

ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ  
(Automatic Watering Systems)



อนุวัฒน์ ทวี

Anuwat Tawee

อาทิตย์ ชัยศาสตร์

Atit Chaiyasat

อำพล อินทรสอน

Ampon Intarasorn

ปริญญาโทชั้นโท เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

# ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ

(Automatic Watering Systems)



โดย

อนุวัฒน์ ทวี 53011848

อาทิตย์ ชัยศาสตร์ 53011925

อำพล อินทรสอน 53011934

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ แสงระวี บัวแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
พ.ศ.2556

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ

Automatic Watering Systems

ผู้จัดทำ นาย อนุวัฒน์ ทวี รหัส 53011848

นาย อาทิตย์ ชัยศาสตร์ รหัส 53011925

นาย อำพล อินทรสอน รหัส 53011934

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



ลงชื่อ.....

(อาจารย์ แสงระวี บัวแก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์  
นักศึกษา

ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ

นาย อนุวัฒน์ ทวี รหัสประจำตัว 53011848

นาย อาทิตย์ ชัยศาสตร์ รหัสประจำตัว 53011925

นาย อำพล อินทรสอน รหัสประจำตัว 53011934

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

อาจารย์ แสงระวี บัวแก้ว

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะศึกษาการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำไปสร้างเป็นระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน แล้วส่งผลที่ได้ในรูปแบบอนาล็อก ไปยังบอร์ด Arduino ซึ่งบอร์ดจะทำการประมวลผลจากนั้นจึงส่งผลแสดงผลออกทางหน้าจอ LED โดยมี Keypad เป็นอุปกรณ์ในการเลือกโหมดการทำงาน ระบบนี้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติ และแบบสั่งการด้วยมือได้ โดยระบบรดน้ำต้นไม้จะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ภายในบอร์ด Arduino และสั่งให้อุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ทำงานหรือหยุดการทำงานเมื่อถึงค่าความชื้นที่กำหนด โดยอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ก็จะมีการใช้ในการรับคำสั่งจาก Arduino เพื่อไปควบคุมอุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ให้สามารถรดน้ำตามที่เราต้องการไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Watering Systems
Student	Mr. Anuwat Tawee Student ID 53011848 Mr. Atit Chaiyasat Student ID 53011925 Mr. Ampon Intarasorn Student ID 53011934
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2013
Thesis Advisor	Saengrawee Buakaew

## Abstract

The aimed of this project is to learn about microcontroller to design an “Automatic Watering System” that used sensor to measure soil humidity, and send the result in analog signal to Arduino board and then display to LED screen, with can be functional work to automatic or manual by keypad. The board can operated “automatic Watering System” to work or pause depend on humidity. The “Automatic Watering System” consisted with the circuit board inside that receive the commands form Arduino then send the order to control the watering system to work as we needed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาจาก อาจารย์ แสงระวี บัวแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำรายงาน และขอขอบคุณภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ มอบหมายงานชิ้นนี้ให้ทำ เพราะรายงานชิ้นนี้ทำให้เกิดประสบการณ์ในการทำงานเป็นทีม และความเพิ่มเติม อีกมากมายเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และสุดท้ายก็ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่คอย ให้ความช่วยเหลือ จนทำให้รายงานฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ได้

อนุวัฒน์ ทวี  
อาทิตย์ ชัยศาสตร์  
อำพล อินทรสอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ.....	i
ABSTRACT.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญตาราง.....	v
สารบัญรูป.....	vi
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตโครงการ.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	2
2.1 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย Arduino.....	2
2.2 โมดูล LCD (Liquid Crystal Display).....	3
2.3 คีย์แพด (Keypad) แบบ 4x3.....	8
2.4 เซนเซอร์วัดค่าความชื้น (Humidity Sensor).....	9
2.5 Arduino รุ่น Arduino Mega 2560 R3.....	14
2.6 Board Arduino Relay Control.....	20
2.7 Water Pump (ปั้มน้ำ).....	24
2.8 Sprinkle (สปริงเกอร์).....	25
บทที่ 3 หลักการและการออกแบบ.....	26
3.1 องค์ประกอบหลัก.....	26
3.2 แผนภาพแสดงการทำงาน.....	26
3.3 แผนภาพการทำงานระหว่าง ARDUINO กับ KEYPAD.....	27
3.4 แผนภาพการทำงานระหว่าง ARDUINO กับ SENSOR.....	27
3.5 แผนภาพการทำงานระหว่าง ARDUINO กับ LED DISPLAY.....	28
3.6 แผนภาพแสดงการต่อวงจรโดยรวม.....	29
3.7 แผนภาพการทำงานระหว่าง output จาก Arduino ไป control บอร์ด Relay.....	30
3.8 แผนภาพไฟร์ชาร์ตของระบบการทำงาน.....	31
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	32
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	35
หนังสืออ้างอิง.....	36
ภาคผนวก.....	37

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่าจะพิมพ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงชื่อและหน้าที่ของขาสัญญาณต่าง ๆ ของ LCD .....	3
2.2 คำสั่งควบคุมการแสดงผล LCD.....	4
2.3 Arduino Mega 2560 PIN mapping table.....	16
4.1 แสดงผลการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับแรงดันไฟฟ้าต่อปริมาตรน้ำในพื้นที่ 201 ตารางเซนติเมตร...32	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 หน้าโปรแกรม Arduino.....	2
2.2 LED 20x4 Line .....	3
2.3 แสดงสวิตช์แบบคีย์แพด.....	9
2.4 เซนเซอร์วัดความชื้นแบบคาปาซิทีฟ (Capacitive Humidity Sensor) .....	9
2.5 โครงสร้างและกราฟการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นแบบคาปาซิทีฟ.....	10
2.6 เซนเซอร์ความชื้นแบบรีซิสทีฟ (Resistive Humidity Sensor) .....	11
2.7 โครงสร้างและกราฟการทำงานของเซนเซอร์ความชื้นแบบรีซิสทีฟ.....	12
2.8 รูปภาพ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Grove - Moisture Sensor ) .....	13
2.9 Arduino รุ่น Arduino Mega 2560 R3.....	14
2.10 Arduino Mega 2560 PIN diagram .....	15
2.11 Board Arduino Reley Control.....	20
2.12 LED ไดโอดเปล่งแสง.....	20
2.13 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ในรูป ก. และ PNP ในรูป ข. ส่วน ค. และ ง. แสดงการเปรียบเสมือน ไดโอด 2 ตัวชนกัน.....	21
2.14 สัญลักษณ์ ของทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ชนิด.....	21
2.15 แสดงการเกิดกระแสเมื่อมีการป้องกันแรงดันที่ ขาต่าง ๆ.....	22
2.16 รีเลย์ และ สัญลักษณ์ของรีเลย์.....	22
2.17 แสดงสภาวะการทำงานของรีเลย์.....	23
2.18 ด้านล่างของรีเลย์จะแสดงตำแหน่งขา และ ด้านบนจะแสดงรายละเอียดการใช้งาน.....	23
2.19 Water Pump (ปั้มน้ำ) .....	24
2.20 Sprinkle (สปริงเกลอร์) .....	25
3.1 แผนภาพแสดงการทำงาน.....	26
3.2 แผนภาพแสดงการต่อวงจรระหว่างKEYPAD กับ ARDUINO.....	27
3.3 แผนภาพแสดงการต่อวงจรระหว่าง SENSORกับ ARDUINO.....	27
3.4 แผนภาพแสดงการต่อวงจรระหว่าง LCD DISPLAYกับ ARDUINO.....	28
3.5 แผนภาพแสดงการต่อวงจรโดยรวม.....	29
3.6 แผนภาพการทำงานระหว่าง output จาก Arduino ไป control บอร์ด Relay.....	30
3.7 แผนภาพโฟร์ชาตของระบบการทำงาน.....	31
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่อปริมาตรของน้ำ.....	33
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าต่อปริมาตรของน้ำ.....	33
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Resolutionต่อแรงดันไฟฟ้า.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เกษตรกรรมในประเทศไทยนั้นได้ดำเนินมาอย่างเนิ่นนาน จนถือได้ว่าประเทศไทยนั้นเป็นประเทศแห่งเกษตรกรรม เพราะฉะนั้นผู้คนจึงคิดหาวิธีจะทำให้การทำกรเกษตรนั้นได้ผลผลิตที่สูงลงท่น้อย และมีความสะดวกสบาย โดยการนำวิทยาการต่าง ๆ เข้ามาช่วยในเรื่องพวกนี้ ที่คิดค้น วิจัย ออกแบบ และผลิตสิ่งเหล่านั้นขึ้นมา อย่างชุดการทำงานระบบรดน้ำอัตโนมัติก็มีจุดประสงค์เพื่อใช้ควบคุมการรดน้ำให้กับพืชที่ต้องการใช้น้ำ โดยมีหลักการทำงาน คือ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปสร้างเป็นระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน แล้วส่งผลที่ได้ในรูปแบบอนาล็อก ไปยังบอร์ด Arduino ซึ่งบอร์ดจะทำการประมวลผลจากนั้นจึงส่งผลแสดงผลออกทางหน้าจอ LED โดยมี Keypad เป็นอุปกรณ์ในการเลือกโหมดการทำงาน ระบบนี้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติ และ แบบสั่งการด้วยมือได้โดยระบบรดน้ำต้นไม้จะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ภายในบอร์ด Arduino และสั่งให้อุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ทำงานหรือหยุดการทำงาน เมื่อถึงค่าความชื้นที่กำหนด

#### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- เพื่อศึกษาเกี่ยวกับเซนเซอร์วัดความชื้นความชื้นในดิน
- เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยผ่านบอร์ด Arduino
- เพื่อศึกษาระบบควบคุม การประยุกต์ใช้ และนำไปใช้งานได้จริง

#### 1.3 ขอบเขตโครงการ

- ศึกษาเซนเซอร์วัดความชื้น ทดลองวัด และอ่านค่า ที่แสดงบนจอ LED เพื่อส่งข้อมูลไปยังบอร์ด Arduino โดยมี Keypad เป็นอุปกรณ์ในการเลือกโหมดการทำงานของระบบ โดยได้กำหนดค่าความชื้นแบ่งเป็น 3 ระดับ อีกแบบคือให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าความชื้นเอง
- ออกแบบระบบและสร้างชุดรดน้ำพืชอัตโนมัติ
- เขียนคำสั่งให้กับบอร์ด Arduino เพื่อให้ทำงานควบคุมระบบรดน้ำพืชตามทีออกแบบ

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- รู้เกี่ยวกับเซนเซอร์วัดความชื้น เพื่อนำไปพัฒนาเป็นระบบอื่น ๆ ต่อไปได้
- สามารถเขียนโปรแกรมคำสั่งให้กับบอร์ด Arduino ได้

เข้าใจระบบและสามารถออกแบบการทำงานของระบบรดน้ำพืชอัตโนมัติได้

- เพิ่มทักษะ และความสามารถ ในการทำงานภายใต้แรงกดดัน และการทำงานเป็นหมู่คณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

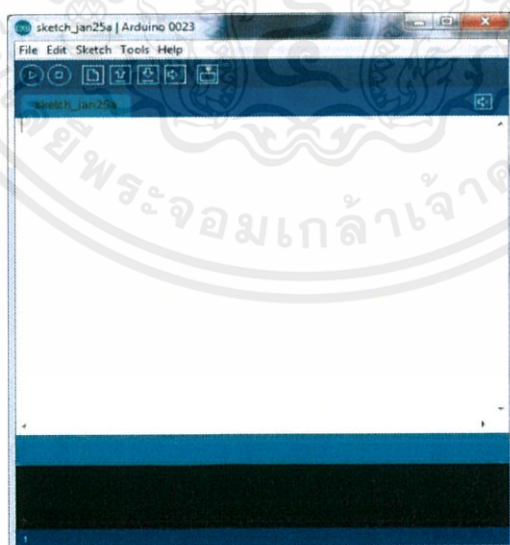
### หลักการและทฤษฎี

#### 2.1 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย Arduino

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ที่มีหน่วยประมวลผลและความจำขนาดเล็กภายในตัวเอง สามารถรับ-ส่ง ข้อมูลได้ทั้งแบบดิจิทัลและอนาล็อก ใช้พลังงานน้อย ทำให้เป็นที่นิยมในการใช้งานในรูปแบบที่เรียกว่า Embedded เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะทั้งหลาย

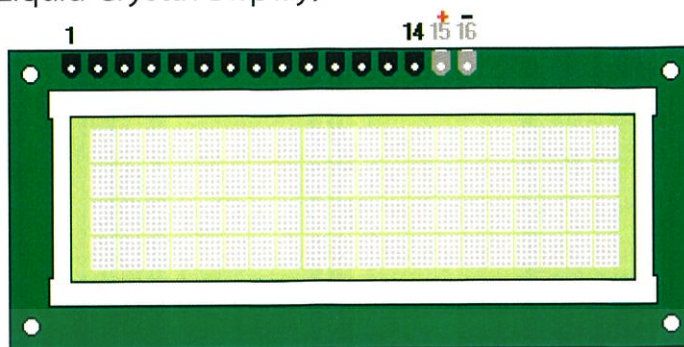
Arduino (อ่านว่า อา-คู-อิ-โน้ หรือจะเรียกว่า อาดูยโน้ ก็ได้) คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นแบบที่เรียกว่า Open Hardware กล่าวคือ Arduino อุปกรณ์ที่มีแบบส่วนประกอบเป็นมาตรฐานที่เปิดเผย หมายความว่า เราสามารถทำเองโดยใช้แบบที่มีการเปิดเผยทั่วไปก็ได้ หรือสามารถซื้อหาได้ง่าย มีราคาถูก มีซอฟต์แวร์ให้ใช้งานฟรี สามารถนำไปใช้งานทั่วไปหรือแบบธุรกิจได้โดยไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ เป็นรูปแบบที่มีข้อมูลมากที่สุดบนอินเทอร์เน็ต การพัฒนาก็ง่าย เพราะมีตัวอย่างมากมาย และไม่ต้องเขียนโปรแกรมในรูปแบบ Low Level หมายความว่า เราสามารถใช้คำสั่งเขียนโปรแกรมได้เสมือนโปรแกรมภาษาชั้นสูงทั่วไป

สามารถดาวน์โหลดซอฟต์แวร์ได้ที่ <http://arduino.cc/en/Main/Software> โดยเราสามารถดาวน์โหลดได้ตาม OS ที่เราใช้ เช่น Windows, Linux หรือ Mac เมื่อดาวน์โหลดมาแล้ว ขอให้แตกไฟล์ไว้ในเครื่องของเรา จากนั้นให้ดับเบิลคลิกไฟล์ arduino.exe (ถ้าเราใช้ Windows) ก็จะเปิดโปรแกรมดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับควาใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.1 หน้าโปรแกรม Arduino  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 โมดูล LCD (Liquid Crystal Display)



รูปที่ 2.2 LED 20x4 Line

ตารางที่ 2.1 แสดงชื่อและหน้าที่ของขาสัญญาณต่าง ๆ ของ LCD

Pin No.	Symbol	Description	Level	Function
1	VSS	Ground	-	0 V Ground
2	VDD	Power Supply	-	+5 V ต่อกับแรงดันไฟเลี้ยง +5V
3	VO	LCD Contr	-	- ต่อกับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล
4	RS	Register Select	H/L	RS = 0 หมายถึงต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register) RS = 1 หมายถึงต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register)
5	R/W	Read/Write	H/L	R/W=0 หมายถึงต้องการเขียนข้อมูลไปยังLCDโมดูล R/W=1 หมายถึงต้องการอ่านข้อมูลจากLCDโมดูล
6	E	Enable	H, H->L	Enable Signal
7 - 14	DB0-DB7	Data Bus	H/L	Data Bus Line
15	A	Back Light A	-	Back Light +5V (สำหรับรุ่นที่มี Back Light)
16	K	Back Light K	-	Back Light 0V (สำหรับรุ่นที่มี Back Light)

เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงชนิดหนึ่งที่นิยมนำไปใช้เป็นตัวแสดงผลข้อความหรือตัวเลขมากกว่านำไปใช้เป็นตัวแสดงผลสี เนื่องจากมันมีความเข้มของแสงต่ำมาก และกินกำลังไฟฟ้าต่ำมากด้วยเช่นกัน จึงนิยมนำ LCD มาใช้ในเครื่องคิดเลขและนาฬิกาดิจิตอล LCD เป็นจอแสดงผลที่ได้รับความนิยมอย่างสูง ในปัจจุบัน LCD ถูกนำมาใช้งานแทนที่ 7-SEGMENT เป็นจำนวนมากเนื่องจาก LCD สามารถแสดงตัวอักษรและรายละเอียดได้มากกว่า 7-SEGMENT ทำให้มีการนำไปใช้งานในเครื่องมือต่าง ๆ มากขึ้นเพราะการสื่อสารระหว่างผู้ใช้กับเครื่องมือต่าง ๆ โดยผ่าน LCD นั้นมีความสะดวก ซึ่งในที่นี้จะขกกล่าวถึงเฉพาะ LCD ที่นำมาใช้ในการทดลองซึ่งเป็นแบบ 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.1 การใช้งาน LED โมดูล

### ตารางที่ 2.2 คำสั่งควบคุมการแสดงผล LCD โมดูล

Instruction	RS	R/W	Command (binary)								Code	Description
			7	6	5	4	3	2	1	0		
1 Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clear entire display and move cursor home (address 0)
2 Home Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	Move cursor home and return display to home position.
3 Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	0	1	M	S	Sets cursor direction (M: 0=left, 1=right) and display scrolling (S: 0=no scroll, 1=scroll)
4 Display/Cursor	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B		Sets display on/off (D), cursor on/off (C) and blinking cursor (B). (0=off, 1=on)
5 Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	C	M	0	0		Cursor or Display Shift (C: 0=cursor, 1=display) left or right (M: 0=left, 1=right).
6 Function Set	0	0	0	0	1	D	N	F	0	0		Data bus size (D: 0=4-bits, 1=8-bits), lines No.(N: 0=1-line, 1=2-lines) and font size (F: 0=5x7, 1=5x10)
7 Set CG-RAM Address	0	0	0	1	ADDRESS							Move pointer to Character Generator RAM location specified by address (ADDRESS)
8 Set DD-RAM Address	0	0	1	ADDRESS							Move cursor to Display Data RAM location specified by address (ADDRESS)	
9 Busy, ADD.Read	0	1	BF	ADDRESS							Read Busy flag, And Address Read	
10 CGRAM,DDRAM WR	1	0	WRITE DATA									Write Data to DDRAM or CGRAM
11 CGRAM,DDRAM RD	1	1	READ DATA									Read Data to DDRAM or CGRAM

## 2.2.2 รายละเอียดคำสั่ง

### 1). เคลียร์การแสดงผล (Clear Display)

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1

bit0=1 เคลียร์การแสดงผล

เคอร์เซอร์กลับไปอยู่ที่มุมซ้ายมือสุด

RS=0, R/W=0

### 2). Home Display

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	1	-

bit1=1 เคอร์เซอร์กลับไปอยู่ที่มุมซ้ายมือสุด

ข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลง

RS=0, R/W=0

### 3). โหมดการป้อนข้อมูล (Entry Mode Set )

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	1	M	S

bit2=1

M (Address Increase/Decrease) , M=0 ลดตำแหน่งแอดเดรส

,M=1 เพิ่มตำแหน่งแอดเดรส

S (Shift bit) การเลื่อนข้อมูล,S=0 เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวา ,S=1 เคอร์เซอร์จะอยู่กับที่

RS=0, R/W=0

### 4). การควบคุมการแสดงผล (Display/Cursor )

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	1	D	C	B

bit3=1

D (Display ON/OFF) D=0 OFF, D=1 ON,

C (Cursor ON/OFF) C=0 OFF, C=1 ON,

B (Blinking Cursor ON/OFF ) B=0 OFF, B=1 ON,

RS=0, R/W=0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด 5) การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์ ( Cursor or Display Shift ) ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	6	5	4	3	2	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

bit4=1

0	0	0	1	C	M	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---

C (Cursor or Display Shift) C=0 shift cursor ,C=1 shift display

RS=0, R/W=0

M (Move left/right) M=0 left, M=1 right,

6). ฟังก์ชันเซต ( Function Set )

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	1	D	N	F	-	-

bit5=1

D (Data bus size ) D= 0 is 4-bits,D= 1 is 8-bits,

RS=0, R/W=0

N ( lines No.)N= 0 is 1-line,N= 1 is 2-lines

F ( font size) F= 0 is 5x7,F= 1 is 5x10

7). เซ็ตตำแหน่งใน CG-RAM ( Set CG-RAM Address)

7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	A5	A4	A3	A2	A1	A0

bit6=1

หน่วยความจำชั่วคราว เก็บข้อมูลตัวอักษร CG-RAM (Character Generator RAM)

RS=0, R/W=0

A0-A5 เป็นตำแหน่งแอดเดรสใน CG-RAM

8). เซ็ตตำแหน่งใน DD-RAM ( Set DD-RAM Address)

7	6	5	4	3	2	1	0
1	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

bit7=1

หน่วยความจำชั่วคราว เก็บข้อมูลการแสดงผล DD-RAM (Display Data RAM)

RS=0, R/W=0

A0-A6 เป็นตำแหน่งแอดเดรสใน DD-RAM ซึ่งจะถูกลบออกไปยัง Address Counter (AC)

DD-RAM คือหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลการแสดงผล หากเขียนรหัส ASCII ลงในหน่วยความจำนี้ก็จะปรากฏที่จอ LCD ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง Address ของ LCD แต่ละแบบ

### 1 x 16 Display

Line 1	0	1	2	3	4	5	6	7	64	65	66	67	68	69	70	71
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

### 2 x 16 Display

Line 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Line 2	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79

### 4 x 20 Display

Line 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Line 2	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
Line 3	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Line 4	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103

เช่นกรณีใช้งาน LCD โมดูลแบบ 2x16 ต้องการให้แสดงผลที่บรรทัดที่ 2 ใน column แรก

จะมีค่า address = 64(dec)

โดยการนำคำสั่งนี้คือ 10000000 หรือ 0x80 มา OR กับ address

0x80 OR 64(dec) = 0xC0 จะเป็นชุดคำสั่งที่ใช้เขียนไปยังโมดูล LCD

### 9). การอ่าน BUSY Flag And Address Counter (BF and AC)

7	6	5	4	3	2	1	0
BF	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0

BF=bit7 เป็นตัวบอกสถานะของ LCD

R/W=1 กำหนดให้เป็น Read mode

RS=0, R/W=1

BF=0 ว่าง, BF=1 ไม่ว่าง

A0-A6 = Address Counter (AC)

### 10). การเขียนข้อมูลใน CG or DD-RAM

7	6	5	4	3	2	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

RS=1 กำหนดให้เป็นข้อมูล

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
----	----	----	----	----	----	----	----

R/W=0 กำหนดให้เป็น Write mode

D0-D7 =ข้อมูลที่

RS=1, R/W=0

ต้องการเขียน

หากต้องการเขียนข้อมูลใน CG-RAM ให้เซ็ทตำแหน่ง CG-RAM ในคำสั่งที่ 7 ก่อน

หากต้องการเขียนข้อมูลใน DD-RAM ให้เซ็ทตำแหน่ง DD-RAM ในคำสั่งที่ 8 ก่อน

#### 11). การอ่านข้อมูลจาก CG or DD-RAM

7	6	5	4	3	2	1	0
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

RS=1 กำหนดให้เป็นข้อมูล

R/W=1 กำหนดให้เป็น Readmode

D0-D7 =ข้อมูลที่

RS=1, R/W=0

อ่านได้

หากต้องการอ่านข้อมูลใน CG-RAM ให้เซ็ทตำแหน่ง CG-RAM ในคำสั่งที่ 7 ก่อน

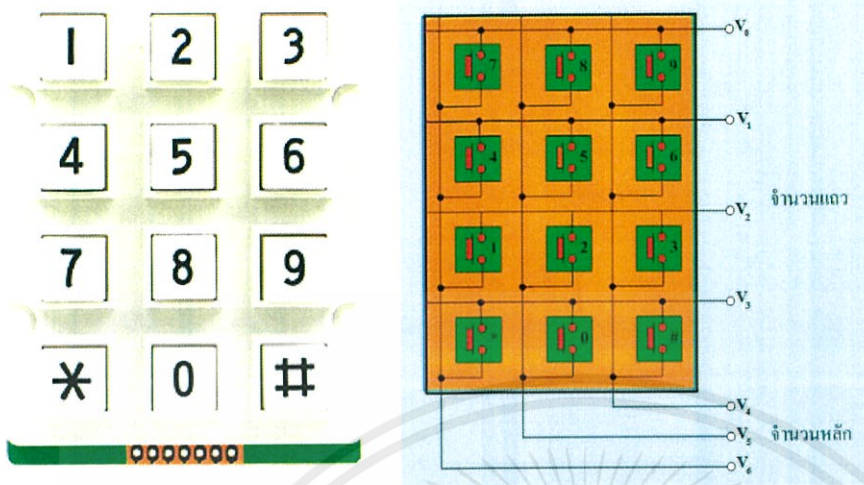
หากต้องการอ่านข้อมูลใน DD-RAM ให้เซ็ทตำแหน่ง DD-RAM ในคำสั่งที่ 8 ก่อน

### 2.3 คีย์แพด (Keypad) แบบ 4x3

การต่อสวิตช์แบบนี้เรียกว่า การต่อสวิตช์แบบเมตริกซ์ (Matrix Switch) โดยสวิตช์จะถูกต่ออยู่ในลักษณะแนวแกนตั้งและแกนนอน จะเรียกแนวแกนตั้งว่าหลักหรือคอลัมน์ (Column) ในขณะที่แนวนอนจะเรียกว่าแถวหรือโรว์ (Row) ดังนั้นค่าของสวิตช์จะต้องประกอบด้วย ตำแหน่งในแนวหลักและแถว กระบวนการที่จะทำให้ได้ค่าของสวิตช์ค่อนข้างซับซ้อนอย่างไรก็ตามก็มีข้อดีก็คือ สามารถรองรับการเพิ่มของสวิตช์ได้อย่างสะดวก เพียงเพิ่มเติมจำนวนสวิตช์และแก้ไขซอฟต์แวร์อีกเล็กน้อย ทำให้วงจรสวิตช์แบบเมตริกซ์เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

การต่อสวิตช์แบบเมตริกซ์หรือคีย์แพดมีการต่ออยู่ในลักษณะโมดูลสวิตช์ ที่ต่อกันเป็นหลักและแถวมักใช้งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ เอ็ดพุตมี 2 แถว ดังวงจรสวิตช์รูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



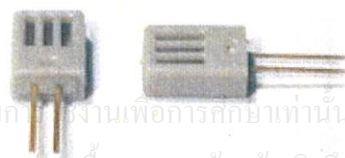
รูปที่ 2.3 แสดงสวิตช์แบบคีย์แพด

## 2.4 เซนเซอร์วัดค่าความชื้น (Humidity Sensor)

เซนเซอร์วัดค่าความชื้น ที่ใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรมมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ Capacitive, Thermal Conductivity และ Resistive เมื่อเราจะเลือกนำไปใช้งานต่าง ๆ กัน การมาเริ่มทำความรู้จักถึงข้อดี และ ข้อด้อยของเซนเซอร์แต่ละชนิดจึงน่าจะมีประโยชน์ต่อข้อมูลการวัดที่จะได้รับมากที่สุด ผู้เขียนจะขอเริ่มจากสรุปข้อกำหนดที่เราควรจะต้องจำไว้ เมื่อต้องเลือกใช้เซนเซอร์วัดค่าความชื้น ซึ่งได้แก่

- 1) ความแม่นยำ (Accuracy)
- 2) ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability)
- 3) เสถียรภาพในช่วงเวลายาว ๆ (Stability)
- 4) ความสามารถในการชดเชย (Condensation)
- 5) ความทนทานต่อสารเคมี
- 6) ขนาด และรูปตัวถังของเซนเซอร์ (Size & Package)
- 7) ความคุ้มค่า (Cost)

### 2.4.1 เซนเซอร์วัดความชื้นแบบคาปาซิทีฟ (Capacitive Humidity Sensor)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกิจกรรมเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 เซนเซอร์วัดความชื้นแบบคาปาซิทีฟ (Capacitive Humidity Sensor)

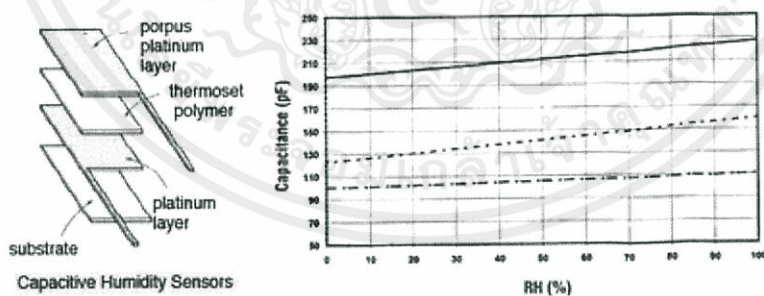
เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบนี้วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ งานวิจัยหรือทดลองทางฟิสิกส์ เซนเซอร์แบบนี้มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยชั้นฐานแผ่นฟิล์มบางที่ทำจากโพลีเมอร์ หรือเมทัลออกไซด์ (Metal Oxide) ถูกวางอยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง โดยพื้นผิวของฟิล์มบางดังกล่าวถูกเคลือบด้วยอิเล็กโทรดโลหะแบบมีรูพรุนเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดด

เซนเซอร์แบบคาปาซิทิฟสามารถตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมได้เกือบจะเป็นเชิงเส้น หรือมีการตอบสนองได้อย่างเป็นสัดส่วนที่ตนเอง โดยเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไป 1 เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive) ก็จะเปลี่ยนไป 0.2 ถึง 0.5 pF

เซนเซอร์แบบคาปาซิทิฟถูกกำหนดให้มีคุณลักษณะเฉพาะคือค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำจึงทำให้ทำงานได้ดี แม้อุณหภูมิสูงถึง 200°C การกลับสู่สภาวะเดิมจากสภาวะการควบแน่น และยังทนต่อไอระเหยของสารเคมีอีกด้วย ในขณะที่ช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์คือ 30 ถึง 60 วินาที สำหรับการเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วง 63 เปอร์เซ็นต์

สำหรับข้อดีของเซนเซอร์แบบคาปาซิทิฟ ซึ่งเริ่มจากความผิดพลาดเท่ากับ 2%RH ในช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น 5% ถึง 95%RH นอกจากนี้เซนเซอร์ยังถูกจำกัดความสามารถด้วยระยะระหว่างชั้นส่วนตรวจจับความชื้นกับวงจรแปลงสัญญาณ เพราะหากไกลกันมากจะทำให้เกิดผลกระทบของค่าความจุไฟฟ้า และในทางปฏิบัติจะต้องน้อยกว่า 10 ฟุต

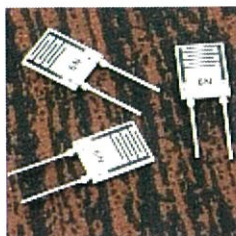
คุณสมบัติที่สำคัญอย่างยิ่งของเซนเซอร์แบบค่าความจุก็คือ Dew Point เนื่องจากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสอดคล้องกับค่าความชื้นที่เปลี่ยนไป แม้จะเปลี่ยนแปลงไปน้อย ๆ ก็ตาม และค่า Drift ต่ำ ซึ่งถือว่าเป็นข้อดี แต่ถ้าค่าความชื้นที่เปลี่ยนไปต่ำกว่าในระดับที่กำหนดแล้ว เซนเซอร์ก็เริ่มที่จะทำงานไม่เป็นเชิงเส้น



รูปที่ 2.5 โครงสร้างและกราฟการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นแบบคาปาซิทิฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4.2 เซนเซอร์ความชื้นแบบรีซิสตีฟ (Resistive Humidity Sensor)



รูปที่ 2.6 เซนเซอร์ความชื้นแบบรีซิสตีฟ (Resistive Humidity Sensor)

เซนเซอร์ความชื้นที่จะวัดการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ไฟฟ้าของตัวกลางดูดความชื้น (Hygroscopic Medium) อย่างเช่น โพลีเมอร์ เกลือหรือสารสังเคราะห์ทั้งนี้อิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนจะแปรผันกับค่าความชื้นในลักษณะของกราฟเอกซ์โปเนนเชียลกลับด้าน โครงสร้างของเซนเซอร์ Resistive ประกอบด้วย อิเล็กโตรดโลหะ 2 ส่วนวางอยู่บนฐานด้วยเทคนิคการวางแบบโฟโตรีซิส (Photo resist) อิเล็กโตรดอาจมี ขดลวดพันรอบ Wire-wound Electrodes ใช้แกนเป็นพลาสติกหรือแท่งแก้วทรงกระบอกในส่วนของฐานนั้น ถูกเคลือบด้วยเกลือ (Salt) หรือโพลีเมอร์ (Conductive Polymer) การทำงานของเซนเซอร์ก็คือดูดซับไอน้ำ และไอออนที่แตกตัว เป็นผลให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์ อยู่ในช่วง 10 ถึง 30 วินาทีสำหรับการเปลี่ยนแปลงในช่วง 63% โดยย่านของอิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนแปลงของ เซนเซอร์แปรเปลี่ยน 1 kW ถึง 100 mW

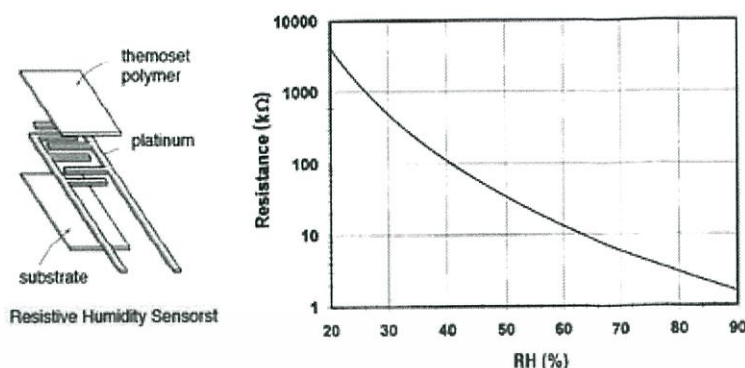
เซนเซอร์แบบ Resistive จะใช้วงจรวัดแบบสมมาตร (Symmetrical) ซึ่งใช้แปลงกำเนิดกระแสสลับ กระตุ้นอย่างเช่นวงจรถัด (Bridge) และสาเหตุที่ทำให้ใช้กระแสตรงก็เพื่อป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดไฟฟ้าขึ้น นั้นเอง

เมื่อความต้านทานเปลี่ยนตามการเปลี่ยนของความชื้นเป็นผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรวัด กระแสไฟนั้นจะถูกแปลงเป็นสัญญาณแรงดันกระแสตรงเพื่อการส่งผ่านไปยังวงจรรขยายย่านวัด วงจรรขยายแรงดัน วงจรปรับเชิงเส้นและวงจรถ่ายสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลต่อไป ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ แล้วจะทำให้เซนเซอร์และ Resistive มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิได้ดีมาก

ข้อดีของเซนเซอร์แบบ Resistive ก็คือการสับเปลี่ยนได้ (Interchangeability) หมายถึงหากตัวใดเสียก็สามารถนำอีกตัวหนึ่งมาแทนได้ โดยผ่านการสอบเทียบด้วยการปรับค่าความต้านทาน ซึ่งก็ทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน  $\pm 2\%RH$  อย่างไรก็ตามหากต้องการสอบเทียบเซนเซอร์ Resistive ได้อย่างแม่นยำ ก็ สามารถทำได้โดยใช้ RH Calibration Chamber หรือสอบเทียบด้วยระบบ DA ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ร่วมกับ ข้อควรจำอย่างหนึ่งของการใช้เซนเซอร์แบบ Resistive คืออ่านอุณหภูมิใช้งาน อยู่ในช่วง  $-40^{\circ}C$  ถึง  $100^{\circ}C$

แม้ว่าอายุการใช้งานของเซนเซอร์อยู่ในช่วง 5 ปี แต่การใช้งานในสภาพแวดล้อมของไอร่ะเหยของ สารเคมีหรือน้ำมันก็อาจทำให้อายุการใช้งานของเซนเซอร์สั้นลงกว่านี้ ข้อบกพร่องหรือข้อด้อยอีกอย่างของ เซนเซอร์ Resistive ก็คือ การเกิดค่าเบี่ยงเบนเมื่อเกิดสภาวะควบแน่นหากใช้สารเคลือบที่ละลายน้ำได้

เซนเซอร์แบบ Resistive จะทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่มีการผันแปรของอุณหภูมิไม่เกิน  $10^{\circ}F$  หากเกินนี้ อุณหภูมิก็จะเริ่มส่งผลให้อ่านค่าความชื้นได้เพี้ยนไป อย่างไรก็ตามด้วยสาเหตุนี้เองจึงมีการเพิ่มระบบ ขดเชยอุณหภูมิเข้าไปด้วยเพื่อความแม่นยำสูงขึ้น จากที่กล่าวมานี้คุณลักษณะที่มีขนาดเล็ก ราคาถูก สามารถสับเปลี่ยนกันได้ง่าย และเสถียรภาพในช่วงเวลานาน จึงทำให้เหมาะใช้ในงานควบคุม อุปกรณ์แสดงผลใน อุตสาหกรรม และใช้ในเครื่องใช้ต่าง ๆ ตามบ้าน



รูปที่ 2.7 โครงสร้างและกราฟการทำงานของเซนเซอร์ความชื้นแบบรีซิสตีฟ

### 2.4.3 เซนเซอร์ความชื้นแบบ Thermal Conductivity

เซนเซอร์แบบนี้เป็นชนิดเดียวที่วัดค่าความชื้นสมบูรณ์ โดยอาศัยการคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าการนำความร้อนของอากาศแห้ง (Thermal Conductivity) กับการนำความร้อนของอากาศที่มีไอน้ำอยู่ โดยเมื่ออากาศหรือก๊าซแห้ง มันจะมีความสามารถที่จะรับความจุความร้อนสูงกว่า ยกตัวอย่างเช่น สภาวะอากาศในทะเลทราย ซึ่งจะร้อนจัดในเวลากลางวัน แต่พอตกกลางคืนอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากสภาวะบรรยากาศแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับแล้ว อากาศที่มีความชื้นจะไม่เย็นลงอย่างรวดเร็วในตอนกลางคืนเพราะความร้อนยังแฝงอยู่ในไอน้ำของชั้นบรรยากาศ

เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity หรือเราอาจจะเรียกเซนเซอร์ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity Sensor) ประกอบด้วยเทอร์มิสเตอร์ 2 ตัว ต่อกันในวงจรบริดจ์โดยเทอร์มิสเตอร์ตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในแคปซูลที่มีก๊าซไนโตรเจน และเทอร์มิสเตอร์อีกตัวหนึ่งถูกวางอยู่ในบรรยากาศ กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านเทอร์มิสเตอร์ทั้งสอง ส่งผลให้เกิดความร้อนสูงขึ้นในตัวเทอร์มิสเตอร์มากกว่า 200°C และความร้อนที่กระจายออกจากเทอร์มิสเตอร์ในแคปซูลจะมากกว่า เทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ในบรรยากาศ ความแตกต่างของอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ทั้งสองนี้ เป็นความต่างของการนำความร้อนของไอน้ำเทียบกับไนโตรเจนแห้ง ความแตกต่างของค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จึงเป็นส่วนโดยตรงกับความชื้นสมบูรณ์ เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity มีความทนทานสูงและทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงถึง 300°C และยังสามารถทนต่อไอระเหยสารเคมีได้เป็นอย่างดีจากคุณสมบัติที่ดีของวัสดุโครงสร้างเครื่องที่ไม่มีปฏิกิริยาทางสารเคมี เช่น แก้วสารกึ่งตัวนำ ที่ใช้สร้างเทอร์มิสเตอร์พลาสติกทนอุณหภูมิสูงหรืออะลูมิเนียม

โดยทั่วไปแล้วจะมีการใช้เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity ในงานอุตสาหกรรมอบผ้าทั้งแบบที่ใช้ไมโครเวฟ หรือแบบที่ใช้ไอน้ำ รวมทั้งอุตสาหกรรมอบไม้ อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และการผลิตสารเคมีต่าง ๆ ทั้งนี้เซนเซอร์แบบนี้มีความแยกแยะที่ดีกว่าเซนเซอร์แบบอื่น ที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า 200°F นอกจากนี้ก็อาจมีการใช้ในงานที่ต้องการความแม่นยำระดับ  $+3g/m^3$  ซึ่งเมื่อแปลงไปเป็นค่าความชื้นจะได้เท่ากับ  $\pm 5\%RH$  ที่ 40°C และ  $\pm 0.5\%RH$  ที่ 100°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในที่นี้เราได้เลือกใช้เซนเซอร์ Grove - Moisture Sensor Moisture Sensor เป็น Sensor วัดความชื้นในดินเพื่อใช้ในการตรวจวัดสำหรับการปลูกพืช หรือ สวนดอกไม้เซนเซอร์ความชื้นนี้สามารถอ่านค่าของความชื้นในพื้นที่ดินรอบตัวเหมาะสำหรับการตรวจสอบในระดับความชื้นในดิน และสามารถนำไปต่อยังอุปกรณ์ต่างๆในสวนได้

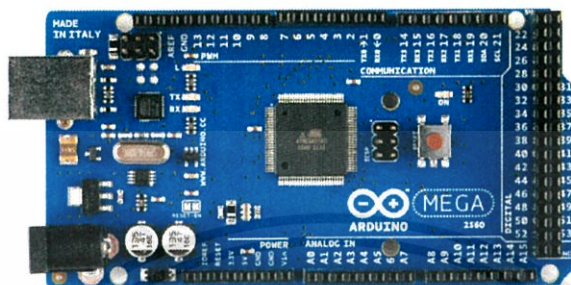
เซนเซอร์นี้จะใช้โพรบทั้งสองวัดค่าผ่านดิน โดยเอาท์พุทได้มีค่า 0 – 4.2 โวลต์ โดยถ้าความชื้นในดินมีค่าน้อย ค่าที่วัดได้ก็จะมีค่าน้อย ถ้าความชื้นมีค่ามากค่าที่วัดได้ก็จะมีค่ามาก



รูปที่ 2.8 รูปภาพ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Grove - Moisture Sensor )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 Arduino รุ่น Arduino Mega 2560 R3



รูปที่ 2.9 Arduino รุ่น Arduino Mega 2560 R3

### 2.5.1 ภาพรวม Arduino Mega 2560 R3

Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์บนพื้นฐานของ ATmega2560 โดยมี digital input/output 54 pins (มี 15 pins ซึ่งสามารถใช้เป็นสัญญาณ PWM), 16 analog inputs, 4 UARTs (พอร์ตอนุกรมฮาร์ดแวร์), crystal 16 MHz, เชื่อมต่อ USB, power jack, ICSP header และปุ่มรีเซ็ตมีทุกสิ่ง ที่จำเป็นในการสนับสนุนไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มใช้งานเพียงแค่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วย USB หรือไฟ จาก adapter ที่แปลงจาก AC ไป DC หรือแบตเตอรี่ Arduino Mega ออกแบบมาสำหรับ Arduino Duemilanove หรือ Diecimila ซึ่งเข้ากันได้มากที่สุด

### 2.5.2 ข้อมูลอย่างย่อ

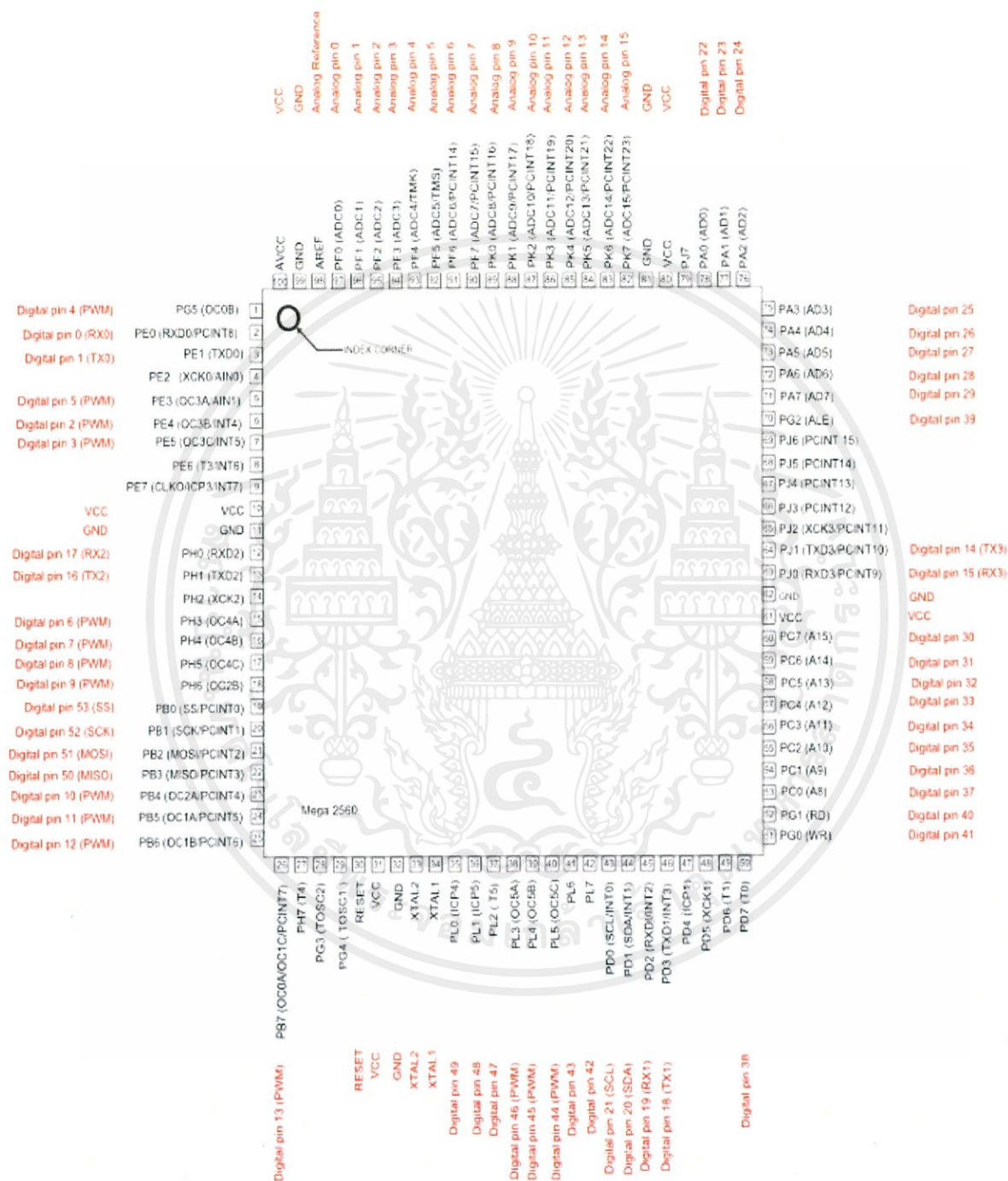
Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader

SRAM เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

EEPROM ทุกชิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ 4 KB ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Clock Speed	16 MHz
-------------	--------

## 2.5.3 Arduino Mega 2560 PIN diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 2.10 Arduino Mega 2560 PIN diagram อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.4 Arduino Mega 2560 PIN mapping table

ตารางที่ 2.3 Arduino Mega 2560 PIN mapping table

Pin Number	Pin Name	Mapped Pin Name
1	PG5 ( OC0B )	Digital pin 4 (PWM)
2	PE0 ( RXD0/PCINT8 )	Digital pin 0 (RX0)
3	PE1 ( TXD0 )	Digital pin 1 (TX0)
4	PE2 ( XCK0/AIN0 )	
5	PE3 ( OC3A/AIN1 )	Digital pin 5 (PWM)
6	PE4 ( OC3B/INT4 )	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 ( OC3C/INT5 )	Digital pin 3 (PWM)
8	PE6 ( T3/INT6 )	
9	PE7 ( CLK0/ICP3/INT7 )	
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 ( RXD2 )	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 ( TXD2 )	Digital pin 16 (TX2)
14	PH2 ( XCK2 )	
15	PH3 ( OC4A )	Digital pin 6 (PWM)
16	PH4 ( OC4B )	Digital pin 7 (PWM)
17	PH5 ( OC4C )	Digital pin 8 (PWM)
18	PH6 ( OC2B )	Digital pin 9 (PWM)
19	PB0 ( SS/PCINT0 )	Digital pin 53 (SS)
20	PB1 ( SCK/PCINT1 )	Digital pin 52 (SCK)
21	PB2 ( MOSI/PCINT2 )	Digital pin 51 (MOSI)
22	PB3 ( MISO/PCINT3 )	Digital pin 50 (MISO)
23	PB4 ( OC2A/PCINT4 )	Digital pin 10 (PWM)
24	PB5 ( OC1A/PCINT5 )	Digital pin 11 (PWM)
25	PB6 ( OC1B/PCINT6 )	Digital pin 12 (PWM)
26	PB7 ( OC0A/OC1C/PCINT7 )	Digital pin 13 (PWM)
27	PH7 ( T4 )	

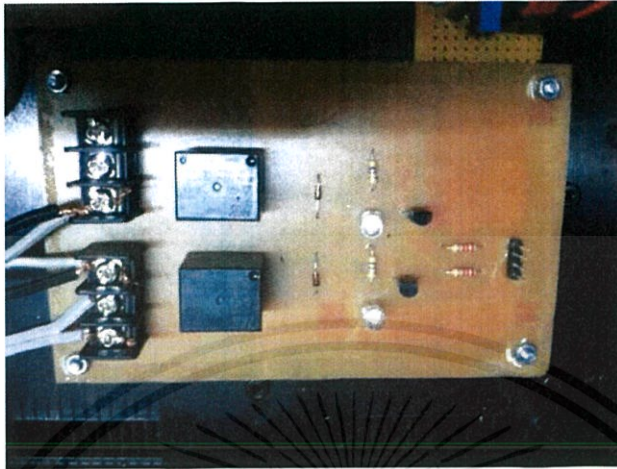
28	PG3 ( TOSC2 )	
29	PG4 ( TOSC1 )	
30	RESET	RESET
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 ( ICP4 )	Digital pin 49
36	PL1 ( ICP5 )	Digital pin 48
37	PL2 ( T5 )	Digital pin 47
38	PL3 ( OC5A )	Digital pin 46 (PWM)
39	PL4 ( OC5B )	Digital pin 45 (PWM)
40	PL5 ( OC5C )	Digital pin 44 (PWM)
41	PL6	Digital pin 43
42	PL7	Digital pin 42
43	PD0 ( SCL/INT0 )	Digital pin 21 (SCL)
44	PD1 ( SDA/INT1 )	Digital pin 20 (SDA)
45	PD2 ( RXDI/INT2 )	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 ( TXD1/INT3 )	Digital pin 18 (TX1)
47	PD4 ( ICP1 )	
48	PD5 ( XCK1 )	
49	PD6 ( T1 )	
50	PD7 ( T0 )	Digital pin 38
51	PG0 ( WR )	Digital pin 41
52	PG1 ( RD )	Digital pin 40
53	PC0 ( A8 )	Digital pin 37
54	PC1 ( A9 )	Digital pin 36
55	PC2 ( A10 )	Digital pin 35
56	PC3 ( A11 )	Digital pin 34
57	PC4 ( A12 )	Digital pin 33

58	PC5 ( A13 )	Digital pin 32
59	PC6 ( A14 )	Digital pin 31
60	PC7 ( A15 )	Digital pin 30
61	VCC	VCC
62	GND	GND
63	PJ0 ( RXD3/PCINT9 )	Digital pin 15 (RX3)
64	PJ1 ( TXD3/PCINT10 )	Digital pin 14 (TX3)
65	PJ2 ( XCK3/PCINT11 )	
66	PJ3 ( PCINT12 )	
67	PJ4 ( PCINT13 )	
68	PJ5 ( PCINT14 )	
69	PJ6 ( PCINT 15 )	
70	PG2 ( ALE )	Digital pin 39
71	PA7 ( AD7 )	Digital pin 29
72	PA6 ( AD6 )	Digital pin 28
73	PA5 ( AD5 )	Digital pin 27
74	PA4 ( AD4 )	Digital pin 26
75	PA3 ( AD3 )	Digital pin 25
76	PA2 ( AD2 )	Digital pin 24
77	PA1 ( AD1 )	Digital pin 23
78	PA0 ( AD0 )	Digital pin 22
79	PJ7	
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 ( ADC15/PCINT23 )	Analog pin 15
83	PK6 ( ADC14/PCINT22 )	Analog pin 14
84	PK5 ( ADC13/PCINT21 )	Analog pin 13
85	PK4 ( ADC12/PCINT20 )	Analog pin 12
86	PK3 ( ADC11/PCINT19 )	Analog pin 11
87	PK2 ( ADC10/PCINT18 )	Analog pin 10

88	PK1 ( ADC9/PCINT17 )	Analog pin 9
89	PK0 ( ADC8/PCINT16 )	Analog pin 8
90	PF7 ( ADC7 )	Analog pin 7
91	PF6 ( ADC6 )	Analog pin 6
92	PF5 ( ADC5/TMS )	Analog pin 5
93	PF4 ( ADC4/TMK )	Analog pin 4
94	PF3 ( ADC3 )	Analog pin 3
95	PF2 ( ADC2 )	Analog pin 2
96	PF1 ( ADC1 )	Analog pin 1
97	PF0 ( ADC0 )	Analog pin 0
98	AREF	Analog Reference
99	GND	GND
100	AVCC	VCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 Board Arduino Reley Control



รูป 2.11 Board Arduino Reley Control

### ประกอบด้วย

2.6.1 ตัวต้านทาน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า นิยมนำมาประกอบในวงจรทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ตัวอย่างเช่นวงจรเครื่องรับวิทยุ, โทรศัพท์, เครื่องขยายเสียง ฯลฯ เป็นต้น ตัวต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้า ทำหน้าที่ลดแรงดัน และจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ตัวต้านทานมีรูปแบบและขนาดแตกต่างกันตามลักษณะของการใช้งาน นอกจากนี้ยังแบ่งออกเป็นชนิดค่าคงที่และชนิดปรับค่าได้

2.6.2 LED ไดโอดเปล่งแสง (อังกฤษ: light-emitting diode หรือย่อว่า LED) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง จัดอยู่ในจำพวกไดโอดที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปกตรัมแคบ เมื่อถูกไบอัสทางไฟฟ้าในทิศทางไปข้างหน้า

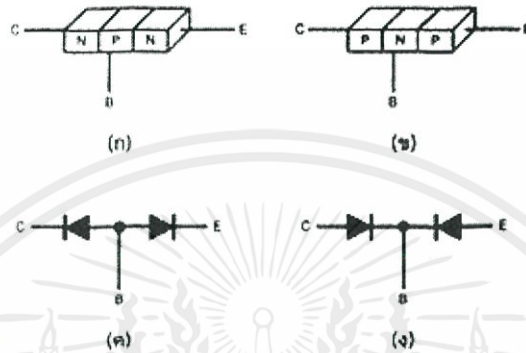


รูปที่ 2.12 LED ไดโอดเปล่งแสง

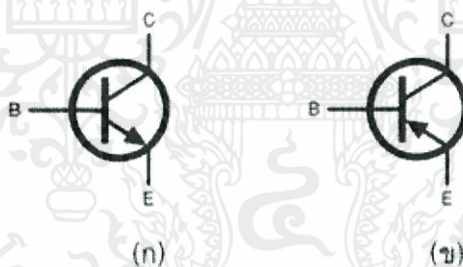
2.6.3 Transistor ทรานซิสเตอร์ (Transistor ตัวย่อ Tr หรือ Q) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำ สาร P และสาร N 3 ชั้น นำมาต่อเรียงกัน ดังรูปที่ 2.14 โดยเรียงต่อกันได้ 2 แบบ ดังรูป ก และ ข ในรูป ก. ใช้สาร N 2 ชั้น และสาร P 1 ชั้น โดยมีสาร P อยู่ตรงกลาง จึง เรียกทรานซิสเตอร์ชนิดนี้ว่า NPN และต่อขาออกมา 3 ขา เป็นขา B (เบส), C(คอลเลคเตอร์), E(อีมีตเตอร์) โดยที่ขา B ต่อออกมาจากสาร P ส่วนในรูปที่ 2.14 ข. ตรงกันข้ามกับรูปที่ 2.14 ก. และเรียกว่าชนิด PNP ส่วนขาที่ต่อออกมาเช่นเดียวกับรูปที่ 2.14 ก. ด้วย

โครงสร้างดังกล่าวนี้ จะเหมือนกับไดโอด 2 ตัวชนกันดังรูป ค. และ ง. โดยใช้สาร P หรือ N ตรงกลางเป็นตัวร่วมกัน

จากรูปที่ 2.14 สามารถเป็นสัญลักษณ์เพื่อให้ดูง่าย ๆ ดังรูปที่ 2.15 ในรูป ก เป็นของชนิด PNP สังเกตที่ลูกศรของเขา E จะชี้ ออกส่วนชนิด PNP แสดงในรูป ข. สัญลักษณ์ต่างกันว่า E คือ ลูกศรที่ขา E จะชี้เข้า

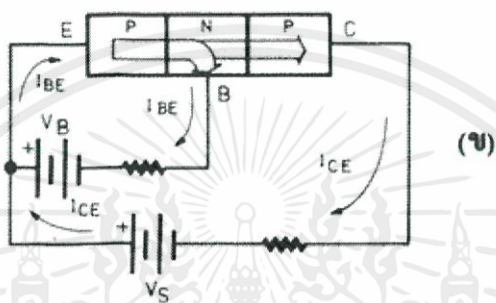
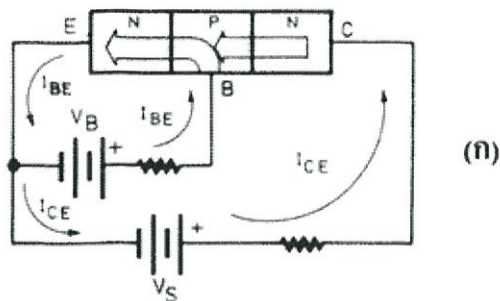


รูปที่ 2.13 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ในรูป ก. และ PNP ในรูป ข. ส่วน ค. และ ง. แสดงการเปรียบเสมือน ไดโอด 2 ตัวชนกัน



รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ ของทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ชนิด

หลักการการทำงานของทรานซิสเตอร์พอจะอธิบายได้โดยการต่อวงจรดังรูปที่ 2.16 ด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน ในรูปที่ 2.16 ก. เป็นการต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN พิจารณาทางด้านขา B และขา E จะเป็นการต่อในลักษณะไบแอสตรง ให้กับสาร P และ N ด้วย  $V_B$  (เหมือนไดโอด) จึงมีกระแสส่วนหนึ่งไหลเรียกว่า  $I_{BE}$  ซึ่งเป็นผลให้ทางด้านขา C เกิดกระแสไหลตามไปด้วย คือ มีกระแสวิ่งจากแบตเตอรี่  $V_S$  ไปสาร N ไปสาร P และไปสาร N ที่ E ครบวงจรอีก กระแสส่วนที่วิ่งตาม  $I_{BE}$  นี้มีชื่อว่า  $I_{CE}$  และกระแสที่วิ่งออกมาจากขา E มี 2 ส่วนคือ ส่วนขาของ  $I_{BE}$  และ  $I_{CE}$  ส่วนในรูปที่ 2.16 ข. ก็มีหลักการการทำงานเช่นเดียวกับของ ชนิด PNP เพียงแต่กลับขั้วแบตเตอรี่เท่านั้น และเมื่อหากว่า  $I_{BE}$  หยุดไหล  $I_{CE}$  จะหยุดไหลตามไปด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2.15 แสดงการเกิดกระแสเมื่อมีการป้องกันแรงดันที่ ขาต่าง ๆ

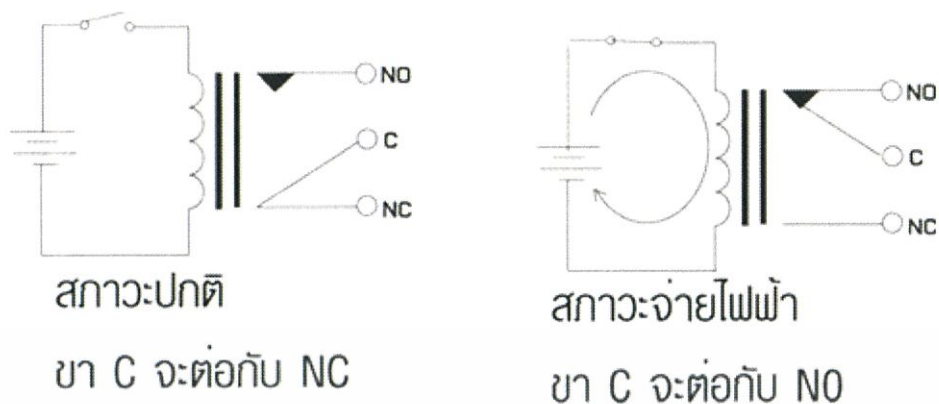
2.6.4 รีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ Relay รีเลย์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงกล ชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ แต่รีเลย์นั้นจะถูกควบคุมด้วย กระแสไฟฟ้าครับ



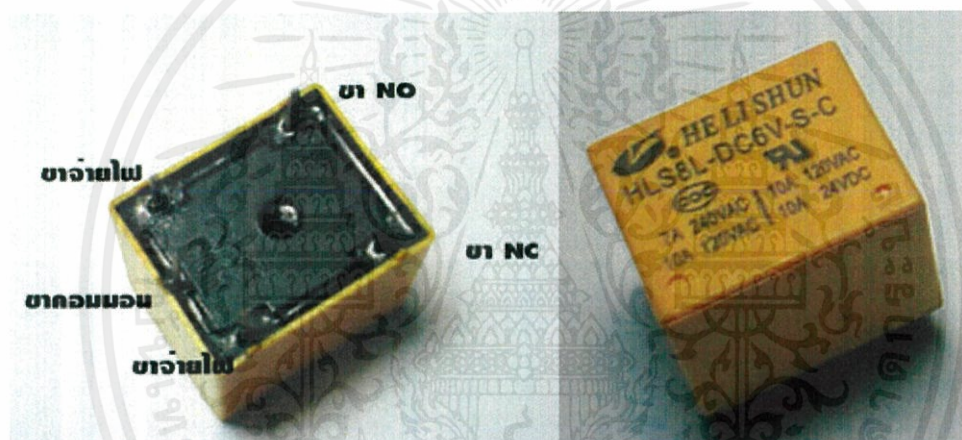
รูปที่ 2.16 รีเลย์ และ สัญลักษณ์ของรีเลย์

การทำงานของรีเลย์ คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด จะทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไปดึงแผ่นหน้าสัมผัสให้ดึงลงมาแตะหน้าสัมผัสอีกอันทำให้มีกระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงสภาวะการทำงานของรีเลย์



รูปที่ 2.18 ด้านล่างของรีเลย์จะแสดงตำแหน่งขา และ ด้านบนจะแสดงรายละเอียดการใช้งาน

#### 2.6.4.1 ขาของรีเลย์จะประกอบไปด้วยตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้คือ

ขาย้ายแรงดันใช้งาน ซึ่งจะมีอยู่ 2 ขา จากรูปจะเห็นสัญลักษณ์ชัดเจนแสดงตำแหน่งขา coil หรือขาต่อแรงดันใช้งาน

ขา C หรือ COM หรือ ขาคอมมอน จะเป็นขาต่อระหว่าง NO และ NC

ขา NO (Normally opened หรือ ปกติเปิด) โดยปกติขานี้จะเปิดเอาไว้ จะทำงานเมื่อเราป้อนแรงดันให้รีเลย์

ขา NC (Normally closed หรือ ปกติปิด) โดยปกติขานี้จะต่อกับขา C ในกรณีที่เรายังไม่ได้จ่ายแรงดันหน้าสัมผัสของ C และ NC จะต่อถึงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.6.4.2 ข้อจำกัดในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1. แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่า แรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12VDC คือต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ครับ เพราะตัวรีเลย์ จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)
2. การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220AC คือ หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220VAC ครับ แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้จะเป็นการดีกว่าครับ เพราะถ้ากระแสผ่านหน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้
3. จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือเปล่า

## 2.7 Water Pump (ปั้มน้ำ)

ปั้มน้ำตัวนี้ใช้แหล่งในน้ำได้ โดยปั้มจะดูดน้ำรอบๆตัว เข้าทางท่อเข้า และพ่นน้ำออกมาทางท่อออก ด้านบน ปั้มน้ำ แกนใบพัดเป็นเซรามิก ให้กำลังน้ำแรง และสม่เสมอ กำลังปั้ม 1300 L/Hrกำลังไฟ 25 W. ปั้มน้ำได้สูง 1.2 m.



รูปที่ 2.19 Water Pump (ปั้มน้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 Sprinkle (สปริงเกอร์)

หัวสปริงเกอร์ไว้สำหรับจ่ายน้ำให้กับพืช



รูปที่ 2.20 Sprinkle (สปริงเกอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

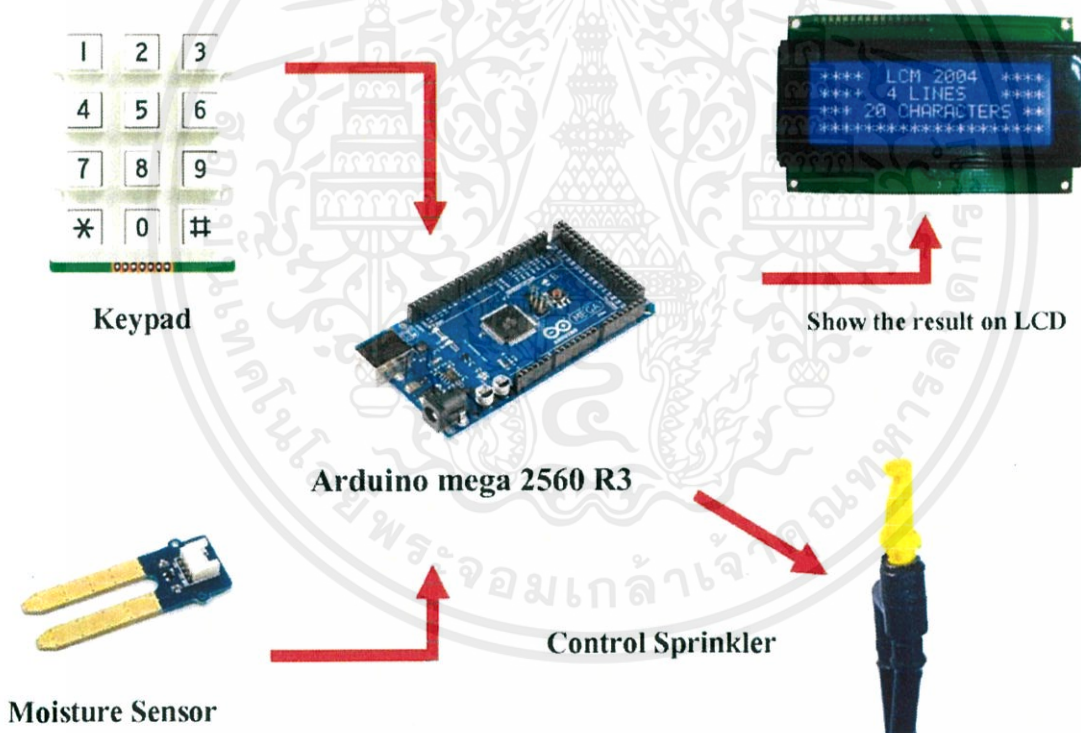
## บทที่ 3

### หลักการและการออกแบบ

#### 3.1 องค์ประกอบหลัก

- เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน
- ส่วนรับค่าและแสดงผล ( บอร์ด Arduino , โมดูล LCD )
- ส่วนเลือกโหมดควบคุม (คีย์สวิตช์)
- ส่วนควบคุมการรดน้ำต้นไม้

#### 3.2 แผนภาพแสดงการทำงาน



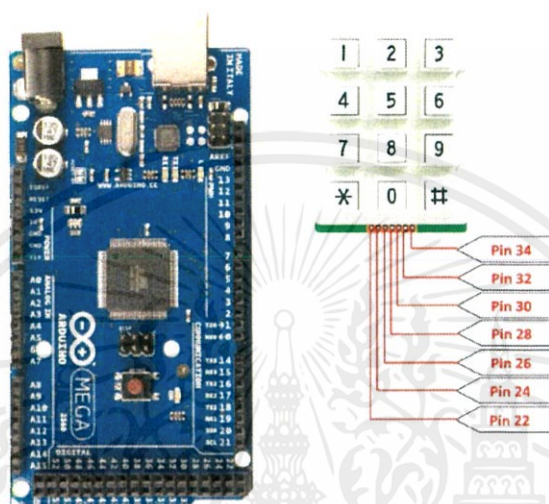
รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงการทำงาน

จากแผนภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักคือ ตัวบอร์ด Arduino Mega 2560 R3 โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน แล้วส่งผลที่ได้ในรูปแบบอนาล็อก ไปยังบอร์ด Arduino ซึ่งบอร์ดจะทำการประมวลผลจากนั้นจึงส่งผลแสดงผลออกทางหน้าจอ LED โดยมี Keypad เป็นอุปกรณ์ในการเลือกโหมดการทำงาน ระบบนี้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติ และ แบบสั่งการด้วยมือได้โดยระบบรดน้ำต้นไม้จะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในบอร์ด Arduino และสั่งให้อุปกรณ์รดน้ำต้นไม้ทำงานหรือหยุดการทำงาน เมื่อถึงค่าความชื้นที่กำหนด

### 3.3 แผนภาพการทำงานระหว่าง ARDUINO กับ KEYPAD

การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่น้อยทีเดียวที่มีการใช้งานสวิตช์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามต้องการ

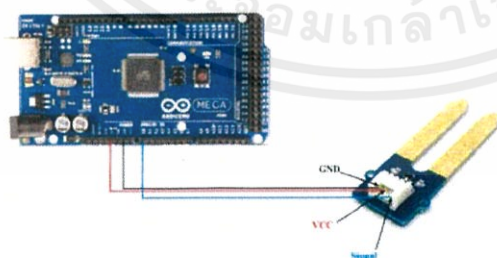
การต่อสวิตช์ที่จำนวนไม่มากนักก็สามารถต่อโดยตรงกับไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ถ้าต้องการใช้งานสวิตช์ที่มีจำนวนมากวิธีที่ถูกเลือกใช้เป็นอันดับแรกคือการต่อแบบแมตทริก



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงการต่อวงจรระหว่าง KEYPAD กับ ARDUINO

### 3.4 แผนภาพการทำงานระหว่าง ARDUINO กับ SENSOR

วงจรนี้มีไว้เพื่อต้องการวัดความชื้นในดินโดยมี ARDUINO เป็นตัวประมวลผล



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงการต่อวงจรระหว่าง SENSOR กับ ARDUINO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 แผนภาพการทำงานระหว่าง ARDUINO กับ LED DISPLAY

#### การประกอบอุปกรณ์

-ภาคจ่ายไฟ

ให้ต่อไฟเลี้ยงและกราวด์ จากบอร์ดไปเข้า LCD ที่ขา 2 และ 1 ตามลำดับ และให้นำสายทั้ง 2 ไปต่อกับความต้านทานปรับค่าได้ที่ขาต้านนอกทั้ง 2 ด้าน จากนั้นให้นำขากลางของความต้านทานปรับค่าได้ ไปต่อกับขา 3 ของ LCD ซึ่งส่วนนี้จะเป็นการปรับค่า Contrast ของจอ LCD โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้ขนาด 10K หรือ 20K ก็ได้

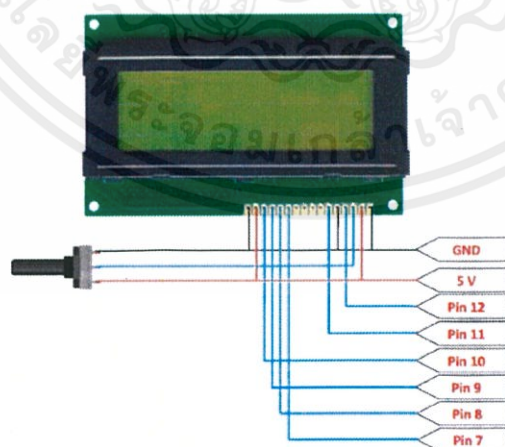
-ภาคสัญญาณ

ให้ต่อสายไฟ 4 เส้น จาก LCD ขา 11, 12, 13 และ 14 ไปที่บอร์ดขาดิจิตอล 7, 8, 9 และ 10ตามลำดับ

-ไฟ Backlight

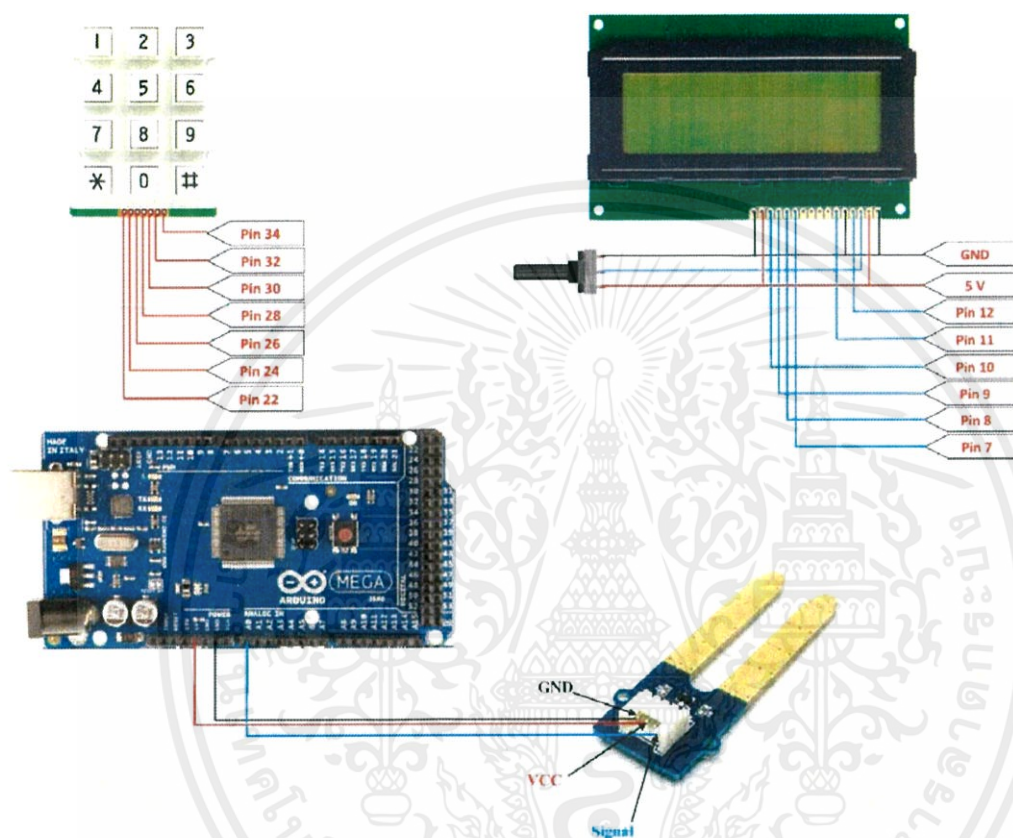
ให้ต่อสายไฟ จาก LCD ขา 15, 16 ไปที่บอร์ดขา 5Vและ Gnd ตามลำดับ ถ้าเราไม่ต้องการไฟ Backlight ก็ให้ข้ามขั้นตอนนี้ไป

- LCD RS pin to digital pin 12
- LCD Enable pin to digital pin 11
- LCD D4 pin to digital pin 7
- LCD D5 pin to digital pin 8
- LCD D6 pin to digital pin 9
- LCD D7 pin to digital pin 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆทั้ง รูปที่ 3.4 แผนภาพแสดงการต่อวงจรระหว่าง LCD DISPLAY กับ ARDUINO ึ่งที่มีการนำไปใช้

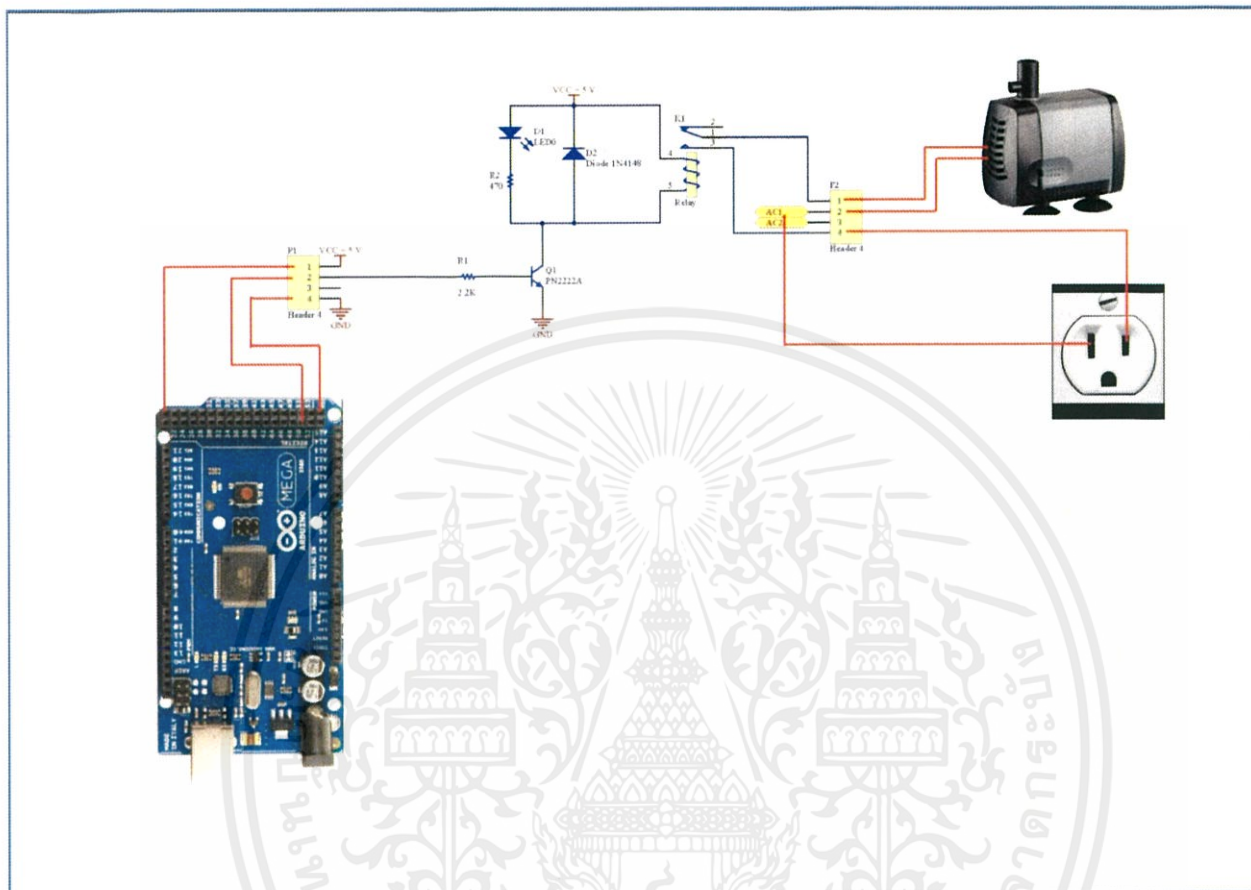
### 3.6 แผนภาพแสดงการต่อวงจรโดยรวม



รูปที่ 3.5 แผนภาพแสดงการต่อวงจรโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7 แผนภาพการทำงานระหว่าง output จาก Arduino ไป control บอร์ด Relay

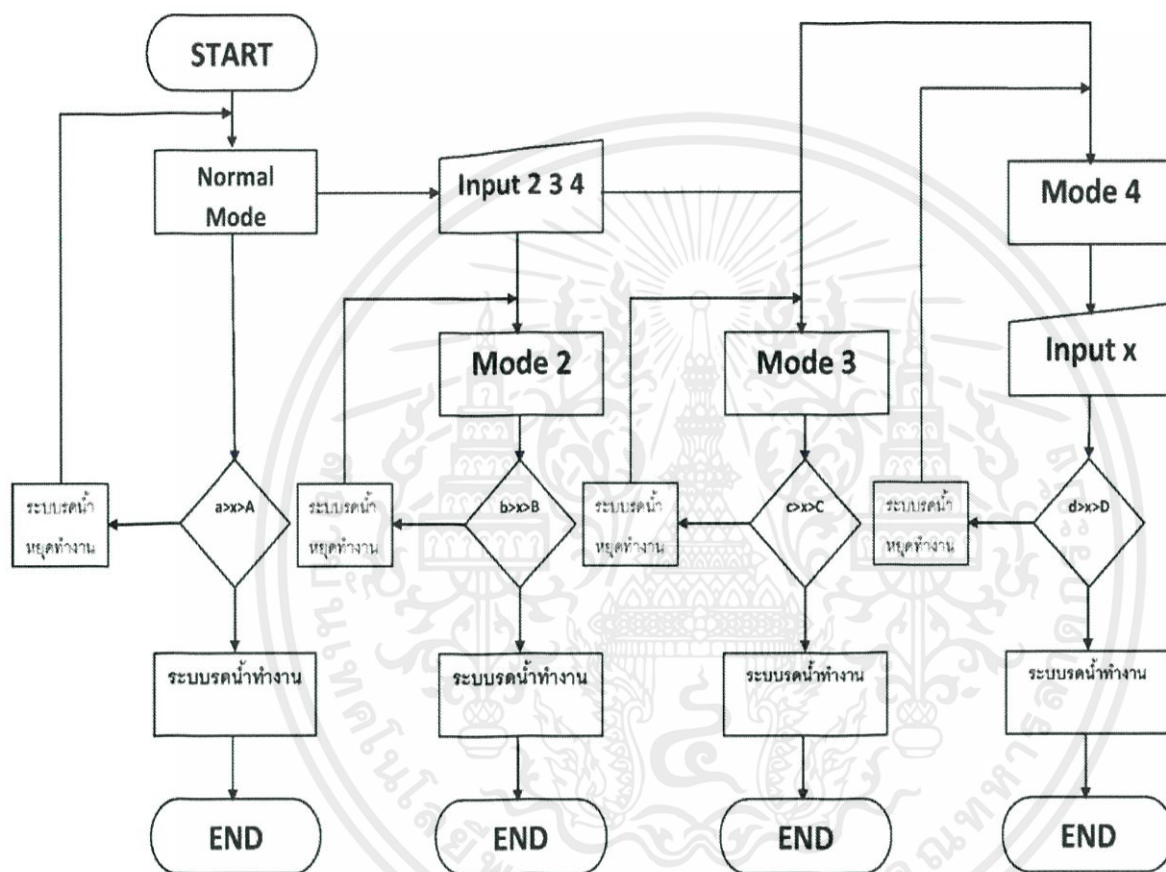


รูปที่ 3.6 แผนภาพการทำงานระหว่าง output จาก Arduino ไป control บอร์ด Relay

หลักการการทำงานคือ out put ที่ออกจาก Arduino มีค่า logic ระหว่าง 0 หรือ 1 ขึ้นอยู่กับการเขียนโปรแกรม ดังนั้นเมื่อ out put ของ Arduino มีค่า logic 0 จะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ไม่ได้รับการไบอัส ดังนั้นรีเลย์จึงไม่สามารถทำงานได้ ส่งผลให้ output ที่ไปจ่ายไฟให้กับเครื่องปั้มน้ำ ไม่สามารถทำงานได้ แต่เมื่อ out put ของ Arduino มีค่า logic เป็น 1 จะส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ได้รับการไบอัส กระแสก็จะไหลเข้าสู่ขดลวดในตัวรีเลย์ ดังนั้นค่า C กับขา NO ต่อถึงกัน ดังนั้นวงจรจึงครบรูป ส่งผลให้มี output ของไฟ 220 V ไปจ่ายไฟให้กับเครื่องปั้มน้ำ จึงสามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.8 แผนภาพโฟร์ชาร์ตการทำงานของระบบรดน้ำต้นไม้



รูปที่ 3.7 แผนภาพโฟร์ชาร์ตการทำงานของระบบรดน้ำต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

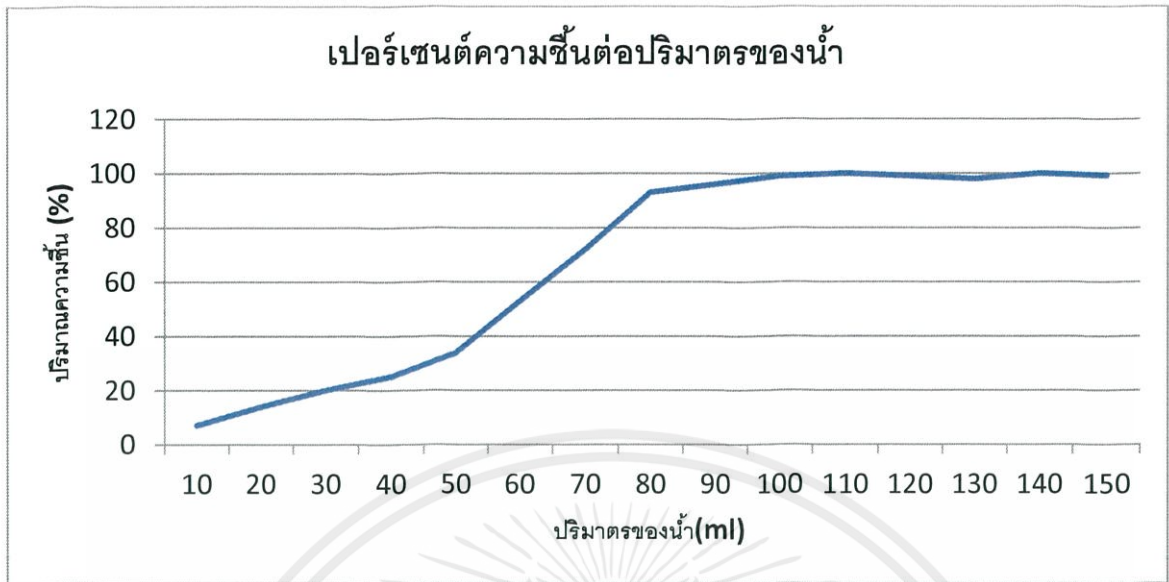
### ผลการทดลอง

จากการทดลองการรตนน้ำต้นไม้โดยใช้น้ำปริมาตรต่างๆ ทดลองในพื้นที่ 201 ตารางเซนติเมตร โดยค่าที่ได้วัดจากเอาท์พุทของเซนเซอร์

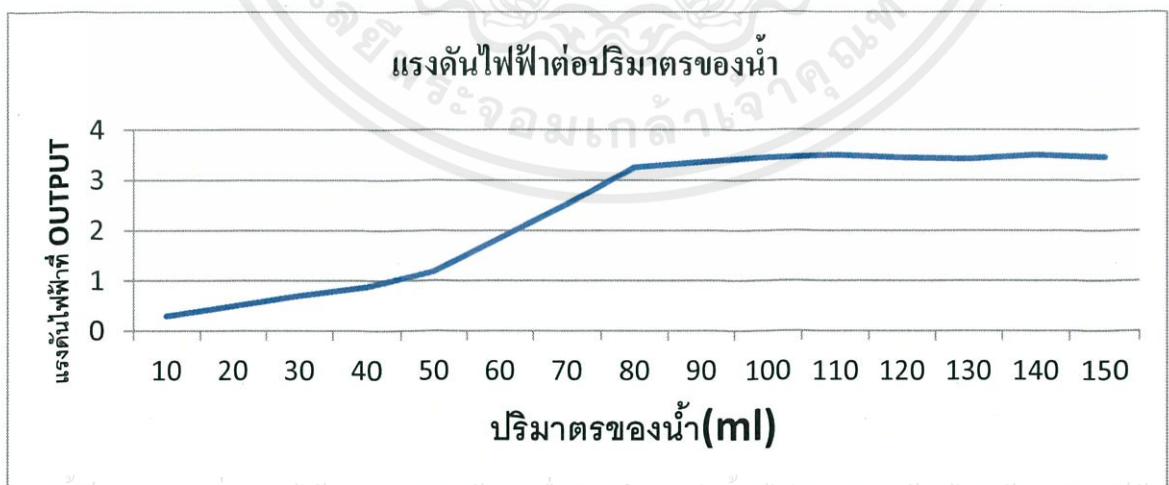
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับแรงดันไฟฟ้าต่อปริมาตรน้ำ

ปริมาตรน้ำที่ใช้ (ml)	ค่าความชื้น		Resolution ( $10^{-5}$ )
	เปอร์เซ็นต์ (%)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	
10	7	0.3	0.45
20	14	0.49	0.74
30	20	0.7	1.07
40	25	0.87	1.32
50	34	1.19	1.81
60	53	1.85	2.82
70	72	2.52	3.84
80	93	3.25	4.95
90	96	3.36	5.12
100	99	3.45	5.26
110	100	3.5	5.34
120	99	3.45	5.26
130	98	3.43	5.23
140	100	3.5	5.34
150	99	3.45	5.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

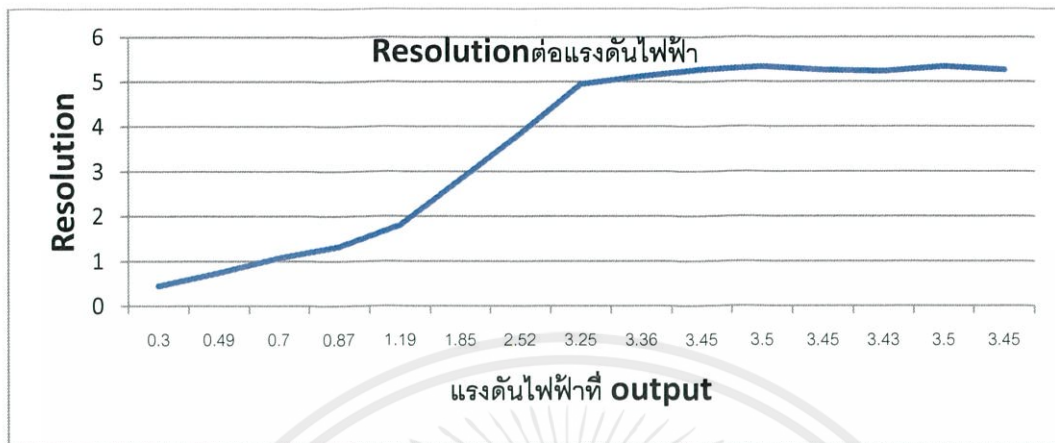


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่อปริมาตรของน้ำ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าต่อปริมาตรของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Resolution ต่อแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทำระบบรดน้ำอัตโนมัติ พบว่าเมื่อทำการเขียนโปรแกรม Arduino เราสามารถแบ่งโหมดการทำงานได้ตามที่ต้องการ และแสดงค่า Sensor ออกทางจอ LED ได้ตามที่ต้องการ และเมื่อได้ประกอบวงจรทุกอย่างเข้าด้วยกันแล้วปรากฏว่า output ที่ออกจาก Arduino ไปที่ยังคอนโทรลบอร์ด Relay เพื่อควบคุมปั้มน้ำได้ และเมื่อได้นำวงจรไปวัดค่าความชื้น เมื่อเราเพิ่มปริมาณน้ำที่รดลงในดินปรากฏว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจะค่อยๆเพิ่มขึ้น และค่อยๆคงที่ และค่าแรงดันไฟฟ้าก็จะค่อยๆเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

1. [http://circuitshops.igetweb.com/index.php?mo=1&c\\_art=277231](http://circuitshops.igetweb.com/index.php?mo=1&c_art=277231)
2. เรียนรู้เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

```

const int analogInPin = A0;
const int analogOutPin = 9;
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Keypad.h>
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 3;
int RELAY1 = 50;
int x=50;
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3' },
  {'4','5','6' },
  {'7','8','9' },
  {'*','0','#' }
};
byte rowPins[ROWS] = { 22, 24, 26, 28};
byte colPins[COLS] = {30, 32, 34};
Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );

int sensorValue = 0;
int outputValue = 0;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 7, 8, 9, 10);
void setup() {
  pinMode(RELAY1, OUTPUT);
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("Moisture  Sensor");
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.print("***** *****");
  lcd.setCursor(4, 2);
  lcd.print("SELECT  MODE");
  delay(2000);
}
void loop() {
  digitalWrite(RELAY1, LOW);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ void loop() { ingsั้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int A=50;
int B=70;
int C=90;
char key = keypad.getKey();
sensorValue = analogRead(analogInPin);
outputValue = map(sensorValue, 0, 800, 0, 100);
analogWrite(analogOutPin, outputValue);
lcd.setCursor(16, 3);
lcd.print(outputValue);

if(key=='2')
{
  for(;;) {
    sensorValue = analogRead(analogInPin);
    outputValue = map(sensorValue, 0, 800, 0, 100);
    analogWrite(analogOutPin, outputValue);
    lcd.setCursor(16, 3);
    lcd.print(outputValue);delay(100);
    digitalWrite(RELAY1, LOW);
    if(outputValue>=1&&outputValue<=A)
    {
      delay(100);
      Serial.print("ON"); digitalWrite(RELAY1, HIGH); delay(3000);
      digitalWrite(RELAY1, LOW);
    }
  }

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(11, 1);
  lcd.print(A);
  lcd.setCursor(7, 0);
  lcd.print("MODE 2");
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.print("Input < 50 %");
  lcd.setCursor(1,2 );
  lcd.print("SYSTEM ON");
  lcd.setCursor(1, 3);
  lcd.print("SENSOR READ = %");
  delay(100);

```

```

    }
}

if(key=='3')
{
    for(;;) {
        sensorValue = analogRead(analogInPin);
        outputValue = map(sensorValue, 0, 800, 0, 100);
        analogWrite(analogOutPin, outputValue);
        lcd.setCursor(16, 3);
        lcd.print(outputValue);delay(100);

        if(outputValue>=1&&outputValue<=B)
        {
            delay(100);
            Serial.print("ON"); digitalWrite(RELAY1, HIGH); delay(3000);
            digitalWrite(RELAY1, LOW);
        }

        lcd.clear();
        lcd.setCursor(11, 1);
        lcd.print(A);
        lcd.setCursor(7, 0);
        lcd.print("MODE 3");
        lcd.setCursor(1, 1);
        lcd.print("Input < 70 %");
        lcd.setCursor(1,2 );
        lcd.print("SYSTEM ON");
        lcd.setCursor(1, 3);
        lcd.print("SENSOR READ =  %");
        delay(100);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

for(;;){

```

```

    sensorValue = analogRead(analogInPin);
outputValue = map(sensorValue, 0, 800, 0, 100);
analogWrite(analogOutPin, outputValue);
lcd.setCursor(16, 3);
    lcd.print(outputValue);delay(100);

    if(outputValue>=1&&outputValue<=C)
{
    delay(100);
    Serial.print("ON"); digitalWrite(RELAY1, HIGH); delay(3000);
    digitalWrite(RELAY1, LOW);

}

lcd.clear();
lcd.setCursor(11, 1);
lcd.print(C);
lcd.setCursor(7, 0);
lcd.print("MODE 4");
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.print("Input < 90 %");
lcd.setCursor(1,2 );
lcd.print("SYSTEM ON");
lcd.setCursor(1, 3);
lcd.print("SENSOR READ = %");
delay(100);
}
}

{
    sensorValue = analogRead(analogInPin);
outputValue = map(sensorValue, 0, 800, 0, 100);
analogWrite(analogOutPin, outputValue);
lcd.setCursor(16, 3);
    lcd.print(outputValue);delay(100);

    if(outputValue>=1&&outputValue<=x)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะมิได้แก่สิ่งอื่นที่นับว่าลิขสิทธิ์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    delay(100);
    Serial.print("ON");  digitalWrite(RELAY1, HIGH); delay(3000);
    digitalWrite(RELAY1, LOW);
}

```

```

lcd.clear();
lcd.setCursor(11, 1);
lcd.print(x);
lcd.setCursor(1, 0);
lcd.print("  SET MODE ");
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.print("Input <  %");
lcd.setCursor(1,2 );
lcd.print("SYSTEM ON");
lcd.setCursor(1, 3);
lcd.print("SENSOR READ =  %");
delay(100);

```

```

if (key!='#')
{
    x=x++;
    Serial.print("SET = ");
    Serial.println(x);
    lcd.setCursor(11, 1);
    lcd.print(x);
}

```

```

if (key!='*')
{
    x=x--;
    Serial.print("SET = ");
    Serial.println(x);
    lcd.setCursor(11, 1);
    lcd.print(x);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(200);

```