamp1 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp1,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,LOW);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step9");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state[9] ==1)
    {
                                    //เครื่องนวดแป้ง
hrs = 0;
Min = 15;
sec = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      state[10]=1;              //สั่ง r9 , lamp1 ทำงาน
      state[9]=0;               //สั่ง r8, lamp1 หยุดทำงาน
    }
    if (state[10] ==1){         //สั่ง r9 , lamp1 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp1,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,HIGH);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
  Serial.println("Step10");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state[10] ==1)
    {
                              //ไฟแจ้งเครื่องเมื่อทำงานเสร็จ
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 10;
      state[11]=1;              //สั่ง r10 , lamp1 ทำงาน
      state[10]=0;              //สั่ง r9 , lamp1 หยุดทำงาน
    }
    if (state[11] ==1){         //สั่ง r10 , lamp1 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp1,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (Motor,LOW);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,HIGH);
digitalWrite (r8,HIGH);
digitalWrite (r9,HIGH);
digitalWrite (r10,LOW);
digitalWrite (r11,HIGH);
digitalWrite (r12,HIGH);
digitalWrite (r13,HIGH);
  Serial.println("Step11");
}
if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&&state[11]==1){

      state[15]=1;              //จบการทำงานของโหมด 1 กก.
      state[11]=0;              //สั่ง r10 , lamp1 หยุดทำงาน
        }
       if (state[14] ==1){      //สั่ง r11 , lamp1 ทำงาน
digitalWrite (r1,HIGH);
digitalWrite (Lamp1,HIGH);
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (Motor,HIGH);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,HIGH);
digitalWrite (r8,HIGH);
digitalWrite (r9,HIGH);
digitalWrite (r10,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite (r11,LOW);
  digitalWrite (r12,HIGH);
  digitalWrite (r13,HIGH);
if(state[14] ==1&& digitalRead(sensor) ==LOW)
{       //เมื่อสั่ง r11, lamp1 ทำงานแล้ว level จับวัตถุเจอสั่งตัด r11 และสั่ง r12 มาทำงานแทน
  digitalWrite (r1,HIGH);
  digitalWrite (Lamp1,HIGH);
  digitalWrite (r2,HIGH);
  digitalWrite (r3,HIGH);
  digitalWrite (Motor,HIGH);
  digitalWrite (r4,HIGH);
  digitalWrite (r5,HIGH);
  digitalWrite (r6,HIGH);
  digitalWrite (r7,HIGH);
  digitalWrite (r8,HIGH);
  digitalWrite (r9,HIGH);
  digitalWrite (r10,HIGH);
  digitalWrite (r11,HIGH);
  digitalWrite (r12,LOW);
  digitalWrite (r13,HIGH);
}
}
if (digitalRead(Level1) == LOW||digitalRead(Level2) == LOW||digitalRead(Level3) ==
LOW)
      {
        delay(500);
        if (digitalRead(InterlockFill) == LOW)    //แมนนวล stop level
        {
         state[14] = 0;
          Serial.println("Stop");
          delay(2000);
          RUN = false;
          break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
  }
  sec = sec - 1;
  delay(1000);
  if (sec == -1)
  {
    sec = 59;
    Min = Min - 1;
  }
  if (Min == -1)
  {
    Min = 59;
    hrs = hrs - 1;
  }
  if (hrs == -1) hrs = 0;
  if (hrs <= 9){}
  if (Min <= 9){}
  if (sec <= 9){}
  if(state[15] == 1)
  { //จบการทำงานของโหมด 1 กก.
 Serial.println("END");
digitalWrite (r1,HIGH);
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r1,HIGH);
digitalWrite (Lamp1,LOW);
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (Motor,LOW);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,HIGH);
digitalWrite (r8,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite (r9,HIGH);
  digitalWrite (r10,HIGH);
  digitalWrite (r11,HIGH);
  digitalWrite (r12,HIGH);
  digitalWrite (r13,HIGH);
state [1] = 0 ;
state [2] = 0 ;
state [3] = 0 ;
state [4] = 0 ;
state [5] = 0 ;
state [6] = 0 ;
state [7] = 0 ;
state [8] = 0 ;
state [9] = 0 ;
state [10] = 0 ;
state [11] = 0 ;
state [14] = 0 ;
End[1] = 0;
      }
    }
  }
   {
      state[1] =0;
      delay(2000);
    }
}
        //โหมด2กก.
void Run2() {
 unsigned long currentMillis1 = millis();
 if (currentMillis1 - previousMillis1 >= interval1)
 {
   previousMillis1 = currentMillis1;
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if (digitalRead(Level2) == LOW&&state2[2] ==0)  //กดสวิตซี่ 2 สั่งโหมด 2 กก.ทำงาน
{
      state2[15] = 0;
                                    //เปิดวาล์วแป้ง
hrs = 0;
Min = 3;
sec = 0;
   delay(1000);
       state2[1] = 1;              //สั่ง r1, lamp2, r13 ทำงาน
 }
 if ( state2[1] ==1 )
 {
   RUN2 = true;
   while (RUN2)
   {                               //สั่ง r1, lamp2, r13 ทำงาน
 digitalWrite (r1,LOW);
 digitalWrite (Lamp2,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,LOW);
   Serial.println("Step1");
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state2[1] ==1)
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                    //ปิดวาล์วแป้ง
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 25;
       state2[2]=1;                 //สั่ง r2, lamp2 ทำงาน
       state2[1]=0;                 //สั่ง r1, lamp2, r13 หยุดทำงาน
     }
     if (state2[2] ==1){            //สั่ง r2, lamp2 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp2,HIGH);
 digitalWrite (r2,LOW);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step2");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state2[2] ==1)
     {
                                    //เครื่องนวดแป้ง
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 10;
       state2[3]=1;                 //สั่ง Motor, lamp2 ทำงาน
       state2[2]=0;                 //สั่ง r2, lamp2 หยุดทำงาน
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
    if (state2[3] ==1){          //สั่ง Motor, lamp2 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp2,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,HIGH);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
  Serial.println("Step3");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state2[3] ==1)
    {
                                 //เปิดวาล์วน้ำมัน
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 14;
       state2[4]=1;              //สั่ง r3, lamp2 ทำงาน
       state2[3]=0;              //สั่ง Motor, lamp2 หยุดทำงาน
    }
    if (state2[4] ==1){          //สั่ง r3, lamp2 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp2,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step4");
  }
  if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state2[4] ==1)
     {
                                  //ปิดวาล์วน้ำมัน
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 15;
        state2[5]=1;              //สั่ง r4, lamp2 ทำงาน
        state2[4]=0;              //สั่ง r3, lamp2 หยุดทำงาน
     }
     if (state2[5] ==1){          //สั่ง r4, lamp2 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp2,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,LOW);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step5");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state2[5] ==1)
     {
                                    //เปิดวาล์วน้ำ
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 23;
       state2[6]=1;                 //สั่ง r5, lamp2 ทำงาน
       state2[5]=0;                 //สั่ง r4, lamp2 หยุดทำงาน
     }
     if (state2[6] ==1){            //สั่ง r5, lamp2 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp2,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,LOW);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step6");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  }
  if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state2[6] ==1)
     {
                                        //ปิดวาล์วน้ำ
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 24;
        state2[7]=1;                    //สั่ง r6, lamp2 ทำงาน
        state2[6]=0;                    //สั่ง r5, lamp2 หยุดทำงาน
     }
     if (state2[7] ==1){                //สั่ง r6, lamp2 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp2,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,LOW);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step7");
  }
  if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state2[7] ==1)
     {
                                        //เปิดวาล์วเนย
hrs = 0;
Min = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sec = 14;
       state2[8]=1;              //สั่ง r7, lamp2 ทำงาน
       state2[7]=0;              //สั่ง r6, lamp2 หยุดทำงาน
     }
 if (state2[8] ==1){             //สั่ง r7, lamp2 ทำงาน
digitalWrite (r1,HIGH);
digitalWrite (Lamp2,HIGH);
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (Motor,LOW);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,LOW);
digitalWrite (r8,HIGH);
digitalWrite (r9,HIGH);
digitalWrite (r10,HIGH);
digitalWrite (r11,HIGH);
digitalWrite (r12,HIGH);
digitalWrite (r13,HIGH);
  Serial.println("Step8");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state2[8] ==1)
    {
                                 //ปิดวาล์วเนย
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 15;
       state2[9]=1;              //สั่ง r8, lamp2 ทำงาน
       state2[8]=0;              //สั่ง r7, lamp2 หยุดทำงาน
     }
     if (state2[9] ==1){         //สั่ง r8, lamp2 ทำงาน
digitalWrite (r1,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (Lamp2,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,LOW);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step9");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state2[9] ==1)
     {
                                //เครื่องนวดแป้งทำงาน
hrs = 0;
Min = 10;
sec = 0;
        state2[10]=1;           //สั่ง Motor, lamp2 ทำงาน
        state2[9]=0;            //สั่ง r8, lamp2 หยุดทำงาน
     }
     if (state2[10] ==1){       //สั่ง Motor, lamp2 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp2,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,HIGH);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step10");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state2[10] ==1)
     {
                                //ไฟแจ้งเครื่องเมื่อทำงานเสร็จ
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 10;
       state2[11]=1;            //สั่ง r10, lamp2 ทำงาน
       state2[10]=0;            //สั่ง Motor, lamp2 หยุดทำงาน
     }
     if (state2[11] ==1){       //สั่ง r10, lamp2 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp2,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,LOW);
 digitalWrite (r11,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite (r12,HIGH);
  digitalWrite (r13,HIGH);
    Serial.println("Step11");
  }
  if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&&state2[11]==1)
        {
       state2[15]=1;              //จบการทำงานของโหมด 2 กก.
       state2[11]=0;              //สั่ง r10, lamp2 หยุดทำงาน
          }
    if (state2[14] ==1){          //สั่ง r11, lamp2 ทำงาน
  digitalWrite (r1,HIGH);
  digitalWrite (Lamp2,HIGH);
  digitalWrite (r2,HIGH);
  digitalWrite (r3,HIGH);
  digitalWrite (Motor,HIGH);
  digitalWrite (r4,HIGH);
  digitalWrite (r5,HIGH);
  digitalWrite (r6,HIGH);
  digitalWrite (r7,HIGH);
  digitalWrite (r8,HIGH);
  digitalWrite (r9,HIGH);
  digitalWrite (r10,HIGH);
  digitalWrite (r11,LOW);
  digitalWrite (r12,HIGH);
  digitalWrite (r13,HIGH);
if(state2[14] ==1&& digitalRead(sensor) ==LOW)
{       //เมื่อสั่ง r11, lamp1 ทำงานแล้ว level จับวัตถุเจอสั่งตัด r11 และสั่ง r12 มาทำงานแทน
  digitalWrite (r1,HIGH);
  digitalWrite (Lamp2,HIGH);
  digitalWrite (r2,HIGH);
  digitalWrite (r3,HIGH);
  digitalWrite (Motor,HIGH);
  digitalWrite (r4,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite (r5,HIGH);
  digitalWrite (r6,HIGH);
  digitalWrite (r7,HIGH);
  digitalWrite (r8,HIGH);
  digitalWrite (r9,HIGH);
  digitalWrite (r10,HIGH);
  digitalWrite (r11,HIGH);
  digitalWrite (r12,LOW);
  digitalWrite (r13,HIGH);
}
}
if (digitalRead(Level1) == LOW||digitalRead(Level2) == LOW||digitalRead(Level3) ==
LOW)
      {
        delay(500);
        if (digitalRead(InterlockFill) == LOW)        //แมนนวล stop level
        {
         state2[14] = 0;
          Serial.println("Stop");
          delay(2000);
          RUN2 = false;

          break;
        }
      }
      sec = sec - 1;
      delay(1000);
      if (sec == -1)
      {
        sec = 59;
        Min = Min - 1;
      }
      if (Min == -1)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      {
        Min = 59;
        hrs = hrs - 1;
      }
      if (hrs == -1) hrs = 0;
      if (hrs <= 9){}
      if (Min <= 9){}
      if (sec <= 9){}
      if(state2[15] == 1)
      { //จบการทำงานของโหมด 2 กก.
     Serial.println("END");
    digitalWrite (r1,HIGH);
    digitalWrite (r2,HIGH);
    digitalWrite (r1,HIGH);
    digitalWrite (Lamp2,LOW);
    digitalWrite (r2,HIGH);
    digitalWrite (r3,HIGH);
    digitalWrite (Motor,LOW);
    digitalWrite (r4,HIGH);
    digitalWrite (r5,HIGH);
    digitalWrite (r6,HIGH);
    digitalWrite (r7,HIGH);
    digitalWrite (r8,HIGH);
    digitalWrite (r9,HIGH);
    digitalWrite (r10,HIGH);
    digitalWrite (r11,HIGH);
    digitalWrite (r12,HIGH);
    digitalWrite (r13,HIGH);
  state2 [1] = 0 ;
  state2 [2] = 0 ;
  state2 [3] = 0 ;
  state2 [4] = 0 ;
  state2 [5] = 0 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
state2 [6] = 0 ;
state2 [7] = 0 ;
state2 [8] = 0 ;
state2 [9] = 0 ;
state2 [10] = 0 ;
state2 [11] = 0 ;
state2 [14] = 0 ;
End[2] = 0;
      }
    }
  }
   {
     state[1] =0;
     delay(2000);
   }
 }
       //โหมด 3 กก.
void Run3() {
 unsigned long currentMillis1 = millis();
 if (currentMillis1 - previousMillis1 >= interval1)
 {
   previousMillis1 = currentMillis1;
 }
 if (digitalRead(Level3) == LOW&&state3[2] ==0)       //กดสวิตซ์ 3 สั่งโหมด 3 กก.ทำงาน
 {
    state3[15] = 0;
                                    //เปิดวาล์วแป้ง
 hrs = 0;
 Min = 4;
 sec = 0;
 delay(1000);
 state3[1] = 1;                    //สั่ง r1, lamp3 ทำงาน
   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
if ( state3[1] == 1 )
{
  RUN3 = true;
  while (RUN3)
  {                                  //สั่ง r1, lamp3 ทำงาน
digitalWrite (r1,LOW);
digitalWrite (Lamp3,HIGH);
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (Motor,LOW);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,HIGH);
digitalWrite (r8,HIGH);
digitalWrite (r9,HIGH);
digitalWrite (r10,HIGH);
digitalWrite (r11,HIGH);
digitalWrite (r12,HIGH);
digitalWrite (r13,LOW);
  Serial.println("Step1");
if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state3[1] ==1)
    {
                                     //ปิดวาล์วแป้ง
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 25;
       state3[2]=1;                  //สั่ง r2, lamp3 ทำงาน
       state3[1]=0;                  //สั่ง r1, lamp3 หยุดทำงาน
    }
    if (state3[2] ==1){              //สั่ง r2, lamp3 ทำงาน
digitalWrite (r1,HIGH);
digitalWrite (Lamp3,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r2,LOW);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step2");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state3[2] ==1)
     {
                                //เครื่องนวดแป้งทำงาน
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 10;
        state3[3]=1;            //สั่ง Motor, lamp3 ทำงาน
        state3[2]=0;            //สั่ง r2, lamp3 หยุดทำงาน
       }
     if (state3[3] ==1){        //สั่ง Motor, lamp3 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp3,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,HIGH);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step3");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state3[3] ==1)
     {
                                  //เปิดวาล์วน้ำมัน
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 15;
       state3[4]=1;              //สั่ง r3, lamp3 ทำงาน
       state3[3]=0;              //สั่ง Motor, lamp3 หยุดทำงาน
     }
     if (state3[4] ==1){         //สั่ง r3, lamp3 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp3,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,LOW);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step4");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state3[4] ==1)
     {
                                    //ปิดวาล์วน้ำมัน
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 16;
        state3[5]=1;                //สั่ง r4, lamp3 ทำงาน
        state3[4]=0;                //สั่ง r3, lamp3 หยุดทำงาน
     }
     if (state3[5] ==1){            //สั่ง r4, lamp3 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp3,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,LOW);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step5");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state3[5] ==1)
     {
                                    //เปิดวาล์วน้ำ
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 29;
       state3[6]=1;              //สั่ง r5, lamp3 ทำงาน
       state3[5]=0;              //สั่ง r4, lamp3 หยุดทำงาน
    }
    if (state3[6] ==1){          //สั่ง r5, lamp3 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp3,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,LOW);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step6");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state3[6] ==1)
    {
                                  //ปิดวาล์วน้ำ
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 25;
       state3[7]=1;              //สั่ง r6, lamp3 ทำงาน
       state3[6]=0;              //สั่ง r5, lamp3 หยุดทำงาน
    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if (state3[7] ==1){          //สั่ง r6, lamp3 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp3,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,LOW);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step7");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state3[7] ==1)
    {
                              //เปิดวาล์วเนย
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 16;
       state3[8]=1;           //สั่ง r7, lamp3 ทำงาน
       state3[7]=0;           //สั่ง r6, lamp3 หยุดทำงาน
    }
    if (state3[8] ==1){          //สั่ง r7, lamp3 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp3,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,LOW);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step8");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state3[8] ==1)
     {
                              //ปิดวาล์วเนย
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 17;
       state3[9]=1;           //สั่ง r8, lamp3 ทำงาน
       state3[8]=0;           //สั่ง r7, lamp3 หยุดทำงาน
     }
     if (state3[9] ==1){      //สั่ง r8, lamp3 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp3,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,LOW);
 digitalWrite (r9,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step9");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state3[9] ==1)
     {
                                    //เครื่องนวดแป้งทำงาน
hrs = 0;
Min = 10;
sec = 0;
        state3[10]=1;               //สั่ง Motor, lamp3 ทำงาน
        state3[9]=0;                //สั่ง r8, lamp3 หยุดทำงาน
     }
     if (state3[10] ==1){           //สั่ง Motor, lamp3 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp3,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,HIGH);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,HIGH);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step10");
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state3[10] ==1)
    {
                                    //ไฟแจ้งเครื่องเมื่อทำงานเสร็จ
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 10;
       state3[11]=1;              //สั่ง r10, lamp3 ทำงาน
       state3[10]=0;              //สั่ง Motor, lamp3 หยุดทำงาน
    }
    if (state3[11] ==1){          //สั่ง r10, lamp3 ทำงาน
 digitalWrite (r1,HIGH);
 digitalWrite (Lamp3,HIGH);
 digitalWrite (r2,HIGH);
 digitalWrite (r3,HIGH);
 digitalWrite (Motor,LOW);
 digitalWrite (r4,HIGH);
 digitalWrite (r5,HIGH);
 digitalWrite (r6,HIGH);
 digitalWrite (r7,HIGH);
 digitalWrite (r8,HIGH);
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,LOW);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("Step11");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&&state3[11]==1)
        {
        state3[15]=1;             //จบการทำงานโหมด 3 กก.
        state3[11]=0;             //สั่ง r10, lamp3 หยุดทำงาน
        }
        if (state3[14] ==1){      //สั่ง r11, lamp3 ทำงาน
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite (r1,HIGH);
digitalWrite (Lamp3,HIGH);
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (Motor,HIGH);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,HIGH);
digitalWrite (r8,HIGH);
digitalWrite (r9,HIGH);
digitalWrite (r10,HIGH);
digitalWrite (r11,LOW);
digitalWrite (r12,HIGH);
digitalWrite (r13,HIGH);
   if(state3[14] ==1&& digitalRead(sensor) ==LOW)
{     //เมื่อสั่ง r11 , lamp3 ทำงานแล้ว level จับวัตถุเจอสั่งตัด r11 และสั่ง r12 มาทำงานแทน
digitalWrite (r1,HIGH);
digitalWrite (Lamp3,HIGH);
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (Motor,HIGH);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,HIGH);
digitalWrite (r8,HIGH);
digitalWrite (r9,HIGH);
digitalWrite (r10,HIGH);
digitalWrite (r11,HIGH);
digitalWrite (r12,LOW);
digitalWrite (r13,HIGH);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
if (digitalRead(Level1) == LOW||digitalRead(Level2) == LOW||digitalRead(Level3) ==
LOW)
  {
      delay(500);
      if (digitalRead(InterlockFill) == LOW)        //แมนนวล stop level
      {
       state3[14] = 0;
        Serial.println("Stop");
        delay(2000);
        RUN3 = false;

        break;
      }
   }
     sec = sec - 1;
     delay(1000);
     if (sec == -1)
     {
       sec = 59;
       Min = Min - 1;
     }
     if (Min == -1)
     {
       Min = 59;
       hrs = hrs - 1;
     }
     if (hrs == -1) hrs = 0;
     if (hrs <= 9){}
     if (Min <= 9){}
     if (sec <= 9){}
   if(state3[15] == 1)
     { //จบการทำงานโหมด 3 กก.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Serial.println("END");
  digitalWrite (r1,HIGH);
  digitalWrite (r2,HIGH);
  digitalWrite (r1,HIGH);
  digitalWrite (Lamp3,LOW);
  digitalWrite (r2,HIGH);
  digitalWrite (r3,HIGH);
  digitalWrite (Motor,LOW);
  digitalWrite (r4,HIGH);
  digitalWrite (r5,HIGH);
  digitalWrite (r6,HIGH);
  digitalWrite (r7,HIGH);
  digitalWrite (r8,HIGH);
  digitalWrite (r9,HIGH);
  digitalWrite (r10,HIGH);
  digitalWrite (r11,HIGH);
  digitalWrite (r12,HIGH);
  digitalWrite (r13,HIGH);
state3 [1] = 0 ;
state3 [2] = 0 ;
state3 [3] = 0 ;
state3 [4] = 0 ;
state3 [5] = 0 ;
state3 [6] = 0 ;
state3 [7] = 0 ;
state3 [8] = 0 ;
state3 [9] = 0 ;
state3 [10] = 0 ;
state3 [11] = 0 ;
state3 [12] = 0 ;
state3 [13] = 0 ;
state3 [14] = 0 ;
End[3] = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      }
    }
  }
    {
      state[1] =0;
      delay(2000);
    }
  }
                                    //พักแป้ง
void mix() {
 unsigned long currentMillis1 = millis();
 if (currentMillis1 - previousMillis1 >= interval1)
 {
   previousMillis1 = currentMillis1;
 }
 if (digitalRead(Mix) == LOW&&state[2] ==0)      //กดสวิตซ์ 4 โหมดพักแป้งทำงาน
 {
  state4[15] = 0;
                                    //หลอดไฟเหลืองแจ้งสถะนะพักแป้ง
 hrs = 0;
 Min = 40;
 sec = 0;
 delay(1000);
        state4[1] = 1;              //สั่ง r9 ทำงาน
    }
  if (state4[1] == HIGH)
  {
    RUNmix = true;
    while (RUNmix)
    {                               //สั่ง r9 ทำงาน
  digitalWrite (r1,HIGH);
  digitalWrite (Lamp1,LOW);
  digitalWrite (r2,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (Motor,LOW);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,HIGH);
digitalWrite (r8,HIGH);
digitalWrite (r9,LOW);
digitalWrite (r10,HIGH);
digitalWrite (r11,HIGH);
digitalWrite (r12,HIGH);
digitalWrite (r13,HIGH);
    Serial.println("MIXStep1");
if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state4[1] ==1)
    {
                                //หลอดไฟแดงแจ้งสถะนะหยุดพักแป้ง
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 10;
      state4[2]=1;              //สั่ง r10 ทำงาน
      state4[1]=0;              //สั่ง r9 หยุดทำงาน
    }
    if (state4[2] ==1){         //สั่ง r10 ทำงาน
digitalWrite (r1,HIGH);
digitalWrite (Lamp1,LOW);
digitalWrite (r2,HIGH);
digitalWrite (r3,HIGH);
digitalWrite (Motor,LOW);
digitalWrite (r4,HIGH);
digitalWrite (r5,HIGH);
digitalWrite (r6,HIGH);
digitalWrite (r7,HIGH);
digitalWrite (r8,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 digitalWrite (r9,HIGH);
 digitalWrite (r10,LOW);
 digitalWrite (r11,HIGH);
 digitalWrite (r12,HIGH);
 digitalWrite (r13,HIGH);
   Serial.println("MIXStep2");
 }
 if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0&& state4[2] ==1)
     {
hrs = 0;
Min = 0;
sec = 30;
       state4[15]=1;              //จบการทำงานพักแป้ง
       state4[2]=0;               //สั่ง r10 หยุดทำงาน
     }
if (digitalRead(Level1) == LOW||digitalRead(Level2) == LOW||digitalRead(Level3) ==
LOW)
     {
       delay(500);
       if (digitalRead(InterlockFill) == LOW)
       {
        state4[14] = 0;
         Serial.println("Stop");
         delay(2000);
         RUNmix = false;
         break;
       }
     }
     sec = sec - 1;
     delay(1000);
     if (sec == -1)
     {
       sec = 59;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Min = Min - 1;
      }
      if (Min == -1)
      {
        Min = 59;
        hrs = hrs - 1;
      }
      if (hrs == -1) hrs = 0;
      if (hrs <= 9){}
      if (Min <= 9){}
      if (sec <= 9){}
    if(state4[15] == 1)
      { //จบการทำงานพักแป้ง
    Serial.println("END");
   digitalWrite (r1,HIGH);
   digitalWrite (r2,HIGH);
   digitalWrite (r1,HIGH);
   digitalWrite (Lamp1,LOW);
   digitalWrite (r2,HIGH);
   digitalWrite (r3,HIGH);
   digitalWrite (Motor,LOW);
   digitalWrite (r4,HIGH);
   digitalWrite (r5,HIGH);
   digitalWrite (r6,HIGH);
   digitalWrite (r7,HIGH);
   digitalWrite (r8,HIGH);
   digitalWrite (r9,HIGH);
   digitalWrite (r10,HIGH);
   digitalWrite (r11,HIGH);
   digitalWrite (r12,HIGH);
   digitalWrite (r13,HIGH);
  state4 [1] = 0 ;
  state4 [2] = 0 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
state4 [14] = 0 ;
      }
    }
  }
    {
      state[1] =0;
      delay(2000);
    }
  }
        //โหมดตัดแป้ง
void fill(){
  if(digitalRead(Fill)==0)          //กดสวิตซ์ 5 สั่งโหมดตัดแป้งทำงาน
  {
    xF = 1;
  digitalWrite(r11,LOW);
  digitalWrite(r12,HIGH);
    Serial.println("Run");
  }
  if(xF== true &&digitalRead(sensor) ==0){
  digitalWrite(r12,LOW);
  digitalWrite(r11,LOW);
    Serial.println("Cutting");
    delay(500);                     //วาล์ลลม
  digitalWrite(r12,HIGH);
    Serial.println("Cut");
  }
  if(digitalRead(InterlockFill) == LOW)       //กดสวิตซ์ 6 สั่งโหมดตัดแป้งหยุดทำงาน
  {   xF = false;
  digitalWrite(r11,HIGH);
  digitalWrite(r12,HIGH);
    Serial.println("Stop");
   }
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานเครื่องนวดแป้งโรตี กึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานเครื่องเตรียมแป้งโรตี กึ่งอัตโนมัติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพร เขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเตรียมแป้งโรตี กึ่งอัตโนมัติ

1. การทำงานด้วยโหมดอัตโนมัติ

1) ทำการเติมวัตถุดิบลงถังใส่วัตถุดิบทั้ง 4 ให้พร้อม

2) เสียบปลั๊กไฟเพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ทุกตัวในเครื่อง

3) หมุนสวิตช์เลือกจากโหมด OFF มาที่โหมด Auto ดังแสดงในรูป ค.1

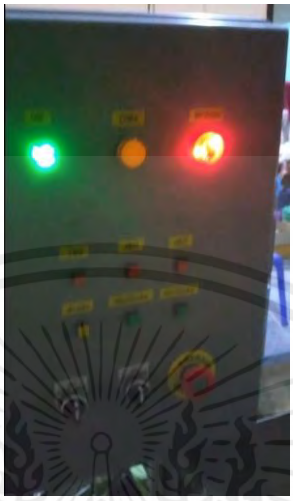
รูปที่ ค.1 หมุนสวิตช์เลือกมาที่โหมด Auto

4) กดเลือกสวิตช์โหมด 1 Kg., 2 Kg. หรือ 3 Kg. เพื่อป้อนคำสั่งให้เครื่องทำงาน ดังแสดงในรูป ค.2 จากตัวอย่างจะเป็นการเลือกโหมด 1 Kg. ซึ่งในส่วนนี้ทางผู้ใช้งานสามารถเลือกโหมดใดก็ได้

รูปที่ ค.2 เลือกโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) รอจนกว่าเครื่องจะทำงานเสร็จ โดยจะมีการแจ้งเตือนเป็นไฟสถานะ และเสียงจากบัซเซอร์ ดังแสดงในรูป ค.3



รูปที่ ค.3 การแจ้งเตือนสถานะการหยุดทำงานของเครื่อง

6) นำฝามาปิดถังนวดแป้งจากนั้นกดสวิตช์โหมดพักแป้งแล้วรอเป็นเวลา 40 นาที ดังแสดงในรูปที่ ค.4

รูปที่ ค.4 การแจ้งเตือนสถานการณ์ทำงานของโหมดพักแป้ง

7) รอจนกว่าจะครบเวลา 40 นาที โดยจะมีการแจ้งเตือนเป็นไฟสถานะ และเสียงจากบัซเซอร์ ดังแสดงในรูป ค.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) จากนั้นให้นำแป้งออกจากถังนวดแป้ง และนำมาใส่ในถังตัดแป้ง แล้วกดสวิตช์เปิดเครื่องตัดแป้ง ดังแสดงในรูป ค.5 จากนั้นเครื่องตัดแป้งก็จะทำงาน

รูปที่ ค.5 กดสวิตช์เปิดโหมดตัดแป้งเพื่อให้เครื่องตัดแป้งทำงาน

9) เอาถาดมารองแป้งที่ถูกตัดจากเครื่องตัดแป้ง

10) เมื่อเครื่องตัดแป้งจนไม่มีแป้งเหลืออยู่ในถังแล้วให้ทำการกดสวิตช์ปิดเครื่องตัดแป้ง ดังแสดงในรูป ค.6 เพื่อหยุดการทำงานของเครื่องตัดแป้ง

รูปที่ ค.6 กดสวิตช์ปิดโหมดตัดแป้งเพื่อให้เครื่องตัดแป้งหยุดทำงาน

11) นำแป้งที่ถูกตัดมาไปแช่ตู้เย็น เป็นอันเสร็จสิ้นการเตรียมแป้งโรตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การล้างเครื่องด้วยโหมดแมนนวล

1) เสียบปลั๊กไฟเพื่อจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ทุกตัวในเครื่อง

2) นำน้ำสะอาดมาใส่ลงไปในถังนวดแป้ง และถังตัดแป้ง

3) หมุนสวิตช์เลือกจากโหมด OFF มาที่โหมด Manual ดังแสดงในรูป ค.7 รูป (ก) และ (ข)

(ก) (ข)

รูปที่ ค.7 หมุนสวิตช์เลือกมาที่โหมด Manual เพื่อเปิดการทำงาน

(ก) คือการเปิดการทำงานของเครื่องนวดแป้ง (ข) คือการเปิดการทำงานของเครื่องตัดแป้ง

4) รอเครื่องทำงานประมาณ 10 นาที

5) หมุนสวิตช์เลือกจากโหมด Manual มาที่โหมด OFF ดังแสดงในรูป ค.8 รูป (ก) และ (ข)

(ก) (ข)

รูปที่ ค.8 หมุนสวิตช์เลือกมาที่โหมด OFF เพื่อปิดการทำงาน

(ก) คือการปิดการทำงานของเครื่องนวดแป้ง (ข) คือการปิดการทำงานของเครื่องตัดแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) นำฟองน้ำใส่น้ำยาทำความสะอาดมาขัดตามตัวถังนวดแป้ง และถังตัดแป้งจากนั้นค่อยนำน้ำสะอาดมาใส่ในถังทั้ง 2

7) หมุนสวิตช์เลือกจากโหมด OFF มาที่โหมด Manual เพื่อทำการล้างเครื่องอีกครั้งหนึ่งดังแสดงในรูป ค.7 รูป (ก) และ (ข)

8) เมื่อล้างเสร็จสิ้นแล้วให้ทำการหมุนสวิตช์เลือกจากโหมด Manual มาที่โหมด OFF ดังแสดงในรูป ค.8 รูป (ก) และ (ข) จากนั้นรอให้แห้งก็จะเป็นอันจบการล้างเครื่องด้วยโหมด Manual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Product Reference Manual
SKU: A000067

Description

Arduino® Mega 2560 is an exemplary development board dedicated for building extensive applications as compared to other maker boards by Arduino. The board accommodates the ATmega2560 microcontroller, which operates at a frequency of 16 MHz. The board contains 54 digital input/output pins, 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button.

Target Areas

3D Printing, Robotics, Maker

1 The Board

Arduino® Mega 2560 is a successor board of Arduino Mega, it is dedicated to applications and projects that require large number of input output pins and the use cases which need high processing power. The Arduino® Mega 2560 comes with a much larger set of IOs when we compare it with traditional Uno board considering the form factor of both the boards.

1.1 Application Examples

- **Robotics**: Featuring the high processing capacitity, the Arduino Mega 2560 can handle the extensive robotic applications. It is compatible with the motor controller shield that enables it to control multiple motors at an instance, thus making it perfect of robotic applications. The large number of I/O pins can accommodate many robotic sensors as well.
- **3D Printing**: Algorithms play a significant role in implementation of 3D printers. Arduino Mega 2560 has the power to process these complex algorithms required for 3D printing. Additionally, the slight changes to the code is easily possible with the Arduino IDE and thus 3D printing programs can be customized according to user requirements.
- **Wi-Fi**: Integrating wireless functionality enhances the utility of the applications. Arduino Mega 2560 is compatible with WiFi shields hence allowing the wireless features for the applications in 3D printing and Robotics.

1.2 Accessories

1.3 Related Products

- Arduino® Uno Rev 3
- Arduino® Nano
- Arduino® DUE without headers

(Credit. https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 Ratings

2.1 Recommended Operating Conditions

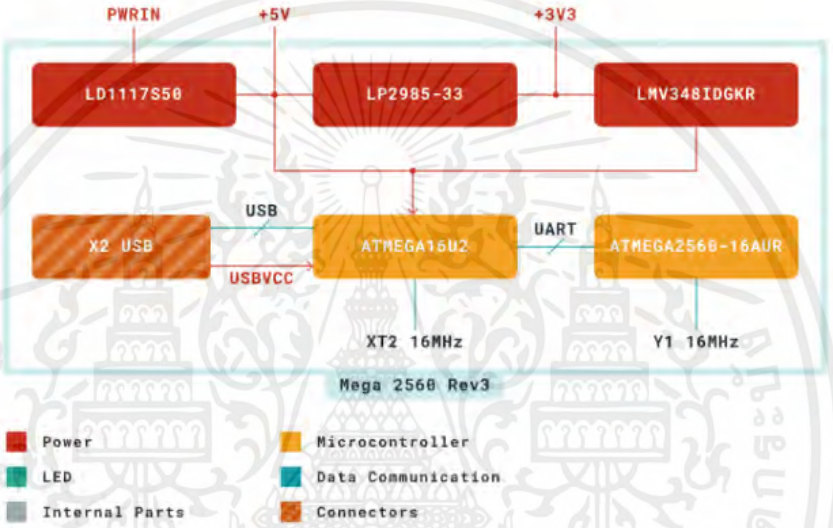
Symbol	Description	Min	Max
TOP	Operating temperature:	-40 °C	85 °C

2.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
PWRIN	Input supply from power jack		TBC		mW
USB VCC	Input supply from USB		TBC		mW
VIN	Input from VIN pad		TBC		mW

3 Functional Overview

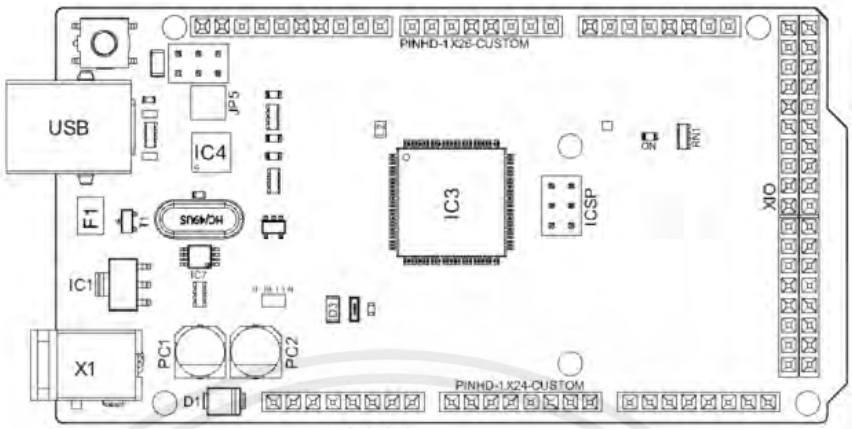
3.1 Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Board Topology

Front View



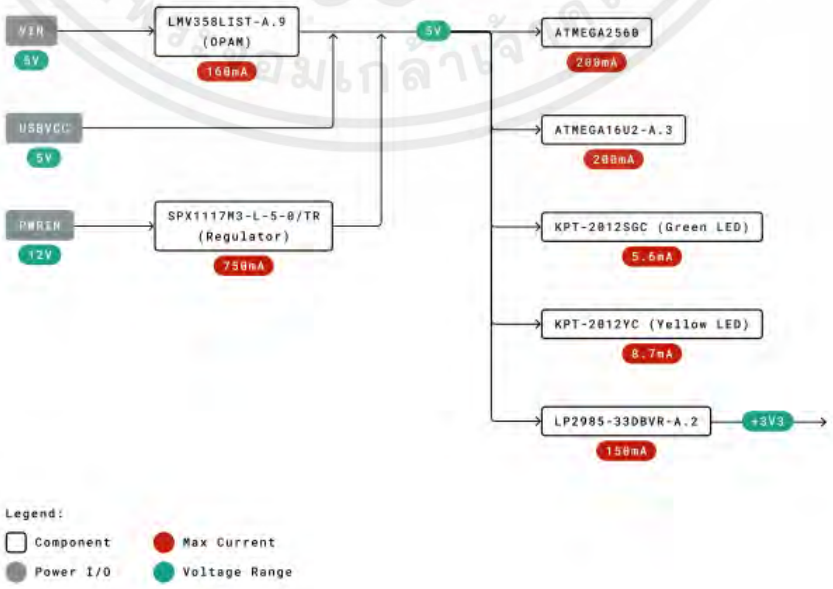
Arduino MEGA Top View

Ref.	Description	Ref.	Description
USB	USB B Connector	F1	Chip Capacitor
IC1	5V Linear Regulator	X1	Power Jack Connector
JP5	Plated Holes	IC4	ATmega16U2 chip
PC1	Electrolytic Alumninum Capacitor	PC2	Electrolytic Alumninum Capacitor
D1	General Purpose Rectifier	D3	General Purpose Diode
L2	Fixed Inductor	IC3	ATmega2560 chip
ICSP	Connector Header	ON	Green LED
RN1	Resistor Array	XIO	Connector

3.3 Processor

Primary processor of Arduino Mega 2560 Rev3 board is ATmega2560 chip which operates at a frequency of 16 MHz. It accommodates a large number of input and output lines which gives the provision of interfacing many external devices. At the same time the operations and processing is not slowed due to its significantly larger RAM than the other processors. The board also features a USB serial processor ATmega16U2 which acts an interface between the USB input signals and the main processor. This increases the flexibility of interfacing and connecting peripherals to the Arduino Mega 2560 Rev 3 board.

3.4 Power Tree



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 Board Operation

4.1 Getting Started - IDE

If you want to program your Arduino® MEGA 2560 while offline you need to install the Arduino® Desktop IDE **[1]** To connect the Arduino® MEGA 2560 to your computer, you'll need a Type-B USB cable. This also provides power to the board, as indicated by the LED.

4.2 Getting Started - Arduino Web Editor

All Arduino® boards, including this one, work out-of-the-box on the Arduino® Web Editor **[2]**, by just installing a simple plugin.

The Arduino® Web Editor is hosted online, therefore it will always be up-to-date with the latest features and support for all boards. Follow **[3]** to start coding on the browser and upload your sketches onto your board.

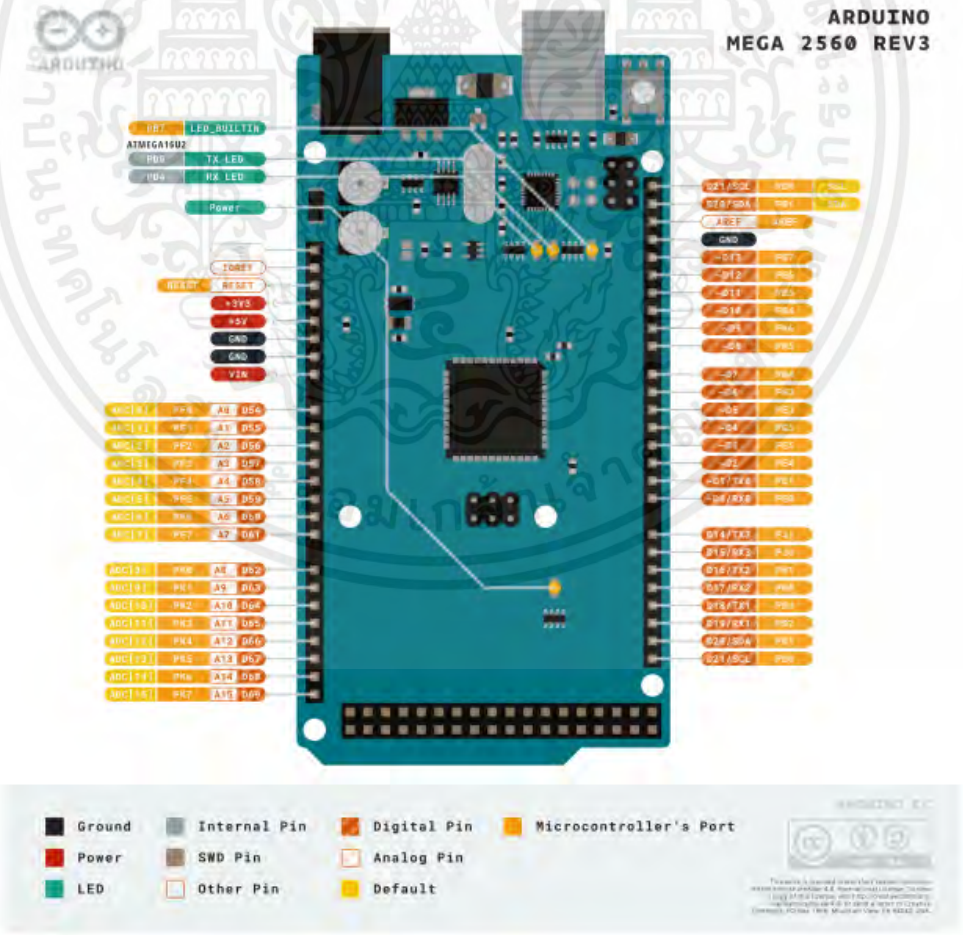
4.3 Sample Sketches

Sample sketches for the Arduino® MEGA 2560 can be found either in the "Examples" menu in the Arduino® IDE

4.4 Online Resources

Now that you have gone through the basics of what you can do with the board you can explore the endless possibilities it provides by checking exciting projects on ProjectHub **[5]**, the Arduino® Library Reference **[6]** and the online store **[7]** where you will be able to complement your board with sensors, actuators and more.

5 Connector Pinouts



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 Analog

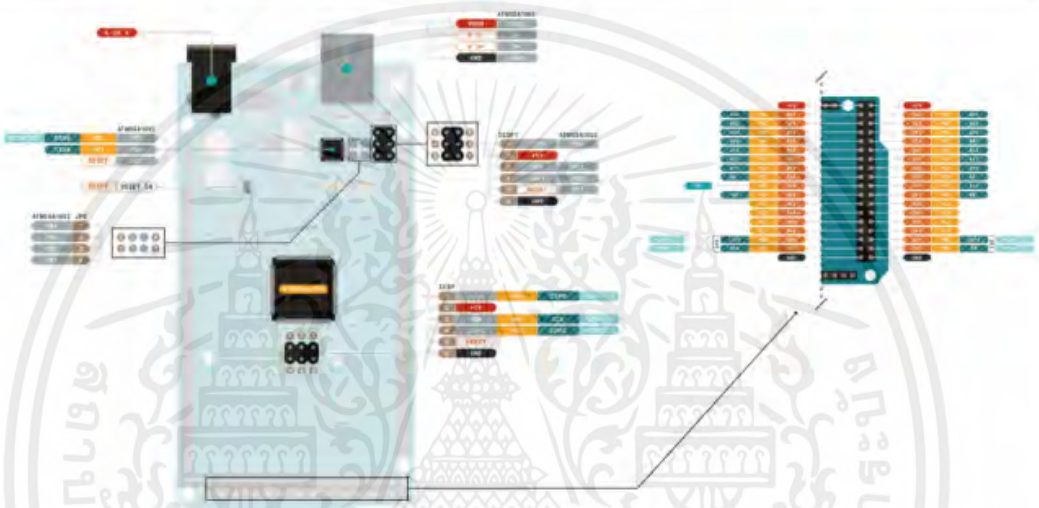
Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not Connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog	Analog input 3 /GPIO
13	A4	Analog	Analog input 4 /GPIO
14	A5	Analog	Analog input 5 /GPIO
15	A6	Analog	Analog input 6 /GPIO
16	A7	Analog	Analog input 7 /GPIO
17	A8	Analog	Analog input 8 /GPIO
18	A9	Analog	Analog input 9 /GPIO
19	A10	Analog	Analog input 10 /GPIO
20	A11	Analog	Analog input 11 /GPIO
21	A12	Analog	Analog input 12 /GPIO
22	A13	Analog	Analog input 13 /GPIO
23	A14	Analog	Analog input 14 /GPIO
24	A15	Analog	Analog input 15 /GPIO

5.2 Digital

Pin	Function	Type	Description
1	D21/SCL	Digital Input/I2C	Digital input 21/I2C Dataline
2	D20/SDA	Digital Input/I2C	Digital input 20/I2C Dataline
3	AREF	Digital	Analog Reference Voltage
4	GND	Power	Ground
5	D13	Digital/GPIO	Digital input 13/GPIO
6	D12	Digital/GPIO	Digital input 12/GPIO
7	D11	Digital/GPIO	Digital input 11/GPIO
8	D10	Digital/GPIO	Digital input 10/GPIO
9	D9	Digital/GPIO	Digital input 9/GPIO
10	D8	Digital/GPIO	Digital input 8/GPIO
11	D7	Digital/GPIO	Digital input 7/GPIO
12	D6	Digital/GPIO	Digital input 6/GPIO
13	D5	Digital/GPIO	Digital input 5/GPIO
14	D4	Digital/GPIO	Digital input 4/GPIO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin	Function	Type	Description
15	D3	Digital/GPIO	Digital input 3/GPIO
16	D2	Digital/GPIO	Digital input 2/GPIO
17	D1/TX0	Digital/GPIO	Digital input 1 /GPIO
18	D0/Tx1	Digital/GPIO	Digital input 0 /GPIO
19	D14	Digital/GPIO	Digital input 14 /GPIO
20	D15	Digital/GPIO	Digital input 15 /GPIO
21	D16	Digital/GPIO	Digital input 16 /GPIO
22	D17	Digital/GPIO	Digital input 17 /GPIO
23	D18	Digital/GPIO	Digital input 18 /GPIO
24	D19	Digital/GPIO	Digital input 19 /GPIO
25	D20	Digital/GPIO	Digital input 20 /GPIO
26	D21	Digital/GPIO	Digital input 21 /GPIO



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ATMEGA16U2 JP5

Pin	Function	Type	Description
1	PB4	Internal	Serial Wire Debug
2	PB6	Internal	Serial Wire Debug
3	PB5	Internal	Serial Wire Debug
4	PB7	Internal	Serial Wire Debug

5.4 ATMEGA16U2 ICSP1

Pin	Function	Type	Description
1	CIPO	Internal	Controller In Peripheral Out
2	+5V	Internal	Power Supply of 5V
3	SCK	Internal	Serial Clock
4	COPI	Internal	Controller Out Peripheral In
5	RESET	Internal	Reset
6	GND	Internal	Ground

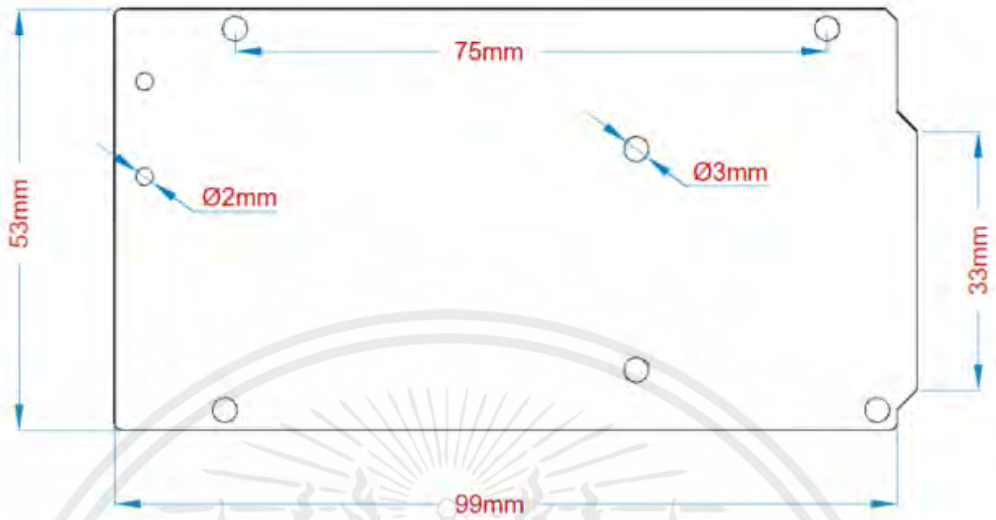
5.5 Digital Pins D22 - D53 LHS

Pin	Function	Type	Description
1	+5V	Power	Power Supply of 5V
2	D22	Digital	Digital input 22/GPIO
3	D24	Digital	Digital input 24/GPIO
4	D26	Digital	Digital input 26/GPIO
5	D28	Digital	Digital input 28/GPIO
6	D30	Digital	Digital input 30/GPIO
7	D32	Digital	Digital input 32/GPIO
8	D34	Digital	Digital input 34/GPIO
9	D36	Digital	Digital input 36/GPIO
10	D38	Digital	Digital input 38/GPIO
11	D40	Digital	Digital input 40/GPIO
12	D42	Digital	Digital input 42/GPIO
13	D44	Digital	Digital input 44/GPIO
14	D46	Digital	Digital input 46/GPIO
15	D48	Digital	Digital input 48/GPIO
16	D50	Digital	Digital input 50/GPIO
17	D52	Digital	Digital input 52/GPIO
18	GND	Power	Ground

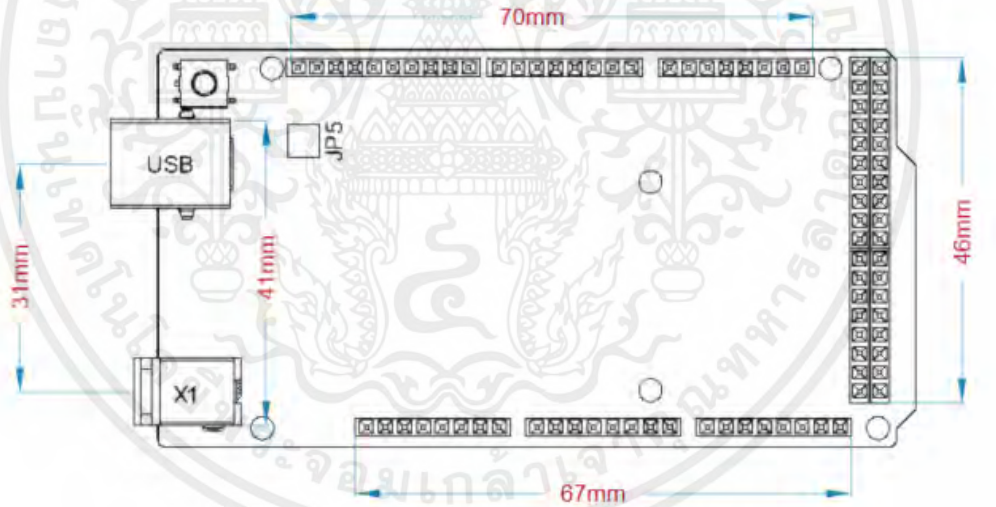
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 Mechanical Information

6.1 Board Outline



6.2 Board Mount Holes



Arduino Mega Mount Holes

Certifications

7 Declaration of Conformity CE DoC (EU)

We declare under our sole responsibility that the products above are in conformity with the essential requirements of the following EU Directives and therefore qualify for free movement within markets comprising the European Union (EU) and European Economic Area (EEA).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 Declaration of Conformity to EU RoHS & REACH 211 01/19/2021

Arduino boards are in compliance with RoHS 2 Directive 2011/65/EU of the European Parliament and RoHS 3 Directive 2015/863/EU of the Council of 4 June 2015 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.

Substance	Maximum Limit (ppm)
Lead (Pb)	1000
Cadmium (Cd)	100
Mercury (Hg)	1000
Hexavalent Chromium (Cr6+)	1000
Poly Brominated Biphenyls (PBB)	1000
Poly Brominated Diphenyl ethers (PBDE)	1000
Bis(2-Ethylhexyl} phthalate (DEHP)	1000
Benzyl butyl phthalate (BBP)	1000
Dibutyl phthalate (DBP)	1000
Diisobutyl phthalate (DIBP)	1000

Exemptions : No exemptions are claimed.

Arduino Boards are fully compliant with the related requirements of European Union Regulation (EC) 1907 /2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH). We declare none of the SVHCs (https://echa.europa.eu/web/guest/candidate-list-table), the Candidate List of Substances of Very High Concern for authorization currently released by ECHA, is present in all products (and also package) in quantities totaling in a concentration equal or above 0.1%. To the best of our knowledge, we also declare that our products do not contain any of the substances listed on the "Authorization List" (Annex XIV of the REACH regulations) and Substances of Very High Concern (SVHC) in any significant amounts as specified by the Annex XVII of Candidate list published by ECHA (European Chemical Agency) 1907 /2006/EC.

9 Conflict Minerals Declaration

As a global supplier of electronic and electrical components, Arduino is aware of our obligations with regards to laws and regulations regarding Conflict Minerals, specifically the Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act, Section 1502. Arduino does not directly source or process conflict minerals such as Tin, Tantalum, Tungsten, or Gold. Conflict minerals are contained in our products in the form of solder, or as a component in metal alloys. As part of our reasonable due diligence Arduino has contacted component suppliers within our supply chain to verify their continued compliance with the regulations. Based on the information received thus far we declare that our products contain Conflict Minerals sourced from conflict-free areas.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 FCC Caution

Any Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions:

(1) This device may not cause harmful interference

(2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

FCC RF Radiation Exposure Statement:

1. This Transmitter must not be co-located or operating in conjunction with any other antenna or transmitter.
2. This equipment complies with RF radiation exposure limits set forth for an uncontrolled environment.
3. This equipment should be installed and operated with minimum distance 20cm between the radiator & your body.

English: User manuals for licence-exempt radio apparatus shall contain the following or equivalent notice in a conspicuous location in the user manual or alternatively on the device or both. This device complies with Industry Canada licence-exempt RSS standard(s). Operation is subject to the following two conditions:

(1) this device may not cause interference

(2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

French: Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes :

(1) l' appareil nedoit pas produire de brouillage

(2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

IC SAR Warning:

English This equipment should be installed and operated with minimum distance 20 cm between the radiator and your body.

French: Lors de l' installation et de l' exploitation de ce dispositif, la distance entre le radiateur et le corps est d 'au moins 20 cm.

Important: The operating temperature of the EUT can't exceed 85°C and shouldn't be lower than -40°C.

Hereby, Arduino S.r.l. declares that this product is in compliance with essential requirements and other relevant provisions of Directive 201453/EU. This product is allowed to be used in all EU member states.

11 Company Information

Company name	Arduino S.r.l.
Company Address	Arduino SRL, Via Andrea Appiani 25, 20900 Monza MB, Italy

12 Reference Documentation

Ref	Link
Arduino IDE (Desktop)	https://www.arduino.cc/en/Main/Software
Arduino IDE (Cloud)	https://create.arduino.cc/editor
Cloud IDE Getting Started	https://create.arduino.cc/projecthub/Arduino_Genuino/getting-started-with-arduino-web-editor-4b3e4a
Arduino Pro Website	https://www.arduino.cc/pro
Project Hub	https://create.arduino.cc/projecthub?by=part&part_id=11332&sort=trending
Library Reference	https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/
Online Store	https://store.arduino.cc/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sparkfun

Load Cell Amplifier HX711 Breakout Hookup Guide

Getting Started

The HX711 load cell amplifier is used to get measurable data out from a load cell and strain gauge. This Hookup Guide will show you how to get started with this amplifier using some of the various load cells we carry at SparkFun.

What You Will Need:

For this simple hook up guide we will just be hooking up a load cell with the HX711 amplifier, and showing how you would hook up four load sensors with a combinator board and the HX711 amplifier. To follow along, you'll need:

- SparkFun Load Cell Amplifier - HX711
- Any Strain Gauge Based Load Cell:

Load Cell - 200kg, Disc (TAS606)
SEN-13332

Load Cell - 50kg, Disc (TAS606)
SEN-13331

(Credit. https://www.alldatasheet.com/HX711)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Load Cell - 10kg, Straight Bar (TAL220)
SEN-13329

Load Cell - 10kg, Wide Bar (TAL201)
SEN-13330

If you are planning on using load sensors[1] you will need to obtain or purchase four units. We recommend our Combinator Board to make it easy to turn the four strain gauges into a wheatstone bridge type load cell. (Single strain gauge load cells only have three wires instead of four.)

Suggested Reading

If you aren't familiar with the following concepts, we recommend reviewing them before beginning to work with the HX711 Load Cell Amplifier Board.

- Load Cell Basics
- Getting Started with Load Cells
- Installing the Arduino IDE
- How to Power Your Project
- Battery Technologies
- How to Solder

1. [Strain gauges are two wired organized metal foil or wires that are set up in such a way that the resistance changes when it is compressed or stretched. When a strain gauge is placed on something (usually metallic in nature) its resistance changes based on the stress experienced by that something. When a single strain gauge is hooked up to a metallic cell, we are calling that a load sensors, which have three output wires. Load cells usually has four strain gauges hooked up in a wheatstone bridge formation, which have four output wires. For more information on load cells, strain gauges, and wheatstone bridges see our tutorial.]↩

Load Cell Set Up

A selection of different load cells

Depending on the type of load cell you are using, the configuration of how it should be hooked up to plates or surfaces will change. Below are a few different types of setups.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bar load cell between a two plate configuration

S load cell configuration

Possible four disc load cell configuration in something like a bathroom scale

Bar strain gauge based load cells

Usually with larger, non-push button bar load cells you will want to hook up the load cell between two plates in a "Z" shape, with fitting screws and spacers so that the strain can be correctly measured as shown below:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note that only one side of the load cell is screwed into each board. This provides a moment of force, or torque, on the strain gauge rather than just compression force, which is easier to measure and much more accurate.

For smaller, push-button or disc load cells, you will want to make sure to screw in the disc to a bottom plate (or surface you are measuring force against), and center the beam, plate, or whatever else you are wishing to measure the force of onto the "button" on the top. Usually another plate with a hole is used to make sure whatever you are measuring is hitting the same spot on the load cell each time, but it is not necessary.

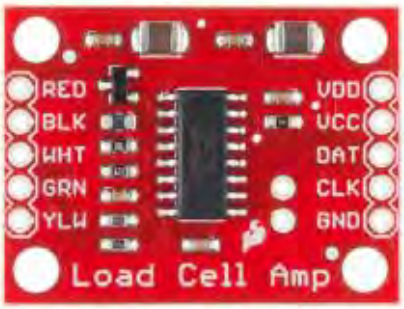
Make sure to read the datasheet for the load cell you are using and get the correct screws to fit into it.

- Note: If you are hooking together four of the SparkFun Load Sensors using the Combinator board, you should position the four load sensors equidistant from each other, just like the bathroom scales shown in this tutorial.

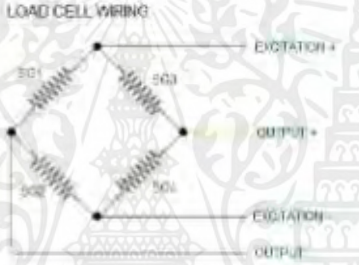
Load cell measurements can be off by +/- 5% due to a range of things including temperature, creep, vibration, drift, and other electrical and mechanical interferences. Before you install your scale, take a moment and design your system to allow for easy calibration or be able to adjust the code parameters to account for these variations.

Hardware Hookup

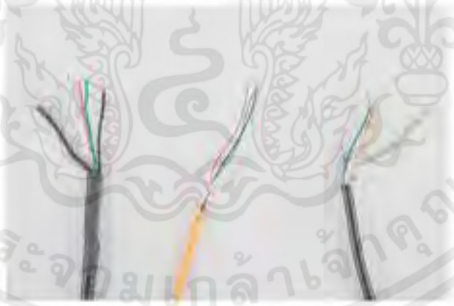
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The HX711 Load Cell Amplifier accepts five wires from the load cell. These pins are labeled with colors; **RED, BLK, WHT, GRN, and YLW**. These colors correspond to the conventional color coding of load cells, where red, black, green and white wires come from the strain gauge on the load cell and yellow is an optional ground wire that is not hooked up to the strain gauge but is there to ground any small outside EMI (electromagnetic interference). Sometimes instead of a yellow wire there is a larger black wire, foil, or loose wires to shield the signal wires to lessen EMI.



Four strain gauges (SG1 through 4) hooked up in a wheatstone bridge formation



Here we have a large black wire, some loose wires, and foil and loose wires respectively as EMI buffers

In General, each load cell has four strain gauges that are hooked up in a wheatstone bridge formation as shown above.

The four wires coming out from the wheatstone bridge on the load cell are usually:

- Excitation+ (E+) or VCC is red
- Excitation- (E-) or ground is black.
- Output+ (O+), Signal+ (S+)+ or Amplifier+ (A+) is white
- O-, S-, or A- is green or blue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Some load cells might have slight variations in color coding such as blue instead of green or yellow instead of black or white if there are only four wires (meaning no wire used as an EMI buffer). You might have to infer a little from the colors that you have, but in general you will usually see these colors.

> If the readings from the HX711 are opposite of what you are expect (for example the values decrease as you increase weight) simply reverse the O+/O- wires.

Once the load cell is is hooked up to the amplifier, you can hook up VDD, VCC, DAT, CLK, and GND to a microcontroller such as a RedBoard or Arduino board.

Note VCC is the analog voltage to power the load cell. VDD is the digital supply voltage used to set the logic level.

> **PRO TIP:** In many cases, you can just short VCC and VDD together. If your microcontroller uses 3.3V logic however, you'll want to connect VCC to 5V and VDD to 3.3V.

Load cell wires hooked up to the HX711 Amplifier board

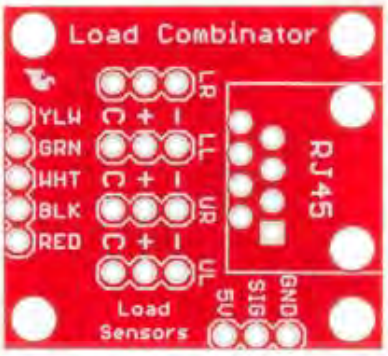
The example code has **DAT and CLK** hooked up to **pin 3 and 2** respectively, but this is easily changed in the code. Any GPIO pin will work for either. Then VCC and VDD just need to be hooked up to 2.7-5V and GND to ground on your microcontroller.

Fritzing diagram of HX711 amplifier connected to a RedBoard

Now, if you would like to set up four single load sensors with our combinator board and amplifier, connect the five pins labeled RED, BLK, WHT, GRN, YLW to the matching pins on the HX711. Next, connect each of the four load sensors to the following pins:

- Red → +
- Black → -
- White → C

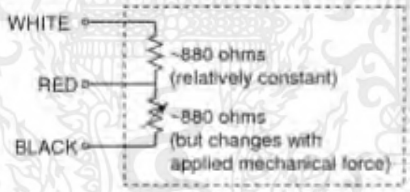
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The combinator board also has room for an 8 pin RJ45 socket, which can be used to connect your project via Ethernet cables for long distance applications.

Another nice thing about our combinator board is that most home scales use four single strain gauge load sensors, so this is a handy board for hacking your own scales at home!

Hacked home scale's four load sensors hooked up to our combinator board



Example of a single strain gauge, or load sensor. Here RED is the center tap

For load sensors, there isn't a set color coded standard. Comparing the scale pictured above with the load sensor schematic, while the black wires matched, the red and white wires were swapped. Also, only two of the four sensors used a white wire for the 'center tap' of the load sensor, the other two used green. I connected the black wires to "-", the red to "+", and the white and green wires to "C".

To determine how to hook up your single strain gauge load cells to the combinator, measure the resistance between the three wires. You should find a larger resistance (close to double) between a pair. In our example the resistance between red and black was 1.6 kΩ, and the resistance between white/green and red was 800 Ω. Therefore, the center tap to the strain gauge is the white/green wire. The center tap or center pin of your strain gauge connects to the "C" pin on the combinator. The larger resistance wires (red and black in this example) connect to the "+" and "-" pins on the combinator.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The combinator board hooks up the four load sensors in such a way that two resistors in the wheatstone bridge configuration are constant values and the other two are variable in this way:

To hook up the combinator board to the HX711 match the RED, BLK, WHT, and GRN pins

Once you have the combinator board successfully soldered to the twelve wires, you can now connect it to the HX711 amplifier board via the 4 standard load cell wires. You can use short jumper wires or if your electronics are a long distance away from your scale consider using an RJ45 connector and an ethernet cable to connect the combinator to the HX711 amplifier.

Arduino Code

Now that you have your load cell, amplifier, and microcontroller hooked up, you can add your code and start calibrating your setup.

You can download the most up-to-date code and libraries from the link below.

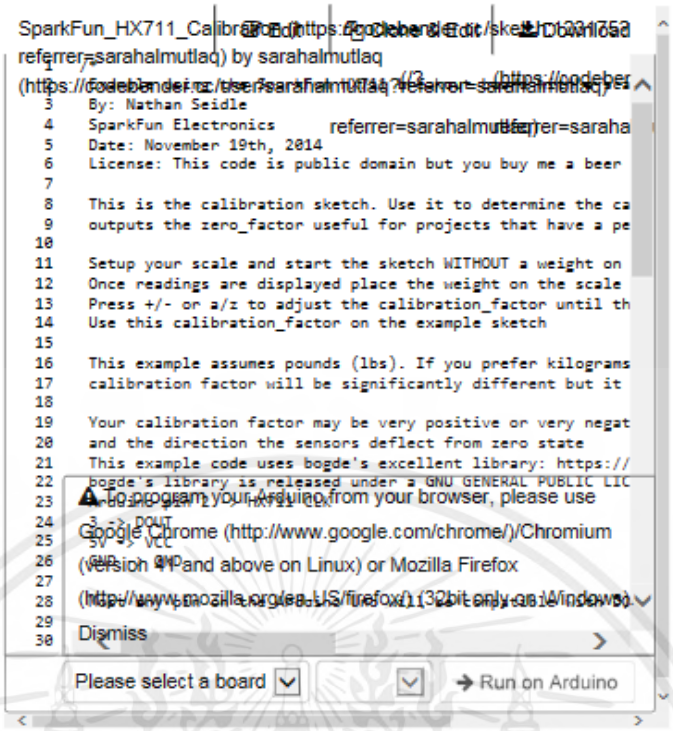
GITHUB REPOSITORY

If you have never worked with downloading Arduino libraries or need a quick reminder you might want to take a look at our tutorial on Installing Arduino Libraries.

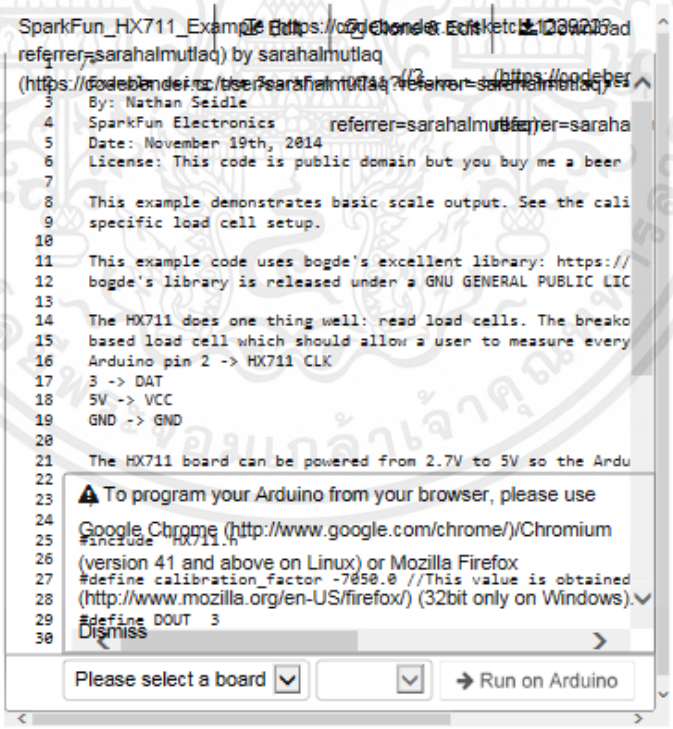
Or you can easily get started and running with everything in Codebender!

The first thing you will want to work with is the calibration code: "SparkFun_HX711_Calibration":

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Once you have calculated your calibration factor of your load cell set up, you can move on to other code, such as the simple scale output example code, “SparkFun_HX711_Example”:



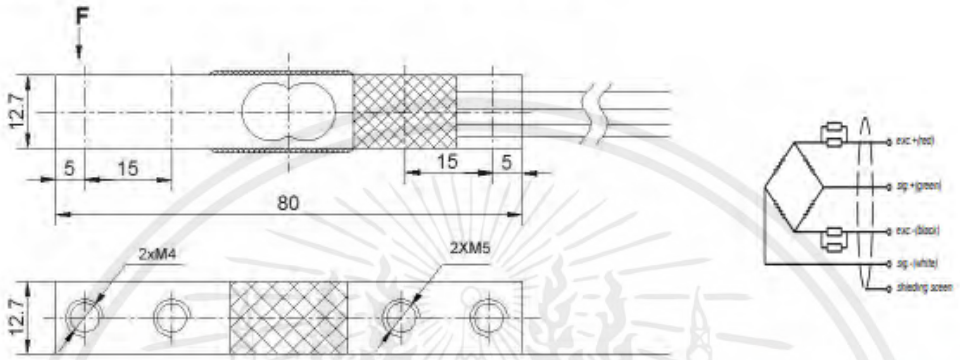
Check out the other example code in the Github repo, or Codebender for powering down the HX711 (github, codebender) and known zero startup (github, codebender).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features:

- ◆Capacity : 3-200kg
- ◆Material: aluminum-alloy or alloy steel
- ◆Type: Parallel beam type
- ◆Defend grade: IP65
- ◆Application : Palm scale, kitchen scale, electronic balance, fishing scale, electronic platform scale and other electronic weighing devices.

Electrical connection and Dimensions:(dimension unit: mm)



Specifications:		
capacity	kg	3,5,10,20,25,30,50(aluminum); 80,100,120,200(alloy steel)
safe overload	%FS	120
ultimate overload	%FS	150
rated output	mV/V	1.0 ± 0.15
excitation voltage	Vdc	5 - 10
combined error	%FS	± 0.05
zero unbalance	%FS	± 0.1
non-linearity	%FS	± 0.05
hysteresis	%FS	± 0.05
repeatability	%FS	± 0.03
creep	%FS/3min	± 0.05
input resistance	Ω	1000 ± 15
output resistance	Ω	1000 ± 10
insulation resistance	MΩ	≥ 2000
operating temperature range	℃	-10 ~ +55
compensated temperature range	℃	-10 ~ +40
temperature coefficient of SPAN	%FS/10℃	± 0.05
temperature coefficient of ZERO	%FS/10℃	± 0.05
Electrical connection	cable	4 color wire (standard)or 4 shielded PVC cable, Ø0.8 × 220 mm

※Ordering code: model-capacity- rated output-accuracy-defend grade- the length of cable

(Credit.

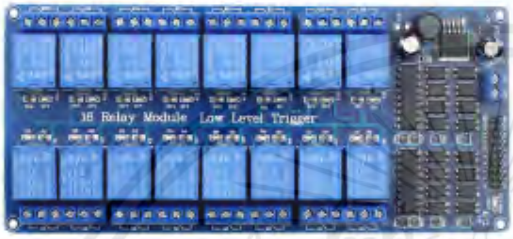
https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/TAL220M4M5Update.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UCTRONICS®

16-Channel Relay Module Board

Rev 1.0, July 2018



UCTRONICS TEAM

- Skype: fpga4u
- Tel: 86 025 84271192
- Website: www.uctronics.com
- Email: support@uctronics.com

INTRODUCTION

- In order to meet the customer's demand for the control of the switching device, the UCTRONICS team now releases a 16-channel relay module which allows a small level signal to control any normal outlet or high voltage product.
- This is a 12V 16-Channel Relay interface board, be able to control any electric appliances rated at under 2000 Watts. It supports all MCU control, PLC control, smart home control.
- The common end COM of each relay is independent, which makes it convenient for users to access different signals. Each relay is equipped with indicator light, which is on and off. The working status indicator light is good for safe use.

SPECIFICATION

- Product Name: 16-Channel Relay Module
- Number of Channels: 16
- Control Signal voltage: 5V, active low
- Load Voltage: AC 250V/10A, AC 125V/15A DC 30V 10A
- Input power: 12V
- Each board needs 15-20mA Driver Current
- I / O port driver is active in low level.
- 1-16 channel optionally fully open/closed, or any channel.
- Standard interface that can be controlled directly by microcontroller
- Indication LED's for Relay output status.
- Independent common end COM makes the relay convenient for users to access different signals.
- Use optocoupler protection with high safety performance
- Widely used for all MCU control, industrial sector, PLC control, smart home control.
- Size: 8 x 5.7 x 1.2 inches
- Weight: 8.8 ounces

CONNECTION DIAGRAM

- The input power needs to meet the range, DC12V.

(Credit. https://www.uctronics.com/download/Amazon/U604302_print.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UCTRONICS®

16-Channel Relay Module Board

Rev 1.0, July 2018

UCTRONICS TEAM

- Skype: fpga4u
- Tel: 86 025 84271192
- Website: www.uctronics.com
- Email: support@uctronics.com

INTRODUCTION

- In order to meet the customer's demand for the control of the switching device, the UCTRONICS team now releases a 16-channel relay module which allows a small level signal to control any normal outlet or high voltage product.
- This is a 12V 16-Channel Relay interface board, be able to control any electric appliances rated at under 2000 Watts. It supports all MCU control, PLC control, smart home control.
- The common end COM of each relay is independent, which makes it convenient for users to access different signals. Each relay is equipped with indicator light, which is on and off. The working status indicator light is good for safe use.

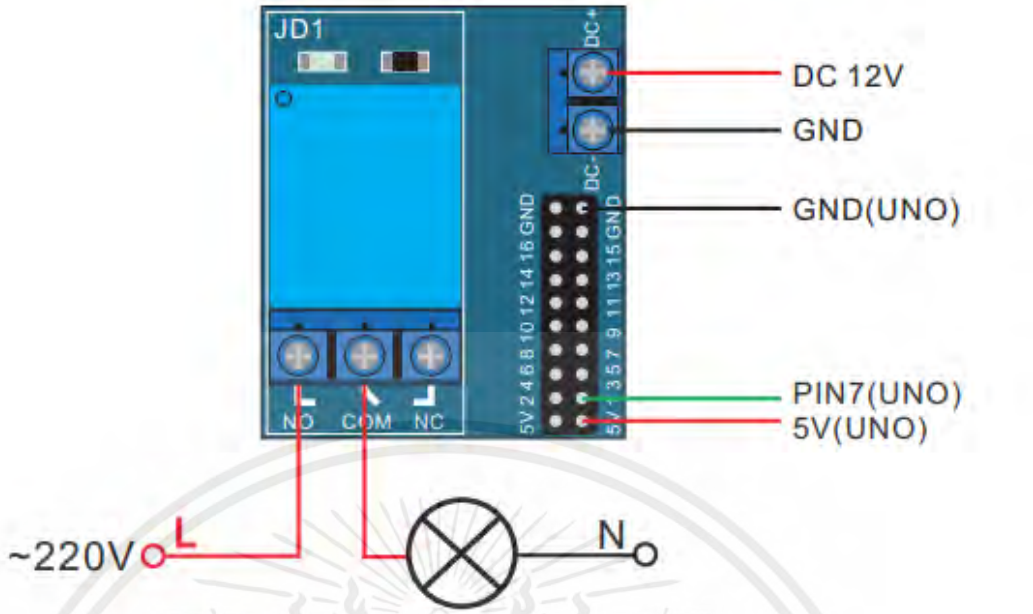
SPECIFICATION

- Product Name: 16-Channel Relay Module
- Number of Channels: 16
- Control Signal voltage: 5V, active low
- Load Voltage: AC 250V/10A, AC 125V/15A DC 30V 10A
- Input power: 12V
- Each board needs 15-20mA Driver Current
- I / O port driver is active in low level.
- 1-16 channel optionally fully open/closed, or any channel.
- Standard interface that can be controlled directly by microcontroller
- Indication LED's for Relay output status.
- Independent common end COM makes the relay convenient for users to access different signals.
- Use optocoupler protection with high safety performance
- Widely used for all MCU control, industrial sector, PLC control, smart home control.
- Size: 8 x 5.7 x 1.2 inches
- Weight: 8.8 ounces

CONNECTION DIAGRAM

- The input power needs to meet the range, DC12V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



QUICK START GUIDE

Let's take control of the light bulb for example. The connection is shown above

- Step1: Connect the light bulb to the relay module.
- Step2: Connect the control pin to the Controller (we use UNO).
- Step3: Power on the module.
- Step4: Set the control signal HIGH or LOW, you will control the light bulb turn on and off.

NOTE

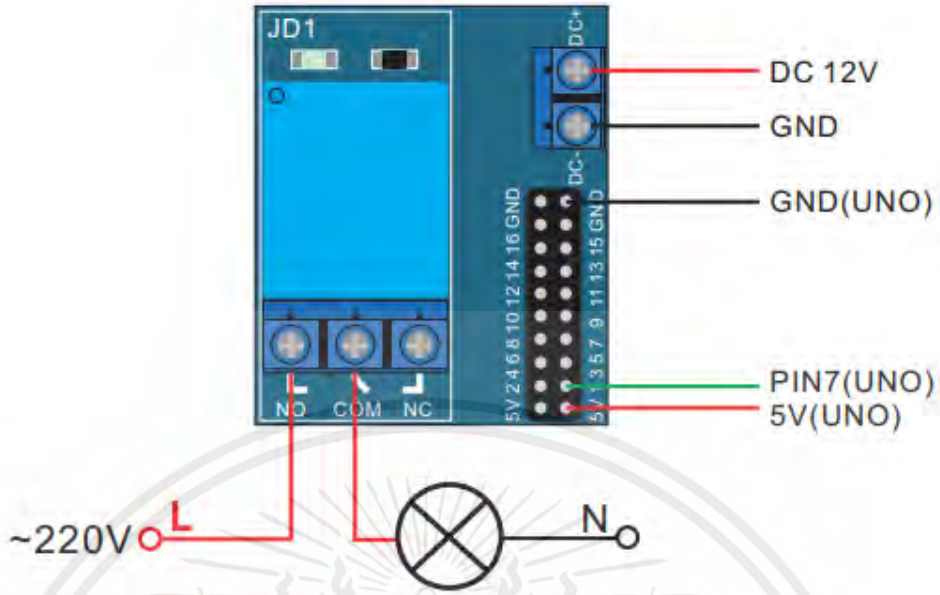
- Please exercise utmost caution while working with electrical mains or other high voltages.

TEST CODE

- You can check the product function by referring to the code we have provided you. Code show as below:

```
int8_t relayControl = 7;
// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
// initialize relayControl pin as an output.
pinMode(relayControl, OUTPUT);
}
void loop() {
digitalWrite(relayControl, HIGH); // Turn off
delay(5000); // wait for 5 second
digitalWrite(relayControl, LOW); // Turn on
delay(5000); // wait for 5 second
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



QUICK START GUIDE

Let's take control of the light bulb for example. The connection is shown above

- Step1: Connect the light bulb to the relay module.
- Step2: Connect the control pin to the Controller (we use UNO).
- Step3: Power on the module.
- Step4: Set the control signal HIGH or LOW, you will control the light bulb turn on and off.

NOTE

- Please exercise utmost caution while working with electrical mains or other high voltages.

TEST CODE

- You can check the product function by referring to the code we have provided you. Code show as below:

```
int8_t relayControl = 7;
// the setup function runs once when you
press reset or power the board
void setup() {
// initialize relayControl pin as an output.
pinMode(relayControl, OUTPUT);
}
void loop() {
digitalWrite(relayControl, HIGH); // Turn off
delay(5000); // wait for 5 second
digitalWrite(relayControl, LOW); // Turn on
delay(5000); // wait for 5 second
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEATURES

- **3.3V, 5V, 12V, and Adjustable Output Versions**
- **Adjustable Version Output Voltage Range, 1.2V to 37V ±4% Max Over Line and Load Conditions**
- **Available in TO-220 and TO-263 Packages**
- **Ensured 3A Output Load Current**
- **Input Voltage Range Up to 40V**
- **Requires Only 4 External Components**
- **Excellent Line and Load Regulation Specifications**
- **150 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator**
- **TTL Shutdown Capability**
- **Low Power Standby Mode, I_Q Typically 80 µA**
- **High Efficiency**
- **Uses Readily Available Standard Inductors**
- **Thermal Shutdown and Current Limit Protection**

APPLICATIONS

- **Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator**
- **On-Card Switching Regulators**
- **Positive to Negative Converter**

DESCRIPTION

The LM2596 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 3A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5V, 12V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation , and a fixed-frequency oscillator.

The LM2596 series operates at a switching frequency of 150 kHz thus allowing smaller sized filter components than what would be needed with lower frequency switching regulators. Available in a standard 5-lead TO-220 package with several different lead bend options, and a 5-lead TO-263 surface mount package.

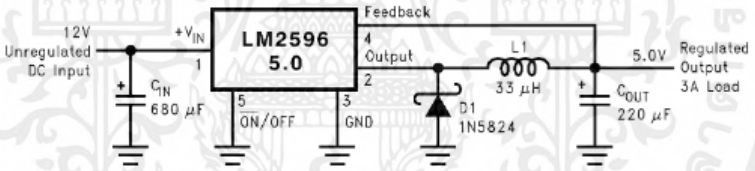
A standard series of inductors are available from several different manufacturers optimized for use with the LM2596 series. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

Other features include a ensured ±4% tolerance on output voltage under specified input voltage and output load conditions, and ±15% on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring typically 80 µA standby current. Self protection features include a two stage frequency reducing current limit for the output switch and an over temperature shutdown for complete protection under fault conditions. (1)

(1) † Patent Number 5,382,918.

Typical Application

(Fixed Output Voltage Versions)



(Credit. https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/543794/TI1/LM2596S.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

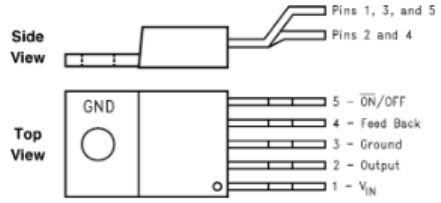


Figure 1. 5-Lead Bent and Staggered Leads, Through Hole TO-220 (T) Package See Package Number NDH0005D

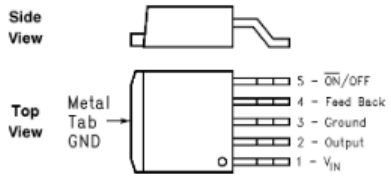


Figure 2. 5-Lead DDPAK/TO-263 (S) Package See Package Number KTT0005B

These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

Absolute Maximum Ratings (1)(2)

Maximum Supply Voltage	45V
$\overline{ON}$ /OFF Pin Input Voltage	−0.3 ≤ V ≤ +25V
Feedback Pin Voltage	−0.3 ≤ V ≤+25V
Output Voltage to Ground (Steady State)	−1V
Power Dissipation	Internally limited
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
ESD Susceptibility	
Human Body Model (3)	2 kV
Lead Temperature	
DDPAK/TO-263 Package	
Vapor Phase (60 sec.)	+215°C
Infrared (10 sec.)	+245°C
TO-220 Package (Soldering, 10 sec.)	+260°C
Maximum Junction Temperature	+150°C

(1) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not ensure specific performance limits. For ensured specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.
(2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability and specifications.
(3) The human body model is a 100 pF capacitor discharged through a 1.5k resistor into each pin.

Operating Conditions

Temperature Range	−40°C ≤ T_J ≤ +125°C
Supply Voltage	4.5V to 40V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2596-3.3 Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-3.3		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
SYSTEM PARAMETERS (3) Test Circuit Figure 20					
V_{OUT}	Output Voltage	4.75V ≤ V_{IN} ≤ 40V, 0.2A ≤ I_{LOAD} ≤ 3A	3.3		V
				3.168/**3.135**	V(min)
				3.432/**3.465**	V(max)
η	Efficiency	V_{IN} = 12V, I_{LOAD} = 3A	73		%

(1) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

LM2596-5.0 Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-5.0		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
SYSTEM PARAMETERS (3) Test Circuit Figure 20					
V_{OUT}	Output Voltage	7V ≤ V_{IN} ≤ 40V, 0.2A ≤ I_{LOAD} ≤ 3A	5.0		V
				4.800/**4.750**	V(min)
				5.200/**5.250**	V(max)
η	Efficiency	V_{IN} = 12V, I_{LOAD} = 3A	80		%

(1) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

LM2596-12 Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-12		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
SYSTEM PARAMETERS (3) Test Circuit Figure 20					
V_{OUT}	Output Voltage	15V ≤ V_{IN} ≤ 40V, 0.2A ≤ I_{LOAD} ≤ 3A	12.0		V
				11.52/**11.40**	V(min)
				12.48/**12.60**	V(max)
η	Efficiency	V_{IN} = 25V, I_{LOAD} = 3A	90		%

(1) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2596-ADJ Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-ADJ		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
SYSTEM PARAMETERS (3) Test Circuit Figure 20					
V_{FB}	Feedback Voltage	4.5V ≤ V_{IN} ≤ 40V, 0.2A ≤ I_{LOAD} ≤ 3A V_{OUT} programmed for 3V. Circuit of Figure 20	1.230	 1.193/**1.180** 1.267/**1.280**	V V(min) V(max)
η	Efficiency	V_{IN} = 12V, V_{OUT} = 3V, I_{LOAD} = 3A	73		%

(1) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

All Output Voltage Versions Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**. Unless otherwise specified, V_{IN} = 12V for the 3.3V, 5V, and Adjustable version and V_{IN} = 24V for the 12V version. I_{LOAD} = 500 mA

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
DEVICE PARAMETERS					
I_b	Feedback Bias Current	Adjustable Version Only, V_{FB} = 1.3V	10	 **50/100**	nA nA (max)
f_O	Oscillator Frequency	See (3)	150	 127/**110** 173/**173**	kHz kHz(min) kHz(max)
V_{SAT}	Saturation Voltage	I_{OUT} = 3A (4) (5)	1.16	 1.4/**1.5**	V V(max)
DC	Max Duty Cycle (ON)	See (5)	100		%
	Min Duty Cycle (OFF)	See (6)	0		
I_{CL}	Current Limit	Peak Current (4)(5)	4.5	 3.6/**3.4** 6.9/**7.5**	A A(min) A(max)
I_L	Output Leakage Current	Output = 0V (4)(6)		50	µA(max)
		Output = −1V (7)	2	 30	mA mA(max)
I_Q	Quiescent Current	See (6)	5	 10	mA mA(max)

(1) Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.
(2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).
(3) The switching frequency is reduced when the second stage current limit is activated.
(4) No diode, inductor or capacitor connected to output pin.
(5) Feedback pin removed from output and connected to 0V to force the output transistor switch ON.
(6) Feedback pin removed from output and connected to 12V for the 3.3V, 5V, and the ADJ. version, and 15V for the 12V version, to force the output transistor switch OFF.
(7) V_{IN} = 40V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

All Output Voltage Versions Electrical Characteristics (continued)

Specifications with standard type face are for T_J = 25°C, and those with **boldface type** apply over **full Operating Temperature Range**. Unless otherwise specified, V_{IN} = 12V for the 3.3V, 5V, and Adjustable version and V_{IN} = 24V for the 12V version. I_{LOAD} = 500 mA

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
I_{STBY}	Standby Quiescent Current	ON/OFF pin = 5V (OFF) (7)	80		µA
				200/**250**	µA(max)
θ_{JC}	Thermal Resistance	TO-220 or TO-263 Package, Junction to Case	2		°C/W
θ_{JA}		TO-220 Package, Junction to Ambient (8)	50		°C/W
θ_{JA}		TO-263 Package, Junction to Ambient (9)	50		°C/W
θ_{JA}		TO-263 Package, Junction to Ambient (10)	30		°C/W
θ_{JA}		TO-263 Package, Junction to Ambient (11)	20		°C/W
ON/OFF CONTROL Test Circuit Figure 20					
	$\overline{ON}$ /OFF Pin Logic Input		1.3		V
V_{IH}	Threshold Voltage	Low (Regulator ON)		**0.6**	V(max)
V_{IL}		High (Regulator OFF)		**2.0**	V(min)
I_H	$\overline{ON}$ /OFF Pin Input Current	V_{LOGIC} = 2.5V (Regulator OFF)	5		µA
				15	µA(max)
I_L		V_{LOGIC} = 0.5V (Regulator ON)	0.02		µA
				5	µA(max)

(8) Junction to ambient thermal resistance (no external heat sink) for the TO-220 package mounted vertically, with the leads soldered to a printed circuit board with (1 oz.) copper area of approximately 1 in^2.

(9) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a single printed circuit board with 0.5 in^2 of (1 oz.) copper area.

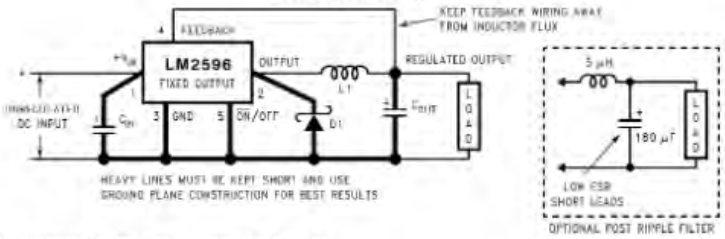
(10) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a single sided printed circuit board with 2.5 in^2 of (1 oz.) copper area.

(11) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a double sided printed circuit board with 3 in^2 of (1 oz.) copper area on the LM2596S side of the board, and approximately 16 in^2 of copper on the other side of the p-c board. See Application Information in this data sheet and the thermal model in Switchers Made Simple™ version 4.3 software.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

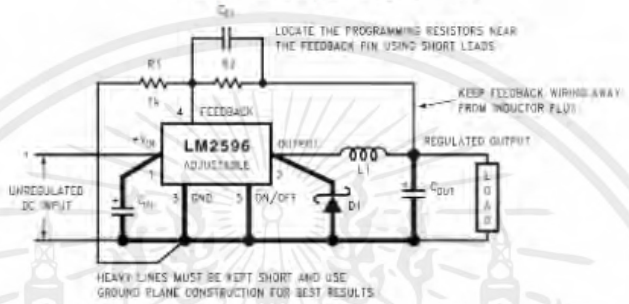
Test Circuit and Layout Guidelines

Fixed Output Voltage Versions



C_{IN} —470 µF, 50V, Aluminum Electrolytic Nichicon "PL Series"
C_{OUT} —220 µF, 25V Aluminum Electrolytic, Nichicon "PL Series"
D1 —5A, 40V Schottky Rectifier, 1N5825
L1 —68 µH, L38

Adjustable Output Voltage Versions



$$V_{OUT} = V_{REF}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

where $V_{REF} = 1.23V$

$$R_2 = R_1\left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1\right)$$

Select R_1 to be approximately 1 kΩ, use a 1% resistor for best stability.
C_{IN} —470 µF, 50V, Aluminum Electrolytic Nichicon "PL Series"
C_{OUT} —220 µF, 35V Aluminum Electrolytic, Nichicon "PL Series"
D1 —5A, 40V Schottky Rectifier, 1N5825
L1 —68 µH, L38
R1 —1 kΩ, 1%
C_{FF} —See Application Information Section

Figure 20. Standard Test Circuits and Layout Guides

As in any switching regulator, layout is very important. Rapidly switching currents associated with wiring inductance can generate voltage transients which can cause problems. For minimal inductance and ground loops, the wires indicated by **heavy lines should be wide printed circuit traces and should be kept as short as possible.** For best results, external components should be located as close to the switcher IC as possible using ground plane construction or single point grounding.

If **open core inductors are used,** special care must be taken as to the location and positioning of this type of inductor. Allowing the inductor flux to intersect sensitive feedback, IC groundpath and C_{OUT} wiring can cause problems.

When using the adjustable version, special care must be taken as to the location of the feedback resistors and the associated wiring. Physically locate both resistors near the IC, and route the wiring away from the inductor, especially an open core type of inductor. (See Application Information section for more information.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2596 Series Buck Regulator Design Procedure (Fixed Output)

PROCEDURE (Fixed Output Voltage Version)	EXAMPLE (Fixed Output Voltage Version)
Given: V_{OUT} = Regulated Output Voltage (3.3V, 5V or 12V) V_{IN}(max) = Maximum DC Input Voltage I_{LOAD}(max) = Maximum Load Current	**Given:** V_{OUT} = 5V V_{IN}(max) = 12V I_{LOAD}(max) = 3A
1. Inductor Selection (L1) **A.** Select the correct inductor value selection guide from Figures Figure 21, Figure 22, or Figure 23. (Output voltages of 3.3V, 5V, or 12V respectively.) For all other voltages, see the Design Procedure for the adjustable version. **B.** From the inductor value selection guide, identify the inductance region intersected by the Maximum Input Voltage line and the Maximum Load Current line. Each region is identified by an inductance value and an inductor code (LXX). **C.** Select an appropriate inductor from the four manufacturer's part numbers listed in Table 3.	**1. Inductor Selection (L1)** **A.** Use the inductor selection guide for the 5V version shown in Figure 22. **B.** From the inductor value selection guide shown in Figure 22, the inductance region intersected by the 12V horizontal line and the 3A vertical line is 33 µH, and the inductor code is L40. **C.** The inductance value required is 33 µH. From the table in Table 3, go to the L40 line and choose an inductor part number from any of the four manufacturers shown. (In most instance, both through hole and surface mount inductors are available.)
2. Output Capacitor Selection (C_{OUT}) **A.** In the majority of applications, low ESR (Equivalent Series Resistance) electrolytic capacitors between 82 µF and 820 µF and low ESR solid tantalum capacitors between 10 µF and 470 µF provide the best results. This capacitor should be located close to the IC using short capacitor leads and short copper traces. Do not use capacitors larger than 820 µF . **For additional information, see section on output capacitors in Application Information section.** **B.** To simplify the capacitor selection procedure, refer to the quick design component selection table shown in Table 1. This table contains different input voltages, output voltages, and load currents, and lists various inductors and output capacitors that will provide the best design solutions. **C.** The capacitor voltage rating for electrolytic capacitors should be at least 1.5 times greater than the output voltage, and often much higher voltage ratings are needed to satisfy the low ESR requirements for low output ripple voltage. **D.** For computer aided design software, see Switchers Made Simple™ version 4.3 or later.	**2. Output Capacitor Selection (C_{OUT})** **A. See section on output capacitors in Application Information section.** **B.** From the quick design component selection table shown in Table 1, locate the 5V output voltage section. In the load current column, choose the load current line that is closest to the current needed in your application, for this example, use the 3A line. In the maximum input voltage column, select the line that covers the input voltage needed in your application, in this example, use the 15V line. Continuing on this line are recommended inductors and capacitors that will provide the best overall performance. The capacitor list contains both through hole electrolytic and surface mount tantalum capacitors from four different capacitor manufacturers. It is recommended that both the manufacturers and the manufacturer's series that are listed in the table be used. In this example aluminum electrolytic capacitors from several different manufacturers are available with the range of ESR numbers needed. 330 µF 35V Panasonic HFQ Series 330 µF 35V Nichicon PL Series **C.** For a 5V output, a capacitor voltage rating at least 7.5V or more is needed. But even a low ESR, switching grade, 220 µF 10V aluminum electrolytic capacitor would exhibit approximately 225 mΩ of ESR (see the curve in Figure 26 for the ESR vs voltage rating). This amount of ESR would result in relatively high output ripple voltage. To reduce the ripple to 1% of the output voltage, or less, a capacitor with a higher value or with a higher voltage rating (lower ESR) should be selected. A 16V or 25V capacitor will reduce the ripple voltage by approximately half.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROCEDURE (Fixed Output Voltage Version)	EXAMPLE (Fixed Output Voltage Version)
3. Catch Diode Selection (D1) **A.** The catch diode current rating must be at least 1.3 times greater than the maximum load current. Also, if the power supply design must withstand a continuous output short, the diode should have a current rating equal to the maximum current limit of the LM2596. The most stressful condition for this diode is an overload or shorted output condition. **B.** The reverse voltage rating of the diode should be at least 1.25 times the maximum input voltage. **C.** This diode must be fast (short reverse recovery time) and must be located close to the LM2596 using short leads and short printed circuit traces. Because of their fast switching speed and low forward voltage drop, Schottky diodes provide the best performance and efficiency, and should be the first choice, especially in low output voltage applications. Ultra-fast recovery, or High-Efficiency rectifiers also provide good results. Ultra-fast recovery diodes typically have reverse recovery times of 50 ns or less. Rectifiers such as the 1N5400 series are much too slow and should not be used.	**3. Catch Diode Selection (D1)** **A.** Refer to the table shown in Table 6. In this example, a 5A, 20V, 1N5823 Schottky diode will provide the best performance, and will not be overstressed even for a shorted output.
4. Input Capacitor (C_{IN}) A low ESR aluminum or tantalum bypass capacitor is needed between the input pin and ground pin to prevent large voltage transients from appearing at the input. This capacitor should be located close to the IC using short leads. In addition, the RMS current rating of the input capacitor should be selected to be at least ½ the DC load current. The capacitor manufacturers data sheet must be checked to assure that this current rating is not exceeded. The curve shown in Figure 25 shows typical RMS current ratings for several different aluminum electrolytic capacitor values. For an aluminum electrolytic, the capacitor voltage rating should be approximately 1.5 times the maximum input voltage. Caution must be exercised if solid tantalum capacitors are used (see Application Information on input capacitor). The tantalum capacitor voltage rating should be 2 times the maximum input voltage and it is recommended that they be surge current tested by the manufacturer. Use caution when using ceramic capacitors for input bypassing, because it may cause severe ringing at the V_{IN} pin. **For additional information, see section on input capacitors in Application Information section.**	**4. Input Capacitor (C_{IN})** The important parameters for the Input capacitor are the input voltage rating and the RMS current rating. With a nominal input voltage of 12V, an aluminum electrolytic capacitor with a voltage rating greater than 18V (1.5 × V_{IN}) would be needed. The next higher capacitor voltage rating is 25V. The RMS current rating requirement for the input capacitor in a buck regulator is approximately ½ the DC load current. In this example, with a 3A load, a capacitor with a RMS current rating of at least 1.5A is needed. The curves shown in Figure 25 can be used to select an appropriate input capacitor. From the curves, locate the 35V line and note which capacitor values have RMS current ratings greater than 1.5A. A 680 µF/35V capacitor could be used. For a through hole design, a 680 µF/35V electrolytic capacitor (Panasonic HFQ series or Nichicon PL series or equivalent) would be adequate. other types or other manufacturers capacitors can be used provided the RMS ripple current ratings are adequate. For surface mount designs, solid tantalum capacitors can be used, but caution must be exercised with regard to the capacitor surge current rating (see Application Information on input capacitors in this data sheet). The TPS series available from AVX, and the 593D series from Sprague are both surge current tested.

Table 1. LM2596 Fixed Voltage Quick Design Component Selection Table

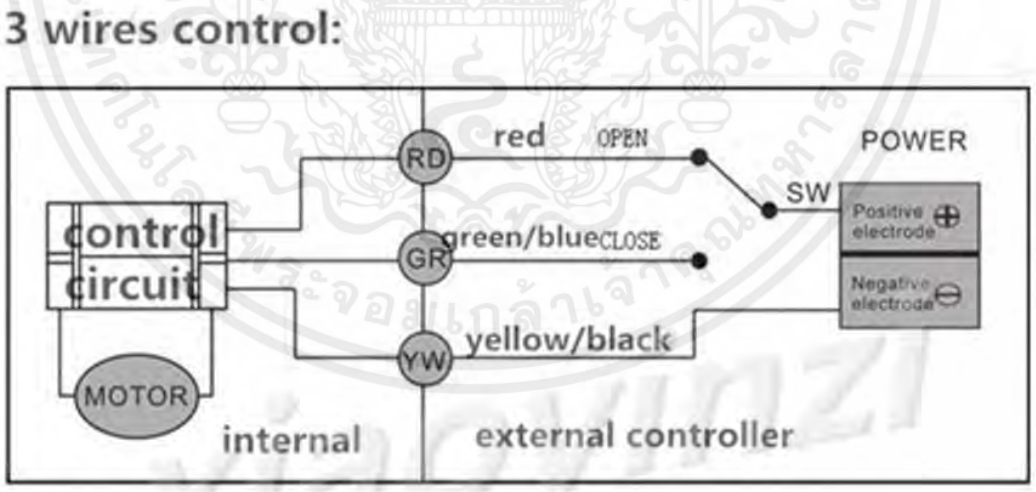
Conditions			Inductor		Output Capacitor			
					Through Hole Electrolytic		Surface Mount Tantalum	
Output Voltage (V)	Load Current (A)	Max Input Voltage (V)	Inductance (µH)	Inductor (#)	Panasonic HFQ Series (µF/V)	Nichicon PL Series (µF/V)	AVX TPS Series (µF/V)	Sprague 595D Series (µF/V)
3.3	3	5	22	L41	470/25	560/16	330/6.3	390/6.3
		7	22	L41	560/35	560/35	330/6.3	390/6.3
		10	22	L41	680/35	680/35	330/6.3	390/6.3
		40	33	L40	560/35	470/35	330/6.3	390/6.3
		6	22	L33	470/25	470/35	330/6.3	390/6.3
	2	10	33	L32	330/35	330/35	330/6.3	390/6.3
		40	47	L39	330/35	270/50	220/10	330/10

Table 1. LM2596 Fixed Voltage Quick Design Component Selection Table (continued)

Conditions			Inductor		Output Capacitor			
					Through Hole Electrolytic		Surface Mount Tantalum	
Output Voltage (V)	Load Current (A)	Max Input Voltage (V)	Inductance (µH)	Inductor (#)	Panasonic HFQ Series (µF/V)	Nichicon PL Series (µF/V)	AVX TPS Series (µF/V)	Sprague 595D Series (µF/V)
5	3	8	22	L41	470/25	560/16	220/10	330/10
		10	22	L41	560/25	560/25	220/10	330/10
		15	33	L40	330/35	330/35	220/10	330/10
		40	47	L39	330/35	270/35	220/10	330/10
		9	22	L33	470/25	560/16	220/10	330/10
	2	20	68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10
		40	68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10
12	3	15	22	L41	470/25	470/25	100/16	180/16
		18	33	L40	330/25	330/25	100/16	180/16
		30	68	L44	180/25	180/25	100/16	120/20
		40	68	L44	180/35	180/35	100/16	120/20
		15	33	L32	330/25	330/25	100/16	180/16
	2	20	68	L38	180/25	180/25	100/16	120/20
		40	150	L42	82/25	82/25	68/20	68/25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Credit.
https://www.ebay.com/itm/155553791047?chn=ps&var=455799005846&norover=1&mkevt=1&mkrid=711-167022-189232-7&mkcid=2&itemid=455799005846_155553791047&targetid=293946777986&device=c&mktype=pla&googleloc=9047117&poi=&campaignid=19936447356&mkgroupid=148621130155&rlsatarget=pla-293946777986&abcId=&merchantid=102011933&gclid=CjwKCAjwsvujBhAXEiwA_UXnABcw_fZ6EJrmKGIZq5N7OZDQ3K6GX5YmEilRFA7OjQ3i2hxnu-3ihRoCvrMQAvD_BwE)

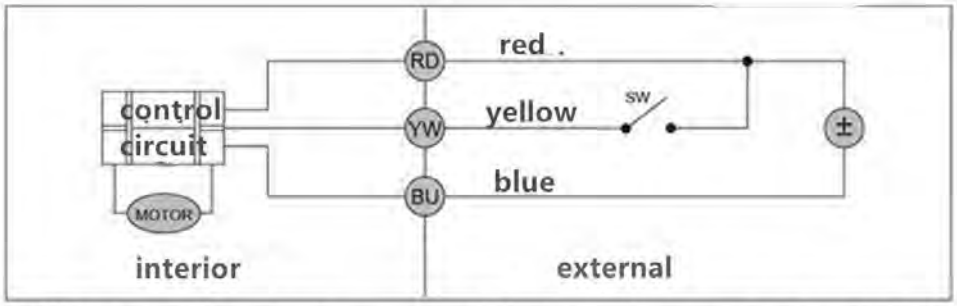


1. Connect SW and OPEN, the valve opens, getting the position, automatically power off, the valve remain fully open position.

2. Connect SW and CLOSE, the valve close, getting the position, automatically power off, the valve remains side passes position

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

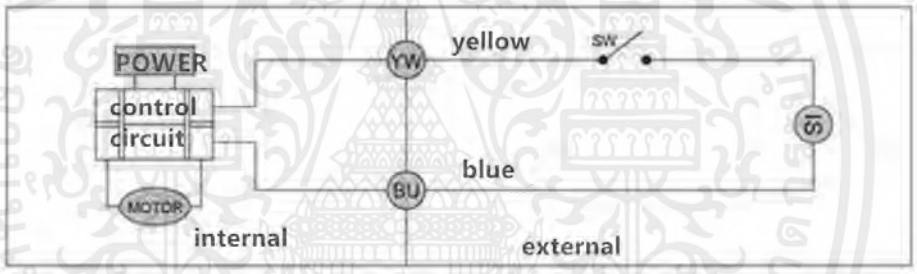
CR03 Three-wire one control positive electrode



1,SW is closed, the valve is opened, and the internal power is automatically cut off after being in position, and it is kept in the fully open (straight through)state

2, SW is disconnected, the valve tube is automatically powered off after being in position, and is kept in the fully closed (side pass) state.

CR04



1. When the SW is closed, the actuator is working, the valve is open, and the internal power is automatically turned off after the position is in place to keep the valve open. At the same time the external power supply charges the internal backup power supply, and the actuator acts as a rotary type (positive and reverse rotation).

2.When the SW is disconnected, the actuator will be negatively operated, the valve will be closed, and the internal power will be automatically cut off after the position is reached. The valve will be closed and the actuator will be rotary (positive and reverse).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายชนายุทธ ชุมคง

วัน เดือน ปีเกิด 5 พฤษภาคม 2542

ที่อยู่ 9 หมู่ 4 ตำบล เกาะลิบง อำเภอ กันตัง จังหวัด ตรัง 92110

ประวัติการศึกษา พ.ศ.2563 ประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคตรัง

Tel. 0622430405

Email. 63201273@kmitl.ac.th

ชื่อ-นามสกุล นายวัชรินทร์ นุ่นสังข์

วัน เดือน ปีเกิด 13 พฤษภาคม 2543

ที่อยู่ 395/35 หมู่ 4 ถนน การุณราษฎร์ ตำบล มะขามเตี้ย อำเภอ เมืองสุราษฎร์ธานี จังหวัด สุราษฎร์ธานี 84000

ประวัติการศึกษา พ.ศ.2563 ประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี

Tel. 0954398597

Email. 63201284@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้