

ตัวตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

CARBON MONOXIDE GAS SENSOR



นางสาวกฤษณ์รัตน์ ชันพรภักดิ์

นายอภิวัตร วรรณศิริ

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2555
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CARBON MONOXIDE GAS SENSOR



MS.DARINRAT CHANPORNPAKDI

MR.APIWAT WANNASIRI

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED PHYSICE

FACULTY OF SCIENCE KING MONGKUT'S INSTITUTE OF
TECHNOLOGY LADKRABANG ACADEMIC YEAR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ **ACADEMIC YEAR 2012** อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

ตัวตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

Carbon monoxide Gas Sensor

ชื่อนักศึกษา

นางสาว ฐรินรัตน์ ชื่นพรภักดิ์

นายอภิวัตร วรรณศิริ

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต

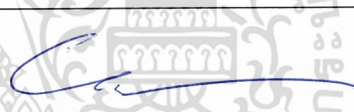
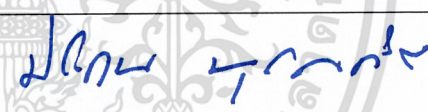
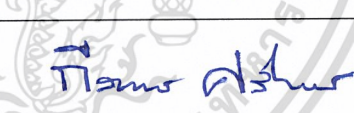
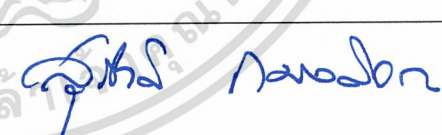
สาขาวิชา

ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุรชาติ กมลฉิลิก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา ฟิสิกส์
ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง	
ดร.ประธาน บุรณศิริ	
ดร.เกียรติ ศรีนวลจันทร์	
อ.สุรชาติ กมลฉิลิก	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในรถยนต์
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ภูรินรัตน์ ชื่นพรภักดี
	นายอภิวัตร วรรณศิริ
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรชาติ กมลคิลิก

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการออกแบบและสร้างระบบการวัดความเข้มข้นของแก๊สระบบที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วยส่วนตัวตรวจวัดแก๊สซึ่งสามารถวัดความเข้มข้นของแก๊สชีวทาน , คาร์บอนมอนอกไซด์ และแก๊สมีเทน ซึ่งแก๊สที่กล่าวมาล้วนเป็นแก๊สที่มีอันตรายต่อมนุษย์ไม่ว่าจะเป็นแก๊สมีพิษหรือแก๊สไวไฟ ส่วนที่จะควบคุมการวัดและการแสดงผลจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะรับสัญญาณอะนาลอกจากส่วนตัวตรวจวัดแก๊สและจะแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อนำไปแสดงผลบนจอแสดงผล ซึ่งบนจอแสดงผลจะแสดงถึงแก๊สที่กำลังวัดและความเข้มข้นของแก๊สในขณะนั้นว่ามีความเข้มข้นมากหรือน้อยแค่ไหน โดยหน่วยของความเข้มข้นของแก๊สจะเป็นหน่วยของ พีพีเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Carbon monoxide gas sensor
Students	Ms.DarinratChanpornpakdi Mr.ApiwatWannasiri
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Applied Physics
Academic Years	2012
Spacial Project Advisor	SurachartKamoldilok

ABSTRACT

The special project is designed and built to measure the concentration of gas. Which the system consists of gas detection. It can measure the concentration of the butane gas, carbon monoxide gas and methane gas. Those are harmful to human and are either toxic gases or flammable gases. We used the microcontroller for measure and control the display. The detector is sending the analog signal to digital then show on the display screen. The display shows the gas being measured and the concentration of gas to the unit of ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ สามารถสำเร็จล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความสนับสนุน ช่วยเหลือ ความปรารถนาดี และความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

อาจารย์สุรชาติ กมลลิลก อาจารย์ที่ปรึกษาในโครงการพิเศษนี้ ผู้ซึ่งถ่ายทอดวิชาความรู้ทั้งด้านวิชาการและให้คำปรึกษาในการทำงานมาโดยตลอด รวมไปถึงความอนุเคราะห์ทั้งอุปกรณ์การทำโครงการพิเศษ เงินสนับสนุน และความเอาใจใส่ดูแลผู้ศึกษาเป็นอย่างดี ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงที่ทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี

นายสมภพ แซ่เจี่ย นักศึกษาปริญญาเอก ผู้ซึ่งให้คำแนะนำและคอยให้คำปรึกษาในการเขียนโปรแกรม ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งในการใช้ประกอบโครงการพิเศษนี้

นายฉัฐฤกษ์ สมนคอก นักศึกษาปริญญาโท และ นายนวพร เหล่าวัฒนธรรม นักศึกษาปริญญาตรี ที่ให้คำแนะนำและแนวความคิดในการแก้ไขโครงการพิเศษนี้

อาจารย์ทุกท่าน ทุกสาขาวิชา และทุกคณะ ที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ทั้งด้านวิชาการและคำปรึกษาต่างๆ ให้แก่ผู้ศึกษาในระดับชั้นอุดมศึกษา

บิดา-มารดา ผู้ซึ่งให้กำเนิด เลี้ยงดู และให้โอกาสในการศึกษาและคอยให้กำลังใจ รวมถึงการสนับสนุนเงินทุนในการศึกษา จนสามารถสำเร็จการศึกษาระดับชั้นอุดมศึกษา

นางสาวนัทธมน เทียวอ่อน นักศึกษาปริญญาตรี ขอขอบคุณที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสนับสนุนการทดลองและเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

นางสาวฉวีรัตน์ ชื่นพรภักดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายอภิวัตร วรรณศิริ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	I
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	I
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	I
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	I
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 บทนำ	3
2.1.1 ธรรมชาติของแก๊สและคุณสมบัติทั่วไป	3
2.1.2 โมเลกุลและไอออน (Molecules and Ions)	3
2.1.3 กฎการรั่วไหลและการแพร่กระจายของแก๊สแอส (Graham' Law of Effusion and Diffusion)	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2 แก๊สที่มีความสำคัญต่อมนุษย์	6
2.2.1 ออกซิเจน (Oxygen)	6
2.2.2 แก๊สตระกูลคาร์บอน (Carbon Species)	7
2.2.3 มีเทน (Methane)	9
2.2.4 เบนซีน (Benzene)	9
2.2.5 เมทานอลและอีธานอล (Methanol and Ethanol)	9
2.2.6 ไฮโดรเจน (Hydrogen)	10
2.3 หลักการตรวจแบบต่างๆ	10
2.3.1 การวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกละลาย (Dissolve Oxygen)	10
2.3.2 หลักการวัดออกซิเจน (O ₂) โดยอาศัยหลักการของเซอร์โคเนีย	12
2.3.3 หลักการวัดออกซิเจนแบบลูกตุ้มแกว่ง (Dumbell Type)	14
2.3.4 การวัดแก๊สโดยใช้หลักการของรังสีอินฟราเรด	15
2.3.5 หลักการเซ็นเซอร์แก๊ส โดยวิธีฟิล์มหนา (Thick Film Gas Sensor)	22
2.3.6 หลักการวัดแก๊สในกระบวนการแบบโครมาโตกราฟี (Process Gas Chromatograph) PGC	27
2.4 มลพิษทางอากาศจากท่อไอเสียรถยนต์	29
2.4.1 อันตรายนจากแก๊สพิษที่ออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์	32
2.4 โปรแกรมคอนโทรลเลอร์ (Arduino)	36
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน	37
3.1 ส่วนประกอบโครงการ	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 ส่วนรับข้อมูล	38
3.3 ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์	43
3.4 ส่วนประกอบต่างๆ ของตัวตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	45
3.5 แผนภาพลำดับความคิดของโปรแกรมในส่วนต่าง ๆ	46
บทที่ 4 ผลการทดลอง	47
4.1 การทดลองวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากท่อไอเสียรถยนต์	47
4.2 กราฟอ้างอิงจากคู่มือการใช้งานตัวตรวจวัดแก๊ส เอ็มพี – 135 ในแต่ละชนิดของแก๊ส	56
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	59
เอกสารอ้างอิง	60
ภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในโครงงานพิเศษ	
ภาคผนวก ข ผลการทดลอง	
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	
ประวัติผู้จัดทำโครงงานพิเศษ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างอะตอมของฮีเลียม และ โมเลกุลของออกซิเจน, ฟอสฟอรัส, ซัลเฟอร์ และคาร์บอนไดออกไซด์	5
2.2 แสดงระดับความเข้มของ CO ₂	8
2.3 หลักการวัดค่าออกซิเจนที่ถูกละลายแบบเซลล์ของคลาร์ก	11
2.4 หลักการวัดค่าออกซิเจนแบบเซอร์โคเนีย	12
2.5 แสดงตัวอย่างของส่วนประกอบภายในหัวเซ็นเซอร์แก๊ส	13
2.6 ตัวอย่างของหัวเซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจน	14
2.7 หลักการวัดออกซิเจนแบบลูกตุ้มแก้ว	15
2.8 แสดงหลักการวัดแก๊สแบบใช้รังสีอินฟราเรด	20
2.9 หัวเซ็นเซอร์แก๊ส	21
2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ในการส่งผ่านแก๊ส ต่อความยาวคลื่นที่ได้จากการสเปกตรัมแก๊สบางอย่าง	22
2.11 หัวเซ็นเซอร์แบบฟิล์มหนา	23
2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความไวในการเปลี่ยนค่าความต้านทานของ เซ็นเซอร์แก๊สแบบฟิล์มหนาคือความเข้มข้นของแก๊สที่ปริมาณต่าง ๆ	24
2.13 ตัวอย่างของวงจรตรวจจับการรั่วของแก๊ส LP	27
2.14 การวัดแก๊สในกระบวนการแบบโครมาโตกราฟ	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 2.15 การแยกส่วนประกอบของแก๊สในกระบวนการโครมาโตแกรม 28
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 โครงสร้างของระบบตัวตรวจวัดแก๊ส	37
3.2 ชนิดตัวตรวจวัดแก๊ส	38
3.3 ตัวอย่างการนำตัวตรวจวัดแก๊สไปใช้ในวงจร	38
3.4 อุปกรณ์การทดลอง	40
3.5 อุปกรณ์การทดลอง	40
3.6 ท่อไอเสียรถยนต์ที่ใช้ในการทดลอง	41
3.7 วงจรในส่วนของตัวตรวจวัด	41
3.8 วงจรแหล่งจ่ายไฟ	42
3.9 บอร์ดคอนโทรลเลอร์	43
3.10 ลายวงจรของจอแสดงผล	44
3.11 แผนภาพลายวงจรที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ	45
3.12 เครื่องมือวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	45
3.13 แผนภาพลำดับความคิดของการทำงานของโปรแกรม	46
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ MITSUBISHI รุ่น MINI-Z PAJERO ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์91	51
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ NISSAN รุ่น NOTE ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์95	52
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ HONDA รุ่น JAZZ ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์95	53
4.4 วงจรแบ่งแรงดัน	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ อากาศ ระหว่างค่าความเข้มข้นของแก๊ส (ppm) และค่าความต่างศักย์ (โวลต์)	56
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ บิวเทน ระหว่างค่าความเข้มข้นของแก๊ส (ppm) และค่าความต่างศักย์ (โวลต์)	57
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ คาร์บอนมอนอกไซด์ ระหว่างค่าความเข้มข้นของแก๊ส (ppm) และค่าความต่างศักย์ (โวลต์)	57
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ แอลกอฮอล์ ระหว่างค่าความเข้มข้นของแก๊ส (ppm) และค่าความต่างศักย์ (โวลต์)	58
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ไฮโดรเจน ระหว่างค่าความเข้มข้นของแก๊ส (ppm) และค่าความต่างศักย์ (โวลต์)	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	
เปอร์เซ็นต์ปริมาตรของแก๊สหลาย ๆ ตัวในอากาศ สะอาด แห่ง	4
2.2	
แสดงสูตรลัดและสูตรเคมีของธาตุบางธาตุ	4
2.3	
การแยกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (The Electromagnet Spectrum)	17
2.4	
ความยาวคลื่นต่ำสุดที่สามารถใช้ได้สำหรับสารละลายทั่วไป	19
2.5	
สภาวะการทำงานของตัวเซ็นเซอร์แก๊สแบบฟิล์มหนาของไซแมริค	23
2.6	
ตัวอย่างของคุณลักษณะจำเพาะของตัวเซ็นเซอร์แก๊สรุ่นต่างๆ ของยี่ห้อHEIMANN	26
3.1	
ตารางคุณสมบัติของตัวตรวจจับ	39
4.1	
ค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) ของรอยนัลในแต่ละชนิดและน้ำมันต่างกัน	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันปัญหาเรื่องแก๊สพิษเริ่มมีมากขึ้น สาเหตุเกิดมาจากการสร้างโรงงานอุตสาหกรรม การมียานพาหนะที่เพิ่มขึ้น แม้กระทั่งในชนบทที่มีการเลี้ยงสัตว์ก็ตาม โดยแก๊สพิษที่มีผลกระทบต่อมนุษย์ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ บิวเทน มีเทน ฯลฯ แก๊สที่กล่าวมาบางชนิดเป็นแก๊สพิษ หากร่างกายได้รับแก๊สจำพวกนี้เข้าไปในปริมาณมากจะทำให้ร่างกายเกิดอาการผิดปกติ และอาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้ แก๊สบางชนิดเป็นแก๊สไวไฟ อาจเป็นอันตรายได้หากมีแก๊สไวไฟในปริมาณมากเพราะแก๊สไวไฟนั้นจะทำให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดการระเบิดได้หากมีการจุดไฟในบริเวณที่มีแก๊สมาก ซึ่งทำให้เป็นอันตรายต่อทรัพย์สินและชีวิต

ตัวตรวจวัดแก๊สเป็นตัวตรวจวัดที่ทำหน้าที่แทนจมูกของมนุษย์โดยสามารถที่จะแยกแยะกลิ่นต่าง ๆ ได้ตามชนิดของตัวตรวจวัด ซึ่งตัวตรวจวัดแก๊สเหล่านี้ถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทางน้ำหอม หรือพวกมัลติคาเพาเพื่อตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดกาแฟ อีกทั้งยังนำไปใช้ในการตรวจพบสารจำพวกระเบิด

โครงการพิเศษนี้ เป็นการสร้างเครื่องมือการวัดปริมาณของแก๊สที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ทั้งที่เป็นอันตรายทางตรงและทางอ้อม โดยเครื่องมือวัดแก๊สสามารถที่จะแสดงปริมาณและชนิดของแก๊สที่ทำการวัดได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ที่มีที่พักอาศัยในพื้นที่เสี่ยงต่อแก๊สที่เป็นอันตราย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- เพื่อศึกษาระบบของตัวตรวจวัดแก๊ส
- เพื่อสร้างเครื่องมือการวัดแก๊ส
- เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรม Arduino ในการควบคุมระบบตรวจวัดแก๊ส
- เพื่อนำความรู้ที่ได้เรียนมาไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- ศึกษาของระบบของตัวตรวจวัดแก๊ส
- สามารถนำตัวตรวจวัดแก๊สไปสร้างระบบเครื่องมือตรวจแก๊ส
- ใช้โปรแกรม Arduino เพื่อแสดงผลของตัวตรวจวัดทางจอแสดงผล (แอลซีดี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ระยะเวลา	ขั้นตอนการดำเนินงาน
มิถุนายน – กรกฎาคม พ.ศ. 2555	<ul style="list-style-type: none"> ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
สิงหาคม – กันยายน พ.ศ. 2555	<ul style="list-style-type: none"> ออกแบบชิ้นงานต้นแบบ จัดซื้อเครื่องมือ
ตุลาคม พ.ศ. 2555 – มกราคม พ.ศ. 2556	<ul style="list-style-type: none"> จัดการทดลองต้นแบบเพื่อยืนยันหลักการ รายงานความก้าวหน้าโครงการ
กุมภาพันธ์ – มีนาคม พ.ศ. 2556	<ul style="list-style-type: none"> ประกอบชิ้นงานและทำการทดลอง แก้ไขและจัดพิมพ์รายงานฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อโครงการนี้สำเร็จลง คาดว่าจะมีประโยชน์อย่างมากในการเรียนการสอน เรื่อง เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ โดยการให้เห็นถึงตัวตรวจวัดแก๊สและการใช้งานของตัวตรวจวัดแก๊ส อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อแก๊สพิษ เพราะโครงการนี้สามารถที่จะตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สที่เป็นอันตรายต่อผู้คนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 บทนำ

โลกของเราประกอบไปด้วยแก๊สหลายชนิด บางชนิดถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม และบางชนิดก็มีผลโดยตรงต่อสภาวะแวดล้อมการดำรงอยู่ของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จึงต้องการวัดและควบคุมเพื่อให้แก๊สในส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการในอุตสาหกรรมเป็นไปตามกระบวนการที่ต้องการ หรืออีกด้านหนึ่งก็ให้มีผลต่อความปลอดภัยของสรรพสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

จากความจำเป็นดังกล่าว จึงได้มีนวัตกรรมในการสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดและเซ็นเซอร์ปริมาณแก๊สต่าง ๆ และใช้ในหลายๆ งาน เช่น การตรวจจับปริมาณออกซิเจนในเตาเผาเพื่อให้การลุกไหม้ของเปลวไฟเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ การวัดปริมาณออกซิเจนในระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำอยู่ในค่าที่ปลอดภัยต่อการบริโภค หรือการวัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์สันดาปเพื่อควบคุมให้เกิดมลภาวะทางอากาศต่ำที่สุด เป็นต้น

2.1.1 ธรรมชาติของแก๊สและคุณสมบัติทั่วไป

ธรรมชาติของแก๊สได้ถูกค้นพบมาเป็นเวลากว่า 300 ปีแล้ว พบว่า อากาศที่ไม่มีมลภาวะที่ระดับน้ำทะเลจะมีแก๊ส (หรือธาตุ) ต่าง ๆ มากมาย ดังตารางที่ 2.1 ซึ่งพบว่าจะมีไนโตรเจน (N_2) อยู่ราว 78 % แก๊สออกซิเจน (O_2) อยู่ประมาณ 21 % ที่เหลือเป็นแก๊สอาร์กอนส่วนใหญ่ราว 1 % และก็มีจำนวนของแก๊สต่าง ๆ เช่น CO_2 และ H_2O (ในรูปของไอน้ำ) อยู่เล็กน้อย

2.1.2 โมเลกุลและไอออน (Molecules and Ions)

พบว่า แก๊สที่มีสมบัติและจำนวนของอะตอมที่แน่นอนเฉพาะตัว จะเรียกว่า “ โมเลกุล ” ทั้งอะตอมเดี่ยวและ โมเลกุลที่สามารถได้รับอนุภาคจากตัวอื่นหรือเปลี่ยนไปเป็นอนุภาคอื่น เราเรียกว่า “ ไอออน ”

ตารางที่ 2.1 เปอร์เซ็นต์ปริมาณของแก๊สหลาย ๆ ตัวในอากาศ สะอาด แห้ง

แก๊ส	เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ	แก๊ส	เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ	แก๊ส	เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ
N ₂	78.09	CH ₄	0.00015	O ₃	0.000002
O ₂	20.94	Kr	0.0001	NH ₃	0.000002
Ar	0.93	H ₂	0.00005	NO ₂	0.00001
CO ₂	0.032	N ₂ O	0.000025	SO ₂	0.00000002
Ne	0.0018	CO	0.00001		
He	0.00052	Xe	0.000008		

1. สูตรเคมี (Chemical Formulas) สารประกอบทางเคมีของธาตุต่าง ๆ ปกติจะแสดงในรูปแบบสั้น ๆ ที่เรียกว่า “สูตรเคมี” สูตรเคมีนั้นมีสองอย่างคล้ายกัน อย่างแรกคือ “สูตรลัด” ประกอบด้วยอัตราส่วนอย่างง่ายของอะตอม หรือจำนวนตัวเลขน้อยที่สุดที่สามารถเขียนได้อย่างที่สองคือ “สูตรโมเลกุล” ประกอบด้วยจำนวนตัวเลขที่แน่นอนของอะตอมในโมเลกุล เช่น น้ำจะมีทั้งสูตรโมเลกุลและสูตรลัดเหมือนกันคือ H₂O แต่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีสูตรลัดเป็น HO และมีสูตรโมเลกุลเป็น H₂O₂ เมื่อต้องการบอกความหมายจะใช้สูตรโมเลกุล เพราะสูตรโมเลกุลจะบอกทั้งอัตราส่วนของอะตอมและจำนวนจริงของอะตอม

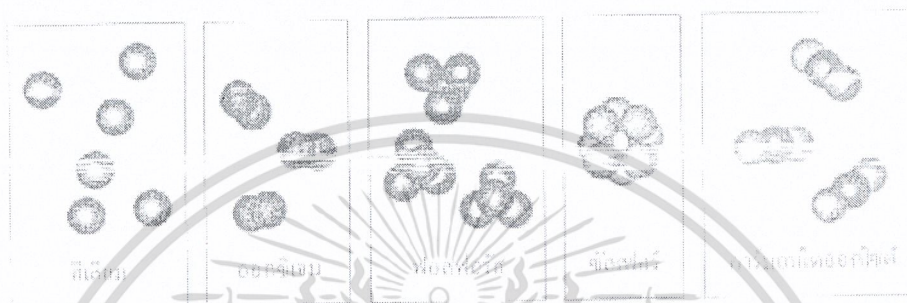
ในการแสดงสถานะทางกายภาพจะใช้ g, l และ s เพื่อแสดงว่าอยู่ในสถานะแก๊ส ของเหลว และของแข็ง ตามลำดับ แต่หากมีตัวย่อเป็น Aq (Aqueous) จะหมายถึงสารที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายน้ำ จะเขียนได้เป็น CO_{2(aq)}

ตารางที่ 2.2 แสดงสูตรลัดและสูตรเคมีของธาตุบางธาตุ

สาร	สูตรลัด	สูตรโมเลกุล
น้ำ	H ₂ O	H ₂ O
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	HO	H ₂ O ₂
ซิลิคอนไดออกไซด์	SiO ₂	(SiO ₂) ₂
อีธีลีน	CH ₂	C ₂ H ₄
ไซโคลเฮกเซน	CH ₂	C ₆ H ₁₂
กรดโอซาลิก	HCO ₂	H ₂ C ₂ O ₄

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โมเลกุล (Molecules) โมเลกุล คือ อะตอมจำนวนหนึ่งที่ต้องเข้าด้วยกันกลายเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุดของสารที่รักษาส่วนประกอบและคุณสมบัติของสารนั้นไว้ โมเลกุลจึงเป็นการรวมตัวทางเคมีของอะตอมหนึ่งตัวหรือมากกว่า ในรูปที่ 2.1 จะแสดงตัวอย่างของโมเลกุลบางตัว แต่แก๊สเฉื่อยซึ่งไม่รวมตัวกับธาตุใด ๆ จะไม่ใช่โมเลกุล เราจะเรียกอนุภาคที่เล็กที่สุดของแก๊สเฉื่อยว่า อะตอม พบว่าในอุณหภูมิสูง ๆ โมเลกุลจะแยกตัวออกจากกันอยู่ในรูปของอะตอม



รูปที่ 2.1 โครงสร้างอะตอมของฮีเลียม และ โมเลกุลของออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์

3. สารไอออน (Ionic Substances) นอกจากอะตอมและ โมเลกุล ยังมีอนุภาคชนิดที่สามที่เกิดในสาร โดยเรียกอนุภาคนี้ว่า “ไอออน” ไอออน คือ อะตอมหรือกลุ่มของอะตอมที่สามารถนำประจุไฟฟ้าได้

4. โมล (Mole)

สมมติว่ามีคลอรีนที่ก้นสระน้ำเราสามารถหาน้ำหนักอะตอมของส่วนประกอบคลอรีนซึ่งแยกได้ดังนี้ Ca เท่ากับ 40.08 amu, Cl เท่ากับ 35.453 amu แต่ก็ยังมีปัญหาตรงที่เราใช้น้ำหนักอะตอม น้ำหนักโมเลกุล และน้ำหนักของสูตรเคมี เพื่อเปรียบเทียบมวลของสาร ในห้องทดลองส่วนมากจะใช้หน่วยวัดกรัมเพื่อวัดน้ำหนักมากกว่า amu (atom mass unit) แต่ถ้าหากต้องการรู้จำนวนอะตอมของสารเราจะทราบได้อย่างไร

พิจารณาช้อนชาที่มีน้ำอยู่เต็ม เราพบว่าจะมีโมเลกุลของน้ำจำนวนมากมายที่อยู่ภายใน (ประมาณ 1.7×10^{23}) สมมติว่าต้องการวัดน้ำในมหาสมุทรบนโลกทั้งหมด การวัดด้วยจำนวนดังกล่าวจึงมากและเพอะพะ จึงต้องใช้วิธีในการวัดจำนวนสารที่มากกว่าจำนวนของหน่วยสูตรเคมี

หรือสูตรโมเลกุล (ในทางปฏิบัติเรานับใจเป็นหน่วยโหล กระดาษเป็นริม หรือ 500 แผ่น ที่คลิปก๊อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า กระดาษเป็นกุรุส หรือ 144 อัน ทำให้ง่ายต่อการนับจำนวนของมากกว่าจะนับเป็นอัน) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อหลีกเลี่ยงการนับจำนวนที่มากเกินไปเมื่อทำการวัดสาร เราจึงใช้หน่วยที่เรียกว่า “ โมล ” โดยหนึ่งโมลประกอบไปด้วย 6.022×10^{23} อะตอมโมเลกุล หรือหน่วยของสูตรเคมี ในการกำหนดค่านี้จะเรียกว่า “ จำนวนอะโวกาโดร ” ซึ่งเราจะได้ยินบ่อยๆ ในงานที่เกี่ยวข้องกับการวัดสาร หรือจำนวนอะตอมหรือโมเลกุล

2.1.3 กฎการรั่วไหลและการแพร่กระจายของแกรแฮม (Graham' Law of Effusion and Diffusion)

การเคลื่อนที่ของอนุภาคแก๊สตรวจจับได้สองวิธีด้วยกัน

1. การรั่วไหล (Effusion) คือ การผ่านของแก๊สที่สามารถผ่านสิ่งกีดขวางที่มีรู เช่น ลูกโป่งที่บรรจุฮีเลียมเมื่อตั้งไว้นานจะมีขนาดไม่เท่าเดิมเนื่องจากมีฮีเลียมบางส่วนที่เล็ดลอดออกไปจากโครงสร้างธรรมชาติของยางที่ใช้ทำ

2. การแพร่กระจาย (Diffusion) หากมีใครก็ตามที่สามารถดมหรือรับรู้กลิ่นของฮีเลียมที่รั่วไหลออกมาจากข้อแรกได้ นั่นก็คือ เกิดการแพร่กระจายของแก๊สนั่นเอง

ก. อัตราการรั่วไหลและการแพร่กระจาย โมเลกุลของแก๊สที่แตกต่างกันจะเคลื่อนที่ที่อัตราแตกต่างกัน โมเลกุลที่เบากว่าจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าโมเลกุลที่หนักกว่า หรืออาจกล่าวได้ว่า แก๊สไฮโดรเจนที่บรรจุในลูกโป่งจะเล็ดลอดออกมาได้เร็วกว่าแก๊สฮีเลียม และ เล็ดลอดออกมาได้เร็วกว่าแก๊สไนโตรเจน

ข. กฎของแกรแฮม กล่าวว่าการรั่วไหลของแก๊สจะแปรผกผันกับรากที่สองของมวลโมลาร์ ตามกฎของแกรแฮม อัตราการรั่วไหล (r) ของแก๊สสองตัวที่อุณหภูมิและความดันเดียวกันจะสัมพันธ์กันดังสูตรที่ (2.1)

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{MM_2}}{\sqrt{MM_1}} \quad (2.1)$$

2.2 แก๊สที่มีความสำคัญต่อมนุษย์

ก่อนที่จะทำการวัดหรือตรวจจับแก๊ส ต้องมีความเข้าใจคุณสมบัติและความสำคัญของแก๊สที่จะตรวจวัดก่อน ต่อไปนี้จะป็นตัวอย่างแก๊สที่มีความสำคัญ ซึ่งมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อมนุษย์

2.2.1 ออกซิเจน (Oxygen)

ออกซิเจน เป็นธาตุที่มีอยู่มากบริเวณเปลือกโลก แม้กระทั่งน้ำประกอบด้วยออกซิเจนถึง 88.9% ของมวล แร่ส่วนใหญ่ก็ประกอบด้วยออกซิเจนที่อยู่ในรูปของสารประกอบออกซิเจน ซึ่งไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คิดแบล้งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อรวมกับธาตุอื่น ๆ แล้วก่อให้เกิดรูปร่างประกอบใหม่ที่เรียกว่า “ ออกไซด์ ” แก๊สออกไซด์ ได้แก่ CO_2 , CO , N_2O_4 , N_2O_3 , NO_2 , NO , N_2O , SO_2 , F_2O , Cl_2O_2 , ClO_2 และ Cl_2O (อยู่ที่ตำแหน่งด้านขวาบนของตารางธาตุ)

ออกซิเจนในอากาศจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ตัวมันเองจะไม่ติดไฟ แต่ช่วยให้ไฟติด ออกซิเจนในเชิงพาณิชย์ทำได้โดยการกลั่นจากอากาศแต่ก็มีจำนวนน้อย หรือไม่ก็หาจากสถานะที่บริสุทธิ์มากนั่นคือ การแยกด้วยไฟฟ้าของสารละลายที่เป็นของเหลว หรือโดยการใช้ความร้อนแยก Oxyanion, Peroxide หรือ เกลือออกไซด์ (Oxide salt)

บทบาทของออกซิเจนต่อความปลอดภัยของมนุษย์มีตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน เช่น ผลกระทบ : Atmospheric anoxia ที่ขาดออกซิเจนอันเนื่องจากการขึ้นไปที่สูง หรืออยู่ในที่ที่มีออกซิเจนน้อย เป็นต้น ตัวอย่างนี้คือ ภาวะในการขาดออกซิเจนเนื่องจากกลไกต่างๆ ของมนุษย์ นอกจากนี้อันตรายตรงๆ จากออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูง อาจจะทำให้เกิดการลุกไหม้ไฟ จึงไม่ควรให้ออกซิเจนล้นกว่าอยู่ใกล้เปลวไฟใดๆ หรือในทางการรักษาผู้ป่วยพบว่าการใช้ออกซิเจนที่มีความดันสูง อาจจะทำให้มีการชักได้ และเชื่อว่าออกซิเจนจะมีพิษต่อเอ็นไซม์ในสมอง นอกจากนี้ภาวะ Retrolental hyperplasia ในทารกซึ่งทำให้ตาบอด เป็นอาการแทรกซ้อนจากการรักษาด้วยออกซิเจนที่สำคัญด้วย ดังนั้น ในทางการพยาบาลจึงต้องมีการควบคุมความกดดันและความเข้มข้นของออกซิเจนตามความเหมาะสมของแต่ละกรณี ทั้งหมดเรากำลังจะเห็นความสำคัญของออกซิเจนที่มีผลต่อมนุษย์โดยตรงบ้างแล้ว

ส่วนบทบาทของแก๊สออกซิเจนเบื้องต้นในงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การทำเหล็ก งานเชื่อม งานรักษาสิ่งแวดล้อม การบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

2.2.2 แก๊สตระกูลคาร์บอน (Carbon Species)

คาร์บอน มีอยู่ด้วยกันสองรูปที่เป็นแก๊สออกไซด์ซึ่งมีความเสถียรคือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

1. คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide) คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส นอกจากนี้มันยังมีพิษอีกด้วย เพราะว่ามันจะเข้าไปแทนที่ออกซิเจนในฮีโมโกลบิน (Hb) ในเส้นเลือดของมนุษย์ คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นผลมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นฐาน ประมาณ 80 % ของ CO ในบรรยากาศมาจากรถยนต์ ส่วนการใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น ใช้ลดออกซิเจนในการถลุงเหล็กจากแร่ เป็นต้น

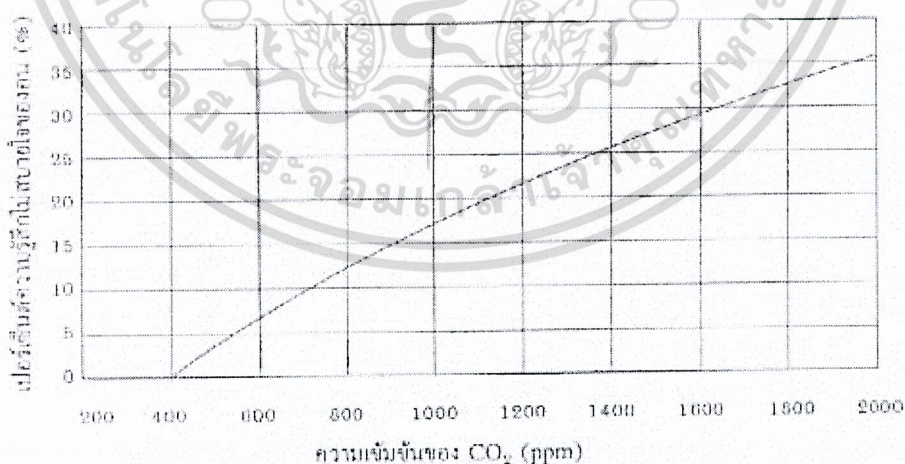
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่กำหนดให้มีได้สถานประกอบการ

- ระดับควบคุมการสัมผัสคาร์บอนมอนอกไซด์ในสถานประกอบการ ให้อยู่ในระดับความเข้มข้นไม่เกิน 35 พีพีเอ็ม Time Weighted Average, TWA โดยอาศัยการวัดด้วยเครื่องมือวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ชนิด Hopcalite
- ระดับคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ผู้ปฏิบัติการสัมผัสต้องไม่เกิน 200 พีพีเอ็ม เป็นอันตรายถ้าพบระดับสูงกว่านี้ต้องสั่งหยุดการทำงาน และเมื่อระดับเกิน 500 พีพีเอ็ม ให้รีบอพยพคนออกจากสถานที่นั้นโดยทันที

2. คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่ช่วยให้ติดไฟ CO_2 เป็นแก๊สเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า -78°C ที่ความดัน 1 atm CO_2 จะเป็นของแข็งมากกว่าจะเป็นของเหลว CO_2 เป็นผลมาจากการไหม้ที่สมบูรณ์ของถ่านหิน น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ หรือเชื้อเพลิงที่มีฐานของคาร์บอน CO_2 เป็นแก๊สที่ช่วยในการดำรงชีพของมนุษย์ ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องดื่มเบาๆ และในเครื่องดับเพลิง ในมนุษย์ขณะที่สารอาหารในร่างกายไม่ทำงานผลผลิตของ CO_2 บางส่วนจะช่วยให้ความเป็นกรดของเลือดเหมาะสม ความผิดปกติหนึ่งของกลไกการหายใจของมนุษย์คือ การระอึก วิธีการรักษาคือ ให้นายใจเข้าออกถูกระบายเพื่อสร้างระดับ CO_2 เข้าไปในปอด CO_2 จะเข้าไปเป็นตัวกระตุ้นให้หยุดการระอึก

แต่หากมีระดับของ CO_2 ในร่างกายสูงเกินไปก็ไม่มีประโยชน์ โดยหากหายใจ CO_2 ในอากาศที่เกินกว่า 10% อาจทำให้คนหมดสติ และหากรับ CO_2 ที่ระดับสูงต่อเนื่องไปอีก อาจทำให้การหายใจล้มเหลวและตายในที่สุด



รูปที่ 2.2 แสดงระดับความเข้มข้นของ CO_2

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานสิ่งแวดล้อม ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ จะถูกใช้เป็น

ตัวบ่งชี้คุณภาพของอากาศในท้อง ถ้าความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในท้องมากเกินไป (อยู่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าที่ระดับไม่เกิน 1000 ppm) จะทำให้รู้สึกว้า “อบอ้าวและอับ” คุณภาพของอากาศในท้องที่ไม่ดี ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเหตุให้เกิดอาการโรคอ้วนลง คอ เสี่ยงสมาธิและเจ็บป่วยและเป็นเหตุให้เกิดความไม่สบาย หรือ อื่นหลายกรณีหากว่าการระบายอากาศเป็นไปอย่างไม่เหมาะสมความเข้มข้นของ CO₂ ในระบบ ควบคุมการระบายอากาศตามความต้องการ (Demand controlled valenting) ; DCV จึงถูกนำมาใช้ เพื่อปรับระบบการจ่ายอากาศบริสุทธิ์ โดยการติดตั้งตัวทรานสดิวเซอร์ CO₂ ไว้กับที่ และต้องมีการ ตรวจสอบเกณฑ์ในการปรับด้วย

2.2.3 มีเทน (Methane)

เป็นรูปแบบหนึ่งของสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนไฮโดรเจน (ไฮโดรคาร์บอน) เป็น ส่วนประกอบ มีสูตรเคมีเป็น CH₄ เกิดจากธรรมชาติจากการเน่าหมักหมมในหนองบึง หรือการ สลายตัวของโปรตีน มีเทนเป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นพิษ แต่ติดไฟได้ ให้ คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ ใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง เช่นเดียวกับ อีเทน โพรเพน และบิวเทน

2.2.4 เบนซีน (Benzene)

มีสูตรเคมี C₆H₆ เป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีกลิ่นและติดไฟง่าย เป็นพวกริงคอมปาวด์ ใช้ ละลายไขมันและสารอินทรีย์ต่าง ๆ และใช้สังเคราะห์สารเคมีมากมายหลายชนิด

2.2.5 เมทานอลและอีธานอล (Methanol and Ethanol)

1. **เมทานอล** หรือเรียกว่าแอลกอฮอล์ไม้ (Wood alcohol) เมทิลแอลกอฮอล์ (Methylalcohol) หรือคาร์บินอล (Carbinal) เป็นของเหลวที่ไม่มีสี ติดไฟง่าย ผสมกับน้ำได้ดี เป็น พิษต่อประสาทโดยตรง กินไม่ได้ อาจทำให้ตาบอดได้ เมื่อเป็นของเหลวจะเดือดกลายเป็นไอที่ 65°C เมทานอลใช้เป็นตัวทำละลายของสารอินทรีย์ต่าง ๆ และใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์ ใช้ เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเบนซินได้เป็นตัวทำละลายวัสดุอินทรีย์เช่น เซลลูลอสและวานิช ใช้ทำ พลาสติก กาวเรซิน และกรออะเซติก

2. **อีธานอล** หรือเอทิลแอลกอฮอล์ ระเหยกลายเป็นไอที่ 78°C เป็นของเหลวที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟไม่เป็นพิษต่อร่างกาย นอกจากรับประทานเข้าไปมาก ๆ ใช้เป็นตัวทำละลายและเป็นตัวทำ ปฏิกริยาในการเตรียมสารอินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากอีธานอลได้แก่ การเจือจางในส่วนผสมของ ยา ทำพลาสติก เหล้า แอลกอฮอล์ และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงรถได้อีก ด้วย โดยในแก๊สโซลีนจะผสมอีธานอลประมาณ 10% แอลกอฮอล์ที่บริสุทธิ์ 100 % จะถูกเรียกว่า “แอลกอฮอล์สัมบูรณ์” (Absolute alcohol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ไฮโดรเจน (Hydrogen)

ส่วนประกอบที่เห็นส่วนใหญ่ของไฮโดรเจนคือน้ำ พบอยู่ในน้ำมัน แก๊สธรรมชาติ ในอนาคตจะถูกนำมาใช้ทำเป็นเซลล์เชื้อเพลิง ไฮโดรเจนมีอยู่ที่อุณหภูมิต่ำแต่สามารถจะเปลี่ยนไปเป็นของเหลวที่อุณหภูมิต่ำและความดันสูง ปฏิกริยาระหว่างออกซิเจนและไฮโดรเจนสามารถนำมาทำเป็นเซลล์เชื้อเพลิงได้ ไฮโดรเจนนั้นสามารถลุกติดไฟได้ง่าย และได้รับความเชื่อใจให้ถูกเลือกเป็นเชื้อเพลิงในอนาคตสำหรับรถยนต์และอากาศยาน ปฏิกริยาของมันจะทำให้ผลิตน้ำออกมาเป็นผลให้ไม่เกิดมลภาวะ

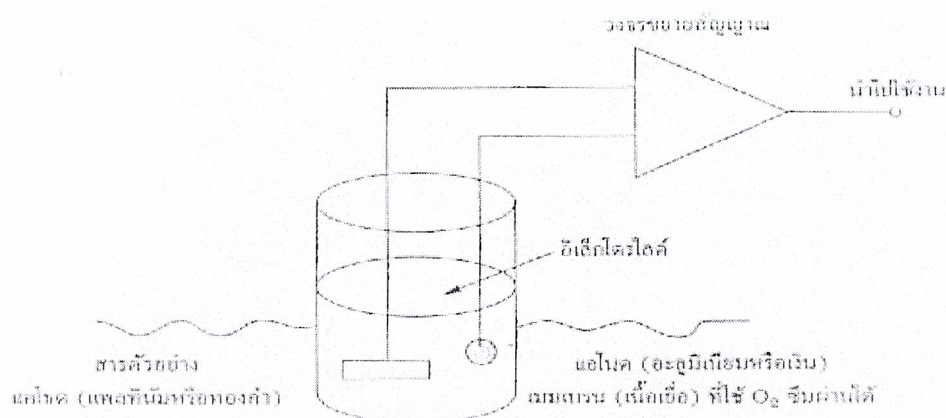
2.3 หลักการตรวจวัดแก๊สแบบต่างๆ

เราพบว่าส่วนมากการวัดปริมาณแก๊สในอุตสาหกรรมแทบทุกชนิด จะใช้หลักการทางไฟฟ้าทั้งสิ้น ดังนั้นเราจึงต้องรู้คุณสมบัติทางไฟฟ้าดังกล่าวของมัน ซึ่งพอจะแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

2.3.1 การวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกละลาย (Dissolve Oxygen)

หลักการนี้ใช้สำหรับการวัดแก๊สออกซิเจนแบบ Polarographic โดยใช้เซลล์ของคลาร์ค (Clark cell) จากรูปที่ 2.3 การวัดค่าแบบนี้อาศัยการสลายตัวของออกซิเจน (การลดออกซิเจน) ที่เกิดขึ้นที่แคโทดซึ่งเป็นโลหะ ออกซิเจนที่อยู่ในกลุ่มแก๊สที่ต้องการวัดจะถูกทำให้ผ่านเนื้อเยื่อ (Membrane) เพื่อทำให้มันไปอยู่ในรูปของเซลล์ O_2 ที่อิเล็กโทรด หลังจากนั้นมันจะซึมเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อชั่วระยะเวลาหนึ่งจนสามารถอ่านค่าได้ การวัดแบบนี้ต้องป้อนศักย์ไฟฟ้าค่าหนึ่งเข้าไปในโพลารोगราฟิอิเล็กโทรด เพื่อทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยานี้จะเปลี่ยนการนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ศักย์ไฟฟ้าบริเวณดังกล่าวจะทำให้เกิดปฏิกริยาเฉพาะกับออกซิเจน เกิดกระแสไฟฟ้าที่ไหลแปรผันตรงกับปริมาณออกซิเจนในสารละลายนั้น ในการวัดแบบโพลารोगราฟิดังกล่าว จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนเอาต์พุตคงที่ออกมาค่าหนึ่งอันเนื่องมาจากอิเล็กโทรด DO ที่หมักซึ่งจัดเป็นกระบวนการสเตอริไลซ์แล้วทำให้เกิดค่าความร้อนและกลายเป็นค่าความต้านทานไปในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 หลักการวัดค่าออกซิเจนที่ถูกละลายแบบเซลล์ของคลาร์ก

ถ้าแก๊สที่จะวัดมีออกซิเจนเข้มข้นน้อยกว่า 50 % จะใช้วิธีการสอบเทียบค่ากับออกซิเจนในห้องอากาศในห้องจะมีออกซิเจนอยู่ 20.93 % แต่ถ้าต้องการวัดออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูงกว่านี้ ต้องทำการสอบเทียบกับออกซิเจนที่ 100 % แต่ในการวัดค่าแบบดังกล่าว ต้องระวังและบำรุงรักษาเนื้อเยื่อของอิเล็กโทรดและสารที่เป็นอิเล็กโทรไลต์ เพื่อให้ผลของการวัดมีค่าแม่นยำ

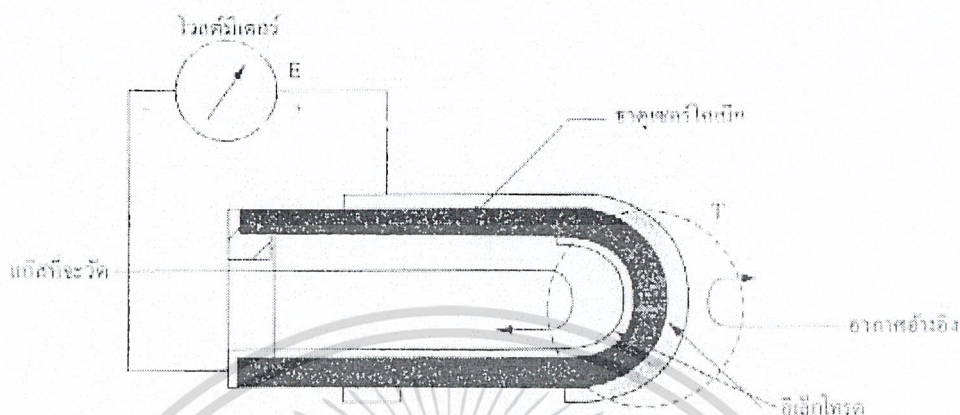
1. วงจรใช้งาน ตามความจริงอิเล็กโทรดของคลาร์กก็คือเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย แคโทดคือ แคโทด (หรือทองคำ) และแอโนดคืออะลูมิเนียม (หรือเงิน) เมื่อศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสเพิ่มขึ้น แต่จะมีช่วงหนึ่งเรียกว่า Plateau voltage range คือช่วงที่กระแสไฟฟ้าจะไม่เพิ่มไปตามศักย์ไฟฟ้าแต่จะเพิ่มตามแรงดึงในเซลล์ ในวงจรดังกล่าวจึงต้องมีแบตเตอรี่เป็นตัวจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ต่อร่วมกับอิเล็กโทรดและด้านแอโนด โดยมีเนื้อเยื่อที่ขอมให้ออกซิเจนแพร่ผ่าน เมื่อออกซิเจนแพร่ผ่านมันก็จะทำปฏิกิริยากับแคโทดให้ไฮดรอกไซด์ไอออนออกมา

ข้อควรจำในการวัดออกซิเจนแบบเซลล์ของคลาร์ก

1. เนื้อเยื่อ O_2 ที่สกปรกจะเป็นเหตุให้เกิดความผิดพลาดในการวัดค่า
2. หากว่าเราใช้ถังความดันจะต้องใช้การสมดุลความดัน
3. สารตัวอย่างที่จะวัดต้องมีการไหลอยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

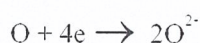
2.3.2 หลักการวัดออกซิเจน (O₂) โดยอาศัยหลักการของเซอร์โคเนีย



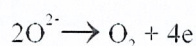
รูปที่ 2.4 หลักการวัดค่าออกซิเจนแบบเซอร์โคเนีย

จากรูปที่ 2.4 หลักการวัดค่าออกซิเจนแบบดังกล่าวมีหลักการทำงานดังนี้ ที่อุณหภูมิสูง ๆ เซอร์โคเนีย (zirconia) ซึ่งเป็นอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นของแข็ง จะแสดงค่าความนำด้วยไอออนของออกซิเจน โดยมีอิเล็กโทรดแพลทินัมที่สัมผัสอยู่กับเซอร์โคเนียทั้งด้านในและด้านนอก เมื่อมีความเข้มข้นของออกซิเจนบางส่วนเพิ่มขึ้น การเคลื่อนตัวของออกซิเจนนี้จะผ่านไปยังอิเล็กโทรดของเซอร์โคเนียอีกอันหนึ่ง โมเลกุลของออกซิเจนจะได้รับอิเล็กตรอนมาจากไอออนออกซิเจนระหว่างด้านนอกและด้านในของท่อเซอร์โคเนียที่ถูกทำให้ร้อน ที่จุดนี้อิเล็กตรอนจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของโมเลกุลออกซิเจน ปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นผลให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความดันย่อยของออกซิเจน

ทางด้านอ้างอิง อิเล็กโทรดซึ่งมีความดันย่อยของออกซิเจนสูง จะมีสมการเคมีเป็น



ส่วนทางด้านที่จะวัดค่าอิเล็กโทรดซึ่งมีความดันย่อยของออกซิเจนต่ำ และมีสมการเคมีเป็น



เราสามารถนำสมการของ Nernst เพื่ออธิบายการคำนวณค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวัดจากค่า E ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน $E = -\frac{RT}{nF} \log \frac{P_x}{P_a}$ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (2.2) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ	R	=	ค่าคงที่ของแก๊ส
	T	=	อุณหภูมิสัมบูรณ์
	F	=	ค่าคงที่ของฟาราเดย์
	Px	=	ความเข้มข้นออกซิเจนบนเซอร์โคเนียของแก๊สด้านที่เจาะวัด (%)
	Pa	=	ความเข้มข้นออกซิเจนบนเซอร์โคเนียของอากาศอ้างอิง (%)

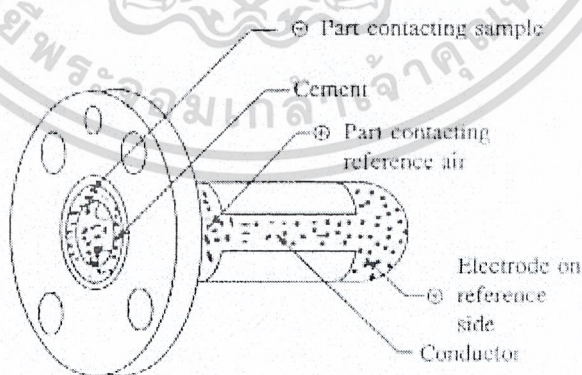
ตัวอย่างเช่นถ้าเราใช้เซอร์โคเนียเบอร์ Z021 (ข้อมูลจากบริษัท โยโกกาวา จำกัด) ซึ่งอุณหภูมิของเซลล์มีค่าเป็น 750^o แรงเคลื่อนจากสมการที่ (9.2) จะมีค่าเป็น

$$E = -50.74 \log \frac{P_x}{P_a} \quad (2.3)$$

แรงเคลื่อน E ที่ได้อยู่ในหน่วย มิลลิโวลต์
ในทางกลับกัน เราสามารถจะหาค่าความเข้มข้นบนเซอร์โคเนียของแก๊สด้านที่ทำการวัด
ได้ดังนี้

$$P_x = P_a \cdot 10^{\frac{E}{50.74}} \quad (2.4)$$

หลักการของการเซ็นเซอร์แบบนี้ ใช้งานกันแพร่หลายกับการวิเคราะห์แก๊ส O₂ ของปล่อง
ไฟที่อด้านในจะอยู่ร่วมกับออกซิเจน ส่วนที่อด้านนอกจะสัมผัสกับแก๊สตัวอย่างที่ต้องการวัด ย่าน
ในการวัดโดยใช้หลักการแบบนี้จะอยู่ในช่วง 0.1 – 20 % ในรูปที่ 2.5 จะแสดงลักษณะทาง
กายภาพของหัวตรวจวัดส่วนในรูปที่ 2.6 จะแสดงหัววัดที่ใช้งานจริงในทางอุตสาหกรรม

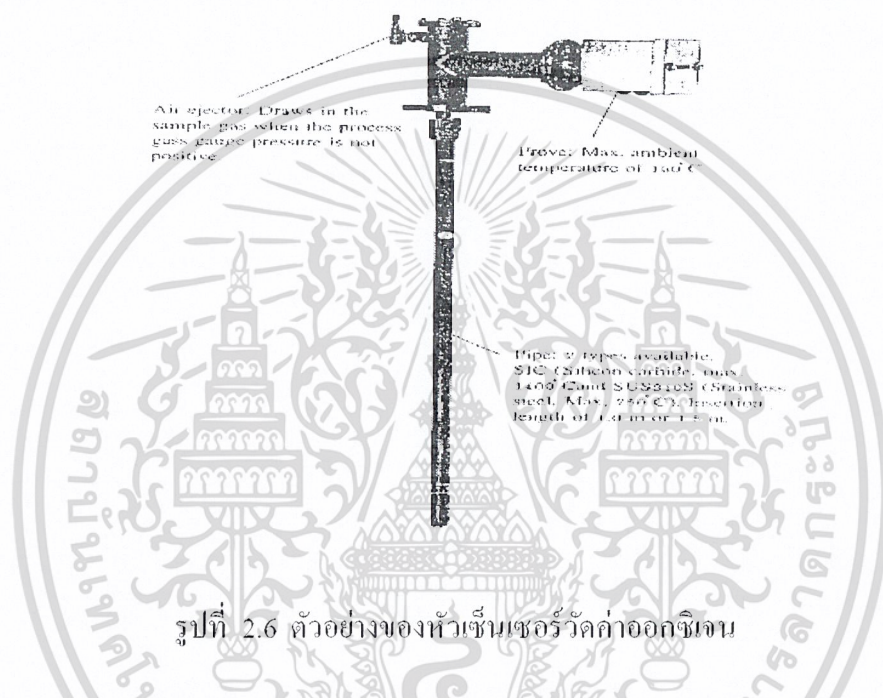


รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างของส่วนประกอบภายในหัวเซ็นเซอร์แก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรจำในการวัดออกซิเจนแบบเซอร์โคเนีย

1. ขณะที่มีการเซ็นเซอร์จะถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 600°C
2. การวัดแก๊สที่สามารถถูกติดไฟได้เช่น ไฮโดรเจน อาจจะทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้
3. แรงดันทางด้านเอาต์พุต จะเป็นสัดส่วนแบบลอการิทึมกับความหนาแน่นของออกซิเจน

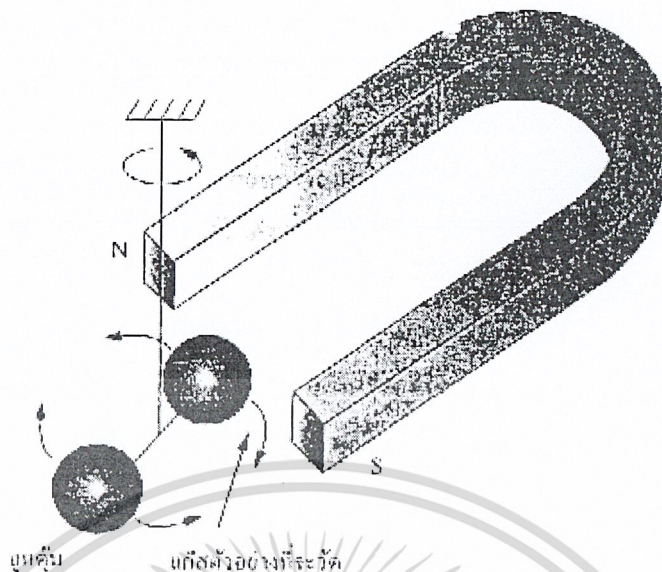


รูปที่ 2.6 ตัวอย่างของหัวเซ็นเซอร์วัดค่าออกซิเจน

2.3.3 หลักการวัดออกซิเจนแบบลูกตุ้มแกว่ง (Dumbell Type)

หลักการการวัดออกซิเจนแบบนี้จะอาศัยคุณสมบัติที่ว่า แก๊สออกซิเจนจะไม่เหมือนแก๊สอื่น ๆ ตรงที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กอย่างแรง จึงทำให้ออกซิเจนสามารถจะถูกดึงเข้าไปยังสนามแม่เหล็กได้ ส่วนแก๊สอื่น ๆ จะมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กอย่างอ่อน ๆ หลักการวิเคราะห์แก๊สแบบนี้จึงถูกเรียกว่า Paramagnetic analyzer มีหลักการทำงานดังนี้คือ เมื่อนำลูกตุ้มเหล็กที่ทำจากโรเดียม (Rhodium) ไปแขวนห้อยระหว่างแม่เหล็กดังกล่าวดังรูปที่ 2.7 ลูกตุ้มจะถูกดูดเข้าหาแม่เหล็กโดยออกซิเจนที่มีอยู่ ถ้าเราป้อนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสลับเข้าไปเพื่อทำให้ลูกตุ้มอยู่ในตำแหน่งสมดุล กระแสไฟฟ้าที่ลูกตุ้มป้อนเข้าก็จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของออกซิเจน ดังนั้นเราจึงสามารถตรวจจับออกซิเจนได้จากความแตกต่างของแรงบิดที่เกิดขึ้น ย่านการวัดที่สามารถวัดได้นี้จะอยู่ในช่วง 1.0 – 20 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 หลักการวัดออกซิเจนแบบลูกขี้ผึ้งแกว่ง

- ถึงแม้ว่าการวัดออกซิเจนด้วยวิธีนี้มีความแม่นยำสูง แต่ก็ยังมีข้อเสียตรงที่
1. ความเร็วในการไหลของแก๊สที่วัด ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดให้
 2. เครื่องมือมีโอกาสที่จะได้รับอันตรายและเสียหายง่าย
 3. ความไวต่อน้ำในอากาศ มีโอกาสทำให้การวัดผิดพลาด
 4. ใช้เวลาในการวัดนาน

2.3.4 การวัดแก๊สโดยใช้หลักการของรังสีอินฟราเรด

ก่อนที่จะเข้าหลักการ ในการเซ็นเซอร์แก๊สแบบดังกล่าวนี้ ต้องเข้าใจกระบวนการ คุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ในการสเปกตรัม และคุณสมบัติของคลื่นแสงก่อนพอประมาณ

หลักการหนึ่งที่จะกล่าวคืออาศัยการสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางช่วงความถี่ลงบน แก๊สตัวอย่างที่จะวัด

1. คุณสมบัติของแก๊สต่อการสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum) การวิเคราะห์คลื่นแสง เป็นการวัดและศึกษาผลกระทบของพลังงานที่อยู่ในสารใด ๆ ซึ่งทำให้เราสามารถวิเคราะห์โครงสร้างและคุณสมบัติของอินทรีย์เคมีได้ นักวิทยาศาสตร์ที่ชื่อว่า แมกซ์ แพลงก์ (Max Planck) เป็นบุคคลที่ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานโฟตอนของแสง และ ความถี่ของมัน สมการพื้นฐานของพลังงานโฟตอนที่สัมพันธ์กับความถี่ f (รูปคลื่น / วินาที หรือ เฮิรตซ์) กำหนดได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยี่ห้วงห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E = hf \quad (2.5)$$

เมื่อ h = ค่าคงที่ของพลังค์ = 6.6242×10^{-34} J.s
 f = ความถี่ของแสง (s^{-1})

หรือความสัมพันธ์อีกสูตรจะได้ว่า

$$\lambda f = c \quad (2.6)$$

เมื่อ λ = ความยาวคลื่น
 c = ความเร็วแสง = 2.998×10^8 m/s

หากแทนค่า $f = \frac{c}{\lambda}$ จากสมการที่ (2.6) ลงในสมการที่ (2.5) ก็จะได้

$$E = \frac{hc}{\lambda} = hc \sigma \quad (2.7)$$

เมื่อ σ = จำนวนคลื่น (รูปคลื่น / ซม. หรือ cm^{-1})

ในสมการที่ (2.5) และ (2.6) พลังงานที่ได้จะอยู่ในรูปของ จูลน์ / โฟตอน หรือ จูลน์ / โมล สมการนี้สามารถปรับปรุงใหม่ได้ดังสมการที่ (2.8)

$$E = N_0 hf = hc \sigma = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.8)$$

เมื่อ N = ตัวเลขอะโวกาโดร = 6.023×10^{23} /mol

เทคนิคในการวัดการสเปกตรัมแสง ส่วนใหญ่จะใช้โดยนักเคมีอินทรีย์ที่อาศัยผลกระทบในการฉายรังสีกับสสาร ในการดูดกลืนรังสีของสสารจะมีผลโดยทำการกระตุ้นสสาร และการแผ่รังสีจะเป็นผลทำให้เกิดความถี่ของสสาร ธรรมชาติของปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ ขึ้นอยู่กับพลังงานที่ฉายรังสีและความยาวคลื่นในการดูดกลืนการฉายรังสี การกระตุ้นนี้อาจทำให้เกิดพลังงานได้ในหลายๆ ระดับเช่น ระดับนิวเคลียร์ พลังงานระดับไฟฟ้าของอะตอมหรือโมเลกุล พลังงานระดับสั่นสะเทือน หรือพลังงานระดับต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การแยกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (The Electromagnet Spectrum)

ชนิดของการแผ่รังสี	ความถี่ (Hz)	จำนวนคลื่น (cm^{-1})	ความยาวคลื่น (m)	พลังงาน (kJ / mol)	การส่งผ่านโมเลกุล
γ - ray	$\geq 10^{19}$	$\geq 10^{19}$	$\leq 10^{-11}$	$\leq 10^7$	พลังงานระดับนิวเคลียร์
X - ray	$10^{17} - 10^{19}$	$10^7 - 10^9$	$10^{-9} - 10^{-11}$	$10^5 - 10^7$	ละอองของแก๊สอิเล็กตรอน
Vacuum - UV	$1.5 \times 10^{15} - 3 \times 10^{15}$	$5 \times 10^4 - 10^5$	$1 \times 10^{-7} - 2 \times 10^{-7}$	600 - 1200	วาเลนซ์อิเล็กตรอน
UV	$9 \times 10^{14} - 1.5 \times 10^{15}$	$3 \times 10^4 - 5 \times 10^{10}$	$2 \times 10^{-7} - 2.5 \times 10^{-7}$	360 - 600	ระดับพลังงาน
Visible	$4 \times 10^{14} - 9 \times 10^{14}$	$1 \times 10^4 - 3 \times 10^4$	$3.5 \times 10^{-7} - 8 \times 10^{-7}$	120 - 360	(HOMOLUMO)
Infrared	$2 \times 10^{13} - 1.5 \times 10^{14}$	625 - 5000	$2 \times 10^{-6} - 1.6 \times 10^{-5}$	7 - 60	การสั่นสะเทือนของโมเลกุล
Microwave	$3 \times 10^8 - 3 \times 10^{10}$	0.01 - 1	0.01 - 1	$10^{-4} - 10^{-2}$	การหมุนของโมเลกุล
Radiofrequenc y	$\approx 10^6 - 10^8$	$10^{-3} - 10^{-5}$	1 - 100	$10^{-5} - 10^{-7}$	รีโซแนนซ์แม่เหล็กนิวเคลียร์

ในงานอินทรีย์เคมีจะใช้การสเปกตรัมรังสีอัลตราไวโอเล็ต - แสงที่มองเห็นได้ เพื่อวิเคราะห์สารละลายซึ่งจะทำให้เกิดการแย่งกันดูดกลืนการแผ่รังสีของอากาศและตัวทำละลาย ซึ่งจำกัดเวลาเพื่อให้ได้ความยาวคลื่นที่ประมาณ 200 นาโนเมตร ส่วนความยาวคลื่นที่สั้นกว่านี้ (หรือเรียกว่า “ความยาวคลื่นอัลตราไวโอเล็ตหนัก” หรือความยาวคลื่นอัลตราไวโอเล็ตสูญญากาศ) ต้องทำการวัดในสุญญากาศ โดยปกติการแผ่รังสีแสงในช่วงที่เห็นได้โดยตามนุษย์ซึ่งเห็นได้จากสีรุ้งจะมีช่วงความยาวคลื่นที่แคบมาก ๆ ประมาณ 350 นาโนเมตร (ม่วง) ถึงประมาณ 800 นาโนเมตร (สีแดง) การแยกรังสีอัลตราไวโอเล็ต - แสงที่สามารถมองเห็นได้นี้ ถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อทำ

โครงสร้างโมเลกุลทางไฟฟ้า ความยาวคลื่นที่ซึ่งดูดกลืนสูงสุดจะสามารถบอกรายละเอียดของจำนวนโมเลกุลสารอินทรีย์ได้ ในการแยกรังสีอัลตราไวโอเล็ต – แสงที่สามารถมองเห็นได้นี้ บางครั้งจะเรียกว่า การวัดการสเปกตรัมทางไฟฟ้า

2. ความเข้มข้นสูงสุด : การพิจารณาตามกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต และความสมมาตรจุดสูงสุดแต่ละจุดในการสเปกตรัมของแสงอัลตราไวโอเล็ต – แสงที่มองเห็นได้ ยังสามารถจะกำหนดจากความหนาแน่นได้อีกด้วย ค่าดังกล่าวนี้สัมพันธ์กับตัวประกอบสามตัวด้วยกันคือ ความเข้มข้นของสารประกอบในสารละลาย ความหนาของสารตัวอย่าง และประสิทธิภาพที่ซึ่งโครโมฟอร์ดูดกลืนแสง ความหนาแน่นในการดูดกลืนของสารประกอบอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นไปตามกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต ซึ่งกล่าวว่าความหนาแน่นของการดูดกลืน จะวัดได้จากหน่วยของความสามารถในการดูดกลืนได้ ดังนั้นความสามารถในการดูดกลืนได้ (Absorbance) ก็จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย และความหนาแน่นของมัน เราสามารถใช้กฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต เขียนแสดงเป็นสูตรคือ

$$A = \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right) = \epsilon cl \quad (2.9)$$

เมื่อ	A	= ความสามารถในการดูดกลืน
	I_0	= ความเข้มข้นของแสงที่เกิดขึ้นบนสารตัวอย่าง
	I_1	= ความเข้มข้นของแสงที่ส่งมาจากสารตัวอย่าง
	C	= ความเข้มข้น โมลาร์ของสารตัวอย่าง
	l	= ความหนา (หรือความยาวของทางเดิน)
	ϵ	= ค่าคงที่ของทั้งสารประกอบและการส่งผ่านเฉพาะในปัญหานั้น ๆ

ค่า ϵ นี้บางครั้งเรียกว่า “สัมประสิทธิ์การดูดกลืน โมลาร์” เพื่อความสะดวกและคล่องตัว เราจึงไม่ค่อยแสดงหน่วยดังกล่าวนี้

การดูดกลืน โมลาร์ของการส่งผ่านอนุภาคเป็นตัววัดประสิทธิภาพการส่งผ่านของอนุภาคว่าดูดกลืนการแผ่รังสีได้ดีอย่างไร หากมีประสิทธิภาพต่ำหมายความว่า การส่งผ่านของอิเล็กตรอนระหว่างวงโคจรไม่สมมาตรกัน

เทคนิคในการวัดการสเปกตรัมของสารอินทรีย์สมัยใหม่ แยกได้้อออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ

กลุ่มแรก คือ “เทคนิคแบบไม่ทำลาย” ซึ่งคุณสมบัติของโมเลกุลจะไม่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทำการวัดการสเปกตรัม ส่วนกลุ่มที่สองคือ “เทคนิคแบบทำลาย” โดยโมเลกุลที่นำมาทดสอบ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกหนึ่งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ จะถูกทำลายหลังจากที่ผ่านการวัดแล้ว

เทคนิคในการสเปกตรัมของสารอินทรีย์แบบไม่ทำลายยังแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. เทคนิคแบบ NMR (Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy) การวัดแบบนี้จะบอกรายละเอียดของโครงสร้างและรายละเอียดกลุ่มหน้าที่ของโมเลกุล ใช้การแผ่รังสีคลื่นความถี่วิทยุเพื่อการสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ที่ 50 ถึง 500 MHz ตรงกับช่วงพลังงานที่ประมาณ 0.02 ถึง 0.2 kJ/mol) กับสารที่ต้องการวัด
 2. เทคนิคแบบ IR (Infrared Spectroscopy) ปัจจุบันใช้มากขึ้นเรื่อย ๆ แบบนี้จะบอกรายละเอียดหน้าที่และโครงสร้างรอบ ๆ ด้านที่แน่นอนของโมเลกุล หรือสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวมัน ใช้ความยาวคลื่นประมาณ 2 ถึง 16 ไมโครเมตร (625 ถึง 5000 cm^{-1} ตรงกับช่วงพลังงานประมาณ 7.5 ถึง 60 kJ/mol)
 3. เทคนิคแบบ Ultraviolet – visible Spectroscopy (UV - vis) ยังคงเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของสารประกอบระบบอิเล็กตรอนที่มีคุณสมบัติของอิเล็กตรอนแบบหนึ่งชอบเขตความยาวคลื่นของช่วงอัลตราไวโอเล็ตที่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งครอบคลุมกับงานทางอินทรีย์เคมีอยู่ในช่วงจาก 200 ถึง 800 นาโนเมตร (ช่วงของพลังงานประมาณ 150 ถึง 600 kJ/mol)
- เทคนิคการตรวจวัดแบบทำลายโมเลกุลจะไม่กล่าวในที่นี้ความยาวคลื่นต่ำสุดที่สามารถใช้กับสารละลายปกติส่วนใหญ่ ด้วยวิธีการแยกความยาวคลื่นของรังสีอัลตราไวโอเล็ต – แสงที่สามารถมองเห็นได้เป็น ดังตารางที่ 2.4 สารละลายที่เจือด้วยคลอรีน (ซึ่งอยู่ด้านล่างของเส้นประ) เกือบของความยาวคลื่นที่ใช้มีความใกล้เคียงกันมากกว่าสารละลายที่ไม่ได้เจือด้วยคลอรีน

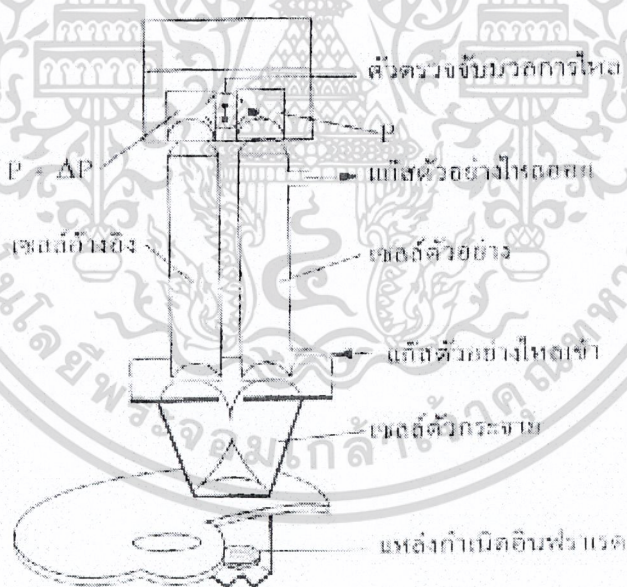
ตารางที่ 2.4 ความยาวคลื่นต่ำสุดที่สามารถใช้ได้สำหรับสารละลายทั่วไป

สารละลาย	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
อีธานอล	204
เมทานอล	203
น้ำ	191
ไซโคลเฮกเซน	195
อะเซโตนไนไตรล์	190
เฮกเซน	201
อีเทอร์	215
เมทิลีนคลอไรด์	220
โคลโรฟอร์ม	237
คาร์บอนเตตระคลอไรด์	257

ส่วนที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้เทคนิคในการวัดด้วยการสเปกตรัมของแผ่รังสีอินฟราเรด

4. วัดการสเปกตรัมของรังสีอินฟราเรด (Infrared Spectroscopy) การแผ่รังสีแบบอินฟราเรดเป็นการกระตุ้น โมเลกุลและไอออนให้ไปสู่ระดับพลังงานสั่นสะเทือน ใช้งานกันอย่างมากในการสเปกตรัมสารอินทรีย์ ซึ่งจะตรงกับความยาวคลื่นประมาณ 2 ถึง 16 ไมโครเมตร (ช่วงความยาวคลื่น 625 ถึง 5000cm^{-1}) พลังงานระดับนี้จำเป็นต้องให้โมเลกุลเกิดการ “ สั่น ” และดูคลื่นการแผ่รังสีอินฟราเรดโดยโมเลกุลที่รวมกลุ่มกัน การวัดการสเปกตรัมของรังสีอินฟราเรดดังกล่าวบ่อยครั้งจะถูกเรียกว่า “ การวัดการสเปกตรัมแบบสั่นสะเทือน ”

หลักการวัดแก๊สแบบนี้จะใช้รังสีอินฟราเรดที่ไม่กระจาย (Non-dispersive infrared) ; NDIR หรือเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าไพโรอิเล็กทริกอินฟราเรดเซ็นเซอร์ (Pyro electric IR-sensor) เราพบว่ารังสีอินฟราเรดจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแก๊สแต่ละอย่างที่แตกต่างกันที่พิเศษออกไป จึงใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติข้อนี้ในการวัดแก๊สต่างๆ เครื่องมือที่ใช้วัดแสดงดังรูปที่ 2.8

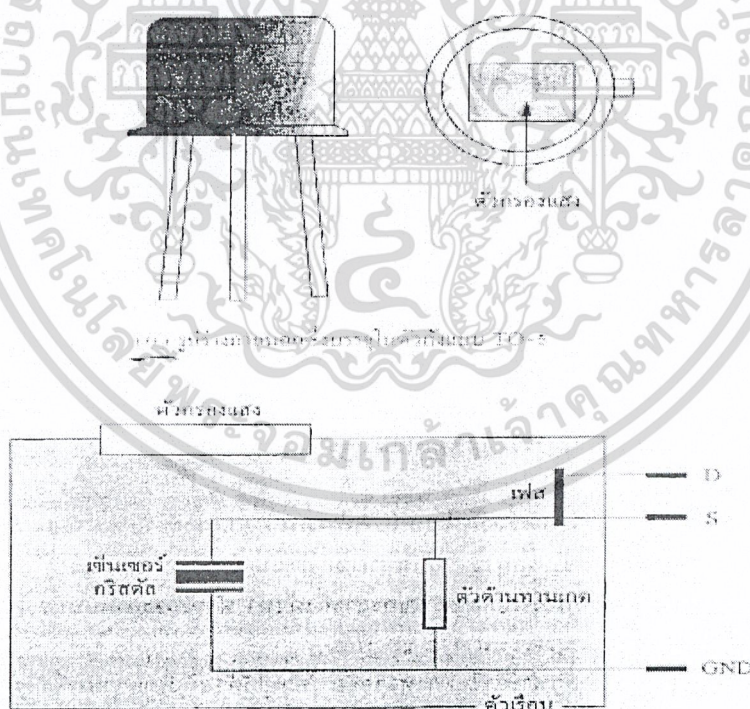


รูปที่ 2.8 แสดงหลักการวัดแก๊สแบบใช้รังสีอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้หลักการแบบนี้ เป็นของยี่ห้อ HEIMANN ดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ก) ประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจจับแบบลิเทียมฟีนีฟ้ำ และ FET source follower โดยทำการซีดลงในตัวถังแบบ TO-5 พร้อมกับตัวกรองแสง คุณลักษณะในการกรองแสงของตัวกรองแสง จะเป็นการกำหนดย่านวัดและย่านในการวิเคราะห์แก๊ส ซึ่งครอบคลุมการดูดกลืนในช่วงการสเปกตรัมของรังสีอินฟราเรด โดยปกติการตรวจวัดแบบนี้สามารถแยกแยะแก๊สและสารประกอบได้หลายชนิด เช่น แอลกอฮอล์ ฟีนอล ไฮโดรเจน หรือสารประกอบอื่น ๆ หลังจากนั้น จึงเอาผลในการดูดซับการแผ่รังสีที่อยู่ในรูปของความถี่หรือความยาวคลื่นมาแยกแยะและวิเคราะห์แก๊ส ตัวเซ็นเซอร์ที่ยกตัวอย่างนี้เหมาะสมสำหรับการวัดและวิเคราะห์แก๊ส CO, CO₂, NO หรือ HC ข้อได้เปรียบในการวัดแบบนี้คือตัวเซ็นเซอร์ไม่ต้องสัมผัสกับแก๊สที่จะวัด

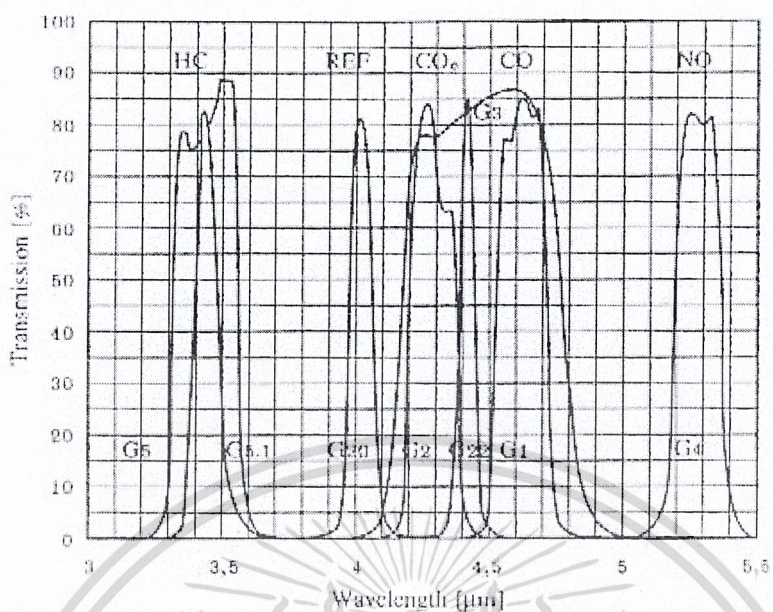
ช่วงในการสเปกตรัมรังสีอินฟราเรดที่น่าสนใจของสารอินทรีย์ อยู่ระหว่างความถี่ 4000 cm⁻¹ ถึง 650 cm⁻¹ หรืออาจพิจารณาจากการดูดกลืนรังสีตามหลักการเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านและความยาวคลื่นในการสเปกตรัมของแก๊สต่าง ๆ รูปที่ 2.10 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว ซึ่งเป็นช่วงใช้งานของผลิตภัณฑ์เซ็นเซอร์แก๊สบริษัท HEIMANN ที่ค่าต่าง ๆ



(ข) วงจรภายในของตัวเซ็นเซอร์แก๊สที่ใช้หลักการสเปกตรัมรังสีอินฟราเรด

รูปที่ 2.9 ตัวเซ็นเซอร์แก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ในการส่งผ่านแก๊สต่อความยาวคลื่นที่ได้จากการสเปกตรัมแก๊สบางอย่าง

ข้อควรจำในการวัดแก๊สแบบนี้คือ

1. หลักการวัดแบบนี้ไม่สามารถวัดแก๊ส H_2 , O_2 , N_2 ๑ ได้
2. ไม่เหมาะที่จะวัดไฮโดรคาร์บอนที่มี C มาก ๆ
3. ต้องมีเทคนิคพิเศษในการวัดแก๊สที่มีไอน้ำอยู่ด้วยจำนวนมาก

2.3.5 หลักการเซ็นเซอร์แก๊สโดยวิธีฟิล์มหนา (Thick Film Gas Sensor)

ตัวเซ็นเซอร์แก๊สแบบนี้ใช้หลักการ “ฟิล์มหนาของไซเมอริค” เป็นแก๊สเซ็นเซอร์ชนิดใหม่ที่ให้หลักการของสารกึ่งตัวนำ ตัวเซ็นเซอร์แบบนี้จะไม่เหมือนแบบใดตรงที่มีกระบวนการพิมพ์ลงบนระหว่างชั้นบาง ๆ ของฟิล์ม

ตัวเซ็นเซอร์แบบสารกึ่งตัวนำที่ใช้ในการตรวจจับคลุ่มไว้ด้วยฟิล์มเซรามิก ซึ่งมีรูให้แก๊สรั่วซึมได้หลังจากนั้นจึงให้ความร้อนอย่างรวดเร็วบนตัวตรวจจับแก๊ส โดยที่ทั้งตัวเซ็นเซอร์และตัวทำความร้อนจะถูกฝังไว้บนชั้นบาง ๆ นี้ อย่างแน่นอนหนา เพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนและการซ็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

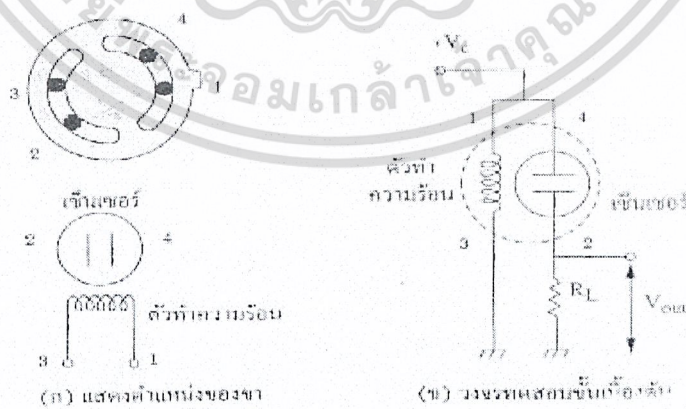
ตารางที่ 2.5 สภาวะการทำงานของตัวเซ็นเซอร์แก๊สแบบฟิล์มหนาของไซแมเร็กซ์

ตัวแปร	พิกัด
อุณหภูมิการทำงาน	$-10^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิที่เสถียร	$-30^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C}$
ตัวต้านโหลด, R_L	เปลี่ยนแปลงได้
อัตราการบริโภคกำลังของตัวเซ็นเซอร์, P_S	$\leq 15\text{ mW}$
อัตราแรงดันทำงานของวงจร, V_C	AC หรือ DC 5 V (สูงสุด 12 V)
อัตราแรงดันทำงานของตัวทำความร้อน	AC หรือ DC 5 V \pm 12 V

ตัวเซ็นเซอร์แก๊สแบบนี้ทำมาจากออกไซด์ของสารกึ่งตัวนำ มีหลักการทำงานคือ ตัวเซ็นเซอร์จะถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 350°C เมื่อมันรับแก๊สเข้าไป ออกซิเจนก็จะถูกดูดเข้าไปบนผิวของฟิล์มเพื่อใช้ในการเผาไหม้ ทำให้ค่าความต้านทานทางไฟฟ้ารากฐานที่ค่า ๆ หนึ่ง

การตกคร่อมของค่าความต้านทานดังกล่าวสามารถนำมาวัดค่าและพล็อตเพื่อหาค่าการทำซ้ำได้ ดังนั้นหากใช้วงจรที่มีความเหมาะสม ก็สามารถนำมาค่าความต้านทานดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เป็นวงจรเตือนภัย หรือประยุกต์ให้สามารถอ่านค่าออกโดยระบบทางแสงได้

จากรูปที่ 2.11 (ข) เป็นวงจรทดสอบเพื่อนำไปใช้งาน ส่วนในรูปที่ 2.11 (ข) เมื่อ ขา 1 และขา 3 ต่อเข้าไปยังตัวทำความร้อน ขา 2 และขา 4 จะต่อเข้ากับส่วนของเซ็นเซอร์ ซึ่งเซ็นเซอร์ในตัวอย่างนี้จะถูกกำหนดให้ใช้แรงเคลื่อนคงที่ 5 โวลต์



รูปที่ 2.11 ตัวเซ็นเซอร์แบบฟิล์มหนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตัวเซ็นเซอร์ตรวจพบแก๊ส ค่าความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์ก็จะลดลงทันที โดยที่ค่าความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์ (R_S) ดังกล่าวนี้สามารถคำนวณได้จากแรงเคลื่อนทางต้านเอาต์พุต (V_{out}) ดังสูตรด้านล่างต่อไปนี้

$$R_S = \frac{V_S - V_{out}}{V_{out}} R_L \tag{2.10}$$

ให้สังเกตว่าความไวของตัวเซ็นเซอร์ จะกำหนดด้วยอัตราส่วน (R_{GAS} / R_{AIR}) นั่นคือค่าของความต้านทานเซ็นเซอร์ในขณะที่มีแก๊ส (R_{GAS}) ต่อค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์ที่อากาศบริสุทธิ์ (R_{AIR}) ที่ปราศจากแก๊สชนิดอื่น ๆ

กำลังสูญเสียที่ตัวเซ็นเซอร์ จะสามารถหาได้จาก

$$P_S = \frac{V_C^2 \times R_S}{(R_S + R_L)^2} \tag{2.11}$$

เมื่อ R_S = ความต้านทานของตัวเซ็นเซอร์



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความไวในการเปลี่ยนค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์แก๊สแบบฟิล์มหนาต่อความเข้มข้นของแก๊สที่ปริมาณต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.12 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแก๊สต่าง ๆ ชนิดต่อความไวในการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของเซ็นเซอร์ หากเราสามารถรักษาอากาศให้บริสุทธิ์ได้ ค่าความต้านทานเนื่องจากอากาศบริสุทธิ์ก็จะมีค่าคงที่ ดังนั้นหากมีแก๊สที่จะทำการวัดไหลเข้ามา ความไวที่ได้จากความเข้มข้นของแก๊สที่จะวัดนั้นก็เปลี่ยนแปลง ผลการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว มีผลให้แรงเคลื่อนที่เกิดจากวงจรแบ่งแรงเคลื่อนทางต้านเอาต์พุตในรูปที่ 2.15 เปลี่ยนแปลงไปด้วย

ข้อควรจำในการใช้งานตัวเซ็นเซอร์แบบฟิล์มหนา

1. หลีกเลี่ยงใช้ตัวเซ็นเซอร์แล้วปล่อยให้ไว้วางยู่ความชื้นสูงเป็นระยะเวลานาน ต้องใช้เวลาระยะหนึ่งเพื่อให้คุณสมบัติของมันถึงจุดที่มีความเสถียรภาพเสียก่อน
2. อุณหภูมิตัวเรือนของตัวเซ็นเซอร์แก๊ส จะถูกทำให้ร้อนด้วยตัวทำความร้อนโดยมีค่าเป็น 30°C ถึง 40°C ซึ่งจะสูงกว่าอุณหภูมิห้องในขณะที่กำลังปฏิบัติงาน
3. ต้องวัดคุณสมบัติของตัวเซ็นเซอร์แก๊ส หลังจากที่ถูกปฏิบัติงานมาแล้วมากกว่า 24 ชั่วโมง เพื่อดูความเสถียรภาพของตัวเซ็นเซอร์
4. คุณสมบัติของตัวเซ็นเซอร์แก๊สที่ได้ดังกล่าว จะต้องทำการวัดในบริเวณที่อากาศสะอาดปราศจากแก๊สรบกวนอื่น ๆ

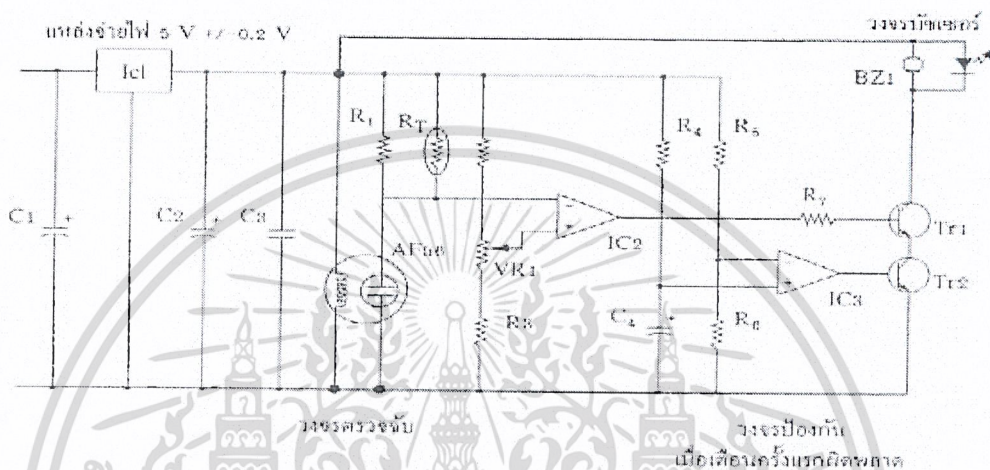
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างของคุณลักษณะจำเพาะของตัวเซ็นเซอร์แก๊สรุ่นต่าง ๆ ของยี่ห้อ HEIMANN

ชื่อชนิด	AF10	AF20	AF3 0	AF3 3	AF3 5	AF50	AF56	AF63	AF63 P
แก๊สที่ ตรวจจับ	ไฮโดรเจ น	คาร์บอ น- มอนอก ไซด์	กวันบูทรี			มีเทน	แก๊ส LP (โพร เพน,บิ วแทน)	ไอของ แก๊ส โซลีนที่ มี แอลกอฮอล์ ทอลยู อิน	อี ทานอ ลที่ เป็น ของห ลว
ย่านการ ตรวจจับ	10 ppm – 1000 ppm	50 ppm – 2000 ppm				500 ppm – 10000 ppm	500 ppm – 10000 ppm	100 ppm – 5000 ppm	
การ สูญเสีย กำลัง (mW) สูงสุด	530	780	535	680	530	690	690	680	
อุปกรณ์ที่ ใช้ ตรวจจับ	ออกไซด์ของสารกึ่งตัวนำ								
วัสดุขา	นิกเกิลอัลลอย								
โลหะที่ เคลส	โพลอน 66								พีพี เอส
ตัว ป้องกัน ไฟ	ตะแกรงทำจากสแตนเลสสตีล (SUS 316) ขนาด 100 mesh 2 ชั้น								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลทางเทคนิคดังกล่าวนี้ ได้จากการวัดตามสภาวะของอากาศบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ $50 \pm 5\%$ แรงเคลื่อนที่จ่ายให้วงจร 5 ± 0.05 โวลต์ แรงเคลื่อนที่ตัวทำความร้อน 5 ± 0.05 โวลต์ ค่าความต้านทานโหลด 5 กิโลโอห์ม - 10 กิโลโอห์ม $\pm 1\%$ เวลาในการทำความร้อนล่วงหน้ามากกว่า 48 ชั่วโมง แต่หากไม่ตรงกับภาวะดังกล่าวนี้ ก็จะได้ค่าที่แตกต่างกันออกไป



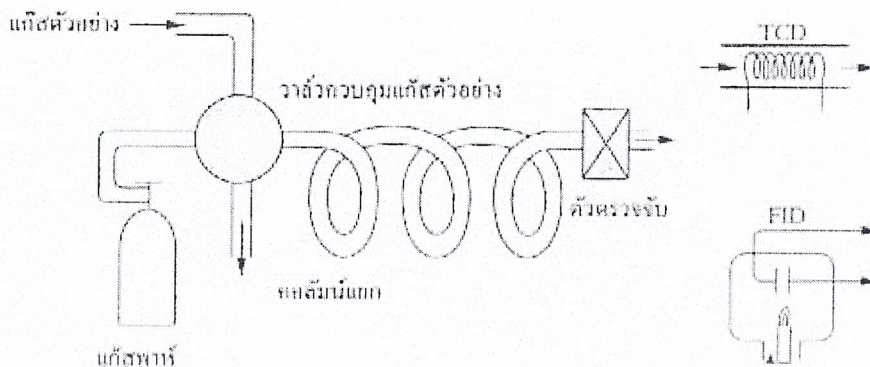
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างของวงจรตรวจจับการรั่วของแก๊ส LP

วงจรที่ 2.13 นี้แสดงหลักการพื้นฐานในการตรวจจับแก๊ส โดยใช้ตัวเซ็นเซอร์แก๊สแบบฟิล์มหนาชื่อ HEIMANN รุ่น AF56 ปกติตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้ในวงจรนี้ จะสามารถตรวจจับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน มีเทน อีธานอล โพรเพน และไอโซบิวเทน ซึ่งแสดงผลเมื่อมีระดับการรั่วของแก๊สโดยตัวบ่งชี้เซอร์ ในวงจรดังกล่าวนี้ สามารถปรับความไวในการตรวจจับได้โดยตัวต้านทาน VR1 ความไวในการตรวจจับไวในวงจร หมายถึงหากเราเลือกวัดแก๊สตัวใดตัวหนึ่ง เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ จะต้องมีปรับตัวต้านทาน VR1 เพื่อเลือกที่จะให้ไซเรนดังที่ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์มากหรือน้อย หรือกล่าวได้อีกอย่างว่าให้การตรวจจับมีปฏิกิริยาต่อแก๊สที่ต้องการวัดซ้ำหรือเร็วเท่าใดนั่นเอง

2.3.6 หลักการวัดแก๊สในกระบวนการแบบโครมาโตกราฟี (Process Gas Chromatograph) PGC

หลักการวัดแก๊สแบบนี้ใช้หลักการโครมาโตกราฟีที่แสดงได้ดังรูปที่ 9.14 ส่วนประกอบของแก๊สต่าง ๆ สามารถแสดงได้โดยโครมาโตแกรม ดังรูป 9.15 เมื่อแก๊สต่าง ๆ ถูกฉีดเข้าไปในในแก๊สพาห้ ก็จะถูกพาเข้าไปสู่คอลัมน์เพื่อแยกแก๊ส หลังจากนั้นก็จะใช้ TCD หรือ FID หรือตัวตรวจจับอื่น ๆ เพื่อตรวจจับแก๊สต่าง ๆ ตามแต่ลักษณะงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นไปใช้โดยไม่ขออนุญาต
ไม่มีการสงวนลิขสิทธิ์อื่น ๆ อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



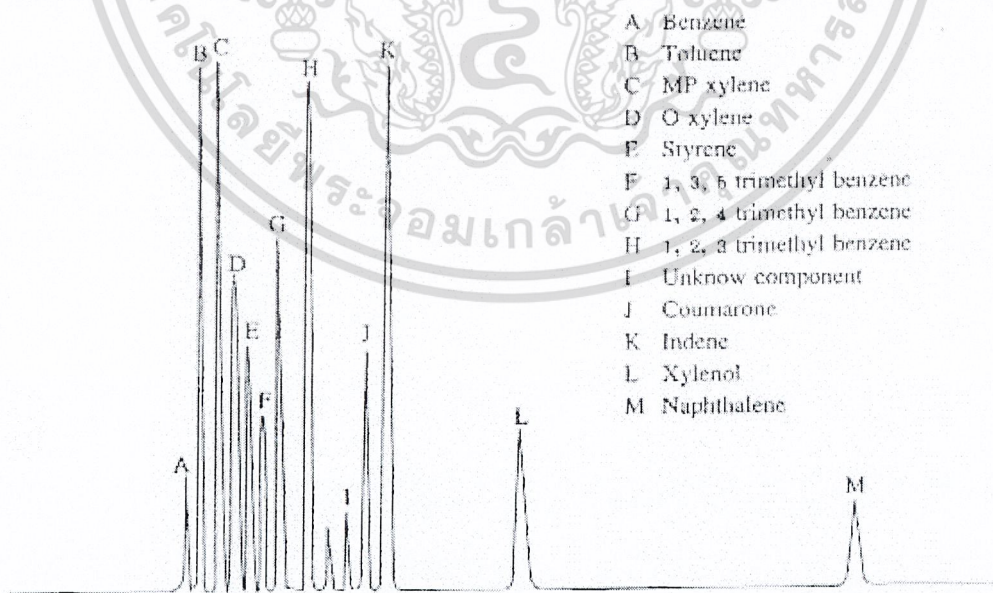
รูปที่ 2.14 การวัดแก๊สในกระบวนการแบบโครมาโตกราฟ

ข้อควรจำในการวัดแก๊สด้วยวิธีนี้คือ

1. หลักการวัดแบบ TCD จะใช้ในการวัดแก๊สที่เป็นอินทรีย์ ส่วนหลักการ FID จะใช้

สำหรับวัดไฮโดรคาร์บอน

2. การเลือกคอลัมน์แยกแก๊สต้องใช้เทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงๆ
3. ต้องรักษาอุณหภูมิของคอลัมน์ให้คงที่อย่างมาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.15 การแยกส่วนประกอบของแก๊สในกระบวนการโครมาโตแกรม
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการที่ผ่านมามาทั้งหมด จะเห็นว่าในการจะวัดแก๊สหรือตัวแปรใด ๆ ต้องศึกษาคุณสมบัติที่เป็นไปได้ทางเคมีและฟิสิกส์ของมัน เพื่อให้สามารถนำหลักการดังกล่าวมาดัดแปลงให้เป็นตัวแปรทางไฟฟ้า ยังมีเซ็นเซอร์หลายประเภทที่ยังไม่ได้พัฒนาไปมากมาย เช่นการเซ็นเซอร์รสชาติอาหาร กลิ่น และรส ซึ่งนับเป็นสิ่งสำคัญ เพราะประเทศไทยมีอุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหารเป็นจำนวนมาก จึงน่าจะมึนักวิทยาศาสตร์ไทยหรือองค์กรใด ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งมีศักยภาพ ได้ประดิษฐ์หรือพัฒนาในส่วนดังกล่าวเพื่อจะให้ออกมาให้เกิดผลประโยชน์กับประเทศไทยต่อไป

2.4 มลพิษทางอากาศจากท่อไอเสียรถยนต์

ขบวนการพาหนะต่าง ๆ ที่แล่นไปด้วยพลังงานการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซิน (Benzine = C_6H_6) น้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์ เช่น รถยนต์ เครื่องบิน รถมอเตอร์ไซด์ รถสามล้อ เครื่อง เรือ จะปล่อยสารพิษ ไอควัน แก๊สต่าง ๆ หลายชนิดออกมาทางท่อไอเสีย สู่อากาศในอัตราสูงเป็นอันดับหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รถยนต์ เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดอากาศเสียอันสำคัญ และควบคุมแก้ไขได้ยากยิ่ง โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครมีรถยนต์เพิ่มขึ้นทุกปี แม้เก็บภาษีรถยนต์แพงเท่าใดก็ตาม เพราะการคมนาคมกลายเป็นปัจจัยอันสำคัญของมนุษย์

ควันดำของรถที่ใช้้ำมันเบนซิน สิ่งหลุดออกมามีทั้ง ไอเสีย แก๊สต่าง ๆ ตลอดจนเขม่าแยกออกมาได้ดังนี้ คือ

ไอเสียประกอบด้วย

- คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
- ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon)
- ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และไนโตรเจนเตตระออกไซด์ (NO_x)
- พวกลัลดีไฮด์ (Aldehyde)
- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)

เขม่า ประกอบด้วย

- ผงคาร์บอน (Carbon)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ประทับของตะกั่ว (Tetraethyl Lead) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สารจำพวกฟีนอลส์ (Phenol)
- น้ำมันรถยนต์ (Fuel)
- สารอินทรีย์จำพวกไนโตร (Nitro organic)
- ยางเหนียว ซึ่งประกอบด้วยโพรรีไซคลิก อโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons) ยางเหนียวเหล่านี้ประกอบด้วย
 - 3, 4 เบนโซไพรีน (3-4 Benzopyrene)
 - ไพเรนซ์ (Pyrene)*
 - 1, 2 เบนโซไพรีน (1, 2 Benzopyrene) +
 - 1, 12 เบนโซไพรีน (1, 12 Benzopyrene) +
 - แอนทราเซน (Anthracene)+
 - โครโรนีน (Coronene)
 - 1, 2 เบนแซนทราเซน (1, 2 Benzanthracene)*+
 - แอนแทนทรีน (Anthanthrene)+
 - แอนทรีน (Anthanthrene)
 - 4, 4 บีเบนโซทีราเฟน (4, 4 Benxotetra phene)
 - 3, 4, 8, 9 ไดเบนโซไพรีน (3, 4, 8, 9 dibenzopyrene)

ส่วนควันดำของรถที่ใช้ น้ำมันดีเซลนั้นประกอบด้วยไอเสียและเขม่า เช่นเดียวกันกับของรถที่ใช้ น้ำมันเบนซิน มีส่วนประกอบแตกต่างกันเล็กน้อย

ไอเสียของรถดีเซลประกอบด้วย

- ไอน้ำ (Vapour)
- คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

- ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocar)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)
- พหุอัลดีไฮด์ (Aldehyde)
- ออกซิเจน (Oxygen)
- ไฮโดรเจน (Hydrogen)
- ไนโตรเจน (Nitrogen)

สมาชิกของมลพิษประกอบด้วย

- ผงคาร์บอนเป็นจำนวนมาก
- ยางเหนียว ซึ่งประกอบด้วย โพรรีไซคลิก อโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbons) คือ
 - 3,4 เบนโซไพรีน (Benzopyrene) *
 - แอนทราเซน (Anthracene) +
 - ไพเรนซ์ (Pyrene) *
 - 1,2 เบนแซนทราเซน (1,2 Benzanthracene) *+
 - 1,12 เบนโซเพอรีลีน (1,12 Benzoperylene) *+
 - ฟลูออแรนทีน (Fluoranthene) *
 - 11,12 เบนโซฟลูออแรนทีน (11,12 Benzofluoranthene) *
 - ไดเบนแซนทราซีน (Dibenzanthracene) *
 - เพอรีลีน (Perylene) +
 - แอนทราทรีน (Anthracene) +
 - 1,2 เบนโซไพรีน (1,2 Benzopyrene) *
 - 3,4 เบนโซทีทรา (3,4 Benzotetra phenylene)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ไปยังผู้อื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหมาย * แสดงว่า ทำให้เกิดมะเร็ง

เครื่องหมาย + แสดงว่า ไม่ทำให้เกิดมะเร็ง

เครื่องหมาย *+ แสดงว่า บางตำรา ทำให้เกิดมะเร็ง แต่บางตำรา ไม่ทำให้เกิดมะเร็ง

ไม่มีเครื่องหมาย แสดงว่ายังไม่ทราบว่าทำให้เกิดมะเร็งหรือไม่

2.4.1 อันตรายจากแก๊สพิษที่ออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์

มีหลายคนสงสัยว่าคนในกรุงเทพฯ ๑ ได้สูดหายใจเอาแก๊สพิษ ไอเสีย คาร์บอน ผุ่น ละอองของรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม ๑ เข้าไปทุกวันที่ไม่เห็นมีใครเป็นอันตราย ยังประกอบธุรกิจการงานได้อย่างปกติสุข ไม่เห็นมีมลพิษคร่าคร่ำครึชีวิต เพราะแก๊สพิษเลย ดังนั้นสมควรที่จะได้มีการศึกษาเกี่ยวกับแก๊สพิษ แต่ละชนิดแล้วลงความเห็นกันต่อไป

1. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)

เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ที่ไม่สมบูรณ์และรถยนต์ปล่อยแก๊สออกมามาทางท่อไอเสีย แก๊สนี้จะลอยปะปนอยู่ในอากาศมีจำนวนมาก เมื่อมีการจราจรคับคั่งเมื่อสูดหายใจเอาแก๊สนี้เข้าไปในร่างกายแล้ว จะไปแย่งออกซิเจนโดยไปรวมกับเฮโมโกลบิน (Haemoglobin) ซึ่งเรียกออกซิเจนว่า Hb เป็นสารหนึ่งที่มีอยู่ในเม็ดเลือดแดง กลายเป็นคาร์บอกซีเฮโมโกลบิน (Carboxy haemoglobin) ปกติร่างกายของเราต้องการออกซิเจนจะไปรวมตัวกับเฮโมโกลบินกลายเป็นออกซีเฮโมโกลบิน (Oxyhaemoglobin) เขียนย่อ ๆ ว่า HbO_2 ในเลือดที่มี HbO_2 นี้จะถูกส่งไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกายในแหล่งที่มี HbO_2 ในเนื้อเยื่อจะได้รับออกซิเจน

แต่ถ้าหายใจเอาซีโอเข้าไป ซีโอจะเข้าไปรวมตัวกับเฮโมโกลบิน ได้เร็วกว่าออกซิเจน 4 เท่าตัว ถ้าปริมาณของแก๊สซีโอในเลือดน้อย ก็จะทำให้ร่างกายเกิดความสมดุลกับโลหิต และเมื่อหายใจออกก็จะขับแก๊สนี้ออกไป ปกติแก๊สนี้มีอยู่ในอากาศ 25 ส่วน ในอากาศด้านส่วน ถ้าหายใจเข้าไปจะมีแก๊สนี้อยู่ในกระแสโลหิต กลายเป็นคาร์บอกซี เฮโมโกลบิน อยู่เพียง 4% แต่ถ้าร่างกายมีไม่ถึง 4% ก็จะพยายามดูดเอาแก๊สนี้เข้าไปให้มีถึง 4% ตัวอย่างเช่น นักสูบบุหรี่ร่างกายจะมีแก๊สนี้อย่างน้อย 4% หรือมากกว่านั้นเพราะในการสูบบุหรี่ก็จะอัดควันบุหรี่เข้าไป จึงทำให้ได้รับแก๊สนี้มากกว่าคนธรรมดา เมื่อร่างกายมีแก๊สนี้ 4% แล้วขับออกเพื่อให้เข้าสู่ภาวะสมดุลที่ระดับ 4% (ถ้าไม่สูดต่อ) คนไม่เคยสูดจะมีซีโอมากแล้วจะทำให้เลือดอึดเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย โลหิตเปลี่ยนรูปแข็งตัวขึ้น ไหลไม่ได้ เซลล์ก็ขาดออกซิเจน จึงทำให้เวียน อ่อนเพลีย เพราะสมองได้รับออกซิเจนน้อยนั่นเอง ดังนั้นจึงห้ามไม่ให้สูบบุหรี่บนรถเมล์ ในโรงพยาบาลจากรายงานพบว่ามีแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

เผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงไป 1 แกลลอน จะมีซีโอประมาณ 3 ปอนด์ หลุดออกมา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดและอัตราการเกิดพิษ

ก. ความเข้มข้นของอากาศภายนอก

1. ความเข้มข้นของอากาศภายนอกที่มีแก๊สนี้อยู่เสมอ 100 ส่วนในล้าน จะไม่ให้เกิดอาการใด ๆ ระหว่างที่ได้รับนานถึง 8 ชั่วโมง
2. ความเข้มข้นที่ได้รับ 500 ส่วนในล้านส่วน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำงานเบา ๆ ไม่มีอาการใด ๆ แต่บางคนมีอาการมึนศีรษะเล็กน้อยหรือหายใจขัดได้
3. ความเข้มข้นขนาดเกิน 1,000 ส่วน ในล้านส่วนทำให้ผู้รับสิ้นสติ ระบบหายใจวาย ถ้าได้รับเกินกว่า 1 ชั่วโมงจะทำให้ถึงแก่ความตาย

ข. ความเข้มข้นของแก๊สในร่างกาย (Carboxyhaemoglobin)

1. ถ้าในกระแสโลหิตมีคาร์บอกซีเฮโมโกลบิน 20 - 30% จะทำให้เกิดอาการไม่สบายหายใจไม่สะดวก มีอาการปวดศีรษะ
2. ถ้ามีคาร์บอกซีเฮโมโกลบิน 30 - 50% จะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะอย่างรุนแรง ใจสั่น วิงเวียนศีรษะ การมองเห็นและการได้ยินเสื่อมลง คลื่นไส้ หงุดหงิด เจ็บหน้าอกและเป็นลม
3. ถ้ามีคาร์บอกซีเฮโมโกลบิน 50 - 60% หรือประมาณ 375 ส่วนในล้าน อาจทำให้หมดความรู้สึกและอาจถึงตายได้ ถ้าได้รับเป็นเวลานาน ๆ
4. ถ้ามีคาร์บอกซีเฮโมโกลบิน 80% หรือประมาณ 500 ส่วนในล้าน อาจทำให้ตายได้ในทันทีทันใด

ตามขนาดและอัตราที่กำหนดข้างบนนี้ จะเห็นได้ว่าขนาดสูงซึ่งถ้ามีในบรรยากาศ จะทำให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้นจึงมีหลายประเทศกำหนดขนาดและอัตราที่ต่ำกว่า ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของประชาชนเป็นหลัก

รถยนต์ช่วงใดที่ปล่อยแก๊สนี้มากที่สุด มีดังนี้

1. รถยนต์เครื่องดีเซล ช่วงที่ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุด คือรถประจำทาง รถบรรทุก ที่บรรทุกน้ำหนักมากเกิน ไป
2. รถยนต์เครื่องยนต์เบนซินช่วงที่ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุดคือ รถที่อยู่ระหว่างเบรคเครื่องจอดติดเครื่องขณะรถติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับหน่วยงานที่ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุด คือ ตามล้อ 3. รถยนต์ใช้น้ำมันผสมช่วงที่ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุด คือ ตามล้อ เครื่อง ขยะบรรทุกหนักและจอดรอสัญญาณไฟ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ทำให้สุขภาพของกรุงเทพฯเสื่อมทรุดลงเพราะจุดที่เกิดมาตรฐานมีมากแห่ง เมื่อสูดเข้าไปทุกวัน ๆ ย่อมทำให้เกิดพิษภัย คือรู้สึกปวดศีรษะ จิตใจไม่สบาย อ่อนเพลีย มีอาการคลื่นไส้อาเจียน โกรธง่าย คุณคนในกรุงเทพฯขณะนี้เป็นคนมีสุขภาพบอบช้ำเป็นคนขี้เมื่อยไปเสียแล้ว แม้ว่าแก๊สนี้จะไม่ทำให้คนดับคั่นขาดใจตายในทันทีทันใดก็ตาม แต่นับวันก็จะเพิ่มความสำคัญในด้านเป็นอันตรายมากขึ้น และนับวันก็จะเพิ่มความสำคัญในด้านเป็นอันตรายมากขึ้น และนับวันก็จะเพิ่มความสำคัญในด้านเป็นอันตรายมากขึ้น เพราะรถยนต์เพิ่มขึ้น เพราะรถยนต์เพิ่มขึ้น การถ่ายเทอากาศไม่ดี มีตึกรามบ้านช่องมากขึ้น ทำให้อากาศถ่ายเทไม่สะดวก สิ่งเหล่านี้จะเพิ่มอันตรายหากไม่ได้รับวางแผนแก้ไขเสียแต่เนิ่น ๆ

2. สารประกอบของตะกั่ว (Tetraethyl Lead)

มีสูตรเคมีคือ $Pb(C_2H_5)_4$ โดยผู้ผลิตน้ำมัน ได้เติมสารประกอบของตะกั่วที่มีชื่อภาษาอังกฤษว่า เตตราเอทิลเลด (Tetraethyl Lead) ซึ่งเป็นของเหลวใส่ลงไปในน้ำมันเบนซินและน้ำมันเครื่อง (ที่ใช้กับเครื่องยนต์) เพื่อให้มีออกเทนสูง (Octane number) สูง วิ่งเร็ว ป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์ เกิดการชกกระตุก (Antiknock Additive Substance) แต่เนื่องจากการเผาไหม้ในคอมบิวเรเตอร์ของเครื่องยนต์ ไม่สมบูรณ์จะมีสารประกอบของตะกั่วหลุดออกมา พวกตะกั่วเหล่านี้จะทำให้อากาศสกปรก โดยแผ่กระจายไปในอากาศทั่วบริเวณนั้น ๆ ยิ่งจำนวนรถยนต์ของกรุงเทพฯมหานครหรือเมืองใหญ่ ๆ มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ สารประกอบของตะกั่วก็เพิ่มมากขึ้นเป็นเงาตามตัวเช่นกัน ตามสถิติในน้ำมันเบนซินมีสารตะกั่วละลายอยู่ 0.7 กรัมต่อลิตร หลังจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์แล้วตะกั่วประมาณ 0.4 กรัมต่อลิตร จะถูกปล่อยออกมายังสิ่งแวดล้อมทางท่อไอเสียรถยนต์ในปี 2520 ประเทศไทยยังใช้น้ำมันเบนซินประมาณ 1,600 ล้านลิตรต่อปี หรือ 60% ของจำนวนนี้ เป็นส่วนที่ใช้ในกรุงเทพฯมหานคร ฉะนั้นจะมีสารตะกั่วประมาณ 38,400 กิโลกรัมต่อปี หรือประมาณ 105.2 กิโลกรัมต่อวัน หลุดออกมาสู่สิ่งแวดล้อม สำหรับสถิติปี 2522 มีการใช้น้ำมันเพิ่มเป็น 13,600 ล้านลิตรต่อปี จะมีตะกั่วหลุดออกมามากมายเท่าใด และตะกั่วเหล่านี้ บางส่วนจะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมในกรุงเทพฯ และบางส่วนจะเจือปนเข้าไปในร่างกายของคนในเมืองหลวงโดยทางลมหายใจ ส่วนที่ไม่ได้เข้าไปสู่ร่างกายของคนก็จะตกลงทับถมบนถนน หนทางและบริเวณต่าง ๆ ฝนก็จะชะเอาตะกั่วส่วนนี้ลงสู่แม่น้ำลำคลอง และเจือปน ซึ่งมีผลต่อระบบสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง

อันตรายของตะกั่ว ที่ถูกฝนชะล้างลงสู่แม่น้ำลำคลอง ไหลลงทะเล สัตว์น้ำ เช่นปลา กุ้ง หอย ก็รับเอาสารตะกั่วเข้าไปสะสมในร่างกาย เมื่อคนกินสัตว์น้ำพวกนี้เข้าไปก็ได้รับอันตรายจากพิษของตะกั่วเข้าไปด้วย โดยเฉพาะสัตว์น้ำที่มีตะกั่วสะสมอยู่มาก คือ ปลา และหอยนางรม ที่คนเรา

เอกสารฉบับนี้รับประธานนี้เองสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิษของตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายของมนุษย์โดยทางการหายใจ

พิษของสารตะกั่วที่มีต่อสุขภาพที่เห็นได้ชัดเจนมาก คือ นอนไม่ค่อยจะหลับ อารมณ์ไม่แจ่มใส เบื่ออาหาร น้ำหนักตัวลด ท้องผูก อาเจียน ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย เหนื่อยหอบ โลหิตจาง ไตพิการ ทำลายเนื้อเยื่อสมอง ทำให้ปวดศีรษะ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิตจนถึงตายได้ นอกจากนี้ตะกั่วยังไปสะสมได้ในกระดูก ทั้งนี้เพราะตะกั่วมีลักษณะคล้ายแคลเซียมและสามารถสะสมในเนื้อเยื่ออ่อนโดยเฉพาะในสมอง ไต และอวัยวะอื่น ๆ ได้ด้วย

ปกติระดับของตะกั่วในเลือด จะต่ำกว่า 0.08 มิลลิกรัม / 100 ซี.ซี. ถ้าเกินระดับนี้ถือว่าเป็นอันตราย จากการศึกษาระดับตะกั่วในเลือดของเด็กจำนวน 69 คน ที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่ถมด้วยกากแบตเตอรี่ในเขตตำบลบางครุ 0.15 - 5.40 ส่วน ในล้านส่วน ค่าเฉลี่ย 1.28 ส่วนในล้านส่วน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.20 ส่วนในล้านส่วน เด็กที่มีตะกั่วในเลือดต่ำกว่า 0.5 ส่วนในล้านส่วน มีอยู่ร้อยละ 29 ของจำนวนเด็กทั้งหมดโดยทั่วไปแล้ว เราอาจจะพิจารณาได้ว่าระดับของตะกั่วในเลือดขนาดตั้งแต่ 1.5 ส่วนในล้านส่วน อยู่ในขั้นพื้นฐานทางการแพทย์อาจพบอาการที่เกิดจากพิษตะกั่วได้

3. แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide , SO₂)

เป็นแก๊สที่มีกลิ่นเหม็น ทำให้ระบบทางเดินหายใจ เช่น จมูก ลำคออักเสบ ระคายเคือง ทั้งนี้เนื่องมาจากในน้ำมันเชื้อเพลิงรถยนต์มีกำมะถันปนอยู่ เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีแก๊สกำมะถันปนอยู่ เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีแก๊สกำมะถันหลุดออกมาทางท่อไอเสียรถยนต์ ดังนั้น โรงกลั่นน้ำมันต้องกำจัดกำมะถันในน้ำมันดิบออกให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แก๊สนี้มีอันตรายต่อสุขภาพมากกว่า แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ เพราะเป็นตัวนำที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ทำให้สัตว์เจ็บป่วยด้วยโรกระบบทางเดินหายใจส่วนต้นในอัตราสูง ถ้าสูดเข้าไปเสมอ ๆ ทำให้เกิดหลอดลมอักเสบเรื้อรัง ถ้ามากทำให้ลิ้นไก่สั้นเกิดการเกร็งหดปิดทางเดินหายใจตายทันที สำคัญที่สุดเป็นอันตรายต่อปอดในรายที่คนไข้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจอยู่แล้ว จะมีอาการเพิ่มมากขึ้น เมื่อได้รับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ขนาด 0.25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ขนาดได้กลิ่นฉุน) บางตำราบอกว่าเป็นสาเหตุหนึ่งของโรคหอบหืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 โปรแกรมคอนโทรลเลอร์ (Arduino)

Arduino เป็นภาษา อิตาลี อ่านได้ว่า อาร์-ดู-วี-โน่ บ้างก็อ่านว่า อา-เดีย-โน ซึ่งใช้เป็นชื่อของโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR แบบ Open Source ที่ได้รับการปรับปรุงมาจากโครงการพัฒนา Open Source ของ AVR อีกโครงการหนึ่งที่ชื่อว่า “ Wiring ” แต่เนื่องจากโครงการของ “ Wiring ” เลือกใช้ AVR เบอร์ ATmega128 เป็นชิพที่มีตัวถังแบบ SMD จึงทำให้เป็นอุปสรรคสำหรับผู้เริ่มต้นในการสร้างบอร์ดและต่อวงจรขึ้นมาใช้งานกันเอง และบอร์ดจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งอาจดูเกินความจำเป็น จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมเท่าที่ควร แต่หลังจากมีการนำมาพัฒนาใหม่โดยให้มีขนาดบอร์ดเล็กลง และอุปกรณ์ก็น้อยขึ้น แถมยังประหยัดต้นทุน ดังนั้น Arduino จึงกลายมาเป็นที่นิยมในปัจจุบัน

Arduino มีจุดเด่นในเรื่องของ ความง่ายในการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากมีการออกแบบคำสั่งต่างๆขึ้นมาสนับสนุนการใช้งาน ด้วยรูปแบบที่ง่ายไม่ซับซ้อน จุดเด่นมีอยู่หลายประการเช่น

- ราคาไม่แพง เนื่องจากมีโปรแกรมและวงจรแจกให้ฟรี สามารถต่อวงจรขึ้นมาใช้งานได้เอง
- โปรแกรมที่ใช้พัฒนาของ Arduino รองรับการทำงานทั้งระบบ Window, Linux และ OSX
- มีรูปแบบคำสั่งที่ง่ายต่อการใช้งาน แต่สามารถนำไปใช้งานได้จริง แม้จะเป็นงานที่ซับซ้อนก็สามารถใช้ได้อย่างง่ายดาย และยังสามารถสร้างคำสั่งและฐานข้อมูลใหม่ๆขึ้นเองได้เมื่อมีความชำนาญมากขึ้น
- มีการเปิดเผยวงจรและโปรแกรมทั้งหมดทำให้สามารถนำพัฒนาต่อยอดเพิ่มเติมได้ ความต้องการทั้ง ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ AVR ขนาดเล็กเป็นตัวประมวลผลและสั่งงานเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ อินพุต / เอาท์พุตต่างๆ ได้มากมาย ทั้งในแบบที่ทำงานตัวเดียวอิสระ หรือเชื่อมต่อสั่งงานกับอุปกรณ์อื่นๆเช่น คอมพิวเตอร์ และสามารถทำได้ทั้งระบบดิจิทัล หรือ อนาล็อก โดยบอร์ดของ Arduino นั้นมีราคาไม่แพงและสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมมาใช้งานได้แบบฟรีๆ และมีเอกสารแนวทางการศึกษาวิธีใช้โปรแกรมให้ดาวน์โหลดเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 ส่วนประกอบโครงการ

โครงการนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่

- 1 ส่วนตัวตรวจวัดแก๊ส
- 2 ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

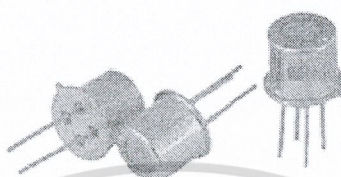


รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบตัวตรวจวัดแก๊ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

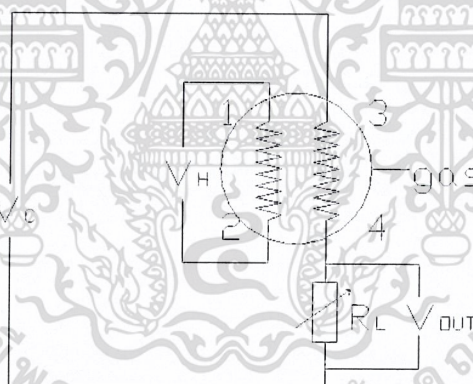
3.2 ส่วนตัวตรวจวัดแก๊ส

1 ส่วนของตัวตรวจวัด (Sensor) เพื่อวัดค่าของแก๊สที่จะหาค่า โดยในการทดลองนี้จะใช้ตัวตรวจวัดแก๊สเอ็มพี – 135 (Flat Surface Air Quality Control Gas Sensor MP – 135)



รูปที่ 3.2 ชนิดตัวตรวจวัดแก๊ส

ตัวอย่างการนำตัวตรวจวัดแก๊สเอ็มพี – 135 ไปใช้ในวงจรแบ่งแรงดัน



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการนำตัวตรวจวัดแก๊สไปใช้ในวงจรแบ่งแรงดัน

โดย V_c = ความต่างศักย์ขาเข้า
 V_H = ความต่างศักย์ที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่ตัวตรวจวัด
 R_L = ตัวต้านทานปรับค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

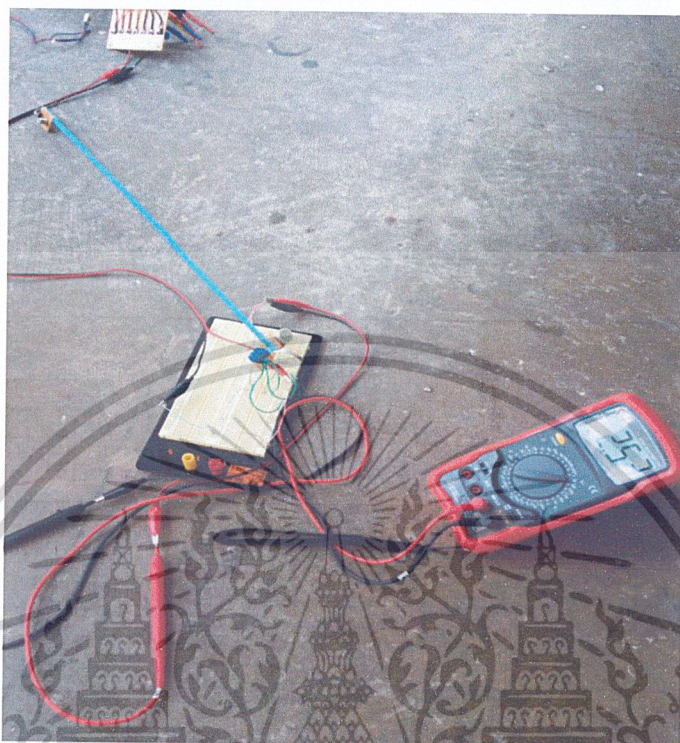
คุณสมบัติของตัวตรวจวัดแก๊สเอ็มที – 135 ดังตารางแสดงผลต่อไปนี้

ชนิด	Semiconductor flat surfaced gas sensor		
แก๊สที่ตรวจวัดได้	ไฮโดรเจน , แอลกอฮอล์ , คาร์บอนมอนอกไซด์		
ช่วงของค่าที่ตรวจวัด	10-1000ppm >> ไฮโดรเจน 10-1000ppm >> แอลกอฮอล์ 10-500ppm >> คาร์บอนมอนอกไซด์		
standard circuit	loop voltage	Vc	$\leq 24V$ DC
	Heating voltage	VH	$5.0 \pm 0.2V$ AC or DC
	Load resistance	RL	ปรับค่าได้
standard features of sensor	Heating resistance	RH	$110\Omega \pm 10\Omega$ (อุณหภูมิห้อง)
	heating consumption	PH	$\leq 240mW$
	surface resistance	Rs	$10K\Omega - 100K\Omega$ (50ppm ในไฮโดรเจน)
	sensitivity	S	$R_s(\text{ในอากาศ}) / R_s(50ppm \text{ ไฮโดรเจน})$ ≥ 3
	concentration slope	α	≤ 0.6 (R50ppm / R30ppm ไฮโดรเจน)
standard condition of test	Temperature , humidity	$20^\circ C \pm 2^\circ C ; 65\% \pm 5\%RH$	
	Standard testing circuit	Vc : $5.0V \pm 0.1V$; VH : $5.0 \pm 0.1V$	
	Warm-up time	มากกว่า 48 ชั่วโมง	

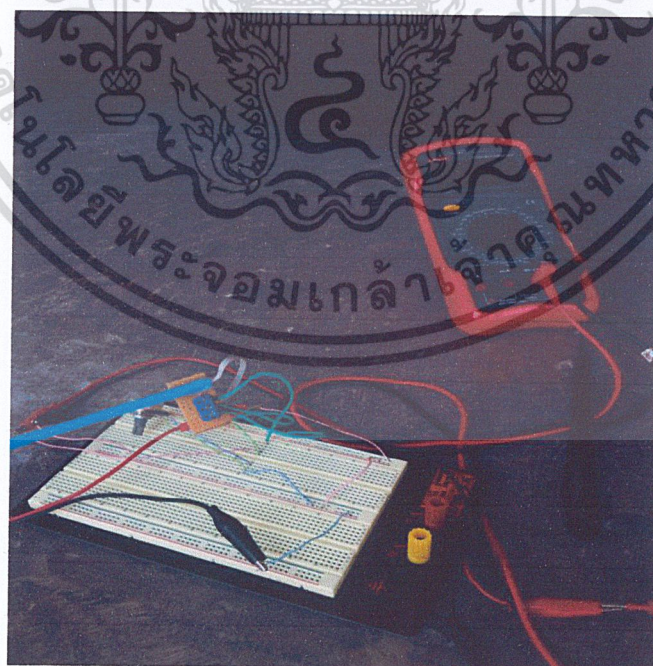
ตารางที่ 3.1 ตารางคุณสมบัติของตัวตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ได้นำตรวจตัววัดไปวัดจริง



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์การทดลอง



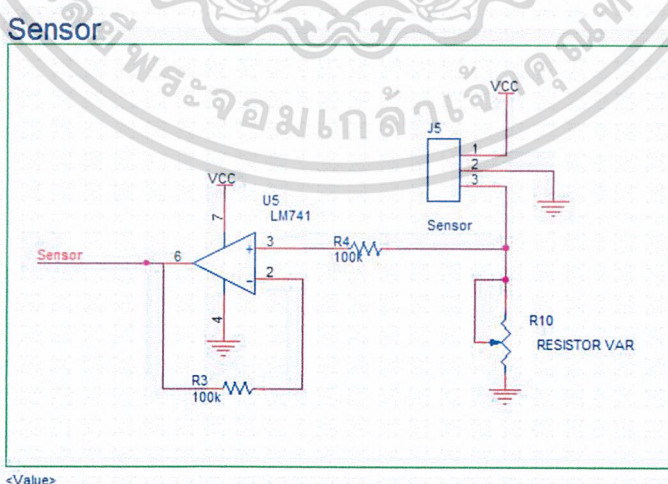
รูปที่ 3.5 อุปกรณ์การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ท่อไอเสียรถยนต์ที่ใช้ในการทดลอง

ซึ่งสัญญาณที่ออกมาจากตัวตรวจวัดแก๊สเอ็มพี - 135 จะเป็นสัญญาณอนาล็อกโดยสัญญาณที่ออกมานั้นจะมีค่าที่มากอยู่แล้วเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานในตัวตรวจวัด จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ขยาย แต่จะใช้อุปกรณ์เฟอ์เพื่อที่จะรักษาสัญญาณจากตัวตรวจวัดให้คงที่ตลอด



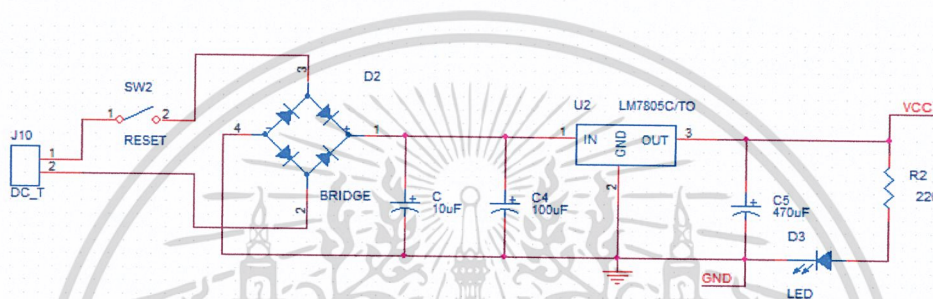
รูปที่ 3.7 วงจรในส่วนของตัวตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทํางาน

วงจรที่ใช้ในการต่อตัวตรวจวัดนั้นจะใช้วงจรแบ่งแรงดัน เพื่อที่จะทำให้ความต่างศักย์ขาออกนั้นจะมีค่าเป็นบวก ซึ่งต่างจากวงจรวีทสโตนบริดจ์ เนื่องจากวงจรวีทสโตนบริดจ์จะให้ความต่างศักย์ขาออกเป็นได้ทั้งบวกและลบ เมื่อนำความต่างศักย์ขาออกที่ได้จากวงจรแบ่งแรงดัน ไปเข้าในวงจรบัฟเฟอร์เพื่อที่จะรักษาสัญญาณแรงดันให้มีค่าเข้าไปในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

2 ภาคจ่ายไฟกระแสตรงให้กับวงจร



รูปที่ 3.8 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

หน้าที่

ภาคจ่ายไฟกระแสจะทำหน้าที่จ่ายไฟกระแสตรงให้แก่ภาคตัวตรวจวัด ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์และภาคจอแสดงผล

หลักการทํางาน

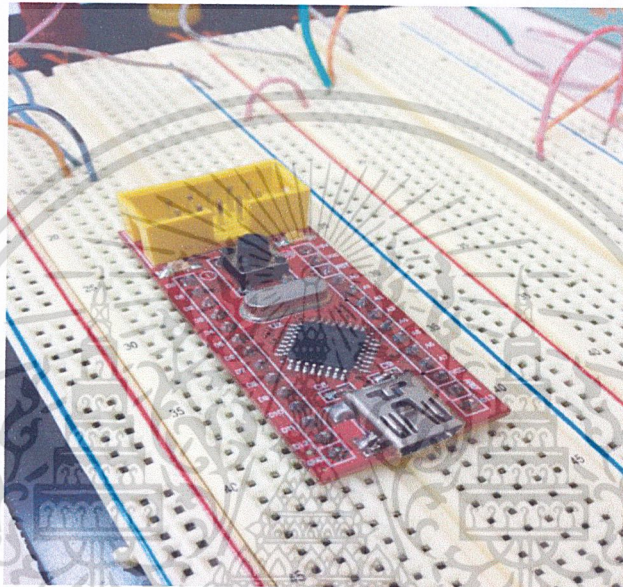
วงจรจ่ายไฟกระแสตรงจะทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า หรือจากถ่านในกรณีที่พักพาไปนอกสถานที่ โดยแรงดันไฟฟ้าที่เข้ามาจากแหล่งจ่ายที่กล่าวมานั้น อาจจะไม่มีความเสถียรในการรักษาแรงดันไฟฟ้าที่เข้าในวงจรได้คงที่ โดยแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจะเข้ามาโดยผ่านไดโอดเรกติไฟเออร์ กรองให้สัญญาณเรียบด้วยตัวเก็บประจุ และแรงดันไฟฟ้าที่จะจ่ายให้กับส่วนของวงจรจะผ่านเรกกูเลเตอร์เบอร์ 7805 เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าตรงที่มีระดับแรงดันคงที่ 5V

3.3 ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ แบ่งเป็น 2 ส่วน

1 ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์

หน้าที่

ภาคไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับค่าสัญญาณอนาลอกจากตัวตรวจวัดแก๊สเอเอ็มพี – 135 และแสดงผลบนจอแสดงผล (LCD)



รูปที่ 3.9 บอร์ดคอนโทรลเลอร์

หลักการทํางาน

หัวใจหลักของโครงการชิ้นนี้คือไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega 168 ซึ่งจะทำการรับข้อมูลสัญญาณอนาลอกจากการตรวจวัดของตัวตรวจวัดแก๊ส เอ็มพี – 135 ซึ่งสัญญาณจากตัวตรวจวัดจะเข้าที่ขาอนาลอกอินพุทของคอนโทรลเลอร์ ATmega 168 ซึ่งเป็นขาสัญญาณอนาลอกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล

เมื่อมีสัญญาณจากตัวตรวจวัด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการนำค่าที่วัดมาได้ไปเทียบกับตารางค่าพื้นฐาน ที่ได้ทำการวัดจากตัวตรวจวัด ซึ่งการทำตารางพื้นฐานขึ้นมา นั้นสามารถที่จะจำกัดค่าที่ตัวตรวจวัดอ่านได้เพราะถ้าค่าสัญญาณอยู่ในช่วงของค่าพื้นฐาน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะแสดงผลสัญญาณออกมาว่า แก๊สที่วัดเป็นแก๊สชนิดเดียวกับที่ทำ ตารางพื้นฐาน ขึ้นมาซึ่งจะสามารถที่จะจำกัดไม่ให้ตัวตรวจวัดไปวัดค่าของแก๊สชนิดอื่นมาแล้วมาแสดงผล และสุดท้ายจะนำค่าที่ได้วัด

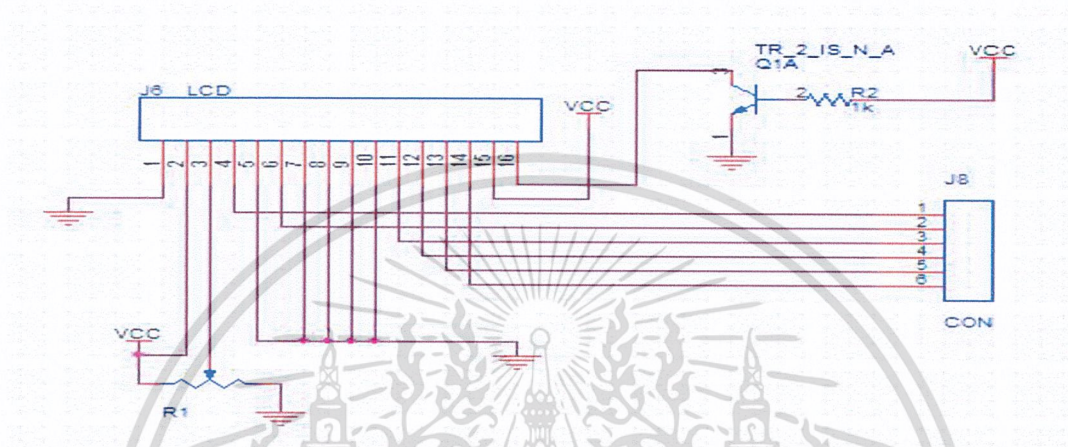
และตรวจสอบนำไปแสดงผลในจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ภาคจอแสดงผล

หน้าที่

วงจรภาคจอแสดงผลทำหน้าที่แสดงผลของสัญญาณที่วัดจากตัวตรวจวัดซึ่งจะรับค่ามาจากตัวตรวจวัดและทำการคำนวณและตรวจสอบจากวงจรในภาคไมโครคอนโทรลเลอร์



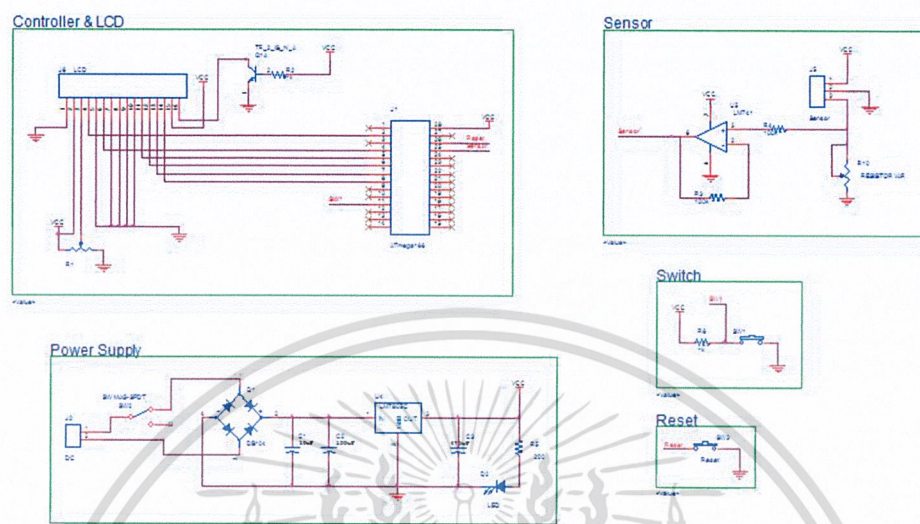
รูปที่ 3.10 สายวงจรของจอแสดงผล

หลักการทำงาน

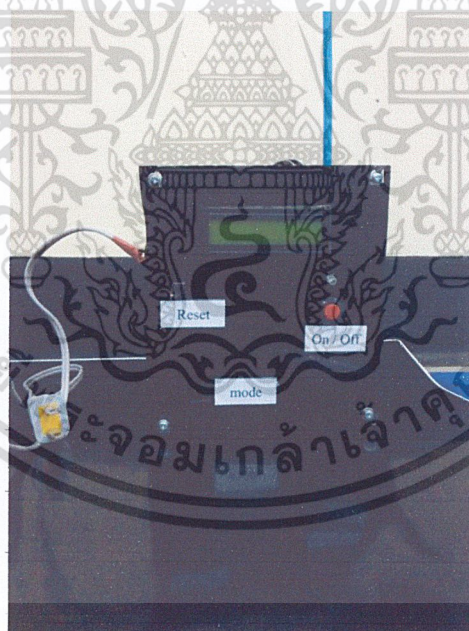
การต่อวงจรของจอแสดงผลจะต่อแบบการแสดงผลแบบ 4 บิตซึ่งจะมีขาที่ใช้งานเพียงขา 4 ขาซึ่งจะไม่เปลืองขาของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะมีตัวต้านทานปรับค่าได้ซึ่งจะมีเพื่อปรับความสว่างของจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของตัวตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์



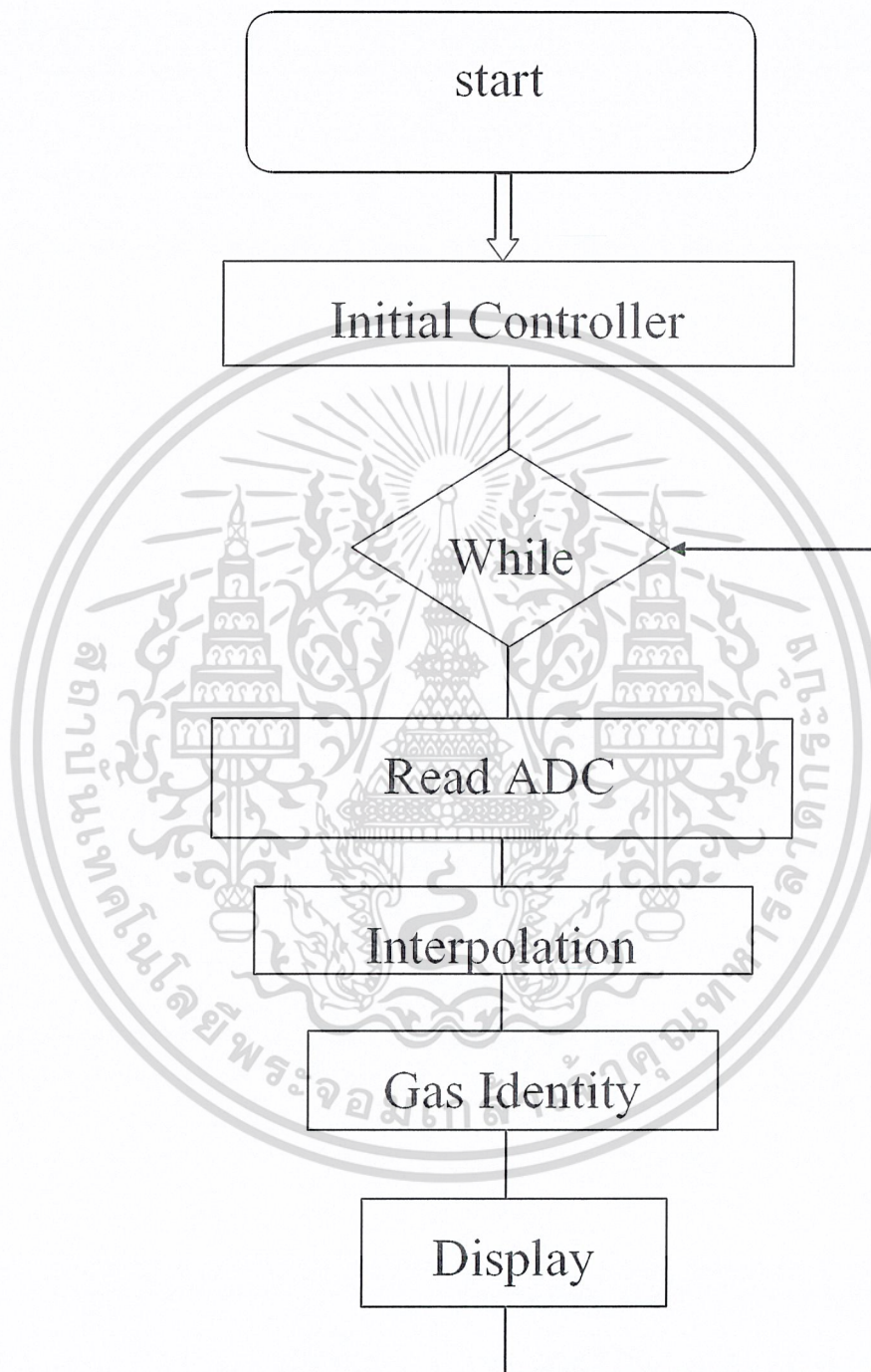
รูปที่ 3.11 แผนภาพลายวงจรที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ



รูปที่ 3.12 เครื่องมือวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แผนภาพลำดับความคิดของโปรแกรมในส่วนต่าง ๆ



รูปที่ 3.13 แผนภาพลำดับความคิดของการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากท่อไอเสียรถยนต์

จากการทดลองโดยการวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์ขณะติดเครื่องทิ้งไว้ ไม่มีการเร่งเครื่อง ซึ่งทดลองจากรถยนต์ต่างยี่ห้อ รุ่น และน้ำมันที่เติม

ตารางที่ 4.1 ค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) ของรถยนต์ในแต่ละชนิดและน้ำมันต่างกัน

ค่าความต่างศักย์เฉลี่ยของรถยนต์ในแต่ละชนิด และน้ำมันที่แตกต่างกัน			
เวลา (วินาที)	ค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) ของรถยนต์ MITSUBISHI MINIZ PAJERO ที่ใช้น้ำมัน เบนซินแก๊ส โซฮอล์ 91	ค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) ของรถยนต์ HONDA JAZZ ที่ใช้น้ำมัน เบนซินแก๊ส โซฮอล์ 95	ค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) ของรถยนต์ NISSAN NOTE ที่ใช้น้ำมัน เบนซินแก๊ส โซฮอล์ 95
0	2.53	2.57	2.54
1	2.78	2.69	2.64
2	3.66	3.66	3.12
3	4.19	4.18	4.04
4	4.65	4.29	4.18
5	4.70	4.13	4.29
6	4.68	4.05	4.36
7	4.72	3.96	4.41
8	4.53	3.98	4.53
9	4.58	4.00	4.61
10	4.62	4.00	4.63
11	4.61	4.01	4.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) ของรถยนต์ในแต่ละชนิดและน้ำมันต่างกัน

12	4.54	4.07	4.66
13	4.42	4.13	4.68
14	4.46	4.17	4.70
15	4.48	4.16	4.71
16	4.55	4.19	4.70
17	4.54	4.18	4.69
18	4.52	4.14	4.70
19	4.55	4.14	4.70
20	4.54	4.12	4.70
21	4.63	4.10	4.70
22	4.65	4.04	4.70
23	4.64	4.07	4.70
24	4.63	4.04	4.68
25	4.62	4.05	4.69
26	4.70	4.02	4.67
27	4.68	4.00	4.66
28	4.68	3.99	4.67
29	4.73	3.99	4.68
30	4.73	3.99	4.68
31	4.72	3.97	4.69
32	4.71	3.96	4.67
33	4.72	3.97	4.66
34	4.71	3.96	4.66
35	4.70	3.97	4.67
36	4.69	3.95	4.66
37	4.70	3.97	4.65
38	4.68	3.94	4.66
39	4.68	3.95	4.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) ของรถยนต์ในแต่ละชนิดและน้ำมันต่างกัน

40	4.62	3.91	4.69
41	4.51	3.92	4.67
42	4.49	3.90	4.67
43	4.64	3.89	4.66
44	4.60	3.86	4.65
45	4.57	3.87	4.67
46	4.52	3.89	4.65
47	4.45	3.89	4.65
48	4.46	3.88	4.67
49	4.57	3.88	4.67
50	4.58	3.86	4.68
51	4.61	3.85	4.68
52	4.62	3.86	4.69
53	4.62	3.85	4.68
54	4.62	3.84	4.68
55	4.61	3.85	4.69
56	4.61	3.87	4.69
57	4.64	3.83	4.69
58	4.70	3.81	4.67
59	4.72	3.81	4.66
60	4.64	3.81	4.69
61	4.60	3.81	4.69
62	4.61	3.83	4.70
63	4.58	3.81	4.69
64	4.66	3.80	4.69
65	4.66	3.77	4.69
66	4.62	3.77	4.66
67	4.64	3.76	4.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) ของรถยนต์ในแต่ละชนิดและน้ำมันต่างกัน

68	4.64	3.78	4.69
69	4.57	3.80	4.70
70	4.60	3.81	4.68
71	4.61	3.84	4.69
72	4.60	3.83	4.68
73	4.58	3.79	4.70
74	4.59	3.76	4.69
75	4.70	3.75	4.71
76	4.70	3.73	4.71
77	4.72	3.72	4.71
78	4.68	3.73	4.71
79	4.67	3.74	4.70
80	4.69	3.74	4.69
81	4.68	3.78	4.68
82	4.68	3.77	4.68
83	4.64	3.79	4.69
84	4.63	3.79	4.69
85	4.61	3.81	4.69
86	4.64	3.79	4.69
87	4.69	3.80	4.69
88	4.66	3.79	4.69
89	4.57	3.79	4.70
90	4.53	3.80	4.70
91	4.63	3.80	4.72
92	4.66	3.79	4.70
93	4.63	3.79	4.70
94	4.62	3.79	4.71
95	4.67	3.78	4.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) ของรถยนต์ในแต่ละชนิดและน้ำมันต่างกัน

96	4.68	3.78	4.71
97	4.67	3.78	4.70
98	4.65	3.80	4.73
99	4.64	3.81	4.72

เมื่อนำค่าที่ได้จากการตารางที่ 4.1 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) ของรถยนต์แต่ละชนิด กับเวลา (วินาที) ได้ดังนี้



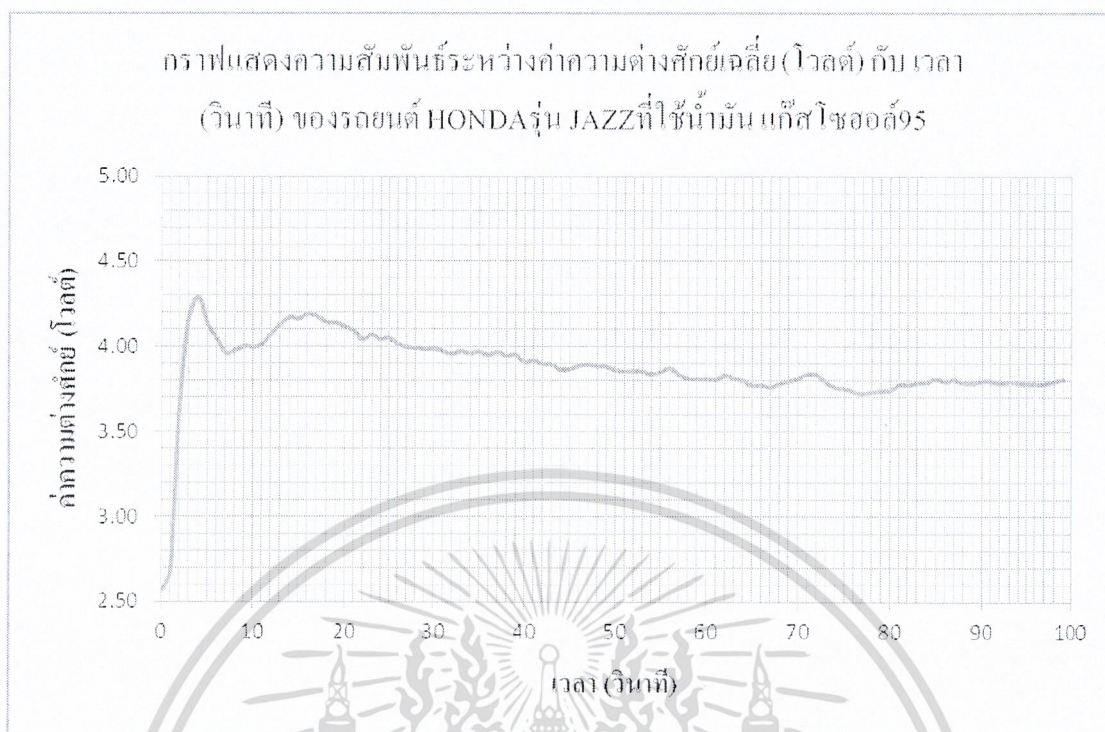
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ MITSUBISHI รุ่น MINI-Z PAJERO ที่ใช้น้ำมันแก๊ส โซฮอลล์ 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) กับ เวลา(วินาที) ของรถยนต์ NISSAN รุ่น NOTE ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์เฉลี่ย (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ HONDA รุ่น JAZZ ที่ใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95

จากผลการทดลองข้างต้น จะสังเกตได้ว่าในรถยนต์ที่มีอายุการใช้งานที่มาก หรือรุ่นที่เก่านั้น จะมีค่าความต่างศักย์ที่มากกว่าในรถยนต์รุ่นใหม่ เนื่องจากการที่ในรถยนต์รุ่นใหม่จะมีระบบกรองที่สามารถกรองแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันได้ ซึ่งทำให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ออกมาจากท่อไอเสียของรถได้น้อยจึงทำให้ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้จากการทดลองมีค่าน้อย ส่วนเรื่องชนิดของน้ำมัน จากการทดลองจะสังเกตได้ว่า ค่าความต่างศักย์ของน้ำมัน 91 กับ 95 ค่าที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจากคุณสมบัติในการตรวจจับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของตัวตรวจวัดแก๊ส เอ็มพี - 135 สามารถตรวจจับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ความเข้มข้นได้ระหว่าง 10 - 500 พีพีเอ็ม แสดงว่าในการทดลองนั้นค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าประมาณ 500 พีพีเอ็ม จึงทำให้ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในตอนที 4.1 ผู้ทดลองไม่สามารถนำค่าที่ได้มาอ้างอิง เนื่องจากแก๊สที่ออกมาจากท่อไอเสียนั้นมีหลายชนิดแก๊สรวมอยู่และการที่ผู้ทดลองไปวัดในระบบเปิดซึ่งไม่สามารถที่จะควบคุมความเข้มข้นและชนิดของแก๊สที่วัดได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถนำค่าที่ได้จากการทดลองตอนที่ 4.1 มาทำอ้างอิงทำเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดได้อย่างมีมาตรฐาน โดยวิธีแก้ปัญหานั้นผู้ทดลองได้ไปศึกษาคู่มือการใช้งานตัวตรวจวัด เอ็มพี - 135 ซึ่งในคู่มือการใช้งานนั้นมีการให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความไวในการตอบสนอง (R_s/R_o) กับความเข้มข้นของแก๊สที่ตัวตรวจวัดสามารถวัดได้ โดยจะทำการหาค่าความต่างศักย์ของตัวตรวจวัดเพื่อนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับความเข้มข้น มีสมการดังต่อไปนี้

กำหนดให้

R_1 = ค่าความต้านทานของตัวตรวจวัดในอากาศ

R_2 = ค่าของตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าได้

V_{out} = ค่าความต่างศักย์ขาออก เท่ากับ 2.5 โวลต์

V_{in} = ค่าความต่างศักย์ขาเข้า เท่ากับ 4.74 โวลต์

$$V_{out} = \frac{V_{in} R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$R_1 + R_2 = \frac{V_{in} R_2}{V_{out}}$$

$$R_1 = \frac{V_{in} R_2}{V_{out}} - R_2$$

$$R_1 = \left(\frac{V_{in}}{V_{out}} - 1 \right) R_2 \quad (2)$$

เมื่อค่าแทนค่าต่างๆลงไปในสมการที่ (2) จะทำให้หาค่า R_1 ได้ประมาณ 294 k Ω จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง R_s/R_o กับ ค่าความเข้มข้นของแก๊ส โดยที่แกน y ของกราฟคือ R_s/R_o

$$Y = \frac{R_s}{R_o} \quad (3)$$

$$R_s = Y R_o \quad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า นำสมการ (4) ไปแทนในสมการ (1) จะได้เป็น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{out} = \frac{V_{in} R_2}{YR_o + R_2} \quad (5)$$

และนำ สมการ (5) ไปคำนวณ โดยจะได้ค่า V_{out} ในทุกค่าความเข้มข้น

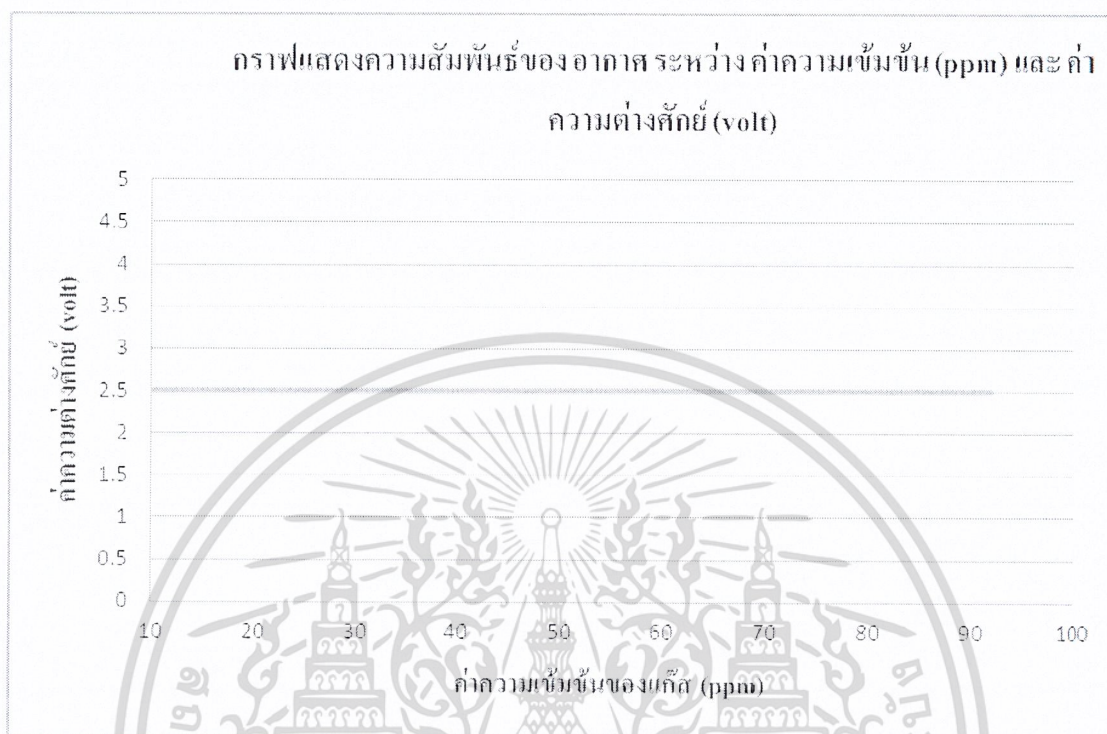
โดยสูตรที่ผู้ทดลองนำมาคำนวณนั้นอ้างอิงมาจาก วงจรแบ่งแรงดัน ดังภาพต่อไปนี้



รูปที่ 4.4 วงจรแบ่งแรงดัน

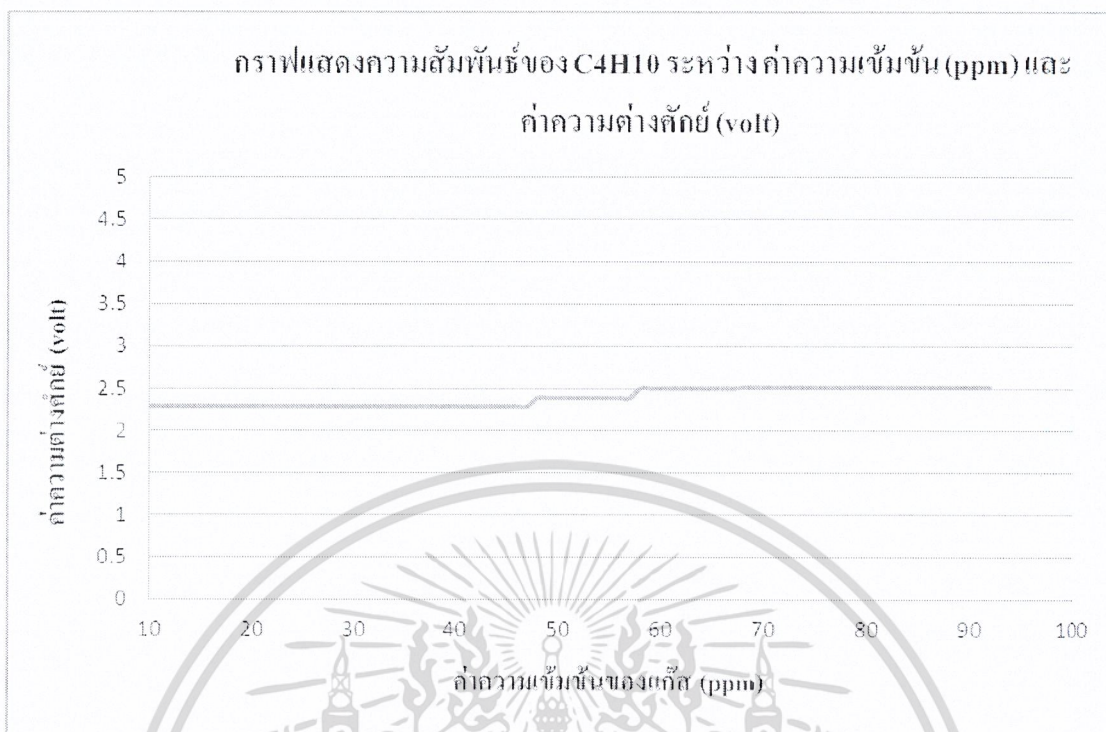
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 กราฟอ้างอิงจากคู่มือการใช้งานตัวตรวจวัดแก๊ส เอ็มพี – 135 ในแต่ละชนิดของแก๊ส

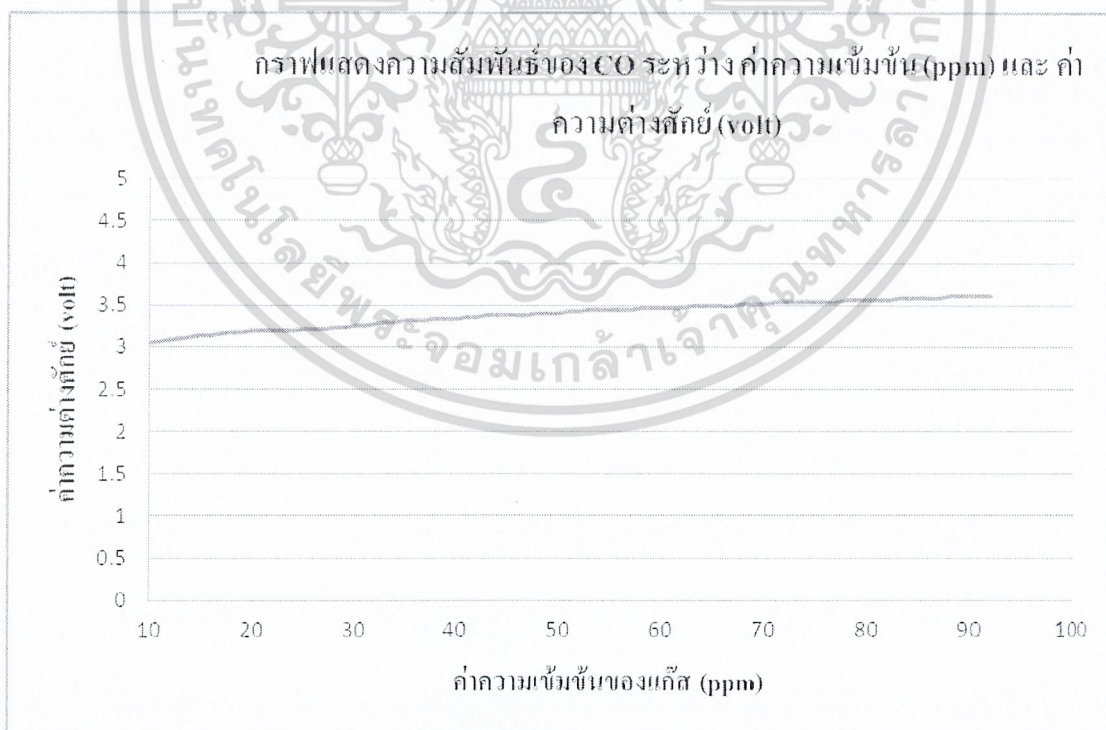


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอากาศ ระหว่างค่าความเข้มข้นของแก๊ส (ppm) และค่าความต่างศักย์ (โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

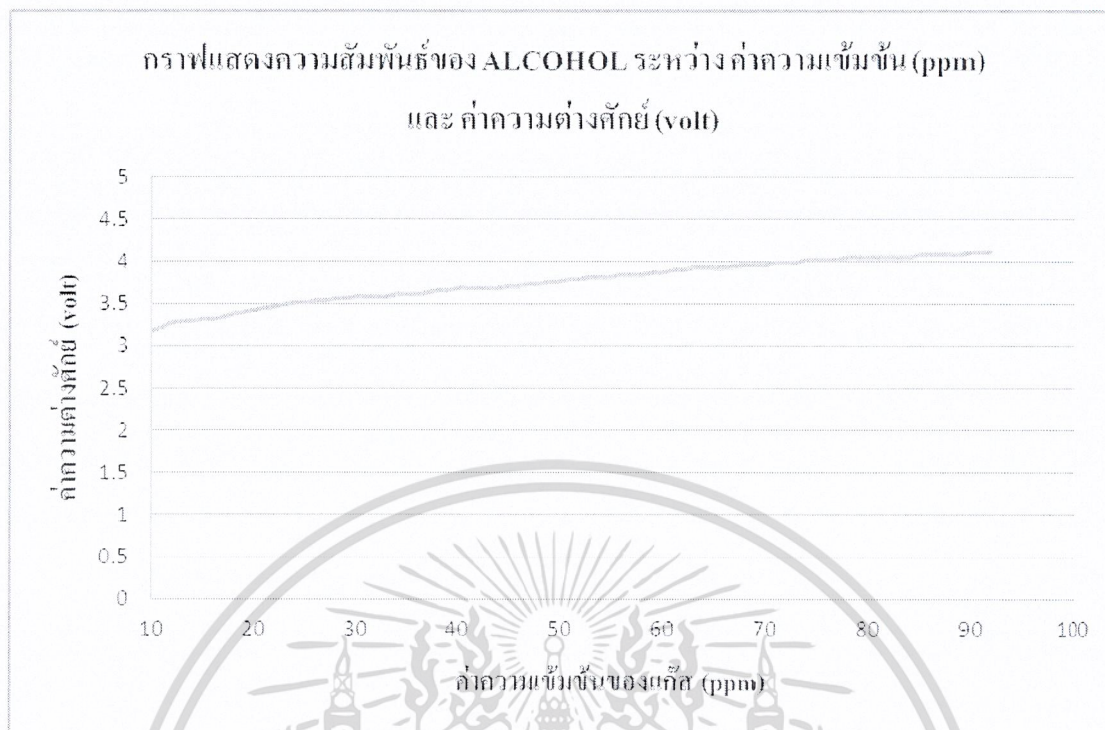


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ บิวเทน ระหว่างค่าความเข้มข้นของแก๊ส (ppm) และค่าความต่างศักย์ (โวลต์)

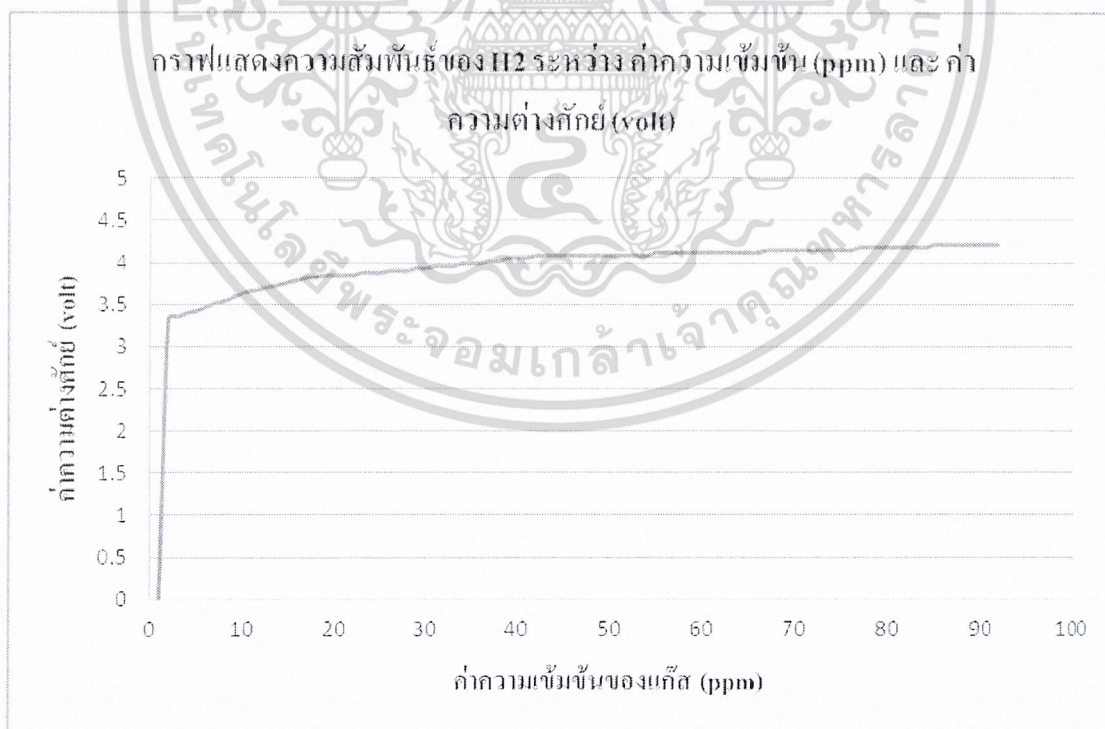


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ คาร์บอนมอนอกไซด์ ระหว่างค่าความเข้มข้นของแก๊ส (ppm) และค่าความต่างศักย์ (โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคคลในวงแคบเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ แอลกอฮอล์ ระหว่างค่าความเข้มข้นของแก๊ส (ppm) และค่าความต่างศักย์ (โวลต์)



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ไฮโดรเจน ระหว่างค่าความเข้มข้นของแก๊ส (ppm) และค่าเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเห็นาไปเซประยะขนดานการค้ำความต่างศักย์ (โวลต์) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลวิจัยและการดำเนินงาน

คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาเรื่องการวัดแก๊สที่เกิดจากรถยนต์โดยใช้ตรวจตัววัดแก๊ส เอ็มพี – 135 มาใช้ในการทดลอง ซึ่งสามารถวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ออกมาจากท่อไอเสียรถยนต์ได้ในระดับความเข้มข้นที่ 10-100 พีพีเอ็ม

5.2 ประสิทธิภาพของระบบการวัดแก๊ส

- ส่วนแสดงผล จะแสดงถึงค่าความเข้มข้นของแก๊สในหน่วย พีพีเอ็ม และจะมีช่วงในการวัดค่าความเข้มข้นที่ 10 – 100 พีพีเอ็ม
-

5.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าระบบนี้สามารถที่จะใช้เพื่อศึกษาในวิชาเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ แต่ขอบเขตของอุปกรณ์นั้นยังคงต้องพึ่งแหล่งจ่ายไฟ จึงไม่สามารถเป็นอุปกรณ์ที่พกพาได้ รวมไปถึงถึงค่าผลการทดลองที่ได้มา เนื่องจากผู้ทดลองไม่ได้มีการสอบเทียบเครื่องมือ จึงทำให้ค่าที่ได้จากการวัดไม่มีความน่าเชื่อถือจากค่ามาตรฐาน แม้ว่าตัวตรวจวัดจะสามารถวัดแก๊สได้หลายชนิด แต่ก็ต้องทำการวัดในระบบปิดจึงจะได้ค่าที่แม่นยำ

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

ในส่วนของอุปกรณ์

- ควรจะเพิ่มให้สามารถวัดแก๊สชนิดอื่นได้ตามคู่มือการใช้งานของตัวตรวจวัด
- ตัวตรวจวัดแก๊สสามารถวัดค่าความเข้มข้นของแก๊สได้ตามคุณสมบัติอย่างเต็ม

ประสิทธิภาพ

ในส่วนของซอฟต์แวร์

- ควรจะพัฒนาให้มีความสามารถในการแสดงค่าที่แม่นยำมากขึ้น
- ควรจะเพิ่มรูปแบบที่สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ เพื่อที่จะแสดงค่าที่วัดจากตัว

ตรวจวัดให้ออกมาเป็นกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

พจนานุกรม สุวรรณฉวี. เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์เบื้องต้น. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี

(ไทย-ญี่ปุ่น)

นายเอกชัย มะการ .2552.กรุงเทพฯ. เรียนรู้ เข้าใจ ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ด้วย

Arduino. พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัท อีทีที จำกัด

[http://www.rmuti.ac.th/user/thanyaphak/Web%20EMR/Web%20IS%20Environmen%20gr.4/Mol
a2.html](http://www.rmuti.ac.th/user/thanyaphak/Web%20EMR/Web%20IS%20Environmen%20gr.4/Mol
a2.html)

http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi4/care_car/car2.htm

<http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/monpit-a/monpit-a.htm>

<https://sites.google.com/site/yangkairpollution/payha-khxng-xakas>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในโครงการพิเศษ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนประกาศชุดคำสั่ง

1.1 ส่วนนี้ใช้ประกาศชุดคำสั่งนอกเหนือจากที่ arduino มีให้

```
คำสั่ง
#include <LCD_4BIT.h>
```

2. ส่วนกำหนดค่าคงที่

2.1 ส่วนนี้ใช้กำหนดค่าคงที่ที่ได้จากตัวตรวจวัดแก๊ส โดยค่าจะมีแกน x เป็นค่าความต่างศักย์ตั้งแต่ 0 ถึง 5 โวลต์ และแกน y คือค่าความเข้มข้นของแก๊ส มีช่วงอยู่ที่ 10-200ppm โดยจะกำหนดเป็นชุดข้อมูลทั้งหมด 4 ชุด (4แก๊ส)

คำสั่ง	//CURVE-1-C4H10	//CURVE-3-ALC	//CURVE-4-H2
	double curve1_x[]=;	double curve3_x[]=;	double curve4_x[]=;
	0.00,	0.00,	0.00,
	2.20,	2.95,	3.30,
	2.28,	3.10,	3.60,
	2.39,	3.20,	3.80,
	2.50,	3.40,	3.90,
	2.51,	3.50,	4.00,
	5.00;}	3.60,	4.10,
	double curve1_y[]=;	3.70,	4.14,
	0.00,	3.80,	4.17,
	10.00,	3.90,	4.21,
	55.00,	4.00,	5.00;}
	65.00,	4.10,	
	75.00,	4.15,	
	100.00,	5.00;}	
	200.00;}		
	//CURVE-2-CO		
	double curve2_x[]=;	double curve3_y[]=;	double curve4_y[]=;
	0.00,	0.00,	0.00,
	2.80,	10.00,	10.00,
	2.90,	16.00,	17.00,
	2.96,	18.00,	24.00,
	3.10,	27.00,	36.00,
	3.20,	31.00,	44.00,
	3.30,	41.00,	62.00,
	3.40,	52.00,	74.00,
	3.50,	60.00,	84.00,
	3.61,	70.00,	100.00,
	5.00;}	81.00,	200.00;}
		97.00,	
	double curve2_y[]=;	100.00,	
	0.00,	200.00;}	
	10.00,		
	12.00,		
	16.00,		
	21.00,		
	32.00,		
	42.00,		
	56.00,		
	75.00,		
	95.00,		
	200.00;}		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เฉพาะ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<h3>3. ส่วนกำหนดหน่วยความจำภายใน</h3>	
<p>3.1 ส่วนกำหนดหน่วยความจำที่จะให้ในการแปลงค่าและแสดงผลบนจอ</p> <ul style="list-style-type: none"> - ขา RS ของ LCD ต่อกับขา 01 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ - ขา EN ของ LCD ต่อกับขา D3 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ - ขา D4 ของ LCD ต่อกับขา D4 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ - ขา D5 ของ LCD ต่อกับขา D5 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ - ขา D6 ของ LCD ต่อกับขา D6 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ - ขา D7 ของ LCD ต่อกับขา D7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ <p>- LCD_4bit เป็นการกำหนดจำนวนขาสัญญาณของ LCD ว่าใช้ 4 เส้นและมีเส้นที่ต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ขาใดบ้าง</p>	
คำสั่ง	<pre> LCD #define LCD_RS 1 #define LCD_EN 3 #define LCD_D4 4 #define LCD_D5 5 #define LCD_D6 6 #define LCD_D7 7 Create object to Control LCD: 6 Pin Signal LCD_4BIT_LCD = LCD_4BIT_LCD_RS, LCD_EN, LCD_D4, LCD_D5, LCD_D6, LCD_D7, No Used RW Pin(6 Pin) </pre>
<p>3.2 ส่วนกำหนดหน่วยความจำของปุ่ม MODE โดยกำหนด KEY คือปุ่มกด โดยต่อที่ขา D10 ของไมโครคอนโทรลเลอร์</p>	
คำสั่ง	<pre> KEY #define KEY 10 </pre>
<p>3.3 ส่วนกำหนดหน่วยความจำที่จะกำหนดค่าต่างๆบนจอ LCD</p> <ul style="list-style-type: none"> - key_count ใช้สำหรับนับการกดปุ่ม กด 1 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 1 - digitalValue คือการกำหนดค่า ดิจิตอล ให้ประกาศค่าตั้งต้นเป็น 0 - double val คือการกำหนดค่าทศนิยมของค่าดิจิตอล - ival หรือ integer value ค่าจำนวนเต็ม - dval หรือ decimal value ค่าทศนิยม - กำหนดให้ค่า k = 0 	
คำสั่ง	<pre> int key_count = 1; int digitalValue=0; double val = 0.0,mpval = 0.0; int ival = 0; int dval = 0; int k=0; </pre>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ส่วน Setup()	
4.1 ส่วนกำหนดค่าพื้นฐานของจอ LCD	
- ขาของคอนโทรลเลอร์ที่ต่อกับ KEY โดยจะกำหนดให้ KEY เป็น input	
- ประกาศค่าออกทางจอ LCD และ clear หน้าจอ LCD	
คำสั่ง	<pre> void setup() { pinMode(KEY,BUTTON); lcd.begin(16, 2); //initial LCD lcd.clearScreen(); //Clear Screen Display & Set Cursor - Start Line[0] } </pre>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ส่วน Loop()

4.1 ส่วนของการทำงานแบบวน Loop

- เซตการแสดงผลของคำสั่งไว้ที่บรรทัดแรกและตัวที่ 0 ของจอ LCD โดยกำหนดจากค่า 0x00
- ใช้คำสั่ง switch เข้ามาในการตรวจสอบเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ทั้ง 4 case และเมื่อตรวจสอบแล้วให้แสดงผลออกบนจอ LCD ตามเงื่อนไขนั้นๆ โดยการเลือก case จะเลือกจากการนับของ KEY_COUNT
- กำหนดให้ค่า k เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และถ้าเมื่อไหร่ที่ค่า k มีค่า มากกว่าหรือเท่ากับ 50 จึงจะทำตามคำสั่งที่ว่า กำหนดให้เริ่มการประกาศตัวแปรที่ตัวที่ 0 ในบรรทัดที่ 2 ของจอ LCD
- กำหนดค่า digitalvalue คือการอ่านค่าจาก analog (ค่าที่รับมาจากตัวตรวจวัดแก๊ส)
- นำค่าที่ได้ไปคำนวณโดยการ คูณ 5 และหารด้วย 1023 (5 มาจากค่าความต่างศักย์และ หารด้วยค่า 1023 โวลต์)
- นำค่าที่ได้จากการคำนวณ ไปประมาณค่าในช่วง และแสดงผลออกทางหน้าจอ LCD โดยให้แสดงผลที่ บรรทัดที่ 2 ตัวที่ 6
- อ่านค่า !digitalread โดยการกดปุ่มจะเพิ่มค่าขึ้นเรื่อยๆ แต่หากมีค่ามากกว่า 4 หรือกดปุ่มมากกว่า 4 ครั้งจะทำให้ค่า กลับไปเริ่มนับที่ 1 ใหม่ และให้การกดในแต่ครั้งมีการหน่วงเวลาที่ 200 มิลลิวินาที

คำสั่ง

```
void loop()
{
  lcd.setCursor(0,0);   Set Cursor Start Line[]
  switch(key_count)
  {
    case 1:
      lcd.print("GAS: CH4  "); Write Display Line[]
      break;
    case 2:
      lcd.print("GAS: CO  "); Write Display Line[]
      break;
    case 3:
      lcd.print("GAS: ALCOHOL  "); Write Display Line[]
      break;
    case 4:
      lcd.print("GAS: H2  "); Write Display Line[]
      break;
  }

  lcd.setCursor(0,1);   Set Cursor Start Line[]
  lcd.print("CORE: ");
  digitalValue = analogRead(A0);
  val = digitalValue/500/1023.0;
  val = round(val, key_count);
  val = analog;
  tempal = val * 0.466;
  dval = (int)tempal * 100;
  lcd.setCursor(0,4,6);
  lcd.print(val);
  lcd.print(" ");
  lcd.print(dval);
  lcd.print(" ppm ");

  .....

  if (digitalRead(KEY) == 1)
  {
    key_count++;
    if(key_count > 4) key_count = 1;
    delay(200);
  }
}
```

6. คำสั่งประมาณภายในช่วง myinterp()

4.1 ส่วนกำหนดการประมาณค่าและสมการในการคำนวณเทียบค่าจาก Library

- กำหนดให้ค่าการประมาณเป็นค่าทศนิยม

- จะมีชุดคำสั่งทั้งหมด 4 ชุด โดยการจะทำแต่ละชุดกำหนดจากการกดปุ่มเลือก MODE และจึงจะทำตามเงื่อนไขโดยการคำนวณค่าที่กำหนดไว้ตามสมการ

```

y = (s + si) * D;
y = y * (si + si) * D;

y = y / (curve1_sbl + si * I + esp);

y = y + si * I;
    
```

และเมื่อทำแล้วจะคืนค่าด้วยคำสั่ง return เสมอ

- esp กำหนดให้เป็นค่า 1.0×10^{-4} เพื่อกันไม่ให้ส่วนการหารเป็น 0

คำสั่ง

```

double myinterp(double x, int curve_sbl)
{
    int i;
    double y = 0.0;
    double si = 1.0, si_0 = 0.0;
    double yi = 1.0, yi_0 = 0.0;
    double esp = 1.0e-4;

    if (curve_sbl == 1)
    {
        Find index
        i = 0;
        while (curve1_sbl(x))
            i++;

        Calculate concentration
        si_1 = curve1_sbl(i);
        si = curve1_sbl;
        yi_1 = curve1_ybl(i);
        yi = curve1_ybl;
    }
    else if (curve_sbl == 2)
    {
        Find index
        i = 0;
        while (curve2_sbl(x))
            i++;

        Calculate concentration
        si_1 = curve2_sbl(i);
        si = curve2_sbl;
        yi_1 = curve2_ybl(i);
        yi = curve2_ybl;
    }
    else if (curve_sbl == 3)
    {
        Find index
        i = 0;
        while (curve3_sbl(x))
            i++;

        Calculate concentration
        si_1 = curve3_sbl(i);
        si = curve3_sbl;
        yi_1 = curve3_ybl(i);
        yi = curve3_ybl;
    }
    else if (curve_sbl == 4)
    {
        Find index
        i = 0;
        while (curve4_sbl(x))
            i++;

        Calculate concentration
        si_1 = curve4_sbl(i);
        si = curve4_sbl;
        yi_1 = curve4_ybl(i);
        yi = curve4_ybl;
    }
    .....

    y = (s + si) * D;
    y = y * (si + si) * D;

    y = y / (curve1_sbl + si_1 * I + esp);

    y = y + si * I;

    return y;
}
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

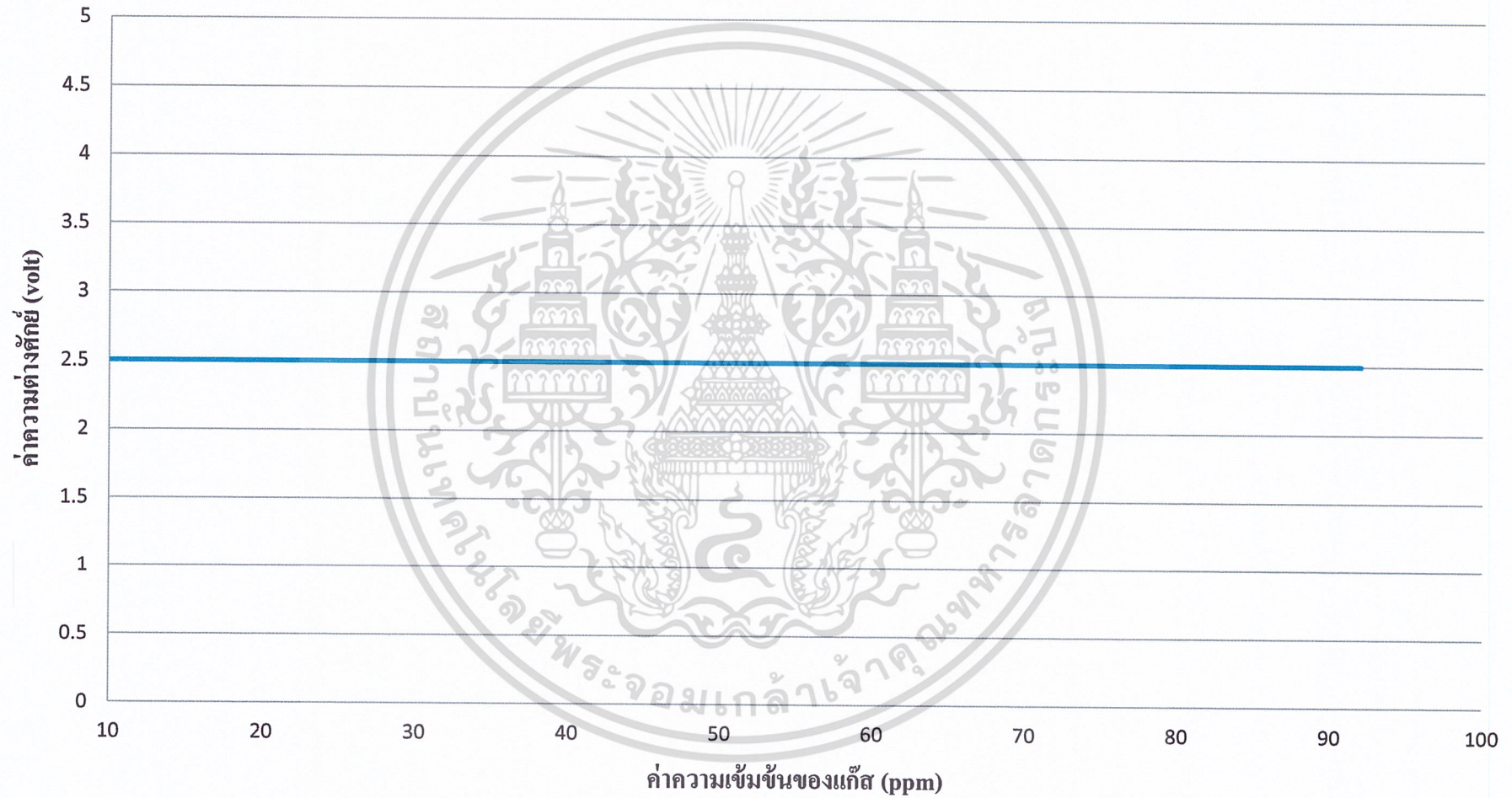
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



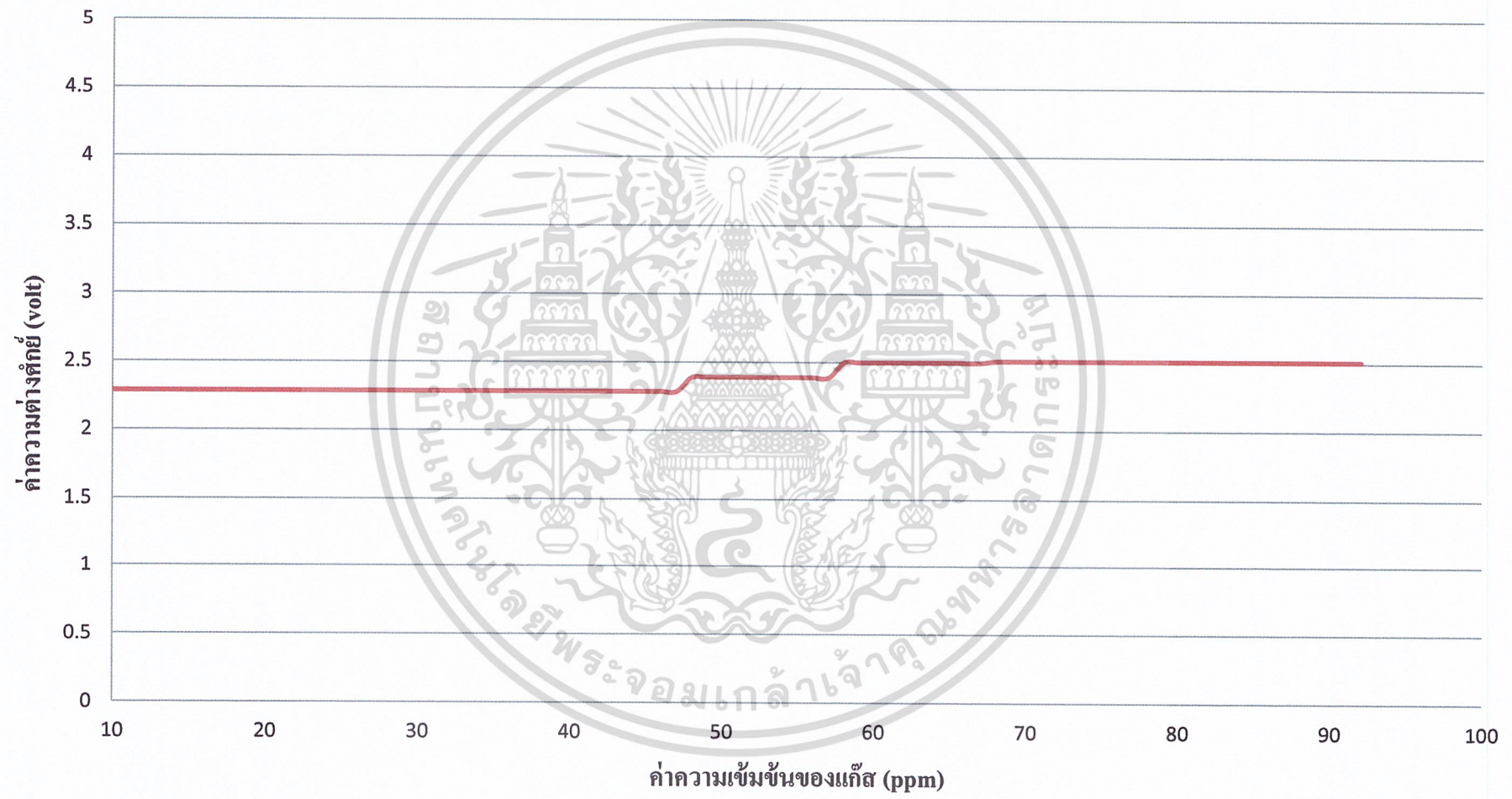
ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

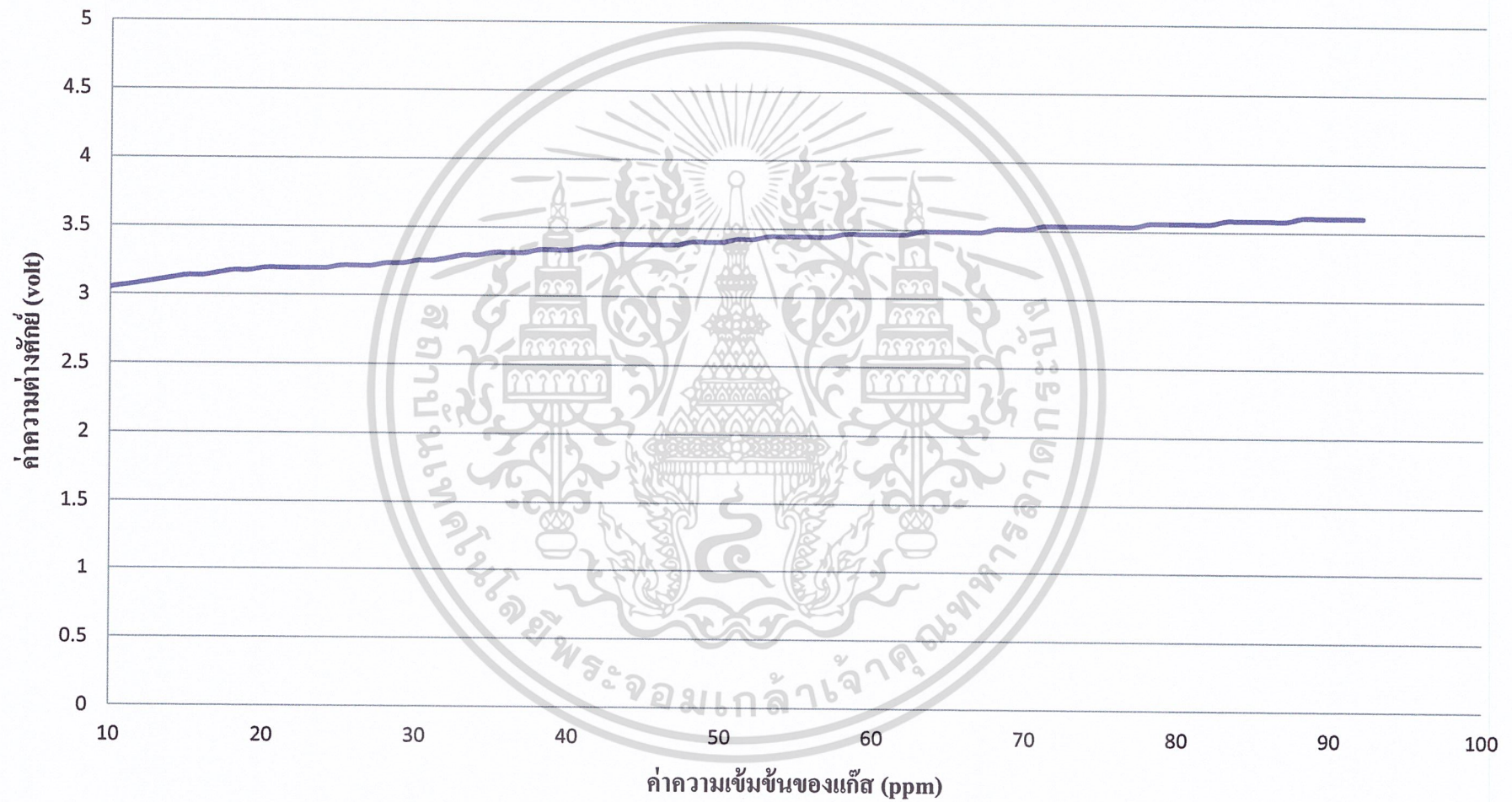
กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ อากาศ ระหว่าง ค่าความเข้มข้น (ppm) และ ค่าความต่างศักย์ (volt)



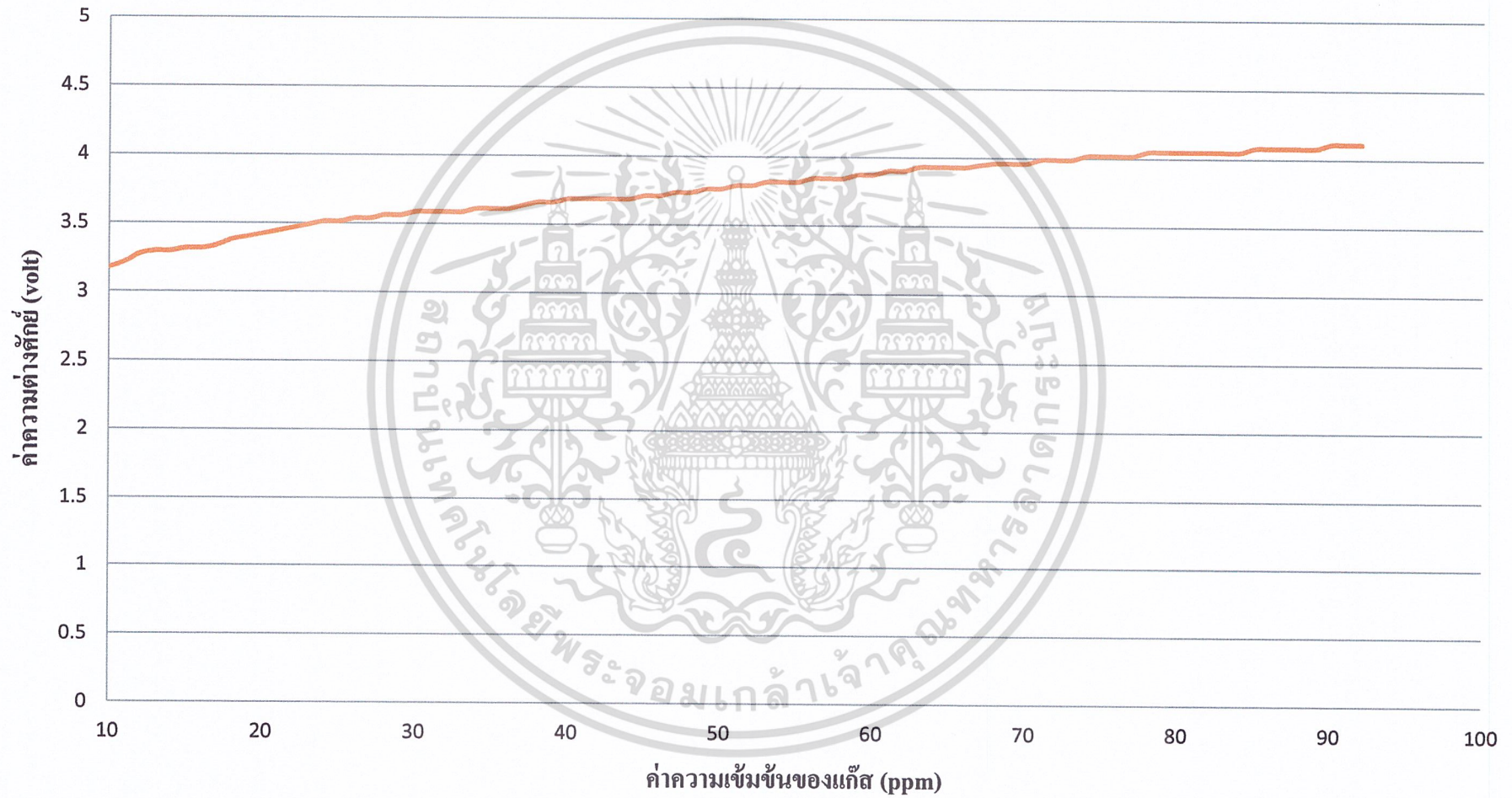
กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ C4H10 ระหว่าง ค่าความเข้มข้น (ppm) และ ค่าความต่างศักย์ (volt)



กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ CO ระหว่าง ค่าความเข้มข้น (ppm) และ ค่าความต่างศักย์ (volt)



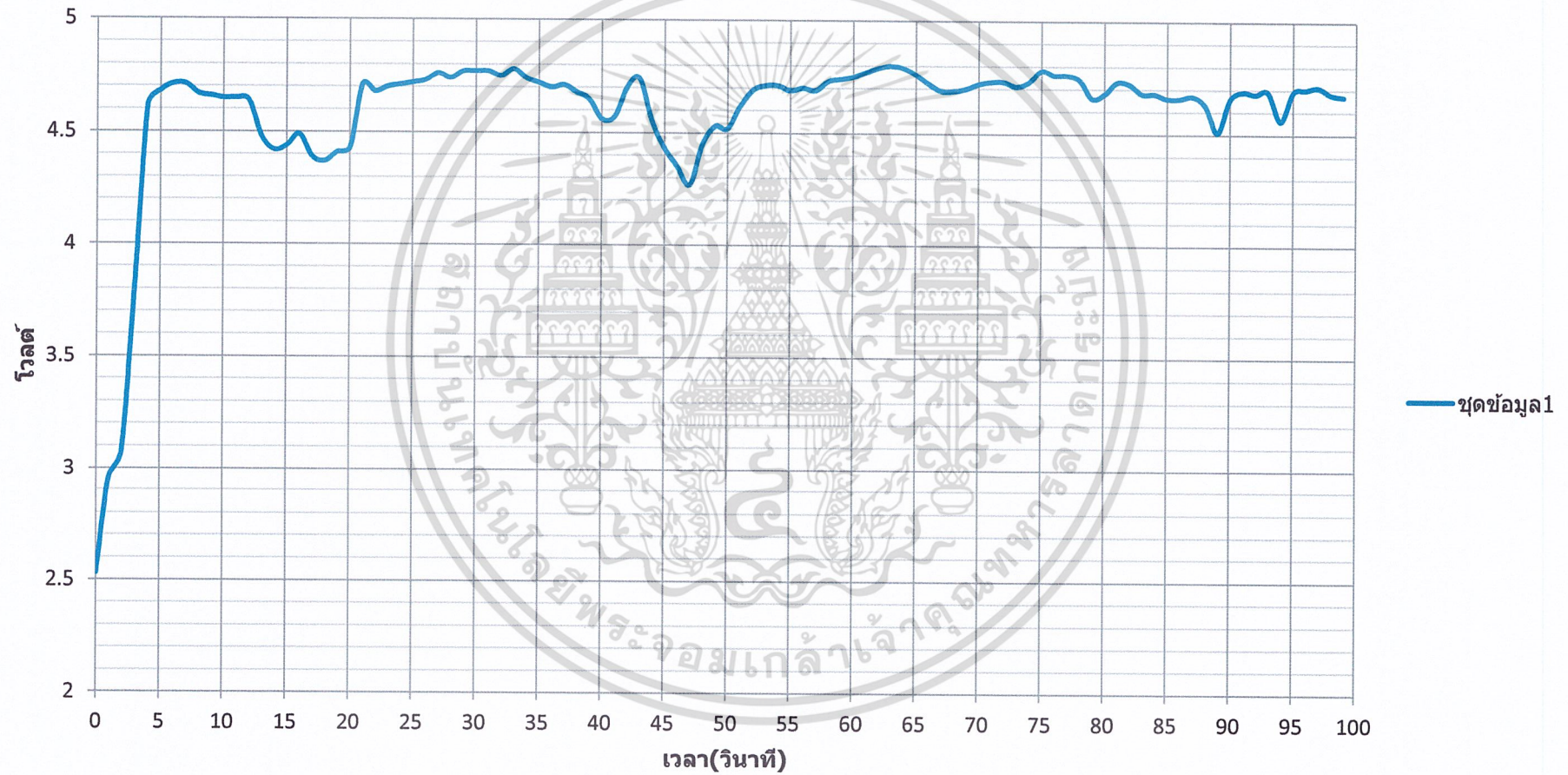
กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ ALCOHOL ระหว่าง ค่าความเข้มข้น (ppm) และ ค่าความต่างศักย์ (volt)



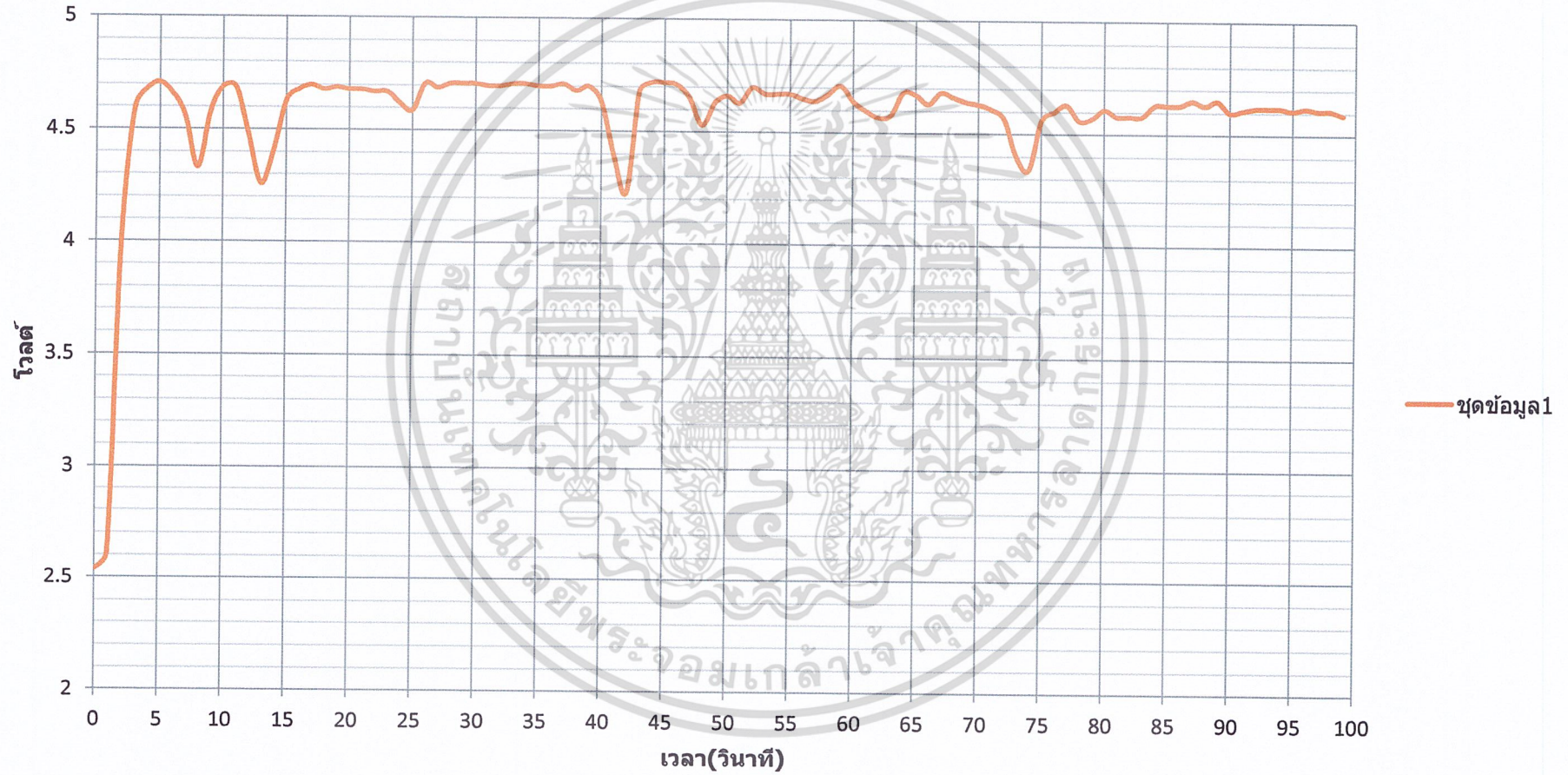
กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ H2 ระหว่าง ค่าความเข้มข้น (ppm) และ ค่าความต่างศักย์ (volt)



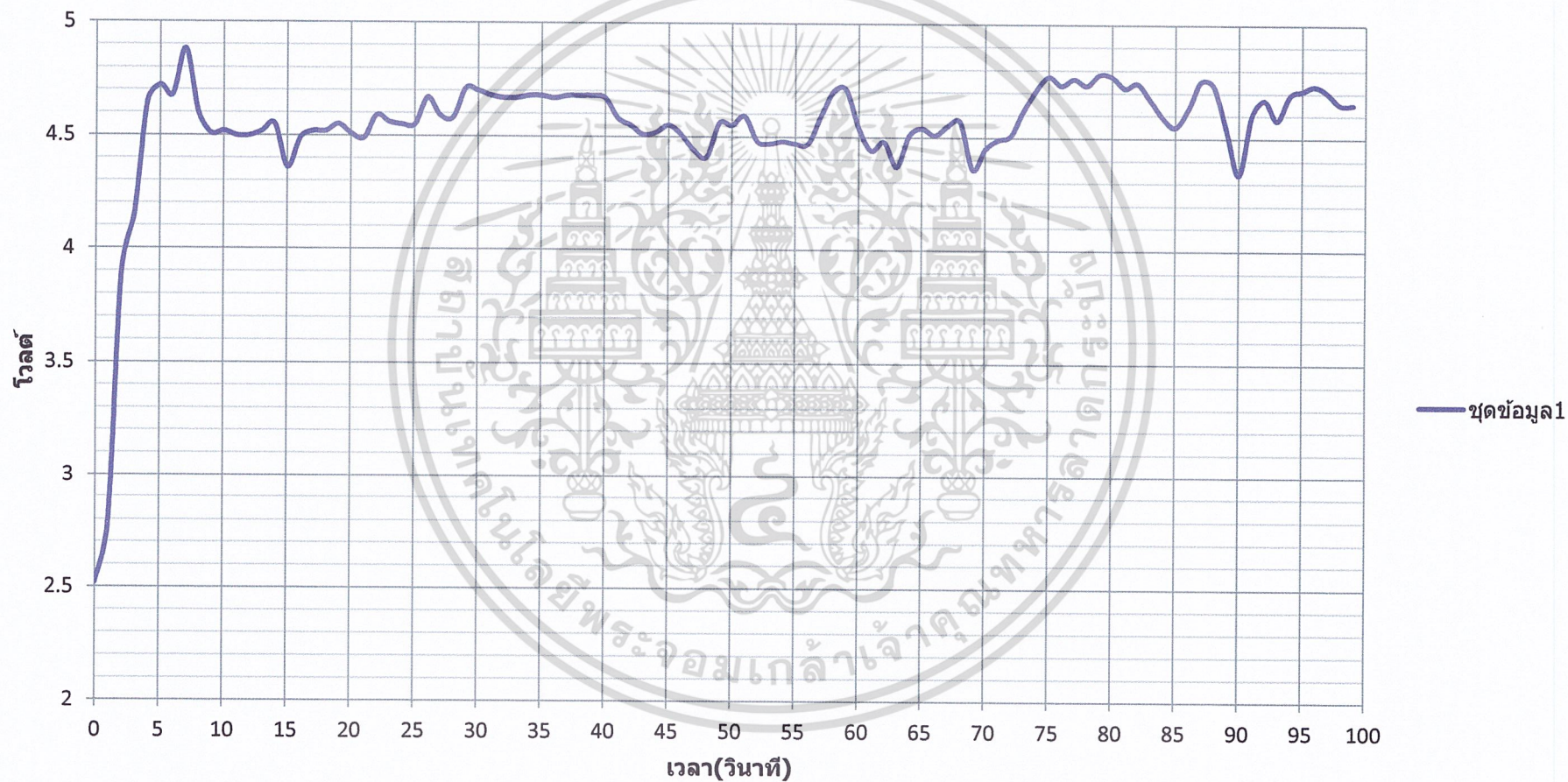
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ครั้งที่ 1 (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ MITSUBISHI รุ่น MINI-Z PAJERO ที่ใช้น้ำมัน แก๊สโซฮอล์91



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ครั้งที่ 2 (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ MITSUBISHI รุ่น MINI-Z PAJERO ที่ใช้น้ำมัน แก๊สโซฮอล์91

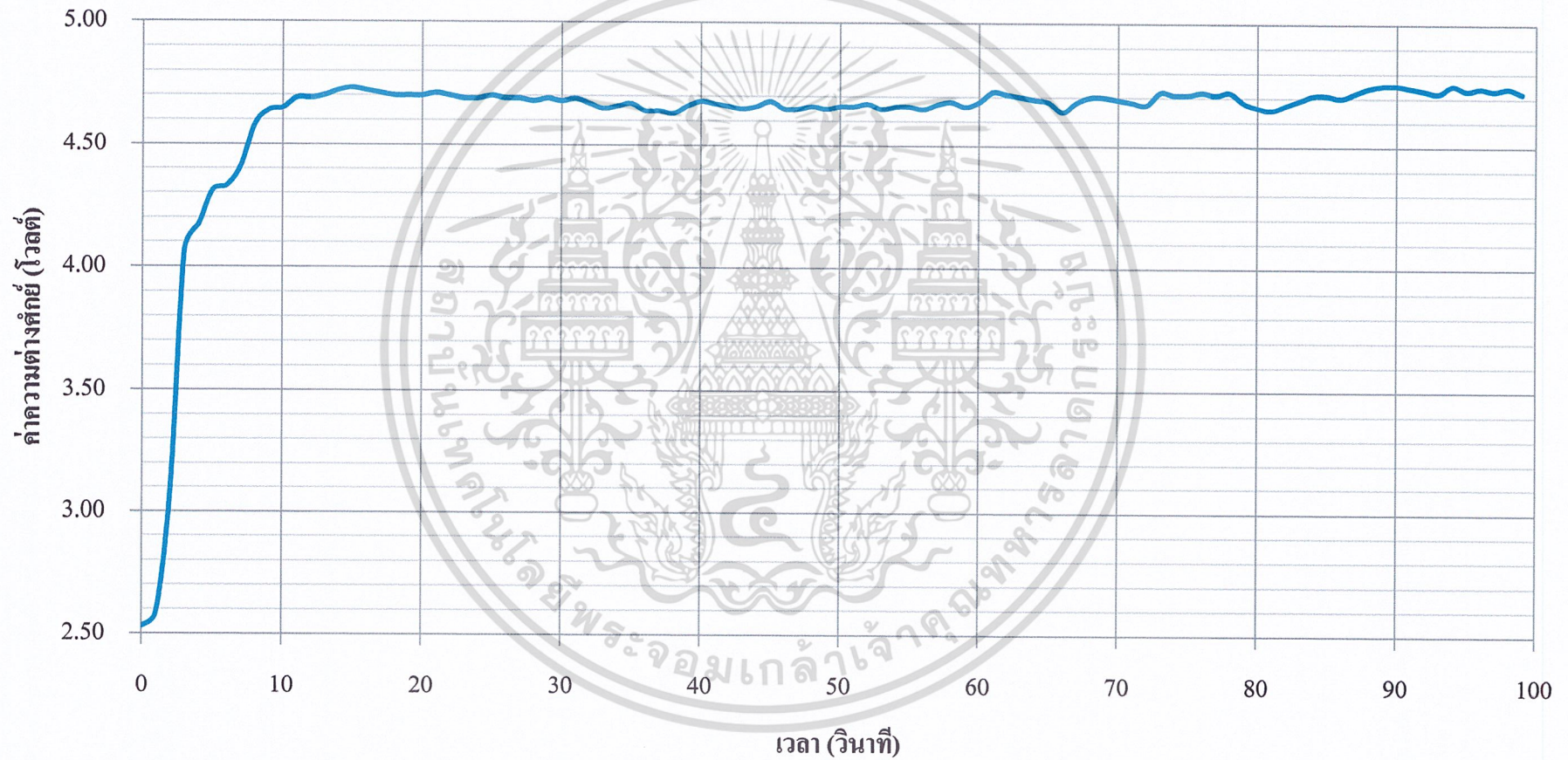


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ครั้งที่ 3 (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ MITSUBISHI รุ่น MINI-Z PAJERO ที่ใช้น้ำมัน แก๊สโซฮอล์91



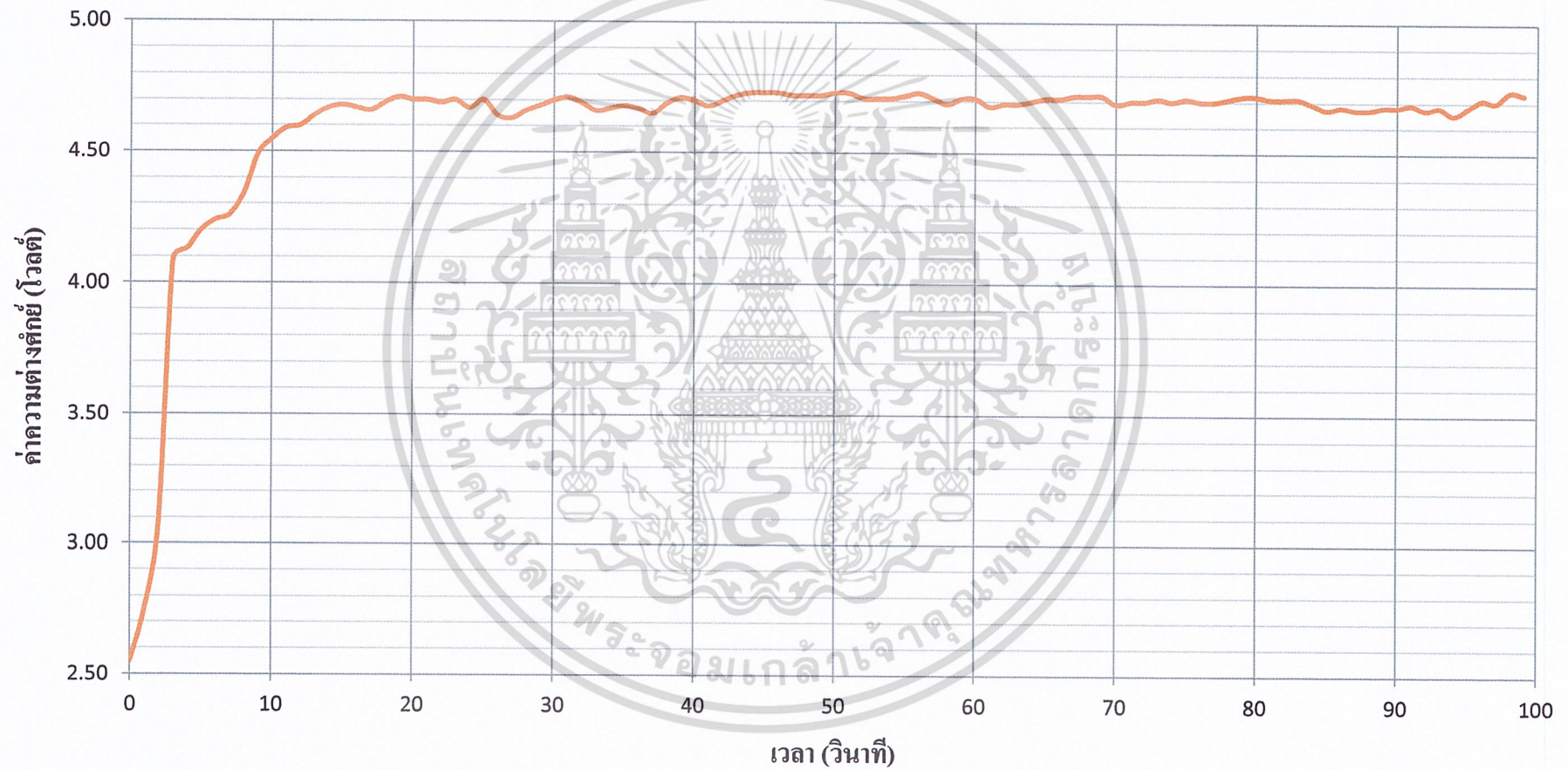
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ครั้งที่ 1 (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ NISSAN รุ่น

NOTE ที่ใช้น้ำมัน แก๊สโซฮอล์95



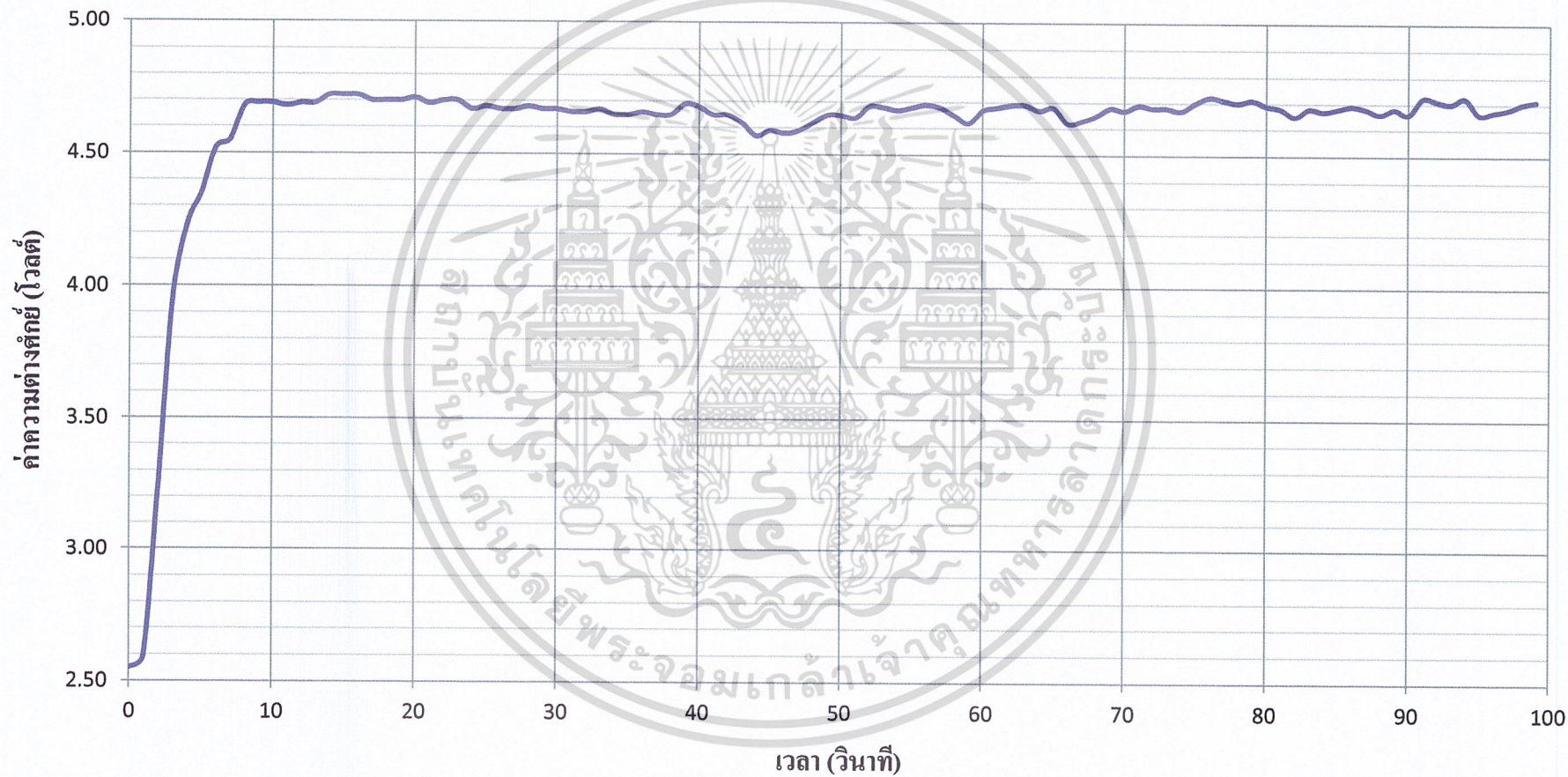
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ครั้งที่ 2 (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ NISSAN รุ่น

NOTE ที่ใช้น้ำมัน แก๊สโซฮอล์95

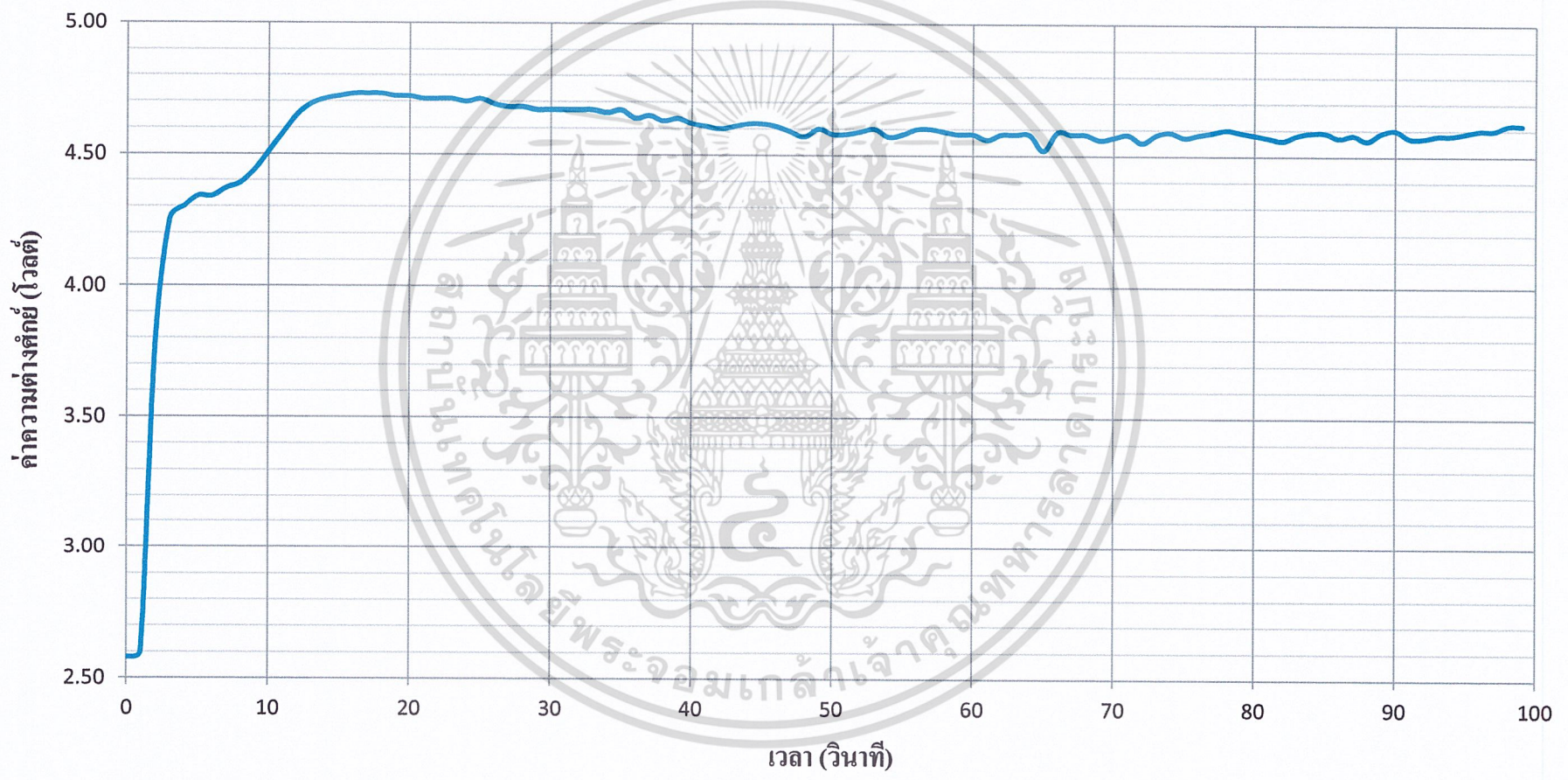


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ครั้งที่ 3 (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ NISSAN รุ่น

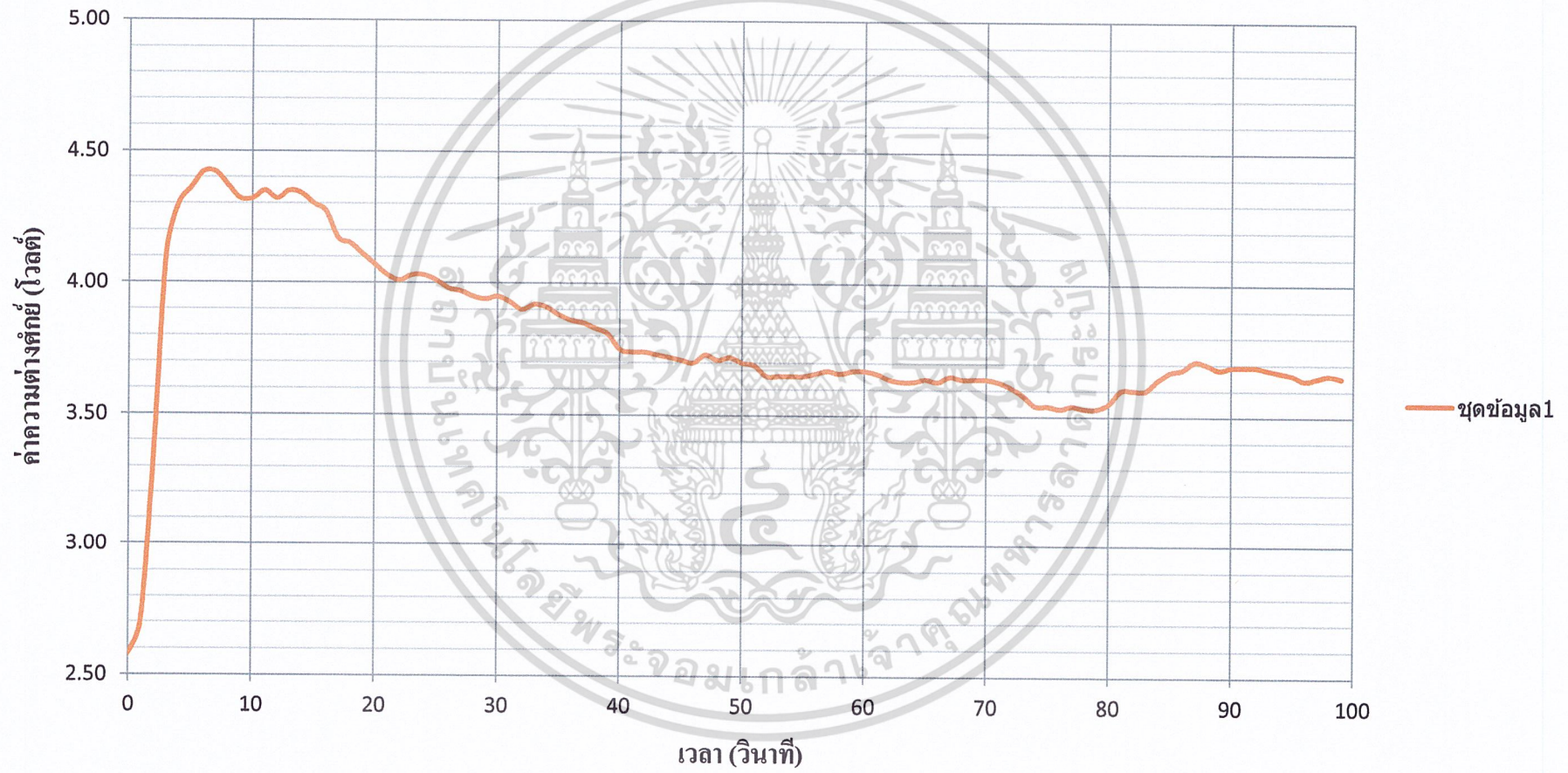
NOTE ที่ใช้น้ำมัน แก๊สโซฮอล์95



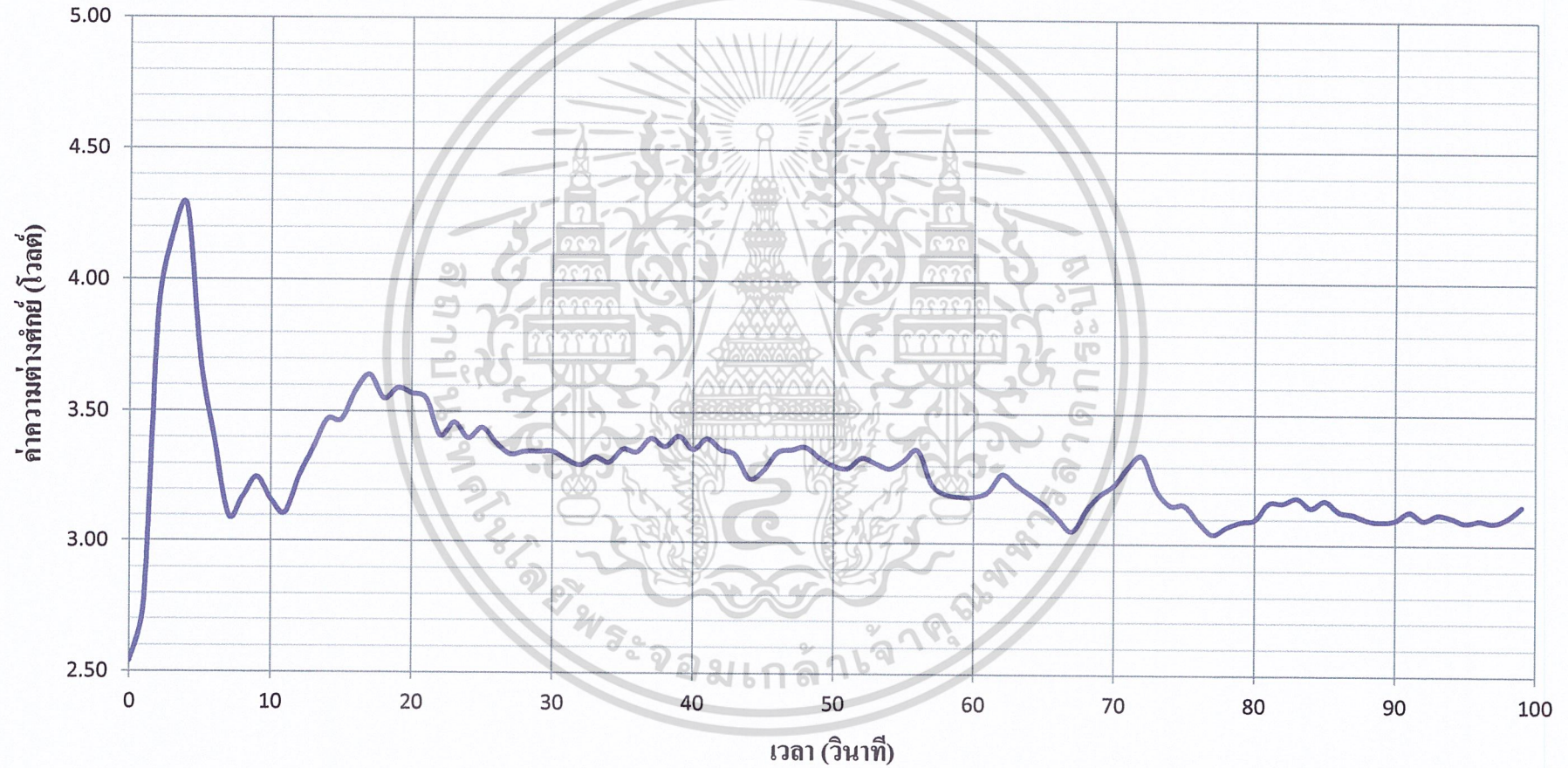
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ครั้งที่ 1 (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ HONDA รุ่น JAZZ
ที่ใช้ น้ำมัน แก๊สโซฮอล์ 95



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ครั้งที่ 2 (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ HONDA รุ่น JAZZ
ที่ใช้ น้ำมัน แก๊สโซฮอล์ 95



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์ครั้งที่ 3 (โวลต์) กับ เวลา (วินาที) ของรถยนต์ HONDA รุ่น JAZZ
ที่ใช้ น้ำมัน แก๊สโซฮอล์ 95





ภาคผนวก ก

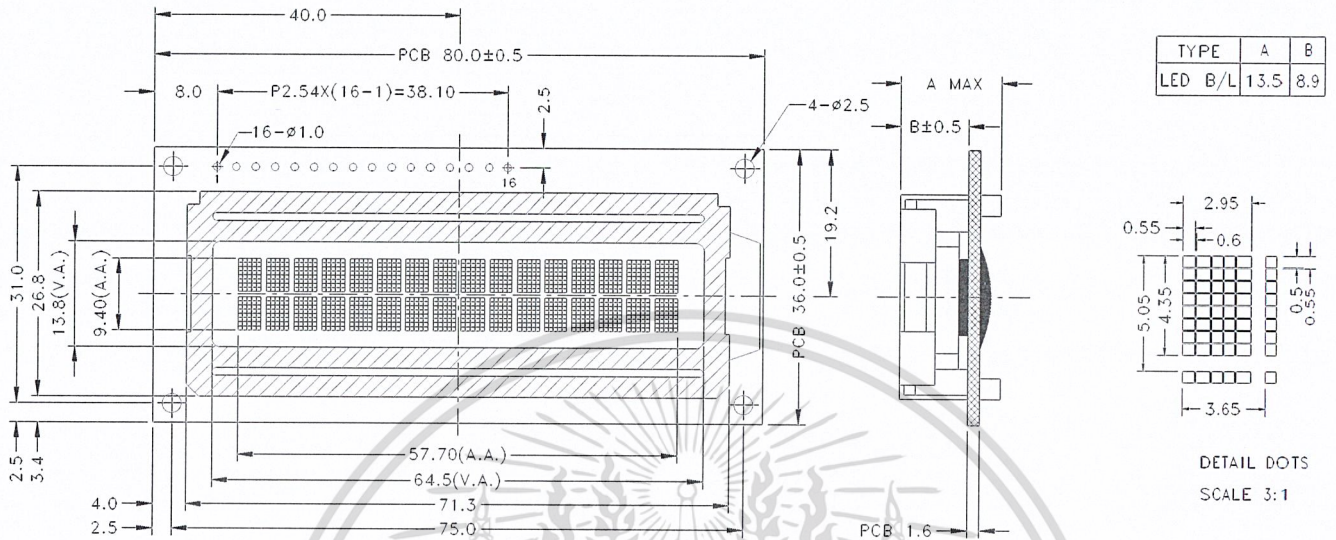
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Outline Dimension



Feature:

- 16X2 Characters
- STN/TRANSFLCETIVE/POSITIVE/Y-G
- White/side-light (LED)
- Operating Temp.: -10°C ~ +60°C
- 1/16 duty cycle, 1/5 Bias
- Built-in Controller (SPLC780D1 or equivalent)
- Viewing angle: 6° clock

Electrical Characteristic:

Character Type

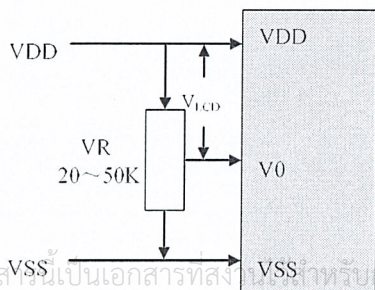
(VSS=0V, Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Condition	M _{IN}	T _{YP}	M _{AX}	Unit
Supply voltage for logic	V _{DD}	--	4.8	5.0	5.2	V
Supply current for logic	I _{DD}	--	--	1.5	--	mA
Operating voltage for LCD	V _{LED}	-10°C	--	--	--	V
		+25°C	--	5.0	--	V
		+60°C	--	--	--	V
Supply voltage for Backlight	V _{BL}	--	--	5.0	--	V
Supply current for Backlight	I _{BL}	--	--	15	--	mA

Absolute Maximum Rating:

Item	Symbol	Standard value			Unit
		M _{IN}	T _{YP}	M _{AX}	
Power supply for logic	V _{DD} -V _{SS}	-0.3	--	7.0	V
Input voltage	V _I	-0.3	--	V _{DD} +0.3	V

Adjusting Display Contrast:



Interface Pin Connections:

Pin No.	Symbol	Level	Description
1	VSS	0V	Ground.
2	VDD	+5.0V	Supply voltage for logic operating.
3	V ₀	--	Adjusting voltage for LCD driving (variable).
4	RS	H/L	A signal for selecting registers: 1: Data Register (for read and write) 0: Instruction Register (for write), Busy flag-Address Counter (for read)
5	R/W	H/L	R/W = "H": Read mode. R/W = "L": Write mode.
6	E	H/L	An enable signal for writing or reading data
7~14	DB0~DB7	H/L	8-bit bi-directional data-bus.
15	LED+	+5.0V	Power supply for Backlight
16	LED-	0V	The backlight ground

Note: Adjust V₀ to V_{SS} as an initial setting. When the module is operational, readjust V₀ for optimal display appearance.

LM741

Operational Amplifier

General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

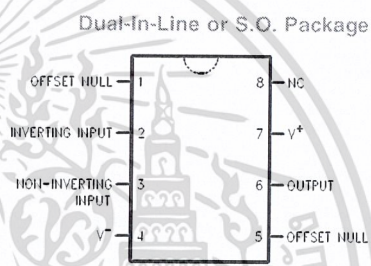
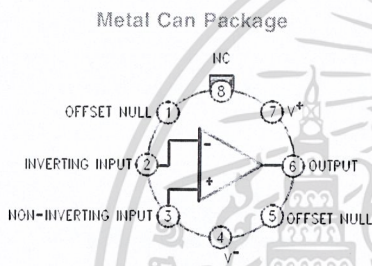
The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and

output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C is identical to the LM741/LM741A except that the LM741C has their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Features

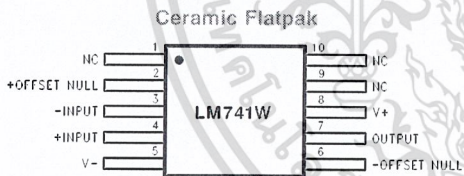
Connection Diagrams



Note 1: LM741H is available per JM38510/10101

Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 1),
LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

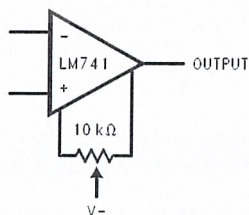
Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E



Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

Typical Application

Offset Nulling Circuit



00934107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Features

- High performance, low power Atmel® AVR® 8-bit microcontroller
- Advanced RISC architecture
 - 131 powerful instructions – most single clock cycle execution
 - 32 × 8 general purpose working registers
 - Fully static operation
 - Up to 20 MIPS throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle multiplier
- High endurance non-volatile memory segments
 - 4/8/16 Kbytes of in-system self-programmable flash program memory
 - 256/512/512 bytes EEPROM
 - 512/1K/1Kbytes internal SRAM
 - Write/erase cycles: 10,000 flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional boot code section with independent lock bits
 - In-system programming by on-chip boot program
 - True read-while-write operation
 - Programming lock for software security
- QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix acquisition
 - Up to 64 sense channels
- Peripheral features
 - Two 8-bit timer/counters with separate prescaler and compare mode
 - One 16-bit timer/counter with separate prescaler, compare mode, and capture mode
 - Real time counter with separate oscillator
 - Six PWM channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Programmable serial USART
 - Master/slave SPI serial interface
 - Byte-oriented 2-wire serial interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable watchdog timer with separate on-chip oscillator
 - On-chip analog comparator
 - Interrupt and wake-up on pin change
- Special microcontroller features
 - DebugWIRE on-chip debug system
 - Power-on reset and programmable brown-out detection
 - Internal calibrated oscillator
 - External and internal interrupt sources
 - Five sleep modes: Idle, ADC noise reduction, power-save, power-down, and standby
- I/O and packages
 - 23 programmable I/O lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating voltage:
 - 1.8V - 5.5V for Atmel ATmega48V/88V/168V
 - 2.7V - 5.5V for Atmel ATmega48/88/168
- Temperature range:
 - -40°C to 85°C
- Speed grade:
 - ATmega48V/88V/168V: 0 - 4MHz @ 1.8V - 5.5V, 0 - 10MHz @ 2.7V - 5.5V
 - ATmega48/88/168: 0 - 10MHz @ 2.7V - 5.5V, 0 - 20MHz @ 4.5V - 5.5V
- Low power consumption
 - Active mode:
 - 250µA at 1MHz, 1.8V
 - 15µA at 32kHz, 1.8V (including oscillator)
 - Power-down mode:
 - 0.1µA at 1.8V

Note: 1. See "Data retention" on page 8 for details.



8-bit Atmel Microcontroller with 4/8/16K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega48V
ATmega88V
ATmega168V

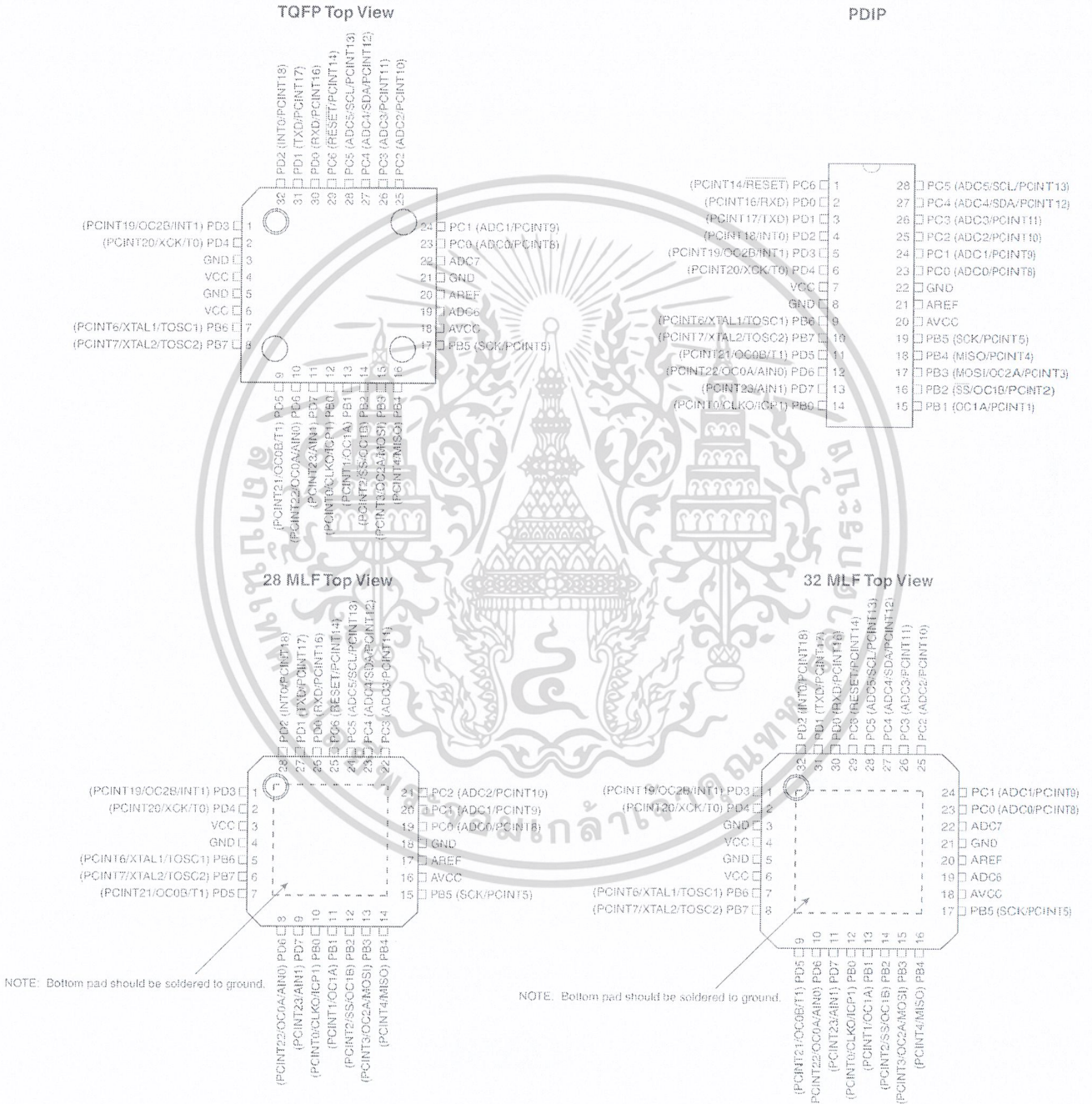
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สงวนลิขสิทธิ์ทุกประการ ยินดีพินิจพิเคราะห์และปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เสมอ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. Pin configurations

Figure 1-1. Pinout Atmel ATmega48/88/168.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 วิศวกรณเด็ฯ พงสน ยักพงทามเด็ฯให้แ้บ้ AMEL ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 Pin descriptions

1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.1.2 GND

Ground.

1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..6 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "Alternate functions of port B" on page 78 and "System clock and clock options" on page 27.

1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5..0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

1.1.5 PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 29-3 on page 307. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "Alternate functions of port C" on page 81.

1.1.6 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up

resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

The various special features of Port D are elaborated in “Alternate functions of port D” on page 84.

1.1.7 AV_{CC}

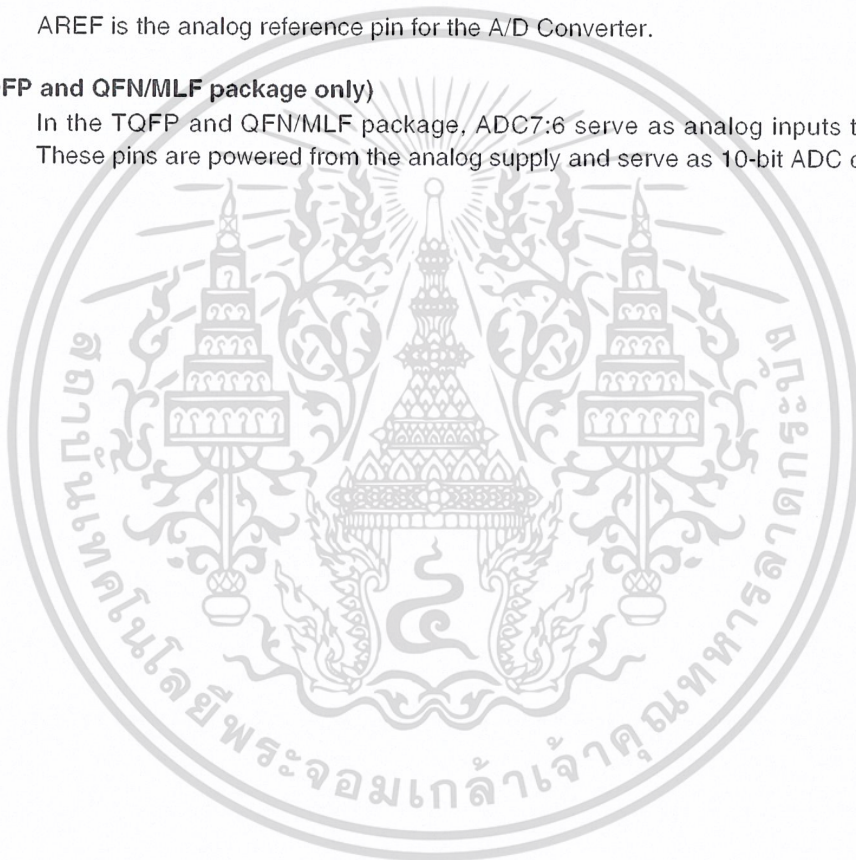
AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that PC6..4 use digital supply voltage, V_{CC}.

1.1.8 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

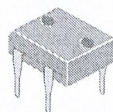
1.1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF package only)

In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

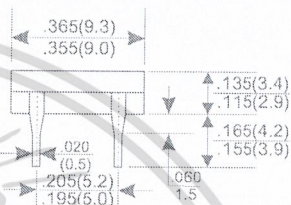
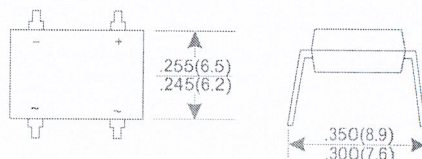


RoHS Compliant Product

A suffix of "-C" specifies halogen & lead-free



DB-1



Dimensions in inches and (millimeters)

FEATURES

- * Ideal for printed circuit board
- * Reliable low cost construction utilizing molded plastic technique
- * High surge current capability
- * Polarity: marked on body
- * Mounting position: Any
- * Weight: 1.0 grams

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Rating 25°C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

TYPE NUMBER	DB101	DB102	DB103	DB104	DB105	DB106	DB107	UNITS	
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V	
Maximum RMS Voltage	35	70	140	280	420	560	700	V	
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V	
Maximum Average Forward Rectified Current									
.375"(9.5mm) Lead Length at Ta=40°C								1.0	A
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)								50	A
Maximum Forward Voltage Drop per Bridge Element at 1.0A D.C.								1.1	V
Maximum DC Reverse Current								10	mA
at Rated DC Blocking Voltage								500	mA
Operating Temperature Range, Tj								-65 ~ +125	°C
Storage Temperature Range, Tstg								-65 ~ +150	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (DB101 THRU DB107)

FIG.1-TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

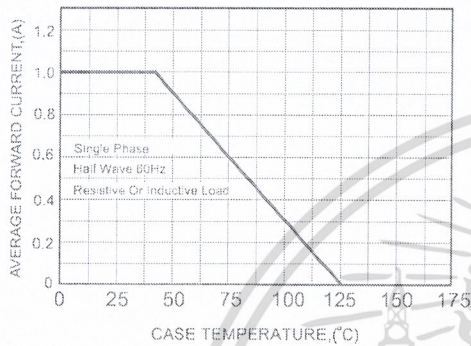


FIG.2-MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT

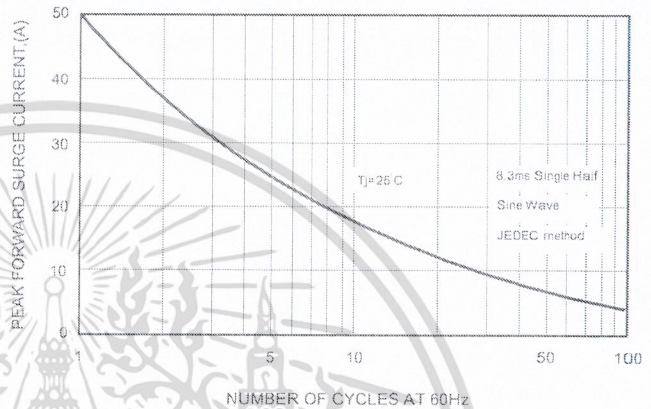


FIG.3-TYPICAL FORWARD CHARACTERISTICS

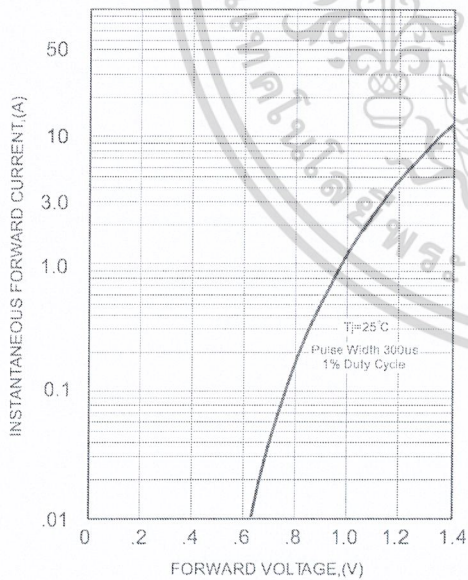
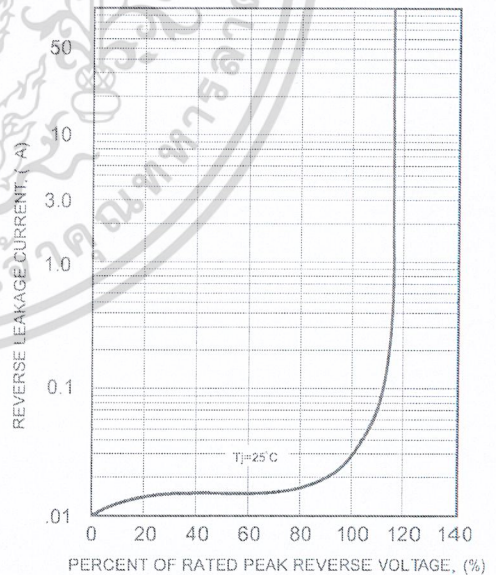


FIG.4-TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

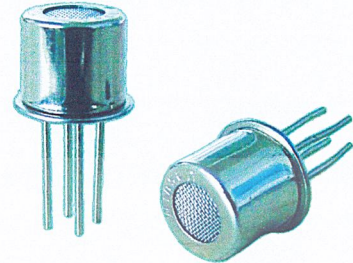


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MP135 Flat Surface Gas Sensor

Overview

MP135 flat surfaced sensor is used for flammable gas detection, which adopts advanced flat production technology. The heater and metal oxide semiconductor material on the ceramic substrate of subminiature Al₂O₃ are fetched out by electrode down-lead, encapsulated in metal socket and cap. When the target gas exists, the higher the concentration of target gas in the air, the higher conductivity of sensor is. Use simple electro circuit to convert the variation of conductivity to output signal corresponds to gas concentration.



Features

- * High selectivity to H₂
- * Small size
- * 5V rated voltage, low consumption
- * Fast response and resume
- * Good stability and long life
- * Simple drive circuit

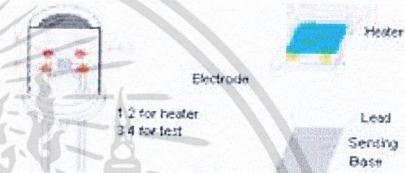
Application

Widely used for household harmful gas detection and Air fresh

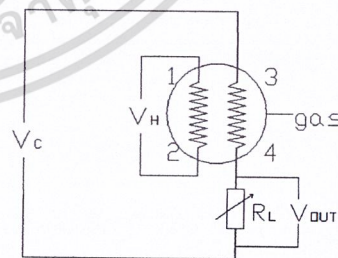
Performance parameters

Model		MP135
Type		Semiconductor flat surfaced gas sensor
Standard encapsulation		Metal
Target gas		H ₂ , Alcohol, CO
Detection concentration		10-1000ppm H ₂ 10-1000ppm Alcohol 10-500ppmCO
Standard circuit	Loop voltage	V _c ≤24V DC
	Heating voltage	V _H 5.0V±0.2V AC or DC
	Load resistance	R _L Adjustable
Standard features of sensor	Heating resistance	R _H 110Ω±10Ω (Room Tem.)
	Heating consumption	P _H ≤240mW
	Surface resistance	R _s 10KΩ-100KΩ (in 50ppm H ₂)
	Sensitivity	S R _s (in air)/R _s (50ppmH ₂) ≥3
	Concentration slope	α ≤0.6 (R _{30ppm H₂} /R _{30ppm H₂})
Standard condition of test	Temperature, humidity	20°C±2°C; 65%±5%RH
	Standard testing circuit	V _c : 5.0V±0.1V; V _H : 5.0V±0.1V
	Warm-up time	More than 48 hours

Configuration



Basic testing circuit



Calculation formula of sensor's consumption:

$$P_s = V_c^2 \times R_s / (R_s + R_L)^2$$

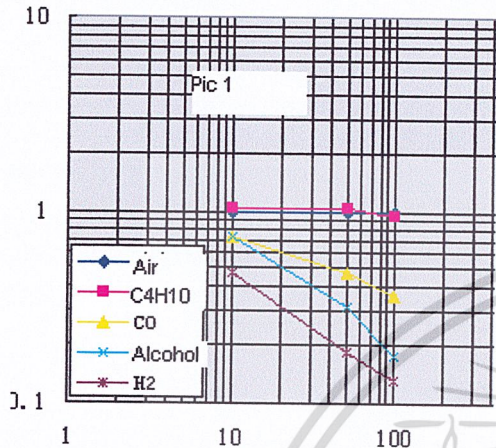
Calculation formula of sensor's resistance:

$$R_s = (V_c / V_{RL} - 1) \times R_L$$

Shock resistance

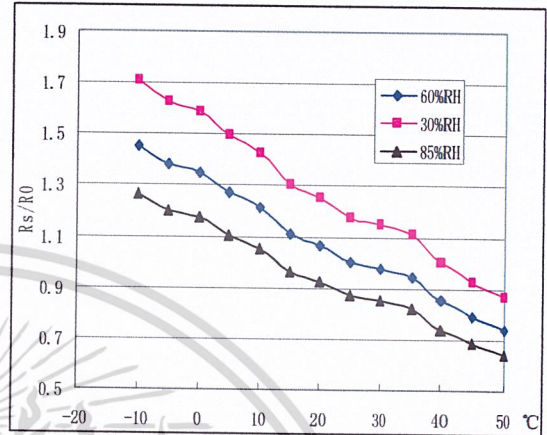
Vibration: frequency-1000 times/min, full swing-4mm, duration time-1 hour, vertical direction
 Impact: acceleration-100G, vertical direction, repeat 5 times

Sensitivity features



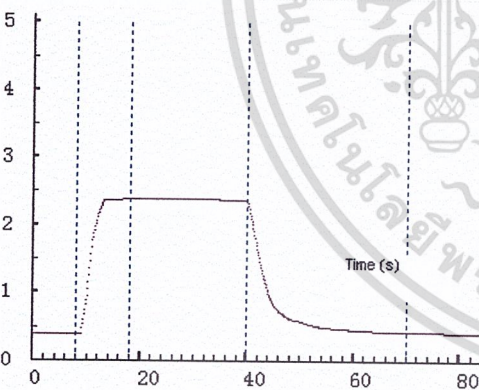
Pic1: Rs expresses the resistance of sensor in different concentration of gas. R0 expresses the resistance of sensor in clean air. All the tests in the picture are all finished under the standard testing condition.

Effects of temperature and humidity

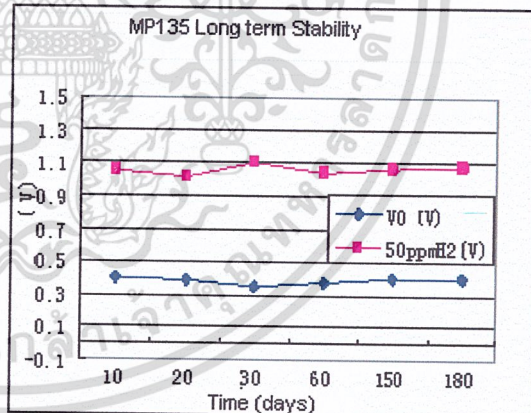


Pic2: Rs expresses the resistance under 50ppmH2 and various temperature and humidity conditions. R0 expressed the resistance under 50ppmH2 and 20°C/65%RH conditions.

Response and resume



Long-term stability



Note

1 Following conditions must be avoided.

1.1 Exposed to organic silicon steam.

If organic silicon steam is adsorbed on the surface of sensor, sensitive material of sensor will be coated, which will restrain sensitivity of sensor and beyond retrieve. The sensor should avoid exposing to where existing of silicon adhesive, fixture, silicon latex, putty or other plastic additive contains silicon.

1.2 High corrosive gas environment

If the sensors exposed to high concentration corrosive gas (such as H₂S, SO_x, Cl₂, HCl etc), it will not only result in corrosion,

of sensors structure, also it will make the sensitive materials changed irreversibly.

1.3 Alkali, Alkali metals salt, halogen pollution

The sensors performance will lead to deterioration if sensors are sprayed polluted by alkali metals salt especially brine, or exposed to halogen such as fluorin.

1.4 Exposed to the water

The sensitivity of sensor will be reduced when spattered or dipped in water.

1.5 Freezing

If icing up on surface of sensor, it will lead sensitive material disintegrate then lose sensitivity.

1.6 Applied voltage overhigh

If applied voltage on sensors or heater higher than specified value, it will lead to wire lead and heater broken, and reduce its sensitivity, even if sensors have no physics damage.

2 Following conditions should be possibly avoided

2.1 Condensation water

Under indoor conditions, slight condensation water will effect performance of sensor lightly. However, if condensation water on the surface of sensor and keep a certain period, sensitivity of sensor will decrease.

2.2 Used in high gas concentration

No matter the sensor is electrified or not, if placed in high gas concentration for a long time, it will effect features of sensor.

2.3 Long time storage

If stored for long time without being electrified, the resistance of sensor produces reversible drift, which is related with storage conditions. Sensor should be stored in airproof without silicon gel bag with clean air. For the sensor with long time storage but no electrify, they need long aging time for stability before using.

2.4 Long time exposed to adverse environment

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

2.5 Vibration

Continual vibration will result in sensor down-lead resonance then rupture. 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

For sensors, handmade welding is optional way. If use wave crest welding should meet the following conditions:

2.7.1 Soldering flux: rosin soldering flux contains least chlorine.

2.7.2 Speed: 1-2 Meter/Minute

2.7.3 Warm-up temperature: $100\pm 20^{\circ}\text{C}$

2.7.4 Welding temperature: $250\pm 10^{\circ}\text{C}$

2.7.5 A single pass wave crest welding machine

If disobey the above using terms, the sensitivity of sensor will be reduced.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ประวัติผู้จัดทำโครงการวิจัย

นางสาวภูรินรัตน์ ชั้นพรภักดี เกิดเมื่อวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2533 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนลาซาลกรุงเทพ เมื่อปีการศึกษา 2552 จากนั้นเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาวิชาเครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2556

นายอภิวัตร วรรณศิริ เกิดเมื่อวันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2533 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนมานิตานุเคราะห์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนสุราษฎร์พิทยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏ จังหวัดสงขลา เมื่อปีการศึกษา 2552 จากนั้นเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาวิชาเครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้