



## รายงานสหกิจศึกษา

ระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ

สำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

AUTOMATIC WATER LEVEL CONTROL SYSTEM

FOR END OF LINE TESTER

ธีรศักดิ์ เสือสง่า

TEERASAK SUASANGA

หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## รายงานสหกิจศึกษา

ระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ

สำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

AUTOMATIC WATER LEVEL CONTROL SYSTEM

FOR END OF LINE TESTER

ธีรศักดิ์ เสือสง่า

TEERASAK SUASANGA

หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์  
ประจำปีการศึกษา 2564

เรื่อง ระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์  
AUTOMATIC WATER LEVEL CONTROL SYSTEM FOR  
END OF LINE TESTER

ผู้จัดทำ นายธีรศักดิ์ เสือสง่า รหัสนักศึกษา 61511021

ปฏิบัติงาน บริษัท ฟอรัท อีเอ็มเอส จำกัด

ที่อยู่ 77 หมู่ 11 ถนนพุทธมณฑลสาย 5 ตำบลไร่ขิง อำเภอสามพราน จังหวัด  
นครปฐม 73210

พนักงานที่ปรึกษา นายพัชรพงศ์ สามวัง  
ตำแหน่ง Technical leader



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสือส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เรื่อง ขอส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ตามที่ข้าพเจ้า นายธีรศักดิ์ เสือสง่า นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2564 ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 ในตำแหน่งนักศึกษาฝึกงานในแผนกวิศวกรฝ่ายทดสอบ ณ บริษัท บริษัท ฟอर्थ อีเอ็มเอส จำกัด ได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาสหกิจศึกษาให้จัดทำรายงานระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์ เพื่อแก้ไขการขาดแคลนปริมาณน้ำของเครื่องทดสอบ

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้เสร็จสิ้นลงแล้ว จึงใคร่ขอส่งรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ดังกล่าว จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป จึงเรียนมาเพื่อพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นายธีรศักดิ์ เสือสง่า

นักศึกษาสหกิจศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ใบรับรองสหกิจศึกษา

หัวข้อสหกิจ ระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์  
Co-operative Title AUTOMATIC WATER LEVEL CONTROL SYSTEM FOR  
END OF LINE TESTER  
ชื่อนักศึกษา นายธีรศักดิ์ เสือสง่า รหัสนักศึกษา 61511021  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์

คณะกรรมการสอบสหกิจศึกษา		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.มนตรี ไชยชาญยุทธ์	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.เกษมสุข เสพศิริสุข	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ภาสภณ มโนสุกฤตกุล	กรรมการสอบ	
ว่าที่ร้อยตรี ศิลา ศิริมาสกุล	กรรมการสอบ	
อ.พิมล ผลพฤษา	กรรมการสอบ	
อ.อรรถศาสตร์ นาคเทวีญ	กรรมการสอบ	
อ.นภัสรพี สิทธิวัจน์	กรรมการสอบ	
อ.สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 22 ธันวาคม 2564 เวลา 09.00 น. - 16.30 น.

สถานที่สอบ ระบบออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 22 กรกฎาคม 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจ	ระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์	
นักศึกษา	นายธีรศักดิ์ เสือสง่า	รหัสนักศึกษา 61511021
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สักระพันธ์ คล้ายดอกจันทร์	
พนักงานที่ปรึกษา	นายพัชรพงศ์ สามวัง	
ปีการศึกษา	2564	

## บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอระบบควบคุมระดับน้ำสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ เนื่องด้วยเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ (Mechanical End of line tester) ที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์นั้นจำเป็นต้องใช้น้ำเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการทดสอบ โดยมีเครื่องซิลเลอร์ (Chiller) สำหรับเตรียมน้ำที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์จะนำน้ำสำหรับการทดสอบจากเครื่องซิลเลอร์นี้ไปใช้และระบายน้ำกลับเครื่องซิลเลอร์หลังเสร็จสิ้นการทดสอบ เพื่อเป็นการตรวจสอบระดับน้ำให้เพียงพอต่อการทดสอบผลิตภัณฑ์จึงได้ออกแบบระบบควบคุมระดับน้ำสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติควบคุมการทำงานของระบบโดยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนอูโน่และส่วนการบันทึกข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิบันทึกงูเกิลชีต (Google Sheets) ควบคุมการทำงานของระบบโดยไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพี 8266

จากการทดลองสรุปได้ว่า ระบบควบคุมระดับน้ำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบสามารถรักษาระดับน้ำให้มีระดับที่เพียงพอต่อเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ได้อย่างสม่ำเสมอ ระดับน้ำหลังจากเครื่องทดสอบเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทดสอบจะมีระดับไม่ต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ โดยไฟแสดงสถานะของระบบ สถานะบนจอแอลซีดีมีความถูกต้อง และสามารถบันทึกข้อมูลของระดับน้ำและอุณหภูมิลงกูเกิลชีตทุก 30 นาที โดยมีร้อยละความผิดพลาดของระดับน้ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าร้อยละความผิดพลาดของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.34

**คำสำคัญ:** เครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

Co-operative Title	Automatic Water Level Control System for End of Line Tester	
Student	Mr. Teerasak Suasanga	ID. 61511021
Degree	Bachelor of Engineering	
Program in	Electronics Engineering	
Advisor	Mr.Sakapan Klaydokjan	
Co-advisor	Mr.Patcharapong Samwang	
Academic Year	2021	

## ABSTRACT

This thesis presents the water level control system for the end of line tester mechanical. Because the end of line tester mechanical used to test products requires water as part of the testing process with chiller for preparing water used for testing. The end of line tester mechanical will take the water from the chiller to use and drain the water back to the chiller after the test. In order to check the water level sufficient to test the product, a water level control system for the offline tester was designed, The automatic water level control system is controlled by the Arduino Uno microcontroller and water level and temperature data logging is saved to Google Sheets this system is controlled by an ESP 8266 microcontroller.

From the experiment it was concluded that the water level control system can work efficiently. The system is able to consistently maintain a water level sufficient for the offline tendon tester. The water level after the tester at the end of the testing process will be at least 35 percent by the system indicator. The status on the LCD is correct. And the water level and temperature data can be recorded to Google Sheets every 30 minutes with an average water level error of 5.00 and an average percentage of temperature error of 1.34 .

**Keywords:** End of line tester machines

## กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท ฟอรัท อีเอ็มเอส จำกัด ตั้งแต่วันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ.2564 เป็นเวลา 4 เดือน จวบจนโครงการสหกิจศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปได้ทั้งนี้เพราะความกรุณา และความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน โดยผู้จัดทำโครงการรู้สึกซาบซึ้งและขอบคุณทุก ๆ ท่าน ดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านทุนการศึกษา ให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ โดยเฉพาะเรื่องคอยให้การอบรมสั่งสอนและให้กำลังใจข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สั๊กกะพันธ์ คล้ายดอกจันทร์ ผู้ซึ่งให้คำแนะนำแนวคิด ให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นต่าง ๆ มาโดยตลอด จนรายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ทุก ๆ ท่าน ที่ให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจข้าพเจ้าในการทำโครงการจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัท ฟอรัท อีเอ็มเอส จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อให้นักศึกษาได้มีโอกาสศึกษาและจัดทำโครงการสหกิจศึกษาร่วมกับบริษัท ตลอดจนสถานที่ที่ข้าพเจ้าใช้ในการปฏิบัติการ และการช่วยเหลือการสนับสนุนจากพนักงานที่ปรึกษาในทุก ๆ ด้านที่มีให้เสมอมา

ขอขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อน ๆ ที่ให้คำปรึกษาเอื้อเฟื้ออุปการะต่าง ๆ ในการทำชิ้นงานและทุกท่านที่เกี่ยวข้องแม้ไม่ได้กล่าวในนามนี้ก็ตาม ที่เป็นที่รักและให้กำลังใจเสมอมาโดยตลอด ข้าพเจ้าขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของท่านตลอดไป

ธีรศักดิ์ เสือสง่า

มีนาคม 2565

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญโครงการ.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์จากโครงการสหกิจศึกษา.....	2
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	2
1.6 โครงสร้างของโครงการสหกิจศึกษา.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 เครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ (Mechanical End of line tester).....	5
2.2 เครื่องซิลเลอร์ (Chiller).....	6
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนอูโน่ (Arduino Uno).....	8
2.4 อีเอสพี 8266 (ESP8266).....	9
2.5 รีเลย์ (Relay).....	12
2.5.1 การทำงานของรีเลย์.....	12
2.5.2 ชนิดของรีเลย์.....	13
2.6 หน้าจอแอลซีดี (LCD).....	13
2.7 ไอสแควร์ซีบัส (I2C BUS).....	14
2.8 ไดโอดเปล่งแสง (Light-emitting diode: LED).....	15
2.9 สัญญาณไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp).....	16
2.10 เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Water Level Sensor).....	16
2.11 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor).....	18

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.12 สวิตช์ลुकลอยไฟฟ้า (Float Switch) .....	19
2.13 ปุ่มไดอะแฟรม (AODD PUMP).....	21
2.14 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve).....	22
2.15 ท่อพีวีซี (PVC) .....	23
2.16 กูเกิลชีต (Google Sheets).....	24
2.17 แอปพลิเคชันไอเอฟทีที (IFTTT).....	25
2.18 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) .....	26
<b>บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินการ.....</b>	<b>27</b>
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานโดยรวม.....	27
3.1.1 ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้า .....	28
3.1.2 ส่วนควบคุมการทำงานของระบบรักษาระดับน้ำ.....	28
3.1.3 ส่วนการทำงานของเอาต์พุต .....	33
3.2 การออกแบบโครงสร้าง.....	41
3.2.1 โครงสร้างของกล่องควบคุมระบบรักษาระดับน้ำ .....	41
3.2.2 โครงสร้างของระบบปั้มน้ำ.....	42
3.3 การใช้งานและการเข้าถึงไฟล์บันทึกข้อมูลของกูเกิลชีต .....	43
3.3.1 สร้างชีตสำหรับการบันทึกข้อมูล.....	43
3.3.2 การตั้งค่าสิทธิ์การเข้าถึงไฟล์บันทึกข้อมูลของกูเกิลชีต .....	50
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง .....</b>	<b>52</b>
4.1 การทดลองส่วนของการทำงานของเซนเซอร์.....	52
4.1.1 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ.....	52
4.1.2 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ .....	55
4.1.3 การทดลองการทำงานของสวิตช์ลुकลอยไฟฟ้า.....	56
4.1.4 การทดลองการทำงานของปั้มน้ำไดอะแฟรม .....	59
4.1.5 การทดลองการบันทึกจำนวนการกดบายพาสสวิตช์ .....	60
4.2 การทดลองระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ .....	61
4.2.1 ส่วนการควบคุมระดับน้ำ .....	61
4.2.2 ส่วนการบันทึกข้อมูลลงกูเกิลชีต .....	62

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ .....	66
5.1 สรุปผลการทดลอง .....	66
5.1.1 การทดลองส่วนการทำงานของเซนเซอร์ .....	66
5.1.1.1 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ .....	66
5.1.1.2 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ .....	66
5.1.1.3 การทดลองการทำงานของสวิตช์กลอยไฟฟ้า .....	66
5.1.1.4 การทดลองการทำงานของปั้มน้ำไดอะแฟรม .....	67
5.1.1.5 การทดลองการบันทึกจำนวนการกดบายพาสสวิตช์ .....	67
5.1.2 การทดลองระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ .....	67
5.1.2.1 ส่วนการควบคุมระดับน้ำ .....	67
5.1.2.2 ส่วนการบันทึกข้อมูลลงยูเกิลชีต .....	68
5.2 ปัญหาและอุปสรรค .....	68
5.2.1 ส่วนการควบคุมระดับน้ำ .....	68
5.2.2 ส่วนการบันทึกข้อมูลลงยูเกิลชีต .....	68
5.3 วิธีการแก้ไขปัญหา .....	68
5.3.1 ส่วนการควบคุมระดับน้ำ .....	68
5.3.2 ส่วนการบันทึกข้อมูลลงยูเกิลชีต .....	68
5.4 ข้อเสนอแนะ .....	69
บรรณานุกรม .....	70
ภาคผนวก ก โปรแกรมควบคุมระบบ .....	73
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานระบบ .....	85
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet) .....	89
ประวัติผู้เขียน .....	186

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน.....	2
4.1 ตารางผลทดลองการวัดอุณหภูมิของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ .....	52
4.2 ตารางผลทดลองการแสดงผลของอุณหภูมิบนจอแอลซีดี .....	54
4.3 ตารางทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ .....	55
4.4 ตารางทดลองการทำงานของสวิตช์ลูกกลิ้งไฟฟ้า.....	57
4.5 ตารางทดลองการทำงานของปั้มน้ำไดอะแฟรม .....	60
4.6 ตารางทดลองการบันทึกจำนวนการกดบายพาสสวิตช์ .....	60
4.7 ตารางทดลองส่วนการควบคุมระดับน้ำ .....	62
4.8 ตารางทดลองการบันทึกข้อมูลลงยูเกิลชีต.....	63



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพไฟสัญญาณแสดงการทำงานของเครื่องทดสอบ.....	5
2.2 ภาพเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์.....	6
2.3 ภาพเครื่องซิลเลอร์.....	7
2.4 ภาพไมโครคอนโทรลเลอร์อาดยูโน้อูโน่.....	9
2.5 ภาพโหมดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 V3.....	10
2.6 ภาพการทำงานโหมดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 V3.....	11
2.7 ภาพการทำงานของรีเลย์ 1 หน้าสัมผัส.....	12
2.8 หน้าจอแอลซีดี.....	13
2.9 ภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบไอสแควร์ซีบัส.....	14
2.10 ภาพรูปแบบการสื่อสารแบบไอสแควร์ซี.....	14
2.11 ภาพไดโอดเปล่งแสง.....	15
2.12 ภาพหลอดไฟสัญญาณ.....	16
2.13 ภาพเซนเซอร์วัดระดับน้ำ.....	17
2.14 ภาพเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ.....	18
2.15 ภาพสวิตช์ลูกกลอยปกติปิดสแตนด์เลส.....	20
2.16 ภาพปั๊มไดอะแฟรมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 60 วัตต์.....	21
2.17 ภาพโซลินอยด์วาล์วทองเหลืองปกติปิด 1/2 นิ้ว แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์.....	23
2.18 ชนิดท่อพีวีซีแบ่งตามลักษณะการใช้งาน.....	24
2.19 ภาพโลโก้เกิลซีดี.....	25
2.20 ภาพหน้าเว็บไซต์ ไอเอฟทีทีที.....	26
2.21 หลักการทั่วไปของสวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย.....	26
3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์.....	27
3.2 ภาพการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	28
3.3 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดยูโน้อูโน่ส่วนของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ.....	30
3.4 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดยูโน้อูโน่ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ.....	31
3.5 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพี 8266.....	32
3.6 วงจรรีเลย์ควบคุมการทำงานของเอาต์พุต.....	33
3.7 วงจรรีเลย์ส่วนควบคุมการทำงานของหลอดไฟแสดงสถานะ.....	34
3.8 วงจรส่วนควบคุมการเปิดปั๊มน้ำ.....	36

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 แผนผังการทำงานการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์และสวิตช์ลูกลอย.....	38
3.10 วงจรส่วนการทำงานของปั้มน้ำ.....	39
3.11 แผนผังการทำงานการของปั้มน้ำ.....	40
3.12 รูปภาพโมเดลโดยรวมแบบ 3 มิติ ของกล่องควบคุมระบบรักษาระดับน้ำ.....	41
3.13 รูปภาพด้านหน้าของกล่องควบคุมระบบรักษาระดับน้ำ.....	41
3.14 รูปภาพด้านบนของกล่องควบคุมระบบรักษาระดับน้ำ.....	42
3.15 รูปภาพโครงสร้างของระบบปั้มน้ำ.....	42
3.16 รูปภาพหน้าต่างเว็บไซต์ไอเอฟทีทีที.....	43
3.17 รูปภาพหน้าต่างหลังล็อกอินสำเร็จ.....	44
3.18 รูปภาพหน้าต่างคำสั่ง Create.....	45
3.19 รูปภาพหน้าต่างคำสั่ง Than That.....	46
3.20 รูปภาพหน้าต่างการกำหนดการบันทึกข้อมูลของกุเกิลชีต.....	47
3.21 รูปภาพหน้าต่างเสร็จสิ้นการสร้าง.....	47
3.22 รูปภาพหน้าต่าง My services.....	48
3.23 รูปภาพหน้าต่าง Webhooks.....	49
3.24 รูปภาพหน้าต่างลิงค์ URL.....	49
3.25 รูปภาพหน้าต่างของกุเกิลไดรฟ์.....	50
3.26 รูปภาพหน้าต่างการตั้งค่าการเข้าถึงไฟล์บันทึกข้อมูลของกุเกิลชีต.....	51
4.1 ภาพแสดงค่าของเซนเซอร์อุณหภูมิ.....	53
4.2 สถานะของอุณหภูมิบนจอแอลซีดี.....	54
4.3 ภาพสัญญาณไฟเสร็จสิ้นกระบวนการทดสอบจากเครื่องทดสอบ.....	57
4.4 ภาพแสดงสถานะเมื่อมีสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบ.....	58
4.5 ภาพการทดลองการทำงานของสวิตช์ลูกลอยสถานะปกติปิด.....	59
4.6 ภาพการทดลองการทำงานของสวิตช์ลูกลอยสถานะปกติเปิด.....	59
4.7 ภาพการทดลองส่วนการควบคุมระดับน้ำ.....	62
4.8 ภาพการแสดงผลระดับน้ำและอุณหภูมิ.....	64
4.9 ข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิตั้งในกุเกิลชีต.....	65

# บทที่ 1

## บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความจำเป็นและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการทำโครงการ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึง โครงสร้างของโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท พอร์ท อีเอ็มเอส จำกัด โดยบริษัทดำเนินกิจกรรมหลัก เป็นงานผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อาทิเช่น พาวเวอร์วอลล์ (Powerwall) ตู้จำหน่ายกาแฟสด ตู้เติมเงิน โทรศัพท์ เป็นต้น ตำแหน่งงานที่ผู้จัดทำโครงการได้รับมอบหมายคือ ผู้ช่วยวิศวกรฝ่ายทดสอบ

### 1.1 ความจำเป็นและความสำคัญโครงการ

เนื่องจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ (Mechanical End of line tester) ที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์นั้นจำเป็นต้องใช้น้ำเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการทดสอบผลิตภัณฑ์ซึ่งจะมีเครื่องซิลเลอร์ (Chiller) สำหรับเตรียมน้ำที่ใช้ในการทดสอบซึ่งเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์จะนำน้ำสำหรับทดสอบจากเครื่องซิลเลอร์นี้ไปใช้งานและระบายกลับเครื่องซิลเลอร์หลังเสร็จสิ้นการทดสอบซึ่งจำเป็นต้องคอยตรวจสอบปริมาณของน้ำในถังอยู่บ่อยครั้งและต้องทำการเติมน้ำใส่เครื่องซิลเลอร์ให้น้ำมีระดับที่เพียงพอต่อการการทำงานของเครื่องเอ็นออฟไลน์

ผู้จัดทำแลเห็นถึงปัญหานี้จึงได้รับมอบหมายงานและเกิดความคิดที่จะแก้ปัญหาในระดับของน้ำในถังเครื่องซิลเลอร์และไม่จำเป็นต้องคอยเฝ้าสังเกตปริมาณน้ำในถังอย่างบ่อยครั้งรวมถึงตรวจอุณหภูมิโดยปกติในการทดสอบผลิตภัณฑ์ของน้ำโดยการสร้างระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

เพื่อเป็นการแก้ปัญหาปริมาณของน้ำของเครื่องซิลเลอร์ให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อการทดสอบผลิตภัณฑ์เสมอและลดปัญหาการใช้งานบุคคลเพื่อคอยตรวจสอบปริมาณของน้ำโดยมีความคิดที่จะบันทึกสถิติของระดับน้ำและอุณหภูมิเพื่อเก็บสถิติและสังเกตปริมาณน้ำโดยการบันทึกข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิลงกูเกิลชีต (Google Sheets)

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์
2. เพื่อรักษาระดับปริมาณน้ำในถังพักให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อการทดสอบผลิตภัณฑ์
3. ลดปัญหาการใช้งานบุคคลเพื่อคอยตรวจสอบปริมาณของน้ำในถังพัก
4. เพื่อเก็บสถิติและสังเกตปริมาณน้ำจากการบันทึกข้อมูลบนกูเกิลชีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถวัดปริมาณและอุณหภูมิของน้ำได้
2. สามารถแสดงผลการทำงานของระบบผ่านหน้าจอแอลซีดีได้
3. สามารถควบคุมระดับน้ำให้เพียงพอต่อการทดสอบผลิตภัณฑ์ได้
4. สามารถบันทึกค่าระดับน้ำและอุณหภูมิลงสู่เกิลซีดีแบบเรียลไทม์ได้

### 1.4 ประโยชน์จากโครงการสหกิจศึกษา

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการทำงานของเครื่องจักรและระบบการทำงานในสายการผลิต
2. ได้พัฒนาความรู้การทำงานอย่างเป็นระบบมีแบบแผน
3. ได้เรียนรู้และพัฒนาความสามารถจากการทำงาน และแก้ไขปัญหาจากการทำงานจริง
4. ได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะทางด้านวิศวกรรม เช่น การซ่อมแซมเครื่องจักร การใช้เครื่องมือ การเสนอแนวคิดในการแก้ไขปัญหาจากการทำงานในสถานที่จริง เป็นต้น

### 1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานผู้จัดทำได้วางแผนในการจัดทำโครงการสหกิจศึกษาแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 1.1 ดังนี้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาการทำงานของเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์	↔															
2. ศึกษาระบบน้ำของเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์		↔														
3. ศึกษาและออกแบบการทำงานของปั้มน้ำ				↔												
4. ทดสอบการอ่านค่าของเซนเซอร์พร้อมเขียนโปรแกรมควบคุม						↔										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน															
	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5. ศึกษาการเก็บข้อมูลของ อีเอสพี8266								↔								
6. ทำการทดลองและทดสอบการ ทำงานของระบบทั้งหมดพร้อม ปรับปรุงแก้ไข									↔							
7. สังเกตและบันทึกผลการทำงาน และสถิติ													↔			
8. จัดทำรายงาน																↔

## 1.6 โครงสร้างของโครงการสหกิจศึกษา

รายงานสหกิจศึกษานี้แบ่งออกเป็น 6 ส่วนหลัก คือ บทที่ 1-5 และภาคผนวก ซึ่งแต่ละส่วนจะอธิบายเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับโครงการระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ไว้โดยละเอียดถี่ถ้วน โดยแบ่งออกเป็นบทต่าง ๆ และในแต่ละบทมีหัวข้อดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญโครงการ ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตของโครงการ ประโยชน์จากโครงการสหกิจศึกษา ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน รวมถึงโครงสร้างของโครงการสหกิจศึกษา

บทที่ 2 ทฤษฎีบทที่เกี่ยวข้อง ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ได้นำมาใช้ในการออกแบบและสร้างโครงการระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ รวมไปถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่าง ๆ และข้อมูลหลักการทำงานของเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ เครื่องซิลเลอร์

บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินการ ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบแบบบล็อกไดอะแกรมการทำงาน แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ การออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน การใช้งาน และการเข้าถึงไฟล์บันทึกข้อมูลของภูเกิลซีตและรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองโครงการระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ ประกอบไปด้วย การทดลองส่วนการทำงานของเซนเซอร์ การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ การทำงานของปั้มน้ำไดอะเฟรม การทดลองการทำงานของสวิตช์ลูกลอยไฟฟ้า การทดลองการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ การทดลองการบันทึกจำนวนการกดยาสวิตช์ การทดลองระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์ส่วนการควบคุมระดับน้ำและการทดลองส่วนการบันทึกข้อมูลลงยูเอชดี

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการทดลอง ปัญหาและอุปสรรควิธีการแก้ไขปัญหา และข้อเสนอแนะของโครงการระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ ซึ่งประกอบด้วย เครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ เครื่องซิลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนอูโน (Arduino Uno) ไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพี 8266 (ESP8266) รีเลย์ (Relay) หน้าจอแอลซีดี (LCD) ไอส์แควร์ซี (I2C BUS) ไดโอดเปล่งแสง (LED) สัญญาณไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp) เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Water Level Sensor) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) สวิตช์ลुकลอยไฟฟ้า (Float Switch) ปั๊มไดอะแฟรม (AODD PUMP) โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) ท่อพีวีซี (PVC) กูเกิลชีต (Google Sheets) แอปพลิเคชัน อินเทอร์เน็ตทีทีที (IFTTT) และสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

### 2.1 เครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ (Mechanical End of line tester)

เครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ [23] คือเครื่องทดสอบการทำงานของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใหม่ เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์และความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์จากสายการผลิตก่อนส่งออกผลิตภัณฑ์ โดยเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์นี้จะทำการทดสอบการทำงานของผลิตภัณฑ์จะหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่แสดงสถานะระหว่างกระบวนการทดสอบอย่างชัดเจนและจะเห็นผลลัพธ์ของผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบสามารถผ่านการทดสอบหรือไม่ก่อนที่จะส่งผลิตภัณฑ์ไปยังสถานีตรวจสอบคุณภาพ (FQC)

เครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์นั้นจะมีไฟสัญญาณแสดงสถานะการทำงานของเครื่องทดสอบอย่างชัดเจน ไฟแสดงสถานะนี้มาจากหลอดไฟมีแรงดันไฟฟ้า 24 โวลต์ดีซี กระแส 200 มิลลิแอมป์ ซึ่งรับคำสั่งการเปิดแสงไฟจากโปรแกรมควบคุมของเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพไฟสัญญาณแสดงสถานะการทำงานของเครื่องทดสอบ

โดยมีไฟสัญญาณที่แสดงดังนี้

1. เขียว เสร็จสิ้นกระบวนการทดสอบ ผลิตภัณฑ์ผ่านการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เหลือง อยู่ระหว่างกระบวนการทดสอบ

3. แดง ยุติกระบวนการทดสอบ เครื่องทดสอบมีความผิดปกติหรือผลิตภัณฑ์ไม่ผ่านการทดสอบ

ผลิตภัณฑ์สำหรับเครื่องทดสอบ คือ เครื่องคอนเวอร์เตอร์ดีซีไอซี (Converter DCAC) ที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (DC to AC) ผลิตภัณฑ์นี้มีระบบหล่อเย็นซึ่งเครื่องทดสอบจะนำน้ำเข้ามาทดสอบในส่วนระบบนี้ของผลิตภัณฑ์โดยการดูดน้ำจากถังพักน้ำเครื่องซิลเลอร์เข้าเครื่องทดสอบและระบายออกลงถังพักหลังเสร็จสิ้นการทดสอบ

อุณหภูมิของน้ำที่ใช้สำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์จะมีอุณหภูมิโดยปกติอยู่ที่ 38–45 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิของน้ำต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ถือว่ามีความผิดปกติทั้งจากเครื่องซิลเลอร์ (Chiller) หรือเครื่องทดสอบและอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถใช้ทดสอบได้คือ 85 องศาเซลเซียส

ปริมาณน้ำโดยปกติก่อนน้ำเข้ากระบวนการทดสอบผลิตภัณฑ์ควรมีปริมาณไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ ของถังพัก (ประมาณ 3.6 ลิตร) ถังพักน้ำของเครื่องซิลเลอร์มีขนาด 250\*200\*150 มิลลิเมตร ปริมาตรสูงสุด 6 ลิตร ซึ่งหากปริมาณน้ำมีมากเกินไป 60 เปอร์เซ็นต์ อาจทำให้น้ำล้นถังหลังเครื่องทดสอบระบายน้ำกลับเข้าถังและปริมาณน้ำก่อนเข้ากระบวนการทดสอบไม่ควรต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ของถัง ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องเติมน้ำหลังเครื่องเสร็จสิ้นกระบวนการทดสอบด้วยเหตุนี้ผู้จัดทำจึงใช้ไฟแสดงสถานะของเครื่องทดสอบเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในระบบรักษาระดับเพื่อให้ระบบรับรู้ว่าเครื่องทดสอบเสร็จสิ้นการทำงานผลิตภัณฑ์ขณะเข้าสู่กระบวนการทดสอบกับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

## 2.2 เครื่องซิลเลอร์ (Chiller)

ซิลเลอร์ [24] คือ เครื่องทำความเย็น เครื่องทำน้ำเย็น มีทั้งขนาดใหญ่และเล็กมีหน้าที่ในการผลิตความเย็น ปรับลดอุณหภูมิ โดยใช้น้ำเป็นตัวหลักในการแลกเปลี่ยน หรือถ่ายเทความเย็นจากตัวเครื่องซิลเลอร์ โดยชุดแลกเปลี่ยนความเย็นในระบบซิลเลอร์เรียกว่า อีวาโปเรเตอร์ (Evaporator) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อนำไปใช้กับโหลดที่ต้องการ เช่น เครื่องปรับอากาศแบบใช้น้ำเย็นจากเครื่องซิลเลอร์ การระบายความร้อนของเครื่องจักร การนำไปใช้ระบายความร้อนของโหลดต่าง ๆ ที่ถูกออกแบบมาให้ระบายความร้อนด้วยน้ำเย็น

เครื่องซิลเลอร์จะทำการรักษาระดับของอุณหภูมิของน้ำสำหรับการทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์จะทำการดูน้ำจากเครื่องซิลเลอร์ไปใช้ในการทดสอบ เครื่องซิลเลอร์ที่ใช้มีลักษณะดังรูปที่ 2.3

**YHCHEM**



รูปที่ 2.3 ภาพเครื่องซิลเลอร์

(ที่มา : <https://thai.alibaba.com/product-detail/yh-dc-0506-new-laboratory-low-temperature-circulating-water-bath-60579165621.html>)

จากรูปที่ 2.3 เครื่องซิลเลอร์มีคุณสมบัติดังนี้

1. อุณหภูมิที่สามารถควบคุมได้มีตั้งแต่ -5 องศาเซลเซียส ถึง 100 องศาเซลเซียส
2. แสดงผลแบบจอแอลซีดี
3. วัสดุของตัวเครื่องเป็นสแตนเลส
4. สามารถรับความจุได้สูงสุด 6 ลิตร
5. ฝาซิงค์ด้านหน้ามีขนาด กว้าง 180 มิลลิเมตร ยาว 140 มิลลิเมตร
6. ซิงค์ของถังมีขนาดเท่ากับ กว้าง 250 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร ลึก 150 มิลลิเมตร
7. รองรับกำลังไฟที่ 600 วัตต์
8. มีอัตราการไหลของปั๊มหมุนเวียนที่ 6 ลิตร/นาที
9. ความแม่นยำของอุณหภูมิเท่ากับ  $\pm 0.05$  องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของซิลเลอร์ คือ นำสารทำความเย็นที่ถูกส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ที่มีแรงดันสูงและผ่านการระบายความร้อนมาจากคอนเดนเซอร์ (Condenser) จนมีสถานะเป็นของเหลวและมีแรงดันสูง นำมาลดแรงดันโดยผ่านอุปกรณ์ลดแรงดัน โดยส่วนมากนิยมใช้คือ เอ็กแพนชันวาล์ว (Expansion valve) และยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ออริฟิวดวาล์ว (Orifice valve) โดยในระหว่างการลดแรงดันของสารทำความเย็นที่ถูกส่งมาจากคอมเพรสเซอร์และผ่านการระบายความร้อนด้วยคอนเดนเซอร์แล้วนั้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นและเกิดความเย็นจากการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็น จึงนำความเย็นที่ได้จากการเปลี่ยนสถานะไปใช้งาน โดยการเปลี่ยนสถานะการทำความเย็นนี้เกิดขึ้นหลังลดแรงดัน และอุปกรณ์ทำความเย็นและถ่ายเทความเย็นของสารทำความเย็นที่เปลี่ยนสถานะเรียกว่า อีเวปโปเรเตอร์ โดยใช้ปั๊มส่งน้ำให้ไหลผ่านชุดอีเวปโปเรเตอร์ เพื่อถ่ายเทความเย็นจากชุดอีเวปโปเรเตอร์และนำความเย็นที่ถูกถ่ายเทมาทำน้ำซึ่งเป็นน้ำเย็นแล้วไปใช้งาน ส่วนในระบบของสารทำความเย็นนั้น เมื่อถูกลดแรงดันและถ่ายเทความเย็นออกแล้วจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวแรงดันต่ำเป็นไปแรงดันต่ำ เนื่องจากสารทำความเย็นได้สูญเสียความเย็นในตัวเองให้กับชุดถ่ายเทความเย็น อีเวปโปเรเตอร์ ที่ถูกนำมาถ่ายเทความเย็นออกไปทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้นจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็น เรียกว่าการเกิดความร้อนยิ่งยวด (superheat) จนทำให้สารทำความเย็นกลายเป็นไอ (vapor) และถูกส่งกลับไปยังคอมเพรสเซอร์ เพื่อเพิ่มแรงดันกลับมาเป็นวัฏจักรอีกครั้งหนึ่งโดยจะอธิบายวัฏจักรของสารทำความเย็นให้ท่านได้เข้าใจยิ่งขึ้น

### 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนอูโน่ (Arduino Uno)

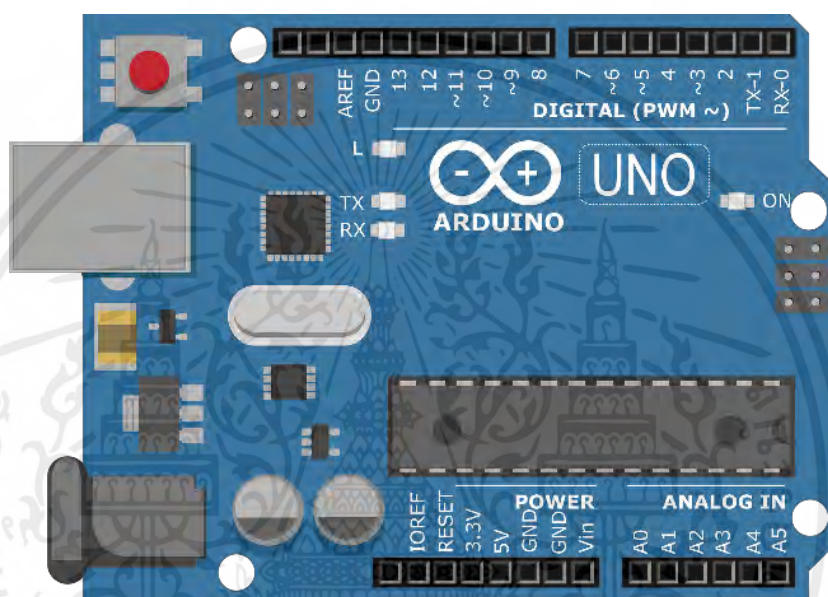
อาดูยโน [1] คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กึ่งสำเร็จรูปถือเป็น ฮาร์ดแวร์โอเพ่นซอร์ส (Open-Source Hardware) นิยมนำอาดูยโนมาใช้เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับทดลองวงจรต่าง ๆ เนื่องด้วยความสะดวกง่ายดายของกว่าบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่ว ๆ ไปจะต้องมีการโปรแกรม คำสั่งลงบนตัวบอร์ดเพื่อใช้งานซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์อื่น ๆ เข้าช่วยรวมทั้งต้องต่อวงจรไฟเลี้ยงและสัญญาณนาฬิกาเพิ่มเติมแต่สำหรับอาดูยโนนั้นสามารถใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่ายโดยเขียนโปรแกรมภาษาซีและอัปโหลดลงอาดูยโนผ่านสายยูเอสบี (USB) แสดงลักษณะของบอร์ดอาดูยโนอูโน่ ดังรูปที่ 2.4

คุณสมบัติทางเทคนิคของบอร์ดอาดูยโนอูโน่

1. ชิพไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ ATmega328
2. แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการในการทำงานอยู่ที่ 5 โวลต์
3. ย่านแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟที่เหมาะสมอยู่ที่ 7 ถึง 12 โวลต์
4. ย่านแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟที่รองรับตั้งแต่ 6 ถึง 20 โวลต์
5. ขาอินพุตแบบอนาล็อกจำนวนทั้งหมด 6 ขา
6. กระแสไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดต่อขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตเท่ากับ 40 มิลลิแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กระแสไฟฟ้ากระแสตรงของขาจ่ายแรงดันเท่ากับ 3.3 โวลต์ 50 มิลลิแอมป์
8. มีหน่วยความจำแฟลช 32 กิโลไบต์ สำหรับใช้บรรจุงูบู้ตโหลดเตอร์ 0.5 กิโลไบต์
9. มีหน่วยความจำสแตติกแรมขนาด 2 กิโลไบต์
10. มีหน่วยความจำอีอีพรอมขนาด 1 กิโลไบต์
11. มีความเร็วสัญญาณนาฬิกา 16 ล้านรอบต่อวินาที
12. บอร์ดอาศัยไมโครโม่มีขนาด กว้าง 68.6 มิลลิเมตร ยาว 53.4 มิลลิเมตร
13. บอร์ดอาศัยไมโครโม่มีน้ำหนัก 25 กรัม



รูปที่ 2.4 ภาพไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนอูโน่

(ที่มา : <https://www.scimath.org/article-technology/item/9815-arduino> )

## 2.4 อีเอสพี 8266 (ESP8266)

โหนดเอ็มซียู อีเอสพี 8266 [4] เป็นโหนดที่ได้รับความนิยมในการเขียนระบบไอโอที (Internet of Things) ซึ่งโหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 เหมาะกับการนำมาพัฒนาระบบไอโอที การพัฒนาการทำงานสามารถเขียนด้วยภาษา C/C++ หรือโปรแกรม Arduino IDE ได้บอร์ดนี้สามารถทำงานได้ที่แรงดัน 3.3–3.6 โวลต์กระแสสูงสุดที่ใช้งานได้คือ 200 มิลลิแอมป์ ความถี่ 40 เมกกะเฮิร์ตซ์ ลักษณะของบอร์ดอีเอสพี 8266 แสดงดังรูปที่ 2.5



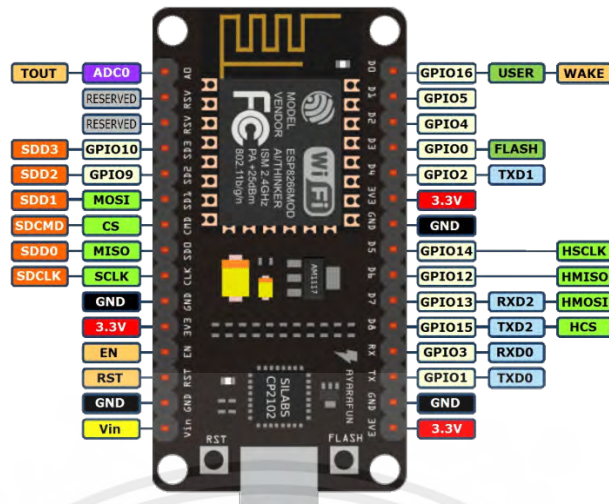
รูปที่ 2.5 ภาพโหนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 V3

(ที่มา : <https://toomtamd.n.medium.com/nodemcu-esp8266-ส่งข้อมูลผ่าน-mqtt-8366aaa27e32> )

ขาการต่อที่ใช้งานแต่ละขาแสดงตำแหน่งของขา ดังรูปที่ 2.6

1. GPIO0 เป็นขาสำหรับเลือกโหมด โดยเมื่อต่อกับ GND จะเข้าโหมดโปรแกรม เมื่อต้องการให้ทำงานปกติไม่ต้องต่อ GND
2. GPIO15 เป็นขาที่ต้องต่อลง GND เพื่อให้โมดูลทำงาน
3. CH\_PD หรือ EN เป็นขาที่ต้องต่อไฟ VCC เพื่อ Pull Up สัญญาณให้โมดูลทำงานโมดูลบางรุ่นไม่มีขา Reset มาให้เมื่อต้องการรีเซ็ตให้ต่อขา CH\_PD กับ GND
4. Reset ต่อกับไฟ VCC เพื่อพูลอัพ (Pull Up) สัญญาณโดยเมื่อต้องการรีเซ็ตให้ต่อกับ GND
5. VCC เป็นขาสำหรับจ่ายไฟเลี้ยงใช้ไฟเลี้ยง 3.0 - 3.6 โวลต์
6. GND ต่อกับไฟ 0 โวลต์
7. GPIO เป็นขาดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุต ทำงานที่ไฟ 3.3 โวลต์
8. ADC เป็นขาอินพุตอนาล็อกรับแรงดันสูงสุด 1 โวลต์ ความละเอียด 10 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ภาพการทำงานของโนดเอ็มซียูอีเอสพี 8266 V3

(ที่มา : <https://www.allnewstep.com/article/30/nodemcu-esp8266-esp8285-arduino-1-esp8266-คือ> )

ภาษาที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตระกูลแต่ภาษาที่ใช้โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ภาษาเครื่อง (Machine Language) เป็นภาษาที่อยู่ในรูปแบบของรหัสเลขฐานสอง ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเข้าใจภาษานี้ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการแปลแต่เป็นภาษาที่ยากต่อการเรียนรู้เพราะอยู่ในรูปแบบของเลขฐานสองและผู้ใช้ต้องมีความรู้เกี่ยวกับฮาร์ดแวร์เป็นอย่างดีแต่ข้อดีของภาษานี้คือมีขนาดเล็กทำงานได้รวดเร็วและสามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์ได้โดยตรง

2. ภาษาแอสเซมบลี (Assembly) สร้างขึ้นมาเพื่อให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น ภาษาแอสเซมบลี ใช้คำในภาษาอังกฤษแทนรหัสเลขฐานสองในภาษาเครื่องดังนั้นในการใช้งานจะต้องผ่านการแปลจากภาษาแอสเซมบลี เป็นภาษาเครื่องก่อนโดยตัวแปลภาษาเรียกว่า แอสเซมบลี โปรแกรมที่เขียนโดยภาษาแอสเซมบลี จะทำงานเร็วและมีขนาดเล็กเพราะสามารถเข้าถึงฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้โดยตรงเช่นเดียวกับภาษาเครื่องแต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนของผู้เขียนด้วย

3. อินเทอร์พรีเตอร์ (Interpreters) คือภาษาระดับสูงซึ่งใกล้เคียงกับภาษาของมนุษย์โดยจะฝังตัวอยู่ในหน่วยความจำและทำหน้าที่อ่านคำสั่งจากโปรแกรมขึ้นมาทีละคำสั่งทำการแปลเป็นภาษาเครื่องแล้วปฏิบัติตามคำสั่งนั้น ๆ ตัวอย่างของอินเทอร์พรีเตอร์ที่รู้จักกันดีคือภาษาเบสิก (BASIC) ข้อเสียของอินเทอร์พรีเตอร์ คือทำงานได้ช้าเนื่องจากต้องแปลคำสั่งทีละคำสั่ง

4. คอมไพเลอร์ (Compilers) คือภาษาระดับสูงซึ่งทำหน้าที่แปลโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาทั้งหมดให้เป็นภาษาเครื่องจากนั้นจึงนำเอาโปรแกรมที่แปลเสร็จแล้วเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ หลังจากนั้นจึงสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปฏิบัติตามคำสั่งนั้น ๆ ทำให้การทำงานได้เร็วขึ้นตัวอย่างเช่น ภาษา C เป็นต้น

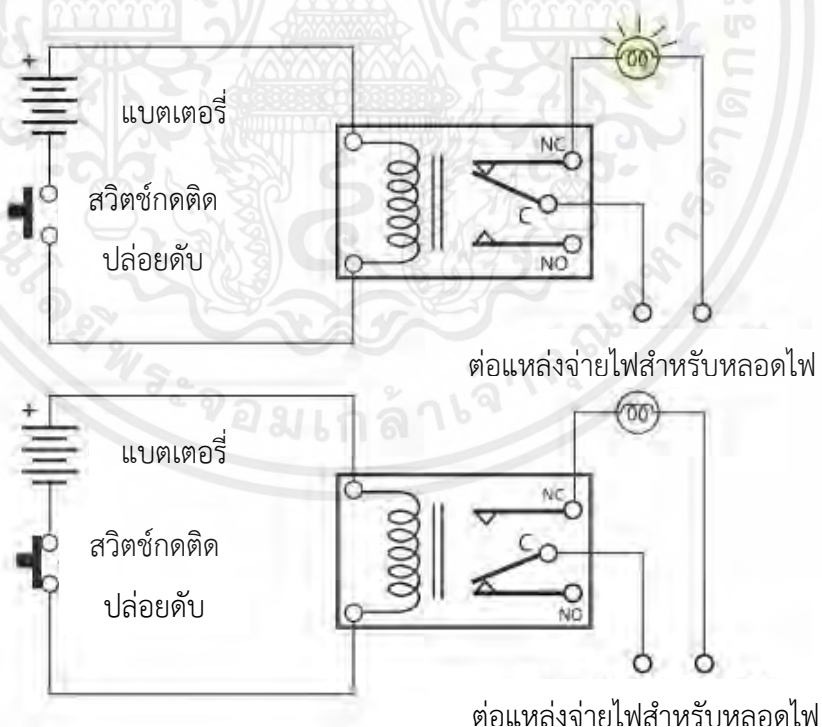
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ [14] คือ สวิตช์ที่สามารถควบคุมการเปิด-ปิดโดยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าชั่วคราวเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ยอมรับใช้ในงานควบคุมการทำงานของรีเลย์จะอาศัยสนามแม่เหล็กที่ได้จากการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดที่พันบนแกนเหล็กเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดของรีเลย์จะเกิดสนามไฟฟ้าสามารถควบคุมการเปิด-ปิดได้ตามต้องการรีเลย์มีให้เลือกใช้ทั้งแบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ภายในตัวรีเลย์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนของขดลวดเหนี่ยวนำ และส่วนของหน้าสัมผัสต่าง ๆ ในรีเลย์แต่ละตัวอาจมีหน้าสัมผัสที่แตกต่างกันและจำนวนของหน้าสัมผัสอาจมีหน้าสัมผัสที่แตกต่างกันไป.

### 2.5.1 การทำงานของรีเลย์

โครงสร้างภายในของรีเลย์จะประกอบด้วยขดลวดรีเลย์ซึ่งเมื่อป้อนแรงดันและกระแสให้ขดลวดแล้วตัวขดลวดจะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยจะดูดหน้าสัมผัสร่วม (Common : C) และหน้าสัมผัสปกติเปิด (Normal Open : NO) ที่เป็นเหล็กให้หน้าสัมผัสเชื่อมต่อกันซึ่งจะทำให้เกิดการนำกระแสที่ขาร่วมและขาปกติเปิด แต่เมื่อหยุดป้อนแรงดันและกระแสแก่ขดลวดตัวขดลวดจะหยุดกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้หน้าสัมผัสขาร่วมและหน้าสัมผัสปกติเปิดไม่ถูกดูดให้ต่อกันทำให้หน้าสัมผัสร่วมถูกดึงกลับไปติดกับหน้าสัมผัสปกติปิด (Normal Close : NC) ด้วยแรงสปริงที่ติดอยู่ทำให้เกิดการนำกระแสที่ขาซีและขาเอ็นซี แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ภาพการทำงานของรีเลย์ 1 หน้าสัมผัส

(ที่มา : <http://www.psptech.co.th/รีเลย์relayคืออะไร-15696.page>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.2 ชนิดของรีเลย์

สวิตช์ที่ใช้ในการควบคุมการเปิด-ปิดด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เรียกว่ารีเลย์นั้นสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายและมีหลายรูปแบบแต่รีเลย์สามารถแบ่งออกได้เพียง 2 ชนิดได้แก่

1. รีเลย์ควบคุม (Control Relay) เป็นรีเลย์ขนาดเล็กที่ใช้ในงานไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปมีกำลังไฟฟ้าต่ำใช้ในการควบคุมงานขนาดเล็ก รีเลย์ชนิดนี้ขดลวดเหนี่ยวนำต้องการไฟกระแสตรงหรือกระแสสลับที่มีค่าไม่สูงมากนัก

2. รีเลย์กำลัง (Power Relay) หรือมักเรียกกันว่า คอนแทกเตอร์ (Contactor) หรือแม่เหล็กคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor) เป็นรีเลย์ที่มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดาจะใช้ในระบบควบคุมไฟฟ้ากำลังรีเลย์ชนิดนี้ขดลวดเหนี่ยวนำจะต้องการไฟกระแสตรงหรือกระแสสลับที่มีแรงดันค่อนข้างสูงและหน้าสัมผัสทนกระแสได้สูง

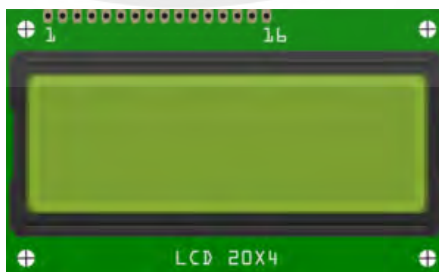
## 2.6 หน้าจอแอลซีดี (LCD)

หน้าจอแอลซีดี [8] ชื่อเรียกเต็มคือ Liquid Crystal Display เป็นจอที่สร้างจากผลึกคริสตัลเหลว เป็นจอแสดงผลแบบดิจิทัล (Digital) เมื่อมีกระแสไฟไหลมากระตุ้นที่ผลึกจะทำให้ผลึกโปร่งแสงทำให้ในส่วนที่ทึบแสงจะแสดงเป็นตัวอักษรได้ โดยภาพที่ปรากฏขึ้นเกิดจากแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากหลอดไฟด้านหลังของจอภาพที่เรียกว่า แบ็คไลท์ (Backlight) ผ่านชั้นกรองแสง (Polarized Filter) จึงทำให้มีตัวอักษรปรากฏขึ้นบนหน้าจอ แต่สีของพื้นหลังแตกต่างกันตามสีของผลึกคริสตัล ลักษณะของจอแอลซีดีแสดงดังรูปที่ 2.8

ลักษณะของจอแอลซีดีสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. แอลซีดีแบบตัวอักษร (Character LCD) มีลักษณะเป็นจอแสดงผลตามช่องแบบตายตัว เช่น จอแอลซีดีขนาด 16\*2 และจอแอลซีดีขนาด 20\*4

2. แอลซีดีแบบกราฟิก (Graphic LCD) มีลักษณะเป็นจอที่สามารถกำหนดรูปแบบให้แต่ละจุดบนหน้าจอขึ้นแสงแล้วสร้างเป็นรูปร่างตามความต้องการได้



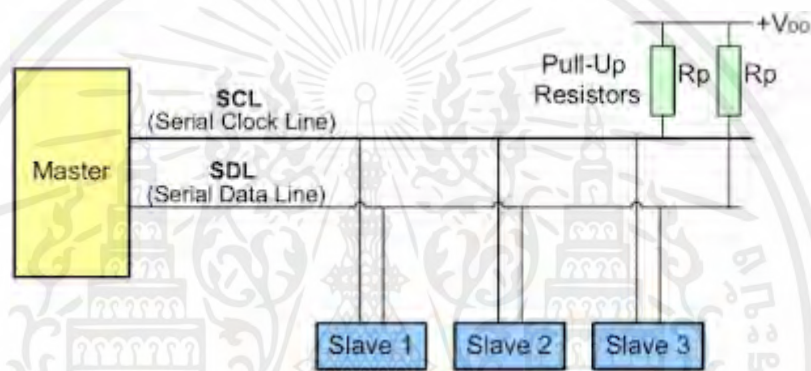
รูปที่ 2.8 หน้าจอแอลซีดี

(ที่มา : <https://www.glurgeek.com/wp-content/uploads/2019/05/nfj-1-300x183.png>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 ไอสแควร์ซีบัส (I2C BUS)

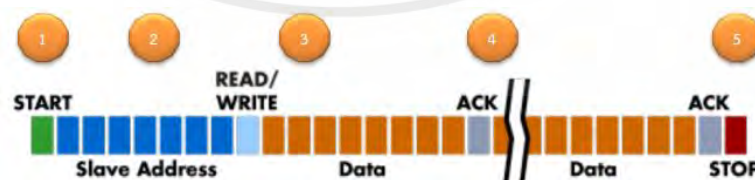
ไอสแควร์ซีบัส [7] ชื่อเรียกเต็มคือ Inter IC Communication Bus คิดค้นโดย Philip Semiconductor หรือ NXP semiconductor จุดประสงค์คือเพื่อรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่นเครื่องบันทึกเสียง โทรศัพท์มือถือ รวมถึงหน่วยความจำอย่าง EEPROM เป็นต้น การสื่อสารแบบ ไอสแควร์ซีบัส มีจุดเด่นคือ การเชื่อมต่อกันเป็นระบบบัสและรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ได้เป็นจำนวนมาก โดยใช้สายสัญญาณเพียงสองเส้น ซึ่งสามารถลดจำนวนสายสัญญาณและขนาดของอุปกรณ์ จึงเป็นที่นิยมในระบบสมองกลฝังตัวขนาดเล็ก ซึ่งมีลักษณะการเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบไอสแควร์ซีบัส

(ที่มา : <http://know2learning.blogspot.com/2017/02/i2c.html>)

เป็นการสื่อสารแบบอนุกรมแบบ ซิงโครนัส (Synchronous) ด้วยสายสัญญาณเพียง 2 เส้น คือ สายสัญญาณข้อมูล SDA (Serial Data Line) และสายสัญญาณนาฬิกา SCL (Serial Clock Line) โดย รูปแบบการสื่อสารของไอสแควร์ซีแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ภาพรูปแบบการสื่อสารแบบไอสแควร์ซี

(ที่มา : <http://know2learning.blogspot.com/2017/02/i2c.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของไอสแควร์ซี แบ่งออกเป็น 4 โหมดตามความเร็วในการรับส่งข้อมูลดังนี้

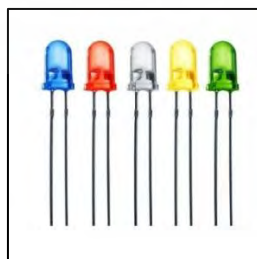
1. โหมดปกติ มีความเร็วในการส่งอยู่ที่ 100 กิโลบิตต่อวินาที
2. โหมดเร็ว มีความเร็วในการส่งอยู่ที่ 400 กิโลบิตต่อวินาที
3. โหมดเร็วพลัส มีความเร็วในการส่งอยู่ที่ 1 เมกะบิตต่อวินาที
4. โหมดไฮสปีด มีความเร็วในการส่งอยู่ที่ 3.4 เมกะบิตต่อวินาที

การสื่อสารแบบ ไอสแควร์ซี มีรูปแบบดังรูปที่ 2.10 และมีขั้นตอนการรับส่งข้อมูลเป็นลำดับดังนี้

1. เพื่อเริ่มต้นสถานการณ์การสื่อสารแบบไอสแควร์ซีอุปกรณ์ Master เริ่มจะส่งคำสั่ง START ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ Slave ทุกตัวที่อยู่ในบัสเตรียมพร้อมรับข้อมูลจากสายส่งข้อมูล (SDA)
2. อุปกรณ์ Master ส่งแอดเดรส (Address) ขนาด 7 บิตและตามด้วยคำสั่งอ่านหรือเขียน (Read/Write) อีก 1 บิต
3. อุปกรณ์ Slave ทุกตัวใน บัส จะตรวจสอบแอดเดรสในสายส่งข้อมูลว่าตรงกับแอดเดรสของตนหรือไม่หากตรงกัน จะส่งสัญญาณ ACK ขนาด 1 บิต กลับไปยังอุปกรณ์ Master เพื่อเตรียมพร้อมดำเนินการต่อไป
4. การรับส่งข้อมูลระหว่าง Master และ Slave ที่ระบุแอดเดรสจะดำเนินการอย่างต่อเนื่องในกรณีที่ Master ส่งคำสั่งอ่าน อุปกรณ์ Slave จะส่งข้อมูลเป็นชุด ชุดละ 8 บิต (1 ไบต์) เมื่ออุปกรณ์ Master จะส่งสัญญาณ ACK เมื่อได้รับทุก ๆ ไบต์
5. อุปกรณ์ Master จะส่งคำสั่งหยุด (STOP) เพื่อสิ้นสุดสถานการณ์การสื่อสารแบบไอสแควร์ซี

## 2.8 ไดโอดเปล่งแสง (Light-emitting diode: LED)

ไดโอดเปล่งแสง [25] เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจัดอยู่ในจำพวกไดโอดที่เมื่อถูกไบอัสตรงจะสามารถเปล่งแสงได้ในช่วงสเปกตรัมแคบ สีของแสงที่เปล่งออกมาขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้และสามารถเปล่งแสงได้ใกล้ช่วงอัลตราไวโอเล็ตช่วงแสงที่มองเห็นและช่วงอินฟราเรดมีลักษณะดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ภาพไดโอดเปล่งแสง

(ที่มา : <https://ake-remake.blogspot.com/2018/09/led.html>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 สัญญาณไฟแสดงสถานะ (Pilot Lamp)

ไฟลวดแลมป์ [9] หรือไฟแสดงสถานะ ถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่พบเจอได้ทั่วไป ตัวคอนโทรลหรือตู้ไฟฟ้าจะมีอุปกรณ์นี้ เพื่อบอกสถานการณ์การทำงานต่าง ๆ เช่น แสดงการทำงานปกติ การหยุดทำงาน การเกิดสัญญาณแจ้งเตือน การเกิดโอเวอร์โหลด (Overload) การเปิดหรือปิดระบบ ไฟแสดงเฟสระบบไฟฟ้าและอื่น ๆ แสดงลักษณะของไฟแสดงสถานะในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ภาพหลอดไฟสัญญาณ

(ที่มา : <https://sc04.alicdn.com/kf/HTB1rJCzJXXXXcmXFXXq6xxFXXXN.jpg>)

สำหรับไฟเลี้ยงมีให้เลือกใช้งานหลากหลายขนาด ได้แก่ ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 24 โวลต์ และไฟฟ้ากระแสสลับ 110–120 โวลต์ กับไฟฟ้ากระแสสลับ 220–240 โวลต์ ซึ่งการเลือกใช้นั้นต้องตรวจสอบก่อนว่าไฟในตัวคอนโทรลหรือตู้ไฟเป็นไฟขนาดเท่าไร

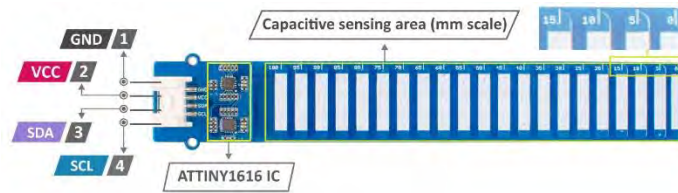
สีแสดงสถานะของไฟลวดแลมป์เป็นสิ่งที่บอกสถานการณ์การทำงานต่าง ๆ เช่น แสดงการทำงานปกติ การหยุดทำงาน การเกิดสัญญาณแจ้งเตือน การเกิดโอเวอร์โหลด การเปิดหรือปิดระบบ ไฟแสดงเฟสระบบไฟฟ้าและอื่น ๆ ซึ่งมีสีหลัก ๆ ให้เลือกใช้ดังนี้

1. เขียว เป็น การทำงาน
2. แดง เป็น การหยุดทำงาน
3. เหลือง เป็น การแจ้งสัญญาณเตือนความผิดพลาด
4. ขาว เป็น ไฟ 3 เฟส RST

## 2.10 เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (Water Level Sensor)

เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ [10] ซึ่งใช้เป็นแบบการตรวจจับประจุไฟฟ้า (Capacitance Sensing) เป็นการอ่านค่าสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามพื้นที่เมื่อมีการสัมผัสหน้าแผ่นประจุจะทำให้สนามไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงส่งผลให้วงจรภายในเซ็นเซอร์รับรู้และส่งสัญญาณเอาต์พุต โดยมีแผ่นคาปาซิทีฟ

บนพีซีบี (PCB) เป็นหน้าสัมผัสของโมดูลมีความแม่นยำ  $\pm 5$  มิลลิเมตร มีสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารเป็นแบบไอสแควร์ว็บบัส โดยมีลักษณะของเซ็นเซอร์แสดงดังรูปที่ 2.13



- 1 : Connected to the system GND
- 2 : Power supply from Grove 5V/3.3V
- 3 : I2C Serial Data
- 4 : I2C Serial Clock



- 1 : UPDI Interface for IC 1
- 2 : UPDI Interface for IC 2
- 3 : Power supply from Grove 5V/3.3V
- 4 : Connected to the System GND

รูปที่ 2.13 ภาพเซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ

(ที่มา : <https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Water-Level-Sensor/>)

เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำมีคุณสมบัติดังนี้

1. การตรวจจับของเซ็นเซอร์เป็นแบบการตรวจจับประจุไฟฟ้า
2. สามารถกันน้ำได้
3. สามารถทนต่อการกัดกร่อน
4. สามารถตรวจจับระดับน้ำสูงสุด 10 เซนติเมตร
5. มีการรองรับแรงดันอินพุตอยู่ที่ 3.3 โวลต์/ 5 โวลต์
6. มีความแม่นยำ  $\pm 5$  มิลลิเมตร
7. สามารถรองรับอุณหภูมิในการทำงานได้ตั้งแต่ -40 ถึง 105 องศาเซลเซียส
8. ใช้แอดเดรสของไอสแควร์ว็บบัสที่ 0X78 และ 0X77
9. มีอินเตอร์เฟสการเชื่อมต่อแบบไอสแควร์ว็บบัส
10. เซ็นเซอร์มีขนาด กว้าง 20 มิลลิเมตร ยาว 133 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.11 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ [11] (DS18B20) คือวงจรรวมที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิซึ่งมีอยู่หลายแบบ โดยถ้าแบ่งตามสัญญาณเอาต์พุตแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ วงจรรวมที่ให้เอาต์พุตแบบอนาล็อกและแบบดิจิตอล โดยวงจรรวมแบบดิจิตอลมีวงจรแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลรวมอยู่ในตัวและในส่วนของเอาต์พุตสำหรับการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนมากนั้นเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบ 1-Wire (One Wire) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ DS18B20 มีลักษณะเป็นสายพร้อมหัววัดในตัวโดยมีสาย 3 เส้น 3 สีคือ

1. สายสีแดงเป็นสายสำหรับจ่ายไฟ
2. สายสีฟ้าหรือสีเหลืองเป็นสายสัญญาณ
3. สายสีดำเป็นกราวด์

ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ภาพเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ

(ที่มา : <https://www.deltakit.net/wp-content/uploads/2017/06/ds18b20-digital-temperature-sensor-1.jpg>)

คุณสมบัติของเซ็นเซอร์

1. DS18B20 เป็นวงจรรวมดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์แบบโปรแกรมค่าความละเอียดและใช้การอินเตอร์เฟซแบบ 1-Wire และไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกวงจรรวมตระกูลนี้มีหลายเบอร์ขึ้นอยู่กับค่าความละเอียด

2. แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการในการทำงานที่ 3.3 ถึง 5.5 โวลต์

3. ค่าอุณหภูมิที่สามารถอ่านได้ตั้งแต่ -55 ถึง 125 องศาเซลเซียส

4. เวลาในการแปลงข้อมูลอยู่ที่ 200 มิลลิวินาทีสำหรับข้อมูล 9 บิต และ 750 มิลลิวินาที

สำหรับข้อมูล 12 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขากรเชื่อม 3 ขา ได้แก่ ขาสัญญาณ (DQ) ขาไฟเลี้ยง (VDD) และขากราวด์ (GND)
6. โหมดการทำงานได้แก่ โหมดปกติใช้งาน 3 ขา และโหมดการฝากพลังงานใช้ 2 ขาคือ ขาสัญญาณและขากราวด์ในขณะที่ขาไฟเลี้ยงต่อกับขากราวด์
7. สามารถนำวงจรรวมมาต่อพ่วงได้หลายอุปกรณ์โดยใช้เส้นสัญญาณเส้นเดียว

## 2.12 สวิตช์ลูกลอยไฟฟ้า (Float Switch)

สวิตช์ลูกลอย [12] คือ เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดระดับของน้ำในภาชนะโดยสายเคเบิล (Cable Type Float Switch) จะเป็นสวิตช์ลูกลอยแบบสายเคเบิลออกแบบมาใช้สำหรับหย่อน หรือ จุ่มลงในถังน้ำ หรือของเหลวอื่น ๆ เพื่อใช้ในการเตือนหรือควบคุมระดับของเหลวนั้น ๆ ร่วมกับรีเลย์หรือส่งสัญญาณที่เป็นลักษณะของสวิตช์ไปเข้าระบบพีแอลซี (PLC) เพื่อควบคุมปั๊ม ในปัจจุบันมีสวิตช์ลูกลอย ที่มีลูกลอยที่ถูกออกแบบมาพิเศษ ซึ่งจะมีระบบป้องกันเมื่อน้ำกระเพื่อมโดยที่ลูกลอยจะยังไม่ทำงานจนกว่าจะลอยค้างท่ามม 45 องศา ซึ่งการกำหนดระดับที่จะให้สวิตช์ทำงาน จะใช้การเลื่อนตำแหน่งของตุ้มถ่วง (counterweight) ที่สวมอยู่ที่สายเคเบิล

โครงสร้างของสวิตช์ลูกลอยสามารถอธิบายการทำงานของสวิตช์ลูกลอยได้เป็นส่วนต่าง ๆ ซึ่งจะทำหน้าที่แตกต่างกันออกไปโดยส่วนโครงสร้างที่มีความสำคัญในการทำงานมีดังนี้

1. ลูกลอย คือ ตัวท่อนที่ใช้สัมผัสกับตัวของเหลวโดยตรงซึ่งจะมีโครงสร้างเป็นลักษณะกลมแบนหรือทรงกระบอก แต่จะต้องมีความหนาแน่น (Density) น้อยกว่าของเหลวเพื่อให้ตัวมันเองสามารถลอยอยู่ได้ เนื่องจากเป็นส่วนที่สัมผัสกับของเหลวโดยตรงมีวัสดุที่ใช้ทำหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับความทนทานซึ่งถ้าเป็นแบบทั่ว ๆ ไปอาจจะใช้ พีวีซี (PVC) หรือ polyvinyl chloride แต่ถ้าต้องการความทนทานจะนิยมใช้ลูกลอยที่ทำมาจาก พีพี (PP) หรือ Polypropylene ซึ่งขึ้นรูปโดยใช้การฉีดเพื่อให้มั่นใจได้ว่าจะไม่มีการรั่วนอกจากวัสดุที่เป็นพลาสติกแล้วยังมีที่ทำจากสแตนเลสหรือโลหะประเภทอื่น ๆ

2. สวิตช์หน้าคอนแทค คือ ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นสะพานไฟให้วงจรไฟฟ้าทำงานครบรูปหรือครบวงจรซึ่งมีทั้งที่บรรจุอยู่ในตัวลูกลอยหรือติดตั้งภายในก้าน (Stem) โดยประเภทของ สวิตช์ที่ใช้ในตัวลูกลอยนั้นมีใช้กันอยู่ 2 ประเภท

- 2.1 ไมโครสวิตช์ (Micro Switch) เป็น สวิตช์ที่ทำงานโดยอาศัยแรงกดซึ่งเป็นแบบกลไก โดยมีหน้าคอนแทคเป็นแบบ ปกติเปิดร่วมกับปกติปิด ทนกระแสและแรงดันได้ 10 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 250 โวลต์

- 2.2 สวิตช์แม่เหล็ก (Lead Switch) เป็น สวิตช์ที่ทำงานโดยสนามแม่เหล็กซึ่งเป็นแบบแม่เหล็ก โดยมีหน้าคอนแทคเป็นแบบปกติเปิด ทนกระแสและแรงดันได้ 0.5 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 300 โวลต์เอซี

3. สายไฟฟ้า เป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าภายนอกกับวงจรของคอนแทคสวิตช์ (Contact Switch) ตัววัสดุที่ใช้ทำจะต้องทนต่อสภาพแวดล้อมในการติดตั้งวัสดุที่มีตามท้องตลาดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่จะเป็นพีวีซีหรือนีโอพรีน (Neopren) ซึ่งจะทนกว่านอกจากชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแล้วยังมีเรื่องของขนาดและความยาวของสายซึ่งขึ้นอยู่กับกระแสและแรงดันที่ใช้แต่สำหรับความยาวควรเลือกให้ครอบคลุมความยาวที่ใช้งานไม่ควรต่อสายเนื่องจากอาจทำให้เกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าจนเกิดอันตรายขึ้นได้

4. ต้มน้ํากล่อง ในกรณีที่ต้องการติดตั้งตัวลูกลอยในลักษณะถ่วงน้ำจำเป็นต้องใช้ตัวต้มน้ํากล่อง (Counter Weight) เพื่อให้ตัวลูกลอยจมอยู่และทำให้สามารถทำงานได้ตรงตามฟังก์ชันแต่สำหรับลูกลอยที่มีการติดตั้งแบบแนวตั้งหรือแนวนอนที่มีแกน เป็นตัวประกอบจะไม่จำเป็นต้องใช้ตัวต้มน้ํากล่องเนื่องจากการจับยึดที่ตัวเกลียวของแกน

สวิตช์ลูกลอยไฟฟ้าปกติปิดที่นำมาใช้มีลักษณะดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ภาพสวิตช์ลูกลอยปกติปิดสแตนเลส

(ที่มา : <https://www.joom.com/en/products/1521425522543770711-240-1-709-3896116178> )

คุณสมบัติของสวิตช์ลูกลอยไฟฟ้าปกติปิดมีดังนี้

1. วัสดุของสวิตช์ลูกลอยเป็นสแตนเลส
2. มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแกนที่ 10 มิลลิเมตร
3. มีความยาวของก้านที่ 165 มิลลิเมตร
4. การทำงานเป็นแบบสวิตช์แม่เหล็ก
5. สามารถรองรับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 10 วัตต์
6. สามารถรองรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดที่ 100 โวลต์
7. สามารถรองรับกระแสสูงสุดที่ 1 แอมแปร์
8. รองรับอุณหภูมิในการใช้งานได้ตั้งแต่ - 30 ถึง 120 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.13 ปั๊มไดอะแฟรม (AODD PUMP)

ไดอะแฟรมปั๊ม [16] เป็นปั๊มสำหรับสูบจ่ายของเหลวที่มีความหนืดมีลักษณะการทำงานแบบปีบ-อัดเป็นจังหวะ ปั๊มขับเคลื่อนด้วยแรงดันลมจึงทำให้สามารถนำปั๊มไดอะแฟรมไปใช้ในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดประกายไฟได้ ซึ่งเป็นข้อดีของปั๊มไดอะแฟรมที่แตกต่างจากปั๊มอื่น ๆ ที่เป็นปั๊มประเภทที่ใช้กับสารเคมีได้เหมือนกัน

แผ่นไดอะแฟรมเป็นส่วนประกอบสำคัญของปั๊ม โดยภายในปั๊มประกอบด้วย แผ่นไดอะแฟรม 2 อันผลัดกันผลัดไปกลับด้วยแรงกดในช่องอากาศไดอะแฟรมฝั่งหนึ่งจะถูกดึงเข้าสู่แกนกลาง ส่งผลให้ของเหลวถูกดูดเข้าไปในตัวปั๊มไดอะแฟรมอีกฝั่งถูกผลัดออก ส่งผลให้ของเหลวที่อยู่ในปั๊มถูกดันออกไปสู่ท่อออก ลักษณะของปั๊มไดอะแฟรมแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ภาพปั๊มไดอะแฟรมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 60 วัตต์

(ที่มา : <https://www.chang-store.com/product/496/ปั๊ม-dc-12v-60w-8bar-5l-min-พ่นหมอก-diaphragm-pump-ไดอะแฟรมปั๊ม>)

ส่วนประกอบของปั๊มไดอะแฟรมมีวัสดุให้เลือกหลากหลาย ตัวเรือนปั๊มมีวัสดุให้เลือกหลายชนิด เช่น อะลูมิเนียม (Aluminum) หรือ สแตนเลส (Stainless Steel) รวมถึงแผ่นไดอะแฟรม บอลวาล์วและซีทวาล์วที่ใช้สัมผัสของเหลวโดยตรง ซึ่งมีวัสดุให้เลือกหลายชนิดเช่นกัน ทำให้ปั๊มสามารถใช้งานได้กับสารหลากหลายประเภท อาทิ เช่น

1. สามารถใช้งานได้กับน้ำมันที่มีความหนืด เช่น น้ำมันหล่อลื่น (Lubricant)
2. น้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเบนซิน (Gasoline), ดีเซล (Diesel)
3. ใช้กับสารละลาย เช่น อะซิโตน (Acetone), โทลูอีน (Toluene), แอลกอฮอล์ (Alcohol)
4. สารที่มีฤทธิ์เป็นกรด-ด่าง เช่น สารเร่งตกตะกอน (PAC), คลอรีน (NaOCl), สารส้ม
5. ของเหลวที่มีความหนืด เช่น กลีเซอริน (Glycerin), เรซิน (Resin), พอลิเมอร์ (Polymer)
6. ของเหลวที่มีตะกอนหรือของแข็งแขวนลอย เช่น ของเหลวในกระบวนการผลิตจำพวก เซรามิกหรือเครื่องสุขภัณฑ์ (SLIP) และอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊มไดอะแฟรมแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 60 วัตต์ [17] มีคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถรองรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 12 โวลต์
2. มีอัตราการใช้กระแสไฟที่ 2.3 – 5 แอมป์
3. สามารถรองรับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 60 วัตต์
4. สามารถรองรับแรงดันน้ำสูงสุดที่ 6 บาร์ (100 PSI)
5. มีอัตราการไหลสูงสุดที่ 5 ลิตร/นาที่ หรือ 300 ลิตรต่อชั่วโมง
6. สามารถดูดน้ำที่ความลึกสูงสุดที่ 2 เมตร
7. ขนาดของท่อทางเข้าออกของน้ำเท่ากับ 3/8 นิ้ว
8. น้ำหนักสุทธิของปั๊มเท่ากับ 0.6 กิโลกรัม
9. มีวัสดุของปั๊มน้ำเป็นแบบพลาสติก
10. ปั๊มน้ำมีขนาดเท่ากับ กว้าง 9.5 เซนติเมตร ยาว เซนติเมตร 16.5 สูง 6 เซนติเมตร

#### 2.14 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

โซลินอยด์วาล์ว [19] คือ วาล์วควบคุมทิศทางโดยใช้คอยล์ไฟฟ้าสั่งการร่วมกับสปริงหรือคอยล์ไฟฟ้าอีกตัวเมื่อต้องการให้วาล์วอยู่อีกหนึ่งตำแหน่ง โซลินอยด์วาล์วประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับทำหน้าที่ปิด/เปิดวาล์ว เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดูดเต็ยวาล์วเพื่อเปิดวาล์ว และเมื่อปิดสวิตซ์ตัดกระแสไฟฟ้าเต็ยวาล์วจะกลับไปสู่ตำแหน่งเดิม โดยน้ำหนักของตัวเองเพื่อปิดวาล์ว อาทิเช่น โซลินอยด์วาล์วน้ำ โซลินอยด์วาล์วแก๊ส โซลินอยด์วาล์วลม และโซลินอยด์วาล์วไฮดรอลิก

โซลินอยด์วาล์วน้ำ อุปกรณ์วาล์วแบบต่าง ๆ ใช้กับระบบน้ำและเครื่องกรองน้ำ วาล์วหัวถังแรงดัน วาล์วควบคุมถังกรองน้ำทำงานคล้ายกับรีเลย์ภายในโครงสร้างของโซลินอยด์จะประกอบด้วยขดลวดที่พันอยู่รอบแท่งเหล็กที่ภายในประกอบด้วยแม่เหล็กชุดบนกับชุดล่าง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็ก ทำให้แท่งเหล็กชุดล่างมีอำนาจแม่เหล็กดึงแท่งเหล็กชุดบนลงมาสัมผัสกันทำให้ครบวงจรทำงาน เมื่อวงจรถูกตัดกระแสไฟฟ้าทำให้แท่งเหล็กส่วนล่างหมดอำนาจแม่เหล็กสปริงจะดันแท่งเหล็กส่วนบนกลับสู่ตำแหน่งปกติยกตัวอย่างการนำไปใช้งาน เช่น ในโรงเรือน ในฟาร์ม ระบบรดน้ำที่ต้องการจ่ายน้ำหลายจุด แบ่งเป็นโซนหลาย ๆ โซน โดยต่อกับระบบควบคุมมีสวิตซ์ความดัน (Pressure Switch) หรือตัวจับเวลา (Timer) เป็นตัวสั่งงานให้โซลินอยด์วาล์วทำงาน โซลินอยด์วาล์วปกติปิดที่นำมาใช้งานมีลักษณะดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ภาพโซลินอยด์วาล์วทองเหลืองปกติปิด 1/2 นิ้ว แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์  
(ที่มา : <https://www.xn--12-dsinj0b5ap9fm2p4ck2bh.com/17064072/โซลินอยด์วาล์วทองเหลือง-nc-12v-dc-1/2-นิ้ว> )

โซลินอยด์วาล์วทองเหลืองปกติปิด 1/2 นิ้ว แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ มีคุณสมบัติ ดังนี้

1. สามารถรองรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 12 โวลต์
2. มีอัตราการใช้กระแสไฟที่ 2 แอมป์
3. สามารถรองรับแรงดันน้ำสูงสุดที่ 10 บาร์
4. ขนาดของท่อทางเข้าออกของน้ำเท่ากับ 1/2 นิ้ว มีลักษณะเป็นแบบเกลียวในทั้งสองด้าน
5. มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเปิด-ปิดเท่ากับ 20 มิลลิเมตร
6. สามารถทนต่ออุณหภูมิได้สูงสุด 100 องศาเซลเซียส
7. สามารถทนต่อแรงดันน้ำได้ตั้งแต่ 0 - 10 บาร์ สามารถทำงานได้แม้ไม่มีแรงดัน
8. ลักษณะของไหลที่วาล์วสามารถนำไปใช้งานได้แก่ น้ำ น้ำยาแอร์ ลม อากาศ น้ำมัน แก๊ส
10. วาล์วมีน้ำหนัก 0.58 กิโลกรัม

## 2.15 ท่อพีวีซี (PVC)

ท่อพีวีซี [5] ชื่อเต็มคือ โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride) เป็นท่อพลาสติกที่ในปัจจุบันนิยมใช้ทดแทนท่อเหล็ก เนื่องจากมีคุณสมบัติครอบคลุมกับการใช้งานในระบบสุขาภิบาลทั่วไปและราคาประหยัด

คุณสมบัติของท่อพีวีซี [20] คือ วัสดุมีความเหนียว ยืดหยุ่นตัวได้ดี เบา ทนต่อแรงดันน้ำ และการกัดกร่อนจากกรดหรือด่างได้ดี และมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่ติดไฟ มีผิวลื่นทำให้ของเหลวไหลผ่านได้ดี มีข้อเสียคือ ทนต่อแรงกระแทกได้น้อยและไม่ทนต่อรังสี UV โดยท่อพีวีซีแบ่งตามลักษณะการใช้งาน ได้ดังรูปที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีท่อพีวีซี PVC Colour	การใช้งาน Work	ขนาด Size	มาตรฐาน Standard
	ระบบประปา - ระบายน้ำ Water Supply & Drainage System	1/2 - 16 inch. (18 - 400 mm) Standard Length 4 m	TIS 17-2532
	ระบบร้อยสายไฟฟ้า - สายโทรศัพท์ Electric & Telecom Conduit	3/8 - 4 inch. (15 - 100 mm) Standard Length 4 m	TIS 216-2524
	ระบบร้อยสายไฟฟ้า - สายโทรศัพท์ Electric & Telecom Conduit	3/8 - 2 inch. (15 - 55 mm) Standard Length 2.92 m	JIS C 8430-1999 IEC-61386-1, IEC-61386-21
	ระบบน้ำจากเกษตร Agriculture Work	1/4 - 5 inch. (10 - 400 mm) Standard Length 4 m	Standard

Call 02 - 372 -2520

siamconduit.com

รูปที่ 2.18 ชนิดท่อพีวีซีแบ่งตามลักษณะการใช้งาน  
(ที่มา : <https://www.siamconduit.com/info-pvc/> )

ท่อพีวีซีสีฟ้า เหมาะสำหรับใช้งานเป็นท่อน้ำดื่ม ท่อรับความดันและท่อระบายน้ำ มีมาตรฐาน มอก.17 กำกับ สำหรับท่อที่ผลิตในประเทศไทยจะมีขนาดตั้งแต่ 1/2 นิ้ว จนถึง 24 นิ้ว โดยแบ่งเป็น ชั้นคุณภาพไว้ 3 ระดับ โดยแบ่งตามความดันที่กำหนดให้สำหรับใช้งาน (Working pressure) ที่ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส คือ

1. พีวีซี 5 คือ ความดัน 0.5 เมกะพาสคัล
2. พีวีซี 8.5 คือ ความดัน 0.85 เมกะพาสคัล
3. พีวีซี 13.5 คือ ความดัน 1.35 เมกะพาสคัล

โดยที่ 1 เมกะพาสคัล เท่ากับ 10.20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

## 2.16 กูเกิลชีต (Google Sheets)

กูเกิลชีต [21] เป็นแอปพลิเคชันในกลุ่มของ กูเกิลไดรฟ์ (Google Drive) ซึ่งเป็นนวัตกรรมของกูเกิลมีลักษณะการทำงานคล้ายกันกับ ไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) คือสามารถสร้างคอลัมน์ (Column), แถว (Row) สามารถใส่ข้อมูลต่าง ๆ ลงไปในเซลล์และคำนวณสูตรต่าง ๆ ได้ โดยมีรูปสัญลักษณ์ของกูเกิลชีตดังในรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### รูปที่ 2.19 ภาพโลโก้กูเกิลชีต

(ที่มา : <https://www.mindphp.com/บทความ/google-for-work/223-google-sheets/4980-google-sheets.html>)

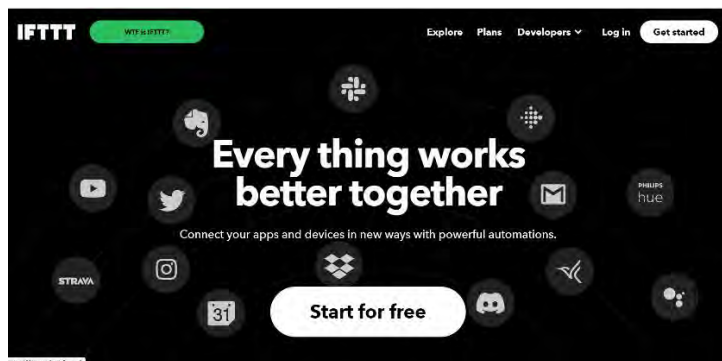
ข้อดีของการใช้กูเกิลชีต

1. เป็นบริการให้ใช้ฟรีจากกูเกิล
2. สามารถทำงานเป็นทีมได้ สามารถทำงานร่วมกันในสเปรดชีต (Spreadsheet) ได้ในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ยังสามารถแชร์งาน แก่ไขแบบเรียลไทม์ หรือแชทและแสดงความคิดเห็นกับบุคคล
3. ไม่ต้องกด "บันทึก" เมื่อมีการทำงานเกิดขึ้นในสเปรดชีต ทุกการพิมพ์จะถูกบันทึกไว้ทั้งหมดโดยอัตโนมัติ และยังสามารถใช้ประวัติการแก้ไขเพื่อดูเวอร์ชันเก่าของสเปรดชีตเดียวกัน โดยจัดเรียงตามวันที่และคนที่แก้ไข
4. สามารถทำงานได้กับไมโครซอฟท์ เอ็กเซล สามารถเปิด แก้ไขและบันทึกเป็นไฟล์ไมโครซอฟท์เอ็กเซล

### 2.17 แอปพลิเคชันไอเอฟทีทีที (IFTTT)

แอปพลิเคชันไอเอฟทีทีที (IFTTT) [22] หรือ IF This Then That คือ แอปพลิเคชันแบบบริการออนไลน์ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถตั้งค่าการทำงานได้อย่างสะดวกยืดหยุ่น ตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้บริการต้องการ อาทิ เช่น ให้เก็บข้อมูลที่อ่านได้จาก เช่นเซอร์ นำไว้ที่ กูเกิลชีต หรือแจ้งไปที่ไลน์ (Line Notify)

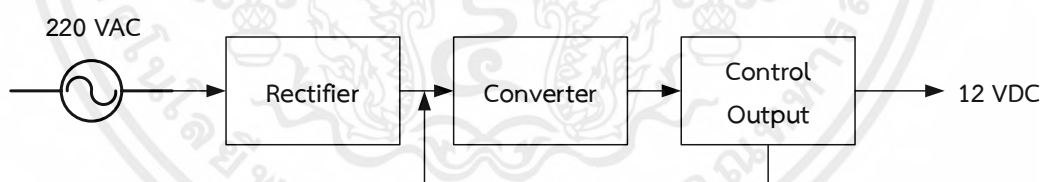
ไอเอฟทีทีที เป็นแอปพลิเคชันที่นำเอา API ของบริการ (Service) หลายแห่งในโลกเข้ามาใช้ด้วยกันได้ สามารถสร้างสูตร (Recipe) ขึ้นมาได้อย่างอิสระและนำไปแชร์ให้ผู้อื่น ไอเอฟทีทีทีมีทั้งบนเว็บไซต์และบนแอปพลิเคชันในระบบไอโอเอส (iOS) และระบบแอนดรอย (Andoird) โดยมีหน้าตาของแอปพลิเคชันไอเอฟทีทีทีแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 ภาพหน้าต่างของแอปพลิเคชันไอเอฟทีทีที  
(ที่มา : <https://ifttt.com/home>)

## 2.18 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)

สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย [6] คือ อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันสูง เช่น 220 โวลต์เอซี ไปเป็นแรงดันไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำ โดยสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะทำงานในลักษณะเดียวกันกับหม้อแปลงแรงดันทั่วไป แต่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าและมีขนาดเล็กกว่า โดยหลักการทั่วไปของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะประกอบด้วย เรกติไฟเออร์ (Rectifier) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง, คอนเวอร์เตอร์ (Converter) ทำหน้าที่แปลงความถี่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่สูงและแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีบล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 หลักการทั่วไปของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

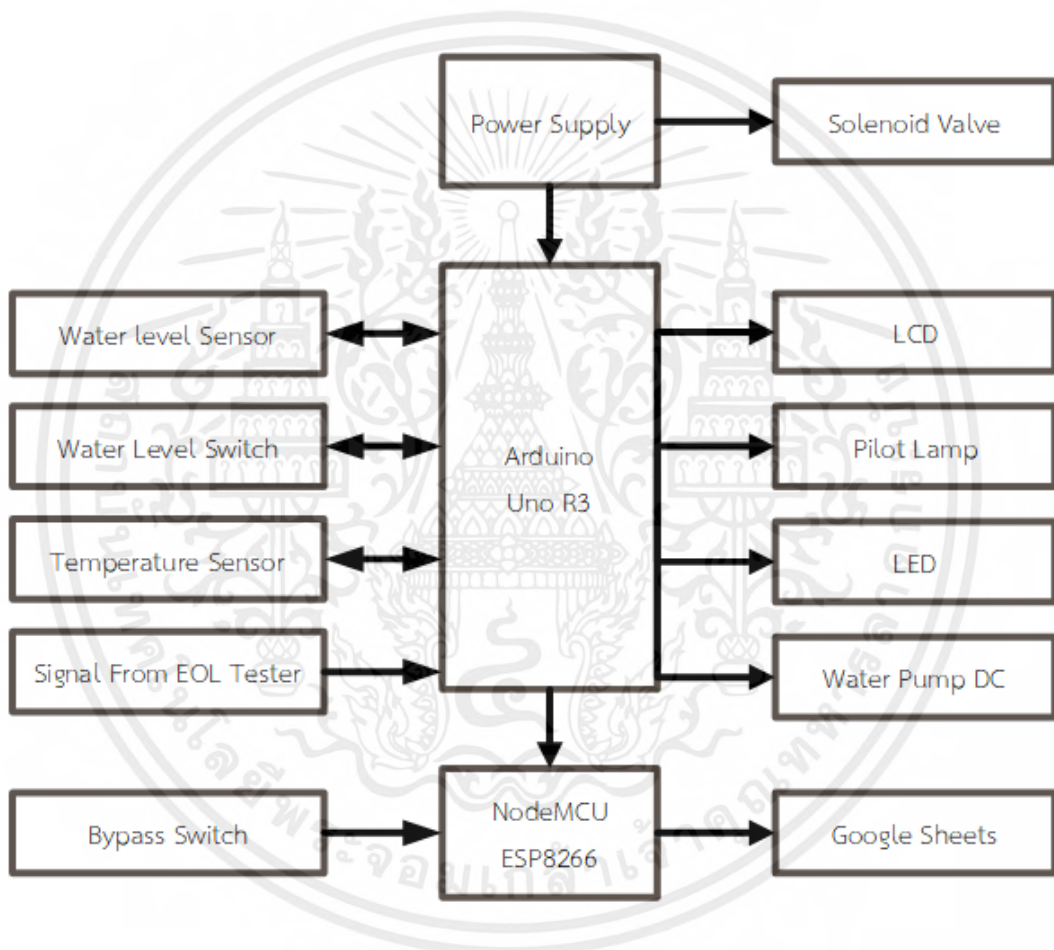
ข้อพิจารณาของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงเชิงเส้นคือ ประสิทธิภาพการใช้งานที่สูง ขนาดเล็ก และน้ำหนักเบาว่าแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงเชิง แต่สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจะมีเสถียรภาพในการทำงานที่ต่ำกว่าและก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงเชิงเส้น รวมถึงสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายยังมีความซับซ้อนของวงจรมากกว่าและมีราคาสูงที่กำลังงานต่ำ ๆ สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายจึงมักนิยมใช้กันในงานที่ต้องการกำลังงานตั้งแต่ 20 วัตต์ขึ้นไป

### บทที่ 3

## การออกแบบและการดำเนินการ

ในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบ ระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์ ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานแผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบและการออกแบบโครงสร้าง

### 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานโดยรวม



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ สำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์

จากรูปที่ 3.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์ ซึ่งประกอบไปด้วย

### 3.1.1 ส่วนแหล่งจ่ายไฟฟ้า

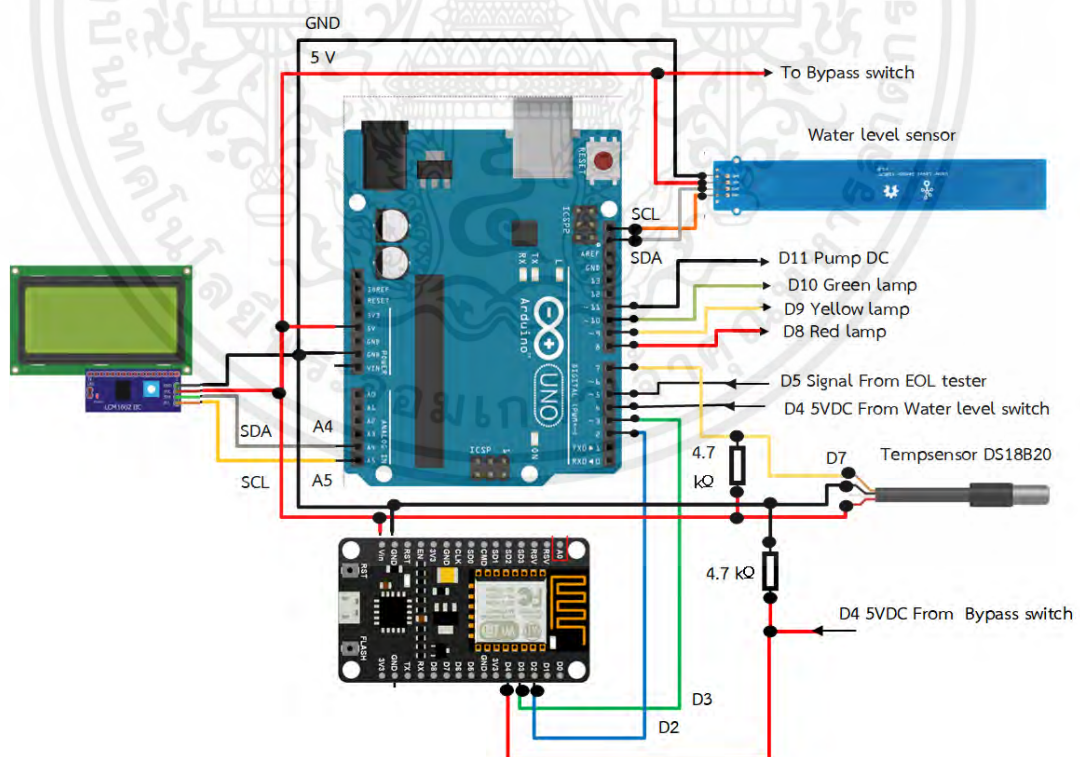
แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Power Supply) ในที่นี้ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานโดยแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมแปร์ สำหรับปั๊มน้ำและไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 3 แอมแปร์ สำหรับใช้เป็นแหล่งจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ โมดูลรีเลย์และโซลินอยด์วาล์ว

### 3.1.2 ส่วนควบคุมการทำงานของระบบรักษาระดับน้ำ

ในส่วนนี้เป็นส่วนที่ออกแบบสำหรับการควบคุมการทำงานของระบบรักษาระดับน้ำ โดยแบ่งการอธิบายเป็นแผนผังการทำงานและวงจรควบคุมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. การเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนนี้ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดระดับน้ำตรวจจับระดับน้ำและเซนเซอร์วัดอุณหภูมิของน้ำในถังพักน้ำส่งข้อมูลให้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง อาศัยโมโนโคโน เพื่อประมวลผลแล้วแสดงผลทางหน้าจอแอลซีดี สัญญาณไฟรวมถึงรับสัญญาณอินพุตจากการทำงานของสวิตช์ลูกลอยและสัญญาณไฟเสร็จการทำงานของเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์เพื่อประมวลผลและส่งสัญญาณแบบดิจิทัลไปควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำและส่งข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิที่ตรวจจับได้ส่งให้อีเอสพี 8266 เพื่อบันทึกข้อมูลลงกุเกิลชีตมีการเชื่อมต่อของเซนเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ภาพการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 เป็นภาพการเชื่อมต่อของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1.1 ส่วนอินพุต (Input) ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดระดับน้ำที่ส่งสัญญาณแบบไอสแควร์ซีเชื่อมต่อขา SCL, SDA เซนเซอร์วัดอุณหภูมิส่งสัญญาณแบบดิจิตอลเชื่อมต่อขา D7 สัญญาณลอจิก 1 จากการทำงานของสวิตช์ลูกลอยเชื่อมต่อขา D4 สัญญาณลอจิก 1 จากสัญญาณไฟของเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์เชื่อมต่อขา D5 และสัญญาณ TX จากไอเอสพี 8266 เชื่อมต่อขา D3

1.2 ส่วนกระบวนการ (Process) ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโนโดยใช้เป็นตัวควบคุมหลักที่รับค่าจากอินพุตและแสดงผลบนจอแอลซีดี หลอดไฟแสดงสถานะควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ และไอเอสพี 8266 จะทำหน้าที่รับค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโน ส่งค่าผ่านไวไฟ (WIFI) มาบันทึกลงในกูเกิลชีต

1.3 ส่วนเอาต์พุต (Output) ประกอบด้วย จอแอลซีดีแสดงผลข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิรวมไปถึงสถานะการทำงานของสวิตช์ลูกลอยและสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์เชื่อมต่อขา A4, A5 หลอดไฟแสดงสถานะของระดับน้ำและสถานะการทำงานของสัญญาณจากสวิตช์ลูกลอยและเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์เชื่อมต่อขา D8, D9, D10 ส่วนของปั้มน้ำจะควบคุมการเปิด-ปิดปั้มน้ำโดยส่งสัญญาณให้วงจรรีเลย์ เปิด-ปิดปั้มน้ำโดยผ่านสวิตช์ลูกลอยอีกหนึ่งชั้นเชื่อมต่อขา D11 และกูเกิลชีตที่บันทึกข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิจากไอเอสพี 8266 เชื่อมต่อขา D2

## 2. แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโน

ในแผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโน เพื่อประมวลผลแล้วแสดงผลทางจอแอลซีดีและควบคุมการทำงานของปั้มน้ำและบันทึกข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิ

### 2.1 ส่วนของระดับน้ำ

ส่วนของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโน ในส่วนของเซนเซอร์วัดระดับน้ำมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) เมื่อเริ่มการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโนจะรับค่าจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำแสดงผลของระดับน้ำที่วัดได้บนจอแอลซีดี

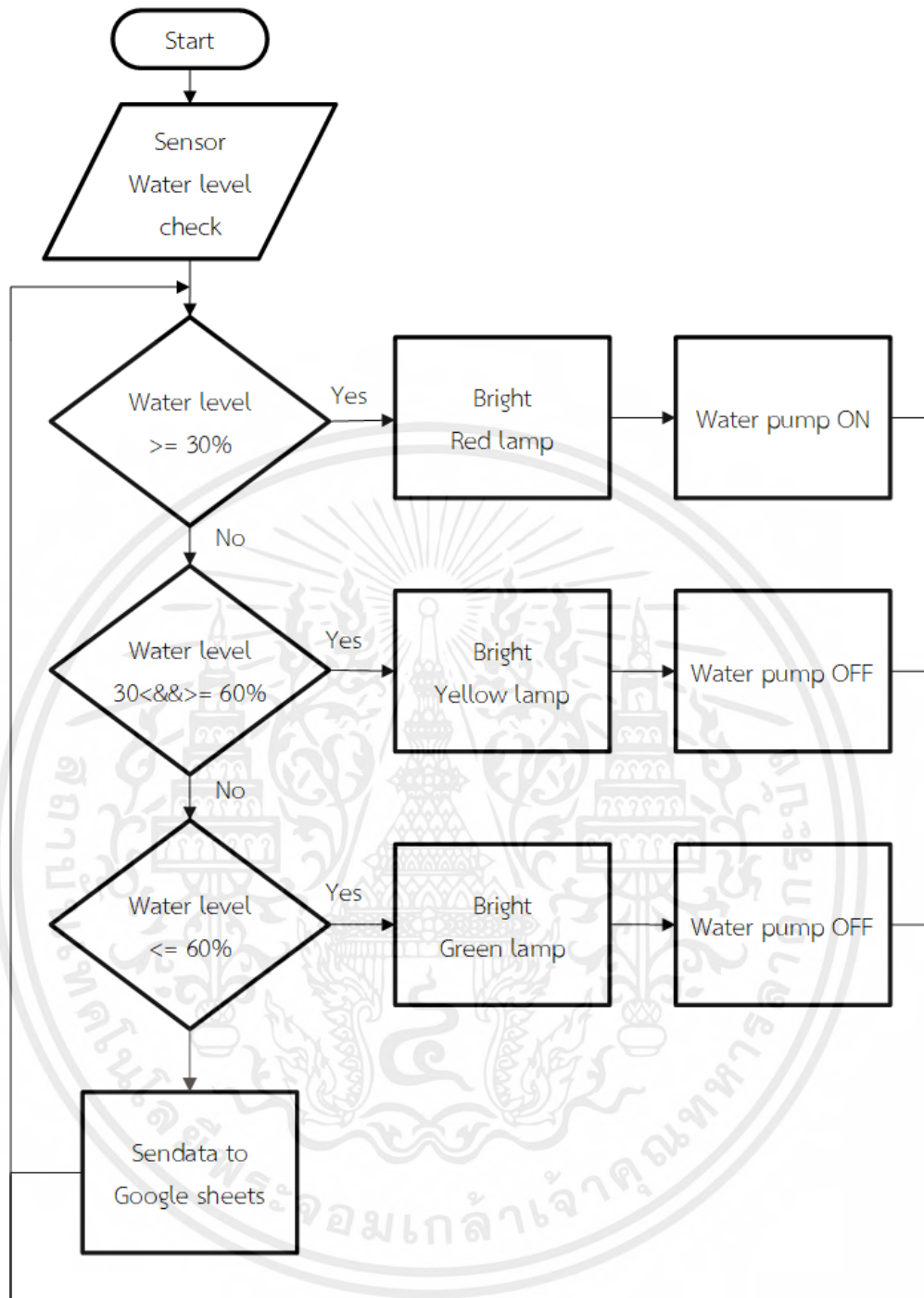
2) ถ้าระดับน้ำมีระดับที่เท่ากับหรือต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงหลอดไฟสถานะเป็นสีแดงและเปิดการทำงานของปั้มน้ำ แต่ถ้าระดับน้ำอยู่ในระดับที่มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ แสดงหลอดไฟสถานะเป็นสีเหลืองและปิดการทำงานของปั้มน้ำในกรณีที่ระดับน้ำมีเท่ากับหรือมากกว่า 60% แสดงหลอดไฟสถานะเป็นสีเขียวและปิดการทำงานของปั้มน้ำเช่นกัน

3) นำค่าระดับน้ำที่อ่านได้บันทึกลงในกูเกิลชีตในทุก ๆ 30 นาที โดยส่งข้อมูลให้ ไอเอสพี 8266 ในการบันทึก

แสดงแผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโน ส่วนของเซนเซอร์

### วัดระดับน้ำดังรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาδυโน้ส่วนของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ

## 2.2 ส่วนของอุณหภูมิ

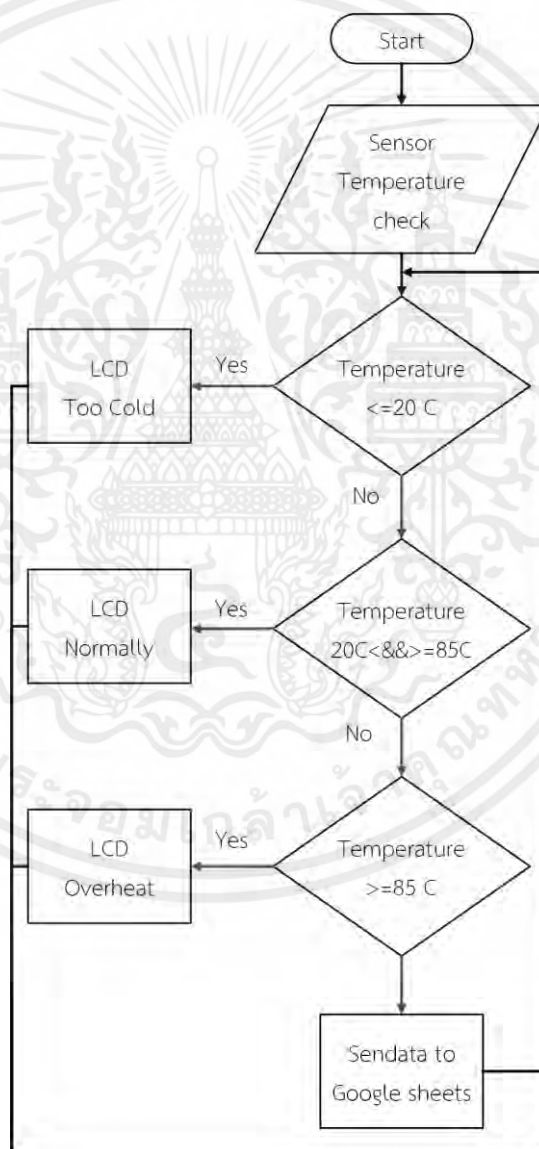
- 1) เมื่อเริ่มการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาδυโน้จะรับค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแสดงผลของค่าอุณหภูมิที่วัดได้บนจอแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ถ้าอุณหภูมิที่อ่านได้มีค่าที่เท่ากับหรือต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส ให้แสดงผลบนจอแอลซีดีว่า [Too Cold] และกรณีที่อุณหภูมิที่อ่านได้มีค่าที่มากกว่า 20 องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 85 องศาเซลเซียส แสดงผลบนจอแอลซีดีว่า [Normally] ในกรณีที่ระดับน้ำมีเท่ากับหรือมากกว่า 85 องศาเซลเซียส ให้แสดงผลบนจอแอลซีดีว่า [Overheat]

3) นำค่าอุณหภูมิที่อ่านได้บันทึกลงกูเกิลชีตในทุก ๆ 30 นาที โดยส่งข้อมูลให้ อีเอสพี 8266 ในการบันทึก

แสดงแผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโน่ ส่วนของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิดังรูปที่ 3.4



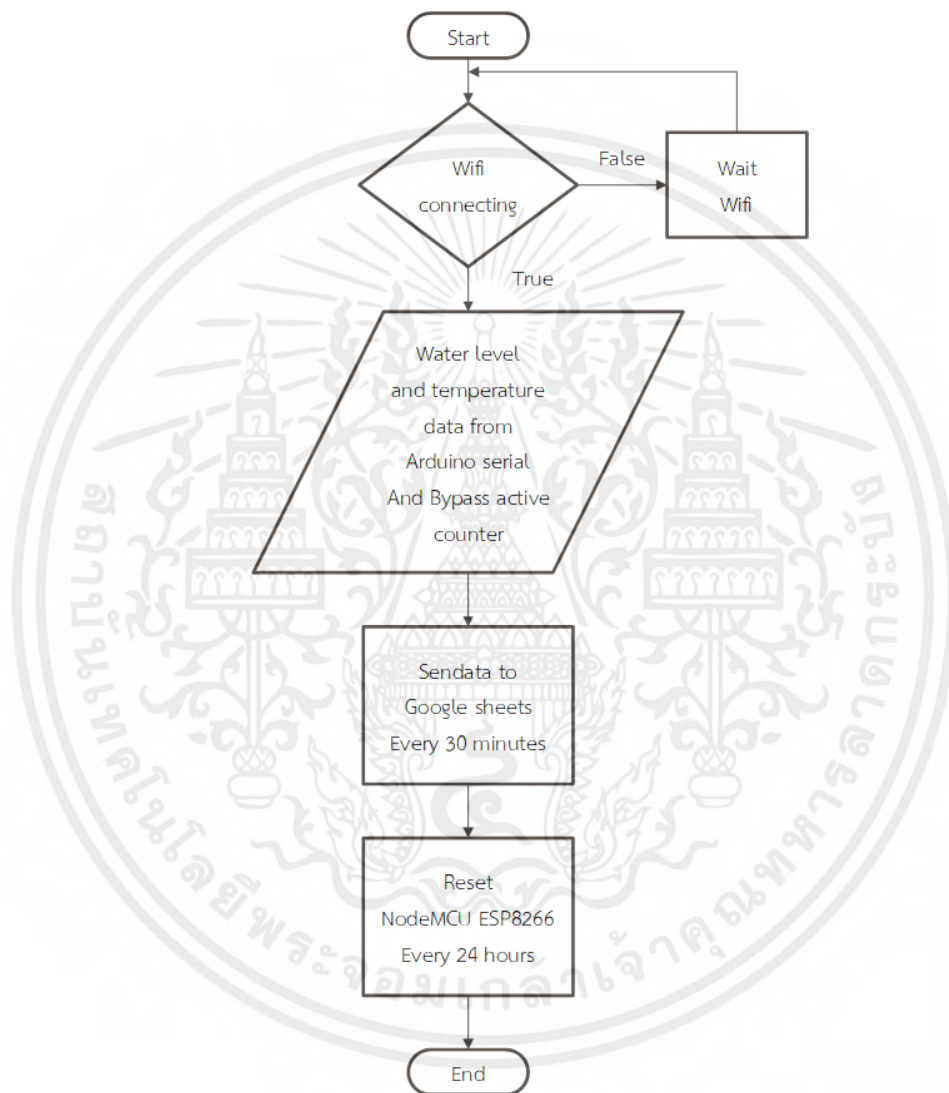
รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโน่ส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพี

8266

ในแผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพี 8266 เพื่อบันทึกข้อมูลของระดับน้ำและค่าอุณหภูมิที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาคิโนอุโน แล้วบันทึกข้อมูลลงกุเกิลชีตผ่านเครือข่ายไวไฟ (WIFI) ทุก 30 นาที



รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพี 8266

จากรูปที่ 3.5 เป็นแผนผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์อีเอสพี 8266 มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. เมื่อเริ่มการทำงานอีเอสพี 8266 จะทำการเชื่อมต่อไวไฟ ถ้าเชื่อมต่อไม่สำเร็จ จะทำการเชื่อมต่อใหม่อีกครั้งและเมื่อเชื่อมต่อสำเร็จไฟแอลอีดีบนอีเอสพี 8266 จะติด

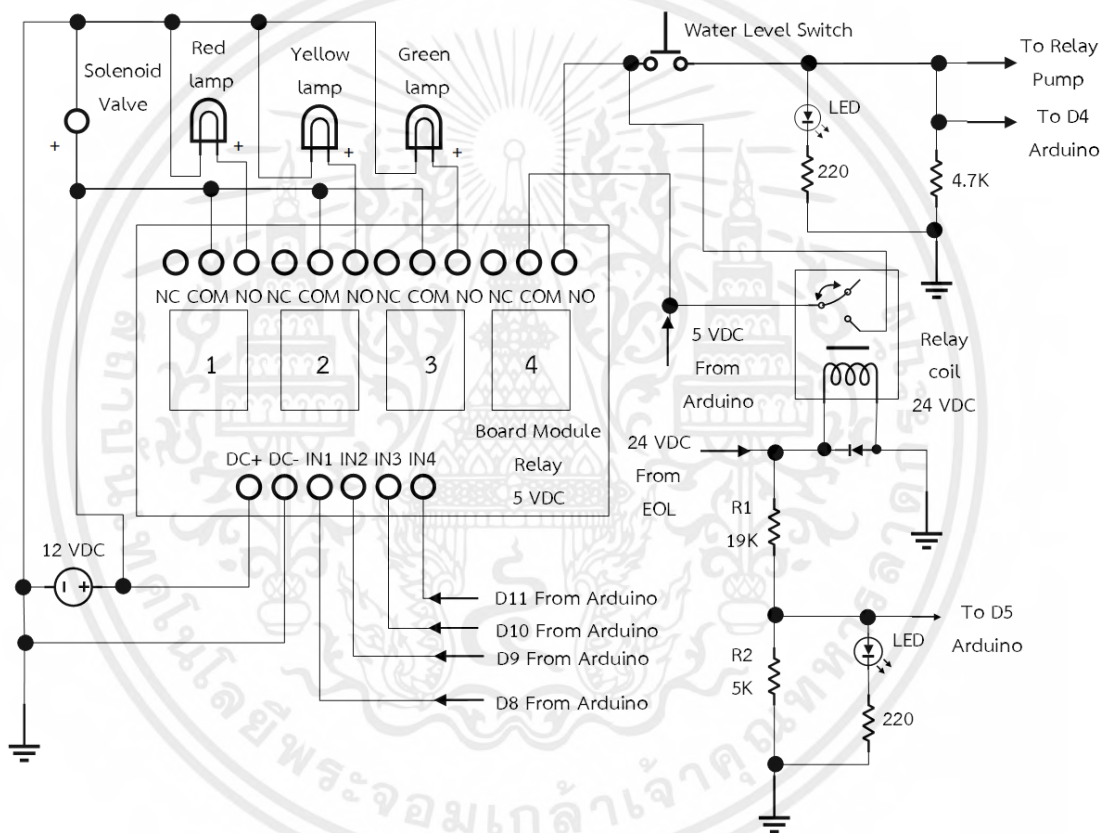
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในขณะที่เชื่อมต่อไวไฟอีเอสพี 8266 จะรับค่าระดับน้ำและอุณหภูมิจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน้และทำการบันทึกค่าที่ได้ลงภูเกิลซีตทุก 30 นาที

3. สิ้นสุดการทำงาน

### 3.1.3 ส่วนการทำงานของเอาต์พุต

ในส่วนนี้ จะกล่าวถึงการควบคุมการทำงานของเอาต์พุตหลังจากที่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบรักษาระดับน้ำเข้ามาควบคุม เอาต์พุตในที่นี้คือปั้มน้ำและไฟแสดงสถานะโดยมีโมดูลรีเลย์ 5 โวลต์ เป็นตัวทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดของเอาต์พุตต่าง ๆ มีการเชื่อมต่อดังรูปที่ 3.6

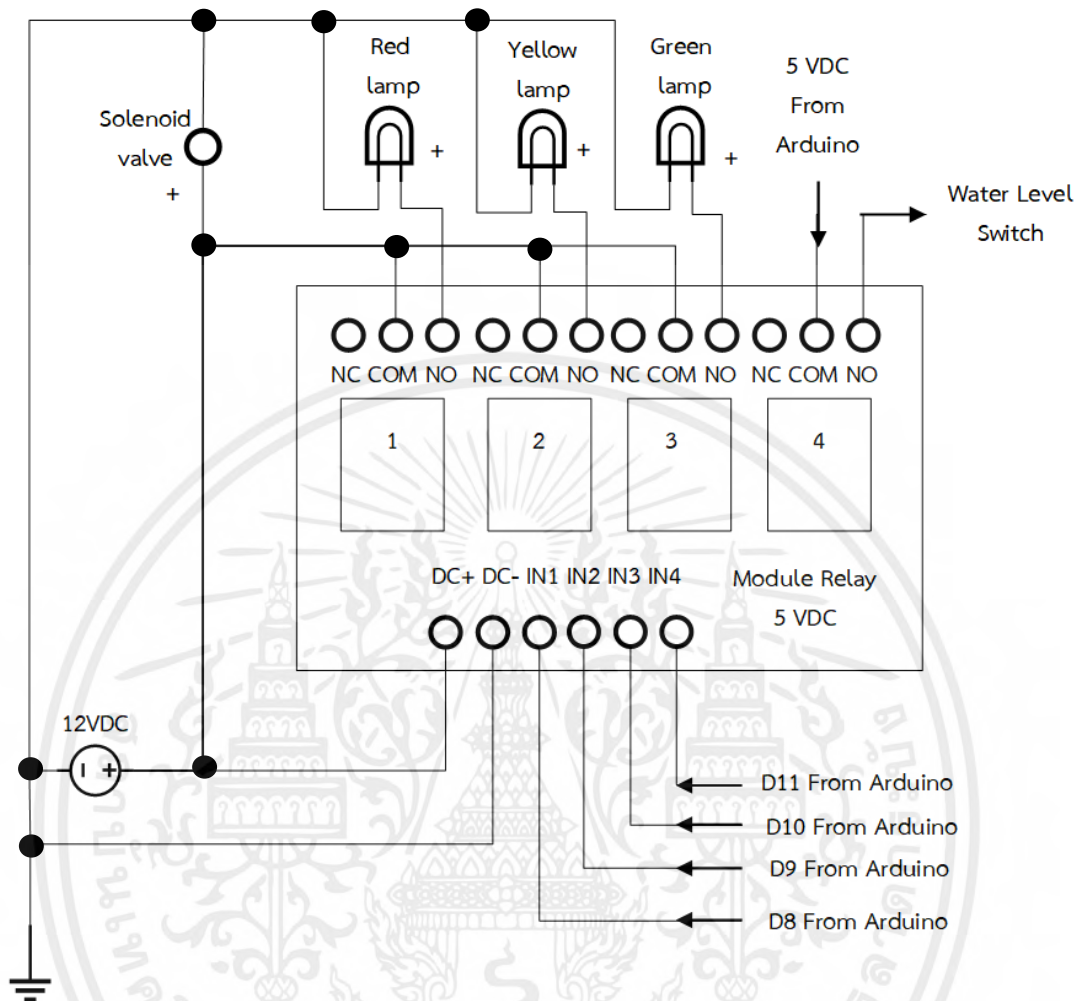


รูปที่ 3.6 วงจรรีเลย์ควบคุมการทำงานของเอาต์พุต

จากรูปที่ 3.6 เป็นวงจรรีเลย์ควบคุมการทำงานของเอาต์พุตที่รับสัญญาณเอาต์พุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน้รวมถึงส่วนของสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ที่เข้ามาควบคุมการทำงานของปั้มน้ำขณะเครื่องทดสอบเสร็จสิ้นกระบวนการทดสอบโดยมีรายละเอียดของวงจรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1. ส่วนการทำงานของหลอดไฟแสดงสถานะ



รูปที่ 3.7 วงจรรีเลย์ส่วนควบคุมการทำงานของหลอดไฟแสดงสถานะ

จากรูปที่ 3.7 เป็นภาพวงจรการเชื่อมต่อของโมดูลรีเลย์ 5 โวลต์ ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของหลอดไฟแสดงสถานะและการทำงานของปั้มน้ำโดยหลอดไฟนั้นใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ อัตราการใช้กระแสไฟสูงสุด 200 มิลลิแอมป์ โดยขาแรงดันไฟบวกจะต่อกับหน้าสัมผัสปกติเปิด (NO) ของโมดูลรีเลย์ทุกหลอด ในการเปิดมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ เป็นไฟเลี้ยงให้แก่โมดูลรีเลย์เชื่อมต่อขาคอมมอน (COM) ของรีเลย์สำหรับเป็นไฟเลี้ยงหลอดไฟและโซลินอยด์วาล์วโดยมีรายละเอียดดังนี้

### 1.1 หลอดไฟสีแดง

หลอดไฟสีแดงมีหน้าที่แสดงระดับน้ำมีระดับต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยขาแรงดันไฟบวกจะต่อกับขาปกติเปิด ของรีเลย์ตัวที่ 1 เมื่อโมดูลรีเลย์รับสัญญาณลอจิก 1 จากขา D8 ของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน่อูโน่ขาอินพุตที่ 1 ของโมดูลรีเลย์หน้าสัมผัสรีเลย์จะเปลี่ยนจากหน้าสัมผัสปกติปิด (NC) เป็นปกติเปิด หลอดไฟสีแดงจะติด

### 1.2 หลอดไฟสีเหลือง

หลอดไฟสีเหลืองมีหน้าที่แสดงระดับน้ำมีระดับ 30–60 เปอร์เซ็นต์ โดยขาแรงดันไฟบวกจะต่อกับขาปกติเปิด ของรีเลย์ตัวที่ 2 เมื่อโมดูลรีเลย์รับสัญญาณลอจิก 1 จากขา D9 ของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน่อูโน่ขาอินพุตที่ 2 ของโมดูลรีเลย์หน้าสัมผัสรีเลย์จะเปลี่ยนจากสัมผัสปกติปิด เป็น หน้าสัมผัสปกติเปิด หลอดไฟสีเหลืองจะติด

### 1.3 หลอดไฟสีเขียว

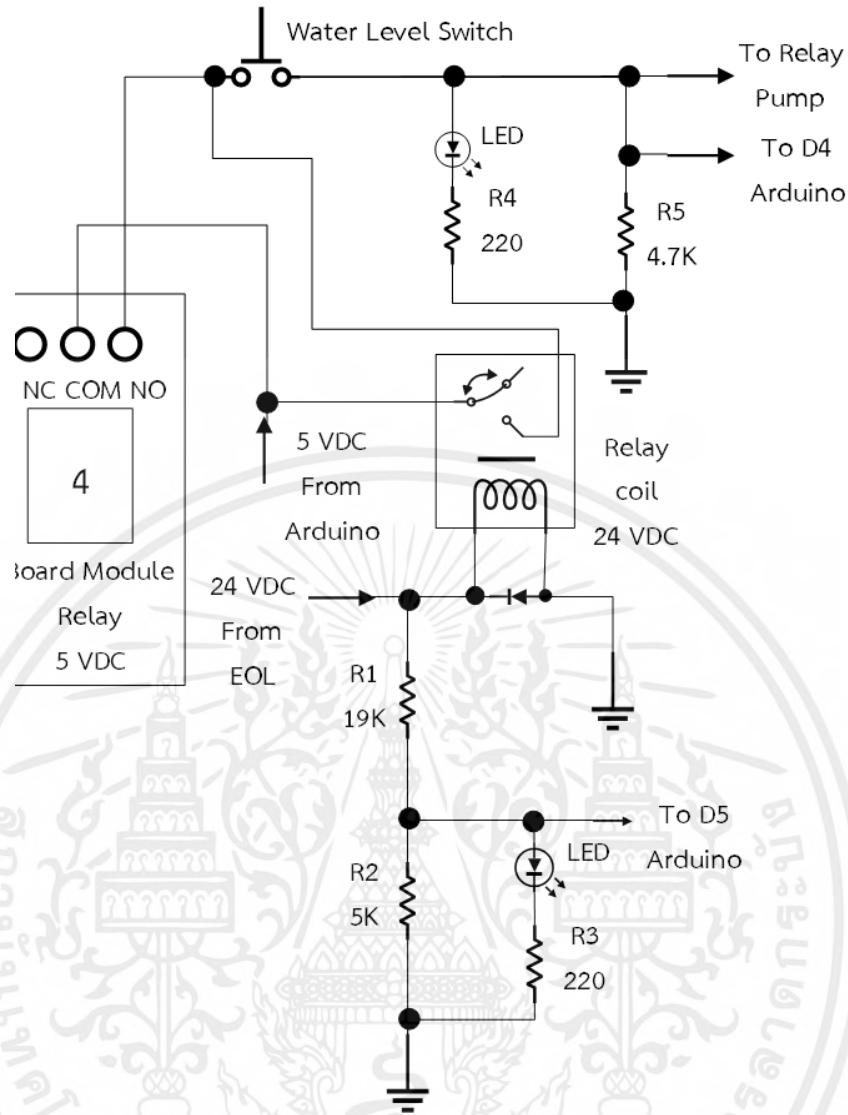
หลอดไฟสีเขียวมีหน้าที่แสดงระดับน้ำมีระดับมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ โดยขาแรงดันไฟบวกจะต่อกับขาปกติเปิด ของรีเลย์ตัวที่ 3 เมื่อโมดูลรีเลย์รับสัญญาณลอจิก 1 จากขา D10 ของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน่อูโน่ขาอินพุตที่ 3 ของโมดูลรีเลย์หน้าสัมผัสรีเลย์จะเปลี่ยนจากหน้าสัมผัสปกติปิด เป็น หน้าสัมผัสปกติเปิด หลอดไฟสีเขียวจะติด

### 1.4 เปิดการทำงานของปั้มน้ำ

เมื่อโมดูลรีเลย์รับสัญญาณลอจิก 1 จากขา D11 ของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน่อูโน่ขาอินพุตที่ 4 ของโมดูลรีเลย์หน้าสัมผัสรีเลย์จะเปลี่ยนจากสัมผัสปกติปิดเป็นหน้าสัมผัสปกติเปิด โดยขาคอมมอนของรีเลย์ตัวที่ 4 จะมีแรงดัน 5 โวลต์จากไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน่ต่ออยู่เพื่อรอให้ไปควบคุมการทำงานของวงจรปั้มน้ำ

## 2. ส่วนควบคุมการเปิดปั้มน้ำ

การควบคุมการเปิดปั้มน้ำโดยมีการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน่อูโน่และจากสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์เนื่องจากสัญญาณจากเครื่องทดสอบเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 โวลต์ และลดปัญหาแรงดันไฟฟ้าชกกันจากสองแหล่งทั้งจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน่อูโน่และจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์จึงใช้รีเลย์คอยล์ 24 โวลต์เป็นตัวทริกเกอร์แทนสำหรับตัดต่อแรงดัน 5 โวลต์จากไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโน่อูโน่ไปควบคุมการเปิด-ปิดปั้มน้ำโดยมีสวิตช์กลุ่กลอยจำกัดการทำงานของปั้มน้ำซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.8 วงจรส่วนควบคุมการเปิดปั้มน้ำ

จากรูปที่ 3.8 เป็นภาพวงจรการควบคุมการเปิดปั้มน้ำโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ส่วนการควบคุมการทำงานของปั้มน้ำจากสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

เมื่อมีสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์หน้าสัมผัสของรีเลย์คอยล์ 24 โวลต์จะเปลี่ยนจากหน้าสัมผัสปกติปิดเป็นปกติเปิด จะส่งแรงดันไฟ 5 โวลต์ ไปเปิดการทำงานของปั้มน้ำและมีส่วนส่งสัญญาณให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโน่สำหรับแสดงสถานะสัญญาณจากเครื่องทดสอบกำลังทำงานอยู่โดยการลดแรงดันไฟฟ้าเพื่อสร้างสัญญาณลอจิก 1 และต่อเข้าขา D5 ของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูยโนโอโน่และมีไดโอดเปล่งแสงสำหรับบ่งบอกว่ามีสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเข้ามาในระบบ หากค่าความต้านทานเพื่อลดให้ได้แรงดัน 5 โวลต์ โดยใช้สมการที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$VO = VI * R2/(R1 + R2) \quad (3.1)$$

$$5 = 24 * R2/(R1 + R2)$$

กำหนดให้  $R2 = 5k\Omega$

$$5 = 24 * 5k/(R1 + 5k)$$

$$5 = 120k/(R1 + 5k)$$

$$R1 = (120k/5) - 5k$$

$$R1 = 24k - 5k = 19k\Omega$$

## 2.2 ส่วนการควบคุมการทำงานของปั้มน้ำจากไมโครคอนโทรลเลอร์ อาคิโนโน

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์อาคิโนโนส่งสัญญาณลอจิก 1 จากขา D11 เข้าอินพุตของรีเลย์ตัวที่ 4 ของโมดูลรีเลย์หน้าสัมผัสของรีเลย์จะเปลี่ยนจากหน้าสัมผัสปกติปิดเป็นปกติเปิดเพื่อส่งแรงดันไฟ 5 โวลต์ ไปเปิดการทำงานของปั้มน้ำ

### 2.3 ส่วนการจำกัดการทำงานของปั้มน้ำโดยสวิตช์ลูกลอย

เมื่อมีแรงดันเอาต์พุตสำหรับการเปิดการทำงานของปั้มน้ำส่งมาไม่ว่าจะมาจากส่วนของสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ หรือส่วนจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาคิโนโนถูกส่งมาสวิตช์ลูกลอยจะเป็นตัวกำหนดการทำงานของปั้มน้ำ โดยสวิตช์ลูกลอยจะเช็คระดับของน้ำในเครื่องซิลเลอร์ ถ้าระดับของน้ำอยู่ในระดับที่ทำให้ฟุ้งของสวิตช์ลูกลอยอยู่สูงจากหน้าสัมผัสของแม่เหล็กสวิตช์ของลูกลอยจะไม่ทำงานลักษณะนี้เป็นสถานะแบบปกติเปิด ทำให้ไม่สามารถเปิดการทำงานของปั้มน้ำได้ แม้จะมีสัญญาณเอาต์พุตสั่งการทำงานถ้าระดับน้ำอยู่ต่ำจนฟุ้งลักษณะนี้เป็นสถานะแบบปกติปิด เมื่อสวิตช์ลูกลอยลงมาจนหน้าสัมผัสของแม่เหล็กได้สวิตช์ของลูกลอยจะทำงานสามารถสั่งเปิดการทำงานของปั้มน้ำได้และมีส่วนส่งสัญญาณให้แก่ขา D4 ของไมโครคอนโทรลเลอร์อาคิโนโนสำหรับแสดงสถานะของสวิตช์ลูกลอยมีการทำงานหรือไม่ พร้อมทั้งมีไดโอดเปล่งแสงสำหรับบ่งบอกว่ามีสัญญาณไฟผ่านตัวสวิตช์ลูกลอยทำงานเป็นปกติหรือไม่

## 3. แผนผังการทำงานการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์และสวิตช์ลูกลอยของไมโครคอนโทรลเลอร์อาคิโนโน

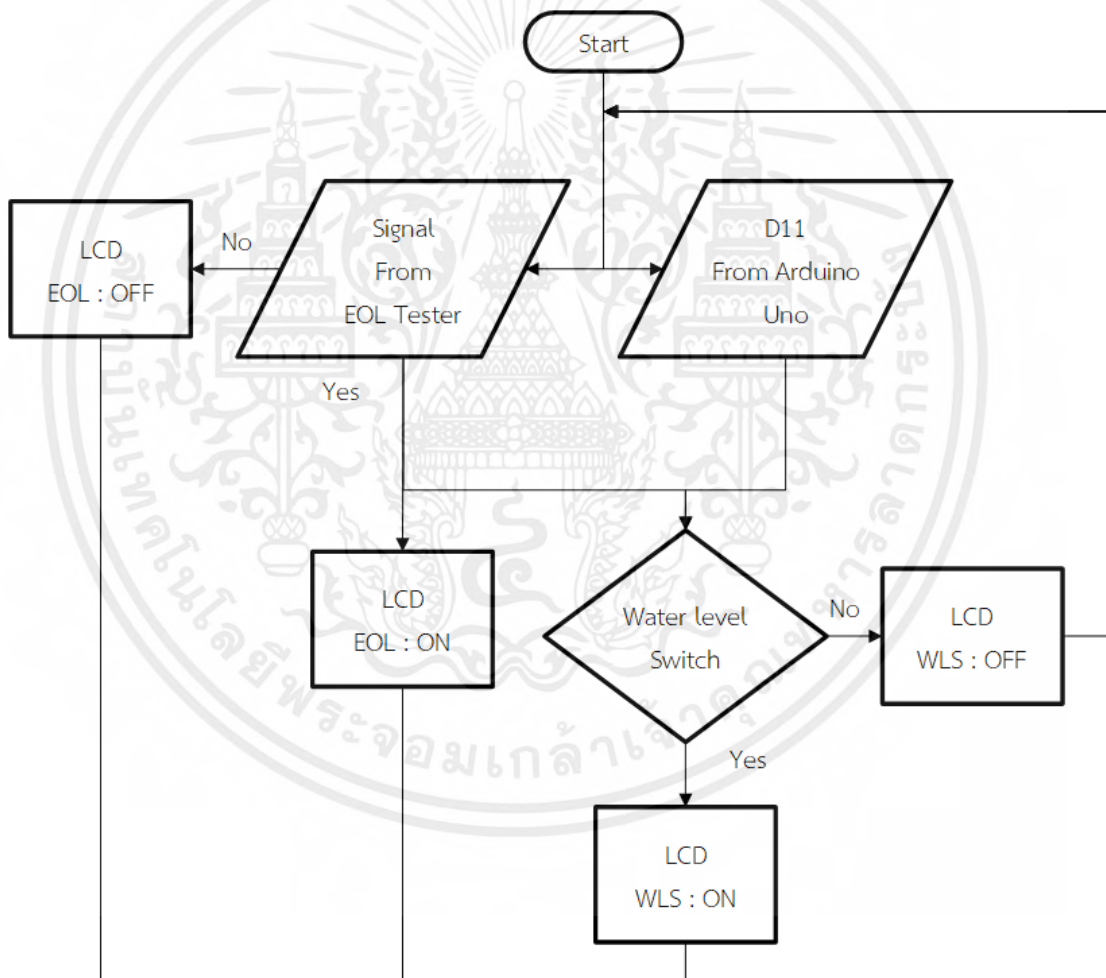
เป็นแผนผังแสดงการทำงานของการทำงานการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์และสวิตช์ลูกลอยของไมโครคอนโทรลเลอร์อาคิโนโนมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

3.1 เมื่อเริ่มการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์อาคิโนโนจะรับสัญญาณลอจิก 1 จากสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบและรับสัญญาณลอจิก 1 จากสวิตช์ลูกลอยขณะที่สวิตช์ลูกลอยอยู่ในสถานะปกติปิด

3.2 ถ้ามีสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ส่งมาให้แสดงผลบนจอแอลซีดีว่า [EOL : ON] หากไม่ได้รับสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ให้แสดงผลบนจอแอลซีดีว่า [EOL : OFF]

3.3 เมื่อสวิตช์ลูกลอยมีสถานะเป็นปกติปิด และมีสัญญาณไฟสำหรับการเปิดการทำงานของปั้มน้ำส่งผ่านสวิตช์ลูกลอยให้แสดงผลบนจอแอลซีดีว่า [WLS : ON] ในกรณีที่สวิตช์ลูกลอยมีสถานะเป็นปกติเปิด หรือไม่มีการส่งสัญญาณไฟสำหรับการเปิดการทำงานของปั้มน้ำส่งผ่านสวิตช์ลูกลอยให้แสดงผลบนจอแอลซีดีว่า [WLS : OFF]

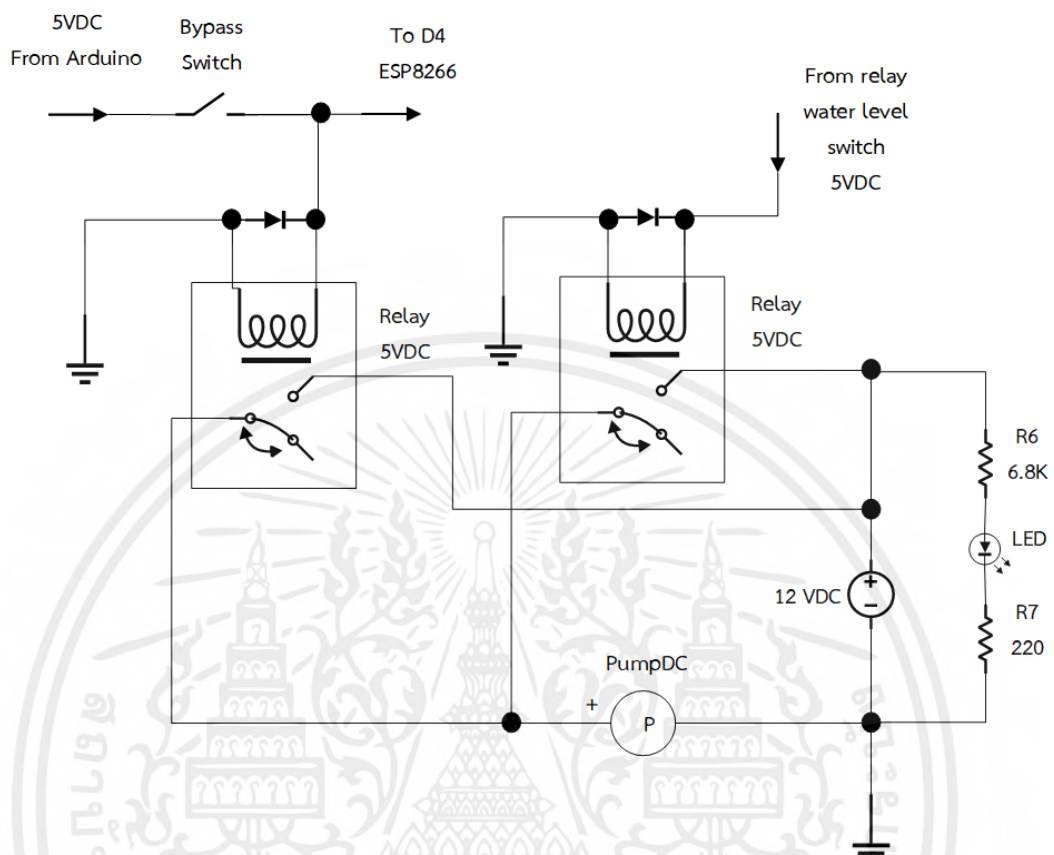
แสดงแผนผังการทำงานของารรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์และสวิตช์ลูกลอยของไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผนผังการทำงานของารรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์และสวิตช์ลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

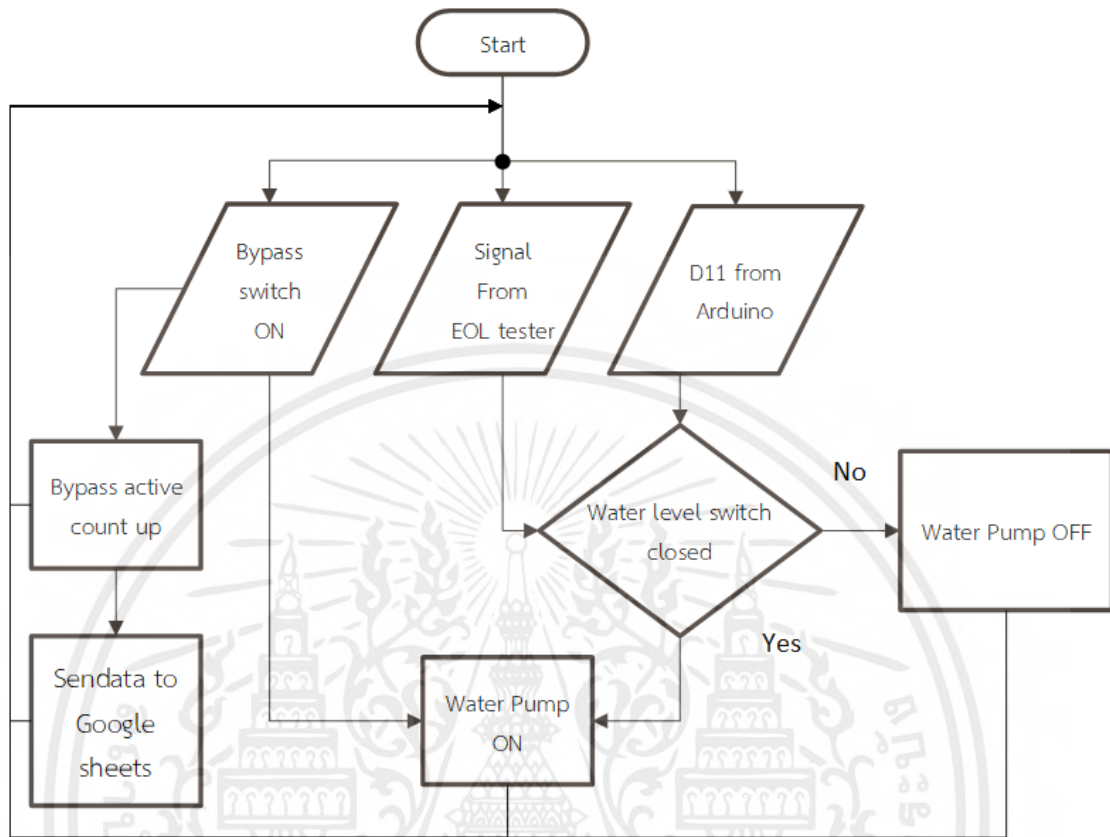
#### 4. ส่วนการทำงานของปั้มน้ำ



รูปที่ 3.10 วงจรส่วนการทำงานของปั้มน้ำ

จากรูปที่ 3.10 เป็นภาพวงจรควบคุมการทำงานของปั้มน้ำโดยมีรีเลย์ขนาด 5 โวลต์เป็นตัวทริกเกอร์การทำงานของปั้มน้ำ โดยเมื่อมีสัญญาณไฟ 5 โวลต์ จากสวิทช์ลูกลอยส่งมาจากวงจรควบคุมการทำงานของปั้มน้ำเข้ามาที่รีเลย์ 5 โวลต์ แล้วหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเปลี่ยนจากปกติปิดเป็นปกติเปิด ทำให้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมป์ จ่ายไฟไปเปิดการทำงานของปั้มน้ำได้ ในกรณีที่ต้องการเปิดการทำงานของปั้มน้ำด้วยตัวเองโดยไม่ต้องผ่านวงจรควบคุมการทำงานของปั้มน้ำผู้ใช้สามารถเปิดการทำงานของปั้มน้ำได้ด้วยการกดสวิทช์บายพาสเพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่ปั้มน้ำได้โดยตรงและมีไดโอดเปล่งแสงสำหรับบ่งบอกการทำงานของแหล่งจ่ายไฟของปั้มน้ำ

## 5. แผนผังการทำงานการของปั้มน้ำ



รูปที่ 3.11 แผนผังการทำงานการของปั้มน้ำ

จากรูปที่ 3.11 เป็นแผนผังแสดงการทำงานการของปั้มน้ำมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

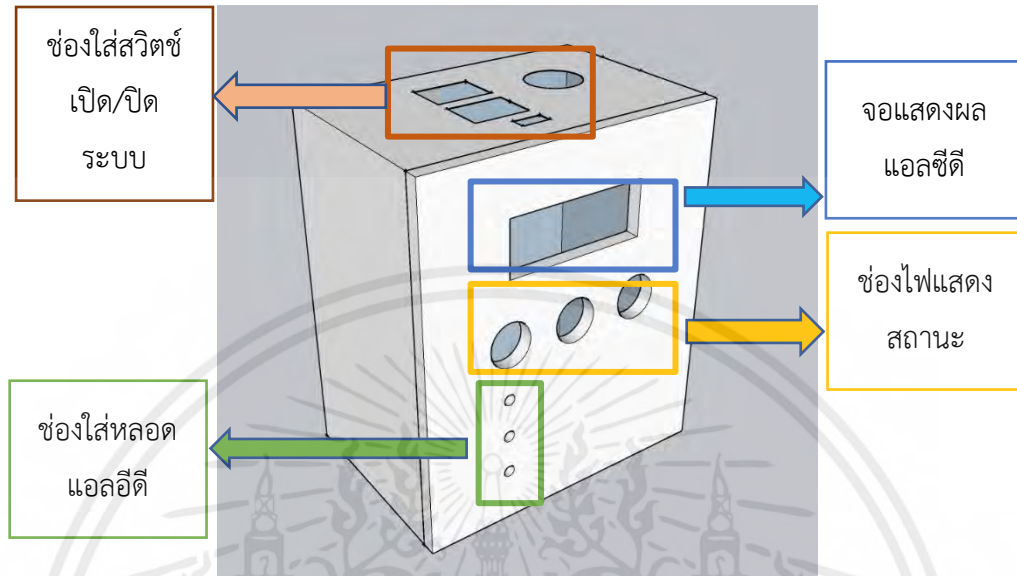
5.1 เมื่อเริ่มการทำงานจะรับอินพุตจากสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์อาดยโนอูโน้และบายพาสสวิทซ์สำหรับการเปิดการทำงานการของปั้มน้ำ

5.2 ถ้ามีสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์อาดยโนอูโน้ส่งมาผ่านสวิทซ์ลูกลอยถ้าสวิทซ์ลูกลอยมีสถานะเป็นปกติปิดจะทำให้ปั้มน้ำทำงาน แต่ถ้าสวิทซ์ลูกลอยมีสถานะเป็นปกติเปิด ปั้มน้ำจะไม่สามารถทำงานได้

5.3 เมื่อเปิดการทำงานการของสวิทซ์บายพาสจะสามารถเปิดการทำงานการของปั้มน้ำได้แม้จะมีสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์อาดยโนอูโน้และสวิทซ์ลูกลอยมีสถานะเป็นปกติเปิดหรือไม่ก็ตาม

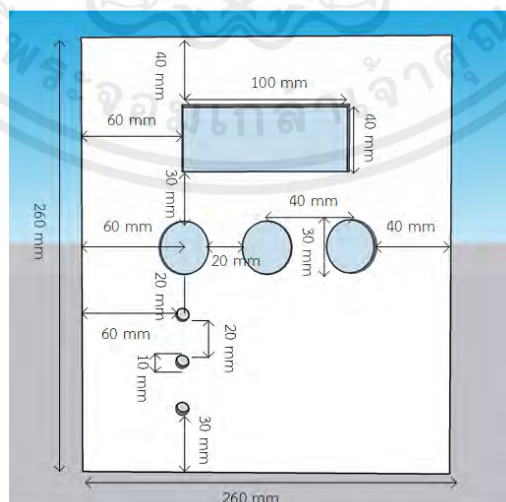
## 3.2 การออกแบบโครงสร้าง

### 3.2.1 โครงสร้างของกล่องควบคุมระบบรักษาระดับน้ำ



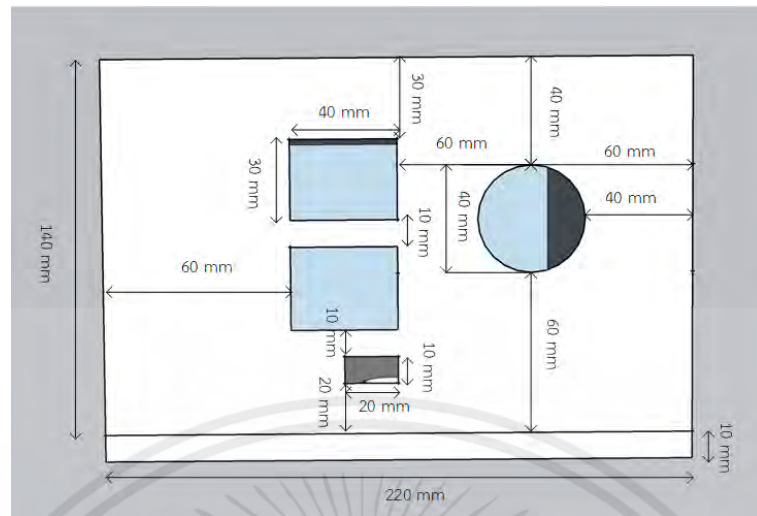
รูปที่ 3.12 รูปภาพโมเดลโดยรวมแบบ 3 มิติ ของกล่องควบคุมระบบรักษาระดับน้ำ

จากรูปที่ 3.12 เป็นภาพโมเดลโดยรวมแบบ 3 มิติ ของกล่องควบคุมระบบรักษาระดับน้ำใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ อาทิเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ รีเลย์ สวิตช์และพาวเวอร์ซัพพลาย โดยมีรายละเอียดของกล่องทั้งด้านหน้าด้านบนและขนาดของแต่ละช่องสำหรับจอแอลซีดี ไฟแสดงสถานะและสวิตซ์ต่าง ๆ จากรูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14



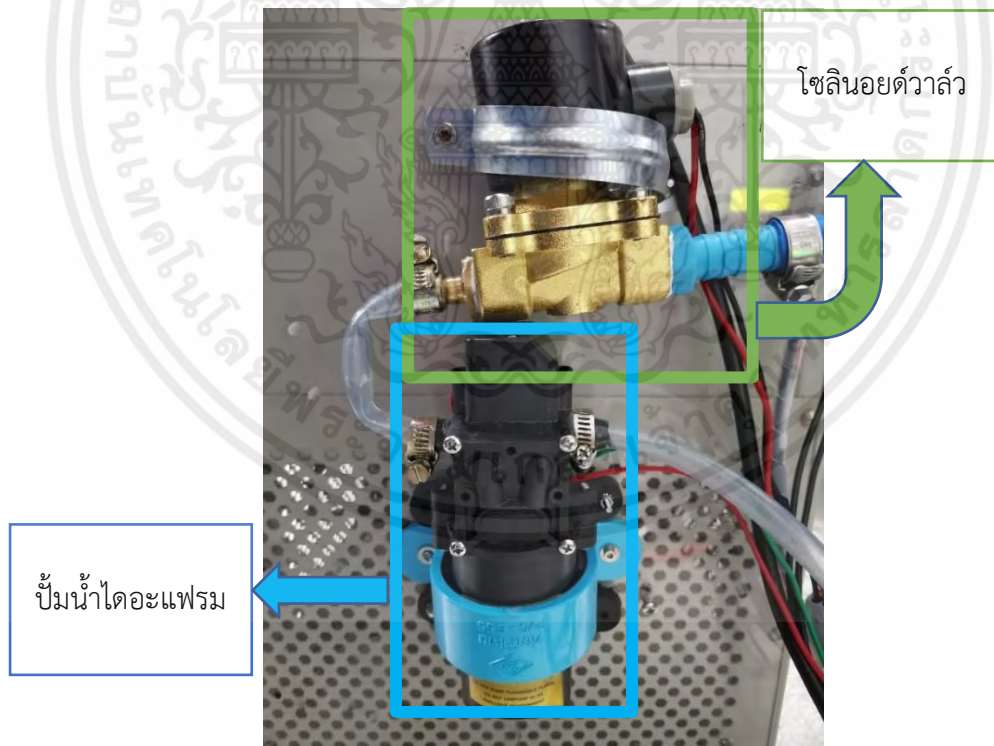
รูปที่ 3.13 รูปภาพด้านหน้าของกล่องควบคุมระบบรักษาระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 รูปภาพด้านบนของกล่องควบคุมระบบรักษาระดับน้ำ

### 3.2.2 โครงสร้างของระบบปั้มน้ำ



รูปที่ 3.15 รูปภาพโครงสร้างของระบบปั้มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

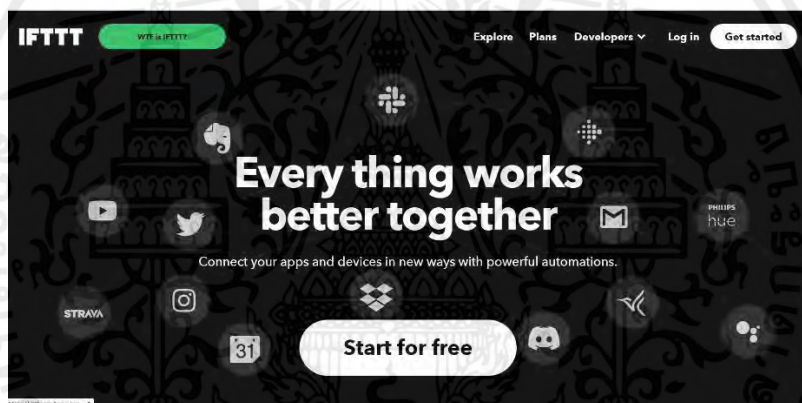
จากรูปที่ 3.15 เป็นภาพของระบบปั้มน้ำสำหรับระบบรักษาระดับน้ำโดยมีรายละเอียดในการออกแบบระบบทางเดินน้ำประกอบไปด้วยปั้มน้ำแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ สำหรับดูดน้ำเข้าสู่ถังพักน้ำเครื่องซิลเลอร์และมีโซลินอยด์วาล์วปกติปิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ สำหรับเปิดช่องทางเดินน้ำ

### 3.3 การใช้งานและการเข้าถึงไฟล์บันทึกข้อมูลของกุเกิลชีต

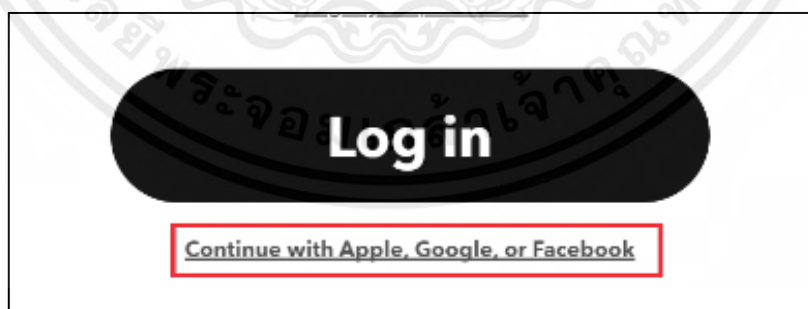
#### 3.3.1 สร้างชีตสำหรับการบันทึกข้อมูล

สร้างไฟล์กุเกิลชีตสำหรับการบันทึกข้อมูลของระดับน้ำและอุณหภูมิโดยใช้แอปพลิเคชันออนไลน์ของ ไอเอฟทีทีที (IFTTT) มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. เข้าไปที่เว็บไซต์ <https://ifttt.com/home> จะมีหน้าต่างดังรูปที่ 3.16 (ก) จากนั้นทำการล็อกอินด้วยบัญชีของกุเกิลตามรูปที่ 3.16 (ข) และ รูปที่ 3.16 (ค)



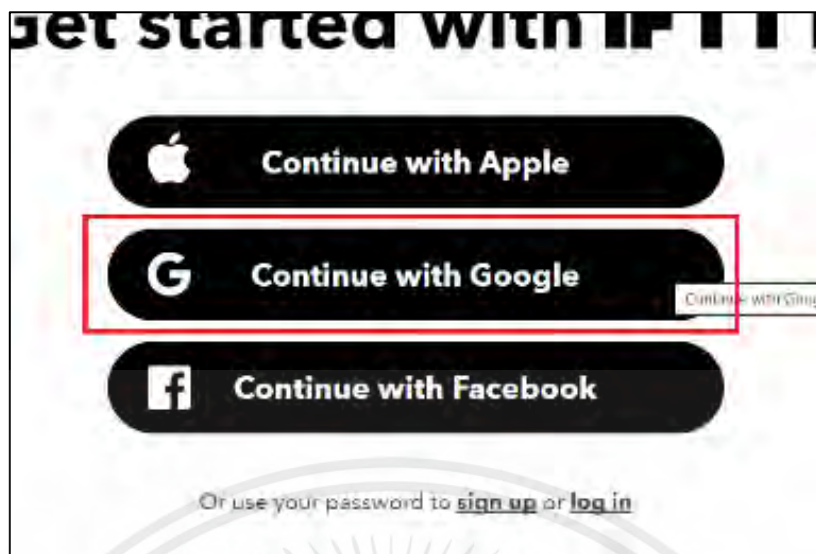
(ก)



(ข)

รูปที่ 3.16 รูปภาพหน้าต่างเว็บไซต์ไอเอฟทีทีที  
(ก) หน้าเว็บไซต์ (ข) หน้าล็อกอิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

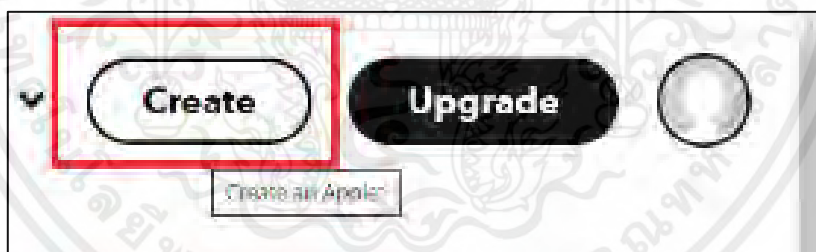


(ค)

รูปที่ 3.16 รูปภาพหน้าต่างเว็บไซต์ไอเอฟทีทีที (ต่อ)  
(ค) หน้าเลือกบัญชีที่ต้องการล็อกอิน

2. หลังจากล็อกอินสำเร็จให้สร้างเซิร์ฟเวอร์สำหรับกุเกิลชีตโดยการคลิก Create

ดังรูปที่ 3.17



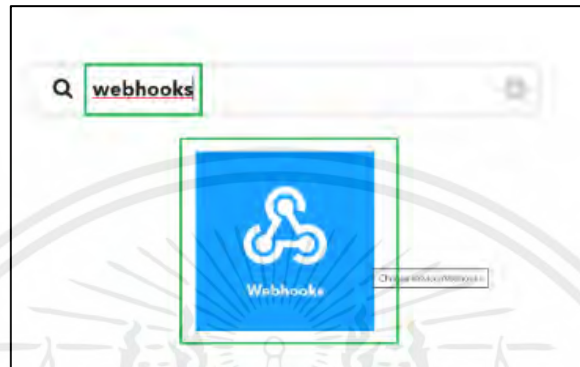
รูปที่ 3.17 รูปภาพหน้าต่างหลังล็อกอินสำเร็จ

3. ทำการเลือกหัวข้อ If This โดยการคลิก add เพื่อทำการสร้างเซิร์ฟเวอร์สำหรับเก็บข้อมูลโดยเลือกใช้บริการของ webhooks จากนั้นเลือก Receive a web request จากนั้นทำการตั้งชื่อเหตุการณ์สำหรับใช้บันทึกของเซิร์ฟเวอร์ตามขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 3.18

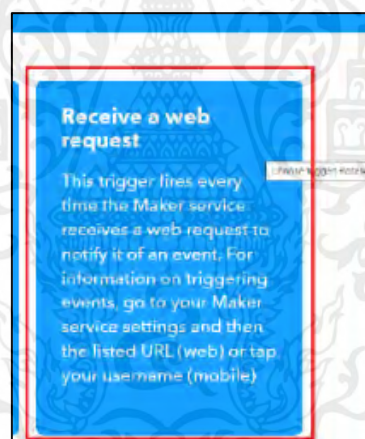
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



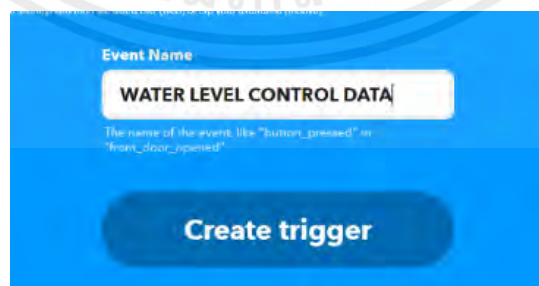
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

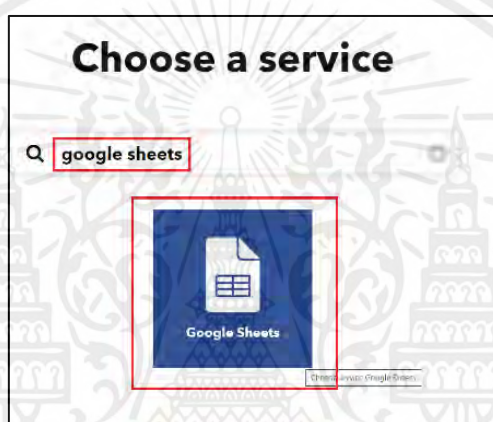
### รูปที่ 3.18 รูปภาพหน้าต่างคำสั่ง Create

(ก) คำสั่ง If This (ข) เลือกเซิร์ฟเวอร์ (ค) คำสั่ง Receive a web request (ง) ตั้งชื่อเหตุการณ์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

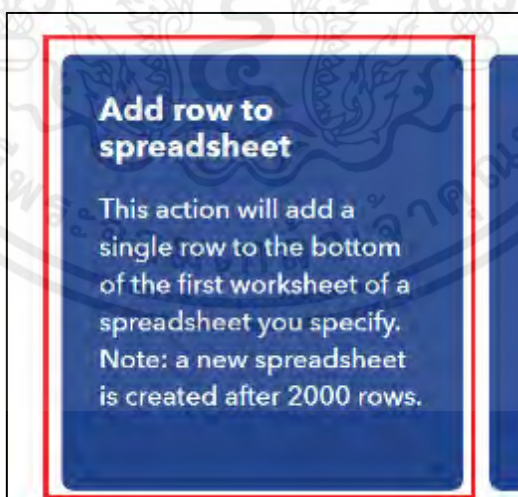
4. ตั้งค่าซีตจากหัวข้อ Then That เลือกไฟล์บันทึกเป็นกุเกลชีตจากนั้นเลือกการบันทึกแบบ Add row to spreadsheet แสดงขั้นตอนดังรูปที่ 3.19



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.19 รูปภาพหน้าต่างคำสั่ง Than That

(ก) คำสั่ง Then That (ข) เลือก Google Sheets

(ค) เลือกการบันทึกแบบ Add row to spreadsheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ส่วนถัดมาเป็นการตั้งค่าการบันทึกข้อมูลของกุเกิลชีตในส่วนแรกเป็นการตั้งชื่อไฟล์ของกุเกิลชีตแสดงการตั้งค่าในรูปที่ 3.20

รูปที่ 3.20 รูปภาพหน้าต่างการกำหนดการบันทึกข้อมูลของกุเกิลชีต

ในส่วนถัดมาจะเป็นการกำหนดรูปแบบของแถวประกอบด้วย 4 ค่าได้แก่ {{OccurredAt}} ||| {{EventName}} ||| {{Value1}} ซึ่งสามารถเพิ่มค่าที่ต้องการบันทึกได้โดยการเพิ่ม ||| {{Value2}} ต่อจากค่าที่ต้องการบันทึกโดยแต่ละคำสั่งมีความหมายดังนี้

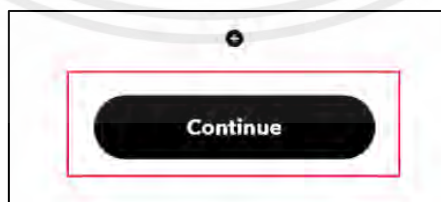
{{OccurredAt}} คือ เวลาที่เกิดเหตุการณ์

||| คือ ใช้กำหนดให้เป็นเซลล์ต่อไป

{{EventName}} คือ ชื่อเหตุการณ์ตามที่ได้ตั้งไว้

{{Value1}} คือ ค่าที่ต้องการบันทึก

6. หลังจากเสร็จสิ้นการตั้งค่าสำหรับการบันทึกทำการคลิก Continue จะมีหน้าต่างสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องตามที่ได้ตั้งค่าก่อนกดเสร็จการสร้างจากนั้นกด Finish แสดงขั้นตอนดังรูปที่ 3.21

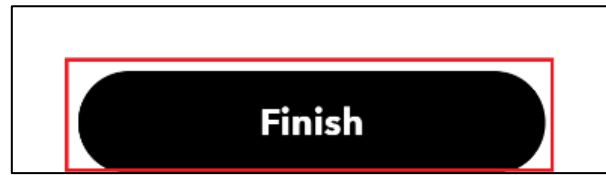


(ก)

รูปที่ 3.21 รูปภาพหน้าต่างเสร็จสิ้นการสร้าง

(ก) หน้าต่างหลังเสร็จสิ้นการตั้งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

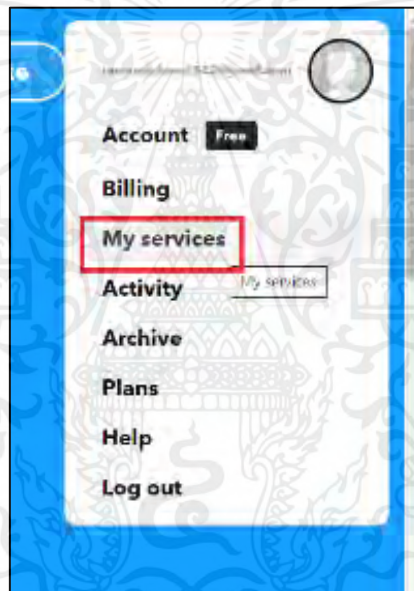


(ข)

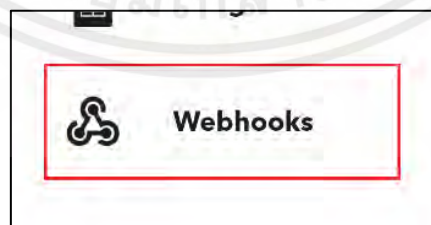
### รูปที่ 3.21 รูปภาพหน้าต่างเสร็จสิ้นการสร้าง (ต่อ)

(ข) หน้าต่างตรวจสอบความถูกต้อง

7. หลังกจกสร้างเซิร์ฟเวอร์สำหรับกุเกิลชีตสำเร็จให้เปิดหน้า My services จากหน้ารูปโปรไฟล์ จากนั้นเลือก Webhooks แสดงขั้นตอนดังรูปที่ 3.22



(ก)



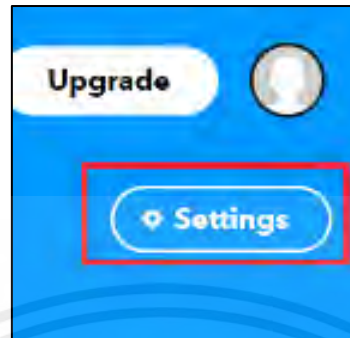
(ข)

### รูปที่ 3.22 รูปภาพหน้าต่าง My services

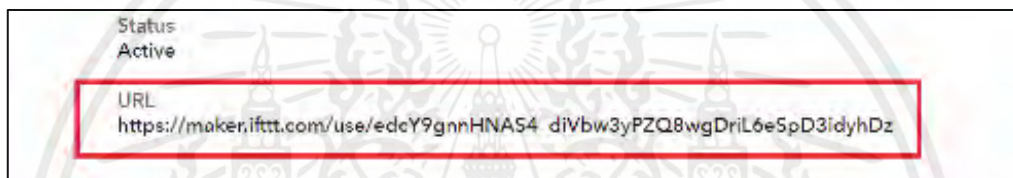
(ก) เข้า My services (ข) เลือก Webhooks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. หลังจากเข้าสู่ My services ของ Webhooks สำเร็จให้ทำการเปิด Settings บนขวาในหน้าต่างนี้จะมิลิงค์ URL ใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลลงกูเกิลชีต แสดงดังรูปที่ 3.23



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.23 รูปภาพหน้าต่าง Webhooks

(ก) เลือก Settings (ข) ลิงค์ URL สำหรับบันทึกข้อมูลลงกูเกิลชีต

9. นำลิงค์ URL ไปวางในบราวเซอร์แล้วทำการเปิดจะมีคีย์และ Value สำหรับใส่ค่าในการบันทึกนำไปใช้งานรวมกับ อีเอสพี8266 เพื่อใช้ในการบันทึกค่าระดับน้ำกับอุณหภูมิ แสดงดังรูปที่ 3.24

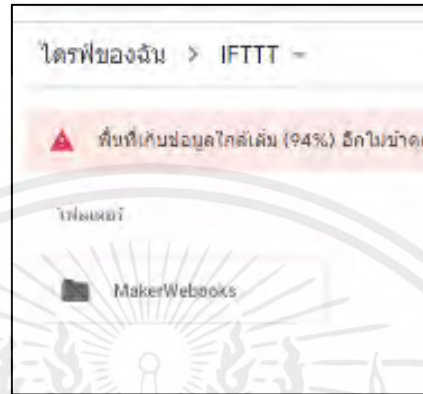


รูปที่ 3.24 รูปภาพหน้าต่างลิงค์ URL

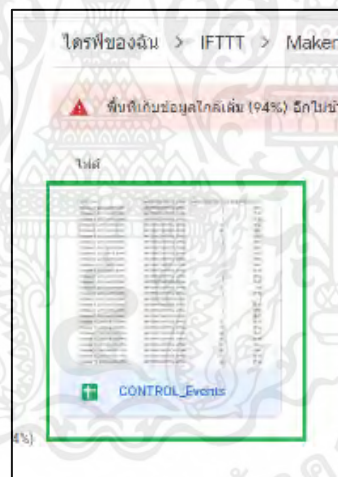
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การตั้งค่าสิทธิ์การเข้าถึงไฟล์บันทึกข้อมูลของกุเกิลชีต

1. หลังจากสร้างไฟล์กุเกิลชีตจากไอเอฟทีทีทีสำเร็จให้ทำการเข้ากุเกิลไดรฟ์ของบัญชีที่ทำการล็อกอินในไอเอฟทีทีที จะมีโพลเดอร์ของไอเอฟทีทีที ถูกสร้างขึ้นและภายในโพลเดอร์จะมีไฟล์กุเกิลชีตที่ได้ทำการสร้างขึ้นมาแสดงดังรูปที่ 3.25



(ก)



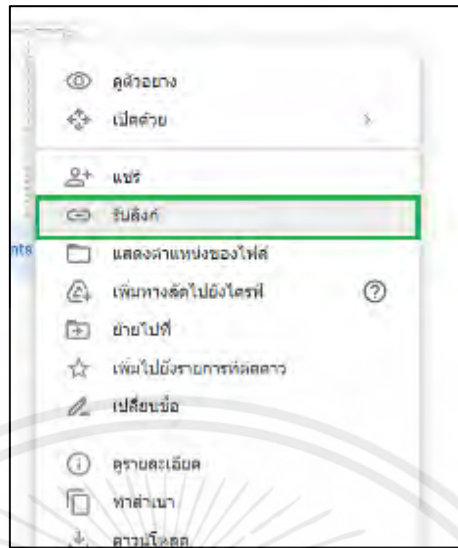
(ข)

รูปที่ 3.25 รูปภาพหน้าต่างของกุเกิลไดรฟ์

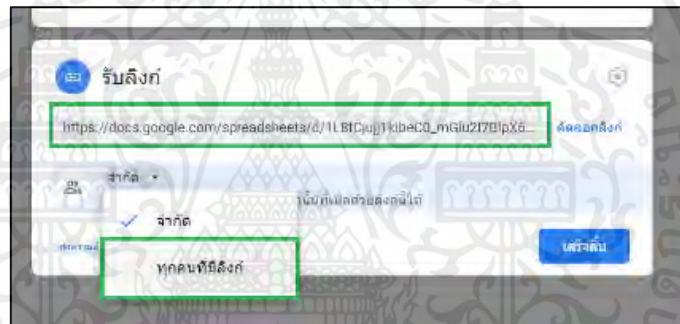
(ก) โพลเดอร์ IFTTT (ข) ไฟล์กุเกิลชีต

2. ทำการตั้งค่าไฟล์กุเกิลชีตให้เป็นสาธารณะสำหรับให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถเข้ามาดูข้อมูลการบันทึกโดยการคลิกขวาที่ไฟล์กุเกิลชีตเลือก รับลิงค์ จากนั้นให้เปลี่ยนในส่วนผู้มีสิทธิ์ จากจำกัดเป็นทุกคนที่มีลิงค์ ณ ตอนนี้สามารถให้บุคคลเข้ามาตรวจสอบข้อมูลการบันทึกระดับน้ำและอุณหภูมิได้โดยการแชร์ลิงค์ของไฟล์ให้แก่บุคคลที่เกี่ยวข้องเข้ามาได้ แสดงขั้นตอนดังรูปที่ 3.26

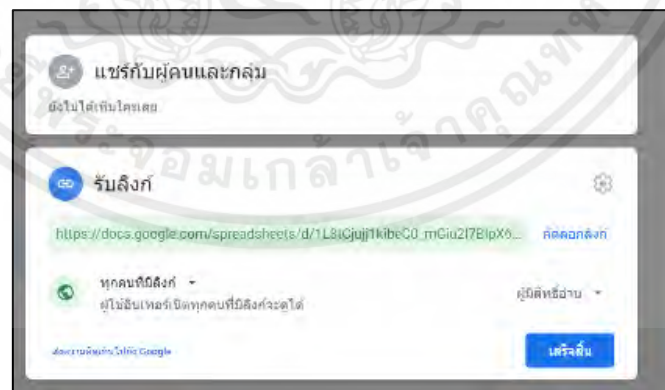
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.26 รูปภาพหน้าต่างการตั้งค่าการเข้าถึงไฟล์บันทึกข้อมูลของกูเกิลชีต  
 (ก) รับลิงก์ที่แชร์ได้ (ข) สิทธิการเข้าถึงไฟล์ (ค) ลิงค์ไฟล์กูเกิลชีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์ ซึ่งมีการทดลองส่วนของการทำงานของเซนเซอร์ การทดลองควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ การทดลองการบันทึกข้อมูลของระดับน้ำและอุณหภูมิ การทดลองของระบบโดยรวมของระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์

#### 4.1 การทดลองส่วนของการทำงานของเซนเซอร์

เป็นการทดลองในส่วนการทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ ของระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์ว่ามีการทำงานที่ถูกต้องหรือมีความผิดพลาดหรือไม่โดยมีการทดลองดังนี้

##### 4.1.1 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิโดยวัดกับอุณหภูมิที่ได้จากเครื่องซิลเลอร์และสังเกตอุณหภูมิที่วัดได้บนจอแอลซีดีและทดลองการแสดงผลของอุณหภูมิบนจอแอลซีดีโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดสอบดังนี้

##### 1. การทดลองการวัดอุณหภูมิของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิโดยวัดกับอุณหภูมิที่ได้จากเครื่องซิลเลอร์มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 1) เปิดการทำงานของระบบ
- 2) นำเซนเซอร์วัดอุณหภูมิใส่ลงในน้ำของเครื่องซิลเลอร์
- 3) บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางผลทดลองการวัดอุณหภูมิของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

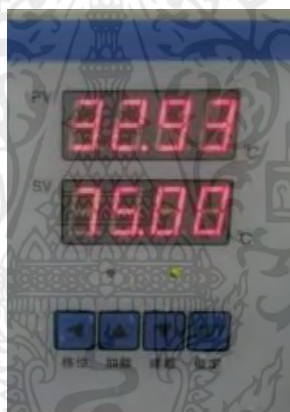
ครั้งที่	อุณหภูมิ จากเครื่องซิลเลอร์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิจากเซนเซอร์ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละความ ผิดพลาด
1	32.93	31.50	4.34
2	30.80	31.56	2.46
3	29.58	30.50	3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางผลทดลองการวัดอุณหภูมิของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (ต่อ)

ครั้งที่	อุณหภูมิ จากเครื่องซิลเลอร์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิจากเซนเซอร์ (องศาเซลเซียส)	ร้อยละความ ผิดพลาด
4	39.03	39.13	0.25
5	36.20	36.31	0.30
6	33.92	33.88	0.12
ร้อยละความผิดพลาดโดยเฉลี่ย			1.76

จากผลการทดลองจากตารางที่ 4.1 พบว่าเซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะมีความผิดพลาดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 1.76 มีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิจากเครื่องซิลเลอร์ ณ ขณะนั้น แสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิดังรูปที่ 4.1



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.1 ภาพแสดงค่าของเซนเซอร์อุณหภูมิ

(ก) อุณหภูมิจากเครื่องซิลเลอร์ (ข) อุณหภูมิจากเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การทดลองการแสดงผลของอุณหภูมิบนจอแอลซีดีโดย

ทดลองการแสดงผลสถานะของอุณหภูมิที่วัดได้จากจอแอลซีดี โดยการใช้แก้วน้ำแข็งในการลดอุณหภูมิลงมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 1) เปิดการทำงานระบบ
- 2) นำเซนเซอร์วัดอุณหภูมิไปสัมผัสกับน้ำแข็งสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและสถานะบนจอแอลซีดีโดยที่ สถานะบนจอแอลซีดีจะแสดงเป็น [ Too Cold ] เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียสและสถานะบนจอแอลซีดีจะแสดงเป็น [ Normally ] เมื่ออุณหภูมิมากกว่า 20 องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส
- 3) ทำการนำเซนเซอร์วัดอุณหภูมิออกจากแก้วน้ำแข็งสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและสถานะบนจอแอลซีดี
- 4) บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางผลทดลองการแสดงผลของอุณหภูมิบนจอแอลซีดี

ครั้งที่	อุณหภูมิจากเซนเซอร์ (องศาเซลเซียส)	สถานะที่แสดง บนจอแอลซีดี
1	19.87	Too Cold
2	21	Normally
3	23.69	Normally
4	32.25	Normally
5	31.75	Normally

จากตารางที่ 4.2 ได้ผลว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงมาที่ 19.87 องศาเซลเซียส สถานะบนจอแอลซีดีจะแสดงเป็น [ Too Cold ] และเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจนมากกว่า 20 องศาเซลเซียส จะแสดงสถานะกลับเป็น [ Normally ] แสดงผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้องสถานะของอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 4.2



(ก)



(ข)

### รูปที่ 4.2 สถานะของอุณหภูมิบนจอแอลซีดี

(ก) เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส (ข) เมื่ออุณหภูมิมสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำโดยการวัดระดับน้ำจากน้ำในแก้วน้ำและสังเกตระดับน้ำที่วัดได้บนจอแอลซีดีและการติดของหลอดไฟสัญญาณซึ่งทุกความสูง 5 มิลลิเมตรจะเท่ากับระดับน้ำ 5 เปอร์เซ็นต์ และเซนเซอร์วัดระดับน้ำมีความแม่นยำอยู่ที่  $\pm 5$  เปอร์เซ็นต์ และจะแสดงค่าเพิ่มหรือลดทีละ  $\pm 5$  เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นโดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

- 1) เปิดการทำงานระบบ
- 2) นำเซนเซอร์วัดระดับน้ำไปสัมผัสกับน้ำในแก้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่อ่านได้บนจอแอลซีดีและสถานะของไฟสัญญาณโดยที่
  - 2.1) เมื่อระดับน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ แสดงสัญญาณไฟเป็นสีแดงหมายถึง แจ้งเตือนระดับน้ำมีปริมาณน้อย
  - 2.2) เมื่อระดับน้ำมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ และไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ สัญญาณไฟแสดงเป็นสีเหลือง หมายถึง ระดับน้ำมีสถานะปกติ
  - 2.3) เมื่อระดับน้ำมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง แสดงสัญญาณไฟเป็นสีเขียวหมายถึง ระดับน้ำมีปริมาณสูงกว่าปกติ
- 3) บันทึกผลการทดลองในแต่ละครั้งลงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ

ครั้งที่	ระดับน้ำที่แสดงบนจอแอลซีดี (เปอร์เซ็นต์)	สัญญาณไฟ
1	30	แดง
2	55	เหลือง
3	60	เขียว
4	50	เหลือง
5	45	เหลือง

จากตารางที่ 4.3 ได้พบว่าสถานะบนจอแอลซีดีสามารถวัดปริมาณน้ำที่อ่านค่าจากเซนเซอร์ได้และเมื่อปริมาณน้ำลดลงมาที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ไฟสัญญาณจะแสดงเป็นสีแดง เมื่อปริมาณน้ำอยู่ในระดับมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังไม่เกิน 55 เปอร์เซ็นต์ ไฟสัญญาณจะแสดงเป็นสีเหลืองและ เมื่อปริมาณน้ำอยู่ในระดับมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ไฟสัญญาณจะแสดงเป็นสีเขียวไฟแสดงสถานะแต่ละระดับแสดงผลได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.3 การทดลองการทำงานของสวิตช์ลูกลอยไฟฟ้า

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการทำงานของสวิตช์ลูกลอยไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของปั้มน้ำโดยการรับค่าระดับน้ำจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำในแก้วน้ำและใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ จากสวิตช์ขั้วพาวเวอร์ซัพพลายแทนสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออพไลน์ จากนั้นดันทุ่นของลูกลอยให้มีหน้าสัมผัสติดปลายแกน (ปกติปิด) และดันขึ้นให้ทุ่นอยู่เหนือปลายแกน (ปกติเปิด) สังเกตหลอดไดโอดเปล่งแสงและจอแอลซีดีที่แสดงการทำงานของสวิตช์ลูกลอยและ การทำงานของปั้มน้ำโดยใช้ไดโอดเปล่งแสงแทนปั้มน้ำมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

- 1) เปิดการทำงานระบบ
- 2) นำเซนเซอร์วัดระดับน้ำไปสัมผัสกับน้ำในแก้วโดยที่
  - 2.1) เมื่อระดับน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ สั่งทำการเปิดการทำงานของปั้มน้ำ
  - 2.2) เมื่อระดับน้ำมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ และไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ สั่งทำการปิดการทำงานของปั้มน้ำ
  - 2.3) เมื่อระดับน้ำมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ สั่งทำการปิดการทำงานปั้มน้ำ
- 3) จ่ายแรงดันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ แทนสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบเอ็นออพไลน์เข้าสู่ระบบโดยจอแอลซีดีจะแสดงข้อความ [EOL : ON] เมื่อมีสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบและจะแสดงข้อความ [EOL : OFF] เมื่อไม่มีสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบ โดยที่เมื่อมีสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออพไลน์ไดโอดเปล่งแสงแสดงการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบจะติด และถ้าไม่มีสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออพไลน์ไดโอดเปล่งแสงแสดงการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบจะดับ
- 4) ทดลองเลื่อนทุ่นของสวิตช์ลูกลอยเพื่อเปลี่ยนสถานะการทำงานของสวิตช์ลูกลอยโดยที่
  - 4.1) ทุ่นของลูกลอยมีหน้าสัมผัสติดปลายแกนคือสถานะปกติปิด แสดงข้อความบนจอแอลซีดีเป็น [WLS : ON] และเมื่อมีสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออพไลน์และหรือระดับน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 เปอร์เซ็นต์ ระบบจะเปิดการทำงานของปั้มน้ำ โดยที่สวิตช์ลูกลอยจะสั่งการทำงานของปั้มน้ำได้แม้สองเงื่อนไขทำงานพร้อมกันหรืออย่างใดอย่างหนึ่งและไดโอดเปล่งแสงแสดงสถานะของสวิตช์ลูกลอยติด
  - 4.2) ทุ่นของลูกลอยมีหน้าสัมผัสอยู่เหนือปลายแกนคือสถานะปกติเปิด แสดงข้อความบนจอแอลซีดีเป็น [WLS : OFF] ระบบจะปิดการทำงานของปั้มน้ำและไดโอดเปล่งแสงแสดงสถานะของสวิตช์ลูกลอยดับ
- 5) บันทึกผลการทดลองขณะสวิตช์ลูกลอยลงในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางทดลองการทำงานของสวิตช์ลูกลอยไฟฟ้า

สถานะ ของ สวิตช์ ลูก ลอย	ระดับน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	สัญญาณ จาก เครื่อง ทดสอบ เอ็น ออฟไลน์	ไดโอดเปล่ง แสงแสดง การรับ สัญญาณ จากเครื่อง ทดสอบ	สถานะ EOL	ไดโอดเปล่ง แสงแสดง การส่ง สัญญาณ จากสวิตช์ ลูกลอย	สถานะ WLS	ปั้มน้ำ
NC	30	✓	ติด	ON	ติด	ON	เปิด
	45	✓	ติด	ON	ติด	ON	เปิด
	30	-	ดับ	OFF	ติด	ON	เปิด
	55	-	ดับ	OFF	ดับ	OFF	ปิด
NO	30	✓	ติด	ON	ดับ	OFF	ปิด
	45	✓	ติด	ON	ดับ	OFF	ปิด
	30	-	ดับ	OFF	ดับ	OFF	ปิด
	55	-	ดับ	OFF	ดับ	OFF	ปิด

หมายเหตุ: ✓ หมายถึง มีการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

- หมายถึง ไม่มีการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่อสวิตช์ลูกลอยไฟฟ้าสถานะปกติปิด สามารถเปิดการทำงานของปั้มน้ำได้ โดยการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์หรือระดับน้ำมีระดับต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ และจะทำงานได้พร้อมกันทั้งสองเงื่อนไขหรือมีเงื่อนไขอย่างใดอย่างหนึ่งและจะเปิดการทำงานของปั้มน้ำเมื่อไม่ตรงตามเงื่อนไขแม้จะมีสถานะเป็นปกติปิด ในขณะที่เมื่อสวิตช์ลูกลอยไฟฟ้าสถานะเป็นปกติเปิด จะไม่สามารถเปิดการทำงานของปั้มน้ำได้แม้จะมีการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์หรือระดับน้ำต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่ก็ตาม แสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 4.3 รูปที่ 4.4 รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6

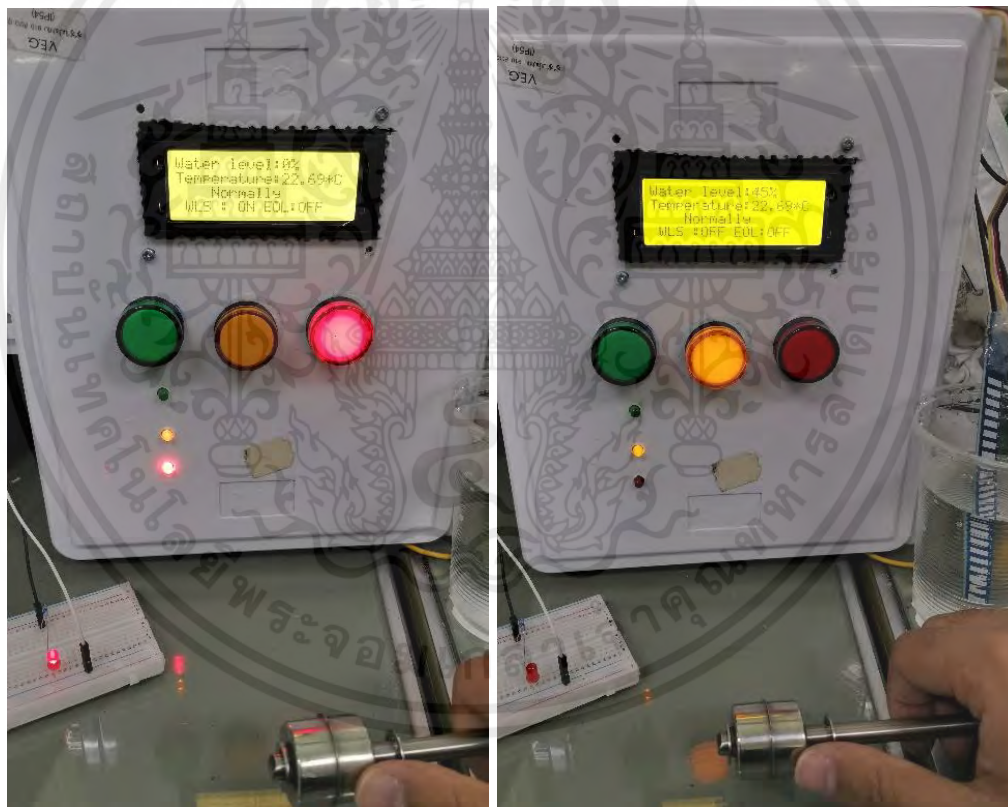


รูปที่ 4.3 ภาพสัญญาณไฟสีเขียวสั่นกระบวนกรทดสอบจากเครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ภาพแสดงสถานะเมื่อมีสัญญาณไฟจากเครื่องทดสอบ

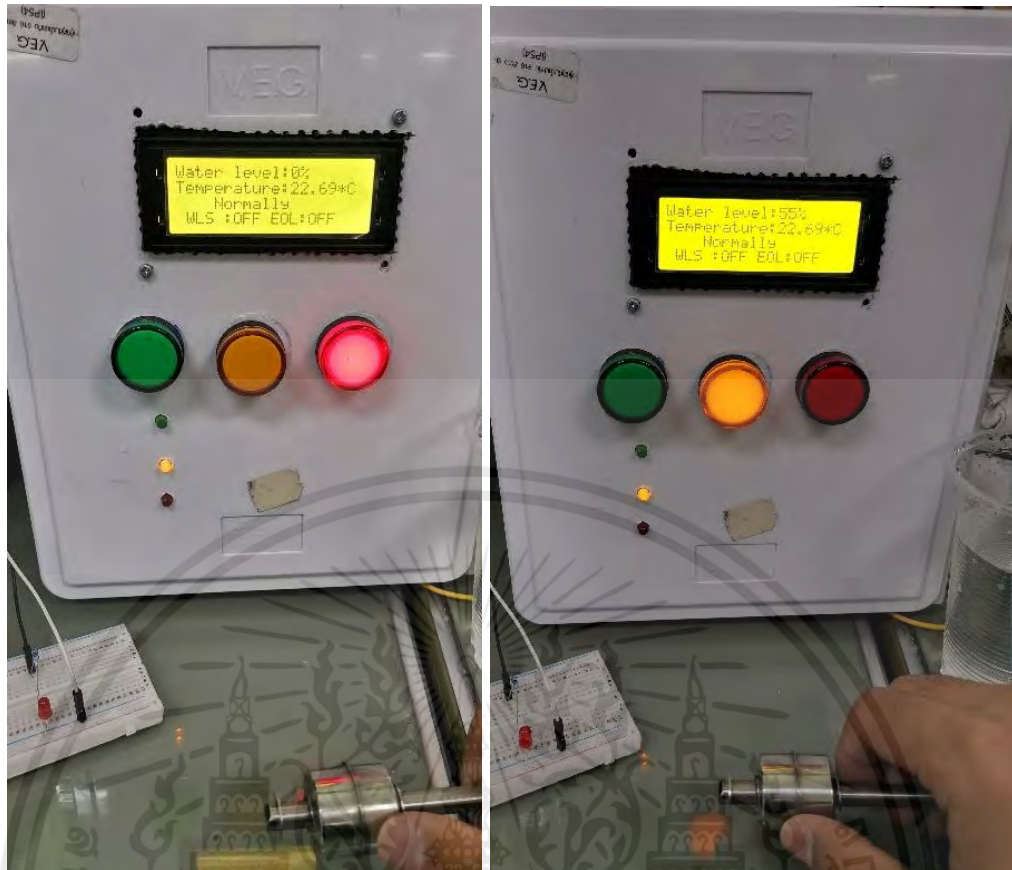


(ก)

(ข)

รูปที่ 4.5 ภาพการทดลองการทำงานของสวิตช์ลุลอยสถานะปกติปิด  
(ก) ที่ระดับน้ำต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ (ข) ระดับน้ำสูงกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.6 ภาพการทดลองการทำงานของสวิตช์ลูกลอยสถานะปกติเปิด

(ก) ที่ระดับน้ำต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ (ข) ระดับน้ำสูงกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

#### 4.1.4 การทดลองการทำงานของปั้มน้ำไดอะแฟรม

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการทำงานของปั้มน้ำไดอะแฟรมโดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมป์ให้แก่ปั้มน้ำโดยตรงและใช้น้ำจากถังน้ำในการวนเวียนน้ำภายในถังเพื่อทำสอบระบบทางเดินน้ำโดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 1) เปิดการทำงานระบบ
- 2) ต่อสายยางทั้งทางเข้าและทางออกของน้ำเข้าถังน้ำ
- 3) จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมป์ให้แก่ปั้มน้ำ
- 4) สังเกตการทำงานของปั้มน้ำและทางเดินน้ำและบันทึกผลการทดลองในแต่ละครั้ง

ลงในตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ตารางทดลองการทำงานของปั้มน้ำไดอะแฟรม

การทดลอง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
การทำงานของปั้มน้ำ	✓	✓	✓	✓	✓
ไม่มีการรั่วไหลของน้ำ	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : ✓ หมายถึงทำงานเป็นปกติไม่มีความผิดปกติ

จากผลการทดลองตารางที่ 4.5 ได้ผลว่าปั้มน้ำไดอะแฟรมมีการทำงานเป็นปกติทางเดินน้ำไม่มีการรั่วไหล

#### 4.1.5 การทดลองการบันทึกจำนวนการกดบายพาสสวิตช์

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการบันทึกจำนวนการกดบายพาสสวิตช์เพื่อตรวจสอบและเก็บสถิติการเปิดการทำงานโดยตรงของปั้มน้ำโดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 1) เปิดการทำงานระบบ
- 2) เปิดสวิตช์บายพาส
- 3) สังเกตการณ์ทำงานของปั้มน้ำและจำนวนที่บันทึกการกดได้จากกุเกิลซีต
- 4) บันทึกผลลงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ตารางทดลองการบันทึกจำนวนการกดบายพาสสวิตช์

จำนวนการเปิดสวิตช์บายพาส	วันที่/เวลา	การทำงานของปั้มน้ำ	จำนวนการกดที่บันทึกได้บนกุเกิลซีต
1	12/11/21 12:46 PM	✓	1
2	12/11/21 13:16 PM	✓	2
3	12/11/21 13:46 PM	✓	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ตารางทดลองการบันทึกจำนวนการกดบายพาสสวิตช์ (ต่อ)

จำนวนการเปิดสวิตช์บายพาส	วันที่/เวลา	การทำงานของปั้มน้ำ	จำนวนการกดที่บันทึกได้บนกุญแจรีเซ็ต
4	13/11/21 08:16 AM	✓	1
5	13/11/21 08:46 AM	✓	2
6	13/11/21 09:16 AM	✓	3

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง การทำงานเป็นปกติ

จากการตารางที่ 4.6 จะได้ผลลัพธ์ว่าการเปิดบายพาสสวิตช์สามารถเปิดการทำงานของปั้มน้ำได้โดยตรงปกติและยังสามารถบันทึกค่าจำนวนการกดของสวิตช์บายพาสแต่ละครั้งบนกุญแจรีเซ็ตได้ และเมื่อเริ่มวันใหม่อีเอสพี 8266 จะทำการรีเซ็ตค่าและเริ่มจำนวนใหม่

## 4.2 การทดลองระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

การทดลองนี้เป็นการทดลองระบบโดยรวมทั้งหมดของระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์หลังจากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ การทำงานของทางเดินน้ำและการบันทึกข้อมูลลงกุญแจรีเซ็ตและได้ทำการติดตั้งระบบเข้ากับถังพักน้ำสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์โดยได้ผลการทดลองดังนี้

### 4.2.1 ส่วนการควบคุมระดับน้ำ

ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงการควบคุมระดับน้ำของระบบโดยหลังจากติดตั้งระบบควบคุมระดับน้ำและทางเดินน้ำสำหรับการเติมน้ำเข้าถังพักโดยยึดผลจากการทดลองที่ 4.1.3 และการทดลองที่ 4.1.4 โดยระดับน้ำที่สวิตช์ลูกลอยมีสถานะเป็นปกติเปิด จะอยู่ที่ประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ จะได้ผลลัพธ์ดังในตารางที่ 4.7

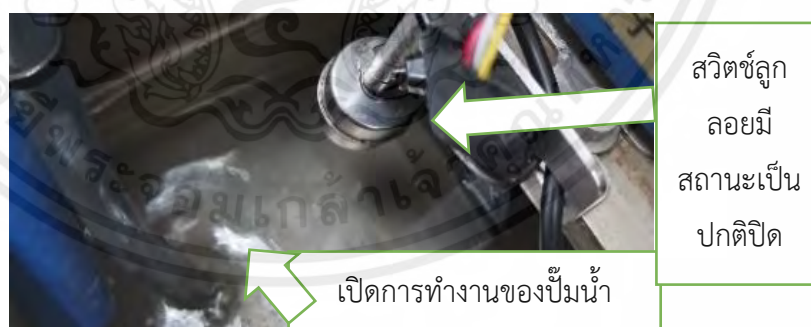
ตารางที่ 4.7 ตารางทดลองส่วนการควบคุมระดับน้ำ

สัญญาณจาก เครื่อง ทดสอบเอ็น ออฟไลน์	ระดับน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สถานะของ สวิตช์ลुक ลอย	ปั้มน้ำ	สัญญาณไฟ
√	60	22.81	NO	OFF	เขียว
√	70	23.56	NO	OFF	เขียว
-	55	23.69	NO	OFF	เหลือง
-	55	23.81	NO	OFF	เหลือง
-	55	23.81	NO	OFF	เหลือง

หมายเหตุ: √ หมายถึง มีการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

- หมายถึง ไม่มีการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

จากการตารางที่ 4.7 จะได้ผลลัพธ์ว่าระดับน้ำจะมีระดับที่ไม่ต่ำกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากว่าทุกครั้งที่เครื่องทดสอบเสร็จสิ้นการทำงานจะส่งสัญญาณให้ระบบควบคุมระดับน้ำเปิดการทำงานของปั้มน้ำให้ระดับน้ำสูงพอที่จะทำให้สวิตช์ลुकลอยมีสถานะเป็นปกติเปิดเสมอ แสดงการควบคุมระดับน้ำดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ภาพการทดลองส่วนการควบคุมระดับน้ำ

#### 4.2.2 ส่วนการบันทึกข้อมูลลงภูเกิลซีดี

การทดลองนี้เป็นการทดสอบการบันทึกข้อมูลระดับน้ำกับอุณหภูมิลงภูเกิลซีดีโดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

##### 1) เปิดการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) ตรวจสอบการเชื่อมต่อไวไฟของอีเอสพี 8266
- 3) ตรวจสอบเวลาการบันทึกและข้อมูลของกุเกิลชิตเทียบกับข้อมูลระดับน้ำกับอุณหภูมিবนจอแอลซีดี ณ เวลาที่บันทึก
- 4) บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.8** ตารางทดลองการบันทึกข้อมูลลงกุเกิลชิต

วันที่/เวลา	ระดับน้ำ จาก เซนเซอร์ (เปอร์- เซ็นต์)	อุณหภูมิ จาก เซนเซอร์ (องศา เซลเซียส)	ระดับ น้ำจาก กุเกิลชิต (เปอร์- เซ็นต์)	อุณหภูมิ จากกุเกิล ชิต (องศา เซลเซียส)	จำนวน การกด บายพาส สวิตช์	ร้อยละ ความ ผิดพลาด ของ ระดับน้ำ	ร้อยละ ความ ผิดพลาด ของ อุณหภูมิ
12/11/21 12:16 PM	75	36.19	70	36.31	0	8.33	0.33
12/11/21 12:46 PM	55	33.81	55	33.88	1	0	0.20
12/11/21 13:16 PM	70	31.56	65	31.94	2	8.33	1.20
12/11/21 13:46 PM	60	37.56	60	36.97	3	0	1.57
12/11/21 14:16 PM	60	33.06	65	34.19	3	8.33	3.42
ร้อยละความผิดพลาดโดยเฉลี่ย						5.00	1.34

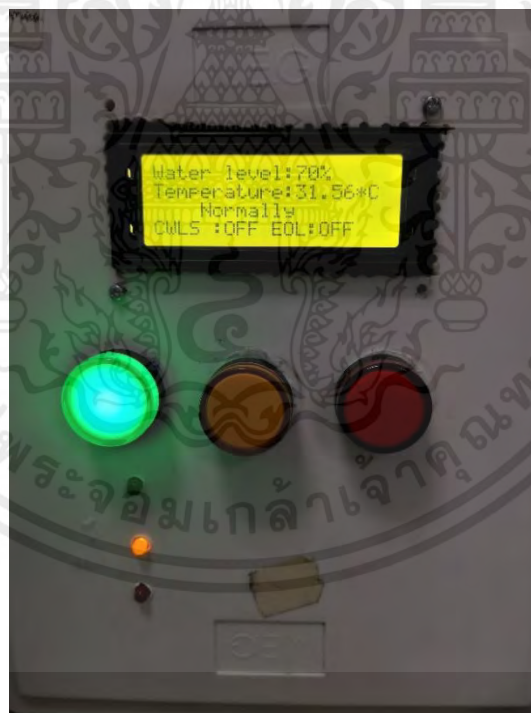
จากตารางที่ 4.8 พบว่าสามารถบันทึกข้อมูลของระดับน้ำและอุณหภูมิลงกุเกิลชิตทุก 30 นาที ได้โดยที่มีร้อยละความผิดพลาดของระดับน้ำโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 ขณะที่อุณหภูมิมียุทธศาสตร์ความผิดพลาดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.34 เนื่องมาจากค่าของระดับน้ำมีความแม่นยำ  $\pm 5$  เปอร์เซ็นต์ เหตุนี้ทำให้เวลาบันทึกและค่าระดับน้ำที่วัดได้มีค่าต่างกันสูงเมื่อมีความคลาดเคลื่อน แสดงผลค่าระดับน้ำและอุณหภูมิจากระบบควบคุมดังรูปที่ 4.8 และ แสดงผลค่าระดับน้ำและอุณหภูมিবนจอแอลซีดีในรูปที่

#### 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

#### รูปที่ 4.8 ภาพการแสดงผลระดับน้ำและอุณหภูมิ

(ก) ณ เวลา 12:16 PM วันที่ 12/11/21 (ข) ณ เวลา 13:16 PM วันที่ 12/11/21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E
1	DATE/TIME	WATER CONTROL DATA	WATER LEVEL (%)	TEMPERATURE (°C)	From BypassSW
2	October 8, 2021 at 09:00AM	WATER CONTROL DATA	30	23.31	0
3	October 8, 2021 at 09:35AM	WATER CONTROL DATA	30	23.56	0
4	October 8, 2021 at 09:35AM	WATER CONTROL DATA	30	23.56	0
5	October 8, 2021 at 09:35AM	WATER CONTROL DATA	30	23.56	0
6	October 8, 2021 at 09:35AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
7	October 8, 2021 at 09:35AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
8	October 8, 2021 at 09:36AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
9	October 8, 2021 at 09:36AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
10	October 8, 2021 at 09:36AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
11	October 8, 2021 at 09:36AM	WATER CONTROL DATA	35	23.69	0
12	October 8, 2021 at 09:36AM	WATER CONTROL DATA	35	23.69	0
13	October 8, 2021 at 09:36AM	WATER CONTROL DATA	35	23.69	0
14	October 8, 2021 at 09:37AM	WATER CONTROL DATA	35	23.69	0
15	October 8, 2021 at 09:37AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
16	October 8, 2021 at 09:42AM	WATER CONTROL DATA	40	23.69	0
17	October 8, 2021 at 09:42AM	WATER CONTROL DATA	40	23.69	0
18	October 8, 2021 at 09:43AM	WATER CONTROL DATA	40	23.81	0
19	October 8, 2021 at 09:44AM	WATER CONTROL DATA	40	23.81	0
20	October 8, 2021 at 09:44AM	WATER CONTROL DATA	40	23.81	0
21	October 8, 2021 at 09:44AM	WATER CONTROL DATA	40	23.75	0
22	October 13, 2021 at 11:30AM	WATER CONTROL DATA	50	28.81	0
23	October 13, 2021 at 12:00PM	WATER CONTROL DATA	50	28.44	0
24	October 13, 2021 at 12:31PM	WATER CONTROL DATA	50	28.19	0
25	October 13, 2021 at 01:01PM	WATER CONTROL DATA	50	27.94	0
26	October 13, 2021 at 01:31PM	WATER CONTROL DATA	55	29.62	0
27	October 13, 2021 at 01:01PM	WATER CONTROL DATA	55	28.58	0

รูปที่ 4.9 ข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิบันทึกลงในกูเกิลชีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึง สรุปผลการทดสอบ ปัญหาอุปสรรค วิธีการแก้ไขปัญหา ข้อเสนอแนะ และประโยชน์ที่ได้รับในการทำระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

##### 5.1.1 การทดลองส่วนของการทำงานของเซนเซอร์

###### 5.1.1.1 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

จากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิเมื่อเทียบกับอุณหภูมิจากเครื่องซิลเลอร์ โดยอุณหภูมิที่เซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะมีร้อยละความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 1.76 เมื่อเทียบกับอุณหภูมิจากเครื่องซิลเลอร์ เนื่องด้วยอุณหภูมิจากเครื่องซิลเลอร์มีความแม่นยำอยู่ที่  $\pm 0.05$  เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิของเซนเซอร์ไม่คงที่เสมอเช่นกันในสถานการณ์แสดงสถานะของอุณหภูมิสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้องอย่างไรก็ตาม ในการทดลองไม่มีการใช้น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิเกิน 85 องศาเซลเซียส ในการทดสอบโดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิของน้ำสำหรับการทดสอบมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 37 องศาเซลเซียส

###### 5.1.1.2 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ

จากการทดลองการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำเพื่อทดสอบการอ่านค่าและการแสดงไฟสัญญาณของระดับน้ำเนื่องจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำที่ใช้เป็นแบบคาปาซิเทนชิปโดยมีค่าความแม่นยำอยู่ที่  $\pm 5$  เปอร์เซ็นต์ ทำให้ระดับน้ำที่ได้มีระดับเพิ่มลดที่ 5 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองนี้เห็นผลว่าไฟสัญญาณสามารถแสดงผลได้ตามค่าระดับน้ำที่ได้กำหนดไว้และเนื่องด้วยเซนเซอร์วัดระดับน้ำเป็นชนิดคาปาซิเทนชิปที่จะอ่านค่าจากการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้าบนแผ่นประจุจำเป็นต้องเปิดการทำงานขณะที่หน้าสัมผัสของเซนเซอร์วัดระดับน้ำไม่มีการสัมผัสกับระดับน้ำเท่านั้น หากเปิดการทำงานของเซนเซอร์ขณะที่หน้าสัมผัสของเซนเซอร์สัมผัสกับน้ำอยู่จะไม่มาสารวัดค่าระดับน้ำได้เนื่องจากสนามไฟฟ้าบนแผ่นประจุขณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลง

###### 5.1.1.3 การทดลองการทำงานของสวิตช์ลูกลอยไฟฟ้า

จากการทดลองการทำงานของสวิตช์ลูกลอยเพื่อทดสอบการควบคุมการทำงานของปั้มน้ำจากผลการทดลองพบว่าสวิตช์ลูกลอยสามารถควบคุมการทำงานของปั้มน้ำได้โดยเมื่อสวิตช์ลูกลอยมีสถานะเป็นปกติปิด และมีการส่งสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์หรือสัญญาณการสั่งเปิดปั้มน้ำจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาคุยโนนูเมื่อระดับน้ำอยู่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ สวิตช์ลูกลอยไฟฟ้าจะส่งผ่านแรงดันไปสู่อุปกรณ์ของวงจรการทำงานของปั้มน้ำได้และจะสามารถเปิดการทำงานได้แม้มีเงื่อนไขข้างต้นส่งมาพร้อมกันหรืออย่างใดอย่างหนึ่ง โดยปกติการควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของปั้มน้ำจะมาจากการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์เป็นส่วนให้ด้วยเหตุที่ว่าหลังจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์เสร็จสิ้นการทดสอบจะส่งสัญญาณเข้าสู่ระบบและสวิตช์ลูกกลอยจะทำการเปิดปั้มน้ำเพื่อรักษาระดับให้สวิตช์ลูกกลอยมีสถานะเป็นปกติเปิดอยู่เสมอ ระดับน้ำที่สวิตช์ลูกกลอยมีสถานะเป็นปกติเปิด จะมีระดับน้ำอยู่ที่ประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ – 60 เปอร์เซ็นต์ ในสถานะปกติเปิดของสวิตช์ลูกกลอยจะไม่สามารถเปิดการทำงานของปั้มน้ำได้นอกจากเสียจากเปิดสวิตช์พาสเพื่อเปิดการทำงานของปั้มน้ำโดยตรงทันทีโดยไม่สนใจเงื่อนไขการควบคุมการทำงานของระบบ อย่างไรก็ตาม ไฟเลี้ยงที่ใช้ในการสั่งเปิด-ปิดการทำงานของปั้มน้ำผ่านสวิตช์ลูกกลอยมาจากแรงดันไฟเอาต์พุต 5 โวลต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์อาคิโนโน้ทำให้ระบบจะไม่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ถ้าไม่มีแรงดันจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาคิโนโน้แม้จะมีการส่งสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

#### 5.1.1.4 การทดลองการทำงานของปั้มน้ำไดอะแฟรม

จากการทดลองการทำงานของปั้มน้ำไดอะแฟรมเพื่อทดสอบการทำงานของปั้มน้ำและระบบทางเดินน้ำพบว่าปั้มน้ำเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมป์สามารถเปิดการทำงานของปั้มน้ำได้และทางน้ำตั้งแต่ทางเข้าของระบบไปจนถึงทางออกไม่มีการรั่วไหลของน้ำเนื่องด้วยแหล่งจ่ายของปั้มน้ำกับโซลินอยด์วาล์วที่ใช้สำหรับเปิดทางเดินของน้ำเข้าใช้แหล่งจ่ายแยกกันจึงจำเป็นต้องเปิดระบบควบคุมระดับน้ำเพื่อการทำงานของโซลินอยด์วาล์วแม้จะต้องการเปิดการทำงานของปั้มน้ำเพียงอย่างเดียวก็ตาม

#### 5.1.1.5 การทดลองการบันทึกจำนวนการกดบายพาสสวิตช์

จากการทดลองการบันทึกจำนวนการกดบายพาสสวิตช์เพื่อตรวจสอบและเก็บสถิติการเปิดการทำงานโดยตรงของปั้มน้ำพบว่าการเปิดบายพาสสวิตช์สามารถเปิดการทำงานของปั้มน้ำได้โดยตรงได้โดยไม่ต้องผ่านระบบควบคุมที่ได้เขียนไว้ข้างต้นและยังสามารถบันทึกค่าจำนวนการกดของสวิตช์บายพาสแต่ละครั้งบนยูนิทได้และเมื่อเริ่มวันใหม่อีเอสพี 8266 จะทำการรีเซ็ตค่าและเริ่มจำนวนใหม่

### 5.1.2 การทดลองระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

#### 5.1.2.1 ส่วนการควบคุมระดับน้ำ

จากการทดลองการทำงานของระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ในส่วนของการควบคุมระดับน้ำและการทำงานโดยรวมของทั้งระบบสรุปผลได้ว่าระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถรักษาระดับน้ำให้มีระดับที่เพียงพอต่อเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ได้อย่างสม่ำเสมอ โดยที่ระดับน้ำโดยปกติหลังจากเครื่องทดสอบเสร็จสิ้นกระบวนการทดสอบจะมีระดับไม่ต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ไฟแสดงสถานะของระบบรวมไปถึงอุณหภูมิและสถานะบนจอแอลซีดีมีความถูกต้อง

### 5.1.2.2 ส่วนการบันทึกข้อมูลลงยูเกิลชีต

จากการทดลองการบันทึกข้อมูลระดับน้ำกับอุณหภูมิจากระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์ลงยูเกิลชีตทุก ๆ 30 นาที พบว่าสามารถบันทึกข้อมูลของระดับน้ำและอุณหภูมิลงยูเกิลชีตทุก 30 นาที ได้และในส่วนของค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่บันทึกลงยูเกิลชีตเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์พบว่ามีย้อยละความผิดพลาดของระดับน้ำสูงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 ในขณะที่ค่าร้อยละความผิดพลาดของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.34 เนื่องมาจากค่าของระดับน้ำมีความแม่นยำ  $\pm 5$  เปอร์เซ็นต์

## 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

### 5.2.1 ส่วนการควบคุมระดับน้ำ

1. หากไม่เชื่อมต่อเซนเซอร์วัดระดับน้ำเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์อาดยูโน้อยู่จะไม่สามารถเริ่มการทำงานของระบบควบคุมระดับน้ำได้
2. หากเปิดการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำขณะที่หน้าสัมผัสของเซนเซอร์สัมผัสกับน้ำอยู่จะไม่สามารถวัดค่าระดับน้ำได้เนื่องจากสนามไฟฟ้าบนแผ่นประจุขณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลง
3. ระดับน้ำจากเซนเซอร์ในช่วงที่เครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์ถ่ายน้ำกลับเข้าถังพักน้ำอาจมีระดับน้ำสูงผิดปกติเนื่องจากการกระเพื่อมของระดับน้ำในถัง

### 5.2.2 ส่วนการบันทึกข้อมูลลงยูเกิลชีต

ในการส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์อาดยูโน่ให้กับอีเอสพี 8266 มีการส่งข้อมูลแบบซีเรียลทำให้มีช่วงการส่งข้อมูลที่ผิดพลาดไปจากเวลาจริง

## 5.3 วิธีการแก้ไขปัญหา

### 5.3.1 ส่วนการควบคุมระดับน้ำ

1. ทำการเชื่อมต่อและตรวจสอบการทำงานของเซนเซอร์วัดระดับน้ำอยู่เสมอ
2. ให้ทำการถ่ายน้ำในถังพักให้ระดับต่ำกว่าเซนเซอร์ระดับน้ำและทำการเปิดการทำงานของระบบเซนเซอร์จะทำการอ่านค่าและทำงานตามกระบวนการและจะเติมน้ำเข้าถังพักน้ำเอง
3. ทำบล็อกครอบเซนเซอร์วัดระดับน้ำกันแรงกระเพื่อมของน้ำในถังพักสัมผัสกับหน้าสัมผัสของเซนเซอร์

### 5.3.2 ส่วนการบันทึกข้อมูลลงยูเกิลชีต

สามารถเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถควบคุมระบบน้ำและส่งข้อมูลในตัวเดียวเพื่อลดการส่งข้อมูลซ้ำ

## 5.4 ข้อเสนอแนะ

1. สัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์ที่นำมาใช้ในระบบมีเพียงสัญญาณเสร็จสิ้นกระบวนการทดสอบเท่านั้นซึ่งสามารถนำสัญญาณขณะเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์กำลังดำเนินการทดสอบเข้ามามีส่วนร่วมในระบบเพิ่มเติมคำสั่งอื่น ๆ ได้อีก
2. สามารถรวมการทำงานของการควบคุมระบบรักษาระดับน้ำและการบันทึกข้อมูลลงกุเกิลชีตจากไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งสองได้โดยการเปลี่ยนไปใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนโนโวไฟเพื่อลดปัญหาการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ในส่วนของบายพาสสวิทช์สามารถเพิ่มระบบบันทึกการกดเปิด-ปิดของสวิทช์และบันทึกการทำงานของปั้มน้ำจากสวิทช์บายพาสเพิ่มเติมได้
4. สามารถนำข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิจากกุเกิลชีตนำไปบันทึกสถิติในแต่ละวันได้
5. สามารถเพิ่มระบบแจ้งเตือนผ่านระบบออนไลน์สำหรับเวลาระดับน้ำหรืออุณหภูมิเมื่อมีความผิดปกติได้

## บรรณานุกรม

- [1] จีราวุธ วารินทร์, Arduino UNO พื้นฐานสำหรับงาน IOT, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : รีไควว่า, 2561.
- [2] ดอนสัน ปงผาบ, ภาษาซีและ Arduino, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2560.
- [3] อธิรุจ จิตพรมมา, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, ปฏิบัติการเรียนรู้และพัฒนาอุปกรณ์ Internet of Things (IoT) เบื้องต้น ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : อินโนเวทีฟ, 2564.
- [4] ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์, ระบบไฮดรอลิกและการซ่อมบำรุง, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2552.
- [5] เทคนิค/เอ็มแอนด์อี บจ., ระบบท่อ วาล์ว ป้อน ชุดที่ 3, กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์อี, 2555.
- [6] สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=224>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 6 กันยายน 2564
- [7] ไอสแควร์ซี (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <http://know2learning.blogspot.com/2017/02/i2c.html>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 9 กันยายน 2564
- [8] หน้าจอแอลซีดี (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <http://www.ett.co.th/prod2018/LCD%2020%20x%204%20I2C/man-th-LCD%2020x4%20I2C.pdf>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 9 กันยายน 2564
- [9] สัญญาณไฟแสดงสถานะ (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://mall.factomart.com/how-to-select-pilot-lamp/>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 9 กันยายน 2564
- [10] เซนเซอร์วัดระดับน้ำ (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Water-Level-Sensor/>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 9 กันยายน 2564
- [11] เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 9 กันยายน 2564

- [12] ลูกลอยไฟฟ้า (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://mall.factomart.com/principle-float-switch/>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 14 กันยายน 2564
- [13] เซ็นเซอร์วัดระดับน้ำ (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=164>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 14 กันยายน 2564
- [14] รีเลย์ (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <http://www.pspstech.co.th/รีเลย์relayคืออะไรA3-15696.page>  
เข้าครั้งสุดท้ายวันที่ 16 กันยายน 2564
- [15] อาคิโนโน (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://commandronestore.com/products/ca001.php>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 24 กันยายน 2564
- [16] ปัมไดอะแฟรม (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://www.mechanika.co.th/content/diaphragm-pumps/>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 11 ตุลาคม 2564
- [17] ปิมน้ำดีซี (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: [http://nakhonrangnok.com/index.php?route=product/product&product\\_id=361](http://nakhonrangnok.com/index.php?route=product/product&product_id=361)  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 11 ตุลาคม 2564
- [18] โหนดเอ็มซียู ESP8266 (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://components101.com/development-boards/nodemcu-esp8266-pinout-features-and-datasheet>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 24 กันยายน 2564
- [19] โซลินอยด์วาล์ว (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://mall.factomart.com/principle-of-solenoid-valve/>  
เข้าครั้งสุดท้าย วันที่ 11 ตุลาคม 2564
- [20] ท่อพีวีซี (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://www.siamconduit.com/info-pvc/>  
เข้าครั้งสุดท้าย 11 ตุลาคม 2564
- [21] กูเกิล ชีท (Google Sheets) (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://www.mindphp.com/บทความ/google-for-work/223-google-sheets/4980-googlesheets.html>  
เข้าครั้งสุดท้าย 18 ตุลาคม 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [22] แอปพลิเคชันไอเอฟทีทีที (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: [http://narong.ece.engr.tu.ac.th/ei444/document/ifttt\\_01.pdf](http://narong.ece.engr.tu.ac.th/ei444/document/ifttt_01.pdf)  
เข้าครั้งสุดท้าย 18 ตุลาคม 2564
- [23] เครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์ (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://www.automax.co.jp/en/business/eol/>  
เข้าครั้งสุดท้าย 25 ตุลาคม 2564
- [24] ชิลเลอร์ (ระบบออนไลน์)  
แหล่งที่มา: <https://www.chillerinnovations.com/ชิลเลอร์-chiller/>  
เข้าครั้งสุดท้าย 25 ตุลาคม 2564
- [25] ไดโอดเปล่งแสง  
แหล่งที่มา: <https://ake-remake.blogspot.com/2018/09/led.html>  
เข้าครั้งสุดท้าย 25 ตุลาคม 2564



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรม ควบคุมระดับน้ำและอุณหภูมิ

```

#include <Wire.h>    // เรียกใช้ library
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <SoftwareSerial.h>

#define ONE_WIRE_BUS 7    // ตั้งค่าขาของเซ็นเซอร์และเรียกใช้แอดเดรสของไอสแควร์ซี
#define Pump 11
#define I2C_ADDR 0x27
#define BACKLIGHT_PIN 3
#define SERIAL SerialUSB
#define SERIAL Serial
#define NO_TOUCH 0xFE
#define THRESHOLD 100
#define ATTINY1_HIGH_ADDR 0x78
#define ATTINY2_LOW_ADDR 0x77

#ifdef ARDUINO_SAMD_VARIANT_COMPLIANCE
#else
#endif

DallasTemperature DT;
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
SoftwareSerial UnoSerial(3, 2); // RX | TX
LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR,2,1,0,4,5,6,7);

const int GPin = 10; // กำหนดตัวแปรของขาอินพุตและเอาต์พุต
const int YPin = 9;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

const int RPin = 8;
const int WLS = 4;
const int eol = 5;
int State1 = 0;
int State2 = 0;
int value = 0;
unsigned char low_data[8] = {0};
unsigned char high_data[12] = {0};

void setup() // ตั้งค่าอินพุตและเอาต์พุตของระบบ
{
  lcd.begin(20,4);
  lcd.setBacklightPin(BACKLIGHT_PIN,POSITIVE);
  lcd.setBacklight(HIGH);
  pinMode(WLS, INPUT);
  pinMode(eol, INPUT);
  pinMode(3, INPUT);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(GPin, OUTPUT);
  pinMode(RPin, OUTPUT);
  pinMode(YPin, OUTPUT);
  pinMode(Pump, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  UnoSerial.begin(115200);
  sensors.begin();
  Wire.begin();
}

void getHigh12SectionValue(void) // โปรแกรมฐานข้อมูลรับค่าระดับน้ำส่วนสูงของไอเอสควร์ซี
{
  memset(high_data, 0, sizeof(high_data));
  Wire.requestFrom(ATTINY1_HIGH_ADDR, 12);
  while (12 != Wire.available());

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for (int i = 0; i < 12; i++)
{
    high_data[i] = Wire.read();
}
delay(10);
}

void getLow8SectionValue(void) // โปรแกรมฐานข้อมูลรับค่าระดับน้ำส่วนต่ำของไอแสควร์ซี
{
    memset(low_data, 0, sizeof(low_data));
    Wire.requestFrom(ATTINY2_LOW_ADDR, 8);
    while (8 != Wire.available());
    for (int i = 0; i < 8 ; i++)
    {
        low_data[i] = Wire.read(); // receive a byte as character
    }
    delay(10);
}

void loop() // ส่วนการควบคุมระบบรักษาระดับน้ำและอุณหภูมิ
{
    int sensorvalue_min = 250;
    int sensorvalue_max = 255;
    int low_count = 0;
    int high_count = 0;
    uint32_t touch_val = 0;
    uint8_t trig_section = 0;
    low_count = 0;
    high_count = 0;
    getLow8SectionValue();
    getHigh12SectionValue();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for (int i = 0; i < 8; i++)
{
    if (low_data[i] >= sensorvalue_min && low_data[i] <= sensorvalue_max)
    {
        low_count++;
    }
}
for (int i = 0; i < 12; i++)
{
    if (high_data[i] >= sensorvalue_min && high_data[i] <= sensorvalue_max)
    {
        high_count++;
    }
}
for (int i = 0 ; i < 8; i++)
{
    if (low_data[i] > THRESHOLD)
    {
        touch_val |= 1 << i;
    }
}
for (int i = 0 ; i < 12; i++)
{
    if (high_data[i] > THRESHOLD)
    {
        touch_val |= (uint32_t)1 << (8 + i);
    }
}
while (touch_val & 0x01)
{
    trig_section++;
    touch_val >>= 1;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

value = trig_section * 5 ; // กำหนดตัวแปรสำหรับค่าระดับน้ำจากฐานข้อมูลรับค่าระดับน้ำ
sensors.requestTemperatures();
int i_data = value; // กำหนดตัวแปรแสดงค่าระดับน้ำ
float f_data = sensors.getTempCByIndex(0); // กำหนดตัวแปรแสดงค่าอุณหภูมิ
State1 = digitalRead(WLS);
State2 = digitalRead(eol);
Serial.print("Water level = ");
Serial.print(i_data,1);
Serial.println("% ");
Serial.print("Temperature is: ");
Serial.print(f_data,1);
Serial.println("°C ");
delay(1000);
UnoSerial.print(i_data); // แสดงผลบนซีเรียลมอนิเตอร์
UnoSerial.print(" ");
UnoSerial.print(f_data);
UnoSerial.print("\n");
  lcd.setCursor(0,0); // แสดงผลบนจอแอลซีดี
  lcd.print("Water level:");
  lcd.print(i_data);
  lcd.print("% ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Temperature:");
  lcd.print(f_data);
  lcd.print("°C ");
  delay(500);
if (State1 == HIGH) // ส่วนแสดงการรับสัญญาณจากสวิทช์ลูกลอย
{
  lcd.setCursor(1,3);
  lcd.print("WLS : ");
  lcd.print("ON ");
  delay(500);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
{
lcd.setCursor(1,3);
lcd.print("WLS :");
lcd.print("OFF");
delay(500);
}
If (State2 == HIGH) // ส่วนแสดงการรับสัญญาณจากเครื่องทดสอบเอ็นเอฟไลน์
{
lcd.setCursor(10,3);
lcd.print("EOL:");
lcd.print("ON ");
delay(500);
}
else
{
lcd.setCursor(10,3);
lcd.print("EOL:");
lcd.print("OFF");
delay(500);
}
If (f_data >= 80) // ส่วนการแสดงผลสถานะของอุณหภูมิ
{
lcd.setCursor(4,2);
lcd.print("Overheat");
delay(500);
}
If (f_data <= 20)
{
lcd.setCursor(4,2);
lcd.print("Too Cold ");
delay(500);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else
{
lcd.setCursor(4,2);
lcd.print("Normally");
delay(500);
}
If (trig_section * 5 >= 60) // ส่วนการแสดงผลสถานะของระดับน้ำ
{
digitalWrite(Pump,LOW);
digitalWrite(RPin,LOW);
digitalWrite(YPin,LOW);
digitalWrite(GPin,HIGH);
delay(500);
}
else if ((trig_section * 5 >30)&&(trig_section * 5 <=60))
{
digitalWrite(Pump,LOW);
digitalWrite(GPin,LOW);
digitalWrite(YPin,HIGH);
digitalWrite(RPin,LOW);
delay(500);
}
else
{
digitalWrite(Pump, HIGH);
digitalWrite(GPin,LOW);
digitalWrite(YPin,LOW);
digitalWrite(RPin,HIGH);
delay(500);
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรม ส่วนควบคุมการบันทึกผลบนภูเกิลซีต

```

#include <ESP8266WiFi.h> // เรียกใช้ library
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial NodeSerial(D2, D3);

const int bypass = D4; // กำหนดขาของตัวแปร

int count = 0; // กำหนดตัวแปร
int cnt = 1;
int State1 = 0;

const char* ssid = "WIFI"; // ชื่อไวไฟ
const char* password = "PASSWORD"; // รหัสไวไฟ

String event = "WATER CONTROL DATA"; // ชื่ออีเว้นท์จาก IFTTT
String key = "edcY9gnnHNAS4_diVbw3yPZQ8wgDriL6eSpD3idyhDz"; // URL จาก IFTTT

long now = millis();
long lastMeasure = 0;
long startday = 0;
long lastreset = 0;
int lastbuttonState = LOW;

unsigned long lastDebounceTime = 0;
unsigned long debounceDelay = 50;

void setup () // ตั้งค่าอินพุตเอาต์พุตของระบบและการเชื่อมต่อไวไฟ
{
    pinMode(bypass,INPUT);
    pinMode(D2, INPUT);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

pinMode(D3, OUTPUT);
Serial.begin(9600);
NodeSerial.begin(115200);
delay(500);
WiFi.begin(ssid, password);
Serial.print("Connecting...");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)    // เชื่อมต่อไวไฟ
{
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
}

void reset()    // รีเซ็ตการเชื่อมต่อไวไฟ
{
    startday = millis();
    if (startday - lastreset > 86400000)
    {
        lastreset = startday;
        cnt--;
        Serial.println(cnt);
    }
    if (cnt == 0)
    {
        Serial.println("Reset..");
        ESP.restart();
    }
}

void loop()    // ส่วนการควบคุมการบันทึกผลบนยูเกิลชีต
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int i_data = NodeSerial.parseInt(); // กำหนดตัวแปรสำหรับรับค่าระดับน้ำ
float f_data = NodeSerial.parseFloat(); // กำหนดตัวแปรสำหรับรับค่าอุณหภูมิ
int b = count; // กำหนดตัวแปรสำหรับรับค่าการกดสวิตช์บายพาส
int reading = digitalRead(bypass);
if (reading != lastbuttonState)
{
lastDebounceTime = millis();
}
if ((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay)
{
if (reading != State1) // ส่วนบันทึกค่าการกดสวิตช์บายพาส
{
State1 = reading;
if (State1 == HIGH)
{
count++;
}
}
}
lastbuttonState = reading; // บันทึกค่าระดับน้ำและอุณหภูมิที่อ่านได้ลงบนกุเกิลชีต
String sheets = "http://maker.ifttt.com/trigger/" + event +
"/with/key/edcY9gnnHNAS4_diVbw3yPZQ8wgDriL6eSpD3idyhDz?value1=" + i_data +
"&value2=" + f_data + "&value3=" + b;

if (NodeSerial.read() == '\n') // แสดงผลบนซีเรียลมอนิเตอร์
{
Serial.print("ESP8266");
Serial.print(" : ");
Serial.print(i_data); Serial.print(" : ");
Serial.println(f_data); Serial.print(" : ");
Serial.println(b);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (now - lastMeasure > 1800000) // กำหนดเวลาบันทึกทุก 1800000 มิลลิเซค หรือ 30 นาที
{
    lastMeasure = now;
if (WiFi.status() == WL_CONNECTED)
    {
        HTTPClient http;
        http.begin(sheets);
        int httpCode = http.GET();
if (httpCode > 0)
    {
        String payload = http.getString();
        Serial.println(payload);
    }
    http.end();
    }
}
reset();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



คู่มือการใช้งานระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ  
สำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

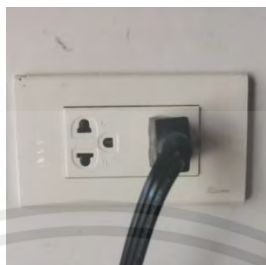


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

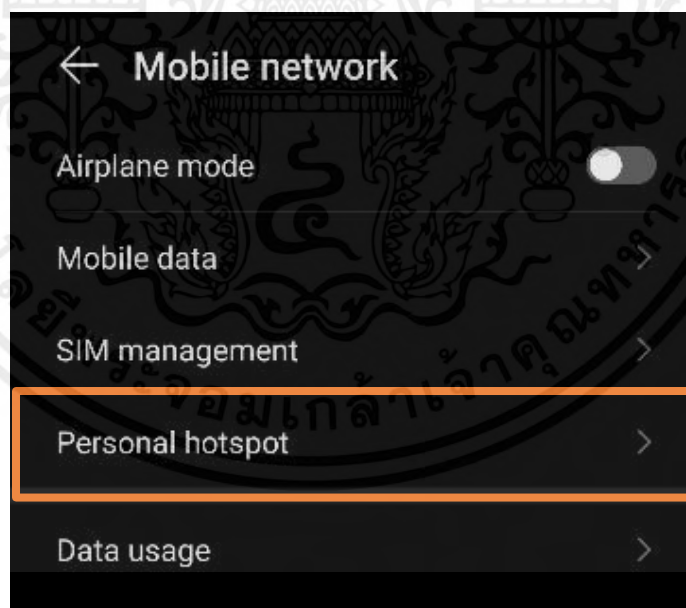
## ระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติสำหรับเครื่องทดสอบเอ็นออฟไลน์

1. ทำการเสียบปลั๊กไฟ เพื่อจ่ายไฟแก่ควบคุมระดับน้ำ ตามรูปที่ ข.1



รูปที่ ข.1 เสียบปลั๊ก

2. เปิดสวิตซ์การทำงานของระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ
3. เปิดสวิตซ์แหล่งจ่ายไฟของปั้มน้ำ
4. เปิดฮอตสปอตที่สมาร์ทโฟน ดังรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 เปิดฮอตสปอตที่สมาร์ทโฟน

5. ตรวจสอบการเชื่อมต่อไวไฟของอีเอสพี 8266
6. ตรวจสอบข้อมูลระดับน้ำและอุณหภูมิที่ระบบบันทึกจากกุเกิลชีต ตามรูปที่ ข.3

DATE/TIME	WATER CONTROL DATA	WATER LEVEL (%)	TEMPERATURE (°C)	From BypassSW
October 8, 2021 at 09:00AM	WATER CONTROL DATA	30	23.31	0
October 8, 2021 at 09:35AM	WATER CONTROL DATA	30	23.56	0
October 8, 2021 at 09:35AM	WATER CONTROL DATA	30	23.56	0
October 8, 2021 at 09:35AM	WATER CONTROL DATA	30	23.56	0
October 8, 2021 at 09:35AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
October 8, 2021 at 09:35AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
October 8, 2021 at 09:36AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
October 8, 2021 at 09:36AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
October 8, 2021 at 09:36AM	WATER CONTROL DATA	35	23.69	0
October 8, 2021 at 09:36AM	WATER CONTROL DATA	35	23.69	0
October 8, 2021 at 09:37AM	WATER CONTROL DATA	35	23.69	0
October 8, 2021 at 09:37AM	WATER CONTROL DATA	35	23.62	0
October 8, 2021 at 09:42AM	WATER CONTROL DATA	40	23.69	0
October 8, 2021 at 09:42AM	WATER CONTROL DATA	40	23.69	0
October 8, 2021 at 09:43AM	WATER CONTROL DATA	40	23.81	0
October 8, 2021 at 09:44AM	WATER CONTROL DATA	40	23.81	0
October 8, 2021 at 09:44AM	WATER CONTROL DATA	40	23.81	0
October 8, 2021 at 09:44AM	WATER CONTROL DATA	40	23.75	0
October 13, 2021 at 11:30AM	WATER CONTROL DATA	50	28.81	0
October 13, 2021 at 12:00PM	WATER CONTROL DATA	50	28.44	0
October 13, 2021 at 12:31PM	WATER CONTROL DATA	50	28.19	0
October 13, 2021 at 01:01PM	WATER CONTROL DATA	50	27.94	0
October 13, 2021 at 01:31PM	WATER CONTROL DATA	55	29.62	0
October 13, 2021 at 02:01PM	WATER CONTROL DATA	55	29.59	0

รูปที่ ข.3 แสดงค่าที่บันทึกบนกุเกิลชีต

7. ในกรณีที่ต้องการเปิดการทำงานของปั้มน้ำโดยตรงให้ทำการกดสวิทช์จ่ายน้ำด้านบนกล่อง
8. ในกรณีที่ต้องการเริ่มระบบใหม่ให้ทำงานกดปุ่ม Reset
9. ในกรณีที่ต้องการปิดระบบให้ทำการปิดสวิทช์ระบบควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ สามารถเปิดระบบปั้มน้ำได้ด้วยตัวเองตามปกติแม้ปิดระบบ



ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้งานอุปกรณ์ (Datasheet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## Arduino® UNO R3

Product Reference Manual  
SKU: A000066



### 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 อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 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 อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## CONTENTS

<b>1 The Board</b>	<b>4</b>
1.1 Application Examples	4
1.2 Related Products	4
<b>2 Ratings</b>	<b>4</b>
2.1 Recommended Operating Conditions	4
2.2 Power Consumption	5
<b>3 Functional Overview</b>	<b>5</b>
3.1 Board Topology	5
3.2 Processor	6
3.3 Power Tree	6
<b>4 Board Operation</b>	<b>7</b>
4.1 Getting Started - IDE	7
4.2 Getting Started - Arduino Web Editor	7
4.3 Getting Started - Arduino IoT Cloud	7
4.4 Sample Sketches	7
4.5 Online Resources	7
4.6 Board Recovery	8
<b>5 Connector Pinouts</b>	<b>8</b>
5.1 JANALOG	9
5.2 JDIGITAL	9
5.3 Mechanical Information	10
5.4 Board Outline & Mounting Holes	10
<b>6 Certifications</b>	<b>11</b>
6.1 Declaration of Conformity CE DoC (EU)	11
6.2 Declaration of Conformity to EU RoHS & REACH 211 01/19/2021	11
6.3 Conflict Minerals Declaration	12
<b>7 FCC Caution</b>	<b>12</b>
<b>8 Company Information</b>	<b>13</b>
<b>9 Reference Documentation</b>	<b>13</b>
<b>10 Revision History</b>	<b>13</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 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



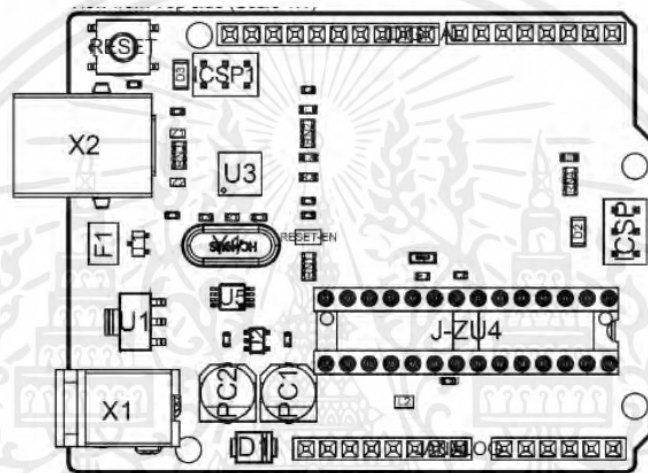
## 2.2 Power Consumption

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



Board topology

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		

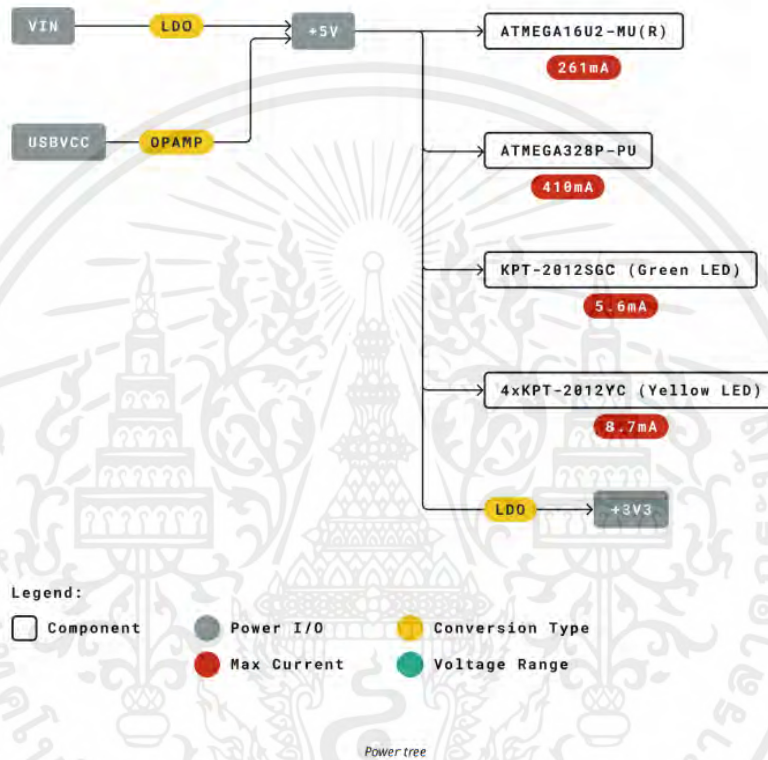
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

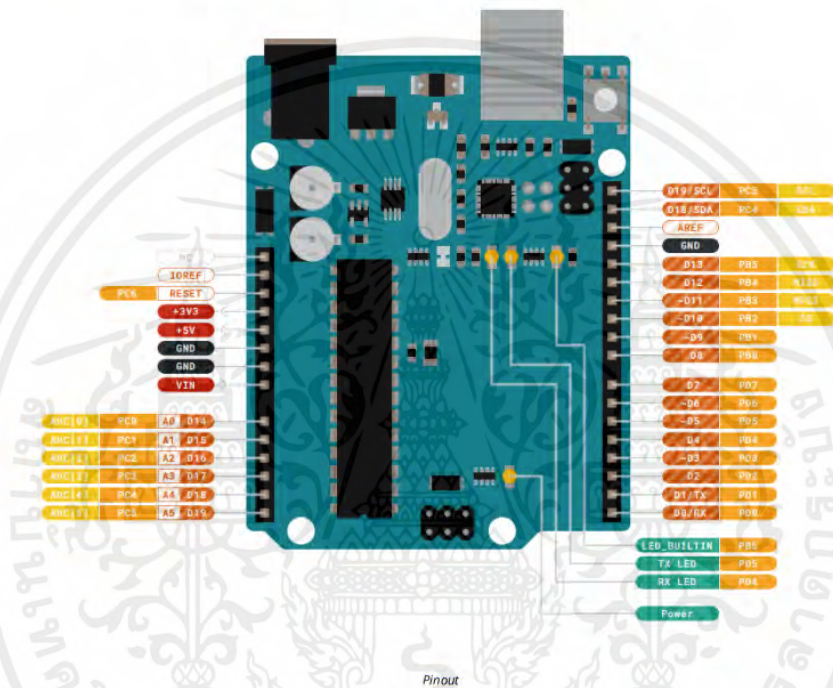


## Arduino® UNO R3

### 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





## 5.1 ANALOG

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog/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 DIGITAL

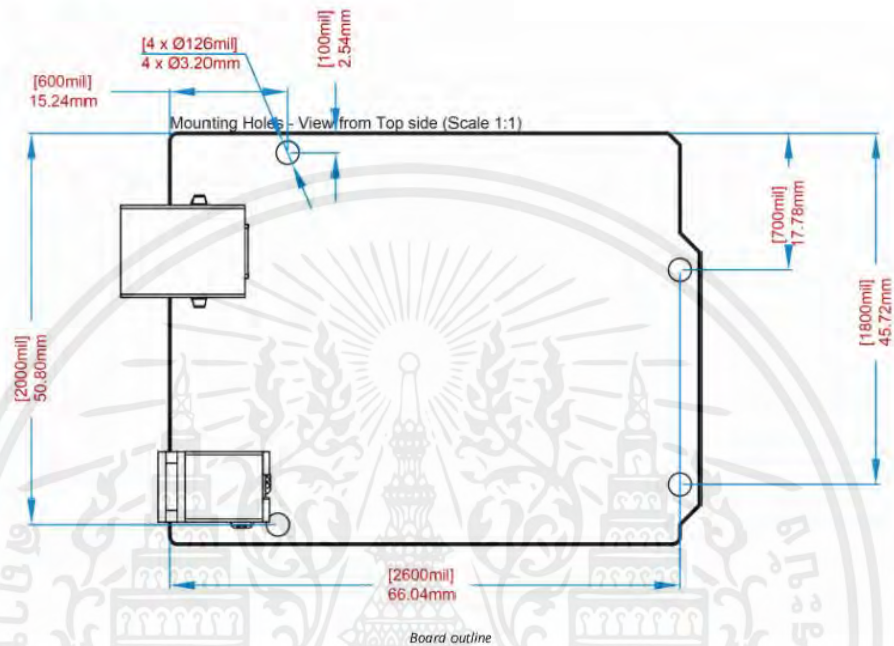
Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	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 อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 5.3 Mechanical Information

## 5.4 Board Outline &amp; Mounting Holes



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 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).

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

### 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.

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

<b>Company name</b>	<b>Arduino S.r.l</b>
Company Address	Via Andrea Appiani 25 20900 MONZA Italy

## 9 Reference Documentation

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

## 10 Revision History

Date	Revision	Changes
xx/06/2021	1	Datasheet release

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Nodemcu-32s WIFI MODULE V1



# Nodemcu-32s Datasheet

Version V1

Copyright ©2019

Copyright © 2019 Shenzhen Ai-Thinker Technology Co., Ltd. All Rights Reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Disclaimer and Copyright Notice

Information in this document, including URL references, is subject to change without notice.

This document is provided "as is" without warranty of any kind, including any warranties of merchantability, non-infringement, fitness for any particular purpose, or any other proposal, specification or sample. All liability, including liability for infringement of any proprietary rights, relating to use of information in this document is disclaimed. No licenses express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights are granted herein.

The test data obtained in this paper are all tested by Ai-Thinker lab, and the actual results may be slightly different.

The Wi-Fi Alliance Member logo is a trademark of the Wi-Fi Alliance. The Bluetooth logo is a registered trademark of Bluetooth SIG.

All trade names, trademarks and registered trademarks mentioned in this document are property of their respective owners, and are hereby acknowledged.

The final interpretation is owned by Shenzhen Ai-Thinker Technology Co., Ltd.

### NOTE

The contents of this manual are subject to change due to product version upgrades or other reasons. Shenzhen Anxinke Technology Co., Ltd. reserves the right to modify the contents of this manual without any notice or prompt. This manual is for guidance only. Shenzhen Anxinke Technology Co., Ltd. makes

Copyright © 2019 Shenzhen Ai-Thinker Technology Co., Ltd All Rights Reserved

第 1 页 共 12 页

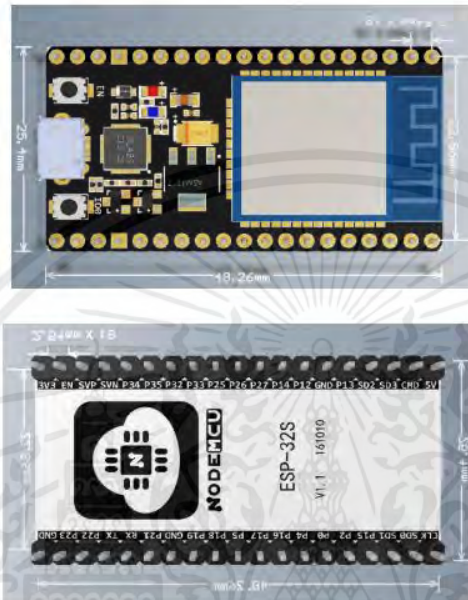
every effort to provide accurate information in this manual. However, Shenzhen Anxinke Technology Co., Ltd. does not ensure that the contents of the manual are completely error-free. All statements and information in this manual. And the recommendations do not constitute any warranty, express or implied.

## 1. Product overview

The core of this module is the ESP32 chip, which is scalable and adaptive. Two CPU cores can be individually controlled. The clock frequency is adjustable from 80 MHz to 240 MHz and supports RTOS. It is a general-purpose Wi-Fi+BT+BLE MCU module.ESP-WROOM-32s

The module integrates traditional Bluetooth, Bluetooth low energy and Wi-Fi. Wide range of uses: Wi-Fi supports a wide range of communication connections, as well as direct connection to the Internet via a router; Bluetooth allows users to connect to a mobile phone or broadcast a BLE Beacon for signal detection. The module supports data rates up to 150 Mbps and antenna output power of 20 dBm for maximum wireless communication. As a result, this module has industry-leading specifications and performs well in terms of high integration, wireless transmission distance, power consumption, and network connectivity.

## Appearance size



## Features

- 802.11b/g/n (802.11n, speed up to 150Mbps)
- WIFI Frequency Range 2.4GHz ~ 2.5GHz
- Clock frequency adjustment range from 80 MHz to 240 MHz, support for RTOS
- Built-in 2-channel 12-bit high-precision ADC with up to 18 channels
- Support UART/GPIO/ADC/DAC/SDIO/SD card/PWM/I2C/I2S interface
- Support multiple sleep modes, ESP32 chip sleep current is less than 5  $\mu$ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Embedded Lwip protocol stack
- Supports STA/AP/STA + AP operation mode
- Supports remote firmware upgrade (FOTA)
- General AT commands can be used quickly
- Support secondary development, integrated Windows, Linux development environment

## Product Specification

**Table 1 Description of main parameters**

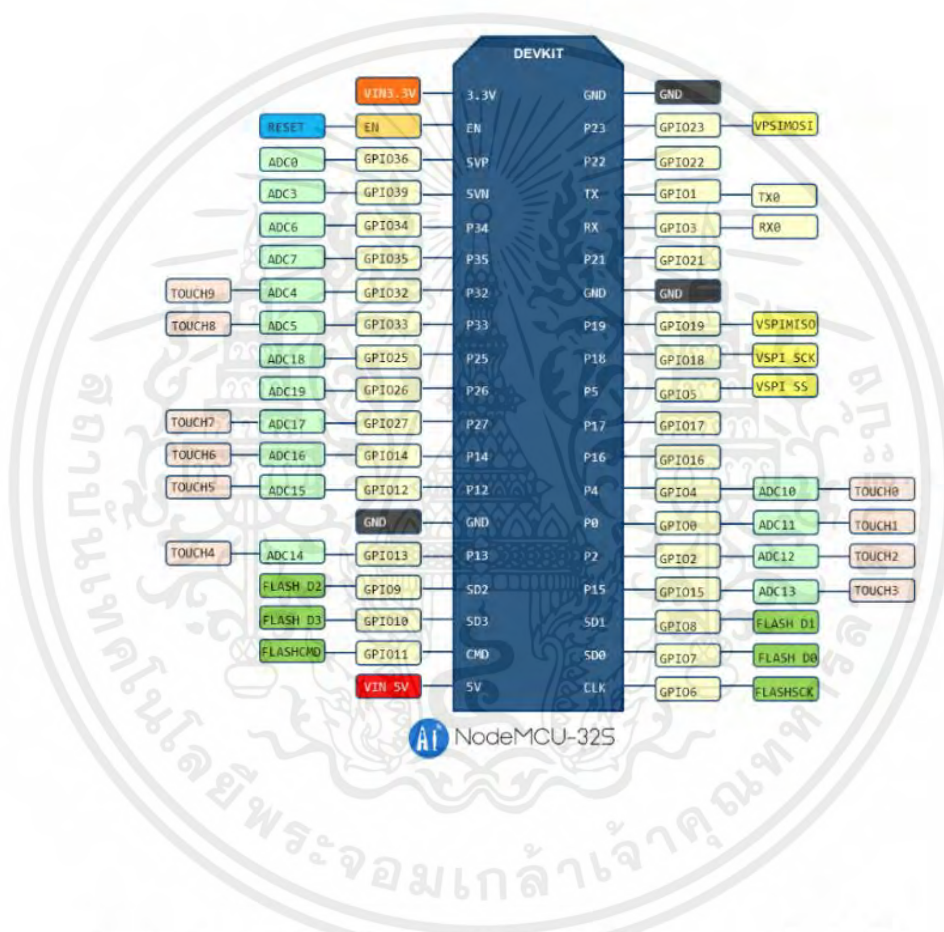
Module model	ESP-WROOM-32s
Size	25.4*48.26*3mm(±0.2mm)
Certification	FCC/CE-RED/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC/BQB/RoHS/REACH
SPI Flash	32Mbit(default)
Support interface	UART/GPIO/ADC/DAC/SDIO/SD card /PWM/I2C/I2S
Integrated crystal oscillator	40MHz Crystal oscillator
RF Port	38
Antenna	Onboard antenna
Power Supply	Voltage 3.0V ~ 3.6V, Typical 3.3V, Current >500mA
Operating Temperature	-40 °C ~ 85 °C
Storage environment	-40 °C ~ 120 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. Pin Definition

The ESP-WROOM-32s module has a total of 38 interfaces, as shown in Figure 1, and Table 2 is the interface definition.

Figure 1 ESP-WROOM-32s pin diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2 pin function definition

No.	Pin Name	Functional Description
1	3.3V	Module power supply pin
2	EN	Chip Enabled Pin, Active High
3	SVP	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
4	SVN	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
5	P34	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
6	P35	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
7	P32	GPIO32, XTAL_32K_P (32.768kHz Crystal input), ADC1_CH4, TOUCH9, RTC_GPIO9
8	P33	GPIO33, XTAL_32K_N (32.768kHz Crystal output), ADC1_CH5, TOUCH8, RTC_GPIO8
9	P25	GPIO25, DAC_1, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, EMAC_RXD0
10	P26	GPIO26, DAC_2, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, EMAC_RX_DV
11	P27	GPIO27, ADC2_CH7, TOUCH7, RTC_GPIO17, EMAC_RX_DV
12	P14	GPIO14, ADC2_CH6, TOUCH6, RTC_GPIO16, MTMS,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		HSPICLK, HS2_CLK,SD_CLK, EMAC_TXD2
13	P12	GPIO12, ADC2_CH5, TOUCH5, RTC_GPIO15, MTDI, HSPIQ, HS2_DATA2,SD_DATA2, EMAC_TXD3
14	GND	GND
15	P13	GPIO13, ADC2_CH4, TOUCH4, RTC_GPIO14, MTCK, HSPID, HS2_DATA3,SD_DATA3, EMAC_RX_ER
16	SD2	GPIO9, SD_DATA2, SPIHD, HS1_DATA2, U1RXD
17	SD3	GPIO10, SD_DATA3, SPIWP, HS1_DATA3, U1TXD
18	CMD	GPIO11, SD_CMD, SPICS0, HS1_CMD, U1RTS
19	5V	Module power supply pin
20	CLK	GPIO6, SD_CLK, SPICLK, HS1_CLK, U1CTS
21	SD0	GPIO7, SD_DATA0, SPIQ, HS1_DATA0, U2RTS
22	SD1	GPIO8, SD_DATA1, SPID, HS1_DATA1, U2CTS
23	P15	GPIO15, ADC2_CH3, TOUCH3, MTDO, HSPICS0, RTC_GPIO13, HS2_CMD,SD_CMD, EMAC_RXD3
24	P2	GPIO2, ADC2_CH2, TOUCH2, RTC_GPIO12, HSPIWP, HS2_DATA0,SD_DATA0
25	P0	GPIO0, ADC2_CH1, TOUCH1, CLK_OUT1, RTC_GPIO11, EMAC_TX_CLK; <b>Download mode:</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		<b>external pull low, running mode: floating or external pull high</b>
26	P4	GPIO4, ADC2_CH0, TOUCH0, RTC_GPIO10, HSPIHD, HS2_DATA1, SD_DATA1, EMAC_TX_ER
27	P16	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
28	P17	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
29	P5	GPIO5, VSPICS0, HS1_DATA6, EMAC_RX_CLK
30	P18	GPIO18, VSPICLK, HS1_DATA7
31	P19	GPIO19, VSPIQ, U0CTS, EMAC_TXD0
32	GND	GND
33	P21	GPIO21, VSPID, EMAC_TX_EN
34	RX	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
35	TX	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
36	P22	GPIO22, VSPIWP, U0RTS, EMAC_TXD1
37	P23	GPIO23, VSPID, HS1_STROBE
38	GND	GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### How to download the running program of ESP-WROOM-32s

Download mode: you can download directly after connecting the USB cable. Note: The baud rate cannot be selected 1152000.

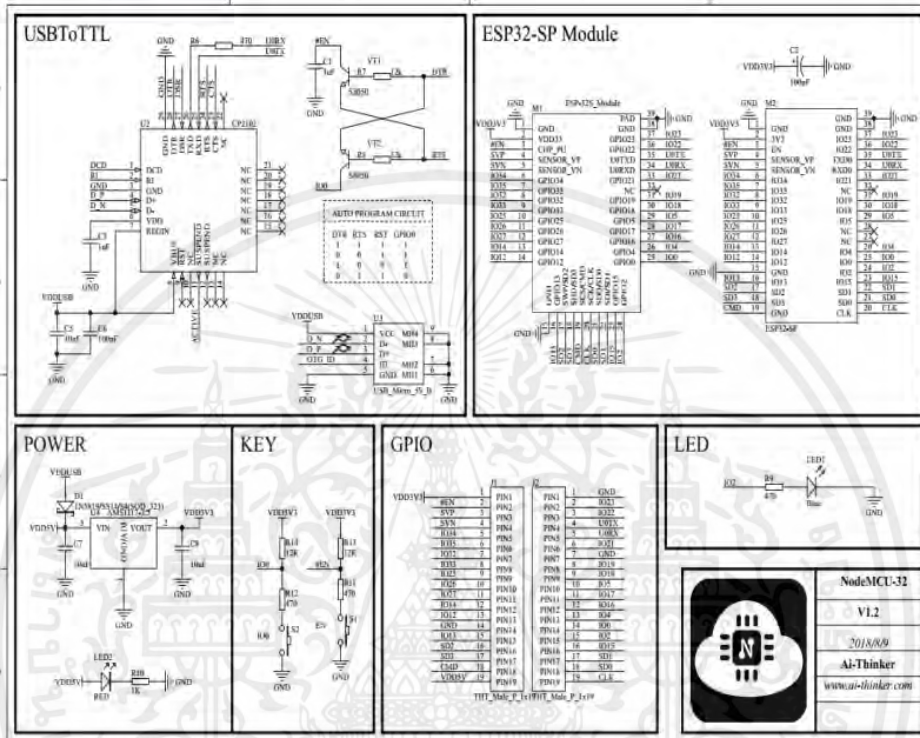
Run mode: press the EN button on the development board, the development board will go to the run mode

#### NOTE:

For the performance of the specific module, please see the technical specifications of the ESP-WROOM-32 module.

[https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32\\_datasheet\\_cn.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_cn.pdf)

### 3. Schematics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Nodemcu-32s WIFI MODULE V1

#### 4. Contact Us

**Official website:** <https://www.ai-thinker.com>

**Develop Wiki:** <http://wiki.ai-thinker.com>

**Official forum:** <http://bbs.ai-thinker.com>

**Official forum:** <https://anxinke.taobao.com>

**Business cooperation:** [sales@aithinker.com](mailto:sales@aithinker.com)

**Technical support:** [support@aithinker.com](mailto:support@aithinker.com)

**Telephone:** 0755-29162996

**Company Address:** 7/F, Fengze Building B, Huafeng Industrial Park 2th, Hangkong street, Xixiang Raod, Baoan, Shenzhen China.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- RISC Architecture
  - 90 Powerful Instructions - Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 1K Bytes of In-System Programmable Program Memory Flash  
Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
  - 64 bytes of In-System Programmable EEPROM  
Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - Programming Lock for Flash Program and EEPROM Data Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timers/Separate Prescalers
  - One High-speed (100 kHz) PWM Output
  - 4-channel 10-bit ADC
  - One Differential Voltage Input with Optional Gain of 20X
  - On-chip Analog Comparator
  - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
- Special Microcontroller Features
  - In-System Programmable via SPI Port
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Low-power Idle, Noise Reduction and Power Down Modes
  - Enhanced Power-on Reset Circuit
  - Programmable Brown-out Detection Circuit
  - Internal 1.6 MHz Tuneable Oscillator
  - Internal 25.6 MHz Clock Generator for Timer/Counter 1
- I/O and Packages
  - 8-pin PDIP/SOIC: 6 Programmable I/O Lines
- Operating Voltages
  - 2.7V - 5.5V (ATtiny15L)
  - 4.0V - 5.5V (ATtiny15)
- Commercial and Industrial Temperature Ranges

## Description

The ATtiny15 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATtiny15 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed

*(continued)*

## Pin Configurations



**8-bit AVR<sup>®</sup>  
Microcontroller  
with 1K Bytes  
Flash**

**ATtiny15**

**Advance  
Information**

Rev. 1187A-08/99



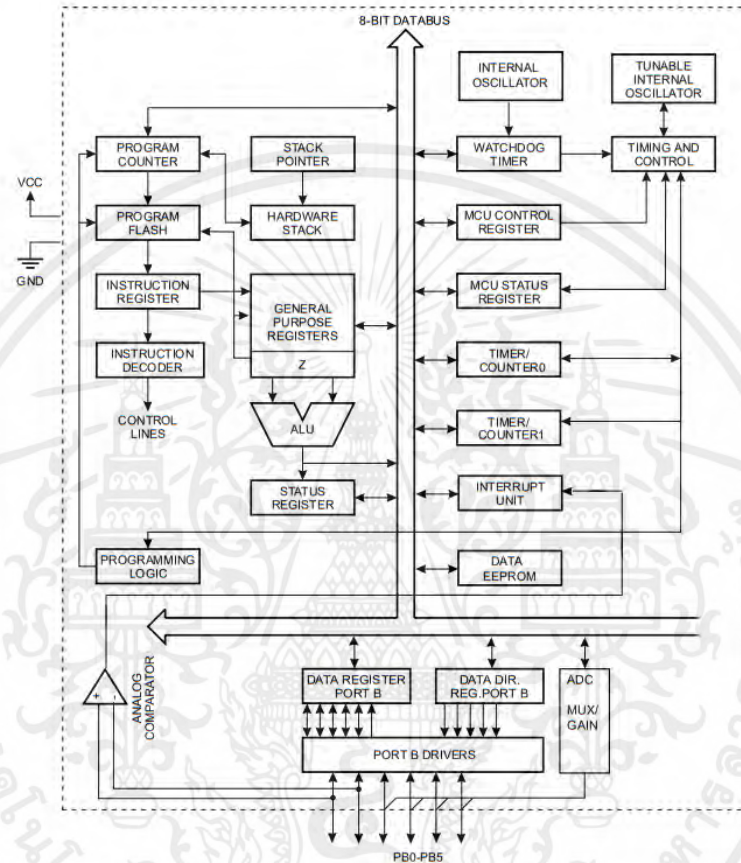
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers. The ATtiny15 has a high precision ADC with up to 4 single ended channels and 1 differential channel with up to 20X gain. In addition, the high speed PWM output makes the ATtiny15 ideal for battery charger applications and power regulation circuits.

**Block Diagram**

Figure 1. The ATtiny15 Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ATtiny15

The ATtiny15 provides 1K bytes of Flash, 64 bytes EEPROM, 6 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, two 8-bit timer/counters, one with PWM output, internal oscillators, internal and external interrupts, programmable Watchdog Timer, 4-channel, 10-bit Analog to Digital Converter with one differential voltage input gain stage, and three software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the timer/counters and interrupt system to continue functioning. The Power Down mode saves the register contents but freezes the oscillators, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset. The wakeup or interrupt on pin change features enable the ATtiny15 to be highly responsive to external events, still featuring the lowest power consumption while in the power down mode. The ATtiny15 also has a dedicated ADC Noise Reduction Mode for reducing the noise in ADC conversion. In this Sleep Mode, only the ADC is functioning.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. By combining an enhanced RISC 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel ATtiny15 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATtiny15 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

### Pin Descriptions

#### VCC

Supply voltage pin.

#### GND

Ground pin.

#### Port B (PB5..PB0)

Port B is a 6-bit I/O port. PB4..0 are I/O pins that can provide internal pull-ups (selected for each bit). PB5 is input only. The use of pin PB5 is defined by a fuse. The special functions associated with this pin is external Reset or ADC Input Channel0. Port B also accommodates analog I/O pins.

#### Analog Pins

Up to four analog inputs can be selected as inputs to the Analog to Digital Converter (ADC).

Table 1. Port B Alternate Functions

Port Pin	Alternate Function
PB0	MOSI (SPI Data Input) AIN0 (Analog Comparator Input Channel 0) VREF (ADC Voltage Reference)
PB1	MISO (SPI Data Output) AIN1 (Analog Comparator Input Channel 1) OCP(T/C1 PWM Output)
PB2	SCK (SPI Clock Input) INT0 (Ext. Interrupt 0 Input) ADC1 (ADC Input Channel 1) T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input)
PB3	ADC2 (ADC Input Channel 2)
PB4	ADC3 (ADC Input Channel 3)
PB5	RESET (Ext. Reset Input) ADC0 (ADC Input Channel 0)





### Internal Oscillators

The internal oscillator provides nominal 1.6 MHz clock rate for the system clock CK. Due to large initial variation (0.8 MHz to 1.6 MHz) of the internal clock, a tuning capability is built in. Through a 8-bit control register OSCCAL, the system clock rate can be tuned with less than 1% steps of the nominal clock.

An internal PLL provides a 16x clock rate from the system clock (CK) for the use of the Peripheral Timer/Counter1. The maximum frequency of this peripheral clock, PCK, is 25.6 MHz.

### Reset and Interrupt Handling

The ATtiny15 provides 9 different interrupt sources. These interrupts and the separate reset vector, each have a separate program vector in the program memory space. All the interrupts are assigned individual enable bits which must be set (one) together with the I-bit in the status register in order to enable the interrupt.

The lowest addresses in the program memory space are automatically defined as the Reset and Interrupt vectors. The complete list of vectors is shown in Table 2. The list also determines the priority levels of the different interrupts. The lower the address the higher is the priority level. RESET has the highest priority, and next is INT0 - the External Interrupt Request 0 etc.

**Table 2.** Reset and Interrupt Vectors

Vector No.	Program Address	Source	Interrupt Definition
1	\$000	RESET	External Pin Reset, Power-on Reset, Brown-out Reset and Watchdog Reset
2	\$001	INT0	External Interrupt Request 0
3	\$002	I/O Pins	Pin Change Interrupt
4	\$003	TIMER1, COMP	Timer/Counter1 Compare Match
5	\$004	TIMER1, OVF	Timer/Counter1 Overflow
6	\$005	TIMER0, OVF	Timer/Counter0 Overflow
7	\$006	EE_RDY	EEPROM Ready
8	\$007	ANA_COMP	Analog Comparator
9	\$008	ADC	ADC Conversion Complete

#### Reset Sources

The ATtiny15 has four sources of reset:

- Power-on Reset—The MCU is reset when the supply voltage is below the Power-on Reset threshold ( $V_{POT}$ ).
- External Reset—The MCU is reset when a low level is present on the RESET pin for more than 500 ns.
- Watchdog Reset—The MCU is reset when the Watchdog timer period expires, and the Watchdog is enabled.
- Brown-out Reset—The MCU is reset when the supply voltage  $V_{CC}$  falls below the Brown-out detection level.

#### Power-on Reset

A Power-on Reset (POR) pulse is generated by an on-chip detection circuit. The detection level is nominally 2.2V. The POR is activated whenever  $V_{CC}$  is below the detection level. The POR circuit can be used to trigger the start-up reset as well as detect a failure in supply voltage.

A Power-on Reset (POR) circuit ensures that the device is not started until  $V_{CC}$  has reached a safe level. Reaching the safe level invokes a delay counter which determines the delay, for which the device is kept in RESET after  $V_{CC}$  rise. The time-out period of the delay counter can be defined by the user through CKSEL fuses. The four different selections for the delay period are presented in Table 3. The RESET signal is activated again, without any delay, when the  $V_{CC}$  decreases below detection level.

## ATtiny15

**Table 3.** Reset Delay Selections

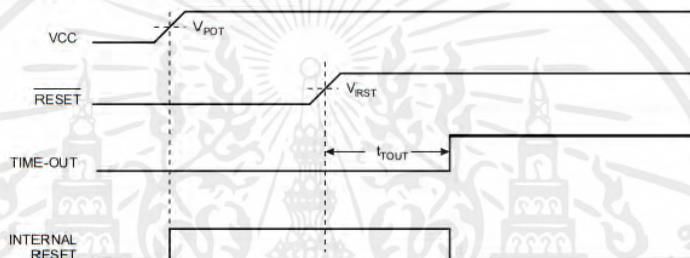
CKSEL [1:0]	Start-up Time, $t_{ROUT}$ at $V_{CC} = 2.7V$	Start-up Time, $t_{ROUT}$ at $V_{CC} = 5.0V$	Recommended Usage
00	128 $\mu s$ + 18CK	32 $\mu s$ + 18 CK	BOD enabled
01	16 ms + 18 CK	4 ms + 18 CK	BOD disabled, quickly rising power
10	256 ms + 18 CK	64 ms + 18 CK	BOD disabled, slowly rising power
11	256 ms + 1K CK	64 ms + 1K CK	BOD disabled, slowly rising power

### Brown-out Detection

ATtiny15 has an on-chip brown-out detection (BOD) circuit for monitoring the  $V_{CC}$  level during the operation. The BOD circuit can be enabled/disabled by the fuse BODEN. When BODEN is enabled (BODEN programmed), and  $V_{CC}$  decreases below the trigger level, the brown-out reset is immediately activated. When  $V_{CC}$  increases above the trigger level, the brown-out reset is deactivated after a delay. The delay is defined by the user in the same way as the delay of POR signal, in Table 3. The trigger level for the BOD can be selected by the fuse BODLEVEL to be 2.7V (BODLEVEL unprogrammed), or 4.0V (BODLEVEL programmed). The trigger level has a hysteresis of 50 mV to ensure spike free brown-out detection.

The BOD circuit will only detect a drop in  $V_{CC}$  if the voltage stays below the trigger level for longer than 3  $\mu s$  for trigger level 4.0V, 7  $\mu s$  for trigger level 2.7V (typical values).

**Figure 2.** MCU Start-Up,  $\overline{RESET}$  Controlled Externally



### Pin Change Interrupt

The pin change interrupt is triggered by any change on any input or I/O pin. Change on pins will cause an interrupt if the pin is configured as input or I/O, as described in the section "Pin Descriptions". Observe that, if enabled, the interrupt will trigger even if the changing pin is configured as an output. This feature provides a way of generating a software interrupt. Also observe that the pin change interrupt will trigger even if the pin activity triggers another interrupt, for example the external interrupt. This implies that one external event might cause several interrupts.

### Sleep Modes

To enter the sleep modes, the SE bit in MCUCR must be set (one) and a SLEEP instruction must be executed. If an enabled interrupt occurs while the MCU is in a sleep mode, the MCU awakes. The CPU is then halted for 4 cycles, it executes the interrupt routine, and resumes execution from the instruction following SLEEP. The contents of the register file and I/O memory are unaltered. If a reset occurs during sleep mode, the MCU wakes up and executes from the Reset vector.





Table 4. Sleep Modes

SM1	SM0	Sleep Mode
0	0	Idle Mode
0	1	ADC Noise Reduction Mode
1	0	Power Down Mode
1	1	Reserved

## Timer/Counters

The ATtiny15 provides two general purpose 8-bit Timer/Counters. The Timer/Counters have separate prescaling selection from the 10-bit prescaling timer. The Timer/Counter0 uses internal clock (CK) as the clock timebase.

### The 8-bit Timer/Counter0

The 8-bit Timer/Counter0 is equal to the Timer/Counter0 of the ATtiny12.

### 8-bit Timer/Counter1

The 8-bit Timer/Counter1 can select clock source from high speed PCK, or prescaled PCK. The fifteen different prescaled selections are shown in Table 6. The clock can also be stopped as described in the specification for the Timer/Counter Control Register TCCR1.

The different status flags (overflow, compare match) are found in the Timer/Counter Interrupt Flag Register - TIFR. Control signals are found in the Timer/Counter Control Register TCCR1. The interrupt enable/disable settings are found in the Timer/Counter Interrupt Mask Register - TIMSK.

The Timer/Counter supports an Output Compare function using the Output Compare Register OCR10 as the data source to be compared to the Timer/Counter1 contents. The Output Compare function includes optional clearing of the counter on compare match, and action on the Output Compare Pin - PB1 (OCP) - on compare match.

Timer/Counter1 can also be used as an 8-bit Pulse Width Modulator. In this mode, Timer/Counter1 and the two output compare registers serve as a stand-alone PWM.

#### The Timer/Counter1 Control Register - TCCR1

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$30 (\$50)	CTC1	PWM1	COM11	COM10	CS13	CS12	CS11	CS10	TCCR1
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bit 7 - CTC1: Clear Timer/Counter on Compare Match**

When the CTC1 control bit is set (one), Timer/Counter1 is reset to \$00 in the CPU clock cycle after a compare match. If the control bit is cleared, Timer/Counter1 continues counting and is unaffected by a compare match.

- **Bit 6 - PWM1: Pulse Width Modulator Enable**

When set (one) this bit enables PWM mode for Timer/Counter1. This mode is described on page 8.

- **Bits 5,4 - COM11, COM10: Compare Output Mode, bits 1 and 0**

The COM11 and COM10 control bits determines any output pin action following a compare match in Timer/Counter1. Output pin actions affect pin PB1 (OC1). Since this is an alternative function to an I/O port, the corresponding direction control bit must be set (one) to control an output pin. The control configuration is shown in Table 5.

## ATtiny15

**Table 5. Compare Mode Select**

COM11	COM10	Description
0	0	Timer/Counter disconnected from output pin OC1
0	1	Toggle the OC1 output line.
1	0	Clear the OC1 output line (to zero).
1	1	Set the OC1 output line (to one).

Note: In PWM mode, these bits have a different function. Refer to Table 7 for a detailed description. When changing the COM11/COM10 bits, the Output Compare 1 Interrupt must be disabled by clearing its Interrupt Enable bit in the TIMSK Register. Otherwise an interrupt can occur when the bits are changed.

• **Bits 3,2,1,0 - CS13, CS12, CS11, CS10: Clock Select bits 3,2,1 and 0**

The Clock Select bits 3, 2, 1 and 0 define the prescaling source of Timer/Counter1.

**Table 6. Timer/Counter1 Prescale Select**

CS13	CS12	CS11	CS10	Description
0	0	0	0	Timer/Counter1 is stopped.
0	0	0	1	CK*16 (=PCK)
0	0	1	0	CK*8
0	0	1	1	CK*4
0	1	0	0	CK*2
0	1	0	1	CK
0	1	1	0	CK/2
0	1	1	1	CK/4
1	0	0	0	CK/8
1	0	0	1	CK/16
1	0	1	0	CK/32
1	0	1	1	CK/64
1	1	0	0	CK/128
1	1	0	1	CK/256
1	1	1	0	CK/512
1	1	1	1	CK/1024

The Stop condition provides a Timer Enable/Disable function.

**The Timer/Counter1 - TCNT1**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$2F (\$4F)	MSB							LSB	TCNT1
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

This 8-bit register contains the value of Timer/Counter1.

Timer/Counter1 is realized as an up counter with read and write access. If the Timer/Counter1 is written to and a clock source is selected, it continues counting in the timer clock cycle following the write operation.





**Timer/Counter1 Output Compare Register 0 - OCR10**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$2E (\$4E)	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>MSB</span> <span>LSB</span> </div>								OCR10
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

The Output Compare Register 10 is an 8-bit read/write register.

The Timer/Counter Output Compare Register 10 contains data to be continuously compared with Timer/Counter1. Actions on compare matches are specified in TCCR1. A compare match does only occur if Timer/Counter1 counts to the OCR10 value. A software write that sets TCNT1 and OCR10 to the same value does not generate a compare match.

A compare match will set the compare interrupt flag in the CPU clock cycle following the compare event.

**Timer/Counter1 Output Compare Register 1 - OCR11**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$2D (\$4D)	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span>MSB</span> <span>LSB</span> </div>								OCR11
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	1	1	1	1	1	1	1	1	

Timer/Counter1 Output Compare Register 1 is used to limit the Timer/Counter1 full scale value in PWM mode.

**Timer/Counter 1 in PWM mode**

When PWM mode is selected, Timer/Counter1 and the Output Compare Registers - OCR10 and OCR11 form an 8-bit, free-running and glitch-free PWM with output on the PB1 (OC1) pin. Timer/Counter1 acts as an up counter, counting up from \$00 to the value in OCR11, and starting from \$00 up again. When the counter value matches the contents of the Output Compare Register 10, the PB1 (OC1) pin is set or cleared according to the settings of the COM11/COM10 bits in the Timer/Counter1 Control Registers TCCR1. Refer to Table 7 for details.

**Table 7.** Compare Mode Select in PWM Mode

COM11	COM10	Effect on Compare Pin
0	0	Not connected
0	1	Not connected
1	0	Cleared on compare match (non-inverted PWM). Set when TCNT1 = \$00.
1	1	Set on compare match (inverted PWM). Cleared when TCNT1 = \$00.

Note that in PWM mode, the Output Compare register is transferred to a temporary location when written. The value is latched when the Timer/Counter reaches OCR11. This prevents the occurrence of odd-length PWM pulses (glitches) in the event of an unsynchronized OCR10 or OCR11 write.

During the time between the write and the latch operation, a read from OCR10 or OCR11 will read the contents of the temporary location. This means that the most recently written value always will read out of OCR10 and OCR11.

When OCR10 contains \$00 or the value of OCR11, the output PB1 (OC1) is held low or high according to the settings of COM11/COM10. This is shown in Table 8.

## ATtiny15

**Table 8.** PWM Outputs OCR10 = \$00 or OCR11

COM11	COM10	OCR1	Output PWMn
1	0	\$00	L
1	0	OCR11	H
1	1	\$00	H
1	1	OCR11	L

In PWM mode, the Timer Overflow Flag - TOV1, is set when the counter reaches the value of OCR11. Timer Overflow Interrupt 1 operates exactly as in normal Timer/Counter mode, i.e. it is executed when TOV1 is set provided that Timer Overflow Interrupt and global interrupts are enabled. This does also apply to the Timer Output Compare flag and interrupt. The frequency of the PWM is decided by the OCR11 register and the prescaler settings. The maximum frequency with 8-bits resolution is  $PCK/256 = 100 \text{ kHz}$ .

### Analog Comparator

The analog comparator of the ATtiny15 is the same as the analog comparator of the ATtiny12.

### Analog to Digital Converter, Analog Multiplexer and Gain Stages

The ADC can measure both differential and single-ended input voltages. The differential input channel has an optional gain step of 20X. This channel is ideal for measuring a small voltage drop across a shunt resistor in current measurements.

Four single-ended input voltage channels are also available, depending on I/O configuration.

The input selection is made by mux control bits in the ADC control register, as well as the selection of input gain. The ADC full scale voltage is  $V_{CC}$  for single ended inputs, and 2.56V for differential inputs.

Feature list:

- 10-bit Resolution
- 2 LSB Absolute Accuracy
- 65 - 260  $\mu\text{s}$  Conversion Time
- 4 Multiplexed Input Channels
- 2.56V Internal Voltage Reference
- 0 - 2.56V Differential Input Voltage Range
- 0 -  $V_{CC}$  Single Ended Input Voltage Range
- Free Run or Single Conversion Mode
- Interrupt on ADC Conversion Complete
- Sleep Mode Noise Canceler

The ATtiny15 features a 10-bit successive approximation ADC. The ADC is connected to a 4-channel Analog Multiplexer which allows one differential voltage input and four single-ended voltage inputs constructed from the pins of Port B. The differential input (PB3, PB4) is equipped with a programmable gain stage, providing amplification step of 26 dB (20X) on the differential input voltage before the A/D conversion. The single-ended voltage inputs at PB2..PB5 refer to 0V.

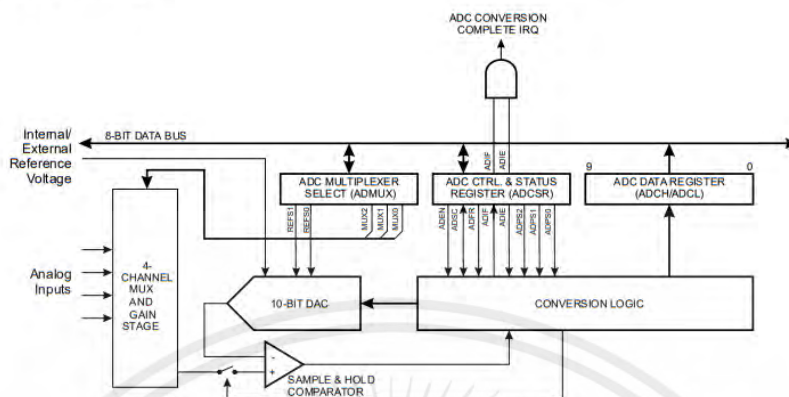
The ADC contains a Sample and Hold Amplifier which ensures that the input voltage to the ADC is held at a constant level during conversion. A block diagram of the ADC is shown in Figure 3.

An internal reference voltage of 2.56V is provided on-chip and this reference can optionally be externally bypassed at the AREF pin by a capacitor, for better noise performance. There is also an option to use external voltage reference and turn off the internal  $V_{REF}$ . These options are selected using the REFSn bits of the ADMUX control register.





Figure 3. ADC Block Diagram



### Operation

The ADC can operate in two modes - Single Conversion and Free Running Mode. In Single Conversion Mode, each conversion will have to be initiated by the user. In Free Running Mode, the ADC is constantly sampling and updating the ADC Data Register. The ADFR bit in ADCSR selects between the two available modes.

The ADC is enabled by writing a logical one to the ADC Enable bit, ADEN in ADCSR. The first conversion that is started after enabling the ADC, will be preceded by a dummy conversion to initialize the ADC. To the user, the only difference will be that this conversion takes 25 ADC clock pulses instead of the normal 14.

A conversion is started by writing a logical one to the ADC Start Conversion bit, ADSC. This bit stays high as long as the conversion is in progress and will be set to zero by hardware when the conversion is completed. If a different data channel is selected while a conversion is in progress, the ADC will finish the current conversion before performing the channel change.

As the ADC generates a 10-bit result, two data registers, ADCH and ADCL, must be read to get the result when the conversion is complete. Special data protection logic is used to ensure that the contents of the data registers belong to the same conversion when they are read. This mechanism works as follows:

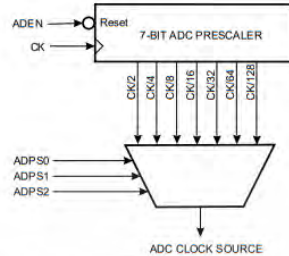
When reading data, ADCL must be read first. Once ADCL is read, ADC access to data registers is blocked. This means that if ADCL has been read, and a conversion completes before ADCH is read, none of the registers are updated and the result from the conversion is lost. When ADCH is read, ADC access to the ADCH and ADCL registers is re-enabled.

The ADC has its own interrupt which can be triggered when a conversion completes. When ADC access to the data registers is prohibited between reading of ADCH and ADCL, the interrupt will trigger even if the result gets lost.

# ATTiny15

## Prescaling

Figure 4. ADC Prescaler

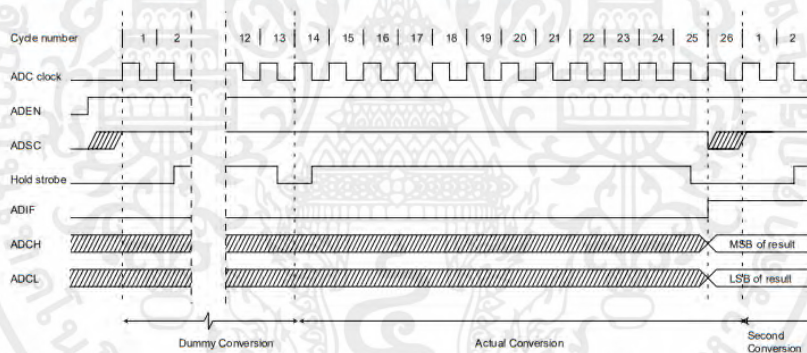


The ADC contains a prescaler, which divides the system clock to an acceptable ADC clock frequency. The ADC accepts input clock frequencies in the range 50 - 200 kHz. Applying a higher input frequency will result in a poorer accuracy, typically 8 bits at 1 MHz.

The ADPS0 - ADPS2 bits in ADCSR are used to generate a proper ADC clock input frequency from any XTAL frequency above 100 kHz. The prescaler starts counting from the moment the ADC is switched on by setting the ADEN bit in ADCSR. The prescaler keeps running for as long as the ADEN bit is set, and is continuously reset when ADEN is low.

When initiating a conversion by setting the ADSC bit in ADCSR, the conversion starts at the following rising edge of the ADC clock cycle. The actual sample-and-hold takes place 1.5 ADC clock cycles after the start of the conversion. The result is ready and written to the ADC Result Register after 13 cycles. In single conversion mode, the ADC needs one more clock cycle before a new conversion can be started, see Figure 6. If ADSC is set high in this period, the ADC will start the new conversion immediately. In Free Run Mode, a new conversion will be started immediately after the result is written to the ADC Result Register. Using Free Run Mode and an ADC clock frequency of 200 kHz gives the lowest conversion time, 65  $\mu$ s, equivalent to 15.4 kSPS. For a summary of conversion times, see Table 9.

Figure 5. ADC Timing Diagram, First Conversion (Single Conversion Mode)



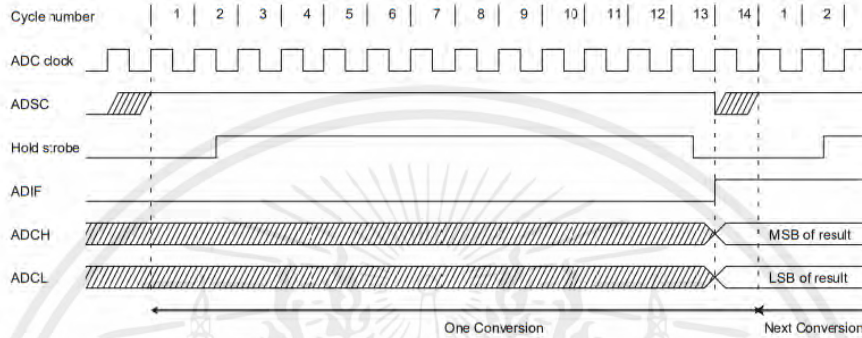
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



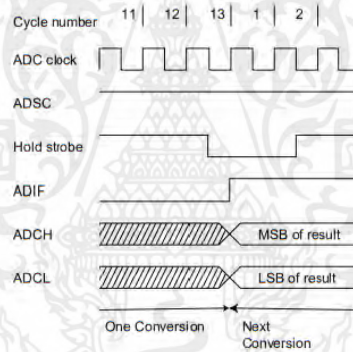
**Table 9.** ADC Conversion Time

Condition	Sample Cycle Number	Result Ready (Cycle Number)	Total Conversion Time (Cycles)	Total Conversion Time (μs)
1st Conversion, Free Run	14	25	25	125 - 500
1st Conversion, Single	14	25	26	130 - 520
Free Run Conversion	2	13	13	65 - 260
Single Conversion	2	13	14	70 - 280

**Figure 6.** ADC Timing Diagram, Single Conversion



**Figure 7.** ADC Timing Diagram, Free Run Conversion



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ATtiny15

### ADC Noise Canceler Function

The ADC features a noise canceler that enables conversion during idle mode to reduce noise induced from the CPU core. To make use of this feature, the following procedure should be used:

1. Make sure that the ADC is enabled and is not busy converting. Single Conversion Mode must be selected and the ADC conversion complete interrupt must be enabled.  
ADEN = 1  
ADSC = 0  
ADFR = 0  
ADIE = 1
2. Enable ADC Noise reduction sleep mode by setting SM1:SM0 to 1:0
3. Enter idle mode. The ADC will start a conversion once the CPU has been halted.
4. If no other interrupts occur before the ADC conversion completes, the ADC interrupt will wake up the MCU and execute the ADC conversion complete interrupt routine.

### The ADC Multiplexer Selection Register - ADMUX

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$07 (\$27)	REFS1	REFS0	-	-	-	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

#### • Bits 7..6 - REFS1..REFS0: Reference Selection Bits

These bits select the voltage reference used with the ADC.

**Table 10.** Reference selection bits

REFS1:REFS0	Reference selected from:
00	$V_{CC}$ used as analog reference
01	External Vref at pin PB0, Internal $V_{REF}$ turned off
10	Internal $V_{REF}$ without external bypass capacitor (disconnected from PB0)
11	Internal $V_{REF}$ with external bypass capacitor at PB0 pin

#### • Bits 5..3 - Res: Reserved Bits

These bits are reserved bits in the ATtiny15 and always read as zero.

#### • Bits 2..0 - MUX2..MUX0: Analog Channel and Gain Selection Bits 2-0

The value of these three bits selects which analog input is connected to the ADC. In case of differential input 1 (PB3 - PB4), gain selection is also made with these bits. Refer to Table 11 for details.





**Table 11.** Input Channel and Gain Selections

MUX[2:0]	Channel and Gain
000	PB1
001	PB2
010	PB3
011	PB4
100	PB3 - PB3, with Gain of 1X
101	PB3 - PB3, with Gain of 20X
110	PB3 - PB4, with Gain of 1X
111	PB3 - PB4, with Gain of 20X

**The ADC Control and Status Register - ADCSR**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$06 (\$26)	<b>ADEN</b>	<b>ADSC</b>	<b>ADFR</b>	<b>ADIF</b>	<b>ADIE</b>	<b>ADPS2</b>	<b>ADPS1</b>	<b>ADPS0</b>	<b>ADCSR</b>
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	

• **Bit 7 - ADEN: ADC Enable**

Writing a logical "1" to this bit enables the ADC. By clearing this bit to zero, the ADC is turned off. Turning the ADC off while a conversion is in progress, will terminate this conversion.

• **Bit 6 - ADSC: ADC Start Conversion**

In Single Conversion Mode, a logical "1" must be written to this bit to start each conversion. In Free Run Mode, a logical "1" must be written to this bit to start the first conversion. The first time ADSC has been written after the ADC has been enabled, or if ADSC is written at the same time as the ADC is enabled, a dummy conversion will precede the initiated conversion. This dummy conversion performs initialization of the ADC.

ADSC will read as one as long as a conversion is in progress. When the conversion is complete, it returns to zero. When a dummy conversion precedes a real conversion, ADSC will stay high until the real conversion completes.

Writing a 0 to this bit has no effect.

• **Bit 5 - ADFR: ADC Free Run Select**

When this bit is set ("1") the ADC operates in Free Running mode. In this mode, the ADC samples and updates the data registers continuously. Clearing this bit (zero) will terminate Free Running mode.

• **Bit 4 - ADIF: ADC Interrupt Flag**

This bit is set ("1") when an ADC conversion completes and the data registers are updated. The ADC Conversion Complete Interrupt is executed if the ADIE bit and the I-bit in SREG are set ("1"). ADIF is cleared by hardware when executing the corresponding interrupt handling vector. Alternatively, ADIF is cleared by writing a logical one to the flag. Beware that if doing a read-modify-write on ADCSR, a pending interrupt can be disabled. This also applies if the SBI and CBI instructions are used.

• **Bit 3 - ADIE: ADC Interrupt Enable**

When this bit is set ("1") and the I-bit in SREG is set ("1"), the ADC Conversion Complete Interrupt is activated.

• **Bits 2..0 - ADPS2..ADPS0: ADC Prescaler Select Bits**

These bits determine the division factor between the CK frequency and the input clock to the ADC.

## ATtiny15

**Table 12. ADC Prescaler Selections**

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Division Factor
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

### ADC Data Register - ADCL AND ADCH

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
\$05 (\$25)	-	-	-	-	-	-	ADC9	ADC8	ADCH
\$04 (\$24)	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0	ADCL
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R	
Initial value	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	

When an ADC conversion is complete, the result is found in these two registers. In free-run mode, it is essential that both registers are read, and that ADCL is read before ADCH.

### Scanning Multiple Channels

Since change of analog channel always is delayed until a conversion is finished, the free running mode can be used to scan multiple channels without interrupting the converter. Typically, the ADC Conversion Complete interrupt will be used to perform the channel shift. However, the user should take the following fact into consideration:

The interrupt triggers once the result is ready to be read. In free running mode, the next conversion will start immediately when the interrupt triggers. If ADMUX is changed after the interrupt triggers, the next conversion has already started, and the old setting is used.

### ADC Noise Canceling Techniques

Digital circuitry inside and outside the ATtiny15 generates EMI which might affect the accuracy of analog measurements. If conversion accuracy is critical, the noise level can be reduced by applying the following techniques:

1. The analog part of the ATtiny15 and all analog components in the application should have a separate analog ground plane on the PCB. This ground plane is connected to the digital ground plane via a single point on the PCB.
2. Keep analog signal paths as short as possible. Make sure analog tracks run over the analog ground plane, and keep them well away from high-speed switching digital tracks.
3. Use the ADC noise canceler function to reduce induced noise from the CPU.
4. If some Port B pins are used as digital outputs, it is essential that these do not switch while a conversion is in progress.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ATtiny15 Register Summary**

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
\$3F	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	
\$3E	Reserved									
\$3C	Reserved									
\$3B	GIMSK	-	INT0	PCIE	-	-	-	-	-	
\$3A	GIFR	-	INTF0	PCIF	-	-	-	-	-	
\$39	TIMSK	-	OCIE1	-	-	-	TOIE1	TOIE0	-	
\$38	TIFR	-	OCF1	-	-	-	TOV1	TOV0	-	
\$37	Reserved									
\$36	Reserved									
\$35	MCUCR	-	PUD	SE	SM1	SM0	-	ISC01	ISC00	
\$34	MCUSR	-	-	-	-	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	
\$33	TCCR0	-	-	-	-	-	CS02	CS01	CS00	
\$32	TCNT0	Timer/Counter0 (8-bit)								
\$31	OSCCAL	Oscillator Calibration bits								
\$30	TCCR1	CTC1	PWM1	COM11	COM10	CS13	CS12	CS11	CS10	
\$2F	TCNT1	Timer/Counter1 (8-bit)								
\$2E	OCR10	Output Compare Register 10 (8-bit)								
\$2D	OCR11	Output Compare Register 11 (8-bit)								
\$2C	SFIOR						FOC10	PSR1	PSR0	
\$2B	Reserved									
\$2A	Reserved									
\$29	Reserved									
\$28	Reserved									
\$27	Reserved									
\$26	Reserved									
\$25	Reserved									
\$24	Reserved									
\$23	Reserved									
\$22	Reserved									
\$21	WDTCR	-	-	-	WDTOE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	
\$20	Reserved									
\$1F	Reserved									
\$1E	EEAR	-	-	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	
\$1D	EEDR	EEPROM Data Register (8-bit)								
\$1C	EECR	-	-	-	-	EEIE	EEMWE	EERE	-	
\$1B	Reserved									
\$1A	Reserved									
\$19	Reserved									
\$18	PORTB	-	-	-	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	
\$17	DDRB	-	-	-	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	
\$16	PINB	-	-	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	
\$15	Reserved									
\$14	Reserved									
\$13	Reserved									
\$12	Reserved									
\$11	Reserved									
\$10	Reserved									
\$0F	Reserved									
\$0E	Reserved									
\$0D	Reserved									
\$0C	Reserved									
\$0B	Reserved									
\$0A	Reserved									
\$09	Reserved									
\$08	ACSR	ACD	GRES	ACO	ACI	ACIE	-	ACIS1	ACIS0	
\$07	ADMUXG	REFS1	REFS0	-	-	-	MUX2	MUX1	MUX0	
\$06	ADCSR	ADEN	ADSC	ADFR	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	
\$05	ADCH	-	-	-	-	-	-	ADC9	ADC8	
\$04	ADCL	ADC7	ADC8	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0	
\$00	Reserved									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### Atmel Headquarters

**Corporate Headquarters**  
2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131  
TEL (408) 441-0311  
FAX (408) 487-2600

### Europe

Atmel U.K., Ltd.  
Coliseum Business Centre  
Riverside Way  
Camberley, Surrey GU15 3YL  
England  
TEL (44) 1276-686-677  
FAX (44) 1276-686-697

### Asia

Atmel Asia, Ltd.  
Room 1219  
Chinachem Golden Plaza  
77 Mody Road Tsimhatsui  
East Kowloon  
Hong Kong  
TEL (852) 2721-9778  
FAX (852) 2722-1369

### Japan

Atmel Japan K.K.  
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.  
1-24-8 Shinkawa  
Chuo-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
TEL (81) 3-3523-3551  
FAX (81) 3-3523-7581

### Atmel Operations

**Atmel Colorado Springs**  
1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906  
TEL (719) 576-3300  
FAX (719) 540-1759

### Atmel Rousset

Zone Industrielle  
13106 Rousset Cedex  
France  
TEL (33) 4-4253-6000  
FAX (33) 4-4253-6001

### Fax-on-Demand

North America:  
1-(800) 292-8635  
International:  
1-(408) 441-0732

**e-mail**  
literature@atmel.com

**Web Site**  
<http://www.atmel.com>

**BBS**  
1-(408) 436-4309

### © Atmel Corporation 1999.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

1187A-08/99/XM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRELIMINARY



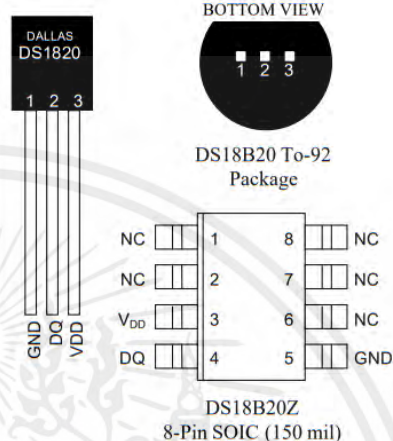
## DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer

[www.dalsemi.com](http://www.dalsemi.com)

### FEATURES

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$ . Fahrenheit equivalent is  $-67^{\circ}\text{F}$  to  $+257^{\circ}\text{F}$
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  accuracy from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

### PIN ASSIGNMENT



### PIN DESCRIPTION

GND	- Ground
DQ	- Data In/Out
V <sub>DD</sub>	- Power Supply Voltage
NC	- No Connect

### DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS18B20. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS18B20 contains a unique silicon serial number, multiple DS18B20s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control.

1 of 27

050400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DETAILED PIN DESCRIPTION** Table 1

PIN 8PIN SOIC	PIN TO92	SYMBOL	DESCRIPTION
5	1	GND	Ground.
4	2	DQ	<b>Data Input/Output pin.</b> For 1-Wire operation: Open drain. (See "Parasite Power" section.)
3	3	V <sub>DD</sub>	<b>Optional V<sub>DD</sub> pin.</b> See "Parasite Power" section for details of connection. V <sub>DD</sub> must be grounded for operation in parasite power mode.

DS18B20Z (8-pin SOIC): All pins not specified in this table are not to be connected.

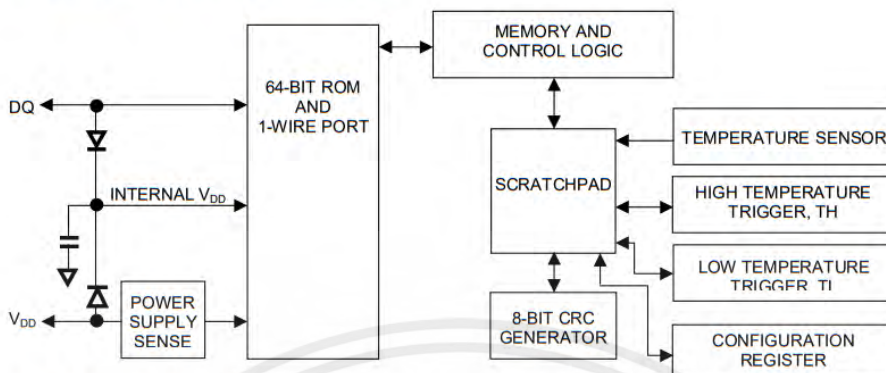
## OVERVIEW

The block diagram of Figure 1 shows the major components of the DS18B20. The DS18B20 has four main data components: 1) 64-bit lasered ROM, 2) temperature sensor, 3) nonvolatile temperature alarm triggers TH and TL, and 4) a configuration register. The device derives its power from the 1-Wire communication line by storing energy on an internal capacitor during periods of time when the signal line is high and continues to operate off this power source during the low times of the 1-Wire line until it returns high to replenish the parasite (capacitor) supply. As an alternative, the DS18B20 may also be powered from an external 3 volt - 5.5 volt supply.

Communication to the DS18B20 is via a 1-Wire port. With the 1-Wire port, the memory and control functions will not be available before the ROM function protocol has been established. The master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. These commands operate on the 64-bit lasered ROM portion of each device and can single out a specific device if many are present on the 1-Wire line as well as indicate to the bus master how many and what types of devices are present. After a ROM function sequence has been successfully executed, the memory and control functions are accessible and the master may then provide any one of the six memory and control function commands.

One control function command instructs the DS18B20 to perform a temperature measurement. The result of this measurement will be placed in the DS18B20's scratch-pad memory, and may be read by issuing a memory function command which reads the contents of the scratchpad memory. The temperature alarm triggers TH and TL consist of 1 byte EEPROM each. If the alarm search command is not applied to the DS18B20, these registers may be used as general purpose user memory. The scratchpad also contains a configuration byte to set the desired resolution of the temperature to digital conversion. Writing TH, TL, and the configuration byte is done using a memory function command. Read access to these registers is through the scratchpad. All data is read and written least significant bit first.

DS18B20 BLOCK DIAGRAM Figure 1



### PARASITE POWER

The block diagram (Figure 1) shows the parasite-powered circuitry. This circuitry “steals” power whenever the DQ or V<sub>DD</sub> pins are high. DQ will provide sufficient power as long as the specified timing and voltage requirements are met (see the section titled “1-Wire Bus System”). The advantages of parasite power are twofold: 1) by parasiting off this pin, no local power source is needed for remote sensing of temperature, and 2) the ROM may be read in absence of normal power.

In order for the DS18B20 to be able to perform accurate temperature conversions, sufficient power must be provided over the DQ line when a temperature conversion is taking place. Since the operating current of the DS18B20 is up to 1.5 mA, the DQ line will not have sufficient drive due to the 5k pullup resistor. This problem is particularly acute if several DS18B20s are on the same DQ and attempting to convert simultaneously.

There are two ways to assure that the DS18B20 has sufficient supply current during its active conversion cycle. The first is to provide a strong pullup on the DQ line whenever temperature conversions or copies to the E<sup>2</sup> memory are taking place. This may be accomplished by using a MOSFET to pull the DQ line directly to the power supply as shown in Figure 2. The DQ line must be switched over to the strong pullup within 10 μs maximum after issuing any protocol that involves copying to the E<sup>2</sup> memory or initiates temperature conversions. When using the parasite power mode, the V<sub>DD</sub> pin must be tied to ground.

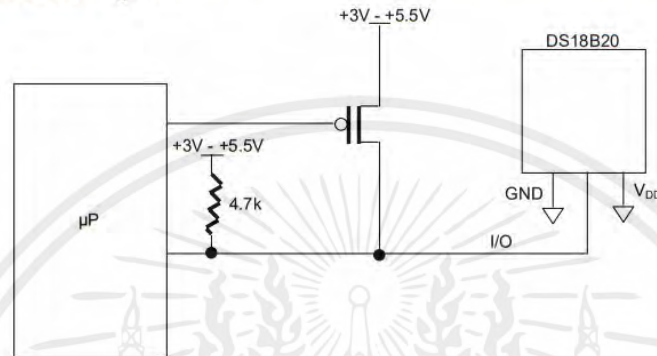
Another method of supplying current to the DS18B20 is through the use of an external power supply tied to the V<sub>DD</sub> pin, as shown in Figure 3. The advantage to this is that the strong pullup is not required on the DQ line, and the bus master need not be tied up holding that line high during temperature conversions. This allows other data traffic on the 1-Wire bus during the conversion time. In addition, any number of DS18B20s may be placed on the 1-Wire bus, and if they all use external power, they may all simultaneously perform temperature conversions by issuing the Skip ROM command and then issuing the Convert T command. Note that as long as the external power supply is active, the GND pin may not be floating.

The use of parasite power is not recommended above 100°C, since it may not be able to sustain communications given the higher leakage currents the DS18B20 exhibits at these temperatures. For applications in which such temperatures are likely, it is strongly recommended that V<sub>DD</sub> be applied to the DS18B20.

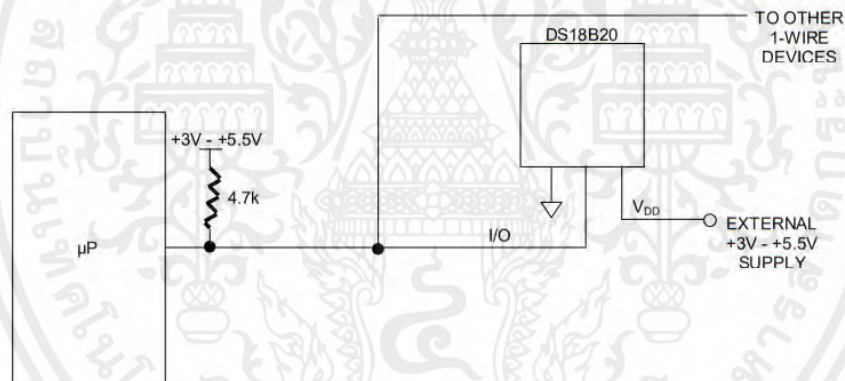
## DS18B20

For situations where the bus master does not know whether the DS18B20s on the bus are parasite powered or supplied with external  $V_{DD}$ , a provision is made in the DS18B20 to signal the power supply scheme used. The bus master can determine if any DS18B20s are on the bus which require the strong pullup by sending a Skip ROM protocol, then issuing the read power supply command. After this command is issued, the master then issues read time slots. The DS18B20 will send back "0" on the 1-Wire bus if it is parasite powered; it will send back a "1" if it is powered from the  $V_{DD}$  pin. If the master receives a "0," it knows that it must supply the strong pullup on the DQ line during temperature conversions. See "Memory Command Functions" section for more detail on this command protocol.

### STRONG PULLUP FOR SUPPLYING DS18B20 DURING TEMPERATURE CONVERSION Figure 2



### USING $V_{DD}$ TO SUPPLY TEMPERATURE CONVERSION CURRENT Figure 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### OPERATION - MEASURING TEMPERATURE

The core functionality of the DS18B20 is its direct-to-digital temperature sensor. The resolution of the DS18B20 is configurable (9, 10, 11, or 12 bits), with 12-bit readings the factory default state. This equates to a temperature resolution of 0.5°C, 0.25°C, 0.125°C, or 0.0625°C. Following the issuance of the Convert T [44h] command, a temperature conversion is performed and the thermal data is stored in the scratchpad memory in a 16-bit, sign-extended two's complement format. The temperature information can be retrieved over the 1-Wire interface by issuing a Read Scratchpad [BEh] command once the conversion has been performed. The data is transferred over the 1-Wire bus, LSB first. The MSB of the temperature register contains the "sign" (S) bit, denoting whether the temperature is positive or negative.

Table 2 describes the exact relationship of output data to measured temperature. The table assumes 12-bit resolution. If the DS18B20 is configured for a lower resolution, insignificant bits will contain zeros. For Fahrenheit usage, a lookup table or conversion routine must be used.

Temperature/Data Relationships Table 2

2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>-1</sup>	2 <sup>-2</sup>	2 <sup>-3</sup>	2 <sup>-4</sup>	LSB
MSb				(unit = °C)				LSb
S	S	S	S	S	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	MSB

TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+125°C	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85°C	0000 0101 0101 0000	0550h*
+25.0625°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625°C	1111 1110 0110 1111	FF6Fh
-55°C	1111 1100 1001 0000	FC90h

\*The power on reset register value is +85°C.

### OPERATION - ALARM SIGNALING

After the DS18B20 has performed a temperature conversion, the temperature value is compared to the trigger values stored in TH and TL. Since these registers are 8-bit only, bits 9-12 are ignored for comparison. The most significant bit of TH or TL directly corresponds to the sign bit of the 16-bit temperature register. If the result of a temperature measurement is higher than TH or lower than TL, an alarm flag inside the device is set. This flag is updated with every temperature measurement. As long as the alarm flag is set, the DS18B20 will respond to the alarm search command. This allows many DS18B20s to be connected in parallel doing simultaneous temperature measurements. If somewhere the temperature exceeds the limits, the alarming device(s) can be identified and read immediately without having to read non-alarming devices.

**64-BIT LASERED ROM**

Each DS18B20 contains a unique ROM code that is 64-bits long. The first 8 bits are a 1-Wire family code (DS18B20 code is 28h). The next 48 bits are a unique serial number. The last 8 bits are a CRC of the first 56 bits. (See Figure 4.) The 64-bit ROM and ROM Function Control section allow the DS18B20 to operate as a 1-Wire device and follow the 1-Wire protocol detailed in the section "1-Wire Bus System." The functions required to control sections of the DS18B20 are not accessible until the ROM function protocol has been satisfied. This protocol is described in the ROM function protocol flowchart (Figure 5). The 1-Wire bus master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. After a ROM function sequence has been successfully executed, the functions specific to the DS18B20 are accessible and the bus master may then provide one of the six memory and control function commands.

**CRC GENERATION**

The DS18B20 has an 8-bit CRC stored in the most significant byte of the 64-bit ROM. The bus master can compute a CRC value from the first 56-bits of the 64-bit ROM and compare it to the value stored within the DS18B20 to determine if the ROM data has been received error-free by the bus master. The equivalent polynomial function of this CRC is:

$$\text{CRC} = X^8 + X^5 + X^4 + 1$$

The DS18B20 also generates an 8-bit CRC value using the same polynomial function shown above and provides this value to the bus master to validate the transfer of data bytes. In each case where a CRC is used for data transfer validation, the bus master must calculate a CRC value using the polynomial function given above and compare the calculated value to either the 8-bit CRC value stored in the 64-bit ROM portion of the DS18B20 (for ROM reads) or the 8-bit CRC value computed within the DS18B20 (which is read as a ninth byte when the scratchpad is read). The comparison of CRC values and decision to continue with an operation are determined entirely by the bus master. There is no circuitry inside the DS18B20 that prevents a command sequence from proceeding if the CRC stored in or calculated by the DS18B20 does not match the value generated by the bus master.

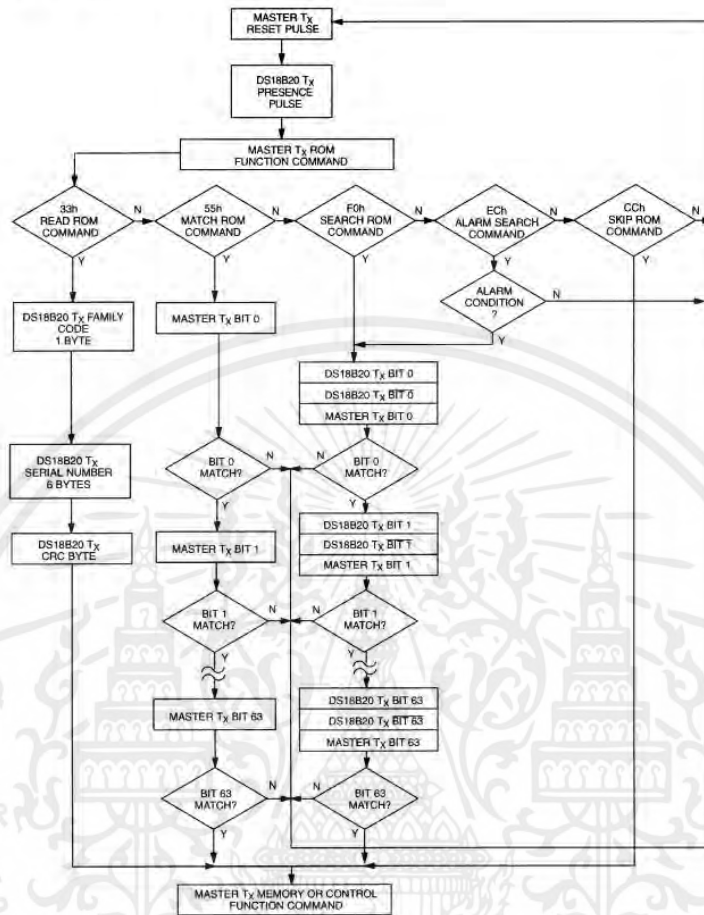
The 1-Wire CRC can be generated using a polynomial generator consisting of a shift register and XOR gates as shown in Figure 6. Additional information about the Dallas 1-Wire Cyclic Redundancy Check is available in Application Note 27 entitled "Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor Touch Memory Products."

The shift register bits are initialized to 0. Then starting with the least significant bit of the family code, 1 bit at a time is shifted in. After the 8th bit of the family code has been entered, then the serial number is entered. After the 48<sup>th</sup> bit of the serial number has been entered, the shift register contains the CRC value. Shifting in the 8 bits of CRC should return the shift register to all 0s.

**64-BIT LASERED ROM Figure 4**

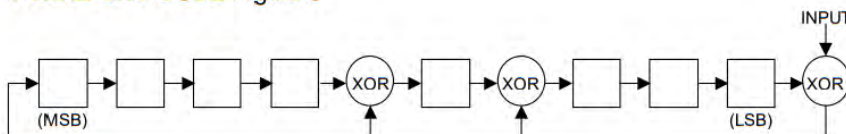
8-BIT CRC CODE		48-BIT SERIAL NUMBER				8-BIT FAMILY CODE (28h)	
MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB

ROM FUNCTIONS FLOW CHART Figure 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1-WIRE CRC CODE Figure 6



**MEMORY**

The DS18B20's memory is organized as shown in Figure 8. The memory consists of a scratchpad RAM and a nonvolatile, electrically erasable (E<sup>2</sup>) RAM, which stores the high and low temperature triggers TH and TL, and the configuration register. The scratchpad helps insure data integrity when communicating over the 1-Wire bus. Data is first written to the scratchpad using the Write Scratchpad [4Eh] command. It can then be verified by using the Read Scratchpad [BEh] command. After the data has been verified, a Copy Scratchpad [48h] command will transfer the data to the nonvolatile (E<sup>2</sup>) RAM. This process insures data integrity when modifying memory. The DS18B20 EEPROM is rated for a minimum of 50,000 writes and 10 years data retention at T = +55°C.

The scratchpad is organized as eight bytes of memory. The first 2 bytes contain the LSB and the MSB of the measured temperature information, respectively. The third and fourth bytes are volatile copies of TH and TL and are refreshed with every power-on reset. The fifth byte is a volatile copy of the configuration register and is refreshed with every power-on reset. The configuration register will be explained in more detail later in this section of the datasheet. The sixth, seventh, and eighth bytes are used for internal computations, and thus will not read out any predictable pattern.

It is imperative that one writes TH, TL, and config in succession; i.e. a write is not valid if one writes only to TH and TL, for example, and then issues a reset. If any of these bytes must be written, all three must be written before a reset is issued.

There is a ninth byte which may be read with a Read Scratchpad [BEh] command. This byte contains a cyclic redundancy check (CRC) byte which is the CRC over all of the eight previous bytes. This CRC is implemented in the fashion described in the section titled "CRC Generation".

**Configuration Register**

The fifth byte of the scratchpad memory is the configuration register.

It contains information which will be used by the device to determine the resolution of the temperature to digital conversion. The bits are organized as shown in Figure 7.

DS18B20 CONFIGURATION REGISTER Figure 7



Bits 0-4 are don't cares on a write but will always read out "1".  
 Bit 7 is a don't care on a write but will always read out "0".

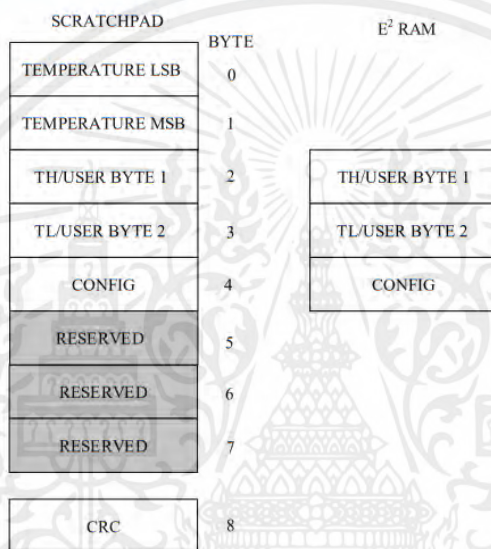
DS18B20

**R0, R1:** Thermometer resolution bits. Table 3 below defines the resolution of the digital thermometer, based on the settings of these 2 bits. There is a direct tradeoff between resolution and conversion time, as depicted in the AC Electrical Characteristics. The factory default of these EEPROM bits is R0=1 and R1=1 (12-bit conversions).

**Thermometer Resolution Configuration Table 3**

R1	R0	Thermometer Resolution	Max Conversion Time
0	0	9 bit	93.75 ms ( $t_{conv}/8$ )
0	1	10 bit	187.5 ms ( $t_{conv}/4$ )
1	0	11 bit	375 ms ( $t_{conv}/2$ )
1	1	12 bit	750 ms ( $t_{conv}$ )

**DS18B20 MEMORY MAP Figure 8**



9 of 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

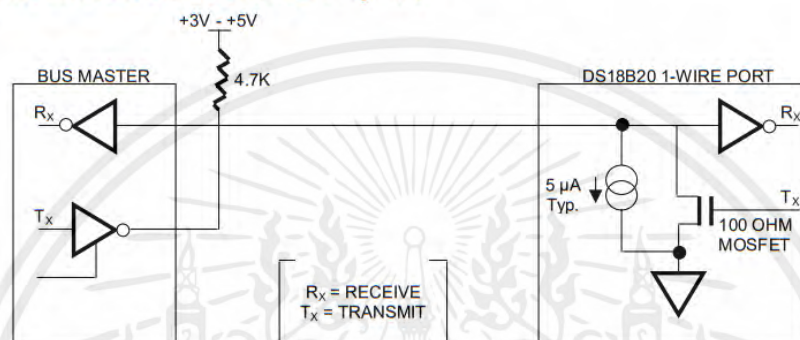
### 1-WIRE BUS SYSTEM

The 1-Wire bus is a system which has a single bus master and one or more slaves. The DS18B20 behaves as a slave. The discussion of this bus system is broken down into three topics: hardware configuration, transaction sequence, and 1-Wire signaling (signal types and timing).

#### HARDWARE CONFIGURATION

The 1-Wire bus has only a single line by definition; it is important that each device on the bus be able to drive it at the appropriate time. To facilitate this, each device attached to the 1-Wire bus must have open drain or 3-state outputs. The 1-Wire port of the DS18B20 (DQ pin) is open drain with an internal circuit equivalent to that shown in Figure 9. A multidrop bus consists of a 1-Wire bus with multiple slaves attached. The 1-Wire bus requires a pullup resistor of approximately 5 k $\Omega$ .

#### HARDWARE CONFIGURATION Figure 9



The idle state for the 1-Wire bus is high. If for any reason a transaction needs to be suspended, the bus **MUST** be left in the idle state if the transaction is to resume. Infinite recovery time can occur between bits so long as the 1-Wire bus is in the inactive (high) state during the recovery period. If this does not occur and the bus is left low for more than 480  $\mu$ s, all components on the bus will be reset.

#### TRANSACTION SEQUENCE

The protocol for accessing the DS18B20 via the 1-Wire port is as follows:

- Initialization
- ROM Function Command
- Memory Function Command
- Transaction/Data

## INITIALIZATION

All transactions on the 1-Wire bus begin with an initialization sequence. The initialization sequence consists of a reset pulse transmitted by the bus master followed by presence pulse(s) transmitted by the slave(s).

The presence pulse lets the bus master know that the DS18B20 is on the bus and is ready to operate. For more details, see the “1-Wire Signaling” section.

## ROM FUNCTION COMMANDS

Once the bus master has detected a presence, it can issue one of the five ROM function commands. All ROM function commands are 8 bits long. A list of these commands follows (refer to flowchart in Figure 5):

### Read ROM [33h]

This command allows the bus master to read the DS18B20's 8-bit family code, unique 48-bit serial number, and 8-bit CRC. This command can only be used if there is a single DS18B20 on the bus. If more than one slave is present on the bus, a data collision will occur when all slaves try to transmit at the same time (open drain will produce a wired AND result).

### Match ROM [55h]

The match ROM command, followed by a 64-bit ROM sequence, allows the bus master to address a specific DS18B20 on a multidrop bus. Only the DS18B20 that exactly matches the 64-bit ROM sequence will respond to the following memory function command. All slaves that do not match the 64-bit ROM sequence will wait for a reset pulse. This command can be used with a single or multiple devices on the bus.

### Skip ROM [CCh]

This command can save time in a single drop bus system by allowing the bus master to access the memory functions without providing the 64-bit ROM code. If more than one slave is present on the bus and a Read command is issued following the Skip ROM command, data collision will occur on the bus as multiple slaves transmit simultaneously (open drain pulldowns will produce a wired AND result).

### Search ROM [F0h]

When a system is initially brought up, the bus master might not know the number of devices on the 1-Wire bus or their 64-bit ROM codes. The search ROM command allows the bus master to use a process of elimination to identify the 64-bit ROM codes of all slave devices on the bus.

### Alarm Search [ECh]

The flowchart of this command is identical to the Search ROM command. However, the DS18B20 will respond to this command only if an alarm condition has been encountered at the last temperature measurement. An alarm condition is defined as a temperature higher than TH or lower than TL. The alarm condition remains set as long as the DS18B20 is powered up, or until another temperature measurement reveals a non-alarming value. For alarming, the trigger values stored in EEPROM are taken into account. If an alarm condition exists and the TH or TL settings are changed, another temperature conversion should be done to validate any alarm conditions.

### Example of a ROM Search

The ROM search process is the repetition of a simple three-step routine: read a bit, read the complement of the bit, then write the desired value of that bit. The bus master performs this simple, three-step routine on each bit of the ROM. After one complete pass, the bus master knows the contents of the ROM in one device. The remaining number of devices and their ROM codes may be identified by additional passes.

The following example of the ROM search process assumes four different devices are connected to the same 1-Wire bus. The ROM data of the four devices is as shown:

ROM1	00110101...
ROM2	10101010...
ROM3	11110101...
ROM4	00010001...

The search process is as follows:

1. The bus master begins the initialization sequence by issuing a reset pulse. The slave devices respond by issuing simultaneous presence pulses.
2. The bus master will then issue the Search ROM command on the 1-Wire bus.
3. The bus master reads a bit from the 1-Wire bus. Each device will respond by placing the value of the first bit of their respective ROM data onto the 1-Wire bus. ROM1 and ROM4 will place a 0 onto the 1-Wire bus, i.e., pull it low. ROM2 and ROM3 will place a 1 onto the 1-Wire bus by allowing the line to stay high. The result is the logical AND of all devices on the line, therefore the bus master sees a 0. The bus master reads another bit. Since the Search ROM data command is being executed, all of the devices on the 1-Wire bus respond to this second read by placing the complement of the first bit of their respective ROM data onto the 1-Wire bus. ROM1 and ROM4 will place a 1 onto the 1-Wire, allowing the line to stay high. ROM2 and ROM3 will place a 0 onto the 1-Wire, thus it will be pulled low. The bus master again observes a 0 for the complement of the first ROM data bit. The bus master has determined that there are some devices on the 1-Wire bus that have a 0 in the first position and others that have a 1.

The data obtained from the two reads of the three-step routine have the following interpretations:

- |    |  |
|----|--|
| 00 | There are still devices attached which have conflicting bits in this position. |
| 01 | All devices still coupled have a 0-bit in this bit position.                   |
| 10 | All devices still coupled have a 1-bit in this bit position.                   |
| 11 | There are no devices attached to the 1-Wire bus.                               |
4. The bus master writes a 0. This deselects ROM2 and ROM3 for the remainder of this search pass, leaving only ROM1 and ROM4 connected to the 1-Wire bus.
  5. The bus master performs two more reads and receives a 0-bit followed by a 1-bit. This indicates that all devices still coupled to the bus have 0s as their second ROM data bit.
  6. The bus master then writes a 0 to keep both ROM1 and ROM4 coupled.
  7. The bus master executes two reads and receives two 0-bits. This indicates that both 1-bits and 0-bits exist as the 3rd bit of the ROM data of the attached devices.

DS18B20

8. The bus master writes a 0-bit. This deselects ROM1, leaving ROM4 as the only device still connected.
9. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM4 and continues to access the part if desired. This completes the first pass and uniquely identifies one part on the 1-Wire bus.
10. The bus master starts a new ROM search sequence by repeating steps 1 through 7.
11. The bus master writes a 1-bit. This decouples ROM4, leaving only ROM1 still coupled.
12. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM1 and communicates to the underlying logic if desired. This completes the second ROM search pass, in which another of the ROMs was found.
13. The bus master starts a new ROM search by repeating steps 1 through 3.
14. The bus master writes a 1-bit. This deselects ROM1 and ROM4 for the remainder of this search pass, leaving only ROM2 and ROM3 coupled to the system.
15. The bus master executes two Read time slots and receives two 0s.
16. The bus master writes a 0-bit. This decouples ROM3 leaving only ROM2.
17. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM2 and communicates to the underlying logic if desired. This completes the third ROM search pass, in which another of the ROMs was found.
18. The bus master starts a new ROM search by repeating steps 13 through 15.
19. The bus master writes a 1-bit. This decouples ROM2, leaving only ROM3.
20. The bus master reads the remainder of the ROM bits for ROM3 and communicates to the underlying logic if desired. This completes the fourth ROM search pass, in which another of the ROMs was found.

**NOTE:**

The bus master learns the unique ID number (ROM data pattern) of one 1-Wire device on each ROM Search operation. The time required to derive the part's unique ROM code is:

$$960 \mu\text{s} + (8 + 3 \times 64) 61 \mu\text{s} = 13.16 \text{ ms}$$

The bus master is therefore capable of identifying 75 different 1-Wire devices per second.

**I/O SIGNALING**

The DS18B20 requires strict protocols to insure data integrity. The protocol consists of several types of signaling on one line: reset pulse, presence pulse, write 0, write 1, read 0, and read 1. All of these signals, with the exception of the presence pulse, are initiated by the bus master.

## DS18B20

The initialization sequence required to begin any communication with the DS18B20 is shown in Figure 11. A reset pulse followed by a presence pulse indicates the DS18B20 is ready to send or receive data given the correct ROM command and memory function command.

The bus master transmits (TX) a reset pulse (a low signal for a minimum of 480  $\mu$ s). The bus master then releases the line and goes into a receive mode (RX). The 1-Wire bus is pulled to a high state via the 5k pullup resistor. After detecting the rising edge on the DQ pin, the DS18B20 waits 15-60  $\mu$ s and then transmits the presence pulse (a low signal for 60-240  $\mu$ s).

### MEMORY COMMAND FUNCTIONS

The following command protocols are summarized in Table 4, and by the flowchart of Figure 10.

#### Write Scratchpad [4Eh]

This command writes to the scratchpad of the DS18B20, starting at the TH register. The next 3 bytes written will be saved in scratchpad memory at address locations 2 through 4. All 3 bytes must be written before a reset is issued.

#### Read Scratchpad [BEh]

This command reads the contents of the scratchpad. Reading will commence at byte 0 and will continue through the scratchpad until the ninth (byte 8, CRC) byte is read. If not all locations are to be read, the master may issue a reset to terminate reading at any time.

#### Copy Scratchpad [48h]

This command copies the scratchpad into the E<sup>2</sup> memory of the DS18B20, storing the temperature trigger bytes in nonvolatile memory. If the bus master issues read time slots following this command, the DS18B20 will output 0 on the bus as long as it is busy copying the scratchpad to E<sup>2</sup>; it will return a 1 when the copy process is complete. If parasite-powered, the bus master has to enable a strong pullup for at least 10 ms immediately after issuing this command. The DS18B20 EEPROM is rated for a minimum of 50,000 writes and 10 years data retention at T=+55°C.

#### Convert T [44h]

This command begins a temperature conversion. No further data is required. The temperature conversion will be performed and then the DS18B20 will remain idle. If the bus master issues read time slots following this command, the DS18B20 will output 0 on the bus as long as it is busy making a temperature conversion; it will return a 1 when the temperature conversion is complete. If parasite-powered, the bus master has to enable a strong pullup for a period greater than t<sub>conv</sub> immediately after issuing this command.

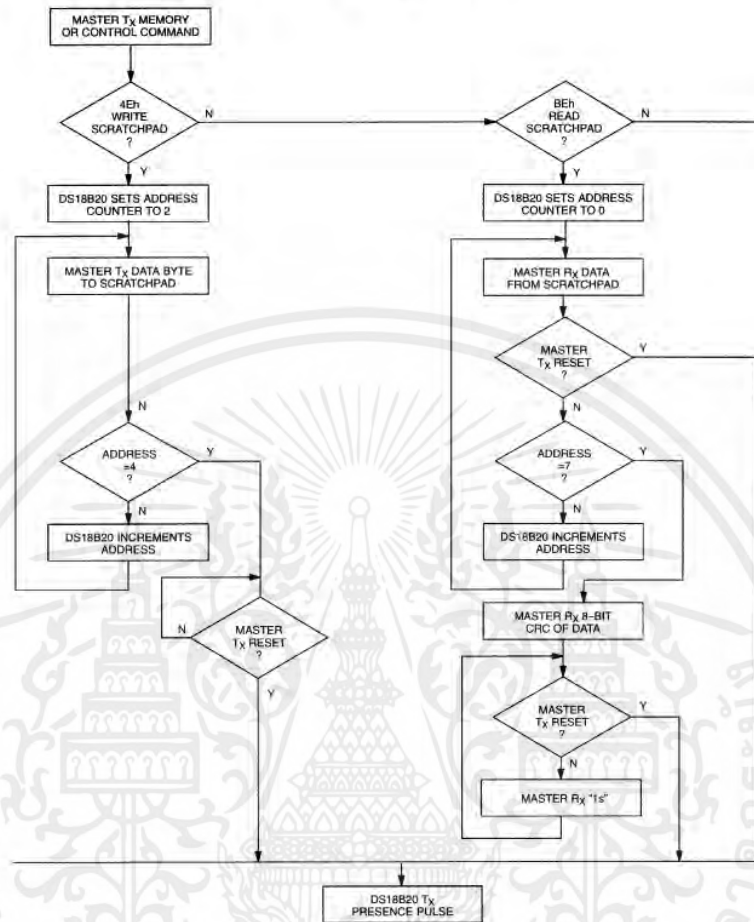
#### Recall E2 [B8h]

This command recalls the temperature trigger values and configuration register stored in E<sup>2</sup> to the scratchpad. This recall operation happens automatically upon power-up to the DS18B20 as well, so valid data is available in the scratchpad as soon as the device has power applied. With every read data time slot issued after this command has been sent, the device will output its temperature converter busy flag: 0=busy, 1=ready.

#### Read Power Supply [B4h]

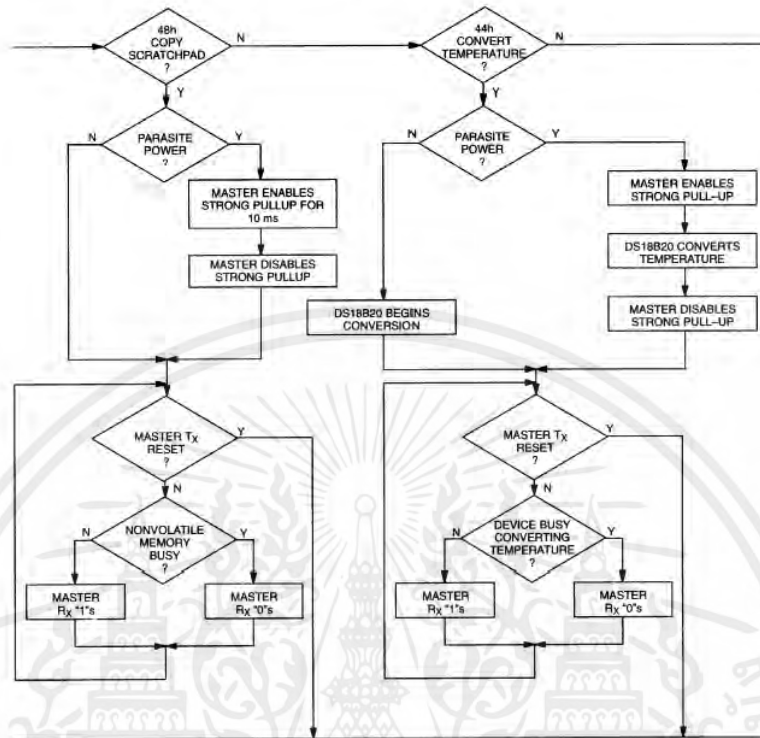
With every read data time slot issued after this command has been sent to the DS18B20, the device will signal its power mode: 0=parasite power, 1=external power supply provided.

MEMORY FUNCTIONS FLOW CHART Figure 10



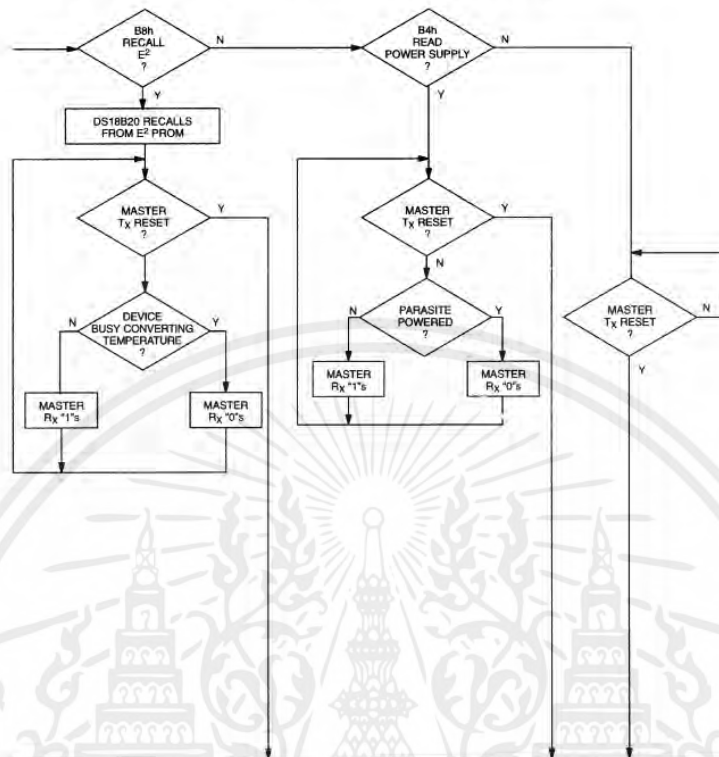
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY FUNCTIONS FLOW CHART Figure 10 (cont'd)

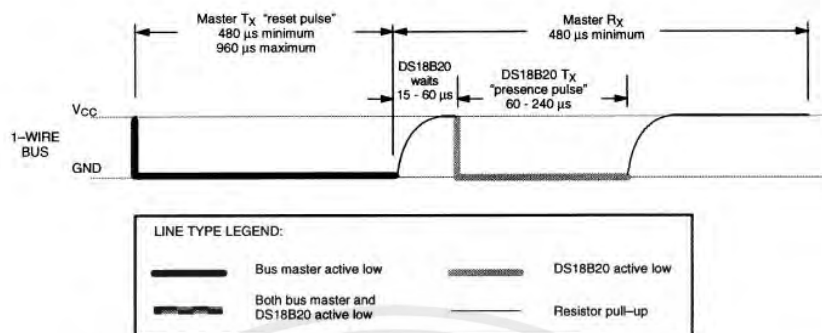


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY FUNCTIONS FLOW CHART Figure 10 (cont'd)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**INITIALIZATION PROCEDURE “RESET AND PRESENCE PULSES”** Figure 11**DS18B20 COMMAND SET** Table 4

INSTRUCTION	DESCRIPTION	PROTOCOL	1-WIRE BUS AFTER ISSUING PROTOCOL	NOTES
<b>TEMPERATURE CONVERSION COMMANDS</b>				
Convert T	Initiates temperature conversion.	44h	<read temperature busy status>	1
<b>MEMORY COMMANDS</b>				
Read Scratchpad	Reads bytes from scratchpad and reads CRC byte.	BEh	<read data up to 9 bytes>	
Write Scratchpad	Writes bytes into scratchpad at addresses 2 through 4 (TH and TL temperature triggers and config).	4Eh	<write data into 3 bytes at addr. 2 through. 4>	3
Copy Scratchpad	Copies scratchpad into nonvolatile memory (addresses 2 through 4 only).	48h	<read copy status>	2
Recall E <sup>2</sup>	Recalls values stored in nonvolatile memory into scratchpad (temperature triggers).	B8h	<read temperature busy status>	
Read Power Supply	Signals the mode of DS18B20 power supply to the master.	B4h	<read supply status>	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**NOTES:**

1. Temperature conversion takes up to 750 ms. After receiving the Convert T protocol, if the part does not receive power from the  $V_{DD}$  pin, the DQ line for the DS18B20 must be held high for at least a period greater than  $t_{conv}$  to provide power during the conversion process. As such, no other activity may take place on the 1-Wire bus for at least this period after a Convert T command has been issued.
2. After receiving the Copy Scratchpad protocol, if the part does not receive power from the  $V_{DD}$  pin, the DQ line for the DS18B20 must be held high for at least 10 ms to provide power during the copy process. As such, no other activity may take place on the 1-Wire bus for at least this period after a Copy Scratchpad command has been issued.
3. All 3 bytes must be written before a reset is issued.

**READ/WRITE TIME SLOTS**

DS18B20 data is read and written through the use of time slots to manipulate bits and a command word to specify the transaction.

**Write Time Slots**

A write time slot is initiated when the host pulls the data line from a high logic level to a low logic level. There are two types of write time slots: Write 1 time slots and Write 0 time slots. All write time slots must be a minimum of 60  $\mu$ s in duration with a minimum of a 1- $\mu$ s recovery time between individual write cycles.

The DS18B20 samples the DQ line in a window of 15  $\mu$ s to 60  $\mu$ s after the DQ line falls. If the line is high, a Write 1 occurs. If the line is low, a Write 0 occurs (see Figure 12).

For the host to generate a Write 1 time slot, the data line must be pulled to a logic low level and then released, allowing the data line to pull up to a high level within 15  $\mu$ s after the start of the write time slot.

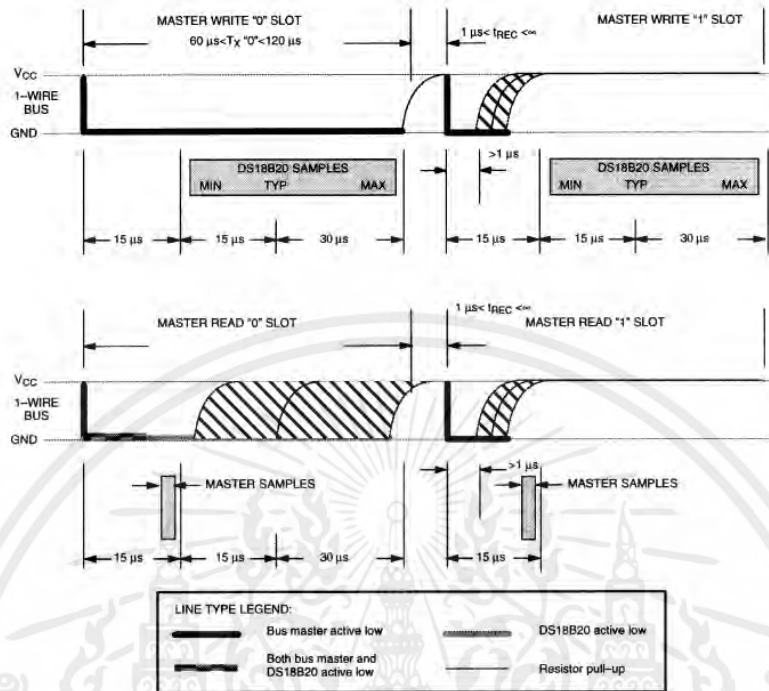
For the host to generate a Write 0 time slot, the data line must be pulled to a logic low level and remain low for 60  $\mu$ s.

**Read Time Slots**

The host generates read time slots when data is to be read from the DS18B20. A read time slot is initiated when the host pulls the data line from a logic high level to logic low level. The data line must remain at a low logic level for a minimum of 1  $\mu$ s; output data from the DS18B20 is valid for 15  $\mu$ s after the falling edge of the read time slot. The host therefore must stop driving the DQ pin low in order to read its state 15  $\mu$ s from the start of the read slot (see Figure 12). By the end of the read time slot, the DQ pin will pull back high via the external pullup resistor. All read time slots must be a minimum of 60  $\mu$ s in duration with a minimum of a 1- $\mu$ s recovery time between individual read slots.

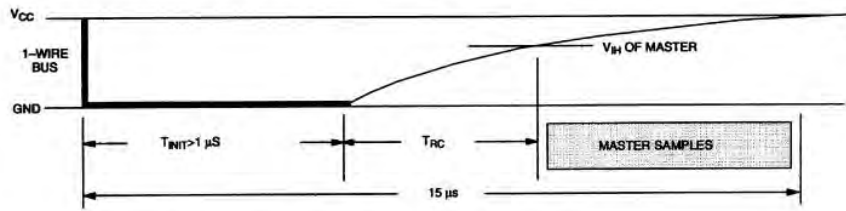
Figure 12 shows that the sum of  $T_{INIT}$ ,  $T_{RC}$ , and  $T_{SAMPLE}$  must be less than 15  $\mu$ s. Figure 14 shows that system timing margin is maximized by keeping  $T_{INIT}$  and  $T_{RC}$  as small as possible and by locating the master sample time towards the end of the 15- $\mu$ s period.

READ/WRITE TIMING DIAGRAM Figure 12

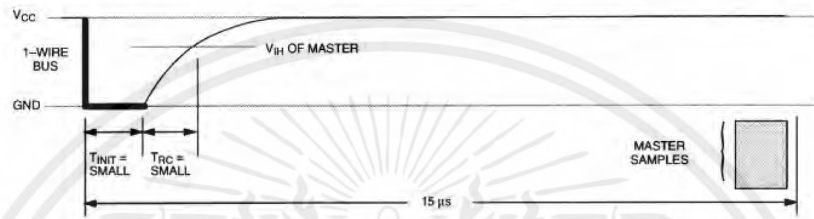


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DETAILED MASTER READ 1 TIMING Figure 13



RECOMMENDED MASTER READ 1 TIMING Figure 14



LINE TYPE LEGEND:	
	Bus master active low
	DS18B20 active low
	Both bus master and DS18B20 active low
	Resistor pull-up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Related Application Notes**

The following Application Notes can be applied to the DS18B20. These notes can be obtained from the Dallas Semiconductor "Application Note Book," via our website at <http://www.dalsemi.com/>.

Application Note 27: "Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor Touch Memory Product"

Application Note 55: "Extending the Contact Range of Touch Memories"

Application Note 74: "Reading and Writing Touch Memories via Serial Interfaces"

Application Note 104: "Minimalist Temperature Control Demo"

Application Note 106: "Complex MicroLANs"

Application Note 108: "MicroLAN - In the Long Run"

Sample 1-Wire subroutines that can be used in conjunction with AN74 can be downloaded from the website or our Anonymous FTP Site.

**MEMORY FUNCTION EXAMPLE Table 5**

Example: Bus Master initiates temperature conversion, then reads temperature (parasite power assumed).

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	Reset	Reset pulse (480-960 $\mu$ s).
RX	Presence	Presence pulse.
TX	55h	Issue "Match ROM" command.
TX	<64-bit ROM code>	Issue address for DS18B20.
TX	44h	Issue "Convert T" command.
TX	<I/O LINE HIGH>	I/O line is held high for at least a period of time greater than $t_{conv}$ by bus master to allow conversion to complete.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	55h	Issue "Match ROM" command.
TX	<64-bit ROM code>	Issue address for DS18B20.
TX	BEh	Issue "Read Scratchpad" command.
RX	<9 data bytes>	Read entire scratchpad plus CRC; the master now recalculates the CRC of the eight data bytes received from the scratchpad, compares the CRC calculated and the CRC read. If they match, the master continues; if not, this read operation is repeated.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse, done.

DS18B20

**MEMORY FUNCTION EXAMPLE Table 6**

Example: Bus Master writes memory (parasite power and only one DS18B20 assumed).

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	4Eh	Write Scratchpad command.
TX	<3 data bytes>	Writes three bytes to scratchpad (TH, TL, and config).
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	BEh	Read Scratchpad command.
RX	<9 data bytes>	Read entire scratchpad plus CRC. The master now recalculates the CRC of the eight data bytes received from the scratchpad, compares the CRC and the two other bytes read back from the scratchpad. If data match, the master continues; if not, repeat the sequence.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse.
TX	CCh	Skip ROM command.
TX	48h	Copy Scratchpad command; after issuing this command, the master must wait 10 ms for copy operation to complete.
TX	Reset	Reset pulse.
RX	Presence	Presence pulse, done.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS\***

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.5V to +6.0V
Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-55°C to +125°C
Soldering Temperature	See J-STD-020A specification

\* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

**RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS**

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	Local Power	3.0		5.5	V	1
Data Pin	DQ		-0.3		+5.5	V	1
Logic 1	V <sub>IH</sub>		2.2		V <sub>CC</sub> +0.3	V	1,2
Logic 0	V <sub>IL</sub>		-0.3		+0.8	V	1,3,7

**DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (-55°C to +125°C; V<sub>DD</sub>=3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Thermometer Error	t <sub>ERR</sub>	-10°C to +85°C			±½	°C	
		-55°C to +125°C			±2		
Input Logic High	V <sub>IH</sub>	Local Power	2.2		5.5	V	1,2
		Parasite Power	3.0			V	1,2
Input Logic Low	V <sub>IL</sub>		-0.3		+0.8	V	1,3,7
Sink Current	I <sub>L</sub>	V <sub>IO</sub> =0.4V	-4.0			mA	1
Standby Current	I <sub>DDS</sub>			750	1000	nA	6,8
Active Current	I <sub>DD</sub>			1	1.5	mA	4
DQ-Input Load Current	I <sub>DQ</sub>			5		µA	5

**AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS: NV MEMORY**(-55°C to +125°C; V<sub>DD</sub>=3.0V to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
NV Write Cycle Time	t <sub>wr</sub>			2	10	ms	
EEPROM Writes	N <sub>EEWR</sub>	-55°C to +55°C	50k			writes	
EEPROM Data Retention	t <sub>EEDR</sub>	-55°C to +55°C	10			years	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

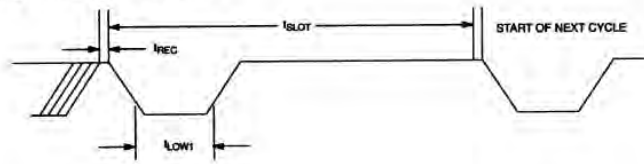
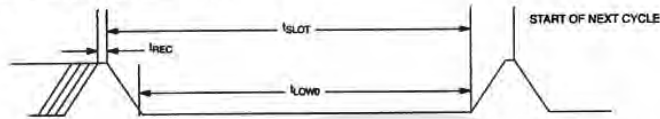
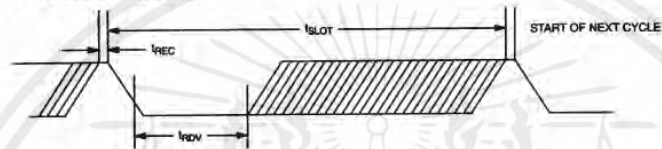
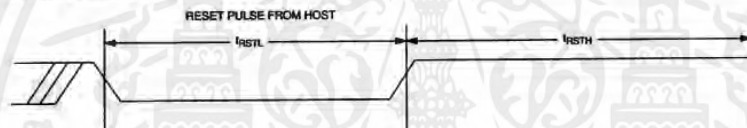
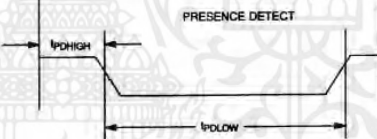
DS18B20

**AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS:** (-55°C to +125°C;  $V_{DD}=3.0V$  to 5.5V)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Temperature Conversion Time	$t_{CONV}$	9 bit			93.75	ms	
		10 bit			187.5		
		11 bit			375		
		12 bit			750		
Time Slot	$t_{SLOT}$		60		120	$\mu s$	
Recovery Time	$t_{REC}$		1			$\mu s$	
Write 0 Low Time	$t_{LOW0}$		60		120	$\mu s$	
Write 1 Low Time	$t_{LOW1}$		1		15	$\mu s$	
Read Data Valid	$t_{RDV}$				15	$\mu s$	
Reset Time High	$t_{RSTH}$		480			$\mu s$	
Reset Time Low	$t_{RSTL}$		480			$\mu s$	9
Presence Detect High	$t_{PDHIGH}$		15		60	$\mu s$	
Presence Detect Low	$t_{PDLOW}$		60		240	$\mu s$	
Capacitance	$C_{IN/OUT}$				25	pF	

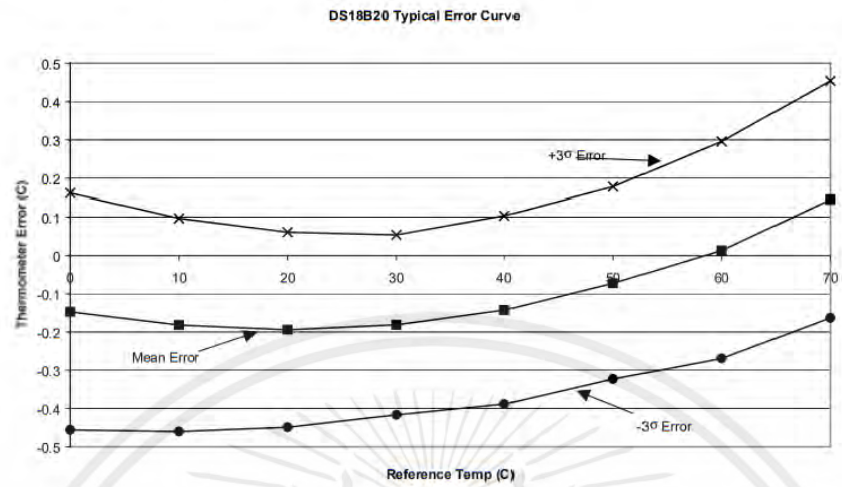
**NOTES:**

- All voltages are referenced to ground.
- Logic one voltages are specified at a source current of 1 mA.
- Logic zero voltages are specified at a sink current of 4 mA.
- Active current refers to either temperature conversion or writing to the E<sup>2</sup> memory. Writing to E<sup>2</sup> memory consumes approximately 200  $\mu A$  for up to 10 ms.
- Input load is to ground.
- Standby current specified up to 70°C. Standby current typically is 3  $\mu A$  at 125°C.
- To always guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions,  $V_{ILMAX}$  may have to be reduced to as much as 0.5V.
- To minimize  $I_{DD5}$ , DQ should be:  $GND \leq DQ \leq GND + 0.3V$  or  $V_{DD} - 0.3V \leq DQ \leq V_{DD}$ .
- Under parasite power, the max  $t_{RSTL}$  before a power on reset occurs is 960  $\mu s$ .

**1-WIRE WRITE ONE TIME SLOT****1-WIRE WRITE ZERO TIME SLOT****1-WIRE READ ZERO TIME SLOT****1-WIRE RESET PULSE****1-WIRE PRESENCE DETECT**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TYPICAL PERFORMANCE CURVE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FM10 Multi Level Stainless Steel Float Switch

Ideal for small and medium tank level detection in restrictive spaces, the FM10 liquid level sensor can be mounted externally or internally through 1" or larger NPT holes to sense multiple levels.

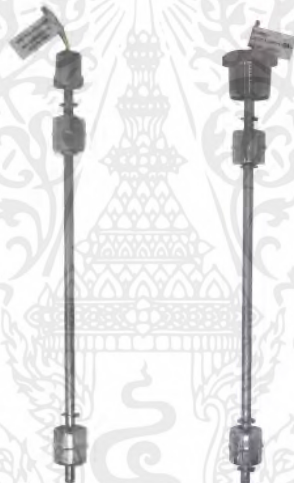
### FM10

Stainless steel stems with steel floats to provide corrosion resistance and versatility across a variety of liquid media.

**FM10-xxxxx** - 1" Diameter, Stainless Steel Multi Level Float Switch

This durable design is ideal for corrosion resistant applications in restrictive spaces

Part Number	Switch Type	Max Switching Current	Max Switching Voltage	Max Temp	Max Pressure	Specific Gravity
FM10-XXXXX	50 Watt	0.5 Amps	250 VDC	150° C	250 psig	0.60



USA  
SMD Fluid Controls  
55 Barnes Park North, Wallingford, CT 06492  
[solutions@fluidswitch.com](mailto:solutions@fluidswitch.com) | (203) 294-5800

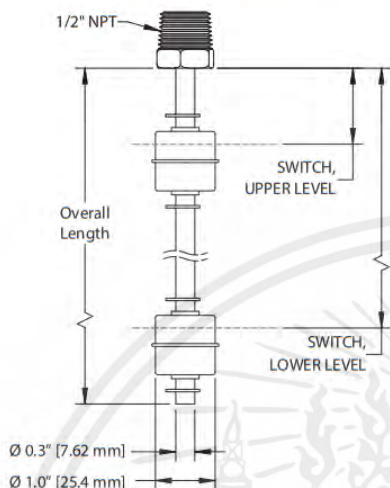
Europe  
Strain Measurement Devices  
Bury Road, Chedburgh, Bury St Edmunds IP29 4UQ  
[fluidswitch@smdsensors.co.uk](mailto:fluidswitch@smdsensors.co.uk) | +44 (0)1284 852 000

[www.fluidswitch.com](http://www.fluidswitch.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

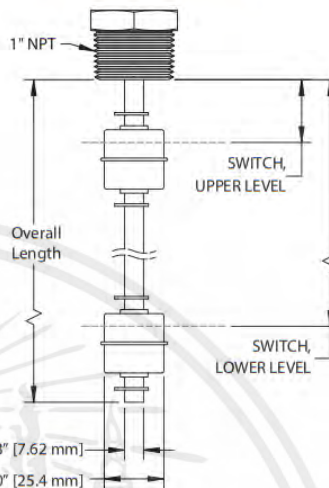
**Internal Mounting**

(FM10-SMD01 THRU FM10-SMD09)



**External Mounting**

(FM10-SMD10 THRU FM10-SMD18)



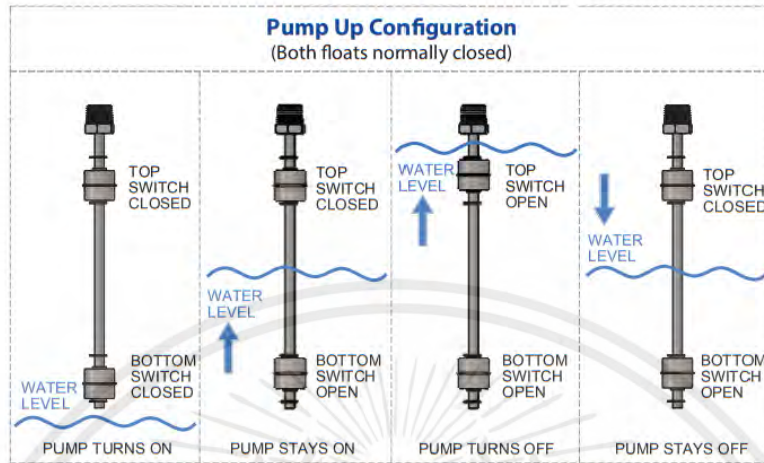
**Internal Mounting**

**External Mounting**

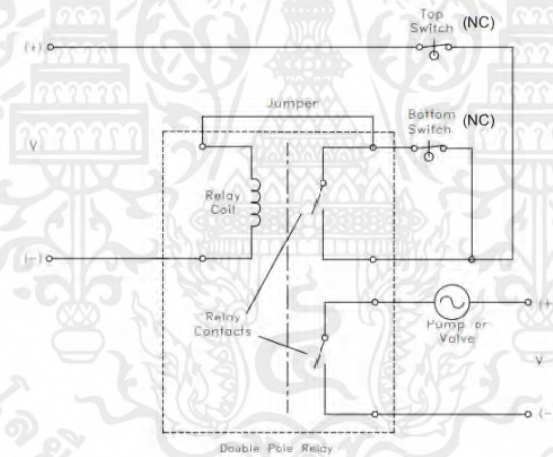
BASE PART NUMBER	OVERALL LENGTH	SWITCH, UPPER LEVEL	SWITCH, LOWER LEVEL
FM10-SMD01	4"	1.25"	2.75"
FM10-SMD02	5"	1.25"	3.75"
FM10-SMD03	6"	1.25"	4.75"
FM10-SMD04	7"	1.25"	5.75"
FM10-SMD05	8"	1.25"	6.75"
FM10-SMD06	9"	1.25"	7.75"
FM10-SMD07	10"	1.25"	8.75"
FM10-SMD08	11"	1.25"	9.75"
FM10-SMD09	12"	1.25"	10.75"

BASE PART NUMBER	OVERALL LENGTH	SWITCH, UPPER LEVEL	SWITCH, LOWER LEVEL
FM10-SMD10	4"	1.25"	2.75"
FM10-SMD11	5"	1.25"	3.75"
FM10-SMD12	6"	1.25"	4.75"
FM10-SMD13	7"	1.25"	5.75"
FM10-SMD14	8"	1.25"	6.75"
FM10-SMD15	9"	1.25"	7.75"
FM10-SMD16	10"	1.25"	8.75"
FM10-SMD17	11"	1.25"	9.75"
FM10-SMD18	12"	1.25"	10.75"

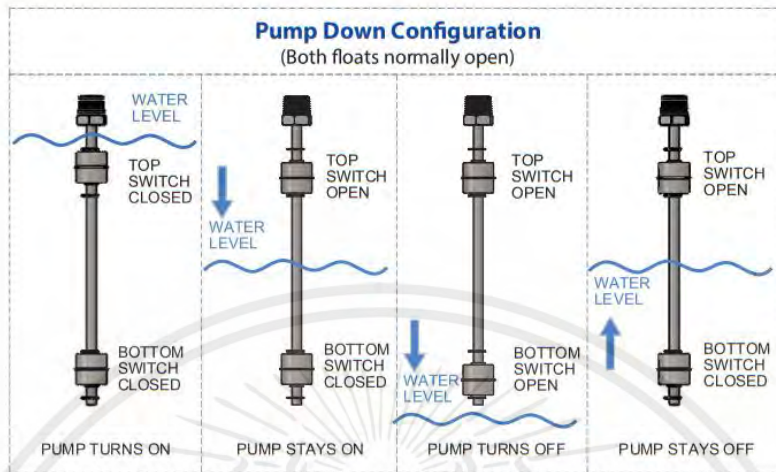
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



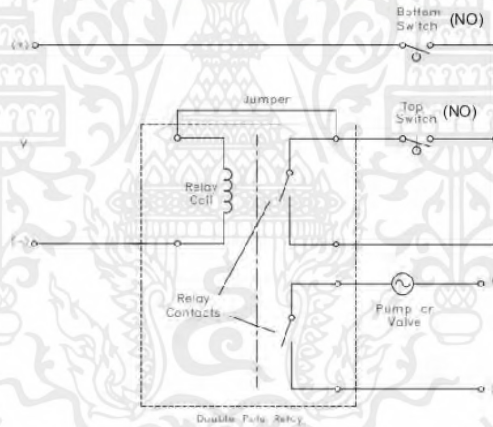
**Pump Up Relay Controller**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Pump Down Relay Controller**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AURELAQUA®



## 12V Diaphragm Water Pump - PRP-125

### User Manual

[Revision 1.0 September 2016]

RETAIN THIS MANUAL FOR FUTURE REFERENCE  
PLEASE READ THIS MANUAL CAREFULLY BEFORE USE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Safety



**Risk of electric shock. • Do NOT pump petrol, fuels or flammable liquids or use where flammable vapours are present.**

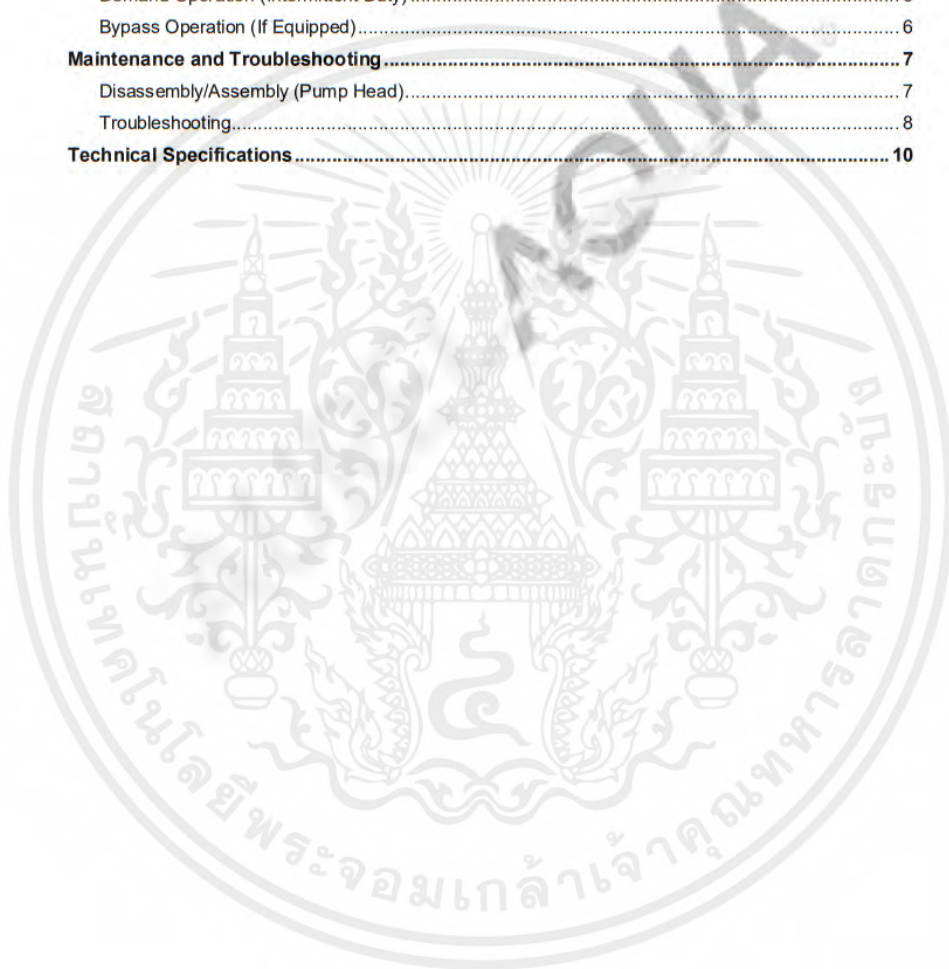
- When wiring electrically-driven pumps, follow all electrical and safety codes.
- Make certain the power source conforms to the pump voltage requirements. Ensure that all power sources are disconnected before installing the pump.
- Improper duty cycle and/or rapid start/stop conditions caused by undersized outlets may cause the internal thermal overload protection (if equipped) to trip or can cause premature motor failure due to excessive heat.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Table of Contents

<b>Safety</b> .....	<b>2</b>
<b>Installation</b> .....	<b>4</b>
Mounting.....	4
Plumbing.....	5
Electrical Connection.....	5
<b>Operation</b> .....	<b>6</b>
Start-Up.....	6
Demand Operation (Intermittent Duty).....	6
Bypass Operation (If Equipped).....	6
<b>Maintenance and Troubleshooting</b> .....	<b>7</b>
Disassembly/Assembly (Pump Head).....	7
Troubleshooting.....	8
<b>Technical Specifications</b> .....	<b>10</b>



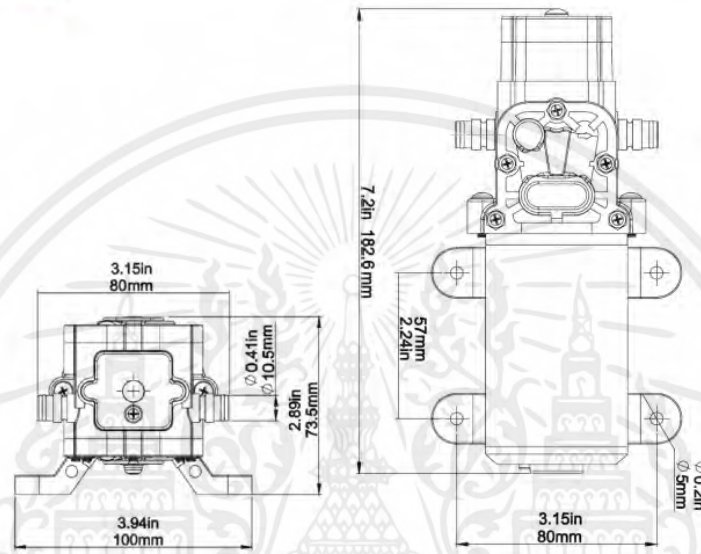
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Installation

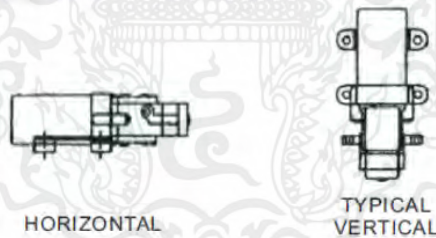
The PRP-125 water pump is designed for a wide range of applications. It is constructed from materials suitable for handling water and a broad range of chemicals. The pump is self-priming and can be run dry without serious effects. It is intended for intermittent duty cycles, but can also be run continuously for short periods of time. The higher the duty cycle, the shorter the expected life of the pump.

Typical pump usages include liquid transfer, spraying, circulation, filtration and dispensing.

## Mounting



Use the pump motor rubber mounting feet to secure it. The pump should be mounted in a dry and adequately ventilated area. If mounted in an enclosure, provision to cool the motor may be necessary.



12V Diaphragm Water Pump - PRP-125

AURELAQUA

## Plumbing

- Use flexible hose of a pressure rating that is compatible with the fluid to be pumped. The pump is not designed to be connected directly to rigid pipes/tubes.
- Tubing should be a minimum of 9.5mm (3/8") internal diameter (ID) and at least 500mm (20") in length to avoid excess stress on the pump parts.
- Do not crimp or kink the tubing.
- The use of check valves in the plumbing system could interfere with the priming ability of the pump. If a check valve is installed, it must have a cracking pressure of no more than 2 PSI (0.14bar).
- Use a minimum 40-mesh strainer or filter in the pump inlet line to prevent foreign debris from entering the pump. Failures due to foreign debris entering the pump will not be covered under warranty.



FLEXIBLE  
HOSE



RIGID  
PIPE

The pump comes with 90° tube connectors that can be used for easier plumbing. To attach, firmly push the large diameter end of the 90° connector to the required connector, then push the "U" clip through the holes in the connector to secure.

Connector tubes to connectors and secure with appropriate clamps/clips. The direction of flow is shown below:



## Electrical Connection

The pump should be wired to an individual (dedicated) circuit, controlled with a certified double-pole switch rated at or above the fuse ampere indicated on the pump motor label.

The red lead connects to the power source positive + terminal. The black lead is ground and connects to the power source negative - terminal. Use minimum AWG T6 wire. Use a 5A fuse to protect the system wiring and components.

## Operation

Before using the pump, note the following:

- The pump is not recommended for continuous duty service. Operation at lower pressures and temperatures, however, will extend the overall service life of the pump.
- If you are using the pump for non-water liquids/chemicals, the pump should be flushed with clean, water (if applicable) after each use.
- To safeguard the pump in extreme cold conditions, any liquids to be pumped should be prepared using appropriate anti-freeze chemicals. If the pump is not in use, the interior of the pump must be dry.
- If the pump is being mounted in an outdoor environment, it should be protected from water or other liquids, dust and direct sunlight.
- Do not assume the pump is compatible with any chemical. If the chemical is not compatible with the pump materials (diaphragm rubber etc.), the pump may fail to prime, have low pressure or the pressure switch may not shut off.
- The pump is self-priming, however, priming may be required depending on the fluid viscosity, suction tube size, foot valve and pump configuration.

## Start-Up

To start and prime the pump, the outlet line must be open, allowing any in the pump to escape. This is to avoid the possibility of airlock. The pressure switch will shut-off the pump automatically when the discharge valve is closed and the pressure has risen to the OFF switch set point. The pressure switch will restart the pump when a valve is opened and the discharge line pressure drops to the ON switch set point of the pressure switch.

## Demand Operation (Intermittent Duty)

The "demand operation" function is considered an "intermittent duty" application. The maximum intermittent duty cycle is what causes the motor to reach its maximum thermal limits. Once the maximum thermal limit has been reached, the motor must be allowed to settle to a lower temperature (ambient temperature being ideal) before resuming operation. Running the pump at or near the maximum thermal limit for extended periods of time will shorten the life of the pump and may result in immediate pump failure.

## Bypass Operation (If Equipped)

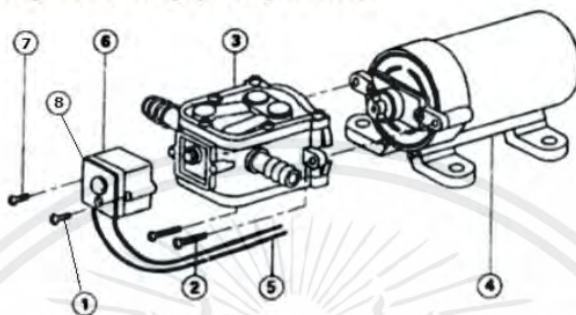
Models equipped with an external bypass system are designed to pump at high pressures while operating at low or high flow rates. Models equipped with a bypass system only will continue to run until the power is manually turned off.

## Maintenance and Troubleshooting



Take precautions to prevent injury due to contact with chemicals. • If the pump has been used to pump chemicals, flush it with clean water or neutralizing agent before servicing.

### Disassembly/Assembly (Pump Head)



No.	Qty.	Description	No.	Qty.	Description
1	2	Switch cover screw	5	2	Electrical connection lead
2	2	Pump head screw	6	1	Pressure switch
3	1	Pump head	7	2	Pressure switch screw
4	1	Motor	8	1	Pressure switch cover

1. Disconnect power to the pump motor.
2. Remove the pressure switch cover screw (1) and then remove the cover (8).
3. Disconnect the red wires (5) from the pressure switch.
4. Remove the screws (2) from the front of the pump head (3).
5. Slide the pump off the motor (4) assembly.

#### Reassembly (Pump Head to Motor)

1. Align the pump head (3) screws tabs to the motor (4) and secure it with the pump head screws (2). Tighten the screws, being careful not to over-tighten as the material is ABS plastic.
2. Reconnect the red wires (5) to the pressure switch (6). Wires can be connected to either terminal.
3. Install the pressure switch cover (8) with the pressure switch cover screw (1). Tighten the screw, being careful not to over-tighten as the material is ABS plastic.
4. Reconnect the pump plumbing.
5. Follow the start-up procedure.

## Troubleshooting

The following information may assist in identifying a problem and rectifying it.

**NOTE:** Some procedures listed here may need to be performed by a qualified service technician.

### ***Motor is operating, but pump is not discharging.***

Possible Fault	Action
<i>Restricted intake or discharge line</i>	Open up all line valves and clear clogged lines.
↓	
<i>Air leak in intake line</i>	Check inlet tubes and connections and ensure they are air-tight.
↓	
<i>Debris in the check valve</i>	Clean obstructed or jammed check valves.
↓	
<i>Ruptured pump diaphragm</i>	Replace pump diaphragm.
↓	
<i>Defective pump check valve</i>	Replace check valve.
↓	
<i>Crack in pump housing</i>	Replace pump head

### ***Motor fails to turn ON.***

Possible Fault	Action
<i>Pump or equipment not plugged in</i>	Connect the pump to the power source and ensure power is ON.
↓	
<i>Loose wiring connection</i>	Check electrical connections are clean and secure.
↓	
<i>Pressure switch failure</i>	Replace pressure switch.
↓	
<i>Defective motor or rectifier</i>	Replace pump motor.
↓	
<i>Frozen cam/bearing</i>	De-freeze the cam/bearing.

**Pump fails to turn ON after the discharge valves have been closed.**

Possible Fault	Action
Liquid supply has been depleted	Ensure liquid is available for pumping.
↓	
Discharge line has a leak	Check outlet tubes and connections and ensure they are air-tight.
↓	
Debris in the check valves	Clean obstructed or jammed check valves.
↓	
Insufficient voltage to pump	Ensure input voltage is within specifications.
↓	
Ruptured pump diaphragm	Replace the pump diaphragm.
↓	
Defective pressure switch	Replace pressure switch.

**Low Flow Rate and Pressure**

Possible Fault	Action
Air leak at the pump intake	Check inlet tubes and connections and ensure they are air-tight.
↓	
Accumulation of debris inside the pump	Clean pump.
↓	
Insufficient voltage to the pump	Ensure input voltage is within specifications.
↓	
Punctured pump diaphragm	Replace the pump diaphragm.
↓	
Pump bearing is worn-out (excessive noise)	Replace bearing.
↓	
Defective rectifier or motor	Replace the rectifier or motor.

**Intermittent Flow Rate**

Possible Fault	Action
Restricted pump delivery	Check discharge lines, fittings, valves and spray nozzles for obstructions or under sizing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12V Diaphragm Water Pump - PRP-125

AURELAQUA


## Technical Specifications

<b>Inlet</b>	10 mm or 1/4" hose fitting
<b>Outlet</b>	10 mm or 1/4" hose fitting
<b>Flow</b>	1.6 GPM (6L/min)
<b>Volts</b>	12V (9 to 14.4V)
<b>Amp Draw</b>	2.1A Max: 6A
<b>Pressure</b>	80 PSI

*Motor duty cycle will vary with load and ambient temperature*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	<p><b>Some experts believe the incorrect or prolonged use of almost any product could cause serious injury or death. For information that may reduce your risk of serious injury or death, consult the points below and additionally, the information available at <a href="http://www.datastreamserver.com/safety">www.datastreamserver.com/safety</a></b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consult all documentation, packaging and product labelling before use. Note that some products feature online documentation which should be printed and kept with the product.</li> <li>• Check product for loose / broken / damaged / missing parts, wear or leaks (if applicable) before each use. Never use a product with loose / broken / damaged / missing parts, wear or leaks (if applicable).</li> <li>• Products must be inspected and serviced (if applicable) by a qualified specialist every 6 months assuming average residential use by a person of average weight and strength, above average technical aptitude, on a property matching average metropolitan specification. Intended use outside these guidelines could indicate the product is not suitable for intended use or may require more regular inspection or servicing.</li> <li>• Ensure all possible users of the product have completed an industry recognized training course before being given access to the product.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The product has been supplied by a general merchandise retailer that may not be familiar with your specific application or your description of the application. Be sure to attain third-party approval for your application from a qualified specialist before use regardless of prior assurances by the retailer or its representatives.</li> <li>• This product is not intended for use where fail-safe operation is required. As with any product (take an automobile, aircraft, computer or ball point pen for example), there is always a small chance of technical issues that needs to be repaired or may require replacement of the product or a part. If the possibility of such failure and the associated time it takes to rectify could in any situation inconvenience the user, business or employee then the product is not suitable for your requirements. This product is not for use where incorrect operation or a failure of any kind, including but not limited to a condition requiring product return, replacement, service by a technician or replacement of parts could cause a financial loss, loss of employee time or an inconvenience requiring compensation.</li> <li>• If this item has been purchased in error after considering the points above, simply contact the retailer directly for details of their returns policy, if required.</li> </ul>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## HK2

Membrane solenoid valve, assisted lift operated normally closed

### Technical Data Sheet



socla.com

**SOCCLA**  
A WATTS Brand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Description

Solenoid valve with direct action, assisted lift operated, normally closed, 2 ways.

- Absorbed power : see table below.  
Other power : consult us
- Viscosity : max 25 cSt
- Ambient temperature : max. +80°C
- Protection : IP 65 with connector
- Solenoid valve delivered with standard coil 220/50 Hz or 24V/50Hz or 24VDC, and with a not assembled connector



### HK2

Membrane solenoid valve, assisted lift operated normally closed

Connection	Orifice	220V/50Hz 12W	24V/50Hz 9,5W	24VDC 14W	Weight Kg
3/8	12	149B12472	149B12476	149B12480	0,60
1/2	12	149B12473	149B12477	149B12481	0,57
3/4	18	149B12474	149B12478	149B12482	0,81
1	25	149B12475	149B12479	149B12483	1,22

Every technical data concerns the standard coils.  
All our solenoid valves can be delivered ON DEMAND with a different coil.

#### Technical features

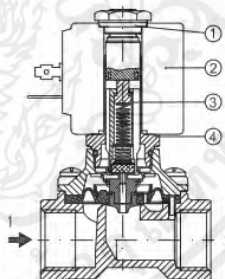
Operating temperature	-10 °C to 140 °C
Mediums	Water
Permissible operating pressure (PFA) in water	See table p.3
Connection	Female/female, BSP thread

#### Nomenclature and materials

Designation	Materials
Body and cover	Brass CW617N
Armature tube	AISI 303
Plunger and core	AISI 430FR
Springs	AISI 302
Seal material	EPDM

#### N° Designation

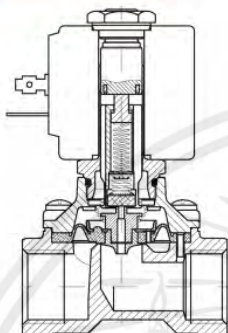
1	Coil fixing nut
2	Coil
3	Plunger
4	Armature tube with core



## Approvals

### ACS

## Functioning



#### Valve closed (coil de-energized) :

When the coil is de-energized, the plunger pushes the seal against the pilot orifice. The pressure across the diaphragm increases via the compensating orifice. When the pressures equalize, the diaphragm closes the main orifice because the diameter of the upper side is larger on the upper side and/or because of the tension of the closing spring.

The valve is closed as long as the coil is de-energized.

#### Valve open (coil energized) :

When the coil is energized, the plunger and the seal are raised and separated from the pilot orifice. If the valve is subjected to a differential pressure, the pressure above the diaphragm drops because the pilot orifice is larger than the compensation orifice. The diaphragm then separates from the main orifice. If the valve is not subjected to differential pressure, the plunger separates the diaphragm from the main port using the hitched diaphragm.

The valve remains open as long as the coil is energized.

For a complete opening, a minimum pressure difference of 0.15 bar is needed.

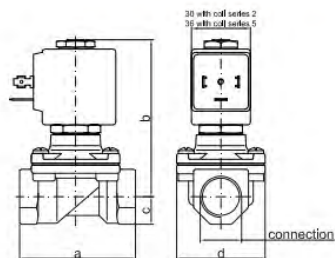
## Operation

DN	PS Maxi pressure bar	Differential pressure in Bar		Time to open ms*	Time to close ms*	Kv m <sup>3</sup> /h	
		Mini	Maxi				
"			Coil 30W ca	Coil 27W cc			
3/8	25	0	12	10	30	50	2
1/2	25		12	10	30	50	2,2
3/4	25		4	9	50	70	4,5
1	25		7	8	50	70	8,5

\* The indicated times concern the medium water - The exact time depends of pressure conditions.

## Sizing

DN	A	B	C	D
"	mm	mm	mm	mm
3/8	59	83	14	45
1/2	59	83	14	45
3/4	79	90	18	55
1	96	101	20	72



The descriptions and photographs contained in this product specification sheet are supplied by way of information only and are not binding. Socla reserves the right to carry out any technical and design improvements to its products without prior notice. Warranty: All sales and contracts for sale are expressly conditioned on the buyer's assent to Socla terms and conditions found on its website at [www.socla.com](http://www.socla.com). Socla hereby objects to any term, different from or additional to Socla terms, contained in any buyer communication in any form, unless agreed to in a writing signed by an officer of Socla.

**Socla**  
A WATTS Brand

Socla sas  
365 rue du Lieutenant Putier • 71530 Virey-Le-Grand • France  
Tel. +33 03 85 97 42 00 • Fax +33 03 85 97 42 42  
[contact@wattswater.com](mailto:contact@wattswater.com) • [www.socla.com](http://www.socla.com)  
ISO 9001 version 2015 / ISO 18001

HK2-TS-UK-S-FR-10-20-Rev.1

© 2020 Socla

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Standard LED

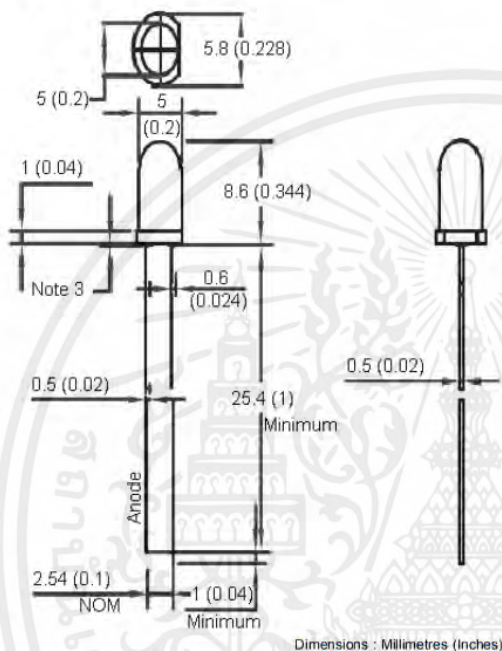
### Red Emitting Colour



#### Features:

- High intensity
- Standard T-1 3/4 diameter package
- General purpose leads
- Reliable and rugged

#### Package Dimensions:



#### Specification Table

Chip Material	Lens Colour	Source Colour	Part Number
AlGaAs	Diffused	Red	MV5754A

#### Notes:

1. Tolerance is  $\pm 0.25$  mm (0.01") unless otherwise noted
2. Protruded resin under flange is 1 mm (0.04") maximum
3. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package

www.element14.com  
www.farnell.com  
www.newark.com



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Standard LED

### Red Emitting Colour



#### Absolute Maximum Ratings at $T_a = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Maximum	Unit
Power Dissipation	80	mW
Peak Forward Current (1/10 Duty Cycle, 0.1 ms Pulse Width)	100	mA
Continuous Forward Current	20	
Derating Linear From $50^\circ\text{C}$	0.4	mA / $^\circ\text{C}$
Reverse Voltage	5	V
Operating Temperature Range	-25 $^\circ\text{C}$ to +80 $^\circ\text{C}$	
Storage Temperature Range	-40 $^\circ\text{C}$ to +100 $^\circ\text{C}$	
Lead Soldering Temperature (4 mm (0.157) Inches from Body)	260 $^\circ\text{C}$ for 5 s	

#### Electrical Optical Characteristics at $T_a = 25^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol	Minimum	Typical	Maximum	Unit	Test Condition
Luminous Intensity	$I_v$		40		mcd	$I_f = 20$ mA (Note 1)
Viewing Angle	$2\theta_{1/2}$		25		Deg	(Note 2)
Peak Emission Wavelength	$\lambda_p$		640		nm	$I_f = 20$ mA
Dominant Wavelength	$\lambda_d$		635		nm	$I_f = 20$ mA (Note 3)
Spectral Line Half-Width	$\Delta\lambda$		25		nm	$I_f = 20$ mA
Forward Voltage	$V_f$		2	2.5	V	$I_f = 20$ mA
Reverse Current	$I_R$	-	-	100	$\mu\text{A}$	$V_R = 5$ V

#### Notes:

- Luminous intensity is measured with a light sensor and filter combination that approximates the CIE eye-response curve
- $\theta_{1/2}$  is the off-axis angle at which the luminous intensity is half the axial luminous intensity
- The dominant wavelength ( $\lambda_d$ ) is derived from the CIE chromaticity diagram and represents the single wavelength which defines the colour of the device

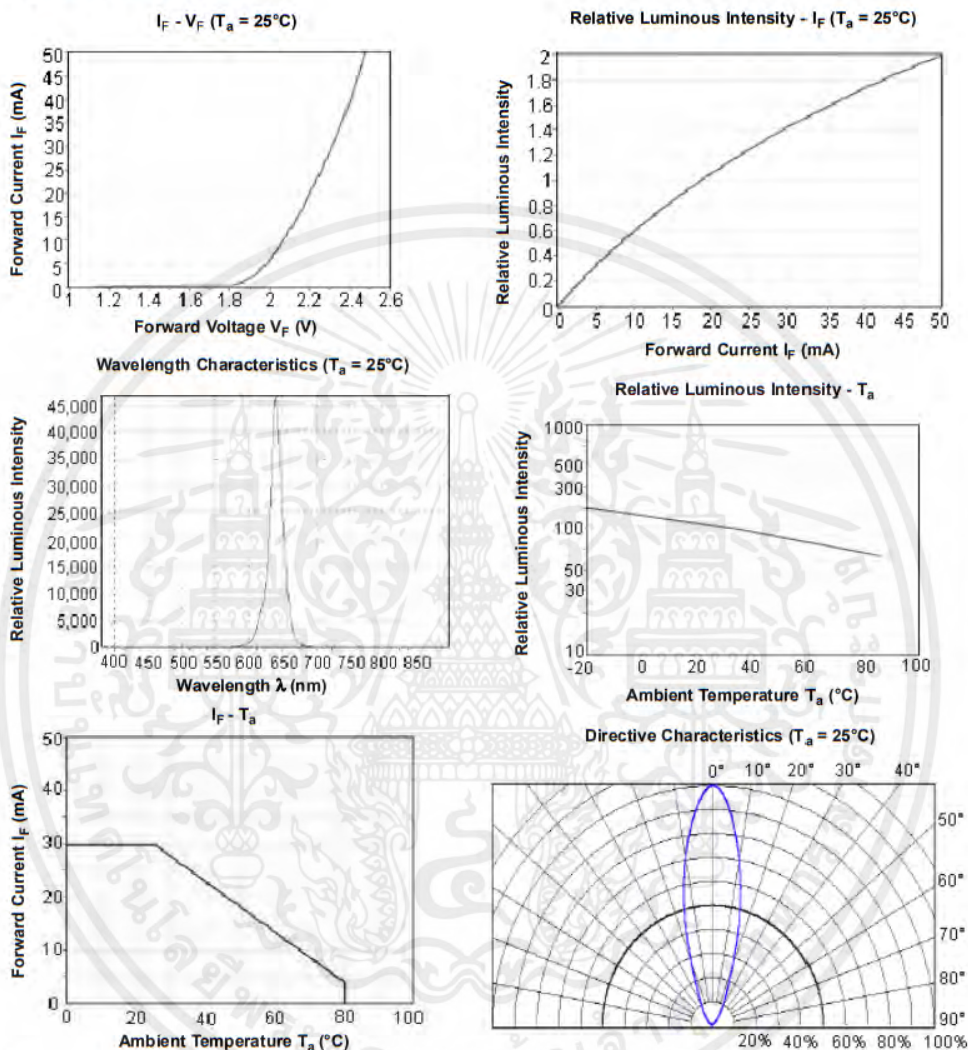
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Standard LED

## Red Emitting Colour



### Typical Characteristics



**Important Notice:** This data sheet and its contents (the "Information") belong to the members of the Premier Farnell group of companies (the "Group") or are licensed to it. No licence is granted for the use of it other than for information purposes in connection with the products to which it relates. No licence of any intellectual property rights is granted. The Information is subject to change without notice and replaces all data sheets previously supplied. The Information applied is believed to be accurate but the Group assumes no responsibility for its accuracy or completeness, any error in or omission from it or for any use made of it. Users of this data sheet should check for themselves the Information and the suitability of the products for their purpose and not make any assumptions based on information included or omitted. Liability for loss or damage resulting from any reliance on the Information or use of it (including liability resulting from negligence or where the Group was aware of the possibility of such loss or damage arising) is excluded. This will not operate to limit or restrict the Group's liability for death or personal injury resulting from its negligence. Multicomp is the registered trademark of the Group. © Premier Farnell plc 2011.

www.element14.com  
 www.farnell.com  
 www.newark.com



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Panel Actuators and Indicators Type PL 22 Pilot Lights



PL 22C HL



PL 22C RL

- Ø 22mm (Ø0.87") dimension
- Compact versions
- Different colours choice
- High brightness pure colour LED
- High reliability and durability
- AC and DC voltage
- cULus and CE
- IEC/EN 60947-5-1, IEC/EN 60073, IEC/EN 60529



PL 22C LL



PL 22C TL



PL 22S FL

### Product description

Pilot lights are panel mounted lamp assemblies consisting of the indicator housing, an internal lamp, terminals, and a lens. Applications include industrial control panels of all

types, equipment indicator panels, status indicators and display lighting. The light source is high brightness pure colour LED.

### Ordering key

PL 22C HL R 24

- Series
- Dimension
- Type
- Colour
- Voltage

### Approvals



### Technical data

Rated imp. withstand voltage $U_{imp}$	2500VAC 50Hz 1min.
Rated insulation Voltage $U_i$	500VAC
Allowable voltage fluctuation	±20%
Continuous operating life	≥100.000h
Ultrahigh brightness	≥100cd/m <sup>2</sup> (≥9.29ftc)
Applying frequency	50-60Hz
Current consumption (AC/DC)	≤18mA
Operating temperature	-25 to +70°C (-13 to +158°F)
Storage temperature	-30 to +80°C (-22 to +176°F)
Degree of protection	IP 65

### Dimensions

22S = Ø22mm (Ø0.87") standard size  
22C = Ø22mm (Ø0.87") compact size (not for FL type)

### Types

- HL = High Lens
- RL = Round Lens
- LL = Low Lens
- TL = Teeth Lens
- FL = Flash Light

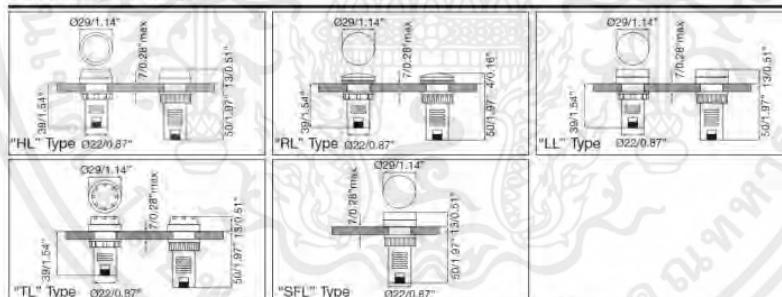
### Colours

- R = Red
- W = Clear/White
- B = Blue
- Y = Yellow
- G = Green

### Voltages

- 06 = 6VAC/DC
- 12 = 12VAC/DC
- 24 = 24VAC/DC
- 48 = 48VAC/DC
- 110 = 110VAC/DC
- 220D = 220VDC
- 220A = 220VAC
- 380A = 380VAC

### Dimensions mm/inches

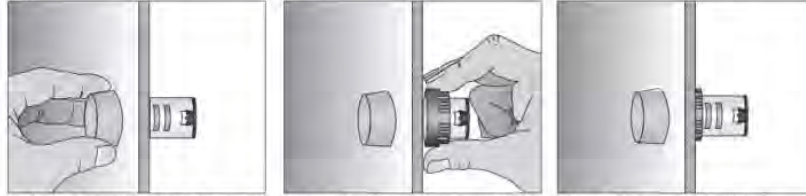


Specifications are subject to change without notice. Pictures are just an example. For special features and/or customization, please ask to our sales network.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Mounting**

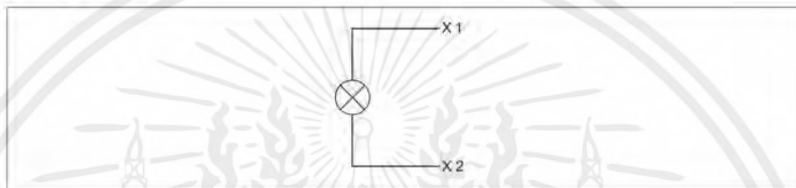


Just insert the pilot light into the hole of the pannel.

The pilot light will be secured at the back by the plastic nut

The pilot light has been installed.

**Wiring Diagram**



**Accessories for Panel Indicators**



**Reducing ring for Pilot Light Ø22mm (0.87")**

To mount the Ø22mm (0.87") pilot light into the hole for Ø25mm (0.98") or Ø30mm (1.18") of the pannel.

ABS	Ø25mm/Ø0.98"	PA RR 2
	Ø30mm/Ø1.18"	PA RR 3



**Fastening connector for Pilot Light Ø22mm (0.87")**

Improve the quality of installation and reduce the time of installations.

PC	PA PL CONN
----	------------



**Panel hole cap Ø22mm (0.87")**

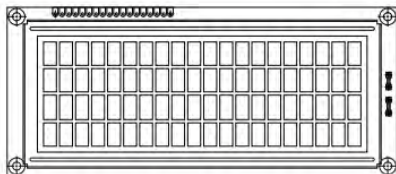
For blocking up prepared or useless holes on the pannels.

ABS	PA PHC 22
-----	-----------

Specifications are subject to change without notice. Pictures are just an example. For special features and/or customization, please ask to our sales network.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**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](http://www.vishay.com/doc?99912)



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 <sub>AC</sub> , 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 อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





## Legal Disclaimer Notice

Vishay

### 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.

© 2022 VISHAY INTERTECHNOLOGY, INC. ALL RIGHTS RESERVED

Revision: 01-Jan-2022

1

Document Number: 91000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายธีรศักดิ์ เสือสง่า  
วัน เดือน ปีเกิด 21 สิงหาคม 2542  
ที่อยู่ปัจจุบัน 328/9 ถนนหนองแวง ตำบลชะอำ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120  
ประวัติการศึกษา พ.ศ.2557 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนชะอำคุณหญิงเนื่องบุรี จังหวัดเพชรบุรี  
พ.ศ.2560 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนชะอำคุณหญิงเนื่องบุรี จังหวัดเพชรบุรี  
Tel. 0917192336  
Email : 61511021@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้