



เครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ
SEMI-AUTOMATIC TRICHODERMA PELLETT MAKING MACHINE

กัณฑ์ภัทร์ แก้วศรี

KANTAPAT KAEWSRI

พิพัฒน์พงษ์ ศรีพุทธา

PHIPHATPHONG SRIPHUTTHA

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ
SEMI-AUTOMATIC TRICHODERMA PELLETT MAKING MACHINE

กัณฑ์ภัทร์ แก้วศรี

KANTAPAT KAEWSRI

พิพัฒน์พงษ์ ศรีพุทธา

PHIPHATPHONG SRIPHUTTHA

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

สาขาวิชาวิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
เรื่อง เครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติ

Semi-Automatic Trichoderma Pellet Making Machine

ผู้จัดทำ

1. นายกันตภัทร์ แก้วศรี รหัสนักศึกษา 63201269

2. นายพิพัฒน์พงษ์ ศรีพุทธา รหัสนักศึกษา 63201280



.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญาบัตร	เครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ	
นักศึกษา	นายกันตภัทร์ แก้วศรี	รหัสนักศึกษา 63201269
	นายพิพัฒน์พงษ์ ศรีพุทธา	รหัสนักศึกษา 63201280
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์	
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ	
ปีการศึกษา	2565	

บทคัดย่อ

ปริญญาบัตรฉบับนี้นำเสนอการออกแบบเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติเพื่อใช้ในการผลิตไตรโคเตอร์มาอัดเม็ดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 มิลลิเมตรสำหรับใช้ในพืชสวน ตัวเครื่องมีส่วนของการเพาะเชื้อไตรโคเตอร์มา ส่วนถังรำข้าว ส่วนถังผสม และส่วนการอัดเม็ดมีสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายในการจ่ายไฟผ่านโมดูลสแต็ปดาว์น LM2596S ไปยังบอร์ดอาดุยโน เมก้า 2560 เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ถังเพาะเชื้อกับถังรำข้าวผ่านรีเลย์และใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ส่วนการอัดเม็ดผ่านโซลิดสเตตรีเลย์ ในส่วนของถังเพาะเชื้อมีเซ็นเซอร์สีและส่งค่าไปยังบอร์ดอาดุยโนเพื่อตรวจการขยายเชื้อ หลังจากถังเพาะเชื้อและผสมกับรำข้าวเสร็จแล้วสามารถเลือกน้ำหนักบรรจุได้ 3 ขนาด 100 กรัม, 500 กรัม, 1 กิโลกรัม เพื่อบรรจุลงถุง

จากการทดลองเครื่องอัดเม็ดไตรโคเตอร์มาพบว่าเครื่องสามารถผลิตไตรโคเตอร์มาได้เฉลี่ย 9.914 กิโลกรัม ต่อ 1 รอบการผลิต การทำงานของเซ็นเซอร์สีในการเพิ่มหากเชื้อขยายได้ไม่มากพอ แต่เกิดปัญหาจากโค้ดการทำงานทำให้บอร์ดอาดุยโนไม่เพิ่มวันในการเพาะเชื้อ ส่วนในการทำงานของการอัดเม็ดสามารถอัดได้และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ส่วนในการทำงานของการบรรจุ ทั้ง 3 ขนาดนั้น ที่ขนาด 100 กรัม เฉลี่ยได้ 111.4 กรัม มีค่าความผิดพลาด 11.4 % ที่ขนาด 500 กรัม เฉลี่ยได้ 503.8 กรัม มีค่าความผิดพลาด 1.439 % ที่ขนาด 1000 กรัม เฉลี่ยได้ 1026 กรัม มีค่าความผิดพลาด 2.505 %

คำสำคัญ: ไตรโคเตอร์มา, อาดุยโน, เซ็นเซอร์สี, รำข้าว

Project Title	Semi-Automatic Trichoderma Pellet Making Machine	
Student	Mr. Kantapat Kaewsri	Student ID 63201269
	Mr. Phiphatphong Sripitththa	Student ID 63201280
Advisor	Asst.Prof.Dr.Montree Chaichanyut	
Degree	Bachelor of Engineering	
Program in	Robotics and Intelligent Electronics Engineering	
Academic Year	2022	

ABSTRACT

This project presents the design of a semi-automatic trichoderma pellet making machine for the production of trichoderma pellets; with a diameter of 5 mm for use in horticulture. The machine has a part for trichoderma culture the rice bran tank. It mixing tank and pelletizing section have a switching power supply to supply power through. The LM2596S step-down module to the arduino mega 2560 board used to control the operation of the motor of the culture tank, the rice bran tank via relay and to control the operation of the motor. The pelletizing part via solid state relay. The incubator part has a color sensor, sends the values to the arduino board to monitor. The growth of the germ after culturing and mixing with rice bran, It can choose 3 packing weights: 100 grams, 500 grams and 1 kilogram for packing into bags.

From the test of the trichoderma pellet machine, it was found that the machine can produce an average of 9.914 kg of trichoderma per production cycle. There was a problem with the working code. causing the arduino board not to increase the incubation days. The part of the pelletizing operation was able to compress and had a diameter of 5 mm. In the working part of 3 packing sizes, at 100 grams, the average was 111.4 grams, with an error of 11.4%; at 500 grams. The average was 503.8 grams with an error of 1.439 % at a size of 1000 grams. It an average of 1026 grams with an error of 2.505 %.

Keywords: Trichoderma, Arduino, Color Sensor, Rice bran

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษา ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์มนตรี ไชยชาญยุทธ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำต่างๆ รวมทั้งเอื้อเฟื้อเครื่องมือเครื่องใช้ในการทำโครงการ และติดตามเกี่ยวกับงานโครงการตลอดมา ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ปกครอง ที่ให้ค่าปรึกษาในเรื่องต่างๆ โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการทำโครงการชั้นนี้ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำ คอยช่วยเหลือเสมอมา และต้องขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่คอยช่วยเหลือในการทำโครงการจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาบัตรฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กันตภัทร์ แก้วศรี

พิพัฒน์พงษ์ ศรีพุทธา

มิถุนายน 2566

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำโครงการ.....	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	2
1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	2
1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor)	5
2.1.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)	6
2.2 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply).....	6
2.3 หัวขับวาล์วไฟฟ้า (Electric Actuator).....	7
2.3.1 หัวขับไฟฟ้าแบบควอเตอร์เทิร์น (Quarter-turn electric actuator)	7
2.3.2 หัวขับไฟฟ้าแบบมัลติเทิร์น (Multi-tern electric actuator).....	8
2.3.3 หัวขับไฟฟ้าแบบลิเนียร์ (Linear actuator)	8
2.4 อาดุยโน่ เมก้า 2560 (Arduino Mega 2560)	8
2.4.1 โครงสร้างและการใช้งานบอร์ดอาดุยโน่ เมก้า 2560	9
2.5 เซ็นเซอร์สี (Color Sensor).....	10
2.6 ภาษาซี (C).....	11
2.7 ไตรโคเดอร์มา (Trichoderma).....	12
2.8 เครื่องอัดเม็ด.....	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 โซลิตสเตตรีเลย์ (Solid State Relay)	14
2.10 โหลดเซลล์ (Load Cell)	15
2.11 รำข้าว	17
2.12 ข้าว	18
2.13 ซีเล็คเตอร์สวิตช์ (Selector Switch)	19
2.14 โมดูลสเต็ปดาวน์ (Step-Down Module)	20
2.14.1 หลักการทำงานของจอร์บักคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter)	20
2.15 คาปาซิทีฟ พร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์ (Capacitive Proximity Sensor)	21
2.16 โมดูลขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ (Module XFW-HX711)	22
2.17 สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch)	22
2.18 ไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp)	23
บทที่ 3 การออกแบบ	24
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ	24
3.2 โฟร์ชาร์ตการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ	26
3.3 การออกแบบวงจร	27
3.4 การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์	28
3.5 การออกแบบโครงสร้าง	29
3.5.1 การออกแบบชุดโครงสร้างหลัก	29
3.5.2 การออกแบบถังเพาะเชื้อ	30
3.5.3 การออกแบบถังรำข้าว	34
3.5.4 การออกแบบถังผสมผสม	35
3.5.5 การออกแบบการเปิด/ปิดถังเพาะเชื้อและถังผสม	36
3.6 การออกแบบส่วนการอัดเม็ด	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	39
4.1 การทดลองวัดปริมาณโครโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ผลิตได้ต่อ 1 รอบการผลิต	39
4.2 การทดลองหาปริมาณของถังเพาะเชื้อ ถังร่าข้าวและถังผสม	40
4.3 การทดลองการตรวจการขยายของเชื้อ.....	43
4.4 การทดลองอัดเม็ด.....	44
4.5 การทดลองโหลดเซลล์.....	46
4.6 การทดลองไฟแฉ่งเตือนสถานการณ์ทำงาน	49
4.7 การทดลองการตัดการทำงานของเครื่องเมื่อไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ด.....	53
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	54
5.1 สรุปผลการทดลองเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ	54
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	54
5.3 ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ปัญหา	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ	57
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ	70
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (DATASHEET).....	74
ภาคผนวก ง วงจรรวมของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ.....	176
ประวัติผู้เขียน.....	178

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1.....	2
1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2.....	2
4.1 การทดลองวัดปริมาณโครโคเตอร์มาอัดเม็ดที่ผลิตได้ต่อ 1 รอบการผลิต.....	26
4.2 การทดลองหาปริมาตรของถังเพาะเชื้อ ถังร่าข้าวและถังผสม.....	27
4.3 การทดลองการตรวจการขยายของเชื้อ.....	28
4.4 การทดลองอัดเม็ด.....	29
4.5 ทดลองค่าความแม่นยำของโหลดเซลล์ที่ 100 กรัม.....	30
4.6 ทดลองค่าความแม่นยำของโหลดเซลล์ที่ 500 กรัม.....	31
4.7 ทดลองค่าความแม่นยำของโหลดเซลล์ที่ 1000 กรัม.....	31
4.8 การทดลองไฟแจ้งเตือนสถานการณ์ทำงาน.....	32
4.9 การทดลองการตัดการทำงานของเครื่องเมื่อไม่มีถ่วงบรรจุเชื้อไตรโคเตอร์มาอัดเม็ด.....	51

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การทำงานในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานจลน์ของมอเตอร์ไฟฟ้า.....	4
2.2 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของมอเตอร์ไฟตรง.....	5
2.3 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตซ์িংเพาเวอร์ซัพพลาย.....	6
2.4 บอร์ดอาดุยโน เมก้า 2560 (Arduino Mega 2560).....	8
2.5 โครงสร้างและขบวนการใช้งานบอร์ดอาดุยโน เมก้า 2560.....	9
2.6 เซ็นเซอร์สี (Color Sensor).....	10
2.7 เชื้อราไตรโคเดอร์มา (Trichoderma).....	12
2.8 เครื่องอัดเม็ด.....	13
2.9 โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay).....	14
2.10 การนำโซลิดสเตตรีเลย์ไปใช้งาน.....	15
2.11 วงจรบริดจ์และสัญลักษณ์แสดงการดึง.....	15
2.12 โหลดเซลล์แบบใช้แรงกด (Compression Load Cell).....	16
2.13 โหลดเซลล์แบบใช้แรงดึง (Force Load Cell).....	16
2.14 รำข้าว (Rice Bran).....	17
2.15 ข้าว (Rice).....	18
2.16 ซีล็คเตอร์สวิตซ์แบบมาตรฐาน (Knob Operation).....	19
2.17 ซีล็คเตอร์สวิตซ์แบบมีแสงไฟแสดงสถานะ (Illuminated Selector Switches).....	19
2.18 ซีล็คเตอร์สวิตซ์แบบมีกุญแจ (Key Selector Switches).....	20
2.19 โมดูลสเต็ปดาวน์ (Step-Down Module).....	20
2.20 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter).....	21
2.21 คาปาซิทีฟ พร็อกซิมีตี เซ็นเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors).....	21
2.22 โมดูลขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ (Module XFW-HX711).....	22
2.23 สวิตซ์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch).....	22
2.24 ไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp).....	23
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ.....	24
3.2 รูปที่ 3.2 โฟร์ชาร์ตการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ.....	26
3.3 วงจรรวมของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ.....	27
3.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับบอร์ดอาดุยโน เมก้า 2560.....	28
3.5 โครงสร้างของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ.....	30
3.6 ใบกวนถึงเพาะเชื้อ.....	31
3.7 ชุดกวนถึงเพาะเชื้อ.....	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 ถังเพาะเชื้อ.....	32
3.9 เซนเซอร์สี.....	32
3.10 กล้องเซนเซอร์สี.....	33
3.11 กล้องเซนเซอร์สีที่ติดตั้งหลังถังเพาะเชื้อ.....	33
3.12 ใบกวนรำข้าว.....	34
3.13 ชุดถังรำข้าว.....	34
3.14 ใบกวนถังผสม.....	35
3.15 ถังผสม.....	35
3.16 ชุดเปิด/ปิดก้นถัง.....	36
3.17 ชุดเปิด/ปิดก้นถังขณะเปิด.....	36
3.18 ชุดเปิด/ปิดก้นถังขณะปิด.....	37
3.19 ส่วนการอัดเม็ด.....	37
4.1 ปริมาณเชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ผลิตได้ต่อ 1 รอบ.....	40
4.2 ถูรำข้าว.....	42
4.3 รำข้าวในถังผสม.....	42
4.4 เชื้อไตรโคเดอร์มาที่เพาะแล้ว 7 วัน.....	44
4.5 การอัดเม็ด.....	45
4.6 วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง.....	45
4.7 วัดความยาว.....	46
4.8 ถูที่นำมาจากโหลดเซลล์ที่เลือก 100 กรัมไว้แล้วเครื่องหยุดการบรรจุ นำมาชั่งน้ำหนัก.....	47
4.9 ถูที่นำมาจากโหลดเซลล์ที่เลือก 500 กรัมไว้แล้วเครื่องหยุดการบรรจุ นำมาชั่งน้ำหนัก.....	47
4.10 ถูที่นำมาจากโหลดเซลล์ที่เลือก 1000 กรัมไว้แล้วเครื่องหยุดการบรรจุ นำมาชั่งน้ำหนัก.....	47
4.11 ไฟสถานะพร้อมใช้งาน.....	48
4.12 ไฟสถานะผสม.....	48
4.13 ไฟสถานะสถานะการอัดเม็ดที่ 100 กรัม.....	51
4.14 ไฟสถานะสถานะการอัดเม็ดที่ 500 กรัม.....	51
4.15 ไฟสถานะสถานะการอัดเม็ดที่ 1000 กรัม.....	52
4.16 ขณะมีถูบรรจุไตรโคเดอร์มาอัดเม็ด.....	53
4.17 ขณะไม่มีถูบรรจุไตรโคเดอร์มาอัดเม็ด.....	53

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำโครงการ สมมุติฐานของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึงโครงสร้างปริญญาานิพนธ์ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้สภาพดินในแปลงปลูกพืชทั่วไปมีความเสื่อมโทรมลงอย่างมาก เนื่องจากเกษตรกรมีการใช้สารเคมีปราบศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีอย่างหนัก โดยไม่เคยปรับปรุงบำรุงดิน จึงทำให้ประสบปัญหาการระบาดของโรคเชื้อราทางดินอย่างโรครากโคนเน่า ซึ่งเมื่อพืชเป็นโรคแล้วไม่สามารถแก้ไขได้ การใช้สารเคมีจึงเป็นการสิ้นเปลืองและไม่คุ้มค่า นอกจากนั้นยังทำให้เกิดปัญหา หลายประการอีกทั้งเกษตรกรที่ไม่ได้ใช้สารเคมีก็อาจเกิดโรคใบไหม้ โรคราดำ การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา เพื่อป้องกันกำจัดโรคร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์บำรุงดิน หรือการใช้ฉีดยาของข้าพเจ้าจึงได้สร้าง เครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติกึ่งอัตโนมัติ เพื่อให้เกษตรกรสะดวกต่อการเก็บรักษาและสามารถสร้างรายได้เสริมได้

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

- 1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติ
- 2) เพื่อศึกษาการเพาะเชื้อไตรโคเดอร์มา
- 3) เพื่อศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูยโน เมก้า 2560

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

การเพาะเชื้อไตรโคเดอร์มาจะเพาะเชื้อในไว้ในที่โดนแสงธรรมชาติหรือหลอดไฟนีออนที่มีอากาศถ่ายเท สะดวก เพื่อให้เชื้อราเติบโตได้ดี (ห้ามโดนแดด แดดจะทำให้เชื้อราตายได้) โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการบ่มเชื้ออยู่ที่ 25-30 องศาเมื่อบ่มได้ประมาณ 2 วัน นำถุงมาคลุกอีกรอบหนึ่งให้ข้าวกระจายทั่วถุงให้ได้มากที่สุด บ่มเชื้อต่ออีกประมาณ 5 วัน เท่านั้นก็จะได้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสดมาใช้แล้วเมื่อบ่มได้ระยะเวลาตามสมควรแล้วเชื้อไตรโคเดอร์มา สีเขียวจะขึ้นปกคลุมทั่วเมล็ดข้าวอย่างทั่วถึงและหนาแน่นจนไม่สามารถมองเห็นเมล็ดข้าวได้ แต่หากมีข้อผิดพลาดโดยสังเกตจากหากยังพบเมล็ดข้าวอยู่บริเวณก้นถุงนั้นอาจจะเป็นเพราะคลุกหัวเชื้อสดไม่ทั่วถุง สามารถแก้ไขได้โดยเจาะรูเพิ่มเพื่อให้ลมเข้า และบ่มต่ออีก 2-3 วัน เท่านั้นก็จะได้เชื้อราไตรโคเดอร์มาสีเขียวเต็มทั่วถุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

- 1) เครื่องสามารถผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดได้ 10 กิโลกรัม ต่อ 1 รอบการผลิต
- 2) ถังร่าข้าวสามารถบรรจุได้ครั้งละ 8 กิโลกรัม
- 3) ถังเพาะเชื้อไตรโคเดอร์มาสามารถเพาะเชื้อได้ 2 กิโลกรัมและสามารถบรรจุร่าข้าวได้ 8 กิโลกรัมเพื่อผสม
- 4) เครื่องสามารถตั้งเวลาในการกวนถังร่าข้าวหรือถังผสมได้
- 5) เครื่องมีการตรวจการขยายของเชื้อหลังเพาะเชื้อได้และสามารถเพิ่มวันในการเพาะเชื้อได้หากเชื้อยังขยายได้ไม่มากพอ
- 6) เครื่องสามารถบรรจุไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดลงถุงได้และให้หยุดการบรรจุเมื่อไตรโคเดอร์มาตามน้ำหนักที่เลือกไว้มี 3 ขนาด 100 กรัม, 500 กรัม, 1 กิโลกรัม
- 7) การอัดเม็ดไตรโคเดอร์มาที่ผลิตออกมามีรูปร่างทรงกระบอกและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร
- 8) เครื่องสามารถหยุดทำงานได้เมื่อไม่มีไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดแล้ว
- 9) เครื่องมีไฟแจ้งเตือนเมื่อเสร็จการทำงาน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1) ช่วยเพิ่มผลผลิตให้แก่เกษตรกร
- 2) ช่วยลดการเกิดโรคกับพืชสวน
- 3) ช่วยสร้างรายได้ให้เกษตรกร
- 4) ได้ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ อาศัยโนและอุปกรณ์ต่างๆ

1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ ภาคเรียนที่ 1 ดังตารางที่ 1.1 และในภาคเรียนที่ 2 ดังตารางที่ 1.2 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน			
	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
1.คิดหัวข้อโครงการนำเสนอ อาจารย์ที่ปรึกษา	←→			
2.ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ		←→		
3.ศึกษาโครงสร้างและหลักการ		←→		
4.จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์และ จัดทำโครงสร้างและเขียน โปรแกรมการทำงาน			←→	
5.จัดทำรายงานและนำเสนอ			←→	

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน				
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม
1.เขียนโปรแกรมการทำงาน		←→			
2.จัดทำโครงสร้าง	←→				
3.ทดลองและเก็บผลการ ทดลอง			←→		
4.ทำรายงานและการ นำเสนอ				←→	

1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์

โครงการฉบับนี้ได้เสนอเกี่ยวกับเรื่อง เครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติกึ่งอัตโนมัติ อธิบายขั้นตอนการทำงาน ผลการทดลอง สุดท้ายจะเป็นการสรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 1 ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ของการทำโครงการ สมมุติฐานของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึงโครงสร้างปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติกึ่งอัตโนมัติและอุปกรณ์ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) หัวขับเคลื่อนไฟฟ้า (Electric Actuator) อาดูยโน (Arduino) เซ็นเซอร์สี (Color Sensor) ภาษาซี (C) ไตรโคเดอร์มา (Trichoderma) เครื่องอัตโนมัติ โซลิดสเตตเรลย์ (Solid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

State Relay) โหลดเซลล์ (Load Cell) รางข้าว ข้าว ซีเล็คเตอร์สวิตช์ (Selector Switch) โมดูลสเต็ปดาวน์ (Step-Down Module) คาปาซิทีฟ พร็อกซิมีตี้เซ็นเซอร์ (Capacitive Proximity Sensor) โมดูลขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ (Module XFW-HX711) สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch) และไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp)

บทที่ 3 ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ โดยมีบล็อกไดอะแกรมการทำงาน โปรแกรมของเครื่อง การออกแบบวงจร และการออกแบบโครงสร้างของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ

บทที่ 4 ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ

บทที่ 5 ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ปัญหา



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องผลิตไทรโคเดอร์มาอัตโนมัติ กิ่งอัตโนมัติและอุปกรณ์ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) หัวขับเคลื่อนไฟฟ้า (Electric Actuator) อาร์ดูอโน (Arduino) เซนเซอร์สี (Color Sensor) ภาษาซี (C) และ ไทรโคเดอร์มา (Trichoderma)

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้า [1] เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลและจะแสดงออกมาเป็นกำลังที่เพลาดังรูปที่ 2.1 เพื่อเป็นเครื่องต้นกำลังเพื่อนำไปใช้กับเครื่องจักรต่างๆ การทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์ และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง มอเตอร์ที่ใช้งานในปัจจุบัน แต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไป ต้องการความเร็ว รอบหรือกำลังงานที่ต่างกัน



รูปที่ 2.1 การทำงานในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลของมอเตอร์ไฟฟ้า

(ที่มา: <https://naichangmashare.com/2021/05/28/electric-motor-ep-1/>)

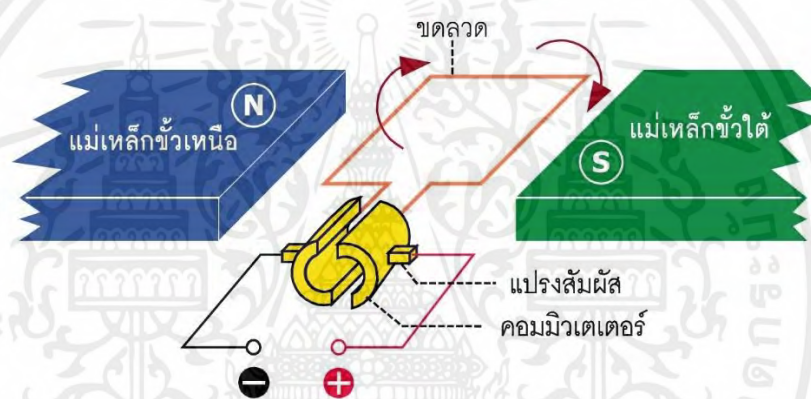
มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) ที่ใช้งานทั่วไปนั้นจะมี 2 ประเภทหลักๆ คือ

- 1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)
- 2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

การขับหรือทำให้มอเตอร์ไฟตรงทำงานเพื่อหมุนแกนนั้นง่ายมาก [1] เพียงจ่ายไฟเข้าที่ขั้วของมอเตอร์เท่านั้น และเมื่อกลับขั้วของการจ่ายไฟมอเตอร์ก็จะหมุนกลับทิศทาง สำหรับการอธิบายการทำงานของมอเตอร์โดยทั่วไปจะอ้างถึงมอเตอร์แบบ 2 ขั้ว ดังในรูปที่ 2.2 เมื่อจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์ผ่านทางแปรงสัมผัสซึ่งต่ออยู่กับคอมมิวเตเตอร์และขดลวด เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น และเกิดแรงดูดจากแม่เหล็กถาวร ทำให้ขดลวดสามารถหมุนได้ แต่ด้วยการใช้ขดลวดเพียง 2 ขั้ว การหมุนของมอเตอร์จะขาดเสถียรภาพ เพราะในความเป็นจริงเมื่อคอมมิวเตเตอร์หมุนไป 90 องศาจะทำให้เกิดการลัดวงจรคอมมิวเตเตอร์ทั้ง 2 ชั้น ทำให้กระแสไฟฟ้าหยุดไหล แต่แกนของมอเตอร์ยังหมุนไปได้ด้วยแรงเฉื่อย ทำให้จังหวะการทำงานนั้นไม่ต่อเนื่อง และทำให้อัตราเร็วในการหมุนไม่คงที่ ซึ่งทางแก้ไขนั้นจะใช้มอเตอร์แบบมีขดลวด 3 ขั้ว ที่มีการพันในทิศทางที่สลับกัน



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของมอเตอร์ไฟตรง

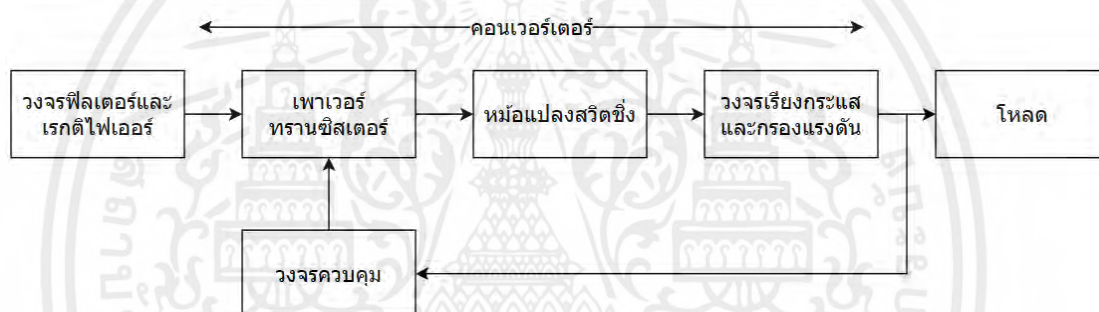
(ที่มา: <https://www.inventor.in.th/home/wp-content/uploads/2018/09/dc-motor-02.jpg>)

2.2 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย [2] เป็นแหล่งจ่ายไฟตรงคงค่าแรงดันแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไปสลับโวลต์สูง ให้เป็นแรงดันไฟตรงค่าต่ำเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้เช่นเดียวกัน แหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น (Linear Power Supply) ถึงแม้เพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลงในการลดทอนแรงดันสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกันแต่สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย จะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย ยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าในปัจจุบัน สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลายได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตเราอย่างมาก เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดเล็ก

2.2.1 หลักการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายโดยทั่วไปมีองค์ประกอบพื้นฐาน [2] ที่คล้ายคลึงกันดังรูปที่ 2.3 และไม่ซับซ้อนมากหัวใจสำคัญของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะอยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากทำหน้าที่ทั้งลดทอนแรงดันและคงค่าแรงดันเอาต์พุตด้วย องค์ประกอบต่างๆ ทำงานตามลำดับ แรงดันไฟสลับค่าสูงจะผ่านเข้ามาทางวงจร RFI ฟิวเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนและแปลงเป็นไฟตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟเออร์ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วงๆ ที่ความถี่ประมาณ 20-200 KHz จากนั้นจะผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตชิงเพื่อลดแรงดันลง เอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแส และกรองแรงดันให้เรียบ การคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้นหรือน้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ได้



รูปที่ 2.3 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

(ที่มา: <https://powerelectronics-21052112.blogspot.com/2019/07/basic-switching-power-supply.html>)

2.3 หัวขับวาล์วไฟฟ้า (Electric Actuator)

หัวขับวาล์วไฟฟ้า [3] จะใช้ไฟฟ้าในการสั่งการมอเตอร์ให้หมุนชุดเกียร์ภายในเพื่อควบคุมการเปิด/ปิดวาล์ว เหมาะกับวาล์วที่มีรอบการทำงานที่มาก อย่างเช่น Gate Valve, ประตูน้ำ, หรือวาล์วประเภท Multi Turn ซึ่งการทำงานจะไม่ก่อให้เกิดเสียงรบกวนเหมือนหัวขับวาล์วประเภทอื่น อีกทั้งยังมีความแม่นยำเป็นอย่างมาก และชุดหัวขับวาล์วยังสามารถใส่ชุดคำสั่งต่างๆ ได้อีกมากมาย พร้อมทั้งมีหน้าจอแสดงผลบอกสถานะต่างๆ ได้อีกด้วย และยังสะอาดเนื่องจากไม่มีการรั่วไหลของของเหลวอย่างน้ำมัน จึงลดความเสี่ยงในเรื่องของการเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม หัวขับวาล์วไฟฟ้ายังสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือดังนี้

2.3.1 หัวขับไฟฟ้าแบบควอเตอร์เทิร์น (Quarter-Turn Electric Actuator)

หัวขับไฟฟ้าชนิดนี้เป็นแบบการทำงานในลักษณะการเปิด/ปิด วาล์วในทิศทางการเคลื่อนที่ไม่เกิน 90 องศา เช่น Ball Valve, Butterfly Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หัวขับไฟฟ้าแบบมัลติเทิร์น (Multi-Tern Electric Actuator)

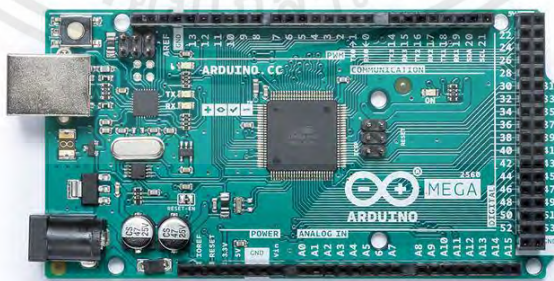
หัวขับไฟฟ้าชนิดนี้จะมีการทำงานเพื่อเปิด/ปิดวาล์วที่ต้องใช้รอบในการทำงานหลายรอบเพื่อเปิดวาล์วจากตำแหน่งปิดไปจนถึงเปิดสุด เช่น Gate Valve, Globe valve

2.3.3 หัวขับไฟฟ้าแบบลิเนียร์ (Linear Actuator)

หัวขับไฟฟ้าชนิดนี้คือหัวขับไฟฟ้าที่มีทำงานแบบเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงแทนที่จะเป็นการหมุนเป็นรอบเหมือนประเภทอื่นๆ

2.4 อาดูยโน้ เมก้า 2560 (Arduino Mega 2560)

อาดูยโน้ เมก้า 2560 [4] คือโครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษาซี ซึ่งภาษาซีนี้เป็นลักษณะเฉพาะคือมีการเขียนไลบรารีของอาดูยโน้ ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกันสามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายรูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้อาดูยโน้เป็นนิยมมาก เป็นเพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรี อาดูยโน้นั้นได้ใช้ชิป AVR เป็นหลักในอาดูยโน้ แทบทุกรุ่น สาเหตุมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ของตระกูล AVR นั้นมีความทันสมัย ในชิปในบางตัวสามารถเชื่อมต่อผ่าน USB ได้โดยตรง สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ได้เป็นอย่างดีและในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ยังมีส่วนของโปรแกรมพิเศษที่เรียกว่า Bootloader อยู่ในระดับล่างกว่าส่วนโปรแกรมปกติ ซึ่งจะเป็นส่วนโปรแกรมที่จะถูกเรียกขึ้นมาก่อนการเรียกโปรแกรมปกติ ทำให้สามารถเขียนสั่งให้ทำงานใดๆก็ได้ ก่อนการเรียกโปรแกรมปกติทำให้ อาดูยโน้ นั้นอาศัยส่วนโปรแกรมพิเศษนี้ในการทำให้ชิปสามารถโปรแกรมผ่านพอร์ตอนุกรมชนิด UART ได้ จึงทำให้การเขียนโปรแกรมลงไปบนชิปใช้เพียง USB to UART ก็เพียงพอแล้ว แต่การโปรแกรมด้วยการใช้โปรโตคอล UART ก็มีข้อเสียตรงที่ต้องใช้เวลาในการบูตเข้าโปรแกรมปกติประมาณ 1-2 วินาที โดยบอร์ดอาดูยโน้ เมก้า 2560 มีลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 บอร์ดอาดูยโน้ เมก้า 2560 (Arduino Mega 2560)

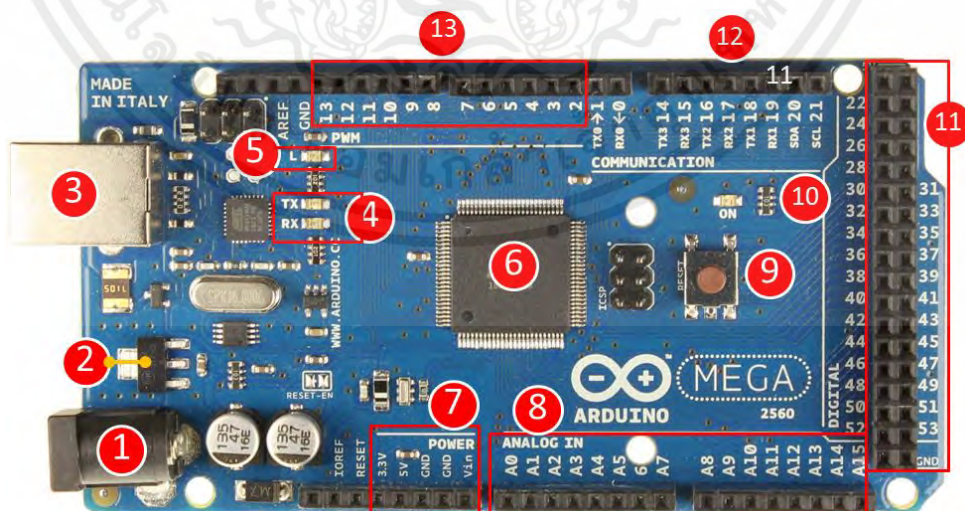
(ที่มา: <https://www.ai-corporation.net/2021/11/25/arduino-mega2560/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 โครงสร้างและการทำงานของบอร์ดอาดูอิน เมก้า 2560 (Arduino Mega 2560)

โครงสร้างและการทำงานของบอร์ดอาดูอิน เมก้า 2560 ดังรูปที่ 2.5 มีดังนี้

- 1) DC Jack: ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรของบอร์ดใช้ได้กับไฟ 9-12V DC
- 2) Regulator 5V: ไอซีปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้กับบอร์ดทดลอง
- 3) USB Connector: ช่องต่อ USB เพื่อดาวน์โหลดโปรแกรมและส่งข้อมูลแบบอนุกรม USART0
- 4) LED: LED แสดงการทำงานของดาวน์โหลดโปรแกรมและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม USART0 (TX, RX)
- 5) LED 13: เป็น build-in LED ที่เชื่อมต่อกับ digital pin 13 เมื่อ pin มีค่าเป็น HIGH LED จะติด, แต่เมื่อ pin เป็น LOW LED จะดับ
- 6) MCU ATmega2560: หน่วยประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์
- 7) Power Pins: ช่องต่อไฟแหล่งจ่ายไปภายนอกบอร์ดทดลอง (+3.3V, +5V, GND, GND)
- 8) Analog Inputs: พอร์ตต่อสัญญาณอนาล็อกความละเอียด 10 บิต จำนวน 16 ช่อง (A0 - A15)
- 9) Reset Button: สวิตช์กดรีเซ็ตให้โปรแกรมเริ่มทำงานใหม่
- 10) LED: LED แสดงไฟเลี้ยงวงจร
- 11) Digital Inputs/Outputs: พอร์ตดิจิตอลอินพุตและเอาต์พุตตั้งแต่พอร์ต 21-52
- 12) Serial Communications: พอร์ตการสื่อสารแบบอนุกรม USART0 - USART3
- 13) PWM Outputs: พอร์ต PWM และ Digital Input/Output ตั้งแต่พอร์ต 2-13



รูปที่ 2.5 โครงสร้างและการทำงานของบอร์ดอาดูอิน เมก้า 2560

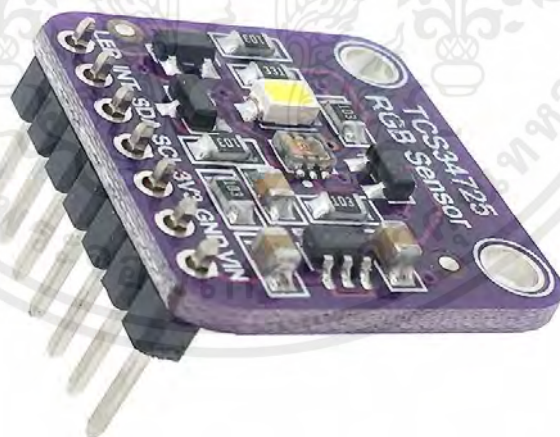
(ที่มา: <http://satapisat.blogspot.com/2016/10/arduino-mega2560.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เซ็นเซอร์สี (Color Sensor)

เซ็นเซอร์สี [5] คืออุปกรณ์หรือโมดูลหรือตัวตรวจจับหรือระบบย่อยที่ใช้ในการตรวจจับและตอบสนองต่อสัญญาณไฟฟ้าและแสง เซ็นเซอร์สามารถแปลงปริมาณทางกายภาพ โดยเซ็นเซอร์สีมีโครงสร้างภายนอกดังรูปที่ 2.6 ในการตรวจจับสีของวัตถุจำเป็นต้องมีอุปกรณ์หลักสามประเภท แหล่งกำเนิดแสงสำหรับส่องพื้นผิววัตถุพื้นผิวที่ต้องตรวจจับสีและตัวรับซึ่งสามารถวัดความยาวคลื่นที่สะท้อนได้เซ็นเซอร์สีมีตัวปล่อยแสงสีขาวเพื่อให้พื้นผิวสว่างขึ้น ฟิลเตอร์สามตัวที่มีความไวต่อความยาวคลื่นที่ 580nm, 540nm, 450nm เพื่อวัดความยาวคลื่นของสีแดงเขียวและน้ำเงินตามลำดับ ขึ้นอยู่กับการเปิดใช้งานตัวกรองเหล่านี้สีของวัตถุจะถูกแบ่งประเภท นอกจากนี้ยังมีตัวแปลงไฟเป็นแรงดันไฟฟ้าอยู่ในไฟล์เซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์ตอบสนองต่อสีโดยสร้างแรงดันไฟฟ้าเป็นสัดส่วนกับสีที่ตรวจพบอีกวิธีในการตรวจจับสีคือการส่องพื้นผิววัตถุด้วย LED สีแดงสีน้ำเงินและสีเขียวที่ละดวง ที่นี้เซ็นเซอร์ไม่มีตัวกรอง แต่มีแสงถึง ตัวแปลงแรงดันไฟฟ้า ปริมาณแสงสูงสุดที่สะท้อนกลับโดยพื้นผิววัตถุในขณะที่ส่องสว่างด้วยแสงสีแดงสีน้ำเงินและสีเขียวจะถูกคำนวณเพื่อตรวจจับสี

การใช้งานเซ็นเซอร์สีใช้ในการวัดตรวจจับสีของพื้นผิว เซ็นเซอร์เหล่านี้มีการใช้งานที่หลากหลายในระบบอุตสาหกรรมการแพทย์และระบบรักษาความปลอดภัยแอปพลิเคชันบางตัว ได้แก่ การวัดอุณหภูมิสีของแสงการควบคุมความสอดคล้อง RGB LED ระบบการวินิจฉัยทางการแพทย์ ระบบออกกำลังกายเพื่อสุขภาพการควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรม ฯลฯ



รูปที่ 2.6 เซ็นเซอร์สี (Color Sensor)

(ที่มา: <https://www.robotsiam.com/product/205/เซ็นเซอร์สี-tcs34725-rgb-color-sensor>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ภาษาซี (C)

ภาษาซี [6] คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมทั่วไป ถูกพัฒนาครั้งแรกเพื่อใช้เป็นภาษาสำหรับพัฒนาระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (Unix Operating System) แทนภาษาแอสเซมบลี ซึ่งเป็นภาษาระดับต่ำที่สามารถกระทำในระบบฮาร์ดแวร์ได้ด้วยความรวดเร็ว แต่ข้อดีของภาษาแอสเซมบลีก็คือความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรม ความเป็นเอกลักษณ์ และความแตกต่างกันไปในแต่ละเครื่อง เดนิส ริตชี (Dennis Ritchie) จึงได้คิดค้นพัฒนาภาษาใหม่นี้ขึ้นมาเมื่อต้นปี ค.ศ. 1970 โดยการรวบรวมเอาข้อเด่นของแต่ละภาษาระดับสูงรวมเข้ากับภาษาระดับต่ำ เรียกชื่อว่า ภาษาซี เมื่อภาษาซี ได้รับความนิยมมากขึ้น จึงมีผู้ผลิต compiler ภาษาซีออกมาแข่งขันกันมากมาย ทำให้เริ่มมีการใส่ฟังก์ชันต่างๆ เพื่อเพิ่มความน่าสนใจจากผู้ใช้งาน American National Standard Institute (ANSI) จึงตั้งข้อกำหนดมาตรฐานของภาษาซีขึ้น เรียกว่า ANSI C เพื่อรักษามาตรฐานของภาษาไว้ไม่ให้เปลี่ยนแปลงไป

โครงสร้างของโปรแกรมภาษาซีแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1) ส่วนหัวของโปรแกรมเรียกว่า Preprocessing Directive ใช้ระบุเพื่อบอกให้คอมไพเลอร์กระทำการใดๆ ก่อนการแปลผลโปรแกรม ในที่นี้คำสั่ง `#include <stdio.h>` ใช้บอกกับคอมไพเลอร์ให้นำเฮดเดอร์ไฟล์ที่ ระบุคือ `stdio.h` เข้าร่วมในการแปลโปรแกรมด้วยการกำหนด preprocessing directives นี้จะต้องขึ้นต้นด้วยเครื่องหมาย `#` เสมอ

คำสั่งที่ใช้ระบุให้คอมไพเลอร์นำเฮดเดอร์ไฟล์เข้าร่วมในการแปลโปรแกรม สามารถเขียนได้ 2 รูปแบบ คือ

- `#include <ชื่อเฮดเดอร์ไฟล์>` คอมไพเลอร์จะทำการค้นหาเฮดเดอร์ไฟล์ที่ระบุจากไดเรกทอรีที่ใช้สำหรับเก็บเฮดเดอร์ไฟล์โดยเฉพาะ (ปกติคือไดเรกทอรีชื่อ `include`)

- `#include "ชื่อเฮดเดอร์ไฟล์"` คอมไพเลอร์จะทำการค้นหาเฮดเดอร์ไฟล์ที่ระบุ จากไดเรกทอรีเดียวกันกับไฟล์ source code นั้น แต่ถ้าไม่พบก็จะไปค้นหาไดเรกทอรีที่ใช้เก็บเฮดเดอร์ไฟล์โดยเฉพาะ

2) ฟังก์ชันหลักของภาษาซี คือ ฟังก์ชัน `main ()` ซึ่งโปรแกรมภาษาซีทุกโปรแกรมจะต้องมีฟังก์ชันนี้อยู่ในโปรแกรมเสมอ จะเห็นได้จากชื่อฟังก์ชันคือ `main` แปลว่า “หลัก” ดังนั้น การเขียนโปรแกรมภาษาซีจึงขาดฟังก์ชันนี้ไปไม่ได้ โดยขอบเขตของฟังก์ชันจะถูกกำหนดด้วยเครื่องหมาย `{` และ `}` กล่าวคือการทำงานของฟังก์ชันจะเริ่มต้นที่เครื่องหมาย `{` และจะสิ้นสุดที่เครื่องหมาย `}` ฟังก์ชัน `main()` สามารถเขียนในรูปแบบของ `void main(void)` ก็ได้มีความหมายเหมือนกัน คือ หมายความว่าฟังก์ชัน `main()` จะไม่มีอาร์กิวเมนต์ (argument) คือไม่มีการรับค่าใด ๆ เข้ามาประมวลผลภายในฟังก์ชันและจะไม่มีค่าคืนค่าใด ๆ กลับออกไปจากฟังก์ชันด้วย

3) ส่วนรายละเอียดของโปรแกรม เป็นส่วนของการเขียนคำสั่ง เพื่อให้โปรแกรมทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้

2.7 ไตรโคเดอร์มา (Trichoderma)

เชื้อราไตรโคเดอร์มา [7] เป็นเชื้อราชั้นสูงที่อาศัยชีวิตอยู่ในดิน ใช้เศษซากพืช ซากสัตว์และอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งอาหาร เติบโตได้รวดเร็วบนอาหารของเชื้อราชนิดอื่น สร้างเส้นใยสีขาวและผลิตเอนไซม์ เช่น โคติเนส กลูคาเนสและเซลลูเลส จำนวนมากกับตัวหนาแน่นจนเห็นเป็นสีเขียว เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นศัตรูต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิดโดยวิธีการเบียดเบียน หรือเป็นปรสิต และแข่งขันหรือแย่งใช้อาหารที่เชื้อโรคเหล่านั้นต้องการทำให้เชื้ออื่น ๆ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่หรืออาจตาย นอกจากนี้เชื้อราไตรโคเดอร์มายังสามารถผลิตปฏิชีวนสารและสารพิษตลอดจนน้ำย่อยหรือเอนไซม์สำหรับช่วยละลายผนังเส้นใยของเชื้อโรคพืช คุณสมบัติพิเศษของเชื้อราไตรโคเดอร์มาคือสามารถช่วยละลายแร่ธาตุให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และชักนำให้ต้นพืชมีความต้านทานต่อเชื้อโรคพืชทั้งเชื้อราและแบคทีเรียสาเหตุโรค เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ผ่านการเพาะเชื้อแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.7

ในปัจจุบันได้มีการริเริ่มใช้ไตรโคเดอร์มาฆ่าเชื้อหรือการฉีดเข้าสู่ลำต้นของพืชหรือทางรากพืชเพื่อกำจัดเชื้อราอื่นที่ก่อให้เกิดโรคกับพืชโดยจะเห็นผลได้ชัดเมื่อใช้กับพืชไม้ยืนต้นทำให้เมื่อใช้วิธีนี้แล้วพืชจะมีความแข็งแรงและสามารถต้านทานการเกิดโรคได้อย่างดีเยี่ยมเสมือนการฉีดวัคซีนในมนุษย์หรือสัตว์ทำให้ชาวสวนเริ่มหันมาใช้ไตรโคเดอร์มาเพราะมีความปลอดภัยไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์นอกจากนั้นไตรโคเดอร์มาที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพทางวิชาการ พบว่าสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราชนิดอื่นไปจนทำลายเชื้อราเหล่านั้นทำให้เชื้อไตรโคเดอร์มาสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วทำให้พืชมีการเจริญเติบโตมากขึ้นและสามารถออกผลผลิตได้อย่างสม่ำเสมอเนื่องจากที่พืชเหล่านั้นมีภูมิคุ้มกันโรคจากเชื้อราอื่น ๆ สำหรับการนำไตรโคเดอร์มาใช้งานสามารถทำได้หลายรูปแบบ มีทั้งชนิดผงที่หว่านเชื้อเข้มข้นสามารถนำไปเพาะเชื้อต่อได้ ชนิดน้ำที่ใช้งานได้ง่ายเพียงแค่ฉีดพ่นใส่ต้นพืช

เชื้อไตรโคเดอร์มามีประโยชน์สำหรับเกษตรกรทั้งในด้านการบำรุงพืช และช่วยป้องกันโรคได้ดี ดังนี้

- 1) สามารถลดกิจกรรมของเชื้อราสาเหตุของโรคพืช โดยสามารถพันธุ์เส้นใยแล้วปลดปล่อยเอนไซม์ จากภายในของเส้นใย ส่งผลให้เกิดการเจริญของเส้นใยของเชื้อโรคลดลงอย่างมาก
- 2) สามารถลดปริมาณเชื้อราสาเหตุโรคพืช เชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถเข้าไปทำลายส่วนที่เป็นกิจกรรมการเจริญ และการพัฒนาของเส้นใย เพื่อเข้าทำลายพืชอาศัยตลอดจนกิจกรรมเพื่อสืบพันธุ์หรือส่วนโครงสร้างเพื่อ ขยายพันธุ์ของเชื้อโรค ทำให้ส่งผลปริมาณเชื้อราสาเหตุโรคพืชลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่สามารถก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงกับพืชที่ปลูกได้
- 3) สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของพืชให้เร็วขึ้น ทำให้ต้นพืชมีความต้านทานต่อโรค
- 4) เชื้อราไตรโคเดอร์มา ช่วยเร่งกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินให้เร็วขึ้น เพื่อช่วยเพิ่มธาตุอาหารในดินให้แก่พืชได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกให้เมล็ดพันธุ์ และเป็นการป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคกับเมล็ดพันธุ์ที่นำมาเพาะ

6) จากงานวิจัยพบว่าผู้ที่ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาตั้งแต่เริ่มเพาะเมล็ด จะทำให้ต้นกล้าที่เพาะได้มีความต้านทานต่อโรคได้ดี และมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่าผู้ที่ไม่ได้ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา



รูปที่ 2.7 เชื้อราไตรโคเดอร์มา

(ที่มา: <https://www.cnnbs.nl/trichoderma-gezondere-planten-en-meer-opbrengst/>)

2.8 เครื่องอัดเม็ด

เครื่องอัดเม็ด [8] คือเครื่องที่ใช้สำหรับการรวมวัสดุและอัดเป็นรูปแบบเม็ดเป็นเครื่องมือทุ่นแรงที่ช่วยเกษตรกรใช้บดอัดอาหารให้แก่สัตว์เศรษฐกิจต่างๆหรืออัดปุ๋ยใช้สำหรับพืชสวน มีโครงสร้างภายนอกดังรูปที่ 2.8 เครื่องอัดเม็ดสามารถแบ่งออกเป็นระบบไฟฟ้าและระบบเครื่องยนต์ดีเซลโดยที่อาหารหรือปุ๋ยที่ผลิตออกมานั้นจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2-10 มิลลิเมตร โดยวัตถุดิบที่สามารถนำมาผสมได้ทั้งจากพืชและสัตว์ เช่นข้าวโพด ข้าวสาลี ถั่ว หนุ่ย ปลาป่น กระดุกป่น เมล็ดธัญพืชและจากแหล่งโปรตีนอื่นๆช่วยเกษตรกรลดค่าใช้จ่ายและสามารถนำไปสร้างรายได้โดยเครื่องอัดเม็ดจะประกอบด้วยมอเตอร์ ลูกรอกเหล็กที่ใช้ในการอัดและแผ่นตะแกรงรูดการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับประสงค์ที่ต้องการจะนำไปอัดวัสดุใด

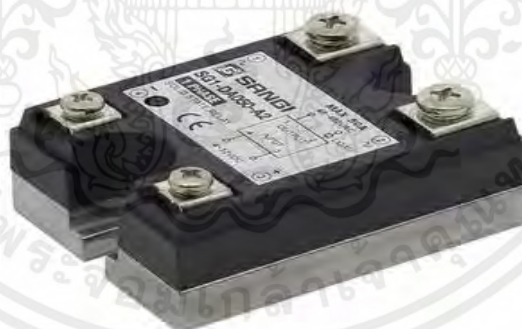


รูปที่ 2.8 เครื่องอัดเม็ด

(ที่มา: <http://www.lallalinkarnkaset.com>)

2.9 โซลิตสเตรรีเลย์ (Solid State Relay)

โซลิตสเตรรีเลย์ [9] เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์โดยไม่มีหน้าสัมผัส ใช้ตัด-ต่อวงจรทำหน้าที่คล้ายกับรีเลย์ ไม่มีเสียง ไม่มีหน้าสัมผัส ไม่เกิดเวลาใช้งานมีลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.9

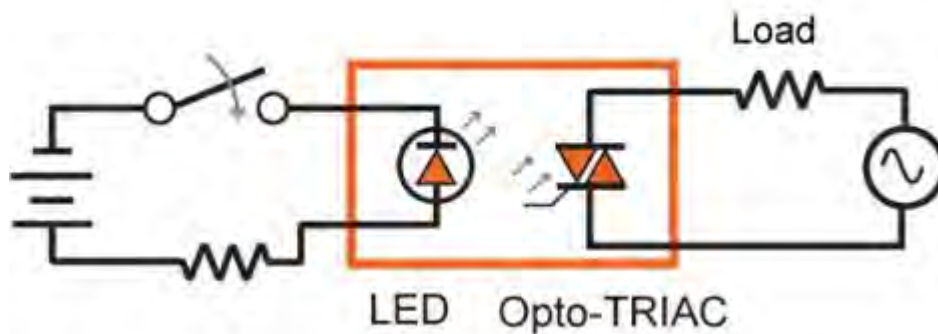


รูปที่ 2.9 โซลิตสเตรรีเลย์ (Solid State Relay)

(ที่มา: www.scmashopping.com/category/226/power-control/14-1-solid-state-relay)

การนำโซลิตสเตรรีเลย์ไปใช้งานสามารถออกแบบให้ทำงานที่หลากหลายนอกจากรีเลย์ โซลิตสเตรรีเลย์สามารถใช้สัญญาณพัลส์มาควบคุมการทำงานให้ปล่อยกระแสตามจังหวะเพื่อจ่ายให้กับโหลด ใช้ในวงจรควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ดังรูปที่ 2. 10 นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้งานกับวงจรตั้งเวลาการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



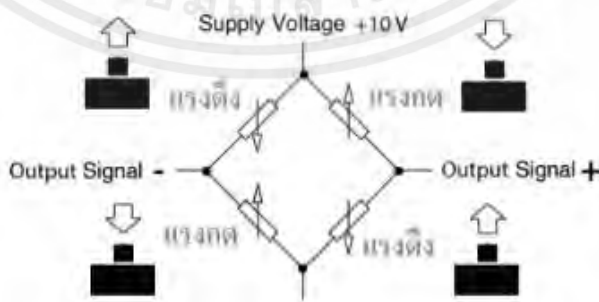
รูปที่ 2.10 การนำโซลิตสเตรียไปใช้งาน

(ที่มา: http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=print&article_id=2500)

การทำงานของโซลิตสเตรียโดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนควบคุมและเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตั้งแต่ 3-32 V LED จะส่งสัญญาณไปทริกให้ไตรแอคทำงานและต่อวงจรส่วนที่สองครบวงจร สามารถตัด-ต่อวงจรได้รวดเร็วกว่ารีเลย์และยังสามารถรองรับกระแสที่ไหลผ่านโหลดได้มากกว่าและมีอายุการใช้ที่มากกว่า

2.10 โหลดเซลล์ (Load Cell)

โหลดเซลล์ [10] คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้เปลี่ยนพลังงานกลเช่นแรงกดแรงดึงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อโหลดเซลล์ให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้าเข้าแสดงผลบนหน้าจอของโหลดเซลล์โดยจะแสดงเป็นค่าน้ำหนักหรือแรงที่กระทำเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถอ่านค่าได้ซึ่งภายในโหลดเซลล์ (Load Cell) เกือบ 80% นั้น จะมีตัว Strain-gauge จำนวน 4 ตัว อยู่ภายใน ซึ่งเป็นความต้านทานที่จะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามแรงกดหรือแรงดึง โดยจัดเรียงในรูปแบบของวงจรบริดจ์ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 วงจรบริดจ์และสัญลักษณ์แสดงการดึง

(ที่มา: <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=181>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหลดสร้างจากสเตรนเกจซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของขนาด มิติ หรือความเครียดของวัสดุต่างๆที่ถูกจัดเรียงอยู่ในวงจรในรูปแบบของวงจรวิจิสโตน บริดจ์ ซึ่งเป็นวงจรที่สามารถแปลค่าแรงกดหรือแรงดึงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ โดยโหลดเซลล์มีอยู่หลายประเภทโดยแบ่งเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

1) โหลดเซลล์แบบใช้แรงกด (Compression Load Cell) เป็นโหลดเซลล์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้แรงกดบนตัวของโหลดเซลล์โดยตรงดังรูปที่ 2.12

2) โหลดเซลล์แบบใช้แรงดึง (Force Load Cell) เป็นโหลดเซลล์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้แรงในการดึงตัวโหลดเซลล์ออกจากกันดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 โหลดเซลล์แบบใช้แรงกด (Compression Load Cell)

(ที่มา:<https://www.changfi.com/fix/2021/12/23/14526/>)

รูปที่ 2.13 โหลดเซลล์แบบใช้แรงดึง (Force Load Cell)

(ที่มา:<https://www.changfi.com/fix/2021/12/23/14526/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 รำข้าว

รำข้าว [11] คือส่วนของผิวหรือเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดข้าว เป็นส่วนที่ถูกขัดสีออกจากเมล็ดข้าว ซึ่งประกอบด้วยชั้นเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นส่วนใหญ่ได้มาจากการบวนการสีข้าวมีลักษณะละเอียดดังรูปที่ 2.14 โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือรำหยาบซึ่งได้จากการขัดผิวเมล็ดข้าวกล้องและรำละเอียดได้จากการขัดขาวและขัดมัน มีกลิ่นหอม รสหวาน มัน อร่อย กินง่าย ผสมกับเครื่องดื่มได้ทุกชนิด ผสมข้าวต้ม โจ๊ก ข้าวผัด หรือข้าวสวยพร้อมกินกับกับข้าวอื่น ๆ ก็ได้ ด้านสารอาหารมีวิตามินอีหลายตัวทำหน้าที่ต้านรังสี UV จากแสงแดด ช่วยเก็บน้ำไว้ใต้เซลล์ผิวหนัง ทำให้ผิวยืดหยุ่นเรียบเนียน ลดริ้วรอย และกลุ่มวิตามินอี (Gamma-Oryzanol) ที่มีเฉพาะในรำข้าว ทำให้ผิวใสลดคอเลสเตอรอล เพิ่มไขมันดีในกระแสเลือด เสริมสร้างการทำงานของระบบเลือด มีฮอร์โมนเมลาโทนิน ช่วยในการนอนหลับ และผ่อนคลาย อุดมด้วยกรดไขมันดีที่จำเป็นต่อร่างกาย

ประโยชน์จากรำข้าวรำข้าว ถือเป็นแหล่งคุณค่าสารอาหารสูงจึงนิยมนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหารต่างๆ อาทิเช่นขนมปัง มัฟฟิน แพนเค้ก คูกี้ พาย เป็นต้น รวมทั้งมีการสกัดโปรตีนเข้มข้นจากกาก รำข้าวเพื่อนำไปใช้ในอาหารต่างๆ เช่น พาสตา เครื่องดื่มทดแทนจากนมวัว การทำลูกกวาด เป็นต้น นอกจากการนำรำข้าวไปประยุกต์ใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์แล้วนั้น ยังสามารถนำรำข้าวมาใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะอาหารสำหรับเลี้ยงสุกร เนื่องจากรำข้าวเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยโปรตีนและไขมัน รวมทั้งเป็นแหล่งของใยอาหารสูง และเป็นแหล่งของฟอสฟอรัส จึงสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์กินพืช เช่น โค กระบือ ได้อีกด้วย นอกจากนี้ในรำข้าวยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุที่สำคัญต่างๆ อาทิเช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก เป็นต้น



รูปที่ 2.14 รำข้าว (Rice Bran)

(ที่มา: <https://force.kmutt.ac.th/rice-bran/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 ข้าว

ข้าว [12] เป็นเมล็ดของพืชหญ้า *Oryza sativa* (ชื่อสามัญ: ข้าวเอเชีย) ที่พบมากในทวีปเอเชีย ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปเอเชีย จากข้อมูลเมื่อปี 2553 ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสามทั่วโลก รองจากข้าวสาลีและข้าวโพด

ข้าวเป็นธัญพืชสำคัญที่สุดในด้านโภชนาการและการได้รับแคลอรีของมนุษย์ เพราะข้าวโพดส่วนใหญ่ปลูกเพื่อจุดประสงค์อื่น มีใช้ให้มนุษย์บริโภค ทั้งนี้ ข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั่วโลกบริโภค

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรกว่าครึ่งโลก ข้าวเป็นแหล่งพลังงานหลักของประชากรมากกว่า 17 ประเทศในภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก 9 ประเทศในทวีปอเมริกาเหนือและใต้ และ 8 ประเทศในทวีปแอฟริกา ร้อยละ 20 ของแหล่งพลังงานประชากรโลกเป็นข้าว ร้อยละ 19 และ 5 เป็นข้าวสาลีและข้าวโพด การวิเคราะห์รายละเอียดของปริมาณสารอาหารของข้าวที่แสดงให้เห็นว่าคุณค่าทางโภชนาการของข้าวแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าวที่อยู่ระหว่างสีข้าว, สีน้ำตาล, สีแดงและสีดำหรือสีม่วงดังรูปที่ 2.15 พันธุ์ข้าวแต่ละพื้นที่แพร่หลายในส่วนต่างๆของโลก นอกจากนี้คุณภาพของสารอาหารข้าวจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ปลูกข้าว และวิธีการแปรรูปข้าวพร้อมก่อนที่จะบริโภค



รูปที่ 2.15 ข้าว (Rice)

(ที่มา: <https://th.wikipedia.org/wiki/ข้าว>)

2.13 ซีเล็คเตอร์สวิตช์ (Selector Switch)

ซีเล็คเตอร์สวิตช์ [13] คือ อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมทิศทางของกระแสไฟฟ้าให้ไหลไปตามที่ต้องการ เป็นสวิตช์ที่นิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรม เช่น นำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรที่สามารถปรับเปลี่ยนโหมดการทำงานระหว่างคนควบคุม (manual) หรือ อัตโนมัติ (automation) โดยการบิดสวิตช์เลือกโหมดที่ต้องการ

รูปแบบของซีเล็คเตอร์สวิตช์แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบคือ

1) แบบมาตรฐาน (Knob Operation) เป็นสวิตช์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในการเปิด-ปิดการทำงานของเครื่องจักร มีลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.16

2) แบบมีแสงไฟแสดงสถานะ (Illuminated Selector Switches) สามารถมองเห็นสถานะของการเปิด-ปิดบนสวิตช์ได้อย่างชัดเจนมีลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.17

3) แบบมีกุญแจ (Key Selector Switches) เหมาะสำหรับใช้งานที่ต้องการความปลอดภัย โดยถ้าผู้ใช้งานไม่มีกุญแจ จะไม่สามารถบิดสวิตช์เพื่อใช้งานได้มีลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.16 ซีเล็คเตอร์สวิตช์แบบมาตรฐาน (Knob Operation)

(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/selector-switch/>)



รูปที่ 2.17 ซีเล็คเตอร์สวิตช์แบบมีแสงไฟแสดงสถานะ (Illuminated Selector Switches)

(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/selector-switch/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ซีเล็คเตอร์สวิตช์แบบมีกุญแจ (Key Selector Switches)
(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/selector-switch/>)

2.14 โมดูลสแต็ปดาวน์ (Step-Down Module)

โมดูลสแต็ปดาวน์ [14] เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าตรงลงมีลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.19 โดยสามารถปรับค่าแรงดันเอาต์พุตได้สามารถจ่ายกระแสได้ถึง 3 A และใช้หลักการแปลงโดยวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ความถี่สวิตซ์ซิ่ง 150 kHz ทำให้ทำงานเงียบ



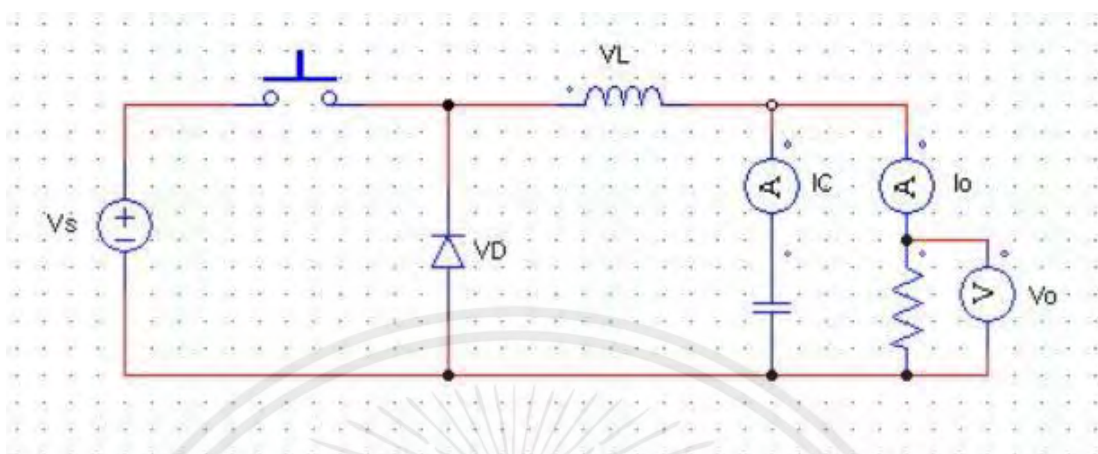
รูปที่ 2.19 โมดูลสแต็ปดาวน์ (Step-Down Module)
(ที่มา: <https://th.cytron.io/p-lm2596-3a-buck-module-with-display>)

2.14.1 หลักการทำงานของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter)

เพื่อที่จะออกแบบให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกตามที่ต้องการ คือ ต้องเริ่มจากที่ว่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่คร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลามีค่าเท่ากับศูนย์จากนั้นจะสามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ การวิเคราะห์การทำงานของสวิตซ์ในแต่ละโหมดจะต้องวิเคราะห์ในสภาวะอยู่ตัว ขณะสวิตซ์นำกระแส กระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหล ผ่านสวิตซ์ผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังโหลดโดยที่กระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะไปเก็บที่ตัวเก็บประจุ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์ไม่นำกระแสไดโอดจะถูกไปอัดไปหน้า (Forward Bias) ให้นำกระแสทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเกิดการไหลอย่างต่อเนื่องวงจรดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter)

(ที่มา: <http://ceemankorn.blogspot.com/2015/11/buck-converter.html>)

2.15 คาปาซิทีฟ พร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์ (Capacitive Proximity Sensor)

คาปาซิทีฟ พร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์ [15] เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุแบบไร้การสัมผัสชนิดหนึ่งที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการจับทุกวัตถุทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นโลหะ หรือ อโลหะ ตั้งแต่ พลาสติก, น้ำ, ไม้, กระดาษ, หิน, จนถึงเหล็ก โดยลักษณะการตรวจจับจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของวัตถุที่ต้องการตรวจจับมีโครงสร้างภายนอกดังรูปที่ 2.21



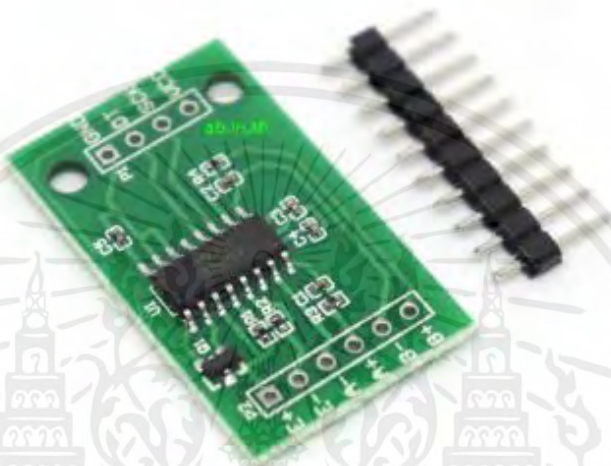
รูปที่ 2.21 คาปาซิทีฟ พร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors)

(ที่มา: https://zentech.in.th/how_capacitive_proximity_works/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 โมดูลขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ (Module XFW-HX711)

โมดูลขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ [16] โมดูลสำหรับขยายโหลดเซลล์โดยปกติแล้วหากเราวัดแรงดันที่ได้จากโหลดเซลล์โดยตรงค่าแรงดันที่ได้จะออกมาน้อยมาก จึงไม่สามารถป้อนไปยังอายุโน้หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดอื่นๆได้โดยตรง โดยโมดูลตัวนี้จะทำการขยายสัญญาณออกเป็นดิจิตอล 24 บิตความแม่นยำสูง มีลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 โมดูลขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ (Module XFW-HX711)

(ที่มา: <https://www.ab.in.th/product/259/hx711-weight-sensor-amplifier-module-load-cell>)

2.17 สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch)

สวิตช์ฉุกเฉิน [17] มีลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.23 เป็นสวิตช์ใช้หยุดเครื่องจักรกลต่าง ๆ เพื่อรองรับกับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่อาจเกิดขึ้น และเมื่อถึงเวลาใช้งาน ทันทีที่เรากดที่ปุ่ม สวิตช์ฉุกเฉิน เครื่องจักรกลทุกอย่างที่มีปุ่ม สวิตช์ฉุกเฉิน จะหยุดการทำงานในทันที เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้



รูปที่ 2.23 สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch)

(ที่มา: <http://www.scmashopping.com/product/1732-emergency-stop-22mm-emas/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.18 ไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp)

ไฟแสดงสถานะ [18] คือหลอดไฟแสดงการทำงานของเครื่องจักรในสถานะต่างๆ นิยมติดตั้งอยู่บริเวณตู้ควบคุม โดยมีหน้าที่หลักคือ บอกรัฐะการทำงาน เช่น กำลังทำงานอยู่, หยุดการทำงาน, แจ้งเตือนในกรณีที่มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถแสดงสถานะอื่นๆ ได้ตามสีของหลอดไฟ ตามที่ผู้ออกแบบกำหนดมีลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp)

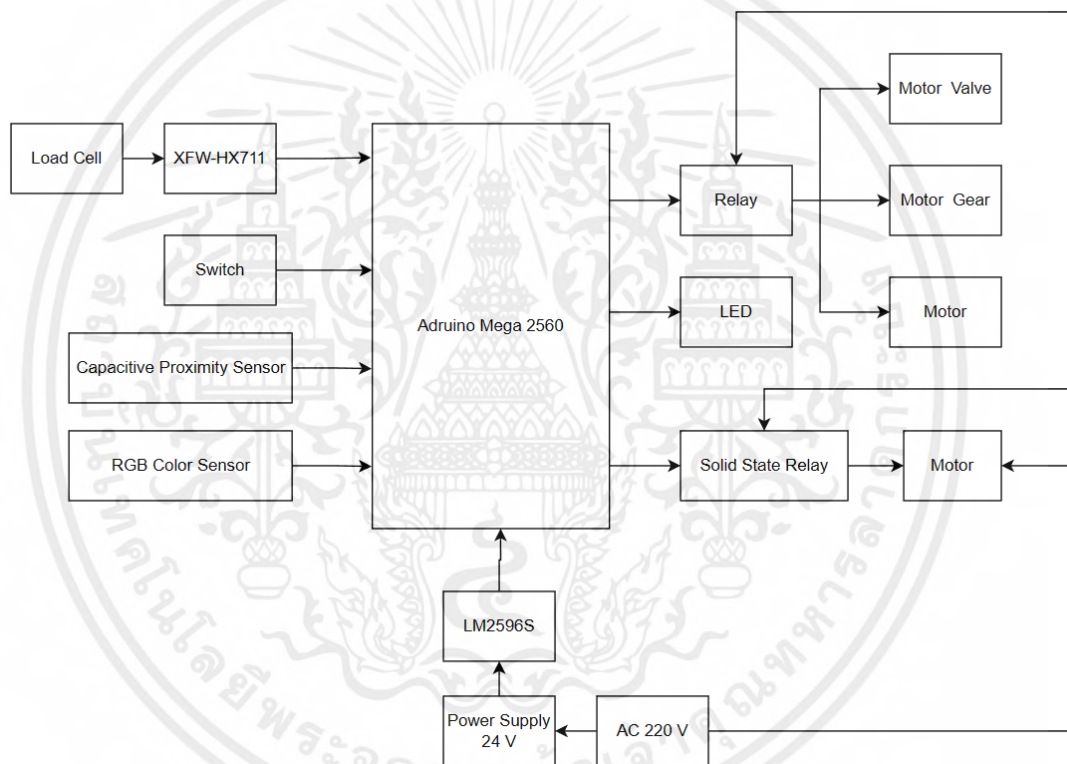
(ที่มา: <https://misumitechnical.com/technical/electrical/pilot-lamp/>)

บทที่ 3

การออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติ กิ่งอัตโนมัติ โดยมีบล็อกไดอะแกรมการทำงาน โปรแกรมของเครื่อง การออกแบบวงจร และการออกแบบโครงสร้างของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติ กิ่งอัตโนมัติ ผู้จัดทำขออธิบายรายละเอียดการทำงานต่อไปนี้

3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติ กิ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติ กิ่งอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติ กิ่งอัตโนมัติ โดยมีอาดุโนเมก้า 2560 เป็นตัวประมวลผลกลาง ดังรูปที่ 3.1 เป็นการอธิบายการทำงาน และหน้าที่ของอุปกรณ์ ที่ใช้ในการ ทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติ กิ่งอัตโนมัติ ดังนี้

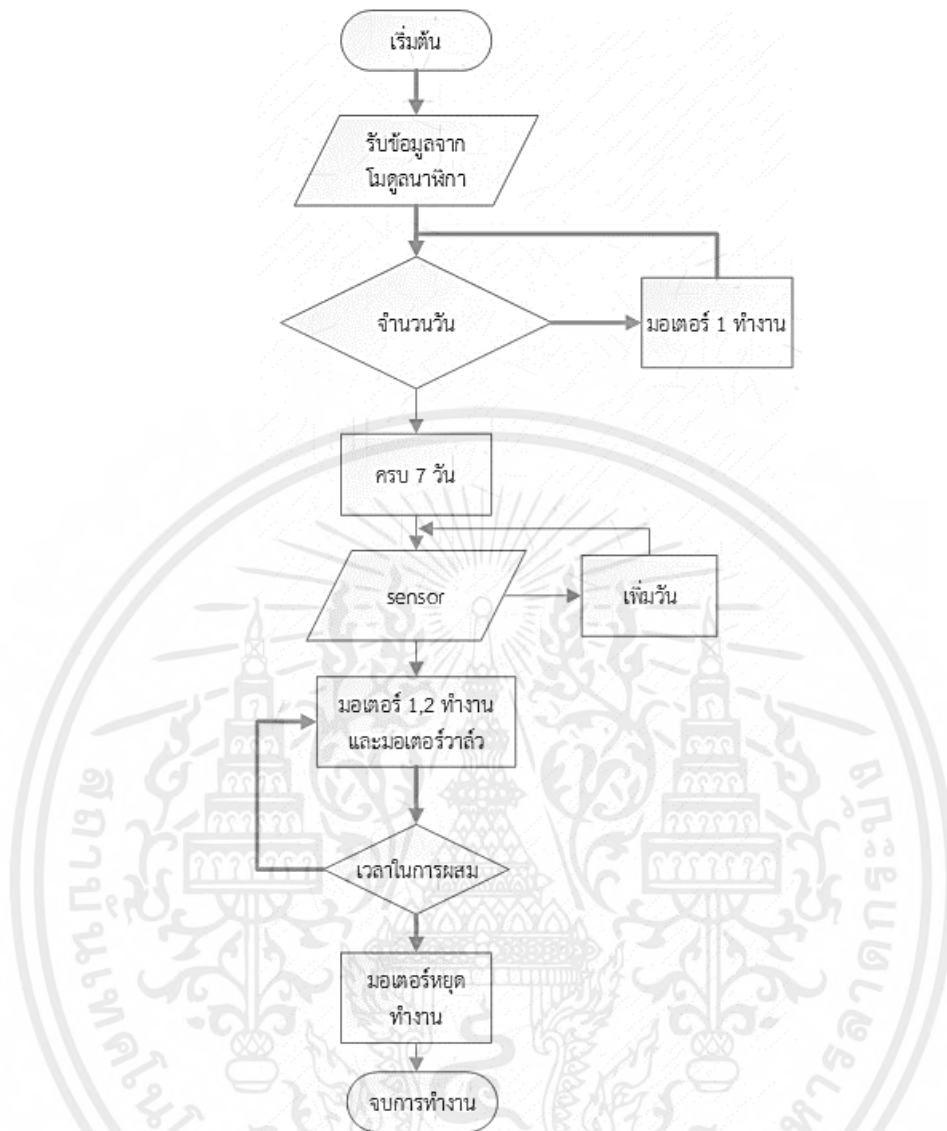
1) อาดุโน เมก้า 2560 (Arduino Mega 2560) ทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงาน ทั้งหมดภายในเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติ กิ่งอัตโนมัติ

2) เพาเวอร์ซัพพลาย 24 V (Power Supply 24 V) ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าให้กับตัวอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) เซ็นเซอร์สี (Color Sensor TCS34725) ทำหน้าที่วัดค่าสีจากเซ็นเซอร์โคเดอร์มาที่เพาะเชื้อไว้ในถัง แล้วส่งค่าไปยังบอร์ดอาดูโน่ เมก้า 2560
- 4) ดีเลย์ (Delay) ทำหน้าที่ทริกสัญญาณให้มอเตอร์
- 5) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 250W (DC Motor 250W) ทำหน้าที่กวนรำข้าวเพื่อให้รำข้าวไหลลงถังผสมได้สะดวก
- 6) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 450W (DC Motor 450W) ทำหน้าที่กวนเชื้อโคเดอร์มาที่เพาะไว้กับรำข้าวผสมให้เข้ากัน
- 7) มอเตอร์วาล์วไฟฟ้า (Motor Valve) ทำหน้าที่เปิดวาล์วเพื่อให้รำข้าวไหลลงถังผสม
- 8) มอเตอร์เกียร์ (Motor Gear) ทำหน้าที่เปิดแผ่นกั้นของถังเพาะและถังผสม.
- 9) สวิตช์ เปิด / ปิด (Switch On/Off) ทำหน้าที่เปิด/ปิด เครื่อง
- 10) หลอดแอลอีดี (LED) ทำหน้าที่แสดงไฟสถานะการทำงานของเครื่อง
- 11) พร็อกซิมีตี้เซ็นเซอร์ชนิดเก็บประจุ (Capacitive Proximity Sensor) ทำหน้าที่ตรวจจับถุงบรรจุหากไม่พบถุงบรรจุมอเตอร์เครื่องจะไม่ทำงาน
- 12) โมดูลสเตปดาวน์ (Module Step Down LM2596) ทำหน้าที่ลดแรงดันไฟจาก 24 V เหลือ
- 13) โมดูลขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ (Module XFW-HX711) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์สำหรับส่งให้อาดูโน่เป็นสัญญาณแบบดิจิตอล 24 บิต มีช่องอินพุตสำหรับกับต่อกับโหลดเซลล์ได้โดยตรง
- 14) โหลดเซลล์ (Load Cell) ทำหน้าที่ชั่งโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ไหลลงมาบรรจุลงถุง
- 15) โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay) ทำหน้าที่ทริกสัญญาณไปยังมอเตอร์

3.2 โพรซีจอร์ทการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 3.2 โพรซีจอร์ทการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติกึ่งอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติกึ่งอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 3.2 เมื่อโปรแกรมเริ่มการทำงานตามลำดับขั้นตอน โดยเริ่มจากสวิตช์เปิดเครื่อง อาดยุโน เมก้า 2560 จะรับค่าจากโมดูลนาฬิกาที่ตั้งเวลาในการกวนในถังเพาะเชื้อไตรโคเดอร์มาไว้แล้วจะส่งให้มอเตอร์ 1 ทำงาน เมื่อครบเจ็ดวัน อาดยุโน เมก้า 2560 จะรับค่าสีจากจากเซนเซอร์สีที่อ่านค่ามาให้ ถ้าสียังไม่ใช่สีเขียว อาดยุโน เมก้า 2560 จะสั่งเพิ่มวันในการเพาะเชื้อไตรโคเดอร์มาถ้าหากเป็นสีเขียวแล้ว อาดยุโน เมก้า 2560 จะสั่งให้มอเตอร์ 2 และมอเตอร์วาล์วทำงานเพื่อปล่อยน้ำจากถังน้ำขาลงมาในถังผสมและจะสั่งให้มอเตอร์ 1 ทำงานตามเวลาที่รับมาจากโมดูลนาฬิกาเพื่อกวนเชื้อไตรโคเดอร์มาที่เพาะเชื้อแล้วกับน้ำขาลให้เข้ากัน เมื่อมอเตอร์ทำงานครบเวลา อาดยุโน เมก้า 2560 จะสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน

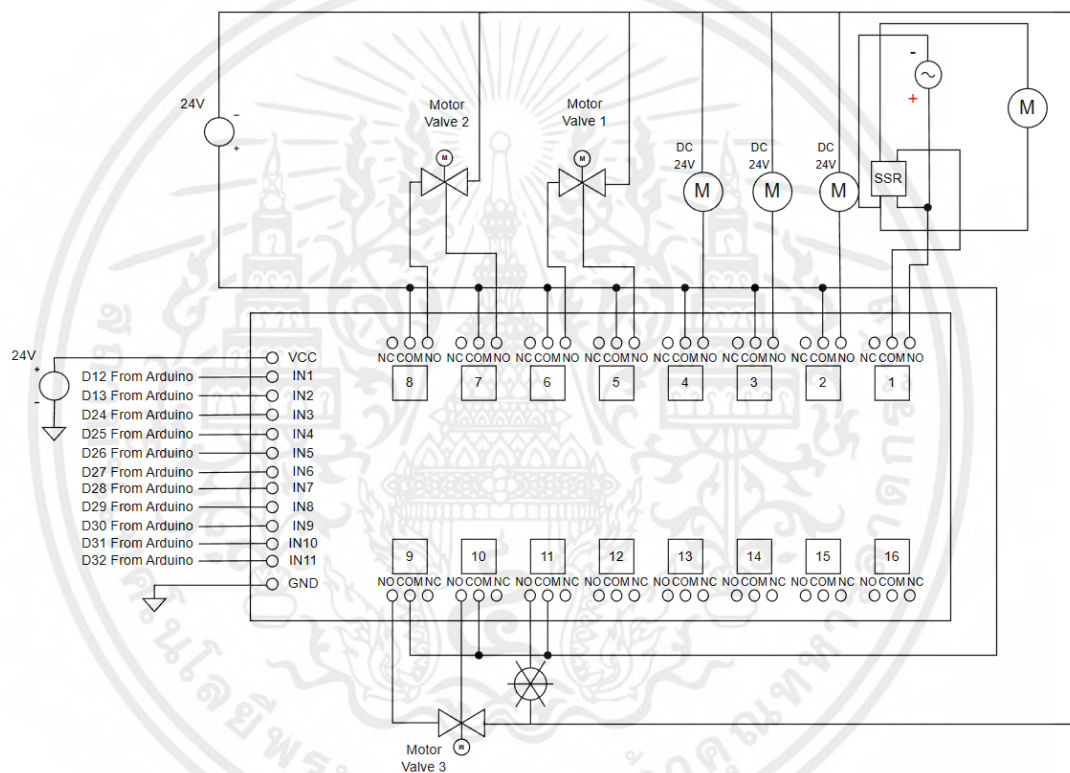
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบวงจร

ในการออกแบบวงจรจะกล่าวถึง การออกแบบวงจรรวมของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติ กิ่งอัตโนมัติ

3.3.1 วงจรรวมของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติกิ่งอัตโนมัติ

การออกแบบวงจรรวมแสดงดังรูปที่ 3.3 เมื่อเปิดสวิตช์ สวิตซ์เชิงเพาเวอร์ซึ่งพลาจะจ่ายไฟไปยังดีเลย์จากนั้นดีเลย์จะทรยศัญญาณไปยัง อาคยโน เมก้า 2560 และโมดูลนาฬิกา อาคยโน เมก้า 2560 จะทำหน้าที่ประมวลผลที่ได้รับจากโมดูลนาฬิกาและส่งข้อมูลไปยังดีเลย์ผ่าน PWM เพื่อทรยศัญญาณไปยังมอเตอร์เพื่อเริ่มการทำงานของมอเตอร์

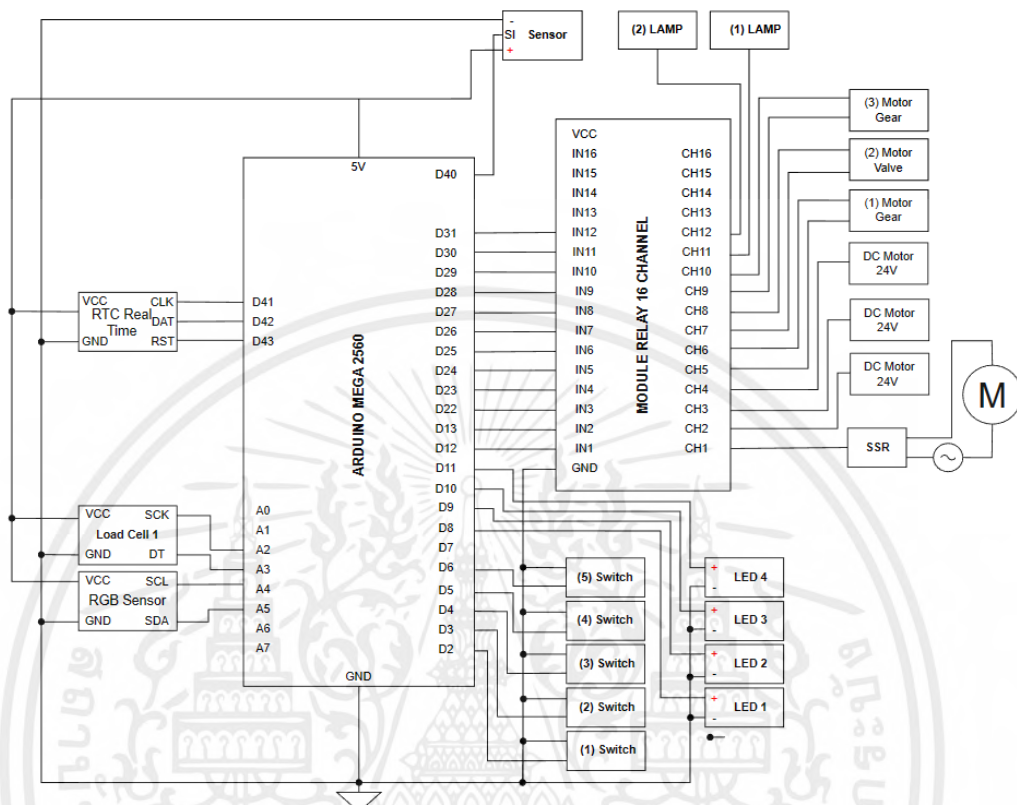


รูปที่ 3.3 วงจรรวมของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติกิ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์

จะมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่ออุปกรณ์กับบอร์ดอาควายโน เมก้า 2560

จากรูปที่ 3.4 เป็นการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์จากบอร์ดอาควายโน เมก้า 2560 กับ อินพุตและเอาต์พุตต่างๆได้แก่

- 1) โหลดเซลล์ เชื่อมต่อกับโมดูลขยายสัญญาณ HX711 โดยเชื่อมต่อขา SCK เชื่อมต่อกับขา A2 DT เชื่อมต่อกับขา A3 มีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ดอาควายโน
- 2) เซ็นเซอร์สี ใช้ตรวจจับค่าการเปลี่ยนแปลงของเชื้อ เชื่อมต่ออยู่กับขา SCL เชื่อมต่อกับขา A4 SDA เชื่อมต่อกับขา A5 มีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ดอาควายโน
- 3) สวิตช์ มีทั้งหมด 5 ตัวใช้สำหรับการเลือกการทำงานของตัวเครื่องซึ่งเชื่อมต่อกับขา D2 โมดูลนาฬิกาซึ่งเชื่อมต่อกับอาควายโน CLK เชื่อมต่อกับ ขา D2-D6 ของบอร์ดอาควายโน และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ดอาควายโน
- 4) โมดูลรีเลย์ 12 ช่อง จากรูปที่ 3.4 มีการเชื่อมต่อกับบอร์ดอาควายโน ดังนี้
 - 4.1) มอเตอร์แรง 1 แรง CH1 เชื่อมต่อกับขา D12 (ใช้ในการอัตโนมัติเชื้อไตรโคเตอร์ มากับรำข้าว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.2) มอเตอร์DC 24 โวลต์ CH2 เชื่อมต่อกับขา D13 (ใช้ในการผสมเชื้อไตรโคเดอร์มากับรำข้าว)
- 4.3) มอเตอร์DC 24 โวลต์ CH3 เชื่อมต่อกับขา D22 (ใช้ในการเพาะเชื้อไตรโคเดอร์มา)
- 4.4) มอเตอร์DC 24 โวลต์ CH4 เชื่อมต่อกับขา D23 (ใช้ในถังรำข้าว)
- 4.5) มอเตอร์เกียร์ 12 โวลต์ CH5-CH6 เชื่อมต่อกับขา D24-D25 (ใช้ในการเปิดและปิดถังเพาะเชื้อ)
- 4.6) มอเตอร์วาล์ว CH7-CH8 เชื่อมต่ออยู่กับขา D26-D27 (ใช้ในการเปิด และปิดถังรำข้าว)
- 4.7) มอเตอร์เกียร์ 12 โวลต์ CH9-CH10 เชื่อมต่อกับขา D28-D29 (ใช้ในการเปิดและปิดถังผสม)
- 4.8) ไฟลัดแลมป์สีเขียว CH11 เชื่อมต่ออยู่กับขา D30 (ใช้ในการแจ้งเตือน สถานะเพาะเชื้อ)
- 4.9) ไฟลัดแลมป์สีฟ้า CH12 เชื่อมต่ออยู่กับขา D31 (ใช้ในการแจ้งเตือน สถานะเพาะเชื้อเสร็จสิ้น)
- 5) เซ็นเซอร์คาปาซิทีฟ ใช้ในการตรวจกับถุงเมื่อไม่มีถุงใส่เชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดแล้วให้เครื่องหยุดทำงาน ซึ่งเชื่อมต่อกับขา D40 ของบอร์ดอาดุยโน และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ด อาดุยโน
- 6) โมดูลเวลาใช้ในการจับเวลาในการเพาะเชื้อ ซึ่งเชื่อมต่อกับขา SCK เชื่อมต่อกับขา 41 DAT เชื่อมต่อกับขา 42 RST เชื่อมต่อกับขา 43 ของบอร์ดอาดุยโน และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ด อาดุยโน
- 7) แอลอีดี จะมีทั้งหมด 4 ดวง ใช้สำหรับแสดงสถานะของโหมคน้ำหนัก 100 กรัม 500 กรัม และ 1 กิโลกรัม ซึ่งเชื่อมต่อกับขา D8-D11 ของบอร์ดอาดุยโน และมีไฟเลี้ยง 5 โวลต์จากบอร์ด อาดุยโน

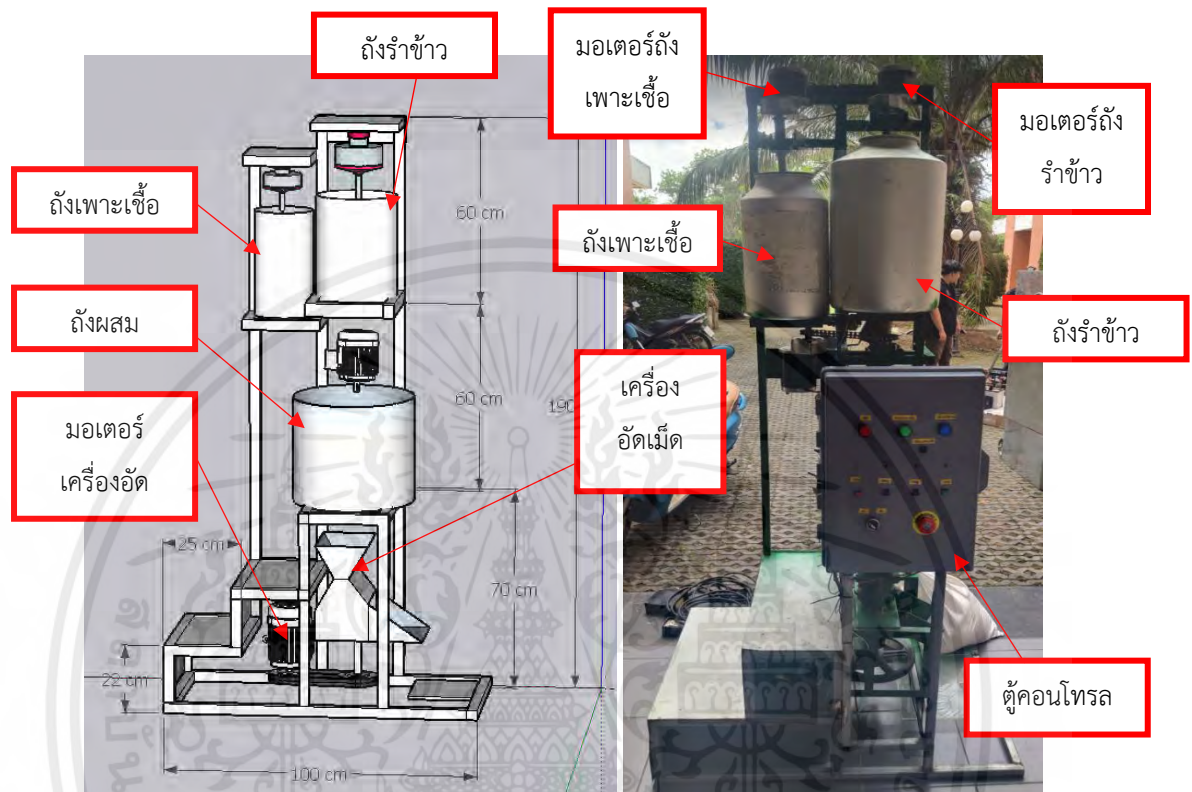
3.5 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างมีความสำคัญมากเท่ากับการออกแบบวงจร และการออกแบบซอฟต์แวร์เลยก็ว่าได้เพราะการทำงานของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น การออกแบบโครงสร้างจึงมีความสำคัญต่อการทำงานเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ

3.5.1 การออกแบบชุดโครงสร้างหลัก

การออกแบบโครงสร้างหลักมีขนาดความกว้าง 55x100x190 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3.4 โดยใช้เหล็กกล่องแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 1 นิ้ว เชื่อมต่อกันเป็นโครงสร้างหลัก ในส่วนของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานรองถังจะใช้เหล็กฉากขนาด 1 นิ้ว ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงสามารถรองรับน้ำหนักอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้งได้ทั้งหมดและตัวถังเพาะเชื้อและถังรำข้าวเป็นวัสดุอะลูมิเนียมส่วนถังผสมจะเป็นวัสดุที่ทำจากเหล็กทนต่อแรงบิดของมอเตอร์ 1 แรงละมีบันไดขนาด 25x55x22 เซนติเมตร เชื่อมติดกับเหล็กกล่องสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 140 กิโลกรัมดังรูปที่ 3.4

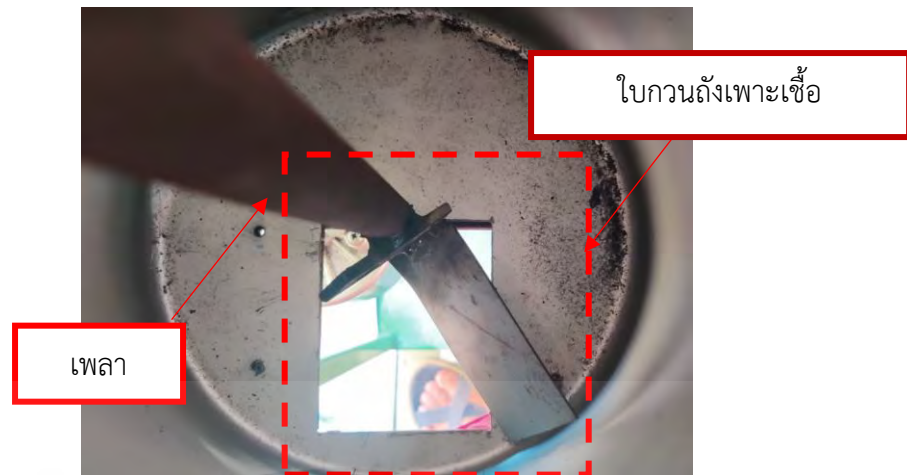


รูปที่ 3.5 โครงสร้างของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ

3.5.2 การออกแบบถังเพาะเชื้อ

ในการออกแบบใบกวนรำข้าวจะใช้เพลขนาด 1 นิ้ว ยาว 56 เซนติเมตร เชื่อมกับเหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร แล้วนำเพลไปต่อตลับลูกปืน ตักตาสีเหลี่ยมจัตุรัสและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 250 วัตต์ เพื่อใช้กวนให้เชื้อไตรโคเดอร์มาที่เพาะอยู่ในถังเพาะเชื้อขนาด 10 ลิตร ดังรูปที่ 3.6 และ 3.7 และบริเวณด้านหลังถังเพาะเชื้อจะติดตั้งเซนเซอร์ที่อยู่ภายในกล่องพลาสติกขนาด 70x120x47 มิลลิเมตร และเจาะรูเป็นทรงกลมบนฝากล่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20 มิลลิเมตรและตัดแผ่นอะคริลิกใสเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร นำปิดรูปบนฝากล่องพลาสติกที่เจาะเพื่อให้เซนเซอร์สามารถอ่านค่าผ่านแผ่นอะคริลิกได้ดังรูปที่ จากนั้นเจาะรูด้านหลังของถังเชื้อขนาดเดียวกันกับที่เจาะบนฝากล่องเซนเซอร์และใช้แผ่นอะคริลิกใสเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร มาปิดรูที่เจาะถังเพาะเชื้อ จากนั้นนำกล่องเซนเซอร์สีมาติดโดยให้รูที่เจาะตรงกันแล้วยึดด้วยปืนกาวดังรูปที่ 3.8, 3.9, 3.10 และ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ใบกวนถังเพาะเชื้อ

จากรูปที่ใบกวนรำข้าวจะใช้เพลลาขนาด 1 นิ้ว ยาว 56 เซนติเมตร เชื่อมกับเหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร แล้ว



รูปที่ 3.7 ชุดกวนถังเพาะเชื้อ

จากรูปที่ 3.7 นำเพลลาไปต่อตลับลูกปืนตุ๊กตาสี่เหลี่ยมจัตุรัสและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 250 วัตต์ใช้กวนให้เชื้อไตรโคเดอร์มาที่เพาะอยู่ในถังเพาะเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ถังเพาะเชื้อ

จากรูปที่ 3.8 ชุดกวนถังเพาะเชื้อจะกวนเชื้อไตรโคเดอร์มาเพื่อให้เชื้อกับข้าวผสมกันในทุกๆ วันจนครบ 7 วันก่อนที่จะให้เซ็นเซอร์ตรวจค่า



รูปที่ 3.9 เซ็นเซอร์สี

จากรูปที่ 3.9 เซ็นเซอร์สีอยู่ภายในกล่องพลาสติกขนาด 70x120x47 มิลลิเมตร ในการติดตั้ง ระยะระหว่างถังเพาะเชื้อกับเซ็นเซอร์สีห่างกัน 1.25 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 กล่องเซนเซอร์สี



รูปที่ 3.11 กล่องเซนเซอร์สีที่ติดตั้งหลังถังเพาะเชื้อ

จากรูปที่ 3.10 และ 3.11 เจาะรูเป็นทรงกลมบนฝากล่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20 มิลลิเมตรและตัดแผ่นอะคริลิกใสเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร นำปิดรูปบนฝากล่องพลาสติกที่เจาะเพื่อให้เซนเซอร์สามารถอ่านค่าผ่านแผ่นอะคริลิกได้ดังรูปที่ จากนั้นเจาะรูด้านหลังของถังเชื้อขนาดเดียวกันกับที่เจาะบนฝากล่องเซนเซอร์สีและใช้แผ่นอะคริลิกใสเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร มาปิดรูที่เจาะถังเพาะเชื้อจากนั้นนำกล่องเซนเซอร์สีมาติดโดยให้รูที่เจาะตรงกันแล้วยึดด้วยปืนกาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การออกแบบถังร้ำข้าว

ในการออกแบบใบกวนร้ำข้าวจะใช้เพลลาขนาด 1 นิ้ว ยาว 56 เซนติเมตร เชื่อมกับ ตะแกรงกว้าง 28 ยาว 45 เซนติเมตร แล้วนำไปต่อตลับลูกปืนตุ๊กตาสีเหลืองจตุรัสและมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง 250 วัตต์ เพื่อใช้กวนให้ร้ำข้าวที่อยู่ในถังร้ำข้าวขนาด 20 ลิตร ให้ไหลลงถึงผสมได้สะดวก ขึ้นดังรูปที่ 3.12 และ 3.13



รูปที่ 3.12 ใบกวนร้ำข้าว

จากรูปที่ 3.12 ใช้สำหรับกวนร้ำข้าวเพื่อที่จะให้ร้ำข้าวไม่จับตัวแข็งและง่ายต่อการไหลลงถึงผสมเมื่อถึงเวลาผสมก่อนจะเข้าสู่ส่วนการอัดเม็ด



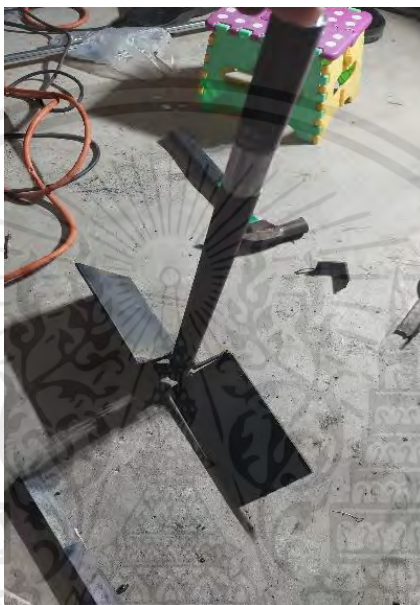
รูปที่ 3.13 ชุดถังร้ำข้าว

จากรูปที่ 3.13 ชุดกวนร้ำข้าวจะใช้มอเตอร์ 250 วัตต์ ในการกวนร้ำข้าวซึ่งทำงานพร้อมกับมอเตอร์ของเพาะเชื้อทำงานทุกวันจนครบ 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การออกแบบถังผสมผสม

ในการออกแบบใบกวนผสมจะใช้เพลารูปขนาด 1 นิ้ว ยาว 55 เซนติเมตร เชื่อมกับเหล็กแผ่นหนา 0.8 เซนติเมตร กว้าง 8 เซนติเมตร ยาว 17 เซนติเมตร ทั้งสองฝั่งโดยที่เหล็กแผ่นทั้ง จะเชื่อมติดในลักษณะเอียง 45 องศาแล้วต่อตลับลูกปืนตึกตาสีเหล็กยี่ห้อจตุรัสและมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง 450 วัตต์ เพื่อใช้ในการกวนเชื้อไตรโคเดอร์มากับรำข้าวเพื่อผสมให้เข้าก่อนสู่กระบวนการอัดเม็ดดังรูปที่ 3.14 และ 3.15



รูปที่ 3.14 ใบกวนถังผสม

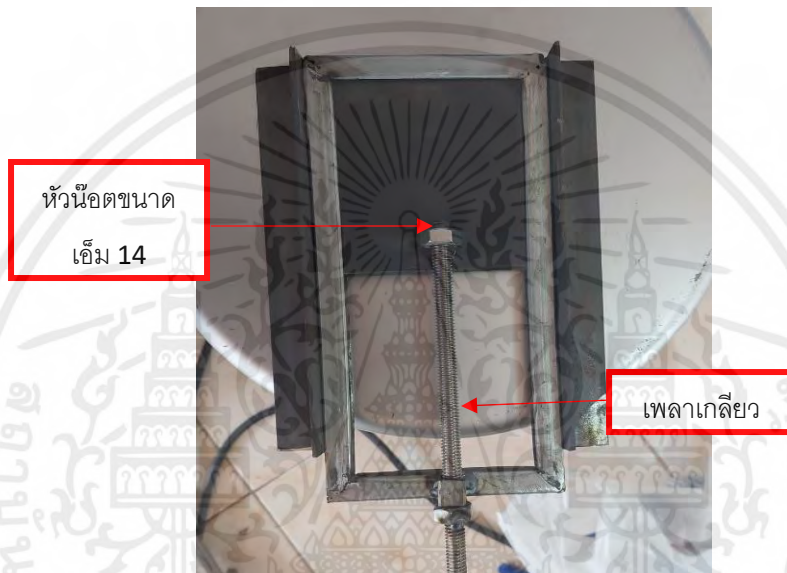


รูปที่ 3.15 ถังผสม

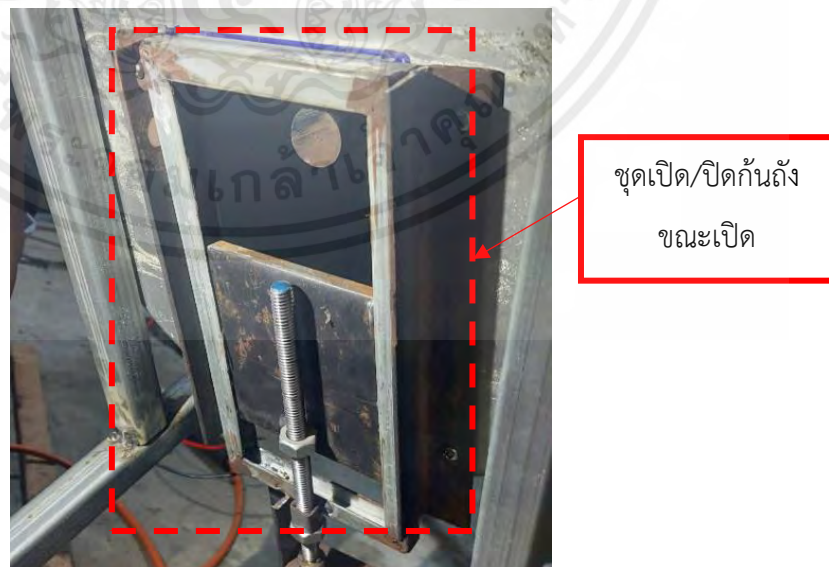
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 การออกแบบการเปิด/ปิดกั้นถังเพาะเชื้อและถังผสม

ในการออกแบบเปิดปิดกั้นถังเพาะเชื้อและถังผสมจะใช้เหล็กแผ่นหนา 0.8 เซนติเมตร ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร แล้วเชื่อมหัวน็อตขนาด เอ็ม 14 และใช้เหล็กทรงขนาดหน้ากว้าง 1 เซนติเมตร นำมาต่อเป็นสี่เหลี่ยมขนาด กว้าง 10.5 เซนติเมตร ยาว 22 เซนติเมตร แล้วใส่เหล็กแผ่นเข้าด้านในจำทำให้เหล็กแผ่นเลื่อนขึ้นลงได้ แล้วเชื่อมหัวน็อตขนาด เอ็ม 14 แล้วใช้เพลากลีเยว เอ็ม 14 หมุนเข้าผ่านหัวน็อตทั้งสองและต่อเพลากับมอเตอร์เกียร์เพื่อเป็นตัวหมุนเพลากลีเยวเลื่อนแผ่นเหล็กเปิด/ปิดกั้นถังดังรูปที่ 3.16 , 3.17 และ 3.18 ตามลำดับ

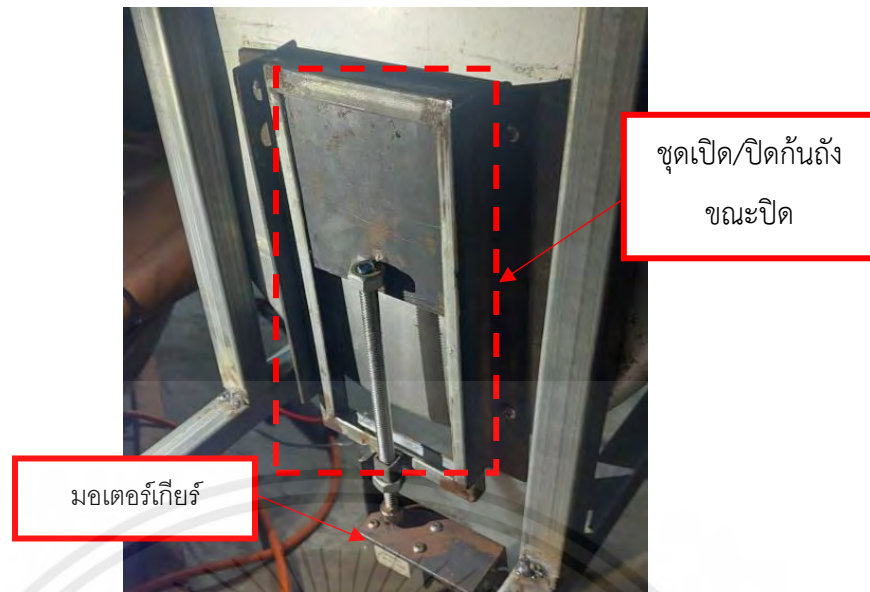


รูปที่ 3.16 ชุดเปิด/ปิดกั้นถัง



รูปที่ 3.17 ชุดเปิด/ปิดกั้นถังขณะเปิด

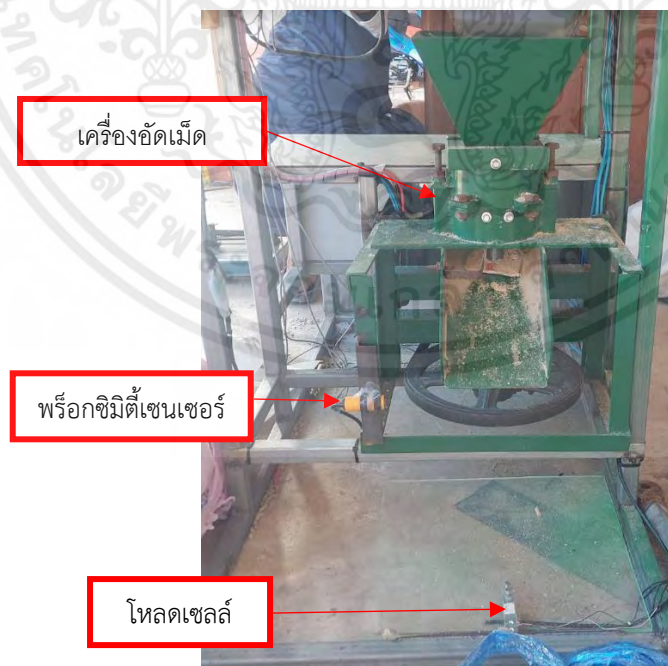
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 จุดเปิด/ปิดกั้นถังขณะปิด

3.6 การออกแบบส่วนการอัดเม็ด

ในการออกแบบส่วนการอัดเม็ดจะเอาเครื่องอัดเม็ดที่ใช้มอเตอร์ 1 แรงม้าตัดส่วนโครงสร้างด้านหลังของเครื่องอัดเม็ดออกและเชื่อมต่อกับโครงสร้างหลักและติดตั้งฟร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุและโพลตเซลล์ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ส่วนการอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.19 เป็นส่วนการอัดเม็ดจะเอาเครื่องอัดเม็ดที่ใช้มอเตอร์ 1 แรงตัดส่วนโครงสร้างด้านหลังของเครื่องอัดเม็ดออกและเชื่อมต่อกับโครงสร้างหลักและติดตั้งพรีอ็อกซิมีดีไซนเซอร์ชนิดเก็บประจุเพื่อใช้ในการตรวจจับถุงบรรจุเม็ดไตรโคเดอร์มาและโพลีเซลลูโลสในการชั่งน้ำหนักเม็ดไตรโคเดอร์มาที่ไหลมาลงถุงบรรจุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ด กิ่งอัตโนมัติซึ่งประกอบไปด้วย

4.1 การทดลองวัดปริมาณไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ผลิตได้ต่อ 1 รอบการผลิต

การทดลองนี้เป็นการทดลองวัดปริมาณไตรโคเดอร์มาที่ผลิตได้ต่อ 1 รอบ การผลิตเพื่อให้ผู้ใช้งานทราบปริมาณที่ผลิตได้ต่อ 1 รอบ

4.1.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อทราบปริมาณไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ผลิตได้ต่อ 1 รอบการผลิต

4.1.2 วิธีการทดลอง

1) นำเม็ดไตรโคเดอร์มาที่ผลิตได้ทั้งหมดต่อ 1 รอบการผลิตมาชั่งน้ำหนักกับตาชั่งดิจิตอล

2) ใส่ผลการทดลองลงในตารางที่ 4.1

4.1.3 บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 การการทดลองวัดปริมาณไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ผลิตได้ต่อ 1 รอบการผลิต

รอบการผลิตที่	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
1	9.93
2	9.89
3	9.97
4	9.90
5	9.88
เฉลี่ย	9.914

4.1.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่าน้ำหนักทุกรอบการผลิตไม่ถึง 10 กิโลกรัม เนื่องจากในขั้นตอนการอัดเม็ดยังมีเชื้อไตรโคเดอร์มาเหลืออยู่ในถังผสมที่ไม่ได้ลงมายังเครื่องอัดเม็ดทำให้ปริมาณไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดไม่ถึง 10 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ปริมาณเชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ผลิตได้ต่อ 1 รอบ

4.2 การทดลองหาปริมาตรของถังเพาะเชื้อ ถังรำข้าวและถังผสม

การทดลองนี้เป็นการทดลองใส่รำข้าวลงในถังทั้งสาม โดยถังรำข้าวจะต้องใส่ได้น้อย 8 กิโลกรัม ถังเพาะเชื้อจะต้องใส่ได้น้อย 2 กิโลกรัมและถังผสมจะต้องใส่ได้น้อย 10 กิโลกรัม เพื่อให้ได้อัตราส่วนพอดีในการอัดเม็ด

4.2.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทราบปริมาณที่ถังเพาะเชื้อสามารถบรรจุได้
- 2) เพื่อทราบปริมาณที่ถังรำข้าวสามารถบรรจุได้
- 3) เพื่อทราบปริมาณที่ผสมสามารถบรรจุได้

4.2.2 วิธีการทดลอง

- 1) คำนวณหาปริมาตรของถังเพาะเชื้อ

$$\text{ปริมาตรของทรงกระบอก} = 3.142 \times r^2 \times \text{สูง}$$

$$\text{ถังเพาะเชื้อสูง} = 30 \text{ เซนติเมตร และรัศมี} = 11 \text{ เซนติเมตร}$$

$$\text{แทนค่าสมการ} = 3.142 \times 11^2 \times 30$$

$$= 11,408.57 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$= 11.408 \text{ ลิตร}$$

- 2) คำนวณหาปริมาตรของถังรำข้าว

$$\text{ปริมาตรของทรงกระบอก} = 3.142 \times r^2 \times \text{สูง}$$

$$\text{ถังเพาะรำข้าว} = 38 \text{ เซนติเมตร และรัศมี} = 15 \text{ เซนติเมตร}$$

$$\text{แทนค่าสมการ} = 3.142 \times 15^2 \times 38$$

$$= 26,871.43 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$= 26.871 \text{ ลิตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คำนวณหาปริมาตรของถังผสม

$$\text{ปริมาตรของทรงกระบอก} = 3.142 \times r^2 \times \text{สูง}$$

$$\text{ถังเพาะผสม} = 38 \text{ เซนติเมตร และรัศมี} = 15 \text{ เซนติเมตร}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่าสมการ} &= 3.142 \times 15^2 \times 38 \\ &= 39,710 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \\ &= 39.71 \text{ ลิตร} \end{aligned}$$

4) คำนวณหาปริมาตรของรำข้าว

$$\text{ปริมาตรของรำข้าว} = \frac{\text{น้ำหนักรำข้าว(กรัม)}}{\text{ความหนาแน่นของรำข้าว}}$$

(กรัม/มิลลิลิตร)

$$\text{น้ำหนักรำข้าว} = 2000 \text{ กรัม ความหนาแน่นของรำข้าว} = 0.56$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของรำข้าว} &= 2000/0.56 \\ &= 3,571.428 \text{ มิลลิลิตร} \\ &= 3.571 \text{ ลิตร} \end{aligned}$$

$$\text{น้ำหนักรำข้าว} = 8000 \text{ กรัม ความหนาแน่นของรำข้าว} = 0.56$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของรำข้าว} &= 8000/0.56 \\ &= 14,285.714 \text{ มิลลิลิตร} \\ &= 14.285 \text{ ลิตร} \end{aligned}$$

$$\text{น้ำหนักรำข้าว} = 10000 \text{ กรัม ความหนาแน่นของรำข้าว} = 0.56$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของรำข้าว} &= 10000/0.56 \\ &= 17,857.142 \text{ มิลลิลิตร} \\ &= 17.857 \text{ ลิตร} \end{aligned}$$

5) นำค่าที่คำนวณไปเปรียบกันในตาราง 4.2

4.2.3 บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 การทดลองหาปริมาตรของถังเพาะเชื้อ ถังรำข้าวและถังผสม

ชนิดถัง	ปริมาตรของถัง(ลิตร)	ปริมาตรของรำข้าว(ลิตร)	สามารถบรรจุได้
ถังเพาะเชื้อ	11.408	3.571	✓
ถังรำข้าว	26.871	14.285	✓
ถังผสม	39.71	17.857	✓

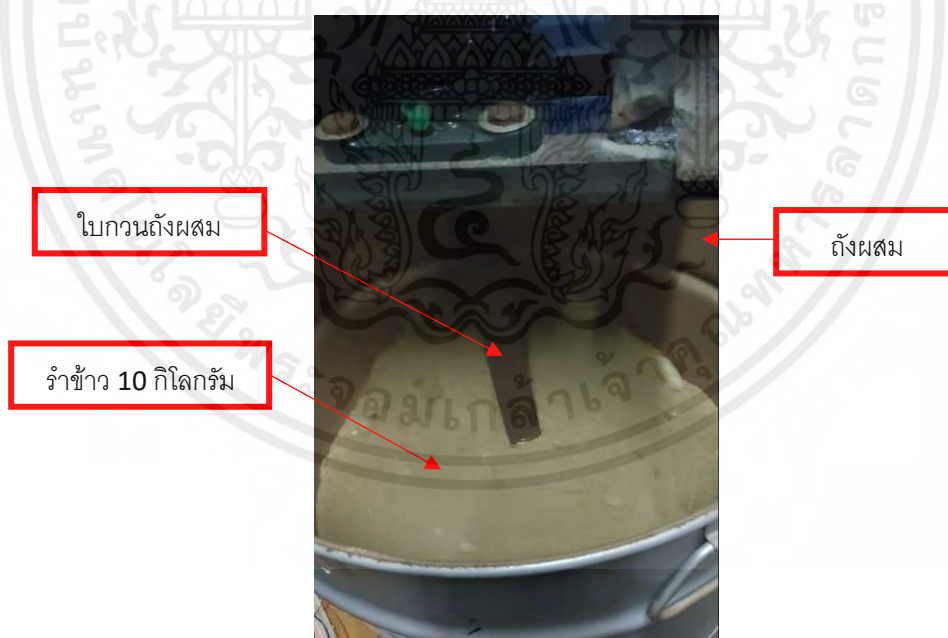
หมายเหตุ: ✓ หมายถึงสามารถบรรจุได้

4.2.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากการทดลองคำนวณหาปริมาณของถังเพาะเชื้อ ถังรำข้าวและถังผสมและเอามาเปรียบเทียบกับปริมาณของรำข้าวจะเห็นได้ว่าทั้งสามถังสามารถบรรจุรำข้าวตามน้ำหนักที่ต้องการได้



รูปที่ 4.2 ถังรำข้าว ถังเพาะเชื้อและถังผสม



รูปที่ 4.3 รำข้าวในถังผสม

จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 จะเป็นการเทียบของปริมาณรำข้าวกับถังขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการตรวจการขยายของเชื้อ

เป็นการทดลองเพื่อตรวจการขยายของเชื้อว่ามีขยายที่มากพอหรือยังถ้ายังจะให้เพิ่มเวลาขยายเชื้ออีก 1 วัน โดยจะให้เซนเซอร์ที่อยู่ด้านข้างถึงและวัดค่าสีและประมวลผล

4.3.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดลองว่าเซนเซอร์สามารถใช้งานหรือไม่

4.3.2 วิธีการทดลอง

- 1) เพาะเชื้อไตรโคเดอร์มาจำนวน 5 ถุง ถุงละ 200 กรัม ครบ 7 วัน
- 2) นำเชื้อไตรโคเดอร์มาที่เพาะแล้ว 7 วัน ใส่ในถึงเพาะเชื้อที่มีเซนเซอร์ครั้งละ 1 ถุง
- 3) ให้เซนเซอร์สีอ่านค่าและประมวลผล ใส่ผลการทดลองลงในตารางที่ 4.3

4.3.3 บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 การทดลองการตรวจการขยายของเชื้อ

เชื้อไตรโคเดอร์มาที่เพาะแล้ว 7 วัน		
ครั้งที่	ไม่ต้องเพิ่มวันเพาะเชื้อ	เพิ่มวันเพาะเชื้อ
1	√	
2	√	
3	√	
4	√	
5	√	

หมายเหตุ: √ หมายถึงไม่ต้องเพิ่มวันเพาะเชื้อ

4.3.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากการทดลองพบว่าเชื้อไตรโคเดอร์มาที่เพาะแล้ว 7 วันเซนเซอร์จะค่าอ่านสีและประมวลผลไม่ต้องเพิ่มวันเพาะเชื้อเนื่องค่าสีที่อ่านได้จากเชื้อไตรโคเดอร์มานั้น ค่าสีที่ใช้เปรียบเทียบกับเซนเซอร์ที่ตั้งไว้ในโปรแกรมคือ R:95-115 G:124-165 B:88-125



รูปที่ 4.4 เชื้อไตรโคเดอร์มาที่เพาะแล้ว 7 วัน

4.4 การทดลองอัดเม็ด

ในการทดลองอัดเม็ดจะปล่อยเชื้อไตรโคเดอร์มาที่ผสมกับรำข้าวแล้วลงมายังเครื่องอัดเม็ดแล้วอัด จากนั้นนำเม็ดไตรโคเดอร์มาวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาว

4.4.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทราบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดไตรโคเดอร์มาที่ผลิตออกมา

4.4.2 วิธีการทดลอง

- 1) นำเม็ดไตรโคเดอร์มาที่ผลิตออกมาแล้ววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้วยเวอร์เนีย
- 2) ใส่ผลการทดลองลงในตารางที่ 4.4

4.4.3 บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 การทดลองอัดเม็ด

เม็ดที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
1	5	12
2	5	11.5
3	5	14
4	5	12.5
5	5	7
เฉลี่ย	5	11.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดไตรโคเดอร์มา จะมีขนาดที่ 5 มิลลิเมตร ทุกเม็ด แต่ขนาดความยาวนั้นไม่คงที่



รูปที่ 4.5 การอัดเม็ด

จากรูปที่ 4.5 คือเชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดที่อัดเม็ดแล้ว



รูปที่ 4.6 วัดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 วัดความยาว

4.5 การทดลองโหลดเซลล์

เป็นการทดลองเพื่อทดลองดูค่าความแม่นยำของโหลดเซลล์ในการบรรจุไตรโคเดอร์มาอัดเม็ด และให้หยุดการบรรจุเมื่อไตรโคเดอร์มาตามน้ำหนักที่เลือกไว้มี 3 ขนาด 100 กรัม, 500 กรัม, 1 กิโลกรัม

4.5.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทราบน้ำหนักจริงของการบรรจุไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ 100 กรัม
- 2) เพื่อทราบน้ำหนักจริงของการบรรจุไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ 500 กรัม
- 3) เพื่อทราบน้ำหนักจริงของการบรรจุไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ 1000 กรัม

4.5.2 วิธีการทดลอง

- 1) นำถุงบรรจุมาวางบนโหลดเซลล์ กดสวิตซ์เลือกน้ำหนัก 100 กรัม และรอให้การบรรจุไตรโคเดอร์มาหยุดเองและนำถุงออก ทำซ้ำจำนวน 5 ครั้ง
- 2) นำถุงที่บรรจุไตรโคเดอร์มาแล้วมาชั่งกับตาชั่งดิจิตอลและใส่ผลการทดลองลงในตารางที่ 4.5
- 3) นำถุงบรรจุมาวางบนโหลดเซลล์ กดสวิตซ์เลือกน้ำหนัก 500 กรัม และรอให้การบรรจุไตรโคเดอร์มาหยุดเองและนำถุงออก ทำซ้ำจำนวน 5 ครั้ง
- 4) นำถุงที่บรรจุไตรโคเดอร์มาแล้วมาชั่งกับตาชั่งดิจิตอลและใส่ผลการทดลองลงในตารางที่ 4.6
- 5) นำถุงบรรจุมาวางบนโหลดเซลล์ กดสวิตซ์เลือกน้ำหนัก 1 กิโลกรัม และรอให้การบรรจุไตรโคเดอร์มาหยุดเองและนำถุงออก ทำซ้ำจำนวน 5 ครั้ง
- 6) นำถุงที่บรรจุไตรโคเดอร์มาแล้วมาชั่งกับตาชั่งดิจิตอลแล้วบันทึกค่าและใส่ผลการทดลองลงในตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.5 ทดลองค่าความแม่นยำของโพลดเซลล์ที่ 100 กรัม

ครั้งที่	ค่าน้ำหนักของถุงไตรโคเดอร์มา 100 กรัม ที่อ่านได้จากตาชั่งดิจิตอล (กรัม)	ค่าความผิดพลาด(%)
1	111 0.111	9.910
2	114 0.114	12.281
3	107 0.107	6.542
4	112 0.112	10.714
5	113 0.113	11.504
เฉลี่ย	111.4	10.190

ตารางที่ 4.6 ทดลองค่าความแม่นยำของโพลดเซลล์ที่ 500 กรัม

ครั้งที่	ค่าน้ำหนักของถุงไตรโคเดอร์มา 500 กรัม ที่อ่านได้จากตาชั่งดิจิตอล (กรัม)	ค่าความผิดพลาด(%)
1	503 0.503	0.596
2	501 0.501	0.2
3	497 0.497	0.604
4	494 0.494	1.215
5	524 0.524	4.580
เฉลี่ย	503.8	1.439

ตารางที่ 4.7 ทดลองค่าความแม่นยำของโพลดเซลล์ที่ 1000 กรัม

ครั้งที่	ค่าน้ำหนักของถุงไตรโคเดอร์มา 1000 กรัม ที่อ่านได้จากตาชั่งดิจิตอล (กรัม)	ค่าความผิดพลาด(%)
1	1021 1.021	2.057
2	1009 1.009	0.892
3	1060 1.060	5.660
4	1023 1.023	2.248
5	1017 1.017	1.672
เฉลี่ย	1026	2.505

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่ายังมีค่าความผิดพลาดอยู่เนื่องจากเมื่อโหลตเซลล์วัดน้ำหนักตามทีเลือกขนาดบรรจุและหยุดการทำงานของมอเตอร์อัตโนมัติแล้วแต่ในขณะที่มอเตอร์อัตโนมัติหยุดทำงานยังคงมีเม็ดไตรโคเตอร์มาที่อัดก่อนมอเตอร์จะหยุดแล้วโหลตบรรจุ



รูปที่ 4.8 ถูที่นำมาจากโหลตเซลล์ที่เลือก 100 กรัมไว้แล้วเครื่องหยุดการบรรจุ นำมาชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 4.9 ถูที่นำมาจากโหลตเซลล์ที่เลือก 500 กรัมไว้แล้วเครื่องหยุดการบรรจุ นำมาชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 4.10 ถูที่นำมาจากโหลตเซลล์ที่เลือก 1000 กรัมไว้แล้วเครื่องหยุดการบรรจุ นำมาชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองไฟแจ้งเตือนสถานการณ์ทำงาน

เป็นการทดลองเพื่อดูว่าหลอดไฟแจ้งเตือนสถานะทำงานหรือไม่ซึ่งจะมีไฟสถานะการทำงานของมอเตอร์ในถังผสม, ไฟแสดงสถานะการทำงานอัตโนมัติที่ 100 กรัม, ไฟแสดงสถานะการทำงานอัตโนมัติที่ 500 กรัม, ไฟแสดงสถานะการทำงานอัตโนมัติที่ 1000 กรัม, ไฟแสดงสถานะเมื่อเสร็จการทำงาน

4.6.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อดูว่าหลอดไฟแสดงสถานะผสมทำงานหรือไม่
- 2) เพื่อดูว่าหลอดไฟแสดงสถานะการอัตโนมัติที่ 100 กรัมทำงานหรือไม่
- 3) เพื่อดูว่าหลอดไฟแสดงสถานะการอัตโนมัติที่ 500 กรัมทำงานหรือไม่
- 4) เพื่อดูว่าหลอดไฟแสดงสถานะการอัตโนมัติที่ 1 กิโลกรัม ทำงานหรือไม่
- 5) เพื่อดูว่าหลอดไฟแสดงสถานะพร้อมใช้งานทำงานหรือไม่

4.6.2 วิธีการทดลอง

- 1) กดสวิทช์เลือกการทำงานมอเตอร์ถังผสมและสังเกตไฟแสดงสถานะ
- 2) ทำซ้ำและใส่ผลการทดลองลงในตารางที่ 4.8
- 3) กดสวิทช์เลือกการทำงานอัตโนมัติที่ 100 กรัม, 500 กรัม, 1000 กรัมและสังเกตไฟแสดงสถานะ
- 4) ทำซ้ำและใส่ผลการทดลองลงในตารางที่ 4.8

4.6.3 บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.8 การทดลองไฟแจ้งเตือนสถานการณ์ทำงาน

ครั้งที่	หลอดไฟแสดงสถานะการทำงานของมอเตอร์ถังผสม	หลอดไฟแสดงสถานะการทำงานอัตโนมัติที่ 100 กรัม	หลอดไฟแสดงสถานะการทำงานอัตโนมัติที่ 500 กรัม	หลอดไฟแสดงสถานะการทำงานอัตโนมัติที่ 1000 กรัม	หลอดไฟแสดงสถานะเมื่อพร้อมใช้งาน
1	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง ทำงานถูกต้อง

4.6.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากผลการทดลองไฟสถานะทุกสถานะทำงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ไฟสถานะพร้อมใช้งาน

จากรูปที่ 4.11 ไฟสถานะพร้อมใช้งานจะทำงานเมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำหนักที่เพาเวอร์ไว้พร้อมสำหรับการใช้งาน



รูปที่ 4.12 ไฟสถานะผสม

จากรูปที่ 4.12 ไฟสถานะผสมจะทำงานเมื่อกดปุ่มผสมเพื่อให้มอเตอร์ถังผสมทำงานผสมน้ำเข้ากับเซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำหนักให้เข้ากัน

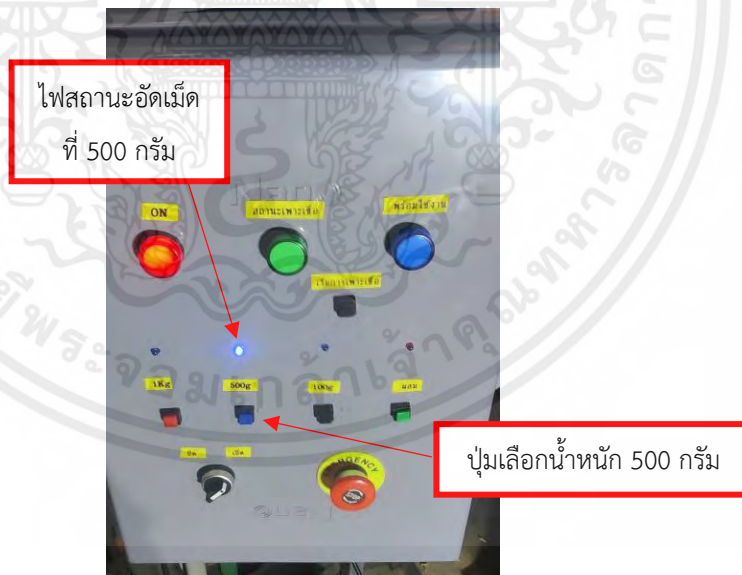
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ไฟสถานะอัตโนมัติ
ที่ 100 กรัม

รูปที่ 4.13 ไฟสถานะสถานะการอัตโนมัติที่ 100 กรัม

จากรูปที่ 4.13 ไฟสถานะอัตโนมัติที่ 100 กรัม จะทำงานเมื่อกดปุ่มเลือกน้ำหนักเพื่อให้มอเตอร์เครื่องอัตโนมัติทำงาน



ไฟสถานะอัตโนมัติ
ที่ 500 กรัม

ปุ่มเลือกน้ำหนัก 500 กรัม

รูปที่ 4.14 ไฟสถานะสถานะการอัตโนมัติที่ 500 กรัม

จากรูปที่ 4.14 ไฟสถานะอัตโนมัติที่ 500 กรัม จะทำงานเมื่อกดปุ่มเลือกน้ำหนักเพื่อให้มอเตอร์เครื่องอัตโนมัติทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ไฟสถานะสถานะการอัตโนมัติที่ 1 กิโลกรัม

จากรูปที่ 4.15 ไฟสถานะอัตโนมัติที่ 1 กิโลกรัม จะทำงานเมื่อกดปุ่มเลือกน้ำหนักเพื่อให้มอเตอร์เครื่องอัตโนมัติทำงาน

4.7 การทดลองการตัดการทำงานของเครื่องเมื่อไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติ

เป็นการทดลองเพื่อดูว่าเมื่อไม่มีถุงบรรจุแล้วเครื่องจะหยุดการทำงานหรือไม่

4.7.1 วัตถุประสงค์

1) เพื่อตรวจสอบว่าเมื่อไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติแล้วให้เครื่องหยุดการทำงาน

4.7.2 วิธีการทดลอง

- 1) กดเลือกน้ำหนักขณะมีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติ
- 2) กดเลือกน้ำหนักขณะไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติ
- 3) ใส่งผลการทดลองลงในตารางที่ 4.9

4.7.3 บันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 4.9 การทดลองการตัดการทำงานของเครื่องเมื่อไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติ

ครั้งที่	ขณะไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติ
1	√
2	√
3	√
4	√
5	√

หมายเหตุ: √ หมายถึงเครื่องหยุดการทำงานเมื่อไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7.4 สรุปผลย่อยการทดลอง

จากผลการทดลองจะเห็นว่าขณะไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดเครื่องจะหยุดการทำงาน



รูปที่ 4.16 ขณะมีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ด

จากรูปที่ 4.16 เมื่อสวมถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดบริเวณปากเครื่องอัดเม็ดแล้วกดปุ่มเลือกน้ำหนักรเพื่อใหเครื่องอัดเม็ดทำงานเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุได้เครื่องก็จะทำงานต่อไป



รูปที่ 4.17 ขณะไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ด

จากรูปที่ 4.1 เมื่อไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดบริเวณปากเครื่องอัดเม็ดแล้วกดปุ่มเลือกน้ำหนักรเพื่อใหเครื่องอัดเม็ดทำงานเซ็นเซอร์ตรวจจับไม่เจอวัตถุได้เครื่องก็จะไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุปและข้อเสนอแนะ ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ปัญหา

5.1 สรุปผลการทดลองเครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณโครโคเดอร์มาอัดเม็ดที่ผลิตได้ต่อ 1 รอบการผลิต ได้เฉลี่ย 9.914 กิโลกรัมต่อ 1 รอบการผลิตและจากการทดลองคำนวณหาปริมาตรของถังเพาะเชื้อ ถังร่าข้าว และถังผสมและเอามาเปรียบเทียบกับปริมาตรของร่าข้าวจะเห็นได้ว่าทั้งสามถังสามารถบรรจุร่าข้าวตามน้ำหนักที่ต้องการได้และจากการทดลองพบว่าเชื้อไตรโคเดอร์มาที่เพาะแล้ว 7 วันเซนเซอร์จะค่าอ่านสีและประมวลผลไม่ต้องเพิ่มวันเพาะเชื้อเนื่องจากค่าสีที่อ่านได้จากเชื้อไตรโคเดอร์มานั้นอยู่ในค่าประมาณที่ตั้งไว้ในโปรแกรมอาศัยคือ R:95-115 G:124-165 B:88-125 และจากการทดลองจะเห็นว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดไตรโคเดอร์มา จะมีขนาดที่ 5 มิลลิเมตร ทุกเม็ด แต่ขนาดความยาวนั้นไม่คงที่และจากการทดลองทั้ง 3 ขนาดนั้น ที่ขนาด 100 กรัม เฉลี่ยได้ 111.4 กรัม มีค่าความผิดพลาด 11.4 % ที่ขนาด 500 กรัม เฉลี่ยได้ 503.8 กรัม มีค่าความผิดพลาด 1.439 % ที่ขนาด 1000 กรัม เฉลี่ยได้ 1026 กรัม มีค่าความผิดพลาด 2.505 % และจากการทดลองไฟสถานะทุกสถานะทำงานปกติและจากการทดลองจะเห็นว่าขณะไม่มีถุงบรรจุเชื้อไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดเครื่องจะหยุดการทำงาน

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- 1) เซนเซอร์สีเสียได้ง่ายหากมีความชื้น
- 2) เซนเซอร์สีวัดสีได้ไม่ตรงกับสีจริง
- 3) การเพาะเชื้อไตรโคเดอร์มา ถ้าข้าวที่นำมาเพาะและเกินไปจะทำให้ขึ้นรา
- 4) ถังร่าข้าวและถังผสมเป็นวัสดุอลูมิเนียมซึ่งแข็งแรงน้อยกว่าเหล็กทำให้ติดตั้งอุปกรณ์ยาก

5.3 ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ปัญหา

- 1) ควรติดตั้งเซนเซอร์ให้ปลอดภัยจากความชื้น
- 2) ควรทดลองนำเซนเซอร์ไปวัดค่าสีเชื้อไตรโคเดอร์มาหลายครั้งๆ ในระยะห่างที่เท่ากันเพื่อหาค่าประมาณ
- 3) หุงข้าวให้มีความสุกก่อนไปทางคิบ
- 4) ควรเปลี่ยนวัสดุของถังร่าข้าวและถังเพาะเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] “มอเตอร์ไฟฟ้า(Electric Motor)”(ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: <https://naichangmashare.com/2021/05/28/electric-motor-ep-1/>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [2] สุวัฒน์ ตัน, **เทคนิคและการออกแบบสวิตซ์ิงเพาเวอร์ซัพพลาย**, เอนเทลไทย, 2538
- [3] “หัวขับเคลื่อนไฟฟ้า(Electric Actuator)”(ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://www.eurooriental.co.th/valve-actuator/>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [4] ผศ.ดร. เดชฤทธิ์ มณีธรรม, **คัมภีร์การใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino** ,กรุงเทพฯ: ซี เอ็ดดูเคชั่น, 2560
- [5] ไกรศร ตั้งโสภากุล, **คู่มือเรียนเขียนโปรแกรมภาษา C ฉบับสมบูรณ์**, นนทบุรี : ไอดีซีฯ, 2556
- [6] ผศ.ดร.จิระเดช แจ่มสว่าง, ดร.วรรณวิไล อินหนู, **การใช้เซอราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืช**, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน นครปฐม, 2542
- [7] “เครื่องอัดเม็ด” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://pellet-making-machine.com/Thai-pellet-market-report/feed-pellet-machinery-manufacturer.html>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [8] “โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid State Relay)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=122>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [9] “โหลดเซลล์ (Load Cell)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://www.changfi.com/fix/2021/12/23/14526/>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [10] “เซนเซอร์สี (Color Sensor)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://th.jf-parede.pt/color-sensor-working>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [11] “รำข้าว” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://force.kmutt.ac.th/รำข้าว-rice-bran/>

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

- เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [12] เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, **ประมวลความรู้เบื้องต้นเรื่องข้าว**, สำนักงานบริหารวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2563
- [13] “ซีเล็คเตอร์สวิตช์ (Selector Switch)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://misumitechnical.com/technical/electrical/selector-switch/>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [14] “โมดูลสเต็ปดาวน์ (Step-Down Module)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <http://ceemankorn.blogspot.com/2015/11/buck-converter.html>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [15] “คาปาซิทีฟ พร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://factomart.com/principle-of-capacitive-proximity-sensor/>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [16] “โมดูลขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ (Module XFW-HX711)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://www.ab.in.th/product/259/hx711-weight-sensor-amplifier-module-load-cell>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [17] “สวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Stop Switch)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://my.factomart.com/products/push-button-pilot-lamp-industrial-control-station-equipment/emergency-switch>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565
- [18] “ไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา : <https://misumitechnical.com/technical/electrical/pilot-lamp/>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2565



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงานของอาดุยโน้

```

#include <virtuabotixRTC.h> //เป็นการเรียกใช้ไลบรารีเพื่อติดต่อกับบอร์ดอาดุยโน้
#include <EEPROM.h> //เป็นการเรียกใช้ไลบรารีเพื่อติดต่อกับบอร์ดอาดุยโน้
#include <Wire.h> //เป็นการเรียกใช้ไลบรารีเพื่อติดต่อกับบอร์ดอาดุยโน้
#include "Adafruit_TCS34725.h" //เป็นการเรียกใช้ไลบรารีเพื่อติดต่อกับบอร์ดอาดุยโน้
Adafruit_TCS34725 tcs = Adafruit_TCS34725(TCS34725_INTEGRATIONTIME_50MS,
TCS34725_GAIN_4X);
virtuabotixRTC myRTC (41, 42, 43); //ประกาศ clk, dat, rst โมดูลนาฬิกา
#include "HX711.h"
float calibration factor =34779.00; //เซตค่าน้ำหนักโหลดเซลล์
#define zero factor 8535481 //ค่าเริ่มต้นโหลดเซลล์
#define DOUT A3 //ประกาศขา DT โหลดเซลล์ตัวที่
#define CLK A2 //ประกาศขา SCK โหลดเซลล์
float offset=0;
float get_units_kg();
int relay1 = 12; //ประกาศขา รีเลย์
int relay2 = 13; //ประกาศขา รีเลย์
int relay3 = 24; //ประกาศขา รีเลย์
int relay4 = 25; //ประกาศขา รีเลย์
int relay5 = 26; //ประกาศขา รีเลย์
int relay6 = 27; //ประกาศขา รีเลย์
int relay7 = 28; //ประกาศขา รีเลย์
int relay8 = 29; //ประกาศขา รีเลย์
int relay9 = 30; //ประกาศขา รีเลย์
int relay10 = 31; //ประกาศขา รีเลย์
int relay11 = 32; //ประกาศขา รีเลย์
int relay12 = 33; //ประกาศขา รีเลย์
int sensor = 40; //ประกาศขา เซนเซอร์
int i = 0;
int sw1 = 7; //สวิทช์เพาะเชื้อ
int sw2 = 8; //สวิทช์ถังผสม
int led2 = 3; //ไฟถังผสม

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int sw3 = 9; //สวิทช์ 100 กรัม
int led3 = 4; //ไฟ 100 กรัม
int sw4 = 10; //สวิทช์ 500 กรัม
int led4 = 5; //ไฟ 500 กรัม
int sw5 = 11; //สวิทช์ 1 กิโลกรัม
int led5 = 6; //ไฟ 1 กิโลกรัม
int state = 0;
int statesw2 = 0;
int statesw = 0;
int stateday = 1; //ประกาศ state วัน
int secplus = 0; //ประกาศ state วินาที
int statew1 = 0; //ประกาศ state 100 กรัม
int statew2 = 0; //ประกาศ state 500 กรัม
int statew3 = 0; //ประกาศ state 1 กิโลกรัม
// เป็นฟังก์ชันเก็บค่าเวลาลง EEPROM
byte data0;
byte data1;
byte data2;
byte data3;
byte data4;
byte data5;
int data6;
int data7;
int data8;
byte data9;
byte state1;

void setup () {
    //เป็นการเช็คการติดต่อกับเซนเซอร์สี่
    tcs.begin();
    if (tcs.begin()) {
        Serial.println("Found sensor");
    } else {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.println("No TCS34725 found ... check your connections");

while (1);
}

// ประกาศตัวแปรอินพุต เอาต์พุต
pinMode(sensor,INPUT);
pinMode(sw1, INPUT_PULLUP);
pinMode(sw2, INPUT_PULLUP);
pinMode(sw3, INPUT_PULLUP);
pinMode(sw4, INPUT_PULLUP);
pinMode(sw5, INPUT_PULLUP);
pinMode(led1, OUTPUT);
pinMode(led2, OUTPUT);
pinMode(led3, OUTPUT);
pinMode(led4, OUTPUT);
pinMode(led5, OUTPUT);
pinMode(relay1, OUTPUT);
pinMode(relay2, OUTPUT);
pinMode(relay3, OUTPUT);
pinMode(relay4, OUTPUT);
pinMode(relay5, OUTPUT);
pinMode(relay6, OUTPUT);
pinMode(relay7, OUTPUT);
pinMode(relay8, OUTPUT);
pinMode(relay9, OUTPUT);
pinMode(relay10, OUTPUT);
pinMode(relay11, OUTPUT);
pinMode(relay12, OUTPUT);
digitalWrite(relay1, HIGH);
digitalWrite(relay2, HIGH);
digitalWrite(relay3, HIGH);
digitalWrite(relay4, HIGH);
digitalWrite(relay5, HIGH);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(relay6, HIGH);
digitalWrite(relay7, HIGH);
digitalWrite(relay8, HIGH);
digitalWrite(relay9, HIGH);
digitalWrite(relay10, HIGH);
digitalWrite(relay11, HIGH);
digitalWrite(relay12, HIGH);
scale.set_scale(calibration_factor);
scale.set_offset(zero_factor);
// เป็นฟังก์ชันการเซ็ตค่าเวลาของโมดูลนาฬิกา
// seconds, minutes, hours, day of the week, day of the month, month, year
myRTC.setDS1302Time(20, 51, 4, 7, 6, 6, 2023);
}

void loop () {
// put your main code here, to run repeatedly:
con ();
sw ();

}
//การตรวจค่าสี
void tcs1(){
uint16_t r, g, b, c, colorTemp, lux;
tcs.getRawData(&r, &g, &b, &c);
colorTemp = tcs.calculateColorTemperature_dh40(r, g, b, c);
lux = tcs.calculateLux(r, g, b);
if((r>=95 && r<=115)&& (g>=124 && g<=165) && (b>=88 && b<=125))
{

}
else
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

state = 1;
int day = (myRTC.dayofmonth);
int month = (myRTC.month);
int dayT = day+1;
int hour1 = myRTC.hours;
int min1 = myRTC.minutes;
int sec1 = myRTC.seconds;
secplus = sec1+5;
if(secplus>59)
{
    secplus = secplus-60;
}
EEPROM.write(0,hour1);
EEPROM.write(1,min1);
EEPROM.write(2,sec1);
EEPROM.write(3,dayT);
EEPROM.write(4,secplus);
EEPROM.write(5,state);
EEPROM.write(6,day);
EEPROM.write(7,month);
}

}

void con(){
    myRTC.updateTime();
    Serial.print("Current Date / Time: ");
    Serial.print(myRTC.dayofmonth);
    Serial.print("/");
    Serial.print(myRTC.month);
    Serial.print("/");
    Serial.print(myRTC.year);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.print(" ");
Serial.print(myRTC.hours);
Serial.print(":");
Serial.print(myRTC.minutes);
Serial.print(":");
Serial.println(myRTC.seconds);
// Delay so the program doesn't print non-stop
//delay(500);

}
void sw()
{
int x = digitalRead(sw1);
int y = digitalRead(sw2);
int w1 = digitalRead(sw3);
int w2 = digitalRead(sw4);
int w3 = digitalRead(sw5);
int sensor1 = digitalRead(sensor);
String data = String(get_units_kg()+offset, DEC_POINT);
//Serial.println(x);
if(x==0)
{
state = 1;
int hour1 = myRTC.hours;
int min1 = myRTC.minutes;
int sec1 = myRTC.seconds;
int day = (myRTC.dayofmonth);
int month = (myRTC.month);
int year1 = 2023;
secplus = sec1+5;
int dayT = day+7;
if(secplus>59)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    secplus = secplus-60;
}
EEPROM.write(0,hour1);
EEPROM.write(1,min1);
EEPROM.write(2,sec1);
EEPROM.write(3,dayT);
EEPROM.write(4,secplus);
EEPROM.write(5,state);
EEPROM.write(6,day);
EEPROM.write(7,month);
EEPROM.write(8,year1);

}
// เป็นฟังก์ชันการควบคุมถึงผสม
if (y==0)
{
    statesw2 != statesw2;
    if(statesw2==1)
    {
        digitalWrite(relay2,LOW);
        digitalWrite(relay3,LOW);
        digitalWrite(relay4,LOW);
        digitalWrite(relay5,LOW);
        digitalWrite(relay7,LOW);
    }
    else
    {
        digitalWrite(relay2,HIGH);
        digitalWrite(relay3,HIGH);
        digitalWrite(relay4,HIGH);
        digitalWrite(relay5,HIGH);
        digitalWrite(relay7,HIGH);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(relay6,LOW);
digitalWrite(relay8,LOW);
delay(5000);
digitalWrite(relay6,HIGH);
digitalWrite(relay8,HIGH);

}

}
//การกำหนด State ของ Switch
if(w1 == 0)
{
statew1 = 1;
}
else if(w2 == 0)
{
statew2 = 1;
}
else if(w3 == 0)
{
statew3 = 1;
}

data0 = EEPROM.read(0);
data1 = EEPROM.read(1);
data2 = EEPROM.read(2);
data3 = EEPROM.read(3);
data4 = EEPROM.read(4);
data5 = EEPROM.read(5);
data6 = EEPROM.read(6);
data7 = EEPROM.read(7);
data8 = EEPROM.read(8);
data9 = EEPROM.read(9);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.print("day ");
Serial.print(data6);
Serial.print("/");
Serial.print(data7);
Serial.print("/");
Serial.print(data8);
Serial.print("  ");
Serial.print(data0);
Serial.print(":");
Serial.print(data1);
Serial.print(":");
Serial.print(data2);
Serial.print(" ");
Serial.print(data0);
Serial.print(":");
Serial.print(data1);
Serial.print(":");
Serial.println(data4);

//ส่วนเริ่มการทำงานหมึก
if((state == 1 || data5==1) && data0 == myRTC.hours && data1 == myRTC.minutes
&& data2 == myRTC.seconds)
{
  digitalWrite(relay1,LOW);
  digitalWrite(relay1,LOW);
  digitalWrite(relay11,LOW);
  digitalWrite(relay12,HIGH);
}
else if ((state == 1 || data5==1)&& data0 == myRTC.hours && data1 ==
myRTC.minutes && data4 == myRTC.seconds)
{
  digitalWrite(relay1,LOW);
  digitalWrite(relay1,LOW);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(relay11,LOW);
digitalWrite(relay12,HIGH);

}
else if (data3==myRTC.dayofmonth)
{
state = 0;
EEPROM.write(5,state);
    digitalWrite(relay1,HIGH);
digitalWrite(relay1,HIGH);
digitalWrite(relay11, HIGH);
digitalWrite(relay12,LOW);
}

//เลือกน้ำหนัก
// 100g
if (statew1 == 1 && sensor1 == 1 )
{
digitalWrite(relay1,LOW);
digitalWrite(relay2,LOW);
digitalWrite(relay9,LOW);
delay(5000);
digitalWrite(relay9,HIGH);
}
else if(statew1 == 1 && sensor1 == 0)
{
digitalWrite(relay1,HIGH);
digitalWrite(relay2,HIGH);
}
else if (statew1 == 1 && sensor1 == 1 && data == "100")
{
digitalWrite(relay1,HIGH);
digitalWrite(relay2,HIGH);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(relay10,LOW);
delay(5000);
digitalWrite(relay10,HIGH);
statew1 = 0;
}
// 500g
if (statew2 == 1 && sensor1 == 1 )
{
digitalWrite(relay1,LOW);
digitalWrite(relay2,LOW);
digitalWrite(relay9,LOW);
delay(5000);
digitalWrite(relay9,HIGH);
}
else if(statew2 == 1 && sensor1 == 0)
{
digitalWrite(relay1,HIGH);
digitalWrite(relay2,HIGH);
}
else if (statew2 == 1 && sensor1 == 1 && data == "500")
{
digitalWrite(relay1,HIGH);
digitalWrite(relay2,HIGH);
digitalWrite(relay10,LOW);
delay(5000);
digitalWrite(relay10,HIGH);
statew2 = 0;
}

// 1000g
if (statew3 == 1 && sensor1 == 1 )
{
digitalWrite(relay1,LOW);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(relay2,LOW);
digitalWrite(relay9,LOW);
delay(5000);
digitalWrite(relay9,HIGH);
}
else if(statew3 == 1 && sensor1 == 0)
{
digitalWrite(relay1,HIGH);
digitalWrite(relay2,HIGH);
}

else if (statew3 == 1 && sensor1 == 1 && data == "500")
{
digitalWrite(relay1,HIGH);
digitalWrite(relay2,HIGH);
digitalWrite(relay10,LOW);
delay(5000);
digitalWrite(relay10,HIGH);
statew3 = 0;
}

delay(500);
//การแปลงค่าเป็น กก
}
float get_units_kg()
{
return(scale.get_units()*0.453592);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คู่มือการใช้งานเครื่องผลิตไตรคเตอร์มาอัดเม็ดกึ่งอัตโนมัติ



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องผลิตไตรโคเดอร์มาอัตโนมัติ

1.การทำงานของเครื่อง

- 1.1 ให้เตรียมข้าวหุงสุกผสมกับหัวเชื้อไตรโคเดอร์มา 2 กก. ให้พร้อม
- 1.2 เตรียมรำข้าว 8 กก.
- 1.3 ใส่ข้าวที่ผสมหัวเชื้อลงในถังเพาะเชื้อของเครื่อง
- 1.4 ใส่รำข้าวลงในถังรำข้าวของเครื่อง
- 1.5 กดสวิทช์เริ่มการเพาะเชื้อ



รูปที่ ค.1 เริ่มการเพาะเชื้อ

- 1.6 เมื่อทำการเพาะเชื้อเป็นเวลา 7 วัน สถานะไฟจะเปลี่ยนเป็นพร้อมใช้งาน



รูปที่ ค.2 เสร็จสิ้นการเพาะเชื้อ

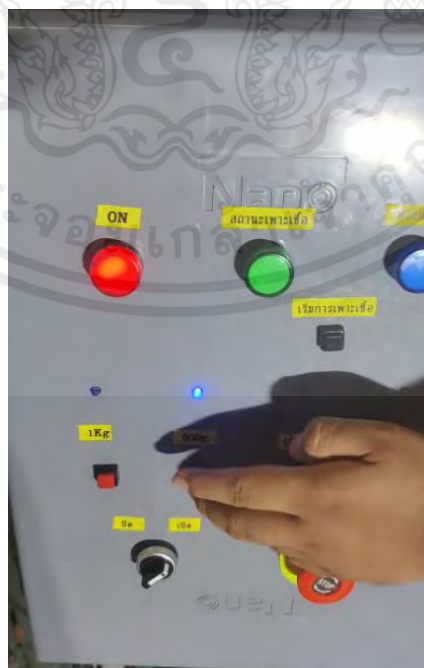
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ไฟเปลี่ยนเป็นพร้อมใช้งานแล้วให้กดสวิตช์ผสม



รูปที่ ค.3 การผสมเชื้อกับรำข้าว

1.8 เสร็จการผสมแล้วมาเลือกน้ำหนักที่ต้องการอัดเม็ด กดเลือกสวิตช์โหมด 100 g., 500 g. หรือ 1 Kg. เพื่อป้อนคำสั่งให้เครื่องทำงาน ดังแสดงใน รูป ค.4 จากตัวอย่างจะเป็นการเลือกโหมด 500 g. ซึ่งในส่วนนี้ทางผู้ใช้งานสามารถเลือกโหมดใดก็ได้



รูปที่ ค.4 เลือกโหมดน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

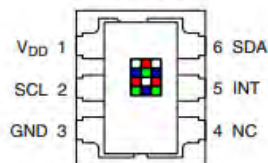


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Red, Green, Blue (RGB), and Clear Light Sensing with IR Blocking Filter
 - Programmable Analog Gain and Integration Time
 - 3,800,000:1 Dynamic Range
 - Very High Sensitivity — Ideally Suited for Operation Behind Dark Glass
- Maskable Interrupt
 - Programmable Upper and Lower Thresholds with Persistence Filter
- Power Management
 - Low Power — 2.5- μ A Sleep State
 - 65- μ A Wait State with Programmable Wait State Time from 2.4 ms to > 7 Seconds
- I²C Fast Mode Compatible Interface
 - Data Rates up to 400 kbit/s
 - Input Voltage Levels Compatible with V_{DD} or 1.8 V Bus
- Register Set and Pin Compatible with the TCS3x71 Series
- Small 2 mm × 2.4 mm Dual Flat No-Lead (FN) Package

PACKAGE FN DUAL FLAT NO-LEAD (TOP VIEW)



Package Drawing Not to Scale

Applications

- RGB LED Backlight Control
- Light Color Temperature Measurement
- Ambient Light Sensing for Display Backlight Control
- Fluid and Gas Analysis
- Product Color Verification and Sorting

End Products and Market Segments

- TVs, Mobile Handsets, Tablets, Computers, and Monitors
- Consumer and Commercial Printing
- Medical and Health Fitness
- Solid State Lighting (SSL) and Digital Signage
- Industrial Automation

Description

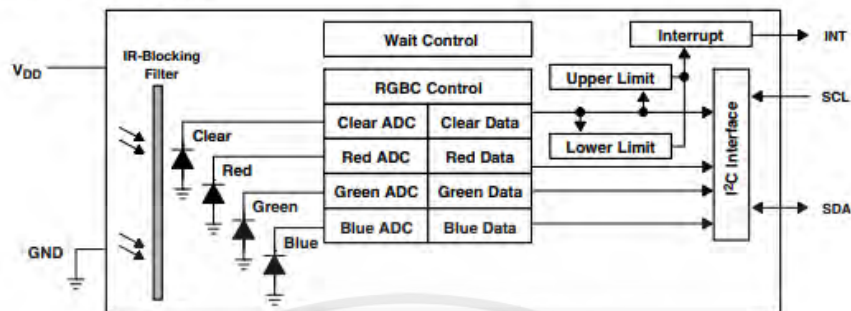
The TCS3472 device provides a digital return of red, green, blue (RGB), and clear light sensing values. An IR blocking filter, integrated on-chip and localized to the color sensing photodiodes, minimizes the IR spectral component of the incoming light and allows color measurements to be made accurately. The high sensitivity, wide dynamic range, and IR blocking filter make the TCS3472 an ideal color sensor solution for use under varying lighting conditions and through attenuating materials.

The TCS3472 color sensor has a wide range of applications including RGB LED backlight control, solid-state lighting, health/fitness products, industrial process controls and medical diagnostic equipment. In addition, the IR blocking filter enables the TCS3472 to perform ambient light sensing (ALS). Ambient light sensing is widely used in display-based products such as cell phones, notebooks, and TVs to sense the lighting environment and enable automatic display brightness for optimal viewing and power savings. The TCS3472, itself, can enter a lower-power wait state between light sensing measurements to further reduce the average power consumption.

TCS3472 COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER with IR FILTER

TAOS135 - AUGUST 2012

Functional Block Diagram



Detailed Description

The TCS3472 light-to-digital converter contains a 3×4 photodiode array, four analog-to-digital converters (ADC) that integrate the photodiode current, data registers, a state machine, and an I²C interface. The 3×4 photodiode array is composed of red-filtered, green-filtered, blue-filtered, and clear (unfiltered) photodiodes. In addition, the photodiodes are coated with an IR-blocking filter. The four integrating ADCs simultaneously convert the amplified photodiode currents to a 16-bit digital value. Upon completion of a conversion cycle, the results are transferred to the data registers, which are double-buffered to ensure the integrity of the data. All of the internal timing, as well as the low-power wait state, is controlled by the state machine.

Communication of the TCS3472 data is accomplished over a fast, up to 400 kHz, two-wire I²C serial bus. The industry standard I²C bus facilitates easy, direct connection to microcontrollers and embedded processors.

In addition to the I²C bus, the TCS3472 provides a separate interrupt signal output. When interrupts are enabled, and user-defined thresholds are exceeded, the active-low interrupt is asserted and remains asserted until it is cleared by the controller. This interrupt feature simplifies and improves the efficiency of the system software by eliminating the need to poll the TCS3472. The user can define the upper and lower interrupt thresholds and apply an interrupt persistence filter. The interrupt persistence filter allows the user to define the number of consecutive out-of-threshold events necessary before generating an interrupt. The interrupt output is open-drain, so it can be wire-ORed with other devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER

TAOS135 – AUGUST 2012

Terminal Functions

TERMINAL NAME	NO.	TYPE	DESCRIPTION
GND	3		Power supply ground. All voltages are referenced to GND.
INT	5	O	Interrupt — open drain (active low).
NC	4	O	No connect — do not connect.
SCL	2	I	I ² C serial clock input terminal — clock signal for I ² C serial data.
SDA	6	I/O	I ² C serial data I/O terminal — serial data I/O for I ² C.
V _{DD}	1		Supply voltage.

Available Options

DEVICE	ADDRESS	PACKAGE – LEADS	INTERFACE DESCRIPTION	ORDERING NUMBER
TCS34721†	0x39	FN-6	I ² C V _{bus} = V _{DD} Interface	TCS34721FN
TCS34723†	0x39	FN-6	I ² C V _{bus} = 1.8 V Interface	TCS34723FN
TCS34725	0x29	FN-6	I ² C V _{bus} = V _{DD} Interface	TCS34725FN
TCS34727	0x29	FN-6	I ² C V _{bus} = 1.8 V Interface	TCS34727FN

† Contact TAOS for availability.

Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V _{DD} (Note 1)	3.8 V
Input terminal voltage	-0.5 V to 3.8 V
Output terminal voltage	-0.5 V to 3.8 V
Output terminal current	-1 mA to 20 mA
Storage temperature range, T _{stg}	-40°C to 85°C
ESD tolerance, human body model	2000 V

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltages are with respect to GND.

Recommended Operating Conditions

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V _{DD} (TCS34721 & TCS34725) (I ² C V _{bus} = V _{DD})	2.7	3	3.6	V
Supply voltage, V _{DD} (TCS34723 & TCS34727) (I ² C V _{bus} = 1.8 V)	2.7	3	3.3	V
Operating free-air temperature, T _A	-30		70	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER

TAOS135 – AUGUST 2012

Operating Characteristics, $V_{DD} = 3\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
I_{DD} Supply current	Active		235	330	μA
	Wait state		65		
	Sleep state — no I ² C activity		2.5	10	
V_{OL} INT, SDA output low voltage	3 mA sink current	0		0.4	V
	6 mA sink current	0		0.6	
I_{LEAK} Leakage current, SDA, SCL, INT pins		-5		5	μA
I_{LEAK} Leakage current, LDR pin		-5		5	μA
V_{IH} SCL, SDA input high voltage	TCS34721 & TCS34725		0.7 V_{DD}		V
	TCS34723 & TCS34727		1.25		
V_{IL} SCL, SDA input low voltage	TCS34721 & TCS34725			0.3 V_{DD}	V
	TCS34723 & TCS34727			0.54	

Optical Characteristics, $V_{DD} = 3\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, AGAIN = 16x, ATIME = 0xF6 (unless otherwise noted) (Note 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	Red Channel			Green Channel			Blue Channel			Clear Channel			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
R_e Irradiance responsivity	$\lambda_D = 465\text{ nm}$ Note 2	0%	15%	10%	42%	65%	88%	11.0	13.8	16.6	$\text{counts}/\mu\text{W}/\text{cm}^2$			
	$\lambda_D = 525\text{ nm}$ Note 3	4%	25%	60%	85%	10%	45%	13.2	16.6	20.0				
	$\lambda_D = 615\text{ nm}$ Note 4	80%	110%	0%	14%	5%	24%	15.6	19.5	23.4				

- NOTES: 1. The percentage shown represents the ratio of the respective red, green, or blue channel value to the clear channel value.
 2. The 465 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: dominant wavelength $\lambda_D = 465\text{ nm}$, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 22\text{ nm}$.
 3. The 525 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: dominant wavelength $\lambda_D = 525\text{ nm}$, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 35\text{ nm}$.
 4. The 615 nm input irradiance is supplied by a AlInGaP light-emitting diode with the following characteristics: dominant wavelength $\lambda_D = 615\text{ nm}$, spectral halfwidth $\Delta\lambda_{1/2} = 15\text{ nm}$.

RGBC Characteristics, $V_{DD} = 3\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, AGAIN = 16x, AEN = 1 (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
Dark ADC count value	$E_D = 0$, AGAIN = 60x, ATIME = 0xD6 (100 ms)	0	1	5	counts	
ADC integration time step size	ATIME = 0xFF	2.27	2.4	2.56	ms	
ADC number of integration steps (Note 5)		1		256	steps	
ADC counts per step (Note 5)		0		1024	counts	
ADC count value (Note 5)	ATIME = 0xC0 (153.6 ms)	0		65535	counts	
Gain scaling, relative to 1x gain setting	4x		3.8	4	4.2	x
	16x		15	16	16.8	
	60x		58	60	63	

NOTE 5: Parameter ensured by design and is not tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
 TAOS135 - AUGUST 2012

Wait Characteristics, $V_{DD} = 3\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $WEN = 1$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	CHANNEL	MIN	TYP	MAX	UNIT
Wait step size	WTIME = 0xFF		2.27	2.4	2.56	ms
Wait number of integration steps (Note 1)			1		256	steps

NOTE 1: Parameter ensured by design and is not tested.

AC Electrical Characteristics, $V_{DD} = 3\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER†	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$f_{(SCL)}$ Clock frequency (I^2C only)		0		400	kHz
$t_{(BUF)}$ Bus free time between start and stop condition		1.3			μs
$t_{(HDSTA)}$ Hold time after (repeated) start condition. After this period, the first clock is generated.		0.6			μs
$t_{(SUSTA)}$ Repeated start condition setup time		0.6			μs
$t_{(SUSTO)}$ Stop condition setup time		0.6			μs
$t_{(HDDAT)}$ Data hold time		0			μs
$t_{(SUDAT)}$ Data setup time		100			ns
$t_{(LOW)}$ SCL clock low period		1.3			μs
$t_{(HIGH)}$ SCL clock high period		0.6			μs
t_f Clock/data fall time				300	ns
t_r Clock/data rise time				300	ns
C_i Input pin capacitance				10	pF

† Specified by design and characterization; not production tested.

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

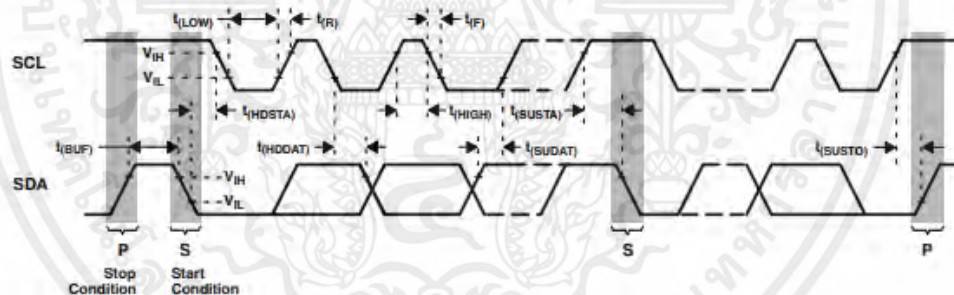


Figure 1. Timing Diagrams

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
 TAOS135 – AUGUST 2012

TYPICAL CHARACTERISTICS

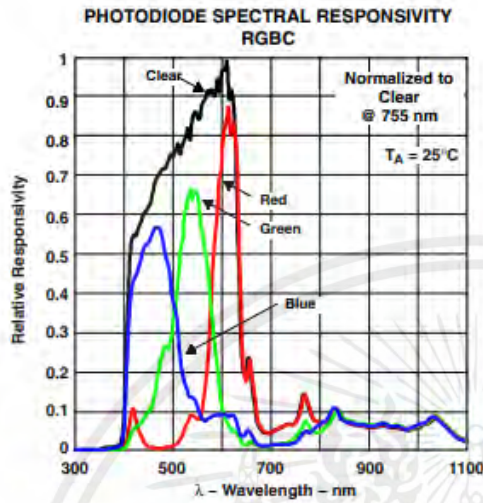


Figure 2

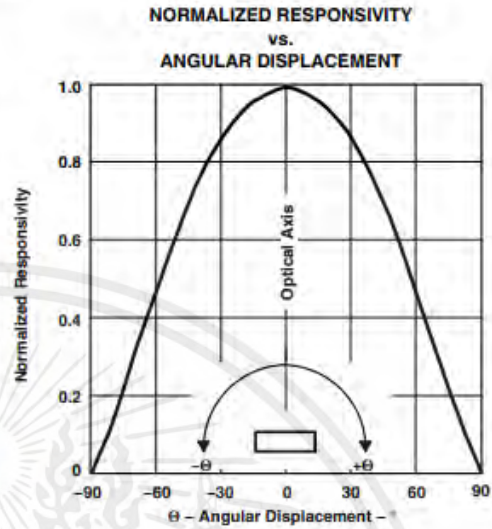


Figure 3

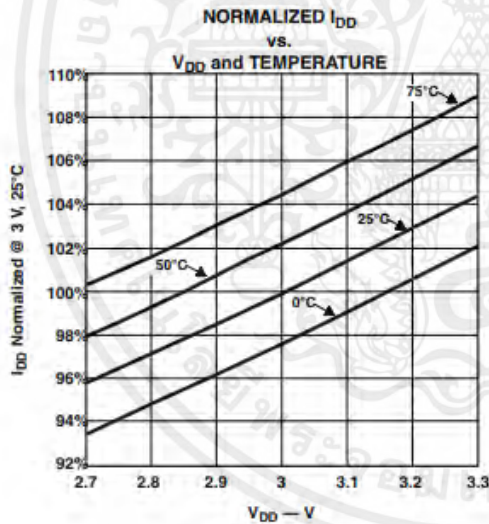


Figure 4

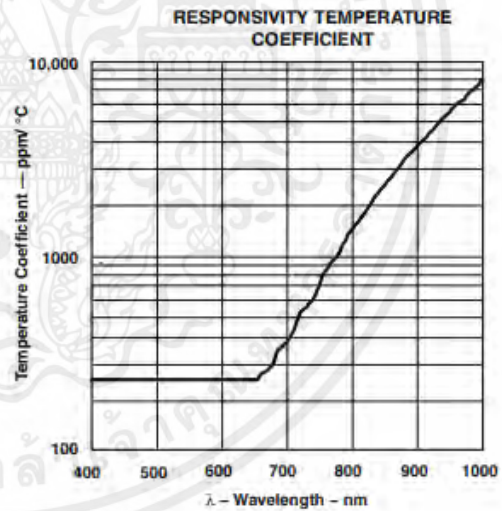


Figure 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRINCIPLES OF OPERATION

System States

An internal state machine provides system control of the RGBC and power management features of the device. At power up, an internal power-on-reset initializes the device and puts it in a low-power Sleep state.

When a start condition is detected on the I²C bus, the device transitions to the Idle state where it checks the Enable Register (0x00) PON bit. If PON is disabled, the device will return to the Sleep state to save power. Otherwise, the device will remain in the Idle state until the RGBC function is enabled (AEN). Once enabled, the device will execute the Wait and RGBC states in sequence as indicated in Figure 5. Upon completion and return to Idle, the device will automatically begin a new Wait-RGBC cycle as long as PON and AEN remain enabled.

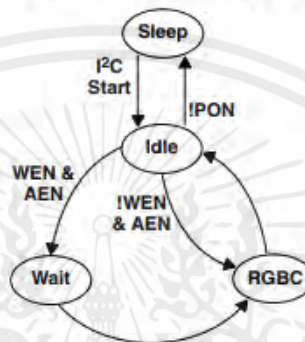


Figure 6. Simplified State Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472 COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER with IR FILTER

TAOS135 – AUGUST 2012

RGBC Operation

The RGBC engine contains RGBC gain control (AGAIN) and four integrating analog-to-digital converters (ADC) for the RGBC photodiodes. The RGBC integration time (ATIME) impacts both the resolution and the sensitivity of the RGBC reading. Integration of all four channels occurs simultaneously and upon completion of the conversion cycle, the results are transferred to the color data registers. This data is also referred to as channel count.

The transfers are double-buffered to ensure that invalid data is not read during the transfer. After the transfer, the device automatically moves to the next state in accordance with the configured state machine.

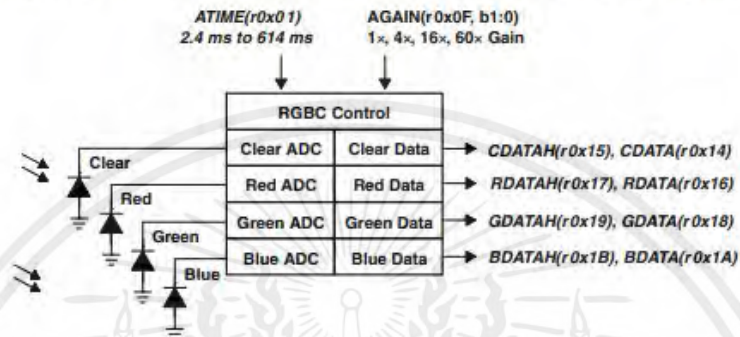


Figure 7. RGBC Operation

NOTE: In this document, the nomenclature uses the bit field name in italics followed by the register address and bit number to allow the user to easily identify the register and bit that controls the function. For example, the power on (PON) is in register 0x00, bit 0. This is represented as *PON (r0x00:b0)*.

The registers for programming the integration and wait times are a 2's complement values. The actual time can be calculated as follows:

$$ATIME = 256 - \text{Integration Time} / 2.4 \text{ ms}$$

Inversely, the time can be calculated from the register value as follows:

$$\text{Integration Time} = 2.4 \text{ ms} \times (256 - ATIME)$$

For example, if a 100-ms integration time is needed, the device needs to be programmed to:

$$256 - (100 / 2.4) = 256 - 42 = 214 = 0xD6$$

Conversely, the programmed value of 0xC0 would correspond to:

$$(256 - 0xC0) \times 2.4 = 64 \times 2.4 = 154 \text{ ms.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Interrupts

The interrupt feature simplifies and improves system efficiency by eliminating the need to poll the sensor for light intensity values outside of a user-defined range. While the interrupt function is always enabled and its status is available in the status register (0x13), the output of the interrupt state can be enabled using the RGBC interrupt enable (AIEN) field in the enable register (0x00).

Two 16-bit interrupt threshold registers allow the user to set limits below and above a desired light level. An interrupt can be generated when the Clear data (CDATA) is less than the Clear interrupt low threshold (AILTx) or is greater than the Clear interrupt high threshold (AIHTx).

It is important to note that the thresholds are evaluated in sequence, first the low threshold, then the high threshold. As a result, if the low threshold is set above the high threshold, the high threshold is ignored and only the low threshold is evaluated.

To further control when an interrupt occurs, the device provides a persistence filter. The persistence filter allows the user to specify the number of consecutive out-of-range Clear occurrences before an interrupt is generated. The persistence filter register (0x0C) allows the user to set the Clear persistence filter (APERS) value. See the persistence filter register for details on the persistence filter value. Once the persistence filter generates an interrupt, it will continue until a special function interrupt clear command is received (see command register).

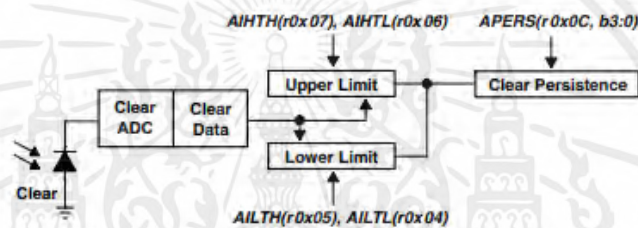


Figure 8. Programmable Interrupt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER

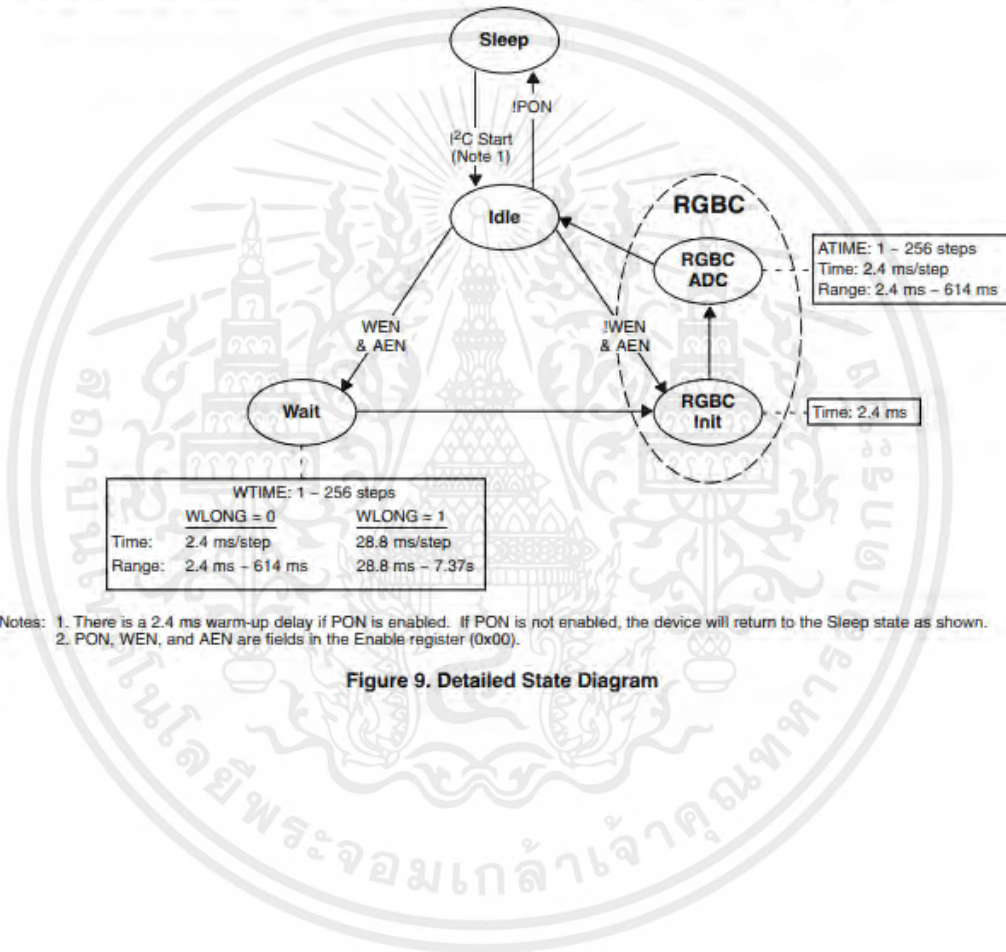
TAOS135 – AUGUST 2012

System Timing

The system state machine shown in Figure 5 provides an overview of the states and state transitions that provide system control of the device. This section highlights the programmable features, which affect the state machine cycle time, and provides details to determine system level timing.

When the power management feature is enabled (WEN), the state machine will transition to the Wait state. The wait time is determined by WLONG, which extends normal operation by 12x when asserted, and WTIME. The formula to determine the wait time is given in the box associated with the Wait state in Figure 9.

When the RGBC feature is enabled (AEN), the state machine will transition through the RGBC Init and RGBC ADC states. The RGBC Init state takes 2.4 ms, while the RGBC ADC time is dependent on the integration time (ATIME). The formula to determine RGBC ADC time is given in the associated box in Figure 9. If an interrupt is generated as a result of the RGBC cycle, it will be asserted at the end of the RGBC ADC.



Notes: 1. There is a 2.4 ms warm-up delay if PON is enabled. If PON is not enabled, the device will return to the Sleep state as shown.
 2. PON, WEN, and AEN are fields in the Enable register (0x00).

Figure 9. Detailed State Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
TAOS135 – AUGUST 2012

Power Management

Power consumption can be managed with the Wait state, because the Wait state typically consumes only 65 μA of I_{DD} current. An example of the power management feature is given below. With the assumptions provided in the example, average I_{DD} is estimated to be 152 μA .

Table 1. Power Management

SYSTEM STATE MACHINE STATE	PROGRAMMABLE PARAMETER	PROGRAMMED VALUE	DURATION	TYPICAL CURRENT
Wait	WTIME	0xEE	43.2 ms	0.065 mA
	WLONG	0		
RGBC Init			2.40 ms	0.235 mA
RGBC ADC	ATIME	0xEE	43.2 ms	0.235 mA

$$\text{Average } I_{\text{DD}} \text{ Current} = ((43.2 \times 0.065) + (43.2 \times 0.235) + (2.40 \times 0.235)) / 89 \approx 152 \mu\text{A}$$

Keeping with the same programmed values as the example, Table 2 shows how the average I_{DD} current is affected by the Wait state time, which is determined by WEN, WTIME, and WLONG. Note that the worst-case current occurs when the Wait state is not enabled.

Table 2. Average I_{DD} Current

WEN	WTIME	WLONG	WAIT STATE	AVERAGE I_{DD} CURRENT
0	n/a	n/a	0 ms	291 μA
1	0xFF	0	2.40 ms	280 μA
1	0xEE	0	43.2 ms	152 μA
1	0x00	0	614 ms	82 μA
1	0x00	1	7.37 s	67 μA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER

TAOS135 – AUGUST 2012

I²C Protocol

Interface and control are accomplished through an I²C serial compatible interface (standard or fast mode) to a set of registers that provide access to device control functions and output data. The devices support the 7-bit I²C addressing protocol.

The I²C standard provides for three types of bus transaction: read, write, and a combined protocol (Figure 10). During a write operation, the first byte written is a command byte followed by data. In a combined protocol, the first byte written is the command byte followed by reading a series of bytes. If a read command is issued, the register address from the previous command will be used for data access. Likewise, if the MSB of the command is not set, the device will write a series of bytes at the address stored in the last valid command with a register address. The command byte contains either control information or a 5-bit register address. The control commands can also be used to clear interrupts.

The I²C bus protocol was developed by Philips (now NXP). For a complete description of the I²C protocol, please review the NXP I²C design specification at <http://www.i2c-bus.org/references/>.

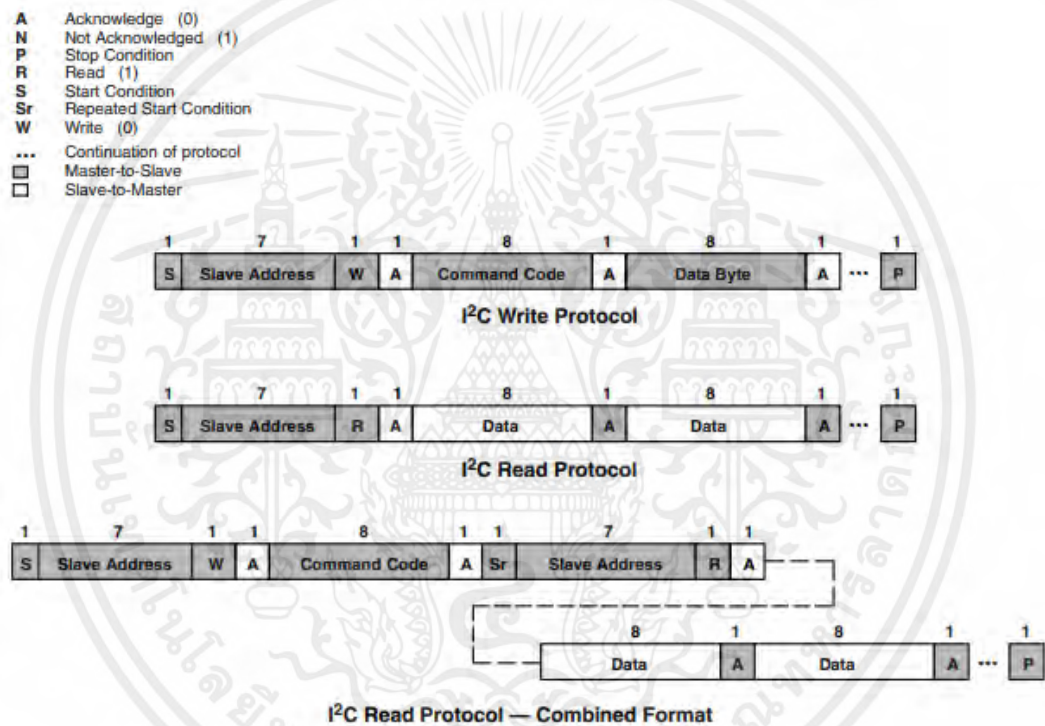


Figure 10. I²C Protocols

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
TAOS135 – AUGUST 2012

Register Set

The TCS3472 is controlled and monitored by data registers and a command register accessed through the serial interface. These registers provide for a variety of control functions and can be read to determine results of the ADC conversions. The register set is summarized in Table 3.

Table 3. Register Address

ADDRESS	REGISTER NAME	R/W	REGISTER FUNCTION	RESET VALUE
—	COMMAND	W	Specifies register address	0x00
0x00	ENABLE	R/W	Enables states and interrupts	0x00
0x01	ATIME	R/W	RGBC time	0xFF
0x03	WTIME	R/W	Wait time	0xFF
0x04	AILTL	R/W	Clear interrupt low threshold low byte	0x00
0x05	AILTH	R/W	Clear interrupt low threshold high byte	0x00
0x06	AIHTL	R/W	Clear interrupt high threshold low byte	0x00
0x07	AIHTH	R/W	Clear interrupt high threshold high byte	0x00
0x0C	PERS	R/W	Interrupt persistence filter	0x00
0x0D	CONFIG	R/W	Configuration	0x00
0x0F	CONTROL	R/W	Control	0x00
0x12	ID	R	Device ID	ID
0x13	STATUS	R	Device status	0x00
0x14	CDATAL	R	Clear data low byte	0x00
0x15	CDATAH	R	Clear data high byte	0x00
0x16	RDATAL	R	Red data low byte	0x00
0x17	RDATAH	R	Red data high byte	0x00
0x18	GDATAH	R	Green data low byte	0x00
0x19	GDATAH	R	Green data high byte	0x00
0x1A	BDATAL	R	Blue data low byte	0x00
0x1B	BDATAH	R	Blue data high byte	0x00

The mechanics of accessing a specific register depends on the specific protocol used. See the section on I²C protocols on the previous pages. In general, the COMMAND register is written first to specify the specific control-status-data register for subsequent read/write operations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
 TAOS135 – AUGUST 2012

Command Register

The command register specifies the address of the target register for future write and read operations.

Table 4. Command Register

		7	6	5	4	3	2	1	0	
COMMAND	CMD	TYPE		ADDR/SF						--
FIELD	BITS	DESCRIPTION								
CMD	7	Select Command Register. Must write as 1 when addressing COMMAND register.								
TYPE	6:5	Selects type of transaction to follow in subsequent data transfers:								
		FIELD VALUE	INTEGRATION TIME							
		00	Repeated byte protocol transaction							
		01	Auto-increment protocol transaction							
		10	Reserved — Do not use							
11	Special function — See description below									
		Byte protocol will repeatedly read the same register with each data access. Block protocol will provide auto-increment function to read successive bytes.								
ADDR/SF	4:0	Address field/special function field. Depending on the transaction type, see above, this field either specifies a special function command or selects the specific control-status-data register for subsequent read and write transactions. The field values listed below only apply to special function commands:								
		FIELD VALUE	READ VALUE							
		00110	Clear channel interrupt clear							
		other	Reserved — Do not write							
		The Clear channel interrupt clear special function clears any pending interrupt and is self-clearing.								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
 TAOS135 - AUGUST 2012

Enable Register (0x00)

The Enable register is used primarily to power the TCS3472 device on and off, and enable functions and interrupts as shown in Table 5.

Table 5. Enable Register

	7	6	5	4	3	2	1	0	
ENABLE	Reserved		AEN	WEN	Reserved	AEN	PON	Address 0x00	

FIELD	BITS	DESCRIPTION
Reserved	7:5	Reserved. Write as 0.
AEN	4	RGBC interrupt enable. When asserted, permits RGBC interrupts to be generated.
WEN	3	Wait enable. This bit activates the wait feature. Writing a 1 activates the wait timer. Writing a 0 disables the wait timer.
Reserved	2	Reserved. Write as 0.
AEN	1	RGBC enable. This bit activates the two-channel ADC. Writing a 1 activates the RGBC. Writing a 0 disables the RGBC.
PON ^{1,2}	0	Power ON. This bit activates the internal oscillator to permit the timers and ADC channels to operate. Writing a 1 activates the oscillator. Writing a 0 disables the oscillator.

NOTES: 1. See Power Management section for more information.
 2. A minimum interval of 2.4 ms must pass after PON is asserted before an RGBC can be initiated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER

TAQS135 – AUGUST 2012

RGBC Timing Register (0x01)

The RGBC timing register controls the internal integration time of the RGBC clear and IR channel ADCs in 2.4-ms increments. Max RGBC Count = $(256 - \text{ATIME}) \times 1024$ up to a maximum of 65535.

Table 6. RGBC Timing Register

FIELD	BITS	DESCRIPTION			
		VALUE	INTEG_CYCLES	TIME	MAX COUNT
ATIME	7:0	0xFF	1	2.4 ms	1024
		0xF6	10	24 ms	10240
		0xD5	42	101 ms	43008
		0xC0	64	154 ms	65535
		0x00	256	700 ms	65535

Wait Time Register (0x03)

Wait time is set 2.4 ms increments unless the WLONG bit is asserted, in which case the wait times are 12x longer. WTIME is programmed as a 2's complement number.

Table 7. Wait Time Register

FIELD	BITS	DESCRIPTION			
		REGISTER VALUE	WAIT TIME	TIME (WLONG = 0)	TIME (WLONG = 1)
WTIME	7:0	0xFF	1	2.4 ms	0.029 sec
		0xAB	85	204 ms	2.45 sec
		0x00	256	614 ms	7.4 sec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
 TAOS135 – AUGUST 2012

RGBC Interrupt Threshold Registers (0x04 – 0x07)

The RGBC interrupt threshold registers provides the values to be used as the high and low trigger points for the comparison function for interrupt generation. If the value generated by the clear channel crosses below the lower threshold specified, or above the higher threshold, an interrupt is asserted on the interrupt pin.

Table 8. RGBC Interrupt Threshold Registers

REGISTER	ADDRESS	BITS	DESCRIPTION
AILTL	0x04	7:0	RGBC clear channel low threshold lower byte
AILTH	0x05	7:0	RGBC clear channel low threshold upper byte
AIHTL	0x06	7:0	RGBC clear channel high threshold lower byte
AIHTH	0x07	7:0	RGBC clear channel high threshold upper byte

Persistence Register (0x0C)

The persistence register controls the filtering interrupt capabilities of the device. Configurable filtering is provided to allow interrupts to be generated after each integration cycle or if the integration has produced a result that is outside of the values specified by the threshold register for some specified amount of time.

Table 9. Persistence Register

		7	6	5	4	3	2	1	0	Address
PERS		Reserved				APERS				0x0C
		Reserved				APERS				0x0C
FIELD	BITS	DESCRIPTION								
PPERS	7:4	Reserved								
APERS	3:0	Interrupt persistence. Controls rate of interrupt to the host processor.								
		FIELD VALUE	MEANING	INTERRUPT PERSISTENCE FUNCTION						
		0000	Every	Every RGBC cycle generates an interrupt						
		0001	1	1 clear channel value outside of threshold range						
		0010	2	2 clear channel consecutive values out of range						
		0011	3	3 clear channel consecutive values out of range						
		0100	5	5 clear channel consecutive values out of range						
		0101	10	10 clear channel consecutive values out of range						
		0110	15	15 clear channel consecutive values out of range						
		0111	20	20 clear channel consecutive values out of range						
		1000	25	25 clear channel consecutive values out of range						
		1001	30	30 clear channel consecutive values out of range						
		1010	35	35 clear channel consecutive values out of range						
		1011	40	40 clear channel consecutive values out of range						
		1100	45	45 clear channel consecutive values out of range						
1101	50	50 clear channel consecutive values out of range								
1110	55	55 clear channel consecutive values out of range								
1111	60	60 clear channel consecutive values out of range								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER

TAOS135 – AUGUST 2012

Configuration Register (0x0D)

The configuration register sets the wait long time.

Table 10. Configuration Register

	7	6	5	4	3	2	1	0	
CONFIG	Reserved						WLONG	Reserved	Address 0x0D
FIELD	BITS		DESCRIPTION						
Reserved	7:2		Reserved. Write as 0.						
WLONG	1		Wait Long. When asserted, the wait cycles are increased by a factor 12X from that programmed in the WTIME register.						
Reserved	0		Reserved. Write as 0.						

Control Register (0x0F)

The Control register provides eight bits of miscellaneous control to the analog block. These bits typically control functions such as gain settings and/or diode selection.

Table 11. Control Register

	7	6	5	4	3	2	1	0		
CONTROL	Reserved						AGAIN	Address 0x0F		
FIELD	BITS		DESCRIPTION							
Reserved	7:2		Reserved. Write bits as 0.							
AGAIN	1:0		RGBC Gain Control.							
			FIELD VALUE	RGBC GAIN VALUE						
			00	1X gain						
			01	4X gain						
			10	16X gain						
			11	60X gain						

ID Register (0x12)

The ID Register provides the value for the part number. The ID register is a read-only register.

Table 12. ID Register

	7	6	5	4	3	2	1	0	
ID	ID								Address 0x12
FIELD	BITS		DESCRIPTION						
ID	7:0		Part number identification						0x44 = TCS34721 and TCS34725
									0x4D = TCS34723 and TCS34727

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
 TAOS135 – AUGUST 2012

Status Register (0x13)

The Status Register provides the internal status of the device. This register is read only.

Table 13. Status Register

	7	6	5	4	3	2	1	0	
STATUS	Reserved		AINT	Reserved		AVALID		Address 0x13	
FIELD	BIT	DESCRIPTION							
Reserved	7:5	Reserved.							
AINT	4	RGBC clear channel Interrupt.							
Reserved	3:1	Reserved.							
AVALID	0	RGBC Valid. Indicates that the RGBC channels have completed an integration cycle.							

RGBC Channel Data Registers (0x14 – 0x1B)

Clear, red, green, and blue data is stored as 16-bit values. To ensure the data is read correctly, a two-byte read I²C transaction should be used with a read word protocol bit set in the command register. With this operation, when the lower byte register is read, the upper eight bits are stored into a shadow register, which is read by a subsequent read to the upper byte. The upper register will read the correct value even if additional ADC integration cycles end between the reading of the lower and upper registers.

Table 14. ADC Channel Data Registers

REGISTER	ADDRESS	BITS	DESCRIPTION
CDATA	0x14	7:0	Clear data low byte
CDATAH	0x15	7:0	Clear data high byte
RDATA	0x16	7:0	Red data low byte
RDATAH	0x17	7:0	Red data high byte
GDATA	0x18	7:0	Green data low byte
GDATAH	0x19	7:0	Green data high byte
BDATA	0x1A	7:0	Blue data low byte
BDATAH	0x1B	7:0	Blue data high byte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

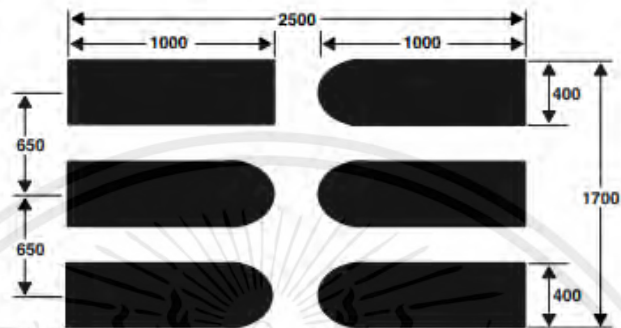
TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
TACS135 – AUGUST 2012

APPLICATION INFORMATION: HARDWARE

PCB Pad Layout

Suggested PCB pad layout guidelines for the Dual Flat No-Lead (FN) surface mount package are shown in Figure 11.

Note: Pads can be extended further if hand soldering is needed.



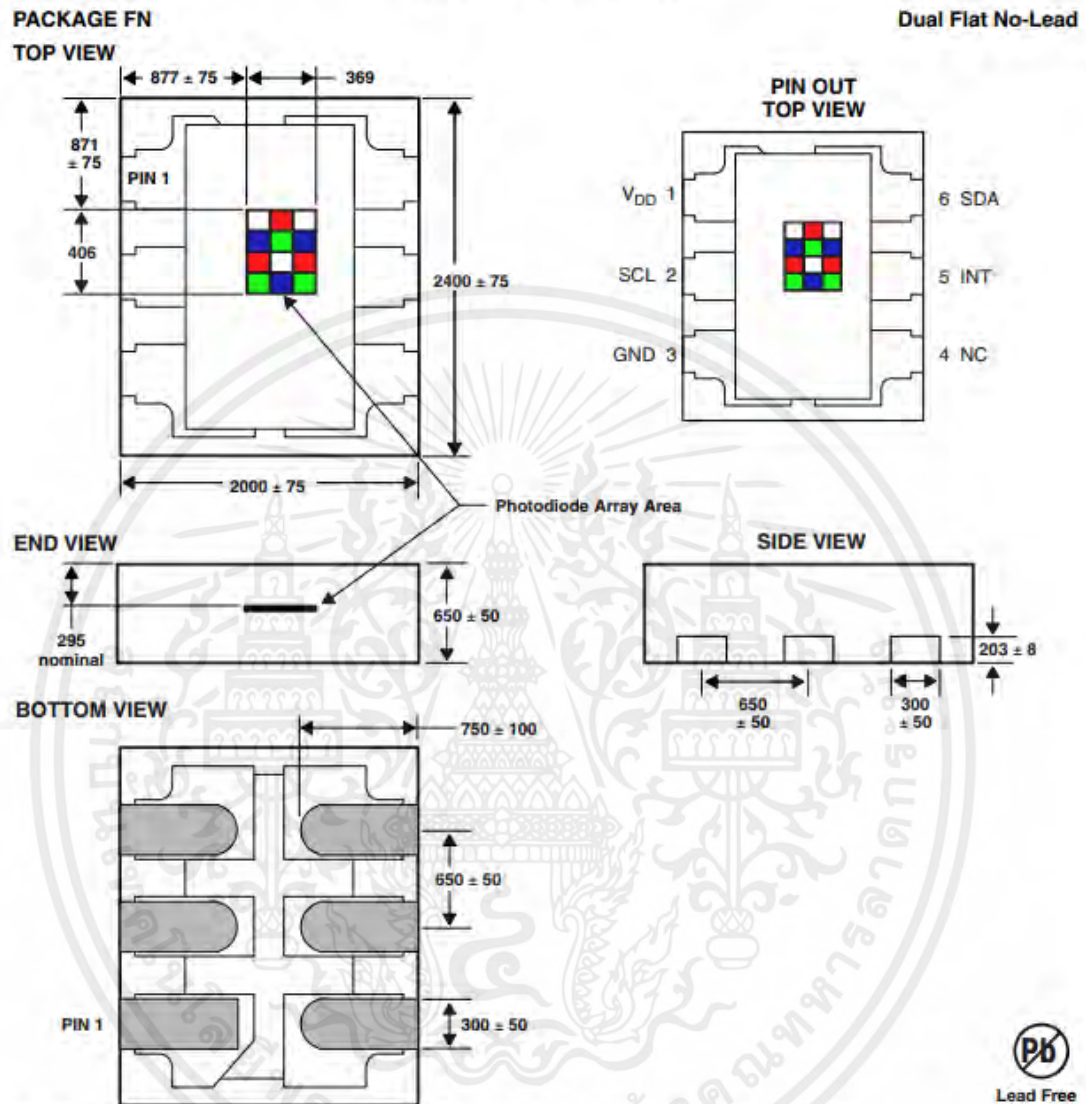
NOTES: A. All linear dimensions are in micrometers.
 B. This drawing is subject to change without notice.

Figure 11. Suggested FN Package PCB Layout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
 TAOS135 – AUGUST 2012

PACKAGE INFORMATION



- NOTES: A. All linear dimensions are in micrometers. Dimension tolerance is $\pm 20 \mu\text{m}$ unless otherwise noted.
 B. The die is centered within the package within a tolerance of $\pm 3 \text{ mils}$.
 C. Package top surface is molded with an electrically nonconductive clear plastic compound having an index of refraction of 1.55.
 D. Contact finish is copper alloy A194 with pre-plated NiPdAu lead finish.
 E. This package contains no lead (Pb).
 F. This drawing is subject to change without notice.

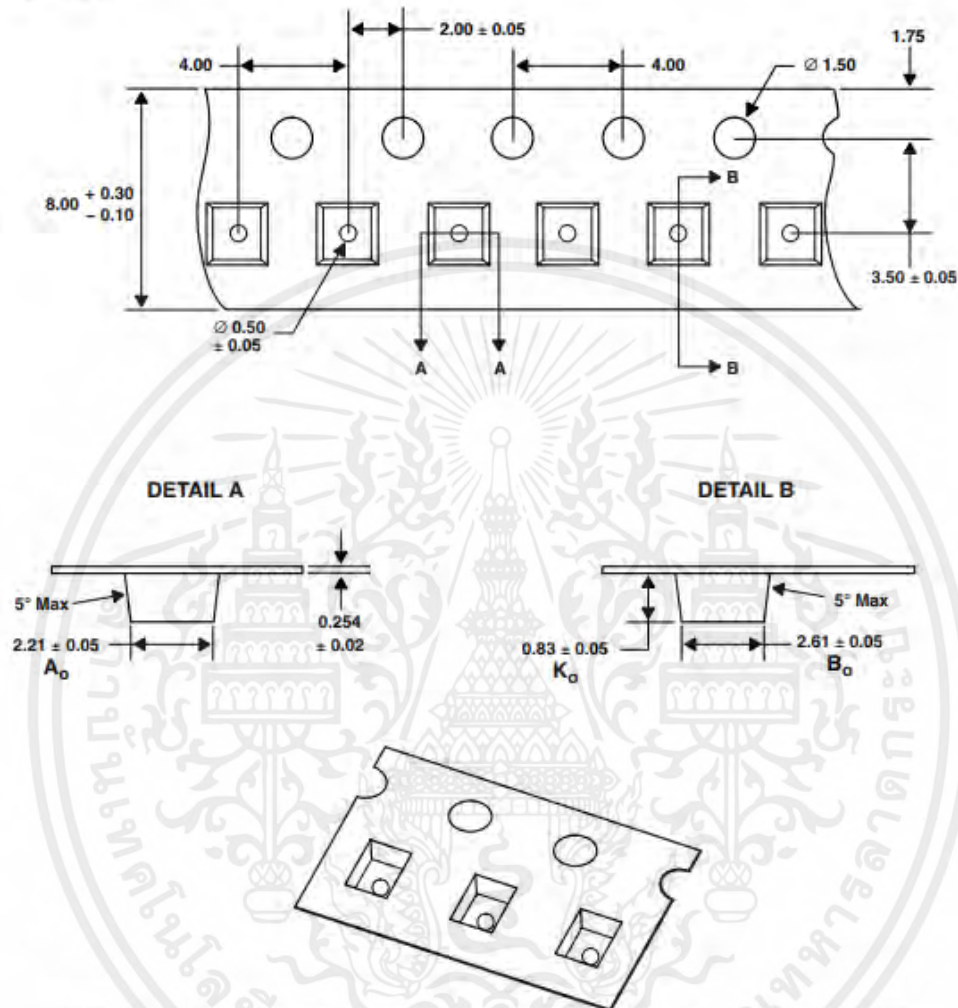
Figure 12. Package FN — Dual Flat No-Lead Packaging Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
 with IR FILTER
 TAOS135 – AUGUST 2012

CARRIER TAPE AND REEL INFORMATION

TOP VIEW



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters. Dimension tolerance is ± 0.10 mm unless otherwise noted.
 B. The dimensions on this drawing are for illustrative purposes only. Dimensions of an actual carrier may vary slightly.
 C. Symbols on drawing A_0 , B_0 , and K_0 are defined in ANSI EIA Standard 481-B 2001.
 D. Each reel is 178 millimeters in diameter and contains 3500 parts.
 E. TAOS packaging tape and reel conform to the requirements of EIA Standard 481-B.
 F. In accordance with EIA standard, device pin 1 is located next to the sprocket holes in the tape.
 G. This drawing is subject to change without notice.

Figure 13. Package FN Carrier Tape

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
TAOS135 - AUGUST 2012

SOLDERING INFORMATION

The FN package has been tested and has demonstrated an ability to be reflow soldered to a PCB substrate. The process, equipment, and materials used in these test are detailed below.

The solder reflow profile describes the expected maximum heat exposure of components during the solder reflow process of product on a PCB. Temperature is measured on top of component. The components should be limited to a maximum of three passes through this solder reflow profile.

Table 15. Solder Reflow Profile

PARAMETER	REFERENCE	DEVICE
Average temperature gradient in preheating		2.5°C/sec
Soak time	t_{soak}	2 to 3 minutes
Time above 217°C (T1)	t_1	Max 60 sec
Time above 230°C (T2)	t_2	Max 50 sec
Time above $T_{\text{peak}} - 10^\circ\text{C}$ (T3)	t_3	Max 10 sec
Peak temperature in reflow	T_{peak}	260°C
Temperature gradient in cooling		Max -5°C/sec

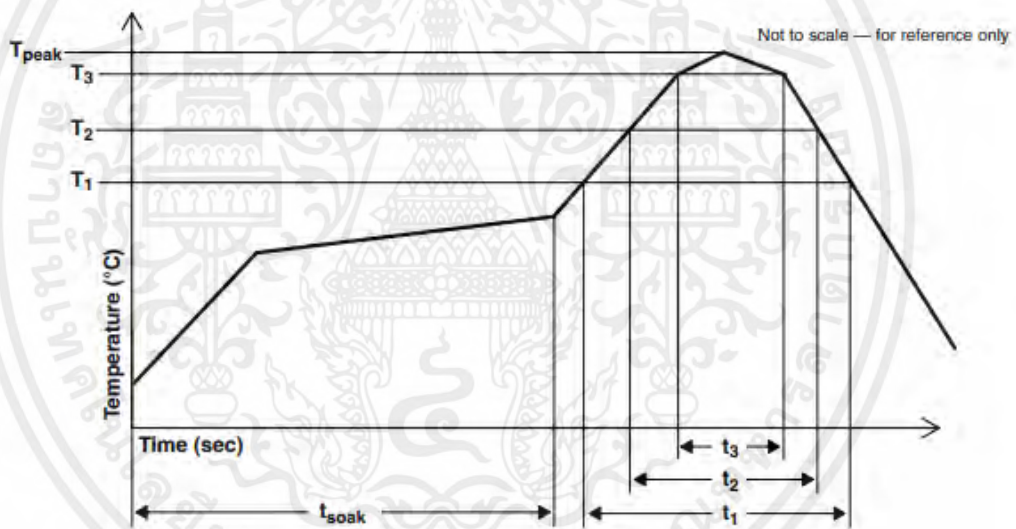


Figure 14. Solder Reflow Profile Graph

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
 TAOS135 – AUGUST 2012

STORAGE INFORMATION

Moisture Sensitivity

Optical characteristics of the device can be adversely affected during the soldering process by the release and vaporization of moisture that has been previously absorbed into the package. To ensure the package contains the smallest amount of absorbed moisture possible, each device is dry-baked prior to being packed for shipping. Devices are packed in a sealed aluminized envelope called a moisture barrier bag with silica gel to protect them from ambient moisture during shipping, handling, and storage before use.

The Moisture Barrier Bags should be stored under the following conditions:

Temperature Range	< 40°C
Relative Humidity	< 90%
Total Time	No longer than 12 months from the date code on the aluminized envelope if unopened.

Rebaking of the reel will be required if the devices have been stored unopened for more than 12 months and the Humidity Indicator Card shows the parts to be out of the allowable moisture region.

Opened reels should be used within 168 hours if exposed to the following conditions:

Temperature Range	< 30°C
Relative Humidity	< 60%

If rebaking is required, it should be done at 50°C for 12 hours.

The FN package has been assigned a moisture sensitivity level of MSL 3.

TCS3472
COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER
with IR FILTER
 TAOS135 – AUGUST 2012

PRODUCTION DATA — information in this document is current at publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

LEAD-FREE (Pb-FREE) and GREEN STATEMENT

Pb-Free (RoHS) TAOS' terms *Lead-Free* or *Pb-Free* mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TAOS Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Green (RoHS & no Sb/Br) TAOS defines *Green* to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material).

Important Information and Disclaimer The information provided in this statement represents TAOS' knowledge and belief as of the date that it is provided. TAOS bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TAOS has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TAOS and TAOS suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

NOTICE

Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. (TAOS) reserves the right to make changes to the products contained in this document to improve performance or for any other purpose, or to discontinue them without notice. Customers are advised to contact TAOS to obtain the latest product information before placing orders or designing TAOS products into systems.

TAOS assumes no responsibility for the use of any products or circuits described in this document or customer product design, conveys no license, either expressed or implied, under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. TAOS further makes no claim as to the suitability of its products for any particular purpose, nor does TAOS assume any liability arising out of the use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages.

TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS, INC. PRODUCTS ARE NOT DESIGNED OR INTENDED FOR USE IN CRITICAL APPLICATIONS IN WHICH THE FAILURE OR MALFUNCTION OF THE TAOS PRODUCT MAY RESULT IN PERSONAL INJURY OR DEATH. USE OF TAOS PRODUCTS IN LIFE SUPPORT SYSTEMS IS EXPRESSLY UNAUTHORIZED AND ANY SUCH USE BY A CUSTOMER IS COMPLETELY AT THE CUSTOMER'S RISK.

LUMENOLGY, TAOS, the TAOS logo, and Texas Advanced Optoelectronic Solutions are registered trademarks of Texas Advanced Optoelectronic Solutions Incorporated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UMW LM2596/LM2596HV 3A Step-Down Voltage Regulator

General Description

The LM2596 /LM2596HV series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 3A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5V, 12V, and an adjustable output version.

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

The LM2596 /LM2596HV series operates at a switching frequency of 150 kHz thus allowing smaller sized filter components than what would be needed with lower frequency switching regulators. Available in a standard 5-lead TO-220 package with several different lead bend options, and a 5-lead TO-262 surface mount package.

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

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

Features

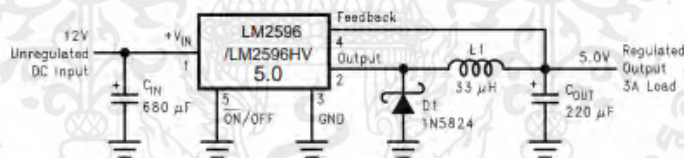
- 3.3V, 5V, 12V, and adjustable output versions
- Adjustable version output voltage range, 1.2V to 37V (57V for HV version) $\pm 4\%$ max over line and load conditions
- Available in TO-220 and TO-263, TO-220B packages
- Guaranteed 3A output load current
- Input voltage range up to 40V
- Requires only 4 external components
- Excellent line and load regulation specifications
- 150 kHz fixed frequency internal oscillator
- TTL shutdown capability
- Low power standby mode, I_Q typically 80 μA
- High efficiency
- Uses readily available standard inductors
- Thermal shutdown and current limit protection

Applications

- Simple high-efficiency step-down (buck) regulator
- On-card switching regulators
- Positive to negative converter

Note: 1 Patent Number 5,382,918.

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)



Package Types

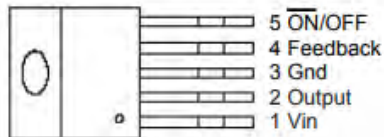


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UMW LM2596/LM2596HV 3A Step-Down Voltage Regulator

Pin Assignments



TO220B-5L/TO220-5L



TO263-5L

Pin Descriptions

Name	Description
Vin	Input supply voltage
Output	Switching output
Gnd	Ground
Feedback	Output voltage feedback
ON/OFF	ON/OFF shutdown Active is "Low" or floating

Ordering information

Temperature Range	Output Voltage, V				Package Type
	3.3	5.0	12	ADJ	
-40°C ≤ T _A ≤ 125°C	LM2596HVS-3.3	LM2596HVS-5.0	LM2596HVS-12	LM2596HVS-ADJ	TO-263
	LM2596S-3.3	LM2596S-5.0	LM2596S-12	LM2596S-ADJ	
	LM2596HVT-3.3	LM2596HVT-5.0	LM2596HVT-12	LM2596HVT-ADJ	TO-220
	LM2596T-3.3	LM2596T-5.0	LM2596T-12	LM2596T-ADJ	

Absolute Maximum Ratings

Maximum Supply Voltage	LM2596 LM2596HV	45V 57V	Lead Temperature	
ON/OFF Pin Input Voltage		-0.3 ≤ V ≤ +25V	S Package	
Feedback Pin Voltage		-0.3 ≤ V ≤ +25V	Vapor Phase (60 sec.)	+215°C
Output Voltage to Ground (Steady State)		-1V	Infrared (10 sec.)	+245°C
Power Dissipation		Internally limited	T Package (Soldering, 10 sec.)	+260°C
Storage Temperature Range		-65°C to +150°C	Maximum Junction Temperature	+150°C
ESD Susceptibility HumanBodyModel		2kV	Operating Conditions	
			Temperature Range	-40°C ≤ T _J ≤ +125°C
			Supply Voltage	
			LM2596	40V
			LM2596HV	57V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UMW LM2596/LM2596HV 3A Step-Down Voltage Regulator

Electrical Characteristics LM2596-3.3, LM2596HV-3.3

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596 -3.3 LM2596HV -3.3		Units (Limits)
			Typ	Limit	
SYSTEM PARAMETERS (Note 5) Test Circuit Figure 1					
V_{OUT}	Output Voltage	$4.75\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$, $0.2\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$	3.3	3.168/3.135 3.432/3.465	V V(min) V(max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 3\text{A}$	73		%

Electrical Characteristics LM2596-5.0, LM2596HV-5.0

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596 -5.0 LM2596HV -5.0		Units (Limits)
			Typ	Limit	
SYSTEM PARAMETERS (Note 5) Test Circuit Figure 1					
V_{OUT}	Output Voltage	$7\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$, $0.2\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$	5.0	4.800/4.750 5.200/5.250	V V(min) V(max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 3\text{A}$	80		%

Electrical Characteristics LM2596-12, LM2596HV-12

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596 -12 LM2596HV -12		Units (Limits)
			Typ	Limit	
SYSTEM PARAMETERS (Note 5) Test Circuit Figure 1					
V_{OUT}	Output Voltage	$15\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$, $0.2\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$	12.0	11.52/11.40 12.48/12.60	V V(min) V(max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 25\text{V}$, $I_{LOAD} = 3\text{A}$	90		%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UMW LM2596/LM2596HV 3A Step-Down Voltage Regulator

Electrical Characteristics LM2596-ADJ, LM2596HV-ADJ

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with **boldface type** apply over full Operating Temperature Range

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596 -ADJ LM2596HV -ADJ		Units (Limits)
			Typ	Limit	
SYSTEM PARAMETERS (Note 5) Test Circuit Figure 1					
V_{FB}	Feedback Voltage	$4.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$, $0.2\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$ V_{OUT} programmed for 3V. Circuit of Figure 1	1.230	1.193/ 1.180 1.267/ 1.280	V V(min) V(max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 3\text{V}$, $I_{LOAD} = 3\text{A}$	73		%

All Output Voltage Versions Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX LM2596HV-XX		Units (Limits)
			Typ	Limit	
DEVICE PARAMETERS					
I_b	Feedback Bias Current	Adjustable Version Only, $V_{FB} = 1.3\text{V}$	10	50/ 100	nA nA (max)
f_{O}	Oscillator Frequency	(Note 6)	150	127/ 110 173/ 173	kHz kHz(min) kHz(max)
V_{SAT}	Saturation Voltage	$I_{OUT} = 3\text{A}$ (Notes 7, 8)	1.16	1.4/ 1.5	V V(max)
DC	Max Duty Cycle (ON) Min Duty Cycle (OFF)	(Note 8) (Note 9)	100 0		%
I_{CL}	Current Limit	Peak Current (Notes 7, 8)	4.5	3.6/ 3.4 6.9/ 7.5	A A(min) A(max)
I_L	Output Leakage Current	Output = 0V (Notes 7, 9) Output = -1V (Note 10)		50 2 30	μA (max) mA mA(max)
I_Q	Quiescent Current	(Note 9)	5	10	mA mA(max)
I_{STBY}	Standby Quiescent Current	ON/OFF pin = 5V (OFF) (Note 10)	80	200/ 250	μA μA (max)
θ_{JC}	Thermal Resistance	TO-220 or TO-263 Package, Junction to Case	2		$^\circ\text{C/W}$
θ_{JA}		TO-220 Package, Junction to Ambient (Note 11)	50		$^\circ\text{C/W}$
θ_{JA}		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 12)	50		$^\circ\text{C/W}$
θ_{JA}		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 13)	30		$^\circ\text{C/W}$
θ_{JA}		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 14)	20		$^\circ\text{C/W}$
ON/OFF CONTROL Test Circuit Figure 1					
V_{IH}	ON /OFF Pin Logic Input Threshold Voltage	Low (Regulator ON)	1.3	0.6	V V(max)
V_{IL}		High (Regulator OFF)		2.0	V(min)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UMW LM2596/LM2596HV 3A Step-Down Voltage Regulator

All Output Voltage Versions

Electrical Characteristics (Continued)

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

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX LM2596HV-XX		Units (Limits)
			Typ	Limit	
I_H	ON /OFF Pin Input Current	$V_{LOGIC} = 2.5\text{V}$ (Regulator OFF)	5	15	μA $\mu\text{A(max)}$
			I_L	$V_{LOGIC} = 0.5\text{V}$ (Regulator ON)	0.02

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee specific performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.

Note 2: The human body model is a 100 pF capacitor discharged through a 1.5k resistor into each pin.

Note 3: Typical numbers are at 25°C and represent the most likely norm.

Note 4: All limits guaranteed at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are guaranteed via correlation using standard Statistical Quality Control (SOC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).

Note 5: External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 1 test circuit, system performance will be as shown in system parameters section of Electrical Characteristics.

Note 6: The switching frequency is reduced when the second stage current limit is activated.

Note 7: No diode, inductor or capacitor connected to output pin.

Note 8: Feedback pin removed from output and connected to 0V to force the output transistor switch ON.

Note 9: Feedback pin removed from output and connected to 12V for the 3.3V, 5V, and the ADJ. version, and 15V for the 12V version, to force the output transistor switch OFF.

Note 10: $V_{IN} = 40\text{V}$.

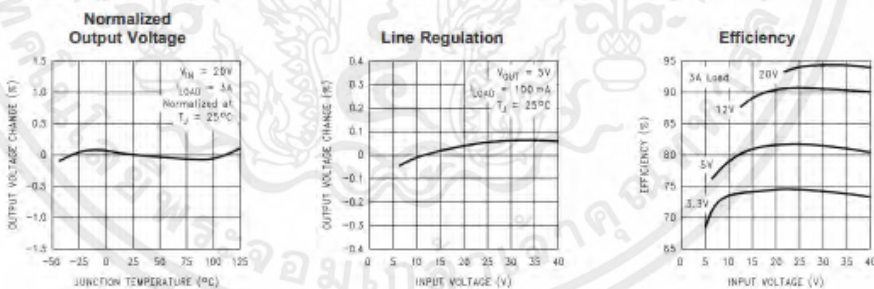
Note 11: Junction to ambient thermal resistance (no external heat sink) for the TO-220 package mounted vertically, with the leads soldered to a printed circuit board with (1 oz.) copper area of approximately 1 in².

Note 12: Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a single printed circuit board with 0.5 in² of (1 oz.) copper area.

Note 13: Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a single sided printed circuit board with 2.5 in² of (1 oz.) copper area.

Note 14: Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a double sided printed circuit board with 3 in² of (1 oz.) copper area on the LM2596S side of the board, and approximately 16 in² of copper on the other side of the p-c board. See Application Information in this data sheet and the thermal model in Switchers Made Simple™ version 4.3 software.

Typical Performance Characteristics (Circuit of Figure 1)

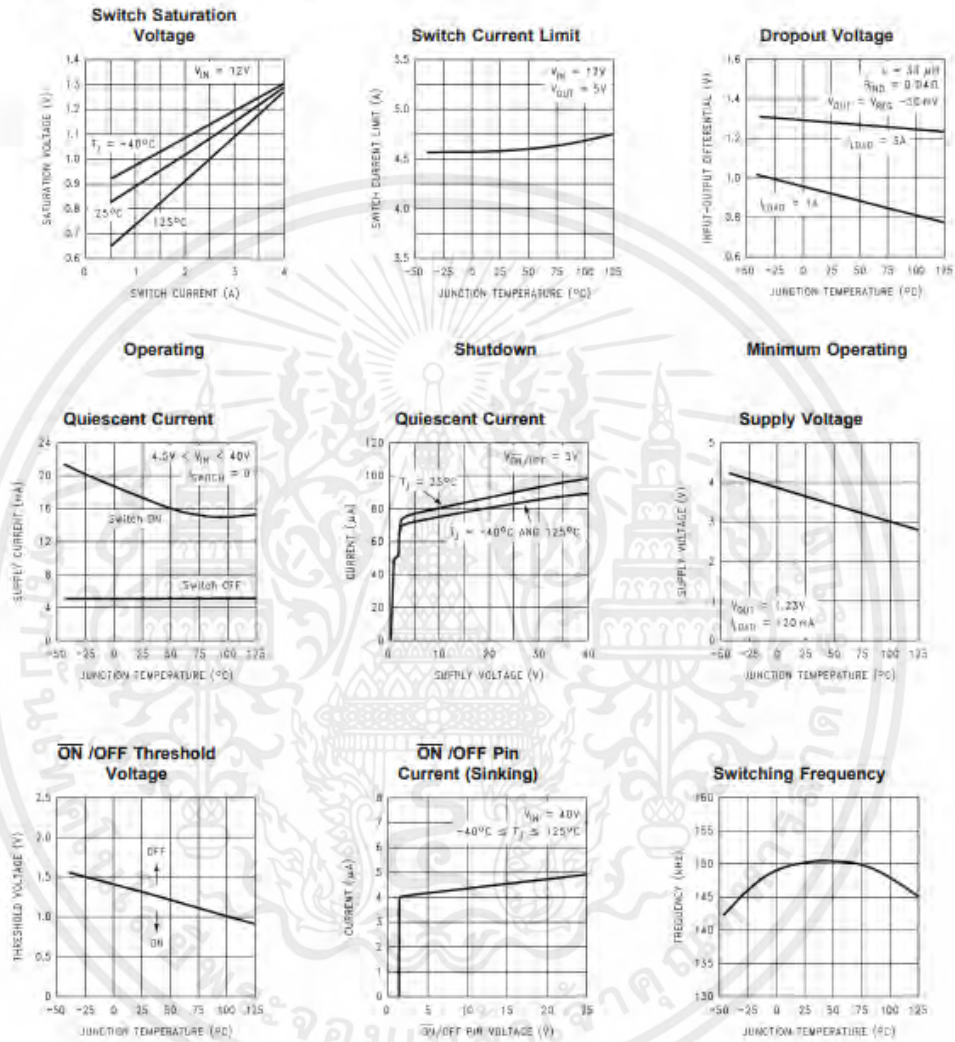


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UMW LM2596/LM2596HV 3A Step-Down Voltage Regulator

Typical Performance Characteristics (Circuit of Figure 1) (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UMW LM2596/LM2596HV 3A Step-Down Voltage Regulator

LM2596/LM2596HV SeriesBuckRegulatorDesignProcedure(FixedOutput)(Continued)

Conditions			Inductor		Output Capacitor				
Output Voltage (V)	Load Current (A)	Max Input Voltage (V)	Inductance (µH)	Inductor (#)	Through Hole Electrolytic		Surface Mount Tantalum		
					Panasonic HFQ Series (µF/V)	Nichicon PL Series (µF/V)	AVX TPS Series (µF/V)	Sprague 595D Series (µF/V)	
3.3	3	5	22	L41	470/25	560/16	330/6.3	390/6.3	
			7	L41	560/35	560/35	330/6.3	390/6.3	
			10	L41	680/35	680/35	330/6.3	390/6.3	
			40	L40	560/35	470/35	330/6.3	390/6.3	
	2	6	22	L33	L41	470/25	470/35	330/6.3	390/6.3
				33	L32	330/35	330/35	330/6.3	390/6.3
				47	L39	330/35	270/50	220/10	330/10
				40	L39	330/35	270/50	220/10	330/10
5	3	8	22	L41	470/25	560/16	220/10	330/10	
			10	L41	560/25	560/25	220/10	330/10	
			15	L40	330/35	330/35	220/10	330/10	
			40	L39	330/35	270/35	220/10	330/10	
	2	9	22	L33	L41	470/25	560/16	220/10	330/10
				68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10
				68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10
				68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10
	12	3	15	22	L41	470/25	470/25	100/16	180/16
				33	L40	330/25	330/25	100/16	180/16
				68	L44	180/25	180/25	100/16	120/20
				68	L44	180/35	180/35	100/16	120/20
2		15	33	L32	L41	330/25	330/25	100/16	180/16
				68	L38	180/25	180/25	100/16	120/20
				68	L38	180/25	180/25	100/16	120/20
				150	L42	82/25	82/25	68/20	68/25

FIGURE 2. LM2596 Fixed Voltage Quick Design Component Selection Table

LM2596/LM2596HV SeriesBuckRegulatorDesignProcedure(AdjustableOutput)

Output Voltage (V)	Through Hole Output Capacitor			Surface Mount Output Capacitor		
	Panasonic HFQ Series (µF/V)	Nichicon PL Series (µF/V)	Feedforward Capacitor	AVX TPS Series (µF/V)	Sprague 595D Series (µF/V)	Feedforward Capacitor
2	820/35	820/35	33 nF	330/6.3	470/4	33 nF
4	560/35	470/35	10 nF	330/6.3	390/6.3	10 nF
6	470/25	470/25	3.3 nF	220/10	330/10	3.3 nF
9	330/25	330/25	1.5 nF	100/16	180/16	1.5 nF
12	330/25	330/25	1 nF	100/16	180/16	1 nF
15	220/35	220/35	680 pF	68/20	120/20	680 pF
24	220/35	150/35	560 pF	33/25	33/25	220 pF
28	100/50	100/50	390 pF	10/35	15/50	220 pF

FIGURE 3. Output Capacitor and Feedforward Capacitor Selection Table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UMW LM2596/LM2596HV 3A Step-Down Voltage Regulator

LM2596/LM2596HV Series Buck Regulator Design Procedure

INDUCTOR VALUE SELECTION GUIDES (For Continuous Mode Operation)

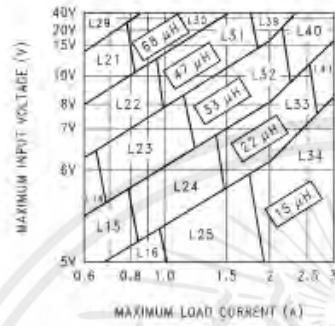


FIGURE 4. LM2596/LM2596HV-3.3

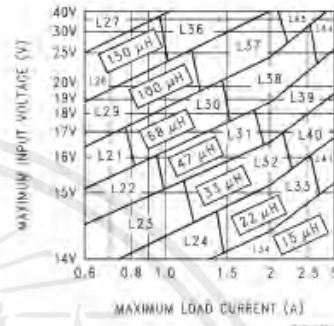


FIGURE 6. LM2596/LM2596HV-12

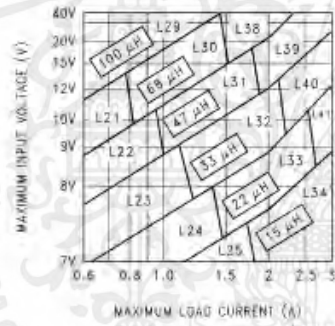


FIGURE 5. LM2596/LM2596HV-5.0

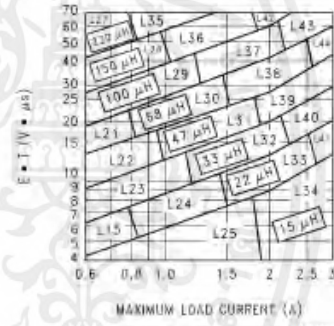


FIGURE 7. LM2596/LM2596HV-ADJ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuit and Layout Guidelines (Continued)

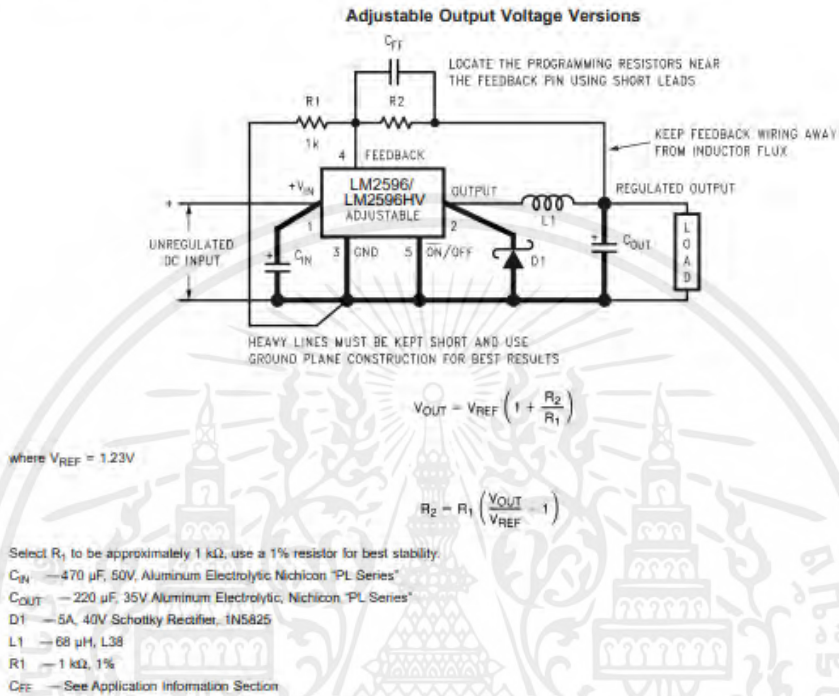


FIGURE 1. Standard Test Circuits and Layout Guides

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UMW LM2596/LM2596HV 3A Step-Down Voltage Regulator

LM2596 /LM2596HV Series Buck Regulator Design Procedure (Adjustable Output)

PROCEDURE (Adjustable Output Voltage Version)	EXAMPLE (Adjustable Output Voltage Version)
<p>Given: V_{OUT} = Regulated Output Voltage $V_{IN(max)}$ = Maximum Input Voltage $I_{LOAD(max)}$ = Maximum Load Current F = Switching Frequency (Fixed at a nominal 150 kHz).</p> <p>1. Programming Output Voltage (Selecting R_1 and R_2, as shown in Figure 1) Use the following formula to select the appropriate resistor values.</p> $V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \text{ where } V_{REF} = 1.23V$ <p>Select a value for R_1 between 240Ω and 1.5 kΩ. The lower resistor values minimize noise pickup in the sensitive feedback pin. (For the lowest temperature coefficient and the best stability with time, use 1% metal film resistors.)</p> $R_2 = R_1 \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$ <p>2. Inductor Selection (L1) A. Calculate the inductor Volt • microsecond constant $E \cdot T$ (V • μs), from the following formula:</p> $E \cdot T = (V_{IN} - V_{OUT} - V_{SAT}) \cdot \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN} - V_{SAT} + V_D} \cdot \frac{1000}{150 \text{ kHz}} \text{ (V} \cdot \mu\text{s)}$ <p>where V_{SAT} = internal switch saturation voltage = 1.16V and V_D = diode forward voltage drop = 0.5V B. Use the $E \cdot T$ value from the previous formula and match it with the $E \cdot T$ number on the vertical axis of the Inductor Value Selection Guide shown in Figure 7. C. on the horizontal axis, select the maximum load current. D. Identify the inductance region intersected by the $E \cdot T$ value and the Maximum Load Current value. Each region is identified by an inductance value and an inductor code (LXX). E. Select an appropriate inductor from the four manufacturer's part numbers listed in Figure 8.</p>	<p>Given: $V_{OUT} = 20V$ $V_{IN(max)} = 28V$ $I_{LOAD(max)} = 3A$ $F = \text{Switching Frequency (Fixed at a nominal 150 kHz)}$.</p> <p>1. Programming Output Voltage (Selecting R_1 and R_2, as shown in Figure 1) Select R_1 to be 1 kΩ, 1%. Solve for R_2.</p> $R_2 = R_1 \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) = 1k \left(\frac{20V}{1.23V} - 1 \right)$ <p>$R_2 = 1k (16.26 - 1) = 15.26k$, closest 1% value is 15.4 kΩ. $R_2 = 15.4 \text{ k}\Omega$.</p> <p>2. Inductor Selection (L1) A. Calculate the inductor Volt • microsecond constant ($E \cdot T$).</p> $E \cdot T = (28 - 20 - 1.16) \cdot \frac{20 + 0.5}{28 - 1.16 + 0.5} \cdot \frac{1000}{150} \text{ (V} \cdot \mu\text{s)}$ $E \cdot T = (6.84) \cdot \frac{20.5}{27.34} \cdot 6.67 \text{ (V} \cdot \mu\text{s)} = 34.2 \text{ (V} \cdot \mu\text{s)}$ <p>B. $E \cdot T = 34.2 \text{ (V} \cdot \mu\text{s)}$ C. $I_{LOAD(max)} = 3A$ D. From the inductor value selection guide shown in Figure 7, the inductance region intersected by the 34 (V • μs) horizontal L39. E. From the table in Figure 8, locate line L39, and select an bers.</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram

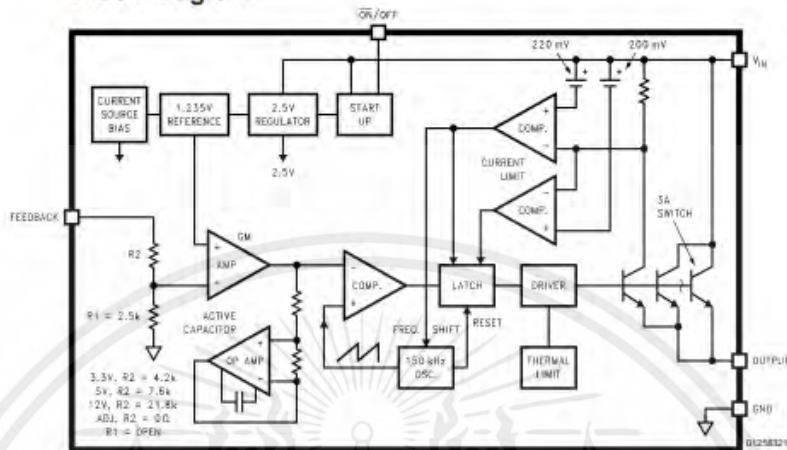


FIGURE 12.

Application Information

PIN FUNCTIONS

+VIN — This is the positive input supply for the IC switching regulator. A suitable input bypass capacitor must be present at this pin to minimize voltage transients and to supply the switching currents needed by the regulator.

Ground — Circuit ground.

Output — Internal switch. The voltage at this pin switches between $(+V_{IN} - V_{SAT})$ and approximately $-0.5V$, with a duty cycle of approximately V_{OUT}/V_{IN} . To minimize coupling to sensitive circuitry, the PC board copper area connected to this pin should be kept to a minimum.

Feedback — Senses the regulated output voltage to complete the feedback loop.

ON/OFF — Allows the switching regulator circuit to be shut down using logic level signals thus dropping the total input supply current to approximately $80 \mu A$. Pulling this pin below a threshold voltage of approximately $1.3V$ turns the regulator on, and pulling this pin above $1.3V$ (up to a maximum of $25V$) shuts the regulator down. If this shutdown feature is not needed, the ON/OFF pin can be wired to the ground pin or it can be left open, in either case the regulator will be in the ON condition.

EXTERNAL COMPONENTS INPUT CAPACITOR

C_{IN} — A low ESR aluminum or tantalum bypass capacitor is needed between the input pin and ground pin. It must be located near the regulator using short leads. This capacitor prevents large voltage transients from appearing at the input, and provides the instantaneous current needed each time the switch turns on.

The important parameters for the input capacitor are the voltage rating and the RMS current rating. Because of the

relatively high RMS currents flowing in a buck regulator's input capacitor, this capacitor should be chosen for its RMS current rating rather than its capacitance or voltage ratings, although the capacitance value and voltage rating are directly related to the RMS current rating.

The RMS current rating of a capacitor could be viewed as a capacitor's power rating. The RMS current flowing through the capacitor's internal ESR produces power which causes the internal temperature of the capacitor to rise. The RMS current rating of a capacitor is determined by the amount of current required to raise the internal temperature approximately $10^{\circ}C$ above an ambient temperature of $105^{\circ}C$. The ability of the capacitor to dissipate this heat to the surrounding air will determine the amount of current the capacitor can safely sustain. Capacitors that are physically large and have a large surface area will typically have higher RMS current ratings. For a given capacitor value, a higher voltage electrolytic capacitor will be physically larger than a lower voltage capacitor, and thus be able to dissipate more heat to the surrounding air, and therefore will have a higher RMS current rating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information (Continued)

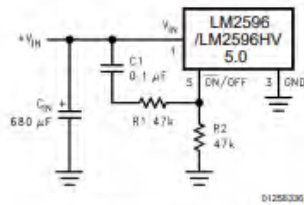


FIGURE 21. Delayed Startup

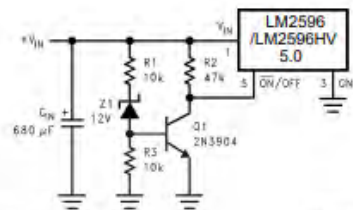


FIGURE 22. Undervoltage Lockout
for Buck Regulator

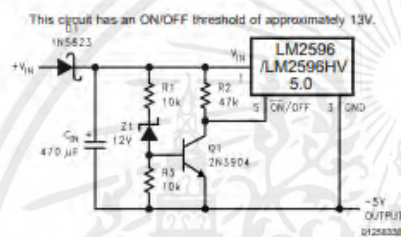


FIGURE 23. Undervoltage Lockout
for Inverting Regulator

DELAYED STARTUP

The circuit in Figure 21 uses the $\overline{\text{ON/OFF}}$ pin to provide a time delay between the time the input voltage is applied and the time the output voltage comes up (only the circuitry pertaining to the delayed start up is shown). As the input voltage rises, the charging of capacitor C1 pulls the $\overline{\text{ON/OFF}}$ pin high, keeping the regulator off. Once the input voltage reaches its final value and the capacitor stops charging, and resistor R₂ pulls the $\overline{\text{ON/OFF}}$ pin low, thus allowing the circuit to start switching. Resistor R₁ is included to limit the maximum voltage applied to the $\overline{\text{ON/OFF}}$ pin (maximum of 25V), reduces power supply noise sensitivity, and also limits the capacitor, C1, discharge current. When high input ripple voltage exists, avoid long delay time, because this ripple can be coupled into the $\overline{\text{ON/OFF}}$ pin and cause problems.

This delayed startup feature is useful in situations where the input power source is limited in the amount of current it can deliver. It allows the input voltage to rise to a higher voltage before the regulator starts operating. Buck regulators require less input current at higher input voltages.

UNDERVOLTAGE LOCKOUT

Some applications require the regulator to remain off until the input voltage reaches a predetermined voltage. An undervoltage lockout feature applied to a buck regulator is shown in Figure 22, while Figure 23 and 24 applies the same feature to an inverting circuit. The circuit in Figure 23 fea-

tures a constant threshold voltage for turn on and turn off (zener voltage plus approximately one volt). If hysteresis is needed, the circuit in Figure 24 has a turn ON voltage which is different than the turn OFF voltage. The amount of hysteresis is approximately equal to the value of the output voltage. If zener voltages greater than 25V are used, an additional 47 k Ω resistor is needed from the $\overline{\text{ON/OFF}}$ pin to the ground pin to stay within the 25V maximum limit of the $\overline{\text{ON/OFF}}$ pin.

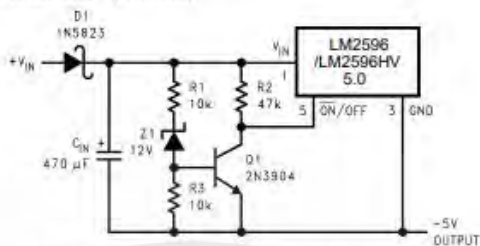
INVERTING REGULATOR

The circuit in Figure 25 converts a positive input voltage to a negative output voltage with a common ground. The circuit operates by bootstrapping the regulator's ground pin to the negative output voltage, then grounding the feedback pin,

This example uses the LM2596/LM2596HV-5.0 to generate a -5V output, but other output voltages are possible by selecting other output voltage versions, including the adjustable version. Since this regulator topology can produce an output voltage that is either greater than or less than the input voltage, the maximum output current greatly depends on both the input and output voltage. The curve shown in Figure 26 provides a guide as to the amount of output load current possible for the different input and output voltage conditions.

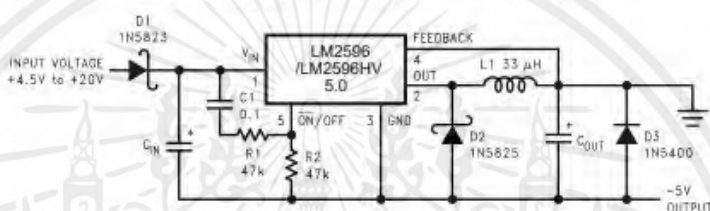
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information (Continued)



This circuit has hysteresis. Regulator starts switching at $V_{IN} = 13V$. Regulator stops switching at $V_{IN} = 8V$.

FIGURE 24. Undervoltage Lockout with Hysteresis for Inverting Regulator



C_{IN} — 68 µF/25V Tant. Sprague 595D
470 µF/50V Elec. Panasonic HFQ
 C_{OUT} — 47 µF/20V Tant. Sprague 695D
220 µF/25V Elec. Panasonic HFQ

FIGURE 25. Inverting -5V Regulator with Delayed Startup

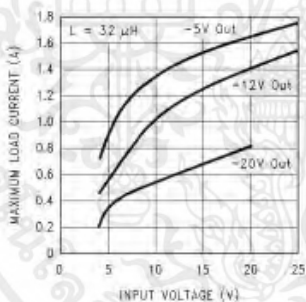


FIGURE 26. Inverting Regulator Typical Load Current

Because of differences in the operation of the inverting regulator, the standard design procedure is not used to select the inductor value. In the majority of designs, a 33 µH, 3.5A inductor is the best choice. Capacitor selection can also

be narrowed down to just a few values. Using the values shown in Figure 25 will provide good results in the majority of inverting designs.

This type of inverting regulator can require relatively large amounts of input current when starting up, even with light loads. Input currents as high as the LM2596/LM2596HV current limit (approx 4.5A) are needed for at least 2 ms or more, until the output reaches its nominal output voltage.

The actual time depends on the output voltage and the size of the output capacitor. Input power sources that are current limited or sources that can not deliver these currents without getting loaded down, may not work correctly. Because of the relatively high startup currents required by the inverting topology the delayed startup feature (C1, R3 and R2) shown in Figure 25 is recommended. By delaying the regulator startup, the input capacitor is allowed to charge up to a higher voltage before the switcher begins operating. A portion of the high input current needed for startup is now supplied by the input capacitor (CIN). For severe start up conditions, the input capacitor can be made much larger than normal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Information (Continued)

INVERTING REGULATOR SHUTDOWN METHODS

To use the $\overline{\text{ON}}$ /OFF pin in a standard buck configuration is simple, pull it below 1.3V (@25°C, referenced to ground) to turn regulator ON, pull it above 1.3V to shut the regulator

OFF. With the inverting configuration, some level shifting is required, because the ground pin of the regulator is no longer at ground, but is now setting at the negative output voltage level. Two different shutdown methods for inverting regulators are shown in *Figure 27* and *28*.

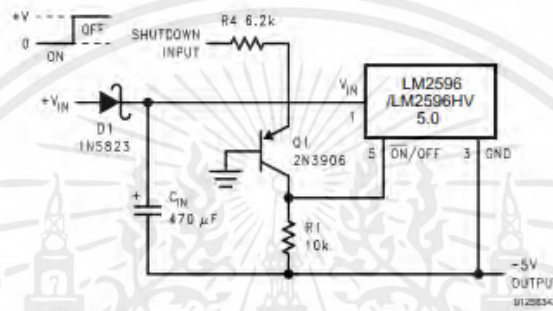


FIGURE 27. Inverting Regulator Ground Referenced Shutdown

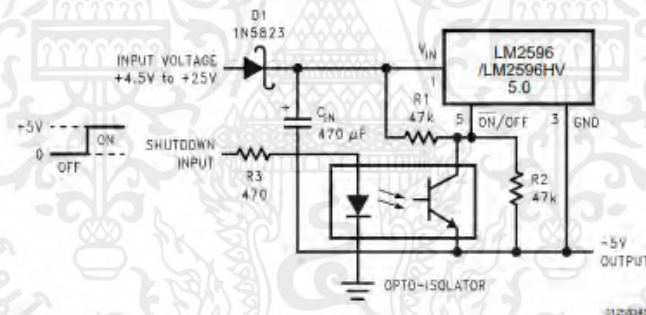


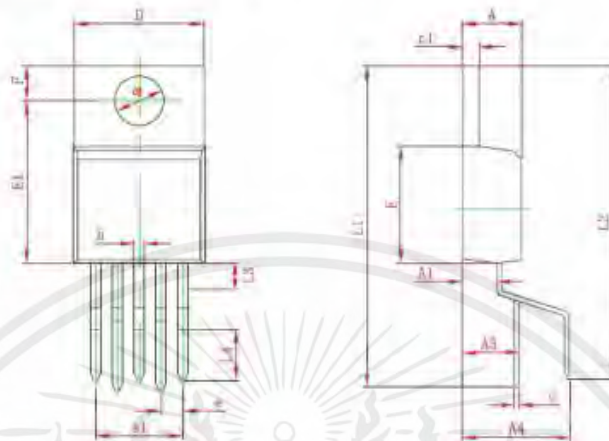
FIGURE 28. Inverting Regulator Ground Referenced Shutdown using Opto Device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UMW LM2596/LM2596HV 3A Step-Down Voltage Regulator

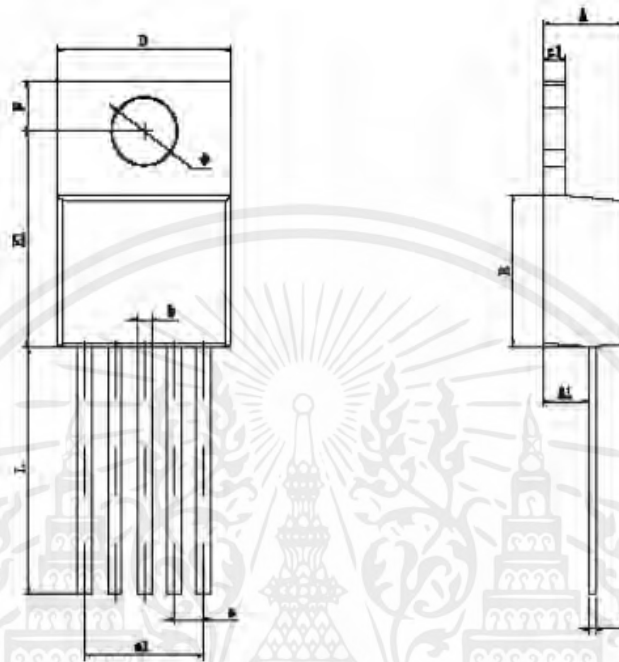
PACKAGES DIMENSION : TO220B-5L



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	4.470	4.670	0.176	0.184
A1	2.520	2.820	0.099	0.111
A3	4.450	4.850	0.175	0.191
A4	8.350	8.750	0.329	0.345
b	0.710	0.910	0.028	0.036
c	0.310	0.530	0.012	0.021
c1	1.170	1.370	0.046	0.054
D	10.010	10.310	0.394	0.406
E	8.900	9.300	0.350	0.366
E1	12.460	12.860	0.491	0.506
e	1.700TYP		0.220TYP	
e1	6.700	6.900	0.264	0.272
F	2.590	2.890	0.102	0.114
L1	26.800	27.400	1.055	1.079
L2	24.800	25.200	0.976	0.992
L3	1.000	2.000	0.039	0.079
L4	6.000	6.400	0.236	0.252
R	0.950	1.050	0.037	0.041
Φ	3.790	3.890	0.149	0.153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

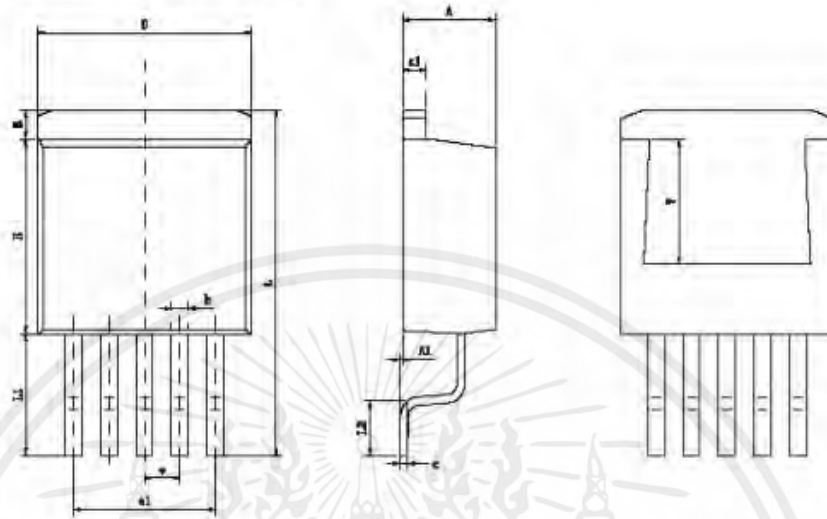
PACKAGES DIMENSION : TO220-5L



Symbol	Dimensions in Millimeters		Dimensions in Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	4.470	4.670	0.176	0.184
A1	2.520	2.620	0.099	0.111
b	0.710	0.910	0.028	0.036
c	0.310	0.530	0.012	0.021
c1	1.170	1.370	0.046	0.054
D	9.850	10.150	0.388	0.400
E	8.200	8.600	0.323	0.339
E1	11.760	12.160	0.463	0.479
e	1.700TYP		0.067TYP	
e1	6.700	6.900	0.264	0.272
F	2.590	2.690	0.102	0.114
L	13.500	13.900	0.531	0.547
Φ	3.790	3.890	0.149	0.153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGES DIMENSION : TO263-5L



Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min	Max	Min	Max
A	4.470	4.670	0.176	0.184
A1	0.000	0.150	0.000	0.006
B	1.560	1.760	0.061	0.069
b	0.710	0.910	0.028	0.036
c	0.310	0.530	0.012	0.021
c1	1.170	1.370	0.046	0.054
D	9.880	10.180	0.389	0.401
E	8.200	8.600	0.323	0.339
e	1.700TYP		0.067TYP	
e1	6.700	6.900	0.264	0.272
L	15.140	15.540	0.596	0.612
L1	5.080	5.480	0.200	0.216
L2	2.340	2.740	0.092	0.108
V	5.600REF		0.220REF	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Arduino® MEGA 2560 Rev3

Product Reference Manual

SKU: A000067



Description

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

Target Areas

3D Printing, Robotics, Maker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Features

- **ATmega2560 Processor**
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
 - 256k bytes (of which 8k is used for the bootloader)
 - 4k bytes EEPROM
 - 8k bytes Internal SRAM
 - 32 × 8 General Purpose Working Registers
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four 8-bit PWM Channels
 - Four Programmable Serial USART
 - Controller/Peripheral SPI Serial Interface
- **ATmega16U2**
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - 16k bytes ISP Flash Memory
 - 512 bytes EEPROM
 - 512 bytes SRAM
 - USART with SPI master only mode and hardware flow control (RTS/CTS)
 - Master/Slave SPI Serial Interface
- **Sleep Modes**
 - Idle
 - ADC Noise Reduction
 - Power-save
 - Power-down
 - Standby
 - Extended Standby
- **Power**
 - USB Connection
 - External AC/DC Adapter
- **I/O**
 - 54 Digital
 - 16 Analog
 - 15 PWM Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Contents

1 The Board	5
1.1 Application Examples	5
1.2 Accessories	5
1.3 Related Products	5
2 Ratings	6
2.1 Recommended Operating Conditions	6
2.2 Power Consumption	6
3 Functional Overview	6
3.1 Block Diagram	6
3.2 Board Topology	7
3.3 Processor	8
3.4 Power Tree	8
4 Board Operation	9
4.1 Getting Started - IDE	9
4.2 Getting Started - Arduino Web Editor	9
4.3 Sample Sketches	9
4.4 Online Resources	9
4.5 Board Recovery	9
5 Connector Pinouts	10
5.1 Analog	11
5.2 Digital	11
5.3 ATMEGA16U2 JP5	13
5.4 ATMEGA16U2 ICSP1	13
5.5 Digital Pins D22 - D53 LHS	13
5.6 Digital Pins D22 - D53 RHS	14
6 Mechanical Information	14
6.1 Board Outline	14
6.2 Board Mount Holes	15
7 Declaration of Conformity CE DoC (EU)	15
8 Declaration of Conformity to EU RoHS & REACH 211 01/19/2021	3
9 Conflict Minerals Declaration	17
10 FCC Caution	17
11 Company Information	18
12 Reference Documentation	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1 The Board

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

1.1 Application Examples

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

1.2 Accessories

1.3 Related Products

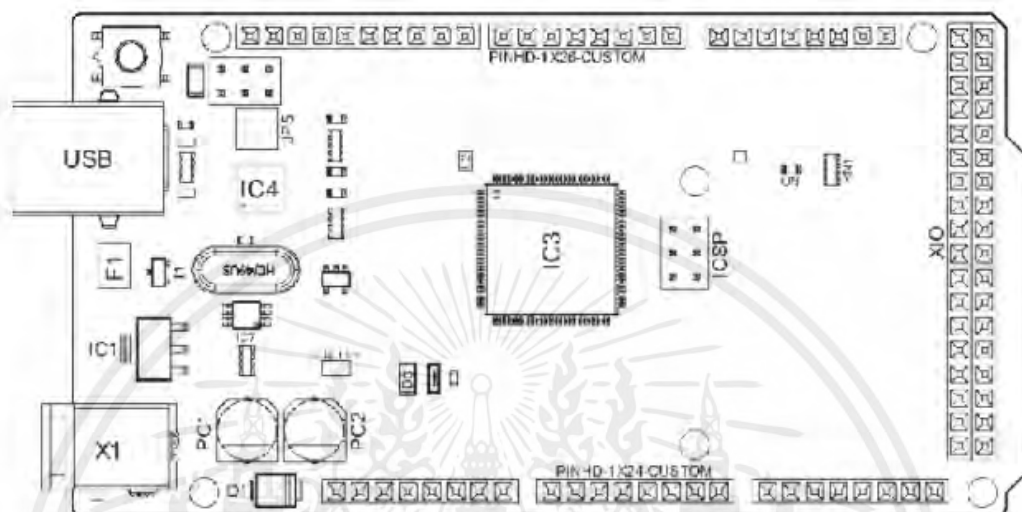
- Arduino® Uno Rev 3
- Arduino® Nano
- Arduino® DUE without headers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.2 Board Topology

Front View



Arduino MEGA Top View

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

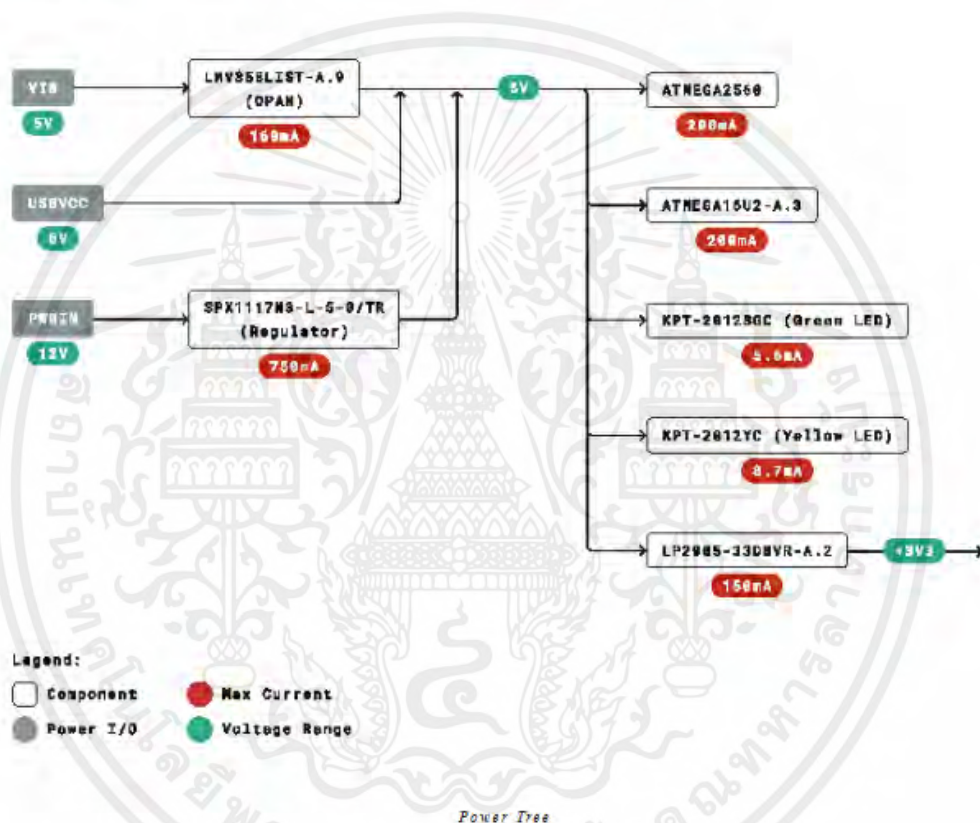
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.3 Processor

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

3.4 Power Tree



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4 Board Operation

4.1 Getting Started - IDE

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

4.2 Getting Started - Arduino Web Editor

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

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

4.3 Sample Sketches

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

4.4 Online Resources

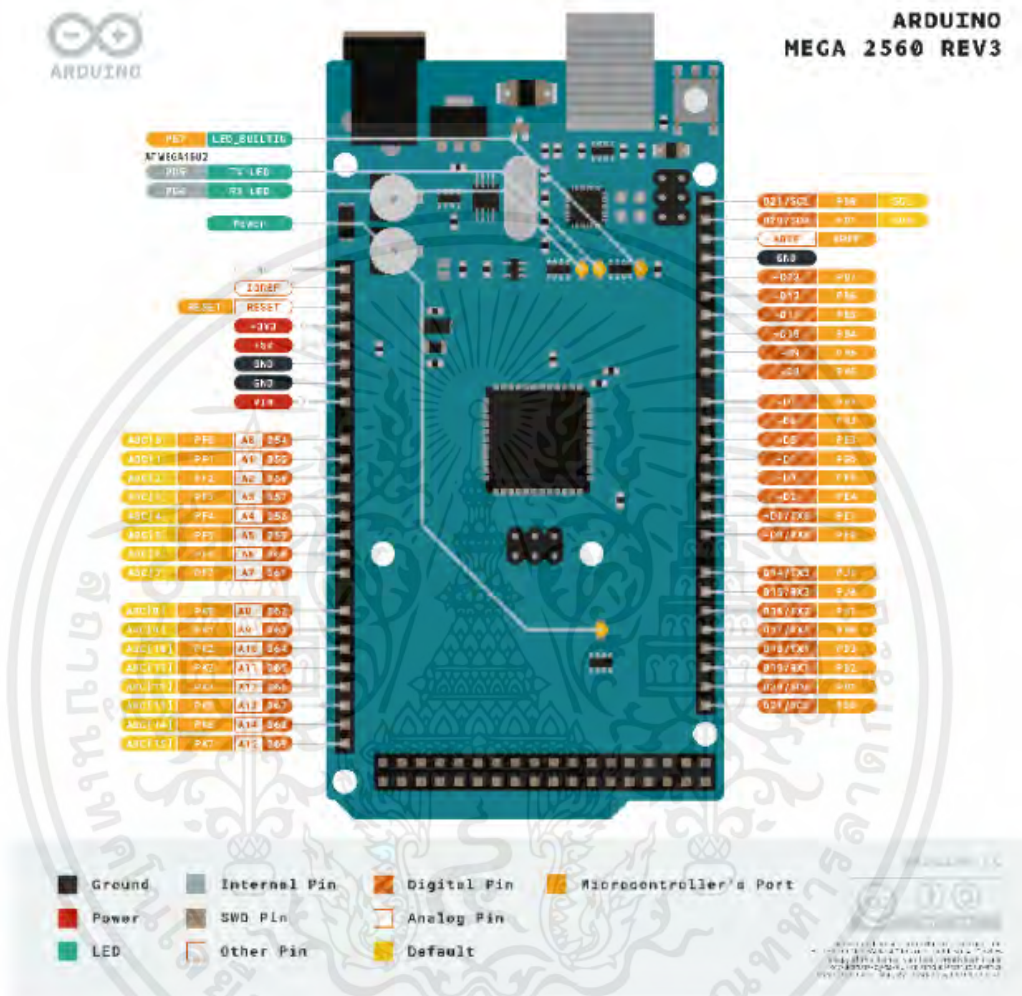
Now that you have gone through the basics of what you can do with the board you can explore the endless possibilities it provides by checking exciting projects on ProjectHub [5], the Arduino® Library Reference [6] and the online store [7] where you will be able to complement your board with sensors,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

4.5 Board Recovery

All Arduino boards have a built-in bootloader which allows flashing the board via USB. In case a sketch locks up the processor and the board is not reachable anymore via USB it is possible to enter bootloader mode by double-tapping the reset button right after power up.



5 Connector Pinouts





5.1 Analog

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

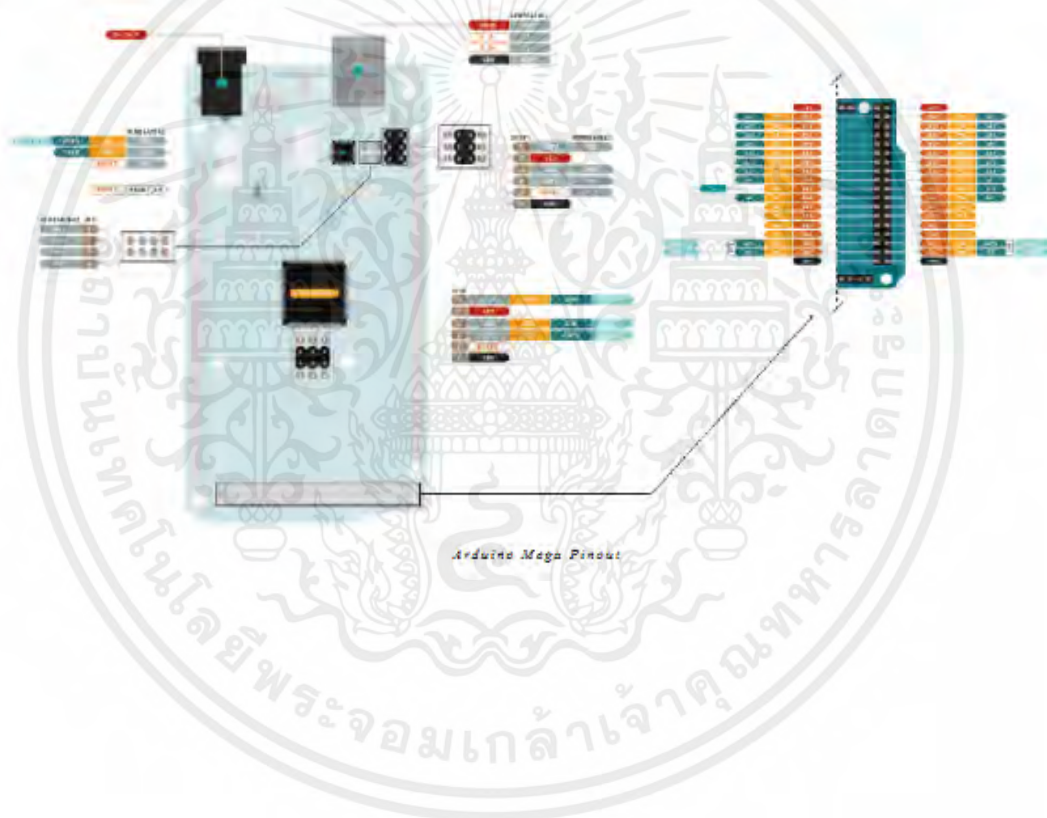
5.2 Digital

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5.3 ATMEGA16U2 JP5

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

5.4 ATMEGA16U2 ICSP1

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

5.5 Digital Pins D22 - D53 LHS

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

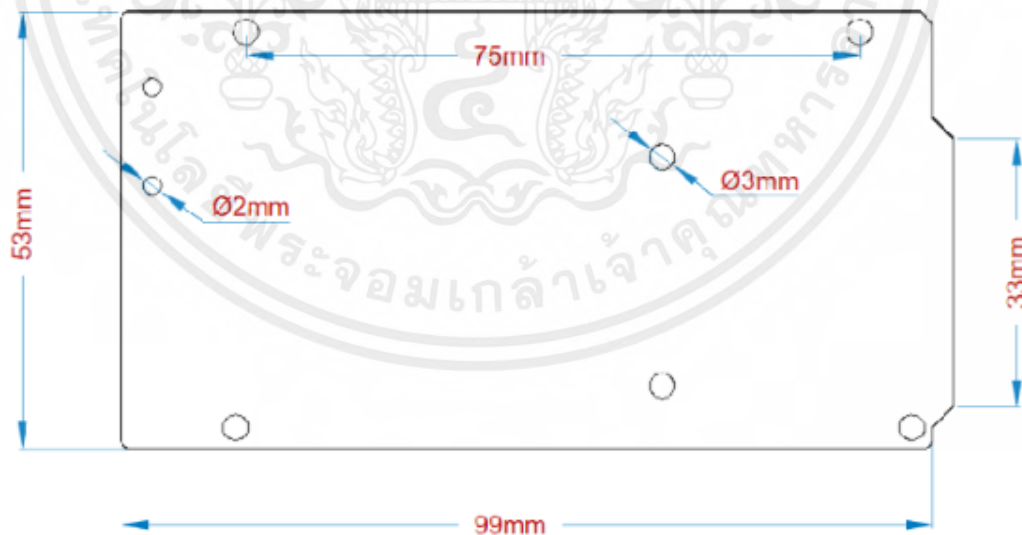


5.6 Digital Pins D22 - D53 RHS

Pin	Function	Type	Description
1	+5V	Power	Power Supply of 5V
2	D23	Digital	Digital input 23/GPIO
3	D25	Digital	Digital input 25/GPIO
4	D27	Digital	Digital input 27/GPIO
5	D29	Digital	Digital input 29/GPIO
6	D31	Digital	Digital input 31/GPIO
7	D33	Digital	Digital input 33/GPIO
8	D35	Digital	Digital input 35/GPIO
9	D37	Digital	Digital input 37/GPIO
10	D39	Digital	Digital input 39/GPIO
11	D41	Digital	Digital input 41/GPIO
12	D43	Digital	Digital input 43/GPIO
13	D45	Digital	Digital input 45/GPIO
14	D47	Digital	Digital input 47/GPIO
15	D49	Digital	Digital input 49/GPIO
16	D51	Digital	Digital input 51/GPIO
17	D53	Digital	Digital input 53/GPIO
18	GND	Power	Ground

6 Mechanical Information

6.1 Board Outline

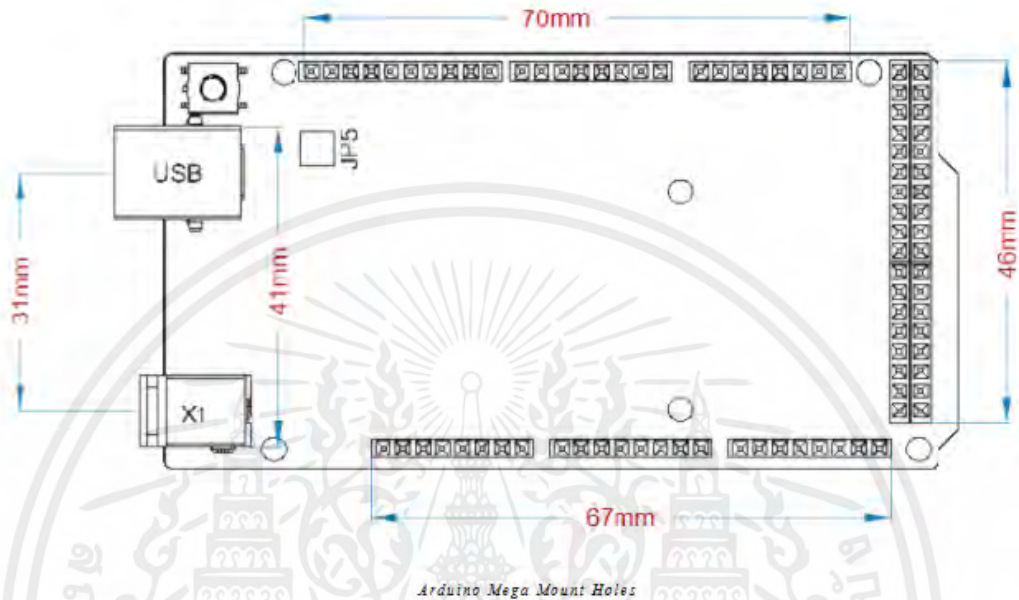


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Arduino Mega Outline

6.2 Board Mount Holes



Certifications

7 Declaration of Conformity CE DoC (EU)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8 Declaration of Conformity to EU RoHS & REACH 211

01/19/2021

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

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

Exemptions : No exemptions are claimed.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



9 Conflict Minerals Declaration

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

10 FCC Caution

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

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

- (1) This device may not cause harmful interference
- (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

FCC RF Radiation Exposure Statement:

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

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

- (1) this device may not cause interference
- (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

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

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

IC SAR Warning:

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

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

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

11 Company Information

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

12 Reference Documentation

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

13 Revision History

Date	Revision	Changes
29/09/2020	1	First Release

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor’s patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of ±20mV or ±40mV respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
 - normal operation < 1.5mA, power down < 1uA
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range: -40 ~ +85°C
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

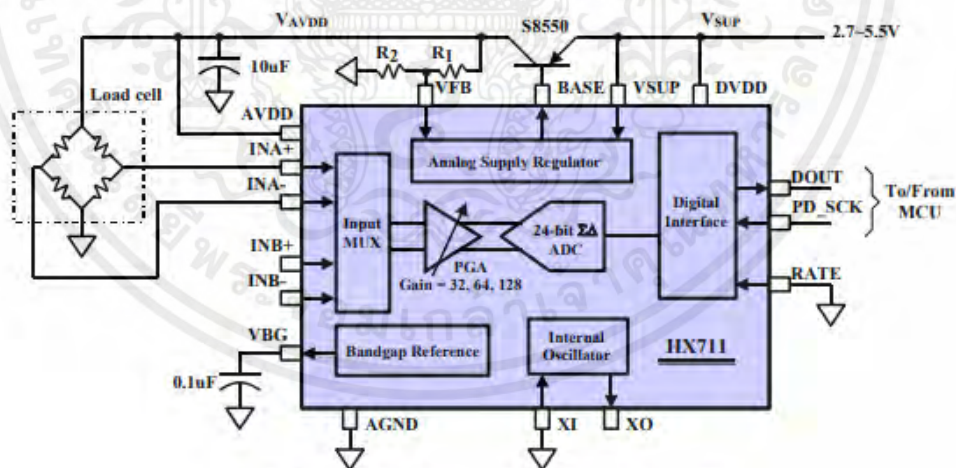
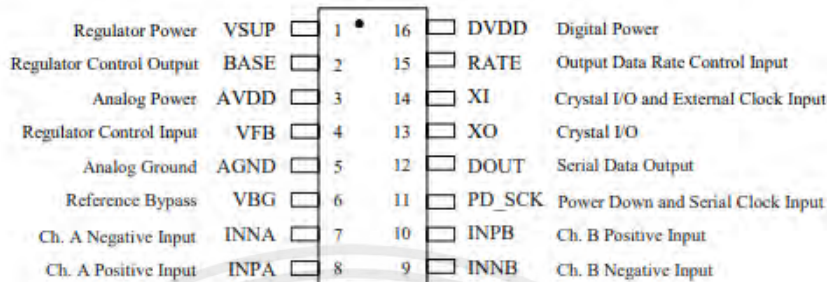


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description



SOP-16L Package

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Table 1 Pin Description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	V(inp)-V(inn)	$\pm 0.5(AVDD/GAIN)$			V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0	10			Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD	80			
	Crystal or external clock, RATE = 0	$f_{clk}/1,105,920$			
	Crystal or external clock, RATE = DVDD	$f_{clk}/138,240$			
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFFFF	HEX
Output settling time ⁽¹⁾	RATE = 0	400			ms
	RATE = DVDD	50			
Input offset drift	Gain = 128	0.2			mV
	Gain = 64	0.4			
Input noise	Gain = 128, RATE = 0	50			nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD	90			
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)	±6			nV/°C
	Gain (Gain = 128)	±5			
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0	100			dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0	100			dB
Reference bypass (V _{BG})		1.25			V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal	1400			μA
	Power down	0.3			
Digital supply current	Normal	100			μA
	Power down	0.2			

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

Table 2 Key Electrical Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analog Inputs

Channel A differential input is designed to interface directly with a bridge sensor's differential output. It can be programmed with a gain of 128 or 64. The large gains are needed to accommodate the small output signal from the sensor. When 5V supply is used at the AVDD pin, these gains correspond to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively.

Channel B differential input has a fixed gain of 32. The full-scale input voltage range is $\pm 80\text{mV}$, when 5V supply is used at the AVDD pin.

Power Supply Options

Digital power supply (DVDD) should be the same power supply as the MCU power supply.

When using internal analog supply regulator, the dropout voltage of the regulator depends on the external transistor used. The output voltage is equal to $V_{AVDD} = V_{BG} * (R1+R2) / R1$ (Fig. 1). This voltage should be designed with a minimum of 100mV below VSUP voltage.

If the on-chip analog supply regulator is not used, the VSUP pin should be connected to either AVDD or DVDD, depending on which voltage is higher. Pin VFB should be connected to Ground and pin BASE becomes NC. The external 0.1uF bypass capacitor shown on Fig. 1 at the VBG output pin is then not needed.

Clock Source Options

By connecting pin XI to Ground, the on-chip oscillator is activated. The nominal output data rate when using the internal oscillator is 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

If accurate output data rate is needed, crystal or external reference clock can be used. A crystal can be directly connected across XI and XO pins. An external clock can be connected to XI pin, through a 20pF ac coupled capacitor. This external clock is not required to be a square wave. It can come directly from the crystal output pin of the MCU chip, with amplitude as low as 150 mV.

When using a crystal or an external clock, the internal oscillator is automatically powered down.

Output Data Rate and Format

When using the on-chip oscillator, output data rate is typically 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1).

When using external clock or crystal, output data rate is directly proportional to the clock or crystal frequency. Using 11.0592MHz clock or crystal results in an accurate 10 (RATE=0) or 80SPS (RATE=1) output data rate.

The output 24 bits of data is in 2's complement format. When input differential signal goes out of the 24 bit range, the output data will be saturated at 800000h (MIN) or 7FFFFFFh (MAX), until the input signal comes back to the input range.

Serial Interface

Pin PD_SCK and DOUT are used for data retrieval, input selection, gain selection and power down controls.

When output data is not ready for retrieval, digital output pin DOUT is high. Serial clock input PD_SCK should be low. When DOUT goes to low, it indicates data is ready for retrieval. By applying 25~27 positive clock pulses at the PD_SCK pin, data is shifted out from the DOUT output pin. Each PD_SCK pulse shifts out one bit, starting with the MSB bit first, until all 24 bits are shifted out. The 25th pulse at PD_SCK input will pull DOUT pin back to high (Fig.2).

Input and gain selection is controlled by the number of the input PD_SCK pulses (Table 3). PD_SCK clock pulses should not be less than 25 or more than 27 within one conversion period, to avoid causing serial communication error.

PD_SCK Pulses	Input channel	Gain
25	A	128
26	B	32
27	A	64

Table 3 Input Channel and Gain Selection

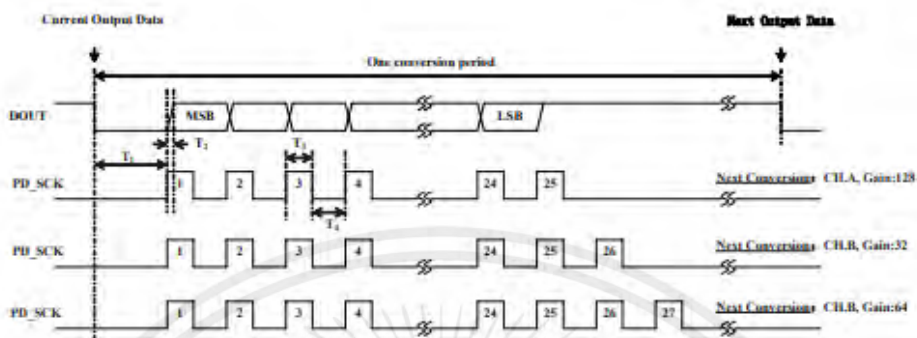


Fig.2 Data output, input and gain selection timing and control

Symbol	Note	MIN	TYP	MAX	Unit
T ₁	DOUT falling edge to PD_SCK rising edge	0.1			μs
T ₂	PD_SCK rising edge to DOUT data ready			0.1	μs
T ₃	PD_SCK high time	0.2	1	50	μs
T ₄	PD_SCK low time	0.2	1		μs

Reset and Power-Down

When chip is powered up, on-chip power on rest circuitry will reset the chip.

Pin PD_SCK input is used to power down the HX711. When PD_SCK Input is low, chip is in normal working mode.

powered down. When PD_SCK returns to low, chip will reset and enter normal operation mode.

After a reset or power-down event, input selection is default to Channel A with a gain of 128.

Application Example

Fig.1 is a typical weigh scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (X1=0), 10Hz output data rate (RATE=0). A Single power supply (2.7~5.5V) comes directly from MCU power supply. Channel B can be used for battery level detection. The related circuitry is not shown on Fig. 1.



Fig.3 Power down control

When PD_SCK pin changes from low to high and stays at high for longer than 60μs, HX711 enters power down mode (Fig.3). When internal regulator is used for HX711 and the external transducer, both HX711 and the transducer will be

Reference PCB Board (Single Layer)

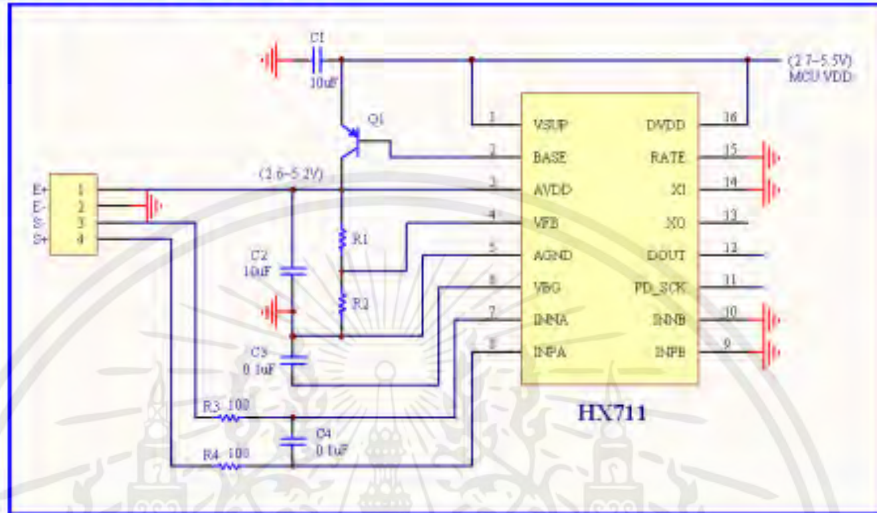


Fig.4 Reference PCB board schematic

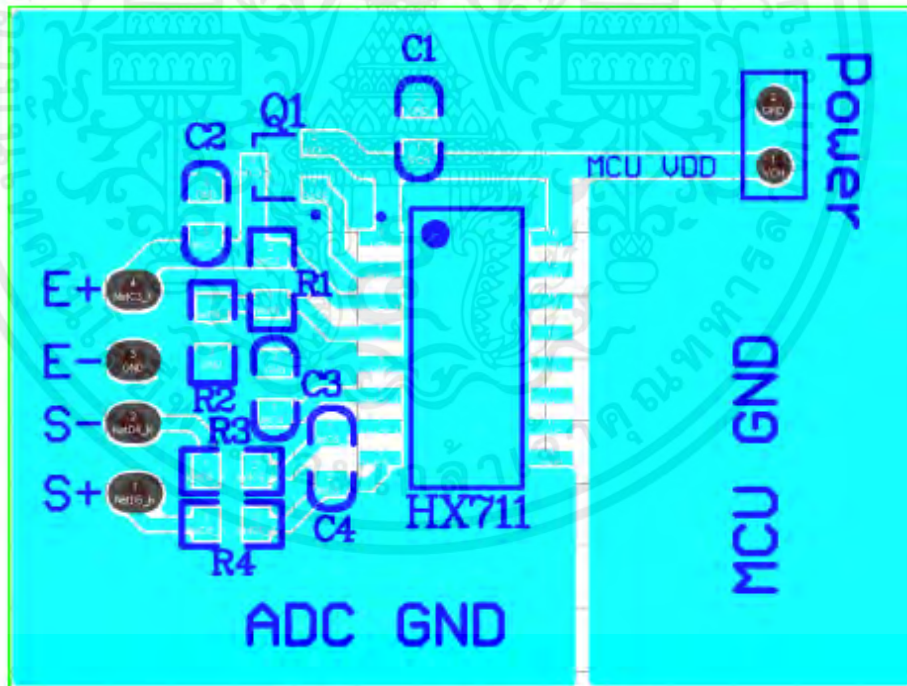


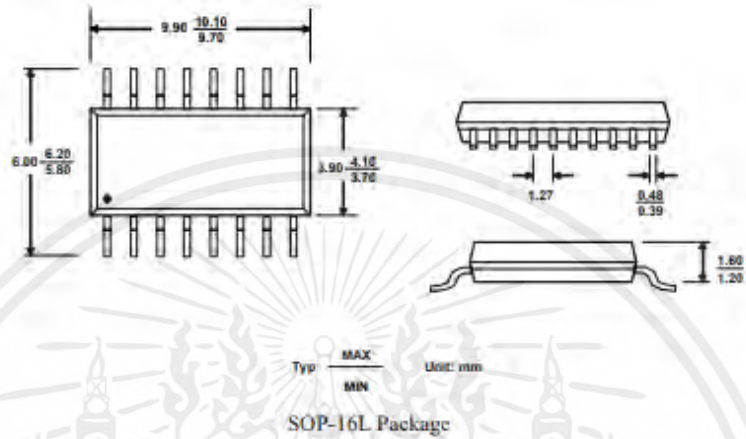
Fig.5 Reference PCB board layout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reference Driver (C)

```
//-----
sbit ADDO = P1^5;
sbit ADSK = P0^0;
unsigned long ReadCount(void) {
    unsigned long Count;
    unsigned char i;
    ADDO=1;
    ADSK=0;
    Count=0;
    while (ADDO);
    for (i=0;i<24;i++) {
        ADSK=1;
        Count=Count<<1;
        ADSK=0;
        if(ADDO) Count++;
    }
    ADSK=1;
    Count=Count^0x800000;
    ADSK=0;
    return(Count);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Dimensions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Single phase SSR (AC load & zero crossing)



- » Zero crossing AC solid state relay.
- » 2 input ranges: 3-32 VDC and 90-280 VAC.
- » Maximum load current (AC1 at 25° C): 25, 60, 80, 100A.
- » Operational ratings: 40 - 480 VAC.
- » Frequency range: 47- 63 Hz.
- » Maximum non-repetitive peak voltage: 1,200 Vp.
- » LED indicator.
- » Clip on protective cover for greater safety (IP 20).

Models and references

Zero crossing	Control voltage	Rated operational voltage	Rated operational current	Reference
Yes	3 - 32 VDC	40 - 440 VAC	25 A	RS1A0P032DC440025Z
			60 A	RS1A0P032DC440060Z
		80 A	RS1A0P032DC440080Z	
		100 A	RS1A0P032DC480100Z	
	90 - 250 VAC	40 - 440 VAC	25 A	RS1A0P250AC440025Z
			60 A	RS1A0P250AC440060Z
		80 A	RS1A0P250AC440080Z	
		100 A	RS1A0P250AC480100Z	
90 - 280 VAC	40 - 480 VAC	100 A	RS1A0P280AC480100Z	

Specifications

GENERAL SPECIFICATIONS	VDC Input		VAC Input	
Dielectric insulation (between input & output)	2,500 VAC			
Operating temperature	-25 to 70° C	-30 to 80° C	-25 to 70° C	-30 to 80° C
Storage temperature	-35 to 85° C	-35 to 85° C	-35 to 85° C	-35 to 85° C
Rth junction to case	2.5° C/W (25 A) 0.65° C/W (60 A) 0.5° C/W (80 A)	0.3° C/W	2.5° C/W (25 A) 0.65° C/W (60 A) 0.5° C/W (80 A)	0.3° C/W
Ambient humidity	Operating: up to 85 %			
CE marking	Yes			

INPUT SPECIFICATIONS	VDC Input		VAC Input	
Control voltage range	3 - 32 VDC		90 - 250 VAC	90 - 280 VAC
Input current (maximum)	10/16 mA @= 5 V/24 V	13/16 mA @= 5 V/24 V	29 mA @= 220 VAC	
Pick-up voltage	1.9 VDC		70 VAC	
Drop-out voltage	1.9 VDC		70 VAC	
Maximum reverse voltage	32 VDC		-	
Max. response time pick-up	½ cycle		1 cycle	
Max. response time drop-out	½ cycle		2 cycles	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

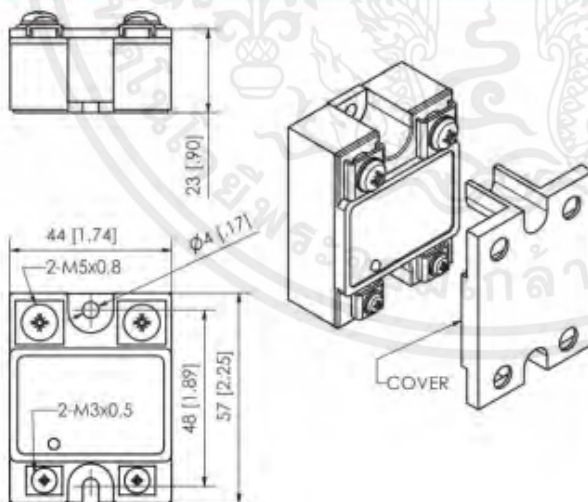
Single phase SSR (AC load & zero crossing)



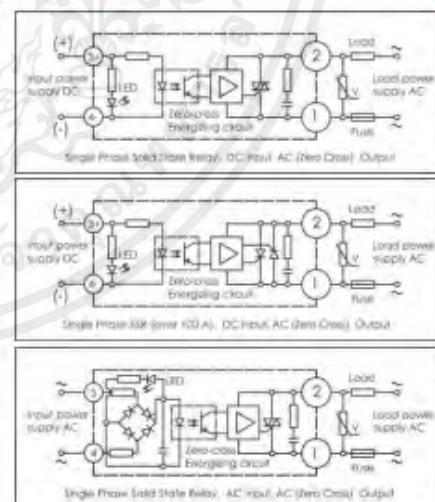
OUTPUT SPECIFICATIONS	VDC Input		VAC Input	
	Maximum load current (AC51 @ Ta = 25° C) (AC53a @ Ta = 25° C)	25, 60, 80 A 5, 15, 18 A	100 A 20 A	25, 60, 80 A 5, 15, 18 A
Load voltage range	40 - 440 VAC	40 - 480 VAC	40 - 440 VAC	40 - 480 VAC
Frequency range	50 - 60 Hz	47 - 63 Hz	50 - 60 Hz	47 - 63 Hz
Max. non-repetitive peak voltage	930 Vp	1,200 Vp	930 Vp	1,200 Vp
Max. non-repetitive peak current (t=10ms)	350 Ap / 25 A 630 Ap / 60 A 910 Ap / 80 A	1,100 Ap	350 Ap / 25 A 630 Ap / 60 A 910 Ap / 80 A	1,100 Ap
Maximum off state leakage current	10 mA	8 mArms	10 mA	8 mArms
Minimum off state dv / dt	200 V / µseg			
Maximum on state voltage	1.6 VAC			
Minimum load current	0.1 A			
Pt (10 ms) (orientative data)	625 A ² s (25 A) 2,025 A ² s (60 A) 4,225 A ² s (80 A) 6,050 A ² s (100 A)			

HOUSING SPECIFICATIONS	VDC Input		VAC Input	
	Dimensions (L x W x H mm)	60 x 45 x 22	58 x 44 x 23	60 x 45 x 22
Weight	150 g maximum			
Baseplate	Aluminum, nickel-plated			
Control terminal (M3x6) torque	1.2 Nm			
Power terminal (M5x9) torque	2.4 Nm			

Dimensions



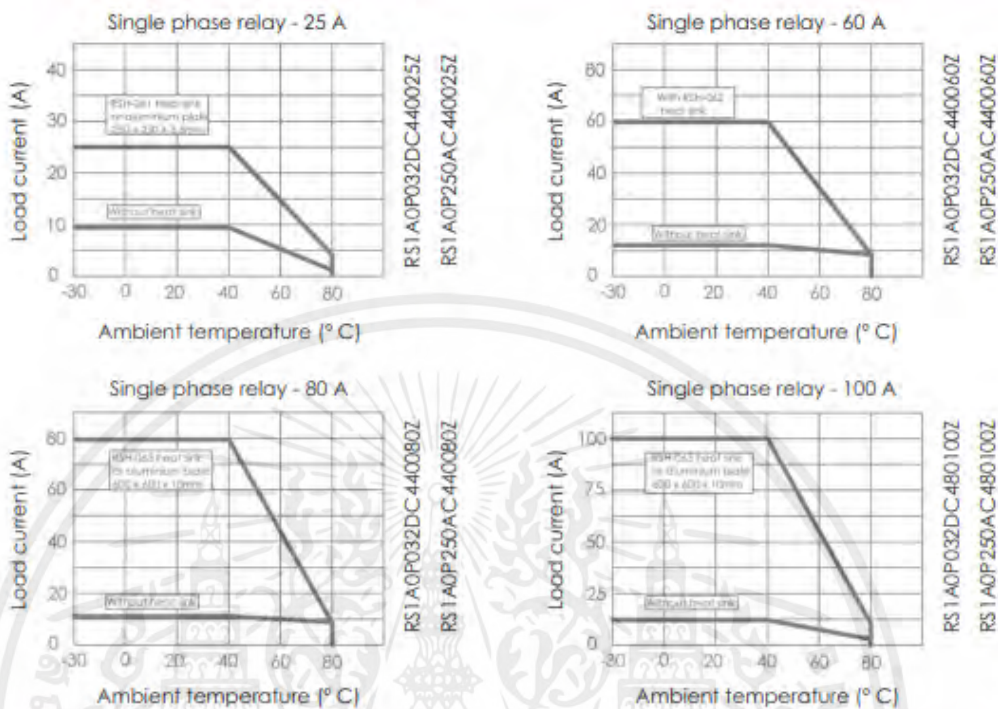
Diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 Single phase SSR (AC load & zero crossing)

Load current vs. ambient temperature



Heat sinks

Reference	Output current	Dimensions	Relays to be used with
RSH-059 (DIN-rail)	<= 20 A	44 x 75 x 70	RS1A0P032DC440025Z
			RS1A0P250AC440025Z
RSH-060	<= 20 A	80 x 50 x 50	RS1A0P032DC440025Z
			RS1A0P250AC440025Z
RSH-061	<= 40 A	125 x 70 x 50	RS1A0P032DC440025Z
			RS1A0P250AC440025Z
RSH-062	<= 60 A	125 x 115 x 50	RS1A0P032DC440060Z
			RS1A0P250AC440060Z
RSH-063	<= 100 A	120 x 80 x 50	RS1A0P032DC440080Z
			RS1A0P250AC440080Z
			RS1A0P032DC440100Z
			RS1A0P280AC480100Z

Over 10 A load a heat sink must be used. The use of a heat sink will make the lifetime of the relay up to four times longer, even when using it with load currents lower than 10 A.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4



Single phase SSR (AC load & instant switching)



- » Instant switching AC solid state relay.
- » 2 input ranges: 3-32 VDC and 90-280 VAC.
- » Maximum load current (AC1 at 25° C): 25, 60, 80, 100A.
- » Operational ratings: 40 - 480 VAC.
- » Frequency range: 47- 63 Hz.
- » Maximum non-repetitive peak voltage: 1,200 Vp.
- » LED indicator.
- » Clip on protective cover for greater safety (IP 20).

Models and references

Zero crossing	Control voltage	Rated operational voltage	Rated operational current	Reference
No	3 - 32 VDC	40 - 480 VAC	25 A	RS1A0P032DC480025R
			60 A	RS1A0P032DC480060R
			80 A	RS1A0P032DC480080R
			100 A	RS1A0P032DC480100R
	90 - 280 VAC		25 A	RS1A0P280AC480025R
			60 A	RS1A0P280AC480060R
			80 A	RS1A0P280AC480080R
			100 A	RS1A0P280AC480100R

Specifications

GENERAL SPECIFICATIONS	VDC input		VAC input	
Dielectric insulation (between input & output)	2,500 VAC			
Operating temperature	-30 to 80° C			
Storage temperature	-35 to 85° C			
Rth junction to case	2.5° C/W (25 A) 0.65° C/W (60 A) 0.5° C/W (80 A)	0.3° C/W	2.5° C/W (25 A) 0.65° C/W (60 A) 0.5° C/W (80 A)	0.3° C/W
Ambient humidity	Operating: up to 85 %			
CE marking	Yes			

INPUT SPECIFICATIONS	VDC input	VAC input
Control voltage range	3 - 32 VDC	90 - 280 VAC
Input current (maximum)	13/16 mA @= 5 V/24 V	29 mA @= 220 V
Pick-up voltage	1.9 VDC	70 VAC
Drop-out voltage	1.9 VDC	70 VAC
Maximum reverse voltage	32 VDC	-
Max. response time pick-up	1 ms	
Max. response time drop-out	½ cycle	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single phase SSR (AC load & instant switching)

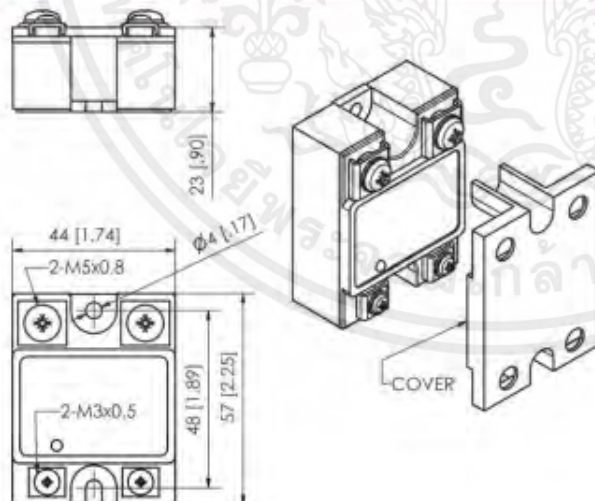


5

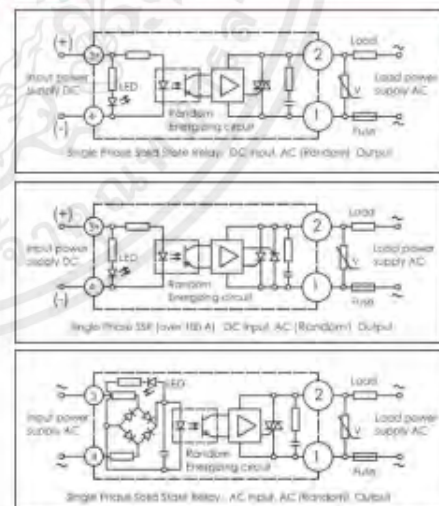
OUTPUT SPECIFICATIONS	VDC Input		VAC Input	
	Maximum load current (AC51 @ Ta = 25° C) (AC53a @ Ta = 25° C)	25, 60, 80 A 5, 15, 18 A	100 A 20 A	25, 60, 80 A 5, 15, 18 A
Load voltage range	40 - 480 VAC			
Frequency range	47 - 63 Hz			
Max. non-repetitive peak voltage	930 Vp	1,200 Vp	930 Vp	1,200 Vp
Max. non-repetitive peak current (t=10ms)	350 Ap / 25 A 630 Ap / 60 A 910 Ap / 80 A	1,100 Ap	350 Ap / 25 A 630 Ap / 60 A 910 Ap / 80 A	1,100 Ap
Maximum off state leakage current	8 mArms			
Minimum off state dv / dt	200 V / μseg			
Maximum on state voltage	1.6 VAC			
Minimum load current	0.05 Arms			
Pt (10 ms) (orientative data)	625 A ² s (25 A) 2,025 A ² s (60 A) 4,225 A ² s (80 A) 6,050 A ² s (100 A)			

HOUSING SPECIFICATIONS	
Dimensions (L x W x H mm)	58 x 44 x 23
Weight	150 g maximum
Baseplate	Aluminum, nickel-plated
Control terminal (M3x6) torque	1.2 Nm
Power terminal (M5x9) torque	2.4 Nm

Dimensions



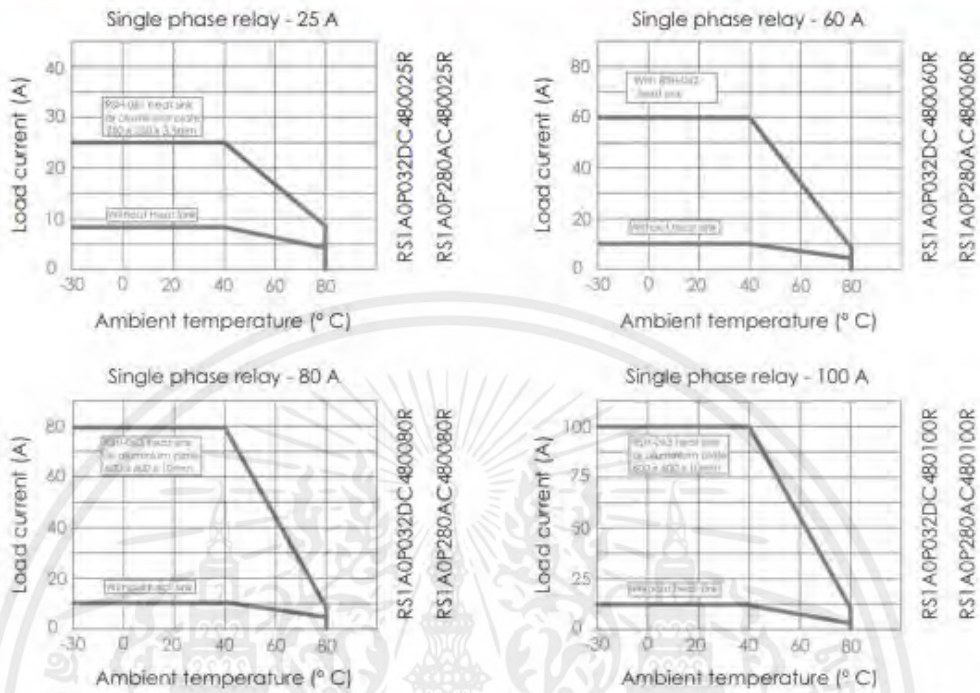
Diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 Single phase SSR (AC load & instant switching)

Load current vs. ambient temperature



Heat sinks

Reference	Output current	Dimensions	Relays to be used with
RSH-059 (DIN-rail)	≤ 20 A	44 x 75 x 70	RS1A0P032DC480025R RS1A0P280AC480025R
RSH-060	≤ 20 A	80 x 50 x 50	RS1A0P032DC480025R RS1A0P280AC480025R
RSH-061	≤ 40 A	125 x 70 x 50	RS1A0P032DC480025R RS1A0P280AC480025R
RSH-062	≤ 60 A	125 x 115 x 50	RS1A0P032DC480060R RS1A0P280AC480060R
RSH-063	≤ 100 A	120 x 80 x 50	RS1A0P032DC480080R RS1A0P280AC480080R RS1A0P032DC480100R RS1A0P280AC480100R



Over 10 A load a heat sink must be used. The use of a heat sink will make the lifetime of the relay up to four times longer, even when using it with load currents lower than 10 A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7



Single phase SSR (DC load)



- » DC solid state relay.
- » Input range: 3 - 15 VDC.
- » Maximum load current (AC1 at 25° C): 25, 40, 60, 80A.
- » Operational ratings: 12 - 600 VDC.
- » LED indicator.
- » Clip on protective cover for greater safety (IP 20).

Models and references

Control voltage	Load operational current	Reference
3 - 15 VDC	25 A	RS1D0P015DC600025D
	40 A	RS1D0P015DC600040D
	60 A	RS1D0P015DC600060D
	80 A	RS1D0P015DC600080D

Specifications

INPUT SPECIFICATIONS	VDC Input	OUTPUT SPECIFICATIONS	VDC Input
Control voltage range	3 - 15 VDC	Maximum load current (AC51 @ Ta = 25° C)	25, 40, 60, 80 A
Maximum input current	2 / 30 mA @ 3 V / 15 V	(AC53a @ Ta = 25° C)	5, 10, 15, 18 A
Pick-up voltage	1.5 VDC	Load voltage range	12 - 600 VDC
Drop-out voltage	1.5 VDC	Maximum off state leakage current	1 mA
Maximum reverse voltage	15 VDC	Maximum on state voltage	1.4 VDC
Maximum response time pick-up	5 ms	Minimum load current	0.1 A
Maximum response time drop-out	0.2 ms		

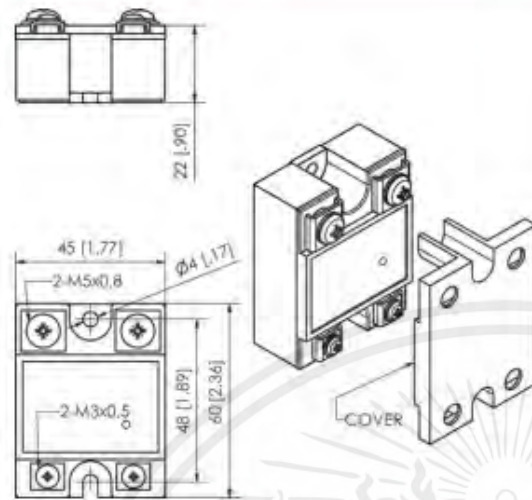
GENERAL SPECIFICATIONS		HOUSING SPECIFICATIONS	
Insulation to cover	2,000 VDC	Dimensions (L x W x H mm)	60 x 45 x 22
Dielectric insulation (between input and output)	1,500 VDC	Weight	150 g maximum
Operating temperature	-40 to 80° C	Baseplate	Aluminum, nickel-plated
Storage temperature	-45 to 85° C	Control terminal (M3x6) torque	1.2 Nm
Rth junction to case	2.5° C/W (25 A) 0.65° C/W (60 A) 0.5° C/W (80 A)	Power terminal (M5x9) torque	2.4 Nm
Ambient humidity	Operating: up to 85%		
CE-marking	Yes		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

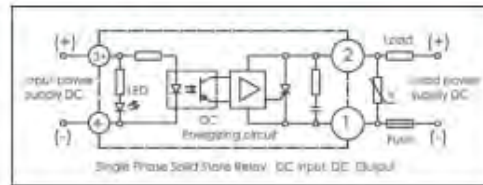
Single phase SSR (DC load)



Dimensions

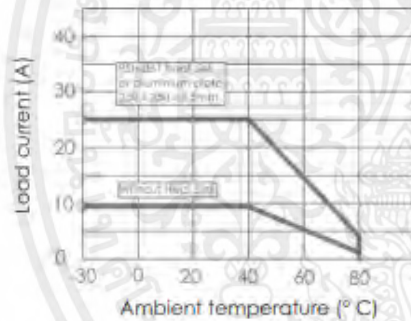


Circuit diagram



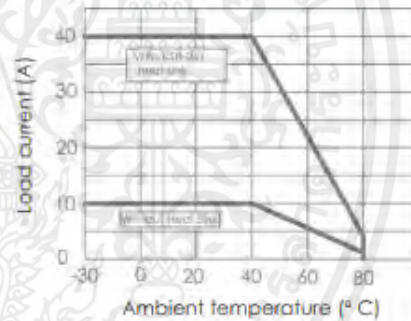
Load current vs. ambient temperature

Single phase relay - 25 A



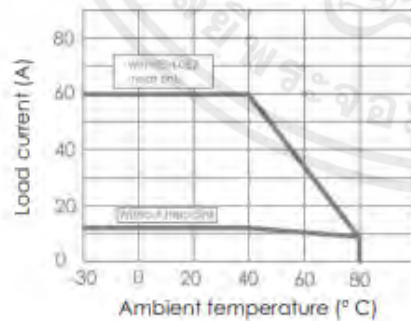
RS 1DOP015DC600025D

Single phase relay - 40 A



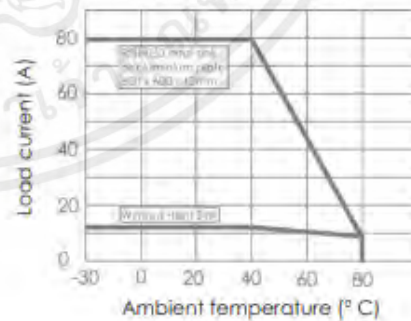
RS 1DOP015DC600040D

Single phase relay - 60 A



RS 1DOP015DC600060D

Single phase relay - 80 A



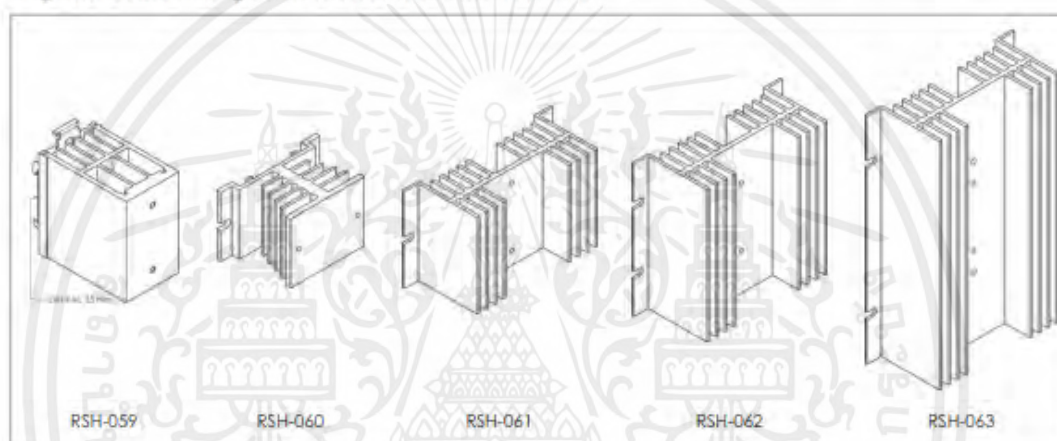
RS 1DOP015DC600080D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Heat sinks

Heat sink reference	Output current	Dimensions	Relays to be used with
RSH-059 (DIN-rail)	≤ 20 A	44 x 75 x 70 mm	RS1D0P015DC600025D
RSH-060	≤ 20 A	80 x 50 x 50 mm	RS1D0P015DC600025D
RSH-061	≤ 40 A	125 x 70 x 50 mm	RS1D0P015DC600025D RS1D0P015DC600040D
RSH-062	≤ 60 A	125 x 115 x 50 mm	RS1D0P015DC600060D
RSH-063	≤ 100 A	120 x 80 x 50 mm	RS1D0P015DC600080D

Over 10 A load a heat sink must be used. The use of a heat sink will make the lifetime of the relay up to four times longer, even when using it with load currents lower than 10 A.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 Single phase SSR (AC & load analog switching / phase angle control)



- » Analog switching AC solid state relay.
- » 2 input ranges: 4 - 20 mA and 2 - 10 VDC.
- » Maximum load current (AC1 at 25° C): 25, 40, 60, 80, 100 A.
- » Operational ratings: 0 - 380 VAC.
- » Frequency range: 50 - 60 Hz.
- » Maximum non-repetitive peak voltage: 850 Vp.
- » Clip on protective cover for greater safety (IP 20).

Models and references

Control mode	Rated operational voltage	Rated operational current	Reference
2 - 10 VDC	0 - 240 VAC	25 A	RS1APV010DC240025R
		40 A	RS1APV010DC240040R
		60 A	RS1APV010DC380060R
	0 - 380 VAC	80 A	RS1APV010DC380080R
		100 A	RS1APV010DC380100R
4 - 20 mA	0 - 240 VAC	25 A	RS1API4020mA240025R
		40 A	RS1API4020mA240040R
		60 A	RS1API4020mA380060R
	0 - 380 VAC	80 A	RS1API4020mA380080R
		100 A	RS1API4020mA380100R

Specifications

GENERAL SPECIFICATIONS	Voltage		Current	
Dielectric insulation (between input & output)	2,500 VAC			
Operating temperature	-40 to 80° C			
Storage temperature	-45 to 85° C			
Rth junction to case	2.5° C/W (25 A)	0.65° C/W (60 A)	2.5° C/W (60 A)	0.65° C/W (60 A)
	1.25° C/W (40 A)	0.5° C/W (80 A)	1.25° C/W (40 A)	0.5° C/W (80 A)
		0.3° C/W (100 A)		0.3° C/W (100 A)
Ambient humidity (operating)	Operating: up to 85 %			
CE-marking	Yes			

INPUT SPECIFICATIONS	Voltage	Current
Control range voltage / current	2 - 10 VDC	4 - 20 mA
Pick-up voltage / current	1.9 VDC	4 mA
Drop-out voltage / current	1.9 VDC	4 mA
Maximum reverse voltage	10 VDC	-
Maximum response time pick-up	20 ms	
Maximum response time drop-out	20 ms	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single phase SSR (AC & load analog switching / phase angle control)

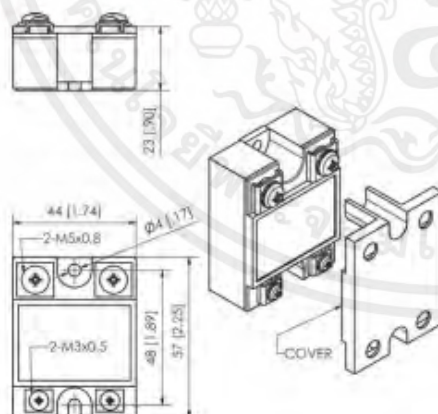


11

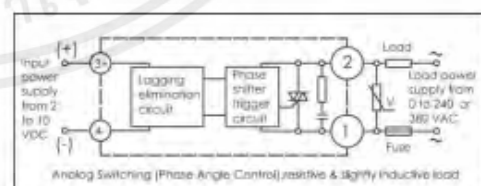
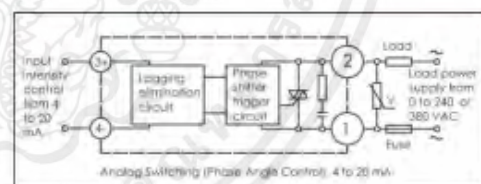
OUTPUT SPECIFICATIONS	Voltage		Current	
	Maximum load current (AC1 at 25° C) (AC53a @ Ta = 25° C)	25, 40 A 5, 10 A	60, 80, 100 A 15, 18, 20 A	25, 40 A 5, 10 A
Load voltage range	0 - 240 VAC	0 - 380 VAC	0 - 240 VAC	0 - 380 VAC
Frequency range	50 - 60 Hz			
Maximum non-repetitive peak voltage	650 Vp	850 Vp	650 Vp	850 Vp
Maximum non-repetitive peak current (10 ms)	350 Ap / 25 A 500 Ap / 40 A	630 Ap / 60 A 910 Ap / 80 A 1,100 Ap / 100 A	350 Ap / 25 A 500 Ap / 40 A	630 Ap / 60 A 910 Ap / 80 A 1,100 Ap / 100 A
Maximum off state leakage current	3 mA			
Maximum on state voltage	2 VAC			
Minimum off state dv / dt	1,000 V / μ s			
Minimum load current	0.15 A	0.25 A	0.15 A	0.25 A
PI (10 ms) (orientative data)	625 A ² s (25 A) 1,250 A ² s (40 A) 2,025 A ² s (60 A) 4,225 A ² s (80 A) 6,050 A ² s (100 A)			

HOUSING SPECIFICATIONS	
Dimensions (L x W x H mm)	68 x 48 x 28
Weight	160 g. maximum
Baseplate	Aluminum, nickel-plated
Control terminal (M3x6) torque	1.2 Nm
Power terminal (M5x9) torque	2.4 Nm

Dimensions



Circuit diagrams

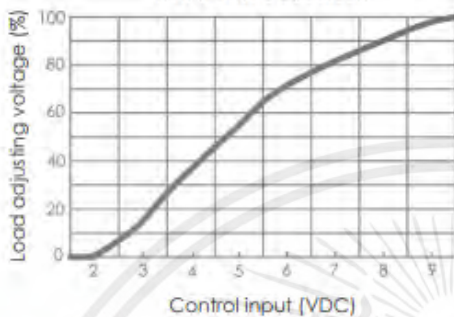


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

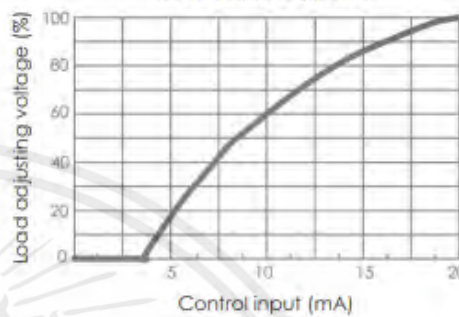
12  Single phase SSR (AC & load analog switching / phase angle control)

Input voltage vs. output voltage _____ Input current vs. output voltage _____

RS1APV010DC240025R
 RS1APV010DC240040R
 RS1APV010DC380060R
 RS1APV010DC380080R
 RS1APV010DC380100R

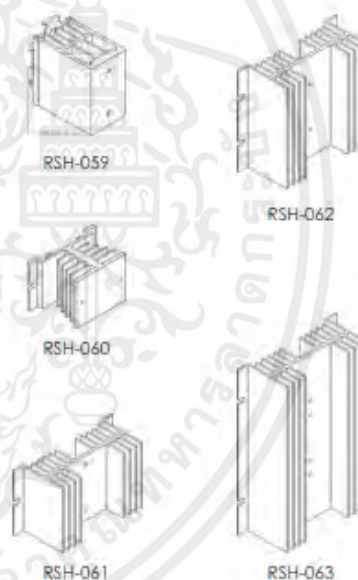


RS1API4020mA240025R
 RS1API4020mA240040R
 RS1API4020mA380060R
 RS1API4020mA380080R
 RS1API4020mA380100R



Heat sinks _____

Reference	Output current	Dimensions	Relays to be used with
RSH-059 (DIN-rail)	≤ 20 A	44 x 75 x 70	RS1APV010DC240025R RS1API4020mA380025R
RSH-060	≤ 20 A	80 x 50 x 50	RS1APV010DC240025R RS1API4020mA380025R
RSH-061	≤ 40 A	125 x 70 x 50	RS1APV010DC240025R RS1API4020mA380025R RS1APV010DC240040R RS1API4020mA380040R
RSH-062	≤ 60 A	125 x 115 x 50	RS1APV010DC240060R RS1API4020mA380060R
RSH-063	≤ 100 A	120 x 80 x 50	RS1APV010DC240080R RS1API4020mA380080R RS1APV010DC240100R RS1API4020mA380100R



Over 10 A load a heat sink must be used. The use of a heat sink will make the lifetime of the relay up to four times longer, even when using it with load currents lower than 10 A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13



DIN-rail single phase SSR (AC & zero crossing load)



- » Zero crossing AC solid state relay.
- » Input range: 5 - 24 VDC.
- » Maximum load current (AC1 at 25° C): 25, 60 A.
- » Operational ratings: 48 - 480 VAC.
- » Frequency range: 47 - 63 Hz.
- » Maximum non-repetitive peak voltage: 1,000 Vp.
- » 2 LED indicators (input / output).
- » Clip on protective cover for greater safety (IP 20).
- » Heat sink included.
- » Can be mounted directly on a DIN-rail with a clip for DIN-rail.

Models and references

Zero crossing	Control voltage	Rated operational voltage	Rated operational current	Reference
Yes	5 - 24 VDC	48 - 480 VAC	25 A	RS1A0R024DC480025Z
			60 A	RS1A0P032DC480060Z

Specifications

GENERAL SPECIFICATIONS	
Dielectric insulation (between input and output)	2,500 VAC
Operating temperature	-40 to 80° C
Storage temperature	-45 to 85° C
Ambient humidity	Operating: up to 85%
CE-marking	Yes

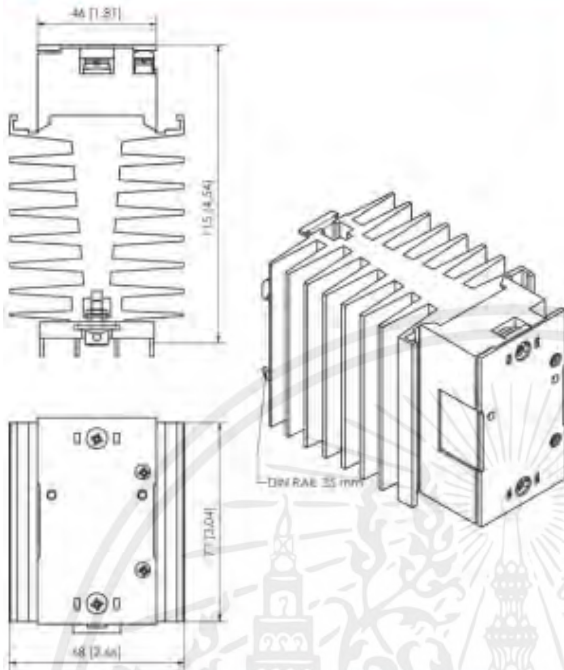
INPUT SPECIFICATIONS		OUTPUT SPECIFICATIONS	
Control voltage range	5 - 24 VDC	Maximum load current [AC51 @ Ta = 25° C]	25 A 60 A
Maximum input current	16/18 mA @= 5 V / 24 V	Maximum load current [AC53a @ Ta = 25° C]	5 A 15 A
Pick-up voltage	2.2 VDC	Load voltage range	48 - 480 VAC
Drop-out voltage	2.2 VDC	Frequency range	47 - 63 Hz
Maximum reverse voltage	24 VDC	Maximum non-repetitive peak voltage	1,000 Vp
Maximum response time pick-up	10 ms	Maximum non-repetitive peak current (t = 10 ms)	350 Ap 630 Ap
Maximum response time drop-out	10 ms	Maximum off state leakage current (t = 25° C)	3 mA
HOUSING SPECIFICATIONS		Minimum off state dv / dt	500 V / μs
Dimensions (L x W x H mm)	75 x 35 x 100 80 x 70 x 105	Maximum on state voltage	1.2 VAC
Weight	200 g 340 g	Minimum load current	0.1 A
Baseplate	Aluminum, nickel-plated	FI (10 ms) (orientative data)	625 A ² s (25 A) 2,025 A ² s (60 A)
Control terminal (M3x6) torque	1.2 Nm		
Power terminal (M5x9) torque	2.4 Nm		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

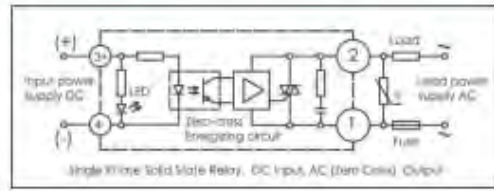
DIN-rail single phase SSR (AC & zero crossing load)



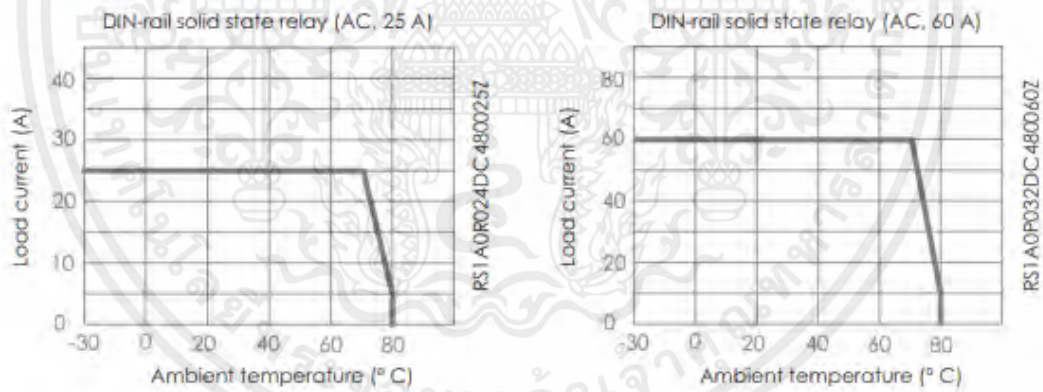
Dimensions



Circuit diagram



Load current vs. ambient temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15 Single phase power SSR (AC & zero crossing load)



- » AC Solid state relay, zero crossing.
- » Input range: 3 - 32 VDC.
- » Maximum load current (AC1 at 25° C): 100, 150, 250 A.
- » Operational ratings: 40 - 400 VAC.
- » Frequency range: 50 - 60 Hz.
- » Maximum non-repetitive peak voltage: 930 Vp.
- » LED indicator.

Models and references

Zero crossing	Control voltage	Rated operational voltage	Rated operational current	Reference
Yes	3 - 32 VDC	40 - 440 VAC	100 A	RS1A0P032DC440100Z
			150 A	RS1A0P032DC440150Z
			250 A	RS1A0P032DC440250Z

Specifications

GENERAL SPECIFICATIONS		VDC Input	HOUSING SPECIFICATIONS	
Dielectric insulation (between input & output)		2,500 VAC	Dimensions (L x W x H mm)	95 x 35 x 43
Operating temperature		-30° to 80° C	Weight	235 g
Storage temperature		-45° to 85° C	Baseplate	Aluminum, nickel-plated
Ambient humidity (operating)		Up to 85 %	Control terminal (M3x6) torque	1,0 Nm
CE-marking		Yes	Power terminal (M5x9) torque	2,4 Nm

INPUT SPECIFICATIONS	
Control voltage range	3 - 32 VDC
Maximum input current	6/35 mA @ = 3 V / 32 V
Pick-up voltage	3 VDC
Drop-out voltage	1 VDC
Maximum reverse voltage	32 VDC
Maximum response time pick-up	10 ms
Maximum response time drop-out	10 ms

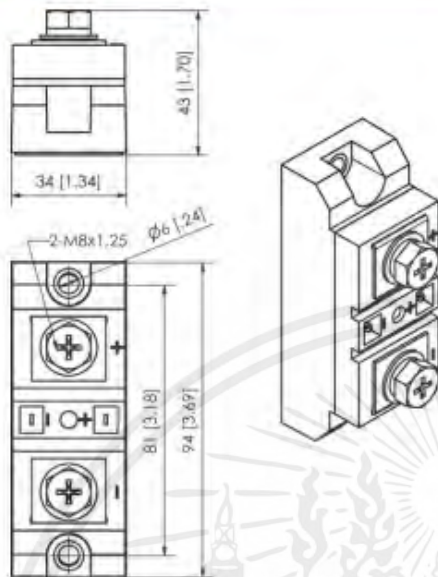
OUTPUT SPECIFICATIONS			
	100 A	150 A	250 A
Maximum load current			
Load voltage range		40 - 440 VAC	
Frequency range		50 - 60 Hz	
Maximum non-repetitive peak voltage		930 Vp	
Maximum non-repetitive peak current (t = 10 ms)	1,100 Ap	1,450 Ap	2,200 Ap
Maximum off state leakage current (T = 25° C)		10 mA	
Minimum off state dv / dt		500 V / μs	
Maximum on state voltage		1,6 VAC	
Pt (10 ms) (orientative data)		6,050 A ² s (100 A)	
		10,500 A ² s (150 A)	
		24,200 A ² s (250 A)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

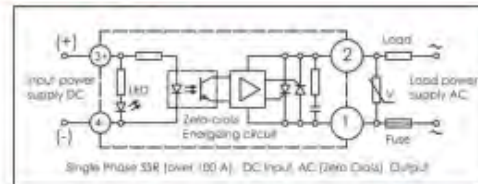
Single phase power SSR (AC & zero crossing load)



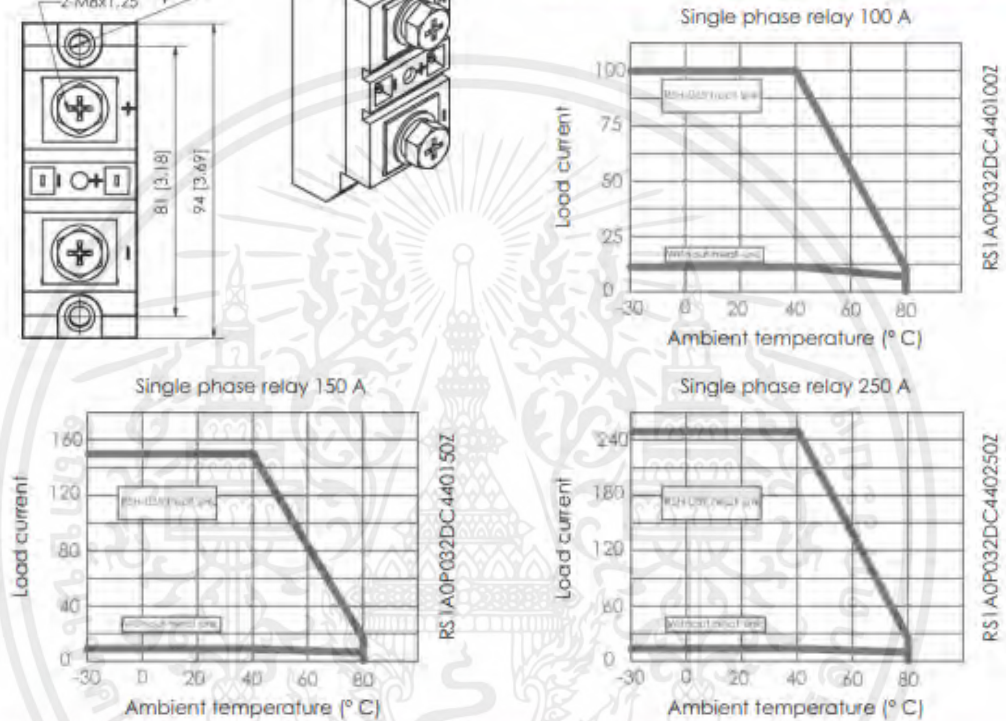
Dimensions



Circuit diagram



Load current vs. ambient temperature



Heat sinks

Ref.	Output current	Dimensions (mm)	Relays to be used with
RSH-063	≤ 100 A	120 x 80 x 50	RS1AOP032DC440100Z
RSH-037	≤ 80 A	260 x 180 x 50	RS1AOP032DC440100Z
RSH-038	≤ 100 A	150 x 125 x 135	RS1AOP032DC440150Z
RSH-039	≤ 200 A	200 x 125 x 135	RS1AOP032DC440250Z



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17 Single phase SSR, PCB mounting (AC & zero crossing load)

- » AC Solid state relay, zero crossing.
- » Input range: 3 - 32 VDC.
- » Maximum load current (AC1 at 25° C): 4, 5 A.
- » Operational ratings: 40 - 400 VAC.
- » Frequency range: 50 - 60 Hz.
- » Maximum non-repetitive peak voltage: 1,200 Vp.



Models and references

Zero crossing	Control voltage	Rated operational voltage	Rated operational current	Reference
Yes	3 - 32 VDC	40 - 440 VAC	4 A	RS1ACB032DC440004Z
			5 A	RS1AMB032DC440004Z
				RS1AMB032DC440005Z

Specifications

GENERAL SPECIFICATIONS		VDC input	
Dielectric insulation (between input & output)		1,500 VAC	
Operating temperature		-30° to 80° C	
Storage temperature		-35° to 85° C	
Ambient humidity (operating)		Up to 85 %	
CE-marking		Yes	
INPUT SPECIFICATIONS			
Control voltage range		3 - 32 VDC	
Maximum input current		9 / 16 mA @ = 5 V / 24 V	
Pick-up voltage		1.5 VDC	
Drop-out voltage		1.5 VDC	
Maximum reverse voltage		32 VDC	
Maximum response time pick-up		10 ms	
Maximum response time drop-out		10 ms	
OUTPUT SPECIFICATIONS			
Maximum load current (AC51 @ Ta = 25° C)		4 A	5 A
Load voltage range		40 - 440 VAC	
Frequency range		50 - 60 Hz	
Maximum non-repetitive peak voltage		1,200 Vp	
Maximum non-repetitive peak current (t = 10 ms)		7 Ap	
Maximum off state leakage current		10 mA	
Minimum off state dv / dt		200 V / μs	
Maximum on state voltage		1.6 VAC	
Minimum load current		0.1 A	
HOUSING SPECIFICATIONS			
Dimensions (L x W x H mm)		5 A 43 x 31 x 20	4 A 35 x 27 x 17
Weight		78 g maximum	34 g
Baseplate		Aluminum, nickel-plated	
			4 A plastic 43 x 26 x 12 22 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19 Socket single phase SSR (AC / DC / programmable)



- » Socket solid state relay.
- » 8 models:
 - 4 programmable (2 DC, 2 AC).
 - 4 non-programmable (2 DC, 2 AC).
- » Input range: 5 - 28 VDC.
- » Maximum load current: 3 A (in DC), 2 A (in AC).
- » Operational ratings: 1.5 - 250 VAC and 5 - 50 VDC.
- » Frequency range: 50 - 60 Hz.
- » Maximum non-repetitive peak voltage: 450 Vp.
- » LED indicator.
- » Free programming software available online.
- » Both timing (range from 1 ms to 999 hours) and PWM functions (DC load).

Models and references

Control voltage	Rated operational voltage	Zero crossing	Polarity output	Programmable	Reference
5 - 28 VDC	1.5 - 250 VAC	Yes	-	No	RFS1SLO28ACZ0
				Yes	RFS1SLO28ACZP
		No	-	No	RFS1SLO28AC00
				Yes	RFS1SLO28AC0P
	5 - 50 VDC	-	Positive common	No	RFS1SLO28DC00
				Yes	RFS1SLO28DC0P
		-	Negative common	No	RFS1SLO28DCN0
				Yes	RFS1SLO28DCNP

Specifications

INPUT SPECIFICATIONS	
Control voltage range	5 - 28 VDC
Maximum input current	10 - 20 mA
Pick-up voltage	5 VDC
Drop-out voltage	3 VDC
Maximum reverse voltage	28 VDC
Maximum response time pick-up	1 ms
Maximum response time drop-out	2 ms

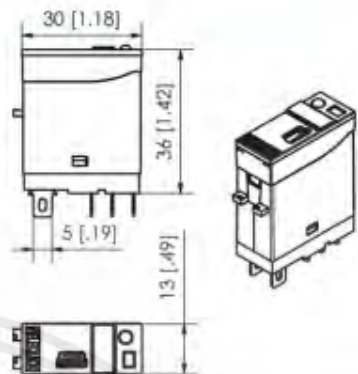
OUTPUT SPECIFICATIONS		
Maximum load current (AC51 @ Ta = 25° C)	3 A	2 A
Load voltage range	1.5 - 250 VAC	5 - 50 VDC
Frequency range	50 - 60 Hz	-
Maximum non-repetitive peak voltage	450 Vp	150 VDC
Maximum non-repetitive peak current (t = 5 ms)		20 Ap
Maximum off state leakage current		1 mA
Minimum off state dv / dt		5 A / 350 μs
Maximum on state voltage	1.5 VAC	1.5 VDC
Minimum load current		0.1 A
Pt (5 ms) (orientative data)		1 A's

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Socket single phase SSR (AC / DC / programmable) 20

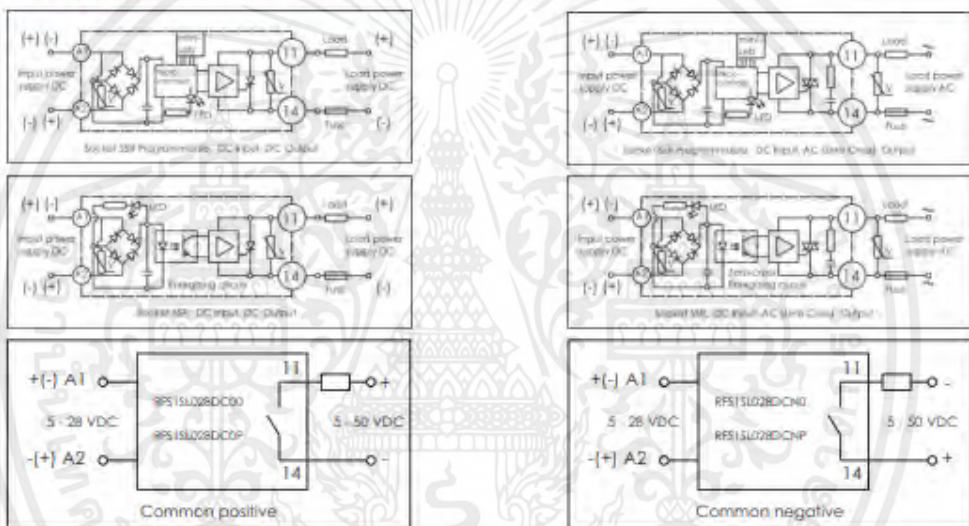
Specifications ————— ————— Dimensions

GENERAL SPECIFICATIONS	
Dielectric insulation (between input & output)	3,750 KV
Operating temperature	-20° to 60° C
Storage temperature	-20° to 100° C
Ambient humidity (operating)	Up to 85 %
CE-marking	Yes

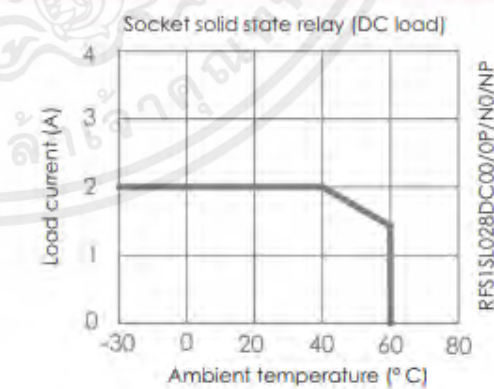
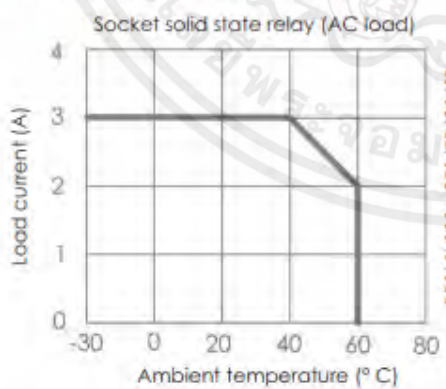


HOUSING SPECIFICATIONS	
Dimensions (L x W x H mm)	29 x 13 x 40
Weight	23 g maximum
Baseplate	Aluminum, nickel-plated

Circuit diagrams



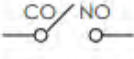
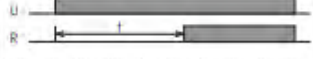
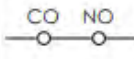
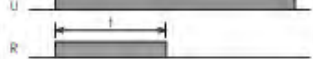
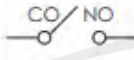
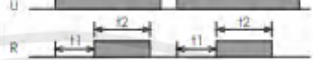
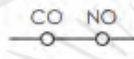

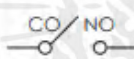

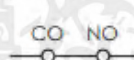
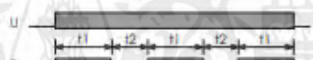




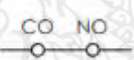
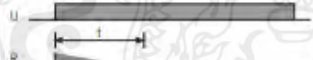
Load current vs. ambient temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21 Socket single phase SSR (AC / DC / programmable)

Programming functions

	Function name	Initial state	Diagram	Description
Simple timer	Switch-on delay			Delay timing (t time) to the connection of the relay.
	Switch-off delay			Delay timing (t time) to the disconnection of the relay.
Symmetric and asymmetric cycle timing functions	Pulse delay			The relay is switched on after a t1 delay is over and keeps on for a t2 lapse. The delay begins when the module is feeded.
	Symmetric timing cycle (starting closed)			Once the module is feeded a symmetric cycle begins, being the relay open for a t timelapse and closed during the next t interval. The relay starts being closed during the first interval.
	Symmetric timing cycle (starting open)			Once the module is feeded a symmetric cycle begins, being the relay closed for a t timelapse and open during the next t interval. The relay starts being open during the first interval.
	Asymmetric timing cycle (starting closed)			Once the module is feeded an asymmetric cycle begins, being the relay closed for a t1 timelapse and open during a t2 interval. The relay starts being closed during the first interval.
	Asymmetric timing cycle (starting open)			Once the module is feeded an asymmetric cycle begins, being the relay open for a t1 timelapse and closed during a t2 interval. The relay starts being open during the first interval.
	DC load regulation	PWM progressive connection ramp (for DC loads)		
PWM progressive disconnection ramp (for DC loads)				The relay is disconnected slowly as the progressive disconnection ramp (PWM) is completed during the specified time t.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

22



Three phase SSR (AC & zero crossing load)



- » Three phase AC solid state relay, zero crossing.
- » 2 input ranges: 3 - 32 VDC and 90 - 250 VAC.
- » Maximum load current (AC1 at 25° C): 25, 60, 80, 100, 120 A.
- » Operational ratings: 40 - 530 VAC.
- » Frequency range: 47- 63 Hz.
- » Maximum non-repetitive peak voltage: 1,000 Vp.
- » LED indicator.
- » Clip on protective cover for greater safety (IP 20).

Models and references

Zero crossing	Control voltage	Rated operational voltage	Rated operational current	Reference
Yes	3 - 32 VDC	40 - 440 VAC	25 A	RS3A0P032DC440025Z
			60 A	RS3A0P032DC440060Z
			80 A	RS3A0P032DC440080Z
			120 A	RS3A0P032DC480120Z
	90 - 250 VAC	40 - 530 VAC	25 A	RS3A0P250AC440025Z
			60 A	RS3A0P250AC440060Z
			80 A	RS3A0P250AC440080Z
			100 A	RS3A0P280AC480100Z

Specifications

GENERAL SPECIFICATIONS	VDC Input	VAC Input
Dielectric insulation (between input & output)	2,500 VAC	2,000 VAC
Operating temperature	-25 to 70° C	-40 to 80° C
Storage temperature	-35 to 85° C	-45 to 85° C
Ambient humidity	Operating: 45 % to 85 %	
CE marking	Yes	

INPUT SPECIFICATIONS	VDC Input	VAC Input
Control voltage range	3 - 32 VDC	90 - 250 VAC
Input current (maximum)	5/25 mA @= 3 V / 32 V	5/30 mA @= 90 VAC / 250 VAC 15/20 mA @= 90 VAC / 250 VAC (only RS3A0P250AC530100Z)
Pick-up voltage	3 VDC	70 VAC
Drop-out voltage	1 VDC	70 VAC
Maximum reverse voltage	32 VDC	-
Max. response time pick-up	10 ms	
Max. response time drop-out	10 ms	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

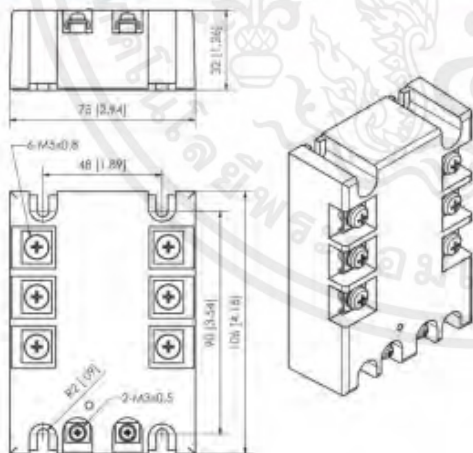
Three phase SSR (AC & zero crossing load)



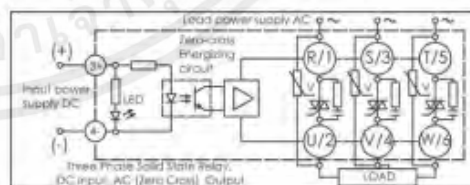
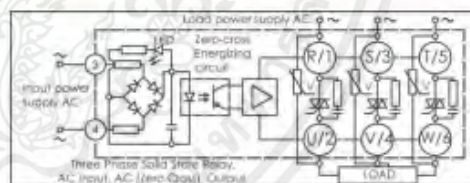
OUTPUT SPECIFICATIONS	VDC Input			VAC Input
Maximum load current (ACS1 @ Ta = 25° C) (ACS3a @ Ta = 25° C)	25, 60, 80 A 5, 15, 18 A	120 A 21 A	25, 60, 80 A 5, 15, 18 A	100 A 20 A
Load voltage range	40 - 440 VAC			40 - 530 VAC
Frequency range	50 - 60 Hz			47 - 63 Hz
Max. non-repetitive peak voltage	930 Vp			1,000 Vp
Max. non-repetitive peak current (t=10ms)	350 Ap / 25 A 630 Ap / 60 A 910 Ap / 80 A	1,400 Ap	350 Ap / 25 A 630 Ap / 60 A 910 Ap / 80 A	1,100 Ap
Maximum off state leakage current	10 mA			1 mA
Maximum on state voltage	1.6 VAC			1.5 VAC
Minimum off state dv / dt	300 V / μseg			
Minimum load current	0.1 Arms			
I _t (10 ms) (orientative data)	625 A ² s (25 A) 2,025 A ² s (60 A) 4,225 A ² s (80 A) 6,050 A ² s (100 A) 9,800 A ² s (120 A)			

HOUSING SPECIFICATIONS	VDC Input	VAC Input
Dimensions (L x W x H mm)	105 x 75 x 32	120 x 85 x 50
Weight	500 g maximum	
Baseplate	Aluminum, nickel-plated	
Control terminal (M3x6) torque	1.2 Nm	
Power terminal (M5x9) torque	2.4 Nm	

Dimensions

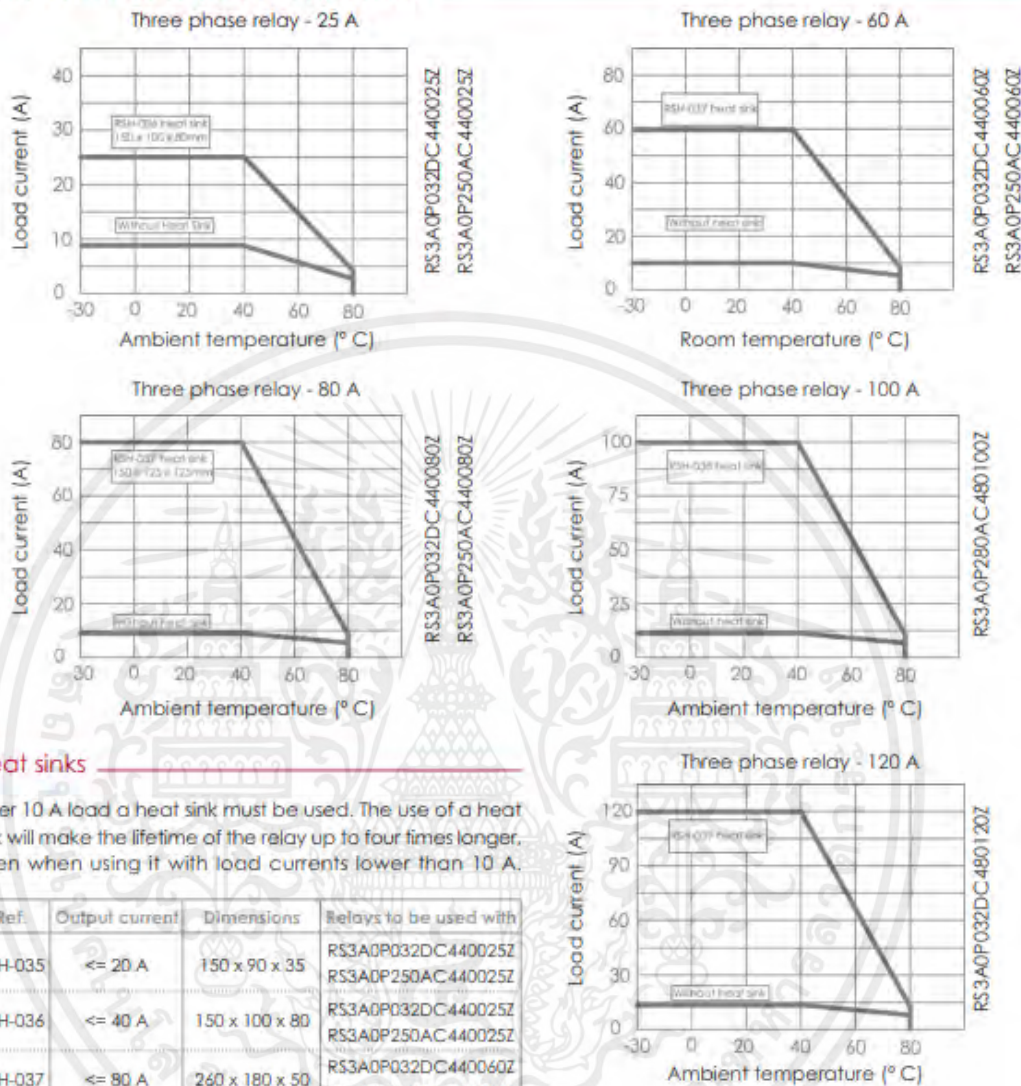


Circuit diagrams



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Load current vs. ambient temperature



Heat sinks

Over 10 A load a heat sink must be used. The use of a heat sink will make the lifetime of the relay up to four times longer, even when using it with load currents lower than 10 A.

Ref.	Output current	Dimensions	Relays to be used with
RSH-035	≤ 20 A	150 x 90 x 35	RS3A0P032DC440025Z RS3A0P250AC440025Z
RSH-036	≤ 40 A	150 x 100 x 80	RS3A0P032DC440025Z RS3A0P250AC440025Z
RSH-037	≤ 80 A	260 x 180 x 50	RS3A0P032DC440060Z RS3A0P250AC440060Z
RSH-038	≤ 100 A	150 x 125 x 135	RS3A0P032DC440080Z RS3A0P250AC440080Z RS3A0P250AC530100Z
RSH-039	≤ 200 A	200 x 125 x 135	RS3A0P032DC440120Z



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25



Motor reversing SSR (AC load)



- » Motor reversing solid state relay, AC.
- » 2 input ranges: 10 - 30 VDC and 90 - 115 VAC.
- » Maximum load power: 1 KW and 5 KW.
- » Operational ratings: 24 - 530 VAC.
- » Frequency range: 47 - 63 Hz.
- » Maximum non-repetitive peak voltage: 1,200 Vp.
- » LED indicator (green: forward; yellow: reverse).

Overview

This relay is used to invert the turn direction of an engine, which will depend on the input circuit. If the system is fed between the terminals F and GND, the triphase network will work in a direct way; if it is fed between R and GND, the direction of the engine will be inverted.

Input control	Output connection
GND - F	$\begin{array}{l} R \rightarrow U \\ S \rightarrow V \\ T \rightarrow W \end{array}$
GND - R	$\begin{array}{l} R \rightarrow V \\ S \rightarrow U \\ T \rightarrow W \end{array}$

Models and references

Control voltage	Rated operational voltage	Maximum load power	Reference
10 - 30 VDC	24 - 530 VAC	1 KW	RS1ARP030DC5301K3Z
90 - 115 VAC		5 KW	RS1ARP030DC5305K3Z
			RS1ARP115AC5305K3Z

Specifications

GENERAL SPECIFICATIONS	VDC input	VAC input	INPUT SPECIFICATIONS	VDC input	VAC input
Dielectric insulation (between input and output)	2,500 VAC		Control voltage range	10 - 30 VDC	90 - 115 VAC
Operating temperature	-30 to 80° C		Maximum input current	30 mA	35 mA
Storage temperature	-35 to 85° C		Pick-up voltage	8 VDC	85 VAC
Rth junction to case	0.25° C/W	0.22° C/W	Drop-out voltage	4 VDC	30 VAC
Ambient humidity	Up to 85 %		Maximum reverse voltage	30 VDC	-
CE marking	Yes		Max. response time pick-up	½ cycle	
			Max. response time drop-out	½ cycle	

HOUSING SPECIFICATIONS	
Dimensions (L x W x H mm)	104 x 74 x 40
Weight	430 g maximum
Baseplate	Aluminum, nickel-plated
Control terminal (M3x6) torque	1.2 Nm
Power terminal (M5x9) torque	2.4 Nm

OUTPUT SPECIFICATIONS	VDC input	VAC input
Maximum load power	1 KW	5 KW
Load voltage range	24 - 530 VAC	
Maximum load current range	25 A	60 A
Frequency range	47 - 63 Hz	
Max. non-repetitive peak voltage	1,200 Vp	
Max. non-repetitive peak current (t = 20 ms)	350 Ap	850 Ap
Maximum off state leakage current	8 mArms	
Minimum off state dv / dt	500 V / µseg	
Maximum on state voltage	1.6 VAC	1.8 VAC
Minimum load current	0.1 A	
Pf (10 ms) (orientative data)	625 A's	3,600 A's

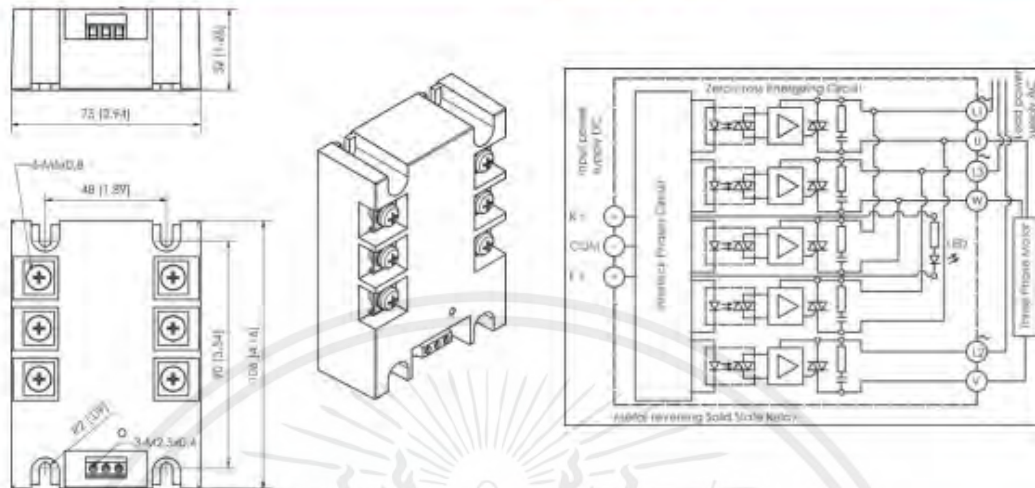
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motor reversing SSR (AC load)

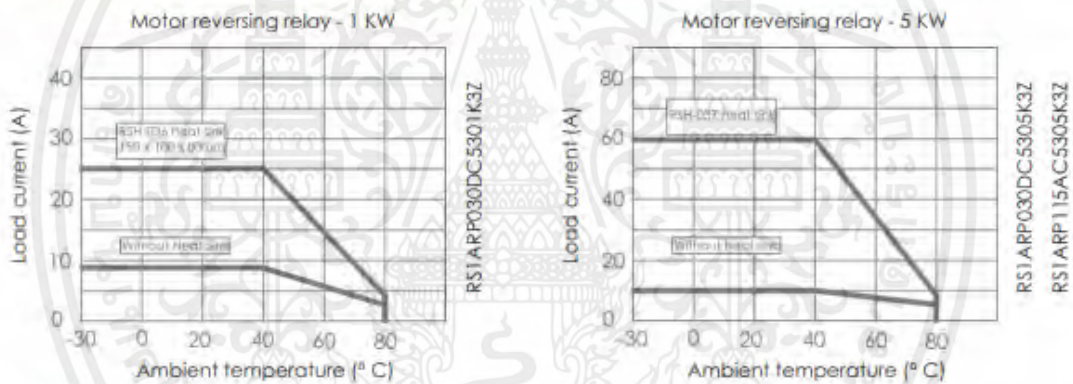


Dimensions

Circuit diagram



Load current vs. ambient temperature



Heat sinks

Reference	Output current	Dimensions	Relays to be used with
RSH-036	≤ 40 A	150 x 100 x 80	RS1ARP030DC5301K3Z RS1ARP030DC5305K3Z
RSH-037	≤ 80 A	260 x 180 x 50	RS1ARP115AC5305K3Z



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


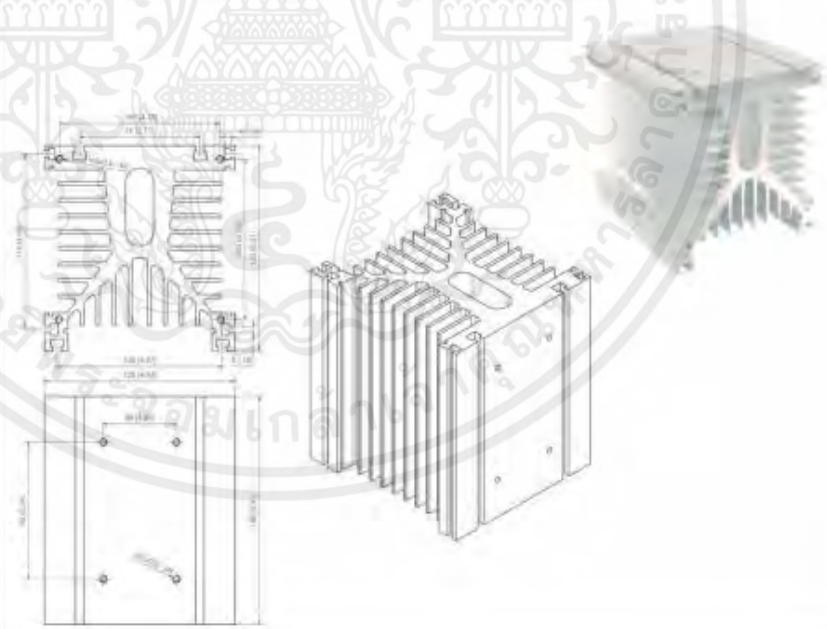
Overview

Over 10 A load a heat sink must be used. The use of a heat sink will make the lifetime of the relay up to four times longer, even when using it with load currents lower than 10 A. The following is a list of Relequick's available heat sinks, a full range that covers the requirements of all out solid state relays.

Heat sinks

Reference	Current	Dimensions
RSH-035	≤ 20 A	
RSH-036	≤ 40 A	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reference	Current	Dimensions
RSH-037	≤ 80 A	
RSH-038	≤ 100 A	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Heat sinks for solid state relays



30

Reference	Current	Dimensions
RSH-060	≤ 20 A	
RSH-061	≤ 40 A	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Reference	Current	Dimensions
RSH-062	≤ 60 A	
RSH-063	≤ 100 A	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Heat sinks for solid state relays



Reference	Current	Dimensions
RSH-MR	5 A	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

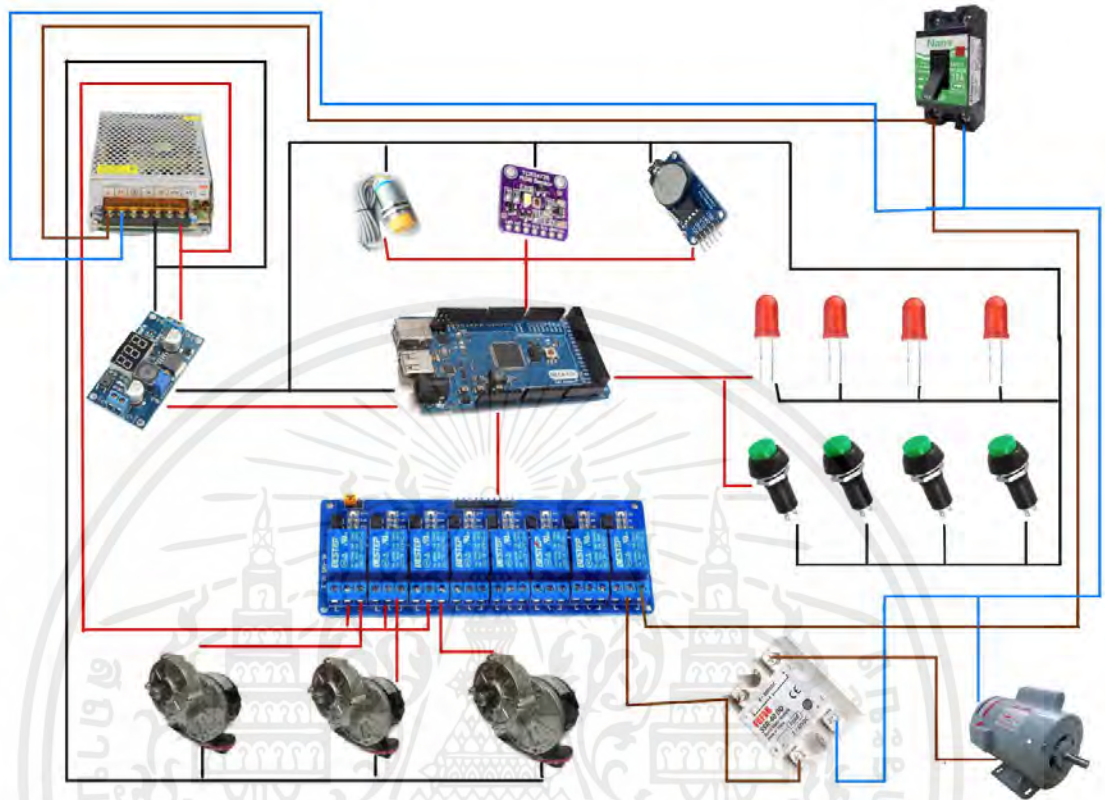


ภาคผนวก ง

การต่อวงจรถริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) วงจรรวมของเครื่องผลิตไตรโคเตอร์มาอัตโนมัติกึ่งอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายกันตภัทร์ แก้วศรี
วัน เดือน ปีเกิด 06 กันยายน 2542
ที่อยู่ 11/174 ม.3 ต.มะขามเตี้ย อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี 84000
ประวัติการศึกษา พ.ศ.2563 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี
Tel. 0887600850
Email. 63201269@kmitl.ac.th



ชื่อ-นามสกุล นายพิพัฒน์พงษ์ ศรีพุทธา
วัน เดือน ปีเกิด 18 พฤศจิกายน 2542
ที่อยู่ 47 ม.1 ต.พนม อ.พนม จ.สุราษฎร์ธานี 84250
ประวัติการศึกษา พ.ศ.2563 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี
Tel. 0832012269
Email. 63201280@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้