

เครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ

Multi Stage Air Cleaner



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ

Multi Stage Air Cleaner

โดย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
พ.ศ.2563

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รายงานวิชาโครงการ 2 ปีการศึกษา 2563

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ

Multi Stage Air Cleaner

ผู้จัดทำ นายกิตตินันท์ ตั้งตระกูล รหัสประจำตัว 60010071

นายณัฐวุฒิ หงษ์สุด รหัสประจำตัว 60010531



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อโครงการ	เครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ
นักศึกษา	นายกิตตินันท์ ตั้งตระกูล รหัสประจำตัว 60010071 นายันทวุฒิ หงษ์สุด รหัสประจำตัว 60010531
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง

บทคัดย่อ

เครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ(Multi Stage Air Cleaner) มีจุดประสงค์จัดทำขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหามลพิษในอากาศ เนื่องจากปัจจุบันเกิดปัญหามลพิษ หมอกควัน และฝุ่นละอองที่มีอยู่ในอากาศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชุมชนเมือง และอีกหนึ่งปัญหาของมลพิษทางอากาศ คือ ก๊าซที่เป็นอันตรายต่อร่างกายในอากาศ ผู้จัดทำจึงออกแบบเครื่องฟอกอากาศโดยใช้เซ็นเซอร์สองแบบ คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับฝุ่นและเซ็นเซอร์ตรวจจับแก๊ส เพื่อตรวจจับมลพิษทางอากาศแล้วส่งค่าไปควบคุมปริมาณอากาศที่ผ่านแผ่นกรองอากาศโดยใช้การควบคุมองศาของเซอร์โวมอเตอร์ให้สอดคล้องกับปริมาณมลพิษในอากาศ เพื่อให้กรองอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานของแผ่นกรองที่มีราคาค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Project Title	Multi Stage Air Cleaner
Student	Mr.Kittinun Tangtrakool Student ID 60010071 Mr.Nantawut Hongsud Student ID 60010531
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2020
Project Advisor	Assoc. Prof. Jirawat Panklang

ABSTRACT

The purpose of Intelligent Air Purifier (Multi Stage Air Cleaner) was to solve the air pollution problem. Since the smog and dust pollution tends to increase rapidly nowadays, especially in the urban areas. Another effect of air pollution is the effect of gases to human body. Therefore, the authors designed the air purifier using two types of sensors that are Dust sensors and Gas sensors to detect air pollution, measured transmitted values by sensors to adjust the direction of the servo motor to control the amount and direction of the wind that will pass through the filter be conform to the amount of air pollution. To effectively filter the air and prolong the service life of a relatively expensive filter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก รศ.จิรวัดน์ ปานกลาง อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้ความรู้เชิงทฤษฎีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ช่วยให้คำแนะนำดีๆเกี่ยวกับขั้นตอนการทำในหลายๆขั้นตอน รวมไปถึงการจำลองวงจรและยังคอยเป็นกำลังใจที่ตีเสมอมา สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาของผู้ศึกษาต่อไป



กิตตินันท์ ตั้งตระกูล
นันทวุฒิ หงษ์สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	I
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	3
2.1 หลักการทำงานของเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ.....	3
2.2 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์.....	4
2.2.1 เซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ.....	4
2.2.2 เซ็นเซอร์ตรวจจับก๊าซในอากาศ	5
2.3 หลักการทำงานของบอร์ด Arduino Mega 2560	6
2.3.1 จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม.....	7
2.3.2 องค์ประกอบของ Arduino Mega 2560.....	7
2.3.3 คุณสมบัติทั่วไป	8
2.3.4 คุณสมบัติขาอื่น ๆ.....	8
2.4 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์.....	8
2.5 แผ่นกรองอากาศ.....	9
2.5.1 หลักการทำงานพื้นฐานของกรองอากาศ.....	10
2.5.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของกรองอากาศ.....	11
2.5.3 ชนิดและโครงสร้างของกรองอากาศ	12
2.5.4 แผ่นกรองอากาศสำหรับเครื่องฟอกอากาศ	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6	มลพิษทางอากาศ	13
2.6.1	ฝุ่นละอองขนาดเล็ก.....	13
2.6.2	ก๊าซที่เป็นมลพิษต่อสุขภาพ	14
2.7	หลักการทํางานจอ LCD	15
2.7.1	ความหมายและหลักการทํางานของจอ LCD	16
2.7.2	การเชื่อมต่อกับจอ Character LCD	16
2.7.3	การใช้งาน Character LCD กับ Arduino	16
2.8	หลักการทํางานบอร์ด ESP32.....	17
2.9	รีเลย์(Relay)	18
2.9.1	ส่วนประกอบรีเลย์	18
2.9.2	จุดต่อใช้งานมาตรฐาน.....	19
2.9.3	ข้อคํานึงถึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป	19
2.9.4	ชนิดของรีเลย์.....	19
2.10	วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	20
2.10.1	ที่มาและความสําคัญแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	20
2.10.2	หม้อแปลงไฟฟ้า(Transformer)	20
2.10.3	วงจรเรียงกระแส(Rectifier)	20
2.10.4	วงจรกรองลดแรงดันกระเพื่อม (Ripple Filter).....	20
2.10.5	วงจรรักษาแรงดันคงที่ (Voltage Regulator)	21
บทที่ 3	วิธีดําเนินการวิจัย	22
3.1	แผ่นผังกระบวนการทํางาน.....	22
3.1.1	กระบวนการที่ 1	23
3.1.2	กระบวนการที่ 2	24
3.1.3	กระบวนการที่ 3	24
3.2	แผ่นผังวงจรของระบบ.....	25
3.2.1	การต่อบอร์ด Arduino mega เข้ากับเซ็นเซอร์, LCD, เซอร์โวมอเตอร์ และหลอดไฟ RGB.....	25
3.2.2	การต่อบอร์ด Arduino mega เข้ากับบอร์ดESP32, วงจรรีเลย์และพัดลม.....	26
3.2.3	วงจรแหล่งจ่ายไฟให้แกระบบ.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 การทดลองและคำนวณหาค่าตัวแปรของเซ็นเซอร์.....	28
3.3.1 เซ็นเซอร์วัดความหนาแน่นของฝุ่นละออง	28
3.3.2 เซ็นเซอร์วัดปริมาณก๊าซในอากาศ	29
3.4 การแบ่งช่วงการทำงานของอุปกรณ์.....	32
3.4.1 การแบ่งช่วงการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์สำหรับแผ่นกรองฝุ่น	32
3.4.2 การแบ่งช่วงการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์สำหรับแผ่นกรองก๊าซ	32
3.4.3 การแบ่งช่วงการทำงานของหลอดไฟ RGB.....	33
3.5 โปรแกรมควบคุมการทำงาน.....	34
3.5.1 โปรแกรมควบคุมการทำงานที่ Arduino mega 2560	34
3.5.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานที่ ESP32.....	50
3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง.....	56
3.6.1 การคำนวณพิกัดของหม้อแปลง	56
3.6.2 พิจารณาการใช้ไดโอดในวงจรเรียงกระแส.....	56
3.6.3 พิจารณาการใช้วงจรกรองลดแรงดันกระเพื่อม	56
3.6.4 พิจารณาการใช้วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่	57
3.7 ภาพของเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ.....	61
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	64
4.1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ	64
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	67
5.1 สรุปผลการทดลอง	67
5.2 วิจัยณ์ผลการทดลอง.....	67
เอกสารอ้างอิง	68
ภาคผนวก.....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงระยะเวลาในการทำโครงการ	2
3.1 ข้อมูลระหว่างความหนาแน่นของฝุ่นและแรงดันขาออก.....	29
3.2 ค่าตัวแปรต่างๆของเซ็นเซอร์ก๊าซตัวที่ 1 $R_o(1) = 1400\Omega$	30
3.3 ค่าตัวแปรต่างๆของเซ็นเซอร์ก๊าซตัวที่ 2 $R_o(2) = 2482\Omega$	31
3.4 การแบ่งช่วงการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์สำหรับแผ่นกรองฝุ่น	32
3.5 การแบ่งช่วงการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์สำหรับแผ่นกรองก๊าซ	32
3.6 การแบ่งช่วงสีของ RGB ตามความหนาแน่นมลพิษ	33
3.7 ตารางเทียบค่าการเลือกใช้ Output Capacitor และ Feedback Capacitor	59
3.8 ตารางเทียบค่าการเลือกใช้ไดโอด (D1)	59
4.1 ผลการทดสอบระบบของเครื่องฟอกอากาศในการกรองฝุ่นละออง.....	64
4.2 ผลการทดสอบระบบของเครื่องฟอกอากาศในการกรองฝุ่นก๊าซแอมโมเนีย	65



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การทำงานของเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ	4
2.2 เซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองรุ่น Sharp GP2Y1010AU0F Dust sensor	4
2.3 การทำงานของ Sharp GP2Y1010AU0F	5
2.4 เซ็นเซอร์ตรวจจับปริมาณก๊าซรุ่น MQ-135	5
2.5 วงจรภายในของเซ็นเซอร์รุ่น MQ-135	6
2.6 รูปร่างของบอร์ด Arduino Mega 2560	7
2.7 องค์ประกอบต่างๆของ Arduino Mega 2560	7
2.8 ส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์	9
2.9 Servo Motor เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino	9
2.10 ขนาดของอนุภาคปนเปื้อนชนิดต่างๆ	10
2.11 ลักษณะตัวกรองอากาศ	10
2.12 ความหมายของสีบอกคุณภาพฝุ่น	14
2.13 ผลกระทบของแอมโมเนียต่อร่างกาย	15
2.14 จอ LCD	16
2.15 การเชื่อมต่อแบบอนุกรม (LCD I2C)	17
2.16 องค์ประกอบขง ESP32	18
2.17 วงจรเสมือนภายในและขาต่างๆของ 78xx	21
3.1 แผนผังแสดงกระบวนการหาค่าปริมาณของฝุ่นและก๊าซจากเซ็นเซอร์	22
3.2 แผนผังแสดงการแบ่งกรณีเพื่อควบคุมเซอร์โวมอเตอร์และสีของ RGB จากค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์	23
3.3 แผนผังแสดงกระบวนการเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงค่าบนจอ LCD	24
3.4 แผนผังแสดงกระบวนการเขียนโปรแกรมเพื่อตั้งเวลาเปิด-ปิดบนแอปพลิเคชัน	24
3.5 การต่อการต่อบอร์ด Arduino mega เข้ากับเซ็นเซอร์, LCD, เซอร์โวมอเตอร์ และหลอดไฟ RGB	25
3.6 การต่อบอร์ด Arduino mega เข้ากับบอร์ดESP32, วงจรรีเลย์และพัดลม	26
3.7 วงจรแหล่งจ่ายไฟให้แก่ระบบ	27
3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกและความหนาแน่นของฝุ่น	28
3.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความต้านทานเซ็นเซอร์และค่าความหนาแน่นของก๊าซ	29
3.10 วงจร LM2596 Adjustable Output Series Buck Regulator	57
3.11 กราฟ Maximum load current – ET	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดก็ตามสงวนลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.12	กราฟเทียบค่าการเลือกใช้ Cin	60
3.13	ภาพเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะถ่ายจากด้านหน้า	61
3.14	ภาพเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะเตรียมการทำงาน	61
3.15	ภาพเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะเริ่มการทำงาน	62
3.16	ภาพจากแอปพลิเคชันการเปิด-ปิดเครื่องด้วยตนเอง.....	62
3.17	ภาพจากแอปพลิเคชันการเปิด-ปิดเครื่องด้วยระบบอัตโนมัติ	63



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์รายวิชา Project 2 มีวัตถุประสงค์ให้นักศึกษาฝึกปฏิบัติงานด้วยการจัดทำโครงการที่นักศึกษาต้องการค้นคว้า ซึ่งผู้จัดทำโครงการเล็งเห็นปัญหามลพิษทางอากาศเนื่องจากฝุ่น สารเคมีและอื่นๆที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ จากปัญหานี้ผู้จัดทำจึงทำการศึกษาค้นคว้าวิธีที่จะแก้ปัญหามลพิษทางอากาศ โดยการออกแบบเครื่องฟอกอากาศที่สามารถกำจัดมลพิษทางอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบเครื่องฟอกอากาศให้สามารถตรวจสอบปริมาณมลพิษทางอากาศทั้งฝุ่นละอองและก๊าซได้
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบเครื่องฟอกอากาศให้สามารถกำจัดมลพิษทางอากาศทั้งฝุ่นละอองและก๊าซที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ โดยการเลือกแผ่นกรองที่มีคุณภาพและเหมาะสม
- 1.2.3 เพื่อพัฒนาระบบเครื่องฟอกอากาศให้ประหยัดแผ่นกรองที่มีราคาสูง โดยการควบคุมปริมาณอากาศภายในเครื่องให้ขึ้นอยู่กับปริมาณมลพิษทางอากาศ
- 1.2.4 เพื่อพัฒนาระบบเครื่องฟอกอากาศให้สามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดเครื่องฟอกอากาศผ่านแอปพลิเคชันได้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

- 1.3.1 การเลือกชนิดแผ่นกรองโดยพิจารณาจากโครงสร้างและวัสดุ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดมลพิษทางอากาศได้
- 1.3.2 การควบคุมปริมาณอากาศที่ผ่านแผ่นกรอง สามารถยืดอายุการใช้งานของแผ่นกรองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.4 ขอบเขตการวิจัย

(เริ่มต้นวันที่ 20 มกราคม 2564 ถึงวันที่ 25 เมษายน 2564)

ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาในการทำโครงการ

รายละเอียด	มกราคม 2564	กุมภาพันธ์ 2564	มีนาคม 2564	เมษายน 2564
	สัปดาห์ที่ 1 - 2	สัปดาห์ที่ 3 - 5	สัปดาห์ที่ 6-10	สัปดาห์ที่ 11-13
วางแผนงานและชื่อ อุปกรณ์	←→			
สร้างแอปพลิเคชัน		←→	←→	
สร้างชิ้นงาน		←→	←→	
ทดสอบและแก้ไข			←→	
จัดทำรูปเล่ม				←→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ในปัจจุบันอัตราการเพิ่มขึ้นของมลพิษหมอกควันและฝุ่นละอองในอากาศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชุมชนเมือง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว โดยฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) จะสามารถแพร่กระจายเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ กระแสเลือด และแทรกซึมเข้าสู่กระบวนการทำงานของอวัยวะต่างๆในร่างกายเพิ่มความเสียหายเป็นโรคระบบทางเดินหายใจ หลอดเลือด และอาจก่อให้เกิดมะเร็งได้

อีกหนึ่งปัญหามลพิษทางอากาศ คือ ก๊าซที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย ซึ่งหากได้รับก๊าซในปริมาณมากอาจมีผลต่อชีวิตได้ ผู้จัดทำโครงการจึงวิเคราะห์และออกแบบเครื่องฟอกอากาศเพื่อแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ

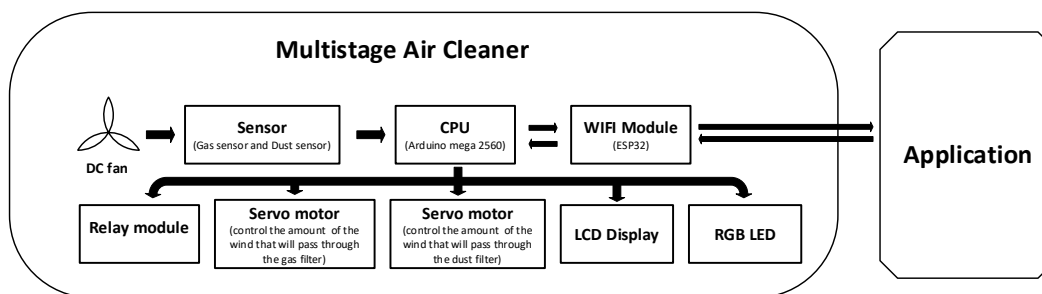
2.1 หลักการทำงานของเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ

การทำงานของเครื่องฟอกอากาศเริ่มจากการที่พัดลมดูดอากาศจากภายนอกผ่านเข้ามายังเซ็นเซอร์ที่มี 2 ชนิด คือ เซ็นเซอร์ตรวจจับก๊าซและเซ็นเซอร์ตรวจจับฝุ่นซึ่งทำหน้าที่วัดปริมาณมลพิษในอากาศแปลงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าส่งไปยังหน่วยประมวลผล ซึ่งจะนำค่าปริมาณของก๊าซและฝุ่นแสดงที่หน้าจอ (LCD Display) และสร้างเงื่อนไขเพื่อควบคุมปริมาณของอากาศที่ผ่านแผ่นกรองโดยใช้การควบคุมองศาของเซอร์โวมอเตอร์ที่ติดอยู่กับพลาสติกแผ่นบาง หน่วยประมวลผลมีการเชื่อมต่อกับไวไฟโมดูล (WiFi Module) เพื่อเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันในการตั้งเวลาเปิด-ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.1 การทำงานของเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ

2.2 หลักการทำงานของเซ็นเซอร์

2.2.1 เซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ

ผู้จัดทำเลือกใช้เซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองรุ่น Sharp GP2Y1010AU0F เนื่องจากสามารถตรวจจับอนุภาคที่มีขนาดเล็กถึง $0.8 \mu\text{m}$ ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำและระดับแรงดันขาออกมีความเป็นเชิงเส้นกับความหนาแน่นของฝุ่น



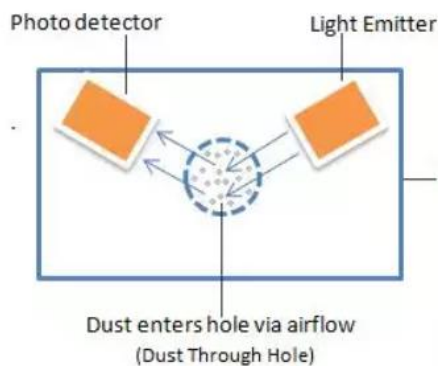
รูปที่ 2.2 เซ็นเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองรุ่น Sharp GP2Y1010AU0F Dust sensor

Sharp GP2Y1010AU0F จัดเป็นเซ็นเซอร์ที่ทำงานด้วยแสง(Optical sensor)เนื่องจากการวัดปริมาณฝุ่นในอากาศมีการออกแบบให้มีรูที่อากาศสามารถผ่านได้ ภายในจะมีหลอด LED และเครื่องตรวจจับแสงที่ทำมุมต้านกันอยู่ เมื่ออากาศที่มีฝุ่นผ่านเข้ามาในรู แสงจากหลอด LED จะกระจายไปทางเครื่องตรวจจับแสง เมื่อมีฝุ่นมากความเข้มแสงยังมีค่ามาก และเซ็นเซอร์จะแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าตามความเข้มแสง ซึ่งสอดคล้องกับระดับฝุ่นในอากาศจากนั้นความหนาแน่นฝุ่นจริง สามารถคำนวณได้จากแรงดันเอาต์พุตโดยใช้ความเป็นเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษายเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.3 การทำงานของ Sharp GP2Y1010AU0F

2.2.2 เซ็นเซอร์ตรวจจับก๊าซในอากาศ

ผู้จัดทำเลือกใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับก๊าซรุ่น MQ-135 จัดเป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับปริมาณทางเคมีด้วยการเปลี่ยนค่าความต้านทานภายใน (Chemoresistor sensor) สามารถตรวจสอบคุณภาพของอากาศได้ เนื่องจากมีการตอบสนองต่อก๊าซหลายชนิด เช่น แอมโมเนีย (NH₃), ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_x), แอลกอฮอล์ (alcohol), เบนซีน (Benzene), ควัน (smoke) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)



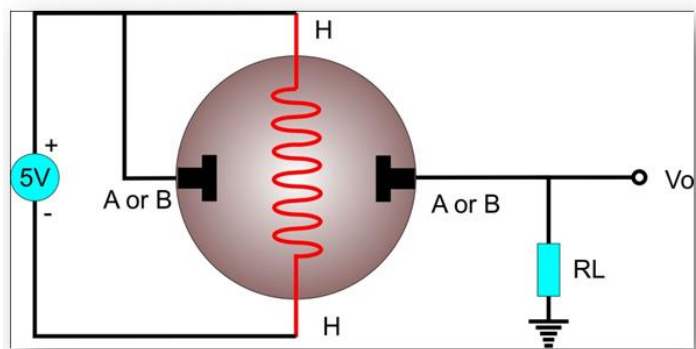
รูปที่ 2.4 เซ็นเซอร์ตรวจจับปริมาณก๊าซรุ่น MQ-135

การทำงานของเซ็นเซอร์ชนิดนี้จำเป็นต้องมีตัวทำความร้อนเพื่อให้สารเคมีภายในเซ็นเซอร์สามารถทำปฏิกิริยากับก๊าซพิษต่างๆได้ ซึ่งเมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้เซ็นเซอร์ที่ขา H ทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ขดลวด เมื่อก๊าซพิษต่างๆเข้ามาทำปฏิกิริยาจะทำให้ค่าความต้านทานที่เกิดขึ้นระหว่างขา A และขา B ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.5 วงจรภายในของเซ็นเซอร์รุ่น MQ-135

เนื่องจากเซ็นเซอร์ตรวจจับก๊าซรุ่น MQ-135 สามารถตอบสนองต่อก๊าซหลายชนิด ดังนั้นการจะตรวจสอบก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่งจะต้องทำการคำนวณจากกราฟในเอกสารข้อมูลและต้องทำการวัดในระบบปิดหรือในพื้นที่ที่มีแค่ก๊าซที่ต้องการวัดปริมาณเท่านั้น หากมีก๊าซที่เซ็นเซอร์สามารถตอบสนองได้ผ่านเข้ามา ค่าความต้านทานภายในของเซ็นเซอร์จะลดลงแม้ไม่ใช่ก๊าซที่ต้องการตรวจจับ

2.3 หลักการทำงานของบอร์ด Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software)

Arduino Mega 2560 ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจร อิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

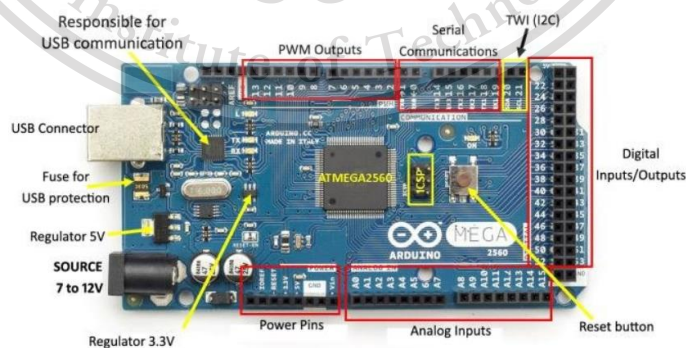


รูปที่ 2.6 รูปร่างของบอร์ด Arduino Mega 2560

2.3.1 จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

1. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
2. มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแกร่ง
3. Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
4. ราคาไม่แพง
5. Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

2.3.2 องค์ประกอบของ Arduino Mega 2560



รูปที่ 2.7 องค์ประกอบต่างๆของ Arduino Mega 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3.3 คุณสมบัติทั่วไป

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ : Atmega2560
- แรงดันไฟฟ้า: 5 โวลต์
- แรงดันไฟฟ้าอินพุตที่แจ๊ค SOURCE : 7 ถึง 12 โวลต์
- Digital I / O Pins: 54 pin
- ขาอินพุตแบบอนาล็อก: 16
- กระแส DC ต่อ I / O Pin: 20 mA
- กระแสตรงสำหรับ 3.3V Pin: 50 mA
- หน่วยความจำแฟลช: 256 KB
- SRAM: 8 KB
- EEPROM: 4 KB
- ความเร็วสัญญาณนาฬิกา: 16 MHz

2.3.4 คุณสมบัติอื่นๆ

- Vin เป็น Input Voltage ของบอร์ด Arduino โดยใช้แหล่งจ่าย 5 โวลต์ จากภายนอก
- 5V เป็นเอาต์พุต ที่ผ่านการควบคุมจากบอร์ด
- 3V3 เป็น 3.3 โวลต์ ที่สร้างขึ้นจาก Regulator บนบอร์ด และให้กระแสได้สูงสุด 50 Ma
- IOREF เป็นขาที่ให้ Voltage Reference กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเลือกค่าแรงดันให้กับ Shield ที่มาเชื่อมต่อกับบอร์ด

2.4 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

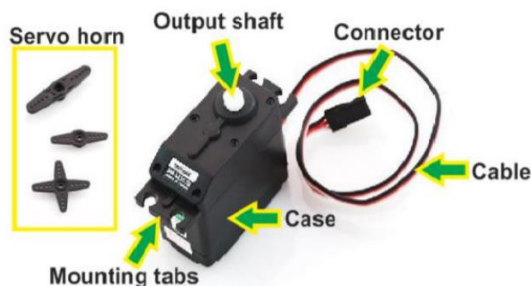
Servo เป็นคำศัพท์ที่ใช้กันทั่วไปในระบบควบคุมอัตโนมัติ มาจากภาษาละตินคำว่า Sevus หมายถึง “ทาส” (Slave) ในเชิงความหมายของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ก็คือมอเตอร์ที่เราสามารถสั่งงานหรือตั้งค่า แล้วตัวมอเตอร์จะหมุนไปยังตำแหน่งองศาที่เราสั่งได้เองอย่างถูกต้อง โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ในทางวิศวกรรมเป็นการควบคุมการขับเคลื่อน คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมมอเตอร์หรือระบบขับเคลื่อนต่างๆ ด้วยการตรวจสอบสัญญาณจากระบบขับเคลื่อนและปรับค่าให้ถูกต้องตามที่กำหนดไว้อย่างต่อเนื่อง โดยปกติระบบเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor system) จะตรวจสอบข้อผิดพลาดจากสัญญาณตอบกลับ เช่น ตำแหน่งทางกล ความเร็วหรือค่าผิดพลาดอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 2.9 Servo Motor เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino

2.5 แผ่นกรองอากาศ

กรองอากาศ(Air Filter) ในยุคต้นๆ ได้ถูกออกแบบให้ใช้ในการปรับสภาพภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับเครื่องจักรกลหรือใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องจักรกล เช่น ในเครื่องยนต์ แต่ในปัจจุบัน กรองอากาศมีบทบาทมากขึ้น กรองอากาศถูกใช้ในการรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคารหรือระบบ (Indoor Air Quality: IAQ) เช่น ในโรงพยาบาล อาคารสำนักงาน พื้นที่ที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์ พิพิธภัณฑ์ เป็นต้น

การเลือกใช้กรองอากาศให้เหมาะสมกับประเภทของงานเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะกรองอากาศจะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์อื่นๆในระบบด้วย เช่น ประสิทธิภาพของกรองอากาศและความต้านทานต่อการไหลของอากาศมีความสัมพันธ์กัน กรองอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำ จะมีความต้านทานต่อการไหลของอากาศต่ำกว่ากรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง นั้นหมายความว่าพลังงานที่จะต้องใช้ในการส่งลมในระบบจะต่ำกว่าด้วย แต่ในขณะเดียวกันจำนวนหรือปริมาณของสิ่งปนเปื้อนหรืออนุภาคสามารถหลุดเข้าไปใน

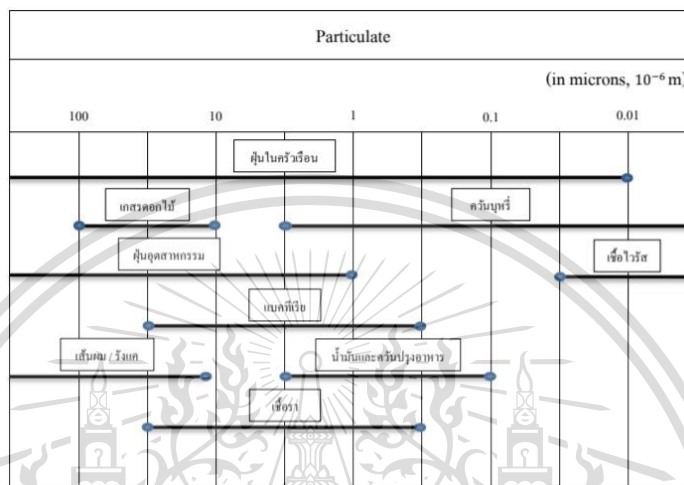
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ระบบสูงกว่า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

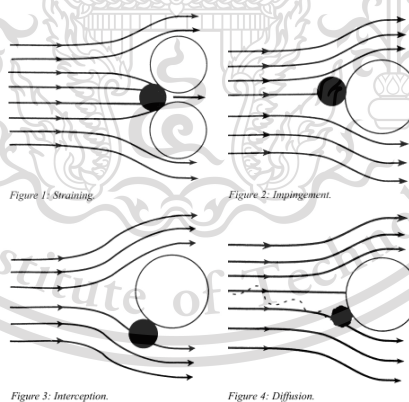
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.1 หลักการทำงานพื้นฐานของกรองอากาศ

ลักษณะการจับยึดอนุภาคของกรองอากาศจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคของสิ่งปนเปื้อนและชนิดวัสดุของตัวกรองอากาศ ซึ่งมีอยู่ 4 ลักษณะ



รูปที่ 2.10 ขนาดของอนุภาคปนเปื้อนชนิดต่างๆ



รูปที่ 2.11 ลักษณะตัวกรองอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5.1.1 Straining

กระบวนการนี้จะเกิดขึ้น เมื่ออนุภาคที่เคลื่อนที่มากับกระแสอากาศมีขนาดใหญ่กว่าช่องว่างระหว่างเส้นใยของกรองอากาศ อนุภาคจึงติดอยู่ที่ช่องว่างระหว่างเส้นใย ดังแสดงในรูปที่ 1 วิธีนี้จะใช้กับกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพต่ำ

2.5.1.2 Impingement

กระบวนการนี้จะเกิดขึ้น เมื่ออนุภาคมีขนาดใหญ่และมีความหนาแน่นสูงไม่สามารถ เคลื่อนที่ไปตามกระแสของอากาศจึงไม่สามารถที่จะเคลื่อนที่หลบเส้นใยของกรองอากาศได้ อนุภาคจึงเคลื่อนที่ชนกับเส้นใยของกรองอากาศและถูกจับยึดไว้ ในบางครั้งเส้นใยของกรองอากาศประเภทนี้จะเคลือบด้วยสารที่มีความเหนียว (adhesive) เช่น น้ำมันเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจับยึดอนุภาค

2.5.1.3 Interception

กระบวนการนี้จะเกิดขึ้น เมื่ออนุภาคที่มีขนาดเล็กเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในเนื้อกรองอากาศตามกระแสการไหลของอากาศ และเกิดเคลื่อนเข้าสัมผัสกับเส้นใยของกรองอากาศ ทำให้อนุภาคถูกจับยึดกับเส้นใยของกรองอากาศด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่เรียกว่า VAN DER WAALS FORCE ลักษณะการจับยึดอนุภาคแบบนี้จะใช้กับกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพปานกลาง

2.5.1.4 Diffusion

กระบวนการนี้จะเกิดขึ้น เมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กมาก การเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเกิดการเบียดกับโมเลกุลของอากาศ ทำให้การเคลื่อนที่ของอนุภาคมีทิศทางไม่แน่นอน หรือที่เรียกว่า Brownian motion เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ไปชนกับเส้นใยของกรองอากาศก็จะถูกจับติดไว้ด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล เช่นเดียวกับกระบวนการ Interception การจับยึดอนุภาคด้วยวิธีนี้จะใช้กับกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง

2.5.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของกรองอากาศ

ในการพิจารณากรองอากาศจำเป็นอย่างยี่งที่จะต้องพิจารณาคุณสมบัติ 3 ประการดังนี้

2.5.2.1 ประสิทธิภาพ(Efficiency) เป็นเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคที่จะถูกจับยึดหรือแยกออกจากอากาศที่เคลื่อนที่ผ่าน

2.5.2.2 ความสามารถในการกักเก็บอนุภาค(Dust-Holding Capacity) ปริมาณของฝุ่นที่กรองอากาศสามารถจะดักเก็บได้ตั้งแต่เริ่มใช้งานจนกระทั่งกรองอากาศตัน

2.5.2.3 ความต้านทาน(Resistance) ต่อการไหลของอากาศ มีหน่วยวัดเป็นนิ้วน้ำ (inches of water gage) หรือปาสคาล(Pa) งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

มาตรฐาน ASHRAE 52.1-1992, Gravimetric and Dust Spot Procedures for Testing Air Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของกรองอากาศทั้งสามประการข้างต้น คือ ประสิทธิภาพ ความสามารถในการเก็บอนุภาคและความต้านทานต่อการไหลของอากาศ ซึ่งจะทำการทดสอบในท่อทดสอบตามมาตรฐาน ASHRAE

2.5.3 ชนิดและโครงสร้างของกรองอากาศ

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าการจับอนุภาคของกรองอากาศมี 4 ลักษณะ ซึ่งจะทำให้สามารถแบ่งกรองอากาศได้เป็น 4 ประเภท คือ ประสิทธิภาพต่ำ ปานกลาง สูง และ HEPA กรองอากาศประเภทที่มีประสิทธิภาพต่ำ จะมีลักษณะเป็นแผ่น (Pad or Panel) ซึ่งมีประสิทธิภาพ (Average ASHRAE Efficiency) ประมาณ 30% โดยปกติจะใช้กรองอากาศในชั้นแรก (pre filter) ใช้ในการกรองอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ประมาณ 10 ไมครอนหรือใหญ่กว่า

กรองอากาศที่มีประสิทธิภาพปานกลาง อาจจะเป็นแบบถุงหรือแบบกล่อง จะมีประสิทธิภาพ (Average ASHRAE Efficiency) ประมาณ 40-60% จะใช้เป็นกรองอากาศในชั้นที่สอง ซึ่งจะกรองอนุภาคที่มีขนาดประมาณ 3 ถึง 10 ไมครอน การกรองในระดับนี้จะช่วยในการยืดอายุการใช้งานของกรองอากาศชั้นสุดท้ายที่มีประสิทธิภาพสูง กรองอากาศประสิทธิภาพปานกลางนี้จะมีโครงสร้างหลายแบบทำให้มีประสิทธิภาพและราคาที่แตกต่างกันออกไป ต้นทุนโดยส่วนใหญ่ของกรองอากาศชนิดนี้อยู่ที่เนื้อของกรองอากาศ (Media) แต่กระนั้นตัวกรอบและวัสดุประกอบเนื้อกรองอากาศก็ส่งผลถึงต้นทุนด้วยเหมือนกัน วัสดุที่ใช้ประกอบเนื้อกรองอากาศที่เป็นเส้นลวด (welded wire) จะมีราคาสูงกว่าวัสดุที่เป็นโลหะยืด (expanded metal) แต่ในขณะเดียวกันก็ให้ประโยชน์ที่มากกว่าด้วย วัสดุประกอบที่เป็นเส้นลวดจะทำให้การพับเนื้อแผ่นกรองโค้งมนแทนที่จะเป็นรอยแหลมรูปตัว V. ซึ่งจะทำให้พื้นที่สัมผัสอากาศมากกว่า ตัวกรอบของกรองอากาศที่เป็น beverage board จะมีราคาแพงกว่าที่เป็น cardboard หรือ kraft board ซึ่ง beverage board จะทนต่อความชื้นได้ดีกว่ากรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงอาจจะเป็นแบบถุงหรือแบบกล่อง ซึ่งมีประสิทธิภาพ (Average ASHRAE Efficiency) ประมาณ 80-90% ซึ่งมักจะใช้เป็นกรองอากาศชั้นสุดท้ายในระบบ HVAC แผ่นกรองอากาศนี้จะมีประสิทธิภาพที่จะกรองอนุภาคที่มีขนาด 0.3 ไมครอนหรือใหญ่กว่าได้มากกว่า 70%

ในปัจจุบันเทคโนโลยีใหม่ๆถูกพัฒนาขึ้นและส่งผลให้เกิดการพัฒนาในระบบของการกรองอากาศขึ้นด้วย เนื้อของกรองอากาศใหม่ๆที่ถูกพัฒนาขึ้น เช่น เนื้อสังเคราะห์ชนิดที่ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นในสภาพใช้งานที่เปียกหรือชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เนื้อกรองอากาศชนิดที่มีการอัดประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatically-charged media) ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพในการกรองสูงมีความต้านทานเริ่มต้นต่ำ เนื้อกรองอากาศจะถูกอัดประจุไฟฟ้าสถิตจากโรงงานก่อนนำ มาผลิตเป็นกรองอากาศชนิดถุงหรือกล่อง

เทคโนโลยีในการพับลอนของกรองอากาศโดยไม่ใช่ตัวคั่น (Separator) ตัวคั่นนี้ทำ จากแผ่นอลูมิเนียม ทำหน้าที่รักษาลอนของเนื้อกรองอากาศให้อยู่ในตำแหน่ง การที่ไม่ใช่ตัวคั่นนี้จะช่วยให้ความต้านทานต่อการไหลลดลงและได้อัตราการไหลเพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่สัมผัสของเนื้อแผ่นกรองมากขึ้น เทคโนโลยีนี้จะช่วยลดขนาดของแผ่นกรองอากาศลงได้

กรองอากาศชนิดถุง(Bag Filter)รุ่นใหม่จะทำจากเนื้อกรองที่เป็นใยสังเคราะห์แทนที่จะเป็นไฟเบอร์กลาสเหมือนในอดีตซึ่งจะไม่มีปัญหาในเรื่องของการหลุดร่วงของเนื้อกรอง มีอายุการใช้งานนานขึ้น มีความต้านทานเริ่มต้นต่ำ

ในระบบ VAV แผ่นกรองอากาศแบบมินิพลีท (Mini Pleat) ถูกนำมาใช้แทนกรองอากาศแบบเดิม เนื่องจากมีความต้านทานเริ่มต้นต่ำกว่าทำให้ประหยัดพลังงาน มีอายุการใช้งานมากขึ้น และกรองอากาศประเภทนี้จะมีขนาดที่บางกว่าเดิม จึงช่วยราคาถูกลงและขนาดกล่องแผงกรองอากาศเล็กลง เทคโนโลยีการกรองที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่ยังรวมถึงการพัฒนาเนื้อกรองผสมคาร์บอน ซึ่งให้คุณสมบัติที่ดีขึ้นกว่าแบบถาดคาร์บอนเดิมที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในระบบ HVAC

2.5.4 แผ่นกรองอากาศสำหรับเครื่องฟอกอากาศ

คุณสมบัติของแผ่นกรอง

- PRE-Filter ใช้กรองฝุ่นขนาดใหญ่ๆ สามารถถอดทำความสะอาดได้
- HEPA-Filter สามารถกรองฝุ่นที่มีอนุภาคที่มีขนาดอนุภาคเล็กถึง $0.3 \mu\text{m}$ ได้
- Activated carbon filter ใช้กำจัดสารระเหย เช่น ฟอลมาดีไฮด์และเบนซินได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยดูดซับกลิ่นไม่พึงประสงค์
- Zeolite Filter ช่วยดูดซับแก๊สพิษ เช่น ฟอลมาดีไฮด์ เบนซิน แอมโมเนีย และสารอินทรีย์ไอระเหยอื่นๆ
- Cold catalyst Filter ช่วยขจัดสิ่งปนเปื้อนและเชื้อไวรัส และช่วยย่อยสลายแก๊สพิษ

2.6 มลพิษทางอากาศ

2.6.1 ฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ฝุ่นละอองในบรรยากาศ เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญที่สุด และส่งผลกระทบต่อ สุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ทั้งทางตรงและทางอ้อม

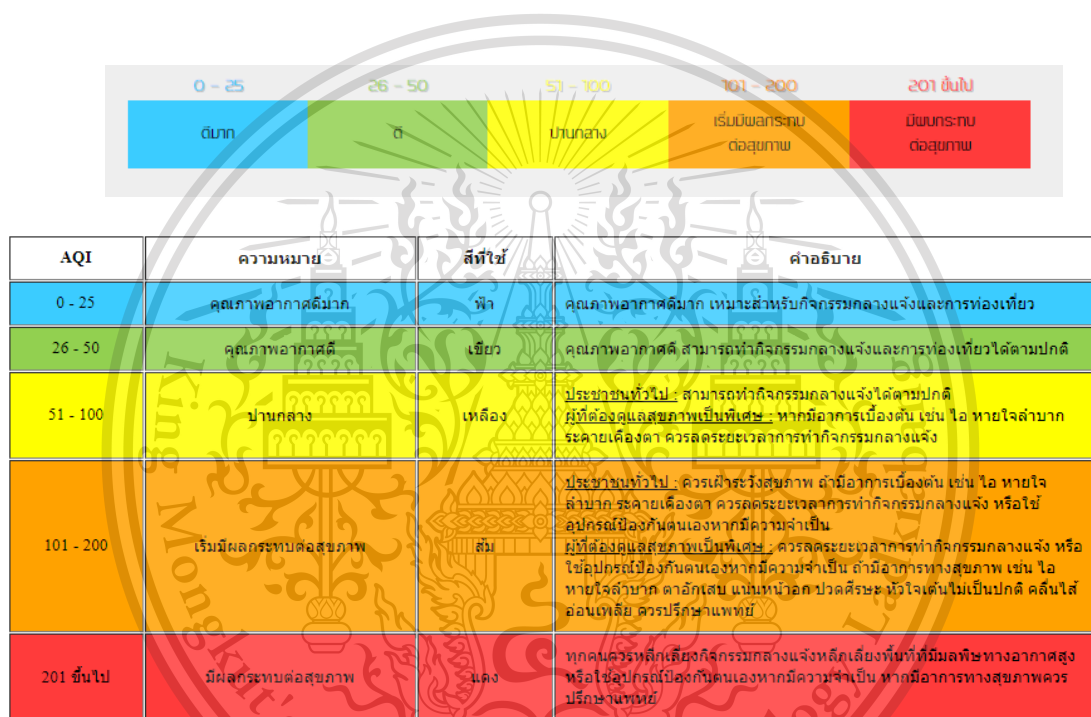
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ฝุ่นละออง คือ อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งเกิดจากวัตถุที่ถูกทุบ ตี บด กระแทกจนแตกออกเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ เมื่อถูกกระแสลมพัดก็จะปลิวกระจายตัวอยู่ในอากาศ และตกลงสู่พื้น ซึ่งเวลาในการตกจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอนุภาคฝุ่น แหล่งกำเนิดของฝุ่นจะแสดง ถึงคุณสมบัติความเป็นพิษของฝุ่นด้วย เช่น แอสเบสตอส ตะกั่ว ไฮโดรคาร์บอน กัมมันตรังสี

ฝุ่นแบ่งตามขนาดเป็น 2 ส่วน คือ ฝุ่นขนาดใหญ่ และฝุ่นขนาดเล็ก ซึ่งเรียกว่า PM10 (ฝุ่น ละอองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา)



รูปที่ 2.12 ความหมายของสีบอกคุณภาพฝุ่น

2.6.2 ก๊าซที่เป็นมลพิษต่อสุขภาพ

2.6.2.1 ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO): เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ เช่น น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันดีเซล หากร่างกายเราได้รับก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ในปริมาณที่มากจะส่งผลให้เกิดอาการมึน งง และง่วงนอนเนื่องจากก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์นี้จะไปจับตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดทำให้ปริมาณออกซิเจนในเลือดต่ำลงนั่นเอง

2.6.2.2 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂): เป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดจากการทำกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้ของถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรมและรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งหากร่างกายได้รับก๊าซนี้ในปริมาณที่มากจะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ วิงเวียน คลื่นไส้หรืออาเจียนได้

2.6.2.3 ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NOX): ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันดีเซล น้ำมันปิโตรเลียมและถ่านหินซึ่งก๊าซดังกล่าวเป็นสาเหตุทำให้เกิดหมอกควันและฝนกรด นอกจากนี้ยังทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้หากได้รับในปริมาณที่มาก

2.6.2.4 ควันบุหรี่หรือควันยาสูบ (Tobacco smoke): เป็นที่ทราบกันดีว่าควันบุหรี่เป็นสารเคมีที่เป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคมะเร็ง ไม่ใช่เฉพาะแต่คนที่สูบบุหรี่เท่านั้น แต่คนที่สูดเอาควันบุหรี่เข้าไปก็มีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดโรคมะเร็งปอด โรคหืด หรือการติดเชื้อในปอดได้เช่นเดียวกัน

2.6.2.5 แอมโมเนีย (NH3): จัดเป็นก๊าซพิษชนิดหนึ่ง ไม่มีสีแต่มีกลิ่นฉุนรุนแรง เป็นก๊าซที่เบากว่าอากาศ จัดเป็นก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์หากสัมผัสกับก๊าซชนิดนี้ที่ระดับความเข้มข้นสูงๆ เป็นเวลานาน ซึ่งระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

ระดับความเข้มข้น		ผลกระทบต่อร่างกาย	ระยะเวลาที่สัมผัส
ppm (v/v)	mg/m ³		
25	17.5	คนส่วนใหญ่เริ่มได้กลิ่น	ทนได้มากที่สุด 8 ชั่วโมง
100	70	ไม่ส่งผลกระทบต่อร่างกาย ระคายเคืองเล็กน้อย	ไม่อนุญาตให้สัมผัสเป็นเวลานาน
400	280	ระคายเคืองจมูกและลำคอ	30 นาที-1 ชั่วโมง
700	490	ระคายเคืองดวงตา	30 นาที-1 ชั่วโมง
1700	1900	เกิดอาการระคายเคืองตา ระคายเคืองจมูกและคออย่างรุนแรง	อาจจะเสียชีวิต ถ้าได้รับเกิน 30 นาที
2000-5000	1400-3500	ระคายเคืองคอ ปวดแสบที่ลำคออย่างรุนแรง	อาจจะเสียชีวิต ถ้าได้รับเกิน 15 นาที
5000-10000	3500-7000	เกิดการระคายเคืองของกล้ามเนื้อและระบบหายใจ ทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนอย่างรวดเร็ว	อาจจะเสียชีวิต ภายใน 2-3 นาที

รูปที่ 2.13 ผลกระทบของแอมโมเนียต่อร่างกาย

2.7 หลักการทำงานจอ LCD

2.7.1 ความหมายและหลักการทำงานของจอ LCD

LCD ย่อมาจากคำว่า Liquid Crystal Display ซึ่งเป็นจอที่ทำมาจากผลึกคริสตอลเหลว หลักการคือด้านหลังจอจะมีไฟส่องสว่างหรือที่เรียกว่า Backlight อยู่ เมื่อมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปกระตุ้นที่ผลึก ก็จะทำให้ผลึกโปร่งแสง ทำให้แสงที่มาจากไฟ Backlight แสดงขึ้นมาบนหน้าจอ ส่วนอื่นที่โดนผลึกปิดกั้นไว้ จะมีสีที่แตกต่างตามสีของผลึกคริสตอล เช่น สีเขียว หรือ สีฟ้า ทำให้เมื่อมองไปที่จอก็จะพบกับตัวหนังสือสีขาว แล้วพบกับพื้นหลังสีต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับโรงเรียนเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.14 จอ LCD

จอ LCD จะแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆตามลักษณะการแสดงผลดังนี้

Character LCD เป็นจอที่แสดงผลเป็นตัวอักษรตามช่องแบบตายตัว เช่น จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน ส่วน 20x4 จะหมายถึงใน 1 แถว ตัวอักษรได้ 20 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัด

Graphic LCD เป็นจอที่สามารถกำหนดได้ว่าจะให้แต่ละจุดบนหน้าจอขึ้นแสง หรือปล่อยแสงออกไป ทำให้จอสามารถสร้างรูปขึ้นมาบนหน้าจอได้ การระบุขนาดจะระบุในลักษณะของจำนวนจุด (Pixels) ในแต่ละแนว เช่น 128x64 หมายถึงจอที่มีจำนวนจุดตามแนวนอน 128 จุด และมีจุดตามแนวตั้ง 64 จุด

2.7.2 การเชื่อมต่อกับจอ Character LCD

การเชื่อมต่อจะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ

2.7.2.1 การเชื่อมต่อแบบขนาน - เป็นการเชื่อมต่อจอ LCD เข้ากับบอร์ด Arduino โดยตรง โดยจะแบ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบ 4 บิต และการเชื่อมต่อแบบ 8 บิต ใน Arduino จะนิยมเชื่อมต่อแบบ 4 บิต เนื่องจากใช้สายในการเชื่อมต่อน้อยกว่า

2.7.2.2 การเชื่อมต่อแบบอนุกรม - เป็นการเชื่อมต่อกับจอ LCD ผ่านโมดูลแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อกับจอ LCD จากแบบขนาน มาเป็นการเชื่อมต่อแบบอื่นที่ใช้สายน้อยกว่า เช่น การใช้โมดูล I2C Serial Interface จะเป็นการนำโมดูลเชื่อมเข้ากับตัวจอ LCD แล้วใช้บอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับบอร์ดโมดูลผ่านโปรโตคอล I2C ทำให้ใช้สายเพียง 4 เส้น ก็ทำให้หน้าจอแสดงผลข้อความต่างๆออกมาได้

2.7.3 การใช้งาน Character LCD กับ Arduino

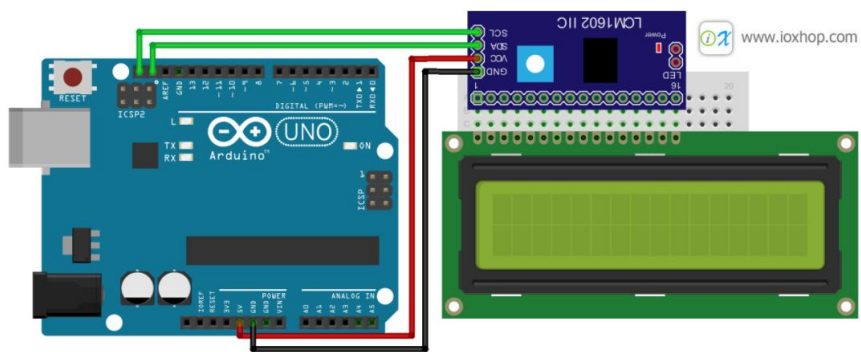
การเชื่อมต่อแบบอนุกรมจะใช้งานโมดูล I2C Serial Interface Board Module มาเชื่อมต่อ

ระหว่าง Arduino กับจอ LCD วงจรที่เชื่อมต่อจะเป็นไปตามรูปนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.15 การเชื่อมต่อแบบอนุกรม (LCD I2C)

2.8 หลักการทำงานของบอร์ด ESP32

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยราคา ณ ที่เขียนบทความอยู่นี้ มีราคาไม่เกิน 500 บาท (บอร์ดพัฒนาสำเร็จรูป) โดยตัวไอซี ESP32 มีสเปคโดยละเอียด ดังนี้

- ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz
- มีแรมในตัว 512KB
- รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB
- มาพร้อมกับ WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ

Wi-Fi direct

- มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
- ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V
- ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C

นอกจากนี้ ESP32 ยังมีเซ็นเซอร์ต่าง ๆ มาในตัวด้วย ดังนี้

- วงจรกรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ
- เซ็นเซอร์แม่เหล็ก
- เซ็นเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อคิสตอล 32.768kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ

การใช้งานต่าง ๆ ของ ESP32 รองรับการเชื่อมต่อบัสต่าง ๆ ดังนี้

- มี GPIO จำนวน 32 ช่อง
- รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง

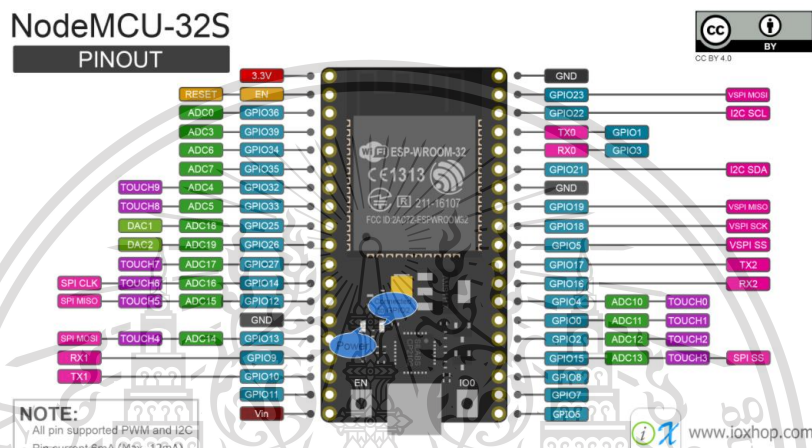
- รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- รองรับ I2C จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง
- รองรับ I2S จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card



รูปที่ 2.16 องค์ประกอบของ ESP32

2.9 รีเลย์(Relay)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสถานะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

2.9.1 ส่วนประกอบรีเลย์ มี 2 ส่วนหลักก็คือ

2.9.1.1 ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระตุ้นให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่คุณผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระตุ้นให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2.9.1.2 ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9.2 จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

2.9.2.1 จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลาเช่น

2.9.2.2 จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่น โคมไฟสนามหรือหน้าบ้าน

2.9.2.3 จุดต่อ C ย่อมาจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ

2.9.3 ข้อคำนึงถึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

2.9.3.1 แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12VDC คือต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ครับ เพราะตัวรีเลย์ จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

2.9.3.2 การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10A 220AC คือหน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220VAC ครับ แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้จะเป็นการดีกว่าครับ เพราะถ้ากระแสผ่านหน้าสัมผัส ของรีเลย์จะละลายเสียหายได้

2.9.3.3 จำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

2.9.4 ชนิดของรีเลย์

รีเลย์ที่นิยมใช้งานและรู้จักกันแพร่หลาย 4 ชนิด

- อาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay)
- รีดรีเลย์ (Reed Relay)
- รีดสวิตช์ (Reed Switch)
- โซลิดสเตตรีเลย์ (Solid-State Relay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.10 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

2.10.1 ที่มาและความสำคัญแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

เนื่องจากในวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และเซนเซอร์นั้นจำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายไฟถึงจะทำงานได้ซึ่งจะเป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC Power Supply) มีหน้าที่ให้พลังงานแก่ระบบ ปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาปรับปรุงทำให้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยทั่วไปจะมีโครงสร้างพื้นฐาน 2 ประเภท คือแหล่งจ่ายไฟตรงแบบเชิงเส้น และแหล่งจ่ายไฟตรงแบบสวิตซ์ซึ่งส่วนประกอบพื้นฐานของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

2.10.2 หม้อแปลงไฟฟ้า(Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้ามีหน้าที่เปลี่ยนค่าแรงดัน ไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันที่เหมาะสมกับการใช้งานโดยส่วนมากจะเป็นการลดแรงดันเพื่อใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.10.3 วงจรเรียงกระแส(Rectifier)

มีหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านชุดของไดโอด ซึ่งจะมีแรงดันกระเพื่อม (Ripple Voltage) ที่มีค่าสูงการหาแรงดันไฟตรงก็ทำได้โดยการเฉลี่ยรูปสัญญาณ

2.10.1.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น(Half-wave rectification) เป็นวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นใช้ไดโอดเพียงตัวเดียว

2.10.1.2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นโดยใช้หม้อแปลงที่มีแทป (Centre-tapped full-wave rectification) เฟสของไฟสลับที่จุดต้นกับจุดปลายจะต่างกัน 180 องศา เมื่อเทียบกับจุดกึ่งกลาง โดยการนำหม้อแปลงที่มีแทปกลางร่วมกับไดโอด 2 ตัว หม้อแปลงจะทำหน้าที่สลับเฟสของไฟสลับที่ป้อนให้กับไดโอดทั้งสองตัว ให้สลับกันทำงานแต่ละ 180 องศา เราจะได้กระแสที่ผ่านโหลดตลอดเวลาเต็มคลื่นของไฟสลับ

2.10.4 วงจรกรองลดแรงดันกระเพื่อม (Ripple Filter)

ทำหน้าที่กรองแรงดันกระเพื่อมที่ผ่านมาจากเรกติไฟเออร์ให้มีการกระเพื่อมน้อยลงโดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะสามารถทำงานได้ดีเมื่อแรงดันกระเพื่อมมีค่าประมาณ 10% โดยสามารถสร้างขึ้นจากอุปกรณ์ที่เป็นรีแอคทีฟ (Reactive) ได้แก่ตัวเก็บประจุ และ ตัวเหนี่ยวนำซึ่งจะต่อในลักษณะวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

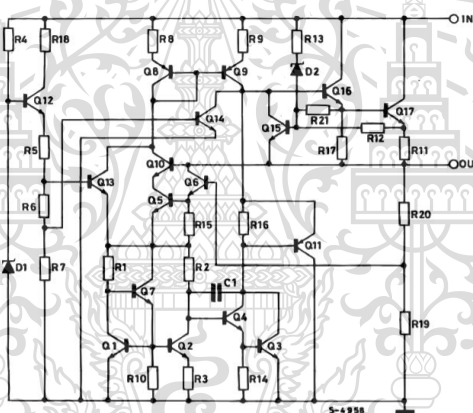
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.10.5 วงจรรักษาแรงดันคงที่ (Voltage Regulator)

ใช้สำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการแรงดันไฟตรงที่เรียบมากๆ โดยจะทำหน้าที่กำจัดแรงดันกระเพื่อมที่ยังหลงเหลืออยู่เล็กน้อยให้หมดไป ไฟตรงที่ได้จะมีคุณภาพใกล้เคียงกับแบตเตอรี่ สามารถสร้างได้จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานหรือใช้วงจรรวม (IC)

วงจรรักษาระดับแรงดันแบบเอาท์พุทคงที่โดยใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์ (IC Regulator) สำหรับวงจรแหล่งจ่ายไฟสมัยใหม่ นิยมออกแบบวงจรเรกกูเลเตอร์โดยใช้ IC เพราะว่่าออกแบบวงจรง่าย ราคาถูก ขนาดเล็ก และให้คุณภาพสูง IC ที่ใช้ในวงจรเรกกูเลเตอร์ที่จะกล่าวถึงนี้ เป็น IC สามขา เบอร์ 7805A เนื่องจาก IC เบอร์นี้ สามารถใช้งานครอบคลุมได้อย่างครบถ้วนลักษณะวงจรเสมือนภายในของ 7805A จะประกอบด้วยออปแอมป์ที่ใช้วงจรเรกกูเลเตอร์ หลายตัว ซึ่งสามารถแยกออกได้ 3 ส่วน คือ แรงดันอ้างอิง ทรานซิสเตอร์ขยายกระแส และการจำกัดค่ากระแส ดังรูปที่



รูปที่ 2.17 วงจรเสมือนภายในและขาต่างๆของ 78xx

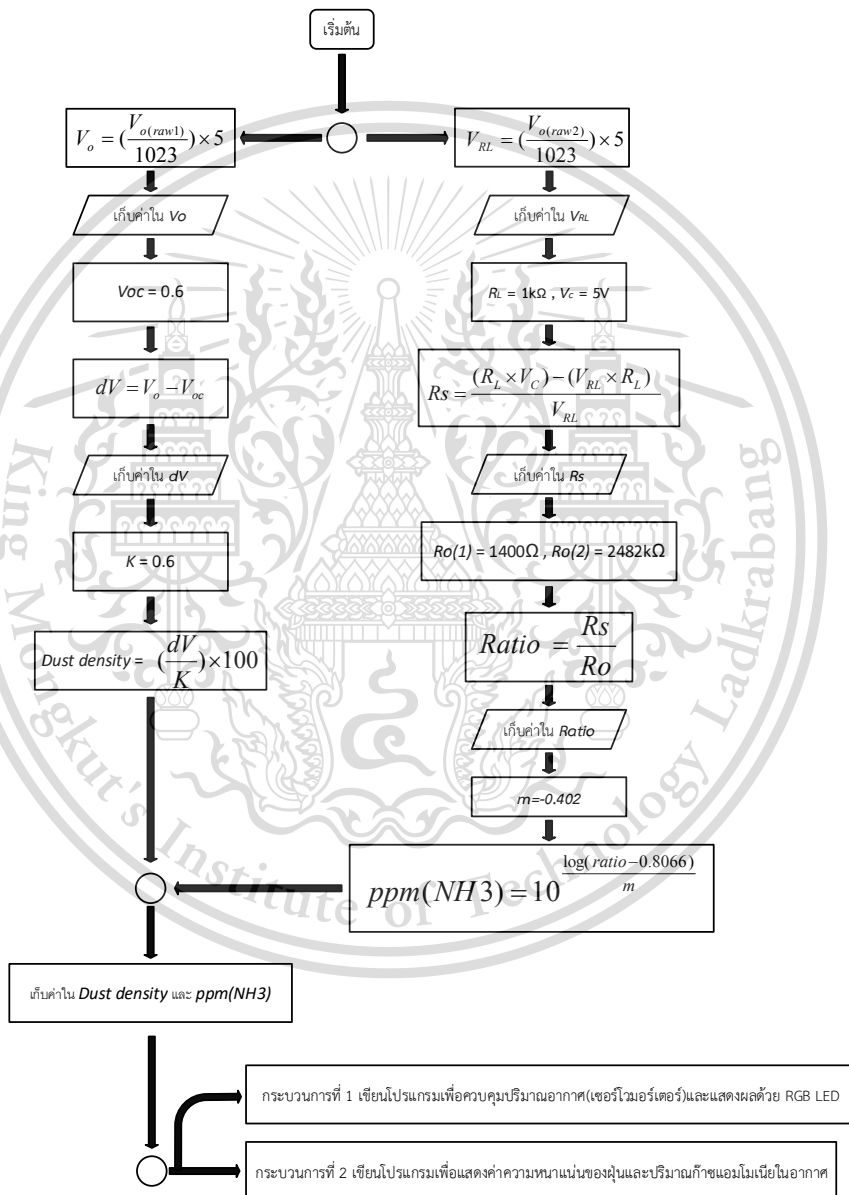
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนผังกระบวนการทำงาน



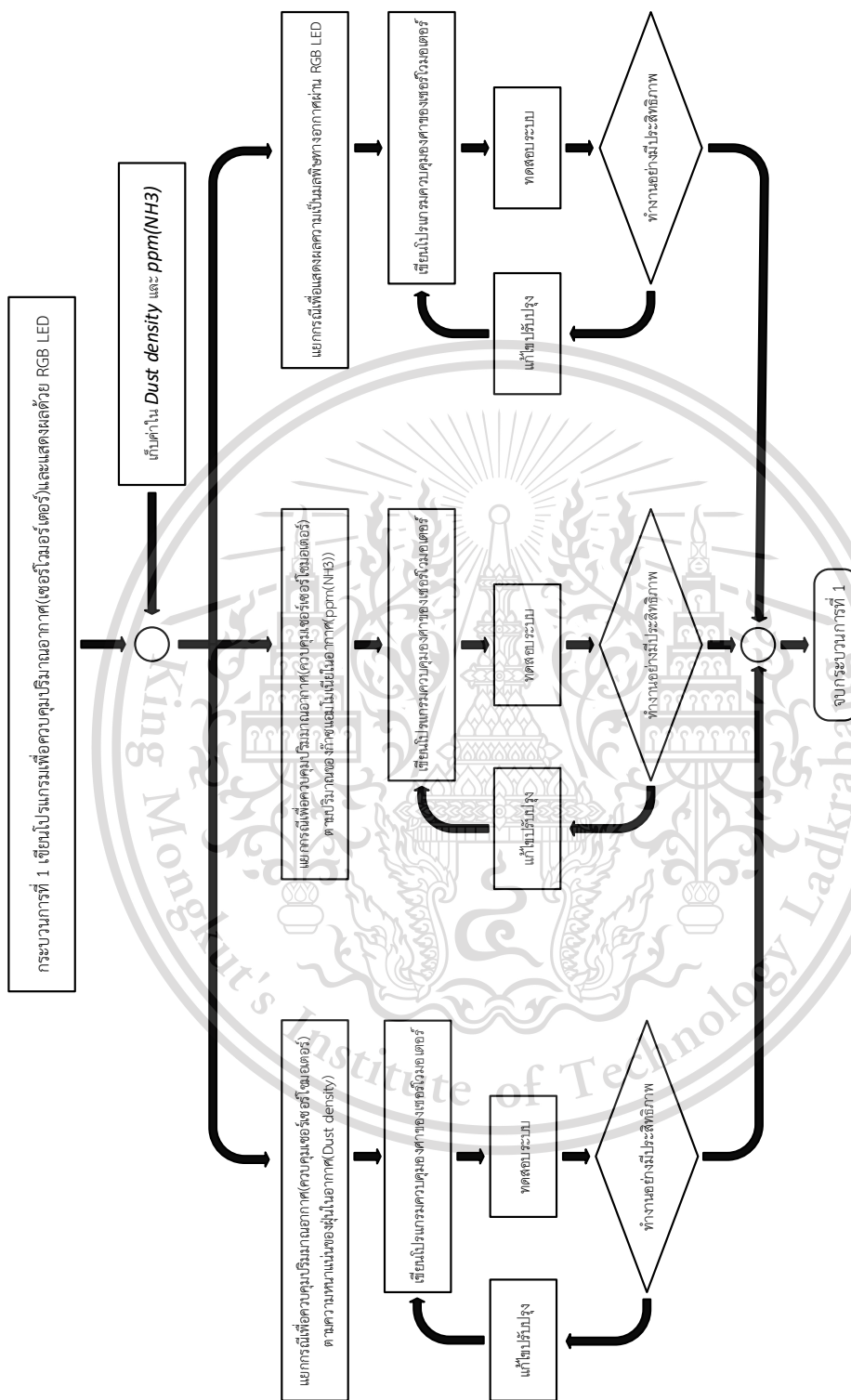
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงกระบวนการหาค่าปริมาณของฝุ่นและก๊าซจากเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.1 กระบวนการที่ 1

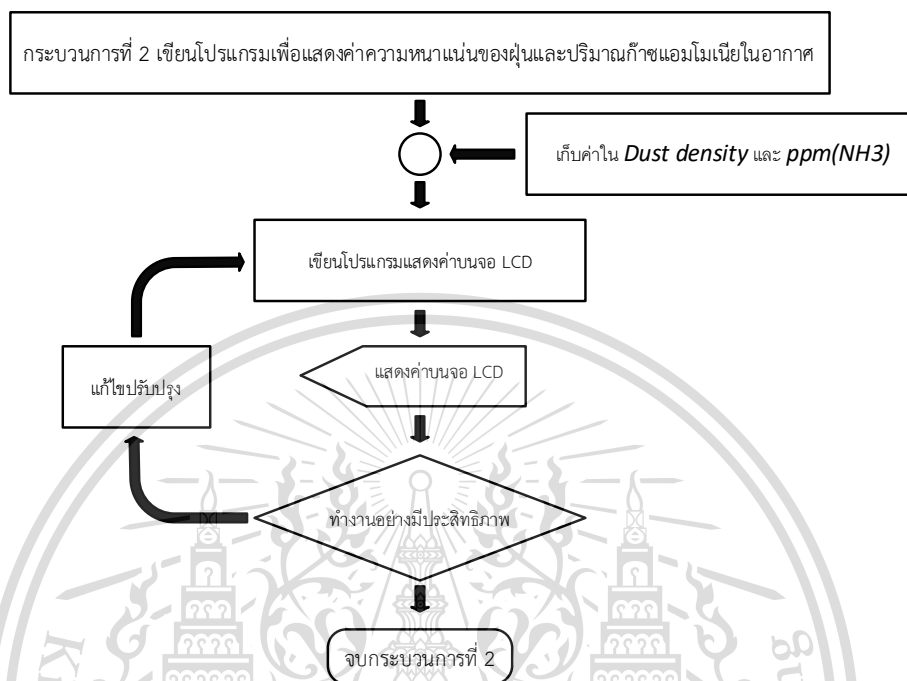


รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงการแบ่งกรณีเพื่อควบคุมเซอร์โมเตอร์และสีของ RGB จากค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับผู้ใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไข ใช้ประโยชน์ด้วยการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

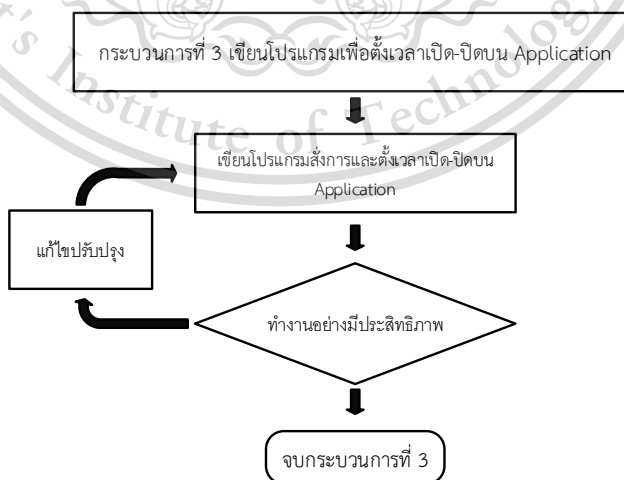
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2 กระบวนการที่ 2



รูปที่ 3.3 แผ่นผังแสดงกระบวนการเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงค่าบนจอ LCD

3.1.3 กระบวนการที่ 3



รูปที่ 3.4 แผ่นผังแสดงกระบวนการเขียนโปรแกรมเพื่อตั้งเวลาเปิด-ปิดบนแอปพลิเคชัน

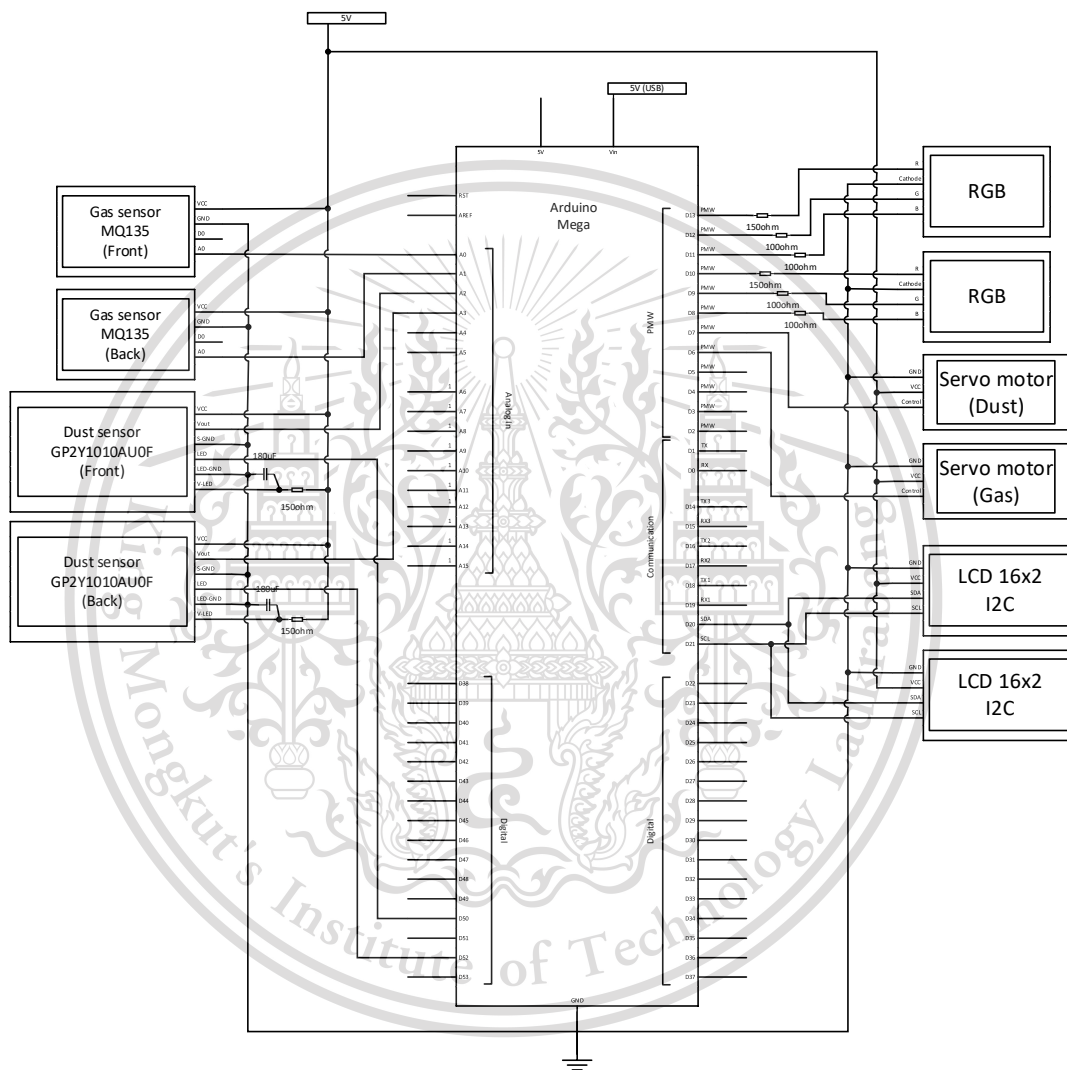
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 แผ่นผังวงจรของระบบ

3.2.1 การต่อบอร์ด Arduino mega เข้ากับเซ็นเซอร์, LCD, เซอร์โวมอเตอร์และหลอดไฟ RGB



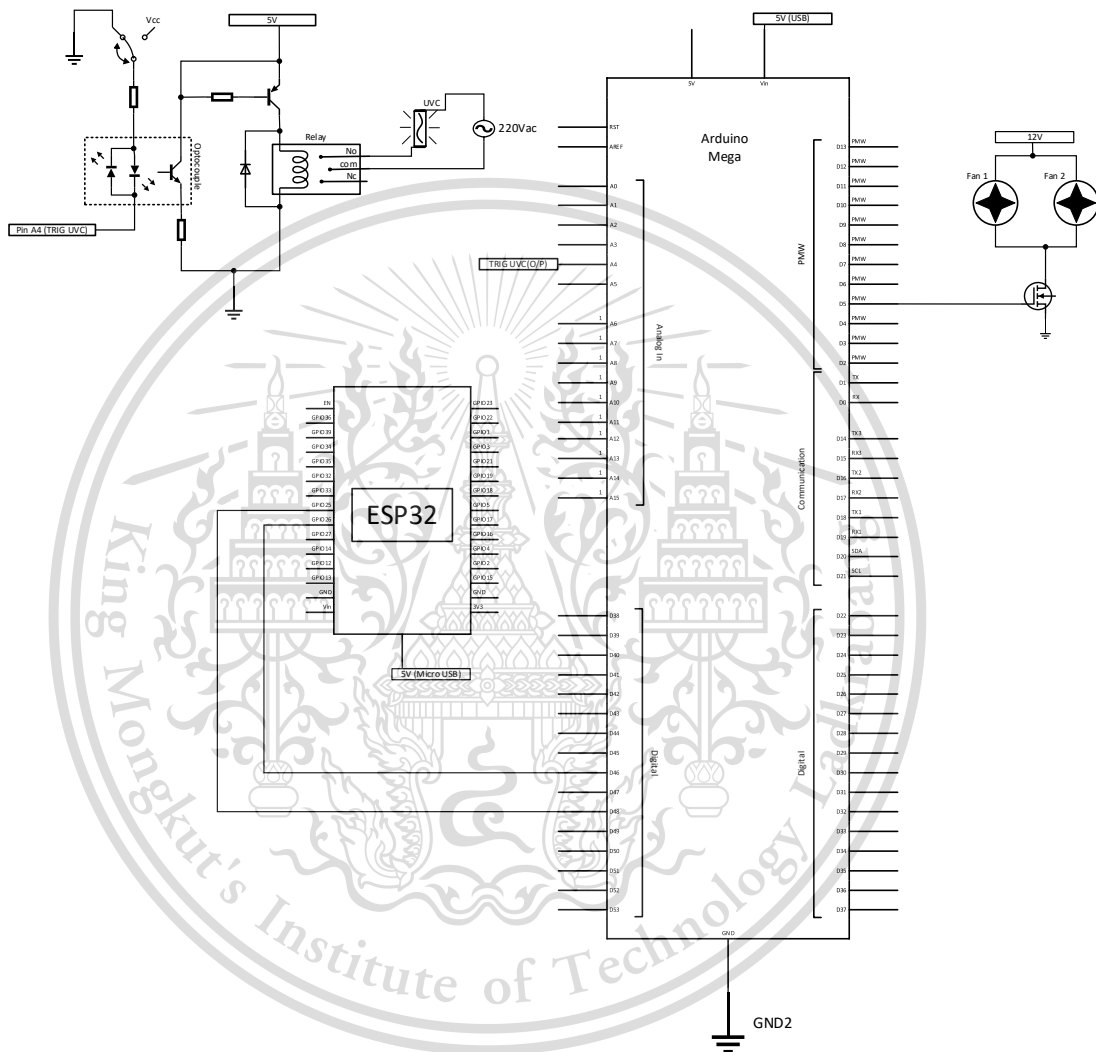
รูปที่ 3.5 การต่อการต่อบอร์ด Arduino mega เข้ากับเซ็นเซอร์, LCD, เซอร์โวมอเตอร์และหลอดไฟ RGB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2 การต่อบอร์ด Arduino mega เข้ากับบอร์ดESP32, วงจรรีเลย์และพัดลม



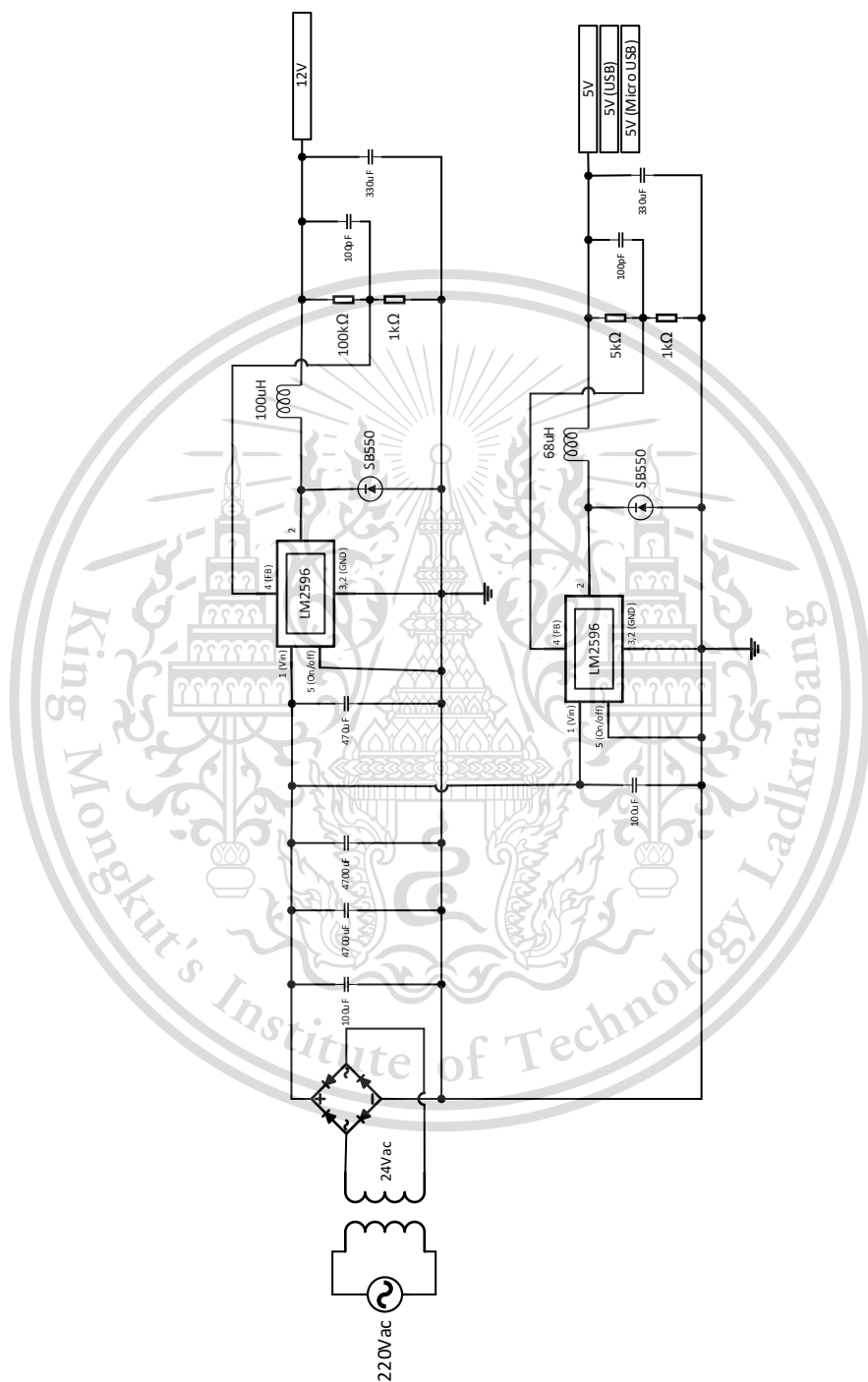
รูปที่ 3.6 การต่อบอร์ด Arduino mega เข้ากับบอร์ดESP32, วงจรรีเลย์และพัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟให้แกระบบ



รูปที่ 3.7 วงจรแหล่งจ่ายไฟให้แกระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

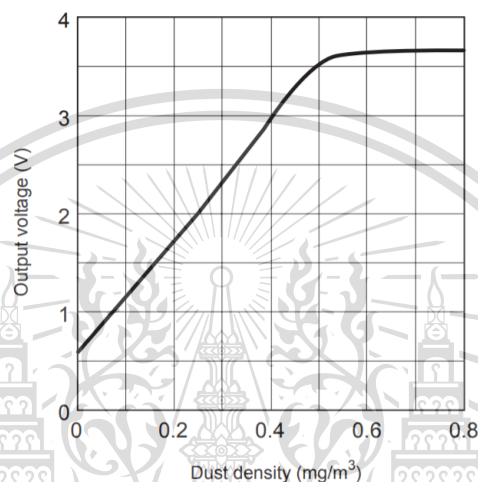
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 การทดลองและคำนวณหาค่าตัวแปรของเซ็นเซอร์

3.3.1 เซ็นเซอร์วัดความหนาแน่นของฝุ่นละออง

เซ็นเซอร์วัดความหนาแน่นของฝุ่นละออง รุ่นSharp GP2Y1010AU0F สามารถทราบความหนาแน่นของฝุ่นละอองได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกและความหนาแน่นของฝุ่น



รูปที่ 3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกและความหนาแน่นของฝุ่น

และสมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของฝุ่นและแรงดันขาออก

เป็นดังนี้

$$\text{Dust density} = \left[\frac{V_{\text{out}} - V_{\text{oc}}}{k} \right] \times 100 \quad (3.1)$$

V_{out} คือ แรงดันขาออกขณะที่มีฝุ่น

V_{oc} คือ แรงดันขาออกขณะที่ไม่มีฝุ่น

K คือ ความไว หน่วย $V/(0.1 \text{ mg/m}^3)$ (ระบุได้จากขนาดของแรงดันเอาต์พุตเมื่อความหนาแน่นของฝุ่นเปลี่ยนแปลง 0.1 mg/m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

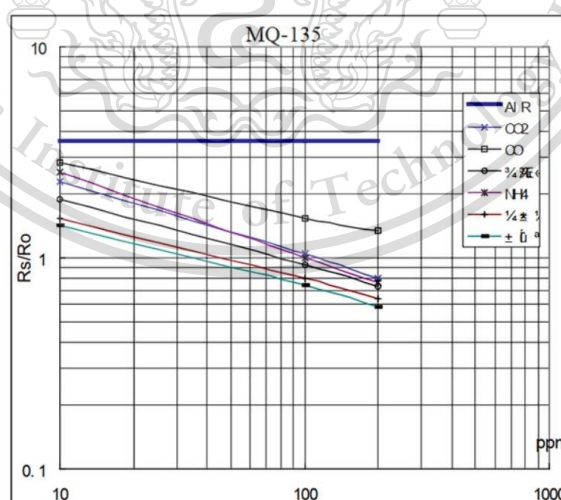
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลระหว่างความหนาแน่นของฝุ่นและแรงดันขาออก

Dust density ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Voltage output (V)
0	0.589
98.79	1.150
199.52	1.729
300.24	2.518
400.97	2.974
499.76	3.515
596.61	3.648
699.27	3.667
800	3.667

3.3.2 เซ็นเซอร์วัดปริมาณก๊าซในอากาศ

เซ็นเซอร์วัดปริมาณก๊าซรุ่น MQ-135 มีการตอบสนองต่อก๊าซหลายชนิด ในการทดลองนี้จะใช้ก๊าซแอมโมเนียในการทดลองซึ่งสามารถหาปริมาณก๊าซในอากาศได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความต้านทานภายในและความหนาแน่นของก๊าซแต่ละชนิด



รูปที่ 3.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความต้านทานเซ็นเซอร์และค่าความหนาแน่นของก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า จากกราฟความสัมพันธ์ที่เป็นกราฟ log-log scale ได้สามารถตั้งไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\text{ppm} = 10^{\frac{(\log(\frac{R_s}{R_o}) - b)}{m}} \quad (3.2)$$

ppm คือ ปริมาณของก๊าซ

R_s คือ ค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์ที่เปลี่ยนไปตามปริมาณแก๊ส

R_o คือ ค่าความต้านทานตั้งต้นของเซ็นเซอร์ สำหรับ MQ-135 จะหาได้จากการวัดอากาศบริสุทธิ์และมีก๊าซแอมโมเนียปริมาณ 100ppm

m คือ ความชันของกราฟ

b คือ ค่าคงที่

ทำการทดลองโดยใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว วัดก๊าซแอมโมเนียปริมาณ 100ppm ในระบบปิดที่ไม่มีก๊าซอื่นที่เซ็นเซอร์สามารถตอบสนองได้เพื่อหาค่าความต้านทานตั้งต้นของเซ็นเซอร์(R_o) จะได้ค่าความต้านทานตั้งต้นของเซ็นเซอร์(R_o)ทั้ง 2 ตัว คือ $R_o(1) = 1400\Omega$, $R_o(2) = 2482\Omega$ จะได้ค่าตัวแปรต่างๆ ดังตาราง

ตารางที่ 3.2 ค่าตัวแปรต่างๆของเซ็นเซอร์ก๊าซตัวที่ 1 $R_o(1) = 1400\Omega$

ppm	ADC	Vout	R_s	R_s/R_o
10	223	1.09	3570	2.55
20	276	1.35	2688	1.92
30	310	1.52	2282	1.63
40	335	1.64	2044	1.46
50	356	1.74	1862	1.33
60	372	1.82	1736	1.24
70	388	1.9	1624	1.16
80	401	1.96	1540	1.1
90	413	2.02	1470	1.05
100	423	2.07	1414	1.01
110	433	2.12	1358	0.97
120	443	2.17	1302	0.93
130	452	2.21	1260	0.9
140	458	2.24	1232	0.88
150	466	2.28	1190	0.85
160	472	2.31	1162	0.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ppm	ADC	Vout	Rs	Rs/Ro
170	478	2.34	1134	0.81
180	484	2.37	1106	0.79
190	488	2.39	1092	0.78
200	495	2.42	1064	0.76
220	505	2.47	1022	0.73
230	509	2.49	1008	0.72
240	511	2.5	994	0.71
250	519	2.54	966	0.69
260	523	2.56	952	0.68
270	525	2.57	938	0.67
280	529	2.59	924	0.66
290	534	2.61	910	0.65
300	538	2.63	896	0.64

ตารางที่ 3.3 ค่าตัวแปรต่างๆของเซ็นเซอร์ก๊าซตัวที่ 2 $R_o(2) = 2482\Omega$

ppm	ADC	Vout	Rs	Rs/Ro
10	139	0.68	6329	2.55
20	175	0.86	4765	1.92
30	202	0.99	4045	1.63
40	220	1.08	3623	1.46
50	237	1.16	3301	1.33
60	249	1.22	3077	1.24
70	261	1.28	2879	1.16
80	274	1.34	2730	1.1
90	282	1.38	2606	1.05
100	290	1.42	2506	1.01
110	298	1.46	2407	0.97
120	308	1.51	2308	0.93
130	315	1.54	2233	0.9
140	321	1.57	2184	0.88
150	327	1.6	2109	0.85
160	333	1.63	2060	0.83
170	339	1.66	2010	0.81
180	343	1.68	1960	0.79
190	347	1.7	1935	0.78
200	353	1.73	1886	0.76
220	362	1.77	1811	0.73
230	366	1.79	1787	0.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ppm	ADC	Vout	Rs	Rs/Ro
240	370	1.81	1762	0.71
250	376	1.84	1712	0.69
260	380	1.86	1687	0.68
270	382	1.87	1662	0.67
280	386	1.89	1638	0.66
290	390	1.91	1613	0.65
300	394	1.93	1588	0.64

3.4 การแบ่งช่วงการทำงานของอุปกรณ์

3.4.1 การแบ่งช่วงการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์สำหรับแผ่นกรองฝุ่น

ตารางที่ 3.4 การแบ่งช่วงการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์สำหรับแผ่นกรองฝุ่น

Case	Dust Density($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Degree of servo motor
1	<51	96.4
2	51 - 231	125
3	231 - 351	147.5
4	351 - 471	165
5	>471	180

3.4.2 การแบ่งช่วงการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์สำหรับแผ่นกรองก๊าซ

ตารางที่ 3.5 การแบ่งช่วงการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์สำหรับแผ่นกรองก๊าซ

Case	Gas density (ppm)	Degree of servo motor
1	<25	94.4
2	25 - 100	125
3	100 - 175	147.5
4	175 - 250	165
5	250 - 325	180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4.3 การแบ่งช่วงการทำงานของหลอดไฟ RGB

การควบคุมสีของ RGB มีการแบ่งตามค่ามลพิษทางอากาศ 5 ระดับดังนี้

- สีฟ้า (คุณภาพดีมาก)
- สีเขียว (คุณภาพดี)
- สีเหลือง (ปานกลาง)
- สีส้ม (เริ่มเป็นอันตรายต่อร่างกาย)
- สีแดง (เป็นอันตรายต่อร่างกาย)

ตารางที่ 3.6 การแบ่งช่วงสีของ RGB ตามความหนาแน่นมลพิษ

Case	Dust	PPM	RGB
1	≤ 51	≤ 25	ฟ้า
2	≤ 51	$25 < \text{ppm} \leq 100$	เขียว
3	≤ 51	$100 < \text{ppm} \leq 400$	เหลือง
4	$51 < \text{Dust} \leq 100$	$25 < \text{ppm} \leq 100$	เขียว
5	$100 < \text{Dust} \leq 200$	$25 < \text{ppm} \leq 100$	เหลือง
6	$200 < \text{Dust} \leq 300$	$25 < \text{ppm} \leq 100$	ส้ม
7	> 300	$25 < \text{ppm} \leq 100$	แดง
8	$51 < \text{Dust} \leq 100$	$100 < \text{ppm} \leq 400$	เหลือง
9	$100 < \text{Dust} \leq 200$	$100 < \text{ppm} \leq 400$	เหลือง
10	$200 < \text{Dust} \leq 300$	$100 < \text{ppm} \leq 400$	ส้ม
11	> 300	$100 < \text{ppm} \leq 400$	แดง
12	$51 < \text{Dust} \leq 100$	$\text{ppm} < 25$	เขียว
13	$100 < \text{Dust} \leq 200$	$\text{ppm} < 25$	เหลือง
14	$200 < \text{Dust} \leq 300$	$\text{ppm} < 25$	ส้ม
15	> 300	$\text{ppm} < 25$	แดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.5 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

3.5.1 โปรแกรมควบคุมการทำงานที่ Arduino mega 2560

```

#include <SoftwareSerial.h>
#include <Servo.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
LiquidCrystal_I2C lcdfront(0x27,16,2);
LiquidCrystal_I2C lcdback(0x26,16,2);
int sharpLEDPinfront = 52;
int sharpVoPinfront = A2;
int sharpLEDPinback = 50;
int sharpVoPinback = A3;
static float Voc = 0.6;
const float K = 0.5;
float Vofront,Voback;
float dVfront,dVback;
float VoRawfront,Vorawback;
float dustDensityfront,dustDensityback;
unsigned long timer1 = millis();
SoftwareSerial arduinomega(15,14); //RX:TX
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
#define Rofront 1400
#define Roback 2482
#define m -0.402
#define mback -0.402
#define b 0.8066
#define bback 0.8066
#define VCC 5
#define VCCback 5
float ratiofront,ratioback;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยหน่วยงานราชการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

float RSfront,RSback ;
float VRLfront,VRLback ;
float gasfront,gasback ;
/////////////////////////////////////////////////////////////////
float sensorpinfront;
float sensorpinback;
/////////////////////////////////////////////////////////////////
int RF = 13;
int GF = 12;
int BF = 11;
int RB = 10;
int GB = 9;
int BB = 8;
int v1=46; //status blynk timer form esp32
int v0=48; //status blynk button form esp32
#define relayUVC A4 //trig UVC
#define dcfan A5 // // trig dcfan
#define pwmdcfan 5
int button;
int timer;
/////////////////////////////////////////////////////////////////
Servo dustservo;
Servo myservogas;
/////////////////////////////////////////////////////////////////
void setup() {
  lcdfront.init();
  lcdfront.backlight();
  lcdback.init();
  lcdback.backlight();

```

เอกสารนี้เป็น arduino mega.begin(9600); ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

pinMode(sharpLEDPinfront, OUTPUT);
pinMode(sharpLEDPinback, OUTPUT);
pinMode(dcfan,OUTPUT);
Serial.begin(9600);
pinMode(A0,INPUT);
pinMode(A1,INPUT);
pinMode(RF,OUTPUT);
pinMode(GF,OUTPUT);
pinMode(BF,OUTPUT);
pinMode(RB,OUTPUT);
pinMode(GB,OUTPUT);
pinMode(BB,OUTPUT);
pinMode(pwmdcfan,OUTPUT);
dustservo.write(95);
myservogas.write(95);
dustservo.attach(7);
myservogas.attach(6);
lcdfront.setCursor(2,0);
lcdfront.print("PLEASE WAIT");
lcdfront.setCursor(1,1);
lcdfront.print("STARTING WORK");
lcdback.setCursor(2,0);
lcdback.print("PLEASE WAIT");
lcdback.setCursor(1,1);
lcdback.print("STARTING WORK");
}

```

//

```
void dust(){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

if(millis()-timer1 >=1000){
timer1+=1000;
float sensorpinfront = analogRead(A0);
float sensorpinback = analogRead(A1);
Vofront = (VoRawfront / 1023.0) * 5.0;
Voback = (VoRawback / 1023.0) * 5.0;
dVfront = Vofront - 0.7;
dVback = Voback - 0.5;
VRLfront = (sensorpinfront/1023) * 5 ;
VRLback = (sensorpinback/1023) * 5 ;
RSfront = ((VCC/VRLfront)-1) * 1000 ;
RSback = ((VCCback/VRLback)-1) * 1000 ;
ratiofront = RSfront/Rofront ;
ratioback = RSback/Roback;
gasfront = pow(10,(((log10(ratiofront))-b)/m));
gasback = pow(10,(((log10(ratioback))-bback)/mback));
if ( dVfront < 0 ) {
dVfront = 0;
0.7 == Vofront;
}
if ( dVback < 0 ) {
dVback = 0;
0.5 == Voback;
}
dustDensityfront = dVfront / 0.5 * 100.0;
dustDensityback = dVback / 0.5 * 100.0;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void output(){

Serial.print("Vofront = ");
Serial.print(Vofront);
Serial.print("///");
Serial.print("dustfront = ");
Serial.print(dustDensityfront);
Serial.print("----");
Serial.print("Voback = ");
Serial.print(Voback);
Serial.print("///");
Serial.print("dustback = ");
Serial.println(dustDensityback);

}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void LCD_front() {
  lcdfront.setCursor(0,0);
  lcdfront.print("Dust ");
  lcdfront.setCursor(6,0);
  lcdfront.print(dustDensityfront);
  lcdfront.setCursor(11,0);
  lcdfront.print("ug/m3");
  lcdfront.setCursor(0,1);
  lcdfront.print("ppmNH3 =");
  lcdfront.setCursor(10,1);
  lcdfront.print(gasfront);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void LCD_back() {
  lcdback.setCursor(0,0);
  lcdback.print("Dust ");
  lcdback.setCursor(6,0);
  lcdback.print(dustDensityback);
  lcdback.setCursor(11,0);
  lcdback.print("ug/m3");
  lcdback.setCursor(0,1);
  lcdback.print("ppmNH3 =");
  lcdback.setCursor(10,1);
  lcdback.print(gasback);
}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void servo_RGBfront () {
  if((dustDensityfront<51)&&(gasfront<25)){ //case1
    analogWrite(RF, 0);
    analogWrite(GF, 255);
    analogWrite(BF, 255);
  }
  else if((dustDensityfront<51)&&((gasfront>=25)&&(gasfront<100))){ //case2
    analogWrite(RF, 0);
    analogWrite(GF, 255);
    analogWrite(BF, 0);
  }
  else if((dustDensityfront<51)&&((gasfront>=100)&&(gasfront<400))){ //case3
    analogWrite(RF, 255);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษานี้เป็นการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

    analogWrite(BF, 0);
}
else
if(((dustDensityfront>=51)&&(dustDensityfront<100))&&((gasfront>=25)&&(gasfront<100))) {
//case4
    analogWrite(RF, 0);
    analogWrite(GF, 255);
    analogWrite(BF, 0);
}
else
if(((dustDensityfront>100)&&(dustDensityfront<=200))&&((gasfront>=25)&&(gasfront<100))) {
//case5
    analogWrite(RF, 255);
    analogWrite(GF, 255);
    analogWrite(BF, 0);
}
else
if(((dustDensityfront>=200)&&(dustDensityfront<=300))&&((gasfront>=25)&&(gasfront<100))) { //case6
    analogWrite(RF, 255);
    analogWrite(GF, 125);
    analogWrite(BF, 0);
}
else if((dustDensityfront>300)&&((gasfront>=25)&&(gasfront<100))) { //case7
    analogWrite(RF, 255);
    analogWrite(GF, 0);
    analogWrite(BF, 0);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

else
if(((dustDensityfront>=51)&&(dustDensityfront<100))&&((gasfront>=100)&&(gasfront<400)))
//case8
analogWrite(RF, 255);
analogWrite(GF, 255);
analogWrite(BF, 0);
}
else
if(((dustDensityfront>=100)&&(dustDensityfront<200))&&((gasfront>=100)&&(gasfront<400)))
//case9
analogWrite(RF, 255);
analogWrite(GF, 255);
analogWrite(BF, 0);
}
else
if(((dustDensityfront>=200)&&(dustDensityfront<300))&&((gasfront>=100)&&(gasfront<400)))
//case10
analogWrite(RF, 255);
analogWrite(GF, 125);
analogWrite(BF, 0);
}
else if(((dustDensityfront>=300)&&((gasfront>=100)&&(gasfront<400)))) //case11
analogWrite(RF, 255);
analogWrite(GF, 0);
analogWrite(BF, 0);
}
else if(((dustDensityfront>=51)&&(dustDensityfront<100))&&(gasfront<25)) //case12
analogWrite(RF, 0);
analogWrite(GF, 255);
analogWrite(BF, 0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

}
else if(((dustDensityfront>=100)&&(dustDensityfront<200))&&(gasfront<25)){ //case13
analogWrite(RF, 255);
analogWrite(GF, 255);
analogWrite(BF, 0);
}
else if(((dustDensityfront>=200)&&(dustDensityfront<300))&&(gasfront<25)){ //case14
analogWrite(RF, 255);
analogWrite(GF, 125);
analogWrite(BF, 0);
}
else if((dustDensityfront>=300)&&(gasfront<25)){ //case15
analogWrite(RF, 251);
analogWrite(GF, 0);
analogWrite(BF, 0);
}
}
}
//////////////////////////////////////////////////
void RGBback () {
if((dustDensityback<51)&&(gasback<25)){ //case1
analogWrite(RB, 0);
analogWrite(GB, 255);
analogWrite(BB, 255);
}
else if((dustDensityback<51)&&((gasback>=25)&&(gasback<100))){ //case2
analogWrite(RB, 0);
analogWrite(GB, 255);
analogWrite(BB, 0);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 255);
analogWrite(BB, 0);
}
else
if(((dustDensityback>=51)&&(dustDensityback<100))&&((gasback>=25)&&(gasback<100))){
//case4
analogWrite(RB, 0);
analogWrite(GB, 255);
analogWrite(BB, 0);
}
else
if(((dustDensityback>100)&&(dustDensityback<=200))&&((gasback>=25)&&(gasback<100))){
//case5
analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 255);
analogWrite(BB, 0);
}
else
if(((dustDensityback>=200)&&(dustDensityback<=300))&&((gasback>=25)&&(gasback<100)))
{ //case6
analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 125);
analogWrite(BB, 0);
}
else if(((dustDensityback>300)&&(dustDensityback>=25)&&(gasback<100))){ //case7
analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 0);
analogWrite(BB, 0);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

else
if(((dustDensityback>=51)&&(dustDensityback<100))&&((gasback>=100)&&(gasback<400)))
//case8
analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 255);
analogWrite(BB, 0);
}
else
if(((dustDensityback>=100)&&(dustDensityback<200))&&((gasback>=100)&&(gasback<400)))
{ //case9
analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 255);
analogWrite(BB, 0);
}
else
if(((dustDensityback>=200)&&(dustDensityback<300))&&((gasback>=100)&&(gasback<400)))
{ //case10
analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 125);
analogWrite(BB, 0);
}
else if(((dustDensityback>=300)&&((gasback>=100)&&(gasback<400)))) //case11
analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 0);
analogWrite(BB, 0);
}
else if(((dustDensityback>=51)&&(dustDensityback<100))&&(gasback<25)) //case12
analogWrite(RB, 0);
analogWrite(GB, 255);
analogWrite(BB, 0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

}
else if(((dustDensityback>=100)&&(dustDensityback<200))&&(gasback<25)){ //case13
analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 255);
analogWrite(BB, 0);
}
else if(((dustDensityback>=200)&&(dustDensityback<300))&&(gasback<25)){ //case14
analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 125);
analogWrite(BB, 0);
}
else if((dustDensityback>=300)&&(gasback<25)){ //case15
analogWrite(RB, 255);
analogWrite(GB, 0);
analogWrite(BB, 0);
}
////////////////////////////////////
}
void dustcase(){
  if(dustDensityfront<51){
    dustservo.write(96.4);
  }
  else if(dustDensityfront>=51 && dustDensityfront<231){
    dustservo.write(125); //check
  }
  else if(dustDensityfront>=231 && dustDensityfront<351){
    dustservo.write(147.5);
  }
  else if(dustDensityfront>=351 && dustDensityfront<471){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

}
else if(dustDensityfront>=471 ){
  dustservo.write(180);
}

}

/////////////////////////////////////////////////
void gascase(){
  if(gasfront<25){
    myservogas.write(96.4);
  }
  else if(gasfront>=25 && gasfront<100){
    myservogas.write(125); // check
  }
  else if(gasfront>=100 && gasfront<175){
    myservogas.write(147.5);
  }
  else if(gasfront>=175 && gasfront<250){
    myservogas.write(165); //check
  }
  else if(gasfront>=250&& gasfront<325){
    myservogas.write(180);
  }

}

void manualOFF(){ //timer turn off
  myservogas.write(90);
  dustservo.write(90);
}

```

เอกสารนี้เป็น analogWrite(relayUVC,0);รใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

analogWrite(dcfan,0); // trig dcfan
lcdfront.noBacklight();
lcdfront.noDisplay();
lcdfront.noCursor();
lcdback.noBacklight();
lcdback.noDisplay();
lcdback.noCursor();
analogWrite(RF,0);
analogWrite(GF,0);
analogWrite(BF,0);
analogWrite(RB,0);
analogWrite(GB,0);
analogWrite(BB,0);
}

void llcd(){
  lcdfront.init();
  lcdfront.backlight();
  lcdback.init();
  lcdback.backlight();
}

void serialport(){
  arduinomega.print("dustDensityfront : ");
  arduinomega.print(dustDensityfront);
  arduinomega.print("|gasfront : ");
  arduinomega.print(gasfront);
  arduinomega.print(" /// dustDensityback : ");
  arduinomega.print(dustDensityback);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

    arduinomega.print(gasback);
}

void loop() {

    digitalWrite(sharpLEDPinfront, LOW);
    digitalWrite(sharpLEDPinback, LOW);
    delayMicroseconds(280);
    VoRawfront = analogRead(sharpVoPinfront);
    VoRawback = analogRead(sharpVoPinback);
    digitalWrite(sharpLEDPinfront, HIGH);
    digitalWrite(sharpLEDPinback, HIGH);

    if(millis() >= 19998 && millis()<20000){
        lcdfront.clear();
        lcdback.clear();
    }

    if(millis() >= 20000){
        button=digitalRead(48);
        timer=digitalRead(46);
        if(button==1 && timer==0){
            llcd();
            output();
            dust();
            LCD_front();
            LCD_back();
            RGBback ();

```

เอกสารนี้เป็น `servo_RGBfront()`; หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

dustcase();
gascase();
analogWrite(pwmDCFAN,255);
analogWrite(relayUVC,1023);

}

else if(button==0 && timer==1){
llcd();
output();
dust();
LCD_front();
LCD_back();
RGBback ();
servo_RGBfront ();
dustcase();
gascase();
analogWrite(pwmDCFAN,255);
analogWrite(relayUVC,1023);

}

else if(button==0 && timer==0){

myservogas.write(85);
dustservo.write(90);
analogWrite(relayUVC,0);
analogWrite(dcfan,0); // trig dcfan
analogWrite(RF,0);
analogWrite(GF,0);
analogWrite(BF,0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

analogWrite(RB,0);
analogWrite(GB,0);
analogWrite(BB,0);
analogWrite(pwmDCFAN,0);
lcdfront.noBacklight();
lcdfront.noDisplay();
lcdfront.noCursor();
lcdback.noBacklight();
lcdback.noDisplay();
lcdback.noCursor();
}
}
}

```

3.5.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานที่ ESP32

```

#include <SoftwareSerial.h>
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
char auth[] = "kwKCeOVzAYsutHhQLQSDMrDhdXjj4c";
char ssid[] = "kitiinun_2.4G";
char pass[] = "0639307333";

int buttonblynk;
int timerblynk;

SoftwareSerial esp32(16,17); //RX:TX

#define buttonmega 25

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
#define timermega 26
float dustDensityfront;
float gasfront;
float dustDensityback;
float gasback;
```

```
unsigned long timer2=millis();
```

```
BLYNK_WRITE(V1){
```

```
  timerblynk = param.asInt();
```

```
}
```

```
BLYNK_WRITE(V0){
```

```
  buttonblynk = param.asInt();
```

```
}
```

```
WidgetLCD lcdfront(V2);
```

```
WidgetLCD lcdback(V3);
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
```

```
  pinMode(buttonmega,OUTPUT);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

pinMode(timermega,OUTPUT);

esp32.begin(9600);

}

void lcdblynk()
{

  lcdfront.print(0,0,dustDensityfront);
  lcdfront.print(0,1,"B");
  lcdback.print(0,0,"C");
  lcdback.print(0,1,"D");

}

void serialport(){

  if(esp32.available() > 0){

    dustDensityfront      = esp32.parseFloat();

    gasfront              = esp32.parseFloat();

    dustDensityback       = esp32.parseFloat();

    gasback                = esp32.parseFloat();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะที่องค์กรศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

Serial.print(dustDensityfront);

Serial.print(":");

Serial.print(gasfront);

Serial.print(":");

Serial.print(dustDensityback);

Serial.print(":");

Serial.println(gasback);

}

}

void statusblynk()
{

if((buttonblynk == 1 && timerblynk == 0)|| (buttonblynk ==1 && timerblynk ==1)){

digitalWrite(buttonmega,HIGH);

digitalWrite(timermega,LOW);

}

else if(buttonblynk == 0 && timerblynk == 1) {
digitalWrite(buttonmega,LOW);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

digitalWrite(timermega,HIGH);

}

else if(buttonblynk == 0 && timerblynk == 0) {

digitalWrite(buttonmega,LOW);

digitalWrite(timermega,LOW);

}

}

void serialport1(){
while (esp32.available() > 0)
{
dustDensityfront = esp32.parseFloat();
gasfront = esp32.parseFloat();
dustDensityback = esp32.parseFloat();
gasback = esp32.parseFloat();
if (esp32.read() == '\n')
{
Serial.print(dustDensityfront);

Serial.print(" : ");

Serial.print(gasfront);

Serial.print(" : ");
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```
Serial.print(dustDensityback);

Serial.print(" : ");

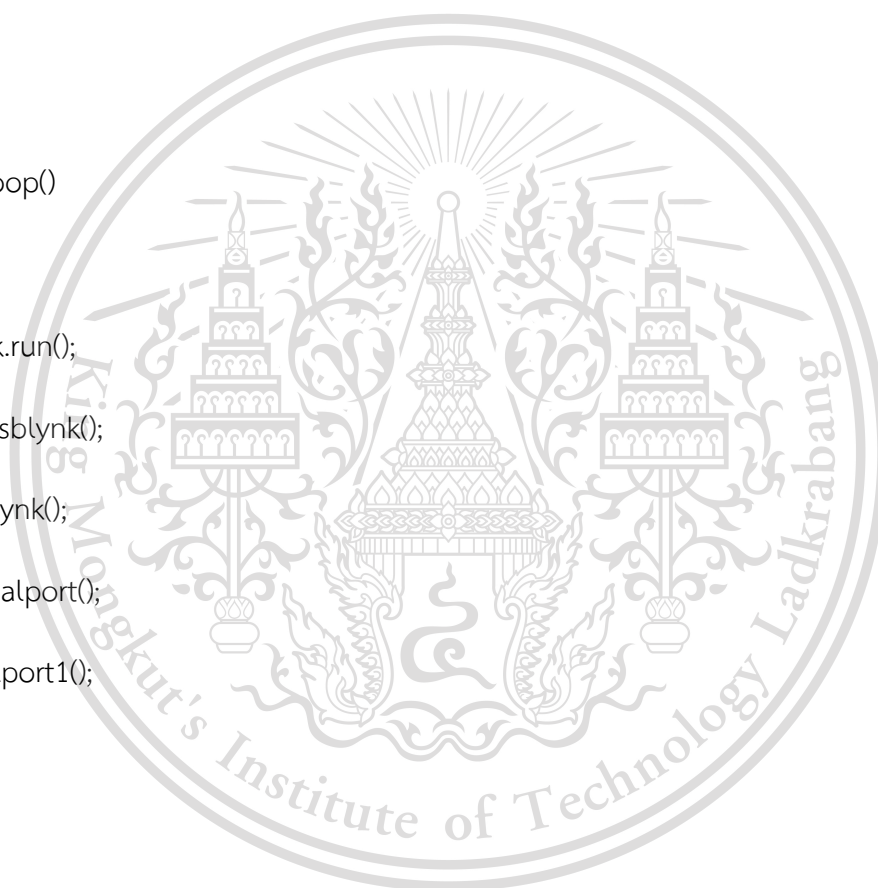
Serial.println(gasback);

}

}

}

void loop()
{
  Blynk.run();
  statusblynk();
  lcdblynk();
  //serialport();
  serialport1();
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.6 วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง

3.6.1 การคำนวณพิกัดของหม้อแปลง

พิกัดหม้อแปลงสำหรับวงจรที่มีพิกัดแรงดัน 24 V และพิกัดกระแส 3 A

3.6.2 พิจารณาการใช้ไดโอดในวงจรเรียงกระแส

การเลือกค่ากระแสไปป์สตรีง ค่ากระแสไปป์สตรีงสูงสุดของไดโอดจะต้องมีค่าอย่างน้อย 2 เท่าของกระแสไฟตรงที่ไหลผ่านไดโอด นั่นคือ 2 A ซึ่งเป็นกระแสสูงสุดที่ไดโอดจะสามารถทนได้และไดโอดจะสามารถทนแรงดันได้สูงสุดไม่ต่ำกว่า $2\sqrt{2}$ เท่าของแรงดันที่ออกจากหม้อแปลง คือ 50 V ณ ที่นี้จึงเลือกใช้ไดโอดบริดจ์สำเร็จรูป KBL404G-TO ซึ่งทนแรงดันได้สูงสุด 400 V และทนกระแสได้สูงสุด 4 A

3.6.3 พิจารณาการใช้วงจรกรองลดแรงดันกระแสเพื่อ

ในที่นี้เลือกใช้ตัวเก็บประจุในการลดแรงดันกระแสเพื่อสามารถพิจารณาได้จาก สมการ

$$C \geq \frac{I_o}{F_R \Delta V} \geq \frac{2}{2 \times 50 \times 1} \geq 20,000 \text{ uF} \quad (3.3)$$

ซึ่ง $F_R = 2 \times F_{line}$ ในกรณีที่เป็น Full wave

ΔV กำหนดให้เป็น 1 V

I_o กำหนด คือ 2 A

และอัตราทนแรงดันของตัวเก็บประจุ C_{wv} : Capacitor working voltage สามารถพิจารณาได้จากสมการ

$$C_{wv} \geq 1.25 \left(V_{ODC} + \frac{\Delta V_{pp}}{2} \right) \quad (3.4)$$

$$\geq 1.25 \left(12 + \frac{1}{2} \right) \geq 15.6 \text{ V}$$

ดังนั้น จึงเลือกตัวเก็บประจุขนาด 10,000uF 25V 1 ตัวต่อขนานกับตัวเก็บประจุขนาด 4,700uF 25V 2 ตัว

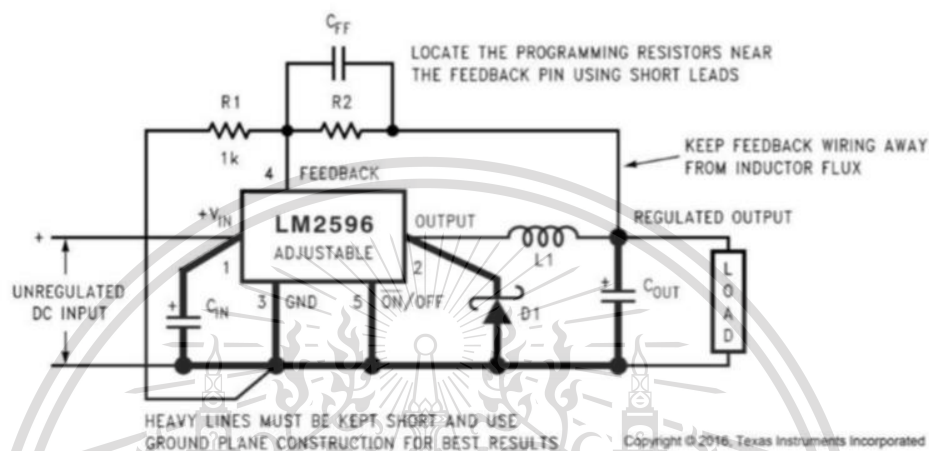
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.6.4 พิจารณาการใช้วงจรรักษาระดับแรงดันคงที่

ในการออกแบบผู้ได้เลือกใช้ Voltage Regulator IC LM2596 ซึ่งจากdatasheet เลือกใช้
ในส่วนของวงจรประยุกต์แบบ LM2596 Adjustable Output Series Buck Regulator ดังรูป



รูปที่ 3.10 วงจร LM2596 Adjustable Output Series Buck Regulator

ในวงจรจะมีแหล่งจ่ายไฟตรง 2 ค่า คือ 12V และ 5V ซึ่งมีการคำนวณค่าอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้
พิจารณา R1 และ R2

สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad \text{ที่} \quad V_{ref} = 1.23 \quad (3.5)$$

วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 12V

$$12 = 1.23 \left(1 + \frac{R_2}{1k}\right) \quad \text{จะได้} \quad R_2 = 8756 \Omega$$

วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 5V

$$5 = 1.23 \left(1 + \frac{R_2}{1k}\right) \quad \text{จะได้} \quad R_2 = 3065 \Omega$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าตัวต้านทานปรับค่าได้(R2)ของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 12V คือ 10KΩ และของ
วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 5V คือ 5KΩ

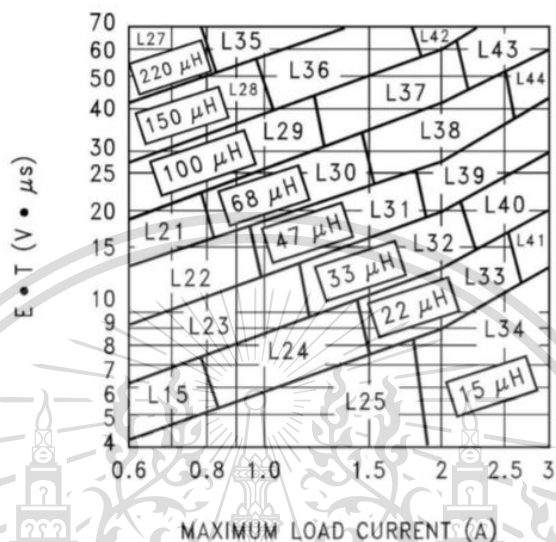
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

พิจารณา L1

สามารถพิจารณาได้จากกราฟ Maximum load current – ET ดังรูป



รูปที่ 3.11 กราฟ Maximum load current – ET

ซึ่งสามารถคำนวณค่า ET ได้จากสมการ

$$ET = (V_{in} - V_{out} - V_{sat}) \times \frac{V_{out} + V_d}{V_{in} - V_{sat} + V_d} \times \frac{1000}{150 \text{ kHz}} (V \times \mu s) \quad (3.5)$$

วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 12V

$$ET = (32 - 12 - 1.16) \times \frac{12 + 0.5}{32 - 1.16 - 0.5} \times \frac{1000}{150 \text{ kHz}} (V \times \mu s)$$

$$ET = 51.75 (V \times \mu s)$$

วงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 5V

$$ET = (32 - 5 - 1.16) \times \frac{5 + 0.5}{32 - 1.16 - 0.5} \times \frac{1000}{150 \text{ kHz}} (V \times \mu s)$$

$$ET = 31.23 (V \times \mu s)$$

ดังนั้น จากกราฟที่กระแสโหลดสูงสุด 2A จะได้ค่า L1 ของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 12V คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

100μH และของวงจรแหล่งจ่ายไฟตรง 5V คือ 68μH

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

พิจารณา C_{out} และ C_{ff}

ตารางที่ 3.7 ตารางเทียบค่าการเลือกใช้ Output Capacitor และ Feedback Capacitor

OUTPUT VOLTAGE (V)	THROUGH-HOLE OUTPUT CAPACITOR			SURFACE-MOUNT OUTPUT CAPACITOR		
	PANASONIC HFQ SERIES (μ F/V)	NICHICON PL SERIES (μ F/V)	FEEDFORWARD CAPACITOR	AVX TPS SERIES (μ F/V)	SPRAGUE 595D SERIES (μ F/V)	FEEDFORWARD CAPACITOR
2	820/35	820/35	33 nF	330/6.3	470/4	33 nF
4	560/35	470/35	10 nF	330/6.3	390/6.3	10 nF
6	470/25	470/25	3.3 nF	220/10	330/10	3.3 nF
9	330/25	330/25	1.5 nF	100/16	180/16	1.5 nF
12	330/25	330/25	1 nF	100/16	180/16	1 nF
15	220/35	220/35	680 pF	68/20	120/20	680 pF
24	220/35	150/35	560 pF	33/25	33/25	220 pF
28	100/50	100/50	390 pF	10/35	15/50	220 pF

จากตารางเทียบค่าการเลือกใช้ Output Capacitor และ Feedback Capacitor เนื่องจาก Output Voltage มี 2 ค่า คือ 12V และ 5V จึงเลือกใช้ C_{out} 330 μ F 25 V และ C_{ff} 1nF สำหรับ Output Voltage 12V และเลือกใช้ C_{out} 470 μ F 25 V และ C_{ff} 3.3nF สำหรับ Output Voltage 5V

พิจารณา D1

ตารางที่ 3.8 ตารางเทียบค่าการเลือกใช้ไดโอด (D1)

VR	3-A DIODES				4-A TO 6-A DIODES			
	SURFACE-MOUNT		THROUGH-HOLE		SURFACE-MOUNT		THROUGH-HOLE	
	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY	SCHOTTKY	ULTRA FAST RECOVERY
20 V	SK32	All of these diodes are rated to at least 50V.	1N5820 SR302	All of these diodes are rated to at least 50V.			SR502 1N5823	All of these diodes are rated to at least 50V.
30 V	30WQ03 SK33		1N5821 MBR330				50WQ03	
40 V	SK34 MBRS340	MURS320 30WF10	SR304 MBR340	MUR320	50WQ04	SR504 1N5825		
50 V	SK35 or MBRS360		SR305			MURS620 50WF10	SB540 SB550	MUR620 HER601
More	30WQ05		MBR350 31DQ05		50WQ05	50SQ080		

จากตารางเทียบค่าการเลือกใช้ D1 ผู้จัดทำเลือกใช้ 4-A Through-hole Schottky Diode ซึ่งที่สามารถเลือกซื้อมาได้คือ SB550

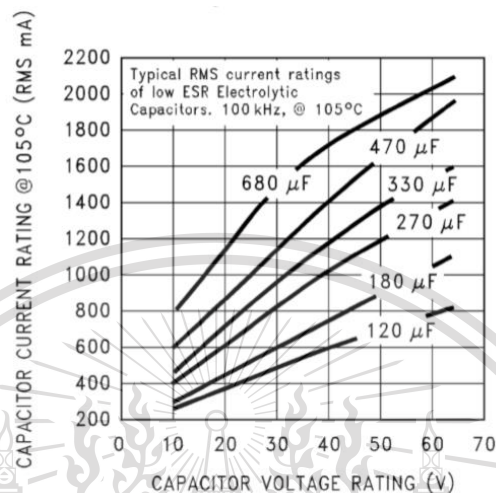
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

พิจารณา C_{in}

สามารถพิจารณาได้จากกราฟ ดังรูป



รูปที่ 3.12 กราฟเทียบค่าการเลือกใช้ C_{in}

พิจารณาค่า Capacitor Voltage Rating ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1.5V_{in} = 1.5(32) = 48\text{V}$ และค่า Capacitor Current Rating ซึ่งมีค่าเป็นอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของกระแสไฟตรงที่ทางออก นั่นคือ 1A จึงเลือกใช้ C_{in} ที่ 470uF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.7 ภาพของเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะ



รูปที่ 3.13 ภาพเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะถ่ายจากด้านหน้า



รูปที่ 3.14 ภาพเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะเตรียมการทำงาน

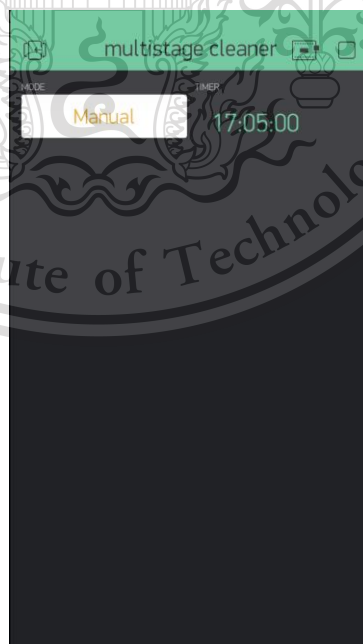
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



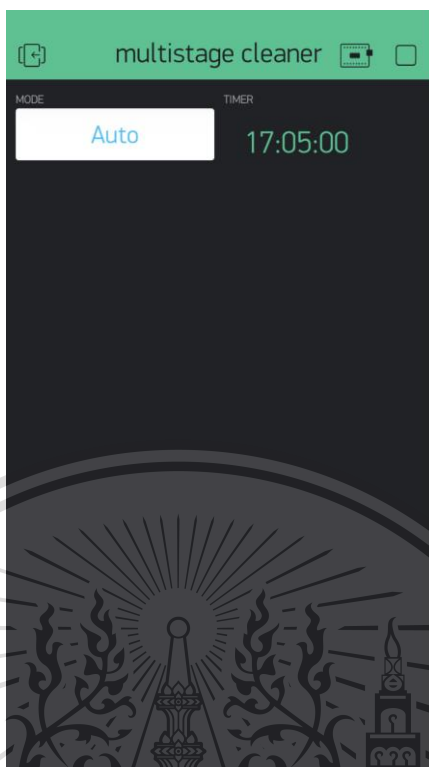
รูปที่ 3.15 ภาพเครื่องฟอกอากาศอัจฉริยะเริ่มการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในห้องเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในสื่อออนไลน์ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.16 ภาพจากแอปพลิเคชันการเปิด-ปิดเครื่องด้วยตนเอง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.17 ภาพจากแอปพลิเคชันการเปิด-ปิดเครื่องด้วยระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

การทดสอบนี้จะให้เครื่องฟอกอากาศทำงานในห้องปกติ โดยจะเก็บผลค่าการตรวจวัดก๊าซ แอมโมเนียและค่าความหนาแน่นของฝุ่นละอองทั้งก่อนเข้า - หลังเข้าเครื่องฟอกอากาศ และเก็บผลการเปลี่ยนแปลงองศาของเซอร์โมเตอร์ ตรวจจับทุกๆ 1 วินาที เริ่มตั้งแต่เครื่องเตรียมการทำงาน(นับเป็นวินาทีที่ 0)จนเครื่องเริ่มทำงานไป 30 วินาที บันทึกค่าต่างๆรวมเป็น 31 กรณี(รวมวินาทีที่ 0) จากการทดสอบได้ผลลัพธ์ดังตาราง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบระบบของเครื่องฟอกอากาศในการกรองฝุ่นละออง

เวลา (วินาที)	ค่าความหนาแน่นของฝุ่น จากเซ็นเซอร์ตัวหน้า ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ค่าความหนาแน่นของฝุ่น จากเซ็นเซอร์ตัวหลัง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	องศาของเซอร์โมเตอร์ที่เปลี่ยนไป
0	0	0	95
1	125.88	0	125
2	111.22	0	125
3	148.37	0	125
4	135.66	0	125
5	139.57	0	125
6	343.87	0	147
7	317.48	0	147
8	291.09	0	147
9	332.14	0	147
10	337.03	0	147
11	335.07	0	147
12	279.35	0	147
13	209.95	0	125
14	148.37	0	125
15	175.74	0	125
16	110.24	0	125
17	142.5	0	125
18	124.91	0	125
19	138.59	0	125
20	116.11	0	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เวลา (วินาที)	ค่าความหนาแน่นของฝุ่น จากเซ็นเซอร์ตัวหน้า ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ค่าความหนาแน่นของฝุ่น จากเซ็นเซอร์ตัวหลัง ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	องศาของเซอร์โวมอเตอร์ที่เปลี่ยนไป
21	392.75	0	165
22	366.35	0	165
23	328.23	0	147
24	203.11	0	125
25	96.56	0	125
26	162.05	0	125
27	146.41	0	125
28	141.52	0	125
29	172.81	0	125
30	172.81	0	125

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบระบบของเครื่องฟอกอากาศในการกรองก๊าซแอมโมเนีย

เวลา (วินาที)	ปริมาณของก๊าซแอมโมเนียในอากาศ จากเซ็นเซอร์ตัวหน้า (ppm)	ปริมาณของก๊าซแอมโมเนียในอากาศ จากเซ็นเซอร์ตัวหลัง (ppm)	องศาของเซอร์โวมอเตอร์ที่เปลี่ยนไป
0	0	0	95
1	4.96	17.01	96
2	2.18	0.43	96
3	1.72	0.16	96
4	1.72	0.22	96
5	2.23	0.43	96
6	1.53	0.14	96
7	1.31	0.21	96
8	1.29	0.14	96
9	1.42	0.1	96
10	1.11	0.03	96
11	1.47	0.1	96
12	1.62	0.21	96
13	1.62	0.38	96
14	1.47	0.6	96
15	1.07	0.16	96
16	1.09	1.42	96
17	1.07	0.19	96
18	1.43	0.98	96
19	1.19	0.41	96

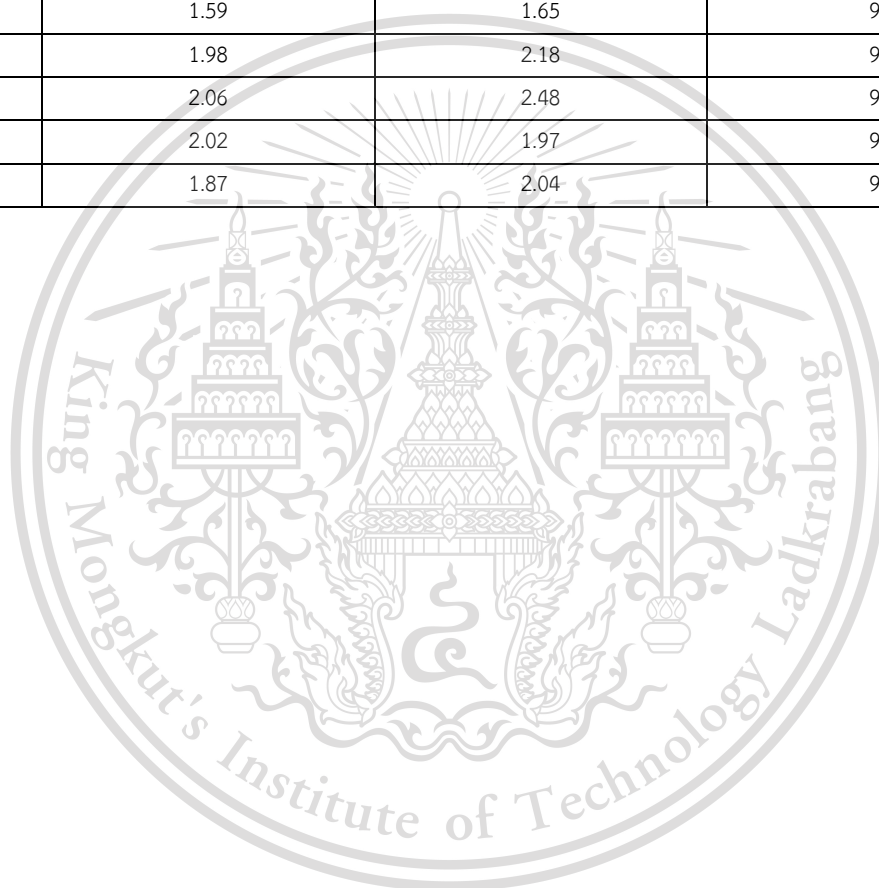
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

เวลา (วินาที)	ปริมาณของก๊าซแอมโมเนียในอากาศ จากเซ็นเซอร์ตัวหน้า (ppm)	ปริมาณของก๊าซแอมโมเนียในอากาศ จากเซ็นเซอร์ตัวหน้า (ppm)	องศาของเซอร์โวมอเตอร์ที่เปลี่ยนไป
20	1.34	0.51	96
21	1.15	0.34	96
22	1.15	0.43	96
23	1.22	0.46	96
24	0.96	0.08	96
25	0.92	0.09	96
26	1.59	1.65	96
27	1.98	2.18	96
28	2.06	2.48	96
29	2.02	1.97	96
30	1.87	2.04	96



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เมื่อทำการเปิดเครื่องฟอกอากาศจะใช้เวลาก่อนเริ่มทำงานจริง 20 วินาทีเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับเซ็นเซอร์วัดปริมาณก๊าซMQ-135 ในการตรวจวัดจะมีเซ็นเซอร์ตรวจจับฝุ่นละอองและก๊าซคอยตรวจจับทั้งทางด้านขาเข้าและขาออกของเครื่องฟอกอากาศ เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองและก๊าซ จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า

1. เซ็นเซอร์วัดความหนาแน่นฝุ่นละอองในอากาศสามารถวัดค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพและ เซอร์โมมอเตอร์ทำงานได้อย่างเป็นระบบ เมื่ออากาศที่มีฝุ่นละอองผ่านเข้าเครื่องฟอกอากาศพบว่าค่าความหนาแน่นของฝุ่นที่วัดจากเซ็นเซอร์ขาออกลดลงจากค่าความหนาแน่นของฝุ่นที่วัดจากเซ็นเซอร์ขาเข้าอย่างมาก
2. เซ็นเซอร์วัดปริมาณก๊าซแอมโมเนียในอากาศวัดปริมาณก๊าซแอมโมเนียที่ขาออกของเครื่องฟอกอากาศได้มากกว่าปริมาณก๊าซแอมโมเนียที่ขาเข้าของเครื่องฟอกอากาศในบางครั้ง สาเหตุเกิดจาก เซ็นเซอร์ตอบสนองต่อก๊าซหลายชนิด เมื่อทดลองในห้องปกติที่มีก๊าซหลายชนิดรวมกันในอากาศทำให้ เซ็นเซอร์เกิดข้อผิดพลาดในการตรวจจับ

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

เนื่องจากเซ็นเซอร์วัดความหนาแน่นของฝุ่นรุ่น Sharp GP2Y1010AU0F เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้หลักการทางแสงในการตรวจจับความหนาแน่นของอนุภาค จึงทำให้ค่าที่ได้ไม่สามารถแยกแยะได้ว่าเป็นฝุ่นขนาดใดและแต่ละขนาดมีปริมาณเท่าใด

ในส่วนของเซ็นเซอร์วัดปริมาณก๊าซรุ่น MQ-135 เป็นเซ็นเซอร์ที่ตอบสนองต่อก๊าซหลากหลายชนิด จึงทำให้ค่าที่วัดได้ไม่ได้มาจากแอมโมเนีย(NH3)เพียงอย่างเดียวทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับ หากต้องการวัดปริมาณก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่งควรวัดในสภาพแวดล้อมที่มีเพียงก๊าซที่ต้องการวัด หรือไม่มีก๊าซอื่นที่เซ็นเซอร์สามารถตอบสนองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] Gas sensor MQ xxx . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก thaieasyelec.com .(วันที่ค้นข้อมูล : 8 กันยายน 2563)
- [2] Sharp GP2Y1010AU0F dust sensor. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www.myarduino.net.(วันที่ค้นข้อมูล : 8 กันยายน 2563)
- [3] ฝุ่นละอองขนาดเล็ก . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://air4thai.pcd.go.th/>.(วันที่ค้นข้อมูล : 11 กันยายน 2563)
- [4] Sharp GP2Y1010AU0F datasheet. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/gp2y1010au_e.pdf .(วันที่ค้นข้อมูล : 18 กันยายน 2563)
- [5] MQ135 datasheet . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf> .(วันที่ค้นข้อมูล : 24 กันยายน 2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



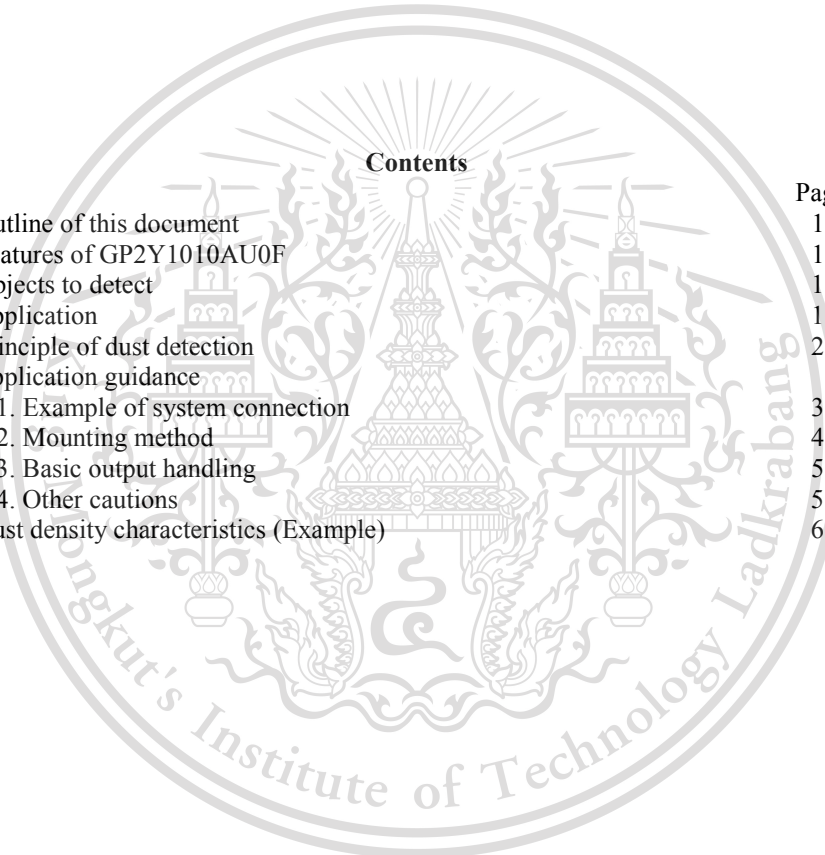
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Application note of Sharp dust sensor GP2Y1010AU0F



Contents	
1. Outline of this document	1
2. Features of GP2Y1010AU0F	1
3. Objects to detect	1
4. Application	1
5. Principle of dust detection	2
6. Application guidance	
6-1. Example of system connection	3
6-2. Mounting method	4
6-3. Basic output handling	5
6-4. Other cautions	5
7. Dust density characteristics (Example)	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

1. Outline of this document

This application note of Sharp dust sensor “GP2Y1010AU0F” is a document consists from Explanation how to use, cautions when using it, characteristics data, etc. for the customer’s reference when applying this device.

When designing the device, please refer to this document and also evaluate it under actual usage conditions.

2. Features of GP2Y1010AU0F

- Compact & thin package (46 × 30 × 17.6mm)
- With application of pulse output system, the device can detect even single house dust.
- House dust and cigarette smoke can be distinguished.

3. Objects to detect

- House dust
- Cigarette smoke

4. Application

- Air conditioner
- Air purifier.

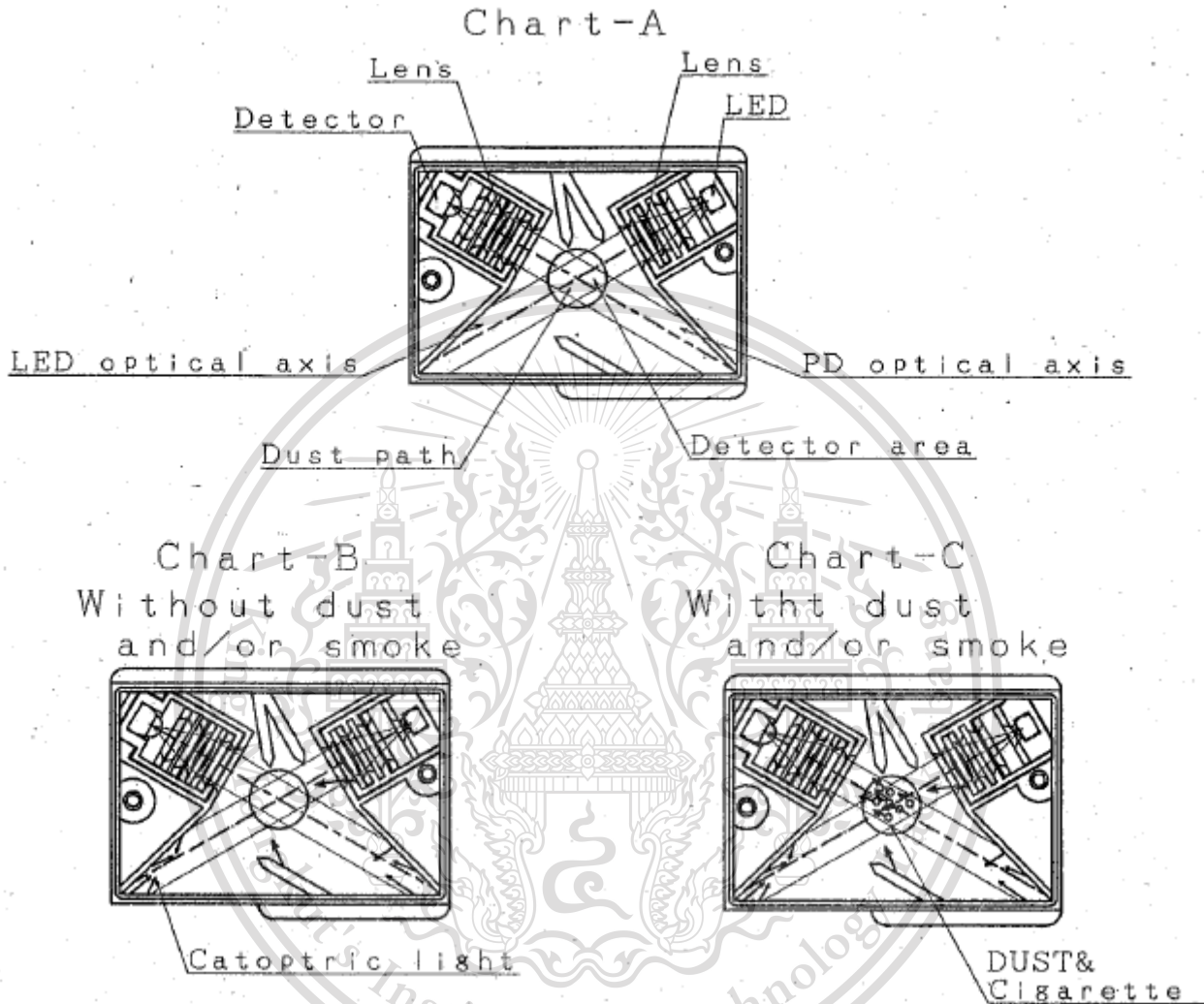


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

5. Principles of dust detection

This dust sensor “GP2Y1010AU0F” is the device to detect house dust, cigarette smoke, etc. and designed as a sensor for automatic running of application like air purifier and air conditioner with air purifier function.



Light from the light emitter (Light Emitting Diode) is spotted with a lens and a slit as shown on the chart-A. Also for the light detector (Photodiode), a lens and a slit is positioned in front of it to cut disturbance light and to detect light reflection (when detecting dust) efficiently. Area where those two optical axis cross is detection area of the device.

Chart-B shows what is ongoing inside of the device when no dust exists and Chart-C shows that when dust exists.

The device makes voltage output even when dust is not being detected. This output voltage at no dust condition is specified as V_{oc} on the specification. This is because light emitted from the LED reflects at case of the device & some part of it gets to the detector.

Chart-C shows how the device works when dust and/or cigarette smoke exists inside of it. In this case, the detector detects the light reflected from the dust and/or a particle of the cigarette smoke. Current in proportion to amount of the detected light comes out from the detector and the device makes analog voltage output (Pulse output) after the amplifier circuit amplifies the current from the detector.

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ Sharp Corporation. การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย. โปรดอ่านเงื่อนไขการใช้งานฉบับเต็มที่แนบมา.

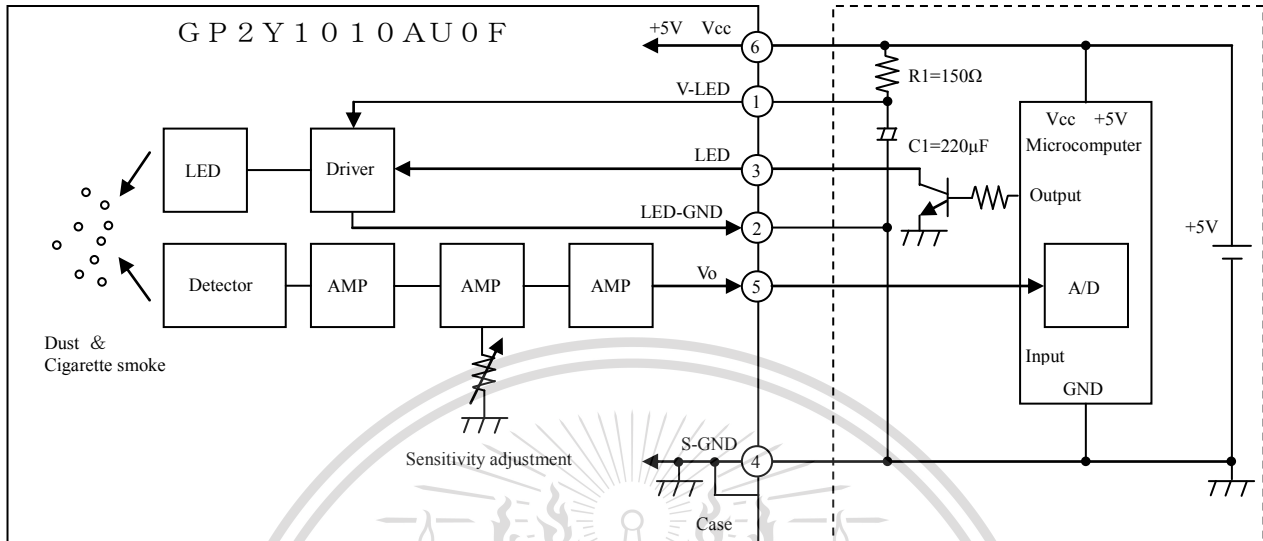
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

6. Application guidance

6-1 Example of system connection

<Example>

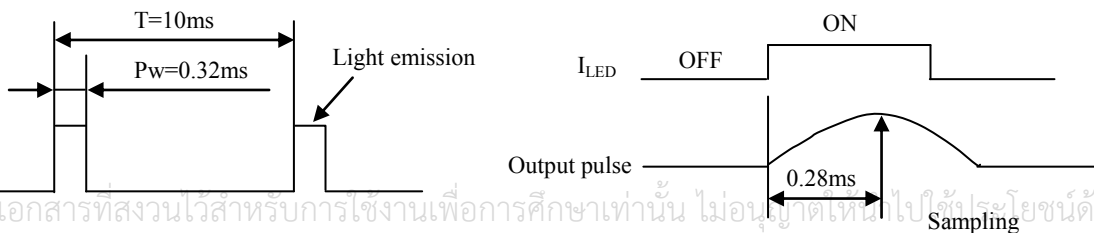


- Resistor, R1=150Ω and capacitor, C1=220μF mentioned above is required for pulse drive of the LED of GP2Y1010AU0F. Please use the ones with the above mentioned constants. Without these components, the device does not work.
- As input conditions of the LED terminal, please apply LED drive conditions mentioned in Electro-optical characteristics chart of the specification. When it is impossible to apply those conditions, please make it within the recommended input conditions mentioned in the specification. When the LED is driven under the condition beyond the specification, characteristics of the device will be affected.

Parameter	Symbol	Specified condition	Recommended condition	Unit
Pulse cycle	T	10	10±1	ms
Pulse width	Pw	0.32	0.32±0.02	ms

- The LED emits pulse light. Detected signal is amplified by the amplifier circuit and goes out as the output synchronized to the pulse mission of the LED.
- The specified output value is the one that is measured 0.28ms after the LED is turned on. Therefore, it is recommended that microcomputer to read the output 0.28ms after the LED emission also.

Sampling timing of output pulse

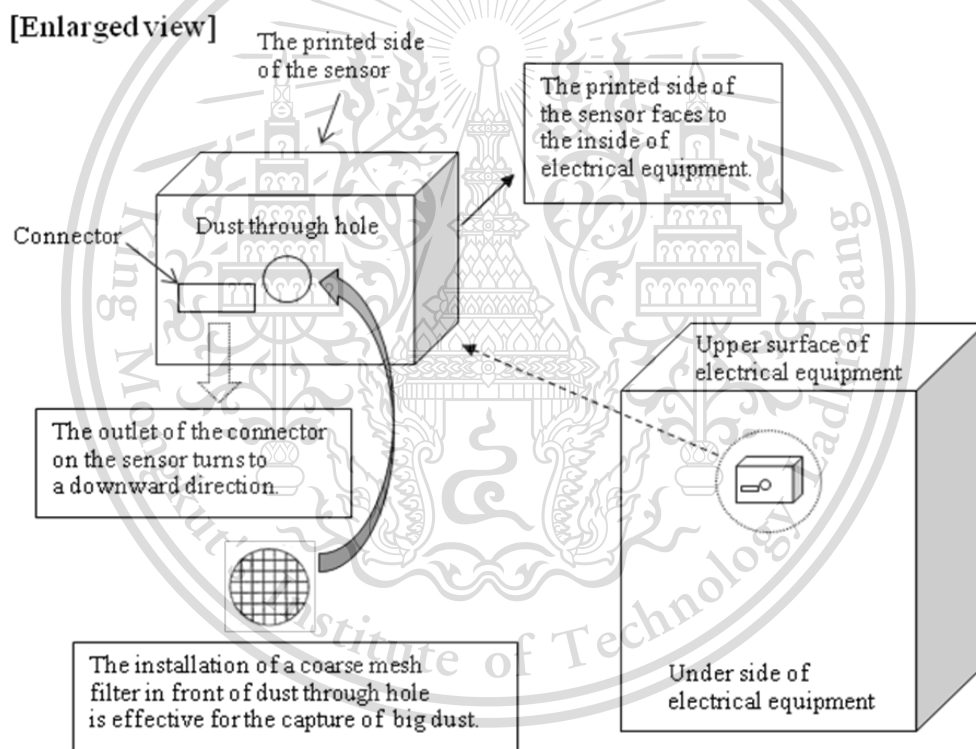


- Time required for the device to be ready to detect dust from when the system is turned on is less than 1 sec.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

6-2 Mounting method

- There is a case that the sensor output may be affected when outer-light comes through dust through hole on the printed side.
In order to avoid any influence from outer-light, please locate the printed side of the sensor facing to inside of the application.
- In order to avoid any influence from the attachment of dust to the inside of the sensor, please mount the sensor to the application so that the outlet of the connector on the sensor turns to a downward direction.
- Please consider the structure and the mechanism of the equipment so that big dust (string dust, etc.) should not enter the inside of the sensor. The installation of a coarse mesh filter in front of dust through hole is effective for the capture of big dust .
- Please consider the maintenance by vacuum cleaner in preparation for the false sensor output by the attachment of dust to the inside of the sensor.

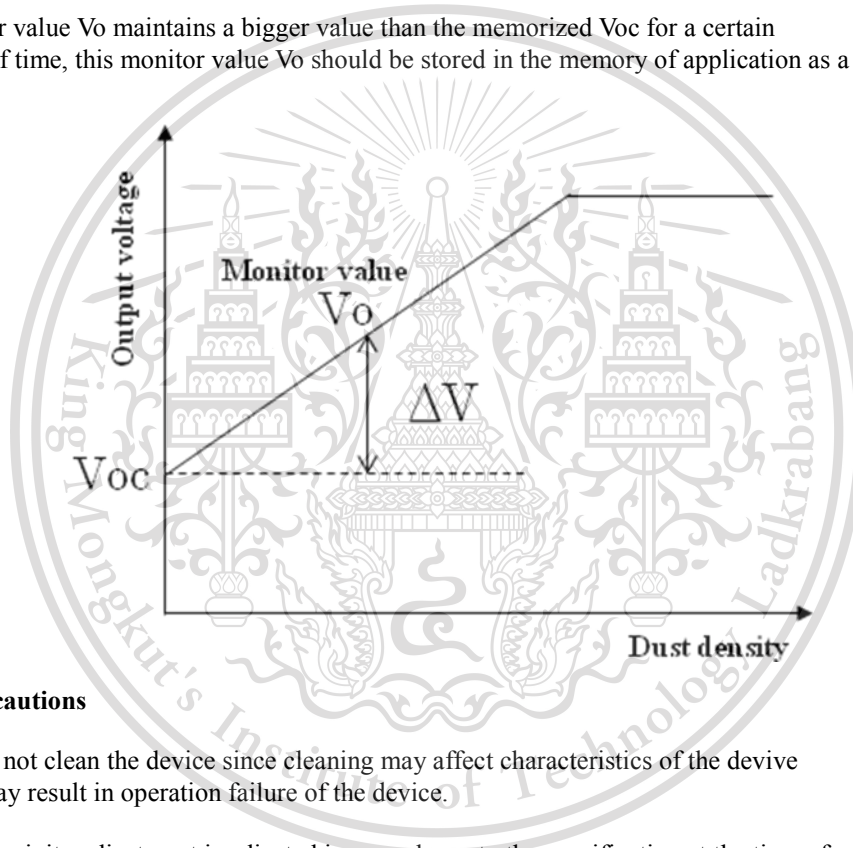


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

6-3 Basic output handling

- The output voltage V_o of this sensor is the sum of output voltage at no dust V_{oc} and output proportional to dust density ΔV .
Output proportional to dust density ΔV is shown as follows.
 $\Delta V = V_o - V_{oc}$ (V_o : monitor value)
- Output voltage at no dust V_{oc} is caused by the stray light occurring in this sensor.
This sensor makes V_{oc} voltage even at dust density $0\text{mg}/\text{m}^3$.
If dust attached within this sensor increases, V_{oc} becomes bigger. On the other hand, if dust attached within this sensor decreases, V_{oc} becomes smaller.
- To store V_{oc} in the memory of application is necessary to calculate ΔV from monitor value V_o .
If monitor value V_o lower than the memorized V_{oc} appears, this monitor value V_o should be stored in the memory of application as a new V_{oc} .
- If monitor value V_o maintains a bigger value than the memorized V_{oc} for a certain period of time, this monitor value V_o should be stored in the memory of application as a new V_{oc} .



6-4 Other cautions

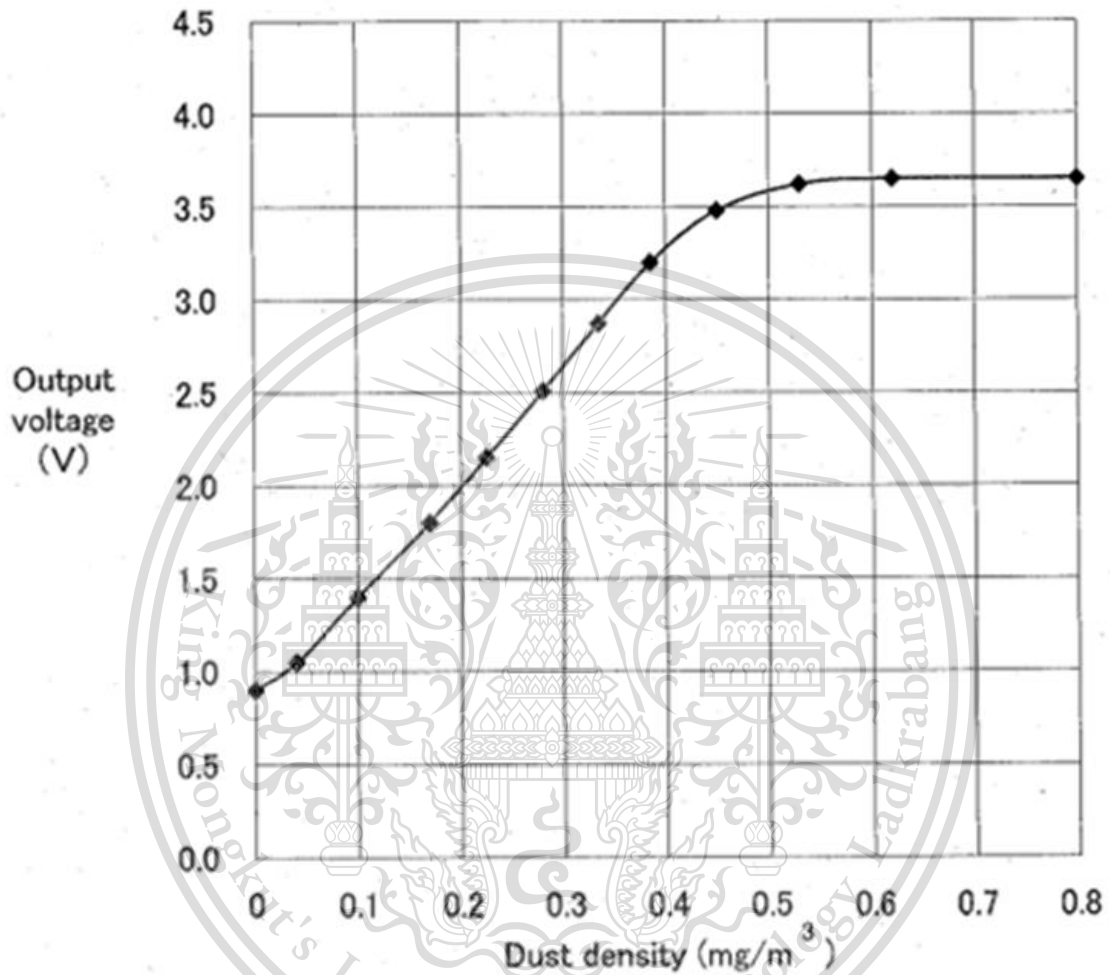
- Please do not clean the device since cleaning may affect characteristics of the device and it may result in operation failure of the device.
- VR for sensitivity adjustment is adjusted in accordance to the specification at the time of shipment from Sharp. Therefore, please do not change value of it, or the value may become out of the specifications.
- Please do not disassemble the device. Once disassembled, the device may not have the same characteristics that it has had before the disassembly even if it is assembled again.
- Vibration may affect the characteristics of the device. Therefore, please make sure that the device works properly under actual usage conditions.
- The device does not work properly if bedewing occurs inside of it. Please design products so that the bedewing does not occur inside of the device.
- If the device is placed close to a noise generator (Electric dust collector, etc.), the sensor output may fluctuate due to inductive noise from the noise generator. Please consider the effect of the noise generator to the device when designing products.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

7. Dust density characteristics (Example)

Test condition : According to "Electro-optical characteristics" of the specification of GP2Y1010AU0F.

Dust density characteristics (Example)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

TECHNICAL DATA

MQ-135 GAS SENSOR

FEATURES

- Wide detecting scope
- Stable and long life
- Fast response and High sensitivity
- Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of NH₃, NO_x, alcohol, Benzene, smoke, CO₂, etc.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V _c	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V _H	Heating voltage	5V±0.1	AC OR DC
R _L	Load resistance	can adjust	
R _H	Heater resistance	33Ω±5%	Room Tem
P _H	Heating consumption	less than 800mw	

B. Environment condition

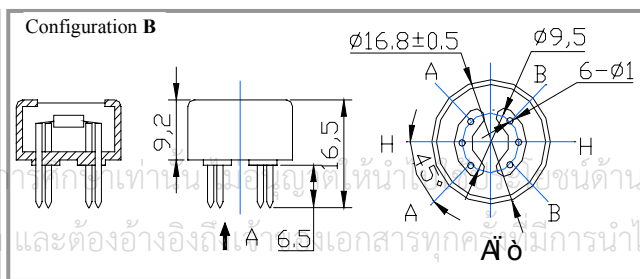
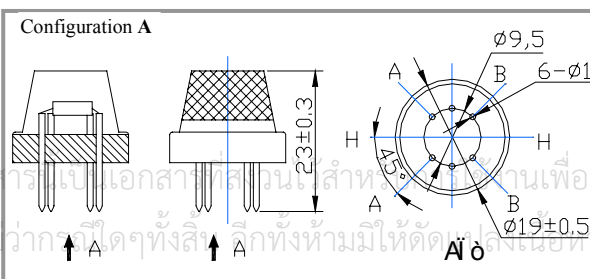
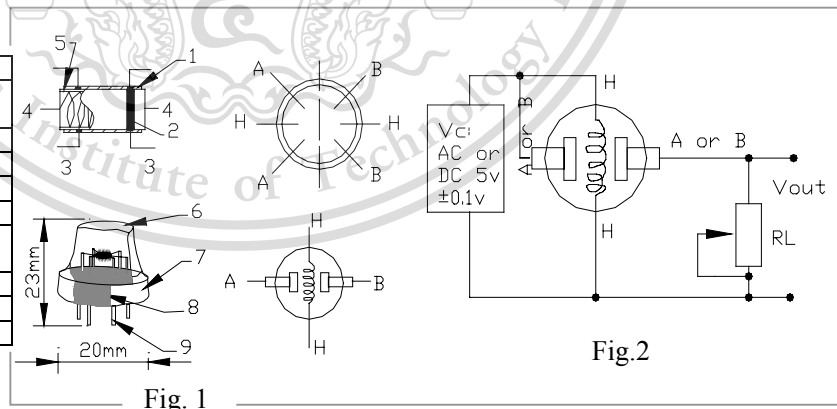
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T _{ao}	Using Tem	-10℃-45℃	minimum value is over 2%
T _{as}	Storage Tem	-20℃-70℃	
R _H	Related humidity	less than 95%Rh	
O ₂	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R _s	Sensing Resistance	30KΩ-200KΩ (100ppm NH ₃)	Detecting concentration scope 10ppm-300ppm NH ₃ 10ppm-1000ppm Benzene 10ppm-300ppm Alcohol
α (200/50) NH ₃	Concentration Slope rate	≤0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃±2℃ V _c :5V±0.1 Humidity: 65%±5% V _H : 5V±0.1		
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

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 ₂ O ₃
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze network (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni



Structure and configuration of MQ-135 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive

components. The enveloped MQ-135 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-135

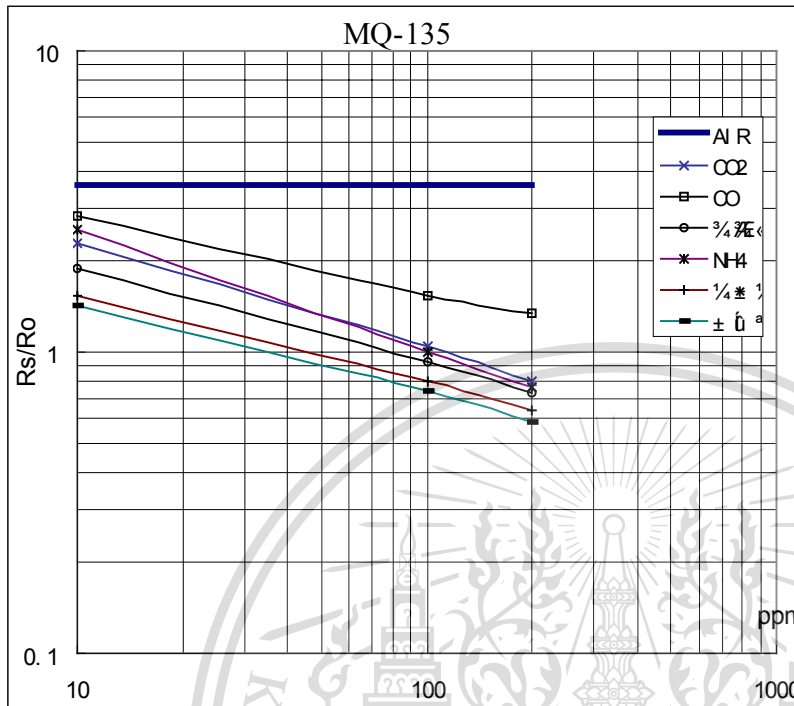


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-135 for several gases.

in their: Temp: 20 °C
Humidity: 65%
O₂ concentration 21%
RL=20kΩ

Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in the clean air.

Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

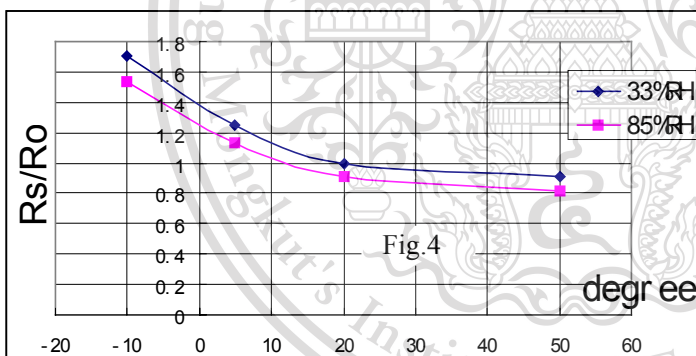


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-135 on temperature and humidity.

Ro: sensor resistance at 100ppm of NH₃ in air at 33%RH and 20 degree.

Rs: sensor resistance at 100ppm of NH₃ at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-135 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 100ppm NH₃ or 50ppm Alcohol concentration in air and use value of Load resistance that (R_L) about 20 KΩ(10KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปปรับปรุงขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งในการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.