เครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

AUTOMATIC CHARCOAL GRINDER

ณัฏฐธิดา สินสวัสดิ์

เอกรัฐ ยอดชล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2021
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2564
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
เรื่อง เครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

AUTOMATIC CHARCOAL GRINDER

ผู้จัดทำ
1. นางสาวณัฏฐธิดา สินสวัสดิ์ รหัสนักศึกษา 61511019
2. นายเอกรัฐ ยอดชล รหัสนักศึกษา 61511029

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ว่าที่ร้อยตรี ศิลา ศิริมาสกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญานิพนธ์	เครื่องบดถ่านอัตโนมัติ	
นักศึกษา	นางสาวณัฏฐธิดา สินสวัสดิ์	รหัสนักศึกษา 61511019
	นายเอกรัฐ ยอดชล	รหัสนักศึกษา 61511029
อาจารย์ที่ปรึกษา	ว่าที่ร้อยตรี ศิลา ศิริมาสกุล	
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2564	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ ควบคุมการทำงานด้วยอาดูโน่ (Arduino) ทำหน้าที่ในการควบคุมกลไกลการทำงานและประมวลผล โดยเครื่องจะประกอบไปด้วยส่วนของ อินพุตของตัวเครื่องจะมีคีย์แพด และเซนเซอร์โหลดเซลล์ ในส่วนของเอาต์พุตจะมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ สำหรับใช้ขับตัวบดถ่าน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์เพื่อใช้เป็นตัวกวนผงถ่าน น้ำและแป้งมัน โซลินอยวาล์วสำหรับปล่อยน้ำ และมอเตอร์วาล์วไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับปล่อย ผงถ่าน น้ำและแป้งมันลงในถังกวน โดยตัวเครื่องจะมีการทำงานอยู่ด้วยกัน 2 โหมดคือ 1. โหมดอัตโนมัติ และ2. โหมดควบคุมด้วยมือหรือผู้ใช้กำหนดเอง ซึ่งโหมดอัตโนมัติจะทำงานโดยกดปริมาณผงถ่านที่ต้องการผ่านคีย์แพด แล้วเครื่องจะทำงาน หลังจากที่เครื่องทำงานเสร็จสิ้นแล้วจะมีการแจ้งเตือนคือบัซเซอร์จะส่งเสียงออกมา ส่วนในโหมดควบคุมด้วยมือจะทำงานโดยกดเลือกปุ่มตัวเลขบนคีย์แพดให้อุปกรณ์เอาต์พุตประจำหมายเลขนั้นๆทำงาน และสามารถกดปุ่มเดิมอีกครั้งเพื่อสั่งให้หยุดทำงานได้ และยังสามารถ กดปุ่ม A บนคีย์แพดเพื่อให้แสดงค่าน้ำหนักของผงถ่านที่บดได้ และค่าน้ำหนักของน้ำและแป้งมันได้

จากการทดลองสรุปได้ว่าการทำงานในโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเองสามารถทำงานได้ตามปรกติ การวัดค่าน้ำหนักของตัวเครื่องสามารถทำงานได้ตามปรกติ แต่จะมีค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 0.874 ในส่วนของการทดลองของการทำงานในโหมดอัตโนมัตินั้นสามารถทำการทดลองได้ 1 กิโลกรัม ถึง 3 กิโลกรัม โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 9.637 ทั้งนี้เครื่องสามารถปล่อยน้ำและแป้งมันลงถังกวนพร้อมกับกวนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	AUTOMATIC CHARCOAL GRINDER
Student	MissNutthatida Sinsawat ID 61511019
	Mr.Aekkarat Yodchon ID 61511029
Advisor	Acting Sub Lt.Silar Sirimasakul
Degree	Bachelor of Engineering
Program in	Electronics Engineering
Academic Year	2021

ABSTRACT

. This thesis presents the design of an automatic charcoal grinder. Control operation with Arduino (Arduino) serves to control the mechanism of operation and processing. The machine will consist of parts of The input of the device has a keypad. and load cell sensor In the output section there will be AC 220 volt electric motor for driving the charcoal grinder. 12 Volt DC electric motor to use as a charcoal stirrer. water and starch solenoid valve for releasing water and an AC valve motor for discharging charcoal, water and starch into the stirring tank. The device has two modes of operation: 1. Auto mode and 2. Manual mode, in which the automatic mode will work by pressing the desired amount of charcoal through the keypad. then the machine will work After the machine has finished working, there will be a notification that the buzzer will sound. In manual mode, it works by pressing a number key on the keypad to enable the numbered output device to work. And can press the same button again to order it to stop working and can also press the A button on the keypad to display the weight of the crushed charcoal. and the weight of water and tapioca starch

From the experiment it can be concluded that the operation in manual control mode can work normally. Measuring the weight of the machine can work normally. But the average error value is 0.874 percent. In the experiment of working in automatic mode. The experiments can be carried out from 1 kg to 3 kg with an average error of 9.637 percent. The machine can release water and starch into the stirring tank while stirring.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เรียบเรียงความรู้เกี่ยวข้องกับเครื่องบดถ่านอัตโนมัติสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆ ท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุก ๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัว ผู้ซึ่งคอยอบรมสั่งสอน เลี้ยงดูและให้การสนับสนุนการศึกษาตลอดจนให้กำลังใจเสมอมาตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบพระคุณ ว่าที่ร้อยตรี ศิลา ศิริมาสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ซึ่งให้คำแนะนำต่าง ๆ รวมทั้งเอื้อเฟื้อเครื่องมือเครื่องใช้ในการทำโครงงาน และติดตามเกี่ยวกับโครงงานตลอดมา ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่เคารพทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำคอยช่วยเหลือเสมอมาโดยตลอด

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ทุก ๆ คน ที่คอยช่วยเหลือการทำโครงงานชิ้นนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ณัฏฐธิดา สินสวัสดิ์
เอกรัฐ ยอดชล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญรูปภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....1
1.5 ประโยน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....1
1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....2
1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่เมกะ 2560.....4
2.1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่เมกะ 2560.....4
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.....5
2.2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ 1 เฟส.....5
2.2.2 อินดักชั่นมอเตอร์ 1 เฟส (Induction motor 1 Phase) 5
2.2.3 ชนิดชองอินดั๊กชั่นมอเตอร์ 1 เฟส.....6
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....8
2.3.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor).....8
2.3.2 รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์.....8
2.4 โซลิตสเตทรีเลย์ (Solid State Relay).....9
2.4.1 การทำงานและโครงสร้างภายในของโซลิตสเตทรีเลย์.....9
2.4.2 การนำโซลิตสเตทรีเลย์ไปใช้งาน.....9
2.4.3 ประเภทชนิดของโซลิตสเตทรีเลย์.....10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4.4 การแยกโซลิตสเตทรีเลย์ตามลักษณะของการ สวิตชิ่ง....11
2.5 เฟือง....12
2.5.1 คุณลักษณะของเฟือง....12
2.5.2 การหาอัตราการทดเฟือง....12
2.6 รีเลย์....13
2.6.1 ส่วนประกอบสำคัญของรีเลย์....14
2.6.2 จุดต่อใช้งานของรีเลย์....14
2.6.3 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยบอร์ดรีเลย์ 8 ช่องสัญญาณ....14
2.7 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย....15
2.7.1 หลักการทำงานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย....15
2.7.2 คอนเวอร์เตอร์ (Convertor)....16
2.8 โหลดเซลล์....16
2.9 โซลินอยด์วาล์ว....16
2.9.1 หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว....17
2.9.2 การควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วให้เปิด-ปิด 3 ระบบ....17

บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินการ....18
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานโดยรวม....18
3.1.1 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ....18
3.1.2 ส่วนของอินพุต (Input)....19
3.1.3 ส่วนของเอาต์พุต (Output)....19
3.1.4 ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)....19
3.2 การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์....19
3.3 การต่อวงจร....20
3.4 การทำงานของตัวเครื่อง....22
3.4.1 โหมดอัตโนมัติ....22
3.4.2 โหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง....24
3.5 โครงสร้างของตัวเครื่อง....25
3.5.1 ตัวเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ....25
3.5.1.1 ช่องใส่ถ่าน....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.5.1.2 ถังเก็บน้ำ....26
3.5.1.3 ถังพักผงถ่าน....27
3.5.1.4 ถังกวนน้ำและแป้งมัน....27
3.5.1.5 ถังกวนผงถ่าน น้ำและแป้งมัน....28
3.5.2 ตัวบดถ่าน....28
3.5.3 กล่องควบคุม....29
3.6 การคำนวณความเร็วรอบ....30

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง....32
4.1 การทดลองเซนเซอร์โหลดเซลล์....32
4.2 การทดลองบดถ่าน....34
4.3 การทดลองควบคุมปริมาณผงถ่านที่บดได้....35
4.4 การทดลองการใช้งานโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง....37
4.5 การทดลองใช้งานในโหมดอัตโนมัติ....38

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....41
5.1 สรุปผลการทดลอง....41
5.1.1 การทดลองเซนเซอร์โหลดเซลล์....41
5.1.2 การทดลองบดถ่าน....41
5.1.3 การทดลองควบคุมปริมาณผงถ่านที่บดได้....41
5.1.4 การทดลองการใช้งานโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง....41
5.1.5 การทดลองใช้งานในโหมดอัตโนมัติ....41
5.2 ปัญหาและอุปสรรค....42
5.3 วิธีการแก้ไข....42
5.4 ข้อเสนอแนะ....43

เอกสารอ้างอิง....44
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุม....45
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน....60
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานอุปกรณ์(Datasheet)....65
ประวัติผู้เขียน....91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1.....2

1.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2.....2

3.1 ตารางแสดงปริมาณค่าน้ำหนักของส่วนผสมต่อน้ำหนักของผงถ่านแต่ละกิโลกรัม.....24

3.2 ตารางแสดงหมายเลขบนคีย์แพดประจำเอาต์พุต
.....25

4.1 การทดลองเซนเซอร์โหลดเซลล์.....32

4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองการทดลองควบคุมปริมาณผงถ่านที่บดได้.....35

4.3 การทดลองการใช้งานโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดกำหนดเองผู้ใช้.....37

4.4 ตารางบันทึกผลค่าน้ำหนักของผงถ่านที่ได้จากการใช้งานโหมดอัตโนมัติ.....39

4.5 ตารางบันทึกผลการทำงานของส่วนต่างๆของเครื่อง.....39

ข.1 ตารางแสดงการทำงานของส่วนต่างๆของเครื่องในโหมดควบคุมด้วยมือ.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 บอร์ดอาดูโน่เมกะ 2560....4

2.2 ขดลวดในมอเตอร์....5

2.3 อินดั๊กชั่นมอเตอร์....6

2.4 ลักษณะของสปลิทเฟสมอเตอร์....6

2.5 ลักษณะของคาปาซิเตอร์มอเตอร์....6

2.6 ลักษณะของรีพัลชั่นมอเตอร์ 7

2.7 ลักษณะของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์....7

2.8 ลักษณะของเช็ดเด็ดโพลมอเตอร์....7

2.9 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง....8

2.10 สัญลักษณ์ของโซลิตสเตทรีเลย์....9

2.11 โครงสร้างภายของโซลิตสเตทรีเลย์....9

2.12 วงจรควบคุม โดยใช้ การควบคุมเฟส (Phase Control) 10

2.13 โซลิตสเตตรีเลย์ที่ติดตั้งบนฮีทซิง (Heat sink).. 10

2.14 โซลิตสเตตรีเลย์แบบ 1 เฟส แบบกลุ่มใช้งานทั่วไป....10

2.15 โซลิตสเตตรีเลย์แบบ 3 เฟส ยี่ห้อต่างๆ....11

2.16 คลื่นสัญญาณซีโร่คลอสซิ่งพัลส์ที่ 180 องศาและ 360 องศา....11

2.17 เฟืองขับและเฟืองตาม....12

2.18 สัญลักษณ์โครงสร้างของรีเลย์....13

2.19 แสดงลักษณะการทำงานวงจรไฟฟ้าของรีเลย์....14

2.20 บอร์ดรีเลย์ 8 ช่องสัญญาณ....14

2.21 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย....15

2.22 องค์ประกอบของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.23 การติดตั้งโหลดเซลล์....16

2.24 โซลินอยด์วาล์วตัวถังทองเหลือง 2/2....17

3.1บล็อกไดอะแกรมของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ....18

3.2 การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์....20

3.3 การเชื่อมต่อวงจร....22

3.4 แผนผังการทำงานของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติในโหมดอัตโนมัติ....23

3.5 ตัวเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ....25

3.6 ช่องใส่ถ่าน....26

3.7 ถังเก็บน้ำและโซลินอยด์วาล์ว....26

3.8 ถังพักผงถ่าน....27

3.9 ถังกวนน้ำและแป้งมัน....27

3.10 ถังกวนผงถ่าน น้ำและแป้งมัน....28

3.11 ตัวบดถ่าน....28

3.12 ผงถ่านที่บดได้....29

3.13 กล่องควบคุม....29

3.14 มูเล่ที่ติดตั้งอยู่กับตัวเครื่อง....30

3.15 สเตอร์ที่ติดตั้งอยู่บนตัวเครื่อง....31

4.1 ภาพแสดงการทดลองเซนเซอร์โหลดเซลล์....33

4.2 รูปแสดงผงถ่านที่บดได้ในแต่ละครั้ง....34

4.3 ปริมาณผงถ่านที่บดได้ เมื่อกดเลือก 1 กิโลกรัม....35

4.4 ปริมาณผงถ่านที่บดได้ เมื่อกดเลือก 2 กิโลกรัม....35

4.5 ปริมาณผงถ่านที่บดได้ เมื่อกดเลือก 3 กิโลกรัม....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.6 ปริมาณผงถ่านที่บดได้ เมื่อกดเลือก 4 กิโลกรัม....36

4.7 ปริมาณผงถ่านที่บดได้ เมื่อกดเลือก 5 กิโลกรัม....36

4.8 ตัวอย่างการทำงานของเอาต์พุตของตัวเครื่อง....37

4.9 ค่าน้ำหนักที่แสดงทางจอแอลซีดีของโหมดควบคุมด้วยมือ....38

4.10 ผงถ่านที่ได้จากการทำงานของเครื่องในโหมดอัตโนมัติ....39

4.11 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ตัวกวน และตัวปล่อยน้ำขณะทำงาน....39

ข.1 เลือกใช้โหมดของเครื่อง....63

ข.2 เลือกปริมาณผงถ่านที่ต้องการ....63

ข.3 หน้าจอแอลซีดีแสดงค่าน้ำหนักหลังจากกดปุ่ม A....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมาย สมมุติฐาน และวัตถุประสงค์ของโครงงาน ขอบเขตการศึกษา ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงานเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึงโครงงานปริญญานิพนธ์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการหาพลังงานทดแทนเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆอีกมามากในโลกเทคโนโลยี แต่เชื้อเพลิงชีวภาพในประเทศไทยส่วนใหญ่ จะได้มาจากการเผ่าเศษไม้และกะลามะพร้าวที่เหลือใช้จากชาวบ้าน กลุ่มของดิฉันจึงจัดทำเครื่องบดถ่านอัตโนมัติขึ้นมาเพื่อช่วยลดการใช้แรงงานจากการบดถ่านของชาวบ้านและจะช่วยร้นระยะเวลาในการทำงาน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาชนิดของเกลียวที่ใช้บด
3. เพื่อศึกษาชนิดของมอเตอร์
4. เพื่อประดิษฐ์เครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

เครื่องบดถ่านอัตโนมัติ ควบคุมด้วยบอร์ด Arduino Mega 2560 และมีเซนเซอร์ ชนิดต่าง ๆ เช่น โหลดเซลล์ ที่มีหน้าที่คอยวัดน้ำหนัก และมีมอเตอร์ที่มีหน้าที่ในการบดถ่านและ มีหน้าที่กวนส่วนผสมต่าง ๆ

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. เครื่องสามารถบดถ่านเป็นผงได้
2. เครื่องสามารถควบคุมปริมาณผงถ่านที่ต้องการได้
3. สามารถเลือกปริมาณผงถ่านตั้งแต่ 1กิโลกรัม ถึง 5กิโลกรัม โดยเพิ่มครั้งละ 1กิโลกรัม
4. หลังจากการบดเครื่องสามารถใส่แป้งมันและน้ำลงในถังกวนได้โดยอัตโนมัติ
5. เครื่องสามารถกวนผสมผงถ่านที่บดกับแป้งมันและน้ำได้
6. สามารถกำหนดสัดส่วนของน้ำและแป้งมันได้สองโหมด คือโหมดอัตโนมัติและแบบผู้ใช้กำหนดเอง
7. เครื่องสามารถแจ้งเตือนได้เมื่อกวนส่วนผสมเสร็จแล้ว

1.5 ประโยน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้เรียนรู้วิธีการทำถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ได้ความรู้จากการทำเครื่องบดถ่าน
3. สามารถนำเครื่องบดถ่านอัตโนมัติไปใช้งานได้จริง
4. ได้รับความรู้และมีความเข้าใจในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทำโครงงาน

1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติที่ผู้จัดทำได้วางแผนไว้แบ่งออกเป็น 2 ช่วงใหญ่ๆ คือแผนการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 1 แผนการดำเนินงานในภาคเรียนที่ 2 ซึ่งได้แจกแจงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1.1 และตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน			
	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
1. คิดหัวข้อโครงงานนำเสนอ	←	→		
2.ศึกษาข้อมูลแนวทางการเขียนโปรแกรมและหลักการทำงานของโครงงาน อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน		←	→	
3.จัดทำโครงสร้างของเครื่องเสร็จสิ้น		←	→	
4.ติดตั้งเครื่องบดถ่านและมอเตอร์		←	→	
5.ทดสอบการทำงานของเครื่องบดถ่าน			←	→

ตารางที่ 1.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานภาคเรียนที่2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน				
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม
1.เขียนโปรแกรมเพื่อที่จะควบคุมการทำงานของเครื่องบดถ่านได้	←	→			
2.เครื่องสามารถควบคุมปริมาณของผงถ่านที่บดได้		←	→		
3.จัดทำถังกวนพร้อมตัวกวนเสร็จสิ้น		←	→		
4.เครื่องสามารถใส่น้ำและแป้งมันลงในถังกวนได้			←		→
5.ทดลองเครื่องและเก็บผลการทดลอง				←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 5 บท แต่ละบทประกอบไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่1 บทนำ บทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขตของการศึกษาประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนการดำเนินงาน และโครงสร้างปริญญานิพนธ์

บทที่2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง บทนี้จะกล่าวถึง ความรู้เบื้องต้นของการผลิตการบดถ่าน และอุปกรณ์ต่าง ๆที่ใช้ในการทำเครื่องบดถ่าน

บทที่3 การออกแบบเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรม แผนผังการทำงานของตัวเครื่อง การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ การต่อวงจร โครงสร้างของตัวเครื่อง การคำนวณความเร็วรอบ

บทที่4 ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ ซึ่งมีการทดลองของเซนเซอร์โหลดเซลล์ การทดลองบดถ่าน การทดลองควบคุมปริมาณผงถ่านที่บดได้ การทดลองของโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง และการทำงานของโหมดอัตโนมัติ

บทที่5 ในบทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรค วิธีการแก้ไข และข้อเสนอแนะของการทำเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

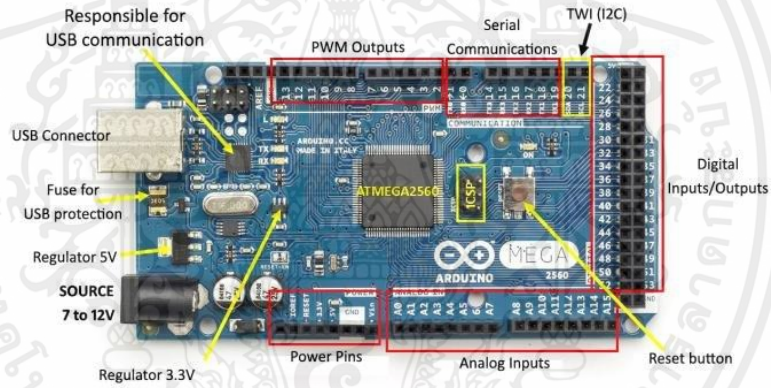
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับโครงงานเครื่องบดถ่านอัตโนมัติคือ ทฤษฎีที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่เมกะ 2560 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโซลิตสเตตรีเลย์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเฟือง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรีเลย์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโหลดเซลล์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโซลินอยด์วาล์ว

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่เมกะ 2560

บอร์ดอาดูโน่เมกะ (Arduino Mega 2560) [1] คือบอร์ดที่อยู่ในกลุ่ม Atmega 2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หลัก จะทำงานที่ความถี่ 16 เมกกะเฮิร์ตซ์ การใช้งานเชื่อมกับสาย USB โดยจะใช้โปรแกรมอาดูโน่ ไอดีอี (Arduino IDE) เขียนโค้ดในการควบคุมการทำงานแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 บอร์ดอาดูโน่เมกะ 2560
(**ที่มา**: http://www.lungmaker.com/arduino-mega-2560)

2.1.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่เมกะ 2560

1. ขา pin ต่างๆ

- ขา VIN เป็นขาอินพุตของบอร์ด
- ขา 5V เป็นขาที่มีแรงดันไฟ 5 โวลต์ เป็นขาเอาต์พุต
- ขา 3V3 เป็นขาที่มีแรงดันไฟ 3.3 โวลต์ ให้กระแสสูงสุด 50 มิลลิแอมป์
- ขา GND เป็นขากราวด์
- ขา ioref เป็นขาที่ให้แรงดันไฟฟ้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเลือกค่าแรงดัน shield ที่มา เชื่อมกับบอร์ด
- แรงดันไฟฟ้าอินพุตที่ ซอส(Source) 7-12 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาทั้ง 54 ขาบนบอร์ด สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต จะทำงานที่แรงดัน 5โวลต์ กระแสสูงสุด 40 มิลลิแอมป์ สามารถรับสัญญาณดิจิตอลหรือถ่ายโอนสัญญาณดิจิตอล ขา 0 ชื่อ Rxและ ขา 1 ที่ชื่อ Tx คือขาที่รับและส่งของ Uarts (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

2. หน่วยความจำ

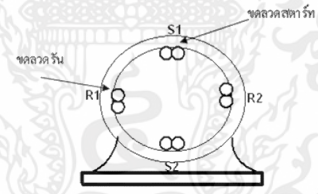
- มีหน่วยคามจำ 256 กิโลไบต์ นอกจากนี้ยังมี 8 กิโลไบต์ สำหรับ SRAM และ 4 กิโลไบต์ สำหรับ EEPROM ความเร็วสัญญาณนาฬิกา 16 เมกะเฮิรตซ์

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) [2] เรียกอีกอย่างหนึ่งว่ามอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี่ยวนำ (Induction Motor) มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี่ยวนำ ส่วนมากจะหมุนด้วยความเร็วคงที่ บางชนิดก็สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ มอเตอร์ชนิดเนี่ยวนำนี้มีทั้งที่เป็นมอเตอร์ชนิด 1 เฟส (Single Phase) และชนิดที่เป็นมอเตอร์ 3 เฟส (Three Phase) ในบทนี้จะกล่าวถึงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1เฟส (AC Single Phase)

2.2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ 1 เฟส

การวางขดลวดในมอเตอร์จะวางขดลวดห่างๆกัน ซึ่งจะประกอบด้วยขดลวดสตาร์ท (Starting Winding) มีต้นคอยล์คือ S1 และปลายคอยล์คือ S2 และขดลวดรัน (Running Winding) มีต้นคอยล์คือ R1และปลายคอยล์คือ R2 แสดงดังรูปที่ 2.2

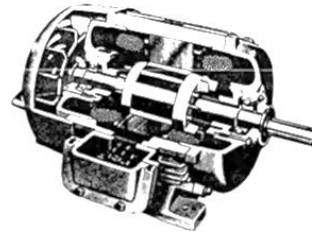


รูปที่ 2.2 ขดลวดในมอเตอร์
(**ที่มา:** https://anyflip.com/lznol/wwjn/basic)

2.2.2 อินดั๊กชั่นมอเตอร์ 1 เฟส (Induction motor 1 Phase)

หรือมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหนึ่งเฟส ส่วนมากจะมีขนาดเล็ก หรือที่เรียกว่าเป็นเศษส่วนของแรงม้า โดยส่วนมากจะใช้ในงานทั่วไปหรือเครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ แต่ถ้ามีขนาดเอาต์พุตตั้งแต่ 20 แรงม้าขึ้นไปจะมีการใช้ในงานพิเศษเฉพาะอย่างเท่านั้นแสดงดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 อินดั๊กชั่นมอเตอร์
(**ที่มา:** https://anyflip.com/lznol/wwjn/basic)

2.2.3 ชนิดของอินดั๊กชั่นมอเตอร์ 1 เฟส

1. สปลิทเฟสมอเตอร์ (split phase motor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าสลับชนิดเฟสเดียวแบบสปลิทเฟสมอเตอร์มีขนาดแรงม้าขนาดตั้งแต่ 1/4 แรงม้า, 1/3 แรงม้า,1/2 แรงม้าจะมีขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า ลักษณะของสปลิทเฟสมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 ลักษณะของสปลิทเฟสมอเตอร์
(**ที่มา:** http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage)

2. คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor) มีลักษณะคล้ายสปลิทเฟสมอเตอร์ต่างกันตรงที่มีคาปาซิสเตอร์เพิ่มขึ้นทำให้มอเตอร์มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสปลิทเฟสมอเตอร์ คือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อย มอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง 10 แรงม้า ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาปาซิเตอร์มอเตอร์วงจรขดลวดสตาร์ทจะพันด้วยขดลวดใหญ่กว่าสปลิทเฟสมอเตอร์และจำนวนรอบพันมากขึ้นกว่าขดลวดชุดรันแสดงดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ลักษณะของคาปาซิเตอร์มอเตอร์
(**ที่มา:** http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดโรเตอร์ต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์และมีแปรงถ่านเป็นตัวต่อลัดวงจร จึงทำให้ปรับความเร็วและแรงบิดได้ โดยการปรับตำแหน่งแปรงถ่าน สเตเตอร์ขดลวดที่พันอยู่ในร่องเฟืองชุดเดียวกับขดรันของสปลิทเฟสมอเตอร์ เรียกว่า ขดลวดเมนแสดงดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 ลักษณะของรีพัลชั่นมอเตอร์
(**ที่มา:** http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage)

4. ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motor) เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/20 แรงม้าถึง 1/30 แรงม้า นำไปใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติ คือให้แรงบิดเริ่มหมุนสูงปรับความเร็วได้ง่ายทั้งวงจรลดแรงดันและวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แสดงดังรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 ลักษณะของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์
(**ที่มา:** http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage)

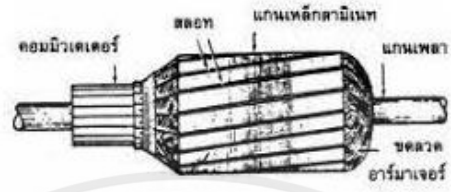
5. เช็ดเด็ดโพลมอเตอร์ (Shaded Pole Motor) เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กที่สุดมีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำมากใช้งานได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กแสดงดังรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8 ลักษณะของเช็ดเด็ดโพลมอเตอร์
(**ที่มา:** http://www.lampangtc.ac.th/branch8/manage)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motor) [3] ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเพื่อทำให้วัตถุหมุน หรือเคลื่อนที่ อัตราเร็วไม่สุงมากนัก เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีแรงบิดเริ่มต้นที่สูง (Starting torque) สามารถควบคุมอัตราเร็วได้ค่อยข้างง่าย แต่มีข้อเสียคือโครงสร้างที่ซับซ้อนมากจึงไม่เหมาะที่จะใช้งานในงานที่มีอัตราเร็วค่อนข้างสูงมากแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
(**ที่มา:** http://www.research-systems)

2.3.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในมอเตอร์กระแสจะแบ่งออกไป 2 ทาง คือ ส่วนที่หนึ่งจะผ่านเข้าไปที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ส่วนที่สองจะผ่านแปรงถ่านคาร์บอนและผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น

2.3.2 รายละเอียดพื้นฐานของมอเตอร์

จะนำมาพิจารณาเลือกใช้กับงานต่าง ๆ มีอยู่ 4 อย่าง คือ แรงดันไฟฟ้า (voltage) การไหลของกระแส (current down) ความเร็ว (speed) แรงบิด (torque)

- แรงดันไฟฟ้า มอเตอร์ทุกตัวจะมีแรงดันไฟฟ้าใช้งานที่แตกต่างกันตามคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสามารถใช้ไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับก็ได้ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้ไฟกระแสสลับเท่านั้น และแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์

- การไหลของกระแส ในการไหลของกระแสนั้นในกรณีที่มอเตอร์ได้รับกระแสจากแหล่งจ่าย ในกรณีที่มอเตอร์ไม่ได้ต่อกับโหลดใด ๆ นั้นจะมีกระแสไหลผ่านน้อย แต่ในกรณีที่มีการใช้งานต่อกับโหลดจะมีปริมาณกระแสที่เพิ่มมากขึ้น การไหลของกระแสนั้นมีความจำเป็นเพราะ หากกระแสไม่พอแล้วมอเตอร์ก็จะไม่มีกำลังเพียงพอสำหรับการขับโหลด และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์จะมีผลต่ออัตราเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ด้วย

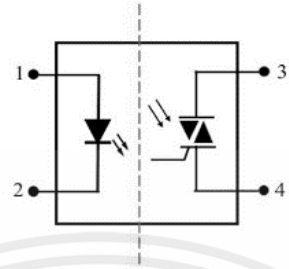
- อัตราเร็ว มอเตอร์กระแสตรงมีอัตราเร็วปกติที่ 4000-7000 รอบต่อนาที ซึ่งอัตราเร็วของมอเตอร์สามารถลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้ ถ้าหากต้องการใช้งานที่ต้องการความเร็วมากก็ต้องเลือกมอเตอร์ที่มีอัตราเร็วสูง

- แรงบิด เป็นแรงที่มอเตอร์กระทำกับโหลดในการเลือกมอเตอร์นั้นหากมีแรงบิดน้อยจะใช้งานได้กับโหลดที่ไม่หนักมากแต่ถ้ามีแรงบิดมากสามารถใช้งานกับโหลดที่มีน้ำหนักมากได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โซลิตสเตทรีเลย์ (Solid State Relay)

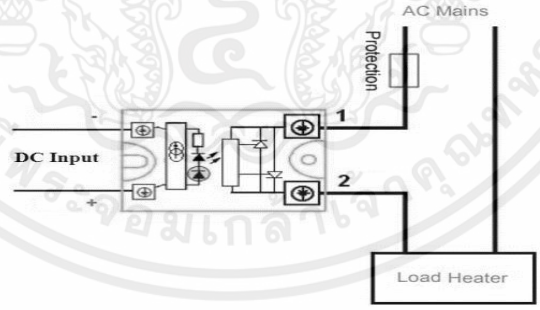
โซลิตสเตทรีเลย์ [4] เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ โดยไม่ใช้หน้าสัมผัสในการตัดและต่อวงจรซึ่งตัวโซลิตสเตทรีเลย์จะใช้เทคโนโลยีของเซมิคอนดักเตอร์ ทำหน้าที่คล้ายกับรีเลย์ แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์ของโซลิตสเตทรีเลย์
(**ที่มา:** https://www.prd.go.th/th/file/get/file/2022)

2.4.1 การทำงานและโครงสร้างภายในของโซลิตสเตทรีเลย์

โซลิตสเตทรีเลย์ถ้ามองจากภายนอกจะสามารถแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะเป็นส่วนควบคุม (1,2) เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ตั้งแต่ 3-32โวลต์ LED จะส่งสัญญาณไปให้ทริก ไทรแอก(Triac) ทำงานและต่อวงจรส่วนที่สอง (3,4) ครบวงจร จะทำงานคล้ายกับรีเลย์ แต่จะมีข้อดีกว่า คือ ไม่มีหน้าสัมผัส (Contact) เวลาตัดวงจรก็จะไม่มีเสียงดัง สามารถตัดต่อวงจรได้เร็วกว่ารีเลย์และยังรองรับกระสที่ไหลผ่านโหลดได้มากกว่า เมื่อป้อนแรงดันได้ตามขนาดของคอย (Coil) จะเกิดการเหนี่ยวนำที่หน้าสัมผัสแสดงดังรูปที่ 2.11

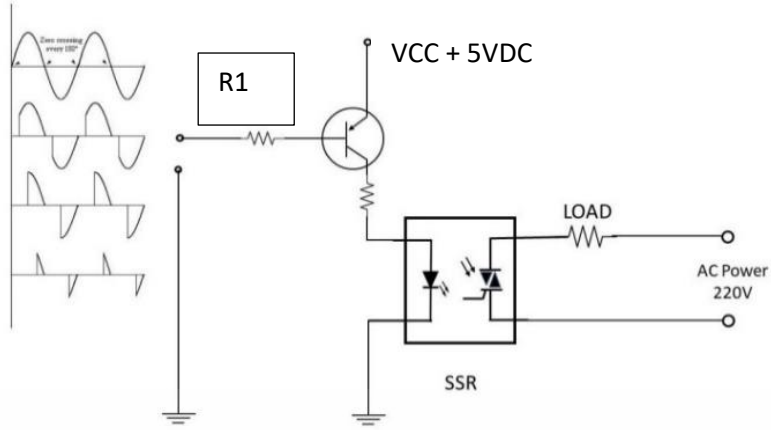


รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายของโซลิตสเตตรีเลย์
(**ที่มา:** https://www.primusthai.com)

2.4.2 การนำโซลิตสเตทรีเลย์ไปใช้งาน

การนำโซลิตสเตทรีเลย์ไปใช้งานในปัจจุบันสามารถออกแบบให้ทำงานได้หลากหลายมากกว่ารีเลย์ แต่นอกเหนือกว่านั้นโซลิตสเตทรีเลย์สามารถใช้ สัญญาณพัลส์(pulse signal) มาควบคุมการทำงานของโซลิตสเตทรีเลย์เพื่อให้ปล่อยกระแสตามจังหวะเพื่อจ่ายให้กับโหลด วงจรเหล่านี้มักจะพบในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ วงจรหรี่ไฟ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาปรับใช้งานกับวงจรตั้งเวลาการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ได้อีกด้วยแสดงดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 วงจรควบคุมโดยใช้การควบคุมเฟส(Phase Control)
(**ที่มา:** https://www.prd.go.th/th/file/get/file/2022)

การนำการนำโซลิตสเตทรีเลย์ต่อใช้งานกับโหลดที่มีกระแสสูง ๆ ควรจะติดตั้งบน ฮีทซิง (Heat sink) เพื่อช่วยระบายความร้อน ซึ่งจะทำให้กโซลิตสเตตรีเลย์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานแสดงดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 โซลิตสเตตรีเลย์ที่ติดตั้งบน ฮีทซิง (Heat sink)
(**ที่มา:** https://www.prd.go.th/th/file/get/file/20220)

2.4.3 ประเภทชนิดของโซลิตสเตทรีเลย์ มี 2 ชนิด โดยพิจารณาจากเอาต์พุต

1. โซลิตสเตทรีเลย์ชนิดแบบ 1 เฟส จะแยกออกเป็นสองกลุ่มย่อย คือกลุ่มที่ใช้งานทั่วไปกับกลุ่มที่ใช้ติดตั้งบนแผ่นพีซีบี (PCB)

- โซลิตสเตทรีเลย์แบบกลุ่มที่ใช้งานทั่วไป ลักษณะทั่วไปของของรีเลย์ชนิดนี้จะไม่มีหน้าคอนแทค อาศัยหลักการนำกระแสของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ สามารถทำงานได้ที่ความถี่สูง รวมถึง แอลอีดี จะแสดงการทำงานของอินพุตแสดงดังรูปที่ 2.124

รูปที่ 2.14 โซลิตสเตทรีเลย์แบบ 1 เฟส แบบกลุ่มใช้งานทั่วไป
(**ที่มา:** http://www.9engineer.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โซลิตสเตทรีเลย์แบบติดตั้งบนแผ่นพีซีบี จะมีขนาดเล็กกว่าแบบทั่วไป ออกแบบมาเพื่อติดตั้งบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (printed circuit board) (PCB) สำหรับการทำงานของรีเลย์แบบนี้จะเรียกว่า ซีโร่ครอสซิ่ง (Zero Crossing) เพื่อป้องกันแรงดันเกินชั่วขณะสำหรับโหลดโซลินอยด์ (Solenoid) หรือ มอเตอร์คอนโทรล (Motor Control)

2. โซลิตสเตตรีเลย์ชนิดแบบ 3 เฟส (Three Phase Solid State Relay)

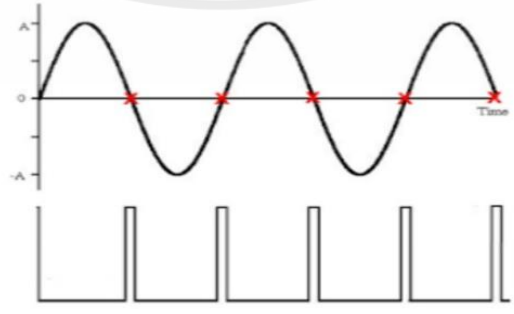
เป็นโซลิตสเตทรีเลย์ชนิดแบบ 3 เฟส มีวาริสเตอร์ป้องกัน ทรานเซน(Transient) ฉนวนกันความร้อนสูงระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต ความจุขนาดใหญ่ นำไปใช้งานกับเครื่องจักร เครื่องพิมพ์ บางรุ่นมีโซลิตสเตทรีเลย์สำหรับอาการกระชากของมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 โซลิตสเตทรีเลย์แบบ 3 เฟส ยี่ห้อต่างๆ
(**ที่มา:** http://www.9engineer.com)

2.4.4 การแยกโซลิตสเตทรีเลย์ตามลักษณะของการ สวิตชิ่ง(Switching)

โซลิตสเตทรีเลย์เมื่อแยกตามลักษณะของการสวิตชิ่งจะแยกออกเป็นสองชนิด คือ แบบที่เรียกว่า ซีโร่ครอสชิ่ง(Zero Crossing) หรือ แบบที่เรียกว่า อนาล็อกสวิตชิ่ง(Analog Switching) ส่วนใหญ่จะนิยมใช้แบบ ซีโร่ครอสชิ่ง(Zero Crossing) สำหรับโหลด เอซี(AC) และ ดีซีสวิตชิ่ง(DC Switching) สำหรับโหลด DC แต่สำหรับแบบ อะนาล็อกสวิตชิ่ง(Analog Switching) จะนำไปใช้ในการควบคุมโหลดที่สามารถหรี่ได้ เช่น ฮีตเตอร์ ใช้ร่วมกับ เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ระบบ PID โซลิตสเตทรีเลย์ประเภทนี้จะผลิตน้อยมาก

ซีโร่ครอสชิ่ง(Zero Crossing) คือการตัดต่อวงจร ช่วงที่แรงดันมีค่าใกล้ 0 โวลต์หรือใกล้เคียงบริเวณ 180 องศา และ 360 องศา เพื่อเป็นการตัดต่อวงจรช่วงที่กระแสต่ำที่สุดแสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 คลื่นสัญญาณซีโร่คลอสชิ่งพัลส์ที่ 180 องศาและ 360 องศา
(**ที่มา:** http://www.9engineer.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เฟือง

เฟือง [5] เป็นชิ้นส่วนเครื่องกลที่มีรูปร่างเป็นจานแบบเป็นรูปวงกลม ตรงขอบมีลักษณะเป็นแฉก เรียกว่าฟันเฟือง สามารถนำไปประกอบกับเฟืองอีกตัวหนึ่ง อีกตัวนึงจะหมุนในทิศทางตรงกันข้ามและจะเกิดระบบส่งกำลังขึ้น โดยความเร็วของเฟืองตัวที่สองจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของจำนวนฟันเฟืองตัวแรกแสดงดังรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 เฟืองขับและเฟืองตาม
(**ที่มา:** https://thaimechanic.com/article-208)

2.5.1 คุณลักษณะของเฟือง

สามารถนำไปใช้ส่งผ่านแรงหมุน ปรับความเร็ว และทิศทางการหมุนในเครื่องจักรได้ มีความสามารถคล้ายกับระบบสายพาน แต่จะดีกว่าตรงที่ระบบเฟืองจะไม่สูญเสียพลังงานไปกับการยืดหดและการลื่นไถลของสายพาน

2.5.2 การหาอัตราการทดเฟือง

อัตราการทดเฟือง คือ สัดส่วนระหว่างเฟือง 2 ตัว ขึ้นไปที่ส่งกำลังถึงกัน เฟืองตัวหนึ่งจะเป็นตัวขับและเฟืองอีกตัวจะเป็นตัวตาม เฟืองขับและเฟืองตามตะมีความเร็วรอบและจำนวนฟันเฟืองที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับความต้องการเพิ่มหรือลดความเร็ว โดยเฟืองขับและเฟืองตามจะมีความสัมพันธ์กันคือ ความเร็วรอบเฟืองขับ × จำนวนฟันเฟืองขับ = ความเร็วรอบเฟืองตาม × จำนวนฟันเฟืองตาม มีการคำนวณโดยใช้สูตรตามสมการที่ (2.1)

$$N_1 Z_1 = N_2 Z_2 \tag{2.1}$$

เมื่อ N_1 = ความเร็วรอบเฟืองขับ

Z_1 = จำนวนฟันเฟืองขับ

N_2 = ความเร็วรอบเฟืองตาม

Z_2 = จำนวนฟันเฟืองตาม

อัตราการทดเฟืองชั้นเดียว มีการคำนวณโดยใช้สูตรตามสมการที่ (2.2) และ (2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i = \frac{N_1}{N_2} \tag{2.2}$$

เมื่อ i = อัตราทด

N_1 = ความเร็วรอบเฟืองขับ

N_2 = ความเร็วรอบเฟืองตาม

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} \tag{2.3}$$

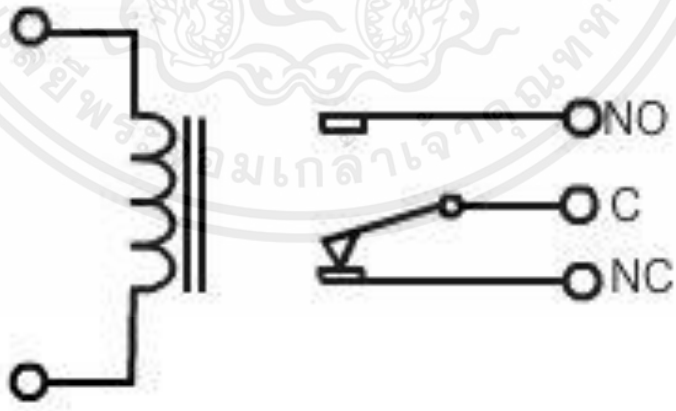
เมื่อ i = อัตราทด

Z_2 = จำนวนฟันเฟืองตาม

Z_1 = จำนวนฟันเฟืองขับ

2.6 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) [6] เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะโดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อทำการเปิดปิดหน้าสัมผัสคล้ายสวิตซ์ สามารถนำรีเลย์ไปใช้ในวงจรควบคุมอัตโนมัติ สัญลักษณ์โครงสร้างของรีเลย์แสดงดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 สัญลักษณ์โครงสร้างของรีเลย์
(**ที่มา:** http://www.atom.rmutphysics.com)

2.6.1 ส่วนประกอบสำคัญของรีเลย์

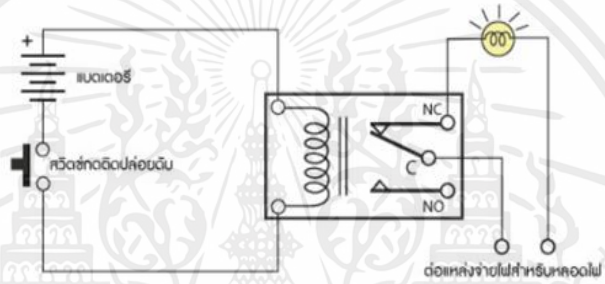
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกตกคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำเมื่อขดลวดได้รับแรงดันจะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตซ์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์

2.6.2 จุดต่อใช้งานของรีเลย์

จุดต่อ NC ย่อมาจาก (normal close) หมายความว่าปกติปิดหรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกันโดยทั่วไปจะต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์ที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา จุดต่อ NO ย่อมาจาก (normal open) หมายความว่าปกติเปิดหรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติด จุดต่อ C ย่อมาจาก (conmon) คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟแสดงดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะการทำงานวงจรไฟฟ้าของรีเลย์
(**ที่มา:** http://www.research-system)

2.6.3 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยบอร์ดรีเลย์ 8 ช่องสัญญาณ

รีเลย์ 8 ช่องสัญญาณ ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดไฟ 220 โวลต์แสดงดังรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.20 บอร์ดรีเลย์ 8 ช่องสัญญาณ
(**ที่มา:** https://www.arduitronics.com)

บอร์ดรีเลย์ 8 ช่องสัญญาณ มีรีเลย์เอาต์พุตแบบ SPDT จำนวน 8 ช่องสัญญาณ ควบคุมไฟ DC ได้สูงสุด 30VDC 10A และไฟ AC สูงสุด 250 VAC 10A มีระดับสัญญาณอินพุตควบคุมแบบ TTL ทำงานด้วยสัญญาณแบบ แอกทีพไฮ(Active High) มี อ็อบโต้-ไอโซเลท(Opto-Isolated) เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกกราวด์ส่วนของสัญญาณควบคุมไฟที่ขับรีเลย์ออกจากกัน มี LED แสดงสถานการณ์ทำงานของรีเลย์และแสดงสถานะของบอร์ด

2.7 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

รูปที่2.21 สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

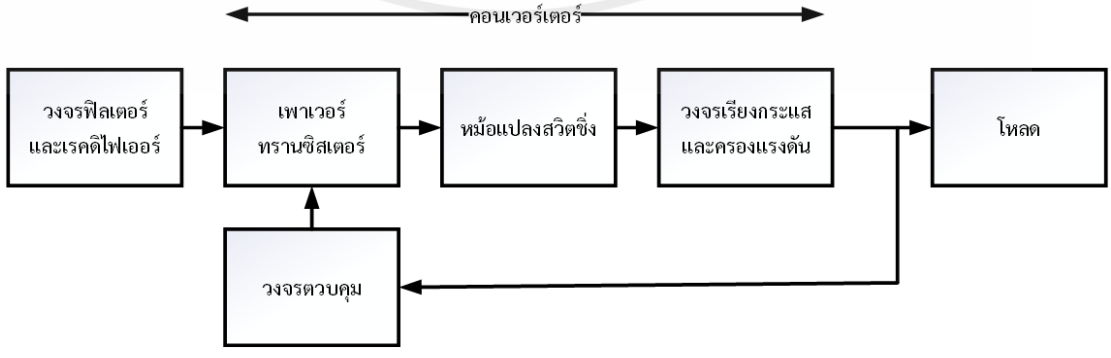
(**ที่มา**: http://www.baymax-estore.com/product/power-supply-12v-5a/)

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) [7] เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟฟ้ากระแสสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเลคทรอนิกส์ได้ เช่นเดียวกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำ แต่สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูง

ซึ่งตัวเครื่องบดถ่านอัตโนมัติจะใช้ สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์ 5 แอมป์เป็นตัวจ่ายไฟให้เอาต์พุตต่างๆ ภายในเครื่อง ดังรูปที่ 2.21

2.7.1 หลักการทำงานของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกันและไม่ซับซ้อน หัวใจสำคัญของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะอยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่ลดทอนแรงดันเอาต์พุต องค์ประกอบต่างๆแสดงดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 องค์ประกอบของสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับค่าสูงจะผ่านเข้าวงจร RFI ฟิลเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวน และแปลงไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟเออร์เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วงๆ ที่ความถี่ประมาณ 20-200 กิโลเฮิร์ทซ์ ผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตชิ่งเพื่อลดแรงดันเอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแส และกรองแรงดัน การคงที่ค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าที่แรงดันเอาต์พุตมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเอาต์พุต

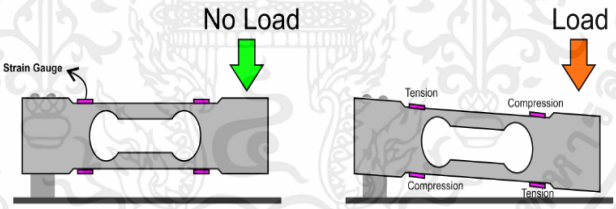
2.7.2 คอนเวอร์เตอร์ (Convertor)

คอนเวอร์เตอร์เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย ทำหน้าที่ลดทอนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงลงมาเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าต่ำ และสามารถคงที่ค่าแรงดันได้ คอนเวอร์เตอร์มีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการจัดวงจรภายใน

2.8 โหลดเซลล์

โหลดเซลล์ (Load cell) [8] คือ เซนเซอร์สำหรับตรวจวัดน้ำหนัก แรงกระทางกล หรือปริมาณของโหลดที่ต้องการทราบค่า โดยใช้ สเตรนเกจ (strain gauge) มาติดตั้งในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของโหลดเซลล์ เมื่อมีแรงมากระทำต่อโหลดเซลล์จะทำให้ สเตรนเกจ (strain gauge) ที่ติดอยู่ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนรูปทรง ยืด หรือ หดตัว ทำให้ค่าความต้านทานที่ตัว สเตรนเกจ (strain gauge) เปลี่ยน

ในจุด Strain Gauge ได้รับแรงกด (Compressing) จำทำให้ Strain Gauge หดเข้าหากัน และในจุดที่ได้รับแรงดึง (Tension) จะทำให้ สเตรนเกจ (strain gauge) ถูกยืดออก จึงทำให้ค่าความต้านทานของ สเตรนเกจ (strain gauge) เปลี่ยนแปลงไปแสดงดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 การติดตั้งโหลดเซลล์
(**ที่มา:** https://blog.thaieasyelec.com/how-to-use-load-cell)

2.9 โซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) [9] คือ วาวล์ควบคุมทิศทางลมโดยใช้คอยล์ไฟฟ้าสั่งการร่วมกับสปริงหรือคอยล์ไฟฟ้า เมื่อต้องการให้วาวล์อยู่อีกตำแหน่ง โซลินอยด์วาล์วประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับเปิดปิดวาล์ว เมื่อเปิดและปิดสวิตซ์กระแสจะไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะดูดเดือยวาล์วเพื่อปิดวาล์วแสดงดังรูปที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 โซลินอยด์วาล์วตัวถังทองเหลือง 2/2
(**ที่มา:** https://www.densakda.com/solenoid-valve)

2.9.1 หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

ลักษณะการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว ทำงานร่วมกับระบบไฟฟ้า เปิด-ปิด ช่องผ่านของไหล โดยปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านส่วนที่เป็นขดลวดพันรอบแท่งเหล็ก จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าส่งแรงให้ทุ่นยกตัวขึ้นเพื่อเปิดช่องให้ของไหลไหลผ่าน เมื่อต้องการจะปิดช่องผ่านของของไหลเพียงตัดกระแสไฟฟ้าทุ่นจะปิดตำแหน่งช่องผ่านของของไหล

2.9.2 การควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วให้เปิด-ปิด 3 ระบบ

1. ระบบเปิดปิดโดยตรงของโซลินอยด์วาล์ว 2 ทางแบบเปิด-ปิดปกติ (N/C) ที่มีระบบการทำงาน แบบปิดโดยตรง มีทางเข้าหนึ่งทางและทางออกหนึ่งทาง มีซีลอยู่ปลายด้านล่างทำหน้าที่เปิดและปิดรูทางผ่าน (Orifice)

2. ระบบเปิดปิดทางอ้อม โซลินอยด์วาล์ว 2 ทางแบปกติปิด (N/C) ระบบการทำงานแบบเปิดปิดทางอ้อม มีทางเข้าหนึ่งทางและทางออกหนึ่งทาง รูทางผ่านหลัก (main orifice) จะอยู่ในตัววาล์วเปิดได้ด้วยความดันที่กระทำต่อพื้นผิวด้านบนและด้านล่างของแผ่นไดอะแฟรม (diaphragm) เกิดการเสียสมดุล

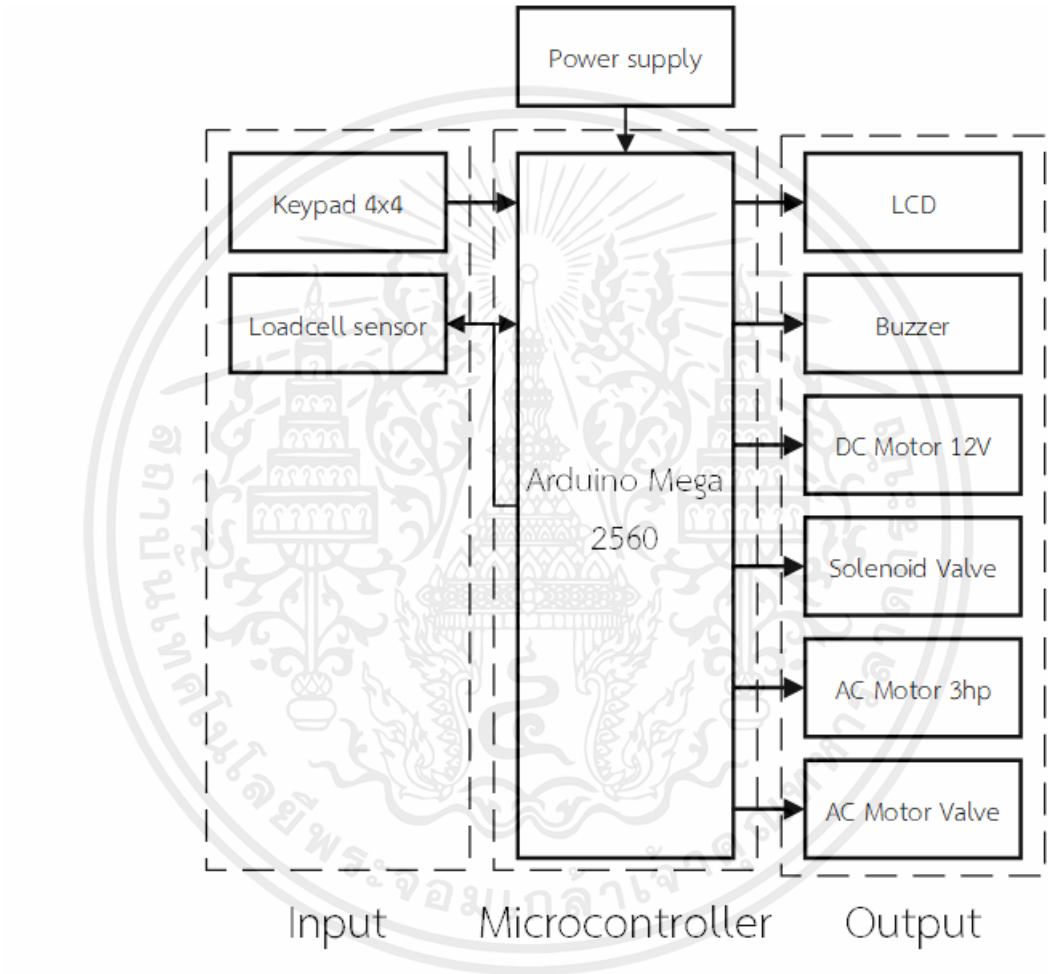
3. ระบบลูกผสม โซลินอยด์วาล์ว 2 ทางชนิดปกติปิด (N/C) ระบบการทำงานแบบลูกผสม มีทางเข้าหนึ่งทางและทางออกหนึ่งทาง การเปิดรูผ่านหลัก (orifice) อยู่ภายในตัววาล์ว เป็นการ ผสมผสานการทำให้ความดันของพื้นที่ด้านบนและด้านล่างของแผ่นไดอะแฟรมเสียสมดุลและแรงที่ทุ่น (plunger) ของโซลินอยด์ตัวช่วยออกแรงยกแผ่นไดอะแฟรมโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการดำเนินการ

ในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรม แผนผังการทำงานของตัวเครื่อง การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ การต่อวงจร และโครงสร้างของตัวเครื่อง

3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานโดยรวม



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ ซึ่งประกอบไปด้วย

3.1.1 ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ

แหล่งจ่ายไฟที่ใช้ภายในของเครื่องบดถ่านอัตโนมัตินั้น มาจาก 3 แหล่งคือ 1. ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ซึ่งจะใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 แรง มอเตอร์วาล์วทั้ง 2 ตัวที่ติดตั้งอยู่บริเวณถังพักผงถ่านและถังกวนน้ำและแป้งมัน รวมถึงใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Power Supply) แปลงไฟจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมป์ 2. ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมป์ มาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Power Supply) ซึ่งจะเป็นแหล่งจ่ายไฟให้ บอร์ดอาดุยโน่ เมกกะ 2560 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ทั้ง 3 โซลินอยด์วาล์ว 3. ไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์จากบอร์ดอาดุยโน่ เมกกะ 2560 เป็นแหล่งจ่ายไฟให้ บัซเซอร์ เซนเซอร์โหลดเซลล์ โมดูลรีเลย์ จอแอลซีดี และคีย์แพด (Keypad)

3.1.2 ส่วนของอินพุต (Input)

ในส่วนของอินพุต จะประกอบไปด้วยเซนเซอร์โหลดเซลล์ที่ต่ออยู่กับโมดูลขยายสัญญาณ HX711 และคีย์แพด(Keypad) แบบ 4x4 ไว้สำหรับป้อนค่าต่างๆ

3.1.3 ส่วนของเอาต์พุต (Output)

ในส่วนของเอาต์พุตจะประกอบไปด้วย

1.จอแอลซีดีแสดงโหมดของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติที่เลือก การแสดงค่าน้ำหนักที่ได้จากเซนเซอร์โหลดเซลล์

2. บัซเซอร์ สำหรับแจ้งเตือนหลังจากเครื่องทำงานในโหมดอัตโนมัติเสร็จสิ้น

3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์3 แรง ที่ติดตั้งอยู่กับตัวบดถ่าน

4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ทั้ง 3 ตัว โดยตัวที่ 1 จะติดตั้งอยู่ที่ถังพักผงถ่าน ตัวที่ 2 จะติดตั้งอยู่ที่ถังกวนแป้งและน้ำ และตัวสุดท้านจะติดตั้งอยู่ที่ ถังกวนส่วนผสมทั้ง 3 คือ ผงถ่าน น้ำ และแป้งมัน

5. โซลินอยด์วาล์ว สำหรับปล่อยน้ำจาก ถังเก็บน้ำลงในถังกวนแป้งและน้ำ

6. มอเตอร์วาล์ว 2 ตัว โดยตัวที่ 1 สำหรับปล่อยผงถ่านที่ติดตั้งอยู่ใต้ถังพักผงถ่าน และ ตัวที่ 2 สำหรับปล่อยแป้งและน้ำ ที่ติดตั้งอยู่บริเวณใต้ถังกวนแป้งและน้ำ

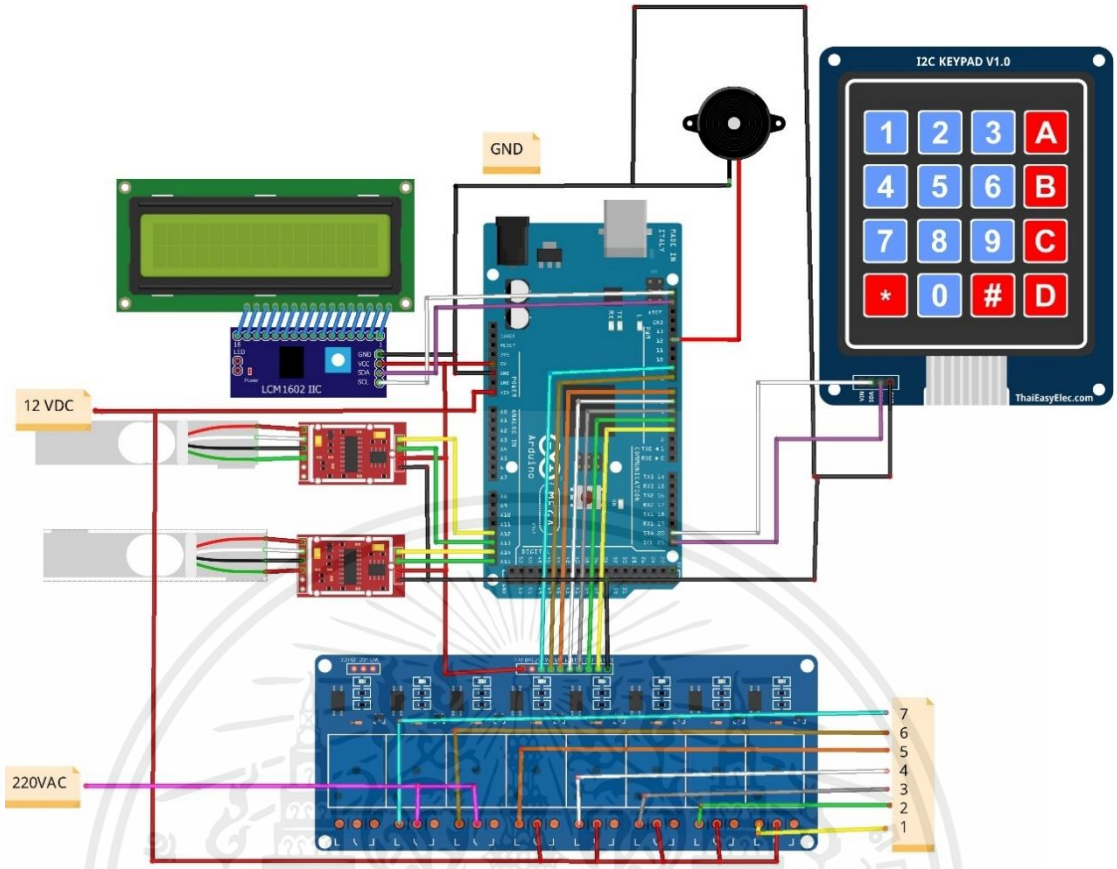
3.1.4 ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

จะใช้บอร์ดอาดุยโน่ เมกกะ 2560 เป็นตัวควบคุมหลักที่รับค่าจากเซนเซอร์โหลดเซลล์ และคีย์แพด แสดงผลออกทางจอแอลซีดีและเป็นตัวควบคุมการทำงานของเอาต์พุตต่างๆ ของตัวเครื่อง

3.2 การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์

มีการเชื่อมต่อของบอร์ดอาดุยโน่ เมกกะ 2560 กับอินพุตและเอาต์พุตต่างๆ ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.2 เป็นการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากบอร์ดอาดุยโน่ เมกกะ 2560 กับอินพุตและเอาต์พุตต่างๆ ได้แก่

1. จอแอลซีดี เชื่อมต่อกับขา SDA และ ขา SCL กับบอร์ดอาดุยโน่และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ดอาดุยโน่

2. คีย์แพด 16x2 ขา SDA เชื่อมต่อ กับ ขา 21 และขา SCL เชื่อมต่อกับ ขา 20 ของบอร์ดอาดุยโน่และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ดอาดุยโน่

3. เซนเซอร์โหลดเซลล์ที่เชื่อมต่ออยู่กับโมดูลขยายสัญญาณ HX711 ทั้ง 2 ตัว โดยตัวแรกขา SCK เชื่อมต่ออยู่กับ ขา A12 ขา DT เชื่อมต่ออยู่กับ ขา A13 ของบอร์ดอาดุยโน่ และตัวที่ 2 ขา SCK เชื่อมต่ออยู่กับ ขา A13 ขา DT เชื่อมต่ออยู่กับ ขา A14 ของบอร์ดอาดุยโน่ และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ดอาดุยโน่

4. บัซเซอร์ สำหรับแจ้งเตือนหลังจากเครื่องทำงานในโหมดอัตโนมัติเสร็จสิ้น เชื่อมต่ออยู่กับขา D12 ของบอร์ดอาดุยโน่

5. โมดูลรีเลย์ 8 แชลแนล 5 โวลต์ จากหมายเลข1-7 ในรูปที่ 3.2 มีการเชื่อมต่อกับบอร์ดอาดุยโน่ดังนี้

หมายเลข 1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 3 แรงเชื่อมต่ออยู่กับขา D3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ตัวที่ 1 ที่ติดตั้งอยู่ที่ถังกวนส่วนผสมทั้ง 3 คือ ผงถ่าน น้ำ และแป้งมัน เชื่อมต่ออยู่กับขา D4

หมายเลข 3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ตัวที่ 2 ที่ติดตั้งอยู่ที่ถังกวนน้ำและแป้งมัน เชื่อมต่ออยู่กับขา D5

หมายเลข 4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ตัวที่ 3 ที่ติดตั้งอยู่ที่ถังพักผงถ่าน เชื่อมต่ออยู่กับขา D6

หมายเลข 5 โซลินอยด์วาล์ว สำหรับปล่อยน้ำลงในถังกวนน้ำและแป้งมัน เชื่อมต่ออยู่กับขา D7

หมายเลข 6 มอเตอร์ วาล์วไฟฟ้ากระแสสลับ 220 ตัวที่ 1 ที่ติดตั้งอยู่บริเวณถังพักผงถ่าน โวลต์เชื่อมต่ออยู่กับขา D8

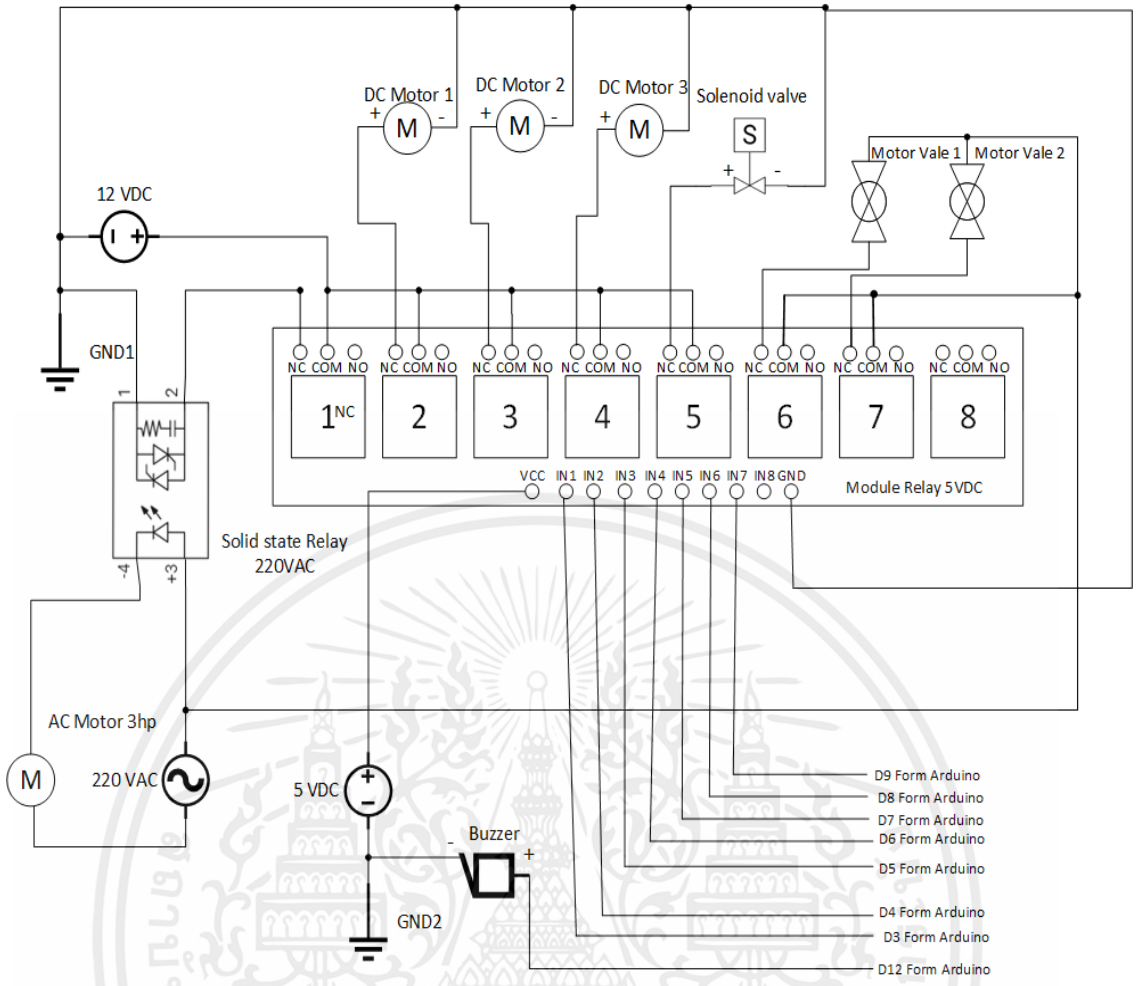
หมายเลข 7 มอเตอร์ วาล์วไฟฟ้ากระแสสลับ 220 ตัวที่ 2 ที่ติดตั้งอยู่บริเวณถังพักผงถ่าน โวลต์เชื่อมต่ออยู่กับขา D9

6. ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมป์ จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Power Supply) บอร์ดอาดุยโน่ เมกกะ 2560

3.3 การต่อวงจร

การเชื่อมต่อวงจรของเครื่องบดถ่านอัตโนมัตินั้น มีการเชื่อมต่อโดยใช้บอร์ดโมดูลรีเลย์ 5 โวลต์ 8 แชลแนลเป็นวงจรควบคุมให้อุปกรณ์ต่างๆภายในตัวเครื่องบดถ่านอัตโนมัติทำงาน ทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงในการทำงานได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ทั้ง 3 ตัว โซลินอยด์วาล์ว 12 โวลต์ และอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 220 โวลต์ 3 แรง และมอเตอร์ วาล์วไฟฟ้ากระแสสลับ ทั้ง 2 ตัว แต่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแตรง 220 โวลต์จะใช้ โซลิดสเตทรีเลย์เข้ามาช่วยให้ทำงานโดยจากขา D3 ของบอร์ดอาดุยโน่ เมกกะ 2560 ส่งค่าให้โมดูลรีเลย์ 5 โวลต์ แล้วให้โมดูลรีเลย์ 5 โวลต์ เป็นวงจรควบคุมให้ โซลิดสเตทรีเลย์ ขับให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 220 โวลต์ 3 แรง ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อวงจร

จากรูปที่ 3.3 เป็นการเชื่อมต่อวงจรภายในตัวเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ บอร์ดโมดูลรีเลย์ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์จากบอร์ดอาดุยโน่ และเชื่อมต่อกับขาของบอร์ดอาดุยโน่ เมกกะ 2560

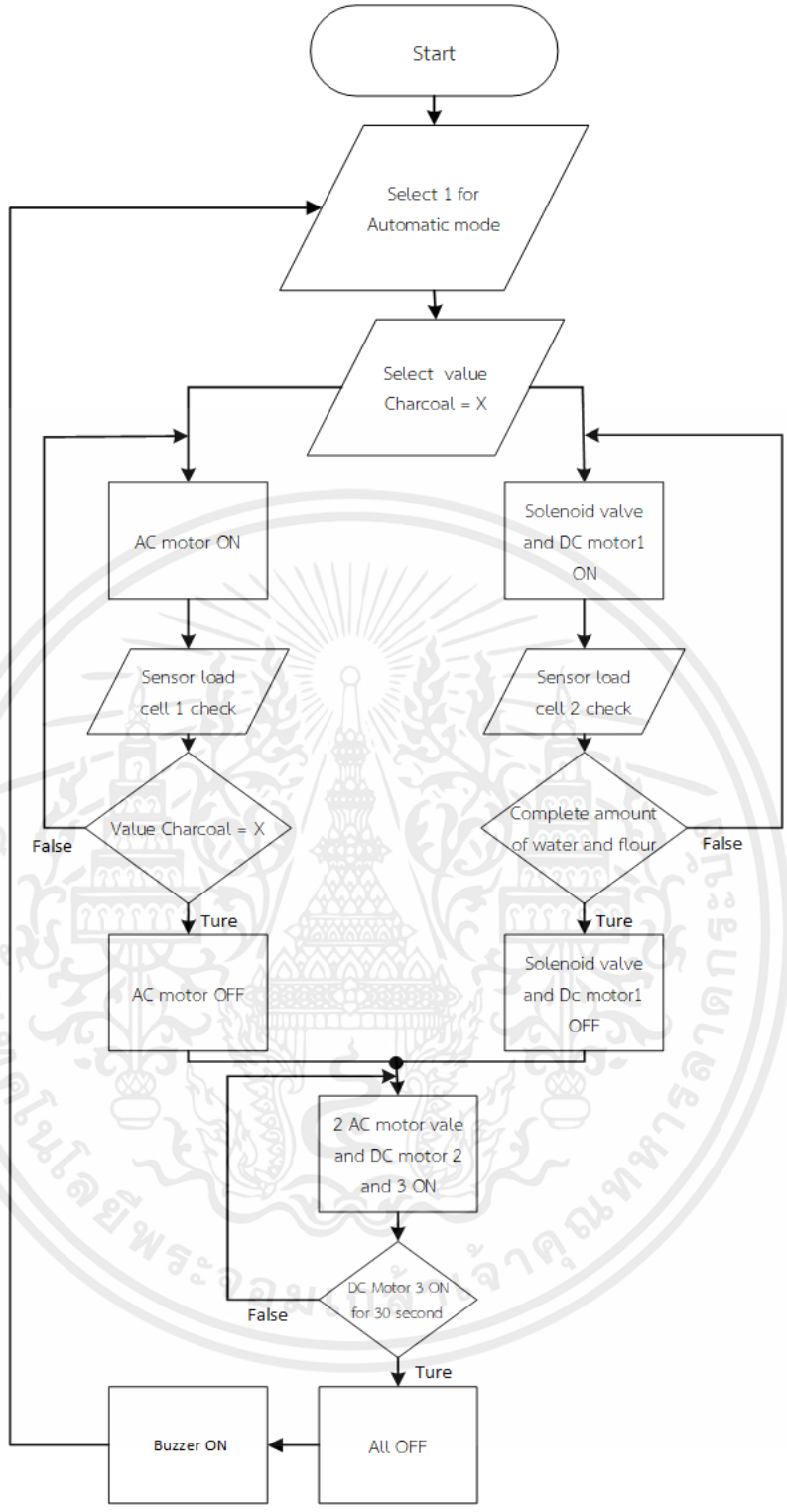
3.4 การทำงานของตัวเครื่อง

การทำงานของตัวเครื่องนั้นมีอยู่ด้วยกัน 2 โหมดคือ 1. โหมดอัตโนมัติที่เครื่องจะทำงานโดยอัตโนมัติหลังจากป้อนปริมาณค่าผงถ่านที่ต้องการตั้งแต่ 1 กิโลกรัม ถึง 5 กิโลกรัมโดยเพิ่มครั้งละ 1 กิโลกรัม และมีการแจ้งเตือนคือบัซเซอร์จะส่งเสียงออกมาหลังจากเครื่องทำงานเสร็จสิ้น และ 2. โหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง โดยที่โหมดนี้สามารถทำงานได้โดยกดปุ่มต่างๆ ตั้งแต่บนคีย์แพดเพื่อให้ส่วนต่างๆ ของเครื่องทำงานและจะมีค่าน้ำหนัก ของผงถ่านที่บดได้ และ ค่าน้ำหนักของแป้งมันและน้ำ

3.4.1 โหมดอัตโนมัติ

การทำงานของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติในโหมดอัตโนมัติจะมีขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติในโหมดอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.4 เป็นแผนผังการทำงานของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติในโหมดอัตโนมัติ จะมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กดปุ่ม หมายเลข1 บนคีย์แพดเพื่อเลือกเป็นโหมดอัตโนมัติ

2. กดปุ่มเลือกปริมาณผงถ่านที่ต้องการ ตั้งแต่ 1กิโลกรัม ถึง 5 กิโลกรัม แล้วกดปุ่ม D เพื่อให้เครื่องเริ่มต้นการทำงาน

3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะทำงาน แล้วตัวเครื่องจะทำการบดถ่าน เมื่อผงถ่านที่ได้ปริมาณครบตามที่กดเลือกเอาไว้มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะหยุดทำงาน และในขณะเดียวกัน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ถังกวนน้ำและแป้งมันจะทำงานและโซลินอยด์วาล์วจะทำงานปล่อยน้ำออกมาจนกว่าได้ปริมาณน้ำและแป้งมันครบแล้วโซลินอยด์วาล์วและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ถังกวนน้ำและแป้งมันจะหยุดทำงาน โดยค่าน้ำหนักจะใช้เซนเซอร์โหลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนัก

4. หลังจากที่ได้ปริมาณผงถ่าน น้ำและแป้งมันครบแล้วมอเตอร์วาล์วไฟฟ้ากระแสสลับทั้ง 2 ตัว จะทำงานโดยปล่อยผงถ่าน น้ำ และแป้งมันออกมา ในขณะเดียวกัน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง2 ตัวที่อยู่บริเวณ ถังพักผงถ่านเพื่อเป็นตัวช่วยให้ ผงถ่านที่อยู่ภายในถังพักผงถ่านไหลลงถังกวน และมอเตอร์ที่ถังกวนทั้ง3 ส่วนผสมทำงาน

5. เมื่อผงถ่าน น้ำและแป้งมันไหลลงมอเตอร์ที่ถังกวนทั้ง3 ส่วนผสมครบแล้วและมอเตอร์ที่ถังกวนทั้ง3 ส่วนผสมทำงาน ครบ30 วินาทีแล้ว จะให้ทุกตัวหยุดทำงาน จะเป็นการสิ้นสุดการทำงานของเครื่อง และจะมีการแจ้งเตือนคือ บัซเซอร์จะส่งเสียงออกมา

ตารางที่3.1 ตารางแสดงปริมาณค่าน้ำหนักของส่วนผสมต่อน้ำหนักของผงถ่านแต่ละกิโลกรัม

น้ำหนักผงถ่าน (กิโลกรัม)	**น้ำหนักของน้ำ (กิโลกรัม)**	**น้ำหนักแป้งมัน (กิโลกรัม)**
1	0.3	0.05
2	0.6	0.1
3	0.9	0.15
4	1.2	0.2
5	1.5	0.25

จากตารางที่3.1 เป็นตารางแสดงปริมาณค่าน้ำหนักของส่วนผสมต่อน้ำหนักของผงถ่านแต่ละกิโลกรัม ซึ่งใช้ในการเขียนโปรแกรมกำหนดค่าน้ำหนัก

3.4.2 โหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง

การทำงานของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติในโหมดควบคุมด้วยมือ หรือโหมดผู้ใช้กำหนดเองจะมีการทำงานคือ สามารถกดปุ่มต่างๆบนคีย์แพด เพื่อให้อุปกรณ์เอาต์พุตต่างๆภายในตัวเครื่องทำงาน และสามารถกดปุ่มเดิมอีกครั้ง เพื่อให้หยุดทำงาน โดยมีหมายเลขประจำอุปกรณ์เอาต์พุต ดังตารางที่ 3.2 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

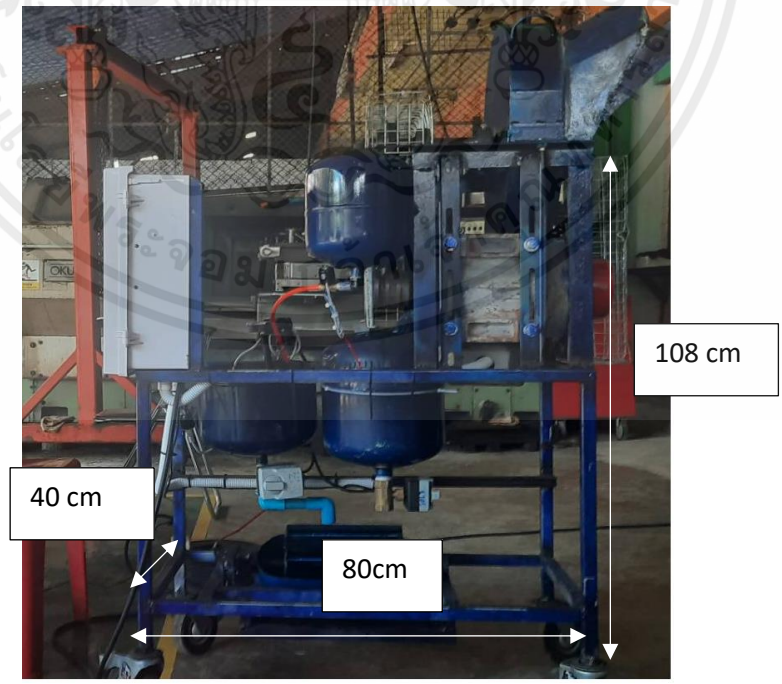
ตารางที่3.2 ตารางแสดงหมายเลขบนคีย์แพดประจำเอาต์พุต

ปุ่มบนคีย์แพด	เอาต์พุต
หมายเลข 1	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 3 แรงที่ขับให้ตัวบดถ่านทำงาน
หมายเลข 2	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ถังกวนส่วนผสมทั้ง 3
หมายเลข 3	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ถังกวนน้ำและแป้งัน
หมายเลข 4	มอเตอร์ที่ถังพักผงถ่าน
หมายเลข 5	โซลินอยด์วาล์วสำหรับปล่อยน้ำ
หมายเลข 6	มอเตอร์วาล์วไฟฟ้าที่ถังพักผงถ่าน
หมายเลข 7	มอเตอร์วาล์วไฟฟ้าที่ถังกวนน้ำและแป้งมัน

จากตารางที่ 3.2 เป็นตารางแสดงหมายเลขบนคีย์แพดประจำเอาต์พุต เมื่อกดปุ่มหมายเลขบนคีย์แพดจะทำให้อุปกรณ์เอาต์พุตนั้นๆ ทำงาน นอกจากนี้ยังสามารถ กดปุ่ม A บนคีย์แพดเพื่อให้หน้าจอแอลซีดี แสดงค่าน้ำหนักของผงถ่านภายในถังพักผงถ่าน และค่าน้ำหนักของแป้งมันที่อยู่ภายในถังกวนน้ำและแป้งมัน ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณน้ำและแป้งมันได้ตามที่ต้องการ

3.5 โครงสร้างของตัวเครื่อง

3.5.1 ตัวเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

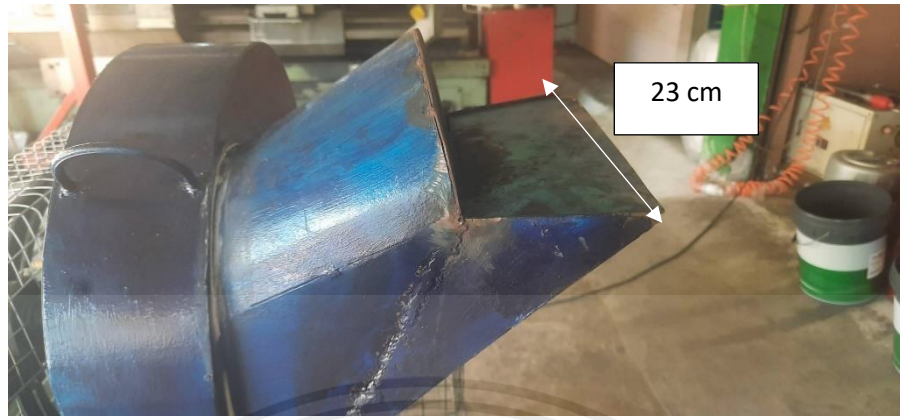


รูปที่ 3.5 ตัวเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.5 เป็นภาพของตัวเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ ซึ่งจะมีส่วนหลักๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.1 ช่องใส่ถ่าน



รูปที่ 3.6 ช่องใส่ถ่าน

จากรูปที่ 3.6 เป็นช่องสำหรับใส่ถ่านที่จะนำไปบดไหลลงตัวบดถ่าน โดยจะมีแผ่นสำหรับปิดเปิดเพื่อป้องกันถ่านกระเด็นออกมา และจะมีความกว้างอยู่ที่ 23 เซนติเมตร

3.5.1.2 ถังเก็บน้ำ

(ก) (ข)

รูปที่ 3.7 ถังเก็บน้ำและโซลินอยด์วาล์ว
(ก) ถังเก็บน้ำ (ข) โซลินอยด์วาล์ว

จากรูปที่ 3.7 เป็นถังเก็บน้ำสำหรับปล่อยลงถังกวนน้ำและแป้งมัน ซึ่งมีโซลินอยด์วาล์วเป็นตัวปล่อยน้ำติดตั้งอยู่ใต้ถังเก็บน้ำและถังเก็บน้ำมีความจุน้ำได้ 3 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.3 ถังพักผงถ่าน

รูปที่ 3.8 ถังพักผงถ่าน

จากรูปที่ 3.8 เป็นภาพถังพักผงถ่านที่ได้หลังจากการบดที่มี เซนเซอร์โหลดเซลล์ติดตั้งอยู่ และมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงติดตั้งอยู่ด้านบนเพื่อช่วยให้ผงถ่านไหลลงถังกวนผ่านมอเตอร์วาล์วไฟฟ้ากระแสสลับที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านล่างของถังพักผงถ่าน

3.5.1.4 ถังกวนน้ำและแป้งมัน

รูปที่ 3.9 ถังกวนน้ำและแป้งมัน

จากรูปที่ 3.9 เป็นรูปถังกวนน้ำและแป้งมัน มีมอนตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ติดอยู่กับที่กวนน้ำและแป้งมันติดตั้งอยู่ ซึ่งมีเซนเซอร์โหลดเซลล์ และมอเตอร์วาล์วไฟฟ้าสำหรับปล่อยน้ำและแป้งมันที่กวนเสร็จแล้วติดตั้งอยู่ด้านด้านของถังกวนน้ำและแป้งมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.5 ถังกวนผงถ่าน น้ำและแป้งมัน

รูปที่ 3.10 ถังกวนผงถ่าน น้ำและแป้งมัน

จากรูปที่ 3.10 เป็นรูปถังกวนผงถ่าน น้ำ และแป้งมัน ที่มีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงติดตั้งอยู่

3.5.2 ตัวบดถ่าน

(ก) (ข)

รูปที่ 3.11 ตัวบดถ่าน

(ก) ตัวบดถ่านภายนอก (ข) เกลียวภายในตัวบดถ่าน

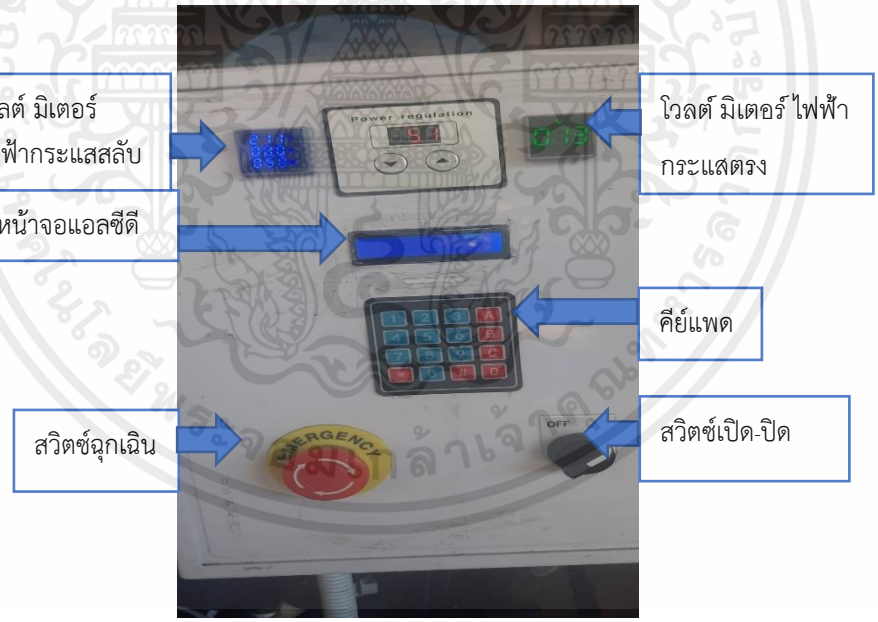
จากรูปที่ 3.11 เป็นรูปของตัวบดถ่านที่ใช้ในเครื่องบดถ่านอัตโนมัติที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 3 แรง เป็นตัวขับให้ตัวบดถ่านทำงาน และจะได้ผงถ่านดังรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 ผงถ่านที่บดได้

จากรูปที่ 3.12 เป็นรูปผงถ่านที่บดได้จากตัวบดที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

3.5.3 กล่องควบคุม

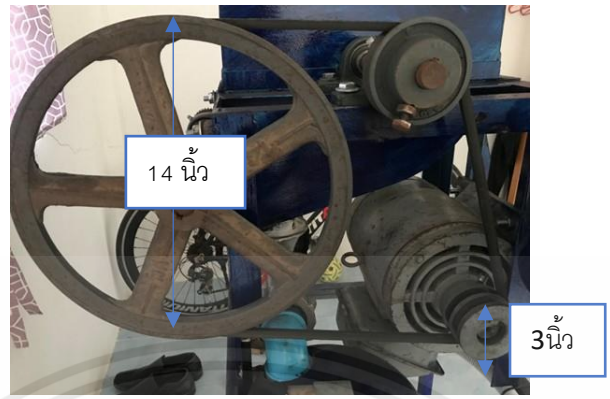


รูปที่ 3.13 กล่องควบคุม

จากรูปที่ 3.13 เป็นรูปกล่องควบคุมของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ ซึ่งประกอบไปด้วย โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หน้าจอแอลซีดี คีย์แพด 4x4 สวิตซ์เปิด-ปิด และสวิตซ์ฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การคำนวณความเร็วรอบ



รูปที่ 3.15 มูเล่ที่ติดตั้งอยู่กับตัวเครื่อง

จากรูปที่ 3.1 มูเล่ที่ติดอยู่กับตัวมอเตอร์มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้วส่วนมูเล่อีกชิ้นมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 นิ้ว และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้มีความเร็วรอบอยู่ที่ 1450 รอบต่อนาทีสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 3.1

$$I = Na/Nb = Db/Da \quad \textbf{(3.1)}$$

$$I = Na/1450 = 3/14$$

ดังนั้น $Na = 310.3$ รอบต่อนาที

จากสมการที่ 3.1

I = อัตราทด

Na = ความเร็วมูเล่ที่ถูกขับ

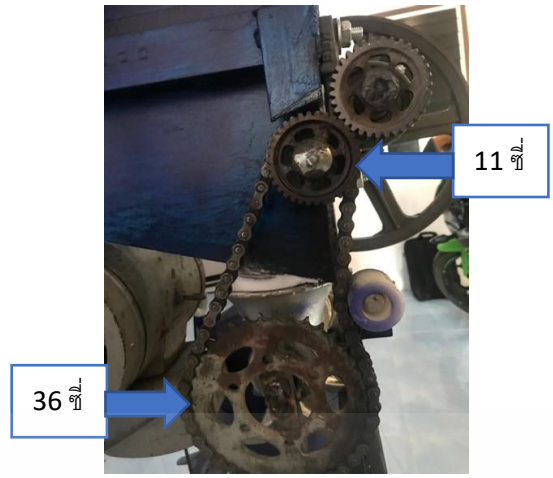
Nb = ความเร็วมูเล่ที่ขับ

Da = ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ที่ขับ

Db = ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของมูเล่ที่ถูกขับ

จากการคำนวณ ความเร็วรอบที่มูเล่ขนาด 14 นิ้วขับส่งให้เสตอด้านหลังของเครื่องใช้ในการขับตัวบดถ่าน คือ 310.3 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 สเตอร์ที่ติดตั้งอยู่บนตัวเครื่อง

จากรูปที่ 3.14 สเตอร์ที่ติดอยู่กับตัวบดถ่าน เป็นสเตอร์36 ซี่ และ สเตอร์ที่ถูกขับจากมอเตอร์นั้นเป็นสเตอร์ 11 ซี่ มีความเร็วรอบอยู่ที่ 310.3 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถคำนวณความเร็วรอบที่ตัวบดถ่านได้โดยใช้สมาการที่ 3.2

$$I = Na/Nb = Cb/Ca \quad \textbf{(3.2)}$$

$$I = Na/310.3 = 11/36$$

ดังนั้น $Na = 93.09$ รอบต่อนาที

จากสมการที่ 3.2

I = อัตราทด

Na = ความเร็วสเตอร์ที่ถูกขับ

Nb = ความเร็วสเตอร์ที่ขับ

Da = ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของสเตอร์ที่ขับ

Db = ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของสเตอร์ที่ถูกขับ

จากการคำนวณ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ขับให้ตัวบดถ่านทำงาน คือ 93.09 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ ซึ่งมีการทดลองของเซนเซอร์โหลดเซลล์ การทดลองบดถ่าน การทดลองควบคุมปริมาณผงถ่านที่บดได้ การทดลองของโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง และการทำงานของโหมดอัตโนมัติ

4.1 การทดลองเซนเซอร์โหลดเซลล์

เป็นการทดลองทดสอบการทำงานของเซนเซอร์โหลดเซลล์ โดย ใช้ วัตถุที่มีน้ำหนักต่างกัน 5 ชิ้นมาใส่ถังกวนน้ำและแป้งเพื่อทำงานชั่งน้ำหนักจากโหลดเซลล์ของตัวเครื่องและเปรียบเทียบกับการชั่งน้ำหนักจากเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล โดยวิธีการทดลองดังนี้

1. เปิดเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

2. นำวัตถุใส่ลงในถังกวนน้ำและแป้ง

3. กดปุ่ม A จากคีย์แพดเพื่อแสดงค่าน้ำหนักทางจอแอลซีดี แล้วบันทึกค่าลงน้ำหนักลงในตารางที่ 4.1

4. นำวัตถุชิ้นเดียวกันมาชั่งน้ำหนักที่เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล แล้วบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.1

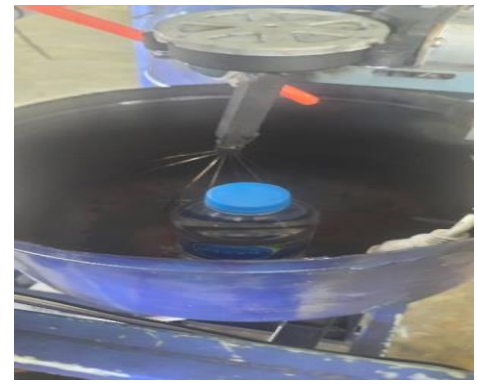
ตารางที่ 4.1 การทดลองเซนเซอร์โหลดเซลล์

วัตถุ	ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากตัวเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ (กิโลกรัม)	ค่าน้ำหนักจากเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล (กิโลกรัม)	ร้อยละความผิดพลาด
1	0.37	0.368	0.54
2	1.52	1.556	2.31
3	2.54	2.562	0.85
4	4.26	4.278	0.42
5	3.58	3.589	0.25
ร้อยละความผิดพลาดโดยเฉลี่ย			0.874

จากผลการทดลองจากตารางที่ 4.1 พบว่าค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากจอแอลซีดีและที่อ่านได้จากเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่จะมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 0.874 แสดงการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)



(ข)

(ค)

รูปที่ 4.1 ภาพแสดงการทดลองเซนเซอร์โหลดเซลล์

(ก) ค่าน้ำหนักจากเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล (ข) นำขวดน้ำลงในถังเพื่อชั่งน้ำหนัก

(ค) ค่าน้ำหนักที่แสดงผลทางจอแอลซีดีของตัวเครื่อง

4.2 การทดลองบดถ่าน

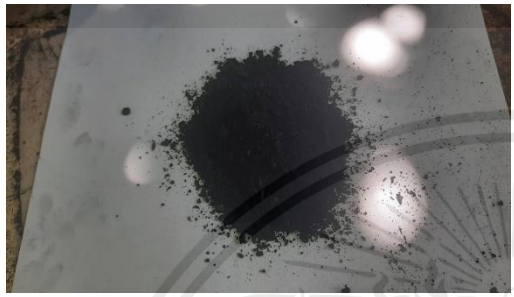
เป็นการทดลองใช้งานตัวบดถ่านโดนมีวิธีการทดลองดังนี้

1. เปิดเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ
2. กดปุ่ม 2 จากคีย์แพดใช้งานโหมดควบคุมด้วยมือ
3. กดปุ่ม 1 เพื่อให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขับให้ตัวบดทำงาน
4. นำถ่านใส่ลงไปบด ลงในช่องใส่ถ่าน
5. กดปุ่ม 1 อีกครั้งเพื่อให้เครื่องหยุดทำงาน
6. กดปุ่ม 6 เพื่อให้มอเตอร์วาล์วไฟฟ้า ทำงานปล่อยผงถ่านลงมา
7. ทำการทดลองซ้ำอีก 4 ครั้ง

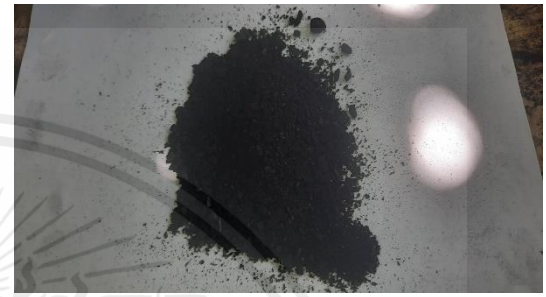
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)

(ข)



(ค)



(ง)

(จ)

รูปที่ 4.2 รูปแสดงผงถ่านที่บดได้ในแต่ละครั้ง

(ก)ผงถ่านที่บดได้ครั้งที่ 1 (ข)ผงถ่านที่บดได้ครั้งที่ 2 (ค)ผงถ่านที่บดได้ครั้งที่ 3

(ง)ผงถ่านที่บดได้ครั้งที่ 4 (จ)ผงถ่านที่บดได้ครั้งที่ 5

จากรูปที่ 4.2 สรุปได้ว่าผงถ่านที่บดได้นั้นมีความละเอียดที่ใกล้เคียงกันซึ่งแต่ละครั้งนั้นจะบดออกมาเป็นผง แต่ยังมีบางส่วนที่ยังเป็นก้อนขนาดเล็กๆอยู่

4.3 การทดลองควบคุมปริมาณผงถ่านที่บดได้

เป็นการทดลองเลือกปริมาณผงถ่านที่ต้องการจะบด ตั้งแต่ 1 กิโลกรัมถึง 5 กิโลกรัม และนำปริมาณผงถ่านที่บดได้มาหาค่าร้อยละความผิดพลาด จะมีวิธีการทดลองดังนี้

1. เปิดเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กดปุ่ม 1 บนคีย์แพดเพื่อเลือกเป็นโหมดอัตโนมัติ

3. กดเลือก 1 เพื่อบดถ่าน 1 กิโลกรัมแล้วกดปุ่ม D เพื่อให้เครื่องเริ่มทำงาน

4. นำปริมาณผงถ่านที่บดได้มาบันทึกผลลงในตารางที่ 4.2 พร้อมหาค่าร้อยละความผิดพลาด

5. ทำการทดลอง ซ้ำแต่กดเลือกปริมาณผงถ่าน ตั้งแต่ 2กิโลกรัม ถึง 5 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองการทดลองควบคุมปริมาณผงถ่านที่บดได้

น้ำหนักผงถ่านที่กดเลือกผ่านคีย์แพด (กิโลกรัม)	น้ำหนักผงถ่านที่บดได้จากเครื่อง (กิโลกรัม)	ร้อยละความผิดพลาด
1	0.987	1.30
2	1.889	5.55
3	2.716	9.43
4	3.708	7.30
5	4.808	3.84
ร้อยละความผิด		5.484

จากผลการทดลองจากตารางที่ 4.2 ตัวเครื่องสามารถเลือกปริมาณผงถ่านที่บดได้ตั้งแต่ 1 กิโลกรัมจนถึง 5 กิโลกรัม และจะมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 5.484

รูปที่ 4.3 ปริมาณผงถ่านที่บดได้ เมื่อกดเลือก 1 กิโลกรัม

รูปที่ 4.4 ปริมาณผงถ่านที่บดได้ เมื่อกดเลือก 2 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 ปริมาณผงถ่านที่บดได้ เมื่อกดเลือก 3 กิโลกรัม

รูปที่ 4.6 ปริมาณผงถ่านที่บดได้ เมื่อกดเลือก 4 กิโลกรัม

(ก) (ข)

รูปที่ 4.7 ปริมาณผงถ่านที่บดได้ เมื่อกดเลือก 5 กิโลกรัม

(ก) ผงถ่านที่บดได้ (ข) ค่าน้ำหนักของผงถ่าน

จากรูปที่ 4.3 ถึง รูปที่ 4.7 เป็นรูปแสดงปริมาณผงถ่านที่บดได้จากการทดลองการทดลองควบคุมปริมาณผงถ่านที่บดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองการใช้งานโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง

เป็นการทดลองการใช้งานของโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเองโดยเลือกกดปุ่มกดต่างๆจากคีย์แพดเพื่อให้อุปกรณ์เอาต์พุตต่างๆจากตัวเครื่องทำงานโดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1. เปิดเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

2. กดปุ่ม 2 จากคีย์แพดเพื่อเลือกโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง

3. กดปุ่ม 1-7 จากคีย์แพดเพื่อให้เอาต์พุตต่างๆจากตัวเครื่องทำงานแล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 การทดลองการใช้งานโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง

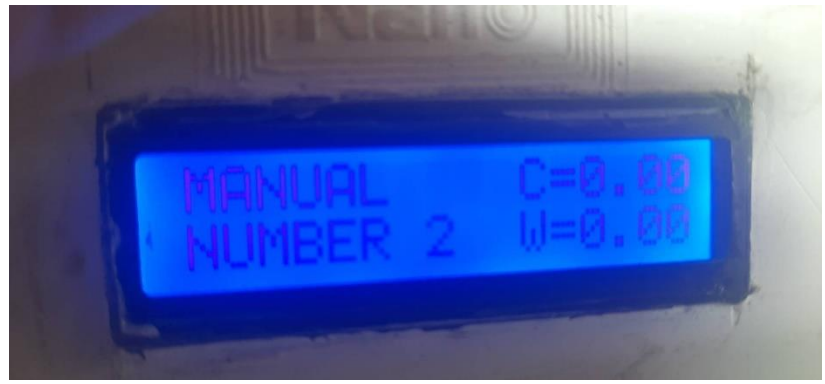
ปุ่มกดจากคีย์แพด	เอาต์พุต	สถานการณ์ทำงาน
1	มอเตอร์ไฟกระแสสลับ3แรง	ทำงาน
2	มอเตอร์ไฟกระแสตรงที่ถังกวนผงถ่าน น้ำและแป้งมัน	ทำงาน
3	มอเตอร์ไฟกระแสตรงที่ถังกวนน้ำและแป้งมัน	ทำงาน
4	มอเตอร์ไฟกระแสตรงที่ถังพักผงถ่าน	ทำงาน
5	โซลินอยวาล์ว	ทำงาน
6	มอเตอร์วาล์วไฟฟ้าตัวที่ 1	ทำงาน
7	มอเตอร์วาล์วไฟฟ้าตัวที่ 2	ทำงาน

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการทำงานของเอาต์พุตของตัวเครื่อง

(ก)การทำงานของโซลินอยวาล์ว (ข)การทำงานของมอเตอร์ที่ถังกวน (ค)การทำงานของมอเตอร์ที่ถังกวนแป้งและน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ค่าน้ำหนักที่แสดงทางจอแอลซีดีของโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง

จากผลการทดลองจากตารางที่ 4.3 เมื่อกดปุ่มกดจากคีย์แพดตั้งแต่ปุ่มหมายเลข 1 ถึงหมายเลข 7 เอาต์พุตประจำหมายเลขนั้นๆทำงานได้อย่างปกติดั่งรูปที่ 4.8 และจากรูปที่ 4.9 ค่าบอกน้ำหนักทางจอแอลซีดี C=0.00 คือค่าน้ำหนักภายในถังพักผงถ่าน และ W=0.00 คือค่าน้ำหนักภายในถังกวนน้ำและแป้งมัน

4.5 การทดลองใช้งานในโหมดอัตโนมัติ

เป็นการทดลองการทำงานของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติโดยเลือกปริมาณผงถ่านที่ต้องการ แล้วนำผงถ่านที่ผ่านกระบวนการกวนแล้วหาค่าร้อยละความผิดพลาด พร้อมทั้งบันทึกการทำงานส่วนต่างของเครื่อง มีวิธีการทดลองดังนี้

1. เปิดเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

2. กดเลือกปุ่มหมายเลข 1 บนคีย์แพด เพื่อเลือกใช้โหมดอัตโนมัติ

3. กดเลือกปริมาณผงถ่านที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม D เพื่อเริ่มต้นการทำงาน

4. ค่อยๆใส่ถ่านลงช่องใส่ถ่าน จนกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะหยุดแล้วรอ จนกว่าจะมีการส่งเสียงของบัซเซอร์

4. นำผงถ่านที่กวนเสร็จแล้วมาชั่งน้ำหนัก พร้อมทั้งหาค่าร้อยละความผิดพลาดแล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 4.4

5. ระหว่างที่เครื่องทำงานในโหมดอัตโนมัติ บันทึกการทำงานของส่วนต่างๆ ของเครื่องลงในตารางที่ 4.5

6. ทำการทดลองตั้งแต่ 1 กิโลกรัม จนถึง 3 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลค่าน้ำหนักของผงถ่านที่ได้จากการใช้งานโหมดอัตโนมัติ

ปริมาณค่าผงถ่านที่กดเลือก (กิโลกรัม)	ปริมาณของผงถ่านที่รวมกับน้ำและแป้งมันได้จากการคำนวณ	ปริมาณของผงถ่านที่รวมกับน้ำและแป้งมันได้จากตัวเครื่อง	ร้อยละความผิดพลาด
1	1.35	1.241	8.07
2	2.7	2.384	11.7
3	4.05	3.675	9.25
ร้อยละความผิดพลาดโดยเฉลี่ย			9.673

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.10 ผงถ่านที่ได้จากการทำงานของเครื่องในโหมดอัตโนมัติ

(ก) กดเลือก 1 กิโลกรัม (ข) กดเลือก 2 กิโลกรัม (ค) กดเลือก 3 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทำงานของส่วนต่างๆของเครื่อง

ปริมาณค่าผงถ่านที่กดเลือก (กิโลกรัม)	การแจ้งเตือนของเครื่องหลังจากเครื่องทำงานเสร็จสิ้น	ตัวปล่อยน้ำและแป้งมัน	ตัวกวนผงถ่าน น้ำและแป้งมัน
1	แจ้งเตือน	ทำงาน	ทำงาน
2	แจ้งเตือน	ทำงาน	ทำงาน
3	แจ้งเตือน	ทำงาน	ทำงาน

รูปที่ 4.11 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ตัวกวน และตัวปล่อยน้ำขณะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 เครื่องสมารถทำงานได้ในโหมดอัตโนมัติและปริมาณผงถ่านที่บดได้จากตัวเครื่องนั้นมีค่าน้อยกว่าจากที่คำนวณดังรูปที่ 4.9 และมีค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 9.673

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.5 เครื่องสามารถปล่อยน้ำและแป้งมันลงถังกวนได้ และสามารถกวนผงถ่านที่บดได้ รวมกับน้ำและแป้งมันดังรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรค วิธีการแก้ไข และข้อเสนอแนะของการทำเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การทดลองเซนเซอร์โหลดเซลล์

จากการทดลองใช้งานเซนเซอร์โหลดเซลล์ใช้วัตถุที่มีน้ำหนักต่างกัน 5 ชิ้นมาทำการทดลองโดยการนำไปใส่ลงในถังกวนที่มีโหลดเซลล์ติดตั้งอยู่แล้วอ่านค่าผ่านทางจอแอลซีดีแล้วนำวัตถุชิ้นเดิมมาชั่งน้ำหนักจากเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลแล้วเปรียบเทียบค่านั้น ค่าน้ำหนักที่ได้มีความใกล้เคียงกัน แต่จะมีความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยล่ะ 0.874 และค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากจอแอลซีดีนั้นไม่คงที่

5.1.2 การทดลองบดถ่าน

จากการทดลองบดถ่านทั้ง 5 ครั้งนั้นเครื่องสามารถบดถ่านออกมาเป็นผงได้และได้ความละเอียดของแต่ละครั้งใกล้เคียงกันในแต่ละครั้ง ซึ่งจะบดได้ออกมาเป็นผง แต่จะมีผงหยาบอยู่บ้างเล็กน้อย

5.1.3 การทดลองควบคุมปริมาณผงถ่านที่บดได้

จากการทดลองควบคุมปริมาณผงถ่านที่บด ทำการบดโดยเลือกใช้โหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ เลือกปริมาณผงถ่านตั้ง 1 กิโลกรัมถึง 5 กิโลกรัม เพิ่มครั้งละ 1 กิโลกรัม สรุปได้ว่าเครื่องสามารถบดถ่านได้ตั้งแต่ 1 กิโลกรัมถึง 5 กิโลกรัม และปริมาณผงถ่านที่บดได้จากตัวเครื่องมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ร้อยละ 5.484

5.1.4 การทดลองการใช้งานโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง

จากการทดลองการใช้งานในโหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง เมื่อหมายเลข 2 จากคีย์แพดเพื่อเลือกเป็นโหมดหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเอง แล้วกดหมายเลข 1 ถึงหมายเลข 7 จากคีย์แพดแล้วเอาต์พุตต่างๆ จากตัวเครื่องบดถ่านอัตโนมัตินั้นสามารถทำงานได้อย่างปรกติ และมีค่าน้ำหนักทั้งค่าน้ำหนักของผงถ่านที่จะลงในถังพักผงถ่านหลักจากบด และค่าน้ำหนักของแป้งมันและน้ำที่ลงในถังกวนน้ำและแป้งมันแสดงทางจอแอลซีดี โดยจะแสดงข้อความ [C=] ตามด้วยค่าน้ำหนักของผงถ่าน และ [W=] ตามด้วยค่าน้ำหนักของน้ำและแป้งมัน

5.1.5 การทดลองใช้งานในโหมดอัตโนมัติ

จากการทดลองการใช้งานในโหมดอัตโนมัติ เมื่อกดหมายเลข 1 จากคีย์แพดเพื่อเลือกโหมดอัตโนมัติแล้วกด หมายเลข 1 ถึงหมายเลข 5 จากคีย์แพดแล้วเพื่อเลือกปริมาณน้ำหนักของผงถ่านที่ต้องการคือ ตั้งแต่ 1 กิโลกรัม ถึง 5 กิโลกรัม แต่ในการทดลองจะทดลองแค่ 1 กิโลกรัม 2 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 3 กิโลกรัม ผลการทดลองคือเครื่องสามารถทำงานได้อย่าปรกติ แป้งมันและน้ำสามารถลงในถังกวนได้อย่างอัตโนมัติผ่านมอเตอร์วาล์วไฟฟ้ากระแสสลับ เครื่องสามารถกวนส่วนผสมซึ่งจะมีผงถ่านน้ำและแป้งมันได้ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รวมถึงเครื่องสามารถมีสัญญาณเตือนเมื่อเครื่องทำงานเสร็จสิ้น คือจะมีเสียงบัซเซอร์ดังหลังจากที่เครื่องทำงานเสร็จสิ้น และค่าน้ำหนักของผงถ่านที่บดได้หลังจากการกวนรวมกับน้ำและแป้งมันแล้ว มีน้ำหนักน้อยกว่าจากที่คำนวณเอาไว้จากตารางที่ 5.1 และมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 9.673 ซึ่งมีค่าความผิดพลาดอยู่มากพอสมควร สาเหตุมาหลังจากเครื่องทำการบดเสร็จแล้วมีผงถ่านบางส่วนติดอยู่ในถังพักผงถ่าน ลงมาในถังกวนไม่หมด ส่งผลให้ค่าน้ำหนักผงถ่านที่บดได้น้อยกว่าที่คำนวณเอาไว้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ในการทดลองของโหมดอัตโนมัติเครื่องสามารถกดเลือกปริมาณผงถ่านที่ต้องการได้สูงสุดถึง 5 กิโลกรัม แต่ถังกวนทั้ง 3 ผสมมีความจุไม่พอที่จะรองรับปริมาณได้เพียงแค่ 3 กิโลกรัม แต่ส่วนอื่นยังสามารถรองรับได้ถึงสูงสุดถึง 5 กิโลกรัม ส่งผลให้ทำการทดลองในโหมดอัตโนมัติแบบครบถ้วนได้สูงสุดถึงแค่ 3 กิโลกรัม

2. ในการทดลองโหมดอัตโนมัตินั้นใช้เวลานานจนกว่าจะได้ผงถ่านครบถ้วนตามที่ต้องการ สาเหตุมาจากไม่สามารถใส่ถ่านที่จะนำไปบดได้ทีละมากๆ ซึ่งถ้าใส่ถ่านทีละมากๆ จะส่งผลให้ตัวบดนั้นติดไม่สามารถบดต่อได้

3. หลังจากทำการทดลองบดถ่านในบางครั้งจะมีผงถ่านเหลืออยู่ภายในถังพักผงถ่าน ส่งผลให้ขณะการแสดงค่าน้ำหนักทางจอแอลซีดีนั้น มีค่าผิดพลาดออกไป และจากการทดลองในโหมดอัตโนมัตินั้น ปริมาณผงถ่านที่ได้จากเครื่องนั้นมีค่าคลาดเคลื่อนไปจากที่คำนวณมากพอสมควร

4. ค่าน้ำหนักที่แสดงทางจอแอลซีดีนั้นมีค่าไม่คงที่และคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย

5. เมื่อตัวเครื่องทำงานนั้นในบางครั้งโซ่บริเวณด้านหลังของตัวเครื่องหลุดออก ทำให้ต้องทำการทดลองใหม่

6. ขณะทำการบดเมื่อใส่ถ่านลงไปทำการบดนั้น จะมีเศษถ่านกระเด็นออกทางช่องใส่ถ่านออกมาจำนวนมาก

5.3 วิธีการแก้ไข

1. ขณะใส่ถ่านลงในช่องใส่ถ่านเพื่อทำการบดนั้น ใส่ถ่านทีละก้อนทำให้ตัวบดทำการบดได้อย่างต่อเนื่องไม่เกิดการติดขัดแม้ว่าจะใช้ระยะเวลานานกว่า

2. ทำการใส่น็อตยึดบริเวณสเตอร์ให้แน่น และทำการปรับให้โซ่ให้พอดีไม่แน่นและไม่หลวมเกินไป

3. ทำช่องใส่ถ่านให้มีที่เปิด-ปิดได้ทำให้ถ่านไม่กระเด็นออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ทำการปรับเปลี่ยนโครงสร้างด้านล่างที่บริเวณถังกวนให้สามารถรองรับผงถ่านและน้ำในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้สามารถทำการทดลองในโหมดอัตโนมัติได้ปริมาณน้ำหนักที่มากขึ้นได้

2. สามารถเป็นปรับเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟให้มีกระแสที่มากขึ้น ทำให้อุปกรณ์เอาต์พุตสามารถทำงานได้พร้อมกันได้

3. สามารถเพิ่มให้สั่งการผ่านโทรศัพท์ได้ โดยใช้ NodeMCU Esp8266 เข้ามาช่วย

4. สามารถ ลดระยะเวลาในการปล่อยน้ำได้โดย ใช้โซลินอยวาล์วที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ แต่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟให้เหมาะสมกับตัวโซลินอยวาล์ว

5. สามารถปรับเปลี่ยนการเขียนโปรแกรมให้ ค่าน้ำหนักที่ได้และสถาระการทำงานสามารถแจ้งเตือนผ่านไลน์ได้ โดยใช้ NodeMCU Esp8266 เข้ามาช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] “ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโน่เมกะ 2560” (Arduino Mega 2560) (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: http://www.lungmaker.com/arduino-mega-2560 เข้าถึงครั้งสุดท้าย 16 มิถุนายน 2565.

[2] อภิรักษ์ สุขเกษม, **“มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ”**, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น. บมจ, 2561. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 19 มีนาคม 2565.

[3] ไชยชาญ หินเกิด, **“มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม”**, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2560. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 5 กุมภาพันธ์ 2565.

[4] “โซลิตสเตทรีเลย์” (Solid State Relay) (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: https://www.prd.go.th/th/file/get/file/2022 เข้าถึงครั้งสุดท้าย 15 มิถุนายน 2565.

[5] จ่าเนียร ศิลปวานิช, **“เฟือง”**, พิมพ์ครั้งที่ 1, ปทุมธานี, สำนักพิมพ์สกายบุ๊กส์, 2538. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 20 กรกฎาคม 2565.

[6] ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์, **“การป้องกันและรีเลย์”**, พิมพ์ครั้งที่ 3, นนทบุรี, สำนักพิมพ์powerjoe, เข้าถึงครั้งสุดท้าย 6 มีนาคม 2565.

[7] สุวัฒน์ แซ่ตั้น, **“ปฐมบทของวงจรจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง”**, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น. บมจ, 2553. เข้าถึงครั้งสุดท้าย 11 เมษายน 2565.

[8] “โหลดเซลล์” (Load cell) (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: https://blog.thaieasyelec.com/how-to-use-load-cell เข้าถึงครั้งสุดท้าย 19 พฤษภาคม 2565.

[9] “โซลินอยด์วาล์ว” (Solenoid Valve) (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: https://www.densakda.com/solenoid-valve เข้าถึงครั้งสุดท้าย 17 กรกฎาคม 2565.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>  //เรียกใช้ library
#LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
#include <Keypad_I2C.h>
#include <Keypad.h>
#include <Wire.h>
#include <TimeLib.h>
#include <DS1307RTC.h>
#define I2CADDR 0x20
#include "HX711.h"
float calibration_factor1 = 44818.00;  //เซ็ตค่าโหลดเซลล์
#define zero_factor1 8383180
float calibration_factor2 = 52506.00;
#define zero_factor2 7768106
#define DOUT1  A14 // กำหนดตัวแปรของขาอินพุต
#define CLK1   A15
#define DEC_POINT  1
#define DOUT2 A13
#define CLK2  A12
#define DEC_POINT  2
float offset=0;
float get_units_kg1();
float get_units_kg2();
HX711 scale1(DOUT1, CLK1);
HX711 scale2(DOUT2, CLK2);
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 4;
String key;
volatile int x = 0;
volatile int y = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
volatile int k = 0;
volatile int a = 0;
volatile int charcoal_upr = 0;
volatile int charcoal_low = 0;
volatile int water_upr = 0;
volatile int water_low = 0;
char hexaKeys[ROWS][COLS] =
{
 {'1','2','3','A'},
 {'4','5','6','B'},
 {'7','8','9','C'},
 {'*','0','#','D'},
};
byte rowPins[ROWS] = {0, 1, 2, 3};
byte colPins[COLS] = {4, 5, 6, 7};
Keypad_I2C customKeypad(makeKeymap(hexaKeys), rowPins, colPins, ROWS, COLS,
I2CADDR);
#define M101 3    // กำหนดตัวแปรของขาเอาต์พุต
#define M102 4
#define M103 5
#define M104 6
#define Sol1 7
#define Sol2 8
#define Sol3 9
#define Buzzer 12
float valuedata1;
float valuedata2;
int state1,state2,state3,state4,state5,state6,state7,state8;    //state

void allstop()     //คำสั่งให้ทุกตัวหยุดทำงาน
{
 digitalWrite(M101,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite(M102,HIGH);
  digitalWrite(M103,HIGH);
  digitalWrite(M104,HIGH);
  digitalWrite(Sol1,HIGH);
  digitalWrite(Sol2,LOW);
  digitalWrite(Sol3,LOW);
  digitalWrite(Heater,HIGH);
  digitalWrite(Buzzer,LOW);
}
void setup()     //ตั้งค่าาอินพุตและเอาต์พุตของระบบ
{
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin( );
  customKeypad.begin( );
  lcdinterface();
  select();
  Serial.println("Load Cell");
  scale1.set_scale(calibration_factor1);
  scale1.set_offset(zero_factor1);
  scale2.set_scale(calibration_factor2);
  scale2.set_offset(zero_factor2);
    pinMode(M101,OUTPUT);
    pinMode(M102,OUTPUT);
    pinMode(M103,OUTPUT);
    pinMode(M104,OUTPUT);
    pinMode(Sol1,OUTPUT);
    pinMode(Sol2,OUTPUT);
    pinMode(Sol3,OUTPUT);
    pinMode(Heater,OUTPUT);
    pinMode(Buzzer,OUTPUT);
    digitalWrite(M101,HIGH);
    digitalWrite(M102,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  digitalWrite(M103,HIGH);
  digitalWrite(M104,HIGH);
  digitalWrite(Sol1,HIGH);
  digitalWrite(Sol2,LOW);
  digitalWrite(Sol3,LOW);
  digitalWrite(Heater,HIGH);
  digitalWrite(Buzzer,LOW);
}
void loop()      //คำสั่งวนลูป
{
  runn();
  delay(250);
}
void loadcell()    //คำสั่งอ่านค่าโหลดเซลล์
{
  readvalue1();
  readvalue2();
}
void lcdinterface()    //แสดงข้อความจอแอลซีดี
{
 lcd.begin();
 lcd.clear();
 lcd.print("Wait.....");
 delay(500);
 lcd.clear();
 while(!customKeypad.getKey())
 {
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("please enter any");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("key ?");
 }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 lcd.clear();
}
void select()    //จอแอลซีดีให้เลือกโหมด
{
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.print("1.Automatic");
 lcd.setCursor(0,1);
 lcd.print("2.Manual");
}
void runn()    //แทนค่าตัวเลขที่กดบนคีย์แพดลงตัวแปรp
{
 key = customKeypad.getKey();
 int p = key.toInt();
 Serial.println(key);
 tmElements_t tm;
 if(key!=NO_KEY)
 {
  if(key=="1" && x==0)        //เมื่อกดเลข1เลือกโหมดอัตโนมัติ
  {
   lcd.clear();
   lcd.print("AUTOMATION");
   lcd.setCursor(0,0);
   y=1;

  }
  else if (key == "2" && y==0)       //เมื่อกดเลข2 เลือกโหมด ควบคุมด้วยมือ
  {
   lcd.clear();
   lcd.print("MANUAL");
   lcd.setCursor(0,0);
   x=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
else if (key == "3" && y==0 && x==0)     //กด3เพื่ออ่านค่าน้ำหนักจากเซนเซอร์โหลดเซลล์ตัวที่1
{
 loadcell();
 lcd.clear();
 lcd.print(valuedata1);
 lcd.setCursor(0,0);
}
else if (key == "4" && y==0 && x==0)      //กด4เพื่ออ่านค่าน้ำหนักจากเซนเซอร์โหลดเซลล์ตัวที่2
{
 loadcell();
 lcd.clear();
 lcd.print(valuedata2);
 lcd.setCursor(0,0);
}

else if (key=="C")     //กดCเพื่อให้ใช้คำสั่ง allstop
{
 allstop();
 lcd.clear();
 select();
 x=0;
 y=0;
 p=0;
 k=0;
 a=0;
}

else if (key=="A")     //กดAเพื่อให้หน้าจอแอลซีดีแสดงค่าน้ำหนัก
{
  loadcell();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 lcd.setCursor(10,0);
 lcd.print("C=");
 lcd.setCursor(12,0);
 lcd.print(valuedata1-3.80);
 lcd.setCursor(10,1);
 lcd.print("W=");
 lcd.setCursor(12,1);
 lcd.print(valuedata2-1.88);
}

  if(x==1&&y==0&&key!="D"&&p<=8&&p!=0) //กดปุ่มD ในโหมดอัตโนมัติเพื่อให้เครื่องเริ่มทำงาน
  {
      lcd.setCursor(7,1);
      lcd.print(p);
      lcd.setCursor(0,1);
      lcd.print("NUMBER");
       {
      if(p==1)                    // กดเลข1 ให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับทำงาน
      {
        state1=!state1;
        if(state1==1)
        {
          digitalWrite(M101,LOW);
        }
        else
        {
           digitalWrite(M101,HIGH);
        }
      }
      else if(p==2)                 //กดเลข2 ให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตัวที่1ทำงาน
      {
        state2=!state2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if(state2==1)
  {
   digitalWrite(M102,LOW);
  }
  else
  {
   digitalWrite(M102,HIGH);
  }
 }
else if(p==3)                    //กดเลข3 ให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตัวที่2 ทำงาน
 {
  state3=!state3;
  if(state3==1)
  {
   digitalWrite(M103,LOW);
  }
  else
  {
   digitalWrite(M103,HIGH);
  }
 }
else if(p==4)                    //กดเลข4 ให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตัวที่3ทำงาน
 {
  state4=!state4;
  if(state4==1)
  {
   digitalWrite(M104,LOW);
  }
  else
  {
   digitalWrite(M104,HIGH);
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 }
else if(p==5)                    //กดเลข5 ให้โซลินอยด์วาล์วทำงาน
 {
  state5=!state5;
  if(state5==1)
  {
   digitalWrite(Sol1,LOW);
  }
  else
  {
   digitalWrite(Sol1,HIGH);
  }
 }
else if(p==6)                    //กดเลข6 ให้มอเตอร์วาล์วไฟฟ้าตัวที่1ทำงาน
 {
  state6=!state6;
  if(state6==1)
  {
   digitalWrite(Sol2,HIGH);
  }
  else
  {
   digitalWrite(Sol2,LOW);
  }
 }
else if(p==7)                    //กดเลข7 ให้มอเตอร์วาล์วไฟฟ้าตัวที่2ทำงาน

 {
  state7=!state7;
  if(state7==1)
  {
   digitalWrite(Sol3,HIGH);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      }
      else
      {
        digitalWrite(Sol3,LOW);
      }
     }

   }
}
if(y==1&&x==0&&key!="D"&&p<=8&&p!=0)       //หน้ากดเลือกน้ำหนัก ของโหมดอัตโนมัติ
{
 lcd.setCursor(0,1);
 lcd.print("Enter value:");
 lcd.setCursor(14,1);
 lcd.print("KG");
 lcd.setCursor(13,1);
 lcd.print(p);

  if(p==1) //น้ำหนัก 1 กิโลกรัม
  {
    k=1;
    charcoal_upr = 5.20;
    charcoal_low = 5.00;
    water_upr = 2.20;
    water_low = 2.10;
  }
  else if(p==2) //น้ำหนัก 2 กิโลกรัม
  {
    k=2;
    charcoal_upr = 6.20;
    charcoal_low = 6.00;
    water_upr = 2.50;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    water_low = 2.40;
   }
   else if(p==3) //น้ำหนัก 3 กิโลกรัม
   {
    k=3;
    charcoal_upr = 7.20;
    charcoal_low = 7.00;
    water_upr = 2.80;
    water_low = 2.70;
   }
   else if(p==4) //น้ำหนัก 4 กิโลกรัม
   {
    k=4;
    charcoal_upr = 8.20;
    charcoal_low = 8.00;
    water_upr = 3.30;
    water_low = 3.10;
   }
   else if(p==5) //น้ำหนัก 5 กิโลกรัม
   {
    k=5;
    charcoal_upr = 9.20;
    charcoal_low = 9.00;
    water_upr = 3.60;
    water_low = 3.40;
   }
}
 if(y==1&&x==0&&key=="D"&&k<=8&&k!=0)
 {

  a=0;//ลำดับการทำงานของโหมดอัตโนมัติ
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
lcd.clear();
lcd.print("Running");
delay (3000);

 if (a==0)
  {
     digitalWrite(M101,LOW);
     digitalWrite(Sol1,LOW);
   a=1;
   delay (10000);
  }

 if (a==1)
  {
   loadcell();
   lcd.setCursor(10,0);
   lcd.print("C=");
   lcd.setCursor(12,0);
   lcd.print(valuedata1-3.98);
   lcd.setCursor(10,1);
   lcd.print("W=");
   lcd.setCursor(12,1);
   lcd.print(valuedata2-1.88);
   if(valuedata1 < charcoal_upr && valuedata1 > charcoal_low)
    {
    digitalWrite(M101,HIGH);
    }
   if(valuedata2 < water_upr && valuedata2 > water_low)
    {
    digitalWrite(Sol1,HIGH);
    }
   a=2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   delay (5000);
  }

if (a==2)
  {
   digitalWrite(M104,LOW);
   digitalWrite(M103,LOW);
   a=3;
   delay (30000);
  }

if (a==3)
  {
   digitalWrite(M102,LOW);
   digitalWrite(M103,HIGH);
   digitalWrite(Sol2,HIGH);
   digitalWrite(Sol3,HIGH);
   a=4;
   delay (30000);
  }


if (a==4)
  {
   digitalWrite(M102,HIGH);
   digitalWrite(M104,HIGH);
   digitalWrite(Sol2,LOW);
   digitalWrite(Sol3,LOW);
   a=5;
   delay (3000);
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          if (a==5)
           {
             digitalWrite(Buzzer,HIGH);
             a=6;
             delay (3000);
           }

          if (a==6)
           {
             digitalWrite(Buzzer,LOW);
             allstop();
             lcd.clear();
             select();
             x=0;
             y=0;
             p=0;
             k=0;
             a=0;
           }
       }
  }

}
   float get_units_kg1() //set ค่าของโหลดเซลล์
   {
    return(scale1.get_units()*0.453592);
   }
   float get_units_kg2()
   {
    return(scale2.get_units()*0.453592);
   }
  void readvalue1()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  {
    Serial.print("Reading 1 : ");
    String data1 = String(get_units_kg1()+offset, DEC_POINT);
    valuedata1 = data1.toFloat();
    Serial.print(data1);
    Serial.println("kg");
  }
void readvalue2()
  {
    Serial.print("Reading 2 : ");
    String data2 = String(get_units_kg2()+offset, DEC_POINT);
    valuedata2 = data2.toFloat();
    Serial.print(data2);
    Serial.println("kg");
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานเครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องบดถ่านอัตโนมัติ

1. ทำการเติมน้ำลงในถังน้ำให้เต็มถัง

2. เตรียมแป้งมันที่จะนำไปผสมกับน้ำ พร้อมใส่ลงในถังกวนน้ำและแป้งมัน

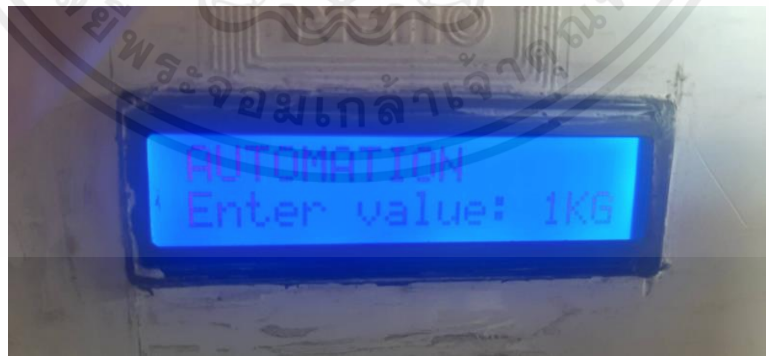
3. ทำการเสียบปลั๊กไฟเพื่อจ่ายไฟให้กับเครื่อง

4. เปิดสวิตซ์ของตัวเครื่อง

5. เลือกโหมดของเครื่อง โดยกดหมายเลข1บนคีย์แพด เพื่อเลือกใช้โหมด อัตโนมัติ หรือ กดหมายเลข2 เพื่อเลือกใช้โหมดควบคุมด้วยมือหรือโหมดผู้ใช้กำหนดเองดังรูปที่ ข.1

รูปที่ ข.1 เลือกใช้โหมดของเครื่อง

6. ต่อมาเมื่อเลือกโหมดอัตโนมัติ กดเลือกปริมาณผงถ่านที่ต้องการตั้งแต่ 1 กิโลกรัม ถึง 5 กิโลกรัม แล้วกดปุ่ม D ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 เลือกปริมาณผงถ่านที่ต้องการ

7. ค่อยใส่ถ่านที่จะนำไปบดลงในช่องใส่ถ่านจนกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะหยุดทำงาน

8. รอจนกว่าเครื่องจะทำงานเสร็จสิ้น โดยมาเสียงบัซเซอร์ดังออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ถ้าหากเลือกโหมดควบคุมด้วยมือ สามารถกดปุ่ม จากคีย์แพดตั้งแต่ 1-7 เพื่อให้ส่วนต่างๆ ของเครื่องทำงานดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงการทำงานของส่วนต่างๆของเครื่องในโหมดควบคุมด้วยมือ

ปุ่มบนคีย์แพด	เอาต์พุต
หมายเลข 1	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 3 แรงที่ขับให้ตัวบดถ่านทำงาน
หมายเลข 2	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ถังกวนส่วนผสมทั้ง 3
หมายเลข 3	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ถังกวนน้ำและแป้งมัน
หมายเลข 4	มอเตอร์ที่ถังพักผงถ่าน
หมายเลข 5	โซลินอยด์วาล์วสำหรับปล่อยน้ำ
หมายเลข 6	มอเตอร์วาล์วไฟฟ้าที่ถังพักผงถ่าน
หมายเลข 7	มอเตอร์วาล์วไฟฟ้าที่ถังกวนน้ำและแป้งมัน

10. ขณะที่อยู่ในโหมดควบคุมด้วยมือ สามารถกดปุ่ม A บนคีย์แพดเพื่อให้หน้าจอแอลซีดีแสดงค่าน้ำหนักของผงถ่านที่บดได้ และค่าน้ำหนักของน้ำและแป้งมันที่อยู่ในถังกวนน้ำและแป้งมันดังรูปที่ ข.3

รูปที่ ข.3 หน้าจอแอลซีดีแสดงค่าน้ำหนักหลังจากกดปุ่ม A

11. หากกดปุ่มไหนแล้ว สามารถกดปุ่มเดิมอีกครั้งเพื่อให้เครื่องหยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

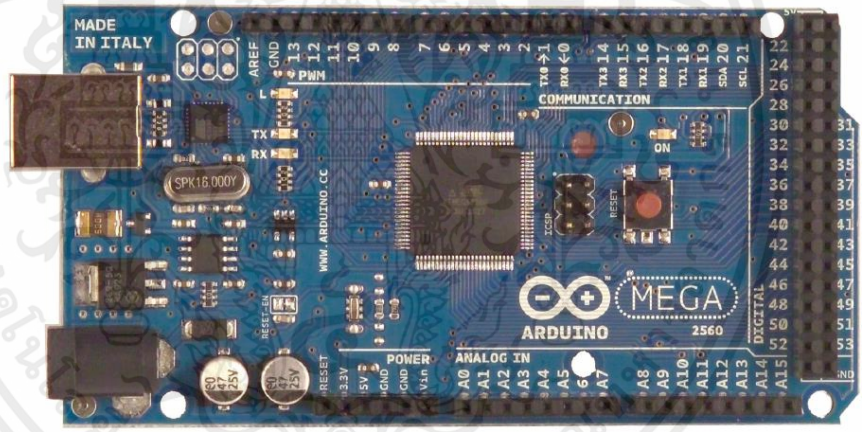
ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)

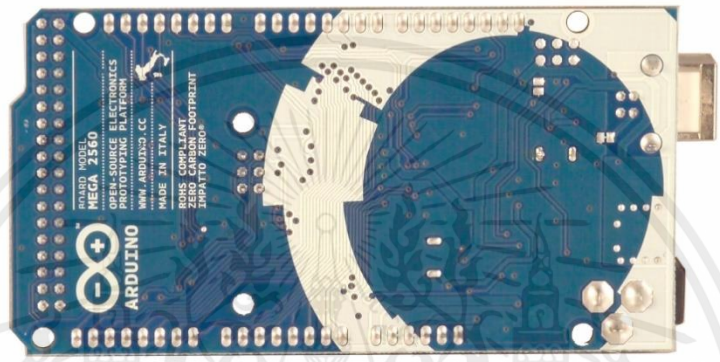
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ARDUINO

Arduino Mega 2560 Datasheet



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 (datasheet). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Schematic & Reference Design

EAGLE files: arduino-mega2560-reference-design.zip

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic: arduino-mega2560-schematic.pdf

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using pinMode() , digitalWrite(), and digitalRead() functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the attachInterrupt() function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the analogWrite() function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the SPI library. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I2C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I2C (TWI) communication using the Wire library (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I2C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and analogReference() function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with analogReference().
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically. The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).
A SoftwareSerial library allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.
The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the documentation on the Wiring website for details. For SPI communication, use the SPI library.

Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software (download). For details, see the reference and tutorials.
The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a bootloader that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

communicates using the original STK500 protocol (reference, C header files).
You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see these instructions for details.

Automatic (Software) Reset

Rather then requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.
This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.
The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see this forum thread for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega2560 and Duemilanove / Diecimila. *Please note that I^2C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).*

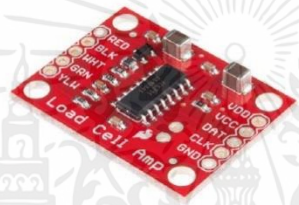
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

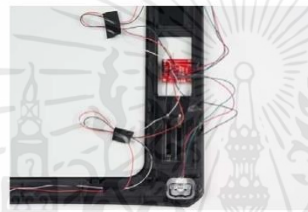
A selection of different load cells

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.

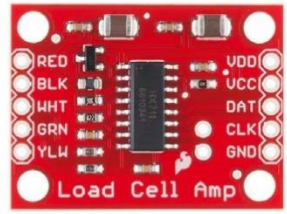
Make sure to read the datasheet for the load cell you are using and get the correct screws to fit into it.

- 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.

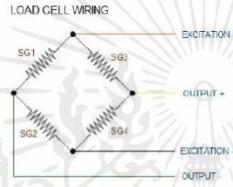
Load cell measurements can be off by +/- 5% due to a range of things including temperature, creep, vibration, drift, and other electrical and mechanical interferences. Before you install your scale, take a moment and design your system to allow for easy calibration or be able to adjust the code parameters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

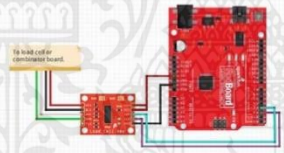
Once the load cell is is hooked up to the amplifier, you can hook up VDD, VCC, DAT, CLK, and GND to a microcontroller such as a RedBoard or Arduino board.

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.

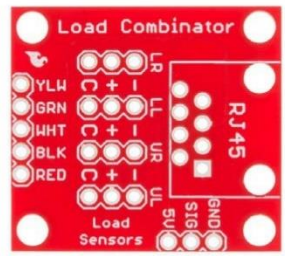


Fritzing diagram of HX711 amplifier connected to a RedBoard

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

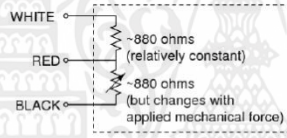
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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.

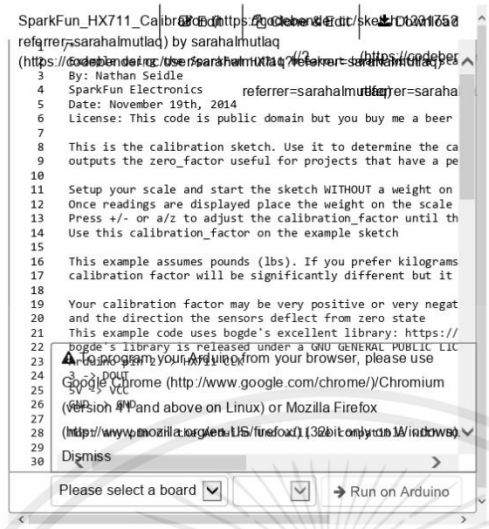
GITHUB REPOSITORY

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.

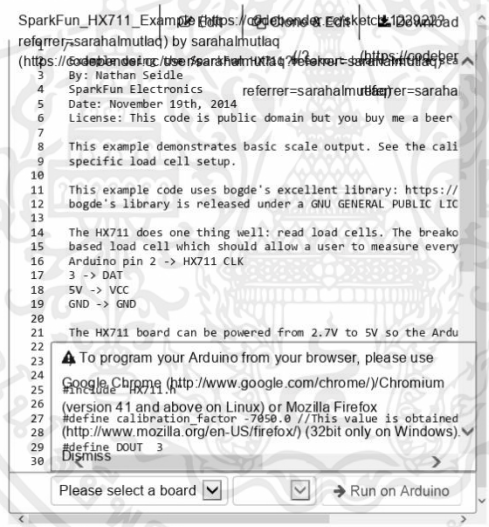
Or you can easily get started and running with everything in Codebender!

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

Resources and Going Further

Want to know more? Check out this tutorial if you haven't already:

Getting Started with Load Cells
JUNE 11, 2015
A tutorial defining what a load cell is and how to use one.

Need even more? Check out this awesome article wheatstone bridges and load cell types.

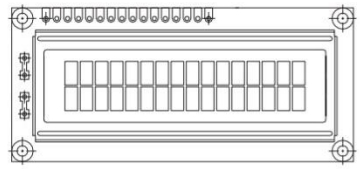
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VISHAY

LCD-016M002B

Vishay

16 x 2 Character LCD



FEATURES

- 5 x 8 dots with cursor
- Built-in controller (KS 0066 or Equivalent)
- + 5V power supply (Also available for + 3V)
- 1/16 duty cycle
- B/L to be driven by pin 1, pin 2 or pin 15, pin 16 or A.K (LED)
- N.V. optional for + 3V power supply

MECHANICAL DATA

ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	80.0 x 36.0	mm
Viewing Area	66.0 x 16.0	mm
Dot Size	0.56 x 0.66	mm
Character Size	2.96 x 5.56	mm

ABSOLUTE MAXIMUM RATING

ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	VDD-VSS	- 0.3	–	7.0	V
Input Voltage	VI	- 0.3	–	VDD	V

NOTE: VSS = 0 Volt, VDD = 5.0 Volt

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

ITEM	SYMBOL	CONDITION		STANDARD VALUE			UNIT
				MIN.	TYP.	MAX.	
Input Voltage	VDD	VDD = + 5V		4.7	5.0	5.3	V
		VDD = + 3V		2.7	3.0	5.3	V
Supply Current	IDD	VDD = 5V		–	1.2	3.0	mA
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version Module	VDD - V0	- 20 °C		–	–	–	V
		0°C		4.2	4.8	5.1	
		25°C		3.8	4.2	4.6	
		50°C		3.6	4.0	4.4	
		70°C		–	–	–	
LED Forward Voltage	VF	25°C		–	4.2	4.6	V
LED Forward Current	IF	25°C	Array	–	130	260	mA
			Edge	–	20	40	
EL Power Supply Current	IEL	Vel = 110VAC:400Hz		–	–	5.0	mA

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE:

Display Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DD RAM Address	00	01														0F
DD RAM Address	40	41														4F

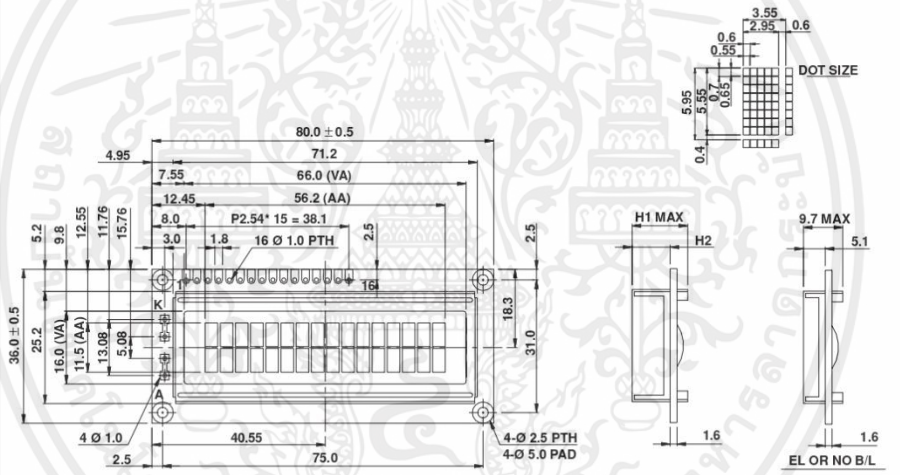
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LCD-016M002B

Vishay — 16 x 2 Character LCD

PIN NUMBER	SYMBOL	FUNCTION
1	Vss	GND
2	Vdd	+ 3V or + 5V
3	Vo	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register Select Signal
5	R/$\overline{W}$	H/L Read/Write Signal
6	E	H →L Enable Signal
7	DB0	H/L Data Bus Line
8	DB1	H/L Data Bus Line
9	DB2	H/L Data Bus Line
10	DB3	H/L Data Bus Line
11	DB4	H/L Data Bus Line
12	DB5	H/L Data Bus Line
13	DB6	H/L Data Bus Line
14	DB7	H/L Data Bus Line
15	A/Vee	+ 4.2V for LED/Negative Voltage Output
16	K	Power Supply for B/L (OV)

DIMENSIONS in millimeters



LED - H/L B/L	HIGH	LOW
H1	13.2	12.1
H2	8.6	7.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARALLAX

Web Site: www.parallax.com
Forums: forums.parallax.com
Sales: sales@parallax.com
Technical: support@parallax.com

Office: (916) 624-8333
Fax: (916) 624-8003
Sales: (888) 512-1024
Tech Support: (888) 997-8267

4x4 Matrix Membrane Keypad (#27899)

This 16-button keypad provides a useful human interface component for microcontroller projects. Convenient adhesive backing provides a simple way to mount the keypad in a variety of applications.

Features

- Ultra-thin design
- Adhesive backing
- Excellent price/performance ratio
- Easy interface to any microcontroller
- Example programs provided for the BASIC Stamp 2 and Propeller P8X32A microcontrollers

Key Specifications

- Maximum Rating: 24 VDC, 30 mA
- Interface: 8-pin access to 4x4 matrix
- Operating temperature: 32 to 122 °F (0 to 50°C)
- Dimensions:
  Keypad, 2.7 x 3.0 in (6.9 x 7.6 cm)
  Cable: 0.78 x 3.5 in (2.0 x 8.8 cm)

Application Ideas

- Security systems
- Menu selection
- Data entry for embedded systems

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

How it Works

Matrix keypads use a combination of four rows and four columns to provide button states to the host device, typically a microcontroller. Underneath each key is a pushbutton, with one end connected to one row, and the other end connected to one column. These connections are shown in Figure 1.

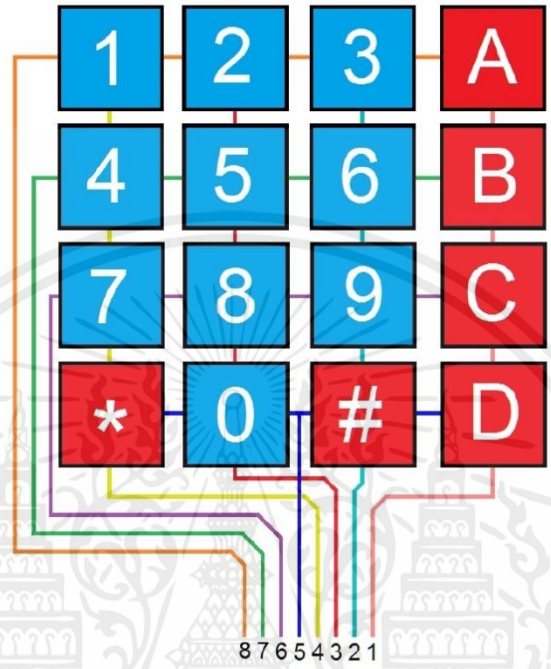


Figure 1: Matrix Keypad Connections

In order for the microcontroller to determine which button is pressed, it first needs to pull each of the four columns (pins 1-4) either low or high one at a time, and then poll the states of the four rows (pins 5-8). Depending on the states of the columns, the microcontroller can tell which button is pressed.

For example, say your program pulls all four columns low and then pulls the first row high. It then reads the input states of each column, and reads pin 1 high. This means that a contact has been made between column 4 and row 1, so button 'A' has been pressed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

Figure 2

For use with the BASIC Stamp example program listed below.

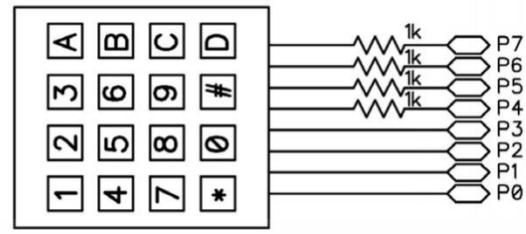
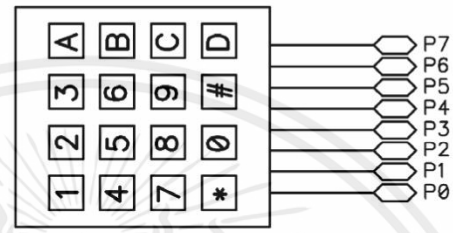


Figure 3

For use with the Propeller P8X32A example program listed below.



BASIC Stamp® Example Code

The example code below displays the button states of the 4x4 Matrix Membrane Keypad. It uses the Debug Terminal, which is built into the BASIC Stamp Editor software. The software is a free download from www.parallax.com/basicstampsoftware.

```
' 4x4MatrixKeypad_Demo.bs2
' Display buttons pressed on the 4x4 Matrix Membrane Keypad
' Author: Parallax HK Engineering

' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

row         VAR  Nib                    ' Variable space for row counting
column      VAR  Nib                    ' Variable space for column counting
keypad      VAR  Word                   ' Variable space to store keypad output
keypadOld   VAR  Word                   ' Variable space to store old keypad output
temp        VAR  Nib                    ' Variable space for polling column states

DEBUG CLS                               ' Clear Debug Terminal
GOSUB Update                            ' Display keypad graphic

DO
  GOSUB ReadKeypad                      ' Read keypad button states
  DEBUG HOME, BIN16 keypad, CR, CR,     ' Display 16-bit keypad value
             BIN4 keypad >> 12,CR,      ' Display 1st row 4-bit keypad value
             BIN4 keypad >> 8, CR,      ' Display 2nd row 4-bit keypad value
             BIN4 keypad >> 4, CR,      ' Display 3rd row 4-bit keypad value
             BIN4 keypad                ' Display 4th row 4-bit keypad value
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  IF keypad <> keypadOld THEN               ' If different button is pressed,
    GOSUB Update                            ' update the keypad graphic to clear
  ENDIF                                     ' old display

  IF keypad THEN                            ' Display button pressed in graphic
    GOSUB display
  ENDIF

  keypadOld = keypad                        ' Store keypad value in variable keypadOld
LOOP

' -----[ Subroutine - ReadKeypad ]-------------------------------------------------
' Read keypad button states
ReadKeypad:
  keypad = 0
  OUTL   = %00000000                        ' Initialize IO
  DIRL   = %00000000

  FOR row = 0 TO 3
    DIRB = %1111                            ' Set columns (P7-P4) as outputs
    OUTB = %0000                            ' Pull columns low (act as pull down)
    OUTA = 1 << row                         ' Set rows high one by one
    DIRA = 1 << row

    temp = 0                                ' Reset temp variable to 0
    FOR column = 0 TO 3
      INPUT (column + 4)                    ' Set columns as inputs
      temp = temp | (INB & (1 << column))   ' Poll column state and store in temp
    NEXT

    keypad = keypad << 4 | (Temp REV 4)     ' Store keypad value
  NEXT
RETURN

' -----[ Subroutine - Update ]-----------------------------------------------------
' Graphical depiction of keypad
Update:
  DEBUG CRSRXY,0,7,
    "+---+---+---+---+",CR,
    "|   |   |   |   |",CR,
    "+---+---+---+---+",CR,
    "|   |   |   |   |",CR,
    "+---+---+---+---+",CR,
    "|   |   |   |   |",CR,
    "+---+---+---+---+",CR,
    "|   |   |   |   |",CR,
    "+---+---+---+---+"
RETURN

' -----[ Subroutine - Display ]---------------------------------------------------
' Display button pressed in keypad graphic
Display:
  IF KeyPad.BIT15 THEN  DEBUG CRSRXY, 02,08,"1"
  IF Keypad.BIT14 THEN  DEBUG CRSRXY, 06,08,"2"
  IF KeyPad.BIT13 THEN  DEBUG CRSRXY, 10,08,"3"
  IF KeyPad.BIT12 THEN  DEBUG CRSRXY, 14,08,"A"
  IF KeyPad.BIT11 THEN  DEBUG CRSRXY, 02,10,"4"
  IF KeyPad.BIT10 THEN  DEBUG CRSRXY, 06,10,"5"
  IF KeyPad.BIT9  THEN  DEBUG CRSRXY, 10,10,"6"
  IF Keypad.BIT8  THEN  DEBUG CRSRXY, 14,10,"B"
  IF KeyPad.BIT7  THEN  DEBUG CRSRXY, 02,12,"7"
  IF KeyPad.BIT6  THEN  DEBUG CRSRXY, 06,12,"8"
  IF KeyPad.BIT5  THEN  DEBUG CRSRXY, 10,12,"9"
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  IF Keypad.BIT4  THEN  DEBUG CRSRXY, 14,12,"C"
  IF KeyPad.BIT3  THEN  DEBUG CRSRXY, 02,14,"*"
  IF Keypad.BIT2  THEN  DEBUG CRSRXY, 06,14,"0"
  IF KeyPad.BIT1  THEN  DEBUG CRSRXY, 10,14,"#"
  IF Keypad.BIT0  THEN  DEBUG CRSRXY, 14,14,"D"
RETURN
```

Propeller™ P8X32A Example Code

The example code below displays the button states of the 4x4 Matrix Membrane Keypad, and is a modified version of the 4x4 Keypad Reader DEMO object by Beau Schwabe.

Note: This application uses the 4x4 Keypad Reader.spin object. It also uses the Parallax Serial Terminal to display the device output. Both objects and the Parallax Serial Terminal itself are included with the with the Propeller Tool v1.2.7 or higher, which is available from the Downloads link at www.parallax.com/Propeller.

```
{{ 4x4 Keypad Reader PST.spin
Returns the entire 4x4 keypad matrix into a single WORD variable indicating which buttons are
pressed. }}

CON

  _clkmode = xtal1 + pll16x
  _xinfreq = 5_000_000

OBJ
  text : "Parallax Serial Terminal"
  KP   : "4x4 Keypad Reader"

VAR
  word  keypad

PUB start
  'start term
  text.start(115200)
  text.str(string(13,"4x4 Keypad Demo..."))
  text.position(1, 7)
  text.str(string(13,"RAW keypad value `word`"))

  text.position(1, 13)
  text.str(string(13,"Note: Try pressing multiple keys"))

  repeat
    keypad := KP.ReadKeyPad      '<-- One line command to read the 4x4 keypad
    text.position(5, 2)
    text.bin(keypad>>0, 4)       'Display 1st ROW
    text.position(5,3)
    text.bin(keypad>>4, 4)       'Display 2nd ROW
    text.position(5, 4)
    text.bin(keypad>>8, 4)       'Display 3rd ROW
    text.position(5, 5)
    text.bin(keypad>>12, 4)      'Display 4th ROW
    text.position(5, 9)
    text.bin(keypad, 16)         'Display RAW keypad value
```

Revision History

v1.0: original document
v1.1: Updated Figure 1 on page 2
v1.2: Updated Figure 1 on page 2 (again); updated BS2 comments

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นางสาวณัฏฐธิดา สินสวัสดิ์

วัน เดือน ปีเกิด 22 ตุลาคม พ.ศ. 2542

ที่อยู่ 201 หมู่ 2 ตำบลท่าทองใหม่ อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84290

ประวัติการศึกษา พ.ศ.2560 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพจากวิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Tel. 0933814016

Email : 61511019@kmitl.ac.th

ชื่อ - นามสกุล นายเอกรัฐ ยอดชล

วัน เดือน ปีเกิด 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2542

ที่อยู่ 151 หมู่ 5 ตำบล ท่าดี อำเภอ ลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช 802030

ประวัติการศึกษา พ.ศ.2560สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพจากวิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช

Tel. 0887735248

Email : 61511029@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้