



เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ

โดย

นางสาวกฤติกาญจน์	สุวรรณสิทธิ์	B5308958
นางสาวกนิษฐา	ก่อสัมพันธ์กุล	B5309467
นายณัฏ	สาสังข์	B5330461



รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2545
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2556

โครงการ	เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ		
จัดทำโดย	นางสาวกฤติกาญจน์	สุวรรณสิทธิ์	B5308958
	นางสาวกนิษฐา	ก่อสัมพันธ์กุล	B5309467
	นายณัฐก	สาสังข์	B5330461
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูติมา พรหมมาก		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม		
ภาคการศึกษา	1/2556		

บทคัดย่อ (Abstract)

โครงการนี้เป็นการศึกษาโครงสร้างของเครื่องแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ โดยเป็นการประยุกต์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 กับ sensor วัดแอลกอฮอล์ TGS 2620 โดยใช้ภาษา C เป็นตัวสั่งการ โดยเมื่อเราเป่าลมหายใจไปยังตัวเซนเซอร์ก็จะทำการรับค่าและสามารถคำนวณระดับแอลกอฮอล์ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์มิลลิกรัมแสดงออกที่หน้าจอ LCD ซึ่งหากมีค่าเกิน 50 %mg ก็จะสั่งให้ Buzzer มีเสียงเตือน และ LED จะพริบ จากการทดสอบพบว่าเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับเครื่องจริงที่ได้มาตรฐาน โดยมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่าเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจนี้สามารถนำไปใช้งานเทียบเท่าเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่มีมาตรฐานได้ และยังมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าเครื่องในท้องตลาดเป็นอย่างมาก

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการเรื่องเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากคณะผู้จัดทำโครงการได้รับความช่วยเหลือด้านต่างๆจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผ.ศ. ดร. ชุตินาพรหมมาก ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้านแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์แก่คณะผู้จัดทำเพื่อยืมเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐานมาใช้ในการทดลอง และสุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่ท่านทั้งสองให้การดูแลเอาใจใส่คอยให้กำลังใจและอยู่เคียงข้างมาโดยตลอดจนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงการใคร่ขอกราบขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้สำหรับส่วนดีของโครงการชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำโครงการ หากโครงการชิ้นนี้มีข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำโครงการใคร่ขอน้อมรับและขออภัยมา ณ ที่นี้

นางสาวกฤติกาญจน์ สุวรรณสิทธิ์

นางสาวกนิษฐา ก่อสัมพันธ์กุล

นายณัฏฐ์ สาสังข์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ.....	1
1.2 หลักการและเหตุผล.....	1
1.3 วัตถุประสงค์.....	2
1.4 ขอบเขตงาน.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 บทนำ.....	4
2.2 แอลกอฮอล์และเครื่องมือที่มีแอลกอฮอล์.....	4
2.2.1 คุณสมบัติทั่วไปของแอลกอฮอล์.....	4
2.2.2 ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ	5
2.2.3 แอลกอฮอล์ในร่างกายมนุษย์.....	5
2.2.4 การวินิจฉัยคนเมา.....	6
2.2.5 แอลกอฮอล์กับอุบัติเหตุจราจร.....	8
2.2.6 ระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ถือว่าผิดกฎหมาย.....	9
2.3 การตรวจวัดแอลกอฮอล์ในร่างกาย.....	11
2.3.1 เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ.....	12
2.3.2 การทำงานของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ.....	12
2.3.3 ตัวอย่างตัวตรวจจับแอลกอฮอล์แบบต่างๆ	14

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

2.3.4 ผลของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อร่างกายและจิตใจ.....	14
2.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ในเลือดกับโอกาสเกิดอุบัติเหตุจราจร.....	16
2.4 เครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจแบบ Semiconductor.....	17
2.4.1 เซนเซอร์ตรวจวัดแอลกอฮอล์.....	17
2.4.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino.....	21
2.5 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย Arduino.....	24
2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์คืออะไร.....	24
2.5.2 Arduino คืออะไร.....	26
2.5.3 ตัวอย่างการใช้ Arduino กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์.....	28
บทที่ 3 หลักการทำงานของอุปกรณ์และโปรแกรม ในการใช้งานเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ	
3.1 บทนำ.....	33
3.2 โครงสร้างของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ.....	33
3.2 Hardware ของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ.....	34
3.3.1 เซนเซอร์วัดแอลกอฮอล์ TGS 2620.....	34
3.3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Arduino UNO R3.....	38
3.3.3 จอแสดงผล LCD.....	41
3.3.4 หลอดไฟ LED.....	42
3.3.5 ออกดกล (EMB – 2306L).....	43
3.4 การเขียนโปรแกรมของเครื่องวัดแอลกอฮอล์.....	44
3.4.1 แผนผังการทำงานของโปรแกรม (Flow chart).....	44
3.4.2 Code program และคำอธิบาย.....	45
3.4.3 การเขียนโปรแกรม Arduino IDE.....	48
3.4.4 การโหลดโปรแกรมลงบอร์ด.....	51

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ	
4.1 บทนำ.....	57
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	57
4.3 วิธีการทดลอง.....	58
4.4 ผลการทดลอง.....	59
4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	61
4.6 สรุปผลการทดลอง.....	65
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 บทนำ.....	66
5.2 บทสรุปผลของโครงการ.....	66
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	67
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	67
บรรณานุกรม.....	68
ประวัติผู้เขียน.....	69
ภาคผนวก ก ภาพอุปกรณ์วัดระดับแอลกอฮอล์.....	70
ภาคผนวก ข เอกสารการสอบเทียบเครื่องวัดแอลกอฮอล์ในเลือดจากลมหายใจ.....	72
ภาคผนวก ค ข้อมูลเชิงเทคนิคของเซนเซอร์ TGS 2620.....	73

สารบัญรูป

รายการ	หน้า
รูปที่ 2-1 แสดงความสัมพันธ์ของระดับแอลกอฮอล์ในลมหายใจ กับปริมาตรของลมหายใจที่เป่าออกมา.....	13
รูปที่ 2-2 แสดงโครงสร้างทางวงจรไฟฟ้าของเซนเซอร์ตรวจจับแอลกอฮอล์.....	17
รูปที่ 2-3 แสดงวิธีหาค่าความต้านทาน RS โดยใช้ Ohm meter.....	18
รูปที่ 2-4 แสดงวิธีหาค่าความต้านทาน RS โดยใช้กฎแบ่งแรงดัน Voltage Divider (ก).....	18
รูปที่ 2-5 แสดงวิธีหาค่าความต้านทาน RS โดยใช้กฎแบ่งแรงดัน Voltage Divider (ข).....	19
รูปที่ 2-6 แสดงการต่อเซนเซอร์ตรวจจับแอลกอฮอล์เข้ากับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Arduino.....	20
รูปที่ 2-7 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ชนิดต่างๆ.....	22
รูปที่ 2-8 แสดงการส่งข้อมูลของตัว Microcontroller	25
รูปที่ 2-9 สถาปัตยกรรมพื้นฐานของ Microcontroller.....	25
รูปที่ 2-10 หน้าตาของ Arduino Software Developer.....	27
รูปที่ 3-1 โครงสร้างของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ.....	33
รูปที่ 3-2 วงจรพื้นฐานของเซนเซอร์ TGS 2620.....	34
รูปที่ 3-3 กราฟแสดงการตอบสนองของก๊าซชนิดต่างๆ.....	35
รูปที่ 3-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{RL} กับความเข้มข้นของก๊าซที่ตรวจจับได้ (PPM)...	36
รูปที่ 3-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันเอาต์พุตกับ PPM.....	36
รูปที่ 3-6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Aduino UNO R3.....	38
รูปที่ 3-7 โครงสร้างของบอร์ด Aduino UNO R3.....	40
รูปที่ 3-8 การต่อ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino.....	41
รูปที่ 3-9 ส่วนประกอบของ Light-Emitting Diode.....	42
รูปที่ 3-10 Buzzer.....	43
รูปที่ 3-11 แสดงขนาดและกราฟคุณสมบัติเปรียบเทียบระหว่างความดังในหน่วย dB กระแสไฟ และแรงดัน V_{DC} ที่ใช้ตามลำดับ.....	43
รูปที่ 4-1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	57
รูปที่ 4-2 กราฟแสดงข้อมูลภาพรวมของค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์.....	63

สารบัญรูป (ต่อ)

รายการ

หน้า

รูปที่ 4-3	กราฟแสดงข้อมูลภาพรวมของค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อแยกวิเคราะห์ข้อมูลจากอาสาสมัครที่มีการดื่มเท่านั้น.....	64
------------	---	----



สารบัญตาราง

รายการ	หน้า
ตารางที่ 2-1 ปริมาณแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มชนิดต่างๆ.....	5
ตารางที่ 2-2 แสดงผลของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อร่างกายและจิตใจ....	14
ตารางที่ 2-3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดกับ โอกาสเกิดอุบัติเหตุจราจร.....	16
ตารางที่ 2-4 แสดงรายละเอียดคุณสมบัติของบอร์ด Arduino แต่ละตัว.....	23
ตารางที่ 4-1 คนที่ 1 เพศชาย ดื่ม.....	59
ตารางที่ 4-2 คนที่ 2 เพศชาย ดื่ม.....	60
ตารางที่ 4-3 คนที่ 3 เพศชาย ดื่ม.....	60
ตารางที่ 4-4 คนที่ 4 เพศชาย ไม่ได้ดื่ม.....	60
ตารางที่ 4-5 คนที่ 5 เพศหญิง ดื่ม.....	61
ตารางที่ 4-6 คนที่ 6 เพศหญิง ดื่ม.....	61
ตารางที่ 4-7 คนที่ 7 เพศหญิง ไม่ได้ดื่ม.....	61
ตารางที่ 4-8 คนที่ 8 เพศหญิง ไม่ได้ดื่ม.....	62
ตารางที่ 4-9 ข้อมูลภาพรวมของอาสาสมัครทั้ง 8 คน.....	62

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ความรู้และการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ นับว่ามีความสำคัญและจำเป็นต่อโลกปัจจุบันเป็นอย่างมาก เทคโนโลยีถูกสร้างและพัฒนาขึ้นแทบทุกวินาทีเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ ทั้งด้านการสื่อสาร การแพทย์ การคมนาคม ความบันเทิง และทุกอย่างที่คิดจะถูกทำให้เป็นเรื่องง่ายยิ่งขึ้นไปเรื่อยๆ ซึ่งทั้งนี้พื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่จะช่วยทำให้เกิดสิ่งเหล่านี้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาจากคำสองคำบวกกัน คือ ไมโคร กับ คอนโทรลเลอร์ ไมโคร แปลว่า เล็กๆ ส่วนคอนโทรลเลอร์แปลว่าระบบควบคุม ดังนั้น เมื่อรวมสองคำเข้าด้วยกัน ก็แปลว่า ระบบควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งเทียบได้กับระบบคอมพิวเตอร์หนึ่งชุด กล่าวคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รวบรวม ระบบประมวลผล CPU (Central Processing Unit) หน่วยความจำ (Memory) และ พอร์ต (I/O Port) ไว้ในโมดูล เดียวกันซึ่งแตกต่างจากไมโครเซสเซอร์ตรงที่ ไมโครโปรเซสเซอร์ จะต้องต่ออุปกรณ์ หน่วยความจำและพอร์ตอินเทอร์เฟซข้างนอก เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดเล็ก มียืดหยุ่น และสามารถสูงจึงนิยมฝังไว้ในอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรือ อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นั้น เช่น ทีวี เครื่องซักผ้า มือถือ รีโมท กล้อง ECU รถยนต์ เครื่องบิน หรือ แม้กระทั่ง บางส่วนของยานอวกาศ

1.2 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบัน เทคโนโลยีได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตของมนุษย์อย่างขาดไม่ได้ ซึ่งทำให้มนุษย์มีความสะดวกสบาย กล่าวคือ สามารถลดขั้นตอนที่ซับซ้อนและระยะเวลาในการทำงานหนึ่งๆลงได้ และยังคงมีประสิทธิภาพ เช่นการใช้อินเทอร์เน็ตอ่านข่าวแทนหนังสือพิมพ์ การโทรศัพท์แทนการส่งจดหมาย ตลอดจนการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องพึ่งกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์อีกต่อไปนั่นเอง

เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจนั้น ก็เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างหนึ่งของการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้แทนที่การทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ไม่ต้องพึ่งพาขั้นตอนที่ยากของการตรวจวัด ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวถูกใช้โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจที่ทำหน้าที่ตรวจสอบผู้กระทำความผิดตามกฎหมาย โดยต้องการความรวดเร็วและแม่นยำในการตรวจสอบว่ามีผู้ใดเมาแล้วขับหรือไม่

อุปกรณ์นี้จึงถูกสร้างขึ้นมาจากเทคโนโลยีสมัยใหม่ให้มีประสิทธิภาพแต่ละระยะเวลาและขั้นตอนที่ย่งยากในการตรวจวัดออกไปได้

โครงการนี้ได้นำเสนอการพัฒนาและสร้างเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ บนพื้นฐานของโปรแกรมภาษา C ควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ที่ติดตั้ง Sensor TGS 2620 ตรวจวัดระดับสารที่เป็นแอลกอฮอล์ในลมหายใจ ที่สามารถแปรผลและคำนวณระดับแอลกอฮอล์ในร่างกายมนุษย์ได้

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา Sensor TGS2620 ในการใช้งานและเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino
2. เพื่อศึกษาวิธีการใช้งานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino
3. เพื่อศึกษาการทำงานและประยุกต์การใช้งานโปรแกรม Arduino IDE บนพื้นฐานภาษา C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino
4. เพื่อสามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE บนพื้นฐานภาษา C มาควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และ Sensor ได้
5. เพื่อให้สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีต่างๆ มาประยุกต์และพัฒนาเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ และใช้ได้จริงได้
6. เพื่อพัฒนาเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ที่มีต้นทุนถูกกว่าท้องตลาดได้
7. เพื่อฝึกการทำงานเป็นทีม การแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น

1.4 ขอบเขตงาน

1. ศึกษาและพัฒนาเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจด้วย Microcontroller Arduino UNO R3 ที่ทำงานร่วมกันกับ Sensor TGS2620
2. ศึกษาและพัฒนาโปรแกรม Arduino IDE บนพื้นฐานภาษา C เพื่อใช้สั่งการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ทำงานเพื่อวัดและคำนวณระดับแอลกอฮอล์ในลมหายใจ
3. ศึกษาและพัฒนาโปรแกรม Arduino IDE บนพื้นฐานภาษา C ให้สามารถรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 แล้วทำการแสดงผลไปยังจอ LCD

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษา ค้นคว้าข้อมูล
2. เขียนโครงการและเสนอโครงการกับอาจารย์ที่ปรึกษา
3. ศึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 และ Sensor วัดแอลกอฮอล์

TGS2620

4. เก็บข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐานกับ Sensor ที่ใช้
5. หาค่าความสัมพันธ์ของเซนเซอร์เพื่อแปลงจากหน่วย Volt เป็นเปอร์เซ็นต์

มิลลิกรัม

6. ออกแบบ Flow chart และเขียนโปรแกรม
7. เชื่อมการทำงานของ Sensor TGS2620 และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ด้วยโปรแกรม Arduino IDE บนพื้นฐานภาษา C
8. ทดลอง สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน
9. นำเสนอโครงงาน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้เกี่ยวกับ โปรแกรม Arduino และ โปรแกรมภาษา C และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกี่ยวข้องกับหัวข้อโครงงานได้
2. มีความรู้เกี่ยวกับ Microcontroller Arduino และสามารถ นำมาประยุกต์ใช้ให้เกี่ยวข้องกับหัวข้อโครงงานได้
3. มีความรู้เกี่ยวกับ Sensor ที่ใช้ตรวจจับก๊าซหรือไอสารในอากาศและการใช้งานของ Sensor TGS 2620
4. สามารถแก้ปัญหาจากการปฏิบัติงานจริง เช่น การแก้ปัญหาต่างๆ การทำงานเป็นทีม
5. สามารถสร้างเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจที่ใช้ได้จริง และมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ โดยเริ่มตั้งแต่ความรู้เบื้องต้นและคุณสมบัติของแอลกอฮอล์ ตลอดจนเครื่องมือ อุปกรณ์และวิธีการทำเครื่องมือตรวจวัดแอลกอฮอล์ในลมหายใจที่สามารถใช้ได้ เพื่อนำมาศึกษาเป็นแนวทางไปสู่การพัฒนาเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ

2.2 แอลกอฮอล์และเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์ที่อยู่ในเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เช่น เหล้า เบียร์ วิสกี้ บรั่นดี เป็นต้นนั้นเป็นแอลกอฮอล์ชนิดเอทานอลหรือเรียกว่าเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งถึงแม้จะเผาผลาญให้พลังงานแก่ร่างกายได้ แต่ไม่มีสารอาหารอื่นเลย เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์แต่ละประเภทจะมีปริมาณของเอทานอลแตกต่างกัน เช่น เบียร์มีปริมาณแอลกอฮอล์น้อยประมาณ 4 - 6% โดยปริมาตร ส่วนสุราชนิดต่างๆ เช่น วิสกี้ บรั่นดี วอดก้า สุรา 40 ดีกรี เป็นเหล้าชนิดกลั่นมีปริมาณแอลกอฮอล์สูงกว่า ประมาณ 40 - 50% โดยปริมาตรเอทานอลมีสมบัติเป็นของเหลว สี ไม่มีสี มีกลิ่นหอม ติดไฟให้ความร้อนสูง ไม่มีเขม่าละลายน้ำได้ดี เติร์มได้จากการหมักแป้ง น้ำตาลหรือผลไม้ โดยมียีสต์เป็นตัวเร่ง เพื่อเปลี่ยนแป้งจากพืชให้เป็นน้ำตาล แล้วเปลี่ยนจากน้ำตาลเป็นเอทานอล จากนั้นนำเอทานอลที่ได้ไปกลั่นเพื่อให้บริสุทธิ์มากขึ้น วัตถุดิบที่ใช้หมักเป็นได้ทั้งพืชและผลิตภัณฑ์ของพืชบางชนิด เช่น อ้อย น้ำตาล กากน้ำตาล กากอ้อย แป้ง มันสำปะหลัง มันเทศ ธัญพืชต่างๆ เช่น ข้าวโพด ข้าว ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง เป็นต้น

2.2.1 คุณสมบัติทั่วไปของแอลกอฮอล์

แอลกอฮอล์จะมีส่วนประกอบเป็นไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) และหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) สำหรับเอทิลแอลกอฮอล์มีสูตรโมเลกุลเป็น C_2H_5OH น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 46 มีจุดเดือดที่อุณหภูมิ $78.3^{\circ}C$ มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.79 ที่อุณหภูมิ $20^{\circ}C$ เป็นสารมีขี้ผึ้งและละลายน้ำได้ดี มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ระเหยได้ง่ายและติดไฟ ให้พลังงานประมาณ 7.1 แคลอรีต่อกรัม

เอทิลแอลกอฮอล์เมื่อรวมตัวกับสารโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecule) เช่น โปรตีนหรือโพลีแซคคาไรด์ จะทำให้สารโมเลกุลขนาดใหญ่ตกตะกอน แข็งตัวหรือเสียสภาพธรรมชาติ เพราะเกิดการดึงน้ำมาไว้ในตัวแอลกอฮอล์อย่างมากมาย ขบวนการขจัดน้ำ (dehydration) นี้ทำให้แอลกอฮอล์ถูกนำมาใช้เป็นน้ำยาฆ่าเชื้อ (antiseptic)

2.2.2 ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 2-1 ปริมาณแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มชนิดต่าง ๆ

ชนิดเครื่องดื่ม	ปริมาณแอลกอฮอล์ (%)	ผลิตภัณฑ์จาก
เบียร์	10-15 (3.2-4.0)	เมล็ดพืชหรือข้าวมอลท์
ไวน์	15-20	ผลไม้
บรั่นดี	45-60	กลั่นจากไวน์หรือผลไม้อื่น ๆ
วิสกี	45-60	ข้าวบาร์เลย์
วอดกา (Vodkas)	40-50	มันฝรั่ง
ยีน (Gin)	40-48.5	กลั่นผลิตภัณฑ์จากพืช เช่น ลิโคริช
รัม (Rum)	40-95	กลั่นกากน้ำตาล

การผลิตแอลกอฮอล์สามารถทำได้จากการหมักสารที่มีน้ำตาลหรือแป้ง เครื่องดื่มส่วนใหญ่จะมีที่มาจาก 3 ลักษณะ คือ

1. เครื่องดื่มที่ได้จากจากหมักผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น องุ่น และผลไม้ชนิดต่าง ๆ
2. เครื่องดื่มชนิดที่ได้จากการกลั่น
3. เครื่องดื่มผสมซึ่งอาจจะได้จากการหมักและ/หรือ การกลั่นร่วมกับการใช้สารปรุงแต่ง (flavoring substance)

2.2.3 แอลกอฮอล์ในร่างกายมนุษย์

เอทานอลสามารถดูดซึมผ่านผนังกระเพาะ ลำไส้เข้าสู่ร่างกายได้โดยตรง ไม่ต้องผ่านการย่อยเลย โดยพบว่า 95% ของที่ดื่มเข้าไปถูกดูดซึมเข้าผ่านกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กส่วนต้น เมื่อแอลกอฮอล์ถูกดูดซึมแล้ว จะกระจายไปทุกส่วนของร่างกาย มีประมาณ 5% ที่ถูกขับออกทางลม

หายใจ ปัสสาวะ เหงื่อ ที่เหลือถูกทำลายที่ตับ โดยเปลี่ยนเป็นสารที่ชื่อว่า อะเซททาลดีไฮด์ ก่อนแล้วเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ถึงแม้ว่าเอทานอลจะสามารถรับประทานได้ แต่ถ้ารับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากเกินไปก็มีโทษได้เช่นกัน

- เมื่อดื่มขนาดน้อยๆ ไม่เกิดอะไรกับร่างกาย
- เมื่อดื่มปริมาณพอสมควร ทำให้เกิดอาการผื่นคล้ายกระตุ้นให้อยากอาหาร คลื่นไส้
- เมื่อดื่มปริมาณมาก จะทำให้เกิดอาการง่วงซึม คลื่นไส้ อาเจียน สูญเสียการทรงตัว

ประสาทมีการตอบโต้ซ้ำมีการคาดคะเนและตัดสินใจผิดพลาด

- ถ้าได้รับเอทานอลในระยะยาว จะทำให้เป็นโรคพิษสุราเรื้อรังเกิดภาวะติดแอลกอฮอล์ และมีผลต่อระบบทางเดินอาหารและเนื้อเยื่อตับ โดยทำให้เป็นโรคตับแข็ง

- ในหญิงมีครรภ์อาจทำให้แท้ง หรือถูกผิดปกติทั้งร่างกายและสมองจะเห็นว่าพิษของเอทานอลมีความสำคัญมากเพราะนอกจากจะก่อให้เกิดผลร้ายแก่ผู้ดื่มเองแล้วยังเป็นตัวก่อปัญหาในสังคมอีกด้วย โดยเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุและคดีความต่างๆ มากขึ้น

2.2.4 การวินิจฉัยคนเมา

สำหรับการวินิจฉัยคนเมา สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. วิธีทางกายภาพ (Physical method) มีวิธีทดสอบหลายแบบ ได้แก่

1.1 ให้เดินเป็นเส้นตรง ซึ่งคนเมามักจะเดินไม่เป็นเส้นตรง

1.2 Finger to nose test ให้ผู้ที่สงสัยว่าเมาหรือไม่หลับตา เขยิบแขนออกไปทางด้านข้าง แล้วให้งอแขนเอาปลายนิ้วมาจี้ที่จมูกของตน คนเมาก็จะไม่ถูก

1.3 Finger to finger test ให้ผู้ที่สงสัยว่าเมาหรือไม่ หลับตากางแขนออกสองข้าง แล้วให้งอแขนเข้ามาพร้อมกันช้า ๆ โดยให้อาปลายนิ้วชี้มือขวาและมือ ซ้ายมาชนกัน คนเมาก็จะทำได้ไม่ดี

อย่างไรก็ตาม อาการแสดงดังกล่าว อาจจะพบไม่ครบทุกอย่าง เพราะการเกิดอาการขึ้นอยู่กับระดับของการเมาและความคงทนฤทธิ์ของแอลกอฮอล์ของแต่ละคน และในทางปฏิบัติจริง ๆ แล้วคงจะไม่ต้องทดสอบตามวิธีข้างต้น แต่จะใช้การสังเกตและจดบันทึกความผิดปกติที่พบ เช่น ลักษณะการเดินมาหาเราไม่ตรง มีอาการเซ หรือขณะพูดคุยกัยประวัติจะได้กลิ่นแอลกอฮอล์จากลมหายใจ หรือขณะเซ็นด์ชื่อพบมีอาการมือสั่น เป็นต้น ซึ่งคงจะต้องตรวจทางห้องปฏิบัติการยืนยันต่อไป

2. วิธีทางเคมี (Chemical method) เป็นการตรวจทางห้องปฏิบัติการโดยใช้ปฏิกิริยาเคมี เพื่อหาปริมาณแอลกอฮอล์ในสิ่งส่งตรวจชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เลือด ปัสสาวะ สมอง ของเหลวในกระเพาะ

อาหาร น้ำไขสันหลัง ฯลฯ ซึ่งหลักการตรวจก็คือ แอลกอฮอล์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น reducing agent สามารถไปออกซิไดซ์โครเมียมไอออนที่มีประจุ 6^+ เปลี่ยนเป็นโครเมียมไอออนประจุ 3^+ (สีเขียว) ในสารละลายที่เป็นกรด จากนั้นนำมาวัดสีที่เปลี่ยนไปโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และสามารถคำนวณหาปริมาณแอลกอฮอล์ได้ โดยเทียบค่าการดูดกลืนแสงกับของสาร (แอลกอฮอล์) มาตรฐานที่รู้ความเข้มข้น

วิธีนี้นับว่าเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่าย ตามห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลชุมชนทั่วไปก็สามารถทำการตรวจวัดได้ เพราะจะมีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์อยู่แล้ว แต่ก็ยังมีข้อเสียคือ สาร Reducing agent อื่น ๆ เช่น เมทานอล คีโตน อัลดีไฮด์ สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำยานี้ได้ จะทำให้แปลผลผิดพลาดได้ อย่างไรก็ตามสารเหล่านี้ก็พบได้ไม่บ่อยในสิ่งส่งตรวจทั่วไป สำหรับการตรวจสอบที่ใช้หลักการนี้และใช้แพร่หลายคือวิธีของ Widmark และวิธีของ Conway

3. วิธีทางชีวเคมี (Biochemical methods) เป็นการตรวจหาปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เอ็นไซม์ Alcohol dehydrogenase (ADH) ซึ่งเอ็นไซม์ตัวนี้จะเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นอะเซตัลดีไฮด์ โดยมีโคเอ็นไซม์ คือ NAD (Nicotinamide adenine dinucleotide) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็น NADH ต่อไป สำหรับ NADH สามารถนำมาวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร

ข้อได้เปรียบของวิธีนี้คือ ง่ายและไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษอะไรโดยเฉพาะเอ็นไซม์ ADH ไม่ทำปฏิกิริยากับเมธิลแอลกอฮอล์หรืออะซีโตน แต่สามารถทำปฏิกิริยาได้เล็กน้อยกับไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ และบิวทิลแอลกอฮอล์

4. วิธีแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas chromatographic method) นับเป็นวิธีที่นิยมสูงสุดสำหรับการตรวจหาแอลกอฮอล์ในทางนิติเวชศาสตร์ มีหลายเทคนิคสำหรับการตรวจด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี เช่น การสกัด การตกตะกอนโปรตีน การกลั่น การฉีดเข้าเครื่องโดยตรง หรือการใช้เทคนิค head space

ข้อดีของวิธีนี้คือ ไม่มีสารที่จะรบกวนการตรวจวัด ถือเป็นวิธีอ้างอิงของการตรวจวัดแอลกอฮอล์ แต่ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีราคาค่อนข้างแพงคือ เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

5. วิธีเป่าลมหายใจ (Breathalyzer method) การใช้เครื่องตรวจวัดแอลกอฮอล์ด้วยวิธีเป่าลมหายใจ เริ่มมีการใช้หลังจากมีการออกกฎหมายเกี่ยวกับการตรวจจับผู้ขับขี่ยานพาหนะขณะเมาสุรานับเป็นวิธีที่สะดวกในการปฏิบัติงานภาคสนาม เช่น การตั้งด่านตรวจจับ สามารถให้ผลได้รวดเร็ว สำหรับหลักการที่ใช้ในการตรวจวัดด้วยวิธีนี้ มีทั้งการใช้วิธีทางเคมี และวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี นอกจากนี้ก็มีการใช้หลักการของ Infrared absorption หลังจากตรวจวัดจากลมหายใจก็ต้องมีการคำนวณกลับไปเป็นระดับแอลกอฮอล์ในเลือดโดยนำตัวเลข 2,100 มาคูณค่าที่ได้ เนื่องจากสัดส่วนของแอลกอฮอล์ในลมหายใจต่อเลือดนั้นเฉลี่ยกับ 1 : 2,100 (alveolar air : arterial blood) แต่ใน

ปัจจุบันเครื่องตรวจวัดแอลกอฮอล์จากลมหายใจส่วนใหญ่จะคำนวณออกมาเป็นระดับแอลกอฮอล์ในเลือดจากเครื่องโดยตรงนับว่าสะดวกมาก

2.2.5 แอลกอฮอล์กับอุบัติเหตุจราจร

การเกิดอุบัติเหตุทางจราจรเป็นปัญหาใหญ่ของทุกเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น ปัญหาเหล่านี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณของยานพาหนะ สภาพถนน สภาพของยานพาหนะและที่สำคัญคือ บุคคลที่ใช้รถใช้ถนนมีการเสพยาหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ จากการตรวจสอบที่ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาลพบว่าประมาณ 33% ของคนที่ตายจากอุบัติเหตุจราจรมีแอลกอฮอล์ในเลือด

ฤทธิ์ของแอลกอฮอล์ต่อความสามารถในการขับรถ มีดังนี้

1. ทำให้เผลอตัวง่าย ไม่มีสมาธิที่จะระมัดระวังในการขับรถ คนดื่มสุราที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดตั้งแต่ 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ มักจะขาดความระมัดระวังในการขับรถ เช่น ขูยเพลิน มองเพลิน สำหรับคนที่มีแอลกอฮอล์ในเลือด 80 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อการสังเกตว่ารถยนต์ที่อยู่ข้างหน้านั้นจอดอยู่หรือกำลังแล่นเหล่านี้ จะเป็นเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย

2. การตัดสินใจผิดพลาด ตามธรรมชาติการขับรถต้องการตัดสินใจรับด่วนที่จะแก้ปัญหาเฉพาะหน้า เช่น กรณีมีรถจอดขวางหน้าในระยะกระชั้นชิดก็ต้องตัดสินใจว่า ถ้าหลบพ้นก็หลบหรือถ้าห้ามล้อทันทีห้ามล้อ คนที่เมาสุรานั้นมักตัดสินใจผิดพลาด

3. มีผลต่อระยะเวลาการตัดสินใจ ซึ่งระยะเวลาการตัดสินใจ (reaction time) หมายถึงระยะเวลาสมองสั่งงานจนถึงเวลาที่ร่างกายทำตามที่สมองสั่ง เช่น เวลาขับรถผ่านไฟ เมื่อตาเห็นไฟแดงแล้วสมองสั่งงานให้เท้าเหยียบเบรค ระยะเวลาที่สมองสั่งจนถึงเวลาที่เท้าแตะเบรคเป็นระยะเวลาตัดสินใจ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 วินาที สำหรับคนที่เมาสุราจะมีระยะเวลาการตัดสินใจนานกว่าคนปกติ

4. การเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นไปไม่ได้ คนเมาที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดตั้งแต่ 90 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ การควบคุมการเคลื่อนไหวของแขนและขาเป็นไปไม่ได้ตามปกติ

5. การได้ยินและการเห็นมีความผิดปกติ ดังนี้

5.1 การปรับม่านตาในความมืดจะกินเวลานานกว่าปกติ

5.2 การปรับภาพจากลูกตาทั้งสองถูกรบกวนเมื่อมีปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดตั้งแต่ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ซึ่งหมายถึง อาจทำให้เห็นภาพเป็นสองภาพหรือเป็นภาพเดียวแต่ไม่ชัด

- 5.3 การกระหะษะความลึกผิดไป เมื่อมีปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดตั้งแต่ 30 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป
- 5.4 การเห็นแสงไฟที่เคลื่อนไหวน้อยลง พบได้เมื่อปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดตั้งแต่ 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์
- 5.5 ความรู้สึกสัมผัสของผิวหนังช้า เมื่อขับรถเร็วก็ไม่ค่อยรู้ถึงการเสียดสีของลมที่ผิวหนัง
- 5.6 หูอื้อ คนเมาจึงต้องพูดเสียงดัง ขณะขับรถการได้ยินเสียงรถคันอื่นจึงไม่ดี

2.2.6 ระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ถือว่าผิดกฎหมาย (Blood alcohol concentration as a constituent of the offence)

ในปี ค.ศ. 1967 ที่ประชุมเกี่ยวกับการขนส่งของยุโรปได้เสนอค่าสูงสุดของความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดที่กฎหมายยอมให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะมีได้ โดยยังไม่มีคามผิด ค่าดังกล่าวเท่ากับ 80 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ประเทศสมาชิกต่าง ๆ ได้คล้อยตามโดยกำหนดเป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งประเทศเหล่านั้นได้แก่ ออสเตรีย สวิตเซอร์แลนด์ อังกฤษ สกอตแลนด์ ฝรั่งเศสและเยอรมัน เป็นต้น สำหรับสหรัฐอเมริกา เดิม State Model Vehicle Law ให้ความเห็นว่าบุคคลจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของแอลกอฮอล์เมื่อระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดเกิน 150 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ถือว่าไม่อยู่ใต้อิทธิพลของแอลกอฮอล์ สำหรับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ระหว่าง 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ถึง 150 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ให้ตัดสินโดยถืออาการของผู้ถูกตรวจร่วมด้วย ต่อมาในปี ค.ศ. 1972 National Highway Traffic Safety Administration ได้แนะนำให้ถือระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ไม่อนุญาตให้ขับขี่ยานพาหนะเมื่อเกิน 100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ผลจากการแนะนำนี้เป็นเหตุให้รัฐต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกากำหนดขอบเขตความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ยังยินยอมให้ขับขี่ยานพาหนะได้แตกต่างกัน ดังนี้ คือ

จำนวน 32 รัฐ กำหนดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือด 100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

จำนวน 9 รัฐ กำหนดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือด 150 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

จำนวน 2 รัฐ กำหนดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือด 80 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

ประเทศออสเตรเลีย ถือระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ยังยินยอมให้ขับขี่ยานพาหนะได้เท่ากับ 80 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ยกเว้นรัฐวิกตอเรีย กำหนดใช้ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

ประเทศนิวซีแลนด์ ถือระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ยังยินยอมให้ขับขี่ยานพาหนะได้เท่ากับ 100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

ประเทศสาธารณชนเชก โปแลนด์ กำหนดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ยังยินยอมให้ขับยานพาหนะได้ต่ำกว่าประเทศอื่น ๆ โดยกำหนดไว้เพียง 30 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

สำหรับประเทศไทย ได้มีพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 มาตรา 43 โดยบัญญัติเกี่ยวกับเรื่องเมาสุราไว้ดังนี้ “ห้ามมิให้ผู้ขับจี้รถ

1. ในขณะที่หย่นความสามารถในอันที่จะขับ
2. ในขณะที่เมาสุราหรือของเมาอย่างอื่น
3. ฯลฯ”

มาตรา 157 ผู้ใดฝ่าฝืนไม่ปฏิบัติตามมาตรา....., มาตรา 43,..... ต้องระวางโทษปรับตั้งแต่สี่ร้อยบาทถึงหนึ่งพันบาท

ซึ่งจากบทบัญญัติแห่งมาตรา 43 นี้ยังไม่มีกระบวนวิธีชัดลงไปว่าระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดเป็นเท่าใดจึงจะถือว่าเมา จึงได้มีการออกกฎกระทรวง เมื่อปี 2537 ดังนี้

กฎกระทรวง

ฉบับที่ 16 (พ.ศ. 2537)

ออกตามความในพระราชบัญญัติจราจรทางบก

พ.ศ. 2522

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 แห่งพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 และมาตรา 142 วรรคสาม แห่งพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2522 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติจราจรทางบก (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2535 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 การทดสอบผู้ขับชี้ว่าเมาสุราหรือไม่ ให้ตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดของผู้ขับจี้ โดยใช้วิธีการตามลำดับ ดังต่อไปนี้

(1) ตรวจวัดลมหายใจด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจหรือทดสอบ ให้ใช้เครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือด โดยวิธีเป่าลมหายใจ (BREATH ANALYZER TEST) และอ่านค่าของแอลกอฮอล์ในเลือดเป็นมิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

วิธีการตรวจหรือทดสอบให้ปฏิบัติตามวิธีการตรวจสอบของเครื่องตรวจแต่ละชนิด

(2) ตรวจวัดจากปัสสาวะ

(3) ตรวจวัดจากเลือด

การตรวจวัดตาม (2) หรือ (3) ให้ใช้ในกรณีที่ไม่สามารถทดสอบตาม (1) ได้เท่านั้น

ข้อ 2. กรณีที่ต้องทดสอบโดยวิธีตรวจวัดจากเลือดตามข้อ 1(3) ให้ส่งตัวผู้ขับขี่ไปยังโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด และทำการเจาะเลือดภายใต้การกำกับดูแลของผู้ประกอบวิชาชีพเวชกรรมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเวชกรรม

ข้อ 3. ถ้ามีปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดดังต่อไปนี้ให้ถือว่าเมาสุรา

- (1) กรณีตรวจวัดจากเลือดเกิน 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์
- (2) กรณีตรวจวัดจากลมหายใจหรือปัสสาวะ ให้เทียบปริมาณแอลกอฮอล์ โดยใช้ปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดเป็นเกณฑ์มาตรฐานดังนี้
 - (ก) กรณีตรวจวัดจากลมหายใจ ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าเท่ากับ 2,000
 - (ข) กรณีตรวจวัดจากปัสสาวะ ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าเท่ากับเศษ 1

ส่วน 1.3

ให้ไว้ ณ วันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2537

พลเอก ชวลิต ยงใจยุทธ

(ชวลิต ยงใจยุทธ)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย

จากกฎกระทรวงฉบับนี้ที่สรุปได้ว่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ยินยอมให้ขับขี่ยานพาหนะได้ต้องไม่เกิน 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

2.3 การตรวจวัดแอลกอฮอล์ในร่างกาย

การศึกษาวิธีที่จะวัดระดับแอลกอฮอล์ในร่างกายมีมากกว่า 150 ปีแล้ว ผู้ที่ศึกษาเป็นคนแรกคือ Francis Edmund Anstie (ค.ศ. 1833 - ค.ศ. 1874) ชาวอังกฤษ พบว่า แอลกอฮอล์ที่ดื่มเข้าไป จะสามารถพบบางส่วนได้ในลมหายใจ และปัสสาวะ นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ชื่อ Nielous (ค.ศ. 1848 - ค.ศ. 1910) ศึกษาพบว่า แอลกอฮอล์ที่ดื่มเข้าไป จะพบในลมหายใจ ปัสสาวะ น้ำลาย และเหงื่อ หลังจากนั้นได้มีนักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาวิจัยอีกหลายท่าน

ในระยะแรกการวิเคราะห์หาปริมาณแอลกอฮอล์ใช้วิธีเก็บ ตัวอย่างจากเลือด หรือ ปัสสาวะจากผู้ต้องสงสัย แต่มีปัญหาคือ ต้องวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ ทราบผลช้า และที่สำคัญคือ ไม่สามารถสื่อไปถึงปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดได้อย่างแท้จริง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในร่างกาย ฉะนั้น ได้มีการนำวิธีการวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดจากลมหายใจมาใช้ ในช่วงปี 1930-1953 ได้มีการคิดค้นเครื่องวัดแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจ

ขึ้น และได้มีการพัฒนาเครื่องมือวัดเป็นรุ่น ๆ จนถึงปัจจุบัน การพัฒนาเครื่องวัดนี้ เพื่อออกแบบให้เครื่องสามารถวัดได้เฉพาะแอลกอฮอล์ชนิดที่เป็น Ethyl อย่างเดียว (เครื่องดื่มผสมแอลกอฮอล์ที่มนุษย์เรานิยมจะผสมแอลกอฮอล์ชนิด Ethyl) โดยไม่ถูกสอดแทรกโดยสารอื่น เช่น acetone, chloroform, ether, ethyl acetate, methanol เป็นต้น เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์ปริมาณลมหายใจใกล้กับปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดมากที่สุด

2.3.1 เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ

เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจ แบ่งตามลักษณะของเครื่องได้เป็นสองประเภท คือแบบพกพา (Mobile) และแบบประจำที่ (Stationary) ถ้าแบ่งตามวัตถุประสงค์การใช้งาน แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจแบบตรวจคัดกรอง (screening) และเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจแบบตรวจยืนยันผล (Evidential)

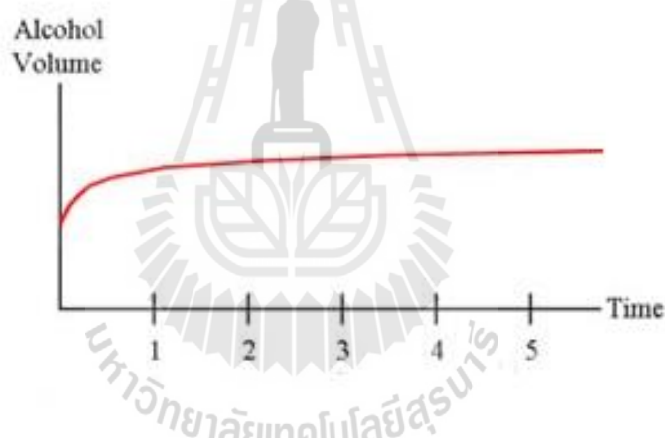
โดยที่เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจ แบบตรวจคัดกรอง เป็นเครื่องที่ใช้ในการทดสอบปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด โดยวิธีเป่าลมหายใจเข้าเครื่องวัด ผลที่แสดงจะเป็นตัวหนังสือว่าเกิน หรือไม่เกินค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ เช่น แสดงเป็น pass หรือ Fail หรืออาจแสดงเป็นตัวเลขก็ได้

เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์แบบตรวจยืนยันผล เป็นเครื่องที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด โดยวิธีเป่าลมหายใจเข้าเครื่องวัด ผลที่ได้จะแสดงเป็นตัวเลขว่ามีปริมาณในหน่วย mg/100ml เช่น 50 mg/100ml (แสดงว่า ในเลือด 100 มิลลิกรัมมีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ 50 มิลลิกรัม) เป็นต้น

2.3.2 การทำงานของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ

สำหรับการทำงานของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจนั้น ในการตรวจจะให้ผู้ตรวจเป่าลมหายใจเข้าเครื่องซึ่งมีตัวตรวจจับแอลกอฮอล์ (Alcohol Detector) ตัวตรวจจับเมื่อได้รับแอลกอฮอล์จากลมหายใจ จะมีการแปรสภาพซึ่งอาจมองเห็นได้ เช่นการเปลี่ยนแปลงสีของสารเคมี หรือวัดได้จากพลังงาน เช่น กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ การเปลี่ยนแปลงสภาพนี้ จะถูกแปลค่าให้รายงานออกมาที่หน้าปัดของเครื่อง ในของ ปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด (Blood Alcohol Concentration: BAC) ทั้งนี้ โดยอาศัยการคำนวณค่าจาก ค่าความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ในการแปลงค่าปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดเป็น ปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจ

การที่เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจ จะวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดจากลมหายใจได้ถูกต้อง ต้องใช้ลมหายใจจากส่วนลึกของปอดที่สัมผัสกับเส้นเลือดฝอยในปอด เพื่อให้ได้ค่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่ถูกต้อง ผู้ผลิตได้ออกแบบให้เครื่องวัดฯ เมื่อถูกเป่าลมหายใจเข้าเครื่องต่อเนื่องไปได้ระยะหนึ่ง ความแรงในการเป่าจะลดลง สูบไฟฟ้าในเครื่องฯ จะเก็บตัวอย่างลมหายใจประมาณ 1 ซีซี แบบอัตโนมัติ ในกรณีที่เครื่องไม่ได้ออกแบบให้เก็บตัวอย่างลมหายใจแบบอัตโนมัติ การตรวจวัดต้องให้ผู้ถูกตรวจเป่าลมหายใจเข้าเครื่องอย่างต่อเนื่อง และผู้ที่ทำการตรวจวัด จะนับ 1 ถึง 5 ในใจอย่างช้าๆ เมื่อนับครบแล้ว จึงกดปุ่มรับตัวอย่าง เพื่อให้สูบไฟฟ้าเก็บตัวอย่าง รูปที่ 1 แสดงถึงความสัมพันธ์ของระดับแอลกอฮอล์ในลมหายใจกับปริมาตรของลมหายใจที่เป่าออกมา จะเห็นว่าเมื่อเป่าลมหายใจเข้าเครื่องวัด ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในลมหายใจจะเริ่มดันที่จุดๆ หนึ่ง แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้น และความเข้มข้นจะค่อยๆ คงที่ในที่สุด



รูปที่ 2-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับแอลกอฮอล์ในลมหายใจกับปริมาตรของลมหายใจที่เป่าออกมา

2.3.3 ตัวอย่างตัวตรวจจับแอลกอฮอล์แบบต่างๆ

มีด้วยกัน 4 แบบคือ

1. แบบ Colorimeter ใช้หลักการเปลี่ยนสีของ Potassium Dichromate จากสีเหลือง ถ้าได้รับไอของแอลกอฮอล์ จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว

ข้อเปรียบเทียบ ใช้ทดสอบแอลกอฮอล์ในลมหายใจ ใช้ได้ครั้งเดียว

2. แบบ Semiconductor ใช้หลักการไอของแอลกอฮอล์ไปจับ Semi-conductor ทำให้ความต้านทานเปลี่ยนแปลง

ข้อเปรียบเทียบ ใช้ทดสอบแอลกอฮอล์ในลมหายใจ แต่ความเที่ยงตรงไม่ดี

3. แบบ Fuel cell เป็นแบบเซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Fuel cell) เมื่อไอของแอลกอฮอล์ถูกดูดซับโดย cell จะทำให้เกิดปฏิกิริยากลายเป็นกรดอะซิติกและเกิดกระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นสัดส่วน โดยตรงกับปริมาณแอลกอฮอล์

ข้อเปรียบเทียบ มีความถูกต้องดี มีความจำเพาะต่อการวัด Ethyl alcohol เครื่องมีขนาดเล็กพกพาได้ ราคา 42,600 บาท เมื่อปี 2547 (กรม.อนุมัติจัดซื้อ ให้ศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนน)

4. แบบ Infrared Absorption อาศัยหลักการที่แสง Infrared จะถูกดูดซับมากขึ้นเท่าใดขึ้นกับระดับความเข้มข้นของไอแอลกอฮอล์

ข้อเปรียบเทียบ มีความถูกต้องดี มีความจำเพาะต่อการวัด Ethyl alcohol แต่เครื่องมีขนาดใหญ่ราคาสูงเหมาะใช้สำหรับใช้ประจำที่

2.3.4 ผลของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อร่างกายและจิตใจ

ตารางที่ 2-2 แสดงผลของแอลกอฮอล์ในเลือดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อร่างกายและจิตใจ

ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือด (มิลลิกรัม/ 100 มิลลิลิตร)	ผลต่อร่างกายและจิตใจ
20 – 30	ไม่ปรากฏอาการผิดปกติใดๆ นอกจากผู้ดื่มมีอาการแฉะในเมขึ้น
50 – 60	มีความรู้สึกลึบคลาทางอารมณ์ ประสาทและกล้ามเนื้อลดความว่องไวลง ระยะเวลาในการตอบสนองยาวขึ้น การตัดสินใจช้าลง

	ความสามารถในการจับจี๋ยานยนต์ลดลง เป็นระดับความเข้มข้นที่ถือว่าผู้ขับขี่ตกอยู่ในอาการมึนเมา (สำหรับประเทศไทย)
80 – 100	เริ่มเสียการทรงตัว พุดไม่ชัด สายตาแยลง มองเห็นไม่ชัด เริ่มมีปัญหาเกี่ยวกับการได้ยิน รู้สึกเคลิบเคลิ้ม มีความเชื่อมั่นเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อทำงานไม่ประสานกัน ทำให้ลำบากในการบังคับยานพาหนะ
110 – 120	การเคลื่อนไหวและการทรงตัวทำได้ด้วยความยากลำบาก ความสามารถทางความคิดการตัดสินใจและการใช้วิจารณญาณเสื่อมลงอย่างเห็นได้ชัด
140 – 150	การควบคุมร่างกายและจิตใจส่วนใหญ่เสียไป พุดไม่ชัด มองเห็นภาพเลือนราง ไม่ชัดเจน มีอุปสรรคในการใช้มือ แขนและขา
200	สูญเสียการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ต้องการความช่วยเหลือเมื่อจะเคลื่อนไหว จิตใจสับสนอย่างเห็นได้ชัด
300	มีอาการมึนเมาอย่างหนัก มึนงง ไม่รู้เรื่อง มีสติสัมปชัญญะเหลืออยู่น้อยมาก
400	สลบ หมดสติ ไม่รู้สึกตัว
500	สลบลึก
600	เสียชีวิตเนื่องจากการหายใจล้มเหลว

2.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดกับโอกาสเกิดอุบัติเหตุจราจร

ตารางที่ 2-3 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือดกับโอกาสเกิดอุบัติเหตุจราจร

ระดับแอลกอฮอล์ในเลือด (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)	สมรรถภาพในการขับขี่รถ	โอกาสเกิดอุบัติเหตุทางจราจร
20	มีผลเพียงเล็กน้อยเฉพาะบางคน	ใกล้เคียงกับคนไม่ดื่มสุรา
50	มีผลทำให้ความสามารถในการขับขี่รถลดลงเฉลี่ย 8% เป็นระดับที่นักวิจัยทั่วไปยอมรับว่าการขับรถจะเป็นอันตราย	โอกาสเกิดอุบัติเหตุเป็น 2 เท่าของคนที่ไม่ดื่มสุรา
80	มีผลทำให้ความสามารถในการขับขี่รถลดลงเฉลี่ย 12% และมีผลต่อคนขับรถทุกคน และระดับนี้ใช้เป็นกฎหมายควบคุมในหลายประเทศ	โอกาสเกิดอุบัติเหตุเป็น 3 เท่าของคนที่ไม่ดื่มสุรา
100	มีผลทำให้ความสามารถในการขับขี่รถลดลงเฉลี่ย 15% มีผลต่อคนขับรถทุกคนและการขับรถจะแย่ลงอย่างรวดเร็วเมื่อถึงระดับนี้	โอกาสเกิดอุบัติเหตุเป็น 6 เท่าของคนที่ไม่ดื่มสุรา
150	มีผลทำให้ความสามารถในการขับรถลดลงเฉลี่ย 33%	โอกาสเกิดอุบัติเหตุเป็น 40 เท่าของคนที่ไม่ดื่มสุรา
มากกว่า 200	สมรรถภาพลดลงเป็นสัดส่วนกับระดับแอลกอฮอล์	ไม่สามารถวัดได้ เนื่องจากควบคุมการทดลองไม่ได้ แต่โอกาสเกิดอุบัติเหตุสูงมาก

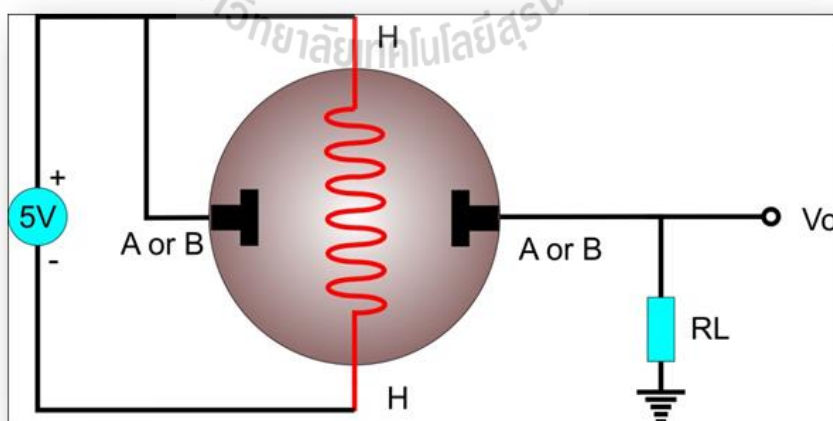
2.4 เครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจแบบ Semiconductor

เมื่อเราดมเครื่องดมที่มีแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ก็จะเข้าไปในกระแสเลือด และเมื่อกระแสเลือดไหลไปที่ปอดเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ เข้าออกจากร่างกาย แอลกอฮอล์ในกระแสเลือดบางส่วนจะผ่านออกจากปอดด้วย ซึ่งระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์จากปอดจะสัมพันธ์โดยตรงกับระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือด ดังนั้นเมื่อหายใจออกมา แอลกอฮอล์จะถูกขับออกจากปอดด้วยเช่นกัน

2.4.1 เซนเซอร์ตรวจวัดแอลกอฮอล์

เซนเซอร์ตรวจสอบปริมาณแอลกอฮอล์ในลมหายใจนั้น มีหลักการคร่าวๆคือ เมื่อเราเริ่มจ่ายพลังงานให้ตัวเซนเซอร์ที่ขา H จะเกิดความร้อนขึ้นที่ขดลวด และเมื่อแอลกอฮอล์ เข้ามาทำปฏิกิริยาจะทำให้ ค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นระหว่าง ขา A และ B (R_S) ลดลง

จากรูปด้านล่าง เมื่อจ่ายพลังงานให้กับ ขา H จะทำให้เกิดพลังงานความร้อนเพื่อให้สารเคมีภายในตัว Sensor สามารถทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ได้ และเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับแอลกอฮอล์ได้ จะทำให้ค่าความต้านทานระหว่าง ขา A และ ขา B เปลี่ยนแปลง (ขา A และ B เป็นขาที่ไม่ตายตัวเราสามารถกำหนดเองได้โดยเลือกขาใดเป็นขา A ขาที่อยู่ฝั่งตรงข้ามก็จะเป็นขา B) โดยเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับปริมาณก๊าซพิษต่างๆ ได้มากจะทำให้ค่าความต้านทาน R_S ลดลง หรือ ค่าความต้านทานแปรผกผันกับปริมาณของ ก๊าซไวไฟต่างๆ นั้นเอง

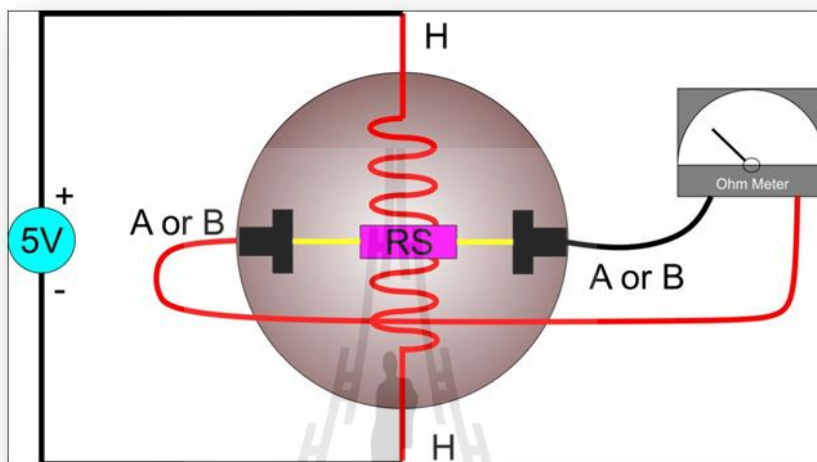


รูปที่ 2-2 แสดงโครงสร้างทางวงจรไฟฟ้าของเซนเซอร์ตรวจวัดแอลกอฮอล์

วิธีการหาค่าความต้านทาน RS

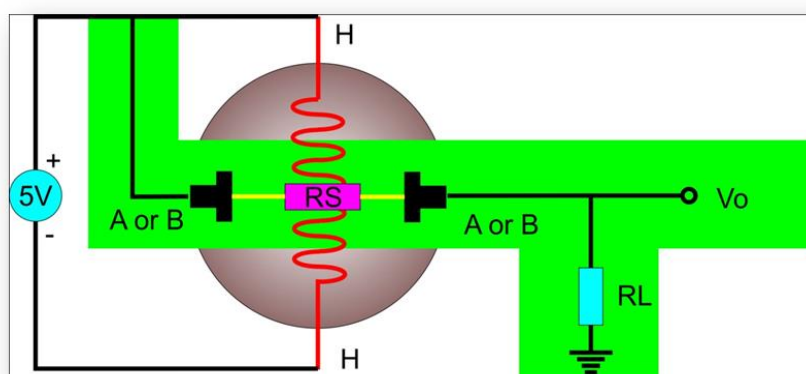
การหาค่าความต้านทานของของ RS สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 สามารถใช้ Ohm meter วัดหาค่าความต้านทานที่ขา A และ B ได้โดยตรง



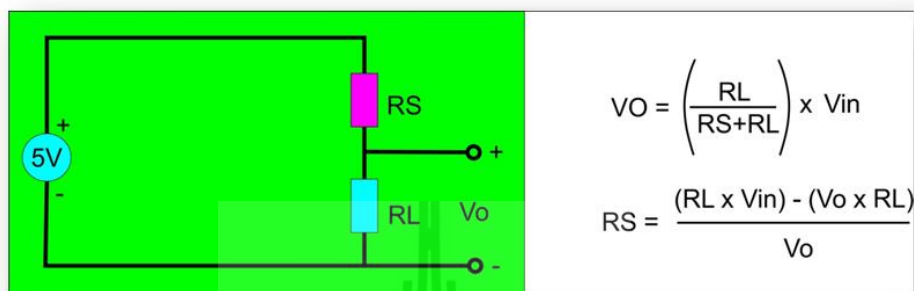
รูปที่ 2-3 แสดงวิธีหาค่าความต้านทาน RS โดยใช้ Ohm meter

วิธีที่ 2 เป็นวิธีการวัดโดยอ้อม โดยใช้กฎแบ่งแรงดัน Voltage Divider



รูปที่ 2-4 แสดงวิธีหาค่าความต้านทาน RS โดยใช้กฎแบ่งแรงดัน Voltage Divider (ก)

จากรูปตามแถบสีเขียว จะเห็นว่าเราจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้ามาทาง ขา A or B ทางด้านซ้าย ซึ่งเมื่อนำมาจัดเรียงใหม่ให้เป็นรูปที่เราคุ้นตากับ กฎแบ่งแรงดันจะเป็นรูปภาพดังนี้

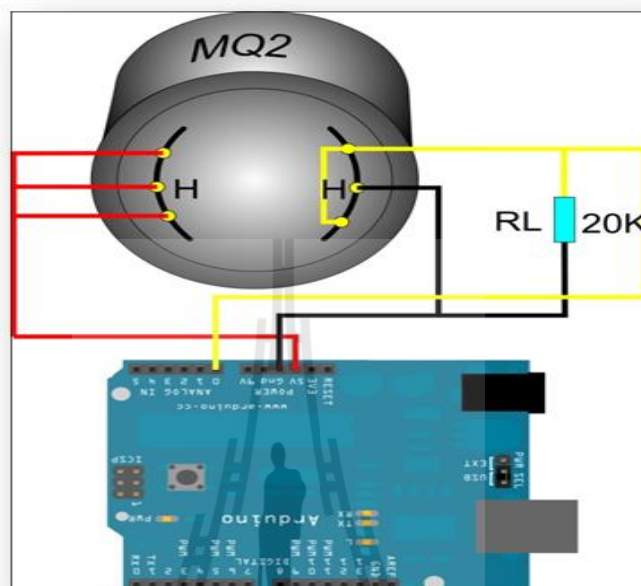


รูปที่ 2-5 แสดงวิธีหาค่าความต้านทาน RS โดยใช้กฎแบ่งแรงดัน Voltage Divider (ข)

การหาค่า RS โดยใช้กฎแบ่งแรงดันนี้สามารถนำไปใช้กับ Microcontroller ได้โดยนำค่า Out put ที่ได้ป้อนเข้าขา ADC ของ Microcontroller (การป้อนแรงดันเข้าขา ADC ของ MCU ต้องแน่ใจว่าระดับแรงดันที่ป้อนเข้าไปไม่เกินกว่าที่ Port ADC ของ MCU จะรับได้) และจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จะมีค่ามากขึ้นเมื่อ RS ลดลง

ตัวอย่างการใช้งานเซนเซอร์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

ต่อเซนเซอร์เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ตามรูป



รูปที่ 2-6 แสดงการต่อเซนเซอร์ตรวจวัดแอลกอฮอล์เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
ชนิด Arduino

ตัวอย่าง Code

```
int adcPin = 0;
int adcValue = 0;
float v;
float rs,ppm;
void setup ()
{
    Serial.begin (9600);
    delay (2000);
}
```

```

void loop ()
{
    adcValue = analogRead(adcPin);
    v = adcValue*(5.00/1024);
    rs=(100-(20.00*v))/v;
    Serial.print("Volt out put");
    Serial.println (v);
    Serial.print("RS=");
    Serial.println (rs);
    delay (1000);
}

```

2.4.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

บอร์ด Arduino ถือว่าเป็น Open Hardware Platform ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยมี Micro-controller ของ Atmel เป็นหัวใจหลัก บอร์ด Arduino ที่ผลิตออกมาจำหน่ายในปัจจุบันมีทั้งหมด 20 รุ่น แต่ละรุ่นจะมีลักษณะภายนอกที่แตกต่างกัน รวมถึงคุณสมบัติต่างๆด้วย (บอร์ดบางรุ่นใช้ชื่อเดียวกันแต่มีรายละเอียดของ spec แตกต่างกัน เช่น บอร์ดรุ่น Arduino Pro กับ Arduino Nano, LilyPad Arduino)



Arduino Micro



Arduino Pro Mini



Arduino Due



Arduino Yún



Arduino BT



Arduino Mega 2560



Arduino Pro



Arduino Fio



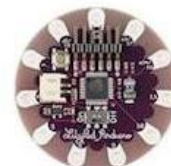
Arduino Mega ADK



Arduino Ethernet



LilyPad Arduino USB



LilyPad Arduino Simple



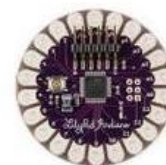
Arduino Mini



Arduino Nano



LilyPad Arduino SimpleSnap



LilyPad Arduino Simple



Arduino Uno



Arduino Leonardo



Arduino Robot



Arduino Esplora

รูปที่ 2-7 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ชนิดต่างๆ

รายละเอียดคุณสมบัติของบอร์ด Arduino แต่ละตัว

ตารางที่ 2-4 แสดงรายละเอียดคุณสมบัติของบอร์ด Arduino แต่ละตัว

Board	Micro-controller	Clock Speed	Flash Memory	SRAM	EEPROM
Arduino UNO	ATmega328	16 MHz	32 KB	2 KB	1 KB
Arduino Leonardo	ATmega32u4	16 MHz	32 KB	2.5 KB	1 KB
Arduino DUE	AT91SAM3X8E	84 MHz	512 KB	96 KB	-
Arduino YUN	ATmega32u4	16 MHz	32 KB	2.5 KB	1 KB
Arduino Mega ADK	ATmega2560	16 MHz	256 KB	8 KB	4 KB
Arduino Ethernet	ATmega328	16 MHz	32 KB	2 KB	1 KB
Arduino Mega 2560	ATmega2560	16 MHz	256 KB	8 KB	4 KB
Arduino BT (Bluetooth)	ATmega328	16 MHz	32 KB	2 KB	1 KB
Arduino Micro	ATmega32u4	16 MHz	32 KB	2.5 KB	1 KB
Arduino Pro Mini	ATmega168	8 MHz	16 KB	1 KB	512 Bytes
Arduino Pro	ATmega168	8 MHz	16 KB	1 KB	512 Bytes
Arduino Pro	ATmega328	16 MHz	32 KB	2 KB	1 KB
Arduino Mini	ATmega328	16 MHz	32 KB	2 KB	1 KB
Arduino Nano	ATmega168	16 MHz	16 KB	1 KB	512 Bytes
Arduino Nano	ATmega328	16 MHz	32 KB	2 KB	1 KB
Arduino Fio	ATmega328P	8 MHz	32 KB	2 KB	1 KB
Arduino Robot	ATmega32u4	16 MHz	32 KB	2.5 KB	1 KB
Arduino Esplora	ATmega32u4	16 MHz	32 KB	2.5 KB	1 KB
LilyPad Arduino USB	ATmega32u4	8 MHz	32 KB	2.5 KB	1 KB
LilyPad Arduino Simple	ATmega328	8 MHz	32 KB	2 KB	1 KB
LilyPad Arduino SimpleSnap	ATmega328	8 MHz	32 KB	2 KB	1 KB
LilyPad Arduino	ATmega168V	8 MHz	16 KB	1 KB	512 Bytes
LilyPad Arduino	ATmega328V	8 MHz	16 KB	1 KB	512 Bytes

2.5 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย Arduino

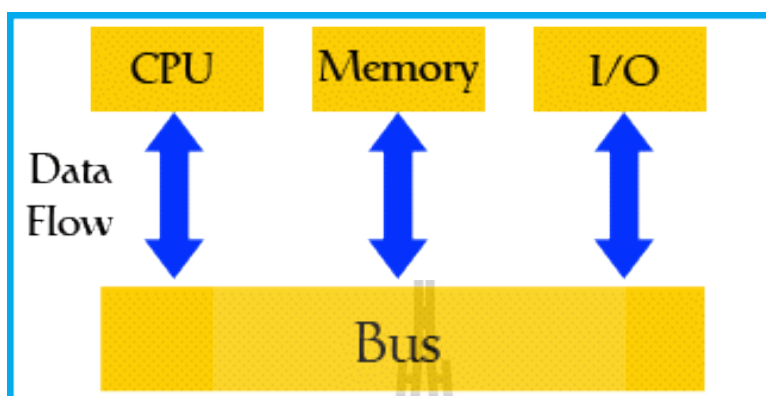
2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์คืออะไร

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ที่มีหน่วยประมวลผลและความจำขนาดเล็กภายในตัวเอง สามารถรับ ส่ง ข้อมูลได้ทั้งแบบดิจิทัลและอนาล็อก ใช้พลังงานน้อย ทำให้เป็นที่นิยมในการใช้งานในรูปแบบที่เรียกว่า Embedded เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าอัจฉริยะทั้งหลาย

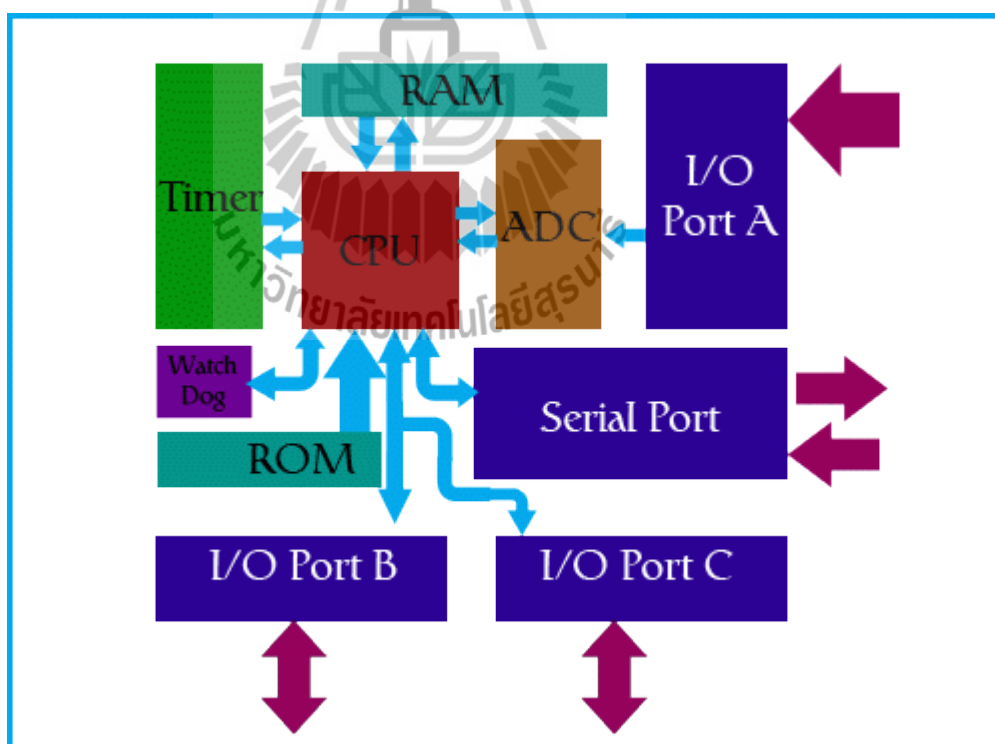
โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)
2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดานทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง
3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น
4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) , บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)
5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับกำหนัดจังหวะ หากสัญญาณ

นาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้น ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย



รูปที่ 2-8 แสดงการส่งข้อมูลของตัว Microcontroller



รูปที่ 2-9 สถาปัตยกรรมพื้นฐานของ Microcontroller

เราสามารถเพิ่มคำสั่งในการควบคุม Microcontroller ได้ด้วยการเขียนโปรแกรม เช่น

- ภาษา Assemble(Low Level) เขียน โปรแกรมหลายบรรทัด แต่การทำงานของ micro controller มีความเร็วสุดเพราะถูกคอมไพล์เป็นภาษาเครื่อง
- ภาษา C(Middle Level)เขียน โปรแกรมจำนวนน้อยบรรทัดกว่า ภาษา Assemble ทำงานจะช้ากว่าเป็นวินาที แต่ปัจจุบันอุปกรณ์ได้พัฒนาจนมีความเร็วในการทำงานของ micro controller ให้ทำงานรวดเร็วจนเกือบเทียบเท่า ภาษา Assemble แล้ว

ภาษาแอสเซมบลี จัดเป็นภาษาที่ช่วยให้การโปรแกรมอุปกรณ์ด้วยภาษาที่คนส่วนมากพื้นความรู้อยู่แล้วมาต่อยอด ในการพัฒนาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วยตระกูล PIC(Stamp)

- ภาษา Basic Stamp
- ภาษา Java Stamp

2.5.2 Arduino คืออะไร

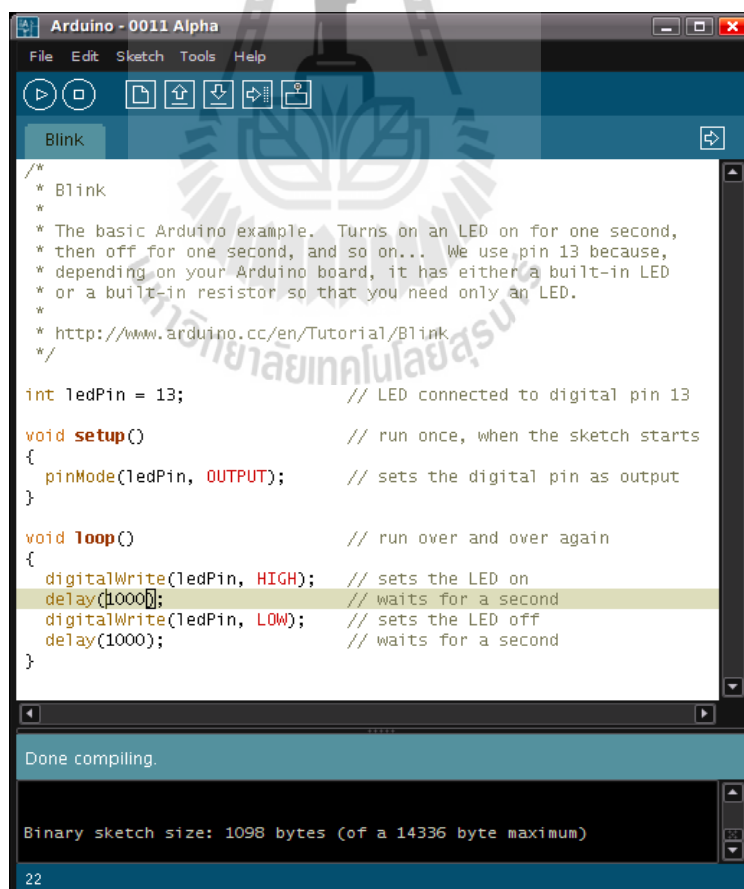
Arduino (อ่านว่า อา-ดู-อิ-โน้ หรือจะอ่านว่า อาดูยโน้ ก็ได้) คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นแบบที่เรียกว่า Open Hardware กล่าวคือ Arduino อุปกรณ์ที่มีแบบส่วนประกอบเป็นมาตรฐานที่เปิดเผยมหาความว่า เราสามารถทำเองโดยใช้แบบที่มีการเปิดเผยทั่วไปก็ได้ หรือสามารถซื้อหาได้ง่าย มีราคาถูก มีซอฟต์แวร์ให้ใช้งานฟรี สามารถนำไปใช้งานทั่วไปหรือแบบธุรกิจได้โดยไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ เป็นรูปแบบที่มีข้อมูลมากที่สุดบนอินเทอร์เน็ต การพัฒนาก็ง่าย เพราะมีตัวอย่างมากมาย และไม่ต้องเขียนโปรแกรมในรูปแบบ Low Level หมายความว่า เราสามารถใช้คำสั่งเขียนโปรแกรมได้เสมือนโปรแกรมภาษาชั้นสูงทั่วไป

ในต่างประเทศมหาวิทยาลัยด้านสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ได้ก่อตั้งโครงการพัฒนาฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในลักษณะโอเพ่นซอร์ส (open source) เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และความรู้เกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้สามารถสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติได้ ผู้ก่อตั้งโครงการ Wiring คือ เฮอร์นันโด บาราแกน (Hernando Barragan) แห่ง ภาควิชาออกแบบและสถาปัตยกรรม (Architecture and Design School) ของมหาวิทยาลัย Universidad de Los Andes ประเทศโคลัมเบีย

ปัจจุบันโครงการ Wiring นี้ยังได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และมีการนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอนทั้งในคณะวิศวกรรมศาสตร์และ สถาปัตยกรรมศาสตร์ในมหาวิทยาลัยทั่วโลก แต่ Wiring นั้นใช้ chip ของ AVR ที่มีราคาแพงจึงเกิดการต่อยอดมาเป็น Arduino

Arduino เป็นรูปแบบของ Microcontroller ใช้ AVR chip ราคาประหยัดและมีซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาได้ทุก Platform Windows, Linux และ OSX ควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แล้วจึงทำการคอมไพล์เพื่อ upload เข้าวงจรโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ C/C++ สามารถทำการลบแล้วเขียนใหม่ได้จนกว่าจะหมดอายุ(เป็นพันครั้ง) โดยสามารถพัฒนาได้โดยไม่ต้องลงลึกเรื่องอิเล็กทรอนิกส์ หรือไฟฟ้ากำลัง เพราะ Arduino มี Library ช่วยเหลือจึงง่ายในการทำโปรเจกต์ด้วย Microcontroller ยกตัวอย่างเช่น

- เขียน program สั่งการไฟ led เปิดแต่ละดวงวนลูบไปมา
- เขียน programสั่งให้เล่นดนตรีให้ออกจากลำโพงบัสเซอร์ได้
- เขียนสั่งบังคับมอเตอร์ servo ได้
- เขียน program ให้รับเงื่อนไขได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่รับรับค่า เช่น ปุ่มกดคิดป้อยดับ, ส่วนรับค่า sensor ได้ เช่น LDR ที่รับแสง
- ฯลฯ



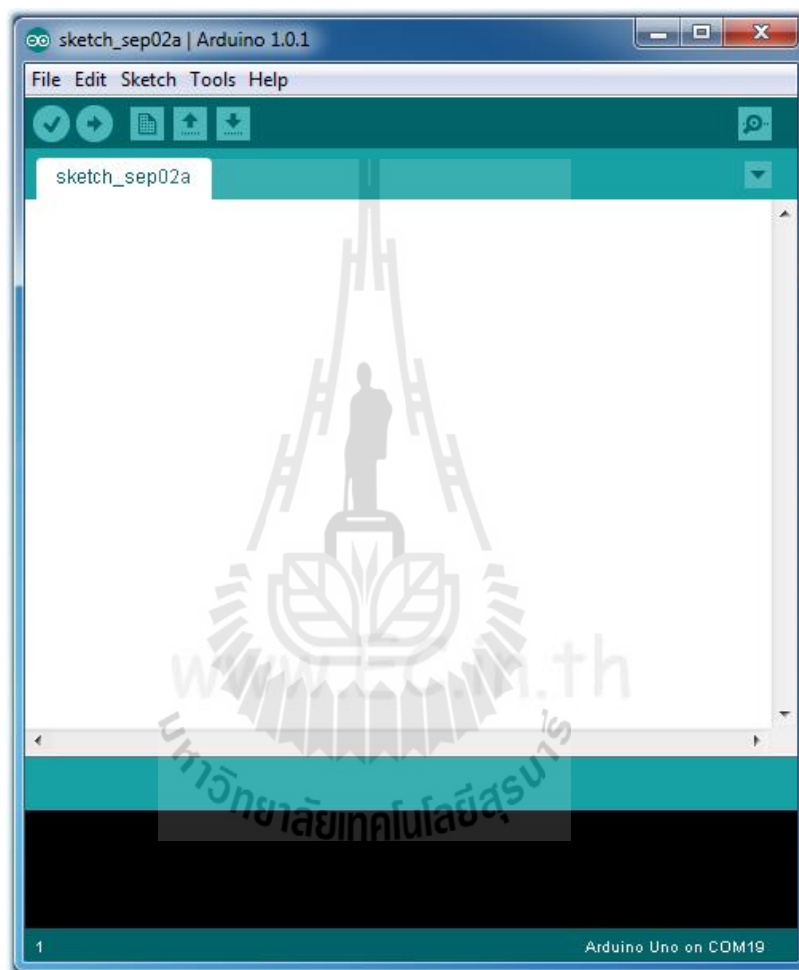
รูปที่ 2-10 หน้าตาของ Arduino Software Developer

2.5.3 ตัวอย่างการใช้ Arduino กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

1. เปิดโปรแกรม Arduino IDE ที่ดาวน์โหลดมา

จาก <http://arduino.cc/en/Main/Software>

2. เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วจะพบกับหน้าต่างของ IDE ดังรูป



3. ไปที่ Tools->Board แล้วเลือกให้ตรงกับบอร์ดที่ใช้งาน สำหรับ Arduino UNO R3 ให้เลือกบอร์ด Arduino UNO

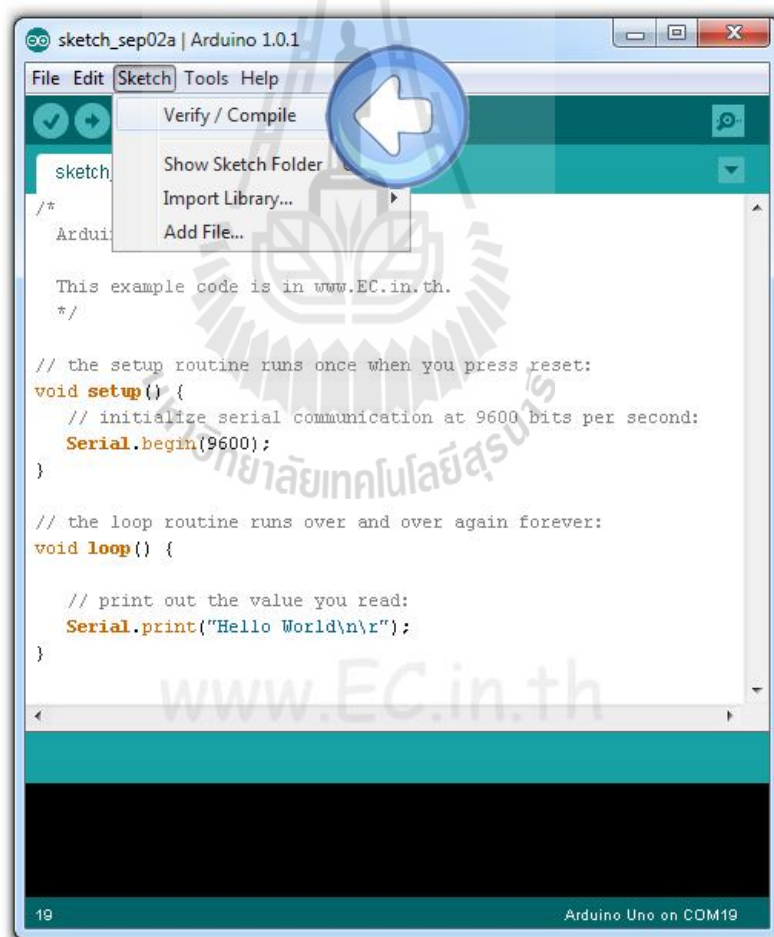
4. เขียนโปรแกรมดังข้อความด้านล่างนี้

```

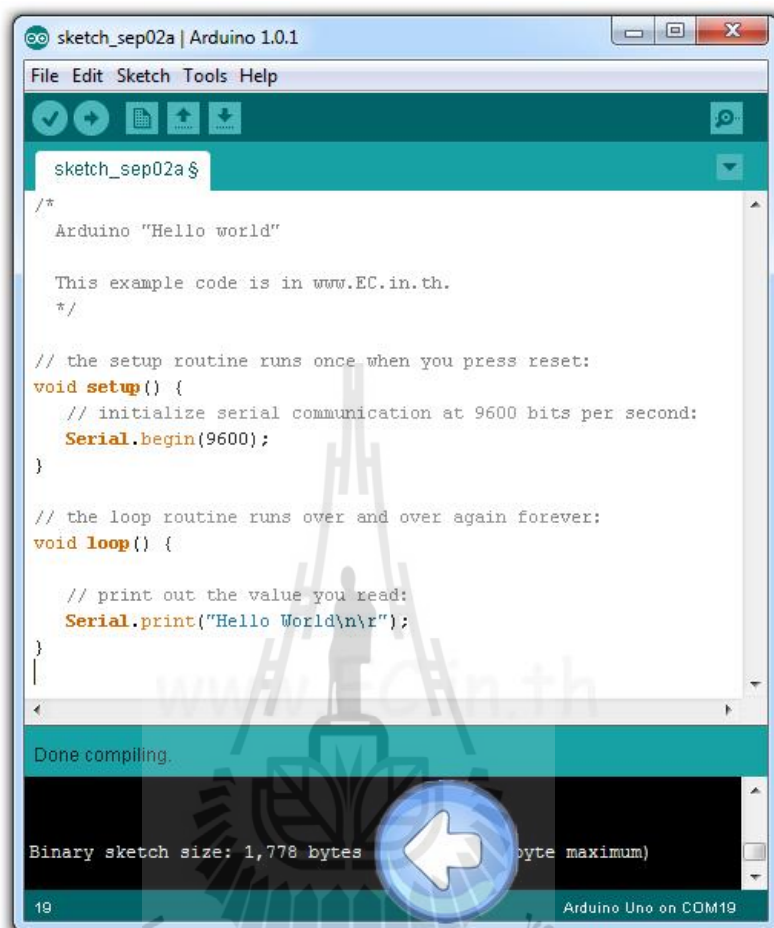
1  /*
2   Arduino "Hello world"
3
4   This example code is in www.EC.in.th.
5   */
6
7  // the setup routine runs once when you press reset:
8  void setup() {
9      // initialize serial communication at 9600 bits per second:
10     Serial.begin(9600);
11 }
12
13 // the loop routine runs over and over again forever:
14 void loop() {
15
16     // print out the value you read:
17     Serial.print("Hello World\n\r");
18 }

```

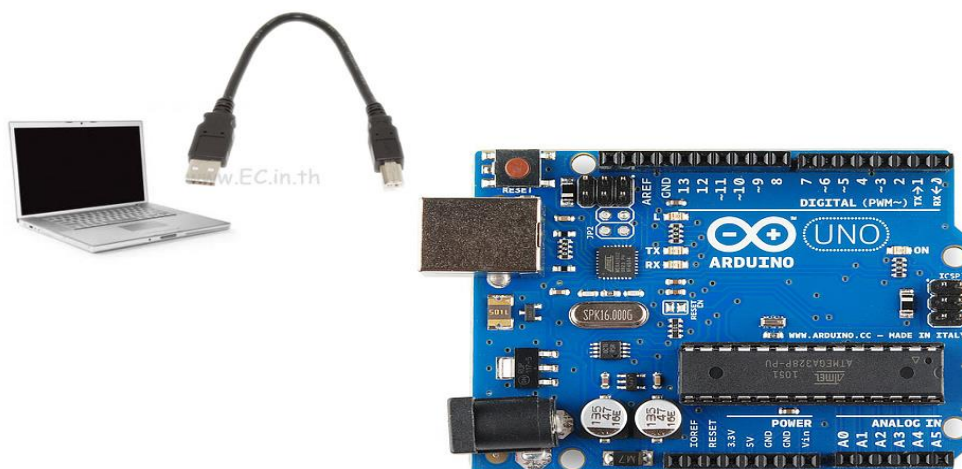
5. จากนั้นคอมไพล์โปรแกรมโดยไปที่ Sketch->Verify / Compile



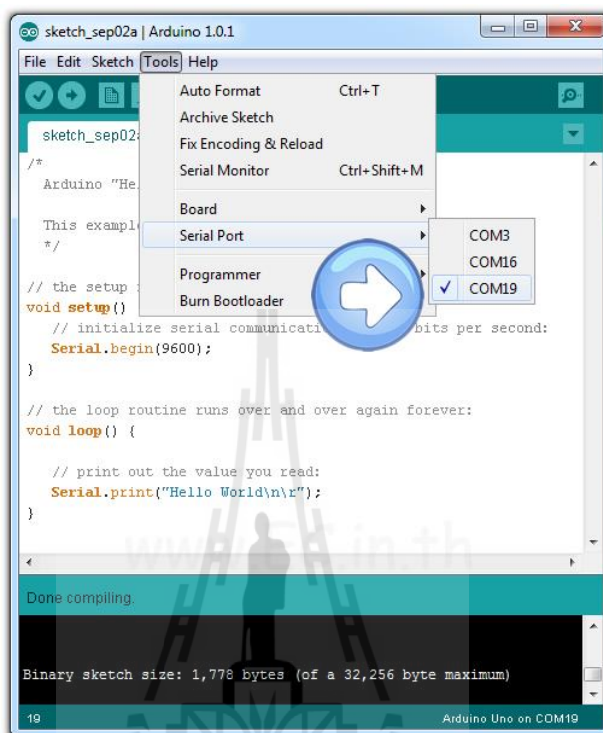
6. เมื่อคอมไพล์เรียบร้อยแล้วจะมีข้อความปรากฏดังรูป



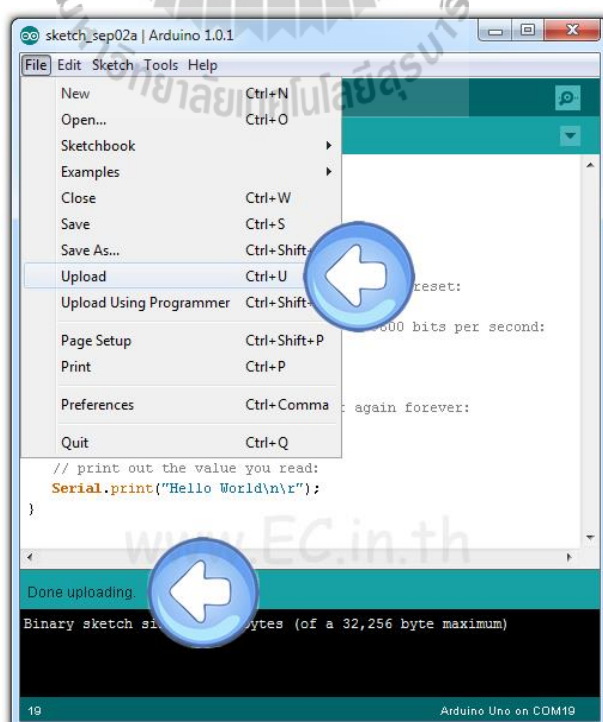
7. ต่อบอร์ด Arduino UNO R3 เข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB



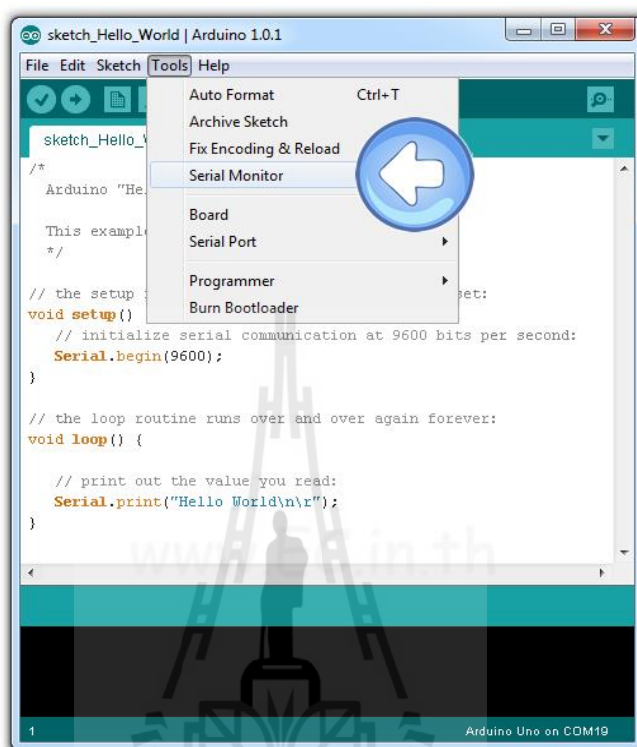
8. จากนั้นให้ไปที่ Tools->Serial Port และเลือกให้ตรงกับบอร์ด Arduino UNO ที่ใช้งาน (สำหรับบอร์ด Arduino UNO R3 โปรแกรมจะเลือกให้อัตโนมัติ)



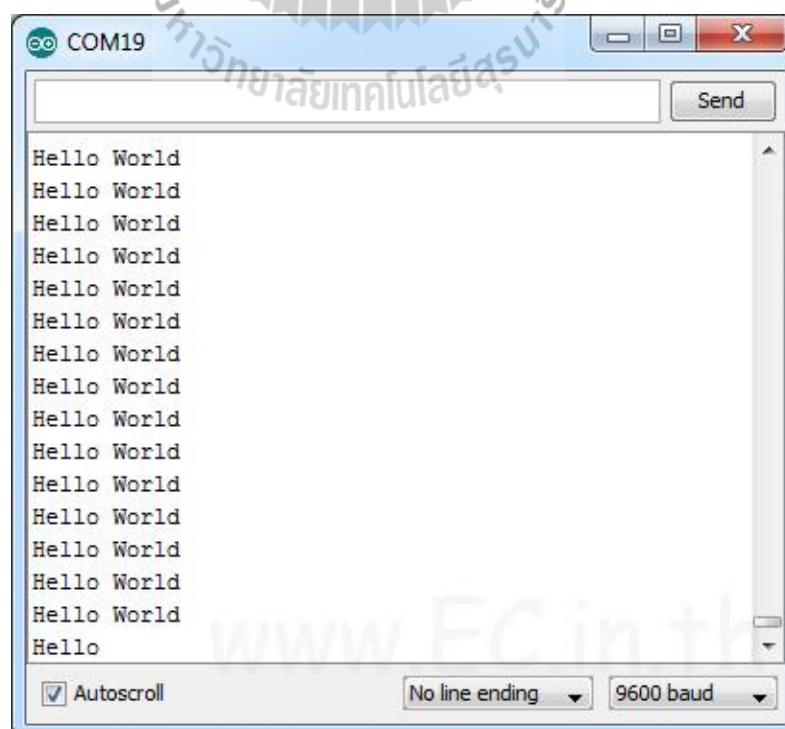
9. โหลดโปรแกรมเข้าบอร์ด Arduino UNO โดยไปที่ File->Upload



10. จากนั้นเปิด Serial Monitor ของ Arduino IDE โดยไปที่ Tools-> Serial Monitor



11. เมื่อเปิด Serial Monitor จะได้ข้อความดังรูป



บทที่ 3

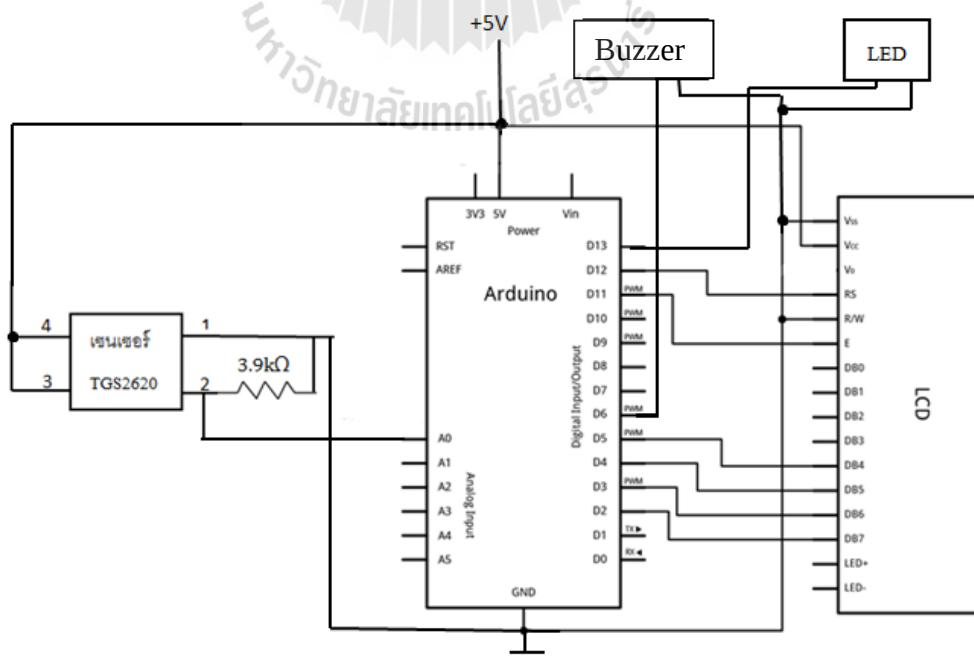
หลักการการทำงานของอุปกรณ์และโปรแกรม ในการใช้งานเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ

3.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ หน้าที่และการใช้งานส่วนประกอบต่างๆ การเขียนโปรแกรมและใช้โปรแกรมควบคุมการทำงาน และการเชื่อมต่อส่วนประกอบต่างๆ ให้ทำงานร่วมกัน

3.2 โครงสร้างของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ

เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจนี้ มีโครงสร้างในการทำงานซึ่งประกอบไปด้วย เซนเซอร์วัดแอลกอฮอล์ TGS 2620 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino (รุ่น Arduino Uno R3) โปรแกรม Arduino IDE ที่ใช้เขียนโปรแกรมลงในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และอุปกรณ์แสดงผลในการวัดระดับแอลกอฮอล์ประกอบไปด้วยจอแสดงผล LCD หลอดไฟ LED และลำโพงบี๊เซอร์ (Buzzer)

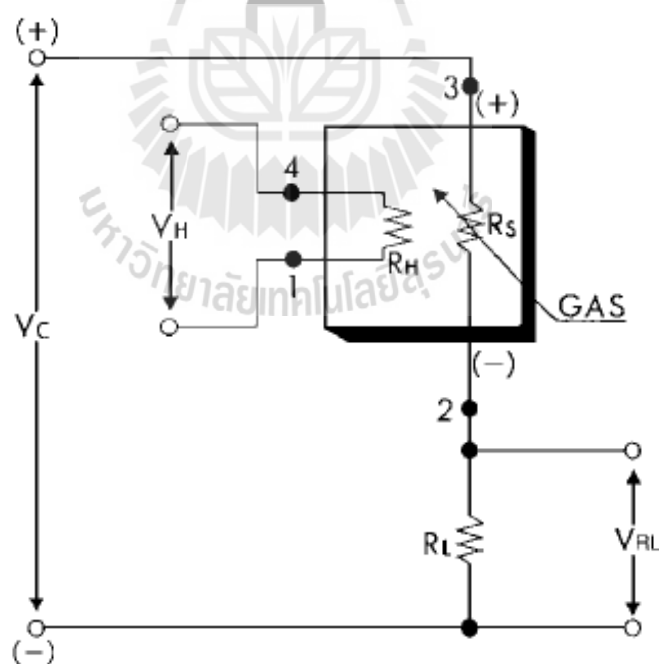


รูปที่ 3-1 โครงสร้างของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ

3.3 Hardware ของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ

3.3.1 เซนเซอร์วัดแอลกอฮอล์ TGS 2620

อุปกรณ์ที่ใช้วัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยการเป่าลมหายใจที่จะใช้ในโครงงานนี้คือเซนเซอร์ TGS 2620 ซึ่งเซนเซอร์วัดแอลกอฮอล์ตัวนี้ใช้สารในการตรวจจับทำจากชั้นของสารกึ่งตัวนำที่เป็นออกไซด์ของโลหะ ซึ่งอยู่บนพื้นผิวออกไซด์ของอะลูมิเนียม ของตัวตรวจจับและตัวทำความร้อน เมื่อมีแก๊สที่ตรวจจับได้ในอากาศ สภาพการนำไฟฟ้าของตัวตรวจจับจะเพิ่มขึ้นโดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแก๊สในอากาศ วงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่ายจะแปลผลการเปลี่ยนแปลงสภาพการนำไฟฟ้าและแสดงผลเป็นความเข้มข้นของแก๊ส เซนเซอร์ TGS 2620 มีความไวต่อตัวทำละลายอินทรีย์สูง รวมทั้งสารระเหยอื่นๆ นอกจากนี้ยังไวต่อแก๊สทำให้มันเป็นตัวตรวจจับที่ดี เนื่องจากขนาดเล็กของชิปในเซนเซอร์ TGS 2620 ใช้ไฟฟ้าเพียง 42 mA



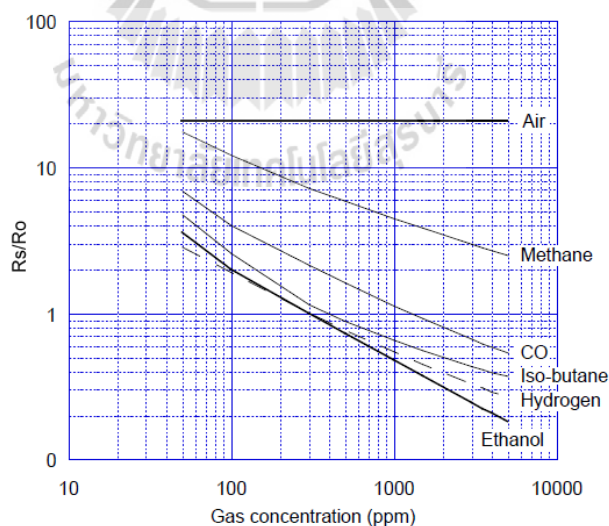
รูปที่ 3-2 วงจรพื้นฐานของเซนเซอร์ TGS 2620

วงจรการวัดพื้นฐาน

ตัวตรวจจับสนองไฟฟ้ 2 ทาง: heater voltage (VH) และ Circuit voltage (VC) โดย Heater voltage ถูกใช้ในการรวมตัวทำความร้อนเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการตรวจจับสนอง ส่วน Circuit voltage ถูกใช้เพื่อให้ Measurement of voltage (VRL) ผ่าน Load resistor ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับตัวตรวจจับสนอง Power supply circuit ทั่วไประบบสามารถใช้สำหรับ VC และ VH เพื่อให้วงจรทำงานโดยค่าของ load resistor ที่ใช้ควรเหมาะสมต่อค่าเริ่มต้นที่จะให้มีการเตือน โดยรักษการใช้ไฟฟ้ (PS) ของ Semiconductor ให้ต่ำกว่า 15 mW การใช้ไฟฟ้จะสูงสุดเมื่อค่าของ RS เท่ากับ RL ซึ่งสามารถหาค่า Rs ได้จากสูตรการแบ่งแรงดัน ดังนี้

$$R_s = \frac{V_c - V_{RL}}{V_{RL}} \times R_L$$

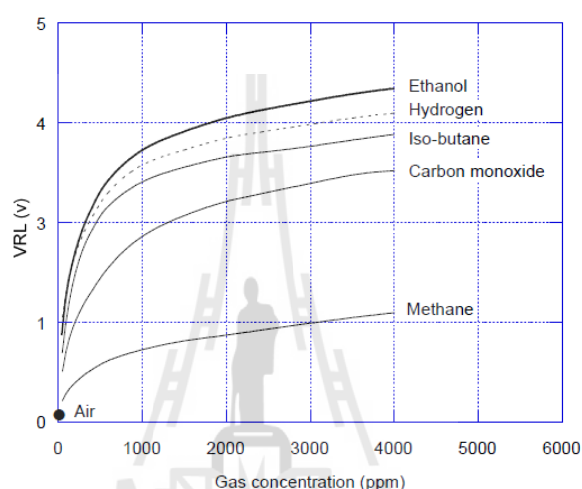
คุณลักษณะของการตอบสนองพื้นฐาน



รูปที่ 3-3 กราฟแสดงการตอบสนองของก๊าซชนิดต่างๆ

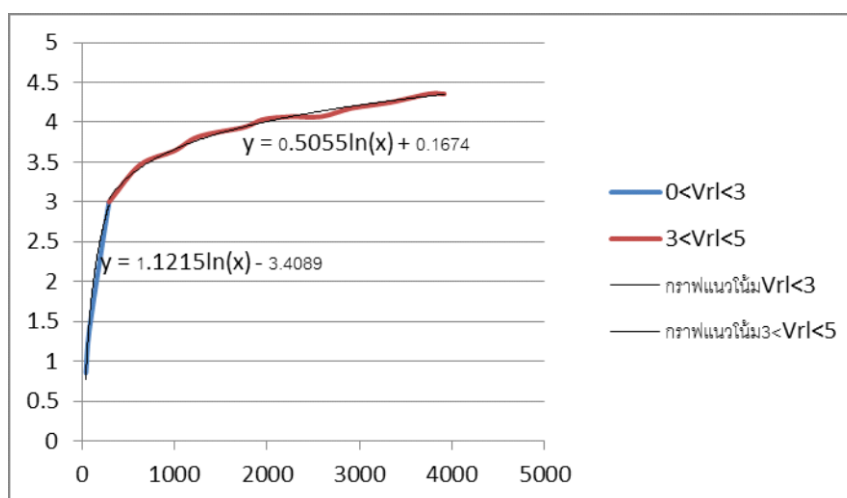
จากรูปที่ 3-3 แสดงถึงการตอบสนองของเซนเซอร์ TGS 2620 ที่ก๊าซชนิดต่างๆ โดยกราฟแสดงถึงอัตราส่วนระหว่างความต้านทานของเซนเซอร์ (R_s) กับความต้านทานเซนเซอร์ที่ 300ppm (R_o) เทียบกับ PPM (part per million)

จากการประยุกต์ใช้วงจรการวัดพื้นฐานในรูปที่ 1 กับสูตรการแบ่งแรงดัน R_s จะทำให้ได้ค่าแรงดันเอาต์พุต (V_{RL}) ทำให้ได้ค่าที่แสดงความสัมพันธ์เป็นกราฟดัง รูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_{RL} กับความเข้มข้นของก๊าซที่ตรวจจับได้ (PPM)

เลือกพิจารณาเฉพาะเส้นกราฟของ Ethanol เพื่อหาสมการ โดยการนำค่าไปเขียนกราฟในโปรแกรม Microsoft Excel แล้วทำการหาค่าแนวโน้มและสมการออกมา จะได้กราฟดังนี้



รูปที่ 3-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันเอาต์พุตกับ PPM

กราฟจะถูกแบ่งออกเป็นสองช่วงเพื่อให้ค่าสมการของกราฟได้ใกล้เคียงกับกราฟต้นแบบให้มากที่สุด โดยแกน x คือค่าของ Gas concentration (PPM) และแกน y คือค่าของ VRL (V) จะได้สมการดังนี้

ช่วงแรก ; $0 < V_{RL} \leq 3$:

$$\text{Gas concentration(PPM)} = e^{(VRL + 3.4089)/1.1215}$$

ช่วงสอง ; $3 < V_{RL} < 5$:

$$\text{Gas concentration(PPM)} = e^{(VRL - 0.1674)/0.5055}$$

ซึ่งจากสมการข้างต้นจะได้ค่าปริมาณของก๊าซออกมาเป็นหน่วยของ PPM แต่ในที่นี้ต้องการให้ค่าปริมาณของก๊าซเป็นหน่วยของแอลกอฮอล์ในเลือด (mg%) จึงต้องทำการเปรียบเทียบหน่วยดังนี้

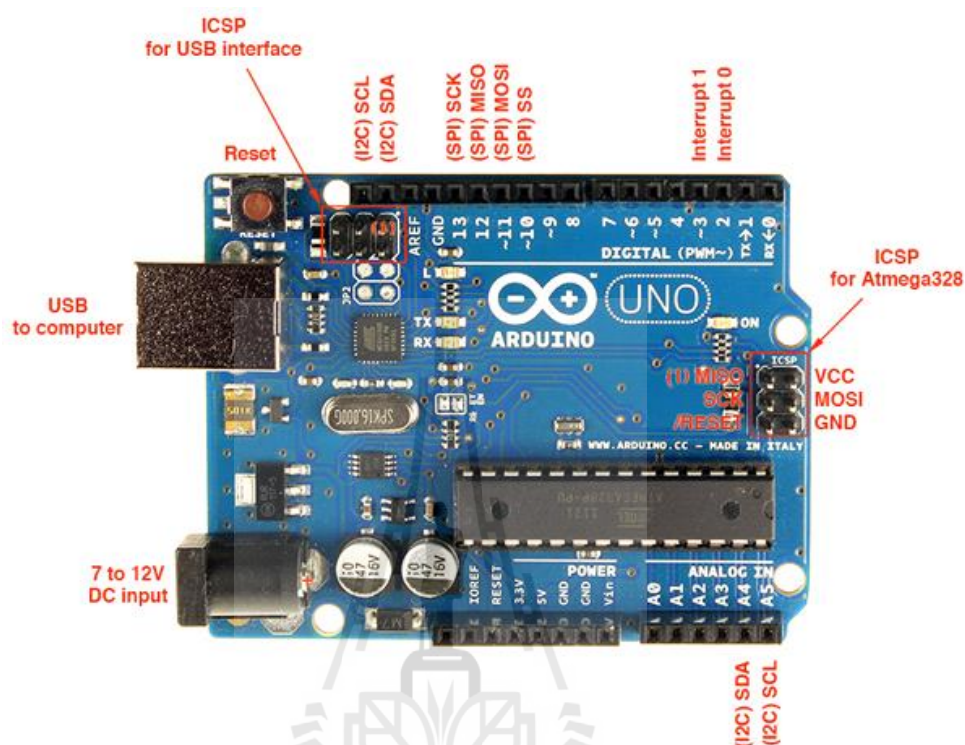
1 PPM มีค่าเท่ากับ mg/L

1 mg% มีค่าเท่ากับ mg/dL

$\therefore$ 1mg% จะมีค่าเท่ากับ $\frac{PPM}{10}$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Arduino UNO R3

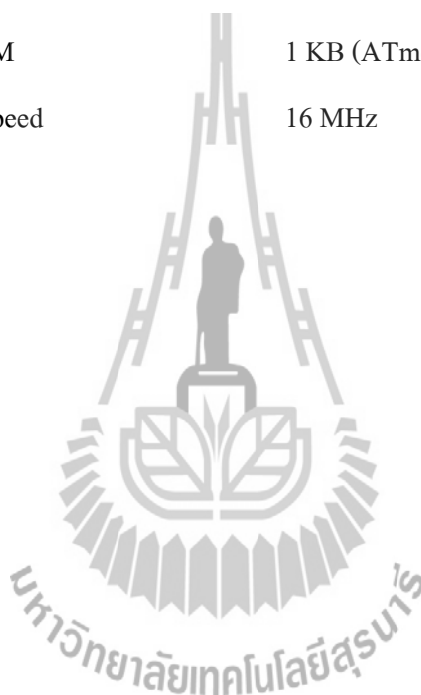


รูปที่ 3-6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Aduino UNO R3

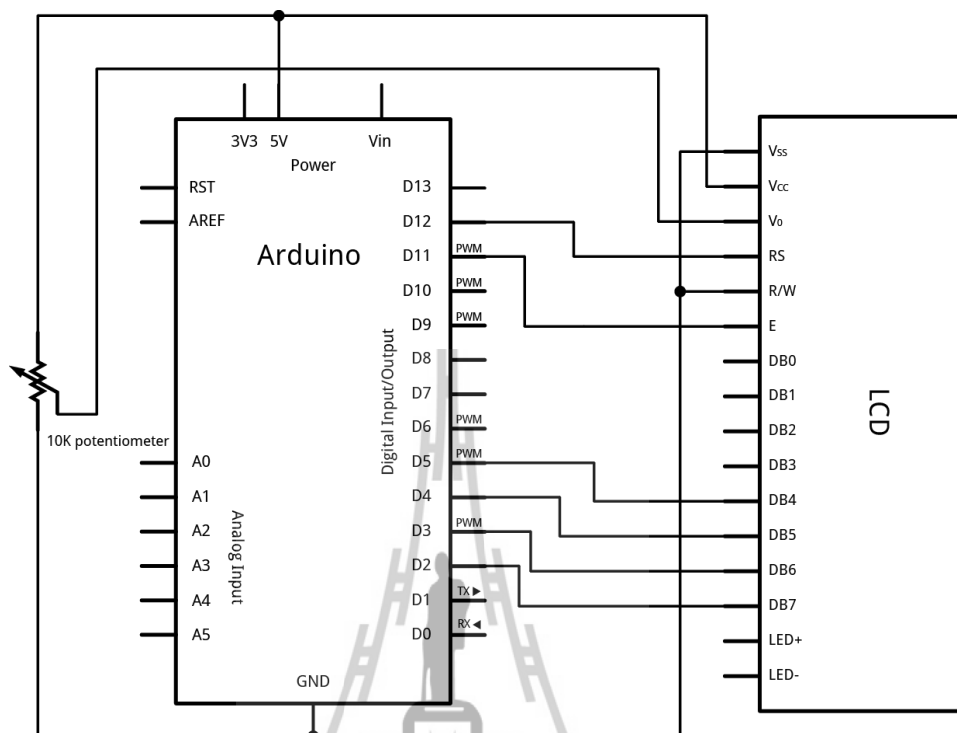
Arduino UNO R3 เป็น Microcontroller board ที่ใช้ ATmega328 เป็น MCU หลัก ซึ่งตัวนี้จะมีขา Digital 14 ขา อินพุต/เอาต์พุต (สามารถทำเป็น PWM ได้ถึง 6 ขา) และมีขา Analog อินพุตได้อีก 6 ขา, รั้นที่ความถี่ 16 MHz มี USB Connector และ Power Jack DC ซึ่ง Concept ของ Arduino Board นี้ทำมาเพื่อความสะดวกง่ายในการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ สามารถต่อ USB เข้ากับช่องคอมพิวเตอร์ก็สามารถ Run โปรแกรมที่ Board ได้ เหมาะสำหรับผู้ที่กำลังเริ่มต้นการเขียนโปรแกรม มีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz



3.3.3 จอแสดงผล LCD

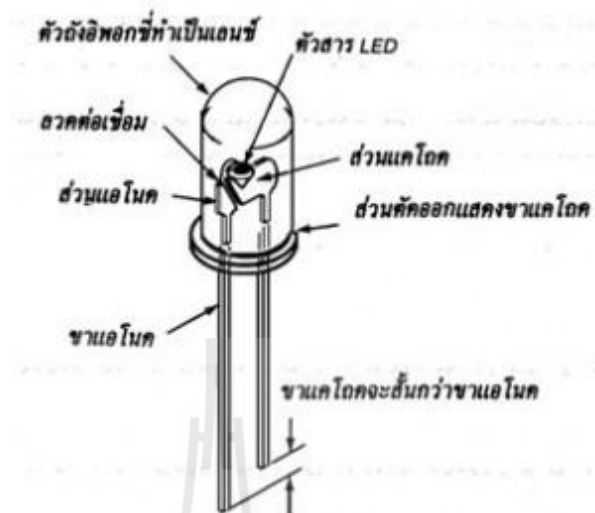


รูปที่ 3-8 การต่อ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino

สามารถต่อบอร์ด Aduino กับ LCD ได้ดังนี้

- LCD RS ต่อกับ Digital 12
- LCD Enable ต่อกับ Digital 11
- LCD D4 ต่อกับ Digital 5
- LCD D5 ต่อกับ Digital 4
- LCD D6 ต่อกับ Digital 3
- LCD D7 ต่อกับ Digital 2
- LCD Gnd และ LCD R/W ต่อเข้ากับ ขาข้างซ้ายหรือขวาของ 10K pot ก็ได้ครับ แล้วต่อเข้า GND
- LCD Vcc ต่อกับ ขาอีกข้างของ 10K pot แล้วต่อเข้า 5V ครับ
- LCD VO ต่อกับ ขากลางของ 10K pot ครับ

3.3.4 หลอดไฟ LED



รูปที่ 3-9 ส่วนประกอบของ Light-Emitting Diode

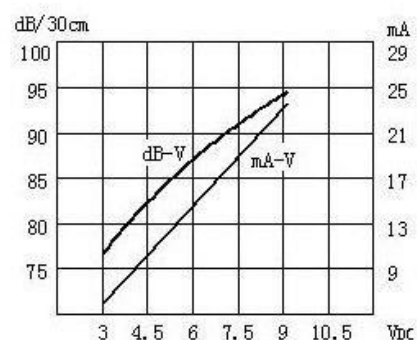
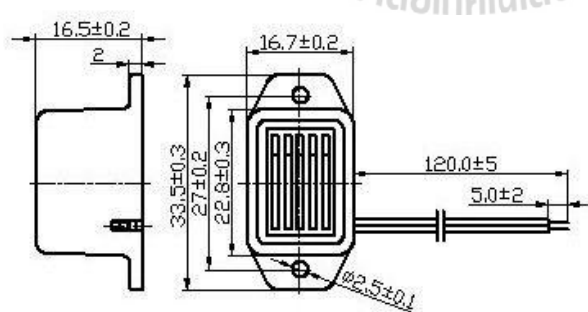
LED ย่อมาจาก Light-Emitting Diode หรือเรียกว่าไดโอดเปล่งแสงซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้แสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน ซึ่งต่างกับแสงธรรมชาติที่ตาคนมองเห็น โดยหลอดLED สามารถเปล่งแสงได้เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และประสิทธิภาพในการให้แสงสว่างก็ยิ่งดีกว่าหลอดไฟขนาดเล็กทั่วไป ไดโอดชนิดนี้เหมือนไดโอดทั่ว ๆ ไปที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ประกบกันมีผิวข้างหนึ่งเรียบเป็นมันคล้ายกระจก เมื่อไดโอดตกไบแอสตรงจะทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลใน P ต่อให้เกิดพลังงานในรูปของประจุโฟตอนซึ่งจะส่งแสงออกมา

3.3.5 Buzzer (EMB – 2306L)



รูปที่ 3-10 Buzzer

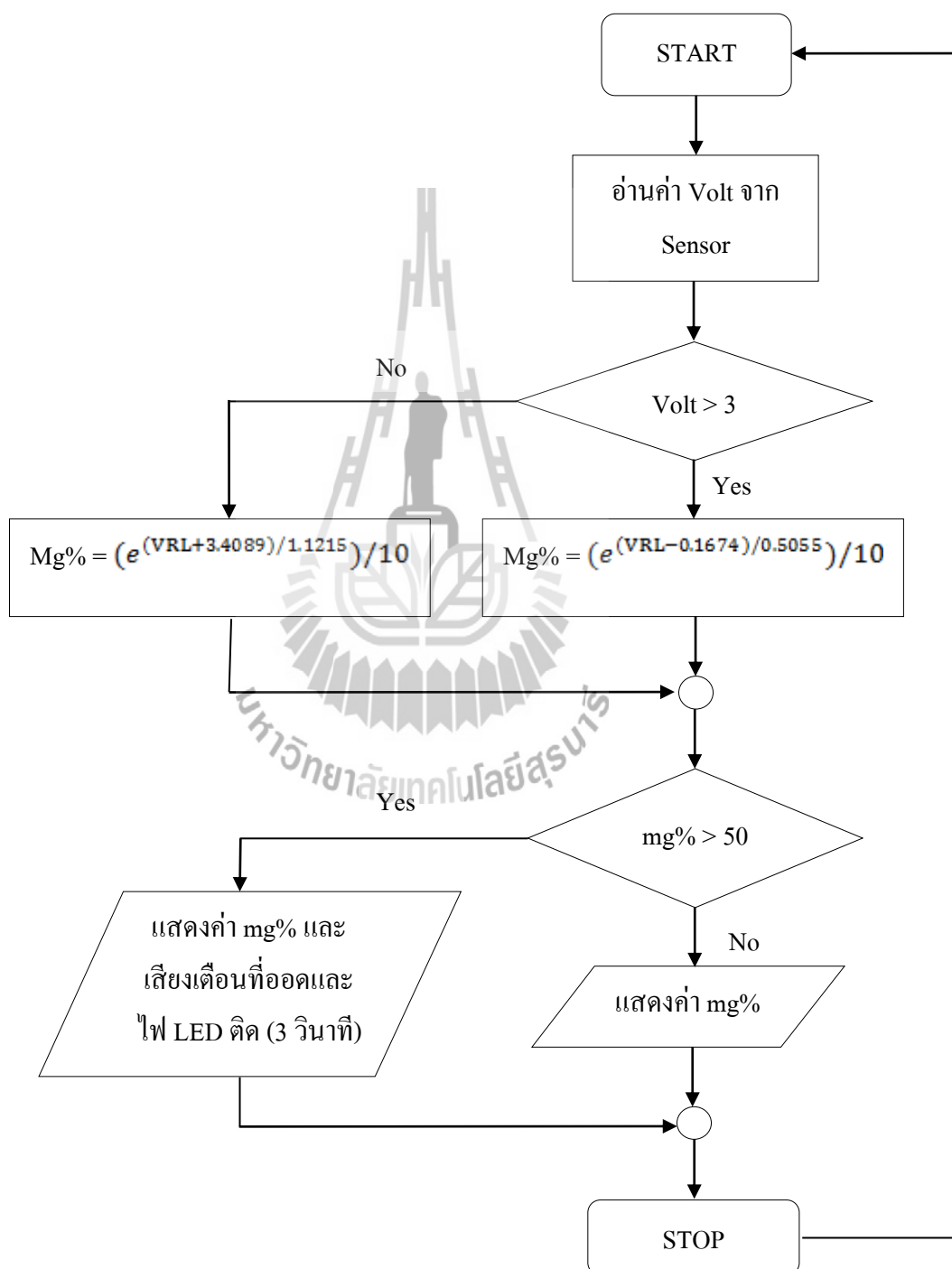
ขนาด	23*16 mm
ช่องสัญญาณเสียง	รางเดี่ยว
แรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน	6 V
แรงดันไฟฟ้าในปฏิบัติการ	4–8 V
กระแสไฟฟ้า	25 mA
เสียงเอ้าท์พุทที่ 20 cm	75 dB
ความถี่ของเสียง	400 Hz
น้ำหนัก	10 g



รูปที่ 3-11 แสดงขนาดและกราฟคุณสมบัติเปรียบเทียบระหว่างความดังในหน่วย dB ,กระแสไฟ และแรงดัน V_{DC} ที่ใช้ตามลำดับ

3.4 การเขียนโปรแกรมของเครื่องวัดแอลกอฮอล์

3.4.1 แผนผังการทำงานของโปรแกรม (Flow chart)



3.4.2 Code program และคำอธิบาย

```
// include the library code:

#include <math.h> //การเรียกLibrary Math
#include <LiquidCrystal.h> //การเรียกLibrary LiquidCrystal ใช้ในการเขียนLCD

// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(2, 4, 5, 15, 16, 17); //(RS, Enable, D4, D5, D6, D7)

#define d3 3 //กำหนดให้d3 คือขา3
#define d6 6 //กำหนดให้d6 คือขา6
#define d7 7 //กำหนดให้d7 คือขา7

void setup(){
  lcd.begin(16, 2); // set up the LCD's number of columns and rows:
  Serial.begin(9600); // initialize the serial communications:

  pinMode(d3, OUTPUT); //กำหนดให้d3เป็นoutputเข้าสู่analog write
  pinMode(d6, OUTPUT); //กำหนดให้d6เป็นoutputเข้าสู่ออกกล
  pinMode(d7, OUTPUT); //กำหนดให้d7เป็นoutputเข้าสู่LED
  analogWrite(3, 100); //ใช้กำหนดความเข้มตัวหนังสือ
}

double analog_in = 0; //setค่าเริ่มต้นของตัวแปร
double v = 0; //setค่าเริ่มต้นของตัวแปร
double ppm = 0; //setค่าเริ่มต้นของตัวแปร
double mg_per = 0; //setค่าเริ่มต้นของตัวแปร

void loop(){
  while(1){
    analog_in = analogRead(0); //ใช้ค่าA0อ่านค่า analogRead แล้วเก็บค่าใน analog_in
    v = (analog_in*5)/1023; //แปลงค่าจากv=0-1023v ให้เป็นv=0-5v
    Serial.print(v, 4); //กำหนดตัวแปรvเก็บค่าทศนิยม4ตำแหน่ง
    Serial.print("V"); //แสดงค่าตัวแปรvในserial monitor
    Serial.print("\t\t");
    if(v<=3){ //ถ้าv≤3ให้ทำตามเงื่อนไขต่อไปนี้
```

```

ppm = exp((v+3.4089)/1.1215); //แทนVที่อ่านได้ลงในสูตร
Serial.print(ppm, 4); //กำหนดตัวแปรppmเก็บค่าทศนิยม4ตำแหน่ง
Serial.print("ppm"); //แสดงค่าตัวแปรppmในserial monitor
Serial.print("\t");

mg_per = ppm/10; //นำppm÷10จะได้ค่าmg%

lcd.setCursor(0, 0); // set the cursor to column 0, line 0
lcd.print("Alcohol Meter "); //แสดงคำว่า Alcohol Meter บนLCD
lcd.setCursor(0, 1); // set the cursor to column 0, line 1
lcd.print("Value = "); //แสดงคำว่า Value = บนLCD
lcd.print(mg_per, 0); //แสดงค่าmg% บนLCD
lcd.print(" mg% "); //แสดงคำว่า mg%บนLCD
}

else if(v>3){ //ถ้าV>3ให้ทำตามเงื่อนไขต่อไปนี้
    ppm = exp((v-0.1674)/0.5055); //แทนVที่อ่านได้ลงในสูตร
    Serial.print(ppm, 4); //กำหนดตัวแปรppmเก็บค่าทศนิยม4ตำแหน่ง
    Serial.print("ppm"); //กำหนดตัวแปรppmเก็บค่าทศนิยม4ตำแหน่ง
    Serial.print("\t");
    mg_per = ppm/10; //นำppm÷10จะได้ค่าmg%
    lcd.setCursor(0, 0); // set the cursor to column 0, line 0
    lcd.print("Alcohol Meter "); //แสดงคำว่า Alcohol Meter บนLCD
    lcd.setCursor(0, 1); // set the cursor to column 0, line 1
    lcd.print("Value = "); //แสดงคำว่า Value = บนLCD
    lcd.print(mg_per, 0); //แสดงค่าmg% บนLCD
    lcd.print(" mg% "); //แสดงคำว่า mg%บนLCD
    if(mg_per>=50){ //ถ้าmg%≥ 50
        digitalWrite(d6, HIGH); //กำหนดให้หลอดกลดั่ง
        digitalWrite(d7, HIGH); //กำหนดให้LEDติด
        delay(500); //กำหนดให้LEDติด500ms
        digitalWrite(d7, LOW); //กำหนดให้LEDดับ
        delay(500); //กำหนดให้LEDดับ500ms
    }
}

```

```

digitalWrite(d7, HIGH);          //กำหนดให้LEDติด
delay(500);                      //กำหนดให้LEDติด500ms
digitalWrite(d7, LOW);           //กำหนดให้LEDดับ
delay(500);                      //กำหนดให้LEDดับ500ms
digitalWrite(d7, HIGH);          //กำหนดให้LEDติด
delay(1000);                    //กำหนดให้LEDติด1000ms
digitalWrite(d6, LOW);           //กำหนดให้แอลคอลลดับ
digitalWrite(d7, LOW);           //กำหนดให้LEDดับ
}
else{
}
}

Serial.print("Value Alcohol "); //แสดงค่าว่า Value Alcohol บนserial monitor
Serial.print(mg_per, 4);        //กำหนดให้แสดงค่าmg%เป็นทศนิยม4ตำแหน่งบน
serial monitor
Serial.println("mg%");          //แสดงค่า mg% บนserial monitor
delay(1000);                    //อ่านค่าทุกๆวินาที
}
}

```


3.4.3 การเขียนโปรแกรม Arduino IDE

บอร์ด Arduino นั้น ต้องเขียนด้วยโปรแกรม Arduino IDE (Integrated Development Environment) ซึ่งตัวโปรแกรมตัวนี้นั้นถูกพัฒนาต่อมาจากโปรแกรม open source อย่าง Processing และ Wiring และด้วยความที่ทั้งตัวโปรแกรม Processing และ Wiring นั้นถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยภาษา JAVA จึงทำให้สามารถใช้งานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการ Windows, Linux และ Mac OS ได้ ตัวโปรแกรม Arduino IDE ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ใช้งานได้ง่ายสะดวกและลดความซับซ้อนของการเขียนโปรแกรมในรูปแบบของภาษา C/C++ ให้ดูเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน มีคำสั่งและไลบรารีเตรียมไว้ให้แล้ว

- ชนิดของตัวแปรในการเขียนโปรแกรม

Char	มีขนาด 8 บิต	ใช้แทนข้อมูล -128 ถึง 127
Int	มีขนาด 16 บิต	ใช้แทนข้อมูลจำนวนเต็ม ในช่วง -32,768 ถึง +32,767
Long	มีขนาด 32 บิต	ใช้แทนข้อมูลจำนวนเต็ม ในช่วง -2,147,483,648 ถึง +2,147,483,647
Float	มีขนาด 32 บิต	ใช้แทนข้อมูลจำนวนจริงในช่วง 10 ยกกำลัง -38 ถึง 10 ยกกำลัง 38
Double	มีขนาด 64 บิต	ใช้แทนข้อมูลจำนวนจริงในช่วง 10 ยกกำลัง -308 ถึง 10 ยกกำลัง 308

- โครงสร้างการเขียนโปรแกรม

```
#include<ประกาศLibrary >
ประกาศตัวแปรต่างๆ
void setup() { กำหนดใช้งานportต่างๆ โดยใน arduino เรียก port ต่างๆเป็นหมายเลข

}

void loop()
{
    การกำหนดในการใช้ฟังก์ชันต่างๆ
}
```

- **MENU bar ของ Arduino IDE จะประกอบด้วย**

1. Menu File โดยทำหน้าที่บริหารจัดการข้อมูลที่เรียกว่า Sketch File (ไฟล์ที่ทำการเขียนจะเรียกว่า sketch files)

* New : สร้าง Sketch File ใหม่

* Sketchbook :

1. Open : เรียก Sketchbook ที่บันทึกไว้ก่อนหน้านี้

2. Example : เปิด Sketchbook ตัวอย่างที่มาจาก Library

* Save : บันทึก Sketch File ณ.ปัจจุบัน

* Save as : บันทึก Sketch File ในที่อื่นหรือชื่อใหม่

* Upload to I/O board : การ burn ตัว MCU(AVR)หลังจากที่เขียนโปรแกรมเสร็จ

* Preference : ตั้งค่าต่าง ๆ ของ Arduino IDE

2. Edit Menu ทำหน้าที่แก้ไข wording

* Undo : ยกเลิกคำสั่งหรือการพิมพ์ครั้งล่าสุด

* Redo : ทำซ้ำคำสั่งหรือการพิมพ์ครั้งล่าสุด

* Cut : ตัดข้อความไว้ใน clipboard

* Copy : คัดลอกข้อความจาก clipboard

* Paste : แปะข้อความจาก clipboard

* Select all : เลือก(แรงา)ข้อความทั้งหมด

* Find : ค้นหาข้อความ

* Find Next : ค้นหาข้อความถัดไป

3. Sketch Menu เป็นเมนูที่ใช้คำสั่ง Compile ,เพิ่มLibrary

* Verify/Compile : Compile ภาษา c/c++ เป็นภาษา Machine

* Stop : หยุดการ Compile

* Import Library : เลือก/เพิ่ม Library โดยแทรกในบรรทัดแรก

* Show Sketch Folders : ทำการแสดงที่เก็บโปรแกรม

* Add File.. : คัดลอก File เลือก/เพิ่มมาบันทึกรวมใน Folder ปัจจุบัน

4. Tools Menu : ใช้จัด code ,เลือกบอร์ด Microcontroller ,เลือก port serial

* Auto Format : จัดวาง code ให้เป็นระเบียบสวยงามให้อ่านได้ง่ายโดยแยกสี code ที่เป็นคำสั่งและตัวแปร

* copy to Forum : คัดลอก code ลง clipboard

* Archive Sketch : สั่งให้บีบอัด Folder ปัจจุบันเป็นไฟล์บีบอัด มีประโยชน์ในการทำ

CVS

* Board : เลือก Hardware Device ที่ใช้งานกับโปรแกรม เช่น Arduino Nano เป็นต้น

* Serial Ports : เลือก port เพื่อ communication ระหว่าง Hardware Device กับ Arduino

IDE

* Burn Bootloader : เพื่อทำการ bootloader ให้ Hardware Device โดยต้องมีเครื่อง

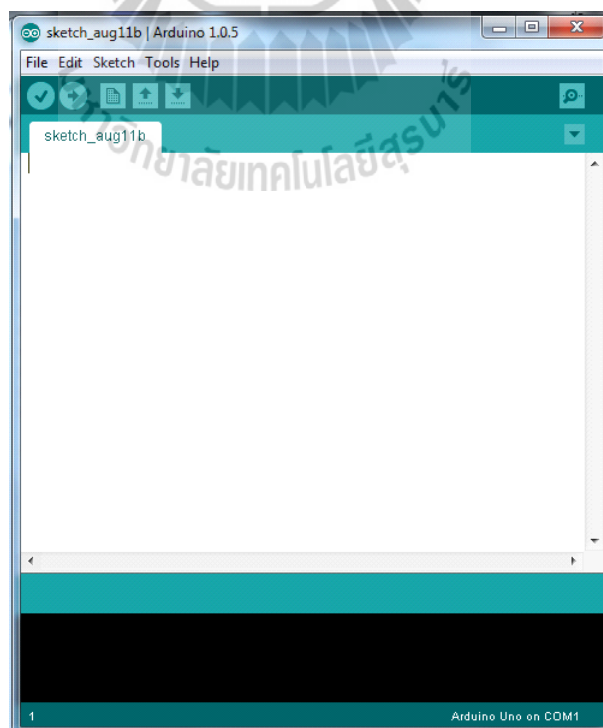
burn

3.4.4 การโหลดโปรแกรมลงบอร์ด

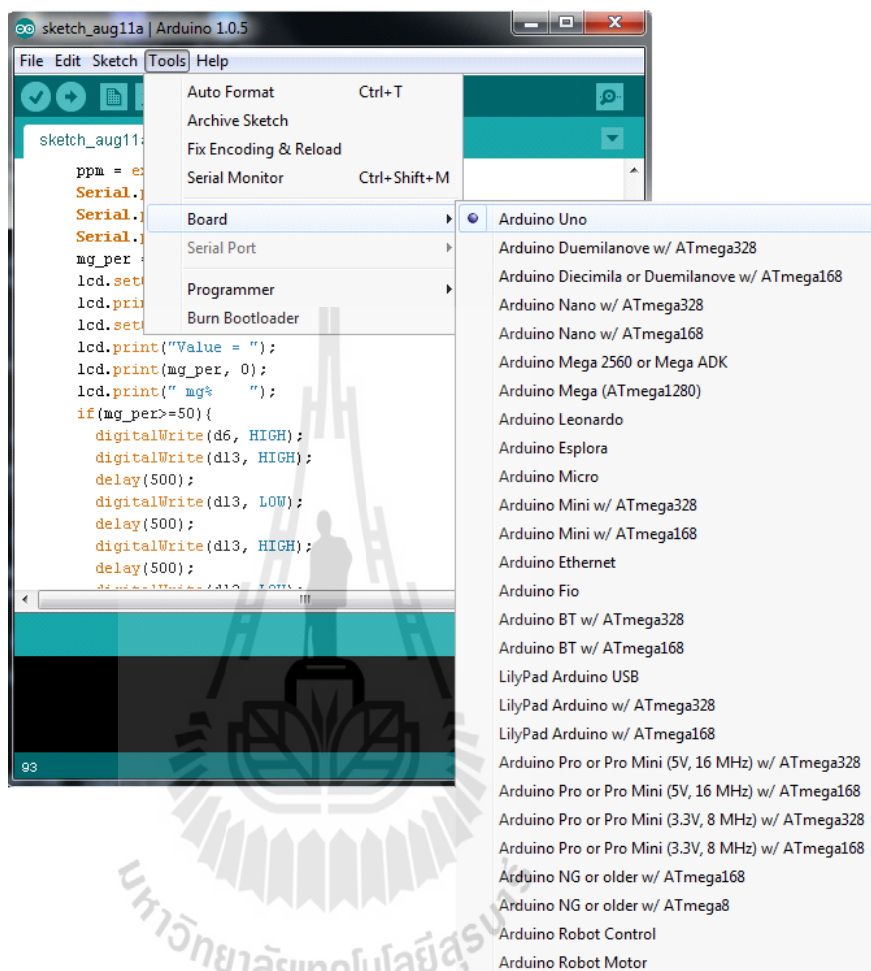
1. เปิดโปรแกรม Arduino IDE ที่ได้โหลดมาจาก

<http://arduino.cc/en/Main/Software>

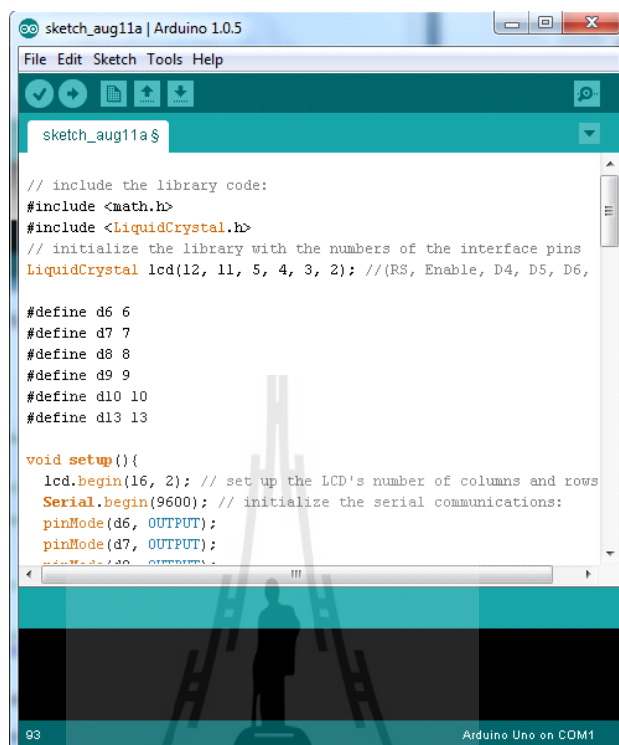
2. เมื่อเปิดโปรแกรมแล้วจะพบกับหน้าต่างของ IDE ดังรูป



3. ไปที่ Tools->Board แล้วเลือกให้ตรงกับบอร์ดที่ใช้งาน สำหรับ Arduino UNO R3 ให้เลือกบอร์ด Arduino UNO



4. เขียนโปรแกรม



```

sketch_aug11a $

// include the library code:
#include <math.h>
#include <LiquidCrystal.h>
// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); // (RS, Enable, D4, D5, D6,

#define d6 6
#define d7 7
#define d8 8
#define d9 9
#define d10 10
#define d13 13

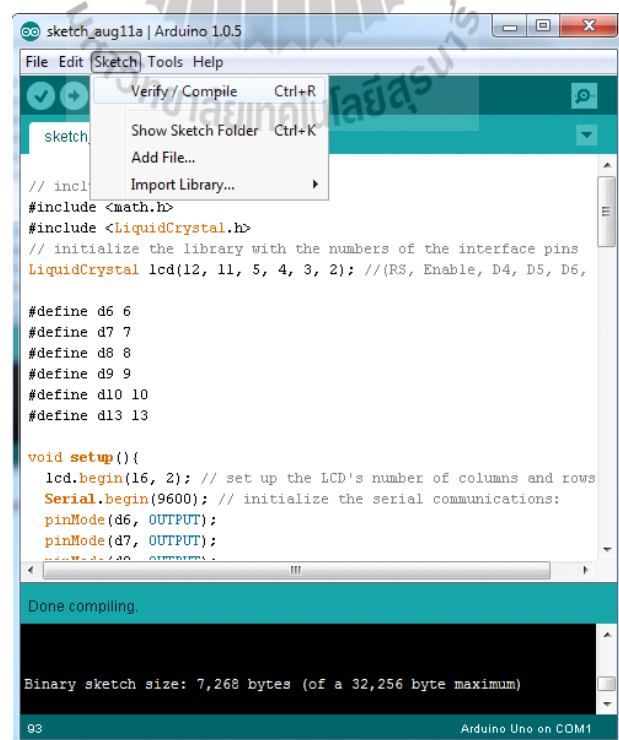
void setup(){
  lcd.begin(16, 2); // set up the LCD's number of columns and rows
  Serial.begin(9600); // initialize the serial communications:
  pinMode(d6, OUTPUT);
  pinMode(d7, OUTPUT);
  pinMode(d8, OUTPUT);
  pinMode(d9, OUTPUT);
  pinMode(d10, OUTPUT);
  pinMode(d13, OUTPUT);
}

void loop(){
  // your code goes here
}

```

93 Arduino Uno on COM1

5. จากนั้นคอมไพล์โปรแกรมโดยไปที่ Sketch->Verify / Compile



```

sketch_aug11a | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help
Verify / Compile Ctrl+R
Show Sketch Folder Ctrl+K
Add File...
Import Library...

// incl
#include <math.h>
#include <LiquidCrystal.h>
// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); // (RS, Enable, D4, D5, D6,

#define d6 6
#define d7 7
#define d8 8
#define d9 9
#define d10 10
#define d13 13

void setup(){
  lcd.begin(16, 2); // set up the LCD's number of columns and rows
  Serial.begin(9600); // initialize the serial communications:
  pinMode(d6, OUTPUT);
  pinMode(d7, OUTPUT);
  pinMode(d8, OUTPUT);
  pinMode(d9, OUTPUT);
  pinMode(d10, OUTPUT);
  pinMode(d13, OUTPUT);
}

void loop(){
  // your code goes here
}

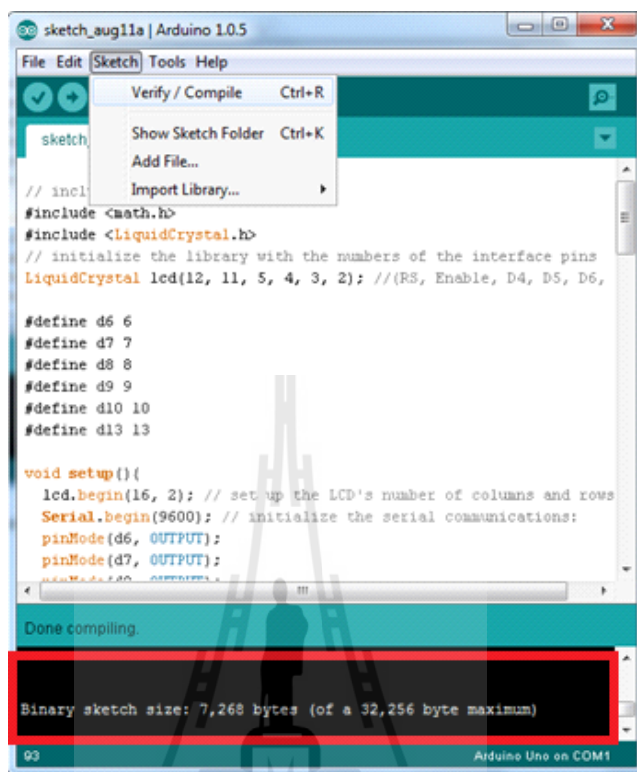
```

Done compiling.

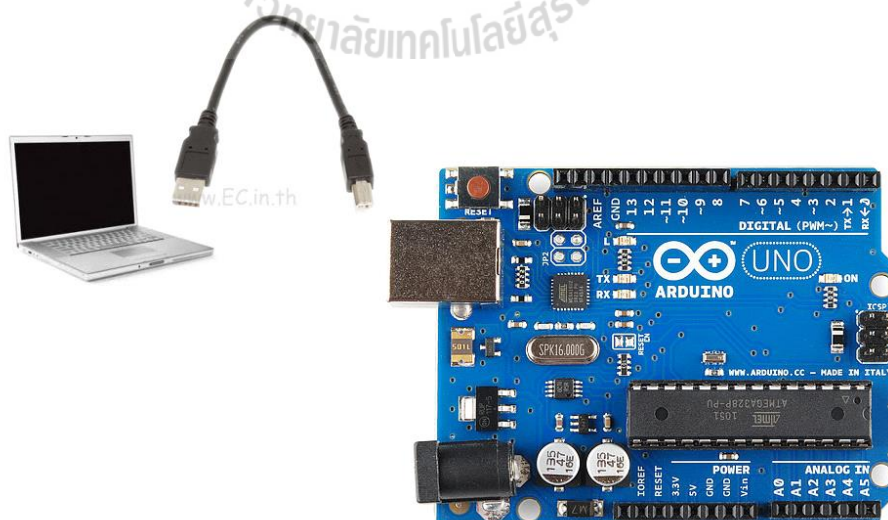
Binary sketch size: 7,268 bytes (of a 32,256 byte maximum)

93 Arduino Uno on COM1

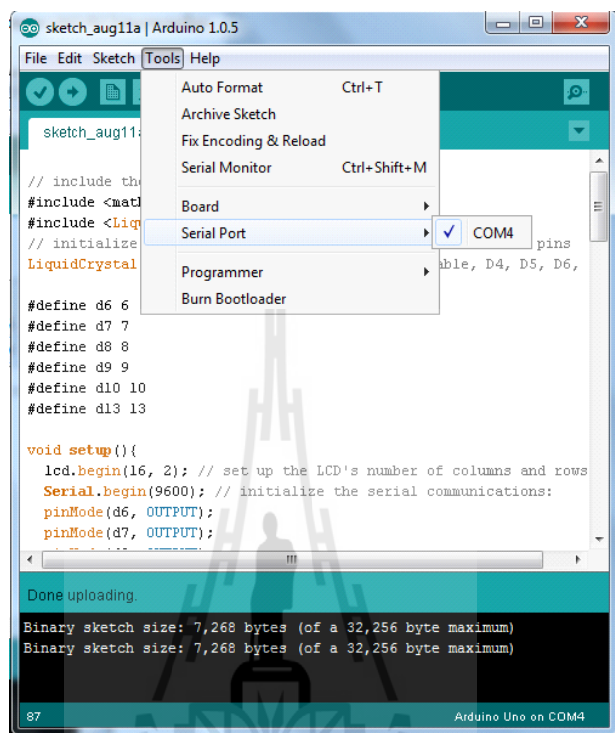
6. เมื่อคอมไพล์เรียบร้อยแล้วจะมีข้อความปรากฏดังรูป



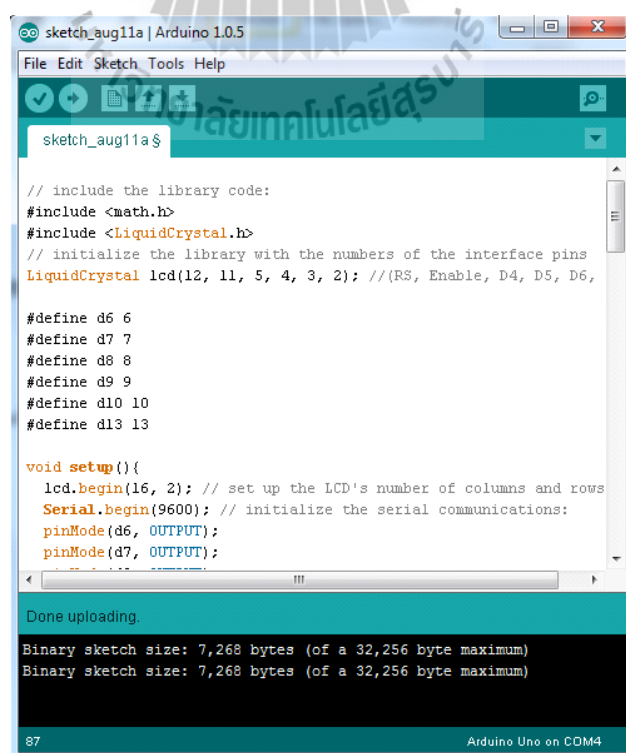
7. ต่อบอร์ด Arduino UNO R3 เข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB



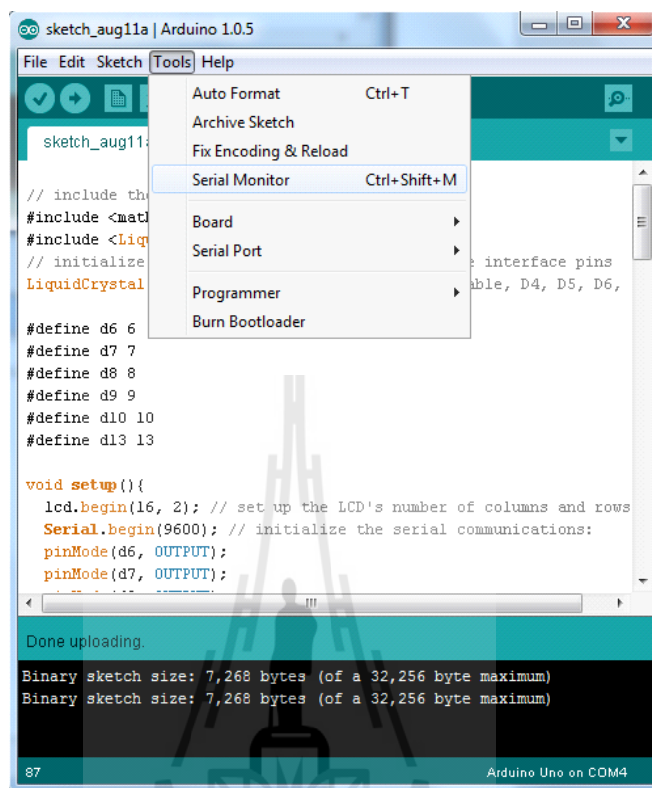
8. จากนั้นให้ไปที่ Tools->Serial Port และเลือกให้ตรงกับบอร์ด Arduino UNO ที่ใช้งาน (สำหรับบอร์ด Arduino UNO R3 โปรแกรมจะเลือกให้อัตโนมัติ)



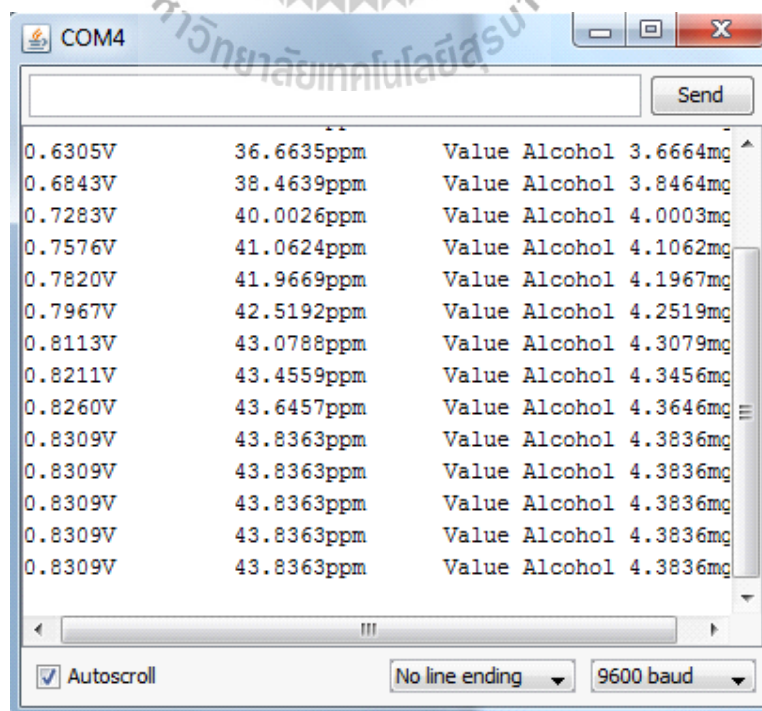
9. โหลดโปรแกรมเข้าบอร์ด Arduino UNO โดยไปที่ File->Upload



10. จากนั้นเปิด Serial Monitor ของ Arduino IDE โดยไปที่ Tools->Serial Monitor



11. เมื่อเปิด Serial Monitor จะได้ข้อความดังรูป



บทที่ 4

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจเทียบกับเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ Intoximeters Alco-Sensor IV with Memory - Black DOT ที่ได้มาตรฐานของโรงพยาบาล^[1] ว่ามีความผิดพลาดมากน้อยเพียงใด สามารถนำไปใช้จริงได้หรือไม่ เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐาน ราคาประมาณ 25,000 บาท (รูปที่ 4-1 (ก))
2. เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ ราคาประมาณ 6,000 บาท (รูปที่ 4-1 (ข)) ดังนี้
 - บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino UNO R3 (AT mega 328)
 - แผงวงจรเชื่อมต่อ Sensor TGS2620
 - แผงวงจรเชื่อมต่อ LCD 16x2 และสัญญาณเตือน (ออก + LED)



(ก)



(ข)

รูปที่ 4-1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

หมายเหตุ : ^[1] งานคดีและนิติเวช โรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครราชสีมา

4.3 วิธีการทดลอง

เราได้ใช้อาสาสมัครจำนวน 8 คน เป็นชายและหญิงดังต่อไปนี้

- คนที่ 1 เพศชาย คัดมเหล่า 8 แก้ว
- คนที่ 2 เพศชาย คัดมเหล่า 12 แก้ว
- คนที่ 3 เพศชาย คัดมเหล่า 12 แก้ว
- คนที่ 4 เพศชาย ไม่ได้คัดม
- คนที่ 5 เพศหญิง คัดมเหล่า 7 แก้ว
- คนที่ 6 เพศหญิง คัดมเบียร์ 2 ขวด
- คนที่ 7 เพศหญิง ไม่ได้คัดม
- คนที่ 8 เพศหญิง ไม่ได้คัดม

โดยจะทำการทดลองวัดระดับแอลกอฮอล์ในร่างกายของอาสาสมัครแต่ละคนกับเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ จากนั้นก็จะให้ทำการทดลองวัดกับเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐานของโรงพยาบาลทันทีโดยไม่ให้อาสาสมัครดื่มเพิ่มเติม และบันทึกผล โดยจะทำการทดลองวัดค่าทั้งหมดคนละ 5 ครั้งกับอุปกรณ์แต่ละตัว แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อลดความคลาดเคลื่อนให้น้อยที่สุด

4.4 ผลการทดลอง

ผลการทดลองถูกบันทึกในรูปแบบตาราง โดยแยกเป็นตารางผลการทดลองของแต่ละคนทั้งหมด 8 ตาราง เพื่อสะดวกต่อการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4-1 คนที่ 1 เพศชาย คัดมเหล่า 8 แก้ว

ครั้งที่	ค่าที่ได้จากเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ (mg%)	ค่าที่ได้จากเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐาน (mg%)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
1	75	80	6.25
2	77	82	6.09
3	80	81	1.23
4	78	82	4.88
5	81	84	3.57
เฉลี่ย	78.2	81.8	4.40

ตารางที่ 4-2 คนที่ 2 เพศชาย คัดเลือก 12 แก้ว

ครั้งที่	ค่าที่ได้จากเครื่องวัดระดับ แอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ (mg%)	ค่าที่ได้จากเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ ที่ได้มาตรฐาน (mg%)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	99	108	8.33
2	107	112	4.46
3	104	110	5.45
4	105	109	3.67
5	101	115	12.17
เฉลี่ย	103.2	110.8	6.81

ตารางที่ 4-3 คนที่ 3 เพศชาย คัดเลือก 12 แก้ว

ครั้งที่	ค่าที่ได้จากเครื่องวัดระดับ แอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ (mg%)	ค่าที่ได้จากเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ ที่ได้มาตรฐาน (mg%)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	108	112	3.57
2	100	110	9.09
3	107	110	2.73
4	110	108	1.85
5	99	109	9.17
เฉลี่ย	104.8	109.8	5.28

ตารางที่ 4-4 คนที่ 4 เพศชาย ไม่ได้ดื่ม

ครั้งที่	ค่าที่ได้จากเครื่องวัดระดับ แอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ (mg%)	ค่าที่ได้จากเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ ที่ได้มาตรฐาน (mg%)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	13	12	8.33
2	14	15	6.67
3	13	14	7.14
4	13	15	13.33
5	12	14	14.28
เฉลี่ย	13	14	9.95

ตารางที่ 4-5 คนที่ 5 เพศหญิง ดื่มเหล้า 7 แก้ว

ครั้งที่	ค่าที่ได้จากเครื่องวัดระดับ แอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ (mg%)	ค่าที่ได้จากเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ ที่ได้มาตรฐาน (mg%)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	77	74	4.05
2	75	72	4.16
3	74	78	5.13
4	77	72	6.94
5	75	72	4.16
เฉลี่ย	75.6	73.6	4.89

ตารางที่ 4-6 คนที่ 6 เพศหญิง คัมเบียร์ 2 ขวด

ครั้งที่	ค่าที่ได้จากเครื่องวัดระดับ แอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ (mg%)	ค่าที่ได้จากเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ ที่ได้มาตรฐาน (mg%)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	85	88	3.40
2	87	90	3.33
3	85	91	6.59
4	83	90	7.78
5	91	89	2.25
เฉลี่ย	86.2	89.6	3.79

ตารางที่ 4-7 คนที่ 7 เพศหญิง ไม่ได้ดื่ม

ครั้งที่	ค่าที่ได้จากเครื่องวัดระดับ แอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ (mg%)	ค่าที่ได้จากเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ ที่ได้มาตรฐาน (mg%)	เปอร์เซ็นต์ ความคลาด เคลื่อน
1	15	14	7.14
2	14	12	16.67
3	14	14	0.00
4	12	14	14.28
5	14	15	6.67
เฉลี่ย	13.8	13.8	8.95

ตารางที่ 4-8 คนที่ 8 เพศหญิง ไม่ได้ดื่ม

ครั้งที่	ค่าที่ได้จากเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ (mg%)	ค่าที่ได้จากเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐาน (mg%)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
1	13	12	8.33
2	14	13	7.69
3	13	14	7.14
4	12	13	7.69
5	12	12	0.00
เฉลี่ย	12.8	12.8	6.17

4.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

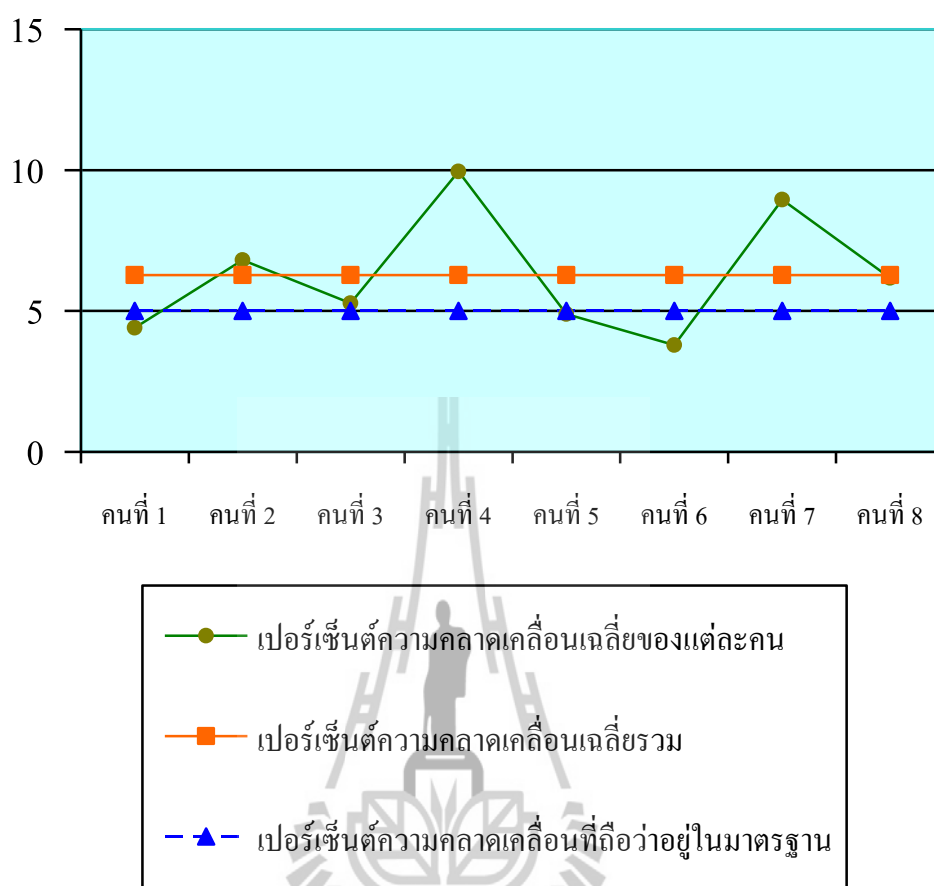
จากตารางที่ 4-1 ถึง 4-2 เมื่อเรานำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ภาพรวม โดยแสดงในตารางและกราฟดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-9 ข้อมูลภาพรวมของอาสาสมัครทั้ง 8 คน

คนที่	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย
1	4.40
2	6.81
3	5.28
4*	9.95*
5	4.89
6	3.79
7*	8.95*
8*	6.17*
เฉลี่ย	6.28

หมายเหตุ : * คือข้อมูลของอาสาสมัครที่ไม่ได้ดื่ม

นำข้อมูลทั้งหมดไปเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์ภาพรวมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังต่อไปนี้



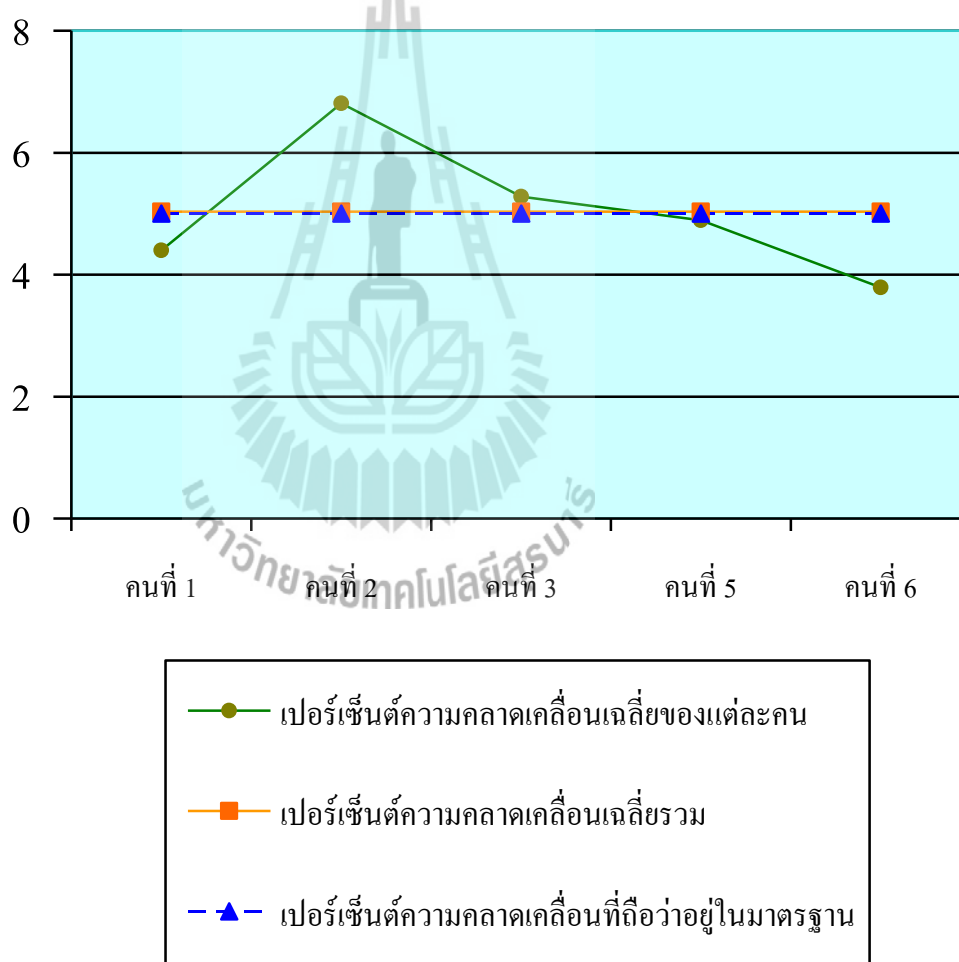
รูปที่ 4-2 กราฟแสดงข้อมูลภาพรวมของค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

สำหรับเกณฑ์ที่ยอมรับได้นั้น กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนดให้เครื่องมือตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในกระแสเลือดต้องมีความคลาดเคลื่อนจากมาตรฐานได้ไม่เกิน 5% จึงจะถือว่าเครื่องสามารถอ่านผลการตรวจได้อย่างถูกต้องและมีความแม่นยำสูงสุด ซึ่งจะทำให้เกิดความมั่นใจในผลการวัดของทั้งผู้ตรวจและผู้รับการตรวจ^[2]

จากกราฟที่ 4-1 จะเห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอาสาสมัครที่เกินกว่าค่ามาตรฐาน (5%) อยู่มาก รวมถึงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนทั้งหมดก็อยู่ที่ 6.28 ซึ่งถือว่าเกินมาตรฐานที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนดไว้อยู่

หมายเหตุ : ^[2] การสอบเทียบเครื่องวัดแอลกอฮอล์ในเลือดจากลมหายใจ โดย ชีรวัฒน์ สุภาวัฒน์พันธ์ และ ลักษณา ลือประเสริฐ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ขอนแก่น กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

หากสังเกตตารางที่ 4-9 จะเห็นว่าข้อมูลที่มีเครื่องหมาย * กำกับเป็นข้อมูลที่ได้มาจากอาสาสมัครที่ไม่ได้ดื่มทั้งหมด 3 ข้อมูล ซึ่งพบว่ามีความเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่สูงมาก เนื่องจากตัวเลขเปอร์เซ็นต์มีลทกริมที่วัดนั้นได้ตัวเลขค่าน้อย ประกอบกับเครื่องมือวัดทั้งสองอันนั้นไม่สามารถแสดงจุดทศนิยมได้ ตัวเลขข้อมูลทั้งสองจึงมีความต่างกันมากหากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่สูงมากตามไปด้วย และหากมองในทางปฏิบัติแล้วเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ทั้งสองเครื่องนี้จะใช้เพื่อหาระดับแอลกอฮอล์ในร่างกาย ดังนั้นเราจึงลองพิจารณาเฉพาะข้อมูลจากอาสาสมัครที่ดื่มเท่านั้น ซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนลดลงมาเป็น 5.034 นำมาเขียนกราฟจะได้ดังนี้



กราฟที่ 4-3 แสดงข้อมูลภาพรวมของค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อแยกวิเคราะห์ข้อมูลจากอาสาสมัครที่มีการดื่มเท่านั้น

จากกราฟที่ 4-2 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนทั้งหมดสูงกว่าค่ามาตรฐาน (5%) เพียง 0.034 เท่านั้น ซึ่งถือว่าน้อยมาก

4.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจเทียบกับเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐานของโรงพยาบาล โดยใช้อาสาสมัครจำนวน 8 คน ที่มีสภาวะแอลกอฮอล์ในร่างกายที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ได้พิจารณาเพียงสองกรณีคือ อาสาสมัครที่ดื่มเหล้า และไม่ได้ดื่มเหล้า โดยทำการทดสอบต่ออาสาสมัคร 1 คนมากกว่าหนึ่งรอบ แต่ละรอบจะต้องใช้เครื่องวัดทั้งสองอันในช่วงเวลาใกล้เคียงกันโดยไม่ให้อาสาสมัครดื่มเพิ่มและไม่คำนึงถึงปริมาณแอลกอฮอล์ที่แต่ละคนได้ดื่มมา ผลการทดลองที่ได้อยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ 6.28 ซึ่งเกินค่ามาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ที่กำหนดไว้คือไม่เกิน 5% แต่เรามองในทางปฏิบัติเนื่องจากเครื่องวัดทั้งสองอันใช้สำหรับวัดระดับแอลกอฮอล์ในผู้ที่ดื่มมาเป็นหลัก ดังนั้นจึงพิจารณาเฉพาะข้อมูลของอาสาสมัครที่มีการดื่มซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนลดลงมาอยู่ที่ 5.034 ซึ่งเกินค่ามาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์อยู่ 0.034 อย่างไรก็ตามก็ยังถือว่าน้อยมากและสรุปได้ว่าเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐาน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้เป็นกรกล่าวถึงบทสรุปของโครงการเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ ซึ่งประกอบด้วยข้อสรุปของโครงการ ปัญหาที่พบขณะดำเนินงาน วิธีแก้ปัญหา ตลอดจนข้อเสนอแนะและวิธีพัฒนาโครงการต่อไป

5.2 บทสรุปผลของโครงการ

เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ มีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้ 1.) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 2.) เซ็นเซอร์วัดแอลกอฮอล์ TGS 2620 3.) จอ LCD 4.) ตัวแจ้งเตือนได้แก่ LED และออด โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อเราเป่าลมหายใจไปยังตัวเซ็นเซอร์ ตัวเซ็นเซอร์จะสามารถตรวจจับแอลกอฮอล์ที่ออกมาจากลมหายใจ จากนั้นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกลงโปรแกรมไว้ด้วยพื้นฐานภาษา C จะทำการแปรผลการคำนวณออกมาเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์มิลลิกรัม (%mg) แล้วแสดงออกที่จอ LCD ซึ่งหากผลที่ได้เกิน 50 เปอร์เซ็นต์มิลลิกรัม โปรแกรมก็จะสั่งให้ออดมีเสียงเตือนเกิดขึ้นพร้อมกับ LED จะพริบด้วย

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ ได้ทำการทดสอบเทียบกับเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์เครื่องจริงที่ได้มาตรฐาน โดยการทดสอบได้ใช้อาสาสมัครจำนวน 8 คนที่มีสภาวะแอลกอฮอล์ในร่างกายแตกต่างกัน ทั้งนี้ได้พิจารณาเพียงกรณีดื่มกับไม่ดื่มเท่านั้น และให้แต่ละคนทำการวัดกับเครื่องทั้งสองในเวลาใกล้เคียงกันโดยมิให้ดื่มเพิ่ม ซึ่งแต่ละคนจะถูกทำการวัดแอลกอฮอล์คนละ 5 รอบ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเปรียบเทียบกับกัน จากผลการทดลองพบว่า เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจทำงานได้ใกล้เคียงกับเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐาน ทั้งนี้เมื่อลองนำข้อมูลที่เป็นตัวเลขไปเปรียบเทียบกับกันเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ใกล้เคียงมาตรฐาน จึงสรุปได้ว่า เราสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ความรู้ทางไฟฟ้า และการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษา C สร้างเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้งานได้จริง ด้วยต้นทุนที่ถูกกว่าราคาของเครื่องที่ได้มาตรฐานอย่างมาก

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรค	วิธีแก้ไข
1. การ কিনค่าของเซนเซอร์ บางตัวอาจต้องทิ้งระยะห่างในการวัดค่าที่นานพอสมควร จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับโครงการ	1. จากการศึกษาข้อมูลพบว่าเซนเซอร์ที่เหมาะสม และระยะเวลาในการ কিনค่าไม่นานมาก คือ TGS 2620 จึงเปลี่ยนมาใช้เซนเซอร์ตัวนี้
2. ความชื้นที่เกิดจากการเป่าลมไปที่เซนเซอร์ อาจมีน้ำลายหรือไอระเหยของแอลกอฮอล์ที่ออกมากระทบหน้าจอ ซึ่งจะก่อให้เกิดความชื้น ทำให้การใช้งานเซนเซอร์บกพร่องได้	2. ออกแบบให้บริเวณที่ใช้เก็บเซนเซอร์สามารถเปิดออกเพื่อเช็ดทำความสะอาดได้
3. ปัญหาที่เกิดจากเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ของโรงพยาบาลเองที่ไม่ได้มาตรฐาน	3. ทำเรื่องขอยืมเครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์จากทางโรงพยาบาลไปสามครั้ง จนได้เครื่องที่มีมาตรฐานมาทำการทดลอง
4. การหาสมการจากกราฟคุณลักษณะของเซนเซอร์ที่ค่าต่าง ๆ อาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากเรหาค่าสมการจากการพิจารณาแนวโน้มของกราฟ	4. ในขั้นตอนการหาสมการจากกราฟคุณลักษณะของเซนเซอร์ จะทำด้วยความละเอียดรอบคอบที่สุด

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ถ้าต้องการให้เห็นสัญญาณไฟที่ชัดเจนขึ้น สามารถเพิ่มจำนวน LED ได้
2. สามารถเพิ่ม Function ให้กับเซนเซอร์ได้มากขึ้นอีก หรือเปลี่ยนเป็นเซนเซอร์ที่มีคุณภาพยิ่งขึ้นแต่ราคาก็สูงขึ้นด้วย
3. สามารถปรับรูปแบบให้ใช้ถ่านพลังงานแทนใช้ไฟบ้านได้ เพื่อการสะดวกในการพกพา
4. สามารถเขียนโปรแกรมให้จอ LCD Freeze ค่าสูงสุดไว้เพื่อสะดวกต่อการอ่านค่า
5. เซนเซอร์ TGS 2620 สามารถตรวจจับแก๊สได้หลายชนิด ไม่เฉพาะแอลกอฮอล์ ดังนั้นหากมีรูปสมการหรือรูปภาพอื่นๆที่เซนเซอร์สามารถตรวจจับได้ ก็สามารถนำมาใช้เขียนโปรแกรมลงบนบอร์ดเพื่อใช้งานตรวจจับแก๊สดังกล่าวได้

บรรณานุกรม

บทความเรื่อง แอลกอฮอล์ โดย เลียงชัย จัตุรัส ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

แอลกอฮอล์ จาก <http://vcharkarn.com/varticle/41018>

หลักการเบื้องต้นของเซนเซอร์ จาก <http://www.thaieasyelec.com/Review-Product-Article/Gas-Sensor-Getting-Started.html>

การตรวจวัดแอลกอฮอล์ จาก http://www.sri.cmu.ac.th/~srilocal/drugs/knowledge-details.php?knowledge_id=28

ไมโครคอนโทรลเลอร์ จาก <http://th.wikipedia.org/wiki/ไมโครคอนโทรลเลอร์>

ไมโครคอนโทรลเลอร์ จาก <http://www.duinothumb.com/articles/intromicrocontroller>

Arduino จาก <http://www.thainetbeans.com/arduino/start/start.php>

Arduino จาก <http://www.duinothumb.com/articles/platform-arduino-open-hard>

Arduino กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จาก
http://www.ec.in.th/index.php?route=cms/article&article_id=34

ออกกิล จาก <http://thai.alibaba.com/product-gs/mechanical-buzzer-emb-23061--216662761.html>



ประวัติผู้เขียน



นางสาวกฤติกาญณ์ สุวรรณสิทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2534 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 29/5 หมู่ 1 ต.หนองน้ำแดง อ.ปากช่อง จังหวัด นครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน มัธยมวิชาวรางนครวราราม อ.ปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบัน เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัด นครราชสีมา



นางสาวกนิษฐา ก่อสัมพันธกุล เกิดเมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2535 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 199 หมู่ 3 ต.มหาวัน อ.แม่สอด จังหวัดตาก สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย พิษณุโลก อ.เมือง จังหวัดพิษณุโลก ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา



นายณัฐก สาสังข์ เกิดเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ.2532 ภูมิลำเนาอยู่ที่ 456/3 หมู่ 2 ต.ชุมแพ อ.ชุมแพ จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนครขอนแก่น อ.เมือง จังหวัด ขอนแก่น ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรม โทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

ภาคผนวก ก
ภาพอุปกรณ์วัดระดับแอลกอฮอล์



เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ด้วยลมหายใจ



เครื่องเป่าวัดแอลกอฮอล์ที่ได้มาตรฐาน

ภาคผนวก ข

เอกสารการสอบเทียบเครื่องวัดแอลกอฮอล์ในเลือดจากลมหายใจ

ธีรวัฒน์ สุภาวัฒน์พันธ์ และ ลักษณะ ลือประเสริฐ

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ขอนแก่น กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

สถิติจำนวนอุบัติเหตุและความรุนแรงที่เกิดจากการจราจร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและความรุนแรง สาเหตุส่วนใหญ่มาจากความประมาท การไม่ปฏิบัติตามกฎจราจร และดื่มสุราแล้วขับรถ ทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านสังคมและเศรษฐกิจที่ใช้ในการรักษาดูแลผู้เจ็บป่วยและผู้พิการ ดังนั้นการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดจากลมหายใจในผู้ขับขี่เป็นมาตรการหนึ่งที่สำคัญในการป้องกันอุบัติเหตุดังกล่าว โดยให้ผู้ถูกตรวจวัดเป่าลมหายใจเข้าเครื่องซึ่งมีตัวตรวจจับ (Detector) แอลกอฮอล์อยู่ หากตรวจพบว่ามีแอลกอฮอล์อยู่ในลมหายใจ เครื่องจะคำนวณและแปลงให้เป็นค่าแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในเลือด (Blood/Breath ratio = 2000:1) ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ขอนแก่น ได้ดำเนินการสอบเทียบเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือด เพื่อให้เครื่องสามารถอ่านผลการตรวจได้อย่างถูกต้องและมีความแม่นยำสูงสุด มีความคลาดเคลื่อนจากเกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน $\pm 5\%$ ซึ่งจะทำให้เกิดความมั่นใจในผลการวัดของทั้งผู้ตรวจและผู้รับการตรวจ โดยได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องทั้งก่อนและหลังการสอบเทียบ กับเครื่องใหม่ที่ยังไม่เคยใช้งานมาก่อนรวมทั้งเครื่องที่เคยใช้งานมาแล้ว จากผลการตรวจสอบที่ผ่านมาตั้งแต่ปี 2541 ถึง 2545 ได้ดำเนินการตรวจแล้วทั้งหมดรวม 77 เครื่อง เป็นเครื่องใหม่จำนวน 22 เครื่อง และเครื่องที่เคยใช้งานมาแล้วจำนวน 55 เครื่อง โดยค่าก่อนสอบเทียบมีค่าความคลาดเคลื่อน -2.0% ถึง $+2.0\%$ และ -5.0% ถึง $+6.7\%$ ตามลำดับ ส่วนค่าหลังการสอบเทียบแล้วมีค่าความคลาดเคลื่อน -0.5% ถึง $+0.5\%$ และ -0.8% ถึง $+0.5\%$ ตามลำดับ ซึ่งการศึกษานี้พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนหลังการสอบเทียบของเครื่องใหม่ที่ยังไม่เคยใช้งานกับเครื่องที่เคยใช้งานมาแล้ว มีค่าแตกต่างกันน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้

เพื่อคงไว้ซึ่งความมั่นใจในผลการตรวจวัดของทั้งผู้ตรวจและโดยเฉพาะต่อผู้ได้รับการตรวจถึงสิทธิที่จะได้รับความคุ้มครองที่ชอบธรรมด้วยมาตรฐานในระดับสากล และเพื่อเป็นการรักษาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดจากลมหายใจ ให้มีความถูกต้องแม่นยำอยู่เสมอ จำเป็นต้องนำเครื่องมาเข้ารับการสอบเทียบคุณภาพเป็นประจำทุกๆ 6 เดือน

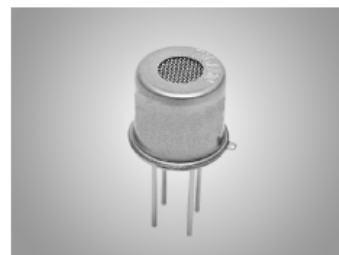
ภาคผนวก ก

ข้อมูลเชิงเทคนิคของเซนเซอร์ TGS 2620

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

Technical Information for Volatile Organic Compound (VOC) Sensors

The Figaro 2600 series is a new type thick film metal oxide semiconductor, screen printed gas sensor which offers miniaturization and lower power consumption. The TGS2620 displays high selectivity and sensitivity to volatile organic vapors such as ethanol, methanol, etc.

Page**Basic Information and Specifications**

Features.....	2
Applications.....	2
Structure.....	2
Basic measuring circuit.....	2
Circuit & operating conditions.....	3
Specifications.....	3
Dimensions.....	3

Typical Sensitivity Characteristics

Sensitivity to various gases.....	4
Temperature and humidity dependency.....	5
Heater & circuit voltage dependency.....	6
Gas response.....	7
Initial action.....	7
Long term characteristics.....	8

Practical Considerations for Circuit Design

Sensitivity to various organic compounds.....	9
Inrush current of heater.....	9
Effect of air flow.....	10
Heater resistance durability.....	10

Cautions.....	11
---------------	----

See also Technical Brochure 'Technical Information on Usage of TGS Sensors for Toxic and Explosive Gas Leak Detectors'.

IMPORTANT NOTE: OPERATING CONDITIONS IN WHICH FIGARO SENSORS ARE USED WILL VARY WITH EACH CUSTOMER'S SPECIFIC APPLICATIONS. FIGARO STRONGLY RECOMMENDS CONSULTING OUR TECHNICAL STAFF BEFORE DEPLOYING FIGARO SENSORS IN YOUR APPLICATION AND, IN PARTICULAR, WHEN CUSTOMER'S TARGET GASES ARE NOT LISTED HEREIN. FIGARO CANNOT ASSUME ANY RESPONSIBILITY FOR ANY USE OF ITS SENSORS IN A PRODUCT OR APPLICATION FOR WHICH SENSOR HAS NOT BEEN SPECIFICALLY TESTED BY FIGARO.

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

1. Basic Information and Specifications

1-1 Features

- * High selectivity to volatile organic vapors
- * Low power consumption
- * Small size
- * Long life

1-2 Applications

- * Alcohol testers
- * Organic vapor detectors/alarms
- * Solvent detectors for factories, dry cleaners, and semiconductor industries

1-3 Structure

Figure 1 shows the structure of TGS2620. Using thick film techniques, the sensor material is printed on electrodes (noble metal) which have been printed onto an alumina substrate. One electrode is connected to pin No.2 and the other is connected to pin No.3. The sensor element is heated by RuO₂ material printed onto the reverse side of the substrate and connected to pins No.1 and No.4.

Lead wires are Pt-W alloy and are connected to sensor pins which are made of Ni-plated Ni-Fe 50%.

The sensor base is made of Ni-plated steel. The sensor cap is made of stainless steel. The upper opening in the cap is covered with a double layer of 100 mesh stainless steel gauze (SUS316).

1-4 Basic measuring circuit

Figure 2 shows the basic measuring circuit. Circuit voltage (V_C) is applied across the sensor element which has a resistance (R_S) between the sensor's two electrodes and the load resistor (R_L) connected in series. When DC is used for V_C, the polarity shown in Figure 2 must be maintained. The V_C may be applied intermittently. The sensor signal (V_{RL}) is measured indirectly as a change in voltage across the R_L. The R_S is obtained from the formula shown at the right.

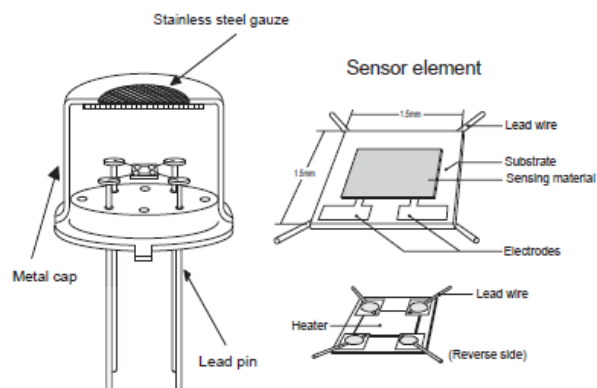


Fig. 1 - Sensor structure

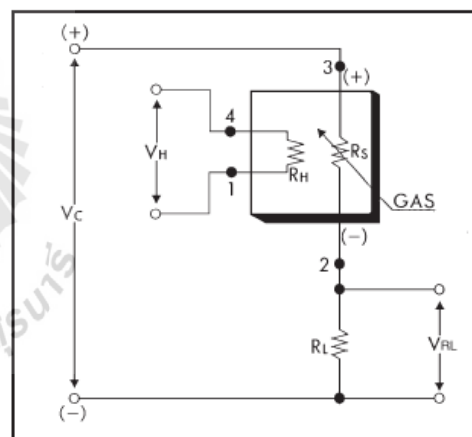


Fig. 2 - Basic measuring circuit

NOTE: In the case of V_H, there is no polarity, so pins 1 and 4 can be considered interchangeable. However, in the case of V_C, when used with DC power, pins 2 and 3 must be used as shown in the Figure above.

$$R_S = \frac{V_C - V_{RL}}{V_{RL}} \times R_L$$

Formula to determine R_S

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

1-5 Circuit & operating conditions

The ratings shown below should be maintained at all times to insure stable sensor performance:

Item	Specification
Circuit voltage (Vc)	5.0V $\pm$ 0.2V AC/DC
Heater voltage (VH)	5.0V $\pm$ 0.2V AC/DC
Heater resistance (room temp)	83 Ω (typical)
Load resistance (RL)	variable (0.45k Ω min.)
Sensor power dissipation (Ps)	$\leq$ 15mW
Operating & storage temperature	-40°C ~ +70°C
Optimal detection concentration	50 ~ 5,000ppm

1-6 Specifications NOTE 1

Item	Specification
Sensor resistance (300ppm ethanol)	1k Ω ~ 5k Ω
Sensor resistance ratio (β)	0.3 ~ 0.5
$\beta = R_s(300\text{ppm ethanol})/R_s(50\text{ppm ethanol})$	
Heater current (RH)	42 $\pm$ 4mA
Heater power consumption (PH)	approx. 210mW

NOTE 1: Sensitivity characteristics are obtained under the following standard test conditions:

(Standard test conditions)

Temperature and humidity: 20 $\pm$ 2°C, 65 $\pm$ 5% RH

Circuit conditions: Vc = 5.0 $\pm$ 0.01V DC

VH = 5.0 $\pm$ 0.05V DC

RL = 10.0k Ω $\pm$ 1%

Preheating period: 7 days or more under standard circuit conditions

All sensor characteristics shown in this brochure represent typical characteristics. Actual characteristics vary from sensor to sensor and from production lot to production lot. The only characteristics warranted are those shown in the Specification table above.

1-7 Dimensions

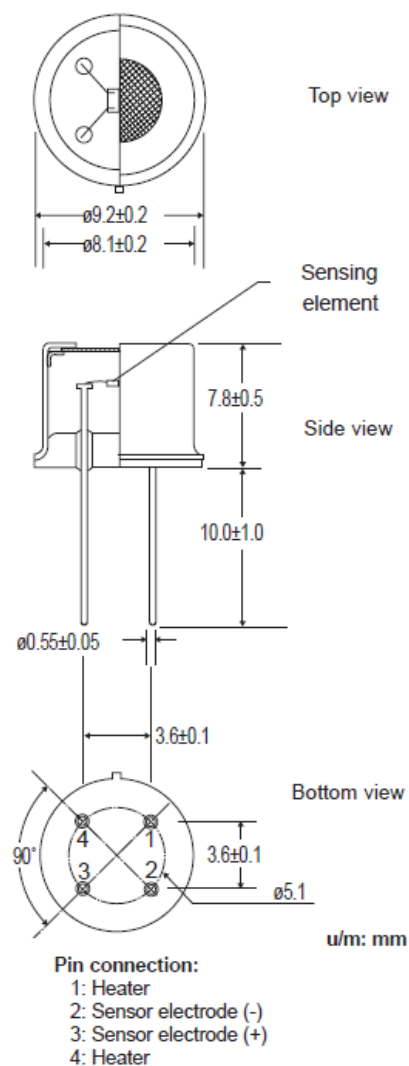


Fig. 3 - Sensor dimensions

Mechanical Strength:

The sensor shall have no abnormal findings in its structure and shall satisfy the above electrical specifications after the following performance tests:

Withdrawal Force - withstand force of 5kg in each (pin from base) direction

Vibration - frequency-1000c/min., total amplitude-4mm, duration-one hour, direction-vertical

Shock - acceleration-100G, repeated 5 times

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

2. Typical Sensitivity Characteristics

2-1 Sensitivity to various gases

Figure 4 shows the relative sensitivity of TGS2620 to various gases. The Y-axis shows the ratio of the sensor resistance in various gases (R_s) to the sensor resistance in 300ppm of ethanol (R_o).

Using the basic measuring circuit illustrated in Fig. 2 and with a matched R_L value equivalent to the R_s value in 300ppm of ethanol, will provide the sensor output voltage (V_{RL}) change as shown in Figure 5.

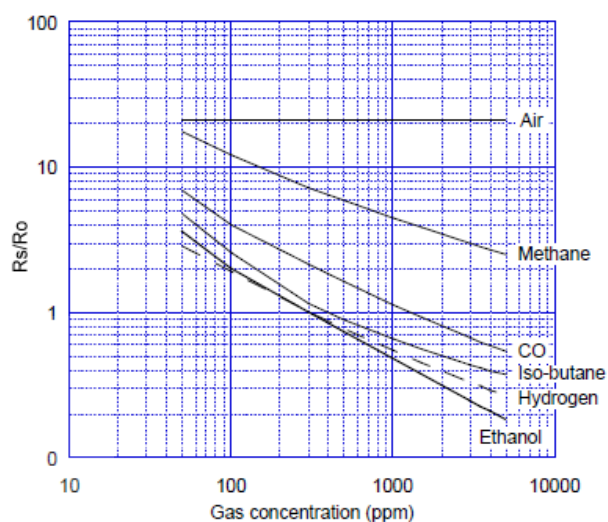


Fig. 4 - Sensitivity to various gases (R_s/R_o)

NOTE:

All sensor characteristics in this technical brochure represent typical sensor characteristics. Since the R_s or output voltage curve varies from sensor to sensor, calibration is required for each sensor (for additional information on calibration, please refer to the Technical Advisory 'Technical Information on Usage of TGS Sensors for Toxic and Explosive Gas Leak Detectors').

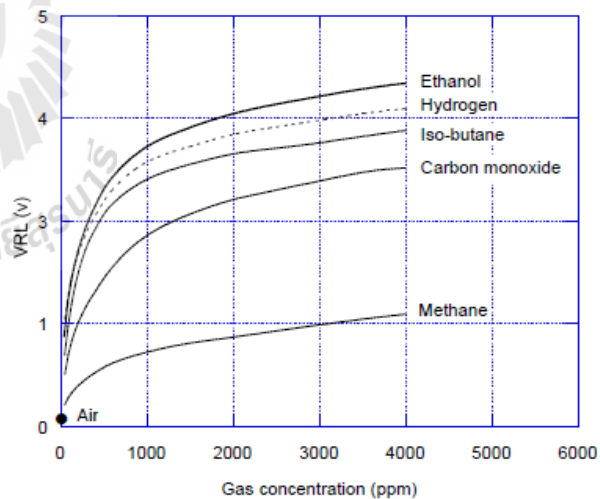


Fig. 5 - Sensitivity to various gases (V_{RL})

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

2-2 Temperature and humidity dependency

Figure 6 shows the temperature and humidity dependency of TGS2620. The Y-axis shows the ratio of sensor resistance in 300ppm of ethanol under various atmospheric conditions (R_s) to the sensor resistance in 300ppm of ethanol at 20°C/65%RH (R_o).

RH (°C)	35%RH	50%RH	65%RH	95%RH
-10				1.80
0			1.72	1.35
10		1.48	1.30	0.96
20	1.37	1.20	1.00	0.75
30	1.04	0.88	0.74	0.63
40	0.85	0.73	0.62	0.57

Table 1 - Temperature and humidity dependency
(typical values of R_s/R_o for Fig. 6)

Table 1 shows a table of values of the sensor's resistance ratio (R_s/R_o) under the same conditions as those used to generate Figure 6.

Figure 7 shows the sensitivity curve for TGS2620 to ethanol under several ambient conditions. While temperature may have a large influence on absolute R_s values, this chart illustrates the fact that the effect on the slope of the sensor resistance ratio (R_s/R_o) is not significant. As a result, the effects of temperature on the sensor can easily be compensated.

For economical circuit design, a thermistor can be incorporated to compensate for temperature (for additional information on temperature compensation in circuit designs, please refer to the Technical Advisory 'Technical Information on Usage of TGS Sensors for Toxic and Explosive Gas Leak Detectors').

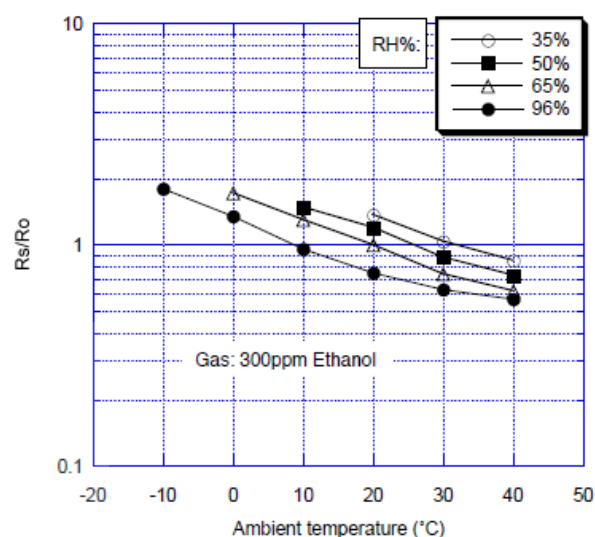


Fig. 6 - Temperature and humidity dependency (R_s/R_o)

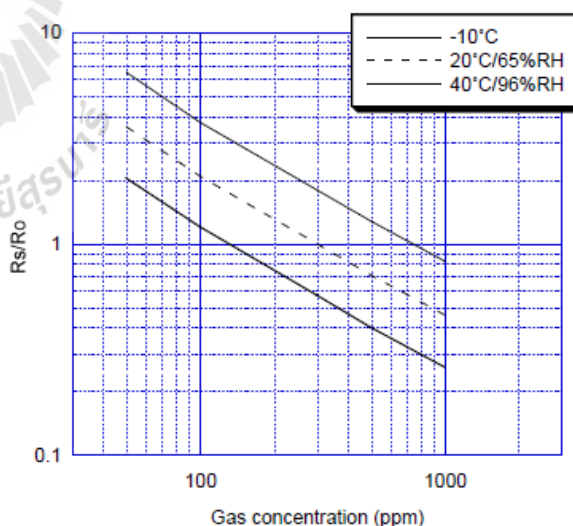


Fig. 7 - Resistance change ratio
under various ambient conditions

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

2-3 Heater voltage dependency

Figure 8 shows the change in the sensor resistance ratio according to variations in the heater voltage (VH).

Note that 5.0V as a heater voltage must be maintained because variance in applied heater voltage will cause the sensor's characteristics to be changed from the typical characteristics shown in this brochure.

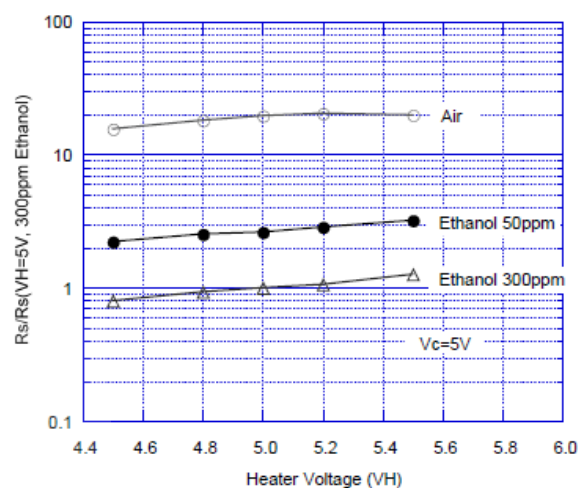


Fig. 8 - Heater voltage dependency (Vc=5.0)

2-4 Circuit voltage dependency

Figure 9 shows the change in the sensor resistance ratio resulting from variation in circuit voltage (Vc).

As shown here, using a Vc higher than the 5.0V specified in Section 1-5 may result in the sensor diverging from Ohmic behavior and thus altering its characteristics from those shown as typical in this brochure.

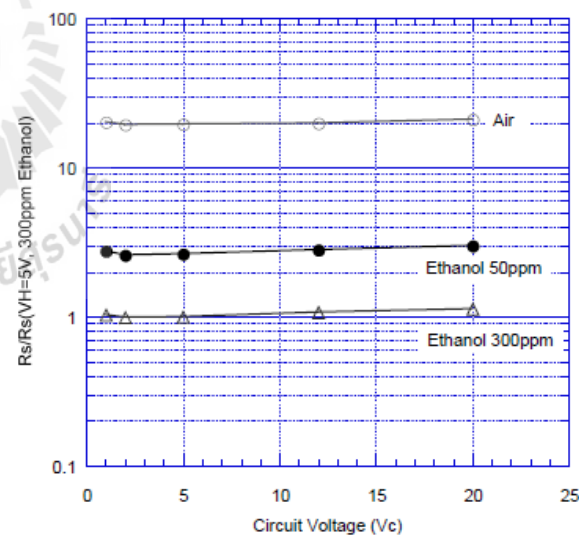


Fig. 9 - Circuit voltage dependency (VH=5.0)

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

2-5 Gas response

Figure 10 shows the change pattern of sensor resistance (R_s) when the sensor is inserted into and later removed from 300ppm of ethanol.

As this chart displays, the sensor's response speed to the presence of gas is extremely quick, and when removed from gas, the sensor will recover back to its original value in a short period of time.

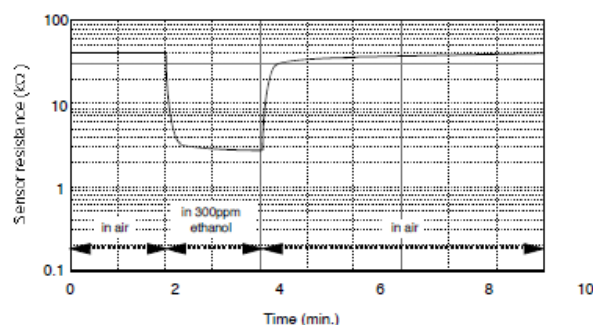


Fig. 10 - Gas response to ethanol

Figure 11 demonstrates the sensor's repeatability by showing multiple exposures to a 300ppm concentration of ethanol. Unlike the test done for Fig. 10, here the sensor is located in a single environment which is exchanged periodically. As a result, though the process of gas diffusion reduces sensor response speed, good repeatability can be seen.

2-6 Initial action

Figure 12 shows the initial action of the sensor resistance (R_s) for a sensor which is stored unenergized in normal air for 30 days and later energized in clean air.

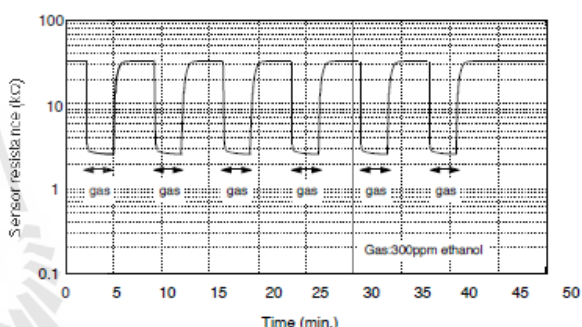


Fig. 11 - Repeatability

The R_s drops sharply for the first seconds after energizing, regardless of the presence of gases, and then reaches a stable level according to the ambient atmosphere. Such behavior during the warm-up process is called "Initial Action".

Since this 'initial action' may cause a detector to alarm unnecessarily during the initial moments after powering on, it is recommended that an initial delay circuit be incorporated into the detector's design (refer to Technical Advisory 'Technical Information on Usage of TGS Sensors for Toxic and Explosive Gas Leak Detectors'). This is especially recommended for intermittent-operating devices such as portable gas detectors.

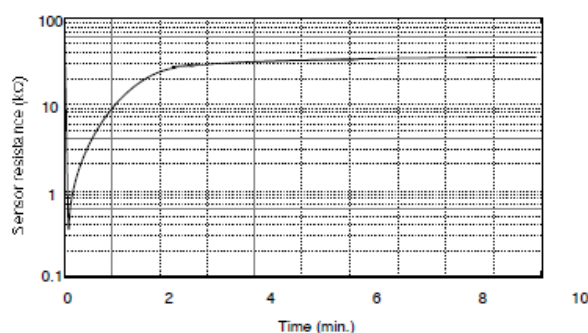


Fig. 12 - Initial action

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

2-7 Long-term characteristics

Figure 13 shows long-term stability of TGS2620 as measured for more than 700 days. The sensor is first energized in normal air. Measurement for confirming sensor characteristics is conducted under standard test conditions. The initial value of R_s was measured after two days energizing in normal air at the rated voltage. The Y-axis represents the sensor resistance in air, 1000ppm of hydrogen, 100ppm of carbon monoxide, and 300ppm of ethanol.

The R_s in both ethanol and hydrogen is very stable over the test period.

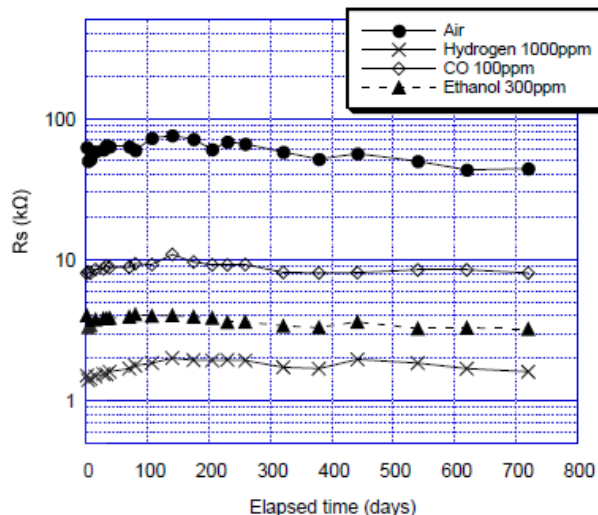


Fig. 13 - Long-term stability (continuous energizing)

Figure 14 shows the influence of storage in an unenergized condition on the sensor's resistance. The sensors were stored unenergized in air after 20 days energizing, then energized for one hour before a measurement was taken.

As the charts presented in this section illustrate, the sensor shows stable long term characteristics.

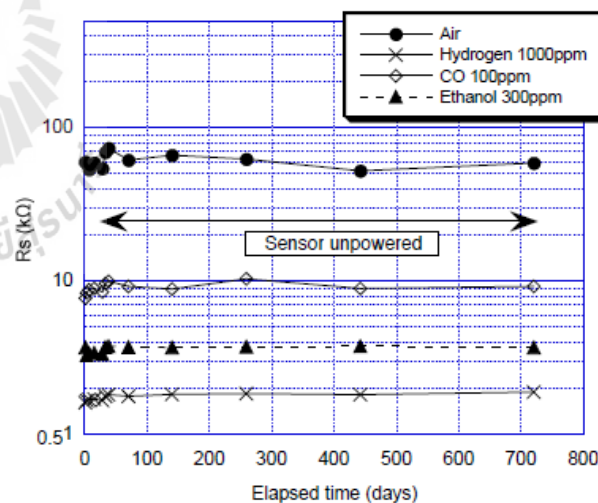


Fig. 14 - Influence of unenergizing

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

3. Practical Considerations for Circuit Design

3-1 Sensitivity to various organic compounds

Figure 15 shows the sensitivity of TGS2620 to various kinds of gases at concentrations of 100ppm and 1000ppm. The x-axis shows the sensitivity ratio of sensor resistance in clean air (R_{air}) versus sensor resistance in the listed gas (R_{gas}).

This data demonstrates that TGS2620 is an excellent general purpose sensor for VOCs as it shows good sensitivity to many kinds of organic compound vapors. **NOTE:** This data is shown only for demonstrating the high sensitivity of the sensor to VOC's--never use R_{air} as a reference for calibration.

3-2 Inrush current of heater

The heater material of the sensor has its own temperature dependency. Figure 16 shows both the inrush current and steady state of heater current under various ambient temperatures for the TGS2620. This chart illustrates that inrush current is approximately 40% higher than the steady state current. Since heater resistance shows a lower value at low temperatures, this would cause a larger than expected current at room temperature. As a result, when a device using the sensor is first powered on, an extremely high current may be generated during the first few moments of energizing. Therefore protection from inrush current should be considered for incorporation into circuit design.

In actual application, it should be noted that the period of inrush current would last less than 10 seconds, after which the heater current reaches to a constant value as shown in Figure 17.

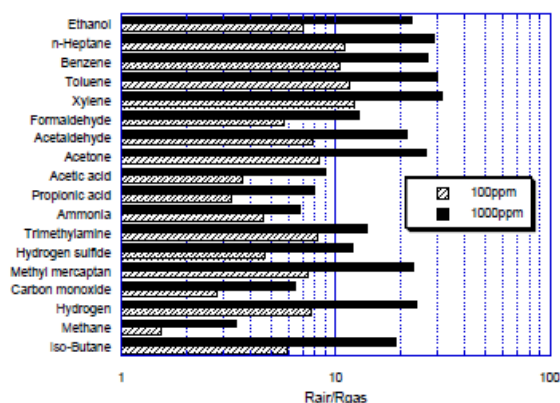


Fig. 15 - Sensitivity to various organic compounds

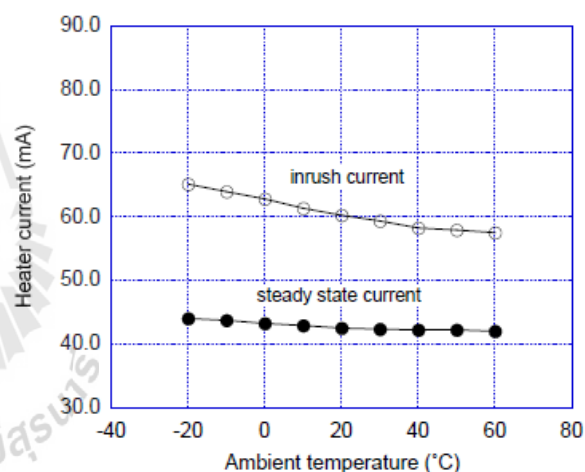


Fig. 16 - Temperature dependency of heater current

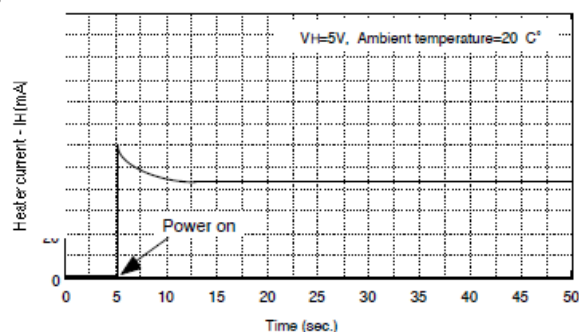


Fig. 17 - Change in heater current after powering on

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

3-3 Effect of air flow

Figure 18 shows how the sensor signal (VRL) is affected by air flow. The test procedure involves situating the sensor in an air stream of 3.1 meters per second, with the air flow vertical/horizontal to the flameproof stainless steel double gauze of the sensor's housing.

The increase in sensor signal shown in Figure 18 resulted from the decrease in sensor element temperature caused by the air flow. As a result, direct air flow on the sensor should be avoided.

3-4 Heater resistance durability

Figure 19 illustrates the procedure for testing the effects of excess voltage applied to the heater. Heater resistance was measured while the heater was unpowered and at room temperature.

The results of this test are shown in Figure 20 which shows the change in resistance of the heater when various heater voltages (rather than the standard 5.0V) are applied in the absence of gases.

As this section demonstrates, the heater shows good durability against increased heater voltage. However, since excessive heater voltage will cause the sensor's heater resistance to drift upwards, excessive heater voltage should still be avoided.

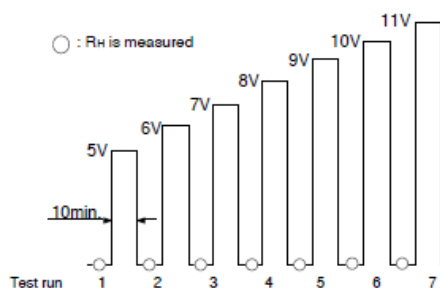


Fig. 19 - Test procedure for heater durability

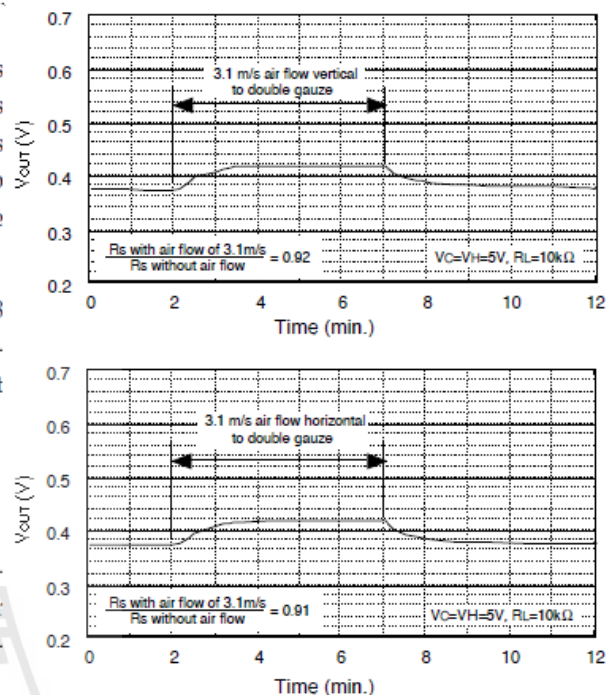


Fig. 18 - Effect of air flow

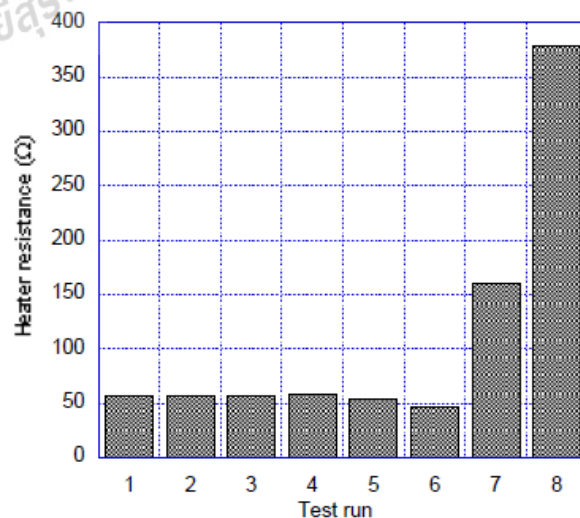


Fig. 20 - Short term effect of VH on RH

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

4. Cautions

4-1 Situations which must be avoided

1) Exposure to silicone vapors

If silicone vapors adsorb onto the sensor's surface, the sensing material will be coated, irreversibly inhibiting sensitivity. Avoid exposure where silicone adhesives, hair grooming materials, or silicone rubber/putty may be present.

2) Highly corrosive environment

High density exposure to corrosive materials such as H₂S, SO_x, Cl₂, HCl, etc. for extended periods may cause corrosion or breakage of the lead wires or heater material.

3) Contamination by alkaline metals

Sensor drift may occur when the sensor is contaminated by alkaline metals, especially salt water spray.

4) Contact with water

Sensor drift may occur due to soaking or splashing the sensor with water.

5) Freezing

If water freezes on the sensing surface, the sensing material would crack, altering characteristics.

6) Application of excessive voltage

If higher than specified voltage is applied to the sensor or the heater, lead wires and/or the heater may be damaged or sensor characteristics may drift, even if no physical damage or breakage occurs.

7) Operation in zero/low oxygen environment

TGS sensors require the presence of around 21% (ambient) oxygen in their operating environment in order to function properly and to exhibit characteristics described in Figaro's product literature. TGS sensors cannot properly operate in a zero or low oxygen content atmosphere.

8) Polarization

These sensors have polarity. Incorrect V_c connection may cause significant deterioration of long term stability. Please connect V_c according to specifications.

4-2 Situations to be avoided whenever possible

1) Water condensation

Light condensation under conditions of indoor usage should not pose a problem for sensor performance. However, if water condenses on the sensor's

surface and remains for an extended period, sensor characteristics may drift.

2) Usage in high density of gas

Sensor performance may be affected if exposed to a high density of gas for a long period of time, regardless of the powering condition.

3) Storage for extended periods

When stored without powering for a long period, the sensor may show a reversible drift in resistance according to the environment in which it was stored. The sensor should be stored in a sealed bag containing clean air; do not use silica gel. *Note that as unpowered storage becomes longer, a longer preheating period is required to stabilize the sensor before usage.*

4) Long term exposure in adverse environment

Regardless of powering condition, if the sensor is exposed in extreme conditions such as very high humidity, extreme temperatures, or high contamination levels for a long period of time, sensor performance will be adversely affected.

5) Vibration

Excessive vibration may cause the sensor or lead wires to resonate and break. Usage of compressed air drivers/ultrasonic welders on assembly lines may generate such vibration, so please check this matter.

6) Shock

Breakage of lead wires may occur if the sensor is subjected to a strong shock.

7) Soldering

Ideally, sensors should be soldered manually. However, wave soldering can be done under the following conditions:

a) Suggested flux: rosin flux with minimal chlorine

b) Speed: 1-2 meters/min.

c) Preheating temperature: 100±20°C

d) Solder temperature: 250±10°C

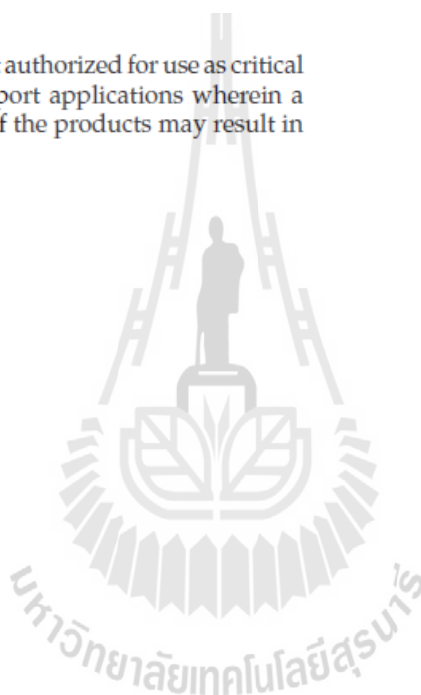
e) Up to two passes through wave soldering machine allowed

Results of wave soldering cannot be guaranteed if conducted outside the above guidelines since some flux vapors may cause drift in sensor performance similar to the effects of silicone vapors.

TECHNICAL INFORMATION FOR TGS2620

Figaro USA Inc. and the manufacturer, Figaro Engineering Inc. (together referred to as Figaro) reserve the right to make changes without notice to any products herein to improve reliability, functioning or design. Information contained in this document is believed to be reliable. However, Figaro does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein; neither does it convey any license under its patent rights, nor the rights of others.

Figaro's products are not authorized for use as critical components in life support applications wherein a failure or malfunction of the products may result in



FIGARO GROUP

HEAD OFFICE

Figaro Engineering Inc.
1-5-11 Senba-nishi
Mino, Osaka 562 JAPAN
Tel.: (81) 72-728-2561
Fax: (81) 72-728-0467
email: figaro@figaro.co.jp

OVERSEAS

Figaro USA Inc.
121 S. Wilke Rd. Suite 300
Arlington Heights, IL 60005 USA
Tel.: (1) 847-832-1701
Fax.: (1) 847-832-1705
email: figarousa@figarosensor.com