



ใบรับรองรูปเล่มปริญญาานิพนธ์

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ชื่อโครงการ เครื่องย่างปลาตากุ้งอัตโนมัติ

Semi-Automatic Catfish Grilling Machine

ผู้จัดทำ

1. นาย..... วรวิทย์ จันทร์มณี..... รหัสนักศึกษา..... 62201210.....

2. นาย..... ศักดิ์พิณ ยุทธชนะ..... รหัสนักศึกษา..... 62201212.....

ด้วยข้าพเจ้านักศึกษาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สจล. วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้จัดทำรูปเล่มปริญญาานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในการนี้ข้าพเจ้าได้แก้ไขเนื้อหาและจัดทำรูปเล่มตามข้อกำหนดของรูปเล่มปริญญาานิพนธ์เรียบร้อยแล้ว จึงขอให้อาจารย์ตรวจสอบ และรับรองความถูกต้องเหมาะสมของปริญญาานิพนธ์ในครั้งนี้ด้วย

อาจารย์รับรองรูปเล่มปริญญาานิพนธ์

- | | | |
|--|-------------|--|
| 1. อาจารย์..... ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์..... | ลงชื่อ..... | |
| 2. อาจารย์..... ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสฤตกุล..... | ลงชื่อ..... | |
| 3. อาจารย์..... พิมล ผลพุกษา..... | ลงชื่อ..... | |
| 4. อาจารย์..... สักกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์..... | ลงชื่อ..... | |
| 5. อาจารย์..... อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ..... | ลงชื่อ..... | |
| 6. อาจารย์..... ว่าที่ร้อยตรี ศิลา ศิริมาสกุล..... | ลงชื่อ..... | |
| 7. อาจารย์ที่ปรึกษา..... ผศ.ดร.เกษมสุข เสพสิริสุข..... | ลงชื่อ..... | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เครื่องย่างปลาตุกกึ่งอัตโนมัติ
SEMI-AUTOMATIC CATFISH GRILLING MACHINE

วรวิมล จันทร์มณี
ศักดิ์พล ยุทธชนะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เครื่องย่างปลาตุ๋กึ่งอัตโนมัติ
SEMI-AUTOMATIC CATFISH GRILLING MACHINE

วรวิมล จันทร์มณี
ศักดิ์พล ยุทธชนะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2564

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
เรื่อง เครื่องอย่างปลาตุ๋กึ่งอัตโนมัติ

Semi-Automatic Catfish Grilling Machine

ผู้จัดทำ

1. นายวรวุฒิ จันทรมณี รหัสนักศึกษา 62201210
2. นายศักดิพล ยุทธชนะ รหัสนักศึกษา 62201212



๐๗๗

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อปริญญาโท	เครื่องอย่างปลาตุกั้งอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายวรวิทย์ จันทร์มณี รหัสนักศึกษา 62201210
	นายศักดิ์พล ยุทธชนะ รหัสนักศึกษา 62201212
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

ปริญญาโทฉบับนี้นำเสนอการออกแบบเครื่องอย่างปลาตุกั้งอัตโนมัติ การทำงานของเครื่องจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดูโน้ ยูโน้ อาร์สาม (Arduino UNO R3) ในการควบคุมการให้ความร้อนของฮีตเตอร์ ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ การชั่งน้ำหนัก และการวัดอุณหภูมิความร้อน ซึ่งเครื่องจะมีโหมดการอย่างให้เลือก 3 โหมด คือ โหมดการอย่างปลาตุกแบบฉ่ำน้ำ โหมดการอย่างปลาตุกแบบแห้งกรอบ และโหมดการอย่างแบบอบเนกประสงค์ ซึ่งในการอย่างแต่ละโหมดจะใช้ความร้อนและการหมุนของมอเตอร์ที่แตกต่างกัน จะต้องชั่งน้ำหนักปลาก่อนการอย่างเพื่อแยกขนาดปลาออกเป็นขนาดเล็ก ขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ โดยใช้ โหลดเซลล์เซนเซอร์ (Load Cell Sensor) ในการชั่งน้ำหนัก แล้วจะแสดงน้ำหนักและขนาดของปลาทางหน้าจอ แอลซีดี (LCD) จะใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิความร้อนในการวัดอุณหภูมิของเตาอย่าง ซึ่งจะแสดงอุณหภูมิความร้อนของเตาอย่างทางหน้าจอแอลซีดี โดยเครื่องสามารถอย่างปลาได้พร้อมกันอย่างน้อย 10 ตัว และอย่างปลาให้สุกได้ในเวลาไม่เกิน 45 นาที

จากการทดลองอย่างปลาโหมดแบบฉ่ำน้ำ อุณหภูมิ 220 °C ระยะเวลาในการอย่างปลาให้สุกเฉลี่ยอยู่ที่ 35 นาที โหมดแบบแห้งกรอบ อุณหภูมิ 250 °C ระยะเวลาในการอย่างปลาให้สุก และแห้งกรอบปานกลางอยู่ที่ 40 นาที โหมดแบบอบเนกประสงค์อุณหภูมิ 200 °C ระยะเวลาในการอย่างให้สุกหมูอยู่ที่ 32 นาที และ กุ้ง 10 นาที

Project Title	Semi-Automatic Catfish Grill		
Student	Mr.Worawut Janmanee	ID	62201210
	Mr.Sakdiphol Yutchana	ID	62201212
Advisor	Mr.Kasemsuk Sepsirisuk		
Degree	Bachelor of Engineering		
Program in	Electronics Engineering		
Academic Year	2021		

ABSTRACT

This project presents the design of a semi-automatic catfish grilling machine. The operation of the machine uses an Arduino UNO R3 microcontroller to control the heat of the heater, control the rotation of the motor, weighing and temperature measurement. The machine has 3 grilling modes to choose from: Crispy skin catfish grilling mode, Juicy catfish grilling mode, Manvel grilling mode. Each mode of grilling different heat and motor speed. The fish must be weighed before grilling to distinguish the fish size as small, medium, or large by using a load cell to weigh, then the weight and size of the fish will be displayed on the LCD screen. A temperature sensor is used to measure the temperature of the grill. It shows the heating temperature of the grill on the LCD screen. The machine can grill at least 10 fishes at the same time and cook the fish in no more than 45 minutes.

From the experimental results, for juicy mode, 220 °C temperature is average used for 35 minutes of cooking. For crispy mode, 250 °C temperature and crispy leather is used for 40 minutes of cooking. For multi-purpose mode, 200 °C temperature is used with 32 minutes for pork, and 10 minutes for shrimp.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ แนวคิดตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด จนรายงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้ปกครอง ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่างๆ โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายในการทำโครงการชิ้นนี้ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ คอยช่วยเหลือเสมอมา และขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ช่วยให้คำแนะนำดีๆ จนทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาบัตรฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วรวิมล จันทรมณี
ศักดิพล ยุทธชนะ

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 สมมติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	2
1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer).....	5
2.2 การสร้างความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า	6
2.3 ฮีตเตอร์ (Heater).....	6
2.3.1 ฮีตเตอร์ทอกลม.....	9
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor).....	10
2.4.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	11
2.5 บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง	11
2.6 บอร์ด อาดูยโน้ (Arduino).....	13
2.6.1 โครงสร้างและขบวนการใช้งานบอร์ดอาดูยโน้.....	13
2.7 โหลดเซลล์ (Load Cell Sensor).....	15
2.8 แอลซีดี (LCD).....	16
2.9 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple)	17
2.10 ภาษาซี (C).....	18

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.11 ปลาตุก	19
บทที่ 3 การออกแบบ	21
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุกกึ่งอัตโนมัติ	21
3.2 โฟร์ชาร์ตการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุกกึ่งอัตโนมัติ	22
3.3 การออกแบบวงจร.....	24
3.3.1 วงจรรวมของเครื่องอย่างปลาตุกกึ่งอัตโนมัติ	24
3.3.2 วงจรตรวจจับข้ามศูนย์ (Zero Crossing).....	25
3.3.3 วงจรควบคุมไตรแอกกระแสสูง (High Current Triac Control)	26
3.4 การออกแบบโครงสร้าง	27
3.4.1 การออกแบบชุดโครงสร้าง	27
3.4.2 การออกแบบชุดเฟืองกับโซ่.....	28
3.4.3 การออกแบบชุดควบคุมระบบเครื่องอย่างปลาตุกกึ่งอัตโนมัติ.....	29
3.4.4 การต่อฮีตเตอร์.....	30
3.4.5 ระบบมอเตอร์	34
3.4.6 การหาอัตราทดของเฟืองตรง	35
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	37
4.1 การทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ.....	37
4.1.1 ขั้นตอนการทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	38
4.1.2 ผลการทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ.....	38
4.2 การทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์เซนเซอร์ในการชั่งน้ำหนัก	40
4.2.1 ขั้นตอนการทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนัก.....	41
4.2.2 ผลการทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดกลาง.....	43
4.2.3 ผลการทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดใหญ่.....	45
4.3 การทดลองการทำงานของมอเตอร์.....	46
4.3.1 ขั้นตอนการทดลองการทำงานของมอเตอร์	47
4.3.2 ผลการทดลองการทำงานของมอเตอร์.....	47
4.4 การทดลองอย่างปลา 3 ขนาด.....	48
4.4.1 ขั้นตอนการทดลองอย่างปลา 3 ขนาด.....	49
4.4.2 ผลการทดลองอย่างปลาขนาดเล็ก	50

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.4.3 ผลการทดลองอย่างปลาขนาดกลาง	51
4.4.4 ผลการทดลองอย่างปลาขนาดใหญ่.....	52
4.5 การทดลองอย่างปลาในแต่ละโหมด.....	54
4.5.1 ขั้นตอนการทดลองในแต่ละโหมด	54
4.5.2 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 1 แบบฉ่ำน้ำ	55
4.5.3 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ	56
4.5.4 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ (เพิ่มเติม 1)	58
4.5.5 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ (เพิ่มเติม 2)	60
4.5.6 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 3 แบบอเนกประสงค์	61
4.6 การทดลองการควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์	63
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	65
5.1 สรุปผลการทดลองเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ	65
5.1.1 การทดลองอย่างปลา 3 ขนาด.....	65
5.1.2 การทดลองอย่างปลาในแต่ละโหมด.....	65
5.1.3 การทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนัก.....	66
5.1.4 การทดลองการควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์	66
5.1.5 การทดลองการทำงานของมอเตอร์	66
5.1.6 การทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ	66
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	66
5.3 ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ไขปัญหา	67
เอกสารอ้างอิง	68
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ.....	69
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ	78
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (datasheet).....	87
ประวัติผู้เขียน.....	154

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1.....	3
1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2.....	3
4.1 ผลการทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ.....	39
4.2 การทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดเล็ก.....	43
4.3 ผลการทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดกลาง.....	44
4.4 ผลการทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดใหญ่.....	46
4.5 ผลการทดลองการทำงานของมอเตอร์.....	48
4.6 ผลการทดลองอย่างปลาขนาดเล็ก.....	51
4.7 ผลการทดลองอย่างปลาขนาดกลาง.....	52
4.8 ผลการทดลองอย่างปลาขนาดใหญ่.....	53
4.9 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 1 แบบฉ่ำน้ำ.....	56
4.10 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 2 แบบแห้งกรอบ.....	58
4.11 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 2 แบบแห้งกรอบ (เพิ่มเติม 1).....	60
4.12 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 2 แบบแห้งกรอบ (เพิ่มเติม 2).....	62
4.13 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 3 แบบอบเนกประสงค์.....	62

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน	6
2.2 ฮีตเตอร์ (Heater).....	7
2.3 ฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์	7
2.4 สแตนเลส (Stainless).....	8
2.5 ฮีตเตอร์ท่อกลม	9
2.6 การทำงานในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานจลน์ของมอเตอร์ไฟฟ้า.....	10
2.7 บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง.....	12
2.8 บอร์ดอาδυโน้ ยูโน้ อาร์สาม (Arduino UNO R3).....	13
2.9 โครงสร้างและขากการใช้งานบอร์ดอาδυโน้ UNO R3.....	14
2.10 สเตรนเกจ (Strain Gauge) ได้รับแรงกด.....	15
2.11 วงจรวิจสไตน์ บริดจ์ (Wheatstone Bridge)	16
2.12 แอลซีดี (LCD).....	16
2.13 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple).....	17
2.14 ลักษณะของปลาดุก.....	20
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องยงปลาดุกกึ่งอัตโนมัติ.....	22
3.2 โฟร์ชาร์ตการทำงานของเครื่องยงปลาดุกกึ่งอัตโนมัติ.....	23
3.3 โฟร์ชาร์ตการทำงานของเครื่องยงปลาดุกกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ).....	24
3.4 วงจรรวมของเครื่องยงปลาดุกกึ่งอัตโนมัติ	25
3.5 วงจรตรวจจับข้ามศูนย์ (Zero Crossing).....	26
3.6 วงจรควบคุมไตรแอกกระแสสูง (High Current Triac Control).....	27
3.7 โครงสร้างของเครื่องยงปลาดุกกึ่งอัตโนมัติ	28
3.8 ชุดเฟืองขับโซ่.....	28
3.9 ด้านหลังของเครื่องยงปลาดุกกึ่งอัตโนมัติ	29
3.10 ด้านข้างของเครื่องยงปลาดุกกึ่งอัตโนมัติ.....	29
3.11 ชุดควบคุมระบบเครื่องยงปลาดุกกึ่งอัตโนมัติ.....	30
3.12 ฮีตเตอร์ท่อกลมตัดตัวยู (U)	30
3.13 ขนาดของฮีตเตอร์.....	31
3.14 การต่อฮีตเตอร์แบบอนุกรม	31
3.15 การต่อฮีตเตอร์แบบขนาน.....	32

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.16 กฎของโอห์ม.....	33
4.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple Type K).....	37
4.2 เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลสำหรับอาหาร	38
4.3 เปรียบเทียบขณะที่อุณหภูมิปกติ.....	38
4.4 จอแอลซีดีแสดงผลเปรียบเทียบขณะที่อุณหภูมิปกติ	39
4.5 เปรียบเทียบอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที	39
4.6 จอแอลซีดีแสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที.....	39
4.7 เซนเซอร์ไหลดเซลล์	40
4.8 ตัวเครื่องชั่งแบบดิจิตอลในห้องตลาดทั่วไป	41
4.9 ขวดน้ำที่นำมาชั่งน้ำหนักแทนน้ำหนักปลา	41
4.10 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล (ขนาดเล็ก).....	42
4.11 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเซนเซอร์ไหลดเซลล์ (ขนาดเล็ก).....	42
4.12 หน้าจอแอลซีดีแสดงผลน้ำหนัก (ขนาดเล็ก).....	42
4.13 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล (ขนาดกลาง).....	43
4.14 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเซนเซอร์ไหลดเซลล์ (ขนาดกลาง).....	44
4.15 หน้าจอแอลซีดีแสดงผลน้ำหนัก (ขนาดกลาง).....	44
4.16 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล (ขนาดใหญ่).....	45
4.17 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเซนเซอร์ไหลดเซลล์ (ขนาดใหญ่).....	45
4.18 หน้าจอแอลซีดีแสดงผลน้ำหนัก (ขนาดใหญ่).....	46
4.19 ชุดมอเตอร์การหมุนกลับด้านปลา.....	47
4.20 การวัดแรงดันของมอเตอร์โหมดที่ 1	47
4.21 การวัดแรงดันของมอเตอร์โหมดที่ 2	48
4.22 วัดอุณหภูมิความร้อนของเตาถ่านอั้งโล่.....	49
4.23 วัดอุณหภูมิความร้อนที่ตัวปลา.....	49
4.24 ปลาขนาดเล็กก่อนการย่างและหลังการย่าง	50
4.25 หน้าจอแสดงอุณหภูมิขณะที่ย่างปลาขนาดเล็ก	50
4.26 ปลาขนาดกลางก่อนการย่าง และหลังการย่าง	51
4.27 หน้าจอแสดงอุณหภูมิขณะที่ย่างปลาขนาดกลาง.....	52
4.28 ปลาขนาดใหญ่ก่อนการย่าง และหลังการย่าง	53

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.29 หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิขณะที่ย่างปลาขนาดใหญ่.....	53
4.30 ปลาขนาดกลาง 2 ซีด ก่อนการย่าง.....	54
4.31 เนื้อหมูและกึ่งก่อนการย่างโหมดที่ 3.....	54
4.32 ปลา ก่อนการย่าง และขณะกำลังย่างที่เวลา 20 นาที โหมดที่ 1.....	55
4.33 ปลาหลังการย่างโหมดที่ 1.....	55
4.34 หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิโหมดที่ 1.....	56
4.35 ปลา ก่อนการย่าง และขณะกำลังย่างที่เวลา 20 นาที โหมดที่ 2.....	57
4.36 ปลาหลังการย่างโหมดที่ 2.....	57
4.37 หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิโหมดที่ 2.....	57
4.38 ลักษณะของปลาขณะย่างที่เวลา 20 นาทีแรกโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 1).....	59
4.39 หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิโหมดที่ 2 ขณะย่างที่เวลา 20 นาทีแรก.....	59
4.40 ลักษณะของปลาขณะย่าง 40 นาที การย่างโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 1).....	59
4.41 หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิโหมดที่ 2 ขณะย่างที่เวลา 40 นาที.....	60
4.42 ลักษณะของปลา ก่อนการย่าง และขณะกำลังย่างโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 2).....	60
4.43 ลักษณะของปลาหลังการย่างโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 2).....	61
4.44 หน้าจอแสดงผลอุณหภูมิโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 2).....	61
4.45 เนื้อหมูและกึ่งก่อนการย่าง.....	62
4.46 เนื้อหมูและกึ่งหลังการย่าง.....	62
4.47 เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่เซตไว้.....	63
4.48 จอแสดงผลอุณหภูมิต่ำกว่าที่เซตไว้.....	63
4.49 เมื่ออุณหภูมิถึงค่าที่เซตไว้.....	64
4.50 จอแสดงผลอุณหภูมิถึงค่าที่เซตไว้.....	64

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำโครงการ สมมติฐานของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึงโครงสร้างปริญญาบัตรซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาหารประเภทแป้งอย่างมีมากมายหลายชนิด ปลาตุ๋นจัดเป็นอาหารประเภทแป้งชนิดหนึ่งที่มีขายอยู่ทั่วไป อย่างเช่นที่ ต.เสาชิง อ.ร้อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช ปลาตุ๋นนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน ชาวบ้านจะประกอบอาชีพขายปลาตุ๋นเป็นจำนวนมาก และในร้านจะมีอาหารและสินค้าอื่นๆอีกด้วย จากการสำรวจพบว่าการจัดเตรียมร้านในแต่ละวันจะต้องจัดเตรียมการย่างปลาตุ๋นก่อนเป็นอันดับแรก ต้องเตรียมเตาถ่านและก๊อไฟ ปลาแต่ละตัวจะใช้เวลาในการย่างให้สุกประมาณ 45 นาที กลุ่มของข้าพเจ้าเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาจึงได้จัดทำโครงการเครื่องย่างปลาตุ๋นกึ่งอัตโนมัติขึ้นมา จะใช้ฮีตเตอร์ในการให้ความร้อน มีกลไกการหมุนปลา และมีหน้าจอ LCD เพื่อแสดงอุณหภูมิความร้อนของฮีตเตอร์ ซึ่งจะไม่ต้องเสียเวลาในการก๊อไฟ และสามารถย่างปลาตุ๋นให้สุกได้เร็วกว่าเตาถ่าน อีกทั้งยังไม่มีควันจากถ่านซึ่งเป็นมลพิษ และไม่ต้องใช้คนในการหมุนปลาซึ่งจะประหยัดเวลาได้มาก ช่วยในการจัดเตรียมร้าน สินค้า หรืออาหารอื่นๆได้เร็วขึ้น และเพิ่มจำนวนการขายได้มากขึ้น

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องย่างปลาตุ๋นกึ่งอัตโนมัติ
2. เพื่อเปรียบเทียบการย่างปลาตุ๋นด้วยเครื่อง กับการย่างปลาตุ๋นด้วยเตาถ่าน
3. เพื่อประหยัดเวลาในการย่างปลาตุ๋น
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเครื่องย่างปลาตุ๋นกึ่งอัตโนมัติ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การให้ความร้อนในการย่างปลาจะแตกต่างกันออกไปตามขนาดของปลา สามารถย่างปลาให้สุกได้เร็ว และย่างปลาได้พร้อมกันครั้ง 10 ตัว ซึ่งรูปแบบในการให้ความร้อนนั้นจะไม่ก่อให้เกิดมลพิษ อีกทั้งยังสามารถอำนวยความสะดวกในการเตรียมเตาถ่าน และไม่ต้องใช้คนในการหมุนกลับด้านปลา

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. เครื่องมีขนาดประมาณ กว้าง 75 เซนติเมตร ความยาว 120 เซนติเมตร ความสูง 109.5 เซนติเมตร
2. แบ่งปลาเป็น 3 ขนาด อย่างที่ละขนาด ขนาดเล็กมีขนาดประมาณ 1 ซีด ขนาดกลางมีขนาดประมาณ 2 ซีด และ ขนาดใหญ่มีขนาดประมาณไม่ต่ำกว่า 3 ซีด โดยแต่ละขนาดจะมีวิธีการย่าง การให้ความร้อน และการหมุนของ มอเตอร์ที่แตกต่างกัน
3. เครื่องจะมีรูปแบบการย่าง 3 โหมด คือ โหมดการย่างปลาตุ๋นแบบหนังกรอบ โหมดการย่างปลาตุ๋นแบบฉ่ำน้ำ และโหมดการย่างแบบอบเนกประสงค์
4. เครื่องสามารถชั่งน้ำหนักปลาเพื่อแยกขนาด และเลือกวิธีการย่างได้
5. เครื่องสามารถควบคุมความร้อนฮีตเตอร์สำหรับปลาแต่ละขนาดได้
6. เครื่องสามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้สัมพันธ์กับขนาดปลา และความร้อนได้ และมีทิศทางการหมุน 2 ทาง
7. เครื่องสามารถวัดอุณหภูมิความร้อนของเตาย่าง และแสดงผลทางหน้าจอได้
8. เครื่องสามารถย่างปลาได้พร้อมกันไม่น้อยกว่า 10 ตัว
9. เครื่องสามารถย่างปลาให้สุกได้ในเวลาไม่เกิน 30 - 45 นาที

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประหยัดเวลาในการเตรียมเตาย่าง
2. ไม่ต้องใช้คนในการหมุนปลา
3. ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ
4. มีความสะดวก และหลากหลายในการย่าง
5. ย่างปลาให้สุกได้เร็วกว่าการย่างแบบเตาถ่าน

1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานเครื่องย่างปลาดุกกึ่งอัตโนมัติ ภาคเรียนที่ 1 ดังตารางที่ 1.1 และในภาคเรียนที่ 2 ดังตารางที่ 1.2 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 1

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน			
	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม
1. คิดหัวข้อโครงงานนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษา	←→			
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโครงงาน		←→		
3. ศึกษาโครงสร้างและหลักการ		←→	→	
4. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และจัดทำโครงสร้างและเขียนโปรแกรมการทำงาน			←→	→
6. จัดทำรายงานและการนำเสนอ			←→	→

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงานภาคเรียนที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน				
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม
1. เขียนโปรแกรมการทำงาน	←→	→			
2. จัดทำโครงสร้าง	←→	→			
3. ทดลองและเก็บผลการทดลอง			←→	→	
4. ทำรายงานและการนำเสนอ				←→	→

1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์

โครงงานฉบับนี้ได้นำเสนอเกี่ยวกับเรื่อง เครื่องอย่างปลาตุกกิ่งอัตโนมัติ อธิบายขั้นตอนการทำงาน ผลการทดลอง สุดท้ายจะเป็นการสรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 1 ในบทนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน สมมุติฐานของการศึกษา ขอบเขตของการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึงโครงสร้างปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับของเครื่องอย่างปลาตุกกิ่งอัตโนมัติและอุปกรณ์ ได้แก่ การย่าง และการถ่ายเทความร้อน การสร้างความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (Heater) มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง

บอร์ดอาดุยโน (Arduino) โหลดเซลล์ (Load Cell Sensor) แอลซีดี (LCD) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ภาษาซี (C) และลักษณะของปลาตุก

บทที่ 3 ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบระบบการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุกกึ่งอัตโนมัติ โดยมีบล็อกไดอะแกรมการทำงาน โฟร์ชาร์ตการทำงานของเครื่อง การออกแบบวงจร และการออกแบบโครงสร้างของเครื่องอย่างปลาตุกกึ่งอัตโนมัติ ผู้จัดทำขออธิบายรายละเอียดการทำงาน

บทที่ 4 ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเครื่องอย่างปลาตุกกึ่งอัตโนมัติซึ่งประกอบด้วย การทดลองเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ การทดลองโหลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนัก การทดลองการทำงานของมอเตอร์ การทดลองอย่างปลา 3 ขนาดมี ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ การทดลองอย่างปลาในแต่ละโหมด มีด้วยกัน 3 โหมด 1 โหมดฉ่ำน้ำ 2 โหมดแห้งกรอบและ 3 โหมดอ่อนกประสงค์ การทดลองการควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ไขปัญหา



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ และอุปกรณ์ ได้แก่ การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer) การสร้างความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า ฮีตเตอร์ (Heater) มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง (DC Motor Drive Module) บอร์ดอาดุยโน่ (Arduino) โหลดเซลล์ (Load Cell Sensor) แอลซีดี (LCD) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ภาษาซี (C) และลักษณะของปลาตุ๊ก

2.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer)

การถ่ายเทความร้อน [1] เป็นการถ่ายเทของพลังงานความร้อน หรือพลังงานอุณหภาพ (thermal energy) เป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงาน ซึ่งจะได้พลังงานความร้อนมาจากหลายแห่งด้วยกัน เช่น จากดวงอาทิตย์ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พลังงานไฟฟ้า พลังงานเปลวไฟ เป็นต้น ผลของความร้อนจะทำให้สารเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น อุณหภูมิสูงขึ้น หรือมีการเปลี่ยนสถานะไป และนอกจากนี้ พลังงานความร้อนยังสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้

การถ่ายเทความร้อนสามารถจำแนกเป็น 3 แบบ ดังนี้

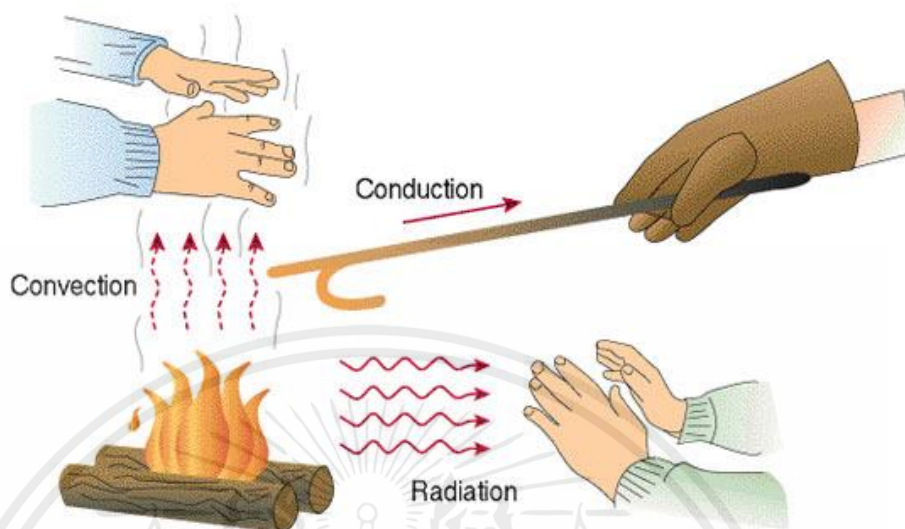
1. การนำความร้อน (Heat conduction) ดังรูปที่ 2.1 เป็นปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยจะมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางจะไม่มี การเคลื่อนที่ การนำความร้อนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาค การนำความร้อนจะเกิดขึ้นผ่านการสั่นสะเทือนระหว่างโมเลกุลหรือที่กล่าวคือการนำความร้อนเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อนผ่านโดยตรงจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยการสัมผัสกัน เช่น การเอามือไปจับกาน้ำร้อน จะทำให้ความร้อนจากกาน้ำร้อนถ่ายเทไปยังมือ จึงทำให้รู้สึกร้อน เป็นต้น

2. การพาความร้อน (Heat convection) ดังรูปที่ 2.1 เป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นได้ในสสารสองสถานะ คือ ของเหลวและก๊าซ ซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยจะมีทิศทางลอยขึ้นเท่านั้น เนื่องจาก เมื่อสสารได้รับความร้อนจะมีการขยายตัว ซึ่งจะทำความหนาแน่นต่ำลง และสสารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ก็จะลงมาแทนที่

3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) ดังรูปที่ 2.1 เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทาง โดยจะไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน เช่น การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอวกาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -273 องศาเซลเซียส ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงจะแผ่รังสีคลื่นสั้น ส่วนวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำจะแผ่รังสีคลื่นยาว เช่น การตากปลาแห้ง การตากเสื้อผ้ากลางแจ้ง ทั้งนี้การแผ่รังสี คือการถ่ายโอนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไม่ต้องผ่านตัวกลางใดๆ เช่น ความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์ถือเป็นความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนความร้อนโดยการแผ่รังสี โดยวัตถุแต่ละชนิดสามารถดูดกลืนความร้อนจากการแผ่รังสีได้ไม่เท่ากัน



รูปที่ 2.1 การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน
(ที่มา: <https://th.wikipedia.org/wiki/การถ่ายเทความร้อน>)

2.2 การสร้างความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า

วัสดุทุกชนิดจะมีประจุไฟฟ้าอยู่ในตัว ซึ่งเรียกวัดคุณสมบัติยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ดีกว่าตัวนำไฟฟ้า และวัสดุที่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่ายเรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า ซึ่งการแยกตัวนำไฟฟ้ากับฉนวนไฟฟ้าสามารถดูได้จาก ความต้านทานไฟฟ้า ว่ามีค่ามากหรือน้อย ตัวนำไฟฟ้ามีค่าความต้านทานไฟฟ้าน้อย คือ ตัวนำยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย ในส่วนฉนวนไฟฟ้า มีความต้านทานไฟฟ้ามาก ซึ่งไม่ยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านหรือไหลผ่านได้ยาก ซึ่งในวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์จะใช้ตัวต้านทานสำหรับควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้า เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานจะเกิดความร้อนขึ้นเมื่อพยายามผลักดันอิเล็กตรอนให้ข้ามตัวต้านทาน ซึ่งเกิดเป็นหลักการทำงานของฮีตเตอร์ในปัจจุบัน [2]

2.3 ฮีตเตอร์ (Heater)

ฮีตเตอร์ [3] เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนโดยใช้หลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ ซึ่งจะส่งผลให้ลวดตัวนำมีความร้อนเกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.2 โดยแหล่งจ่ายไฟสามารถใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 ถึง 380 โวลต์ ซึ่งหลักการทำงานของฮีตเตอร์นั้น เมื่อฮีตเตอร์ทำงานจะมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดฮีตเตอร์ ซึ่งส่วนใหญ่จะทำจากขดลวดความร้อนนิกเกิล (Nickel) หรือนิกโครม (NicChrome) ที่มีความต้านทานสูง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานจะสูญเสีย

พลังงานและแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นจะถ่ายเทไปยังวัตถุที่มีความร้อนน้อยกว่า คือ ของเหลว หรือ วัตถุเป้าหมายที่ต้องการให้ความร้อน



รูปที่ 2.2 ฮีตเตอร์ (Heater)

(ที่มา: <http://www.heater-thailand.net/>)

ส่วนประกอบของ ฮีตเตอร์ มีดังนี้

1. ฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium Oxide) ดังรูปที่ 2.3 คุณสมบัติมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ แต่จะนำความร้อนได้ดีมาก ซึ่งทำหน้าที่กั้นกลางระหว่างลวดตัวนำฮีตเตอร์ กับปลอกโลหะ เพื่อที่จะป้องกันไม่ให้เกิดกระแสรั่วจากลวดฮีตเตอร์ออกไปยังผิวโลหะ และจุดสำคัญคือห้ามมีความชื้นในฉนวน เนื่องจากจะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าสูงขึ้น



รูปที่ 2.3 ฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium Oxide)

(ที่มา: <https://sa-thai.com/ฮีตเตอร์heater-คือ-อะไร>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สแตนเลส (Stainless) ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งนำมาใช้ในการผลิตฮีตเตอร์ จะมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังนี้

- สแตนเลส 304 ใช้ในงานที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อการตกแต่งให้สวยงาม สามารถป้องกันสนิมได้เป็นอย่างดี
- สแตนเลส 316 ถูกออกแบบมาให้ป้องกันสนิมได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะใช้งานอุตสาหกรรมหนัก และสถานที่ใกล้ทะเลที่มีความเป็นกรด หรือเป็นด่างสูง
- สแตนเลส 430 เป็นสแตนเลสที่ใช้โครเมียมเป็นส่วนประกอบ 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีโอกาสเกิดสนิมน้อยกว่าสแตนเลสเบอร์ 300 ซึ่งสแตนเลสนี้จะนิยมนำมาตกแต่งภายในอาคารต่างๆ



รูปที่ 2.4 สแตนเลส (Stainless)

(ที่มา: <https://sa-thai.com/ฮีตเตอร์heater-คือ-อะไร>)

ฮีตเตอร์จะแบ่งออกเป็น 5 ชนิด และมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. ฮีตเตอร์แห้ง ใช้ให้ความร้อนกับวัสดุที่เป็นของแข็ง เช่น เหล็ก และโลหะต่างๆ ตัวอย่างการใช้งาน เช่น งานบรรจุหีบห่อ งานขึ้นรูปพลาสติก
2. ฮีตเตอร์ท่อกลมหรือคريب ใช้ให้ความร้อนกับอากาศ เช่น ใช้งานในห้องอบแห้ง ใช้งานในเตาอบ
3. ฮีตเตอร์ต้มน้ำหรือจุ่ม ใช้ให้ความร้อนกับของเหลวทุกชนิด ตัวอย่างการใช้งาน เช่น งานต้มน้ำ หรือต้มน้ำมัน งานผสมสาร
4. ฮีตเตอร์บ๊อบบี้ ซึ่งถูกออกแบบมาให้มีความร้อนสำหรับของเหลวสามารถเคลื่อนย้ายได้
5. ฮีตเตอร์รัดท่อ ใช้ให้ความร้อนกับของเหลวที่อยู่ในท่อ หรือในถังรูปทรงกระบอก โดยที่ตัวฮีตเตอร์จะรัดจากด้านนอก

2.3.1 ฮีตเตอร์ท่อกลม

ฮีตเตอร์ท่อกลม คือ ฮีตเตอร์ที่ใช้ให้ความร้อนโดยตรง โดยไม่ติดครีบ ใช้ให้ความร้อนในอากาศ เพื่องานอบแห้ง ไล่ความชื้น อบสี อบขนม อบอาหาร หรือใช้ในการย่าง สามารถใช้คู่กับพัดลมเพื่อกระจายความร้อนให้ทั่วพื้นที่ สามารถดัดให้เป็นรูปทรงที่ต้องการได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ในส่วนของการใช้งาน จะใช้งานกับเตาอบ หรือเตาย่าง ใช้งานกับท่อดิวซีที (DUCT) ใช้งานกับเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น



รูปที่ 2.5 ฮีตเตอร์ท่อกลม

(ที่มา: <http://www.heater-thailand.net/>)

ส่วนประกอบที่สำคัญของฮีตเตอร์ท่อกลม มีดังนี้

1. ท่อสแตนเลส 304, 316, และ 430 สำหรับงานทั่วไปท่อสแตนเลสเกรดสูง SUS316 และ SUS430 จะใช้ในงานที่ทนสารเคมี

2. แมกนีเซียมอ็อกไซด์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวนำความร้อนที่ดี คือ ให้ความร้อนผ่านตัวของมันไปได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังเป็นตัวต้านทานไฟฟ้าที่ดี คือ จะไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หรือไหลผ่านได้แต่น้อยมาก การเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีทำให้สามารถที่จะออกแบบให้ลวดฮีตเตอร์ที่ขดเป็นวงกลมรูปร่างแบบเดียวกับสปริง อยู่ใกล้กับผิวในของท่อเหล็กได้มากขึ้น โดยไม่เกิดการช็อตกัน ซึ่งทำให้ลวดฮีตเตอร์ขาด จึงสามารถทำให้ลวดฮีตเตอร์ท่อกลมมีขนาดโตขึ้น และทำให้ลวดฮีตเตอร์ไฟฟ้ามีความสามารถผลิตความร้อนได้ดี

3. ลวดฮีตเตอร์ ทำจากโลหะผสมของนิกเกิล หรือนิกโครม ซึ่งส่วนผสมจะแตกต่างกัน เช่น ลวดนิกโครม 80 จะมีนิกเกิล 80 เปอร์เซ็นต์ และโครเมียม 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลวดนิกโครม 60 จะมีนิกโครม 60 เปอร์เซ็นต์ โครเมียม 16 เปอร์เซ็นต์ และเหล็ก 24 เปอร์เซ็นต์ ลวดนิกโครมเป็น

ลวดที่มีความต้านทานสูง ต่างกับลวดสายไฟฟ้าหรือลวดทองแดงที่มีความต้านทานต่ำ เมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดนิโครมก็จะทำให้ลวดนิโครมร้อนขึ้นตามปริมาณกระแสไฟที่ผ่านเข้าไป ลวดนิโครม 80 มีจุดหลอมเหลวที่ 1,400 องศาเซลเซียส แต่ไม่ควรใช้ความร้อนเกิน 100 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเหมาะสมสำหรับพันเป็นคอยล์ (Coil) ฮีตเตอร์ที่มีกำลังวัตต์สูง ส่วนลวด ลวดนิโครม 60 จะมีจุดหลอมเหลวที่ 1,350 องศาเซลเซียส แต่ไม่ควรใช้ความร้อนเกิน 900 องศาเซลเซียส

ลวดฮีตเตอร์มีหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 2.1

$$P = V^2/R \quad (2.1)$$

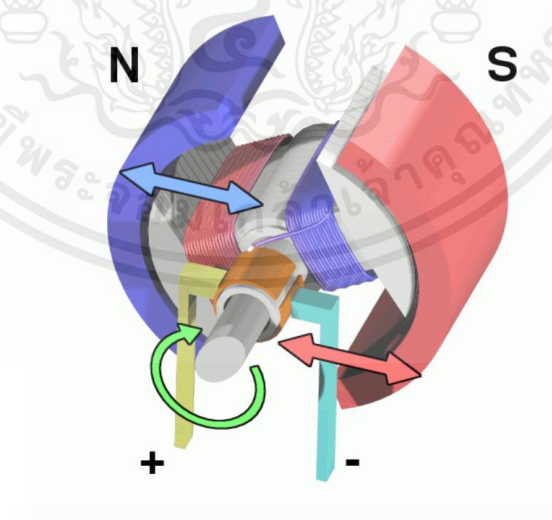
เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า

V คือ แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับปลายขดลวดฮีตเตอร์ 2 ข้าง

R คือ ความต้านทานของลวดฮีตเตอร์

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้า [4] เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ ให้เป็นพลังงานกลน์ แสดงดังรูปที่ 2.6 ซึ่งจากการแปลงพลังงานดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าได้ ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ามีหลายประเภทที่สามารถนำไปใช้งานในทั้งบ้านเรือนและอุตสาหกรรมต่างๆ



รูปที่ 2.6 การทำงานในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลน์ของมอเตอร์ไฟฟ้า

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณหาความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ส่วน ดังนี้

1. จำนวนโพลของขดลวดที่ตัวสเตเตอร์ (Stator) ของมอเตอร์ไฟฟ้า
2. ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวมอเตอร์

เมื่อทราบองค์ประกอบทั้ง 2 ส่วน สามารถคำนวณหาความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 2.2

$$\text{RPM} = (120 \times f) / \text{pole} \quad (2.2)$$

เมื่อ RPM คือ อัตราการหมุนหรือรอบของมอเตอร์ มีหน่วยเป็นอาพีเอ็ม
f คือ ความถี่ (Frequency)

Pole คือ จำนวนขั้วแม่เหล็กขม่อมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้งานทั่วไปจะมี 2 ประเภทหลักๆ ดังนี้

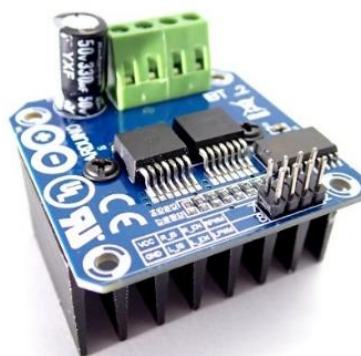
1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor)

2.4.1 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด ซึ่งขดลวดชุดหนึ่งอยู่ที่สเตเตอร์ (Stator) เรียกว่าขดลวดสนาม (Field winding) ที่ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กถาวร ซึ่งแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายมานั้นจะมาจากแหล่งเดียวกันกับขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature) แต่ในบางครั้งสำหรับมอเตอร์เล็กๆ จะใช้แม่เหล็กถาวรแทนการใช้ขดลวดเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กถาวร และขดลวดชุดที่สองที่อยู่ในส่วนของโรเตอร์ (Rotor) เรียกว่าขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งจะจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์ผ่านแปรงถ่าน และชุดสับเปลี่ยน (Commutator) ซึ่งตัวขดลวดจะทำให้เกิดแรงบิดในการหมุนของโรเตอร์ ซึ่งเกิดมาจากการกระทำระหว่างขั้วแม่เหล็กของขดลวดในสเตเตอร์ และโรเตอร์ ที่ต่างขั้วกันและผลักกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการหมุน

2.5 บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง (DC Motor Drive Module)

บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง BTS7960 [5] ดังรูปที่ 2.7 ใช้สำหรับขับดีซีมอเตอร์ที่ต้องการกระแสสูงๆ จะใช้สัญญาณพีดับพริวเอ็ม (PWM) ในการควบคุมความเร็ว ซึ่งรองรับความเร็วได้ถึง 25 กิโลเฮิร์ต สามารถควบคุมมอเตอร์ได้ 1 ตัว และสามารถควบคุมการหมุนซ้ายหมุนขวาได้ จะใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเลี้ยงมอเตอร์ 6 ถึง 27 โวลต์ กระแสเอาต์พุตสูงสุดที่ 47 แอมป์ ซึ่งกำหนดจากสเปกของ BTS7960 แต่ในทางปฏิบัติควรใช้กระแสไม่เกิน 20 แอมป์ เพื่อความปลอดภัย



รูปที่ 2.7 บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง

(ที่มา: <https://www.arduitronics.com/product/983/motor-drive-module-bts7960-43a-with-h-bridge>)

ข้อมูลจำเพาะของบอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง BTS7960 มีดังนี้

1. ใช้งานสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ต้องการกระแสที่สูงๆ
2. ใช้สัญญาณ PWM ในการควบคุมความเร็ว ซึ่งสามารถรองรับความเร็วของ PWM ได้ถึง 25 กิโลเฮิรท์

3. สามารถควบคุมมอเตอร์ได้ 1 ตัว และควบคุมให้หมุนซ้าย และหมุนขวาได้
4. ใช้แรงดันไฟเลี้ยงมอเตอร์ 6 ถึง 27 โวลต์
5. กระแสเอาต์พุตสูงสุด 43 แอมป์ แต่ในทางปฏิบัติควรใช้กระแสไม่เกิน 20 แอมป์
6. แรงดันอินพุตที่ใช้สำหรับควบคุมคือ 5 โวลต์

สำหรับโมดูล BTS7960 ของอาคุยโน้จะมีความละเอียด 8 บิต หรือปรับได้ 255 ระดับ ดังนั้นค่าสัญญาณ 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์ จะถูกแสดงเป็นสัญญาณแบบดิจิตอล จะได้ 0 ถึง 255 ซึ่งเราสามารถเทียบสัดส่วนคำนวณจากเลขจริง เป็นเลขทางดิจิตอลได้ ดังสมการที่ 2.3

ถ้าแรงดัน 5 โวลต์ เท่ากับ 255 แล้ว 1 โวลต์ ค่า PWM จะเท่ากับเท่าไร

$$PWM = (255 / 5.0V) * V \quad (2.3)$$

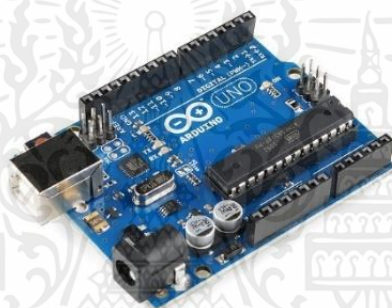
แทนค่าในสมการที่ 2.3 $255 / 5.0V * 1$

$$PWM = 51$$

ถ้าอยากให้โวลต์ = 1 จะต้องสั่งให้ค่า PWM = 51

2.6 บอร์ด อาดูยโน้ (Arduino)

อาดูยโน้ [6] เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบโอเพนซอร์ส (Open Source) ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และ ซอฟต์แวร์ (Software) บอร์ดอาดูยโน้นั้นถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา และผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด และโปรแกรมต่อไปได้อีกด้วยความง่ายของบอร์ด อาดูยโน้ ในการต่อกับอุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอก แล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม อาดูยโน้ชีลด์ (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น อาดูยโน้เอ็กบีชีลด์ (Arduino XBee Shield), อาดูยโน้มิวสิคชีลด์ (Arduino Music Shield), อาดูยโน้รีเลย์ชีลด์ (Arduino Relay Shield) และ อาดูยโน้จีพีเอสชีลด์ (Arduino GPRS Shield) เป็นต้น มาเปรียบกับบอร์ดอาดูยโน้ แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย



รูปที่ 2.8 บอร์ดอาดูยโน้ ยูโน้ อาร์สาม (Arduino UNO R3)

(ที่มา: <https://www.ai-corporation.net/2021/11/19/arduino-uno-r3/>)

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด อาดูยโน้ เป็นที่นิยม มีดังนี้

1. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานและไม่ซับซ้อน ซึ่งเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งาน
2. มีกลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
3. ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลากหลายด้าน
4. มีราคาที่ไม่แพง
5. สามารถที่จะพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

2.6.1 โครงสร้างและขาการใช้งานบอร์ดอาดูยโน้ ยูโน้ อาร์สาม (UNO R3)

โครงสร้าง และขาการใช้งานบอร์ดอาดูยโน้ ยูโน้ อาร์สาม ดังรูปที่ 2.9 มีดังนี้

1. USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่อที่จะอัปโหลดโปรแกรมเข้าไปที่ MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด อาดูยโน้
2. Reset Button: คือปุ่ม Reset เพื่อใช้กดเมื่อต้องการที่จะให้ MCU เริ่มการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานใหม่

3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

4. I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึงขา D13 และนอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

5. ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

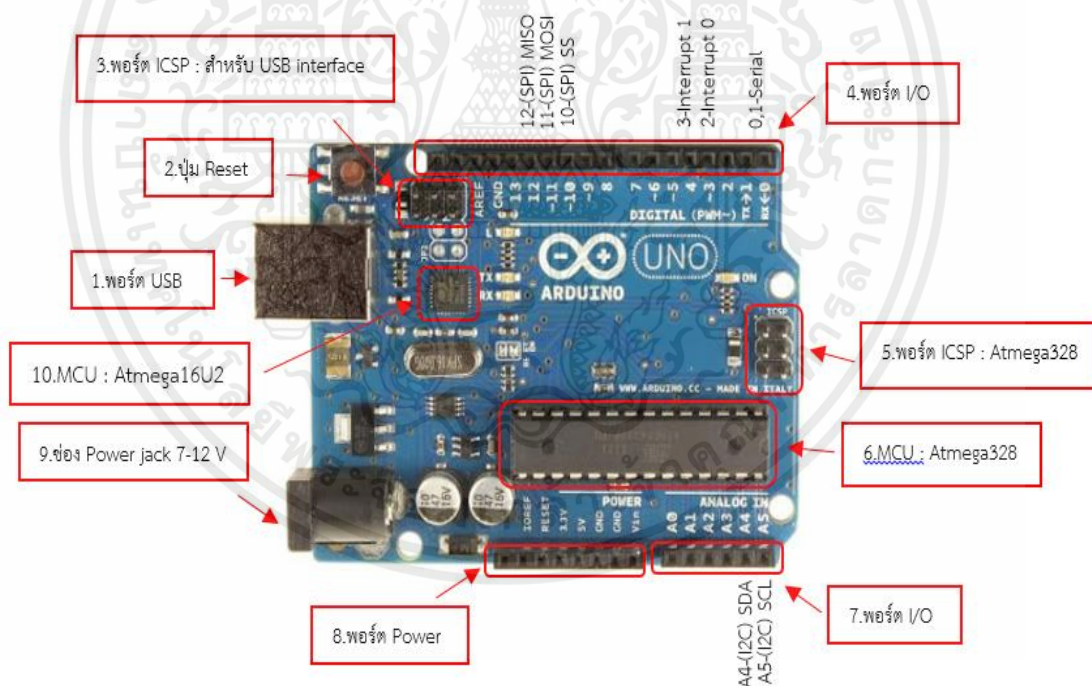
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด อาศัยโน้

7. I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังสามารถเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5 ได้อีกด้วย

8. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อเราต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ซึ่งประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin

9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยจะมีแรงดันอยู่ที่ระหว่าง 7-12 V

10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่านทาง Atmega16U2



รูปที่ 2.9 โครงสร้างและการใช้งานบอร์ดอาตดูยโน้ UNO R3
(ที่มา: <https://blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1/>)

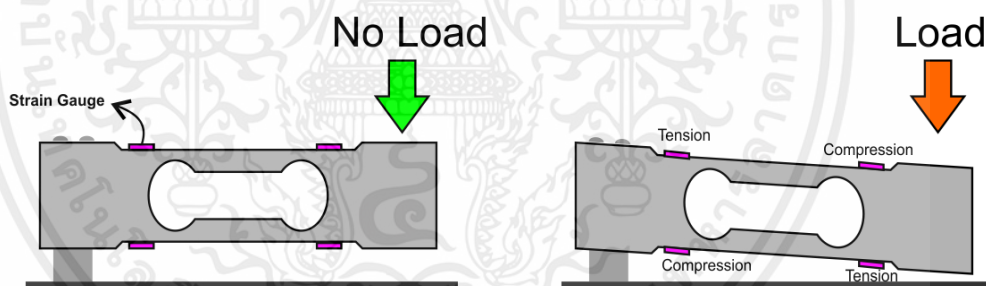
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โหลดเซลล์ (Load Cell Sensor)

โหลดเซลล์ [7] เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เพื่อแปลงค่าของแรง ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งการแปลงค่านี้ไม่ใช่การแปลงค่าโดยตรง แต่เกิดขึ้น 2 ขั้นตอน จากการแปลงค่าทางกลศาสตร์ แรงจะถูกตรวจจับได้จากการเปลี่ยนรูปร่างของสเตรนเกจ (Strain Gauge) แสดงดังรูปที่ 2.10 คือจุดที่สเตรนเกจได้รับแรงกด (Compression) ซึ่งจะทำให้สเตรนเกจหดตัวเข้าหากัน และในจุดที่ได้รับแรงดึง (tension) ซึ่งจะทำให้สเตรนเกจถูกยืดออก จึงทำให้ค่าความต้านทานของสเตรนเกจ เปลี่ยนแปลงไป และสเตรนเกจจะแปลงค่าการเปลี่ยนนี้ให้ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยทั่วไปโหลดเซลล์มักจะประกอบไปด้วยสเตรนเกจ 4 ตัว ซึ่งจะจัดเรียงวงจรอยู่ในรูปแบบของวงจรวิจสโตน บริดจ์ (Wheatstone Bridge) แสดงดังรูปที่ 2.11 แต่โหลดเซลล์ที่ประกอบด้วยสเตรนเกจเพียงแค่ 1 ตัว หรือ 2 ตัวก็มีใช้งานเช่นกัน สัญญาณไฟที่จ่ายออกไปซึ่งจะมีขนาดเพียงแค่มิลลิโวลต์ และต้องการการขยายสัญญาณด้วยการใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณ ก่อนที่จะถูกนำไปใช้งานได้เพื่อคำนวณหาค่าแรง

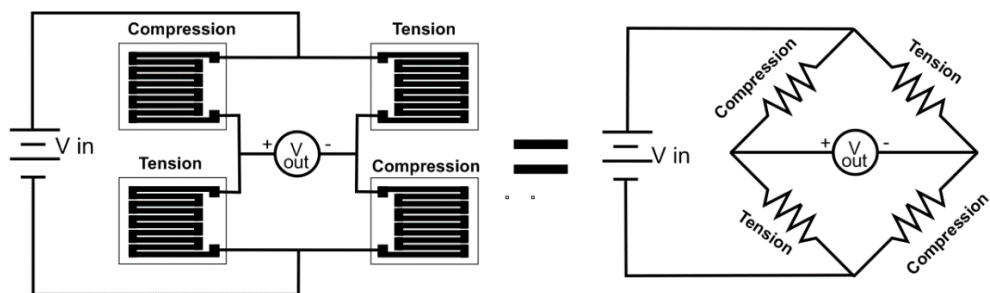
โหลดเซลล์เกือบ 80 เปอร์เซ็นต์ นั้นจะเป็นชนิดสเตรนเกจ โดยโหลดเซลล์แบบสเตรนเกจจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. โหลดเซลล์แบบใช้แรงกด ซึ่งออกแบบมาเพื่อใช้แรงกดลงบนตัวโหลดเซลล์
2. โหลดเซลล์แบบใช้แรงดึง จะออกแบบมาเพื่อใช้แรงดึงตัวโหลดเซลล์ออกจากกัน



รูปที่ 2.10 สเตรนเกจ (Strain Gauge) ได้รับแรงกด

(ที่มา: <https://blog.thaieasyelec.com/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module>)



รูปที่ 2.11 วงจรวิจิสโตน บริดจ์ (Wheatstone Bridge)

(ที่มา: <https://blog.thaieasyelec.com/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module>)

2.8 แอลซีดี (LCD)

แอลซีดี ย่อมาจาก (Liquid Crystal Display) [8] เป็นจอที่ทำมาจากผลึกคริสตอลเหลว หลักการคือ ด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่าง ที่เรียกว่าแสงพื้นหลัง (Backlight) อยู่ เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากแสงพื้นหลัง แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ และส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้จะไม่สว่าง ซึ่งผลึกจะมีสีที่แตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตอล เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า เป็นต้น ทำให้เมื่อมองไปที่จอจะพบกับตัวหนังสือ และสีพื้นหลังที่ต่างกัน แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แอลซีดี (LCD)

(ที่มา: <https://www.cybertice.com/article/47/การใช้งานจอ-character-lcd-กับ-arduino-แบบละเอียด>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จอ แอลซีดี แบ่งเป็น 2 แบบหลักๆ ตามลักษณะการแสดงผล ดังนี้

1. ตัวอักษร (Character LCD) เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่นจอแอลซีดี ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถวมีตัวอักษรใส่ได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด

2. กราฟฟิก (Graphic LCD) เป็นจอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอ กั้นแสงเอาไว้ หรือปล่อยแสงออกไป ซึ่งทำให้จอนี้สามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะมีในลักษณะของจำนวนจุด (Pixels) ของในแต่ละแนว เช่น 128x64 หมายถึง จอที่มีจำนวนจุดตามแนวนอน 128 จุด และมีจุดตามแนวตั้ง 64 จุด

2.9 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple)

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ หรือที่เรียกกันว่า เทอร์โมคัปเปิล [9] เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ ซึ่งประกอบด้วยโลหะต่างชนิดกัน 2 เส้น เชื่อมปลายทั้งสองเข้าด้วยกันทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า และเมื่ออุณหภูมิของโลหะทั้งสองไม่เท่ากัน ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จึงสามารถแปลงเป็นค่าอุณหภูมิได้ ดังรูปที่ 2.13 นอกจากนี้จะถูกใช้เป็นส่วนเซ็นเซอร์สำหรับเครื่องมือวัด และควบคุมอุณหภูมิ ยังใช้ในการแปลงค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นกระแสไฟฟ้าได้อีกด้วย เซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ถูกผลิตในการพาณิชย์จะมีราคาสูง ซึ่งจะวัดอุณหภูมิได้ในช่วงที่กว้างมาก ในส่วนของข้อจำกัดที่สำคัญของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ คือ ค่าความถูกต้องของค่าที่ได้จากการวัดอุณหภูมิจะอยู่ที่ ± 1 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.13 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple)

(ที่มา: <https://www.arduitronics.com/>)

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไทพ์เค (Type K) ผลิตจากโลหะ นิกเกิลโครเมียม (Nickel Chromium) และ นิกเกิลอลูเมด (Nickel Alumel) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด มีความแม่นยำสูง ราคาไม่สูง มีความเสถียร และมีช่วงการวัดอุณหภูมิที่กว้าง
2. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไทพ์เจ (Type J) ผลิตจากเหล็กและคอนสแตนตัน (Constantan) เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่นิยมใช้กันแพร่หลาย มีช่วงการวัดอุณหภูมิน้อยกว่าและอายุการใช้งานต่ำกว่าไทพ์เค แต่มีราคาและความเสถียรเทียบเท่ากัน
3. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไทพ์ที (Type T) ผลิตจากทองแดงและคอนสแตนตัน มีความเสถียรสูงมาก จะนิยมใช้ในการวัดอุณหภูมิที่ต่ำมากๆ เช่น ตู้แช่แข็งแบบพิเศษ
4. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไทพ์อี (Type E) ผลิตจากโลหะ นิกเกิล-โครเมียม และ คอนสแตนตัน ซึ่งมีสัญญาณที่แรง มีความถูกต้องและความแม่นยำสูงกว่า ไทพ์เคและเจ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 537 องศาเซลเซียส
5. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไทพ์เอ็น (Type N) ผลิตจากโลหะ นิโครซิล (Nicrosil) และ นิซิล (Nisil) มีความถูกต้องความแม่นยำ และช่วงของการวัดอุณหภูมิเทียบเท่าแบบไทพ์เค แต่จะมีราคาที่สูงกว่าเล็กน้อย

2.10 ภาษาซี (C)

ภาษาซี [10] ได้รับการออกแบบและพัฒนาขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1972 ห้องปฏิบัติการเบลล์ (Bell Laboratories) ออกแบบมาเพื่อใช้งานบนระบบปฏิบัติการ UNIX บนเครื่องเมนเฟรม คอมพิวเตอร์ DEC PDP-11 ภาษาซีนั้นได้พัฒนามาจากภาษาบี (B) ที่พัฒนา โดย Ken Thompson ภาษาบีถูกพัฒนาบนพื้นฐานของภาษาบีซีพีแอล (BCPL) ซึ่งในเวลาต่อมาภาษาซีได้รับความนิยมสูง สถาบัน ANSI (American National Standards Institute) ได้สร้างมาตรฐานภาษาซีขึ้นมา เพื่อรับรองให้เป็นสากล โดยมีชื่อว่า ANSI-C ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาภาษาซีให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เป็นเวอร์ชันต่างๆ และมีการพัฒนา ต่อยอดเป็นภาษาซีพลัสพลัส (C++) หรือ ภาษาซีชาร์ป (C#) ซึ่งมีการเพิ่มชุดคำสั่งที่สนับสนุนการพัฒนาโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming) และยังคงรองรับชุดคำสั่งมาตรฐานของภาษาซีด้วย

โครงสร้างของภาษาซีแบ่งออกเป็น 4 ส่วน มีดังนี้

1. ส่วนหัวของโปรแกรม เรียกว่า Preprocessing Directive ใช้ระบุเพื่อบอกให้คอมไพเลอร์ กระทำการใดๆ ก่อนการแปลผลโปรแกรมที่คำสั่ง `#include <stdio.h>` ใช้บอกกับคอมไพเลอร์ให้นำเฮดเดอร์ไฟล์ที่ระบุ คือ `stdio.h` เข้าร่วมในการแปลโปรแกรม โดยการกำหนด Preprocessing Directives จะต้องขึ้นต้นด้วยเครื่องหมาย `#`

2. ส่วนของฟังก์ชันหลัก คือฟังก์ชันที่กำหนดขึ้นมา ชื่อฟังก์ชัน main() โดยทุกโปรแกรมจะต้องมีฟังก์ชัน main() ทำหน้าที่เป็นฟังก์ชันหลักในการทำงาน และในการประมวลผลโปรแกรมทุกครั้ง ฟังก์ชันหลักของภาษาซี คือ ฟังก์ชัน main() ซึ่งโปรแกรมภาษาซีทุกโปรแกรมจะต้องมีฟังก์ชันนี้อยู่ในโปรแกรมเสมอ ซึ่งจะเห็นได้จากชื่อฟังก์ชันคือ main แปลว่า “หลัก” ดังนั้น การเขียนโปรแกรมภาษาซีจึงขาดฟังก์ชันนี้ไปไม่ได้ โดยขอบเขตของฟังก์ชันจะถูกกำหนดด้วยเครื่องหมาย { และ } หมายถึง การทำงานของฟังก์ชันจะเริ่มต้นที่เครื่องหมาย { และจะสิ้นสุดที่เครื่องหมาย } ฟังก์ชัน main() สามารถเขียนอยู่ในรูปแบบของ int main ได้ด้วย ซึ่งมีความหมายว่า ฟังก์ชัน main() จะไม่มีอาร์กิวเมนต์ (Argument) หรือว่าไม่มีการรับค่าใดๆ เข้ามาประมวลผลภายในฟังก์ชัน และจะมีการคืนค่ากลับออกไปจากฟังก์ชันด้วย

3. ส่วนรายละเอียดของโปรแกรม เป็นส่วนของการเขียนคำสั่งต่างๆ เพื่อที่จะสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ซึ่งในการเขียนคำสั่งจะเขียนภายในเครื่องหมายปีกกาเปิด { และเครื่องหมายปีกกาปิด } โดยปกติส่วนของการเขียนโปรแกรมจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

- ส่วนของการประกาศตัวแปร เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดตัวแปรที่จะใช้งานในการเขียนโปรแกรม

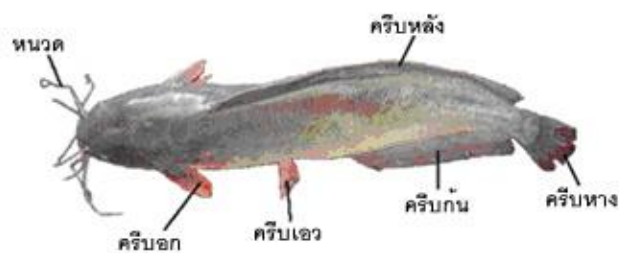
- ส่วนของคำสั่ง หรือ ฟังก์ชันต่างๆ เป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดตัวแปรที่จะใช้งานในการเขียนโปรแกรมพิมพ์ฟังก์ชันเสร็จแล้วจะต้องปิดท้ายด้วยเครื่องหมายเซมิโคลอน ; เสมอ

4. ส่วนของการเปิดโปรแกรมและปิดโปรแกรม ตามโครงสร้างหลักของภาษาซีจะต้องมีการกำหนดจุดเริ่มต้นและจบโปรแกรม โดยจะใช้เครื่องหมายปีกกาเปิด { ในการระบุตำแหน่งการเริ่มต้นของโปรแกรม และใช้เครื่องหมายปีกกาปิด } ในการระบุตำแหน่งการจบของโปรแกรม

2.11 ปลาตุ๊ก

ปลาตุ๊ก [11] เป็นปลาหนังน้ำจืดในสกุล คลา-เรียส (Clarias) ซึ่งคำว่า คลา-เรียส มาจากภาษากรีก หมายถึง การมีชีวิต และยังหมายถึงการที่ปลาสกุลนี้สามารถใช้ชีวิตอยู่บนบกได้ หรือภาวะสภาพที่ขาดน้ำ ซึ่งมีการแพร่กระจายพันธุ์ในน้ำจืดและน้ำกร่อยตามแหล่งน้ำต่างๆ ของทวีปเอเชียและแอฟริกา ซึ่งลักษณะของปลาตุ๊กนั้นเป็นปลาที่ไม่มีเกล็ด มีลำตัวยาว มีหัวที่แบนและแข็ง มีหนวดยาว 8 นิ้ว มีครีบหลังและครีบกันยาวเกินครึ่งของความยาวของลำตัว จุดเริ่มต้นของครีบหลังอยู่ลำหน้าจุดเริ่มต้นของครีบท้อง และครีบหลังไม่มีเงี่ยงแข็ง ไม่มีครีบไขมัน มีครีบหางที่มนกลม ซึ่งครีบทั้งหมดเป็นอิสระจากกัน ดังรูปที่ 2.14

ปลาตุ๊กนั้นสามารถหายใจ และครีบบนบกได้เมื่อถึงฤดูแล้ง ซึ่งปลาตุ๊กเป็นปลาที่วางไข่และเป็นปลาที่กินเนื้อ โดยเฉพาะเมื่อตัวโตเต็มที่มีมักจะชอบกินปลาอื่นที่ตัวเล็กกว่าเป็นอาหาร รวมถึงการกินซากพืช และซากสัตว์อีกด้วย ซึ่งจะเป็นปลาที่รู้จักกันดีในแง่ของการเป็นปลาเศรษฐกิจ ที่นิยมนำมาบริโภค โดยเฉพาะในทวีปเอเชีย



รูปที่ 2.14 ลักษณะของปลาดุก
(ที่มา: <https://kaset.today> ปศุสัตว์และประมง/ปลา/ดุก/)

บทที่ 3

การออกแบบ

ในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบระบบการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ โดยมีบล็อกไดอะแกรมการทำงาน โฟร์ชาร์ตการทำงานของเครื่อง การออกแบบวงจร และการออกแบบโครงสร้างของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ ผู้จัดทำขออธิบายรายละเอียดการทำงานดังต่อไปนี้

3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติโดยมีอาดุยโน้ ยูโน้ อาร์สาม เป็นตัวประมวลผลกลาง ดังรูปที่ 3.1 เป็นการอธิบายการทำงานและหน้าที่ของอุปกรณ์ ที่ใช้ในการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ มีดังนี้

1. สวิตช์โหมด (Switch Mode) ทำหน้าที่เป็นการเลือกโหมดการย่าง โหมดที่ 1 แบบฉ่ำน้ำ โหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ และโหมดที่ 3 แบบอบเนกประสงค์หรือการย่างทั่วไป

2. สวิตช์ ออน/ออฟ (Switch On / Off) ทำหน้าที่เป็นเริ่มคำสั่งให้ตัวเครื่องทำงานหลังจากเลือกโหมดเรียบร้อยแล้ว เริ่มจากมอเตอร์ทำงาน ปลาจะหมุนและฮีตเตอร์ให้ความร้อน

3. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไทพ์เค (Thermocouple type K) และโมดูล Max6675 (Max6675 Module) ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิความร้อนภายในตัวเครื่อง ส่วนโมดูล Max6675 ทำหน้าที่อ่านค่าจากตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

4. โหลดเซลล์เซ็นเซอร์ (Load Cell Sensor) และโมดูล Hx711 (Module HX711) โหลดเซลล์ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์สำหรับชั่งน้ำหนักปลา 3 ขนาด มีขนาดเล็ก ประมาณ 1 ชีด ขนาดกลาง ประมาณ 2 ชีด และขนาดใหญ่ ประมาณ 3 ชีด ส่วนโมดูล Hx711 ทำหน้าที่เป็นโมดูลสำหรับขยายสัญญาณจากเซนเซอร์ต่อน้ำหนักโหลดเซลล์

5. อาดุยโน้ ยูโน้ อาร์สาม (Arduino Uno R3) ทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงานทั้งหมดภายในเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ

6. สวิตซ์ซิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับตัวอุปกรณ์ เช่น อาดุยโน้ ยูโน้ อาร์สาม และโมดูลไดร์มอเตอร์

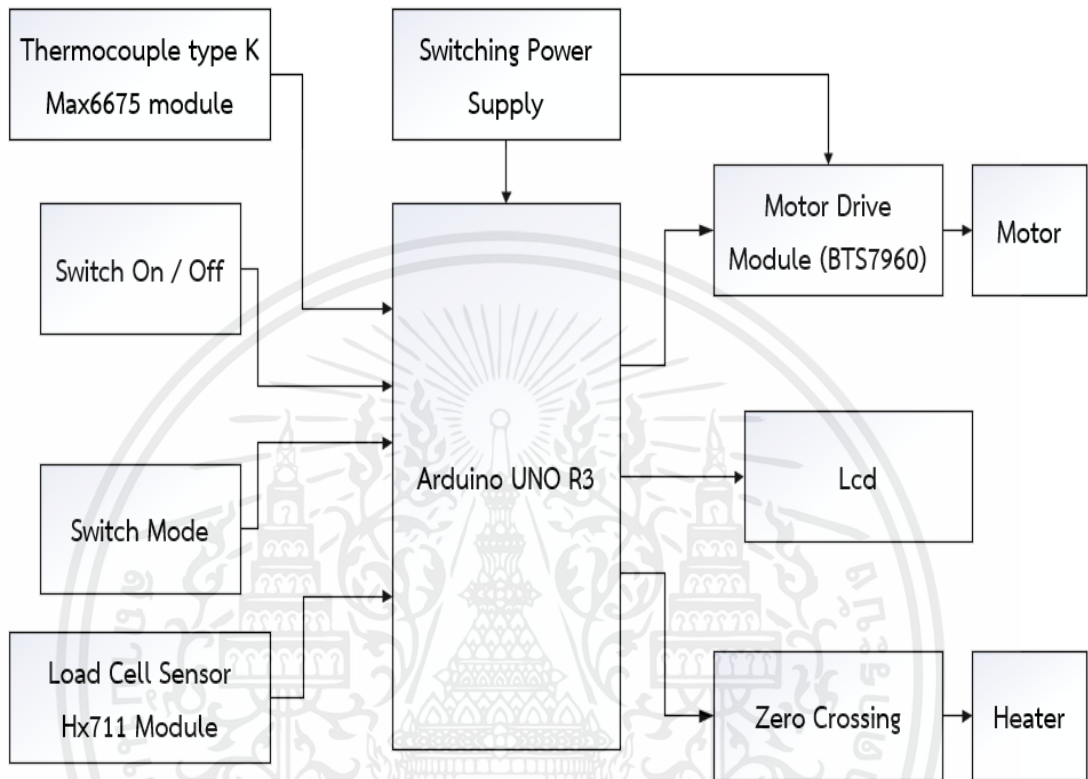
7. โมดูลไดร์มอเตอร์ (BTS7960 H-Bridge DC Motor Drive Module) ทำหน้าที่ขับไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ที่ต้องการกระแสสูงๆ ใช้สัญญาณ PWM ในการควบคุมความเร็ว ซึ่งรองรับความเร็วของ PWM ได้ถึง 25 กิโลเฮิร์ต

8. มอเตอร์ (Motor) ทำหน้าที่หมุนกลีบด้านปลาระหว่างการย่าง

9. แอลซีดี (Lcd) ทำหน้าที่แสดงค่า เปิด/ปิด การทำงานของเครื่อง การเลือกโหมดการย่าง 3 โหมด แสดงน้ำหนักของปลา และอุณหภูมิภายในเตา

10. วงจรตรวจจับข้ามศูนย์ (Zero Crossing) ทำหน้าที่ เปิดหรือปิด การทำงานของฮีตเตอร์ เมื่อมีอุณหภูมิสูงเกินกว่าค่าที่ได้ตั้งไว้ โดยตรวจจับช่วงสัญญาณที่เป็นศูนย์ เพื่อสร้างสวิตช์ขึ้น o/p

11. ฮีตเตอร์ (Heater) ทำหน้าที่ให้ความร้อนในการย่างแต่ละโหมด

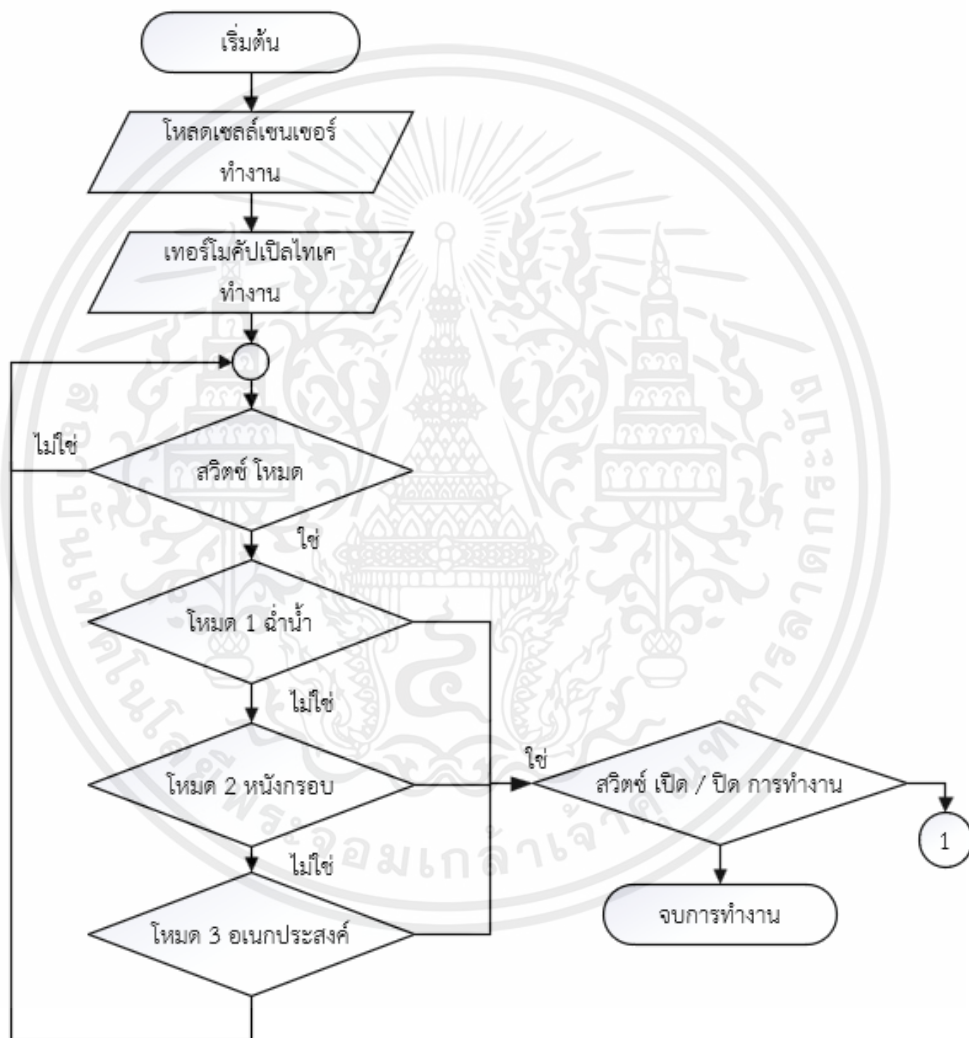


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องย่างปลาตุ๋นอัจฉริยะ

3.2 โฟร์ชาร์ตการทำงานของเครื่องย่างปลาตุ๋นอัจฉริยะ

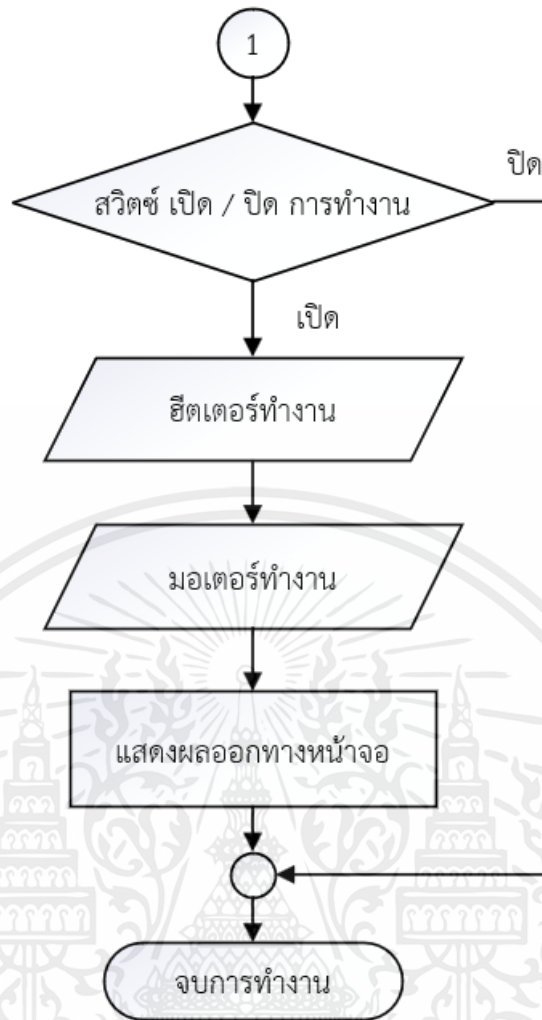
โฟร์ชาร์ตการทำงานของเครื่องย่างปลาตุ๋นอัจฉริยะ แสดงดังรูปที่ 3.2 และ 3.3 เมื่อโปรแกรมเริ่มการทำงานตามลำดับขั้นตอน โดยเริ่มจากสวิตช์โหมดเมื่อมีการกดสวิตช์ อาดูโน่ ยูโน อาร์สามทำการประมวลผลการทำงาน และเริ่มการทำงานตามโปรแกรมเริ่มทำงานโหลดเซลล์ เซนเซอร์ และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิทำงาน จากนั้นเช็คสถานะสวิตช์โหมดว่ามีการกดสวิตช์โหมดการย่างหรือไม่ โหมดที่ 1 แบบฉ่ำน้ำ โหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ โหมดที่ 3 แบบอบเนกประสงค์ ถ้าหากไม่มีการเลือกโหมดการย่างก็จะต้องจะกลับไปตั้งค่าสั่งเลือกโหมดย่างที่ต้องการก่อน ถ้าหากมีการเลือกโหมดการย่างที่ต้องการได้แล้ว ให้กดปุ่มสวิตช์เปิดการทำงาน หลังจากกดเริ่มการทำงานฮีตเตอร์ก็จะให้ความร้อน

โดยโหมดที่ 1 อุณหภูมิจะอยู่ที่ 220 องศาเซลเซียส โหมดที่ 2 อุณหภูมิจะอยู่ที่ 250 องศาเซลเซียส และโหมดที่ 3 อุณหภูมิจะอยู่ที่ 230 องศาเซลเซียส พร้อมกับมอเตอร์หมุนกลับด้านปลาก็จะทำงาน โดยโหมดที่ 1 แบบฉ่ำน้ำ และ โหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ จะมีความเร็วของมอเตอร์จะอยู่ที่ 25 รอบต่อนาที ส่วนโหมดที่ 3 แบบอบเนกประสงค์ มอเตอร์จะไม่หมุนเพราะว่าในโหมดอบเนกประสงค์จะใช้ตะแกรงสแตนเลสในการรองวัตถุดิบในการย่าง แทนการเสียบแกนหมุน ถ้าเกิดจะใช้งานแกนหมุนสามารถตั้งค่าในโปรแกรมได้เช่นกัน



รูปที่ 3.2 โฟร์ชาต์การทำงานของเครื่องย่างปลาตุ๋นอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 โปรแกรมการทำงานของเครื่องปลั๊กอัจฉริยะ (ต่อ)

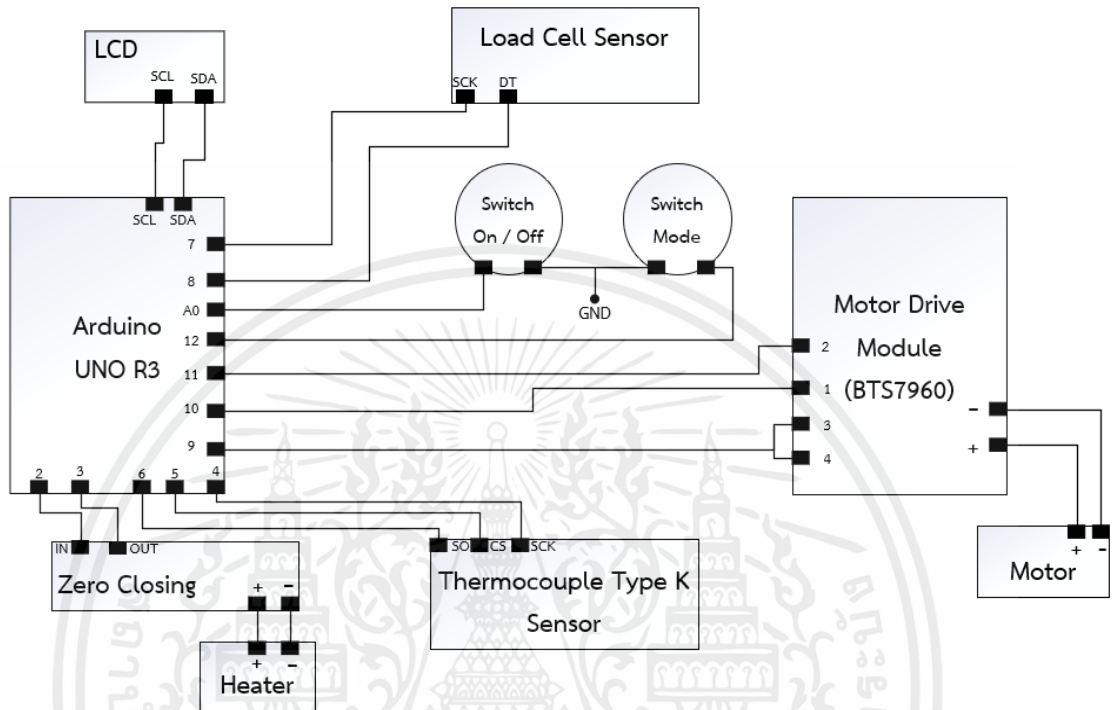
3.3 การออกแบบวงจร

ในการออกแบบวงจรจะกล่าวถึง การออกแบบวงจรรวมของเครื่องปลั๊กอัจฉริยะ วงจรตรวจจับข้ามศูนย์ (Zero Crossing) และวงจรควบคุมไตรแอกกระแสสูง (High Current Triac Control)

3.3.1 วงจรรวมของเครื่องปลั๊กอัจฉริยะ

การออกแบบวงจรรวมแสดงดังรูปที่ 3.4 เมื่อทำการจ่ายไฟให้วงจรรวม ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน้ ยูโน้ อาร์สาม จะทำหน้าที่ประมวลผลและส่งข้อมูลการกดปุ่มของสวิตช์ เปิดหรือปิด และสวิตช์โหมด ไปแสดงที่จอ แอลซีดี เมื่อมีการกด เปิด สถานะจะเป็น 1 จากนั้น อาดูยโน้ ยูโน้ อาร์สาม ก็จะประมวลผลสั่งให้มอเตอร์ทำงานผ่าน PWM จากนั้นจ่ายไฟที่ขา 3 ของอาดูยโน้ ยูโน้ อาร์สาม 5 โวลต์ เข้าไปที่วงจรควบคุมไตรแอกกระแสสูง แล้วจะนำกระแสของวงจรซีโรครอสซิง

ฮีตเตอร์ก็จะทำงาน เมื่อเซนเซอร์วัดอุณหภูมิตรวจวัดได้ค่าอุณหภูมิเกินกว่าที่เซตไว้ จะส่งค่าไปยัง อาศัยโน้ ยูโน่ อาร์สาม ประมวลผล จากนั้นจะหยุดจ่ายไฟที่ขา 3 ของอาศัยโน้ ยูโน่ อาร์สาม ทำให้ตัว ไตรแอกในวงจรไม่นำกระแส ซึ่งจะทำให้ฮีตเตอร์หยุดการทำงาน



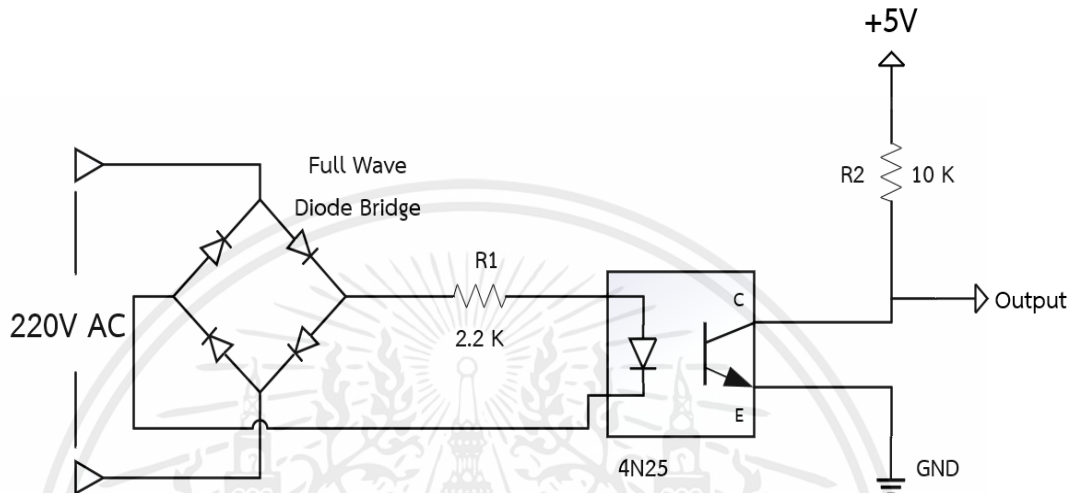
รูปที่ 3.4 วงจรรวมของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ

3.3.2 วงจรตรวจจับข้ามศูนย์ (Zero Crossing)

วงจรตรวจจับข้ามศูนย์ คือ วงจรตรวจจับจุดที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ตัดเป็นศูนย์ โวลต์เปลี่ยนจากบวกเป็นลบ หรือจากลบเป็นบวก ที่มีแรงดันไฟฟ้าน้อยๆ ดังรูปที่ 3.5 เมื่อจ่ายไฟ กระแสสลับเข้ามาผ่านไดโอดบริดจ์จะแปลงเป็นไฟกระแสตรงแต่จะเป็นรูปคลื่นอยู่ เพราะว่าไม่มีตัว เก็บประจุรองความถี่ให้เรียบ จากนั้นก็จะผ่านมาเข้า R1 2.2 กิโลโอห์ม เพื่อจำกัดกระแสและแรงดัน ไม่ให้ไปตกคร่อมที่ แอลซีดี ในตัวออปโตทรานซิสเตอร์ 4N25 มากจนเกินไป เมื่อแรงดันที่ใกล้ 0 โวลต์ แอลซีดีในตัว 4N25 จะไม่ทำงาน ทำให้อีกฝั่งทางขวาที่เป็นออปโตทรานซิสเตอร์ 4N25 ไม่มีการไปอัส และไม่นำกระแสเมื่อฝั่งขวาทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานคัทออฟกระแสจาก VCC 5 โวลต์ ก็จะไม่ไหลลง กราวด์เมื่อไม่มีกระแสไหล แรงดันตกคร่อมตัว R 10 กิโลโอห์ม ก็เป็น 0 โวลต์ เพราะสูตร $V = I/R$ ความต่างศักย์ R2 10 กิโลโอห์ม ด้านบนและด้านล่างก็ไม่ต่างกันไม่มีความต่างศักย์ Output ก็จะมี 5 โวลต์ในขณะที่แรงดันมากกว่า 0.7 โวลต์ เมื่อผ่านไดโอดบริดจ์จะได้แรงดันมากเกินจน แอลซีดี เริ่ม นำกระแสเมื่อแอลซีดีเริ่มนำกระแสก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ในตัวออปโตทรานซิสเตอร์ 4N25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

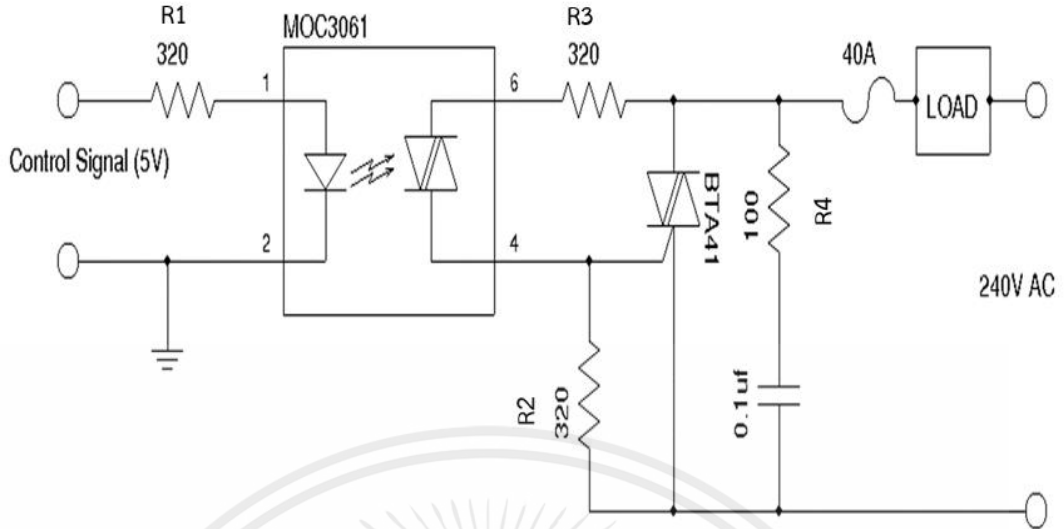
นำกระแส เมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแส กระแสก็จะไหลจาก VCC 5 โวลต์ ผ่าน R 10 กิโลโอห์ม และเมื่อกระแสไหลผ่าน R 10 กิโลโอห์ม จะเกิดแรงดันตกคร่อม R เหมือนกันเอาท์พุทต่อลงกราวด์ (GND) ก็เป็น 0 โวลต์ จึงสรุปได้ว่า ถ้าแรงดันใกล้ 0 โวลต์ เอาท์พุทจะมีแรงดันออก 5 โวลต์ ถ้ามากกว่า 0.7 โวลต์ ที่ไฟกระแสสลับมากกว่านั้นเอาท์พุท จะเป็น 0 โวลต์



รูปที่ 3.5 วงจรตรวจจับข้ามศูนย์ (Zero Crossing)

3.3.3 วงจรควบคุมไทรแอกกระแสสูง (High Current Triac Control)

ไทรแอก เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เหมือนกับสวิตช์ไฟฟ้าสำหรับกระแสสลับ ซึ่งมีข้อดีกว่าสวิตช์ธรรมดา จำนวนการ ปิด-เปิด วงจร และความเร็วของการ ปิด-เปิด วงจร ซึ่งตัวไทรแอกจะทำการ ปิด-เปิด ได้เร็วกว่าสวิตช์ธรรมดาหลายเท่า จึงทำให้สามารถควบคุมกำลังงานได้เป็นอย่างดี วงจรควบคุมไทรแอกกระแสสูงที่ใช้ แสดงดังรูปที่ 3.6 สำหรับควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ จะมีตัวออปโตไอโซเลเตอร์ หรือการแยกด้วยแสงที่ตัว MOC3061 แยกเพื่อไม่ให้ไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง ต่อกัน เพราะจะทำให้เกิดการช็อต จึงเชื่อมต่อกันด้วยแสง เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าทางสัญญาณควบคุม มีกระแสไหลทำให้ แอลซีดี ทำงาน และไทรแอกนำกระแสได้ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับก็จะไหลผ่านโหลด, พิวส์ 40 แอมป์, ตัวต้านทาน R1 และ R3 320 โอห์ม, ไทรแอก เบอร์ BTA41 และ R2 320 โอห์ม กระแสไหลครบวงจร เมื่อมีกระแสสลับไหลผ่านตัวต้านทานจะเกิดแรงดันตกคร่อมที่ R2 320 โอห์ม ทำให้ที่ขา 4 ของ MOC3061 มีแรงดันตกคร่อม ซึ่งขา 4 ของ MOC3061 ต่ออยู่กับขาเกตของไทรแอก ทำให้ไทรแอกทำงาน ส่วน R4 100 โอห์ม กับ C 0.1 ไมโครฟารัด คือ วงจรสับเบอร์ โหลดที่มีกระแสหน่วง เช่น มอเตอร์ เมื่อปิดการทำงานจะยังคงมีกระแสไหลอยู่เนื่องจากโหลดรักษากระแสอยู่ กระแสจึงค่อยๆ ลดลง ซึ่งจะไม่ไหลผ่านตัวไทรแอกเพราะจะทำให้เกิดการเสียหายของอุปกรณ์ได้ จึงให้กระแสไหลผ่านวงจรสับเบอร์แทน



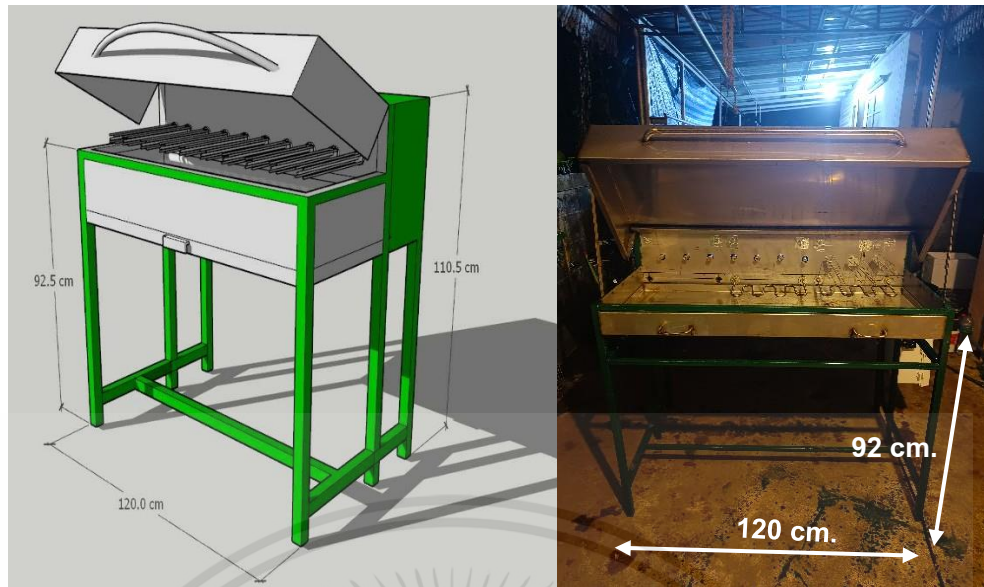
รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมไตรแอกกระแสสูง (High Current Triac Control)

3.4 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้างมีความสำคัญมากเท่ากับการออกแบบวงจร และการออกแบบซอฟต์แวร์เลยก็ว่าได้ เพราะการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น การออกแบบโครงสร้างจึงมีความสำคัญต่อการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ

3.4.1 การออกแบบชุดโครงสร้าง

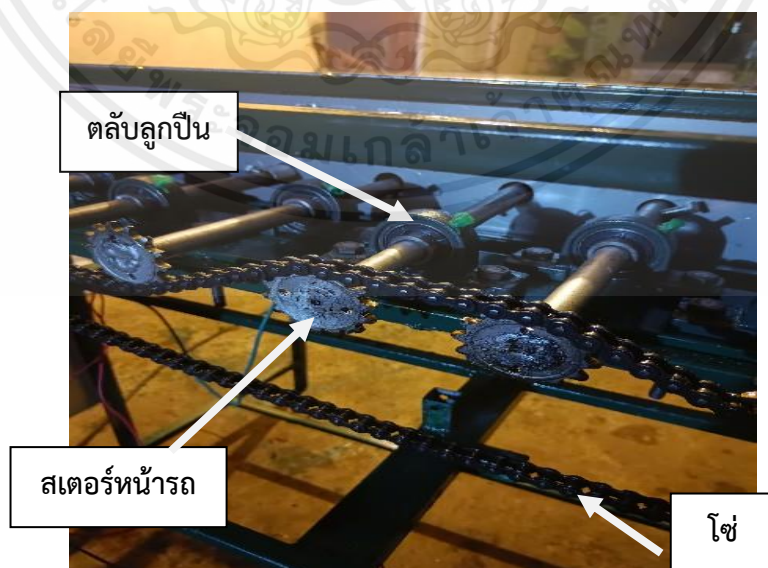
ในการออกแบบโครงสร้างมีขนาดความกว้าง 75x120x109.5 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3.7 ใช้วัสดุเหล็กกล่องแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 20x20 แข็งแรงสามารถที่จะยึดกับฉากได้โดยการเชื่อม ส่วนของเตาอย่างฝาเปิดและที่เสียบปลารวมไปถึงตะแกรงย่างจะใช้เป็นสแตนเลส 304 เพราะว่าทนความร้อนสูงได้ถึง 1400 องศาเซลเซียส และทนต่อการกัดกร่อนสูง ไม่เป็นสนิม ไม่ดูดซึ่มสาร กลิ่น หรือ รสชาติของอาหารทั้งยังสามารถใช้งานได้อย่างยาวนานจึงทำให้มั่นใจได้ว่าการนำไปใช้กับอาหารนั้นปลอดภัย ถูกสุขลักษณะอนามัย อย่างแน่นอน และนอกจากนี้ การดูแลรักษา การทำความสะอาด ก็สามารถทำได้ง่ายอีกด้วย



รูปที่ 3.7 โครงสร้างของเครื่องอย่างปลาดุกกึ่งอัตโนมัติ

3.4.2 การออกแบบชุดเฟืองกับโซ่

ในการออกแบบชุดเฟืองขับโซ่ จะใช้สเตอร์หน้ารถมอเตอร์ไซค์ ขนาด 14 ฟัน เบอร์ 428 และ 420 จำนวน 10 ชิ้น และชุดโซ่สเตอร์ เบอร์ 428 มีข้อต่อ 106 ข้อ จำนวน 3 ชุด จากนั้นนำสเตอร์หน้ามาทำการเชื่อมกับเหล็กเส้นกลมตัน เพื่อใช้เป็นแกนในการหมุนปลาโดยจะมีตลับลูกปืน ตักตา บล็อกตัวแกนอีกทีเพื่อไม่ให้แกนหมุนเกิดการเคลื่อนที่ขณะใช้งานมอเตอร์ 12 โวลต์ 4 แอมป์ ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9 ตามลำดับ



รูปที่ 3.8 ชุดเฟืองขับโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ด้านหลังของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกิ่งอัตโนมัติ

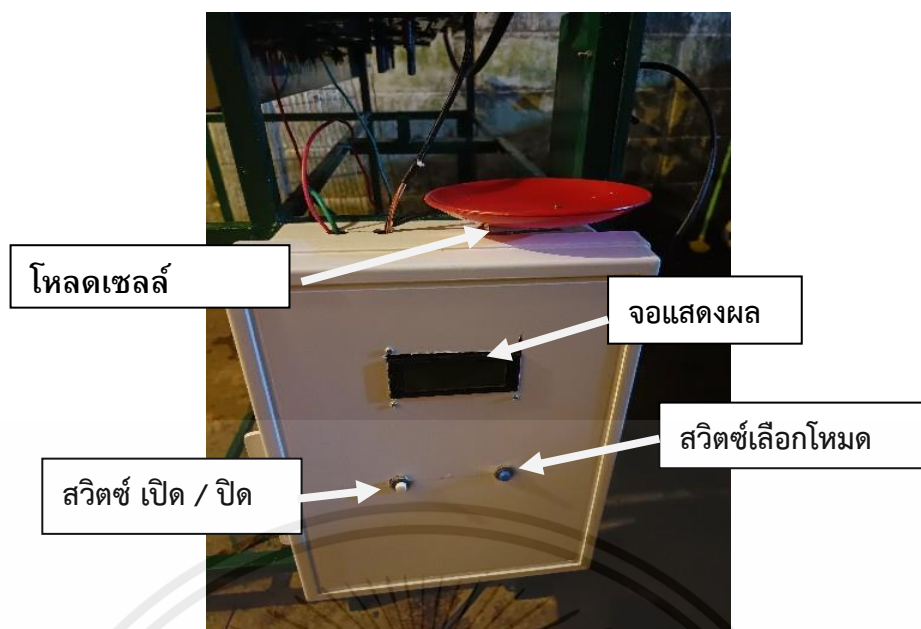
3.4.3 การออกแบบชุดควบคุมระบบเครื่องอย่างปลาตุ๊กกิ่งอัตโนมัติ

โดยกล่องควบคุมจะอยู่ด้านข้างมีขนาดกว้าง 300 x สูง 430 x ลึก 150 มม. ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะอยู่ตรงข้างแกนหมุนปลาตุ๊กด้านหลัง และด้านบนของกล่องควบคุมจะมีโหนดเซลล์เซนเซอร์ ดังรูปที่ 3.10 และ 3.11 ตามลำดับ



รูปที่ 3.10 ด้านข้างของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกิ่งอัตโนมัติ

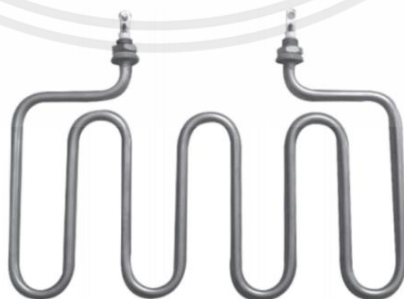
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ชุดควบคุมระบบเครื่องอย่างปลาตุกกึ่งอัตโนมัติ

3.4.4 การต่อฮีตเตอร์

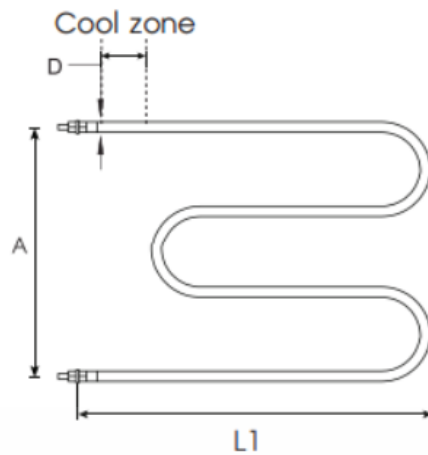
ฮีตเตอร์เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรม, งานเกษตรกรรม งานทำความร้อนในอาคาร หรือระบบระบายอากาศ ที่มีความต้องการสร้างความร้อนให้กับชิ้นงาน หรืออาหาร เป็นต้น โดยจะใช้หลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านลวดตัวนำ ซึ่งจะส่งผลให้ลวดตัวนำ มีความร้อนเกิดขึ้น โดยแหล่งจ่ายไฟสามารถใช้ได้กับแรงดันกระแสไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์ โดยฮีตเตอร์ ที่ใช้งานจะเป็นฮีตเตอร์ท่อกลมนำมาตัดให้เป็นตัวยู ดังรูปที่ 3.12 จำนวน 3 แห่ง ขนาดอยู่ที่ L1 เท่ากับ 16 เซนติเมตร A เท่ากับ 30 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.13 มีขนาด 220 โวลต์ 1200 วัตต์ ต่อ ฮีตเตอร์หนึ่งแห่ง ดังนั้นฮีตเตอร์ 3 แห่ง จึงได้กำลังไฟฟ้าฟารวม 3600 วัตต์ 16.3 แอมป์



รูปที่ 3.12 ฮีตเตอร์ท่อกลมตัดเป็นตัวยู (U)

(ที่มา : <https://www.supremelines.co.th>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ขนาดของฮีตเตอร์

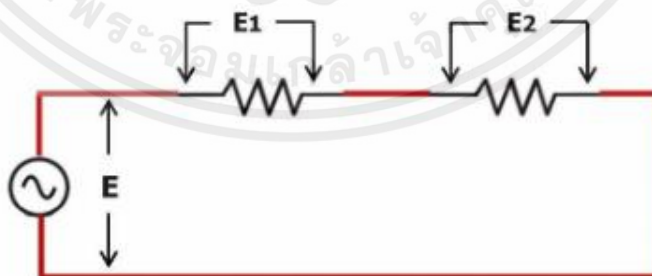
(ที่มา : <https://www.supremelines.co.th>)

การต่อใช้งานฮีตเตอร์ให้เหมาะกับงานในภาคอุตสาหกรรมฯ โดยระบบไฟฟ้าที่นำมาใช้กันส่วนใหญ่จะเป็น

- ระบบ 1 เฟส จะมี 2 สาย คือ สายไลน์และสายนิวทรัล แรงดันไฟฟ้า 220 ถึง 230 โวลต์

- ระบบ 3 เฟส จะมี 4 สาย คือ สายไลน์ 3 สาย และสายนิวทรัล 1 สาย มีแรงดันไฟระหว่างไลน์ 380 ถึง 400 โวลต์ และแรงดันไฟระหว่างสายไลน์กับนิวทรัล 220 ถึง 230 โวลต์ ซึ่งการต่อใช้งานฮีตเตอร์ โดยทั่วไปก็จะต่อในลักษณะดังนี้

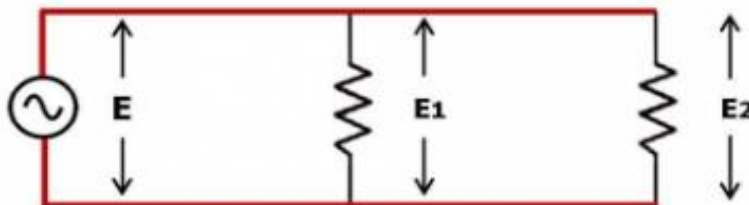
การต่อฮีตเตอร์แบบอนุกรม (1 เฟส) แรงดัน (E) ; $E = E_1 + E_2 + \dots + E_n$ (ที่ความต้านทานเท่ากัน) ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การต่อฮีตเตอร์แบบอนุกรม

(ที่มา : <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=106>)

การต่อฮีตเตอร์แบบขนาน (1 เฟส) แรงดัน (E) ; $E = E_1 = E_2 \dots\dots\dots E_n$ (แรงดันตกคร่อมแต่ละตัวจะเท่ากัน) ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การต่อฮีตเตอร์แบบขนาน

(ที่มา : <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=106>)

ซึ่งการต่อฮีตเตอร์ในลักษณะต่างๆ แรงดันตกคร่อมตัวฮีตเตอร์อาจไม่เท่ากัน การจะต่อใช้งานต้องทราบว่าผู้สั่ง หรือผู้ผลิต สั่งผลิตฮีตเตอร์ที่แรงดันตกคร่อมตัวฮีตเตอร์เป็นเท่าไร ซึ่งมีผลโดยตรงต่อความต้านทานของฮีตเตอร์ (ลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูง) และกำลังวัตต์ที่ได้ โดยสูตรการคำนวณกฎของโอห์ม ดังรูปที่ 3.16

กฎของโอห์ม ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ ความต่างศักย์ไฟฟ้า และ กระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน กล่าวคือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำใดๆ แปรผันโดยตรงกับความต่างศักย์ (แรงดันไฟฟ้า หรือแรงดันตกคร่อม) (คือกระแสมีค่ามากหรือน้อยตามความต่างศักย์นั้น) เขียนเป็นสมการได้ว่า เขียนได้เป็นสมการที่ 3.1

$$I \propto V \quad (3.1)$$

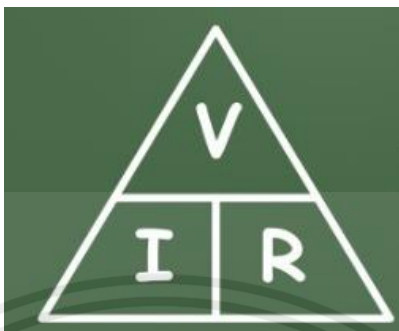
และกระแสไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความต้านทานระหว่างสองจุดนั้น(คือถ้าความต้านทานมากจะทำให้กระแสไหลผ่านน้อย, ถ้าความต้านทานน้อยจะทำให้มีกระแสมาก) เขียนเป็นสมการที่ 3.2

$$I \propto 1 / R \quad (3.2)$$

นำสมการที่ 3.1 และ 3.2 มารวมกัน สามารถเขียนเขียนได้ดังสมการที่ 3.3

$$I = V / R \quad (3.3)$$

- โดย V คือ ค่าความต่างศักย์ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 I คือ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ในวงจร มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)
 R คือ ความต้านทานในวงจร มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)



รูปที่ 3.16 กฎของโอห์ม
 (ที่มา : <https://tuemaster.com>)

โดยในเครื่องอย่างปลาดุกกึ่งอัตโนมัติใช้ฮีตเตอร์แบบท่อกลมตัดด้วยจำนวน 3 แท่งขนาดอยู่ที่ 16*30 เซนติเมตร ไฟกระแสสลับ 220 โวลต์กำลังไฟฟ้า 1200 วัตต์ ต่อฮีตเตอร์หนึ่งแท่ง ใช้ทั้งหมด 3 แท่งต่อแบบขนานการต่อแบบขนานชั่วคราวเดียวกันต่อกัน บวกต่อกับบวก ลบต่อกับลบ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ กระแสฟ้าจะสูงขึ้น

การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า, แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า โดยในการคำนวณนั้นสามารถที่จะทำการคำนวณ หรือกลับค่า การคำนวณได้โดยสมการที่ 3.4, 3.5 และ 3.6

การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากการนำค่าแรงดันฟ้า คูณด้วยค่ากระแสฟ้า ดังสมการที่ 3.4

$$P = V * I \quad (3.4)$$

การคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากการนำค่ากำลังไฟฟ้า หารด้วยค่ากระแสฟ้า ดังสมการที่ 3.5

$$V = P / I \quad (3.5)$$

การคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากการนำค่ากำลังไฟฟ้า หารด้วยค่าแรงดันไฟฟ้า ดังสมการที่ 3.6

$$I = P / V \quad (3.6)$$

- เมื่อ V คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)
 I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมป์ (A)
 P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

ตัวอย่างการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า สามารถหาค่าได้จากสมการที่ 3.6

จากสมการที่ 3.6 $I = P / V$
 แทนค่าในสมการที่ 3.6 $I = 1200 / 220$
 $I = 5.45$ แอมป์

การคำนวณหาค่าความต้านทานจากขดลวดแต่ละขด สามารถหาได้จากการนำแรงดันไฟฟ้ายกกำลังสอง หารด้วยกำลังไฟฟ้า จะได้ค่าความต้านทานออกมดั่งสมการที่ 3.7

$$R = V^2 / P \quad (3.7)$$

- เมื่อ R คือ ความต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)
 V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

จากสมการที่ 3.7 $R = V^2 / P$
 แทนค่าในสมการที่ 3.7 $R = 220^2 / 1200$
 $R = 40.33$ โอห์ม

ดังนั้น ค่าความต้านทานของขดลวดแต่ละขดที่กำลังไฟฟ้า 1200 วัตต์ จะเท่ากับ 40.33 โอห์ม

3.4.5 ระบบมอเตอร์

มอเตอร์ปัดน้ำฝนกระแสดตรง 12 โวลต์ ความเร็วรอบ 40 ถึง 150 RPM กินกระแสต่ำสุด 1 แอมป์ และกินกระแสสูงสุด 6.5 แอมป์ 50 วัตต์ โดยสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ได้จากสมการที่ 3.6

จากสมการที่ 3.6 $I = P / V$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าสมการที่ 3.7

$$I = 50 / 12$$

$$I = 4.16 \text{ แอมป์}$$

การหากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์สามารถหาได้จากสมการที่ 3.8

$$P = V \times I \times \text{Eff.} \quad (3.8)$$

$$P = 12 \times 4.16 \times 0.85$$

$$P = 42.43 \text{ วัตต์}$$

เมื่อ I = กระแสมอเตอร์

V = แรงดันไฟฟ้า

P = กำลังไฟฟ้า

Eff. = ประสิทธิภาพมอเตอร์ (มีค่า 0.85)

ดังนั้นมอเตอร์ปัดน้ำฝนกระแสดตรง 12 โวลต์ มีกำลังไฟฟ้า 42.43 วัตต์

3.4.6 การหาอัตราทดของเฟืองตรง

ในการออกแบบชุดเฟืองขับโซ่ จะใช้สเตอร์หน้ารถมอเตอร์ไซค์ขนาด 14 ฟัน เบอร์ 428 และ 420 จำนวน 10 ซี่น และชุดโซสเตอร์ เบอร์ 428 มีข้อต่อ 106 ข้อ จำนวน 3 ชุด ซึ่งทฤษฎีอัตราทดของเฟือง มีดังนี้

อัตราทดของเฟือง คือ สัดส่วนระหว่างเฟือง 2 ตัว ขึ้นไปที่ส่งกำลังถึงกัน ซึ่งเฟืองตัวหนึ่งจะเป็นตัวขับและอีกเฟืองตัวจะเป็นตัวตาม โดยที่การเคลื่อนที่ของเฟืองทั้งสองจะมีทิศทางที่ตรงกันข้ามกัน เช่น เฟืองขับจะหมุนตามเข็มนาฬิกา ส่วนเฟืองตามจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา

เฟืองขับและเฟืองตาม จะมีความเร็วรอบและจำนวนฟันเฟืองที่ต่างกัน ซึ่งตัวไหนจะมากกว่าหรือน้อยกว่าก็ขึ้นอยู่กับความต้องการที่ปลายทางว่าต้องการ เพิ่มหรือลดความเร็ว โดยเฟืองขับและเฟืองตามจะมีความสัมพันธ์ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 3.9 และ 3.10

$$z_1 n_1 = z_2 n_2 \quad (3.9)$$

$$i = n_1 / n_2 = z_2 / z_1 \quad (3.10)$$

เมื่อ i = อัตราทด

n_1 = ความเร็วรอบของเฟืองขับ (รอบ/นาที)

n_2 = ความเร็วรอบของเฟืองตาม (รอบ/นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$z_1 =$ จำนวนฟันของเฟืองขับ (ฟัน)

$z_2 =$ จำนวนฟันของเฟืองตาม (ฟัน)

เมื่อความเร็วรอบของเฟืองขับและเฟืองตามเท่ากัน ดังสมการที่ 3.9 และ 3.10 ตามลำดับ จะได้ว่าเฟืองขับมีจำนวน 14 ฟัน หมุนด้วยความเร็วรอบ 25 รอบต่อนาที และเฟืองตามมี 14 ฟัน ซึ่งจะหาอัตราทดของเฟืองตามได้ดังสมการที่ 3.11

$$i = z_2/z_1 \quad (3.11)$$

แทนค่าลงในสมการ $i = 14/14$
 $= 1/1$ อัตราทดคือ 1 : 1

การหาความเร็วรอบของเฟืองตาม ดังสมการที่ 3.12

$$i = n_1/n_2 \quad (3.12)$$

แทนค่าลงในสมการ $1/1 = 25/n_2$

$$1 \times n_2 = 25 \times 1$$

$$N_2 = 25 \times 1/1$$

ความเร็วรอบของเฟืองตาม = 25 รอบ/นาที

เมื่อ $i =$ อัตราทด

$$n_1 = 25 \text{ (รอบ/นาที)}$$

$$n_2 = \text{ความเร็วรอบของเฟืองตาม (รอบ/นาที)}$$

$$z_1 = 14 \text{ (ฟัน)}$$

$$z_2 = 14 \text{ (ฟัน)}$$

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติซึ่งประกอบไปด้วย การทดลองเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ การทดลองโหลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนัก การทดลองการทำงานของมอเตอร์ การทดลองอย่างปลา 3 ขนาด การทดลองอย่างปลาในแต่ละโหมด การทดลองการควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ในการทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์ จะใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เป็นตัววัดอุณหภูมิภายในเตาอย่างปลา และใช้ตัวเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลสำหรับอาหารในท้องตลาดทั่วไปมาทำการเปรียบเทียบความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิความร้อน อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple Type K)



รูปที่ 4.2 เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลสำหรับอาหาร
(ที่มา: <https://www.ponpe.com>)

4.1.1 ขั้นตอนการทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

1. เสียบปลั๊กของเครื่อง กดสวิทช์เลือกโหมดที่ 1
2. กดสวิทช์เริ่มการทำงานของฮีตเตอร์
3. นำเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอลสำหรับอาหารไปยังตำแหน่งเดียวกับตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เพื่อวัดอุณหภูมิความร้อนภายในเขาย่างในรูปที่ 4.3, 4.4, 4.5, และ 4.6 ที่ระยะเวลาต่างๆ บันทึกผลลงในตารางที่ 4.1
4. นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.1 หาเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด

4.1.2 ผลการทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

การทดลองมีลักษณะ ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบขณะที่อุณหภูมิปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 จอแอลซีดีแสดงผลเปรียบเทียบขณะที่อุณหภูมิปกติ



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที



รูปที่ 4.6 จอแอลซีดีแสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

เวลา (นาที)	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (°C)	เทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอล (°C)	ค่าความ ผิดพลาด (%)
5	53.0	53.4	0.74
10	68.3	68.6	0.43
15	83.1	83.4	0.35
20	98.3	98.7	0.40
25	113.0	113.2	0.17

จากตารางการทดลองที่ 4.1 พบว่าขณะที่เปิดเครื่องให้ฮีตเตอร์ทำงานหลังจาก 5, 10, 15, 20 และ 25 นาทีความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.17 เปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากที่สุดอยู่ที่ 0.74 เปอร์เซ็นต์ปรากฏว่ามีความผิดพลาดใกล้เคียงกับเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลสำหรับอาหารในท้องตลาดทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิความร้อน

4.2 การทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์เซนเซอร์ในการชั่งน้ำหนัก

ในการทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์ จะใช้เซนเซอร์โพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาแต่ละขนาด โดยมีขนาดเล็ก 1 ถึง 1.9 ชีด ขนาดกลาง 2 ถึง 2.9 ชีด และขนาดใหญ่ 3 ชีดขึ้นไป และใช้ตัวเครื่องชั่งแบบดิจิตอลตามท้องตลาดทั่วไปมาทำการเปรียบเทียบความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักปลาแต่ละขนาด อุปกรณ์ที่ใช้ แสดงดังรูปที่ 4.7 และ 4.8



รูปที่ 4.7 เซนเซอร์โพลดเซลล์

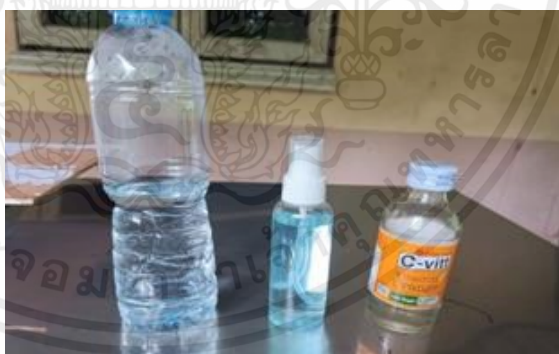


รูปที่ 4.8 ตัวเครื่องชั่งแบบดิจิตอลในห้องตลาดทั่วไป

(ที่มา: <https://telecorsa.com/Telecorsa>)

4.2.1 ขั้นตอนการทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนัก

1. เสียบปลั๊กของเครื่อง
2. นำปลาแต่ละขนาดโดยมีขนาดเล็ก 1 ถึง 1.9 ซีด ขนาดกลาง 2 ถึง 2.9 ซีด และขนาดใหญ่ 3 ซีดขึ้นไป มาชั่งบนเซนเซอร์โพลดเซลล์ ขนาดละ 7 ครั้ง และชั่งบนเครื่องชั่งแบบดิจิตอลในห้องตลาดทั่วไป บันทึกผลลงในตารางที่ 4.2, 4.3, และ 4.4 ตามลำดับ
3. ในการทดลองครั้งนี้ ปลาที่ใช้ในการทดลองชั่งน้ำหนักแต่ละขนาดจะใช้ขวดน้ำแทน ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ขวดน้ำที่นำมาชั่งน้ำหนักแทนน้ำหนักปลา

4. นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.2, 4.3, และ 4.4 หาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากสมการที่ 4.1

$$\text{ค่าความผิดพลาด} = \frac{(|\text{ค่าจริง} - \text{ค่าประมาณ}|)}{\text{ค่าจริง}} \times 100 \quad (4.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล (ขนาดเล็ก)



รูปที่ 4.11 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเซนเซอร์โหลดเซลล์ (ขนาดเล็ก)



รูปที่ 4.12 หน้าจอแอลซีดีแสดงผลน้ำหนัก (ขนาดเล็ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดเล็ก

ครั้งที่	เซนเซอร์โพลดเซลล์ (Kg)	เครื่องชั่งแบบดิจิทัล (Kg)	ค่าความผิดพลาด (%)
1	0.1	0.1	0
2	0.1	0.1	0
3	0.1	0.1	0
4	0.1	0.1	0
5	0.1	0.1	0
6	0.1	0.1	0
7	0.1	0.1	0

จากตารางการทดลองที่ 4.2 การชั่งน้ำหนักปลาขนาดเล็กจำนวน 7 ครั้ง ความแม่นยำของเซนเซอร์โพลดเซลล์มีค่าเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด น้อยที่สุดอยู่ที่ 0 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากที่สุดอยู่ที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ปรากฏว่ามีความผิดพลาดใกล้เคียงกับเครื่องชั่งแบบดิจิทัลในท้องตลาดทั่วไปเมื่อทำการเปรียบเทียบความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดเล็กขนาด 1 ถึง 1.9 ซีด

4.2.2 ผลการทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดกลาง

การทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4.13, 4.14 และ 4.15 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.13 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิทัล (ขนาดกลาง)



รูปที่ 4.14 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเซนเซอร์โหลดเซลล์ (ขนาดกลาง)



รูปที่ 4.15 หน้าจอแอลซีดีแสดงผลน้ำหนัก (ขนาดกลาง)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองความแม่นยำของโหลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดกลาง

ครั้งที่	เซนเซอร์โหลดเซลล์ (Kg)	เครื่องชั่งแบบดิจิทัล (Kg)	ค่าความผิดพลาด (%)
1	0.2	0.20	0
2	0.2	0.20	0
3	0.2	0.20	0
4	0.2	0.20	0
5	0.2	0.20	0
6	0.2	0.20	0
7	0.2	0.20	0

จากตารางการทดลองที่ 4.3 การชั่งน้ำหนักปลาขนาดกลางจำนวน 7 ครั้งความแม่นยำของเซนเซอร์โหลดเซลล์มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยที่สุดอยู่ที่ 0 เปอร์เซ็นต์และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากที่สุดอยู่ที่ 0 เปอร์เซ็นต์ปรากฏว่ามีความผิดพลาดใกล้เคียงกับเครื่องชั่งแบบดิจิทัลในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องตลาดทั่วไป เมื่อทำกาเปรียบเทียบความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดกลางขนาด 2 ถึง 2.9 ขีด

4.2.3 ผลการทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดใหญ่

การทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4.16, 4.17 และ 4.18 ได้ผลการทดลองดังตารางที่

4.4



รูปที่ 4.16 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิทัล (ขนาดใหญ่)



รูปที่ 4.17 ทดลองชั่งน้ำหนักด้วยเซนเซอร์โพลดเซลล์ (ขนาดใหญ่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 หน้าจอแอลซีดีแสดงผลน้ำหนัก (ขนาดใหญ่)

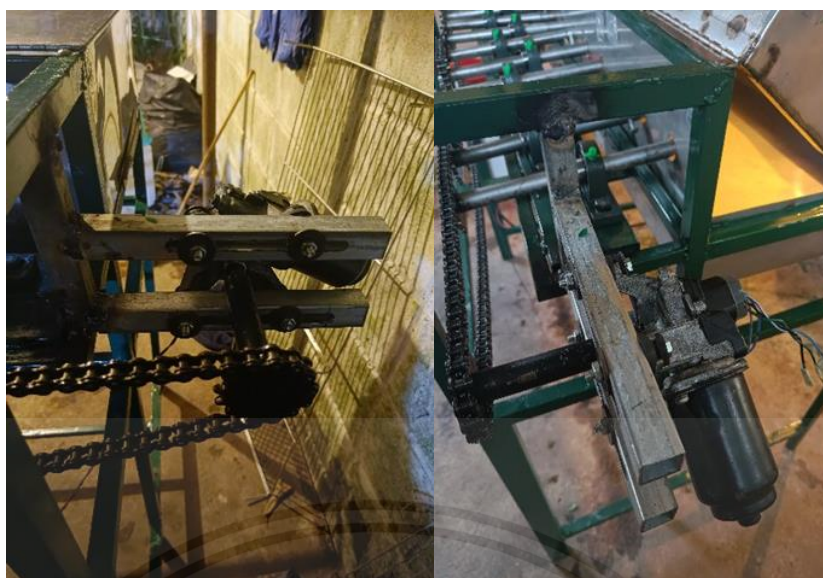
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดใหญ่

ครั้งที่	เซนเซอร์โพลดเซลล์ (Kg)	เครื่องชั่งแบบดิจิตอล (Kg)	ค่าความผิดพลาด (%)
1	0.3	0.3	0
2	0.3	0.3	0
3	0.3	0.3	0
4	0.3	0.3	0
5	0.3	0.3	0
6	0.3	0.3	0
7	0.3	0.3	0

จากตารางการทดลองที่ 4.4 จากการชั่งน้ำหนักปลาขนาดใหญ่จำนวน 7 ครั้ง ความแม่นยำของเซนเซอร์โพลดเซลล์มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยที่สุดอยู่ที่ 0 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากที่สุดอยู่ที่ 0 เปอร์เซ็นต์ ปรากฏว่ามีความผิดพลาดใกล้เคียงกับเครื่องชั่งแบบดิจิตอลในท้องตลาดทั่วไป เมื่อทำการเปรียบเทียบความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักปลาขนาดกลางขนาด 3 ซีดขึ้นไป

4.3 การทดลองการทำงานของมอเตอร์

เป็นการทดสอบการหมุนกลับด้านปลาระหว่างการย่างในแต่ละโหมด ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะถ้าหากมอเตอร์หมุนกลับด้านปลาเร็วเกินไปจะทำให้ภายในเนื้อปลาสุกไม่ทั่วถึง แต่หากมอเตอร์หมุนกลับด้านปลาช้าเกินไปจะทำให้เนื้อปลาไหม้ได้ ชุดมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ชุดมอเตอร์การหมุนกลับด้านปลา

4.3.1 ขั้นตอนการทดลองการทำงานของมอเตอร์

1. เสียบปลั๊กของเครื่อง กดสวิทช์เลือกโหมดตามลำดับที่เซตค่า PWM เอาไว้มีทั้งหมด 3 โหมด โดยโหมดที่ 1 PWM เท่ากับ 220 โหมดที่ 2 PWM เท่ากับ 200 และโหมดที่ 3 PWM เท่ากับ 0

2. กดสวิทช์เปิดเครื่อง มอเตอร์ทำงาน

3. วัดแรงดันและตรวจสอบการทำงาน บันทึกผลลงในตารางที่ 4.5

4.3.2 ผลการทดลองการทำงานของมอเตอร์

ลักษณะการทดลองดังรูปที่ 4.20 และ 4.21 ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.20 การวัดแรงดันของมอเตอร์โหมดที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 การวัดแรงดันของมอเตอร์โหมตที่ 2

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการทำงานของมอเตอร์

โหมต	แรงดันที่ได้ (V)	สถานะมอเตอร์ (ทำงาน/ไม่ทำงาน)	สถานะการหมุน 2 ทิศทาง (ทำงาน/ไม่ทำงาน)
1	8.10	ทำงาน	ทำงาน
2	6.18	ทำงาน	ทำงาน
3	0	ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน

จากตารางการทดลองที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าการทำงานของมอเตอร์ในโหมตที่ 1 PWM เท่ากับ 220 สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ 8.10 โวลต์และโหมตที่ 2 PWM เท่ากับ 200 สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ 6.18 โวลต์ซึ่งสถานะการทำงานของมอเตอร์ และสถานะการหมุน 2 ทิศทาง ทั้งสองโหมตนี้สามารถทำงานได้ ในส่วนของโหมตที่ 3 PWM เท่ากับ 0 สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าได้ 0 โวลต์สถานะการทำงานของมอเตอร์ และสถานะการหมุน 2 ทิศทาง ไม่ทำงาน

4.4 การทดลองอย่างปลา 3 ขนาด

โดยจะเป็นการหาสูตรการอย่างปลา 3 ขนาด โดยมีขนาดเล็ก 1 ถึง 1.9 ซิต ขนาดกลาง 2 ถึง 2.9 ซิต และขนาดใหญ่ 3 ซิตขึ้นไป จะทำการทดสอบเพื่อหาว่าปลาแต่ละขนาดใช้เวลาในการย่างให้สุกกี่นาที อุณหภูมิที่ใช้อยู่ที่เท่าไร โดยก่อนจะทำการทดลองอย่างกับเครื่องอย่างปลาตุ๋กึ่งอัตโนมัติได้ทำการทดลองอย่างโดยใช้ เตาถ่านอั้งโไลในการย่างปลาเป็นเวลา 50 นาทีถึง 1 ชั่วโมงในการย่าง จากนั้นระหว่างการย่างได้นำเทอร์โมมิเตอร์สำหรับอาหารมาวัดอุณหภูมิความร้อนของเตาถ่านอั้งโไล

ซึ่งสามารถวัดได้ 220 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4.22 และตำแหน่งตัวปลาที่ห่างจากถ่านให้ความร้อนในระยะ 6 เซนติเมตร สามารถวัดอุณหภูมิได้ที่ 97 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.22 วัดอุณหภูมิความร้อนของเตาถ่านอั้งโล่



รูปที่ 4.23 วัดอุณหภูมิความร้อนที่ตัวปลา

4.4.1 ขั้นตอนการทดลองอย่างปลา 3 ขนาด

1. เสียบปลั๊กของเครื่อง กดสวิทช์เลือกโหมดที่ 1 โดยจะเซตอุณหภูมิสูงสุดไว้ที่ 220 องศาเซลเซียส เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 220 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำปลามาชั่งน้ำหนักเพื่อแยกปลาขนาดเล็ก 1 ถึง 1.9 ซีต ขนาดกลาง 2 ถึง 2.9 ซีต และขนาดใหญ่ 3 ซีตขึ้น

3. นำปลาที่แยกขนาดตามลำดับการทดลองมาเสียบเข้ากับแกนหมุนปลา

4. กดสวิตช์เริ่มการทำงานของฮีตเตอร์และมอเตอร์

5. จับเวลาการย่างปลา บันทึกผลลงในตารางที่ 4.6, 4.7 และ 4.8

4.4.2 ผลการทดลองย่างปลาขนาดเล็ก

ผลการทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4.24 และ 4.25 บันทึกผลทดลองดังตารางที่ 4.6



รูปที่ 4.24 ปลาขนาดเล็กก่อนการย่างและหลังการย่าง



รูปที่ 4.25 หน้าจอแสดงอุณหภูมิขณะที่ย่างปลาขนาดเล็ก

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองอย่างปลาขนาดเล็ก

ปลาตัวที่	อุณหภูมิที่วัดได้ (C°)	เวลา (นาที)	เนื้อปลา สุก/ไม่สุก
1	214.3	29	สุก
2	218.9	28	สุก
3	219.4	28	สุก
4	217.2	29	สุก
5	218.8	28	สุก
6	215.7	29	สุก
7	218.4	29	สุก
8	219.7	27	สุก
9	214.3	30	สุก
10	215.6	28	สุก
เฉลี่ย	217.2	-	-

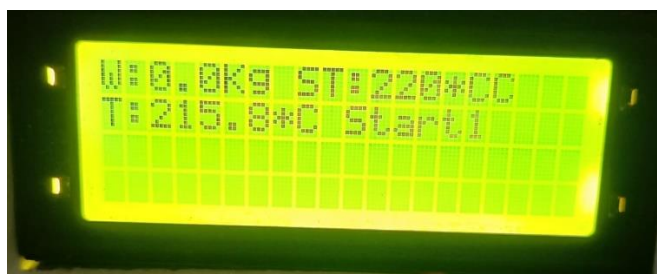
จากตารางการทดลองที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าการย่างปลาขนาดเล็ก 1 ถึง 1.9 ชีด โดยจะเซ็ตอุณหภูมิสูงสุดไว้ที่ 220 องศาเซลเซียส เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 220 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง ผลที่ได้เช่นเซอร์วัดอุณหภูมิสามารถวัดอุณหภูมิขณะที่ปลาสุกได้เฉลี่ยอยู่ที่ 217.2 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการย่างปลาขนาดเล็กให้สุกเฉลี่ยอยู่ที่ 28 นาที

4.4.3 ผลการทดลองอย่างปลาขนาดกลาง

ผลการทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4.26 และ 4.27 บันทึกผลทดลองดังตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.26 ปลาขนาดกลางก่อนการย่าง และหลังการย่าง



รูปที่ 4.27 หน้าจอแสดงอุณหภูมิขณะที่ย่างปลาขนาดกลาง

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองย่างปลาขนาดกลาง

ปลาตัวที่	อุณหภูมิที่วัดได้ (C°)	เวลา (นาที)	เนื้อปลา สุก/ไม่สุก
1	215.8	36	สุก
2	216.4	36	สุก
3	213.2	38	สุก
4	218.1	33	สุก
5	214.7	37	สุก
6	219.2	32	สุก
7	215.3	36	สุก
8	215.7	36	สุก
9	218.1	33	สุก
10	217.3	34	สุก
เฉลี่ย	216.3	-	-

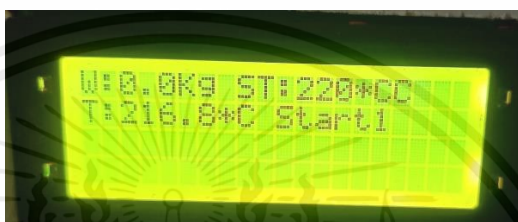
จากตารางการทดลองที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าการย่างปลาขนาดกลาง 2 ถึง 2.9 ชีด โดยจะเซ็ตอุณหภูมิสูงสุดไว้ที่ 220 องศาเซลเซียส เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 220 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง ผลที่ได้ เช่น เซอร์วัตอุณหภูมิ สามารถวัดอุณหภูมิขณะที่ปลาสุกได้เฉลี่ยอยู่ที่ 216.3 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการย่างปลาขนาดกลางให้สุกเฉลี่ยอยู่ที่ 35 นาที

4.4.4 ผลการทดลองย่างปลาขนาดใหญ่

ผลการทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4.28 และ 4.29 บันทึกผลทดลองดังตารางที่ 4.8



รูปที่ 4.28 ปลาขนาดใหญ่ก่อนการย่าง และหลังการย่าง



รูปที่ 4.29 หน้าจอแสดงอุณหภูมิขณะที่ย่างปลาขนาดใหญ่

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองย่างปลาขนาดใหญ่

ปลาตัวที่	อุณหภูมิที่วัดได้ (C°)	เวลา (นาที)	เนื้อปลา สุก/ไม่สุก
1	216.8	39	สุก
2	217.3	37	สุก
3	216.2	39	สุก
4	218.3	37	สุก
5	217.1	40	สุก
6	219.6	37	สุก
7	218.4	37	สุก
8	216.7	39	สุก
9	218.4	37	สุก
10	219.3	36	สุก
เฉลี่ย	217.8	37	สุก

จากตารางการทดลองที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าการย่างปลาขนาดใหญ่ 3 ชีดขึ้นไป โดยจะเซตอุณหภูมิสูงสุดไว้ที่ 220 องศาเซลเซียส เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 220 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับด้านปลา 1 ครั้ง ผลที่ได้ เช่นเซอร์วัดอุณหภูมิ สามารถวัดอุณหภูมิขณะที่ปลาสุกได้เฉลี่ยอยู่ที่ 217.8 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการย่างปลาขนาดกลางให้สุกเฉลี่ยอยู่ที่ 37 นาที

4.5 การทดลองย่างปลาในแต่ละโหมด

ในการย่างจะแบ่งออกเป็น 3 โหมดหลัก คือ โหมดที่ 1 การย่างแบบฉ่ำน้ำ โหมดที่ 2 การย่างแบบหนังกรอบ และโหมดที่ 3 การย่างแบบอบเนกประสงค์หรือการย่างทั่วไป โดยจะเซ็ตอุณหภูมิสูงสุดไว้ที่ 220, 230 และ 200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 220, 200 และ 0 PWM ตามลำดับ และทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง ซึ่งในแต่ละโหมดที่ทดลองย่างจะใช้ปลาขนาดกลางน้ำหนัก 2 ถึง 2.9 ชีด มีลักษณะดังรูปที่ 4.30 โดยจะทดลองจากโหมดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และใช้เนื้อหมูกับกุ้ง ในการทดลองย่างโหมดที่ 3 มีลักษณะดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.30 ปลาขนาดกลาง 2 ชีด ก่อนการย่าง



รูปที่ 4.31 เนื้อหมูและกุ้งก่อนการย่างโหมดที่ 3

4.5.1 ขั้นตอนการทดลองในแต่ละโหมด

1. เสียบปลั๊กของเครื่อง กดสวิตซ์เลือกโหมดที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับการทดลอง
2. นำปลามาชั่งน้ำหนักเพื่อแยกเอาปลาขนาดกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำปลามาเสียบเข้ากับแกนหมุนปลา นำเนื้อหมูและกุ้งวางบนตะแกรงอย่างตามลำดับการทดลอง

4. กดสวิตช์เริ่มการทำงานของฮีตเตอร์และมอเตอร์

5. จับเวลาการย่างปลา เนื้อหมูและกุ้ง บันทึกผลลงในตารางที่ 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 และ 4.13

4.5.2 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 1 แบบฉ่ำน้ำ

การทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4.32, 4.33 และ 4.34 บันทึกผลการทดลองดังตารางที่ 4.9



รูปที่ 4.32 ปลาก่อนการย่าง และขณะกำลังย่างที่เวลา 20 นาที โหมดที่ 1



รูปที่ 4.33 ปลาหลังการย่างโหมดที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 หน้าจอแสดงอุณหภูมิโหมดที่ 1

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 1 แบบฉ่ำน้ำ

ปลาตัวที่	อุณหภูมิที่วัดได้ (C°)	เวลา (นาที)	เนื้อปลา สุก/ไม่สุก	เนื้อปลา ฉ่ำน้ำ/ไม่ฉ่ำน้ำ
1	215.8	36	สุก	ฉ่ำน้ำ
2	217.6	35	สุก	ฉ่ำน้ำ
3	216.8	36	สุก	ฉ่ำน้ำ
4	215.3	36	สุก	ฉ่ำน้ำ
5	219.2	34	สุก	ฉ่ำน้ำ
6	214.4	38	สุก	ฉ่ำน้ำ
7	217.9	36	สุก	ฉ่ำน้ำ
8	216.4	35	สุก	ฉ่ำน้ำ
9	217.3	35	สุก	ฉ่ำน้ำ
10	218.8	34	สุก	ฉ่ำน้ำ
เฉลี่ย	216.9	35	-	-

จากตารางการทดลองที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าการย่างปลาโหมดที่ 1 โดยจะเซ็ตอุณหภูมิสูงสุดไว้ที่ 220 องศาเซลเซียส เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 220 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง ผลที่ได้เช่นเซอร์วัดอุณหภูมิ สามารถวัดอุณหภูมิขณะที่ปลาสุกได้เฉลี่ยอยู่ที่ 216.9 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการย่างปลาให้สุกเฉลี่ยอยู่ที่ 35 นาที และเนื้อปลาฉ่ำน้ำ

4.5.3 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ

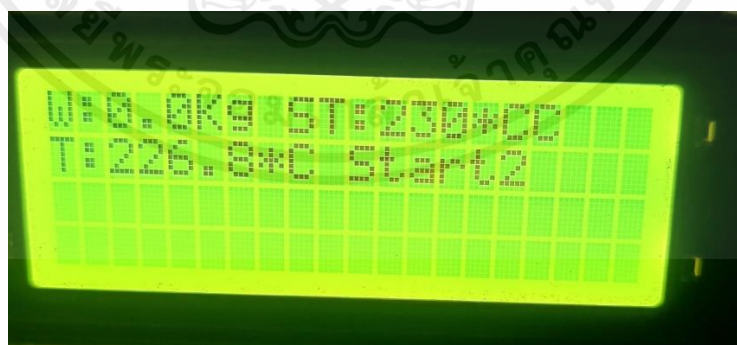
การทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4.35, 4.36 และ 4.37 บันทึกผลดังตารางที่ 4.10



รูปที่ 4.35 ปลาก่อนการย่าง และขณะกำลังย่างที่เวลา 20 นาที โหมดที่ 2



รูปที่ 4.36 ปลาหลังการย่างโหมดที่ 2



รูปที่ 4.37 หน้าจอแสดงอุณหภูมิโหมดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ

ปลาตัวที่	อุณหภูมิที่วัดได้ (C°)	เวลา (นาที)	เนื้อปลา สุก/ไม่สุก	หนังกรอบ/ไม่กรอบ
1	226.8	40	สุก	ไม่กรอบ
2	227.9	40	สุก	ไม่กรอบ
3	226.3	39	สุก	ไม่กรอบ
4	228.5	38	สุก	ไม่กรอบ
5	224.3	41	สุก	ไม่กรอบ
6	227.9	40	สุก	ไม่กรอบ
7	228.3	38	สุก	ไม่กรอบ
8	226.4	40	สุก	ไม่กรอบ
9	224.7	42	สุก	ไม่กรอบ
10	227.3	40	สุก	ไม่กรอบ
เฉลี่ย	226.8	39	-	-

จากตารางการทดลองที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าการย่างปลาโหมดที่ 2 โดยจะเซ็ตอุณหภูมิสูงสุดไว้ที่ 230 องศาเซลเซียส เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 200 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง ผลที่ได้ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิสามารถวัดอุณหภูมิขณะที่ปลาสุกได้เฉลี่ยอยู่ที่ 226.8 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการย่างปลาให้สุกเฉลี่ยอยู่ที่ 39 นาที แต่หนังปลายังไม่กรอบ

4.5.4 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ (เพิ่มเติม 1)

เนื่องจากการย่างปลาโหมดที่ 2 ไม่สามารถย่างให้หนังปลากรอบได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำการทดลองโหมดหนังกรอบเพิ่ม ซึ่งการย่างโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 1) คือ การย่างจากอุณหภูมิต่ำที่ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นปรับเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่ 230 องศาเซลเซียส เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 200 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง ลักษณะการทดลองดังรูปที่ 4.38, 4.39, 4.40, และ 4.41 บันทึกผลทดลองดังตารางที่ 4.11



รูปที่ 4.38 ลักษณะของปลาขณะย่างที่เวลา 20 นาทีแรกโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 1)



รูปที่ 4.39 หน้าจอแสดงอุณหภูมิโหมดที่ 2 ขณะย่างที่เวลา 20 นาทีแรก



รูปที่ 4.40 ลักษณะของปลาขณะย่าง 40 นาที การย่างโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 หน้าจอแสดงอุณหภูมิโหมดที่ 2 ขณะย่างที่เวลา 40 นาที

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองย่างโหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ (เพิ่มเติม 1)

ปลาตัวที่	อุณหภูมิวัดที่ได้ (C°)	เวลา (นาที)	เนื้อปลา สุก/ไม่สุก	หนังกรอบ/ไม่กรอบ
1	227	40	สุก	หนังไม่กรอบ

จากตารางการทดลองที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าการย่างโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 1) คือ การย่างจากอุณหภูมิต่ำที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นปรับเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่ 230 องศาเซลเซียส เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 200 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง ผลที่ได้ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ สามารถวัดอุณหภูมิขณะปลาสุกได้ที่ 227 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการย่างปลาโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 1) ให้สุกอยู่ที่ 40 นาที แต่หนังปลายังไม่กรอบ

4.5.5 ผลการทดลองย่างโหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ (เพิ่มเติม 2)

เนื่องจากการย่างปลาโหมดที่ 2 ไม่สามารถย่างให้หนังปลากรอบได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำการทดลองโหมดหนังกรอบเพิ่ม ซึ่งการย่างโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 2) คือ การย่างที่เซ็ตอุณหภูมิสูงสุดของเครื่อง 250 องศาเซลเซียส ตลอดการย่างจนปลาสุก เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 200 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง ลักษณะการทดลองดังรูปที่ 4.42, 4.43 และ 4.44 บันทึกผลทดลองดังตารางที่ 4.12



รูปที่ 4.42 ลักษณะของปลาก่อนการย่าง และขณะกำลังย่างโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.43 ลักษณะของปลาหลังการย่างโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 2)



รูปที่ 4.44 หน้าจอแสดงอุณหภูมิโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 2)

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ (เพิ่มเติม 2)

ปลาตัวที่	อุณหภูมิที่วัดได้ (C°)	เวลา (นาที)	เนื้อปลา สุก/ไม่สุก	หนังกรอบ/ไม่กรอบ
1	243	40	สุก	หนังกรอบ

จากตารางการทดลองที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าการย่างโหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 2) คือ การย่างที่เซตอุณหภูมิสูงที่สุดของเครื่อง 250 องศาเซลเซียส ตลอดการย่างจนปลาสุก เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 200 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง ผลที่ได้ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ สามารถวัดอุณหภูมิขณะปลาสุกได้ที่ 243 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการย่างปลาให้สุกอยู่ที่ 40 นาที สามารถย่างให้หนังปลากรอบได้ปานกลาง แต่ผิวไหม้เล็กน้อย

4.5.6 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 3 แบบอบเนกประสงค์

การทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4.45 และ 4.46 บันทึกผลการทดลองดังตารางที่ 4.13



รูปที่ 4.45 เนื้อหมูและกุ้งก่อนการย่าง



รูปที่ 4.46 เนื้อหมูและกุ้งหลังการย่าง

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองอย่างโหมดที่ 3 แบบอเนกประสงค์

วัตถุดิบที่ใช้	อุณหภูมิที่วัดได้ (C°)	เวลา (นาที)	สุก/ไม่สุก
หมู	198.4	32	สุก
กุ้ง	119.7	10	สุก

จากตารางการทดลองที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าการย่างโหมดที่ 3 นั้นแตกต่างจากโหมดอื่นๆ ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้วัตถุดิบ คือ เนื้อหมูและกุ้ง เพื่อทำการทดสอบการย่างโหมดอเนกประสงค์โดยอุณหภูมิที่เซตไว้คือ 200 องศาเซลเซียส เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 0 PWM มอเตอร์จะไม่ทำงาน ผลที่ได้เห็นเซอร์วัดอุณหภูมิ สามารถวัดอุณหภูมิขณะที่หมูสุกได้ที่ 198.4 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างเนื้อหมูให้สุกอยู่ที่ 32 นาที และสามารถวัดอุณหภูมิขณะที่กึ่งสุกได้ที่ 119.7 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการย่างกึ่งให้สุกอยู่ที่ 10 นาที

4.6 การทดลองการควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์

โดยการทดสอบควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ก็จะทำการเซตค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นถ้าอุณหภูมียังน้อยกว่า 50 องศาเซลเซียส แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ จากวงจรก็ยังจ่ายไปยังฮีตเตอร์ปกติ หลังจากนั้นรอนจนกว่าตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิภายในเตาย่างวัดค่าได้เกินกว่าหรือเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส ที่ได้เซตค่าไว้ก็จะส่งค่าไปยัง อาคิโน เพื่อประมวลผล จากนั้นจะหยุดจ่ายไฟเข้าตัวไทรแอกในวงจรซีโรครอสซึ่ง ทำให้ไม่มีไฟจ่ายไปยังฮีตเตอร์ ฮีตเตอร์ก็จะหยุดทำงาน อุณหภูมิก็จะลดลงมาต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส อีกครั้ง ดังรูป 4.47, 4.48, 4.49, และ 4.50



รูปที่ 4.47 เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่เซตไว้



รูปที่ 4.48 จอแสดงผลอุณหภูมิต่ำกว่าที่เซตไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.49 เมื่ออุณหภูมิถึงค่าที่เซตไว้



รูปที่ 4.50 จอแสดงผลอุณหภูมิถึงค่าที่เซตไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุปและข้อเสนอแนะ ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรคในการ ทำงาน ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ไขปัญหา

5.1 สรุปผลการทดลองเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ

5.1.1 การทดลองอย่างปลา 3 ขนาด

จากผลการทดลองพบว่าการหาสูตรการอย่างปลา 3 ขนาด โดยมีขนาดเล็ก 1 ถึง 1.9 ซีด ขนาดกลาง 2 ถึง 2.9 ซีด และขนาดใหญ่ 3 ซีดขึ้นไป จะทำการทดสอบเพื่อหาว่าปลาแต่ละขนาด ใช้เวลาในการอย่างให้สุกกี่นาที อุณหภูมิที่ใช้อยู่ที่เท่าไร โดยก่อนจะทำการอย่างกับเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติได้ทำการทดลองอย่างโดยใช้ เตาถ่านอั้งโล่ในการอย่างปลาเป็นเวลา 50 นาที ถึง 1 ชั่วโมงในการอย่าง จากนั้นระหว่างการอย่างได้นำเทอร์โมมิเตอร์สำหรับอาหารมาวัดอุณหภูมิความร้อนของเตาถ่านอั้งโล่ ซึ่งสามารถวัดได้ 220 องศาเซลเซียส และตำแหน่งตัวปลาที่ห่างจากถ่านให้ความร้อนในระยะ 6 เซนติเมตร สามารถวัดอุณหภูมิได้ที่ 97 องศาเซลเซียส

จากผลการทดลองในการอย่างปลาทั้ง 3 ขนาด มีดังนี้

ปลาขนาดเล็ก สามารถวัดอุณหภูมิขณะที่ปลาสุกได้เฉลี่ยอยู่ที่ 217.2 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการอย่างปลาขนาดเล็กให้สุกเฉลี่ยอยู่ที่ 28 นาที

ปลาขนาดกลาง สามารถวัดอุณหภูมิขณะที่ปลาสุกได้เฉลี่ยอยู่ที่ 216.3 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการอย่างปลาขนาดกลางให้สุกเฉลี่ยอยู่ที่ 35 นาที

ปลาขนาดใหญ่ 3 สามารถวัดอุณหภูมิขณะที่ปลาสุกได้เฉลี่ยอยู่ที่ 217.8 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการอย่างปลาขนาดกลางให้สุกเฉลี่ยอยู่ที่ 37 นาที

5.1.2 การทดลองอย่างปลาในแต่ละโหมด

จากผลการทดลองโหมดที่ 1 แบบฉ่ำ สามารถวัดอุณหภูมิขณะที่ปลาสุกได้เฉลี่ยอยู่ที่ 216.9 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอย่างปลาให้สุกเฉลี่ยอยู่ที่ 35 นาที และเนื้อปลานุ่มน้ำ

โหมดที่ 2 (เพิ่มเติม 2) คือ การอย่างที่เซ็ตอุณหภูมิสูงที่สุดของเครื่อง 250 องศาเซลเซียส ตลอดการอย่างจนปลาสุก เซ็ตค่ามอเตอร์อยู่ที่ 200 PWM ทุกๆ 10 วินาที มอเตอร์จะหมุนกลับด้านปลา 1 ครั้ง ผลที่ได้ เซ็นเซอร์เทอร์โมคัปเปิล ไทเค สามารถวัดอุณหภูมิขณะที่ปลาสุกได้ที่ 243 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการอย่างปลาให้สุกอยู่ที่ 40 นาที สามารถอย่างให้หนังปลารอบได้ปานกลาง แต่ผิวใหม่เล็กน้อย

โหมดที่ 3 แบบอนเนกประสงค์ สามารถวัดอุณหภูมิขณะต้มสุกได้ที่ 198.4 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการย่างเนื้อหมูให้สุกอยู่ที่ 32 นาที และสามารถวัดอุณหภูมิขณะกึ่งสุกได้ที่ 119.7 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการย่างกึ่งให้สุกอยู่ที่ 10 นาที

5.1.3 การทดลองความแม่นยำของโพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนัก

จากผลการทดลองพบว่าความแม่นยำของเซนเซอร์ ในการชั่งน้ำหนักปลาแต่ละขนาดมีเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดอยู่ที่ 0 เปอร์เซ็นต์ เพราะตัวเซนเซอร์โพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักปลาใช้เทคนิคหนึ่งตำแหน่ง

5.1.4 การทดลองการควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์

จากผลการทดลองพบว่าในการทดสอบควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์นั้น สามารถทำได้โดยเมื่อเซนเซอร์วัดอุณหภูมิวัดค่าความร้อนภายในเตาอย่างยังไม่ถึงที่เซตอุณหภูมิไว้ ฮีตเตอร์ก็จะทำงานตามปกติ แต่ถ้าเซนเซอร์วัดอุณหภูมิวัดค่าอุณหภูมิภายในเตาอย่างได้สูงเกินกว่าที่เซตอุณหภูมิไว้ ฮีตเตอร์ก็จะหยุดทำงาน รอจนกว่าอุณหภูมิจะลดลงมาต่ำกว่าที่เซตไว้ ฮีตเตอร์ก็จะทำงานอีกครั้ง

5.1.5 การทดลองการทำงานของมอเตอร์

จากผลการทดลองพบว่าการทำงานของมอเตอร์ค่า PWM ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงระหว่าง 204 ถึง 255 PWM การทดลองจะทราบว่าถ้าใช้ค่าต่ำกว่านี้มอเตอร์จะทำงานแต่หมุนด้วยความเร็วที่ช้าไม่สามารถขับเฟืองโซ่หมุนกลับด้านปลาได้ และหากเลือก ค่า PWM อยู่ในช่วง 204 ถึง 255 PWM ละก็สามารถทำงานขับเฟืองโซ่กลับด้านปลาได้ปกติ

5.1.6 การทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

จากผลการทดลองความแม่นยำของเซนเซอร์ จะใช้ตัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เป็นตัววัดอุณหภูมิภายในเตาอย่างปลา และใช้ตัวเทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลสำหรับอาหารในห้องตลาดทั่วไป มาทำการเปรียบเทียบความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิความร้อน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.17 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากที่สุดอยู่ที่ 0.74 เปอร์เซ็นต์

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. เซนเซอร์โพลดเซลล์เสียหายได้ง่าย
2. การย่างโหมดที่ 2 แบบหนังกรอบ เนื่องจากปลาถูกเป็นปลาที่มีไขมันมากและมีหนังที่บาง ทำให้ในการย่างเพื่อให้หนังกรอบเป็นไปได้ยาก
3. ความเร็วของมอเตอร์ถ้าหากใช้ค่า PWM ที่ต่ำมอเตอร์จะไม่สามารถขับเคลื่อนชุดหมุนได้
4. ในการเจาะรูสแตนเลสเพื่อติดตั้งแกนหมุนปลาและฮีตเตอร์ทำได้ยาก เนื่องจากสแตนเลสมีความแข็งและเหนียว ซึ่งต้องใช้เวลาในการเจาะเป็นเวลานาน
5. ในขั้นตอนการเชื่อมโครงสร้างชุดแกนหมุนปลา มีความผิดพลาดทำให้ชุดแกนหมุนปลาไม่ค่อยตรง

5.3 ข้อเสนอแนะและวิธีการแก้ปัญหา

1. ควรตรวจเช็คอุปกรณ์ก่อนนำมาใช้งาน
2. การย่นในโหมดที่ 2 แบบหนึ่งกรอบ ใช้อุณหภูมิสูงสุดของเครื่องอยู่ที่ 250 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการย่นเป็นเวลา 40 นาที ปรากฏว่าผลที่ได้คือหนังปลากรอบแต่กรอบไม่มาก
3. ความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้ควรจะอยู่ในช่วง 204 ถึง 255 PWM ซึ่งมอเตอร์สามารถขับเคลื่อนชุดหมุนปลาได้
4. ในการเจาะรูสแตนเลสเพื่อติดตั้งแกนหมุนปลาและฮีตเตอร์ ควรจะใช้ดอกสว่านสำหรับเจาะสแตนเลสโดยเฉพาะ
5. ในขั้นตอนการเชื่อมโครงสร้างชุดแกนหมุนปลา ควรที่จะวัดด้วยระดับน้ำ



เอกสารอ้างอิง

- [1] รศ.สุนันท์ ศรัณยนิติก, การถ่ายเทความร้อน, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.
- [2] “การสร้างความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: <https://www.pomew.com/blog/heater/how-do-heater-work>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2564.
- [3] “ฮีตเตอร์ (Heater)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: <https://sa-thai.com/ฮีตเตอร์heater-คืออะไร>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2564.
- [4] ผศ.ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2548.
- [5] “บอร์ดขับมอเตอร์กระแสตรง” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: <https://www.arduino4.com/product/844/btn7960-bts7960-43a-current-limiting-high-power-h-bridge-dc-motor-drive-module-โมดูลขับ-motor-dc>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2564.
- [6] ประภาส พุ่มพวง, การเขียนและการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม Arduino, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2561
- [7] “โหลดเซลล์ (Load Cell Sensor)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: <https://blog.thaieasyelec.com/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module/> เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2564.
- [8] ราวุธ วารินทร์, Arduino UNO พื้นฐานสำหรับงาน IOT, กรุงเทพฯ: Prompt, 2561
- [9] “เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)” (ระบบออนไลน์)
แหล่งที่มา: <https://www.neonics.co.th/thermometers/thermocouple.html>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2564.
- [10] อรพิน ประวัตติบริสุทธิ, คู่มือเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C ฉบับสมบูรณ์, กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2562
- [11] “ปลาตุก” (ระบบออนไลน์) แหล่งที่มา: <https://kaset.todayปลาคูสตูว์และประมง/ปลา/ตุก/>
เข้าถึงครั้งสุดท้าย 22 ธันวาคม 2564.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

//โค้ดควบคุมการทำงานของเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //เรียกใช้ Library ของจอ I2C
#include "Max6675.h"
#include "HX711.h"
Max6675 ts(6, 5, 4); // SO SS CSK
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // PCF8574
float calibration_factor = 474863.00; //ค่าคาร์ิบเบทเพกเตอร์ของโหลดเซลล์
#define zero_factor 8678422 //ค่าซีโรเพกเตอร์โหลดเซลล์
#define DOUT 8
#define CLK 7
#define DEC_POINT 2
float offset = 0;
float get_units_kg();
HX711 scale(DOUT, CLK);
const int SWStart = 12; // ประกาศตัวแปร SWStart ที่ port 12
const int SWStop = A0; // ประกาศตัวแปร SWStop ที่ port A0
const int MOPWM = 9; // ประกาศตัวแปร MOPWM ที่ port 9
const int LPWM = 10; // ประกาศตัวแปร LPWM ที่ port 10
const int RPWM = 11; //ประกาศตัวแปร LPWM ที่ port 11
const int ZIN = 2;
const int ZOUT = 3;
int TypeTmp = 70;
boolean FlagSt = false;
int TmeDel = 0;
float tempRead = 0.0;
float tempDelta = 0.0;
String s = "Stop";
int timer = 20;
int timzeroclosing = 20;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

boolean FlagPless = false;
byte ModeSelect = 1; // เริ่มต้นโหมด 1
byte SpeedMotor = 128;
byte TimeMotor = 5;
byte CntTimeMotor = 0;
int ledState = LOW; //ใช้สำหรับตั้งค่า LED
unsigned long previousMillis = 0; // เก็บค่า LED ครั้งสุดท้ายที่อัปเดต
const long interval = 5000; // ช่วงเวลาที่กระพริบ (มิลลิวินาที)
void blink()
{
  timer = 0;
  digitalWrite(ZOUT, LOW);
}
ISR(TIMER0_COMPA_vect) {
  if (timer < timzeroclosing) {
    timer++;
  }
  else {
    digitalWrite(ZOUT, HIGH);
  }
}
float get_units_kg() {
  return (scale.get_units() * 0.453592);
}
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(SWStart, INPUT_PULLUP);
  pinMode(SWStop, INPUT_PULLUP);
  pinMode(ZIN, INPUT_PULLUP);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pinMode(ZOUT, OUTPUT);
digitalWrite(ZOUT, LOW);
pinMode(MOPWM, OUTPUT);
pinMode(LPWM, OUTPUT);
pinMode(RPWM, OUTPUT);
ts.setOffset(0); // ตั้งค่าชดเชยสำหรับการวัดอุณหภูมิ
scale.set_scale(calibration_factor);
scale.set_offset(zero_factor);

lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(ZIN), blink, RISING);
TIMSK0 |= (1 << OCIE0A); // ตั้งค่าขอขัดจังหวะ
sei(); // เปิดใช้งานการขัดจังหวะ
}
void loop() {
unsigned long currentMillis = millis();
if (digitalRead(SWStart) == LOW) // เมื่อมีการกดปุ่ม Start
{
if (FlagPless == false) // ถ้า FlagPless มีค่าเป็น false
{
Serial.print(FlagPless);
FlagPless = true; // ให้ FlagPless มีค่าเป็น true
Serial.print(" ");
Serial.println(FlagPless);
Serial.print("FlagSt // ");
Serial.println(FlagSt);
if (FlagSt == false) { // ถ้า FlagSt มีค่าเป็น false
s = "Start"; // ให้ s มีค่าเป็น Start
FlagSt = true; // ให้ FlagSt มีค่าเป็น true

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.print("S // ");
Serial.println(s);
}
else if (FlagSt == true) { //ถ้า FlagSt มีค่าเป็น true
s = "Stop"; //ให้ s มีค่าเป็น Stop
FlagSt = false; //ให้ FlagSt มีค่าเป็น false
Serial.print("S // ");
Serial.println(s);
}
}
}
else if (digitalRead(SWStop) == LOW) //เมื่อมีการกดปุ่ม Mode Select
{
if (FlagPless == false) //ถ้า FlagPless มีค่าเป็น false
{
FlagPless = true; //ให้ FlagPless มีค่าเป็น true

if (ModeSelect < 3) { //ถ้า ModeSelect < 3
ModeSelect++; //ให้ ModeSelect มีค่าเพิ่มขึ้นอีก 1
}
else { //ถ้า ModeSelect >= 3
ModeSelect = 1; //ให้ ModeSelect มีค่าเป็น 1
}

if (ModeSelect == 1) //ถ้า ModeSelect = 1
{
TypeTmp = 220; //ตั้งค่าอุณหภูมิ
SpeedMotor = 220; //ตั้งค่าความเร็วมอเตอร์
}
else if (ModeSelect == 2) //ถ้า ModeSelect = 2
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TypeTmp = 250; //ตั้งค่าอุณหภูมิ
SpeedMotor = 200; //ตั้งค่าความเร็วมอเตอร์
}
else if (ModeSelect == 3) //ถ้า ModeSelect = 3
{
TypeTmp = 230; //ตั้งค่าอุณหภูมิ
SpeedMotor = 0; //ตั้งค่าความเร็วมอเตอร์
TimeMotor = 18;
}
TmeDel = 500;
}
}
else { //เมื่อไม่มีการกดปุ่มใดๆ
FlagPless = false; //ให้ตัวแปร FlagPless = false;
}
//ฟังชั่นสำหรับตรวจเช็คอุณหภูมิ ทุกๆ 500 ms
if (TmeDel < 500) //ถ้า TmeDel น้อยกว่า 500 หรือเมื่อยังไม่ครบ 500 ms
{
TmeDel++; //ให้ตัวแปร TmeDel มีค่าเพิ่มขึ้นอีก 1
}
else //ถ้า TmeDel มากกว่าหรือเท่ากับ 500 หรือเมื่อครบ 500 ms
{
TmeDel = 0; //ให้ TmeDel มีค่าเป็น 0
float fish_w = (get_units_kg()) + offset; //อ่านค่าน้ำหนัก
tempRead = ts.getCelsius(); //อ่านค่าอุณหภูมิ
if (FlagSt) //ถ้า FlagSt มีค่าเป็น true หรือก็คืออยู่ในโหมด Start
{
Serial.println("Start Mode");
if (TypeTmp > tempRead) //ถ้า TypeTmp มากกว่า tempRead
{

```

```

tempDelta = (TypeTmp - tempRead); //คำนวณค่า tempDelta ตามสมการ
tempDelta = (TypeTmp - tempRead)//
    if (tempDelta < 2.0) { //ถ้า tempDelta น้อยกว่า 2.0
        timzeroclosing = 8; //ให้ timzeroclosing มีค่าเป็น 8
    }
    else if (tempDelta < 4.5) { //ถ้า tempDelta น้อยกว่า 4.5
        timzeroclosing = 7; //ให้ timzeroclosing มีค่าเป็น 7
    }
    else { //ถ้า tempDelta ไม่ตรงกับเงื่อนไขใดๆ
        timzeroclosing = 1; //ให้ timzeroclosing มีค่าเป็น 1
    }
}
else //ถ้า TypeTmp มากกว่าหรือเท่ากับ tempRead
{
    timzeroclosing = 20; //ให้ timzeroclosing มีค่าเป็น 20
}
if (CntTimeMotor < 18) { //ถ้า CntTimeMotor น้อยกว่า 18
    CntTimeMotor++; //ให้ตัวแปร CntTimeMotor มีค่าเพิ่มขึ้นอีก 1
}
else { //ถ้า CntTimeMotor มากกว่าหรือเท่ากับ 18
    CntTimeMotor = 0; //ให้ CntTimeMotor มีค่าเป็น 0
}
    if (CntTimeMotor < 6) //ถ้า CntTimeMotor น้อยกว่า 6
    {
        analogWrite(MOPWM, SpeedMotor); //ให้ MOPWM ส่งสัญญาณอนาล็อกตามค่า
        ความเร็วมอเตอร์ที่ตั้งไว้
    }
    else if ( (CntTimeMotor >= 6) && (CntTimeMotor < 10) ) //ถ้า CntTimeMotor
    น้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 และ CntTimeMotor น้อยกว่า 10
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

analogWrite(MOPWM, 0); //ให้ MOPWM ส่งสัญญาณอนาล็อก ที่ 0V คือการหยุดหมุนมอเตอร์
}
else if (CntTimeMotor < 15) //ถ้า CntTimeMotor น้อยกว่า 15
{
analogWrite(MOPWM, SpeedMotor); //ให้ MOPWM ส่งสัญญาณอนาล็อกตามค่าความเร็ว
มอเตอร์ที่ตั้งไว้

if (currentMillis - previousMillis >= interval) { //กลับทิศทางของมอเตอร์ ทุกๆ 5 วินาที
previousMillis = currentMillis;
if (ledState == LOW) {
ledState = HIGH;
} else {
ledState = LOW;
}
digitalWrite(RPWM, ledState);
digitalWrite(LPWM, !ledState);
}
}
else //ถ้า CntTimeMotor ไม่ตรงกับเงื่อนไขใดๆ
{
analogWrite(MOPWM, 0); //ให้ MOPWM ส่งสัญญาณอนาล็อกที่ 0V คือการหยุดหมุนมอเตอร์
}
}
else //ถ้า FlagSt มีค่าเป็น false อยู่ในโหมด Stop
{
Serial.println("Stop Mode");
timzeroclosing = 20; //ให้ timzeroclosing มีค่าเป็น 20
digitalWrite(MOPWM, LOW); //ปิดเครื่องสร้างความร้อน
}
// แสดงข้อมูลออกจอ LCD และ Serial monitor //
lcd.setCursor(0, 0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

lcd.print("W:" + String(fish_w, 1) + "Kg ST:" + String(TypeTmp) + "°C");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("T:" + String(tempRead, 1) + "°C " + s + String(ModeSelect) + " ");
Serial.println("W:" + String(fish_w, 1) + "Kg ST:" + String(TypeTmp) + "°C");
Serial.println("T:" + String(tempRead, 1) + "°C " + s + String(ModeSelect) + " ");
Serial.println();
}
delay(1);
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานเครื่องอย่างปลาตุ๊กกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คู่มือการใช้งานเครื่องอย่างปลาตุกกิ่งอัตโนมัติ



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งาน

1. ทำการเสียบปลั๊กไฟ ดังรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 เสียบปลั๊ก

2. เปิดคัทเอาต์เพื่อเปิดเครื่อง ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 เปิดคัทเอาต์

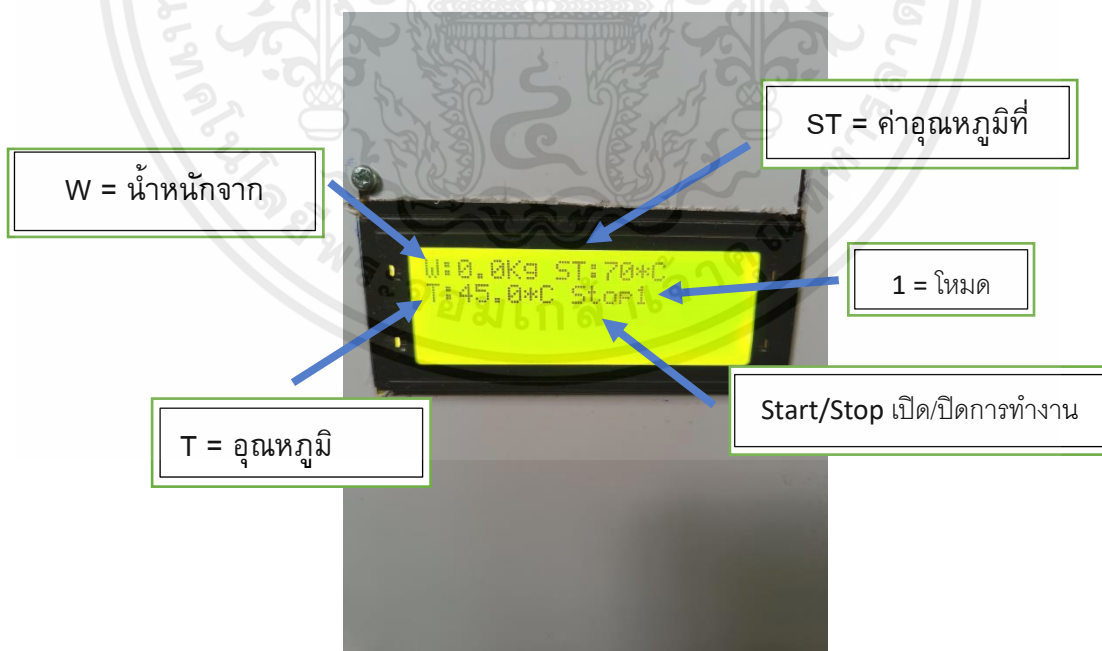
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หน้าจอ LED แสดงสถานะ ดังรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 กล้องควบคุม

4. สถานะต่างๆบนหน้าจอ LED คือ ดังรูปที่ ข.4



รูปที่ ข.4 สถานะบนหน้าจอ LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กดสวิตช์เพื่อเลือกโหมดการย่ำงที่ 1 ดังรูปที่ ข.5



รูปที่ ข.5 กดสวิตช์เลือกโหมดที่ 1

6. กดสวิตช์เพื่อเลือกโหมดการย่ำงที่ 2 ดังรูปที่ ข.6



รูปที่ ข.6 กดสวิตช์เลือกโหมดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กดสวิตช์เพื่อเลือกโหมดการย่างที่ 3 ดังรูปที่ ข.7



รูปที่ ข.7 กดสวิตช์เลือกโหมดที่ 2

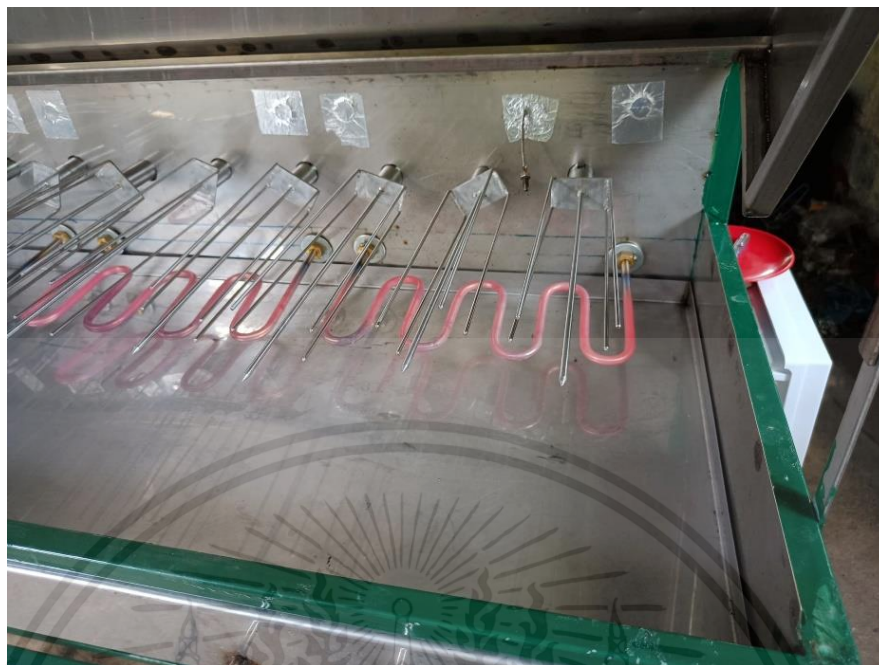
8. กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มการทำงาน ดังรูปที่ ข.8



รูปที่ ข.8 เริ่มการทำงานโดยปุ่ม Start

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ฮีตเตอร์ก็จะทำงานอุณหภูมิตามโหมดที่เลือก ดังรูปที่ ข.9



รูปที่ ข.9 ฮีตเตอร์ทำงาน

10. มอเตอร์จะทำงาน ดังรูปที่ ข.10



รูปที่ ข.10 มอเตอร์ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. เสียบปลาเข้ากับแกนหมุนเพื่อกลับด้านปลา ดังรูปที่ ข.11



รูปที่ ข.11 เสียบปลาเข้ากับแกนหมุน

12. รอปิดฝาครอบจนกว่าปลาจะสุก ดังรูปที่ ข.12



รูปที่ ข.12 ปิดฝาครอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เนื้อปลาสุกพร้อมรับประทาน ดังรูปที่ ข.13



รูปที่ ข.13 ปิดฝาครอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

 Order this document
 by 4N25/D


6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

The 4N25/A, 4N26, 4N27 and 4N28 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Most Economical Optoisolator Choice for Medium Speed, Switching Applications
- Meets or Exceeds All JEDEC Registered Specifications
- *To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.*

Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- I/O Interfacing
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

INPUT LED

Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.41	$\text{mW}/^\circ\text{C}$

OUTPUT TRANSISTOR

Collector–Emitter Voltage	V_{CE0}	30	Volts
Emitter–Collector Voltage	V_{ECO}	7	Volts
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	$\text{mW}/^\circ\text{C}$

TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250 2.94	mW $\text{mW}/^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T_A	–55 to +100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	–55 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T_L	260	$^\circ\text{C}$

1. Isolation surge voltage is an internal device dielectric breakdown rating.
For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.
GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

REV 5

© Motorola, Inc. 1995

4N25***4N25A*****4N26***

[CTR = 20% Min]

4N27**4N28**

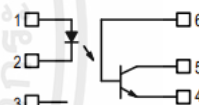
[CTR = 10% Min]

*Motorola Preferred Devices

STYLE 1 PLASTIC


 STANDARD THRU HOLE
 CASE 730A–04

SCHEMATIC


 PIN 1. LED ANODE
 2. LED CATHODE
 3. N.C.
 4. EMITTER
 5. COLLECTOR
 6. BASE
**MOTOROLA**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)⁽¹⁾

Characteristic	Symbol	Min	Typ ⁽¹⁾	Max	Unit
INPUT LED					
Forward Voltage ($I_F = 10\text{ mA}$)	V_F	—	1.15 1.3 1.05	1.5	Volts
Reverse Leakage Current ($V_R = 3\text{ V}$)	I_R	—	—	100	μA
Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_J	—	18	—	pF

OUTPUT TRANSISTOR

Collector–Emitter Dark Current ($V_{CE} = 10\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	4N25,25A,26,27 4N28	I_{CEO}	—	1	50	nA
($V_{CE} = 10\text{ V}$, $T_A = 100^\circ\text{C}$)	All Devices	I_{CEO}	—	1	—	μA
Collector–Base Dark Current ($V_{CB} = 10\text{ V}$)		I_{CBO}	—	0.2	—	nA
Collector–Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1\text{ mA}$)		$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts
Collector–Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$)		$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts
Emitter–Collector Breakdown Voltage ($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$)		$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain ($I_C = 2\text{ mA}$, $V_{CE} = 5\text{ V}$)		h_{FE}	—	500	—	—
Collector–Emitter Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CE} = 0$)		C_{CE}	—	7	—	pF
Collector–Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CB} = 0$)		C_{CB}	—	19	—	pF
Emitter–Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{EB} = 0$)		C_{EB}	—	9	—	pF

COUPLED

Output Collector Current ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CE} = 10\text{ V}$)	4N25,25A,26 4N27,28	I_C (CTR) ⁽²⁾	2 (20) 1 (10)	7 (70) 5 (50)	— —	mA (%)
Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 2\text{ mA}$, $I_F = 50\text{ mA}$)		$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5	Volts
Turn–On Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$) ⁽³⁾		t_{on}	—	2.8	—	μs
Turn–Off Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$) ⁽³⁾		t_{off}	—	4.5	—	μs
Rise Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$) ⁽³⁾		t_r	—	1.2	—	μs
Fall Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$) ⁽³⁾		t_f	—	1.3	—	μs
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$) ⁽⁴⁾		V_{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)
Isolation Resistance ($V = 500\text{ V}$) ⁽⁴⁾		R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω
Isolation Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$) ⁽⁴⁾		C_{ISO}	—	0.2	—	pF

1. Always design to the specified minimum/maximum electrical limits (where applicable).

2. Current Transfer Ratio (CTR) = $I_C/I_F \times 100\%$.

3. For test circuit setup and waveforms, refer to Figure 11.

4. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

TYPICAL CHARACTERISTICS

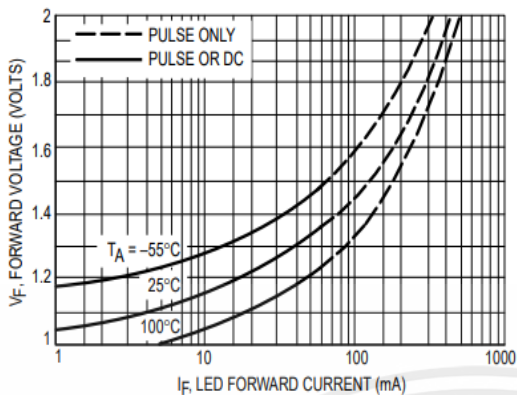


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

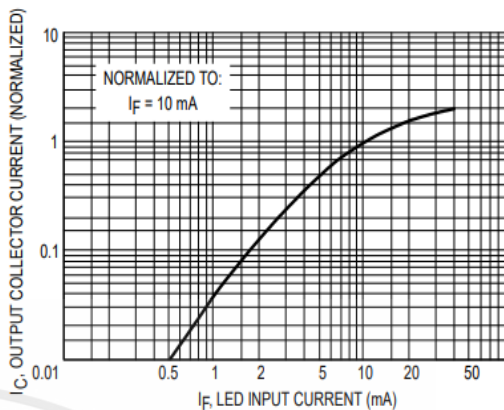


Figure 2. Output Current versus Input Current

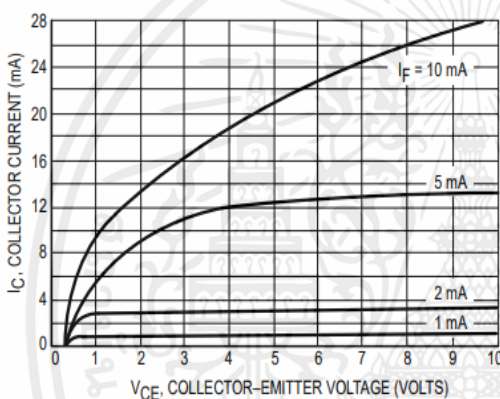


Figure 3. Collector Current versus Collector-Emitter Voltage

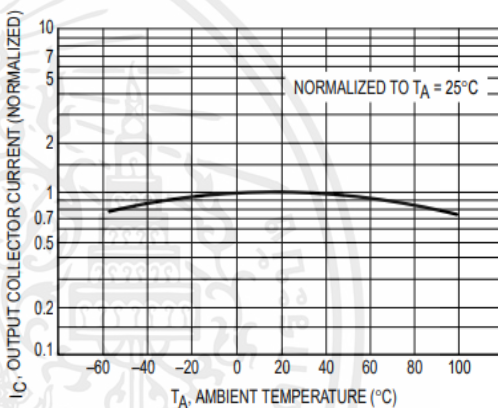


Figure 4. Output Current versus Ambient Temperature

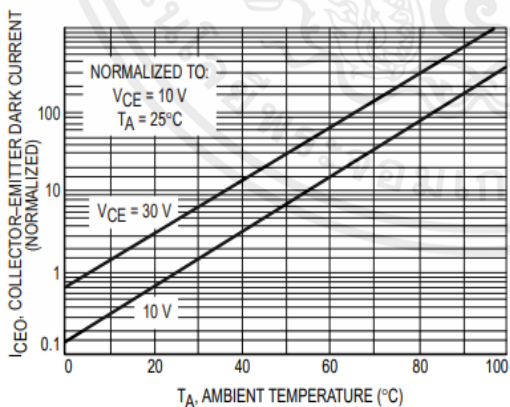


Figure 5. Dark Current versus Ambient Temperature

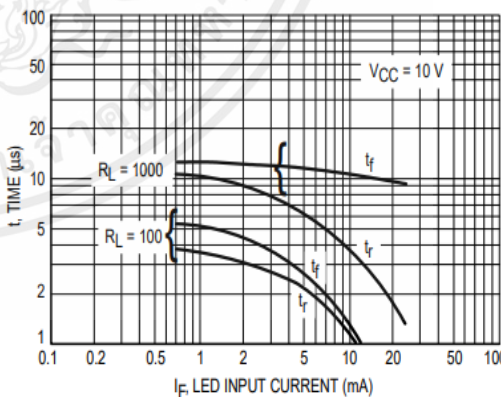


Figure 6. Rise and Fall Times (Typical Values)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

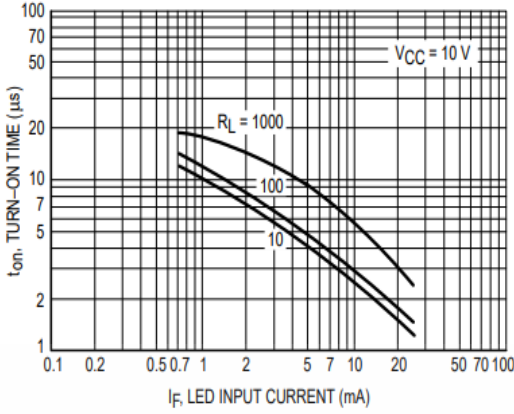


Figure 7. Turn-On Switching Times (Typical Values)

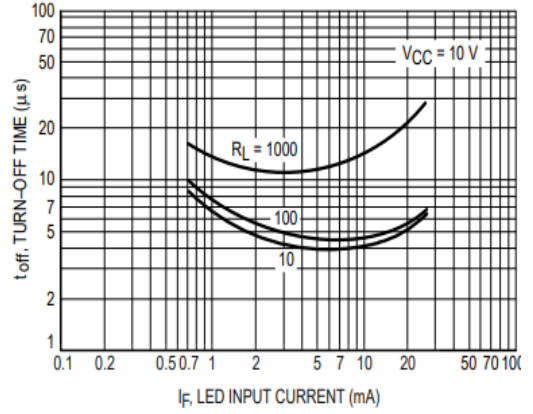


Figure 8. Turn-Off Switching Times (Typical Values)

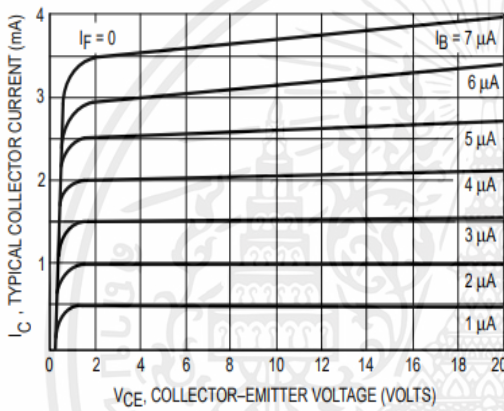


Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)

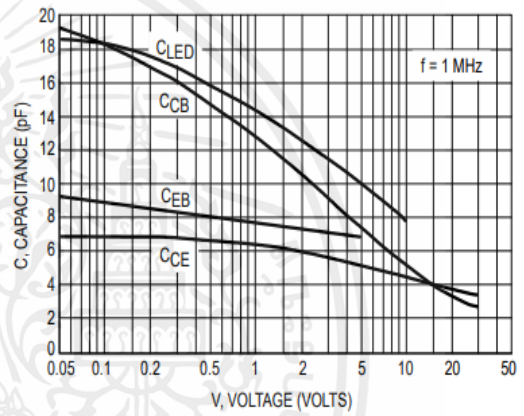


Figure 10. Capacitances versus Voltage

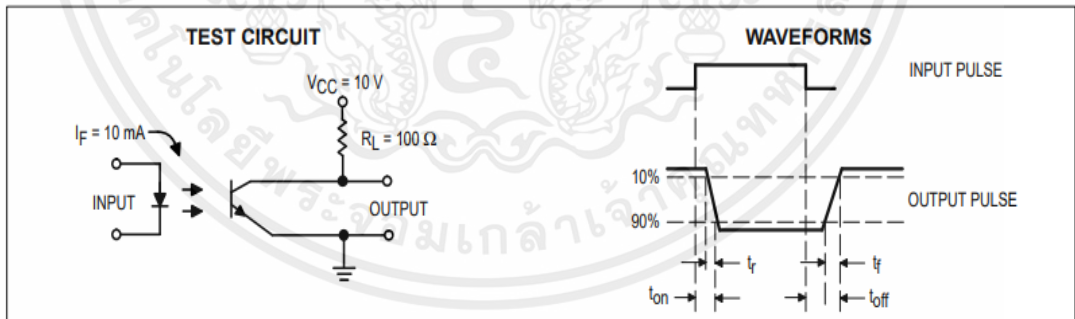
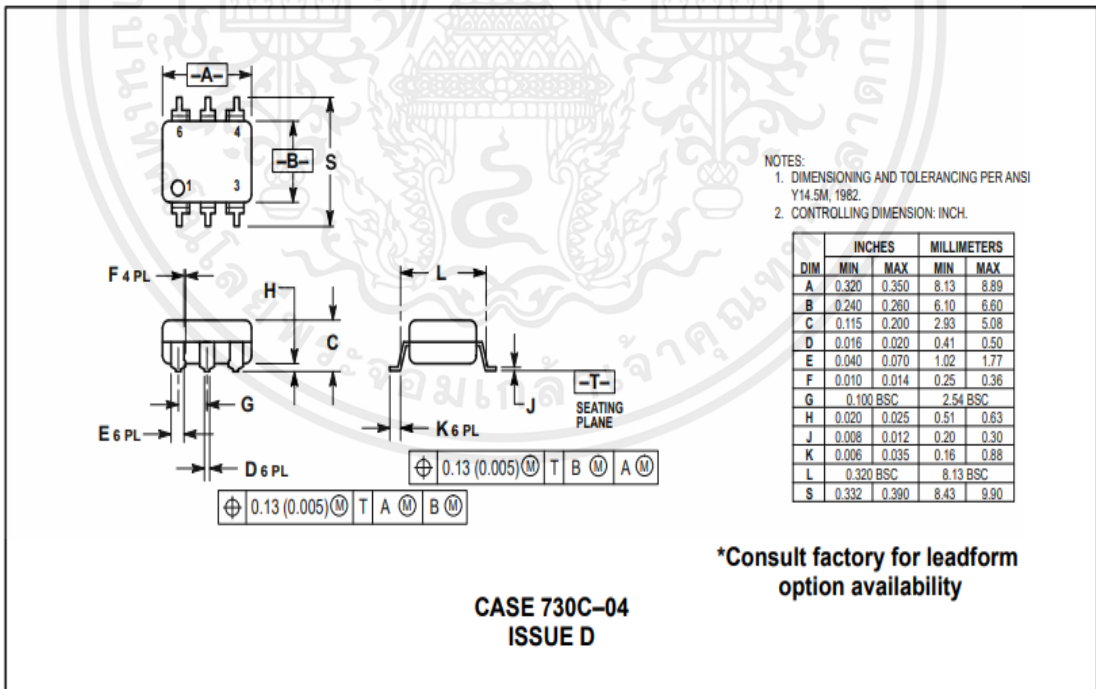
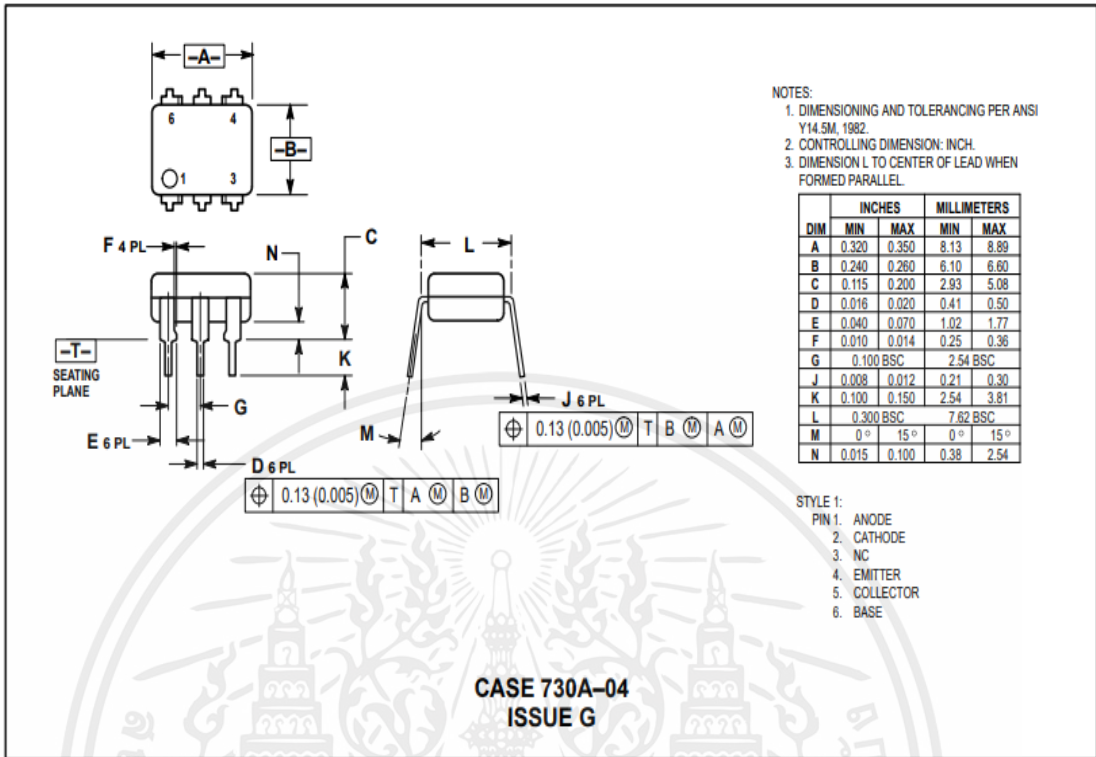


Figure 11. Switching Time Test Circuit and Waveforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

PACKAGE DIMENSIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.320	0.350	8.13	8.89
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.115	0.200	2.93	5.08
D	0.016	0.020	0.41	0.50
E	0.040	0.070	1.02	1.77
F	0.010	0.014	0.25	0.36
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.012	0.21	0.30
K	0.100	0.150	2.54	3.81
L	0.400	0.425	10.16	10.80
N	0.015	0.040	0.38	1.02

***Consult factory for leadform option availability**

**CASE 730D-05
ISSUE D**

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:
USA / EUROPE: Motorola Literature Distribution;
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, Toshikatsu Otsuki,
 6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE (602) 244-6609
INTERNET: http://Design-NET.com

HONG KONG: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THREE TERMINAL POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

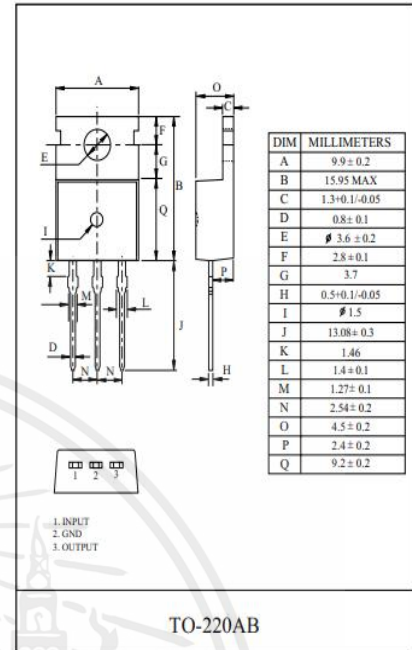
5V, 6V, 7V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 20V, 24V.

FEATURES

- Internal Thermal Overload Protection.
- Internal Short Circuit Current Limiting.
- Output Current up to 1.5A.
- Satisfies IEC-65 Specification. (International Electrical Commission).
- Package is TO-220AB

LINE-UP

ITEM	OUTPUT VOLTAGE (Typ.)	UNIT
KIA7805AP	5	V
KIA7806AP	6	
KIA7807AP	7	
KIA7808AP	8	
KIA7809AP	9	
KIA7810AP	10	
KIA7812AP	12	
KIA7815AP	15	
KIA7818AP	18	
KIA7820AP	20	
KIA7824AP	24	

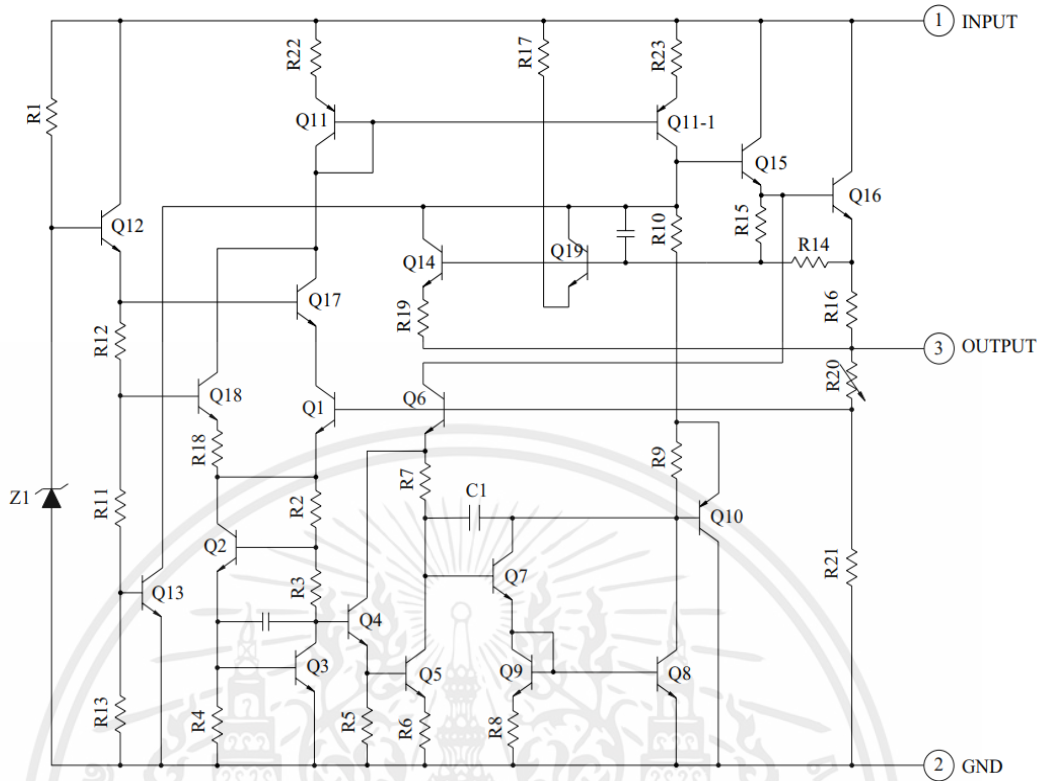


MAXIMUM RATINGS (Ta=25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Input Voltage	V _{IN}	35	V
		40	
Power Dissipation-1 (No Heatsink)	AP	P _{D2} 1.9	W
Power Dissipation-2 (Infinite Heatsink)	AP	P _{D2} 30	
Operating Junction Temperature	T _j	-40 ~ 150	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-55 ~ 150	°C
Maximum Junction Temperature	T _{j(max)}	150	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EQUIVALENT CIRCUIT



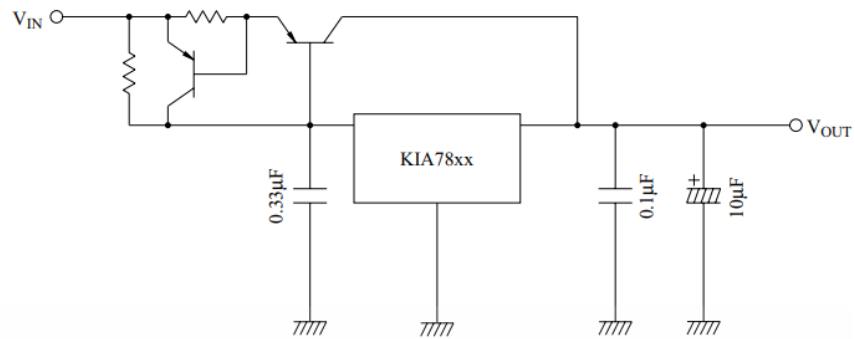
KIA7805AP

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{IN}=10V$, $I_{OUT}=500mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CIRCUIT	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
Output Voltage	V_{OUT}	Fig. 1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=100mA$	4.8	5.0	5.2	V	
Input Regulation	Reg line	Fig. 1	$T_j=25^{\circ}C$	$7.0V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	3	100	mV
				$8.0V \leq V_{IN} \leq 12V$	-	1	50	
Load Regulation	Reg load	Fig. 1	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA \leq I_{OUT} \leq 1.5A$	-	15	100	mV
				$250mA \leq I_{OUT} \leq 750mA$	-	5	50	
Output Voltage	V_{OUT}	Fig. 1	$7.0V \leq V_{IN} \leq 20V$	4.75	-	5.25	V	
Quiescent Current	I_B	Fig. 1	$T_j=25^{\circ}C$, $I_{OUT}=5mA$	-	4.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_B	Fig. 1	$7.0V \leq V_{IN} \leq 25V$	-	-	1.3	mA	
Output Noise Voltage	V_{NO}	Fig. 2	$T_a=25^{\circ}C$, $10Hz \leq f \leq 100kHz$	-	50	-	μV_{rms}	
Ripple Rejection Ratio	RR	Fig. 3	$f=120Hz$, $8.0V \leq V_{IN} \leq 18V$,	62	78	-	dB	
Dropout Voltage	V_D	Fig. 1	$I_{OUT}=1.0A$, $T_j=25^{\circ}C$	-	2.0	-	V	
Short Circuit Current Limit	I_{SC}	Fig. 1	$T_j=25^{\circ}C$	-	1.6	-	A	
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	TC_{VO}	Fig. 1	$I_{OUT}=5mA$, $0^{\circ}C \leq T_j \leq 125^{\circ}C$	-	-0.6	-	mV/ $^{\circ}C$	

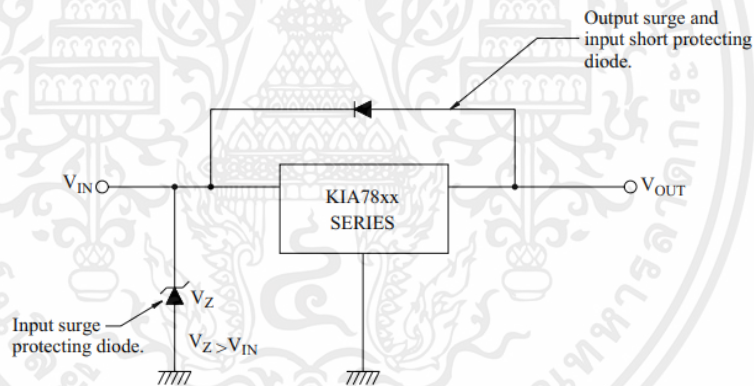
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) CURRENT BOOST REGULATOR



PRECAUTIONS ON APPLICATION

- (1) In regard to GND, be careful not to apply a negative voltage to the input/output terminal. Further, special care is necessary in case of a voltage boost application.
- (2) When a surge voltage exceeding maximum rating is applied to the input terminal or when a voltage in excess of the input terminal voltage is applied to the output terminal, the circuit may be destroyed. Specially, in the latter case, great care is necessary. Further, if the input terminal shorts to GND in a state of normal operation, the output terminal voltage becomes higher than the input voltage (GND potential), and the electric charge of a chemical capacitor connected to the output terminal flows into the input side, which may cause the destruction of circuit. In these cases, take such steps as a zener diode and a general silicon diode are connected to the circuit, as shown in the following figure.



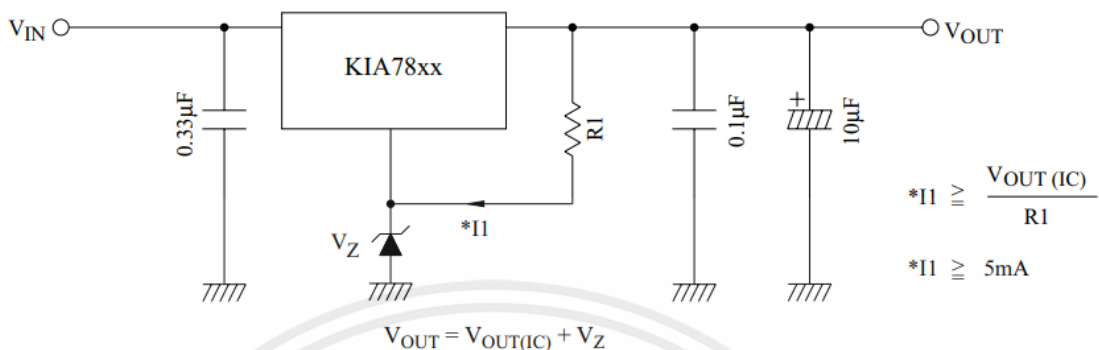
- (3) When the input voltage is too high, the power dissipation of three terminal regulator increases because of series regulator, so that the junction temperature rises. In such a case, it is recommended to reduce the power dissipation by inserting the power limiting resistor R_{SD} in the input terminal, and to reduce the junction temperature as a result.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

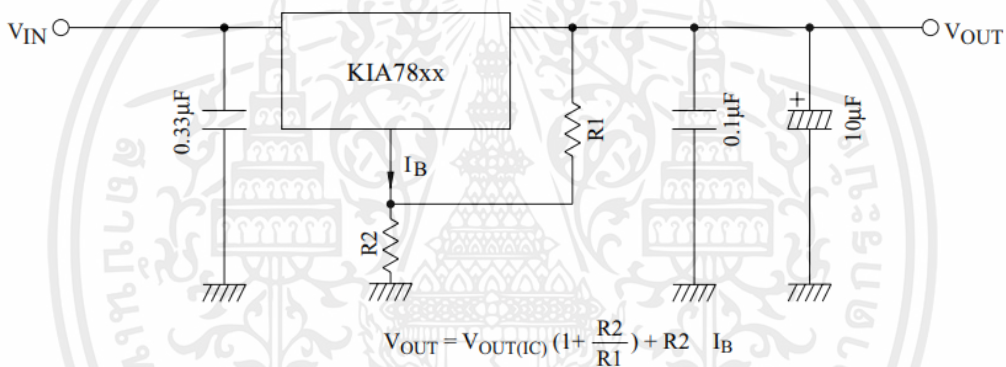
APPLICATION CIRCUIT

(1) VOLTAGE BOOST REGULATOR

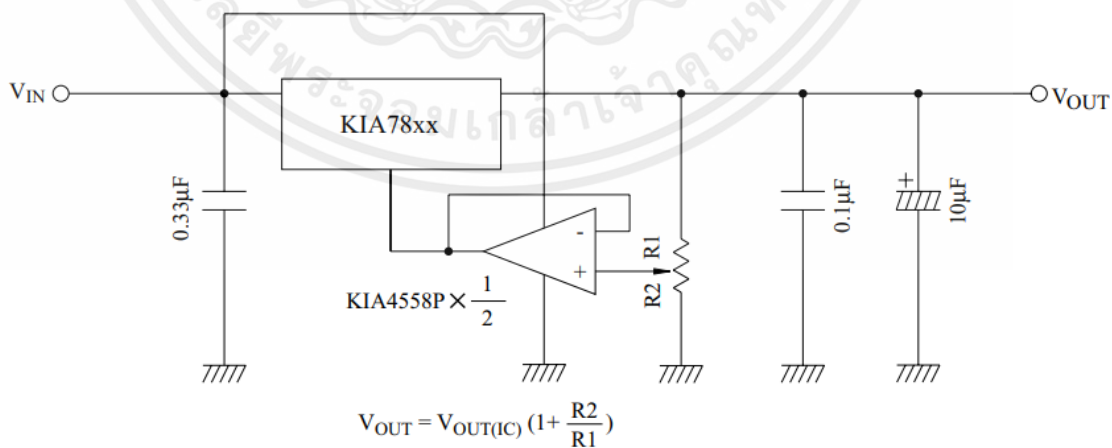
(a) Voltage boost by use of zener diode



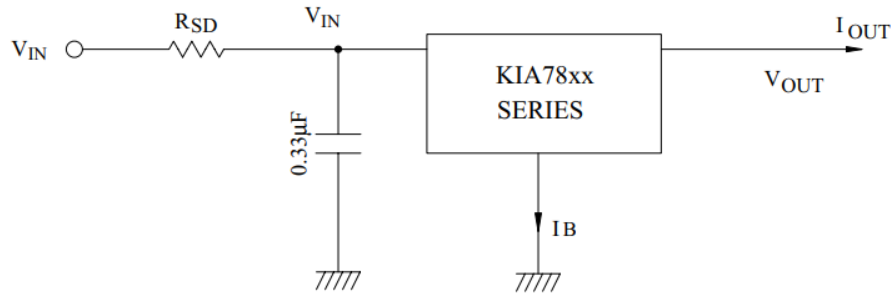
(b) Voltage boost by use of resistor



(c) Adjustable output regulator



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The power dissipation P_D of IC is expressed in the following equation.

$$P_D = (V_{IN}' - V_{OUT}) \cdot I_{OUT} + V_{IN}' \cdot I_B$$

If V_{IN}' is reduced below the lowest voltage necessary for the IC, the parasitic oscillation will be caused according to circumstances. In determining the resistance value of R_{SD} , design with margin should be made by making reference to the following equation.

$$R_{SD} < \frac{V_{IN} - V_{IN}'}{I_{OUT} + I_B}$$

- (4) Connect the input terminal and GND, and the output terminal and GND, by capacitor respectively.

The capacitances should be determined experimentally because they depend on printed patterns. In particular, adequate investigation should be made so that there is no problem even at time of high or low temperature.

- (5) Installation of IC for power supply

For obtaining high reliability on the heat sink design of the regulator IC, it is generally required to derate more than 20% of maximum junction temperature ($T_j \text{ MAX.}$) Further, full consideration should be given to the installation of IC to the heat sink.

- (a) Heat sink design

The thermal resistance of IC itself is required from the viewpoint of the design of elements, but the thermal resistance from the IC package to the open air varies with the contact thermal resistance. Table 1 shows how much the value of the contact thermal resistance ($\theta_C + \theta_S$) is changed by insulating sheet (mica) and heat sink grease.

TABLE 1.

UNIT: $^{\circ}\text{C}/\text{W}$

PACKAGE	MODEL NO.	TORQUE	MICA	$\theta_C + \theta_S$
TO-220AB	KIA78xxAP	6kg · cm (0.6N/m)	Not Provided	0.3 ~ 0.5(1.5 ~ 2.0)
			Provided	2.0 ~ 2.5(4.0 ~ 6.0)

The figures given in parentheses denote the values at time of no grease.

The package of regulator IC serves as GND, therefore, usually use the value at time of "no mica"

- (b) Silicon grease

When a circuit not exceeding maximum rating is designed, it is to be desired that the grease should be used if possible.

If it is required that the contact thermal resistance is reduced from the view-point of the circuit design,

It is recommended that the following methods be adopted.

A: Use Thercon (Fuji High Polymer Kogyo K.K)

B: Use SC101 (Torei Silicon) or G-640 (GE), if grease is used.

- (c) Torque

When installing IC on a heat sink or the like, tighten the IC with the torque of less than the rated value. If it is tightened with the torque in excess of the rated value, sometimes the internal elements of the IC are adversely affected. Therefore, great care should be given to the installing operation. Further, if polycarbonate screws are used, the torque causes a change with the passage of time, which may lessen the effect of radiation.

(6) IEC (International Electronical Commission)-65 Specification.

(a) IEC (International Electronical Commission)-65 is the standard, parts testing method, machinery and tools (used in connecting main power directly and indirectly) Which are used at home and general building. The purpose of the above standard is not to breaking out the risk which is related to an electric shock, a heating, a fire and the damage of surrounding parts in the case of normal or abnormal operating.

(b) In case temperature is limited by temperature overheating prevention device, fuse or the operation of fuse resistor

One must calculate the temperature of PCB substrate in 2 minute.

$$\Delta T \leq 110 \text{ }^\circ\text{C regulated}$$

$$\Delta T = T(\text{The PCB substrate temperature in 2 minute})$$

$$-T_a(\text{Ambient temperature})$$

(c) Graph

As the territory of the deviant line appear by the heat, as the area is wider, T(The PCB substrate temperature in 2 minute) is becoming high.

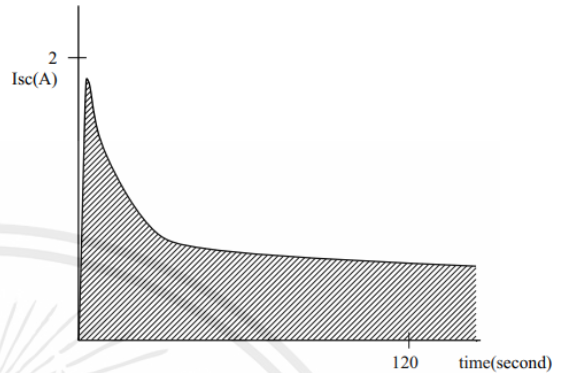


Fig. 4 $I_B - T_j$

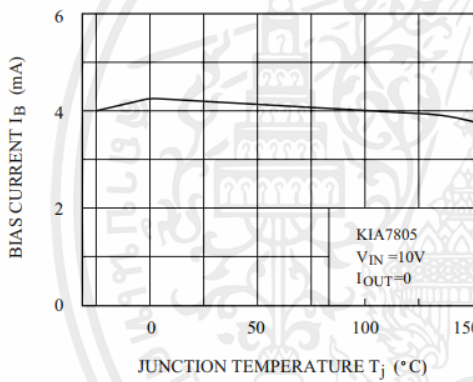


Fig. 5 $V_{OUT} - T_j$

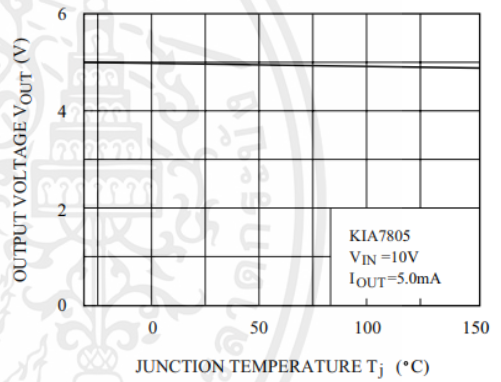


Fig. 6 $RR - I_{OUT}$

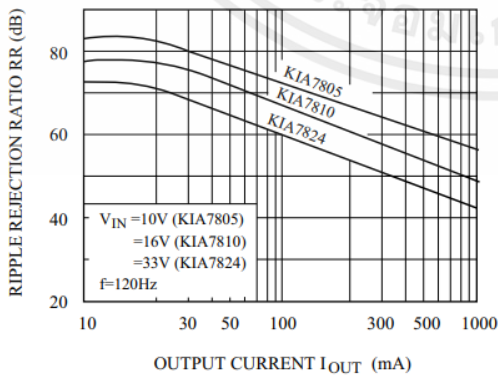
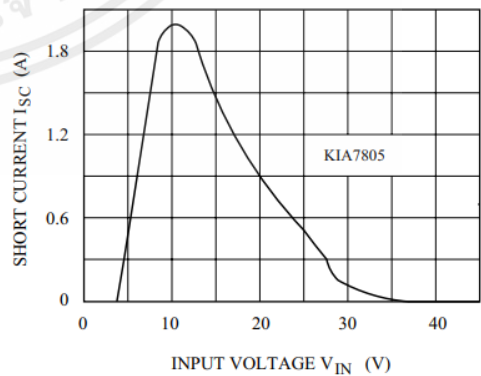


Fig. 7 $V_{IN} - I_{SC}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 8 $V_D - T_j$

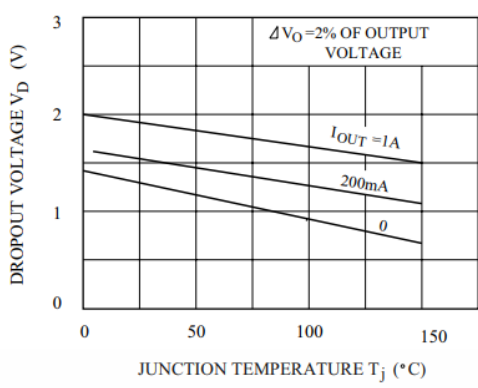


Fig. 9 $Z_{OUT} - f$

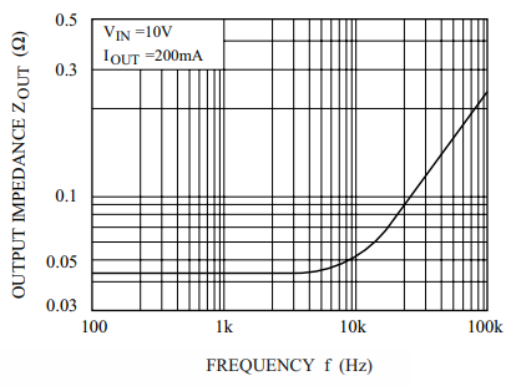
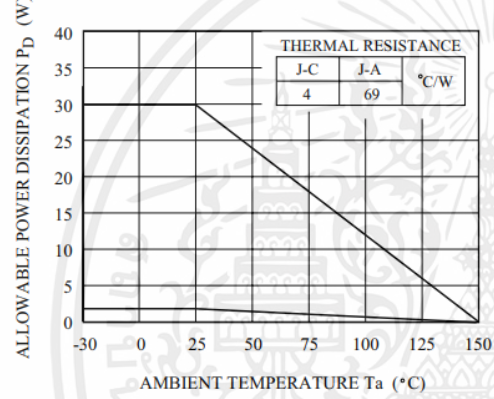


Fig. 10 $P_D - T_a$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Micro Commercial Components



Micro Commercial Components
20736 Marilla Street Chatsworth
CA 91311

Phone: (818) 701-4933
Fax: (818) 701-4939

Features

- Lead Free Finish/RoHS Compliant (NOTE 1) ("P" Suffix designates RoHS Compliant. See ordering information)
- Low Profile Package
- Any Mounting Position
- Silver Plated Copper Leads
- Surge Overload Rating Of 50 Amps
- UL Recognized File # E165989
- Case Material: Molded Plastic. UL Flammability Classificatio Rating 94-0 and MSL Rating 1

Maximum Ratings

- Operating Temperature: -55°C to +125°C
- Storage Temperature: -55°C to +150°C

MCC Catalog Number	Device Marking	Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	Maximum RMS Voltage	Maximum DC Blocking Voltage
W005M	W005M	50V	35V	50V
W01M	W01M	100V	70V	100V
W02M	W02M	200V	140V	200V
W04M	W04M	400V	280V	400V
W06M	W06M	600V	420V	600V
W08M	W08M	800V	560V	800V
W10M	W10M	1000V	700V	1000v

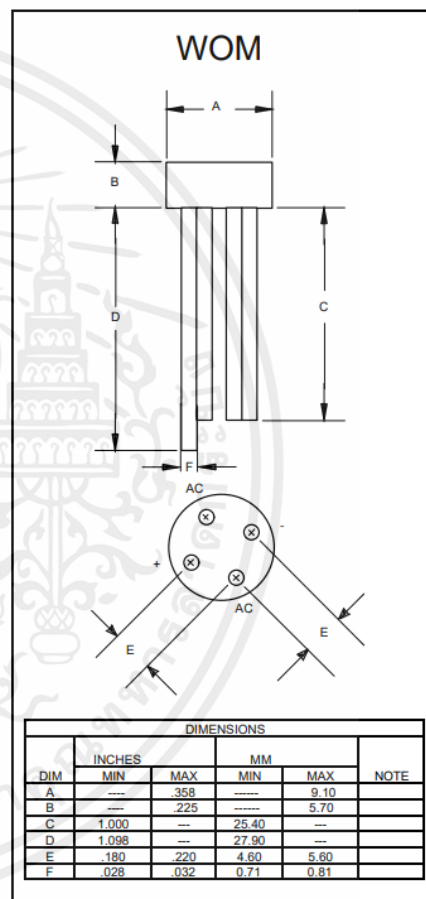
Electrical Characteristics @ 25°C Unless Otherwise Specified

Average Forward Current	$I_{F(AV)}$	1.5A	$T_J = 25^\circ\text{C}$
Peak Forward Surge Current	I_{FSM}	50A	8.3ms, half sine
Maximum Forward Voltage Drop Per Element	V_F	1.0V	$I_{FM} = 1.5\text{A}; T_J = 25^\circ\text{C}^*$
Maximum DC Reverse Current At Rated DC Blocking Voltage	I_R	10 μA 1mA	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 100^\circ\text{C}$

*Pulse test: Pulse width 300 μsec , Duty cycle 1%

**W005M
THRU
W10M**

**1.5 Amp Single Phase
Bridge Rectifier
50 to 1000 Volts**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



W005M thru W10M

Figure 1
Typical Forward Characteristics

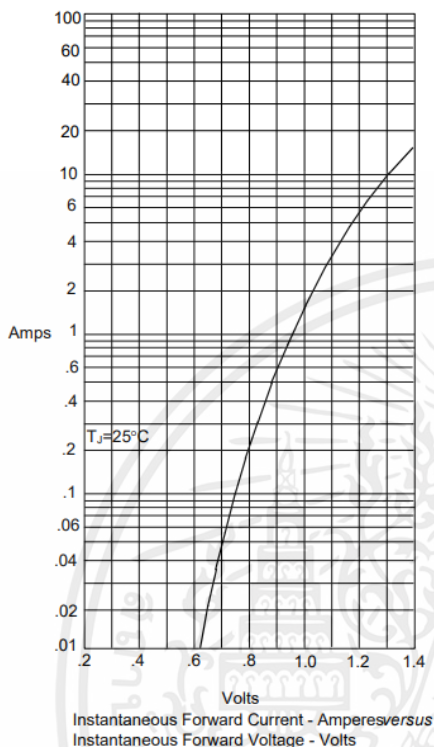


Figure 2
Typical Reverse Characteristics

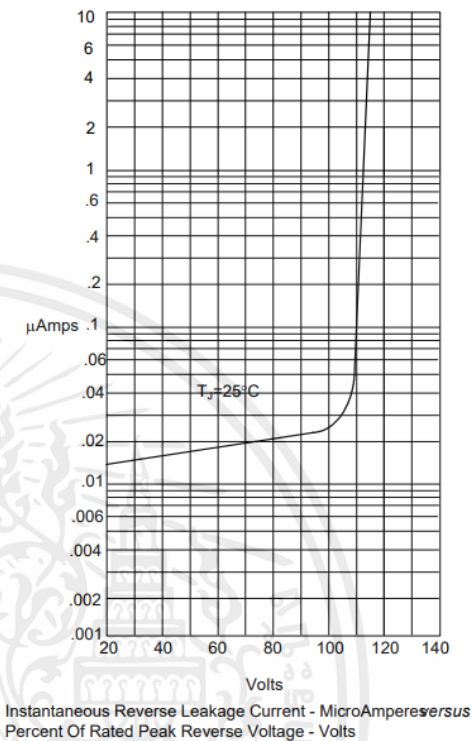


Figure 3
Forward Derating Curve

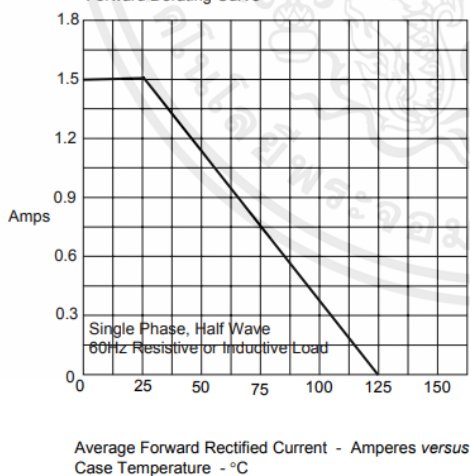
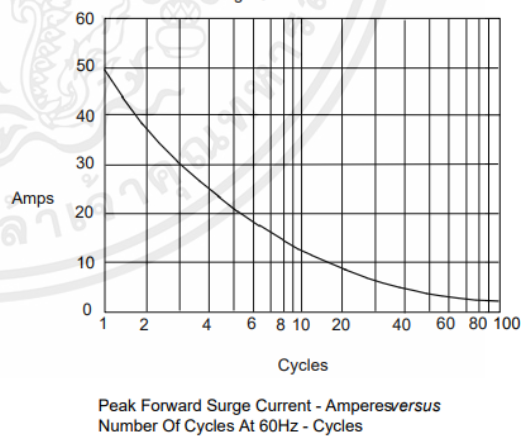


Figure 4
Peak Forward Surge Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Device (Part Number)-BP	Packing Bulk;10K/Ctn
----------------------------	-------------------------

IMPORTANT NOTICE
<p>Micro Commercial Components Corp. reserves the right to make changes without further notice to any product herein to make corrections, modifications , enhancements , improvements , or other changes . Micro Commercial Components Corp . does not assume any liability arising out of the application or use of any product described herein; neither does it convey any license under its patent rights ,nor the rights of others . The user of products in such applications shall assume all risks of such use and will agree to hold Micro Commercial Components Corp . and all the companies whose products are represented on our website, harmless against all damages.</p>
LIFE SUPPORT
<p>MCC's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without the express written approval of Micro Commercial Components Corporation.</p>
CUSTOMER AWARENESS
<p>Counterfeiting of semiconductor parts is a growing problem in the industry. Micro Commercial Components (MCC) is taking strong measures to protect ourselves and our customers from the proliferation of counterfeit parts. MCC strongly encourages customers to purchase MCC parts either directly from MCC or from Authorized MCC Distributors who are listed by country on our web page cited below. Products customers buy either from MCC directly or from Authorized MCC Distributors are genuine parts, have full traceability, meet MCC's quality standards for handling and storage. MCC will not provide any warranty coverage or other assistance for parts bought from Unauthorized Sources. MCC is committed to combat this global problem and encourage our customers to do their part in stopping this practice by buying direct or from authorized distributors.</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

 Order this document
 by MOC3061/D


6-Pin DIP Zero-Cross Optoisolators Triac Driver Output (600 Volts Peak)

The MOC3061, MOC3062 and MOC3063 devices consist of gallium arsenide infrared emitting diodes optically coupled to monolithic silicon detectors performing the functions of Zero Voltage Crossing bilateral triac drivers.

They are designed for use with a triac in the interface of logic systems to equipment powered from 115/240 Vac lines, such as solid-state relays, industrial controls, motors, solenoids and consumer appliances, etc.

- Simplifies Logic Control of 115/240 Vac Power
- Zero Voltage Crossing
- dv/dt of 1500 V/ μ s Typical, 600 V/ μ s Guaranteed
- **To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.**

Recommended for 115/240 Vac(rms) Applications:

- Solenoid/Valve Controls
- Lighting Controls
- Static Power Switches
- AC Motor Drives
- Temperature Controls
- E.M. Contactors
- AC Motor Starters
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

INFRARED EMITTING DIODE

Reverse Voltage	V_R	6	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Output Driver	P_D	120	mW
Derate above 25°C		1.41	mW/ $^\circ\text{C}$

OUTPUT DRIVER

Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	600	Volts
Peak Repetitive Surge Current (PW = 100 μ s, 120 pps)	I_{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	mW/ $^\circ\text{C}$

TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250 2.94	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T_A	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 s)	T_L	260	$^\circ\text{C}$

1. Isolation surge voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating.

For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

(Replaces MOC3060/D)

MOC3061

[IFT = 15 mA Max]

MOC3062

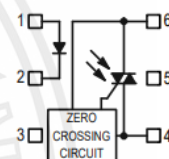
[IFT = 10 mA Max]

MOC3063*

[IFT = 5 mA Max]

*Motorola Preferred Device

STYLE 6 PLASTIC

**STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04**
COUPLER SCHEMATIC


1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. MAIN TERMINAL
5. SUBSTRATE
DO NOT CONNECT
6. MAIN TERMINAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOC3061 MOC3062 MOC3063

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LED					
Reverse Leakage Current (V _R = 6 V)	I _R	—	0.05	100	μA
Forward Voltage (I _F = 30 mA)	V _F	—	1.3	1.5	Volts
OUTPUT DETECTOR (I_F = 0)					
Leakage with LED Off, Either Direction (Rated V _{DRM} (¹))	I _{DRM1}	—	60	500	nA
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage(³)	dv/dt	600	1500	—	V/μs
COUPLED					
LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = 3 V(²))	I _{FT}	—	—	15 10 5	mA
Peak On-State Voltage, Either Direction (I _{TM} = 100 mA, I _F = Rated I _{FT})	V _{TM}	—	1.8	3	Volts
Holding Current, Either Direction	I _H	—	250	—	μA
Inhibit Voltage (MT1–MT2 Voltage above which device will not trigger.) (I _F = Rated I _{FT})	V _{INH}	—	5	20	Volts
Leakage in Inhibited State (I _F = Rated I _{FT} , Rated V _{DRM} , Off State)	I _{DRM2}	—	—	500	μA
Isolation Voltage (f = 60 Hz, t = 1 sec)	V _{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)

1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
2. All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT}. Therefore, recommended operating I_F lies between max I_{FT} (15 mA for MOC3061, 10 mA for MOC3062, 5 mA for MOC3063) and absolute max I_F (60 mA).
3. This is static dv/dt. See Figure 7 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.

TYPICAL CHARACTERISTICS

T_A = 25°C

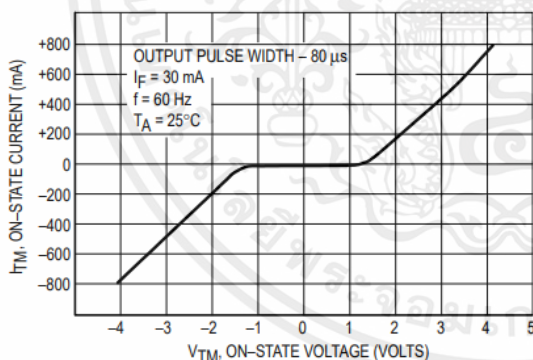


Figure 1. On-State Characteristics

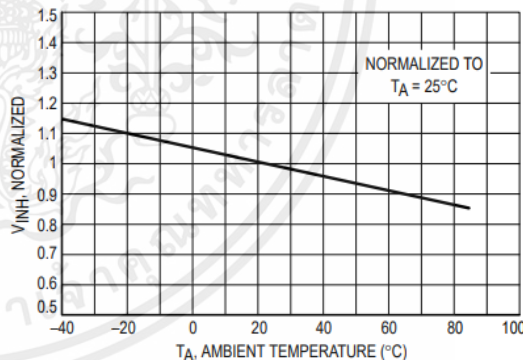


Figure 2. Inhibit Voltage versus Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOC3061 MOC3062 MOC3063

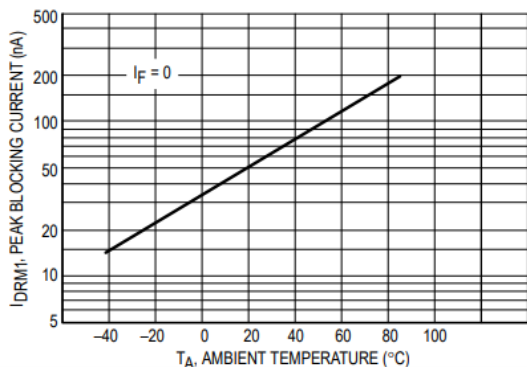


Figure 3. Leakage with LED Off versus Temperature

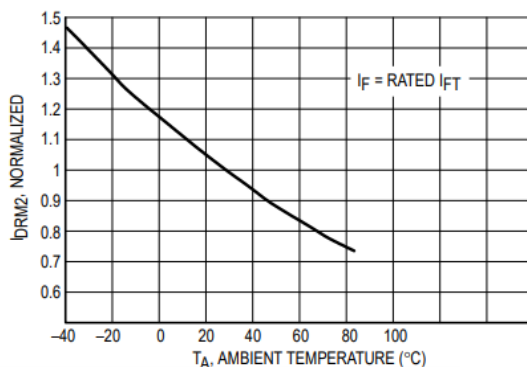


Figure 4. IDRM2, Leakage in Inhibit State versus Temperature

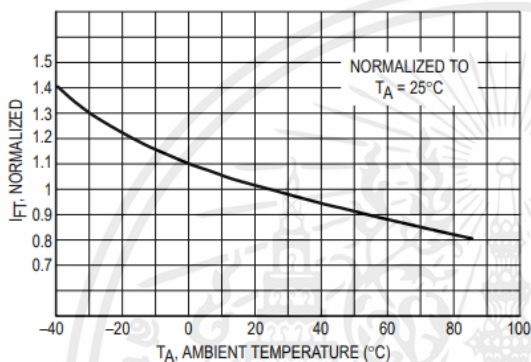


Figure 5. Trigger Current versus Temperature

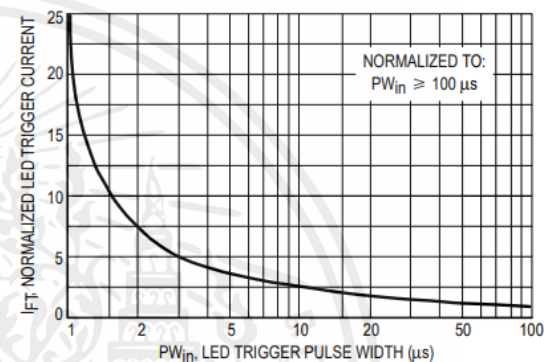
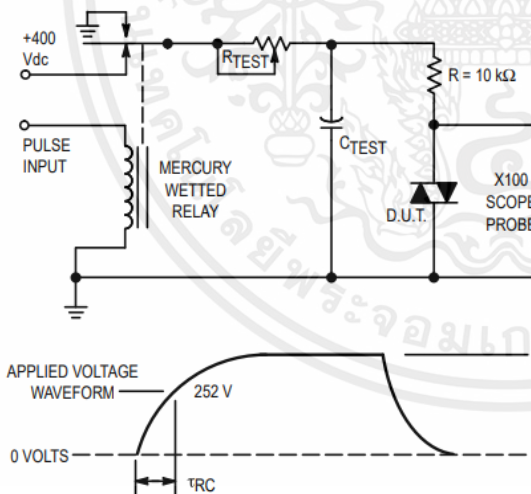


Figure 6. LED Current Required to Trigger versus LED Pulse Width



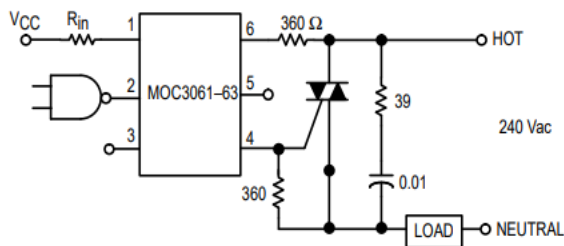
1. The mercury wetted relay provides a high speed repeated pulse to the D.U.T.
2. 100x scope probes are used, to allow high speeds and voltages.
3. The worst-case condition for static dv/dt is established by triggering the D.U.T. with a normal LED input current, then removing the current. The variable R_{TEST} allows the dv/dt to be gradually increased until the D.U.T. continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The dv/dt is then decreased until the D.U.T. stops triggering. τ_{RC} is measured at this point and recorded.

$$dv/dt = \frac{0.63 V_{max}}{\tau_{RC}} = \frac{378}{\tau_{RC}}$$

Figure 7. Static dv/dt Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

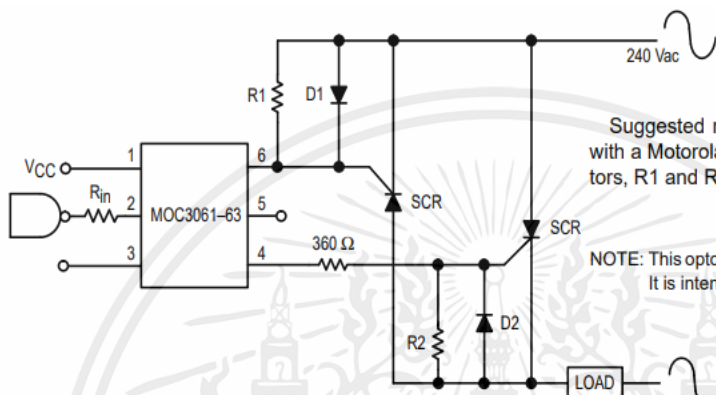
MOC3061 MOC3062 MOC3063



Typical circuit for use when hot line switching is required. In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or neutral side. The load may be connected to either the neutral or hot line.

R_{in} is calculated so that I_F is equal to the rated I_{FT} of the part, 15 mA for the MOC3061, 10 mA for the MOC3062, and 5 mA for the MOC3063. The 39 ohm resistor and 0.01 μ F capacitor are for snubbing of the triac and may or may not be necessary depending upon the particular triac and load used.

Figure 8. Hot-Line Switching Application Circuit



Suggested method of firing two, back-to-back SCR's, with a Motorola triac driver. Diodes can be 1N4001; resistors, R1 and R2, are optional 330 ohms.

NOTE: This optoisolator should not be used to drive a load directly. It is intended to be a trigger device only.

Figure 9. Inverse-Parallel SCR Driver Circuit

**MOC3061 MOC3062 MOC3063
PACKAGE DIMENSIONS**

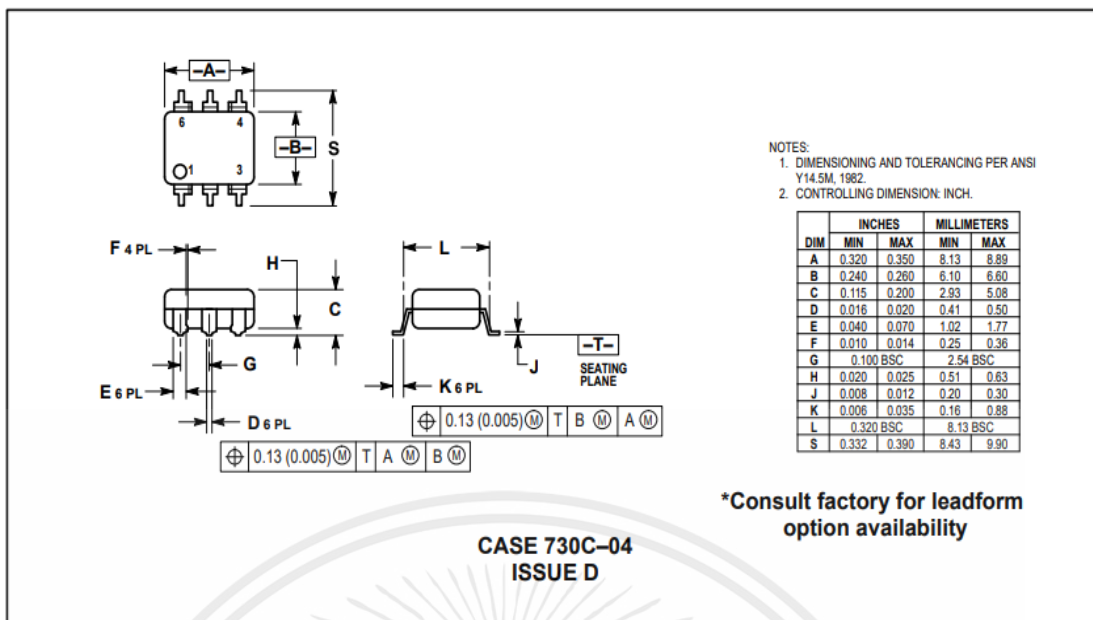
NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.320	0.350	8.13	8.89
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.115	0.200	2.93	5.08
D	0.016	0.020	0.41	0.50
E	0.040	0.070	1.02	1.77
F	0.010	0.014	0.25	0.36
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.012	0.21	0.30
K	0.100	0.150	2.54	3.81
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.015	0.100	0.38	2.54

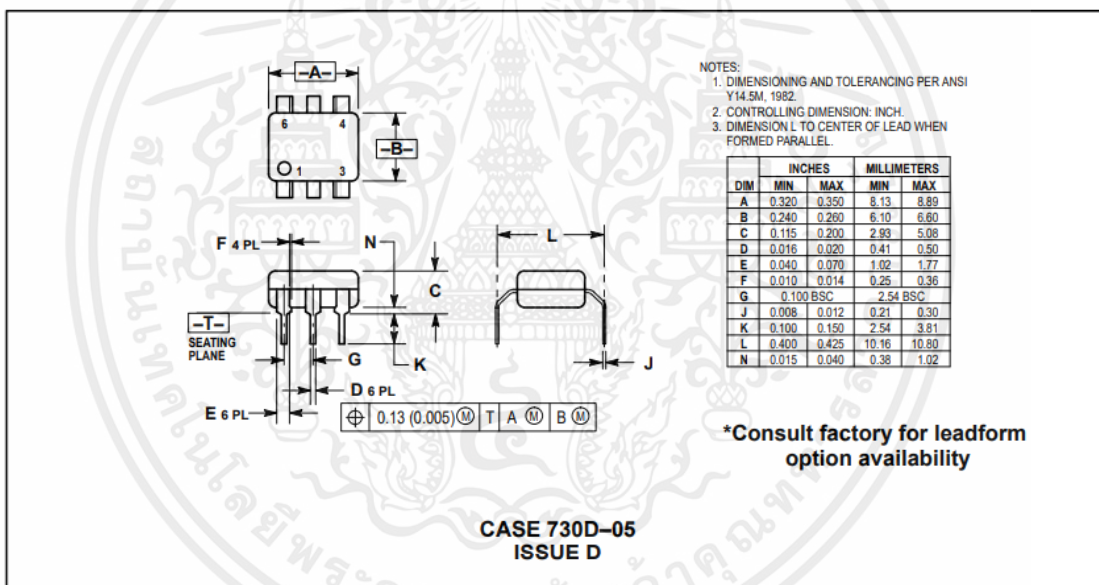
STYLE 6:
PIN 1: ANODE
2: CATHODE
3: NC
4: MAIN TERMINAL
5: SUBSTRATE
6: MAIN TERMINAL

**CASE 730A-04
ISSUE G**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MOC3061 MOC3062 MOC3063



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and (M) are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA / EUROPE: Motorola Literature Distribution;
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447

MFAX: RMFAXO@email.sps.mot.com - TOUCHTONE (602) 244-6609
INTERNET: http://Design-NET.com

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, Toshikatsu Otsuki,
 6F Seibu-Butsuryu-Center, 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-3521-8315

HONG KONG: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

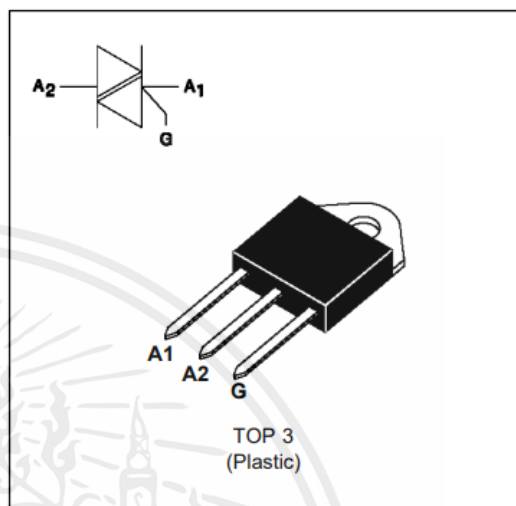
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STANDARD TRIACS
FEATURES

- HIGH SURGE CURRENT CAPABILITY
- COMMUTATION : $(dV/dt)_c > 10V/\mu s$
- BTA Family :
 INSULATING VOLTAGE = 2500V(RMS)
 (UL RECOGNIZED : E81734)

DESCRIPTION

The BTA41 A/B / BTB41 B triac family are high performance glass passivated PNP devices. These parts are suitable for general purpose applications where high surge current capability is required. Application such as phase control and static switching on inductive or resistive load.


ABSOLUTE RATINGS (limiting values)

Symbol	Parameter		Value	Unit	
$I_T(\text{RMS})$	RMS on-state current (360° conduction angle)	BTA	$T_c = 75^\circ\text{C}$	40	A
		BTB	$T_c = 85^\circ\text{C}$	45	
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (T_j initial = 25°C)		$t_p = 8.3 \text{ ms}$	315	A
			$t_p = 10 \text{ ms}$	300	
i_2t	I_2t value		$t_p = 10 \text{ ms}$	450	A^2s
di/dt	Critical rate of rise of on-state current Gate supply : $I_G = 500\text{mA}$ $di_G/dt = 1\text{A}/\mu\text{s}$		Repetitive $F = 50 \text{ Hz}$	10	$\text{A}/\mu\text{s}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTA41 A/B / BTB41 B**THERMAL RESISTANCES**

Symbol	Parameter		Value	Unit
Rth (j-a)	Junction to ambient		50	°C/W
Rth (j-c) DC	Junction to case for DC	BTA	1.2	°C/W
		BTB	0.8	
Rth (j-c) AC	Junction to case for 360° conduction angle (F = 50 Hz)	BTA	0.9	°C/W
		BTB	0.6	

GATE CHARACTERISTICS (maximum values)

P_G (AV) = 1W P_{GM} = 40W (tp = 20 μs) I_{GM} = 8A (tp = 20 μs) V_{GM} = 16V (tp = 20 μs).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Symbol	Test Conditions	Quadrant	Suffix		Unit	
			A	B		
IGT	VD=12V (DC) RL=33Ω Tj=25°C	I-II-III	MAX	100	50	mA
		IV	MAX	150	100	
VGT	VD=12V (DC) RL=33Ω Tj=25°C	I-II-III-IV	MAX	1.5		V
VGD	VD=VDRM RL=3.3kΩ Tj=125°C	I-II-III-IV	MIN	0.2		V
tgt	VD=VDRM IG = 500mA dIG/dt = 3A/μs Tj=25°C	I-II-III-IV	TYP	2.5		μs
IL	IG=1.2 IGT Tj=25°C	I-III-IV	TYP	70	60	mA
		II		200	180	
IH *	IT= 500mA gate open Tj=25°C		MAX	100	80	mA
VTM *	ITM= 60A tp= 380μs Tj=25°C		MAX	1.8		V
IDRM IRRM	VDRM Rated VRRM Rated Tj=25°C		MAX	0.01		mA
			MAX	6		
dV/dt *	Linear slope up to VD=67%VDRM gate open Tj=125°C		MIN	250	250	V/μs
(dV/dt)c *	(dI/dt)c = 18A/ms BTA (dI/dt)c = 20A/ms BTB Tj=125°C		MIN	10		V/μs

* For either polarity of electrode A2 voltage with reference to electrode A1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTA41 A/B / BTB41 B

ORDERING INFORMATION

Package	$I_T(RMS)$	V_{DRM} / V_{RRM}	Sensitivity Specification	
	A	V	A	B
BTA (Insulated)	41	400	X	X
		600	X	X
		700	X	X
		800	X	X
BTB (Uninsulated)	45	400		X
		600		X
		700		X
		800		X

Fig.1 : Maximum RMS power dissipation versus RMS on-state current (F=50Hz).
(Curves are cut off by (di/dt)c limitation) (BTA)

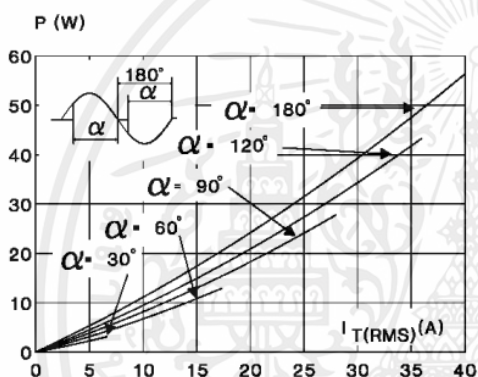


Fig.3 : Maximum RMS power dissipation versus RMS on-state current (F=50Hz).
(Curves are cut off by (di/dt)c limitation) (BTB)

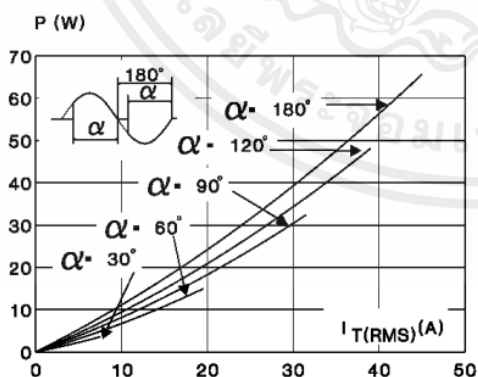


Fig.2 : Correlation between maximum RMS power dissipation and maximum allowable temperatures (T_{amb} and T_{case}) for different thermal resistances heatsink + contact (BTA).

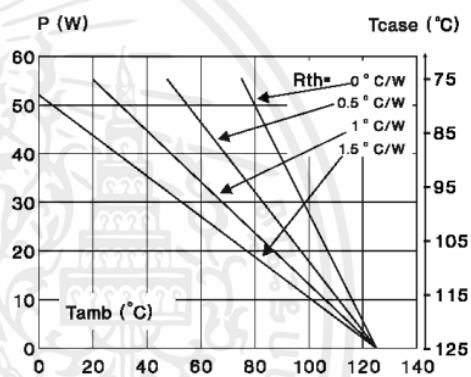
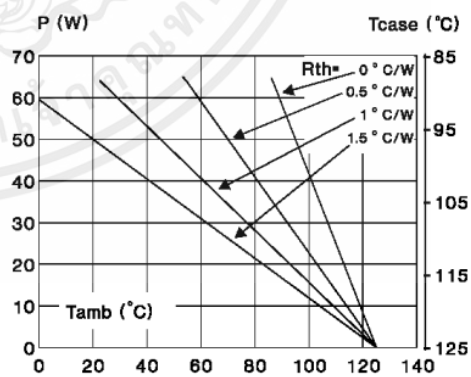


Fig.4 : Correlation between maximum RMS power dissipation and maximum allowable temperatures (T_{amb} and T_{case}) for different thermal resistances heatsink + contact (BTB).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTA41 A/B / BTB41 B

Fig.5 : RMS on-state current versus case temperature. (BTA)

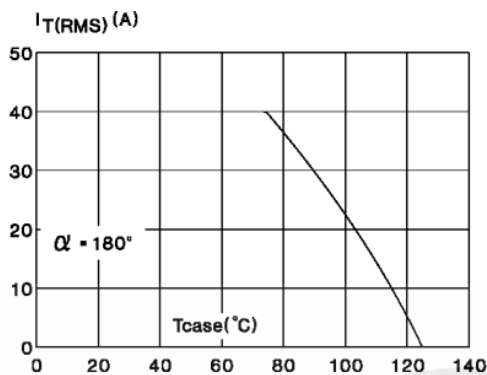


Fig.6 : RMS on-state current versus case temperature. (BTB)

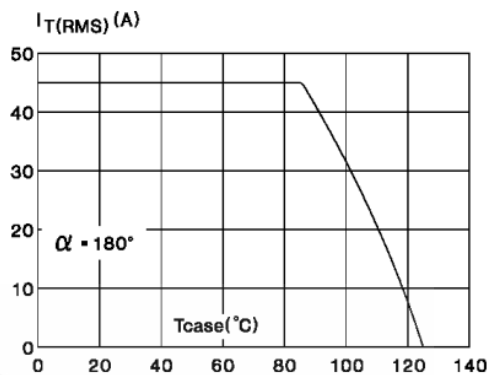


Fig.7 : Relative variation of thermal transient impedance pulse duration.

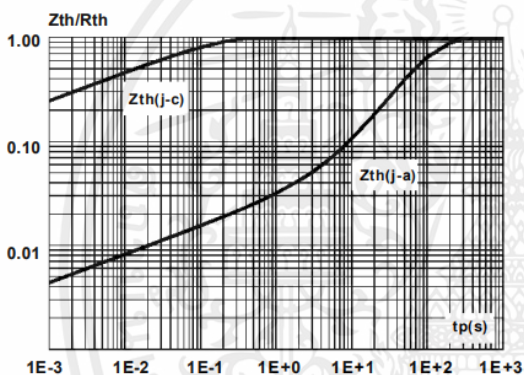


Fig.8 : Relative variation of gate trigger current and holding current versus junction temperature.

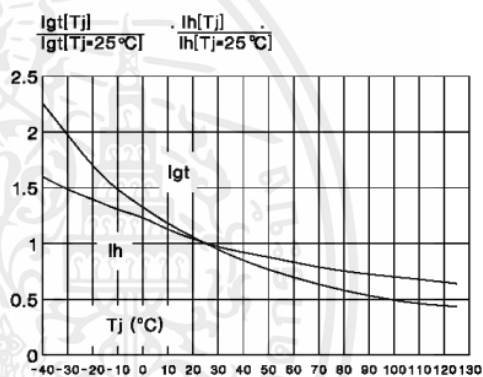


Fig.9 : Non Repetitive surge peak on-state current versus number of cycles.

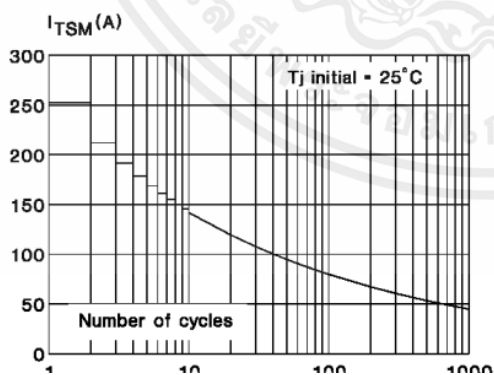
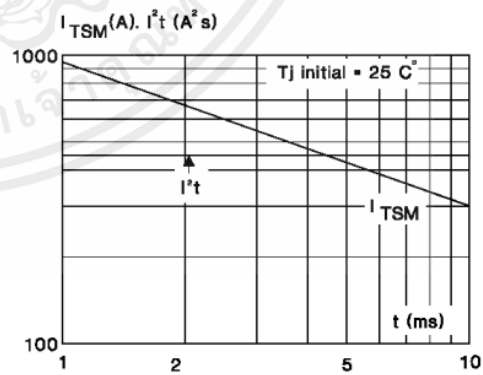
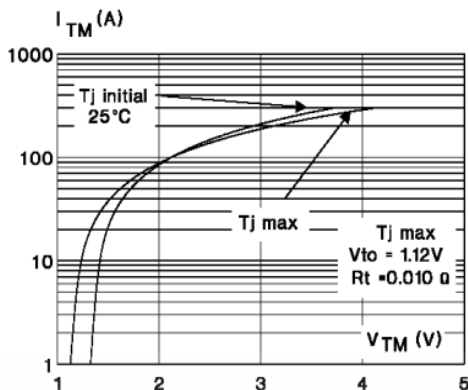


Fig.10 : Non repetitive surge peak on-state current for a sinusoidal pulse with width : $t \leq 10\text{ms}$, and corresponding value of I^2t .



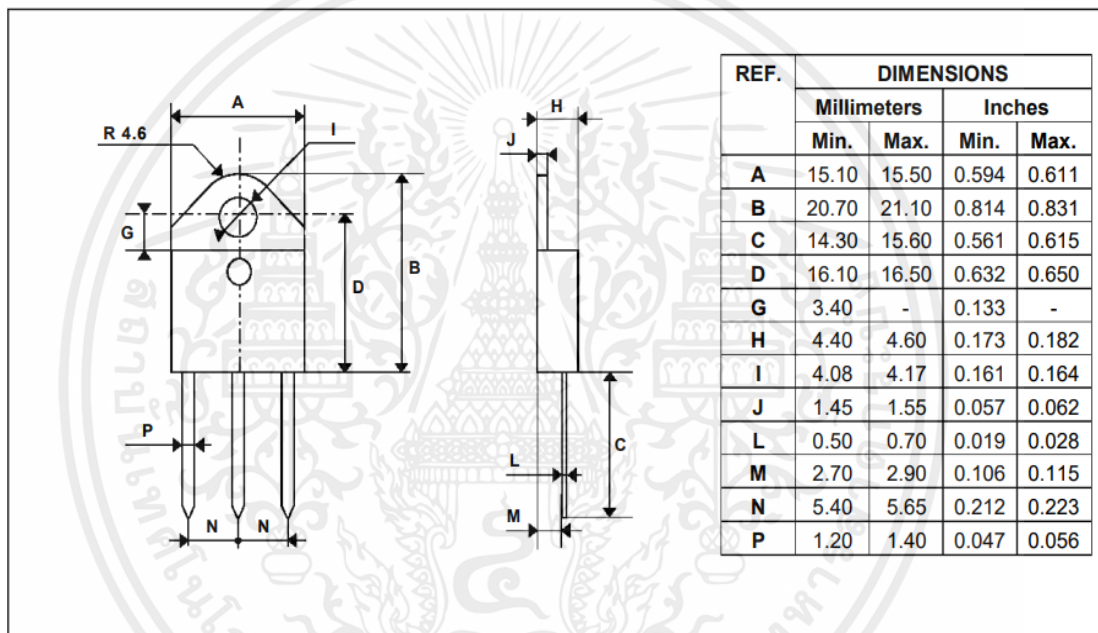
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig.11 : On-state characteristics (maximum values).



PACKAGE MECHANICAL DATA

TOP 3 Plastic



Cooling method : C
 Marking : type number
 Weight : 4.7 g

Recommended torque value : 0.8 m.N.
 Maximum torque value : 1 m.N.

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied.

SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1995 SGS-THOMSON Microelectronics - Printed in Italy - All rights reserved.

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Description

The Arduino UNO R3 is the perfect board to get familiar with electronics and coding. This versatile microcontroller is equipped with the well-known ATmega328P and the ATmega 16U2 Processor. This board will give you a great first experience within the world of Arduino.

Target areas:

Maker, introduction, industries

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- **ATMega328P Processor**
 - **Memory**
 - AVR CPU at up to 16 MHz
 - 32KB Flash
 - 2KB SRAM
 - 1KB EEPROM
 - **Security**
 - Power On Reset (POR)
 - Brown Out Detection (BOD)
 - **Peripherals**
 - 2x 8-bit Timer/Counter with a dedicated period register and compare channels
 - 1x 16-bit Timer/Counter with a dedicated period register, input capture and compare channels
 - 1x USART with fractional baud rate generator and start-of-frame detection
 - 1x controller/peripheral Serial Peripheral Interface (SPI)
 - 1x Dual mode controller/peripheral I2C
 - 1x Analog Comparator (AC) with a scalable reference input
 - Watchdog Timer with separate on-chip oscillator
 - Six PWM channels
 - Interrupt and wake-up on pin change
- **ATMega16U2 Processor**
 - 8-bit AVR® RISC-based microcontroller
 - **Memory**
 - 16 KB ISP Flash
 - 512B EEPROM
 - 512B SRAM
 - debugWIRE interface for on-chip debugging and programming
 - **Power**
 - 2.7-5.5 volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 The Board

1.1 Application Examples

The UNO board is the flagship product of Arduino. Regardless if you are new to the world of electronics or will use the UNO as a tool for education purposes or industry-related tasks.

First entry to electronics: If this is your first project within coding and electronics, get started with our most used and documented board; Arduino UNO. It is equipped with the well-known ATmega328P processor, 14 digital input/output pins, 6 analog inputs, USB connections, ICSP header and reset button. This board includes everything you will need for a great first experience with Arduino.

Industry-standard development board: Using the Arduino UNO board in industries, there are a range of companies using the UNO board as the brain for their PLC's.

Education purposes: Although the UNO board has been with us for about ten years, it is still widely used for various education purposes and scientific projects. The board's high standard and top quality performance makes it a great resource to capture real time from sensors and to trigger complex laboratory equipment to mention a few examples.

1.2 Related Products

- Starter Kit
- Tinkerkit Braccio Robot
- Example

2 Ratings

2.1 Recommended Operating Conditions

Symbol	Description	Min	Max
	Conservative thermal limits for the whole board:	-40 °C (-40°F)	85 °C (185°F)

NOTE: In extreme temperatures, EEPROM, voltage regulator, and the crystal oscillator, might not work as expected due to the extreme temperature conditions

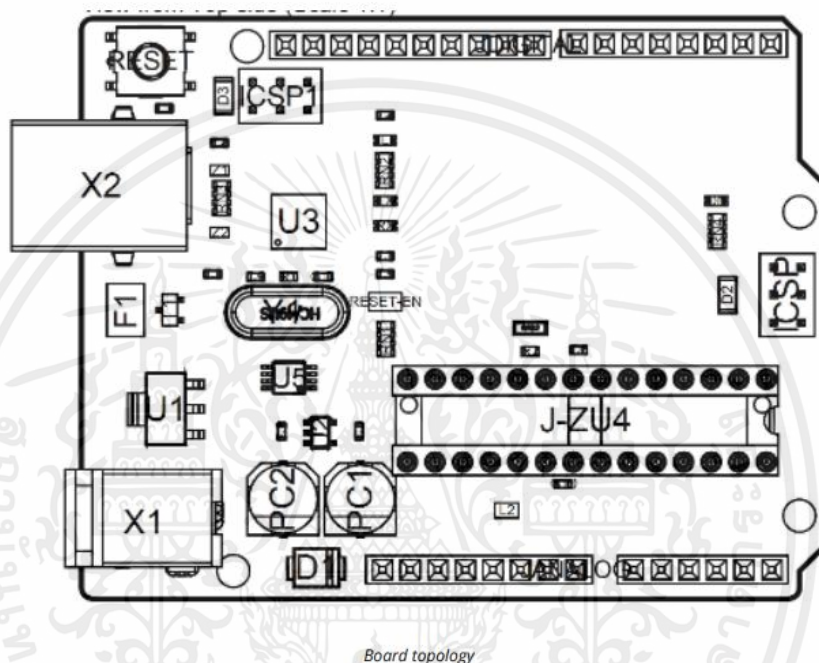
2.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector		-	5.5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA

3 Functional Overview

3.1 Board Topology

Top view



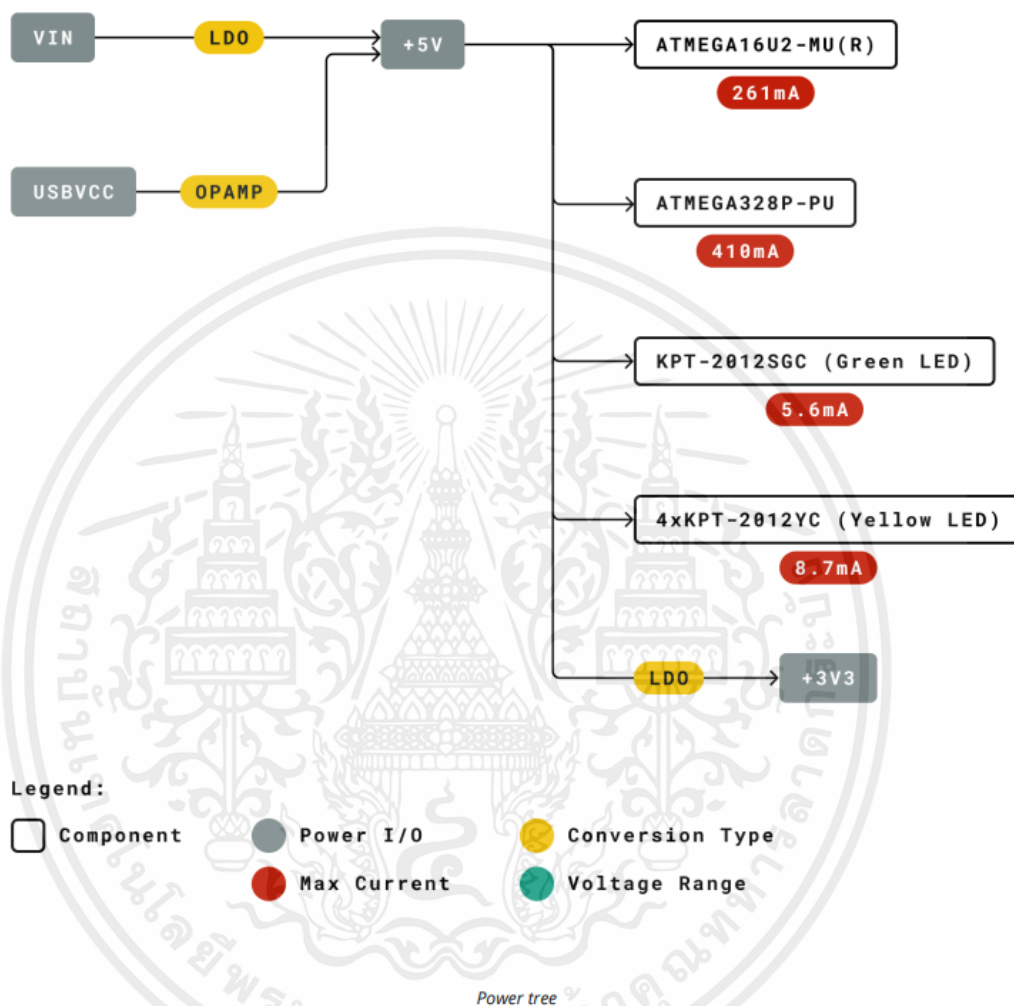
Ref.	Description	Ref.	Description
X1	Power jack 2.1x5.5mm	U1	SPX1117M3-L-5 Regulator
X2	USB B Connector	U3	ATMEGA16U2 Module
PC1	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	U5	LMV358LIST-A.9 IC
PC2	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	F1	Chip Capacitor, High Density
D1	CGRA4007-G Rectifier	ICSP	Pin header connector (through hole 6)
J-ZU4	ATMEGA328P Module	ICSP1	Pin header connector (through hole 6)
Y1	ECS-160-20-4X-DU Oscillator		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 Processor

The Main Processor is a ATmega328P running at up to 20 MHz. Most of its pins are connected to the external headers, however some are reserved for internal communication with the USB Bridge coprocessor.

3.3 Power Tree



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 Board Operation

4.1 Getting Started - IDE

If you want to program your Arduino UNO while offline you need to install the Arduino Desktop IDE [1] To connect the Arduino UNO to your computer, you'll need a Micro-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 Getting Started - Arduino IoT Cloud

All Arduino IoT enabled products are supported on Arduino IoT Cloud which allows you to Log, graph and analyze sensor data, trigger events, and automate your home or business.

4.4 Sample Sketches

Sample sketches for the Arduino XXX can be found either in the “Examples” menu in the Arduino IDE or in the “Documentation” section of the Arduino Pro website [4]

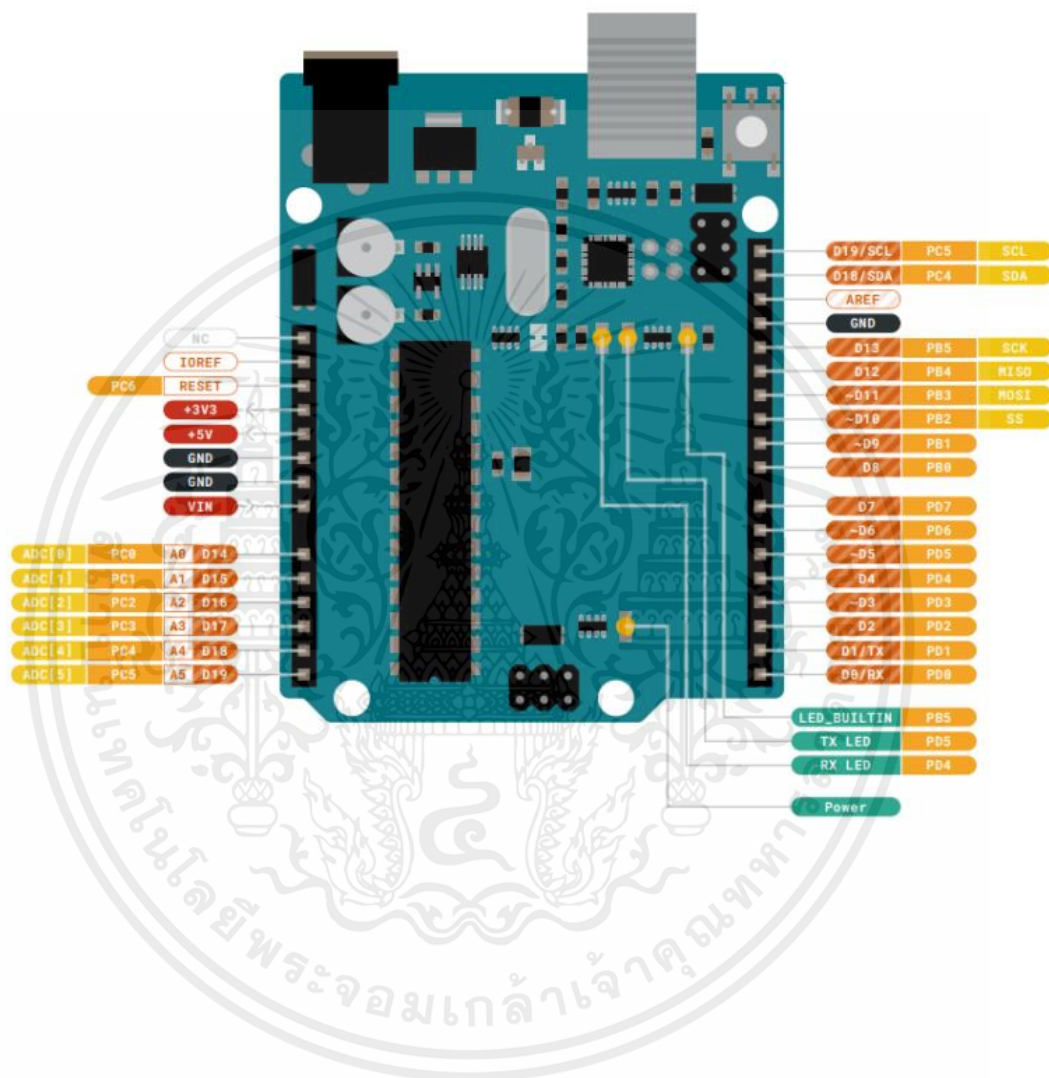
4.5 Online Resources

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

4.6 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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 JANALOG

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/GPIO	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog/GPIO	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog/GPIO	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog/GPIO	Analog input 3 /GPIO
13	A4/SDA	Analog input/I2C	Analog input 4/I2C Data line
14	A5/SCL	Analog input/I2C	Analog input 5/I2C Clock line

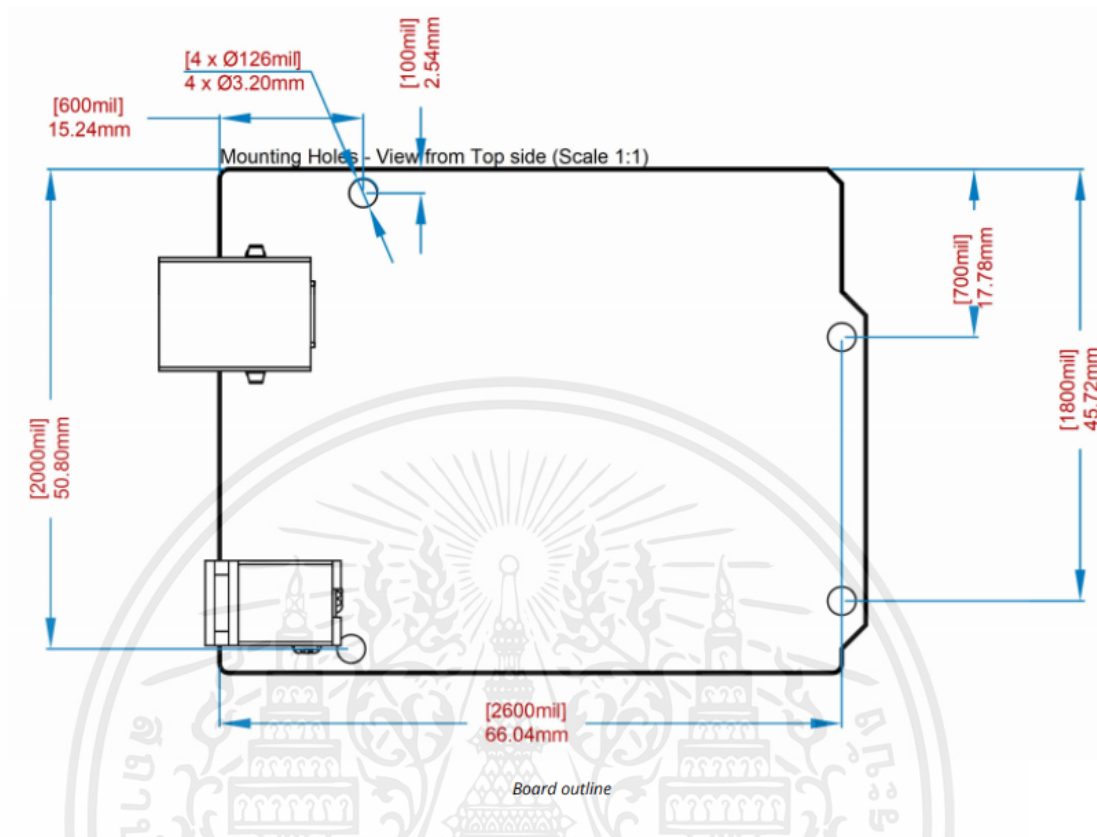
5.2 JDIGITAL

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO
11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 Mechanical Information

5.4 Board Outline & Mounting Holes



6 Certifications

6.1 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).

ROHS 2 Directive 2011/65/EU	
Conforms to:	EN50581:2012
Directive 2014/35/EU. (LVD)	
Conforms to:	EN 60950-1:2006/A11:2009/A1:2010/A12:2011/AC:2011
Directive 2004/40/EC & 2008/46/EC & 2013/35/EU, EMF	
Conforms to:	EN 62311:2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 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.

6.3 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.

7 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

English: User manuals for license-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 license-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 n' doit pas produire de brouillage

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

IC SAR Warning:

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

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

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

Hereby, Arduino S.r.l. declares that this product is in compliance with essential requirements and other relevant provisions of Directive 2014/53/EU. This product is allowed to be used in all EU member states.

8 Company Information

Company name	Arduino S.r.l
Company Address	Via Andrea Appiani 25 20900 MONZA Italy

9 Reference Documentation

Reference	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/
Online Store	https://store.arduino.cc/

10 Revision History

Date	Revision	Changes
xx/06/2021	1	Datasheet release

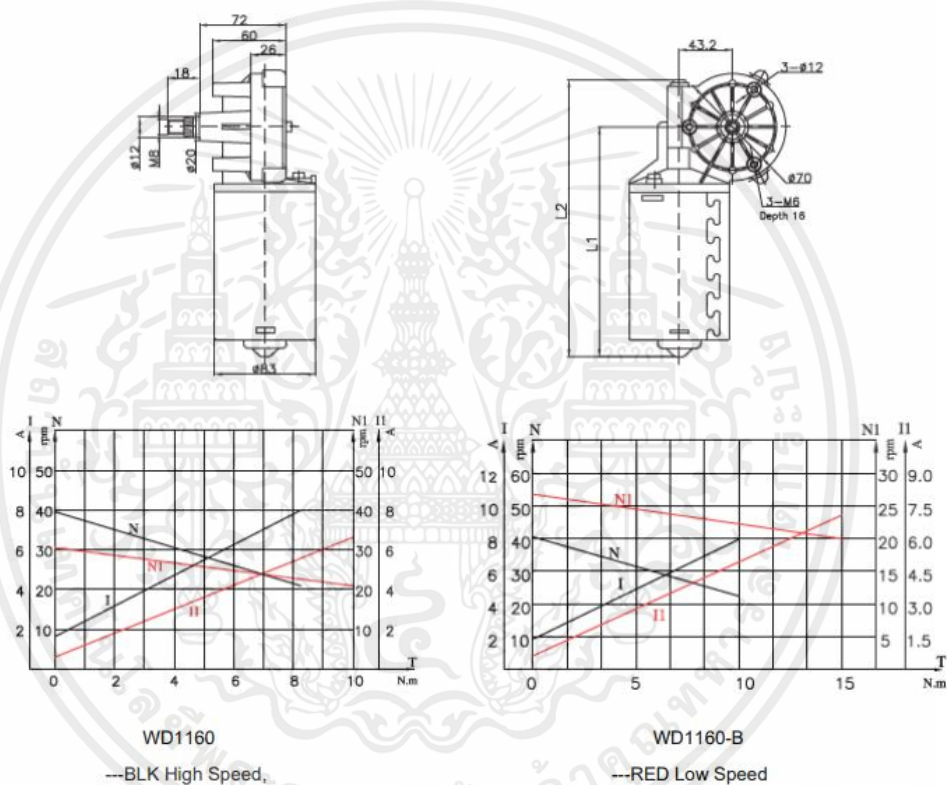
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wiper Motor -WD1160/1160-B



- 12VDC and 24VDC Available
- Aluminum Diecasting Gearbox
- Rolled Steel Housing Construction
- Dual Speed Design
- Dynamically Balanced Rotor

Mechanical



Performance Data at Rated 12V DC

Type	No-Load Speed	Rated			Peak Torque N.m	L1 mm	L2 mm
		Speed rpm	Current A	Torque N.m			
WD1160	40	28	5.6	5.2	8.5	182	225
	31	24	4.8	7	10		
WD1160-B	40.5	28	5.8	6.5	10	199	235
	27	21.5	6.3	13.2	15		

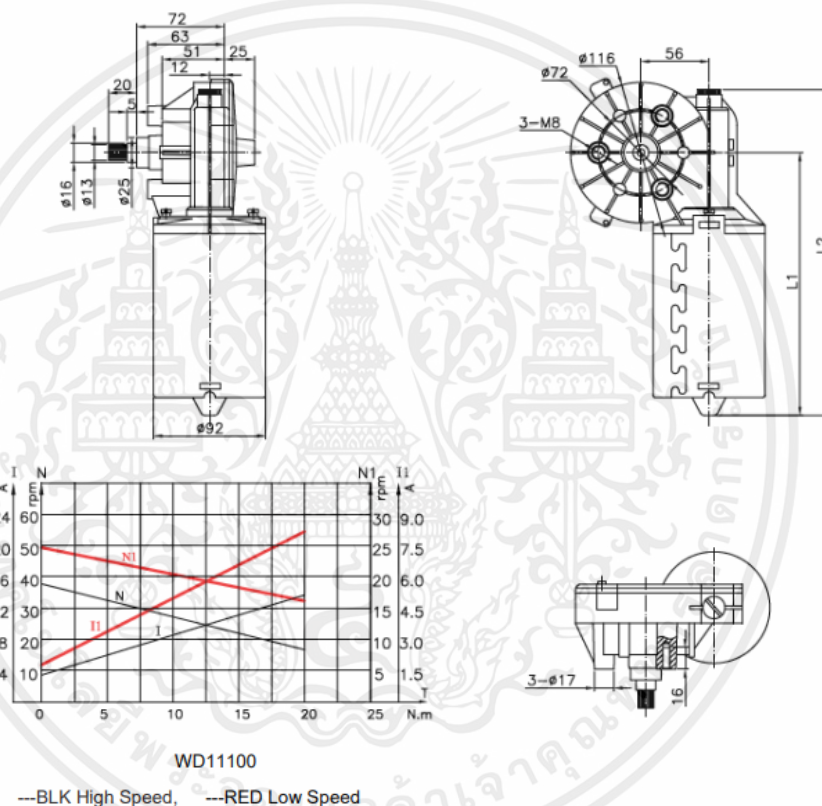
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wiper Motor –WD21100/21100-B



- 12VDC and 24VDC Available
- Aluminum Diecasting Gearbox
- Rolled Steel Housing Construction
- Dual Speed Design
- Dynamically Balanced Rotor

Mechanical



Performance Data at Rated 12V DC

Type	No-Load Speed	Rated			Peak Torque N.m	L1 mm	L2 mm
		Speed rpm	Current A	Torque N.m			
WD21100	38	25	10	12.5	20	223.5	276.5
	25	19	5.7	13	20		
WD21100-B	37	25	9.7	12	20	235	288
	23	15	7.8	16	20		

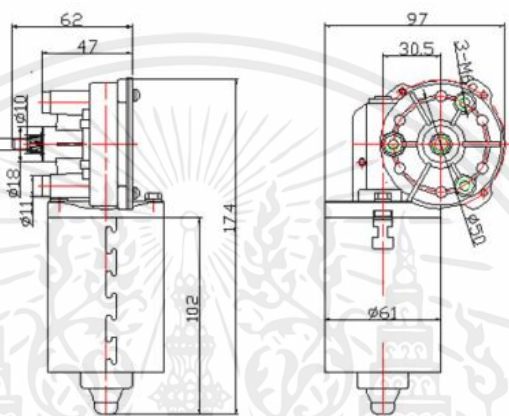
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wiper Motor –WD3150/3250

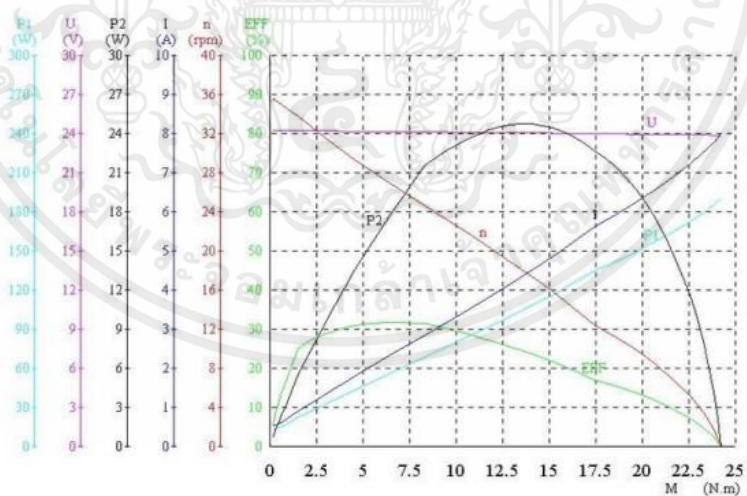


- 12VDC and 24VDC Available
- Aluminum Diecasting Gearbox
- Rolled Steel Housing Construction
- Dynamically Balanced Rotor

Mechanical



Performance Data at Rated 24V DC



Descripton	U (V)	I (A)	P1 (W)	M (N.m)	n (rpm)	P2 (W)	Eff (%)
No_Load	24.20	0.390	9.45	0.23	35.64	0.85	9.0
Max_Eff	24.12	2.060	49.70	5.83	27.98	17.08	34.3
Max_Pout	24.00	4.432	106.4	14.58	16.89	25.79	24.2
Max_Torque	23.81	8.365	199.1	24.38	0.00	0.00	0.0
Locked_Rotor	23.81	8.365	199.1	24.38	0.00	0.00	0.0

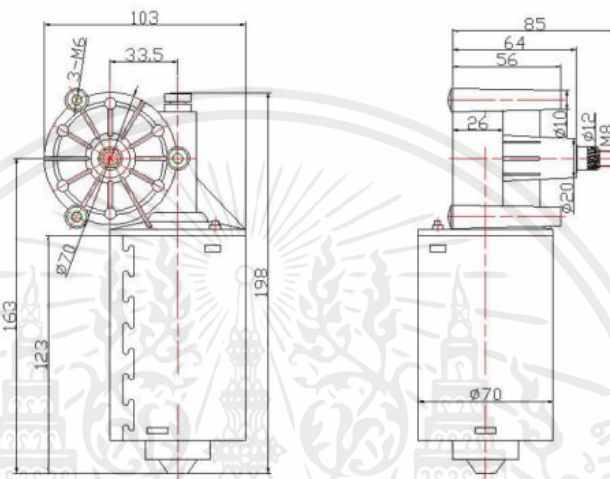
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wiper Motor –WD4170/4270

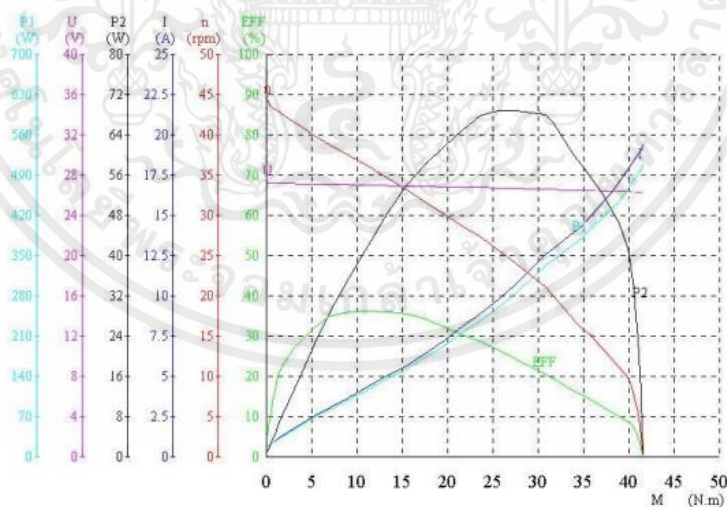


- 12VDC and 24VDC Available
- Aluminum Diecasting Gearbox
- Rolled Steel Housing Construction
- Dynamically Balanced Rotor

Mechanical



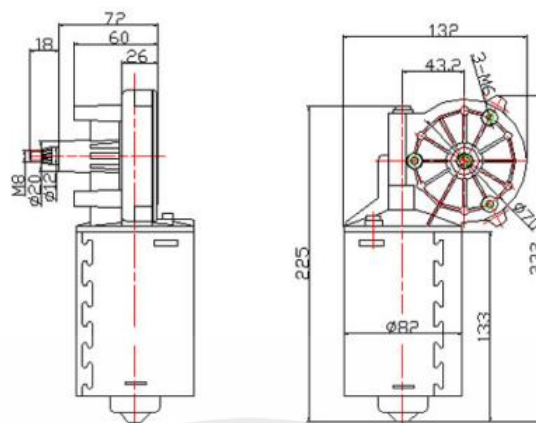
Performance Data at Rated 24V DC



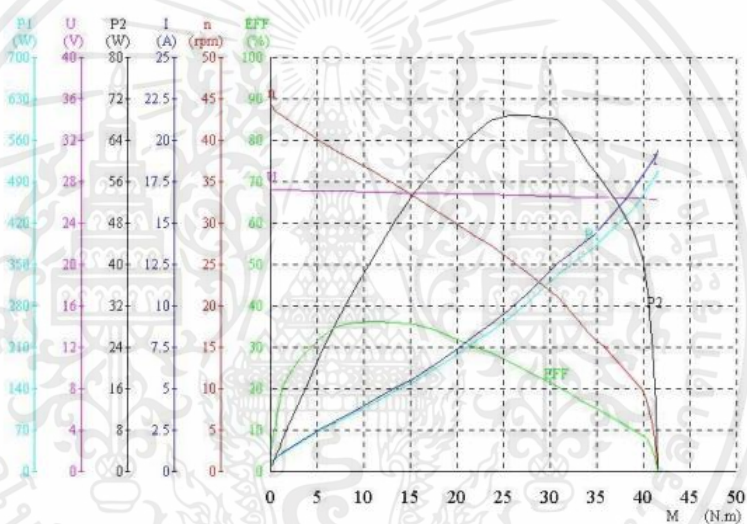
Descriptor	U (V)	I (A)	P1 (W)	M (N.m)	n (rpm)	P2 (W)	Eff (%)
No_Load	27.16	0.678	18.42	0.22	44.23	1.01	5.5
Max_Eff	27.00	3.799	102.6	9.78	37.11	38.00	37.0
Max_Pout	26.66	10.08	268.8	26.62	24.98	69.63	25.9
Max_Torque	26.18	19.41	508.4	41.61	0.00	0.00	0.0
Locked_Rotor	26.18	19.41	508.4	41.61	0.00	0.00	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical



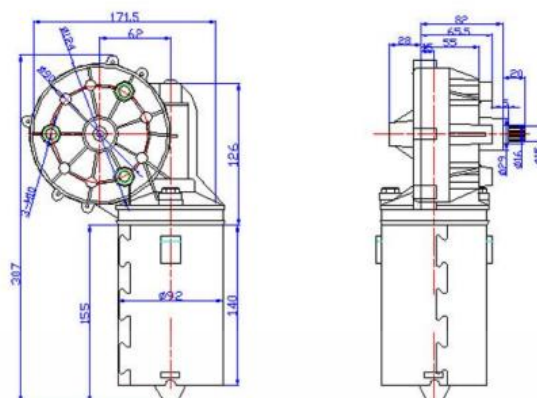
Performance Data at Rated 24V DC



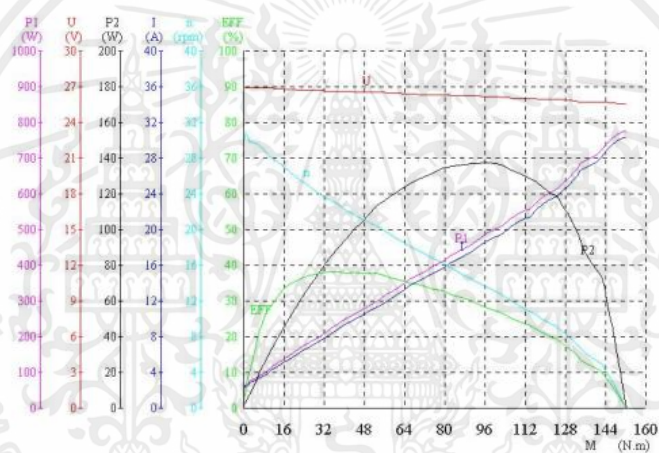
Descriptor	U (V)	I (A)	P1 (W)	M (N.m)	n (rpm)	P2 (W)	Eff (%)
No_Load	27.16	0.678	18.42	0.22	44.23	1.01	5.5
Max_Eff	27.00	3.799	102.6	9.78	37.11	38.00	37.0
Max_Pout	26.66	10.08	268.8	26.62	24.98	69.63	25.9
Max_Torque	26.18	19.41	508.4	41.61	0.00	0.00	0.0
Locked_Rotor	26.18	19.41	508.4	41.61	0.00	0.00	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanical



Performance Data at Rated 24V DC



Description	U (V)	I (A)	P1 (W)	M (N.m)	n (rpm)	P2 (W)	Eff (%)
No Load	26.91	2.411	64.90	0.7	30.14	2.25	3.4
Max_Eff	26.61	8.649	230.1	36.9	23.04	88.91	38.6
Max_Pout	26.10	19.03	496.9	99.6	13.21	137.7	27.7
Max_Torque	25.56	30.28	774.0	152.3	0.00	0.00	0.0
Locked_Rotor	25.56	30.28	774.0	152.3	0.00	0.00	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IBT-2

HIGH CURRENT 30A

DC MOTOR DRIVER



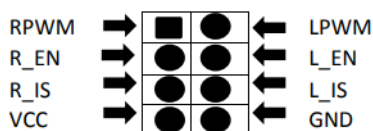
This driver uses two high current half bridge Infineon BTS 7960 chip for motor drive applications. Interfacing to a microcontroller is made easy using this driver which features current sensing, slew rate adjustment and protection against overn temperature, overvoltage, undern voltage, Overn current and short circuit.

This small size driver provides a cost optimized solution for protected high current PWM motor drives.

Feature

- Operating Voltage 5 to 27V (B+)
- Control motor speed by PWM up to 25 kHz.
- Motor forward and backward motion control
- Switched mode current limitation for reduced power dissipation.
- Current limitation level of 30 A Current sense capability
- Over-temperature shut down Over-voltage lock out.
- Large size heat sink is mounted to driver.
- Size: 4*5*1.2 cm.
- Weight: 66 gm.

Conexiones:

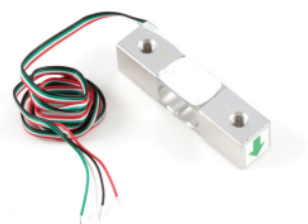


1	RPWM	Forward level or PWM signal input, active HIGH
2	LPWM	Reverse level or PWM signal input, active HIGH
3	R_EN	Forward drive enable input, HIGH enable, LOW Close
4	L_EN	Reverse drive enable input, HIGH enable, LOW Close
5	R_IS	Forward drive – side current alarm output
6	L_IS	Reverse drive – side current alarm output
7	VCC	5V power input to control board
8	GND	Ground.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Datasheet

3134 - Micro Load Cell (0-20kg) - CZL635



Contents

- 1 What do you have to know?
- 1 How does it work - For curious people
- 1 Installation
- 2 Calibration
- 2 Product Specifications
- 3 Glossary

What do you have to know?

A load cell is a force sensing module - a carefully designed metal structure, with small elements called strain gauges mounted in precise locations on the structure. Load cells are designed to measure a specific force, and ignore other forces being applied. The electrical signal output by the load cell is very small and requires specialized amplification. Fortunately, **the 1046 PhidgetBridge will perform all the amplification and measurement of the electrical output.**

Load cells are designed to measure force in one direction. They will often measure force in other directions, but the sensor sensitivity will be different, since parts of the load cell operating under compression are now in tension, and vice versa.

How does it work - For curious people

Strain-gauge load cells convert the load acting on them into electrical signals. The measuring is done with very small resistor patterns called strain gauges - effectively small, flexible circuit boards. The gauges are bonded onto a beam or structural member that deforms when weight is applied, in turn deforming the strain-gauge. As the strain gauge is deformed, its electrical resistance changes in proportion to the load.

The changes to the circuit caused by force is much smaller than the changes caused by variation in temperature. Higher quality load cells cancel out the effects of temperature using two techniques. By matching the expansion rate of the strain gauge to the expansion rate of the metal it's mounted on, undue strain on the gauges can be avoided as the load cell warms up and cools down. The most important method of temperature compensation involves using multiple strain gauges, which all respond to the change in temperature with the same change in resistance. Some load cell designs use gauges which are never subjected to any force, but only serve to counterbalance the temperature effects on the gauges that measuring force. Most designs use 4 strain gauges, some in compression, some under tension, which maximizes the sensitivity of the load cell, and automatically cancels the effect of temperature.

Installation

This Single Point Load Cell is used in small jewelry scales and kitchen scales. It's mounted by bolting down the end of the load cell where the wires are attached, and applying force on the other end **in the direction of the arrow.** Where the force is applied is not critical, as this load cell measures a shearing effect on the beam, not the bending of the beam. If you mount a small platform on the load cell, as would be done in a small scale, this load cell provides accurate readings regardless of the position of the load on the platform.



Calibration

A simple formula is usually used to convert the measured mv/V output from the load cell to the measured force:

$$\text{Measured Force} = A * \text{Measured mV/V} + B \text{ (offset)}$$

It's important to decide what unit your measured force is - grams, kilograms, pounds, etc.

This load cell has a rated output of $1.0 \pm 0.15 \text{ mV/V}$ which corresponds to the sensor's capacity of 20kg.

To find A we use

$$\text{Capacity} = A * \text{Rated Output}$$

$$A = \text{Capacity} / \text{Rated Output}$$

$$A = 20 / 1.0$$

$$A = 20$$

Since the Offset is quite variable between individual load cells, it's necessary to calculate the offset for each sensor. Measure the output of the load cell with no force on it and note the mv/V output measured by the PhidgetBridge.

$$\text{Offset} = 0 - 20 * \text{Measured Output}$$

Product Specifications	
Mechanical	
Housing Material	Aluminum Alloy
Load Cell Type	Strain Gauge
Capacity	20kg
Dimensions	55.25x12.7x12.7mm
Mounting Holes	M5 (Screw Size)
Cable Length	550mm
Cable Size	30 AWG (0.2mm)
Cable - no. of leads	4
Electrical	
Precision	0.05%
Rated Output	$1.0 \pm 0.15 \text{ mV/V}$
Non-Linearity	0.05% FS
Hysteresis	0.05% FS
Non-Repeatability	0.05% FS
Creep (per 30 minutes)	0.1% FS
Temperature Effect on Zero (per 10°C)	0.05% FS
Temperature Effect on Span (per 10°C)	0.05% FS
Zero Balance	$\pm 1.5\% \text{ FS}$
Input Impedance	$1130 \pm 10 \text{ Ohm}$
Output Impedance	$1000 \pm 10 \text{ Ohm}$
Insulation Resistance (Under 50VDC)	$\geq 5000 \text{ MOhm}$
Excitation Voltage	5 VDC
Compensated Temperature Range	-10 to $\sim +40^\circ\text{C}$
Operating Temperature Range	-20 to $\sim +55^\circ\text{C}$
Safe Overload	120% Capacity
Ultimate Overload	150% Capacity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Glossary

Capacity

The maximum load the load cell is designed to measure within its specifications.

Creep

The change in sensor output occurring over 30 minutes, while under load at or near capacity and with all environmental conditions and other variables remaining constant.

FULL SCALE or FS

Used to qualify error - FULL SCALE is the change in output when the sensor is fully loaded. If a particular error (for example, Non-Linearity) is expressed as 0.1% F.S., and the output is 1.0mV/V, the maximum non-linearity that will be seen over the operating range of the sensor will be 0.001 mV/V. An important distinction is that this error doesn't have to only occur at the maximum load. If you are operating the sensor at a maximum of 10% of capacity, for this example, the non-linearity would still be 0.001mV/V, or 1% of the operating range that you are actually using.

Hysteresis

If a force equal to 50% of capacity is applied to a load cell which has been at no load, a given output will be measured. The same load cell is at full capacity, and some of the force is removed, resulting in the load cell operating at 50% capacity. The difference in output between the two test scenarios is called hysteresis.

Excitation Voltage

Specifies the voltage that can be applied to the power/ground terminals on the load cell. In practice, if you are using the load cell with the PhidgetBridge, you don't have to worry about this spec.

Input Impedance

Determines the power that will be consumed by the load cell. The lower this number is, the more current will be required, and the more heating will occur when the load cell is powered. In very noisy environments, a lower input impedance will reduce the effect of Electromagnetic interference on long wires between the load cell and PhidgetBridge.

Insulation Resistance

The electrical resistance measured between the metal structure of the load cell, and the wiring. The practical result of this is the metal structure of the load cells should not be energized with a voltage, particularly higher voltages, as it can arc into the PhidgetBridge. Commonly the load cell and the metal framework it is part of will be grounded to earth or to your system ground.

Maximum Overload

The maximum load which can be applied without producing a structural failure.

Non-Linearity

Ideally, the output of the sensor will be perfectly linear, and a simple 2-point calibration will exactly describe the behaviour of the sensor at other loads. In practice, the sensor is not perfect, and Non-linearity describes the maximum deviation from the linear curve. Theoretically, if a more complex calibration is used, some of the non-linearity can be calibrated out, but this will require a very high accuracy calibration with multiple points.

Non-Repeatability

The maximum difference the sensor will report when exactly the same weight is applied, at the same temperature, over multiple test runs.

Operating Temperature

The extremes of ambient temperature within which the load cell will operate without permanent adverse change to any of its performance characteristics.

Output Impedance

Roughly corresponds to the input impedance. If the Output Impedance is very high, measuring the bridge will distort the results. The PhidgetBridge carefully buffers the signals coming from the load cell, so in practice this is not a concern.

Rated Output

Is the difference in the output of the sensor between when it is fully loaded to its rated capacity, and when it's unloaded. Effectively, it's how sensitive the sensor is, and corresponds to the gain calculated when calibrating the sensor. More expensive sensors have an exact rated output based on an individual calibration done at the factory.

Safe Overload

The maximum axial load which can be applied without producing a permanent shift in performance characteristics beyond those specified.

Compensated Temperature

The range of temperature over which the load cell is compensated to maintain output and zero balance within specified limits.

Temperature Effect on Span

Span is also called rated output. This value is the change in output due to a change in ambient temperature. It is measured over 10 degree C temperature interval.

Temperature Effect on Zero

The change in zero balance due to a change in ambient temperature. This value is measured over 10 degree C temperature interval.

Zero Balance

Zero Balance defines the maximum difference between the +/- output wires when no load is applied. Realistically, each sensor will be individually calibrated, at least for the output when no load is applied. Zero Balance is more of a concern if the load cell is being interfaced to an amplification circuit - the PhidgetBridge can easily handle enormous differences between +/- . If the difference is very large, the PhidgetBridge will not be able to use the higher Gain settings.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ 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 $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ 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 $< 1.5\text{mA}$, power down $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range: $-40 \sim +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

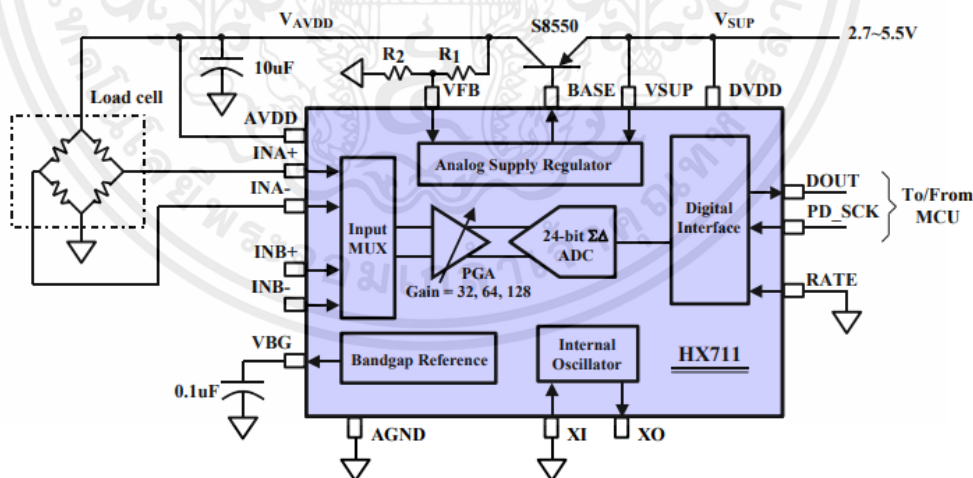


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

Pin Description

Regulator Power	VSUP	1	16	DVDD	Digital Power
Regulator Control Output	BASE	2	15	RATE	Output Data Rate Control Input
Analog Power	AVDD	3	14	XI	Crystal I/O and External Clock Input
Regulator Control Input	VFB	4	13	XO	Crystal I/O
Analog Ground	AGND	5	12	DOUT	Serial Data Output
Reference Bypass	VBG	6	11	PD_SCK	Power Down and Serial Clock Input
Ch. A Negative Input	INNA	7	10	INPB	Ch. B Positive Input
Ch. A Positive Input	INPA	8	9	INNB	Ch. B Negative Input

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		7FFFFFF	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		ppm/°C
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		μ A
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		μ A
	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 อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 $V_{AVDD} = V_{BG} * (R1+R2)/R2$ (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 0.1 μF 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 are 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

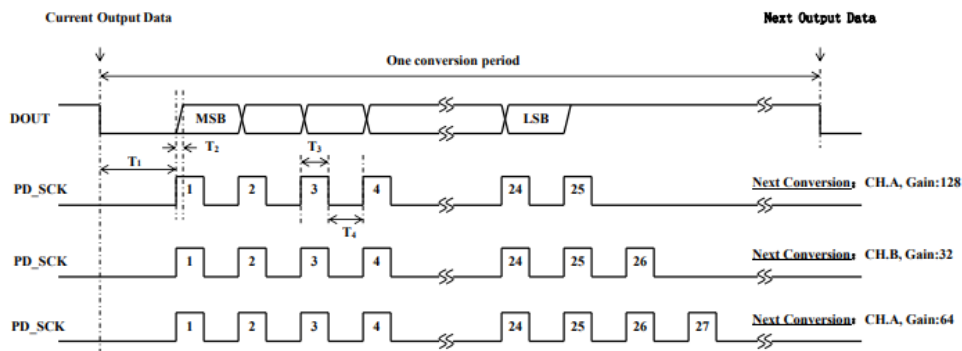


Fig.2 Data output, input and gain selection timing and control

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.

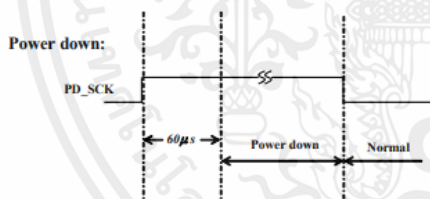


Fig.3 Power down control

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 powered down. When PD_SCK returns to low,

chip will return back to the setup conditions before power down and enter normal operation mode.

If PD_SCK pulse number is changed during the current conversion period, power down should be executed after current conversion period is completed. This is to ensure that the change is saved. When chip returns back to normal operation from power down, it will return to the set up conditions of the last change.

Application Example

Fig.1 is a typical weigh scale application using HX711. It uses on-chip oscillator (XI=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.

Reference PCB Board (Single Layer)

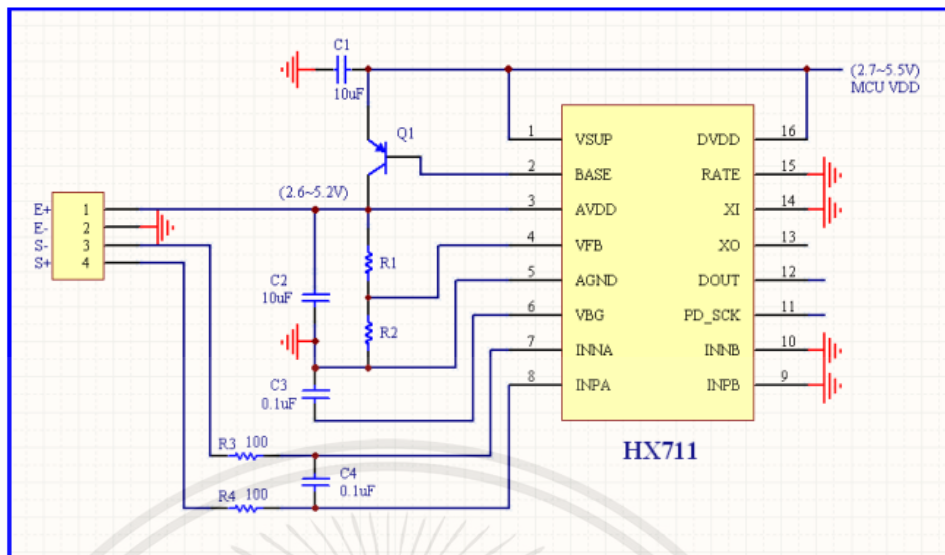


Fig.4 Reference PCB board schematic

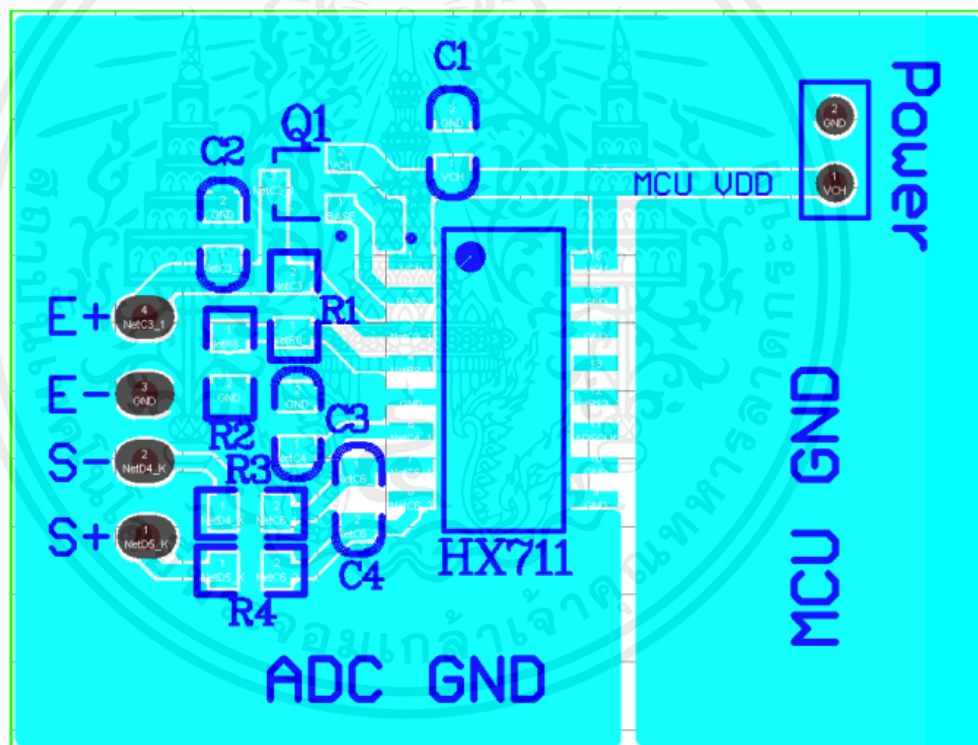


Fig.5 Reference PCB board layout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reference Driver (Assembly)

```

/*-----
Call from ASM:      LCALL  ReaAD
Call from C:       extern unsigned long ReadAD(void);
                    .
                    .
                    unsigned long data;
                    data=ReadAD();
                    .
                    .
-----*/

PUBLIC      ReadAD
HX711ROM   segment code
rseg      HX711ROM

sbit      ADD0 = P1.5;
sbit      ADSK = P0.0;
/*-----
OUT:      R4, R5, R6, R7  R7=>LSB
-----*/

ReadAD:
CLR      ADSK      //AD Enable (PD_SCK set low)
SETB     ADD0      //Enable 51CPU I/O
JB       ADD0,$    //AD conversion completed?
MOV      R4,#24

ShiftOut:
SETB     ADSK      //PD_SCK set high (positive pulse)
NOP
CLR      ADSK      //PD_SCK set low
MOV      C,ADD0    //read on bit
XCH      A,R7      //move data
RLC      A
XCH      A,R7
XCH      A,R6
RLC      A
XCH      A,R6
XCH      A,R5
RLC      A
XCH      A,R5
DJNZ    R4,ShiftOut //moved 24BIT?
SETB     ADSK
NOP
CLR      ADSK
RET
END

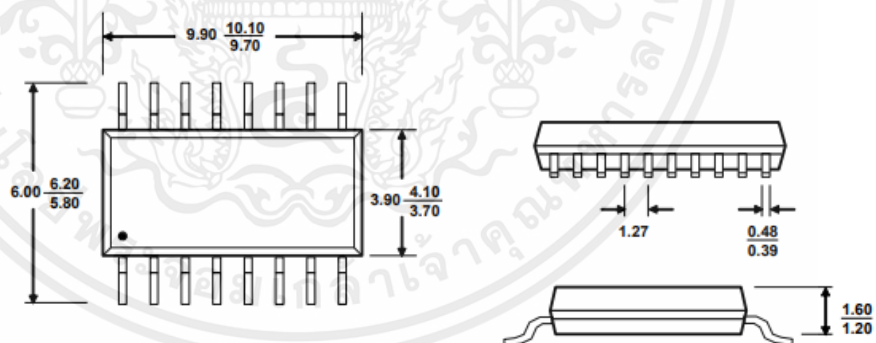
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reference Driver (C)

```
//-----
sbit ADD0 = P1^5;
sbit ADSK = P0^0;
unsigned long ReadCount(void) {
    unsigned long Count;
    unsigned char i;
    ADD0=1;
    ADSK=0;
    Count=0;
    while(ADD0);
    for (i=0;i<24;i++){
        ADSK=1;
        Count=Count<<1;
        ADSK=0;
        if(ADD0) Count++;
    }
    ADSK=1;
    Count=Count^0x800000;
    ADSK=0;
    return(Count);
}
```

Package Dimensions



Typ $\frac{\text{MAX}}{\text{MIN}}$ Unit: mm

SOP-16L Package

Revision History

revision	record
1.0	initial version
2.0	change "Reset and Power-Down"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIM

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

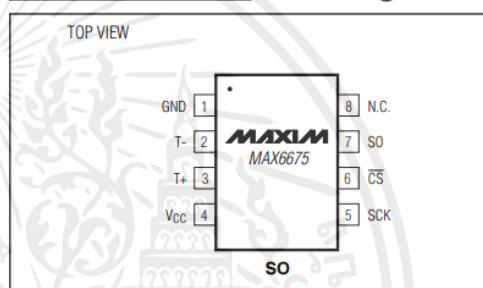
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

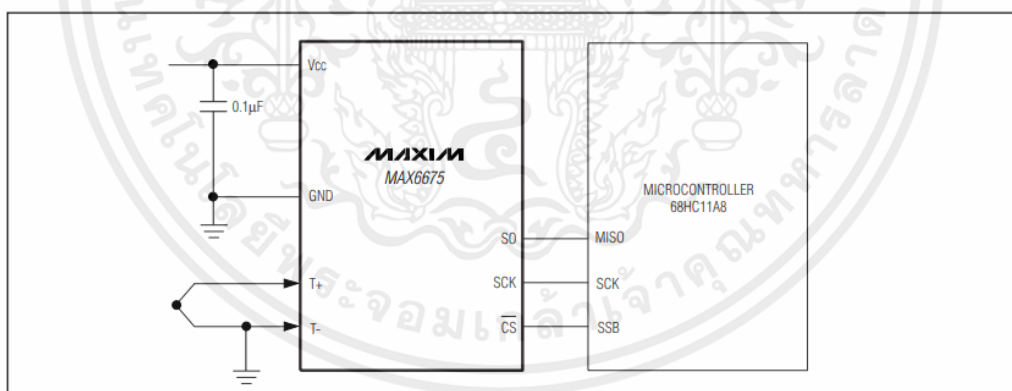
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V _{CC} to GND)	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
SO, SCK, CS, T-, T+ to GND	-0.3V to V _{CC} + 0.3V	Junction Temperature	+150°C
SO Current	50mA	SO Package	
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V	Vapor Phase (60s)	+215°C
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		Infrared (15s)	+220°C
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	471mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Operating Temperature Range	-20°C to +85°C		

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 in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Temperature Error		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB
			V _{CC} = +5V	-6		+6	
		T _{THERMOCOUPLE} = 0°C to +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-8		+8	
			V _{CC} = +5V	-9		+9	
T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1000°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-17		+17			
	V _{CC} = +5V	-19		+19			
Thermocouple Conversion Constant				10.25		μV/LSB	
Cold-Junction Compensation Error		T _A = -20°C to +85°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-3.0		+3.0	°C
			V _{CC} = +5V	-3.0		+3.0	
Resolution				0.25		°C	
Thermocouple Input Impedance				60		kΩ	
Supply Voltage	V _{CC}		3.0		5.5	V	
Supply Current	I _{CC}			0.7	1.5	mA	
Power-On Reset Threshold		V _{CC} rising	1	2	2.5	V	
Power-On Reset Hysteresis				50		mV	
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22	s	
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V _{IL}				0.3 x V _{CC}	V	
Input High Voltage	V _{IH}		0.7 x V _{CC}			V	
Input Leakage Current	I _{LEAK}	V _{IN} = GND or V _{CC}			±5	μA	
Input Capacitance	C _{IN}			5		pF	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

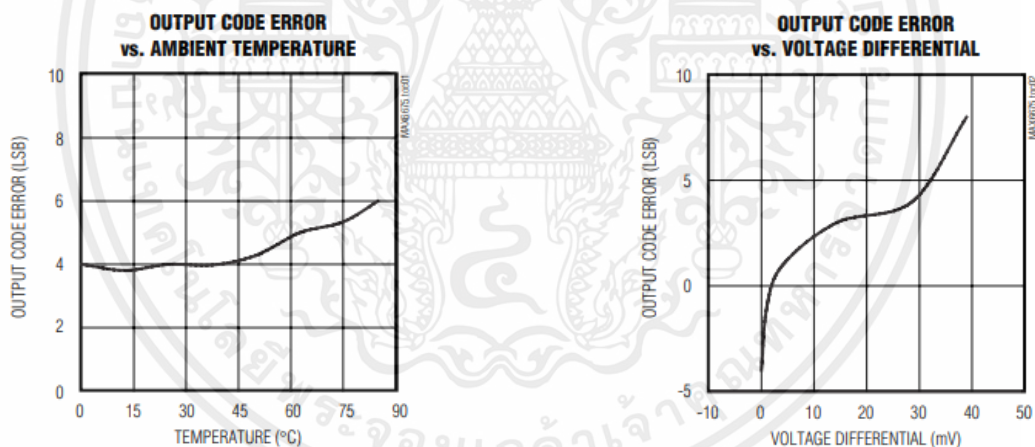
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V _{OH}	I _{SOURCE} = 1.6mA	V _{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{SINK} = 1.6mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f _{SCL}				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	t _{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t _{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t _{CSS}	C _L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t _{DV}	C _L = 10pF			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t _{TR}	C _L = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t _{DO}	C _L = 10pF			100	ns

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	V _{CC}	Positive Supply. Bypass with a 0.1μF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	$\overline{\text{CS}}$	Chip Select. Set $\overline{\text{CS}}$ low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (μC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41μV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{\text{OUT}} = (41\mu\text{V} / ^\circ\text{C}) \times (T_{\text{R}} - T_{\text{AMB}})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (μV).

T_R is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force \overline{CS} low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing \overline{CS} low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing \overline{CS} high.

Force \overline{CS} low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T- must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1 μ F ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BICMOS

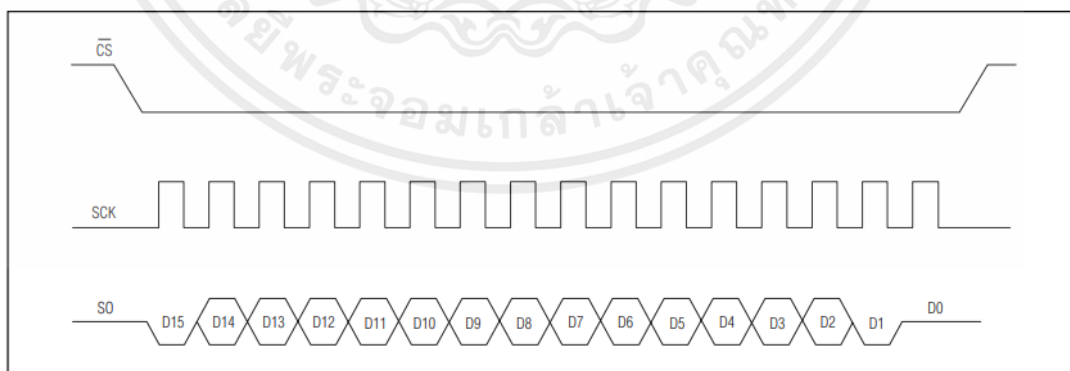


Figure 1a. Serial Interface Protocol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

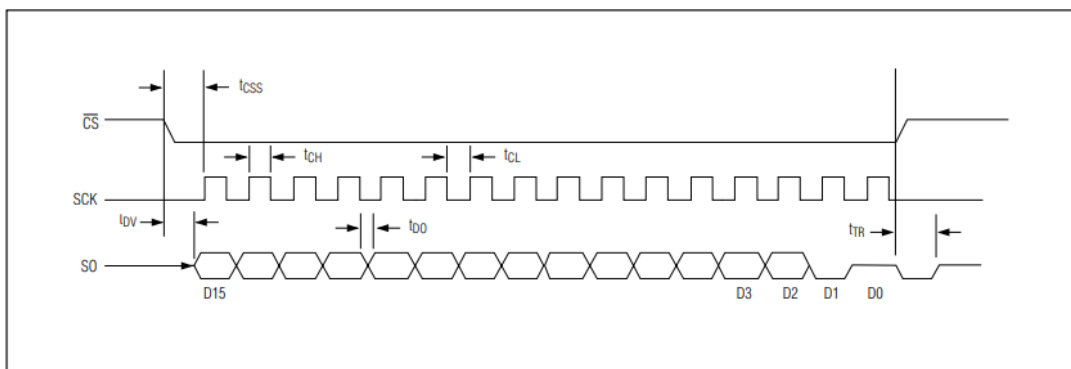
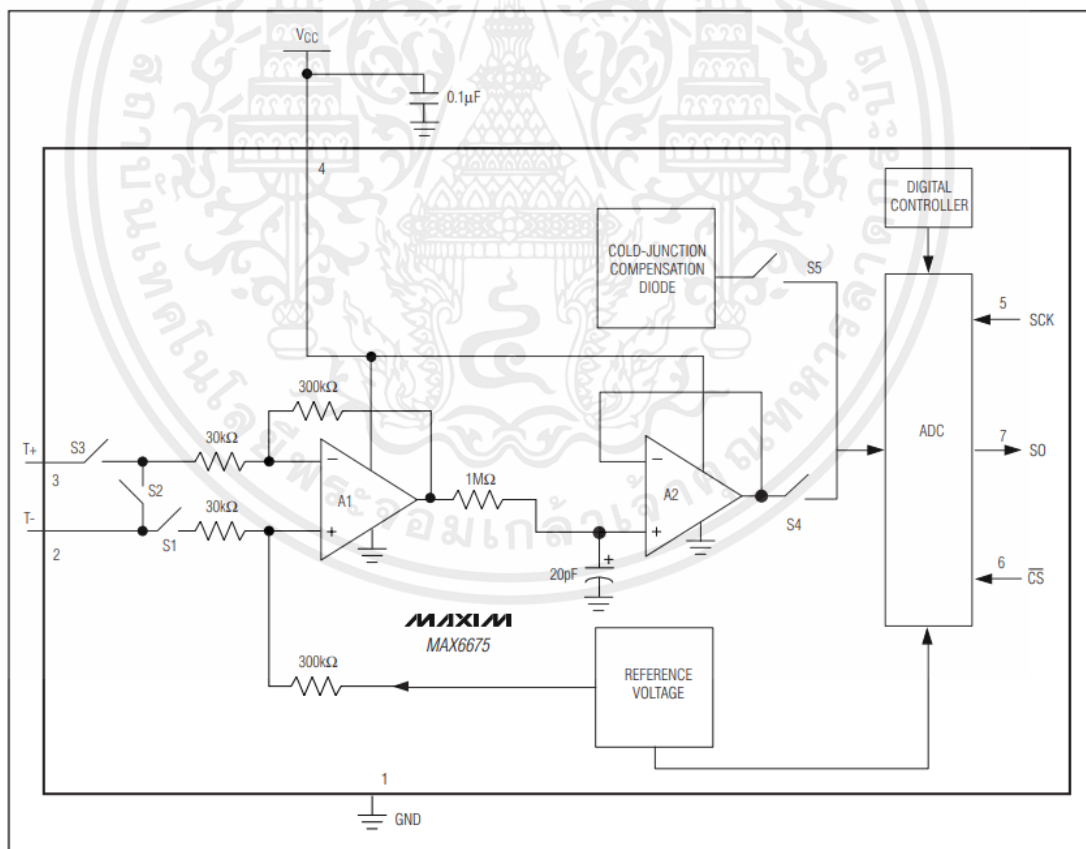


Figure 1b. Serial Interface Timing

BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING												THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE
Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	MSB											LSB		0	Three-state

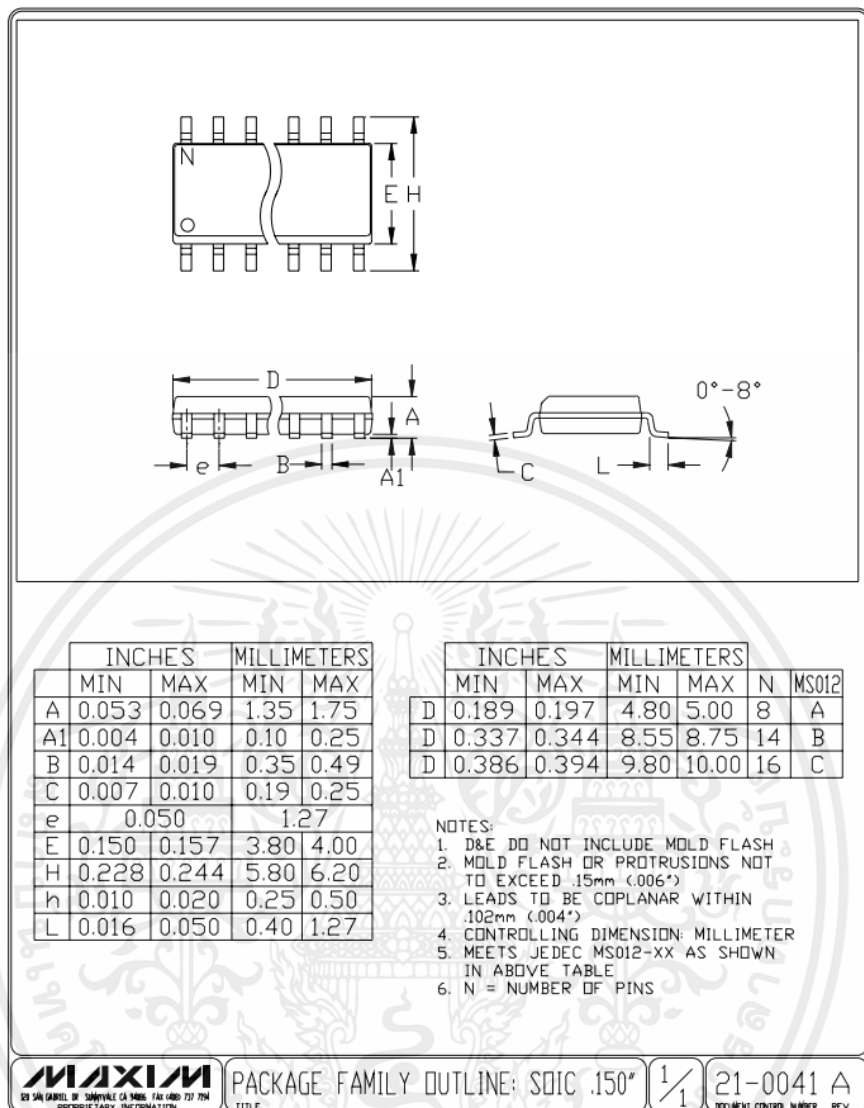
Figure 2. SO Output

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Information



Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

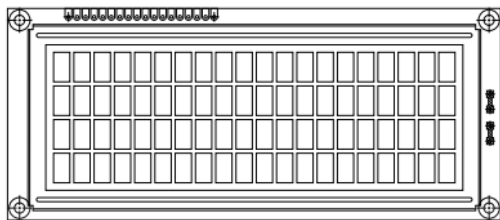


www.vishay.com

LCD-020N004L

Vishay

20 x 4 Character LCD



FEATURES

- Type: Character
- Display format: 20 x 4 characters
- Built-in controller: ST 7066 (or equivalent)
- Duty cycle: 1/16
- 5 x 8 dots includes cursor
- + 5 V power supply (also available for + 3 V)
- LED can be driven by pin 1, pin 2, pin 15, pin 16 or A and K
- N.V. optional for + 3 V power supply
- Material categorization: For definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912

RoHS
COMPLIANT

MECHANICAL DATA		
ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	146.0 x 62.5	mm
Viewing Area	123.5 x 43.0	
Dot Size	0.92 x 1.10	
Dot Pitch	0.98 x 1.16	
Mounting Hole	139.0 x 55.5	
Character Size	4.84 x 9.22	

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS					
ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	V_{DD} to V_{SS}	- 0.3	-	7.0	V
Input Voltage	V_I	- 0.3	-	V_{DD}	

Note

- $V_{SS} = 0$ V, $V_{DD} = 5.0$ V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT
			MIN.	TYP.	MAX.	
Input Voltage	V_{DD}	$V_{DD} = +5$ V	4.7	5.0	5.3	V
		$V_{DD} = +3$ V	2.7	3.0	5.3	
Supply Current	I_{DD}	$V_{DD} = +5$ V	-	8.0	10.0	mA
		-20 °C	5.0	5.1	5.7	
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temperature Version Module	V_{DD} to V_0	0 °C	4.6	4.8	5.2	V
		25 °C	4.1	4.5	4.7	
		50 °C	3.9	4.2	4.5	
		70 °C	3.7	3.9	4.3	
LED Forward Voltage	V_F	25 °C	-	4.2	4.6	V
LED Forward Current	I_F	25 °C	-	540	1080	mA
EL Power Supply Current	I_{EL}	$V_{EL} = 110$ V _{AC} , 400 Hz	-	-	5.0	mA

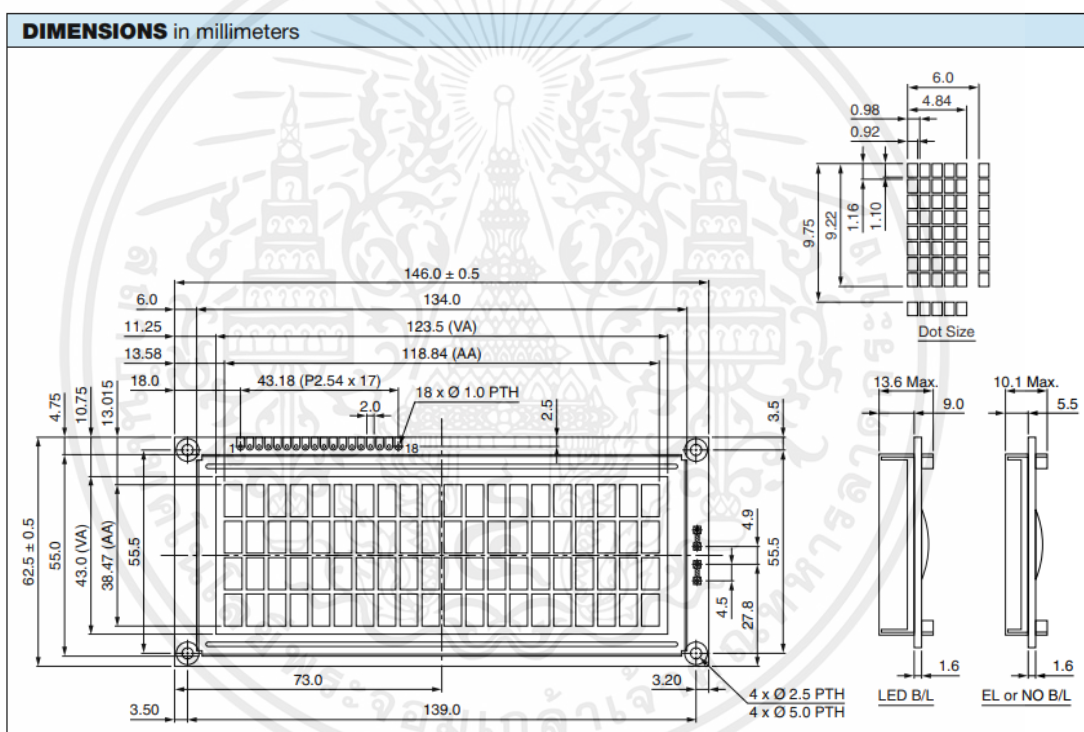
OPTIONS									
TN	PROCESS COLOR					BACKLIGHT			
	STN Gray	STN Yellow	STN Blue	FSTN B&W	STN Color	None	LED	EL	CCFL
x	x	x	x	x		x	x	x	

For detailed information, please see the "Product Numbering System" document.

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE																				
Display Position																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DD RAM Address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13
DD RAM Address	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53
DD RAM Address	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27
DD RAM Address	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	62	63	64	65	66	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTERFACE PIN FUNCTION		
PIN NO.	SYMBOL	FUNCTION
1	V _{SS}	Ground
2	V _{DD}	+ 3 V or + 5 V
3	V ₀	Contrast adjustment
4	RS	H/L register select signal
5	R/ \bar{W}	H/L read/write signal
6	E	H → L enable signal
7	DB0	H/L data bus line
8	DB1	H/L data bus line
9	DB2	H/L data bus line
10	DB3	H/L data bus line
11	DB4	H/L data bus line
12	DB5	H/L data bus line
13	DB6	H/L data bus line
14	DB7	H/L data bus line
15	A	Power supply for LED (4.2 V)
16	K	Power supply for B/L (0 V)
17	NC/V _{EE}	NC or negative voltage output
18	NC	NC connection



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Disclaimer

ALL PRODUCT, PRODUCT SPECIFICATIONS AND DATA ARE SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN OR OTHERWISE.

Vishay Intertechnology, Inc., its affiliates, agents, and employees, and all persons acting on its or their behalf (collectively, "Vishay"), disclaim any and all liability for any errors, inaccuracies or incompleteness contained in any datasheet or in any other disclosure relating to any product.

Vishay makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of the products for any particular purpose or the continuing production of any product. To the maximum extent permitted by applicable law, Vishay disclaims (i) any and all liability arising out of the application or use of any product, (ii) any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages, and (iii) any and all implied warranties, including warranties of fitness for particular purpose, non-infringement and merchantability.

Statements regarding the suitability of products for certain types of applications are based on Vishay's knowledge of typical requirements that are often placed on Vishay products in generic applications. Such statements are not binding statements about the suitability of products for a particular application. It is the customer's responsibility to validate that a particular product with the properties described in the product specification is suitable for use in a particular application. Parameters provided in datasheets and / or specifications may vary in different applications and performance may vary over time. All operating parameters, including typical parameters, must be validated for each customer application by the customer's technical experts. Product specifications do not expand or otherwise modify Vishay's terms and conditions of purchase, including but not limited to the warranty expressed therein.

Hyperlinks included in this datasheet may direct users to third-party websites. These links are provided as a convenience and for informational purposes only. Inclusion of these hyperlinks does not constitute an endorsement or an approval by Vishay of any of the products, services or opinions of the corporation, organization or individual associated with the third-party website. Vishay disclaims any and all liability and bears no responsibility for the accuracy, legality or content of the third-party website or for that of subsequent links.

Except as expressly indicated in writing, Vishay products are not designed for use in medical, life-saving, or life-sustaining applications or for any other application in which the failure of the Vishay product could result in personal injury or death. Customers using or selling Vishay products not expressly indicated for use in such applications do so at their own risk. Please contact authorized Vishay personnel to obtain written terms and conditions regarding products designed for such applications.

No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights is granted by this document or by any conduct of Vishay. Product names and markings noted herein may be trademarks of their respective owners.

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ - สกุล

นายวรวุฒิ จันทรมณี

วัน เดือน ปีเกิด

20 กุมภาพันธ์ 2541

ที่อยู่

10/2 หมู่4 ต.กำโลน อ.ลานสกา

จ.นครศรีธรรมราช 80230

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2562 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม

วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช

Tel. 0952965559

Email. 62201210@kmitl.ac.th



ชื่อ - สกุล

นายศักดิ์ดิพล ยุทธชนะ

วัน เดือน ปีเกิด

26 ธันวาคม 2541

ที่อยู่

48/6 หมู่2 ต.เสาชาง อ.ร่อนพิบูลย์

จ.นครศรีธรรมราช 80350

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2562 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์

วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช

Tel. 0987023224

Email. 62201214@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้