การสร้างระบบตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ

IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC GAS MONITORING

พิสุทธิ์ นิ่มเดช
รัชชานนท์ ชุนพิพัฒน์
วันชนะ เพชรฤทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

การสร้างระบบตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ

IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC GAS MONITORING

พิสุทธิ์ นิ่มเดช
รัชชานนท์ ชุนพิพัฒน์
วันชนะ เพชรฤทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPLEMENTATION OF AUTOMATIC GAS MONITORING

PISUT NIMDET

RATCHANON CHUNPIPAT

WANCHANA PHETRIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การสร้างระบบตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ		
	Implementation of Automatic Gas Monitoring		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายพิสุทธิ์	นิ่มเดช	**รหัสนักศึกษา** 53011151
	นายรัชชานนท์	ชุนพิพัฒน์	**รหัสนักศึกษา** 53011342
	นายวันชนะ	เพชรฤทธิ์	**รหัสนักศึกษา** 53011461
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม		
ปีการศึกษา	2556		

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
รศ.ดร. ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การสร้างระบบตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ		
	Implementation of Automatic Gas Monitoring		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายพิสุทธิ์	นิ่มเดช	รหัสนักศึกษา 53011151
	นายรัชชานนท์	ชุนพิพัฒน์	รหัสนักศึกษา 53011342
	นายวันชนะ	เพชรฤทธิ์	รหัสนักศึกษา 53011461
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. ฟูศักดิ์	ชีวสุวิทย์	
ปีการศึกษา	2556		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอเรื่องการสร้างระบบตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ ซึ่งมี 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ส่วนอินพุต ส่วนประมวลผล ส่วนเอาต์พุต โดยที่ ส่วนอินพุต คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าจากแก๊สเซ็นเซอร์ ส่วนประมวลผล คือ หน่วยประมวลผลควบคุม Arduino และ ส่วนเอาต์พุต คือ บอร์ด ET-Base GSM Sim 900 เมื่อแก๊สเซ็นเซอร์ตรวจพบแก๊ส LPG ค่าแรงดันไฟฟ้าจากแก๊สเซ็นเซอร์จะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าที่กำหนดไว้(Threshold) หน่วยประมวลผลควบคุม Arduino จะทำการส่งสัญญาณไปที่บอร์ด ET-Base GSM Sim 900 เพื่อส่งข้อความเตือนไปยังผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Implementation of Automatic Gas Monitoring	
Authors	Mr. Pisut	Nimdet
	Mr. Ratchanon	Chunpipat
	Mr. Wanchana	Phetrit
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Fusak Cheevasuvit	
Year	2013	

Abstract

This project presents the Implementation of Automatic Gas Monitoring. There are three main components, which are Input, Processor and Output. The first component is gas sensor's voltage, second component is Arduino Uno R3 microcontroller board, and the last is ET-Base GSM Sim 900 board. When gas sensor detects LPG, gas sensor's voltage will rise over the threshold, Arduino Uno microcontroller board will send command to ET-Base GSM Sim 900 board for warning the user.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจาก รศ.ดร.ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์ ที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ มาโดยตลอด ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้คำปรึกษาเรื่องต่างๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

และสุดท้ายนี้ขอขอบใจสหายร่วมทีมที่ร่วมกันฟันฝ่าอุปสรรค์ทั้งหลายทั้งปวงมาด้วยกัน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 แก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6	2
2.1.1 คุณสมบัติการนำแก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 มาประยุกต์ใช้งาน	4
2.1.2 โครงสร้างของแก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6	5
2.1.3 การปรับค่าความไว	6
2.2 คอนโทรลเลอร์	6
2.2.1 โครงสร้างของ Arduino Uno R3	6
2.2.2 โปรแกรมสำหรับเขียนโค้ดคำสั่ง (Arduino IDE)	8
2.2.3 คำสั่งเฉพาะของ Arduino	10
2.3 GSM Module	16
2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ด ET-BASE GSM SIM900	16
2.3.2 คุณสมบัติเบื้องต้นของโมดูล SIM900	17
2.3.3 ส่วนประกอบของบอร์ด ET-BASE GSM SIM900	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.4 การติดต่อสื่อสารกับโมดูล SIM900	20
2.3.5 การเชื่อมต่อ GSM Module กับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	22
2.3.6 โปรแกรมสำหรับเขียนโค้ดคำสั่ง (Tera Term)	22
2.3.7 การ Setup และตรวจสอบค่า Configuration	24
2.3.8 คำสั่งของ ET-BASE GSM	25
บทที่ 3 การออกแบบ	
3.1 โครงสร้างระบบโดยรวม	27
3.2 ส่วนภาคจ่ายไฟ	27
3.2.1 Adapter 5V	27
3.2.2 DC-DC Boost Converter Step Up Module 5 V	28
3.2.3 DC-DC Boost Converter Step Up Module 9 V	29
3.3 ส่วนของวงจรเซ็นเซอร์	29
3.4 ส่วนของการควบคุม	31
3.4.1 วงจรควบคุมการทำงานหลักของระบบ	31
3.4.2 แผนลำดับของโปรแกรมควบคุมหลัก	33
3.5 ส่วนของวงจรรีเลย์ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า	35
บทที่ 4 การทดลอง	
4.1 ทดสอบการส่งข้อความของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ	38
4.2 ทดสอบการโทรแจ้งเตือนของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผล ปัญหา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล 41

5.2 ปัญหา 41

5.3 ข้อเสนอแนะ 41

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยได้ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก อีกทั้งเทคโนโลยีเหล่านี้ได้ถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่องทั้งการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมต่างๆรวมถึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ให้สามารถนำมาใช้ในระดับภาคครัวเรือนให้มีความปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สิน เช่น ระบบตรวจจับแก๊สในครัวเรือน หรืออาคาร แต่เทคโนโลยีด้านความปลอดภัยเหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วมีราคาที่ค่อนข้างสูงทั้งในเรื่องของราคาอุปกรณ์, การติดตั้ง, การซ่อมบำรุง และความซับซ้อนในการนำไปใช้งาน จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาเทคโนโลยีระบบตรวจจับแก๊สอัตโนมัติที่มีราคาประหยัด สะดวกต่อการใช้งาน แต่ยังคงให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเทคโนโลยีที่มีราคาสูงซึ่งสามารถตรวจจับการรั่วของแก๊สและสามารถทำการแจ้งเตือนผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือไปยังผู้ใช้งานให้ทราบถึงสภาวะการรั่วของแก๊สและทำการแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงทีก่อนจะเกิดอันตราย

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของแก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 และการนำไปใช้งานในการตรวจจับการรั่วของแก๊สในครัวเรือน
2. เพื่อศึกษาหลักการทำงานและการเขียนโปรแกรมควบคุมบนไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino Uno R3
3. เพื่อศึกษาหลักการทำงานและการเขียนโปรแกรมสั่งงานโมดูล GSM SIM 900 ให้สามารถส่งข้อความ และ โทรออกไปยังเครือข่ายโทรศัพท์มือถือต่างๆได้
4. เพื่อสร้างอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สรั่วที่สามารถส่งการแจ้งเตือนสภาวะการรั่วของแก๊สไปยังเครือข่ายโทรศัพท์มือถือต่างๆได้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. สามารถตรวจจับการรั่วของแก๊สในครัวเรือนได้
2. สามารถวิเคราะห์ระดับการรั่วของแก๊สว่ามีปริมาณมากหรือน้อยได้
3. สามารถนำระดับการรั่วของแก๊สที่ได้จากการวิเคราะห์ไปเขียนโปรแกรมสั่งให้กระทำการแจ้งเตือนผู้ใช้งาน เมื่อมีปริมาณการรั่วของแก๊สเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาหลักการทำงาน โครงสร้าง และข้อจำกัดของแก๊สเซ็นเซอร์ MQ

2. ศึกษาหลักการทำงาน โครงสร้าง และการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนการเขียนโปรแกรมควบคุมบนไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino Uno R3

3. ศึกษาหลักการทำงาน โครงสร้าง และการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนการเขียนคำสั่งของโมดูล GSM SIM 900 ให้สามารถส่งข้อความ และ โทรออกไปยังเครือข่ายโทรศัพท์มือถือต่างๆได้

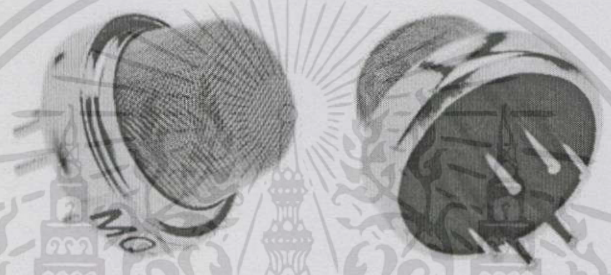
4. ศึกษาวิธีการนำส่วนต่างๆ มารวมกันให้อยู่ภายในกล่องเดียวกันเพื่อให้ความกะทัดรัดต่อการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

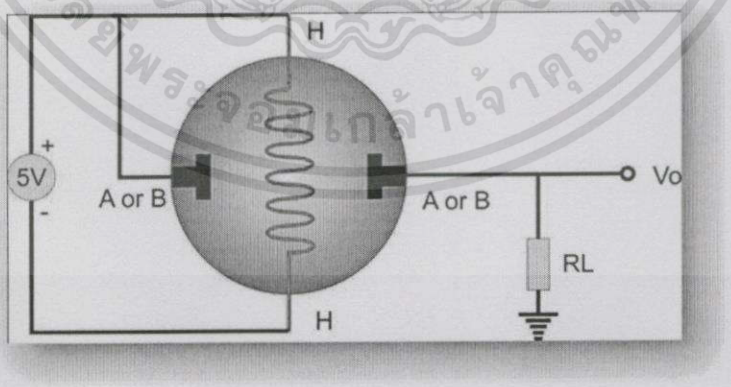
2.1 แก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6

แก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 เป็นตัวตรวจจับปริมาณแก๊ส LPG ซึ่งเมื่อเริ่มจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 ไปได้ระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้เกิดความร้อนขึ้นที่ขดลวดแล้ว หากมีแก๊ส LPG เข้ามาทำปฏิกิริยาจะทำให้ค่าความต้านทานภายในตัวแก๊สเซ็นเซอร์ลดลง



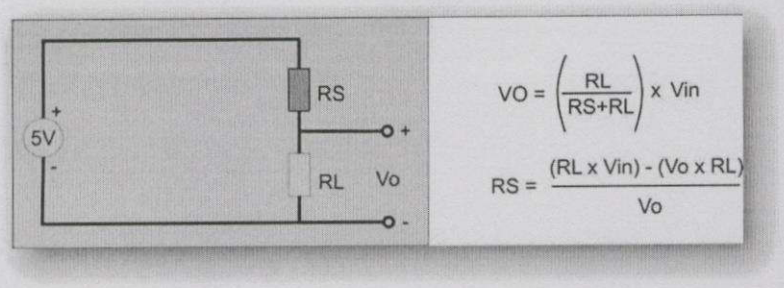
รูปที่ 2.1 แก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6

และเมื่อนำแก๊สเซ็นเซอร์ไปเข้าสู่วงจรแบ่งแรงดันแล้วจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุตลดลง ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้านี้จะถูกส่งไปยังอินพุตของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เพื่อวิเคราะห์ระดับของแก๊สต่อไป



รูปที่ 2.2 วงจรแบ่งแรงดัน(Voltage Divider) ที่นำมาต่อกับแก๊สเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การหาค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์จากวงจรแบ่งแรงดัน

2.1.1 คุณสมบัติการนำแก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 มาประยุกต์ใช้งาน

1. มีความไวสูงต่อ LPG, Natural gas, Town gas
2. มีความไวต่ำต่อ แอลกอฮอล์, ควันไฟ
3. มีผลตอบสนองไว
4. มีเสถียรภาพและอายุการใช้งานนาน
5. มีวงจรไม่ซับซ้อน

โดยแก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 ใช้ในการตรวจจับการรั่วของแก๊สในครัวเรือนและอุตสาหกรรม ซึ่งแก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 จะเหมาะสำหรับการตรวจ LPG, Natural gas, Town gas

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Vc	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V_H	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
P_L	Load resistance	20KΩ	
R_H	Heater resistance	31±10%	Room Tem
P_H	Heating consumption	less than 800mw	

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Tao	Using Tem	-10℃-50℃	
Tas	Storage Tem	-20℃-70℃	
R_H	Related humidity	less than 95%Rh	
O_2	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
Rs	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (5000ppm methane)	Detecting concentration scope: 200-10000ppm LPG,LNG Natural gas, iso-butane, propane Town gas
α (5000ppm/1000 ppm CH_4)	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20℃±2℃ Humidity: 65%±5%	Vc:5V±0.1 Vh: 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

รูปที่ 2.4 ข้อกำหนดทางเทคนิคของเซ็นเซอร์แก๊ส MQ-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Parts	Materials
1	Gas sensing layer	SnO_2
2	Electrode	Au
3	Electrode line	Pt
4	Heater coil	Ni-Cr alloy
5	Tubular ceramic	Al_2O_3
6	Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7	Clamp ring	Copper plating Ni
8	Resin base	Bakelite
9	Tube Pin	Copper plating Ni

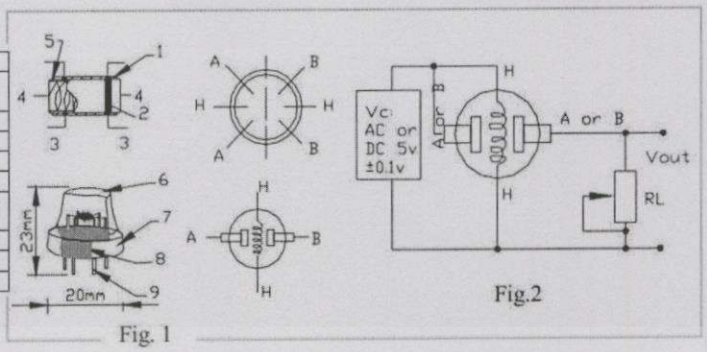
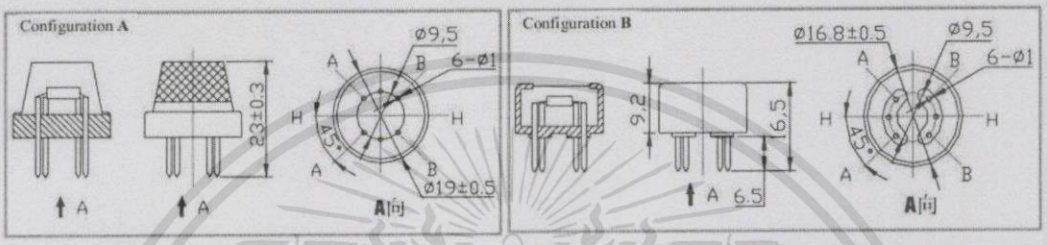


Fig. 1

Fig.2

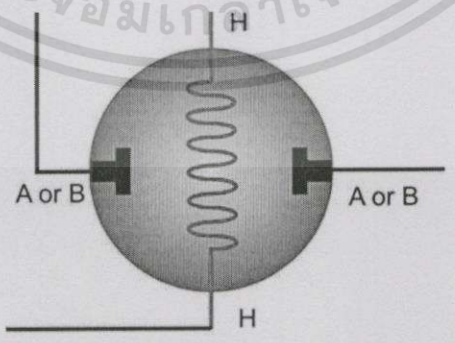


รูปที่ 2.5 องค์ประกอบและโครงสร้างของเซ็นเซอร์แก๊ส MQ-6

2.1.2 โครงสร้างของแก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6

แก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 ถูกประกอบโดย แผ่น Measuring Electrode และ Heater ถูกยึดอยู่ในเปลือกหุ้มที่ทำจากพลาสติก และตาข่ายลวดสแตนเลส Heater เป็นตัวสำคัญในส่วนการรับรู้ ซึ่งแก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 มี 6 ขา โดย 4 ขาถูกใช้ขาเป็นสัญญาณ และอีก 2 ขา ถูกใช้เป็นขาที่ทำให้เกิดความร้อน

แก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับปริมาณแก๊ส LPG ในอากาศ ซึ่งเมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้แก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 ที่ขา H ทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ขดลวด และเมื่อแก๊ส LPG เข้ามาทำปฏิกิริยาจะทำให้ค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นระหว่าง ขา A และ B ลดลงดังรูป

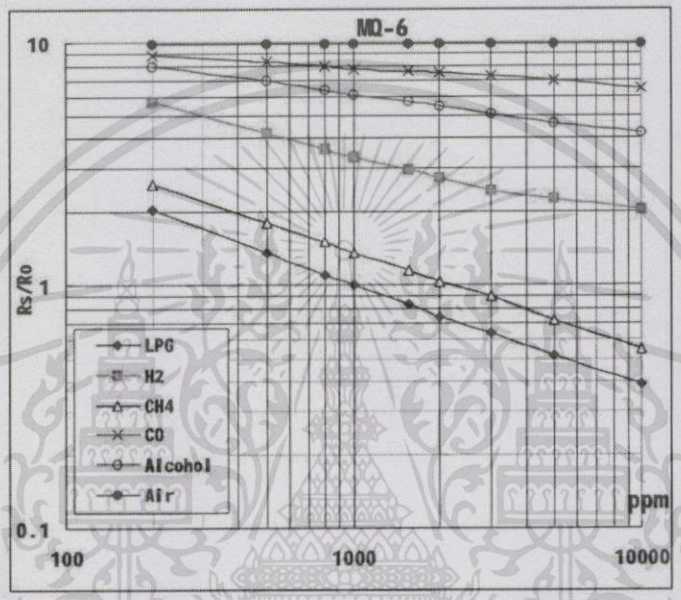


รูปที่ 2.6 วงจรภายในของตัวแก๊สเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การปรับค่าความไว

ค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นของแก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6 คือความแตกต่างระหว่างชนิดและความเข้มข้นของแก๊สที่ต่างกันไป ดังนั้นการปรับความไวเป็นสิ่งสำคัญเมื่อใช้ส่วนประกอบนี้ จึงแนะนำให้สอบเทียบตัวตรวจจับ 1000 ppm ของความเข้มข้น LPG ในอากาศและใช้ค่าของโหลดตัวต้านทาน (RL) 20KΩ (10KΩ ถึง 47kΩ) จุดที่เตือนที่เหมาะสำหรับตัวตรวจจับแก๊สควรถูกกำหนดหลังจากพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิและความชื้น เพื่อการวัดอย่างแม่นยำ



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ คุณลักษณะความไวของ MQ-6

2.2 คอนโทรลเลอร์

ในการสร้างระบบตรวจจับแก๊สอัตโนมัติในที่นี้ จะใช้ Arduino Uno R3 เป็นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสาเหตุที่เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดนี้ เนื่องจากมีลักษณะ Open Source มีกลุ่มนักพัฒนาโปรแกรมจำนวนมาก มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานไม่ซับซ้อน มีความสะดวกในการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB ก็สามารถอัพโหลดโค้ดคำสั่งลง ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างสะดวก

2.2.1 โครงสร้างของ Arduino Uno R3

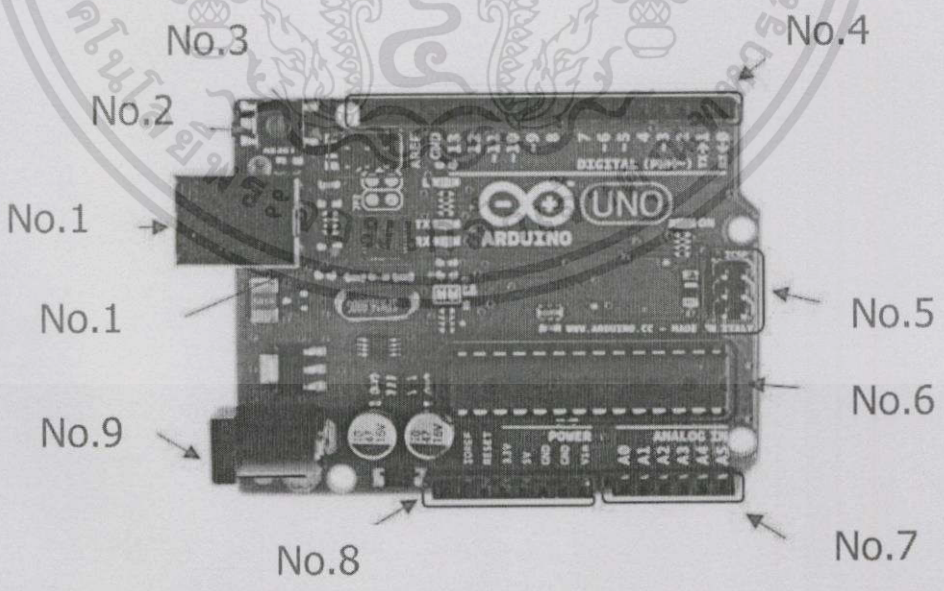
Arduino Uno R3 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด ที่ใช้ ATmega328 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) ซึ่งบอร์ดจะมีขา Digital 14 ขา อินพุต/เอาต์พุต (สามารถใช้เป็น PWM ได้ 6 ขา) และมีขา Analog อินพุตได้อีก 6 ขา, Ceramic resonator กำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16 MHz, มี USB Connector, Power Jack DC และ ปุ่มรีเซ็ต การจ่ายไฟเลี้ยงสามารถต่อสาย USB จากคอมพิวเตอร์ หรือ สาย Power Jack Dc จาก AC to DC Adapter หรือจาก Battery

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

รูปที่ 2.8 ตารางแสดงข้อกำหนดทางเทคนิค



รูปที่ 2.9 รูปแสดงส่วนประกอบ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No. 1 : USB Port ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

No. 2 : Reset Button เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

No. 3 : ICSP Port(ATmega162) เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

No. 4 : Digital Input/Output ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆเพิ่มเติมด้วย เช่น Pin 0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin 3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

No. 5 : ICSP Port(ATmega328) เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

No. 6 : MCU(ATmega328) เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

No. 7 : Analog Input/Output

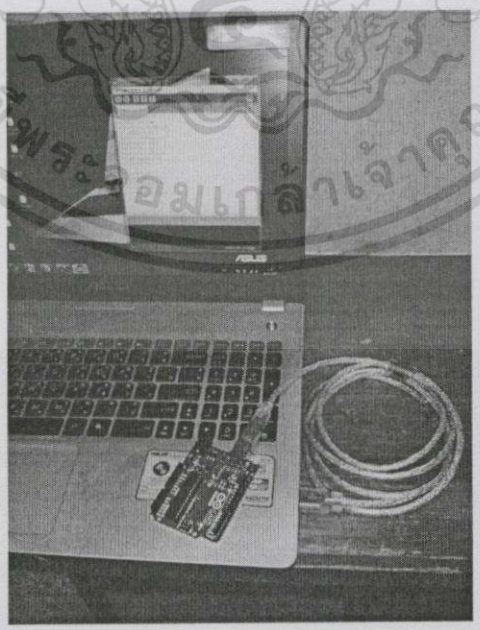
No. 8 : Power Socket ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, V_{in}

No. 9 : Power Jack DC 7-12 V รับไฟเลี้ยงจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

No.10 : MCU(ATmega16U2) เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย ATmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่านATmega16U2

2.2.2 โปรแกรมสำหรับเขียนโค้ดคำสั่ง (Arduino IDE)

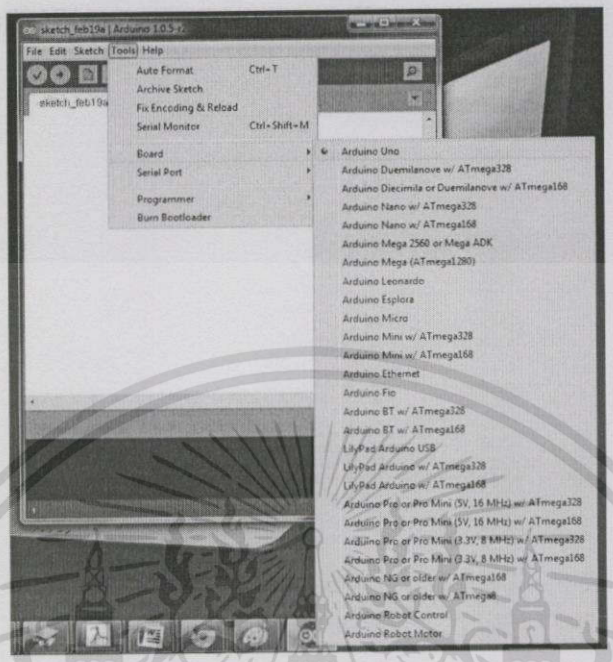
1. เขียนคำสั่งบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software
2. หลังจากที่เขียนโค้ดคำสั่งเรียบร้อยแล้วต่อบอร์ด Arduino กับ Computer ผ่านสาย USB



รูปที่ 2.10 แสดงการต่อบอร์ด Arduino กับ คอมพิวเตอร์

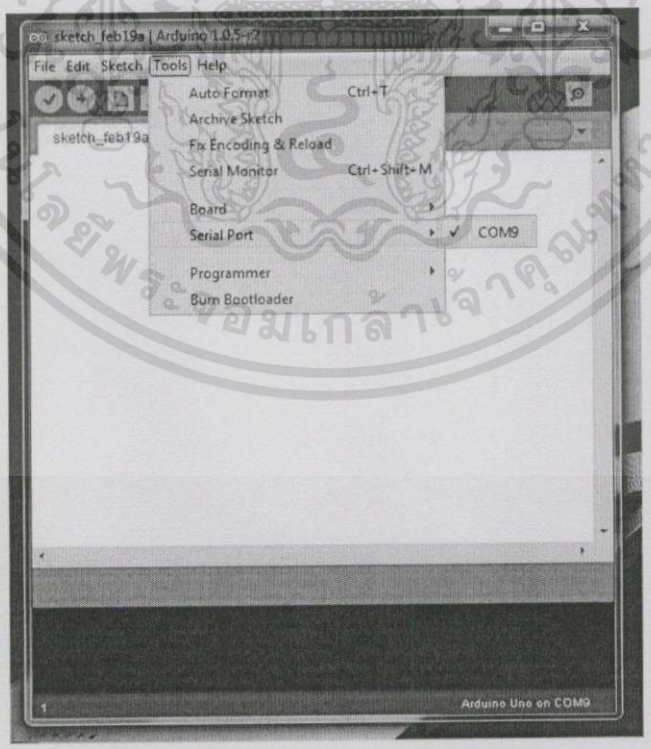
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้โดยเข้าไปที่ Tools->Board->Arduino Uno



รูปที่ 2.11 แสดงการเลือกประเภทบอร์ด Arduino

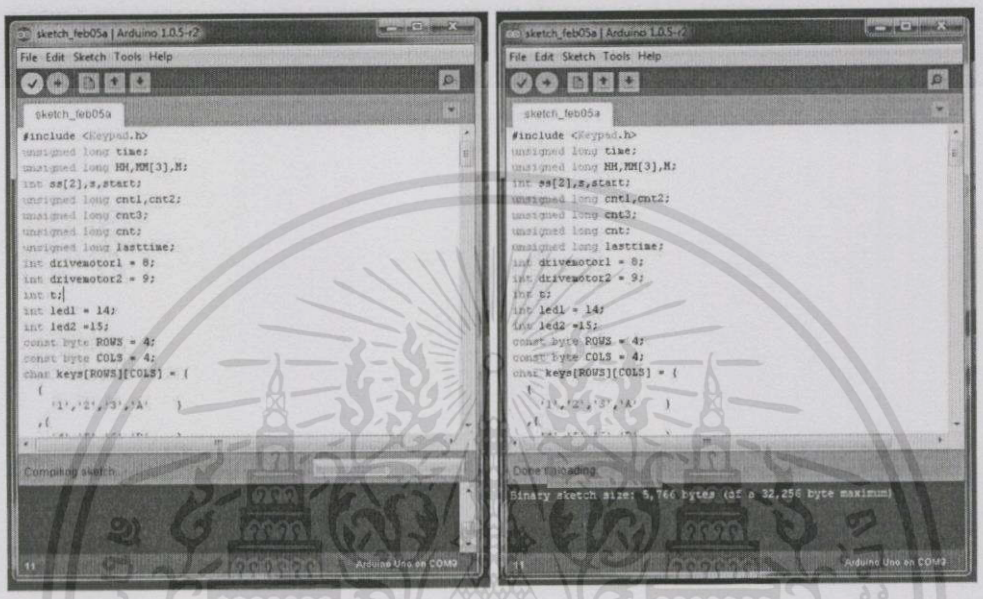
4. เลือกหมายเลข Com Port โดยเข้าไปที่ Tools->Serial Port



รูปที่ 2.12 แสดงการเลือก Com Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กดปุ่ม Verify (เครื่องหมายถูก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโค้ดคำสั่ง และ Compile โค้ดคำสั่งจากนั้นกดปุ่มลูกศรเพื่ออัพโหลดโค้ดคำสั่งไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัพโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที



รูปที่ 2.13 แสดงการ Compile โค้ดและ อัพโหลดโค้ดลงบอร์ด Arduino

2.2.3 คำสั่งเฉพาะของ Arduino

2.2.3.1 กลุ่มคำสั่งสำหรับใช้งาน Digital I/O

Void pinMode(pin,mode)

หน้าที่การทำงานของคำสั่ง

คำสั่งนี้ ใช้ทำหน้าที่สำหรับกำหนดหน้าที่การทำงานของขา I/O ที่เป็น Digital I/O Pin ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ตามที่ Arduino กำหนดไว้ ว่าต้องการจะกำหนดใช้งานขา Digital I/O ขาใด เพื่อใช้งานเป็น Input หรือ Output

รูปแบบของคำสั่ง

PinMode(pin,mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

- Pin หมายถึง หมายเลข รหัส Pin ของขาสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็น Digital I/O Pin ซึ่งจะมีทั้งหมดจำนวน 14 Pin คือ 0 ถึง 13 โดยต้องกำหนดรูปแบบของตัวเลข ให้เป็นแบบจำนวนเต็ม (int) ด้วย
- Mode หมายถึง หน้าที่การทำงานของ Digital I/O Pin ที่ต้องการกำหนด ซึ่งสามารถกำหนดได้ 2 หน้าที่ โดยใช้รหัสข้อความ เป็น INPUT และ OUTPUT

ค่าที่คืนกลับจากฟังก์ชั่น

- ไม่มีการส่งค่ากลับ

Void digitalWrite(pin,value)

หน้าที่การทำงานของคำสั่ง

คำสั่งนี้ ใช้ทำหน้าที่สำหรับกำหนดสถานะทาง Output ให้กับ Digital I/O Pin ว่าต้องการให้มีสภาวะทางโลจิกเป็น High หรือ Low ซึ่งขาสัญญาณที่จะสั่งงานด้วยคำสั่งนี้ จะต้องถูกกำหนดคุณสมบัติให้ทำหน้าที่เป็น Output เรียบร้อยแล้ว

รูปแบบของคำสั่ง

digitalWrite(pin,value)

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

- Pin หมายถึง หมายเลข รหัส Pin ของขาสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็น Digital I/O Pin ซึ่งจะมีทั้งหมดจำนวน 14 Pin คือ 0 ถึง 13 โดยต้องกำหนดรูปแบบของตัวเลข ให้เป็นแบบจำนวนเต็ม (int) ด้วย
- Value หมายถึง ค่าสถานะทาง Output ของ Digital Output Pin ที่ต้องการกำหนด ซึ่งสามารถกำหนดค่าสถานะให้กับ Pin ได้ 2 ค่า คือ HIGH และ LOW

ค่าที่คืนกลับจากฟังก์ชั่น

- ไม่มีการส่งค่ากลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Int digitalRead(pin)

หน้าที่การทำงานของคำสั่ง

คำสั่งนี้ ใช้ทำหน้าที่สำหรับอ่านค่าสถานะ Logic Input ของ Digital Input Pin ว่ามีค่าสถานะเป็น High หรือ Low ซึ่งขาสัญญาณที่จะสั่งอ่านค่าด้วยคำสั่งนี้ จะต้องถูกกำหนดคุณสมบัติให้ทำหน้าที่เป็น Input เรียบร้อยแล้ว

รูปแบบของคำสั่ง

Var = digitalRead(pin)

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

- Pin หมายถึง รหัส Pin ของขาสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็น Digital Input Pin ซึ่งจะมีทั้งหมดจำนวน 14 Pin คือ 0 ถึง 13 โดยต้องกำหนดรูปแบบของตัวเลข ให้เป็นแบบจำนวนเต็ม (int) ด้วย

ค่าที่คืนกลับจากฟังก์ชั่น

- Var คือ ตัวแปรแบบ int สำหรับใช้รอรับค่าที่ส่งคืนกลับมาจากฟังก์ชั่น ซึ่งเป็นค่าสถานะทางโลจิกของ Digital Input Pin ซึ่งมีค่าเป็น HIGH หรือ LOW

2.2.3.2 กลุ่มคำสั่งสำหรับใช้งาน Analog I/O

Int analogRead(pin)

หน้าที่การทำงานของคำสั่ง

คำสั่งนี้ ใช้ทำหน้าที่สำหรับอ่านค่าระดับแรงดันที่ขาสัญญาณของ Analog Input Pin ว่าระดับแรงดัน(Analog Input) มีค่าระดับแรงดันเป็นเท่าใด (0 – Analog Reference) ซึ่งค่าผลลัพธ์ที่อ่านได้จากฟังก์ชั่น จะเป็นระดับของแรงดันที่อ่านได้ที่ขา Analog Input Pin ซึ่งทำการแปลงค่ามาเป็นข้อมูลแบบดิจิตอล ขนาด 10 บิต เรียบร้อยแล้ว โดยผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่า 1024 ระดับ โดยผลลัพธ์จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1023 ซึ่งค่า 1 ระดับของข้อมูลที่อ่านได้จะมีขนาดเท่ากับ ขนาดของแรงดันอ้างอิง/1024 ซึ่งถ้าใช้ค่าแรงดันอ้างอิง หรือ Analog Reference ตามค่า DEFAULT ซึ่งมีค่าเป็น +5V ก็จะได้ขนาดของแรงดันต่อขนาดของข้อมูล 1 ระดับ ประมาณเท่ากับ 5V/1024 หรือประมาณ 0.0049V (4.9mV)

โดยการทำงานของคำสั่งนี้จะใช้เวลาในการทำงานประมาณ 100 us (100 ไมโครวินาที) ดังนั้นเราจะสามารถสั่งอ่านค่า Analog Input ได้เร็วสุดประมาณ 10,000 รอบต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของคำสั่ง

var = analogRead(pin)

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

- pin หมายถึง หมายเลข Pin ของขาสัญญาณที่ทำหน้าที่เป็น Analog Input ซึ่งจะมีทั้งหมดจำนวน 6 Pin ถ้าใช้ชิพรุ่นที่มีตัวถัง 28 Pin และมี 8 Pin ถ้าใช้กับชิพรุ่นที่มี 32 ขา โดยมีรหัสตัวเลข 0 ถึง 5 และ 0 ถึง 7 โดยต้องกำหนดรูปแบบของตัวเลข ให้เป็นแบบจำนวนเต็ม (int) ด้วย

ค่าที่คืนกลับจากฟังก์ชั่น

- var คือ ตัวแปรแบบ int สำหรับใช้รอรับค่าที่ส่งคืนกลับมาจากฟังก์ชั่น ซึ่งเป็นค่าแรงดัน Analog Input ที่ถูกแปลงเป็นค่าข้อมูล 10 บิต แล้ว(1024 ค่า) โดยค่าผลลัพธ์ที่เป็นไปได้คือ 0–1023 ซึ่งในการใช้งานเราจะต้องสร้างตัวแปรแบบ int ขึ้นมาเพื่อใช้รอรับค่าที่จะส่งกลับมาจากฟังก์ชั่นด้วย

2.2.3.3 กลุ่มคำสั่งสำหรับหน่วงเวลา (Time)

Void delay(ms)

หน้าที่การทำงานของคำสั่ง

คำสั่งนี้ ใช้ทำหน้าที่สำหรับหน่วงเวลา โดยมีหน่วยเป็น ms (mili-second) ซึ่งสามารถกำหนดค่าการหน่วงเวลาเป็นค่าตัวเลขจำนวนเต็ม ระหว่าง 1 ถึง 4,294,967,295 ms โดยที่ ค่าเวลาของ 1 ms จะมีค่าเท่ากับ 1/1000 วินาที

รูปแบบคำสั่ง

Delay(ms)

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

- ms คือ ค่าเวลาที่ต้องการหน่วงเวลา มีหน่วยเป็น ms โดยค่าที่กำหนดให้กับคำสั่ง เป็นแบบ unsigned long ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้สูงสุด 4,294,967,295 แต่ต้องไม่ลืมว่าการกำหนดค่าตัวเลขของภาษาซีที่ใช้กับ Arduino ตามปกตินั้น ถ้ากำหนดค่าโดยเขียนในรูปแบบของตัวเลขปกติแล้ว โปรแกรม Compiler ของ Arduino จะถือว่าตัวเลขนั้นเป็น integer ซึ่งมีค่าไม่เกิน 32767 เท่านั้น เมื่อต้องการกำหนดค่าการหน่วงเวลาที่มีค่ามากกว่า 32767 ต้องกำหนดรูปแบบของตัวเลขให้เป็นแบบ unsigned long ด้วย โดยใช้ตัวอักษร ‘UL’ ตามท้ายค่าตัวเลข ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่าหน่วงเวลาเป็น 60000ms ก็ให้ใช้รูปแบบการกำหนดค่าตัวเลขดังกล่าวให้เป็นแบบ unsigned long คือ delay(60000UL) เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

ค่าที่คืนกลับจากฟังก์ชั่น

- ไม่มีการส่งค่ากลับ

2.2.3.4 คำสั่งทางคณิตศาสตร์ (Math)

map(valve,fromLow,fromHigh,toLow,toHigh)

หน้าที่การทำงานของคำสั่ง

คำสั่งนี้ใช้สำหรับทำหน้าที่ปรับค่าในตัวแปร valve จากเดิมที่มีค่าระหว่าง fromLow ถึง fromHigh ให้มีค่าระหว่าง toLow ถึง toHigh

รูปแบบคำสั่ง

Var = map(valve,fromLow,fromHigh,toLow,toHigh)

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

- Valve คือ ค่าตัวเลขที่ต้องการปรับค่าด้วยคำสั่ง map
- fromLow คือค่าพิกัดต่ำสุดที่เป็นอยู่ในปัจจุบันก่อนปรับค่า
- fromHigh คือค่าพิกัดสูงสุดที่เป็นอยู่ในปัจจุบันก่อนปรับค่า
- toLow คือค่าพิกัดต่ำสุดที่ต้องการปรับค่าด้วยคำสั่ง map
- toHigh คือค่าพิกัดสูงสุดที่ต้องการปรับค่าด้วยคำสั่ง map

ค่าที่คืนกลับจากฟังก์ชั่น

- var คือ ค่าตัวแปรสำหรับใช้รับค่าที่ส่งคืนกลับมาจากฟังก์ชั่นซึ่งเป็นค่าที่ทำการปรับจากคำสั่ง map เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.5 คำสั่งการสื่อสารอนุกรม(Serial Communication)

Serial.begin(int speed)

หน้าที่การทำงานของคำสั่ง

คำสั่งนี้ ใช้ทำหน้าที่สำหรับเปิดพอร์ตสื่อสารอนุกรม พร้อมทั้งกำหนดค่าความเร็วในการสื่อสาร (Baudrate) ตามที่ผู้ใช้กำหนด ซึ่งต้องกำหนดค่าความเร็วนี้ให้ตรงกับความร็วของอุปกรณ์อีกฝ่ายหนึ่งที่จะทำการสื่อสารด้วย ซึ่งตามปกติก็คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ PC โดยค่าความเร็วที่เป็นมาตรฐานที่นิยมใช้งานกันทั่วไปได้แก่ 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400,57600 และ 115200

รูปแบบคำสั่ง

Serial.begin(int speed)

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

- speed คือ ค่าความเร็วในการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตสื่อสารอนุกรม ซึ่งมีค่าเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม ค่าที่แนะนำคือ 19200

ค่าที่คืนกับจากฟังก์ชั่น

- ไม่มีการส่งค่ากลับ

Serial.print(data)
Serial.print(data,format)
Serial.println(data)
Serial.println(data,format)

หน้าที่การทำงานของคำสั่ง

คำสั่งนี้ ใช้ทำหน้าที่สำหรับสั่งให้ส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตสื่อสารอนุกรม อย่างต่อเนื่องในลักษณะของการพิมพ์ โดยข้อมูลที่จะสั่งพิมพ์ด้วยคำสั่งนี้ สามารถเป็นได้ทั้ง ข้อมูล ตัวแปร หรือข้อความต่างๆ ที่กำหนดไว้ในพารามิเตอร์ภายในวงเล็บ() ออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบคำสั่ง

Serial.print(data)

Serial.print(data,format)

Serial.println(data)

Serial.println(data,format)

ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

- data คือ ข้อมูลที่ต้องการสั่งพิมพ์ อาจเป็น ข้อความ ตัวแปร ในรูปแบบต่างๆ ที่ต้องการสั่งพิมพ์
- format คือรูปแบบของการแปลงข้อมูล ซึ่งเป็นค่าของ data แล้วแปลงเป็นค่าตัวอักษร (String) ของค่านั้นๆ โดยสามารถกำหนดรูปแบบในการแปลงข้อมูลเป็นค่าตัวเลขในฐานต่างๆคือ

- BIN เป็นการแปลงค่าข้อมูลเพื่อแสดงผลในรูปแบบเลขฐานสอง (Binary) เช่น ถ้าข้อมูลมีค่า79 จะแสดงผลเป็น string ของตัวเลข “1001111”

- DEC เป็นการแปลงค่าข้อมูลเพื่อแสดงผลในรูปแบบเลขฐานสิบ (Decimal) เช่น ถ้าข้อมูลมีค่า 79 จะแสดงผลเป็น String ของตัวเลข “79”

- HEX เป็นการแปลงค่าข้อมูลเพื่อแสดงผลในรูปแบบเลขฐานสิบหก(Hexadecimal) เช่น ถ้าข้อมูลมีค่า 79 จะแสดงผลเป็น String ของ “4F”

- OCT เป็นการแปลงค่าข้อมูลเพื่อแสดงผลในรูปแบบเลขฐานแปด (Octal) เช่น ถ้าข้อมูลมีค่า 79 จะแสดงผลเป็น String ของ “117”

- BYTE เป็นการแปลงค่าข้อมูลเพื่อแสดงผลในรูปของรหัส ASCII เช่น ถ้าข้อมูลมีค่า 79 จะแสดงผลเป็น String ของ “O” ซึ่งรหัส ASCII ของตัวอักษร โอ (“O”) คือ 0x4F หรือ 79

ค่าที่คืนกลับจากฟังก์ชั่น

- ไม่มีการส่งค่ากลับ

2.3 GSM Module

2.3.1 คุณสมบัติของบอร์ด ET-BASE GSM SIM900

- มีสวิตช์แบบ Push-Button สำหรับใช้สั่ง เปิด-ปิด การทำงานของโมดูลภายในบอร์ด
- มีสวิตช์แบบ Push-Button สำหรับใช้สั่ง RESET การทำงานของโมดูลภายในบอร์ด
- มี Socket SIM รองรับ SIM Card พร้อมวงจร ESD ป้องกัน SIM เสียหาย
- มีวงจร Regulate แยกอิสระ จำนวน 2 ชุด สามารถใช้กับแหล่งจ่ายภาย Adapter ตั้งแต่ 5-12 VDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

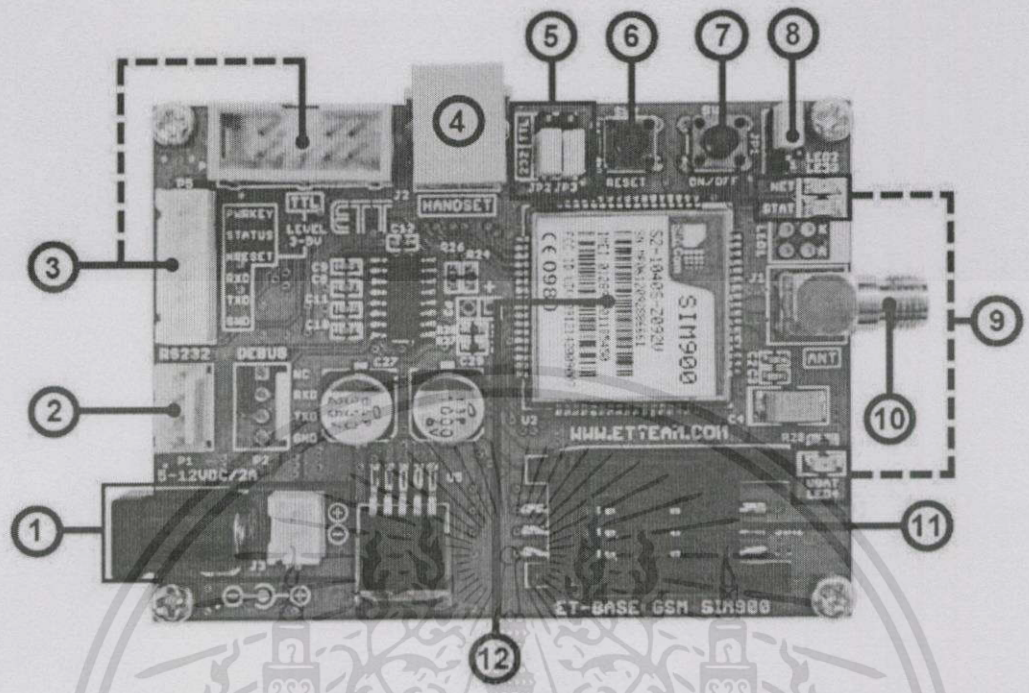
- สามารถจ่ายกระแสให้กับโมดูล SIM900 และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ ได้อย่างเพียงพอ
- มีวงจร Regulate ขนาด 4.2V / 3A สำหรับจ่ายให้กับโมดูล SIM900 ได้อย่างเพียงพอ
- สามารถใช้กับ SIM ของระบบ GSM900MHz แบบ 2-Watt ได้อย่างไม่เกิดปัญหา
- มีวงจร Regulate ขนาด 2.8V / 150mA สำหรับจ่ายให้กับวงจรแปลงระดับสัญญาณโลจิก
- มีวงจร Line Driver สำหรับแปลงระดับสัญญาณโลจิกจากโมดูล SIM900 ให้เป็น RS232 (1200 bps-115200 bps) สำหรับพอร์ตที่ใช้ในการสื่อสารสำหรับสั่งงานโมดูล
- มีวงจรแปลงระดับสัญญาณโลจิก TTL ระดับแรงดัน 3V-5V ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านวงจร Line Driver RS232
- มี LED แสดงสถานะพร้อมในบอร์ด สำหรับแสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ สถานะพร้อมทำงานของโมดูล สถานะในการเชื่อมต่อกับ Network และ สถานะ Power-ON/Power-OFF ของโมดูล
- มีขั้วสำหรับเชื่อมต่อกับ Handset (ชุดปากพูด และหูฟัง ของโทรศัพท์บ้าน) โดยใช้ขั้วต่อแบบ RJ11มาตรฐาน พร้อมวงจร Voice Filter สามารถนาชุด Handset ของโทรศัพท์บ้าน ต่อเข้ากับบอร์ดทางขั้วต่อแบบ RJ11 สำหรับใช้พูดคุย โทรออก และ รับสายได้โดยสะดวก

2.3.2 คุณสมบัติเบื้องต้นของโมดูล SIM900

- รองรับความถี่ GSM/GPRS 850/900/1800/1900MHz
- รองรับ GPRS Multi-Slot Class10 และ GPRS Mobile Station Class B
- รองรับมาตรฐานคำสั่ง AT Command (GSM 07.07 / 07.05 และคำสั่งเพิ่มเติมจาก SIMCOM)
- รองรับ SIM Applications Toolkit
- ทำงานที่ย่านแรงดัน 3.2V ถึง 4.8V
- รองรับการเชื่อมต่อภายนอก
- ใช้ได้กับ SIM card 1.8V และ 3V
- มีวงจร Analog Audio (MIC & Speaker)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

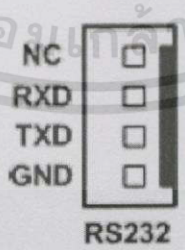
2.3.3 ส่วนประกอบของบอร์ด ET-BASE GSM SIM900



รูปที่ 2.14 แสดงส่วนประกอบบอร์ด ET-BASE GSM SIM900

หมายเลข 1 เป็นขั้วต่อไฟเลี้ยงเข้าบอร์ดโดยมีให้เลือกต่อ 2 แบบ คือ แบบ DC JACK ซึ่งขั้วด้านนอกเป็นไฟบวก ด้านในเป็นลบ และ ขั้วต่อแบบ JST โดยแรงดันไฟเลี้ยงที่จ่ายให้บอร์ดสามารถใช้ได้ตั้งแต่ 5-12 VDC กระแสอย่างน้อย 2 A

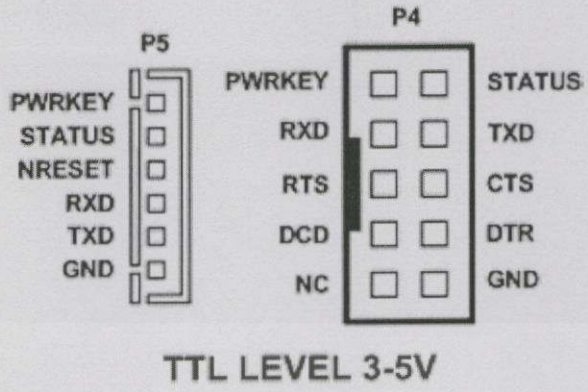
หมายเลข 2 เป็นขั้วต่อสัญญาณ RS232 แบบ 4 PINS (มาตรฐานอีทีที) สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ใช้การรับส่งข้อมูลด้วย RS232 เช่น คอมพิวเตอร์ หรือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ต่างๆ ที่ต่อผ่านวงจร Line Driver RS232 โดยการจัดตำแหน่งขาสัญญาณแสดงดังรูป



รูปที่ 2.15 ขั้วต่อ RS232

หมายเลข 3 เป็นขั้วต่อสัญญาณระดับ TTL 3-5V สำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านวงจร Line Driver RS232 โดยการจัดตำแหน่งขาสัญญาณแสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ขั้วต่อสัญญาณระดับ TTL 3-5 V

ชื่อขาสัญญาณ	ทิศทาง	รายละเอียด
PWRKEY	INPUT	ใช้ควบคุมการเปิดปิดโมดูล SIM900 โดยจะทำงานที่ลอจิก 1
STATUS	OUTPUT	ใช้บอกสถานะว่าโมดูล SIM900 เปิดการทำงานอยู่ ถ้าเป็นลอจิก 1แสดงว่าโมดูลเปิดอยู่ ถ้าเป็นลอจิก 0 แสดงว่าแสดงว่าโมดูลปิดอยู่หรืออยู่สภาวะ power down
NRESET	INPUT	ใช้สำหรับรีเซ็ตการทำงานของโมดูล SIM900 โดยจะทำงานที่ลอจิก 1
RXD	INPUT	Receive data
TXD	OUTPUT	Transmit data
RTS	INPUT	Request to send
CTS	OUTPUT	Clear to send
DCD	OUTPUT	Data carrier detect
DTR	INPUT	Data terminal ready
NC	-	ขาว่างไม่ได้ใช้งาน
GND		กราวด์

หมายเลข 4 เป็นขั้วต่อ RJ11 สำหรับใช้เชื่อมต่อกับชุด Handset ในกรณีที่เราต้องการใช้งานโมดูล SIM900 เพื่อโทรออกและรับสาย โดยสามารถเชื่อมต่อกับ Handset มาตรฐานได้ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 5 เป็นจั้มเปอร์เลือกว่าจะต่อขาสัญญาณ RXD, TXD ของโมดูลผ่านวงจร Line Driver RS232 หรือไม่ ถ้าผู้ใช้ต้องการเชื่อมต่อผ่านขั้ว RS232 ก็ให้เลือกจั้มเปอร์ JP2 และ JP3 ไปที่ตำแหน่ง 232 แต่ถ้าต้องการเชื่อมต่อทางขั้ว TTL P4 , P5 ก็ให้เลือกจั้มเปอร์ JP2 และ JP3 ไปที่ตำแหน่ง TTL

หมายเลข 6 เป็น Switch Push-Button สำหรับใช้รีเซ็ตการทำงานของตัวโมดูล

หมายเลข 7 เป็น Switch Push-Button สำหรับใช้ Power-ON และ Power-OFF ตัวโมดูล

หมายเลข 8 เป็นจั้มเปอร์สำหรับเปิดการทำงานของโมดูล SIM900 แบบอัตโนมัติทันทีเมื่อจ่ายไฟเลี้ยงเข้าบอร์ดโดยให้เลือกไปที่ตำแหน่ง AT แต่ถ้าต้องการควบคุมการเปิดปิดโดย สวิตช์ ON/OFF หรือทางขา PWRKEY ก็ให้เลือกจั้มเปอร์ไปที่ตำแหน่งขา 1-2

หมายเลข 9 เป็น LED แสดงสถานการณ์ทำงานของบอร์ดโดยมีรายละเอียดดังนี้

- LED VBAT ใช้ทำหน้าที่แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกที่ต่อมาให้กับบอร์ด โดย LED นี้จะติดสว่างก็ต่อเมื่อมีการจ่ายไฟให้กับบอร์ดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว
- LED NET (NETLIGHT) ใช้แสดงสถานะของโมดูล ในขณะทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอยู่โดย LED ตัวนี้จะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ NETLIGHT(PIN 52) ของโมดูล SIM900 เมื่อทำงานจะมีสถานะทางโลจิกเป็นโลจิก “1” โดยเมื่อโมดูลอยู่ในสถานะพร้อมทำงาน LED นี้จะติดกระพริบด้วยค่าความเร็วต่างๆ ซึ่งมีความหมายดังนี้

  OFF แสดงว่าโมดูลอยู่ในสถานะของ Power OFF (ไม่ทำงาน)

  64mS ON / 800mS OFF แสดงว่าโมดูล SIM900 ไม่สามารถค้นหาเครือข่ายได้

  64mS ON / 3000mS OFF แสดงว่าโมดูล SIM900 สามารถค้นหาเครือข่ายได้

  64mS ON / 300mS OFF แสดงว่าโมดูล SIM900 อยู่ระหว่างการเชื่อมต่อกับเครือข่ายหรืออุปกรณ์อื่นๆ ด้วย GPRS อยู่

- LED STAT (STATUS) ใช้แสดงสถานะของโมดูล SIM900 ว่าทำงานอยู่หรือเปล่า ถ้า LED ติดแสดงว่าโมดูลทำงานอยู่ ถ้า LED ไม่ติดแสดงว่าโมดูลไม่ทำงาน หรืออยู่ในสภาวะ Power down mode

หมายเลข10 เป็นคอนเน็กเตอร์เสาอากาศ GSM ย่านความถี่ 850/900/1800/1900MHz

หมายเลข11 เป็น Socket สำหรับติดตั้ง SIM Card ให้กับโมดูล

หมายเลข12 โมดูล SIM900

2.3.4 การติดต่อสื่อสารกับโมดูล SIM900

การติดต่อสื่อสารกับโมดูล SIM900 ของบอร์ด ET-BASE GSM SIM900 นั้นสามารถทำได้ 2 แบบ คือ เชื่อมต่อผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 โดยใช้ขั้วต่อแบบ 4 PIN จัดเรียงสัญญาณตามมาตรฐานของบริษัท ETT ซึ่งสามารถนาไปเชื่อมต่อกับสัญญาณ RS232 มาตรฐาน เช่น คอมพิวเตอร์ RS232 (ComPort) หรือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท ETT ที่มีขั้ว RS232 แบบ 4 PIN ได้ทันที นอกจากนี้บอร์ด ET-BASE GSM SIM900 ยังได้เตรียมขั้วต่อสัญญาณอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับสัญญาณ TTL 3-5V (P4 หรือP5) สำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง โดยไม่ต้องมีวงจรแปลงระดับสัญญาณเป็น RS232 โดยสัญญาณการเชื่อมต่ออนุกรมของโมดูล SIM900 จะมีดังนี้

- DCD (Data Carrier Detect) ของโมดูล SIM900 ซึ่งเป็น Output จาก SIM900 ซึ่งตามปกติจะต่อเข้ากับ DCD Input ของอุปกรณ์ด้าน Host
- TXD (Transmit Data) ของโมดูล SIM900 ซึ่งเป็น Output จาก SIM900 ซึ่งตามปกติจะต่อเข้ากับ RXD (Receive Data) ของอุปกรณ์ด้าน Host
- RXD (Receive Data) ของโมดูล SIM900 ซึ่งเป็น Input ของ SIM900 ซึ่งตามปกติจะต่อเข้ากับ TXD (Transmit Data) จากอุปกรณ์ด้าน Host
- DTR (Data Terminal Ready) ของโมดูล SIM900 ซึ่งเป็น Input ของ SIM900 ซึ่งตามปกติจะต่อเข้ากับ DTR จากอุปกรณ์ด้าน Host
- RTS (Request To Send) ของโมดูล SIM900 ซึ่งเป็น Input ของ SIM900 ซึ่งตามปกติจะต่อเข้ากับ RTS ของอุปกรณ์ด้าน Host
- CTS (Clear To Send) ของโมดูล SIM900 ซึ่งเป็น Output จาก SIM900 ซึ่งตามปกติจะต่อเข้ากับ CTS ของอุปกรณ์ด้าน Host
- RI (Ring Indicator) ของโมดูล SIM900 ซึ่งเป็น Output จาก SIM900 ซึ่งตามปกติจะต่อเข้ากับ RI ของอุปกรณ์ด้าน Host
- GND ของโมดูล SIM900 ต้องต่อเข้ากับ GND ของอุปกรณ์ด้าน Host

แสดงการต่อสายสัญญาณระหว่าง ET-BASE GSM SIM900 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

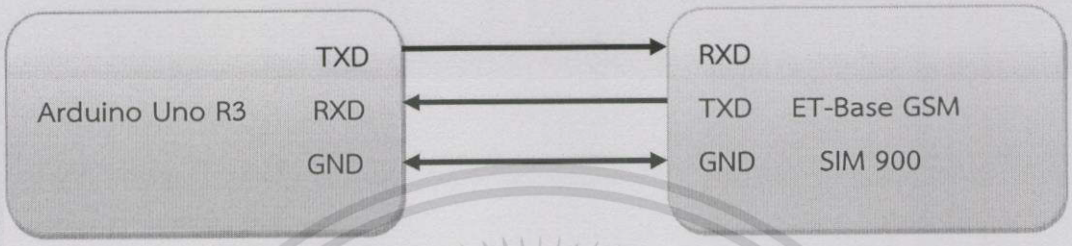
SIM900	Signal Direction	MCU
DCD	→	DCD
TXD	→	RXD
RXD	←	TXD
DTR	←	DTR
RTS	←	RTS
CTS	→	CTS
RI	→	RI
GND	—	GND

ตารางการเชื่อมต่อสัญญาณแบบเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การเชื่อมต่อบอร์ด ET-BASE GSM SIM900 กับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

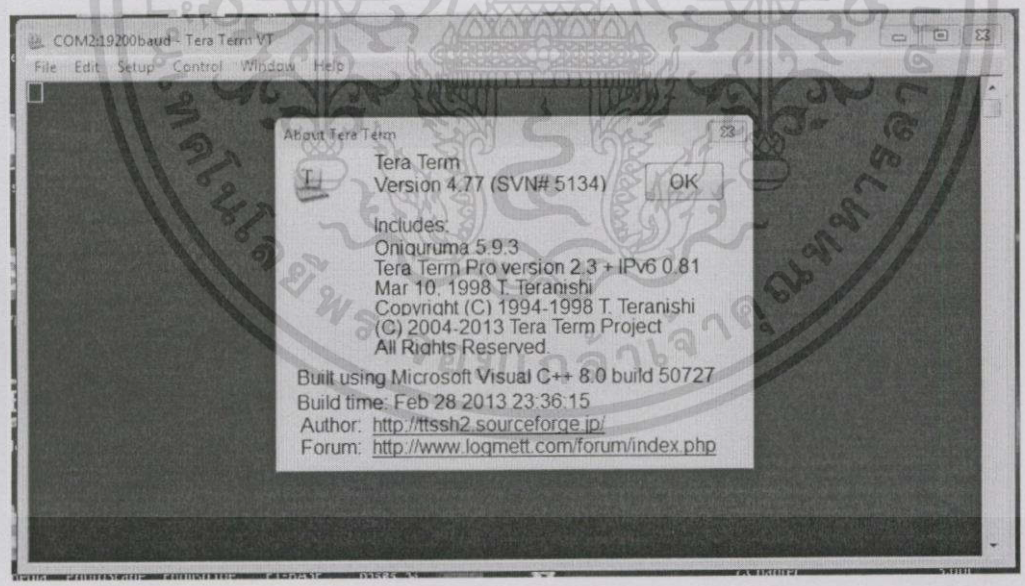
การเชื่อมต่อบอร์ด ET-BASE GSM SIM900 กับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะเชื่อมต่อผ่านทางช่อง TXD RXD ของบอร์ด Arduino คือ Digital I/O ขาที่ 0 และ 1 ต่อเข้ากับ ขา RXD TXD ของ บอร์ด ET-BASE GSM SIM900



รูปที่ 2.17 การเชื่อมต่อบอร์ด ET-BASE GSM SIM900 กับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3.6 โปรแกรมสำหรับเขียนโค้ดคำสั่ง (Tera Term)

โค้ดคำสั่งสำหรับสั่งงานบอร์ด ET-BASE GSM SIM900 ใช้คำสั่ง AT Command โปรแกรม Tera Term Version 4.77 ใช้เพื่อศึกษารูปแบบการเขียนโค้ดคำสั่งโดยเขียนจากคอมพิวเตอร์และส่งผ่านทาง พอร์ต RS232

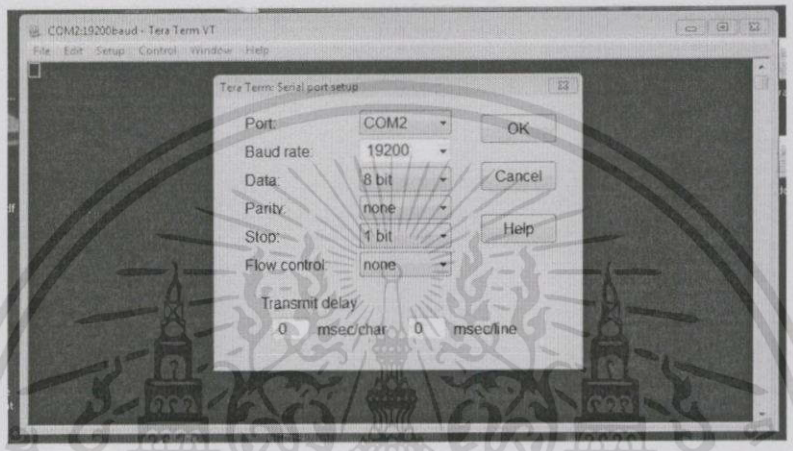


รูปที่ 2.18 โปรแกรม Tera Term

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการเขียนโค้ดคำสั่ง

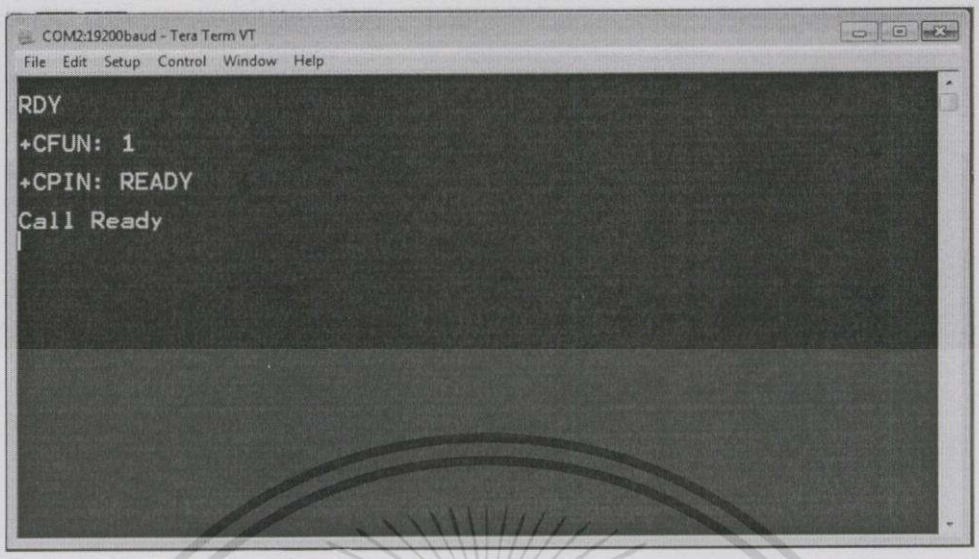
1. เลือกที่เมนู **Setup->Serial port** เพื่อตั้งค่าของพอร์ต RS232 ในขั้นตอนนี้ให้เลือกค่า Baud rate ให้ตรงและสอดคล้องกับที่กำหนดให้กับโมดูลไว้ หรือในกรณีที่กำหนดค่า Baud rate ของโมดูลเป็น Auto-Baud rate ไว้ก็สามารถกำหนดค่าใดๆ ที่โมดูลสามารถรองรับได้ระหว่าง 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 ในที่นี้จะเลือก 115200 ส่วน Data ให้เลือกเป็น 8 Bit, Parity=None, Stop bits=1, Flow Control = None แล้วเลือก "OK" ดังตัวอย่าง



รูปที่ 2.19 การเซ็ต Serial port

2. หลังกำหนดการเชื่อมต่อต่างๆเรียบร้อยแล้ว ถ้าทุกอย่างถูกต้องให้ทดลองทำการต่อสายสัญญาณ RS232 ระหว่างบอร์ดกับ Comport ของคอมพิวเตอร์ PC (ต้องเลือกจั้มเปอร์ JP2,JP3 ไปที่ตำแหน่ง RS232 ด้วย) แล้วจ่ายไฟเลี้ยงวงจรให้กับบอร์ด ซึ่งถ้าทุกอย่างถูกต้องจะเห็น LED VBAT สีเขียวบนบอร์ดติดสว่างให้เห็น จากนั้นให้สั่ง Power-ON ตัวโมดูล โดยการกดสวิตช์ ON/OFF ค้างไว้ประมาณ 1 วินาที จะสังเกตุเห็น LED STAT (STATUS) ติดสว่างขึ้น จากนั้น LED NET (NETLIGHT) ก็จะเริ่มกระพริบเป็นจังหวะตลอดเวลา แสดงว่าโมดูลเริ่มต้นทำงานแล้ว ส่วนที่หน้าจอของ Tera Term จะปรากฏข้อความการทำงานให้เห็น ให้รอจนพบคำว่า "Call Ready" ซึ่งหมายถึงโมดูลทำการค้นหาและเครือข่ายได้เรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็จะสามารถสั่งงานโมดูลด้วยคำสั่งต่างๆ ได้ตามต้องการดังตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงการพร้อมใช้งานของ GSM Module

2.3.7 การ Setup และตรวจสอบค่า Configuration

ซึ่งวิธีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานให้กับโมดูลนั้นสามารถทำได้ 2 แบบ

- การกำหนดค่าแบบถาวร จะเป็นการสั่งบันทึกค่าเงื่อนไขการทำงานต่างๆของโมดูลตามรูปแบบที่เรากำหนดไว้ในหน่วยความจำถาวรภายในตัวโมดูล โดยใช้คำสั่ง AT&W ซึ่งหลังจากโมดูลเริ่มต้นทำงานใหม่ หรือ หลังการรีเซ็ตโมดูลแต่ละครั้ง ค่าการทำงานต่างๆของโมดูลจะถูกกำหนดเงื่อนไขตามที่เรากำหนดไว้แล้วเสมอ
- การกำหนดค่าแบบชั่วคราว เป็นการใช้คำสั่ง AT Command ต่างๆ เพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงาน ให้กับโมดูล แต่ไม่มีการสั่งบันทึกค่า Configuration ด้วยคำสั่ง AT&W ซึ่งการทำงานของโมดูลก็จะปรับเปลี่ยนไปตามการสั่งงานในขณะนั้นๆ แต่เมื่อสั่งรีเซ็ตการทำงานของโมดูลหรือ มีการ Power ON ใหม่คุณสมบัติการทำงานของโมดูลจะถูกเปลี่ยนกลับเป็นค่าเดิมอีก

โดยเราสามารถใช้คำสั่ง AT Command ในการสั่ง ตรวจสอบ และ บันทึกค่า Configuration ต่างๆให้กับโมดูล SIM900 ได้ดังนี้

- ใช้คำสั่ง AT&V เพื่อสั่งให้โมดูลแสดงค่า Configuration ปัจจุบันให้ทราบ
- ใช้คำสั่ง AT&F เพื่อสั่งกำหนดค่า Configuration ทั้งหมดให้กลับเป็นค่ามาตรฐาน
- ใช้คำสั่ง AT&W เพื่อสั่งบันทึกค่า Configuration ด้วยค่าที่เรากำหนดไว้ในขณะนั้นๆ

ค่า Configuration ที่แนะนา

AT+CMGF=1 (SMS Message = Text Mode)

ATE=1 (Echo Mode ON)

AT+CSCLK=0 (Disable Sleep Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 คำสั่งของ ET-BASE GSM

การโทรออก การรับสาย และ การยกเลิกการโทร

- ใช้คำสั่ง ATD เพื่อสั่งโทรออก โดยรูปแบบการใช้คำสั่งให้ตามด้วยเบอร์ปลายทาง
- ใช้คำสั่ง ATDL เพื่อสั่งโทรออกด้วยหมายเลขโทรออกครั้งสุดท้าย
- ใช้คำสั่ง ATA เพื่อรับสายเรียกเข้า โดยเมื่อมีสายเรียกเข้าจะมีเสียงเรียกเข้าที่ หูฟังของ Handset ให้เราทราบ ถ้าต้องการรับสายให้ใช้คำสั่ง “ATA” เพื่อรับสายได้ทันที ซึ่งหลังจากสั่งรับสายแล้วผู้ใช้จะสามารถพูดคุยกับปลายสายได้ทันที โดยใช้ Handset หรือชุด ปากพูดหูฟังของโทรศัพท์บ้าน
- ใช้คำสั่ง ATH เพื่อสั่งวางสาย หรือยกเลิกการโทรออก

ตัวอย่างการโทรออก ซึ่งเป็นการสื่อสารด้วย Voice จะต้องปิดท้ายคำสั่งด้วยเครื่องหมายเซมิโคลอน (;) และจบคำสั่งด้วย Enter (0x0D) เช่นถ้าต้องการโทรออกไปยังเบอร์ 0894469xxx จะเป็นดังนี้

```
ATD0894469xxx;<Ent>
OK
```

ในกรณีที่สั่งโทรออกแล้วไม่มีการรับสาย หรือ สายไม่ว่างโมดูลจะรายงานผลด้วยข้อความ “BUSY” ดังตัวอย่าง

```
ATD0894469xxx;<Ent>
OK
BUSY
```

ตัวอย่างการรับสายเรียกเข้า เมื่อมีสายเรียกเข้าโมดูล SIM900 จะมีข้อความ “RING” และสร้างเสียงเรียกเข้าเป็นจังหวะที่ หูฟังของ Handset ให้ทราบ ถ้าผู้ใช้ต้องการรับสาย ให้ใช้คำสั่ง ATA เพื่อสั่งรับสาย หรือใช้คำสั่ง ATH เพื่อวางหูหรือยกเลิกไม่รับสาย ดังตัวอย่าง

```
RING
ATA<Ent>
OK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อความ SMS ภาษาอังกฤษ

ก่อนการส่ง SMS นั้นต้องทำการตั้งค่ากำหนดรูปแบบของข้อความเป็น Text Mode โดยใช้คำสั่ง AT+CMGF=1 เลือกพารามิเตอร์ของ SMS โดยใช้คำสั่ง AT+CSMP=17,167,0,0 จากนั้นเลือกชุดของตัวอักษรที่จะส่งโดยใช้คำสั่ง AT+CSCS="GSM" ดังตัวอย่าง (เราสามารถตรวจสอบค่าทั้ง 3 นี้ว่าถูกต้องหรือไม่โดยใช้คำสั่ง AT+CMGF? , AT+CSMP? และ AT+CSCS? ถ้าค่าถูกต้องอยู่แล้วก็ไม่ต้องกำหนดใหม่)

```
AT+CMGF=1<Ent>
OK
AT+CSMP=17,167,0,0<Ent>
OK
AT+CSCS="GSM"<Ent>
OK
```

ในการส่งข้อความ SMS นั้นจะใช้คำสั่ง AT+CMGS ในการสั่งงาน โดยในกรณีที่ใช้ Text Mode นั้นให้ใช้รูปแบบคำสั่งเป็น AT+CMGS="+เบอร์ผู้รับ" โดยเบอร์ของผู้รับจะต้องใส่รหัสประเทศนำหน้าแทนตัวเลขศูนย์ด้วยเสมอ ซึ่งในกรณีที่เป็นประเทศไทยจะใช้รหัสประเทศเป็น "66" ดังนั้นถ้าต้องการส่งข้อความ SMS ให้กับเบอร์ที่ใช้งานอยู่ในประเทศไทย เช่น 089-4469xxx ก็จะต้องกำหนดหมายเลขของเบอร์ผู้รับปลายทางเป็น +6689-4469xxx แทน ซึ่งในกรณีนี้จะได้รหัสเบอร์ผู้รับข้อความเป็น "+66894469xxx" ซึ่งเมื่อโมดูล SIM900 ได้รับคำสั่ง AT+CMGS เรียบร้อยแล้วมันจะตอบรับด้วยการส่งเครื่องหมาย ">" กลับมาบอก ซึ่งหลังจากนี้เป็นต้นไปผู้ใช้ก็สามารถจะทำการพิมพ์ข้อความต่างๆที่ต้องการจะส่งให้กับโมดูลได้ทันที โดยให้ปิดท้ายข้อความด้วยการกดปุ่ม Ctrl+Z (0x1A) เช่นถ้าต้องการส่งข้อความ SMS ให้กับหมายเลข0894469xxx ด้วยข้อความ "Hello Test SMS" จะเป็นดังนี้

```
AT+CMGS="+66894469xxx"<Ent>
> Hello Test SMS<Ctrl+Z>
+CMGS: 6
OK
```

ในกรณีที่พิมพ์คำสั่ง AT+CMGS="+66894469xxx" แล้วข้อความตอบกลับมาว่า ERROR แสดงว่าพิมพ์คำสั่งผิดหรือไม่ได้ตั้งค่ากำหนดรูปแบบของข้อความเป็น Text Mode ให้ตรวจสอบโดยใช้คำสั่ง AT+CMGF? ถ้าข้อความตอบกลับมาเป็น +CMGF: 0 แสดงว่ายังไม่ได้ตั้งค่า ให้ใช้คำสั่ง AT+CMGF=1 ตามด้วย Enter เพื่อกำหนดรูปแบบของข้อความเป็น Text Mode

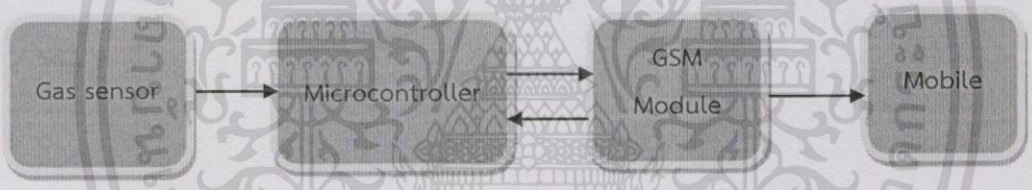
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ

3.1 โครงสร้างระบบโดยรวม

อุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติมีองค์ประกอบหลักๆคือแก๊สเซ็นเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ GSM Module เมื่อมีการตรวจพบแก๊สรั่ว แก๊สเซ็นเซอร์จะทำการส่งสัญญาณไฟฟ้าอนาล็อกในช่วง 0-5 โวลต์ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแก๊สไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านข้อมูลจากแก๊สเซ็นเซอร์และทำการแปลงจากข้อมูลอนาล็อกเป็นข้อมูลดิจิตอลโดยไมโครคอนโทรเลอร์จะทำการประมวลผลให้ไปเป็นไปตามเงื่อนไขการทำงานและส่งคำสั่งไปยัง GSM Module เพื่อให้ GSM Module ทำการแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์ของผู้ใช้ว่ามีการรั่วของแก๊ส ซึ่งเราจะมีระดับการแจ้งเตือนอยู่ 2 ระดับ คือ การส่งข้อความ (SMS) แจ้งเตือนผู้ใช้ เมื่อมีปริมาณแก๊สรั่วในระดับต่ำ และการโทรเตือนผู้ใช้ เมื่อมีปริมาณแก๊สรั่วในระดับสูง

บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ



3.2 ส่วนภาคจ่ายไฟ

ส่วนภาคจ่ายไฟ(Power Supply) เป็นส่วนที่มีความสำคัญส่วนหนึ่งของการสร้างอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชิ้นจะมีการใช้แรงดันไฟฟ้าทำงาน(Operating Volt) ที่แตกต่างกันออกไป จึงจำเป็นต้องมีการเสริมอุปกรณ์ที่ช่วยปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะกับการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งอุปกรณ์เสริมที่เราใช้นั้นประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.2.1 Adapter 5V

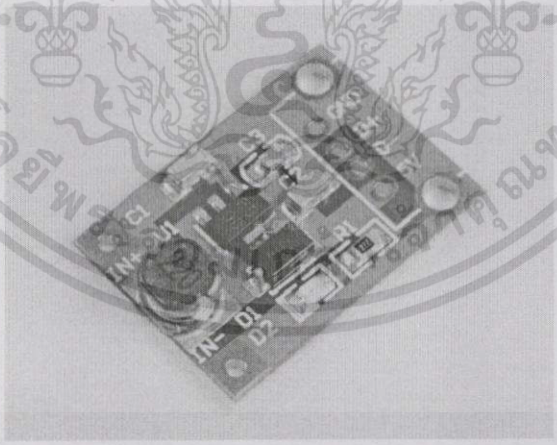
Adapter เป็นส่วนปรับแรงดันไฟฟ้าจาก 220 VAC เป็น 5VDC เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น แก๊สเซ็นเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ GSM Module เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 Adapter 5V

3.2.2 DC-DC Boost Converter Step Up Module 5 V

เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ออกจาก Adapter 5V นั้นถูกนำไปจ่ายให้กับอุปกรณ์หลายๆตัว ซึ่งก่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าลดลงเหลือไม่ถึง 5V และไม่พอกับความต้องการของแก๊สเซ็นเซอร์ และ GSM Module ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าให้เพิ่มขึ้นและมีเสถียรภาพที่ 5V เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำงานเป็นปกติ

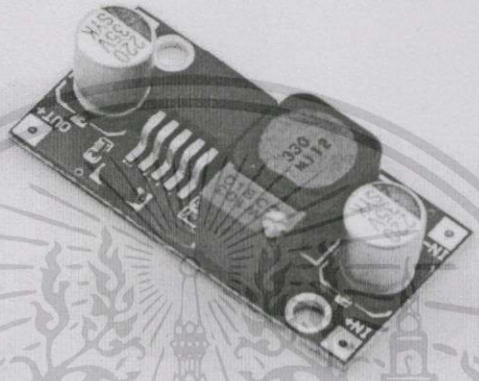


รูปที่ 3.2 DC-DC Boost Converter Step Up Module 5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

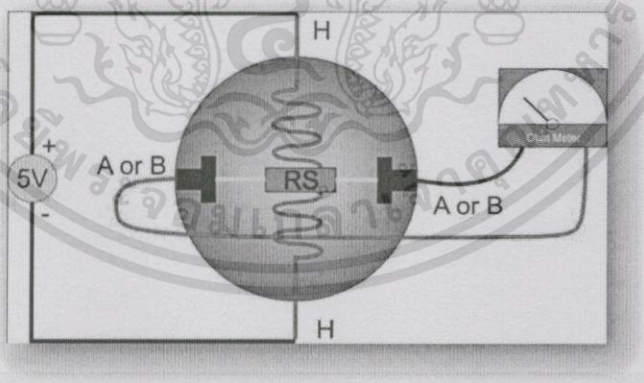
3.2.3 DC-DC Boost Converter Step Up Module 9 V

เนื่องจากค่าแรงดันไฟฟ้าที่ออกจาก Adapter มีค่าแรงดันไฟฟ้าเพียง 5V ซึ่งไมโครคอนโทรเลอร์ Aduino นั้นต้องการแรงดันไฟฟ้าที่ 9V จึงไม่เพียงพอกับความต้องการของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าให้เพิ่มขึ้นและมีเสถียรภาพที่ 9V เพื่อให้ไมโครคอนโทรเลอร์ทำงานเป็นปกติ



รูปที่ 3.3 DC-DC Boost Converter Step Up Module 9 V

3.3 ส่วนของวงจรเซ็นเซอร์

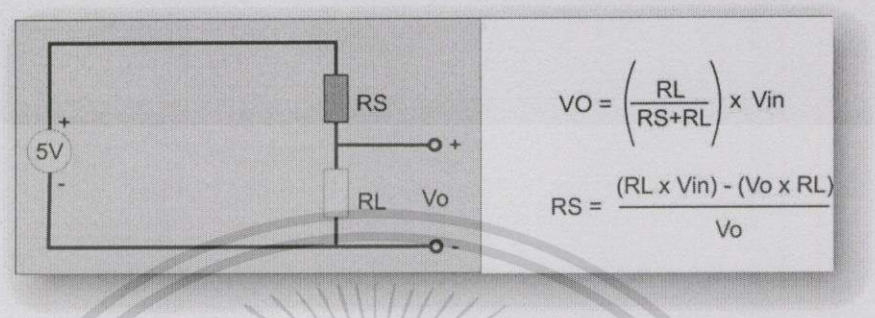


รูปที่ 3.4 วงจรภายในของแก๊สเซ็นเซอร์

จากหลักการทำงานของแก๊สเซ็นเซอร์(MQ-6) เราทราบว่าค่าเอาต์พุตที่ได้จาก เป็นค่าความต้านทานที่อยู่ในช่วงความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ถึง 60 กิโลโอห์ม ขึ้นอยู่กับปริมาณแก๊สที่ตรวจจับได้ คือถ้าปริมาณแก๊สที่ตรวจจับมีปริมาณมากค่าความต้านทานของตัวแก๊สจะมีค่าน้อยในทางกลับกัน ถ้าปริมาณแก๊สที่ตรวจจับได้มีปริมาณน้อย ค่าความต้านทานของตัวแก๊สจะมีค่าน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

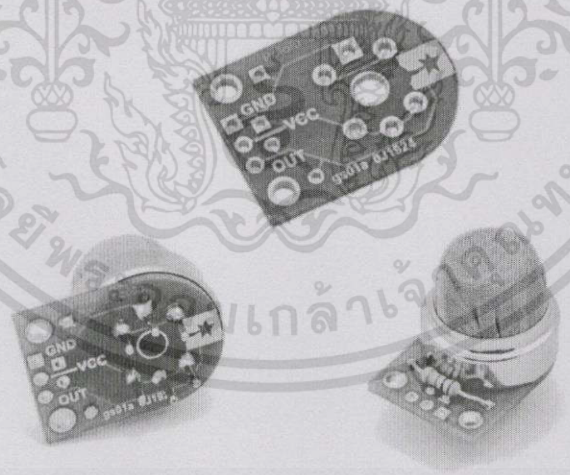
ดังนั้น ก่อนที่เราจะนำค่าความต้านทานเอาต์พุตไปใช้ในการควบคุม เราจำเป็นต้องแปลงให้อยู่ในรูปที่เป็นสัญญาณอนาล็อกโวลเตจเอาต์พุตในช่วง 0 โวลต์ ถึง 5 โวลต์ เพื่อป้อนเป็นสัญญาณอินพุต ให้กับตัวควบคุม เราจึงนำวงจรแบ่งแรงดันมาใช้โดยการต่อเป็นไปดังรูป



รูปที่ 3.5 วงจรแบ่งแรงดัน

จากรูป ค่าความต้านทาน RS แทนค่าความต้านทานของตัวแก๊สเซ็นเซอร์

MQ Gas Sensor Carrier ซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถนำไปใช้งานต่อร่วมกับแก๊สเซ็นเซอร์ การนำมาใช้งานเราต้องต่อ ตัวต้านทาน เข้าไปเพื่อให้ เป็นไปตามวงจรแบ่งแรงดัน ขาที่ต้องนำมาต่อใช้งาน มีสามขา คือ ขากราวน์ ขาแรงดันไฟฟ้าอินพุต และ อนาล็อกโวลเตจเอาต์พุต



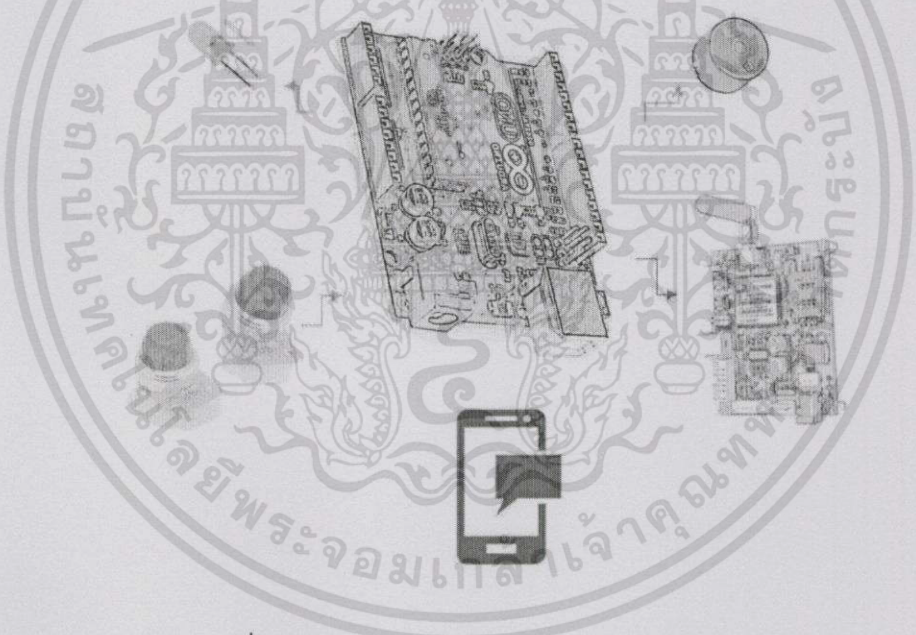
รูปที่ 3.6 การต่อแก๊สเซ็นเซอร์และตัวต้านทาน กับ MQ Gas Sensor Carrier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนของการควบคุม

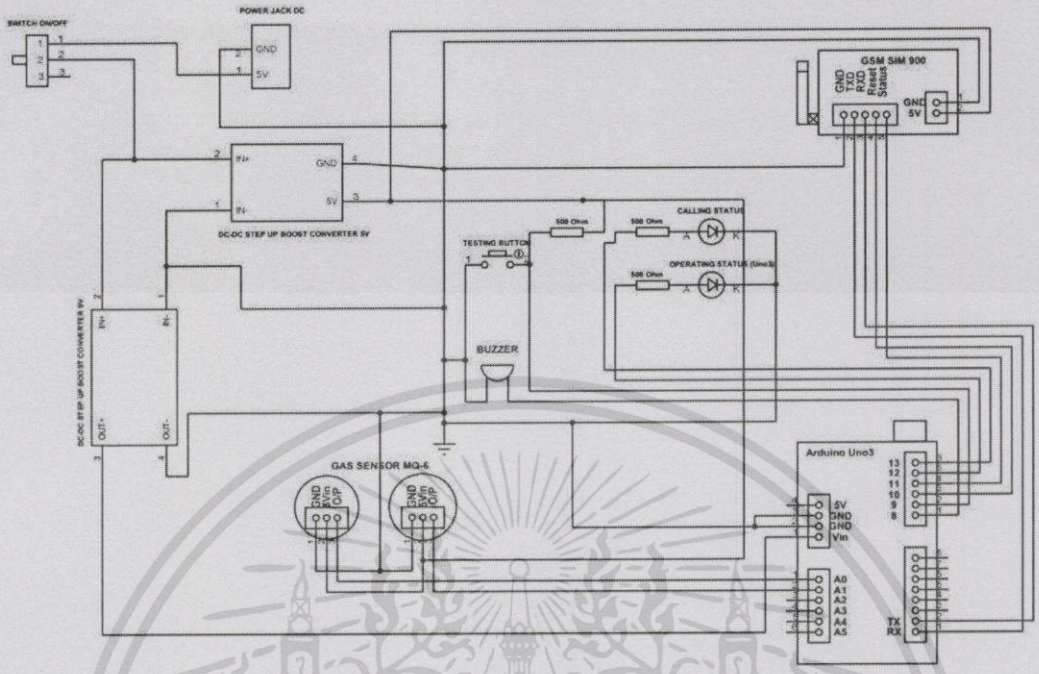
3.4.1 วงจรควบคุมการทำงานหลักของระบบ

ส่วนของการควบคุมจะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino uno3 ในการควบคุมการทำงานหลักของระบบ โดยจะประมวลผลอินพุตที่รับมาจากแก๊สเซ็นเซอร์ หากเกิดแก๊สรั่วแล้วปริมาณแก๊ส ที่ตรวจจับได้มีปริมาณไม่มาก ไมโครคอนโทรเลอร์ ก็จะส่งคำสั่งไปควบคุมให้ตัวโมดูล GSM SIM900 ส่งข้อความแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบ พร้อมสั่งให้แอลอีดีแสดง ไฟสถานะแจ้งเตือน เพื่อทำการแก้ไขปัญหา แก๊สรั่ว ที่เกิดขึ้นได้ทันท่วงที หากปัญหาไม่ได้รับการแก้ไข แก๊สเซ็นเซอร์ยังตรวจจับปริมาณแก๊สที่เพิ่มมากขึ้น ตัวควบคุมจะส่งคำสั่งไปให้โมดูล GSM SIM900 โทรแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน พร้อมทั้งสั่งให้ Buzzer ส่งเสียงเตือน ให้ผู้ใช้งานรีบดำเนินการแก้ไข แก๊สรั่ว ก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์อันตราย การส่งข้อความหรือการโทรแจ้งเตือน นั้นจะทำการแจ้งเตือนทุกๆนาที ในกรณีที่แก๊สเซ็นเซอร์ยังตรวจจับแก๊สได้ โครงสร้างควบคุมโดยรวมจะแสดงดังรูป



รูปที่ 3.7 โครงสร้างควบคุมการทำงานโดยรวม

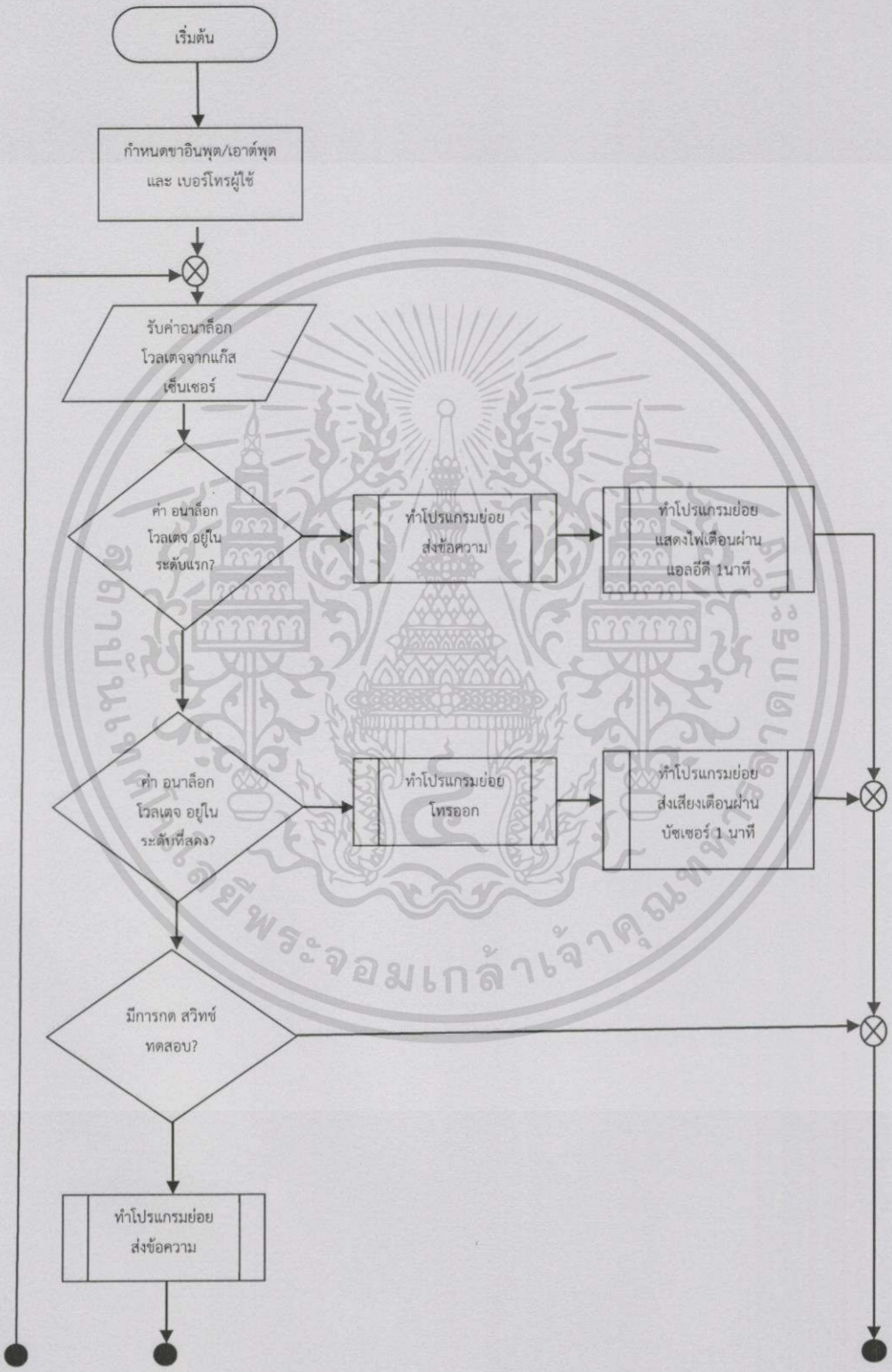
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



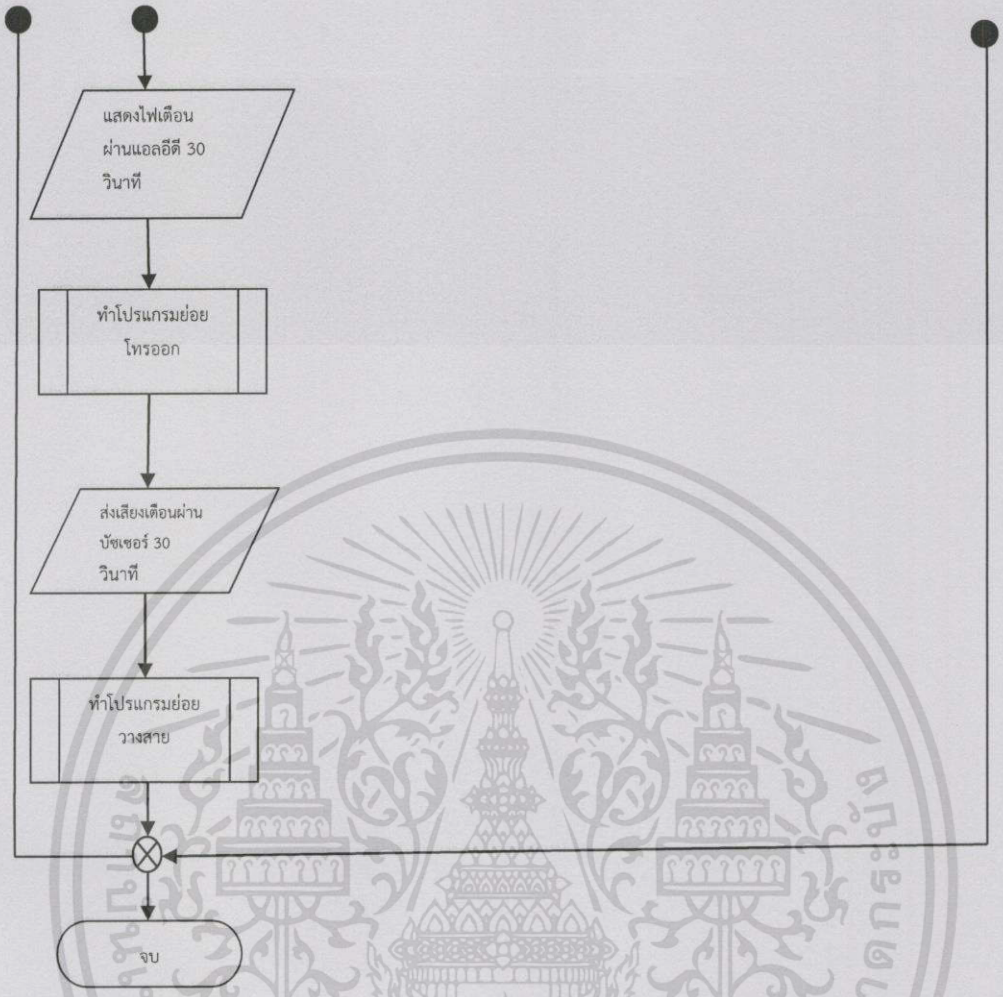
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมการทำงานหลักของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 แผนลำดับของโปรแกรมควบคุมหลัก



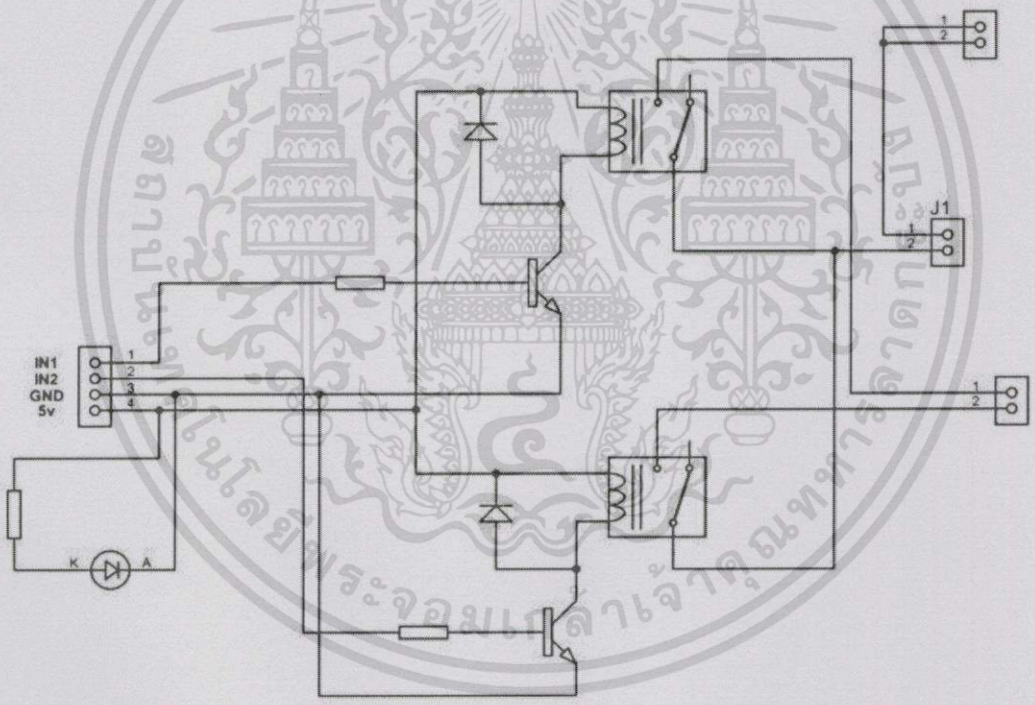
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ส่วนของวงจรรีเลย์ควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากหลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊ส อัตโนมัติในเบื้องต้น ทำให้เราสามารถที่จะรับรู้และเข้าไปดำเนินการแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงทีเป็นการป้องกัน และหยับหยั่ง เหตุการณ์อันตราย ที่จะส่งผลชีวิตและทรัพย์สิน แต่ถ้าหากในบางกรณีที่ผู้ใช้งานรับทราบแล้วว่าเกิดแก๊สรั่ว แต่ยังไม่สามารถเข้าไปดำเนินการแก้ปัญหา หรือเข้าไปในพื้นที่นั้นมีความเสี่ยงได้ เราจึงเพิ่มส่วนของอุปกรณ์ควบคุมเปิด-ปิดไฟฟ้าอัตโนมัติซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบให้สามารถนำมาใช้ต่อร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ โดยควบคุมการทำงานด้วย ไมโครคอนโทลเลอร์ Arduino uno3 บนตัวอุปกรณ์โดยตรง ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งาน ในการเข้าไปดำเนินการเบื้องต้นเพื่อ ลดความเสี่ยง ของการเกิดเหตุการณ์อันตราย ดังตัวอย่างเช่น เราสามารถนำอุปกรณ์ควบคุมเปิดปิดไฟฟ้าอัตโนมัติ มาใช้ร่วมกับพัดลมระบาย เมื่อเกิดแก๊สรั่วจะสามารถที่จะสั่งให้พัดลมระบายทำงานเพื่อลดปริมาณของแก๊สที่อยู่ในอากาศ การออกแบบวงจร อุปกรณ์ควบคุมเปิดปิดไฟฟ้าอัตโนมัติ เป็นดังรูป



รูปที่ 3.9 วงจรอุปกรณ์ควบคุมเปิดปิดไฟฟ้าอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

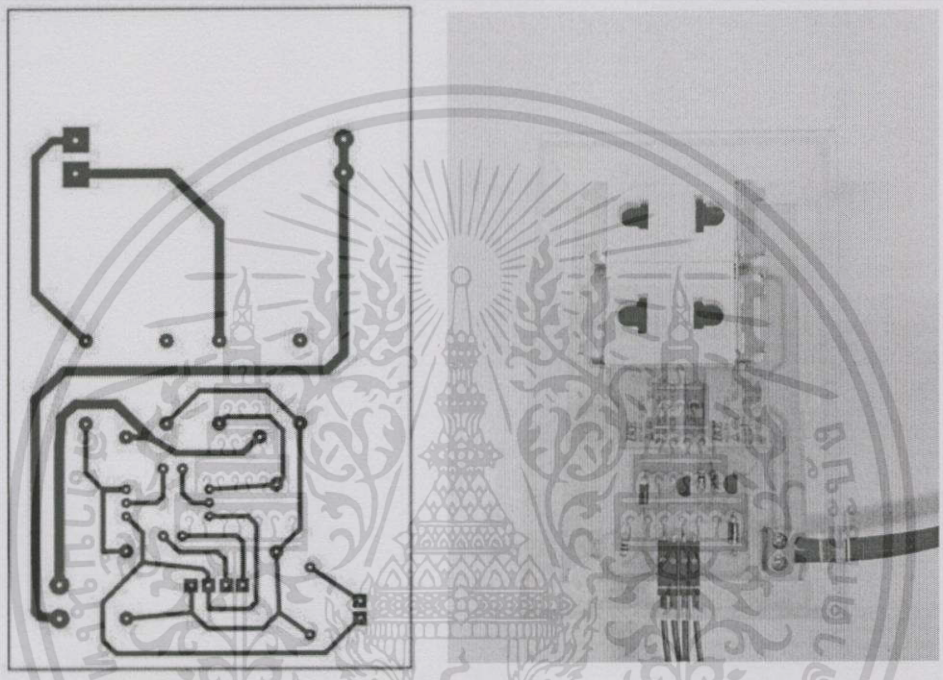
อุปกรณ์ที่ใช้

1) ทรานซิสเตอร์ 2N222

2) ไดโอด 1N4004

3) รีเลย์ 5โวลต์

4) ตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม, แอลอีดี, พินเฮดเดอร์, เต้ารับ 220 โวลต์



รูปที่ 3.10 ลาย PCB และอุปกรณ์ควบคุมเปิดปิดไฟฟ้าอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง

ในการทดลองนี้ทำเพื่อทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติว่าสามารถที่จะทำงานได้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ ในการทดลองเราจะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino unoR3 อีกตัวหนึ่งที่มีการเขียนโปรแกรมในส่วนของการรับค่าอนาล็อกโวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ที่เหมือนกับอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ แล้วให้นำค่ามาแสดงบนจอมอนิเตอร์บนคอมพิวเตอร์ เพื่อตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติและบันทึกผลที่ได้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

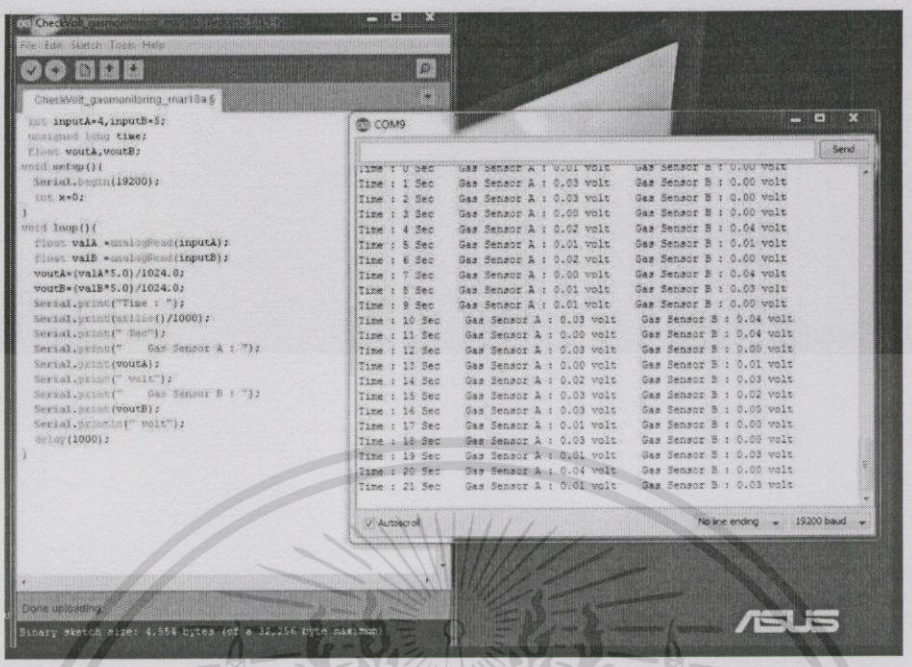
กล่องปิดขนาด 20x20x10 เซนติเมตร
ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino uno R3
สาย USB port สำหรับเชื่อมต่อ
แก๊สแอลพีจีกระป๋องขนาด 600 มิลลิลิตร/340 กรัม

ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติไว้ในกล่องปิดที่ต่อกับแหล่งจ่ายแก๊สคือแก๊สแอลพีจีกระป๋อง นำไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino unoR3 ต่อเข้ากับขาเอาต์พุตแก๊สเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติโดยใช้พอร์ตอนาล็อกอินพุต (A4,A5) เพื่อใช้ในการรับค่าสัญญาณอนาล็อกโวลเตจเอาต์พุต และนำค่าที่ได้แสดงผ่าน Serial monitor ของ Arduino IDE

รูปที่ 4.1 แสดงการต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

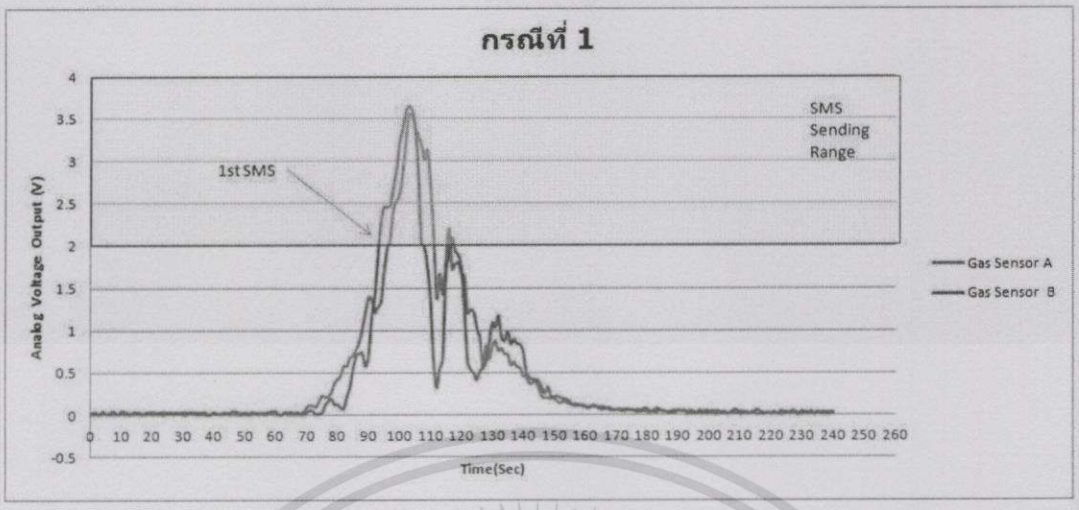


รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอ Serial monitor ของ Arduino IDE

4.1 ทดสอบการส่งข้อความของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ

ในการทดลองเริ่มปล่อยแก๊สให้เข้าไปในกล่องปิด หลังจากเปิดการทำงานอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติไปเป็นเวลาหนึ่งนาที ปริมาณแก๊สจะค่อยๆเพิ่มมากขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นโดยดูจากปริมาณโวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวที่เพิ่มขึ้น เมื่อโวลเตจเอาต์พุตถึงระดับค่า 2 โวลต์ อุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติจะทำการส่งข้อความไปยังผู้ใช้งานทราบจริงตามที่ได้เขียนโปรแกรมควบคุมให้มีการส่งข้อความแจ้งเตือนผู้ใช้งาน เมื่อมีการตรวจพบปริมาณแก๊สที่ทำให้โวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวมีค่ามากกว่าเท่ากับ 2 โวลต์ และน้อยกว่า 4 โวลต์ จากนั้นจึงทำการระบายแก๊สโดยการทำให้กล่องปิดเป็นกล่องเปิด ค่าโวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวก็จะลดลง นั้นคือแก๊สถูกระบายออกทำให้ปริมาณแก๊สมีค่าลดลง ค่าโวลเตจเอาต์พุตน้อยกว่า 2 โวลต์ อุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติจึงไม่มีการแจ้งเตือนใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอนาล็อกโวลเตจเอาต์พุตกับเวลา ในการทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือนผู้ใช้งาน

คำอธิบายกราฟ กรณีการทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือนผู้ใช้งาน

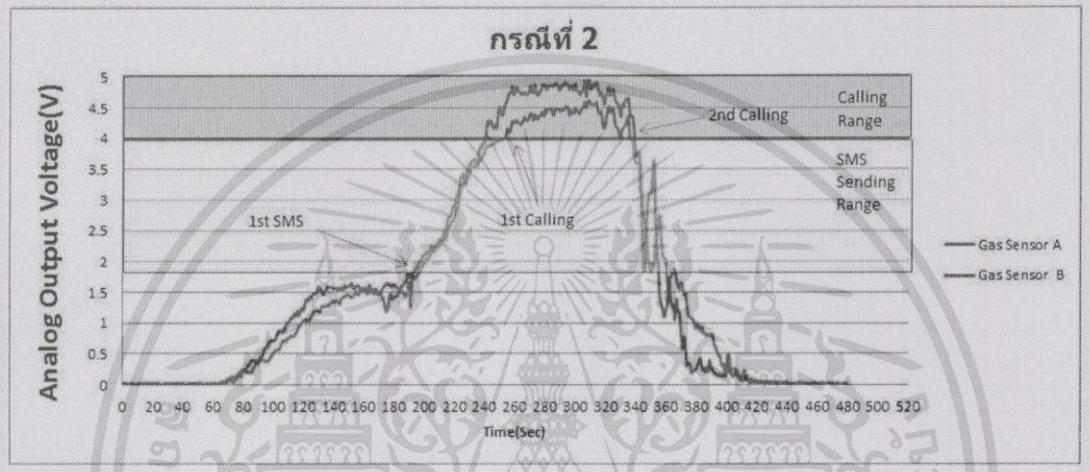
การแจ้งเตือนโดยการส่งข้อความจะทำงานก็ต่อเมื่อค่าอนาล็อกโวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ ทั้ง 2 ตัว เกิน 2 โวลต์ แต่ไม่เกิน 4 โวลต์ ซึ่งในการการทดสอบพบว่าในวินาทีที่ 97 แก๊สเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัว วัดค่าได้ 2.08 และ 2.47 โวลต์ ดังนั้นอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติจึงทำการส่งข้อความ SMS แจ้งเตือนไปยังผู้ใช้ และในวินาทีที่ 100 ผู้ใช้จะได้รับข้อความแจ้งเตือน และอีก 60 วินาทีต่อมาค่าที่วัดได้จากแก๊สเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ลดลงต่ำกว่า 2 โวลต์ ซึ่งถือว่าเป็นสภาวะปกติจึงไม่มีการส่งข้อความ SMS แจ้งเตือนผู้ใช้อีก

4.2 ทดสอบการโทรแจ้งเตือนของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ

ทำการทดลองเหมือนกับการทดลองที่ 4.1 คือหลังจากเปิดการทำงานอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติไปเป็นเวลาหนึ่งนาที จะเริ่มปล่อยแก๊สให้เข้าไปภายในกล่องปิด ปริมาณแก๊สจะค่อยๆเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น โดยดูจากปริมาณโวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวที่เพิ่มขึ้นเมื่อถึงระดับค่า 2 โวลต์ ได้ทำการส่งข้อความแจ้งเตือน ถึงตอนนี้ยังคงปล่อยแก๊สเข้าสู่กล่องปิดต่อไป โวลเตจเอาต์พุตยังคงเพิ่มขึ้นตามปริมาณแก๊สที่เพิ่มขึ้น จนค่าโวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวมากกว่าระดับค่า4โวลต์ เมื่อเวลาผ่านไปหนึ่งนาที หลังจากมีการส่งข้อความครั้งล่าสุด อุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ ได้ทำการโทรเข้าเบอร์ผู้ใช้งานจริง ตามที่ได้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานให้มีการโทรแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานเมื่อปริมาณแก๊สที่เพิ่มมากขึ้นที่ทำให้ค่าโวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวมีค่ามากกว่าเท่ากับ 4 โวลต์ นั้นคือการโทรแจ้งเตือนครั้งแรก เมื่อเวลาผ่านไปหนึ่งนาทีหลังจากการโทรแจ้งเตือนในครั้งแรก ค่าโวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ ยังคงมากกว่า 4 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติได้ทำการโทรแจ้งเตือนมายังผู้ใช้งานอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นไปตามที่ได้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานให้มีการตรวจสอบแก๊สและแจ้งเตือนทุกๆหนึ่งนาทีหลังจากมีการตรวจพบปริมาณแก๊สที่ทำให้โวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวมีค่าเท่ากับ 2 โวลต์ นั้นคือ อุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ จะแจ้งเตือนผู้ใช้งานทุกๆหนึ่งนาทีสำหรับการโทร ที่ปริมาณแก๊สที่ทำให้โวลเตจเอาต์พุตมีค่าอยู่ในช่วงมากกว่าเท่ากับ 4 โวลต์ รวมทั้งสำหรับการส่งข้อความแจ้งงเตือนที่ปริมาณแก๊สที่ทำให้โวลเตจเอาต์พุตมากกว่าเท่ากับ 2 โวลต์ และน้อยกว่า 4 โวลต์



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอนาล็อกโวลเตจเอาต์พุตกับเวลาในการทดสอบการโทรแจ้งเตือนผู้ใช้งาน

คำอธิบายกราฟ กรณีการทดสอบการโทรแจ้งเตือนผู้ใช้งาน

การแจ้งเตือนโดยการโทรจะทำงานก็ต่อเมื่อค่าอนาล็อกโวลเตจเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัว มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 4 โวลต์ แต่จากการทดสอบจะพบว่าในวินาทีที่ 201 แก๊สเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ตัว วัดค่าได้ 2.04 และ 2.16 โวลต์ ดังนั้นอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติจะทำการส่งข้อความ SMS แจ้งเตือนไปยังผู้ใช้ และในวินาทีที่ 205 ผู้ใช้ได้รับข้อความแจ้งเตือน และ อีก 60 วินาทีต่อมา ค่าที่วัดได้จากแก๊สเซ็นเซอร์ทั้ง 2 มีค่ามากกว่า 4 โวลต์ ทั้งคู่ ดังนั้นในวินาทีที่ 263 อุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติทำการโทรมาแจ้งเตือนมายังผู้ใช้ และในอีก 60 วินาทีต่อมา ระดับค่าเอาต์พุตของแก๊สเซ็นเซอร์ยังคงสูงเกิน 4 โวลต์อยู่ จึงทำให้ในวินาทีที่ 325 อุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติก็ยังคงทำการโทรมาแจ้งเตือนมายังผู้ใช้อีกครั้งหนึ่ง แต่หลังจากนั้นอีก 60 วินาที ค่าที่วัดได้จากแก๊สเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ลดลงจนอยู่ในสภาวะปกติจึงไม่มีการส่งข้อความหรือโทรแจ้งเตือนผู้ใช้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล ปัญหา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการดำเนินงานได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติที่สามารถส่งการแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้งาน เมื่อมีปริมาณแก๊สรั่วไหล ซึ่งจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักๆคือแก๊สเซ็นเซอร์ MQ-6, ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 และ โมดูล GSM SIM 900 จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า เมื่อมีปริมาณแก๊สรั่วไหล อุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัตินี้สามารถแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานได้อย่างดีเยี่ยม ทั้งการส่งข้อความเตือนในระดับแก๊สต่ำ และการโทรเตือนในระดับแก๊สที่สูง

5.2 ปัญหา

จากการทดลอง แม้อุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัตินี้จะทำงานได้ดี แต่ยังมีข้อจำกัด ดังนี้

1. ไม่สามารถทราบปริมาณแก๊สที่รั่วได้อย่างแท้จริงได้ในขณะทำการทดลอง เนื่องจากยังขาดอุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณแก๊ส

2. โมดูล GSM SIM 900 จะทำงานได้ดี ก็ต่อเมื่อสถานที่ที่ใช้ทดลองไม่เป็นจุดอับสัญญาณจนเกินไป

3. แหล่งจ่ายไฟที่ใช้เลี้ยงอุปกรณ์ต่างๆไม่เพียงพอ เพราะแหล่งจ่ายไฟเดียวกันต้องใช้เลี้ยงอุปกรณ์หลายตัว เช่น เซ็นเซอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno3, โมดูล GSM SIM 900 รวมทั้งรีเลย์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากเราไม่สามารถวัดปริมาณแก๊สที่แน่นอนได้ ดังนั้นจึงใช้การกำหนดระดับการแจ้งเตือนตามสภาพการใช้งานของผู้ใช้งานแต่ละคนเอง

2. ก่อนนำอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติไปติดตั้งใช้งานที่จุดใด ควรมีการเช็คสัญญาณโทรศัพท์ก่อนว่า จุดนั้นสัญญาณโทรศัพท์หรือไม่ หากไม่มีสัญญาณโทรศัพท์ให้ทำการเปลี่ยนตำแหน่งไปยังที่จุดเหมาะสม

3. เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่นำมาใช้งานมีเพียงแหล่งเดียว แต่ต้องนำไปเลี้ยงอุปกรณ์ทั้งระบบ จึงเกิดกรณีที่แรงดันไฟฟ้าไม่พอเลี้ยงแก่อุปกรณ์ต่างๆในระบบ เราจึงแก้ปัญหาด้วยวิธีการเสริม DC-DC Step Up Boost Converter 5V และ DC-DC Step Up Boost Converter 9V เพื่อทำให้แรงดันไฟฟ้าที่นำมาเลี้ยงอุปกรณ์มีความเสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

คู่มือการใช้งาน ET-BASE GSM SIM900.[Online]. Available : http://ett.co.th/prod2013/et-base%20gsm%20sim900/ET-BASE%20GSM%20SIM900_Manual_Th.pdf

เอกชัย มะการ. 2552. เรียนรู้เข้าใจงานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท อีทีที จำกัด

Arduino Uno.[Online]. Available : http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno#.Uwp-6-N_u-M

Gas Sensor Getting Started.[Online]. Available : http://www.thaieasyelec.com/Review-Product-Article/Gas-Sensor-Getting-Started.html

Tumrobot. ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วย Android (Arduino Hardware). [Online]. Available : http://www.openfog.net/homectrl_a_doc_p1.html

TECHNICAL DATA MQ-6 GAS SENSOR.[Online]. Available : https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-6.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
โค้ดคำสั่ง

โค้ดคำสั่งที่ใช้ในการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สอัตโนมัติ

```
char Sms_phone_number[ ] = "+66850968665";   //กำหนดเบอร์โทรผู้ใช้ ในส่วนการส่งข้อความแจ้งเตือน
char Call_phone_number[ ] = "0850968665"; //กำหนดเบอร์โทรผู้ใช้ ในส่วนการโทรแจ้งเตือน
int inputA=0; //กำหนดขาของแก๊สเซนเซอร์ตัวที่หนึ่ง
int inputB=1; //กำหนดขาของแก๊สเซนเซอร์ตัวที่สอง
int lev1 = 2; //กำหนดระดับอนาล็อกโวลเตจเอาต์พุต ในการ ส่งข้อความแจ้งเตือน
int lev2 = 4; ; //กำหนดระดับอนาล็อกโวลเตจเอาต์พุต ในการโทรแจ้งเตือน
int Relay1 =7; //กำหนดขาของรีเลย์ตัวที่หนึ่ง
int Relay2 =6; //กำหนดขาของรีเลย์ตัวที่สอง
int speaker =8; //กำหนดขาของลำโพง
int sw_test =9; //กำหนดขาของสวิทซ์ทดสอบ
int nreset =10; //กำหนดขาในการรีเซต GSM โมดูล
int ett_status =11; //กำหนดขาในการรับค่าสถานะของGSM โมดูล
int uno_status =12; //กำหนดขาของแอลอีดีแสดงสถานะพร้อมใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊ส
int sms_status =13; //กำหนดขาของแอลอีดีแสดงสถานะส่งข้อความ

void setup() // ลูปการตั้งค่าต่างๆ
{
  Serial.begin(19200); //เปิดใช้งานพอร์ตอนุกรมด้วยbaud 19200
  pinMode(Relay1,OUTPUT); //กำหนดขาของรีเลย์ตัวที่หนึ่งเป็นเอาต์พุต
  pinMode(Relay2,OUTPUT); //กำหนดขาของรีเลย์ตัวที่สองเป็นเอาต์พุต
  pinMode(speaker,OUTPUT); //กำหนดขาของลำโพงเป็นเอาต์พุต
  pinMode(sw_test,INPUT); //กำหนดขาของสวิทซ์ทดสอบเป็นอินพุต
  pinMode(nreset,OUTPUT); //กำหนดขาในการรีเซต GSM โมดูลเป็นเอาต์พุต
  pinMode(ett_status,INPUT); //กำหนดขาในการรับค่าสถานะของGSM โมดูลเป็นอินพุต
  pinMode(uno_status,OUTPUT); //กำหนดขาของแอลอีดีแสดงสถานะพร้อมใช้งานของอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สเป็นเอาต์พุต
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  pinMode(sms_status,OUTPUT); //กำหนดขาของแอลอีดีแสดงสถานะส่งข้อความเป็นเอาต์พุต

  while(digitalRead(ett_status)!=HIGH); //วนรอบรอความพร้อมจากสถานะของGSM โมดูล
  delay(5000);//หน่วงเวลา 5วินาที
  digitalWrite(uno_status,HIGH); //สั่งแอลอีดีแสดงสถานะสว่าง
}

void loop()
{
  float valA =analogRead(inputA);//อ่านค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุต A เก็บไว้ในตัวแปร
  float valB =analogRead(inputB); //อ่านค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุต B เก็บไว้ในตัวแปร
  valA=(valA*5.0)/1024.0; //แปลงค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุตในช่วง 0-5โวลต์
  valB=(valB*5.0)/1024.0; ; //แปลงค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุตในช่วง 0-5โวลต์

 if(valA>=lev1 && valA<=lev2 && valB<=lev2) //กำหนดเงื่อนไขในการส่งข้อความ
 {
   OpenRelay(); // เรียกใช้ฟังชันย่อย OpenRelay ที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
   Send(); // เรียกใช้ฟังชันย่อย Send ในการส่งข้อความ

     for(int i=0;i<60;i++) // วนลูป 60ครั้ง เพื่อหน่วงเวลา 60 วินาที
     {
       digitalWrite(sms_status,HIGH); //สั่งแอลอีดีแสดงสถานะการส่งข้อความให้สว่าง
       delay(500); // หน่วงเวลา 0.5วินาที
       digitalWrite(sms_status,LOW); //สั่งแอลอีดีแสดงสถานะ ส่งข้อความให้สว่าง
       delay(500); //หน่วงเวลา 0.5วินาที
     }
   }
 }

 else if (valB>lev2 && valA >= lev2) //กำหนดเงื่อนไขในการโทร
 {
  OpenRelay();  // เรียกใช้ฟังชันย่อย OpenRelay ที่ใช้ควบคุมการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
  Call();  //เรียกใช้ฟังชันย่อย Call เพื่อสั่งให้โทรออก
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  speakerAl (); //เรียกใช้ฟังชันย่อย speakerAl ให้ลำโพงส่งเสียงเตือน
 }
 else if (digitalRead (sw_test)==LOW) //กำหนดเงื่อนไขในการกดสวิทช์ทดสอบการทำงานของ
อุปกรณ์
 {
  delay(1000); //หน่วงเวลา 1 วินาที

  if(digitalRead(sw_test)==LOW)  //ตรวจสอบเงื่อนไขในการกดสวิทช์ซึ่งต้องกดค้างไว้ 1 วินาที
  {
   OpenRelay();  // เรียกใช้ฟังชันย่อย OpenRelay ที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
   Send();// เรียกใช้ฟังชันย่อย Send ในการส่งข้อความ
   for(int i=0;i<10;i++) //วนลูป สิบครั้ง เพื่อหน่วงเวลา สิบวินาที
     {
       digitalWrite(sms_status,HIGH);  //สั่งแอลอีดีแสดงสถานะการส่งข้อความให้สว่าง
       delay(500); //หน่วงเวลา 0.5 วินาที
       digitalWrite(sms_status,LOW); //สั่งแอลอีดีแสดงสถานะการส่งข้อความให้ดับ
       delay(500); //หน่วงเวลา 0.5 วินาที
     }
   Call( );  //เรียกใช้ฟังชันย่อย Call ให้โทรออก
   delay(6000); //หน่วงเวลา 6 วินาที

   for(int i=0;i<6;i++) //วนลูป หกครั้ง เพื่อหน่วงเวลา เก้าวินาที
   {
    digitalWrite(speaker,HIGH); //สั่งให้ลำโพงส่งเสียงเตือน
    delay(1000); //หน่วงเวลา 1 วินาที
    digitalWrite(speaker,LOW); //สั่งให้ลำโพง หยุด ส่งเสียงเตือน
    delay(500); //หน่วงเวลา 0.5 วินาที
   }
   EndCall(); //เรียกใช้ฟังชันย่อย EndCall ในการวางสายโทรออก

  while(digitalRead(sw_test)==LOW);   // วนลูปรอ การปล่อยสวิทช์ไม่ให้กดค้างไว้
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if(valA<lev1 && valB<lev2) //กำหนดเงื่อนไขในการปิดรีเลย์ที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
  {
     CloseRelay(); // เรียกใช้ฟังชันย่อย CloseRelay ที่ใช้ควบคุมการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
  }
}

void Send () //ฟังก์ชันย่อย ส่งข้อความ
{
  Serial.print("AT\r"); // ส่งคำสั่ง AT\r  ไปให้ GSMโมดูลเพื่อทดสอบความพร้อม GSMโมดูล
  delay(100); //หน่วงเวลา 0.01 วินาที
  CheckOK();  //เรียกใช้ฟังชันย่อย CheckOK ในการตรวจสอบความพร้อม GSMโมดูล
  Serial.print("AT+CMGS=\"");  //ส่งคำสั่ง AT+CMGS=" ซึ่งเป็นคำสั่งส่วนหนึ่งในการส่งข้อความ
  Serial.print(Sms_phone_number); // ส่งเบอร์ผู้ใช้ ไปให้ GSMโมดูล
  Serial.print("\"\r"); //ส่งคำสั่ง "\r ซึ่งเป็นคำสั่งส่วนหนึ่งในการส่งข้อความ ไปให้ GSMโมดูล
  CheckReady();  // เรียกใช้ฟังชันย่อย  CheckReady ในการตรวจสอบเครื่องหมาย ">"
  Serial.print("Warning Gas Alarm");  // ส่งข้อความ Warning Gas Alarm  ไปให้ GSMโมดูล
  delay(100); //หน่วงเวลา 0.01 วินาที
  Serial.write(0x1A);  //ส่งคำสั่ง Ctrl+Z   ซึ่งเป็นคำสั่งส่วนหนึ่งในการส่งข้อความ ไปให้ GSMโมดูล
}

void CheckOK()  // เป็นฟังชันย่อยในการตรวจสอบตัวเค K ที่ GSMโมดูล ส่งกลับมา
{
  while(Serial.read()!='K');  //วนลูปรอ อ่านค่าตรวจสอบว่าเป็นตัวเค K หรือไม่
  delay(100);   //หน่วงเวลา 0.01 วินาที
}

void CheckReady( ) // เป็นฟังชันย่อยในการตรวจสอบเครื่องหมาย ">" ที่ GSMโมดูล ส่งกลับมา
{
  while(Serial.read()!='>');  //วนลูปรอ อ่านค่าตรวจสอบว่าเป็นเครื่องหมาย ">"  หรือไม่
  delay(100);   //หน่วงเวลา 0.01 วินาที
}
void Call() //ฟังก์ชันย่อยโทรออก
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Serial.print("ATD");   //ส่งคำสั่ง ATD ซึ่งเป็นคำสั่งส่วนหนึ่งในการโทรออก ไปให้ GSMโมดูล
  Serial.print(Call_phone_number);  // ส่งเบอร์ผู้ใช้ ไปให้ GSMโมดูล
  Serial.print(";\r"); //ส่งคำสั่ง ;\r  ซึ่งเป็นคำสั่งส่วนหนึ่งในการโทรออก ไปให้ GSMโมดูล
}

void speakerAl( ) //ฟังก์ชันย่อยในการสั่งให้ลำโพงส่งเสียงเตือน
{

  for(int i=0;i<40;i++)  //วนลูปสี่สิบครั้ง เพื่อหน่วงเวลา สิบห้าวินาที
  {
  digitalWrite(speaker,HIGH);  //สั่งให้ลำโพง ส่งเสียงเตือน
  delay(1000); //หน่วงเวลา 1 วินาที
  digitalWrite(speaker,LOW); //สั่งให้ลำโพง หยุด ส่งเสียงเตือน
  delay(500); //หน่วงเวลา 0.5 วินาที

   if(i==30) //ตรวจสอบที่ I เท่ากับ 30
     {
     EndCall(); // เรียกใช้ฟังชันย่อย วางสาย
     }
  }
}

void EndCall()  ฟังชันย่อยวางสาย
{
 Serial.print("ATH\r");      // คำสั่งที่ส่งให้ GSMโมดูลวางสาย
}

void OpenRelay()  //ฟังชันย่อยในการควบคุมการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
{
 digitalWrite(Relay1,HIGH); //สั่งให้รีเลย์ตัวที่หนึ่ง เป็น Normally close
 digitalWrite(Relay2,HIGH); //สั่งให้รีเลย์ตัวที่สอง เป็น Normally close
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void CloseRelay( ) //ฟังชันย่อยในการควบคุมการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
{
    digitalWrite(Relay1,LOW); //สั่งให้รีเลย์ตัวที่หนึ่ง เป็น Normally open
    digitalWrite(Relay2,LOW); //สั่งให้รีเลย์ตัวที่สอง เป็น Normally open
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดคำสั่งที่ใช้ในการอ่านค่าโวลเตจเอาต์พุต

```
int inputA=0; //กำหนดขาของแก๊สเซนเซอร์ตัวที่หนึ่ง
int inputB=1; //กำหนดขาของแก๊สเซนเซอร์ตัวที่สอง

void setup()
{
Serial.begin(19200); //เปิดใช้งานพอร์ตอนุกรมด้วยbaud 19200
}

void loop( ) // วนลูปการทำงาน
{
  float valA =analogRead(inputA);//อ่านค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุต A เก็บไว้ในตัวแปร
  float valB =analogRead(inputB); //อ่านค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุต B เก็บไว้ในตัวแปร
  valA=(valA*5.0)/1024.0; //แปลงค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุตในช่วง 0-5โวลต์
  valB=(valB*5.0)/1024.0; ; //แปลงค่าสัญญาณอนาล็อกอินพุตในช่วง 0-5โวลต์

  Serial.print("Time : "); //แสดงข้อความ Time : ออกทางหน้าจอ
  Serial.print(millis()/1000); // แสดงเวลาที่ผ่านไปออกทางหน้าจอ เป็นวินาที
  Serial.print(" Sec"); //แสดงข้อความ Time : ออกทางหน้าจอ
  Serial.print("    Gas Sensor A : "); //แสดงข้อความ Gas Sensor A ออกทางหน้าจอ
  Serial.print(valA); //แสดงค่า อนาล็อกโวลเตจเอาต์พุต ของแก๊สเซนเซอร์ตัวที่หนึ่ง
  Serial.print(" volt"); //แสดงข้อความ volt ออกทางหน้าจอ
  Serial.print("    Gas Sensor B : "); //แสดงข้อความ   Gas Sensor B : ออกทางหน้าจอ
  Serial.print(valB); //แสดงค่า อนาล็อกโวลเตจเอาต์พุต ของแก๊สเซนเซอร์ตัวที่สอง
  Serial.println(" volt"); //แสดงข้อความ volt ออกทางหน้าจอ ขึ้นบรรทัดใหม่
  delay(1000);   //หน่วงเวลา 1 วินาที
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอนาล็อกโวลเตจเอาต์พุตกับเวลา

กรณีการส่งข้อความแจ้งเตือนผู้ใช้งาน

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
0	0.01	0
1	0.03	0
2	0.03	0
3	0	0
4	0.02	0.04
5	0.01	0.01
6	0.02	0
7	0	0.04
8	0.01	0.03
9	0.01	0
10	0.03	0.04
11	0	0.04
12	0.03	0
13	0	0.01
14	0.02	0.03
15	0.03	0.02
16	0.03	0
17	0.01	0
18	0.03	0
19	0.01	0.03
20	0.04	0
21	0.01	0.03
22	0.03	0
23	0	0.03
24	0	0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
25	0.03	0.01
26	0.02	0.03
27	0.03	0
28	0.02	0.03
29	0.01	0.02
30	0	0.03
31	0	0.03
32	0.02	0.03
33	0.02	0.03
34	0.03	0
35	0.03	0
36	0.03	0
37	0	0.03
38	0	0
39	0.01	0
40	0.03	0.02
41	0.01	0.01
42	0.01	0
43	0.03	0.01
44	0.02	0.02
45	0	0.02
46	0.01	0.04
47	0	0.04
48	0	0.02
49	0	0.02
50	0.03	0
51	0.02	0
52	0.03	0
53	0.03	0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
54	0	0.02
55	0.02	0.02
56	0	0.02
57	0	0.02
58	0.02	0.03
59	0.01	0.04
60	0	0.04
61	0.01	0
62	0	0
63	0.02	0.03
64	0	0.02
65	0	0.03
66	0.02	0
67	0	0.03
68	0.01	0
69	0.04	0
70	0.09	0.02
71	0.11	0.05
72	0.11	0.04
73	0.09	0
74	0.16	0.01
75	0.23	0.02
76	0.21	0.11
77	0.22	0.16
78	0.27	0.19
79	0.38	0.12
80	0.42	0.12
81	0.47	0.08
82	0.58	0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
83	0.58	0.21
84	0.68	0.33
85	0.71	0.54
86	0.78	0.7
87	0.87	0.72
88	1.03	0.73
89	1.22	0.57
90	1.39	0.69
91	1.37	1.15
92	1.22	1.4
93	1.28	1.87
94	1.34	2.27
95	1.69	2.45
96	1.97	2.45
97	2.08	2.47
98	2.44	2.68
99	2.53	2.9
100	2.61	3.22
101	2.86	3.38
102	3.24	3.57
103	3.55	3.64
104	3.56	3.59
105	3.4	3.36
106	3.3	291%
107	3.2	2.03
108	3.02	1.98
109	3.13	1.74
110	2.71	1.36
111	2.13	0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
112	1.39	0.32
113	1.67	0.54
114	1.43	0.67
115	1.85	1.68
116	2.2	1.9
117	1.73	2.08
118	1.79	1.93
119	1.8	1.88
120	1.67	1.73
121	1.64	1.22
122	1.21	0.64
123	1.25	0.53
124	1.22	0.49
125	1.03	0.41
126	0.91	0.51
127	0.56	0.55
128	0.83	0.62
129	0.66	0.85
130	0.8	1.08
131	0.88	1.03
132	0.76	1.17
133	0.79	0.91
134	0.72	0.87
135	0.72	0.98
136	0.59	0.83
137	0.63	0.89
138	0.57	0.84
139	0.56	0.83
140	0.46	0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
141	0.45	0.5
142	0.37	0.44
143	0.38	0.42
144	0.39	0.41
145	0.32	0.4
146	0.22	0.33
147	0.2	0.25
148	0.2	0.33
149	0.19	0.22
150	0.2	0.21
151	0.16	0.22
152	0.14	0.2
153	0.16	0.19
154	0.14	0.18
155	0.13	0.16
156	0.12	0.11
157	0.13	0.1
158	0.12	0.11
159	0.12	0.1
160	0.11	0.09
161	0.09	0.07
162	0.1	0.09
163	0.09	0.11
164	0.09	0.09
165	0.06	0.09
166	0.06	0.09
167	0.08	0.07
168	0.05	0.08
169	0.05	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
170	0.05	0.06
171	0.07	0.04
172	0.06	0.04
173	0.07	0.04
174	0.06	0.05
175	0.06	0.05
176	0.05	0.04
177	0.03	0.06
178	0.06	0.03
179	0.04	0.07
180	0.03	0.07
181	0.03	0.04
182	0.05	0.03
183	0.02	0.07
184	0.05	0.06
185	0.05	0.03
186	0.04	0.03
187	0.03	0.02
188	0.05	0.02
189	0.05	0.02
190	0.04	0.05
191	0.04	0.04
192	0.04	0.05
193	0.04	0
194	0.01	0.05
195	0.04	0.01
196	0.01	0.01
197	0.03	0.05
198	0.04	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
199	0.01	0.05
200	0.01	0.03
201	0.01	0.04
202	0	0.04
203	0.01	0.04
204	0.03	0.01
205	0.03	0.03
206	0.01	0
207	0.03	0.02
208	0.01	0.05
209	0.01	0.05
210	0.03	0
211	0.04	0.01
212	0.01	0.03
213	0.01	0.01
214	0.03	0.02
215	0.01	0.05
216	0	0.05
217	0.03	0
218	0.01	0.01
219	0.02	0.02
220	0.01	0
221	0.03	0.02
222	0.01	0
223	0	0.04
224	0	0.03
225	0.02	0.03
226	0.02	0
227	0.02	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
228	0.03	0
229	0.02	0
230	0	0.04
231	0.03	0.01
232	0.02	0
233	0.02	0.04
234	0	0
235	0.02	0.03
236	0.03	0
237	0	0.03
238	0.03	0
239	0.03	0.01
240	0.03	0.01

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีการโทรแจ้งเตือนผู้ใช้งาน

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
0	0.03	0.01
1	0	0.04
2	0.02	0.03
3	0.02	0.02
4	0.01	0.01
5	0	0.03
6	0.01	0
7	0.02	0.04
8	0.03	0
9	0	0
10	0.01	0
11	0	0.03
12	0.02	0.01
13	0.03	0
14	0	0.03
15	0	0.04
16	0.02	0
17	0	0.04
18	0	0.02
19	0.02	0.03
20	0	0.03
21	0	0.03
22	0.03	0
23	0	0.04
24	0	0.03
25	0	0.02
26	0.01	0
27	0	0.01
28	0.03	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
29	0.03	0
30	0.02	0.02
31	0.02	0
32	0.03	0
33	0.02	0.01
34	0.03	0
35	0.02	0.02
36	0.03	0.01
37	0.03	0.02
38	0.03	0
39	0	0.02
40	0.02	0.04
41	0.03	0
42	0	0
43	0.02	0.01
44	0.02	0.02
45	0	0.03
46	0.03	0
47	0	0.03
48	0.03	0
49	0.02	0.04
50	0	0
51	0.02	0.03
52	0	0.04
53	0	0.02
54	0	0.01
55	0.02	0
56	0.03	0.03
57	0	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
58	0.02	0
59	0	0.04
60	0.03	0
61	0.01	0
62	0	0.03
63	0	0
64	0.03	0
65	0.03	0.02
66	0.06	0.05
67	0.04	0
68	0.03	0.05
69	0.09	0.03
70	0.1	0.09
71	0.11	0.1
72	0.06	0.12
73	0.06	0.14
74	0.04	0.11
75	0.08	0.13
76	0.11	0.16
77	0.17	0.19
78	0.22	0.18
79	0.25	0.14
80	0.26	0.21
81	0.24	0.23
82	0.21	0.25
83	0.21	0.33
84	0.21	0.31
85	0.21	0.39
86	0.21	0.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
87	0.29	0.4
88	0.31	0.39
89	0.38	0.39
90	0.36	0.35
91	0.37	0.43
92	0.41	0.45
93	0.4	0.47
94	0.41	0.57
95	0.38	0.6
96	0.39	0.61
97	0.4	0.67
98	0.44	0.72
99	0.47	0.71
100	0.53	0.73
101	0.55	0.72
102	0.57	0.78
103	0.56	0.84
104	0.58	0.87
105	0.64	0.86
106	0.7	0.86
107	0.73	0.87
108	0.7	0.93
109	0.72	1.01
110	0.77	1
111	0.78	1.04
112	0.8	1.09
113	0.79	1.08
114	0.79	1.16
115	0.85	1.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
116	0.89	1.2
117	0.95	1.12
118	0.96	1.2
119	1.01	1.25
120	1.04	1.2
121	1.06	1.31
122	1.04	1.39
123	1.06	1.36
124	1.04	1.43
125	1.1	1.4
126	1.14	1.47
127	1.19	1.48
128	1.19	1.49
129	1.21	1.51
130	1.2	1.59
131	1.18	1.56
132	1.27	1.53
133	1.27	1.46
134	1.27	1.52
135	1.28	1.54
136	1.3	1.6
137	1.27	1.58
138	1.34	1.58
139	1.33	1.58
140	1.36	1.56
141	1.34	1.57
142	1.37	1.57
143	1.35	1.54
144	1.31	1.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
145	1.4	1.57
146	1.42	1.54
147	1.44	1.61
148	1.44	1.57
149	1.46	1.6
150	1.46	1.61
151	1.43	1.6
152	1.42	1.65
153	1.44	1.56
154	1.48	1.56
155	1.51	1.6
156	1.47	1.61
157	1.47	1.59
158	1.56	1.53
159	1.57	1.53
160	1.58	1.51
161	1.55	1.54
162	1.48	1.58
163	1.49	1.53
164	1.49	1.62
165	1.52	1.53
166	1.51	1.55
167	1.53	1.48
168	1.5	1.56
169	1.48	1.52
170	1.5	1.46
171	1.49	1.5
172	1.44	1.54
173	1.38	1.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
174	1.27	1.59
175	1.19	1.63
176	1.24	1.64
177	1.44	1.62
178	1.47	1.61
179	1.39	1.59
180	1.42	1.63
181	1.44	1.62
182	1.44	1.58
183	1.49	1.56
184	1.56	1.55
185	1.51	1.61
186	1.51	1.6
187	1.46	1.67
188	1.45	1.68
189	1.52	1.8
190	1.65	1.74
191	1.27	1.82
192	1.73	1.74
193	1.75	1.82
194	1.72	1.88
195	1.76	1.88
196	1.79	1.97
197	1.83	1.99
198	1.88	2.05
199	1.93	2.1
200	1.98	2.1
201	2.04	2.16
202	2.02	2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
203	2.07	2.17
204	2.11	2.2
205	2.19	2.25
206	2.17	2.21
207	2.19	2.2
208	2.29	2.23
209	2.3	2.28
210	2.35	2.24
211	2.37	2.34
212	2.34	2.35
213	2.36	2.46
214	2.35	2.48
215	2.45	2.61
216	2.51	2.71
217	2.58	2.73
218	2.63	2.8
219	2.67	2.88
220	2.73	2.91
221	2.84	3
222	2.91	3.09
223	3.01	3.18
224	3.17	3.33
225	3.24	3.41
226	3.27	3.38
227	3.23	3.3
228	3.33	3.48
229	3.37	3.49
230	3.44	3.6
231	3.51	3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
232	3.55	3.64
233	3.53	3.66
234	3.58	3.64
235	3.55	3.59
236	3.61	3.76
237	3.65	3.87
238	3.69	3.85
239	3.73	3.98
240	3.8	3.92
241	3.86	4.13
242	3.88	4.28
243	3.87	4.23
244	3.89	4.29
245	3.91	4.2
246	3.92	4.16
247	3.94	4.22
248	3.95	4.17
249	3.96	4.46
250	3.99	4.51
251	3.97	4.38
252	3.98	4.38
253	4	4.52
254	4.05	4.58
255	4.16	4.64
256	4.13	4.73
257	4.11	4.75
258	4.28	4.85
259	4.26	4.71
260	4.27	4.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
261	4.3	4.83
262	4.26	4.78
263	4.24	4.76
264	4.22	4.72
265	4.28	4.73
266	4.35	4.75
267	4.3	4.72
268	4.29	4.72
269	4.32	4.74
270	4.41	4.85
271	4.39	4.77
272	4.29	4.75
273	4.4	4.88
274	4.33	4.74
275	4.31	4.7
276	4.37	4.75
277	4.38	4.77
278	4.43	4.88
279	4.36	4.84
280	4.45	4.87
281	4.42	4.79
280	4.47	4.85
283	4.47	4.85
284	4.49	4.87
285	4.38	4.84
286	4.4	4.89
287	4.49	4.9
288	4.47	4.88
289	4.47	4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
290	4.44	4.79
291	4.47	4.87
292	4.45	4.86
293	4.5	4.91
294	4.52	4.9
295	4.49	4.89
296	4.37	4.79
297	4.45	4.86
298	4.43	4.85
299	4.41	4.78
300	4.5	4.89
301	4.44	4.79
302	4.42	4.75
303	4.4	4.71
304	4.48	4.77
305	4.5	4.78
306	4.59	4.94
307	4.5	4.68
308	4.58	4.85
309	4.62	4.95
310	4.56	4.8
311	4.55	4.82
312	4.56	4.89
313	4.55	4.85
314	4.59	4.91
315	4.43	4.79
316	4.4	4.7
317	4.44	4.75
318	4.23	4.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
319	4.16	4.55
320	4.22	4.67
321	4.45	4.76
322	4.52	4.84
323	4.42	4.7
324	4.47	4.76
325	4.5	4.8
326	4.27	4.66
327	4.18	4.58
328	4.16	4.57
329	4.02	4.46
330	3.99	4.36
331	4.15	4.56
332	4.18	4.52
333	4.22	4.63
334	4.31	4.6
335	4.36	4.65
336	4.02	4.42
337	3.96	4.36
338	3.95	4.34
339	3.68	4.08
340	3.6	3.72
341	3.59	3.7
342	3.61	3.77
343	3.12	3.55
344	3.09	2.84
345	2.65	1.92
346	2.71	1.86
347	2.52	2.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
348	2.1	2.98
349	1.97	3.09
350	1.83	3.13
351	1.97	3.33
352	1.91	3.62
353	2.29	2.75
354	2.42	2.19
355	2.65	1.93
356	2.74	1.42
357	2.32	1.32
358	2.08	1.21
359	2.07	1.1
360	1.98	1.21
361	1.65	1.3
362	1.66	1.71
363	1.75	1.41
364	1.8	1.31
365	1.85	1.22
366	1.87	1.05
367	1.7	1.39
368	1.61	1.19
369	1.54	1.17
370	1.66	0.85
371	1.61	0.58
372	1.46	0.78
373	1.49	0.61
374	1.26	0.32
375	1.1	0.36
376	1.11	0.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
377	1.06	0.2
378	1.07	0.22
379	0.96	0.24
380	0.91	0.26
381	0.99	0.32
382	0.91	0.4
383	0.88	0.42
384	0.94	0.25
385	0.83	0.27
386	0.84	0.21
387	0.8	0.29
388	0.82	0.21
389	0.83	0.4
390	0.79	0.24
391	0.82	0.26
392	0.65	0.18
393	0.6	0.19
394	0.52	0.15
395	0.48	0.17
396	0.45	0.18
397	0.32	0.14
398	0.34	0.16
399	0.18	0.14
400	0.29	0.17
401	0.5	0.41
402	0.46	0.21
403	0.27	0.2
404	0.24	0.15
405	0.27	0.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
406	0.26	0.2
407	0.24	0.15
408	0.18	0.15
409	0.15	0.08
410	0.13	0.09
411	0.15	0.06
412	0.24	0.12
413	0.16	0.09
414	0.14	0.09
415	0.09	0.07
416	0.1	0.05
417	0.08	0.05
418	0.06	0.09
419	0.07	0.04
420	0.07	0.08
421	0.06	0.03
422	0.04	0.07
423	0.05	0.04
424	0.07	0.04
425	0.03	0.06
426	0.05	0.06
427	0.05	0.05
428	0.05	0.02
429	0.02	0.06
430	0.03	0.06
431	0.02	0.04
432	0.01	0.04
433	0.03	0.05
434	0.04	0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
435	0.02	0.05
436	0.04	0.01
437	0.01	0.04
438	0.01	0.05
439	0.04	0.01
440	0.01	0.06
441	0.03	0.01
442	0.01	0.03
443	0.01	0.01
444	0.03	0.02
445	0.01	0.04
446	0.03	0.01
447	0.01	0.03
448	0.03	0.05
449	0.04	0.02
450	0.01	0.04
451	0.01	0.03
452	0.01	0.01
453	0.03	0.02
454	0.04	0.01
455	0.03	0.01
456	0.01	0.04
457	0.01	0.03
458	0.04	0.02
459	0.01	0.04
460	0.03	0.01
461	0.03	0.01
462	0.03	0.01
463	0.01	0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(Sec)	Analog Output Voltage(volt)	
	Gas Sensor A	Gas Sensor B
464	0.04	0.01
465	0.01	0.01
466	0.01	0.03
467	0.01	0.02
468	0.02	0.04
469	0.03	0.01
470	0.01	0.03
471	0.02	0.01
472	0.03	0
473	0.01	0.03
474	0.01	0.04
475	0.01	0
476	0	0
477	0.01	0.03
478	0.01	0.01
479	0.02	0.03
480	0.01	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้