

อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถยนต์  
Carbonmonoxide Detector for Automobile.



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2559

อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถยนต์

Carbonmonoxide Detector for Automobile



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถยนต์

## Carbonmonoxide Detector for Automobile



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2559

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถยนต์

Carbonmonoxide Detector for Automobile

ผู้จัดทำ นายวิหวัศ ก้องเกียรติศักดิ์ รหัสประจำตัว 56011129

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการ	อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถยนต์
นักศึกษา	นายวิหวัส ก้องเกียรติศักดิ์ รหัสประจำตัว 56011129
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กสิน วิเชียรชม

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างอุปกรณ์เตือนภัยจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ภายในรถยนต์แบบอัตโนมัติเมื่อระดับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ถึงระดับที่อาจมีอันตรายต่อสุขภาพ วงจรที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนอินพุต ซึ่งมีชุดของวงจรตรวจจับปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และอุณหภูมิ ส่วนที่สองเป็นส่วนประมวลผล ทำหน้าที่รับค่าข้อมูลจาก ส่วนอินพุตเข้ามาประมวลผลและส่งผลที่ไปยังส่วนเอาต์พุต และส่วนที่สามเป็นเอาต์พุตจะประกอบด้วย ชุดจอแอลซีดีแสดงค่าระดับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ลำโพงและแอลอีดี แสดงสัญญาณเตือน อุปกรณ์นี้สามารถวัดค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วง 10 ถึง 500 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Carbonmonoxide Detector for Automobile
Student	Mr. Vittawat Kongkiatisak Student ID 56011129
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Kasin Vichienchom

### Abstract

This report describes the design and implementation of carbonmonoxide detector for automobile. It is composed of three parts, a sensor unit, a processing unit, and a display and human interfacing unit. The sensor unit measures amount of carbonmonoxide and the ambient temperature inside the car. The processing unit based on an Arduino microcontroller board records the data into its onboard SD card and shows the level of carbonmonoxide in ppm on a LCD display. The detector provides warning signs through both LEDs and speaker, once the level of carbonmonoxide reaches the level preset by the user.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถยนต์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กสิน วิเชียรชม ซึ่งอาจารย์ ได้ให้ความรู้ คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำโครงการนี้ อีกทั้งยัง ช่วยแก้ปัญหาต่างๆและอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานในทำโครงการนี้อีกด้วย และขอขอบคุณอาจารย์ท่านอื่นๆ ที่ช่วยให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นและความช่วยเหลือในการทำโครงการนี้ในทุกๆด้าน นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนและรุ่นพี่ทุกคนในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ในคำแนะนำในการทำโครงการนี้ด้วยเช่นกัน

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าซาบซึ้งในการช่วยเหลือของทุกคนที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จจนลุล่วงมาได้หาก ผิดพลาดพลั้งประการใด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายวิวัฒน์ ก้องเกียรติศักดิ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไป

# สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ii
กิตติกรรมประกาศ .....	iii
สารบัญ .....	iv
สารบัญรูปภาพ .....	vii
สารบัญตาราง .....	ix
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ .....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย .....	2
1.4 สมมติฐานของการศึกษา .....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	3
1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงาน .....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี .....	6
2.1 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ .....	6
2.1.1 ผลกระทบจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีต่อมนุษย์ .....	6
2.1.2 แหล่งกำเนิดของคาร์บอนมอนอกไซด์ .....	7
2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ .....	8
2.3 Carbonmonoxide Sensor หรือ MQ-7 .....	9
2.4 Temperature sensor หรือ DS1820 .....	11
2.5 Accelerometer Sensor .....	14

2.6 LCD.....	15
2.7 Micro SD card.....	15
2.8 Buzzer.....	16
2.9 เครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์.....	17
<b>บทที่ 3 การออกแบบ</b> .....	<b>18</b>
3.1 การออกแบบระบบที่นำเสนอ.....	18
3.2 การดำเนินงานทาง Hardware .....	19
3.2.1 วงจรของ Gas Sensor.....	19
3.2.2 วงจรของ DS1820.....	26
3.2.3 วงจรเก็บค่าลง SD card.....	26
3.2.4 วงจรการแสดงผล.....	27
3.2.5 วงจรการแจ้งเตือน.....	28
3.2.6 วงจรวัดความเร่ง.....	28
3.3 การดำเนินงานทาง Software .....	29
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและผลการทดสอบ</b> .....	<b>31</b>
4.1 การทดลองวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศจากคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สร้างขึ้นด้วยการเผากระดาษและคำนวณค่าต่างๆตามพารามิเตอร์.....	32
4.2 การทดลองวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศบริสุทธิ์ตามระยะเวลาใน 3 รอบการทำงานและคำนวณค่าต่างๆตามพารามิเตอร์.....	33
4.3 การทดลองวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศจากคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สร้างขึ้นด้วยการเผากระดาษตามระยะเวลาการทำงานใน 3 รอบการทำงานและคำนวณค่าต่างๆตามพารามิเตอร์ ..	33
4.4 การทดสอบเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัดจริง .....	34
4.5 การทดสอบเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ตามความปลอดภัย.....	35
4.6 การทดสอบเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในการขับรถยนต์จริง.....	36

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบคุณสมบัติของวงจร .....	38
5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ .....	38
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน.....	39
5.3 แนวทางการแก้ไข .....	39
5.4 ประโยชน์และการประยุกต์การใช้งาน.....	39
5.5 สิ่งที่ได้จากโครงการ .....	40
บรรณานุกรม .....	41
ภาคผนวก .....	42



# สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ก๊าซ Carbonmonoxide ในกระแสเลือด .....	6
2.2 อุปกรณ์และพอร์ตต่างๆของบอร์ด Arduino .....	9
2.3 ลักษณะและวงจรภายในของ MQ-7 .....	9
2.4 การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ output ที่ $R_L$ .....	10
2.5 การตอบสนองของลักษณะเฉพาะตัวของ MQ-7 .....	10
2.6 โครงสร้างและขาของ DS1820 .....	11
2.7 Block Diagramของ DS1820 .....	12
2.8 Module Accelerometer (GY-45) .....	14
2.9 Liquid Crystal Display (LCD) .....	15
2.10 Micro SD card Module .....	16
2.11 Buzzer หรือแตรที่ใช้เป็นสัญญาณเตือน .....	16
2.12 เครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ .....	17
3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ .....	18
3.2 วงจรการสร้างแรงดัน 5 โวลต์ .....	20
3.3 วงจรการสร้างแรงดัน 1.4 โวลต์ .....	21
3.4 วงจรการสร้างการสลับของแรงดันไฟระหว่าง 5 โวลต์และ 1.4 โวลต์ .....	22
3.5 กราฟการตอบสนองของลักษณะเฉพาะตัวของ MQ-7 .....	23
3.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $R_s/R_o$ กับ PPM ของ MQ-7 ในรูปของกราฟเส้นตรง .....	23
3.7 กราฟการตอบสนองต่ออุณหภูมิและความชื้นในอากาศ .....	25
3.8 วงจรการต่อของ DS1820 .....	26
3.9 วงจรการเชื่อมต่อของ Arduino กับ Micro SDcard module .....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 วงจรการเชื่อมต่อของ Arduino กับ LCD .....	27
3.11 วงจรการเชื่อมต่อของ Arduino กับ Accelerometer .....	28
3.12 แผนผังการทำงานของระบบ .....	29
4.1 การทดสอบการวัดค่าของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ .....	32
4.2 กราฟความสัมพันธ์ของค่า Analog ที่วัดได้ในอากาศบริสุทธิ์เทียบกับเวลา .....	33
4.3 กราฟความสัมพันธ์ของค่า Analog ที่วัดปริมาณ CO ในอากาศที่มี CO เทียบกับเวลา .....	34
4.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบวัดในการทดสอบ 4.5 .....	36
4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ CO กับเวลา .....	36



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์กับกลุ่มอาการ .....	7
2.2 ลักษณะตัวอย่างค่าข้อมูลที่อ่านได้จาก DS1820 .....	12
3.1 รายละเอียดของ MQ-7หรือเซ็นเซอร์ก๊าซ .....	19
3.2 การเปลี่ยนค่าจากกราฟ log เป็นกราฟเส้นตรง .....	23
3.3 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิกับค่า factor ของ MQ-7 .....	25
3.4 การกำหนดpinที่เชื่อมต่อกับ Arduino ของ Micro SDcard module .....	26
3.5 การกำหนดpinที่เชื่อมต่อกับ Arduinoของ LCD .....	27
3.6 แสดงเงื่อนไขการแสดงผล 3 ระดับ .....	28
3.7 การกำหนดpinที่เชื่อมต่อกับ Arduino ของ Accelerometer .....	28
4.1 การทดลองวัดค่าปริมาณ CO ในอากาศและแปลงเป็นค่าที่วัดได้ในแต่ละพารามิเตอร์ทั่วไปๆ เก็บค่าทุกๆ1รอบการทำงานหรือ 150 วินาที (2 นาที 30 วินาที) .....	32
4.2 ผลการทดสอบเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัดจริง .....	34
4.3 ผลลัพธ์เทียบกับแหล่งอ้างอิง .....	35

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันรถยนต์มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก เพราะมนุษย์จะต้องใช้รถยนต์ในการเดินทาง ขนส่งสินค้า และเพื่อประกอบภารกิจต่างๆ ทำให้มีปริมาณรถยนต์เพิ่มขึ้นทุกๆ วัน ซึ่งเมื่อรถยนต์เพิ่มขึ้นสิ่งที่เกิดตามมาก็คือก๊าซต่างๆมากมายที่มีอันตรายแบบชัดเจนเช่น คาร์บอนไดออกไซด์และเขม่าควัน เป็นต้น และก๊าซที่มีอันตรายแบบไม่สามารที่จะรับรู้ได้เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ที่เป็นก๊าซที่ไร้ทั้งสีและกลิ่น ทำให้เราไม่รู้ว่าในบรรยากาศตอนนี้มีปริมาณมากหรือน้อยเพียงใด ไม่ว่าจะอากาศภายนอกหรือรถยนต์หรืออากาศภายในรถยนต์ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน โดยเฉพาะเครื่องยนต์สันดาปภายใน คาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดได้มากเมื่อออกซิเจนในเครื่องยนต์ไม่เพียงพอในการสันดาป ซึ่งโดยทั่วไปค่าเฉลี่ยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศจะต้องไม่เกิน 30 (ppm) ถ้าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เกินค่าเฉลี่ยดังกล่าวจะทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ โดยเมื่อมนุษย์ได้รับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าสู่ร่างกายมากเกินไปจะทำให้เม็ดเลือดแดงหรือฮีโมโกลบินไม่สามารถรวมตัวกับออกซิเจน เพื่อเปลี่ยนเป็นออกซิฮีโมโกลบินได้ในสภาวะปกติ ดังนั้นร่างกายก็จะเกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ เพราะสมองได้รับออกซิเจนเข้าไปน้อยกว่าสภาวะปกติ และถ้าได้รับปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นจำนวนมาก อาจจะทำให้เสียชีวิตได้ในระยะเวลาอันสั้น

ผู้จัดทำจึงได้มีความสนใจในการศึกษาและค้นคว้าเพื่อทำอุปกรณ์เตือนภัยจากปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีมากเกินไปในอากาศ โดยการใช้เซ็นเซอร์วัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์แล้วส่งค่าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแปลงสัญญาณและประมวลผล เมื่อค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้มีค่าเกิน 30 ppm ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้มีการส่งสัญญาณเสียงเตือนเพื่อให้ทราบว่าค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศตอนนี้มีค่าเกินกำหนดตามมาตรฐาน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาและการปฏิบัติไปใช้ในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
- มีความเข้าใจในหลักการการทำงานของเซ็นเซอร์แต่ละตัวที่ใช้ในการทำโครงการ และการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้
- สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเซ็นเซอร์ที่เลือกใช้ได้และสามารถที่จะแสดงผลลัพธ์ตามที่คาดหวังไว้ได้
- สร้างอุปกรณ์วัดปริมาณคาร์บอนออกไซด์ภายในรถยนต์ ที่สามารถทำงานได้จริงและสามารถเตือนภัยได้จริง

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

สามารถสร้างอุปกรณ์วัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ภายในรถยนต์ได้ โดยสามารถแจ้งเตือนตามระดับของความเสี่ยงของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศได้โดย

- ตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจจับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะเป็นประเภทความร้อนและอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานของเซ็นเซอร์ในการวัดค่า
- วงจรที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่าและแจ้งเตือนอันตรายจากปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีปริมาณอยู่ในช่วง 10 ถึง 500 ppm
- วงจรที่สร้างขึ้นสามารถแสดงเตือนเมื่อถึงระดับที่มีผลต่อสุขภาพตามระดับที่กำหนดไว้

## 1.4 สมมติฐานของการศึกษา

- ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีอยู่ในอากาศภายในรถยนต์จะมีอยู่มากหรือน้อยเพียงใดในระหว่างการเดินทาง ทั้งในสภาวะรถติดมากๆ และรถไม่ติด เพื่อประเมินคุณภาพของอากาศภายในรถยนต์ขณะนั้นๆ

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถสร้างอุปกรณ์วัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในรถยนต์ได้สำเร็จและสามารถนำเอาไปใช้งานในชีวิตประจำวันได้เพื่อป้องกันอันตรายจากก๊าซนี้
- นำความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาความรู้ด้านอื่นๆทางอิเล็กทรอนิกส์ได้ และสามารถนำไปพัฒนาความรู้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมต่างๆได้

### 1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้<sup>3</sup>

หัวเรื่อง	เดือนและสัปดาห์				สิงหาคม 2559				กันยายน 2559				ตุลาคม 2559				พฤศจิกายน 2559				มกราคม 2560				กุมภาพันธ์ 2560				มีนาคม 2560			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
เลือกหัวข้อโครงการ				↔																												
หาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ ในการทำโครงการ				↔																												
ทำบทคัดย่อ, ทฤษฎีที่ใช้, ศึกษา โปรแกรมที่ใช้เขียนCode								↔																								
เขียนCodeในการประมวลผลและ ควบคุม SensorCO ,อุณหภูมิ กับ ความชื้น และ SD card								↔																								
สั่งซื้ออุปกรณ์								↔																								
ทำCalibrateสัญญาณหรือทำให้มีค่า ใกล้เคียงมาตรฐาน และทดสอบการ ทำงานอีกครั้ง												↔																				
จัดทำรายงาน												↔																				
ส่งโปรเจคและสอบโปรเจค																↔																



## บทที่ 2

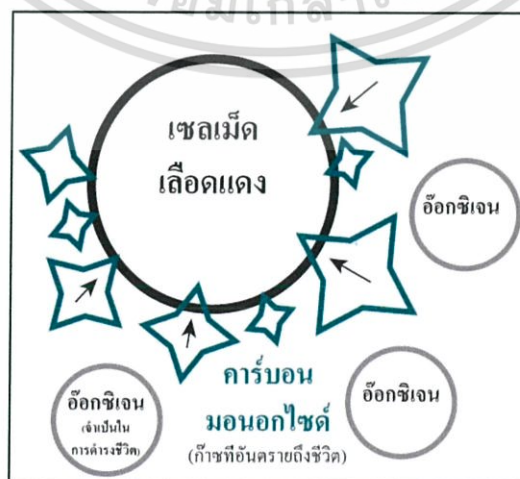
# หลักการและทฤษฎี

### 2.1 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

คาร์บอนมอนอกไซด์ มีสูตรทางเคมี "CO" เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส แต่มีความเป็นพิษอย่างร้ายแรง โมเลกุลประกอบไปด้วยคาร์บอนหนึ่งอะตอมและออกซิเจนหนึ่งอะตอมเชื่อมกันด้วยพันธะโควาเลนต์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน โดยเฉพาะเครื่องยนต์สันดาปภายใน คาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดได้มากเมื่อออกซิเจนไม่เพียงพอในการสันดาป ซึ่งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์นี้ได้ฆ่าคนเป็นจำนวนมากในทุกปี

#### 2.1.1 ผลกระทบจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีต่อมนุษย์

เมื่อก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจจะเป็นพิษต่อร่างกายเพราะเข้าแทนที่ออกซิเจนในกระแสโลหิต ทำให้ร่างกายไม่สามารถใช้ก๊าซออกซิเจนได้ การหายใจเอาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไปในร่างกายที่ละเล็กละน้อยเป็นประจำจะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นเหียน ตาพร่า ความคิดสับสน ประสาทหลอนร่างกายอ่อนแอ หัวใจเต้นถี่การหายใจถี่ขึ้น และเป็นลมหมดสติ ถ้ามีอาการมากๆจะมีอาการชักกระตุก หัวใจเต้นอ่อนลงการหายใจช้าลงและเสียชีวิตได้ กรณีที่ได้รับก๊าซพิษนี้ปริมาณสูงในทันทีทันใดจะทำให้มีอาการเริ่มแรกเพียงเล็กน้อยเท่านั้นก่อนที่จะหมดสติและเสียชีวิตโดยไม่สามารถช่วยตัวเองได้ สภาพศพผู้เสียชีวิตเนื่องจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีสีซีด ต่อมาจะเริ่มมีสีแดงโดยเฉพาะที่ริมฝีปากและใบหู



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่ได้เป็นก๊าซที่สะสมในร่างกายเหมือนพวกโลหะหนักเช่นตะกั่วแมงกานีสสังกะสี  
หลังจากที่ได้รับก๊าซนี้ในปริมาณไม่มากร่างกายสามารถกำจัดออกจากกระแสโลหิตได้ภายใน 8-10 ชั่วโมง

ตารางที่ 2.1 ความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์กับกลุ่มอาการ

ปริมาณCO (PPM)	ระยะเวลา	อาการ
0-5	8 ชั่วโมง	ไม่มีอาการหรือความอดทนในการออกกำลังกายลดต่ำลง
10-20	8 ชั่วโมง	รู้สึกแน่นที่หน้าผากและปวดศีรษะเล็กน้อย
35	8 ชั่วโมง	ปวดศีรษะและเวียนศีรษะ
100	2-3 ชั่วโมง	ปวดศีรษะแต่ไม่รุนแรงมาก
200	2-3 ชั่วโมง	ปวดศีรษะแต่ไม่รุนแรงมาก, รู้สึกเหนื่อยล้า, มีอาการคลื่นไส้ และเวียนศีรษะ
400	1-2 ชั่วโมง	ปวดศีรษะขั้นรุนแรง และชีวิตอาจถึงขั้นอันตรายได้หลังจาก3ชั่วโมง
800	45 นาที	เกิดอาการสั่น, คลื่นไส้อาเจียน และ เวียนศีรษะ
1600	20 นาที	ปวดศีรษะ, เวียนศีรษะ, คลื่นไส้อาเจียน และอาจจะตายภายใน1ชั่วโมง
3200	5-10 นาที	ปวดศีรษะ, เวียนศีรษะ, คลื่นไส้อาเจียน และอาจจะตายภายใน1ชั่วโมง
6400	1-2 นาที	ปวดศีรษะ, เวียนศีรษะ, คลื่นไส้อาเจียน และอาจจะตายภายใน30นาที

### 2.1.2 แหล่งกำเนิดของคาร์บอนมอนอกไซด์

เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ที่ไม่สมบูรณ์และรถยนต์ปล่อยก๊าซนี้  
ออกมาทางท่อไอเสียก๊าซนี้จะลอยปะปนอยู่ในอากาศมีจำนวนมาก

1. รถยนต์เครื่องดีเซลช่วงที่ปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์มากที่สุดคือรถประจำทางรถบรรทุกที่  
บรรทุกน้ำหนักมากเกินไป
2. รถยนต์เครื่องเบนซินช่วงที่ปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์มากที่สุดคือรถที่อยู่ระหว่างเบาเครื่อง  
จอดติดเครื่องขณะรถติด
3. รถยนต์ใช้น้ำมันผสมช่วงที่ปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์มากที่สุดคือสามล้อเครื่องขณะบรรทุก  
หนักและจอดรอสัญญาณไฟ

เขม่าควันจากรถยนต์ประกอบด้วย ผงคาร์บอน (Carbon), สารประกอบของตะกั่ว (Teraelthy  
Lead), สารจำพวก Phenol, น้ำมันรถยนต์ (Fuel), สารอินทรีย์จำพวกไนโตร (Nitro organic), ยาง  
เหนียวซึ่งประกอบด้วย Polycyclic aromatic hydrocarbons

## 2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นอุปกรณ์ชิปไอซีพิเศษชนิดหนึ่ง ที่เราสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานตามที่ต้องการได้ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผล, หน่วยความจำชั่วคราว (RAM), หน่วยความจำถาวร (ROM) และพอร์ตอินพุตกับเอาต์พุต ส่วนพิเศษอื่นจะขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตของแต่ละบริษัทที่จะผลิตขึ้นมาใส่คุณสมบัติพิเศษลงไป เช่น

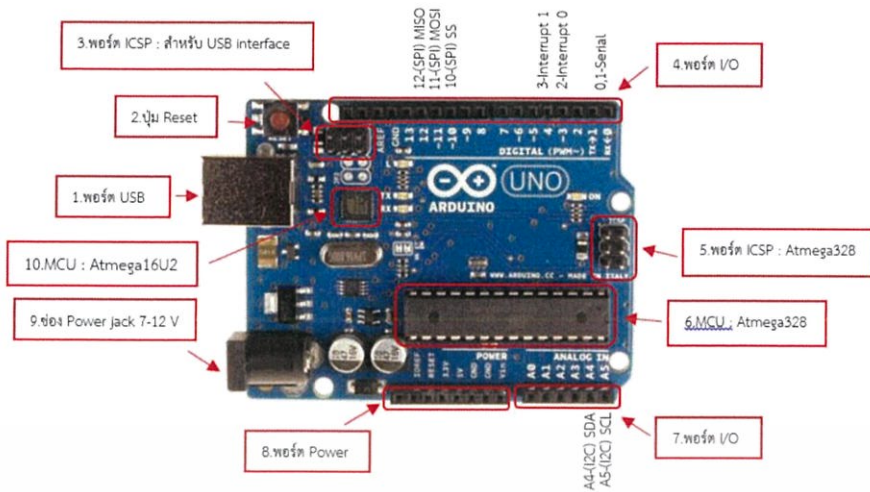
- ADC (Analog to Digital) ส่วนภาครับสัญญาณอนาล็อกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิทัล
- DAC (Digital to Analog) ส่วนภาคส่งสัญญาณดิจิทัลแปลงไปเป็นสัญญาณอนาล็อก
- I2C (Inter Integrate Circuit Bus) เป็นการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้น คือ serial data(SDA) และสาย serial clock(SCL) ซึ่งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนหลายๆตัวเข้าด้วยกันได้ทำให้MCUใช้พอร์ตเพียง 2 พอร์ตเท่านั้น
- SPI (Serial Peripheral Interface) เป็นการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เพื่อรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส มีสัญญาณนาฬิกาเข้ามาเกี่ยวข้องกับระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หรือจะเป็นอุปกรณ์ภายนอกที่มีการรับส่งข้อมูลแบบ SPI
- PWM (Pulse Width Modulation) การสร้างสัญญาณพัลส์แบบsquare wave ที่สามารถปรับเปลี่ยนความถี่และ Duty Cycle ได้เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆเช่น มอเตอร์
- UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสสำหรับมาตรฐานการรับส่งข้อมูลแบบ RS-232

ประเภทของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีด้วยกันหลายประเภทแบ่งตามสถาปัตยกรรม (การผลิตและกระบวนการทำงานระบบการประมวลผล) ที่มีใช้ในปัจจุบัณยกตัวอย่าง เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC, ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51, ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR เป็นต้น

### บอร์ดที่ใช้ในโครงงาน

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

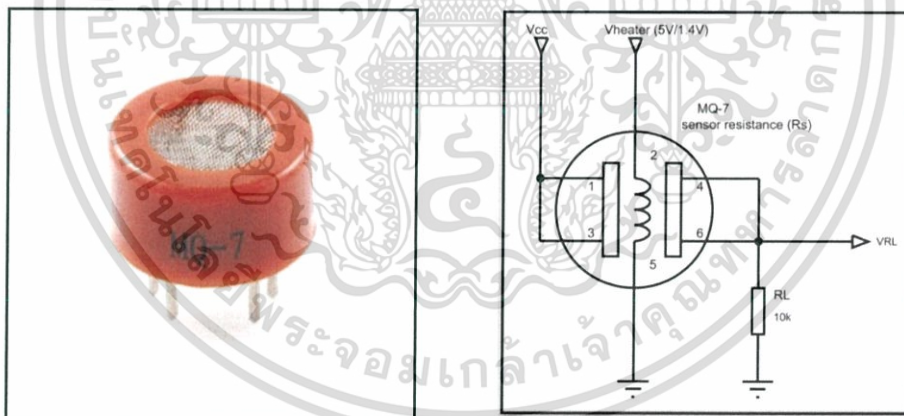
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 อุปกรณ์และพอร์ตต่างๆของบอร์ด Arduino

### 2.3 Carbonmonoxide Sensor หรือ MQ-7

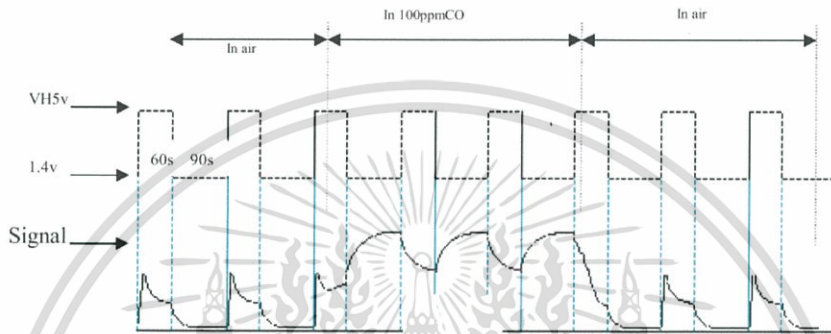
MQ-7 เป็น sensor ที่ใช้การตรวจวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ภายในอากาศ โดยใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานที่ระหว่างเส้นลวดภายใน sensor ซึ่งวงจรภายในของ sensor นั้นจะมีวงจรตั้งรูปด้านล่างต่อไปนี้



รูปที่ 2.3 ลักษณะและวงจรภายในของ MQ-7

หลักการทำงานของวงจรคือ เริ่มที่การจ่ายแรงดันไฟ 5 โวลต์ให้กับ MQ-7 ที่ขา 1 และ 3 กับต่อขา 4 และ 6 ลงกราวด์ และจะจ่ายแรงดันไฟ Heater เข้าไปให้กับ MQ-7 ที่ขา 2 และต่อที่ขา 5 ลงกราวด์ ซึ่งจะจ่ายแรงดันไฟ Heater 2 ค่าคือ ที่แรงดันไฟ Heater 5 โวลต์เป็นเวลา 60 วินาที จะเป็นการให้ความร้อนแก่เส้นลวดภายใน MQ-7 เพื่อเป็นการเตรียมการวัดปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ภายในอากาศ จะเกิดความต้านทานระหว่างขั้วไฟฟ้า 1 และ 3 กับขั้วไฟฟ้า 4 และ 6 ขึ้นมาค่าหนึ่ง ( $R_s$ ) ซึ่งจะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าเดียวกันตลอด 60 วินาที และที่จ่ายแรงดันไฟ Heater ที่ 1.4 โวลต์เป็นเวลา 60 วินาที เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

90 วินาที จะเป็นช่วงในการวัดค่าปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ภายในอากาศ ถ้าในอากาศมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เกิดขึ้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะไปทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขั้วไฟฟ้า 1 และ 3 กับขั้วไฟฟ้า 4 และ 6 มีค่าลดลงนั้นทำให้แรงดันระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 มีค่าเพิ่มขึ้น เกิดเป็นค่าที่วัดได้จากการมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ภายในอากาศขณะนั้น ซึ่งจะต่อกับ  $R_L$  หลังการ  $R_S$  หรือ MQ-7 ที่ขา 4 และ 6 ตามรูปวงจรเพื่อนำค่าสัญญาณ output (analog) ออกเป็น  $V_{RL}$  เพื่อนำค่าไปใช้ต่อไป

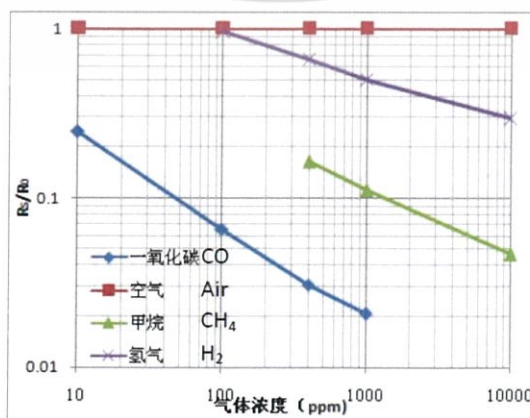


รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ output ที่  $R_L$  [9]

ซึ่งค่าสัญญาณเอาต์พุตที่  $R_L$  หรือ  $V_{RL}$  นั้นเราจะนำไปคำนวณหาค่า  $R_S/R_0$  เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับตารางของการตอบสนองของ MQ-7 โดยจะเริ่มคำนวณหา  $R_S$  จากสูตร

$$R_S/R_L = (V_C - V_{RL})/V_{RL} \quad (3.1)$$

โดยค่า  $R_L$  กับ  $V_C$  เราทราบค่าอยู่แล้ว และทราบค่า  $V_{RL}$  จากสัญญาณที่อ่านได้ทำให้เราทราบค่าของ  $R_S$  ที่เราต้องการได้ เมื่อได้ค่า  $R_S$  ที่ต้องการแล้วเราจะนำค่า  $R_S$  ที่ได้ไปหารด้วย  $R_0$  แล้วเปรียบเทียบกับตารางการตอบสนองของ MQ-7 ซึ่งการที่เราจะหาค่า  $R_0$  ได้นั้นเราจะต้องวัดค่าหาความต้านทานของเซ็นเซอร์ในสถานที่ที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 1PPM โดยการวัดในสภาพแบบนี้เป็นการยากในการหาค่า จึงได้หาค่าจากที่อื่นมาใช้ในการคำนวณแทน

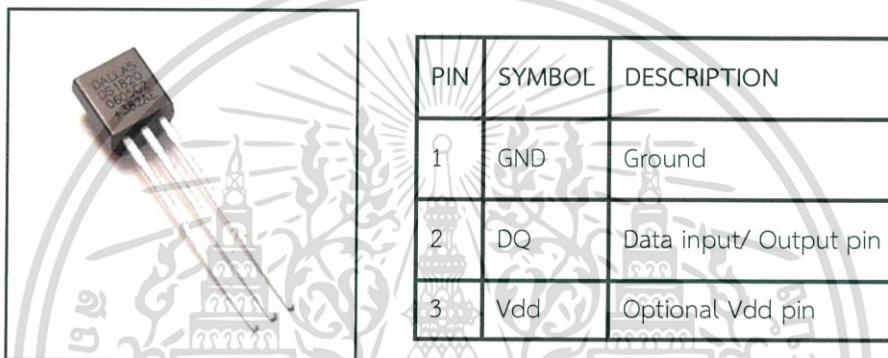


รูปที่ 2.5 การตอบสนองของลักษณะเฉพาะตัวของ MQ-7 [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

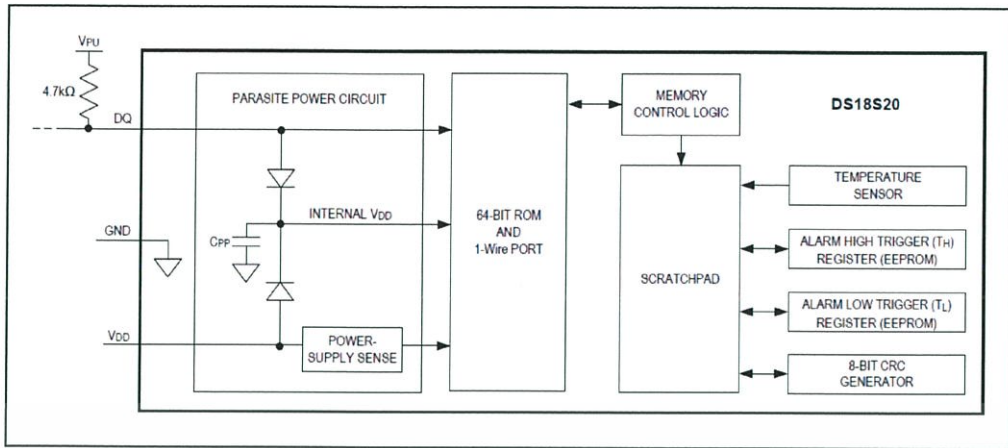
## 2.4 Temperature sensor หรือ DS1820

DS1820 เป็นไอซีวัดอุณหภูมิแบบ 1-wire โดยใช้สัญญาณสำหรับควบคุมเพียง 1 เส้น แต่ในการใช้งานจะต้องวางจร 2 ถึง 3 เส้น คือ แหล่งจ่ายไฟ สัญญาณควบคุมและกราวด์ โดย DS1820 จะให้ค่าของอุณหภูมิในหน่วยขององศาเซลเซียส ในช่วงระหว่าง  $-55$  ถึง  $+125$  องศาเซลเซียส โดยจะมีความผิดพลาดอยู่ที่  $\pm 0.5$  องศาเซลเซียสในช่วงการใช้งานที่อุณหภูมิระหว่าง  $-10$  ถึง  $+85$  องศาเซลเซียส ในปัจจุบัน DS1820 มีความสามารถในการทำงานในโหมด “Parasit Power” โดยการต่อเฉพาะสัญญาณและGND เท่านั้น DS1820 จะมีโครงสร้าง และขาตั้งแสดงในรูปที่2.6



รูปที่2.6 โครงสร้างและขาของ DS1820

สำหรับโครงสร้างการทำงานของ DS1820 นั้นจะประกอบไปด้วยวงจร 4 ส่วนด้วยกันคือ วงจรภาค Power Supply วงจรส่วนควบคุม และหน่วยความจำ โดยโครงสร้างของหน่วยความจำของ DS1820 นั้นจะมีอยู่ด้วยกัน 2 กลุ่มคือ หน่วยความจำถาวรแบบ ROM มีขนาด 8 ไบต์หรือ 64 บิต โดยแต่ละตัวจะมีรหัส ROM ที่แตกต่างกันไป ซึ่งข้อมูลที่เก็บไว้ใน ROM นี้จะเปรียบเสมือนกับ ID Code ของอุปกรณ์แต่ละตัว ส่วนหน่วยความจำอีกแบบหนึ่งจะเป็นหน่วยความจำชั่วคราว เรียกว่า “Scratchpad” โดยจะมีอยู่ด้วยกัน 9 ไบต์ ซึ่งหน่วยความจำส่วนนี้จะใช้สำหรับเก็บค่าผลลัพธ์ของอุณหภูมิ ค่าพิกัดต่ำสุดและสูงสุดของการเตือน(Alarm) รวมทั้งค่าผลรวม CRC ของข้อมูล โดยลักษณะโครงสร้างของ DS1820 สามารถแสดงให้เห็นได้ดัง Block Diagram ต่อไปนี้



รูปที่ 2.7 Block Diagram ของ DS1820 [10]

### การวัดอุณหภูมิของ DS1820

DS1820 จะมีวงจรตรวจจับอุณหภูมิพร้อมทั้งเปลี่ยนค่าของข้อมูลให้เป็นดิจิทัล โดยมีค่าความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียสต่อ step โดยเมื่อ DS1820 เริ่มทำงาน อุปกรณ์ Master สามารถสั่งให้ DS1820 ทำการตรวจจับอุณหภูมิในขณะนั้นๆ ได้ โดยการส่งรหัสคำสั่ง CONVERT T(44H) ไปยังบัสที่ DS1820 เชื่อมต่ออยู่ โดย DS1820 จะทำการเปลี่ยนค่าอุณหภูมิเป็นข้อมูลเก็บไว้ในหน่วยความจำ Scratchpad ในตำแหน่ง 0 และ 1 ซึ่ง Master สามารถที่จะสั่งอ่านค่าอุณหภูมิกลับออกไปได้ในช่วงเวลาถัดไป

โดยลักษณะการจัดเก็บค่าผลลัพธ์หรือค่าอุณหภูมิในหน่วยความจำ Scratchpad ของ DS1820 โดยการจัดเก็บจะเข้ารหัสข้อมูลเป็นค่าทางคณิตศาสตร์แบบ 16 บิต คิดเครื่องหมาย (16 bit Sign 2' Complement Number) โดยให้ไบนารีสูง (MSB) แทนค่าเครื่องหมาย ส่วนไบนารีต่ำ (LSB) แทนค่าอุณหภูมิที่วัดได้ โดยถ้าค่าอุณหภูมิมีค่าเป็นบวกไบนารีของเครื่องหมายจะมีค่าเป็นศูนย์ทุกบิต แต่ถ้าค่าอุณหภูมิมีค่าเป็นลบ ไบนารีของเครื่องหมายจะเป็นหนึ่งทุกบิต

ตารางที่ 2.2 ลักษณะตัวอย่างค่าข้อมูลที่อ่านได้จาก DS1820

ค่าอุณหภูมิ	ค่าข้อมูล Binary	ค่าข้อมูล HEX
+85 °C	0000 0000 1010 1010	0x00AA
+25 °C	0000 0000 0011 0010	0x0032
+0.5 °C	0000 0000 0000 0001	0x0001
0 °C	0000 0000 0000 0000	0x0000
-0.5 °C	1111 1111 1111 1111	0xFFFF
-25 °C	1111 1111 1100 1110	0xFFCE
-55 °C	1111 1111 1001 0010	0xFF92

จะเห็นได้ว่าค่าของข้อมูลแบบดิจิทัลที่อ่านได้จากหน่วยความจำ Scratchpad ตำแหน่งไบต์ 0 และไบต์ 1 ของ DS1820 นั้น จะมีการเข้ารหัสข้อมูลแบบ 16 บิต โดยไบต์สูง จะเป็นไบต์บอกเครื่องหมายส่วนไบต์ต่ำจะบอกอุณหภูมิ โดยใช้ค่า 0x0000 เป็นจุดศูนย์กลางซึ่งค่าข้อมูลที่ได้เท่ากับ 0 องศาเซลเซียส โดยค่าที่เพิ่มขึ้น 1 ค่าของข้อมูลจะเทียบเท่ากับค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 0.5 องศาเซลเซียส ซึ่งการคำนวณค่าของอุณหภูมิก็สามารถทำได้โดยการนำค่าข้อมูลที่อ่านได้ในซีกบวก ไปหารด้วย 2 ก็จะได้ค่าของอุณหภูมิที่ต้องการทันที ดังเช่น เมื่ออ่านค่าได้ 0x0032 จะหมายถึง +0x32 ซึ่งแปลงเป็นเลขฐานสิบจะได้เท่ากับ 50 แต่เนื่องจากข้อมูล 1 ค่ามีค่าเพียง 0.5 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงต้องนำ 50 ไปหารด้วย 2 ก็จะได้ผลลัพธ์เป็น 25 องศาเซลเซียส เป็นต้น ส่วนค่าในซีกลบนั้นจะใช้วิธีการนับถอยหลังหลังจาก 0x00 ถอยย้อนกลับไป ดังเช่น เมื่ออ่านค่าได้ 0xFFFF จะหมายถึง -0xFF โดยค่า 0xFF นั้นจะต่างจาก 0x00 เพียง 1 ค่า ซึ่งจะมีค่าเป็น -0.5 องศาเซลเซียสนั่นเอง

ในการคำนวณค่าทางซีกลบนั้นเราสามารถใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการแบบ 2' Complement แทนได้ โดยเมื่อพบว่าค่าในไบต์สูงเป็น 0xFF ก็แสดงว่าค่าอุณหภูมิเป็นค่าลบ ให้ทำการนำไบต์ต่ำไปกลับสถานะให้เป็นตรงข้ามแล้วบวกด้วยหนึ่ง แล้วจึงทำการคิดแบบค่าบวกตามปกติ เช่น อ่านค่าได้ 0xFFCE จะหมายถึง -0xCE หรือ -1100 1110 เมื่อนำไปกลับค่าข้อมูลเป็นตรงข้ามจะได้เป็น 00110001 หรือ 0x31 เมื่อนำไปบวกด้วยหนึ่ง (2' Complement) จะได้ค่า 0x32 เมื่อทำการแปลงเป็นเลขฐานสิบก็จะมีค่าเท่ากับ 50 แล้วหารค่าด้วย 2 เนื่องจาก 1 ค่าของข้อมูลเท่ากับ 0.5 องศาเซลเซียส ก็จะได้ค่าเท่ากับ 25 ดังนั้นค่า 0xFFCE จึงมีค่าเท่ากับ -25 องศาเซลเซียส

เมื่อเราต้องการให้ค่าที่อ่านได้จาก DS1820 มีความละเอียดที่มากกว่า 0.5 องศาเซลเซียส เราสามารถใช้สูตรสมการนี้ในการคำนวณได้

$$\text{อุณหภูมิที่ต้องการ} = \text{อุณหภูมิที่อ่านได้} - 0.25 + \frac{\text{Count Per 'C} - \text{Count Remain}}{\text{Count Per 'C}}$$

อุณหภูมิที่อ่านได้ คือ ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากที่ความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียส

Count Per'C เป็นค่าที่อ่านได้จาก Scratchpad ตำแหน่งไบต์ที่ 7

Count Remain เป็นค่าที่อ่านได้จาก Scratchpad ตำแหน่งไบต์ที่ 6

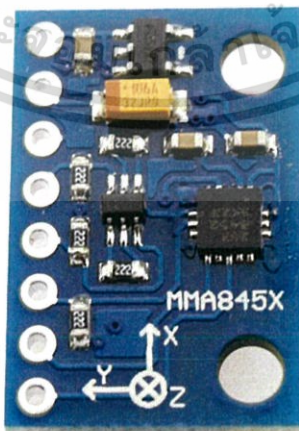
## 2.5 Accelerometer Sensor

Accelerometer คือเครื่องวัดความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งแบ่งออกเป็น2ประเภท

1. seismic mass accelerometer อาศัยหลักการตรวจวัดระยะขจัดเชิงเส้นและจึงคำนวณหาอัตราเร่งกล่าวได้ว่าวัตถุหนึ่งจะมีความเร่งได้ต่อเมื่อ มีแรงมากกระทำแรงมากส่งผลให้ความเร่งมากแรงต้านมากระยะขจัดก็มากด้วยมิเตอร์ชนิดนี้มักใช้วัดการสั่นสะเทือนที่มีความถี่ต่ำ เช่น เครื่องตรวจแผ่นดินไหว

2. piezoelectric accelerometer เมื่อ piezoelectric crystal ถูกแรงมากกระทำจะสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นโดยผลึกคริสตอลนี้มักทำจาก quartz, sodium potassium tritrate ซึ่งทนทานและราคาไม่แพงอาศัย seismic mass ยึดติดกับผลึกคริสตอลอยู่ในถังป้องกันเมื่อ mass ถูกทำให้เกิดอัตราเร่งจะส่งผ่านแรงกกระทำต่อผลึกคริสตอลทำให้เกิดประจุไฟฟ้าและนำสัญญาณออกไปยัง output ของวงจร ซึ่งมี charge amplifier เพื่อขยายค่าประจุไฟฟ้าให้เป็นแรงดัน output ซึ่งแสดงผลออกมาเป็น voltmeter ซึ่งมีเตอร์ชนิดนี้จะตอบสนองต่อความถี่สูงๆได้ดีสามารถใช้อัตราเร่งได้ถึง  $250,000 \text{ m/s}^2$  มักใช้ในการตรวจวัดความเร็ว, เครื่องนับจำนวนก้าวเท้า

ในการทำงานส่วนนี้เราใช้โมดูล GY-45 ซึ่งเป็นโมดูล Accelerometers ใช้ในการตรวจสอบทิศทางเคลื่อนที่ ถ้าวัตถุเกิดการเคลื่อนที่หรือการเอียง เอาที่พุกของ Accelerometer จะบอกค่าที่ตรวจจับได้ว่าสถานะปัจจุบันค่าของ XYZ มีค่าเป็นเท่าไร ซึ่งมีคุณสมบัติในการเลือกวัดความเร่งในย่าน 2, 3, 5 g และเชื่อมต่อผ่าน I2C รองรับสัญญาณนาฬิกาสูงสุดที่ 2.25MHz



รูปที่ 2.8 Module Accelerometer (GY-45)

## 2.6 LCD

จอแสดงผลแบบ LCD (Liquid Crystal Display) จัดเป็นจอแสดงผลอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นที่นิยมนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งจอแสดงผลแบบ LCD นี้มีทั้งแบบที่แสดงผลเป็นอักขระเพียงอย่างเดียว (Character LCD) และแบบที่สามารถแสดงผลเป็นรูปภาพหรือสัญลักษณ์อื่นๆตามความต้องการได้ (Graphic LCD) โดย LCD Display ที่เรามักพบเห็นกันโดยทั่วไปได้แก่ 16 ตัวอักษรไปจนถึง 40 ตัวอักษร และมีจำนวนบรรทัดตั้งแต่ 1 บรรทัดถึง 4 บรรทัด ซึ่งจอ LCD สามารถใช้งานได้ง่ายในการโปรแกรมในจอ LCD ทำงานแสดงผลและมีราคาที่เหมาะสม ซึ่งในรูปที่ 2.9 จะแสดงถึงจอ 16x2 LCD ที่ใช้ในงานนี้



รูปที่ 2.9 Liquid Crystal Display (LCD) [3]

## 2.7 Micro SD card

โมดูลสำหรับบันทึกข้อมูลลง Micro SD Card, Micro SD Card Module ยี่ห้อ Catalex สำหรับเพิ่มความสามารถในการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ จากบอร์ด Arduino ลงบน Micro SD Card มีอินเตอร์เฟสแบบ SPI ใช้งานง่าย มีไลบรารีสำเร็จรูปให้พร้อมใช้งาน มีวงจรรักษาระดับแรงดัน 3.3 V มาให้ในตัวบอร์ด สามารถใช้ไฟได้ในช่วง 4.5 V - 5.5 V



รูปที่2.10 Micro SD card Module [3]

## 2.8 Buzzer

แตรมีอยู่สองแบบซึ่งเป็นแตรแบบ Piezoelectric และแตรแบบ Electromagnetic ทั้งสองประเภทของออดนี้มีข้อดีเฉพาะและการเลือกซื้อที่ต้องพิจารณาตามความต้องการ ประเภทของการใช้เสียงกริ่งสำหรับโครงการนี้คือเสียงแบบ Piezoelectric มีทรานซิสเตอร์และขดลวดล้อมรอบ จากนั้นเมื่อใช้แหล่งจ่ายไฟ DC แตรก็ผลิตเสียงออกมา



รูปที่2.11 buzzerหรือแตรที่ใช้เป็นสัญญาณเตือน [3]

แตรแบบ Piezoelectric มีองค์ประกอบของ Piezoelectric คือ ประกอบด้วยเซรามิก Piezoelectric, แผ่นโลหะที่รวมกันด้วยสิ่งยึดติด ทั้งสองข้างมีขั้วไฟฟ้าเพื่อนำไฟฟ้าที่ Piezoelectric แตรจะขยายหรือหดตัวขึ้นกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเซรามิก piezoelectric จากนั้นวัสดุที่เป็น piezoelectric ที่ใช้เป็นแผ่นโลหะจะสั่นสะเทือนทำให้สร้างเสียงขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้ในเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 เครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์

เครื่องตรวจจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถตรวจจับความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ได้โดยการตรวจสอบค่าความเข้มข้นตลอดเวลา มีหน้าจอ LCD และมีสัญญาณเตือนภัยด้วยเสียงและสัญญาณเตือนภัยทำให้มั่นใจได้ว่าจะสามารถตรวจจับก๊าซอันตรายได้และแจ้งให้ผู้ปฏิบัติงานทราบถึงข้อควรระวังในสถานการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ใช้ในปิโตรเลียมเคมี หรือ เหมืองถ่านหินโลหะ ฯลฯ คุณสมบัติมีช่วงการวัดตั้งแต่ 0-1000 PPM มีความละเอียด 1 PPM มีข้อผิดพลาดอยู่  $\pm 5\%$  หรือ  $\pm 10$  PPM เซ็นเซอร์ที่ใช้เป็นเซ็นเซอร์ไฟฟ้าเคมี CO sensor สามารถทดสอบในอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 0-50 °C



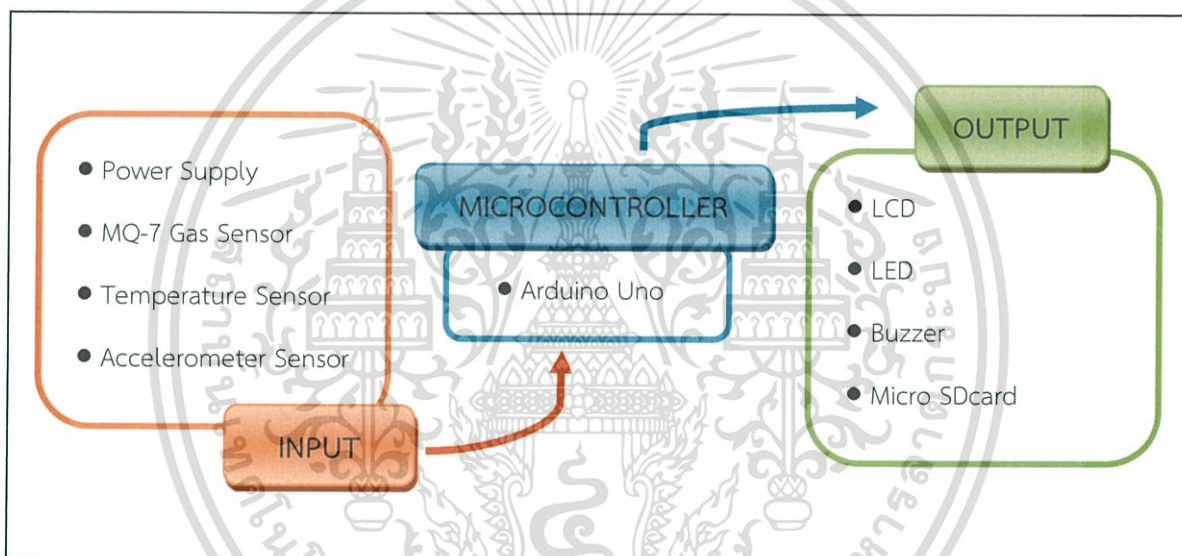
รูปที่ 2.12 เครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์

## บทที่ 3

### การออกแบบ

#### 3.1 การออกแบบระบบที่นำเสนอ

จากการผลการสืบค้นพบว่าในระบบการแจ้งเตือนของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์นั้นจะสามารถอธิบายออกได้ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งมันจะช่วยให้สามารถพัฒนาซอฟต์แวร์และชิ้นส่วนฮาร์ดแวร์ได้อย่างเป็นระบบ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

อินพุทของบอร์ด Arduino uno คือ แรงดันไฟฟ้า DC, เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และเซ็นเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในอุปกรณ์นี้ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ใช้คือ DS1820 ใช้ในการอ่านค่าอุณหภูมิในอากาศรอบๆ ในหน่วยขององศาเซลเซียส (°C) เพื่อระบุว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมร้อนหรือเย็นเนื่องจากอุณหภูมินั้นสำคัญ เพราะว่าในอากาศเย็นการเผาไหม้ของรถยนต์จะสร้างก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่าปกติ เป็นผลมาจากการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง และใช้ในการคำนวณเพื่อนำไปหาค่า factor ของเซ็นเซอร์วัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ เนื่องจากอุณหภูมิมิผลต่อการวัดค่าได้ของเซ็นเซอร์วัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ ในส่วนของเซ็นเซอร์วัดก๊าซที่ใช้ตรวจจับความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์คือ MQ-7 เซ็นเซอร์ ค่าอนาล็อกเอาท์พุท จากเซ็นเซอร์วัดก๊าซจะกลายเป็นอินพุทสำหรับบอร์ด Arduino Uno และส่วนสุดท้าย Accelerometer sensor จะวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต การนำค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความเร่งของรถยนต์ เพื่อเก็บค่าไว้เป็นข้อมูลสถิติใช้ในการเปรียบเทียบขณะขับรถที่ความเร็วต่างๆ

เอาท์พุทจะมี LED, LCD display, buzzer และ Micro SDcard ในอุปกรณ์นี้การทำงานของ LED จะบอกในคนในรถยนต์รู้ด้วยแสงสว่าง โดยมีอยู่ 2 เงามือซึ่งจะแสดงในส่วนของการโปรแกรม เงามือจะถูกแบ่งเป็นระดับปลอดภัย และระดับระมัดระวัง ในส่วน LCD display จะแสดงค่าความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และระดับอุณหภูมิรอบ ส่วน buzzer จะมีเสียงเมื่อระดับคาร์บอนมอนอกไซด์อยู่ในระดับอันตราย buzzer จะดังไปเรื่อยๆ และส่วนสุดท้าย Micro SDcard จะเอาไว้ใช้ในการเก็บค่าข้อมูลของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์, อุณหภูมิ และค่าความเร่งจากการประมวลผลผ่าน Arduino Uno

### 3.2 การดำเนินงานทางHardware

ส่วนที่บรรยายเกี่ยวกับการดำเนินงานของเซ็นเซอร์แต่ละชนิดและรายละเอียดของวงจรต่าง และการเชื่อมต่อกับ Arduino Uno

#### 3.2.1 วงจรของ Gas Sensor

MQ-7 เซ็นเซอร์ก๊าซ ใช้ในการตรวจจับความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถยนต์

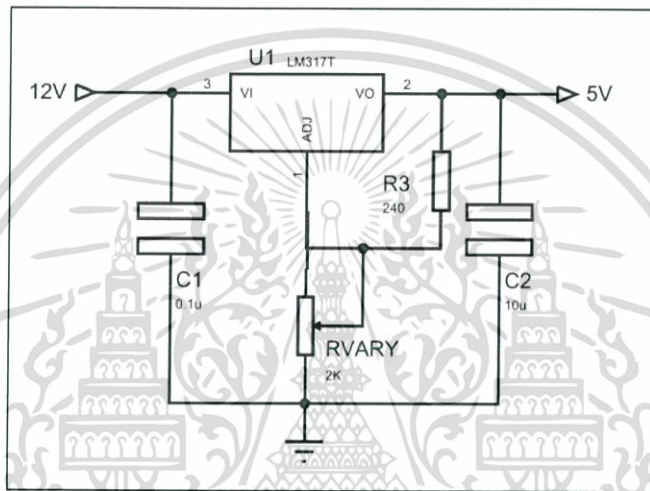
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของMQ-7หรือเซ็นเซอร์ก๊าซ

Symbol	Parameter name	Technical condition
Vc	Circuit voltage	5V ± 0.1
V <sub>H</sub> (H)	Heating voltage (high)	5V ± 0.1
V <sub>H</sub> (L)	Heating voltage (high)	1.4V ± 0.1
R <sub>L</sub>	Load resistance	Can adjust
R <sub>H</sub>	Heating resistance	33Ω ± 5%
T <sub>H</sub> (H)	Heating time (high)	60 ± 1 seconds
T <sub>H</sub> (L)	Heating time (high)	90 ± 1 seconds
P <sub>H</sub>	Heating consumption	About 700 mW

### 3.2.1.1 ส่วนของการออกแบบบอร์ด MQ-7

ในของการจ่ายแรงดันไฟ Heater (Vheater) เราจะใช้การจ่ายไฟ 5V สลับกับ 1.4V ซึ่งทั้งแรงดันไฟ 5V และแรงดันไฟ 1.4V จะใช้ LM317 ในการเป็นวงจรรักษาแรงดันแบบปรับค่าได้ซึ่งสามารถปรับค่าตามที่ต้องการได้ในที่นี้ต้องการ 1.4V.

- สร้างแรงดันไฟ 5V.



รูปที่ 3.2 วงจรการสร้างแรงดัน 5 โวลต์

ซึ่งไฟ 12V. ใช้จากแบตเตอรี่ของรถยนต์โดยสามารถคำนวณได้จากสมการภายใน Datasheet ซึ่งสมการนั้นสามารถใช้หาค่า  $R_2$  ได้แต่เราใช้  $R_2$  แบบ R ปรับค่าได้ สมการคือ

$$V_{out} = 1.25 \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{adj} R_2 \quad (3.1)$$

$$5.00 = 1.25 \left( 1 + \frac{R_2}{240} \right) + (50 \times 10^{-6} \times R_2)$$

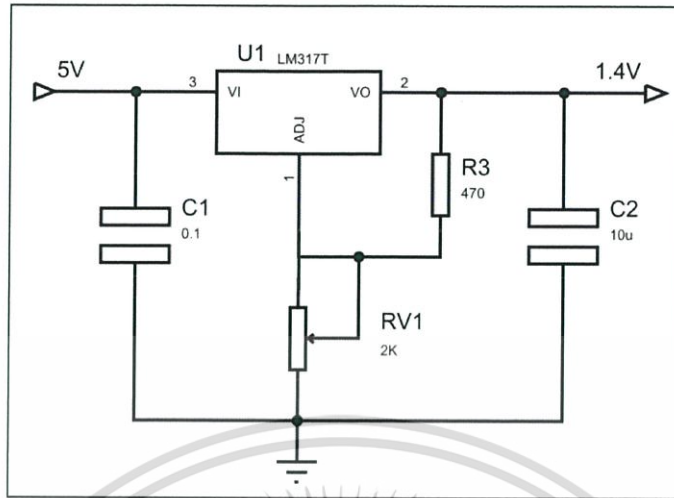
$$3.75 = 1.25 \left( \frac{R_2}{240} \right) + (50 \times 10^{-6} \times R_2)$$

$$3.75 = (5.208 \times 10^{-3} \times R_2) + (50 \times 10^{-6} \times R_2)$$

$$R_2 = \frac{3.75}{5.258 \times 10^{-3}} = 713.2 \Omega$$

ดังนั้นค่า  $R_2$  จะมีค่าประมาณ 713.2 ohm แต่ค่าที่ได้จริงต้องทำการปรับจาก R ปรับค่าในวงจร

- สร้างแรงดันไฟ 1.4V.



รูปที่ 3.3 วงจรการสร้างแรงดัน 1.4 โวลต์

ซึ่งไฟ 5V ใช้จากที่ได้ในการ Regulator ก่อนหน้านี้ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการภายใน Datasheet ซึ่งสมการนั้นสามารถใช้หาค่า  $R_2$  ได้แต่เราใช้  $R_2$  แบบ R ปรับค่าได้ สมการคือ

$$V_{out} = 1.25 \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{adj} R_2$$

$$1.40 = 1.25 \left( 1 + \frac{R_2}{470} \right) + (50 \times 10^{-6} \times R_2)$$

$$0.15 = 1.25 \left( \frac{R_2}{470} \right) + (50 \times 10^{-6} \times R_2)$$

$$0.15 = (2.659 \times 10^{-3} \times R_2) + (50 \times 10^{-6} \times R_2)$$

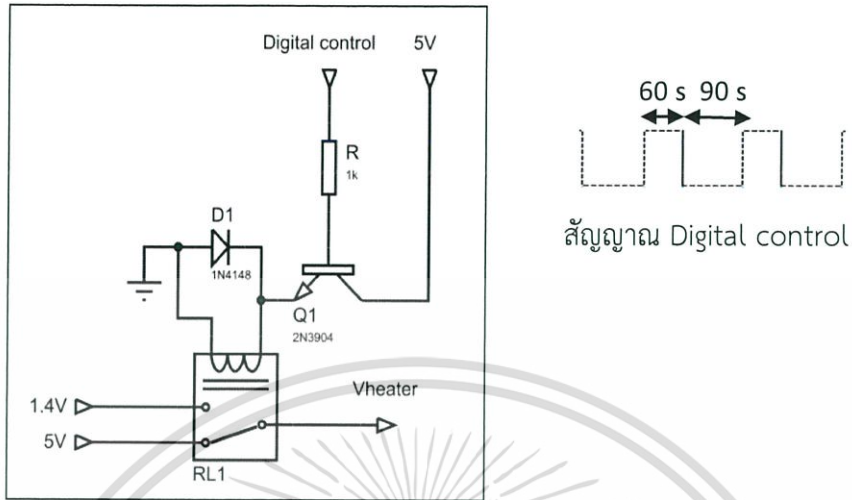
$$R_2 = \frac{0.15}{2.709 \times 10^{-3}} = 55.37 \Omega$$

ดังนั้นค่า  $R_2$  จะมีค่าประมาณ 55.37 ohm แต่ค่าที่ได้จริงต้องทำการปรับจาก R ปรับค่าในวงจร

- การสลับค่าแรงดันไฟ heater

การสลับค่าของ Vheater เราจะใช้ Relay 5 V dc ในการเลือกค่าโดยเมื่อเกิดการป้อนค่าเข้าไปทางขาควบคุมสวิตช์ของ Relay จะทำให้เกิดการเลือกสัญญาณหรือระหว่าง 2 แรงดันไฟ สัญญาณ Digital หรือ PWM ที่เราสร้างขึ้นมาควบคุมผ่านทางพอร์ต control โดย PWM ที่เราสร้างขึ้นมาจะมีขนาด High เป็นเวลา 60 วินาทีและขนาด Low เป็นเวลา 90 วินาที ซึ่งสัญญาณ control ที่ออกมานี้มีปริมาณกระแสไม่เพียงพอต่อการสวิตช์ของ Relay จึงได้ทำการเพิ่มกระแสโดยใช้ transistor 2n3904 มาเพิ่มกระแสของสัญญาณ control ที่เข้าสู่ Relay นำไปควบคุมแล้วจะทำให้การ switch ระหว่างแรงดันไฟทั้ง 2 ขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการจ่ายให้กับ Vheater ซึ่งเกิด 2 เป็นกรณีคือ 1. เมื่อสัญญาณเป็นเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุ้ยเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

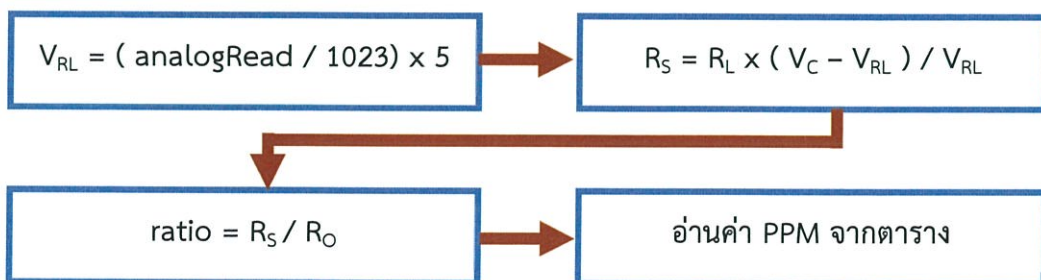
Low สวิตช์ของ Relay จะไม่ทำงาน แรงดันที่ได้คือ 5V. และ 2. เมื่อสัญญาณเป็น High สวิตช์ของ Relay จะทำงานแล้วสลับไปหาอีกแรงดัน แรงดันที่ได้คือ 1.4V.



รูปที่3.4 วงจรการสร้างการสลับของแรงดันไฟระหว่าง 5 โวลต์ และ 1.4 โวลต์

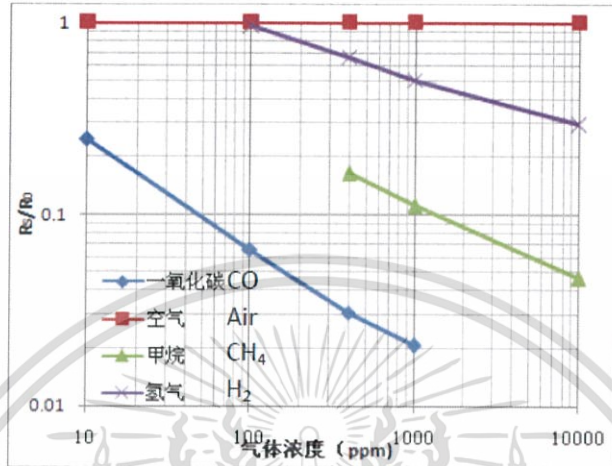
ระหว่างขาควบคุมกับกราวด์จะต่อดiode 1n4148 อยู่เพื่อควบคุมการไหลของกระแส เนื่องจากภายในของ Relay ส่วนนี้คือขดลวด และในการทำหน้าที่กำหนดว่าจะให้จ่ายไฟ 5V หรือ1.4V ซึ่งเราจะใช้การสัญญาณ control จาก arduino ในการควบคุมการสวิตช์ของแรงดันทั้งสอง

เมื่อทำการต่อวงจรไฟ Heater วงจร switch เข้ากับ MQ7 จะด้วงจรเป็นดังด้านล่าง ซึ่งที่ไฟ Vcc จะมีค่า 5V หมุดซึ่งได้รับแรงดันจาก Arduino ส่วนที่ขา Control เป็นตัวควบคุมใช้ในการ switch แรงดันไฟ Heater เป็นค่าที่ส่งออกมาจาก Arduino เพื่อควบคุม Relay และเราจะนำค่า analog ที่วัดได้จากที่  $V_{RL}$  ไปประมวลผลใน Arduino เพื่อนำไปคำนวณค่าต่อไปโดย  $V_{RL}$  ที่ได้จะมีค่าเท่ากับ  $V_{RL} = (\text{ค่า analogRead} / 1023) \times 5V$ . และนำไปคำนวณหาค่า  $R_S$  ต่อเพื่อใช้ในการหาค่า ratio ซึ่ง  $R_S$  จะมีค่าเท่ากับ  $R_S = R_L \times [(V_C - V_{RL}) / V_{RL}]$  เมื่อได้ค่า  $R_S$  แล้วสามารถนำไปหา ratio ได้โดยการ  $\text{ratio} = R_S / R_O$  แล้วจะนำไป ratio ไปเทียบกับตาราง Characteristic ของ MQ7 และหาทางเพื่อแปลงค่าจาก ratio เป็น PPM ต่อไปอีก



### 3.2.1.2 การคำนวณค่าความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์

จากกราฟ Characteristic ของ MQ7 ตาม datasheet MQ-7 สามารถคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่าง  $R_s/R_o$  กับ PPM

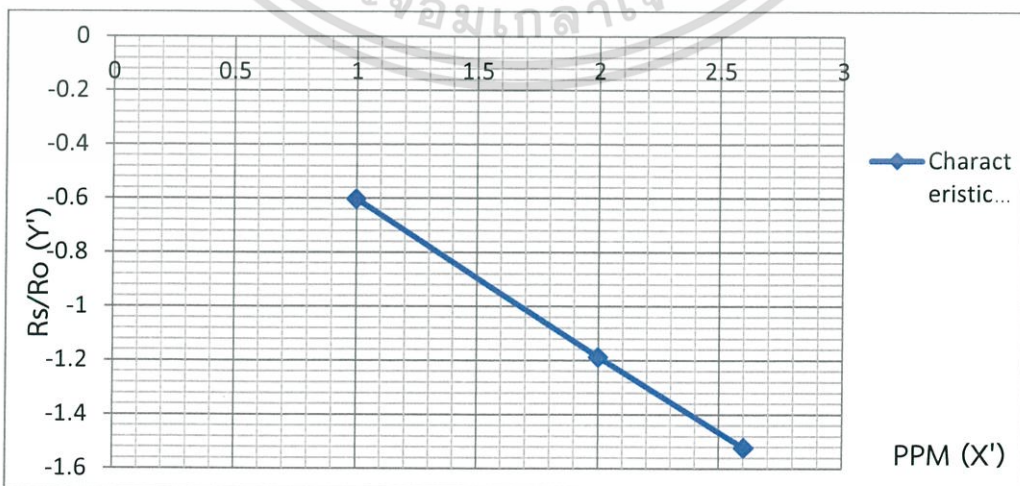


รูปที่ 3.5 กราฟการตอบสนองของลักษณะเฉพาะตัวของ MQ-7 [9]

ให้  $Y' = \log Y$  และ  $X' = \log X$  จะได้กราฟใหม่ออกมาเป็นตามตารางคำนวณเอาไว้ค่าตั้งแต่ 10 ถึง 400 PPM เนื่องจากเป็นกราฟที่มีความเป็นเชิงเส้นแบบเส้นตรง เพื่อเราจะได้นำไปหาสมการเส้นตรงต่อไป

ตารางที่ 3.2 การเปลี่ยนค่าจากกราฟ log เป็นกราฟเส้นตรง

X	$X' = \log X$	Y	$Y' = \log Y$
10	1.00000	0.25	-0.60206
100	2.00000	0.065	-1.18709
400	2.60206	0.03	-1.52288



รูปที่ 3.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง  $R_s/R_o$  กับ PPM ของ MQ-7 ในรูปของกราฟเส้นตรง

จากสมการเส้นตรงจะได้ว่า  $Y' = mX' + C$  ซึ่งความชันหรือ  $m$  สามารถหาได้โดยหาความชันจาก slope ของกราฟมีค่าเท่ากับ  $m = \Delta Y' / \Delta X'$

$$m = \frac{(-1.52288 - (-0.60206))}{(2.60206 - 1.00000)}$$

$$m = -0.57477$$

แล้วนำค่าจากกราฟในจุดๆหนึ่งมาแทนค่าซึ่งใช้ค่าที่จุด  $X'$  เท่ากับ 1 จะได้ค่า  $Y'$  เท่ากับ -0.60206 แล้วนำค่าที่ได้แทนลงในสมการเส้นตรง

$$Y' = -0.57577 X' + C \quad (3.2)$$

$$-0.60206 = (-0.57477 \times 1) + C$$

$$C = -0.60206 - (-0.57477)$$

$$C = -0.02749$$

$$Y' = -0.57477 X' - 0.02749 \quad (3.3)$$

จะได้สมการเส้นตรงของกราฟนี้คือ สมการที่ 3.3 เราจะแปลง  $Y'$  และ  $X'$  กลับไปเป็น  $Y$  และ  $X$  เหมือนเดิมเพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ของ  $R_s/R_o$  กับ  $PPM$  ออกมา  
แทนค่า  $Y' = \log Y$  และ  $X' = \log X$  ลงในสมการเส้นตรงที่ได้ (3.3)

$$\log Y = -0.57477 \log X - 0.02749 \quad (3.4)$$

$$\log Y + 0.57477 \log X = -0.02749$$

$$\log Y + \log X^{0.57477} = -0.02749$$

$$\log YX^{0.57477} = \frac{-0.02749}{1}$$

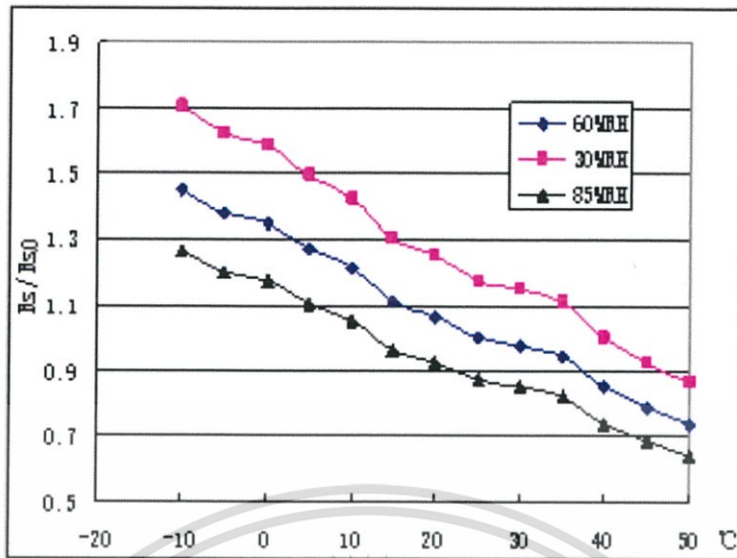
$$X^{0.57477} Y = 10^{-0.02749}$$

$$X^{0.57477} Y = 0.93866$$

$$PPM = \left( \frac{0.93866}{\frac{R_s}{R_o}} \right)^{\frac{1}{0.57477}} ; X = PPM, Y = R_s/R_o \text{ (ratio)}$$

$$PPM = \left( \frac{0.93866}{ratio} \right)^{1.7398} \quad (3.5)$$

จาก Datasheet มีตารางในการชดเชยค่าที่วัดได้ตามอุณหภูมิต่างๆอยู่ เรียกค่านี้ว่าค่า factor ซึ่งจะมีค่า factor ต่างๆตามอุณหภูมิดังนี้



รูปที่ 3.7 กราฟการตอบสนองต่ออุณหภูมิและความชื้นในอากาศ [9]

ทำให้ได้ค่าสมการใหม่คือ 
$$PPM = factor \times \left( \frac{0.93866}{ration} \right)^{1.7398} \quad (3.6)$$

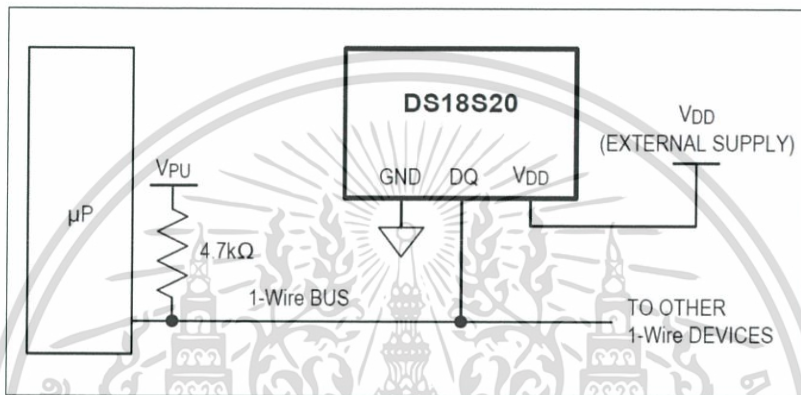
ซึ่งในที่นี้ค่า factor นั้นเรากำหนดให้เปลี่ยนแปลงตามค่าอุณหภูมิเท่านั้น ส่วนความชื้นเรากำหนดให้มีค่าเท่ากับ 60% ซึ่งมีค่าเท่ากับความชื้นภายในรถยนต์ ซึ่งค่า factor จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิดังตารางที่ 3.3 และเมื่อนำไปโปรแกรมสามารถหาค่า factor ระหว่างอุณหภูมินี้ได้อีก

ตารางที่ 3.3 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิกับค่า factor ของ MQ-7

อุณหภูมิ (°C)	ค่าfactorจากรูปที่ 3.7
0	1.35
5	1.27
10	1.22
15	1.12
20	1.07
25	1.01
30	0.98
35	0.94
40	0.85
45	0.78
50	0.74

### 3.2.2 วงจรของ DS1820

ในส่วนของเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมินั้นใช้ DS1820 ซึ่งมีการต่อวงจรดังรูปด้านล่างโดยเราจะ pull-up สัญญาณขาออกที่มาจาก DS1820 เพื่อให้ค่าเข้าสู่ pin digital ของ Arduino สามารถอ่านค่าได้ถูกต้อง ซึ่งจะมีการใช้การติดต่อสื่อสารแบบ 1-wire bus ซึ่งในส่วนนี้ของการเขียนโปรแกรมเราสามารถใช้ Library – Onewire.h และ DallasTemperature.h ของตัวอุปกรณ์ในlibraryของ Arduino เลย ในการโปรแกรมคำสั่งทำงานของอุปกรณ์ชิ้นนี้หรือในวงจรนี้



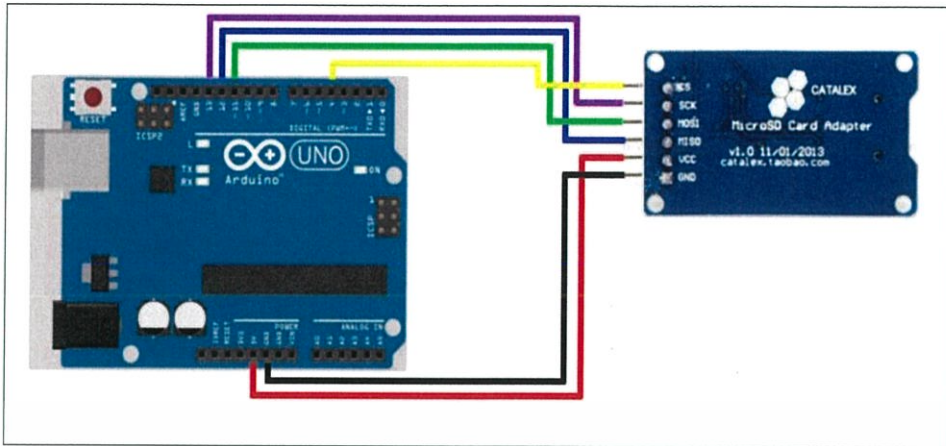
รูปที่3.8 วงจรการต่อของ DS1820 [10]

### 3.2.3 วงจรเก็บค่าลง SDcard

ในส่วนของการเก็บข้อมูลที่อ่านได้เช่นเซ็นเซอร์ หรือคำนวณได้จากกระบวนการใน Microprocessor เราใช้ Module ของMicro SDcard adapter ของ CATALEX ในการต่อวงจรและใช้ในงานในการเก็บค่าข้อมูล โดยการสื่อสารของ MicroSDcard adapter นี้กับ Arduino จะใช้การสื่อสารด้วยการสื่อสารแบบ SPI ที่ใช้การต่อด้วย CS, SCK, MOSI และMISO เราการควบคุมการทำงาน เราใช้ Library sd.h ที่มีอยู่ใน library ของ Arduino ในการเขียนCodeโปรแกรมทำงาน

ตารางที่3.4 การกำหนดpinที่เชื่อมต่อกับ Arduino ของ Micro SDcard module

GND	ช่องไฟ GND ของ pinบอร์ด Arduino
Vcc	ช่องไฟ 5V ของ pinบอร์ด Arduino
CS	ช่องDigital D2-D10 ของ pinบอร์ด Arduino
SCK	ช่องDigital D13 ของ pinบอร์ด Arduino
MISO	ช่องDigital D11 ของ pinบอร์ด Arduino
MOSI	ช่องDigital D12 ของ pinบอร์ด Arduino



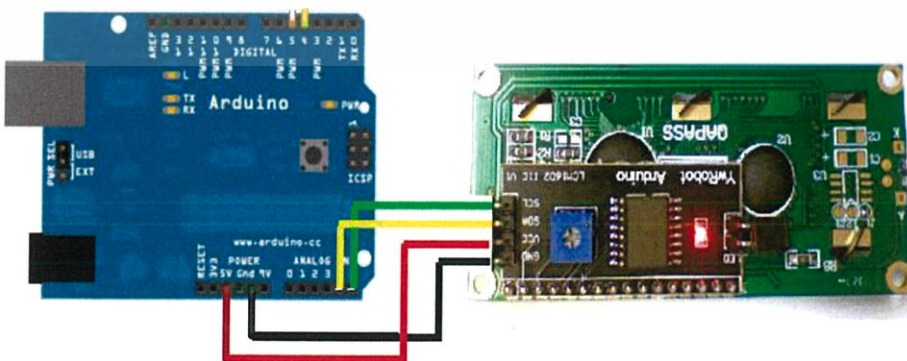
รูปที่3.9 วงจรการเชื่อมต่อของ Arduino กับ Micro SDcard module [3]

### 3.2.4 วงจรการแสดงผล

ในส่วนของการแสดงค่าข้อมูลที่คำนวณได้จากกระบวนการใน Microprocessor เราใช้ Module แปลงจอ LCD ให้เหมาะสำหรับการใช้งาน ในการต่อวงจรและใช้ในงานในการแสดงผลข้อมูล โดยการสื่อสารของจอ LCD นี้กับ Arduino จะใช้การสื่อสารด้วยการสื่อสารแบบ I<sup>2</sup>C ที่ใช้การต่อด้วย SDA และ SCL ในการควบคุมการทำงานเราใช้ Library - LiquidCrystal\_I2C.h ที่มีอยู่ใน library ของ Arduino ในการเขียน Code โปรแกรมทำงาน ซึ่งสามารถต่อวงจรได้ตามรูปด้านล่างนี้

ตารางที่3.5 การกำหนดpinที่เชื่อมต่อกับ Arduino ของ LCD

GND	ช่องไฟ GND ของ pinบอร์ด Arduino
Vcc	ช่องไฟ 5V ของ pinบอร์ด Arduino
SCL	ช่องDigital D2-D10 ของ pinบอร์ด Arduino
SDA	ช่องDigital D13 ของ pinบอร์ด Arduino



รูปที่3.10 วงจรการเชื่อมต่อของ Arduino กับ LCD [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.5 วงจรการแจ้งเตือน

ในส่วนของการแจ้งเตือนที่ได้จากกระบวนการใน Microprocessor เราใช้ Module เราใช้LED และ Buzzer สำหรับการใช้งานในการแจ้งเตือน โดยการทำงานจะเกิดขึ้นใน 3 เงื่อนไข

ตารางที่3.6 แสดงเงื่อนไขการแสดงผล 3 ระดับ

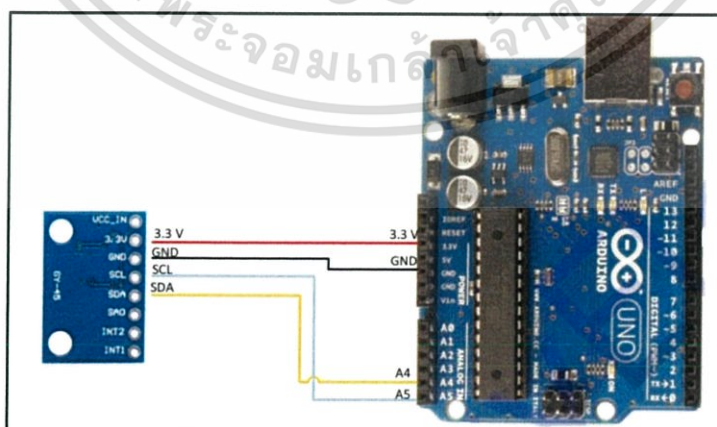
ระดับ	ปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์	LED	Buzzer
1	ปลอดภัย	สีเขียว	ไม่ดัง
2	ระมัดระวัง	สีเหลือง	ไม่ดัง
3	อันตราย	สีแดง	ดัง

### 3.2.6 วงจรวัดความเร่ง

ใช้ module GY-45 ในการตรวจวัดการเคลื่อนไหวซึ่งจะให้ค่าออกมาเป็นdigital ซึ่งเราสามารถโปรแกรมค่าให้แสดงค่าออกมาเป็นความเร่งได้เลย ซึ่งมีไลบรารีของ module ตัวนี้อยู่แล้ว สามารถโปรแกรมแล้ววัดค่าออกมาได้เลย

ตารางที่3.7 การกำหนดpinที่เชื่อมต่อกับ Arduino ของ LCD

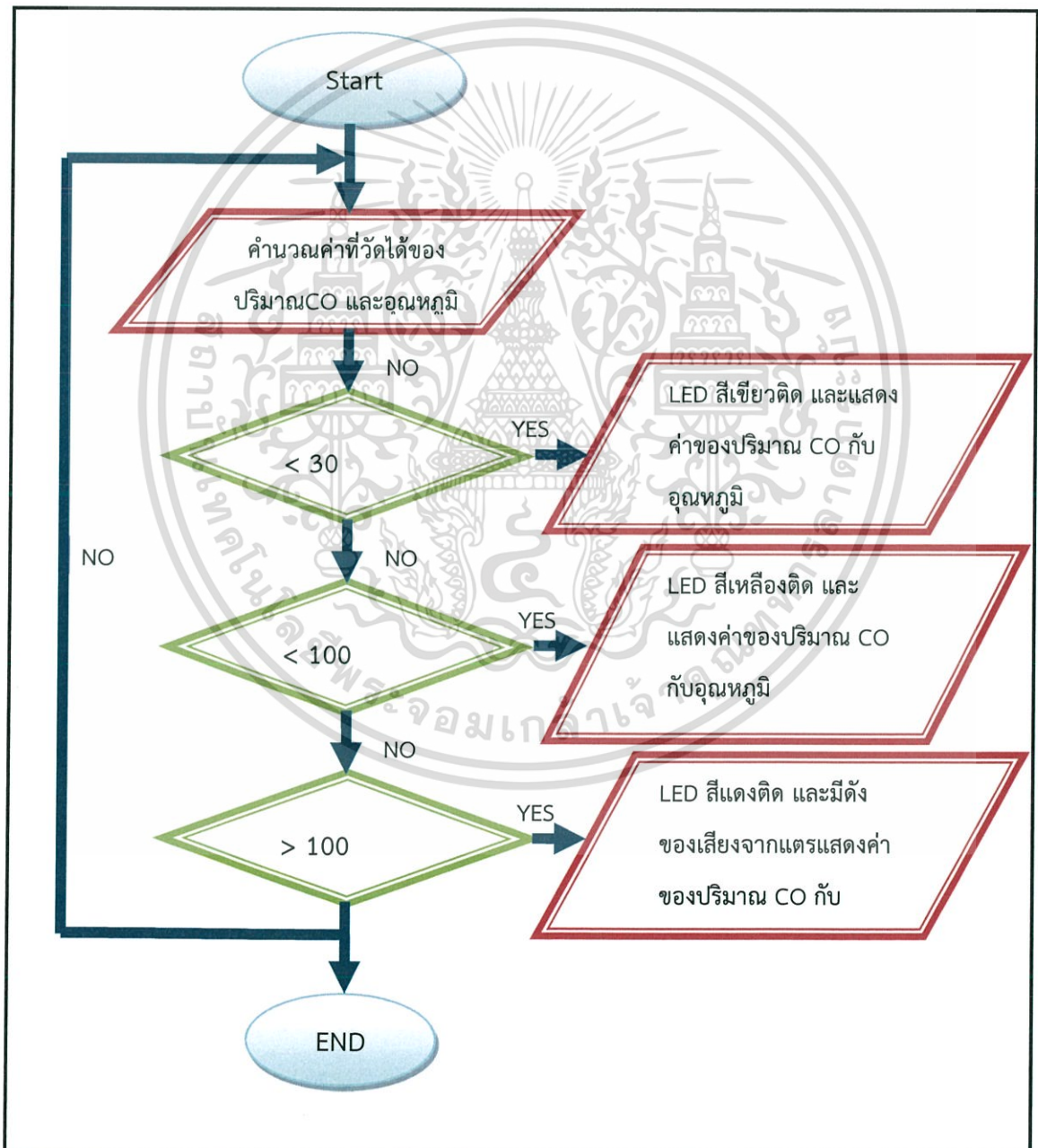
GND	ช่องไฟ GND ของ pinบอร์ด Arduino
Vcc	ช่องไฟ 5V ของ pinบอร์ด Arduino
SCL	ช่องDigital D2-D10 ของ pinบอร์ด Arduino
SDA	ช่องDigital D13 ของ pinบอร์ด Arduino



รูปที่3.11 วงจรการเชื่อมต่อของ Arduino กับ Accelerometer [3]

### 3.3 การดำเนินงานทางSoftware

การเขียนโปรแกรม Arduino Uno เป็นสิ่งสำคัญในโครงการนี้เพื่อให้แน่ใจว่าโครงการนี้จะดำเนินการตามแผน ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม Arduino microcontroller เรียกว่า Arduino IDE สามารถดาวน์โหลดได้จากหน้าเว็บไซต์ของ Arduino.cc ซึ่งมีหลายversion (<http://arduino.cc/en/main/software>) Arduino Uno ถูกเขียนโปรแกรมภาษาC ที่ใช้ในการเขียน Arduino IDE



รูปที่3.12 แผนผังการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.12 แสดงแผนผังการทำงานสำหรับการดำเนินการทั้งหมด ระดับแรกสุด ไฟ LED สีเขียว จะสว่างเมื่อค่าความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยกว่า 30 ppm ถ้ามีค่าความเข้มข้นคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วง 31 ถึง 100 ppm ระดับที่สองไฟ LED สีเหลืองจะสว่างขึ้น เมื่อระดับอันตรายกับคาร์บอน ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่า 100 ppm ไฟ LED สีแดงจะสว่างขึ้นและเสียงของแตรจะดังขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อแจ้งเตือนให้ผู้โดยสารบนรถยนต์ทราบ

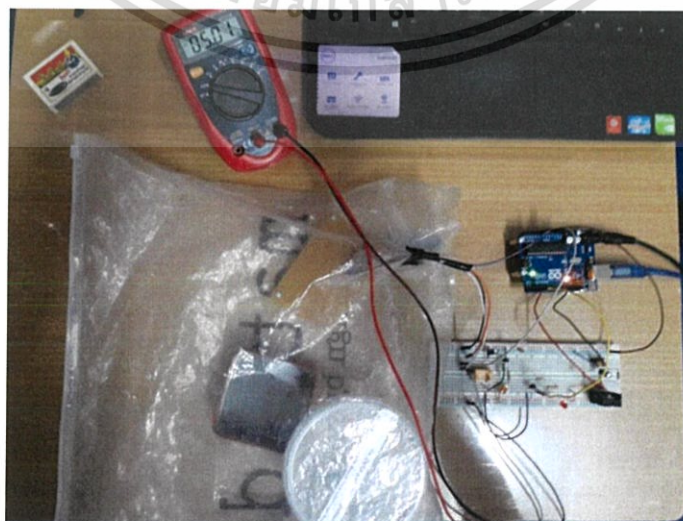


## บทที่ 4

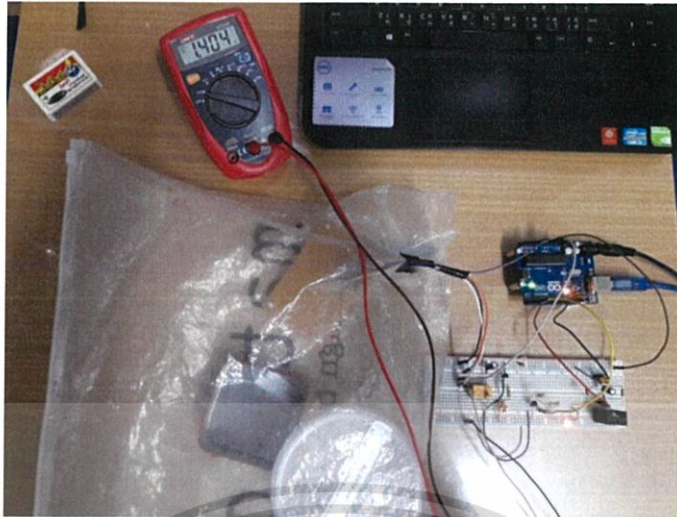
### ผลการทดลองและผลการทดสอบ

ในการทดลองเราได้ให้เซ็นเซอร์ MQ-7 นั้นไปวัดค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ภายในอากาศ โดยจะมี chamber สมมติขึ้นมา (chamberสมมติคือถุงซิปลงสามารถปิดได้มิดชิด แล้วสร้าง carbonmonoxide ขึ้นมาโดยการเผาอะไรสักอย่างแล้วใส่เข้าไปใส่ chamber เมื่อก๊าซ oxygen ไม่พอต่อการเผาผลาญเชื้อเพลิงตอนนั้นหรือการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดก๊าซ Carbonmonoxide ขึ้นมา เพื่อใช้ในการทดลอง เพื่อให้ MQ-7 นั้นทำการวัดค่า  $V_{out}$  ออกมาโดยรับค่าผ่านทาง Analog output ของ arduino และคำนวณค่า พารามิเตอร์ต่างๆที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม code ซึ่งค่าพาราที่เราต้องการคือ

1. Analog Input ได้จากการอ่านค่าที่ได้จาก sensor ซึ่งค่าอนาล็อกเอาต์พุตที่เข้าสู่ Arduino จะสามารถรับค่าได้ตั้งแต่ 0-1023 ซึ่งเปรียบเทียบได้เท่ากับแรงดันไฟฟ้า  $V_{RL}$  ที่จะมีค่าเท่ากับ 0.0-5.0 โวลต์
2.  $V_{RL}$  ได้จากการคำนวณ  $V_{RL} = (\text{Analog Output}/1023) \times 5$  หน่วยเป็นโวลต์ (V.)
3.  $R_s$  ได้จากการคำนวณ  $R_s = R_L \times [(5 - V_{RL})/V_{RL}]$  ซึ่ง  $R_L$  ที่ใช้คือ 10k ohm. หน่วยเป็น  $\Omega$ .
4. ratio ได้จากการคำนวณ  $\text{ratio} = R_s / R_o$  ซึ่งค่า  $R_o$  ต้องหาจากการกราฟ Characteristic ของ MQ-7 ที่ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ 1PPM
5. ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (PPM) ได้จากการหาสมการจากการทดลองและทดสอบ
6. ค่าอุณหภูมิในอากาศ (Temperature) ในหน่วย  $^{\circ}\text{C}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.1 การทดสอบการวัดค่าของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์

#### 4.1 การทดลองวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศจากคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สร้างขึ้นด้วยการเผากระดาษและคำนวณค่าต่างๆตามพารามิเตอร์

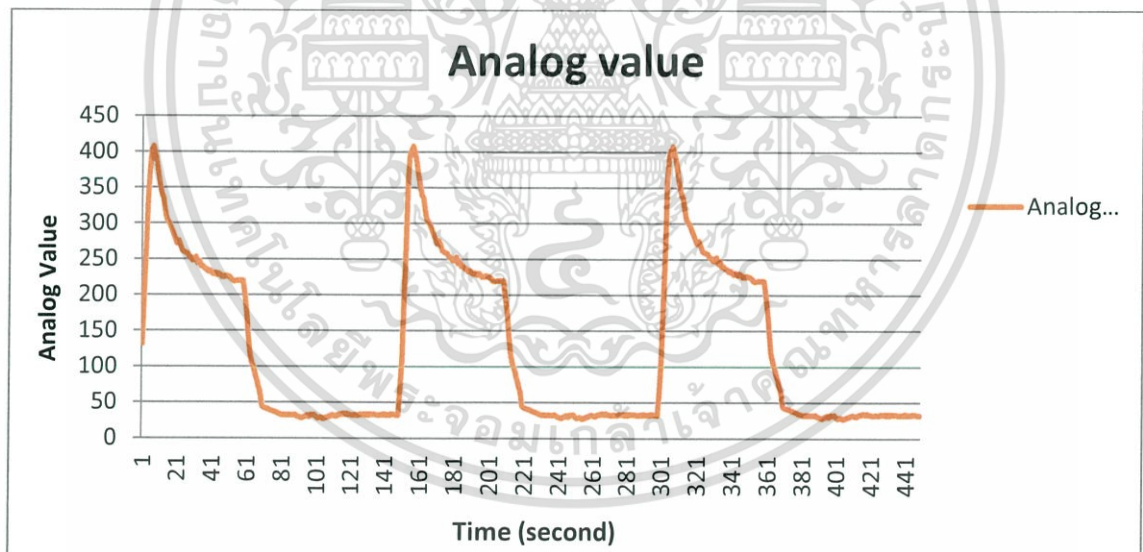
ตารางที่4.1 การทดลองวัดค่าปริมาณCOในอากาศและแปลงเป็นค่าที่วัดได้ในแต่ละพารามิเตอร์ทั่วไป เก็บค่าทุกๆ1รอบการทำงานหรือ150วินาที (2นาที30วินาที)

Analog Output	$V_{RL}$ (V.)	$R_s$ (Ohm.)	Ratio
34	0.17	240,880.00	42.22
57	0.28	169,460.00	24.60
142	0.69	62,042.26	9.00
392	1.92	16,096.94	2.34
497	2.43	10,583.50	1.54
537	2.62	9,050.28	1.31
558	2.73	8,333.33	1.21
586	2.86	7,457.34	1.08
596	2.91	7,164.43	1.04
638	3.12	6,034.48	0.88
680	3.32	5,044.12	0.73

Analog Output	$V_{RL}$ (V.)	$R_S$ (Ohm.)	Ratio
731	3.57	3,994.53	0.58
773	3.78	3,234.15	0.47
841	4.11	2,164.09	0.31
942	4.60	859.87	0.12
963	4.71	623.05	0.09

#### 4.2 การทดลองวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศบริสุทธิ์ตามระยะเวลาใน3รอบการทำงาน และคำนวณค่าต่างๆตามพารามิเตอร์

จากการทดลองที่4.2 ทำให้เราทราบค่า  $R_0$  ในอากาศบริสุทธิ์ว่ามีค่าเท่ากับ  $240k\Omega$  ซึ่งเราจะใช้ค่านี้ไปคำนวณต่อในสมการการหาค่า Ratio ซึ่งเรานำไปวัดกับอากาศบริสุทธิ์ที่ๆไม่มีรถยนต์วิ่งผ่านในที่ๆมีต้นไม้รายล้อมในที่นี้คือนำไปวัดที่สวนสาธารณะ

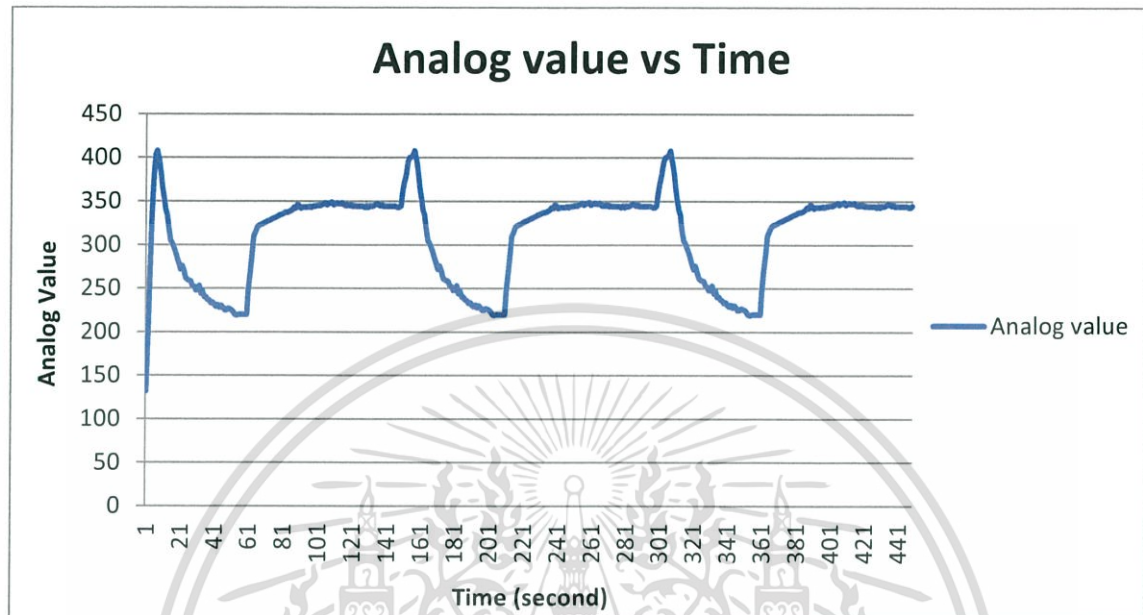


รูปที่4.2 กราฟความสัมพันธ์ของค่า Analog ที่วัดได้ในอากาศบริสุทธิ์เทียบกับเวลา

#### 4.3 การทดลองวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศจากคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สร้างขึ้นด้วยการเผากระดาษตามระยะเวลาการทำงานใน3รอบการทำงานและคำนวณค่าต่างๆตามพารามิเตอร์

จากการทดลองที่4.3 เราได้ทำการวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศที่มีการเกิดของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ค่าหนึ่ง เพื่อดูการตอบสนองของเซ็นเซอร์ก๊าซที่วัดได้ ซึ่งเรานำไปวัดกับเอกสารเป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chamber ที่เราสมมติขึ้นโดยการเผากระดาษ ขนาด A5 โดยที่ให้มีปริมาณออกซิเจนอย่างจำกัดเพื่อให้เกิดการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์



รูปที่4.3 กราฟความสัมพันธ์ของค่า Analog ที่วัดปริมาณ CO ในอากาศที่มี CO เทียบกับเวลา

#### 4.4 การทดสอบเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัดจริง

ตารางที่4.2 ผลการทดสอบเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องวัดจริง

ปริมาณCO จากเครื่องที่สร้างขึ้น	ปริมาณCO จากเครื่องจริง	%ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น
0 PPM	0 PPM	0.0 % ( $\pm 1.0\%$ )
28 PPM	30 PPM	-0.2 % ( $\pm 1.2\%$ )
55 PPM	53 PPM	+0.2 % ( $\pm 1.2\%$ )
82 PPM	82 PPM	0.0 % ( $\pm 1.2\%$ )
107 PPM	104 PPM	0.3 % ( $\pm 1.3\%$ )
142 PPM	145 PPM	-0.3 % ( $\pm 1.3\%$ )
205 PPM	202 PPM	0.3 % ( $\pm 1.3\%$ )
278 PPM	281 PPM	-0.3 % ( $\pm 1.3\%$ )
326 PPM	328 PPM	-0.2 % ( $\pm 1.2\%$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณCO จากเครื่องที่สร้างขึ้น	ปริมาณCO จากเครื่องจริง	%ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น
397 PPM	394 PPM	0.3 % ( $\pm 1.2\%$ )
520 PPM	528 PPM	0.8 % ( $\pm 1.8\%$ )
654 PPM	634 PPM	2.0 % ( $\pm 3.0\%$ )

%ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น สามารถคำนวณได้จาก

$$\% \text{ความผิดพลาด} = \frac{\text{ปริมาณCOจากเครื่องที่สร้างขึ้น} - \text{ปริมาณCOจากเครื่องวัดจริง}}{1000} \times 100\%$$

แต่ว่าค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดมีบอกไว้ว่าอาจจะมีค่าคลาดเคลื่อนอยู่  $\pm 10\text{PPM}$  ซึ่งจะทำให้ได้ค่าความผิดพลาดที่อาจเพิ่มขึ้นไปอีก

$$\% \text{ความผิดพลาดของเครื่องวัดจริง} = \frac{10}{1000} \times 100\% = 1\%$$

ดังนั้นค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดนี้จะถูกเพิ่มขึ้นไปอีก 1% เพื่อเป็นการชดเชยค่าที่อาจจะเกิดจากเครื่องวัดของจริงเข้าไปอีก ซึ่งค่าที่เพิ่มความผิดพลาดเข้าไปจะใส่ไว้ในวงเล็บด้านล่าง

#### 4.5 การทดสอบเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ตามความปลอดภัย

ตารางที่4.3 ผลลัพธ์เทียบกับแหล่งอ้างอิง

สถานการณ์	ผลลัพธ์	แหล่งอ้างอิง [7]
อากาศบริสุทธิ์	- ไฟLEDเขียวติด - หน้าจอLCD แสดงค่าCO ต่ำกว่า30PPM และแสดงค่าอุณหภูมิ	ปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ในของอากาศบริสุทธิ์อยู่ระหว่าง 0-10 PPM
ควันบุหรี่และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงรถยนต์	- ไฟLEDเหลืองติด - มีเสียงแตรดัง - หน้าจอLCD แสดงค่าCO ระหว่าง30-100 PPM และแสดงค่าอุณหภูมิ	ควันจากบุหรี่จะมีค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ประมาณ 20-40 PPM เมื่อสูบบุหรี่10ม้วน อยู่ในห้องปิด และควันจากท่อไอเสียรถยนต์

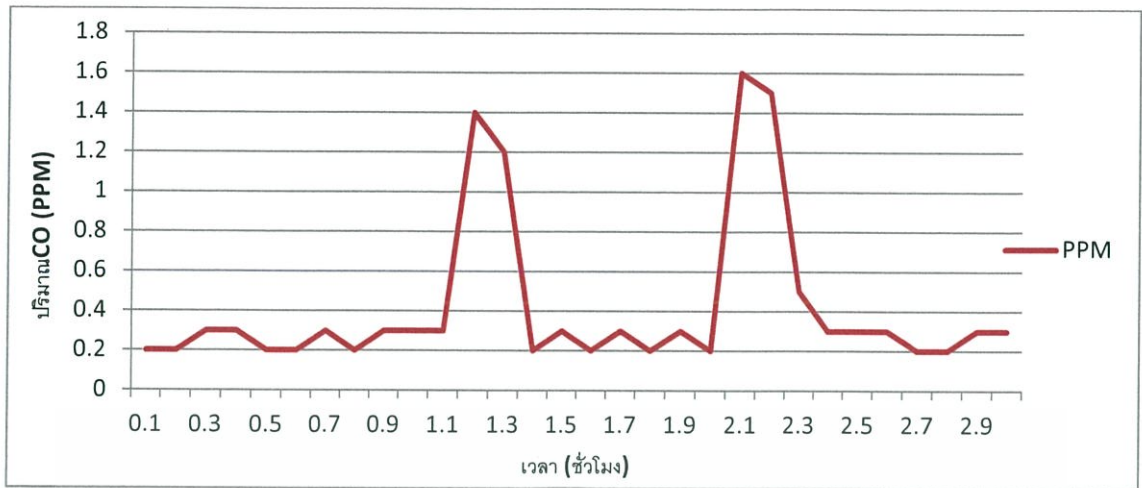
สถานการณ์	ผลลัพธ์	แหล่งอ้างอิง [7]
การเผากระดาษหรือการเผาไม้ และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงรถยนต์	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไฟLEDแดงติด</li> <li>- มีเสียงแตรดังต่อเนื่อง</li> <li>- หน้าจอLCD แสดงค่าCO มากกว่า30PPM และแสดงค่าอุณหภูมิ</li> </ul>	ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผากระดาษ, ไม้ และเชื้อเพลิงของรถยนต์ อาทิเช่นไฟไหม้ เป็นต้น



รูปที่4.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบวัดในการทดสอบ4.5

#### 4.6 การทดสอบเครื่องวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์.ในการขับรถยนต์จริง

ในการทดลองขับรถยนต์ด้วยรถยนต์ยี่ห้อ Nissan X-TRAIL ออกไปที่ต่างจังหวัดด้วยความเร็ว 90-120กิโลเมตรชั่วโมง เป็นเวลาทั้งหมด 3ชั่วโมง ซึ่งในสภาพการจราจรนั้นมีพื้นที่ๆที่รถติดในบางส่วนของ การเดินทาง และมีการจอดในระหว่างการเดินทางด้วยเช่นกันซึ่งสามารถบอกออกมาเป็นกราฟได้ ดังนี้ (เราจะไม่แสดงกราฟในช่วงของการheater)



รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ CO กับเวลา

ในการทดสอบที่ 4.6 หรือจากรูปที่ 4.5 จากกราฟจะเห็นว่าขณะขับรถยนต์นั้นจะมีค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ระดับ 0.2 – 0.3 PPM ซึ่งเป็นค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศบริสุทธิ์ที่ไม่มีอันตรายต่อสุขภาพใดๆ แต่จะเห็นว่าในการเดินทางนี้มีการวัดค่าได้แตกต่างออกไปอยู่ 2 ช่วงที่เวลาประมาณ 1.1 – 1.4 ชั่วโมง จะเป็นการขับรถในที่ๆมีการจราจรติดขัดเป็นเวลานาน ซึ่งจะมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศค่อยๆ เพิ่มขึ้น และค่อยๆ ลดลงเมื่อออกจากจุดที่มีการจราจรติดขัด และอีกช่วงหนึ่งคือ ช่วงที่ 2.0 – 2.4 ชั่วโมง จะเป็นการจอดรถยนต์ที่จุดพักรถ ซึ่งมีการจอดรถรวมกันจำนวนมากซึ่งมีทั้งรถยนต์ที่ดับเครื่องยนต์และ ดัดเครื่องยนต์ไว้ ทำให้ค่าที่วัดได้นั้นมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ในระยะเวลาที่เราจอดอยู่ ณ ที่นั้น และจะลดลงเมื่อออกจาก สถานที่นั้นๆ ซึ่งค่าที่วัดได้ในทั้ง 2 ช่วงนี้คือ ตั้งแต่ 0.8 – 1.6 PPM หรือมีค่าประมาณ 1-2 PPM ซึ่งค่าที่วัดได้นี้จะเป็นค่าที่ไม่มีผลในระดับอันตรายใดๆ กับร่างกายของมนุษย์ แต่ถ้าได้รับในเวลานานๆ ถึง 10 - 12 ชั่วโมง ก็อาจจะทำให้มีอาการปวดศีรษะ, เวียนศีรษะ หรือ หมดสติได้ แต่ในการทดสอบนี้ได้รับเพียงประมาณเกือบ 30 นาที ทำให้ร่างกายสามารถขับออกนอกร่างกายได้ทัน จึงไม่ส่งผลอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์เรา

## บทที่ 5

### วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบคุณสมบัติของวงจร

#### 5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบข้างต้น จะได้ว่าค่า Analog output ของ sensor ที่จะส่งเข้า Arduino นั้นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ซึ่งเมื่อปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศยิ่งมากค่า Analog ที่อ่านได้ก็จะยิ่งมากขึ้นตามไปด้วยตามทฤษฎีที่เมื่อมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์อยู่ในอากาศ เมื่อผ่านเข้าไปในขดลวดของเซ็นเซอร์ก็จะทำให้ค่าความต้านทานบริเวณของขดลวด ( $R_S$ ) ลดลงทำให้อ่านค่า Analog ได้มากขึ้น หรือก็คือค่า  $V_{RL}$  กับ  $R_S$  ที่จะคำนวณได้จาก analog นี้ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเซ็นเซอร์ตัวนี้สามารถที่จะจับปริมาณได้ตั้งแต่ 10-500ppm และจากตารางของผลการทดลองเราสามารถทราบค่าได้ว่าค่า  $R_O$  หรือค่า  $R_S$  ที่อากาศบริสุทธิ์วัดค่า Analog ได้ 33 ซึ่งคิดเป็น  $R_S$  ตามสมการ  $R_S = R_L \times [(5-V_{RL})/V_{RL}]$  ได้ค่า  $R_S$  ที่อากาศบริสุทธิ์หรือ  $R_O$  เท่ากับ 240k $\Omega$  และสามารถนำค่านี้ไปคำนวณต่อหาค่า Ratio เพื่อแปลงค่าเป็น PPM ต่อไป ซึ่งบอกได้ว่าในรถยนต์ขณะขับเคลื่อนจะมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ไม่ได้ถึงกับอันตรายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-0.4 PPM แต่เครื่องวัดในงานนี้จะแสดงค่าเป็น 0 PPM เนื่องจากเราโปรแกรมให้ค่าแสดงที่ความละเอียด 1 PPM แต่เมื่อรถยนต์จอดนิ่งๆหรือติดไฟแดงค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะไหลเข้าสู่รถยนต์ยิ่งรถติดนานเท่าไรก็จะมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มากขึ้นเท่านั้น แต่ไม่ได้ถึงกับขั้นอันตรายจนมีสถานะหมดสติซึ่งค่าที่วัดได้อยู่ที่ 1-2 PPM ส่วนการใช้งาน Accelerometer นั้นได้ทำการวัดค่าเป็นความเร่งในแกนต่างๆได้แล้วแต่ไม่สามารถที่จะเปลี่ยนค่าจากความเร่งไปเป็นความเร็วได้สำเร็จลุล่วงในการทำครั้งนี้

โครงการนี้ได้พัฒนาระบบมาจนสามารถตรวจจับและวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และได้มีการทดลองใช้ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์นี้สามารถตรวจจับปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ไม่เกิน 500 ppm ส่วนของการออกแบบนั้นเราสามารถใช้ได้กับไฟจากแบตเตอรี่รถยนต์ ซึ่งมีข้อดีจากการใช้ arduino uno ทำให้การพัฒนาโปรแกรมใหม่ๆหรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงจึงเป็นไปได้ง่ายตาย ซึ่งระบบนี้จะมีประโยชน์หากพวกเราต้องการหลีกเลี่ยงจากก๊าซพิษอย่างคาร์บอนมอนอกไซด์ ดังนั้นจึงต้องลดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ลงเพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับมนุษย์ได้

## 5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

ในการทำการทดสอบทดสอบวงจรปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นคือการทำงานของ Hardware ที่ไม่สามารถจ่ายไฟสลับระหว่าง 5V กับ 1.4V ได้จึงต้องทำบอร์ดในการทำงานของตนเองและในการต่อวงจรก็อาจจะมีความผิดพลาดได้การต่อสายเชื่อมระหว่าง board ต่อ board และส่วนในเรื่องโปรแกรมที่เราเขียนให้กับอุปกรณ์นั้นไม่สำเร็จลุล่วง และเกิดปัญหาในการเขียน arduino ให้ทำงานตามแผนงานที่วางไว้ไม่สำเร็จ และอุปกรณ์ที่ทำได้มีขนาดใหญ่เกินไปจากข้างต้น ส่วนการเขียนโปรแกรมในการแปลงค่าความเร่งเป็นความเร็วของ Accelerometer sensor นั้นก็ติดปัญหาทำให้ไม่สามารถให้ตัว Module Accelerometerนี้ ทำงานได้อย่างที่ตั้งใจและมุ่งหวังไว้

## 5.3 แนวทางการแก้ไข

1. ศึกษาเกี่ยวกับภาษาC เพิ่มเติมและหาบทความที่มีเขียนไว้มาศึกษา
2. การที่สายไฟหลุดและหลวมอาจจะทำการบัดกรีสายหรือตัวอุปกรณ์ให้แน่นแทนเพื่อลดการเสียเวลาในการ
3. ในการเพิ่มประสิทธิภาพจะต้องศึกษาทฤษฎีเพิ่มเติมและนำมาปรับใช้กับวงจรของตนเอง
4. ควรจะให้เป็น PCB ออกมาซึ่งจะมีความเรียบร้อยของอุปกรณ์มากกว่านี้
5. ควรจะใช้ mini arduino หรือ microcontroller ตัวอื่น ซึ่งก็จะสามารถลดขนาดของอุปกรณ์ลงได้อีกด้วย

## 5.4 ประโยชน์และการประยุกต์การใช้งาน

สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากโครงงานไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาความรู้ด้านอื่นๆทางอิเล็กทรอนิกส์ได้ และสามารถแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดปัญหาในวงจรได้และนำวงจรข้างต้นไปปรับปรุงต่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของชิ้นงานได้ต่อไป หรืออาจจะนำไปเพิ่มเติมส่วนการใช้งานอื่นก็ได้เช่นกัน หรือเพิ่มฟังก์ชันในการทำงานของระบบด้วยโปรแกรมก็ได้เช่นกัน

## 5.5 สิ่งที่ได้จากโครงการ

สามารถทำให้เราเข้าใจหลักการทำงานของแต่ละเซ็นเซอร์ทั้งMQ-7กับDS1820 และได้ศึกษาว่าเซ็นเซอร์ชนิดอื่นๆเป็นอย่างไรมีเซ็นเซอร์แบบไหนที่ใช้งานได้เหมาะสมกับงานที่ใช้ หรือได้ออกแบบวงจรการทำงานของเซ็นเซอร์ในบางชนิดได้ซึ่งมันสามารถช่วยพัฒนาฝีมือหรือความถนัดได้อีกด้วย พร้อมกับสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมบนบอร์ดArduinoได้ และยังได้ฝึกประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษา และยังได้พัฒนาความรู้และเพิ่มทักษะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์อีกด้วยและสามารถที่จะนำความรู้นี้ไปพัฒนาต่อได้ในอนาคต

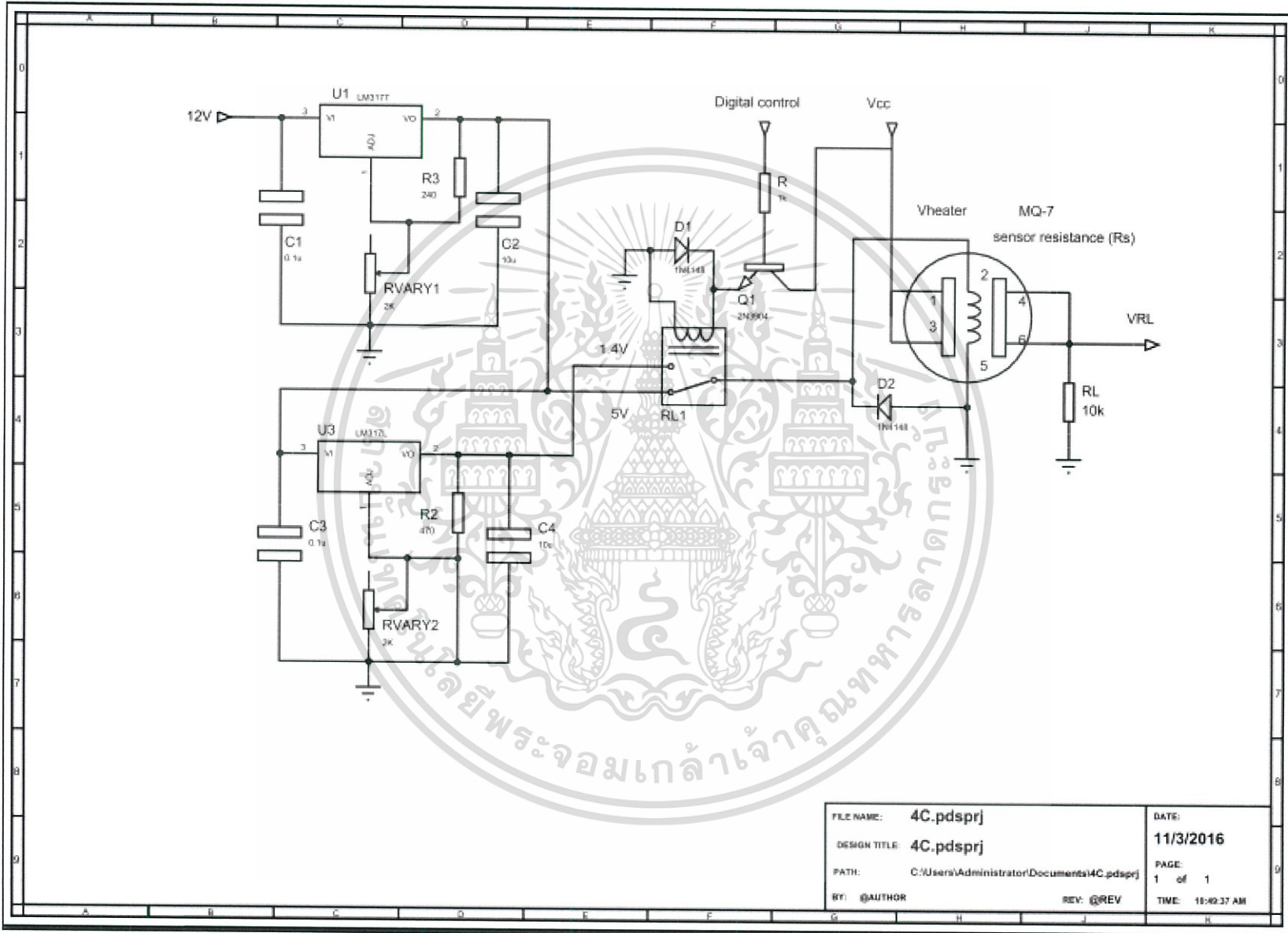


## บรรณานุกรม

- [1] David Houlding. 2557. CO(Carbon Monoxide) Gas Sensor Using the Arduino Uno. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://davidhoulding.blogspot.com/2014/03/co-carbon-monoxide-gas-sensor-using.html?m=1>. 10กันยายน2559
- [2] Henan Hanwei Electronics Co., L., MQ-7 Semiconductor Sensor for Carbon Monoxide.
- [3] เอกชัย มะการ. เรียนรู้เข้าใจใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลAVRด้วยArduino. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท อีทีที จำกัด, 2552
- [4] Agency, U.S.E.P., Automobiles and Carbon Monoxide, in Fact Sheet OMS-3, O.o.M. Sources, Editor. January 1993, United States Enviromental Protection Agency Document: United State.
- [5] Inc., F.E., Technical Information for Carbon Monoxide sensor (TGS 2442). 2003
- [6] Miller, B.L., Automobile carbon monoxide detector. 2014, Google Patents.
- [7] W, G., An Introduction to Indoor Air Quality : Carbon Monoxide, U.S.E.P. Agency, Editor. 2008.
- [8] David George Penney, Acute carbon monoxide poisoning: animal models: A review, Toxicology, 1990
- [9] Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd., Mq-7 Semiconductor Sensor for carbon Monoxide.
- [10] Maxim Integrated Products Co., Ltd., DS18S20 High-Precision 1-Wire Digital Thermometer.
- [11] Texas Instruments Inc., LM317 3-Terminal Adjustable Regulator.
- [12] Zhejiang HKE Relay Co., Ltd., HRS1(H) Relay



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Schematics ของวงจรที่ใช้สำหรับ MQ-7

FILE NAME:	4C.pdsprj	DATE:	11/3/2016
DESIGN TITLE:	4C.pdsprj	PAGE:	1 of 1
PATH:	C:/Users/Administrator/Documents/4C.pdsprj	TIME:	16:49:37 AM
BY:	@AUTHOR	REV:	@REV

## โปรแกรมที่ใช้ในอุปกรณ์นี้

```
#include <Wire.h> // การประกาศการใช้ Library ของ LCD
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);

#include <SPI.h> // การประกาศการใช้ Library ของ Micro SDcard
#include <SD.h>
File myFile;
const int chipSelect = 10;

#define Control 3 // การกำหนดตัวแปร ของ MQ-7
#define MQ7_read A0
#define high_heat 60000
#define low_heat 90000
unsigned long startMillis;
unsigned long switchTimeMillis;
boolean heating;

float Vrl = 0.0; // การกำหนดค่าที่ใช้ในการคำนวณค่าของ MQ-7
float RL=10000.0;
float RS = 0.0;
float ratio = 0.0;
float Ro = 240000.00;
float ppm = 0.0;

#include <OneWire.h> // การประกาศใช้ Library ของ DS1820
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

```

int ledgreen=4; // กำหนดpinที่ใช้ในการแจ้งเตือน
int ledyellow=5;
int ledred=6;
int buzzer=7;

double factor; // ประกาศตัวแปรที่ใช้ในการเก็บค่า
double temp;

double factor_vs_temp[][2] =
{
    // กำหนดตัวแปรในการ look up table ของ factor กับ อุณหภูมิ
    {1.35, 0},
    {1.27, 5},
    {1.22, 10},
    {1.12, 15},
    {1.07, 20},
    {1.01, 25},
    {0.98, 30},
    {0.94, 35},
    {0.85, 40},
    {0.78, 45},
    {0.74, 50},
};

double linearInterpolate(double temp, double data[][2])
{
    // กำหนดการคำนวณค่า factor ที่อยู่ระหว่าง 2 ค่า ใน look up table
    double factor0, factor1, temp0, temp1;
    for (int i = 0; i < sizeof(data) / (sizeof(data[0][0]) * 2); i++)
    {
        if (temp > data[i][1] && temp < data[i + 1][1])
        {
            temp0 = data[i][1];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยประการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

temp1 = data[i + 1][1];
factor0 = data[i][0];
factor1 = data[i + 1][0];
return (factor0 + ((factor1 - factor0) * ((temp - temp0) / (temp1 - temp0))));
}
}
}

void setup() // set up ระบบค่าต่างๆ
{
  lcd.init(); // กำหนดค่าที่ใช้ในการแสดงของ LCD
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(1,0);
  lcd.print("Carbonmonoxide");
  lcd.setCursor(4,1);
  lcd.print("Detector!");
  delay(5000);
  lcd.clear();

  Serial.begin(9600);
  pinMode(Control, OUTPUT); // กำหนดค่าเวลาที่ใช้ในการนับและpin ของ MQ-7
  startMillis = millis();
  turnHeaterHigh();

  pinMode(ledred, OUTPUT); // กำหนดpin ของการแสดงการแจ้งเตือน LED และ แตร
  pinMode(ledyellow, OUTPUT);
  pinMode(ledgreen, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);

  sensors.begin(); // สั่งให้ sensor วัดอุณหภูมิเริ่มทำงานและบอกเงื่อนไขเมื่อเชื่อมต่อได้หรือไม่

  while (!Serial) //สั่งให้ SD card เริ่มทำงานและบอกเงื่อนไขเมื่อเชื่อมต่อได้หรือไม่

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

};
Serial.print("Initializing SD card...");
pinMode(10, OUTPUT);
if (!SD.begin(chipSelect))
{
  Serial.println("Card failed, or not present");
  return;
}
Serial.println("card initialized.");
Serial.println(" PPM , Temp , Factor ");
}

void loop()
{
  if(heating) // คำสั่งในการทำงานสลับแรงดันของ MQ-7
  {
    if(millis() > switchTimeMillis)
    {
      turnHeaterLow();
    }
  }
  else
  {
    if(millis() > switchTimeMillis)
    {
      turnHeaterHigh();
      return;
    }
  }

  sensors.requestTemperatures(); // คำสั่งในการทำงานให้อ่านค่าอุณหภูมิ
  mq7(); // คำสั่งในการอ่านค่าและคำนวณค่าที่ได้จาก MQ-7
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้งานเพื่อการศึกษาดูงานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปตีพิมพ์เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(ppm >=100) // โปรแกรมในการแจ้งเตือนที่ระดับค่า CO มากกว่า 100 ppm
{
digitalWrite(ledred,HIGH);
digitalWrite(ledyellow,LOW);
delay(15000);
digitalWrite(ledgreen,LOW);
delay(15000);
digitalWrite(buzzer,HIGH);
}
else if(ppm >30 && ppm <100) // โปรแกรมในการแจ้งเตือนที่ระดับค่า CO ต่ำกว่า 100 ppm
{
digitalWrite(ledred,LOW);
digitalWrite(ledyellow,HIGH);
delay(15000);
digitalWrite(ledgreen,LOW);
delay(15000);
digitalWrite(buzzer,LOW);
}
else if(ppm <=30) // โปรแกรมในการแจ้งเตือนที่ระดับค่าCO ต่ำกว่า 30 ppm
{
digitalWrite(ledred,LOW);
digitalWrite(ledyellow,LOW);
digitalWrite(ledgreen,HIGH);
digitalWrite(buzzer,LOW);
}

File dataFile = SD.open("DATALOG.txt", FILE_WRITE); // คำสั่งให้บันทึกค่าต่างๆลง SD card
if (dataFile)
{
dataFile.print(ppm);
dataFile.print(",");
dataFile.print(sensors.getTempCByIndex(0)+1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

dataFile.print(",");
dataFile.println(factor);
dataFile.close();
}
else
{
  Serial.println("error opening datalog.txt"); //สำหรับการเชื่อมต่อไม่ติดกับ SD card
}

lcd.setCursor(1,0); // คำสั่งแสดงค่าออกทางจอ LCD ที่ตำแหน่งต่างๆ
lcd.print("CO :");
lcd.setCursor(13,0);
lcd.print("ppm");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temp:");
lcd.setCursor(14,1);
lcd.print("C");
lcd.setCursor(8,0);
lcd.print(ppm, 0);
lcd.setCursor(7,1);
lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0)+1,1);
delay(15000);
lcd.clear();
}

void turnHeaterHigh() // คำสั่งย่อยในการทำให้ MQ-7 เป็น High heater
{
  digitalWrite(Control, HIGH);
  heating = true;
  switchTimeMillis = millis() + high_heat;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยประการใดๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void turnHeaterLow()           // คำสั่งย่อยในการทำให้ MQ-7 เป็น Low heater
{
    digitalWrite(Control, LOW);
    heating = false;
    switchTimeMillis = millis() + low_heat;
}

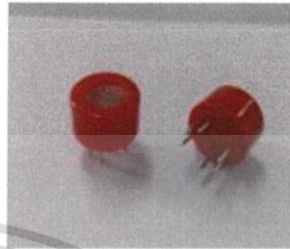
void mq7()                     // คำสั่งย่อยในการอ่านค่าและคำนวณค่าที่ได้จาก MQ-7
{
    int gasLevel = analogRead(MQ7_read);
    int time = (millis() - startMillis) / 1000;
    // ข้างล่างคือชุดคำสั่งในการคำนวณค่า factor ที่อยู่ระหว่าง 2 ค่า ในชุดของ look up table
    double temp = sensors.getTempCByIndex(0)+1;
    double factor, factor0, factor1, temp0, temp1;
    for (int i = 0; i < sizeof(factor_vs_temp) / (sizeof(factor_vs_temp[0][0]) * 2); i++)
    {
        if (temp >= factor_vs_temp[i][1] && temp <= factor_vs_temp[i + 1][1])
        {
            temp0 = factor_vs_temp[i][1];
            temp1 = factor_vs_temp[i + 1][1];
            factor0 = factor_vs_temp[i][0];
            factor1 = factor_vs_temp[i + 1][0];
            factor = factor0 + ((factor1 - factor0) * ((temp - temp0) / (temp1 - temp0)));
        }
    }
    Vrl = (gasLevel/1023.0)*5;           // คำนวณค่า Vrl
    RS = (5*RL/Vrl)-RL;                 // คำนวณค่า Rs
    ratio = RS/Ro;                       // คำนวณค่า ratio
    ppm = factor*pow((0.93866/ratio),1.7398); // คำนวณค่า ppm
}

```

## MQ-7 Semiconductor Sensor for Carbon Monoxide

### Profile

Sensitive material of MQ-7 gas sensor is SnO<sub>2</sub>, which with lower conductivity in clean air. It make detection by method of cycle high and low temperature, and detect CO at low temperature(heated by 1.5V).The sensor's conductivity gets higher along with the CO gas concentration rising. At high temperature(heated by 5.0V),it cleans the other gases adsorbed at low temperature. Users can convert the change of conductivity to correspond output signal of gas concentration through a simple circuit.



### Features

It has good sensitivity to carbon monoxide in wide range, and has advantages such as long lifespan, low cost and simple drive circuit &etc.

### Main Applications

It is widely used in domestic CO gas leakage alarm, industrial CO gas alarm and portable CO gas detector.

### Technical Parameters Stable.1

Model		MQ-7	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Plastic cap	
Target Gas		carbon monoxide	
Detection range		10 – 500ppm CO	
Standard Circuit Conditions	Loop Voltage	$V_L$	$\leq 10V$ DC
	Heater Voltage	$V_H$	5.0V $\pm$ 0.1V AC or DC ( High tem. ) 1.5V $\pm$ 0.1V AC or DC ( Low tem. )
	Heater Time	$T_H$	60 S $\pm$ 1S ( High tem. ) 90 S $\pm$ 1S ( Low tem. )
	Load Resistance	$R_L$	Adjustable
Sensor character under standard test conditions	Heater Resistance	$R_H$	29 $\Omega$ $\pm$ 3 $\Omega$ ( room tem. )
	Heater consumption	$P_H$	$\leq 900mW$
	Sensitivity	$S$	$R_S(\text{in air})/R_S(\text{in } 150\text{ppm CO}) \geq 5$
	Output Voltage	$V_S$	2.5V – 4.3V (in 150ppm CO)
Standard test conditions	Concentration Slope	$\alpha$	$\leq 0.6(R_{300\text{ppm}}/R_{50\text{ppm}} \text{ CO})$
	Tem. Humidity	20 $^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ : 55% $\pm$ 5%RH	
	Standard test circuit	$V_C: 5.0V \pm 0.1V$ ; $V_H$ ( High tem. ): 5.0V $\pm$ 0.1V; $V_H$ ( Low tem. ): 1.5V $\pm$ 0.1V	
	Preheat time	Over 48 hours	

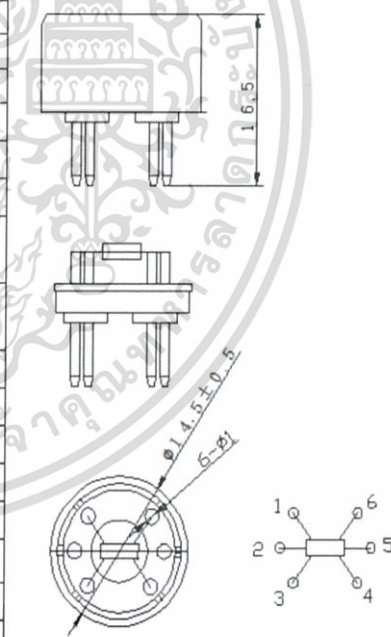


Fig1.Sensor Structure

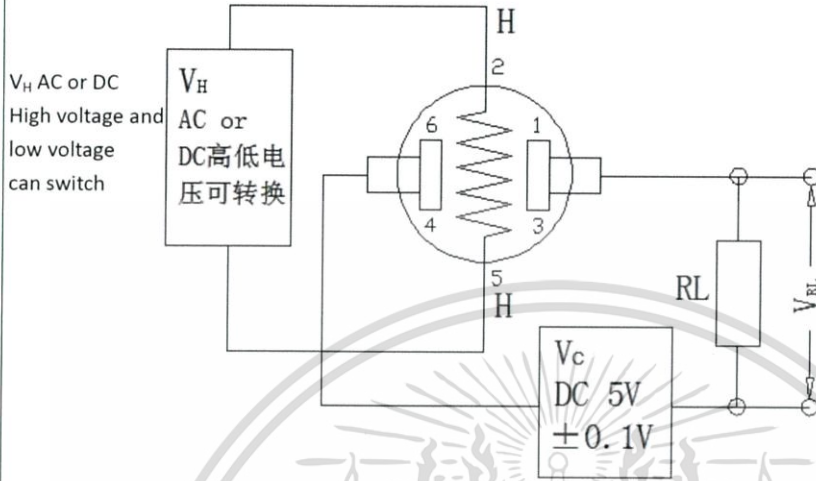
Unit: mm

NOTE: Output voltage ( $V_S$ ) is  $V_{RL}$  in test environment.

Tel: 86-371-67169097/67169670 Fax: 86-371-60932988

Email: [sales@winsensor.com](mailto:sales@winsensor.com)

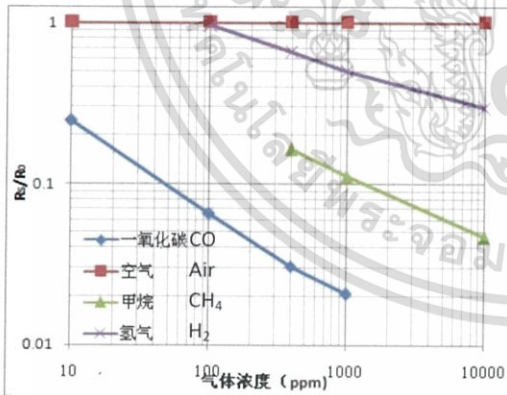
**Basic Circuit**



**Fig2. MQ-7 Test Circuit**

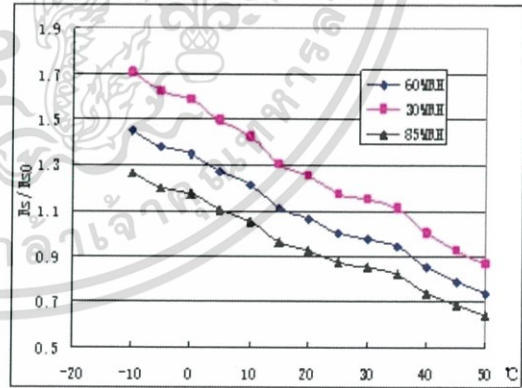
**Instructions:** The above fig is the basic test circuit of MQ-7. The sensor requires two voltage inputs: heater voltage ( $V_H$ ) and circuit voltage ( $V_C$ ).  $V_H$  is used to supply standard working temperature to the sensor and it can adopt DC or AC power. For this model sensor,  $V_H$  should be at  $1.5V \pm 0.1V$  low voltage when detect CO while should be at  $5V \pm 0.1V$  at non detection status (resuming period).  $V_{RL}$  is the voltage of load resistance  $R_L$  which is in series with sensor.  $V_C$  supplies the detect voltage to load resistance  $R_L$  and it should adopts DC power.

**Description of Sensor Characters**



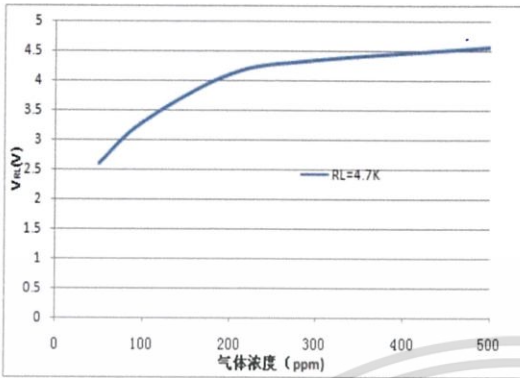
**Fig3. Typical Sensitivity Curve**

The ordinate is resistance ratio of the sensor ( $R_s/R_0$ ), the abscissa is concentration of gases.  $R_s$  means resistance in target gas with different concentration,  $R_0$  means resistance of sensor in clean air. All tests are finished under standard test conditions.



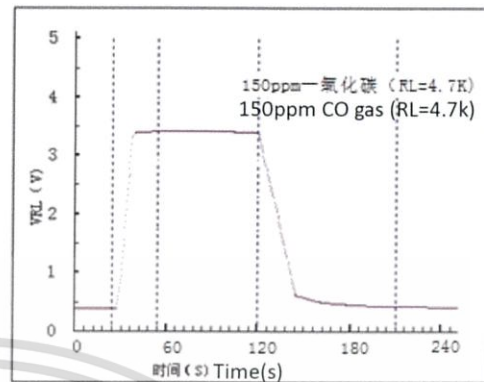
**Fig4. Typical temperature/humidity characteristics**

The ordinate is resistance ratio of the sensor ( $R_s/R_{20}$ ).  $R_s$  means resistance of sensor in 150ppm CO gas under different tem. and humidity.  $R_{20}$  means resistance of the sensor in 150ppm CO gas under 20°C/55%RH.



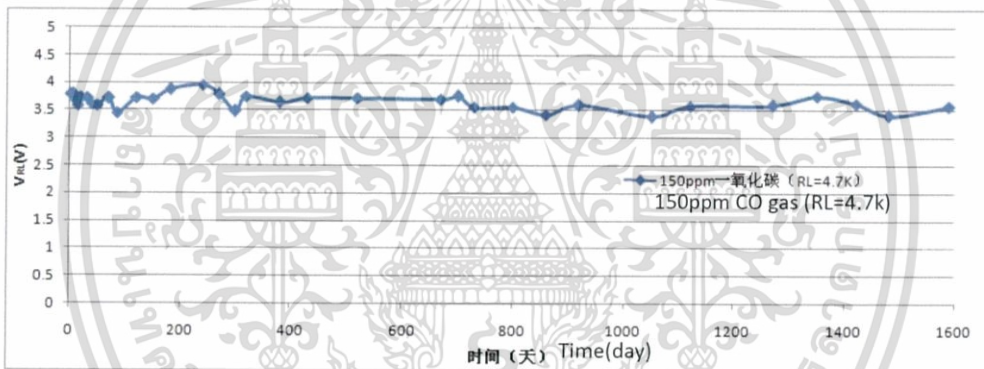
**Fig5.Sensitivity Curve**

Fig5 shows the  $V_{RL}$  in CO gas with different concentration. The resistance load  $R_L$  is 4.7 K $\Omega$  and the test is finished in standard test conditions.



**Fig6.Response and Resume**

Fig5 shows the changing of  $V_{RL}$  in the process of putting the sensor into target gas and removing it out.



**Fig7.long-term Stability**

Test is finished in standard test conditions, the abscissa is observing time and the ordinate is  $V_{RL}$ .

**Cautions**

**1 .Following conditions must be prohibited**

**1.1 Exposed to organic silicon steam**

Sensing material will lose sensitivity and never recover if the sensor absorbs organic silicon steam. Sensors must avoid exposing to silicon bond, fixture, silicon latex, putty or plastic contain silicon environment.

**1.2 High Corrosive gas**

If the sensors are exposed to high concentration corrosive gas (such as  $H_2S$ ,  $SO_x$ ,  $Cl_2$ ,  $HCl$  etc.), it will not only result in corrosion of sensors structure, also it cause sincere sensitivity attenuation.

**1.3 Alkali, Alkali metals salt, halogen pollution**

The sensors performance will be changed badly if sensors be sprayed polluted by alkali metals salt

especially brine, or be exposed to halogen such as fluorine.

#### 1.4 Touch water

Sensitivity of the sensors will be reduced when spattered or dipped in water.

#### 1.5 Freezing

Do avoid icing on sensor's surface, otherwise sensing material will be broken and lost sensitivity.

#### 1.6 Applied higher voltage

Applied voltage on sensor should not be higher than stipulated value, even if the sensor is not physically damaged or broken, it causes down-line or heater damaged, and bring on sensors' sensitivity characteristic changed badly.

#### 1.7 Voltage on wrong pins

For 6 pins sensor, Pin 2&5 is heating electrodes, Pin (1,3)/(4,6) are testing electrodes (Pin 1 connects with Pin 3, while Pin 4 connects with Pin 6). If apply voltage on Pin 1&3 or 4&6, it will make lead broken; and no signal putout if apply on pins 2&4.

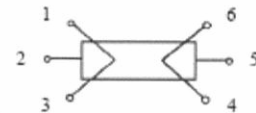


Fig8. Lead sketch

## 2 .Following conditions must be avoided

### 2.1 Water Condensation

Indoor conditions, slight water condensation will influence sensors' performance lightly. However, if water condensation on sensors surface and keep a certain period, sensors' sensitive will be decreased.

### 2.2 Used in high gas concentration

No matter the sensor is electrified or not, if it is placed in high gas concentration for long time, sensors characteristic will be affected. If lighter gas sprays the sensor, it will cause extremely damage.

### 2.3 Long time storage

The sensors resistance will drift reversibly if it's stored for long time without electrify, this drift is related with storage conditions. Sensors should be stored in airproof bag without volatile silicon compound. For the sensors with long time storage but no electrify, they need long galvanical aging time for stability before using. The suggested aging time as follow:

Stable2.

Storage Time	Suggested aging time
Less than one month	No less than 48 hours
1 ~ 6 months	No less than 72 hours
More than six months	No less than 168 hours

### 2.4 Long time exposed to adverse environment

No matter the sensors electrified or not, if exposed to adverse environment for long time, such as high humidity, high temperature, or high pollution etc., it will influence the sensors' performance badly.

### 2.5 Vibration

Continual vibration will result in sensors down-lead response then break. In transportation or assembling line, pneumatic screwdriver/ultrasonic welding machine can lead this vibration.

### 2.6 Concussion

If sensors meet strong concussion, it may lead its lead wire disconnected.

### 2.7 Usage Conditions

2.7.1 For sensor, handmade welding is optimal way. The welding conditions as follow:

- Soldering flux: Rosin soldering flux contains least chlorine

- homothermal soldering iron
- Temperature: 250°C
- Time: less than 3 seconds

2.7.1 If users choose wave-soldering, the following conditions should be obey:

- Soldering flux: Rosin soldering flux contains least chlorine
- Speed: 1-2 Meter/ Minute
- Warm-up temperature: 100±20°C
- Welding temperature: 250±10°C
- One time pass wave crest welding machine

If disobey the above using terms, sensors sensitivity will reduce.



**Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd**  
Add: No.299, Jinsuo Road, National Hi-Tech Zone,  
Zhengzhou 450001 China  
Tel: +86-371-67169097/67169670  
Fax: +86-371-60932988  
E-mail: sales@winsensor.com  
Website: www.winsensor.com

## DS18S20

## High-Precision 1-Wire Digital Thermometer

### General Description

The DS18S20 digital thermometer provides 9-bit Celsius temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18S20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. In addition, the DS18S20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18S20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18S20s to function on the same 1-Wire bus. Thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18S20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment, or machinery, and process monitoring and control systems.

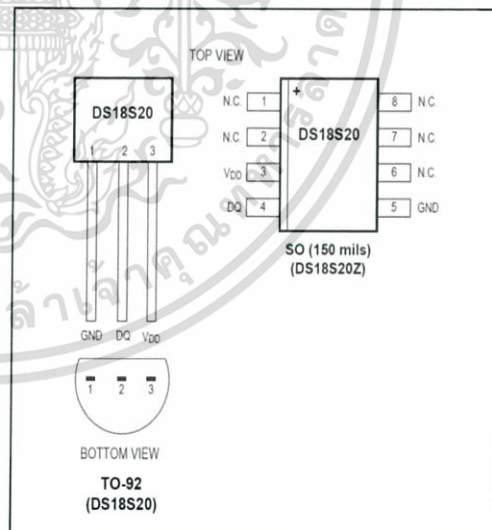
### Applications

- Thermostatic Controls
- Industrial Systems
- Consumer Products
- Thermometers
- Thermally Sensitive Systems

### Benefits and Features

- Unique 1-Wire® Interface Requires Only One Port Pin for Communication
- Maximize System Accuracy in Broad Range of Thermal Management Applications
  - Measures Temperatures from -55°C to +125°C (-67°F to +257°F)
  - ±0.5°C Accuracy from -10°C to +85°C
  - 9-Bit Resolution
  - No External Components Required
- Parasite Power Mode Requires Only 2 Pins for Operation (DQ and GND)
- Simplifies Distributed Temperature-Sensing Applications with Multidrop Capability
  - Each Device Has a Unique 64-Bit Serial Code Stored in On-Board ROM
- Flexible User-Definable Nonvolatile (NV) Alarm Settings with Alarm Search Command Identifies Devices with Temperatures Outside Programmed Limits
- Available in 8-Pin SO (150 mils) and 3-Pin TO-92 Packages

### Pin Configurations



Ordering Information appears at end of data sheet.

1-Wire is a registered trademark of Maxim Integrated Products, Inc.

### Absolute Maximum Ratings

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground .....-0.5V to +6.0V  
 Continuous Power Dissipation ( $T_A = +70^\circ\text{C}$ )  
   8-Pin SO (derate 5.9mW/ $^\circ\text{C}$  above +70 $^\circ\text{C}$ ).....470.6mW  
   3-Pin TO-92 (derate 6.3mW/ $^\circ\text{C}$  above +70 $^\circ\text{C}$ ).....500mW  
 Operating Temperature Range.....-55 $^\circ\text{C}$  to +125 $^\circ\text{C}$

Storage Temperature Range ..... -55 $^\circ\text{C}$  to +125 $^\circ\text{C}$   
 Lead Temperature (soldering, 10s) ..... +260 $^\circ\text{C}$   
 Soldering Temperature (reflow)  
   Lead(Pb)-free.....+260 $^\circ\text{C}$   
   Containing lead(Pb).....+240 $^\circ\text{C}$

*These are stress ratings 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.*

### DC Electrical Characteristics

( $V_{DD} = 3.0\text{V}$  to  $5.5\text{V}$ ,  $T_A = -55^\circ\text{C}$  to  $+125^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	$V_{DD}$	Local Power (Note 1)	+3.0		+5.5	V
Pullup Supply Voltage	$V_{PU}$	Parasite Power	+3.0		+5.5	V
		Local Power	+3.0		$V_{DD}$	
Thermometer Error	$t_{ERR}$	-10 $^\circ\text{C}$ to +85 $^\circ\text{C}$			$\pm 0.5$	$^\circ\text{C}$
		-55 $^\circ\text{C}$ to +125 $^\circ\text{C}$			$\pm 2$	
Input Logic-Low	$V_{IL}$	(Note 1, 4, 5)	-0.3		+0.8	V
Input Logic-High	$V_{IH}$	Local Power	+2.2		The lower of 5.5 or $V_{DD}$ + 0.3	V
		Parasite Power	+3.0			
Sink Current	$I_L$	$V_{I/O} = 0.4\text{V}$ (Note 1)	4.0			mA
Standby Current	$I_{DDS}$	(Note 7, 8)		750	1000	nA
Active Current	$I_{DD}$	$V_{DD} = 5\text{V}$ (Note 9)		1	1.5	mA
DQ Input Current	$I_{DQ}$	(Note 10)		5		$\mu\text{A}$
Drift		(Note 11)		$\pm 0.2$		$^\circ\text{C}$

**Note 1:** All voltages are referenced to ground.

**Note 2:** The Pullup Supply Voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to  $V_{PU}$ . In order to meet the  $V_{IH}$  spec of the DS18S20, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on; thus:  $V_{PU\_ACTUAL} = V_{PU\_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}$ .

**Note 3:** See typical performance curve in Figure 1.

**Note 4:** Logic-low voltages are specified at a sink current of 4mA.

**Note 5:** To guarantee a presence pulse under low voltage parasite power conditions,  $V_{ILMAX}$  may have to be reduced to as low as 0.5V.

**Note 6:** Logic-high voltages are specified at a source current of 1mA.

**Note 7:** Standby current specified up to +70 $^\circ\text{C}$ . Standby current typically is 3 $\mu\text{A}$  at +125 $^\circ\text{C}$ .

**Note 8:** To minimize  $I_{DD}$ , DQ should be within the following ranges:  $GND \leq DQ \leq GND + 0.3\text{V}$  or  $V_{DD} - 0.3\text{V} \leq DQ \leq V_{DD}$ .

**Note 9:** Active current refers to supply current during active temperature conversions or EEPROM writes.

**Note 10:** DQ line is high ("high-Z" state).

**Note 11:** Drift data is based on a 1000-hour stress test at +125 $^\circ\text{C}$  with  $V_{DD} = 5.5\text{V}$ .

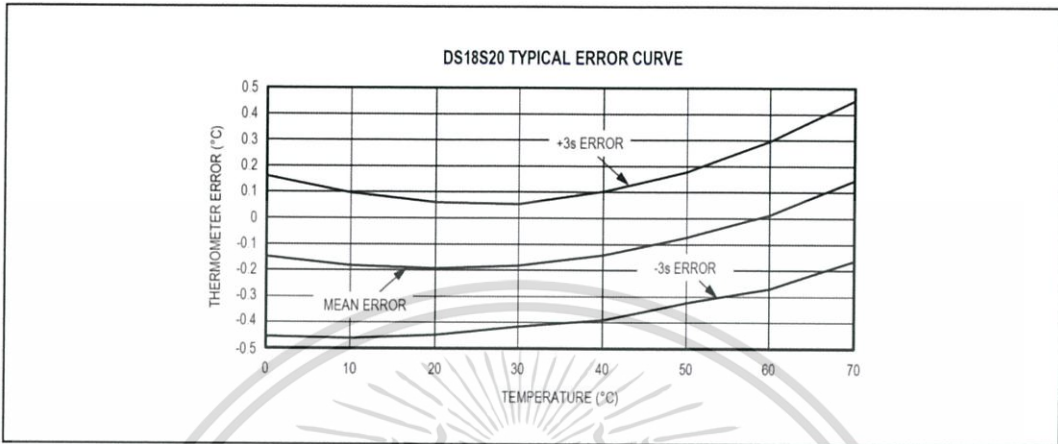


Figure 1. Typical Performance Curve

### AC Electrical Characteristics—NV Memory

( $V_{DD} = 3.0V$  to  $5.5V$ ,  $T_A = -55^{\circ}C$  to  $+100^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
NV Write Cycle Time	$t_{WR}$			2	10	ms
EEPROM Writes	$t_{EEWR}$	$-55^{\circ}C$ to $+55^{\circ}C$	50k			writes
EEPROM Data Retention	$t_{EEDR}$	$-55^{\circ}C$ to $+55^{\circ}C$	10			years

### AC Electrical Characteristics

( $V_{DD} = 3.0V$  to  $5.5V$ ,  $T_A = -55^{\circ}C$  to  $+125^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Conversion Time	$t_{CONV}$	(Note 12)			750	ms
Time to Strong Pullup On	$t_{SPON}$	Start Convert T Command Issued			10	$\mu s$
Time Slot	$t_{SLOT}$	(Note 12)	60		120	$\mu s$
Recovery Time	$t_{REC}$	(Note 12)	1			$\mu s$
Write 0 Low Time	$t_{LOW0}$	(Note 12)	60		120	$\mu s$
Write 1 Low Time	$t_{LOW1}$	(Note 12)	1		15	$\mu s$
Read Data Valid	$t_{RDV}$	(Note 12)			15	$\mu s$
Reset Time High	$t_{RSTH}$	(Note 12)	480			$\mu s$
Reset Time Low	$t_{RSTL}$	(Note 12, 13)	480			$\mu s$
Presence-Detect High	$t_{PDHIGH}$	(Note 12)	15		60	$\mu s$
Presence-Detect Low	$t_{PDLOW}$	(Note 12)	60		240	$\mu s$
Capacitance	$C_{IN/OUT}$				25	pF

**Note 12:** See the timing diagrams in Figure 2.

**Note 13:** Under parasite power, if  $t_{RSTL} > 960\mu s$ , a power-on reset may occur.

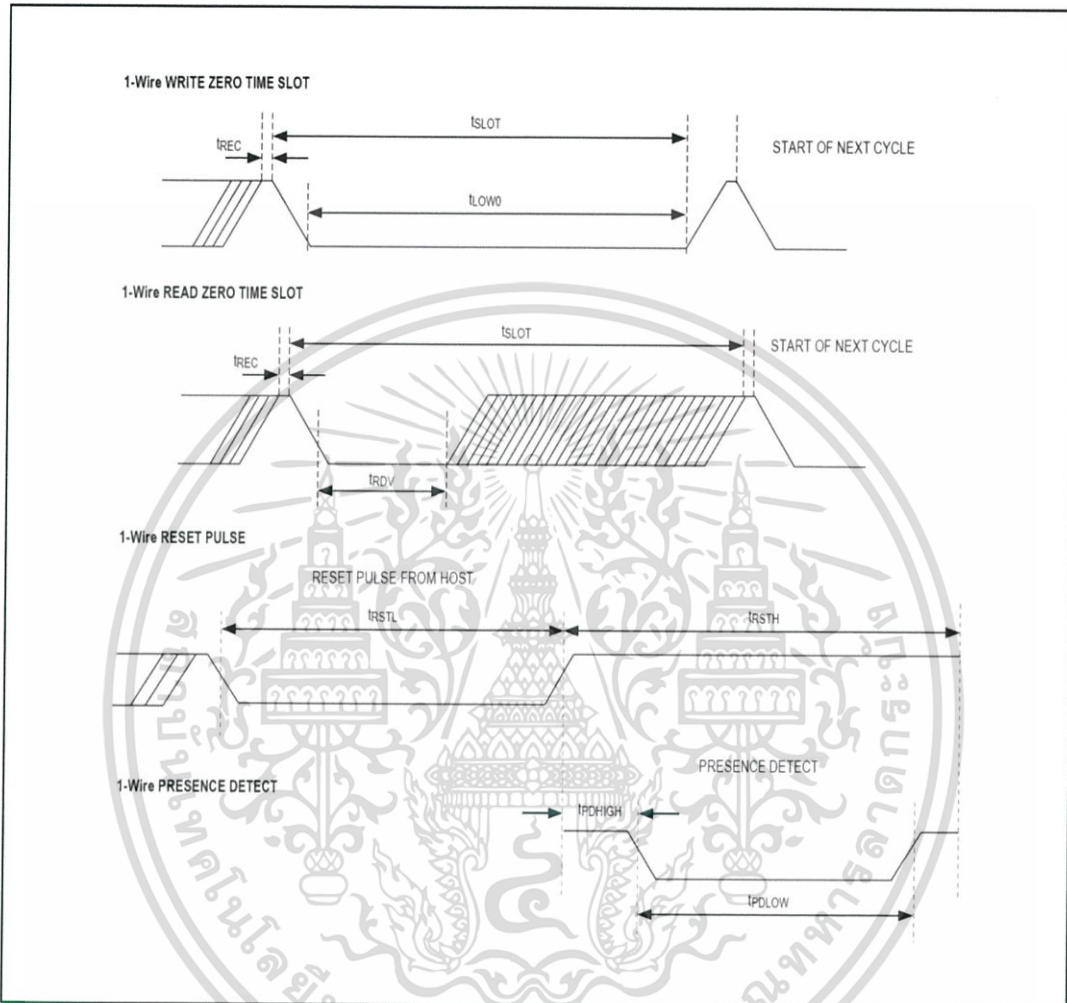


Figure 2. Timing Diagrams

**Pin Description**

PIN		NAME	FUNCTION
TO-92	SO		
1	5	GND	Ground
2	4	DQ	Data Input/Output. Open-drain 1-Wire interface pin. Also provides power to the device when used in parasite power mode (see the <i>Powering the DS18S20</i> section.)
3	3	V <sub>DD</sub>	Optional V <sub>DD</sub> . V <sub>DD</sub> must be grounded for operation in parasite power mode.
—	1, 2, 6, 7, 8	N.C.	No Connection

## Overview

Figure 3 shows a block diagram of the DS18S20, and pin descriptions are given in the *Pin Description* table. The 64-bit ROM stores the device's unique serial code. The scratchpad memory contains the 2-byte temperature register that stores the digital output from the temperature sensor. In addition, the scratchpad provides access to the 1-byte upper and lower alarm trigger registers ( $T_H$  and  $T_L$ ). The  $T_H$  and  $T_L$  registers are nonvolatile (EEPROM), so they will retain data when the device is powered down.

The DS18S20 uses Maxim's exclusive 1-Wire bus protocol that implements bus communication using one control signal. The control line requires a weak pullup resistor since all devices are linked to the bus via a 3-state or open-drain port (the DQ pin in the case of the DS18S20). In this bus system, the microprocessor (the master device) identifies and addresses devices on the bus using each device's unique 64-bit code. Because each device has a unique code, the number of devices that can be addressed on one bus is virtually unlimited. The 1-Wire bus protocol, including detailed explanations of the commands and "time slots," is covered in the *1-Wire Bus System* section.

Another feature of the DS18S20 is the ability to operate without an external power supply. Power is instead supplied through the 1-Wire pullup resistor via the DQ pin when the bus is high. The high bus signal also charges an

internal capacitor ( $C_{PP}$ ), which then supplies power to the device when the bus is low. This method of deriving power from the 1-Wire bus is referred to as "parasite power." As an alternative, the DS18S20 may also be powered by an external supply on  $V_{DD}$ .

## Operation—Measuring Temperature

The core functionality of the DS18S20 is its direct-to-digital temperature sensor. The temperature sensor output has 9-bit resolution, which corresponds to 0.5°C steps. The DS18S20 powers-up in a low-power idle state; to initiate a temperature measurement and A-to-D conversion, the master must issue a Convert T [44h] command. Following the conversion, the resulting thermal data is stored in the 2-byte temperature register in the scratchpad memory and the DS18S20 returns to its idle state. If the DS18S20 is powered by an external supply, the master can issue "read-time slots" (see the *1-Wire Bus System* section) after the Convert T command and the DS18S20 will respond by transmitting 0 while the temperature conversion is in progress and 1 when the conversion is done. If the DS18S20 is powered with parasite power, this notification technique cannot be used since the bus must be pulled high by a strong pullup during the entire temperature conversion. The bus requirements for parasite power are explained in detail in the *Powering The DS18S20* section.

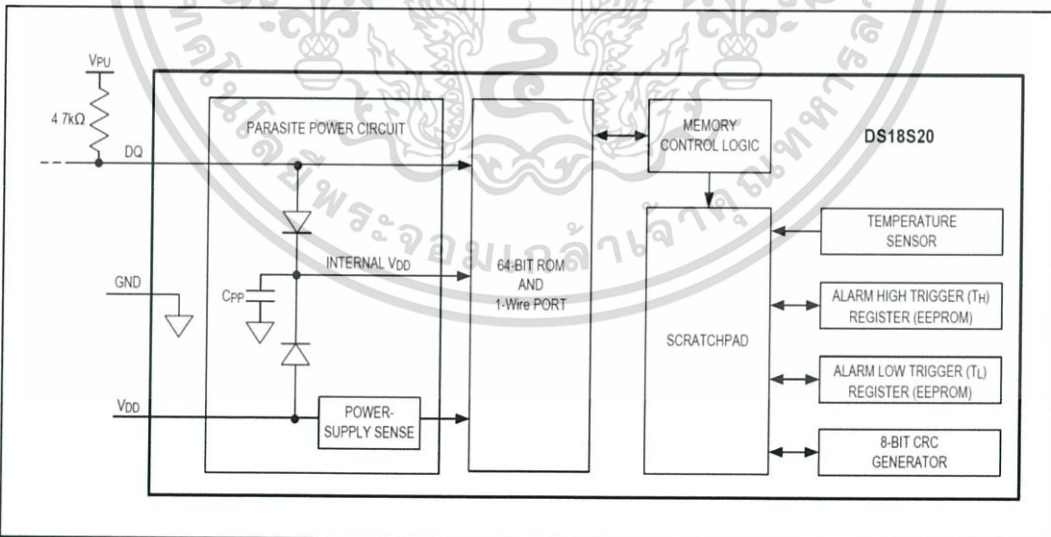


Figure 3. DS18S20 Block Diagram

The DS18S20 output data is calibrated in degrees centigrade; for Fahrenheit applications, a lookup table or conversion routine must be used. The temperature data is stored as a 16-bit sign-extended two's complement number in the temperature register (see Figure 4). The sign bits (S) indicate if the temperature is positive or negative: for positive numbers S = 0 and for negative numbers S = 1. Table 1 gives examples of digital output data and the corresponding temperature reading.

Resolutions greater than 9 bits can be calculated using the data from the temperature, COUNT\_REMAIN and COUNT\_PER\_C registers in the scratchpad. Note that the COUNT\_PER\_C register is hard-wired to 16 (10h). After reading the scratchpad, the TEMP\_READ value is obtained by truncating the 0.5°C bit (bit 0) from the temperature data (see Figure 4). The extended resolution temperature can then be calculated using the following equation:

$$\text{TEMPERATURE} = \text{TEMP\_READ} - 0.25 \frac{\text{COUNT\_PER\_C} - \text{COUNT\_REMAIN}}{\text{COUNT\_PER\_C}}$$

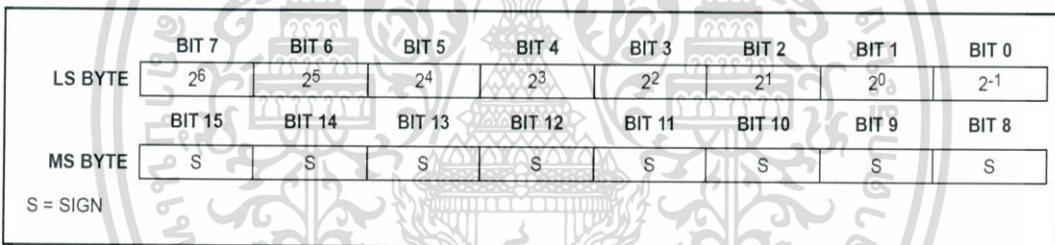


Figure 4. Temperature Register Format

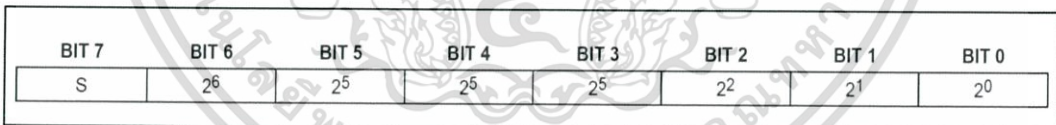


Figure 5. TH and TL Register Format

Table 1. Temperature/Data Relationship

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (BINARY)	DIGITAL OUTPUT (HEX)
+85.0*	0000 0000 1010 1010	00AAh
+25.0	0000 0000 0011 0010	0032h
+0.5	0000 0000 0000 0001	0001h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5	1111 1111 1111 1111	FFFFh
-25.0	1111 1111 1100 1110	FFCEh
-55.0	1111 1111 1001 0010	FF92h

\* The power-on reset value of the temperature register is +85°C.

### Operation—Alarm Signaling

After the DS18S20 performs a temperature conversion, the temperature value is compared to the user-defined two's complement alarm trigger values stored in the 1-byte TH and TL registers (see Figure 5). The sign bit (S) indicates if the value is positive or negative: for positive numbers S = 0 and for negative numbers S = 1. The TH and TL registers are nonvolatile (EEPROM) so they will retain data when the device is powered down. TH and TL can be accessed through bytes 2 and 3 of the scratchpad as explained in the Memory section.

Only bits 8 through 1 of the temperature register are used in the TH and TL comparison since TH and TL are 8-bit registers. If the measured temperature is lower than or equal to TL or higher than TH, an alarm condition exists and an alarm flag is set inside the DS18S20. This flag is updated after every temperature measurement; therefore, if the alarm condition goes away, the flag will be turned off after the next temperature conversion.

The master device can check the alarm flag status of all DS18S20s on the bus by issuing an Alarm Search [ECh] command. Any DS18S20s with a set alarm flag will respond to the command, so the master can determine exactly which DS18S20s have experienced an alarm condition. If an alarm condition exists and the  $T_H$  or  $T_L$  settings have changed, another temperature conversion should be done to validate the alarm condition.

### Powering The DS18S20

The DS18S20 can be powered by an external supply on the  $V_{DD}$  pin, or it can operate in "parasite power" mode, which allows the DS18S20 to function without a local external supply. Parasite power is very useful for applications that require remote temperature sensing or those with space constraints. Figure 3 shows the DS18S20's parasite-power control circuitry, which "steals" power from the 1-Wire bus via the DQ pin when the bus is high. The stolen charge powers the DS18S20 while the bus is high, and some of the charge is stored on the parasite power capacitor ( $C_{PP}$ ) to provide power when the bus is low. When the DS18S20 is used in parasite power mode, the  $V_{DD}$  pin must be connected to ground.

In parasite power mode, the 1-Wire bus and  $C_{PP}$  can provide sufficient current to the DS18S20 for most operations as long as the specified timing and voltage requirements are met (see the *DC Electrical Characteristics* and the *AC Electrical Characteristics*). However, when the DS18S20 is performing temperature conversions or copying data from the scratchpad memory to EEPROM, the operating current can be as high as 1.5mA. This current can cause an unacceptable voltage drop across the weak 1-Wire pullup resistor and is more current than can be supplied by  $C_{PP}$ . To assure that the DS18S20 has sufficient supply current, it is necessary to provide a strong pullup on the 1-Wire bus whenever temperature

conversions are taking place or data is being copied from the scratchpad to EEPROM. This can be accomplished by using a MOSFET to pull the bus directly to the rail as shown in Figure 6. The 1-Wire bus must be switched to the strong pullup within 10 $\mu$ s (max) after a Convert T [44h] or Copy Scratchpad [48h] command is issued, and the bus must be held high by the pullup for the duration of the conversion ( $t_{CONV}$ ) or data transfer ( $t_{WR} = 10$ ms). No other activity can take place on the 1-Wire bus while the pullup is enabled.

The DS18S20 can also be powered by the conventional method of connecting an external power supply to the  $V_{DD}$  pin, as shown in Figure 7. The advantage of this method is that the MOSFET pullup is not required, and the 1-Wire bus is free to carry other traffic during the temperature conversion time.

The use of parasite power is not recommended for temperatures above 100°C since the DS18S20 may not be able to sustain communications due to the higher leakage currents that can exist at these temperatures. For applications in which such temperatures are likely, it is strongly recommended that the DS18S20 be powered by an external power supply.

In some situations the bus master may not know whether the DS18S20s on the bus are parasite powered or powered by external supplies. The master needs this information to determine if the strong bus pullup should be used during temperature conversions. To get this information, the master can issue a Skip ROM [CCh] command followed by a Read Power Supply [B4h] command followed by a "read-time slot". During the read-time slot, parasite powered DS18S20s will pull the bus low, and externally powered DS18S20s will let the bus remain high. If the bus is pulled low, the master knows that it must supply the strong pullup on the 1-Wire bus during temperature conversions.

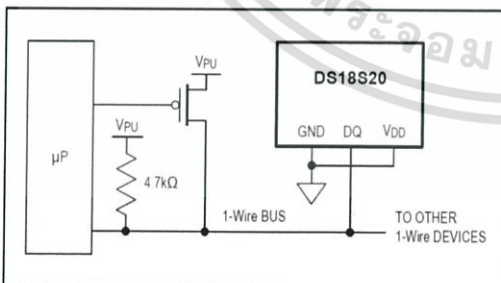


Figure 6. Supplying the Parasite-Powered DS18S20 During Temperature Conversions

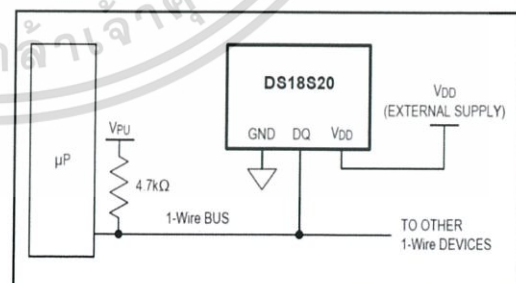


Figure 7. Powering the DS18S20 with an External Supply